

# المؤتمر الثاني للتشيد في المناطق الصحراوية



طرابلس - ليبيا

تنظيمه

جامعة الرفاق

للعلوم الإنسانية والتطبيقية

مجلد الأبحاث العلمية

11/16-15  
2021





# المؤتمر الثاني للتشيد في المناطق الصحراوية تنظيم جامعة الرفاق



## اللجنة العلمية للمؤتمر :

رئيسا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا  
عضوا

1. أ. د. عبد السلام المبروك عكاشة
2. أ. د. محمد عمران أمبارك
3. أ. د. إبراهيم محمد الفقهي
4. أ. د. مختار معمر أبوراوي
5. أ. د. محمد أحمد شاهين
6. أ. د. المبروك عبد القادر السنوسي
7. أ. د. عبد الحكيم سالم عبد القادر
8. د. منصور عليوه الزوي
9. د. لطفى عمر قرقاب
10. د. أحمد رمضان بن نوية
11. د. فرحات غريبي فرحات
12. د. عادل الملووشي

## مقدمة

مما لا شك فيه أن التطور العلمي والتقني الهائل الذي يشهده العالم لم يأت من فراغ بل كان نتيجة جهد الباحثين والعلماء وتكاتف قطاعات المجتمع المختلفة من أجل وضع التشريعات المناسبة وتنظيم ودعم مؤسسات البحث العلمي بما يمكنها من تلبية متطلبات المجتمع في التقدم والنمو والازدهار. وتأتى البحوث والاكتشافات الهندسية والصناعية والتقنية في مقدمة الوسائل والمنظومات البحثية الملازمة للتطور التقني المنشود والدافعة لبرامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية إلى الأمام ، ونظرا لما تتميز به ليبيا من تنوع في المناخ بدء من المناخ الرطب على الساحل إلى المناخ الحار الجاف بمناطق جنوب والدي بدوره يحتم وجود مواصفات خاصة وملائمة لكل مناخ ، وامتداد لفكرة تأسيس المؤتمر الأول للتشييد بالمناطق الصحراوية الذي تم عقده في مدينة سبها في الفترة من 22-24/12/2008 بتنظيم من قسم الهندسة المدنية - جامعة سبها ، وبناء على ما طرحه الأستاذ الدكتور عبد السلام المبروك عكاشة رئيس قسم الهندسة المدنية.. جامعة سبها (سابقا) ، والمؤسس لفكرة المؤتمر عن إمكانية تبني جامعة الرفاق الأهلية للمؤتمر الثاني للتشييد في المناطق الصحراوية ، وذلك خلال الاجتماع الذي عقد بمقر جامعة الرفاق بتاريخ 16/04/2018 بحضور الأستاذة مهيبة محمود فرنكة مؤسسة الجامعة ، وعدد من المسؤولين و أعضاء هيئة التدريس بالجامعة ، وخلص الاجتماع برغبة جامعة الرفاق بتبني فكرة عقد المؤتمر الثاني للتشييد ، وأن يكون لها السبق في تبني مثل هذه المؤتمرات.

وبناء على ذلك فقد تم الإعلان عن أقامه المؤتمر الثاني للتشييد في المناطق الصحراوية ، تشارك في هذا المؤتمر جميع المؤسسات العلمية والهيئات والشركات المتخصصة في مجالات البناء والتشييد وكذلك جميع المهندسين المهتمين بموضوع المؤتمر على مستوى ليبيا ، كما يتم دعوة عدد من الشخصيات العلمية المحلية والعربية والعالمية المهمة بالتشييد في المناطق الصحراوية للمشاركة بخبرتهم في هذا المجال والاستفادة منهم في المساهمة في حل بعض المشاكل الموجودة. وفي إطار الاستجابة لدعوة البحوث والدراسات التي عممتها اللجنة العلمية للمؤتمر على العديد من المؤسسات والهيئات الأكاديمية والبحثية والمهنية بليبيا ، فقد استلمت اللجنة العلمية أكثر من خمسون ملخص بحث و ثم قبول خمسون ملخص بحث بشكل مبدئي ، كما استلمت اللجنة أكثر من أربعون ورقة بحثية في صورتها النهائية ، وأجازت منهم واحد وثلاثون بحثا التي يتضمنها هذا المجلد. وبهذه المناسبة يسر اللجنة العلمية للمؤتمر الثاني للتشييد في المناطق الصحراوية أن تقدم للمشاركين في هذا المؤتمر والقارئ وكل المؤسسات والهيئات ذات العلاقة بموضوع هذا المؤتمر هذه الحويلة العلمية ، والمتمثلة في الدراسات والبحوث التي وصلت في الموعد المحدد والتي استوفت الشروط الخاصة بالمستوى العلمي والطباعة التي أقرتها اللجنة العلمية ، والتي قمنا بترتيبها وتبويبها حسب محاور المؤتمر الثلاثة في مجلد واحد والمتمثلة في أسس وطرق تصميم المنشآت في البيئة الصحراوية ، مواد التشييد الملائمة للبيئة الصحراوية ، تنفيذ الإنشاءات في البيئة الصحراوية. هذا وحدونا الأمل في أن تتم الاستفادة من هذه الدراسات والبحوث وما تتضمنه من مقترحات ، وما ينتج عن هذا المؤتمر من نتائج وتوصيات ليتم ترجمتها على أرض الواقع. كما تنتهز اللجنة العلمية هذه الفرصة لتوجه بالشكر والتقدير لكافة الأخوة الذين ساهموا في هذا العمل سواء بأعداد الأوراق أو المشاركة أو التحضير لهذا المؤتمر العلمي ، وكذلك كافة الجهات التي تبنت ودعمت المؤتمر ماديا ومعنويا وأسهمت في إظهار هذا الحث بالشكل المطلوب.

وفي الختام نسأل الله العلي القدير أن يوفقنا الى ما فيه الخير

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أ. د. عبد السلام المبروك عكاشة

أستاذ الخرسانة ومواد البناء بجامعة سبها

رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر



# المحتويات

## المحور الأول : أسس وطرق تصميم المنشآت في البيئة الصحراوية

- 2 1. الخصائص المناخية والشكل الحضري بالبيئة الصحراوية
- 14 2. القوى المكافئة لتأثير فرق درجات الحرارة بين سطحي عارضة خرسانية بسيطة الارتكاز
- 26 3. تخطيط النقل والمواصلات في إطار التنمية المستدامة لمنطقة فزان
- 37 4. تحسين مقاومة تربة الهشوم للقص بإضافة نسب من الجير
- 52 5. مفاهيم التصميم المستدام ومبادئ طاقة المكان في عمارة غدامس القديمة
- 64 6. مقارنة تأثير تغير المحتوى الرطوبي على قدرة تحمل التربة الرملية المعالجة بمخلفات الخرسانة
- 74 7. دراسة النموذج الحراري . المائي . الميكانيكي للتربة غير المشبعة
- 86 8. التنمية السياحية بالمناطق الصحراوية في ليبيا

## المحور الثاني : مواد التشييد الملائمة للبيئة الصحراوية

- 100 1. تقييم مقاومة التقادم لبيتومين معدل بمادة الأنبوب-النانوي باستخدام اختبار قوى الذرة المجهرية
- 112 2. تأثير مسحوق مخلفات طوب الأجر علي الخرسانة ذاتية الدمك
- 119 3. استخدام المخلفات البلاستيكية(قناني المياه البلاستيكية ) كمحسن لخواص مارشال للخلطة الإسفلتية
- 130 4. إضافة البولزانا للخرسانة المتعرضة لظروف قاسية ( صحراوية )
- 143 5. تأثير الألياف الفولاذية على مقاومة الضغط والشد للخرسانة عالية المقاومة
- 155 6. تأثير البوليمر على بعض خواص الخرسانة الطرية والتمصلبة
- 170 7. تأثير الركام الناتج من مخلفات الأجر على خواص الخرسانة ذاتية الدمك
- 182 8. تأثير الكاولين كبديل جزئي للإسمنت على مقاومة الضغط
- 197 9. تأثير نسب إحلال الكاولين على خواص المونة الاسمنتية
- 211 10. استخدام رمال وادي سوف الجين-بيني وليد الشبه صحراوية في الخرسانة ومقارنتها برمال الساحل

- 223 11. تأثير السطح النوعي للركام الخشن بالجنوب الليبي على خواص الخرسانة
- 231 12. الاستفادة من استخدام (زيت المحركات المحروق) كمضاف لتحسين خواص الخرسانة
- 242 13. دراسة مرجعية حول الخرسانة ذات المرحتين

### المحور الثالث : تنفيذ الإنشاءات في البيئة الصحراوية

- 255 1. مقترح لاستخدام تقنية الخرسانة ذات المرحتين في المناطق الصحراوية
- 264 2. الحلول الهندسية والبيولوجية لظاهرة زحف الكثبان الرملية على الطرق الصحراوية
- 277 3. تأثير المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة البوزلانية
- 290 4. تأثير نوعية الغلاف الخارجي للمنشآت الصحراوية على انتقال الحرارة خلال جدران المباني
- 300 5. تحديد الخواص الحرارية للخرسانة الاسفلتية في ليبيا باستخدام طريقة مطورة لهذا الغرض

# **المحور الأول**

**أسس وطرق تصميم المنشآت في البيئة  
الصحراوية**

# الخصائص المناخية والشكل الحضري بالبيئة الصحراوية (النمط التخطيطي والتصميمي لمدينة غات القديمة)

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| ا. سعاد سالم ضو<br>قسم العمارة – كلية الهندسة -<br>جامعة المرقب<br>Suadsaleem9@gmail.com | ا. لطفي علي سنان<br>قسم العمارة – كلية الهندسة -<br>جامعة المرقب<br>lutfu.libyan@gmail.com | د. الهادي علي الشطيح<br>قسم العمارة — جامعة المرقب<br>قسم العمارة - جامعة الزرق<br>hasshateh@gmail.com | د. صالح يوسف الفرد<br>قسم العمارة – كلية الهندسة<br>جامعة الجبل الغربي<br>Salfrd88@gmail.com |
|--|--|--|--|

## ملخص :

تعتبر الخصائص المناخية من أهم المؤثرات على تكوين الشكل الحضري للمدن في الصحراء ، حيث اثرت درجات الحرارة وانعدام الرطوبة وشح المناطق الخضراء وشدة الإشعاع الشمسي على النمط المعماري للمدن . وبالتالي، أصبح على المختصين دراسة الأساليب التخطيطية والتصميمية والبنائية للموروث الحضري بالصحراء للمساعدة في التطوير الفعال للمدن الصحراوية الجديدة بفعالية . يهدف هذا البحث النوعي إلى دراسة تأثير الخصائص المناخية على التخطيط والتصميم لغات القديمة ، إحدى المدن التراثية في الصحراء الليبية. باستخدام البحوث الأرشيفية ، حيث تركز منهجية الدراسة على التحليل المعماري لخرائط التخطيط والتصميم لفهم الأساليب التي تم اتباعها مثل اختيار الموقع واستخدام التصميم السلبي لخلق الراحة الحرارية المناسبة. توصل البحث إلى العديد من النتائج ، منها أسلوب اختيار واستخدام موقع مستدام للمدينة في مناخ الصحراء. أوضحت الدراسة أن المعالجات المناخية المستخدمة في مدينة غات القديمة تشبه العلاجات التي اتخذت في مدن أخرى في منطقة الصحراء ، مما قد يشير إلى أن هناك نمطاً فريداً للشكل الحضري الصحراوي. لذا أوصى البحث بزيادة دراسة المدن الصحراوية واستنباط الحلول والعلاجات المستخدمة في تخطيط وتصميم وبناء المدن الحديثة.

الكلمات الدالة: البناء المتضام- المناخ الصحراوي- التخطيط البيئي- الفناء- مواد البناء – غات - التشكيل المعماري.

## Abstract:

Climate characteristics are one of the most important influences on the formation of the urban form of cities in the Sahara, Where the effects of temperature and lack of humidity and lack of green areas and the intensity of solar radiation on the architectural style of cities. Consequently, specialists had to study the planning, design and construction methods of the vernacular urban heritage of the Sahara to assist effective development of new cities in the Sahara. This qualitative research aims to study the impact of climate characteristics on the planning and design of the Old Ghat, one of the heritage cities in Libyan Sahara. The study uses methodology of the architectural analysis of the planning and design maps to understand the approaches and elements that have been taken such as environmental planning of sites, passive design, courtyards, building materials to create urban form characterizes with thermal comfort appropriate. The research reached several results, including the approach of selecting and using sustainable site of the city in the Sahara climate. the study shows that the climatic treatments used in Old Ghat city are similar to the treatments were taken the other cities in the Sahara region, which may indicate that there is a unique pattern of Saharian urban form. Therefore, this research recommended to increase the study of desert cities and devise solutions and treatments to be used in the planning, design and construction of modern cities.

Keywords: urban form, Climate characteristics, Ghat, Compact buildings, Sahara, environmental planning, courtyard, building materials.

## ■ المقدمة

يعد المناخ من أهم العناصر البيئية المؤثرة على تشكيل العمارة، ويتراءى هذا التأثير بوضوح عند مقارنة ما بين تشكيل عمارة المدن الواقعة في الإقليم البارد عنها عن المعتدل والصحراوي، وتعتبر العمارة الواقعة داخل الإقليم الصحراوي من أشد المدن تأثراً بظروف الإقليم المناخية نظراً للقساوة وصعوبة العيش فيه والتأقلم مع ظروفه، ونلاحظ هذا التأثير على الشكل العام للمدينة بالجوء إلى الشكل المتضام للمباني لتوفير حماية إضافية للحوائط كما تم للجوء إلى استخدام أسلوب تخطيط الشوارع المتعرجة واختيار مواد البناء محلية مستمدة من البيئة نفسها بحيث تتلاءم والمناخ الواقعة به.

وسيتم في هذه الورقة دراسة الأساليب المتبعة في معالجة الظروف المناخية القاسية لمدينة غات القديمة وذلك من النواحي التخطيطية والتصميمية والتنفيذية بهدف الوصول إلى الحل الأمثل والمناسب لعمارة المناطق الصحراوية.

### إشكالية الدراسة:

تتعرض المباني بمدينة غات القديمة بحكم موقعها في قلب الصحراء إلى ظروف مناخية قاسية تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة بها، وهو ما يدعو إلى معالجة المباني الواقعة فيها بالبحث عن حلول ومعالجات تساهم في حمايتها من ظروف المناخ القاسية.

### الهدف من البحث :

تهدف الدراسة التعرف على الحلول والمعالجات التخطيطية والتصميمية والتنفيذية التي تم تطبيقها على مباني مدينة غات القديمة ومدى نجاح هذه الحلول في الوصول إلى النمط الأمثل والملائم للظروف المناخية.

## ■ منهجية البحث:

للوصول إلى أهداف البحث تم إتباع المنهجية التالية:

- التعرف على منطقة الدراسة (مدينة غات القديمة القديمة) إحدى المدن اللبية الواقعة في قلب الصحراء.
- دراسة حالة الموقع والمناخ بالمدينة وتأثيره على المدينة القديمة من النواحي التخطيطية والتصميمية والتنفيذية.
- دراسة ومعرفة اساليب المعالجات التخطيطية والتصميمية والتنفيذية للمدينة كلاً على حدة ومدى مساهمة كل من هذه المعالجات في حل المشكلة.

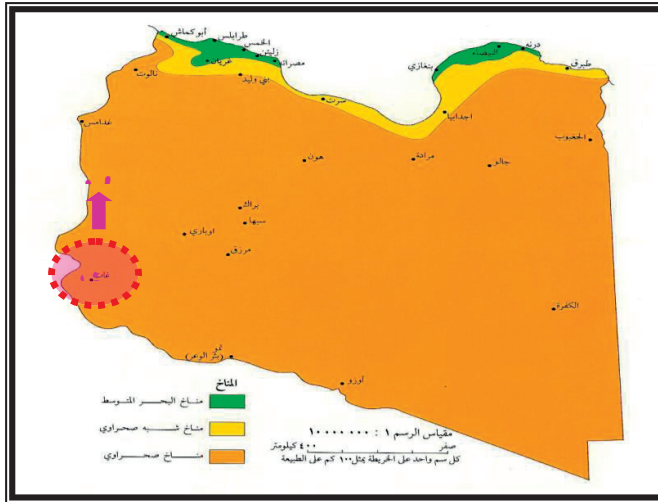
- إستعراض لخلاصة البحث والتوصيات.

## 1 - الموقع العام لمدينة غات القديمة :-

تقع مدينة غات القديمة على هضاب صحراوية صخرية وترتفع بمقدار 650م عن سطح البحر بين خط عرض 37°، 24 شمالا وخط الاستواء وخط طول 27°، 7 شرقا ويحدها من الجنوب الغربي مدينة غدامس وتبعد عنها 582كم بينما تبعد عن العاصمة طرابلس حوالي 1360 كم(1).

## 2- مناخ مدينة غات القديمة :-

يتسم المناخ في غات القديمة بالارتفاع الكبير في درجة الحرارة خاصة في شهر يونيو ويوليو وأغسطس حيث سجلت أعلى درجة مئوية في عام 2002 م وكانت 45.8 درجة مئوية، وتتنخفض إلى 15.7 درجة مئوية كما في عام 1983م، أما درجة الحرارة الصغرى فتتنخفض حتى 0.6 وكان ذلك في عام 1981م وسجلت أدنى درجة عام 1981 وكانت -6.7 درجة مئوية وترتفع حتى 28.7 درجة مئوية كما حدث في أغسطس من عام 1991م، أما الرطوبة النسبية فتتخفف الرطوبة النسبية في مدينة غات القديمة وتتراوح قيمها ما بين 12-60% وعلى مدار السنة. كما تتأثر المدينة بالرياح الجنوبية والجنوبية الغربية الجافة والحارة المحملة بالغبار، أما بخصوص الإشعاع الشمسي فيرتفع معدله على المدينة نظرا لصفاء السماء في معظم أيام السنة لخلوها من السحب، وتعتبر غات القديمة من المناطق الجافة والتي يقل فيها هطول مياه الأمطار وهذا واضح من خلال ندرة وجود الغطاء النباتي الذي يقتصر على بعض النباتات الصحراوية ومن قراءات المركز الوطني للأرصاد نلاحظ انعدام هطول الأمطار في بعض السنوات وهطولها في سنوات قليلة حيث سجلت 18.1ملم في يناير من عام 2000 ف، و16.5 في أكتوبر من عام 2002م (2) والشكل(1) يبين خريطة ليبيا موضحا عليها موقع مدينة غات القديمة.



شكل(1) : خريطة ليبيا موضحا عليها موقع مدينة غات القديمة(3)

### 3- المعالجات البيئية لمدينة غات القديمة :

أخذ نمط المباني المصممة بمدينة غات القديمة في الإعتبار الخصائص المناخية للمنطقة. وحيث أن ذلك قد تم على مراحل ثلاث وهي المراحل التخطيطية والتصميمية والبنائية فإننا سنقوم بدراسة كل حالة وتحليلها على حده:

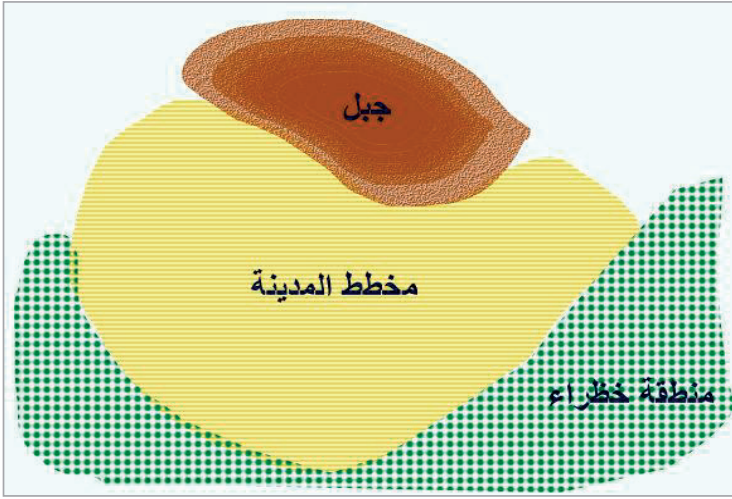
#### 3-1- المعالجات التخطيطية :

نظراً للظروف المناخية القاسية للمناخ الصحراوي الجاف لمدينة غات القديمة فقد فرضت هذه الظروف على المصممين إيجاد حلول تخطيطية تتلاءم مع الظروف القاسية وهي معالجات سائدة في معظم المدن الواقعة غي نفس الإقليم وهي:

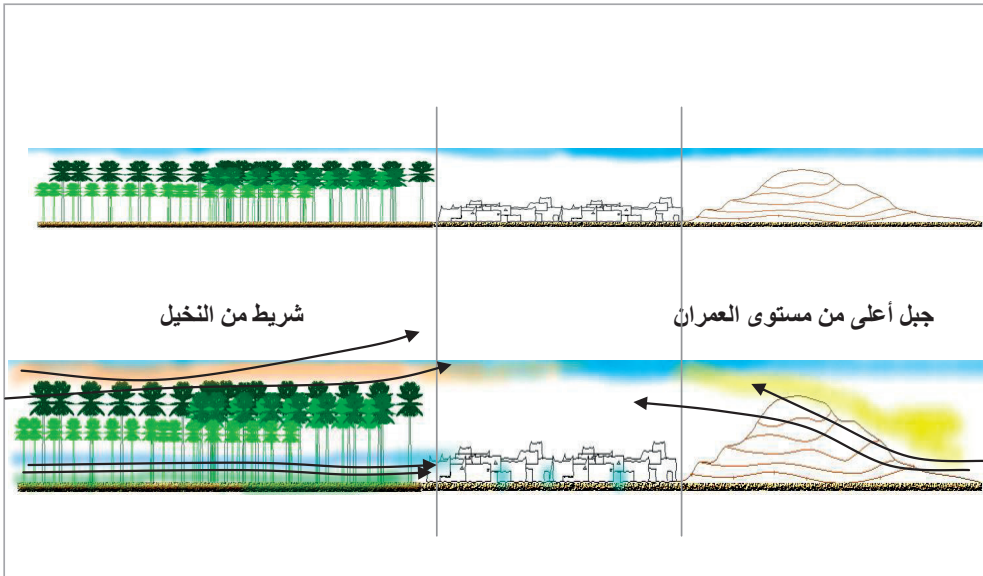
#### 3-1-1 اختيار الموقع :

يعتبر إختيار الموقع الجيد من الأساسيات الأولية للحصول على مميزات الموقع المناخية وتجنب سلبياته، ومن غير مصدر المياه القريب فانه هناك عدد من المحددات تم مراعاتها لأجل الحصول على أفضل وضع إيجابي في ظل الظروف الحرارية للمنطقة وهي:

- الإحتماء بالجبل وجعله ساترا من الرياح المحلية الساخنة والمحملة بالأتربة من الجهة ( الشمالية الشرقية) بإعتباره الاتجاه الأكثر هبوبا للرياح على مدار السنة وأكثرها قوة ، وتعتبر الاتجاهات الأخرى مع وجود رياح سائدة بها إلا إنها الأكثر هدوءاً.
- الحصول على تروطيب طبيعي للهواء الحار القادم للمباني وفلترته من الغبار المحمل به وتقليل سرعته وتبريده من خلال استخدام الأشجار العالية (النخيل) المحيطة بالموقع لتناسبها مع ظروف الصحراء واستدامة الخضرة بها ويبين الشكل (2) محددات إختيار الموقع العام للمدينة بينما يبين الشكل(3) قطاع طولي للموقع العام للمدينة يوضح إستخدام الجبل والنخيل كعناصر حماية من المؤثرات المناخية أما الشكل(4) فيوضح المعالجات البيئية من خلال التشجير خارج المدينة للحماية من المؤثرات المناخية.

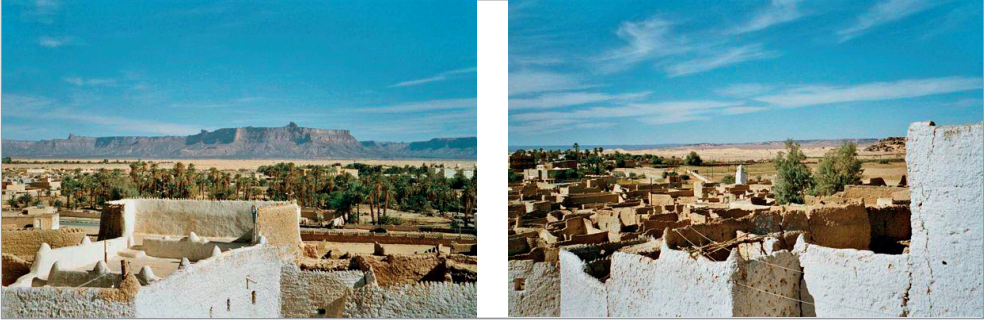


شكل (2) : يبين محددات إختيار الموقع العام للمدينة



شكل(3): قطاع طولي للموقع العام للمدينة يوضح إستخدام المحددات الطبيعية وهي الجبل والنخيل كعناصر حماية من المؤثرات المناخية(5)

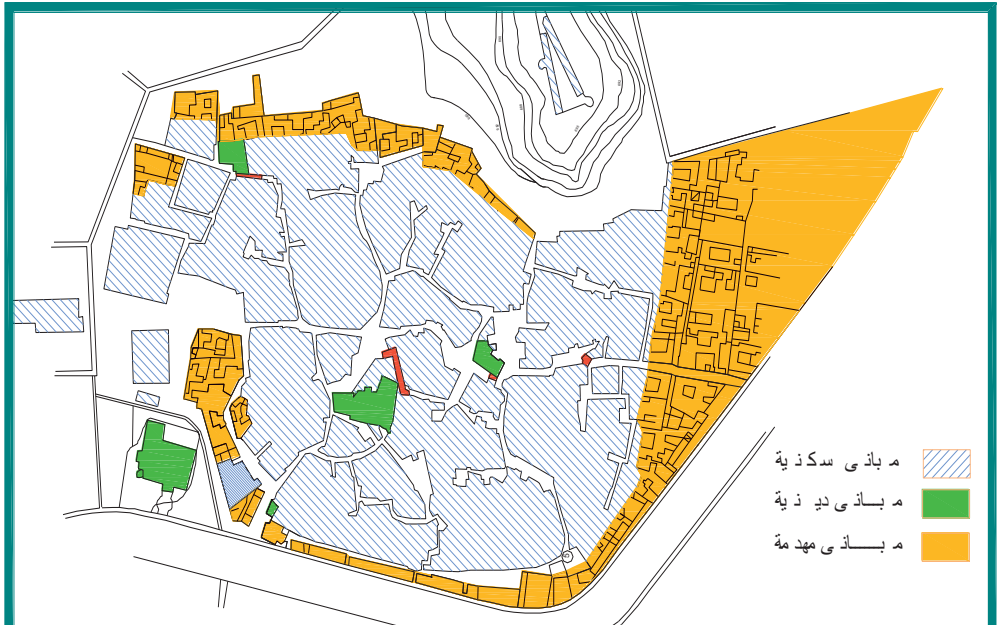




شكل (4) : المعالجات البيئية من خلال التشجير خارج المدينة للحماية من المؤثرات المناخية(8)

### 3-1-2- إستخدام أسلوب البناء المتضام:

اتخذت مدينة غات القديمة أسلوب النسيج المتضام للبناء وهو أسلوب شائع الاستعمال في المناطق الصحراوية عموماً وهو ما جعل المدينة تبدو بشكل عام كأنها كتلة واحدة نتيجة لهذا التلاصق كما أن المساكن تتوزع في كتل تفصل بينها الشوارع والطرق والميادين والشكل (5) يبين المخطط العام لمدينة توضح إستخدام البناء المتضام كأسلوب تخطيطي للمدينة.



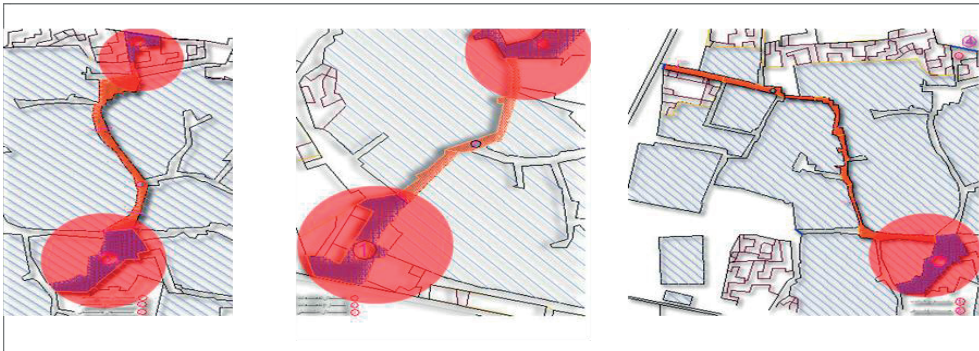
شكل (5) : يبين المخطط العام لمدينة توضح إستخدام البناء المتضام كأسلوب تخطيطي للمدينة(4)



شكل (6) : يبين استخدام أسلوب التضام في المخطط العام لمدينة غات القديمة (4)

### 3-1-3- استخدام الممرات والشوارع المتعرجة :

صممت الممرات والشوارع بشكل ضيق ومتعرج للتحليل من سرعة الرياح وتعرضها لأقل كمية من اشعة الشمس كما يعمل على معالجة الهواء الساخن المحمل بالأتربة والغبار وتفتيتها من الغبار ومن ثم تبريده، كما تم توجيه الشوارع الرئيسية فيها باتجاه شمال جنوب حتى تكون عمودية لكي تكتسب ظلالاً طوال النهار، كما أن بعض المنازل صممت بطابقين لكي توفر اكبر كمية من الظلال في الشارع، كما أن استخدام أسلوب تظليل الممرات والشوارع يوفر كمية من الظلال للمارة بالإضافة الى توفير المساطب للاستراحة (4) والشكل (7) يوضح استخدام أسلوب التعرج في الشوارع كحل بيئي كما يوضح الشكل (8) استخدام أسلوب التعرج في الشوارع و استخدام اللون الأبيض في طلاء الحوائط الخارجية ، أما الشكل (9) فيبين تظليل الممرات وتوفير مجالس استراحة.



شكل (7): يبين استخدام أسلوب التعرج في الشوارع كحل بيئي



شكل (8): يبين إستخدام أسلوب التعرج في الشوارع كحل بيئي لتلطيف الرياح السائدة مع إستخدام اللون الأبيض في طلاء الحوائط الخارجية لعكس أشعة الشمس وتشتيتها



شكل (9) : تظليل الممرات وتوفير مجالس استراحة

### 3-1-4- إستخدام الالوان والتشطيب الخارجي:

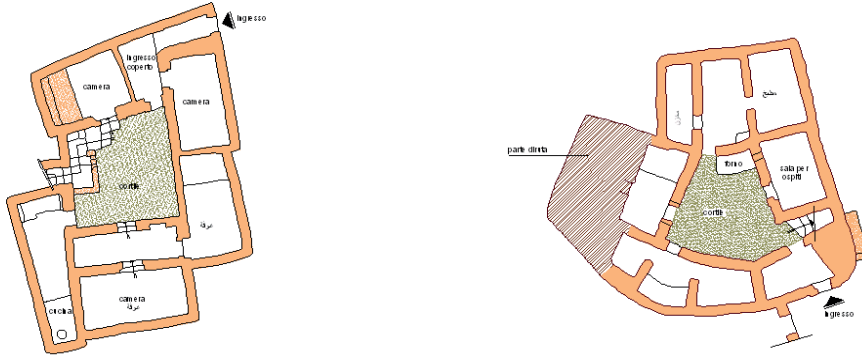
تم إستعمال اللون الأبيض في طلاء الحوائط الخارجية لمساكن غات القديمة نظراً لخصائصه البيئية فهو من الألوان العاكسة للحرارة وقد طليت جميعها بهذا اللون للإستفادة من هذه الخاصية وذلك لقدرته على عكس حوالي 80% من أشعة الشمس الساقطة على المبنى، كما تم إستعمال الطرطشة الخشنة على هذه الحوائط كي تقوم بتكسير الأشعة الشمسية وتشتيتها بعيداً عن الحوائط وتحد من رفع درجة حرارتها(5).

### 3-2-2- المعالجات التصميمية:

تم اللجوء إلى المعالجات التصميمية السائدة في المدى الصحراوية ذات الطابع الإسلامي وسنسردها كالتالي:

#### 3-2-1- إستخدام الفناء :

بالنسبة إلى المباني السكنية في غات القديمة فهي تتكون من فناء داخلي مكشوف تحاط به عناصر المنزل الرئيسية، ويعطي الفناء إحساساً مشتركاً بتجميع عناصر المنزل وانتفاءها لهذا الفراغ المحددة بحوائط مشكلة له، وتمثل المنازل بمنطقة البحث نموذج للمنازل ذات الفناء النواة وطريقة امتداداته المستقبلية حيث يبدأ في بناء المنزل كخطوة أولى ببناء حجرة أو حجرتين حول فناء صغير ويوجد في أحد أركانها سلم أو سلمين للعودة إلى الغرفة العلوية أو السطح فناء داخلي مكشوف مربع أو مستطيل تحيط به الغرف في أكثر من جهة ، و يقع هذا الفناء في منتصف المبنى ، وغالبا ما يتكون المسكن من طابق واحد ونادرا ما يكون من طابقين ، وهذا النموذج يتكرر في تصميم المباني السكنية الصغيرة أو الكبيرة على السواء والشكل رقم 10 يبين المسقط الأفقي لنموذجين لمسكن غات القديمة يظهر فيهما الفناء يتوسط كتلة المبنى.



شكل (10): مسقط أفقي لأحد المساكن في غات القديمة(8)

#### 3-2-2- إستخدام الفتحات الصغيرة:

اعتمد نظام تصميم الفتحات داخل الفناء كما تم التقليل من عددها وتصغير مساحتها من الخارج واتساعها من الداخل لتعمل كمصفاة للهواء داخل المبنى، وكذلك لتخفيف من كمية الإشعاع الشمسي ومنع الأشعة المباشرة من الدخول.





شكل (11): يبين استخدام الفتحات الخارجية الصغيرة بفناء بمنزل في غات القديمة

### 3-3 - المعالجات التنفيذية :

تم الإعتماد على المواد الطبيعية الموجودة بالمنطقة من أحجار رملية وجيرية وطينية الموجودة بكثرة حول المدينة في تنفيذ المباني في مدينة غات القديمة ووظفوها لتتلاءم مع الظروف المناخية المحيطة بهم على أكمل وجه ولم تستعمل في أعمال البناء أية مواد موردة من خارج المنطقة والمواد المستعملة هي:

#### 3-3-1- الطين :

حيث استعمل الطين في بناء المنزل غات القديمة بكثرة نظراً لتوفره فاستعمل في عمل الحوائط بعد أن يصنع منه الطوب وذلك بعد مزجه بالماء ويوضع في قوالب ويضاف إليه سعف النخيل لزيادة التماسك والربط ويترك عدة أيام ليجف ويتماسك، كما استخدم الطين في اللباسة وكمادة رابطة (مونه) بين الحجارة بالحوائط.

#### 2-3-2- النخيل :

استعمل النخيل في مباني غات القديمة بكثرة نظراً لتوفره فاستخدمت الجذوع كأبواب بعد أن تقص لثلاثة أجزاء وتربط جيداً بالحبال كما أن سعف النخيل استعمل كمادة رابطة في الطوب الطيني لزيادة التماسك واستعمل أيضاً بالسقف كمادة عازلة للحرارة وممانعة للرطوبة بعد أن يخلط مع الطين.

استعملت أيضا بكثرة وخاصة في التسقيف نظرا لقوتها وتوفرها بشكل كبير وتفرش الأغصان والأوراق والقش والتي لا تأكلها أو تسكن فيها الحشرات كطبقة أولى، أما الطبقة الثانية فتكون من طبقة سميكة من الطين وتمتاز الأسقف بمثانتها وبقائها لمدة طويلة.



شكل (12): تبين استعمال أشجار الأثل في التسقيف(3)

#### 4- الخلاصة والتوصيات :

من خلال الدراسات والتحليل التي أجريت على المدينة تم التوصل إلى النتائج والتوصيات التالية:

##### 4-1- أولاً الخلاصة :

خلص البحث إلى النقاط التالية:

- الإستفادة من خصائص موقع المدينة وتوظيفها للتغلب على الظروف المناخية القاسية .
- المعالجات التقليدية التي تم إستخدامها في المدينة هي المعالجات السائدة في معظم المدن الصحراوية.
- استعمال مواد البناء المحلية التي تتمتع بخصائص البيئة المحلية وقدرتها على تحمل درجات الحرارة المرتفعة.

##### 4-2- ثانياً التوصيات:

من خلال نتائج البحث توصلنا للنتائج التالية:

- إستخدام الفناء الداخلي نظراً لما يقدمه من حلول بيئية ناجعة أثناء تخطيط وتصميم المباني بالمناطق الصحراوية خاصة.

- الإهتمام بالعناصر المحلية الموجودة بالمدن التراثية ودعمها بمزيد من الدراسات وترميمها نظراً لما تحمله من موروث معماري وبيئي هام يمكن الإستفادة منه .
- عمل الدراسات والأبحاث عن المدن الصحراوية المهملة والتي لم يتم دراستها وإعطائها الإهتمام الكافي من الأبحاث والدراسات لإثراء المكتبة المحلية بها.

#### المراجع :-

- (1) ضياف، نجمي (1999)، مدينة غات القديمة وتجارة القوافل الصحراوية، مركز جهاد اللببيين.
- (2) أطلس ليبيا.
- (3) المركز الوطني للأرصاد الجوي.
- (4) الفرد، صالح يوسف (2007)، استخدام عناصر الطاقة الطبيعية في مباني غات القديمة، رسالة ماجستير، قسم العمارة والتخطيط الحضري، كلية الهندسة، جامعة المرقب، ليبيا.
- (5) السقاف، محمد عبدالله (2009م)، عمارة المناطق الحارة ومدى الاستفادة والحماية من الطاقة الشمسية، مجلة العلوم الهندسية، جامعة أسيوط، العدد الخامس، سبتمبر.

# القوى المكافئة لتأثير فرق درجات الحرارة بين سطحي عارضة خرسانية بسيطة الارتكاز

أ. د. مصطفى محمد الطويل  
أستاذ شرف الهندسة المدنية  
كلية الهندسة - جامعة طرابلس، ليبيا  
mmtawil01@gmail.com

## ملخص

تتعرض المنشآت الخرسانية المشيدة في المناطق الصحراوية إلى تفاوت كبير في الفرق بين درجتي حرارة السطحين الخارجي والداخلي. إن الفرق في درجة الحرارة هذا يسبب تقوسا في العنصر الإنشائي إما إلى أعلى، في فصل الصيف، في حالة ما تكون درجة حرارة السطح الخارجي أعلى من درجة حرارة السطح الداخلي، وهذا لا يشكل مشكلة تذكر بل في الحقيقة سيقبل ذلك من قيم الإزاحات الناتجة عن الأحمال الثابتة والمتغيرة الخارجية؛ وإما إلى أسفل، في فصل الشتاء، وفي هذه الحالة يكون التأثير ملحوظا لتسببه في إضافة قوى قص وعزوم انحناء داخلية إلى تلك الناتجة عن القوى الخارجية ويجب تدارسها. تتركز الدراسة في هذه الورقة على تحديد القوى المكافئة لتأثير فرق درجات الحرارة بين سطحي عارضة خرسانية بسيطة الارتكاز بناء على ثلاث فرضيات لشكل التقوس إلى أسفل تتمثل في ذلك الناتج عن عزم إنحناء طرفي متماثل، أو الناتج عن قوة محورية عند منتصف الباع، أو الناتج عن قوة موزعة بانتظام على طول العارضة، وذلك في حالي غياب التشقق مرة ووجوده بالجزء الأوسط من العارضة مرة أخرى. تدرج نتائج هذه الفرضيات، ولعدد من فروقات درجة الحرارة، في صورة جداول ورسومات بيانية ويتم بعدها تقديم اقتراح بتطبيق الأنسب منها عند عملية التحليل الإنشائي وصولا إلى تصميم القطاعات الإنشائية المتعرضة لفرق محدد في درجة الحرارة من أجل ضمان مقاومتها للقوى المكافئة الناتجة عن هذا الفرق الحراري.

**كلمات دالة:** المناطق الصحراوية، فرق درجات الحرارة، التقوس، القوى المكافئة، التحليل الإنشائي، عارضة خرسانية، التشقق

## ABSTRACT

Reinforced concrete structures, built in desert zones, are subjected to big difference in temperature between upper and lower surfaces. Difference in temperature causes sagging of structural element, upwards in summer time; when upper surface temperature is higher than that of lower surface. This case will not cause problems because sagging upward will reduce the deflection due to other external forces. Otherwise, in winter time, the sagging will be downwards and this will add internal forces to those caused by the external forces and this has to be studied. The study in this paper focus on determining equivalent thermal loads due to difference in temperature using three approaches: Sagging due to equal end bending moments, sagging due to concentrated vertical load in middle of the beam and sagging due to uniformly distributed load on whole span. These three approaches are applied to both cases of un-cracked and cracked sections at intermediate region. Results of this study are presented in tables and curves for a number of difference values of surfaces temperature. Recommendations about using equivalent thermal loads are given to be applied in analysis and design of similar structural element.



## مقدمة

يسبب فرق درجة الحرارة بين سطحي العارضة بسيطة الإرتكاز في تقوسها وينتج عن ذلك قوى داخلية تضاف إلى القوى الناتجة عن الأحمال الخارجية الأخرى المتعرضة لها العارضة. يتم في هذه الورقة تمثيل القوى الداخلية الناتجة عن فرق درجة الحرارة بقوى خارجية مكافئة تضاف إلى القوى الخارجية المسلطة على العارضة، حيث تم تقريب النقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة بالنقوس الناتج عن عزمي إنحناء متماثلين عند الطرفين مرة والناتج عن قوة متعامدة رأسياً عند منتصف العارضة مرة ثانية وقوة موزعة بانتظام على طول العارضة مرة ثالثة. تعرض النتائج في جداول ورسومات بيانية بقيم قوى القص القصوى وعزوم الإنحناء عند منتصف العارضة يتم بعدها إختيار القوى المكافئة الممثلة لتأثير فرق درجة الحرارة بين سطحي العارضة. الدراسة تقدم حالة العنصر الإنشائي غير المتشقق، وتتعرض من جهة أخرى إلى حالة ما كان هناك تشقق بمنصف الباع ولأطوال محددة.

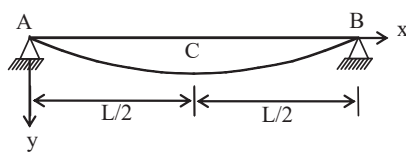
### نقوس العارضة بسيطة الإرتكاز (العارضة غير متشققة)

تتقوس العارضة غير المتشققة نتيجة الفرق في درجة الحرارة وعند تعرضها لقوى خارجية مختلفة.

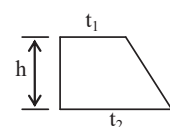
النقوس نتيجة الفرق في درجة الحرارة

يمثل الشكل 1 التغير الخطي فيما بين درجة السطح العلوي للعارضة ( $t_1$ ) ودرجة حرارة السطح السفلي للعارضة ( $t_2$ )

والنقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة ( $\Delta t$ ).



نقوس العارضة



تغير خطي في درجة الحرارة

الشكل 1. النقوس نتيجة فرق درجة الحرارة

يكون طول القوس ( $L_1$ ) في هذه الحالة:

(1)

$$L_1 = L + \alpha L \Delta t$$

حيث ( $L$ ) هو طول العارضة و ( $\alpha$ ) هو معامل التمدد لمادة العارضة و ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ).



يتم استنتاج طول القوس ( $L_4$ ) في هذه الحالة:

$$(4) \quad L_4 \cong L + 8L(17 \varphi / 35 - 7204 \varphi^2 / 5005)$$

حيث ( $\varphi = \theta^2 L^6$ ) و ( $\theta = w_0 / 96EI$ ).

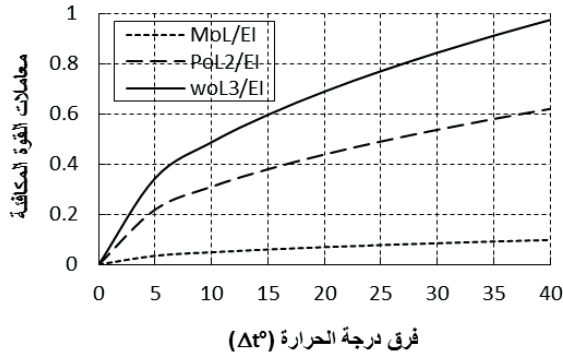
#### القوى المكافئة

تستنتج القوة المكافئة ( $M_0$ ) بمساواة المعادلة (2) بالمعادلة (1)، والقوة المكافئة ( $P_0$ ) بمساواة المعادلة (3) بالمعادلة (1)، والقوة المكافئة ( $w_0$ ) بمساواة المعادلة (4) بالمعادلة (1) وذلك لعدد من فرق في درجة الحرارة ( $\Delta t$ ) ومعامل تمدد حراري ( $\alpha = 10^{-5}$ ). يعطي الجدول 1 قيمًا لمعاملات هذه القوى المكافئة ومعاملات عزم الإنحناء عند منتصف العارضة.

الجدول 1. قيم معاملات القوى المكافئة للقوس وعزم انحناء المنتصف نتيجة الفرق في درجة الحرارة

| $\Delta t^\circ$ | $M_0L/EI$ | $M_C L/EI$ | $P_0L^2/EI$ | $M_C L/EI$ | $w_0L^3/EI$ | $M_C L/EI$ |
|------------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 5                | 0.03464   | 0.03464    | 0.21909     | 0.05477    | 0.34437     | 0.04305    |
| 10               | 0.40899   | 0.40899    | 0.30985     | 0.07746    | 0.48703     | 0.06088    |
| 15               | 0.06000   | 0.06000    | 0.37949     | 0.09487    | 0.59649     | 0.07456    |
| 20               | 0.06929   | 0.06929    | 0.43821     | 0.10955    | 0.68879     | 0.08610    |
| 25               | 0.07747   | 0.07747    | 0.48994     | 0.12249    | 0.77010     | 0.09626    |
| 30               | 0.08486   | 0.08486    | 0.53671     | 0.13418    | 0.84362     | 0.10545    |
| 35               | 0.09167   | 0.09167    | 0.57973     | 0.14493    | 0.91123     | 0.11390    |
| 40               | 0.09800   | 0.09800    | 0.61977     | 0.15494    | 0.97416     | 0.12177    |

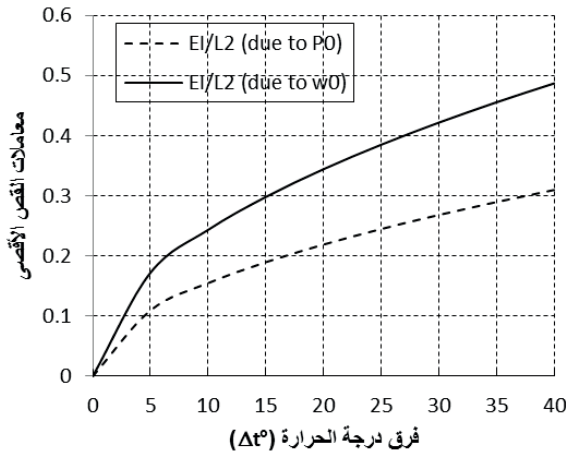
يمثل الشكل 5 علاقة معاملات القوى المكافئة لعدد من قيم فرق درجات الحرارة، ويمثل الشكل 6 علاقة معاملات قوى



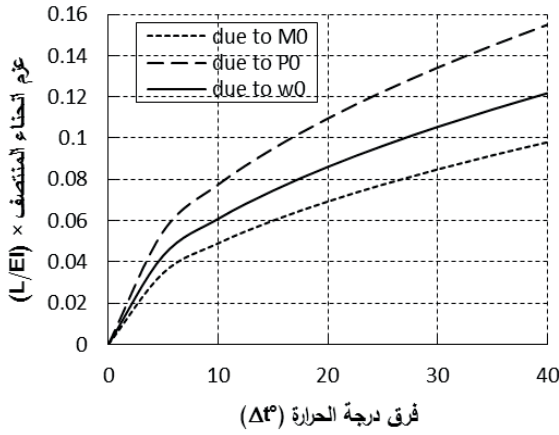
الشكل 5. القوة المكافئة لحمل إختلاف الحرارة

الفرق في درجة  
الشكل 7 علاقة  
منتصف العارضة  
الحرارة.

القوس القصوى مقابل  
الحرارة، بينما يوضح  
معاملات عزم انحناء  
بنفس قيم فروقات درجة



الشكل 6. قوة القوس القصوى لحمل إختلاف الحرارة



الشكل 7. عزم انحناء المنتصف لحمل إختلاف الحرارة

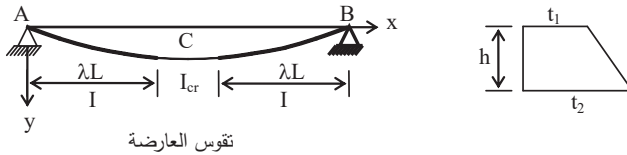
### تقوس العارضة بسيطة الإرتكاز (العارضة متشققة بالجزء الأوسط)

تتقوس العارضة المتشققة بالجزء الأوسط نتيجة الفرق في درجة الحرارة وعند تعرضها لقوى خارجية مختلفة.

التقوس نتيجة الفرق في درجة الحرارة

يمثل الشكل 8 التغير الخطي فيما بين درجة السطح العلوي للعارضة ( $t_1$ ) ودرجة حرارة السطح السفلي للعارضة ( $t_2$ )

والتقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة ( $\Delta t$ )، و ( $I_{cr}$ ) هو عزم القصور الذاتي للقطاع المتشقق.



الشكل 8. التقوس نتيجة فرق درجة الحرارة

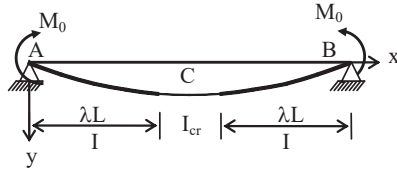
يكون طول القوس ( $L_1$ ) في هذه الحالة:

$$(5) \quad L_1 = L + \{2\alpha_c \lambda + \alpha_s (1 - 2\lambda)\} L \Delta t = L + (\Delta L)_1$$

حيث ( $\alpha_c$ ) هو معامل تمدد الخرسانة و ( $\alpha_s$ ) هو معامل تمدد حديد التسليح و ( $\lambda < 0.5$ ) نسبة من الطول و ( $\Delta L$ ) هو

الزيادة في طول العارضة نتيجة فرق درجة الحرارة.

يمثل الشكل 9 التقوس الناتج عن عزم انحناء ( $M_0$ ) مركز طرفيا ومتماثل.



الشكل 9. التقوس نتيجة عزم الإنحناء المركز

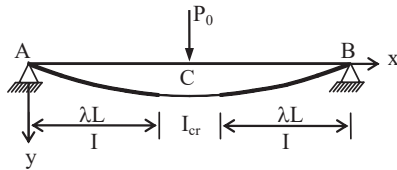
يتم استنتاج طول القوس ( $L_2$ ) في هذه الحالة:

$$(6) \quad L_2 \cong L + L(\gamma/6)\{(1 - 12\lambda^2 + 16\lambda^3)\varphi^2 + 12\lambda^2(1 - 2\lambda)\varphi + 8\lambda^3\} \\ - L(\gamma^2/40)\{(1 - 40\lambda^2 + 160\lambda^3 - 240\lambda^4 + 128\lambda^5)\varphi^4 \\ + 40\lambda^2(1 - 2\lambda)^3\varphi^3 + 80\lambda^3(1 - 2\lambda)^2\varphi^2 + 80\lambda^4(1 - 2\lambda)\varphi + 32\lambda^5\}$$

حيث ( $\varphi = I/I_{cr}$ ) ، ( $\beta = M_0/2EI$ ) ، ( $\gamma = \beta^2 L^2$ )

التقوس نتيجة قوة مركزة تعامديا بمنتصف العارضة

يمثل الشكل 10 التقوس الناتج عن قوة مركزة تعامديا ( $P_0$ ) بمنتصف العارضة.



الشكل 10. التقوس نتيجة الحمل المركز

يتم استنتاج طول القوس ( $L_3$ ) في هذه الحالة:

$$(7) \quad L_3 \cong L + (\Delta L)_3$$

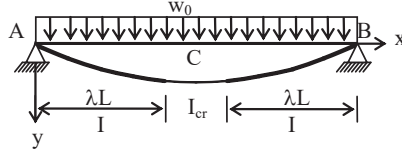
حيث  $(\Delta L)_3$  هو زيادة طول القوس نتيجة الحمل المركز ، ومعادلته طويلة ، واستنتجت قيمة حاسوبيا ومدرجة بالجدول 2.

الجدول 2. قيم الزيادة في الطول  $(\Delta L)_3$

| $\lambda$ | 0.40      | 0.42      | 0.44      | 0.46      | 0.48      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $\varphi$ |           |           |           |           |           |
| 1.2       | 0.00123 L | 0.00120 L | 0.00116 L | 0.00112 L | 0.00108 L |
| 1.4       | 0.00144 L | 0.00137 L | 0.00129 L | 0.00121 L | 0.00112 L |
| 1.6       | 0.00167 L | 0.00155 L | 0.00142 L | 0.00130 L | 0.00117 L |
| 1.8       | 0.00192 L | 0.00174 L | 0.00157 L | 0.00139 L | 0.00121 L |
| 2.0       | 0.00218 L | 0.00195 L | 0.00171 L | 0.00148 L | 0.00126 L |

التقوس نتيجة قوة موزعة بانتظام على العارضة

يمثل الشكل 11 التقوس الناتج عن قوة موزعة بانتظام ( $w_0$ ) على العارضة.



الشكل 11. التقوس نتيجة الحمل الموزع

يتم استنتاج طول القوس ( $L_4$ ) في هذه الحالة:

$$(8) \quad L_4 \cong L + (\Delta L)_4$$

حيث  $(\Delta L)_4$  هو زيادة طول القوس نتيجة الحمل المركز، ومعادلته طويلة، واستنتجت قيمه حاسوبيا ومدرجة بالجدول

3.

الجدول 3. قيم الزيادة في الطول  $(\Delta L)_4$

| $\lambda$ | 0.40      | 0.42      | 0.44      | 0.46      | 0.48      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.2       | 0.00054 L | 0.00051 L | 0.00049 L | 0.00047 L | 0.00044 L |
| 1.4       | 0.00069 L | 0.00064 L | 0.00058 L | 0.00053 L | 0.00048 L |
| 1.6       | 0.00090 L | 0.00080 L | 0.00071 L | 0.00061 L | 0.00051 L |
| 1.8       | 0.00117 L | 0.00101 L | 0.00086 L | 0.00071 L | 0.00057 L |
| 2.0       | 0.00150 L | 0.00128 L | 0.00106 L | 0.00084 L | 0.00063 L |

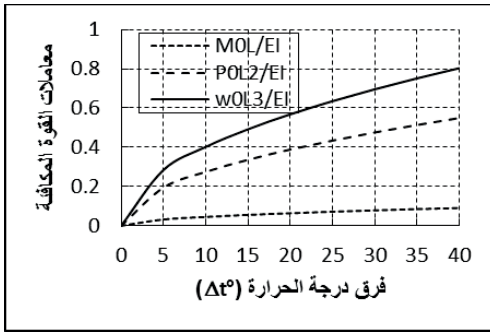
القوى المكافئة وقوى قص الطرفين وعزوم إنحناء المنتصف

تستنتج القوة المكافئة ( $M_0$ ) بمساواة المعادلة (6) بالمعادلة (5)، والقوة المكافئة ( $P_0$ ) بمساواة المعادلة (7) بالمعادلة

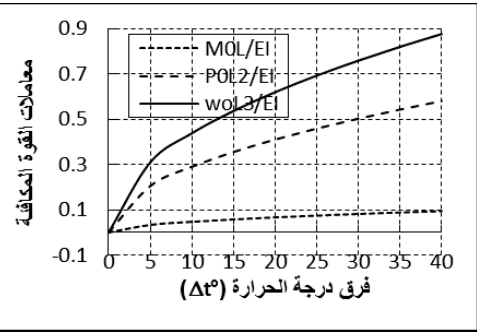
(5)، والقوة المكافئة ( $w_0$ ) بمساواة المعادلة (8) بالمعادلة (5) وذلك لعدد من فرق في درجة الحرارة ( $\Delta t$ ) ومعاملات

تمدد حراري  $\{\alpha_c = 10^{-5}$  و  $\alpha_s = 1.2(10^{-5})\}$  ولنسب مختلفة من المعاملين ( $\lambda$  و  $\varphi$ ).

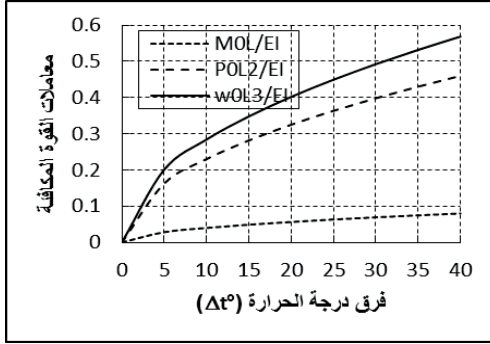
يمثل الشكل 12 علاقة معاملات القوى المكافئة لعدد من قيم فرق درجات الحرارة ولقيم ( $\lambda$  و  $\varphi$ ).



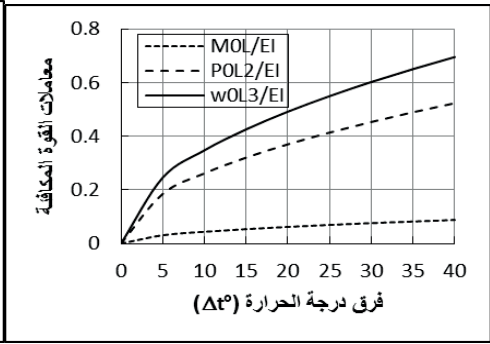
$$\varphi = 1.4, \lambda = 0.46$$



$$\varphi = 1.4, \lambda = 0.42$$



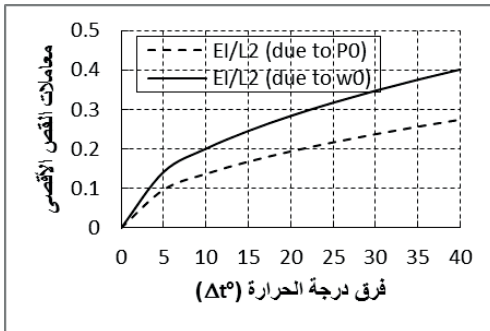
$$\varphi = 2.0, \lambda = 0.46$$



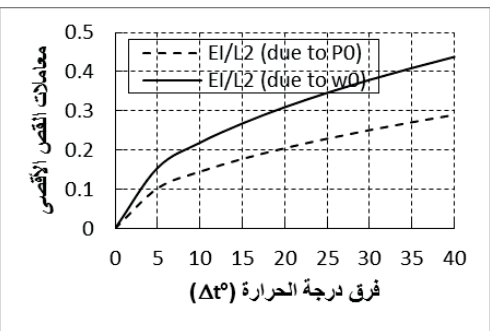
$$\varphi = 2.0, \lambda = 0.42$$

الشكل 12. القوى المكافئة لحمل إختلاف الحرارة في العارضة المتشققة

ويمثل الشكل 13 علاقة معاملات قوى القص الأقصى مقابل الفرق في درجة الحرارة ولقيم  $(\varphi)$  و  $(\lambda)$ .

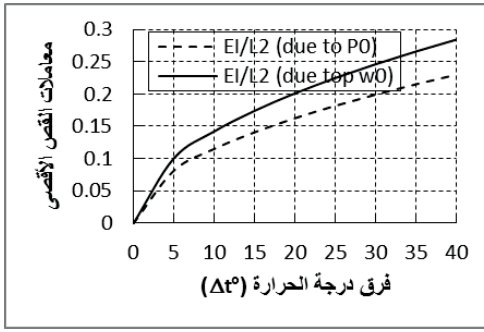


$$\varphi = 1.4, \lambda = 0.46$$

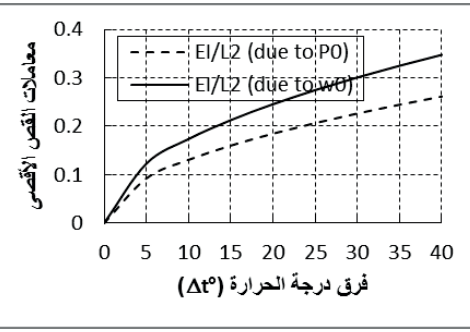


$$\varphi = 1.4, \lambda = 0.42$$





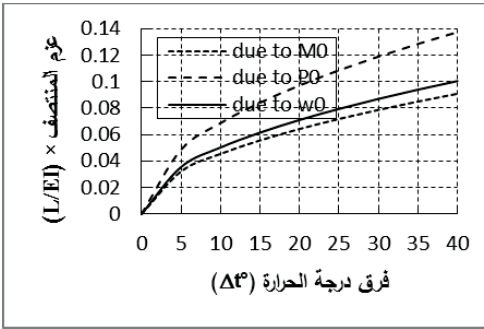
$$\varphi = 2.0, \lambda = 0.46$$



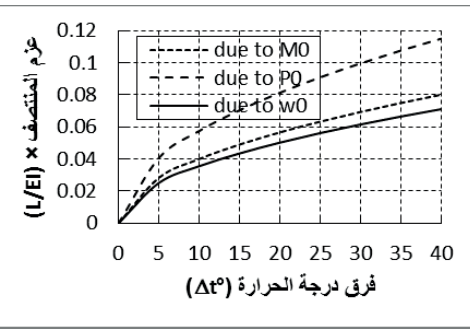
$$\varphi = 2.0, \lambda = 0.42$$

الشكل 13. قوى القوس القصوى لحمل إختلاف الحرارة في العارضة المشنقة

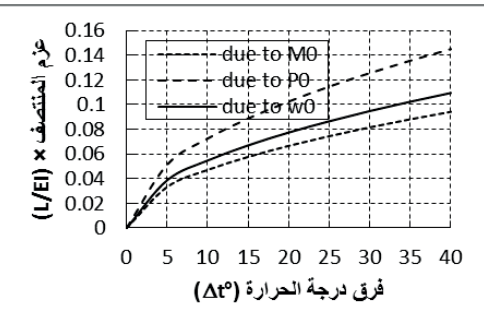
ويمثل الشكل 14 علاقة معاملات عزم انحناء منتصف العارضة بنفس قيم فروقات درجة الحرارة ولقيم  $(\varphi)$  و  $(\lambda)$ .



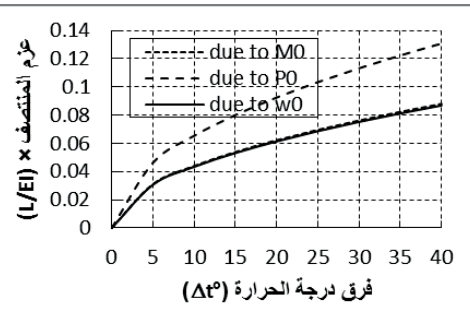
$$\varphi = 2.0, \lambda = 0.42$$



$$\varphi = 1.4, \lambda = 0.42$$



$$\varphi = 2.0, \lambda = 0.46$$



$$\varphi = 1.4, \lambda = 0.46$$

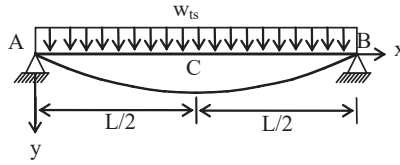
الشكل 14. عزم انحناء المنتصف لحمل إختلاف الحرارة في العارضة المشنقة

## الإستنتاجات والتوصيات

يلاحظ من الشكلين 6 و13 أن أقصى قوة قص مكافئة تنتج عن الحمل المكافئ الموزع بانتظام ( $w_0$ )، بينما يلاحظ من الشكلين 7 و14 أن أكبر عزم انحناء عند منتصف العارضة ينتج عن الحمل المكافئ المركز بالمنتصف ( $P_0$ )، وفي كل الحالات. وأن كل القيم هي الأعلى في حالة العارضة غير المتشققة وذلك لضعف مقاومة العارضة بعد تشققها ( $I_{cr} < I$ ).

القوة المكافئة للحمل الحراري لحساب قوى القص

يوصى بتحميل العارضة بسيطة الإرتكاز عند حساب قوة القص من الحمل الحراري بحمل مكافئ موزع بانتظام ( $w_{ts}$ ) على كامل طولها، الشكل 15، ويقترح من خلال بيانات الجدول 1 على أن تكون شدتها في الصورة التالية:



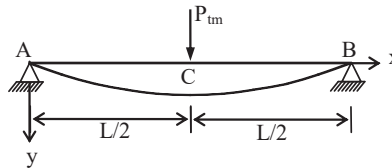
الشكل 15. الحمل المكافئ لحساب قوى القص

$$(9) \quad w_{ts} = 0.154 \sqrt{\Delta t} EI/L^3$$

القوة المكافئة للحمل الحراري لحساب عزوم الإنحناء

يوصى بتحميل العارضة بسيطة الإرتكاز عند حساب عزوم الإنحناء من الحمل الحراري بحمل مكافئ مركز ( $P_{tm}$ ) عند منتصفها، الشكل 16،

ويقترح من خلال بيانات الجدول



الشكل 16. الحمل المكافئ لحساب عزوم الإنحناء

$$(10) \quad P_{tm} = 0.098 \sqrt{\Delta t} EI/L^2$$

كما يقترح معاملة الأحمال الحرارية المشار إليها في الحالتين معاملة الأحمال الحية عند حساب الأحمال القصوى على العنصر الإنشائي من حيث المعاملات المحددة بالمواصفات.

| الرموز                                     |   |
|--|---|
| E  | معامل يانغ للمرونة  |
| h  | سمك العارضة   |
| l  | معامل القصور الذاتي للقطاع غير المشقق                                       |
| $l_{cr}$                                   | معامل القصور الذاتي للقطاع المشقق   |
| L  | طول باع العارضة   |
| $L_1$                                      | طول التقوس نتيجة فرق درجات الحرارة  |
| $L_2, L_3, L_3$                            | أطوال التقوس نتيجة الأحمال المختلفة   |
| $M_0$                                      | عزم الإنحناء الطرفي   |
| $M_C$                                      | عزم الإنحناء عند منتصف العارضة  |
| $P_0$                                      | الحمل التعامدي المركز عند منتصف العارضة                                     |
| $P_{tm}$                                   | الحمل الحراري المكافئ التعامدي المركز عند منتصف العارضة لحساب عزوم الإنحناء |
| $t_1$                                      | درجة حرارة السطح العلوي للعارضة   |
| $t_2$                                      | درجة حرارة السطح السفلي للعارضة   |
| $w_0$                                      | الحمل الموزع بانتظام على طول العارضة  |
| $w_{ts}$                                   | الحمل الحراري المكافئ الموزع بانتظام على طول العارضة لحساب عزوم قوى القص    |
| x  | المحور السيني   |
| y  | المحور الصادي   |
| $\alpha$                                   | معامل التمدد الحراري  |
| $\alpha_c$                                 | معامل التمدد الحراري للخرسانة   |
| $\alpha_s$                                 | معامل التمدد الحراري لحديد التسليح  |
| $\beta, \gamma, \varphi, \lambda$          | معاملات وعلاقات متنوعة  |
| $(\Delta L)_1$                             | الزيادة في طول العارضة للتقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة                    |
| $(\Delta L)_2, (\Delta L)_3, (\Delta L)_4$ | الزيادة في طول العارضة نتيجة التقوس تحت الأحمال المختلفة                    |
| $\Delta t$                                 | الفرق في درجة الحرارة   |
| $\mu, \eta, \theta$                        | معاملات وعلاقات متنوعة  |

# تخطيط النقل والمواصلات في إطار التنمية المستدامة لمنطقة فزان

أ.د. أحمد محمد الحضيبي

قسم الهندسة المدنية - جامعة سبها - سبها ليبيا

[ahm.alhodiri@sebhau.edu.ly](mailto:ahm.alhodiri@sebhau.edu.ly)

## المخلص

إن النقل هو أحد الركائز الرئيسية للتنمية في شتى مجالاتها الاجتماعية والاقتصادية لأي بلد، ولا يمكن تحقيق التكامل الاجتماعي والاقتصادي الفعال إلا عن طريق النقل، فالتنمية في المجالات الصناعية والزراعية والسياحية وتجارة العبور وغيرها من الأنشطة تعتمد اعتمادا كبيرا على خدمات النقل، بشقيه الركاب والبضائع.

تعاني منظومة النقل والمواصلات بإقليم فزان كثير من أوجه القصور سواء في النواحي الفنية أو التشغيلية، وهي بوضعها الحالي لا تستطيع الوفاء بمتطلبات المنطقة في التنمية والتطوير. كما أن ترامي أطراف إقليم فزان، وصعوبة البيئة الصحراوية التي تميز الإقليم، تتطلب التفكير بجد في أساليب بديلة ومساندة وسيكون من المفيد تحقيق ذلك في إطار تنمية إقليمية وحضرية شاملة لمنطقة فزان بمدنها وقرائها.

تتناول هذه الورقة بالدرس والتحليل خصائص النقل والمواصلات على مستوى إقليم فزان، وتقترح بعض السياسات والبرامج التي يمكن عن طريق تبنيها تحقيق منظومة نقل ومواصلات كفوة وفعالة تستوعب حجم الطلب المتنامي على النقل بالمنطقة، وتضمن تحقيق العدالة الاجتماعية والتنمية الاقتصادية والمحافظة على البيئة وبالتالي تحقيق التنمية المستدامة بالإقليم.

الكلمات المفتاحية: تخطيط النقل والمواصلات، النقل البري، حجم المرور، حوادث المرور، خصائص الطرق، النقل الجوي، المطارات والمهابط

## Abstract.

Transportation is one of the main social and economic development pillars in any country. The efficient social and economic integration cannot be realized without good transportation. Also, the development of industry, agriculture, tourism, trans-border trade and other activities, are mainly dependent on passengers and commodity transportation services.

The transportation system in Fezzan region suffers from different technical and operational deficiencies. According to its situation, this system cannot fulfil the regional needs for development. The vastness of the region and the difficulty of desert environment need for alternative methods that can be integrated within comprehensive regional and urban development of Fezzan cities and villages.

This paper studies and analyzes the characteristics of traffic and transportation activity in Fezzan region. It proposes some policies and programs that can be adopted to achieve qualified and efficient transportation system that handles the growing demand for transportation and guarantee social equity, economic development and environmental preserve, and guarantee achieving sustainable development programs for Fezzan region.

**Keywords:** *Transportation Planning, Traffic Volume, Road Accidents, Sustainable Development.*

## المقدمة

يساهم النقل بشكل أساسي ومباشر في تنمية وتطوير المناطق، وذلك عن طريق تسهيل الوصول إليها وربطها ببعضها وبقية المناطق في البلاد. وشبكة النقل تشجع حركة المستثمرين وانتشار المشروعات وتوزيعها مكانياً حيث رخص الأرض ووفرة المواد اللازمة للصناعة [1]. هذا ويرتبط نجاح تنفيذ ما تم اعتماده من مخططات سواء على مستوى الدولة أو على مستوى الأقاليم بمدى تضافر العوامل المتعلقة بالتنفيذ وعلى رأسها توفر سبل المواصلات والنقل، وقلة نفقات التنقل بالنسبة للمواطنين والمواد الخام والمواد المصنعة [2].

تعاني منظومة النقل والمواصلات بإقليم فزان كثير من أوجه القصور سواء في النواحي الفنية أو التشغيلية، وهي بوضعها الحالي لا تستطيع الوفاء بمتطلبات المنطقة في التنمية والتطوير، حيث يلاحظ عدم توفر الصيانة الدورية اللازمة لجميع مرافقها، كذلك هناك نقص ملحوظ في التجهيزات والمعدات اللازمة كي تتمكن هذه المنظومة من القيام بدورها بشكل فعال. كما أن ترامي أطراف إقليم فزان، وصعوبة البيئة الصحراوية التي تميز الإقليم، تتطلب التفكير بجد في أساليب بديلة ومساندة وسيكون من المفيد تحقيق ذلك في إطار تنمية إقليمية وحضرية شاملة لمنطقة فزان بمدنها وقرىها.

تتناول هذه الورقة بالدرس والتحليل خصائص النقل والمواصلات على مستوى إقليم فزان، وتقترب بعض السياسات والبرامج التي يمكن عن طريق تبنيها تحقيق منظومة نقل ومواصلات كفؤة وفعالة تساهم بدورها في تحقيق التنمية المستدامة للإقليم.

## النقل البري

إن وجود منظومة نقل بري فعالة هي من أهم عوامل التنمية الاجتماعية والاقتصادية، إذ تؤدي إلى سهولة الاتصال والربط بين المناطق وتجعلها أكثر تطوراً وتزيد من فرص الاستثمار بها. والنقل البري يساهم بشكل مباشر في حسن استغلال مناطق الثروات الطبيعية وتنميتها، ويساعد في نشر وتوزيع المشروعات الاقتصادية المختلفة على صفحة الإقليم. كما يقوي عرى التواصل بين المجتمعات ويحقق التكامل الثقافي والاقتصادي فيما بينها [3].

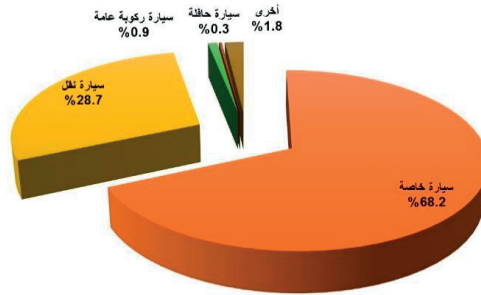
يتميز النقل البري في إقليم فزان بوجود شبكة طرق تربط بين معظم مدن وقرى الإقليم، وطرق زراعية تربط فيما بين التجمعات الزراعية وبينها وبين المناطق الحضرية. ويعتمد في نقل المسافرين على هذه الشبكة على استخدام السيارات

الخاصة وذلك بشكل أساسي، وتوجد رحلات تتم بواسطة سيارات الأجرة والحافلات الصغيرة. كما أن نقل البضائع يتم باستخدام سيارات النقل الخفيف والشاحنات بمختلف أنواعها الخفيفة والمتوسطة والثقيلة.

تتناول الفقرات التالية خصائص النقل البري استناداً إلى دراسات الجيل الثالث لمخططات إقليم فزان، وتعرض أهم المؤشرات المتعلقة بأعداد المركبات المسجلة، وخصائص حجم المرور على الطرق الرئيسية، وحركة نقل البضائع، وحوادث المرور، والحالة الفنية لشبكة الطرق بإقليم فزان.

### أعداد المركبات المسجلة

بالرجوع إلى البيانات المتاحة لدى أقسام المرور والترخيص بمنطقة فزان، أمكن تقدير عدد المركبات المسجلة بالمنطقة حتى نهاية شهر ديسمبر من سنة 2012 م، حيث بلغ العدد التقديري للمركبات المسجلة حينئذ ما يزيد عن 67 ألف مركبة، منها ما نسبته 68.2 % سيارة خاصة و 28.7 % سيارة نقل والباقي مركبات أخرى متنوعة. وجدير بالذكر أن أعداد المركبات المسجلة لا يعني بالضرورة جميع المركبات المتواجدة فعلياً بالإقليم. حيث يلاحظ وجود أعداد غير قليلة من المركبات التي تحمل لوح تسجيل من مناطق أخرى خارج إقليم فزان.



شكل 1 : التوزيع النسبي للمركبات المسجلة بإقليم فزان حسب النوع لعام 2012 م

هذا وقد شهد إقليم فزان تطوراً ملحوظاً في أعداد المركبات المسجلة بأقسام المرور والترخيص به خلال السنوات السابقة، فيعد أن كان عدد المركبات المسجلة عام 1977 حوالي 4 آلاف مركبة [4]، تطور ليصبح عدد المركبات عام 1984 حوالي 5.8 آلاف مركبة [5]، وفي عام 1995 كلن عدد المركبات 21.2 ألف مركبة وفي عام 2004 كان عدد المركبات حوالي 53.7 آلاف مركبة [6]. وفي الفترة الأخيرة لوحظ وجود ارتفاع ظاهر في أعداد السيارات

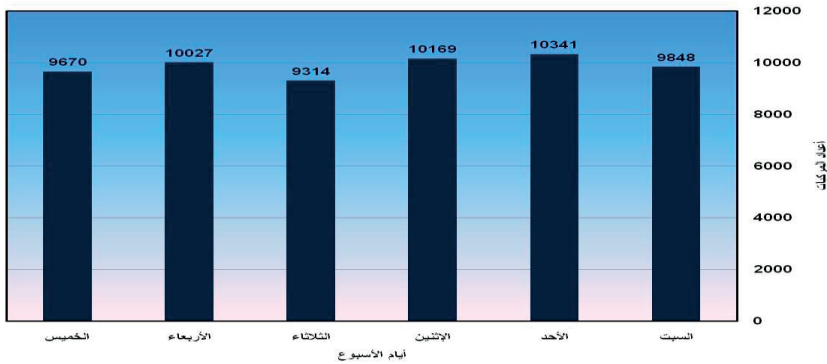
الخاصة وسيارات النقل المتعدد، حيث ارتفع المعدل السنوي لتسجيل المركبات عن حوالي 6 آلاف مركبة في السنة منها حوالي 4 آلاف سيارة خاصة سنوياً وحوالي 1.7 ألف سيارة نقل سنوياً، والباقي 0.3 ألف مركبة أخرى سنوياً.

### حجم المرور على الطرق الرئيسية

تعبر حركة المرور على شبكات الطرق عن درجة نشاط انتقال الركاب والمواد والسلع بين المناطق المختلفة، وهي تعبر أيضاً عن درجة ارتباط المناطق ببعضها، وتتأثر بشكل كبير بالعوامل الاجتماعية - الاقتصادية وكذلك الظروف المناخية. كما أن كثافة المرور مؤشر مهم في التعبير عن معدلات أداء شبكة الطرق الحالية وقدرتها الاستيعابية، كما أنها تساعد في تحديد درجة الاحتياج إلى المزيد من الطرق ومرافقها المختلفة.

في دراسة ميدانية لحركة المرور على شبكة الطرق الرئيسية على مستوى الإقليم لوحظ أن حركة المرور على الطرق تتأرجح خلال ساعات اليوم الواحد وخلال أيام الأسبوع، ويختلف ذلك من نقطة حصر إلى أخرى، غير أنه لم يلاحظ وجود أي ازدحام قد يؤدي إلى إعاقة حركة المرور على الشبكة.

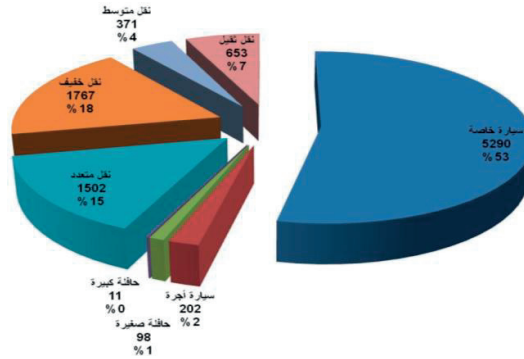
وقد كان متوسط إجمالي حجم المرور اليومي الداخل لمدينة سبها والخارج منها موزعا على مدار أيام الأسبوع عدى الجمعة على نحو ما هو مبين بشكل 2، علما بأن فترة الحصر امتدت من الساعة السابعة صباحاً وحتى الساعة العاشرة ليلاً. وكما هو مبين بالشكل فإن أكبر متوسط إجمالي حجم مرور يومي كان يوم الأحد وهو يقدر بحوالي 10,341 مركبة، وأصغر متوسط كان يوم الثلاثاء حوالي 9,314 مركبة.



شكل 2 : أعداد المركبات الداخلة لمدينة سبها والخارجة منها خلال أيام الأسبوع عدا الجمعة

يتركب متوسط حجم المرور اليومي، من حوالي 5,290 سيارة خاصة أي ما يعادل 53% من إجمالي عدد المركبات المارة على المداخل الرئيسية لمدينة سبها، وحوالي 1,767 سيارة نقل خفيف أي ما يعادل 18%، وحوالي 1,502

سيارة نقل متعدد أي ما يعادل 15%. أما باقي المركبات فكما هو مبين بشكل 3. والجدير بالذكر أن سيارات النقل الخفيف والمتعدد تستخدم بشكل كبير في نقل الركاب إضافة إلى استعمالها في نقل البضائع والمنتجات الزراعية.

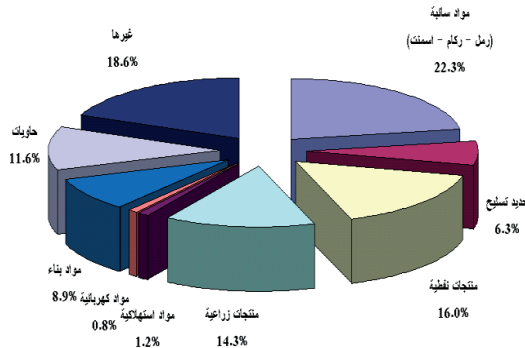


شكل 3: متوسط أعداد المركبات الداخلة لمدينة سبها والخارجة منها خلال أسبوع عدا يوم الجمعة

### حركة نقل البضائع

تمثل حركة نقل البضائع على الطرق ما بين 8% إلى 12% من متوسط حجم المرور اليومي بالنسبة لمركبات النقل المتوسط والثقيلة. أما حركة سيارات النقل الخفيف فهي تمثل ما بين 12% و 19% من متوسط حجم المرور اليومي على شبكة الطرق الرئيسية بإقليم فزان.

وكما يبين شكل 4 حوالي 37.5% من البضائع مواد سائبة وحديد تسليح ومواد بناء الأمر الذي قد يشير إلى كثافة الطلب على المواد المستخدمة في البناء والتشييد. ويمثل نقل المنتجات النفطية ما نسبته 16% والمنتجات الزراعية 14.3% والحاويات 11.6% والباقي بضائع متفرقة تشمل المواد الغذائية والكهربائية وغيرها.



شكل 4: نسب توزيع الشحن عند نقطة حصر على طريق سبها - براك



## حوادث المرور على الطرق

إن حوادث المرور من المشاكل ذات الأهمية القصوى، وقد برزت بشكل واضح إثر التطور العلمي والتكنولوجي واكتشاف السيارة وزيادة استعمالها، ونتيجة للتطور الحضاري وزيادة حركة الإنسان واتصاله بالمجتمعات الأخرى. وتأخذ الإصابات الناتجة عن حوادث الطرق اهتماماً كبيراً ومتزايداً في الآونة الأخيرة من قبل جميع الهيئات والأوساط المحلية والدولية، لما لها من تأثير على الاقتصاد علاوة على كونها تتسبب في خسارة في الأرواح والممتلكات.

وتعتبر كثافة الحوادث وأنواعها عن درجة الأمان والسلامة المرورية المتوفرة على الطرق، فكلما قل عدد الحوادث خصوصاً المميتة منها دل على أن الطريق أكثر سلامة مرورية. ولمعرفة أعداد الحوادث تم الاتصال بمختلف إدارات المرور بفران للاطلاع على السجلات المتوفرة والمتعلقة بأعداد الحوادث وأنواعها ودرجة خطورتها وأماكن وقوعها، وقد تبين أن معظم هذه السجلات لا يحتوي على بيانات مفصلة ودقيقة، كما أن عدد كبير من الحوادث التي يتم التراضي فيها بين الطرفين لا يتم التبليغ عنه، وبالتالي لا يتم إدراجه في هذه السجلات. ويبين جدول 1 أعداد الحوادث المسجلة في إقليم فران في الأعوام 1995، 2000، 2004، 2012، 2017 م.

جدول 1: أعداد الحوادث بإقليم فران في الأعوام 1995، 2000، 2004، 2012، 2017 م

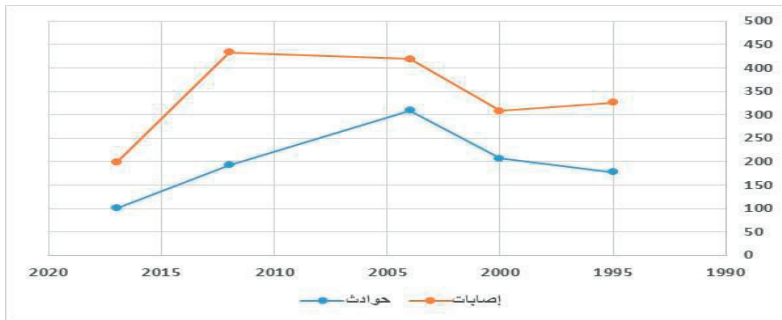
| المجموع |       | حوادث إصابات |       |              |       | حوادث وفيات |       | السنة |
|---------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|-------|
|         |       | إصابات بسيطة |       | إصابات بليغة |       | الوفيات     | العدد |       |
| إصابات  | حوادث | الإصابات     | العدد | الإصابات     | العدد |             |       |       |
| 326     | 178   | 57           | 52    | 210          | 70    | 59          | 56    | 1995  |
| 308     | 207   | 84           | 51    | 109          | 64    | 111         | 92    | 2000  |
| 419     | 309   | 105          | 69    | 170          | 133   | 144         | 107   | 2004  |
| 433     | 193   | 113          | 17    | 97           | 31    | 223         | 145   | 2012  |
| 198     | 101   | 48           | 24    | 62           | 19    | 88          | 58    | 2017  |

\* المصدر: أقسام المرور بمنطقة فران

من خلال الجدول السابق يتبين أن حجم الإصابات البسيطة عام 2017 م حوالي 48 إصابة في عدد 24 حادث سير، بينما بلغ عدد الإصابات البليغة حوالي 62 إصابة في عدد 19 حادث. كما بلغ عدد الوفيات بسبب حوادث المرور حوالي 99 حالة وفاة في عدد 58 حادث.

ومن خلال شكل 5 المتعلق بتطور حوادث المرور على شبكة الطرق الرئيسية بين مدن وقرى إقليم فران يتبين تنامي أعداد الحوادث والإصابات منذ سنة 1995 م حيث كانت حوالي 178 حادث و326 إصابة وفي السنتين 2000 م

و2004 م بلغت حوالي (207 حادث و308 إصابة) و(309 حادث و419 إصابة) على التوالي. ثم باشرت أعداد الحوادث في الانخفاض سنة 2012 م (193 حادث و433 إصابة) إلى أن وصل عدد للحوادث والإصابات المسجلة كان في سنة 2017 م إلى مستوى منخفض جدا (حوالي 101 حادث و198 إصابة)، وقد يعزى ذلك إلى الظروف التي تمر بها المنطقة من وجود نقص حاد في الوقود والسيولة النقدية ما يكون قد شكل حائلاً دون إمكانية التنقل بالسيارة وبالتالي ساهم في تقليل أعداد الرحلات المنطلقة لأغراض شتى، وكنتيجة لذلك انخفاض معدلات الحوادث نسبياً.



شكل 5 : تطور حوادث المرور ما بين عامي 1995 م و2017 م

### الحالة الفنية للطرق

تربط شبكة الطرق الرئيسية جميع مدن وقرى فزان بطول إجمالي وقدره 2,398 كم تقريباً، منها حوالي 1,892 كم من الطرق الوطنية والإقليمية وحوالي 506 كم من الطرق الزراعية. إن حالة الطرق تؤثر بشكل مباشر في حركة المركبات التي تسير عليها، فكلما كانت الطرق بحالة جيدة ساهم ذلك في المحافظة على انسيابية سير المركبات عليها وبالتالي المحافظة على عمر المركبة وتقليل فرص وقوع الحوادث. وبالعكس كلما تدهورت حال الطرق ساهم ذلك في إلحاق الضرر بالمركبات التي تسير عليها وزاد من فرص وقوع الحوادث. ذلك أن سلوك مستخدمي الطرق يتأثر بطبيعة الطرق رغبة منهم في المحافظة على سرعة السير وتفاذي العوائق التي قد تكون موجودة بالطرق.

والطرق في إقليم فزان تنتوع في حالها إلى ثلاث مستويات، بين طرق جيدة الرصف تحتاج إلى برنامج للصيانة الدورية، وأخرى بها تشققات وفتوات بسيطة وهي تحتاج إلى صيانة فورية، وطرق تحتاج إلى إعادة تأهيل ورصف.

ومن أهم المشاكل التي تتعرض لها الطرق بالإقليم ما يلي [6]:

عدم وجود برنامج لصيانة وإدامة الطرق الإقليمية والطرق الزراعية، إضافة إلى تعرض الطرق خصوصاً طريق سبها - الشاطئ وطريق سبها - أوباري لهجوم الرمال في المواسم التي تكثر بها الرياح، الأمر الذي يتسبب في تضيق المسار المخصص للعبور إن لم يكن منع العبور لفترات طويلة.

قلة وجود العلامات المرورية خصوصاً في المناطق الحرجة من شبكة الطرق الإقليمية، وإن وجدت فهي في حاجة إلى صيانة أو تجديد، إضافة إلى عدم وجود تخطيط أرضي لمعظم قطاعات الطرق، واختفاء التخطيط الأرضي عن سطح ما تبقى من طرق.

### النقل الجوي

يوجد بإقليم فزان ويشكل أساسي عدد ثلاثة مطارات تستخدم لأغراض رحلات المسافرين جواً: مطار سبها الدولي ومطار غات ومطار أوباري. كما يوجد بالإقليم مطار ببراك وبتمننت ومهبط بالويغ ولكنها لا تستخدم في رحلات المسافرين. حيث يستخدم مطار سبها الدولي بشكل أساسي في الرحلات المحلية والدولية، فيما يستخدم مطاري غات وأوباري في الرحلات المحلية فقط، وقد استخدم مطار غات في بعض الرحلات الدولية السياحية. وفي الفترة الأخيرة استخدم مطار تمننت لرحلات المسافرين عوضاً عن مطار سبها الذي توقف عن العمل منذ سنة 2014 م. يبين جدول 2 بعض خصائص كل من مطار سبها ومطار غات ومطار أوباري [6].

جدول 2: بعض خصائص المطارات المستخدمة بإقليم فزان

| ر.م. | البيان                | سبها   | غات   | أوباري                       |
|------|-----------------------|--|---|------------------------------|
| 1    | المساحة الكلية للمطار | 800 هكتار  | 1048.6 هكتار  | 120 هكتار                    |
| 2    | صالات الركاب          | واحدة تستعمل للرحلات المحلية والدولية                  | واحدة تستعمل للرحلات المحلية والدولية (Charter Flights) | واحدة تستعمل للرحلات المحلية |
| 3    | القدرة الاستيعابية    | رحلتين في الساعة                                       | رحلة واحدة في الساعة                                    | رحلة واحدة في الساعة         |
| 4    | المهبط                | مهبط رئيسي ومهبط ثانوي                                 | مهبط رئيسي ومهبط ثانوي                                  | مهبط رئيسي                   |
| 5    | طول المهبط            | المهبط الرئيسي 3600 متر<br>المهبط الثانوي 1360 متر     | المهبط الرئيسي 3600 متر<br>المهبط الثانوي 1500 متر      | 2800 متر                     |
| 6    | عرض المهبط            | المهبط الرئيسي 45 متر<br>المهبط الثانوي 25 متر         | المهبط الرئيسي 45 متر<br>المهبط الثانوي 30 متر          | 30 متر                       |
| 7    | ساحات وقوف الطائرات   | ساحة رئيسية (352م × 125م)<br>ساحة ثانوية (200م × 200م) | ساحة رئيسية (100م × 200م)                               | ساحة واحدة (100م × 75م)      |

\* المصدر: مصلحة الطيران المدني الليبي

وفيما يتعلق بالمسافرين جواً عبر مطارات إقليم فزان فقد بلغ عددهم سنة 2004 م حوالي 97,723 مسافر ومسافرة، بينما تضاعف العدد في عام 2012 م بحوالي 2.11 مرة ليصل إلى حوالي 205,771 مسافر ومسافرة. ويبين جدول 3 أعداد المسافرين والمسافرات عبر مطارات سبها وغات وأوباري عامي 2004 و2012 م.

جدول 3: أعداد المسافرين والمسافرات عبر مطار سبها وغات وأوباري عامي 2004 و2012 م

| السنة | سبها    | غات   | أوباري |
|-------|---------|-------|--------|
| 2004  | 82,617  | 9,251 | 5,100  |
| 2012  | 195,329 | 9,256 | 11,864 |

\* المصدر: مصلحة الطيران المدني الليبي

هذا وقد ارتفع إجمالي كمية البضائع والبريد المشحون جواً عبر مطارات إقليم فزان عن حوالي 39.3 ألف طن، حيث ثم نقل هذه الكمية عبر مطار سبها الدولي، بينما لم تتوفر أية معلومات عن المطارات الأخرى بالإقليم.

### المناقشة

مما تقدم في الفقرات السابقة نلاحظ إن الوضع الحالي لمنظومة النقل والمواصلات بإقليم فزان لا يفي بمتطلبات التنمية المستدامة. حيث أن ترامي أطراف الإقليم والانتشار المتباين لمدنه وقراه، وضعف شبكة الطرق، وارتفاع درجة الاعتماد على الطرق في الانتقال والتنقل بين المناطق سواء للركاب أو للبضائع، وكذلك الاعتماد الملحوظ على استخدام السيارة الخاصة، كل هذه لا تساعد على وجود نظام نقل فعال داخل الإقليم، ما يؤثر سلباً على إمكانية تحسين وتطوير المنطقة. وهذا يعني أن بشكل عام فإن منظومة النقل والمواصلات تحتاج إلى كثير من المعالجات والتحسينات لتصبح قادرة على العمل بكفاءة عالية تحقق أغراض التنمية المستدامة بعناصرها الثلاث البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

من خلال الدراسات الميدانية التي قام بها الباحث في منطقة الدراسة تبين ما يلي:

هناك صعوبة شديدة في الحصول على البيانات الدقيقة المتعلقة بأنشطة النقل والمواصلات ومرافقها المختلفة، ويرجع ذلك إلى عدم وجود نظام دقيق لتدوين المعلومات وتسجيل البيانات لدى الجهات العاملة في مجال بجميع مناطق وبلديات إقليم فزان.

غياب الرصد الميداني لحركة المرور ومراقبة الأحمال المارة على الطرق، سواء لفترات طويلة أو قصيرة. ومن المعلوم أن هذا يؤثر سلباً على طبيعة الخطط والبرامج والإجراءات التي يمكن أن تتخذ في سبيل تحسين أوضاع النقل والمواصلات بالمنطقة.

تفتقر منظومات النقل والمواصلات إلى كثير من المعايير التي تتناسب والبيئة المحلية. وهذا يظهر جلياً خصوصاً في اتجاهات الطرق الإقليمية المتعرضة لفترات الشروق والغروب حيث تنعدم الرؤية تماماً، وكذلك سرعة تشقق وانهييار الطرق، وزحف الرمال على الطرق، وغيرها.

عدم توفر خدمات النقل العام والنقل الجماعي خصوصاً فيما بين مدن وقرى الإقليم، بالإضافة إلى تأخر تنفيذ مشروع السكك الحديدية رغم وجود مخططات متكاملة للخطوط والتجهيزات.

تردي أوضاع المطارات وحركة النقل الجوي لأسباب متعددة تشمل ضعف الإمكانيات وافتقار الموجود منها إلى الصيانة الشاملة والدورية التي تحتاجها وفق المعايير المحلية والدولية.

## التوصيات

في إطار العمل على تحقيق التنمية المستدامة لإقليم فزان يجب أن تعمل منظومة النقل والمواصلات سواء على المستوى الإقليمي أو الحضري بكفاءة عالية تستوعب حجم الطلب المتنامي على النقل بالمنطقة، وتضمن تحقيق العدالة الاجتماعية والتنمية الاقتصادية والمحافظة على البيئة. وفي هذا الإطار نوصي بالآتي:

ترقية شبكات الطرق الحالية وفق أحدث المعايير التصميمية لتمكينها من العمل بكفاءة عالية، وذلك يشمل أعمال الصيانة والتحسين والتطوير سواء بالنسبة لشبكة الطرق الرئيسية الرابطة بين المدن والقرى أو الطرق الزراعية الرابطة بين التجمعات الزراعية، والتي تربطها بالطرق الإقليمية.

دعم وتحسين خدمات نقل الركاب وتشجيع استخدام النقل العام والنقل الجماعي ووضع الاستراتيجيات والخطط والبرامج اللازمة لذلك والتي من شأنها أيضاً تقليل الاعتماد على استخدام السيارات الخاصة.

تقليل الحاجة إلى التنقل بين الأنشطة المختلفة عن طريق استغلال تقنية المعلومات ووسائل الاتصال المختلفة، وكذلك من خلال تعديل استعمالات الأراضي بما يحقق تقليل مسافة الانتقال بين الأنشطة المختلفة.

من المهم جداً استكمال تنفيذ منظومة السكك الحديدية لتغطي مدن وقرى فزان، ما سوف يكون لها الأثر الكبير في إحداث تغيير نمطي في قطاع النقل والمواصلات بالمنطقة سواء بالنسبة للركاب أو للبضائع.

تطوير وتحسين خطوط وخدمات النقل الجوي بين المناطق وتفعيل دورها في التنمية الاجتماعية والاقتصادية لمدن وقرى الإقليم، بالإضافة إلى أهمية تحديث وتطوير البنية الأساسية للمطارات بما يكفل تقديم أفضل الخدمات للمسافرين والبضائع، والبريد المشحون.

تشجيع البحث والتطوير في مجال النقل والمواصلات بما يخدم المنطقة، من خلال استحداث وتبني معايير تتناسب وظروف المنطقة سواء في شبكات الطرق وأنواع المركبات وسرعات السير وغيرها من المتطلبات. وفي هذا الصدد يفضل إنشاء مركز خاص لبحوث النقل والمواصلات بالمناطق الصحراوية يكون مقره في فزان.

## المراجع

العزابي، أبو القاسم و أبو صفحة، صالح، "الطرق والنقل البري والتغير الاجتماعي والاقتصادي في الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية - تحليل الجغرافي"، منشورات المنشأة الشعب للنشر والتوزيع والإعلان والمطابع، 1981.

رياض، محمد، "جغرافية النقل"، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت.

المظفر، محسن عبد الصاحب، "التخطيط الإقليمي: مفاهيم ونظريات وتحليلات مكانية"، الطبعة الأولى، دار شموع الثقافة، الزاوية، 2002.

هاريس، فردريك ر. "دراسة تخطيط النقل على المستوى الوطني"، التقرير النهائي، أمانة المواصلات والنقل البحري، طرابلس 1985.

أمانة التخطيط، "نتائج الإحصاء السكاني لعام 1984"، طرابلس، 1985.

المكتب الاستشاري الهندسي للمرافق، "مشروع الجيل الثالث للمخططات العمرانية بفزان"، مصلحة التخطيط العمراني، طرابلس، 2007 م.

## تحسين مقاومة تربة الهشوم للقصف بإضافة نسب من الجير

د. محمود موسى شنينة

(رئيس قسم الهندسة المدنية جامعة مصراتة)

(Email: [Mahmoud.shanina@yahoo.com](mailto:Mahmoud.shanina@yahoo.com))

م. أحمد إبراهيم السقوطري

(كلية الهندسة جامعة مصراتة)

(Email: [Ahmed26.ais@gmail.com](mailto:Ahmed26.ais@gmail.com))

م. حسام الدين مصطفى قليدان.

(كلية الهندسة جامعة مصراتة)

(Email: [Hosamglidan@gmail.com](mailto:Hosamglidan@gmail.com))

### ملخص :

تتواجد تربة الكثبان الرملية الشاطئية المتحجرة (الهشوم) بكثرة على طول ساحل مدينة مصراتة، ونظراً لإمكانية الاستفادة منها في الأعمال الهندسية المختلفة اهتمت هذه الدراسة بإجراء مجموعة من الاختبارات على عينات من هذه التربة للتعرف على الخواص الطبيعية والميكانيكية والكيميائية لها وذلك لتصنيفها وتقييم مدى كفاءتها للاستخدامات الهندسية المختلفة مثل استعمالها كتربة ردم أو الإنشاء عليها، حيث تم إجراء اختبارات التحليل المنخلي وحد السيولة وحد اللدونة ومن خلال نتائجها تم تصنيف التربة حسب النظام الموحد على أنها تربة رملية فقيرة التدرج (SP) وحسب نظام الآشتو على أنها تربة رملية ناعمة غير لدنة (A-3). كما تم التعرف على خصائص أخرى مثل الوزن النوعي وكان في حدود 2.67 وتبين أنها تربة عديمة الانكماش (ليس لها حد انكماش)، واهتمت بدراسة مقاومة هذه التربة للقصف بشكل موسع وذلك لأهميتها في حساب قدرة تحمل التربة، حيث تم إجراء اختبار القصف المباشر للتربة في حالتها الطبيعية ثم دراسة إمكانية تحسين مقاومتها للقصف بإضافة نسب مختلفة من الجير لها (5%، 6.5%، 8%، 10%). ومن خلال النتائج المتحصل عليها وجد أن معامل التماسك يزداد تدريجياً بزيادة نسب الجير المضافة إلى أن يصل لأقصى قيمة له عند النسبة (8%) ثم يقل عند النسبة (10%)، بينما زاوية الاحتكاك تبدأ بالنقصان تدريجياً مع زيادة نسبة الجير. ومن خلال إجراء الاختبارات الكيميائية لعينات التربة تم التعرف على نسب الأملاح فيها (كبريتات وكلوريدات) وكذلك تم حساب الأس الهيدروجيني لها.

الكلمات الدالة : تحسين - قص مباشر - مقاومة - الهشوم - تأسيس.

### Abstract :

The fossilized sand dunes of the coastal plain (Alhshoum) are located along the coast of Misurata city, and due to the possibility of using them in different engineering works, this study was concerned with conducting a series of tests on a soil samples to identify the physical, mechanical and chemical properties of the soil, and to assesses the extent to which they are suitable for different engineering uses, such as a fill or build on it. The dry mechanical analysis, liquid and plastic limit tests were performed. Through the results, the soil was classified according to the "Unified soil classification system" as a poorly graded sand (SP), and according to the "AASHTO system" was a fine sand soil (A-3). Other properties such as specific gravity were measured and it was in the range of 2.67 and the soil was found to be non-shrinkable. The soil resistance of the shear was extensively studied for its importance in computation of a soil bearing capacity. Direct shear test was performed in normal condition, then it was studied to improve its shearing resistance by adding different percentages of the lime with (5%, 6.5%, 8%, 10%). The results showed that, the coefficient of cohesion gradually increased by the ratio of lime added to reach its maximum value at 8% and then decreased at 10%, while the friction angle starts gradually decreasing with increasing lime ratio. The chemical tests of the soil samples identified the percentage of sulphate and chlorides, and the pH value was also calculated.

## 1. مقدمة :

يهتم هذا المشروع بدراسة هذه التربة والتعرف على خواصها وتصنيفها حسب نظامي التصنيف الموحد وتصنيف الأشتو، وسيتم دراسة خاصة مقاومة القص للتربة بشكل أوسع وأكبر نظرا لأهميتها في حساب قدرة التحمل للتربة، أما الهدف الأساسي من المشروع فهو دراسة مدى تأثير إضافة الجير كمادة محسنة لها، حيث سيتم عمل اختبار القص المباشر لعينات التربة بإضافة الجير بنسب مختلفة من وزن التربة وهي (5%، 6.5%، 8%، 10%)، سيتم أيضا تحديد نسبة الأملاح والأس الهيدروجيني لهذه التربة .

## 2. أهداف الدراسة :

1. دراسة تربة الكثبان الرملية المتحجرة (الهشوم) وتصنيفها والتعرف على خواصها.
2. دراسة مدى تحسين الجير لمقاومة القص باستخدام جهاز القص المباشر.
3. تحديد نسبة الأملاح (الكلوريدات - الكبريتات) للتربة.
4. تحديد الأس الهيدروجيني للتربة.

## 3. الاختبارات المعملية :

تم إجراء اختبارات تحديد الخواص الطبيعية والميكانيكية في معمل كلية الهندسة - مصراته وتشمل هذه الاختبارات كل من: اختبار المحتوى المائي (Water Content) [5]، اختبار الوزن النوعي (Specific Gravity) [6]، اختبار التدرج الحبيبي (Grain-Size Analysis) [7]، اختبار حد السيولة (Liquid Limit) [9]، اختبار حد اللدونة (Plastic Limit) [9]، اختبار حد الانكماش الطولي (Linear Shrinkage) [9]، اختبار القص المباشر (Direct Shear) [11]. أما الاختبارات الكيميائية فتم إجراؤها في معمل شركة الكهرباء - مصراته وتشمل كل من: اختبار تحديد نسبة الكلوريدات (water-soluble chloride salts) [12]، اختبار تحديد نسبة الكبريتات (sulphate content) [13]، اختبار الأس الهيدروجيني (pH) [14].

## 4. الأدوات المستخدمة:

تم استخدام مجموعة متنوعة من الأدوات لعمل الاختبارات المعملية وأهمها: معدات يدوية شكل (1)، وهي أدوات تستخدم لمناولة عينات التربة وتفتيتها مثل الملاعق والأوعية والمدق المطاطي.





شكل (1) : معدات يدوية

فرن تجفيف شكل (2)، ويستخدم لتجفيف عينات التربة.



شكل (2): فرن تجفيف

جهاز مخروط الاختراق شكل (3)، ويستخدم لتحديد حد السيولة للتربة الرملية.



شكل (3): مخروط الاختراق القياسي

مناخل قياسية شكل (4)، وتستخدم في نخل عينات التربة لمعرفة التدرج الحبيبي للتربة المدروسة.



شكل (4): مناخل قياسية

جهاز القص المباشر شكل (5)، ويستخدم لتحديد معاملات القص لعينات التربة.



شكل (5): جهاز القص المباشر

دوارق شكل (6)، وتستخدم في الاختبارات الكيميائية لخلط عينات التربة مع الماء المقطر والإضافات الأخرى اللازمة لعمل الاختبارات.



شكل (6): دوارق

جهاز قياس pH شكل (7)، ويستخدم لتحديد درجة تركيز الأس الهيدروجيني pH بعينات التربة.



شكل (7): جهاز قياس pH

## 5. النتائج :

### 1.5 المحتوى المائي للتربة :

يعرف المحتوى المائي للتربة على أنه النسبة المئوية بين كتلة الماء الحر في فراغات التربة وكتلة حبيباتها الصلبة. [4]

بإجراء اختبار المحتوى المائي على ثلاث عينات من هذه التربة "تربة الهشوم" تم التحصل على النتائج المبينة بالجدول

(1).

جدول (1): يبين نتائج اختبار المحتوى المائي.

| رقم الاختبار                         | 1.3   | 2.3   | 3.3  |
|--------------------------------------|-------|-------|------|
| رمز العربة                           | A     | B     | C    |
| كتلة العربة فارغة $M_1$ (g)          | 20.6  | 21.0  | 21.0 |
| كتلة العربة والعينة الرطبة $M_2$ (g) | 75.7  | 65.7  | 71.3 |
| كتلة العربة والعينة الجافة $M_3$ (g) | 69.8  | 61.4  | 66.8 |
| كتلة الماء $M_w$ (g)                 | 5.9   | 4.3   | 4.5  |
| كتلة المواد الصلبة $M_s$ (g)         | 49.2  | 40.4  | 45.8 |
| المحتوى المائي $W_c$ (%)             | 11.22 | 10.64 | 9.83 |

### 2.5 الوزن النوعي للتربة:

الوزن النوعي لحبيبات التربة على أنه النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى كتلة كمية من الماء تشغل نفس الحجم عند درجة 4° مئوية. [4]

تم إجراء اختبار الوزن النوعي على عينة من تربة الهشوم وتم التحصل على النتائج المبينة بالجدول (2).

جدول (2): يبين بيانات ونتائج اختبار الوزن النوعي.

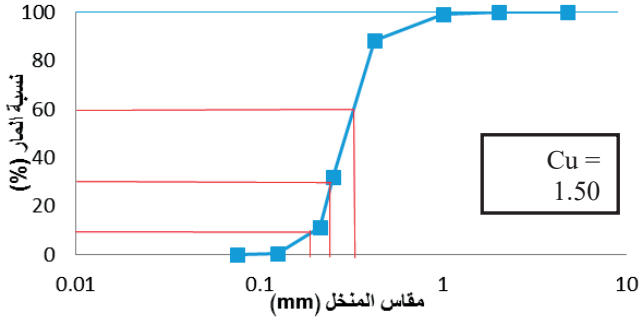
| العينة        | الوحدة | الرمز    | البند                                |
|---------------|--------|----------|--------------------------------------|
| 20            | C°     | T        | درجة الحرارة                         |
| 0.998234<br>3 | -      | $\rho_r$ | الكثافة النسبية للماء عند T          |
| 337.6         | G      | $M_{1t}$ | كتلة البكنوميتر والماء عند T         |
| 424.2         | G      | $M_{2t}$ | كتلة البكنوميتر والماء والتربة عند T |
| 138.6         | G      | $M_s$    | كتلة التربة جافة                     |
| 1.00          | -      | K        | معامل التصحيح                        |
| 2.67          | -      | $G_s$    | الوزن النوعي                         |

### 3.5 التحليل المنخلي للتربة:

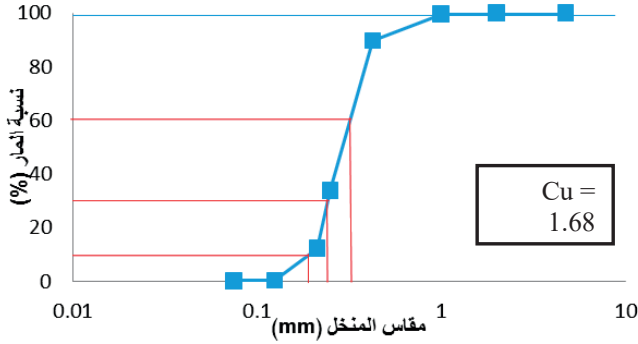
تكمن أهمية معرفة التدرج الحبيبي للتربة في أن التدرج الحبيبي للتربة هو المفتاح الأول والأساسي لتصنيف التربة، حيث تقسم التربة إلى أشكال مختلفة بحسب مقاسات الحبيبات التي تحتويها التربة، ويساعد منحنى التدرج الحبيبي للتربة في تحديد نسب المواد المكونة للتربة [4].

تم إجراء الاختبار على ثلاث عينات تم أخذها من نقاط مختلفة من الكثبان الشاطئية المتحجرة بمنطقة جنات ولكل عينة تم التحصل على النتائج المبينة بالأشكال (8)، (9)، (10).

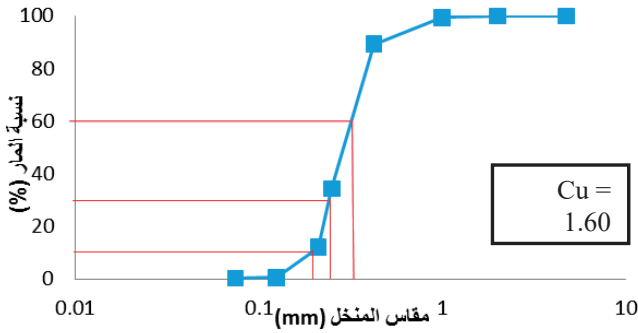
شكل (8): منحنى التحليل المنخلي للعينة 1



شكل (9): منحنى التحليل المنخلي للعينة 2



شكل (10): منحنى التحليل المنخلي للعينة 3



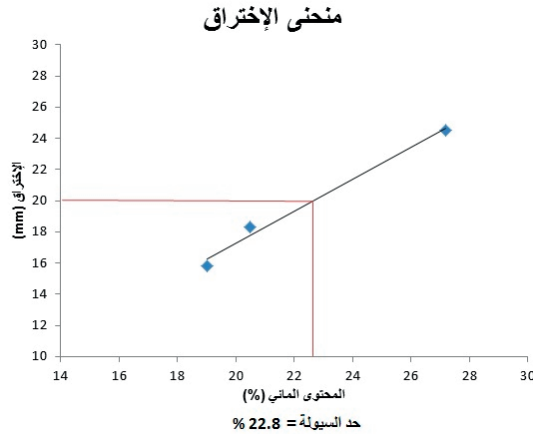
### 1.3.5 حدود أتبرج للتربة:

حدود أتبرج هي الحدود الفاصلة بين حالات التربة الصلبة واللينة والسائلة، ويستخدم هذا الاختبار لتحديد حدود التماسك للتربة الناعمة وهي حد السيولة وحد اللدونة وحد الانكماش، وبعد تحديد هذه الحدود يتم إيجاد دليل اللدونة للتربة والذي يساعد على معرفة تصرف التربة، وكذلك في معرفة ما إذا كانت التربة انهيارية أم انفاخية [3].

تم إجراء اختبارات حدود أتبرج للتربة وتم الحصول على النتائج التالية:

بإجراء اختبار مخروط الاختراق لعينة من هذه التربة وجد أن حد السيولة للتربة يساوي 22.8%، والشكل (11) يبين

منحنى الإختراق لعينة التربة.



شكل (11): منحنى الإختراق لعينة التربة

بإجراء اختبراري حد اللدونة وحد الانكماش وجد أن هذه التربة عديمة اللدونة والانكماش.

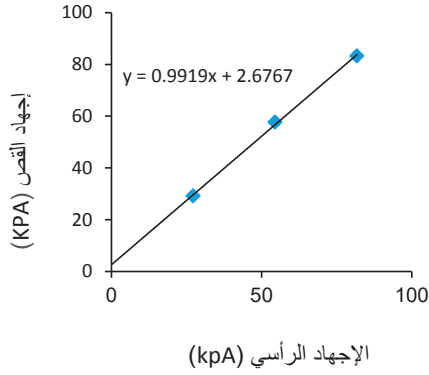
### 2.3.5 مقاومة القص للتربة.

تجرى تجربة القص المباشر بتحديد قيمة الإجهاد الأقصى للقص (Ultimate Shear Stress) المقابل لإجهاد عمودي على مستوى القص (Forced Shear PI) والمحدد مسبقا.

وفي هذه التجربة يمكن رسم العلاقة بين إجهاد القص والإجهاد العمودي، ومن هذه العلاقة يمكن حساب أو استنتاج زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ومعامل تماسكها. [3]

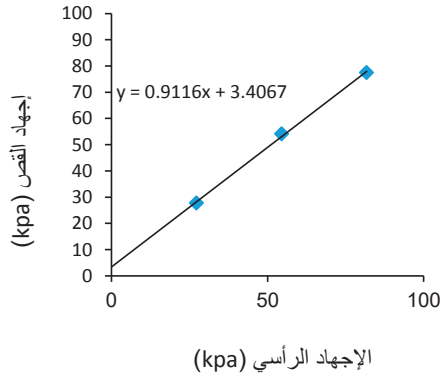
تم دراسة مقاومة القص لتربة الهشوم في حالتها الطبيعية (بدون تحسين) وكانت جميع العينات المستخدمة في هذا الاختبار جافة (Wc = 0%) وذلك لضمان ثبات المحتوى المائي وعند كثافة جافة ثابتة لجميع الحالات (قبل التحسين وبعد التحسين)، ومن ثم حساب مقاومة هذه التربة للقص عند إضافة نسب مختلفة من الجير (5%، 6.5%، 8%، 10%)، باستخدام طريقة القص السريع (Quick Test). الأشكال (12,13,14,15,16) تبين خط معادلة كولومب لكل عينة.

العينة (1): (0% جير).



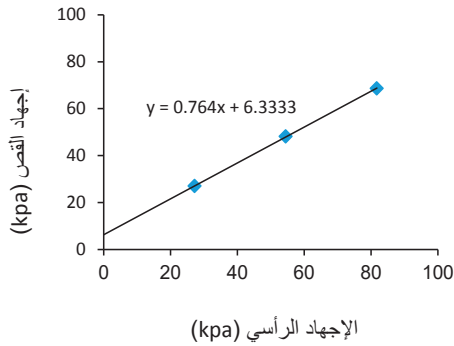
شكل (12) العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص للعينة (1)

العينة (2): (5% جير).



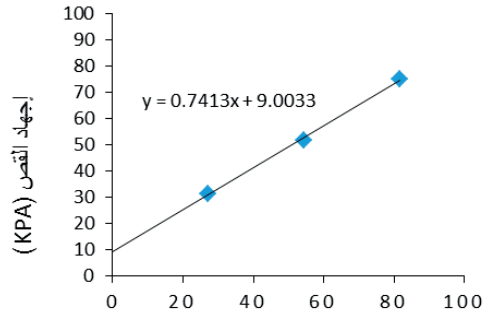
شكل (13) العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص للعينة (2)

العينة (3): (6.5% جير).



شكل (14) العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص للعينة (3)

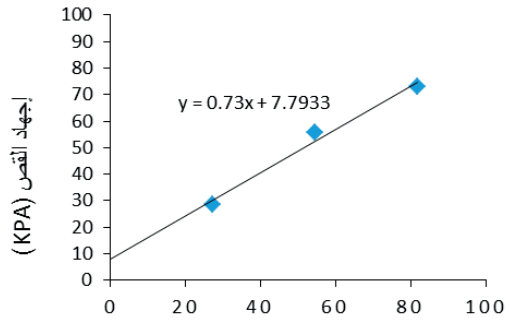
العينة (4): (8% جير).



الإجهاد الرأسي (KPA)

شكل (15) العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص للعينة (4)

العينة (5): (10% جير).



الإجهاد الرأسي (KPA)

شكل (16) العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص للعينة (5)

3.3.5 تحديد نسبة الكلوريدات:

الجدول (3) نتائج اختبار تحديد نسب الكلوريدات.

| رقم العينة | حجم نترات الفضة V<br>ml | عيارية نترات الفضة N<br>mol/L | وزن العينة بالجرام W | نسبة الكلوريدات %CL |
|------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1          | 0.6                     | 0.1                           | 5                    | 0.0426              |
| 2          | 0.76                    | 0.1                           | 5                    | 0.0540              |
| 3          | 1.85                    | 0.1                           | 5                    | 0.1314              |



#### 4.3.5 تحديد نسبة الكبريتات:

الجدول (4) يبين نتائج اختبار تحديد نسب الكبريتات

| رقم العينة | وزن الراسب بالجرام W1 | وزن العينة بالجرام W | نسبة الكبريتات % SO <sub>4</sub> |
|------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|
| 1          | 0.749                 | 5                    | 5.14                             |
| 2          | 0.760                 | 5                    | 5.21                             |
| 3          | 0.732                 | 5                    | 5.02                             |

#### 5.3.5 تحديد الأس الهيدروجيني:

الجدول (5) نتائج اختبار تحديد الأس الهيدروجيني

| رقم العينة | قيمة pH |
|------------|---------|
| 1          | 7.72    |
| 2          | 7.07    |
| 3          | 7.13    |

#### 6. المناقشة :

##### 1.6 نسب مكونات التربة:

الجدول (6): يبين نسب مكونات التربة حسب النظامي الموحد والأشتو.

| عينة التربة | نسبة المار من المناخل (%) |      | نسب مكونات التربة (%) |       |           |
|-------------|---------------------------|------|-----------------------|-------|-----------|
|             | 4                         | 200  | حصى                   | رمل   | طين - طمي |
| 1           | 100                       | 0.32 | 0                     | 99.68 | 0.32      |
| 2           | 100                       | 0.28 | 0                     | 99.72 | 0.28      |
| 3           | 100                       | 0.31 | 0                     | 99.69 | 0.31      |
|             | المتوسط                   |      | 0                     | 99.70 | 0.30      |

## 2.6 تصنيف التربة.

تم تصنيف ثلاثة عينات حسب نظام التصنيف الموحد كما بالجدول (7)، وتم تصنيفها أيضا حسب نظام الآشتو كما هو مبين بالجدول (8).

جدول (7): يبين التصنيف الموحد.

| التصنيف | حد اللدونة (%) | حد السيولة (%) | Cc   | Cu   | نسبة المار من المناخل (%) |     | العينة |
|---------|----------------|----------------|------|------|---------------------------|-----|--------|
|         |                |                |      |      | 200                       | 4   |        |
| SP      | -              | 22.8           | 0.86 | 1.50 | 0.32                      | 100 | 1      |
| SP      | -              | 22.8           | 0.95 | 1.68 | 0.28                      | 100 | 2      |
| SP      | -              | 22.8           | 0.90 | 1.60 | 0.31                      | 100 | 3      |

الجدول (8) يبين تصنيف التربة حسب نظام الآشتو.

| التصنيف | حد اللدونة (%) | حد السيولة (%) | نسبة المار من المناخل (%) |       |     | العينة |
|---------|----------------|----------------|---------------------------|-------|-----|--------|
|         |                |                | 200                       | 40    | 10  |        |
| A - 3   | -              | 22.8           | 0.32                      | 88.2  | 100 | 1      |
| A - 3   | -              | 22.8           | 0.28                      | 89.76 | 100 | 2      |
| A - 3   | -              | 22.8           | 0.31                      | 89.23 | 100 | 3      |

## 3.6 مقاومة التربة للقص:

تم حساب معاملات القص لعينات التربة وذلك من خلال معادلة كولومب للقص بإيجاد زاوية ميل الخط المستقيم والجزء المقطوع من المحور الرأسي، والجدول (9) يوضح النتائج المتحصل عليها:

جدول (9) حساب معاملات القص حسب معادلة كولومب

| معامل التماسك C | زاوية الاحتكاك $\phi$ | معادلة كولومب<br>$\tau = \sigma \tan \phi + C$ | نسبة الجبر (%) | رقم العينة |
|-----------------|-----------------------|--|----------------|------------|
| 2.68            | $44.77^0$             | $0.9919\sigma + 2.677\tau =$                   | 0              | 1          |
| 3.41            | $42.35^0$             | $\tau = 0.9116\sigma + 3.407$                  | 5              | 2          |
| 6.33            | $37.37^0$             | $\tau = 0.7640\sigma + 6.333$                  | 6.5            | 3          |
| 9.00            | $36.55^0$             | $\tau = 0.7413\sigma + 9.003$                  | 8              | 4          |
| 7.79            | $36.13^0$             | $\tau = 0.7300\sigma + 7.793$                  | 10             | 5          |

## 7. الاستنتاجات :

بعد إجراء الاختبارات المختلفة على عينات التربة المدروسة تم الخروج بالاستنتاجات التالية:

(1) نسبة مكونات التربة هي 0% حصى، 99.70% رمل، 0.30% طين وطيني.

(2) في اختبار القص ومع إضافة الجير لعينات التربة نلاحظ بأن معامل التماسك يزيد تدريجيا بزيادة نسب الجير المضافة إلى أن يصل لأقصى قيمة له عند النسبة 8%، وأيضا زاوية الاحتكاك تبدأ بالنقصان تدريجيا مع زيادة نسبة الجير. ويرجع السبب في ذلك إلى زيادة نسبة المكونات الناعمة في التربة والتي تعتمد على قوة التماسك بين حبيباتها في مقاومة قوى القص عكس حبيبات التربة الخشنة التي تعتمد على زاوية الاحتكاك في ذلك.

(3) في حالة استعمال الجير في تحسين مقاومة تربة الهشوم لقوى القص فيجب أخذ النسبة الأمثل لذلك وهي 8% من وزن التربة الجافة.

(4) متوسط نسبة الكلوريدات في عينات التربة هو 0.076% وهو ضمن الحدود المسموح بها (0.1%).

(5) متوسط نسبة الكبريتات في عينات التربة هو 5.12% لذلك في حالة الانشاء على تربة الهشوم فيجب الوضع في الاعتبار بأنها تحتوي على نسب عالية جدا من أملاح الكبريتات لذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة من استعمال اسمنت مقاوم للكبريتات واستخدام الإضافات البوزلانية.

## 8. التوصيات :

(1) زيادة عدد العينات المختبرة.

(2) دراسة تحسين مقاومة القص لتربة الهشوم بإضافة نسب من الجير والاسمنت معاً.

(3) دراسة تحسين مقاومة القص لتربة الهشوم بخلطها بنوع آخر من التربة.

(4) دراسة الخواص الكيميائية لهذه التربة بشكل اوسع.

## 9. المراجع :

الشريف محمد عبد العزيز، أساسيات في ميكانيكا التربة والأساسات، الطبعة الأولى، القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر،  
2007.

السيد عبد الفتاح القصيبي، هندسة الأساسات السطحية، الطبعة الثالثة، القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع،  
2010.

السيد عبد الفتاح القصيبي، ترميم المنشآت الخرسانية، القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

محمد أحمد عاشور، ميكانيكا التربة، الطبعة الأولى، القاهرة: دار العلوم للنشر والتوزيع، 2006.

ASTM D2216 – 10, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water  
(Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

ASTM D854 – 14, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water  
Pycnometer.

ASTM D422 – 63(1998), Standard Test Method for Particle–Size Analysis of Soils.

BS 1377–2:1990, Methods of test for soils for civil engineering purposes. Classification  
tests.

ASTM D4318 – 17, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity  
Index of Soils.

BS 1377–4:1990, Methods of test for soils for civil engineering purposes. Compaction–  
related tests.

ASTM D3080 / D3080M – 11, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils  
Under Consolidated Drained Conditions.

BS 812–117:1988, Methods for determination of water–soluble chloride salts.

BS 812–118:1988, Methods for determination of sulphate content.

BS 1377-2:1990, Methods of test for soils for civil engineering purposes. Chemical and electro-chemical testing.

| فهرس الرموز |   |            |   |
|-------------|---|------------|---|
| N           | القوة الرأسية المؤثرة عاموديا على سطح القص.                 | $T$        | درجة حرارة دورق القياس المملوء بعينة التربة والماء.   |
| Q           | القوة الأفقية المسببة للقص.                                 | K          | معامل تصحيح أخطاء كثافة الماء.                        |
| Qr          | قوة الاحتكاك المقاومة للحركة الأفقية.                       | $\rho_T$   | الكثافة النسبية للماء عند درجة حرارة $T$ .            |
| A           | مساحة السطح المعرض للقوى.                                   | $M_P$      | كتلة الدورق.  |
| $\eta$      | معامل الاحتكاك.   | $G_S$      | الوزن النوعي.   |
| $\phi$      | زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.                              | $D_{10}$   | قطر الحبيبات المقابل لنسبة مار 10%.                   |
| C           | معامل التماسك للتربة.                                       | $D_{30}$   | قطر الحبيبات المقابل لنسبة مار 30%.                   |
| $\sigma$    | الإجهاد الرأسي.   | $D_{60}$   | قطر الحبيبات المقابل لنسبة مار 60%.                   |
| $\tau_f$    | مقاومة التربة للقص عند الانهيار.                            | Cu         | معامل الانتظام للتربة.                                |
| $\sigma''$  | الإجهاد الرأسي الفعال.                                      | Cc         | معامل التفرع للتربة.                                  |
| $W_C$       | المحتوى المائي.   | $L_D$      | طول عينة التربة المجففة بالفرن ( اختبار حد الانكماش). |
| $M_{1w}$    | : كتلة الماء.   | $L_0$      | طول العينة الأصلي قبل التجفيف ( اختبار حد الانكماش).  |
| $M_5$       | كتلة المواد الصلبة.   | $\sigma_1$ | الإجهاد الرأسي على العينة (اختبار القص المباشر).      |
| $T_0$       | درجة الحرارة المعايير عندها دورق الوزن النوعي مملوء بالماء. | $\tau$     | إجهاد القص المسلط على العينة (اختبار القص المباشر)    |
| $\rho_0$    | الكثافة النسبية للماء عند درجة حرارة $T_0$ .                |            |   |

## مفاهيم التصميم المستدام ومبادئ طاقة المكان Feng Shui

### في عمارة غدامس القديمة

د. فوزي محمد عقيل - محاضر

[fawzi6664@gmail.com](mailto:fawzi6664@gmail.com)

جامعة المرقب ، كلية الهندسة ، قسم الهندسة المعمارية ، الخمس

#### الملخص :

إن التكوين المكاني للبيئة الحضرية ينتج عن التفاعلات بين الأنشطة البشرية والبيئة المبنية و تعتبر هذه التفاعلات جزء مهم من العملية اليومية في الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني وتسمى "التصميم المستدام" أو "الأخضر" . أما في الشرق فتهدف المعرفة الصينية القديمة لطاقة المكان (Feng Shui) إلى خلق انسجام بين البيئة والمباني والناس. وقد أثرت على معظم تصميم المباني التقليدية في الصين منذ آلاف السنين. يعتمد طاقة المكان (Feng Shui) على الملاحظات التجريبية للشكل المحيط مع الرغبة في تحسين العلاقة بين الإنسان والبيئة وتتعلق غالبية أبحاثه بالدراسة التاريخية ، أو تحليل التخطيط العمراني من منظور التاريخ والفولكلور والهندسة المعمارية. هناك اهتمام متزايد للمهندسين المعماريين وغيرهم من المتخصصين في البناء لتطبيق مفاهيم هذا العلم في تصميم المباني والبيئة المبنية ويتوقع أن تفسر مبادئه ستشمل المفهوم الغربي للتصميم المستدام. تتناول هذه الورقة تحليل ومقارنة مفاهيم التصميم المستدام مع مبادئ طاقة المكان (Feng Shui) وتهدف الدراسة إلى توضيح ميزات مدينة غدامس من وجهتي نظر الاستدامة وطاقة المكان (Feng Shui) للوقوف على أوجه التشابه والاختلاف بين هذان المفهومين. حيث أن كلا من المفهومين يهدفان إلى خلق فراغات ممتعة ومتوازنة بين البيئة الطبيعية والبيئة المبنية إلا أن التصميم المستدام ركز على قياس أداء الصفات الفيزيائية ، في حين أكدت مبادئ ومفاهيم طاقة المكان (Feng Shui) على التوازن والانسجام بين الأشكال المادية والترتيب المكاني والتي يصعب قياسها وتحديد كمياتها .

كلمات مفتاحية : التكوين المكاني، طاقة المكان، التصميم المستدام ، مدينة غدامس .

#### Abstract :

interactions between human activities and built environment are an important part of "sustainable design" or "green design. In the East, the ancient Chinese knowledge of Feng Shui aims to create harmony between the environment and people, it has influenced most of the design of traditional buildings in China for thousands of years. Feng Shui relies on empirical observations of the surrounding shape with the desire to improve the relationship between people and environment. The majority of Feng Shui research relates to historical study, or analysis of urban planning from the perspective of history, folklore and architecture. There is an increasing interest for architects and other construction professionals to apply the concepts of this science in building design and built environment, we expect that the interpretation of its principles will include the Western concept of sustainable design. This paper deals with the analysis and comparison of sustainable design concepts with Feng Shui principles, it aims to illustrate the features of Ghadames from the perspectives of sustainability and Feng Shui to find out the similarities and differences between these two concepts because both concepts aim to create pleasant and balanced spaces between the natural environment and the built environment. While the principles and concepts of Feng Shui emphasized the balance and harmony between physical shapes and spatial order, which are difficult to measure and quantify, sustainable design focused on the measurement and performance of physical properties.

**Key words:** Spatial configuration, feng shui, sustainable design, Ghadames City.

## مقدمة :

التصميم المستدام هو فلسفة تصميم البيئة المبنية لتتوافق مع مبادئ الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية [26] ويؤكد التصميم المستدام على إتباع منهجية كلية للقضاء على الآثار البيئية السلبية من خلال التصميم الجيد. الهدف من التصميم المستدام هو النظر إلى جميع الأنظمة معًا والتأكد من أنها تعمل في وئام و تشبه عملية التصميم التكاملية هذه النظرة الصينية الشاملة ونهج فنغ شوي تجاه البيئة المبنية [19]. تمثل فنغ شوي خلاصة الحكمة الصينية القديمة في المعرفة والخبرة المتعلقة بالبيئة المبنية التي تراكمت لأكثر من ثلاثة آلاف سنة و تهدف مبادئ وممارسات فنغ شوي إلى تهيئة بيئة متناسقة للبناء للعيش فيها وتمثل نظرية معمارية صينية تقليدية لاختيار المواقع الملائمة وكذلك نظرية لتصميم المدن والمباني [21]. يوجد في فنغ شوي مدرستان رئيسيتان للفكر والممارسة: مدرسة البوصلة والمدرسة النموذجية وقد تم الاعتراف بنهج والمدرسة النموذجية (School Form) بشكل جيد وقبوله على نطاق واسع من قبل الباحثين في فنغ شوي باعتباره يضم القواعد العلمية في تحليل البيئة المبنية [18] ؛ [11]. أسست المدرسة النموذجية منهجا كليًا يتيح مراعاة المكونات والعناصر المتكاملة للبيئة المبنية [24] منذ أواخر الستينيات من القرن العشرين وعندما ازداد تأثير الحضارة الغربية والتكنولوجيا إلى أبعاده العالمية أصبح عدد أكبر من العلماء الغربيين مدركين لقيود النماذج العلمية الحديثة التي فشلت في شرح عالم الظواهر الطبيعية برمتها وبدأت في إدراك وجود أوجه التشابه بين العلم الحديث والفلسفة الشرقية [10]. لقد دعا فنغ شوي العلوم الصينية التقليدية لتخطيط المواقع التي تحتوي على مجموعة منظمة من المعرفة لتمارس بشكل مكثف في التطبيق [5]. وقد اقترح Bruun (1995) أن فنغ شوي عبارة عن نظام بيانات عن علاقة الطبيعة بالإنسان في بيئة من الفكر العميق ويتم ربط الإنسان والمناظر الطبيعية معًا في نظام أساسي. في الوقت الحاضر يسعى العديد من الباحثين إلى إيجاد فهم أعمق لهذه العلاقات بين البيانات البشرية والطبيعية وقد بدأ المهندسون المعماريون والمهنيون في مجال البناء في الاعتراف بفنغ شوي كنموذج واسع مرتبط ببيئًا ومعماريًا. و يعتقد Hwangbo (1999) أن ممارسة فنغ شوي هي مسألة بديهية تنطوي على اختيار الموقع والتنظيم المكاني و يتشابه بقوة مع المفهوم الغربي للهندسة و التصميم المعماري والحضري . سوف تسلط هذه الورقة الضوء لفهم العلاقات بين مفاهيم التصميم المستدام وفنغ شوي في التصميم الحضري البيئي باستخدام دراسة حالة

لمدينة غدامس القديمة وهل لوجود هذه المبادئ اثر في وجود إحدى روائع المعمار التقليدي العالمي الغنية عن التعريف

#### أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى التعريف ومقارنة مفاهيم التصميم المستدام والحديث ومبادئ طاقة المكان Feng Shui القديمة ونشر استخدامها عند الباحث باعتبارهما من أهم المعايير التي تحدد وتقيس استدامة البيئة في هذا التصميم الحضري

#### أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة في زيادة الوعي بأهمية اختبار النظريات القديمة في مجال البحوث الحضرية والبيئية ومقارنتها مع العلوم الحديثة للوصول إلى بيانات تساعد بشكل كبير في مجال الدراسات والتطوير الحضري والبيئي.

#### منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي للمقارنة والتعريف بمفاهيم التصميم المستدام ومبادئ طاقة المكان Feng Shui و تحليل حالة دراسة تمثلت في مدينة غدامس القديمة لاستخلاص ما إذا طبقت مفاهيم الأسلوبين سابق الذكر في عمليات التخطيط والتصميم واستقرارها وفقاً لأهميتها في مجال التطوير الحضري والبيئي.

#### الاستدامة الحضرية:

الاستدامة الحضرية هي فكرة أنه يمكن تنظيم مدينة دون الاعتماد المفرط على المناطق المحيطة بها وتكون قادرة على تزويد نفسها بمصادر الطاقة المتجددة. والهدف من ذلك هو إنشاء أصغر بصمة بيئية ممكنة وإنتاج أقل كمية ممكنة من التلوث وتقديم مساهمة المدينة الإجمالية في المناخ . ان التصميم المستدام هو فلسفة لتنظيم البيئة الحضرية لتتوافق مع مبادئها [26] . ويهدف التصميم المستدام لجعل كل الأنظمة تعمل كوحدة واحدة وبانسجام كامل بينها . ويدعم هذا المفهوم التفاعلات البشرية مع بيئتها لتعزيزها وجعل الفراغات أكثر متعة للأشخاص الذين يستخدمونها [14] . ويركز ايضا هذا المفهوم على كفاءة التصميم والطاقة والتوازن بين الطبيعة والبيئة الحضرية [46].

#### فنغ شوي Feng Shui:

في حين أنه من الصعب تعريف فنغ شوي لأنه يتعامل مع تاريخ طويل [27] إلا انه يمكن القول بأنه فكرة فلسفية صينية تقليدية تم تطويرها في جميع أنحاء الحضارة الصينية مع أول دليل مكتوب يُعتقد أنه تم العثور عليه في كتيب



يسمى Zang Shu (كتاب الدفن) ، كتبه Guo Pu في عهد أسرة جين . وتعكس الفنج شوي التاريخ الطويل للثقافات الصينية والماليزية في تصميماتها وتشتهر الهندسة المعمارية البيروناكانية أو الهندسة المعمارية للمضيق الصيني بتراتها الثقافي الفريد. وفقاً ل [1] ؛ [8] فانه إلى جانب التأثيرات الصينية والماليزية ، تم تنفيذ وتطوير معظم أساليبها المعمارية بواسطة الجاويين والباتاك والتايلانديين والأوروبيين. لقد تم استخدام Feng Shui في الفترات الأولى لتحديد مواقع المنازل أو المقابر [25]. يرى Yeh (1978) أن فلسفة Feng Shui هي نظرية صينية للموقع والتخطيط البيئي ، حيث أنها تتضمن اختيار الموقع والتنظيم المكاني الذي له أوجه تشابه قوية مع المفهوم الغربي للهندسة في الهندسة المعمارية [20]. بشكل عام ، يعتمد فنغ شوي الذي يمكن ترجمته حرفياً إلى "ريح" (فنغ) و "ماء" (شوي) على فحص ثلاثة مصادر رئيسية. تشمل هذه المصادر الثلاثة الظواهر الفلكية والظواهر الطبيعية والسلوك البشري [16] من خلال توفير التوازن بين الطبيعة والمباني والأشخاص . مع تقدم الوقت وضع معظم علماء فنغ شوي المعاصرين معاييرهم ونظامهم في توظيف فنغ شوي في التصميم والتخطيط المعماري والحضري وجميعهم يتبعون مبادئ وممارسات نهج المدرسة النموذجية [24] ؛ [32].

#### موقع مدينة غدامس:

مدينة غدامس هي واحة صحراوية تقع في ليبيا بالقرب من حدود دولتين عربيتين. تقع المدينة على ارتفاع حوالي 340 متراً فوق مستوى سطح البحر وتبلغ إحداثيات الموقع  $30^{\circ} 08'$  شمالاً وخط طول  $09^{\circ} 30'$  شرقاً. وهي على بعد حوالي 17 كم من تونس و 14 كم من الجزائر. انظر الشكل ( 1 )

#### أنماط البناء والنسيج العمراني في البيئة الصحراوية:

تتميز المستقرات السكنية الصحراوية بخصوصية شديدة في الطابع ووحدة في تشكيل النسيج وبالرغم من ندرة الموارد الطبيعية في محيطها الذي يمثل صحراء قاحلة تم بناءها لتحقيق انسجاماً فريداً مع محيطها تمثل في جمال شكل المباني واختيار المواد الملائمة الأمر الذي عزز مبدأ العمارة الموجهة نحو المناخ ، ويعتبر نمط التخطيط والبناء للمعالم الرئيسية للمدينة هو الفيصل في تحديد هوية هذه المدينة إضافة إلى انه مكمل لتكوين منظر المدينة. لذلك فان كل هذه الجوانب تقدم التخطيط المنهجي والعلمي لمدينة غدامس .الشكل ( 2 ) .

#### الاستدامة في معمار ومخطط غدامس القديمة:

تعامل الاستدامة بشكل عام مع العلاقات بين النظم البشرية والطبيعية وتراعي المدى الطويل. يمكن تعريف العمارة المستدامة على أنها جهد مخطط لتصميم بيئة مبنية تتميز بالطاقة وتراعي البيئة على الصعيدين الداخلي والخارجي. وفقاً لـ Brundtland (1987) ، التنمية المستدامة هي "التنمية التي تلبى احتياجات الحاضر دون المساس باحتياجات الأجيال المقبلة. يشارك Sherlock تعريف Brundtland بان "الاستدامة تعني العيش الآن بطريقة لا تهدد بها حياة المستقبل" [31]. إن وحدة التصميم المتمثلة في الشكل المتلاصق المغلق للتكوين الحضري تشير إلى قوة ووحدة التخطيط و توحيد استخدامات الأراضي في علاقة وثيقة مع بعضها البعض [18]. يتكون النمط الحضري للمدينة القديمة من كتل غير منتظمة مقسمة وفقاً لتوزيع القبائل [3].



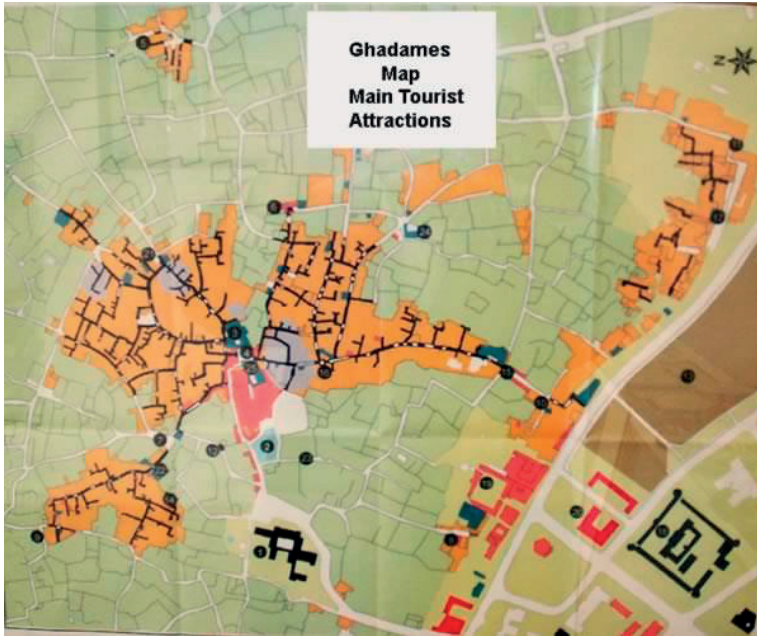
الشكل (1) موقع مدينة غدامس

بالإضافة إلى ذلك وفر مبدأ الانغلاق في التخطيط وظيفة أخرى مهمة وهي ما عرف باسم "العمارة الدفاعية" ليصبح التصميم الحضري بمثابة قلعة مدمجة كبيرة متحدة المركز [13]. وقد ولدت هذه المعرفة بالتجربة ومع مرور الزمن لتطور الهندسة المعمارية والتخطيط عبر العصور ، وهذا ما يميز غدامس في أسلوبها المعماري الذي وفر علاقات صداقة عفوية مع الطبيعة الأمر الذي أحدث علاقة قوية بين المناظر الطبيعية المحيطة والبيئة الحضرية. وبالتالي تم تصميم المباني التقليدية بطريقة رائعة وتم بناؤها بالكامل من مواد محلية تنتج بنية جذابة ومتناسقة داخل البيئة [3]. وقد كان عامل المناخ رئيسياً في تحديد معايير التصميم الخاصة مثل المسافة بين المباني وشكل المبنى والتوجه وشكل

الجدران والسقف وعمليات التهوية. ان النسيج الحضري المتراس والمضغوط يسمح لاتجاهات الحركة الانفتاح في اتجاه الرياح المرغوبة وتغلق في اتجاه الرياح غير المرغوب فيها والعواصف الرملية[30] . أيضا تعتبر الحياة الاجتماعية الداخلية والبعد الثقافي والآثار الدينية واستراتيجية الدفاع أشياء مهمة بشكل رئيسي لاستدامة المدن خاصة في المناخ القاسي ، حيث تتولى القبيلة السيطرة على تنظيم الحياة ووضع أسس للتعامل مع الطبيعة.

### المناقشة والنتائج :

لقد حققت غدامس الكثير من مفاهيم التصميم المستدام وتعتبر ( البنائية ) التي يعتمد عليها التصميم المستدام وهو طريقة لعلم النفس المعرفي وعلم النفس الاجتماعي لخلق مساحات تبني المعرفة والمهارات للمستخدم النهائي و يعتمد هذا المفهوم



الشكل ( 2 ) غدامس القديمة، المصدر: (Ghadames Museum, Libya)

على التفاعلات البشرية مع بيئتهم لتعزيز البيئة لجعل المساحة أكثر متعة للأشخاص الذين يستخدمونها [14] . وقد عززت

البنائية بشكل قوي جدا في مدينة غدامس لوجود تسلسل واضح للطرق والمساحات والمجالس وبشكل منظم ومدرس ومحسوب . ما يميز المدينة أيضا كفاءة الطاقة من ناحية والحماية من الزائد منها و يمكن تحقيق كفاءة استخدام

الطاقة من خلال تخطيط الموقع وتصميم المبنى وفقاً لأشعة الشمس واستخدام مواد البناء والتكنولوجيا المختلفة. وما يميز هذه المدينة حقاً هو عملية التوازن بين البيئة الطبيعية والبيئية المبنية وقد أظهرت الدراسات التي أجراها مجلس المباني الخضراء الأمريكي وغيره من دعاة التصميم الأخضر أنه من خلال إدخال العناصر الطبيعية مثل أشعة الشمس والنباتات وميزات المياه ، وما إلى ذلك في بيئة الشخص سوف تغيير سلوك المستخدم في البيئة إلى مساحة أكثر تناغماً وممتعة [34] . أما عن مفاهيم فنغ شوي المعرفة الصينية القديمة التي تهدف إلى خلق انسجام بين السماء والأرض والإنسان قد أثرت على معظم التصميم البيئي التقليدي المبنى في الصين منذ آلاف السنين. ومن أهم هذه المفاهيم مفهوم (الوحدة بين الجنة والإنسان ويمكن ان يكون هذا هو المبدأ الأساسي لفنغ شوي ، ويعني الانسجام بين الكون والأرض والطاقة البشرية. و قد اعتقد الصينيون القدماء في كل شيء أن هناك جزئين متعارضين: بين و يانغ. يمثل بين المبادئ السلبية في الطبيعة المعروضة على أنها الظلام والبرد والبلل. على المستوى الإنساني ، يرمز بين للأوثنة والسلبى ، ويمثل أيضاً عالم الموتى. يمثل يانغ المبادئ الفعالة في الطبيعة التي يعرضها الضوء والحرارة والجفاف. على المستوى الإنساني ، يرمز يانغ إلى الذكورة والنشاط ، ويمثل أيضاً عالم الأحياء. بين ويانغ يدوران حول التوازن والتناغم داخل الفضاء ، وهو مصمم لخلق توازن في حياة المستخدمين عند الانخراط في الفراغ [16] . تعتمد مدرسة النماذج أساساً على التحقق من التكوين المادي للجبال والسهول والمجاري المائية المحيطة والعيون بالمواقع والمباني. تتألف هذه العناصر من أساسيات منهج المدرسة النموذجية وكانت تُعرف باسم الأسرار الجغرافية الخمسة . في الوقت نفسه ، تم الاعتراف بنهج المدرسة النموذجية على أنه يشتمل على أساس علمي في تحليل البيئة المبنية [18]؛ [33] ؛ [11] ؛ [23] ؛ [24] . ومن أهم مبادئ فنغ شوي مبدأ التوازن بين المساحات الداخلية والخارجية فعند وصف ظروف الموقع وتصميم المباني ، فإن معظم نصوص فنغ شوي ، مثل يانغ تشاي شي شو (عشرة كتب عن مساكن المعيشة) تصنف الفراغ إلى شكل خارجي والنموذج الداخلي. وفقاً ل Lee (1986) ، يمكن تحديد النموذج الخارجي على أنه مكان الموقع ، والظروف المحيطة بالموقع ، والظروف الطبوغرافية للموقع وشكل الموقع. يمكن تحديد النموذج الداخلي كتخطيط المبنى ، ارتفاعات المبنى ، وعناصر المبنى. لا ينطبق مفهوم نموذج Feng Shui على اختيار المناظر الطبيعية والموقع فحسب بل يمكن تطبيقه أيضاً على التصميم الداخلي للمباني. لذلك ، سواء كانت تتعامل مع العناصر المادية أو الطبوغرافية أو هيكل الإسكان أو العلاقات النسبية للمبنى الداخلي للمبنى [11] . يترجم مفهوم البنيوية جيداً إلى مبادئ الانسجام بين الكون والأرض والإنسان في فنغ شوي. البيئة المثالية لفنغ شوي

هي أيضا لهذه الجوانب الثلاثة لأنها تتقاطع وتتداخل. يمكن العثور على هذه الدوائر الثلاث في التصميم المستدام مثل السياقات الاجتماعية والبيئية والإنسانية. وترجم هذه المقارنة بين مبادئ الاستدامة وفتح شوي باعتماد الهندسة المعمارية العامة على معرفة الممارسات والتقنيات التقليدية وإظهارها تقديراً عالياً للحرفية والجودة [32] بالإضافة إلى نجاحها كمكون للتكيف المناخي الذي يظهر قوة العوامل المؤثرة المختلفة مثل الدين والثقافة وتقنيات البناء وعوامل أخرى شكلت قيم المجتمع الصحراوي حيث أظهرت عمارة غدامس الانسجام الطبيعي بين الهندسة المعمارية والناس. وهي تعتبر مثالا مفيدا على التصميم للبيوت وتطور تخطيط المدن إضافة إلى شكل المباني وطرق البناء في الماضي. لذلك فان الهندسة المعمارية التقليدية في المناطق الصحراوية وفي المناخ القاسي خاصة كانت نتاجا لبراعة الإنسان الذي قرأ وفهم مفردات مناخه جيدا وأبدع في العثور على المفاهيم النموذجية المناسبة لمعالجة المشكلات بتوفير البنية الحضرية للملجأ في المناخ القاسي فالشوارع الملتوية الضيقة توفر ظلًا ومناطق مضاءة جيدًا من فتحات ضوئية متباعدة بانتظام كل تسمح بتدوير الهواء البارد المتراكم أثناء النهار وهي تكون ايضا نظامًا فريدًا تقريبًا من الممرات المغطاة مع ساحات مرتبة رسميًا على شكل نظام هرمي متطور يوفد تدريجياً من المناطق الأكثر عمومية إلى المناطق الأكثر خصوصية [6]. يؤدي هذا إلى انتقال الهواء من مناطق الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط المنخفض، حيث يتم استبدال الهواء الساخن بالهواء البارد والرطوبة في الممرات المظلمة، وبالتالي تنظيم درجة الحرارة الداخلية [2]. كما ان توجيه الفتحات يعد أمرًا مهمًا أيضًا لمعرفة أفضل اتجاه يحصل فيه المبنى ككل على الحد الأدنى من الإشعاع الشمسي في الصيف [28]. كما ان تغيير حجم النوافذ يقلل تغلغل الهواء الغير مرغوب مع السماح بتهوية هائلة في ليالي الصيف الباردة [15]. والجدران السمكية من الطين والطوب ذات القدرة الحرارية العالية والمقاومة الكافية ستخفض درجة الحرارة الخارجية [7]. يوفر التخطيط ذو النمط الكثيف الحماية من الإشعاع الشمسي من خلال توفير تظليل متبادل حيث تكون مجموعات المباني قريبة من بعضها البعض [17]. أخيرًا، يعد وجود سياق مستدام بين الهندسة المعمارية العامة والمناخ المحلي من حيث استجابة التصميم للمناخ حاسمًا للغاية [29]. يمثل فنج شوي كل ما يتعلق بالتوازن والانسجام والاتصال والمجتمع وهي مبادئ تتعلق مباشرة بالتصميم الحضري الجيد والمتوازن والمتناسق من حيث ارتفاع المبنى والكتل والوصول إلى الضوء والهواء الطبيعي، وتوازن المساحة الخضراء مع البيئة المبنية. يمكن العثور على الاتصال و المجتمع في الممرات وتصميم الشوارع والوصول إلى خيارات الحركة في مجموعة متنوعة من أنواع البناء وخلق مساحة للتجمع وفي وجود هوية واضحة للمكان. إن

القيمة في مبادئ فنغ شوي هي أنها تأخذ هذه الأشياء من مستوى "الشعور" إلى مستوى الاختيار الواعي ، مما يسمح لنا باختيار بيئات أفضل وأكثر دعماً بعناية. مدينة غدامس بنيت على الماء ( عين الفرس ) واستمرت بفضل تقنيات التظليل وتحريك الهواء (الشوارع المغطاة المتعرجة ) وهذا هو ما تمثله كلمة فنغ (الهواء) و شوي ( الماء) كما إن استخدام غابات النخيل وظيفيا لاحتضان المدينة واحتواء الرياح القوية هي احد اهم مبادئ فنغ شوي في التخطيط واختيار المواقع . جميع طرق غدامس ليست مستقيمة ، ولكن مهذبة اوقادرة على توجيه وتقليل الأضرار الناجمة عن الرياح القوية القادمة إلى المدينة و تم التخطيط لاحتواء الرياح وفقاً لمبدأ Feng Shui المتمثل في "احتواء الرياح وتراكم المياه الذي رسخت مبدأه عين الفرس . باختصار ، يبدو فنغ شوي واضحاً جداً في غدامس حتى ولو كان بشكل غير مدروس ، حيث يمكننا القول إن المميزات الموجودة بالمدينة هي من المبادئ التي ينادي بها فنغ شوي و بقوة فقد تم تكييف الشوارع مع الطبيعة الشديدة للرياح ودرجات الحرارة العالية مع الاهتمام بزراعة الأشجار (النخيل ) والتي وجدت حاجة وظيفية صرفة اعطت بعد ذلك بعداً جمالياً. يعبر نمط فنغ شوي في غدامس عن "الخيال" ويعوض نظرية لينش بحكم التكامل العضوي بين المدينة والبيئة [22] . يتم التعبير عن الصورة الذهنية للمدينة القديمة في ثلاث طبقات ، وهي الطبقة الداخلية والطبقة الوسطى والطبقة الخارجية . في الطبقة الأولى صورة الرمال والبيئة الصحراوية الطبيعية الخلابة والمياه هي المشهد المتغير والرائع . الطبقة الثانية هي صورة التحكم في المناظر الطبيعية وهي مشهد للمزارع والمناطق الخضراء واشجار النخيل التي تلتف حول المدينة لتكون حزاماً بيئياً اخضر . فهو يجمع بين فنغ شوي مع الخيال و الرومانسية والإنسانية. الطبقة الثالثة ، وهي الصورة الأساسية للمدينة ، محاطة بأسوار المدينة القديمة مع جناح الساحة المركزية وجامعها في القلب. و يعرف المشهد الداخلي بأنه نقطة المنظور المرئي والمركز الملون. تشكل جميع المشاهد صورة كاملة ومميزة وملونة للمناظر الطبيعية تعرض فيها الطبيعة والإنسانية والمدينة ميزات ومعاني مختلفة.

#### الخلاصة :

قارنت هذه الورقة وناقضت المفاهيم والممارسات بين التصميم المستدام الغربي و Chinese Feng Shui. اقترحت النتائج أن كلا المفهومين متماثلان فيما يتعلق بتركيز التنمية المستدامة ، أي تقليل التأثير على البيئة الطبيعية. ركزت الميزة الكبرى للتصميم المستدام بشكل أكبر على قياس الصفات الفيزيائية مثل الاستخدام الفعال للمياه والطاقة ، في

حين أن Feng Shui فريدة من نوعها وتركز على توازن Yin و Yang ، الخارجي والداخلي ، والعلاقة بين الإنسان و البيئة المحيطة . وقد أشارت هذه النتائج إلى أن أوجه التشابه أعلى مع مفاهيم فنغ شوي .  
تعتبر غدامس المكان المميز جدا للتصميم الجمالي مع تقنيات غنية ومبدعة والتي تقدم سلسلة من الحلول المنطقية لراحة الإنسان. تم تصميم التوجه وترتيب المنازل العامية بطريقة توفر الراحة المناسبة للسكان. هذه المفردات ليست فقط رمزاً للهوية المعمارية ، ولكنها أيضاً استجابات ناجحة لسماتها الاجتماعية والثقافية والمناخية لتوفر تصميمًا بيئيًا وعناصر أساسية مستدامة في المباني والعناصر التخطيطية .

#### التوصيات :

تأمل هذه الدراسة أن تثبت أهمية الغرض من فنغ شوي في البيئة المبنية على أمل خلق علاقة متناغمة بين البيئة والهندسة المعمارية وسكانها ويمكن استخدام النتائج المتعلقة بأهمية تأثير فنغ شوي في العمارة لإبلاغ المهندسين المعماريين وحفظ التراث والباحثين الثقافييين بضرورة النظر في مقارنة فنغ شوي الفلسفية في البيئة المبنية لفهم التراث الثقافي للمجتمع.

#### المراجع :

- [1] Ahmad, A. G. (The Architectural Style of Peranakan Cina), Minggu Warisan Baba dan Nyonya. Penang,(1994).
- [2] Al-Zubaidi, M.S. (The Efficiency of Thermal Performance of the Desert Buildings – The Traditional House of Ghadames / Libya), The Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering. Montréal, Québec, Canada (2002).
- [3] Alund, F. (Ghadames "The Pearl of the Dessert"), United Nations Centre for Human Settlements (UNCHS – HABITAT) for the Organization of Public Works: Unpublished report(1987).
- [4] Anderson, E. (Feng-Shui: Ideology and Ecology). IN: Anderson, E. and Anderson, M (eds.) Mountains and water: Essays on the Cultural Ecology of South Coastal China. Taipei, Orient Cultural Service,(1973).
- [5] Anderson, E. and Anderson, M. (Changing Patterns of Land Use in Rural Hong Kong). IN: Anderson, E. and Anderson, M. (eds.) Mountains and water: Essays on the Cultural Ecology of South Coastal China. Taipei, Orient Cultural Service,(1973).
- [6] Azzuz, I. (Contemporary Libyan Architecture: Possibilities vs. Realities),Cambridge, MA: the age Khan programme for islamic Architecture, the Mit press,(2000).

- [7] A'zami, A., Yasrebi, S.H., Salehipoor, A. (Climatic responsive architecture in hot and dry regions of Iran). In International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment". Santorini, Greece, 19–21 May 2005. Santorini, Greece: International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment" (2005).
- [8] Bahauddin, A., Abdullah, A. and Siaw Ting, C. (The Cultural Heritage of the Straits Chinese (Baba–Nyonya) Architecture of Malacca, Malaysia) , in Kozak, M. (ed.) The 5th World Conference for Graduate Research in Tourism. Hospitality and Leisure. Cappadocia, Turkey: Detay Publications,(2010).
- [9] Brundtland, R. (World Commission on Environment & Development , Our Common Future). Oxford: Oxford University Press, (1987).
- [10] Capra, F. (The Tao of Physics). London, Wildwood House, (1975).
- [11] Cheng, J. and Kong, S. (Feng Shui and architecture. Nanchang): Jiangxi Science and Technology Press, (1993).
- [12] Chojnacki, M. (Traditional and Modern Housing Architecture and Their Effect on the Built Environment in North Africa: A Comparison of Traditional and Contemporary Housing Architecture as a Method of Assessing the Microclimatic Conditions of Housing Development in the Desert Zone, Ghadames case study). The International Conference Methodology of Housing Research. Stockholm, Sweden, (2003).
- [13] De Filippi, F. (Traditional architecture in the Dakhleh Oasis), Egypt: space, form and building systems,(2006).
- [14] Dong, W. and Zuehl, R. (The Comparison and Contract Between Green Design and Feng Shui).IN: Mak, M.Y. and So, A.T.P. (eds) Research in Scientific Feng Shui and the Built Environment. Hong Kong, City University of Hong Kong Press,(2009).
- [15] Evans, M. (Housing, Climate and Comfort), 1st edn, London: Architectural Press, (1980).
- [16] Feuchtwang, S. D. R. (An Anthropological Analysis of Chinese Geomancy). Laos: Vithagna, (1974).
- [17] Gut, P. and Ackerknecht, D. (Climate responsive building: appropriate building construction in tropical and subtropical regions), 1st edn., Switzerland: SKAT, (1993).
- [18] He, X. (The source of Feng Shui). Nanjing: Southeast University Press, (1990).
- [19] Humphreys, C. (Zen Buddhism). London, Allen & Unwin, (1976).
- [20] Hwangbo, A. B. (A new millennium and feng shui), The Journal of Architecture, 4(2), (1999).
- [21] Lee, Sang–Hae. (Feng Shui: Its Context and Meaning). Unpublished PhD Thesis, Cornell University, (1986).



- [22] Li, X. B., & Wen, S. Q. (The deconstruction and planning), Sichuan. *Planner*, 21(8), (2005).
- [23] Mak, M. Y. and Ng, S. T. (The art and science of Feng Shui—a study on architects perception), *Building and Environment*,6(2), (2005).
- [24] Mak, M. Y. and Ng, S. T. (Feng shui: an alternative framework for complexity in design), *Architectural Engineering and Design Management*, 4(1), (2008).
- [25] Mak, M. Y. and So, A. T. P. (Scientific Feng Shui for the Built Environment: Fundamentals and Case Studies). Hong Kong: City University of Hong Kong Press, (2015).
- [26] McLennan, J.F. (The Philosophy of Sustainable Design). Kansas City, Missouri, Ecotone Publishing, (2004).
- [27] Mills, J. E. (Spiritual landscapes: A comparative study of burial mound sites in the Upper Mississippi river basin and the practice of Feng Shui in East Asia). University of Minnesota, (1992).
- [28] Nayak, J.K., Prajapati, J.A. (Handbook on Energy Conscious Buildings). Prepared under the interactive R&D project between IIT, Mumbai and Solar Energy Centre, Ministry of Non-Conventional Energy Sources, Government of India,( 2006).
- [29] Radhakrishnan, S., Priya, R.S., Nagan, S., & Sundarraja, M.C. (Climate Responsive Traditional Architecture of Chettinadu Housing in Tamilnadu, India—A Qualitative and Quantitative Analysis During Summer). *International Journal of Ventilation*, 10(1), (2011).
- [30] Scudo, G. (Climatic Design in the Arab Courtyard House), *Environmental Design: Journal of the Islamic Environmental Design Research Centre* 1–2, edited by Attilo Petruccioli, 82–91. Rome: Carucci Editore, (1988).
- [31] Sherlock, H. (Cities are Good for Us). London: Paladin, (1991).
- [32] Sundarraja, M.C., Radhakrishnan, S., & Shanthi, P.R. (Understanding Vernacular Architecture as a tool for Sustainable Built Environment). In 10th National Conference on Technological Trends (NCTT09), Trivandrum, Kerala 6–7 Nov (2009).
- [33] Wang, Qiheng (ed.) (Research of Feng Shui Theory). Tianjin, Tianjin University Press, (1992). [Chinese]
- [34] Widener, D. (Regional Green Building Case Study Project: A post-occupancy study of LEED projects in Illinois). Chicago, U.S. Green Building Council – Chicago Chapter, (2009).
- [35] Yeh, C.C. (Research in chinese city planning(chung-kuo tu-cheng chi-hua chib yen-chiu)). Master thesis. Taipei:Chung-kuo wen-hue hseh-yuan, (1978). [Chinese]

# مقارنة تأثير تغير المحتوى الرطوبي على قدرة تحمل التربة الرملية المعالجة بمخلفات الخرسانة

## مدينة الكفرة (ليبيا)

فتحية عبد الحميد النعاس<sup>1</sup> ، سميحة عبد الرحمن بركة<sup>1</sup>

<sup>1</sup> محاضر - قسم الهندسة المدنية - جامعة عمر المختار

[Fathia.Alnaas@omu.edu.ly](mailto:Fathia.Alnaas@omu.edu.ly)

### الملخص :

تشكل المساحات الصحراوية جزء كبير من الأراضي الليبية، تقدر بحوالي 62.5% من مجمل الأراضي الليبية ، غير أن ظروف الإنشاء الصعبة على هذه المساحات تحد من استغلالها بالشكل المطلوب وجعلها بيئة ملائمة للتوسع العمراني. التربة الرملية غالبا ما تعطي مقاومة جيدة، ولكنها قد تتخفف في حالة وجود المياه بالإضافة الي مشاكل الاستقرار في حالة المرتفعات أو الكثبان الرملية . ومن أحد المشاكل التي تظهر في بعض المناطق الصحراوية هي ارتفاع منسوب المياه الجوفية إلى منسوب التأسيس مما يلزم معالجة التربة قبل التأسيس عليها ، وغالبا ما يتم تحسين خواص الرمل إما بإنشاء منظومات صرف مناسبة أو بإضافة مواد محسنة للتربة. وفي هذا البحث يتم دراسة مدى فعالية إضافة مخلفات الخرسانة الناتجة من هدم المباني على تحسين خواص التربة الرملية، حيث سيسهم استخدام هذه المخلفات في حماية البيئة من الآثار السلبية ، ويقلص المساحات المستخدمة للتخلص منها.

تشمل هذه الورقة دراسة معملية لتأثير إضافة مخلفات الخرسانة بنسب مختلفة من وزن التربة علي تغير المحتوى الرطوبي و مقاومة القص وقدرة التحمل لعينة الرمل الطبيعية وعينات الرمل المعالجة. تم إجراء سلسلة من الاختبارات المعملية علي عينات من التربة الرملية المستجلبه من مدينة الكفرة الواقعة جنوب شرق ليبيا ، شملت هذه الاختبارات تحديد الخواص الفيزيائية و الميكانيكية وحساب قدرة التحمل للرمل الطبيعي والرمل المعالج بمخلفات الخرسانة.

الكلمات الدالة : التربة الرملية ، مخلفات الخرسانة ، المحتوى الرطوبي ، قدرة التحمل.

### Abstract

The desert lands covers the most of the Libyan area, however, the difficult construction conditions on these lands limited their exploitation. studying the engineering properties of desert soils is a necessity to use these lands and make them suitable for urban construction. Sandy soil often gives good resistance, but it decreases in the case of the rise of the level of groundwater to the level of foundation, which requires treatment of the soil before construction. One of the methods used to improve the properties of sand is recycling of the concrete waste, Due to the high percentage of these wastes during the last few years in Libya , the environment will be protected from the negative effects of these wastes, as well as the reduction of the areas used for disposal .

This paper includes a laboratory study of the effect of adding concrete residues with different percentages of soil weight on the change of moisture content, shear resistance and the bearing capacity of natural sand sample and treated sand samples. A series of laboratory tests were carried out on samples of sandy soil from Kufra city in southeast Libya. The tests included physical and mechanical properties and calculation of bearing capacity of natural sand and sand treated with concrete residues.

**Keywords:** sandy soils, waste of concrete , moisture content, bearing capacity of soil.

## 1. المقدمة :

تعتبر قدرة تحمل التربة تحت الأساس من أهم المحددات التي يجب دراستها للتربة قبل الإنشاء عليها، وذلك لضمان إستقراريتها وعدم انهيارها بسبب ضعف قدرة تحملها وتعرضها لفشل القص [1]. حيث تعتمد قدرة تحمل التربة بشكل أساسي على محددات مقاومة التربة للقص والمتمثلة في تحديد تماسكية التربة وزاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيباتها، بالإضافة الي كثافة التربة والمحتوى الرطوبي الذي يتغير بتغيير منسوب الماء الجوفي. وبذلك تحتاج بعض الترب الصحراوية الي تحسين خواصها الهندسية لضمان مقاومتها للأحمال المسلطة عليها، خاصة أن التربة الرملية تربة إنهيارية وتتأثر بشكل كبير عند تغير محتواها الرطوبي مما يزيد من تعرضها لحدوث فشل قص مفاجئ وبالتالي فشل المباني المقامة عليها. ومن أهم الطرق المستخدمة لتحسين الخواص الهندسية للتربة هو استخدام مخلفات إنشاء وهدم المباني بإعادة تدويرها، وبملاحظة زيادة كمية هذه المخلفات في مختلف المدن الليبية خاصة فالسنوات الأخيرة، سيكون الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو إظهار مدى إمكانية الاستفادة الفعلية من هذه المخلفات ولما ذلك من أثار إيجابية بيئية واقتصادية [2].

## 2. الهدف من البحث :

الهدف من الدراسة هو التحقق من مدى فعالية مخلفات الخرسانة على تحسين قدرة تحمل التربة الرملية الصحراوية في حالة ارتفاع منسوب الماء الجوفي، والتخلص من الاثار السلبية لهذه المخلفات بتحويلها الي مادة محسنة للتربة .

## 3. مشكلة البحث :

التغير المفاجئ في المحتوى الرطوبي نتيجة لارتفاع منسوب المياه الجوفية بسبب ضعف قدرة تحمل التربة للاحمال المسلطة عليها، وتعتبر هذه أحد المشاكل التي تواجه المهندس عند الانشاء على التربة الرملية . وللد من هذه المشكلة سيتم دراسة مدى تأثير اضافة مخلفات الخرسانة كمادة محسنة لخواص التربة الرملية.

## 4. منهجية البحث:

قسمت الدراسة الى ثلاث مراحل، حيث تضمنت المرحلة الاولى دراسة الخواص الفيزيائية لعينة التربة الطبيعية ومادة الاضافة عن طريق التجارب المعملية، بينما اشتملت المرحلة الثانية على اجراء اختبار القص المباشر على عينة التربة الطبيعية والعينات المعالجة بمخلفات الخرسانة في الحالتين الجافة والرطبة وذلك لتحديد محددات مقاومة التربة للقص، وشملت المرحلة الثالثة الدراسة التحليلية وحساب قدرة تحمل التربة لعينة التربة الطبيعية والعينات المعالجة عن طريق المعادلات.

## 5. المواد المستخدمة

### 1.5 التربة

التربة المستخدمة في الدراسة تربة رملية مستحلبة من مدينة الكفرة الواقعة جنوب شرق ليبيا ،(الجوف- منطقة مقبرة الشهداء)الموضحة بالشكل (1). اجريت بعض الإختبارات المعملية على عينة التربة الموضحة بالشكل (2) لتحديد

الخواص الفيزيائية والميكانيكية طبقا لمواصفات ASTM-USCS، و الجدول رقم (1) يوضح ملخص لبعض الخواص الهندسية للتربة الرملية.



شكل 6 منطقة مقبرة الشهداء - الجوف (مدينة الكفرة)



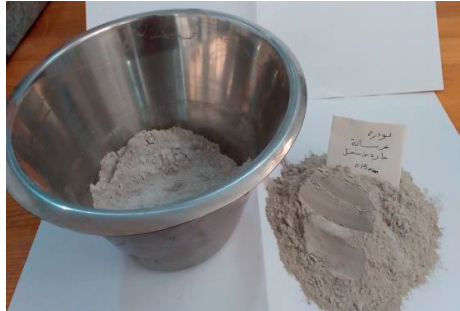
شكل 7 عينة التربة الطبيعية المستخدمة في الدراسة  
جدول 4 الخواص الفيزيائية والميكانيكية لعينة التربة الرملية

| الخاصية                                      | التربة محل الدراسة |
|--|--------------------|
| اللون  | أحمر مصفر          |
| الكثافة في الحالة الرخوة ج/م <sup>3</sup>    | 1.95               |
| نسبة الامتصاص %                              | 0.8                |
| الوزن النوعي G <sub>s</sub>                  | 2.62               |
| الكثافة النسبية Dr%                          | 49%                |
| التماسكية C كيلونيوتن/م <sup>2</sup>         | 17.35              |
| زاوية الاحتكاك الداخلي φ درجة                | 28.6               |
| المحتوي المائي الطبيعي W <sub>n</sub> (%)    | 0.39               |
| التصنيف ASTM-USCS                            | SP                 |
| معامل الانتظام CU                            | 3.23               |
| معامل التحدب CC                              | 0.73               |
| معامل التوصيل الهيدروليكي سم <sup>2</sup> /ث | 2.28E-02           |
| وصف الرمل                                    | كثيف Dense         |

## 2.5 مخلفات الخرسانة

تعتبر الخرسانة من أكثر المواد التي استخدمها الإنسان في الإنشاء وذلك بسبب توفر المواد الداخلة في صناعتها وكفاءتها وديمومتها، ولكن بسبب الكوارث والحروب التي تعرضت لها العديد من الدول في السنوات الأخيرة ظهرت كميات كبيرة من مخلفات الخرسانة واعتبرت كنوع من النفايات وشغلت مساحات شاسعة من الأراضي. وللاستفادة من هذه المخلفات والحد من مشكلة تراكمها تم استخدامها بالعديد من الدول التي تعرضت للحروب فالسنوات الأخيرة مثل سوريا والعراق كمادة محسنة للخواص الهندسية للتربة، ونظرا لزيادة نسبة هذه المخلفات في ليبيا سيتم في هذا البحث دراسة مدى إمكانية تحسين الخواص الهندسية للتربة الرملية الصحراوية باستخدام هذه المخلفات [3].

تتكون مخلفات الخرسانة من الإسمنت البورتلاندي والرمل والحصى والماء ، وبعد إعادة تدوير هذه المخلفات وطحنها يمكن إستخدامها كعامل تجفيف عندما يتم خلطها مع تربة طبقة التأسيس وكمادة مألئة تعمل على زيادة تماسكية التربة[4]، وفي هذه الدراسة تم استخدام مسحوق مخلفات الخرسانة العابرة من منخل 0.15 مم والموضحة بالشكل (3)، حيث تم إضافتها للرمل بنسب ( 0%، 3%، 6%) من وزن التربة، مع محتوى رطوبي ودرجة إشباع مختلفة لكل نسبة إضافة وإجريت الاختبارات على مخلفات الخرسانة لتحديد بعض الخواص الفيزيائية طبقا لمواصفات ASTM-USCS والجدول(2) يوضح هذه الخواص.



شكل 3 بودة مخلفات الخرسانة

جدول 2 الخواص الفيزيائية لمخلفات الخرسانة

| مخلفات الخرسانة | الخاصية                         |
|-----------------|---------------------------------|
| 0.92            | الكثافة في الحالة الرخوة جاسم 3 |
| %7.1            | نسبة الامتصاص                   |
| 2.57            | الوزن النوعي $G_s$              |

## 6. العينات المعملية

تم إجراء الاختبارات المعملية علي :

1. عينات التربة الطبيعية .

2. عينات التربة المعالجة بنسب مئوية مختلفة من مسحوق مخلفات الخرسانة المضافة بالنسب (0%، 3%، 6%) من وزن التربة .

3. عينات الرمل المعالجة بالخرسانة بالنسب المذكورة أعلاه مع التغيير في المحتوى الرطوبي للعينات ،حيث أضيف الماء بنسبة (15%) من وزن العينة المعالجة .

#### 7. الاختبارات المعملية :

اختبارات الخواص الفيزيائية والتصنيف:

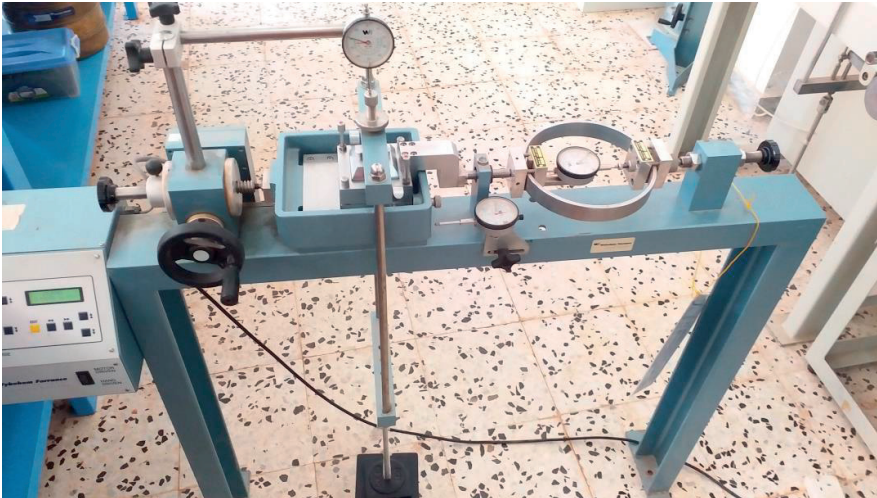
أجريت كل من اختبارات التحليل المنخلي والتصنيف والوزن النوعي والكثافة الكلية والمحتوى الرطوبي ونسبة الامتصاص علي العينات وفقا للمؤسسة الامريكية للاختبارات والمواد (ASTM) .

#### 1.7 اختبار النفاذية

أجري اختبارالضغط المتغير (ASTM-D5084-03) لتحديد معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة الطبيعية والمعالجة .

#### 2.7 اختبار القص المباشر

أجري اختبار القص المباشر (ASTM-D3080) علي عينة التربة الطبيعية وعينات التربةالمعالجة بمخلفات الخرسانة المضافة بنسب مختلفة من وزن التربة في الحالتين الجافة هوائيا والمشبعة جزئيا بإضافة الماء بنسبة 15% من وزن العينة المعالجة، حيث كان إجمالي العينات ستة. وحملت كل عينة بأحمال ناظرية مختلفة (2كجم ، 4كجم ، 8 كجم ) و بسرعة 0.5 مم/ث، وتم إيجاد محددات مقاومة التربة للقص [5]. والشكل (4) يوضح جهاز القص المباشر المستخدم في الإختبار.

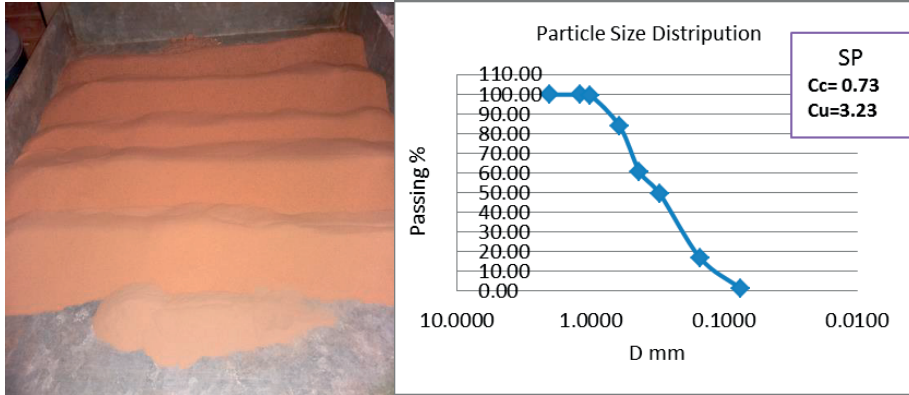


شكل 4 صندوق القص المباشر

## 8. النتائج والمناقشة

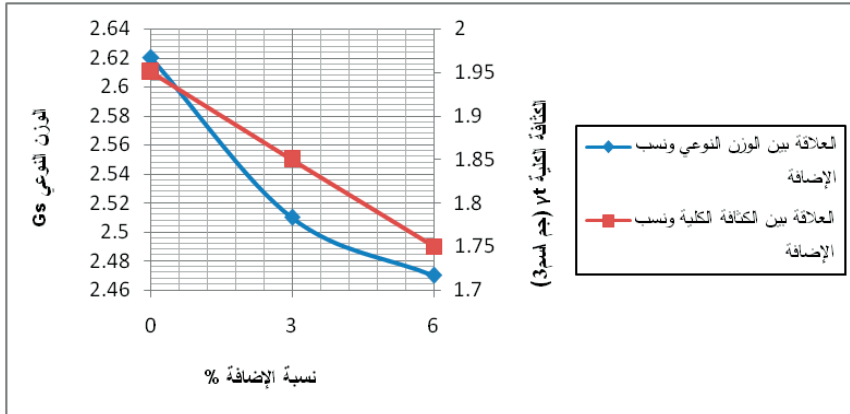
### 1.8 اختبارات الخواص الفيزيائية والتصنيف:

صنفت التربة الطبيعية بناء على نتائج التحليل المنخلي وقيم معاملي التحدب (Cc) والانتظام (Cu)، بأنها تربة رملية سيئة التدرج وذلك موضح بالشكل (5) .



شكل (5) نتائج التحليل المنخلي والتصنيف

أما بالنسبة لقيم الكثافة ( $\gamma$ ) والوزن النوعي للتربة (Gs) فقد تناسبت تناسبا عكسيا مع زيادة نسبة مادة الإضافة، كما موضح بالشكل 6 ويرجع ذلك لقلة قيمة كثافة بودرة الخرسانة المضافة عن كثافة الرمل بنسبة 52.82% [6] .

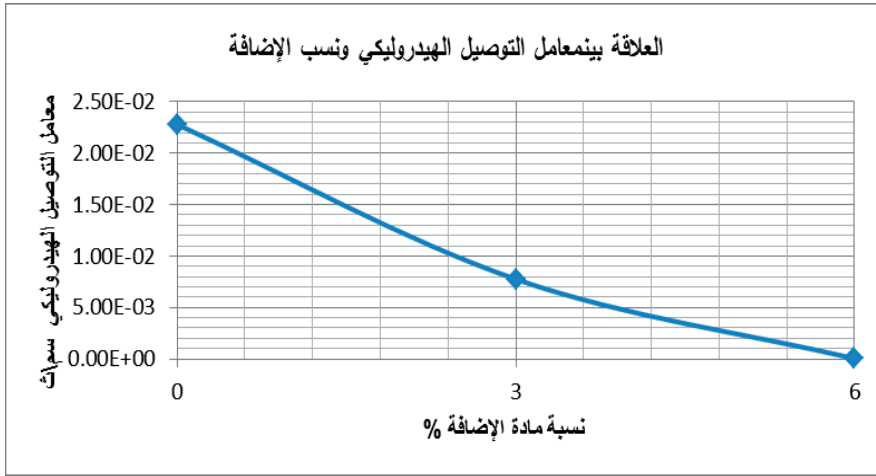


شكل 6 العلاقة بين نسب الإضافة والكثافة الكلية والوزن النوعي

### 2.8 نفاذية التربة :

بينت نتائج اختبار الضغط المتغير بأن نفاذية التربة قلت بنسبة كبيرة عند إضافة المادة المحسنة، حيث تناقصت قيمة معامل التوصيل الهيدروليكي عن العينة المرجعية بنسبة 65.9% و 99.8% للعينات المعالجة بمخلفات الخرسانة بالنسب 3% و 6% على التوالي. وعلى الرغم من أن مخلفات الخرسانة تخللت الفراغات في التربة وزادت من

الاحتكاك بين حبيباتها، إلا أن خاصية الامتصاص لمخلفات الخرسانة أدت إلى التناقص في قيم معامل التوصيل الهيدروليكي . شكل (7) يوضح العلاقة العكسية بين النفاذية ونسب الإضافة .



شكل 7 العلاقة العكسية بين النفاذية ونسب الإضافة

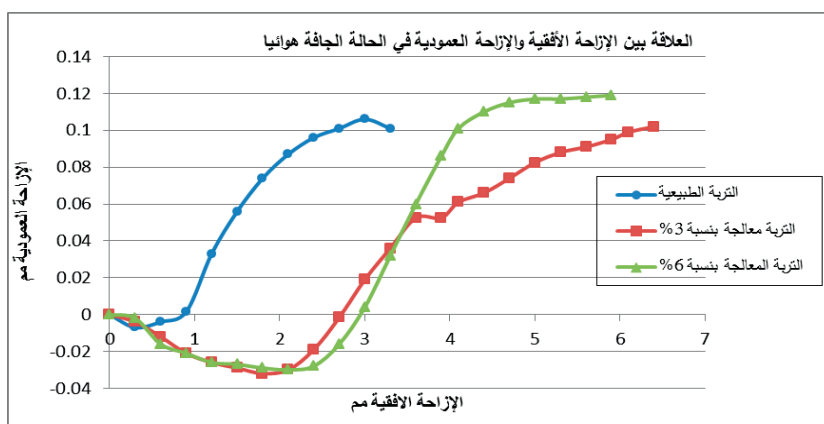
### 3.8 محددات مقاومة التربة للقص:

تغيرت محددات مقاومة التربة للقص عند معالجتها بمخلفات الخرسانة، حيث تحسنت زاوية الإحتكاك الداخلي ( $\Phi$ ) وزادت قيمها بنسبة 21% و 30% للإضافات 3%، 6% على التوالي عن قيمة زاوية الإحتكاك للعينة المرجعية وهي في الحالة الجافة هوائيا، وعلى الرغم من أن بودة الخرسانة قللت من قيمة كثافة التربة إلا أن مقاومتها العالية لاحمال زاد من مقاومة التربة و التي نتجت عن زيادة الإحتكاك بين الحبيبات . وفي حالة زيادة المحتوى الرطوبي بنسبة 15% زادت زاوية الإحتكاك بنسبة 4% للعينة الطبيعية و 16% و 35% للعينات المعالجة بالإضافة 3% و 6% على التوالي. أما بالنسبة لتماسكية التربة (C)، لم تظهر النتائج أي تحسن ملحوظ عند الإضافات 3% و 6% في الحالة الجافة هوائيا، بينما زادت قيم التماسكية في حالة إضافة الماء بنسبة 15% من وزن العينة المعالجة، حيث زادت قيمتها بنسبة 4% و 23% للتربة الطبيعية و التربة المعالجة بنسبة 3%. بينما تناقصت التماسكية بنسبة 3% للإضافة 6% على الرغم من تناقص نسبة الفجوات ، وهذا يدل على أن مقدار التماسك للتربة الرملية لايعتبر مقدارا ثابتا يتأثر بنسبة الفجوات فقط ، فهو أيضا يزداد بفعل قوى التماس في أماكن تصادم الحبيبات مع بعضها البعض والتي تقل في حالة الفشل حيث تبدأ الحبيبات بالتحرك والتراكم فوق بعضها .وبالتالي فإن تماسكية التربة وزاوية الإحتكاك الداخلي لاتعتمد فقط على نسبة الفجوات بل على وضع التربة وخواصها و قيمة الأحمال المسلطة عليها والتغيرات الحجمية التي تحدث أثناء إجراء إختبار القص المباشر[5].والجدول 3 يوضح قيم محددات مقاومة التربة للقص مع نسب الإضافة، والشكلان 8 و 9 يوضحان العلاقة بين الإزاحة الافقية والإزاحة العمودية للتربة الطبيعية والمعالجة في الحالتين الرطبة والجافة عند تسليط إجهاد مقداره 11.11 كيلونيوتن امتر<sup>2</sup>.

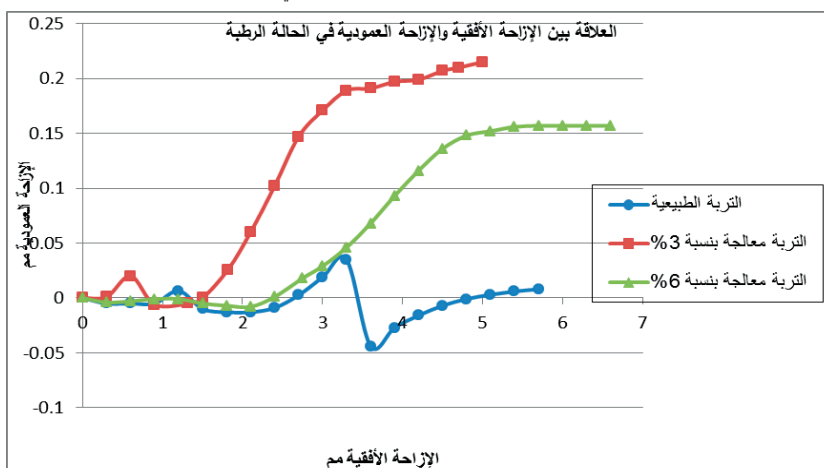


جدول 3 نتائج إختبار القص المباشر للعينات الطبيعية والعينات المعالجة بنسب الإضافة المختلفة

| W%    | نسبة التحسن % | C kn/m2 | نسبة التحسن % | $\Phi$ | نسبة مخلفات الخرسانة % | نسبة الماء المضافة % |
|-------|---------------|---------|---------------|--------|------------------------|----------------------|
| 0.39  | -             | 17.35   | -             | 28.6   | 0                      | 0<br>جافة هوائيا     |
| 0.36  | 2             | 17      | 21            | 34.7   | 3                      |                      |
| 0.35  | 2             | 17      | 30            | 37.3   | 6                      |                      |
| 13.66 | 4             | 18.05   | 4             | 29.86  | 0                      | 15                   |
| 13.53 | 23            | 21.3    | 16            | 33.22  | 3                      |                      |
| 13.76 | -3            | 16.85   | 35            | 38.8   | 6                      |                      |



شكل 8 العلاقة بين الإزاحة الأفقية والإزاحة العمودية في الحالة الجافة



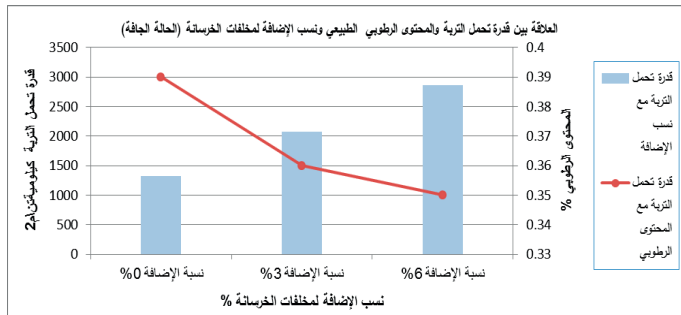
شكل 9 العلاقة بين الإزاحة الأفقية والإزاحة العمودية في الحالة الرطبة

#### 4.8 قدرة تحمل التربة تحت الأساس:

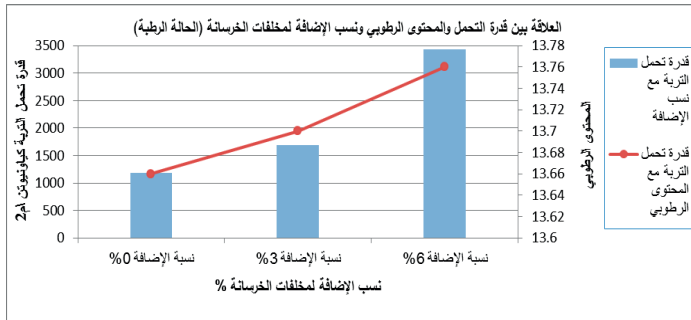
تم استخدام معادلة ترزاكي لحساب قدرة تحمل التربة تحت الأساس q [7] ، بفرض أن الأساس مربع وبأبعاد (1x1) متر وبعمق تأسيس مقدارة 1متر والجدول 4 يبين نتائج الحسابات حيث تمثل  $N_c, N_q, N_\gamma$  معاملات قدرة تحمل التربة،  $\gamma'$  الكثافة المغنورة. إن قدرة تحمل التربة تتناسب تناسباً طردياً مع نسب الإضافة و عكسياً مع المحتوى الرطوبي الطبيعي في الحالة الجافة هوائياً وذلك موضح بالشكل 10. أما عند زيادة المحتوى الرطوبي وإضافة الماء بنسبة 15% تناقصت قيمة قدرة تحمل التربة بنسبة 11% للعينة الطبيعية، بينما زادت قدرة التحمل بنسبة 24% و 158% للعينات المحسنة بالنسب 3% و 6%، حيث عملت مادة الإضافة على زيادة مقاومة التربة بالرغم من زيادة محتواها الرطوبي وذلك موضح بالشكل 11 .

جدول 4 نتائج حساب قدرة تحمل التربة للعينة الطبيعية والعينات المعالجة بنسب الإضافة المختلفة)

| %W    | q<br>(kn/m2) | $\gamma'$<br>(kn/m3) | $\gamma_t$<br>(kn/m3) | $N_\gamma$ | $N_q$ | $N_c$ | $\Phi$ | نسبة<br>الخرسانة<br>المضافة 0% | نسبة الماء<br>المضاف<br>% |
|-------|--------------|----------------------|-----------------------|------------|-------|-------|--------|--------------------------------|---------------------------|
| 0.39  | 1327.63      | -                    | 19.5                  | 19         | 20    | 35    | 28.6   | 0                              | 0                         |
| 0.36  | 2076.92      | -                    | 18.5                  | 37         | 36.9  | 51    | 34.7   | 3                              |                           |
| 0.35  | 2864.75      | -                    | 17.5                  | 60         | 50    | 70    | 37.3   | 6                              |                           |
| 13.66 | 1187.62      | 10.4                 | 20.4                  | 19.73      | 22.46 | 37.16 | 29.86  | 0                              | 15                        |
| 13.69 | 1684.03      | 10.2                 | 20.2                  | 28.53      | 29.6  | 45.71 | 33.22  | 3                              |                           |
| 13.76 | 3431.12      | 11                   | 21                    | 100.39     | 81.27 | 95.66 | 38.8   | 6                              |                           |



شكل 10 العلاقة بين قدرة تحمل التربة والمحتوى الرطوبي الطبيعي ونسب الإضافة لمخلفات الخرسانة



شكل 11 العلاقة بين قدرة تحمل التربة والمحتوى الرطوبي ونسب الإضافة لمخلفات الخرسانة

## 9. الخلاصة :

لاتزال مقاومة التربة للقص في حالة الترب المشبعة جزئياً من أحد أهم المشاكل الصعبة والتي لم تحل بشكل جذري وذلك بسبب التزايد والتناقص في قيم ضغط الماء المسامي عند تسليط الأحمال على التربة [8]، وخاصة أن تغير المحتوى الرطوبي يؤثر بشكل واضح على خواص التربة الأخرى والمتمثلة في الكثافة والوزن النوعي والنفاذية ونسبة الفجوات والتي لها دور كبير فالتأثير على قيم محددات التربة للقص، وهذا ما أتضح لدينا من نتائج الإختبارات المذكورة سابقاً . حيث تؤثر زيادة المحتوى الرطوبي سلباً على قدرة تحمل التربة الطبيعية، بينما في حالة إضافة بودرة الخرسانة تحسنت خواص التربة وزادت قدرة تحملها بالرغم من زيادة المحتوى الرطوبي. ولقد أثبتت نتائج الإختبارات فعالية تأثير إضافة مخلفات الخرسانة للتربة الرملية في الحالتين الجافة هوائياً والرطبة، حيث أدت بشكل عام إلى تحسين محددات مقاومة التربة للقص وزيادة قدرة تحملها.

## 10. التوصيات :

1. نوصي بإجراء إختبار الضغط ثلاثي المحاور لتحديد معاملات مقاومة التربة للقص ،حيث سنتمكن من خلاله من حساب ضغط الماء المسامي والتغيرات التي طرأت عليه عند إضافة بودرة مخلفات الخرسانة ، والتي لا يمكن قياسها من خلال إختبار القص المباشر.
2. نوصي بإجراء الإختبارات عند محتويات مائية مختلفة 5% و 10% ،مع تثبيت قيمتي نسبة الفجوات والكثافة للترب الطبيعية والمعالجة عند إجراء الإختبار ليتبين لنا سلوك التربة بشكل واضح عند إضافة المخلفات دون تأثرها بالقيم المختلفة لباقي العوامل.

## 11. المراجع

- [1]. **Baghel, Pushpendra Singh.**(Improving Bearing Capacity of Desert soil by Placing Geogrid at Different Depth). s.l. : DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, 2014.
- [2]. مديرية الأبنية الحكومية : محافظة العقبة . (تخطيط وبنوية عمارة الصحراء).المهندسة حنان نادر ،الكعبي [2]. لمحافظة العقبة.
- [3]. الجامعة : سوريا دمشق. (تقنية إعادة استخدام الخرسانة الناتجة عن هدم الأبنية).المهندسة ليلى ،الحماد [3]. 2017، الافتراضية السورية
- [4]. **T.Kien, Tong.**(Recycling Construction demolition waste in the world and Vietnam)Vietnam : National University of Civil Engineering, Hanoi, Vietnam, 2013.
- [5]. **مجلة جامعة تشرين للبحوث . (العوامل المؤثرة في مقاومة القص المتبقية في الترب السيلينية).منذر ،عمران [5]. 2008. والدراسات العلمية**
- [6]. **J.Rankine, Ki ,Si.**(Emplaced Geotechnical Characteristics of hydraulic fills in a Number of Australian Mines). s.l. : Research Gate, 2006.
- [7]. **T.G1, Santhosh Kumar., Abraham2, Benny Mathews and Jose4, A.Sridharan3 and Babu. T.**(Bearing Capacity Improvement of Loose Sandy Foundation Soils through Grouting). International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA).

## دراسة النموذج الحراري . المائي . الميكانيكي للتربة غير المشبعة

By 1st Dr.hana abdalftah; 2nd Dr.Samira Alhadad (\*)  
(\*) Department of civil engineering, Buliding Matirals Laboratory  
Univeristy of Omar Almkhtar, Albyada, Libya  
hana.aljewifi@omu.edu.ly

### المخلص :

تلعب المياه دورا رئيسيا في سلوك التربة غير المشبعة، حيث ان الماء مع الهواء يكونان مسامات مختلفة الاشكال داخل التربة. اعتمادا على ما إذا كانت المياه تهيمن على الهواء، ولا يمكن للهواء أن يتحرك بحرية، أو على العكس من أن الهواء يشغل معظم المسامات داخل التربة وأن الماء مفيد الحركة بين حبيبات التربة، أو أن الماء والهواء يمكن أن يتحركا على حدا سواء، بالإضافة إلى الخاصية الشعرية. ان التشوه ومقاومة التربة غير المشبعة يعتمد من ناحية على الطبيعة المعدنية للحبيبات التي تشكل الهيكل العظمي للتربة، ومن ناحية أخرى، علي حالة التربة (المسامية، درجة التشبع، ضغط الماء،...). ويعتمد وصف السلوك الميكانيكي علي العلاقة بين الأحمال (الإجهادات، ضغط الماء والغاز). هذه الورقة تصف النموذج الحراري . المائي . الميكانيكي (Thermo-Hydro-Mechanical, THM) للتربة غير المشبعة. وكذلك امتد مفهوم الإجهاد الفعال إلى التربة الغير مشبعة مع إدخال الإجهاد الشعيري. ويستند هذا الاخير علي النموذج الميكرو الانشائي وتم حسابه من قوى الجذب بسبب الماء الشعيري (water menisci) نتيجة الخاصية الشعرية. تأثير عدم التشبع و ظاهرة النعومة الحرارية (thermal softening phenomenon) اخذت بعين الاعتبار في النموذج. النموذج THM كان تصنيفي وتوصيفي باستخدام البيانات التجريبية التي تتضمن مسار التجفيف تحت الإجهاد الميكانيكي مع الانتقال بين الحالات المشبعة وغير المشبعة، ومسار التسخين تحت constant suction (suction): الطاقة الازمة لاستخلاص وحدة حجم الماء من التربة) ومسار الانحراف مع suction المفروض و درجة الحرارة المفروضة. اظهرت النتائج أن النموذج المقترح يمكن أن يبين سلوك THM في التربة غير المشبعة بطريقة مرضية.

الكلمات الدالة: النموذج الحراري . المائي . الميكانيكي، التربة غير المشبعة، الإجهاد الفعال، الإجهاد الشعيري، امتصاص الماء.

### Abstract :

Water plays a key role in the behavior of unsaturated soils. Its co-existence with the air in the pores takes different forms, depending on whether the water dominates the air, the air can't move freely, or the air occupies most of the pores and the water is closed in the contacts of the particles, or the water and the air can move on both. In addition to the capillary phenomena that develop when contact with the two liquids. On the one hand, the deformation and resistance of the unsaturated soil depends on the mineral nature of the particles that make up the soil skeleton, and soil condition (porosity, saturation, water pressure...). The description of mechanical behavior is based on the relationship between loads (stresses, water pressure and gas). This paper describes Thermo-Hydro-Mechanical (THM) model of unsaturated soils. The concept of effective stress extended to unsaturated soils with the introduction of capillary stress. The latter is based on the micro-structural model and was calculated from the forces of attraction due to the change of the water surface (water menisci). The effect of non-saturation and thermal softening phenomenon was taken into account in the model with as few material factors as possible and based on existing models. The THM model was qualitatively and quantitatively, including a drying path under mechanical stress with transition between saturated and unsaturated states, a heating path under constant suction a deviatoric path with imposed suction and temperature. Results show that the current model can apply THM behavior in unsaturated soils in a satisfactory manner.

## 1. المقدمة

يعتبر السلوك المائي الحراري الميكانيكي للتربة غير المشبعة موضوع اهتمام المهندسين المدنيين، مثال استخدام (THM) و الطاقة الحرارية الارضية (geothermal energy) أو الطاقة النووية المستخدمة للتخلص من النفايات. على مدى العقود الثلاثة الماضية، تم دراسة سلوك التربة المشبعة اثناء التحميل المنتظم (isotropic) والايديوميتريك (oedometric loadings). كان للدراسات السابقة هدف هو دراسة تأثير الحرارة على اجهاد الاندماج المسبق (pre consolidation stress) [1,2] ، علي معيار الصلابة (Cs, or k and Cc) [3,4]، و تطور الموصلية الحرارية علي مسار THM [5]. فيما يتعلق بمعيار الفشل، فيحدده الميل (M) من خط الحالة الحرجة في مستوى الإجهاد (اجهاد الكسر [stress Deviatoric]، متوسط الاجهاد الفعال) او (p',q)، حيث ان  $\sigma_3 - 1 = q = \sigma$ . النتائج التجريبية التي حصل عليها العديد من الباحثين تظهر بعض الاختلاف [6]: لاحظوا انخفاض في الميل (M) مع الحرارة. النتائج الاخرى المتحصلة من [7,8] سلطوا الضوء على عدم وجود تأثير لدرجة الحرارة على هذا الميل. هذه النتائج تقودنا الي أن نكون متنبهين بشكل خاص بشأن نوع المواد التي تم اختبارها والحالة الأولية و طريقة تحضير العينات [9,10]. انخفاض مقاومة التربة مع الحرارة يكون متزايد مع القيم الصغيرة من OCR [11,12]. في حالة التربة غير المشبعة لبعض نتائج تجربة الضغط ثلاثي المحاور (triaxial test) على عينات من الطين، و الرمال المتمددة المخلوط بالطين، أظهر انكماش سطح الإجهاد مع درجة الحرارة عند أي suction [13]. من ناحية أخرى، Jamin وآخرون [14] أظهروا توسعاً حرارياً علي سطح الإجهاد لعينات من خليط الطميية الرملية. هذه الملاحظات تسلط الضوء على الدور الرئيسي لكسر الطين في التربة على تغير سطح الإجهاد [15].

### اهداف البحث

الهدف من البحث هو اقتراح نموذج الميكرو الانشائي: حراري . مائي . ميكانيكي (THM) لدراسة سلوك التربة غير المشبعة، بالإضافة الي استبدال الضغط المسلط لامتناس الماء (suction) بالإجهاد الشعيري في النموذج، ومدى تأثير اجهاد الاندماج المسبق تحت تأثير الحرارة. و دراسة انهيار التربة المختلطة و المعرضة للتحميل بعد التجفيف متبوعا بالتسخين تحت suction معين، بالإضافة الي مقارنة النتائج النظرية والعملية التي تم دراستها.

### اهمية البحث

في حالة التربة غير المشبعة شرط عدم التشبع يظهر في المناطق الفاحلة، حيث الطبقات العلوية لاتصل ابدًا الي تشبع تام. وهذه التربة تكون أيضا مضغوطة مثل السدود الترابية. لتصميم الاكثر امان يتم دراسة سلوكها من خلال

اقترح نموذج يأخذ في الاعتبار ارتفاع suction (بصل احيانا لاكثر من 100 ميغا بسكال) ومدى تأثيره على جريان الماء داخل المسامات وتغير درجات التشبع في التربة غير المشبعة.

### النمذجة ( Modelling )

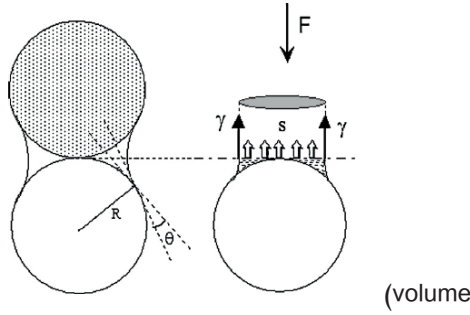
تم اقتراح نقطتين من قبل الباحثين بشأن النمذجة على سلوك THM للتربة غير المشبعة، استنادا على عدم الاعتماد على تحليل الإجهاد [16] وآخرون على مفهوم الإجهاد الفعال. في الحالة الاخيرة يكون مقبول على التربة المشبعة. بما ان خواص التربة غير المشبعة يعتمد على عامل واحد ألا وهو اجهاد الاندماج و امتصاص الماء من التربة (suction). ان هذا المفهوم بالتعاون مع نموذج صلب (hardening model) للتربة مع suction، يقدم العديد من المزايا على وجه الخصوص لأنه يضمن مرور مباشر من الوسط المشبع إلى الغير مشبع. صحة النموذج (model) يعتمد على التعريف الصحيح للاجهادات الشعيرية ومساهمة suction في الإجهاد الفعال [17,18]. حديثا تم استخدام نموذجان في النمذجة: الاول على اساس تعميم الإجهاد الفعال [19]، والثاني على متغير مستقل متقارب [20]. اضافة الي اقتراح نموذج حراري مائي ميكانيكي للتربة غير المشبعة، استنادا إلى تعريف الإجهاد الفعال ل Bioshop، مع عوامل موجودة كدالة مع suction [19]. من ناحية أخرى، بالنسبة Wenhua [20]، اعتبر نموذج THM للتربة غير المشبعة امتدادا للنماذج الميكانيكية الحرارية للتربة المشبعة التي اقترحها (Hueckel و Borsetto) و (Cui) [21,22].

## 2. نموذج ميكانيكي مائي حراري للتربة غير المشبعة (THM)

### 2.1. الإجهاد الفعال للتربة غير المشبعة

هناك اتجاه بسيط لتحديد الإجهاد الفعال، يكون بالبدا بالتعبير عن القوي مابين اثنين من الحبيبات في وسط اعتيادي عند المستوى الميكرو. الطريقة تشمل حساب القوي الشعيرية ( $F_{cap}$ ) نتيجة وجود الماء مابين حبيبتين من التربة على

شكل كرات صلبة (rigid spheres) لها نفس القطر  $D$  في وحدة الحجم التمثيلي (representative elementary)



شكل 1: رسم توضيحي لالتحام كرتين من خلال ظاهرة التمعر (meniscus).

الإجهاد الشعيري (capillary stress) في اي اتجاه يحدد من خلال:

$$\sigma_c = \frac{\sum F_{cap}}{A_{REV}} \quad (1)$$

حيث:

$F_{cap}$ : القوي الشعيرية نتيجة وجود الماء مابين حبيبتين من التربة.

$\sum F_{cap}$ : مجموع القوي المؤثرة في الاتجاه.

$A_{REV}$ : مساحة مقطع  $A_{REV}$  في المستوي العمودي علي هذا الاتجاه.

$\sigma_c$ : الإجهاد الشعيري، يكون دالة في suction (s)؛ في نسبة الفراغات (e)؛ القطر  $D$  للكرات ويعبر عنه كالتالي:

$$\sigma_c = \frac{2\pi\gamma}{k(e)D^2} \left[ 2D + \frac{3\gamma - \sqrt{4\gamma Ds + 9\gamma^2}}{s} \right] \quad (2)$$

$$k(e) = 0.32e^2 + 4.06e + 0.11 \quad (3)$$

حيث:

$\gamma$ : يكون الشد السطحي ماء . هواء (N/m)

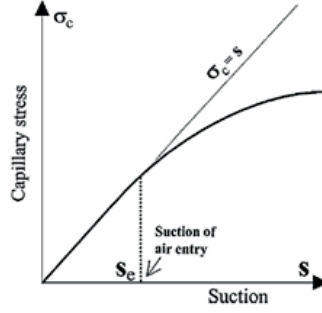
e: نسبة الفراغات

k(e): هي دالة استيفاء تأخذ في الحساب تأثير نسبة الفراغ لحزم غير منتظمة من الكرات.

شكل 2 يفسر عبور بين حالتين في المستوي ( $\sigma_c$  ، s). عند ارتفاع suction، الإجهاد الشعيري يصل الي تقارب

افقي حيث  $\sigma_c = \sigma_{c \max}$ ، كما محدد كالتالي :

$$\sigma_{c \max} = \frac{4\pi\gamma}{k(e)D} \quad (4)$$



شكل 2. الإجهاد الشعيري  $\sigma_c$  كدالة في suction، s.

الإجهاد الشعيري يظهر مثل ضغط منتظم (isotropic pressure.) يحل محل suction عندما ظاهرة الماء تكون غير مستمرة. التعبير عن موتر الإجهاد الفعال (effective stress tensor) يصبح :

$$[\sigma'] = [\sigma_{net}] + \sigma_c [I] \quad (5)$$

في حالة حبيبات التربة الحقيقية ذات الأقطار المختلفة، تحديد الإجهاد الشعيري يكون صعب، بسبب الاحتياج لاختيار قطر تصنيفي D "characteristic diameter" مكافئ الي توزيع حجم الحبيبة الحقيقي.

## 2.2. الهيكل العام المرن اللدن (The elastoplastic general framework)

النموذج المقترح يكون مساهم لتحديد الإجهاد الشعيري لتربة غير المشبعة مع قانون خواص المرونة واللدونة مثل Modified Cam-Clay، حيث suction يبديل بالإجهاد الشعيري ( $\sigma_c$ ) بالإضافة الي زيادة اجهاد الاندماج المسبق مع suction يكون مقترح ومعرف كدالة  $p'(\sigma_c) = f(p_{c0}, k, \sigma_c)$ . حيث يعرف k عامل يعتمد علي التربة. التأثير الحراري يقترن في النموذج بمنحنى النعومة الحراري [20]. فيما يتعلق بتأثير درجة الحرارة علي الميل (M)، خط الحالة الحرجة في المستوى (اجهاد الكسر، متوسط الإجهاد الفعال) يرمز ب (p', q)، تظهر النتائج العملية انخفاض M و q<sub>max</sub> مع درجة الحرارة. هذه النتائج يقودنا إلى ادخال دالة تحدد تطور M مع درجة الحرارة على النحو التالي:

$$M(T) = M(T - T_{ref}) + aT \quad (6)$$

حيث:

$T_{ref}$  : الحرارة المرجعية



a : عامل سالب

### 2.3. منحني النعومة للإجهاد الحراري والشعيري

الطاقة اللازمة لامتصاص الماء والإجهاد الشعيري لهم تأثير كبير علي خواص التربة غير المشبعة و اجهاد الاندماج المسبق ( $p'_c$ ). للأخذ في الاعتبار الزيادة في  $p'_c$  مع suction، العامل  $k$  يتم ادخاله بالاشتراك مع  $\sigma_c$ . المعادلة التالية تعطي الزيادة في  $p'_c$  كدالة من الإجهاد الشعيري، ابتداء من ضغط الاندماج الابتدائي ( $p'_{c0}$ ) تحت شرط التشبع. هذه المعادلة تكتب على النحو التالي:

$$p'_c(\sigma_c) = p'_{c0} + k(\sigma_c - S_e) \quad (7)$$

حيث:

$S_e$ : شفط الهواء الداخل (Suction of air entry)

$k$ : عامل نظري مستمد من التجارب لتصنيف الزيادة في اجهاد الاندماج المسبق مع الإجهاد الشعيري.

هذه الظاهرة حددت فقط عندما ( $s > s_e$ ). الميل في المرحلة اللدنة يكون متأثر بالإجهاد الشعيري ويحسب

من  $\lambda(\sigma_c) = f(\lambda_0, \sigma_c)$ ، حيث  $\lambda_0$  يكون الميل اللدن للتربة المشبعة.

الربط بين تأثير الحرارة و suction يكون مستمدا من [20] Wenhua et al. ، حيث suction يكون مستبدل بالإجهاد الشعيري. العلاقة بين ضغط الاندماج المسبق ( $p'_c(\sigma_c, T)$ ، الإجهاد الشعيري والحرارة ( $T$ ) في التربة غير المشبعة:

$$p'_c(\sigma_c, T) = p'_{c0}(T) + k(\sigma_c - S_e) \quad (8)$$

لأجل الترابط بين الحرارة والإجهاد الشعيري للتربة غير المشبعة،  $p'_{c0}(T)$  يجب ان يحسب اولا من  $p'_{c0}$  باستخدام

منحني النعومة الحراري ثم العلاقة (8). الانفعال الحجمي المرن عند تغير  $p'$  و درجة الحرارة  $T$  يصبح:

$$(d\varepsilon_v^e) = \frac{k}{1 + \varepsilon_0} \frac{dp'}{p'} + \alpha \Delta T \quad (9)$$

$\alpha$ : عامل التمدد الحراري.

$d\varepsilon_v^e$ : زيادة الانفعال الحجمي المرن بسبب التغير في متوسط الإجهاد الفعال او درجة الحرارة.

تفاضل الانفعال المرن يكون فقط محدد من معامل القص ( $G$ ) والتغير في الإجهاد  $q$ ، ولا يكون متأثر بال suction و

الحرارة:

$$(d\epsilon_s^e) = \frac{1}{3G} dq \quad (10)$$

$d\epsilon_s^e$ : زيادة الانفعال التفاضلي المرن الحجمي المرن بسبب التغير في الإجهاد q.

G: عامل القص

2.4. الخواص اللدنة

تحديد المعادلات التأسيسية للجزء اللدن يمكن تحديده من العلاقات الإضافية التالية. اختبار خواص عينة التربة مع تحديد امتصاص الماء، وتكون خاضعة إلى زيادة في الحمل الميكانيكي علي طول خط الاندماج الاعتيادي (NC)، الزيادة في الانفعال الحجمي اللدن تعطي من:

$$(d\epsilon_v^p) = \frac{\Delta(\sigma_c) - k \frac{dp'}{p'}}{1 + e_0} \quad (11)$$

$d\epsilon_v^p$ : زيادة الانفعال الحجمي اللدن بسبب التغير في متوسط الإجهاد الفعال او درجة الحرارة.

عندما يكون قيم امتصاص الماء اعلي من  $p'_c(\sigma_c)$  و se فانه يسرع في زيادة متوسط الإجهاد الفعال ( $p'$ ) وهذا بسبب تصلب التربة. والنتيجة الانفعال المرن فقط يظهر. بالنسبة الي ضغط الاندماج الاعتيادي او العالي عند درجة حرارة معتدلة، فان الزيادة في الحرارة تسبب انفعال حجمي لدن ناتج من نشاط ميكانيكية النعومة الحرارية. عندما  $(\sigma_c, p' > p'_c(T))$  اجهاد الاندماج المسبق  $p'_c(\sigma_c, T)$  يتناقص كلما الحرارة تزداد و  $p'_c(\sigma_c, T)$  يكون مساوي الي متوسط الإجهاد الفعال ( $p'$ ) في بعض الحالات. في هذه الحالات الخاصة، اجهاد الاندماج المسبق المتناقص يتوقف بسبب  $p'_c(\sigma_c, T)$  لا يمكن ان يكون اقل من  $p'$ . الانفعال اللدن يظهر ويحسب كالتالي:

$$(d\epsilon_v^p) = \frac{\Delta(\sigma_c) - k(a_1 + 2a_2 \Delta T)}{(1 + e_0)p'_c(\sigma_c)} \Delta T \quad (12)$$

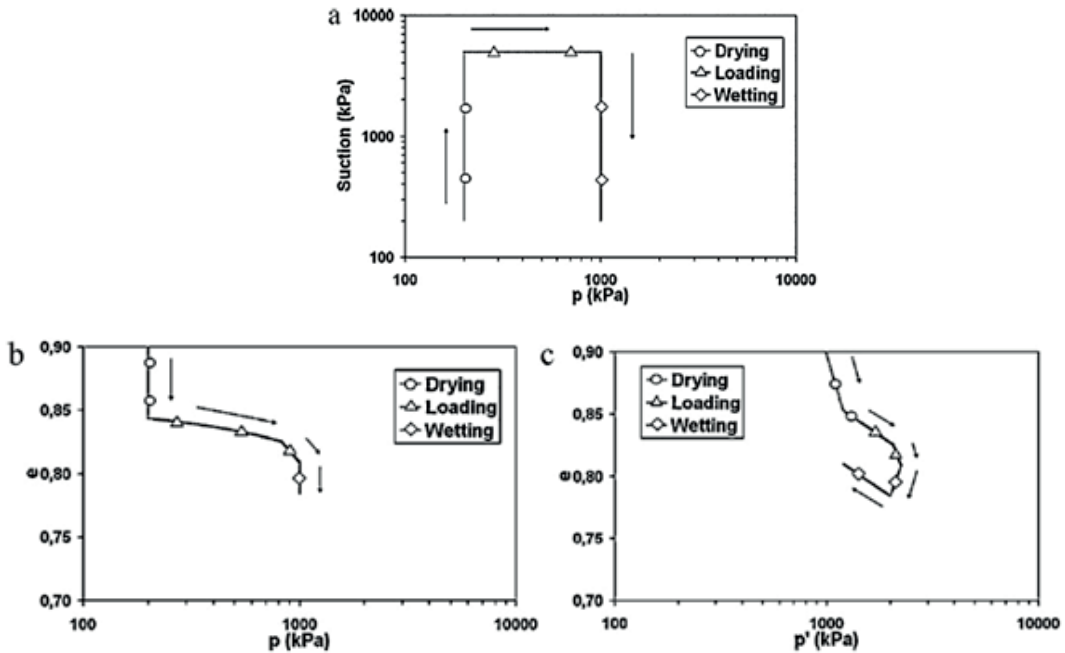
$a_1$  و  $a_2$ : معاملات تحدد منحني النعومة الحراري و تعتمد علي الحساسية الحرارية للتربة.

### 3. نمذجة الظواهر النموذجية للتربة غير المشبعة

#### 3.1. مسار الانهيار

في التربة غير المشبعة الرطبة تحت اجهاد متوسط صافي ثابت قد يؤدي الإجهاد إلى الانهيار (الانكماش الحجمي). عندما يتم تحميل التربة غير المشبعة ثم ترطب،  $p'_c(\sigma_c, T)$  يتناقص بسرعة عن  $p'$ .  $p'_c(\sigma_c, T)$  أكبر من  $p'$ ،

انتفاخ مرن (elastic swelling) يمكن ملاحظته ويمكن حسابه من العلاقة (9). طالما  $p' = p'_e(\sigma_e, T)$ ، سطح الخضوع يتطور لإنتاج انكماش غير مرجعي (irreversible) فقط بحسب من العلاقة (12). الشكل 3 يفسر الانهيار. مسار الإجهاد مبين في (الشكل 3a). التربة تجفد أولا تحت suction مساوي الي 5 ميغا باسكال (أكبر من شفت الهواء الداخل،  $s_e = 1$  ميغا باسكال). بعد ذلك، يتم تطبيق التحميل الميكانيكي حتى  $p = 1000$  كيلو باسكال مع  $p'_e(\sigma_e) = p'$  متبوعًا بالترطيب (الشكل 3b). خلال خطوة الترطيب، الإجهاد الشعري يتناقص مثل  $p'_e(\sigma_e)$  ويظهر انكماش غير مرجعي (irreversible contraction)، (الشكل 3c) يسלט الضوء على ظاهرة الانهيار. تحدث الظاهرة ما دامت  $s > s_e$ . عندما يكون  $s < s_e$  تضخم مرن يتم ملاحظته (انظر مرة اخري الشكل 3c).

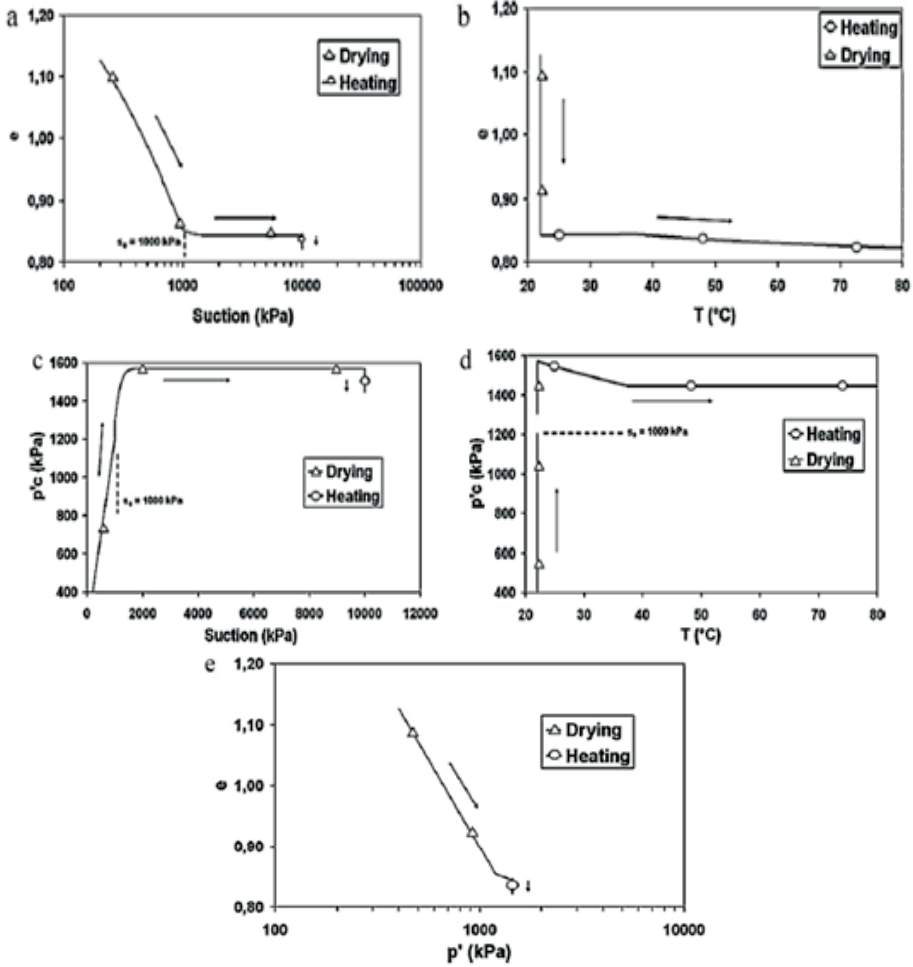


شكل 3. دورات الترطيب و التجفيف للتربة، التربة اعتيادية الاندماج.

### 3.2. التحميل تحت التجفيف . التسخين معا

الشكل 4a يظهر التجفيف يتبعه مباشرة التسخين تحت تحميل كلي ثابت ( $p = 200$  kPa) علي عينات مدمجة اعتياديا في المستوي  $(T, p'_c)$  ( $s, p'_c$ ) ;  $(\ln p', e)$  ,  $(\ln s, e)$  ,  $(T, e)$ . بعد مرحلة التجفيف يتم التسخين تحت درجة حرارة عالية. عند بداية التسخين الخواص تكون مرنة كما واضح من وضع سطح الخضوع (شكل 4b)، وإجهاد

الاندماج ( $\sigma_c$ )  $p'_c$  يكون اكبر من الإجهاد المتوسط الفعال  $p'$ . الخواص تكون اولا مرنة مع التمدد الحراري و اجهاد الاندماج يتناقص.



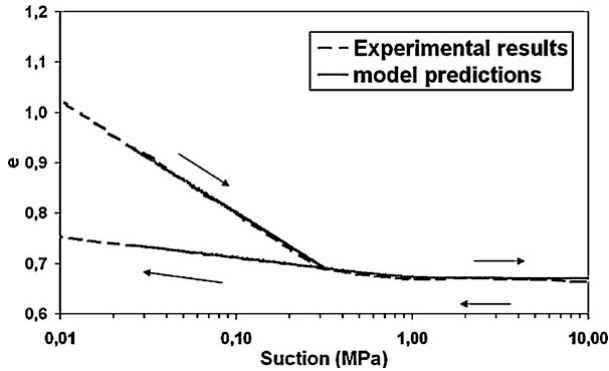
شكل 4. تجفيف . تسخين تربة اعتيادية الاندماج.

مع استمرار زيادة الحرارة،  $p'_c$  ( $\sigma_c, T$ ) تساوي  $p'$ ، الحرارة تستمر في الزيادة والنتيجة تكون تشوهات غير مرجعية وانكماش غير مرجعي كما موضح بالشكل 4b. في هذه الحالة  $p'_c$  ( $\sigma_c, T$ ) تحفظ كقيمة ثابتة الشكل 4e. النموذج على العينة اعتيادية الاندماج، اظهر التأثير السائد لمسار التجفيف في المنطقة المشبعة، والذي يسبب ازدياد الانفعال المرن. الجزء المرتبط بمسار التجفيف في المنطقة غير المشبعة أكبر من الجزء المرتبط بالتسخين لكن يظل بنفس القيم من التضخم.

4. مقارنة بين النتائج النظرية من النمذجة و النتائج العملية

#### 4.1. دورات التجفيف و الترطيب

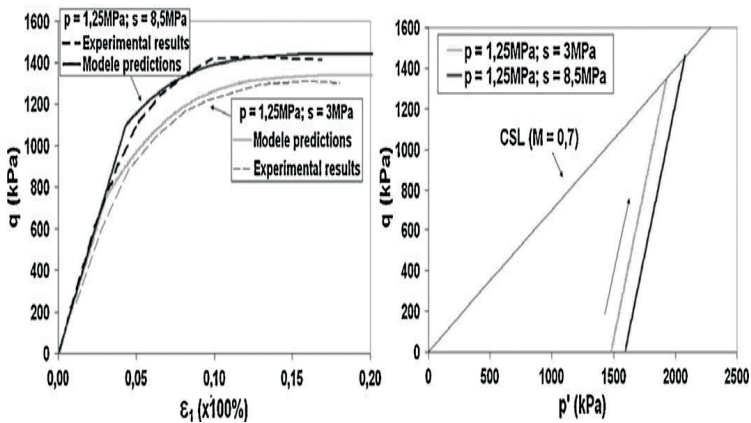
دورات التجفيف و الترطيب علي خليط من الكاولين والرمل (mixture of kaolin- sand) محتوى الرمل 1.5 wL (حيث wL يمثل حد السيولة)، العينات جففت في البداية تحت suction يساوي 10 MPa ثم تم ترطيبهم. ضغط شفط دخول الهواء ( $s_e$ ) كان بحدود 0.3 MPa. عندما  $s > s_e$  الزيادة في suction لها حد يؤثر علي نسبة الفراغات والتشوهات الحجمية كما موضح في الشكل 5.



شكل 5. مقارنة بين النتائج العملية ونتائج النموذج، العلاقة بين نسبة الفراغات و suction .

#### 4.2. مسار التصريف تحت ضغط امتصاص الماء ثابت

نتائج اختبار الضغط ثلاثي المحاور علي عينات خليط الرمل والكاولين تحت suction ثابت مبينة في الشكل 6. العينات في البداية تكون مدمجة تحت متوسط الاجهاد الفعال ( $p'$ ) مساوي الي 1250 كيلو بسكال تحت شرط التشبع، عندما suction يكون مطبق. بعد الاستقرار تحت ضغط امتصاص الماء المحدد (3 و 8.5 ميغا بسكال) تحميل الانكسار يبدأ.



شكل 6. اختبار القص علي خليط غير مشبع من الرمل . الكاولين (kaolin-sand).

## 5. النتائج

النموذج ( modified Cam-Clay model ) تم اختياره في مقترح نموذج للتربة غير المشبعة والتأثير الحراري بسيط قدر الامكان. استبدال الضغط المسلط لامتناس الماء (suction) بالإجهاد الشعيري في تعريف الإجهاد الفعال ل Terzaghi's يكون مستخدم لتمتد العلاقة من التربة المشبعة الي التربة غير المشبعة. الإجهاد الشعيري يكون قائم علي اساس نموذج ميكرو انشائي وبحسب من قوة السحب نتيجة تغيير سطح الماء. ادخال منحنى النعومة الحراري لوصف التأثير الحراري علي التربة في النموذج المرن و اللدن يسمح بتجميع المسارات مثل مسار التجفيف تحت الإجهاد الميكانيكي مع الانتقال بين الحالة المشبعة والحالة غير المشبعة، مسار التسخين تحت suction ثابت او مسار التصريف (يعرف بالانجليزية Deviatoric path) فان هذا المسار هو مسار الاندماج بعد سحق العينة ويساوي  $(q/p')$  مع suction مفروض وحرارة مفروضة. ظاهرة الانضغاط في حالة تربة ذات تشبع اعتيادي او عالية التشبع ( $OCR > R$ ) خاضع الي تحميل حراري ميكانيكي تم دراسته. المنحنى  $(p', q)$  معيار الانهيار يكون اساسي والميل  $(M)$  يظل ثابت لتربة مشبعة او غير مشبعة عند درجة حرارة متوسطة. هذا المعيار يكون متأثر بالحرارة، وادخال الميل كدالة في الحرارة  $M = f(T)$  في النموذج يسمح بتناقض مقاومة القص في تجربة الضغط ثلاثي المحاور عند ارتفاع درجة الحرارة.

## 6. المراجع

- [1] Eriksson, L.G. "Temperature effects on consolidation properties of sulphide clays". Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, Brazil. Editions Balkema, Rotterdam, (1989), 3, pp. 2087-2090.
- [2] Burghignoli, A., Desideri, A., Miliziano, S. "A laboratory study on the thermomechanical behaviour of clayey soils". Can. Geotechn. J. (2000), 37, pp.764-780.
- [3] Campanella, R.G., Mitchell, J.K. "Influence of temperature variations on soil behavior". Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE 94,(1968), pp.709-734.
- [4] Cekerevac, C., Laloui, L. "Experimental study of thermal effects on the mechanical behaviour of a clay". International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics (2004), 28, 3, pp.209-228.
- [5] Despax, D. "Influence de la température sur les propriétés mécaniques des argiles saturées normalement consolidées". Thèse, école Centrale de Paris, (1976).
- [6] Graham, J., Tanaka, N., Crilly, T., Alfaro, M. "Modified Cam-Clay modelling of temperature effects in clays". Can. Geotechn. J. (2001), 38, pp.608-621.

- [7] Hicher, P.Y. "étude des propriétés mécaniques des argiles à l'aide d'essais triaxiaux, influence de la vitesse et de la température. Report of the soil mechanics laboratory", école Centrale de Paris, (1974).
- [8] Graham, J., Tanaka, N., Crilly, T., Alfaro, M. "Modified Cam-Clay modelling of temperature effects in clays". *Can. Geotechn. J.* (2001), 38, pp.608-621.
- [9] Graham, J., Alfaro, M., Ferris, G. "Compression and strength of dense sand at high pressures and elevated temperature". *Can. Geotechn. J.* (2004), 42, pp.1206-1212.
- [10] Cekerevac, C., Laloui, L. "Experimental study of thermal effects on the mechanical behaviour of a clay". *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.* (2004), 28, 3, pp.209-228.
- [11] Hueckel, T., Pellegrini, R. "Modeling of thermal failure of saturated clays". *International Symposium on Numerical Models in Geomechanics, NUMOG, Pietruszczak L. S., Pande G. N.* (1989), pp. 81-90.
- [12] Hueckel, T., Baldi, G. "Thermoplasticity of saturated clays: experimental constitutive study". *Journal of Geotechnical Engineering.* (1990), 116, 12, pp.1778-1796.
- [13] Saix, C. "Consolidation thermique par chaleur d'un sol non saturé". *Can. Geotechn.* (1991), pp.28,42-50.
- [14] Jamin, F., ElYoussofi, M.S., Saix, C. "Sur le caractère thermo extensif de la surface de charge d'un sol non saturé". *C.R. Mécanique,* (2004), 332, pp.153-159.
- [15] El-Youssofi, M.S. "Contribution à l'étude des couplages multi physiques en mécanique des milieux granulaires". *Mémoire d'habilitation à diriger les recherches. Université de Montpellier2,* (2006).
- [16] Alonso, E.E., Gens, A., Josa, A. "A constitutive model for partially saturated soils". *Geotechnique,* (1990), 40, pp.405-430.
- [17] Modaressi, A., Aboubekr, N. "A constitutive model for unsaturated soils; a prospective approach". In: *Proceedings of numerical Models in Geomechanics, NUMOG V, vol; 1. Balkena, Rotterdam,* (1994), pp. 45-50.
- [18] Aboubekr, N. "Modélisation du comportement mécanique et hydraulique des sols non saturés". *Thèse, école Centrale de Paris,* (1995).
- [19] Loret, B., Khalili, N. "An effective stress elastic-plastic model for unsaturated porous media". *Mechanics of Materials J.* (2002), 34, pp.97-116.
- [20] Wenhua, W., Xikui, L., Charlier, R., Collin, F. "A thermo-hydro-mechanical constitutive model and its numerical modelling for unsaturated soils". *Computers and Geotechnics.* (2004), 31, pp.155-167.;
- [21] Hueckel, T., Borsetto, M. "Thermoplasticity of saturated soils and shales: constitutive equations". *Journal of Geotechnical Engineering.* (1990), 116, 12, pp.1765-1777.
- [22] Cui, Y.J., Sultan, N., Delage, P. "A thermomechanical model for saturated clays". *Can. Geotechn. J.* (2000), 37, pp.607-620.

## التنمية السياحية بالمناطق الصحراوية في ليبيا ( خطوة للمساهمة في إنجاح فرص الاستثمار )

|   |  |   |
|---|--|---|
| م. هاشم محمد علي<br>إدارة الاستثمار بالهيئة العامة لتشجيع<br>الاستثمار وشؤون الخصخصة<br>info@investinlibya.ly | م. حسن بشير أقدورة<br>أكاديمية الدراسات العليا بجنزور<br>إدارة التخطيط بوزارة السياحة<br>قسم العمارة بجامعة الرفاق الأهلية للعلوم التطبيقية<br>hassangdora@Gmail.com | د. منصور اعليوه الزوي<br>قسم هندسة العمارة والتخطيط العمراني<br>كلية الهندسة بالزاوية - جامعة الزاوية - ليبيا<br>قسم العمارة بجامعة الرفاق الأهلية للعلوم التطبيقية<br>mansour.ealiwa@gmail.com |
|---|--|---|

### المخلص :

إن مما جعل مشكلة التنمية السياحية الصحراوية في ليبيا تتسم بالأهمية والقضية الوطنية المستعجلة، وهي أنها تتميز بخصائص بيئية مناخية شديدة الحرارة في معظم فترات العام بالإضافة إلى تأثرها بظهير صحراوي مباشر وتعرضها لمخاطر طبيعية كالكتبان الرملية الزاحفة التي تهدد التنمية في مناطق عديدة منها، وهذه المؤثرات المكانية جعلت من المناطق الصحراوية قطاعاً ذو بيئة محلية خاصة يحتاج في تنميتها إلى أساليب تختلف عن المناطق السياحية الساحلية. ومن ثم فإن المدخل البيئي يمثل الإطار الفكري السليم لتنمية التجمعات الصحراوية بدأ من اختياراً نمط التنمية الملائم ووصولاً إلى أسلوب التخطيط والتصميم للتجمعات السياحية. وستتناول هذه الورقة بالبحث والدراسة للخصائص المكانية للبيئة الطبيعية والمشيدة لبعض المناطق السياحية الصحراوية في إقليم فزان ومدينة إغدامس من خلال دراسات نظرية للمعايير البيئية المؤثرة على عمران المناطق السياحية الصحراوية ووصف حالة مقومات صناعة السياحة وخلق فرص الاستثمار بها، وذلك من خلال دراسة تحليلية لتقييم المعطيات البيئية المحلية من جهة والبيئة المشيدة والقائمة المستحدثة من جهة أخرى وذلك بهدف تحقيق التوافق البيئي المطلوب للمناطق السياحية الصحراوية والذي ينبع من الظروف البيئية والمكانية بالإقليم، كما ستنتهي ببعض التوصيات المهمة التي قد تساهم بدورها في زيادة التنمية السياحية وإنجاح فرص الاستثمار بالمناطق الصحراوية.

الكلمات الدالة: التنمية السياحية، النسيج العمراني، المناطق الصحراوية، التخطيط الصحراوي، فرص الاستثمار، إقليم فزان.

### Abstract :

What has made the problem of desert tourism development in Libya is important and urgent national issue, is that these areas have very hot climatic environmental characteristics for most of the year, in addition to being affected by a direct desert back and exposed to natural hazards such as creeping sand dunes that threaten development in many of them. Therefore, these spatial influences have made the desert areas a sector with a special local environment in which their development needs methods different from coastal tourist areas. Thus, the environmental approach represents the sound intellectual framework for the sustainable development of desert communities starting from the selection of the appropriate development mode to the planning and design of tourism communities. This paper will study and highlight the spatial characteristics of the natural environment and constructed for desert tourist areas in the Fazan Region and the Ghadames city, through theoretical studies of environmental standards affecting the construction of desert tourism areas and describe the state of the components of the tourism platform and create investment opportunities, through an analytical study to assess local environmental data on one side, the built environment and the existing list on the other side. Therefore, it aims to achieve the required environmental compatibility of the desert tourist areas, which stems from the environmental and spatial conditions in the region.



## 1. المقدمة :

تُعرف الصحراء عامة بأنها تلك الأرض الفضاء الواسعة، حيث الخلاء المترامي الأطراف والتي تغطي الرمال الجانب الأكبر منها، وهي ظاهرة مناخية يزيد فيها معدل البخر عن التساقط . وقد كان التركيز في ليبيا على التنمية السياحية خلال العقدين الأخيرين بحيث تكون عوائدها المضطربة تؤدي إلى تنمية إجتماعية واقتصادية للمجتمع. ومما لاشك فيه فإن البيئة الطبيعية تُعتبر أحد أهم موارد التنمية السياحية وفي غمار الإهتمام المتعاظم بالتنمية السياحية كان التزامن مفقوداً بين عائد التنمية وتراكم الآثار البيئية السالبة. ومن هذا المنطلق فقد أصبحت الأنشطة الإنمائية السياحية في المناطق الصحراوية بوجه عام وفي ليبيا بوجه خاص مصدراً مباشراً لمخاطر جمة على حياة الإنسان وبيئته الطبيعية في غياب منهجية متكاملة للتنمية السياحية المستدامة والتقويم البيئي المستمر للمناطق السياحية والأوضاع الأمنية الراهنة التي تعيشها البلاد.

## 2 - منهجية البحث :

### 1.2 - مشكلة الدراسة:

تُرحب أكثر التوقعات تفاؤلاً أن النفط الليبي سينضب بعد 60 سنة، و إلى الآن لم يفلح الإقتصاد الليبي في إيجاد بديل للنفط كمصدر للدخل القومي، و ليس أمام الإقتصاد الليبي خيارات متعددة لتتويع مصادره من الدخل، فليبيا بلد صحراوي تصل نسبة الأراضي الصحراوية فيه إلى حوالي 80% ويعاني شحاً في المياه و ندرة في الأيدي العاملة و بالتالي يصعب اعتماد القطاع الزراعي كأحد مصادر الدخل القومي ( على الأقل في المدى القصير و المتوسط )، كما أن القطاع الصناعي يحتاج إلى خبرة وتمرس لكي يستطيع منافسة الصناعات العالمية المتطورة وهذا أيضا يحتاج إلى وقت، يضاف إلى ذلك أن الإيرادات النفطية لم تعد تحتمل المزيد من الأخطاء أو التجارب الفاشلة بقطاعي الزراعة و الصناعة كالتي مارسها النظام السابق عاى مدى 42 سنة ( النهر الصناعي وغيره )، فنحن مقبلون على مرحلة بناء و نحتاج فيها لكل الموارد المالية و توظيفها التوظيف الأمثل في قطاع السياحة، هذا القطاع المهمل أو (المتعمد إهماله) في ليبيا بينما نجده يجلب لبعض الدول عشرات المليارات سنوياً قد تصل في بعض الدول إلى 60 مليار دولار سنوياً و هو رقم قلما تحققه ليبيا من قطاعها النفطي.



شكل (1) : يوضح طبيعة البيئة الصحراوية في ليبيا

ولهذا فإن التصميم والنسيج العمراني للمناطق السياحية الصحراوية سواء في ليبيا أو غيرها من الدول المجاورة والتي لها نفس البيئة هو برنامج تخطيطي بشكل منسجم يتم فيه توزيع جميع العناصر العمرانية على أرض ذات طبيعة جافة ومواصفات بيئية خاصة تحقق علاقات وظيفية سليمة وتناغم بين مكونات البرنامج ذات الوظائف المختلفة، كما إن النشاط السياحي يعتبر هو اللغة المميزة بين سكانها فالبعض يتأثر بالسياحة كظاهرة اجتماعية أو ثقافية والبعض الآخر يتأثر بها كظاهرة اقتصادية لما لها من آثار ايجابية من جميع النواحي، كما هو مبين في شكل (1).

## 2.2 - أهداف الدراسة :

وصف حالة مقومات السياحة في المناطق الصحراوية في ليبيا ومهدداتها.  
تحديد دور صناعة السياحة في التنمية وفرص الإستثمار بالمناطق الصحراوية في ليبيا.  
إقتراح التدابير اللازمة لإنجاح ولتحقيق تنمية سياحية مستدامة تخطيطياً في المناطق الصحراوية الليبية ومحاولة وضع خطوط إسترشادية لتطوير التنمية السياحية لإنجاح فرص الإستثمار بتلك المناطق.

- مهددات صناعة السياحة بالمناطق الصحراوية في ليبيا ومقومات المنتج السياحي فيها:

ضعف الوضع الأمني والإستقرار السياسي بالدولة الليبية (الوضع ضعيف وهش جداً وغير مشجع).

وكذلك ضعف البنية المعلوماتية السياحية التسويقية، والتي تعتبر بواقعا الحالي ذات إمكانات جداً متواضعة،

كما لا توجد خارطة إستثمارية أو سياحية ولا منظومة وطنية، مع قلة البنية الفنية الخدمية

والسياحية الأساسية (كالمطارات والطرق كالمرافق الإيوائية والترفيهية... الخ)، وعدم إهتمام الدولة بالصناعات

التقليدية المختلفة وتشجيعها أو دعمها بالشكل المطلوب، مع هشاشة الإمكانيات المؤسسية والهيكلية التشريعية

والتنظيمية والتنفيذية بالدولة الليبية بالقطاعات العامة والخاصة. [ رقم 5 ]

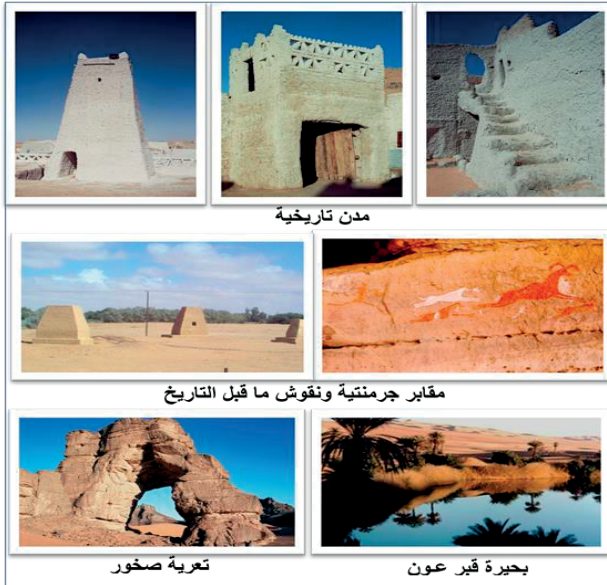
**المنتج السياحي:** والتي تتلخص في العناصر البيئة الطبيعية التالية وكما هو موضح بشكل(2):

البحيرات الطبيعية (واو ناموس، قبر عون)، الكثبان والمسطحات الرملية، الجبال والوديان والمسارات المائية القديمة.

البراكين والطفوح البركانية، ظواهر نحت الصحراء داخل بعض الكهوف والمغارات ومواقع الإنسان القديم... الخ.

تراث ثقافي وإجتماعي (المتنلة في مهرجانات ، صناعات تقليدية، رقص، غناء وغيرها من الأنشطة الخاصة

والرياضية مثل سباقات السيارات أو الدراجات أو المهاري أو الخيل ... الخ).



شكل ( 2 ) : يوضح مواقع وتنوع المنتج الطبيعي والجدب السياحي الصحراوي في ليبيا. المصدر: [ رقم 5 ]

المخزونات التنموية الأخرى: والمتمثلة في العديد من مظاهر التنمية الصحراوية ( كالواحات والبحيرات الطبيعية والمشروعات الزراعية ). ولهذا فإن د. عبدالقادر على أبوفايد، م. حسن بشير أقدورة (2012/5/26م) قد بينا في بحثهما في جدول (1) بأن أهم عناصر المنتج السياحي بإقليم فزان التخطيطي على سبيل الذكر لا الحصر، وشكل رقم (3) يبين بعضها.

### جدول (1): يوضح عناصر المنتج السياحي بإقليم فزان التخطيطي.

| العدد | الموقع   | الصف                        |
|-------|--|-----------------------------|
| ++9   | جبال أكاكوس - مساك ميلت - مساك ستافت - وادي الشاطيء - وادي الحياة - وادي متخدوش - وادي الفيوت - وادي بروجوج - جبل بن غنيمة | فنون ما قبل التاريخ         |
| ++10  | وادي عتبة - جبل بن غنيمة - واو الكبير - واو الناموس - رملة الزلاف - دهان مرزق - جبال أكاكوس - وادي الشاطيء - وادي الحياة   | المناظر الصحراوية والطبيعية |
| 10    | غات - البركت - مازاريت - مرزق - تراغن - زويلة - وادي الحياة - العوينات - سبها - وادي الشاطيء                               | المعمار التقليدي والقلاع    |
| ++2   | وادي الحياة - الفيوت   | الأثار الجرمنتية            |
| 5     | زويلة - مرزق - غات - تراغن - سبها  | المدن التاريخية             |
| 2     | مرزق - جرمة  | المتاحف                     |
| 7     | منطقة رملة الزلاف - الدوادة ( قبر عون ) - ماتو - أم الماء - أم الحصان - مندرة - مافو                                       | البحيرات                    |
| 2     | واو الكبير - واو الناموس   | الجبال البركانية            |
| 2     | كهف الجنون - منطقة غات   | المناظر الصحراوية والطبيعية |
| 4     | وادي الحياة - مدينة جرمة , جبل زنكرة , المقابر الجرمنتية الملكية , حفائر سانية بن هويدي , ضريح وطوط                        | الأثار الجرمنتية            |
| 2     | أقار عتبة , شربة   | المدن التاريخية             |

المصدر: مرجع [ رقم 1 ]



شكل (3) يوضح بعض المقومات السياحية بأماكن مختلفة في المناطق الصحراوية الليبية. المصدر: [ رقم 3 & 4 ].

### 3 . التخطيط السياحي وعلاقته بالتنمية السياحية :

يرتبط فهم التخطيط السياحي بشكل كبير بمعرفة مفهوم ومكونات التنمية السياحية وطبيعة العلاقات بين هذه المكونات. إن التنمية السياحية هي عنصر مهم من العناصر المختلفة بالتنمية الحديثة المعاصرة، وتكاد تكون متطابقة مع التنمية الشاملة. ولذلك تُعتبر قضية التنمية السياحية عند الكثير من دول العالم من القضايا المعاصرة، كونها تهدف إلى الإسهام في زيادة الدخل الفردي الحقيقي، وبالتالي فهي تُعتبر أحد الروافد الرئيسية للدخل القومي، وذلك لما تتضمنه من تنمية حضارية شاملة لكافة المقومات الطبيعية والإنسانية والمادية، كما إنها تُساهم بشكل مؤثر في التنمية الاقتصادية. ولذلك تُعرف التنمية السياحية لدى العديد من المصادر والأبحاث على أنها توفير التسهيلات والخدمات لإشباع حاجات ورغبات السياح، وتشمل كذلك بعض تأثيرات السياحة مثل إيجاد فرص عمل جديدة ودخول جديدة خاصة للشباب. كما تشمل أيضاً جميع الجوانب المتعلقة بالأنماط المكانية للعرض وتلبية لطلبات السائحين، والمساهمة إِنْجَاح مستوى مبيعات للمنتجات التراثية التقليدية ونشر الثقافات المحلية في حالة زيادة التدفق للحركة السياحية. فالتنمية السياحية هي الإرتقاء والتوسع بالخدمات السياحية وإحتياجاتها، ولذلك فهي تتطلب تدخلاً للتخطيط السياحي بإعتباره أسلوباً علمياً يستهدف تحقيق أكبر معدل ممكن من النمو السياحي بأقل تكلفة وفي أقرب وقت ممكن. ومن هنا فالتخطيط السياحي يعتبر ضرورة من ضرورات التنمية السياحية الرشيدة لمواجهة المنافسة في السوق السياحية الدولية. [مراجع رقم 1، 4، 5].

#### 1.3. عناصر التنمية السياحية:

تتكون من عدة عناصر أهمها:

وتشمل العناصر الطبيعية Natural Features Attraction مثل : أشكال السطح والمناخ والحياة والغابات وعناصر من صنع الإنسان man-made- objects، كالمنزهات والمتاحف والمواقع الأثرية التاريخية.

النقل Transport بأنواعه المختلفة البري، البحري والجوي.

أماكن النوم Accommodation سواء التجاري منها Commercial كالفنادق والموتيلات وأماكن النوم الخاص مثل بيوت الضيافة وشقق الإيجار.

التسهيلات المساندة Supporting Facilities بجميع أنواعها كالإعلان السياحي والإدارة السياحية والأشغال البدوية والبنوك ....

خدمات البنية التحتية Infrastructure كالمياه والكهرباء والاتصالات....الخ.

ويضاف إلى هذه العناصر جميعها الجهات المنفذة للتنمية السياحية والتي تتكون من قبل القطاعات

العامة أو الخاصة أو الاثنتين معاً.

### 2.3. أهداف التنمية السياحية :

تهدف تنمية الصناعة السياحية إلى تحقيق زيادة مستمرة ومتوازنة في الموارد السياحية، كما وإن أول محور في عملية التنمية هو الإنسان الذي يعد أداتها الرئيسية. لهذا فإن الدولة مطالبة بالسعي إلى توفير كل ما يحتاج إليه لتبقى القدرات البدنية والعقلية والنفسية لهذا الإنسان على أكمل وجه. أيضاً إن عملية تنمية وتطوير السياحة تكون بجرد المصادر التي يمكن استخدامها في الصناعة السياحية وتقييمها بشكل علمي بل وإيجاد مناطق جديدة قد تجذب إليها السائحين مثل القرى السياحية أو الأماكن المبنية خصيصاً للسياحة. كما يجب أن يكون التقييم هنا ليس مجرد تخمين نظري، وإنما تقويم مقارن مع المنتجات السياحية للدول المنافسة واعتمادها على اتجاهات وخصائص الطلب السياحي العالمي والذي يعد الأساس في تحديد وإيجاد البنية التحتية والقومية للسياحة عبر تشجيع الاستثمار السياحي وتسهيل عمل شركات الاستثمار من خلال تخفيض الضرائب والإجراءات الجمركية على الأجهزة والمعدات اللازمة لمشاريعهم.



شكل ( 4 ) يوضح جمال الطبيعة الصحراوية والتي يمكنها أن تساهم في إنجاح التنمية السياحية في ليبيا.

### 3.3. التخطيط السياحي وأهم مزاياه وفوائده على كل المستويات التخطيطية :

إن من أهم الفوائد التي يمكن الاستفادة من التخطيط للتنمية السياحية على جميع مستويات التخطيط بالدولة الليبية، أنه يوفر أرضية مناسبة لأسلوب اتخاذ القرار لتنمية السياحة في القطاعين العام والخاص من خلال دراسة الواقع الحالي والمستقبلي مع الأخذ بعين الاعتبار الأمور السياسية والاقتصادية التي تقرها الدولة لتطوير السياحة وتنشيطها، وذلك لما يوفره من معلومات وبيانات وإحصائيات وخرائط وتقارير واستبيانات ووبعضها تحت الطلب. كذلك فالتخطيط السياحي يساعد على تحديد وصيانة الموارد السياحية والإستفادة منها بشكل مناسب في الوقت الحاضر والمستقبل، كما إنه يساعد على تكاملية وربط القطاع السياحي مع القطاعات الأخرى لتحقيق أهداف السياسات العامة للتنمية الإقتصادية والإجتماعية على كل مستوياتها. كما إنه يساهم في زيادة الفوائد الإقتصادية والإجتماعية والبيئية من خلال تطوير القطاع السياحي، وتوزيع ثمار تنميته على أفراد المجتمع. كما إنه يقلل من سلبيات السياحة من خلال وضع الخطط التفصيلية والأسس والبرامج التنموية المناسبة لتنفيذها وإدارتها للرفع من المستوى السياحي لبعض المناطق المتميزة والمتخلفة سياحياً كالمناطق الصحراوية، كما إنه يساهم في استمرارية تقويم التنمية السياحية ومواصلة التقدم في تطوير هذا النشاط والتأكيد على الإيجابيات وتجاوز السلبيات في الأعوام اللاحقة. وقد أثبتت التجارب في العديد من دول العالم أنه يمكن تحقيق عائدات سياحية دائمة من خلال إعتقاد التخطيط السليم والمناسب، ويمكن لهذه العائدات أن تتضاعف في حال إستمرار التخطيط الواعي والناضج الذي يسع لتحقيق مجموعة من الأهداف أهمها:-

تحديد أهداف التنمية السياحية القصيرة والبعيدة المدى، وكذلك رسم السياسات السياحية ووضع إجراءات تنفيذها، مع ضبط وتنسيق التنمية السياحية الثقافية والعشوائية والحيلولة دون تدهور الموارد السياحية وحماية النادر منها. تشجيع القطاعين العام والخاص على الإستثمار في مجال التسهيلات السياحية أينما كان ذلك ضرورياً، ومضاعفة الفوائد الإقتصادية والإجتماعية للنشاطات السياحية لأقصى حد ممكن وتقليل كلفة الإستثمار والإدارة لأقل ما يمكن.

صنع القرارات الملائمة وتطبيق الإستخدامات المناسبة في المواقع السياحية مع المحافظة على البيئة ووضع قيد التنفيذ الإجراءات العلمية المدروسة، مع تنسيق النشاطات السياحية والإقتصادية الأخرى بشكل تكاملي. تنظيم الخدمات العامة وتوفيرها بالشكل المطلوب في المناطق السياحية مع ضرورة توفير التمويل اللازم لعمليات التنمية السياحية من الداخل والخارج.

في هذا الجزء سيتم التطرق لعرض وتحليل لأهم مقومات التنمية السياحية بالمناطق الصحراوية في إقليم فزان ومناقشة أهم المعوقات التي تواجهها من أجل التوصل إلى مدخل بيئي للتعرف على أهم المعايير المؤثرة على التنمية السياحية المستدامة في تلك المناطق وإمكانية إنجاز فرص الإستثمار فيها، وذلك من خلال النقاط التالية:

### [ مراجع رقم 1، 3 ]

1.4 . التنمية السياحية وأهم معوقاتها بالمناطق الصحراوية في ليبيا:

تُعد ليبيا عالمياً غير معروفة سياحياً وهذا الأمر يجعلها ذات أولوية للسياح كما إن صورتها السياحية لا زالت نقية لأنها تتمتع بمناخ صحي معتدل، كما يُعتبر الشعب الليبي مضيافاً ويحسن في الغالب معاملة السياح.

### أولاً) الإمكانيات التنموية المتوفرة بالمناطق الصحراوية:

هناك إجماع على حقيقة بوفرة الإمكانيات التنموية بالمناطق الصحراوية في ليبيا والتي منها وفرة مصادر المياه العذبة من أكثر من 200 عين إرتوازية حيث تُعتبر بعض هذه العيون لها مميزات استشفائية للعديد من الأمراض ويتم إستخدامها في السياحة العلاجية، ويُعد تنوع الحياة البرية والنباتية يمكن أن تقوم علي أساسها شبكة من المحميات الطبيعية السياحية والحدائق الصحراوية المفتوحة. كما إن تميز وتنوع القيم البصرية والجمالية للتشكيلات الطبيعية للأرض والتي تشمل التشكيلات الرملية في بحر الرمال والبحيرات المائية والتلال والهضاب الصخرية المنتشرة داخل المنخفض وعند الحافة الشمالية. إضافة إلى ذلك فإن الحياة الإجتماعية المتميزة لقري الواحة التقليدية بتلك المناطق التي تُعبر عن الطابع العمراني والإجتماعي المحلي.

### ثانياً) معوقات التنمية السياحية بالمناطق الصحراوية:

إن ما يعانيه سكان المناطق الصحراوية في ليبيا من صعوبات ومشاكل كثيرة لا يمكن حصرها في هذه الورقة، والتي تُعد معوقات للتنمية السياحية بالرغم من الأوضاع الأمنية المتردية والصعبة، يمكن تصنيفها إلى شقين رئيسيين هما:

الشق الأول يتعلق بوزارة السياحة نفسها، فهي المسؤولة مباشرة عنها، وذلك بسبب عدم وجود استراتيجية وخطط للتنمية لوزارة السياحة في هذه المناطق وعدم تنسيقها مع بقية القطاعات الخدمية أي الحكومة بالدولة الليبية، الأمر الذي نتج عنه إستخدام خامات غير مناسبة للبيئة وإغفال العنصر البشري للبيئة الصحراوية في



التمتية، مع النقص الحاد في الإحتياجات من البنية الأساسية والخدمات اللازمة لإنتاج وتفعيل عملية التتمية المستدامة، مع سوء إدارة الموارد المائية وزيادة الفاقد منها، وكذلك التدمير المستمر للحياة البرية بسبب عمليات الصيد الجائر مما أدى إلي إنقراض العديد من الحيوانات بتلك المناطق. كما إن تراكم القمامة في المواقع السياحية وعلى الطرق المؤدية إليها واختفاء أو تقلص مساحات الواحات التي تحتضن المدن التاريخية بسبب استنزاف المياه مع عدم صيانة المواقع السياحية وما صاحبه من عبث وسرقة وتشويه لبعض الآثار بالمواقع السياحية نتيجة لغياب الأمن وعدم توفر الحماية للمنتجات السياحية.

**والشق الثاني يتعلق بمصلحة التخطيط العمراني،** وهو الأمر المتعلق بالتدهور المستمر للطابع المعماري والعمراني التقليدي بالمناطق الصحراوية الليبية والمتمثل في تداعي المباني التقليدية القديمة وهجرة السكان منها خاصة بمدينة إدغامس القديمة على سبيل الذكر، بالإضافة إلي الزحف العشوائي للمباني الحديثة غير ملائمة للمحددات البيئية ولا تتناسب مع خصوصية المنطقة الصحراوية.

#### 2.4. خصائص التخطيط السياحي الجيد :

يمتاز التخطيط السياحي الجيد بأنه يركز على المنتج السياحي Tourist Product وكذلك على عمليات الترويج والتسويق بأسلوب يحقق التوازن بين الأهداف الإقتصادية والإجتماعية والبيئية ضمن إطار التتمية السياحية الشاملة والمستدامة، وعليه فإن التخطيط السياحي الجيد لا بد أن تتوفر فيه عدة مواصفات أخرى أهمها:

تخطيط مرن Flexible مستمر Continuous وتدرجي Incremental يتقبل إجراء أي تعديل إذا ما تطلب الأمر ذلك بناءً على المتابعة المستمرة والتغذية الراجعة.

تخطيط شامل لجميع جوانب التتمية السياحية، الإقتصادية، الإجتماعية، الثقافية، البيئية، السكانية، ... الخ. تخطيط تكاملي، تعامل فيه السياحة على أنها نظام متكامل، حيث كل جزء مكمل للآخرى، وكل عنصر يؤثر ويتأثر ببقية العناصر.

تخطيط مجتمعي، بمعنى أنه يسمح بمشاركة جميع الجهات ذات العلاقة في عملية التخطيط بمراحلها المختلفة. تخطيط بيئي يحول دون تدهور عناصر الجذب السياحية الطبيعية والتاريخية، ويعمل على توفير الإجراءات اللازمة لصيانتها بشكل مستمر، ويضمن المحافظة عليها لأطول فترة زمنية ممكنة.

تخطيط واقعي وقابل للتنفيذ بحيث أن لا تتجاوز أهدافه حدود الإمكانيات والطموح ولا تخرج عن دائرة ما هو متاح وكامن من موارد طبيعية ومالية وبشرية.

تخطيط مرحلي منظم، يتكون من مجموعة من الخطوات والنشاطات المتتابعة والمتسلسلة.

تخطيط يتعامل مع السياحة على أنها نظام له مدخلات وعمليات ومخرجات محددة، ويمكن التأثير في هذه التكوينات وتوجيهها.

**نقاط القوة للمنتج السياحي بصفة عامة -** إن من أهم النقاط التي تساهم في جذب المستثمرين هي تنوع المنتج السياحي وتفرده وتعدده وتوزيعه على مساحات شاسعة شاملة كل الإقليم، وكذلك تفرده بقيمته التاريخية كتراث ثقافي عالمي ( خاصة في حالة تجمع أو قرب المنتجات السياحية بعناصرها الثلاثة الأثرية والتاريخية والبيئية في منطقة واحدة ) وهذا بدوره سيقبل الوقت ويؤدي إلى تقليص تكاليف البنية الأساسية والخدمية.

**نقاط قوة أخرى محلية خاصة بليبيا:** فليبيا قريبة جغرافياً من أوروبا والتي تُعتبر أحد أهم الأسواق السياحية، وهي غير معروفة سياحياً مما يجعلها ذات أولوية للسياح ، فصورة ليبيا السياحية لا زالت نقية وتتمتع بمناخ صحي معتدل وبأسعار منافسة كما إن الشعب الليبي مضياف ويحسن معاملة السياح، ولهذا فهي تُعتبر في وضع تنافسي.

#### 3.4. فرص إنجاح الإستثمار السياحي بالمناطق الصحراوية:

إن صدور عدد من القوانين المنظمة لعمليات الإستثمار، مثل القانون رقم (5) لسنة 1997 مسيحي بشأن الإستثمار الأجنبي والقانون رقم (7) لسنة 2004 مسيحي بشأن السياحة والقانون رقم (6) لسنة 2007 مسيحي بشأن تشجيع الاستثمار الوطني، وكذلك ظهور أنشطة استثمارية محلية من قبل القطاع الخاص وظهور أنشطة استثمارية كبيرة من قبل مستثمرين غير ليبيين أو مشتركة. كما إن الاستثمارات السياحية تمثل حوالي 45 % من إجمالي قيمة الإستثمارات، وتشكل العمالة الوطنية 39 % من العمالة السياحية، كما إنه لا توجد حوافز إستثنائية للإستثمار في بعض المواقع خاصة الصحراوية النائية منها، وبذلك صارت الاستثمارات الكبيرة في المدن الرئيسية فقط بينما هي محدودة جداً بالاقليم الصحراوية وغير قوية وذلك لعدة أسباب منها:

ضعف التشريعات الإستثمارية وإجراءات التخصيص، عدم توفر البنية الأساسية الفنية، وعدم إستقرار ووضوح آليات الإستثمار مع تداخل الاختصاصات بين الجهات والهيئات والقطاعات الخدمية مع محدودية الممولين من القطاعين العام والخاص المحلي والأجنبي ومحدودية الخبرة في مجالات الإستثمار السياحي. وهذه بدورها تضعف فرص الإستثمارات السياحية بتلك المناطق.

خلصت هذه الدراسة بمجموعة من التوصيات المركزة والموجهة إلى المسؤولين وصناع القرار والقائمين على عملية التنمية المستدامة في ليبيا للإهتمام بالتنمية السياحية الصحراوية وتطويرها، وذلك من خلال النقاط التالية :-

أولاً) توصيات للمسؤولين وصناع القرار بالدولة الليبية: من أجل المساهمة في إنجاح التنمية السياحية:

فمن الضرورة تفعيل وإحالة مقترح مشروع آلية جديدة لتنظيم التنمية السياحية في ليبيا وإعتماد المشروعات الإستثمارية بها، ووضع معايير خاصة لتطوير قانون هيئة الاستثمارات بما يراعى خصوصية المشروعات السياحية بالمناطق الصحراوية بحيث تكون هناك مفاضلة وحوافز وإعفاءات ضريبية خاصة.

تنظيم وعقد ورش عمل وندوات مع الجهات العامة والخاصة ذات العلاقة ولدعم وتشجيع وإعتماد المشاريع السياحية بالمناطق الصحراوية للاستثمار الوطني والأجنبي وبما يحقق نقل وتوطين التقنية وتوابع مصادر الدخل وزيادة مشاركة القطاع الأهلي والخاص في التنمية الاقتصادية، وذلك من خلال إستقطاب رأس المال الأجنبي وتشجيع رأس المال الوطني للقيام بالاستثمار في مختلف المجالات ( فإما إنشاء مشروعات جديدة، أو المشاركة في المشروعات القائمة، أو المشاركة بين المستثمرين المحليين والأجانب، أو نقل ملكية الشركات العامة إلى القطاع الخاص ).

ثانياً) توصيات تخطيطية ومعمارية وتصميمية :

الإهتمام بأسس ومعايير تخطيطية :

ضرورة الاهتمام بالبيئة الصحراوية وتوفير المتطلبات اللازمة لراحة الإنسان بها وإنجاح التنمية المكانية بها، حيث نوصي بصفة خاصة بتحسين الأداء البيئي لل عمران السياحي بالمناطق الصحراوية والتي تعد أحد أهم محاور التنمية السياحية المستدامة.

ضرورة وضع سياسات عمرانية للتجمعات السياحية الصحراوية تتناسب مع الطبيعة الخاصة لكل منطقة من حيث الشكل والمضمون من أجل الاستفادة القصوى من هذه الخصائص في صياغة النسيج العمراني الأمثل.

التأكد من توفير وإمداد مواقع المشروعات السياحية الصحراوية بشبكات البنية الأساسية لإقامة عملية التنمية السياحية.

الاهتمام بأسس ومعايير تشكيل العمران وتصميم المنشآت السياحية من حيث الآتي :

توصي الدراسة البحثية بضرورة الدمج بين الأساليب التراثية للتعامل مع المناطق السياحية الصحراوية والتكنولوجيا المتوقعة مع البيئة بحيث تتبع الحلول التصميمية من الوسط الطبيعي المحيط وتداخله مع الخلفية الثقافية والاجتماعية العقائدية، مع الإعتماد على التهوية الطبيعية داخل فراغات الأبنية للمنشآت السياحية بالطرق الطبيعية من أجل الوصول إلى تحقيق الراحة الحرارية لمستخدم الفراغ.

توجيه المباني بما يضمن تحقيق رؤية متميزة، وإستخدام مواد تشطيب وفرش فراغات وحدات الإقامة من مواد محلية بما يضيف طابع خاص للمنشآت السياحية، كما نؤكد على ضرورة الإلتزام بالحماية من الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على الغلاف الخارجي للمبنى عن طريق المعالجات المعمارية المختلفة، وكذلك استغلال العمالة المحلية والتي تتمتع بتراث وخبرة محلية وتصميمية وتنفيذية كبيرة.

التعرف على أنسب طرق البناء للموقع أهداً في الاعتراف النواحي الطبيعية والبيئية والاقتصادية والثقافية، واختيار أساليب إنشاء غير ملوثة للبيئة الطبيعية، وتشجيع إستخدام المواد المحلية والطبيعية في تصميم وتنفيذ مفردات وعناصر تنسيق الموقع للإستفادة من خبرات السكان المحليين مع ضرورة استخدام النباتات والمزروعات التي تتماشى مع البيئة الطبيعية والمحلية (الصحراوية) بما يتضمن استدامة الحياة لهذه النباتات ويساهم في ترشيد تكاليف الري والصيانة والمتابعة.

### ثالثاً) توصيات بيئية و تقنية :

ضرورة الاهتمام بإنشاء الفنادق البيئية ( Eco lodge ) والتي تحقق مفاهيم التنمية السياحية المستدامة .  
نوصي باستخدام طرق وتقنيات الطاقات المتجددة وأساليب نظيفة وصديقة للبيئة في توليد الطاقة الكهربائية بالمشروعات السياحية خاصة في المناطق الصحراوية كالطاقة شمسية.  
ضرورة إعادة استخدام ماء الصرف بعد المعالجة في أعمال الري وتسميد التربة .

### قائمة المراجع:

- [1] د. عبدالقادر على أبوفاييد، م. حسن بشير أقدورة (2012/5/26م) ورقة عن إمكانات ومهدات السياحة في الجنوب الليبي ، ورشة عمل حول السياسات التنموية في الجنوب الليبي، نظمتها وأشرفت عليها مؤسسة خبراء الجنوب وبالتعاون مع وزارة التخطيط، سبها - ليبيا.
- [2] مركز دراسات الجنوب الليبي للبحوث والتنمية (2015/3/22م) ورقة بحثية عن الإستثمار ودوره في تنمية وإعمار الجنوب الليبي، مذكرة قدمت من قبل د. منصور علي إعلوية، طرابلس - ليبيا.
- [3] د. منصور على إعلوية (2012/5/26م) فزان موارد وطاقات واعدة، ورشة عمل حول السياسات التنموية في الجنوب الليبي، نظمتها وأشرفت عليها مؤسسة خبراء الجنوب وبالتعاون مع وزارة التخطيط، سبها - ليبيا.
- [4] المكتب الإستشاري الهندسي للمرافق (2007) "مشروع الجبل الثالث للمخططات العمرانية بفزان"، مصلحة التخطيط العمراني، طرابلس - ليبيا.
- [5] المكتب الإستشاري لجامعة طرابلس (2009) المخطط العام للتنمية السياحية 2009 - 2025، غير منشور، طرابلس - ليبيا.

## **المحور الثاني**

**مواد التشييد الملائمة للبيئة الصحراوية**

# تقييم مقاومة التقادم للبيتومين معدل بمادة الأنبوب-النانوي باستخدام اختبار قوى الذرة المجهرية

هند علي عمر

جامعة طرابلس

[alihend72@yahoo.com](mailto:alihend72@yahoo.com)

## الملخص :

تؤدي زيادة درجة حرارة الجو بالإضافة إلي أشعة الشمس إلى زيادة في درجة حرارة الخلطة الإسفلتية المكونة للطبقة السطحية للرصيف، حيث تحدث تغييرات كيميائية داخل البيتومين بسبب عملية الأكسدة والتي بدورها تؤدي الي تغيرات فيزيائية للبيتومين. وجد ان الأكسدة هي السبب الرئيسي لحدوث ظاهرة تصلب البيتومين، وهي إحدى آليات التقادم (ageing) المعروفة والتي لها تأثير مستقبلي خطير على خصائص البيتومين الفيزيائية. عموما، وجد من خلال عدة دراسات سابقة ان هناك عوامل عدة لها تأثير مباشر على زيادة معدل حدوث التقادم، مثل مدى ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة، ومساحة السطح المكشوفة للحرارة ولأشعة الشمس المباشرة، كذلك ارتفاع نسبة محتوى الفراغات الهوائية بالخلطة، درجة حرارة الخلط والدمك المستخدمة عند التنفيذ وإبضا التكوين الكيميائي للبيتومين. حيث أظهرت دراسة أن البيتومين الغني بالأسفلتين (asphaltene) يميل إلى التقادم بشكل أسرع من البيتومين ذي المحتوى المنخفض من الأسفلتين .

كلمات دالة: بيتومين، أنبوب-نانوي، تقادم، إختبارات الاتساق، إختبار قوى الذرة المجهرية (AFM)

## Abstract

Ageing bitumen is considered as common distress in desert region, where the climate is very hot and dry most of the year. This paper presented an attempt to improve ageing resistance by using a new additive as a modifier for bitumen. The study started by choosing a 60/70 penetration grade bitumen and was modified by nano-tube (NT) with percentage 0, 2 and 4% by mass. Ageing simulation for short-term ageing (STA) and long-term ageing (LTA) was applied for the binders. All binders were tested before and after ageing. Consistency tests included penetration test, softening point test and viscosity test were conducted. Furthermore, surface roughness was investigated using atomic force microscopy (AFM). Results of the consistency tests and AFM confirmed that all binders suffer from ageing simulation, and this point showed that AFM is able to detect ageing effect on modified bitumens. However, the sensitivity of the binders against ageing was varied, where modified binders with NT showed better resistance for ageing compared with binder with no NT. Results for initial investigation showed that NT has an effect on improving the ageing resistance for modified bitumen, where may open the way to conduct more investigation regarding this matter.

## 1. مقدمة

بما أن التقادم عبارة عن ضرر لا يمكن تفاديه وبالتالي يؤدي إلى تقصير في فترة الخدمة المتوقعة للرصيف في وقت مبكر خاصة في المناطق الحارة، كما هو الحال لمناطق الجنوب الليبي والذي يصنف جغرافيا كمنطقة صحراوية ذات مناخ حار جدا وجاف. لذا تم إجراء العديد من الدراسات المعملية بشأن تأخير التقادم. أستخدمت أنواع مختلفة ومتنوعة من المواد المضافة لتعديل البيتومين لغرض تحسين خواصه وتأخير تقادمه. إذ وجد ان تعديل البيتومين وتحسين خواصه ينعكس بشكل واضح على الخلطة الأسفلتية. عدة مواد شائعة الاستخدام أظهرت تأثيرها على تحسن خواص البيتومين مثل اللدائن المرنة بالحرارة مثل البولي يوريثان ، البوليمرات المشتركة بوليستر والبولي أوليفينيك ، البولي إيثيلين ، البولي بروبيلين ، البولي فينيل كلوريد ، البوليسترين والإيثيلين - فينيل أسيتات التي تعتبر البلاستومرات الطبيعية المطاط وأكثر من ذلك. في السنوات الأخيرة، جذبت المواد النانوية إهتمام الباحث في مجال هندسة الرصيف بسبب خصائصها الفريدة والميزات المذهلة التي تجعل من الممكن تطبيقها في مجال تعديل البيتومين لتحسين خواصه [2,7,10].

يمكن أن تؤدي إضافة مواد متناهية الصغر وهي ما تعرف بالمواد-النانوية (nano-materials) إلى تعزيز خصائص مادة البيتومين بشكل كبير، فقد لوحظ ان هناك تحسن في خواص مرونة - للزوجة، خصائص درجات الحرارة العالية، مقاومة التقادم، الكلال وضرر الرطوبة. تم إجراء العديد من التجارب على عدة أنواع من المواد النانوية في دراسات عديدة مثل الطين-النانوي والزنك-النانوي والكربون-النانوي وأكثر من ذلك. بالرغم من إن معظم الدراسات التي أجريت على البيتومين المعدل بالمواد-النانوية قد أظهرت تحسن في خواصه، إلا إن استخدام هذا البيتومين المعدل في الخلطات الأسفلتية لا يزال في نطاق ضيق وذلك نتيجة لعدة عوامل أهمها بعض المواد تحتاج إلى حذر شديد في التعامل معها نتيجة لإحتوائها على مواد سامة، أيضا من الناحية الاقتصادية، حيث بعضها يعتبر باهض الثمن [2-6,8,9].

عادة ما يتم تقييم تقادم البيتومين عن طريق إجراء عملية محاكاة التقادم باستخدام إختبار فرن الأغشية الرقيقة الملتنق (short-term ageing) rolling thin-film oven test (RTFO)، حيث يستخدم هذا الإجراء لمحاكاة التقادم على المدى القصير (short-term ageing) والخاص بعملية خلط الأسفلت ونقله الي الموقع ومن ثم دمكه. بينما يجرى إختبار أوعية التقادم بالضغط (PAV) a pressure ageing vessel الذي يحدث خلال فترة الخدمة للرصيف وهو ما يعرف بالتقادم على المدى البعيد (long-term ageing) [1]. على الرغم من إن هذه الإختبارات لم تكن لتنتج التقادم تمامًا كما هو

الحال في الحقل، لكنها كانت طريقة جيدة لتقييم البيتومين المعدل ومقارنته بالبيتومين الغير معدل وتحديد ما إذا كانت الإضافات تعمل على تحسين مقاومة التقادم من عدمه [10]. لتقييم تأثير أي تعديل لبيتومين، أظهرت اختبارات الاتساق (consistency tests) والمعروفة ببساطة وسرعة اجراءها ارتباطاً جيداً مع إختبارات أخرى مثل مقياس القص الديناميكي (dynamic shear rheometer) واختبار (Fourier transform Infra-red). بالإضافة إلى ذلك، اختبار قوى الذرة الميكروسكوبية (AFM) الذي يعتبر بمثابة إختبار عالي الدقة على مستوى النانومتر، ويستخدم على نطاق واسع في هذه الأيام. وقد طبقت مؤخرًا عدة تقنيات لإختبار AFM على البيتومين. عدة دراسات عملت على تقييم تقادم البيتومين مع أو بدون اضافات بإستخدام AFM ولكن ومع ذلك، لا تزال التحديات تحد من إستخدام هذا الإختبار بسبب حساسيته العالية [5,6].

في هذه الدراسة، تم إستخدام الأنبوب-النانوي (NT) كمعدّل للبيتومين. في البداية، تم تطبيق إختبار التقادم لمحاكاة STA و LTA على البيتومين المعدل وذلك لغرض استحداث تغييرات في خصائصه الفيزيائية ومقارنة نتائج الإختبارات لها قبل وبعد التقادم. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم التغيرات في الخواص الفيزيائية للبيتومين المعدل مع NT قبل وبعد مراحل التقادم، وتحديد ما إذا كانت هذه المادة (NT) تساهم في تحسين خواص البيتومين لمقاومة التقادم. أعمدت منهجية الدراسة على إستخدام إختبارات الاتساق (Consistency Tests) المعروفة والتي هي إختبار الغرز penetration test وإختبار نقطة التلين softening point test وإختبار اللزوجة viscosity test. بالإضافة إلى ذلك، كانت خشونة السطح قيد التقييم بإستخدام تقنية AFM حيث يتم قياس التموجات السطحي للعينة عن طريق مسح صور تضاريس السطح (surface topography).

## 2. منهجية الدراسة

### 1.2 تحضير البيتومين المعدل

تم إستخدام البيتومين بدرجة غرز 70/60 لهذه الدراسة والتي وردتها شركة سينكو ساينز (Cenco Sains Company) في ماليزيا في علب مغلقة، وقد تم تخزينها في مكان مظلم للإستخدام المستقبلي. نتائج اختبارات الاتساق الخاصة بالعينة الموردة كانت كالتالي 68 (0.1 مم) و 47 درجة مئوية و 551 مللي باسكال. ثانياً، لإختبار الإختراق عند 25 درجة مئوية، وإختبار نقطة التلين وإختبار اللزوجة عند 135 درجة مئوية على التوالي.



تم توفير مادة NT عن طريق شركة سينكو ساينز Cenco Sains Company أيضا في ماليزيا. وتسمى الأتابيب- النانوية بالهالوسايت (Halloysite) والتي هي نوع من الطين-النانوي المتكون من سيليكات الألومينا  $(\text{OH})_4 \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$   $(\text{H}_2\text{O})_2$ ، حبيبات هذا النوع ذات شكل أسطواني. يتراوح قطر الجسيمات الأسطوانية بين 30 و 70 نانومتر وطولها بين 200 و 650 نانومتر. وهي تتألف من طبقة مزدوجة من الألومينا والسيليكون والهيدروجين والأكسجين. تقع السيليكا أساساً على الأسطح الخارجية ل NT وتمتاز بشحنة سالبة، بينما توجد الألومينا ذات الشحنة الموجب على السطح الداخلي وعلى الحواف. تبلغ المساحة السطحية للحبيبات حوالي  $57 \text{ م}^2 / \text{جم}$ ، ولونها أبيض يميل إلى الإمرار.

تم تحضير عينات البيتومين المعدلة عن طريق إضافة نسب مختلفة من NT، وهي 0، 2، 4 و 6 % من كتلة البيتومين. صب البيتومين بكمية  $200 \pm 10$  جم في علب معدنية، وسخن إلى 150 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة حتى وصل إلى الحالة السائلة. أيضا، بينما سخنت المادة المضافة عند 100 درجة مئوية لمدة أربع ساعات لإزالة أي وجود للرطوبة، وأضيفت تدريجياً إلى البيتومين السائل في البداية عند قوة خلط 500 دورة في الدقيقة حتى لا تتناثر حبيبات NT، والتي عادة ما تستغرق ما بين 3 إلى 5 دقائق، ثم تم زيادة قوة الخلط إلى 2500 دورة في الدقيقة واستمر لمدة ساعة أخرى. سميت العينات على النحو التالي: العينة ذات نسب 0 و 2 و 4 و 6% بالكتلة من NT هي 0NTMB و 2NTMB و 4NTMB و 6NTMB على التوالي، حيث ان NTMB يقصد بها Nano-tube modified bitumen.

## 2.2 إجراء عملية التقادم

أجريت عملية التقادم لكل العينات أولاً بواسطة RTFO لمحاكاة التقادم على المدى القصير (STA) وفقاً لإجراء ASTM D2872، في حين تمت محاكاة التقادم طويلة الأجل (LTA) باستخدام فرن PAV وفقاً لإجراء ASTM D6521.

## 3.2 اختبارات الاتساق واختبار استقرار التخزين

تستخدم اختبارات الاتساق لتقييم الخواص الفيزيائية للبيتومين غير المعدل والمعدل [10] حيث تستخدم هذه الاختبارات لتحديد أي تغييرات قد تحدث للبيتومين بعد التعديل وأيضاً بعد إجراءات التقادم. في هذه الدراسة، لتقييم التغيرات في الخواص الفيزيائية لكل من البيتومين المعدلة قبل وبعد عمليات التقادم، تم إجراء اختبار الغرز واختبار نقطة التليين واختبار اللزوجة وفقاً لما ورد في المواصفات ASTM D5 و ASTM D36 و ASTM D4402 على التوالي.

إختبار استقرار التخزين هو إختبار يستخدم لتحديد استقرار البيتومين المعدل عند تخزينه في درجة حرارة عالية. يتم سكب البيتومين المعدل الساخن في أنبوب ألومنيوم بقطر 25 ملم وطول 140 ملم، ثم يوضع في فرن عند درجة حرارة 163 درجة مئوية لمدة 48 ساعة. يترك الأنبوب يبرد ثم يتم تقطيعه إلى ثلاثة أجزاء. يتم إختبار البيتومين في الجزء العلوي والسفلي من الأنبوب باستخدام إختبار نقطة التليين، عند الانتهاء من الإختبار، يجب أن تكون الفرق بين نقاط التليين أقل من 2.5 درجة مئوية أو تساويها.

#### 4.2 القوة الذرية المجهرية

تم إجراء إختبار المجهرية للقوة الذرية (AFM) في شركة Quasi-S Sdn Bhd ، بسنغافورة. توفر تقنية AFM مجموعة من المعلومات ذات ثنائية وثلاثية الأبعاد لسطح البيتومين بمقياس النانو، وذلك عن طريق قياس القوى بين طرف حاد (tip) وسطح البيتومين. يتم دعم الطرف المدبب ذو نصف القطر 2 نانومتر على كمر مرن في الجهاز ليلامس السطح بلطف وحذر شديد. ومن ثم يسجل الإلتحاف الصغير بين طرف وسطح البيتومين. تعتمد قيمة الإلتحاف بين طرف وسطح البيتومين على ثابت الزنبرك المستخدم والمسافة بين الطرف وسطح البيتومين. الطرف المستخدم عادة يكون مصنوع من نيتريد السيليكون (Si3N4) وهو عالية الدقة. تم إجراء الإختبار في وضع عدم الإلتصال (non-contact mode). معدل المسح الملائم للإختبار هو 3 هرتز مع مساحة مسح 50 ميكرون × 50 ميكرون لجميع العينات [5].

#### 5.2 طريقة إعداد العينات لإختبار AFM

يجب أن تكون العينة في إختبار AFM ذات سمك رفيع للغاية، لذلك تم توجيه إهتمام خاص بهذا الخصوص. هناك طريقتان يمكن إستخدامهما لإعداد العينات. تسمى الطريقة الأولى بطريقة التذويب، حيث يذوب البيتومين مع مادة التولوين. تحول هذه الطريقة البيتومين إلى سائل يمكن وضعه بسهولة على الشريحة الزجاجية وبالتالي نضمن الحصول على عينة ذات سمك رفيع جدا. إجراء هذه الطريقة غير مثالي في حال دراستنا لان مادة NT تمتص المادة المذيبة ويصعب التخلص منها. الطريقة الثانية كانت هي المستخدمة. تم لف شريط بلاستيكي مقاوم للحرارة العالية في كل جانب من جوانب شريحة زجاجية ووضع على جهاز تسخين عند درجة حرارة 150 درجة مئوية للبيتومين المعدل غير متقدم. رفعت درجة الحرارة لإعداد البيتومين المعدل المتقدم إلى 160 درجة مئوية في حالة STA و 170 درجة مئوية في حالة LTA للسماح لهم لتصبح أكثر سيولة. ثم يتم وضع قطرة صغيرة من البيتومين الساخن من الفرن عند 150 درجة مئوية على الشريحة

الزجاجية ونحركها على الفور لنشر البيتومين للوصول الي سطح رقيق. تمت إزالة أي كمية زائدة من البيتومين .أخيراً، تمت إزالة الأشرطة اللاصقة من الشريحة الزجاجية وكانت العينة جاهزة لإختبار [5].

### 3. النتائج

#### 1.3 الخواص الفيزيائية وإستقرار التخزين للبيتومين المعدل

عرضت نتائج اختبارات الاتساق لعينات البيتومين المعدلة في الجدول 1. كما هو متوقع، عندما إنخفضت قيمة الاختراق لإختبار الغرز، زادت قيم نقطة التلين وللزوجة. هذا يدل على أن إضافة NT قد زادت من صلابة البيتومين. ومع ذلك، على الرغم من أن إضافة 6% من NT نتج عنه تأثير مختلف قد يكون سببه عدم التشتت الكافي لحبيبات مادة NT.

عرضت نتائج إختبار الإستقرار للبيتومين المعدل في الجدول 2. من الواضح أن 6NTMB لها قيمة إستقرار تخزين أعلى من 2.5 درجة مئوية، مما يعني أن تكتل الجسيمات يضعف من إستقرار التخزين، هذا يدل على أنه عند زيادة نسبة NC، فإن قوة سرعة الخلط تحتاج أيضاً إلى زيادة لتحسين تشتت NT. بناءً على نتائج إختبار إستقرار التخزين، تم إختيار 0NTMB، 2NTMB و 4NTMB لهذه الدراسة.

جدول 1 الخواص الفيزيائية للبيتومين المعدل

| 6NTMB | 4NTMB | 2NTMB | 0NTMB | المواصفات  | حالة التقادم | الإختبار                |
|-------|-------|-------|-------|------------|--------------|-------------------------|
| 31    | 28    | 37    | 66    | ASTM D5    | قبل التقادم  | إختبار الغرز (0.1 مم)   |
| -     | 26    | 34    | 57    |            | STA          |                         |
| -     | 23    | 29    | 34    |            | LTA          |                         |
| 58    | 59    | 55    | 47    | ASTM D36   | قبل التقادم  | إختبار نقطة التلين (°C) |
| -     | 62    | 58    | 52    |            | STA          |                         |
| -     | 64    | 62    | 60    |            | LTA          |                         |
| 732   | 775   | 705   | 551   | ASTM D4402 | قبل التقادم  | إختبار اللزوجة (mPa. s) |
| -     | 906   | 821   | 794   |            | STA          |                         |
| -     | 1134  | 915   | 1123  |            | LTA          |                         |

جدول 2 نتائج إختبار إستقرار التخزين بإستخدام إختبار نقطة التلين

| الفرق (°C) | الجزء السفلي (°C) | الجزء العلوي (°C) | البيثومين |
|------------|-------------------|-------------------|-----------|
| 1.9        | 55.3              | 53.4              | 2NTMB     |
| 2.4        | 59.5              | 57.1              | 4NTMB     |
| 3.7        | 60.0              | 56.3              | 6NTMB     |

### 2.3 تأثير التقادم

تم تقييم تأثير التقادم بإستخدام إختبارات الإتساق بما في ذلك إختبار الغرز، وإختبار نقطة التلين ، وإختبار اللزوجة. يعرض الجدول I نتائج إختبارات الإتساق لكل العينات قبل وبعد عمليات التقادم. بينما أدى تعريض العينات إلى STA و LTA إلى زيادة في لزوجة جميع البيثومين، إلا أن معدل الزيادة يختلف بين العينات. لهذا السبب، تم تقييم كل إختبار بعد كل مرحلة تقادم. تم تحديد الزيادة في صلابة البيثومين بسبب التقادم بإستخدام إختبار الغرز. تم تحديد قيمة الغرز المتبقية (Retained penetration) بإستخدام المعادلة 1.

$$(Retained Penetration) = \left( \frac{Pen_{aged}}{Pen_{unaged}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

حيث *aged* هي نتيجة الغرز أثناء مرحلة التقادم ، و *Pen<sub>unaged</sub>* هي نتيجة الغرز قبل إجراء عملية التقادم. تم سرد نتائج الغرز المتبقية للعينات في الجدول 3. تبين النتائج المعروضة أن هناك إنخفاضاً واضح في تأثير التقادم لكل من 2NTMB و 4NTMB. الزيادة في نسبة الغرز المتبقي للبيثومين المعدل بعد STA و LTA تسلط الضوء على انخفاض حساسية التقادم.

أيضاً، تم تقييم تأثير التقادم بإستخدام إختبار نقطة تلين. تم تحديد الزيادة في معدل التقادم بحساب نسبة نقطة التلين (Softening point ratio) بإستخدام المعادلة 2.

$$(Softening Point Ratio) = \left( \frac{SP_{aged} - SP_{unaged}}{SP_{unaged}} \right) 100 \dots\dots\dots(2)$$

حيث إن  $SP_{unaged}$  هي نقطة التلين للبيتومين قبل إجراء عمليات التقادم، و  $SP_{aged}$  هي نقطة التلين للبيتومين بعد إجراء عمليات التقادم. عرضت نتائج في الجدول 3. بينت النتائج إن تحسنا ملحوظا للعينات المضاف اليها NT. حيث إنخفضت قيمة نسبة التلين بشكل واضح للبيتومين 2NTMB و 4NTMB بعد عمليتي التقادم STA و LTA. وهذا يدل على إنخفاض حساسية العينات لتأثير التقادم مقارنة بالبيتومين 0NTMB.

أخيرا، تم تقييم نتائج اللزوجة وذلك بحساب مؤشر التقادم (Aging index) بإستخدام المعادلة 3:

$$Aging\ index = \frac{Vis\ aged}{Vis\ unaged} \dots\dots\dots (3)$$

حيث إن  $Vis\ aged$  هي قيمة اللزوجة للبيتومين بعد التقادم و  $Vis\ unaged$  هي قيمة اللزوجة قبل عملية التقادم.

تم عرض النتائج في الجدول 3 وأظهرت إن 0NTMB كان أكثر حساسية للتقادم مقارنة بالعينات 2NTMB و 4NTMB.

عموما ومقارنة نتائج مؤشر التقادم للزوجة مع قيمة الغرز المتبقية ونسبة الزيادة لنقطة التلين. وجد إن البيتومين 2NTMB كان أفضل في المقاومة من البيتومين 4NTMB.

جدول 3 تأثير التقادم على البيتومين المعدل

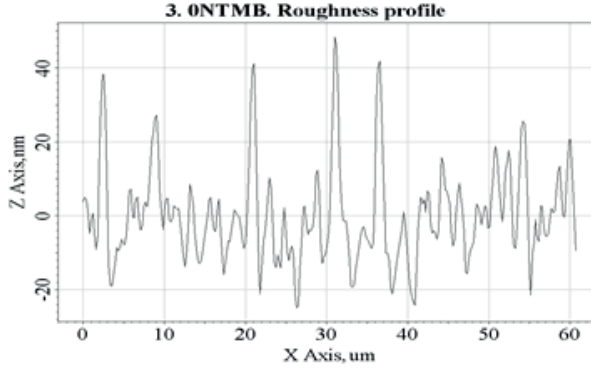
| مؤشر التقادم للزوجة |      | نسبة نقطة التلين (%) |      | الغرز المتبقي |      | العينات |
|---------------------|------|----------------------|------|---------------|------|---------|
| LTA                 | STA  | LTA                  | STA  | LTA           | STA  |         |
| 2.04                | 1.44 | 30.4                 | 13.0 | 0.53          | 0.86 | 0NTMB   |
| 1.30                | 1.16 | 9.1                  | 5.5  | 0.78          | 0.92 | 2NTMB   |
| 1.46                | 1.17 | 8.5                  | 5.1  | 0.82          | 0.93 | 4NTMB   |

### 3.3 نتائج AFM

تم تقييم طوبوغرافية السطح للعينات بإستخدام AFM، في محاولة للكشف عن أي تغييرات قد ترصد على سطح العينة بعد عمليات التقادم. كانت مساحة السطح لكل العينات هي 50 ميكرومتر × 50 ميكرومتر. سوف تستخدم قيمة خشونة

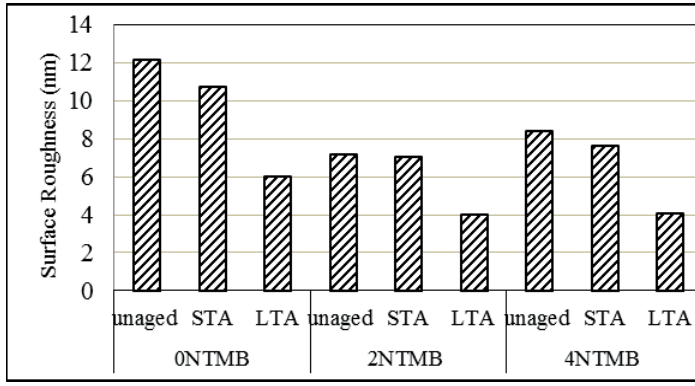
السطح كمقياس يدل على مدى التغيير الحاصل بعد التقادم، إذ تدل القيم المرتفعة لثموجات النسيج على إن السطح خشن ويدل على إن المادة أقل صلابة، بينما تدل القيم المنخفضة على إن السطح ناعم وإن المادة مصقولة وأكثر صلابة [7].

يوضح الشكل 1 مثالاً نموذجياً لسطح 0NTMB الذي تم الحصول عليه من خلال المسح الطبوغرافي. تم قياس خشونة جميع العينات قبل وبعد التقادم باستخدام برنامج تحليل الصورة P9 للحصول على متوسط القيم للخشونة السطحية (Surface roughness).



شكل 1 مثال نموذجي لخشونة سطح العينة 0NTMB

الشكل 2 يوضح متوسط قيم خشونة السطح (Surface roughness) لكل العينات. من خلال النتائج المعروضة، وجد إن خشونة السطح إنخفضت عند إضافة NT بنسبة 2% ثم ارتفعت بشكل بسيط عندما ازدادت من 2 الي 4%. هذا يدل على إن العينات قبل التقادم حدث لها زيادة في الصلابة، إذا تم الاعتماد على فرضية إن خشونة السطح المنخفضة تدل على مادة ذات صلابة أعلى. ومما يؤكد تلك الفرضية، إن الإنخفاض إستمر للعينات بعد عمليتي التقادم STA و LTA، حيث إنه من المتعارف عليه إن البيتومين يزداد صلابة بعد تعرضه لعملية التقادم. عموماً، لمعرفة أي العينات كانت أكثر حساسية للتقادم، تم إستخدام المعادلة 3 والمعروفة بمؤشر التقادم (Ageing Index). وجد إن قيم مؤشر التقادم للعينات 0NTMB، 2NTMB و 4NTMB تساوي 0.89، 0.98 و 0.91 للتقادم STA على التوالي، بينما قيم مؤشر التقادم بعد عملية LTA للعينات 0NTMB، 2NTMB و 4NTMB تساوي 0.45، 0.56 و 0.48. من خلال قيم مؤشر التقادم، نجد إن 2NTMB كانت العينة الأكثر مقاومة لعملية التقادم STA و LTA وأقل حساسية مقارنة بالعينتين الأخرين.



شكل 2 نتائج خشونة السطح للعينات

#### 4. المناقشة

من خلال نتائج إختبارات الإتساق والمعروفة بإختبار الغرز، إختبار نقطة التلين وإختبار اللزوجة، بالإضافة الي إختبار AFM، وجد إن هناك توافق كبير بين نتائجهما بالرغم من إختلاف التأثير المدروس بإستخدام مؤشر التقادم. إتفقت نتائج الدراسة على إن إضافة حبيبات NT للبيتومين قد عزز من مقاومته للتأثير الناتج من عملية التقادم. التحسن في مقاومة التقادم والمتحصل عليه من إضافة NT يرجع الي الخاصية الفريدة التي تمتلكها حبيبات NT والمتمثلة في إمتصاص الحرارة والتقليل من إنتشارها داخل منشأ البيتومين [8].

#### 5. الخلاصة

من خلال النتائج المتحصل عليها، يمكن تلخيص أهم النقاط الرئيسية كما يلي:

- 1- أظهرت نتائج إختبارات كل من الغرز، نقطة التلين، اللزوجة و AFM بأن البيتومين قد إزداد صلابته عند إضافة حبيبات NT إليه.
- 2- كل أنواع البيتومين المعدل حسب النسب المعروضة كانت متأثرة بعملية التقادم المجرية ولكن بدرجات متفاوتة مختلف.
- 3- أعلى قيمة سجلت لحساسية التقادم كانت من نصيب 0NTMB بينما أظهرت العينة 2NTMB أعلى مقاومة للتقادم وتليها 4NTMB حسب نتائج اختباري AFM و اللزوجة.
- 4- وجد توافق واضح بين نتائج اختباري AFM و اللزوجة في تحديد العينة الاحسن مقاومة للتقادم والتي كانت 2NTMB. وهذا يدل على إن إختبار AFM قادر على التحقق من التغييرات الناتجة من تأثير عمليات التقادم على البيتومين.

## 6. التوصيات

تغطي هذه الدراسة جزئية بسيطة جدا من الاختبارات التي أجريت على البيتومين المعدل بالأنبوب-النانوي. عليه، يجب توسيع دائرة البحث والاستكشاف لدراسة تأثير الأنبوب النانوي ليس فقط لدراسة التقادم بل ليمتد لدراسة الاضرار المعروفة مثل التحدد والكلال وغيره. كما يوصى أن تبدأ الدراسة بإستكشاف تأثير الأنبوب-النانوي على البيتومين، ومن ثم تعم لتشمل الخلطات الاسفلتية.

## 7. المراجع

- [1] J. Claine Petersen, P. Michael Harnsberger, (Asphalt aging: dual oxidation mechanism and its interrelationships with asphalt composition and oxidative age hardening), Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, 1638, (1998) 47–55.
- [2] Ruoyu Li, Feipeng Xiao, Serji Amirkhanian, Zhanping You, Jia Huang, (Developments of nano materials and technologies on asphalt materials – A review), Construction and Building Materials, 143 (2017) 633–648.
- [3] Ahmed Abdulameer Hussein, Ramadhansyah Putra Jaya, Norhidayah Abdul Hassan, Haryati Yaacob, Ghasan Fahim Huseien, Mohd Haziman Wan Ibrahim (Performance of nanoceramic powder on the chemical and physical properties of bitumen), Construction and Building Materials, 156 (2017) 496–505.
- [4] Hend Ali Omar, Nur Izzi Md. Yusoff, Zainuddin Sajuri, Halil Ceylan, Fauzan Mohd Jakarni, Amiruddin Ismail (Determining the effects of aging on halloysite nano-tube modified binders through the pull-off test method), Construction and Building Materials, 126 (2016) 245–252.
- [5] Arifuzzaman, M, (Nano-Scale Evaluation of Moisture Damage in Asphalt), Ph.D Thesis, University of New Mexico, (2011).
- [6] Changqing Fang, Ruien Yu, Shaolong Liu, Yan Li, (Nanomaterials applied in asphalt modification: a review), Journal of Materials Science & Technology, 29, (2013), 589–594.
- [7] Dos Santos, Salomé, Manfred N Partl, Lily D Poulikakos, (From virgin to recycled bitumen: A microstructural view) Composites Part B: Engineering, 80, (2015), 177–185.



[8] Lau, Kin-tak, Chong Gu, David Hui. (A critical review on nanotube and nanotube/nanoclay related polymer composite materials), *Composites Part B: Engineering*, 37, (2006), 425–436.

[9] Zhang, Henglong, Chongzheng Zhu, Jianying Yu, Caijun Shi, Dongmei Zhang, (Influence of surface modification on physical and ultraviolet aging resistance of bitumen containing inorganic nanoparticles), *Construction and Building Materials*, 98, (2015), 735–740.

[10] Robert N. Hunter; Andy Self; John Read. *The Shell Bitumen Handbook. Institution of Civil Engineers, London. 2015*, Chapter 17, 479–499.

|       |  |
|-------|--|
| 0NTMB | 0 nano-tube modified bitumen               |
| 2NTMB | 2 nano-tube modified bitumen               |
| 4NTMB | 4 nano-tube modified bitumen               |
| 6NTMB | 6 nano-tube modified bitumen               |
| AFM   | Atomic force microscopy                    |
| ASTM  | American Society for Testing and Materials |
| DSR   | dynamic shear rheometer                    |
| FTIR  | Fourier Transform Infra-red                |
| LTA   | Long-term ageing                           |
| NT    | Nano-tube                                  |
| PAV   | Pressure ageing vessel                     |
| Pen   | Penetration                                |
| RTFO  | Rolling thin-film oven                     |
| SP    | Softening point                            |
| STA   | Short-term ageing                          |
| Vis   | viscosity                                  |

## تأثير مسحوق مخلفات طوب الأجر علي الخرسانة ذاتية الدمك

د.عبد الحميد إبراهيم قناو\*  
قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة –الخمسة  
م. خالد صالح ابوسديل\*\*  
قسم الهندسة المدنية- كلية الهندسة - الخمسة  
[engnaw12@gmail.com](mailto:engnaw12@gmail.com)

### الملخص :

يهدف هذا البحث إلي دراسة تأثير مسحوق طوب الأجر علي الخرسانة ذاتية الدمك وذلك بإحلاله جزئيا بدل الاسمنت. تم تهشيم مخلفات الأجر إلي أجزاء صغيرة وتمت غربلته وأخذت الأجزاء الأصغر من 75 ميكرون. استبدل 5، 10، 12.5 % من الاسمنت بالأجر المطحون واستعملت نسب الماء للاسمنت 0.40، 0.425، 0.45. قيست قابلية التشغيل للخرسانة الطرية بعدها تم قياس مقاومة الضغط للخرسانة المتصلبة عند 28 يوم. من خلال تحليل النتائج ثبت انه يمكن إحلال مسحوق الأجر جزئيا بدل الاسمنت لإنتاج خرسانة ذاتية الدمك بدون هزازات وذات خصائص ميكانيكية جيدة. وعليه فانه يمكن إعادة تدوير مخلفات الأجر في إنتاج الخرسانة وذلك سيقال من رميها بالمكبات ويقلل من الحرارة اللازمة لحرق الاسمنت عند الإنتاج.

الكلمات الدالة : مسحوق الرخام، الملدنات الفائقة، الخرسانة ذاتية الدمك، مقاومة الضغط

### Abstract :

This research investigates the effect of waste clay bricks powder in producing self-compacting concrete by partial replacement of cement. Bricks were crushed to particle sizes smaller than 75 microns. Percentages of cement of 5, 10 and 12.5 % by weight were replaced by the powder at w/c ratios of 0.4, 0.425 and 0.45. Fresh concrete workability then measured. The results show that waste bricks and hard concrete properties were determined at 28 days. powder can be utilized partially instead of cement to produce concrete with self levelling fresh properties and good hard properties. Consequently, this proves that waste bricks can be recycled to minimise both the effect of waste material on the environment and the heat needed for cement production.

\* أستاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة الرقب

\*\*باحث بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة المرقب

بإضافة الملدنات عالية الكفاءة يتم إنتاج الخرسانة ذاتية الدمك وتسمى أحيانا بالخرسانة المنسابة [1]. ونظرا للاستعمال الواسع للخرسانة ذاتية الدمك في البناء فقد أدى ذلك إلى إنتاج كميات كبيرة من الاسمنت والذي يؤثر على البيئة المحيطة وذلك بانبعث الغازات وكذلك الحرارة الكبيرة اللازمة لصناعة الاسمنت. يعتبر الإحلال الجزئي لبعض المواد مثل مسحوق الرخام ومسحوق الأجر والزجاج بدلا من الاسمنت لإنتاج الخرسانة ذو فائدة في التقليل من كمية النفايات في المكبات من جهة وللتقليل من الغازات المنبعثة من تصنيع الاسمنت من جهة أخرى [2] [3] [4]. استعمل مسحوق الأجر كجزء بدل الاسمنت بنسب وصلت حتى 30% وأدت النسبة 20% إلى زيادة مقاومة ضغط العجينة الإسمنتية بمقدار 25% [4]. كما استعملت أيضا مخلفات الأجر المكسر كركام ناعم بنسبة 50% لإنتاج الخرسانة خفيفة الوزن وكان ذلك مناسب من الناحيتين البيئية والاقتصادية [5]. وفي دراسة أخرى تبين أن استبدال 5% من الاسمنت بمسحوق الأجر الي زيادة مقاومة الضغط وقابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك [6]. من خلال هذا العرض يبدو واضحا أن استعمال مخلفات الأجر في الخرسانة ذو فائدة وبشكل عام لم ينال نصيبه من البحث وعليه فقد أدت الحاجة لدراسة استعمال تأثيره على خصائص الخرسانة ذاتية الدمك بشكل خاص.

## 2- المواد المستعملة

تم استعمال اسمنت بورتلاندي عادي مورد من مصنع المرقب بالخمس ذو معامل نعومة 2977سم<sup>2</sup> للجرام وزمني الشك الابتدائي والنهائي مطابقة للمواصفات البريطانية [7]. اما الماء المستعمل في إنتاج الخرسانة فقد استعمل ماء صالح للشرب لإنتاج الخرسانة. وبالنسبة للركام الخشن المستعمل تم جلبه من احد محاجر الخمس وكان مقياسه الاعتباري الأكبر 14مم وهو مناسب لإنتاج الخرسانة ذاتية الدمك وتدرجه موافق للمواصفات البريطانية [8]. ووزنه النوعي والامتصاص فكانتا 2.58 و 0.023 علي التوالي. أما الركام الناعم المستخدم فقد تم توريده من محاجر زليتن وهو مطابق للمواصفة البريطانية من حيث التدرج الحبيبي (8). اما الملدن الفائق المستعمل فهو فسكوكريت من شركة سيكا [9].

تم تجميع الاجر المستخدم في العملي من مخلفات احد المصانع المحلية وتطيفه من أي شوائب. بعد تجفيفه تم طحنه في آلة لوس انجلوس الدوارة بعدها تم تمريره من منخل 75 ميكرون. الكمية المتبقية تم تجميعها وطحنها ونخلها مرة أخرى للاستفادة من كل الكمية. بعد تجميع الكمية كلها تم خلطها في خلطه الخرسانة لتصبح متجانسة بعدها وضعت الكمية كلها في أواني مغطاة حتى وقت العملي.

### 3- خطة البحث

تم إنتاج الخرسانة بدون مسحوق اجر في البداية بنسب ماء للاسمنت 0.40 و 0.425 و 0.45 بعدها تم إنتاج الخرسانة بنفس نسب الماء للاسمنت وهنا استبدل جزء من الاسمنت بمسحوق الأجر بالوزن وكانت نسب الاستبدال 5% و 10% و 12.5% في جميع الخلطات استعملت نفس الكميات من الركام الناعم والخشن كما استعملت المدونات الفائقة بنسبة 1% لجميع الخلطات.

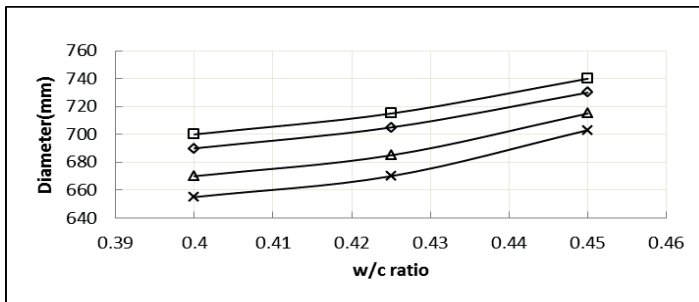
بعد خلط الخرسانة تم قياس قابلية تشغيلها بقياس قطر الانسياب وحلقة (جي) وصندوق (ل) الخاص بالخرسانة ذاتية الدمك تبعاً للمواصفة الخاصة بذلك<sup>[10]</sup> ثم صببت الخرسانة في قوالب مكعبة الشكل مقاس 150مم. بعد 24 ساعة تم فك القوالب وغمرت العينات بالماء لمدة 28 يوم عندها تم اختبار مقاومة الضغط وسرعة النبضات للخرسانة المتصلبة.

### 4- مناقشة النتائج

#### 1.4- قابلية التشغيل للخرسانة الطرية

##### 1.1.4- اختبار قطر الانسياب

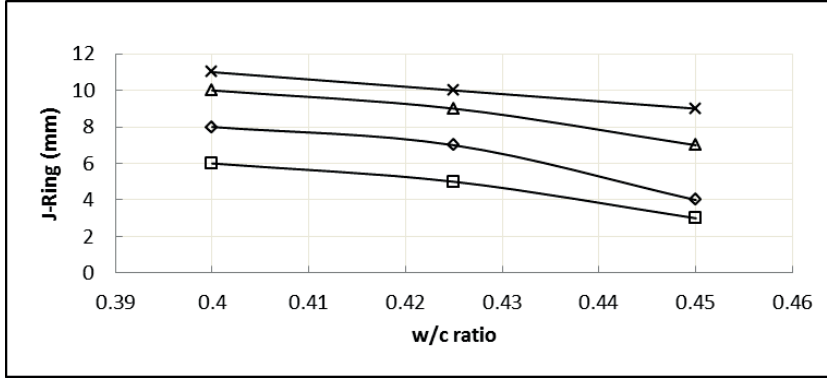
الشكل 1 يوضح العلاقة بين قطر الانسياب للخرسانة ذاتية الدمك ونسبة الماء للاسمنت عند نسب إحلال الأجر المختلفة. من الواضح انه كلما زادت كمية الأجر كلما قل انسياب الخرسانة للخلطات ذات نفس محتوى الماء وذلك يرجع للمساحة السطحية العالية كلما زادت نسبة المسحوق. وعلي الرغم من ان اقل قطر للانسياب نتج للخلطة ذات نسبة ماء للاسمنت 0.40 ونسبة ركام 12.5% من وزن الاسمنت فهذا القطر يقع ضمن الحدود المسموح بها للخرسانة ذاتية الدمك وهي من 650 إلي 800 مم<sup>[10]</sup>. من الجدير بالذكر ان نسبة 5% إحلال أعطت أفضل تدفق للخرسانة وهذا ما يتفق مع ما قدمه زين وآخرون سنة 2013 في الدراسة الموضحة في المقدمة.



شكل 1- العلاقة بين قطر انسياب الخرسانة ونسبة الماء للاسمنت عند نسب مختلفة من الأجر

#### 2.1.4- اختبار حلقة (جي) للخرسانة ذاتية الدمك

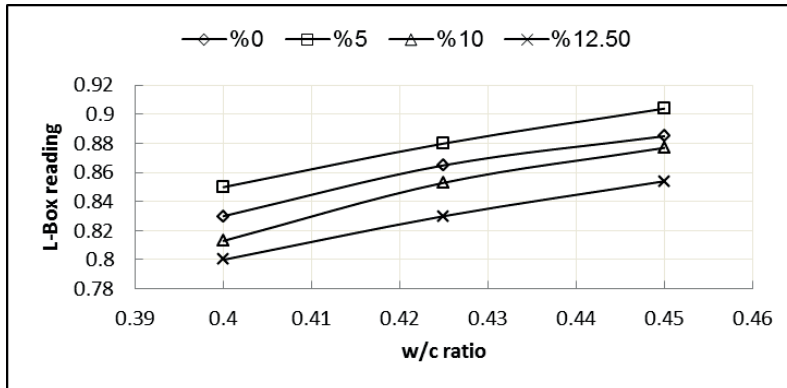
الشكل 2 يوضح العلاقة بين قيمة سمك الخرسانة لحلقة جي للخرسانة ذاتية الدمك ونسبة الماء للاسمنت عند نسب إحلال الأجر المختلفة. من الواضح انه عندما أضيفت 5% من الأجر بدل الاسمنت كلما زاد سمك الخرسانة للخلطات ذات نفس محتوى الماء مما يدل علي تحسن في انسياب الخرسانة. ولكن عندما تم الاستبدال بالنسب 10% و 12.5% قلت قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك مقارنة بالخلطات المرجعية.



شكل 2- العلاقة بين حلقة جي و نسبة الماء للاسمنت عند نسب مختلفة من الأجر

#### 3.1.4- اختبار صندوق (ل) للخرسانة ذاتية الدمك

الشكل 3 يوضح العلاقة بين قيمة صندوق ل ونسبة الماء للاسمنت عند نسب مختلفة من الأجر. من الواضح ان اعلي قابلية تشغيل للخرسانة حصلت عندما تم استبدال جزئي مقداره 5% أما اقل قيم لقابلية التشغيل فتتجت عند الاستبدال 10% و 12.5%. هذه النتيجة تتفق مع نتائج اختبار حلقة جي وقطر الانسياب. من البديهي أيضا ملاحظة انه كلما زادت نسبة الماء للاسمنت كلما زادت قابلية التشغيل لجميع الخلطات.

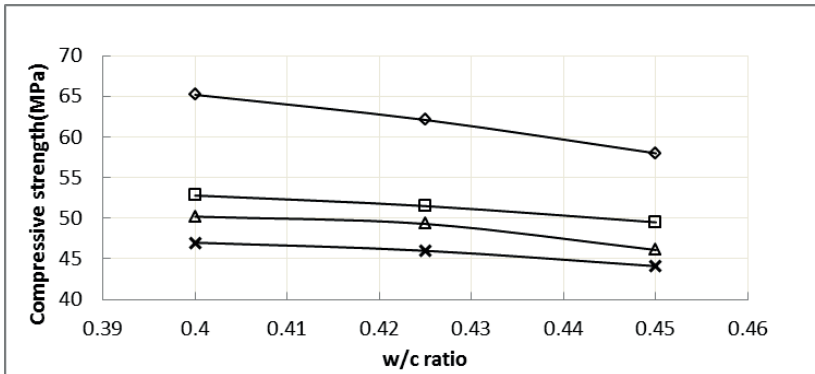


شكل 3- العلاقة بين قيمة صندوق ل ونسبة الماء للاسمنت عند نسب مختلفة من الأجر

## 2.4- خواص الخرسانة ذاتية الدمك المتصلبة

### 1.2.4- مقاومة الضغط للخرسانة

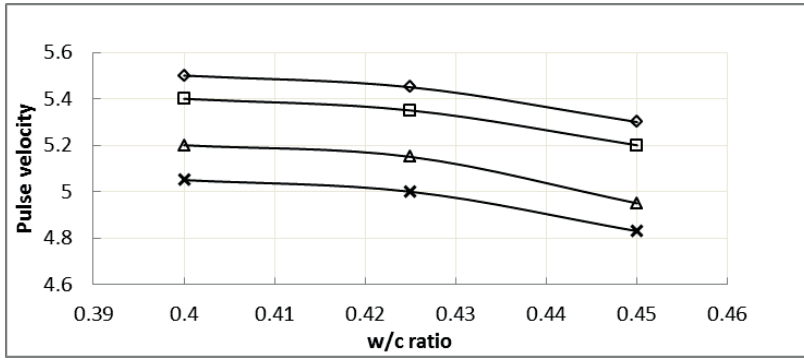
الشكل 4 يبين العلاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة المتصلبة ونسبة الماء للاسمنت عند 28 يوم عند نسب استبدال مختلفة للاجر. يبدو واضحا انه كلما زادت نسبة الماء للاسمنت كلما قلت مقاومة الضغط كما يبدو جليا انه كلما زادت نسبة الاجر المستعمل قلت المقاومة وان الخلطات الغير محتوية علي اجر هي الاقوي. علي الرغم من ذلك فانه يمكن إنتاج خرسانة ذاتية الدمك وتصل مقاومة الضغط لها 45 ميجاباسكال وهي الخلطة الأقل مقاومة ضغط وتحتوي علي نسبة احلال تصل 12.5% مع احتفاظها بانسيابية جيدة وهي 703م كما هو موضح الشكل(1). من الجدير بالذكر أن هذه المقاومة تعتبر جيدة لأغلب الأغراض الإنشائية.



شكل 4- العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الماء للاسمنت للخرسانة

### 2.2.4- سرعة الموجات الفوق صوتية

الشكل 5 يوضح العلاقة بين سرعة الموجات الفوق صوتية ونسبة الماء للاسمنت للخرسانة المتصلبة. من المهم جدا ملاحظة انه كلما زادت كمية الأجر الداخلة في صناعة الخرسانة ذاتية الدمك صاحبها نقصان في سرعة الموجات والعكس فان الخلطات المرجعية لها أسرع موجات لان لها اعلي مقاومة ضغط. من الملاحظ أيضا انه كلما زادت نسبة الماء للاسمنت قلت سرعة الموجات وذلك يرجع لنفس السبب وهو قلة المقاومة.



شكل 5 - العلاقة بين الموجات فوق صوتية ونسبة الماء للاسمنت

#### 4- الخلاصة

يمكن أن نستنتج من الدراسة الآتي:

1- يمكن إنتاج الخرسانة ذاتية الدمك وتحسين خواصها الطرية باحلال كمية بسيطة من الاسمنت وهي 5% بمسحوق مخلفات الاجر .

2- إحلال مسحوق الاجر جزئيا بدل الاسمنت وحتى 12.5% أعطي للخرسانة مقاومة ضغط جيدة زادت عن 40 ميجاباسكال وتعتبر صالحة لاغلب الاغراض الانشائية .

وعموما يمكن التأكيد علي انه يمكن استعمال مخلفات الاجر لإنتاج الخرسانة ذاتية الدمك بتحسين قابلية التشغيل وبمقاومة ضغط جيدة وبالتالي التقليل من كمية النفايات في المكبات والتقليل من الطاقة اللازمة لإنتاج الاسمنت وهذا يساعد في حماية البيئة والتقليل من تكلفة الخرسانة.

#### 5. المراجع :

1- Neville A. M. "Properties of concrete" Fourth edition, Pearson Education Ltd., 1995.

2- Nurhayat Degirmenci , Artin Yilmaz, and Orge Andic Cakir "Utilization of waste glass as sand replacement in cement mortar" Indian Journal of Engineering and Material Science"vol.18, August 2011, pp 303-308.

3- Ganaw A "Effect of marble powder on the properties of self compacting concrete" The seventh conference for building materials and structural engineering, Albayda, Libya, 2018.

- 4-Heikal M. "Effect of temperature on the physio-mechanical and mineralogical properties of Homra pozzolanic cement pastes" Cement and Concrete Research, 30(11), November,2000,PP 1835-1839.
- 5-Xiang C., Chen W., Shen M., and Li Z., "Experimental investigation on recycled clay brick powder as a sand replacement in LFC" Magazine of Concrete Research, December, 2018.
- 6- Zine A., Haifa A., and Fattoum K., "Effect of clay fines on the behaviour of self compacting concrete" Scientific Research Journal, Engineering, 2013, PP,213-218.
- . BS EN 196 – 3: 1995 "Method of Testing Cement. Determination of Setting time and 7 Soundness"
- . British Standards BS 812 : 1992," Methods of Sampling and Testing of8 Minerals Aggregates, Sand, and Fillers
- Sika ViscoCrete-3425 "High Performance Superplasticizer concrete admixture",9 commercial samples, Tripoli. 2015.
- EFNARC 2002, Specification and Guide line for Self Compacting Concrete, UK-10



# استخدام المخلفات البلاستيكية (قناني المياه البلاستيكية )

## محصن لخواص مارشال للخلطة الإسفلتية

د.محمد خليفة علي  
إستاذ بقسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة - جامعة طرابلس

م.كمال الطاهر البكوش  
محاضر بقسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة زقداين - جامعة صبراتة

[mo.ahmed@uot.edu.ly](mailto:mo.ahmed@uot.edu.ly)

### الملخص

تتميز ليبيا بمناخ معتدل نسبيا شمالا ومناخ صحراوي ( حار - جاف ) جنوبا، حيث تتصف مناطق المناخ الصحراوي بارتفاع درجة حرارتها وانخفاض معدل سقوط الأمطار بالإضافة إلى التغير الكبير في درجات الحرارة بين الليل والنهار . لذلك ظهرت العديد من المشاكل في الرصف كان نتيجتها ضعف في أداء الرصف المرن في مشروعات الطرق بتلك المناطق . ومن أهم هذه المشاكل حدوث تصلب مبكر للإسفلت مما أدى إلى ظهور تشققات مبكرة تؤدي إلى الانهيار المبكر للرصف . ونظرا لعدم جدوى عمليات الصيانة التي أجريت على بعض الطرق المتضررة ، فقد كان من الضروري إيجاد تقنيات بديلة لمعالجة هذه الظاهرة . من هنا كان لابد من التركيز على طرق جديدة لتحسين خواص الرابط البيتوميني ومن ثم تعديل الخلطات البيتومينية وتحسين أدائها، أن استخدام مواد المخلفات في الرصف الأسفلتي يكون مفيدا من أجل إيجاد حل بديل لزيادة عمره والحد من التلوث البيئي كذلك وأيضا التقليل من الكلفة الاقتصادية لإنشاء الطرق وكلفة الصيانة. واحدة من هذه المخلفات هي قناني المياه البلاستيكية (البولي إيثيلين تيريفثاليت ) التي يتم إنتاجها بكمية كبيرة ، في هذا العمل الحالي البولي إيثيلين تيريفثاليت استخدم للتحقق في مدى إمكانية استخدام قناني المياه البلاستيكية (البولي إيثيلين تيريفثاليت ) كبوليمر مضاف في خليط الإسفلت للتغلب على مشاكل الرصف فلقد تم إضافة ،خمس نسب مختلفة من قناني المياه البلاستيكية (4% ، 6% ، 8% ، 10% ، 12% ) من وزن الإسفلت الأمثل لتحضير عينات مارشال. أشارت النتائج إلى محتوى التحسين الأمثل ليكون عند نسبة ( 8% ) لمخلفات قناني المياه البلاستيكية المحسن للخلطة الإسفلتية حيث وجد بأنها تعطي أقصى قدر من التبات ، الصلابة ، و فراغات مليئة بالإسفلت ، والحد الأدنى من فراغات الهواء ، مقارنة.

الكلمات الدالة : تصلب مبكر للإسفلت ، تقنيات بديلة ، الخلطة الإسفلتية ، التلوث البيئي ، المخلفات البلاستيكية (البولي إيثيلين).

### Abstract

Libya has a relatively mild climate to the north and a desert climate (hot - dry) to the south, where desert climates are characterized by high temperature and low rainfall as well as the large temperature changes between night and day. Therefore, there were many problems in paving, which resulted in poor performance of flexible pavement in road projects in these areas. The use of waste materials in asphalt pavement is useful for finding an alternative solution to increase its age and reduce environmental pollution as well as reduce the economic cost of road construction and maintenance cost. One of these wastes is polyethylene water bottles produced in large quantities. In this work, polyethylene terephthalate was used to verify the possibility of using polyethylene water terephthalate as a polymer added to the asphalt mixture to overcome pavement problems. Five different percentages of plastic water bottles (4%, 6%, 8%, 10% and 12%) were added to the optimum asphalt weight for Marsh preparation For. The results indicated the optimum improvement content to be (8%) for waste water bottles improved for asphalt mixtures where it was found to give maximum stability, rigidity, asphalt-filled spaces, and minimum air voids, compared to the improved mix.

## 1. المقدمة

مع تطور حركة المواصلات ونتيجة الكثافة المرورية المتزايدة المولدة للاجهادات الحاصلة على سطح الطريق فإن الحاجة دعت إلى البحث الدائم والمستمر عن مواد جديدة مقاومة لتأثير العوامل المناخية والديناميكية التي يتعرض لها الطريق وخاصة في الطبقات العلوية (طبقات التغطية البيتومينية) التي يجب أن تؤمن المقاومة الكافية تجاه هذه العوامل والحماية اللازمة لطبقات الرصف الأدنى وبما أن الإسفلت هو أحد المواد الأساسية الداخلة في تشكيل الخلطات الإسفلتية ، كان لابد من التركيز على طرق جديدة لتحسين خواص الرباط البيتوميني ومن ثم تعديل الخلطات البيتومينية وتحسين أدائها [2,1] ، وذلك باستخدام العديد من الإضافات منها : المواد المبلمرة ، الكبريت ، المواد المعدنية ، الصوف الزجاجي والمطاط الطبيعي والصناعي والمواد [3]، بعض هذه المواد أضيفت كنسبة من وزن الإسفلت والبعض الأخر كنسبة من وزن الركام. يتركز العمل في هذه الدراسة على تأثير إضافة مخلفات البلاستيك كبديل جزئي للإسفلت في الخلطة الإسفلتية باستخدام طريقة مارشال ومقارنتها مع مخلوط إسفلتي خال من المواد المضافة، وجاءت فكرة هذه الدراسة لتحسين أداء الخلطة الإسفلتية ، وكذلك للاستفادة من المخلفات البلاستيكية والحفاظ على البيئة وأيضاً التقليل من الكلفة الاقتصادية لإنشاء الطرق وكلفة الصيانة .حيث تم اختيار Polyethylene terephthalate (PET) نوع واحد من أنواع البلاستيك وهو البولي إيثيلين المستخدم في صناعة قنينات المياه البلاستيكية .

## 2. المواد المستخدمة والبرنامج العملي

### 1.2 الإسفلت

الإسفلت المستخدم في هذا البحث هو الإسفلت النفطي الذي تم إحضاره من مصفاة الزاوية (40 كيلومتر للغرب من مدينة طرابلس). وكانت الاختبارات العملية التي أجريت لتقييم خصائص الإسفلت وهي: الوزن النوعي ، واللدونة ، والغرز ، ونقطة التلين. والجدول رقم (1.2) يوضح خواص الإسفلت المستخدم في هذه الدراسة .

جدول رقم (1.2) خواص الإسفلت

| التقييم | ملاحظات     | حدود المواصفات | النتيجة | الاختبار  | الخاصية         |
|---------|-------------|----------------|---------|-----------|-----------------|
| OK      | AASHTO(T49) | 60 – 70        | 66.6 dm | الغرز     | اللزوجة - الغرز |
| OK      | AASHTO(T51) | >50 cm         | >100 cm | الاستطالة | الاستطالة       |

|               |               |        |            |             |    |
|---------------|---------------|--------|------------|-------------|----|
| التلين        | نقطة التلين   | 52 C°  | 35 – 70 C° | AASHTO(T53) | OK |
| الوميض        | نقطة الوميض   | 180 C  | 180 – 200  | AASHTO(T48) | Ok |
| الاشتعال      | نقطة الاشتعال | 200 C° | 200 – 232  | AASHTO(T48) | OK |
| الفقد الحراري | الفقد الحراري | 0.48 % | < 1%       | AASHTO(T47) | Ok |
| الذوبان       | الذوبان       | 0 %    | < 1%       | AASHTO(T44) | Ok |

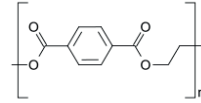
## 2.2 الركام

الركام هو المادة الرئيسية الثانية في الخلطة الإسفلتية. والركام المستعمل في هذه الدراسة هو ركام طبيعي يتم إنتاجه بالمحاجر وذلك بتفتيت الصخور الكبيرة إلى أحجام أصغر ومنه يتم نخلها بمناخل قياسية إلى الأحجام المطلوبة لإعداد الخلطة الإسفلتية. أستخدم في هذه الدراسة ركام طبيعي تم الحصول عليه من ( كسارة البركة ) بمنطقة وادي الحي جنوب مدينة الزاوية ونوعه صخر حجر جيرى رسوبي ويوضح الجدول (2.2) نتائج الاختبارات التي أجريت على الركام الذي أستخدم في هذه الدراسة .

جدول (2.2) نتائج الاختبارات التي أجريت على الركام المستخدم في الدراسة

| State  | Notes         | Sp.limits      | Results | Test  | Property                            |
|--------|---------------|----------------|---------|---|-------------------------------------|
| الحالة | الملاحظات     | حدود المواصفات | النتائج | الاختبارات  | الخاصية                             |
| O.K    | BS812:P3 (85) | %30 >          | 25.17%  | Aggregate crushing value<br>اختبار التهشيم                | Strength<br>القوة                   |
| O.K    | BS812:P3 (85) | %30 >          | 21.8%   | Los Angeles Abrasion Value<br>اختبار البري                | Strength<br>القوة                   |
| O.K    | BS812:P 3(85) | %45 >          | 14.7%   | Aggregate Impact value<br>اختبار الصدم                    | Strength<br>القوة                   |
| O.K    | BS812:P2 (75) | (2.7-2.6)      | 2.682   | اختبار الكثافة النوعية للركام<br>Specific gravity of agg. | Specific gravity<br>الكثافة النوعية |
| O.K    | BS8535:1980   | %2.5 >         | 1.8%    | اختبار نسبة الامتصاص<br>Absorption of aggregate           | الامتصاص<br>Absorption              |

وهو مبلمر ملدن حراريا و يستخدم لتصنيع احد أنواع ألياف النسيج الاصطناعية ، وقناني تغليف المياه والأطعمة والسوائل الأخرى ، وفي تطبيقات تشكل اللدائن بالحرارة ، ومادة رابطة للألياف الزجاجية في المواد الهندسية . 60% من إنتاج PET في العالم يستخدم في الألياف الصناعية ، وحوالي 30% يمثل إنتاج الزجاجات البلاستيكية . وعندما يكون الحديث عن التطبيقات النسيجية يسمى PET عموما بالبولي استر، وهي مادة حلت محل الفظن والصوف في إنتاج الملابس ومن مميزاتا أنها لا تنكش وتجف بسرعة وتقاوم التمزق يتكون PET من وحدات مبلمرة، مع وحدات مكررة (C10H8O4) عادة ما يتم إعادة تدوير PET ، وله الرقم 1 كرمز إعادة تدويره [3].



الشكل (1.2) يوضح التركيب الكيميائي ل PET رمز إعادة تدويره [3]

### 1.3.2 الخواص الفيزيائية لمادة PET

في حالتها الطبيعية راتنج عديم اللون شبه بلوري يمكن إن تكون ل PET شبه صلبة إلى صلبة فهي خفيفة الوزن جدا ، حاجزا جيدا للغاز والرطوبة ، كذلك حاجزا جيدا إمام الكحول والمذيبات وأنها قوية ومقاومة لتأثيرها وتصبح PET بيضاء عند تعرضها للكوروفورم وكذلك بعض المواد الكيميائية ينصهر عند درجة حرارة 250°م كثافته 1.4 g/cm<sup>3</sup> معامل الانكسار (1.57-1.58) [3] .

### 3. إعداد العينات

#### 1.3 تصميم الخلطة الإسفلتية الغير محسنة

استخدمت طريقة مارشال لتحضير عينات قياسية على هيئة أسطوانة قطرها 101.6 مم وارتفاعها 63.5 مم وينسب إسفلت مختلفة تتراوح من 4% إلى 7% حيث يبدأ إعداد العينات بتحضير أوزان كل أحجام الركام كما وضع في الجدول (3.3) ، ويكون الوزن حسب ثلاث عينات للنسبة الواحدة للإسفلت في الخلطة، ويتراوح وزن العينة الواحدة ما بين (1100-1200) جم . يتم تسخين كلا من الركام والإسفلت حيث يسخن الركام في الفرن درجة حرارته 150°م ، ويسخن الإسفلت في درجة حرارة 150°م لمدة ساعة واحدة، ثم يضاف الإسفلت للركام في الخلاط ويخلط في الجهاز عند درجة حرارة الخلط المحددة لمدة 90 ثانية .

توضع الخلطة في قوالب الاختبار بعد عملية تزييتها لسهولة إخراج العينات من القوالب حيث توضع علي ثلاث طبقات في كل أسطوانة وتدمك كل طبقة 15 ضربة بالمدق اليدوي، ثم تدمك في جهاز أدمك في درجة حرارة أدمك بعدد ضربات 75 ضربة لكل وجه من وجهي العينة حيث ثم تحديد الضربات من نوع المرور حيث كان نوع المرور ثقيل. بعد عملية أدمك تخرج العينات من القوالب وتوزن في الهواء وفي الماء لتحديد كثافة العينات ونسبة الفراغات الهوائية وكثافة الركام المدموك والفراغات في الركام المعدني والفراغات المملوءة بالإسفلت واختبار الثبات والانسياب وتحديد مؤشر مارشال[4]. يتم اختبار الثبات و الانسياب بتجهيز العينات قبل اختبارها وذلك بغمرها في حوض مائي درجة حرارته 60°م و لمدة 30 دقيقة ، ثم توضع كل عينة في جهاز مارشال طبقا . ASTM (D1559 [ASTM ، 2003] وتعرض لضغط بمعدل تحميل ثابت وقدره (50.8 مم/ دقيقة ) ويكون أقصى حمل ضغط تتحمله العينة قبل حدوث الانهيار هو ثبات مارشال (Marshall Stability) ويكون بالكيلو نيوتن والتشكل الذي يحدث للعينة عند هذا الحمل يسمى بانسياب مارشال (Marshall Flow) ويكون بالمليمتر .

### 1.1.3 تحديد المحتوى الإسفلتي الأمثل

بعد رسم العلاقات البيانية التي تربط المحتوى الإسفلتي للخلطة الإسفلتية مع كل من ( الكثافة - كثافة الركام المدموك - نسبة الفراغات الهوائية - نسبة الفراغات في الركام المعدني - نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت - الثبات - الانسياب - مؤشر مارشال ) يتم تحديد المحتوى الإسفلتي الأمثل لكل كثافة تدرج ركامي على حدة. ويتم تحديد المحتوى الإسفلتي الأمثل من ثلاث علاقات بيانية كالتالي :

- العلاقة بين المحتوى الإسفلتي والكثافة (جم/سم<sup>3</sup>) ، حيث المحتوى الإسفلتي الأمثل عند أقصى كثافة.
- العلاقة بين المحتوى الإسفلتي والثبات (كن) ، حيث المحتوى الإسفلتي الأمثل عند أقصى ثبات .
- العلاقة بين المحتوى الإسفلتي ومتوسط الفراغات الهوائية (3-5)%
- ويتم بعد ذلك حساب المتوسط الحسابي لقيم المحتوى الإسفلتي الأمثل المتحصل عليها .ومن متوسط قيم المحتوى الإسفلتي الأمثل يتم إيجاد الخواص (كثافة الركام المدموك ، نسبة الفراغات في الركام المعدني ، نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت) .

ومن الجدير بالذكر أن في هذه الدراسة تم إيجاد نسبة الإسفلت المثلي ، حيث وحدت بالتجارب المعملية الخاصة بطريقة مارشال وكانت في حدود (5.83% ) .

### 2.3 تحضير عينات الخلطة الإسفلتية المحسنة

ثم تم تحضير 15 عينة من الخلطات باستخدام طريقة مارشال عند المحتوى الإسفلتي الأمثل من الخرسانة الإسفلتية المعدلة بإضافة المخلفات البلاستيكية (بولي إيثيلين تيريفثاليت (PET) ) المستخدم في صناعة قنينات المياه البلاستيكية ، ولاختبار تأثير إضافة هذه المادة المضافة إلى الخلطة الإسفلتية. تم تحضير العينات عن طريق إضافتها كبديل جزئي للإسفلت بنسب مختلفة (4 ، 6 ، 8 ، 10 و 12٪) من المحتوى الإسفلتي الأمثل. تم اختبار ثلاث عينات لكل نسبة لتحديد كثافة العينات ونسبة الفراغات الهوائية وكثافة الركام المدموك والفراغات في الركام المعدني والفراغات المملوءة بالإسفلت واختبار الثبات والانسياب وتحديد مؤشر مارشال . حيث تم إجراء إضافة المضاف عن طريق وضع الإسفلت في الفرن وتسخينه حتى يصبح سائلاً ، تم تقطع الزجاجات البلاستيكية (PET) إلى إجمام صغيرة باستخدام آلة البشر ثم يتم نخلها علي المنخل رقم (30)،، يتم إضافتها إلى الاسفلت ويتم تركها في الفرن لمدة (45) دقيقة عند درجة حرارة (150) درجة مئوية وسخن 1140 جم من الركام لكل عينة حتى تصل إلى (150 درجة مئوية) وتخلط معا في درجة حرارة الخلط [3]. يتم وضع ورقتي ترشيح على الجزء السفلي من القالب استعداداً لوضع مزيج الإسفلت في القالب المركب. وتدمك بتطبيق 75 ضربة بواسطة مطرقة الدمك لكل وجه من العينة. عند اكتمال الدمك ، يجب تبريد العينة في القالب في درجة حرارة الغرفة ثموتوزن في الهواء وفي الماء لتحديد كثافة العينات ونسبة الفراغات الهوائية وكثافة الركام المدموك والفراغات في الركام المعدني والفراغات المملوءة بالإسفلت ويتم عمل اختبار الثبات والانسياب وتحديد مؤشر مارشال.

### 4. عرض ومناقشة النتائج

الأشكال من (1.4) إلي (6.4) تمثل علاقات بين نسبة (WP-PET) المضافة وخواص مارشال للخلطة الإسفلتية انظر الجدول (1.4) وفيما يلي نستعرض خواص مارشال ومدى تأثير مادة (WP-PET) المضافة عليها.

#### 1.4 كثافة مارشال Marshal Density

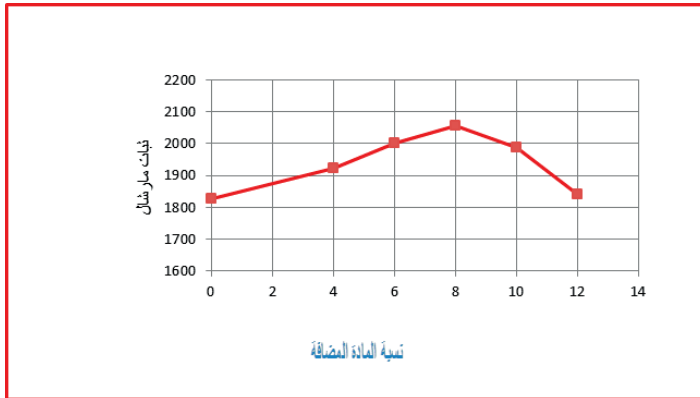
من خلال الشكل (1.4) والذي يمثل العلاقة بين نسبة (WP-PET) المضافة وكثافة مارشال. نلاحظ انه بزيادة نسبة (WP-PET) المضافة إلي الخلطة تزداد الكثافة للخلطة. وهذا التأثير يرجع إلي الكثافة العالية لمادة (WP-PET).

جدول (1.4) خواص مارشال

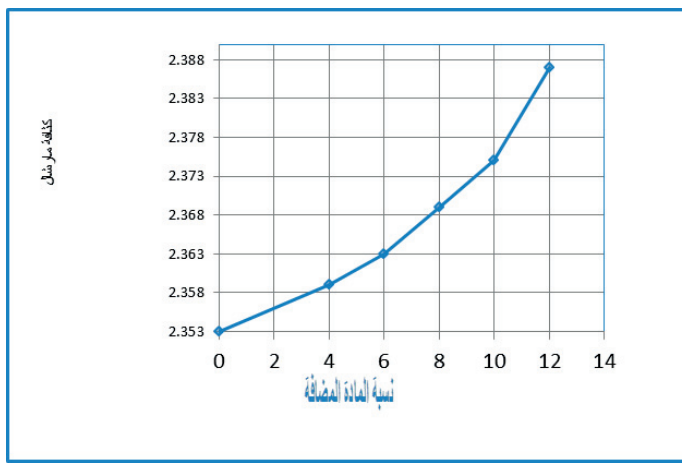
| نسبة المضاف | الكثافة النوعية للمخلوط | كثافة مارشال | الثبات | الانسياب | الفراغات الهوائية | الفراغات الركامية | الفراغات المملوءة بالإسفلت |
|-------------|-------------------------|--------------|--------|----------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 0           | 2.465                   | 2.353        | 1826   | 2.8      | 4.54              | 17.1              | 73.4                       |
| 4           | 2.468                   | 2.359        | 1924   | 2.63     | 4.44              | 16.9              | 73.65                      |
| 6           | 2.47                    | 2.363        | 2001   | 2.54     | 4.34              | 16.8              | 74.13                      |
| 8           | 2.472                   | 2.369        | 2056   | 2.48     | 4.19              | 16.7              | 74.84                      |
| 10          | 2.474                   | 2.375        | 1989   | 2.53     | 3.98              | 16.5              | 75.85                      |
| 12          | 2.476                   | 2.387        | 1841   | 2.61     | 3.57              | 16.1              | 77.88                      |

#### 2.4 ثبات مارشال Marshal Stability

الشكل (2.4) يوضح العلاقة بين ثبات مارشال ونسبة (WP-PET) المضافة في الخلطة، نلاحظ أن قيم الثبات تزداد بزيادة نسبة (WP-PET) في الخلطة إلى أن تصل لأقصى قيمة للثبات عند نسبة (8%) للخلطة المعدلة، ثم تبدأ بالانخفاض تدريجياً إلى أن تصل لأقل قيمة عند نسبة (12%).



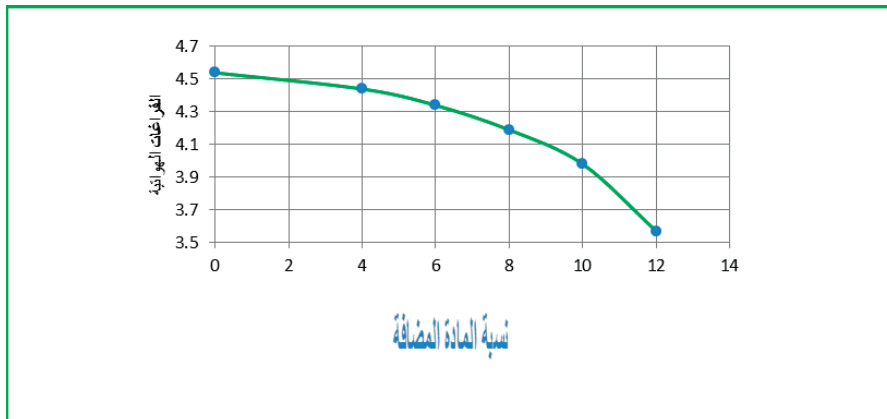
شكل (1.4) تأثير مادة (WP-PET) المضافة للخلطة الإسفلتية علي كثافة مارشال



شكل (2.4) تأثير مادة (WP-PET) المضافة للخلطة الإسفلتية علي ثبات مارشال

### 3.4 الفراغات الهوائية Air Voids

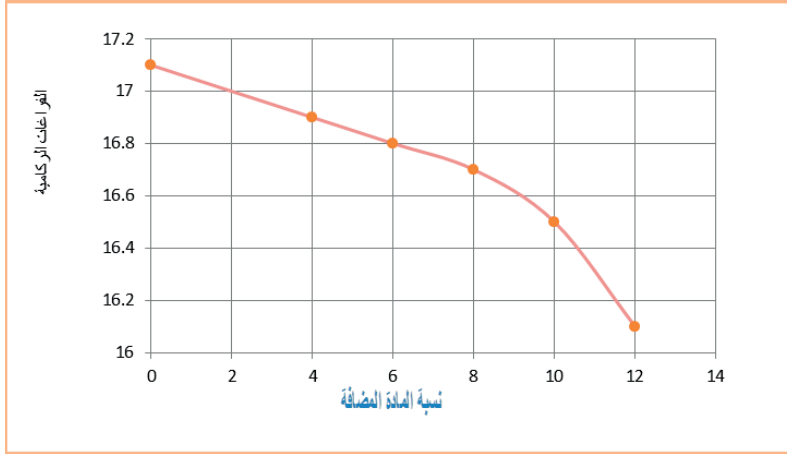
من خلال الشكل (3.4) الذي يوضح التغيير في قيم نسبة الفراغات الهوائية للخلطات مع اختلاف نسبة (WP-PET) في الخلطة المحسنة مقارنة بالخلطة الغير محسنة، نلاحظ أن قيم نسبة الفراغات الهوائية ( $V_A\%$ ) في الخلطة المحسنة اقل من نسبة الفراغات الهوائية في الخلطة الغير محسنة. الفراغات الهوائية في الخلطة المحسنة تقل تدريجيا كلما زادت نسبة (WP-PET) حتى تصل إلي اقل قيمة لها عند نسبة 12%. وهذا التأثير يعود إلي أن المادة المحسنة ملأت الفراغات في الخلطة الإسفلتية.



شكل (3.4) تأثير مادة (WP-PET) المضافة للخلطة الإسفلتية علي الفراغات الهوائية



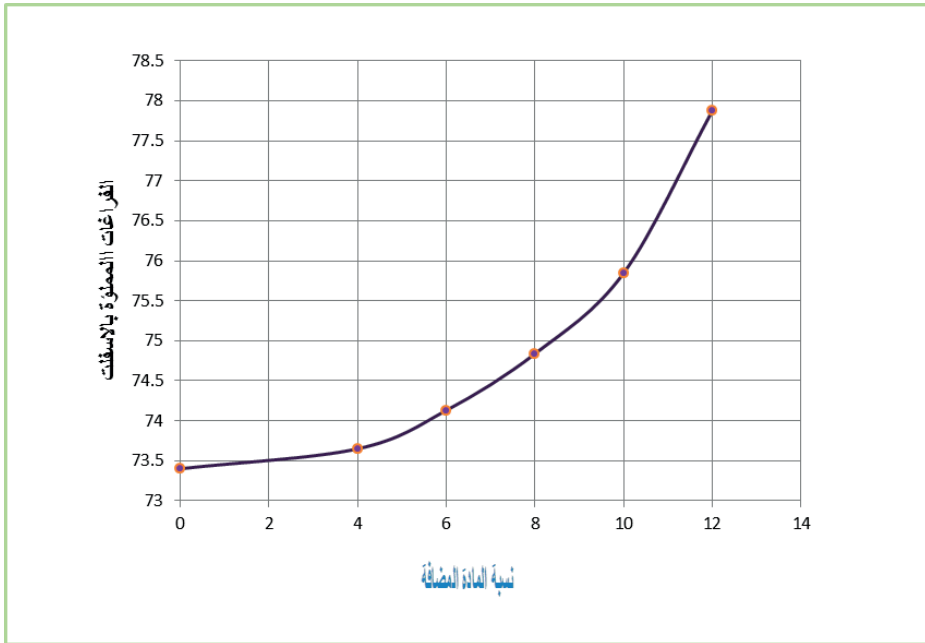
من خلال الشكل (4.4) الذي يوضح التغيير بنسبة الفراغات بالركام المعدني للخلطات المحسنة مع اختلاف محتوى مادة (WP-PET) في الخلطة مقارنة بالخلطة العادية. تبين أن العلاقة بين نسبة المادة المضافة ونسبة الفراغات بالركام المعدني علاقة عكسية وهي تتبع نفس سلوك العلاقة السابقة ، أي كلما زادت المادة المضافة قلت نسبة الفراغات الهوائية وكذلك حجم الإسفلت وبالتالي تقل نسبة الفراغات بالركام المعدني.



شكل (4.4) تأثير مادة (WP-PET) المضافة للخلطة الإسفلتية علي الفراغات بالركام المعدني

#### 5.4 الفراغات المملوءة بالإسفلت Voids Filled with Asphalt

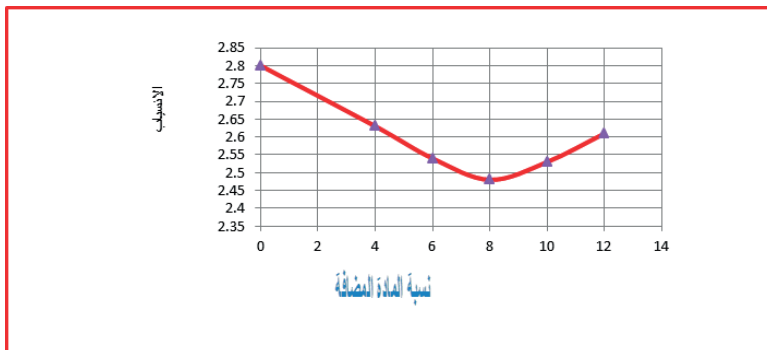
الشكل (4. 5) يوضح التغيير بنسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت للخلطات المحسنة مع اختلاف محتوى مادة (WP-PET) في الخلطة مقارنة بالخلطة العادية، تبين أن العلاقة بين نسبة (WP-PET) المضافة ونسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت علاقة طردية فكلما زادت نسبة (WP-PET) زادت نسبة الفراغات المملوءة بالبييتومين حيث قيم الفراغات المملوءة بالإسفلت تزداد من (73.4 %) حتى تصل إلي (77.88%) عند نسبة 12% من المادة المحسنة (WP-PET) المضافة.



شكل (5.4) تأثير مادة (WP-PET) المضافة للخلطة الإسفلتية علي الفراغات المملوءة بالإسفلت

#### 6.4 الانسياب Flow

يوضح الشكل (6.4) التغيير في قيم الانسياب للخلطات المعدلة مع اختلاف محتوى (WP-PET) في الخلطة مقارنة بالخلطة العادية. نلاحظ أن قيم الانسياب للخلطات المحسنة أقل من قيمة الانسياب للخلطة العادية حيث قيم الانسياب تقل من (2.8 %) حتى تصل إلي (2.48 %) عند نسبة 8% من المادة المحسنة (WP-PET) ثم تزداد عند النسب (10،12%) ولكن لا تزال أقل من قيمة الانسياب في الخلطة الغير محسنة.



شكل (6.4) تأثير مادة (WP-PET) المضافة للخلطة الإسفلتية علي الانسياب

## 5. الاستنتاجات والتوصيات

### 1.5 الاستنتاجات

❖ نلاحظ في الخلطات الإسفلتية المحسنة بالمخلفات البلاستيكية تحسنا في قيم الثبات وانخفاضا ملحوظ في قيم

الانسياب ، وهذا يعمل على زيادة معامل الصلابة للخلطة الإسفلتية *Stiffness Modulus of the Asphaltic*

*Concrete Mixes* مما يعطي مقاومة أفضل للتشوهات للخلطة أثناء الخدمة.

❖ نلاحظ أن التحسن في قيم الثبات والنقصان في قيم الانسياب عند إضافة المخلفات البلاستيكية للخلطة البيتومينية

كان متوافقا مع نتائج أبحاث عديدة ومتنوعة ، تناولت موضوع إضافة المخلفات البلاستيكية للخلطات الإسفلتية.

❖ بالاستناد إلى نتائج البحث تعتبر نسبة 8% من المخلفات البلاستيكية كإحلال جزئي محل الإسفلت بالخلطات

الإسفلتية المعدلة تعتبر هي النسبة المثلى للخلطات الإسفلتية المعدلة.

### 2.5 التوصيات

نوصي بتوسيع هذه الدراسة وان تشمل على اختبارات الأداء للخلطة الإسفلتية المعدلة مثل اختبارات الكلال الحراري

والمروري واختبار الزحف الاستاتيكي والديناميكي *Fatigue, Static and Dynamic Creep Tests*

## 6. المراجع

[1] عبدا لمهيمن إبراهيم الدب وآخرون " دراسة تأثير إضافة المخلفات البلاستيكية(قناني مياه الشرب) كبديل جزئي

للبيتومين علي خواص الخلطة الإسفلتية" مشروع تخرج مقدم ضمن متطلبات الحصول علي درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية "غير منشور" جامعة صبراتة ، كلية الهندسة رقدالين-ربيع 2018.

[2] رنا درويش أحمد وآخرون "تعديل الخلطة البيتومينية الإسفلتية المستخدمة في محافظة اللاذقية بالمطاط المدور من إطارات السيارات" مجلة جامعة تشرين للبحوث والدارسات العلمية -سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (3) 2014

[3] Khalid . M , Bisma. M and Dalia .A "Utilization of Waste Plastic Water Bottle as a Modifier For Asphalt mixture Properties " Journal of Engineering and Development, Vol.20, No.2,march. 2015.

[4] محمد خليفة و محمد عمران أمبارك ( هندسة الصرف ) ، منشورات مكتب الاستشارات و البحوث – كلية الهندسة – جامعة الفاتح ، الطبعة الأولى – طرابلس 2003 ف.

[5] H. Naghawi, R. Al-Ajarmeh, R. Allouzi, A. AlKlub, K. Masarwah, A. AL-Quraini, M.

Abu-Sarhan "Plastic Waste Utilization as Asphalt Binder Modifier in Asphalt Concrete Pavement" World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol:12, No:5, 2018.

## إضافة البوزلانا للخرسانة المتعرضة لظروف قاسية ( صحراوية )

م. إبراهيم أحمد المختار الحضيري

ماجستير هندسة مدنية - تخصص خرسانة ومواد بناء

جهاز تنفيذ مشروعات الإسكان والمرافق - مكتب سبها

### الملخص:

تتميز منطقة الجنوب بليبيا بامتداد الرقعة الجغرافية الصحراوية ، وكما هو معروف فإن المناخ الصحراوي مناخ قاس ترتفع فيه درجات الحرارة إلى معدلات عالية وتنخفض فيه نسبة الرطوبة وتوجد به تيارات هواء ساخنة . وتعتبر هذه الظروف غير مثالية لإنتاج الخرسانة وصيها ، حيث تؤثر على عدد من خواصها. في هذه الدراسة تم عمل عدد من خلطات الخرسانة والمونة الإسمنتية المضاف إليها مقادير مختلفة من البوزلانا الطبيعية المستخرجة من خمس مناطق بجنوب ليبيا ، بعد معالجتها حرارياً وطحنها واستخدامها بنسب محددة بدلاً عن جزء من الإسمنت البورتلاندي العادي ، وذلك لدراسة ومعرفة مدى تأثير تلك المواد على خاصية الإنكماش للخرسانة في حالتها اللدنة والصلبة ، ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها لوحظ وجود تحسن في الخواص المتعلقة بالإنكماش لمعظم تلك الخلطات مقارنة بخلطة مرجعية لم تستخدم فيها تلك المواد . حيث لوحظ انخفاض معدل التبخر لمياه الخلط ، وتأخير في زمن ظهور تشققات الهبوط اللدن والحد من اتساعها ، بالإضافة لإنخفاض معدل الإنكماش خلال فترة الجفاف للخرسانة .

الكلمات الدالة : المناخ الصحراوي ، الخرسانة ، البوزلانا ، الإسمنت ، الإنكماش

### Abstract :

The southern region of Libya is characterized by the extension of the geographical area of the desert. And as is known, the desert climate is a harsh climate where temperatures rise to high rates and low humidity and there are hot air currents. These conditions are not ideal for concrete production and pouring, as they affect a number of their properties. Southern Libya region is considered of the areas rich in different natural resources, including those initial raw materials - in the form of deposits of clay - that go into the building materials industry, and the most important of calcined clays or what is known pozzolana. Where it indicated earlier studies conducted by the " the industrial research center " to provide significantly around the areas of Sebha and Brack Valley of the beach .

This included research study of five sites : (Sebha , Temenhint , Alafya , Agar and Tarout ) , where he was addressing the extracted clay by burning until the temperature of 800 degrees Celsius for two hours and grinding to the point where enough softness for passing of sieve of 150 micrometers in order to obtain effective ones metakaolin . It has been replaced pozzolana partially replace Portland cement normal proportions defined by weight (10%, 15%, 20%) in samples mixtures used, in addition to the work of the mixture of reference contained the cement without any proportion of substitution of pozzolana , and to study the shrinkage properties of these mixtures both in the case Grease or rigid . Through the results obtained observed an improvement in most of the properties of these mixtures compared to the reference one . Where there was a decrease evaporation of water mixing rate, and delay in the time of the appearance of cracks landing plastically, reducing the breadth, in addition to the decrease in the rate of contraction during the dry concrete period. Therefore we can say the possibility of using these clays as materials pozzolana normal to improve the properties of concrete and durability .

## 1. مقدمة :

يتسم مناخ المناطق الصحراوية بالارتفاع الكبير في درجات الحرارة خاصة في فصل الصيف ، هذا بالإضافة إلى انخفاض كمية ونسبة الرطوبة في الهواء ووجود رياح ساخنة . إن هذه الظروف المميزة للبيئة الصحراوية هي ظروف في الغالب غير مثالية لصناعة وإنتاج الخرسانة ، حيث تعمل على زيادة معدل التبخر لمياه الخلط وفقدانه بسرعة ، الأمر الذي من شأنه أن يؤثر على قابلية التشغيل للخرسانة وعملية الشك وعدد آخر من خواص الخرسانة من أهمها خاصية الانكماش أو ما يعرف بالتغير الحجمي للخرسانة المتصلدة في الهواء نتيجة تعرضها للجفاف .

وتتميز منطقة الجنوب بليبيا بامتداد الرقعة الجغرافية الصحراوية التي من الممكن أن تتأثر بمثل تلك الظروف ، كما تتميز تلك المنطقة بوفرة الثروات الطبيعية التي تدخل في صناعة مواد البناء ؛ من أبرزها الطين المكلس أو ما يعرف بالبورولانا . حيث أشارت العديد من الدراسات إلى توفرها وبشكل كبير حول منطقة سبها وبراك الشاطيء ، بالإضافة لمطابقتها لمتطلبات المواصفة ASTM C618-03 . ويمكن استخدام تلك المواد كإضافات للخرسانة ؛ لغرض تحسين بعض خواصها من جهة وتقليل تكلفة المتر المكعب من جهة أخرى .

والمواد البوزلانية أو ما يعرف بالمواد متأخرة التميؤ هي عبارة عن خامات ألومينية أو سليكية أو خليط من كليهما . وهذه المواد لا تمتلك قدرة لاصقة إسمنتية ، ولكن بوجود الرطوبة فإنها تتفاعل كيميائياً مع هيدروكسيد الكالسيوم في درجات الحرارة الإعتيادية ، منتجة مركبات ذات خصائص إسمنتية .



ويمكن استخدام تلك المواد في مجال صناعة الإسمنت والخرسانة ، وذلك لغرض تحسين بعض الخواص للخرسانة المنتجة من جهة وتقليل تكلفة المتر المكعب من جهة أخرى .

تهدف هذه الدراسة لمعرفة تأثير تلك المواد على خاصية الإنكماش في الخرسانة ، التي تتسبب عادة في ظهور شروخ أو تشققات دقيقة نتيجة تقلص المادة الحجمية لمكوناتها بسبب فقد الماء الحر من العجينة الطرية عن طريق التبخر وهبوط المكونات الصلبة (الركام ) للأسفل وهو ما يعرف بـ (الإنكماش اللدن) ، حيث انه من المحتمل حدوث تشققات الإنكماش اللدن في الخرسانة عندما يكون معدل التبخر بين ( 0.5 إلى 1 كجم/م<sup>2</sup> ) ، وذلك حسب الجمعية الأمريكية للخرسانة الجاهزة ( NRMCA ) . كما أن المواصفة ( ASTM C 1579 ) تشترط أن لا يزيد معدل التبخر عن 1 كجم/م<sup>2</sup> في الساعة عند صب الخرسانة تفادياً لحدوث تلك التشققات .

في الناحية العملية ؛ يمكن التنبؤ بحدوث تشققات الانكماش اللدن من خلال عدة طرق من أبرزها الطريقة التي طورها الباحث Uno (1998) اعتماداً على مخططات الجمعية الأمريكية ( NRMCA ) من خلال العلاقة :

$$E = 5 [ ( T_c + 18 )^{2.5} - r ( T_a + 18 )^{2.5} ] [ V + 4 ] * 10^{-6}$$

حيث :

**E** : معدل التبخر

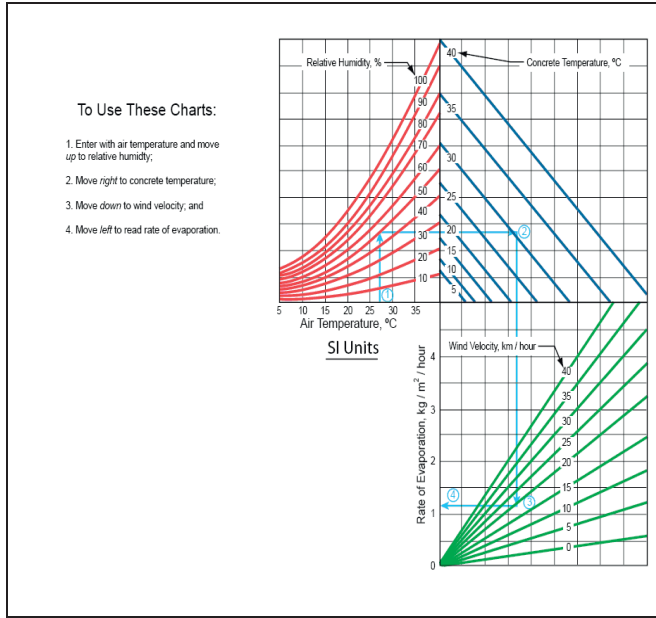
**T<sub>c</sub>** : درجة حرارة الخرسانة ( مئوية )

**r** : الرطوبة النسبية (%)

**T<sub>a</sub>** : درجة حرارة الجو ( مئوية )

**V** : سرعة الرياح (كم/ساعة)

كما يمكن استخدام المنحنى الوارد بالموافقة ACI 305R-10 الموضح بالشكل رقم (1) لقياس معدل التبخر .



الشكل 1. منحنى قياس معدل التبخر

وبالإضافة إلى الانكماش الحادث للخرسانة في الحالة الطرية أو اللدنة ؛ هناك انكماشاً آخر يحدث لاحقاً كنتيجة طبيعية لعملية الجفاف وفقد الماء يتسبب أيضاً في حدوث شروخ بالخرسانة وهو ما يعرف بـ (إنكماش الجفاف) .  
تظهر شروخ الانكماش بسبب إجهادات الشد داخل الخرسانة ، مما يؤدي بالنهاية إلى التأثير على متانتها بشكل عام وطول عمرها الافتراضي من خلال تأثر قدرتها على مقاومة الظروف المحيطة بها .

## 2. البرنامج العملي :

### 1.2. المواد المستخدمة :

#### 1.1.2. المواد البوزلانية :

أُستخدمت المواد البوزلانية المحلية ، حيث أخذت من جوانب المنحدرات للمواقع المستهدفة على شكل كتل صخرية جافة.

الجدول رقم (1) يوضح وصفاً للمواقع والعينات المأخوذة ، كما يبين الشكل رقم (2) صور لهذه المواقع . والشكل رقم

(3) يوضح بعض أشكال الصخور المقتلعة .

جدول 1. مواقع أخذ عينات المواد البوزلانية المحلية

| ر.م | المنطقة | عمق الحفر(م) | وصف الموقع                                      | لون وشكل العينة                             |
|-----|---------|--------------|---|---|
| 1   | سيها    | 4            | 10كم من مدينة سيها على بعد 100م يمين الطريق     | كتل بيضاء غير منتظمة الشكل سهلة التفقت      |
| 2   | تمنهنت  | 0.5          | 10كم من تمنهنت في اتجاه الشمال من الطريق المعبد | كتل صلبة بيضاء تميل قليلاً للإحمرار         |
| 3   | العافية | 0.5          | على يسار الطريق المعبد ، بجانب الخزان           | كتل رمادية تتخللها بقع صفراء متوسطة الصلابة |
| 4   | أقار    | 1.0          | بجوار الطريق المعبد مقابل محطة الكهرباء         | طبقات رمادية مزرقّة صفائح الشكل وصلبة       |
| 5   | تاروت   | 0.5          | أمام مفرق تاروث القديمة والجديدة على بعد 10م    | كتل رمادية حبيبية المظهر ومتوسطة الصلابة    |



الشكل 2. صور للمواقع التي أخذت منها العينات



الشكل 3. صور لبعض الكتل الصخرية المقتلعة

التحليل الكيميائي والخواص الفيزيائية<sup>(1)(2)</sup> للمواد المستخرجة موضحة في الجدولين رقم (2) و (3) .

جدول 2. التحليل الكيميائي للمواد البوزلانية المحلية

| المواصفة ASTM C618-03 | القيمة الفعلية |        |         |        |        | المتطلب                               |
|-----------------------|----------------|--------|---------|--------|--------|---------------------------------------|
|                       | تاروت          | آقار   | العافية | تمنعت  | سبها   |                                       |
| % 70 <                | 93.1           | 95.1   | 92.4    | 96.7   | 95.2   | كاسيد (السيكون ، الألومنيوم ، الحديد) |
| % 4 >                 | 0.319          | ---    | 0.28    | 0.016  | 3.033  | ثالث أكسيد الكبريت                    |
| % 3 >                 | ---            | ---    | ---     | ---    | ---    | المحتوى المائي                        |
| % 1.5 >               | 0.93           | 0.22   | 0.35    | 0.35   | 0.22   | القلويات ( أكسيد الصوديوم )           |
| ---                   | 71.88          | 58.46  | 57.95   | 70.33  | 53.42  | ثاني أكسيد السيلكون                   |
| ---                   | 20.2           | 34.36  | 24.52   | 25.32  | 40.84  | ثالث أكسيد الألومنيوم                 |
| ---                   | 1084           | 2.266  | 9.973   | 1.05   | 0.975  | ثالث أكسيد الحديد                     |
| ---                   | 0.35           | 0.28   | 0.724   | 0.14   | 0.13   | أكسيد الماغنسيوم                      |
| ---                   | 0.163          | 0.162  | 0.133   | 0.0801 | 0.1    | أكسيد الكالسيوم                       |
| ---                   | 1.06           | 1.44   | 2.919   | 0.366  | 0.16   | أكسيد البوتاسيوم                      |
| ---                   | 0.966          | 1.37   | 1.12    | 1.51   | 3.019  | ثاني أكسيد التيتانيوم                 |
| ---                   | 0.36           | 0.11   | 0.241   | ---    | 0.137  | خامس أكسيد الفوسفور                   |
| ---                   | 0.028          | ---    | 0.034   | ---    | 0.0088 | أكسيد المنجنيز                        |
| ---                   | ---            | ---    | ---     | 0.011  | ---    | ثالث أكسي الكروم                      |
| ---                   | 0.036          | 0.0209 | 0.0167  | 0.0063 | 0.034  | أكسيد الستراتشيوم                     |
| % 6 >                 | 1.06           | 1.25   | 1.68    | 0.76   | 0.88   | الفقدان بالحرق L . O . I              |

جدول 3. الخواص الفيزيائية للمواد البوزلانية المحلية

| المواصفة ASTM C618-03 | القيمة الفعلية |      |         |        |        | المتطلب                            |
|-----------------------|----------------|------|---------|--------|--------|------------------------------------|
|                       | تاروت          | آقار | العافية | تمنعت  | سبها   |                                    |
| % 75 ≤                | % 101          | % 80 | % 93.3  | % 95.6 | % 99.8 | مؤشر الفعالية عند (7أيام)          |
| ---                   | 2.65           | 2.53 | 2.44    | 2.61   | 2.60   | الوزن النوعي (جم/سم <sup>3</sup> ) |

2.1.2. الإسمنت البورتلاندي العادي :

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج من أحد المصانع المحلية ( البرج - زيتين ) . بعد التأكد من

مطابقته للمواصفات : ASTM C150-03 ، والمواصفة القياسية الليبية 97/340 .

3.1.2. الركام :

تم استخدام الرمل المتوفر في منطقة زلاف من الناحية الشمالية لمدينة سبها كركام ناعم. كما تم استخدام الحصى

المكسر آلياً والمأخوذ من منطقة الجفرة ، بعد غسله بالماء لإزالة الغبار والشوائب العالقة كركام خشن .



#### 4.1.2. مياه الخلط والمعالجة :

تمّ استخدام الماء المقطر في الخلط والمعالجة لجميع الإختبارات .

#### 2.2. الإجراءات المعملية :

##### 1.2.2. إعداد وتجهيز عينات الكاولين :

تمّ تكسير صخور الكاولين المستخرجة إلى قطع صغيرة في حدود " 0.25 إلى 0.5 بوصة " لضمان توزيع الحرارة

بشكل منتظم للعينات ، وذلك قبل عمليتي الحرق والطحن كما هو موضح في الشكل رقم (4) .



الشكل 4. تكسير العينات

##### 1.1.2.2. عملية الحرق (الكلسنة) :

تم حرق العينات المستخرجة بعد تكسيرها إلى أحجام صغيرة في حدود " 1 بوصة " في أفران بدرجة حرارة 800 درجة

مئوية ولمدة ساعتين .

##### 2.1.2.2. الطحن والغريلة :

تم طحن المواد بعد حرقها حتى درجة نعومة 150 ميكرومتر ، وهي كافية لمرورها من خلال المنخل رقم 100 حسب

مواصفات ASTM . كما في الشكل رقم (5) .



الشكل 5. العينات بعد الحرق والطحن

### 3.1.2.2. نسب الإحلال :

تم خلط الميكاكاولينا المجهزة وإحلالها جزئياً محل الإسمنت البورتلاندي بنسب وزنية 10% و 15% و 20% لجميع الإختبارات .

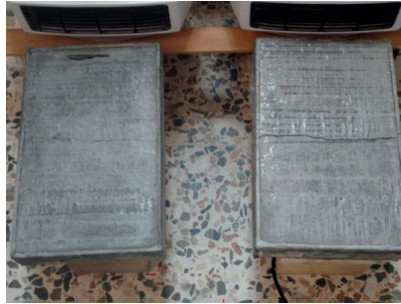
### 2.2.2. الاختبارات :

#### 1.2.2.2. اختبار الانكماش اللدن للخرسانة :

الحالة اللدنة للخرسانة هي حالة الخرسانة خلال الأربع وعشرون ساعة الأولى بعد إضافة الماء لمكونات الخلطة . وقد أعتمد في إجراء هذا الاختبار على الطريقة القياسية الواردة بالمواصفة ASTM C 1579-06 . حيث استخدمت قوالب مصنوعة من الصلب بها نتوءات بارزة وفقاً لمواصفة الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM . الأبعاد القياسية للقالب هي ( 355 ± 10 ملم × 560 ± 15 ملم ) وبعمق ( 100 ± 5 ملم ) كما هو موضح بالشكل رقم (6) . ودقة الاختبار تمت المحافظة على العوامل المؤثرة والمتغيرات ثابتة قدر الإمكان والمتمثلة في الظروف البيئية المحيطة ( المشابهة لظروف البيئة الصحراوية الجافة )، وأسلوب الخلط، ودرجة حرارة الخرسانة، وطريقة إنهاء السطح، وذلك لجميع الخلطات .

التفاوت في قيم هذه الظروف تم السيطرة عليها ضمن الحدود المسموحة الواردة في المواصفة كالتالي :

- درجة الحرارة المحيطة  $36 \pm 3$  درجة مئوية .
- الرطوبة النسبية لا تتعدى  $30 \pm 10\%$  .
- تيار هوائي موازي لسطح العينة بسرعة لا تقل عن  $24 \pm 2$  كم/ساعة بواسطة مروحة كهربائية .



الشكل 6. تعريض عينات الإختبار للظروف البيئية المصممة

#### 1.1.2.2.2. عملية الخلط والصب :

عدد الخلطات التي تمّ تجهيزها في هذا الإختبار (16) خلطة ، وذلك بمعدل ثلاث خلطات لكل موقع حسب نسبة إحلال البوزلان ، بالإضافة إلى الخلطة المرجعية . نسب المواد الداخلة في الخلطة هي ( 1 : 2 : 2 = إسمنت : رمل : حصى) وزناً ، كما تم استخدام نسبة ماء إلى إسمنت w/c تساوي ( 0.45 ) .

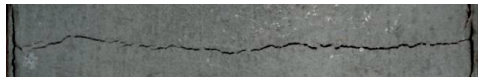
#### 2.1.2.2.2. قياس معدل التبخر :

في هذه الدراسة ، تمّ تحديد معدل التبخر لمياه الخلط بواسطة قياس وزن العينة خلال ساعة وفق المواصفة ASTM C 1579-06 عن طريق العلاقة التالية :

$$\text{معدل التبخر} = \frac{\text{الوزن النهائي المسجل للعينة}}{\text{الفاصل الزمني للتسجيل}}$$

#### 3.1.2.2.2. رصد التشققات الناتجة :

خلال فترة التعرض للظروف البيئية الجافة تمّ مراقبة سطح العينة لرصد ظهور أول تشقق وتكوين زمن حدوثه . بعد مرور 6 ساعات من بداية الإختبار أغلقت المراوح وتركت العينات بالغرفة تحت الظروف البيئية العادية حتى وقت اجراءات القياس . حيث أنه بعد مرور 24 ساعة من عملية الخلط تم التقاط صور لسطح العينات على طول مسار الشق الناتج ، وفي وقت لاحق ، تم معالجة الصور و تحليل الصور وقياسها باستخدام البرامج الحاسوبية . الشكل رقم (7) يوضح صورة للتشقق الناتج بإحدى العينات



الشكل 7. التشقق الناتج بسطح إحدى العينات

#### 4.1.2.2.2. تحديد أبعاد التشققات :

لتقييم التشققات ووصفها تمّ تحديد كلاً من عرض الشق وطوله ، ولتجنّب تأثير حدود حافة القالب المحتمل ، تمّ إهمال الحساب في حدود 25 مم من كلا الجانبين حسب توصية المواصفة ASTM C 1579-06 .

#### 5.1.2.2.2 نسبة انخفاض التشققات :

توصي المواصفة ASTM C 1579-06 باستخدام دليل يعرف بـ نسبة انخفاض أو تقلص الشق ( CRR ) لمعرفة تأثير إضافة المواد البوزلانية على الحد من حدوث تشققات الإنكماش اللدن في الخرسانة . الحسابات أجريت لكل من بعدي الشق ( متوسط العرض والطول الكلي ) حسب العلاقة :

$$CRR = \left[ 1 - \frac{\text{متوسط عرض أطول الشق لكل عينة}}{\text{متوسط عرض أطول الشق للعينة المرجعية}} \right] \times 100 \%$$

#### 2.2.2.2 اختبار انكماش الجفاف :

يحدث هذا النوع من الإنكماش عندما تبدأ الخرسانة في التصلب وتتعرض للجفاف ، أي بعد مرور الأربع وعشرون ساعة الأولى من لحظة إضافة الماء لمكونات الخلطة الجافة .

أجري هذا الإختبار وفقاً للمواصفة القياسية ASTM C 596-07 ، وتحت نفس الظروف من درجة الحرارة والرطوبة النسبية وذلك بالنسبة لجميع العينات .

حيث استخدمت قوالب قياسية ذات أبعاد ( 285 × 25 × 25 مم ) طبقاً للمواصفة ASTM C 490 .

#### 1.2.2.2.2 عملية الخلط والصب :

تم خلط المواد باستخدام الخلاط الميكانيكي ، حيث تم تنفيذ عدد (15) خلطة وفق النسب والكميات الموضحة في الجدول رقم (4) بالإضافة إلى الخلطة المرجعية التي لم تحتوي على أي نسبة من البوزلانا .

جدول 4: كميات ونسب خلط المواد

| w/c                                      | الرمل (جم) | كمية البوزلان (جم) | كمية الإسمنت (جم) | نسب الإحلال |
|--|------------|--------------------|-------------------|-------------|
| نسبة الماء إلى الإسمنت<br>تساوي ( 0.45 ) | 1500       | 0                  | 750               | %0          |
|  | 1500       | 75                 | 675               | %10         |
|  | 1500       | 112.5              | 637.5             | %15         |
|  | 1500       | 150                | 600               | %20         |

بعد ذلك ، تم صب المونة في القوالب ومن ثم تركها لتتصلد في درجة حرارة الغرفة .

وبعد مرور  $24 \pm 2/1$  ساعة من عملية الصب تم إزالة العينات من القوالب وتبريدها ووضع العينات في مياه المعالجة لمدة 48 ساعة .

#### 2.2.2.2 أخذ القياسات :

وبعد انقضاء مدة المعالجة للعينات ثم رفعها ومسحها بقطعة قماش مبللة . ومن ثم أخذ قياسات مباشرة لمقدار التغير في الطول باستخدام جهاز القياس - الميكرومتر - الموضح في الصورة رقم (8) .



الشكل 8. قياس التغير في الطول

تم حساب الإنكماش وهو معدل التغير في الطول (L) مقرباً لأقرب 0.001 ومعبراً عنه كنسبة من المليون ، وذلك بعد أخذ متوسط القياس للعينات الثلاثة الممتلئة لكل خلطة مقربة إلى 0.01 من خلال العلاقة الواردة بالموصفة ASTM C 596-07 :

$$L = \frac{L_i - L_x}{G} \times 10^{-6}$$

حيث :

- $L_i$  : الفرق بين طول العينة عند رفعها من الماء مباشرة ومقاس طول سيخ المعايرة (مم)
- $L_x$  : الفرق بين طول العينة عند كل عمر من الجفاف ومقاس طول سيخ المعايرة (مم)
- G : الطول الفعال للعينة ويساوي المسافة بين الطرفين الداخليين لمساري القياس = 250 (مم)

بعد ذلك ، تم وضع العينات في درجة حرارة الغرفة لتجف . مع الإستمرار في أخذ القياسات خلال فترة التخزين حسب المدد التالية : 4 ، 11 ، 18 ، 25 ، 57 ، 87 ، 117 يوم .

### 3. النتائج :

من خلال القياسات والحسابات التي أجريت على العينات المختبرة تم الحصول على النتائج الآتية :

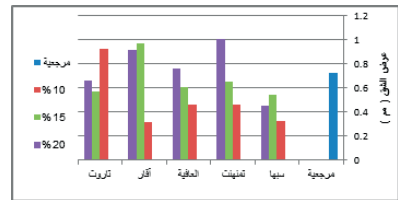
- الإختفاض في معدل تبخر مياه الخلط كان تقريباً في جميع العينات وقد وصل إلى نسبة حوالي 60.81 % مقارنة بمعدل الخلطة المرجعية وذلك في عينة موقع العافية بنسبة إحلال 15% .
- تأخر زمن ظهور تشققات الإنكماش اللدن في أغلب العينات وقد بلغ حوالي النصف ساعة مقارنة بالخلطة المرجعية في بعضها .
- وصلت نسبة النقل للتشققات ( CRR ) إلى 56.34 % لعينة موقع آقار والتي كانت نسبة إحلال الميكاولينا بها 10% من وزن كمية الإسمنت المستخدم في الخلطة المرجعية وهي أكبر قيمة تم الحصول عليها من بين قيم النقل المحسوبة ، وذلك بالنسبة لمتوسط عرض الشق . أما بالنسبة للطول الكلي للشق فقد وصلت أكبر قيمة تقلص إلى 24.242 % وذلك لعينة موقع تاروت بنسبة إحلال 15% .
- قلَّ معدل انكماش الجفاف في معظم العينات خلال أغلب فترات القياس ابتداءً من عمر 4 أيام وحتى عمر 177 يوماً من زمن الجفاف .

المخططات التالية توضح نتائج الإختبارات التي تم إجراؤها :



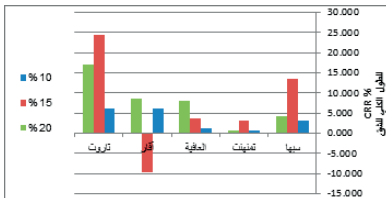
الشكل 10. تأثير نسب إحلال البوزلانا على زمن ظهور أول تشقق

الشكل 9. تأثير نسب إحلال البوزلانا على معدل التبخر لمياه الخلط

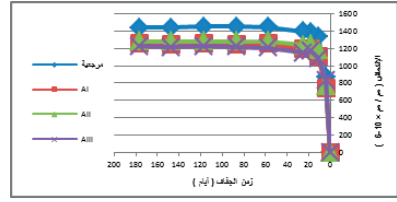


الشكل 12. تأثير نسب إحلال البوزلانا على طول الشق

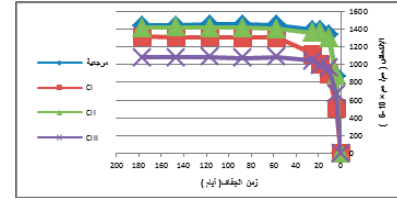
الشكل 11. تأثير نسب إحلال البوزلانا على عرض الشق



الشكل 13. تأثير نسب إحلال البوزلانا على نسبة انخفاض التشققات لم توسط العرض



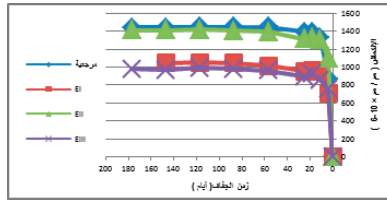
الشكل 15. العلاقة بين معدل الإنكماش وزمن الجفاف لموقع سبها



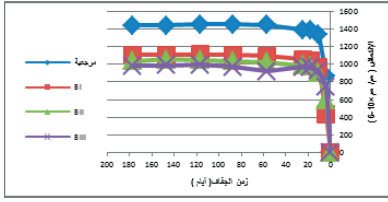
الشكل 17. العلاقة بين معدل الإنكماش وزمن الجفاف لموقع العافية



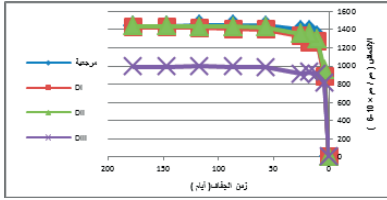
الشكل 19. العلاقة بين معدل الإنكماش وزمن الجفاف لموقع تاروت



الشكل 14. تأثير نسب إحلال البوزلانا على نسبة انخفاض التشققات للطول الكلي



الشكل 16. العلاقة بين معدل الإنكماش وزمن الجفاف لموقع تمنهنت



الشكل 18. العلاقة بين معدل الإنكماش وزمن الجفاف لموقع آقار



#### 4. الخلاصة والتوصيات :

دراسة خصائص انكماش الخرسانة في حالتها اللدنة والصلبة باستخدام المواد البوزلانية المحلية المتمثلة في الطين المكلس ( الكاولينا ) والمستخرج من المواقع الخمسة المستهدفة بالدراسة ( سبها ، تمنهنت ، العافية ، آقار ، وتاروت ) أعطت نتائج جيدة وبيّنت وجود تأثير إيجابي على أغلب خصائص الخلطات المدروسة . وقد خلصت هذه الدراسة إلى إمكانية استخدام هذه الأطنان كمواد بوزلانية طبيعية بعد معالجتها حرارياً وطحنها إلى درجة نعومة كافية ، ومن ثم إدخالها في إنتاج الخرسانة لتحقيق بعض الأهداف المرجوة كخفض التكلفة وزيادة المتانة عن طريق تحسين بعض خصائص الإنكماش للخرسانة مثل التقليل من معدل التبخر لمياه الخلط وتأخير زمن ظهور تشققات الهبوط اللدن والحد من اتساعها ، بالإضافة للتقليل من معدل الإنكماش في فترة جفاف الخرسانة .

#### 5. المراجع :

- 1- Hamza M. A. " Use of Local Pozzolanic Materials for Concrete Production", Thesis Submitted for Partial Fulfillment for the Requirements of M.Sc. Degree Sebha university–Libya, May, 2008.
- 2- Abdelkader.M.Alajwad " Durability of pozzolanic concrete: Corrosion reactivity of south Libya clay" May 2013.
- 3- Erhan G. " Improving strength, drying shrinkage, and pore structure of concrete using metakaolin " Turkey 2007 .
- 4- Pipat Termkhajornkit , Masashi Nakai " Effect of fly ash on autogenous shrinkage " Hokkaido University – Japan , July 2004 .
- 5- American Society for Testing and Materials "ASTM C618–03 : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete" 2003 .
- 6- American Concrete Institute " ACI 209.2R–08 : Guide for Modeling and Calculating Shrinkage and Creep in Hardened Concrete" 2008 .
- 7- American Society for Testing and Materials "ASTM C490–08 : Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete" 2008 .
- 8- Libyan mining company, "Kaolin clay deposits in Libya", Website: [www.libyanminingco.com](http://www.libyanminingco.com)., (2004) .



# تأثير الألياف الفولاذية على مقاومة الضغط والشد للخرسانة عالية المقاومة

م. عبدالرحيم المبروك نصر الاسطى  
باحث  
الأكاديمية الليبية  
abduelraheem.alostaa@academy.edu.ly

د. نوري محمد الباشا  
استاذ مشارك  
كلية الهندسة /صبراتة  
nelbasha@zu.edu.ly

## المخلص :

من المعروف أن الخرسانة العالية المقاومة ( HSC ) لها مقاومة ضغط مرتفعة مقارنة بالخرسانة العادية، مما جعلها الأكثر طلبا لتلائمها مع التطور في أعمال البناء و التشييد، والفترة الحالية تشهد ثورة في تكنولوجيا الخرسانة حيث تم التغلب على التناقض الناشئ بين المقاومة العالية و القابلية المنخفضة للتشغيل بإضافة الملدنات الفائقة والإضافات المعدنية التي تسمح باستخدام نسبة قليلة من الماء في الخرسانة مع قابلية عالية للتشغيل. أجريت العديد من الأبحاث لدراسة تأثير الألياف الفولاذية على الخرسانة العالية المقاومة . حيث أجرى [4] دراسة أضيفت فيها الألياف بنسبة ( % 1 =  $V_f$  ) وبطول (  $L=50\text{ mm}$  ) و قطر (  $d=1\text{ mm}$  ) أدت الى تحسن ملحوظ في مقاومة الضغط والشد الغير المباشر. كما أظهرت دراسة أجراها [5] أضيفت بها الألياف بنسبة 3 % وبطول 30 ملم وبقطر 0.5 ملم. وأجرى [6] دراسة بإضافة الألياف بنسبة 2 % وبطول 35 ملم وبقطر 0.55 ملم أدت كلاهما الى تحسن كبير ولكن متفاوت في مقاومة الخرسانة للضغط والشد الغير المباشر. ويرجع الاختلاف في نسبة تأثير الألياف على مقاومة الخرسانة بنسبة كبيرة الى مايعرف في الكثير من المراجع بمعامل التعزيز وهو عبارة (  $l/d \times V_f$  ) فمن هنا أستمدت فكرة هذا البحث لتوفير البيانات التجريبية على مقاومة الضغط و الشد غير المباشر للخرسانة العالية المقاومة المضاف إليها الألياف الفولاذية (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1) % كنسبة حجمية و غبار السيليكا بنسب وزنية (5, 10, 15) % من الإسمنت و باستخدام مواد محلية أثناء تعرضها لظروف المعالجة المعتادة.

الكلمات الدالة : الخرسانة العالية المقاومة ، الألياف الفولاذية ، غبار السيليكا ، مقاومة الضغط و مقاومة الشد مباشر

## Abstract

The marked brittleness with low tensile strength and strain capacities of high-strength concrete (HSC) can be overcome by the addition of steel fibers. This research investigated the effects of hooked-end steel fiber content with different silica fume (S.F.) content on the mechanical properties of HSC. This study depends on 3 main reference concrete mix contains silica fume (5%, 10%, 15%) as a percentage of the weight of cement. and Also, 3.5% of the super plasticizers type (Plastocrete ®-N) has been added to all concrete mixes.

The steel fibers were added at the volume fractions of (0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 0.8 %,1 %). Compressive and splitting tensile strengths were conducted.

The main conclusions were that the compressive strength and splitting tensile strengths of the fiber-reinforced concrete enhanced by 10% and 50% respectively at 1.0% volume fraction, and 10% of S.F . Strength models were established to predict the splitting tensile strengths by knowing the compressive strength and a model to predict a compressive Strength by using enhancement factor.

## 1. المقدمة

من المعروف أن الخرسانة العالية المقاومة ( HSC ) لها مقاومة ضغط مرتفعة مقارنة بالخرسانة العادية، مما جعلها الأكثر طلباً لتلائمها مع التطور في أعمال البناء و التشييد، والفترة الحالية تشهد ثورة في تكنولوجيا الخرسانة حيث تم التغلب على التناقض الناشئ بين المقاومة العالية و القابلية المنخفضة للتشغيل بإضافة المدونات الفائقة والإضافات المعدنية التي تسمح بإستخدام نسبة قليلة من الماء في الخرسانة مع قابلية عالية للتشغيل.

إن للمدونات القدرة على تفكيك جزيئات الإسمنت مما يحرر المياه المحجوزة بين الجزيئات المؤدي إلى تعزيز قابلية التشغيل و إعطاء الفرصة الى الإضافات المعدنية الدقيقة للتغلغل بين حبيبات الإسمنت مما يزيد من كثافة الخرسانة والذي يحسن بدوره من مقاومة الضغط وأهم هذه الإضافات غبار السيليكا [1]. إن الزيادة في مقاومة الخرسانة تعني مباني أعلى وبمساحات أكبر مما يترتب عليه ضرورة تحسين مقاومة الشد للخرسانة. ولهذا يتم اللجوء الى بعض الإضافات ذات التكلفة البسيطة والتشغيلية الجيدة لزيادة مقاومة الشد للخرسانة مع ضمان التحسين لمقاومة الضغط أو على الأقل دون التأثير عليها سلباً. لذلك يتم إستخدام الألياف الفولاذية لينتج عن هذه الإضافة خرسانة ليفية عالية المقاومة ( HSFRC ) تعزز مقاومة الشد للخرسانة وأيضاً تقاوم الشقوق وتقلل من إنتشارها [2]. حيث تعتبر الخرسانة المسلحة بالألياف وسيلة للتعويض عن الحديد والمشبكات الحديدية لدورها في تحسين المطيلية والمتانة للخرسانة وأيضاً تقليل قابلية الخرسانة للإنفجار عند التعرض للحرائق. كما تتميز بسهولة في الإستخدام والإنهاء وتغطي عامل أمان جيد [3].

أجريت العديد من الأبحاث لدراسة تأثير الألياف الفولاذية على الخرسانة العالية المقاومة . حيث أجرى [4] دراسة أضيفت فيها الألياف بنسبة ( % 1 =  $V_f$  ) وبطول (  $L=50$  mm ) و بقطر (  $d=1$  mm ) أدت الى تحسن ملحوظ في مقاومة الضغط والشد الغير المباشر . كما أظهرت دراسة أجراها [5] أضيفت بها الألياف بنسبة 3 % وبطول 30 ملم وبقطر 0.5 ملم. وأجرى [6] دراسة بإضافة الألياف بنسبة 2 % وبطول 35 ملم وبقطر 0.55 ملم أدت كلاهما الى تحسن كبير ولكن متفاوت في مقاومة الخرسانة للضغط والشد الغير المباشر. ويرجع الإختلاف في نسبة تأثير الألياف على مقاومة الخرسانة بنسبة كبيرة الى مايعرف في الكثير من المراجع بمعامل التعزيز وهو عبارة (  $l/d \times V_f$  ) فمن هنا أستمدت فكرة هذا البحث لتوفير البيانات التجريبية على مقاومة الضغط و الشد غير المباشر للخرسانة العالية المقاومة المضاف إليها الألياف الفولاذية ( 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 ) % كنسبة حجمية وغبار السيليكا بنسب وزنية ( 5, 10, 15 ) % من الإسمنت و بإستخدام مواد محلية أثناء تعرضها لظروف المعالجة المعتادة.

## 2. البرنامج العملي

### 1.2 المواد المستخدمة

الإسمنت

أستخدم الإسمنت البورتلاندي العادي في جميع الخلطات المورد من ( شركة اتحاد المقاولون العرب ) نوع (N42.5)،

والجدول رقم (1) يوضح الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت، المطابقة للمواصفة القياسية البريطانية [7].

جدول (5) نتائج الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت

| الاختبار                                 | النتيجة                | حدود المواصفة البريطانية |
|--|------------------------|--------------------------|
| الوزن النوعي                             | 3.15                   |                          |
| زمن الشك الابتدائي                       | 90 دقيقة               | < 45                     |
| زمن الشك النهائي                         | 2:15 ساعة              | > 600                    |
| مقاومة الضغط للمونة الاسمنتية عند 28 يوم | 48.70 م/م <sup>2</sup> | < 41                     |

الركام الناعم

أستخدم في هذا البحث رمل زليتن حيث يبين الجدول (2) الخواص الفيزيائية والميكانيكية و الجدول (3) يبين التحليل

المنخلي للركام ومدى مطابقتها للمواصفات البريطانية [8] و [9].

جدول (6) نتائج الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام الناعم

| الاختبار                       | النتيجة | حدود المواصفة البريطانية |
|--------------------------------|---------|--------------------------|
| الوزن النوعي Specific Gravity  | 2.71    | 2.5-2.7                  |
| نسبة الامتصاص Absorption       | 1 %     | لا تزيد عن 3%            |
| معامل النعومة Fineness Modules | 1.53    | > 4                      |

جدول رقم (3) يبين التحليل المنخلي للركام الناعم

| قطر المنخل ( ملم )  | 2.36   | 1.18   | 0.6    | 0.3  | 0.15 |
|---------------------|--------|--------|--------|------|------|
| نسبة المار ( % )    | 100    | 100    | 97.4   | 35.2 | 4    |
| المواصفة البريطانية | 80-100 | 70-100 | 55-100 | 5-70 | 0-15 |

الركام الخشن

تم إستخدام ركام مورد من محجر رأس اللفع وأخذت عينات لإجراء التحليل المنخلي و الجداول (4)،(5) يبينان الخواص

الفيزيائية و الميكانيكية والتحليل المنخلي للركام الخشن ومدى مطابقتها للمواصفات البريطانية [8] ، [9] ، [10] ، [11].

جدول (4) يبين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن

| الاختبار                 | الوزن النوعي Specific Gravity | نسبة الامتصاص Absorption | معامل الصدم Impact Value | معامل التهشيم Crushing Value |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| النتيجة                  | 2.71                          | 2.38 %                   | 18.84 %                  | 26.25 %                      |
| حدود المواصفة البريطانية | 2.5-2.7                       | لا تزيد عن 3%            | لا يزيد عن 45%           | لا يزيد عن 45%               |

جدول ( 5 ) يبين التحليل المنخلي للركام الخشن

| 2.36 | 4.75 | 9.5  | 14     | 19  | 37.5 | قطر المنخل ( ملم )  |
|------|------|------|--------|-----|------|---------------------|
| 4    | 0.08 | 26.8 | 73.04  | 100 | 100  | نسبة المار ( % )    |
| -    | 0-10 | 0-50 | 85-100 | 100 | -    | المواصفة البريطانية |

#### الماء

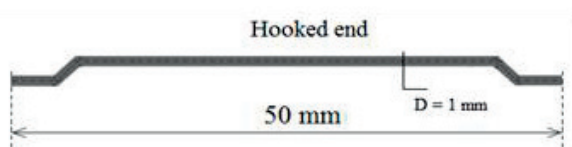
أستخدم الماء المتوفر بالمعمل في الخلطات الخرسانية حيث أن مجموع الأملاح الذائبة لا يتعدى 2000 ملي جرام / لتر وهو مطابق للمواصفات القياسية لليبية م. ق. ل. (1988-294).

#### الألياف الفولاذية

أستخدمت ألياف الفولاذية المعقوفة الجانبين ويبين الشكل (1) والجدول (6) نوع ومواصفات الألياف المستخدمة.

جدول ( 6 ) يبين مواصفات الألياف الفولاذية

| Fiber type       | Tensile strength (MPa) | Young modulus (GPa) | Ultimate Elongation percent | Specific Gravity |
|------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|
| hooked end Steel | >1000                  | 200                 | 30-25                       | 7.85             |



الشكل (1) يبين نوع الألياف الفولاذية المستخدمة

#### المدن الفائق

في هذا البحث أستخدم مدن فائق بإسم ( Plastocrete ®-N ) بنسبة ( 3.5 % ) بالنسبة لوزن الإسمنت كما هو موصى من قبل الشركة المنتجة وهو مطابق للمواصفات الأمريكية [12] .

#### غبار السيليكا

هي مادة عبارة عن ناتج ثانوي من صناعة سبائك السيليكون والفيروسليكون وتتكون من حبيبات دقيقة مساحتها السطحية حوالي أربعة الى خمسة أمثال المساحة السطحية للأسمنت، والجدول ( 7 ) يبين الخصائص الفيزيائية لغبار السيليكا .

جدول ( 7 ) يبين الخصائص الفيزيائية لغبار السيليكا

| حجم الجسيمات    | الوزن النوعي | المساحة السطحية                  |
|-----------------|--------------|----------------------------------|
| $\mu\text{m} >$ | 2.2          | 30,000-13,000 كجم/م <sup>2</sup> |

## 2.2 الخلطة الخرسانية

أستخدم ملدن فائق بنسبة ثابتة ( 3.5 % ) في كل الخلطات وثلاثة نسب من غبار السيليكا (5% ، 10 % ، 15 %) والألياف بنسبة (0.2% ، 0.4% ، 0.6% ، 0.8% ، 1%)، والجدول ( 8 ) يبين نسب المواد المقترحة لهذه الدراسة.

جدول ( 8 ) كمية المواد الداخلة في الخلطة الخرسانية

|                   | Cement | Silica | Fine Agg | Coarse Agg | S-P  | Water |
|-------------------|--------|--------|----------|------------|------|-------|
| <b>Silica 5%</b>  | 475    | 25     | 659      | 1162       | 17.5 | 150   |
| <b>Silica 10%</b> | 450    | 50     | 659      | 1162       | 17.5 | 150   |
| <b>Silica 15%</b> | 425    | 75     | 659      | 1162       | 17.5 | 150   |
|                   | kg     | kg     | Kg       | kg         | l    | l     |

### طريقة الخلط

تم ضبط نسب الخلط لمكونات الخرسانة وذلك بإستعمال الميزان الحساس، وخلطة ميكانيكية تتناسب مع الكمية المطلوبة. مع ثبات زمن الخلط لجميع الخلطات وترتيب وضع مكونات الخلط في الخلاطة، ثم بدأ الخلط بإضافة غبار السيليكا الى الإسمنت وخلطهما لمدة 3 دقائق ثم إضافة الركام الناعم والخشن ويستمر الخلط لمدة ثلاثة دقائق ثم تضاف الألياف الفولاذية والخلط لفترة تضمن الإنتشار الجيد لألياف الفولاذ ومن ثم إضافة خليط الماء والملدن الفائق الممزوجان مسبقا وتخلط كل المواد حتي يتم الوصول للتجانس المطلوب. بعد ذلك يتم صب العينات وتدمك يدويا في قوالب حديدية مكعبة بأبعاد 150 × 150 × 150 مم وفقا المواصفات البريطانية [13] و إسطوانية بحجم 150 × 300 مم، وفقا لنفس المواصفات [14] ، ويتم صب القوالب على ثلاث طبقات ثم يتم تسوية أسطح القوالب.

### إعداد العينات

يتم تجهيز القوالب الخاصة بالإختبارات لصب الخلطات الخرسانية فيها تم تترك لمدة 24 ساعة لتجف و تصل إلي مرحلة الثبات في الحجم، والعينات تتمثل في عدد 36 مكعب لكل خلطة لغرض إجراء إختبار الضغط، 6 مكعبات منها لغرض إختبار الخلطة المرجعية من دون الألياف الفولاذية ثلاثة مكعبات لكل فترة زمنية ( 7 أيام ، 28 يوم ) ، و 30 مكعب منها للخلطة المرجعية مضافة إليها الألياف الفولاذية بالنسب المطلوبة وكل خلطة بنسبة معينة من الألياف الفولاذية يتم إختبار ثلاثة مكعبات منها لكل فترة زمنية ( 7 أيام ، 28 يوم ). وعدد 30 إسطوانة لكل خلطة لحساب مقاومة الشد الغير المباشر، 6 منها لغرض إختبار الخلطة المرجعية من دون الألياف الفولاذية ثلاثة لكل فترة زمنية ( 7 أيام ، 28 يوم )، و 30 إسطوانة منها للخلطة المرجعية مضافة إليها الألياف بنسبة (0.2 ، 0.4 ، 0.6 ، 0.8 ، 1) % وكل خلطة بنسبة معينة من الألياف الفولاذية يتم إختبار ثلاثة إسطوانات لكل فترة زمنية ( 7 أيام ، 28 يوم ).

### 3.2 فترة المعالجة

جدول ( 9 ) يبين نتائج إختبارات الضغط والشد الغير مباشر عند نسبة غبار السيليكا 5 % لكل فترة زمنية

المعالجة هي عملية تستعمل لتحفيز إماهة الإسمنت والحفاظ على درجة الحرارة وثبات حركة الرطوبة من وإلى الخرسانة في محيط ملائم أثناء المراحل المبكرة لصب الخلطة الخرسانية. فبعد مرور 24 ساعة علي صب عينات الإختبارات في القوالب الخاصة بتنزع العينات من القوالب وتبدأ مرحلة المعالجة وذلك بغمر العينات في أحواض ماء نقي درجة حرارتها 20 درجة مئوية وتبقي هذه العينات مغمورة بالماء إلي حين إنتهاء المدة المحددة للمعالجة وفقا للمواصفات البريطانية [15]. وبعد إنتهاء مدة المعالجة يتم إخراج العينات الخرسانية من أحواض الماء وتترك حتى تجف ثم تنقل لإجراء إختبارات الضغط والشد الغير المباشر عليها حسب المواصفات البريطانية [16] و [17].

### 3. مناقشة النتائج

أولا عند إضافة غبار السيليكا بنسبة 5 %

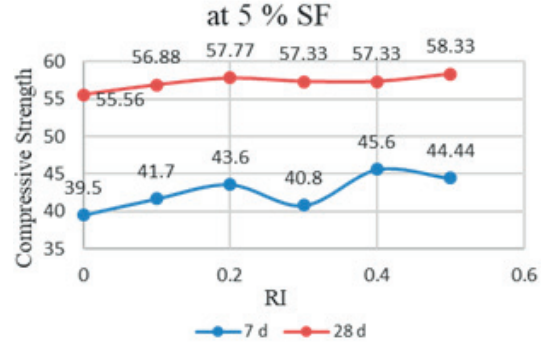
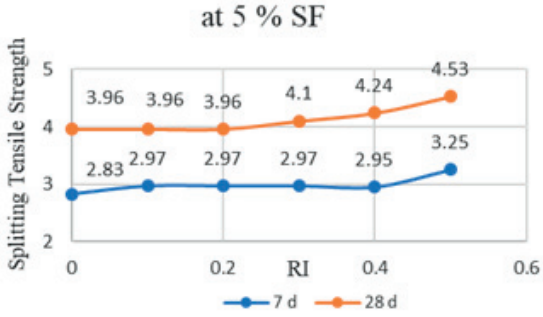
الضغط

من خلال النتائج المبينة في الجدول (9) نلاحظ زيادة تدريجية في مقاومة الضغط تتزامن مع الزيادة في نسبة الألياف الفولاذية حيث أن أعلى قيمة لمقاومة الضغط بعد 7 أيام كانت عند إضافة الألياف الفولاذية بنسبة 0.8 % ومعامل تعزيز 0.4 وصلت و 45.6 نيوتن/ملم<sup>2</sup> بنسبة تحسن 15 % مقارنة بنتائج الخلطة المرجعية، بينما كانت أعلى مقاومة بعد 28 يوم بنسبة تحسن 5 % عند إضافة الألياف بنسبة 1 % ومعامل التعزيز 0.5 . وهذه النتائج إختلفت مع المرجع [4] حيث أن إضافة الألياف أثرت سلبيا على الخرسانة ويرجح ذلك إلى إستخدامهم عينات مكعبة بأبعاد 10 × 10 سم وركام خشن بمقياس إعتباري 10 ملم وألياف فولاذية متموجة. بينما إتفقت نتائج المرجع [18] مع نتائج دراستنا تقريبا ويرجح السبب إلى إستخدامه ألياف فولاذية ذات الأطراف المعقوفة وركام خشن بمقياس إعتباري أكبر من 12-19 ملم وأيضا نتيجة إستخدام العينات الإسطوانية ذات الأبعاد 150 × 300 ملم .

الشد الغير مباشر

بعد المقارنة بنتائج الخلطة المرجعية كانت أعلى زيادة في مقاومة الشد الغير المباشر بنسبة 15 % عند إضافة الألياف الفولاذية بنسبة 1 % ومعامل تعزيز 0.5 بعد 7 أيام، و بينما كانت أعلى نسبة زيادة بعد 28 يوم هي 14 % عند إضافة نفس نسبة الألياف وبنفس معامل التعزيز . وهذه النتائج إتفقت نوعا ما مع نتائج كل من المرجع [4] و [18] من حيث نسبة التحسن في مقاومة الشد الغير مباشر لأن العامل الأهم هو تواجد الألياف الفولاذية في طريق خط الكسر مما يحسن من مقاومة الشد الغير المباشر للخرسانة.

| SF % | V <sub>r</sub> % | RI  | f <sub>c</sub> (Mpa) |             | f <sub>sp</sub> (Mpa) |             |
|------|------------------|-----|----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
|      |                  |     | 7 d                  | 28 d        | 7 d                   | 28 d        |
| 5    | 0                | 0   | 39.5                 | 55.56       | 2.83                  | 3.96        |
|      | 0.2              | 0.1 | 41.7                 | 56.88       | 2.97                  | 3.96        |
|      | 0.4              | 0.2 | 43.6                 | 57.77       | 2.97                  | 3.96        |
|      | 0.6              | 0.3 | 40.8                 | 57.33       | 2.97                  | 4.1         |
|      | 0.8              | 0.4 | 45.6 (15%)           | 57.33       | 2.95                  | 4.24        |
|      | 1                | 0.5 | 44.44                | 58.33 (5 %) | 3.25 (15 %)           | 4.53 (14 %) |



الشكل ( 2 ) يبين نتائج مقاومة الضغط عند إضافة غبار سيليكيا 5 % الشكل ( 3 ) يبين نتائج مقاومة الشد الغير المباشر عند إضافة غبار سيليكيا 5 % ويمكن تمثيل العلاقة بين مقاومة الضغط بعمر 28 يوم ومعامل التعزيز والمقاومة للخلطة المرجعية عند كل نسبة غبار

السيليكيا بالمعادلة التالية :-

$$\hat{f}_c = f_{ci} + 8.82 RI - 9.2 RI^2 \quad (1)$$

$$\hat{f}_{sp} = f_{spi} - 0.7 RI + 3.58 RI^2 \quad (2)$$

$$\hat{f}_{sp} = 1.44 RI - 0.082 \hat{f}_c + 8.5 \quad (3)$$

جدول (10) يبين مقاومة الضغط والشد الغير مباشر المتوقعة عن طريق المعادلات ونسبة الخطاء بعد 28 يوم

| SF % | V <sub>r</sub> % | RI  | f <sub>c</sub> (Mpa) |           |                      | f <sub>sp</sub> (Mpa) |           |                      |
|------|------------------|-----|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|-----------|----------------------|
|      |                  |     | Measured             | Predicted | Prediction error (%) | Measured              | Predicted | Prediction error (%) |
| 5    | 0                | 0   | 55.56                | 55.56     | 0                    | 3.96                  | 3.96      | 0                    |
|      | 0.2              | 0.1 | 56.88                | 56.35     | - 0.9                | 3.96                  | 3.92      | -1.01                |
|      | 0.4              | 0.2 | 57.77                | 56.95     | - 1.41               | 3.96                  | 3.96      | 0                    |
|      | 0.6              | 0.3 | 57.33                | 57.37     | 0.07                 | 4.1                   | 4.07      | -0.73                |
|      | 0.8              | 0.4 | 57.33                | 57.61     | 0.48                 | 4.24                  | 4.25      | 0.23                 |
|      | 1                | 0.5 | 58.33                | 57.67     | -1.13                | 4.53                  | 4.5       | -0.66                |

$$\text{Prediction error} = \frac{\text{Predicted} - \text{Measured}}{\text{Measured}} \times 100$$

ثانياً :- عند إضافة غبار السيليكا بنسبة 10 %

الضغط

من النتائج المبينة في الجدول ( 11 ) نلاحظ زيادة في مقاومة الضغط تتزامن مع الزيادة في نسبة الألياف حيث أن أعلى قيمة لمقاومة الضغط بعد 7 أيام عند إضافة الألياف بنسبة 1 % ومعامل تعزيز 0.5 وصلت ل 48.44 نيوتن/ملم<sup>2</sup> بنسبة تحسن 6 % مقارنة بنتائج الخلطة المرجعية، وكانت أعلى مقاومة بعد 28 يوم بنسبة تحسن 11% عند نسبة ألياف 1% ومعامل التعزيز 0.5. و النتائج إتفقت مع المراجع [6] ، [19] ، [20] حيث أن إضافة الألياف أثرت إيجابيا بدرجة متفاوتة على الخرسانة ويرجع ذلك للإختلاف البسيط في معامل التعزيز والتوزيع العشوائي للألياف الفولاذية.

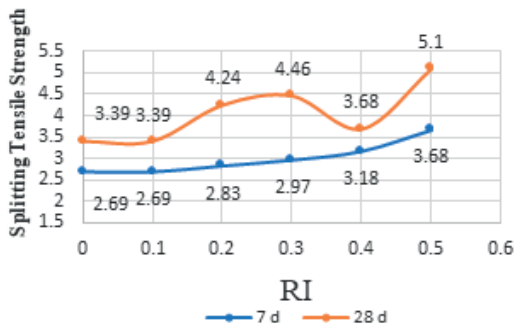
الشد الغير مباشر

كانت أعلى زيادة في مقاومة الشد الغير المباشر بنسبة 37 % عند إضافة الألياف الفولاذية بنسبة 1 % ومعامل تعزيز 0.5 بعد 7 أيام، وبينما كانت أعلى نسبة زيادة بعد 28 يوم هي 50 % عند إضافة نفس نسبة الألياف وب نفس معامل التعزيز. وإتفقت النتائج مع المراجع [6] ، [19] ويرجع سبب تأثير الألياف الفولاذية الكبير نسبيا على مقاومة الشد الغير المباشر للخرسانة إلى أن نسبة غبار السيليكا 10 % أدت إلى وصول الخلطة الخرسانية إلى أفضل تجانس مما أدى إلى مقاومة ضغط جيدة وهذه المقاومة زادت من الضغط حول الألياف الفولاذية مما أجل عملية سلب الألياف وإنهيار العينات.

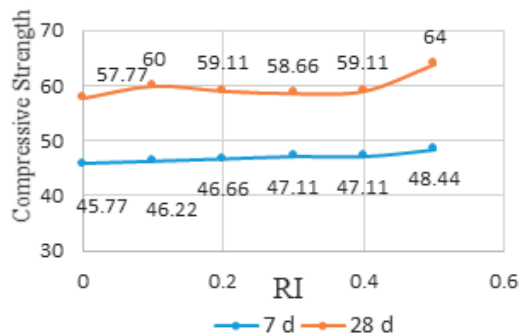
جدول ( 11 ) يبين نتائج إختبارات الضغط والشد الغير مباشر عند نسبة غبار السيليكا 10 % لكل فترة زمنية

| SF % | V <sub>r</sub> % | RI  | f <sub>c</sub> (Mpa) |            | f <sub>sp</sub> (Mpa) |           |
|------|------------------|-----|----------------------|------------|-----------------------|-----------|
|      |                  |     | 7 d                  | 28 d       | 7 d                   | 28 d      |
| 10   | 0                | 0   | 45.77                | 57.77      | 2.69                  | 3.39      |
|      | 0.2              | 0.1 | 46.22                | 60         | 2.69                  | 3.39      |
|      | 0.4              | 0.2 | 46.66                | 59.11      | 2.83                  | 4.24      |
|      | 0.6              | 0.3 | 47.11                | 58.66      | 2.97                  | 4.46      |
|      | 0.8              | 0.4 | 47.11                | 59.11      | 3.18                  | 3.68      |
|      | 1                | 0.5 |                      | 48.44 (6%) | 64 (11%)              | 3.68(37%) |

at 10 % SF



at 10 % SF



الشكل (5) نتائج مقاومة الشد الغير المباشر بإضافة غبار سيليكيا 10 %

الشكل ( 4 ) يبين نتائج مقاومة الضغط بإضافة غبار سيليكيا 10%



وتمثل العلاقة بين مقاومة الضغط والشد الغير المباشر بعمر 28 يوم ومعامل التعزيز بالمعادلات التالية :-

$$\hat{f}_c = \hat{f}_{ci} - 8.65 RI + 33.32 RI^2 \quad (4)$$

$$\hat{f}_{sp} = \hat{f}_{spi} + 2.236 RI + 1.035 RI^2 \quad (5)$$

$$\hat{f}_{sp} = 1.87 RI + 0.11 \hat{f}_c - 3.01 \quad (6)$$

الجدول ( 12 ) يبين مقاومة الضغط والشد الغير مباشر المتوقعة عن طريق المعادلات ونسبة الخطاء بعد 28 يوم

| SF % | V <sub>f</sub> % | RI  | f <sub>c</sub> (Mpa) |           |                      | f <sub>sp</sub> (Mpa) |           |                      |
|------|------------------|-----|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|-----------|----------------------|
|      |                  |     | Measured             | Predicted | Prediction error (%) | Measured              | Predicted | Prediction error (%) |
| 10   | 0                | 0   | 57.77                | 57.77     | 0                    | 3.39                  | 3.39      | 0                    |
|      | 0.2              | 0.1 | 60                   | 57.23     | -4.61                | 3.39                  | 3.62      | 6.78                 |
|      | 0.4              | 0.2 | 59.11                | 57.37     | -2.94                | 4.24                  | 3.87      | -8.72                |
|      | 0.6              | 0.3 | 58.66                | 58.17     | -0.83                | 4.46                  | 4.15      | -6.95                |
|      | 0.8              | 0.4 | 59.11                | 59.64     | 0.89                 | 3.68                  | 4.45      | 20.9                 |
|      | 1                | 0.5 | 64                   | 61.77     | -3.48                | 5.1                   | 4.76      | -6.66                |

ثالثا:- عند إضافة غبار السيليكا بنسبة 15 %

الضغط

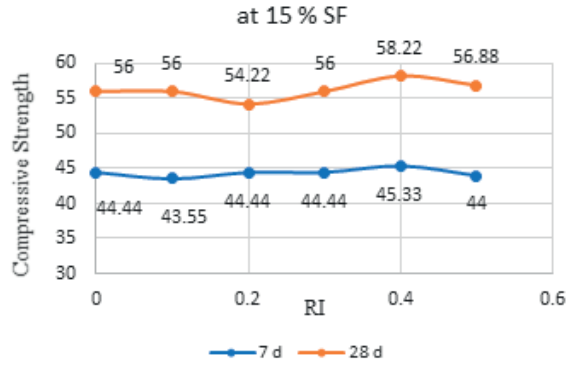
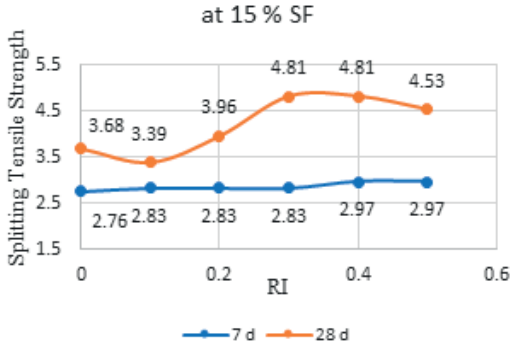
من النتائج المبينة في الجدول ( 13 ) نلاحظ زيادة طفيفة في مقاومة الضغط تتزامن مع زيادة نسبة الألياف حيث أن أعلى نسبة تحسن لمقاومة الضغط بعد 7 أيام عند نسبة ألياف 0.8 % ومعامل تعزيز 0.4 وكانت 2 % مقارنة بنتائج الخلطة المرجعية، وكانت أعلى مقاومة بعد 28 يوم بنسبة تحسن 4 % عند نسبة ألياف 0.8 % ومعامل التعزيز 0.4. وهذه النتائج قد تختلف جزئيا مع المراجع [4] ، [18] ويرجع ذلك لعدم السيطرة على التوزيع المنتظم للألياف الفولاذية.

الشد الغير مباشر

بمقارنة نتائج الخلطة المرجعية كانت أعلى زيادة في مقاومة الشد الغير المباشر بنسبة 8 % عند إضافة الألياف الفولاذية بنسبة 1 % ومعامل تعزيز 0.5 بعد 7 أيام ، و بينما كانت أعلى نسبة زيادة بعد 28 يوم هي 23 % عند إضافة نفس نسبة الألياف وبمفس معامل التعزيز . و إتفقت تقريبا النتائج مع المراجع [4] و [18] بسبب تأثير الألياف الفولاذية الكبير على مقاومة الشد الغير المباشر للخرسانة والتفاوت البسيط بين النتائج يرجع إلى الإختلاف في معامل لتعزيز .

جدول ( 13 ) يبين نتائج إختبارات الضغط والشد الغير مباشر عند نسبة غبار السيليكا 15 % لكل فترة زمنية

| SF % | V <sub>f</sub> % | RI  | f <sub>c</sub> (Mpa) |           | f <sub>sp</sub> (Mpa) |           |
|------|------------------|-----|----------------------|-----------|-----------------------|-----------|
|      |                  |     | 7 d                  | 28 d      | 7 d                   | 28 d      |
| 15   | 0                | 0   | 44.44                | 56        | 2.76                  | 3.68      |
|      | 0.2              | 0.1 | 43.55                | 56        | 2.83                  | 3.39      |
|      | 0.4              | 0.2 | 44.44                | 54.22     | 2.83                  | 3.96      |
|      | 0.6              | 0.3 | 44.44                | 56        | 2.83                  | 4.81      |
|      | 0.8              | 0.4 | 45.33(2%)            | 58.22(4%) | 2.97                  | 4.81      |
|      | 1                | 0.5 | 44                   | 56.88     | 2.97(8%)              | 4.53(23%) |



الشكل ( 6 ) نتائج مقاومة الضغط عند إضافة غبار سيليكيا 15%  
 الشكل ( 7 ) نتائج مقاومة الشد الغير المباشر بإضافة غبار سيليكيا 15 %  
 ويمكن تمثيل العلاقة بين مقاومة الشد الغير المباشر بعمر 28 يوم ومعامل التعزيز والمقاومة للخلطة المرجعية بالمعادلة  
 التالية :-

$$\hat{f}_c = \hat{f}_{ci} - 4.6 RI + 16.6 RI^2 \quad (7)$$

$$\hat{f}_{sp} = \hat{f}_{spi} + 4.66 RI - 3.98 RI^2 \quad (8)$$

$$\hat{f}_{sp} = 2.46 RI + 0.057 \hat{f}_c + 0.33 \quad (9)$$

جدول ( 14 ) يبين مقاومة الضغط والشد الغير مباشر المتوقعة عن طريق المعادلات ونسبة الخطاء بعد 28 يوم

| SF % | V <sub>f</sub> % | RI  | f <sub>c</sub> (Mpa) |           |                      | f <sub>sp</sub> (Mpa) |           |                      |
|------|------------------|-----|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|-----------|----------------------|
|      |                  |     | Measured             | Predicted | Prediction error (%) | Measured              | Predicted | Prediction error (%) |
| 10   | 0                | 0   | 56                   | 56        | 0                    | 3.68                  | 3.68      | 0                    |
|      | 0.2              | 0.1 | 56                   | 55.7      | -0.53                | 3.39                  | 4.1       | 20.9                 |
|      | 0.4              | 0.2 | 54.22                | 55.74     | 2.8                  | 3.96                  | 4.45      | 12.37                |
|      | 0.6              | 0.3 | 56                   | 56.11     | 0.196                | 4.81                  | 4.72      | -1.87                |
|      | 0.8              | 0.4 | 58.22                | 56.81     | -2.42                | 4.81                  | 4.9       | 1.87                 |
|      | 1                | 0.5 | 56.88                | 57.85     | 1.7                  | 4.53                  | 5         | 10.37                |

#### 4. الاستنتاجات

- أعلى مقاومة ضغط سجلت للخلطات المرجعية كانت عند إضافة غبار السيليكيا بنسبة 10% وأعلى مقاومة للشد الغير المباشر عند نسبة 5 % غبار سيليكيا.
- عند إضافة الألياف الفولاذية كانت أعلى نسبة تأثير لمقاومة الضغط 11% عند إضافة الألياف الفولاذية بنسبة 1% وأعلى نسبة تأثير إيجابي لمقاومة الشد الغير المباشر كانت 50 % لنسبة الألياف نفسها.
- الزيادة في قيم مقاومة الضغط والشد الغير المباشر يرجح إلى تماسك مكونات الخرسانة حيث أن الألياف لعبت دور كبير في مقاومة وإعادة توزيع الشروخ ومنعها من التنامي بالخرسانة.

- نتائج الدراسة تكاد تتفق في نسبة التحسن لمقاومة الضغط بغض النظر عن نسبة غبار السيليكا ومعامل التعزيز مع نتائج أغلب الدراسات السابقة. ويرجع ذلك لأن طول الألياف ونسبتها لهما تأثير جيد وواضح على مقاومة الضغط ولكن لايحاكي الزيادة في نسبة الألياف أو طولها لأن الخرسانة تنهار قبل أن يستفاد من الزيادة في نسبة الألياف.
- نتائج الدراسة تختلف في نسبة التحسن لمقاومة الشد الغير المباشر بغض النظر عن نسبة غبار السيليكا مع نتائج أغلب الدراسات السابقة. والسبب بلا أدنى شك هو معامل التعزيز وذلك لأن طول الألياف ونسبتها لهما تأثير جيد وواضح على مقاومة الشد الغير مباشر حيث أن كل مازادت نسبة الألياف وطولها تزيد احتمالية تواجدها ضمن مسار خط الكسر في الخرسانة مما يزيد من مقاومتها للشد.
- لابد من وجود تفاوت في النتائج بين المراجع أو حتى عند إعادة نفس النسب لهذه الدراسة وذلك يرجع إلى صعوبة السيطرة على توزيع الألياف بطريقة متساوية أثناء عملية الخلط .

## 5. المراجع

- [1] Z. Li, *Advanced Concrete Technology*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2011, pp. p 270–271.
- [2] C. Tasdemir, M. . A. Tasdemir, F. . D. Lydon and B. I. G. Barr, "EFFECTS OF SILICA FUME AND AGGREGATE SIZE ON THE BRITTLENESS OF CONCRETE," *Cement and Concrete Research*, vol. 26, no. 1, pp. 63–68, 1996.
- [3] K. D. Raithby, J. W. Galloway and R. I. T. Williams, "Polypropylene–reinforced cement composites for surface reinforcement of concrete structures," *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, vol. 3, no. 4, pp. 237–246, 1981.
- [4] D .Yousif and H. Shams–Aldeen, "Mechanical Properties of High Strength Steel Fiber Reinforced Concrete," *Iraq Academic Scientific Journal*, pp. P 27–39, 2013.
- [5] H. M. Al–Hassani, W. I. Khalil and L. S. Danha, "Mechanical Properties of Reactive Powder Concrete (RPC) with Various Steel Fiber and Silica Fume Contents," *Engineering and Technology Journal*, vol. 31, no. 16, pp. 3090–3108, 2013.
- [6] P. S. Song and S. Hwang, "Mechanical properties of high–strength steel fiber–reinforced concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 18, no. 9, pp. 669–673, 2004.
- [7] BS 12:1996: Specification for Portland cement.
- [8] BS812: Part2: 1995: Methods for determinations of density and absorption..
- [9] BS 812: Part 103: 1992: Method for determination of particle size distribution..

- [10] BS812: Part110: 1990: Method for determination of aggregate impact..
- [11] BS812: Part112: 1990: Method for determination of aggregate crushing value..
- [12] ASTM C 494–81 type A.
- [13] BS 1881: Part 108: 1983: Method for making test cubes from fresh concrete..
- [14] BS 1881: Part 110: 1983: Method for making test cylinders from fresh concrete..
- [15] BS 1881: Part 111: 1983: Method for normal curing of test specimens (20oC Method)..
- [16] BS1881: Part 116: 1983: Method for determination of compressive strength concrete cubes..
- [17] BS 1881: Part 117: 1983: Method for determination of tensile splitting strength..
- [18] F. Köksal, F. Altun, İ. Yiğit and Y. Şahin, "Combined effect of silica fume and steel fiber on the mechanical properties of high strength concretes," *Construction and building materials*, vol. 22, no. 8, pp. 1874–1880, 2008.
- [19] J. Gao, W. Sun and K. Morino, "Mechanical Properties of Steel Fiber–reinforced High–strength, Lightweight Concrete," *Cement and Concrete Composites*, vol. 19, no. 4, pp. 307–313, 1997.
- [20] V. Afroughsabet and T. Ozbakkaloglu, "Mechanical and durability properties of high–strength concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 94, pp. 73–82, 2015.

## تأثير البوليمر على بعض خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة

م. ايمن هدية الكوت  
مساعد باحث - قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة - جامعة الخمس  
ayman5793@yahoo.com

أ.د مختار معمر أبو راوي  
أستاذ - قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة - جامعة الخمس  
aburawi2050@yahoo.com

### المخلص:

استخدمت الخرسانة البوليميرية في أعمال صيانة وترميم الخرسانة الاسمنتية وفي إنتاج خرسانة أنابيب الصرف الصحي وخرسانة حمامات السباحة وقنوات التصريف وبطبقات رقيقة لتغطية الأرضيات والجسور والخرسانة المعرضة للظروف القاسية على سبيل المثال التربة الملحية، فضلاً عن تنفيذ بعض العناصر الخرسانية سابقة الصب. هذه الاستخدامات أيضاً تم تطبيقها باستخدام خرسانة البوليمر المعدل. تركزت بعض الابحاث على مدى السنوات ال 25 الماضية بدراسة امكانية استخدام البوليمرات في الخرسانة، وحيث ان اضافة البوليمرات للخرسانة الاسمنتية كانت تحظى باهتمام قليل في السنوات الماضية مقارنة بالحجم الكبير لتطبيقات الخرسانة البوليميرية والمثيرة جداً للاهتمام في الوقت الحاضر. تتلخص نتائج هذه الدراسة مع زيادة نسبة البوليمر تحسنت التشغيلية والخواص الميكانيكية، بإضافة البوليمر بنسبة وكحد اقصى 7.5% حيث أظهرت هذه النسبة نتائج مهمة يمكن الاعتماد عليها في تطوير صناعة الخرسانة البوليميرية باستخدام المواد المحلية.

الكلمات الدالة : الخرسانة ، البوليمرات ، خواص الخرسانة الطرية المتصلبة

### Abstract:

Polymeric concrete has been used in the maintenance and restoration of concrete and in the production of sewage pipe concrete, swimming pool concrete, drainage canals and thin layers to cover harsh floors, bridges and concrete, for example, saline soil, as well as about the implementation of some precast concrete elements. These uses have also been applied using modified polymer concrete. Some research has focused over the past 25 years by studying the possibility of using polymers in concrete, and since the addition of polymers to concrete has received little attention in the past years compared to the large size of polymer concrete applications and very interesting at the time Present. The results of this study are summarized with an increase in the proportion of polymers improved workability and mechanical properties, adding polymer by a maximum of 7.5%, which showed important results that can be relied upon in the development of the polymer concrete industry using local materials.

## 1. المقدمة

تعتبر الخرسانة من المواد الرئيسة في البناء، ومع تطور الأساليب المتبعة في إنتاجها بشكل كبير أصبحت الأكثر استخداماً في صناعة التشييد بالمقارنة مع المواد الإنشائية الأخرى. كما أن تطور صناعة هذه المادة شمل أيضاً تحسين خواصها الطرية والمتصلبة، وذلك بإضافة بعض الإضافات الطبيعية والكيميائية وعلى سبيل المثال البوليمرات وفق المواصفة الأمريكية في لجنة المعهد الأمريكي للخرسانة رقم 548 الجزء الخامس. تعتبر البوليمرات مادة قابلة للذوبان والانتشار في الماء، وتستخدم كمضاف أثناء عملية الخلط<sup>[1]</sup>. تعمل البوليمرات كمنشط لعمليات إمالة الإسمنت وتكوين شبكة بوليميرية مستمرة خلال البنية الإنشائية للخرسانة<sup>[2]</sup>، كما تعمل البوليمرات على تحسين خواص الخرسانة الاعتيادية بتقليل حجم الفراغات وزيادة قوة الترابط بين مكوناتها<sup>[3,4]</sup>. تم اكتشاف خرسانة البوليمر في عام 1970، وأصبحت مادة إنشائية سائدة الاستخدام في اليابان وأوروبا وكذلك في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1980<sup>[5]</sup>.

## 2. مشكلة الدراسة

الخرسانة مادة غير متجانسة على الرغم من ان مكوناتها بشكل منفصل تتميز ببعض خصائص التجانس. كل المحاولات السابقة التي أجريت كانت تبحث في كيفية إيجاد الحلول لتحسين خواص مكونات الخرسانة عند الخلط وفي حالتها المتصلبة. لتحقيق ذلك استخدمت أساليب مختلفة في طرق الخلط واختيار المواد ذات الجودة العالية واستخدام بدائل الإسمنتية والمواد البوزلانية والإضافات الطبيعية والكيميائية لتحسين بعض الخواص. تتناول هذه الدراسة في معرفة تأثير مادة البوليمر على الخواص الطرية والمتصلبة باستخدام المواد المحلية كمحاولة لاستخدامها مستقبلاً ضمن مواد الإنشاء لصناعة التشييد.

## 3. أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة لمعرفة تأثير استخدام البوليمرات على خواص الخرسانة، ومحاولة لتوفير بعض البيانات من التجارب العملية لمعرفة طبيعة هذه المادة وتأثيرها على صناعة الخرسانة البوليمرية، وكذلك معرفة تأثير استخدام البوليمرات على خواص الخرسانة الطرية وبعض الخواص الميكانيكية وكذلك على الديمومة، ومعرفة تأثير نسبة الماء الى الاسمنت على الخرسانة البوليميرية المعالجة في ظروف بيئية مختلفة.

#### 4. أهمية الدراسة

تأتي أهمية هذه الدراسة في إمكانية استخدام البوليمرات لإنتاج خرسانة متطورة بمواد محلية الصنع، حيث نتوقع ان اضافة مادة البوليمر سوف يكون لها الاثر الايجابي في تحسين وزيادة المتانة والمقاومة وبعض الخواص الفيزيائية الأخرى مقارنة بالخلطات الخرسانية التقليدية والتي لا تحتوي على هذه المادة.

#### 5. المواد المستخدمة

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي الذي أنتج من قبل مصنع لبدة للإسمنت (الخمس) التابع للشركة الأهلية للإسمنت وخواصه الفيزيائية مطابقة للمواصفات البريطانية BS812:1996<sup>[6]</sup>. كما ان لركام الخشن تم توريده من منطقة العلوص غرب مدينة الخمس، وهو عبارة عن ركام زاوي الشكل ومقاس اعتياري اكبر 10 مم، والجدول رقم 1 يوضح الخواص الفيزيائية للركام الخشن التي تم الحصول عليها من الجهة المصنعة، والجدول رقم 2 يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن حسب المواصفات البريطانية المعتمدة BS882:2002<sup>[7]</sup>.

الجدول 1: الخواص الفيزيائية للركام الخشن

| الاختبار            | نتائج الاختبار        | حدود المواصفات البريطانية BS 882:2002 |
|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| الوزن النوعي        | 2.61                  | 2.7 - 2.5                             |
| نسبة الإمتصاص %     | 2.71%                 | لا تزيد عن 3%                         |
| الكثافة             | 1420kg/m <sup>3</sup> | 1800 - 1400                           |
| معامل الصدم %       | 16.2%                 | > 45%                                 |
| معامل التهشيم %     | 24%                   | > 25%                                 |
| معامل الاستطالة %   | 13%                   | > 40%                                 |
| نسبة المواد الناعمة | 1.4%                  | > 3%                                  |

1

الجدول 2: التحليل المنخلي للركام الخشن وفق المواصفات البريطانية

| مقاس المنخل (mm) | وزن المحجوز (g) | الوزن التراكمي المحجوز (g) | النسبة المئوية للمحجوز (%) | النسبة المئوية المئوية المارة (%) | حدود المواصفات (BS.882:2002) |
|------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 14               | 0               | 0                          | 0                          | 100                               | 100                          |
| 10               | 26.5            | 26.5                       | 0.88                       | 99.12                             | 85-100                       |
| 5                | 2459.1          | 2485.6                     | 82.86                      | 17.14                             | 0-25                         |
| 2.36             | 500.4           | 2986                       | 99.54                      | 0.46                              | 0-5                          |
| الوعاء           | 13.6            | 2999.6                     | -                          | -                                 | -                            |

الركام الناعم تم توريده من محاجر منطقة زليتن، وهو عبارة عن رمل طبيعي خال من الشوائب والوزن النوعي 2.64 ونسبة المواد الناعمة 2.55% والكثافة الظاهرية 1650 kg/m<sup>3</sup> هذه الخواص الفيزيائية مطابقة للمواصفات

البريطانية BS882:2002 [7]. والجدول رقم 3 يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم حسب المواصفات البريطانية

. [7] BS882:2002

الجدول 3: التحليل المنخلي للركام الناعم وفق المواصفات البريطانية

| مقاس المنخل (mm) | وزن المحجوز (g) | الوزن التراكمي للمحجوز (g) | النسبة المئوية للمحجوز (%) | النسبة المئوية المئوية المارة (%) | حدود المواصفات (BS.882:2002) |
|------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 2.36             | 0               | 0                          | 0                          | 100                               | 80 - 100                     |
| 1.18             | 0               | 0                          | 0                          | 100                               | 70 - 100                     |
| 0.6              | 2.8             | 2.8                        | 0.56                       | 99.44                             | 55 - 100                     |
| 0.3              | 261.3           | 264.1                      | 52.82                      | 47.18                             | 5 - 70                       |
| 0.15             | 221.3           | 485.4                      | 97.08                      | 2.92                              | 0 - 5                        |
| 0.075            | 10.9            | 496.3                      | 99.26                      | 0.74                              | -                            |
| الرعاة           | 3.7             | 500                        | 100                        | 0                                 | -                            |

تم استخدام مستحلب البوليمر كمادة مضافة وينسب مختلفة من وزن الاسمنت لإنتاج خرسانة البوليمر والجدول رقم 4 يمثل مواصفات البوليمر المضاف من قبل الشركة.

جدول 4: مواصفات البوليمر المستخدم

| الوصف   | الخصائص                         |
|---|---------------------------------|
| سائل أبيض                                     | اللون                           |
| 1.03 @ 20°C                                   | الوزن النوعي                    |
| 50%   | محتوي المواد الصلبة في البوليمر |
| مستحلب  | الشكل أو المظهر                 |
| يخلط مع الماء بأي نسبة                        | الخلط                           |
| يمكن استخدامه مع كل أنواع الاسمنت البورتلاندي | التوافق                         |

## 6. خلط واعداد مكونات العينات

تم استخدام الماء الخال من المواد العضوية، والمطابق للمواصفات الليبية رقم 294 لسنة 1988 م [8]، وذلك في جميع الخلطات الخرسانية الموضحة في الجدول رقم 5 الذي يبين كميات المواد المستخدمة لإنتاج متر مكعب. تم استخدام نسب مختلفة من مادة البوليمر المضاف مع المحافظة على نسبة ثابتة من الماء للإسمنت والبوليمر. في هذه الدراسة كانت نسب إضافة البوليمر هي 0 و 5 و 7.5 و 10 % من وزن الاسمنت.

جدول 5: مكونات الخلطة الخرسانية

| $\frac{(p+w)}{c}$ | W/C* | بوليمر (لتر)   |                 |              | ماء لتر | الركام كجم/م <sup>3</sup> | الرمل كجم/م <sup>3</sup> | أسمنت كجم/م <sup>3</sup> | الخلطة |
|-------------------|------|----------------|-----------------|--------------|---------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
|                   |      | كمية الماء 50% | مستحلب البوليمر | نسبة الإضافة |         |                           |                          |                          |        |
| 0.40              | 0.40 | 0              | 0               | 0            | 140     | 1110                      | 740                      | 350                      | Ref-1  |
| 0.40              | 0.37 | 8.75           | 17.5            | 5            | 131.25  | 1110                      | 740                      | 350                      | A1     |
| 0.40              | 0.36 | 13.12          | 26.85           | 7.5          | 126.88  | 1110                      | 740                      | 350                      | A2     |
| 0.40              | 0.35 | 17.5           | 35              | 10           | 122.5   | 1110                      | 740                      | 350                      | A3     |
| 0.50              | 0.50 | 0              | 0               | 0            | 160     | 1110                      | 740                      | 350                      | Ref-2  |
| 0.50              | 0.43 | 8.75           | 17.5            | 5            | 151.25  | 1110                      | 740                      | 350                      | B1     |
| 0.50              | 0.42 | 13.12          | 26.25           | 7.5          | 146.88  | 1110                      | 740                      | 350                      | B2     |
| 0.50              | 0.40 | 17.5           | 35              | 10           | 142.5   | 1110                      | 740                      | 350                      | B3     |

\* (w/c) = نسبة الماء الي الاسمنت. (p+w/c) = نسبة الماء مع البوليمر الي الاسمنت.

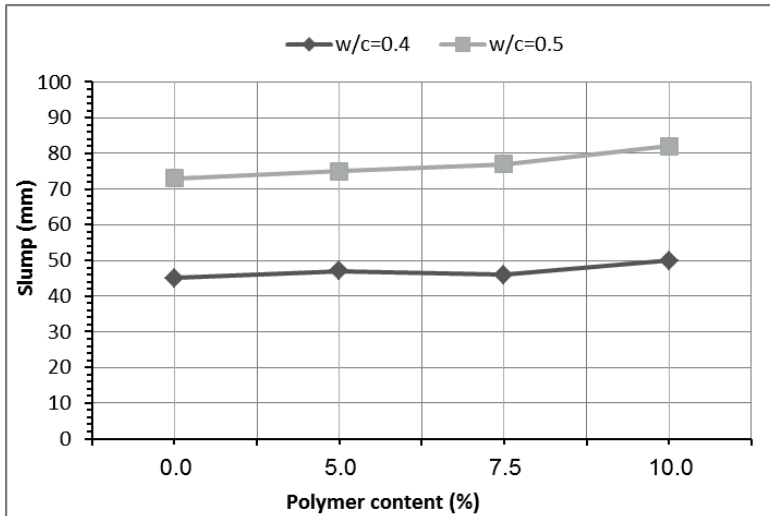


المكعبات الخرسانية استخدمت في اختبار مقاومة الضغط والكثافة واختبار سرعة الموجات فوق الصوتية، والمناشير الخرسانية استخدمت في اختبار مقاومة الانحناء واختبار الانفلاق المعدل. جميع العينات تم صبها في قوالب حديدية وبعد فكها تم تقسيمها لخمس مجموعات:

- عينات تم غمرها في الماء الي موعد الاختبار 7 أيام.
- عينات تم تركها في الهواء الي موعد الاختبار 7 أيام.
- عينات تم غمرها في الماء لمدة 7 ايام ثم اخرجها في الهواء الي حين موعد الاختبار 28 يوم.
- عينات تم غمرها في الماء الي موعد الاختبار 28 يوم.
- عينات تم تركها في الهواء الي موعد الاختبار 28 يوم.

## 7. مناقشة النتائج

تم إجراء اختبار الهبوط وفق المواصفات البريطانية BS1881:Part 102:1983<sup>[9]</sup>. الشكل رقم 1 يوضح تأثير إضافة البوليمر بنسب مختلفة على مقدار الهبوط. حيث لوحظ أن إضافة البوليمر كان له تأثير في زيادة مقدار الهبوط بشكل بسيط، ووجد أن مقدار الهبوط كان يتراوح ما بين 45 و 50 مم في المجموعة الأولى GA. ويتراوح ما بين 73 و 82 مم في المجموعة الثانية GB. قيمة الهبوط حققت زيادة بنسبة 10.9 و 10% في الخلطات القياسية التي تحتوي علي نسبة 10% بوليمر للمجموعتين GA و GB علي التوالي.



الشكل 1: مقدار الهبوط

وفقاً للمواصفات البريطانية BS1881:Part116:1983<sup>[10]</sup>. تم استخدام مكعبات مقياس 100×100×100 مم لاختبار مقاومة الخرسانة للضغط، وتم إجراء هذا الاختبار ل 3 عينات بعد 7 أيام و 3 عينات أخرى بعد 28 يوم. الجدول رقم 6 يوضح زيادة في مقاومة الضغط بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة البوليمر إلى حد معين والسبب في هذه الزيادة يعود إلى أن استخدام البوليمر المستحلب ساهم في انخفاض في نسبة الماء إلى الإسمنت وهذا يعود بالشكل الإيجابي علي مقاومة الخرسانة، وهذا ما تؤكد أيضاً الدراسات السابقة حيث وجد أن مقاومة الخرسانة للضغط تتناسب عكسياً مع نسبة الماء للإسمنت في الخلطة<sup>[13]</sup>.

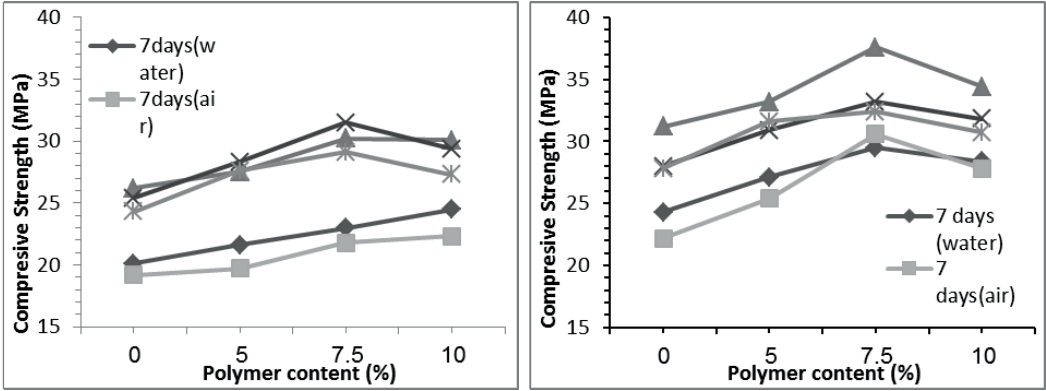
الجدول 6: نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط

| مقاومة الضغط MPa   |                   |                                      |                    |                   | نسبة اضافة البوليمر % | الخلطة | المجموعة |
|--------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|--------|----------|
| 28 يوم معالجة هواء | 28 يوم معالجة ماء | 7 ايام ماء واخراجها في الهواء 21 يوم | 7 ايام معالجة هواء | 7 ايام معالجة ماء |                       |        |          |
| 27.8               | 28.0              | 31.2                                 | 22.2               | 24.3              | 0                     | Ref-1  | GA*      |
| 31.6               | 30.9              | 33.2                                 | 25.4               | 27.1              | 5                     | A1     |          |
| 32.4               | 33.2              | 37.6                                 | 30.6               | 29.5              | 7.5                   | A2     |          |
| 30.7               | 31.8              | 34.4                                 | 27.8               | 28.4              | 10                    | A3     |          |
| 24.3               | 25.4              | 26.2                                 | 19.2               | 20.1              | 0                     | Ref-2  | GB*      |
| 27.6               | 28.3              | 27.5                                 | 19.7               | 21.6              | 5                     | B1     |          |
| 29.1               | 31.5              | 30.2                                 | 21.8               | 23.0              | 7.5                   | B2     |          |
| 27.3               | 29.7              | 30.1                                 | 22.3               | 24.5              | 10                    | B3     |          |

\* GA تعني مجموع الخلطات التي تحتوي علي نسبة (w/c=0.4) ، GB تعني مجموع الخلطات التي تحتوي علي نسبة (w/c=0.5)

تبيين الأشكال رقم 2 و 3 مقاومة الخرسانة للضغط بعد المعالجة ونوع المعالجة عند 7 و 28 يوم. حيث بينت النتائج زيادة في مقاومة الخرسانة للضغط مع مرور زمن المعالجة ونوع المعالجة. عند عمر 28 يوم أعطت عينات المجموعة الأولى GA المعالجة بالماء والهواء أفضل النتائج تليها تلك العينات المعالجة بالماء وتراوحت نسبة الزيادة ما بين 13 و 3% مع مراعات أن نسبة البوليمر تحقق زيادة أكبر حيث كانت نسبة زيادة مقاومة الخرسانة للضغط في الخلطات A1 و B1 التي تحتوي علي نسبة إضافة 5% بوليمر تزداد بنسبة 6.03 و 4.72% عن مقاومة الخرسانة للضغط للخلطات القياسية للمجموعتين GA و GB علي التوالي. وكانت نسبة زيادة مقاومة الضغط للخلطات A2 و B2 التي تحتوي علي نسبة إضافة 7.5% بوليمر تزداد بنسبة 17.02 و 13.24% عن مقاومة الضغط للخلطات القياسية للمجموعتين GA و GB علي التوالي. وكانت نسبة زيادة مقاومة الضغط للخلطات A3 و B3 التي تحتوي علي نسبة إضافة 10% بوليمر تزداد بنسبة 12.95 و 9.30% عن مقاومة الضغط للخلطات القياسية للمجموعتين GA و GB علي التوالي. هذا ما أكد عليه الباحث [14] أن أفضل أسلوب لمعالجة الخرسانة المطورة بالبوليمر هو (يومين من المعالجة الرطبة تعقبها خمسة أيام معالجة

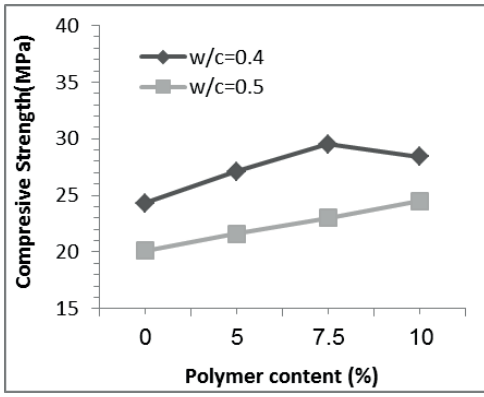
بالضباب تعقبها واحد وعشرون يوماً معالجة جافة) وأوضح أن امتصاص هذه الخرسانة للماء يكون قليلاً نظراً لمليء المسامات وسدها بغشاء البوليمر مما يؤدي إلى انخفاض في النفاذية لهذا النوع من الخرسانة.



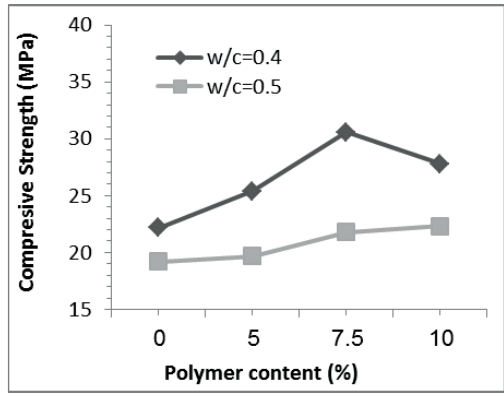
الشكل 3: تأثير نوع المعالجة علي مقاومة الخرسانة للضغط GB

الشكل 2: تأثير نوع المعالجة علي مقاومة الخرسانة للضغط GA

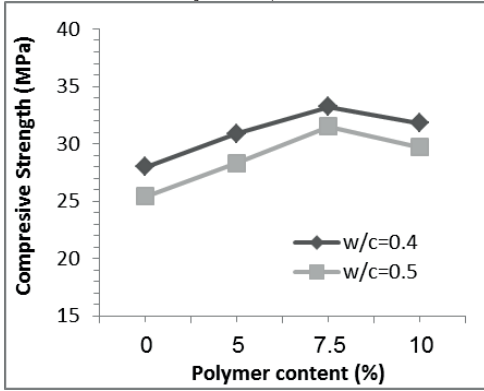
تبين الأشكال من 4 الي 8 تأثير اضافة البوليمر علي مقاومة الضغط للخرسانة عند 7 و 28 يوم، النتائج تبين أن مقاومة الضغط تزداد بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة البوليمر، حيث لوحظ في عمر 28 يوم معالجة في الماء والهواء ونسبة 7.5% من مستحلب البوليمر المضاف بلغت نسبة الزيادة 17.02 و 13.25% للمجموعتين GA و GB علي التوالي مقارنة بالخلطات المرجعية. والسبب في زيادة مقاومة الضغط يعود إلى أن استخدام البوليمر المضاف رافقه انخفاض في نسبة  $W/C$  وهذا يعود بالشكل الايجابي علي مقاومة الخرسانة حيث تتحسن المقاومة للخرسانة مع انخفاض نسبة  $W/C$ . هذا يتفق مع الاستنتاج الذي أوضحه الباحثين ومضمونه بأن البوليمر المضاف لتطوير الخلطات الخرسانية يعمل عمل الملدن بخفض نسبة الماء إلى الإسمنت<sup>[15-5]</sup>. من خلال الأشكال من 4 الي 8 يتضح أن التطور في مقاومة الخرسانة للضغط لخلطات المجموعة الاولى GA مع مرور الوقت ويزيادة نسبة البوليمر في الخرسانة يؤدي إلى تكوين شبكة ثلاثية الأبعاد ومن نواتج عملية البلمرة مكونة غشاء يزيد من نظام الربط نتيجة للمواصفات الجيدة لهذا النوع من البوليمر الذي يسهم في عملية ملئ جزئية الفراغات ضمن هيكل الخرسانة وتعمل عمل المادة المزيطة كالمضافات اللدنة التي تقلل من الاحتكاك بين حبيبات الركام مؤدياً إلى زيادة الكثافة وتحسين مقاومة الضغط. أما عند زيادة نسبة  $W/C$  في المجموعة الثانية GB نتج انخفاض في قيمة مقاومة الضغط ويعود ذلك للعلاقة العكسية بين زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت ومقاومة الخرسانة للضغط<sup>[13]</sup>.



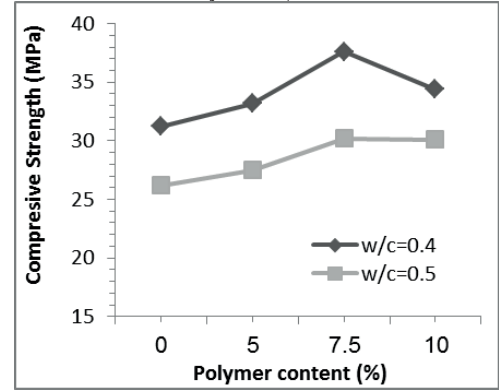
شكل 5: تأثير w/c على مقاومة الضغط عند 7 أيام معالجة في الماء



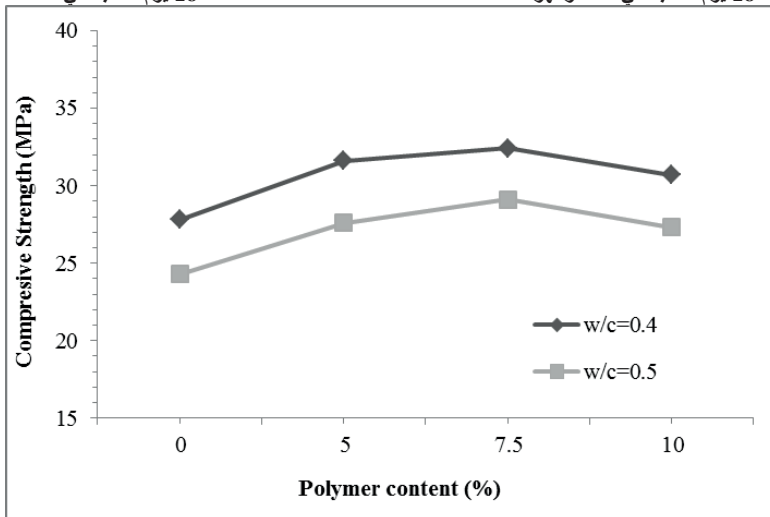
شكل 4: تأثير w/c على مقاومة الضغط عند 7 أيام معالجة في الهواء



شكل 7: تأثير w/c على مقاومة الضغط عند 28 يوم معالجة في الماء



شكل 6: تأثير w/c على مقاومة الضغط عند 28 يوم معالجة في الماء والهواء



شكل 8: تأثير w/c على مقاومة الضغط عند 28 يوم معالجة في الهواء

تم إجراء هذا الاختبار في مصنع العوارض الخرسانية طبقاً للمواصفات البريطانية BS1881:Part118:1983 [11]. حيث تم اختبار عينات أبعادها 100×100×400 مم. الجدول رقم 7 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للانحناء عند

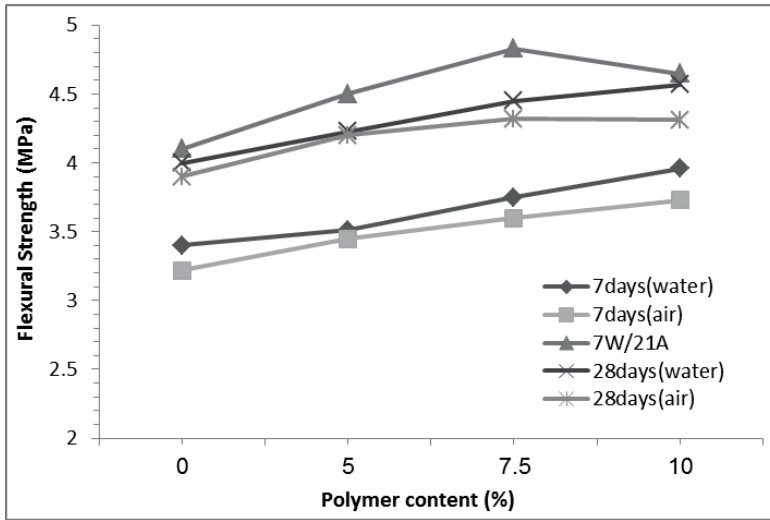
7 و 28 يوم. حيث تزداد مقاومة الانحناء بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة البوليمر، والسبب في زيادة المقاومة يعود إلى أن استخدام البوليمر رافقه انخفاض في نسبة الماء إلى الإسمنت وهذا يعود بالشكل الإيجابي على مقاومة الخرسانة، حيث تعتمد مقاومة الخرسانة للانحناء على الترابط بين مكونات الخرسانة والركام وهذا الترابط يزداد بزيادة نسبة البوليمر في الخرسانة.

الجدول 7: نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للانحناء

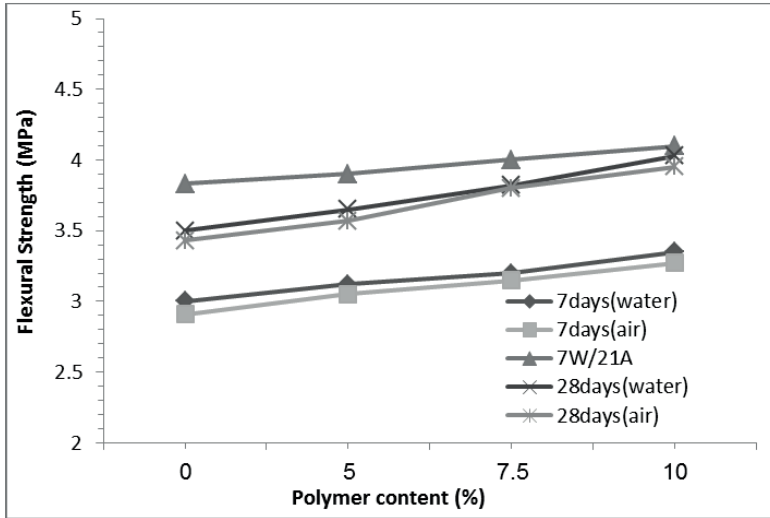
| مقاومة الانحناء MPa |                   |                         |                    |                   | نسبة اضافة البوليمر | الخلطة | GROUP |
|---------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------|-------|
| 28 يوم معالجة هواء  | 28 يوم معالجة ماء | 28 يوم معالجة ماء وهواء | 7 ايام معالجة هواء | 7 ايام معالجة ماء |                     |        |       |
| 3.90                | 4.00              | 4.10                    | 3.22               | 3.40              | 0                   | Ref-1  | GA*   |
| 4.20                | 4.23              | 4.50                    | 3.45               | 3.51              | 5                   | A1     |       |
| 4.32                | 4.45              | 4.83                    | 3.60               | 3.75              | 7.5                 | A2     |       |
| 4.31                | 4.57              | 4.65                    | 3.73               | 3.96              | 10                  | A3     |       |
| 3.43                | 3.50              | 3.83                    | 2.91               | 3.00              | 0                   | Ref-2  | GB*   |
| 3.57                | 3.65              | 3.90                    | 3.05               | 3.12              | 5                   | B1     |       |
| 3.80                | 3.82              | 4.00                    | 3.15               | 3.20              | 7.5                 | B2     |       |
| 3.95                | 4.03              | 4.10                    | 3.27               | 3.35              | 10                  | B3     |       |

GA\* تعني مجموع الخلطات التي تحتوي على نسبة (w/c=0.4)، GB\* تعني مجموع الخلطات التي تحتوي على نسبة (w/c=0.5)

توضح الأشكال 9 و 10 نتائج مقاومة الخرسانة للانحناء عند 7 و 28 يوم، النتائج تبين زيادة في مقاومة الانحناء مع مرور زمن المعالجة وطريقة المعالجة. عند اختبار 28 يوم للعينات المعالجة في الماء والهواء أعطت أفضل النتائج حيث كانت مقاومة الانحناء لعينات الخلطات A1 و B1 التي تحتوي على نسبة اضافة 5% بوليمر تزداد بنسبة 8.88 و 1.80% علي التوالي عن مقاومة الانحناء للخلطات المرجعية للمجموعتين GA و GB. وكانت نسبة زيادة مقاومة الانحناء لعينات الخلطات A2 و B2 التي تحتوي على نسبة اضافة 7.5% بوليمر تزداد بنسبة 15.28 و 4.25% علي التوالي عن مقاومة الانحناء للخلطات المرجعية للمجموعتين GA و GB. وكانت نسبة زيادة مقاومة الانحناء لعينات الخلطات A3 و B3 التي تحتوي على نسبة اضافة 10% بوليمر تزداد بنسبة 11.82 و 6.58% علي التوالي عن مقاومة الانحناء للخلطات المرجعية للمجموعتين GA و GB. ومن خلال الشكل 9.4 يتضح أن أفضل أسلوب معالجة لخرسانة البوليمر هو 28 يوم معالجة في الماء والهواء وهذا ما أكدت عليه احدى الدراسات السابقة [14].

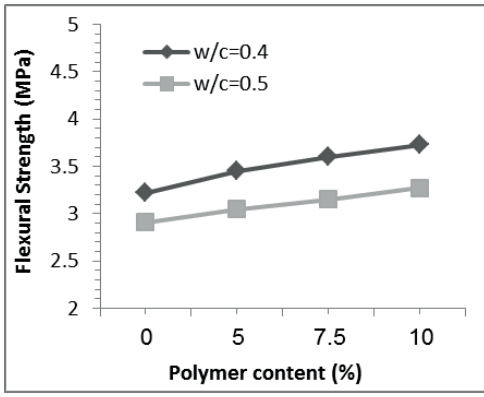


الشكل 9 تأثير عمر المعالجة علي مقاومة الخرسانة للانحناء GA

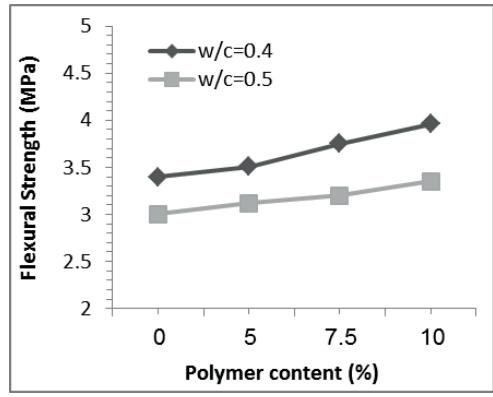


الشكل 10: تأثير عمر المعالجة علي مقاومة الخرسانة للإنحناء GB

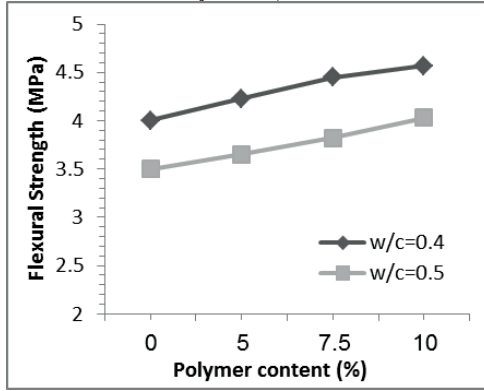
الاشكال من 11 الي 15 التالية توضح تأثير  $w/c$  علي مقاومة الخرسانة الانحناء. نلاحظ أن مقاومة الخرسانة للانحناء تزداد بشكل ملحوظ مع انخفاض نسبة  $w/c$  وزيادة نسبة البوليمر. حيث لوحظ في عمر 28 يوم من المعالجة في الماء والهواء ونسبة 7.5% من مستحلب البوليمر المضاف بلغت الزيادة 15.11 و 4.25% للمجموعتين GA و GB علي التوالي مقارنة بالخلطات المرجعية الخالية من البوليمر. والسبب في زيادة مقاومة الانحناء يعود الي ان استخدام البوليمر المضاف رافقه انخفاض في نسبة  $w/c$  وهذا ربما يعود بالشكل الايجابي علي مقاومة الخرسانة حيث تتحسن المقاومة للخرسانة مع انخفاض نسبة  $w/c$  اي تتناسب تناسب عكسيا مع نسبة الماء الي الاسمنت في الخلطة. كما تشير النتائج زيادة واضحة في القيم مع زيادة عمر المعالجة وزيادة نسبة البوليمر المضاف ويتفق هذا مع ما تم التوصل اليه في دراسة سابقة [15].



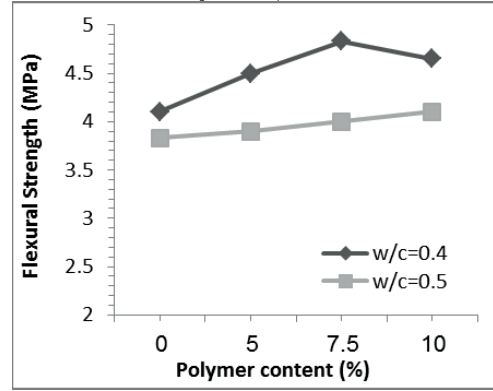
شكل 12: تأثير w/c على مقاومة الانحناء عند 7 أيام معالجة في الهواء



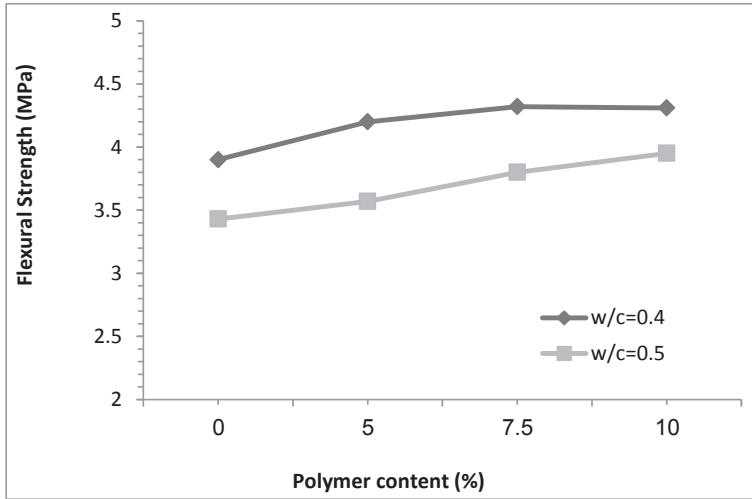
شكل 11: تأثير w/c على مقاومة الانحناء عند 7 أيام معالجة في الماء



شكل 14: تأثير w/c على مقاومة الانحناء عند 28 يوم معالجة في الماء



شكل 13: تأثير w/c على مقاومة الانحناء عند 28 يوم معالجة في الماء والهواء



شكل 15: تأثير w/c على مقاومة الانحناء عند 28 يوم معالجة في الهواء

تم هذا الاختبار وفقاً للمواصفات البريطانية BS1881:Part117:1983<sup>[12]</sup>. يهدف هذا الاختبار لتحديد مقاومة الشد الغير مباشر للخرسانة حيث وضعت العينات التي ابعادها 400×100×100 مم، والدمك والمعالجة بنفس الطريقة المتبعة

في اختبار الضغط من نفس الخلطة المستخدمة في اختبار الانحناء والضغط، تم وضع جزء من العينة الناتج من اختبار الانحناء لإجراء اختبار الانفلاق المعدل. الجدول رقم 8 يوضح تأثير إضافة البوليمر بنسب مختلفة على مقاومة الخرسانة للانفلاق.

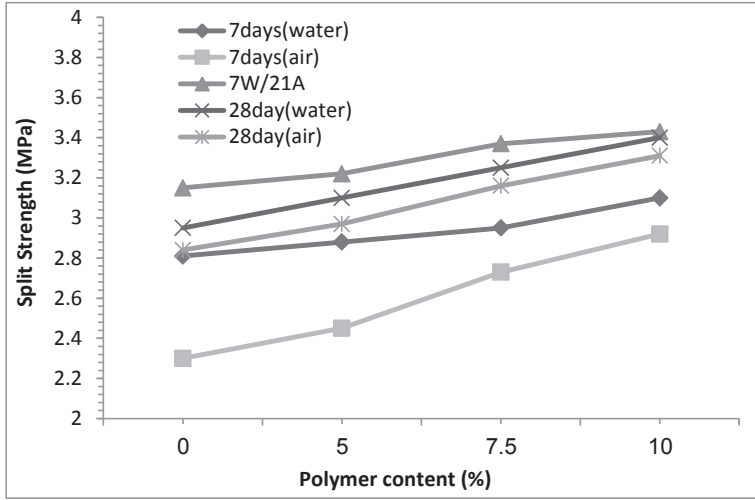
الجدول 8: نتائج مقاومة الخرسانة للانفلاق

| مقاومة الخرسانة الانفلاق MPa |                        |                                |                    |                   | نسبة اضافة البوليمر | الخلطة | GROUP |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------|-------|
| معالجة 28 يوم هواء           | معالجة في الماء 28 يوم | معالجة في الماء والهواء 28 يوم | معالجة 7 ايام هواء | معالجة 7 ايام ماء |                     |        |       |
| 2.84                         | 2.95                   | 3.15                           | 2.30               | 2.81              | 0                   | Ref-1  | GA*   |
| 2.97                         | 3.10                   | 3.22                           | 2.45               | 2.88              | 5                   | A1     |       |
| 3.16                         | 3.25                   | 3.37                           | 2.73               | 2.95              | 7.5                 | A2     |       |
| 3.31                         | 3.40                   | 3.43                           | 2.92               | 3.10              | 10                  | A3     |       |
| 2.76                         | 2.84                   | 2.97                           | 2.32               | 2.50              | 0                   | Ref-2  | GB*   |
| 2.81                         | 2.90                   | 3.12                           | 2.40               | 2.55              | 5                   | B1     |       |
| 2.92                         | 3.13                   | 3.24                           | 2.56               | 2.61              | 7.5                 | B2     |       |
| 2.98                         | 3.19                   | 3.16                           | 2.61               | 2.66              | 10                  | B3     |       |

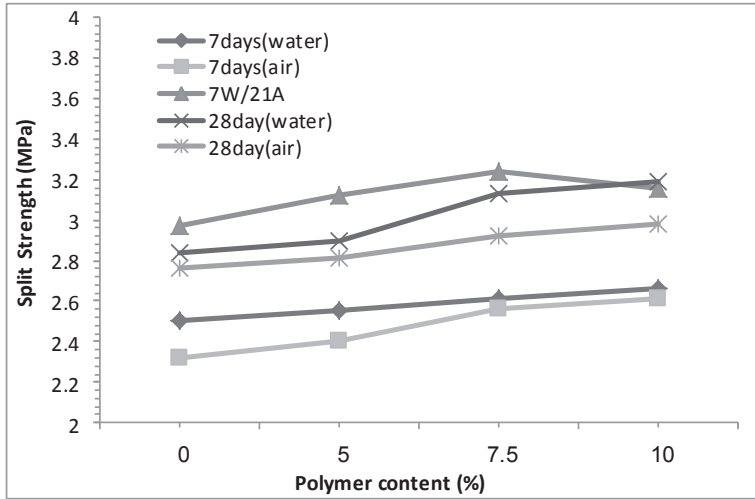
\* GA تعني مجموع الخلطات التي تحتوي علي نسبة (w/c=0.4) ، GB\* تعني مجموع الخلطات التي تحتوي علي نسبة (w/c=0.5)

تبين الأشكال رقم 16 و 17 مقاومة الخرسانة للانفلاق بعد المعالجة المختلفة عند 7 و 28 يوم. حيث بينت النتائج زيادة في مقاومة الخرسانة للانفلاق مع مرور زمن المعالجة ونوع المعالجة. عند عمر 28 يوم أعطت عينات المجموعة الأولى GA المعالجة بالماء والهواء أفضل النتائج تليها تلك العينات المعالجة بالماء وتراوحت نسبة الزيادة ما بين 10 و 3% مع مراعات أن نسبة البوليمر تحقق زيادة أكبر حيث كانت نسبة زيادة مقاومة الانفلاق لعينات الخلطات A1 و B1 التي تحتوي علي نسبة إضافة 5% بوليمر تزداد بنسبة 2.17 و 4.80% علي التوالي عن مقاومة الانفلاق للخلطات المرجعية للمجموعتين GA و GB. وكانت نسبة زيادة مقاومة الانفلاق لعينات الخلطات A2 و B2 التي تحتوي علي نسبة إضافة 7.5% بوليمر تزداد بنسبة 6.52 و 8.33% علي التوالي عن مقاومة الانفلاق للخلطات المرجعية للمجموعتين GA و GB. وكانت نسبة زيادة مقاومة الانفلاق لعينات الخلطات A3 و B3 التي تحتوي علي نسبة إضافة 10% بوليمر تزداد بنسبة 8.16 و 6.01% علي التوالي عن مقاومة الانفلاق للخلطات المرجعية للمجموعتين GA و GB.



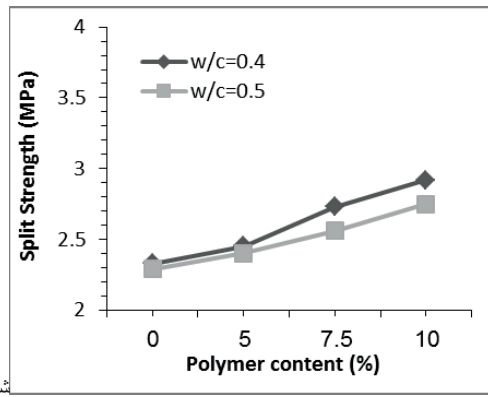


الشكل 16: تأثير عمر المعالجة علي مقاومة الخرسانة للانفلاق GA

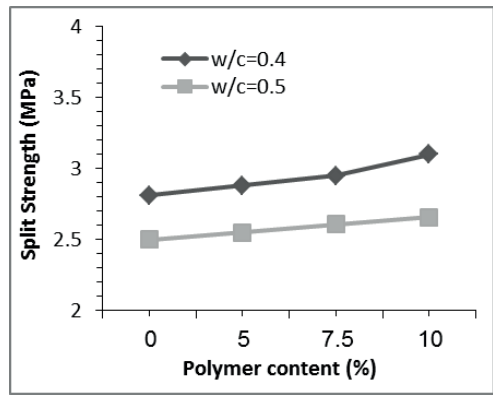


الشكل 17: تأثير عمر المعالجة علي مقاومة الخرسانة للانفلاق GB

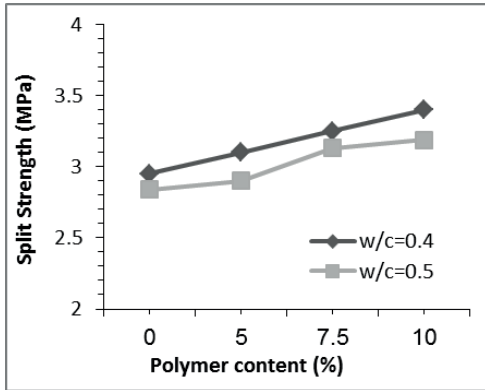
الأشكال من 18 الي 22 توضح تأثير إضافة البوليمر علي مقاومة الخرسانة للانفلاق. من خلال الاشكال نلاحظ أن مقاومة الانفلاق للخرسانة تزداد بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة البوليمر. حيث لوحظ عند عمر 28 يوم معالجة في الماء والهواء ونسبة 10% من مستحلب البوليمر المضاف بلغت الزيادة 8.16 و 6.01% للمجموعتين GA و GB علي التوالي مقارنة بالخلطات المرجعية الخالية من البوليمر ولنفس الاسباب التي ذكرت للباحث [14]. والسبب في زيادة مقاومة الانفلاق يعود الي ان استخدام البوليمر المضاف رافقه انخفاض في نسبة W/C وهذا يعود بالشكل الايجابي علي مقاومة الخرسانة حيث تتحسن المقاومة مع انخفاض نسبة W/C اي تتناسب تناسباً عكسياً مع نسبة الماء الي الاسمنت في الخلطة. وهذا يتفق مع الاستنتاج الذي اوضحه الباحثين ومضمونه بان البوليمر المضاف لتطوير الخلطات الخرسانية يعمل عمل الملدن بخفض نسبة الماء الي الاسمنت [5-13-15]. وكذلك الحال لباقي الخلطات حيث ازدادت مقاومة الانفلاق بمرور وقت المعالجة، نفس الاسباب الواردة في مقاومة الضغط.



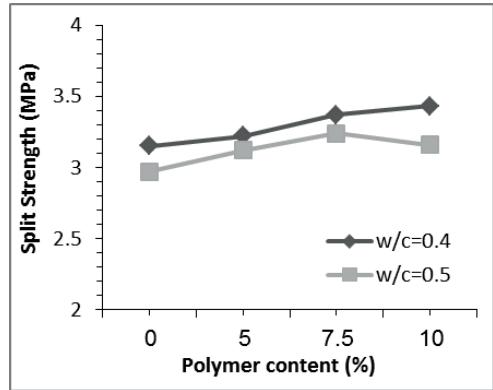
كل 19: تأثير w/c على مقاومة الانفلاق عند 7 أيام معالجة في الهواء



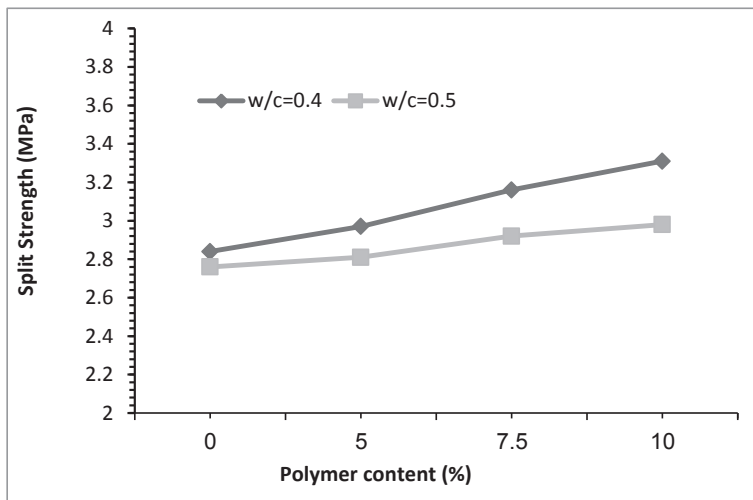
شكل 18: تأثير w/c على مقاومة الانفلاق عند 7 أيام معالجة في الماء



شكل 21: تأثير w/c على مقاومة الانفلاق عند 28 يوم معالجة في الماء



شكل 20: تأثير w/c على مقاومة الانفلاق عند 28 يوم معالجة ماء وهواء



شكل 22: تأثير w/c على مقاومة الانفلاق عند 28 يوم معالجة هواء

## 8. الاستنتاجات

من خلال النتائج المتحصل عليها من الاختبارات المعملية وبعد مناقشة النتائج يمكننا الوصول إلى الاستنتاجات التالية:

- لا يوجد تأثير ملحوظ للزيادة في نسبة البوليمر على تشغيلية الخرسانة من واقع اختبار الهبوط، ويعزى هذا إلى تقليل كمية الماء المضاف كلما زادت نسبة البوليمر في الخلطة.
- من خلال الدراسة وجد أن المعالجة بالماء 7 أيام ثم بالهواء لمدة 21 يوم هي الأفضل بالنسبة لمقاومة الخرسانة للضغط والانحناء والانفلاق مقارنة بالمعالجة بالماء فقط أو الهواء فقط.
- وجد أن الزيادة في نسبة إضافة البوليمر إلى الخرسانة تزيد من مقاومة الخرسانة للضغط والانحناء والانفلاق وكذلك الكثافة، إلا أن هذا التأثير ليس بالمهم في عمر سبعة أيام، ومن الممكن خلال الفترات الزمنية الطويلة تزداد هذه القيم بما يحقق المزيد من المقاومة الإضافية للعناصر الإنشائية وخاصة بما يتعلق بالتأثير الإيجابي لمادة البوليمر على خواص الديمومة.

## 9. المراجع

1. Abood Abdul \_ Satar "Reducing Cement Content in Concrete Mix By Using Super plasticizer "MSc thesis, University of Technology. 1986.
2. ابراهيم احمد الجميلي ، بيان سالم النعمان ، عبد القادر اسماعيل الحديثي " الخرسانة البوليمرية الخالية من الركام الناعم وخواصها الميكانيكية " المجلة العراقية للهندسة المدنية \_ أيلول -2001 ، ص 57 الى ص73.
3. Letif , Alaa "A study on the Properteies of Polymer – Modified Concrete "MSc thesis –Civil Eng - University of Basrah 1998 .
4. Steinbery , M ; "Polymers in Concrete , " Int Symposium , Sp – 40 , ACI , Detriot , 1973,PP. 1- 3.
5. الحديثي ، عبد القادر اسماعيل وذاكر ، طارق علي ونجم، خالد يتال " سلوك القباب المصنعة من الخرسانة المحورة بالبوليمر والخالية من الركام الناعم " المجلة العراقية الهندسية – السنة السابقة- العدد الثامن حزيران 2007.
6. BS 12: 1996"Specification for Portland Cement". British Standards Institution, 389 Chiswick high road, London, W4 4AL, UK.
7. BS 882:2002 "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswick high road, London, W4 4AL, UK, 2002.
8. المواصفات القياسية الليبية رقم 294 لسنة (1988 ف) الخاصة بالمياه المستعملة في الخرسانة، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس.
9. British Standards Institute " BS1881-102 : Methods for determination of slump ",1983.
10. BS 1881 :Part116: (1983) "Method for determination of compressive strength of concrete cubes", British Standards Institution, 2park Street, London,W1A 2BS, UK, 1983.
11. BS 1881: Part118: (1983) "Method for determination of flexural strength", British Standards Institution, 2park Street, London,W1A 2BS, UK, 1983.
12. BS 1881: Part117: (1983) "Method for determination of tensile splitting strength", British Standards Institution, 2park Street, London,W1A 2BS, UK, 1983.
13. Benture, A., "Properties of polymer latex-cement composites". The International J. of Cement Composites and Lightweight Concrete". 4(1)February ,1982,pp.57-65.
14. Ohama , Y. " Polymer-based Admixtures". Cement and Concrete Composites J. 1998, 20:189-212
15. Al-Omer, B. O." Structural Behavior of Reinforced Polymer Modified Concrete Beams". M.Sc. thesis, University of Anbar, 2005, pp 104

## تأثير الركام الناتج من مخلفات الآجر على خواص الخرسانة ذاتية الدمك

م. اياس الجبلي عباس  
مساعد باحث - قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة - جامعة الخمس  
[mdark142@gmail.com](mailto:mdark142@gmail.com)

أ. د مختار معمر أبو راوي  
أستاذ - قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة - جامعة الخمس  
[aburawi2050@yahoo.com](mailto:aburawi2050@yahoo.com)

**الملخص:** تعتبر الخرسانة مادة مهمة في الانشاءات لما تتميز به من خواص ميكانيكية والتي من أهمتها مقاومتها العالية للضغط. في الآونة الأخيرة تم الأخذ بعين الاعتبار استخدام المخلفات الناتجة عن إعادة التدوير من الخرسانات القديمة والطوب ومخلفات المواد في إنتاج الخرسانة لمساهمتها في التخلص من المخلفات والحفاظ على الموارد الطبيعية. إن معظم الدراسات السابقة اهتمت بدراسة تأثير مسحوق هذه المخلفات كنسبة من المادة اللاصقة (الإسمنت) على مقاومة الضغط والشد والانحناء. تركزت هذه الدراسة على معرفة مدى تأثير ركام الآجر الناعم وركام الآجر الخشن وركام الآجر الخليط (الناعم والخشن) في إنتاج خرسانة ذاتية الدمك على مقاومة الخرسانة للضغط والشد والانحناء. تتلخص نتائج هذه الدراسة في أن النسبة العالية من ركام الآجر تؤثر بشكل كبير على الخواص الميكانيكية للخرسانة ذاتية الدمك، حيث لوحظ انخفاض متوسط نسبته 5% في مقاومة الخرسانة للضغط بزيادة نسبة الإحلال من ركام الآجر الخشن وركام الآجر الناعم وركام الآجر الخليط، بينما زادت مقاومة الخرسانة للشد عند إضافة ركام الآجر.

الكلمات الدالة : الخرسانة ، الخرسانة ذاتية الدمك ، خواص الخرسانة الطرية المتصلبة

### Abstract :

Concrete is an important material in construction because of its mechanical properties, the most important of which is its high compressive strength. Recently, the use of waste from recycling from old concrete, bricks and material waste in the production of concrete has been taken into account for its contribution to waste disposal and conservation of natural resources. Most previous studies have been concerned with studying the effect of the powder of these residues as a proportion of the cement on the compressive, tension and bending strengths. This study is based on how fine aggregate brick, coarse aggregate brick and mix aggregate brick (fine and coarse) can produce self-compact concrete affect concrete strength to compressive, tension and bending. The results of this study are summarized that the high percentage of brick aggregate significantly affects the mechanical properties of the self-compact concrete, where an average decrease of 5% in concrete strength to compressive was observed by increasing the replacement rate of coarse brick aggregate, fine brick aggregate and mixture brick aggregate, while increasing Concrete strength to tensile when adding brick aggregate.

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة تأثير الركام الخشن والناعم المصنَّع من مخلفات الآجر لصناعة خرسانة ذاتية الدمك، وكذلك محاولة لتوفير بعض البيانات من التجارب العملية، ومعرفة تأثير استخدام الركام الخشن والناعم المصنَّع من مخلفات الآجر على مقاومة الضغط والشد والانحناء للخرسانة ذاتية الدمك.

### أهمية الدراسة

تأتي أهمية هذه الدراسة في إمكانية استخدام الركام الخشن والناعم المصنَّع من مخلفات الآجر في إنتاج أنواع متطورة من الخرسانة ذاتية الدمك، وكذلك للاستفادة من المخلفات الصناعية للتقليل من تأثيرها السلبى على البيئة، بالإضافة الي مساهمتها المتوقعة في زيادة المتانة والتقليل من التشققات الشعرية الناتجة من الانكماش اللدن والجاف. [11-12]

### مشكلة الدراسة

يعتبر طوب الآجر من أقدم مواد الإنشاء التي عرفها الإنسان حيث يصنَّع من خلال حرق الطين إلى درجات حرارة مرتفعة وإن عدم اتِّباع الطرق السليمة في التصنيع وسوء التخزين والمناولة أدى إلى ظهور كميات كبيرة من المخلفات في الساحات المفتوحة مما أضر بالبيئة. هذه الدراسة تبحث في تأثير الركام الناتج من مخلفات الآجر على خواص الخرسانة ذاتية الدمك بهدف إمكانية استخدام هذه المادة محلياً.

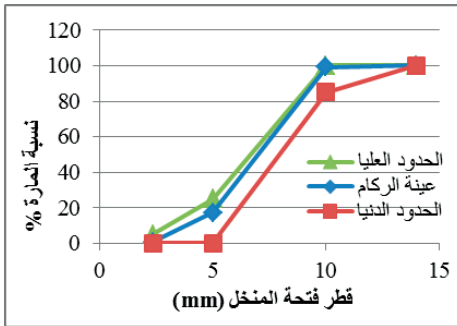
### مقدمة

تعتبر ليبيا من الدول النامية والتي يقترح أن يكون لها مشاريع تنموية. ويشمل ذلك كل من تشييد الطرق والجسور والسدود ومشاريع البنية التحتية والمباني التعليمية والمباني السكنية وغيرها. وتتطلب جميع مخططات التشييد هذه استخداماً أمثل لموارد البناء. إن معظم المباني الحديثة تتطلب كميات ضخمة من الخرسانة التي تستنزف الموارد الطبيعية مثل الرمال والطبقات الصخرية مما استوجب الأمر إلى البحث عن بدائل جديدة لمصادر الركام وتساعد في نفس الوقت في التخلص من المخلفات الجانبية للصناعات. كما تعتبر عملية الدمك أثناء التنفيذ مهمة من ناحية التقليل من حجم الفراغات الموجودة بالخرسانة، حيث يعمل الدمك على الحد من الفراغات وتدفق الخرسانة داخل القوالب وحول حديد التسليح، وقد يصاحب تنفيذها في بعض الأحيان بعض المشاكل منها: حدوث الانفصال الحبيبي أو مشكلة التعشيش الناتجة عن عدم التمكن من استخدام الهزاز جيداً في الأماكن المزدحمة التسليح، مما أدى إلى التفكير في تطوير خرسانة تتغلب على معظم مشاكل

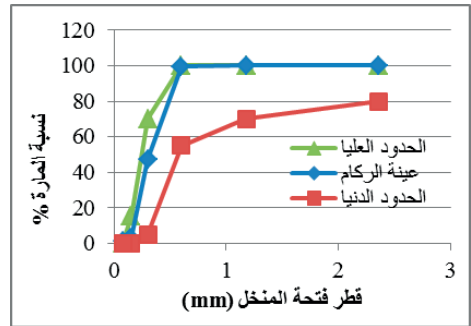
تنفيذ الخرسانة التقليدية التي تصاحب النقل والصب والتشطيب وبدون انفصال حبيبي أو تعشيش وبأقل تكاليف ممكنة. وتمثل الخرسانة ذاتية الدمك Self-Compacting Concrete أحد هذه الأنواع الجديدة من الخرسانة التي تفي بالخواص المذكورة.

### البرنامج العملي

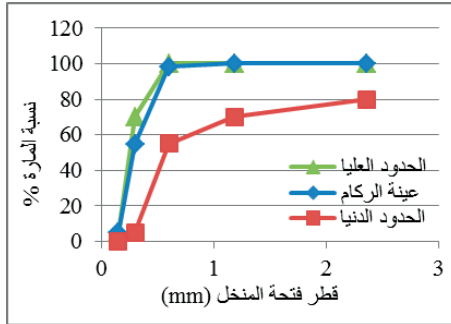
تضمن البرنامج العملي تجميع مخلفات طوب الآجر وتكسيه ونخله على المناخل القياسية وتجميع المحجوز على كل منخل وبعد ذلك تم خلطه حسب التدرج الحبيبي لحدود المواصفات، وإجراء الاختبارات المعملية على المواد الداخلة في الخلطات الخرسانية. الشكل رقم 1 يوضح نتائج التدرج الحبيبي للركام الناعم والشكل رقم 2 يوضح نتائج التدرج الحبيبي للركام الخشن حسب حدود المواصفات البريطانية. (BS812:1992)<sup>[3]</sup> كما يوضح الشكل رقم 3 نتائج التدرج الحبيبي لركام الآجر الخشن والشكل رقم 4 يبين نتائج التدرج الحبيبي لركام الآجر الناعم.



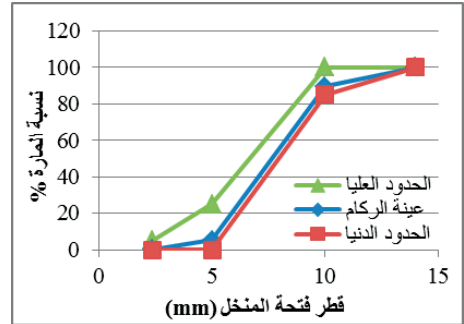
شكل 2: التدرج الحبيبي للركام الخشن وفق المواصفات البريطانية.



شكل 1: التدرج الحبيبي للركام الناعم وفق المواصفات البريطانية.



شكل 4: التدرج الحبيبي لركام الآجر الناعم وفق المواصفات البريطانية.



شكل 3: التدرج الحبيبي لركام الآجر الخشن وفق المواصفات البريطانية.

تم إضافة الملدنات الفائقة للمكونات بعد خلطها بنسبة 1.4 % من وزن الاسمنت إلى ماء الخلط عند إعداد خلطات الخرسانة ذاتية الدمك. والجدول رقم 1 يبين الخواص الهندسية للملدن المستخدم.

الجدول 1: الخواص الهندسية للملدن

| الخواص الهندسية  |                     |
|--|---------------------|
| متعدد الكاربوكسيل  | المحتوى الكيميائي   |
| سائل بني   | المظهر ، اللون      |
| 4-8  | الرقم الهيدروجيني   |
| $1,06 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$   | الكثافة             |
| (EN 480-10) 0.1>   | محتوى الكلوريدات %  |
| (EN 480-12) 10>  | محتوى القلويات %    |
| ASTM C 494 Type F<br>TS-EN 934-2 Table 3.1 and 3.2 Ministry of Public<br>Works Position. No: 04.613/1-A3 | متوافق مع المواصفات |

### تصميم الخلطة

تمت الاستعانة بخلطة خرسانة ذاتية الدمك<sup>[4]</sup> ومصممة بالطريقة الحجمية، بعد ذلك تم استخدام 4 نسب من الملدن (1%) و 1.2% و 1.4% و 1.6%) في خلطات تجريبية لاختيار أفضل نسبة تحقق المتطلبات التشغيلية للخرسانة ذاتية الدمك وتم اختيار النسبة 1.4% لتكون ثابتة في جميع الخلطات. تم خلط المكونات مع نسبة 70% من ماء الخلط لمدة دقيقتين باستخدام الخلاط الميكانيكي وبعد ذلك تم إضافة الملدن بعد خلطه مع نسبة الماء المتبقي واستمرار الخلط لمدة ثلاثة دقائق أخرى. الجدول رقم 2 يبين نسب مكونات كل خلطة.

الجدول 2: نسب مكونات كل خلطة

| الخلطة | إسمنت<br>Kg/m <sup>3</sup> | ماء<br>Lit/m <sup>3</sup> | ركام آجر<br>خشن<br>Kg/m <sup>3</sup> | ركام آجر ناعم<br>Kg/m <sup>3</sup> | ركام خشن<br>Kg/m <sup>3</sup> | ركام ناعم<br>Kg/m <sup>3</sup> | ملدن<br>Lit/m <sup>3</sup> |
|--------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| A      | 450                        | 180                       | 0                                    | 0                                  | 898                           | 898                            | 6.3                        |
| B      | 450                        | 180                       | 179.6                                | 0                                  | 718.4                         | 898                            | 6.3                        |
| C      | 450                        | 180                       | 359.2                                | 0                                  | 538.8                         | 898                            | 6.3                        |
| D      | 450                        | 180                       | 538.8                                | 0                                  | 359.2                         | 898                            | 6.3                        |
| E      | 450                        | 180                       | 0                                    | 89.8                               | 898                           | 808.2                          | 6.3                        |
| F      | 450                        | 180                       | 0                                    | 179.6                              | 898                           | 718.4                          | 6.3                        |
| G      | 450                        | 180                       | 0                                    | 269.4                              | 898                           | 628.6                          | 6.3                        |
| H      | 450                        | 180                       | 179.6                                | 89.8                               | 718.4                         | 808.2                          | 6.3                        |
| I      | 450                        | 180                       | 269.4                                | 179.6                              | 628.6                         | 718.4                          | 6.3                        |
| J      | 450                        | 180                       | 359.2                                | 269.4                              | 538.8                         | 628.6                          | 6.3                        |

## الاختبارات والمواصفات

حيث إن الغرض الرئيسي من استخدام الخرسانة ذاتية الدمك هو امكانية صبها بسهولة ودمكها ذاتياً في القوالب المحدودة السمك وذات التسليح المكثف، ولهذا السبب يجب التأكد من الخصائص الانسيابية للخرسانة الطرية قبل الشروع في اعداد وصب العينات، وفي هذه الدراسة فقد تم اختيار الاختبارات الأكثر استخداماً وهي اختبار الهبوط  $T_{50} + \text{Slump Flow}$  واختبار الحلقة المعدنية  $J\text{-Ring Test}$  واختبار  $L\text{-Box}$  والتي تم تنفيذها ضمن برنامج الاختبارات المعملية المنفذة لهذه الدراسة ووفقاً للمواصفات الأوروبية (EFNARC)<sup>[5]</sup>. كما تم اختبار مقاومة الخرسانة للضغط والشد الغير مباشر (الطريقة البرازيلية).

## مناقشة النتائج

تم دراسة ثلاث خواص أساسية للخرسانة ذاتية الدمك وهي قابلية الانسياب وقدرة الخرسانة على العبور خلال العوائق والقوالب ذات المقاطع مختلفة الأبعاد وقابليتها على الاستواء الذاتي. وكما نلاحظ بالجدول رقم 3 أن جميع الخلطات كانت ضمن حدود مواصفات EFNARC<sup>[5]</sup> ماعدا الخلطة (J) والمحتوية على نسبة ركام آجر عالية.

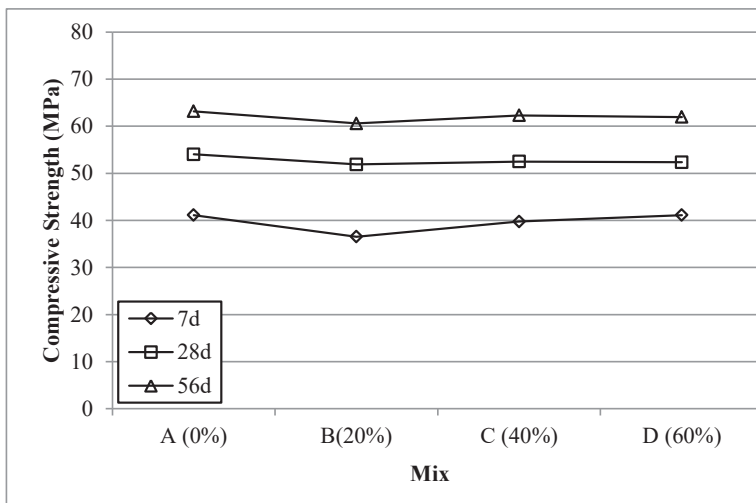
2 الجدول 3: نتائج الخواص الانسيابية للخلطات الخرسانية

| L-Box Test $H_2/H_1$ | J-Ring Test (مم) | $T_{50}$ (ث) | Slump Flow (مم) | W/C       | نسبة الملدن من وزن الاسمنت (%) | رقم الخلطة    |
|----------------------|------------------|--------------|-----------------|-----------|--------------------------------|---------------|
| 1                    | 2                | 2.05         | 760             | 0.4       | 1.4                            | A             |
| 0.95                 | 2                | 2.52         | 753             |           | 1.4                            | B             |
| 0.92                 | 4                | 2.73         | 747             |           | 1.4                            | C             |
| 0.9                  | 6                | 2.9          | 738             |           | 1.4                            | D             |
| 0.93                 | 3                | 2.81         | 739             |           | 1.4                            | E             |
| 0.91                 | 7                | 3.44         | 713             |           | 1.4                            | F             |
| 0.87                 | 10               | 3.82         | 682             |           | 1.4                            | G             |
| 0.94                 | 5                | 2.92         | 741             |           | 1.4                            | H             |
| 0.9                  | 9                | 3.87         | 715             |           | 1.4                            | I             |
| 0.81                 | 11               | 4.97         | 678             |           | 1.4                            | J             |
| <b>0.8</b>           | <b>0</b>         | <b>2</b>     | <b>650</b>      |           | أقل قيمة                       | توصيات EFNARC |
| <b>1.0</b>           | <b>10</b>        | <b>5</b>     | <b>800</b>      | أعلى قيمة |                                |               |

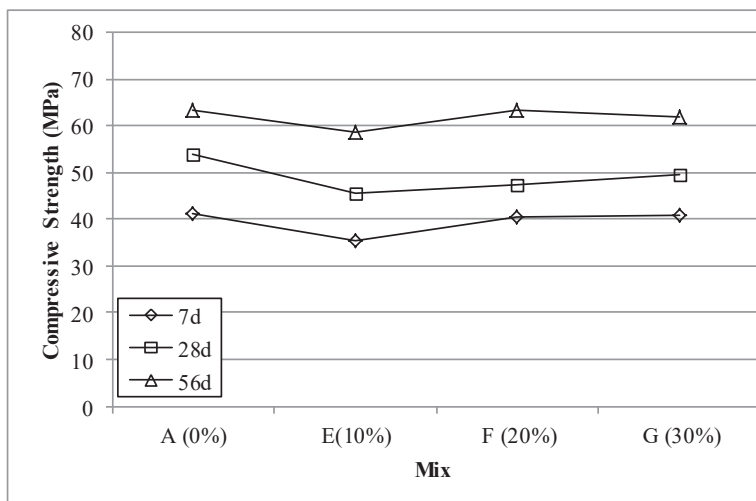
من خلال الجدول رقم 4، نسبة الماء للإسمنت ثابتة في جميع الخلطات وكذلك نسبة الملدن، نلاحظ أنه بزيادة نسبة ركام الآجر وبالأخص الناعم في الخلطة يقل الانسياب ويزيد زمن  $T_{50}$  وكذلك يزيد الفرق في قيمة (J-RING) بينما نقل قابلية الخرسانة على الاستواء الذاتي في اختبار (L-BOX)؛ ويرجع سبب ذلك كله إلى نسبة الامتصاص العالية لركام الآجر لاحتوائه على مواد طينية. كذلك نلاحظ بأن الخلطة المرجعية أظهرت تشغيلية أعلى من نظيراتها المحتوية على ركام آجر لجميع الاختبارات الانسيابية. بالإضافة إلى أن الخلطات D و G و J والمحتوية على أعلى نسب إحلل من ركام الآجر الخشن وركام الآجر الناعم وركام الآجر الخليط على التوالي أظهرت تشغيلية ضعيفة إضافة إلى أن الخلطة J خرجت عن حدود المواصفات في اختبار J-Ring كما انخفض قطر هبوطها بنسبة تبلغ 10.79% عن الخلطة



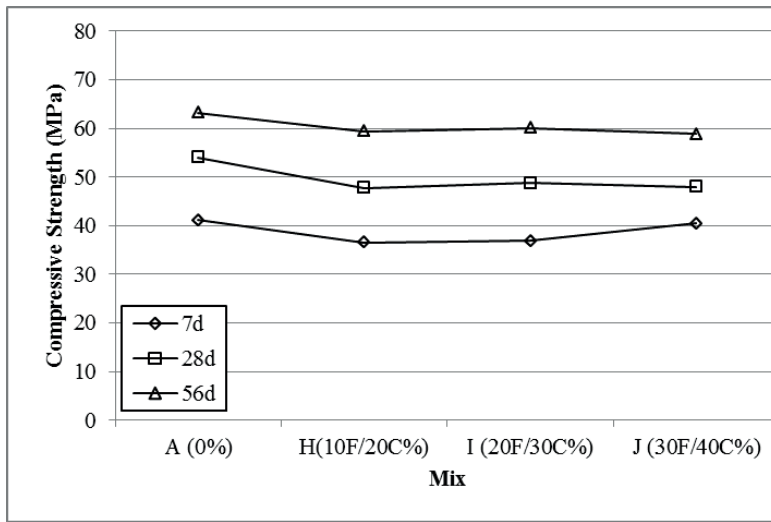
المرجعية. بينما الخلطة G سجل الفارق في اختبار J-Ring أعلى قيمة تتص عليها حدود المواصفات (10). لهذا السبب في هذه الدراسة قد تم اعتماد هذه النسب من ركام الآجر الناعم وركام الآجر الخشن وركام الآجر الخليط لتكون أعلى نسب في حالة تثبيت نسبة الماء للإسمنت 0.4 ونسبة الملدن 1.4%. الأشكال من رقم 5 إلى 7 توضح نتائج مقاومة الخرسانة للضغط عند 7 و 28 و 56 يوم للعينات التي تحتوي على نسب إحلال مختلفة من ركام الآجر. والجدول رقم 4 يبين نسب التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة.



3 شكل 5: مقاومة الخرسانة للضغط عند إضافة ركام خشن



4 شكل 6: مقاومة الخرسانة للضغط عند إضافة ركام ناعم

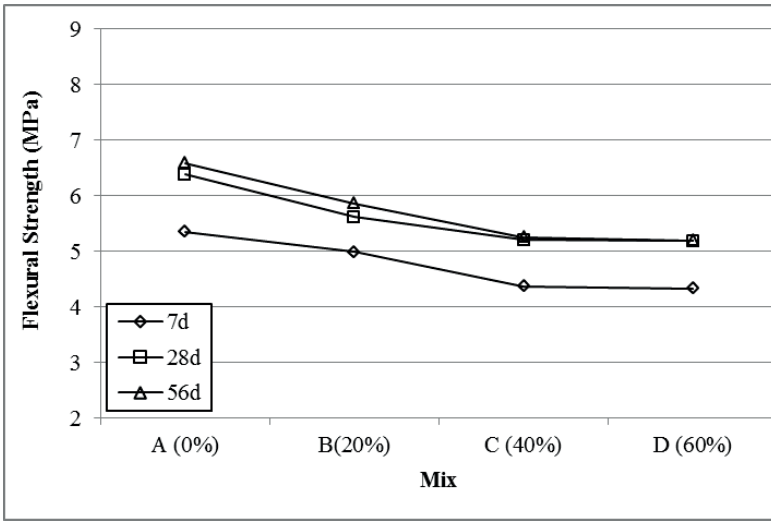


5 شكل 7: مقاومة الخرسانة للضغط عند إضافة الأجر كركام خشن وناعم

الجدول 4: التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة

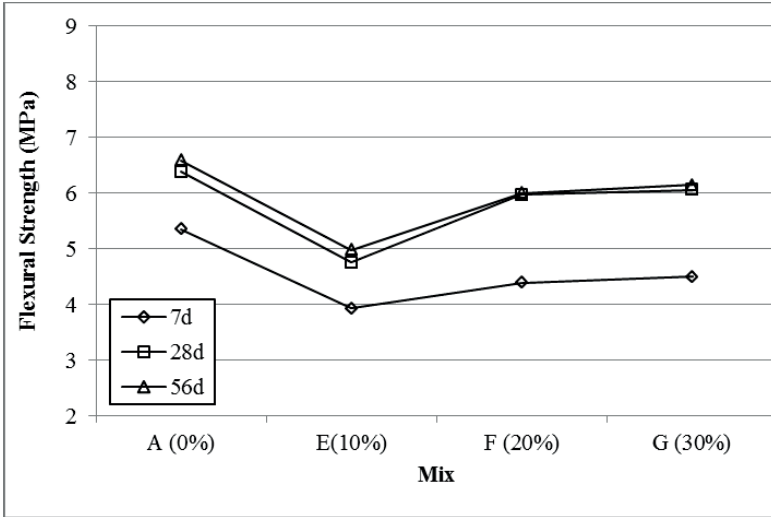
| الخلطة | مقاومة الضغط للعينات (MPa) |        |        | التزايد في قيمة مقاومة الضغط من 28 إلى 56 يوم | التزايد في قيمة مقاومة الضغط من 7 إلى 28 يوم |
|--------|----------------------------|--------|--------|---|--|
|        | 7 أيام                     | 28 يوم | 56 يوم |   |  |
| A      | 41.13                      | 54.02  | 63.18  | %16.95  | %31.32                                       |
| B      | 36.52                      | 51.89  | 60.60  | %16.80  | %42.08                                       |
| C      | 39.74                      | 52.50  | 62.31  | %18.70  | %32.09                                       |
| D      | 41.11                      | 52.35  | 61.95  | %18.33  | %27.30                                       |
| E      | 35.37                      | 45.50  | 58.73  | %29.07  | %28.62                                       |
| F      | 40.41                      | 47.29  | 63.26  | %33.76  | %17.04                                       |
| G      | 40.91                      | 49.55  | 61.94  | %24.99  | %21.12                                       |
| H      | 36.49                      | 47.71  | 59.47  | %24.65  | %30.75                                       |
| I      | 36.92                      | 48.79  | 60.13  | %23.24  | %32.15                                       |
| J      | 40.51                      | 48.03  | 58.82  | %22.46  | %18.56                                       |

وتوضح الأشكال من رقم 8 إلى 10 نتائج مقاومة الخرسانة للانحناء عند 7 و28 و56 يوم للعينات التي تحتوي على نسب إحلال مختلفة من ركام الأجر. والجدول رقم 5 يبين نسب التزايد في قيمة مقاومة الانحناء لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة.



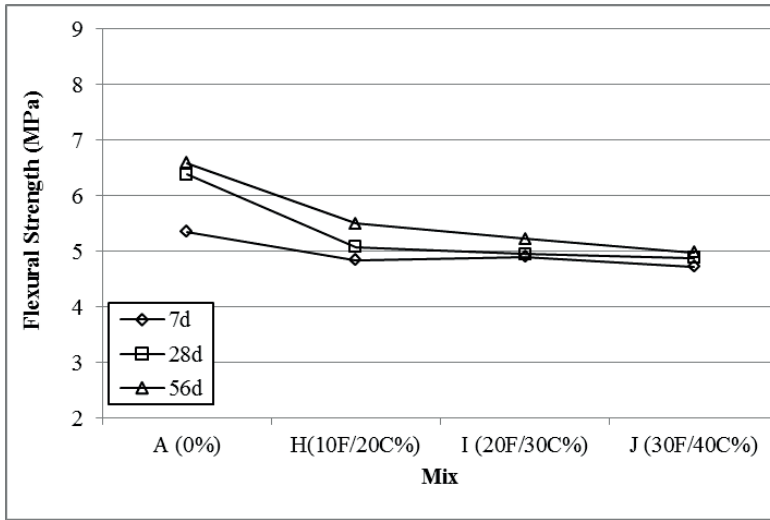
6

شكل 7: 8: مقاومة الخرسانة للانحناء عند إضافة الأجر كركام خشن



8

شكل 9: 9: مقاومة الخرسانة للانحناء عند إضافة الأجر كركام ناعم

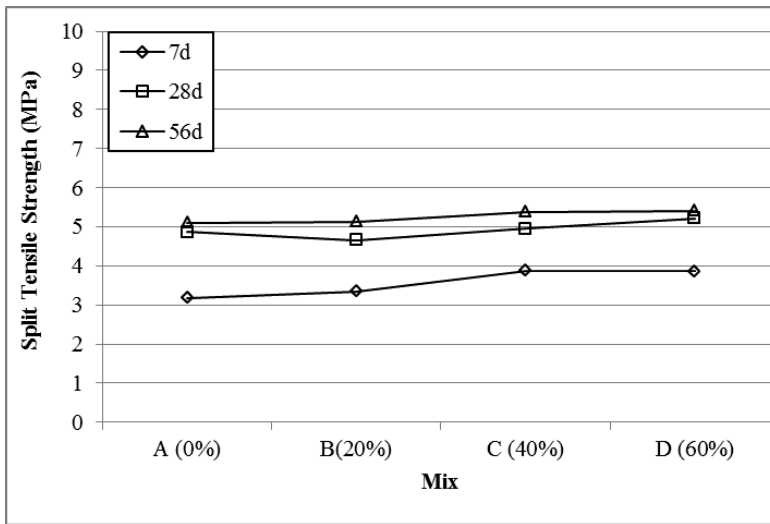


10 شكل 10: مقاومة الخرسانة للانحناء عند إضافة الأجر كركام ناعم وخشن

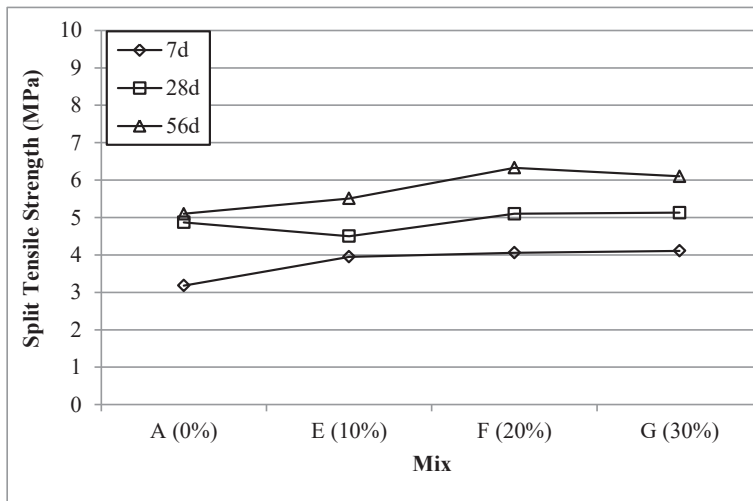
الجدول 5: نتائج مقاومة الانحناء لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة

| الزيادة في قيمة مقاومة الانحناء من 28 إلى 56 يوم | الزيادة في قيمة مقاومة الانحناء من 7 إلى 28 يوم | مقاومة الانحناء للعينات (MPa) |        |        | الخلطة |
|--|---|-------------------------------|--------|--------|--------|
|  |   | يوم 56                        | يوم 28 | 7 أيام |        |
| %3.29  | %19.25  | 6.59                          | 6.38   | 5.35   | A      |
| %4.27  | %12.62  | 5.86                          | 5.62   | 4.99   | B      |
| %1.00  | %19.23  | 5.26                          | 5.21   | 4.37   | C      |
| %0.20  | %19.86  | 5.20                          | 5.19   | 4.33   | D      |
| %4.62  | %21.12  | 4.98                          | 4.76   | 3.93   | E      |
| %0.51  | %35.99  | 6.00                          | 5.97   | 4.39   | F      |
| %1.49  | %34.67  | 6.15                          | 6.06   | 4.50   | G      |
| %8.27  | %4.96   | 5.50                          | 5.08   | 4.84   | H      |
| %5.66  | %1.02   | 5.23                          | 4.95   | 4.90   | I      |
| %2.05  | %3.17   | 4.98                          | 4.88   | 4.73   | J      |

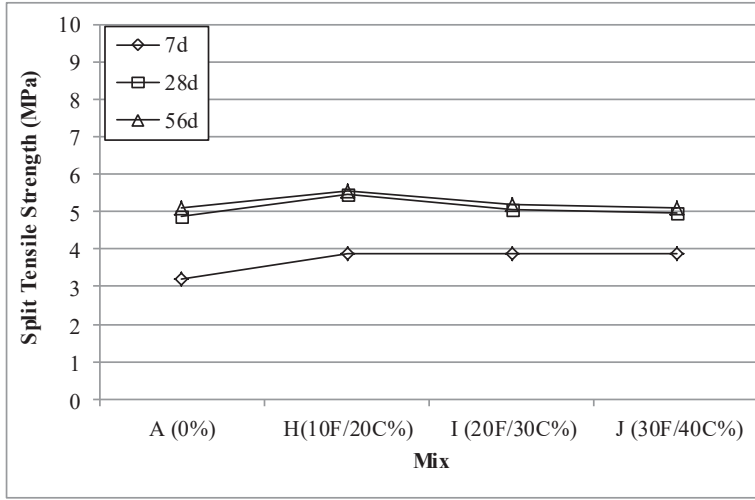
كما توضح الأشكال من رقم 11 إلى 13 نتائج مقاومة الخرسانة للانفلاق عند 7 و 28 و 56 يوم للعينات التي تحتوي على نسب إحلال مختلفة من ركام الأجر. والجدول رقم 6 يبين نسب التزايد في قيمة مقاومة الانفلاق لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة.



شكل 11: مقاومة الخرسانة للانفلاق عند إضافة الأجر كركام خشن



شكل 12: مقاومة الخرسانة للانفلاق عند إضافة الأجر كركام ناعم



شكل 13: مقاومة الخرسانة للانفلاق عند إضافة الآجر كركام ناعم وخشن

الجدول 6: مقاومة الانفلاق لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة

| الزيادة في قيمة مقاومة الانفلاق من 28 إلى 56 يوم | الزيادة في قيمة مقاومة الانفلاق من 7 إلى 28 يوم | مقاومة الانفلاق للعينات (MPa) |        |        | الخلطة |
|--|---|-------------------------------|--------|--------|--------|
|  |   | 56 يوم                        | 28 يوم | 7 أيام |        |
| %4.72  | %53.14  | 5.1                           | 4.87   | 3.18   | A      |
| %10.08   | %39.10  | 5.13                          | 4.66   | 3.35   | B      |
| %8.68  | %27.90  | 5.38                          | 4.95   | 3.87   | C      |
| %3.83  | %34.97  | 5.41                          | 5.21   | 3.86   | D      |
| %22.44   | %13.92  | 5.51                          | 4.50   | 3.95   | E      |
| %24.11   | %25.61  | 6.33                          | 5.10   | 4.06   | F      |
| %18.90   | %24.81  | 6.10                          | 5.13   | 4.11   | G      |
| %1.45  | %42.22  | 5.57                          | 5.49   | 3.86   | H      |
| %3.17  | %29.48  | 5.21                          | 5.05   | 3.90   | I      |
| %2.61  | %28.02  | 5.11                          | 4.98   | 3.89   | J      |

### الاستنتاجات

1. تساهم عملية استبدال ركام مخلفات الآجر كنسب إحلال من الركام الطبيعي على المحافظة على البيئة عند إعادة استخدام هذه المخلفات في دورة البناء بدلاً من رميها في المكبات كما تساهم في التقليل من استنزاف الموارد الطبيعية لمصادر الركام.
2. يقل زمن الشك الابتدائي والنهائي بإضافة الآجر المسحوق للعينات الإسمنتية، وخاصة النسبة العالية من ركام الآجر الخليط التي أظهرت تأخراً في التصلب.
3. بزيادة نسبة ركام الآجر الناعم والخشن نقل التشغيلية للخلطات، وكانت أفضل نسب إحلال من ركام الآجر الخشن وركام الآجر الناعم هي 40% و 20% على التوالي.

4. يوجد تحسن ملحوظ في مقاومة الضغط وبعض الخواص المستهدفة في هذه الدراسة وذلك عند نسبة ركام الآجر الخليط (F20/C30%).

5. عند إضافة ركام الآجر الخشن وركام الآجر الناعم وركام الآجر الخليط (الناعم والخشن) تقل مقاومة الخرسانة للانحناء، على عكس مقاومة الشد غير المباشر التي تحسنت عند إضافة ركام الآجر.

#### المراجع

1. Guo RL. "The study on application of fully-graded coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete and mortar", Chinese, dissertation, Tianjing: Tianjing University, 2007.
2. Sun BJ, Ma X. "Research on the performances of concrete with organic modification recycled brick aggregate", J Science and Technology Information, Chinese, 2008,32:140-141.
3. BS 812:1992 "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswick high road, London, W4 4AL, UK, 1992.
4. عبد الرؤوف محمد أبو ذينة، "الخواص الميكانيكية لخرسانة الألياف ذاتية الدمك"، جامعة المرقب، كلية الهندسة، رسالة ماجستير، 2016.
5. "The European Guidelines for Self-Compacting concrete". Specification, Production and Use. (2005) edition.

## تأثير الكاولين كبديل جزئي للإسمنت على مقاومة الضغط

|                             |                                   |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| أ. د مختار معمر أبوراوي     | أ. محمد إبراهيم محمد الفليد       | أ. سفيان نزاهات بشير الصغير       |
| أستاذ - قسم الهندسة المدنية | مساعد محاضر - قسم الهندسة المدنية | مساعد محاضر - قسم الهندسة المدنية |
| كلية الهندسة - جامعة الخمس  | كلية الهندسة - جامعة الخمس        | كلية الهندسة - جامعة الخمس        |
| aburawi2050@yahoo.com       | mohmmedalglad@yahoo.com           | sufianalzayan@yahoo.com           |

### الملخص :

الطين المحروق يعتبر من المواد البوزلانية ويمكن استخدامه كإحلال جزئي للإسمنت البورتلاندي العادي لصناعة المونة الإسمنتية، وذلك لغرض تحسين بعض الخصائص وللتقليل من التكلفة. حيث تم الحصول على عينات من الطين الخام من ستة مواقع مختلفة في منطقتي جنوب وشمال ليبيا. وبعد الحرق تم اختيار العينات التي سجلت أقل فاقد حراري. أجريت التحاليل الكيميائية لتحديد نسب الأكاسيد للطينات بعد الحرق عند درجتي حرارة 700°م و 1000°م لمدة ساعتين وثلاثة ساعات. تم طحن العينات بعد التبريد لغرض الحصول على عينات لمادة الميتاكاولين الفعالة. في هذه الدراسة تم استخدام الميتاكاولين بنسبة 15% من وزن الإسمنت البورتلاندي العادي لإعداد وخلق وصب عينات من العجينة والمونة الإسمنتية لاختبار مقاومة الضغط بعد 3 و 7 و 28 و 90 يوم من الصب، كل العينات تمت معالجتها بالغمر في الماء. أظهرت النتائج أنه بإضافة الميتاكاولين للعجينة والمونة الإسمنتية، تتحسن مقاومة الضغط في الأعمار المتأخرة.

الكلمات الدالة : الخرسانة ، الخرسانة ذاتية الدمك ، خواص الخرسانة الطرية المتصلبة

### Abstract :

Burned clay is a Pozolana material and can be used as a partial replacement for the normal Portland cement industry, for the purpose of improving certain properties and to reduce the cost. Samples of raw clay were obtained from six different locations in southern and northern Libya. After the burn, the samples were selected with the lowest thermal loss. Chemical analyses were carried out to determine the ratios of oxides to folds after burning at 700°C and 1000° for two and three hours. The samples were milled after refrigeration for the purpose of obtaining samples of effective met-kaolin. In this study, metakaolin was used at 15% of the weight of normal Portland cement to prepare, mix and pour samples of the dough and cement mortar to test compressive strength after 3, 7, 28 and 90 days of casting, all samples cured in water. The results showed that by adding metkaolin to the paste and cement mortar, compressive strength improves in later ages.



الخرسانة واحدة من أكثر مواد البناء استخدمت على نطاق واسع، والإسمنت المادة الرئيسية المكونة للخرسانة. يستهلك إنتاج الإسمنت الكثير من الطاقة مما يؤدي إلى الشواغل البيئية من حيث الاستفادة من المواد الخام وانبعاثات CO<sub>2</sub> (1) حيث تهدفه هذه الأبحاث لزيادة وتحسين معاملات الأمان وتطوير الخصائص الميكانيكية للخرسانة. في هذا الفصل سيتم تناول بعض النتائج التي تم نشرها فيما يتعلق بإضافة المواد البوزولانية (Pozzolanic Materials) وتصنيف المواد البوزولانية من حيث مصدرها وفعاليتها، وأيضا أهم الدراسات السابقة في مجال استخدام المواد البوزولانية وبوجه الخصوص الطين المحروق (الميتاكلولين).

البوزولانا هي مادة سليكية أو سليكية الومينية فعالة لا تمتلك لوحدها صفات رابطة ولكن بعد الحرق عندما تطحن ناعما تتفاعل كيميائيا مع الجير بوجود الماء في درجات الحرارة الاعتيادية تتكون مركبات واطئة الإذابة ولها خواص إسمنتية أصبح الآن مصطلح البوزولانا يطلق بصورة عامة على عدد من المواد الطبيعية والمواد المحضرة صناعيا مثل الطين المحروق شرط ان يحتوي على سليكا غير متبلورة لتكون ذات فعالية عالية، وأن تكون لدرجة عالية من النعومة لتتمكن من التفاعل مع الجير بوجود الماء. (3)

المواد البوزولانية الطبيعية والصناعية تختلف من حيث الأصل والتركيب الكيميائي والمعدني، وعلى الرغم من عدم وجود علاقة مباشرة بين المحتوى الكيميائي وبين النشاط البوزولاني إلا انه يوجد تشابه في خاصية النشاط البوزولاني للمواد البوزولانية الطبيعية والصناعية. إضافة إلى ان هناك بعض الخصائص الأخرى يمكن أن تؤثر على درجة التفاعل أو النشاط البوزولاني مثل النعومة والتركيب البلوري. (7) المواد البوزولانية الطبيعية والمواد البوزولانية الصناعية مختلفين تماما من حيث الأصل والتركيب الكيميائي والتركيب المعدني وبالرغم من ذلك يتشابهان في خاصية النشاط البوزولاني. (4) المواد البوزولانية الطبيعية تشمل المواد الأوبالية (التربة الدياتومية والجيرت والأوبال) والرواسب البركانية وتشمل (الفتات البركاني والرماد البركاني) والصخور الفتاتية البركانية والبوزولانا من الصخور البازلتية. (5) (6) (7) بينما المواد البوزولانية الصناعية تنتج من معالجة بعض المواد الخام لإنتاج مواد بوزولانية غنية بالسليكا والألومينا، معالجة بعض المواد الخام تتم غالبا بتسخين تلك المواد الي درجات حرارة مختلفة ثم الطحن ثم الخلط مع الجير .

النعومة خاصية للإسمنت والمواد البوزولانية، حيث تلعب النعومة دورا هام في عملية التفاعل، بالنسبة للمادة البوزولانية كلما ازدادت درجة النعومة تزداد المساحة السطحية لحبيبات المادة، وهذا بدوره يزيد من درجة التفاعل الذي يحقق مقاومة

تضاهي تلك قيم المقاومة التي يمكن الحصول عليها باستخدام الإسمنت البورتلاندي فقط عند 28 يوم .ومن خلال الدراسات السابقة يتضح أن نعومة المادة البوزولانية تساهم أيضا في تحسين التشغيلية وزيادة في زمن الشك الابتدائي للخرسانة يمكن تحديد النعومة باستخدام طريقة بلين (Blain) . النعومة المناسبة يمكن الحصول عليها وذلك بطحن المادة البوزولانية لأزمنة مختلفة داخل اسطوانات الطحن ( Ball milling ) (13).

الميتاكرولين مادة بوزولانية عالية التفاعل، اضافة الميتاكرولين للخرسانة يحسن إلى حد كبير قوته ومثاقته وخصائصه. الميتاكرولين له تأثير ايجابي جدا على قوة الخرسانة بعد يومين وخاصة عند 28 يوما و90 يوما. خرسانة الميتاكرولين اظهرت قدر اقل من نفاذية الكلوريد، ونفاذية الغاز، واقل من حيث الامتصاصية وحجم القنوات الشعرية مقارنة مع خرسانة الاسمنت البورتلاندي العادي. درجة الحرارة المثلى لتسخين الكولين من أجل المحافظة على ميتاكرولين عالي المحتوى البوزولاني مازالت تحت الاختلاف من باحث لأخر. فترة التسخين ايضا لا تزال غير معلومة أو محددة تماما.

### مشكلة البحث

الإسمنت من أهم مكونات الخلطات الخرسانة، وهذا يعني أنه من الضروري استخدام هذه المواد الاسمنتية في صناعة التشييد. ونتيجة للطلب المتزايد على مادة الإسمنت، ربما مستقبلا تواجه هذه الصناعة مشكلة نقص في هذه المادة؛ وعلاوة على ذلك الطاقة العالية المستهلكة لإنتاجه. اعتماد استراتيجيات وتقنيات مختلفة تعمل على التقليل من تكلفة الانتاج وتساهم في حماية البيئة، وذلك باستخدام مواد اخري تكون الاكثر صديقة للبيئة. يمكن استخدام هذه المواد بشكل كلي او جزئي محل المواد التقليدية الباهظة الثمن. هذه الدراسة تتناول امكانية استخدام والاستفادة بعض الطينات المحلية (البوزولانا الطبيعية)، كبديل جزئي للإسمنت في صناعة المونة الاسمنتية، وذلك نظرا لتوفر هذه الطينات بكميات هائلة واقتصادية في الغرب الليبي (بفرن، غريان، زليتن) والجنوب الليبي (ثاروت وعافية وتمنهنث). كما تعمل هذه الدراسة على معرفة تأثير زمن ودرجات حرارة الحرق على الطينات قبل وبعد خلطها مع الإسمنت لإنتاج الإسمنت المخلوط، بهدف التقليل من استخدام الإسمنت وكذلك تقليص الطاقة المستخدمة في إنتاجه.

### أهداف ونطاق البحث

لارتباط زيادة استهلاك الطاقة لإنتاج الاسمنت والانبعاثات المتصاعدة لثاني أكسيد الكربون في طبقات الغلاف الجوي ولما لذلك من أثر بيئي سلبي على الصحة العامة. استهدفت هذه الدراسة امكانية استخدام الميتاكرولين بالإحلال الجزئي من

وزن الاسمنت لصناعة المونة الاسمنتية لتحسن في الخواص الطرية والمتصلبة للمونة الاسمنتية، اضافة الى توفير 40% من مادة الكلنكر المنتج لصناعة الاسمنت، مما يساهم في التقليل من استهلاك الطاقة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون خلال الغلاف الجوي<sup>(13)</sup>. تهدف هذه الدراسة لمعرفة تأثير زمن ودرجة حرارة الحرق على بلورة البوزولانا الطبيعية والمتوفرة محليا (الكاولين)، حيث تم تجميع العينات من مناطق مختلفة في جنوب والغرب الليبي كما موضحة علي الخريطة الجيولوجية الشكل رقم 1.1<sup>(14)</sup> تم في هذه الدراسة حرق الطينات التي سيتم تجميعها في درجات حرارة من 400 الي 1000 درجة مئوية ولفترات زمنية مختلفة للوصول الي الزمن ودرجة حرارة الحرق المثالية والاكثر فعالية من الناحية الفنية والاقتصادية.

### البرنامج العملي

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي المطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسن 1997م<sup>(22)</sup> ، وهو من إنتاج مصنع البرج بمدينة زليتن التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات، وتم قياس النعومة للإسمنت بواسطة جهاز بلين طبقا للمواصفات الأمريكية<sup>(24)</sup> (ASTM C204-92). كما تم استخدام الرمل القياسي المتوفر بمعمل مراقبة الجودة بمصنع البرج زليتن التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات المطابق للمواصفة EN 196-1 ISO 679:2009<sup>(23)</sup>.

تم جمع وتوريد كمية كافية من مادة الطين الطبيعي لتحضير ستة عينات، على اساس ثلاثة عينات من منطقة الجنوب (تمنهنط وعافية وثاروت) وثلاثة عينات من منطقة الشمال (غريان ويفرن وزليتن). تم وضع العينات داخل أكياس بلاستيكية موضح عليها أسم المنطقة، تمت المعالجة الحرارية للطين في معمل مراقبة الجودة بمصنع الحديد والصلب بمدينة مصراته. تم تكسير عينات الكاولين بعد الحرق والتبريد بواسطة مطرقة وطحنها لمدة 5 دقائق. تم نخل نواتج الطحن في منخل رقم 200 (0.075م). تم وضع الطين المعالج حراريا والمطحون في أواني خاصة مقاومة للحرارة العالية ومحدودة السعة 1500 جرام داخل الفرن، بعد تحديد درجة الحرارة المطلوبة لكل عينة. في هذه الدراسة تم تحديد ثلاث درجات حرارة 400 و700 و1000 درجة مئوية لحرق العينات لمدة ساعتين و3 ساعات من وصول الفرن لدرجة الحرارة المطلوبة. فمثلا زمن وصول الفرن لدرجة الحرارة 400 درجة مئوية حوالي 24 دقيقة أي بمعدل تقريبا 16.6 درجة مئوية/دقيقة بعدها يستمر الحرق لمدة ساعتين اضافية وبعد ذلك تترك العينات خارج الفرن ولمدة 24 ساعة حتى تبرد. جميع العينات تم وزنها قبل وبعد الحرق لمعرفة الفاقد في الوزن. والجدول رقم 1 و الجدول 2 يوضحا تأثير درجة حرارة الحرق لمدة ساعتين و3 ساعات على نسبة الفاقد على التوالي لجميع العينات. تم إجراء اختبار التركيب الكيميائي لعينات

الكاولين قبل الحرق والميتاكاولين بعد الحرق باستخدام جهاز ( XRF ) داخل مصنع البرج التابع لشركة الاتحاد العربي

للمقاولات

جدول 1: تأثير درجة حرارة الحرق لمدة ساعتين على نسبة الفاقد لجميع العينات.

| اسم المنطقة | درجة حرارة الحرق 400 م° |           |               | درجة حرارة الحرق 700 م° |           |               | درجة حرارة الحرق 1000 م° |           |               |
|-------------|-------------------------|-----------|---------------|-------------------------|-----------|---------------|--------------------------|-----------|---------------|
|             | وزن العينة              |           | نسبة الفاقد % | وزن العينة              |           | نسبة الفاقد % | وزن العينة               |           | نسبة الفاقد % |
|             | قبل الحرق               | بعد الحرق |               | قبل الحرق               | بعد الحرق |               | قبل الحرق                | بعد الحرق |               |
| تمنهنت      | 500                     | 493.33    | 1.33          | 500                     | 473.91    | 5.21          | 500                      | 458.2     | 8.36          |
| يفرن        | 500                     | 480.66    | 3.86          | 500                     | 469.3     | 6.14          | 500                      | 460       | 8             |
| عافية       | 500                     | 481.4     | 3.72          | 500                     | 454.33    | 9.13          | 500                      | 450       | 10            |
| ثاروت       | 500                     | 493.6     | 1.28          | 500                     | 462.5     | 7.5           | 500                      | 456.2     | 8.76          |
| غريان       | 500                     | 466.4     | 6.72          | 500                     | 438.1     | 12.38         | 500                      | 433.6     | 13.28         |
| زليتن       | 500                     | 457.7     | 8.46          | 500                     | 427.1     | 14.58         | 500                      | 423.2     | 15.36         |

11

جدول 2: تأثير درجة حرارة الحرق لمدة 3 ساعات على نسبة الفاقد لجميع العينات.

| اسم المنطقة | درجة حرارة الحرق 400 م° |           |               | درجة حرارة الحرق 700 م° |           |               | درجة حرارة الحرق 1000 م° |           |               |
|-------------|-------------------------|-----------|---------------|-------------------------|-----------|---------------|--------------------------|-----------|---------------|
|             | وزن العينة              |           | نسبة الفاقد % | وزن العينة              |           | نسبة الفاقد % | وزن العينة               |           | نسبة الفاقد % |
|             | قبل الحرق               | بعد الحرق |               | قبل الحرق               | بعد الحرق |               | قبل الحرق                | بعد الحرق |               |
| تمنهنت      | 500                     | 492.4     | 1.52          | 500                     | 456.4     | 8.72          | 500                      | 452.1     | 9.58          |
| يفرن        | 500                     | 479.5     | 4.1           | 500                     | 454.3     | 9.14          | 500                      | 441.3     | 11.74         |
| عافية       | 500                     | 478.7     | 4.26          | 500                     | 441.1     | 11.78         | 500                      | 429       | 14.2          |
| ثاروت       | 500                     | 493       | 1.4           | 500                     | 459       | 8.2           | 500                      | 453.3     | 9.34          |
| غريان       | 500                     | 466.4     | 6.72          | 500                     | 437.1     | 12.58         | 500                      | 431.9     | 13.62         |
| زليتن       | 500                     | 456.3     | 8.74          | 500                     | 426.3     | 14.74         | 500                      | 421.5     | 15.7          |

الجدول رقم 3 يوضح نتائج اختبار التحليل الكيميائي لعينات الميتاكاولين. في هذه الدراسة تم اعتماد عينتين من مادة الكاولين على اساس اقل فاقد في الوزن بعد الحرق لكل من الغرب والجنوب الليبي، وبذلك تم اختيار عينة يفرن MKY من منطقة الغرب لزم حرق ساعتين و3 ساعات، وعينة تمنهنت MKT من منطقة الجنوب ولكن عند النظر لزم حرق 3 ساعات فإن عينة ثاروت أعطت فاقد في الوزن أقل من عينة تمنهنت بنسبة 6%، ولكن عند زمن حرق ساعتين أعطت عينة تمنهنت أقل فاقد في الوزن مقارنة بعينة ثاروت بنسبة 30%، وبالتالي تم إختيار عينة تمنهنت لزمني حرق ساعتين و3 ساعات، وحرق العينتين بدرجتين حرارة هما 700 و1000 درجة مئوية، وبنسبة إحلال ثابتة (15%). بالإضافة إلي الخلطة المرجعية بدون مادة الميتاكاولين (OPC)، وبذلك يصبح عدد الخلطات 11 خلطة، جميع العينات تم معالجتها في الماء لزم اختبار مقاومة الضغط عند 3 أيام و7 أيام و28 يوم و90 يوم، وتم قياس النسبة المئوية لامتناس الماء والمسامية ونفاذية الماء لفترة 28 يوم.

تم تحديد نسبة الخلط للمونة الإسمنتية باستخدام المواصفات الأمريكية<sup>(2)</sup> (ASTM C109-92) وذلك باستخدام الاوزان الثابتة وما يقابله لكل قالب 50×50×50مم من وزن الاسمنت والرمل والماء بنسب بنسب خلط ثابتة (1:2.75).

(الاسمنت: الركام الناعم) وتم استخدام نسبة ماء الخلط الى الاسمنت (  $w/c = 0.485$  )، ونسبة الإحلال من مادة الميتاكولين ثابتة 15% من وزن الاسمنت والجدول رقم 4 يوضح الاوزان لكل من مكونات المونة الإسمنتية . تمت عملية الخلط بواسطة خلاط كهربائي، وبعد 5 دقائق من الخلط تم صبها علي طبقتين ودمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك 16 مرة تم استخدام أداة لتسوية السطح، تم وضعها في جهاز طارد الرطوبة عند درجة 20 درجة مئوية لمدة 24 ساعة تم تفك القوالب وتوضع في حوض المعالجة تحت درجة حرارة ثابتة 21 درجة مئوية. كما تم إجراء بعض الاختبارات علي مكونات الخلطة أثناء مزج مادة الميتاكولين بنسبة 15% مع الإسمنت قبل إضافة الماء .والجدول رقم 5 يوضح نتائج بعض الاختبارات.

جدول 3: التركيب الكيميائي لعينات الميتاكولين

| MKT10003 | MKT10002 | MKT7003 | MKT7002 | MKT   | العنصر الكيميائي%              |
|----------|----------|---------|---------|-------|--------------------------------|
| 78.74    | 78.81    | 77.14   | 71.04   | 67.07 | SiO <sub>2</sub>               |
| 27.05    | 25.84    | 26.71   | 27.59   | 5.01  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 2.66     | 3.09     | 2.38    | 2.22    | 6.50  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 6.12     | 6.12     | 6.17    | 6.23    | 5.81  | CaO                            |
| 0.71     | 0.71     | 0.71    | 0.71    | 0.10  | MgO                            |
| 0.05     | 0.06     | 0.04    | 0.02    | 0.26  | Na <sub>2</sub> O              |
| 0.07     | 0.07     | 0.06    | 0.16    | 0.08  | K <sub>2</sub> O               |
| 0.21     | 0.20     | 0.20    | 0.18    | 0.23  | SO <sub>3</sub>                |
| 0.11     | 0.11     | 0.11    | 0.11    | 0.17  | Cl                             |
| 2.41     | 2.42     | 2.48    | 2.67    | -     | LSF                            |
| 2.65     | 2.72     | 2.65    | 2.38    | -     | SIM                            |
| 10.19    | 8.35     | 11.22   | 12.46   | -     | ALM                            |
| MKY10003 | MKY10002 | MKY7003 | MKY7002 | MKY   | العنصر الكيميائي%              |
| 72.93    | 71.44    | 76.87   | 67.83   | 64.15 | SiO <sub>2</sub>               |
| 17.33    | 16.53    | 17.11   | 16.23   | 18.04 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 9.96     | 12.30    | 8.47    | 8.72    | 8.59  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 6.52     | 7.06     | 6.54    | 8.93    | 4.50  | CaO                            |
| 0.82     | 0.83     | 0.82    | 0.85    | 1.84  | MgO                            |
| 0.01     | 0.02     | 0.01    | 0.01    | 0.06  | Na <sub>2</sub> O              |
| 2.41     | 2.39     | 2.38    | 2.37    | 2.56  | K <sub>2</sub> O               |
| 0.45     | 0.34     | 0.37    | 0.53    | 0.48  | SO <sub>3</sub>                |
| 0.11     | 0.11     | 0.07    | 0.07    | 0.02  | Cl                             |
| 2.82     | 3.10     | 2.71    | 4.16    | -     | LSF                            |
| 2.67     | 2.48     | 3.01    | 2.72    | -     | SIM                            |
| 1.74     | 1.34     | 2.02    | 1.86    | -     | ALM                            |

الجدول 4: الاوزان لكل من مكونات المونة الإسمنتية (2)

| وزن مكعبات | وزن الإسمنت (جم) | وزن رمل قياسي(جم) | وزن ماء(0.485) من وزن الإسمنت (جم) | وزن ميتاكولين (جم) (15%) |
|------------|------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 6          | 500              | 1375              | 242                                | 75                       |
| 9          | 740              | 2035              | 359                                | 111                      |

جدول 5: نتائج بعض الاختبارات علي مزيج الإسمنت والميتاكولين

| رقم الخلطة | المساحة السطحية بـلن CM <sup>2</sup> /gm <sup>(24)</sup> | الفاقد الحراري (%) <sup>(34)</sup> | أكسيد الكالسيوم الحر (%) <sup>(34)</sup> |
|------------|--|------------------------------------|--|
| S1         | 3180.00  | 1.17                               | 1.22                                     |

|                    |                    |                    |                 |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 0.45               | 2.35               | 5084.33            | S2              |
| 1.39               | 0.46               | 4509.94            | S3              |
| 0.60               | 1.77               | 3650.48            | S4              |
| 1.21               | 0.44               | 3824.00            | S5              |
| 0.60               | 1.37               | 4608.84            | S6              |
| 1.32               | 0.49               | 4386.00            | S7              |
| 0.66               | 1.26               | 4102.78            | S8              |
| 1.17               | 0.40               | 3889.67            | S9              |
| 0.96               | 0.61               | 5004.88            | S10             |
| 0.97               | 0.54               | 3349.91            | S11             |
| <b>1.40 – 0.70</b> | <b>1.00 – 0.10</b> | <b>3300 – 3000</b> | <b>STANDARD</b> |

تمت لكل خلطة معالجة 15 مكعب في الماء ، كل 3 مكعبات لزمن معين من 3 و 7 و 28 و 90 يوم، و 3 مكعبات للنفاذية والمسامية لزمن 28 يوم في حوض المعالجة تحت درجة حرارة 21 درجة مئوية وللحفاظة علي نفس درجة نقارة الماء المستخدم تمت تغير ماء المعالجة كل 15 يوم، بحيث كانت درجة حرارة المعمل 19 درجة مئوية ونسبة الرطوبة 43%.

### مناقشة النتائج

الانسيابية تعبر عن قوام المونة الإسمنتية الطرية من حيث مدى سهولة خلط ومناولة وصب ودمك وتشطيب المونة الإسمنتية. تم قياس الانسيابية بجهاز اختبار الانسياب وفق طريقة المواصفات الأمريكية (ASTM C230-83) (35). كما تم لإحلال الميتاكاولين كبديل جزئي للإسمنت في خلطة العجينة الإسمنتية بنسبة ثابتة 15% لعدد 10 خلطات . مع اختلاف درجات الحرارة وزمن الحرق وكذلك نعومة خلطتين وبنفس درجة الحرارة 1000 درجة مئوية لزمن 3 ساعات. والجدول رقم 6 يوضح نسب وكميات الخلط. تم الخلط بواسطة الخلاط الكهربائي سعة 4730 سم<sup>3</sup> وفق المواصفات الأوروبية البريطانية، وتم إجراء اختبار زمني الشك الابتدائي والنهائي بواسطة جهاز فيكات وفق المواصفات الأوروبية البريطانية (BS EN 196-3:2005) (25).

تم إجراء اختبار مقاومة الضغط في شركة الرباط الخاصة بمدينة مصراته لعدد 12 مكعب لكل خلطة من خلطات المونة الإسمنتية 3 مكعبات لكل زمن، وذلك بعد 3 و 7 و 28 و 90 يوم. ثم تم وضع المكعبات في جهاز اختبار مقاومة الضغط بمعدل تحميل 0.89 كل/ثانية، جميع العينات وصلت إلى حالة الانهيار عند أقصى حمل في مدة زمنية تراوحت ما بين 20 إلى 80 ثانية وفق المواصفات الأمريكية (ASTM C109-92) (2) الخاصة باختبار مقاومة الضغط لمكعبات المونة الإسمنتية. وبما أن تم خلط وصب العينات في معمل البرج التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات وأن إجراء اختبار المقاومة في شركة الرباط بمدينة مصراته وبالتالي عند رفع العينات الي المختبر وان الزمن ما بين نقل العينات من معمل

البرج الي شركة الرباط تستغرق من الوقت حوالي 45 دقيقة وأكثر وبالتالي لابد من وضع العينات في حوض وتغليفه بالخيش المبلل بالماء لكي لا تتعرض العينات للهواء في هذه المدة.

الجدول 6: نسب وكميات الخلط للعيونة الإسمنتية القياسية المستخدمة في زمن الشك الابتدائي والنهائي

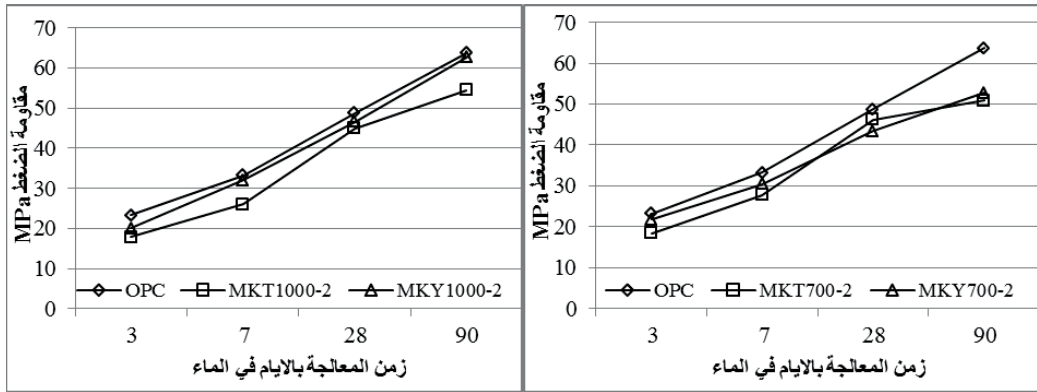
| رقم خلطة | رمز العينة | وزن الإسمنت (جم) | نسبة الميكاكولين (%) | وزن مادة الميكاكولين (جم) | نسبة الماء (%) | وزن الماء (جم) |
|----------|------------|------------------|----------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| S1       | OPC        | 650              | 0                    | 0                         | 0.28           | 182            |
| S2       | MKT7002    | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.3            | 195            |
| S3       | MKY7002    | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.3            | 195            |
| S4       | MKT10002   | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.3            | 195            |
| S5       | MKY10002   | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.297          | 193            |
| S6       | MKT7003    | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.3            | 195            |
| S7       | MKY7003    | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.2976         | 193.5          |
| S8       | MKT10003   | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.2999         | 194.5          |
| S9       | MKY10003   | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.3            | 195            |
| S10      | MKT-a10003 | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.3015         | 196            |
| S11      | MKY-a10003 | 552.5            | 15                   | 97.5                      | 0.292          | 190            |

تم اختبار عدد 132 مكعب مقاس  $50 \times 50 \times 50$  مم، تم معالجة جميع العينات في حوض المعالجة الذي يحتوي على ماء معالج بدرجة حرارة ثابتة 21 درجة مئوية، ودرجة حرارة المعمل 19 درجة مئوية ورطوبة المعمل 43%. لمدة 3 أيام و7 أيام و28 يوم و90 يوم. عدد العينات لكل خلطة 12 مكعب للحصول على متوسط لعدد ثلاثة قراءات لكل زمن. والجدول رقم 2.4 يبين نتائج اختبار مقاومة الضغط للعينات المعالجة في الماء. من خلال نتائج العينات التي تمت معالجتها في الماء يتضح أن قيم مقاومة الضغط للخلطات سجلت قيم أقل من قيم مقاومة الضغط للعينات التي تم معالجتها بعد 28 يوم وذلك عند ثلاثة أيام و7 أيام من المعالجة. بعد ثلاثة أيام سجلت العينة MKT1000-3 أعلى نسبة انخفاض قدرها 66%، بينما أقل نسبة انخفاض كانت للعينة (OPC) بمقدار 52% بالمقارنة مع قيم العينات التي تم معالجتها بعد 28 يوم. أما بالنسبة للعينات التي تم اختبارها بعد 7 أيام تحسنت مقاومة الضغط للعينات وسجلت العينة MKT1000-3 أعلى نسبة انخفاض قدرها 44% وأقل نسبة انخفاض كانت للعينة (OPC) بمقدار 32% بالمقارنة مع قيم العينات التي تم معالجتها بعد 28 يوم. أيضا من خلال نتائج مقاومة الضغط للعينات بعد مدة معالجة 90 يوم، حيث أعطت العينات مقاومة ضغط بنسبة أعلى من نسبة قيم مقاومة الضغط للعينات التي تم معالجتها بعد 28 يوم. بنسبة تتراوح من 10% الي 45%. والشكل رقم 2.4 الذي يوضح تأثير درجة وزمن الحرق على مقاومة الضغط لعينات المونة الإسمنتية حيث تمت مقارنة جميع النتائج بقيم نتائج العينة المرجعية (OPC) نلاحظ أن العينتين MKT و MKY عند زمن حرق ساعتين وبدرجة حرارة حرق  $700^\circ\text{م}$  و  $1000^\circ\text{م}$  أعطت قيم مقاومة ضغط أقل من قيم مقاومة ضغط للعينة المرجعية (OPC) لجميع أيام المعالجة ثلاثة أيام و7 أيام و28 يوم و90 يوم، حيث أعطت العينة MKT1000-2 أعلى نسبة انخفاض

قدرها 23%، وأقل نسبة انخفاض كانت للعينة MKY700-2 تقدر بنسبة 6% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية OPC وذلك عند مدة معالجة ثلاثة أيام. وأعطت العينة MKT1000-2 أعلى نسبة انخفاض بمقدار 22% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية (OPC) وأقل نسبة انخفاض كانت للعينة MKY1000-2 تقدر بنسبة 4% وذلك عند مدة معالجة 7 أيام. وعند مدة معالجة 28 يوم أعطت العينة MKY700-2 قيم مقاومة الضغط أقل من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية (OPC) بنسبة انخفاض الأعلى من جميع العينات التي تم معالجتها بعد 28 يوم بمقدار 10% وأقل نسبة انخفاض كانت للعينة MKY1000-2 تقدر بنسبة 4% عند مدة معالجة 28 يوم. أما عند مدة معالجة 90 يوم أعطت العينة MKT700-2 أعلى نسبة انخفاض بمقدار 20% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية OPC وأقل نسبة انخفاض كانت للعينة MKY1000-2 تقدر بنسبة 2%. وعند زمن حرق ثلاثة ساعات بدرجتي حرارة حرق 700 م° و 1000 م° فإن العينات أعطت قيم مقاومة ضغط أقل من قيم مقاومة ضغط للعينة المرجعية OPC عند مدة معالجة ثلاثة أيام و 7 أيام وزادت مقاومة الضغط في بعض العينات مع اختلاف درجة الحرارة عند مدة معالجة 28 يوم و 90 يوم. أعطت العينة MKT700-3 أعلى نسبة انخفاض بمقدار 33% و 23% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية (OPC) وذلك عند مدة معالجة ثلاثة أيام و 7 أيام علي التوالي وأقل نسبة انخفاض كانت للعينتين MKY1000-3 و MKY-a1000-3 بمقدار 10% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية OPC عند مدة معالجة ثلاثة أيام. وأعطت العينة MKT-a1000-3 أقل نسبة انخفاض بمقدار 5% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية OPC عند مدة معالجة 7 أيام. وعند مدة معالجة 28 يوم أعطت العينة MKT-a1000-3 أعلى نسبة انخفاض بمقدار 11% من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية (OPC) وازدادت قيمة مقاومة الضغط عن قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية (OPC) بمقدار 1% وذلك عند العينة MKT700-3 وازدادت قيم مقاومة الضغط للعينة MKY1000-3 بمقدار 3% وأيضاً العينة MKY-a1000-3 أعطت قيم متساوية لقيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية (OPC) علي التوالي. الشكل رقم 1 يوضح تأثير زمن المعالجة علي مقاومة الضغط للعينات التي تم حرقها بدرجة حرارة 700 م° بزمن حرق ساعتين بحيث نلاحظ أن مقاومة الضغط للعينة MKY أعلى من مقاومة العينة MKT عند مدة معالجة 3 و 7 و 90 يوم، وإعطت مدة معالجة 28 يوم نتائج مقاومة الضغط عكسية مقارنة بباقي أيام المعالجة. وعند الحرق بدرجة حرارة 1000 درجة مئوية في ساعتين نلاحظ أن العينتين MKT و MKY أن مقاومة الضغط تزداد بزيادة مدة المعالجة في جميع الاعمار حيث أعطت MKY مقاومة ضغط أعلى من مقاومة الضغط للعينة MKT في جميع أعمار مدة المعالجة كما في الشكل رقم 2. ونلاحظ عند الحرق بدرجة حرارة 700 درجة مئوية بزمن حرق ثلاثة ساعات أن مقاومة الضغط للعينة MKT أعلى من مقاومة الضغط للعينة

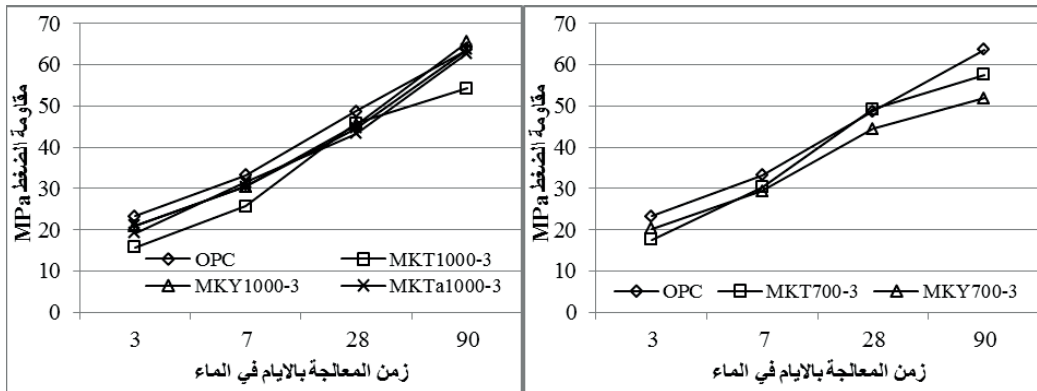


MKY في جميع أعمار مدة المعالجة إلا مدة معالجة العينات 3 أيام أعطت العينة MKY مقاومة ضغط أعلى من مقاومة الضغط العينة MKT كما في الشكل رقم 3. عند الحرق بدرجة حرارة 1000 درجة مئوية في 3 ساعات نلاحظ تفاوت في قيم مقاومة الضغط عند كل مدة معالجة حيث أعطت العينة MKYa أعلى مقاومة ضغط عن باقي العينات عند مدة معالجة 3 أيام وعند مدة معالجة 7 أيام أعطت MKTa مقاومة أعلى من باقي العينات، والعينة MKT أعطت مقاومة ضغط أعلى من باقي العينات عند مدة معالجة 28 يوم. وعند مدة المعالجة النهائية 90 يوم أعطت العينة MKY أعلى قيم لمقاومة الضغط من باقي العينات كما في الشكل رقم 4.



شكل 2: تأثير زمن المعالجة علي مقاومة الضغط للعينات 1000-2

شكل 1: تأثير زمن المعالجة علي مقاومة الضغط للعينات 700-2

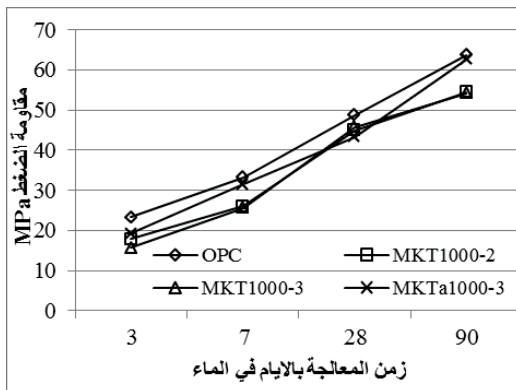


شكل 4: تأثير زمن المعالجة علي مقاومة الضغط للعينات 1000-3

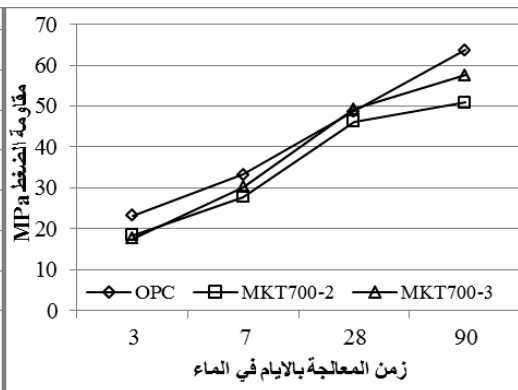
شكل 3: تأثير زمن المعالجة علي مقاومة الضغط للعينات 700-3

الشكل رقم 5 يوضح تأثير زمن الحرق لدرجة حرارة 700 درجة مئوية علي مقاومة الضغط للعينات MKT لزمن حرق ساعتين و 3 ساعات فإن مقاومة الضغط تقل كلما زاد زمن الحرق للمادة الكاولين من ساعتين إلي ثلاثة ساعات عند مدة معالجة 3 أيام وتزداد مقاومة الضغط بزيادة زمن الحرق من ساعتين إلي ثلاثة وذلك لمدة معالجة 7 و 28 و 90 يوم

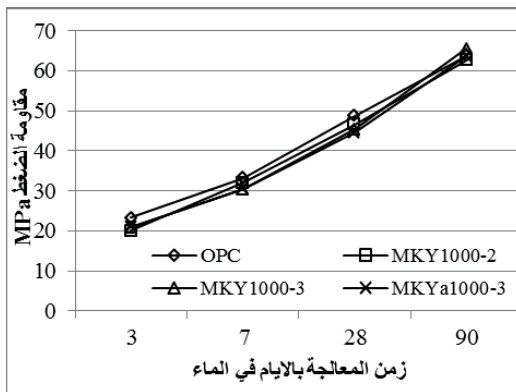
وتكون مقاومة الضغط أقل من قيم مقاومة الضغط للعيينة المرجعية (OPC)، أما بالنسبة للعيينة MKT وعند درجة حرارة حرق 1000 درجة مئوية فإن قيمة مقاومة الضغط تقل مع زيادة زمن الحرق من ساعتين إلي 3 ساعات وذلك لمدة معالجة 3 أيام و7 أيام و90 يوم. وتزداد مقاومة الضغط عند مدة معالجة 28 يوم، حيث أعطت العينة (MKTa1000-3) زيادة في مقاومة الضغط بزيادة زمن الحرق من ساعتين إلي 3 ساعات لمدة معالجة 3 و7 و90 يوم. وقلت مقاومة الضغط عند مدة معالجة 28 يوم. كما في الشكل رقم 6. أما بالنسبة للعيينة MKY وعند درجة حرارة حرق 700 درجة مئوية فإن قيمة مقاومة الضغط تقل مع زيادة زمن الحرق من ساعتين إلي 3 ساعات وذلك لمدة معالجة 3 و7 و90 يوم. وتزداد مقاومة الضغط عند مدة معالجة 28 يوم كما في الشكل 7. أما عند درجة حرارة 1000 درجة مئوية فإن مقاومة الضغط للعيينة MKY تقل مع زيادة زمن الحرق من ساعتين إلي 3 ساعات وذلك عند عمر العينة أيام 7 و28 يوم وتزداد مقاومة الضغط مع زيادة زمن الحرق من ساعتين إلي ثلاثة ساعات عند مدة معالجة 3 و90 يوم كما في الشكل رقم 8، حيث أعطت العينة 3-1000 MKY مقاومة ضغط أعلى مقارنة بالعيينة المرجعية OPC بنسبة 2.90%.



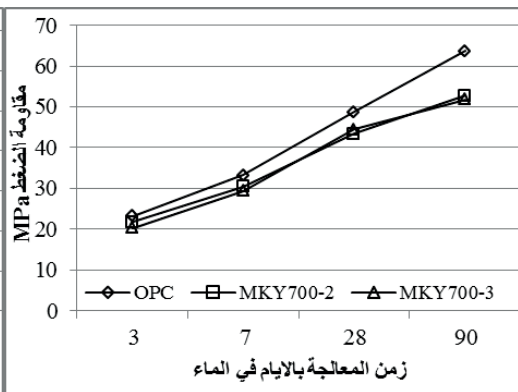
شكل 6: تأثير زمن الحرق لدرجة حرارة 1000 م ° علي مقاومة الضغط للعينات MKT



شكل 5: تأثير زمن الحرق لدرجة حرارة 700 م ° علي مقاومة الضغط للعينات MKT

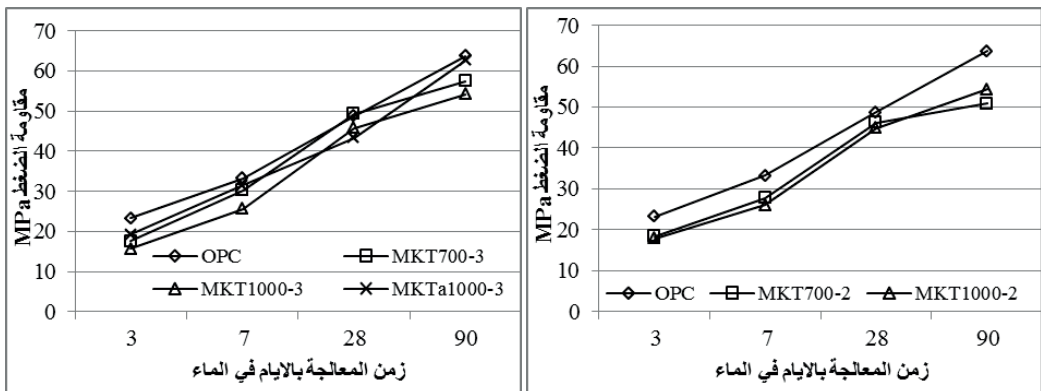


شكل 8: تأثير زمن الحرق لدرجة حرارة 1000 م ° علي مقاومة الضغط للعينات MKY



شكل 7: تأثير زمن الحرق لدرجة حرارة 700 م ° علي مقاومة الضغط للعينات MKY

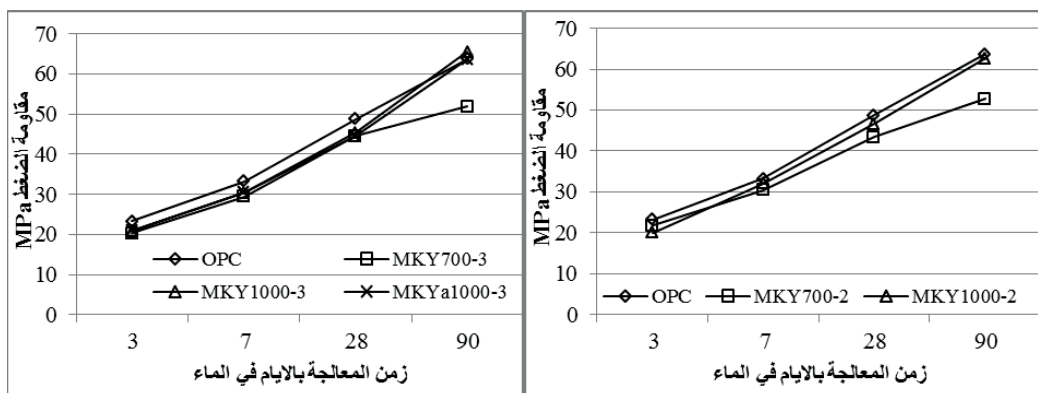
الشكل 9 يوضح تأثير درجة حرارة الحرق علي مقاومة الضغط عند نسبة إحلال ثابتة 15% من مادة الميثاكرولين لجميع الخلطات مع المعالجة في الماء لعدة أيام ،بالنسبة للعيينة MKT عند زمن حرق ساعتين عند درجة حرارة حرق 700 و1000 درجة مئوية فإن مقاومة الضغط تقل عند زيادة درجة الحرق من 700 و1000 درجة مئوية بنسبة 2.98% عند مدة معالجة 3 وبنسبة 6.47% عند مدة معالجة 7 ايام وبنسبة 2.81% عند مدة معالجة 28 يوم، وتزداد مقاومة الضغط بنسبة 6.87% عند فترة معالجة 90 يوم، حيث أن جميع القيم أعطت مقاومة ضغط اقل من قيمة مقاومة الضغط للعيينة المرجعية OPC. من خلال الشكل رقم 10 أيضا سجلت العينة MKT عند زمن حرق ثلاثة ساعات عند درجة حرارة حرق 700 و1000 درجة مئوية فإن مقاومة الضغط تقل عند زيادة درجة الحرق من 700 إلي 1000 درجة مئوية في جميع أيام المعالجة من 3 إلي 90 يوم باستثناء العينة MKTa-1000 فإن مقاومة الضغط تزداد عند جميع أعمار المعالجة إلا عند مدة 28 يوم من المعالجة فإنها تقل مقاومة الضغط أيضا وكل نتائج المقاومة أقل من قيم مقاومة الضغط للعيينة المرجعية OPC.



شكل 10: تأثير درجة حرارة الحرق علي مقاومة الضغط للعينات MKT التي تم حرقها في 3 ساعات

شكل 9: تأثير درجة حرارة الحرق علي مقاومة الضغط للعينات MKT التي تم حرقها في ساعتين

أما بالنسبة للعيينة MKY عند زمن حرق ساعتين عند درجة حرارة حرق 700 و1000 درجة مئوية فإن مقاومة الضغط تزداد عند زيادة درجة الحرق من 700 إلي 1000 درجة مئوية عند مدة معالجة 7 أيام إلي 90 يوم ونقل عند مدة معالجة ثلاثة أيام كما في الشكل رقم 11. من خلال الشكل رقم 12 للعيينة MKY عند زمن حرق ثلاثة ساعات عند درجة حرارة حرق 700 و1000 درجة مئوية فإن مقاومة الضغط تزداد عند زيادة درجة الحرق من 700 إلي 1000 درجة مئوية عند جميع أيام المعالجة من 3 إلي 90 يوم، حيث أعطت العينتين MKY1000 وMKYa-1000 مقاومة الضغط أعلي من قيمة مقاومة الضغط للعيينة المرجعية OPC وتزداد بنسبة ضغط 2.90%.



شكل 12: تأثير درجة حرارة الحرق على مقاومة الضغط للعينات MKY التي تم حرقها لمدة 3 ساعات

شكل 11: تأثير درجة حرارة الحرق على مقاومة الضغط للعينات MKY التي تم حرقها لمدة ساعتان

## الخلاصة :

من خلال الدراسة المعملية ومناقشة النتائج يمكن تلخيص النقاط التالية:-

1. سجلت عينة تمنهنت عند درجة حرارة 1000 م° لزمني حرق ساعتين و3 ساعات مع اختلاف درجة النعومة لمادة الميتاكوولين حققت مقاومة ضغط عالية بعد 90 يوم من المعالجة بالغمر في الماء مقارنة بالعينة المرجعية OPC.
2. بزيادة درجة الحرارة وزمن الحرق للميتاكوولين سجلت النتائج زيادة في الانسيابية للمونة الإسمنتية باستثناء عينة يفرن لكلا درجتي حرارة الحرق 700 و 1000 درجة مئوية حيث اظهرت انسيابية عالية مقارنة مع باقي درجات الحرارة.
3. بزيادة درجة حرارة الحرق يزداد زمني الشك الابتدائي والنهائي، وبقل مع زيادة زمن الحرق باستثناء عينة تمنهنت في درجة حرارة الحرق 1000 درجة مئوية لزمني حرق 2 و 3 ساعات حيث لوحظ ان زمن الشك الابتدائي والنهائي يزداد.

## المراجع

- 1 W.Sha. 2002? " Differential scanning calorimetry• study of the hydration products in Portland cement pastes with metakaolin replacement". Advances in building technology. Proceedings of the international conference on advances in balding technology, 881-889.
- 2 ASTM C109-92, (1992): "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or 50-mm Cube Specimens)". ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, USA.
- 3 FINDING OF THE IRAQI NATURAL POZZOLANA IN INJANA AREA, HEMRIN SOUTH, CENTRAL IRAQ  
Khalidoun A. Ma`ala , Nawal A. Al - Saudi and Husam H. Abdul Allah (مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية  
/المجلد2/العدد2/2006)
- 4 Venkata sairam kumar.N. Dr.B.Panduranga Rao, Krishna Sai.M.L.N. 2013. "Experimental study on partial replacement of cement with quarry dust. IJAERS, Vol. II, Issue III, April-June,2013 pp. 136-137

- 5 مشرف محمد عبد الغنى عثمان مشرف "أسس علم الرسوبيات"، جامعة الملك سعود. الرياض. مطابع دار المريخ للطباعة والنشر، المملكة العربية السعودية . 1995
- 6 مشرف محمد عبد الغنى عثمان مشرف "الجيولوجيا العامة"، جامعة الملك سعود . الرياض، مطابع دار المريخ للطباعة والنشر. المملكة العربية السعودية. 1993
- 7 رفعت محمود سلام" (2004) أسباب تلف الخرسانة وأساليب الإصلاح والوقاية" منشأة المعارف.
- 8 Siyam, A.M. (1987), (pozzolana Stabilized Blocks for low cost Housing), M.Sc thesis , BRRI University of Khartoum. Ellis and Moore Consulting Engineer, Intermediate Technology publications, London , WEB, 4.HH, UK.
- 9 Neville, A. M., "Properties of Concrete" 4th Edition, Prentice Hall. 1995.
- 10 Ganesan, K., Rajagopal, K. & Thangavel, K., "Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material". Cement and Concrete Composites, 29, 515–524. 2007.
- 11 Shvarzman, A., Kovler, K., Schamban, I., Grader, G. & Shter, G. "Influence of chemical and phase composition of mineral admixtures on their pozzolanic activity". Advances in cement research, 14, 35–41. 2002.
- 12 Bendapudi, S.C.K. & Saha, P., "Contribution of Fly ash to the properties of Mortar and Concrete", International Journal of Earth Sciences and Engineering, 4, pp. 1017–1023, 2011.
- 13 Hago, A.W., "Effect of the Fineness of Artificial Pozzolana on the Properties of Lime–Pozzolana Mix", Science and Technology, 7, pp.252–258, 2002.
- 14 Industrial Research Center, "Raw materials in Sebha and Wadi Shatti regions", *Industrial Research Journal*, Tripoli, Libya, 7, 126–138, (1998).
- 15 إبراهيم أحمد المختار الحضيري، "الإنكماش في الخرسانة البوزلانية"، المؤتمر الوطني السادس لمواد البناء والهندسة الإنشائية، قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة جامعة الجبل الغربي، 29-30/03/2016
- 16 جمال محمد عبدالله ، "متانة البوزلانية ضد هجوم الكبريتات"، المؤتمر الوطني السادس لمواد البناء والهندسة الإنشائية، قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة جامعة الجبل الغربي، 29-30/03/2016
- 17 V. Kannan and K.Ganesan, "Strength and water absorption properties of ternary blended cement mortar using rice husk ash and metakaolin", *Scholarly Journal of Engineering Research* Vol. 1(4), pp. 51–59. 2012.
- 18 Viswanadha Varma D.<sup>1</sup>, Rama Rao G. V.<sup>2</sup>, Sindhu J<sup>3</sup>, "Effect of Temperature on Metakaolin Blended High Strength Concrete", *International Journal of Engineering Research and Development*, Volume 10, Issue 5, (May 2014), PP.57–67.
- 19 حمزة محمد المدني ، تأثير استخدام مخلفات ثمار الزيتون كبدل جزئي للإسمنت علي خواص المونة الإسمنتية، رسالة ماجستير، جامعة المرقب -كلية الهندسة، 2015.
- 22 BS 882–1992, "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswick high road, London, W4 4AL, UK.
- 21 المواصفات القياسية للبيبة رقم 294 لسنة 1988 ( ف ) الخاصة بالمياه المستعملة في الخرسانة، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية \_طرابلس.

22 المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997 ( ف ) الخاصة بالإسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية\_طرابلس.

23 EN 196-1 ISO 679, "CEN STANDARD SAND CERTIFIED IN ACCORDANCE WITH EN 196-1 CONFORMING TO IOS 679 . 2009

24 ASTM C204-92, "Standard Test Method for Fineness of Portland Cement by Air Permeability Apparatus". ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, USA, 1992

25 BS EN 196-3:2005 Methods of testing cement .Determination of setting times and soundness.

26 ASTM C642-97, (1997): "Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete". ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.

27 AT315-EN 12390-8 (2000) "Testing hardened Concrete-Part8: Depth of Penetration of Water Under Pressure".

28 هيثم عبد الهادي كلوب، (2009) "دراسة تأثير درجات الحرارة العالية على ديمومة الخرسانة" رسالة ماجستير ، قسم الهندسة المدنية- جامعة المرقب.

29 J MENDHAM. R C DENNY. J D BARNES. M J K THOMAS. "VOGEL'S – Textbook of Quantitative Chemical Analysis". 6th Edition, Prentice Hall.

30 ASTM C305-91, "Standard practice for mechanical mixing of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency". ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, USA. 1991.

31 P. Kumar Mehta,, and Paulo J.M. Monteiro. "Microstructure and Properties of Hardened Concrete." Concrete: Microstructure, properties and materials. Department of Civil and Environmental Engineering University of California at Berkeley/ 2006.

32 Karen scrivener ,Ruben Snelling & Barbara Lothenbach."A practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials".

33 C. Suryanarayana & M. Grant Norton "X-Ray Diffraction A practical Approach"

34 EN197-1:1992 ,European Standard for Composition, specifications and conformity criteria for common cements.

35 ASTM C230-83,(1990) "Standard specifications for flow Table for use in testes of Hydraulic cement.

## تأثير نسب إحلال الكاولين على خواص المونة الاسمنتية

أ . محمد إبراهيم محمد القليد  
مساعد محاضر – قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة – جامعة الخمس  
mohmmedalglad@yahoo.com

أ . سفيان نزهات بشير الصغير  
مساعد محاضر – قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة – جامعة الخمس  
sufianalzayan@yahoo.com

أ. د مختار معمر أبوراوي  
أستاذ – قسم الهندسة المدنية  
كلية الهندسة – جامعة الخمس  
aburawi2050@yahoo.com

### الملخص :

الاسمنت أكثر مواد البناء استخداماً في صناعة هياكل المنشآت الخرسانية، ونتيجة للطلب المتزايد عليه عكف عدد من الباحث على امكانية الحصول على البدائل الأخرى التي تساعد على الإحلال الجزئي لمادة الإسمنت لتحقيق الاستدامة والمحافظة على البيئة. وفي خلال السنوات الأخيرة زاد الإفراط في استهلاك مادة الاسمنت ما نتج عنه أضرار بيئية بسبب انبعاث ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> أثناء صناعة الاسمنت. هذه المخاوف وغيرها جعلت التوسع في استخدام المواد المضافة والبحث عن مواد أخرى بديلة أمراً ضرورياً. تركزت هذه الدراسة في معرفة امكانية استخدام طين الكاولين المتوفر محليا في عدد من المناطق شمال وجنوب ليبيا. حيث تم البحث في تأثير طين الكاولين المحروق على مقاومة ومئات المونة الاسمنتية. تم توريد طين الكاولين من منطقتي يفرن شمال البلاد وتمهنت جنوب البلاد، وتم حرق الطين لدرجات حرارة مختلفة وإحلاله بنسب 5 و 10 و 20% من وزن الاسمنت. تم اجراء عدد من الاختبارات على مكونات المونة للمقارنة مع المواصفات الامريكية ASTM، وكذلك تم اجراء اختبار الانسيابية ومقاومة الانحناء ومقاومة الضغط على جميع العينات. بينت النتائج أن أفضل نسبة إحلال كانت 5% حيث حققت مقاومة للضغط والانحناء أعلى بالمقارنة مع العينات المرجعية. كما لوحظ ان هذه العينات احتفظت بمقاومتها بعد تعرضها لدرجات حرارة مختلفة، حيث سجلت ايضا نتائج مقبولة للمسامية والامتصاص والنفاذية وكانت أقل بكثير من العينات في أغلب هذه الاختبارات. عينات يفرن بشكل خاص حققت أفضل النتائج بالمقارنة مع عينات تمهنت في مقاومة الضغط والانحناء.

الكلمات الدالة : الخرسانة ، الخرسانة ذاتية الدمك ، خواص الخرسانة الطرية المتصلبة

### Abstract :

Cement is the most widely used building material in the manufacture of concrete structures, and as a result of the increasing demand for it, a number of researchers have been working on the possibility of obtaining other alternatives that help partially replace cement to achieve sustainability and environmental conservation. In recent years, excessive consumption of cement has increased, resulting in environmental damage due to CO<sub>2</sub> emissions during the .cement industry These and other concerns have made the expansion of the use of additives and the search for other alternative materials necessary. This study focused on the possibility of using locally available met- kaolin clay in a number of areas in northern and southern Libya. The effect of burned met-kaolin clay on the strength and durability of the cement mortar was examined. Met-Kaolin clay was supplied from the northern Yefrin and Temenhant southern regions of the country, and the clay was burned for various degree of temperature and replaced by 5, 10 and 20% of the weight of cement. A number of tests were conducted on the components of the mortar for comparison with the ASTM specifications, as well as the flow test, bending strength and compressive strength on all samples. The results showed that the best replacement rate was 5% where compressive and bending strength was higher compared to reference samples. It was also noted that these samples retained their compressive after exposure to different temperatures, as they also recorded acceptable results for porosity, absorption and permeability and were significantly lower than the samples in most of these tests. The Yefrin samples in particular achieved the best results compared to the Temenhant samples that were best treated in compressive and bending strength.

استخدمت مادة الميكاكاولين (MK) عام 1962 عند إنشاء سد جوبيا (Jupia) في البرازيل، وذلك بإضافة هذه المادة لمكونات الخرسانة الرئيسية. منذ ذلك التاريخ أصبحت مادة الميكاكاولين متوفرة وبشكل تجاري منذ منتصف التسعينات من القرن الماضي [1]. كما شهدت صناعة الخرسانة تطوراً كبيراً مع استخدام الإضافات وأصبحت مصدر اهتمام لعدد كبير من الباحثين في مجال تكنولوجيا الخرسانة. فمنذ منتصف التسعينات من القرن الماضي استخدم الميكاكاولين (MK) كمادة بوزلانية بنسب احلال مختلفة وصلت في بعض الحالات إلى 30% من وزن الإسمنت البورتلاندي، ومعظم نتائج هذه الأبحاث كانت مشجعة ساهمت في تحسين خواص الخرسانة والتقليل من الأثر البيئي بسبب صناعة الاسمنت [2]. كما عكف عدد من الباحثين على دراسة وتحديد درجة الحرارة والزمن المثالي للحرق وكذلك درجة النعومة للميكاكاولين. بعض الابحاث ايضا حددت النسب المثالية للميكاكاولين من وزن الإسمنت كنسب احلال مؤثرة على خواص الخرسانة والمونة الإسمنتية.

### مشكلة البحث

تعتبر الخرسانة المادة الأكثر استخداماً في مجال البناء والتشييد ويعزى ذلك إلى خصائصها المميزة كمقاومة الضغط العالية والديمومة ومقاومتها للحريق، كما أنها مادة قابلة للتشكل حسب الشكل المطلوب. وعلى الرغم من ذلك تعتبر الخرسانة مادة غير صديقة للبيئة بسبب تواجد الاسمنت فيها والذي يعتبر السبب الرئيسي في تواجد ثاني أكسيد الكربون بنسبة تتجاوز 7% في الغلاف الجوي. كما أنه يعتبر مادة باهظة الثمن مقارنة مع المواد الأخرى. إضافة إلى ذلك فإن الطلب المتزايد على الاسمنت أصبح يشكل خطراً كبيراً على مصادر الاسمنت الطبيعية المهتدة بالانقراض مما أصبح من الضروري البحث عن مصادر بديلة تحل محله كلياً أو جزئياً تستطيع أن توفر نفس خواصه أو أفضل. في السنوات الأخيرة تم اختبار العديد من بدائل الاسمنت المحتوية على بوزلانا في تركيبها بنسب كبيرة والتي أثبتت نجاحها مع الانخفاض في أسعارها وفي تأثيرها على البيئة. ومن أهم هذه المواد البديلة الرماد المتطاير وغبار السليكا ورماد الخبث المتطاير والميكاكاولين (MK).

يعتبر الميكاكاولين من المواد التي تساعد في تحسين خواص الخرسانة بشكل ملحوظ وخاصة مقاومة الضغط خلال الفترة الأولى بعد الصب، كما أنه يساعد في تحسين المقاومة ضد الصدأ. ويعبر عنه بأنه من المواد البوزلانية التي يتم تصنيعها من الكاولين بعد الصقل والتكليس تحت ظروف محددة. على الرغم من توفر المصادر المختلفة للبوزلانا في بلادنا الحبيبة



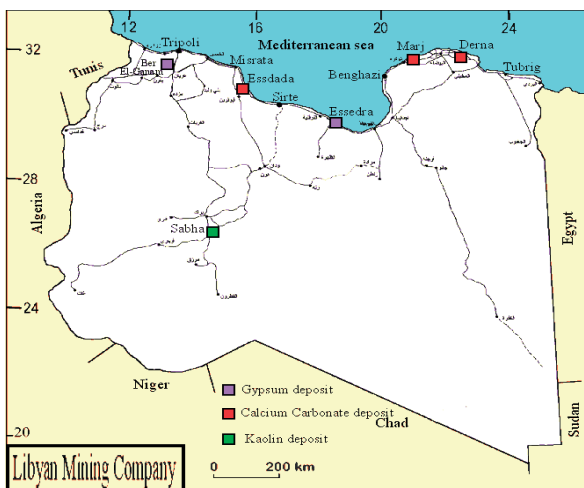
وخاصة في مناطق الشمال والجنوب بشكل كبير إلا أنه لم يتم استغلالها والاستفادة منها علاوة على قلة الدراسات العلمية عليها التي تهتم بها وتحاول دراسة خصائصها وتطويرها.

## أهداف ونطاق البحث

ومع زيادة الاقبال على البناء فإنه أصبح من الضروري محاولة إيجاد بدائل محلية تحل محل الاسمنت وتقلل من تأثيره السلبي على البيئة. انطلاقا من هذه النقاط فإن هذه الدراسة تهدف إلى مدى إمكانية الاستفادة من الطين الموجود محليا والمتوفر خاصة في شمال و جنوب البلاد كبديل جزئي للإسمنت في صناعة المونة الإسمنتية ودراسة تأثير هذا الاحلال على خواص المونة الإسمنتية ومعرفة مدى تأثير هذه البوزلانا على الخواص الريولوجية والميكانيكية للمونة الاسمنتية ومقارنتها بالأبحاث السابقة، حيث سيتم تجميع العينات من مناطق مختلفة في الجنوب والشمال. كما ستشمل الدراسة طريقة الحرق للطينات عند درجات حرارة ولفترات زمنية مختلفة للوصول إلى درجة الحرارة الجيدة والفترة الزمنية المطلوبة للحرق ومن ثم طحنها و اضافتها للعجينة كبديل جزئي للإسمنت بنسب مختلفة.

## البرنامج العملي

تم استخدام البوزلانا المحلية (طين الكاولين) والاسمنت البورتلندي العادي لإعداد وخط عينات الدراسة. طين الكاولين المستخدم في هذا البحث من مدينتي يفرن وتمنهنت بغرب و جنوب ليبيا، والشكل رقم 1 يوضح أماكن وجود طينة الكاولين في ليبيا [29] ، والشكل رقم 2 يوضحان المنطقتين (يفرن وتمنهنت) التي أخذت منها العينات.



شكل 1: مناطق وجود طين الكاولين في ليبيا [29] .

من خلال الفحص البصري كانت العينات على شكل كتل طينية بيضاء وخضراء باهتة، العينة الأولى (MKY) من منطقة يفرن غرب البلاد، والعينة الثانية (MKT) من منطقة تمنهنت جنوب البلاد قرب مدينة سبها شكل 2 والجدول 1 يوضح الخواص الفيزيائية من خلال الفحص البصري. والجدول رقم 2 يوضح الخواص الكيميائية لطين الكاولين بالمقارنة مع الاسمنت البورتلاندي العادي المستخدم في هذه الدراسة من إنتاج مصنع الاتحاد بزلين التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات.



العينة (MKT)



العينة (MKY)

شكل 2: طين الكاولين

جدول 1: بعض خواص طين الكاولين

| الوصف               |                   | الخواص       |
|---------------------|-------------------|--------------|
| العينة (MKT)        | العينة (MKY)      |              |
| ابيض به اصفرار بسيط | ابيض مخضر         | اللون        |
| ناعم الملمس         | ناعم الملمس       | نعومة الملمس |
| صعب التكسير باليد   | صعب التكسير باليد | التكسير      |

جدول 2: نتائج الاختبار الكيميائي (XRF) قبل وبعد الحرق

| MKT                 |                    |                    |           | MKY                 |                    |                    |           | الاسمنت | الأكاسيد                                     |
|---------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------|--|
| 1000 م <sup>0</sup> | 700 م <sup>0</sup> | 400 م <sup>0</sup> | قبل الحرق | 1000 م <sup>0</sup> | 700 م <sup>0</sup> | 400 م <sup>0</sup> | قبل الحرق |         |  |
| 77.50               | 80.53              | 64.71              | 67.07     | 55.53               | 69.05              | 64.58              | 64.15     | 20.55   | السليكا (SiO <sub>2</sub> )                  |
| 29.77               | 26.13              | 22.25              | 24.52     | 16.74               | 18.21              | 19.51              | 18.04     | 4.92    | الألومنيوم (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) |
| 5.44                | 5.49               | 5.62               | 6.50      | 7.66                | 5.95               | 6.09               | 4.5       | 64.41   | الكالسيوم (CaO)                              |
| 1.72                | 2.98               | 5.60               | 6.50      | 2.00                | 2.75               | 6.50               | 8.59      | 3.95    | الحديد (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )     |
| 0.10                | 0.09               | 2.56               | 0.08      | 4.44                | 2.35               | 2.67               | 2.56      | 0.80    | البوتاسيوم (K <sub>2</sub> O)                |
| -                   | -                  | 0.84               | 0.10      | 4.49                | 0.90               | 1.40               | 1.48      | 1.37    | الماغنيسيوم (MgO)                            |
| -                   | -                  | 0.08               | -         | 0.09                | 0.40               | 0.15               | 0.48      | 1.79    | الكبريتات (SO <sub>3</sub> )                 |
| 0.27                | 0.17               | 0.16               | -         | 0.17                | 0.17               | 0.27               | -         | -       | الصوديوم Na <sub>2</sub> O                   |
| 0.12                | 0.12               | 0.14               | 0.17      | 0.13                | 0.14               | 0.14               | 0.02      | 0.014   | الكلوريدات (Cl)                              |
| 5.38                | 7.80               | 0.84               | 0         | 9.74                | 9.84               | 4.72               | 0         | 1.74    | الفاقد بالحرق (L.O.I)                        |

## تحضير مادة الميتاكاولين

تم تحضير مادة الميتاكاولين بالمعالجة الحرارية للطين الطبيعي، باستخدام فرن قدرته الحرارية تصل إلى 1000 درجة مئوية والمتوفر بمعمل مصنع الحديد والصلب مصراته. تم وضع الطين في أواني خاصة مقاومة للحرارة العالية ومحدودة السعة 1500 جرام داخل الفرن، بعد تحديد درجة الحرارة المطلوبة لكل عينة. في هذه الدراسة تم تحديد ثلاث درجات حرارة 400 و 700 و 1000 درجة مئوية لحرق العينات لمدة ساعتين من بعد وصول الفرن لدرجة الحرارة المطلوبة. فمثلا زمن وصول الفرن لدرجة الحرارة 400 درجة مئوية هو حوالي 24 دقيقة أي بمعدل 16.6 درجة مئوية/دقيقة تقريبا بعدها يستمر الحرق لمدة ساعتين اضافية وبعد ذلك تترك العينة خارج الفرن حتى تبرد لدرجة حرارة المعمل ، ثم يتم تكسير عينات الكاولين بواسطة مطرقة وطحنها لمدة 5 دقائق، ثم نخلها في منخل رقم 200 (0.075مم)، وذلك للحصول على النعومة الجيدة. ثم وضعت العينات داخل أكياس بلاستيكية محكمة الغلق موضعا عليها درجة الحرارة وزمن الحرق والمنطقة. جميع العينات تم وزنها قبل وبعد الحرق لمعرفة الفاقد في الوزن والجدول 2 يبين نسبة الفاقد في الوزن. كما تم اجراء الاختبار الكيميائي للعينات باستخدام جهاز X-ray fluorescence (XRF) بمصنع البرج للإسمنت بزلتين والجدول رقم 2 يوضح نتائج الاختبار، حيث لوحظ أن أهم المحتويات الكيميائية للمواد البوزلانية هي أكسيد السيليكا وأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد حيث من المفترض يكون مجموع محتواها يزيد عن 70% [27].

## خط العينات

في هذه الدراسة تم تجهيز واعداد اربع خلطات من الاسمنت والركام الناعم بنسبة (3:1) استنادا الى المواصفات البريطانية (BS EN 196-1-1995) باستخدام رمل قياسي حسب المواصفات (BS EN 196-1-1995) وإحلال الطين المحروق عند درجة حرارة 700 درجة مئوية للإسمنت بنسب (0 و 5 و 10 و 20%). الماء المستخدم للخلط مطابق للمواصفات الليبية، حيث تم استخدام نسبة ماء للإسمنت (w/c = 0.5). الجدول رقم 3 يبين وزن مكونات الخلطات.

جدول 3: مكونات الخلطات لاختبار الضغط والاتناء

| نوع الخلطة | نسبة الاستبدال (%) | وزن الاسمنت (جرام) | وزن الطين المحروق (جرام) | وزن الرمل (جرام) | وزن الماء (جرام) |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| M1         | 0                  | 450                | 0                        | 1350             | 225              |
| M2         | 5                  | 427.5              | 22.5                     | 1350             | 225              |
| M3         | 10                 | 405                | 45                       | 1350             | 225              |
| M4         | 20                 | 360                | 90                       | 1350             | 225              |

## تحضير عينات الاختبار

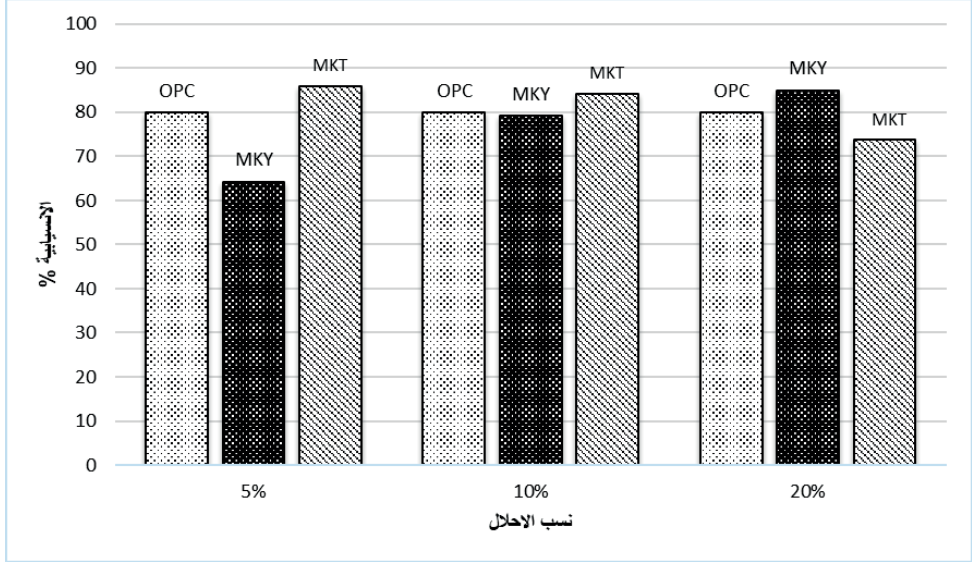
لاختبار مقاومة الضغط والانحناء تم استعمال قوالب حديدية مستطيلة بأبعاد (160x40x40ملم). تم دهان جدران القوالب بطبقة خفيفة من الزيت لمنع التصاق المونة، وتم ملئ القوالب بالمونة الاسمنتية على طبقتين الاولى بوزن 900جرام  $\pm$  10جرام ومن ثم وضعت العينات على الهزاز الكهربائي لمدة دقيقة ثم تم ملأ القالب بالمونة المتبقية واعادة تشغيل الهزاز لمدة دقيقة. وبعد إيقاف الهزاز تم تسوية السطح الأعلى وترك العينات لمدة 24 ساعة قبل فك القوالب وبعد ذلك تم وضع العينات في حوض المعالجة تحت درجة 21 درجة مئوية. والشكل 10.3 يوضح على التوالي الهزاز الكهربائي وجهاز حفظ الرطوبة وحوض المعالجة.

لاختبار النفاذية والمسامية ومقاومة الحرارة استخدمت قوالب من الحديد أبعادها 50x50x50 ملم. بعد دهن الجدران بالزيت تم صب القوالب والدمك بواسطة قضيب معدني على طبقتين متساويتين، ثم تمت تسوية السطح ووضع القوالب في المعالج لمدة 24 ساعة ومن ثم وضعها في حوض المعالجة.

## مناقشة النتائج

تم قياس الانسيابية بجهاز اختبار الانسياب وفق طريقة المواصفات الأمريكية (ASTM C109-92) [2]، باستعمال جهاز الانسيابية تم التعرف على القوام لجميع خلطات المونة الإسمنتية، والجدول 4 يوضح النتائج التي تم الحصول عليها، حيث تم إعادة الاختبار أكثر من مرة للتأكد من النتائج إلا أنها كانت النتائج قريبة في كل مرة. الشكل رقم 3 يوضح تأثير نسب الاحلال على الانسيابية، حيث حققت عينات تمنهنت (MKT) التي تحتوي على نسبة إحلال 5% من الطين المحروق أعلى انسيابية بالمقارنة مع جميع النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة. كانت نسبة الزيادة 7.5% لعينات MKT ونسبة نقص 19.62% لعينات MKY بالمقارنة مع العينات المرجعية. بالنسبة للعينات MKT والتي تحتوي على نسبة إحلال 10% سجلت أيضا أعلى انسيابية بنسبة 5.4%، بينما العينات MKY والتي تحتوي على نفس نسبة الاحلال سجلت أقل انسيابية بنسبة 19.62% بالمقارنة مع العينات المرجعية. من خلال النتائج نلاحظ أنه عند زيادة نسبة الاحلال من 5% إلى 10% للعينات MKY تزداد الانسيابية، بينما العينات MKT مع زيادة نسبة الاحلال نقل الانسيابية. بشكل عام عينات MKY والتي تحتوي على نسبة إحلال 20% حققت انسيابية بزيادة بنسبة 6.25% مقارنة مع العينة المرجعية، بينما انخفضت الانسيابية بنسبة 7.87% لعينات MKT والتي تحتوي على نسبة إحلال 20%.

| رمز العينة | قطر الانسياب (سم) | الانسيابية % |
|------------|-------------------|--------------|
| OPC        | 18.0              | 80.0         |
| MKY5       | 16.4              | 64.3         |
| MKY10      | 17.9              | 79.3         |
| MKY20      | 18.5              | 85.0         |
| MKT5       | 18.6              | 86.0         |
| MKT10      | 18.4              | 84.3         |
| MKT20      | 17.3              | 73.7         |



شكل 3: تأثير نسبة الاحلال على الانسيابية

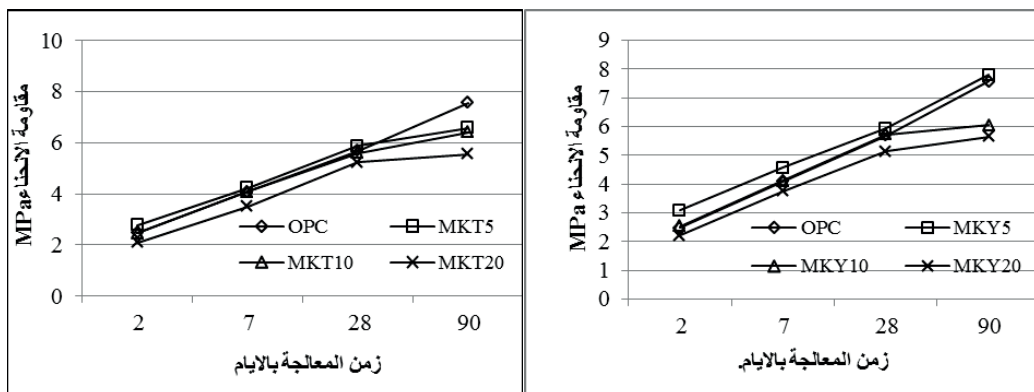
### نتائج اختبار مقاومة الضغط والانحناء

تم اختبار مقاومة الانحناء بمعدل تحميل (0.055 KN/S)، ومقاومة الضغط بمعدل تحميل مقداره (2.5 KN/S). حسب المواصفة (BS EN 196-1-1995) لعدد 84 منشور بأبعاد 160×40×40 ملم بعدما تمت معالجتها في الماء بدرجة حرارة 21 درجة مئوية لفترات زمنية 2 و 7 و 28 و 90 يوم. حققت العينات التي تحتوي على نسبة احلال 5 و 10% نتائج متفاوتة لمقاومة الانحناء والضغط بالمقارنة مع العينات المرجعية. بينما العينات التي تحتوي على نسبة احلال 20% سجلت قيم اقل من نتائج العينات المرجعية بالنسبة لمقاومة الانحناء بينما اظهرت نتائج مقاومة الضغط أن نسبة 5% هي الأفضل كما هو مبين في الجدول رقم 5.

جدول 5: نتائج اختبار مقاومة الانحناء والضغط

| رمز العينة | مقاومة الانحناء MPa |        |        |        | مقاومة الضغط MPa |        |        |        |
|------------|---------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|
|            | 2 يوم               | 7 أيام | 28 يوم | 90 يوم | 2 يوم            | 7 أيام | 28 يوم | 90 يوم |
| OPC        | 2.47                | 4.08   | 5.68   | 7.57   | 48.9             | 40.2   | 23.5   | 9.9    |
| MKY5       | 3.09                | 4.57   | 5.93   | 7.80   | 51.6             | 40.9   | 25.7   | 11.9   |
| MKY10      | 2.53                | 4.10   | 5.72   | 6.05   | 43.7             | 38.9   | 23.9   | 10.4   |
| MKY20      | 2.20                | 3.75   | 5.13   | 5.65   | 38.9             | 32.7   | 19.2   | 8.8    |
| MKT5       | 2.78                | 4.22   | 5.88   | 6.48   | 49.3             | 37.1   | 23.9   | 10.8   |
| MKT10      | 2.45                | 4.09   | 5.60   | 6.41   | 44.6             | 36.5   | 23.0   | 9.8    |
| MKT20      | 2.09                | 3.50   | 5.24   | 5.55   | 40.3             | 32.3   | 19.2   | 8.2    |

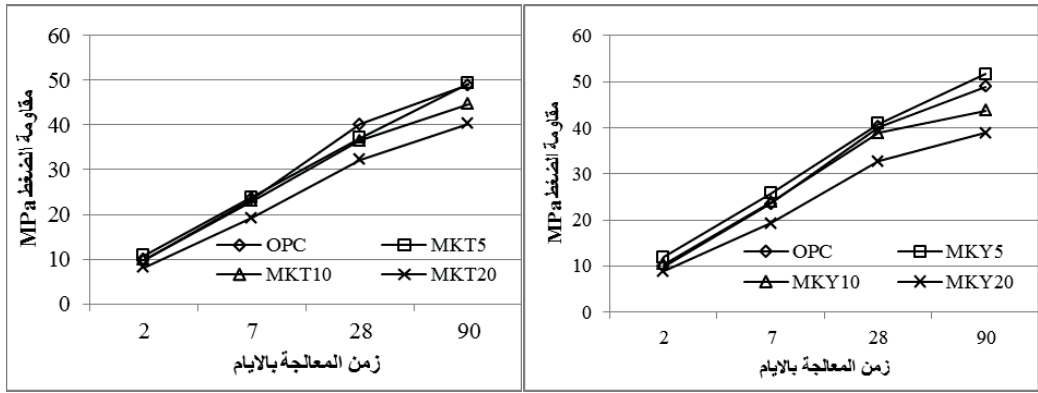
الشكلين رقم 4 و5 توضحا تأثير زمن المعالجة على مقاومة الانحناء لكل من الطينيات الموردة من منطقتي بفرن وتمنهنث على التوالي. النتائج المتحصل عليها تبين ان زيادة مقاومة الانحناء بزيادة فترة المعالجة إلا أن هذه الزيادة تقل تدريجياً. حيث كان متوسط الزيادة لكل العينات بعد 7 أيام بنسبة 62% عن المقاومة بعد 2 يوم، ثم قلت هذه الزيادة بنسبة 39% بعد 28 يوم عن المقاومة عند 7 أيام، أما بعد 90 يوم فإن الزيادة في مقاومة الانحناء عن 28 يوم ضئيلة جدا في بعض العينات كما هو الحال في العينات MKY والتي تحتوي على نسبة احلال 10%، والعينات MKT والتي تحتوي على نسبة احلال 20% كلاهما سجلتا زيادة بنسبة 6%. كما حققت العينات MKY والتي تحتوي على نسبة احلال 5% أكبر زيادة بنسبة 32% عن مقاومتها والعينات المرجعية في 28 يوم.



شكل 5: تأثير زمن المعالجة على مقاومة الانحناء لعينات تمنهنث

شكل 4: تأثير زمن المعالجة على مقاومة الانحناء لعينات بفرن

الشكلين رقم 6 و7 يوضحان تأثير زمن المعالجة على مقاومة الضغط لكل من الطينيات المحروقة من منطقتي بفرن وتمنهنث على التوالي، ومن الملاحظ أن مقاومة الضغط تزيد بشكل كبير جدا في الأيام الأولى حيث زادت المقاومة في اليوم السابع بمتوسط نسبة الزيادة لكل العينات تقريبا 126% عن المقاومة في 2 يوم وسجلت العينة المرجعية أعلى نسبة زيادة بين العينات ثم تلتها نسبة إحلال 10% لعينات MKT، ومن الملاحظ هنا أيضا أن نسبة الزيادة في المقاومة مع أيام المعالجة زادت بزيادة نسبة الإحلال، حيث زادت المقاومة من 2 إلى 7 أيام بزيادة نسبة الإحلال من 5% إلى 10% ثم قلت الزيادة مع نسبة إحلال 20%، أما من 7 إلى 28 يوم فقد زادت المقاومة بزيادة نسب الإحلال، فمثلا المقاومة بالنسبة للعينات MKY والتي تحتوي على نسبة احلال 5% و10% و20% عند 28 يوم زادت بنسبة 59% و63% و70% على التوالي عن مقاومتها عند 7 أيام، وبعد 90 يوم من المعالجة زادت المقاومة بشكل أقل بمتوسط زيادة 23% وكانت عينة 5% تمنهنث أعلى نسبة زيادة بمقدار 33%، والجدول 3.4 أعلاه يوضح هذه الزيادات.



شكل 6: تأثير زمن المعالجة على مقاومة الضغط لعينات يفرن

شكل 7: تأثير زمن المعالجة على مقاومة الضغط لعينات تمهنت

الشكل رقم 8 والشكل رقم 9 توضح تأثير نسب الاحلال على مقاومة الانحناء للعينات التي تحتوي على الطينات المحروقة من منطقتي بفرن وتمهنت على التوالي. العينات MKY والتي تحتوي على نسبة 5% اظهرت أفضل النتائج في مقاومة الانحناء لكل الأعمار، حيث زادت مقاومة الانحناء بالمقارنة مع العينات المرجعية بنسب 25 و 12 و 4.4 و 3% لفترات زمنية 2 و 7 و 28 و 90 يوم على التوالي. النتائج تبين ان الزيادة كانت كبيرة في الايام الأولى ثم قلت في الأيام الأخيرة، اما بالنسبة للعينات MKT والتي تحتوي على نسبة احلال 5% أعطت نتائج جيدة في 2 و 7 و 28 يوم بنسب زيادة 12.5% و 3.3% و 3.52% على التوالي، أما العينات المعالجه لمدة 90 يوم أعطت نتيجة منخفضة عن المرجعية بنسبة 14.3%.

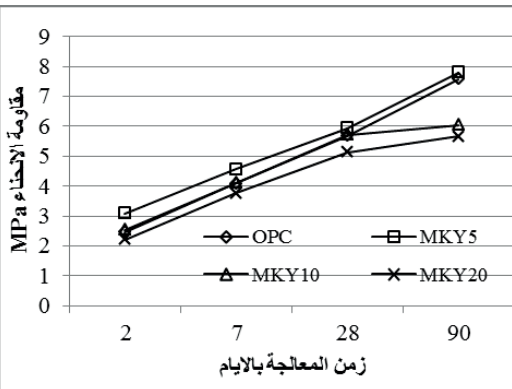
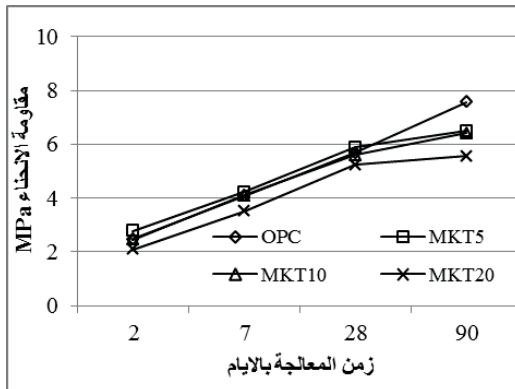
واظهرت النتائج أن إحلال نسبة 10% له تأثير ملحوظ في الأيام الأولى حيث زادت نسبة مقاومة الانحناء بمقدار 2.43% و 0.49% و 0.7% في 2 و 7 أيام و 28 يوم على التوالي لعينات منطقة بفرن عن مقاومة العينات المرجعية أما العينات المعالجه لمدة 90 يوم فقد انخفضت النتيجة عن المرجعية بمقدار كبير نسبيا حوالي 20.1%، اما عينات MKT لنفس نسبة الاحلال كانت نتائج 2 و 7 أيام شبه متساوية مع نتائج العينات المرجعية أما 28 و 90 يوم فقد انخفضت النتائج عن المرجعية بمقدار 1.4% و 15.3% على التوالي.

وأظهرت نتائج مقاومة الانحناء للعينات التي تحتوي على نسبة احلال 20% من الطين المحروق من وزن الاسمنت أقل من مقاومة العينات المرجعية في كل الأعمار للمنطقتين وقد يعود ذلك الى نواتج الإماهة في الاسمنت من هيدروكسيد الكالسيوم قليلة ولذلك فإن كمية أقل من الميتاكاولين يبدو كافية لإكمال عملية التفاعل مع هذه النواتج وتحويلها الى مواد صلبة تضاف الى نواتج التصلب الاعتيادية لإماهة الاسمنت والجزء الباقي من الميتاكاولين يبقى دون تفاعل كيميائي مما

قد يؤثر على مقاومة الانحناء، حيث كانت نسب الانخفاض لعينات MKY لكل أيام الاختبار على الترتيب 10.9% و 8.08% و 9.68% و 25.36%، أما عينات MKT فقد كانت معدل الانخفاض عن العينات المرجعية في المقاومة أعلى من عينات MKY لكل أيام الاختبار عدا 28 يوم حيث كانت نسب الانخفاض على الترتيب 15.38% و 14.21% و 7.74% و 26.68%، وكذلك نلاحظ أنه في الأيام الأولى يتناقص الفارق ويقترّب من مقاومة العينة المرجعية ومن ثم بعد 90 يوم يزيد الفارق.

جدول 5: نتائج اختبار مقاومة الانحناء والضغط

| مقاومة الضغط MPa |        |        |       | مقاومة الانحناء MPa |        |        |       | رمز العينة |
|------------------|--------|--------|-------|---------------------|--------|--------|-------|------------|
| 90 يوم           | 28 يوم | 7 أيام | 2 يوم | 90 يوم              | 28 يوم | 7 أيام | 2 يوم |            |
| 48.9             | 40.2   | 23.5   | 9.9   | 7.57                | 5.68   | 4.08   | 2.47  | OPC        |
| 51.6             | 40.9   | 25.7   | 11.9  | 7.80                | 5.93   | 4.57   | 3.09  | MKY5       |
| 43.7             | 38.9   | 23.9   | 10.4  | 6.05                | 5.72   | 4.10   | 2.53  | MKY10      |
| 38.9             | 32.7   | 19.2   | 8.8   | 5.65                | 5.13   | 3.75   | 2.20  | MKY20      |
| 49.3             | 37.1   | 23.9   | 10.8  | 6.48                | 5.88   | 4.22   | 2.78  | MKT5       |
| 44.6             | 36.5   | 23.0   | 9.8   | 6.41                | 5.60   | 4.09   | 2.45  | MKT10      |
| 40.3             | 32.3   | 19.2   | 8.2   | 5.55                | 5.24   | 3.50   | 2.09  | MKT20      |



شكل 9: تأثير نسبة الاحلال على مقاومة الانحناء لعينات تمنهنت

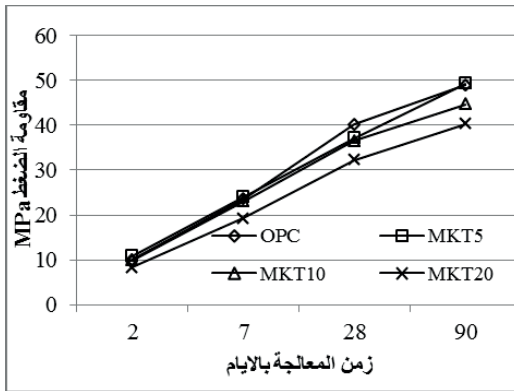
شكل 8: تأثير نسبة الاحلال على مقاومة الانحناء لعينات يفرن

الشكل رقم 10 والشكل رقم 11 توضح تأثير نسب الاحلال على مقاومة الضغط للعينات التي تحتوي على الطينيات المحروقة من منطقتي يفرن وتمنهنت على التوالي. حيث أظهرت النتائج المتحصل عليها من اختبار الضغط للعينات التي تحتوي على مادة الميناكاولين بنسبة احلال 5% من وزن الاسمنت أفضل من نتائج العينات المرجعية في كل أيام الاختبار، حيث كانت نسبة الزيادة لعينات منطقة يفرن بالنسبة للعينات المرجعية 19.92% و 8.39% و 1.74% و 5.64% للفرات الزمنية المستهدفة في هذه الدراسة وهي 2 و 7 أيام و 28 يوم و 90 يوم على التوالي، ومن الملاحظ أن نسبة الزيادة في الأيام الأولى من الاختبار أعلى من الأيام الأخيرة، أما عينات منطقت تمنهنت فكانت النتائج في زيادة لكل

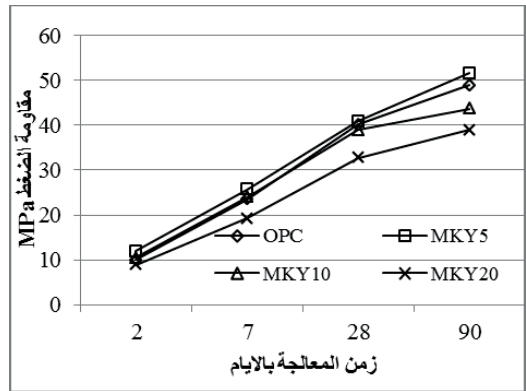


الأيام الا 28 يوم فقد نقصت عن المرجعية بمقدار 7.7%، أما باقي الأيام فكانت نسب الزيادة بمقدار 8.9%، 1.78%، 0.82% لعمر العينات 2 و 7 أيام و 90 يوم على التوالي، وكل هذه الزيادات كانت أقل من منطقة يفرن. النتائج الإيجابية التي سجلت في هذه الدراسة لنسبة الاحلال 5% توافقت مع نتائج الدراسة المقدمة من [Jiping BAI, et al,2004] [24] والتي خلصت إلى أن نسبة استبدال 5% هي الأفضل من بين النسب التي استخدمها الباحث. كانت النتائج المتحصل عليها من احلال 10% من وزن الاسمنت بالطين المحروق لعينات منطقة يفرن مقارنة بالعينات المرجعية أنها أعطت مقاومة أعلى للضغط في 2 و 7 أيام بنسب زيادة 4.9% و 1.7% وانخفاض في 28 يوم و 90 يوم بمقدار 3.2% و 10.5% على التوالي، أما عينات منطقة تمنهنت فقد أظهرت النتائج انخفاض في كل أيام الفحص بنسب 1.2% و 2.2% و 9.2% و 8.6% الا أن القراءات في الأيام الأولى كانت قريبة جداً.

كل النتائج المتحصل عليها من اختبار مقاومة الضغط لنسبة احلال 20% من وزن الاسمنت بالطين المحروق الميئاكاولين كانت أقل من المرجعية للمنطقتين، وكانت النتائج متقاربة جداً لكل الأيام إذا ما تمّ المقارنة بين المنطقتين، حيث كانت نسب الانخفاض لمنطقة يفرن 11.74% و 18% و 18.6% و 20% أما منطقة تمنهنت فقد كانت نسب الانخفاض بمقدار 17.31% و 18.2% و 19.65% و 17.56% للفترات الزمنية 2 و 7 أيام و 28 يوم و 90 يوم على التوالي، وقد يفسر ذلك بأن نواتج الاسمنت المستخدم في هذه الدراسة من هيدروكسيد الكالسيوم أثناء تفاعله مع الماء قليلة، بمعنى أن كمية قليلة من الميئاكاولين تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم والجزء الباقي من الميئاكاولين يبقى في العجينة الاسمنتية والمنطقة البيئية بدون تفاعل كيميائي قد يؤثر على مقاومة العينات [15].



شكل 11: تأثير نسبة الاحلال على مقاومة لعينات تمنهنت



شكل 10: تأثير نسبة الاحلال على مقاومة لعينات يفرن

## الخلاصة:

من النتائج المتحصل عليها التي تم التوصل إليها ومناقشتها في الفصل السابق يمكن تحديد بعض الاستنتاجات وكذلك طرح بعض التوصيات والاقتراحات للبحوث المستقبلية التي قد تحذو حذو هذا الموضوع والاستفادة من هذه الدراسة.

1. نسب الاحلال المنخفضة من طينات منطقة تمنهنت حققت انسيابية عالية للمونة الاسمنتية بالمقارنة مع العينات المرجعية، بينما هذه النتيجة تحققت بنسب الاحلال المرتفعة من طينات منطقة يفرن.

2. نسبة الاحلال 5% لكلا الطينات من منطقتي يفرن وتمنهنت سجلت قيم أفضل لمقاومة الانحناء والضغط، بالمقارنة مع النسب الاخرى وكذلك نتائج عينات الخلطة المرجعية. ماعدا بعد 28 يوم بالنسبة لطينات منطقت تمنهنت كانت أقل حتى من المرجعية وقد يرجع ذلك إلى أخطاء أثناء التحضير أو أثناء اجراء الاختبار.

3. اختبار مقاومة الضغط للعينات التي تحتوي على نسبة احلال 5% من كلا النوعين حققت نتائج جيدة، أي بمعدل انخفاض اقل عند تعريضها لدرجات حرارة الغرفة و 300 درجة مئوية بالمقارنة مع نتائج العينات المرجعية والتي لا تحتوي على مادة الميتاكوولين. بينما عند تعرض العينات الي درجة حرارة 500 درجة مئوية كانت النتيجة عكسية.

4. العينات التي تحتوي على نسبة احلال 5% من ميتاكوولين من منطقتي يفرن وتمنهنت سجلت نسبة امتصاص أقل من العينات المرجعية. وباقي نسب الاحلال المعتمدة في هذه الدراسة الحالية وجد ان العينات من منطقة تمنهنت كانت اقل نسبة امتصاص العينات من منطقة يفرن.

5. بشكل عام حققت العينات التي تحتوي على مادة الميتاكوولين من كلا المنطقتين أفضل واقل لكل من نتائج اختبار المسامية والكثافة وعمق للتغلغل بالمقارنة مع العينات المرجعية والتي لا تحتوي على مادة الميتاكوولين. وزادت المسامية بازدياد نسبة الاحلال 5% و 10%، وقلت المسامية والكثافة وعمق التغلغل عند نسبة 20%.

6. انخفضت النفاذية في العينات التي تحتوي على نسبة إحلال 5% من الميتاكوولين لمنطقتي تمنهنت و يفرن عن العينات المرجعية بمقدار 91.1% و 87.2% على التوالي.

## المراجع :

- [1] - Joy M. Justice, "Evaluation of Metakaolin for use as supplementary Cementitious Materials "a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in materials science and engineering. Georgia Institute of Technology. April, 2005.

- [2] - Ong Chee haut. "performance of concrete containing metakaolin as cement replacement material" a project report submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of master of engineering structures. Faculty of Civil Engineering University Technology Malaysia Nov.2006
- [3] - Moulin, E. Blanc, P and Sorrentino, D. "Influence of Key Cement Chemical Parameters on the Properties of metakaolin blended Cements Paste "Cement and Concrete Research, 2001.
- [4] - محمود إمام، محمد أمين، " خواص المواد واختيارها "كلية الهندسة جامعة المنصورة، 2007.
- [5] -Neville, A.M. "Properties of Concrete" 4th Edition, Prentice Hall ،1995.
- [6] -رفعت محمود سلام، " أسباب تلف الخرسانة وأساليب الإصلاح والوقاية " منشأة المعارف، 2004.
- [7] -Murra, H. H. "Clay Mineral Applications "Applied Clay Science, 1991.
- [8] - مرخوفي عبد الملك، " المساهمة في دراسة خصائص وتشوهات خرسانة - الألياف "كلية العلوم والعلوم الهندسية جامعة قاصدي مرياح ورقلة- الجزائر، 2004.
- [9] - Hamer, Frank "Clays "Watson Guptill 1977.
- [10] -Murra, H. H. "Clay Mineral Applications "Applied Clay Science, 1991.
- [11] -Kaloumenou E. Badogiannis S. T and KaKali G. "The effect of kaolinite particle size on its conversion to metakaolin "1999.
- [12] - Karsten Mitlath, "Modifying Concrete Matrices with Beneficiated Dredged Material or Other Clayey Constituents "a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, Columbia University, 2003
- [13] -Michel de Spot, P. Eng. "Pre-Feasibility Review of the Potential for Developing Metakaolin from Oil Sands for use in Concrete" Maggie Waitarowicz, E.I.T Nov. 2003.
- [14] -Mindess, S., Young, F. I. and Darwin, D. "Concrete 2<sup>nd</sup> ed, Upper Saddle River Prentice Hall. 2003.
- [15] - محمد أحمد مطر، " تأثير الطين المحروق على مقاومة ومتانة الخرسانة". رسالة ماجستير في تخصص الهندسة المدنية، كلية الهندسة - جامعة صنعاء، 2009.
- [16] -Caldarone M. et al. "High Reactivity Metakaolin a new generation mineral admixture" concrete international, 1994.
- [17] -Wild S., Khatib J. and Jones A. "Relative strength pozzolanic activity and cement hydration in superplasticizer metakaolin concrete "Cement and Concrete Research, 1996.

- [18] -Dubey, A. and Banthia N. "Influence of high reactive metakaolin and silica fume on the flexural toughness of high performance steel fiber-reinforced concrete. ACI materials journal, 1998.
- [19] -Qian, X. Q. and Li, Z. J. "The relationship between stress and strain for high performance concrete with metakaolin, cement and concrete research 2001.
- [20] -Shirley, S. T. Burg, R. G. Florato, A. E. "Fire Endurance of High- Strength Concrete Slabs, "ACI Structure Journal, March-April, 1988.
- [21] -Mohamed S. Moray, Sayed Shebl. "Effect of silica Fume and metakaoline pozzolana on the performance of blended cement pastes against fire "Housing and Building Research center. P.O. box 1770, Cairo, Egypt. January, 2006.
- [22] -M. N. Alkalaf, and H. A. Uwsf, "Admixture of Concrete ", University Technology Iraq.
- [23] -حمزة المدني، " تأثير استخدام مخلفات ثمار الزيتون كبديل جزئي للإسمنت على خواص المونة الإسمنتية " رسالة ماجستير - كلية الهندسة - جامعة المرقب - ليبيا، 2011.
- [24] -Jiping Bai, Stan Wild, Albinas Gailius, "Accelerating Early Strength Development of Concrete Using Metakaolin as an Admixture "School at Technology University of Glamorgan, Pontypridd, CF 37 1DL, United Kingdom. Sep. 2004.
- [25] -Salih, S. A., "Permeability and pore Structure of Cementitious Composites "Ph. D. Thesis, University of Sheffield. 1987.
- [26] -ASTM C109-92, "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or 50-mm Cube Specimens)". ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, USA. 1992.
- [27] - ASTM C618 "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Concrete". American Society for Testing and Materials, pp.310-313,2005.
- [28] -ASTM C187-86, "Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement". ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, USA,1991.

## استخدام رمال وادي سوف الجين-بني وليد الشبه صحراوية في الخرسانة ومقارنتها برمال الساحل

م. حمزة علي إبراهيم الصحرابي<sup>2</sup>

[Hamza.alsahrawe@yahoo.com](mailto:Hamza.alsahrawe@yahoo.com)

معيد بكلية الهندسة جامعة بني وليد ، ليبيا

أ.د. إبراهيم محمد الحاج الفقي<sup>1</sup>

[Drengimi61@gmail.com](mailto:Drengimi61@gmail.com)

أستاذ ، معيد كلية الهندسة جامعة بني وليد ، ليبيا

### الملخص :

في الوقت الذي يؤدي فيه استعمال الركام ذو الخواص المناسبة إلى إنتاج خرسانة جيدة فالعكس ليس صحيحا ، فعند توفر ركام بعض خواصه ضعيفة ذلك ليس بالضرورة أن لا يتم إنتاج خرسانة مقبولة ، وعليه فإن الفحوصات التي تجرى على الركام لا تحدد صلاحيته للاستعمال ، بل للمساعدة في استخدام هذه المواد الاستخدام الأمثل في الأعمال الهندسية. تم في هذه الدراسة العملية أخذ ثلاث عينات من الركام الناعم المتوفر في مدينة بني وليد مختلفة المصدر وهي رمل ( زليتن و سيدي السايح و وادي سوف الجين-بني وليد ) وتحديد خواصها والتي أوضحت ان رمل سوف الجين هو الأكثر نعومة ويليه رمل سيدي السايح ويليه رمل زليتن ، وتم إعداد خلطات خرسانية تحتوي على هذه الرمال كل على حده ومن ثم خلط هذه الرمال بثلاث نسب مختلفة مع الركام الأنعم ( رمل وادي سوف الجين-بني وليد ) (25%-75%) (50%-50%) (25%-75%) عند استخدامهما في الخرسانة ، بإجمالي 9 خلطات ( 81 مكعب ) بحجم (150\*150\*150) ملم<sup>3</sup>. أوضحت النتائج العملية أن رمل وادي سوف الجين والذي يعتبر الأكثر نعومة يعطي 50% من المقاومة المطلوبة والتي تتراوح بين (11-15) Mpa ، أما رمل سيدي السايح والذي يعتبر أقل نعومة من الأول يعطي 80% من المقاومة المطلوبة والتي تتراوح بين (20-25) Mpa ، أما رمل زليتن والذي يعتبر الأكثر خشونة يعطي 100% من المقاومة المطلوبة والتي تتراوح بين (28-34) Mpa ، وعند خلط رمل زليتن مع رمل وادي سوف الجين تبين أن مقاومة الضغط تزداد بزيادة نسبة رمل زليتن (0%-25%-50%-75%-100%) لتكون المقاومة (11-22.4-29-30-34) Mpa ، على التوالي و عند خلط رمل سيدي السايح مع رمل وادي سوف الجين تبين أن مقاومة الضغط لا تتأثر بكمية رمل سيدي السايح ويرجع السبب لتقارب معامل النعومة بينه وبين رمل وادي سوف الجين (0%-25%-50%-75%-100%) لتكون المقاومة (11-22-24-25-25) Mpa ، على التوالي

الكلمات الدالة : رمل ، وادي سوف الجين ، نعومة ، مقاومة ضغط .

### Abstract :

While the use of aggregates with appropriate properties lead to the production of Acceptable concrete, the reverse is not true, when the available aggregates have some of weak properties, it is not necessarily that produce an unacceptable concrete, Therefore, the tests carried out on the aggregates do not determine its usability, Rather to help use these materials optimized use in engineering works. In this study, three samples of the fine aggregates available in the city of Bani Walid were taken from different sources: Zliten sand, Sidi Sayeh sand, Suf LGan, Bani Walid valley , and its properties were found , Concrete mixtures containing these sand were prepared individually and then mixed in three different proportions with Suf LGan, Bani Walid valley sand . The laboratory results showed that Suf LGan, Bani Walid valley sand which is the Finest , gives a compressive strength of about 50% of the required compressive strength, about 11-15 MPa, whereas the sand of Sidi Sayeh which is less fines than the first, The compressive strength is about 80% of the required compressive strength, which ranges from 20-25 MPa. Zliten sand, which is the most rough, gives compressive strength up to 100% of the required compressive strength ranging from 28 to 34 MPa , When mixing the Zliten sand with t Suf LGan, Bani Walid valley sand showed that compressive- strength increases with the proportion of Zliten sand (0% - 25% -50% -75% -100%) to be strength (11 - 22.4 - 29 - 30 - 34)MPa Respectively , When mixing the sand of Sidi Sayeh with Suf LGan, Bani Walid valley sand showed that compressive strength is not affected by the amount of sand Sidi Sayeh. This is due to Approach their modules of softness (0% - 25% -50% -75 % - 100%) to be compressive strength (11 - 22 - 24 - 25 - 25)MPa respectively .

1. المقدمة:

يتطلب تصنيع الخرسانة مقدارًا كبيرًا من الركام الكلي (ناعم وخشن) وهو عبارة عن رمل طبيعي يستغل عمومًا من شواطئ البحر وغيرها من المصادر الطبيعية. ومع ذلك ، مع تزايد الطلب على الركام نتيجة لتطور البنية التحتية المزدهرة ، وعدم توفر مصادر للركام الناعم داخل المدينة حيث يعتبر استيراد الركام من خارجها مكلف . بالإضافة إلى ذلك ، يمكن أن تؤدي عملية التركيز على مصدر واحد للركام أيضًا إلى فقدان النظام البيئي الساحلي ، وإحاق أضرار بالبنية التحتية (مثل الطرق والجسور) وإمكانية تدمير الموقع الأثري السياحي.. إلخ ، في ظل هذه الظروف يصبح البحث استخدام مصادر بديلة لرمال الساحل أمرًا أساسيًا لصنع الخرسانة بطريقة صديقة للبيئة ، وهناك أيضًا مشاكل مرتبطة بزيادة نقص الرمال الخشنة المستخدمة تقليديًا في الخرسانة. لذلك ، إذا كان يمكن استخدام رمل الكثبان الرملية ، فسيتم تحسين هذا الوضع لحد ما. وكحل ممكن ، فإن رمال الكثبان الرملية من المناطق الصحراوية أو الشبه صحراوية وفيرة في بعض أنحاء العالم ، وخاصة في بعض بلدان إفريقيا والشرق الأوسط [6]

هناك عدة مصادر للركام المستخدم في الأعمال الإنشائية منها الركام الطبيعي مثل الحصى الناتج من تكسير الصخور أو الرمل الناتج من الترسبات في الوديان وشواطئ البحار والأنهار التي يتجمع بها على هيئة كثبان رملية تتفاوت ارتفاعاتها من أقل من متر واحد إلى عشرات الأمتار وتختلف باختلاف مصادرها والظروف المحيطة بها مثل الظروف الجوية والمتمثلة في سرعة واتجاه الرياح السائدة في المنطقة والناقلة للحبيبات الرملية و نسبة الرطوبة التي تزيد من مقاومة الحبيبات للنقل والظروف الطبوغرافية المتمثلة في مدى تضرس المنطقة وما تحويه من عوائق تضاريسية تعمل على منع الحبيبات من التنقل . بالإضافة الى مصادر أخرى قد لا تقل أهمية عن هذه المصادر بل يمكن ان تفي بنفس الغرض مع اختلاف تكلفة انتاجها واستيرادها الى موقع العمل وهي الركام الصناعي مثل النواتج لمصانع الحديد والصلب في حالة خبث الحديد ومن إعادة تدوير منتجات اللدائن وغيرها

## 2. استعمالات الركام الناعم

يستعمل الركام الناعم في أغراض هندسية مختلفة وتتمثل في :

1. صناعة الخرسانة
2. صناعة الطوب الأسمنتي
3. أعمال الرصف
4. تحسين الخواص الهندسية للتربة

## 3. منطقة الدراسة وعينات الركام الناعم

تعتبر مدينة بني وليد منطقة شبه صحراوية و تقع في الجهة الشمالية الغربية من ليبيا على خط طول  $13^{\circ}03'14$  ودائرة عرض  $51^{\circ}47'31$  شمالا ، ومن أكثر المشاكل بها هو تكون الكثبان الرملية على الطرق مثل طريق سوف الجين (محل الدراسة ) الذي يمتد لحوالي 30كم ويمتد جوار الوادي من منطقة شميخ الى السدادة بحوالي 80 كم ، كذلك الطريق الرابط

بين بني وليد ونسمة(طريق تينيناى ) والذي يمتد إلى حوالي 100كم والطريق الرابط بين بني وليد وتاورغاء ( قرارة القطف) والذي يمتد إلى حوالي 140كم والطريق الرابط بين بني وليد وزليتن (دوفان) والذي يمتد إلى حوالي 80كم، وطريق بني وليد و سوف الجين- السدادة والذي يمتد إلى حوالي 85كم، وتم تجميع عينات مختلفة المصدر داخل المدينة :

- رمل وادي سوف الجين : المتوفر في وادي سوف الجين ببني وليد على هيئة كتبان رملية .
- رمل سيدي السائح : يتم توريده من ( محجر معيقل بمنطقة سيدي السائح ) .
- رمل زليتن : يتم توريده من ( محجر نعيمة بمنطقة زليتن )

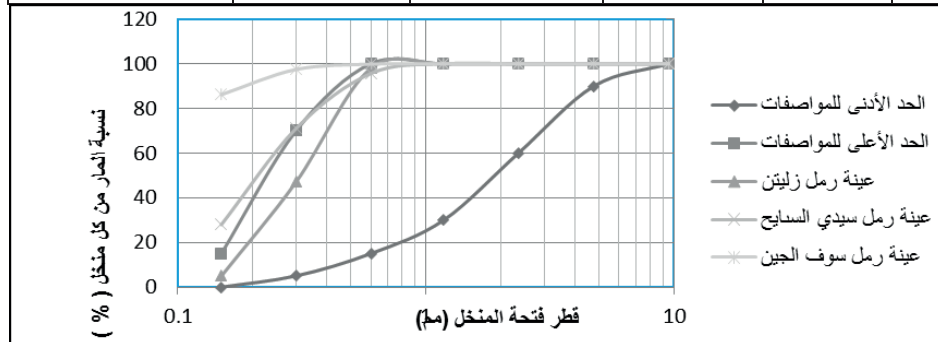
#### 4. المواد المستخدمة.

##### 1.4 الركام الناعم

في هذه الدراسة تم إستخدام ثلاث أنواع من الركام الناعم وهي رمل وادي سوف الجين -بني وليد ورمل سيدي السايح ورمل زليتن والجدول (1)والشكل (1) يوضحان التحليل المنخلي لهذه الانواع والجدول (2)يوضح التحليل الكيميائي

جدول (1) يوضح التحليل المنخلي لعينات الركام الناعم

| حدود المواصفات |            | النسبة المئوية العابرة للمنخل (%) |                 |           | فتحة المنخل (مم) |
|----------------|------------|-----------------------------------|-----------------|-----------|------------------|
| LQS 49 -2002   | BS882:2002 | رمل سوف الجين                     | رمل سيدي السايح | رمل زليتن |                  |
| 90-100         | 90-100     | 100.00                            | 100.00          | 100.00    | 4.75             |
| 60-100         | 60-100     | 100.00                            | 100.00          | 100.00    | 2.36             |
| 30-100         | 30-100     | 100.00                            | 100.00          | 99.86     | 1.18             |
| 15-100         | 15-100     | 100.00                            | 95.70           | 97.94     | 0.6              |
| 5-70           | 5-70       | 99.84                             | 71.00           | 47.04     | 0.3              |
| 0-15           | 0-15       | 97.46                             | 27.96           | 4.95      | 0.15             |



شكل (1) التدرج الحبيبي لعينة الركام الناعم وحدود المواصفات .

جدول (2) يوضح نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الناعم حسب المواصفات .

| حدود المواصفات |              | نتيجة إختبارات الرمال |             |        | نوع الاختبار                        |
|----------------|--------------|-----------------------|-------------|--------|-------------------------------------|
| LQS:49 – 2002  | BS:882:2002  | سوف الجين             | سيدي السايح | زليتن  |                                     |
| 2.75>S.G>2.5   | 2.75>S.G>2.5 | 2.64                  | 2.62        | 2.69   | الوزن النوعي                        |
| 1800-1400      | 1800-1400    | 1630                  | 1590        | 1530   | وزن وحدة الحجم(كجم/م <sup>3</sup> ) |
| %3.0>          | %3.0>        | 0.866                 | 0.243       | 0.517  | الامتصاص (%)                        |
| %4.0>          | %3.0>        | 6.7                   | 2.4         | 1.72   | نسبة المواد الناعمة (%)             |
| %0.05<         | %0.05<       | 0.0057                | 0.0064      | 0.0092 | محتوى الكلوريدات (%)                |
| %0.5<          | %0.5<        | 0.0032                | 0.003       | 0.0033 | محتوى الكبريتات (%)                 |
| -              | -            | 0.0776                | 0.0176      | 0.0258 | نسبة المواد الصلبة الذاتية(%)       |
| -              | -            | 8.83                  | 9.11        | 9.17   | الأس الهيدروجيني pH                 |

#### 2.4 الركام الخشن

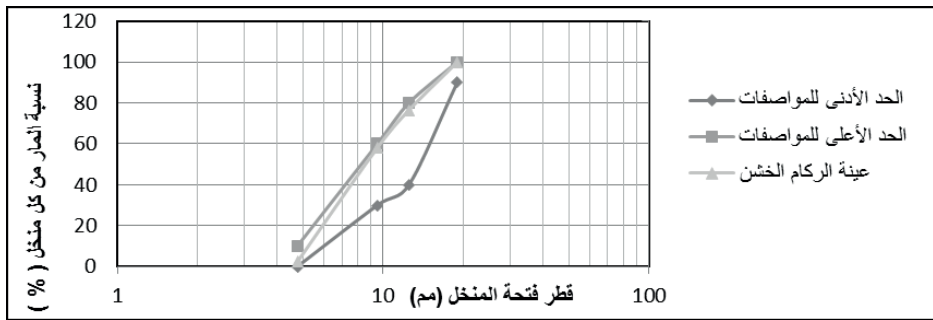
تم توريد الركام الخشن من إحدى الكسارات الموجودة بمدينة بني وليد لصناعة الزلط بجميع أنواعه ، ومن الاختبارات

الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية كما هو موضح بالجدول (3) والشكل (2) والجدول (4)

جدول (3) يوضح التحليل المنخلي لعينة الركام الخشن

| حدود المواصفات |            | النسبة المئوية العابرة للمنخل (%) | فتحة المنخل (مم ) |
|----------------|------------|-----------------------------------|-------------------|
| LQS 49 – 2002  | BS882:2002 |                                   |                   |
| 100            | 100        | 100.00                            | 19                |
| 100-90         | 100-90     | 96.51                             | 12.5              |
| 80-40          | 80-40      | 78.05                             | 9.5               |
| 60-30          | 60-30      | 2.24                              | 4.75              |





شكل (2) التدرج الحبيبي لعينة الركام الخشن وحدود المواصفات .

جدول (4) يوضح نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن حسب المواصفات .

| حدود المواصفات |               | النتيجة | نوع الاختبار                         |
|----------------|---------------|---------|--------------------------------------|
| LQS 49 – 2002  | BS 882:2002   |         |                                      |
| 2.75>S. G>2.5  | 2.75>S. G>2.5 | 2.6     | الوزن النوعي                         |
| 1800-1400      | 1800-1400     | 1959.33 | وزن وحدة الحجم (كجم/م <sup>3</sup> ) |
| %3.0>          | %3.0>         | %0.755  | الامتصاص (%)                         |
|                |               | 1.42    | محتوى الرطوبة (%)                    |
| %45>           | %45>          | %19.93  | معامل الصدم (%)                      |
| %45>           | %45>          | %12.46  | معامل التهشيم (%)                    |
| %5<            | %5<           | 0.0241  | محتوى الكلوريدات (%)                 |
| %20>           | %20>          | 0.0241  | محتوى الكبريتات (%)                  |
| %10>           | %10>          | 0.6704  | نسبة الأملاح (%)                     |

### 3.4 الأسمنت

نوع الاسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو الاسمنت البورتلاندي العادي (Type I) من إنتاج مصنع لإتحاد العربي للأسمنت (زليتن)، وخواصه الفيزيائية والكيميائية تم الحصول عليها من معمل مراقبة الجودة بالمصنع والموضحة بالجدول (5) وكانت جميعها مطابقة للمواصفات البريطانية (BS812:1996) (27) والمواصفات القياسية الليبية 340 لسنة 2009 .

جدول (5) يوضح نتائج الاختبارات افيزيائية والميكانيكية للأسمنت حسب المواصفات .

| حدود المواصفات                |                               | النتيجة | نوع الاختبار                               |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|--|
| LQS 49 – 2002                 | BS 882:2002                   |         |  |
| %33-%27                       | %32-%27                       | 29%     | القوام القياسي(%)                          |
| لا يقل عن 45 دقيقة            | لا يقل عن 45 دقيقة            | 2:40    | زمن الشك الابتدائي (ساعة)                  |
| لا يزيد عن 10                 | لا يزيد عن 10                 | 5:30    | زمن الشك النهائي(ساعة)                     |
| لا يزيد عن 10 مم              | لا يزيد عن 10 مم              | 0.85 مم | ثبات الحجم (مم)                            |
| لا تقل عن 39 ن/م <sup>2</sup> | لا تقل عن 39 ن/م <sup>2</sup> | 46      | مقاومة الضغط بعد 28 يوم(ن/م <sup>2</sup> ) |
| -                             | -                             | 3.16    | الوزن النوعي                               |
| لا تقل عن 2500                | لا تقل عن 2500                | 3000    | النعومة (جم/سم <sup>2</sup> )              |

#### 4.4 ماء الخلط

تم استخدام ماء صالح لإعداد الخلطات الخرسانية ، وتم أختراره في مركز البحوث الصناعية بتاجوراء للتأكد من مطابقته

للمواصفات القياسية البيئية رقم 294 لسنة 2013 (29) كما هو موضح بالجدول (6)

الجدول (6) يوضح التركيب المعدني للماء .

| المواصفات القياسية البيئية رقم 294 لسنة 2013 الحد الأقصى (mg/L) | النتيجة (mg/L) | الاختبار                                     |
|---|----------------|--|
| 1000  | 117.5          | محتوى الكبريتات (SO <sub>4</sub> )           |
| 500   | 296.33         | محتوى الكلوريدات (Cl)                        |
| 2000  | 888            | الأملاح الذائبة (T.D.S)                      |
| 1000  | 190            | الكربونات والبيكربونات (Ca,CO <sub>3</sub> ) |
| 8-6   | 7.87           | الأس الهيدروجيني PH                          |

#### 5. البرنامج العملي

##### 1.5 عملية الخلط والصب والمعالجة

تم تصميم الخلطات الخرسانية بموجب الطريقة البريطانية وكانت الأوزان كما بالجدول تم استعمال خلطة معملية لها وعاء سعة 3م<sup>3</sup> و تمت عملية الخلط بإضافة كمية الركام الخشن وجزء من الركام الناعم إلى وعاء الخلطة ، ومن ثم إضافة الاسمنت وباقي الركام الناعم وتخلط بالخلطة لمدة دقيقة واحدة ومن ثم يخلط الماء مع الملدن الفائق وتضاف للخلطة ويستمر الخلط لمدة دقيقتين وتم إعداد و خلط وصب ودمك الخرسانة في قوالب مكعبة بأبعاد (150X150X150) مم وفي كل خلطة يتم تنظيف القوالب بشكل جيد بإزالة بقايا الخرسانة وتزييتها من الداخل لمنع التصاق الخرسانة بالقوالب وسهولة

الفك بعد تصلبها ، ومن تم بعد 24 ساعة من الصب يتم فكها ومعالجتها بالغمر في الماء وفي درجة حرارة الغرفة (22-27)<sup>0</sup>C ، ومن ثم تمت معالجة جميع العينات بعد فكها وترقيمها حسب خطة الدراسة في حوض مملوء بالماء وعند درجة حرارة لا تقل عن 20<sup>0</sup>C ، وتم ترك العينات في الأحواض حتى تاريخ الاختبار

## 2.5 اختبارات الخرسانة الطرية والمتصلدة

### 1.2.5 اختبار التشغيلية

تم اجراء هذا الاختبار لجميع الخلطات الخرسانية لتديد مدى تشغيليتها ومقارنتها بالتشغيلية التصميمية ، كما تم إجراء هذا الاختبار حسب المواصفات البريطانية (BS 1881 PART102:1983) [3] والجدول (3) يبين قيم الهبوط التي تمقياسها لكل الخلطات .

الجدول ( 7 ) يوضح التشغيلية لكل خلطة .

| الخلطة الخرسانية | w/c  | الهبوط الحقيقي | الهبوط التصميمي | درجة التشغيلية |
|------------------|------|----------------|-----------------|----------------|
| Mix 1            | 0.6  | 65             | 120             | متوسطة         |
| Mix 2            | 0.6  | 120            | 120             | متوسطة         |
| Mix 3            | 0.55 | 110            | 120             | متوسطة         |
| Mix 4            | 0.6  | 115            | 120             | متوسطة         |
| Mix 5            | 0.55 | 90             | 120             | متوسطة         |
| Mix 6            | 0.55 | 90             | 120             | متوسطة         |
| Mix 7            | 0.6  | 125            | 120             | عالية          |
| Mix 8            | 0.55 | 100            | 120             | متوسطة         |
| Mix 9            | 0.6  | 130            | 120             | عالية          |

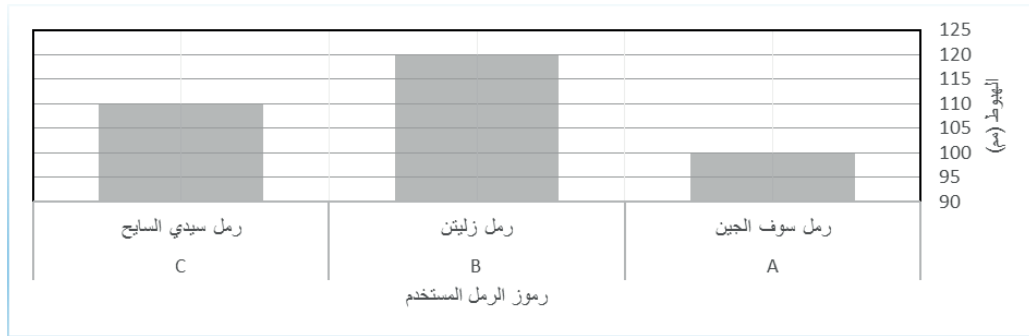
### 2.2.5 اختبار مقاومة الضغط

يتم إجراء إختبار مقاومة الضغط على العينات ذات المقاس 150\*150\*150ملم عند فترة زمنية قدرها 28 يوم من تاريخ الصب . تم إجراء هذا الاختبار على العينات حسب المواصفات البريطانية (BS 1881 Part 116:1983) (4) باستعمال جهاز تكسير عينات بمعدل تحميل 6 كيلو نيوتن لكل ثانية والموجود بكلية الهندسة الجامعة الاسمرية - زليتن.

## 1.6 نتائج اختبارات الخرسانة الطرية

الخواص الطرية لجميع الخلطات الخرسانية تم تقييمها باستخدام اختبار الهبوط (Slump Test) وذلك لغرض قياس مدى تشغيلية الخرسانة ، ومن خلال المعاينة والملاحظة كانت نتائج اختبار الهبوط للخرسانة المصنعة من أنواع مختلفة من الرمل متفاوتة ، حيث أن هذه النتائج مقربة لأقرب 5مم ، وتشغيلية مجموعات الخلطات الخرسانية تتراوح من منخفضة إلى عالية حسب المواصفات البريطانية ( BS 1881 Part 102:1983 ) (30) .

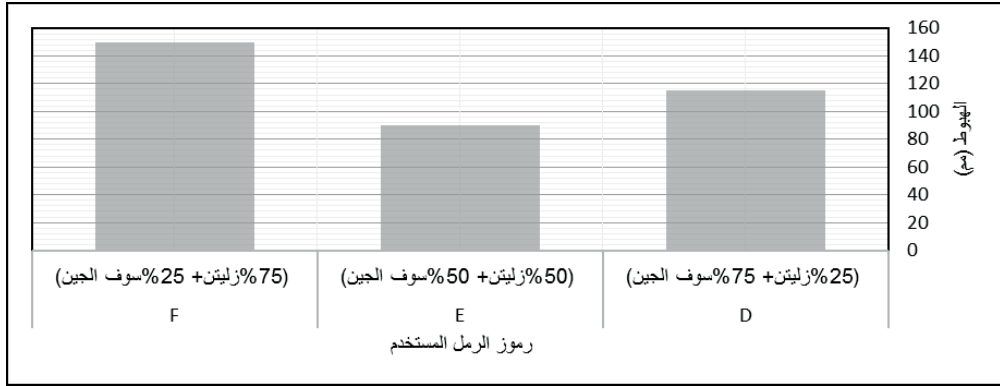
نلاحظ ان الخلطات المحتوية على رمل سوف الجين سجلت أقل معدل هبوط بحيث كانت تشغيليتها صعبة بعض الشيء ، حيث تطلب زيادة في كمية زيادة الماء اللازم للخلط حتى تصل نسبة الماء للأسمنت (0.6) و أكثر ، كما نلاحظ ان الخلطات المحتوية على رمل زليتن سجلت هبوط مناسب بنسبة ماء للأسمنت مناسبة (0.5) ، و نلاحظ ان الخلطات المحتوية على رمل سيدي السايح سجلت معدل هبوط يقارب لعينة رمل سوف الجين بحيث كانت تشغيليتها منخفضة بعض الشيء ، حيث تطلب زيادة في كمية زيادة الماء اللازم للخلط ، كما نلاحظ في الشكل (3) الذي يوضح الهبوط للخلطة المحتوية على هذه الرمال



شكل (3) تأثير استخدام انواع الرمل على هبوط الخرسانة .

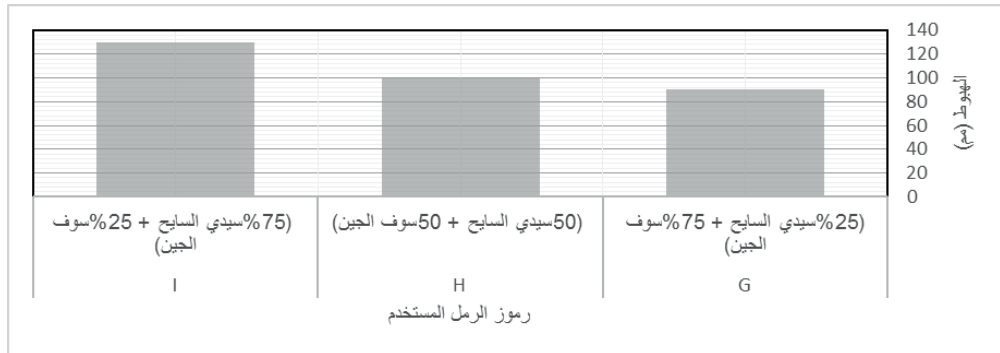
عند خلط هذه الرمال مع بعضها تبين أن بعض خواصها تتحسن مما يعكس تحسن خصائص الخرسانة حيث نلاحظ ان الخلطات المحتوية على خليط من رمل زليتن وسوف الجين بنسب (25%-75%) على التوالي سجلت معدل هبوط يقارب لعينة رمل سوف الجين منفردة بحيث كانت تشغيليتها منخفضة ، كذلك الخلطات المحتوية على خليط من رمل زليتن وسوف الجين بنسب (50%-50%) على التوالي سجلت معدل هبوط منخفض حيث كانت جافة وصعبة التشغيل إلا أن

الخلطات المحتوية على خليط من رمل زليتين وسوف الجين بنسب (25%-75%) على التوالي سجلت معدل هبوط أفضل من تلك التي في الحالتين السابقتين ا حيث كانت متوسطة التشغيلية .



شكل (4) تأثير خلط رمل زليتين مع رمل سوف الجين على هبوط الخرسانة .

ان الخلطات المحتوية على خليط من رمل سيدي السايح وسوف الجين بنسب (25%-75%) على التوالي سجلت معدل هبوط يقارب لعينة رمل سوف الجين منفردة بحيث كانت تشغيليتها منخفضة ، كذلك الخلطات المحتوية على رمل سيدي السايح وسوف الجين بنسب (50%-50%) على التوالي لم تتأثر هذه الخلطة باختلاف مصادر الرمل المكون لها حيث أن هبوط هذه الخلط يتماثل تقريبا مع كل رمل منفرد ، إلا أن الخلطات المحتوية على خليط من رمل سيدي السايح وسوف الجين بنسب (25%-75%) على التوالي سجلت معدل هبوط أفضل كانت متوسطة التشغيلية

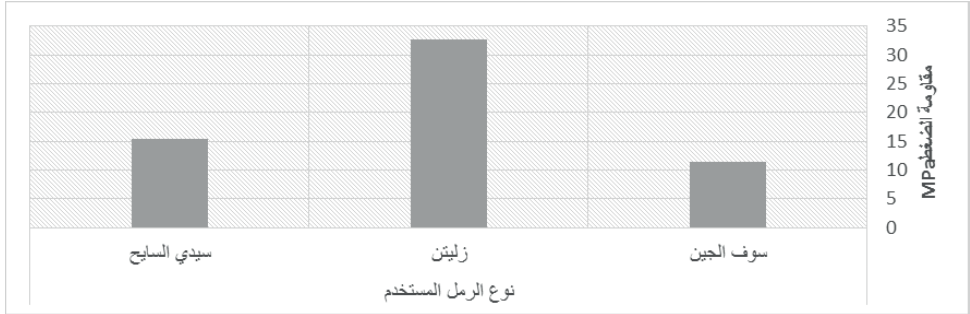


شكل (5) تأثير خلط رمل سيدي السايح مع رمل سوف الجين على هبوط الخرسانة .

## 2.6 نتائج اختبارات مقاومة الخرسانة

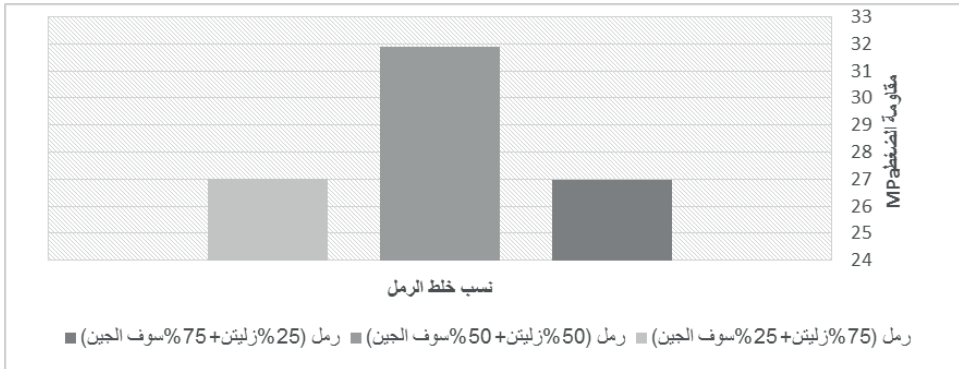
تم إعتداد مقاومة الخرسانة بعمر (28) يوم محسوبة من لحظة إضافة ماء الخلط إلى مكونات الخرسانة ويعد ثلاث عينات خرسانية لكل خلطة ويؤخذ متوسط قراءة جهاز الاختبار. الشكل (6) يوضح أهم النتائج المتحصل عليها من

اختبارات مقاومة الضغط الناتجة من إستخدام الرمال الثلاثة المختلفة ( رمل سوف الجين و زليتن وسيدي السايح ، إذ لم تكن نتائج مقاومة الضغط للعينات الخرسانية كلها مطابقة للمقاومة التصميمية عند استخدام رمل سوف الجين ، حيث كانت الخلطة المحتوية على رمل سوف الجين أضعف مقاومة ضغط 11MPa تليها خلطة سيدي السايح 17MPa وأفضل النتائج كانت لرمل زليتن حيث وصلت إلى 32MPa .



شكل (6) : تأثير نوع الرمل على مقاومة ضغط الخرسانة.

الشكل (7) يوضح أهم النتائج المتحصل عليها من اختبارات مقاومة الضغط الناتجة من إستخدام (الرمل زليتن + سوف الجين) حيث سجلت نتائج مقاومة الضغط لهذه لعينات الخرسانية أفضل مقاومة مقارنة بالمقاومة التصميمية وتتفاوت مع زيادة نسبة رمل زليتن .



شكل (7) : تأثير خلط رمل زليتن مع رمل سوف الجين على مقاومة ضغط الخرسانة.

الشكل (8) يوضح أهم النتائج المتحصل عليها من اختبارات مقاومة الضغط الناتجة من إستخدام (الرمل سيدي السايح + سوف الجين) حيث سجلت نتائج أفضل من كل رمل منفرد



شكل (8) : تأثير خلط رمل سيدي السايح مع رمل سوف الجين على مقاومة ضغط الخرسانة.

## 7. الخلاصة

ومن خلال النتائج المتحصل عليها تم التوصل إلى الإستنتاجات التالية :

1- رمل وادي سوف الجين له نعومة عالية مقارنة بالمواد المقارنة إلا أن رمل سيدي السايح لا يختلف عنه كثير في معامل النعومة بينما رمل زليتن يعتبر أكثر خشونة منهما الأمر الذي يجعله بالكاد يكون ضمن حدود مواصفات التدرج .

2- نعومة رمل وادي سوف الجين العالية عملت على تقليل تشغيلية الخرسانة وذلك لزيادة المساحة السطحية لكمية الرمل في الخلطة وبالتالي تتطلب زيادة في محتوى الماء الأمر الذي يضعف مقاومة الضغط للخرسانة حيث كانت التشغيلية تتحسن بزيادة نسبة الماء للأسمنت .

3- رمل زليتن كان أفضل من رمل وادي سوف الجين حيث مقاومة الضغط وصلت إلى 36MPa وأعطى تشغيلية جيدة للخرسانة ، وعند خلطه برمل وادي سوف الجين تحسنت المقاومة عند الخلط بنسبة (50:50%) وصلت إلى 34MPa وهي أعلى من المقاومة التصميمية

## 8. التوصيات

بناء على نتائج الدراسة المتحصل عليها تم اقتراح جملة من المقترحات والتوصيات الآتية :

- 1- دراسة تأثير رمل وادي سوف الجين في الأنواع الأخرى من الخرسانة .
- 2- يفضل في حالة استخدام رمل عالي النعومة استخدام أنواع من الإضافات لتحسين قابلية التشغيل للخرسانة .
- 3- دراسة تأثير نعومة الرمل على خواص أخرى للخرسانة .

[1] المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 2002ف الخاصة بركام الخرسانة ، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية - طرابلس

[2] BS 882:2002" Specification for aggregates from natural sources ".British Standards Institution, 389 Chiswk high road, London,W4 4AL,UK,2002.

[3] BS188:part102:1983"Method for determination of slump " .British Standards Institution , 2 park street,London,W1 2BS,UK,1983.

[4] BS1881:part102:1983" Method for determination of compressive strength of concrete cubes ".British Standards Institution , 389 Chiswk high road , London ,W4 4AL,UK,1983.

[5] Harthy Al, A.S., et al. The properties of concrete made with fine dune sand. Constr Build Mater 2007;21:1803–8.

[6] Jin BH, Song JX, Liu HF. Engineering characteristics of concrete made of desert sand from Maowusu Sandy Land. Appl Mech Mater 2012;174–177:604–7.

[7] Zhang G et al. Performance of mortar and concrete made with a fine aggregate of desert sand. Build Environ 2006;41:1478–81



# تأثير السطح النوعي للركام الخشن بالجنوب الليبي على خواص الخرسانة

محمد عبد السلام عكاشة  
مهندس باحث

فؤاد فروج فرج  
استاذ مشارك

كلية الهندسة - جامعة سبها  
قسم الهندسة المدنية - براك الشاطئ

## الملخص :

الركام هو عبارة عن المكون الأساسي للكتلة الخرسانية ويمثل حوالي 75% من حجم الكتلة الخرسانية ، ويقصد بالركام تلك المواد الحبيبية التي تشكل الحجم الأكبر للكتلة الخرسانية بحيث تربط بين حبيباتها العجينة الإسمنتية ، ويكون مصدر الركام من الصخور الطبيعية أو نواتج الترسيب الطبيعي أو نواتج تكسير كتل الصخور الكبيرة. تهدف هذه الدراسة الى معرفة تأثير السطح النوعي للركام الخشن من محاجر وادي الشاطئ بالجنوب الليبي علي خواص الخرسانة بأخذ العديد من خلطات الركام الخشن ( الشرشور ) للحصول على اقل حجم فراغات بين الركام الخشن وتعبئة الفراغات بمونة معلومة المكونات ( رمل معروف تدرجه + اسمنت + ماء ) خلطة المونة موحدة لجميع الخلطات وبالحصول على حجم الفراغات الاصغرية تم اختيار اربعة خلطات تتضمن الخلطة الاولى خلطة ( بنسبة أقل فراغات بالركام ) ، الخلطة الثانية ( بنسبة أكبر فراغات بالركام مقبولة التدرج ) ، خلطة الثالثة ( احادية التدرج ) ، الخلطة الرابعة ( خلطة متساوية نسب الخلط ) . وباعتماد الخلطات المذكورة تمت مقارنة النتائج واستنتاج الناتج الافضل مقرونا بالشروط الصحراوية

الكلمات الدالة : الركام ، السطح النوعي للركام ، المونة الإسمنتية ، الفراغات الاصغرية.

## Abstract :

Aggregates is the main parts of concrete. it cover 75% of the total volume of concrete , aggregate is that small parts materials which is cover the biggest parts of concrete and connected together with cement past , the aggregate that to be used in concrete must have uniform grading. This study aims to study the effect of surface textures of aggregate partials on the concrete properties.

تعتبر دراسة مواصفات الركام الخشن في صناعة الخرسانة من المواضيع التي درست من قبل الكثير من الباحثين ضمن اطار علمي سمي بتأثير التدرج الحبيبي للركام على مواصفات الخرسانة وقد كانت الدول الاوربية سباقة الى دراسة هذه الظاهرة نسبتا الى تأثيرها الفعلي على كلفة المنتج مع الحفاظ على مزايا المخرجات ( مواصفات الخرسانة الطازجة بالإضافة الى ديمومة الخرسانة ومثانتها ) وقد تطرقت الابحاث الى التأكيد على ان حجم الفراغات بين الشرشور له تأثير واضح على ما يلي ؛ امكانية الخلط والتموضع في المكان بشكل سهل ، قدرة التحمل تبعا لتنوع حجوم الحصىات في الركام ، الوفرة الحاصل في كمية الاسمنت المستخدم تبعا للتدرج الحبيبي ، التغيرات الحجمية تبعا للتدرج الحبيبي وكمية الركام الخشن في الخلطة ، وغير ذلك من التأثيرات على خواص الخرسانة. بالاعتماد على الدراسات السابقة ( 2 ) يستنتج التأثير الواضح للتغيرات الحجمية للخرسانة تبعا لكمية الشرشور الداخل في تركيبها خاصة في الشروط الصحراوية ، حيث ان زيادة كمية الشرشور في الكتلة يحد من التغيرات الحجمية لذلك فان دراسة ظاهرة تقليل حجم الفراغات في الركام في الشروط الصحراوية يعتبر من المواضيع الهامة التي تحسن من مواصفات المنتج وتقلل كلفة الانتاج بسبب توفير في كمية الاسمنت المستخدم الذي يعتبر الاغلى ثمنا في الكتلة الخرسانية . تعتبر الاختبارات الدقيقة للعلاقة بين السطح النوعي للركام الخشن والحجم الأصغر للفراغات باعتماد عامل شكل الركام الخشن من الامور التي تحدد مواصفات الخرسانة فقد تبين ان السطح النوعي للركام بشقيه عند 24 سم<sup>2</sup>اغ يعطي افضل المقومات حتى باختلاف التدرج للركام ( 1 ) .

## 1.2 البرنامج العملي للتجارب

بناء على ما تم عرضه في مقدمة البحث فقد اعتمدنا ايجاد خلطات خرسانية فيها حجم فراغات مختلف بين الركام تبعا لنسبة مقاسات الركام في الكتلة وتعمدنا ايجاد حجم الفراغات الاصغرية بين الركام وتوحيد المونة الاسمنتية في الكتلة الخرسانية من حيث مكوناتها لكي لا يكون لها تأثير في النتائج وذلك بتثبيت مواصفات الملاط اللاصق لجميع الخلطات بجميع مكوناته وطريقة تنفيذه ( رمل ، اسمنت ، ماء ) كما هو موضح في النقاط التالية :

- 1- استجلاب شرشور من محاجر في منطقة براك من محجر واحد لأجل توحيد المؤثرات الخارجية على الناتج
- 2- فرز المقاسات على المناخل الخاصة بالشرشور حسب المتوفر في المعمل
- 3- اعتماد خلط الشرشور بنسب مختلفة في وعاء ثابت الحجم بهدف الحصول على حجم الفراغ الاصغرية بين الركام الخشن ويتم عندها احتساب :

- السطح النوعي للشرشور
- عامل الشكل للشرشور(عامل الزاوية )
- الوزن الحجمي
- الوزن النوعي
- حجم الفراغات بين الشرشور لكل حالة

جدول ( 1 ) الخطاط المدروسة مبدئيا والخطاط المعتمدة في البحث

| حجم<br>الدموك<br>الحصويات | حجم<br>الدموك<br>الحصويات<br>الغير<br>مدموكة | الفرغات<br>في<br>الركام<br>الدموك<br>الحصويات | وزن<br>الوعاء<br>بالركام<br>الدموك | الفرغات<br>في<br>الركام<br>الغير<br>مدموك | وزن<br>الوعاء<br>بالركام<br>(Kcal) | حجم<br>الوعاء<br>فارغ<br>(liter) | وزن<br>الوعاء<br>فارغ<br>(Kg) | نسب<br>الخط<br>تبعيا<br>للمناخل<br>%                 |
|---------------------------|--|---|------------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|
| 1.800                     | 1.625  | 1.00  | 8.100                              | 1.175                                     | 7.120                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (1) D<br>20/20/20/20/20<br>0.6/0.8/1/1.25/1.5 |
| 1.028                     | 1.595  | 1.030   | 7.305                              | 1.205                                     | 6.915                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (2)<br>10/30/30/20/10<br>0.6/0.8/1/1.25/1.5   |
| 1.827                     | 1.610  | 1.065   | 7.435                              | 1.220                                     | 6.920                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (3)<br>20/20/20/30/10<br>0.6/0.8/1/1.25/1.5   |
| 1.735                     | 1.580  | 0.973   | 7.250                              | 1.170                                     | 6.835                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (4) A<br>30/50/10/10<br>0.6/0.8/1/1.25        |
| 1.700                     | 1.515  | 1.100   | 7.220                              | 1.350                                     | 6.750                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (5) B<br>10/30/40/20<br>0.6/0.8/1/1.25        |
| 1.720                     | 1.490  | 1.080   | 7.320                              | 1.310                                     | 6.735                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (6)<br>30/40/30<br>0.8/1/1.25                 |
| 1.745                     | 1.540  | 1.055   | 7.305                              | 1.260                                     | 6.800                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (7)<br>10/40/30/20<br>0.6/0.8/1/1.25          |
| 1.780                     | 1585   | 1.020   | 7.490                              | 1.215                                     | 6.975                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (8)<br>20/10/40/30<br>0.8/1/1.25/1.5          |
| 1.720                     | 1520   | 1.080   | 7.350                              | 1.280                                     | 6.810                              | 2.800                            | 2.985                         | الخططة (9)<br>20/40/40<br>0.8/1/1.25                 |
| 1.630                     | 1.505  | 1.170   | 7.115                              | 1.295                                     | 6.770                              | 2.800                            | 2.985                         | رقم (1.25) C<br>الاحادي                              |

اما باقي المؤثرات من المونة ومكوناتها وطرق تنفيذها فقد وحدت لجميع الخلطات بهدف اعتماد الناتج لتأثير السطح النوعي في البحث وتحديد الوفر لمادة الاسمنت في حالة استخدام حجم الفراغات الاصغرية في الكتل الخرسانية مع مراعاة شروط التنفيذ في الظروف الصحراوية و قد حددت نسب خلط الركام الخشن كما هو مبين في الجدول التالي :

4- اعتماد الخلطات المختارة في البحث من الجدول ( 1 ) وحساب المساحة السطحية والسطح النوعي لها

الجدول ( 3 ) ، الشكل (1) وتحديد عامل الشكل لمقاسات الركام الجدول ( 4 ) وقد اختيرت الخلطات كما هو موضح في الجدول ( 2 ) .

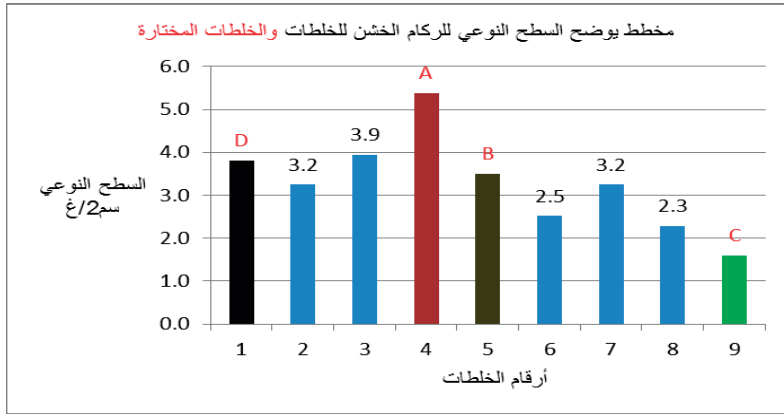
جدول ( 2 ) الخلطات المختارة من الخلطات السابقة للتجارب

| رمز الخلطة | حجم الفراغات                               |
|------------|--|
| A          | أقل نسبة فراغات في الركام الخشن المتدرج    |
| B          | أكبر نسبة فراغات في الركام الخشن المتدرج   |
| C          | أحادي التدرج                               |
| D          | حجم الفراغات بخلط بنسب متساوية من المقاسات |

جدول ( 3 ) طريقة حساب المساحة السطحية للركام الخشن للخلطة ( A ) وقد اعتمد الحساب بنفس الطريقة

لجميع الخلطات

| القطر                        | المحجوز الجزئي | المار عبر المنخل | المحجوز الجزئي | المار عبر المنخل | المحجوز الكلي | الوزن النوعي      | الاقطار الحسابية المتوسطة | المساحة السطحية | عامل الزاوية | المساحة السطحية باعتماد عامل الزاوية |
|------------------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|---------------|-------------------|---------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------|
| 25                           | 0              | غ                | %              | %                | غ             | غ/سم <sup>3</sup> | سم                        | 2سم             | -            | 2سم                                  |
| 20                           | 0              | 3000             | 0              | 100              | 0             | 2.6               | 2.25                      | 0.00            | 1.13         | 0.0                                  |
| 14                           | 327            | 2673             | 10.9           | 89.1             | 327           | 2.6               | 1.7                       | 443.89          | 1.13         | 501.6                                |
| 10                           | 212            | 2461             | 7.067          | 92.9             | 539           | 2.6               | 1.2                       | 407.69          | 1.13         | 460.7                                |
| 5                            | 1507           | 954              | 50.23          | 49.8             | 2046          | 2.6               | 0.75                      | 4636.92         | 1.13         | 5239.7                               |
| 0                            | 952            | 2                | 31.73          | 68.3             | 2998          | 2.6               | 0.25                      | 8787.69         | 1.13         | 9930.1                               |
| مساحة سطح الركام 2سم         |                |                  |                |                  |               |                   |                           |                 |              |                                      |
| الوزن الكلي لعينة الركام غ   |                |                  |                |                  |               |                   |                           |                 |              |                                      |
| السطح النوعي للركام سم / 2 غ |                |                  |                |                  |               |                   |                           |                 |              |                                      |
| 16132.1                      |                |                  |                |                  |               |                   |                           |                 |              |                                      |
| 3000                         |                |                  |                |                  |               |                   |                           |                 |              |                                      |
| 5.4                          |                |                  |                |                  |               |                   |                           |                 |              |                                      |



الشكل ( 1 ) السطح النوعي لخلطات الركام المدروس مبدئياً والمختارة في البحث

الجدول ( 4 ) يوضح طريقة حساب عامل الشكل (عامل الزاوية ) للركام الخشن

| حساب عامل الشكل للركام الخشن |                        |                        |                          |                                   |                           |                       |
|------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| عامل الشكل                   | نسبة الفراغات الاصغرية | نسبة الفراغات الاعظمية | حجم الوعاء فارغ ((Litter | وزن الوعاء بالركام المدموك ( Kg ) | وزن الوعاء بالركام ( Kg ) | حجم الركام الأحادي mm |
|                              | %                      | %                      |                          |                                   |                           |                       |
| 1.12                         | 4501.00                | 4006.00                | 2.80                     | 4495.00                           | 4000.00                   | 20                    |
| 1.10                         | 4321.00                | 3976.00                | 2.80                     | 4315.00                           | 3970.00                   | 14                    |
| 1.12                         | 4286.00                | 3826.00                | 2.80                     | 4280.00                           | 3820.00                   | 5                     |
| 1.14                         | 4311.00                | 3766.00                | 2.80                     | 4305.00                           | 3760.00                   | 0                     |
| 1.13                         | عامل الشكل             |                        |                          |                                   |                           |                       |

5- بالاعتماد على ما تقدم من اختيار لبرنامج البحث تمت ملاحظة ما تتميز به الخلطات في حالتها الطازجة

والصلبة واستخلاص النتائج وفقاً لما هو مبين في الجداول والخطوط البيانية اللاحقة.

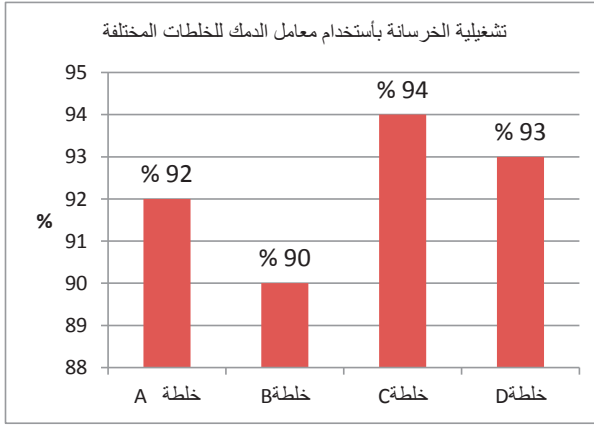
### 1.3 مناقشة النتائج

من خلال النتائج التي حصلنا عليها تبين لنا الاتي :

ان جميع الخلطات كانت قوام متجانس ولزوجة عالية قابلة للتموضع في كتل الخرسانة المختلفة بدون دمك حيث ان

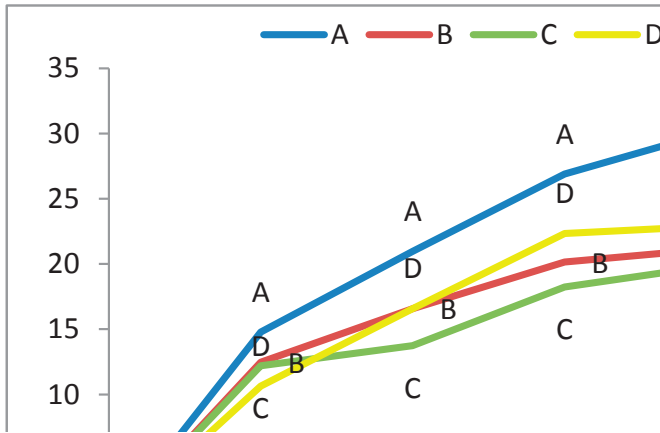
عامل الدمك لجميع الخلطات كان اكبر من 90 % وعلية فان الخلطات كانت جميعها مقبولة لتنفيذ الاعمال

الخرسانية والموضع في المكان بتجانس جيد ونسبة فراغات اصغري الشكل ( 2 ).

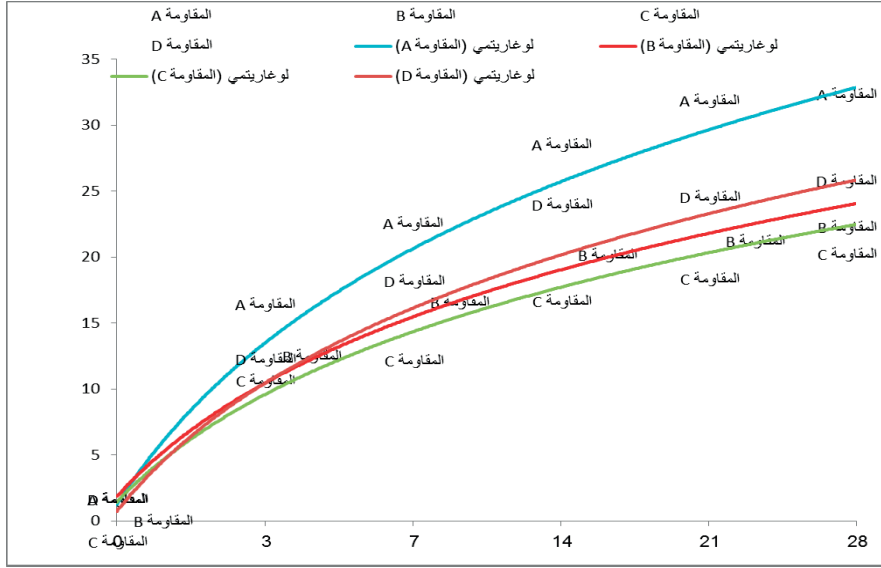


الشكل ( 2 ) معامل الدمك للخلطات المختارة للبحث

وبالتدقيق في مخططات مقاومة الخلطات الخرسانية المدروسة تبين ان المقاومات كانت متباينة للخلطات المدروسة وقد حصلنا على اعلى المقاومات للخلطة التي كانت نسبة الفراغات فيها أصغرية وبمعنى ادق للخلطة التي كان المونة اللاصقة فيها اقل ما يمكن حيث تميزت بنسبة فراغات اقل ما يمكن بين ركامها وهذه الدلالة هامة جدا في ناتج البحث مقاومة جيدة بأقل نسبة مونة لاصقة اي باقتصادية عالية بالنسبة لاستخدام مادة الاسمنت الشكل ( 3 ) ، الشكل (4). الخلطة B ذات التدرج المتوازن في النسب كانت اقل من الخلطة A وافضل من الخلطات الباقية ، اما الخلطة C احادية التدرج فقد اعطت اسوأ النتائج في المقاومة. واذا تعمدنا الاخذ بعين الاعتبار الظروف الصحراوية فإننا نجد ان الخلطة A ( الفراغات الاصغرية ) افضل للخلطات ليس فقط من اجل حجم المونة اللازمة بل ومن اجل التغيرات الحرارية في الظروف الصحراوية حيث ان الركام وزيادة الكمية في الخلطات الخرسانية يقلل من تأثير التغيرات الحرارية وعوامل النقل والانكماش في الظروف الصحراوية . وللمقارنة في الكلف الاقتصادية للتنفيذ فقد حسبنا الوفر الحاصل في استخدام مادة الاسمنت عند تنفيذ مبنى متوسط الحجم كمية الخرسانة فيه 1000 م<sup>3</sup> اخذين بعين الاعتبار كمية المونة اللازمة للتنفيذ باعتماد حالات البحث لنفس المبنى حيث وضحت النتائج الاقتصادية في الجدول ( 5 ).



الشكل ( 3 ) مقاومة الضغط للخلطات المختارة للبحث



الشكل ( 4 ) مقاومة الضغط للخلطات المختارة للبحث

جدول ( 5 ) نسب الكميات والفرق في استهلاك الاسمنت في 1000 م3 خرسانة

| الفرق  | كمية الاسمنت في 1000م3 خرسانة | كمية المواد في خطة المعمل |          |            | الغرض             | النسب  | رقم الخلطة |
|--------|-------------------------------|---------------------------|----------|------------|-------------------|--|------------|
|        |                               | أسمنت (Kg)                | رمل (Kg) | شرشور (Kg) |                   |  |            |
| 0      | 200000                        | 16                        | 6        | 2          | ركام أقل فراغات   | الخلطة (4)<br>30/50/10/10<br>0.6/0.8/1/1.25        | A          |
| 33000  | 233000                        | 15                        | 8        | 2.33       | ركام أكبر فراغات  | الخلطة (5)<br>10/30/40/20<br>0.6/0.8/1/1.25        | D          |
| 65000  | 265000                        | 14                        | 7.40     | 2.65       | ركام متوازن متدرج | الخلطة (1)<br>20/20/20/20/20<br>0.6/0.8/1/1.25/1.5 | B          |
| 100000 | 300000                        | 13                        | 6.65     | 3          | ركام أحادي التدرج | الخلطة(9)<br>الأحادية<br>100                       | C          |

1.4 الاستنتاجات :

مما سبق وبناء على نتائج البحث نستنتج الاتي :

- 1- يعد التدرج الحبيبي ذات اهمية كبرى في صناعة الخرسانة خاصة في الشروط الصحراوية.
- 2- ان وجود جميع المقاسات في الركام للحصول على حجم فراغات اصغري بين حبيبات الركام يجعلنا نحصل على خرسانة عالية المتانة وذات مواصفات تنفيذية جيدة .
- 3- باعتماد حجم الفراغات الاصغري بين الركام الخشن واستخدام مونة ثابتة نستطيع الحصول على وفر في استهلاك الاسمنت و يصل الوفر الى 25 % واكثر في الدراسة الدقيقة
- 4- السطح النوعي ذات اهمية كبيرة في صياغة الخرسانات في الشروط الصحراوية لما له من تأثير في عامل التغيرات الحجمية في درجات الحرارة المرتفعة والقدرة على تفادي التشققات الناجمة عن زيادة كمية المونة اللاصقة التي تتأثر بدرجات الحرارة اكثر من الركام .

## 1.5 المراجع

- [ 1 ] أحمد علي العريان ، و عبد الكريم محمد عطا( تكنولوجيا الخرسانة - الجزء الاول) (1974ف الطبقة الثانية ) (القاهرة مصر) .
- [ 2 ] عبد السلام المبروك عكاشة ( تكنولوجيا الخرسانة ) ( ليبيا 2013 الطبعة الاولى ).
- [ 3 ] عبد الرحمن مجاهد أحمد ( الجزء الاول دليل المهندس الانشائي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية )(مصر)
- [ 4 ] محمود أمام ( الخرسانة) ( الجزء الاول1999ف) (قسم الهندسة الانشائية ، جامعة المنصورة ) .



# الاستفادة من استخدام (زيت المحركات المحروق) كمضاف لتحسين خواص الخرسانة

أ.د عبد السلام المبروك عكاشة  
Abd.Akash@sebhou.Ed.Ly

أ.على محمد المبروك عكاشة  
ea.libya2012@yahoo.com

كلية الهندسة - جامعة سبها

## الملخص

يعتبر زيت المحرك المحروق (UEO) واحد من أكثر النفايات السائلة الأكثر سُمية والذي تظهر آثاره السلبية على الإنسان والبيئة التي يعيش فيها. إن دمج (UEO) في الخرسانة لتحسين خواصها سوف يساعد في التقليل من النفايات الناتجة من هذه المنتجات وكذلك يُخفض من تكلفة الخرسانة المنتجة. في هذه الدراسة تم استخدام نوعين من زيوت المحركات المحروقة **النوع الأول:** زيت محركات البنزين (PUEO) **والنوع الثاني:** زيت محركات الديزل (DUEO). بسبب الاختلاف في التركيب الكيميائي لهذين النوعين من الزيوت اثناء الإستعمال سيؤدي إلى اختلاف خواصهما الفيزيائية والكيميائية وعلى هذا الأساس تم دراسة تأثير كل منهما على خواص الخرسانة الطرية والجافة وذلك بنسبة (0.1، 0.3، 0.6، 1.0، 1.5، 2.0، 2.5%) من وزن الأسمنت المستخدم في الخلطة. الإختبارات التي أجريت على الخلطة الخرسانية هي زمن الشك الابتدائي والنهائي، إختبار الهبوط وإختبار مقاومة ضغط الخرسانة. تم إعداد الخلطات الخرسانية وذلك بخلط المكونات الجافة(الركام والأسمنت) أولاً ثم إضافة الماء الممزوج بزيت المحركات المحروق وفقاً للنسب المذكورة أعلاه، ومزجت جميع المكونات لمدة 4 دقائق. اظهرت النتائج إن زيادة نسبة UEOs يقلل من زمن الشك الابتدائي والنهائي ويزيد من التماسك ومعدل فقدان التشغيل في الخرسانة. في حين إختبار الهبوط يظهر زيادة قابلية التشغيل مع زيادة UEOs. زادت قابلية التشغيل بنسبة تصل إلى 67% و30% عند إضافة 1.0% PUEO و DUEO على التوالي إلى الخرسانة. من ناحية أخرى، يُقلل UEOs من قوة الضغط للخرسانة. يعطي DUEO قوة ضغط عالية للخرسانة من PUEO عند إضافة نسب متساوية. وذلك بسبب الإختلاف في المكونات الكيميائية. وفي العموم، اظهرت هذه الدراسة إن كل من PUEO و DUEO متشابهين مع وجود بعض الإختلافات في تأثير كل منهما على خواص الخرسانة، ويمكن إستخدام كلاهما كمضافات كيميائية لتحسين قابلية تشغيل الخرسانة. وتتضمن هذه الورقة البحثية أيضاً الإستنتاجات والتوصيات المستخلصة من هذه الدراسة.

الكلمات الدالة: زيت المحركات المحروق، النفايات، البيئة، قابلية التشغيل، مضافات

## Abstract

UEO is one of the most toxic effluents with negative effects on humans and the environment in which they live. The integration of UEO in concrete to improve its properties will help reduce the waste generated by these products and reduce the cost of concrete produced. In this study and then use two types of used engine oils; Type I: (PUEO) petrol engine oil and type II: (DUEO) diesel engine oil. Due to the difference in the chemical composition of these two types of oils during use will lead to different physical and chemical properties and on this basis was studied the effect of each on the properties of fresh and hardened concrete by (0.1%, 0.3%, 0.6%, 1.0%, 1.5%, 2.0 %, and 2.5%) cement weight of used diesel and petrol engine oil in the Concrete. Initial and final setting times of the freshly mixed concrete are determined as part of physical properties. Slump test, compacting factor are used to assess the workability of each concrete mix. Compressive strength is used to estimate the concrete cube strength at 7and 28 days. Concrete mixture was prepared by mixing the dry ingredients (aggregates and cement) first and then, adding the water mixed with the used engine oil according to the above-mentioned ratios and mixing all the ingredients for 4 minutes. The results showed that increasing the UEOs ratio reduces initial and final setting time and increases cohesion of Concrete. While the slump test showed increased workability with increased UEOs. The workability increased by 67% and 30% when 1.0% PUEO and DUEO were added respectively to the concrete. On the other hand, UEOs reduces the compressive strength of the concrete. DUEO gives high compressive strength of PUEO concrete when adding equal proportions. Due to differences in chemical components. In general, this study, showed that both PUEO and DUEO are similar with some differences in their effect on properties of concrete, both of which can be used as chemical additives to improve the workability of concrete.

أصبح التخلص من النفايات يشكل تحدياً كبيراً في عالمنا اليومي. لقد أصبح مكلفاً للغاية وفي معظم الحالات مضر بالبيئة. في الآونة الأخيرة، تركزت العديد من البحوث و الدراسات العلمية حول ايجاد الطرق و الوسائل التقنية في كيفية الإستفادة من إستخدام النفايات ومنتجاتها في أعمال البناء والتشييد، هذا التركيز هو نتيجة لعدة عوامل مثل التخلص الخاطيء للنفايات و التكلفة المتزايدة للمواد الخام واستنزاف الموارد الطبيعية المستمر، الأمر الذي سيؤدي إلى نقص مواد البناء لتلبية الطلب المتزايد من سكان العالم. ويعد التقليل وإعادة الإستخدام هما الأسلوبان الأكثر تفضيلاً، تليهما إعادة التدوير، غالباً ما تكون إعادة التدوير مكلفة وتنتج أيضاً الكثير من غازات الدفيئة التي تلوث البيئة أيضاً [1]. من ناحية أخرى، فإن إستخدام هذه النفايات لتحقيق هدف محدد كان فكرة رائعة للحد من المشاكل المتزايدة للتخلص من النفايات. يشكل زيت المحرك المحروق (UEO) وهو من النفايات السائلة الغير قابلة للتحلل البيولوجي مشكلة بيئية كبيرة. فقط جالون واحد من الزيت المحروق يمكن أن يجعل مليون جالون من المياه العذبة غير صالحة للاستهلاك البشري [2]. يمكن أن يحتوي زيت النفايات على مجموعة متنوعة من الملوثات، بما في ذلك الرصاص والمغنيسيوم والنحاس والزنك والكروم والزرنيخ والكلوريد والكامميوم والمركبات الكلورة.

وفقاً لبيانات المنظمة الدولية لمصنعي المركبات [OICA]، عدد المركبات في تزايد مستمر حيث بلغت عدد المركبات في عام 2017 أكثر من 97 مليون مركبة بزيادة تجاوزت 18 مليون مركبة عن عام 2010. هذه الزيادة في اعداد المركبات سينتج عنها زيادة في كميات زيوت المحركات المستهلكة [13]. تشير التقديرات إلى أن حوالي 55 ٪ من UEO في العالم يتم إطلاقها في البيئة ، في حين يتم جمع 45 ٪ المتبقية من قبل البلديات [3].

من أجل الحد من إلقاء زيوت المحركات المحروقة (UEOs) في البيئة ، قدم العديد من الباحثون إستخدام هذه الزيوت كملدنات في الخرسانة لتحسين خصائص معينة ، مثل قابلية التشغيل. القابلية للتشغيل هي من أهم خواص الخرسانة الطرية التي تجعلها منقولة بشكل متجانس وتوضع دون نضوح أو فصل، وهي التي تحدد جودتها في الحالة الصلبة [4]. أظهرت عدة دراسات إستخدام زيت المحرك لتحسين قابلية تشغيل الخرسانة. حمد وآخرون. [5] استنتجوا أن UEO يزيد من قابلية التشغيل وخصائص محتوى الهواء للخرسانة الطازجة بنسبة 100٪ تقريباً دون التأثير السلبي على مقاومة الخرسانة. شفيق وآخرون. [6] بينوا أن UEO زاد من قابلية التشغيل بنسبة تصل إلى 38 ٪ والمحتوى الهوائي بنسبة 58 ٪. كما أنه يقلل من المسامية ولم يكن له تأثير سلبي كبير على قوة الخرسانة المسلحة. وفي نفس هذا السياق، شفيق وآخرون. [7] في عام 2011 عندما طبقوا زيت المحرك الجديد و UEO لتحسين خصائص الخرسانة. أظهرت النتائج أن

قابلية التشغيل زادت بنسبة 18% و 38% عند إضافة زيت المحرك الجديد و UEO إلى الخرسانة على التوالي. وبالمثل ، أظهر عبد العزيز [8] أن UEO لها خصائص قابلية تشغيل أفضل من الخلطة المرجعية بدون اي مضافات. في عام 2013، أسعد وآخرون. [9] فحصوا تأثير UEO على الخرسانة واكتشف أن جرعة UEO البالغة 0.3% من وزن الأسمنت كانت مثالية دون أن يكون لها آثار ضارة على قيمة الهبوط الأولي، زمن الشك، وقوة الضغط للخرسانة الصلبة. في السنوات الأخيرة ، درس كل من [10] [11] تأثير زيت المحرك المستهلكة على الخرسانة الطرية والمتصلبة وخلصوا إلى أنه يمكن استخدام UEO كمضاف فائق في الخرسانة. ان دمج (UEOs) في الخرسانة سيكون له تأثير ايجابي على البيئة من خلال اعادة الإستخدام وبالتالي التقليل من التلوث الناتج عن سكب هذه الزيوت في المياه والتربة. بالإضافة، إلى ان استخدام(UEOs) كمضاف في الخرسانة قادر على تحسين خواص الخرسانة والتقليل من تكلفة الخرسانة المنتجة.

## 2.1 اهداف الدراسة

في هذه الدراسة سوف نسلط الضوء على دراسة تأثير نوعين مختلفين من زيوت المحركات المحروقة (UEOs) على خواص الخرسانة. النوع الاول هو زيت محركات البنزين المحروق (PUEO) أما النوع الثاني فهو زيت محركات الديزل (DUEO). بسبب الإختلاف في التركيب الكيميائي لهذين النوعين من الزيوت اثناء الإستخدام سيؤدي إلى إختلاف خصائصهما الفيزيائية والكيميائية وعلى هذا الأساس تم التحقق من تأثير كل منهما على خواص الخرسانة الطرية المتمثلة في زمن الشك الابتدائي والنهائي ودرجة التشغيلية(اختبار الهبوط) وخواص الخرسانة الجافة (مقاومة الضغط). تتمثل الأهداف الأخرى لهذه الدراسة في اجراء مقارنة بين سلوكيات الخرسانات المصنوعة بزيت المحركات المحروقة (UEOs) مع الخرسانة المصنوعة بدون اي مضافات(المرجعية).

## 2- البرنامج العملي

في هذا الجزء سنتناول شرح تفصيلي للمواد المستخدمة بالدراسة، التصميم لتحديد نسب الخلط، إعداد الخلطات والصب، وفي النهاية الإختبارات العملية. الشكل (1) يوضح ملخص لمنهجية هذه الدراسة.

### 1-2 المواد المستخدمة بالدراسة

تتكون الخلطات الخرسانية المختيرة من الأسمنت، الركام الخشن والناعم، بالإضافة إلى زيت المحركات المحروق الممزوج مع الماء.

الأسمنت: الأسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو الأسمنت البورتلاندي العادي (OPC) النوع الأول المصنع في ماليزيا وفقاً للمواصفة الماليزية MS 2007-522.

الركام الخشن(الشرشور): المقاس الاعظمي المستخدم في هذه الدراسة 14 ملم. قيم الوزن النوعي ونسبة الامتصاص كانت 2.65، 2.46% على التوالي. التدرج للركام الخشن كان محدد بإختبار التحليل المنخلي والمبين بالجدول رقم (1).

جدول (1): اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

| فتحة المنخل(مم) | 37.5 | 20 | 14 | 10 | 5 |
|-----------------|------|----|----|----|---|
|-----------------|------|----|----|----|---|

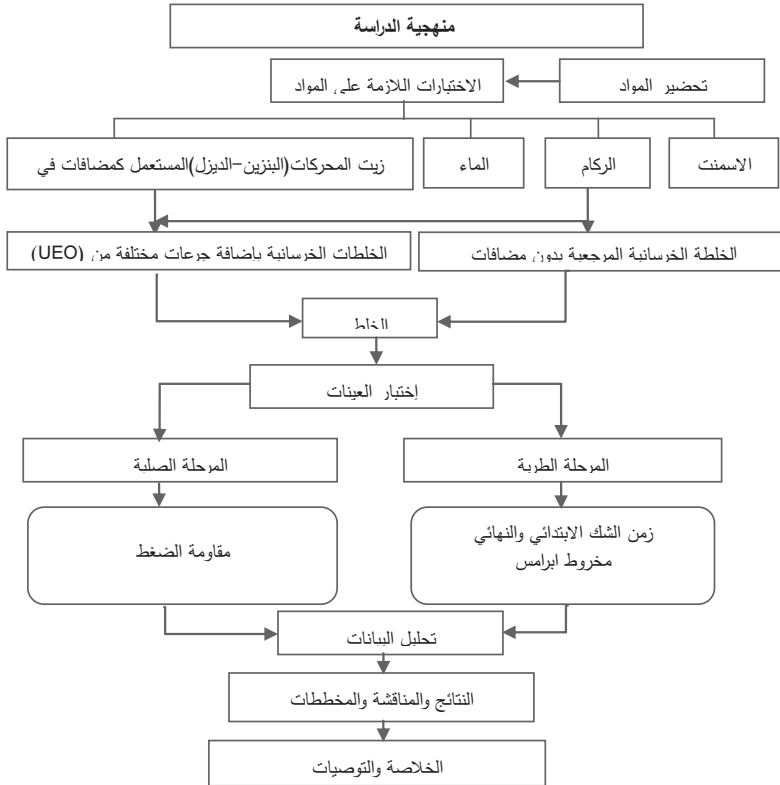
|  |       |        |        |        |                   |
|--|-------|--------|--------|--------|-------------------|
| 2.23                                       | 54.38 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | نسبة المار (%)    |
| 0-10                                       | 50-85 | 90-100 | 100    | 100    | حدود المواصفة (%) |
| <b>BS 882, 1992 Requirement(14mmto5mm)</b> |       |        |        |        |                   |

الركام الناعم(الرمل): الرمل المستخدم في هذه الدراسة يمر جميعه من المنخل رقم 4.75 ملم. التدرج للركام الناعم كان محدد بأختبار التحليل المنخلي والمبين بالجدول رقم (2). جميع الإختبارات التي أجريت على الركام الخشن والناعم كانت ضمن الحدود المسموح بها وفقاً للمواصفة البريطانية BS.

جدول (2): اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم

|                                 |       |        |        |        |        |                   |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| 0.150                           | 0.300 | 0.600  | 1.18   | 2.36   | 5      | فتحة المنخل(مم)   |
| 9.01                            | 25.23 | 47.75  | 80.18  | 98.20  | 100.00 | نسبة المار (%)    |
| 0-15                            | 5-70  | 15-100 | 30-100 | 60-100 | 100    | حدود المواصفة (%) |
| <b>BS 882, 1992 Requirement</b> |       |        |        |        |        |                   |

الماء: تم استعمال الماء الصالح للشرب وفقاً للمواصفة BS 3148، 1980



الشكل (1) يبين منهجية الدراسة

زيت المحركات المحروق(UEOs): في هذه الدراسة تم إعتقاد نوعين مختلفين من زيوت المحركات المحروقة، الديزل (DUEO) ومحركات البنزين (PUEO). تم الحصول على UEOs من عدة ورش تغيير الزيوت . تم جمع DUEO

بعد أن قطعت الشاحنة مسافة أكثر من 20000 كيلومتر ، بينما PUEO من سيارة قطعت مسافة 5000 كيلومتر.النسب المقترحة في هذه الدراسة هي ( 0.1، 0.3، 0.6، 1.0، 1.5، 2.0، 2.5%) من وزن الأسمنت المستخدم في الخلطة. الشكل رقم(2) يبين عينة من UEOs.



(ب)



(أ)

الشكل رقم (2): يوضح عينة من الزيت المحروق في الدراسة (أ) DUEO (ب) PUEO

## 2-2 طريقة تصميم الخلطات وحساب مكونات الخلطة

تم تصميم الخلطات الخرسانية وفقاً لطريقة مركز أبحاث الطرق البريطانية ( D.O.E ) للحصول على المقاومة المحددة 25 نيوتن/مم<sup>2</sup> بعد 28 يوم. وللتحقق من تأثير زيت المحركات المحروق على الخرسانة تم إعداد جميع العينات في نفس الظروف وكذلك تم الحفاظ على نسب المكونات الأساسية. حيث كان محتوى الأسمنت 400كجم/م<sup>3</sup> في حين كانت نسبة الماء إلى الأسمنت 0.52. يوضح الجدول (3) نسب المكونات المستخدمة في الخلطات لكل متر مكعب من الخرسانة.

جدول(3): نسب المكونات المستخدمة في الخلطات لكل م<sup>3</sup>.

| الركام (كجم) |       | الأسمنت(كجم) | الماء( كجم) | زيت المحركات المحروق(كجم) | نوع الخلطة |                         |
|--------------|-------|--------------|-------------|---------------------------|------------|-------------------------|
| الناعم       | الخشن |              |             |                           |            |                         |
| 630          | 1170  | 400          | 210         | -                         | المرجعية   |                         |
| 630          | 1170  | 400          | 210         | 0.4                       | 0.1%       | زيت المحركات<br>المحروق |
|              |       |              |             | 1.2                       | 0.3%       |                         |
|              |       |              |             | 3.2                       | 0.6%       |                         |
|              |       |              |             | 4.0                       | 1.0%       |                         |
|              |       |              |             | 6.0                       | 1.5%       |                         |
|              |       |              |             | 8.0                       | 2.0%       |                         |
|              |       |              |             | 10.0                      | 2.5%       |                         |
| 630          | 1170  | 400          | 210         | 0.4                       | 0.1%       | زيت المحركات<br>المحروق |
|              |       |              |             | 1.2                       | 0.3%       |                         |
|              |       |              |             | 3.2                       | 0.6%       |                         |
|              |       |              |             | 4.0                       | 1.0%       |                         |
|              |       |              |             | 6.0                       | 1.5%       |                         |
|              |       |              |             | 8.0                       | 2.0%       |                         |
|              |       |              |             | 10.0                      | 2.5%       |                         |

## 2-3 إعداد الخلطات والصب و المعالجة

قبل البدء في أعمال الصب تم تحضير جميع المواد والأجهزة اللازمة في المعمل، بعد ذلك تم وزن جميع المكونات وفقاً للتصميم. خلطة مرجعية واحدة تم صبها بدون اي مضافات. للتحقق من تأثير UEOs على الخرسانة، 7 خلطات خرسانية تم تحضيرها وصبها لكل نوع من المضافات المستخدمة (PUEO,DUEO) وفق الجرعات المقترحة ( 0.1%، 0.3%، 0.6%، 1.0%، 1.5%، 2.0%، 2.5%) من وزن الأسمنت. من أجل الحصول على مزيج متجانس، تم سكب وخلط الركام (الخشن والناعم) أولاً في الخلاط لمدة دقيقة وبعدها يضاف الأسمنت تدريجياً وخلطه لمدة دقيقة أخرى. و أخيراً، تم خلط UEOs مع كمية الماء لصنع مستحلب زيتي وإضافة إلى الخليط لمدة دقيقتين. الوقت الأجمالي المستغرق في عملية الخلط هو 4 دقائق. تم الخلط عند درجة حرارة الغرفة 23 درجة مئوية والرطوبة النسبية (70%). بعد الإنتهاء من خلط الخرسانة أجريت الإختبارات الخرسانية وهي في حالتها الطرية لدراسة خواصها الإنشائية وتحديد قوامها. ثم صبّت الخرسانة الطرية في القوالب القياسية بحجم 100×100×100 مم مع الدمك اليدوي وذلك على ثلاث طبقات كل طبقة دُمكت 25 دمكة، ثم فكّت تلك القوالب في اليوم التالي بعد مرور 24 ساعة تقريباً ووضعت العينات في الماء لمعالجتها إلى حين موعد الاختبار.

#### 2-4 الإختبارات المعملية

أُعدت البرنامج العملي لهذه الدراسة على مجموعة من الإختبارات المعملية المختلفة على الخرسانة في حالتها الطرية و المتصلبة وفيما يلي نوضح تلك الإختبارات.

زمن التماسك أو الشك (Setting Times): تعد أوقات الشك الإبتدائية والنهائية مهمة في تقدير الوقت اللازم لنقل العجينة الأسمنتية ووضعها ودمكها وتشطيبها. لقياس أوقات الشك للأسمنت، يتم أولاً إجراء إختبار تحديد القوام القياسي للأسمنت وذلك لغرض الحصول على كمية الماء القياسية الواجب إضافتها للأسمنت وذلك باستعمال جهاز فيكات. للتحقق من تأثير UEO على زمن الشك، يضاف الماء المتحصل عليه من إختبار القوام القياسي إلى الزيت والأسمنت بحسب الجرعات المقترحة لعمل عجينة اسمنتية تم يتم اختيارها لتحديد زمن الشك. مع ملاحظة عند إجراء خطوات الاختبار يجب مراعاة عدم تعريض جهاز فيكات للاهتزاز، والمحافظة على الابرتي نظيفة، والتأكد من ذلك قبل بدء كل اختبار.

إختبار الهبوط (Slump Test) : يستخدم هذا الاختبار لقياس الدرجة التشغيلية للخرسانة ويستفاد منه في مراقبة تجانس الخرسانة والتحقق من مدى تطابق التشغيلية التصميمية مع الموقعية. تم إجراء هذا الاختبار وفقاً لمتطلبات المواصفات القياسية البريطانية (BS-1881-Part 102) .

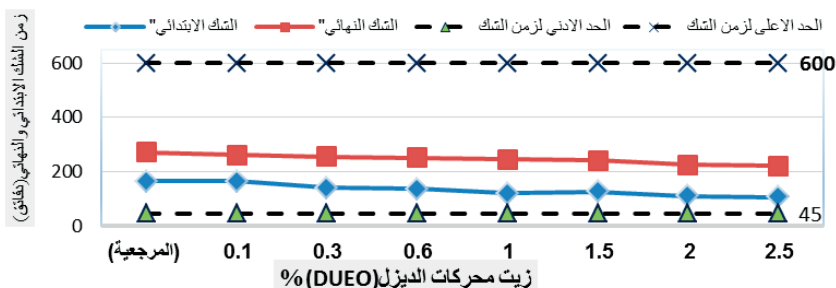
اختبار مقاومة الضغط ( Compressive Strength Test): يهدف هذا الاختبار إلى تحديد أقصى حمل للخرسانة المتصلبة نتيجة تعرضها لإجهادات الضغط. تحسب مقاومة الضغط من متوسط النتائج المتحصل عليها من ثلاثة عينات لكل خلطة. وفقاً للمواصفة (116 الجزء: BS1881) ، يجب تطبيق الحمل على المكعب بمعدل ثابت من الإجهاد يساوي  $0.2 \pm 0.6$  نيوتن / مم<sup>2</sup> / ثانية إلى ان يحدث الانهيار.

### 3- النتائج والمناقشة

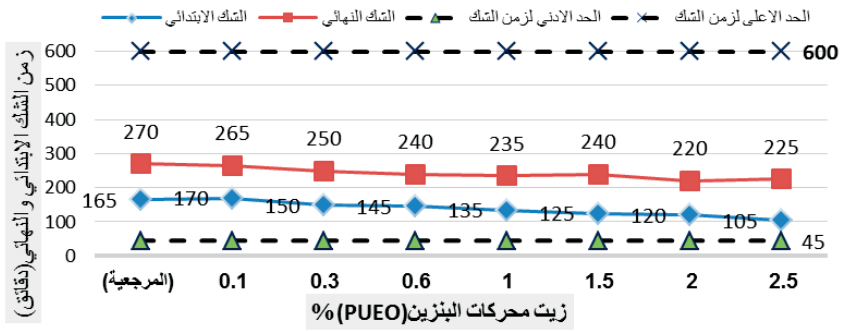
#### 1-3 التأثير على زمن الشك (الابتدائي- النهائي)

يوضح الشكل (3) نتائج زمن الشك العجينة الأسمنتية القياسية والحاوية على جرعات مختلفة من DUEO. بشكل عام ، انخفضت أوقات الشك عند إدخال DUEO في OPC. يشير الشكل إلى أن أوقات الشك انخفضت تدريجياً مع زيادة جرعة UEOs. يمكن ملاحظة أنه في جرعة 0.3 % من DUEO ، انخفض أوقات الشك الابتدائي والنهائي بنسبة 15.2 % و 5.6 % على التوالي. وبالمثل ، يوضح الشكل (4) تأثير PUEO على زمن الشك. من الشكل نلاحظ انخفاض في زمن الشك تدريجياً مع زيادة جرعة PEUO. عند جرعة 0.3 % من PUEO ، انخفض أوقات الشك الابتدائي والنهائي بنسبة 9.1 % و 7.4 % على التوالي. التقليل في أوقات الشك كان أيضاً محقق بواسطة عبد العزيز [8].

من خلال هذه النتائج، يمكننا ملاحظة ان تأثيرات كل من DUEO و PUEO في تحديد زمن الشك العجينة الأسمنتية متشابهة للغاية. قد يعزى ذلك إلى المعادن الثقيلة الموجودة في UEO، التي كان لها تأثير على عملية الإماهة [7]. ومع ذلك ، فإن الخفض في أوقات الشك الناجم عن زيادة جرعات UEO، ليس له آثار ضارة على العجينة الأسمنتية لأنها تقع ضمن الحد الأقصى والحد الأدنى من أوقات الشك.



الشكل(3): العلاقة بين زمن الشك (الابتدائي والنهائي) و نسب زيت محركات الديزل

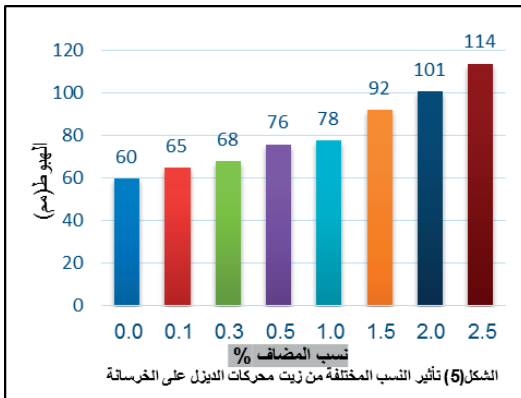


الشكل(4): العلاقة بين زمن الشك (الابتدائي والنهائي) و نسب زيت محركات البنزين

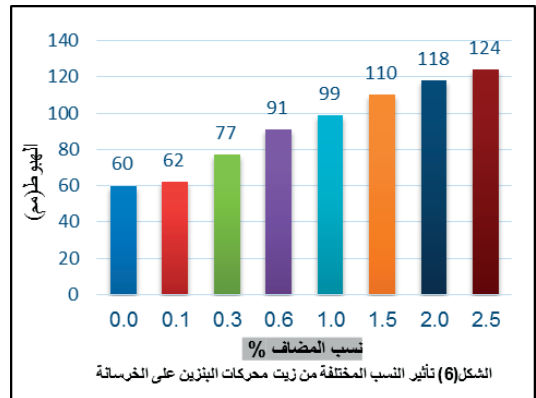
من الشكلين (3) (4) ، نلاحظ ان أوقات الشك الابتدائية والنهائية للعجينة الأسمنتية مع PUEO و DUEO أقل من أوقات الشك القياسية بدون اي مضافات، و في العموم كانت أوقات الشك الابتدائية للمعاجين OPC/PUEO ، OPC/ DUEO أكبر من الأدنى (45) دقيقة بينما كانت أوقات الشك النهائية أقل من (600) دقيقة كحد أقصى وفقاً للمواصفة MS .EN 196-3: 2007

## 2 التأثير على الهبوط

يبين الشكل (5) تأثير النسب المختلفة من DUEO على قابلية التشغيل. ادت إضافة DUEO إلى الخرسانة OPC في زيادة قيم الهبوط، وزادت قيم الهبوط مع زيادة DUEO. عند فحص الهبوط للخلطة المرجعية كانت قيمة الهبوط 60 مم وعند إضافة زيت محركات الديزل زاد مقدار الهبوط من 3.3% إلى 106% عند نسب 0.1% و 2.5% على التوالي . وتظهر قيم الهبوط من الخرسانة OPC مع جرعات مختلفة من زيت محركات البنزين (PUEO) في الشكل(6). تظهر قيمة الهبوط عند جرعة 0.1% PUEO زيادة قدرها 8.3% في قيمة الهبوط ، 90% زيادة في قيمة الهبوط عندما كانت



الشكل(5) تأثير النسب المختلفة من زيت محركات البنزين على الخرسانة

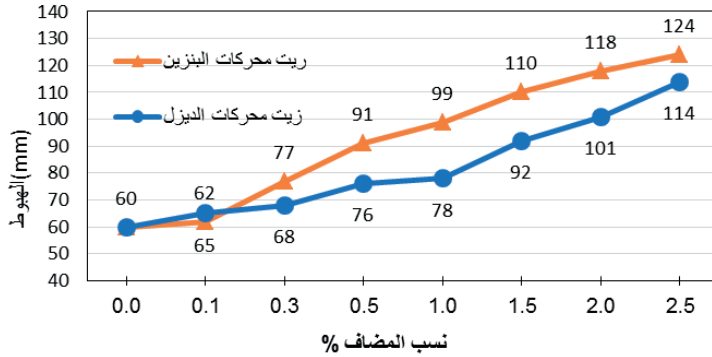


الشكل(6) تأثير النسب المختلفة من زيت محركات البنزين على الخرسانة

الجرعة 2.5% PUEO.



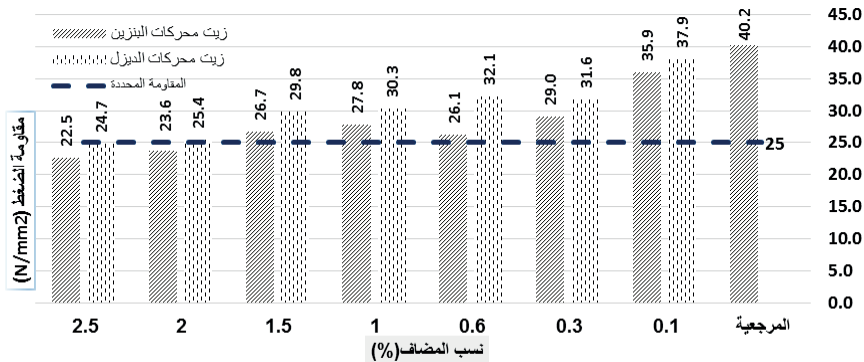
أدت إضافة UEOs للخرسانة OPC إلى تقليل الاحتكاك بين المكونات الخرسانية من خلال العمل كمادة مشحمة، وبالتالي إعطاء تشغيلية أفضل للخرسانة [11 ، 12]. على الرغم من أن إضافة UEOs زادت قيمة الهبوط للخرسانة OPC ، ومع ذلك، أظهرت النتائج في هذا القسم أن PUEO أعطت قيمة أعلى في الهبوط للخرسانة. بمعنى آخر، تم تحقيق قيمة أعلى في الهبوط باستخدام PUEO مقارنة بـ DUEO عند إضافة جرعات متساوية إلى خرسانة OPC باستثناء 0.1٪. يظهر هذا بيانياً في الشكل (7).



الشكل (7): مقارنة مقدار الهبوط بين النوعين من الزيوت

### 1-3 التأثير على مقاومة الضغط

في هذا الجزء نستعرض نتائج مقاومة الضغط للخرسانة المرجعية والحاوية على DUEO و PUEO ومقارنة هذه النتائج. تم إجراء اختبارات الضغط لجميع الخلطات الخرسانية بواقع 96 مكعب، لكل خلطة تم صب 6 مكعبات، ثلاثة لغرض اختبار مقاومة الضغط في عمر 7 ايام والثلاثة الباقية عند عمر 28 يوم. تم تمثيل نتائج الاختبار بيانياً في الشكل ( 8 ). وأظهرت النتائج انخفاضاً عاماً في المقاومة مع زيادة كمية UEOs في الخرسانة. ويمكن ان يعزى الإنخفاض في قوة الضغط للخرسانة مع UEOs إلى خاصية إدخال الهواء المحبوس في الخرسانة من قبل UEOs. هذا التأثير يخلق فراغات صغيرة في الخرسانة ، وبالتالي يقلل من قوة الضغط. يمكن رؤية الفراغات الصغيرة التي تم حدوثها في مكعبات الخرسانة التي تم اختبارها كما هو موضح في الشكل ( 9 ).



الشكل (8): نتائج مقاومة الضغط عند عمر 28 يوم لجميع الخلطات الخرسانية

من المخطط رقم (8)، مقاومة الخرسانة للخلطة المرجعية 40.2 نيوتن/مم<sup>2</sup>. يمكن ملاحظة إنخفاض قوة الضغط مع زيادة كمية UEO. تم حساب نتائج مقاومة الضغط عند عمر 28 يوماً لمقارنتها مع الحد الأدنى من مقاومة الضغط المحددة في التصميم 25 نيوتن/مم<sup>2</sup>. على الرغم من وجود إنخفاض تدريجي في مقاومة الضغط عند 28 يوماً، إلا أن قيم مقاومة

الضغط لكلا المضافين أعلى من المقاومة المستهدفة بإستثناء نسبة المضاف 2.0%، 2.5% من زيت محركات البنزين كانت المقاومة 23.6 ، 22.5 نيوتن/مم<sup>2</sup> وكذلك نسبة المضاف عند 2.5% من زيت محركات الديزل كانت 24.7 نيوتن/مم<sup>2</sup>. بشكل عام، أظهرت الخلطات المصنوعة من DUEO قيماً أعلى للمقاومة من تلك التي تحتوي على PUEO.



الشكل(9): يوضح بعض الفراغات الصغيرة في الخرسانة الحاوية على UEO<sub>s</sub>

#### 4- الخلاصة والتوصيات

بناءً على سلسلة نتائج الاختبارات التي أجريت ، تم التوصل إلى الإستنتاجات التالية:

1. UEOs يمكن أن تعمل كمضافات كيميائية تشبه الملدنات لتحسين قابلية التشغيل. تزيد إضافة UEO من قابلية تشغيل الخرسانة المنتجة باستخدام OPC. تزيد قيمة الهبوط بنسبة 8.3% و 3.3% بإضافة 0.1% DUEO و PUEO على التوالي ، وبالمثل، تزيد قيمة الهبوط بنسبة 90% و 107% بإضافة 2.5% DUEO و PUEO على التوالي.
2. UEOs يقلل من أوقات الشك الابتدائي ويزيد من التماسك ومعدل فقدان تشغيلية للخرسانة OPC. تزداد هذه الآثار مع زيادة جرعة UEOs في الخرسانة. لذلك ، تصرفت UEOs كخليط كيميائي وتأثيراتها ستوفر العمل المزدوج على الخرسانة كملدنات وإضافات المكونة لفقاعات الهواء.
3. توفر UEOs ميزة زيادة قابلية التشغيل. من ناحية أخرى، تقلل من مقاومة الضغط للخرسانة. توفر DUEO مقاومة أفضل للخرسانة من PUEO عند إضافة كميات متساوية.

بعد الانتهاء من هذه الدراسة نوصي في الدراسات المستقبلية بالاتي:-

- تحسين مقاومة الضغط للخرسانة الحاوية على UEOs وذلك من خلال إضافة بعض المضافات التي من شأنها تحسين المقاومة مثل سيليكافيوم، الإضافات المخفضة العالية لكمية الماء (Superplasticizer)
- التوجه نحو البيئة المستدامة من خلال زيادة التوعية والحث على إنتاج الخرسانات من النفايات الصناعية والتي عند دمجها في الخرسانة تحقق العديد من المزايا، الحفاظ على البيئة والتقليل من تكلفة الخرسانة.

#### 5- المراجع

- [1] Gutberlet J, Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. Waste management., 2015. 45: p. 22-31.
- [2] US. EPA, Managing Used Oil: Advice for Small Businesses. 530EPA-F-96-004. 1996.
- [3] El-Fadel M, Khoury R, Strategies for vehicle waste-oil management: a case study. Resources, Conservation and Recycling, 2001. 33(2): p. 75-91.

[4] (د.عبدالسلام عكاشة ، كتاب تكنولوجيا الخرسانة) منشورات جامعة سبها - الطبعة الاولى -2013

- [5] Hamad BS, Rteil AA, El-Fadel M, Effect of used engine oil on properties of fresh and hardened concrete. Construction and Building materials., 2003. 17(5): p. 311–318.
- [6] Shafiq N, Nuruddin MF, Kamaruddin I, Effectiveness of used engine oil on improvement of properties of fresh and hardened concrete. InProceedings of the 6th Asia–Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2006), Kuala Lumpur, Malaysia., 2006: p. 159–166.
- [7] Shafiq N, Fadhil N, Beddu S, Properties of concrete containing used engine oil. Int J Sustain Construct Eng Technol, 2011. 2(1): p. 72–82.
- [8] Abdelaziz G, Utilization of Used–Engine Oil in Concrete as a Chemical Admixture. Benha University, Egypt. 2011., 2011.
- [9] Assad JJ, Disposing used engine oils in concrete–Optimum dosage and compatibility with water reducers. Construction and Building Materials., 2013. 44: p. 734–42.
- [10] Singh D, Kansal R, Experimental Study of Usage of Discarded Engine Oil as an Admixture in Concrete. International Research Journal of Engineering and Technology, 2016. 3(6): p. 2729–2734.
- [11] Beddu S, Shafiq N, Nuruddin MF, Kamal NL, Sadon SN, Effects of Used Engine Oil as an Admixture in Concrete Durability. British Journal of Applied Science & Technology., 2016. 15(6).
- [12] Hussein MN, Properties of Concrete Containing New and Used Engines Oil. International Journal of Science and Research, 2013. 4(12): p. 268–272.
- [13] <http://www.oica.net/category/production–statistics/2017–statistics>

#### الرموز والاختصارات

BS: British Standard

DOE: Department of Environmental

DUEO: Diesel Used Engine Oil

OPC: Ordinary Portland Cement

PUEO: Petrol Used Engine Oil

**UEO<sub>S</sub>: Used Diesel and Petrol Engine Oils**

## دراسة مرجعية حول الخرسانة ذات المرحلتين

الأستاذ. حكيم سالم السموعي ، قسم الهندسة المدنية، جامعة طرابلس، [hakimsa@poczta.onet.pl](mailto:hakimsa@poczta.onet.pl)

الأستاذ. علي سعيد البادن ، قسم الهندسة المدنية، جامعة طرابلس، [elbadenpool@gmail.com](mailto:elbadenpool@gmail.com)

### المخلص:

الخرسانة التقليدية هي إحدى مواد البناء المستخدمة على نطاق واسع في تشييد المنشآت ومشاريع الطرق والبنية التحتية وغيرها من التطبيقات المختلفة. ونظراً للمشاكل التي تواجهها الخرسانة التقليدية من صعوبة وإرتفاع تكاليف صبها في بعض الأماكن والتطبيقات بالإضافة إلى تعرضها للإتكماش والتعشيش وغيرها من المشاكل الأخرى. تم تطوير أنواع جديدة من الخرسانات غير التقليدية في التطبيقات الهندسية للتغلب على التحديات والقيود المفروضة على إستخدامات الخرسانة التقليدية ومثل هذه الأنواع الجديدة من الخرسانة تم تطويرها وإنتاجها بطريقة تختلف تماماً عن الخرسانة التقليدية في طريقة الخلط والمناولة والصب. ومنها الخرسانة ذات المرحلتين (TSC) وخرسانة "الصخور المملوءة بالخرسانة" (RFC). لهاتين التقنيتين آلية تنفيذ شبه متماثلة حيث يتم في الخرسانة ذات المرحلتين أولاً وضع الركام الخشن في قوالب العمل ومن ثم حقنها بالمونة لملئ الفراغات، أما في تقنية خرسانة "الصخور المملوءة بالخرسانة" فيتم أولاً وضع الكتل الصخرية ومن ثم ملئ الفراغات الموجودة فيما بينهم عن طريق سكب الخرسانة الذاتية الدمك على سطحها. ونظراً لإتساع مجال الخوض في هاتين التقنيتين فإننا سنتعرض في هذه الورقة إلى نبذة مرجعية مختصرة عن تقنية الخرسانة ذات المرحلتين (TSC) فقط وننتقل إلى التعريف بها من حيث آلية التنفيذ والمكونات والمميزات وأماكن الإستخدام ومقارنتهما بالخرسانة التقليدية وهذا من شأنه فتح المجال امام امكانية إدخال هذه التقنية الى ليبيا والإستفادة منها أكاديمياً وتنفيذياً.

الكلمات الدالة (Key words): الخرسانة ذات المرحلتين ، الركام ، الإسمنت ، الإضافات

### Abstract:

The traditional concrete is one of the building materials used on a large scale in the construction of buildings and road projects and infrastructure and various other applications. Given the problems faced by the traditional concrete from difficulty of casting, high cost of pouring in some places and applications, in addition to the exposure to shrinkage, honeycombing and other problems. New types of non-traditional concrete were development in engineering applications to overcome the challenges and restrictions on the uses of traditional concrete, such as these new types of concrete have been developed and produced in a manner quite different from the traditional concrete in method of mixing, handling and casting. One of these new technologies two-stage concrete (TSC) and rock filled concrete (RFC). For these two technologies implementation mechanism of semi-identical, where in two-stage concrete coarse aggregate is placed in the form work and then injected with mortar to fill in the voids, but in the rock filled concrete, rock masses are placed and then the spaces between them are filled in by pouring self-compacting concrete on the surface. Due to wide range of information available about these two technologies, we will limit this paper to present a brief summary of only two-stage concrete(TSC) in terms of implementation mechanism, components, features, places of employment and be compared with conventional concrete.

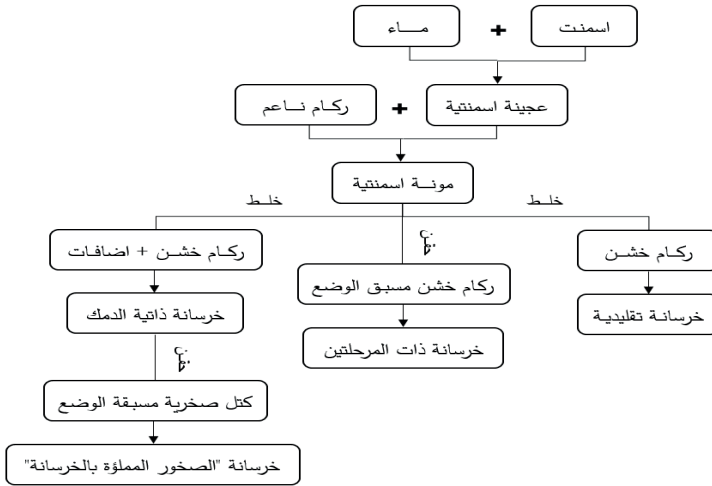
## 1- المقدمة :

تعد الخرسانة من أهم مواد البناء الشائعة في تنفيذ المنشآت، وهي عبارة عن خليط من مواد أولية مكونة من الاسمنت والماء والركام (الناعم والخشن). بخلط هذه المكونات مع بعضها جيداً تتم عملية تفاعل الاسمنت وينتج عنه حرارة تؤدي إلى تصلد الخرسانة تدريجياً وإكسابها خاصية مقاومة الضغط. وجودة هذه الخرسانة تتأثر بعدة عوامل منها طريقة الخلط والمناولة والصب. نظراً لوجود بعض القصور والقيود المفروضة على استخدام الخرسانة التقليدية في بعض التطبيقات، الذي بدوره يحد من إمكانية الحصول على خرسانة متجانسة وذات جودة عالية. فعلى سبيل المثال عند صب الخرسانة تحت الماء، تعتبر هذه العملية صعبة وذلك نظراً لإمكانية حدوث إنجراف لمكوناتها أثناء الصب مما يؤدي إلى إنخفاض جودتها. وللتغلب على هذه المشكلة عادة ما يتم اللجوء إلى إجراءات مكلفة مثل إزاحة الماء واستخدام إضافات لمعالجة مشكلة الإنجراف [1]. بالإضافة إلى ذلك، توجد بعض المشاكل التي يمكن أن تواجهنا في الخرسانة التقليدية، كحدوث انفصال في مكوناتها والتعشيش والإتكماش وغيرها من المشاكل التي تؤثر على جودة الخرسانة المنتجة. حيث ان ظاهرة الإتكماش في الخرسانة التي ينتج عنها تشققات غير مرغوب فيها تعتبر مصدر قلق متزايد في الأعمال الخرسانية عموماً. ويسهم كل من استخدام نسبة عالية من الاسمنت إلى الماء (w/c ratio) والتعرض الطويل للظروف القاسية (الحرارة والرطوبة) أثناء الخدمة في زيادة هذه التشققات [1]. لهذه الأسباب المذكورة وغيرها تم تطوير صناعة الخرسانة على نطاق واسع خلال العقود الماضية في سبيل الحصول على خرسانة ذات جودة عالية وبأقل التكاليف وكذلك للتغلب على القيود المفروضة على استخدامات الخرسانة التقليدية. وتختلف تقنيات الخرسانة التي تم تطويرها وإنتاجها تماماً عن الخرسانة التقليدية من حيث طريقة الخلط والمناولة والصب [1]. استناداً إلى تقنية الخرسانة الذاتية الدمك "Self-Compacting Concrete" (SCC)، أستخدمت تقنيات جديدة من الخرسانة منها: الخرسانة ذات المرحلتين "Two-Stage Concrete" (TSC)، خرسانة "الصخور المملوءة بالخرسانة" "Rock-Filled Concrete" (RFC). يوضح شكل (1) الفرق في آلية إنتاج الأنواع المختلفة من الخرسانة (الخرسانة التقليدية والخرسانة ذات المرحلتين وخرسانة "الصخور المملوءة بالخرسانة").

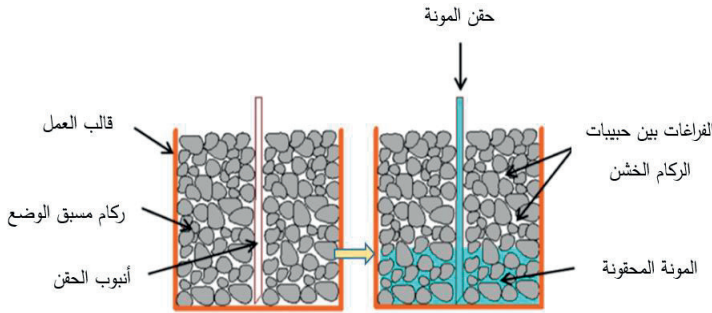
### 1.1- الخرسانة ذات المرحلتين (TSC):

تعرف الخرسانة ذات المرحلتين وفقاً للمعهد الأمريكي للخرسانة (Report ACI 116R) بأنها "الخرسانة المنتجة عن طريق وضع الركام الخشن في قالب العمل ومن ثم حقه بمونة الاسمنت البورتلاندي والرمل وفي العادة تكون مع استخدام

إضافات لضمان ملئ الفراغات" [2]. يوضح الشكل (2) آلية صب الخرسانة ذات المرحتين. توجد عدة مصطلحات أخرى تصف هذه الطريقة وتستخدم دولياً [ 3,2 ] ومنها: Grouted Aggregate Concrete, Injected Aggregate Concrete, Prepakt Concrete and Colcrete. استخدمت هذه التقنية في العديد من التطبيقات المهمة على مدى السنوات الماضية، ومن أهم هذه التطبيقات، ترميم سد هوفر بأريزونا وإعادة تأهيل سد باركر في كولورادو وبناء ركائز جسر ماكيناك بالولايات المتحدة [2]. وتستخدم الخرسانة ذات المرحتين عند وجود صعوبة في صب الخرسانة التقليدية على سبيل المثال عند صب المقاطع الخرسانية ذات الكثافة العالية من حديد التسليح. كما أنها مفيدة بشكل خاص في صب وترميم الخرسانة تحت الماء والخرسانة الثقيلة الوزن. وبصفة عامة تستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى خرسانة ذات تغير حجمي منخفض [2].



شكل (1) : رسم تخطيطي لآلية إنتاج الخرسانات المختلفة



شكل (2) : رسم تخطيطي لآلية إنتاج الخرسانة ذات المرحتين (TSC)

## 2.1- مكونات تقنية الخرسانة ذات المرحتين (TSC):

تتكون الخرسانة ذات المرحتين من ركام خشن ومونة خاصة. المونة المستخدمة في الخرسانة ذات المرحتين عادة ما تحتوي على اسمنت بورتلاندي صافي أو مخلوط وركام ناعم جيد التدرج وماء. قدرة المونة على التدفق حول الركام الخشن أمر ضروري لذا عادة ما يتم استخدام إضافات كيميائية للتحسين من قدرتها على التغلغل. تقريباً جميع المواد التي تتوافق مع المواصفات المستخدمة في الخرسانة التقليدية يمكن استخدامها أيضاً في الخرسانة ذات المرحتين.

### 1. الركام (Aggregate):

كما في الخرسانة التقليدية يتعين على الركام الناعم والخشن أن يتوافق ويتطابق مع المعايير المحددة في المواصفات العالمية مثل المواصفتين الأمريكية والبريطانية (ASTM C33, BS882). حدود التدرج للركام الخشن والناعم الموصي بها لتقنية الخرسانة ذات المرحتين مدرجة في جدول (2) وجدول (3) على التوالي [3]. اختيار حجر الركام الخشن له أهمية كبيرة بالنسبة للخرسانة ذات المرحتين حيث أن خواصها تعتمد بدرجة كبيرة على الخواص الميكانيكية للركام. حيث أن قوة الركام الخشن تؤثر على مقاومة الضغط للخرسانة ذات المرحتين بدرجة أكبر مقارنة بتأثيرها في الخرسانة التقليدية وذلك بسبب تركيزه العالي في الخرسانة والتلامس المباشر بين حبيباته. بالإضافة إلى ذلك قوة التماسك بين المونة والركام يعتبر أيضاً عامل ذو أهمية لانتاج خرسانة قوية والتي تعتمد على تدرج وشكل وملمس الركام الخشن [1].

جدول (2): عينة من حدود التدرج الحبيبي للركام الخشن في تقنية الخرسانة ذات المرحتين [3].

| المرجع | نسبة المار (%) |            |            | مقاس فتحة المنخل (مم) |
|--------|----------------|------------|------------|-----------------------|
|        | التدرج (3)     | التدرج (2) | التدرج (1) |                       |
| [4,2]  | 0.5            | -          | 100-95     | 37.5                  |
|        | -              | -          | 80-40      | 25.0                  |
|        | -              | 10-00      | 40-25      | 19.0                  |
|        | -              | 02-00      | 10-00      | 12.5                  |
|        | -              | 01-00      | 20-00      | 9.5                   |
| [5]    | -              | -          | 100        | 150.0                 |
|        | -              | 100        | 67         | 75.0                  |
|        | 97             | 62         | 40         | 37.5                  |
|        | 09             | 04         | 06         | 19.0                  |
|        | 01             | 01         | 01         | 12.5                  |

حبيبات الركام ذو الشكل المدور أو الزواي تفضل عن الحبيبات المفلطحة والعصوية وذلك لأن استخدام الركام المفلطح والعصوي يمكن أن يسبب في إنتاج قنوات ضيقة تمنع تدفق المونة مما يؤدي إلى ظهور تعشيش ومناطق ضعيفة في

الخرسانة. وقد وجد أنه بخلط حبيبات الركام المهشم مع حبيبات الركام المنور يمكن الحصول على هيكل ركامي مع محتوى فراغات منخفض ونقاط تلامس عالية مما يؤدي إلى الخفض من استهلاك المونة وبالتالي التقليل من التكلفة. توفر حبيبات الركام ذات الملمس الخشن سطح أفضل للاتصاق بالمونة مما يعزز من التماسك بين المونة والركام [3].

بصفة عامة، عند تحديد تدرج الركام الخشن يكون المعيار الأهم هو التقليل من محتوى الفراغات لأنه كلما كان محتوى الفراغات في الركام الخشن صغير كلما قلت كمية المونة اللازمة لمليء هذه الفراغات.

الاختيار الجيد يؤدي ليس فقط إلى توفير اقتصادياً إنما أيضاً التقليل من ارتفاع درجة الحرارة نتيجة لانخفاض في محتوى المواد الاسمنتية. ويمكن تحقيق الحد الأدنى من محتوى الفراغات عندما يكون تدرج الركام الخشن المستخدم منتظم من أصغر مقاس مسموح به إلى أكبر مقاس حيث أن أكبر مقاس مسموح به يكون في العادة 40 مم أو أكثر.

في المقاطع العادية أو المسلحة سيحدد المقاس بناءً على سمك المقطع المراد صبه والمسافة بين قضبان التسليح حيث يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى لحبيبات الركام الخشن ثلث البعد الأصغر في المقطع. أما في حالة الخرسانة الكتلية فلا توجد هناك قيود محددة بشأن الحد الأقصى لحبيبات الركام الخشن المستخدم [3].

أصغر مقاس لحبيبات الركام الخشن يجب أن يكون على الأقل أربع أضعاف من أكبر مقاس في حبيبات الركام الناعم المستخدمة وذلك من أجل تحسين قابلية المونة على التغلغل خلال هيكل الركام الخشن مسبق الوضع.

كما يفضل عدم استخدام الركام ذو المقاس الأصغر من 20 مم لأنه يسبب في سد أنابيب الحقن والفجوات الذي يؤدي إلى إعاقة تدفق المونة [6]. الركام الناعم يلعب دوراً هاماً في تصميم الانسيابية لمزيج المونة والسيطرة على قابليتها للتدفق [1].

يكون المقاس الأقصى للركام الناعم المستخدم في إنتاج مونة الخرسانة ذات المرحتين أصغر من 2.4 مم [7]. وذلك لأنه عند استخدام رمل ذي حبيبات خشنة وكبيرة (مقاس الحبيبات  $< 3$  مم) تكون هناك خطورة أكبر لحدوث انفصال في مكونات المونة مقارنةً باستخدام الرمل الناعم [1]. ويوصى بأن يكون معامل النعومة للركام الناعم المستخدم يتراوح ما بين 2-1.2 [3].



جدول (3): عينة من حدود التدرج الموصي بها للركام الناعم في الخرسانة ذات المرحتين [3].

| المرجع | نسبة المار (%) |            | مقاس فتحة المنخل |       |
|--------|----------------|------------|------------------|-------|
|        | التدرج (2)     | التدرج (1) | ASTM #           | مم    |
| [4,2]  | 100            | -          | 4 #              | 4.75  |
|        | 100-90         | 100        | 8 #              | 2.36  |
|        | 90-80          | 100-95     | 16 #             | 1.18  |
|        | 70-55          | 80-55      | 30 #             | 0.60  |
|        | 50-25          | 55-30      | 50 #             | 0.30  |
|        | 30-05          | 30-10      | 100 #            | 0.15  |
|        | 10-00          | 10-00      | 200 #            | 0.075 |
|        | 2.45-1.6       | 2.1-1.3    | معامل النعومة    |       |
| [5]    |                | 100        | 8 #              | 2.36  |
|        |                | 98         | 16 #             | 1.18  |
|        |                | 72         | 30 #             | 0.60  |
|        |                | 34         | 50 #             | 0.30  |
|        |                | 11         | 100 #            | 0.15  |

ii. المواد الاسمنتية (Cementation Materials):

الاسمنت البورتلاندي العادي هو المادة الاسمنتية التي يشيع استخدامها في مونة الخرسانة ذات المرحتين. كما أنه يمكن استخدام أي نوع من أنواع الاسمنت بدون هواء محبوس والذي يتوافق مع المتطلبات. ان استخدام اسمنت ذي الهواء المحبوس يمكن أن يؤدي إلى انخفاض المقاومة نتيجة وجود كميات كبيرة من الهواء المحبوس في المونة. وفي الحالات الخاصة التي تحتاج إلى وجود هواء محبوس في الخرسانة يتم استخدام إضافات تساعد في حبس الهواء [1]. كما يمكن استخدام المواد الاسمنتية التكميلية بما في ذلك خبث الأفران وغبار السيليكا والرماد المتطاير. حيث ان هذه المواد توفر العديد من الفوائد للخرسانة ذات المرحتين مثل التقليل من النفاذية وتحسين خواصها الميكانيكية والتحميلية [3].

iii. الماء (Water):

كما في الخرسانة التقليدية ماء الخلط المستخدم في إعداد مونة الخرسانة ذاتية الدمك يجب أن يكون نظيفاً وخالي من الملوثات الكيميائية والعضوية التي قد تؤثر سلباً على خواص الخرسانة المنتجة [1].

iv. الإضافات (Admixtures):

الإضافات عادة ما تستخدم في المونة لمعالجة والتقليل من تأثير النضج والتقليل من نسبة الماء إلى الاسمنت (w/c ratio) للوصول إلى السيولة المطلوبة وللتأخير أو التعجيل من زمن الشك ولتوفير التمدد خلال الحالة اللدنة للمونة [1]. تكون الجرعة الموصي بها عادة لإضافات تحسين السيولة للمونة 1% من وزن المواد الاسمنتية [2]، ومن الإضافات

المستخدمة على نطاق واسع في تحسين خواص الخرسانة سواءً التقليدية أو ذات المرحلتين، المدنات الفائقة وإضافة تعديل اللزوجة وإضافة الهواء المحبوس.

### 3.1- خصائص المونة الاسمنتية:

تتأثر خصائص الخرسانة ذات المرحلتين أيضاً بخصائص المونة المستخدمة وكفاءة عملية الحقن. الخصائص المهمة التي يجب توفرها في المونة للحصول على خرسانة ذات جودة عالية يمكن حصرهم في السيولة العالية واللزوجة الجيدة ومقاومة الإنفصال وإنخفاض الترسيب. تتأثر هذه الخصائص بعدة عوامل منها محتوى الماء والاسمنت والرمل وتردجه بالإضافة إلى نوع وكمية الإضافات المستخدمة [1].

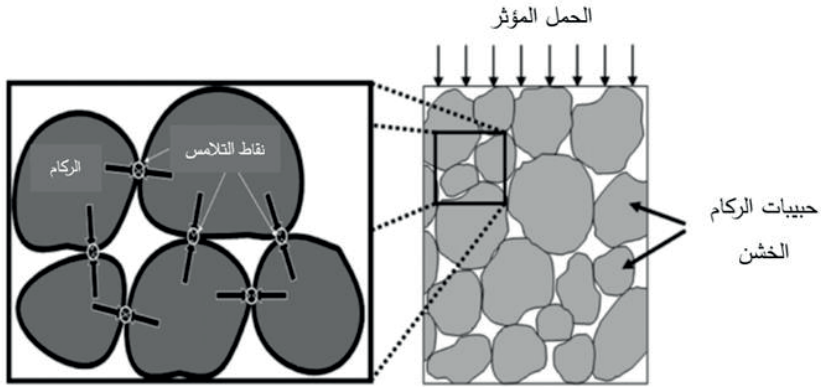
### 4.1- مميزات تقنية الخرسانة ذات المرحلتين (TSC):

الخرسانة ذات المرحلتين تختلف عن الخرسانة التقليدية في عدة جوانب أهمها:

1. طريقة الخلط والصب (Mixing and casting method): جميع مكونات الخرسانة التقليدية يتم خلطها مع بعضها البعض مجتمعة ومن ثم صبها في قوالب العمل. أما في الخرسانة ذات المرحلتين فإن عملية الخلط والصب تتم على مرحلتين، في المرحلة الأولى يتم وضع الركام الخشن في قوالب العمل وفي المرحلة الثانية يتم حقن الفراغات بين حبيبات الركام بمونة خاصة بواسطة أنابيب ضخ تمتد إلى قاع القالب لتملئ هذه الفراغات بالكامل [3].
2. محتوى الركام الخشن (Coarse aggregate content): تقنية الخرسانة ذات المرحلتين تحتوي على نسبة أعلى من الركام الخشن وبالتالي فإن خصائص الركام سيكون له التأثير الأكبر على خصائص الخرسانة من المونة الاسمنتية. عليه فإنه يمكن اعتبار الخرسانة ذات المرحلتين على أنها هيكل من حبيبات الركام الخشن المستندة على بعضها البعض تاركة فجوات داخلية صغيرة ليتم ملئها بالمونة الاسمنتية. على النقيض في الخرسانة التقليدية التي تحتوي على كمية أكبر من المونة الاسمنتية ويكون بها الركام نوعاً ما في حالة متفرقة [3].
3. توزيع الإجهادات (Distribution of stresses): بسبب التلامس المباشر الموجود بين حبيبات الركام الخشن فإن الإجهادات المؤثرة على الخرسانة ذات المرحلتين تنتقل أولاً في حبيبات الركام الخشن مسبق الوضع ومن ثم في المونة المتصلة كما هو موضح في شكل (3)، نتيجة لذلك وجد أن الانكماش في الخرسانة ذات المرحلتين يقل بحوالي النصف بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية [6].

١٧. معامل المرونة (**Modulus of elasticity**): وجد أن معامل المرونة في الخرسانة ذات المرحتين يكون أعلى من ذلك في الخرسانة التقليدية بحوالي 30% [1]. يرجع ذلك إلى الهيكل الركامي للخرسانة ذات المرحتين الذي يكون فيه الركام الخشن مستند على بعضه البعض، بالإضافة إلى ارتفاع معامل المرونة للركام الخشن مقارنة مع المونة الاسمنتية.

١٧. التماسك (**Bond**): واحدة من الخصائص الاستثنائية للخرسانة ذات المرحتين هي قدرتها العالية على التماسك والترابط مع الخرسانة القائمة عند استخدامها في أعمال الترميم. وذلك يرجع إلى الانكماش الجفافي المنخفض للخرسانة ذات المرحتين الذي يقلل من الإجهادات المتولدة [7].



شكل (3) - آلية نقل الإجهادات في الخرسانة ذات المرحتين [ 3 ]

١٧. الانفصال (**Segregation**): من مزايا الخرسانة ذات المرحتين تغلبها على مشكلة الانفصال الحبيبي للركام خاصة في الخرسانات ثقيلة الوزن وذلك نتيجة للوضع المسبق للركام الخشن في قوالب العمل مما يوفر الحالة المنفصلة بين الركام الخشن والناعم. وهذا يؤدي بدوره إلى إنتاج خرسانة كثيفة وغير مسامية وذات خواص أكثر تجانساً. علاوة على عدم استعمال الهزازات في الصب وهذا من شأنه أن يساعد في التقليل من تكلفة إنتاج الخرسانة [6,3].

١٧. حرارة التميؤ (**Heat of Hydration**): تظهر ميزة أخرى لتقنية الخرسانة ذات المرحتين وهي القدرة في السيطرة على حرارة التميؤ من خلال تبريد الركام الخشن مسبق الوضع في القوالب ومن ثم حقن المونة المبردة [2,7].

.VIII. الزحف (Creep): أظهرت اختبارات الزحف للخرسانة ذات المرحتين بعد ثلاثة أشهر قيم زحف أقل بكثير من تلك في الخرسانة التقليدية. يرجع ذلك إلى الإستقرار الحجمي لها بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية، بسبب إحتوائها على كمية أكبر من الركام الخشن وكمية أقل من العجينة الاسمنتية المسؤولة بالدرجة الأولى عن الزحف [3].

.IX. التحميلة (Durability): من المحتوى العالي للركام الخشن في الخرسانة ذات المرحتين والتلامس المباشر بين حبيباته نتيجة للوضع المسبق له في قالب العمل، وانخفاض محتوى المونة الاسمنتية في الخرسانة. فإن هذا يقلل من مسامية الخرسانة ومن إمكانية تغلغل المواد الضارة والمداهمات الكيميائية إلى الخرسانة والذي بدوره يحسن من التحميلة.

### 5.1- أماكن استخدام الخرسانة ذات المرحتين:

أهم أماكن تطبيق الخرسانة ذات المرحتين لتجاوز القصور الذي قد ينتج من إستخدام الخرسانة التقليدية فنياً واقتصادياً [9،1]:

- I. الأماكن التي يصعب فيها الصب بالطريقة التقليدية مثلاً في حالة وجود كثافة تسليح، أو في تشييد المنشآت الساندة للماء (السدود) وذلك لانخفاض نفاذيتها. عندما يكون التغير الحجمي المنخفض لخرسانة الترميم مطلوباً. وذلك لتجنب الشقوق الناتجة عن إجهادات الشد بسبب الانكماش الجفافي والتقييد الناجم من الخرسانة القائمة.
- II. عند الصب تحت الماء مع وجود صعوبة في إزاحة الماء وارتفاع تكاليف الصب بالطريقة التقليدية.
- III. في بعض عمليات الترميم وإضافات للمنشآت الخرسانية. أو في الخرسانة التي يستخدم فيها ركام ثقيل الوزن (مثل خرسانة المفاعلات النووية). أو في الأساسات كبيرة الحجم التي لها اعتبارات فنية خاصة، مثل المخاوف من التصدعات الحرارية والانكماش والفواصل الباردة.

### 2- بعض اهم الدراسات المعملية الخاصة بتقنية الخرسانة ذات المرحتين :

خلال السنوات الماضية أجريت العديد من الدراسات النظرية والمعملية للتعرف على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لتقنية (TSC) تناولت هذه الدراسات عدة مواضيع. جدول (4) وجدول (5) يلخصان أهم النتائج المستنتجة من هذه التجارب.

[14،13،12،]

جدول (4) ملخص لأهم نتائج الدراسات المعملية الخاصة بالخرسانة ذات المرحتلتين].

| الخاصية             | المتغيرات                           | النتائج  |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| مقاومة الضغط لـ TSC | نسبة الـ w/c                        | لوحظ أن مقاومة الضغط لـ TSC بعد 7 أيام في الخلطات ذات نسبة w/c منخفضة مع استخدام الملدنات الفائقة كانت أعلى من الخلطات ذات نسب w/c أعلى  |
|                     | آلية الإنتاج                        | وجد أن مقاومة الضغط لـ TSC تقل بزيادة نسبة الـ w/c   |
|                     | نوع الركام (الخشن والناعم) المستخدم | وجد أيضاً أن مقاومة الضغط للخرسانة المنتجة بتقنية الـ TSC كانت أعلى بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية  |
| مقاومة الشد لـ TSC  | نسبة الـ w/c                        | وجد أن مقاومة الشد تتخفض بزيادة نسبة الـ w/c   |
|                     | آلية الإنتاج                        | وجد أن مقاومة الشد للخرسانة المنتجة بتقنية ذات المرحتلتين كانت أقل من نظيرتها الخرسانة المنتجة بالطريقة التقليدية  |
|                     |                                     | وجد أن مقاومة الشد للخرسانة المنتجة بتقنية ذات المرحتلتين كانت أعلى من نظيرتها في الخرسانة المنتجة بالطريقة التقليدية عند استخدام الملدنات الفائقة والإضافات المساعدة على التمدد |

تابع - جدول (4)

| الخاصية                | المتغيرات                            | النتائج  |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| مقاومة الإنحناء لـ TSC | نسبة الـ w/c                         | وجد أن مقاومة الإنحناء للخرسانة ذات المرحتلتين تقل بزيادة نسبة الـ w/c   |
|                        | نسب خلط (ركام خشن: ركام ناعم: اسمنت) | وجد أن مقاومة الإنحناء للخرسانة ذات المرحتلتين أعلى من الخرسانة التقليدية لجميع نسب الخلط  |
|                        | مقاس الركام الخشن                    | وجد أن مقاومة الإنحناء للخرسانة ذات المرحتلتين والخرسانة التقليدية تزداد بزيادة مقاس الركام الخشن إلا أن معدل الزيادة في الخرسانة التقليدية يكون أكبر بالمقارنة مع الخرسانة ذات المرحتلتين |
| الإنكماش في الـ TSC    | -                                    | يكون الإنكماش في الخرسانة ذات المرحتلتين أقل من ذلك في الخرسانة التقليدية  |

### 3- الخلاصة والتوصيات:

من خلال الدراسات المعملية وجد أنه ليس هناك فروقات بين تقنية الخرسانة ذات المرحتلتين والخرسانة التقليدية في كثير من الخصائص الميكانيكية مثل مقاومة الضغط ومقاومة الشد ومقاومة الإنحناء حيث تباينت النتائج المتحصل عليها من الدراسات المعملية المختلفة، إلا أن هذه التقنية تفوقت على الخرسانة التقليدية في عدة خصائص أخرى كالنقل من

التعشيش والإنكماش في الخرسانة وارتفاع معامل المرونة بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية بالإضافة إلى تفوقها من الناحيتين البيئية والإقتصادية والتسريع من عمليات التشييد. وبالرغم من ذلك فإنه يوجد بعض القيود على استخدامات هذه التقنيتين، حيث ان الخرسانة ذات المرحتين عادة ماتستخدم في بعض أعمال الترميم وفي صب الخرسانة تحت الماء وعند وجود كثافة في حديد التسليح بالإضافة إلى أنها مفيدة بشكل خاص في حالة الخرسانات ذات الركام ثقيل الوزن. اما تقنية خرسانة "الصخور المملوءة بالخرسانة" فنظراً لطبيعة حجم الصخور الداخلة في انتاجها والتي يكون المقاس الأدنى لها 300 مم فقد اقتصر استخدامها على المنشآت الضخمة كالسدود.

يمكن اعتبار هذه التقنية من التقنيات الواعدة في الخرسانة التي تحتاج إلى المزيد من الدراسات والبحث لفتح المجال أمام استخدامها في المزيد من التطبيقات الخرسانية المستقبلية، كما أنها من ضمن التقنيات التي نوصي بتبنيها وإستغلالها في ليبيا من الناحيتين الأكاديمية والتنفيذية، للتعرف على أداؤها ومميزاتها من النواحي الإقتصادية والميكانيكية والبيئية، والإستفادة من هذه التقنيات بالإضافة إلى الركام المعاد التدوير الناتج عن مخلفات المباني في تنفيذ المشاريع الكبرى وإعادة الإعمار في ليبيا.

#### 4- المراجع:

1. Abdelgader, H., "Self-Compacting Grout and Concrete: How it is produced and why it is needed?", Zakłady Betonowe International, Polish Edition of the CPI Worldwide Trade Journal, Poland, 2014.
2. ACI 304.1. "Guide for the Use of Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete Applications", American, ACI Committee 304.1, 2005.
3. Najjar, M., Soliman, A. & Nehdi, M., "Critical Overview of Two-stage Concrete: Properties and Applications", Construction and Building Materials, V. 62, 2014, pp. 47-58.
4. ACI 304. "Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete", American Concrete Institute, ACI Committee 304, 2005.
5. Neville, A. & Brooks, J., "Concrete Technology", 2nd ed., UK: Longman Group, 2010.
6. Abdelgader H. & Najjar M., "Advances in Concreting Methods", 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries, Algeria, 2009. pp. 315-324.
7. Bayer, R., "Use of Preplaced Aggregate Concrete for Mass Concrete Applications", Master of Science in Civil Engineering Thesis, Middle East Technical University, 2004.
8. Davis, R. & Haltenhoff, C., "Mackinac Bridge Pier Construction", ACI Journal, Proceedings V. 53, No. 6, 1956.
9. REMR TECHNICAL NOTE CS-MR-9.4, "Specialized Repair Technique: Preplaced-Aggregate Concrete, Suppl 5, 1992, pp. 1-3.

10. Huang, M., An, X., Ouchi, M., Zhou, H. & Jin, F., “Application of SCC in Massive Concrete”, 4th International Conference on Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications, High-Performance Concrete, 2009, pp. 552-557.
11. Huang, M., Jin, F., An, X., Zhou, H. & Wu, Q., “Rock-Filled Concrete, a New Normal of SCC in Hydraulic Engineering in China”, 5th North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, Chicago, U.S.A., 2013.
12. Abdelgader H., “How to Design Concrete Produced by a Two-stage Concreting Method”, Cement and Concrete Research, V. 29, No. 3, 1999, pp.331–337.
13. Metawie, I., El Deeb, A., Hosny, A., Khalifa, M., Youssef, S., Assaad, M. & Abou-Zeid, M., “Properties of Preplaced Aggregate Concrete Cast in Air and Under Water”, Paper Submitted for Presentation and Publication in the 92nd Annual Meeting of The Transportation Research Board, January 13-17, 2013, Washington, D. C.
14. Morohashi, N., Meyer, C. & Abdelgader, H., “Two-Stage Production Method: Concrete with Recycled Aggregates”, CPI-Concrete Plant International (Concrete Technology), V. 4, 2013, pp. 2-9.

# **المحور الثالث**

## **تنفيذ المنشآت في البيئة الصحراوية**



## مقترح لإستخدام تقنية الخرسانة ذات المرحتين في المناطق الصحراوية

م. إيناس عبد المولى المصراطي<sup>2</sup>

د. منال فاروق النجار<sup>1</sup>

<sup>2,1</sup> محاضر، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، ليبيا.

### المخلص :

نظراً للحاجة إلى التوسع الأفقي خارج المدن الساحلية وكبر مساحة المناطق الصحراوية في ليبيا والتي تشغل مساحة تقدر بحوالي 1.76 مليون كم<sup>2</sup>، عليه من الواجب دراسة المشاكل التي قد تواجه عمليات تنفيذ المنشآت الخرسانية في ظروف الجو الحار بالمناطق الصحراوية. من ضمن المشاكل التي يسببها الجو الحار عند تنفيذ المنشآت الخرسانية هو التبخر المتزايد والذي يسبب فقدان لدونة الخرسانة بمعدل اسرع، وبالتالي الحاجة لإضافة الماء للاحتفاظ بقوام الخرسانة والذي قد يكون له مردود سلبي على خواص الخرسانة. ومن ناحية اخرى يسبب الجو الحار زيادة حدوث التشققات على الأسطح الخرسانية والتي قد تؤثر سلباً على عملية الخرسانة اثناء العمر الوظيفي للمنشآت. تقدم هذه الورقة دراسة حول إستخدام تقنية الخرسانة ذات المرحتين للحد من مشاكل تنفيذ المنشآت الخرسانية في المناطق الحارة، كما تتناول الدراسة التعريف بهذه التقنية ومميزاتها في ظروف الجو الحار.

الكلمات الدالة : الخرسانة ذات المرحتين، الإسمنت، الركام، الجو الحار، التشققات.

### ABSTRACT :

Libya, with a total area of 1.76 million km<sup>2</sup>, has a pressing need to expand outside the coastal area due to the urban growth. However, desert area occupies the largest part of Libya. Therefore, it is necessary to study the challenges facing the construction of concrete structures in hot weather condition in desert areas. Moreover, typical problems of concreting in desert areas are high rate of water evaporation and surface cracks. These problems have a negative impact on concrete properties and its durability during its service life. This paper presents the advantages of using two-stage concrete in hot weather. Also, it studies the use of two-stage concrete as alternative technique to mitigate the problems of construction of concrete structures in desert areas.

## 1. المقدمة :

يعتبر تنفيذ الخرسانة في الجو الحار من أصعب الظروف البيئية التي تواجه مهندسي التنفيذ، وتمثل البيئة الصحراوية الحالة الحرجة للجو الحار الذي يمكن تعريفه بناءً على (ACI 305R) [1, 2] على أنه خليط من الظروف الجوية التي تؤدي إلى إضعاف الخرسانة في حالتها الطازجة والمتصلدة. وهذه الظروف الجوية يمكن حصرها في:

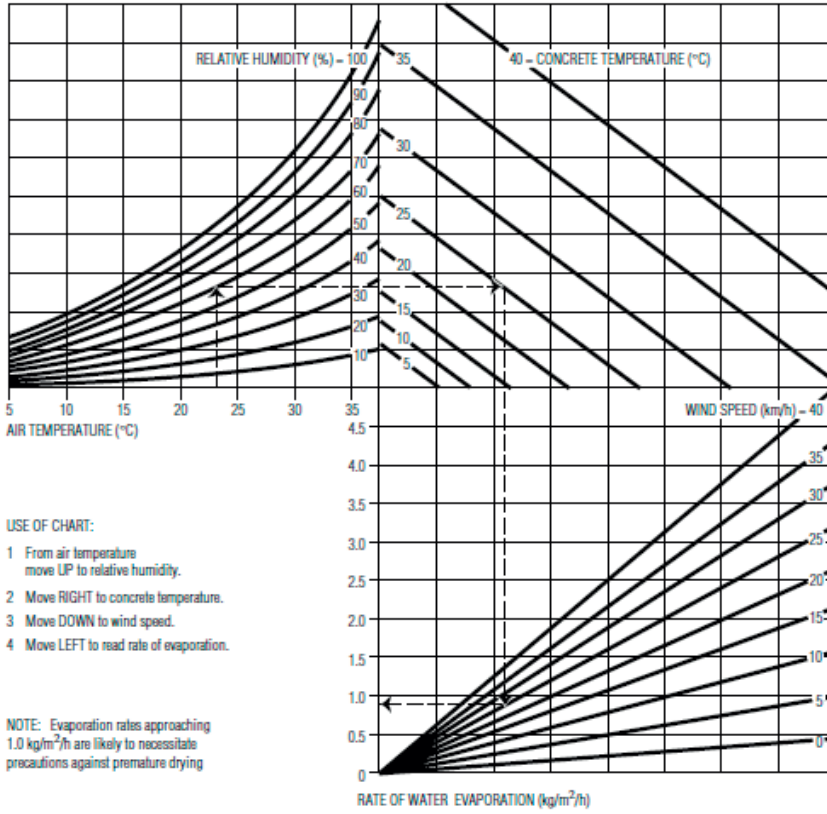
- ارتفاع درجة حرارة الجو المحيط.
- ارتفاع درجة حرارة الخرسانة.
- رطوبة منخفضة.
- رياح عالية السرعة.
- إشعاع شمسي.

حيث تسبب هذه الظروف الجوية في حدوث عدة مشاكل تتمثل في زيادة معدل تميؤ الإسمنت، بخر الماء بشكل أسرع، سرعة الشك مما يؤدي إلى تغير قوام الخرسانة وصعوبة تشغيلها، زيادة إمكانية حدوث التشققات اللدنة، والحاجة الماسة للمعالجة الفورية [1, 2]. وعادة ما يتم تقادى أو تخفيف آثار الجو الحار على تنفيذ الخرسانة باتباع بعض التدابير التي من شأنها تخفيف درجة حرارة الخلطة الخرسانية بطرق مباشرة وغير مباشرة. على سبيل المثال، تطيف درجة حرارة الخرسانة عن طريق تبريد مكونات الخلطة الخرسانية (ماء والركام)، تظليل الخلاطات والسيور الناقلة وأجهزة الضخ، ورش الشدات وحديد التسليح بالماء قبل الصب. كما يجب تنظيم العمل بحيث يتم نقل وصب الخرسانة في اقصر وقت ممكن قبل فقدان قوام الخرسانة [2, 3]. ومن خلال هذه الورقة سنسلط الضوء على مشاكل خرسانة المناطق الصحراوية وكيف يمكن التغلب عليها باستخدام تقنية الخرسانة ذات المرحلتين (Two-stage concrete).

## 2. مشاكل خرسانة المناطق الصحراوية

### 1.2 صعوبة التشغيلية:

تعتبر هذه المشكلة من أكثر المشاكل التي تواجه المهندسين أثناء تنفيذ خرسانة المناطق الصحراوية، والتي تعيق عمليات مناولة الخرسانة في الموقع. حيث تنتج هذه المشكلة من زيادة معدل تميؤ الإسمنت والفقد السريع للماء بسبب تبخره. وبالتالي تتولد الحاجة لإضافة بعض الماء الذي سيؤثر سلباً على مقاومة وديمومة الخرسانة. يوضح الشكل (1) العوامل المؤثرة على زيادة معدل تبخر الماء من سطح الخرسانة والذي يزداد سوءاً في المناخ الصحراوي [2, 3, 4].



شكل(1): تأثير درجة حرارة الجو، درجة حرارة الخرسانة، الرطوبة النسبية وسرعة الرياح على معدل التبخر السطحي للخرسانة [3] .

## 2.2 سرعة الشك:

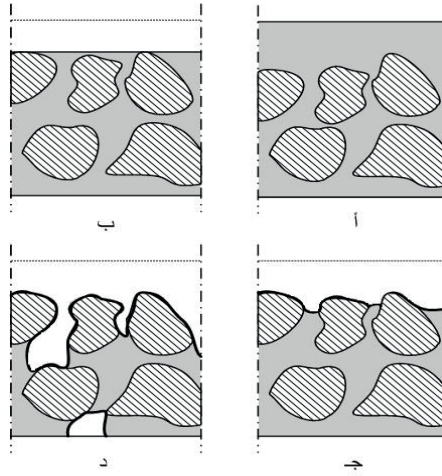
بسبب ارتفاع درجة الحرارة تزداد سرعة تفاعل الإسمنت مع الماء وبالتالي فإن زمن الشك سيتقلص. وتزداد حدة هذه المشكلة عندما يكون ارتفاع درجة الحرارة مصحوباً برياح ورطوبة منخفضة (مناخ صحراوي). ونتيجةً لذلك سيتقلص الزمن المتاح لعملية نقل وصب وتشطيب الخرسانة مما يسبب ارباكاً في الموقع أثناء التنفيذ [4,1].

## 3.2 تشققات الانكماش اللدن:

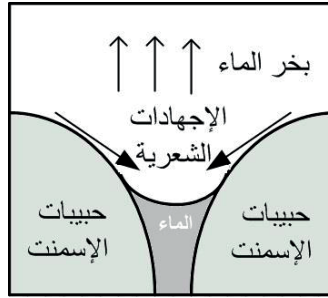
يحدث هذا النوع من التشققات عندما يكون معدل تبخر الماء أسرع من عملية ظهور ماء النضح (bleeding)، خصوصاً في المسطحات الخرسانية مثل الأرضيات والأسقف. ونتيجة لذلك تتولد مسامات شعرية بين الأجزاء الصلبة للعجينة الإسمنتية **شكل (2)**، التي بدورها ستولد إجهادات شد تعمل على غلق المسامات **شكل (3)**. كما أن الخرسانة الداخلية ستقاوم عملية الانكماش مما يولد إجهادات شد في السطح [4]. وحين تتجاوز هذه الإجهادات مقاومة شد الخرسانة التي مازالت ضعيفة تحدث التشققات السطحية. ويزداد حدوث تشققات الإنكماش اللدن عندما تكون رطوبة الجو منخفضة

وعندما تتعرض هذه المسطحات للرياح و درجات الحرارة العالية. ويتراوح طول هذه التشققات من 1 إلى 2 سم وأحياناً من

1 إلى 2 م، بينما يصل عمها إلى أكثر من 23 سم ويسمك يتراوح من 0.1 إلى 3 مم [4].



شكل(2): كيفية تكون المسامات الشعرية [4].



شكل(3): الإجهادات المتولدة داخل المسامات الشعرية [4].

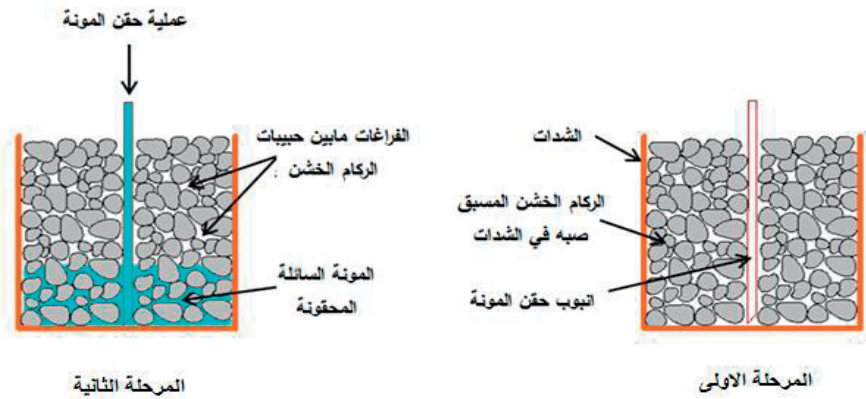
#### 4.2 المقاومة:

تعتبر ارتفاع درجة حرارة الجو من المؤثرات الأساسية على عملية تميؤ الإسمنت، ولذا نتوقع أن هذه العملية تتسارع بارتفاع الحرارة والذي من المفترض أن يعطي مقاومة أفضل للخرسانة. لكن هذا صحيح فقط بالنسبة لمقاومة الخرسانة في الأيام الأولى من عمرها [4,1]. حيث أثبتت عدة دراسات أن المقاومة عند 28 يوم نقل بسبب تسارع عملية التصلد في الجو الحار، ويرجع ذلك إلى أن المواد الناتجة من عملية تميؤ الإسمنت في الجو الحار تكون كثافتها اقل من تلك الناتجة تحت درجات الحرارة العادية ( $20 \pm 5$ °). كما أن إضافة الماء للخرسانة في الموقع للتغلب على مشكلة صعوبة التشغيل من شأنه تقليل المقاومة [4,1].

كما ذكر سابقاً فإن الخرسانة المتصلدة المنفذة في المناطق الصحراوية تكون مساميتها أعلى ومقاومتها أقل من تلك المنفذة في الظروف العادية. كما تتعرض المسطحات الخرسانية في الجو الصحراوي إلى تشققات الإنكماش اللدن. جميع هذه العوامل تؤثر عكسياً على ديمومة الخرسانة نتيجة لزيادة فرصة تعرضها إلى مدهامة الكبريتات وعملية الكربنة وتوغل الكلوريدات التي قد تسبب تآكل حديد التسليح [1,4].

### 3. الخرسانة ذات المرحلتين

تعتبر الخرسانة ذات المرحلتين (Two-stage concrete) والتي تعرف أيضاً بخرسانة الركام المدموك مسبقاً (Preplaced aggregate concrete) من ضمن الأنواع الخاصة من الخرسانة. ويتم الحصول عليها عن طريق تقنية صب مختلفة عن تلك المستخدمة في الخرسانة التقليدية (Conventional concrete). حيث يتم صب هذا النوع من الخرسانة على مرحلتين. في المرحلة الأولى يوضع الركام الخشن في قوالب الصب أو الشدات، وفي المرحلة الثانية تُملئ الفراغات ما بين حبيبات الركام عن طريق حقنها بنوع خاص من المونة السائلة (Grout) [5,6]. تختلف الخرسانة ذات المرحلتين عن الخرسانة التقليدية في عدة نواحي. فمن ناحية طريقة الإنتاج، يتم خلط كل مكونات الخرسانة التقليدية (الإسمنت، الركام الخشن و الناعم، والماء) مع بعضها البعض وبعد ذلك يتم صبها في الشدات، بينما في الخرسانة ذات المرحلتين تُخلط مكونات المونة السائلة فقط (الإسمنت، الركام الناعم، والماء) وبعد ذلك تُحقن المونة في الركام الذي تم وضعه مسبقاً في الشدات [1]. يوضح الشكل (4) طريقة إنتاج الخرسانة ذات المرحلتين [5,6].



شكل (4) : عملية إنتاج الخرسانة ذات المرحلتين [6].

ومن ناحية اخرى، الخرسانة ذات المرحتين لديها محتوى على من الركام الخشن (حوالي 60% من الحجم الكلي للخرسانة) مقارنة بالخرسانة التقليدية التي يصل محتوى الركام الخشن لديها إلى 40% من حجم الخرسانة [7]. وبالتالي تكون الخرسانة ذات المرحتين أكثر ثباتاً في الحجم بسبب المحتوى العالي للركام الخشن. كما تعتبر الخرسانة ذات المرحتين حلاً جذرياً لمشكلة الانفصال الحبيبي للركام الخشن، خصوصاً في حالة استخدام ركام خشن ثقيل الوزن وذلك لأن الركام يتم وضعه مسبقاً في الشدات وبالتالي تفادي حدوث هذه المشكلة. ويمكن أيضاً التقليل من تكلفة إنتاج الخرسانة في المنشآت عن طريق استخدام الخرسانة ذات المرحتين. وذلك بسبب نقص كمية الإسمنت المستخدم في هذا النوع من الخرسانة مقارنة بالخرسانة العادية. وإيضاً لعدم الحاجة لعمليات الدمك التي تعتبر ضرورية للحصول على الخرسانة قليلة الفراغات في حالة الخرسانة التقليدية [6].

ومن ناحية اخرى الشدات المستخدمة في حالة الخرسانة ذات المرحتين يجب أن تكون قوية ومنقذة بإتقان لكي تقاوم الضغط الجانبي الذي يتولد أثناء ضخ وحقن المونة السائلة. ولهذا السبب، فإن تكلفة الشدات المستخدمة في حالة الخرسانة ذات المرحتين تزيد بحوالي 33% عن تكلفتها في حالة الخرسانة التقليدية [6]. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب إنتاج الخرسانة ذات المرحتين توفر عمالة ذات خبرة عالية في هذا المجال والتي يصعب الحصول عليها في سوق صناعة الخرسانة التقليدية [6,5].

#### 4. تاريخ صناعة الخرسانة ذات المرحتين

في العقد الثالث من القرن الماضي، ظهرت فكرة الخرسانة ذات المرحتين بعد اكتشاف الخلاطة ذات السرعة العالية، والتي من خلالها تم الحصول على مونة ذات خواص جيدة من ناحية التدفق (Flowability) [8]. مبدئياً، أُستخدمت تقنية الخرسانة ذات المرحتين كطريقة لصيانة وترميم الأجزاء الخرسانية المتضررة في الجسور والأنفاق. وفي سنة 1950، اعتمد اليابانيون هذه التقنية في تنفيذ بعض المنشآت الخرسانية. كما أُستخدمت هذه التقنية في تنفيذ محطات الطاقة النووية، حيث يتم استعمال ركام ثقيل الوزن في تصنيع خرسانة المحطات [5]. وتعتبر طريقة الخرسانة ذات المرحتين خياراً جيداً لتفادي حدوث الانفصال الحبيبي الذي قد يحدث بسبب الوزن الثقيل للركام المستخدم. كما أُستخدمت الخرسانة ذات المرحتين في صناعة الخرسانة الكتلية مثل السدود بسبب انخفاض الحرارة المتولدة من عملية تميؤ الإسمنت نتيجة انخفاض محتوى الإسمنت في هذا النوع من الخرسانة [9]. مؤخراً، عدة أبحاث تم إجراؤها لتطوير وتحسين هذا النوع من الخرسانة، وخصوصاً مع ظهور مواد البناء المتطورة مثل المواد الإسمنتية البديلة والإضافات الحديثة [10-16].

#### 5. آلية التغلب على مشاكل خرسانة المناطق الصحراوية باستخدام تقنية الخرسانة ذات المرحتين

تتميز الخرسانة ذات المرحتين بطريقة صب فريدة من نوعها تكسبها العديد من المميزات، خصوصاً في أعمال خرسانة المناطق الصحراوية. وفيما يلي عرض لأهم مميزات هذه التقنية في الجو الحار.

### 1.5 الحد من مشكلة صعوبة التشغيل والمناولة

يمكن عن طريق استخدام تقنية الخرسانة ذات المرحتين التغلب على مشكلة صعوبة التشغيل، وذلك لأنه يتم أولاً وضع الركام في الشدات، ثم يليه حقن وضخ المونة السائلة (grout) لملئ الفراغات بين حبيبات الركام. حيث يبلغ حجم هذه الفراغات (حجم المونة السائلة) في حدود 40-45% من حجم الخرسانة [7]. وبالتالي التقليل من حجم الخلطات وزيادة سرعة الإنجاز. كما أن تقنية الخرسانة ذات المرحتين لا تحتاج إلى عمليات دمك، التي يصعب إجراؤها في المناخ الصحراوي [6].

### 2.5 تقليل حرارة التميؤ

تتولد حرارة التميؤ أثناء عمليات تفاعل الإسمنت مع الماء. وتعتمد كمية هذه الحرارة على نوع الإسمنت ( التركيب الكيميائي ونعومة الإسمنت). كما أن كمية الحرارة المتولدة تزداد بزيادة محتوى الإسمنت في الخرسانة. تتميز الخرسانة ذات المرحتين بمحتوى إسمنتي أقل من الخرسانة التقليدية [6] وبالتالي فإن حرارة التميؤ المتولدة تكون أقل، مما يخفف من المشاكل التي قد تحدث مثل تعجيل عملية الشك وظهور التشققات الحرارية خصوصاً في الخرسانة الكتلية مثل السدود [6].

### 3.5 تقليل مشكلة حدوث الإنكماش في الخرسانة.

عادةً ما يحدث الإنكماش نتيجة لتقليل من حجم الخرسانة مع الزمن بسبب فقد الماء الموجود في العجينة الإسمنتية. حيث أثبتت الدراسات السابقة أن مقدار الإنكماش الذي يحدث في الخرسانة ذات المرحتين أقل بكثير من مقدار الإنكماش الذي يحدث في الخرسانة التقليدية [6]. ويرجع السبب في ذلك إلى أن كمية العجينة الإسمنتية في الخرسانة ذات المرحتين أقل من تلك في الخرسانة التقليدية. كما أن كمية الركام الخشن أكبر في الخرسانة ذات المرحتين مقارنة بالخرسانة التقليدية، مما يعطي ثباتاً عالياً للحجم (Higher Volume Stability) [6]. ونتيجة لذلك تقل ظاهرة حدوث تشققات الإنكماش اللدن على المسطحات الخرسانية المنفذة بطريقة الخرسانة ذات المرحتين.

تُقدم هذه الورقة فكرة استخدام تقنية الخرسانة ذات المرحلتين للحد من المشاكل التي تصاحب تنفيذ الخرسانة في المناطق الصحراوية. وقد تم التوصل إلى الإستنتاجات التالية:

- صعوبة التشغيل لخرسانة المناطق الصحراوية لا تمثل مشكلة في حالة إستخدام تقنية الخرسانة ذات المرحلتين، وذلك نظراً لطريقة الصب المختلفة لهذا النوع من الخرسانة.
  - تعتبر الحرارة المتولدة من عملية التميؤ في الخرسانة ذات المرحلتين قليلة مقارنة بالخرسانة التقليدية مما يقلل من عملية تعجيل عملية الشك للإسمنت.
  - الخرسانة ذات المرحلتين لديها محتوى عالي من الركام الخشن الذي يزيد من ثبات الحجم للخرسانة وبالتالي التقليل من عملية الانكماش وتشققات الإنكماش اللدن على الاسطح الخرسانية.
- ومن خلال هذه الدراسة تم اقتراح التوصيات التالية:

- السعي لإعداد قاعدة بيانات للخرسانة ذات المرحلتين باستخدام المواد المحلية بحيث تتواءم مع المواصفات الليبية والعالمية.
- التوسع في إعداد الأبحاث المعملية المتعلقة بهذا النوع من الخرسانة، خصوصاً وأن لها خصائص أفضل من نظيرتها التقليدية في عمليات الصيانة.
- كما سبق ذكره بأن هذا النوع من الخرسانة يستخدم أيضاً في أعمال الرصف. عليه يمكن إجراء الأبحاث فيما يتعلق بعملية الرصف بهذا النوع من الخرسانة وباستعمال المواد الإسمنتية البديلة لتقليل التكلفة ومقارنة النتائج مع طرق الرصف الأخرى من ناحية المقاومة و الديمومة خصوصاً التشققات التي تحدث في الطرق الصحراوية.
- العمل على إنتاج خرسانة عالية المقاومة (UHSC) باستخدام هذه التقنية.
- دراسة تأثير تغيير نوع الإضافات على هذا النوع من الخرسانة لتحسين عملية التدفق (flowability) للحصول على أفضل النتائج التي تضمن وصول المونة الإسمنتية (grout) إلى جميع العناصر خلال وقت أقصر لضمان عدم بخر الماء قبل ذلك.

## 7. المراجع

- [1]. ACI 305R, (2010), "Guide to Hot Weather Concreting," American Concrete Institute, Farmington Hills, USA, 20 p.
- [2] CIP 12, "Hot Weather Concreting", Concrete in Practice, NRMCA, www.nrmca.org.
- [3] CCAA, (2004), "Hot Weather Concreting", Cement concrete and aggregate Australia, Sydney, Australia, 7 P.
- [4] Bella, N., Bella, I. and Asroun, A., (2017), "A review of hot climate concreting, and the appropriate procedures for ordinary jobsites in developing countries", MATEC Web of Conferences 120,10 p.



- [5] ACI 304.1, (2005), "Guide for the use of preplaced aggregate concrete for structural and mass concrete applications," American Concrete Institute, Farmington Hills, USA, 19 p.
- [6] Najjar, M., Soliman, A. and Nehdi, M., (2014), "Critical overview of two stage concrete: properties and applications," Construction and Building Materials, Vol. 62, pp. 47-58.
- [7] Abdelgader, H. S., (1996), "Effect of quantity of sand on the compressive strength of two-stage concrete," Magazine of Concrete Research, Vol. 48, No. 177, pp. 353-360.
- [8] Reschke, A. E., (2000), "The development of colloidal mixer based CRF systems," Minefill. Brisbane, Australia, 11 p.
- [9] O'Malley, J. and Abdelgader, H. S., (2009), "Investigation into the viability of using two stage (preplaced aggregate) concrete in an Irish setting," GSBEIDCO -1st, Vol. 1, pp. 215-222.
- [10] Najjar, M., Soliman, A. and Nehdi, M., (2015), "Grouts incorporating supplementary cementitious materials for two-stage concrete," ASCE Journal of Materials in Civil Engineering. Submitted
- [11] Najjar, M.F, Soliman, A.M. and Nehdi, M.L., (2016) "Sustainable high-volume fly ash grouts for two-stage concrete," Proceedings of the CSCE Annual Conference: Resilient Infrastructure, London, Ontario, Canada.
- [12] Najjar, M.F, Soliman, A.M., Azabi, T.M. and Nehdi, M.L., (2016) "Green sidewalks using sustainable two-stage concrete," Proceedings of the CSCE Annual Conference: Resilient Infrastructure, London, Ontario, Canada.
- [13] Najjar, M., Soliman, A. and Nehdi, M., (2016), "Two-stage concrete made with single, binary and ternary binders," Materials and Structures, Vol. 49, No. 1, pp. 317-327.
- [14] Abdelgader, H.S., El-Baden, A.S., Abdurrahman, H.A., Abdul Awal, A.S.M. "Two-Stage Concrete as a Sustainable Production," (2018) MATEC Web of Conferences, 149, art. no. 02009, . DOI:10.1051/mateconf/201714902009.
- [15] Omid M. F., Rajabi A. M., Abdelgader H. S., Kurpińska M., Wilde K. " Effect of coarse grain aggregate on strength parameters of two-stage concrete," Materiały Budowlane, 3/2019 (No.559) 13, DOI:10.15199/33.2019.03.

[16] حكيم سالم السموعي، علي سعيد البادن و الاء الرحمن محمد ابوراوي، "دراسة عن تقنيتي الخرسانة ذات المرحلتين وخرسانة الصخور المملوءة بالخرسانة"، مجلة البحوث الهندسية- جامعة طرابلس-العدد 22 سبتمبر 2016 .

# الحلول الهندسية والبيولوجية لظاهرة زحف الكثبان الرملية على الطرق الصحراوية

**م/ أبوبكر موسى حامد**  
مخاضر بقسم الامتصاات  
المعهد العالي للعلوم والتقنية/الحرية

**د/ المبروك عبدالقادر السنوسي**  
أستاذ هندسة المياه والصرف الصحي  
كلية الهندسة/جامعة طرابلس

**د/ محمد خليفة علي**  
أستاذ هندسة الطرق  
كلية الهندسة/جامعة طرابلس

**م/ خالد احمد موسى**  
مساعد مخاضر هندسة الطرق  
كلية الهندسة/جامعة الجبل الغربي

## ملخص :

تعتبر ظاهرة زحف الكثبان الرملية على الطرق من الظواهر الخطيرة التي تتسبب في حوادث قاتلة وعرقلة لحركة المرور ، بالإضافة إلى الخسائر الاقتصادية الكبيرة ، لهذا كان من الضروري القيام بعمل دراسة ميدانية (حقليّة) للقطاعات المتضررة من الطرق وإجراء الاختبارات المعملية اللازمة واقتراح الحلول المناسبة للعلاج .

تم دراسة تضاريس كل منطقة يقع فيها القطاع المتضرر والتعرف على مصادر المياه بها ، والظروف المناخية مثل اتجاهات الرياح السائدة وسرعتها . وباستخدام النتائج المتحصل عليها والدراسات السابقة التي قامت بها العديد من الدول التي تتأثر بهذه الظاهرة والتي استعرضنا منها في هذا البحث دراسة كل من الولايات المتحدة الأمريكية والكويت والجزائر ومصر ، تم اقتراح ثلاثة حلول لعلاج هذه الظاهرة وهي مقطع الديناميكا الهوائية والذي تم تجربته في دولة الكويت ، والحل الاستثماري وهو اقتراح قام به الباحث بالرجوع إلى حجم المرور اليومي على القطاعات المتضررة ، و الاقتراح الثالث يتمثل في التثبيت البيولوجي مع مصدات الرياح لتثبيت التربة . وقد تم تحديد أفضل الحلول العلاجية لكل قطاع .

**الكلمات الدالة:** الكثبان الرملية- الدراسة الميدانية - القطاعات المتضررة - التضاريس والظروف المناخية - الاختبارات المعملية - الدراسات السابقة - الحل الاستثماري - مقطع الديناميكا الهوائية - التثبيت البيولوجي

## Abstract:

The main aim of this study is to analyze and evaluate the movement and creeping of the sand dunes phenomenon in the damaged roads located in North and South West of Libya.

After identifying the critical section in the above mentioned roads, the researcher carried out a field work for the damaged sections to identify the sand movement in relation to the participation and its volume. In this regard, cross sections and longitudinal sections were drawn. Also laboratory sand tests were conducted .These tests include: Sieve Analysis Test and Modified Proctor Test to identifying sand classifications and characteristics of the sand. In addition, a study was carried out on the topographic relief of each critical section to identify the water sources and climatic conditions such as the speed and directions of the dominated winds. Finally the conclusions and remedial measure solutions drawn from this study are given

مشكلة زحف الرمال على الطرق ليست وليدة لحظتها ، بل هي من المشاكل الفنية المزمنة التي واجهت هذه المسارات منذ تصميمها ورفصها ، ويرجع سبب هذه المشكلة هو هبوب الرياح على المناطق الصحراوية المكشوفة ونقل الرمال منها ومن تم ترسيبها على الطرق ، وهذا لا شك يمثل مشكلة أمان بالنسبة لقائدي المركبات على الطريق ، حيث أن الرمال تغطي حدود الطريق وعلاماته ، والأخطر من ذلك تقليل مقاومة انزلاق الإطارات على الطريق [1] ، وقد كانت الحلول آنية بحيث تم التركيز على حل المشكلة بالطرق التقليدية وهي استعمال الجرافات للقيام بإزالة الرمال والتي سرعان ما تعود للتجمع .

العديد من دول العالم تواجه مثل هذه المشاكل الفنية الناتجة عن ظروف طبيعية يفرضها الموقع الجغرافي لهذه الدول . لهذا وجب التصدي لهذه المشكلة و لا يتأتى هذا إلا بدراسات تفصيلية لجيومورفولوجية الكثبان الرملية والتي لا يخفى على الجميع صعوبتها نظراً لطبيعة الكثبان الرملية الصحراوية القاسية ، والتي تحتاج إلى إمكانيات واحتياجات خاصة . بالنظر لليبيا فإن مشكلة زحف الرمال تعد من المشاكل المهمة نظراً لوجود ترسبات ضخمة من الرمال تغطي مساحة تقارب نصف مساحة البلاد ، و وصل زحف تلك الرمال إلى المناطق الشمالية ، ومن الطرق التي تعاني مثل هذه المشاكل الطريق الرابط بين نالوت و غدامس ، والطريق الرابط بين الجوش و الوطية ، والطريق الرابط بين العزيزية و غريان ، و كذلك طرق الجنوب مثل طريق سبها براك ، وطريق سبها أوباري.

## 2. أهداف الدراسة وبرنامج البحث

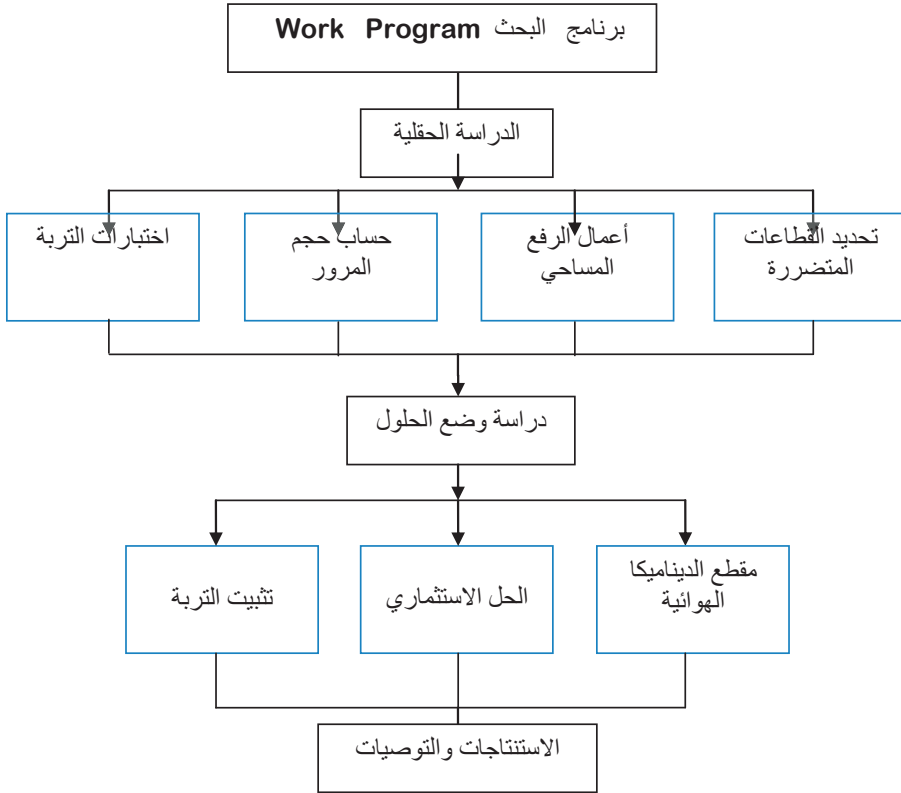
تحديد القطاعات المتضررة في الطرق المستهدفة في هذا البحث ، القيام بعمل دراسة ميدانية للقطاعات المتضررة من الطريق وإجراء الاختبارات العملية اللازمة وأخيراً اقتراح الحلول المناسبة لمعالجة هذه الظاهرة . يوضح الشكل رقم (1) برنامج البحث.

## 3. الدراسات السابقة

تتأثر العديد من المناطق في العالم من ظاهرة زحف الكثبان الرملية على المباني والطرق والأراضي الزراعية وفي ظروف مناخية مختلفة ، حيث تجتهد العديد من الدول في دراسة هذه الظاهرة وإيجاد الحلول المناسبة لمعالجتها والحد منها ، ومن هذه الدراسات السابقة: ( تجربة ساحل كارولينا الشمالية ( الولايات المتحدة الأمريكية ) و طريقي الوفرة و ميناء عبد الله و ميناء الزور ( بدولة الكويت ) و تثبيت الكثبان الرملية بمنطقة المصران ( جمهورية الجزائر الديمقراطية ) و تثبيت الكثبان الرملية بجمهورية مصر العربية ) [1,2,4,8,9].

#### 4. الدراسة الحقلية

تتمثل الدراسة الحقلية في تحديد القطاعات المتضررة و أعمال الرفع المساحي لها و اختبارات التربة و حساب حجم المرور اليومي لها، من خلال الزيارة الميدانية وجميع المعلومات عن الطرق المتضررة تم تحديد القطاعات المتضررة من عملية زحف الرمال بالطرق المستهدفة في هذه الدراسة كما هو موضح بالجدول رقم (1).



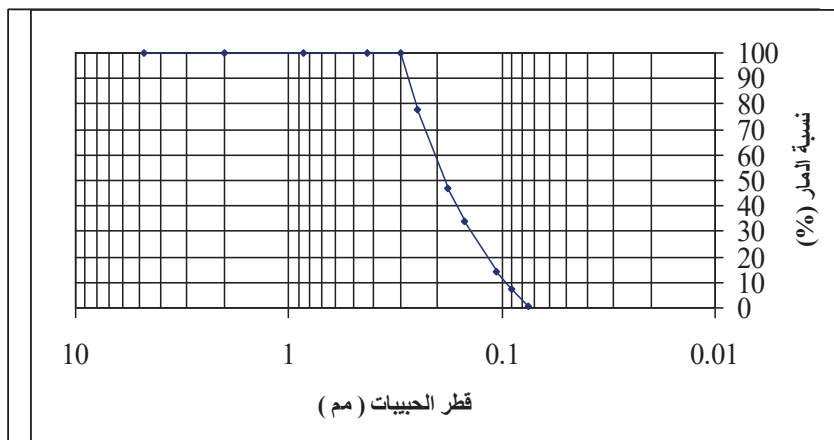
شكل (1) برنامج الدراسة

جدول (1) القطاعات المتضررة

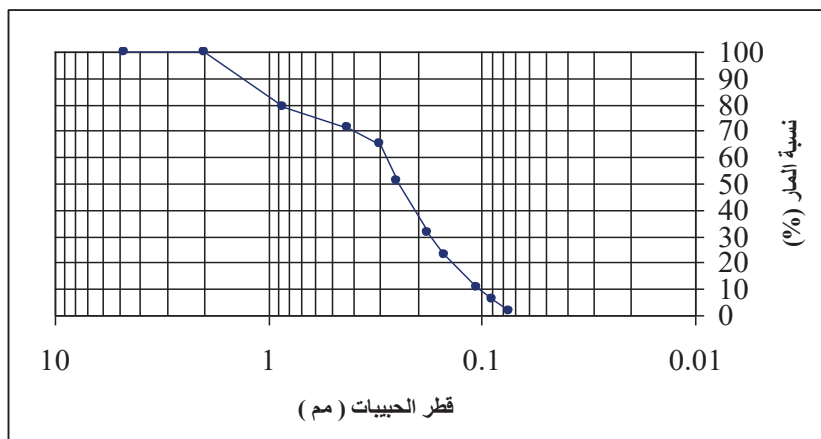
| ملاحظات         | القطاع المتضرر (كم) |     | الطريق           | ت |
|-----------------|---------------------|-----|------------------|---|
|                 | الى                 | من  |                  |   |
| في اتجاه سيناون | 97                  | 80  | نالوت / سيناون   | 1 |
|                 | 115                 | 109 |                  |   |
| في اتجاه غدامس  | 49                  | 38  | درج / غدامس      | 2 |
| في اتجاه براك   | 50                  | 30  | سبها / براك      | 3 |
| في اتجاه غريان  | 17                  | 12  | العزيفية / غريان | 4 |

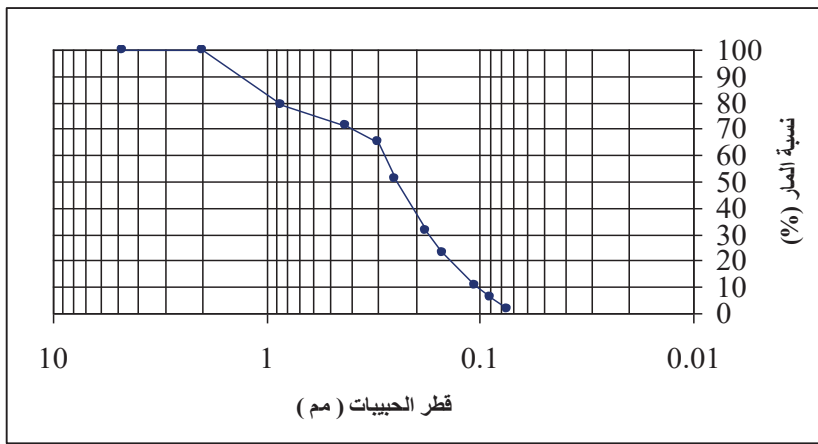
تم تنفيذ الأعمال المساحية في موقع زحف الرمال بكل قطاع من القطاعات المتضررة لتعرف على حجم الكثبان الرملية على جانبي الطريق وموقعها من الطريق ، حيث اشتملت الأعمال جميع القياسات المساحية اللازمة لأعمال الرفع المساحي بمقياس رسم ( 1 : 1000 ) ، وقد تم تنفيذ أعمال الرفع المساحي في المسار بعرض 100 متر حيث أخذ قطاع عرضي كل 20 متر. ونظراً لما يتطلبه المشروع من دقة فقد تم استعمال جهاز ( Total Station ) وجهاز (GPS 530) والبرمجيات الهندسية للحصول على القطاعات العرضية والطولية و المساقط الأفقية. تم إجراء الاختبارات الهندسية على عينات التربة التي أخذت من الكثبان الرملية بالطرق المتضررة من زحف الكثبان الرملية لتحديد تصنيفها وخواصها الهندسية. توضح الإشكال من رقم (2) إلى رقم (4) عينات لنتائج هذه الاختبارات والتي تم تكرارها بكل القطاعات المتضررة الأخرى.

شكل (2) منحني التدرج الحبيبي لعينة التربة ( 1 ) من طريق نالوت/سيناون



شكل (3) منحني التدرج الحبيبي لعينة التربة ( 2 ) من طريق نالوت/سيناون





شكل (4) منحى التدرج الحبيبي لعينة التربة ( 1 ) من طريق درج غدامس

من خلال استعراض نتائج التحليل المنخلي لعينات التربة التي أخذت من الكتبان الرملية نستنتج الآتي :

- جميع أنواع التربة تصنف على أنها تربة رملية رديئة التدرج Sand Poorly Graded وذلك حسب تصنيف التربة الموحد Unified Soil Classification System
  - معامل الانتظام ( Cu ) يتراوح من 2.11 و 3.36 وهذا يدل على أنها تربة شبه منتظمة الحبيبات وبالتالي فهي رديئة التدرج .
  - نسبة المار من المنخل رقم 4 أكبر من 50 % ونسبة المار من المنخل 200 أقل من 10% ونسبة المواد الناعمة بسيطة جداً مما يدل على إنها تربة غير متماسكة وهذا النوع من التربة يتم تثبيته بالبيتومين .
- جدول (2) تحليل نتائج تجربة البركتور

| ت | الطريق           | العينة | أقصى كثافة جافة<br>Gm/cm <sup>3</sup> | المحتوى المائي % |
|---|------------------|--------|---------------------------------------|------------------|
| 1 | نالوت / سيناون   | 1      | 1.53                                  | 15               |
|   |                  | 2      | 1.51                                  | 16.5             |
| 2 | درج / غدامس      | 1      | 1.87                                  | 12.2             |
|   |                  | 2      | 1.61                                  | 15.2             |
| 3 | سبها / براك      | 1      | 1.86                                  | 15               |
|   |                  | 2      | 1.78                                  | 14.5             |
| 4 | العزيفية / غريان | 1      | 1.69                                  | 14               |
|   |                  | 2      | 1.67                                  | 14.5             |

## 5. الدراسة الجيولوجية

### 1.5 التضاريس

- يقع الطريق الرابط بين (نالوت / غدامس) في منطقة تضاريسها تتألف من نسيج يتدرج من بعض الهضاب والمرتفعات الصخرية التي ترتفع بعض قممها ما يقرب من 650 م فوق سطح البحر، شمال المسار قريبا من مدينة نالوت ، إلى المنبسط الصخري الذي يؤلف ما يقرب من 70 % من الطريق ، وهو ينتمي إلى ما يعرف بالحمامة الحمراء ، وتتخلل هذا المنبسط بعض الوديان ويختلف الارتفاع من نقطة إلى أخرى، ويتراوح الارتفاع من 450 إلى 550 مترا فوق مستوى سطح البحر. ويمكن ملاحظة ظاهرة تكون الكثبان الرملية على هذا المسار قريبا من بلدة سيناون.
- يقع الطريق الرابط بين (سبها / براك) في منطقة تضاريسها عبارة عن سهلٍ منبسطٍ يصل منسوبها عند منطقة سبها إلى حوالي 408 م فوق مستوى سطح البحر وتبدأ المنطقة في الانخفاض التدريجي باتجاه براك الشاطئ ليصل منسوبها عند منتصف الطريق إلى حوالي 363م فوق مستوى سطح البحر ثم تعاود الارتفاع التدريجي ليصل منسوبها قرب براك إلى حوالي 450 م فوق مستوى سطح البحر و تنتشر على جانبي الطريق مجموعة من التلال المتفرقة ، يصل أقصى ارتفاع لها قرب مدينة سبها بمنسوب 497 م وقرب براك بمنسوب 394 فوق مستوى سطح البحر .
- يقع الطريق الرابط بين (العريزية / غريان) في منطقة سهل الجفارة وهي عبارة عن منبسط من السهول الرملية الخصبة التي يتأثر سطحها بعوامل عديدة ويعتمد في ثباته على الغطاء النباتي ومياه الأمطار ، ما عدا القطاع الواصل من قدم الجبل حتى مدينة غريان على قمة جبل نفوسة ، والتي ترتفع عن مستوى سطح البحر بحوالي 750 متر، حيث يلاحظ الاختلاف في الارتفاع من نقطة إلى أخرى ، فإن باقي قطاعات المسارين يتدرج الارتفاع فيها من 100 إلى 200 متر فوق مستوى سطح البحر .

### 2.5 مصادر المياه

تعتبر المياه من أهم العوامل في التعامل مع مشكلة زحف الرمال على الطرق موضوع هذه الدراسة، وبالنظر لاختلاف الموقع الجغرافي لمسارات الطرق فإننا نجد اختلاف في مصادر المياه من ناحية الوفرة، رغم اتحادها في كونها مياه جوفية ، وهي الصفة الغالبة على مصادر المياه في ليبيا[3].

### 3.5 الظروف المناخية

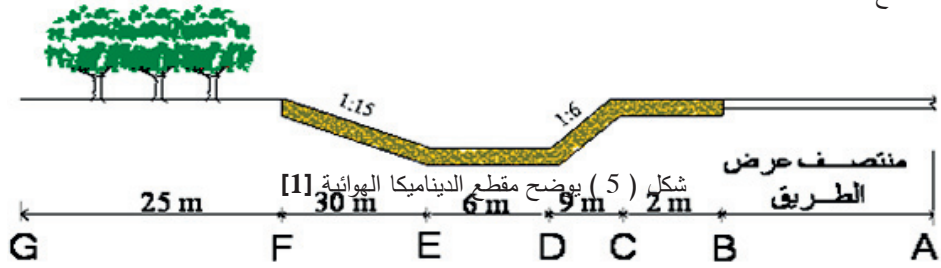
تلعب العوامل المناخية دوراً مهماً في مشكلة زحف الرمال حيث ترتبط حركة الرمال مباشرة بعوامل المناخ مثل الرياح ودرجة الحرارة والرطوبة ، وترتبط هذه العوامل مع بعضها البعض بعلاقات تساهم في تحديد سرعة حركة

حبيبات الرمل ، فمثلا نجد أن حركة حبيبات الرمل تكون أقل ما يمكن في الجو الرطب ، بينما تكون الحركة أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة ، حيث يكون التأثير الأهم للرياح [5].

## 6. اقتراح الحلول العلاجية

### 1.6 مقطع الديناميكا الهوائية

نظراً لنجاح حل مقطع الديناميكا الهوائية في دولة الكويت من حيث منع ترسيب الرمال على الطرق [1] ، عليه تم اقتراح تنفيذ مقطع الديناميكا الهوائية. يبين الشكل رقم (5) مقطع عرضي لمقطع الديناميكا الهوائية ووضح الجدول رقم (3) وصف تفصيلي لهذا المقطع.



جدول ( 3 ) وصف لمقطع الديناميكا الهوائية

| ملاحظات  | طول وميل القطاع    | وصف القطاع                                  | القطاع |
|--|--------------------|---|--------|
| منتصف عرض الطريق ويشمل رصف إسفلتي للطريق القائم وكتف الطريق    | حسب الطريق         | رصف إسفلتي للطريق القائم مع كتف الطريق      | AB     |
| من عادية مثبتة باستعمال مستحلب بيتوميني A2 - 70                | 2.0 m              | متداد أفقي مستوي قبل المقطع الديناميكي      | BC     |
| من عادية مثبتة باستعمال مستحلب بيتوميني A2 - 70                | 9.0 m / ( 1 : 6 )  | ميل الهابط للمقطع الديناميكي                | CD     |
| من عادية مثبتة باستعمال مستحلب بيتوميني A2 - 70                | 6.0 m              | مخروط الخندق في المقطع الديناميكي           | DE     |
| من عادية مثبتة باستعمال مستحلب بيتوميني A2 - 70                | 3.0 m / ( 1 : 15 ) | المنحدر في المقطع الديناميكي                | EF     |
| مثبت بغطاء نباتي من الأنواع التالية: الأثل أو الكافور أو الغاف | 25.0 m             | مسطح أفقي مستوي عند نهاية القطاع الديناميكي | FG     |



## 2.6 التثبيت البيولوجي مع مصدات الرياح

يخضع تثبيت الكثبان الرملية إلى عمليتين رئيسيتين 1: التثبيت الميكانيكي أو المؤقت والتثبيت البيولوجي أو الدائم

### 1.2.6 التثبيت الميكانيكي أو المؤقت

يهدف إلى الحد أو التقليل من تأثير الرياح على حبيبات الرمل لمدة معينة وذلك عن طريق :

- إقامة مصدات أرابية متعامدة مع الرياح السائدة أو مغلقة على شكل مستطيل أو مربع في حالة وجود عدة اتجاهات للرياح المؤثرة .
- تغطية حبيبات الرمل بمواد كيميائية أو نפטية أو بقايا نباتية [2] .

### 2.2.6 التثبيت البيولوجي

يعتبر التثبيت الميكانيكي مرحلة ضرورية لنجاح عملية الزراعة والتشجير فوق سطح الرمال المتحركة أو أنها تمهد

لمرحلة التثبيت البيولوجي وهي تثبيت دائم يعتمد على إقامة غطاء شجري أو شجيري فوق الكثبان الرملية

وحيث تعمل الجذور على تماسك حبيبات الرمال وتساعد على بناء قوام التربة الرملية . ويعتبر التشجير من

أنجح الطرق في تثبيت الكثبان الرملية وذلك للخصائص التالية :

- لها صفة الاستدامة .
  - توفير الإنتاج (مراعى - خشب) .
  - تحسين خصائص التربة وتحسين خصوبتها بزيادة المادة العضوية .
  - تحسين الظروف البيئية .
  - إيجاد أماكن للنزهة والترفيه .
- وبراعى ألا تقل المسافة بين الأشجار عن 4 / 4 متر، كذلك يتم عمل جور إلى عمق يتراوح بين 40 - 50 سم ، ومن أهم أنواع الأشجار المستخدمة في تثبيت الكثبان الرملية الطرف أو الأثل .

## 3.6 الحل الاستثماري

يتم التعاقد مع مستثمر لفترة من الزمن مقابل خدمة يقدمها المستثمر للطريق والمار على الطريق ، حيث يأخذ المستثمر مقابل مادي

على كل عربة تسير على الطريق . يبين الجدول رقم (4) مقترح لنوع الذاكر وقيمتها لمختلف أنواع المركبات.

## 7. تطبيق الحلول المقترحة

بعد أن استعرضنا الحلول المقترحة لمعالجة ظاهرة زحف الكثبان الرملية على الطرق ، نقوم بتطبيق تلك الحلول على عينة من إحدى المقاطع المتضررة وتم اختيار طريق نالوت - غدامس. تم التعامل مع المقاطع المتضررة كقطع واحد عند اقتراح الحلول العلاجية.

## 1.7 مقطع الديناميكا الهوائية

كانت قيمة التنفيذ تساوي 1033450 دينار ليبي كما هو بالجدول رقم (5) وذلك لاتجاه واحد من الطريق وهو اتجاه زحف الرمال .

جدول ( 4 ) يبين نوع التذاكر وقيمتها لجميع أنواع المركبات

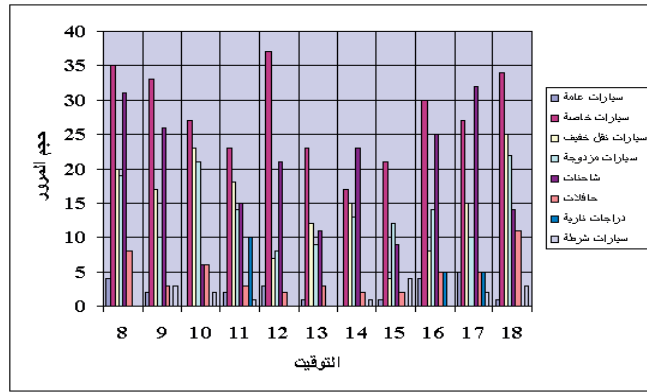
| ملاحظات                                 | قيم التذاكر للمركبات نوع |                                   |                           | نوع التذكرة                      |
|---|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
|   | ملاط وشاحنات             | رات عامة والنقل الخفيف و المزدوجة | رات خاصة والدرجات النارية |                                  |
| طبع استعمال الطريق مرة واحدة            | 1.000                    | 0.500                             | 0.250                     | كر لخط سير واحد ذهاباً أو إياباً |
| بيع استعمال الطريق أكثر من مرة في اليوم | 2.000                    | 0.750                             | 0.500                     | تذاكر ليوم كامل                  |
| طبع استعمال الطريق على مدى أسبوع        | 8.000                    | 3.000                             | 1.250                     | تذاكر لمدة أسبوع                 |
| طبع استعمال الطريق على مدى شهر          | 20.000                   | 8.000                             | 3.000                     | تذاكر لمدة شهر                   |
| طبع استعمال الطريق على مدى سنة          | 125.000                  | 50.000                            | 24.000                    | تذاكر لمدة سنة                   |

جدول ( 5 ) التقديرات اللازمة لتنفيذ القطاع الديناميكي بالطريق الذي يربط بين ( نالوت/غدامس )

| ت        | بيان العمال  | الوحدة         | الكمية | سعر الوحدة | الاجمالي |
|----------|--|----------------|--------|------------|----------|
| 1        | تسوية الموقع شاملاً الحفر والردم طبقاً للمواصفات الفنية والمناسيب المطلوبة في حدود $\pm 2$ م | م <sup>2</sup> | 25000  | 3.50       | 787500   |
| 2        | توريد وتثبيت الرمل ( التربة ) باستخدام A2-57 للمنطقة المستوية والمائلة                       | م <sup>2</sup> | 235950 | 1.00       | 235950   |
| 3        | توريد وزراعة أشجار دائمة الخضرة وتنحمل الظروف المناخية الصعبة ( شجرة الأثل )                 | عدد            | 5000   | 2.00       | 10000    |
| الإجمالي |  |                |        |            | 1033450  |

## 2.7 الحل الاستثماري

تم دراسة حركة المرور اليومية للقطاع المتضرر من زحف الرمال و كان حجم المرور كما موضح بالشكل رقم (6).



شكل (6) تخطيط يبين حجم المرور على طريق (نالوت/غدامس)

ومن تم حساب إجمالي الإيرادات التي سوف يتحصل عليها المستثمر لهذا القطاع كما هو موضح بالجدول رقم (6).

جدول (6) الإيرادات التي يمكن التحصل عليها من مسار (نالوت/غدامس)

| نوع التذكرة                         | نوع المركبات                | قيمة التذكرة | عدد المركبات | المجموع | الاجمالي |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|---------|----------|
| تذاكر لخط سير واحد ذهاباً أو إياباً | سيارات خاصة ودرجات نارية    | 0.250        | 275          | 68.75   | 560.75   |
|                                     | ارات عامة ونقل خفيف ومزدوجة | 0.500        | 522          | 261     |          |
|                                     | حافلات وشاحنات              | 1.000        | 231          | 231     |          |
| تذاكر ليوم كامل                     | سيارات خاصة ودرجات نارية    | 0.500        | 275          | 137.5   | 991      |
|                                     | ارات عامة ونقل خفيف ومزدوجة | 0.750        | 522          | 391.5   |          |
|                                     | حافلات وشاحنات              | 2.000        | 231          | 462     |          |
| تذاكر لمدة أسبوع                    | سيارات خاصة ودرجات نارية    | 1.250        | 275          | 343.75  | 3758     |
|                                     | ارات عامة ونقل خفيف ومزدوجة | 3.000        | 522          | 1566    |          |
|                                     | حافلات وشاحنات              | 8.000        | 231          | 1848    |          |
| تذاكر لمدة شهر                      | سيارات خاصة ودرجات نارية    | 3.000        | 275          | 825     | 7944     |
|                                     | ارات عامة ونقل خفيف ومزدوجة | 8.000        | 522          | 3654    |          |
|                                     | حافلات وشاحنات              | 20.000       | 231          | 3465    |          |
| تذاكر لمدة سنة                      | سيارات خاصة ودرجات نارية    | 24.000       | 275          | 6600    | 61575    |
|                                     | ارات عامة ونقل خفيف ومزدوجة | 50.000       | 522          | 26100   |          |
|                                     | حافلات وشاحنات              | 125.000      | 231          | 28875   |          |

### 3.7 التثبيت البيولوجي مع مصدات الرياح

الطريقة المستخدمة لمعالجة هذه الظاهرة في هذا الطريق هي التعاقد مع مقاول لإزالة الرمال التي تزحف على الطريق ، والذي بدوره قام بعمل سدود ترابية لوقف زحف الكثبان الرملية كما هو موضح بالشكل (7) وهو حل يعتبر مؤقت ، و نظراً لقرب القطاعات المتضررة من غابات النخيل بكل من سيناون و غدامس فإن استخدام سف النخيل كمصدات للرياح الناقلة للرمال هو الأمثل ، وتعتمد الطريقة على استخدام أعمدة خشبية بطول 1.5 متر يثبت منها في الرمال حوالي 50 سم وتتقد على أبعاد تتراوح بين ( 3 ، 5 ) متر من الجهة المراد حمايتها ثم يوضع فيما بينها سف النخيل وتربط ببعضها بواسطة حبال الليف أو الأسلاك المعدنية لكي لا تتأثر بفعل الرياح وهكذا كلما غطت الرمال الأحزمة الأولى تضاف فوقها أحزمة أخرى ثانية وثالثة إلى نهاية الحصول على كثيب منيع لصد الرمال . ويمكن تثبيت الكثبان الرملية بواسطة رش الكثبان بمواد بيتومينية وزراعة أشجار الأثل حتى يتم التثبيت النهائي لها ، حيث أن المياه يمكن توفيرها إما عن طريق حفر آبار أو الاستفادة من مياه " النهر الصناعي " الذي يمر مساره بالقرب من القطاعات المتضررة كما هو موضح بالشكل (8) .



شكل (7) السدود الترابية المستخدمة لوقف زحف الرمال على طريق ( نالوت/غدامس )



شكل (8) موقع مسار خط النهر الصناعي من القطاع المتضرر

## 8. الاستنتاجات

من خلال دراسة ظاهرة زحف الكثبان الرملية على الطرق واقتراح الحلول المناسبة لمعالجة هذه الظاهرة ، ومن خلال هذا السرد لبعض المعلومات ومحاولة أولية للتفكير في حل هذه المشكلة وهي مشكلة تراكم الرمال على الطرق نستنتج التالي:

1. التربة المكونة للكثبان الرملية تصنف بإتباع نظام تصنيف التربة الموحد على إنها تربة رملية رديئة التدرج ( SP ) Sand Poorly Graded .
2. أقصى كثافة جافة للتربة تتراوح من 1.51 جرام اسم<sup>3</sup> إلى 1.87 جرام اسم<sup>3</sup> ، والمحتوى المائي من 10.2 % إلى 16.5 % .
3. أنجح طريقة لمعالجة هذه الظاهرة هي طريقة مقطع الديناميكا الهوائية والذي أثبت نجاحه في دولة الكويت حيث إنه يجمع بين التثبيت المؤقت والتثبيت الدائم .
4. إمكانية إيقاف زحف الرمال مؤقتاً باستخدام اسيجة من سعف النخيل أو الطرق الميكانيكية بعمل سدود ترابية ، حتى يتم غرس الأشجار .
5. طريقة تثبيت التربة باستخدام غرس الأشجار أثبتت نجاحها في طريق العزيزية - غريان .
6. يعتبر الحل الاستثماري إحدى الحلول الناجحة في حالة توفر المتابعة الإدارية الجيدة والالتزام التعااقدي

للمستثمر

## 9. التوصيات

- ❖ التركيز علي المعلومات المناخية وإنشاء مركز لتجميع المعلومات المناخية .
- ❖ وضع خرائط للطرق وتحديد الأماكن التي تتجمع فيها هذه الرمال .
- ❖ تحديد كمية الترسب اليومي والشهري والسنوي لهذه الرمال واتجاهاتها وسرعات الرياح الناقلة لها .
- ❖ الاستفادة من مياه النهر الصناعي لتشجير جانبي الطريق ، وكذلك من مياه محطات معالجة الصرف الصحي .
- ❖ التركيز علي زراعة النباتات الصحراوية علي جانبي الطرق والتي لا تحتاج إلي كميات كبيرة من الماء مثل الأثل و الرسو وغيرها من تلك النباتات .
- ❖ يراعي أن تبعد الرمال عن الطرق مسافة 50 متر وتسوى وإزالة جميع الحواجز والعوائق الطبيعية والصناعية قدر الإمكان .

## المراجع

1. د. أحمد حمود عبد اللطيف الجسار " نجاح المقطع الديناميكي في الحد من زحف الرمال على الطرق الصحراوية " المؤتمر الثاني حول الممارسات الهندسية الناجحة . الكويت . 12-16 فبراير 2005 مسيحي .
2. على شويعل : تثبيت الكثبان الرملية بمنطقة المصران - مجلة الدراسات الصحراوية - المركز العربي لأبحاث الصحراء وتنمية المجتمعات الصحراوية - مرزق - المجلد الأول .العدد الأول - ربيع 1991 مسيحي .
3. الهيئة العامة للمياه : تقرير عن الوضع المائي بليبيا ، ديسمبر 2006 م .
4. خضر عبد العليم - الجيومورفولوجيا وأبحاث جغرافية - سلسلة المرجع الجامعي - قسنطينة - الجزائر .1996 مسيحي .
5. وحدة المناخ ، مصلحة الأرصاد الجوي " معلومات عن الرياح ودرجات الحرارة لمحطة طرابلس " طرابلس 2006 مسيحي .
6. محمد عمران امبارك ، محمد خليفة علي " هندسة الصرف " منشورات مكتب البحوث والاستشارات الهندسية ، 2003 - 2004 مسيحي .
7. السيد عبد الفتاح القصيبي ، " ميكانيكا التربة " دار الكتاب العلمية للنشر والتوزيع ،1999م .
8. Garber, Nicholas J. & Hoel Lester A. (2002), Traffic & Highway Engineering. 3rd Edition, University of Virginia, Thomson.
9. Smith, G.N. & Smith, I.G.(1998) "Elements of Soil Mechanics", 7 th Edition, Blackwell Science

## تأثير المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة البوزلانية

م . علي صالح علي قدر عمر \*  
أ . د . عبد السلام المبروك عكاشة \*\*  
قسم الهندسة المدنية - جامعة سبها

Email: [Alialshary80370a@gmail.com](mailto:Alialshary80370a@gmail.com)

### الملخص :

تخضع الخرسانة الحديثة في وقتنا الحالي إلى العديد من الإضافات منها الطبيعية ومنها الكيميائية وأصبحت الخرسانة التي لا تحتوي على الإضافات خرسانة تقليدية ولا تفي بالأغراض المطلوبة منها في أغلب الأحيان، مثل المتانة والديمومة وبعض الخواص الميكانيكية الأخرى عندما تكون في حالتها الرطبة أو المتصلدة، وطالما تم استخدام العديد من الإضافات في الخلطات الخرسانية فمن الضروري أن تخضع أيضا للتجارب والاختبارات المتعارف عليها علميا وعمليا لمعرفة مدى فعالية تلك الإضافات وتأثيرها على الخلطات الخرسانية. لذلك أحتوى هذا البحث على دراسة لمدى تأثير طرق المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة المضاف إليها مادة البوزولانا بنسبة تحقق الخواص الميكانيكية المطلوبة في حالتها الرطبة والمتصلدة بعد إجراء الاختبارات الفيزيائية على المواد الداخلة في الخلط وتحديد كمياتها عن طريق تصميم خلطة خرسانية بطريقة مركز أبحاث الطرق البريطانية (D.O.E) وهذه الدراسة تعتبر مسيرة لتفاعل كيميائي بداية من إضافة الماء للخلطة الخرسانية وصولا إلى نهاية كل فترة من فترات طرق المعالجة، حيث تم عمل خلطة مرجعية بدون مضاف البوزولانا وذلك للمقارنة مع الخلطة التي تحتوي على مضاف البوزولانا لمعرفة مدى تأثير طرق المعالجة على كلا الخلطين، واستخدمت في هذه الدراسة ثلاث طرق لمعالجة العينات وهي المعالجة عن طريق الغمر في المياه - المعالجة عن طريق الأغطية المبللة - المعالجة عن طريق الاكياس البلاستيكية، في ظروف درجة الحرارة العادية لفترات زمنية (3 - 14 - 28 - 60) يوم، لمعرفة مدى فاعليتها وتعيين أفضل طريقة للمعالجة في هذا البحث. ومن خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة أتضح أن طريقة المعالجة بالأكياس البلاستيكية أفضل طريقة معالجة لما سجلته من قيم لمقاومة الضغط لكل فترات المعالجة ولكل من الخلطة القياسية (والخلطة البوزولانية المعنية في الدراسة)، ويليها طريقة المعالجة عن طريق غمر العينات في الماء، ومن ثم طريقة المعالجة بطريقة الأغطية المبللة والسبب في الاختلاف في نتائج المقاومة يرجع إلى آلية وظروف طرق المعالجة في حد ذاتها.

الكلمات الدالة: الخرسانة البوزلانية، المعالجة، الإضافات

### Abstract:-

Today's concrete is used to be having natural or chemical admixture, therefore non-admixtures concrete is considered traditional and doesn't meet the requirements like durability and other mechanical properties. As long as admixtures are added to the mix, it is necessary to conduct experiments to determine the efficiency and impact of such mixture on the concrete mixture. This research includes a study on the impact of curing methods on the compressive strength of Pozzolanic concrete, which contain certain rates of Pozzolan to achieve the required properties in both fresh and hard state. Three methods of curing have been applied on samples, ponding method, wet Covers and plastic bags in conditions of normal temperatures for time periods of (3-14-28-60) days to investigate their efficiency and to specify the best curing method in this study. Throughout the obtained results, it has been recognized that curing with plastic bags is the appropriate method through the achieved values of compressive strength in all curing stages in both standard mix and (Pozzolanic mix which is the research target), then curing with ponding method and lastly curing with wet Covers. The reason of strength values differences is a consequence of the mechanism and conditions of curing methods.

تقاس نهضة الأمم بتطور مواد الإنشاء والتعمير فيها، كما تقاس بقدر وفاء هذه المواد بحاجة شعوبها الحضارية من ضرورية وترفيهية، والخرسانة عماد مواد الإنشاء والتعمير وتطورها صورة تعكس تطور التفكير الهندسي في خدمة الحياة ورفاهية الإنسان. ولكي تصل الخرسانة إلى شكلها الحالي الذي يجعلها في المرتبة الأولى كمادة إنشائية ومعمارية مرت بعدة مراحل سواء في طرق الصناعة أو في طرق التشكيل، حقيقة أنها مادة حديثة من حيث الصناعة والإنشاء إلا أن لها أصولاً عميقة عبر التاريخ.<sup>[1]</sup> الخرسانة هي خليط غير متجانس يتكون من مجموعة من المواد الممزوجة معا بنسب معينة وتكون حال خلطها طرية (الخرسانة الطازجة - fresh concrete) وتبدأ بالتصلب حتى تصبح صلبة وقوية (خرسانة متصلدة - hardened concrete) وبشكل عام فإن الخلطة الخرسانية هي مادة بسيطة بمكونات رئيسية هي: الماء، الاسمنت، الرمل والشرشور (الركام) وهذه العناصر تقرر الصفات الأساسية المميزة للخلطة الخرسانية.<sup>[2]</sup>

والخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو مادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط أما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التي تسمح بتشكيلها في أي قالب معماري مطلوب، وتعتبر الخرسانة أكثر المواد الإنشائية شيوعاً وإستعمالاً في عصرنا الحديث وذلك لسهولة تواجدها والرخص النسبي للمواد المكونة لها، وأيضاً لسهولة ورخص تصنيعها . ويمكن استعمال الخرسانة بالاشتراك مع مواد أخرى لتكوين قطاعات مركبة حالة استخدام قطاعات الصلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مركبة كما في حالة إضافة أنواع معينة من الألياف إلى الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة. وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص<sup>[3]</sup>. إن كثرة شيوع واستخدام الخرسانة العادية المسلحة وسابقة الإجهاد في كافة الإنشاءات وفي كل الأماكن البرية والبحرية ولجميع الأغراض جعل الخرسانة المادة الأساسية للإنشاءات في القرن العشرين ، ويتوقف مستقبل تطور الخرسانة على توافر وتطوير المواد الخام المكونة لها وكذلك الإضافات ثم تحسين طرق صناعة الخرسانة والتي تشمل تصميم الخلطة والخلط والنقل والصب والدمك والتسوية والمعالجة ، كذلك يتوقف مستقبلها على تقدم معلوماتنا الفنية في مجال الخرسانة ، وعلى تكوين فئات مدربة ماهرة من العمال تتفد كل التعليمات التي تعطى لهم .

#### فكرة البحث

تتلخص فكرة البحث في دراسة تأثير طرق المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة البوزلانية بثلاث طرق من المعالجة وذلك بإضافة المادة البوزلانية بنسبة 15% للخلطة الخرسانية كنسبة من وزن الأسمنت ، وتعتمد هذه الدراسة في الجانب النظري على جمع أكبر ما يمكن من المعلومات عن هذا الموضوع ، ومن الجانب العملي بعمل خلطة خرسانية قياسية



بدون مضاف البوزلانا وخلطة أخرى تحتوي على مضاف البوزلانا بقدر النسبة المذكورة ، ومعالجة هذه الخلطات بثلاث طرق مختلفة من المعالجة ، وتصل مدة المعالجة لكل طريقة إلى 60 يوم وطرق المعالجة تتلخص في الآتي :-

(1) طريقة الغمر بالمياه (2) طريقة الأغطية المبللة (الخيخ المبلل) (3) طريقة الأكياس البلاستيكية.

### معالجة الخرسانة

معالجة الخرسانة (بعد صبها وبعد انتهاء فترة زمن الشك) هي عملية ضرورية لإنتاج خرسانة ذات جودة عالية. الهدف منها وقاية الخرسانة ضد الجفاف المبكر لكي تعطي في النهاية الخواص المطلوبة مثل المقاومة المطلوبة والديمومة العالية وتحسين نفاذية الخرسانة للسوائل. فمعالجة الخرسانة تعني مراقبة كمية الرطوبة ودرجة الحرارة على سطح الخرسانة بعد صبها لمنع الجفاف والانكماش. وعادة كمية من الماء تفقد من المونة الإسمنتية عن طريق تبخر الماء أو جزء من الماء يمتص بواسطة حبيبات الركام وذلك يؤثر على إتمام عملية التفاعلات وكذلك على نمو مقاومة الخرسانة.<sup>[5]</sup>

### المواد البوزلانية

**تعريفها :** هي تلك الخامات السليسية الألومينية التي مع كونها ليست ذات قدرة إسمنتية لاصقة أو إسمنتية إلا أنها تتفاعل مع الجير في وجود الماء لتكون مواد ذات خواص إسمنتية وعند إضافة المواد البوزلانية إلى الأسمنت البورتلاندي فإنها تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الناتج من تفاعلات الإماهة للأسمنت لتعطي مكونات هيدراتية تترسب في الفراغات الموجودة في العجينة الإسمنتية، ويلاحظ أن هيدروكسيد الكالسيوم وحده ليست له خواص هيدروليكية إذ أنه سهل الذوبان في الماء الجاري ولكن عند تفاعله مع المركبات السليسية الموجودة في هذه المواد تنتج مواد إسمنتية على قدرة عالية من الثبات وتعمل على التقليل من هيدروكسيد الكالسيوم الذي يعتبر من المواد المساعدة على تفتت وتدهور الخرسانة.<sup>[1]</sup>

وقد أثبتت التجارب العملية بدراسات سابقة مطابقة التركيب الكيميائي للمواد البوزلانية لعدة مواقع في الجنوب الليبي للمواصفة (ASTM C 618-3) وبالتالي إمكانية استخدامها كبديل جزئي للأسمنت لتحسين خواص ومثانة الخرسانة وذلك بعد حرقها وطحنها.<sup>[7]</sup>

جدول (1) يبين التركيب الكيميائي لمادة البوزلانا [4]

| النسبة الوزنية (%) | اسم المركب الكيميائي           |                  |
|--------------------|--------------------------------|------------------|
| 52.23              | SiO <sub>2</sub>               | أكسيد السيلكون   |
| 29.65              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | أكسيد الألومنيوم |
| 2.26               | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | أكسيد الحديدك    |
| 18.73              | CaO                            | أكسيد الكالسيوم  |
| 0.96               | MgO                            | أكسيد الماغنسيوم |
| 0.22               | CL                             | الكلور           |
| 0.2                | Na <sub>2</sub> O              | أكسيد الصوديوم   |
| 0.8                | K <sub>2</sub> O               | أكسيد البوتاسيوم |

### التأثير الكيميائي لمادة البوزلانا على الخرسانة والمونة الإسمنتية

عند بداية تفاعل الاسمنت البورتلاندي مع الماء في الخرسانة أو المونة الإسمنتية فإن مركب سيليكات الكالسيوم الثلاثية أو الاليت المتواجد بالإسمنت بنسبة 40 - 50% يتفاعل مع الماء لينتج هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)<sub>2</sub>) الذي ينحل بوجود الماء وينتج بشكل كبير والي جانبه تنتج سيليكات الكالسيوم المائية حسب المعادلة الآتية:

اسمنت البورتلاندي + ماء ← هيدروكسيد الكالسيوم + سيليكات الكالسيوم المائية



وعند إضافة مادة البوزلانا لمكونات الخرسانة أو المونة الإسمنتية فإن التفاعل البوزلاني الذي يحدث تنتج عنه مادة سيليكات الكالسيوم المائية التي لا تحل في الماء كالتالي:

مادة البوزلانا + ماء + هيدروكسيد الكالسيوم ← سيليكات الكالسيوم المائية



وينتج عن هذه الخطوة اختزال لكمية هيدروكسيد الكالسيوم الناتج من تفاعل الاسمنت مع الماء وهذه الخطوة ترجع إلى طبيعة مادة البوزلانا لتعطي مكونات هيدراتية تترسب في الفراغات الموجودة في العجينة الإسمنتية وتقص هيدروكسيد الكالسيوم الذي يعتبر من المواد المساعدة على تفتت وتدهور الخرسانة. [1] حيث ان عمل مادة البوزلانا بداخل الخرسانة والمونة الاسمنتية يتمثل في احداث تغيرات في البنية المجهرية للخرسانة والمونة الاسمنتية وهذه التغيرات هي ناتج مباشر

عن التأثير الفيزيائي والكيميائي لهذه المادة على الخرسانة وتحدث هذه التغيرات على الخرسانة ككل بشكل عام وتحت بشكل خاص في منطقة النقاء المونة الاسمنتية مع سطح الحبيبات الركام وتسمى هذه المنطقة بالمنطقة الانتقالية وتسمى بمنطقة السطح البيئي.<sup>[8]</sup>

### السطح النوعي

عند صناعة البوزلانا يتم طحنها إلى درجة عالية من النعومة عندها في كثير من الحالات المساحة السطحية من 3800 - 4000 سم<sup>2</sup> / جم وبما إن مطلب الماء يزداد بزيادة سطحها النوعي أي زيادة مساحتها السطحية وبالتالي فإن حبيباتها تحتاج للماء بنسبة كبيرة الأمر الذي يؤدي لزيادة نسبة الماء في الخلطات الخرسانية بصفة عامة مما يضطرنا إلى استخدام الإضافات من أجل تحسين التشغيلية للخرسانة.<sup>[6]</sup>

نسبة إضافة مادة البوزلانا إلى الخلطة الخرسانية:

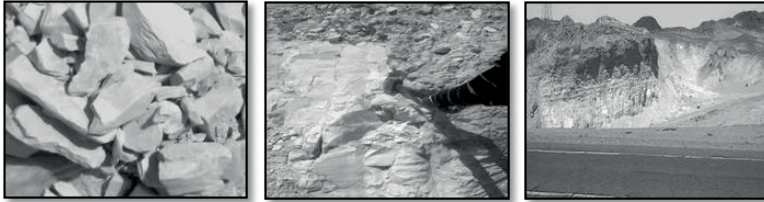
- تضاف بنسبة تتراوح بين (5 - 10) كمواد تصحيحية.
- تضاف بنسبة تتراوح بين (15 - 20) لإنتاج اسمنت بورتلاندي بوزلاني.
- تضاف بنسبة تصل إلى 40 % لإنتاج أسمنت بوزلاني.<sup>[6]</sup>

### البرنامج العملي

#### مراحل إنتاج البوزلانا

1- مرحلة استجلاب العينة (مادة البوزلانا) : تم استخراج العينة البوزلانية التي استخدمت في هذه الدراسة من المنطقة

الجنوبية في ليبيا من موقع يبعد 10 كم بالقرب من منطقة تمنهنت في اتجاه الشمال بجوار الطريق المعبد مباشرة.



شكل (1) يوضح مرحلة استجلاب العينات

2- مرحلة حرق العينات (مادة البوزلانا) : تم حرق العينات بواسطة الفرن الكهربائي في معمل تكنولوجيا الخرسانة بقسم

الهندسة المدنية بدرجة حرارة تصل إلى 800<sup>0</sup> مئوية لمدة ساعتين.

3- مرحلة طحن العينة (مادة البوزلانا) : يتم طحن العينة بعد الحرق حتى نصل إلى نعومة تمكننا من استخدامها

كمضاف للخلطة الخرسانية وذلك بمرور العينة من خلال المنخل رقم 200.



الشكل (2) يوضح مرحلة حرق وطحن مادة البوزلانا

### المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية

- 1 - الماء: مصدر الماء المستعمل في هذه الدراسة هو ماء من مدينة سبها - منطقة حجارة.
- 2 - الأسمت: المصدر: هو اسمنت منتج من قبل مصنع برج زليتن وهو اسمنت بورتلاندي عادي.
- 3 - الركام الخشن (الشرشور) : المصدر: الجفرة .
- 4 - الركام الصغير (الرمل) : المصدر: طريق سبها براك - رمل زلاف.
- 5 - المادة البوزلانية: تم استخراج العينة البوزلانية التي استخدمت في هذه الدراسة من المنطقة الجنوبية في ليبيا.

### الاختبارات المعملية

اجريت الاختبارات لدراسة الخواص الفيزيائية للأسمت البورتلاندي العادي لغرض استيفاء المتطلبات العامة للمواصفات القياسية الليبية.

جدول (2) يوضح الخواص الفيزيائية للأسمت

| الاختبارات         | النتائج           | الحدود القياسية للمواصفات الليبية |
|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| زمن الشك الابتدائي | 2 ساعة و15 دقيقة  | لا يقل عن 45 دقيقة                |
| زمن الشك النهائي   | 5 ساعات و20 دقيقة | لا يزيد عن 10 ساعات               |
| النعومة            | 0.6 %             | لا تزيد عن 10 %                   |

## تصميم الخلطة الخرسانية

في هذه الدراسة تم استخدام طريقة مركز أبحاث الطرق البريطانية ( D.O.E ) في تصميم الخلطة الخرسانية و يرجع السبب في ذلك أنها أكثر الطرق شيوعاً و استعمالاً في اغلب المشاريع في ليبيا و تم تصميم الخلطة الخرسانية بناء على نوعية المواد المستعملة ومواصفاتها وكانت النسبة الغير مقبولة (defective) مساوية لـ 5% والانحراف المعياري من خلال المرجع الخاص بمخططات التصميم للخلطات الخرسانية للشكل 2.5 مساوياً لـ  $8 \text{ N/mm}^2$  وقيمة الثابت k مساوياً لـ  $1.64 \text{ N/mm}^2$  وكانت نتائج مكونات الخلطة كما هو مبين في الجدول أدناه :

جدول (3) يوضح كميات المواد المستخدمة في الخلط بـ (Kg) للمتر المكعب الواحد

| الاسمنت | الماء | الرمل | الشرشور |
|---------|-------|-------|---------|
| 345     | 190   | 510   | 1460    |

**إعداد العينات:** بعد الانتهاء من تصميم الخلطة الخرسانية نحدد نسب الأسمنت والمادة المضافة في الخلطات الخرسانية وذلك بناء على عدد المكعبات الخرسانية لكلا الخلطتين القياسية والبيزولانية والجدول ادناه يبين نسب الأسمنت والمادة المضافة.

جدول (4) يوضح نسب الأسمنت والمادة المضافة في الخلطات الخرسانية

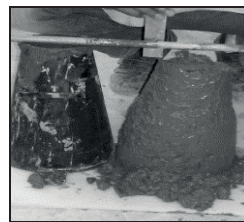
| نوع الخلطة         | اسمنت % | مادة البيزولانا % | الاسمنت kg | بيزولانا kg |
|--------------------|---------|-------------------|------------|-------------|
| الخلطة القياسية    | 100     | 0                 | 12.42      | 0           |
| الخلطة البيزولانية | 85      | 15                | 10.58      | 1.86        |

بعد تحديد النسب لمواد الخلطة وتحضيرها توضع في الخلاط الكهربائي لمدة 3 دقائق تحضر قوالب الزهر بشكل جيد للاستعمال وذلك بعد تنظيفها وترتيب الأوجه الداخلية لها للحصول على عينة متناسقة الشكل وذات حواف مستقيمة.

◀ يحدد قوام الخرسانة الطازجة عن طريق إجراء اختبار الهبوط كما هو مبين في الصور.



(ب) قياس الهبوط للخلطة البيزولانية



(أ) قياس الهبوط للخلطة القياسية

الشكل (3) يوضح الشكل إجراء اختبار الهبوط للخلطتين القياسية والبيزولانية

◀ معملياً تم استخدام ثلاث طرق لمعالجة العينات، وذلك لمعرفة أفضل الطرق لمعالجة الخرسانة البوزلانية وهذه المعالجة

محصورة بمدة زمنية تصل إلى 60 يوم وهي على النحو التالي

أولاً طريقة الغمر : حيث تم وضع 12 مكعب خرساني للخلطة القياسية ونفس العدد للخلطة البوزلانية في حوض المعالجة

بعد مرور 24 ساعة من بداية الخلط حتى فك القوالب واستخراج المكعبات وهذه المكعبات مقسمة إلى ثلاثة مكعبات لكل

فترة معالجة ابتداء من 3 أيام وصولاً إلى 60 يوم.

ثانياً: طريقة الأغذية المبللة (الخيخيش المبلل) : وفي هذه الطريقة تم تغطية 24 مكعب خرساني بالخيخيش منها 12 مكعب

للخلطة القياسية وعدد 12 مكعب للخلطة البوزلانية مع الأخذ في عين الاعتبار أن يتم رش الخيخيش بالماء مرتين في اليوم

لضمان عدم فقدان الرطوبة من العينات المراد معالجتها.

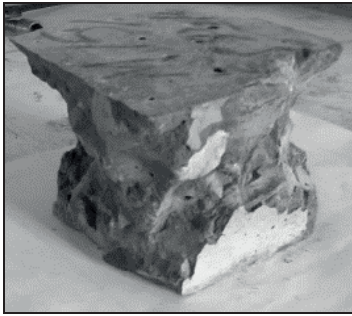
ثالثاً: طريقة الأكياس البلاستيكية : وتضمنت هذه الطريقة تغطية 24 مكعب خرساني منها 12 مكعب للخلطة القياسية

و12 مكعب للخلطة البوزلانية مع مراعاة تليل سطح العينة قبل تغطيتها بالأكياس البلاستيكية.

بعد انتهاء فترة المعالجة المقررة لكل مدة زمنية توضع العينة في جهاز الضغط بين طرفي المكبس وتطبق قوة ضغط

وبشكل منتظم ومماثل لجميع العينات ويتم تحميل العينة حتى فشل النموذج تسجل كل من قراءة مقدار الحمل والإجهاد لكل

مكعب يتم اختباره ويدرس نوع الانهيار وشكله.



(ب) شكل انهيار العينة البوزلانية



(أ) شكل انهيار العينة القياسية

الشكل (4) يوضح انهيار عينات الاختبار

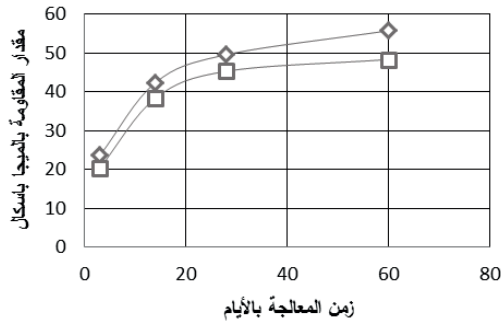
## النتائج

نتائج اختبار عينات الخلطة القياسية والخلطة البوزلانية المعالجة بطريقة الغمر في المياه

مقدار الهبوط: 4 سم للخلطة القياسية - مقدار الهبوط: 3 سم للخلطة البوزلانية

جدول (5) يوضح العلاقة بين الزمن ومقدار المقاومة لعينات الخلطة القياسية والخلطة البوزولانية المعالجة بطريقة الغمر في المياه

| متوسط المقاومات<br>(Mpa) | المقاومة (Mpa) |        |        | الزمن بالأيام | الخلطة             |
|--------------------------|----------------|--------|--------|---------------|--------------------|
|                          | عينة 3         | عينة 2 | عينة 1 |               |                    |
| 23.57                    | 24.28          | 19.74  | 26.69  | 3             | الخلطة القياسية    |
| 42.37                    | 41.05          | 42.39  | 43.67  | 14            |                    |
| 49.54                    | 49.26          | 48.78  | 49.92  | 28            |                    |
| 55.70                    | 59.43          | 51.98  | 55.69  | 60            |                    |
| 20.32                    | 17.39          | 20.49  | 23.10  | 3             | الخلطة البوزولانية |
| 38.33                    | 38.97          | 36.64  | 39.39  | 14            |                    |
| 45.27                    | 43.28          | 47.10  | 45.43  | 28            |                    |
| 48.29                    | 49.73          | 46.35  | 48.81  | 60            |                    |



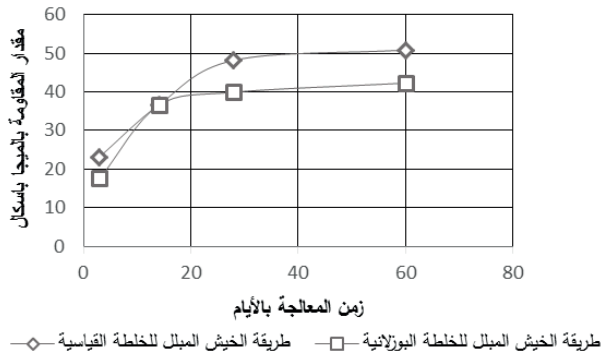
طريقة الغمر في المياه للخلطة القياسية —◇— طريقة الغمر في المياه للخلطة البوزولانية —□—

الشكل (5) يوضح العلاقة بين الزمن ومقدار المقاومة لعينات الخلطة القياسية والخلطة البوزولانية المعالجة بطريقة الغمر في المياه

### نتائج اختبار عينات الخلطة القياسية والخلطة البوزولانية المعالجة بطريقة الأغذية المبلة (الخيخ المبلل)

جدول (6) يوضح العلاقة بين الزمن ومقدار المقاومة لعينات الخلطة القياسية والخلطة البوزولانية المعالجة بطريقة الأغذية المبلة (الخيخ المبلل)

| متوسط المقاومات<br>(Mpa) | المقاومة (Mpa) |        |        | الزمن بالأيام | الخلطة             |
|--------------------------|----------------|--------|--------|---------------|--------------------|
|                          | عينة 3         | عينة 2 | عينة 1 |               |                    |
| 23.17                    | 26             | 27.12  | 16.38  | 3             | الخلطة القياسية    |
| 36.59                    | 36.07          | 37.06  | 36.65  | 14            |                    |
| 48.17                    | 48.37          | 48.87  | 47.26  | 28            |                    |
| 50.83                    | 47.47          | 54.87  | 50.16  | 60            |                    |
| 17.55                    | 19.99          | 15.29  | 17.37  | 3             | الخلطة البوزولانية |
| 36.48                    | 35.00          | 36.13  | 38.32  | 14            |                    |
| 39.91                    | 40.35          | 37.63  | 41.76  | 28            |                    |
| 42.27                    | 45.81          | 41.42  | 39.60  | 60            |                    |

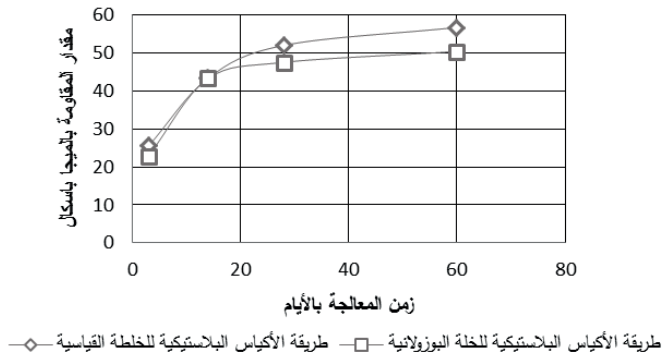


الشكل (6) يوضح العلاقة بين الزمن ومقدار المقاومة لعينات الخلطة القياسية والخلطة البوزلانية المعالجة بطريقة الخيش المبلى

### نتائج اختبار عينات الخلطة القياسية والخلطة البوزلانية المعالجة بطريقة الأكياس البلاستيكية

جدول (7) يوضح العلاقة ما بين الزمن ومقدار المقاومة لعينات الخلطة القياسية والخلطة البوزلانية المعالجة بطريقة الأكياس البلاستيكية

| متوسط المقاومات (Mpa) | المقاومة (Mpa) |        |        | الزمن بالأيام | الخلطة            |
|-----------------------|----------------|--------|--------|---------------|-------------------|
|                       | عينة 3         | عينة 2 | عينة 1 |               |                   |
| 25.50                 | 26.85          | 24.66  | 25.04  | 3             | الخلطة القياسية   |
| 43.39                 | 46.20          | 44.32  | 36.20  | 14            |                   |
| 52.07                 | 55.35          | 49.60  | 51.27  | 28            |                   |
| 56.78                 | 52.31          | 59.73  | 58.28  | 60            |                   |
| 22.89                 | 21.60          | 24.30  | 22.79  | 3             | الخلطة البوزلانية |
| 43.31                 | 39.44          | 44.82  | 45.67  | 14            |                   |
| 47.59                 | 49.53          | 47.43  | 45.81  | 28            |                   |
| 50.46                 | 50.15          | 48.49  | 52.73  | 60            |                   |



الشكل (7) يوضح العلاقة بين الزمن ومقدار المقاومة لعينات الخلطة القياسية والخلطة البوزلانية المعالجة بطريقة الأكياس البلاستيكية



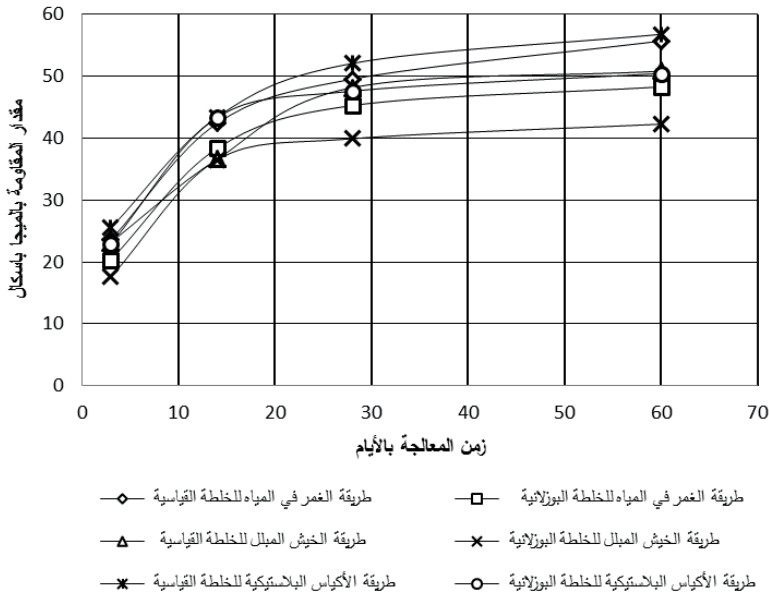
## تحليل النتائج (المقارنة)

جدول (8) يوضح العلاقة ما بين الزمن ومتوسط المقاومات لعينات الخلطة القياسية لجميع طرق المعالجة

| الزمن بالأيام | طريقة الغمر في المياه | طريقة الأغشية المبللة | طريقة الأكياس البلاستيكية |
|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 3             | 23.57                 | 23.17                 | 25.50                     |
| 14            | 42.37                 | 36.59                 | 43.39                     |
| 28            | 49.54                 | 48.17                 | 52.07                     |
| 60            | 55.70                 | 50.83                 | 56.73                     |

جدول (9) يوضح العلاقة ما بين الزمن ومتوسط المقاومات لعينات الخلطة البوزلانية لجميع طرق المعالجة

| الزمن بالأيام | طريقة الغمر في المياه | طريقة الأغشية المبللة | طريقة الأكياس البلاستيكية |
|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 3             | 20.32                 | 17.55                 | 22.89                     |
| 14            | 38.33                 | 36.48                 | 43.31                     |
| 28            | 45.27                 | 39.91                 | 47.59                     |
| 60            | 48.29                 | 42.27                 | 50.46                     |



الشكل (8) يوضح العلاقة بين الزمن ومقدار المقاومة لجميع طرق المعالجة المستخدمة لكلا الخليطين القياسية والبوزلانية

بناء على نتائج الاختبارات المتحصل عليها خلال هذه الدراسة تبين أن استخدام البوزلانا كمادة مضافة للخرسانة كنسبة من وزن الأسمنت بنسبة 15 % من خلالها تم الحصول على مقاومة انضغاط جيدة مقارنة بالخلطة التي لا تحتوي على مضاف البوزلانا (الخلطة المرجعية) وخاصة في عمر 28 يوم. وقد لوحظ أن الهبوط للخلطة القياسية (المرجعية) كان أكبر من الهبوط للخلطة البوزلانية والسبب يرجع إلى استخدام مادة البوزلانا كمضاف للخلطة الخرسانية حيث أشارت العديد من الدراسات والأبحاث بأن عند إضافة مادة البوزلانا للخلطة الخرسانية فإنها تمتص جزء كبير من ماء الخلطة مما يؤدي إلى الانقاص من مقدار الهبوط عند إجراء إختبار (Slump Test) لذا تستخدم المدونات لتحسين هبوط الخرسانة البوزلانية عند الصب. كما أتضح من خلال النتائج أن طريقة المعالجة بالأكياس البلاستيكية التي تم استخدامها في هذا البحث أعطت أفضل النتائج لمقاومة الضغط للخرسانة لكافة الأعمار وذلك للخلطتين القياسية البوزلانية. أما بالنسبة للمعالجة بطريقة الغمر في المياه أعطت نتائج بنسبة 95% من المقاومة المتحصل عليها من طريقة المعالجة بالأكياس البلاستيكية وذلك لكلا الخلطتين في عمر 28 يوم وبذلك تكون هذه الطريقة في المرتبة الثانية كطريقة معالجة في هذا البحث، أما طريقة المعالجة بالخيش المبلل فقد أعطت نتائج مقاومة بنسبة 92% بالنسبة للخلطة القياسية و84% للخلطة البوزلانية من المقاومة المتحصل عليها من طريقة المعالجة بالأكياس البلاستيكية تحديدا في عمر 28 يوم لذلك تأتي طريقة المعالجة بالخيش المبلل في المرتبة الثالثة كطريقة معالجة في هذا البحث. وقد أوضحت الدراسة أن فترة المعالجة التي وصلت إلى 60 يوم زادت من المقاومة ولكن كانت الزيادة بطيئة منذ انقضاء مدة المعالجة التي وصلت إلى 28 يوم وهذا التباطؤ في زيادة المقاومة كان في كافة طرق المعالجة التي استخدمت في هذه الدراسة ولكلا الخلطتين القياسية والبوزلانية.

#### التوصيات :

- 1 - نوصي بتحديد المواقع التي تتواجد فيها هذه المادة وفقا لشروط استخدامها كمادة مضافة للخرسانة والمونة الإسمنتية.
- 2 - بناءً على النتائج المتحصل عليها خلال هذه الدراسة نوصي باستخدام مادة البوزلانا لإنتاج اسمنت بوزلاني أو أسمنت بورتلاندي بوزلاني وذلك بإضافة خط إنتاج لها بجانب خط إنتاج الاسمنت وذلك بناءً على الدراسات التي أجريت عليها وأكدت إمكانية استخدامها.
- 3 - نوصي بتطبيق طرق المعالجة التي استخدمت في هذه الدراسة مع الأخذ في عين الاعتبار تغيير ظروف المعالجة وأخص بالذكر درجة الحرارة نظرا لما يكتسبه الجنوب الليبي من ارتفاع في درجات الحرارة.

4 - تطبيق طرق المعالجة الأخرى المتعارف عليها علميا وعمليا التي لم يتم تطبيقها في هذه الدراسة كالمعالجة بالورق الغير نفاذ، وشمع البرافين، وغيرها من طرق المعالجة الأخرى.

#### المراجع :

- [1] د. إبراهيم درويش - (الخلطات الخرسانية) - منشأة المعارف بالإسكندرية - (1991 ف)
- [2] د. أحمد علي العريان، د. عبد الكريم محمد عطا - (تكنولوجيا الخرسانة) - الجزء الأول - الطبقة الثانية - عالم الكتب - القاهرة، مصر - (1974 ف)
- [3] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني - تقنيات وأعمال الخرسانة - الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج - المملكة العربية السعودية
- [4] أ. د محمود إمام - (الخرسانة) - الجزء الأول - قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة، جامعة المنصورة - (1999 ف)
- [5] محمد ياسين محمد - (تأثير مادة البوزلانا على المونة الإسمنتية) - بحث بكالوريوس غير منشور - (2013 ف)
- [6] Terence c.Holland, Silica fume Association, Federal Highway Administration, Washington (2005).
- [7] Hamza M. A. Alamin "Use of Local Pozzolan Material for Concrete Production", Sebha University, (2008).
- [8] H .Bache," Densified Cement /Ultra- fine Particle -Based Materials "Presented at the Second International Conference on Super plasticizers in Concrete (1981).

# تأثير نوعية الغلاف الخارجي للمنشآت الصحراوية علي انتقال الحرارة خلال جدران المباني

أ.نزار أبو بكر غميص

أ. عزالدين حسن الشيوكي

أ. رواد أحمد كريم

محاضر مساعد ، كلية الهندسة - جامعة صبراتة

محاضر ، كلية الهندسة - جامعة صبراتة

محاضر ، كلية الهندسة - جامعة صبراتة

[Nezargomeed@gmail.com](mailto:Nezargomeed@gmail.com)

[Azden.hasan@gmail.com](mailto:Azden.hasan@gmail.com)

[Rawadkriem@gmail.com](mailto:Rawadkriem@gmail.com)

## المخلص :

تشير الدراسات إلى أن نسبة الحرارة المنقولة من الحوائط وأسقف المباني الواقعة في المناخ الصحراوي الجاف بحوالي 60-70% بينما تأتي البقية عن طريق فتحات النوافذ والأبواب ، وبالتالي فإن الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف تمثل الجزء الأكبر المراد التخلص منه عن طريق أجهزة التكييف ، ولذا فإن العزل الحراري يمثل أهمية كبيرة في تخفيض الحرارة المتسربة إلى داخل المبنى وبالتالي التقليل في استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في تبريده ، حيث إن الحصول علي الكمية المطلوبة من الطاقة الكهربائية تعتبر من أهم المشاكل التي يعاني منها سكان مناطق الجنوب هذه السنوات.

وتهدف هذه الورقة إلى توضيح أهمية العزل الحراري في المباني التي انشأت في المناخ الصحراوي ودوره في تخفيض الطاقة الحرارية المستخدمة في أغراض التكييف من حيث معرفة العزل الحراري وفوائده والتعرف على مواد العزل الحراري الشائعة الاستعمال وخصائصها ثم معرفة كيفية استخدامها في المباني بطريقة سليمة بحيث تؤدي إلى ترشيد الطاقة . حيث استنتجنا من خلال هذا البحث إلى أن مواد العزل الحراري تمثل أهمية كبيرة في المنشآت الواقعة في المناخ الصحراوي الجاف لأنها تؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة بنسبة كبيرة تصل إلى 50% إذا استعملت في المكان المناسب من المبنى وبالكمية المناسبة.

الكلمات المفتاحية : المناخ الصحراوي ، العزل الحراري ، التوصيل الحراري ، الامتصاص.

## Abstract :

Studies show that the heat transferred from the walls and roofs of buildings in the desert climate is about 60-70%, while the rest comes from window and door openings. Thermal insulation is the most effective technique used in reducing the heat transferred into the building and thus reducing the consumption of electric energy used in cooling, where the required amount of electricity is the most important problem experienced the residents of the southern regions of Libya. This paper aims to identify the importance of thermal insulation of the concrete structures in desert areas and its role in reducing electricity consumption. In this research, we concluded that application of thermal insulation in residential buildings is an important technique in reducing the heat transferred into the building and reducing the consumption of electric energy by up to 50% if used in the appropriate place of the building and appropriate quantity.

إن العزل الحراري هو عبارة عن استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة ، بحيث تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ومن داخله إلى خارجه شتاءً ، وتنقسم الحرارة التي تخترق المبنى والتي من المفترض التخلص منها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة الملائمة إلى ثلاثة أنواع وهي الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف والحرارة التي تخترق النوافذ والتي تنتقل كذلك عبر فتحات التهوية الطبيعية، وتكمن فوائد العزل في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية حيث أثبتت التجارب العلمية أن تطبيق استخدام العزل الحراري في المباني السكنية والمنشآت الحكومية والتجارية والصناعية يقلل من الطاقة الكهربائية بمعدلات تصل إلى نسبة 40% ويحتفظ بدرجة الحرارة المناسبة للمبنى لمدة أطول دون الحاجة إلى تشغيل أجهزة التكييف لفترات زمنية طويلة ويرفع مستوى الراحة لمستخدمي المبنى، وإن من أهم العوامل التي تؤثر على اختيار مواد العزل الحراري المناسبة أن تكون المادة العازلة ذات مقاومة توصيل حراري منخفض وعلى درجة عالية لمقاومة لفاذ الماء والإشعاع وأن تكون على درجة عالية في مقاومتها لامتنصاص بخار الماء، وكذلك يجب أن تكون ذات درجة عالية في مقاومتها للإجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة، وأن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل المقاومة الإنضغاطية.

### 1.1 أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في توفير مناخ يبعث الشعور بالراحة الحرارية داخل المباني وتحسين جودة البيئة الداخلية بواسطة زيادة كفاءة العزل الحراري والتي تساهم في خفض استهلاك الطاقة الكهربائية ، بالإضافة إلى حماية المسكن من التصدعات والتلف نتيجة الاجهاد المتبادل لارتفاع وانخفاض درجات حرارة عناصره .

### 2.1 مشكلة البحث

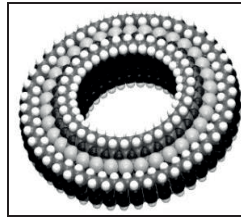
يشعر سكان المناطق الصحراوية إلى عدم الارتياح الحراري داخل المباني وذلك نتيجة لارتفاع الحرارة صيفاً او انخفاضها شتاءً ويرجع السبب في ذلك إلى سهولة انتقال الحرارة من خلال الغلاف الخارجي المكون للمبنى والذي ادي إلى استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل كبير لاستعمالها في وسائل التكييف والتدفئة ، مما جعلنا في هذه الدراسة ان نبحت علي اهم تقنيات العزل الحراري للمباني في المناطق الصحراوية من اجل توفير الراحة الحرارية داخل المبنى والتقليل من معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية.

نساهم من خلال هذا البحث في التعريف بتقنيات العزل الحراري والتي لا نستخدمها كثيرا في بلادنا الحبيبة وطرق استخدامها علي اسطح المباني والتي ترجع بالنفع علي الترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية والتي نعاني منها كثيرا هذه السنوات ، بالإضافة إلى التقليل من التصدعات والتلف الموجود علي اسطح المباني نتيجة الاجهاد المتبادل لارتفاع وانخفاض درجات حرارة العناصر الانشائية.

## 2. مواد العزل الحراري

### 1.2 استخدام تقنية النانو في عزل المباني وحمايتها من المؤثرات الخارجية

تكنولوجيا النانو من أهم التقنيات الحديثة التي تعتبر من نتاج الثورة الرقمية وخاصة في مجال البناء والتشييد ، وهو العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة علي المقياس الذري والجزيئي الذي ساهم في ابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من الألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من المليمتر ، وعادة تتعامل تقنية النانو مع قياسات بين 0.1 إلى 100 نانومتر أي تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلي ألف ذرة ،وهي أبعاد أقل كثيرا من أبعاد البكتريا والخلية الحية [1]. وبالتالي تسهم هذه التقنية في إنتاج مواد بناء ذات مميزات وخصائص حرارية وكهربائية وفيزيائية وكيميائية وميكانيكية فريدة ، فسوف تتمكن مباني النانو من مقاومة درجات الحرارة العالي والإشعاعات الضارة والحماية من الحرائق وأيضا ستمكن هذه المباني من صيانة ومعالجة أي تشققات وتصدعات بها مبكرا ،حيث ستدخل هذه التكنولوجيا في إنتاج مواد البناء لتحسين خصائصها ووظائفها مثل المواد المستخدمة في طلاء المباني والمواد المضافة للخلطة الإسمنتية والجبسية والبلاط وتحسين صناعة الزجاج والأخشاب وصناعات حديد الصلب ورفع كفاءة الطاقة في المباني لتجعلها خفيفة الوزن وأكثر قوة ومتانة وحماية للأسطح والجدران من الحرارة العالية والرطوبة والأشعة فوق البنفسجية بالإضافة ان هذه التقنية تعتبر صديقة للبيئة حيث ستساعد مواد البناء في التقليل من انبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون في البيئة [1] .

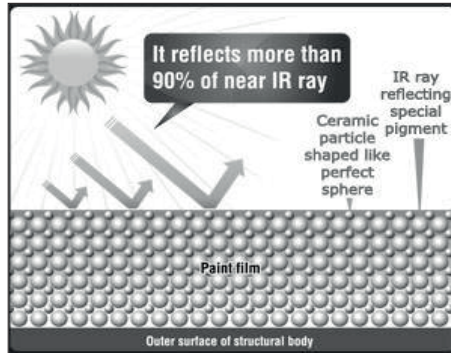


الشكل ( 1 ) يوضح جزيئات النانو [1]

دهانات النانو تتكون من جسيمات متناهية الصغر جدا لها خصائص لامثيل لها مثل المرونة علي الاسطح والالتصاق السهل وله تقنية عالية بالتنظيف الذاتي بمجرد تعرضه للشمس ، حيث تشمل فكرة تطبيق النانو تكنولوجيا في الطلاء على كثيف الأبخرة الكيميائية من اجل إنتاج طبقة تكون مرتبطة بالمادة الأساسية من اجل إنتاج سطح يحتوى على الحماية المطلوبة أو الخواص الوظيفية المحددة [2] . ولقد تم ابتكار نوع من الدهان يتكون من مزيج من مركبات حبيبات السيراميك الكروية الدقيقة الجوفاء والتي تعمل عمل العازل الحراري ، و هذا الدهان يستخدم على الجدران الداخلية و الخارجية على حد سواء و لكنه اكثر فاعلية على الاسطح الخارجية حيث انه يعكس اشعة الشمس و يشتتها ، لذلك فإن دهان السيراميك يعتبر مادة فريدة لتوفير الطاقة الحرارية حيث انها ذات تأثير مزدوج فهي تعكس و تشتت الحرارة بدهانها على الاسطح الخارجية كما انها تحتفظ بحرارة الفراغ الداخلي في ذات الوقت عند طلاء الأسطح الداخلية بها ، و من امثلة دهانات السيراميك ما يلي :

#### 1.1.1.2 دهانات ANZ السيراميك :

تعمل دهانات " ANZ " كدهان خارجي وداخلي للأسطح عامة سواء كانت حوائط داخلية أو خارجية المعرضة لأشعة الشمس المباشرة والغير المباشرة ( شكل رقم3) فيعمل الدهان على تكوين طبقة ذات مواصفات مصممة و مطورة بتكنولوجيا النانو تتكون من بلورات وجزيئات بالغة في الدقة كروية الشكل بدون فراغات مرتبة بشكل هندسي دقيق تعمل على تشتيت وانعكاس أشعة الشمس وحرارتها عن السطح المدهون ، وبالتالي تتخفض درجة الحرارة الداخلية للسطح المدهون عن الدرجة الطبيعية بفارق يزيد عن (20 درجة مئوية)، حيث لا يتطلب أي دهانات خارجية أو داخلية بطانة عند استخدام دهان السيراميك ANZ ، كما أنه في حالة استخدام دهان السيراميك ANZ كعازل للحرارة والرطوبة والأملاح فإنه يغني عن استخدام دهان خارجي عليه كما في حالة الدهان العازل للحرارة العادي ، لأن دهان ANZ يتميز بتنوع ألوانه وتغطيته السريعة [2] .



الشكل ( 2 ) دهان ANZ يعمل علي تشتيت الاشعة الشمسية[2]

دهان بسمك 250 ميكرون ( ربع ميللنتر) يعمل كعازل حراري لجميع الاسطح وتم استخدامه لما فيه من مواصفات وخصائص فريدة من نوعها وهي :

1. مادة خزفية مصممة للعمل كغطاء عازل وعكس الحرارة وتخفيض تكلفة الطاقة.
2. تعكس 95% من أشعة الشمس فتعمل علي توفير الطاقة من 20 % إلى 70% .
3. الدهان الخزفي الوحيد الحاصل علي شهادة الجودة لكود البناء الامريكي كمادة عازلة.
4. مادة صمغية متعددة تحتوي علي مادة مطاطية لتأكيد المتانة وطول العمر .
5. مقاومة الحريق من الدرجة الاولى وفي حالة اندلاع حريق تعمل علي عدم انتشاره.
6. تعمل علي عزل 68% من الموجات الصوتية.
7. لا تتأثر بتمدد وانكماش الاسطح المعدنية مع تغيير درجات الحرارة.
8. تستخدم علي الاسطح المعدنية والخرسانية.
9. صديقة للبيئة مختبرة ومصرح بها من وزارة الزراعة والصحة الامريكية USDA كمادة آمنة.
10. عمرها الافتراضي من 15 إلى 20 سنة علي الأسطح والوجهات الخارجية في الظروف العادية.



الشكل (3) يوضح مدي تماسك جزيئات الدهان المعالج بالنانو [2]



## 2.1.2 استخدام تقنية النانو في تقليل كمية الحرارة الداخلة من زجاج النوافذ

ان اغلبية الزجاج المستخدم في الانشاءات يستخدم علي السطح الخارجي من المباني ولذلك فان التحكم بكمية الحرارة والضوء النافذين إلى المبني الزجاجي يعتبر من الامور الهامة الواجب مراعاتها، وبالتالي فإن هناك العديد من تطبيقات النانو في مجال خامة الزجاج وذلك بهدف مشاركة هذه المادة في التحكم في البيئة الداخلية للمبني وتعتبر مادة ثاني أكسيد السيليكا  $SiO_2$  من أهم المواد التي تستخدم كطبقة طلاء بين طبقات الزجاج وتعمل على [3]:

1. منع التسرب الحرارى لأشعة الشمس عبر النوافذ و ذلك باستخدام تكنولوجيا " الثروموكروماتيك " و هي عبارة عن طلاء طبقة رقيقة جدا تعمل على العزل الحرارى مع توفير الاضاءة المناسبة مما يترتب على ذلك من توفير فى استهلاك الطاقة.
2. اختزان قدر من الحرارة ثم بثها مرة اخرى الى داخل الفراغ الداخلى فى حالة انخفاض درجة الحرارة فيعمل كجهاز تدفئة.
3. عاكس لأشعة الشمس الصارة فوق البنفسجية .
4. خاصية التنظيف الذاتى بتحليل الإتساخات العضوية و مقاومة الضباب .
5. تقنية التحكم فى تغيرات شدة الاضاءة .



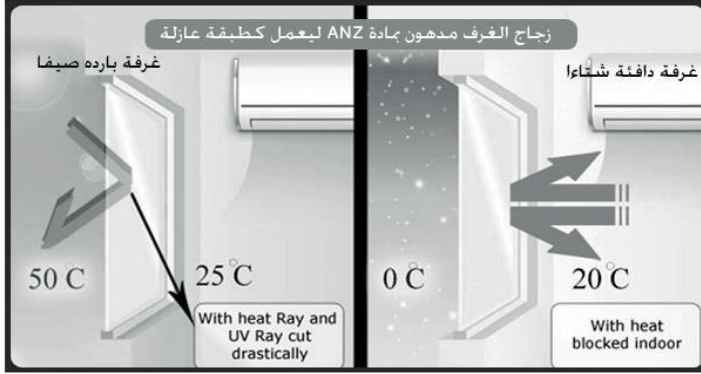
الشكل (4) يوضح الفرق بين زجاج استخدم فيه تقنية النانو وزجاج لم تستخدم فيه تقنية النانو [3]

### 1.2.1.2 استخدامات دهان السيراميك ANZ -G للزجاج لتخفيض تكلفة استهلاك الكهرباء:

يساهم دهان السيراميك ANZ فى تحقيق التصميم الداخلى المستدام لتمييزه بالمميزات الآتية :

1. توفير أكثر من 20% من الطاقة المستخدمة في الفراغات الداخلية في حالة استخدامه في دهان زجاج النوافذ او الحوائط الزجاجية الساترة ،حيث يعمل كطبقة عازلة حرارياً ، ويظهر الأثر الاقتصادي الكبير في الأماكن التي تعتمد اعتمادا كليا على الطاقة ، علماً بان انخفاض درجة التبريد أو التدفئة درجة واحدة فقط يؤدي إلى انخفاض 10% من استهلاك الطاقة الكهربائية ( شكل رقم 6 ) .

2. باستخدام دهانات ANZ يتم تشتيت أكثر من 80% من أشعة الشمس فوق الحمراء قريبة المدى ( NIR ) .



الشكل رقم (5) دهان السيراميك ANZ يعمل كطبقة عازلة للحرارة عند دهانه على الاسطح الزجاجية

## 2.2 استخدام نظام (ETICS) في العزل الحراري باستخدام لوح الفلين العازل (ICB) أو البوليسترين الممدد (EPS)

يوجد العديد من المواد التي يتم استخدامها في العزل الحراري ومن أهمها مادة الفلين (ICB) وهي مادة متجددة وطبيعية 100% و قابلة لإعادة التدوير بالكامل مصنوعة من الفلين الطبيعي دون مواد لاصقة كيميائية أو إضافات يمكن تطبيقها على غلاف المباني الجديدة والمجددة لتحسين كفاءتها في استخدام الطاقة، ويمتاز الفلين (ICB) بالمرونة والتوصيل الحراري المنخفض وتتراوح بين  $(0.045 - 0.040 \text{ W / m } ^\circ \text{ C})$  أي انه يمتاز بخصائص العزل حراري والصوتي، أما مادة البوليسترين (Polystyrene) فهي تصنف من البوليمرات وهي من أهم التقنيات المتداولة عالميا في أعمال التغليف و التعبئة و العزل الحراري للمباني ويتم إنتاج هذه المادة من بلمرة الستايرين الخام و هو مركب عضوي من فصيلة البتروكيماويات و تصنف مادة البوليسترين من عوازل الدرجة الأولى عالميا ، ومن أهم خصائص مادة البوليسترين أنه عازل جيد للحرارة نسبة لتكوينها الخلوي الذي يعمل علي طرد الحرارة وذلك حسب كثافته ، ويعتبر البوليسترين مادة خفيفة الوزن و سهلة الحمل و النقل كما أنها مادة تتحمل قوة الاضغاط و قد أثبتت الدراسات انه كلما زادت الكثافة زادت قوتها

وزادت قوة انضغاطها ،أما عن العزل في المباني فهي تصون المبني من عدة ظواهر طبيعية و كيميائية، ويتم تصنيع مادة البولبيسترين الممدد بع على ثلاثة مراحل وهي :

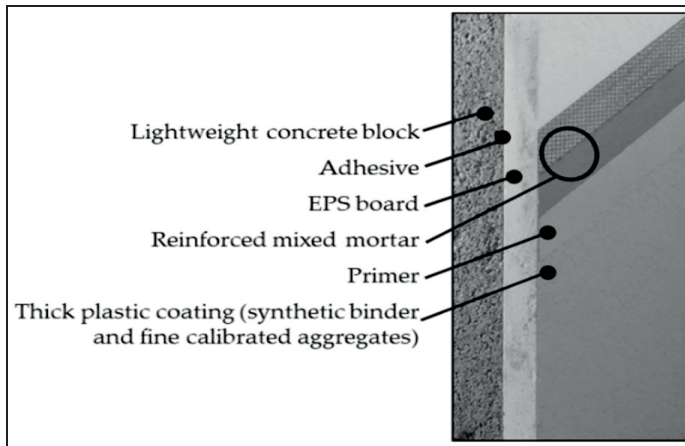
1. مرحلة التمدد الأولى للحبيبات.

2. مرحلة إنضاج الحبيبات الممددة (إحلال جزئي للهواء بدلاً من الغاز).

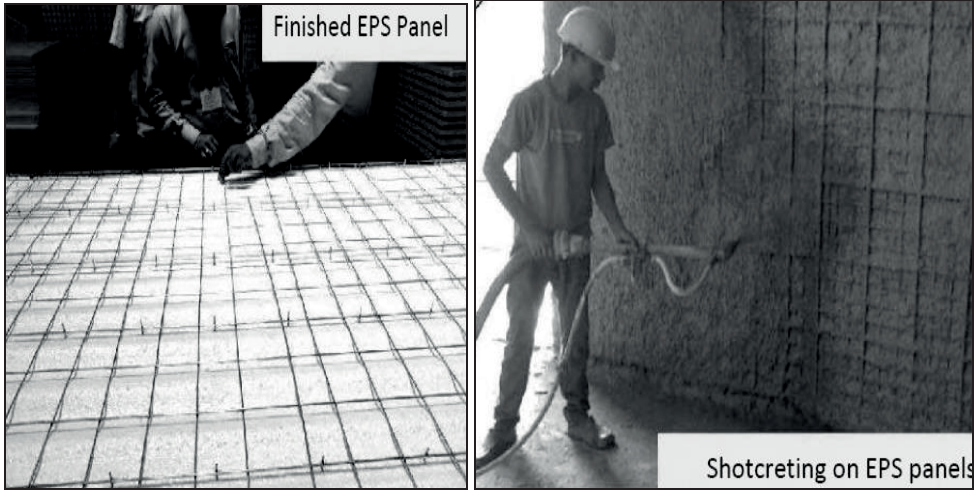
3. مرحلة القولية والتي يجري فيها تعبئة قوالب الإنتاج النهائي بالحبيبات الممددة، ثم يتم حقن القوالب المغلقة ببخار الماء والذي يعمل على تمدد الحبيبات وتمييع سطوحها مما يؤدي إلى التحامها.

ويعد نظام العزل الحراري الخارجي المركب (ETICS) أحد حلول العزل الحراري المستمر لجدران المباني، حيث يقوم بتقليل الجسور الحرارية للمبنى من خلال تحسين معامل النقل الحراري في جميع أنحاء الواجهة الذي يعمل علي تحسين الراحة الحرارية الداخلية في الشتاء والصيف على حد سواء وكذلك يرفع من كفاءة المباني في استهلاك الطاقة، ويشتمل نظام ETICS على لوح عزل مطبق على الركيزة (مثبت ميكانيكياً) ، حيث يتم تطبيق طبقة رقيقة واحدة أو طبقتين من التقوية المسلحة كما مبين في الشكل ( 7 ) ، ويمتاز هذا النظام بخفض وزن الجدران والأحمال الميتة على المبنى وتحسن نفاذية الواجهات وله أيضا مقاومة عالية للتشقق والتقريب ، بالإضافة إلى وجود سماكات وتركيبات وألوان مختلفة

[4].



الشكل رقم ( 7 ) نظام العزل الحراري الخارجي المركب (ETICS)[4]



الشكل رقم (8) كيفية تثبيت مادة العزل الحراري البوليستيرين المقوي بالشبكة المعدنية علي الحائط [5]

### 3. الاستنتاجات والتوصيات

#### 1.3 الاستنتاجات

1. أن تكون المادة العازلة المستخدمة ذات مقاومة توصيل حراري منخفض وعلى درجة عالية لمقاومة لنفاذ الماء والإشعاع وأن تكون على درجة عالية في مقاومتها لامتصاص بخار الماء.
2. أن تطبيق استخدام العزل الحراري في المباني السكنية والمنشآت الحكومية والتجارية والصناعية يقلل من الطاقة الكهربائية بمعدلات تصل إلى نسبة 40%.
3. تعمل تقنية النانو على تعديل خواص المواد الطبيعية و الصناعية عن طريق تغيير الترتيب الذرى للمادة مما يؤدي الى التخلص من الخصائص السلبية او إضافة خصائص اخرى لم تكن موجودة من قبل.
4. تعمل تقنية النانو على تحقيق التصميم الداخلى المستخدم من خلال تحسين كفاءة اداء المبانى القائمة وتطوير و تحسين خواص الخامات التى تستخدم فى تنفيذ التصميم الداخلى.
5. يعتبر استخدام منتجات النانو العازلة من أهم الحلول التى تعمل على تحسين كفاءة المبانى القائمة بالفعل فهى عبارة عن طبقة رقيقة جداً غير مرئية و غير سامة يمكن رشها على أى خامة فتوفر مستوى عالى من العزل الحرارى او العزل المائى كما تعمل على توفير بيئة داخلية مريحة .
6. تقنية النانو تساهم بشكل كبير في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية .
7. منع التسرب الحرارى لأشعة الشمس عبر النوافذ و ذلك باستخدام تكنولوجيا " الثرموكروماتيك " و هى عبارة عن طلاء طبقة رقيقة جدا تعمل على العزل الحرارى مع توفير الاضاءة المناسبة .
8. نظام العزل الحراري الخارجي المركب (ETICS) أحد حلول العزل الحراري الخارجي المستمر لجدران المباني ويرفع من كفاءة المباني في استهلاك الطاقة.

#### 2.3 التوصيات

1. يجب الاهتمام بالعزل الحراري في المباني فهي تصون المبني من عدة ظواهر طبيعية و كيميائية .

2. يجب اختيار مواد العزل الحراري المناسبة بحيث تكون المادة العازلة ذات مقاومة توصيل حراري منخفض وعلى درجة عالية لمقاومة لنفذ الماء والإشعاع
3. استبدال العديد من تقنيات المباني المستدامة و التي يتم استخدامها حالياً بتقنيات النانو لما توفره من امكانيات وتطبيقات خاصة و انه في المستقبل القريب سوف تصبح خامات النانو اقتصادية في التكاليف .
4. استخدام خامات النانو العازلة في معالجة المباني القائمة بالفعل لحمايتها و العمل على ترشيد استهلاك الطاقة بها .
5. تطوير هذا البحث في الدراسات القادمة التي تختص بهذا النوع من المواضيع , وإجراء الاختبارات المعملية في ليبيا ومقارنتها بنتائج الأبحاث العالمية.

#### 4. الخلاصة

إن استخدام العزل الحراري في المباني يعتبر من أهم الإجراءات التي ينبغي الأخذ بها لضمان تحقيق الراحة الحرارية للسكان والاستخدام الأمثل للطاقة الكهربائية في المباني التي تتطلب التكييف وذلك لتفادي استهلاك الطاقة، و من أهم مزايا هذا استخدام العزل الحراري الآثار الإيجابية التي تنعكس على مختلف قطاعات المجتمع والدولة، حيث توفر علي الدولة تكاليف الاستثمار الباهظة في قطاع الكهرباء والمتمثل في بناء محطات توليد الطاقة وزيادة ساعات شبكات نقل وتوزيع الكهرباء. هذا بالإضافة إلى تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الأولية التي تزداد الصعوبة في توفيرها مع مرور الوقت. كما يساهم البرنامج بوضوح في تقليل الانبعاث الغازية الملوثة ، كما ان برنامج العزل الحراري في المباني يعمل علي خلق فرص عمل جديدة وتشجيع السوق المحلية في مجال المواد والأنظمة العازلة للحرارة مما يساهم في دفع عجلة الاقتصاد بشكل إيجابي.

#### 5. المراجع

- [1] رزين فهد الفوزان ، (تقنية البناء بالنانو) ، جامعة القصيم -كلية الهندسة ، 1 ربيع الأول 1438هـ.
- [2] أ.م.د . علا محمد سمير إسماعيل ، (استخدام تكنولوجيا النانو الخضراء في تحقيق التصميم الداخلي المستدام) ، كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
- [3] Will Soutter , (Nanotechnology in Green Construction), 12-2012 .
- [4] José D. Silvestre, André M. P. Castelo , José J. B. C. Silva, Jorge M. C. L. de Brito, (Manuel D. Pinheiro. Retrofitting a Building's Envelope: Sustainability Performance of ETICS with ICB or (EPS) , 2019, 9 (7), 1285; <https://doi.org/10.3390/app9071285>.
- [5] Manual for Expanded Polystyrene(EPS) Core Panel System and its field Application, Central Building Research Institute Roorkee (CSIR) , India June 2017.

## تحديد الخواص الحرارية للخرسانة الاسفلتية في ليبيا باستخدام طريقة مطورة لهذا الغرض

م. هوازن السكبي ، د. محمد بن عمر ، د. محمد السكبي

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس

[roopwalkh@yahoo.com](mailto:roopwalkh@yahoo.com)

### ملخص :

تستعرض هذه الورقة اختبارات لقياس الخواص الحرارية لعينات من الخرسانة الاسفلتية المستخدمة لرصف الطرق في ليبيا. حيث تم تطوير طريقة اختبار جديدة بالاعتماد على طريقة قرص لي، و تم مناقشة تطوير هذا الجهاز في ورقة علمية سابقة. تم اجراء سلسلة من الاختبارات المعملية باستخدام طريقة الاختبار المطورة لعينات من الخرسانة الاسفلتية المختارة لهذه الدراسة. كما تم ايضا مراجعة للدراسات السابقة المنشورة عن التقنيات المتوفرة لقياس الموصلية الحرارية. وكانت نتائج قيم الموصلية الحرارية المتحصل عليها من الاختبارات المعملية في هذه الدراسة متفقة مع الارقام المنشورة في دراسات سابقة، ووجد بأن هذه القيم تتناسب عكسيا مع نقص المحتوى الاسفلتي للخرسانة الأسفلتية، كما تم ايجاد علاقة خاصة تربط بينهما. تم ايضا في هذه الدراسة حساب عدد من الخواص الحرارية الاخرى (السعة الحرارية النوعية (C) والانتشارية الحرارية ( $\alpha$ )) لعينات الخرسانة الاسفلتية المستخدمة في الدراسة وذلك باستخدام قيم الموصلية الحرارية التي تم قياسها باستخدام الجهاز المطور.

**كلمات مفتاحية:** الخواص الحرارية، الخرسانة الاسفلتية ، الموصلية الحرارية ، اختبار قرص لي ، الرصف الاسفلتي ، المناخ الحار جاف

### Abstract :

This paper reports the work carried out to measure the thermal properties of conventional asphalt concrete samples in Libya by using a modify Lee's Disc Apparatus. The design and development of this apparatus was reported in a previews paper. The new test suitable for determining the thermal conductivity of conventional asphalt concrete samples. Towards this end a series of laboratory tests were carried out using the new developed apparatus.

The range of thermal conductivity values determined by the new developed apparatus are in a good agreement with those values reported in the literature. Moreover, other thermal properties such as specific heat capacity, and thermal diffusivity were obtained using calculated thermal conductivity values.

## 1. مقدمة :

تعتبر الخرسانة الاسفلتية المكون الأساسي للطبقات السطحية في الرصف المر السائد في انشاء الطرق في ليبيا. تهتم معظم الجامعات و المعاهد العليا ومراكز البحث بتصميم الخلطة الاسفلتية ودراسة خواصها الفيزيائية والخواص المتعلقة بالاستقرار ومدى مقاومتها للإجهادات المختلفة المطبقة عليها ، لكنها لم تولي اهتمام لدراسة الخواص الحرارية للخرسانة الاسفلتية ، مع العلم ان دراسة الخواص الحرارية مفيدة جدا فهي تعطي على سبيل المثال مؤشرا لتوقع درجات الحرارة و كيفية توزيع الحرارة في الخرسانة الاسفلتية ومدى موصليتها لحرارة الجو والإشعاع الشمسي ومؤشرات ابعدها من ذلك والتي بدورها تؤثر على سلوك الخرسانة في مختلف المراحل بدأ من مرحلة الخلط الى مرحلة فتح الطريق للمرور وحتى اداء الرصف اثناء الخدمة [1].

تعنى هذه الدراسة بتحديد الخواص الحرارية للخرسانة الاسفلتية المستخدمة لرصف الطرق في ليبيا. وبالنظر الى نقص الدراسات والبحوث في هذا المجال ولعدم وجود طريقة واضحة ومعتمدة لقياس هذه الخواص في ليبيا ونظرا للأهمية الكبرى لدراسة هذه الخواص فأن موضوع الدراسة يعتبر جديد وذو أهمية في هذا المجال. وسوف تمكن النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة الباحثين والخبراء من اجراء الدراسات الخاصة بالسلوك الحراري للرصف وعلاقته بالأضرار التي يتعرض لها الرصف الاسفلتي في ليبيا بشكل خاص وفي المناطق الحارة جافة بشكل عام.

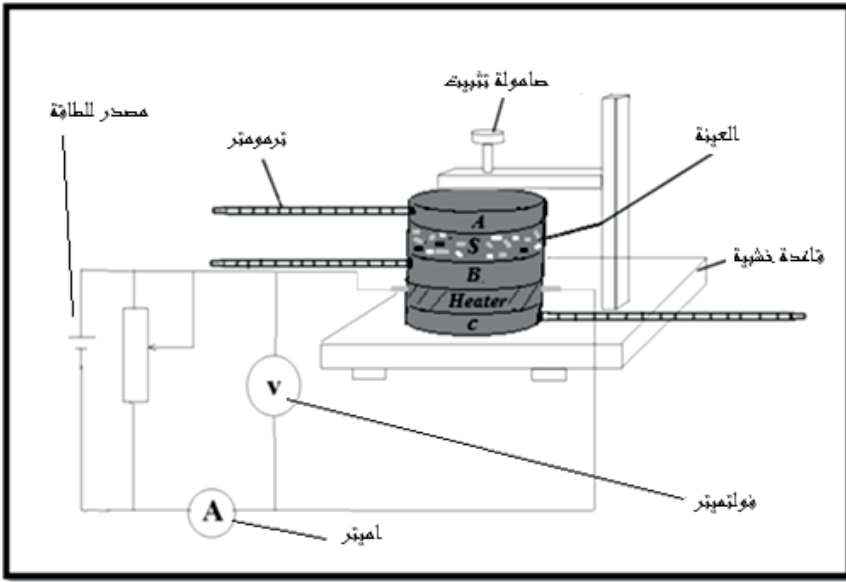
تهدف هذه الدراسة الى قياس الخواص الحرارية لعينات من الخرسانة الاسفلتية في ليبيا ، وذلك بقياس الموصلية الحرارية لها، وايضا حساب عدد من الخواص الحرارية الاخرى وهي السعة الحرارية النوعية (C) والانتشارية الحرارية ( $\alpha$ ) ، ومقارنة النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة مع نتائج موجودة سابقا في اماكن اخرى من العالم.

## 2. قياس الموصلية الحرارية للخرسانة الاسفلتية

هناك عدة طرق لقياس الموصلية الحرارية، ويعتمد اختيار طريقة الاختبار المناسبة على عدة عوامل، اهمها حجم العينات المستخدمة في الاختبار و الظروف المحيطة التي سيجرى بها الاختبار.

تم في هذه الدراسة اختيار جهاز قرص لي Lee's Disc لإجراء الاختبارات المعملية، وقد تم تطويره و تحسينه بما يتناسب مع حجم العينات المختارة و ظروف الاختبار، وقد تم شرح تطوير هذا الجهاز بطريقة مفصلة في ورقة سابقة [2] . ويبين

الشكل 1 المكونات الرئيسية للجهاز المطور.

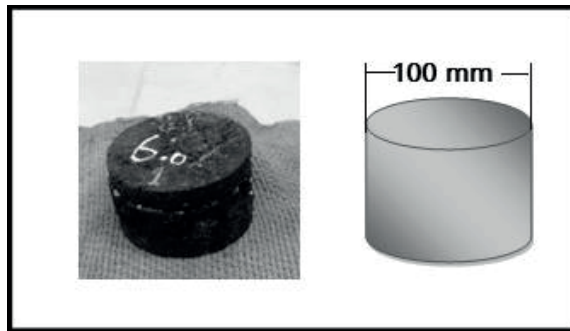


الشكل 1: اختبار قرص لي المطور

## 1.2 عينات الاختبار

عينات الخرسانة الاسفلتية المختارة لإجراء هذه الدراسة عبارة عن عينات محلية بمواصفات مطابقة للعينات المستخدمة في رصف الطرق في ليبيا، تم اعدادها في معمل الطرق بقسم الهندسة المدنية بكلية الهندسة بجامعة طرابلس باستخدام جهاز اختبار مارشال بقطر 100 مم كما هو مبين في الشكل 2.

تم اختيار عينات بأربعة نسب مختلفة من المادة الرابطة الاسفلتية: 5%، 5.5%، 6%، و6.5% بقطر 100مم وارتفاع 75مم. تم قطع كل عينة الى ثلاثة شرائح باستخدام جهاز خاص لقطع العينات الخرسانية بسمك يتراوح بين 15 و 20 مم، وتم تسوية وتنعيم اسطح الشرائح لضمان تلامس جيد مع اقرص الجهاز وبالتالي توزيع حراري منتظم (انظر الشكل 3).



الشكل 2. عينة خرسانة اسفلتية طبقا لطريقة مارشال القياسية





الشكل 3. عينات الخرسانة الاسفلتية المعدة لاختبار الموصلية الحرارية

## 2.2 طريقة اجراء الاختبار

تم اجراء اختبار الموصلية الحرارية لعينات الخرسانة الاسفلتية طبقا لاختبار قرص لي الكهربائي وبما يتناسب مع طبيعة العينات المختبرة، ويمكن تلخيص طريقة الاختبار في الخطوات التالية:

1. قياس اقطار كل من اقراص الجهاز A و B و C و قطر عينة الاختبار S.
2. تنظيف اقراص الجهاز والمسخن الحراري جيدا من أي اوساخ او شوائب عالقة، ثم تثبيت الأقراص والمسخن والعينة اماكنها المخصصة تبعا للترتيب التالي: القرص A ، العينة S ، القرص B ، المسخن ، القرص C على التوالي ، ثم تربط جيدا باستخدام صامولة التثبيت.
3. وضع الترمومترات الحرارية في اماكنها المخصصة.
4. وصل اسلاك المسخن بمصدر كهربائي بفرق جهدها 9 فولت.
5. تشغل الدائرة الكهربائية ليسري التيار الكهربائي خلال المسخن ومنه الى الاقراص والعينة ويترك التيار يسري الى ان يصل الاختبار الى حالة الاتزان الحراري.
6. عندما تصل حرارة جميع اجزاء الاختبار الى الاتزان الحراري لمدة 5 دقائق يتم تسجيل قراءات الترمومترات الثلاثة. تحسب قيمة الموصلية الحرارية لعينة الاختبار باستخدام المعادلة التالية<sup>[3]</sup> :

$$K = \frac{ed}{2\pi^2(T_B - T_A)} \left[ a_s \frac{T_A + T_B}{2} + 2a_A T_A \right] \quad (1)$$

حيث ان:

$$e = VI[a_A T_A + a_s \frac{T_A + T_B}{2} + a_B T_B + a_C T_C]^{-1} \quad (2)$$

$$a_A = a_C = \pi r^2 + 2\pi r \cdot l_d \quad (3)$$

$$a_B = 2\pi r \cdot l_d \quad (4)$$

$$a_s = 2\pi r \cdot l_s \quad (5)$$

حيث:

$$K = \text{الموصلية الحرارية للمادة (جول.ث.}^{-1}\text{.م.}^{-1}\text{.}^{-1}\text{)}$$

$$e = \text{عددجولات الطاقة المنبعثة من كل وحدة مساحة معرضة من سطح القرص (جول.ث.}^{-1}\text{.م.}^{-2}\text{.}^{-1}\text{)}$$

$$l = \text{سمك الاقراص والعينة (م)}$$

$$a_A, a_B, a_C, a_S = \text{مساحات الاسطح المشعة للاقراص A, B, C, و العينة S}$$

$$T_A, T_B, T_C = \text{حرارة الاقراص A, B و C}$$

$$V = \text{فرق الجهد (فولت)}$$

$$I = \text{التيار الكهربائي (امبير)}$$

### 3. قياس الموصلية الحرارية للخرسانة الاسفلتية

تم اجراء اختبارات قياس الموصلية الحرارية للعينات المختارة لهذه الدراسة وذلك وفقا لطريقة الاختبار التي تم شرحها في الجزء (2.2). يتم في كل اختبار تسجيل قراءات الزمن ودرجة الحرارة لكل من عينة الاختبار والاقراص النحاسية. يعطي الجدول رقم 1 مثال لقراءات درجات الحرارة المسجلة لعينة الخرسانة الاسفلتية بمحتوى اسفلتي 5% ، كما يتم تسجيل بيانات الجهاز والعينة مثل التيار الكهربائي وسمك العينة الخ ، والتي تستخدم في حساب الموصلية الحرارية باستخدام العلاقات (1-5) المبينة أعلاه.

يعطي الجدول رقم 2 نتائج حسابات الطاقة المنبعثة (e) والموصلية الحرارية (K) لكافة العينات.

تم استخدام قيم الموصلية الحرارية المتحصل عليها من الاختبار في حساب بعض الخصائص الحرارية الأخرى للعينات والمتمثلة في الانتشار الحراري (α) والسعة الحرارية (C). يعرض الجدول رقم 3 متوسطات هذه القيم.

جدول 1: درجات الحرارة لعينة خرسانة اسفلتية بمحتوى اسفلتي 5%

| درجة الحرارة (°م) |                |                | الزمن<br>(دقيقة) |
|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| T <sub>c</sub>    | T <sub>b</sub> | T <sub>a</sub> |                  |
| 32                | 30             | 28.5           | 0                |
| 34                | 32             | 28             | 5                |
| 36                | 34             | 29             | 10               |
| 38                | 36             | 29             | 15               |
| 40                | 38             | 31             | 20               |
| 41                | 38             | 32             | 25               |
| 42                | 40             | 33             | 30               |
| 43                | 41             | 34             | 35               |
| 44                | 42             | 34.5           | 40               |
| 46                | 44             | 36             | 45               |
| 46                | 44             | 36.5           | 50               |
| 48                | 46             | 37             | 55               |
| 48                | 46             | 38             | 60               |
| 50                | 47             | 39             | 65               |
| 50                | 48             | 40             | 70*              |
| 50                | 48             | 40             | 75               |
| 51                | 50             | 41             | 80               |
| 51.5              | 50             | 41             | 85               |
| 51.5              | 50             | 41.5           | 90               |
| 52                | 50             | 42             | 95               |

جدول 2: قيم الطاقة الكهربائية e والموصلية الحرارية K لعينات الاختبار

| K<br>J/m.S.°C | e<br>J/m <sup>2</sup> .S.°C | رقم<br>العينة | المحتوى<br>الاسفلتي % |
|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------|
| 0.7603        | 5.1157                      | 1             | 5                     |
| 0.7649        | 6.1115                      | 2             |                       |
| 0.8286        | 6.2962                      | 3             |                       |
| 0.712         | 6.7606                      | 1             | 5.5                   |
| 0.7437        | 5.6799                      | 2             |                       |
| 0.8168        | 5.2087                      | 3             |                       |
| 0.7138        | 6.2278                      | 1             | 6                     |
| 0.7284        | 6.1197                      | 2             |                       |
| 0.7295        | 8.1851                      | 3             |                       |
| 0.7097        | 6.1155                      | 1             | 6.5                   |
| 0.7128        | 6.208                       | 2             |                       |
| 0.7515        | 6.4197                      | 3             |                       |

جدول 3: القيم المتوسطة للموصلية الحرارية ولانتشار الحراري والسعة الحرارية

| المحتوى<br>الاسفلتي<br>% | $K_{avg}$<br>جول /م.ث.م. <sup>°</sup> | $\alpha_{avg}$<br>$\times 10^{-7}$<br>م <sup>2</sup> /ث | $C_{avg}$<br>جول/كج.م. <sup>°</sup> |
|--------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 5                        | 0.784603                              | 1.825   | 1833.06                             |
| 5.5                      | 0.75748                               | 1.256   | 2459.08                             |
| 6                        | 0.723923                              | 1.594   | 1895.86                             |
| 6.5                      | 0.724677                              | 1.291   | 2277.56                             |

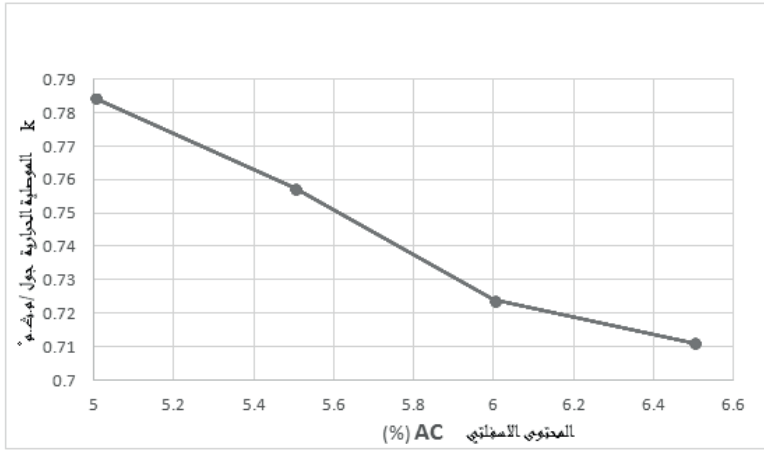
#### 4. مناقشة وتحليل النتائج

كما سبقت الإشارة فقد استخدمت بيانات درجات الحرارة والطاقة الكهربائية المسجلة في كل اختبار في حساب الموصلية الحرارية وأيضاً الانتشار الحراري والسعة الحرارية لعينات الخرسانة الاسفلتية المختبرة عند عدة قيم للمادة الرابطة الاسفلتية. ودراسة النتائج المتحصل عليها تبين ان قيم الموصلية الحرارية المتحصل عليها من الاختبارات تراوحت بين 0.170 و 0.785 جول /م.ث.م.<sup>°</sup> ، وقيمة متوسطة 0.747671 جول /م.ث.م.<sup>°</sup> ، وهي قيم متوافقة مع مدى الموصلية الحرارية للخرسانة الاسفلتية المقاسة في عدة مناطق في العالم والجدول 4 يبين بعض من هذه القيم .

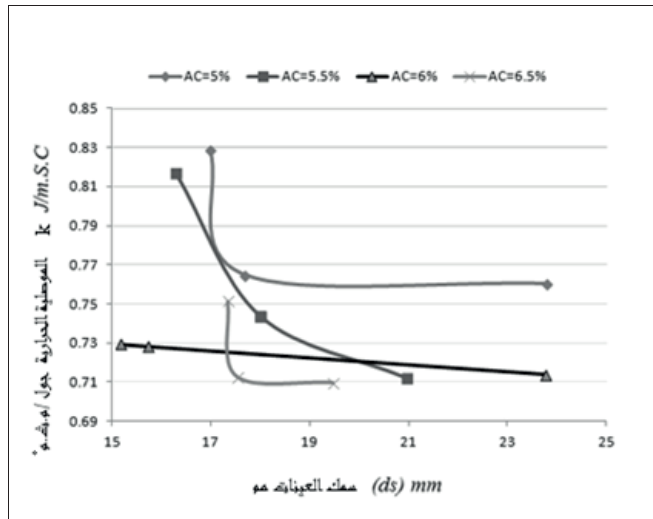
وقد لوحظ ان التغيير في قيم الموصلية الحرارية يتناسب عكسياً مع كل من التغيير في سمك العينات والتغيير في المحتوى الاسفلتي. ويبين الشكلان 4 و 5 العلاقة بين محتوى المادة الرابطة الاسفلتية والموصلية الحرارية والعلاقة بين سمك العينات والموصلية الحرارية على التوالي. اهتمت هذه الدراسة بشكل خاص بتأثير تغير نسبة محتوى المادة الرابطة الاسفلتية في الخلطة على قيم الموصلية الحرارية لها، وهناك حاجة لإجراء دراسات اخرى تهتم بتأثير باقي خواص الخلطة الاسفلتية على قيم الموصلية الحرارية مثل تدرج الركام و الفراغات الهوائية والكثافة وغيرها من العوامل المؤثرة على أداء الخلطات الاسفلتية مثل التقادم.

جدول 4: قيم الموصلية الحرارية للخرسانة الاسفلتية من ابحاث سابقة

| المصدر                             | k, W/mK   |
|------------------------------------|-----------|
| Turner and Malloy <sup>[4]</sup>   | 0.76      |
| Jordan and Thomas <sup>[5]</sup>   | 0.8-1.06  |
| Corlew and Dickson <sup>[6]</sup>  | 1.21      |
| Tegeler and Dempsey <sup>[7]</sup> | 1.21-1.38 |
| Kersten <sup>[8]</sup>             | 1.49      |
| Kavianipour <sup>[9]</sup>         | 2.28-2.88 |



شكل 4: العلاقة بين محتوى المادة الرابطة الاسفلتية والموصلية الحرارية



شكل 5: العلاقة بين سمك العينات الخرسانية والموصلية الحرارية

## 5. الاستنتاجات والتوصيات

يمكن تلخيص اهم النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة في الاتي:

1. تم قياس الموصلية الحرارية للخرسانة الاسفلتية المستخدمة في رصف الطرق في ليبيا باستخدام جهاز قرص لي مطور لهذا الغرض يمكنه اختبار عينات بقطر 100 مم.
2. قيم الموصلية الحرارية المتحصل عليها من الاختبارات (K) تراوحت بين 0.170 و 0.785 جول /م.ث.م°.
3. تتناسب قيم الموصلية الحرارية المقاسة عكسيا مع زيادة محتوى المادة الرابطة الاسفلتية وأيضاً مع سمك عينات الاختبار.

4. قيم الموصلية الحرارية المتحصل عليها من الاختبارات تتوافق مع قيم الموصلية الحرارية المنشورة في دراسات علمية سابقة.

5. تم استخدام قيم الموصلية الحرارية K المتحصل عليها من الاختبارات في حساب الانتشارية الحرارية  $\alpha$  والسعة الحرارية C.

واستكمالاً للهدف من هذه الدراسة نوصي بالاتي:

1. دراسة تأثير خواص الخرسانة الاسفلتية الأخرى مثل التدرج ونسبة الفراغات الهوائية على قيم الموصلية الحرارية.
2. دراسة تأثير العوامل المناخية والتقدم على الموصلية الحرارية.
3. استخدام قيم الموصلية الحرارية والخواص الحرارية الأخرى التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة في دراسة السلوك الحراري للرصيف الاسفلتي في ليبيا وتأثيره على الاضرار التي يتعرض لها الرصف الاسفلتي اثناء الخدمة.

## المراجع :

- [1] (M. O. Imbarek and K. M. Mussa, "Libyan Experience in solving pavement problems in hot arid climates"). (17<sup>th</sup> IRF World Meeting and Exhibition, November 10-14, 2013), Riyadh, Saudi Arabia.
- [2] (H. Alsikibi, M. Bin Omr, M. Esekbi, "A MODIFIED LEE'S DISC APPARATUS FOR MEASURING THERMAL CONDUCTIVITY OF ASPHALT CONCRETE").(4<sup>th</sup> International conference on welding and Failure Analysis of Engineering Materials (WAFAM-2018) November, 2018) p.19-22, Aswan, Egypt
- [3] (Samuel, O.S.; Ramon, B.O.and Johnson, Y.O.2012. Thermal Conductivity of Three Different Wood Products of Combretaceae Family; Terminalia superba, Terminalia ivorensis and Quisqualis indica).( Journal of Natural Sciences Research,2) p .9.
- [4] (Turner, W. C. and Malloy, J. F. 1981. Thermal Insulation Handbook, Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida), p. 549
- [5] (Jordan, P.G. and Thomas, M.E. 1976. Prediction of Cooling Curves for Hot-Mix Paving Materials by a Computer Program), (Transport and Road Research Laboratory Report 729).
- [6] (Corlew, J.S. and Dickson, P.F. 1968. Methods for Calculating Temperature Profiles of Hot-Mix Asphalt Concrete as Related to the Construction of Asphalt Pavements), (Asphalt Paving Technology Proceedings: Association of Asphalt Paving Technologists Technical Sessions, Vol. 37), pp. 101-140.
- [7] (Tegeler, P.A. and Dempsey, B.J., A. 1973. Method of Predicting Compaction Time for Hot-Mix Bituminous Concrete), (Asphalt Paving Technology, Proceedings: Association of Asphalt Paving Technologists Technical Sessions, Vol. 42), pp. 499-523.
- [8] (Kersten, M.S. 1949. Thermal Properties of Soils, Bulletin No. 28),( University of Minnesota Institute of Technology Engineering Experiment Station, Vol. 52, No. 21, June 1).
1. (Kavianipour, A. 1967. Thermal Property Estimation Utilizing the Laplace Transform with Application to Asphaltic Pavement), (International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 20), pp 259-267.



