كتاب وقائع المؤتمر الثالث للتشييد في المناطق الصحراوية

في الفترة 26 -2023/10/28

تنظيم جامعة الجفرة

بدعم من وزراه التعليم العالي والبحث العلمي -ليبيا

اللجنة العلميـــة للمؤتمـــر:

1. أ. د. عبد السلام المبروك عكاشة	رئيسـا
2. أ. د. فرحات غريبي فرحات	مقـررا
3. أ. د. أبراهيم محمد الفقهي	عضوا
4. أ. د. محمد عمران أمبـارك	عضوا
5. أ. د. حكيم سالم عبد القادر	عضوا
6. أ. د. المبروك عبد القادر السنوسي	عضوا
7. أ. د. أحمد محمد الحضيري	عضوا
8. أ. د. مختار معمر أبوراوي	عضوا
9. أ. د. محمد أمحمد شاهين	عضوا
10. د. محمد عبد الفتاح صالح	عضوا
11. د. محمد العربي المحروق	عضوا
12. د. أحمد عثمان رفـــــــه	عضوا
13. د. غرياني أحمد الغريـاني	عضوا
14. د. عزالدين السنوسي العطشان	عضوا

مقـدمـــــة

نظرا 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، حيث يؤثر المناخ على المنشآت بشكل كبير الأمر الذي يدعو الي ايجاد تصاميم واعتبارات ومعالجات خاصة وذلك لجعلها أكثر تحملا واستدامة. أن الحرارة العالية وانخفاض الرطوبة النسبة والرياح المحملة بالغبار وكذلك اشعة الشمس المباشرة كان لها بالغ الأثر في حدوث انهيارات في طبقات رصف الطرق وهذا ما أكدته بعض الدراسات السابقة كما ان هذه المؤثرات المناخية لها تأثير سلبي على بعض المواد الداخلة في صناعة المنشآت والتي تؤدي بالتالي الي حدوث اضرار منها على المواد الخرسانية والموصلية الحرارية للمباني. **وبنـاء** على أهمية الموضوع وعلى ما تم ذكره أنفا وكذلك قلة الابحاث المتعلقة بتأثيرات العوامل الجوية على المنشآت فقد جاءت فكرة عقد مثل هذه المؤتمرات من قسم الهندسة المدنية بجامعة سبها والتي توجت بعقد المؤتمر الأول للتشييد في المناطق الصحراوية عام 2008 ، وعقد المؤتمر الثاني بجامعة الرفاق بمدينة طرابلس عام 2021 وها هو المؤتمر الثالث يستضاف من قبل جامعة الجفرة بمدينة هون في الفترة من 24 – 26 / 10 / 2023 شعورا منها بأهمية وضرورة التركيز على هذه المواضيع المهمة حيث ان القسم الاكبر من الاراضي الليبية هي اراضي صحراوية او شبه صحراوية وسيتم في هذه الدورة التركيز على تأثير الأجواء الصحراوية على احوال الطرق والمباني بصورة خاصة ودراسة الأسباب الموضوعية التي تؤدي الى حدوث تدهور في المنشآت وتقديم بعض المقترحات والحلول الناجعة لمنع حدوث أي مشاكل فنية مستقبلا. **وبنـاء** على ذلك فقد تم الإعلان عن أقامه المؤتمر الثالث 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 المهتمة بالتشييد في المناطق الصحراوية للمشاركة بخبرتهم في هدا المجال والاستفادة منهم في المساهمة في حل بعض المشاكل الموجودة. وفى 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 ثمانون ملخص بحث وثم قبول ستون ملخص بحث بشكل مبدئي، كما استلمت اللجنة أكثر من خمسون ورقة بحثية في صورتها النهائية، وأجازت منهم تسعة وثلاثون بحثا التي يتضمنها هذا المجلد. **وبهـذه** 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 الحصيلة 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 الأربعة في مجلد واحد والمتمثلة في تخطيط وتصميم المنشاءات في البيئة الصحراوية ، مواد التشييد الملائمة للبيئة الصحراوية ، تنفيذ وصيانة المنشاءات في البيئة الصحراوية ، المشاكل والحلول في البيئة الصحراوية. هذا ويحدونا 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 الورقات 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 العلى 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 للمؤتمـر

المحتـويات

التسلسل	عنوان الورقة	الصفحة
المحـور الأول: تخطيط وتصميم المنشاءات في البيئة الصحراوية		
1	القوى المكافئة لتأثير فرق درجات الحرارة بين سطحي عارضة بسيطة الارتكاز عند طرف وكاملة التثبيت عند الطرف الآخر	1
2	مفردات الجملة الفراغية للبيئة الصحراوية "التركيب المكاني لمدينة غات"	9
3	دراسة مقارنة لتأثير أنواع من الطوب على المنشأ الخرساني	26
4	معايير ولوائح التخطيط الحضري بالمناطق الصحراوية في منظومة العمران الليبي بين الواقع والأفاق.	33
5	تأثير الظروف المناخية على تخطيط المدن الصحراوية في إطار التنمية المستدامة "مدينة غات حالة دراسية"	52
6	استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد مواقع المحاجر في ليبيا	69
7	حدود قوام التربة الطينية في بعض مناطق ليبيا	79
المحـور الثاني: مواد التشييد الملائمة للبيئة الصحراوية		
8	دراسة مرجعية: استخدام خبث الافران المنشط قلويا كبديل للإسمنت	87
9	إنتاج خرسانة ذاتية الدمك باستخدام بودرة الرخام	102
10	تأثير درجات حرارة الخلطات الاسفلتية على الخواص الحجمية والدمك	114
11	تأثير نعومة البوزولانا بالجنوب الليبي على مقاومة المونة الإسمنتية	124
12	دراسة خصائص المونة الجيوبوليميرية باستخدام البوزولانا المحلية	133
13	استخدام الخرسانة الاسمنتية المدموكة بالحادلات في انشاء الطرق ومقارنتها بالطرق الاسفلتية في المناطق الصحراوية	142
14	تأثير إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر على خواص الخرسانة	158
15	دراسة مرجعية لاستخدام بعض المواد كبديل جزئي للركام الناعم في ليبيا	172
16	خصائص البوزلانا المحلية الموجودة بالجنوب الليبي	184
17	دراسة الخصائص الانسيابية للأسفلت المعدل ببوليمر الأكريليت وجسيمات أكسيد الألومنيوم النانوية في درجات الحرارة العالية	202
18	دراسة مدى تأثير كبريتات الصوديوم على الخرسانة المصنعة بمواد البناء المحلية	210
19	مقارنة للكميات المطلوبة في تصميم الخلطة الخرسانية دراسة مقارنة للكميات المطلوبة في تصميم الخلطة الخرسانية بطرق مختلفة	223
20	دراسة تأثير أستخدام أنواع الأسمنت بالسوق المحلي على إنسياب الخرسانة ذاتية الدمك	238

21	دراسة مقارنة تصميم الخلطة الخراسانية باستخدام طريقة المعادلات الثلاثة	252
22	الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام البوزولانا المحلية	262
23	دراسة بعض **الخواص الم**يكانيكية للخرسانة المسلحة بألياف البروبيلين	273
24	دراسة تأثير إضافة خبث الأفران كركام خشن على بعض خواص الخرسانة	284
المحـور الثالث: تنفيذ وصيانة المنشاءات في البيئة الصحراوية		
25	دراسة تأثير درجة حرارة الركام الكبير على الخواص الميكانيكية للخرسانة الطازجة والمتصلدة	288
26	تأثير درجة حرارة التجفيف ونوع المعالجة على خصائص المونة الاسمنتية (دراسة بارامترية)	303
المحـور الرابـع: المشاكل والحلول في البيئة الصحراوية		
27	دراسة تأثير العزل الحراري على وحدات تكييف الهواء	317
28	اهمية استخدام العوازل الحرارية في المباني السكنية	330

القوى المكافئة لتأثير فرق درجات الحرارة بين سطحي عارضة بسيطة الارتكاز عند طرف وكاملة التثبيت عند الطرف الآخر

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

ملخص

تتفاوت درجات الحرارة في المناطق الصحراوية ما بين سطحي العنصر الإنشائي بدرجة كبيرة، وإذا ما كان هذا العنصر ممنوع الحركة المحورية فسيتقوس نتيجة الفرق في درجة الحرارة فيما بين السطحين. هذا التقوس سيسبب زيادة في عزوم الإنحناء الداخلية وعزم الإنحناء عند الطرف كامل التثبيت يجب أخذها في الإعتبار عند القيام بأعمال حسابات التحليل الإنشائي.

تهدف الدراسة في هذه الورقة إلى استنتاج فوة مكافئة تنتج تقوسا محاكيا للتقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة من حيث الشكل والطول لعارضة بسيطة الإرتكاز عند طرف وكاملة التثبيت عند الطرف الآخر ممنوعة الحركة المحورية، ولحالتي تحميل الأولى لعزم مركز عند المرتكز البسيط والثانية لقوة موزعة بانتظام ثابت على طول العارضة. تدرج النتائج المتحصل عليها للحالتين لعدد من فروقات درجة الحرارة في صورة جداول ورسومات بيانية ويتم تقديم إقتراح الأنسب منها لحساب القوة المكافئة في كل حالة.

كلمات دالة: المناطق الصحراوية، فرق درجة الحرارة، التقوس، القوة المكافئة، العارضة

مقدمة

تتقوس العارضة بسيطة الإرتكاز عند طرف وكاملة التثبيت عند الطرف الآخر ممنوعة الحركة المحورية بسبب وجود فرق في درجة الحرارة بين سطحيها، وينتج عن ذلك قوى داخلية يجب أن تضاف إلى القوى الناتجة عن الأحمال الخارجية الأخرى المتعرضة لها. يتم في هذه الورقة تمثيل القوى الداخلية الناتجة عن فرق درجة الحرارة بقوى خارجية مكافئة

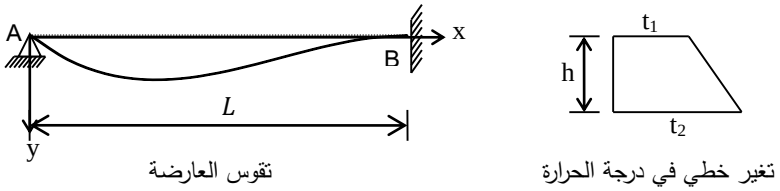
تضاف إلى القوى الخارجية المسلطة على العارضة، حيث تم تقريب التقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة بالتقوس الناتج عن عزم إنحناء عند الطرف بسيط الإرتكاز مرة والناتج عن قوة موزعة بانتظام على طول العارضة مرة أخرى. تعرض النتائج في جداول ورسومات بيانية بقيم عزوم الإنحناء والقوى الموزعة بانتظام لعدد من قيم الفرق في درجات الحرارة، يتم بعدها إقتراح بتحديد القوى المكافئة الممثلة لتأثير فرق درجة الحرارة بين سطحي العارضة في علاقات عامة. ولقد تم في دراسة سابقة إجراء نفس الإجراءات لعارضة بسيطة الإرتكاز عند الطرفين ممنوعة التحرك محوريا [1].

تقوس العارضة بسيطة الإرتكاز عند طرف وكاملة التثبيت في الطرف الآخر

يتقوس هذا النوع من العوارض، ممنوعة الحركة المحورية، نتيجة وجود فرق في درجة الحرارة بين سطحيها وعند تعرضها لقوى خارجية مختلفة.

التقوس 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) والتقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة (Δt).



الشكل 1. التقوس نتيجة فرق درجة الحرارة

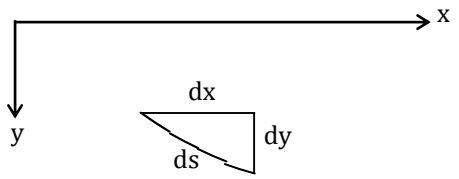
يكون طول القوس (L_1) في هذه الحالة:

$$L_1 = L + \alpha L \Delta t \qquad (1)$$

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

طول التقوس بصورة عامة

يمثل الشكل 2 جزءا متناهيا من قوس بطول (ds) والذي يعبر عنه رياضيا كما يلي:



الشكل 2. جزء متناهي من التقوس

$$ds \cong \sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\,dx \cong \sqrt{1+z^2}dx \qquad (2)$$

حيث: $z = \frac{dy}{dx}$

بتكامل الطرفين:

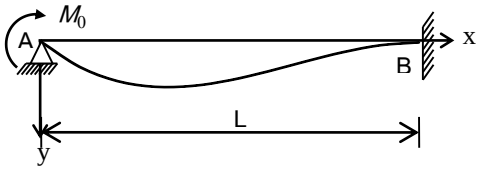
$$L_1 \cong \int \sqrt{1+z^2}\,dx \cong 1+\frac{z}{2}-\frac{z^2}{8} \qquad (3)$$

التقوس نتيجة عزم انحناء مركز طرفيا عند المرتكز البسيط

يمثل الشكل 3 التقوس الناتج عن عزم انحناء (M_0) مركز طرفيا عند المرتكز البسيط. ويمكن استنتاج معادلة الميل لهذا النوع من التحميل من علاقة عزم الإنحناء (M_x) بالتقوس:

$$\frac{\mathrm{d}^2\mathrm{y}}{\mathrm{dx}^2} = -\frac{M_x}{EI} \qquad (4)$$

حيث: (E) معامل يانغ للمرونة و(I) عزم القصور الذاتي لقطاع العارضة.



الشكل 3. التقوس نتيجة عزم الإنحناء الطرفي المركز

عزم الإنحناء(M_x) في هذه الحالة:

$$M_x = \frac{M_0}{2L}(2L-3x)$$

وتكون معادلة الميول:

(5)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{M_0}{4EIL}(3x^2 - 4Lx + L^2)$$

يتم استنتاج طول القوس (L_2) في هذه الحالة بتطبيق المعادلتين (3 و5) ووضعه في الصورة التالية:

$$L_2 \cong L + L(28\gamma - 3\gamma^2)/420 \quad (6)$$

حيث: $\gamma = \left(\frac{M_0 L}{4EI}\right)^2$

بمساواة الطول (L_2) من المعادلة (6) بالطول (L_1) من المعادلة (1) يتم التوصل للعلاقة الآتية:

$$0.0071\gamma^2 - 0.0667\gamma + \alpha\Delta t = 0 \quad (7)$$

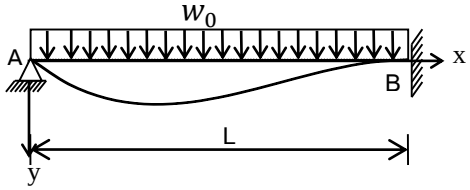
وبمعرفة قيمة $(\alpha\Delta t)$ تحسب قيمة (γ) من حل المعادلة (7). الجدول 1 يعطي قيم $\left(\frac{M_0 L}{EI}\right)$ بإعطاء قيمة $(\alpha = 10^{-5})$ ولقيم (Δt) من 5 درجات إلى 40 درجة مئوية.

الجدول 1. قيم معاملات عزم الإنحناء المكافئ للتقوس نتيجة الفرق في درجة الحرارة

Δt^o	5	10	15	20	25	30	35	40
M_0L/EI	0.10955	0.15493	0.18976	0.21912	0.24500	0.26839	0.28991	0.30994
$M_0L/(EI\sqrt{\Delta t})$	0.04899	0.04899	0.04900	0.04900	0.04900	0.04900	0.04900	0.04901

التقوس نتيجة قوة موزعة بانتظام على طول العارضة

يمثل الشكل 4 التقوس الناتج عن قوة موزعة بانتظام (w_0) على طول العارضة.



الشكل 4. التقوس نتيجة الحمل الموزع بانتظام

عزم الإنحناء(M_x) في هذه الحالة:

$$M_x = \frac{w_0}{8}(3Lx - 4x^2)$$

وتكون معادلة الميول:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{w_0}{48}(8x^3 - 9Lx^2 + L^3) \quad (8)$$

يتم استنتاج طول القوس (L_3) في هذه الحالة بتطبيق المعادلتين (3 و6) ووضعه في الصورة التالية:

$$L_3 \cong L + \left(1716\beta L^7 - 249\beta^2 L^{13}\right)/10010 \quad (9)$$

حيث: $\beta = \left(\frac{w_0 L^3}{48EI}\right)^2$

بمساواة الطول (L_3) من المعادلة (9) بالطول (L) من المعادلة (1) يتم التوصل للعلاقة الآتية:

$$0.0249\beta^2 - 0.1714\beta + \alpha\Delta t = 0 \quad (10)$$

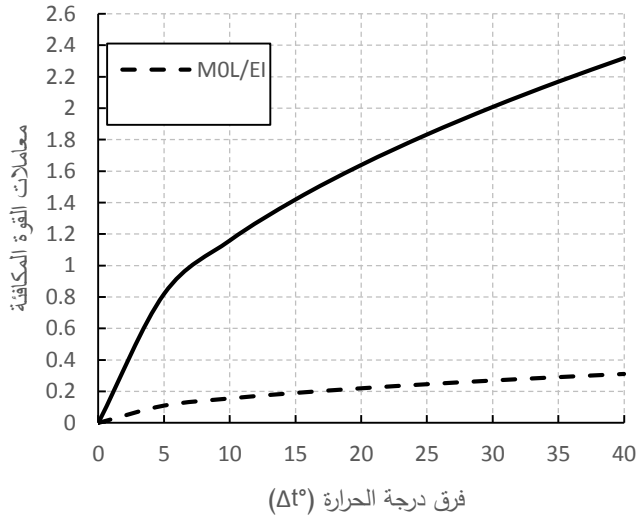
وبمعرفة قيمة ($\alpha\Delta t$) تحسب قيمة (β) من حل المعادلة (10). الجدول 2 يعطي قيم ($\frac{w_0 L^3}{EI}$) بإعطاء قيمة ($\alpha = 10^{-5}$) ولقيم (Δt) من 5 درجات إلى 40 درجة مئوية.

الجدول 2. قيم معاملات الحمل الموزع المكافئ للتقوس نتيجة الفرق في درجة الحرارة

Δt^o	5	10	15	20	25	30	35	40
w_0L^3/EI	0.81977	1.15936	1.41995	1.63965	1.83322	2.00824	2.16919	2.31901
$\frac{w_0 L^3}{}$	0.36661	0.36662	0.36663	0.36664	0.36664	0.36665	0.36666	0.36667

القوى المكافئة المحسوبة والمقترحة

يوضح الشكل 5 تبيانا لتغير معاملات القوى المكافئة المحسوبة في هذه الورقة مع فرق درجات الحرارة لكل من عزم الإنحناء عند الطرف بسيط الإرتكاز من جهة والقوة الموزعة بانتظام على طول العارضة من جهة أخرى.



الشكل 5. معاملات القوة المكافئة لحمل فروق درجات الحرارة

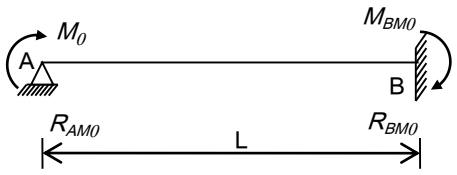
من الجدول (1) يلاحظ أن النسبة $M_0L/(EI\sqrt{\Delta t})$ ثابتة لثلاثة أرقام عشرية في حالة عزم الإنحناء المسلط على طرف العارضة بسيط الإرتكاز وتساوي (0.049) لكل فروق درجة الحرارة المطبقة في هذه الدراسة، كما يلاحظ من الجدول (2) أن النسبة $w_0L^3/(EI\sqrt{\Delta t})$ ثابتة لثلاثة أرقام عشرية في حالة عزم الحمل الموزع بانتظام على طول العارضة وتساوي (0.367) لكل فروق درجة الحرارة أيضا. وعليه يتم هنا إقتراح وضع علاقات عامة لتحديد القوة المكافئة لأي قيمة للفرق في درجة الحرارة بين سطحي العارضة بسيطة الإرتكاز في طرف وكاملة التثبيت في الطرف الآخر كما يلي:

في حالة حمل عزم الإنحناء حول الطرف بسيط الإرتكاز (M_0):

$$M_0 = 0.049\sqrt{\Delta t}EI/L$$

يمكن حساب ردود الأفعال نتيجة هذا الحمل والموضحة في (الشكل 6):

$$R_{AM0} = -0.073\sqrt{\Delta t}EI/L^2$$
$$R_{BM0} = 0.073\sqrt{\Delta t}EI/L^2$$
$$M_{BM0} = 0.024\sqrt{\Delta t}EI/L$$



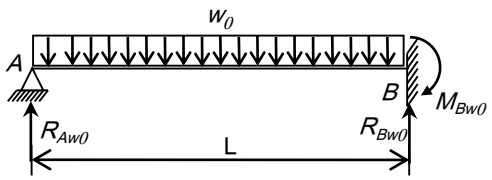
الشكل 6. ردود الأفعال نتيجة (M_0)

في حالة الحمل الموزع بانتظام على طول العارضة (w_0):

$$w_0 = 0.367\sqrt{\Delta t}EI/L^3$$

يمكن حساب ردود الأفعال نتيجة هذا الحمل والموضحة في (الشكل 7):

$$R_{Aw0} = 0.137\sqrt{\Delta t}EI/L^2$$
$$R_{Bw0} = 0.229\sqrt{\Delta t}EI/L^2$$
$$M_{Bw0} = 0.046\sqrt{\Delta t}EI/L$$



الشكل 7. ردود الأفعال نتيجة (w_0)

الخلاصة والتوصيات

تم في هذه الورقة إستنتاج طول التقوس الناتج عن تعريض طرف عارضة بسيطة الإرتكاز كاملة التثبيت في الطرف الآخر إلى عزم إنحناء مركز من جهة، وتعريض نفس العارضة إلى حمل متعامد موزعا بانتظام على طولها من جهة أخرى. وبمساواة طول التقوس في كل حالة بطول التقوس الناتج عن فرق درجتي الحرارة بين سطحي العارضة، تم التوصل إلى علاقات بما يوصف بأنها تمثل القوى المكافئة الناتجة عن هذا الفرق.

يلاحظ من النتائج أن الحمل الموزع بانتظام (w_0) أعطى ردود أفعال أعلى قيمة من تلك الناتجة عن حمل عزم الإنحناء (M_0)، وبذلك يقترح استعمال القوة (w_0) كقوة مكافئة لتأثير فرق درجة الحرارة عند التحليل الإنشائي لهذا النوع من العوارض، ومعاملتها معاملة الأحمال الحية عند حساب الأحمال القصوى على العنصر الإنشائي من حيث المعاملات المحددة بالمواصفات. كما يوصى بإجراء دراسة مماثلة لعارضة كاملة التثبيت عند الطرفين.

المراجع

[1] الطويل، مصطفى محمد، (القوى المكافئة لتأثير فرق درجات الحرارة بين سطحي عارضة خرسانية بسيطة الإرتكاز)، المؤتمر الثاني للتشييد في المناطق الصحراوية، مجلد الأبحاث العلمية، (2021)، ص. 14-25.

الرموز

E	معامل يانغ للمرونة
h	سمك العارضة
I	معامل القصور الذاتي للقطاع
L	طول باع العارضة

L_2, L_3	أطوال التقوس نتيجة الأحمال المختلفة
M_0	عزم الإنحناء الطرفي
M_x	عزم الإنحناء عند المسافة (x)
M_{BM0}	رد الفعل العزمي عند المرتكز (B) نتيجة الحمل (M_0)
M_{Bw0}	رد الفعل العزمي عند المرتكز (B) نتيجة الحمل (w_0)
R_{AM0}	رد الفعل الرأسي عند المرتكز (A) نتيجة الحمل (M_0)
R_{BM0}	رد الفعل الرأسي عند المرتكز (B) نتيجة الحمل (M_0)
R_{Aw0}	رد الفعل الرأسي عند المرتكز (A) نتيجة الحمل (w_0)
R_{Bw0}	رد الفعل الرأسي عند المرتكز (B) نتيجة الحمل (w_0)
t_1	درجة حرارة السطح العلوي للعارضة
t_2	درجة حرارة السطح السفلي للعارضة
w_0	الحمل الموزع بانتظام على طول العارضة
x	المحور السيني
y	المحور الصادي
z	ميل التقوس عند المسافة (x)
α	معامل التمدد الحراري
β, γ	معاملات وعلاقات متنوعة
ΔL	الزيادة في طول العارضة للتقوس الناتج عن فرق درجة الحرارة
Δt	الفرق في درجة الحرارة

مفردات الجملة الفراغية للبيئة الصحراوية

" التركيب المكاني لمدينة غات القديمة "

[1] د. فوزي محمد علي عقيل
استاذ مساعد
fawzi6664@gmail.com

[2] د. عمر علي الأمين
استاذ مساعد
Omar3228579@gmail.com

جامعة المرقب، كلية الهندسة، قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني، الخمس

الملخص: تتناول هذه الورقة أهم سمات التركيب المكاني والتخطيط العمراني لمدينة غات القديمة، وتستعرض بعض اهم الفراغات العمرانية وطرق بناءها وتخطيطها لتلائم الموقع والمناخ.

تستمد هذه الورقة اهميتها من عدم وجود دراسات كافية لعمارة وتخطيط مدينة غات وندرتها، كما تهدف هذه الورقة للتعريف بمدينة غات وتركيبها المكاني من خلال هندسة البناء بها ونمط تخطيط أزقتها وفراغاتها المختلفة.

اعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي بالاستعانة ببعض المطبوعات كالكتب والبحوث وبعض المواقع والمدونات العلمية على شبكة الانترنت والمنهج التحليلي بالاعتماد على نظرية التركيب المكاني واستعمال برنامج ديبت ماب Depthmap والتحليل المحوري الرياضي لأزقة المدينة للوصول لمعرفة طرق البناء والتخطيط العمراني للمدينة مع توفير قاعدة رقمية حسابية للتراكيب العمرانية المكانية بها.

كلمات مفتاحية: مدينة غات القديمة، الفراغات العمرانية، هندسة البناء، نمط التخطيط العمراني، نظرية التركيب المكاني، التحليل المحوري.

مقدمة

إن تطور النمو العمراني للمدن وفق تقنيات نظرية التركيب المكاني يعتمد على تحليل المكونات الفراغية والتراكيب المكانية التي جعلت المدينة تتشكل بما هي عليه الآن. كما يعتمد علي فهم الحركة والطريقة التي يرى بها الملاحظ عناصرها المختلفة كما انها تدرس السلوك الناتج نتيجة تلك التراكيب الفراغية والتي ينشا من التفاعل بين حركة الأفراد وتفاعلاتهم المختلفة. يعتبر التحليل المكاني اعتمادا على الخطوط المحورية (Axial lines analysis) من الافكار الفعالة في تقنية التركيب المكاني كأسلوب لإعادة تمثيل البنية العمرانية [1] حيث يمكن الوصول الى تمثيل الحركة ومجالات الرؤية والمشاهدة ضمن الفراغ الحضري.

تختلف الطرقً المعتمدة للحياة باختلاف المدن وموقعها الجغرافي وبيئاتها المحيطة وتشهد المناطق الحضرية القريبة من التغيرات الاجتماعية المختلفة الكثير من التحسن والتقدم الامر الذي وسع بشكل كبير من التصميم متعدد الاشكال **[2]**. ان عمليات التصميم والتطوير للفراغات المختلفة وسهولة الوصول اليها لا يجعلها فراغات جيدة اذا حرمت من حركة الناس في هذه الأماكن ولن يستعمل الناس هذه الفراغات الا اذا تم تنشيط هذه الأماكن وزيادة جاذبيتها كأماكن للأنشطة الاجتماعية التي تسمح بالتفاعل الاجتماعي للناس في هذه الأماكن العامة **[3]**.

الثقافة عنصر مهم جدا فمع اختلاف الناس وتنوعهم فانهم سيمتلكون صفات مختلفة وتوجهات ايضا مختلفة ومتنوعة فيما يتعلق بالقدرة على الإدارة والقيادة والتي عادة ما يتحكم بها الاساس الثقافي **للناس [4]**. وقد اتفقت الكثير من الابحاث على أن المستوى الثقافي يؤثر بشكل كبير على افكار وسلوك الافراد **[5]**.

أن المشكلة تكمن في وصف الهياكل القائمة والتراكيب المكانية الموجودة للأنماط المختلفة للفراغات وليس طريقة وجودها وإنشائها وهذا ما استطاعت نظرية التركيب الفراغي من ايجاده بواسطة الصيغ والمؤشرات التي تمكنت من هيكلة اغلب الانواع البارزة من التراكيب الفراغية والمكانية وتقديم وصف واضح لها. لقد تعدت النظرية المكان ومواصفاته لتتطرق لعلاقة المكان بالمجتمع وكانت هذه نقطة البداية لتطور النظرية **[6]** وقد انتج هذا تقديم كتاب (المنطق الاجتماعي للفراغ) في عام 1984 والذي تناول نظرية اثر التراكيب المكانية الفراغية على المجتمع والعكس**[6]**, وقد تم وفقا لذلك تطوير النظرية لفهم كيفية عمل التراكيب الفراغية الشاملة للمدن والمجاورات كاملة واكتشاف التكوينات الفراغية المختلفة وما يحدث فيها من علاقات وسلوك مختلف وكان من نتائج ذلك اكتشاف ان طريقة تجميع الفراغات والهياكل المكانية مع بعضها البعض يؤثر بشكل كبير على سلوك المستخدمين **[7]** , وقد اعتمدت النظرية و ادواتها على التحليل الرياضي وانشاء رسوم بيانية واستخراج نتائج حسابية عددية.

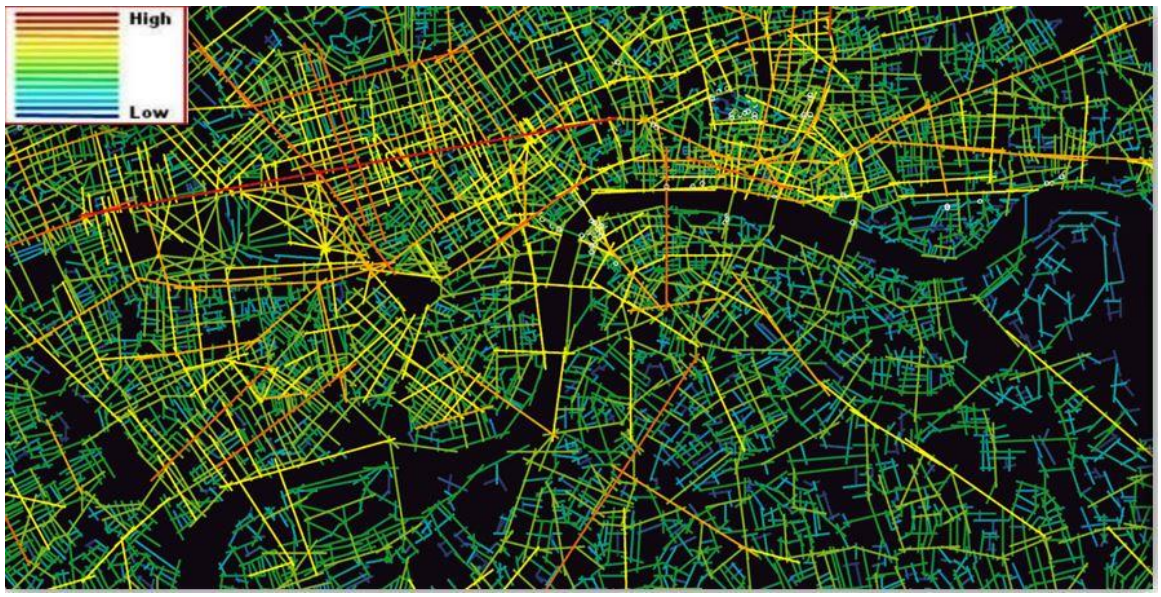
الانظمة الاجتماعية والثقافية

الممارسات الثقافية التي تحدث بين الناس اضافة الى نتائجها المادية وما ينتج عنها من سلوك تمثل ما نعرفه بالثقافة، اما اشكال الحياة المختلفة والمرتبطة مع بعضها البعض في حيز عمراني واحد فيعبر عنها بالمجتمع وللمحافظة على هذه الاجزاء المهمة والتي تتفاعل مع بعضها البعض للعمل مشتركة وفي انسجام وتكامل تام يجب ايجاد ووضع الانظمة

التي ستحافظ على هذا التفاعل بشكله الايجابي لإفراز ما يسمى بالمجتمع متضمنا كل ما تحمله هذه الكلمة من صفات ومكونات وما تعبر عنه من اشكال وانواع.

التحليل المحوري

احدى الطرق المهمة للتحليل المكاني للهياكل الفراغية الكبيرة ويتم من خلاله تحويل الخريطة المحورية المرسومة ببرنامج أوتوكاد وبصيغة**DXF** الى رسوم بيانية وقيم عددية و هو طريقة تمثل العلاقات الترابطية بين كل الفراغات المحورية للمدينة ونوضح العلاقة بين الخطوط المحورية بواسطة الشكل ولون الخطوط و تقديم التحليل العددي الأعلى أو الأدنى من الكفاءة ومع الشكل الرياضي عن طريق تحليل التراكيب المورفولوجية يمكن التنبؤ بالسلوك المكاني البشري فعلى سبيل المثال أثبتت الدراسات التجريبية أن تدفقات المشاة ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقيمة **Local Integration** التكامل المحلي **[8]** ويفضل التطوير في برنامج (**Depthmap**) ويعتبر التحليل المحوري افضل طريقة للحصول على نتائج موثوقة. تقرا الخريطة المحورية بصريا بواسطة الألوان المحورية وفقًا للقيم المحسوبة من الأحمر إلى النيلي عبر البرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق (الشكل 1) او بوضع السهم على أي خط يراد قراءته او حسابيا وعدديا باستخراج الجداول والعلاقات المختلفة بين القياسات المتعددة.



الشكل (1) الخريطة المحورية

البلدة القديمة غات

إن مساكن المدينة وضواحيها متشابهة و كلها مبنية بالحجارة و الطوب الطيني ، و مقاومة للأمطار و الرطوبة ، و هي نادرة الهطول خلال سنة كاملة ، إن شكل البيوت و طراز إنشائها و تقاسيمها الداخلية مطابقة و متشابهة تماماً لجميع مباني القرى في – بلاد الأمازيغ الإسلامية فالدخول من الباب الخارجي للبيت وهو في العادة باب ضيق و منخفض و بالمرور من السقيفة و هي عبارة عن ممر طويل مسقف ينتهي إلى ساحة المنزل الداخلية اما السقائف ولبرودتها فهي مصممة على أن تكون أفضل مكان يقضي فيه سكان البيت اوقاتهم لتجنب حرارة فصل الصيف الشديد . أكثر أهل غات و خاصة التجار يستقبلون زوارهم في السقيفة المفروشة بالحصير و الزرابي الصوفية المزركشة المفروشة على أرض رملية بيضاء نظيفة و يتكون على و سائد من الجلد المصنوع في السودان و المحشوة بالقطن أو الشعر . ساحة البيت الداخلية غير مسقوفة و تضيئها الشمس من جميع الجهات ، وفي جوانبها أبواب الحجرات ، أما المطبخ و المنافع تقع في ساحة أخرى داخلية يسوقك إليها ممر ضيق الساحة يقع خلفها زقاق أو ممر خارجي ، و الأبواب الخارجية و الداخلية ضيقة و أعتابها منخفضة نظرا لندرة المواد الخشبية المستعملة في صناعة الابواب و هي عادة من أخشاب النخيل و بعض الأشجار الساقية الغير مثمرة ، و بعضها مصنوعة من أحزمة الجريد أو الخشب المغلف بجلد الجمال و الأبقار ، إذا استثنينا بعض الابواب الحديثة التي بناها التجار الطرابلسيون و الغدامسيون فإن جميع بيوت المدينة خالية من النوافذ ، و لمقاومة الحشرات فإن جميع الاسقف مصنوعة من خشب الأثل و البرمبخ المقاوم لهذه الحشرة وفى حالة استعمال خشب النخيل و جريده فعادة ما يُدهن بالجير و الفلفل كمادة واقية للتأكل بسبب نوع من الحشرات الأرضية المتسلقة مثل (حشرة الأرضة و النمل). كما يبنى في وسط كل حجرة موقد من الطين مدفون في التراب يُكشف عنه وقت، توقد فيه في فصل الشتاء النار للتدفئة وعمل الشاي، و في كل حجرة مخصصة للنوم يعمل فيها سدة طبيعية من الرمل ترتفع قليلا عن الأرض وتزين و بعض الحجرات بنقوش جميلة تحاط بفتحات داخل الجدار لوضع بعض. الحاجة التحف لوازم الزينة وأدوات الأكل والبخور .

الموقع الجغرافي:

تقع غات في أقصى الجنوب الغربي من ليبيا فهي تقع إلى الجنوب الغربي من غدامس وسبها ومرزق وتبعد عن طرابلس مسافة 1360 كم عند عنق وادي مارازت بين سلستين من الجبال العالية الشرقية منهما تسمى جبال تدرارت أو اكاكوس والغربية منهما تسمى تسيلي ان انجر وهي تقع على دائرة عرض 37 ، 24 شمالاً وعلى خط طول 7.27 شرقاً .شكل (2)

معالم المدينة

يحيط بمدينة غات سور دائري يضم أثار أبراج مربعة الشكل. ويعتقد أن هذا السور بُني في الفترة السابقة لانتشار الإسلام في المناطق الصحراوية ويضم المنطقة الوسطى للمدينة التي تضم القلعة والبيوت المحيطة بها ويعود بناء السور إلى ما بعد القرن الرابع الهجري. تم بناء القلعة على الأرجح في موقع حصن قديم، وتركت خالية بعد هجوم الطوارق عليها في عام 1879, وتعتبر الثكنة العسكرية الأثر الوحيد للحكم العثماني في مركز التجارة الصحراوية غات، وتم إنشاؤها عام 1879، أيضاً يعرف المسجد الكبير في غات باسم "العتيق"، ويقع ملاصقاً للحصن ولميدان أشيلي التي تقام فيه الاحتفالات الدينية. ويرى الداخل إلى المسجد أربعة أقواس غير منتظمة، ويتميز بمئذنته على شكل هرم ناقص، وتضم غات عدة زوايا، وأشهرها تأسست عام 1860م، وهي عبارةٌ عن بناء مربع الشكل له باب ومئذنة طُلِيَت جدرانها بالجبس. وتستخدم هذه الزوايا لتعليم الأطفال القرآن الكريم. كما انه توجد مقبرة خارج المدينة على أطراف الواحات الصحراوية بالقرب من ضريح سيدي عبد الرزاق وضريح الشريف موسى عبد الكريم التواتي وضريح الافاطمة. وإلى الجنوب من بركت توجد أثار قلعة تسمى ديدت، وأمامها جبانة كبيرة بها قبور مبنية بالأحجار على هيئة مثلث اما إلى الغرب من غات فيمر وادي الفيوت ويوجد به كهف به رسوم صخرية شبيهة برسوم أكاكوس وهي رسوم ملونة تمثل الأبقار والنعام والزراف والحفلات الراقصة. شكل (3)

شكل (2) مدينة غات

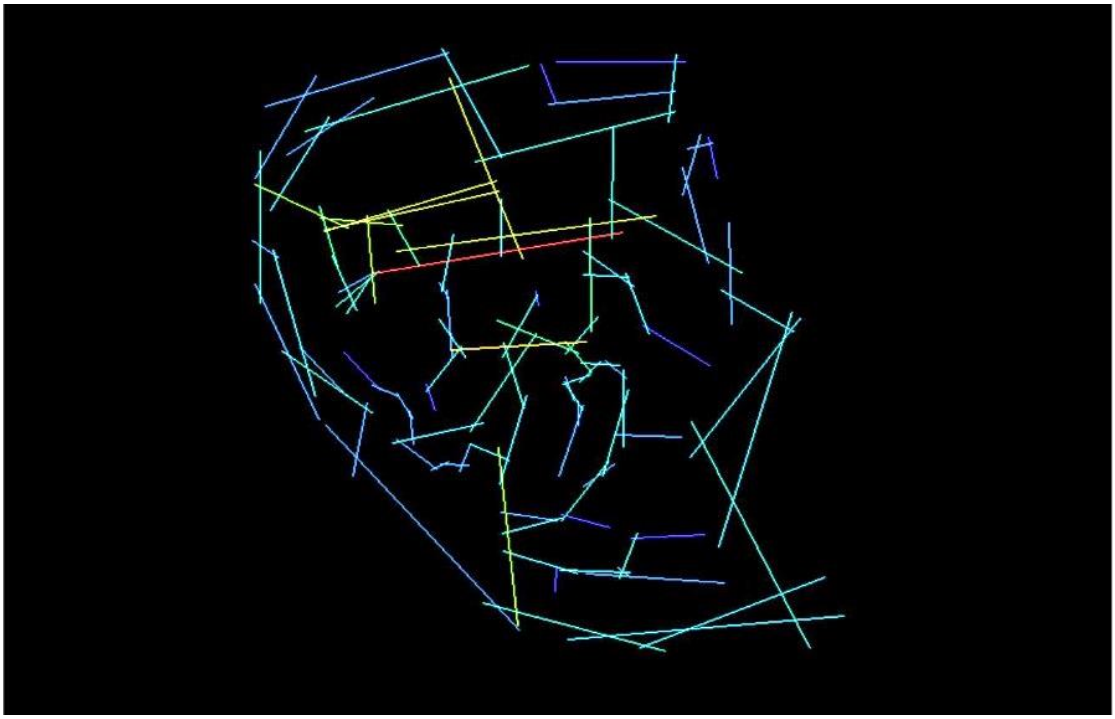
شكل (3) بعض معالم مدينة غات

نمط شبكة الشوارع وتنوع اختيار المسار

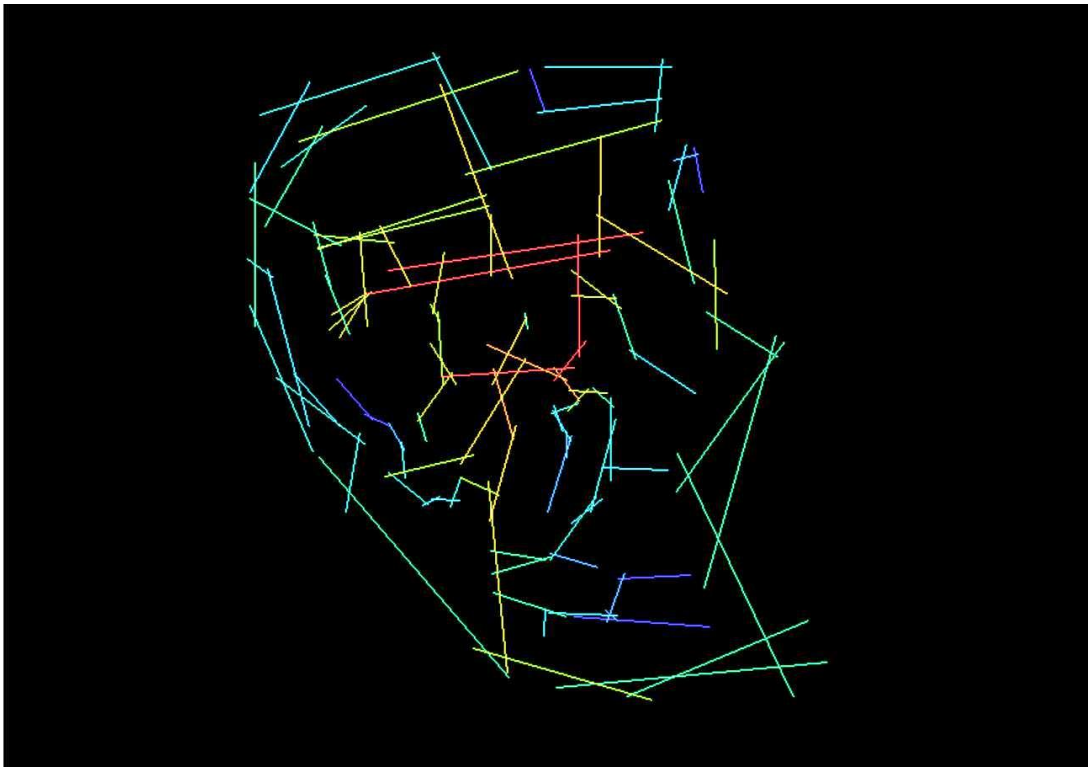
لقد سجلت مدينة غات قيم ترابط متوسطة نسبة الى باقي المدن الليبية وهذه القيم ليست غريبة لأن فراغات المدينة متتابعة في العمق وتخدم في الدرجة الاولى المشاة وهذا النمط يعكس الخصوصية و يعني هذا ان انماط توزيع الفراغات تهيمن عليها الفارغات الحضرية المغلقة وهي لا تشجع على إتاحة التنوع في اختيار المسارات وهي عادة قيم تسجل في هذا المتوسط للمدن التقليدية ذات الازقة الضيقة والمخصصة للمشاة فقط وقد بلغت قيمة الترابطية connectivityمدينة غات 3.18.(الشكل 4)

إمكانية الوصول والحركة للتراكيب الحضرية المكانية الشاملة

من خلال نتائج قيم القياسات قد بلغت قيمة التكامل الشامل global integration 0.79 الشكل (5) ويعني هذا الامر أن القيمة ضعيفة إلى متوسطة ويفسر هذا المعنى بأن التركيب المكاني لهذه المدينة أقل ترابطاً من المدن الحديثة وأن تركيبها المكاني لا يشجع كثيرا على الانتقال من أي جزء في المدينة إلى الاجزاء الاخرى بشكل سهل وتختصر الحركة ضمن شوارع وأزقة محددة.



الشكل (4) الترابطية connectivity



الشكل (5) التكامل الشامل global integration

إمكانية الوصول والحركة للتراكيب الحضرية المكانية المحلية

اما بالنسبة للتكامل المحلي (local integration) فإنه قد بلغ قيمة 1.37 الشكل (6) وهذا يمثل قيم منخفضة نسبة إلى قياسات المدن الليبية جدول (1) وهو يعني أن البيئة العمرانية لمدينة غات أقل ارتباطا فيما بين أجزائها ويفسر هذا ايضا نسبة الخصوصية العالية نسبياً ومن خلال دراسات سابقة فان التكامل المحلي يفسر من خلال التسلسل الهرمي إمكانية الوصول والحركة المحلية للمشاة ويتميز التكامل المحلي المتوسط تقديرات المزج للخطوط المحورية في نصف القطر 3 (الجذر بالاضافة الى خطوتين طبولجيتين من الجذر) وبمقارنة قيمة هذا المؤشر مع بعض قياسات

جدول (1) قياسات بعض المدن الليبية

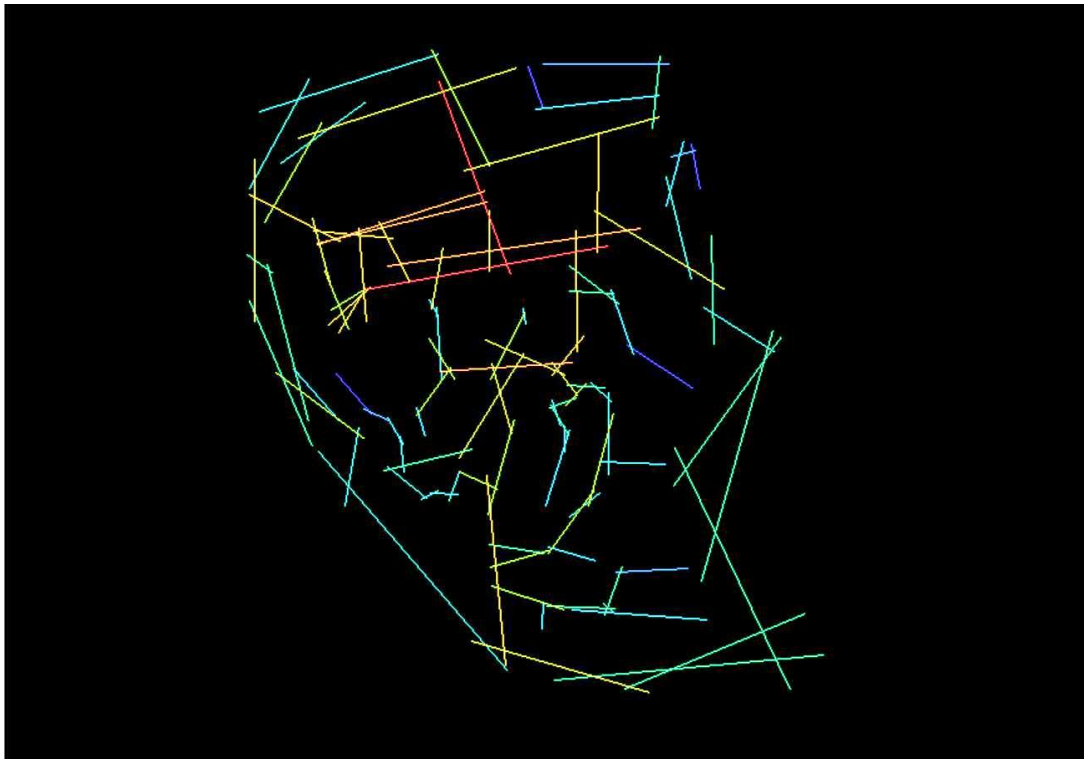
synergy	intelligibility	global integration	local integration	
0.4041	0.219	1.15	2.5	بنغازي القديمة
0.3204	0.1565	0.992	2.528	طرابلس
0.4456	0.1976	0.948	2.229	طرابلس القديمة
0.7128	0.3286	1.293	1.842	الخمس
0.3563	0.2134	0.898	1.809	بنعازي
0.2747	0.0624	0.348	1.303	بني وليد
0.191	0.0987	0.5037	1.518	غدامس

المدن الليبية فإن التكامل المحلي لفراغات مدينة غات هو وأقل من الكثير من المدن وأن اعلى قيم لهذا التكامل كانت عن الميادين والشوارع الرئيسية.

التعقيد الشبكي المكاني لنظام الطرق

ويكون مقياس (entropy) هو المسؤول عن تحديد مدى تشابك وتعقيد الشبكة المكانية ويشير هذا المقياس الى القدرة على الانتقال في نظام الطرق والتفاعل بين المناطق المختلفة ويتم حساب هذا المقياس عن طريق تحليل الشبكة المكانية ودرجة اتصال كل عقدة (نقطة تفرع في الشبكة) في نظام فراغات الطرق ويتم استخدام المقياس لتحليل الانظمة الحضرية وفهم التنظيم المكاني للمدينة خاصة فيما يتعلق في تصميم الشوارع والتاثيرات الناتجة عن تغيراتها على حركة المشاة والتفاعل الاجتماعي في المدينة.

تعبر قيمة 3.24 لهذا المقياس الشكل (7) على ان الشبكة المكانية للنظام الطرقي في المدينة معقدة نسبيا وان هناك تشابكاً نسبيا عاليا بين الشوارع وهذا يشير لوجود عدد كبير من المسارات المختلفة والروابط بين الاحياء والاماكن



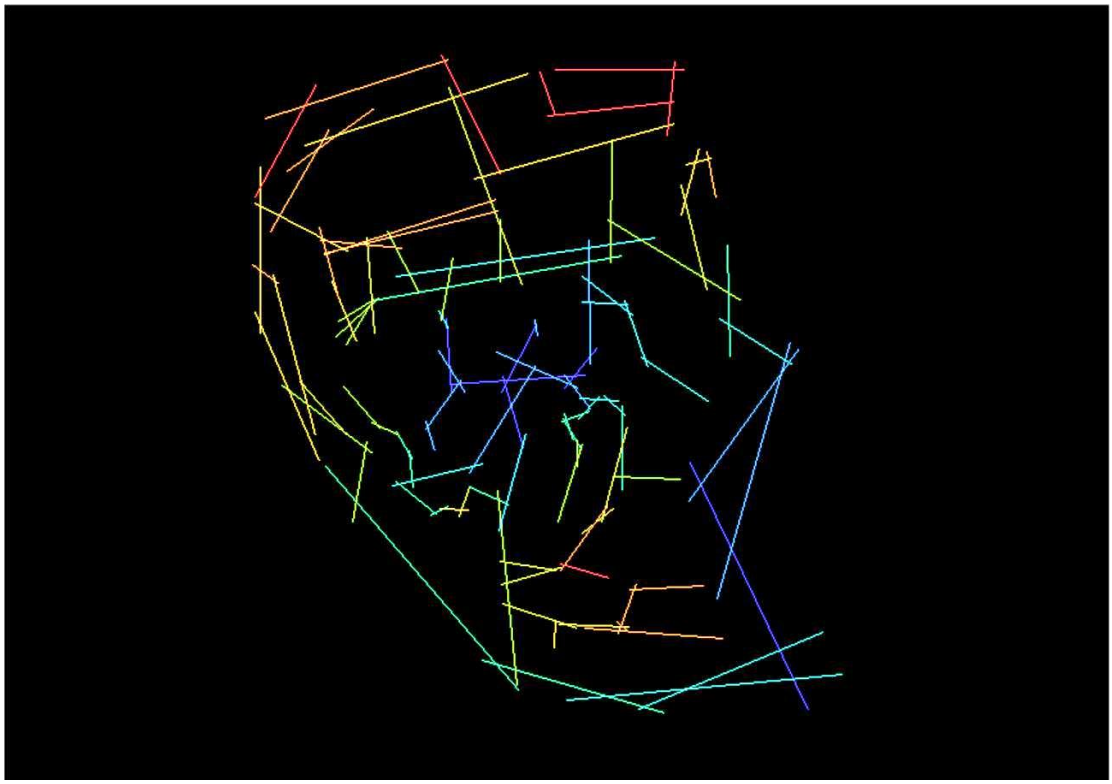
الشكل (6) التكامل المحلي local integration

المختلفة وممكن ان يؤدي هذا الى تحسين الوصول وزيادة التفاعل الاجتماعي والتنوع التقافي لذلك فإن قيمة هذا المقياس مفيدة جدا لفهم التنظيم المكاني وتصميم الشوارع والمناطق المختلفة للمدينة.

متوسط عمق المواقع في الشبكة المكانية

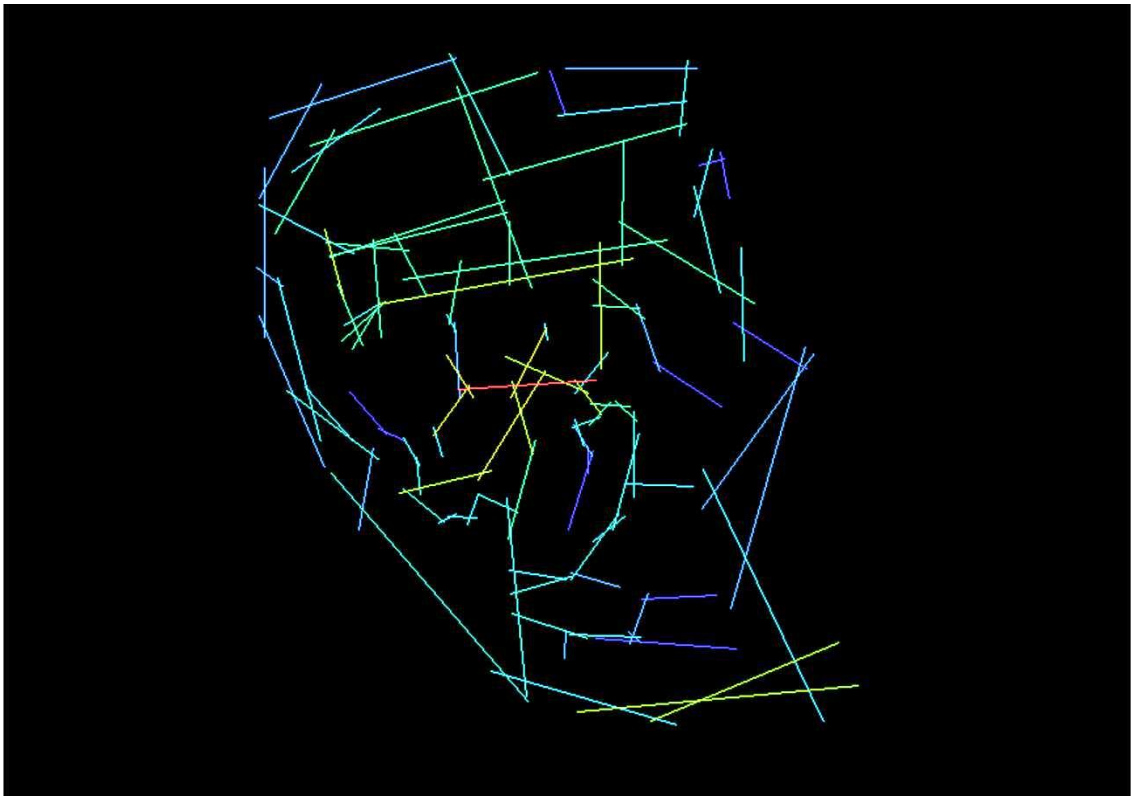
بشكل عام يمكن تفسير مقياس harmony mean depth ومدى استجابة نظام فراغات الشوارع لتلك المواقع وكلما كان متوسط القيمة أقل فإن ذلك يعني أن للمدينة شبكة مكانية متصلة وسهلة الوصول وبالتالي يمكن للسكان الوصول لكل الاماكن بسهولة وعلى عكس ذلك كلما كان المتوسط اعلى فانه يعني ان المدينة تحتوي على شبكة مكانية أكثر تعقيدا واقل سهولة في الوصول الى المواقع المختلفة ويمكن استخدام هذا القياس في تصميم المدن وتحسين نظام الطرق لتحسين سهولة الوصول وتعزيز الاستجابة للاحياء والمناطق المختلفة. إن تسجيل قيمة 6.24 كمتوسط لهذا المؤشر الشكل (8) لمدينة غات يعني أن المدينة تحتوي على شبكة مكانية معقدة نسبيا وأن الوصول الى المواقع المختلفة سيكون

اكتر صعوبة وهو امر يجعل المدينة قد تواجه تحديات في توفير الوصول السريع بسبب تعقيد الشبكة المكانية، هذا الامر يمكن ان يؤذي الى تقييد جزئي للحركة والتنقل بسهولة والذي بدوره سيؤدي الى استهلاك وقت اضافي.



الشكل (7) مقياس التشابك والتعقيد entropy

للوصول الى مواقع مختلفة لكن مع هذا كله يجب الانتباه الى ان هذا المقياس لايعني بالضرورة الى ان مدينة غير جذابة او غير مرغوبة بل هو مؤشر لتحليل وفهم نظام فراغات الطرق لتطوير الاستراتيجيات لتحسين الوصول الى المواقع المختلفة وتعزيز الاستجابة لاحياء ومناطق المدينة.



الشكل (8) مقياس متوسط العمق harmony mean depth

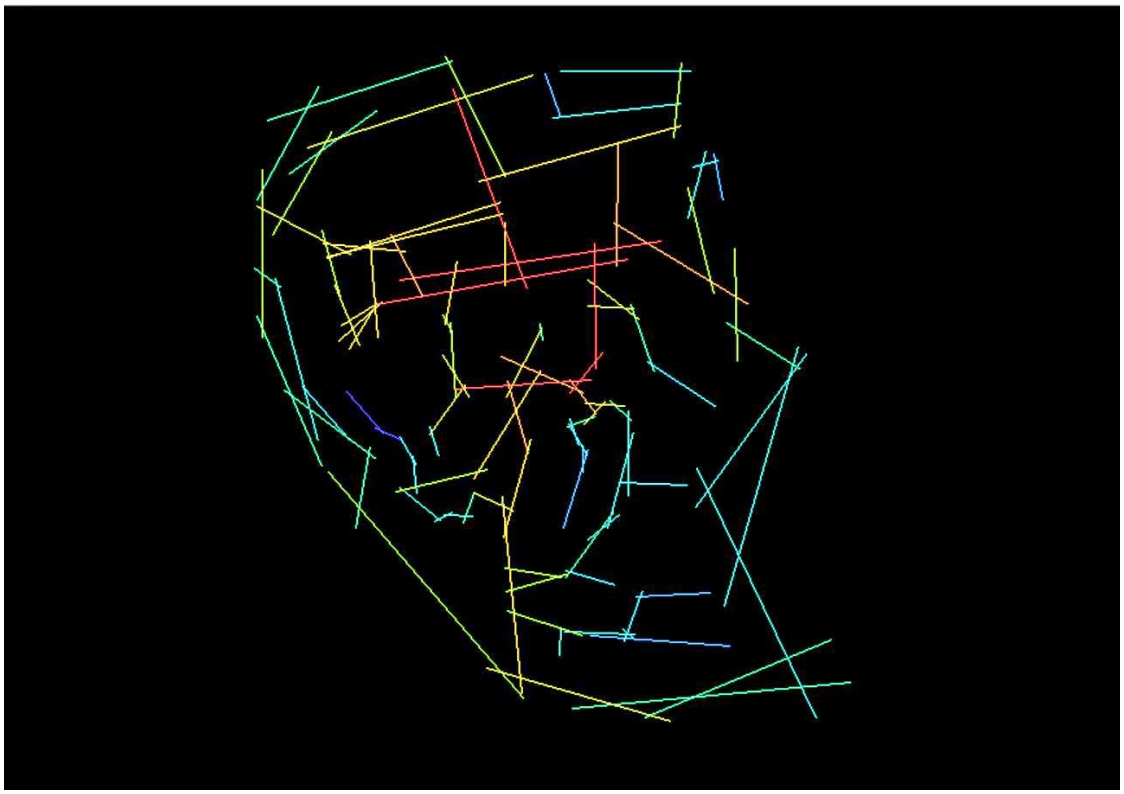
كثافة الحركة المتوقعة في الشوارع

يمكن تفسير مقياس (intensity) بأنه يدل على مستوى الازدحام او الكثافة الذي يتوقع حدوثه في شارع ما وكلما كانت القيمة اعلى فإن ذلك يعني فراغ الشارع سيشهد مزيدا من الحركة والاستخدام ويمكن استخدام هذا المقياس لتحليل النظام الطرقي في المدن وفهم توزيع كثافة الحركة , ويعني تسجيل قيمة 0.62 لـ(Global intensity) الشكل (9) و 1.545 لـ(local intensity) أن كثافة الحركة في الفراغات الشاملة (فراغات المدينة) أقل مقارنة بالفراغات المحلية المجاورة لها وهذا يعني أن الفراغات المحلية (الأزقة الداخلية) تكون عادة أكثر نشاطا وكثافة للحركة من الحركة العامة للمدينة .

دعم الفراغات للحركة بين السكان والزوار (مؤشر تقافي اجتماعي)

إن العلاقة بين قيم التكامل الشامل والتكامل المحلي تؤشر الى إمكانية الإرتباط ومدي عرقلة او تشجيع الحركة بين الزوار والسكان , إن قيمة تظافر (synergy) قد بلغت 0.690 الشكل (11) وهي قيمة عالية جداً وهذا يدل على ان

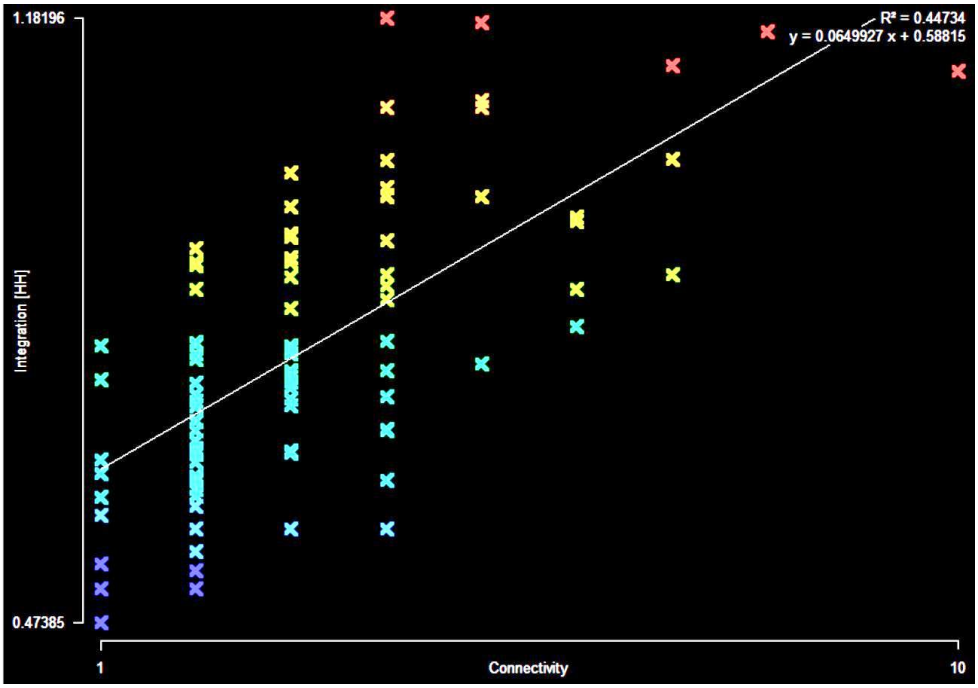
التركيب الفراغي لمدينة غات يساند ويشجع على نشوء تفاعل إيجابي بين السكان والزوار وعلى الرغم من ان هذا المؤشر عادة ما يسجل ارقام منخفضة في المدن التقليدية إلى أنه على عكس ذلك كانت قيمته عالية جدا ويبدو ان ذلك يرجع الى وجود فراغات رئيسية متفاوتة كثيرا في الاتساع مع ارتباطها باغلب الفراغات الاخرى كما ان نفس السبب والذي جعل امكانية فهم الفراغات يكون عاليا أثر ايضا في هذه القيمة وهو قلة فراغات المدينة الكلية رغم تشابكها وتعقيدها .



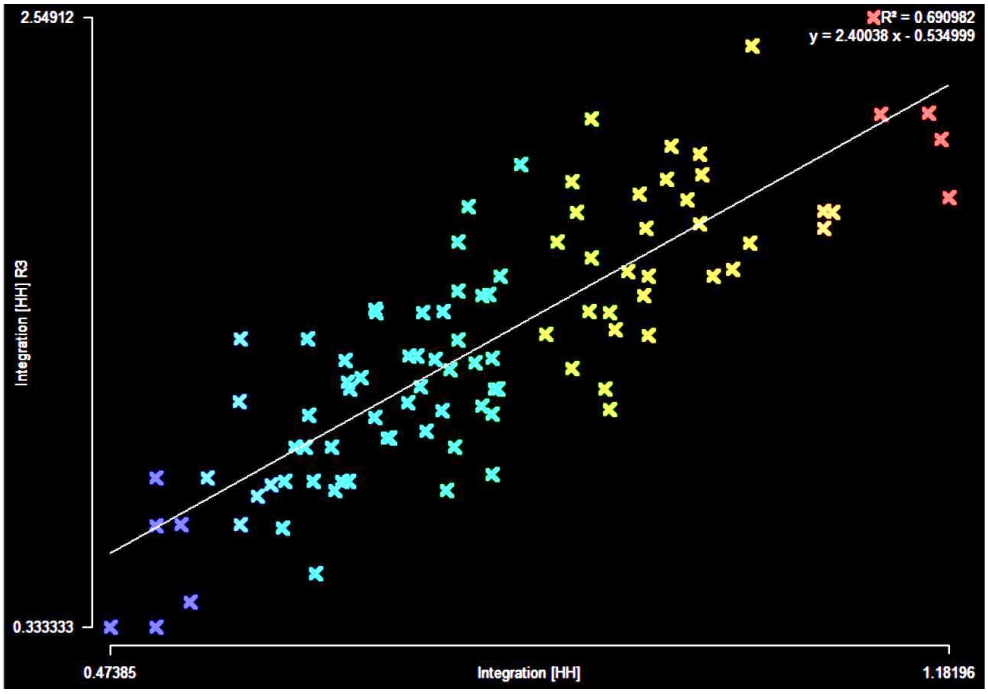
الشكل (9) intensity قياس مستوى الازدحام والكثافة

إمكانية فهم فراغات المدينة

لقد أظهرت نتائج التحليل المحوري بأن مدينة غات لا تعاني من صعوبة في فهم فراغاتها من قبل المشاهد وقد بلغت قيمة العلاقة ما بين التكامل المحلي والتكامل الشامل 0.44 الشكل (10) لذلك فأن المشاهد يستطيع فهم كافة فراغات المدينة من خلال فهم علاقتها مع الفراغات المجاورة ولا يحتاج المشاهد هنا إلى تخطي الكثير من الفراغات لفهم باقي اجزائها وهوا امر يتعارض قليلا مع القيم المنخفضة للتكامل ويرجع ذلك للعدد القليل من الفراغات الذي تتكون منه المدينة والتي بلغت 101 فراغ فقط (شارع وزقاق).



الشكل (10) مقياس الوضوح الشامل intelligibility



الشكل (11) مقياس التظافر أو التآزر synergy

المناقشة والنتائج

لقد سجلت قيمة ترابط 3.18 وهو رقم تسجله عادة المدن التقليدية , فهو يبين ان فراغات المدينة متتابعة في العمق وتخدم المشاة وتتميز بخصوصية ولا تشجع على إتاحة التنوع في اختيار المسارات , وعلى الرغم من ذلك فإن قيم التكامل الشامل سجلت0.79 وهي قيمة ضعيفة الى متوسطة وهو ما يجعل التركيب المكاني للمدينة اقل ترابطا من غيرها من المدن الحديثة وان هذا الترتيب لا يشجع على الانتقال الى اجزائها الاخرى بسهولة وتختصر سهولة الحركة ضمن فراغات محددة , وهذا تأكده القيم المنخفضة للتكامل المحلي والتي سجلت 1.37 ويعني هذا أن الفراغات أقل ترابطا وأكثر خصوصية وهو من تأثيرات المدن التقليدية القديمة والثقافة العربية الاسلامية , ويتضح من خلال قيمة entropy والتي بلغت 3.24 ان الشبكة المكانية للفراغات المفتوحة معقدة نسبياً وهذا الامر هو ما يفسر القيم المنخفضة للتكامل المحلي ودرجة الخصوصية العالية الامر الذي يعني ان الزوار لن يستطيعوا التحرك خلال الفراغات المحلية بسهولة وهو أمر يزيد من تأكيده قيمة متوسط عمل المواقع (harmony mean depth) والذي بلغ 6.24 وهي قيمة تؤكد ان المدينة تحتوي على شبكة فراغية مكانية معقدة جدا وأن الوصول للمواقع المغلقة لن يكون سهلا أما عن كثافة الحركة المحلية والتي تمثل السكان فيما بينهم فإن تبدو أكثر قليلا من الكثافة في الشوارع العامة والتي عادة ما تستعمل أكثر من قبل الزوار وهذا يعني أن الازقة الداخلية تكون أكثر نشاطا وكثافة للحركة وقد سجلت global intensity (0.62) اما local intensity فقد كانت(1.545) وعلى العكس من كل التوقعات فإن إمكانية فهم فراغات هذه المدينة وقيم التظافر والذي يعبر عن دعم الفراغات للعلاقات الاجتماعية والتفافية مع الزوار أرقاما كبيرة ورغم التشابك والتعقيد في الشبكة وربما يرجع ذلك لقلة فراغات المدينة .

الخاتمة

أن التشابه في تركيب الفراغات الحضارية بين بعض المدن لا يعني أبدا تشابه انماطها المكانية لكن ومن خلال نظرية التركيب المكاني (space syntax) والتي وفرت تحاليلا رياضيةً دقيقة قد تلاحظ تشابها في القيم الحسابية في بعض المدن وهذا الامر يعبر عن اكتسابها نفس الخصائص الحضارية رغم اختلاف الانماط وقد وفرت مجموعة التقنيات المختلفة لنظرية التركيب المكاني الكثير من المقاييس والمؤشرات والعلاقات الهامة التي ساعدت على فهم تخطيط

المجتمعات المختلفة من خلال ترابط فراغاتها الحضارية وتراكيبها المكانية وقد وضح هذا في تحليل مدينة غات والتي تشابهت في جميع قيمها المكانية مع قيم المدن التقليدية كمدينة غدامس إلا انها اختلفت وبشكل كبير جدا في قيم إمكانية الفهم والتظافر والتي تعطي دائما مؤشرات اجتماعية ثقافية مما يدل على ان هناك بعض الاختلافات الثقافية والاجتماعية لهذه المجتمعات التي يتحكم بها عادة حجم المدينة (عدد الفراغات) ووظيفتها وثقافة المكان وموضعها الجغرافي .

المراجع

[1] عقيل، فوزي. (2019). التحليل المحوري المكاني للبيئة المبنية كمنتج للتفاعل الاجتماعي الثقافي. المجلة الدولية للعلوم والتقنية (عدد خاص) بالمؤتمر والمعرض التقني الأول للهندسة المعمارية والمدنية , 23-24 فبراير 2019 - قمينس - ليبيا.

[2] Johnston R .J. et. al. (2000). The dictionary of human geography. Oxford: Blackwell.

[3] Moeini, M. (2012). Attitudes to urban walking in Tehran. Journal of E&PB.

[4] Hofstede, G. (2001) Culture's Consequences – Second Edition: Comparing Values, Behaviors, Institutions and Organizations Across Nations. London: Sage.

[5] Kirkman, B. L., Lowe, K. B., & Gibson, C. B. (2006). A quarter century of Culture's consequences: A review of empirical research incorporating Hofstede's cultural values framework. Journal of International Business Studies.

[6] Hillier, B, Hanson, J and Peponis, J. 1987. The syntactic analysis of settlements. Architecture et Comportement/Architecture and Behavior. vol. 3, 1987, Vol. no. 3.

[7] Batty M, M and Rana, S. 2002. Reformulating space syntax: the automatic definition and generation of axial lines and axial maps. Center for Advanced Spatial Analysis, University College, London.WP58, 2002.

[8] Hillier B. and Hanson J. The Social Logic of Space: Cambridge Omversl ty Press, forthcoming 1983

دراسة مقارنة لتأثير الطوب الأجر الأحمر والطوب الإسمنتي المفرغ على المنشأ الخرساني

زكريا سعد محمود [1]، محمد عبدالفتاح صالح [2]

[1] محاضر مساعد بقسم الهندسة المدنية –كلية الهندسة –جامعة عمر المختار zakaria.abdalsalam@omu.edu.ly

[2] أستاذ مشارك بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة عمر المختار mohamed.aljewifi@omu.edu.ly

ملخص

اختيار النوع المناسب من الطوب له أهمية كبيرة في التأثير على التصميم الإنشائي والهندسي للمنشآت حيث أن خصائص ونوعية الطوب وأبعاده وكثافتها وقدرتها على العزل الحراري لها أثر كبير على المنشأ، فالأحمال الميتة للطوب تؤثر على القطاعات الإنشائية، وكلما كان الطوب خفيف الوزن أدى ذلك إلى الوفر في الهيكل الإنشائي وكمية حديد التسليح وكذلك كلما كانت قدرة الطوب المستخدم على العزل الحراري أكبر كلما أدى ذلك إلى وفر في الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد. يهدف هذا البحث لمقارنة نوعين من الطوب وهي من الأنواع الشائعة الاستخدام محلياً وهو الطوب الإسمنتي المفرغ وطوب الأجر الأحمر حيث تم إجراء دراسة على مبني سكني مكون من أربعة طوابق ارتفاع الطابق (3.2) متر ومساحه الطابق (430) متر مربع. تم استخدام برنامج (ETABS) لنمذجة المبنى والقيام بالتحليل الإنشائي والتصميم، كذلك تم عمل مجموعة من الاختيارات المعملية علي عينات من الطوب الإسمنتي وطوب الأجر الأحمر (اختبار الانضغاط, اختبار الامتصاص, اختبار الكثافة, اختبار الوزن النوعي) لتحقق من مدى مطابقة الطوب المحلي للمواصفات. من خلال التحليل والتصميم الإنشائي للمنشأ تبين إن وزن المنشأ يقل باستخدام الطوب الأجر الأحمر وذلك يؤدي إلى وفر في كميات الخرسانة وحديد التسليح.

الكلمات الدالة: التصميم الإنشائي، الأحمال الميتة, العزل الحراري, طوب الأجر الأحمر.

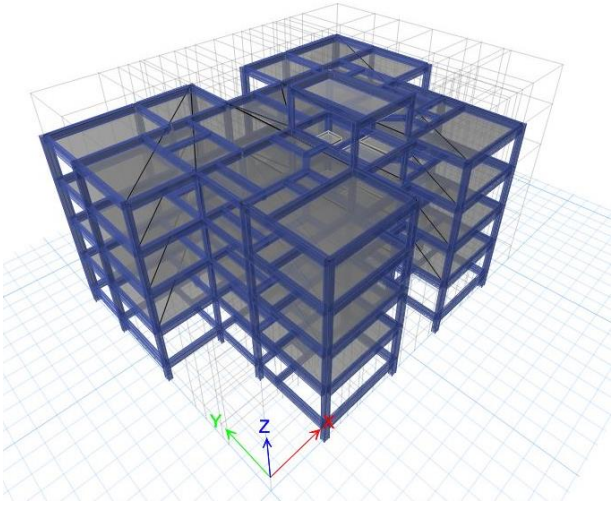
المقدمة

مع التطور الذي يشهده العالم في مجال البناء والتشييد للمشروعات المختلفة نجد أهمية البحث عن خامات البناء المتوافقة مع البيئة وترتقي بمستوى جودة تلك المنشآت، مع مراعاة الجوانب الاقتصادية وسهولة التشغيل والصيانة مستقبلاً. يعتبر الطوب أحد مواد البناء المهمة والتي تمثل العازل بين المناخ الخارجي والداخلي للمباني، يتعرض الطوب إلى العوامل الخارجية منها العوامل الطبيعية كاختلاف درجات الحرارة وارتفاع نسبة الرطوبة والتعرض للأمطار وأشعة الشمس وللهزات والزلازل، وعوامل أخرى مثل المؤثرات الكيميائية والمواد العضوية. يدخل الطوب في بناء الحائط التي تعتبر أحد العناصر المكونة للهيكل الإنشائي حيث إن خامة ونوعية الطوب المستخدم من حيث السماكة والكثافة والقدرة على تحمل التغيرات

المناخية، لها تأثير كبير على المنشأ وبالإضافة إلى الأحمال الميتة للحوائط والتي تؤثر على مقاسات القطاعات الإنشائية[4]. كلما كانت الحوائط خفيفة الوزن كلما أدى إلى ذلك إلى وفر في الهيكل الإنشائي فعلى سبيل المثال عند استخدام بلوكات الخرسانة المسامية بدلاً من الطوب الإسمنتي يؤدى ذلك إلى وفر بنسبة تتراوح بين 20% و 25% من تكلفة الهيكل الخرساني للمنشآت[3]. كذلك كلما كانت قدرة الحوائط على العزل الحراري أكبر كلما أدى ذلك إلى وفر في أحمال التكييف للمنشأ، عند فعند استخدام بلوكات الخرسانة المسامية بدلاً من الطوب الإسمنتي يؤدى ذلك إلى وفر بنسبة 15% من تكلفة أعمال التكييف للمنشآت[3]. ولذلك لابد أن يتحمل الطوب في جميع الأحوال الإجهادات والضغوط التي يتعرض لها بالإضافة إلي مقاومة المؤثرات الجوية والطبيعية والحريق، وكذلك يفضل أن يتوفر فيه سهولة التصنيع باستخدام مواد البناء الأولية المتوفرة محليا. الهدف من هذه الدراسة مقارنة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لكل من الطوب الأجر الأحمر والطوب الإسمنتي المفرغ وكذلك دراسة الوفر في كميات الخرسانة وحديد التسليح عند استخدام الطوب الأجر الأحمر بدلاً من الطوب الإسمنتي المفرغ

منهجيه البحث

الدراسة قائمة على المقارنة بين الطوب الأجر الأحمر والطوب الإسمنتي المفرغ من خلال مقارنة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية (اختبار الانضغاط, اختبار الامتصاص, اختبار الكثافة, اختبار الوزن النوعي)، وعمل نموذج إنشائي متمثل في مبني سكني مكون من أربعة طوابق باستخدام برنامج (ETABS) النموذج الإنشائي للمبنى مبين بالشكل (1).



الشكل (1) يبين النموذج الإنشائي للمبنى

الاختبارات المعملية وعينات الاختبار:

تم إجراء الفحوصات المعملية على الطوب المبين أنواعه وأبعاده بالجدول (1) لمعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية من أجل المقارنة بين أنواع الطوب المختلفة والتأثير على التصميم الإنشائي من حيث الوزن، القدرة على الامتصاص الماء ومقاومه الأحمال. جميع الاختبارات تم إجراءها وفق المواصفات الأمريكية ASTM.

هذه الدراسة تستهدف نوعان من الطوب المستخدم في البناء والمتوفرة في السوق المحلي، وهما الطوب الأحمر الذي يتمتع بخصائص جيدة فيما يخص دوره في أعمال البناء، والطوب الخرساني (الإسمنتي) المفرغ انظر الشكل (2).

شكل (2) عينات من الطوب الأحمر والطوب الإسمنتي

. دراسة تحليلية لمزايا استخدام الطوب الأجر الأحمر مقابل استخدام الطوب الإسمنتي المفرغ

اعتمدت الدراسة على تطبيق عملي لمبنى سكنى مكون أربع طوابق مساحة الطابق الواحد(430م^2)، التحليل الإنشائي والتصميم للمبنى باستخدام برنامج (ETABS) والذي تم مرة باستخدام الطوب الإسمنتي المفرغ ذو كثافة (9.25KN/m^3) ومرة باستخدام طوب الأجر الأحمر ذو كثافة (5.85KN/m^3) في كل من الحوائط الداخلية والخارجية وبلاطات الهوردي وذلك لتحديد الوفر في كمية الحديد والخرسانة الناتج عن استخدام طوب الأجر الأحمر بدل من الطوب الإسمنتي الطوب الإسمنتي المفرغ وذلك بدراسة للأحمال الميتة وتأثيرها على الهيكل الإنشائي.

الجدول(1) يوضح أنواع وأبعاد الطوب المستخدم في البحث

نوع العينة	أبعاد العينة (سم)			متوسط وزن العينات (kg)
	الطول	العرض	الارتفاع	
الطوب الأحمر	30	20	15	5.4
الطوب الإسمنتي للحوائط	40	20	20	15.2
الطوب الإسمنتي للأسقف	40	20	14	11.4

الجدول (2) المتغيرات المستخدمة

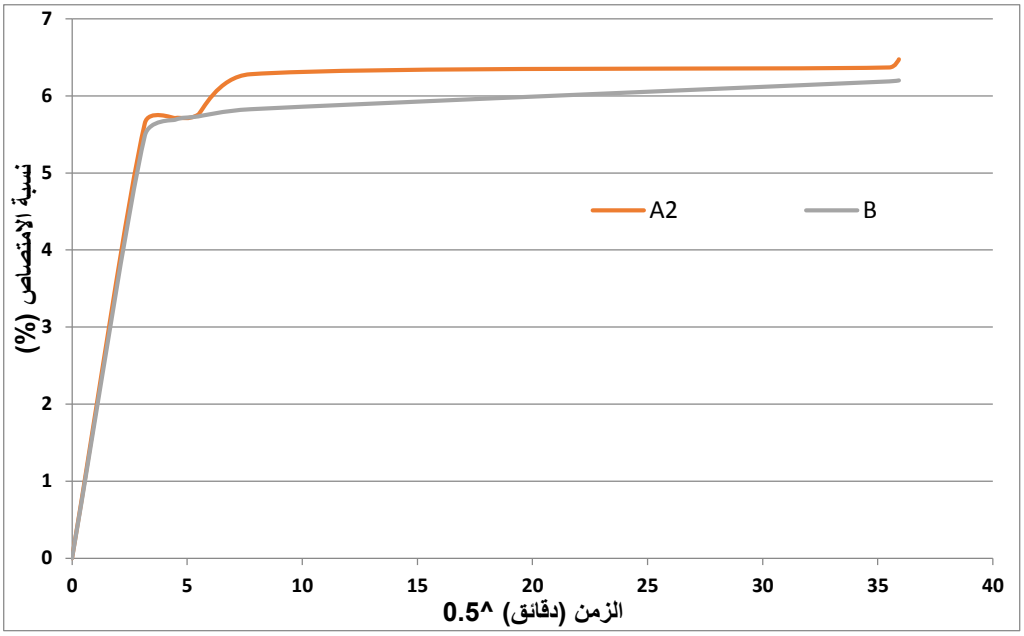
المتغير	الطوب الإسمنتي	الطوب الأحمر
مقاومة الخرسانة للانضغاط Fc'(MPa)	28	28
كثافة الخرسانة ρ(KN/m3)	24	24
معمل يونج للخرسانة E(MPa)	24,855	24,855
إجهاد الخضوع لحديد التسليح Fy(MPa)	420	420
إجهاد الشد الأقصى لحديد التسليح Fu(MPa)	620	620
كثافة الحديد ρ(KN/m3)	77	77
معمل يونج للحديد E(Mpa)	200,000	200,000

النتائج:

بعد تعيين حمل الفشل للعينات المختبرة تم حساب مقاومة الانضغاط للعينات ومن ثم يتم حساب المتوسط الحسابي للعدد ثلاث عينات لكل نوع من الطوب, وفيما يلي عرض نتائج اختبار مقاومة الانضغاط حيث تبين إن مقاومة الانضغاط للطوب الإسمنتي المفرغ أكبر من الطوب الأحمر الأجر. والجدول (3) توضح نتائج مقاومة الانضغاط للطوب الإسمنتي المفرغ والطوب الأحمر. الشكل (3) يوضح العلاقة بين نسبة الامتصاص والزمن للطوب الإسمنتي المفرغ والطوب الأحمر الأجر، يبين المنحى ان نسبة الامتصاص للماء في الطوب الإسمنتي A2 اعلي من الطوب الأحمر B.

جدول(3) يوضح مقاومة الانضغاط للطوب

نوع العينة	مساحة المقطع (سم^2)	الكثافة (كيلونيوتن/م^3)	مقامة الانضغاط (كغم/ سم^2)
الطوب الأحمر	600	5.85	19.5
الطوب الإسمنتي	800	9.3	19.8



شكل(3) العلاقة بين نسبة الامتصاص والزمن للطوب الإسمنتي المفرغ والطوب الأحمر الأجر

الخلاصة

من خلال التحليل الانشائي والتصميم للبناية السكنية المكونة من أربع طوابق حيث تم استخدام نموذجين احدهم باستخدام الطوب الاسمنتي المفرغ والاخر باستخدام طوب الأجر الاحمر، وجد إن الأحمال الميتة للحوائط والأسقف تؤثر على القطاعات الإنشائية للمنشأ وكلما كانت الحوائط خفيفة الوزن كلما أدى ذلك إلى وفر في الهيكل الإنشائي، فتبين من خلال التحليل التصميم للمنشأ إن وزن المنشأ يقل باستخدام الطوب الأجر الأحمر وذلك يؤدي إلى وفر في كميات الخرسانة والحديد للمنشأ. جدول(4) يبين أوزان المنشأ في حالة استخدام الطوب الاسمنتي المفرغ والطوب الاجر الاحمر.

جدول(4) يوضح الفروقات في الأوزان علي المنشأ الخرساني

أوزان المنشأ	الطوب الإسمنتي (طن)	الطوب الأحمر الأجر (طن)	الفرق في الوزن
وزن التشطيبات(FW)	515.6	515.6	0
وزن الطوب(BW)	1320.6	940.0	380.6
وزن الخرسانة(SW)	962.4	941.9	20.5
وزن الحمل الحي (LL)	262.6	262.6	0
وزن حمل السقف(Lr)	41.2	41.2	0

الاستنتاجات والتوصيات

استهدف البرنامج المعملي عينات من الطوب الأجر الأحمر الذي يتمتع بخصائص جيدة فيما يخص دوره في أعمال البناء والطوب الإسمنتي، حيث تم استخدام نوعان من أنواع الطوب حسب الوظيفة الإنشائية له في المبنى وهما الطوب المستخدم في الحوائط (البناء) والطوب المستخدم في الأسقف تم إجراء اختبارات مقاومة الانضغاط، امتصاص الماء، الكثافة الجافة، الوزن النوعي للطوب المستخدم. النتائج المتحصل عليها تبين أن الطوب الأحمر يعطي نتائج أفضل في التحميل الإنشائي من وفر في كميات الحديد والخرسانة في الأسقف الإنشائية.

المراجع

[1] –الظاهر، جمال عبد الواحد فرحان, "تصميم منشآت الخرسانية وفقا لمتطلبات الكودACI318M–14" ، (2016) (الطبعة الثانية)،بغداد، العرق.

[2] –النهاري، أيمن عبد الرحمن وآخرون, "دليل استخدام برنامج ETABS ", مطابع صنعاء الحديث ،صنعاء.

[3] –محمد عبد الباقي إبراهيم ،شيماء محمد كامل محمود, "مزايا استخدام بلوكات الخرسانة المسامية الخفيفة مقابل استخدام الطوب الإسمنتي في التصميم والبناء"، (2003), مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، القاهرة، مصر.

[4] –الزمزمي، معتصم عبدالله وآخرون, " دراسة أثر نوع الطوب الأحمر على خواص الحائط وتكلفة البناء"، (2000), جامعة الخرطوم، السودان.

[5] –محمد عبد الباقي إبراهيم،داليا محمد سيف الدين, "محاكاة أداء المباني باستخدام الطوب الخفيف في البناء"، (2013), مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، القاهرة، مصر.

[6] –مالك، محمد إقبال وآخرون, "دراسة مقارنة بين الطوب الأحمر الطيني والطوب الإسمنتي المفرغ"، (2013), المجلة الدولية للبحوث المدنية والهندسة الإنشائية، الهند.

[7]- American Concrete Institute "ACI 318-14M Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (2014), Farmington Hills.

[8]- Jack C. McCorm, Russell H. Brown, “Design of Reinforced Concrete 10th Edition”, (2015), John Wiley & Sons Ltd.

[9]- M. Nadim Hassoun, Akthem Al-Manaseer, “Structural Concrete Theory and Design 4th Edition”, (2008), John Wiley & Sons Ltd,.

معايير ولوائح التخطيط الحضري بالمناطق الصحراوية في منظومة العمران الليبي بين الواقع والأفاق.

المهندس/عبد الحفيظ أبوسيف المودى

بكالوريوس هندسة, قسم تخطيط مدن , كلية الهندسة, جامعة بنغازي ,1992م

مصلحة التخطيط العمراني

ملخص :

لكل منطقة على كوكب الأرض خصائصها المناخية التي تتميز بها وتجعلها مختلفة عن المناطق الأخرى , فهناك المناطق ذات المناخ الاستوائي , وذات المناخ الصحراوي , وذات المناخ المعتدل , وذات المناخ البارد , وغيرها من التصنيفات الأخرى , وفيما يتعلق بليبيا فهي ذات أقسام مناخية متعددة ,منها المناخ المتوسطي والمناخ شبه الصحراوي والمناخ الصحراوي , وأغلب مساحة البلاد هي ضمن منطقتي المناخ شبه الصحراوي والمناخ الصحراوي.

وقديماً كان للخصائص المناخية الأثر الكبير في اختيار نمط العمارة ونمط النسيج الحضري الذي يتلاءم مع تلك الخصائص , وكان ذلك جلياً في عمارة وعمران المدن الصحراوية الأثرية والقديمة الموزعة في مختلف أنحاء البلاد , والتي منها مدن غدامس و غات و جرمه وهون و الفقهاء وسوكنه و زويلة وأوجله والكفرة وغيرها من المدن الصحراوية الأخرى , وكان لمواد البناء و التصميم المعماري والنسيج الحضري دور ريادي في التخفيف من شدة الحرارة نهاراً والبرودة ليلاً , وجعل المباني والحيز العمراني ملائماً للقيام بأنشطة الناس المختلفة , أما في العصر الحديث فقد توجهت السلطات والناس إلى استخدام أسس تخطيط حضري و مواد بناء حديثة جعلت من الطاقة (الكهرباء والغاز ومشتقات البترول) العامل الأساسي في ملائمة الشدة في خصائص المناخ المحلى , من خلال استخدام وسائل النقل الحديثة في التنقل وأجهزة تكييف الهواء وتسخين المياه داخل المباني , وبرزت أصوات ومحاولات عملية تدعوا إلى عدم الركون الكامل للطاقة , وأهمية التركيز على تطوير معايير تخطيط وتصميم حضري ومعماري ومواد بناء تتفق مع الخصائص المناخية للمناطق الصحراوية , وانتهاء بمقاربة الاستدامة الحضرية التي تسعى مختلف دول العالم لتحقيقها.

ستتضمن هذه الورقة تسليط الضوء على معايير التخطيط الطبيعي المعمول بها في ليبيا , ولوائح استعمال وتصنيف المناطق ,بالإضافة إلى استعراض مقاربة الاستدامة الحضرية ضمن المناطق الصحراوية والاشتراطات التي يتطلب تحقيقها كل ذلك فيما يتعلق بمضمون هذه الورقة.

محتوى هذه الورقة سيكون استجابة لمتطلبات الفقرة الأولى (أسس ومعايير التخطيط) ضمن المحور الأول المعنى بتخطيط وتصميم المنشآت في البيئة الصحراوية .

الكلمات المفتاحية : المدن الصحراوية, الجيل التخطيطي ,معايير التخطيط الطبيعي ,النسيج الحضري, الاستدامة ,النسيج العمراني المتضام.

مشكلة الدراسة: تشكل المناطق الصحراوية مساحة كبيرة من مساحة ليبيا , بنسبة تتجاوز 90% من مساحة البلاد , وقد استقرار الإنسان في مختلف مناطق الصحراء الليبية منذ ألاف السنين , ولا تزال المدن القديمة شاهداً قائماً حتى يومنا الحاضر , في دلالة على نجاح السكان في بلورة مجموعة من التطبيقات على العمارة والعمران استطاعوا من خلالها التصدي للعوامل المناخية و مقاومة شدة الظروف البيئية الصحراوية القاسية, وإنتاج نسيج حضري متميز ,ولكن الاتجاهات الحديثة للتنمية والتخطيط العمراني أفقدت تلك المدن ذلك التميز , وتحولت المدن الصحراوية ذات الخصائص المتميزة إلى مفهوم مدن الصحراء باعتبارها مدن كغيرها من المدن الأخرى ,مما جعل الانتباه يتركز حول معايير التخطيط الطبيعي ولوائح التخطيط والبناء وسبل الاستدامة الحضرية ودورها في الحفاظ على خصائص المدن الصحراوية التي تحقق توافق العمران مع الخصائص البيئية المحيطة و ملائمته لها.

المنهجية: اعتمدت الورقة على منهج دراسة الحالة الذي يتطلب التأسيس لمجموعة من الخطوات التي تمكن من دراسة كافة الجوانب التي ترتبط بمشكلة البحث , وقد تضمنت تلك الخطوات سرد التقسيمات المناخية المحلية ,وخصائص العمران الصحراوي قديماً وحديثاً ,ثم الانتقال إلى أجيال المخططات الحضرية التي أعدت للمدن الليبية خلال العصر الحديث , وقوانين ولوائح ومعايير التخطيط الطبيعي , والمعالجات التخطيطية والمعمارية في المدن الصحراوية , والاستدامة في المدن الصحراوية , ثم النتائج والتوصيات.

أهداف الدراسة: يسعى الباحث من وراء هذه الورقة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، من أهمها ما يلي:

- تأكيد أهمية البعد الطبيعي المتعلق بالمناخ عند إعداد المخططات الحضرية وإنشاء المباني بالمدن الصحراوية
- التعرف على مضمون التشريعات ومعايير ولوائح التخطيط الحضري الليبية بشأن تخطيط وعمارة مدن الصحراء.
- استعراض المعالجات التخطيطية والمعمارية في المدن الصحراوية.
- تقديم خلاصة النتائج والتوصيات التي تدعم خصوصية المدن الصحراوية وتحقق الاستدامة.

تساؤلات الدراسة : قبل وأثناء إعداد هذه الورقة كانت في الذهن مجموعة من التساؤلات , سعينا الى الإجابة عنها وهى كما يلى:

- ما هي التقسيمات المناخية في ليبيا؟
- ما هو الفرق بين المدن الصحراوية بين الأمس واليوم؟
- ما هي أجيال المخططات الحضرية في ليبيا؟
- ما هو مضمون قوانين ولوائح ومعايير التخطيط العمراني المتعلق بالمدن والعمارة الصحراوية؟
- ما هي ملامح الاستدامة الحضرية في المدن الصحراوية؟
- ما هي المعالجات والتوصيات التي تدعم خصوصيات المدن الصحراوية وتوجهها نحو الاستدامة؟

المحتويات :

الرقم	المحتوى	رقم الصفحة
1	التقسيمات المناخية المحلية.	3
2	العمران الصحراوي قديماً وحديثاً.	3
3	أجيال المخططات العمرانية الثلاثة.	4
4	قوانين ولوائح ومعايير التخطيط العمراني.	5
1-4	قوانين التخطيط العمراني.	5
2-4	لوائح استعمال وتصنيف المناطق.	5
3-4	لوائح البناء وتقسيم الأراضي.	5
4-4	معايير التخطيط العمراني.	6
5	المعالجات التخطيطية والمعمارية في المدن الصحراوية.	8
6	الاستدامة في المدن الصحراوية.	9
1-6	التحديات التي تواجه المدن الصحراوية.	9
2-6	الاستدامة الحضرية ضمن المناطق الصحراوية.	9
7	النتائج والتوصيات.	10
8	المراجع.	12

1- التقسيمات المناخية المحلية:

تخضع ليبيا في جملتها كما يقول الدكتور عبد العزيز شرف: إلى المناخ الصحراوي الحار الذي يسود في معظم القسم الشمالي من القارة الأفريقية، ولا يستثنى من ذلك إلا الشريط الساحلي الضيق الذي يمتد على طول البحر المتوسط. وكذلك المناطق الجبلية المتاخمة لهذا الشريط في برقة وطرابلس ثم بعض الجبال الواقعة على أطراف البلاد [5],ويؤكد الدكتور محمد عياد امقيلى ما جاء في المرجع السابق و يحدد خمسة عوامل مؤثرة في مناخ, ليبيا وهى : درجة العرض , والارتفاع والتضاريس , والمسطحات البحرية , والكتل الهوائية , والغطاء النباتي وفى مجمل توصيفه لحالة المناخ يتعرض لحالة المناخ في الشتاء متضمنة للضغط والرياح والأمطار , كما يتعرض لحالة المناخ في الصيف متضمنة طقس القبلي ونسيم البحر و درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتبخر [6].

ويقسم الأستاذ محمد عبد السلام الفيتو ري البلاد إلى أربعة أقاليم مناخية [7]وهي:

- مناخ البحر المتوسط.
- مناخ المرتفعات الساحلية.
- مناخ الاستبس .

- المناخ شبه الصحراوي والصحراوي .

ويذكر بعد ذلك أن منطقة المناخ شبه الصحراوي و الصحراء ويضم أكبر مساحة من البلاد وبنسبة تزيد عن 90% من مساحة البلاد ,

ومما تجدر الإشارة إليه هي أن اعتبارات الراحة الحرارية للإنسان والتي تعنى الإحساس الجسدي والعقلي الكامل بالراحة [16], قد استدعت تصنيف المناطق المناخية في العالم إلى أربعة تصنيفات وهى: المناخ البارد القطبي, والمناخ المعتدل , والمناخ الحار الجاف , والمناخ الحار الرطب , وفى كل الأحوال فإن المساحة الكبيرة التي يسودها المناخ الصحراوي بجفافه وحرارته في بلادنا تدعوا إلى أهمية الدراسات المتعلقة باستيطان الإنسان لهذه المناطق لا سيما الدراسات الحضرية المعنية بالمدن والتجمعات السكنية.

2- العمران الصحراوي قديما وحديثا:

تدل الشواهد العمرانية على استقرار الإنسان في مختلف مناطق الصحراء الليبية منذ ألاف السنين , والمدن الصحراوية القديمة والأثرية لا تزال قائمة حتى يومنا هذا ومنها غدامس و غات و جرمه و مرزق وهون والفقهاء وسوكنه و زويلة وأوجله والكفرة وغيرها , وقد استطاع سكان تلك المدن التوصل إلى بلورة مجموعة من التطبيقات على العمارة والعمران استطاعوا من خلالها التصدي للعوامل المناخية و مقاومة شدة الظروف البيئية الصحراوية القاسية, مما مكنهم من الحياة في تلك المدن وممارسة كافة أنشطة حياتهم بكفاءة .

أما في العصر الحديث وبعد انتشار وسائل النقل ومواد البناء الحديثة و تقنيات تبريد الهواء فقد تغير النسيج الحضري والعمارة بالمناطق الصحراوية واتجهت المدن والتجمعات السكنية إلى اكتساب خصائص النسيج الحضري والعمارة كالتي تتواجد في أية منطقة أخرى بالبلاد ويوضح الشكل [1] الفرق بين النموذج القديم والنموذج الحديث ونلاحظ هنا التحول من مفهوم المدن الصحراوية ذات الخصائص المتميزة إلى مفهوم مدن الصحراء باعتبارها مدن كغيرها من المدن إلا أنها تقع في الصحراء , وفي هذا الخصوص تقول كل من الباحثة يسرى حمرة والدكتورة حكيمة حليمي في بحثهما عن تهيئة المدن الصحراوية وفق أبعاد التنمية المستدامة [12]أنه على عكس المدن الصحراوية التقليدية التي نجحت في التعامل والتكيف مع قساوة بيئتها , تظهر المدن الصحراوية الجديدة و بتخطيطاتها العمرانية والحضرية عجزاً في تحقيق التوافق والتلاؤم مع هذه البيئة وذلك للأسباب التالية:

- عدم توفر الحد الأدنى من الخدمات الاجتماعية وهيكل عمراني قادرين على الإبقاء على سكانها المقيمين , واجتذاب سكان جدد واستثمارات جديدة.

- تصميم المساكن بطريقة غير مدروسة مما يعرضها لمخاطر العواصف الترابية وتجمع الكثبان الرملية.

- كثرة الفراغات والشوارع المكشوفة المعرضة للإشعاع الشمسي مما يحد من الحركة والتنقل وخصوصاً في ساعات النهار.

- عدم توفير الخصوصية لسكان المدن الصحراوية الجديدة ، إذ تعاني مساكنها المفتوحة على الخارج من مشكلات أمنية أهمها السطو على المساكن بغرض السرقة.

- عدم وجود سياسة واضحة للاقتصاد في الطاقة وتوفيرها ، في النمط المنتهج في بناء المساكن والمباني والذي يعرض واجهاتها لأشعة الشمس طوال اليوم ، يزيد من استهلاك أجهزة التكييف، ناهيك عن الإسراف الشديد في استهلاك المياه لري الساحات الكبيرة المكشوفة والحدائق الخارجية المعرضة لأشعة الشمس المحرقة.

الشكل (1) الفرق بين النموذج القديم والنموذج الحديث في عمران المدن الصحراوية (غدامس)

وتقترح الباحثتان بلغليفى نوال وسهام قوت[13] في إطار تعزيز البعد الإيكولوجي في تخطيط المدن الصحراوية وخصوصياتها الثقافية والبيئية المتميزة أن يتم تهيئة مجال حضري يتناسب ويتماشى مع الثقافة المحلية للمجتمعات الصحراوية ،أي على المخططين تجنب نقل طابع عمراني من منطقة تختلف في ظروفها البيئة وخصوصياتها الثقافية والاجتماعية ،إلى منطقة أخرى لأن هذه العوامل تتحدد على أساسها الأنماط العمرانية (Urban Morphology) لكل منطقة ،أي أنه إذا كانت العمارة قد حققت أهدافها بالمناطق الشمالية ، فليس معناه هذا بأنها ستحقق ذلك بمناطق الجنوب.

3- أجيال المخططات العمرانية الثلاثة:

يقصد بالجيل التخطيطي برنامج التخطيط العمراني الذي تبنته الحكومة الليبية وتولت عملية اختيار المكاتب الاستشارية والتعاقد معها لإعداد المخططات , ويمتد الجيل التخطيطي لفترة لا تقل عن عشرين سنة ,ويستهدف كل المدن والتجمعات السكنية بالبلاد , ووفقا لذلك نجد لدينا ثلاثة أجيال من المخططات العمرانية وهى:

أولاً: الجيل التخطيطي الأول:

يغطى هذا الجيل فترة تخطيطية مدتها عشرون سنة من سنة 1968م وحتى سنة 1988م ,وقد ترافق مع أول الخطة التنموية الاقتصادية الخماسية (1963-1969) , حيث وجدت وزارة التنمية والتخطيط في ذلك الوقت أن الحاجة تدعو لإعداد مخططات حضرية للمدن , وتم التعاقد خلال سنة 1966 مع مجموعة من مكاتب استشارية غربية [14] , وتمثلت مخرجات هذا الجيل في عدد 177 مخطط حضري غطت كل المدن والتجمعات السكنية في ليبيا ,واعتمد في ذات الفترة القانون رقم 5 لسنة 1969م بشأن تخطيط وتنظيم المدن والقرى , الذي منح قدراً من المرونة للسلطات المحلية في إعداد اللوائح المحلية للمباني والاستعمال وتصنيف المناطق.

ثانيا: الجيل التخطيطي الثاني:

استحدث في هذا الجيل النظام التخطيطي متعدد المستويات والذي يشمل المستوى الوطني ومستوى الأقاليم التخطيطية ومستوي الأقاليم الفرعية التخطيطية والمستوى الحضري ,وتمثلت مخرجات هذا الجيل في إعداد المخطط الوطني الطبيعي طويل المدى (2000-1985) , وعدد 4 مخططات إقليمية , وعدد 18 مخطط إقليم فرعى , وعدد 244مخطط حضري غطت كل المدن والتجمعات السكنية في ليبيا ,من خلال عقود أبرمتها الحكومة الليبية مع عدد أربع شركات أجنبية , وصدر في هذه الأثناء تقرير معايير التخطيط الطبيعي.

ثالثا: الجيل التخطيطي الثالث:

استهدف الجيل التخطيطي الثالث تغطية فترة تخطيطية لمدة عشرين سنة بعد عام 2000م , وباشرت مصلحة التخطيط العمراني في إجراءات إعداد المخططات مع نهاية عام 2004م , حيث تم التعاقد مع أربعة مكاتب استشارية وطنية للقيام بإعداد المخططات , ولكن المشروع تأخر عن برنامجه الزمني قبل عام 2011م , ولم تتمكن مصلحة التخطيط العمراني من تفعيل عقود المشروع بعد عام 2012م , والى هذا الحين كانت قد أعدت وثيقة السياسة المكانية الوطنية (2030-2006) وتم اعتمادها من مجلس التخطيط الوطني وتضمن جزءاً كاملاً عن الإدارة البيئية بما تشمله من إدارة استخدامات الأراضي حسب تقسيمات المناطق البيئية الإيكولوجية الأربع [16],واعدت أربعة مخططات إقليمية وعدد 18 مخطط إقليم فرعى , كما تم دراسة عدد (136) مخطط حضري , بالإضافة إلى مقترحات المعايير التخطيطية لكل إقليم تخطيطي ,ولم تصل تلك الأعمال الى مرحلة الاعتماد , وفى عام 2021م قررت الحكومة فض وتصفية عقود المشروع , والاستعاضة عنه بمشروع الخطة القصيرة لمعالجة أوضاع العمران القائم.

4- قوانين ولوائح ومعايير التخطيط العمراني:

4-1 قوانين التخطيط العمراني:

أولا: قانون 5 لسنة 1969م بشأن تخطيط وتنظيم المدن والقرى :

وهو أول قانون متكامل يصدر في هذا المجال , وشمل وقت سريانه كل الأراضي الليبية , وعلى الرغم من تكامل المجالات التي تطرق إليها إلا أنه لا توجد فيه إشارات محددة لاشتراطات خاصة بالمناطق الصحراوية ,ومنح قدراً من المرونة للسلطات المحلية (البلديات) في إعداد لائحة محلية للمباني والاستعمال وتصنيف المناطق بما يعكس خصوصيتها و بما يتفق مع ظروفها المناخية والطبوغرافية ومستويات التحضر بها فقد تضمنت المادة 19 من القانون أن تصدر بقرار من المجلس البلدي لائحة تحدد استعمالات كل منطقة والشروط الواجب توفرها بالنسبة للأراضي والمباني , والشروط العامة الواجب توفرها في قطع التقسيم من حيث المساحات وارتفاعات المباني وخطوط التنظيم. , كما تضمن المادة 47 من القانون أن يتولى المجلس البلدي إصدار لائحة للمباني تحدد الشروط الواجب توافرها في المباني من الناحية الفنية أو الصحية , وقامت بعض البلديات مثل طرابلس وبنغازي بإصدار لائحة للمباني بما يتماشى مع مخططات التي أعدت في تلك الفترة.

ثانياً: قانون 3 لسنة 2001م بشأن التخطيط العمراني :

يسرى هذا القانون كل الأراضي الليبية ولا توجد فيه إشارات محددة لاشتراطات خاصة بالمناطق الصحراوية , وتضمن المادة 39 منه على أن تتولى اللجنة الشعبية العامة إصدار اللائحة التنفيذية على أن تتضمن قواعد تصنيف واستعمال المناطق والأحكام الخاصة بالمباني وضوابط وقواعد تقسيم الأراضي.

4-2 لوائح استعمال وتصنيف المناطق:

لم أتمكن من العثور عن لوائح استعمال وتصنيف للمناطق تخص مخططات المدن الصحراوية قبل عام 1998م ,وما بعد هذا العام فقد اعتمدت الحومة لائحة استعمال وتصنيف المناطق لمخططات التطبيق بالقرار رقم (189) ,ليتم تطبيقها على كل المخططات الحضرية بالبلاد ,وتتضمن هذه اللائحة تعريفات , واستعمالات الأراضي وتصنيفاتها واشتراطاتها التخطيطية التي منها الحد الأدنى لمساحة القطعة ,والحد الأدنى لعرض القطعة , وحدود الأفنية الأمامية والجانبية والخلفية , والحد الأقصى للنسبة الإجمالية للمساحة المسقوفة, والحد الأعلى لارتفاع المبنى , وتعمل هذه اللائحة كوسيلة لتنمية المناطق الحضرية , وإيجاد بنية صحيحة وملائمة للعيش والعمل بمختلف نشاطات الحياة , وتوفير الهواء والضوء , ومنع الازدحام , والحد من تركز السكان أكثر من الحد المقبول , وتسهيل سبل المواصلات , وتزويد المدن بالمياه والشبكات المجاري , والمدارس والحدائق العامة والمرافق , ومكافحة الحرائق , وتسرى أحكام هذه اللائحة على كل المناطق الحضرية باستثناء المناطق المتضمنة أوضاعا ذات طبيعة خاصة حيث تراعي بشأنها تشريعاتها النافذة .

ولم تفرق هذه اللائحة في الاشتراطات الفنية التخطيطية وفقاً لاختلاف الخصائص البيئية المختلفة في البلاد , ولكن المادة (3) من اللائحة في فقرتها الرابعة تجيز للجنة تخطيط المدن وتنظيم المباني اشتراط أية شروط أخرى متعلقة باستعمالات الأراضي في إطار توصيات المخطط العام والاهتداء بالمعايير التخطيطية المعتمدة.

4-3 لوائح البناء وتقسيم الأراضي:

فيما يتعلق بلوائح البناء فقد توفرت لدى لائحة المباني الخاصة ببلدية طرابلس والمعتمدة بقرار المجلس البلدي وصدرت بتاريخ 1971/01/23 ولا زالت سارية المفعول حتى يومنا الحالي , ولم أتمكن من العثور على لوائح مباني تخص البلديات الواقعة ضمن النطاق الصحراوي ,أما فيما يتعلق بتقسيم الأراضي فقد تضمن قرار وزير الشؤون البلدية بشأن تقسيم الأراضي المعدة للبناء الصادر بتاريخ 10 يونيو 1969م عدد من المواد التي تحتوى على الشروط العامة لمشروعات تقسيم الأراضي والتزامات المقسم وإجراءات الاعتماد , ومن ضمن الشروط العامة ما يلي :

- أن يكون مشروع التقسيم متجانسا مع المخطط المعتمد للمدينة او المنطقة الواقعة بها أرض المشروع .
- يجب أن يكون مشروع التقسيم متمشيا مع أهداف المخطط المعتمد .
- أن يتم تخصيص نسبة 35% من جملة مساحة الأرض المراد تقسيمها للطرق والخدمات والمرافق العامة.
- أن تكون الأرض موضـوع التقسـيم صـالحة للبناء دون الإضـرار بالصـحة العامة أو التعرض للأخطار الطبيعية كالسيول وأخطار الحريق وغيرها.

- أن يكون الاستعمال المقترح لقطع التقسيم متمشياً مع الاستعمالات المقررة في المخطط .

وطالب القرار بأن يصمم عرض الطرق وانحدارها وموقعها بحيث تستوعب المرور المتوقع وتؤمن النور والهواء وتسهل مكافحة الحريق في حدود المعايير والمقاييس الواردة في المادة (15) من القانون رقم 5 بشأن تخطيط وتنظيم المدن والقرى , وأن تتم المحافظة على المظاهر الطبيعية الموجودة التي يمكن أن ترفع من قيمة المنطقة مثل الأشجار والجداول والمجاري الطبيعية والشواطئ وغير ذلك , ويشتمل هذا القرار على اشتراطات فنية تضمن توفير الطرق والميادين والحدائق والمنتزهات العامة والمرافق والمنافع العامة , وتضمن السلامة من المخاطر والمحافظة على البيئة , ولم يتضمن اشتراطات محددة بالمناطق الصحراوية , بل أناط ذلك بالمخطط العام المعتمد وما يتضمنه من استعمالات واشتراطات, بالإضافة إلى الاشتراطات الواردة في المادة 15 من القانون رقم 5 بشأن تخطيط وتنظيم المدن والقرى , والتي تنص على أن يتولى وزير البلديات إصدار لائحة بالاتفاق مع وزير المواصلات تتضمن تصنيف الطرق العامة للبلدية وقياسها ومعاييرها وكل ما يتعلق بها , وفى كل الأحوال منع القانون (3) لسنة 2001م بشأن التخطيط العمراني الأفراد من إجراء تقسيمات على الأراضي المعدة للبناء وفقا لنص المادة (22) من القانون.

4-4 معايير التخطيط الطبيعي:

تتضمن معايير التخطيط العمراني المقاييس المستعملة من قبل المخططين الحضريين في تخطيط المدن والأحياء والمجاورات السكنية , وتعتبر المرجعية الأساسية لما ينبغي أن تكون عليه أوضاع العمران المستقبلية , كما أنها مرجعية مهمة يتم الاحتكام إليها عند مراجعة وتقييم واعتماد المخططات الحضرية من قبل جهات الاختصاص , وقد استخدمت في إعداد المخططات الحضرية بالجيل الأول للمخططات مقاييس ومعايير تخطيطية تتعلق باستعمالات الأراضي وشبكات الطرق والمنافع العامة , ولكن لم نلاحظ فارقاً في المعايير المستخدمة باختلاف الظروف المناخية , حيث أن المقاييس التي استخدمت في مدينة الكفرة الصحراوية هي نفسها المقاييس التي استخدمت في مدينة رأس الهلال الساحلية الجبلية , والمقاييس التي استخدمت في مدينة غدامس الصحراوية هي نفسها المقاييس التي استخدمت في مدينة صرمان الساحلية أو مدينة يفرن الجبلية.

وصدرت لأول مرة معايير موحدة للتخطيط الطبيعي على مستوى ليبيا مستهل ثمانينيات القرن العشرين , ضمن تقرير دليل معايير التخطيط الطبيعي الذي أصدرته لجنة تقييم الدراسات الخاصة بالمخططات الإقليمية والمحلية [1] , وجاء في مقدمة التقرير أن هذه المعايير هي أحد الوسائل المهمة في إعداد وتنفيذ المخططات العمرانية ,وأن المعايير ينبغي أن تتصف بالمرونة, ومن المهم ألا يتم تطبيق المعايير بشي من الصلابة في البلاد ذات الظروف الاجتماعية والاقتصادية والجغرافية والمناخية المتباينة , ويتطلب الأمر تطبيقها بدرجة كافية من المرونة عند إعادة تطوير المناطق القائمة , كما جاء في التقرير أن المعايير لابد أن تعكس الأهداف والسياسات الاقتصادية والاجتماعية وأن تأخذ في اعتبارها المحافظة على التراث الاجتماعي والحضاري للمجتمع بالإضافة إلى البيئة الخاصة بالبلاد ويجب أن تواكب التطور الاجتماعي والاقتصادي و يمكن تطبيقها على الظروف المحلية المختلفة.

وقد استندت المعايير الواردة في التقرير على دراسات مخططات الجيل الثاني بمختلف الأقاليم التخطيطية في ليبيا بالإضافة إلى مجموعة من المصادر الأخرى , وهى بالتالي معدة للاستخدام في كل أنحاء البلاد من أجل العمل على تحسين مستوى معيشة السكان , وتقدير الاحتياج من الأراضي للأغراض الحضرية , وتقليل الفروق غير المقبولة في

مستوى معايير الإسكان والمرافق الأساسية داخل البلاد , وتزويد المواطنين بالمرافق الأساسية والخدمات على مستوى متساوي في جميع أنحاء البلاد ,وتضمن التقرير معايير المرافق التعليمية والمرافق الصحية والمرافق الدينية والمرافق الثقافية والاجتماعية والمرافق التجارية والمناطق الخضراء والطرق والمواصلات والمرافق العامة (المياه ,المجاري ,الطاقة ,الهواتف) , و ارتكزت تلك المعايير في صياغتها على خبرة المكاتب الاستشارية التي أعدت مخططات المرحلة و لم يتم توضيح الأسس النظرية والعملية التي استندت إليها , ولم تغط عدد من الأنشطة الحيوية مثل تنسيق المواقع والتصميم الحضري والجانب البيئي وغيرها , و لم تراع الاختلافات في الأقاليم التخطيطية والمتطلبات الوظيفية والتصميمية لكل منها , وبعد مرور عشرين سنة على الإصدار الأول للمعايير لم تجرى عملية تحديثها أو تطويرها إلا من خلال المقترحات المقدمة بمشروع الجيل الثالث للمخططات عام 2008م , وتتمثل المقترحات المقدمة في التقارير التالية :

- **تقرير معايير التخطيط الطبيعي بإقليم طرابلس التخطيطي:**

لا يتضمن تقرير معايير التخطيط الطبيعي بإقليم طرابلس التخطيطي أية إشارة صريحة إلى تقسيمات مناخية معينة أو اختلافات في المعايير الجديدة المقترحة بين المناطق والمدن الواقعة ضمن الإقليم التخطيطي [2].

- **تقرير معايير التخطيط الطبيعي بإقليم بنغازي التخطيطي:**

تضمنت مقدمة التقرير مجموعة من الأهداف والمبادئ التخطيطية التي ينبغي أن تشكل خطوط إرشادية عند إعداد المخططات الحضرية والتي منها (التقليل من التأثير السلبي لتغير المناخ بمراعاة الظروف المناخية المحلية السائدة والأخطار الطبيعية نتيجة لذلك في عملية تخطيط البيئة العمرانية ويشمل ذلك أنظمة البناء العمرانية ومن أمثلة التصاميم التقليدية لمعالجة الظروف المناخية هي الممرات المسقوفة والميادين والشوارع الملتوية والمنتهية كما يعتبر المحافظة على المساحات المزروعة القائمة وإيجاد أحزمة خضراء جديدة بأطراف المنطقة العمرانية مناسب كمصدات للرياح الجنوبية "القبلي") , ولم تتضمن محتويات التقرير الأخرى كيفية انعكاس هذا الأساس على المعايير الجديدة المقترحة ,[3].

- **تقرير معايير التخطيط الطبيعي بإقليم الخليج التخطيطي:**

تضمن التقرير جملة من الاعتبارات الخاصة بالمنطقة ,منها الموقع الجغرافي بين الساحل والصحراء ووجود بيئتين طبيعيتين مختلفتين هما البيئة الساحلية والبيئة الصحراوية , والظروف الطبيعية القاسية الأخرى كالمناخ.

كما تضمن بعض التفاصيل ذات العلاقة مثل:

- عزل المنطقة الترفيهية عما يجاورها بأسوار أو أشجار أو مِصَدّات رياح إذا تم إنشاؤها داخل المدن أو التجمعات السكانية.
- اشتمال حدائق المدن على ينابيع وشلالات المياه والبحيرات الصناعية.
- أن تحقق المنتزهات الاستدامة في المحافظة على الموارد البيئية.
- تنفيذ المعايير البيئية الواردة بالقوانين والقرارات المتعلقة بالحماية والعناية بالبيئة وتطبيقها على المســـتوى المحلي.

ولم يتضمن التقرير أية تفاصيل أخرى تتعلق بكيفية انعكاس الخصائص الصحراوية على المعايير التخطيطية الجديدة المقترحة [4].

- **تقرير معايير التخطيط الطبيعي بإقليم فزان التخطيطي:**

تضمن التقرير في مقدمته فقرة بعنوان المعايير التخطيطية للتنمية المستدامة , وجاء فيها أن هذا الطرح والتوجيه العلمي ، يدعو الباحثين وواضعي المخططات العمرانية المختلفة لمرحلة الجيل الثالث ومعايير توجه وأنماط النمو في القطاع العام والخاص وتنظيم البيئة العمرانية لخلق وسط حضري ملائمُ اجتماعياً وبيئياً [18] , وبين التقرير جملة من المشاكل و الإخفاقات التي تعاني المعايير التخطيطية الراهنة , والتي يمكن تشخيصها في النقاط الأساسية التالية :

1. وضعت المعايير الحالية عام 1980 علي المستوي الوطني و بذلك لم تراع خصوصية الأقاليم التخطيطية و سماتها الطبيعية.
2. اشتقت معظم المعايير من تلك التي تتبعها بعض الشركات والمؤسسات الأجنبية التي أعدت مخططات الجيل الثاني ودونما وضع أساس نظري أو عملي في صياغتها واعتمادها وتطبيقها.
3. لأكثر من عقدين ونصف من الزمن لم يتم تحديث أو استحداث أي معايير عمرانية جديدة علي الرغم من التغيرات الجذرية في بنية المجتمع الليبي و في السياسات الاقتصادية و التكنولوجية و السكانية.
4. في معظم المعايير الحالية نقص واضح في التعرض إلي الكثير من الجوانب مثل معايير التهيئة البيئية، معايير التصميم الحضري، معايير تنسيق المواقع و تنظيم الحدائق و معايير الفئات الخاصة (كبار السن و المعاقين و الأطفال) و غيرها.
5. تفتقر المعايير إلي أساس نظري واضح في صياغتها و في كيفية تحديثها و تعديلها و تطويرها لمواكبة مستجدات المدن في القرن الحادي و العشرين.
6. وجود هوة واسـعة ما بين المعايير التخطيطية الحالية من جانب و لوائح و نظم المباني(Building Codes) من جانب أخر حيث تمت صياغة الأخيرة بمعزل عن الأولي و جاءت كلتيهما مستقلة عن الأخرى.
7. لم تصاغ المعايير الحالية كمنظومة مترابطة و متكاملة الأركان حيث لا ترتبط مع بعضها البعض .

كما تضمن التقرير مجموعة من المحددات المؤثرة على المعايير والتي من بينها المحدد الاقتصادي , والمحدد الحضري الريفي , والمحدد التقني والتكنولوجي , والمحدد البيئي الذي حظي بأهمية متزايدة خلال السنوات الأخيرة على الصعيدين المحلي والعالمي وذلك لما يتضمنه من عوامل مؤثرة على الصحة العامة وتوفير المحيط الحيوي المناسب لتعزيز التنمية العمرانية المستدامة.

وأصـــبحت المعايير التخطيطية أداة فعالة يفترض إن تحاكي التغيرات البيئية في المناخ وتآكل التربة و ازدياد الرقعة الصـــحراوية والإخلال بأنظمة البيئة الطبيعية وما يصـــاحبها من تلوث في مصـــادر المياه وفي الهواء وفي المناطق الصناعية المحاذية للمناطق المأهولة بالسكان وكذلك التلوث السمعي والبصري في التجمعات الحضرية و انعكاساتها على الصـحة البدنية والنفسـية للسـكان . إن توظيف معطيات البيئة الطبيعية توظيفاً إيجابياً يعد مسـألة حيوية وتحظى

بدرجة عالية من الأهمية خاصـــة في إقليم التخطيطي فزان , خاصـــة في تخطيط وتصـــميم تجمعات عمرانية جديدة وتحديث وتطوير القائم منها.

لقد لوحظ في اللائحة تخصـيص وتوزيع اسـتعمالات الأراضـــي المعمول بها خللاً واضـــحاً في الأســس المتبعة في صـــياغتها بحيث أنها لا تتعرض إلى الاختلافات الجذرية الواضـــحة في المحيط البيئي بين الأقاليم التخطيطية التي تغطيها وتفترض تعرض هذه الأقاليم إلى نفس المؤثرات البيئية رغم تباينها والذي يعد افتراض غير واقعي لا يعكس واقع الحال فمثلاً: المساحات المخصصة لمختلف الأنشطة الحضرية مفتوحة كانت أم مسقوفة في أي إقليم تخطيطي هي واحدة بغض النظر عن الظروف الموضـوعية لكل إقليم تخطيطي مثل تباين في درجات الحرارة ونسـبة الرطوبة ومعدل التشمس ونوعية التربة و اتجاه وسرعة ونمط الرياح السائدة ونوعية مواد البناء ومقاومتها ومستويات العزل الحراري المرغوبة وطبيعة الغطاء النباتي القابل للنمو وغيرها, وعليه لا يمكن تحديد مســـاحات مفتوحة أو مغطاة وفق هذه الآلية أو المعيار الموحد لأقاليم التخطيطية لاختلاف الظروف الموضوعية المرتبطة بكل إقليم تخطيطي.

وتضـــمن التقرير الاعتماد على مجموعة من المبادئ الأســـاســـية للمعايير المقترحة والمتمثلة في المرونة والواقعية ,والشمولية والتنوع , والتكامل والانتظام , ومراعاة اقتصـاديات البناء والتشييد , كما تضـمن مجموعة من المحددات المؤثرة على التخطيط مثل المحدد الاقتصـــادي , والمحدد الحضـــري والريفي , والمحدد التقني والتكنولوجي , والمحدد البيئي وهو المحدد الذي يتقاطع مع هذه الورقة حيث أشـار إلى خلل واضـح في الأسـس المتبعة في صـياغة لائحة وتوزيع اســتعمالات الأراضـــي المعمول بها ' بحيث أنها لا تتعرض إلى الاختلافات الجذرية الواضـــحة في المحيط البيئي بين الأقاليم التخطيطية التي تغطيها ونفترض تعرض هذه الأقاليم إلى نفس المؤثرات البيئية رغم تباينها ' والذي يعد افتراض غير واقعي لا يعكس واقع الحال المتعلق بتباين درجات الحرارة ونسـبة الرطوبة ومعدل التشمس ونوعية التربة و اتجاه وسرعة ونمط الرياح السائدة ونوعية مواد البناء ومقاومتها ومستويات العزل الحراري المرغوبة وطبيعة الغطاء النباتي القابل للنمو وغيرها , و يتضـــمن التقرير مجموعة العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار المنطقة السكنية والتي منها:

- إمكانية تزويد الموقع بالخدمات العامة.
- ميكانيكية التربة ومدى صلاحيتها للإنشاء.
- خلو الموقع من العوائق المضرة بالإسكان .
- المسافة المناسبة بين موقع السكن وأماكن العمل.
- سهولة ربطها بمناطق الحدائق والملاعب من خلال محاور الحركة.
- ملائمة ثمن الأرض أو تكلفتها لأنماط السكن المقترحة.
- قابلية الأرض للاستزراع لما يقام بها من تشجير ومسطحات خضراء وغيرها.
- مراعاة العوامل الجوية خاصة ما يتعلق بسرعة الرياح واتجاهاتها.
- سهولة تصريف المياه إلى داخل المنطقة السكنية وخارجها.
- تضاريس مناسبة تكفل التمدد المستقبلي.

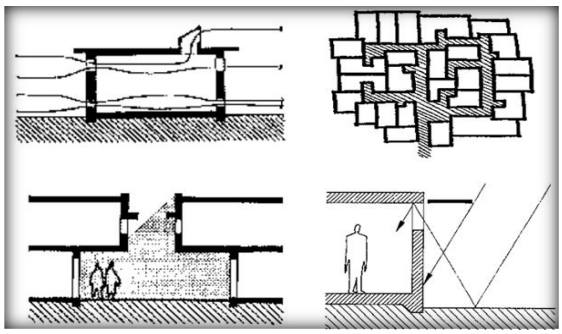
5 المعالجات التخطيطية والمعمارية في المدن الصحراوية:

الصـحراء من البيئات التي يصـعب على الإنسـان العيش فيها بسـهولة , ويتحتم عليه البحث عن أسـباب البقاء فيها وأهمها توفر المياه ومصادر الكسب والأمان , ومن ثم تكييف العمران ليستجيب للظروف البيئية التي تميز الصحراء عن غيرها , وفى هذا الشـأن يحدد الدكتور حمزة الخازمى والدكتور فوزي عقيل في بحث لهما عن الاسـتدامة في العمارة الصـحراوية [11] أن المناطق الصـحراوية لا يمكن للإنسـان العيش فيها إلا من خلال ابتكار وتطوير حلول ومعالجات تعمل على الحد من تأثر المناخ وتجعل من المناطق الصـحراوية أماكن يمكن العيش فيها ومن تلك المعالجات ما يلي:

- استخدام النسيج العمراني المتضام (compact) مما يقلل من الكسب الحراري .
- استخدام شبكة الشوارع غير المستقيمة والضيقة والمغطاة للعمل على كسر وتقليل سرعة الرياح.
- استخدام النظام العمودي متعدد الطوابق (multi floor) للمساعدة على مقاومة وتقليل الكسب الحراري
- استخدام مواد بناء ذات مقاومة حرارية عالية.
- استخدام أنظمة تهوية طبيعية تعتمد على الأفنية الداخلية (courts)ما بين الوحدات السكنية وفتحات التهوية العلوية في الأسقف.
- تقليل حجم الفتحات الخارجية في المباني.

كما يتمثل التأثير الواضـح للعوامل المناخية على النسـيج الحضـري والعمارة في تلك المدن في العديد من التطبيقات التي تخفف من شدة تلك العوامل ذكرتها الباحثة فائزة الغناى [8] ما يلي :

- الحوائط العريضـة إذ يصـل عرضـها إلى ما يزيد عن 50 سـم وهى مبنية من مادة تبدو بسـيطة التوصـيل للحرارة.
- السقف كما يتضح في تفصيل السقف المرتفع للتهوية و قلة النوافذ وصغرها.
- ضيق الشوارع وقرب الحوائط بعضها من بعض ووجود المظلات والأقواس أحيانا أدى إلى وفرة الظل في الشوارع لوقاية المشاة من ضربة الشمس .
- تجاور المساكن وقربها من بعض في المدينة والشكل المخروطي للزرائب في المزارع أدى إلى التقليل من تأثيرا لرياح .
- تفضيل التوجيه إلى الاتجاه البحري لحصول المبنى على اكبر قدر من الهواء البحري البارد ولتحاشى رياح القبلي .



الشكل (2) نماذج من المعالجات التخطيطية والمعمارية

وتضـــيف إليها الباحثتان بلغليفى نوال وســـهام قوت في بحثهما عن البعد الإيكولوجي في التخطيط العمراني بالمدينة الصحراوية [13], أسلوبا استخدم في واحة تمنراست بالجزائر يتمثل في تغطية واجهة المبنى بطبقة من البياض (وهو عبارة عن كتل من عجينة الطين) , فتلقى الكتل بالظلال على الحائط , وبذلك يكون جزء كبير من الســـطح مغطى بالظلال , مما يحقق عزل أكبر .

كما يعدد المهندس محمود محمد حمودة في بحث له عن العوامل المناخية وتأثيرها على الفراغات في المناطق الحارة الصحراوية [14] عدد من الطرق لمعالجة الفراغات بالمدن الصحراوية مثل المعالجة الحرارية والتحكم في الإشعاع الشـمســي من خلال تشـكيل وتوجيه وتظليل الفراغ ومعالجة درجة الرطوبة واسـتخدم الأشـجار والنباتات و الينابيع والبرك والتبليط الخاص والتكوينات الفنية والمظلات والمقاعد والشوارع ممرات المشاة المتعرجة وتسقيف الشوارع والممرات وبروز الواجهات .

من ذلك تولى سكان تلك المناطق تشييد المدن وتجمعات حضرية ذات نسيج حضري ومباني تتماشي مع خصائص المناخ الصحراوي واستطاعوا من خلالها ممارسة حياتهم بكل أنشطتها ضمن تلك المباني والفراغات.

وحدد كل من الدكتورة شـفق الوكيل والدكتور محمد سـراج في كتابهما المناخ وعمارة المناطق الحارة [15] عدد من التوصـيات بشـأن التخطيط والتصـميم في المناطق الحارة منها اسـتخدام التخطيط المتضـام (compact) لتوفير اكبر قدر من الظلال , ومراعاة عدم المبالغة في اتســاع الفراغات الخارجية , وتفضــيل الفراغات الصــغيرة المتكررة عن الفضـاء الكبير الواحد ,وجعل ممرات المشـاة اقصـر ما يمكن وتضـييقها وتظليلها أما بالبوايك أو الأشـجار, واسـتخدام المسطحات الخضراء و المائية ,بالإضافة إلى عدد من التوصيات المتعلقة بتصميم المباني وتوجيهها وتنفيذها.

وفى مدينة غدامس الليبية وجدت محاولة حديثة لإنشاء حي سكنى حديث وفقا لمجموعة من أسس التصميم المستوحاة من المدينة القديمة , ولكن يبدوا أن النتائج لم تكن مرضــية ,ففي دراســة لكل من الدكتور وليد فريوان وعبد الســلام الشيدين تختص بالموضوع و نشرت عام 2019م [17] قاما فيها بالمقارنة بين التخطيط التقليدي والتخطيط المعاصر بحي "توكاش" بالمدينة , واثبتا فيها أن التخطيط الحديث للشـــوارع لم يحقق الراحة الحرارية للســـكان بالرغم من محاولة اقتباس بعض المعالجات المسـتخدمة في المدينة القديمة ,ويوصـون باسـتخدام مواد البناء المحلية والعمل على وضع معايير تخطيطية بيئية تتناسب مع البيئة العمرانية المحلية.

6 الاستدامة في المدن الصحراوية:

1-6 التحديات التي تواجه المدن الصحراوية:

تذكر كل من الباحثة يسرى حمرة والدكتورة حكيمة حليمي في بحثهما عن تهيئة المدن الصحراوية وفق أبعاد التنمية المستدامة [12] عدد من التحديات التي تواجه المدن الصحراوية وهى:

- الجفاف وندرة مياه الأمطار, وندرة الغطاء النباتي.
- مناخ شديد الحرارة.
- تباين واختلاف في درجات الحرارة.
- مشكل التربة وندرة الغطاء النباتي.
- حركة الرياح والعواصف الترابية.
- مشكلة التلوث.

2-6 الاستدامة الحضرية ضمن المناطق الصحراوية:

وفق تعريف الأمم المتحدة فإن التنمية المستدامة هي التنمية التي تلبي حاجيات الأجيال الحالية دون المساس بحق الأجيال القادمة التنمية ,وينبغي لأي برامج تنموية أن تتبنى هذا المفهوم وتعمل على تحقيق الأهداف المرتبطة به , وينطبق ذلك على التنمية الحضرية التي تستهدف المدن بشكل عام والمدن الصحراوية بشكل خاص بهذه الورقة ,ويرى كثير من المتخصصين أن هناك ارتباط بين التنمية المستدامة والعمران الصحراوي التقليدي , ويتجسد ذلك في البعد البيئي من حيث الكفاءة وديمومة مواد البناء المستخدمة وفى البعد الاجتماعي من حيث توفير الجو الاجتماعي الايجابي والشعور بالراحة والخصوصية والأمان , والبعد الاقتصادي من حيث تقليص حجم الطلب على الطاقة وفعالية قضاء الحاجيات اليومية [12].

ومن اجل تحقيق الاستدامة في المدن الصحراوية يعدد كل من حبيب الشويخات ودانجوما في ورقة لهما عام 2002م [10] , مجموعة من الأهداف التي ينبغي أن تركز عليها المخططات الحضرية والتي منها :

- دمج الخدمات من خلال التوصيل الدقيق لاستعمالات الأراضي المختلفة بواسطة دمج ممرات الأحزمة الخضراء.
- تشجيع الارتفاع العمودي عبر توظيف الهياكل المتوسطة والعالية الارتفاع في المناطق المركزية.
- تقديم مجاورات سكنية ذات غطاء نباتي واسع وبناء منخفض الكثافة في اكبر قدر من مساحة المدينة.
- توجيه المباني بشكل يتفق مع الاعتبارات المناخية لا سيما الرياح , واستخدام نظام الأفنية.
- اعتماد مواد البناء المحلية ، والتدقيق الوثيق قبل استخدام أي بديل.
- تصور التنمية الصناعية لتشكل جزء لا يتجزأ من البنية التحتية للمدينة على مسافة سير بالأقدام من 30 إلى 45 دقيقة أو ما يعادلها.
- زراعة الأشجار في الوحدات السكنية والمناطق العامة الأخرى ، بدعم من نظام الري المناسب.

7 النتائج و لتوصيات :

تشكل البيئة الطبيعية الصحراوية الحصة الأكبر من مساحة ليبيا وبنسبة تزيد عن 90% من مساحة البلاد , ووسط هذه البيئة استقر الإنسان في مختلف مناطق الصحراء منذ ألاف السنين , وتدل على ذلك المدن القديمة والأثرية التي

لا تزال قائمة حتى يومنا هذا شـاهدا على نجاح سـكانها في التعامل مع شـدة الظروف البيئية الصـحراوية القاسـية , حيث اســتطاعوا التوصــل إلى بلورة مجموعة من التطبيقات على العمارة والعمران , مما مكنهم من الحياة في تلك المدن وممارســة كافة أنشــطة حياتهم بكفاءة , أما في العصــر الحديث فإننا نلاحظ في اغلب الأحيان أن المدن الصـحراوية تظهر بخططها وأنسـجتها الحضـرية عجزاً في تحقيق التوافق والتلاؤم مع هذه البيئة , وذلك للعديد من الأســباب التي تتعلق بالعمارة والتخطيط ,مما جعل كثير من الباحثين والمهتمين يوجهون اهتماماهم لكشــف تلك الأسباب واقتراح المسارات المستدامة التي ينبغي أن يتبعها العمران في المدن الصحراوية.

ولقد أعدت السلطات الليبية في العصر الحديث المخططات الحضـرية لكافة المدن في مختلف أنحاء البلاد والتي منها المدن الصــحراوية , وكانت أهم البرامج الوطنية التي أنتجت فيها تلك المخططات هي الجيل الأول للمخططات (1968-1988) , والجيل الثاني للمخططات (2000-1980) , والجيل الثالث للمخططات (2005-2025) ,وصاحب تلك الأجيال إصدار قوانين التخطيط العمراني ولوائح استعمالات وتصنيف المناطق ولوائح البناء , ومعايير التخطيط الطبيعي ,ولم اعثر أثناء هذه الدراسـة على مخططات حضـرية او لوائح بناء أو معايير تختص بالبيئة الصـحراوية , باستثناء بعض المحاولات التي استهدفت إقامة مشروعات إسكانية ذات خصائص متميزة , وكذلك التوجه نهو تقسيم البلاد إلى أقاليم ايكولوجية ضمن وثائق مشروع الجيل الثالث للمخططات , بهدف توجيه سياسات التخطيط العمراني نحو الخصائص البيئية بكل إقليم إيكولوجي .

وقد نصـت قوانين التخطيط العمراني الصـادرة على أن تصـدر لائحة تحدد اسـتعمالات كل منطقة والشـروط الواجب توفرها بالنسبة للأراضي والمباني , والشروط العامة الواجب توفرها في قطع التقسيم من حيث المساحات وارتفاعات المباني وخطوط التنظيم بقرار من المجلس البلدي , وعلي أن يتولى المجلس البلدي إصــدار لائحة للمباني تحدد الشروط الواجب توافرها في المباني من الناحية الفنية أو الصحية .

وبعد الاطلاع على أخر إصــدارات لائحة اســتعمال وتصــنيف المناطق , نجد أنها لم تفرق بين الاشــتراطات الفنية التخطيطية وفقاً لاختلاف الخصــائص البيئية المختلفة في البلاد , ولكن المادة (3) من اللائحة في فقرتها الرابعة تجيز للجنة تخطيط المدن وتنظيم المباني اشــتراط أية شــروط أخرى متعلقة باســتعمالات الأراضــي في إطار توصــيات المخطط العام والاهتداء بالمعايير التخطيطية المعتمدة , وينطبق هذا الاســتنتاج على لائحة تقســيم الأراضــي التي لم تتضمن اشتراطات محددة بالمناطق الصحراوية , و أناطت ذلك بالمخطط العام المعتمد وما يتضمنه من استعمالات واشتراطات , بينما منع القانون (3) لسنة 2001م بشأن التخطيط العمراني الأفراد من إجراء تقسيمات على الأراضي المعدة للبناء وفقا لنص المادة (22) من القانون.

وقد صدرت معايير التخطيط الطبيعي في ليبيا بشكل معدل لاستعمال في كل أنحاء البلاد من أجل العمل على تحسين مستوى معيشة السكان , وتقدير الاحتياج من الأراضي للأغراض الحضرية , وتقليل الفروق غير المقبولة في مستوى معايير الإسـكان والمرافق الأسـاسـية داخل البلاد , وتزويد المواطنين بالمرافق الأسـاسـية والخدمات على مسـتوى متساوي في جميع أنحاء البلاد.

ولكنها لم تغط عدد من الأنشطة الحيوية مثل تنسيق المواقع والتصميم الحضري والجانب البيئي وغيرها , و لم تراع الاختلافات في الأقاليم التخطيطية والمتطلبات الوظيفية والتصــميمية لكل منها , وتم تقديم مســودة معايير التخطيط

الطبيعي للجيل الثالث عبر أربعة تقارير تغطى الأقاليم التخطيطية الأربعة ,ولم تتضمن المعايير المقدمة أية انعكاسات مباشرة أو إشارة صريحة إلى تقسيمات مناخية معينة أو اختلافات في المعايير الجديدة المقترحة بين المناطق والمدن باستثناء بعض الإشارات بإقليم الخليج التخطيطي وإقليم فزان التخطيطي والتي نجملها في الآتي:

- عزل المنطقة الترفيهية عما يجاورها بأسوار أو أشجار أو مصدات رياح إذا تم إنشاؤها داخل المدن أو التجمعات السكانية.
- اشتمال حدائق المدن على ينابيع وشلالات المياه والبحيرات الصناعية.
- أن تحقق المنتزهات الاستدامة في المحافظة على الموارد البيئية.
- تنفيذ المعايير البيئية الواردة بالقوانين والقرارات المتعلقة بالحماية والعناية بالبيئة وتطبيقها على المستوى المحلي.

و تضمن تقرير إقليم فزان التخطيطي مجموعة من المحددات المؤثرة على المعايير والتي من بينها المحدد الاقتصادي , والمحدد الحضري الريفي , والمحدد التقني والتكنولوجي , والمحدد البيئي الذي حظي بأهمية متزايدة خلال السنوات الأخيرة على الصعيدين المحلي والعالمي , ويوصى بتوظيف معطيات البيئية الطبيعية توظيفاً إيجابياً خاصة في إقليم فزان التخطيطي, عند تخطيط وتصميم تجمعات عمرانية جديدة وتحديث وتطوير القائم منها , وتضمن التقرير الاعتماد على مجموعة من المبادئ الأساسية مثل المرونة والواقعية ,والشمولية والتنوع , والتكامل والانتظام , ومراعاة اقتصاديات البناء والتشييد , كما يتضمن التقرير مجموعة العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار المنطقة السكنية والتي منها إمكانية تزويد الموقع بالخدمات العامة, وميكانيكية التربة ومدى صلاحيتها للإنشاء ,وخلو الموقع من العوائق المضرة بالإسكان, والمسافة المناسبة بين موقع السكن وأماكن العمل , وسهولة ربطها بمناطق الحدائق والملاعب من خلال محاور الحركة , وقابلية الأرض للاستزراع لما يقام بها من تشجير ومسطحات خضراء وغيرها , ومراعاة العوامل الجوية , وسهولة تصريف المياه إلى داخل المنطقة السكنية وخارجها , والتضاريس المناسبة.

وقد استحدثت عبر السنين العديد من المعالجات التخطيطية والمعمارية في المدن الصحراوية بهدف الحد من تأثر المناخ القاسي وجعل المناطق الصحراوية أماكن يمكن العيش , وتولى كثر من الباحثين والمتخصصين تناول تلك المعالجات ودراسة تأثيرها على الحياة البشرية , ثم أتت الأصوات التي تنادي بتطبيق بالاستدامة والبحث عن صيغة توافقية بين تنمية المدن الصحراوية و أبعاد التنمية المستدامة , وتأسيساً على ما سبق يمكن بلورة مجموعة من المعالجات للتخطيط والعمارة في المناطق الصحراوية تحترم الخصوصية المكانية وتدعم الاستدامة الحضرية على النحو التالي:

معالجات في التخطيط:

- استخدام النسيج العمراني المتضام (compact).
- استخدام شبكة الشوارع غير المستقيمة والضيقة والمغطاة.
- تفضيل توجيه الشوارع من الشمال إلى الجنوب.
- جعل ممرات المشاة اقصر ما يمكن وتضييقها وتظليلها إما بالبواكي أو الأشجار.

- مراعاة عدم المبالغة في اتساع الفراغات الخارجية , مع تفضيل الفراغات الصغيرة المتكررة عن الفضاء الكبير الواحد.
- إدماج غطاء نباتي واسع عند وضع مخططات الأحياء والمجاورات السكنية , واقتراح زراعة الأشجار في الوحدات السكنية

والمناطق العامة الأخرى .

- استخدام نظام البناء العمودي متعدد الطوابق (multi floor) .
- دمج الخدمات المختلفة ضمن مراكز محددة واستخدام ممرات الأحزمة الخضراء.
- جعل ممرات المشاة اقصر ما يمكن وتضييقها وتظليلها إما بالبواكي أو الأشجار.
- استخدام المسطحات المائية والنباتات والينابيع والبرك والتبليط الخاص والتكوينات الفنية والمظلات.

معالجات في العمارة:

- توجيه المباني بشكل يتفق مع الاعتبارات المناخية لا سيما الرياح , واستخدام نظام الأفنية.
- اعتماد مواد البناء المحلية ، خصـــوصـــاً مواد البناء ذات المقاومة الحرارية العالية ,والتدقيق الوثيق قبل استخدام أي بديل.
- استخدام الأسقف المزدوجة.
- تقليل حجم الفتحات الخارجية في المباني.
- استخدام أنظمة تهوية طبيعية تعتمد على الأفنية الداخلية (courts).
- استخدام كاسرات الشمس الأفقية والرأسية والمشربيات لمنع وصول أشعة الشمس إلى الداخل.
- تقليل مساحات الواجهات الخارجية المعرضة للحرارة الخارجية.
- أهمية استخدام الأشجار والشجيرات بجانب المبنى وفقا لمناطق التعرض لأشعة الشمس.
- بروز واجهات المباني.
- استعمال الألوان الفاتحة لدهان الأسطح والجدران الداخلية والخارجية

وأخيرا نصل إلى وضع مجموعة من التوصيات :

- التأكيد على أهمية أخذ الاعتبارات المتعلقة بالطبيعة والبيئة والاستدامة عند تحديث أو إصلاح أو إصدار أية تشريعات عمرانية في المستقبل.
- الانتقال من العمل بلائحة استعمال وتصنيف المناطق الموحدة إلى لوائح استعمال وتصنيف المناطق تصدر على مستوى الأقاليم الإيكولوجية ذات الخصائص الواحدة.
- ضرورة التعاون بين كل من مؤسسة التخطيط العمراني والجامعات ومراكز البحوث و السلطات المحلية في كل المدن الصـــحراوية من أجل الوصـــول إلى الصـــيغة المناســـبة من معايير التخطيط الطبيعي ولوائح استعمالات الأراضي ولوائح البناء.

- الاســتفادة من مســودة معايير التخطيط الطبيعي المعدة عام 2008 لإقليم فزان التخطيطي بمشــروع الجيل الثالث للمخططات والعمل على تطويرها وفقا لمجموعة المعالجات الوارد ة في هذه الورقة أو غيرها.

8 المراجع :

1- التقرير رقم (2) دليل معايير التخطيط العمراني ,لجنة تقييم الدراســـات الخاصـــة بالمخططات الإقليمية والمحلية ,أمانة اللجنة الشعبية العامة للمرافق ,1981.

2- الخطوط الإرشادية التخطيطية لمشروع مخططات الجيل الثالث بإقليم طرابلس التخطيطي ,مصلحة التخطيط العمراني ,المكتب الوطني الاستشاري ,2009م.

3- تقرير معايير التخطيط والتنمية لإقليم بنغازي التخطيطي مصـــلحة التخطيط العمراني , مصـــلحة التخطيط العمراني , مكتب العمارة للاستشارات الهندسية ,2008.

4- تقرير معـايير التخطيط المقترحـة للإقليمين الفرعيين التخطيطيين الواحـات والكفرة ,مصـــلحـة التخطيط العمراني , مكتب الجامعة للاستشارات الهندسية ,2008.

5- دكتور عبد العزيز طريح شـــرف , جغرافية ليبيا , توزيع منشـــأة المعرف بالإســـكندرية ,الطبعة الثانية 1971م.

6- د. الهادي مصـطفى أبو لقمة , د. سـعد خليل القز يري ,الجماهيرية دراسـة في الجغرافيا ,الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان , الطبعة الأولى 1995م.

7- أ. محمد عبد السـلام عمار الفيتورى ,مذكرة في جغرافية ليبيا , كلية العلوم والآداب- قسـم الجغرافيا- الأبيار .فائزة احمد الغناى , مباني مدينة مرزق القديمة الصحراوية ,مدونة الميراث , 2010/02/13م.

8- على الميلودي عمورة , ليبيا تطور المدن والتخطيط الحضـري ,دار الملتقى للطباعة والنشـر ,الطبعة الأولى 1998م.

9- HabibAlshuwaikhat and DanjumaNkwenti , Developing Sustainable Cities in Arid Regions,2002.

دكتور. حمزة محمد أبو بكر الخازمى ,د. فوزي محمد عقيل , دراسـة وتحليل المعالجات المعمارية المسـتخدمة لتقليل الكســب الحراري في المناطق الصـــحراوية – دراســـة حالة مدينة غدامس , المؤتمر الهندســـي الثاني لنقابة المهن الهندسية بالزاوية ,2019م.

10- حمرة يســـري ,د. حليمي حكيمة , تهيئة المدن الصـــحراوية وفق أبعاد التنمية المســـتدامة -المدينة الجديدة (حاســـي مســـعود ، الجزائر) أنموذجا, مجلة البحوث والدراســـات التجارية مجلد 05 عدد 01 - مارس 2021.

11- بلغليفى نوال ,ســـهام قوت , البعد الايكولوجي في التخطيط العمراني بالمدينة الصـــحراوية 'مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية , المجلد 7 , العدد 22 , 2015.

12- مهندس /محمود محمد حمودة , العوامل المناخية وتأثيرها على الفراغات في المناطق الحارة الصـحراوية , مجلة جمعية المهندسين المصرية , المجلد 58, العدد الأول , 2019م.

13- د. م .شــفق العوضـــي الوكيل , د . م. محمد عبد الله ســراج ,المناخ وعمارة المناطق الحارة ,عالم الكتب ,الطبعة الثالثة 1989م.

14- مصلحة التخطيط العمراني , السياسة المكانية الوطنية (2006-2030) , 2008م.

15- وليد عبد الســلام فريوان , عبد الســلام محمد الرشــيدي , تحقيق خصــائص التصــميم البيئي في المدن الصـحراوية المعاصـرة مقارنة بين تخطيط الشـوارع (الأزقة) بمدينة غدامس القديمة والحديثة , مجلة العلوم البحثية والتطبيقية , 2019م.

16- تحديث دليل معايير التخطيطي العمراني ضـــمن الجيل الثالث للمخططات ,مصـــلحة التخطيط العمراني , المكتب الاستشاري الهندسي للمرافق ,2008.

تأثير الظروف المناخية على تخطيط المدن الصحراوية في إطار التنمية المستدامة "مدينة غات حالة دراسية"

د. وليد عبدالسلام فريوان [1]
المعهد العالي للعلوم والتقنية– الخمس
E-mail
waledfree79@gmail.com

أ. عبدالسلام محمد الرشيدي [2]
كلية التقنية الهندسية – مسلاته
E-mail
eng_alrachidy@yahoo.com

م. عيسى احمد اللافي[3]
طالب مرحلة دراسات العليا / جامعة المرقب

ملخص

تهدف هذه الورقة الى دراسة العناصر المناخية المؤثرة على التخطيط العمراني لمدينة غات(القديم والحديث)، ومدى تأثيرها عليه, حيث أن المدينة القديمة تعتبر مثال يحتذى به في كيفية التفاعل بين تخطيط الشوارع والازقة، وتصميم المباني مع ساكنيها, ومدى مراعاتها للظروف المكانية المناخية القاسية أثناء تنفيذها في تلك الفترة، ومن جانب اخر فإن التخطيط الحديث للمدينة, واختيار نوع مواد البناء, وتصميم المباني لم يأخذ في الحسبان هذه الظروف المناخية القاسية مما أثرة سلباً على الراحة الحرارية لساكنيها، مما جعل الزاماً لحل هده المشكلة الاستعانة بالوسائل الميكانيكية، وتكمن أهمية الدراسة في تسليط الضوء على تخطيط المدينة القديم ومعالجته المعمارية في مقاومة الظروف المناخية الصحراوية, ويحاول البحاث التركيز على العلاقة بين التخطيط العمراني في المناطق الحارة الجافة و المناخ المحيط بها، وكيف تم التعامل معه قديما ومدى تحقيقه لمتطلبات التنمية المستدامة للخروج بنقاط توضع كأسس أو معايير بيئية تخطيطية تصميمية للمدن الصحراوية بشكل عام ومدينة غات بشكل خاص.

لذلك فقد تطرقنا لهذا الموضوع للحصول على بيئة عمرانية مستدامة مكيفة طبيعياً، وللوصل لذلك سوف نتبع في هذا البحث (المنهج التاريخي، والمنهج الوصفي التحليلي، والمنهج المقارن).

الكلمات المفتاحية:– (مدينة غات – العناصر المناخية – التخطيط العمراني "الحديث والقديم" – المناطق الحارة الجافة).

المقدمة :

على مر السنين عاشت أجيالا متعاقبة في المناطق الحارة الجافة خاصة في شمال إفريقيا، والجزيرة العربية، هذه الأجيال إبتكرت اساليبا، ومعالجات في البناء، والتخطيط للتقليل من تأثير المناخ الصحراوي المتطرف، وتنجح إلى حد كبير في التأقلم مع المناخ الحارة الجاف، أن العيش في المناطق الصحراوية ذات المناخ القاسي تعتبر من بين أصعب البيئات المناخية التي تنعكس سلبا على الإنسان، نظرا لأنها تحد من أنشطته اليومية، وبالتالي تؤثر سالبا على أداءه، وإنتاجه ولجعل هده البيئة أكثر ملائمة للعيش فيها كان لابد من اللجوء إلى ابتكار وتطوير حلول معماريا.

مشكلة البحث:

لتحديد مشكلة الدراسة علينا أولا الإجابة على بعض الأسئلة التي من شأنها تحديد المشكلة :

هل التخطيط العمراني الحديث لمدينة غات يتماشى مع الظروف المناخية السائدة في المنطقة مقارنة بالتخطيط العمراني القديم؟ وهل أخذت الظروف المناخية في الاعتبار من الناحية التخطيطية لمدينة غات؟

فرضيات البحث:

1 – إن تخطيط مدينة غات القديمة كان نتيجة تأثيرات في البيئة المحيطة، والظروف المناخية الصحراوية.

2 – لم يراعى التخطيط العمراني الحديث لمدينة غات الظروف المناخية مقارنة بالتخطيط القديم.

3 – إن محاولة إعطاء مدينة غات وجها حضاريا تشبه في تخطيطها المدن العصرية، فقد تم التخطيط العمراني الحديث فيه بوضع لا يتلاءم مع الظروف المناخية المحيطة.

أهمية البحث:

1 – يمكن الاستفادة من هدا الموضوع في عمليات التخطيط العمراني مستقبلا سوء على مستوى المدينة في إقامة المباني الحديثة، أو على مستوى إقليمي عند التخطيط لأقامته ذات ظروف مناخية مشابهة .

2 – يعتبر التخطيط القديم لمدينة غات نموذجا للمدن المحتفظة بنسجها المعماري، الذي يعكس الحياة لاجتماعية للسكان، ومعالجتهم المعمارية في مقاومة الظروف المناخية الصحراوية.

أهداف البحث:

1 – معرفة مدى ملائمة تخطيط مدينة غات (القديم والحديث) للظروف المناخية الصحراوية.

2 – معرفة العوامل المناخية المؤثرة من خلال تحليل عناصر المناخ، ومدى تأثير البيئة الصحراوية على التخطيط العمراني.

منهج البحث :

(المنهج التاريخي – المنهج الوصفي التحليلي – المنهج المقارن).

حدود البحث :

الحدود الجغرافية (مدينة غات)

الدراسات السابقة :

1 – دراسة مركز البحوث الصناعية (دراسة التنمية المكانية لشعبية غات) سنة 2006، وتناولت التكوينات الجيولوجيا للمنطقة بشكل مفصل، وكذلك مظاهر السطح والسكان وأنشطتهم الاقتصادية، تم تناول المركز الحضري في الشعبية ومستوى الخدمات فيها، وأفاق قيام صناعة مختلفة على المواد الخام المتوفرة في هده المنطقة [1].

2 – مقالة الدكتور الهادي أبو لقمة والدكتور منصور البابور التي نشراها في عام (1991)ف، تحت عنوان (غدامس و غات توأما الصحراء)حيث تعرض الباحثان لدراسة تطور ونمو هاتين المدينتين ودرسا مورفولوجية المدينتين والتركيب الداخلي لهما وطراز العمارة، وعاداتها الاجتماعية، وتوصلا إلى أن كل هذا يدلنا على ملائمة جيدة وتناسب منطقي مع بيئة الصحراء القاسية من ناحية، ملائمة حضرية من خلال استمرارية نموذج المدينة الإسلامية التقليدية من ناحية أخرى .كما أكد الباحثان بأن المخطط العصري الحديث الذي فُرض على مدينة غات، هو بلاشك

عمل تخطيطـي تنقصـه حكمـة من قـام بإنشـاء هذه المراكـز العمرانيـة القديمة، كما ينقصـه الإطار الشمولي الذي ينظر للإنسان وأعماله من خلال علاقته مع بيئته [2].

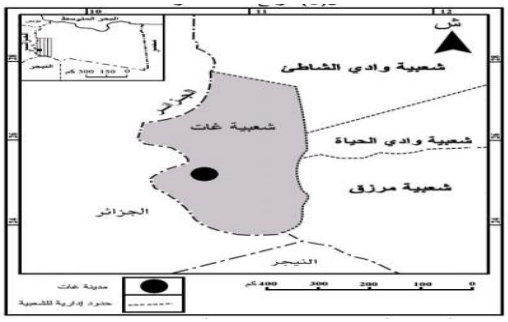
3 – في سنة 1970 ف قامت شركة (WHITNG ASSOCIATES INTERNATIONAL) بأعداد مخطط عام لمدينة غات يشمل استعمالات الأراضي حتى سنة 1988 ،اشتمل التقرير على معلومات عن اتجاهات التطوير العمراني بالمدينة ومتطلباته حتى سنة 1988ف، كما احتوى على خرائط تبين استخدام الأراضي خلال سنوات التخطيط، وخرج بتوصيات عامة تتعلق بمراحل التطور العمراني السكنى وبرامج التحسينات العامة، ونشاط التخطيط اللاحق في المدينة ،والحفاظ على الطابع المعماري في المدينة القديمة[3].

التعريف بموقع مدينة غات :

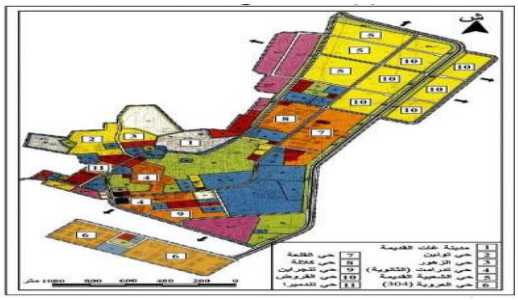
تقع مدينة غات في الجنوب الغربي من ليبيا ممثلة الحلقة الشمالية الأخيرة من مجموعة الواحات المنتشرة في الصحراء الكبرى، حيث أعطى الموقع أهمية كبيرة للمدينة منذ القدم . فهي تقع إلى الجنوب الغربي من سبها، و مرزق، وتبعد عن الأولى بمسافة 570 كم، وعن الثانية بمسافة 450 كم، كما تبعد عن طرابلس بـ 1360 كم [4].

وهناك تباين ملحوظ في موضع المدينة ما بين القديمة والحديثة، إذ أن المدينة القديمة تقع ضمن منطقة مرتفعة على سفح جبل كوكمن، حيث تمتد البقعة التي نشأت عليها المدينة في اتجاه شمال شرق الواحة، وعمل أهالي المدينة على إحاطتها من باقي الاتجاهات بمزارع النخيل, لتعمل كمصدات للرياح المحملة بالأتربة والتي تهب عادة من الجهة الجنوبية الغربية [1].

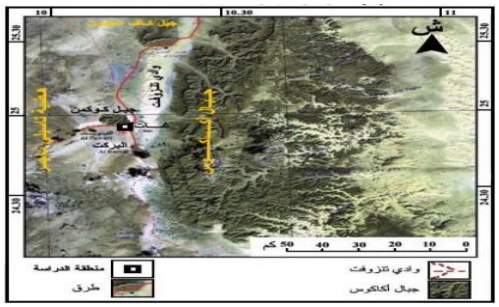
أما المدينة الحديثة فتقع على ارتفاع (640 متر) عن مستوى سطح البحر وبالتالي فهي تنخفض عن سابقتها بنحو (30 متراً) ، و قد أنشأت على أرض منخفضة تمتد من شمال الشمال الغربي إلى جنوب الجنوب الغربي ، ويحدها من ناحية الشمال المدينة القديمة والسبخة، ومن الجهة الشرقية تحدها الكثبان الرملية ووادي تنزوفت، والأراضي الزراعية من الجهتين الغربية والشمالية الغربية، وقد كان لتغير طبوغرافية موضع المدينة من المرتفع إلى المنخفض وما أعقبه من تغير في مورفولوجيتها تأثير في تباين الظروف المناخية المؤثرة في المدينة [5].



شكل (1) موقع مدينة غات القديمة [6]



شكل (2) خريطة توضيح أحياء مدينة غات[7]



شكل(3) الظواهر الجغرافية الطبيعية لمدينة غات [8]

بعض التعريفات الهامة :

1 – العوامل المناخية:– هي مجموعة العناصر المناخية التي تفرض على مخططي المدن إتباع نمط معين من التخطيط للتخفيف من أثر هذه العناصر على السكان، بما يضمن توفير الحدود الدنيا من الراحة الحرارية لهؤلاء السكان ضمن حدود المدينة [9] .

2 – التخطيط المتضام:– يقصد بالتخطيط المتضام هو تقارب مباني المدينة بعضها من بعض بحيث تتكتل وتتراص مبانيها لمنع تعرض واجهاتها للعوامل الجوية [10] .

3 – الفناء الداخلي:– هو عبارة عن مساحة مكشوفة تترك في وسط مسطح المبنى لإضاءة وتهوية وحدات المبنى الداخلية، وقد يكون الفناء محاطاً بوحدات المبنى من أربعة جو انب (فناء مغلق)، أو من ثلاثة جوانب أو جانبين (فناء مفتوح) [11].

4 – التخطيط العمراني:– وهو مجموعة متكاملة من الإجراءات الاجتماعية والاقتصادية، الصحية الوقائية، التكنيكية الإنشائية والمعمارية، التي يكون الغرض منها تكوين الهيكل التخطيطي الأمثل للمدينة [12].

5 – المناخ التطبيقي:– هو العلم الذي يهتم بدراسة مدى تأثير مختلف العناصر المناخية على جوانب البيئة البشرية المختلفة (مناخ زراعي، صناعي، تجاري سياحي...الخ)، بما في ذلك الإنسان ذاته من حيث لباسه وطعامه، وسكنه وحركاته [13] .

6 – موروفولوجية (شكل) المدينة:– ويقصد بها شكل المدينة، وتركيبها، ومظهرها الخارجي، ونسيجها الحضري وترتيب المباني فيها، والنمط الذي تأخذه، و كذلك استخدامات الأرض فيها [14] .

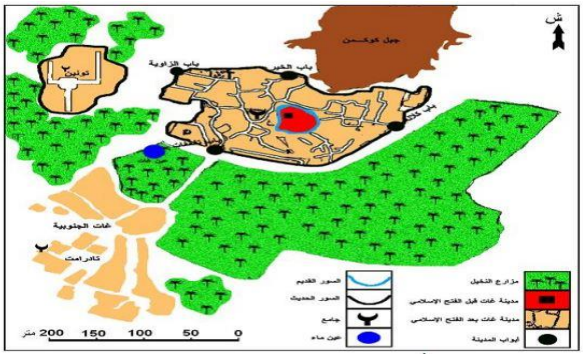
المجاورة السكنية:– هي ضاحية من ضواحي المدينة، تحدها من الخارج شوارع رئيسية، وبالداخل شبكة طرق فرعية توفر الراحة والهدوء، وتضم مؤسسات تعليمية تقع في المنطقة المركزية لها، ويقع بالقرب منها بعض المباني العامة، ومجموعة من المحلات التجارية، ومركز اجتماعي، وحديقة عامة، وملعب رياضي[15] .

مراحل التخطيط العمراني لمدينة غات:

1 – المرحلة القديمة:

بدأت هذه المرحلة منذ نشأة المدينة وامتدت إلى فترة الفتح الإسلامي ثم الحكم العثماني من بعده، حيث يرى المؤرخون أن الجزء القديم من المدينة الذي يتكون من قلعة (تغرفت) وبعض البيوت المحيطة بها والتي تعرف بحي (أغرم وشرن) قد تم بناؤه في الفترة التي سبقت انتشار الإسلام في المناطق الصحراوية، ويستدل على ذلك من وجود المسجد العتيق خارج السور الذي أحيط بهذا الجزء.

ثم زادت المباني في المدينة القديمة بزيادة عدد سكانها، حيث تم بناء حي كلالة في فترة لاحقة لبناء المسجد العتيق، و الذي يعتبر أكبر أحياء المدينة مساحة، وبعد ذلك تم بناء حي الزاوية (الأمين) في سنة(1861م) [7] .



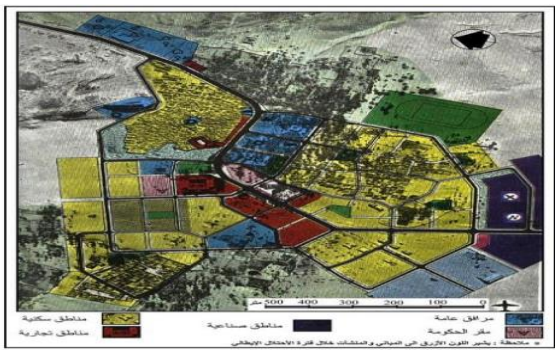
شكل (4) توسع مدينة غات القديمة قبل الفتح الإسلامي وحتى عام 1909م [17]

2 – المرحلة الانتقالية:

بدأت هذه المرحلة مع بداية الاحتلال الإيطالي لمدينة غات سنة (1914 م) واستمرت حتى بداية ثورة الفاتح سنة (1969 م)، وتميزت هذه المرحلة ببداية البناء خارج أسوار المدينة، وأقتصر التوسع في بداية هذه الفترة على المباني والمنشآت العامة التي تخدم مصالح الإدارة الإيطالية، حيث تم بناء المطار القديم في الجزء الجنوبي الغربي للمدينة . [17].

وقد كانت سنة 1968 أول عهد للمدينة بالتخطيط العمراني، حيث تم تكليف مؤسسة INTERNATIONAL ASSOCIAES WHITINGبإعداد مخطط للمدينة يغطي استعمالات الأرض حتى عام 1988 م، إن أهم ما يميز هذه المرحلة أنها تمثل البداية الفعلية لخروج السكان من المدينة القديمة والسكن في المساكن الحديثة نتيجة التوسع في إنشاء المباني السكنية، حيث أنشئ حي تدرامت (الثانوية) أو جزء منه سنة 1964 م ضمن برنامج الإسكان العام، وحي كلالة ومساكن تونين الحديثة في سنة 1965م واللذان يتكون كل منهما من 12 وحدة سكنية. [3].

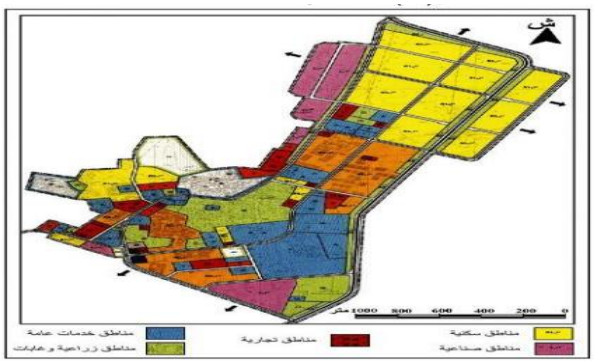
وقد كان الاختلاف واضحاً بين هذه المباني ومباني المدينة القديمة سواء في موضعها أو شكلها أو مواد بنائها، وهكذا بدأ النشاط العمراني الذي أخذ في التوسع والانتشار خارج أسوار المدينة القديمة فاختلطت أساليب التنظيم العمراني بين محلية ومستوردة، وتغيرت بذلك النسب والحجوم المعمارية والمقاييس والمعايير التخطيطية، وظهر التداخل واضحاً بين نمطي البناء القديم والحديث سواء كان في مادة البناء أو شكله.



شكل(5)مخطط مدينة غات (1970– 1988) [18]

3 – المرحلة الحديثة:

وقد بدأت هذه المرحلة بالتحديد في مدينة غات بتاريخ 4–الكانون ديسمبر 1980 م، بموجب عقد تم توقيعه مع شركةFINNMAP لإعداد مخطط عام يستهدف تطوير مدينة غات حتى عام 2000 ف، باعتبارها ستشكل مركز اً إداريا وصناعيا ومركز خدمات في المنطقة، وبالتالي ستشهد زيادة كبيرة في عدد السكان، ترتب على ذلك وضع مخطط للمدينة يستوعب هذه الزيادة السكانية المتوقعة، حيث قدر الاستشاري أن تصل نسبة النمو السكاني في المدينة إلى حوالي (2.9%)خلال الفترة بين عامي (1981 –2000 ف)، وقد بلغ إجمالي المساحة الحضرية التي شملت في المخطط حوالي 372 هكتاراً [17], وعلى الرغم من أهمية المخططات التي أعدت للمدينة وضرورتها لتنظيم النمو والتطور العمراني، إلا أنها فشلت في معرفة إمكانية التطور والنمو على مستوى الإقليم، كما أن مدة المخططات كانت (20 سنة) وهي تعتبر مدة طويلة, ويفترض على الاقل انها قسمت الى أربع خطط خمسية كل خطة متكونة من 5سنوات, إذا ما أخذنا في الاعتبار التطورات الهائلة التي حدثت في البلاد في السنوات الأخيرة مثل زيادة الدخل القومي من النفط وارتفاع مستوى المعيشة، كما أن هذه المخططات لم تأخذ في الاعتبار تكييف البيئة الطبيعية (المناخ) والتراث الثقافي والمعماري مع متطلبات الحياة في بيئة حضرية عصرية، إضافة إلى غياب المشاركة الشعبية في التخطيط، حيث أن التخطيط كان مركزياً ولم يكن محلياً، وبالتالي جاءت عملية التخطيط جائرة على رغبات المواطن وعلاقاته الاجتماعية[15].



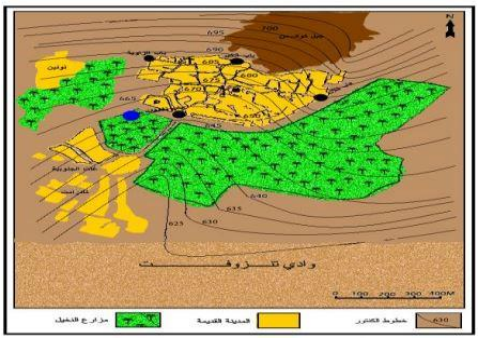
شكل(6) مخطط مدينة غات لسنة 2000ف [17]

علاقة المناخ بتخطيط وتصميم مباني مدينة غات القديمة:

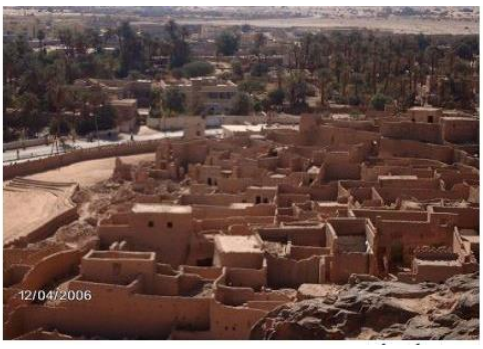
1 – المعالجات التخطيطية للمناخ في المدينة:

أ – اختيار مكان المدينة.

لقد بنى الأهالي المدينة على السفح الجنوبي لجبل كوكمن، الذي يرتفع حوالي 700متراً عن مستوى سطح البحر وإن المدينة ترتفع بحوالي 30 متراً عما يجاورها، وهذا الموضع الذي نشأت فيه المدينة ساهم في التكيف مع ظروف المناخ السائدة في المنطقة، فمن ناحية الشمال يعمل جبل كوكمن على حماية المدينة من الرياح الشمالية التي تهب طوال العام تقريباً.



شكل(7) طبوغرافية مدينة غات القديمة [17]

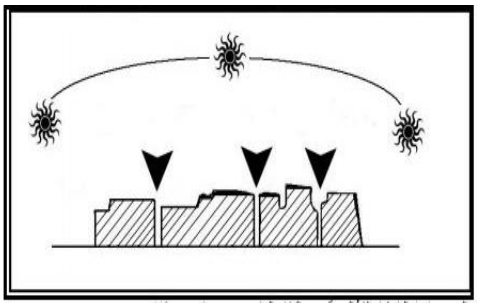


صورة (1) مدينة غات القديمة المرتفعة على سفح جبل كوكمن [17]

إن امتداد المدينـة على سفح جبلي جعلها أقل حرارة من المناطق المنخفضة التي تحيط بها، وذلك بتأثير نسيم الجبل ونسيم الوادي، حيث يكون هذا النسيم أكثر رطوبة وأقل حرارة إذا انتشرت المدن على السفوح الجبلية في المناطق الحارة الجافة [19] .

ب –أتباع نمط التخطيط المتضام للمدينة :

تظهر المدينة القديمة على شكل كتلة مندمجة واحدة لا تفصل أحياءها حواجز أو فواصل حيث تظهر المدينـة وكأنها بناء واحد لا يتصل بالمحيط الخارجي ، وقد ساعدت هذه المورفولوجية المندمجة على زيادة نسبة الأرض المغطاة بالمباني في المدينـة، إذ أن زيادة الفراغات بين المباني (المساحات غير المبنية) تساعد على ارتفاع درجة الحرارة، نظراً لما تعكسه هذه الفراغات على المباني من إشعاعات حرارية ساقطة عليها من أشعة الشمس (الإشعاع الارضي)، ولذلك كلما قل حجم هذه المساحات إلى جملة الأرض المبنية كلما ساعد ذلك على تقليل انعكاس الحرارة إلى المساكن [20].



شكل(8) دور تكوين المدينة المتضام في الحد من دخول أشعة الشمس بشكل مباشر [21]

صورة(2) تكوين مدينة غات القديمة [17]

ج – الشوارع الضيقة والمتعرجة:

إن اللجوء لإتباع الحل المتضام في النسيج العمراني لمدينة غات أدى بالتبعية إلى أن تكون شوارع المدينة ضيقة، حيث يؤدي ذلك لتعرضها لأقل قدر من الإشعاع الشمسي المباشر، إلى جانب أن ضيق الشوارع كان يتناسب مع وسائل الانتقال في ذلك الوقت (الدواب) والتي لم تكن تتطلب شوارع عريضة وقد كان لارتفاع المباني على جانبي الشارع أثره الواضح في توفير قدر كبير من الظل طوال النهار، حيث تبلغ نسبة ارتفاع المباني إلى عرض الشارع 1:4 تقريباً، وهذا ما يساعد على استمرارية الظل فيها.

لقد فهم أهالي غات بفطرتهم وخبرتهم البسيطة مسارات الإشعاع الشمسي في المنطقة، وانعكس هذا الفهم على توجيه الشوارع في المدينة، فجاءت الشوارع عمودية على حركة الشمس آخذة اتجاه عام من الشمال إلى الجنوب، حيث ساعد ذلك على عدم تعرض واجهات البيوت المطلة على هذه الشوارع فترة طويلة للإشعاع الشمسي، إضافة إلى اكتسابها الرياح الشمالية التي تساعد على استمرار برودتها أطول فترة لوجود نسبة الظل العالية في هذه الشوارع [22].

ومن جهة أخرى فإن كثرة التعرجات في الشوارع ساهم إلى حد كبير في كسر حدة الرياح في المدينة، فعدم تخطيط شوارع وممرات المدينة بشكل مستقيم جنبها أن تتحول إلى أنفاق للرياح الشتوية الباردة أو لرياح القبلي الساخنة والمحملة بالأتربة مع أن ضيق الشوارع يمنع حدوث ذلك، كما تتيح وجود مناطق مظللة في مختلف أجزاء الشارع في معظم ساعات النهار بغض النظر عن توجيه الشارع [23] .

شكل(9) دور الشوارع الضيقة والمتعرجة لكسر حدة الرياح في مدينة غات القديمة [24]

د – الشوارع المسقوفة:

تعتبر الشوارع المسقوفة من أهم الأساليب التخطيطية التي فرضتها ظروف المناخ الصحراوي المتمثلة في شدة الحرارة وزيادة عدد ساعات سطوع الشمس، وعلى الرغم من أن الشوارع الضيقة توفر قدر اً كبير اً من الظل خلال النهار، إلا أنها تصبح غير فعالة عند ساعات معينة من النهار عندما تكون الشمس في كبد السماء. وبالتالي كان اللجوء لتسقيف أو تغطية الشوارع من أفضل الحلول لتقليل أثر الإشعاع الشمسي على المارة خلال هذه الساعات من النهار [25].

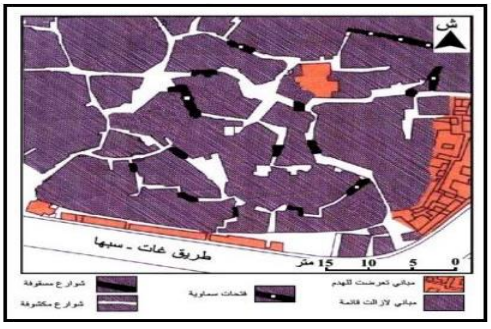
تحتوي هذه الشوارع على فتحات علوية سماوية دائرية الشكل تسمح بإضاءة الشارع فمن خلال هذه الفتحات تدخل أشعة الشمس والتي بدورها تؤدي إلى اختلاف في درجات الحرارة على طول الشارع؛ مما يسبب اختلافات محلية في معدلات الضغط وبالتالي تحرك الهواء الساخن المتجمع بالشوارع قرب السقف.

ونظراً لأن شوارع المدينة ليست مسقوفة كلها فأن ذلك يساعد على حركة الهواء وبرودته على طول هذه الشوارع، فعندما تسقط أشعة الشمس على الشوارع المكشوفة يسخن الهواء الموجود بها ويرتفع إلى أعلى، فيسحب الهواء البارد من الشوارع المسقوفة ليحل محله، مما يساعد على خلق تيار بارد على طول الشارع [26] .

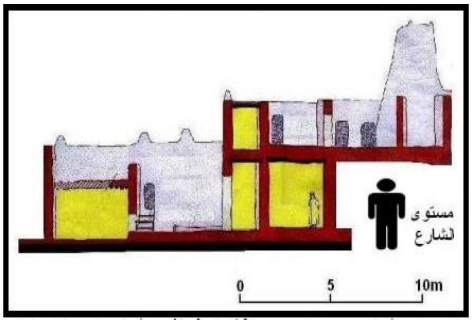
صورة (4) الفتحات السماوية في الشوارع المسقوفة

صورة (5)الشوارع المسقوفة في المدينة القديمة

كما لجأ الأهالي إلى وسيلة أخرى من أجل إلقاء المزيد من الظلال على أرضيات الشوارع، وذلك عن طريق عمل بروزات في واجهات المباني المطلة على الشارع، فتلقي الظلال على واجهة المبنى نفسه وعلى أرضية الشارع التي تطل عليه [27] .



شكل(10) شبكة الشوارع في المدينة القديمة



شكل (11) بروز واجهات المباني لتظليل الشوارع في مدينة غات القديمة [24]

2 – عناصر المعالجات المناخية في المباني

أ – مواد البناء:

يتأثر البناء ومادته بشكل كبير بالموقع الذي يبنى فيه، إذ أن كل موقع يحتاج لنوع معين من مواد البناء لمقاومة الظروف المناخية السائدة وفيما يلي عرض لأهم مواد البناء التي استخدمت في تشييد مباني مدينة غات القديمة:

1 . الطوب الطيني: ويعد أكثر مواد البناء استخداماً في المدينة القديمة، بسبب توفره في جميع الأودية المحيطة بالمدينة.

صورة(6) طريقة تجهيز الطوب الطيني وتجفيفه بأشعة الشمس [28]

2 . الحجارة : وهي أقدم مواد البناء التي استخدمت في المدينة القديمة، حيث تم استخدامها في بناء الحي القديم من المدينة المعروف باسم (أغرم وشرن) إضافة إلى القلعة التركية القديمة (قلعة تغرفت)، غير أن استخدامها قل في الفترات اللاحقة واستعمل الطين بدلاً عنها، وأقتصر استخدامها في الأساسات السفلية للجدران حتى ارتفاع متر ونصف بسمك يصل إلى 50 سم، وذلك لمقاومتها للرطوبة والمياه إضافة للأحمال، وبسبب اللون الفاتح للحجارة فإنها تعكس جزءاً كبيراً من الإشعاع الشمسي الساقط عليها.

3– الجبس والجير: وهو يجلب من منطقة تنجرابن جنوبي المدينة، ويستخدم في تبييض الجدران، وتنعكس أهميته مناخياً في أن لونه الأبيض يعكس أشعة الشمس، مما يخفف الأحمال الحرارية على المبنى، إضافة إلى حماية الجدران من مياه الأمطار، ويعمل على تقويتها وعزلها مما يقلل من عوامل التفسخ والانهيار [29].

4 . النخيل والأثل: تعد واحة غات غنية بهذين النوعين من الأشجار، ويتميز نخيلها بطول جذعه الذي يصل أحياناً إلى 12 متراً ، مما يساعد في عملية البناء، حيث تستخدم جذوعه كدعامات للأسقف وفي صناعة الأبواب، وعلى الرغم من أن الخشب بصفة عامة يتعرض للتحلل بفعل البكتيريا والرطوبة والتسوس، إلا أن أهالي المنطقة استطاعوا

التغلب على هذه المشكلة وذلك بطلاء هذه الأخشاب بمحلول جيري لكي يصمد أطول فترة ممكنة ، كما يستفاد من الجريد في الأسقف، إذ يتم وضع جذوع النخيل أو الأثل وتوضع فوقها طبقة من سيقان نبات البرمبخ، ثم طبقة من الجريد المشدود لبعضه لتقليل الفراغات البينية، ثم تغطى بطبقة أخرى من سعف النخيل وأوراق الأثل لسد الفراغات تماماً، وتوضع بعد ذلك طبقة سميكة من المونة الطينية المخلوطة بروث الحيوانات أو أوراق الأثل.

5. البرمبخ (الفخفاخ) : تستخدم سيقانه كعازل حراري في أسقف مباني المدينة القديمة، حيث تتميز بأنها مجوفة من الداخل وتحتوي على مادة لبنية سامة مما يحميها من التسوس، وعندما تجف هذه السيقان تصبح أكثر متانة .

ب – الفناء الداخلي :

يلعب الفناء الداخلي في مباني غات القديمة دور المنظم الحراري، حيث يقوم أثناء الليل بإعادة الإشعاع الأرضي الذي تم امتصاصه واختزانه طوال النهار في حوائطه إلى الجو الخارجي، وفي الوقت نفسه يتم تخزين الهواء البارد به، ليتم الاستفادة من برودته أثناء النهار.

أما أثناء النهار فيختلف أداء الفناء الداخلي مع تعرضه للإشعاع الشمسي، حيث تتم عملية سحب هوائي، فعندما يتعرض الفناء لأشعة الشمس يقل وزن الهواء الساخن ويرتفع إلى أعلى من الفناء المفتوح، وفي هذه الحالة يسحب الهواء البارد من خلال نوافذ الحجرات ليحل محل الهواء الساخن [26].

ج – الفتحات والنوافذ:

لقد جاءت الفتحات والنوافذ في مباني غات القديمة استجابة لمؤثرات المناخ الصحراوي الذي يسود المنطقة، وتأخذ هذه الفتحات أشكالاً مختلفة مثلثة أو مربعة أو على شكل أسهم في حين نجد النوافذ العريضة مطلة على الفناء الداخلي للمسكن.

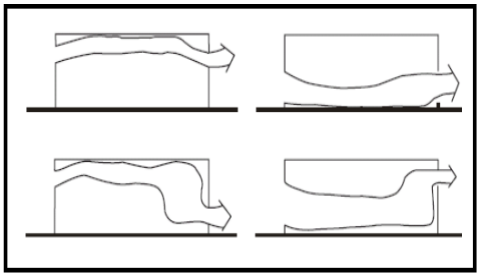
صورة (7) الفتحات الخارجية في مباني مدينة غات صورة (8) النوافذ الداخلية المطلة على الفناء الداخلي في مساكن مدينة غات القديمة

إن توزيع الفتحات بواجهات المباني في المدينة جاء وفق أسس علمية دقيقة، فوجود الفتحات الضيقة والمرتفعة في الجدران الخارجية للمبنى المواجهة للرياح، والنوافذ العريضة المطلة على الفناء الداخلي يحدث فرق في الضغط يؤثر في كمية حركة الهواء داخل المبنى، فكلما زادت مساحة فتحة خروج الهواء عن فتحة دخوله زادت حركة الهواء داخل المبنى [30].

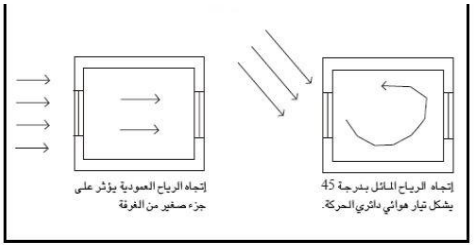
تأثير المباني بالظروف المناخية:

إن أفضل الطرق لتوجيه المباني في المناطق الحارة الجافة، هي توجيه واجهاتها الأمامية نحو الشمال أو الجنوب (التوجيه بزاوية ارتفاع معينة)، أو بإمالة المحور الطولي للمبنى في المسقط الأفقي بزاوية تتراوح (47)حيث يساعد توجيه المباني بزاوية ارتفاع معينة على الحد من الإشعاع الشمسي المفرط، وكذلك يحسن التهوية الطبيعية للمباني أو الغرف [12] .

و تأخذ المباني في مدينة غات الحديثة اتجاهاً عاماً نحو الشرق أو الغرب، حيث تكون واجهاتها مفتوحة في هذا الاتجاه، وبالتالي فإنها تتعرض للإشعاع الشمسي المباشر من الساعة التاسعة صباحا إلى الساعة السادسة بعد الظهر، وهي فترة حركة الشمس الظاهرية من الشرق إلى الغرب في أطول فترة ممكنة إن توجيه المباني في غات والمناطق الحارة الجافة عموما يخضع لعنصر الشمس أكثر من خضوعه لعنصر حركة الرياح، وذلك لضمان توفير أكبر قدر من الظلال أو البعد عن الهواء الجاف الساخن الذي تتميز به المنطقة، ويستحسن أن يمر الهواء على مناطق رطبة أو مظللة قبل وصوله إلى المبنى[31] .



شكل(12) تأثير موقع الفتحات على نمط وحركة الهواء في المباني [32]



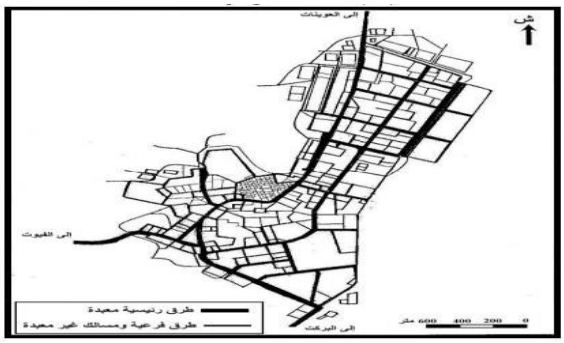
شكل (13) نمط حركة الهواء في المباني حسب اتجاه الفتحات [33]

علاقة شكل الشوارع في المدينة بالظروف المناخية:

يمكن تصنيف الشوارع في مدينة غات إلى نوعين رئيسيين هما:-

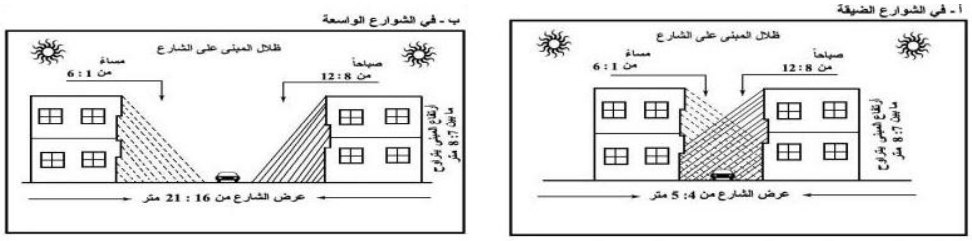
1 - طرق رئيسية: وهي مخصصة لتسهيل حركة مرور وسائل النقل بين مختلف مناطق المدينة، وتمثل خطوط مستقيمة يتراوح متوسط اتساعها بين (16 . 18م)، وقد تكون فردية أو مزدوجة وكلها معبدة، ويعتبر الطريق المار بوسط غات من أهم هذه الطرق وأكثرها نشاطا، حيث يقسم المدينة إلى جزئين: جزء غربي حيث تتمركز المدينة القديمة، وجزء شرقي يضم طريقين رئيسيين يمر أحدهما بالمستشفى وكلية الآداب والعلوم حتى يلتقي بالطريق الرئيسي (غات . Aالعوينات)، أما الطريق الآخر فيمر أمام المجمع الإداري ثم يتصل بالطريق الرئيسي السابق[5].

2 – طرق فرعية: وهي التي تربط بين أجزاء الحي السكني الواحد، وتمتاز بأنها أقل اتساعا من سابقتها، حيث لا يتجاوز عرض الشارع (8 أمتار)، وإن كانت تقل عن ذلك كثيراً في بعض الأحياء لتصل إلى (90,3 م)، كما في حي الثانوية (تدر امت)، ويصل مجموع أطوال هذا النوع من الطرق حوالي (9,15 كم)، وأغلبها غير معبدة وتفتقر إلى الأشجار التي تزرع على جانبي الطريق لحمايتها.



.شكل(15) شبكة الشوارع في مدينة غات [5]

وتساهم الأبنية بما تملك من شرفات خارجية معلقة أو محمولة في رفع نسبة الظل في الشارع المطلة عليه وحماية المارة من تأثير عناصر المناخ كأشعة الشمس والأمطار، يمكن ملاحظة أن المباني المقامة على جانبي الطريق لها القدرة على تظليل الشارع باختلاف فترات النهار عندما تكون هذه الشوارع ضيقة، بينما تقل نسبة الظل في حالة الشوارع العريضة, وتجدر الإشارة إلى العلاقة بين عرض الشارع ودرجة تعرض واجهات المباني لأشعة الشمس، إذ كلما زاد عرض الشارع زادت درجة التعرض الشمسي والعكس، وتتبدل هذه العلاقة بتبدل النسبة بين السطح المشغول أفقياً وعمودياً، إذ كلما زادت مساحة السطح المشغول بالبناء قلت نسبة تعرض الشارع لأشعة الشمس والعكس صحيح [34].



شكل(16) رسم توضيحي يبين إسقاطات الظلال على شوارع المدينة [19]

علاقة مواد البناء بالظروف المناخية:

لقد استعيض عن مواد البناء المستخدمة في مدينة غات القديمة بمواد إنشائية أخرى غير محلية، وإنما هي مواد مصنعة بأساليب وطرق حديثة، وذلك نظراً لتطور أساليب الحياة وطلبا لتحقيق حياة عصرية تتمتع بمستوى رفاهية أكبر، وتتمثل هذه المواد في الأسمنت والبلوك الأسمنتي المجوف، وحديد التسليح والركام (الزلط) والخشب والرخام والزجاج وغيرها، وكلها مواد غير محلية تجلب إلى المدينة من المناطق الشمالية للبلاد، كما أنها ذات سعة حرارية منخفضة جداً مقارنة بالمواد المحلية التي كانت تستخدم في البناء التقليدي كما سبق التوضيح، وعلى الرغم من

أن هذه المواد لا تستغرق وقتا طويلا في عملية إنشائها ولا تتطلب جهدا كبيرا، إلا أنها تعتبر غير اقتصادية ومكلفة جداً، ونتيجة لذلك فإن أسعار البناء في تزايد مستمر.

إن اختيار مواد البناء وطريقة استخدامها له دور كبير في التحكم بكمية الحرارة المتسربة إلى داخل المباني، فالمواد الحديثة المستخدمة في مدينة غات الحديثة ذات سعة حرارية منخفضة ولها القدرة على التوصيل الحراري خلال فترة زمنية قصيرة، عند المقارنة بين الأداء الحراري للمسكن التقليدي والمسكن الحديث، وقد ترتب على ذلك أن أصبح لا يكاد يخلو مسكن من المساكن الحديثة إلا ويوجد به أجهزة تكييف الهواء.

النتائج

1 – العناصر المناخية المؤثرة في التخطيط العمراني هي الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرياح والأمطار والرطوبة النسبية، ويعد الإشعاع الشمسي أهمها في مدينة غات.

2 – إتباع شكل التخطيط المتضام له دورا كبيرا في حماية واجهات المباني من التعرض فترة طويلة لأشعة الشمس ومن ثم الحرارة النافذة إلى داخل المدينة.

3 – إن استخدام مواد بناء محلية ذات سعة حرارية عالية في بناء المدينة القديمة لة دور اً كبير اً في تحسين المناخ المحلي للمدينة ومبانيها كما أظهرت الدراسات أفضلية المسكن التقليدي على المسكن الحديث فيما يتعلق بالأداء الحراري وذلك في حالة عدم استخدام أجهزة تبريد الهواء.

4 – إستخدام الفناء الداخلي في المباني القديمة استجابة لعوامل مناخية صرفة.

5 – تغير موضع المدينة الحديثة وشكلها أصبحت أكثر تأثرا بالظروف المناخية.

6 – جاء امتداد الشوارع الرئيسية في المدينة متماشيا مع اتجاه الرياح السائدة في المنطقة، حيث تمتد في اتجاه شمال . جنوب.

7 – سبب استخدام مواد البناء الحديثة إلى زيادة أثر الحرارة على السكان داخل مساكنهم؛ وذلك بسبب انخفاض سعتها الحرارية.

التوصيات

1 – إحاطة المدينة بحزام أخضر ليعمل كمصدّ للرياح المحملة بالأتربة، والإكثار من زراعة الأشجار حول المباني لإسقاط مزيد من الظلال عليها.

2 – محاولة إتباع شكل متضامة للمدينة الحديثة على غرار المدينة القديمة وذلك لتقليل أثر الإشعاع الشمسي على السكان.

3 – يفضل اختيار التوجيه الأمثل للمباني في المدينة، لتوفير أكبر قدر من الظلال، ويفضل توجيهها في اتجاه الشمال، لتقليل تعرضها لأشعة الشمس فترة طويلة.

4 – الاستفادة من مواد وأساليب البناء القديمة بعد ثبات نجاحها في معالجة الظروف المناخية، ولكن بطرق حديثة تتماشى مع متطلبات العصر.

المصادر

1. مركز البحوث الصناعية.(2006). "دراسة التنمية المكانية الصناعية لشعبية غات".
2. أبو لقمة، الهادي، والبابو، منصور محمد .(1991). "غدامس وغات توأما الصحراء". مجلة البحوث التاريخية: العدد الثاني، السنة الثالثة عشرة، منشورات مركز دراسة جهاد الليبيين ضد الغزو الإيطالي. طرابلس.
3. تقارير التخطيط للمحافظات الجنوبية .(1970). "مخطط غات". إعداد وتنفيذ مؤسسة وايتينج العالمية .المجلد 7–1.

ضياف، نجمي رجب.(1999). .غات وتجارة القوافل الصحراوية خلال القرن التاسع عشر الميلادي. الطبعة الأولى. .منشور مركز جهاد الليبيين للدراسات التاريخية. طرابلس.

4. الطبعة الأولى. .منشور مركز جهاد الليبيين للدراسات التاريخية. طرابلس.
5. المشاي، أبو القاسم .(2005)."مدينة غات: دراسة في جغرافية المدن".قسم العلوم الاجتماعية،قسم الجغرافيا، أكاديمية الدراسات العليا. ليبيا.
6. أمانة التخطيط، مصلحة المساحة. (1978). .الأطلس الوطني. الطبعة الأولى. . طرابلس.
7. مخطط إقليم سبها، المنطقة الفرعية غات.(1985)."أعداد وتنفيذ شركة فنماب المحدودة". تقرير س/ن8 ، أمانة اللجنة الشعبية العامة للمرافق والإسكان بشعبية غات)
8. جيوماب، الشركة المصرية للأعمال الهندسية.(2004)."لوحة غات SE.32 NG الطبعة الأولى . القاهرة.
9. لاسويل، توماس.(1997). .الاعتبارات الإنسانية في التصميم المعماري.الطبعة الأولى. .دار النشر العلمي والمطابع. جامعة الملك سعود. الرياض.
10. الخولي ، محمد بدر الدين.(1975). .المؤثرات المناخية والعمارة العربية. .جامعة بيروت. بيروت.
11. عبد الجواد، محمد توفيق.(1976). .معجم العمارة وإنشاء المباني. .مؤسسة الأهرام .القاهرة.
12. ريمشا ،اناتولى .(1977). .تخطيط وبناء المدن في المناطق الحارة.الطبعة الأولى. .دار مير للطباعة والنشر. موسكو.
13. موسى ،على حسن.(1986). .العجم الجغرافي المناخي. الطبعة الأولى. .دار الفكر للطباعة والتوزيع والنشر. دمشق.
14. القزيرى، سعد خليل .(1995). .الجماهيرية دراسة في الجغرافيا .الطبعة الأولى. .دار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلام. سرت.
15. جامي، عبد القادر.(1974). . من طرابلس الغرب إلى فزان. دار المصراتي. . طرابلس. ليبيا.
16. (اللجنة الشعبية للمرافق والإسكان بشعبية غات)
17. (مؤسسة ويتنج العالمية، 1970ف)
18. كامل، محمد وليد. (1989ف)."المناخ في الشارع العربي". مجلة المدينة العربية، منظمة المدن العربية. العدد37. الكويت.
19. عفيفي، أحمد كمال الدين.(1988)."النسيج العمراني لحى البستكية".مجلة المدينة العربية، العدد30. الكويت.
20. (الحاسي، ص112)

21. (كمونة، ص204)

22. فتحي ،حسن .(1988ف). ."الطاقة الطبيعية والعمارة التقليدية".الطبعة الأولى. .المؤسسة العربية للدراسات والنشر. بيروت، لبنان.

23. (تنفيذ مكتب الأمم المتحدة لخدمات المشاريع)

24. ملا، محمد زياد.(2001)."التخطيط لطرقات المدينة الإسلامية". مجلد الأبحاث، الجزء الأول، طرابلس.

25. .(البدوي، 1984ف، ص47)

26. وزيري، يحي .(2004)." العمارة الإسلامية :الروافد التي شكلت التعمير الإسلامي". سلسلة عالم المعرف. العدد304. المجلس الوطني للثقافة والفنون ولآداب. الكويت.

27. (الدراسة الحلقية لمدينة غات، 2006)

28. . (عبد الله، 1990، ص115)

29. فجال, خالد سليم (2011), "العمارة والبيئة المعاصرة", دار الكتاب للنشر / رقم الايداع 17674/2011.

30. الوكيل. شفق العوض– سراج. .محمد عبد الله "المناخ وعمارة المناطق الحارة"(1989),الناشر عالم الكتاب 28 شارع عبد الخالق ثروت– القاهرة

31. (بن عوف، 1987، ص187)

32. بيومي، سمير .(1980). .المناخ والعمارة .الطبعة الأولى. .الدار الجامعية للنشر ،بيروت

33. أحمد، حمدي صادق.(1994)."تأثير العوامل المناخية في المناطق الصحراوية على التشكيل المعماري للمسكن الإسلامي، وأثر ذلك في تشكيل المساكن الصحراوية المعاصرة في شمال إفريقيا". كلية الهندسة، جامعة حلوان المطرية. القاهرة

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد مواقع المحاجر في ليبيا

م.هيفاء ابوحليقة[1]، د. علي منصور[2]، احمد الرشراش[3]،احمد بلال[4]
1 جامعة طرابلس كلية الهندسة، طرابلس، ليبيا ، eng.haifa.ali@gmail.com
2 جامعة طرابلس كلية الهندسة، طرابلس، ليبيا، bomnadi@yahoo.com
3 جامعة طرابلس كلية الهندسة، طرابلس، ليبيا ahmed.rashrash95@gmail.com
4 جامعة طرابلس كلية الهندسة، طرابلس، ليبيا، Ahmedbilalbi@ gmail.com

الملخص

نتيجة لتطور التكنولوجيا أصبح العالم يؤرشف البيانات والمعلومات بالطريقة الإلكترونية لسهولة الوصول إليها والاستفادة منها بطريقة سهلة وميسورة، و من هذا المنطلق ركزت الدراسة على استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS والذي يعتبر من أفضل الطرق للأرشفة الإلكترونية، لسهولة إدخال المعلومات و إظهار المواقع و البيانات المكانية و الوصفية. خلال هذه الورقة البحثية تم حصر ما يقارب 25 محجر وتم تقسيم محاجر الركام في ليبيا إلى خمسة مناطق، والمتمثلة في محاجر المنطقة الشمالية الغربية، ومحاجر المنطقة الجنوبية الغربية، ومحاجر المنطقة الوسطى، ومحاجر المنطقة الشمالية الشرقية، ومحاجر المنطقة الغربية، حيث تم جمع وحصر هذه البيانات في 900 خلية . وتم ذلك لغرض التسهيل على الجهات والشركات ذات العلاقة الراغبة في إنشاء مشاريع النهضة العمرانية مستقبلاً، في الحصول على أي معلومات عن محاجر الركام ومدى قربها من مشروع ما، ويمكن لأي مهتم باستخدام الركام سواء في الخلطات الخرسانية او الاسفلتية الحصول على جميع خصائص الركام الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية بسهولة ويسر وفي أسرع وقت.

كلمات مفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، GIS، محاجر، ليبيا.

1. المقدمة

تعتبر هذه الدراسة هي الدراسة الأولى في ليبيا على المستوى الأكاديمي لتوثيق احداثيات وخواص الركام المستخدم في تنفيذ الخلطات الإسفلتية بمختلف مناطق ليبيا، إلا أنها ليست الأولى في المجال الحقلي والعالمي. يجب أن تتوفر خصائص معينة في مواد الانشاء وان تكون مطابقة للمواصفات المحددة في التصميم، وبالنظر إلى التكلفة العالية نسبياً لنقل مواد الإنشاء في مشروعات الطرق فانه يفضل عادة استخدام المواد المحلية والمتوفرة بالقرب من موقع الإنشاء. وحتى يتمكن مهندس الطرق من القيام بدوره في إعداد التصميمات الهندسية المطلوبة لأعمال الرصف واتخاذ القرارات المناسبة لتوفير مواد الإنشاء فانه لابد أن يكون قادراً على فهم الخواص الطبيعية والهندسية لهذه المواد الموجودة بتلك المناطق وكذلك الطرق المستخدمة في إنتاجها بالإضافة إلى تحديد المصدر الذي تتغذى منه تلك المحاجر ونقل المواد واستعمالها في تنفيذ الرصف.

2. مشكلة الدراسة

- صعوبة الحصول على البيانات والمعلومات على المحاجر.
- عدم إتاحة هذه البيانات للأشخاص الراغبين في إقامة مشروع ما.

- البيانات المؤرشفة ورقيا معرضة لتلف.
- عدم الاستفادة من البيانات بسبب سوء طريقة الأرشفة.

3. أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة للوصول لعدة أهداف، منها:

- حفظ المعلومات والبيانات المتاحة عن محاجر الركام لحين الحاجة إليها.
- إتاحة المعلومات التي توضح مدى صلاحية وجودة الركام للمستخدم الراغب في إنشاء مشروع ما وسهولة انتقاء المناسب.
- تحويل البيانات الورقية إلى الكترونية عن طريق إنشاء قاعدة بيانات مخصصة لمواقع المحاجر المستهدفة في ليبيا باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS.
- التسهيل على الجهات والشركات ذات العلاقة الراغبة في إنشاء مشاريع النهضة العمرانية مستقبلاً، وذلك للحصول على أي معلومات عن محاجر الركام ومدى قربها من مشروع ما.
- تخفيض التكلفة من خلال التقليل من الوقت والجهد وعمليات البحث وسهولة الحصول على البيانات والاستفادة منها.

4. الدراسات السابقة

تناول الباحث (محمود سالم) في دراسته برصد التغييرات في حالة الغطاء الارضي في منطقة طرابلس و جوارها بمساحة بلغت 1314.1كم² ، اعتمادا علي تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. حيث استخدم في دراسته مرئيات القمر الصناعي (لاندسات5) للسنوات 2001م،2005م،2015م، وأظهرت نتائج الدراسة أن المنطقة قد صُنّفت إلي خمسة أصناف من الغطاء الأرضي ، وهي أراضي حضارية وأراضي زراعية وأراضي غابات وأراضي مراعي وأراضي جرداء لجميع السنوات، وأوضحت الدراسة الزيادة الواضحة في المناطق الحضارية غير سنوات الدراسة، وقابل ذلك انخفاض واضح أيضا في مساحة الغابات والاراضي الزراعية ، بينما تراوحت مساحات أراضي المراعي والاراضي الجرداء بين الزيادة والنقصان خلال فترة الدراسة[1] .

تناول الباحث (سويسي) تناول في دراسته استخدام تقنيات الأستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مراقبة التغير في مساحة الغابات لمنطقة (الجبل الأخضر_ شمال شرق ليبيا)، حيث قام باستخدام مرئية القمر الصناعي SPOTS5 بدقة 2.5 متر لسنة 2010 بتغطية منطقة الدراسة ومقارنتها بخريطة الأساس المتمثلة في خريطة استعمال الأراضي سنة 1972م، حيث بلغت نسبة الغطاء الغابي فيها لسنة 1972م حوالي 225957 هكتار وفي سنة 2010م بلغت 216202 هكتار و نسبة الفاقد بين الفترتين بلغت 9755 هكتار .[2]

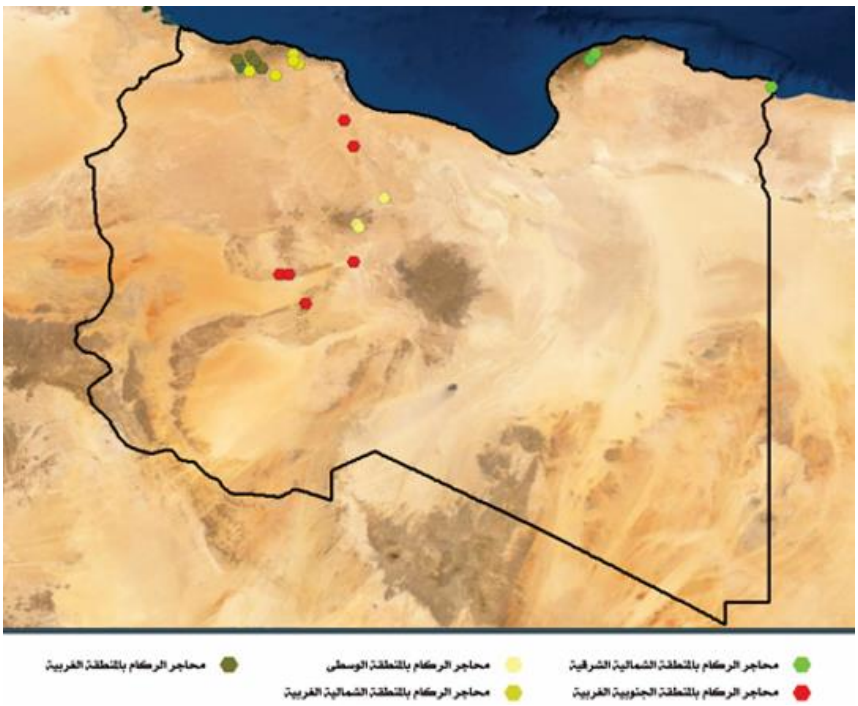
تناول الباحتين (زريقات ،الحسبان) في دراستهم التغير في أنماط الغطاء الأرضي في فضاء برما، الواقع في محافظة جرش الشمالي الاردن، خلال الفترة 1987م_2009م، و ذلك بهدف تحديد الأنواع الرئيسية للغطاء الأرضي ، ومعرفة نسبة التغيير في الغطاء الأرضي باستخدام الصور الجوية و نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS ، ومعرفة العوامل

المؤثرة في تغيير الغطاء الأرضي خلال تلك الفترة بهدف انتاج خرائط رقمية للغطاء الأرضي في فضاء برما ، وتم تحديد ثلاثة أنواع رئيسية للغطاء الأرضي وهي : الأراضي العمرانية ، الأراضي الزراعية، الغابات ، وتبين وجود تغير في مساحات الأراضي المبنية ، حيث وصلت نسبة التغيير الي 50%، بينما وصلت نسبة التناقص في مساحة الأراضي الزراعية الي 10.3%، مع تغير مساحة أراضي الغابات وتراجعها بنسبة 29% [3] .

5. بيانات عن مواقع المحاجر في ليبيا [4]

1.5 تحديد مواقع محاجر الركام

تم رصـد بيانات مواقع المحاجر المارة بمسـار السـكة الحديدية من قبل جهاز التنفيذي للطرق وسـكك الحديدية وبلغت 25 محجر وقد شملت البيانات الاختبارات على الركام ويوضح الشكل (1) مواقع هذه المحاجر والتي تم رصد معظمها بواسطة جهاز Positioning System Global (GPS)



شكل (1) يوضح مواقع محاجر الدراسة في ليبيا

2.4 مواقع ونتائج اختبارات الركام

تم جمع الاختبارات على الركام الطبيعي الذي تم الحصـــول عليه من كافة المحاجر في ليبيا والمتمثلة في محاجر المنطقة الشـمالية الغربية، ومحاجر المنطقة الجنوبية الغربية، ومحاجر المنطقة الوسـطى، ومحاجر المنطقة الشـمالية الشرقية، ومحاجر المنطقة الغربية وسنوضح من خلال جدول (1) مواقع بعض المحاجر المستهدفة في الدراسة وجدول (2) يبين نتائج بعض الاختبارات التي أجريت على الركام، كما يلي:

جدول (1) بعض مواقع وبيانات محاجر الدراسة في ليبيا

No	sheet name	Date of exploation	Coordinates of Location		Location name	notes
			N	E		
1	طرابلس	7.12.2003	32° 13' 50.5"	12° 57' 55.5"	جبل تونات	بالقرب من مصنع الرابطة
2	طرابلس	7.12.2003	31° 24' 14.1"	12° 52' 25.1"	كسارة المرافق	تعرف بكسارة بل فنجر بمنطقة راس الأفعى
3	طرابلس	7.12.2003	32° 24' 46"	12° 52' 05"	كسارة الاتحاد	بالقرب من كسارة المارفق بمنطقة راس الأفعى

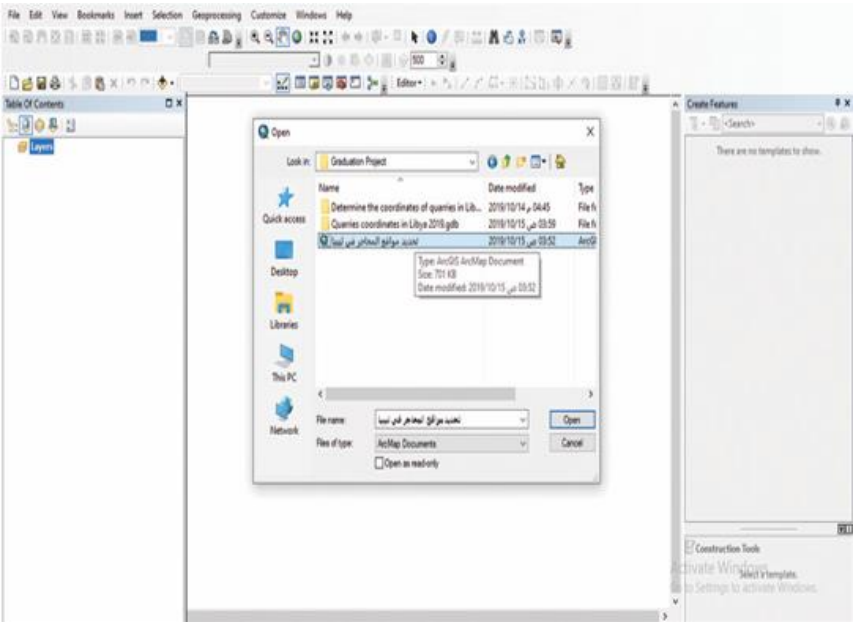
جدول (2) بعض الاختبارات الفنية على صخور محاجر الدراسة في ليبيا

نتائج الاختبارات الخاصة بتقييم المحاجر											uniaxial cimpressive (Mpa)	
sheet no	unit weight kg/m3	sieve analsis	flakiness value %	elongation value %	specifc gravity	water absorption %	fineness %	impact value %	crushing value %	loss anglos test %	جاف	مشبع
1	1505	*	29.9	39.42	2.51	0.44	*	18.1	22.2	16.3	65.67	290.2
2	1525	*	20.4	29.7	2.63	1.05	3.45	23.9	24.66	23.1	23.15	162.5
3	1508	*	19.8	35.4	2.67	0.77	1.36	25.4	23.38	23.38	18.77	107

5. توظيف البرنامج GIS بالدراسة[2]

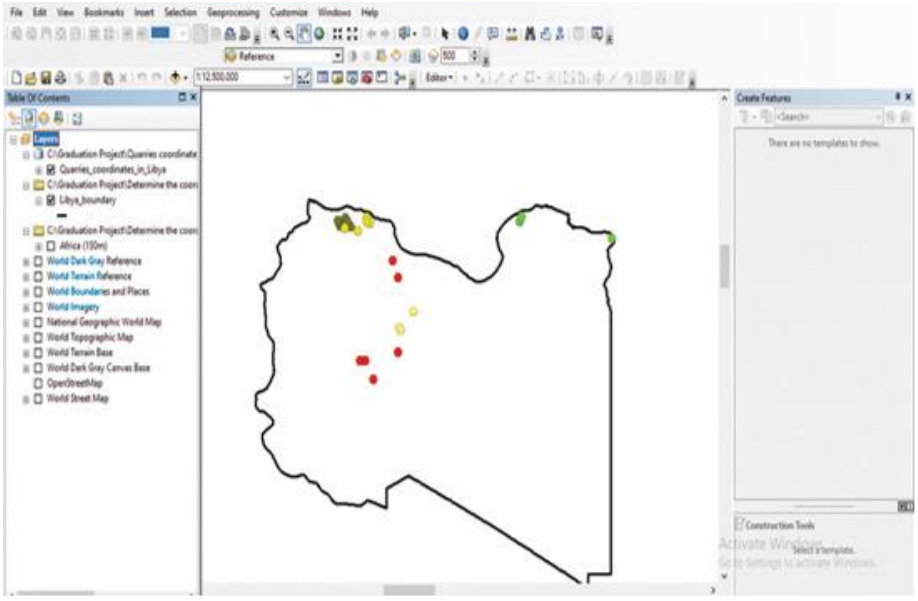
تم إنشاء قاعدة بيانات تحتوي على مواقع وخصائص محاجر الركام في ليبيا باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية. وكان عدد المواقع المستهدفة لدراسة 25 محجر. تم تقسيم محاجر الركام في ليبيا إلى خمسة مناطق، حيث تم جمع وحصر هذه البيانات في 900 خلية والخطوات التالية تبين كيفية العمل بقاعدة البيانات:

- باســتدعاء قاعدة البيانات المخزنة في الحاســوب والتي قمنا بوضــعها في القرص C تحت اســم (تحديد احداثيات المحاجر في ليبيا) ثم نضغط عليها، كما هو موضح في الشكل (2)



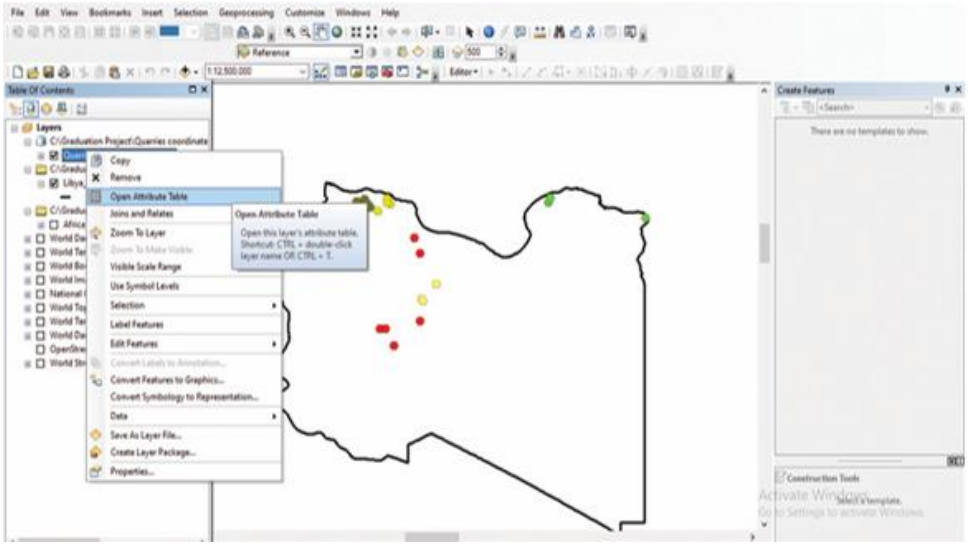
الشكل (2) استدعاء قاعدة البيانات

- عند فتح الملف سيتم ظهور كل الاحداثيات في الخريطة على هيئة نقاط وترمز النقاط الى الاحداثيات (لخطوط الطول والعرض) وعلى جانب الخريطة يظهر لنا Layers وهيا الطبقات الخاصـــة بالخريطة وتوجد بجانب كل طبقة مربع فارغ عند الضغط عليه سيتم وضع الطبقة على الخريطة لتبين وتوضح معالم الخريطة او تقسيم المناطق وغيرها يوجد منها خرائط GIS وباقي الخرائط تم اتصالها على الانترنت عن طريق الأقمار الصناعية. كما هو موضح في الشكل (3).
- يمكننا اظهار البيانات للنقاط كاملة عن طريق الذهاب الى الطبقات Layers ثم نضغط على Quarries، ثم نضغط على الزر الأيمن للفأرة ويظهر لنا قائمة نضغط من خلالها على Open Attribute Table وهو الخيار الذي يظهر لنا قاعدة البيانات لكل الاحداثيات بالإضــافة إلى الاختبارات الفنية لها والتي تم إدخالها في البرنامج خلال هذا العمل. كما هو موضح في الشكل (4).

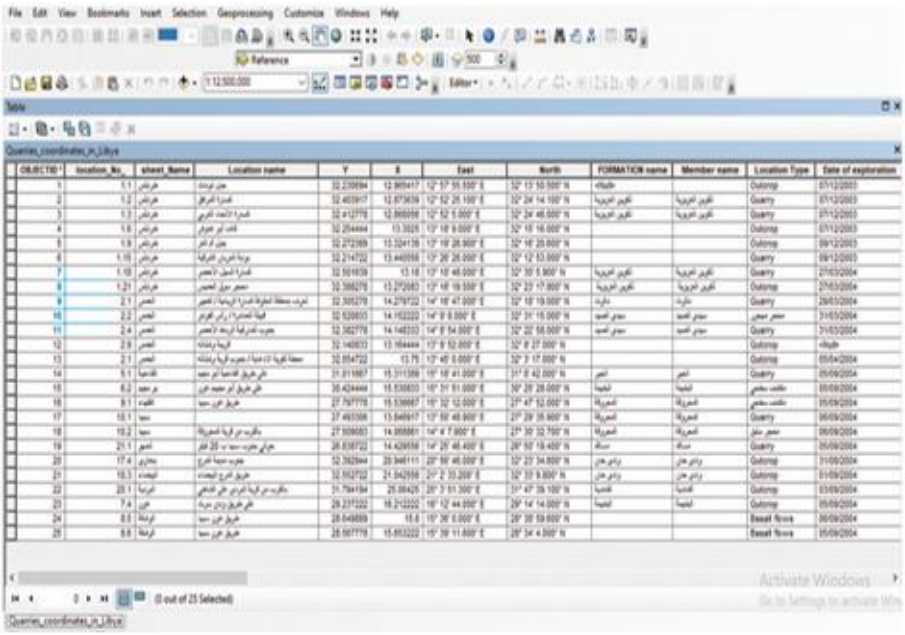


- الشكل (3) اظهار كافة الإحداثيات لمواقع المحاجر الركامية التي تم إدخالها

- سيعرض لنا البرنامج كافة الخلايا التي تم إدخالها ويتم البحث عن المحاجر عن طريق الضغط على اسم المحجر او عن طريق البحث او عن طريق تتبع البيانات الخاصة لكل محجر في الجداول. كما هو موضح في الشكل (5).

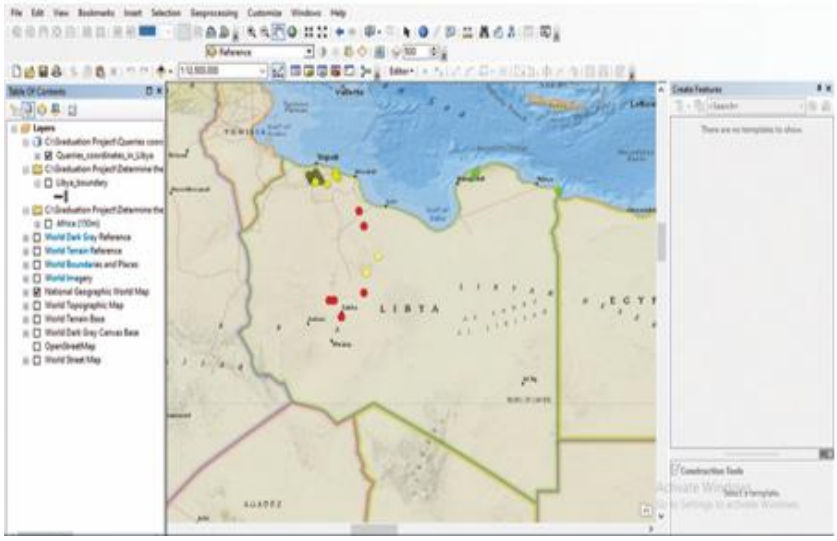


الشكل (4) كيفية اظهار كافة البيانات المدخلة



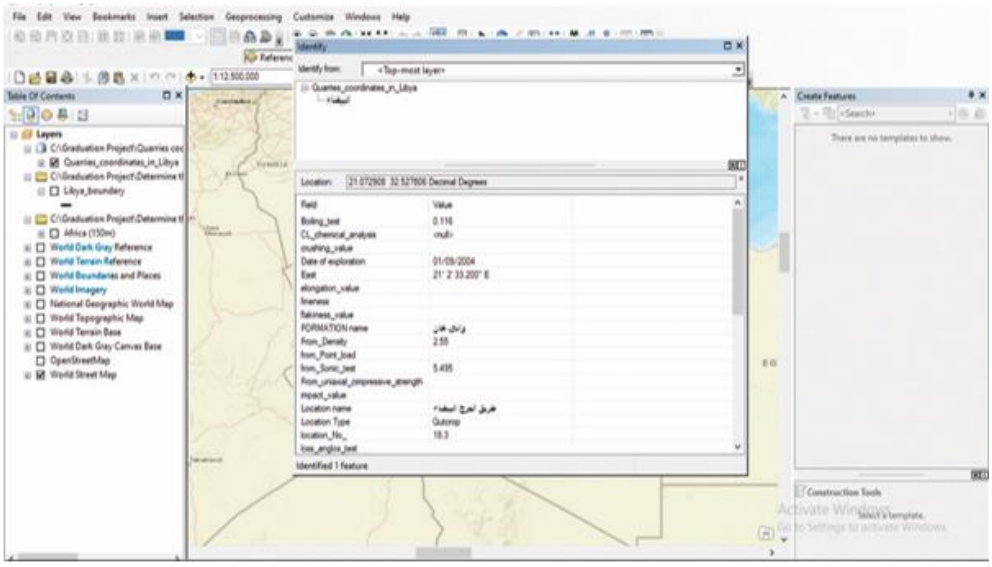
الشكل (5) قائمة الإحداثيات والاختبارات الفنية للمحاجر الركامية

- عند الانتهاء من عرض الجدول نضـغط على زر الإغلاق حتى نخرج وتظهر لنا خريطة ليبيا سواء من الخرائط GIS أو خرائط عن طريق الأقمار الصـناعية تبين لنا المدن الليبية وموقع كل نقطة على الخريطة وأين تقع بشـكل مبسـط وواضح وتفصيلي أكثر وهيا من أفضل أنواع الطبقات نظرا لكونها تبين كل نقطة أين تقع تحديدا على الخريطة لسهولة الوصول إليها ومعرفة المحجر القريب من المشروع مستقبلاً ليتم الاستفادة منها كما هو موضح في الشكل (6)
- إذا اردنا معرفة بيانات كل محجر على حدى نقوم بالضـــغط على إحدى النقاط، ثم نضـــغط على المحجر الذي نريد معرفة البيانات الخاصـــة به على سـبيل المثال نضـــغط على المحجر الذي يقع في مدينة البيضـــاء (وادي خان) ثم نضـغط على الزر الأيمن للفأرة ثم تظهر لنا القائمة كما هو موضـح في الشـكل(7) ثم نضـغط على Identify و تعني اظهار البيانات.

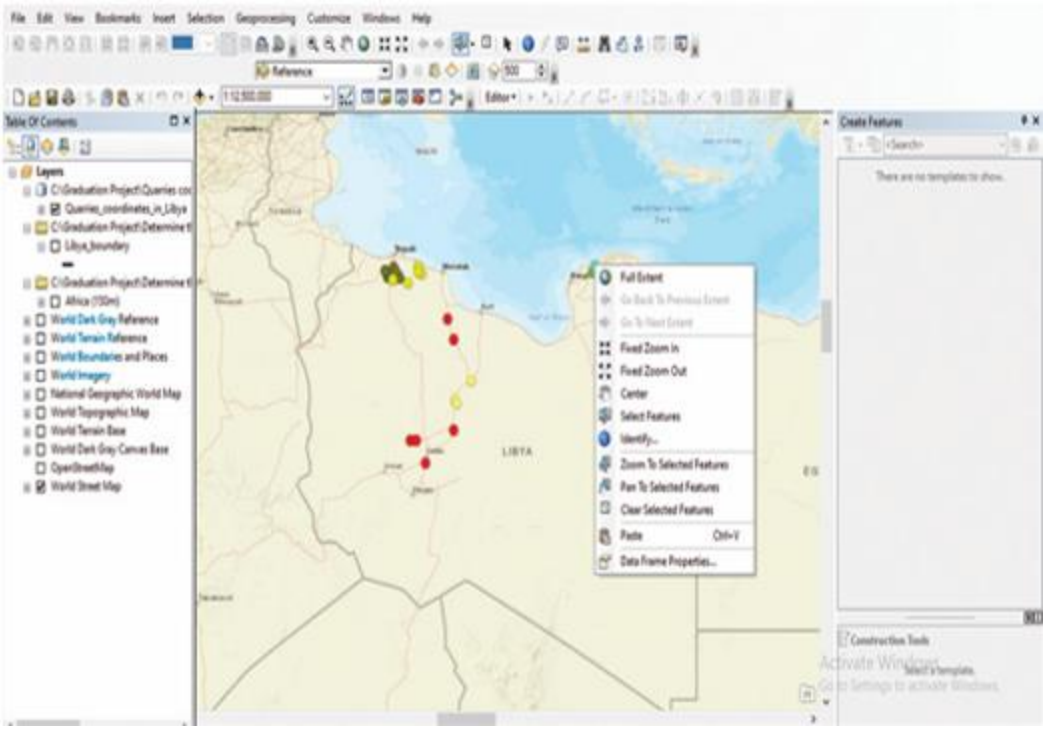


الشكل (6) خريطة ليبيا عن طريق الاقمار الصناعية

- ثم تظهر لنا البيانات الخاصة بالمحجر التي تم إدخالها كالتالي وبالتمرير الى أسفل تظهر لنا باقي البيانات، كما هو في الشكل (8)



الشكل (7) تحديد أحد محاجر الركام للمنطقة الشمالية الشرقية (البيضاء وادي خان)



الشكل (8) بيانات محجر (وادي خان في مدينة البيضاء)

الشكل (9) صورة لمحجر وادي خان عن طريق الاقمار الصناعية

-

يتيح لنا البرنامج عند ربطه بالإنترنت اظهار المعالم الجغرافية للمواقع وذلك عن طريق التقريب بخاصية (zoom) ليبين لنا المحجر عن قرب والطرق والمباني القريبة منه وكيفية الوصول إليه وموقعه تحديداً كما هو في الشكل (9) حتى يسهل الوصول إليه ومعرفة مكان وقوعه بشكل دقيق جدا.

5. الاستنتاجات

- تم حصر ما يقارب 25 محجر وتم تقسيم محاجر الركام في ليبيا إلى خمسة مناطق، والمتمثلة في محاجر المنطقة الشمالية الغربية، ومحاجر المنطقة الجنوبية الغربية، ومحاجر المنطقة الوسطى، ومحاجر المنطقة الشمالية الشرقية، ومحاجر المنطقة الغربية، حيث تم جمع وحصر هذه البيانات في 900 خلية .
- تم توظيف برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إعداد قاعدة بيانات عن كل ما تم جمعه من معلومات عن المحاجر لسهولة الوصول إليها وأرشفتها إلكترونيا ليستفيد منها أكبر قدر ممكن لمن يحتاجون هذه المعلومات بالإضافة الى الاستغناء عن الأرشفة الورقية.
- تم جمع معظم البيانات عن المحاجر الركامية داخل ليبيا كالموقع العام، الإحداثيات، ا وخصائص محاجر الركام

6. التوصيـات

- مقارنة هذه الخواص الموثقة للركام بالمواصفات العالمية والمطلوبة لتنفيذ الخلطات الإسفلتية وذلك حتى يتم تحديد المحاجر التي يمكن قبول أو رفض مواد الرصف منها.

- تصميم خلطات إسفلتية لكل محجر بحسب خواص الركام الموثقة له وذلك بعد مقارنتها بالمواصفات العالمية والتأكد من مدى ملائمتها لهذه المواصفات وذلك للتعرف على مدى تأثير خواص الركام على الخلطات الإسفلتية لكل محجر.
- ضرورة الاستفادة من وسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات تستفيد منها الشركات اثناء القيام بالمشاريع، لان برنامج نظم المعلومات الجغرافية يعتمد الى جمع وتحليل البيانات وحصرها وسهولة الوصول اليها لأنه يوفر الوقت والجهد والدقة والسرعة في النتائج، دون الاستغناء عن الدراسة الميدانية مع توصية الجهات المختصة للاستفادة من هذه التقنيات في اختيار أنسب المواقع وأقربها للمشروعات المستقبلية مثل الطرق والسكك الحديدية وغيرها.
- ضرورة الاهتمام بتجهيز قاعدة من المتخصصين في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وقواعد البيانات وتطبيقاتها في مستوى البكالوريوس والدراسات العليا لتكوين قاعدة عريضة من الكفاءات البشرية لتلبية احتياجات السوق مستقبليا واللحاق بركب هذه التقنيات عالميا
- تفعيل وتمكين الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وتأسيس قواعد بيانات مكانية ووصفية كبيرة ومتوسطة الحجم.

8. المراجع

محمود عامر عثمان سالم ، رصد التغييرات للغطاء الارضي لمنطقة طرابلس وما جاورها باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية خلال الفترة (2001 م الي 2015 م) .

حمد عبدالسلام سويسي ، استخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم العلومات الجغرافية في مراقبة التغير في مساحة غابات شمال شرق ليبيا ، الاكاديمية الليبية، 2013 م .

دلال زريقات ويسري الحسبان ، كشف التغير في الغطاء الأرضي باستخدام الصور الجوية ونظم المعلومات الجغرافية في قضاء برما_ جرش، المملكة الأردنية الهاشمية، 2012 م .

الجهاز التنفيذي للطرق الحديدة (الدراسات الفنية لصخور طبقة الأساس للمحاجر في المناطق الجنوبية و الوسطى و الشرقية و الغربية من مسار السكة الحديدة.

د. خالد محمد غومة (دليل استخدام نظم المعلومات الجغرافية) ، ورقة عمل – كلية الآداب – قسم الجغرافيا و نظم المعلومات الجغرافية – ربيع 2017.

حدود قوام التربة الطينية في بعض مناطق ليبيا

مسعود فرج أبوكليش
أستاذ مشارك بقسم الهندسة المدنية
كلية الهندسة/ جامعة وادي الشاطي
Email: m.abouklaish@wau.edu.ly

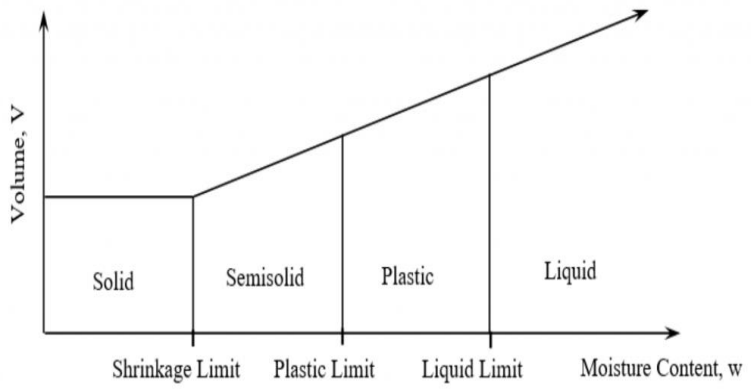
الملخص:

التربة الطينية هي التربة المتماسكة الحبيبات و هي أحد أنواع التربة الهندسية و التي تتواجد بكثرة في بعض المناطق بليبيا الأمر الذي يتطلب الأهتمام بدراستها و التعرف على سلوكياتها و خصائصها الهندسية المختلفة و التي تعتبر من الأمور الهامة للمختصين في مجالات الأعمال الهندسية المختلفة. إن تغير محتوى الرطوبة و الخواص الهندسية للتربة الطينية يسبب الكثير من الأضرار للأبنية و المنشأت الهندسية و يعد من أكثر المشاكل التي تواجه المهندسين المختصين. و تعتبر حدود القوام للتربة المتماسكة الحبيبات من المعايير الرئيسية المستخدمة في تصنيف و تحديد الخواص الهندسية لهذه الأنواع من التربة. و لأهمية دراسة حدود قوام التربة الطينية فقد تم جمع أكثر من أربعون عينة تربة من بعض المناطق في جنوب ليبيا، و عند أعماق تراوحت بين نصف متر و ثلاثة أمثار و أجريت عليها أختبارات معملية و هي إختبارات حد السيولة و حد اللدونة و الأنكماش الطولي و تم حساب دليل اللدونة و دليل القوام و عمل بيان و توضيح للنتائج و تحديد و وصف لحالات و سلوكيات هذه العينات من التربة ومقارنة لنتائج العينات بعضها ببعض و تخلص هذه الورقة إلى إستنتاجات و توصيات.

الكلمات الدالة: التربة الطينية، الخصائص الهندسية للتربة الطينية، حدود قوام التربة الطينية، سلوكيات التربة الطينية

المقدمة:

التربة الطينية هي التربة المتماسكة الحبيبات و التي قطر حبيباتها ما بين 0.075 مم إلى 0.001مم و فقا لمعظم التصنيفات الهندسية[2,1]، و تتأثر سلوك و خصائص التربة الطينية بمجموعة من العوامل منها حجم و شكل الحبيبات و بالتركيب المعدني و بالمحتوى الرطوبي. و قد بين العالم السويدي أتربرغ(1911) أن التربة الناعمة الحبيبات ممكن أن تكون في أربع حالات رئيسية و هي الحالة السائلة و اللدنة و شبه الصلبة و الصلبة و أن محتوى الرطوبة التي تتحول فيه التربة من حالة إلى أخرى يعرف بحدود قوام التربة أو حدود أتربرغ (شكل 1) و الحدود التي تدرس و تستخدم على نطاق واسع هي حد السيولة و حد اللدونة و حد الأنكماش[5,4,3]. و حدود قوام التربة الطينية يتم إيجادها عن طريق إجراء إختبارات معملية، و تعتبر طريقة كاسغراندي هي الأساس في تحديد حد السيولة و حد اللدونة للتربة المتماسكة الحبيبات و تتطلب طرق الإختبار المختلفة أجهزة و أدوات خاصة و تتطلب الدقة في إجراء الإختبارات و تتطلب الخبرة و المعرفة و التخصص، و أهتم العديد من الباحثين المختصين[10,7,6] بدراسة حدود القوام للتربة المتماسكة الحبيبات و إيجاد علاقات بينها و بين بعض الخصائص الهندسية الأخرى، و بمعرفة حدود القوام للتربة و بمعرفة المحتوى الرطوبي نستطيع إيجاد علامات أو مؤشرات مثل علامة اللدونة و علامة السيولة و علامة القوام و درجة الإنكماش و بالتالي يمكننا التعرف على سلوكيات التربة و تصنيف التربة و تعطينا مؤشر واضح عن خصائصها الهندسية ، و تعتبر حدود القوام من المتطلبات الضرورية و المهمة في العديد من التصنيفات الهندسية للتربة و بمعرفة تصنيف التربة نستطيع إستخدام التربة إستخدام مثالي و صحيح في جميع الأعمال التي تتطلب تربة طينية من مواد بناء أو إنشاء مباني على تربة طينية.



شكل(1) حالات و حدود قوام التربة المتماسكة الحبيبات

الهدف من البحث:

حيث أن التربة الطينية تتأثر بمحتوى الرطوبة و ممكن أن تتغير من حالة إلى أخرى و تختلف الصفات الهندسية للتربة و قوامها في كل حالة من الحالات، عليه فإنه من المهم معرفة حدود القوام لها لإن ذلك يمكنا من التعرف على سلوكها و خصائصها الهندسية و يساعدنا في عمليات إستخدام هذه الأنواع من التربة في الأعمال الصناعية و الهندسية المختلفة.

و زيادة البحث و الدراسة على أنواع مختلفة من التربة الطينية و إيجاد خصائصها الهامة مثل خصائص حدود القوام يساعد الباحثين المختصين على وضع دليل تصنيف يتم العمل و الإسترشاد به عند إستخدام التربة الطينية في الأعمال الهندسية المختلفة.

عينات التربة و إختباراتها:

عينات التربة تم إخراجها و جمعها من أعماق تراوحت بين 0.5متر إلى 3أمتار من مناطق براك، العافية، أولاد يوسف، محروقة، سبها في الجنوب الليبي، و عدد 45 عينة تربة و بوزن حوالي 2كجم لكل عينة وضعت في أكياس و علب و نقلت إلى معمل الإختبار و أجريت عليها الإحتياطات اللازمة لتحضيرها للإختبارات. و لجميع إختبارات حدود القوام(حد السيولة، حد اللدونة، حد الإنكماش الطولي) فإن العينات تم تجفيفها و بعد التأكد من إكمال تجفيفها تم دقها و طحنها بالمطرقة و أخذت كمية من كل عينة تربة و تم نخلها بالمنخل رقم40 (425µm).

1. **إختبار محتوى الرطوبة**

إختبار محتوى الرطوبة للتربة من الإختبارات الهامة و الضـــرورية و التي يلزم إجراءها لعينات التربة ، و في هذا البحث تم تحديد محتوى الرطوبة لعينات التربة و هي في حالتها الموقعية و التي تتطلب الحفاظ على رطوبة عينات التربة و وضعها في أوعية خاصة و إختبار عينة التربة و هي في حالتها الطبيعية الموقعية، و قد تم الإختبار حسب نظام و إرشادات الجمعية الأمريكية لإختبارات المواد (ASTM D2216-10).

2. إختبار حد السيولة

حد السيولة للتربة الطينية يمكن تعريفه بعدة تعريفات و منها إنه الحد الفاصل بين الحالة اللدنة و الحالة السائلة و هو أقل محتوى مائي تكون فيه التربة سائلة و لكنها تتمتع ببعض قوة المقاومة للقص، و هو من حدود القوام الهامة و يتم إيجاده عن طريق إختبار عينة التربة في المعمل بجهاز (كاسغراندي) أو بإستخدام جهاز إختراق المخروط. و في هذا البحث تم إختبار العينات عن طريق جهاز كاسـغراندي(شـكل 2) و حسـب تعليمات و إرشـادات نظام الجمعية الإمريكية لإختبارات المواد(ASTM)، و لكل عينة تربة تم عمل خمسـة محاولات إختبار و بعد عمل الحسابات اللازمة تم رسم العلاقة بين محتوى الرطوبة و بين عدد الدقات المتحصل عليها في الإختبار تم إيجاد محتوى الرطوبة المقابل للعدد(25 دقة) و الذي هو حد السيولة لعينة التربة.

شكل (2) جهاز كاسغراندي لتحديد حد السيولة للتربة

3. إختبار حد اللدونة

حد اللدونة للتربة الطينية و يمكن تعريفه بعدة تعريفات و منها إنه الحد الفاصـل بين الحالة شـبه الصـلبة و الحالة اللدنة و هو المحتوى المائي أو نسـبة الرطوبة للتربة و الذي إذا قل عنه تصـبح التربة غير لدنة، و هو من حدود القوام الهامة و يتم إيجاده بإختبار عينات التربة في المعمل و حسـب طريقة الإختبار المعتمدة، و تم إختبار العينات حسـب تعليمات و إرشـادات نظام الجمعية الإمريكية لإختبارات المواد(ASTM). و تم إسـتخدام أدوات خاصـة لهذا الإختبار و تم أخذ الحيطة و الدقة في إجراء الإختبار، و الشـكل(3) يبين بعض الأدوات المستخدمة في الأختبار و لكل عينة تربة تم عمل أربعة محاولات إختبار و تحديد محتوى الرطوبة و متوسط قيم المحتوى الرطوبي للعينة هو حد اللدونة لعينة التربة.

شكل(3) توضيح لبعض الأدوات المستخدمة في إختبار حد اللدونة

4. إختبار حد الإنكماش

حد الإنكماش للتربة الطينية و يمكن تعريفه بعدة تعريفات و منها إنه الحد الفاصل بين الحالة الصلبة و الحالة شـــبه الصـــلبة و هو أقل نســـبة للمحتوى المائي للتربة و الذي لا يحدث بعده أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها، و هو من الحدود الهامة و يتم إيجاده في المعمل بإستخدام أدوات خاصـة حسـب طريقة الإختبار. و في هذه الدراســـة تم إيجاد حد الإنكماش الطولي حســـب تعليمات و إرشـــادات نظام الجمعية البريطانية لإختبارات التربة(BS 1377-2)) و الشكل(4) يبين شكل القالب المستخدم في الإختبار.

شكل(4) القالب المستخدم في إختبار الإنكماش الطولي لعينات التربة

و بمعلومية حد السيولة و حد اللدونة و محتوى الرطوبة لعينات التربة تم إيجاد علامة اللدونة، و علامة القوام ، حيث تعتبر هذه العلامات أو المؤشرات من الأدلة الهامة لتصنيف التربة و معرفة حالاتها و سلوكياتها.

نتائج الإختبارات المعملية:

1. نتائج إختبارات الخصائص الهندسية

نتائج إختبارات محتوى الرطوبة(w)، حد السيولة(w_L)، حد اللدونة(w_P)، علامة اللدونة(PI)، علامة القوام(I_C)، حد الإنكماش الطولي(LS) لعينات التربة من مناطق(العافية، أولاد يوسف، محروقة، براك، سبها) كما هي مبينة في الجدول(1).

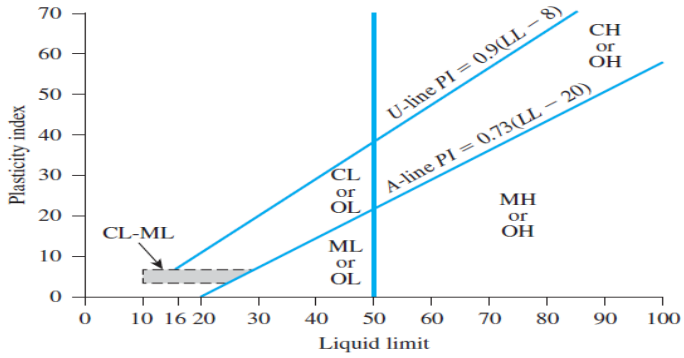
جدول (1): محتوى الرطوبة و حدود القوام لعينات التربة

الخصائص الهندسية	عينات التربة من مناطق (العافية، أولاد يوسف، محروقة) عند أعماق (من 0.5م إلى 1م)	عينات التربة من مناطق (براك، سبها) عند أعماق (من 0.5م إلى 3م)
محتوى الرطوبة (w%)	$w \leq 25$	$w \leq 15$
حد السيولة (w_L%)	$20 < w_L < 30$	$30 < w_L < 45$
حد اللدونة (w_P%)	$14 < w_P < 25$	$18 < w_P < 35$
علامة اللدونة (PI%)	$4 < PI \leq 10$	$5 < PI \leq 15$
علامة القوام (I_C%)	$0.75 > I_C \geq 0.5$	$1 \geq I_C > 0.75$
حد الإنكماش الطولي (LS%)	$LS \leq 5$	$LS \leq 8$

2. تصنيف عينات التربة

صنفت عينات التربة بواسطة نظام التصنيف الموحد(USCS) و مخطط اللدونة شكل(5)، كان تصنيف عينات تربة عند الأعماق من 0.5م إلى 1م هي تربة طينية رخوة إلى تربة طينية سلتية رخوة ، أما عينات التربة عند الأعماق من 0.5م إلى 3م هي تربة طينية بها نسبة قليلة من الطمي و صلبة في حالة الجفاف.

و نتائج تصنيف عينات التربة كما هو مبين في جدول(2).



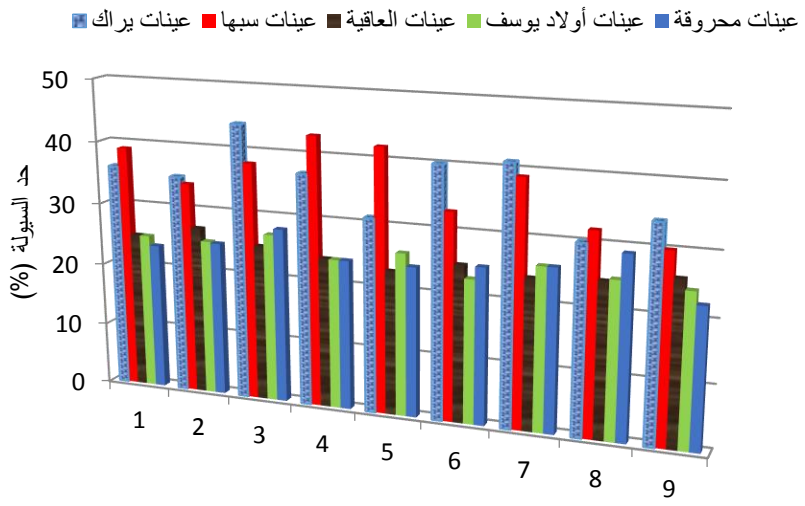
شكل(5) مخطط اللدونة

جدول (2): تصنيف عينات التربة

مناطق عينات التربة	عدد العينات	أعماق العينات(م)	تصنيف العينات حسب نظام(USCS)	وصف العينات
(براك، سبها)	18	من 0.5 إلى 3.0	CL	تربة طينية غير عضوية بها نسبة قليلة من الطمي و صلبة في حالة الجفاف
(العافية، أولاد يوسف، محروقة)	27	من 0.5 إلى 1.0	CL & ML	تربة طينية غير عضوية رخوة إلى تربة طينية سلتية رخوة

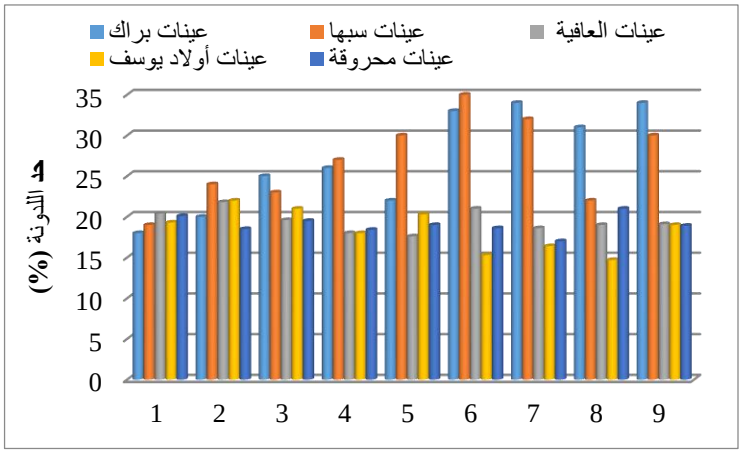
تحليل و مناقشة النتائج:

الشكل(6) يبين العلاقة بين قيم حد السيولة للعينات التي تم إختبارها من مناطق الجنوب بليبيا و من خلال الشكل نلاحظ التقارب بين قيم حد السيولة لعينات مناطق العافية، أولاد يوسف،محروقة و التفاوت بينها و بين عينات مناطق براك، سبها، و أن قيم حد السيولة لعينات مناطق العافية، أولاد يوسف، محروقة أقل من قيم حد السيولة لمناطق براك، سبها، كما يوجد تقارب بين عينات براك و عينات سبها، و هذا التقارب و التفاوت بين قيم حد السيولة لعينات التربة يرجع لعدة أسباب منها الأختلاف في نوعية و مكونات التربة و الإختلاف في قوام التربة، و أعماق العينات، و لجميع عينات التربة فإن حد السيولة كان أكثر من 20% و أقل من 50%، و جميع عينات التربة من الأعماق و المناطق المختلفة لها حد سيولة قليل.



شكل(6) حد السيولة لعينات التربة من المناطق

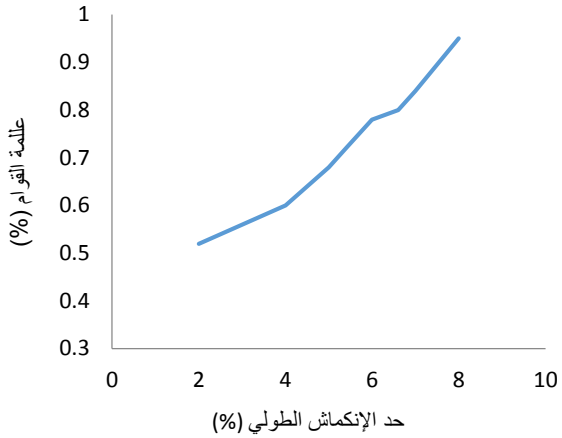
الشكل(7) يبين قيم حد اللدونة لجميع عينات التربة التي تم إختبارها من مناطق الجنوب بليبيا، و من خلال الشكل نلاحظ أن حد اللدونة لعينات مناطق العافية، أولاد يوسف ، و محروقة أقل من حد اللدونة لعينات مناطق براك و سبها، و هذا الإحتلاف كان بسبب الإختلاف في مكونات التربة و قوام التربة و أعماق عينات التربة. و لجميع عينات التربة فإن قيم حد اللدونة تراوحت بين 15% و أقل من 35%.



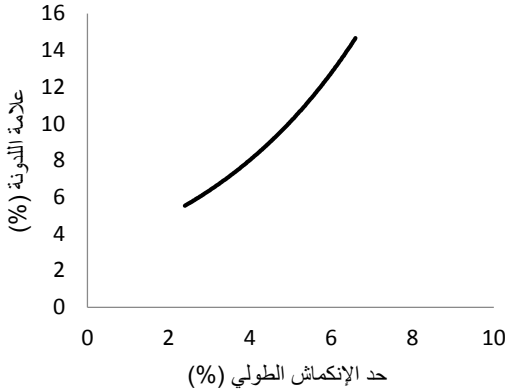
شكل(7) حد اللدونة لعينات التربة من المناطق

الشكل(8) يبين العلاقة بين حد الإنكماش الطولي و علامة اللدونة لعينات التربة، و نلاحظ أن حد الإنكماش الطولي يزيد بزيادة علامة اللدونة، و لجميع عينات التربة فإن التمدد و الإنكماش لها قليل أو متوسط.

الشكل(9) يبين العلاقة بين حد الإنكماش الطولي و علامة القوام لعينات التربة، و نلاحظ أن حد الإنكماش الطولي يزيد بزيادة علامة القوام و أن قوام عينات التربة يتراوح بين الرخو إلى الكثيف.



شكل(8) العلاقة بين حد الإنكماش الطولي و علامة اللدونة لعينات التربة



شكل(9) العلاقة بين حد الإنكماش الطولي و علامة القوام لعينات التربة

الخلاصة

1. عينات التربة من جميع المناطق كان تصنيفها بين(CL)، و (ML) و هي عينات تربة طينية إلى طينية سلتية
2. جميع عينات التربة كان حد السيولة لها أقل من 50% و حد اللدونة أقل من 40%
3. جميع عينات التربة كانت قليلة إلى متوسطة اللدونة ، حيث تراوحت قيم معامل اللدونة لعينات مناطق العافية ، أولاد يوسف، و محروقة بين 4% إلى 10% بينما عينات مناطق براك و سبها تراوحت قيم معامل اللدونة لها بين 5% إلى 15%.
4. قيم حد الإنكماش الطولي لجميع العينات أقل من 8% و جميع العينات لها إنكماش قليل أو متوسط
5. نلاحظ أن عينات التربة التي في الأعماق القريبة من سطح الأرض قوامها تربة طينية و سلتية رخوة بينما عينات التربة التي أخذت من أعماق أكبر كان قوامها تربة طينية صلبة في حالة الجفاف.
6. بناءا على النتائج المتحصل عليها، فإن جميع العينات التي تمت دراستها هي عينات تربة قليلة التمدد و قليلة الإنتفاخ و قليلة الإنضغاطية.
7.

التوصيات

نوصي بإستخدام عدة طرق مختلفة لإختبارات حدود القوام للتربة المتماسكة الحبيبات و مقارنة و تحليل للنتائج، كما نوصي بزيادة الدراسات البحثية لإيجاد العديد من الخصائص الهندسية لإنواع مختلفة من التربة الطينية للتعرف على مزيد من السلوكيات و الخصائص التي تمكنا من وضع دليل إسترشادي يساعدنا في كيفية التعامل و كيفية إستخدام التربة الطينية في الأعمال والمشاريع الهندسية المختلفة في بلادنا.

المراجع

[1] Das, B.M. and Sabhan. (Principles of Geotechnical Engineering). Eight Edition, Cengage Learning, USA,(2017).

[2] Das, B.M. (Principles of Geotechnical Engineering). Seventh Edition, Cengage Learning, USA, (2010).

[3] Budhu, M. (Soil Mechanics and Foundations). Hoboken: John Wiley sons, (2011).

[4] Ishibashi, I. & Hazarika, H. (Soil Mechanics Fundamentals and applications). Second Edition, Boca Ratio: CRC Press, (2015).

[5] Whitlow, R. (Basic Soil Mechanics). Third Edition, (1995).

[6] Zulal Akbal and others. (Estimation of consistency limits of fine-grained soils via regression analysis). Engineering Journals, (2020).

[7] Widjaja, B. & Chriswandi. (New relationship between linear shrinkage and shrinkage limit for expansive soils). IOP Conference Series, (2010).

[8] American Society for Testing and Materials (ASTM D4318-17, ASTM D2216-10), and (BS 1377-2).

[9] Ignatius Tommy and others. (Linear shrinkage and its correlation to shrinkage limit and index properties of kaolinite, Bentonite, and eight banding fine grained soils). 25rd Annual National conference on Geotechnical Engineering, Jakarta, (2021).

[10] H O Abbas. (Assessment of accuracy in determining Atterberg limits for four Iraqi local soil laboratories). 2nd International Conference on Engineering Sciences, IOP Publishing, (2018).

لدراسة مرجعية: استخدام خبث الافران المنشط قلويا كبديل للاسمنت

د.هناء عبد الفتاح الجويفي[1] , م. حسناء عيد الحميد صالح [2]
(1): معمل مواد البناء, جامعة عمر المختار, البيضاء, ليبيا
(2): الاكاديمية الليبية فرع الجبل الاخضر, , البيضاء, ليبيا
Email: hana.aljewifi@omu.edu.ly; hasna.arheym86@gmail.com

الملخص

الخبث هو من المخلفات الصناعية والتي تتكون كناتج ثانوية لعملية تصنيع الحديد الصلب في الافران، وهو عبارة عن مادة مكونة من جزيئات زجاجية تتشكل عن تبريد خبث الفرن المنصهر بسرعة، على سبيل المثال باستخدام الماء. وهو منتج غير معدني يتكون من سيليكات وألومينوسيليكات الكالسيوم ومواد اخرى، والذي يمكن استخدامه واعادة تدويره لصنع عناصر جديدة تكون بدائل لتلك التي تضر بالبيئة. ونظرا لأنها من المواد القليلة البديلة للكلنكر، سيوفر هذا البحث دراسة نظرية لإمكانية تصنيع بديل اقل ضررا. بسبب تزايد الطلب على الاسمنت وتسارع وتيرة البناء لن يكون إلغاء تصنيعه بطريقته الاعتيادية امرا ممكنا.

في هذه الورقة تمت مراجعة مجموعة من الدراسات التي تطرقت لإمكانية استخدام خبث الأفران من مصنع الحديد والصلب في صناعة مواد ذات تأثير بيئي منخفض للبناء. وسيكون هذا مفيدا للغاية في تقليل استخدام الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي في صناعة الخرسانة، ونتيجة لذلك تقليل الانبعاثات من عملية التصنيع وتقليل تلوث الهواء. حيث يشمل الخبث مكونات مماثلة لتكوين الاسمنت مثل السيليكا والحديد والألومينا وأكاسيد الجير، والتي تؤهله لتوليد مادة رابطة مماثلة للإسمنت الاعتيادي.

بالإضافة لذلك، تهدف هذه الورقة إلى التنبؤ بكيفية أداء مكونات الخبث عند تنشيطها بالقلويات المختلفة من أجل إنتاج الإسمنت البديل حيث أنه من الصعب تعميم نتائج الدراسات المشابهة نظرا لوجود العديد من العوامل التي تؤثر ومن بينها البنية المجهرية ، خصائص المصدر ، التركيب الكيميائي ، مدة الخلط ، درجة حرارة الخليط ، ونوع وتركيز المنشط القلوي.

الكلمات المفتاحية: خبث فرن الصهر المحبب؛ التنشيط القلوي؛ خواص الخرسانة؛ السلوك الميكانيكي.

1. المقدمة

تعد الخرسانة من أكثر المواد استهلاكا من قبل البشر وتحتل المرتبة الثانية بعد الماء مباشرة، حيث يستهلك الفرد حول العالم حوالي 3 أطنان سنويا من الخرسانة ولا شك أن إجمالي هذه الكمية سيزداد بازدياد عدد السكان [1]. تتكون الخرسانة من مجموعة من المواد المفككة (الرمل والركام) التي تحتاج إلى مادة رابطة تكسبها القوة المطلوبة، ويعد الإسمنت هو أكثر المواد استخداماً لربط مكونات الخرسانة، ويستخدم أيضا لأغراض التشطيبات للأسطح وتشكيل العناصر الزخرفية [2].

1.1 أضرار صناعة الإسمنت

منذ بدء الثورة الصناعية ازداد الطلب على الإسمنت وخاصة الإسمنت البورتلاندي والذي بدأت صناعته منذ العام 1824 باستخدام مواد ذات نسب عالية من معادن الطين وذلك بحرقها في درجات حرارة تصل إلى 1450 درجة مئوية لإنتاج الكلنكر والذي يتكون بدوره من مركبات معقدة مثل سيليكات الكالسيوم والومينات الكالسيوم، والتي ينتج عن طحنها مادة ناعمة شديدة التفاعل مع الماء حيث تبدأ عمليات الترطيب والتثبيت على الفور تقريبا [2].

ينشأ عن عمليات إنتاج الإسمنت مشاكل بيئية خطيرة بدءا من استخراج المواد الخام وما ينجم عنها من إتلاف المناظر الطبيعية واستنزاف الموارد، مروراً بعمليات التصنيع والتي تتضمن الحرق والتبريد والطحن والتعبئة في الأكياس وما تتطلبه هذه الأنشطة من استهلاك طاقة لها تأثيرات بيئية سلبية، جدول 1. حيث تشكل الانبعاثات في الهواء أكبر مصدر قلق للتلوث في صناعة الإسمنت كما ينتج عنها تلوث الماء والتربة والتلوث الضوضائي، وتتكون الانبعاثات الغازية من غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وغيرها من الغازات والتي تساهم بشكل كبير في ظاهرة الاحتباس الحراري، مما تطلب البحث عن بدائل أخرى تحل مكان الإسمنت البورتلاندي في الخرسانة [3]. وتشمل المحاولات الحثيثة لتقليل التلوث الناتج عن تصنيع الإسمنت البورتلاندي بذل الكثير من الجهود البحثية لإيجاد أفضل البدائل لصناعة إسمنت، كاستخدام مواد خام ناتجة بالأساس عن العمليات الصناعية المختلفة تتطلب إضافة القليل من العمليات التصنيعية البسيطة لتحويلها إلى أسمنت ومن بين تلك المواد الرماد المتطاير وخبث الأفران وغيرها [2].

جدول 1: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من عملية إنتاج الكلنكر من مواده الخام في سيريلانكا [1].

السنة	إنتاج الكلنكر (طن)	عامل الانبعاث	إنتاج ثاني أكسيد الكربون (طن)
1990	382370	0.613	234392.81
1991	398875	0.613	244510.38
1992	408925	0.613	250671.03
1993	423455	0.613	259577.92
1994	415380	0.613	254627.94
1995	403210	0.613	247167.73
1996	439190	0.613	7269223.4
1997	453335	0.613	277894.36
1998	448505	0.613	274933.57
1999	378358	0.613	231933.45
2000	378286	0.613	231889.32
2001	379200	0.613	232449.60

2.1 خبث الأفران الحبيبية الأرضية (Ground granulated blast furnace slag) (GGBS)

1.2.1 تعريف الخبث

الخبث هو نفايات صلبة تنتج عن مجموعة من الصناعات من بينها صناعة الحديد والصلب، شكل 1 يوضح مظهر خبث افران الحديد والصلب. لكل طن من الحديد يتم الحصول على كمية تتراوح ما بين 0.2–0.5 طن من الخبث، وتعتمد الكمية الدقيقة الناتجة على مكونات المواد الخام وكفاءة وحجم فرن الصهر، حيث لا تتجاوز الكمية في أفران الصهر الحديثة 0.3 طن من الخبث، والتي تعتبر كمية كبيرة إذا ما اخذ في عين الاعتبار المخاطر البيئية لتراكمها وعدم إدارتها بشكل مناسب [4].

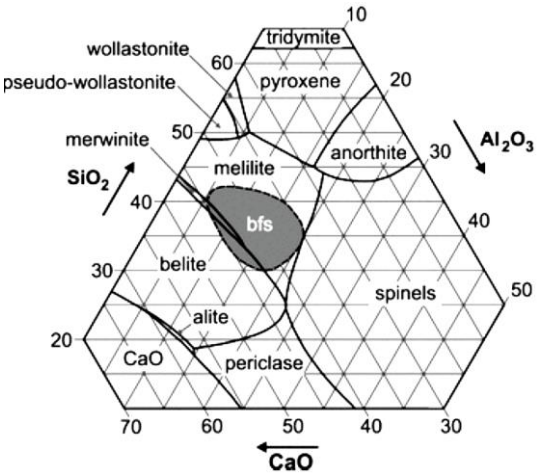
تعد عملية إعادة تدوير الخبث من أسس الإدارة السليمة لتلك النفايات، من خلال تقليل كميات النفايات التي يجب التخلص منها، وإنتاج مواد بديلة لمواد أخرى تتطلب صناعتها الحاق أضرار جسيمة بالبيئة، ونظرا لتركيبه الكيميائي والذي يشمل أكسيد الكالسيوم (CaO)، أكسيد السيليكون (SiO_2)، أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) وأكسيد الحديد (FeO) فهو يعد أحد البدائل الهامة للكلنكر في صناعة الإسمنت. كما يحتوي الخبث على مكونات سامة مثل النيكل (Ni) والكادميوم (Cd) والكروم (Cr) والسترونتيوم (Sr) والتي قد تلوث البيئة. ويكمن التحدي في أن الخواص الهيدروليكية

للخبث تحتاج الى عملية تنشيط لتحقيق التفاعل اللازم لاستخدامها كمادة رابطة بديلة عن الإسمنت البورتلاندي في الخرسانة [4].

شكل1: خبث أفران مصنع الحديد والصلب بحسب [5].

2.2.1 تكوين خبث الأفران (GGBS)

يتشكل خبث الأفران عن طريق اندماج الشوائب الموجودة في المواد الخام المستخدمة لإنتاج الحديد أثناء انصهارها، ويتكون غالبا من السيليكا وأكاسيد الكالسيوم والألومنيوم والماغنسيوم والتي تحدد نسبها المركبات الأساسية للخبث، شكل 2. في افران صناعة الحديد والصلب يطفو الخبث فوق الحديد السائل عند درجات حرارة تتراوح من 1300–1600 درجة مئوية، وعندما يخرج من الفرن يتم تبريده إما بشكل بطيء بواسطة الهواء أو بشكل سريع عن طريق نفاثات الماء. ويبلغ الحد الأقصى لحجم جسيمات الخبث حوالي 5 ملم وغالبا ما يكون زجاجيا إذا تم تبريده بالماء، وهذا المحتوى الزجاجي العالي هو شرط أساسي للتفاعل الهيدروليكي الكامن مما يصنع منه عند تنعيمه وطحنه بديل للإسمنت ممتاز اذا ما توافرت فيه الاستجابة الكافية للتنشيط القلوي والتي ترتبط بطبيعة تكوينه [4].



شكل 2: مخطط مركبات الخبث الأساسية وفقا لنسب ($CaO–SiO_2–Al_2O_3$) مع نسبة (MgO = 10%) بحسب [6].

والجدير بالذكر، أن تكوين الخبث تربطه علاقة وطيدة بطبيعة وتكوين المواد الخام المستخدمة في إنتاج الحديد، والتي سيكون لها تأثير على قابلية تنشيطه باستخدام المواد القلوية وكيفية استجابته أثناء التفاعل مع الماء وهذا ما يحد من إمكانية تعميم نتائج دراسات تنشيط الخبث قلويا على المستوى العالمي، لتصبح حالات الدراسة على المستويات المحلية فريدة من نوعها بشكل نسبي [4]. جدول 2 يوضح بعض النسب المئوية للتكوين الكيميائي الأساسي للخبث.

جدول :2 المركبات الكيميائية الأساسية لخبث الأفران وفقا لبعض المراجع.

المراجع						
[11]	[11]	[10]	[9]	[8]	[7]	المركب
النسب المئوية للمكونات الكيميائية الرئيسية (%)						
0.44	1.01	3.32	0.57	0.39	1.68	أكسيد الحديد Fe_2O_3
11.87	12.15	11.69	10.32	13.65	11.66	أكسيد الالومنيوم Al_2O_3
34.72	35.5	34.94	30.10	35.54	40.20	أكسيد السيليكون SiO_2
8.24	8.34	7.42	0.77	4.11	5.88	أكسيد الماغنسيوم MgO
41.05	41.45	40.89	53.32	41	35.90	أكسيد الكالسيوم CaO
0.83	0.92	–	–	1.91	–	الكبريت S^{-2}
2.43	2.47	1.19	–	0.06	0.90	أكسيد الكبريت SO_3
–	–	0.16	–	0.01	0.30	أكسيد الصوديوم Na_2O

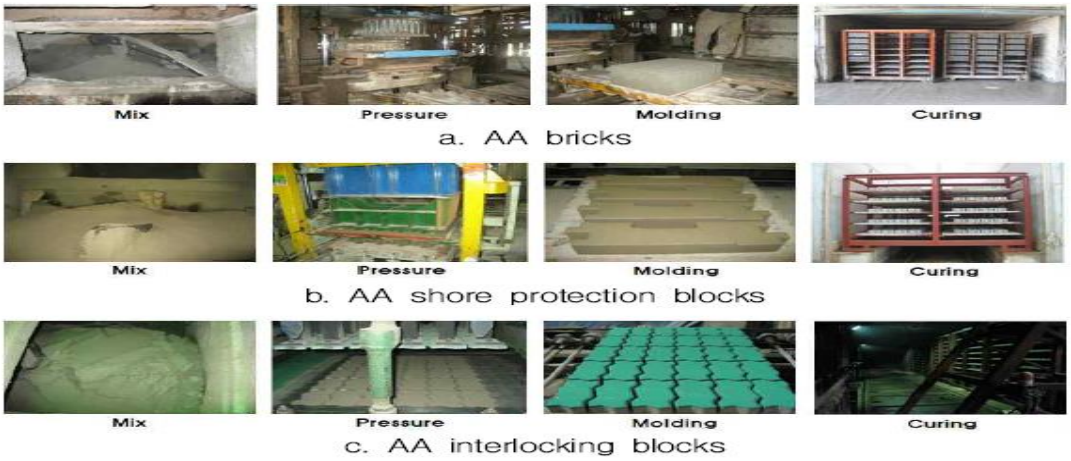
3.2.1 تنشيط الخبث قلويا

يتطلب الخبث استخدام مادة قلوية لتحفيز خواصه الهيدروليكية الكامنة لإطلاق التفاعلات عند خلطه مع الماء ويطلق على تلك المواد القلوية المستخدمة أحيانا اسم المنشطات القلوية، هذه المنشطات قادرة على تحرير مونومرات الألومينات والسيليكات في مادة سيليكات الألومنيوم والتي تكون عند ذوبانها هلام ألومينوسيليكات. وبعض الأمثلة الشائعة للمنشطات القلوية (هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)؛ هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)؛ سيليكات البوتاسيوم (K_2O_3Si) وسيليكات الصوديوم (Na_2O_3Si). من الناحية النظرية، كلما ارتفع مستوى القلوية زادت كمية الذوبان ومع ذلك فإنه في حالة هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم فقد أثبت عمليا أن هيدروكسيد الصوديوم بإمكانه تحرير مونومرات السيليكات والألومينات أكثر مما يحرره هيدروكسيد البوتاسيوم، وتم توصيف سيليكات الصوديوم بأنها توفر تنشيط أعلى بكثير عند مقارنتها بهيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. كما وجدت البحوث العملية أن استخدام المنشطات المركبة هي اكثر فاعلية من استخدام منشط واحد وتختلف النسب المستخدمة في مخاليط التنشيط باختلاف نوع المنشط ونوع الخبث لإحداث توازن في نواتج التفاعل للحصول على الخصائص الخرسانية المرغوب فيها. حيث أن هذه المنشطات هي المسؤول الأول عن وقت الإعداد السريع، والانكماش العالي، وتفاعل السيليكا القلوي المحتمل، وهناك عوامل أخرى تؤثر في الخصائص الرئيسية للخرسانة المنشطة قلويا من بينها تأثير وقت الخلط، حرارة الماء وظروف المعالجة [4]، وغيرها من العوامل التي سيتم التطرق لها في البند 1.3 لاحقا.

4.2.1 بعض تطبيقات الخبث المنشط قلويا

لخرسانة الخبث المنشط قلويا مقاومة انضغاط عند عمر 10 سنوات أعلى بنسبة 100–200% من مقاومة الانضغاط عند 28 يوما، مما يظهر تطورا ممتازا للقوة على المدى الطويل [12]. ومع ذلك، فإنه بالنسبة للتطبيق الميداني للخرسانة المنشطة القلوية، لا تزال هناك العديد من المشكلات التي يتعين حلها، مثل الفقدان السريع لقابلية التشغيل وتدهور الخرسانة بسبب تفاعل الركام القلوي. من أجل تطبيق الخرسانة المنشطة القلوية بمزاياها المختلفة على الأعضاء الإنشائية، يجب دعم البحث التجريبي والتحليل على الأداء الميكانيكي وسلوك الأعضاء الإنشائية. من ناحية أخرى ، فإن التطبيق المباشر للمواد الرابطة المنشطة القلوية على المنتجات الثانوية الخرسانية غير معقد نسبياً وفعال للغاية. بشكل عام ، تكون منتجات الخرسانة الثانوية جافة، لذا فهي لا تتأثر بفقدان السيولة، والأداء المطلوب للمنتج ليس متطلبا

مثل الخرسانة الإنشائية. على وجه الخصوص ، إذا تم استخدام الخرسانة المنشطة القلوية لمنتج الخرسانة الثانوي سيكون لها مزايا مختلفة مثل الصداقة البيئية وذلك من خلال تقليل انبعاثات ثاني اكسيد الكربون والحفاظ على الموارد بسبب استخدام المنتجات الثانوية الصناعية عوضا عنها. شكل 3 يوضح بعض المنتجات الثانوية لخرسانة الخبث المنشط قلويا والمتمثلة في الطوب الخرساني وكتل الرصف المعشق وكتل حماية الشاطئ. حيث أظهرت هذه المنتجات اداء بيئي ممتاز مقارنة بنظائرها من المنتجات الثانوية الاسمنتية، حيث كان الرقم الهيدروجيني لكتل حماية الشاطئ المصنوعة باستخدام مادة رابطة مكونة من خبث الفرن العالي المنشط قلويا قريبا من المحايد، مما قلل من السمية وخلق بيئة مواتية للنباتات والأسماك عند الشاطئ [12].

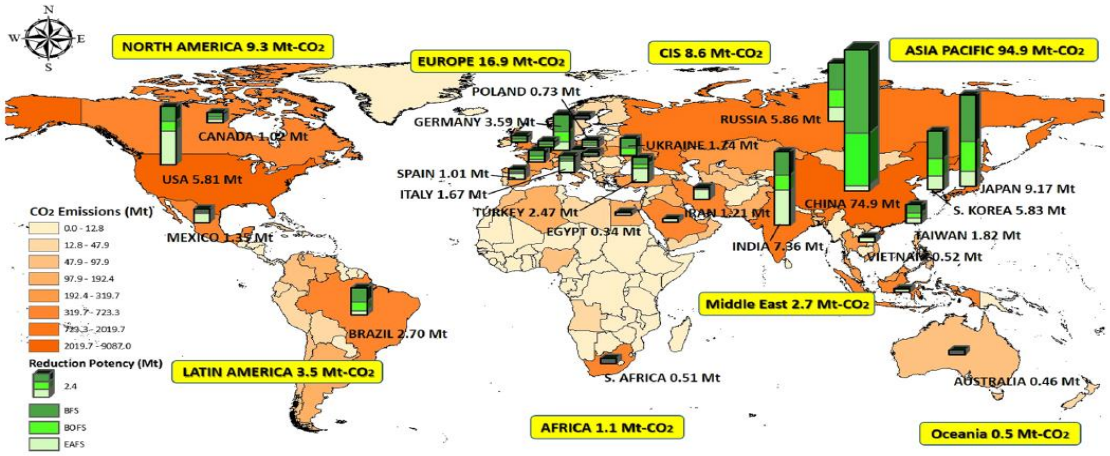


شكل 3: مراحل انتاج بعض المنتجات الخرسانية الثانوية (طوب خرساني، كتل حماية الشاطئ، كتل الرصف معشق) [12].

5.2.1 الأهمية البيئية لاستخدام خبث الأفران كبديل عن الكلنكر في إنتاج الإسمنت

في الوقت الراهن يعد تقليل ثاني أكسيد الكربون هدفا بيئيا هاما في جميع أرجاء العالم وذلك في محاولة للحد من غازات الاحتباس الحراري. حيث زادت الانبعاثات في الفترة الواقعة بين عامي 2000 و2006 بنسبة 54% عما كانت عليه على مستوى العالم، ومع النمو السكاني وزيادة الطلب على الخرسانة كمادة أساسية للبناء من المتوقع أيضا أن يزداد إنتاج الإسمنت ما بين 0.8–1.2% سنويا، لتبلغ كمية إنتاجه 3.7–4.4 مليار طن في عام 2050 [8]. وبسبب المشاكل البيئية المرتبطة بإنتاج الإسمنت بدأت بعض بدائل التنمية المستدامة في الظهور، كتطوير التقنيات المستخدمة في مصانع الإسمنت؛ استخدام مواد بديلة (نفايات ومنتجات صناعية) كبدائل جزئية أو كاملة للنفط أو الوقود أو المواد الخام أو الكلنكر (الإسمنت مع الإضافات) أو عبر تطوير مواد إسمنتية جديدة أكثر كفاءة من الناحية

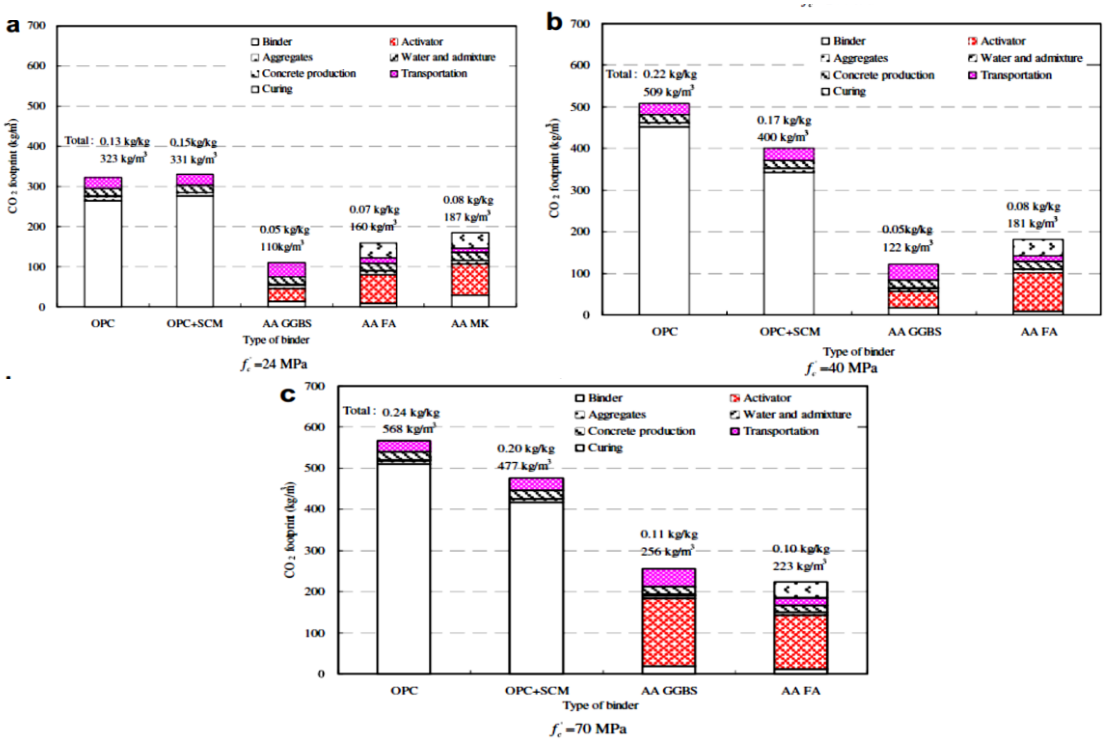
البيئية. وبعض أنواع الإسمنت البديلة هي تلك الناتجة عن التفاعل الكيميائي بين المحاليل القلوية القوية مع بعض المواد الطبيعية أو النفايات الصناعية مثل الرماد المتطاير أو خبث الأفران [8]. تعد استراتيجية استخدام الخبث كمكون رئيسي في إنتاج الخرسانة فعالة في تقليل البصمة الكربونية لإنتاج الإسمنت بنسبة تصل إلى 30%، حيث يستهلك إنتاج الخبث المنشط قلويا حوالي 1300 ميجا جول من الطاقة ويطلق فقط 0.07 طن من ثاني أكسيد الكربون، بينما تتطلب عملية إنتاج نفس الكمية من الإسمنت البورتلاندي 5000 ميجا جول من الطاقة وينتج عنها 1 طن من ثاني أكسيد الكربون، وتعد صناعة الإسمنت مسؤولة عن حوالي 7% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حول العالم، حيث ينبعث حوالي 50% منها نتيجة حرق المواد الخام و50% المتبقية تنبعث من استخدام الطاقة. شكل 4 يظهر فاعلية اتباع استراتيجية إعادة تدوير نفايات مصانع الحديد والصلب في تخفيض انبعاثات ثاني اكسيد الكربون حول العالم. [13].



شكل 4: فاعلية التخفيض المباشر لغاز ثاني أكسيد الكربون من خلال إنشاء سلسلة إمداد لتحويل النفايات الصناعية إلى مورد متمثلة في خبث الحديد والصلب و خبث أفران الصهر(BFS) وخبث أفران الأكسجين الأساسي (BOFS) وخبث أفران القوس الكهربائي (EAFS) طبقا لـ [14].

يجب أن يصبح هدف تقليل البصمة الكربونية لعملية انتاج الخرسانة أثناء تصميم الخلطة الخرسانية هدفاً أساسياً جنباً إلى جنب مع أهداف المتطلبات الهندسية المتعارف عليها مثل قوة الضغط المقبولة وقابلية التشغيل. إن قياس التأثيرات البيئية لمعاجين الخبث المنشـط قلويا يحتاج إلى المزيد من التقييم فيما يتعلق بموقع المصـدر ومصـدر الطاقة ونسـب مزيج الخرســـانة وطريقة النقل، والأهم من ذلك المزيد من البحث لتقييم الأثر البيئي لنوع المادة القلوية المســـتخدمة كمنشط، والتي قد تنتج صناعة بعض انواعها نسبة عالية نسبياً من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون [15]، شكل 5.

يعد نوع وكمية المادة الرابطة المضـــافة إلى الخليط من أهم العوامل المؤثرة في تحقيق هدف تخفيض ثاني أكســـيد الكربون، أما انبعاثات ثاني أكسـيد الكربون من عمليات اسـتخراج ونقل الركام تحل في المرتبة الثانية مقارنة بانبعاثات استخراج وتصنيع المواد الخام للمادة الرابطة في الخلطات الخرسانية. شكل 5 يوضح اختلاف البصمة الكربونية لبعض انواع الخرسـانة تبعا لاختلاف المادة الرابطة المسـتخدمة فيها، كما أنه يوضـح نسـبة مسـاهمة كل مكون من مكونات الخرسانة ومساهمة عمليات الإنتاج والمعالجة والنقل وذلك بحسب قاعدة البيانات في دولة كوريا الجنوبية، حيث نلاحظ أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لجميع أنواع الخرسـانة بشـكل عام تزداد بزيادة قوة الانضـغاط المطلوبة، وهذا ما يؤكد أهمية الأثر البيئي



شكل 5: البصمة الكربونية (Kg/m^3) لأنواع مختلفة من الخرسانة بما في ذلك خرسانة الاسمنت البورتلاندي (OPC) وخرسانة الاسمنت البورتلاندي مع الاستبدال بالرماد المتطاير والخبث (OPC+SCM) وخرسانة الخبث المنشط قلويا (AA GGBS) وخرسانة الرماد المتطاير المنشط قلويا (AA FA) [15].

للمادة الرابطة المسـتخدمة في انتاج الخلطات الخرسـانية،وفيما يتعلق بالبصـمة الكربونية لخرسـانة الخبث المنشـط قلويا (AA GGBS) فإن مســـاهمة المادة القلوية في انبعاثات ثاني أكســـيد الكربون كانت ملحوظة لهذا النوع، وبمقارنة بصـمتها الكربونية الإجمالية ببصـمة خرسـانة الاسـمنت البورتلاندي الاعتيادية (OPC) وخرسـانة مزيج الاسـمنت البورتلاندي مع الرماد المتطاير والخبث (OPC+SCM) كانت أقل بكثير [15].

2. مشكلة البحث

يولي العالم اهتماما كبيرا للاحتباس الحراري وطرق العلاج الممكنة وانتهجت العديد من القطاعات الصناعية اجراءات مطورة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة ومن بينها قطاع مواد البناء. حيث أنه يمكن تخفيض الانبعاثات والحفاظ على الموارد الطبيعية في آن واحد عن طريق اعادة تدوير نفايات القطاع بشكل ذاتي في اغراض صناعة الاسمنت ومن بين تلك المواد المرشحة بقوة للحلول مكان الاسمنت نفايات صناعة الحديد والصلب. سيتم في هذا البحث تسليط الضوء على اهم الدراسات التي تطرقت لهذا الموضوع وتلخيص اهم العوامل التي تحتاج للمزيد من البحث والتطوير.

3. مراجعة الدراسات السابقة

يعد البحث الذي نشره Kuhl في عام 1930 هو الأول من نوعه الذي استخدم المواد القلوية في صناعة الإسمنت حيث استخدم هيدروكسيد البوتاسيوم لتنشيط خبث أفران الصهر[16]، وفي عام 1940 أجرى Purdon أول دراسة واسعة النطاق على الإسمنت المصنوع من الخبث الممزوج بهيدروكسيد الصوديوم وفي غياب تام للكلنكر [17]، وخلال الفترة الزمنية الواقعة ما بين 1959 و1979 تم قبول فكرة أن خبث الأفران مادة واعدة بديلة للإسمنت الاعتيادي وخصوصا بعد النجاح الكبير الذي حققه Glukhovsky في عام 1967 [18]. منذ ذلك الحين تم إجراء العديد من البحوث المكثفة لدراسة خصائص المواد المنشطة قلويا، وعلى الرغم من مرور ما يقرب القرن على اكتشاف خبث الأفران المنشط قلويا إلا أن قبوله في صناعات مواد البناء لا يزال تحت البحث والتطوير[4].

1.3 اهم العوامل المؤثرة على خلطات الخبث المنشط قلويا

1.1.3 تأثير نوع المنشط القلوي

بحسب Fernández et al.(1999) [11] فإن تأثير اختلاف نوع المنشط له التأثير الأكبر على قوة الانضغاط ثم بدرجة اقل على قوة الانحناء. حيث قام باستخدام منشطات قلوية مختلفة وهي هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم ومزيج من هيدروكسيد الصوديوم مع الزجاج المائي، فكان لمزيج هيدروكسيد الصوديوم مع الزجاج المائي أفضل متوسط نتائج في جميع حالات الاختبار، أما هيدروكسيد الصوديوم فكانت متوسط نتائجه في العمر المبكر للعينات 3 أيام هي الأفضل عند مقارنتها مع كربونات الصوديوم. في حين أن Puerta et al. (2004) [19] قد أشار أن لنوع وتكوين المنشط القلوي علاقة وثيقة مع تكوين وبنية نواتج تفاعل الترطيب الرئيسية حيث أثبتت دراسته أن معاجين الخبث

المنشطة بواسطة هيدروكسيد الصوديوم كانت ذات ترتيب بنيوي أعلى (بلورة أعلى) ومحتوى AL ونسبة Ca/Si أعلى من تلك المنشطة بواسطة الزجاج المائي وذلك خلال مدة زمنية من 3–24 ساعة من بداية التفاعل.

2.1.3 تأثير اختلاف نسبة أكسيد الصوديوم (Na_2O)

طبقا لـ Mohamed et al. (2019) [20] فإن الخرسانة المسلحة/الملاط المصنوع من تنشيط خبث الأفران باستخدام مزيج من زجاج الماء وهيدروكسيد الصوديوم، والتي يتم التعبير فيها عن محتوى أكسيد الصوديوم كنسبة مئوية من إجمالي محتوى الخبث، فإن الخواص الميكانيكية للخرسانة/الملاط ترتبط بمحتوى أكسيد الصوديوم، حيث تحدث الزيادة في قوة الانضغاط بشكل متسارع مع زيادة محتوى أكسيد الصوديوم حتى حد معين ثم تعود للتباطؤ لاحقا. أما بحسب Fernández et al. (1999) [11] الذي قام بتحليل تأثير اختلاف محتوى أكسيد الصوديوم في منشطات مختلفة (هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم ومزيج من هيدروكسيد الصوديوم والزجاج المائي) على قوة الانضغاط والانحناء، فإن اختلاف محتوى أكسيد الصوديوم كان له تأثير ملحوظ على قوة الانضغاط في جميع الأعمار بينما كان تأثيره على قوة الانحناء ملحوظا بعد عمر 28 يوما، وأظهرت النتائج تحسن جيد ضمن نطاق معين لمحتوى أكسيد الصوديوم الذي يتراوح من 3–5% من وزن الخبث. في حين أن Atiş et al. (2009) [21] قام بدراسة تأثير اختلاف نسب أكسيد الصوديوم على خواص الخرسانة عن طريق تحضير عينات الملاط المصنوعة من الخبث القلوي المنشط باستخدام ثلاثة منشطات مختلفة وهي سيليكات الصوديوم السائلة (LSS) وهيدروكسيد الصوديوم (SH) وكربونات الصوديوم (SC) بتركيزات أكسيد صوديوم مختلفة ومن ثم تم قياس مقاومة الانضغاطية ووقت الإعداد لمونة الخبث المنشطة القلوية في 7 أيام و28 يومًا و3 أشهر، وخلص إلى أن ملاط الخبث المنشط باستخدام (LSS) بنسبة صوديوم مقدارها 8% أعطت أقصى مقاومة انضغاط عند جميع الأعمار ولكن قابلية التشغيل كانت منخفضة مقارنة ببقية العينات.

3.1.3 تأثير الخصائص الكيميائية والفيزيائية للخبث

وفقا لـ Humad et al. (2018) [22] فإن التركيب الكيميائي للخبث عامل هام في تفاعله مع المنشط، حيث أن المحتوى المرتفع من أكسيد الماغنسيوم الموجود في الخبث المستخدم في الدراسة قد عزز من حركية التفاعل وتكوين منتجات الترطيب مما حسن من قوة الانضغاط. وأشار Wang et al.(1994) [23] أن اختلاف التركيب الكيميائي للخبث يؤثر بشكل ملحوظ على قوة الانضغاط عند عمر 28 يوم. حيث أنه استعمل منشطات مختلفة مع عدة أنواع من الخبث تختلف في تركيبها الكيميائي وأخضع جميع العينات لنفس ظروف المعالجة، فلاحظ أن تأثير اختلاف التركيب الكيميائي للخبث مع المنشطات القلوية الضعيفة يكون أكبر على القوة مقارنة بالمنشطات القلوية القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم. أما فيما يتعلق بالخصائص الفيزيائية للخبث فإنه استنتج أن نعومة الخبث أحد أهم العوامل الفيزيائية المؤثرة في قوة الخبث المنشط قلويا، حيث نصت نتائجه على أنه للحصول على قوة ميكانيكية عالية يجب أن تكون درجة نعومة الخبث في حدود 4000 –5500 سم^2/جم.

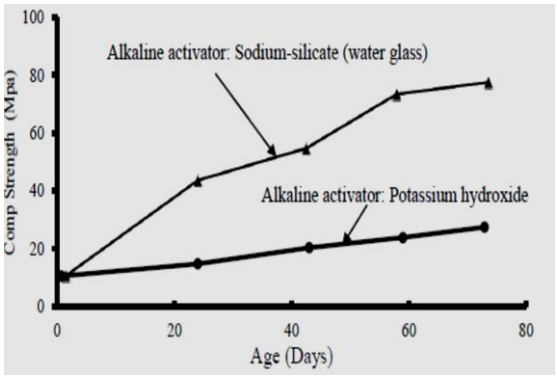
4.1.3 تأثير طرق المعالجة ودرجة الحرارة

بحسب Humad et al. (2018) [22] فإن اختلاف درجة حرارة المعالجة لها تأثير ملحوظ على المقاومة المبكرة والمتأخرة للخبث، حيث أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام المعالجة الحرارية مع الجرعات العالية من منشطات (كربونات الصوديوم وسيليكات الصوديوم وتوليفات مختلفة من كربونات وسيليكات الصوديوم) أعطت مقاومة مبكرة ومتأخرة أفضل من المعالجة الحرارية مع الجرعات المنخفضة لنفس المنشطات.

2.3 بعض أهم النتائج الميكانيكية

1.2.3 تأثير اختلاف نوع المنشط على قوة الانضغاط

Mohamed et al. (2019) [20] درس تأثير اختلاف نوع المنشط القلوي على تطور قوة الانضغاط وذلك عبر مقارنته لنوعين من المنشطات وهي (سيليكات الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم)، حيث وجد أن سيليكات الصوديوم طورت قوة انضغاط افضل من هيدروكسيد البوتاسيوم في جميع الأعمار بعد اليوم الأول، كما هو موضح في شكل 6.



شكل 6: تأثير اختلاف نوع المنشط القلوي (سيليكات الصوديوم، هيدروكسيد البوتاسيوم) على قوة الانضغاط.

4. الخلاصة

بناءا على ما سبق فإنه على الرغم من تباين نتائج تنشيط خبث الأفران فقد بات يعرف على نطاق واسع كمادة بناء متعددة الأغراض يمكن استخدامها في أي مكان وفي أي نوع من أنواع البناء. من خلال نتائج الدراسات السابقة فإن قوة الضغط العالية ترتبط بنوع المنشط القلوي المستخدم وكذلك بنسب المواد الكيميائية الداخلة في تركيبه وذلك لأن منتجات تفاعل الترطيب ترتبط بنوع محلول المنشط المستخدم ، مثل استخدام الهيدروكسيد فقط أو مزيج السيليكات والهيدروكسيد . العوامل الأخرى التي تؤثر أيضاً على حركية التفاعلات هي المعالجة ، مثل ظروف العمر ودرجة الحرارة التي من الممكن أن تعمل كمحفزات للتفاعلات التي تنشط قلويا، وفيما يخص توصيات العمل المستقبلي لتحسين فهم آليات التفاعل للخبث المنشط قلويا تبرز اهمية تطوير المعايير والإجراءات لتتلائم مع التطبيق الحصري لهذه المواد أسوة بمعايير ومواصفات مواد البناء الأخرى.

5. المراجع

[1] Gagg, Colin R. "Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis." Engineering Failure Analysis 40 (2014): 114-140.

[2] Gillot, Céline, and Arnaud Coutelas. "Cements, mortars, binders." The Encyclopedia of Archaeological Sciences (2018): 1-5.

[3] Zainudeen, Nisa, and Jeyarajah Jeyamathan. "Cement and its effect to the environment: A case study in SriLanka." Women's career advancement and training & development in the (2021): 1408.

[4] Awoyera, Paul, and Adeyemi Adesina. "A critical review on application of alkali activated slag as a sustainable composite binder." Case Studies in Construction Materials 11 (2019): e00268.

[5] Elsageer, Mohammed Ali Abdalla, et al. "Effect of Misurata Iron and Steel Factory Slag as Aggregate on Fresh & Hardened Concrete Properties. " https://icts.tve.gov.ly/2020A_DOC/2020_AFile/DOC/AC/AC1019.pdf (2020).

[6] V.I. Satarin, Portland slag cement, in: Proceeding of Sixth International Congress on Chemistry, Moscow. (1976) 45-56.

[7] Aydın, Serdar. "A ternary optimisation of mineral additives of alkali activated cement mortars." Construction and Building Materials 43 (2013): 131-138.

[8] Torres-Carrasco, Manuel, et al. "Alkali activated slag cements using waste glass as alternative activators. Rheological behaviour." Boletín de la sociedad española de Ceramica y Vìdrio 54.2 (2015): 45-57.

[9] Hashim, Aimi Noorliyana, et al. "Effect of sodium hydroxide (NaOH) concentration on compressive strength of alkali-activated slag (AAS) mortars." Applied Mechanics and Materials 754 (2015): 300-304.

[10] Rashad, A. M., et al. "Chemical and mechanical stability of sodium sulfate activated slag after exposure to elevated temperature." Cement and Concrete Research 42.2 (2012): 333-343.

[11] Fernández-Jiménez, Ana, J. G. Palomo, and F. Puertas. "Alkali-activated slag mortars: mechanical strength behaviour." Cement and concrete research 29.8 (1999): 1313-1321.

[12] Sim, Jae-Il, and Yang, Keun-Hyeok "Practical Application of GGBS-Based Alkali-Activated Binder to Secondary Products of Concrete". Journal of the Korea Institute of Building Construction. https://koreascience.kr/article/JAKO201032654094346.page. (2010) (5):37-44.

[13] Sayed, Mohamad, and Sayeda R. Zeedan. "Green binding material using alkali activated blast furnace slag with silica fume." HBRC Journal 8.3 (2012): 177-184.

[14] Pan, Shu-Yuan, et al. "CO2 mineralization and utilization using steel slag for establishing a waste-to-resource supply chain." Scientific reports 7.1 (2017): 1-11.

[15] Yang, Keun-Hyeok, Jin-Kyu Song, and Keum-Il Song. "Assessment of CO2 reduction of alkali-activated concrete." Journal of Cleaner Production 39 (2013): 265-272.

[16] Maghsoodloorad, Hojjatollah, Hamidreza Khalili, and Ali Allahverdi. "Alkali-activated phosphorous slag performance under different curing conditions: Compressive strength, hydration products, and microstructure." Journal of Materials in Civil Engineering 30.1 (2018): 04017253.

[17] Palomo, Ángel, et al. "A review on alkaline activation: new analytical perspectives." (2015).

[18] Shi, Caijun, A. Fernández Jiménez, and Angel Palomo. "New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement." Cement and concrete research 41.7 (2011): 750-763.

[19] Puertas, F., A. Fernández-Jiménez, and M. T. Blanco-Varela. "Pore solution in alkali-activated slag cement pastes. Relation to the composition and structure of calcium silicate hydrate." Cement and Concrete Research 34.1 (2004): 139-148.

[20] Mohamed, Osama, Rania Khattab, and Abdel kareem Alzo'ubi. "Factors Affecting Compressive Strength Development in Alkali-activated Slag Concrete." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 603. No. 4. IOP Publishing, 2019.

إنتاج خرسانة ذاتية الدمك باستخدام بودرة الرخام

1- د. عزالدين السنوسي العطشان ، 2- أ.د. فرحات غريبي فرحات
(1) كلية التقنية الهندسية بهون ، الدرجة العلمية: محاضر ، الإيميل: azzaldeen_2005@yahoo.com
(2) كلية التقنية الهندسية بهون ، الدرجة العلمية: أستاذ ، الإيميل: farhat.g.farhat@gmail.com

1. ملخص البحث

يعتبر التطور العمراني أحد الركائز الأساسية الذي تقاس به تقدم الدول والذي يعتمد بدوره بشكل كبير على تقدم علم تقنية الخرسانة ومواد البناء. وقد شهدت العقود القليلة الماضية تطوراً ملحوظاً في علم تقنية الخرسانة والذي تمثل في إنتاج أنواع جديدة من الخرسانة ومنها الخرسانة عالية المقاومة والخرسانة ذات الألياف والخرسانة ذاتية الدمك، والتي تمتاز بقابليتها العالية للتشغيل وسهولة إنسيابها وتدفقها الحر تحت تأثير وزنها الذاتي فقط.

تسبب بقايا مصانع الرخام مشاكل كثيرة ، فالأجزاء الصغيرة والغير متناسقة التي تنتج من قص الرخام ترمى وتلقى كنفايات مسببة أضراراً للبيئة والإقتصاد. حيث يمكن تجميع الفاقد الناتج من عمليات قص وتسوية ألواح الرخام ثم تكسيره وطحنه بدرجة نعومة الأسمنت أو أعلي ثم استخدامه بديلاً نسبياً عن الأسمنت وبذلك يتم الاستفادة من بقايا مصانع الرخام والتقليل من استخدام الأسمنت الذي يشكل المادة الأساسية لإنتاج الخرسانة.

تم في هذا البحث دراسة خصائص الخرسانة ذاتية الدمك Self-Compacted Concrete (SCC) وإمكانية تنفيذها بالإستفادة من غبرة الرخام (كربونات الكالسيوم) ليتم إحلالها جزئياً بديلاً عن الأسمنت بنسب 10% و25% و35% ، حيث تمت دراسة الخواص اللدنة للخرسانة في هذا البحث. كما تم استخدام مادة سيكامنت M 163 والتي تعتبر كعامل عالي الكفائة لخفض المحتوى المائي و ملدن قوى يزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة لإنتاج نوعية خرسانة ذات جودة عالية في المناخ الحار ، ويؤدي التأثير المزدوج لمادة سيكامنت 163 إلى تحسين سرعة التصلد وزيادة الإجهادات المبكرة والنهائية للخرسانة.

وقد تم التوصل في هذا البحث الى ان إضافة بودرة الرخام بنسبة 10% و 25% تعطي نتائج ضمن الحدود المطلوبة لإختبارات الخرسانة وبشكل أفضل عند نسبة 25% ، و عند اضافتها بنسبة 35% لم تعطي النتائج المرجوة. كما أن إضافة الملدن بنسبة أقل من 760 جرام تعطي لدونة منخفضة للخرسانة ولا تحقق النتائج المطلوبة وعند إضافتها بنسبة

أكبر من 760 جرام يحدث انفصال حبيبي. كما يجب مراعاة إضافة الملدن بشكل تدريجي أثناء عملية الخلط ليحدث التجانس المطلوب. بالإضافة إلى ذلك فإن السرعة اثناء عملية الخلط لها دور كبير في الحصول على النتائج المطلوبة.

كلمات دالة(Key words): خرسانة ذاتية الدمك، بودرة الرخام، الملدنات، الخرسانة اللدنة، الإنسيابية

2. المقدمة

تمثل الخرسانة موقعاً متميزاً بين جميع المواد المستخدمة في الصناعات الإنشائية وتعتبر الأكثر استخداماً بين هذه المواد [1]. نتيجة للمنشاءات الخرسانية الضخمة أصبح التسليح والقوالب أكثر تعقيداً ولهذا نشاهد العديد من المشاكل تحدث في هذه الأماكن نتيجة لعدم كفاءة أعمال الدمك مما أدى الى ظهور العديد من العيوب في الخرسانة كظاهرة التعشيش والتي أدت بدورها الى التأثير على ديمومة ومتانة الخرسانة [2]. وقد استوجب هذا ضرورة التفكير في تطوير الخرسانة للحصول على خرسانة ذات إنسيابية عالية دون اللجوء الى أدوات الدمك كالهزازات وغيرها ، وقد سميت هذه الخرسانة بالخرسانة ذاتية الدمك [2 & 3].

كان أول استخدام للخرسانة ذاتية الدمك في اليابان عام 1986 وقد صممت بحيث تنساب ذاتياً لتملأ القوالب والأماكن ذات التسليح الكثيف دون الحاجة الى أدوات الدمك [4]. بالإضافة الى هذا فإن الخرسانة ذاتية الدمك تتماز بكفائتها في الموقع من حيث تقليل تكاليف اليد العاملة وزمن الصب والتقليل من الضوضاء والمشاكل البيئية والصحية الناتجة عن استخدام الهزازات [4].

بصورة عامة فإن الخرسانة ذاتية الدمك تتطلب ثلاثة أشياء رئيسية وهي القدرة على ملأ الفراغات ، القدرة على المرور والقدرة على مقاومة الإنفصال الحبيبي. ومن أجل الحصول على هذه المتطلبات فإن الخلطة الخرسانية تحتاج الى تصميم مناسب من حيث نسب خلط مواد الخلطة الخرسانية. ومن ناحية أخرى فإن الحصول على خلطة خرسانية ذات قدرة إنسيابية واستقرار عالية هي عملية معقدة بشكل أكبر مقارنةً بالخلطات الخرسانية التي تعتمد على الهزازات. وللحصول على نسب خلط مناسبة للخرسانة ذاتية الدمك فإن العديد من الأبحاث على مستوى العالم أجرت اختبارات ودراسات مختلفة على نسب الخلط المناسبة للخرسانة ذاتية الدمك. وحتى يومنا هذا لم يتم الإتفاق على نسب خلط موحدة للخرسانة ذاتية الدمك للحصول على المواصفات المطلوبة لهذه الخرسانة [5, 6 & 7].

اتجه الباحثين حول العالم مؤخرا لإعادة تدوير المخلفات الصناعية كمادة جزئية في الخلطات الخرسانية ، حيث تم استخدام الإضافات المعدنية مثل الرماد المتطاير وغبار السليكا والألياف الزجاجية والمخلفات البلاستيكية والتي يمكن أن تقلل التكلفة وتحسن أداء الخرسانة ذاتية الدمك. ففي أحد الدراسات بقسم الهندسة المدنية (الجامعة الأسمرية الإسلامية) تمت دراسة تأثير الألياف الزجاجية على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك. حيث تم استخدام الألياف الزجاجية بطولين مختلفين هما (20،40) مم وثم إضافتها إلى الخلطة بنسب (0.1 ,0.15 ,0.20 %) من حجم الخرسانة ، وتم استخدام الركام الخشن والناعم بنسبة 1.5:1 وتم استخدام ماء الخلط كنسبة ثابتة من وزن الاسمنت (0.45) ومحتوى اسمنت 400 كجم/م3 لجميع الخلطات. أظهرت نتائج البحث أن الخرسانة الليفية ذاتية الدمك بأطوال 20،40 مم قدرتها على الانسياب والانتشار ولكنه يتناقص بزيادة نسب إضافة الألياف. كما تبين أن الخرسانة الليفية بطول 40 مم تعرقل وتقلل من مرور الخرسانة ذاتية الدمك لأسياخ الحديد مقارنة بالخرسانة الليفية بطول 20 مم. وتبين أيضاً وجود تحسن ملحوظ بشكل واضح بمقاومة الانضغاط لخرسانة ألياف بطول 20 مم يصل إلى 30% مقارنةً بالخرسانة الليفية بطول 40 مم [8].

وفي دراسة أخرى بكلية الهندسة رقدالين (جامعة صبراتة) تمت دراسة تأثير خبث الأفران كبديل جزئي للرمل على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك. وتم في هذه الدراسة إضافة الخبث إلى الخرسانة ذاتية الدمك بإحلال الخبث بنسب (20 ،30 ،40 ،50 %) من وزن الرمل ، ومن ثم تم اختبار الخرسانة في الحالة اللدنة التي تشمل قابلية الانسياب والانتشار والمرور ومقاومة الانعزال وكذلك في الحالة المتصلدة لمقاومة الضغط. وأوضحت نتائج الاختبارات أن إضافة الخبث إلى الخرسانة ذاتية الدمك كان له تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد بالمقارنة مع الخلطة المرجعية ، كما بينت نتائج الاختبارات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الخبث بأن إضافة الخبث يؤدي إلى زيادة في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك [9].

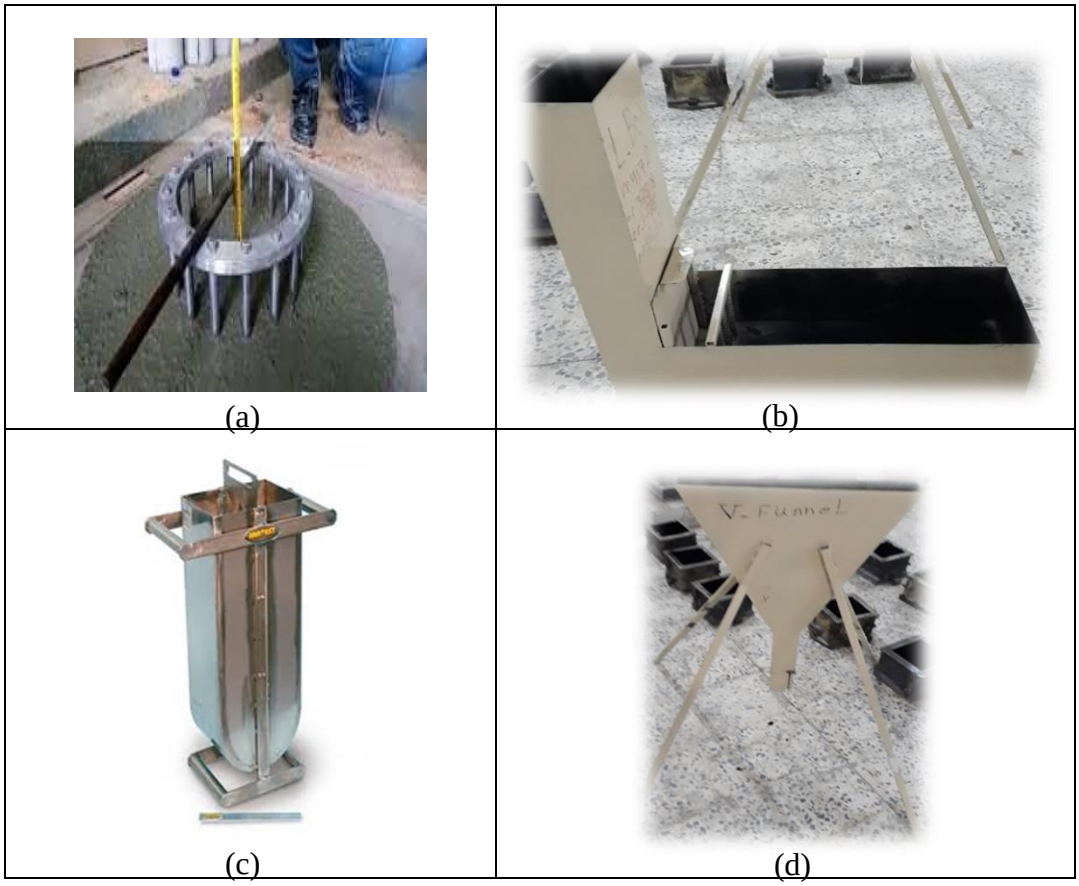
وفي دراسة مشتركة بين (كلية الهندسة رقدالين وكلية التقنية الهندسية زوارة) تمت دراسة تأثير إضافة الألياف والمخلفات البلاستيكية على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك. حيث تم اختبار ثلاث خلطات محتوية على نسب مختلفة من الألياف البلاستيكية ، حيث كانت تلك النسب (0.5 ، 1 ، 1.5 %) من وزن الاسمنت. وبينت الاختبارات أن إضافة

الألياف البلاستيكية إلى الخرسانة ذاتية الدمك كان لها تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط والشد ولكنها أدت الى انخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك [10].

وبشكل عام فإن هذه الإضافات غير متوفرة في ليبيا بالكميات المطلوبة ، ومع ارتفاع تكلفة استيرادها كان من الضروري البحث عن بديل يلبي احتياجات الخرسانة ذاتية الدمك ومتوفر داخل البلاد كغبرة الرخام ، حيث تنتج مخلفات معامل الرخام من عمليات قص ونشر وتهذيب وتسوية سطوح الرخام في هذه المعامل ، وتعتبر غبرة الرخام متوفرة وأقل تكلفة نسبياً مقارنةً ببقية الإضافات الأخرى. إلا أن الأبحاث حول استخدام غبرة الرخام أقل من غيرها خاصةً في الخرسانة ذاتية الدمك [11].

3. منهج البحث

في هذا البحث تم دراسة خصائص الخرسانة ذاتية الدمك (SCC) وإمكانية تنفيذها بالاستفادة من غبرة الرخام ليتم احلالها جزئياً بديلاً عن الأسمنت بنسب 10 ، 25 ، 35 %. حيث تمت دراسة الخواص اللدنة لهذه الخلطات وذلك بإجراء عدة اختبارات منها اختبار الهطول (Slump Flow Ring) واختبار (L–Box) واختبار حلقة جيرينق (Jirng test) واختبار (V–Funnel) واختبار (U–Box) حيث تم تصنيع هذه الأجهزة الأربعة محلياً داخل مدينة هون كما هو موضح في الشكل (1).



(a) (b) (c) (d)

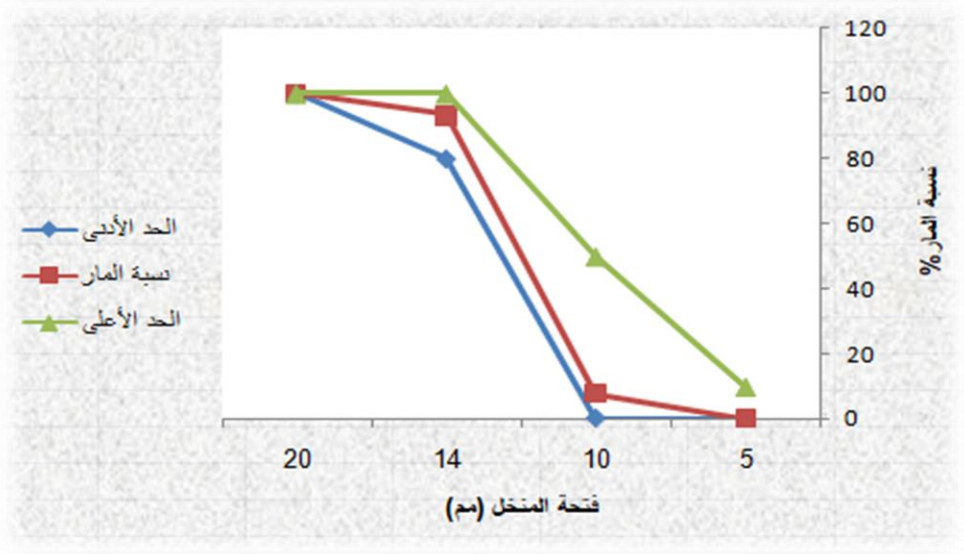
شكل (1) الأجهزة المستخدمة في اختبارات الخرسانة اللدنة

تم اختيار مكونات الخلطة الخرسانية من مواد متوفرة محلياً وهي الإسمنت والركام (ركام صغير و ركام كبير) والماء والمادة المالئة (غبرة الرخام) والملدن الفائق ، وقد تم إجراء العديد من التجارب على هذه المواد للتأكد من مدى مطابقتها لمواصفات الخلطات الخرسانية. حيث تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج من قبل مصنع الإسمنت بمدينة زليتن والشائع استخدامه محلياً. أما بالنسبة للركام الخشن فقد كان مصدره المحاجر بمدينة سوكنة وقد أجريت عليه مجموعة من التجارب المعملية لمعرفة مدى مطابقته للمواصفات وكانت النتائج كما هو موضح بالجدول (1).

جدول (1) نتائج اختبارات الركام الكبير

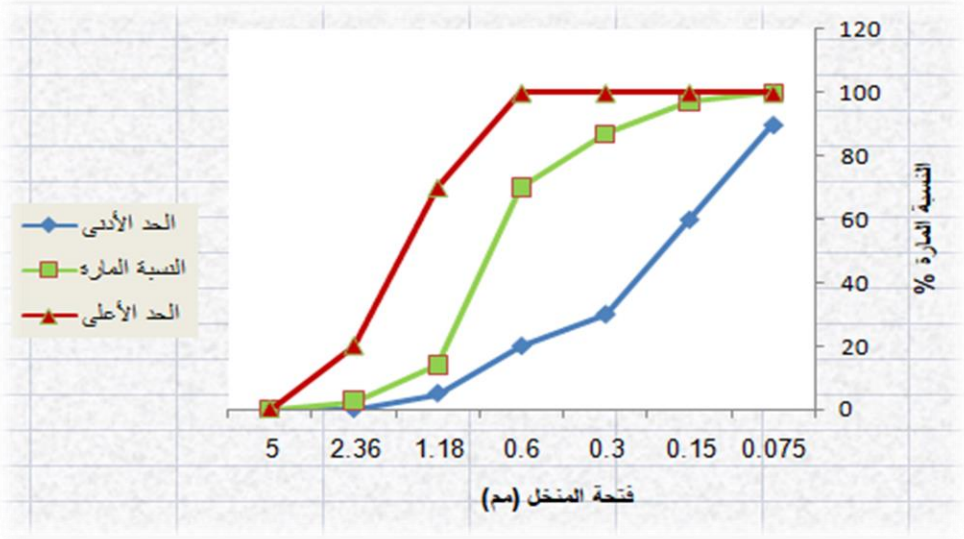
الوزن النوعي الظاهري (جم)	نسبة الطين والمواد الناعمة (%)	الوزن الحجمي (طن/م^3)	نسبة الفرغات (%)	نسبة امتصاص الماء (%)
2.9	2	1.278	37.2	1.65

كما يبين الشكل (2) التدرج الحبيبي للركام الكبير والحدود المسموح بها.



شكل (2) التدرج الحبيبي للركام الكبير

كما يبين الشكل (3) التدرج الحبيبي للركام الصغير والحدود المسموح بها.



شكل (3) التدرج الحبيبي للركام الناعم

أما بالنسبة للملدن الفائق فقد تم استخدام سيكامنت M 163 ، حيث يستعمل كعامل عالي الكفائة لخفض محتوى الماء وكعامل ملدن قوى يزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة لإنتاج نوعية خرسانة ذات جودة عالية في المناخ الحار ، ويؤدي التأثير المزدوج لمادة سيكامنت 163 الى تحسين سرعة التصلد وزيادة الاجهادات المبكرة والنهائية.

أما بالنسبة للمادة المالئة (بودرة الرخام) فقد تم استخدام بودرة من مصانع محلية ، حيث تعتبر بودرة الرخام انقى مصادر كربونات الكالسيوم في الطبيعة حيث تصل فيها نسبة كربونات الكالسيوم إلى 97% فبعد مرحلة التعدين واستخراج الرخام الخام من المحاجر يتم تكسيره في الكسارات للحصول على كسر الرخام ومن ثم فرزه عن الشوائب وغربلته وطحنه للحصول على بودرة الرخام.

1.3 تصميم الخلطات الخرسانية ذاتية الدمك

تم الوصول إلى الخلطة الخرسانية ذاتية الدمك باستخدام (بودرة رخام) عن طريق إجراء عدة دراسات تشمل اختبارات الخرسانة ذاتية الدمك.

في الدراسة الأولى كانت نسبة الركام الناعم إلى الركام الخشن 51% بالإضافة إلى الملدن بكمية 560 جرام فكانت الخلطة جافة ولم يتم التحصل على النتيجة المطلوبة. فتبين أن جفاف الخلطة بسبب نسبة الملدن التي كانت قليلة فتم زيادتها في الدراسة الثانية إلى 1500 جرام ولكن كان الجريان أكثر من المطلوب وحدث بداية انفصال حبيبي.

وفي الدراسة الثالثة كانت نسبة الركام الناعم إلى الخشن 51% أيضا وكانت كمية الملدن 760 جرام وتم الحصول على النتائج المطلوبة حسب الحدود والمواصفات كما هو موضح بالجدول رقم (2).

جدول (2) نسب الخلط المختلفة للخرسانة ذاتية الدمك (لكل متر مكعب من الخرسانة)

رقم الخلطة	وزن الاسمنت (كجم)	المادة المالئة (بودرة الرخام)		وزن الماء (كجم)	وزن الركام الخشن (كجم)	وزن الركام الناعم (كجم)		الملدن (%)
		النسبة %	الوزن (كجم)			رمل (كجم)	كاولينا (كجم)	
الخلطة 1	400	0	0	160	729	569	190	1.9
الخلطة 2	360	10	40	160	729	569	190	1.9
الخلطة 3	300	25	100	160	729	569	190	1.9
الخلطة 4	260	35	140	160	729	569	190	1.9

4. النتائج والمناقشة

سيتم هنا عرض ومناقشة النتائج المتحصل عليها من الإختبارات التي تم اجراؤها للخرسانة في حالتها اللدنة باستخدام الأجهزة الموضحة في الشكل (1) ، وتم تلخيص هذه النتائج في الجدول (3).

جدول (3) نتائج اختبارات الخرسانة في حالتها اللدنة

اسم الخلطة	اختبار هطول الانسياب (مم)	حلقة Jirng (مم)	زمن الانسياب (ث)	L box (سم)	V funnel (ث)	U box (سم)	الملدن %	نسبة المادة المالئة %
الخلطة 1 (%0)	660	4.7	5	0.9	7.7	46	1.9	0
الخلطة 2 (%10)	652	10	5	0.82	6	43	1.9	10
الخلطة 3 (%25)	695	8.4	4	0.85	10.6	47	1.9	25
الخلطة 4 (%35)	600	16.9	7	7.1	4	36	1.9	35
حدود المواصفات	650-800	(0-10)	2-5	0.8-1	6-12	L 2>30	0.8- %2 من وزن الإسمنت	-

كانت العينة القياسية ضمن المواصفات وكذلك عند إضافة بودرة الرخام من (10-25) % كانت أيضاً ضمن المواصفات ، ولكن عند إضافة بوردة الرخام بنسبة 35% لم تكن ضمن الحدود ولكنها قريبة منها.

1.4 نتائج اختبار الهبوط الانسياب

كان اختبار الانسياب في الخلطة الأولى التي لا تحتوي على المادة المالئة ضمن المواصفات وكذلك عند إضافة المادة المالئة بنسبة 10% كانت أيضا ضمن المواصفات

وأفضل نتيجة كانت عند إضافة المادة المالئة بنسبة 25% ويعتبر الهبوط في هذه الحالة هبوط جيد ولكن عند إضافتها بنسبة 35% كانت خارج المواصفات ولكن يعتبر هبوط مقبول لأنها ليست بعيدة عن الحدود المسموح بها.

2.4 نتائج اختبار (حلقة – Jirng)

كانت الخلطة القياسية ضمن المواصفات والحدود المسموح بها وهذا يدل على أن الخرسانة لها قدرة عالية على الصب والتدفق في وجود منطقة مزدحمة بحديد التسليح وكذلك عند إضافة المادة المالئة من 10% الى 25% كانت ضمن المواصفات ولكن عند إضافة المادة المالئة بنسبة 35% كانت خارج المواصفات كما هو موضح بالجدول رقم (3).

3.4 نتائج اختبار زمن الانسياب

كان زمن انسياب الخلطة القياسية ضمن المواصفات وكذلك زمن الانسياب عند إضافة المادة المالئة من 10% الى 25% ضمن المواصفات ايضاً ، ولكن عند إضافة المادة بنسبة 35% لم تكن ضمن المواصفات إلا أنها كانت تعلو المواصفات بثانيتين كما هو موضح بالجدول رقم (3).

4.4 نتائج اختبار L–box

هذا الإختبار مهم لتقييم قدرة الخرسانة على الانسياب بين حديد التسليح في حالة صبها في عناصر كثيفة التسليح ، فالخلطة القياسية لهذا الإختبار كانت ضمن الحدود المسموح بها وهذا يعني أن هذه الخلطة لها قدرة على الانسياب والإستواء في منطقة مزدحمة بحديد التسليح ، وعند إضافة المادة المالئة بنسبة 10% كانت أيضاً ضمن المواصفات وكانت النتيجة الأفضل عند إضافتها بنسبة 25%، ولكن عند إضافة المادة المالئة بنسبة 35% كانت خارج المواصفات كما هو موضح بالجدول رقم (3).

5.4 نتائج اختبار V–Funnel

هذا الاختبار يمكن من خلاله تحديد قدرة الملأ للخرسانة عن طريق حساب الزمن وكانت النتائج في هذه الدراسة بالنسبة للخلطة القياسية ضمن المواصفات وعند إضافة المادة المالئة من 10% الى 25% كانت أيضا ضمن المواصفات وهذا يدل على أن الخرسانة لها قابلية عالية للملأ ، ولكن عند اضافتها بنسبة 35% لم تكن ضمن المواصفات ولكنها قريبة جدا كما هو موضح بالجدول رقم (3).

6.4 نتائج اختبار U–box

كانت نتائج هذا الاختبار لكل الخلطات جيدة وضمن المواصفات وهذا يدل على أن الخرسانة لها قابلية عالية للملأ في حالة وجود حديد التسليح كما هو موضح بالجدول رقم (3).

7.4 إختبار الإمتصاص

كانت نسب الإمتصاص لكل الخلطات جيدة وضمن الحدود المسموح بها والتي تنص على أن نسبة الإمتصاص لا تتجاوز 3% كما هو موضح بالجدول رقم (1).

5. الخلاصة والتوصيات

يمكن تلخيص النتائج التي تم التوصل إليها الى النقاط التالي:

- إضافة بودرة الرخام من 10% الي 25% تعطي نتائج في الحدود ولكن عند اضافتها بنسبة 35% لم تعطي النتائج المطلوبة ، وكانت أفضل النتائج عند نسبة 25%.
- عند إضافة الملدن بمقدار أقل من 760 جرام كانت لدونة الخرسانة منخفضة ولا تحقق النتائج المطلوبة وعند اضافتها بمقدار أكثر من 760 جرام يحدث انفصال حبيبي.
- إن الاختبارات التي تم إجراؤها بواسطة الأجهزة المصنعة محلياً أعطت النتائج المطلوبة ضمن الحدود المسموح بها.
- إن السرعة اثناء عملية الخلط وإجراء الاختبارات مطلوبة لان لها دور كبير في الحصول على النتائج المرجوة.
- عند إضافة الملدن يجب مراعاة عدم إضافته بصورة عشوائية وإنما يضاف بشكل تدريجي أثناء عملية الخلط ليحدث التجانس المطلوب.
- في هذا البحث تم تحقيق النتائج الموصى بها من قبل المواصفات العالمية وهي التدفق ومقاومة الانفصال الحبيبي للركام.
- يمكن إحلال بودرة الرخام محل جزء من الأسمنت بنسبة 25% وذلك من الناحية الاقتصادية وكذلك من الناحية البيئية حيث أن التقليل من كمية الأسمنت يعود بالفائدة الاقتصادية بصورة مباشرة على المنشأ.

كما أن هذه الدراسة تأكد على التوصيات التالية:

- اجراء المزيد من الدراسات فيما يخص هذا النوع من الخرسانة بإضافة مواد موجودة ومتوفرة في الطبيعة.
- يستخدم هذا النوع من الخرسانة في المنشأت التي يجب ان تكون فيها الأماكن مزدحمة بحديد التسليح.
- اجراء عدة أبحاث على نسب الخلطة الخرسانية قبل اعتماد الخلطة.
- نخل بودرة الرخام والتخلص من الكتل الحجرية الموجودة بها.
- اجراء التجارب المعملية على الخرسانة ذاتية الدمك في حالتها المتصلدة.

6. المراجع

[1] Aïtcin, Pierre-Claude, (Cements of yesterday and today: concrete of tomorrow), Cement and Concrete research, 30.9, (2000), 1349-1359

[2] Khayat, K. H., & De Schutter, G., (Mechanical properties of self-compacting concrete), Springer, Vol. 14, (2014), p. 161

[3] Faraj, Rabar H., et al., (Use of recycled plastic in self-compacting concrete: A comprehensive review on fresh and mechanical properties.), Journal of Building Engineering, 30, (2020), 101283

[4] Meko, Bikila, Joshua O. Ighalo, and Olatokunbo M. Ofuyatan., (Enhancement of self-compactability of fresh self-compacting concrete: A review.), Cleaner Materials, 1, (2021), 100019

[5] Shi, Caijun, et al., (A review on mixture design methods for self-compacting concrete.), Construction and Building Materials, 84, (2015), 387-398

[6] Abo Dhaheer, Mohammed S., et al., (Proportioning of self-compacting concrete mixes based on target plastic viscosity and compressive strength: Part I-mix design procedure.), Journal of Sustainable Cement-Based Materials, 5.4, (2016), 199-216

[7] Abo Dhaheer, Mohammed S., et al., (Proportioning of self-compacting concrete mixes based on target plastic viscosity and compressive strength: Part II-experimental validation.), Journal of Sustainable Cement-Based Materials, 5.4, (2016), 217-232

[8] د. عبدالله علي اغويلة، د. حمادة عبدالرحمن يوسف، (تأثير الألياف الزجاجية على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك)، قسم الهندسة المدنية-الجامعة الأسمرية، (2018)

[9] أ. سعاد أبو القاسم سالم تليش، م. الطاهر لطفي الطاهر يوسف، (تأثير خبث الأفران كبديل جزئي للرمل على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك)، المؤتمر العالمي الثالث للعلوم الهندسية–طرابلس، (2020)
[10] أ. سعاد أبو القاسم سالم تليش، م. ميار موسى الإدريسي، (دراسة تأثير إضافة الألياف والمخلفات البلاستيكية على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك)، كلية الهندسة رقدالين وكلية التقنية الهندسية زوارة، (2019)
[11] م. عائشة جمعة جبريل، أ.د. فرحات غريبي فرحات، د. نوري محمد الباشا، (تأثير مسحوق الرخام على خصائص الخرسانة ذاتية الدمك)، المؤتمر الثاني للعلوم الهندسية والتقنية، كلية الهندسة–جامعة صبراتة، (2019)

تأثير درجات حرارة الخلطات الاسفلتية على الخواص الحجمية والدمك

د. بشير معمر أبواروي

أستاذ مساعد – قسم الهندسة المدنية / كلية الهندسة الخمس – جامعة المرقب

ملخص

تعتبر الطرق من أهم مكونات البنية الأساسية وخصوصاً في ليبيا فهي تمتد لتربط جميع المدن والقرى ببعضها ثم بالدول المجاورة لتخدم المواطنين اجتماعياً واقتصادياً فبواسطتها يمكن تبادل المنتجات الريفية والحضرية وعليها يمكن نقل البضائع من مكان إلى آخر فيعم الرخاء وتسهل تجارة العبور وعليها ينتقل زوار البلاد لدعم القطاع السياحي والتواصل مع الدول المجاورة. وتتميز المناطق الصحراوية بليبيا بارتفاع شديد في درجة حرارة سطح الرصف الإسفلتي والتذبذب الكبير في درجة حرارة الرصف خلال اليوم الواحد. كما أن هذه المناطق تتعرض الى درجات حرارة متباعدة خلال السنة. تستعرض هذه الدراسة تأثير درجات حرارة الخلطات الاسفلتية على الخواص الحجمية والدمك ذلك من خلال دمك الخلطات الأسفلتية عند درجات حرارة مختلفة 110 و120 و130 و140 درجة مئوية واخذ القياسات والاوزان لجميع العينات وتحديد الخواص الحجمية للعينات بطريقة مارشال وتحديد قيمة الثبات والتدفق. تشير النتائج ان درجة حرارة الدمك للخلطات الأسفلتية من العوامل المهمة في ثبات الرصف الأسفلتي وبالتالي لابد من الاهتمام بتحديد درجة حرارة الخلط والدمك بطريقة دقيقة وأستخدام المعدات المناسبة والأفران الجيدة وأشارت النتائج ان زيادة درجة حرارة الدمك تزيد من ثبات الخلطة وكانت نسبة الزيادة في ثبات الخلطة من درجة حرارة 110 درجة مئوية الي درجة حرارة 140 درجة مئوية حوالي 78% وأشارت النتائج أيضا ان زيادة درجة حرارة الدمك تزيد من كثافة الخلطة في حين تقلل من قيمة التدفق بنسبة 28%.

الكلمات المفتاحية : الرصف الأسفلتي – المناخ الصحراوي – درجة حرارة الدمك – ثبات مارشال – التدفق.

مقدمة

يعتبر قطاع النقل من أهم القطاعات التي تدعم العملية الاقتصادية. ويعتبر الركيزة الأساسية للاقتصاد القومي حيث يمثل قطاع النقل الدعامة الأساسية لتقدم الدول ومقياس مهم للتطور والرقي الحضاري. لهذا ظهرت الحاجة لوجود الطرق بمواصفات فنية ممتازة تكون فيها الحركة المرورية مريحة ومنتظمة وخالية من المشاكل والحوادث. كذلك فإنه يجب أن

تتوفر في الطرق أسطح قيادة ناعمة و مقاومة للانزلاق وأن تكون قوية بما يكفي لتحمل الأحمال المطبقة عليها دون ظهور عيوب ومشاكل في طبقات الرصف مع المحافظة على هذه الخواص طوال العمر التصميمي. ومع مرور الوقت هذه الطرق تبدا في الانهيار ومن أجل توفير طرق ذات مواصفات جيده لابد من اتباع الاساليب العلمية والمعملية وذلك باجراء الاختبارات من اجل تقييمها للتأكد من مدى جودتها ومطابقتها للمواصفات المعمول بها. بالتالي فإن دراسة تقييم الطرق الاسفلتية ودراسة تأثير الرطوبة على الطرق الاسفلتية يعتبر من الامور المهمة في ضمان جودة الطرق.

هذه الطرق يستخدمها السكان للتنقل ونقل البضائع وعدم وجود دراسات سابقة محليه تتعلق بتقييم الخلطات الإسفلتية باستخدام تحديد الخواص الحجمية للخلطات الأسفلتية بطريقة مارشال. والتزايد المستمر في عدد وجسامة الحوادث على هذه الطريق نتيجة للتنامي المتزايد لمشكلة ظهور المشاكل في بعض الطرق الاسفلتية المنفذة حديثاً وانهيارها السابق لأوانه. تم انجاز هذه الدراسة لإيجاد رؤية واضحة عن أهم أسباب انهيار الخلطات الاسفلتية قبل أوانها وإيجاد أداة فعالة لتقييم الخلطات الاسفلتية. ومحاولة لإيجاد الحلول والمقترحات اللازمة للحد من انهيار الخلطات الأسفلتية ومساهمة الدراسة في توجيه صناع القرار في اتخاذ ما يرونه مناسب أو أن يؤثر في من يقرأه فيصبح أكثر التزاماً عند تنفيذ الخلطات الأسفتية وفقاً للمواصفات العالمية.

يتأثر الرصف الإسفلتي بالعديد من العوامل التي تؤثر على أدائه وقابليته للخدمة كما أن عوامل مثل الأحمال المفرطة للمرور ودرجات الحرارة والماء وأخطاء التصميم والتنفيذ والافتقار إلى الصيانة تجعل من الرصف يتعرض إلى تدهور سريع مع مرور الوقت. ولقد ظهر مؤخراً في بعض الطرق الاسفلتية المنفذة حديثاً انهيارات مبكرة مما يترب على ذلك آثار سلبية على كل من سلامة الطرق والاقتصاد والسائق وكثيراً ما يكون نمط الفشل مرتبطاً بالحمل (التآكل والتعب). وتهدف هذه الدراسة لتقييم الخلطات الاسفلتية باستخدام تحديد الخواص الحجمية للخلطات الأسفلتية بطريقة مارشال. ومعرفة تأثير درجة حرارة الدمك على الخواص الميكانيكية للخلطات الأسفلتية.

وتعتبر الخلطات الأسفلتية المكون الرئيسي لطبقات الرصف في معظم الطرق الحديثة وبالنظر إلى الوظائف المهمة لهذه الطبقات وخاصة قدرتها على مقاومة الإجهادات المختلفة التي تتعرض لها نتيجة لأحمال المرور والتغيرات الحجمية بسبب اختلافات درجات الحرارة اليومية والموسمية فإن الخلطات الأسفلتية المطلوبة يجب أن تكون ذات جودة عالية. ويتحقق ذلك بتوفر عدد من الخواص الهندسية والميكانيكية والتي من أهمها الثبات والانسياب وتعمل الخلطات الأسفلتية

المستخدمة في مجال الرصف المرن على أساس الخضوع المؤكد بالانحناء قليلاً تحت كل حمل ثم الرجوع إلى الشكل الأصلي وهو ما يعبر عن خاصية المرونة لهذا النوع من الرصف.

ويتعرض الرصف الاسفلتي إلى العديد من الأضرار التي قد تؤثر على الوظيفة التي أنشأ من أجلها وهي جودة القيادة والراحة لمستخدمي الطريق للوصول إلى السلامة والأمان وهذه الأضرار قد تكون بسبب أحمال المرور أو عوامل بيئية (الحرارة والأمطار) أو سوء التصميم والتنفيذ وكذلك استخدام مواد ذات مواصفات لا تتطابق مع الظروف المحلية [1].

وهناك العديد من الاختبارات التي تجرى لمعرفة سلوك المواد الاسفلتية ومن هذه الاختبارات اختبار الشد الغير مباشر في تحديد ومعرفة تأثير الأضرار على الطرق الاسفلتية [2].

حيث تعتبر الخلطات الاسفلتية حساسة للمناخ (للتأثير البيئي سواء من ناحية الحرارة او الرطوبة) ونتيجة لذلك صممت لتلبيتها للظروف البيئية الموجودة حسب التاريخ المناخي لمنطقة معينة ففي حالة زيادة هطول الأمطار من المتوقع أن تزيد حالات التجريد في الخلطات الإسفلتية الساخنة وعند تصميم الخلطات الإسفلتية وفقا للمناخ المحيط ستكون ارصفة الإسفلت ذات عمر أطول ولن تعاني من التلف ومع ذلك فإن طبيعة التجريد تعتمد على كيف ومتى يتم دخول المياه للأسفلت بالإضافة إلى سلسلة من العوامل المتعلقة بالتصميم والبناء والتحميل كلها عوامل تساهم في زيادة ضرر الرطوبة على أرصفة الأسفلت. وان استخدام الإضافات التي تعزز قوة الربط في الخرسانة الإسفلتية كالبوليمرات والجير والإسمنت يمكن أن يعزز قوة الترابط بين مكونات الخلطة الإسفلتية [3]. ويتم تقييم حالة الرصف لتحديد أداء الرصف بعدة طرق منها طريقة مؤشر حالة الرصف حيث يتم في هذه الطريقة عمل مسح لقطاع الرصف وتحديد كثافة ومستويات الأضرار في الرصف [4].

ويمكن تصميم خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء ذات المستوى الأول (خلطة حجمية) لإنتاج الخلطات الإسفلتية تكون ذات نجاعة عالية التنفيذ والقضاء على المشاكل مثل (الظهور المكتف للتشققات الطولية والعرضية والتمساحية على كامل مسار القطاع وتعد الحفر أيضاً من أبرز مشاكل هذا القطاع وغيرها من الأضرار) [5].

ويتم الدمك للرصف على تقارب حبيبات الخلطة الأسفلتية مع بعضها البعض لتقليل الفراغات الهوائية الى النسبة الموجودة فى الخلطة الأسفلتية التصميمية مما يقلل من النفاذية التى تسبب تاكسد الاسفلت كما انها تؤدى الى تأثير الرطوبة الضار كذلك فأن الدمك يزيد من متانة وثبات الخلطة الأسفلتية وعمرها ويحسن من سطح الرصف. وهناك عدة أبحاث

لدراسة تأثير درجة حرارة الخلط على أداء الخلطة الإسفلتية الساخنة حيث تم في دراسة سابقة استخدام 5% ستايرين بوتادين ستيرين (Styrene–butadiene–styrene (SBS) وتم تحضير عينات من الخلطة الأسفلتية الساخنة عند درجات حرارة الخلط 10 درجة مئوية و 15 درجة مئوية و 20 درجة مئوية أقل من درجة حرارة الخلط التقليدية وتم إجراء اختبار مارشال لتحديد الثبات والتدفق ومقاومة التلف الناتج عن الرطوبة واختبارات إجهاد الشد غير المباشر على العينات وكانت النتائج تشير الي أن الثبات وقوة الشد غير المباشرة بشكل عام قد انخفضت وتزداد قيم التدفق مع انخفاض درجة حرارة الخلط [6].

وتم تقييم تأثير المناخ على أداء الطرق الأسفلتية بطريقتين مختلفتين حيث تم اختيار ثلاث حالات مناخية للمقارنات التي تنطوي على تأثير درجة الحرارة استخدمت التحليلات التجريبية بالطريقة الفرنسية (معيار NF P98–086 ، كتيب LCPC–SETRA 1994 ، وحزمة برامج (Alizé–LCPC وطريقة الولايات المتحدة (دليل NCHRP 2004 ، دليل الممارسة AASHTO 2015 ، وحزمة برامج .(AASHTO Ware Pavement ME Design) نتائج الدراسة تسلط الضوء على أهمية أغراض التصميم من معادلات الكلال التجريبية كدالة لدرجة الحرارة. تشير النتائج إلى أن كلا الطريقتين تظهران اتجاهًا مشابهًا مع زيادة في درجة الحرارة. وتظهر النتائج أن أخذ درجة الحرارة والرطوبة في الاعتبار يؤدي إلى توقع حدوث تشوه دائم أكثر حدة [7].

طريقة العمل

في هذه الدراسة تم استهداف الخلطة الاسفلتية المستخدمة في تنفيذ بعض الطرق بمدينة الخمس وبالتحديد الخلطة الاسفلتية المستخدمة في تنفيذ طريق القبو والمنتجة من شركة الأوصال للمقاولات والاستثمار العقاري وتم اختيارها من اجل تقييمها ودراسة تأثير الدمك على خواصها الحجمية بطريقة مارشال.

تجهيز العينات من الموقع

تم الحصول على خلطة أسفلتية من الخلطة المذكورة سابقا ونقلها للمعمل وتم أخذ عدد 12 عينة تزن كل عينة 1200 جرام ووضع كل ثلاثة عينات في درجة حارة مختلفة لمدة ساعتين. والشكل (1) يوضح الخلاطة المنتجة للخلطة الأسفلتية والشكل (2) يوضح الحصول على الخلطة من الخلاطة المركزية الخاصة بالشركة المذكورة.

شكل (1) الخلاطة المركزية لأنتاج الخلطات الاسفلتية

شكل (2) الخلطة المستخدمة في الدراسة

دمك العينات

توضع العينات في فرن التسخين والشكل (3) يوضح وضع الخلطة الأسفلتية بالأوعية وأدخالها للفرن لتسخينها الي درجة حرارة الدمك المطلوبة. بعد مرور ساعتين تخرج كل ثلاثة عينات وتدمك بواسطة مطرقة مارشال 75 ضربة من الجهتين 3 عينات في درجة حرارة 110 درجة مئوية و3 عينات في درجة حرارة 120 درجة مئوية و3 عينات في درجة حرارة 130 درجة مئوية و3 عينات في درجة حرارة 140 درجة مئوية والشكل (4) يوضح دمك العينات بواسطة مطرقة مارشال.

شكل (3) الخلطة الأسفلتية داخل فرن التسخين

شكل (4) دمك العينات بمطرقة مارشال

تترك العينات لتبرد في درجة حرارة الغرفة ليتم اخراجها من قالب مارشال واجراء القياسات عليها والشكل (5) يوضح شكل العينات بعد الدمك والشكل (6) يوضح شكل العينات بعد أخراجها من قوالب مارشال.

شكل (5) العينة داخل قالب مارشال بعد الدمك شكل (6) العينات بعد اخراجها من قوالب مارشال

وبعد اخراج العينات من قوالب مارشال يتم اخذ القياسات والاوزان لجميع العينات وتحديد الخواص الحجمية للعينات بطريقة مارشال والشكل (7) يوضح وضع العينات في حمام مائي في درجة حرارة 60 درجة مئوية قبل اختبارها بجهاز مارشال لتحديد الثبات والتدفق والشكل (8) يوضح شكل جهاز مارشال المستخدم في الدراسة.

شكل (7) العينات في الحمام المائي شكل (8) جهاز مارشال

تحليل ومناقشة النتائج

سيتم عرض كافة النتائج المعملية التي تم إجرائها على كافة العينات على هيئة جداول وأشكال وسوف وإعداد المقارنات المختلفة وتبين مدى كفاءة كل منها وبناء صورة عامة عنها. وتم اخذ المتوسط لكل قراءات النتائج للعينات التي تم دمكها عند درجات الحرارة المختلفة وتحديد الخواص الحجمية والهندسية لها.

عرض بيانات العينات

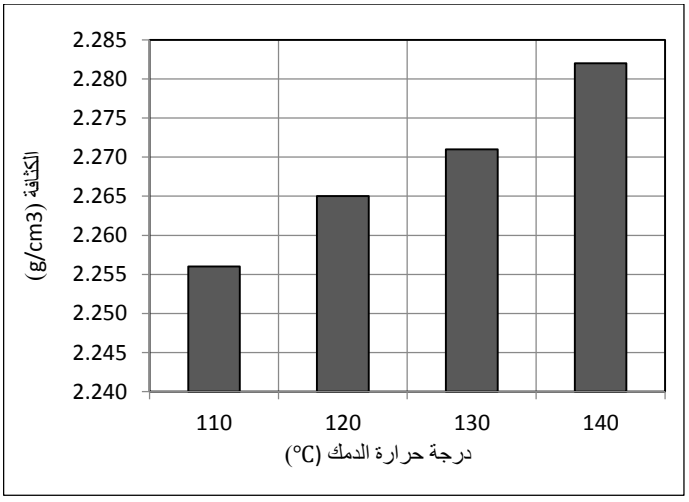
الجدول (1) يبين بيانات قراءات السمك والوزن وحساب الكثافة في المعمل لجميع العينات.

جدول (1) بيانات السمك والوزن وكثافة المعمل للعينات

درجة حرارة الدمك (°C)	رقم العينة	السمك (mm)	وزن العينة في الهواء (g)		وزن العينة في الماء (g)	حجم العينة (cm^3)	الكثافة المعملية (g/cm^3)	المتوسط (g/cm^3)
			العينة جافة	العينة مشبعة بالماء				
110	1	64.0	1138.7	1152.5	646.6	505.9	2.251	2.256
	2	65.0	1167.2	1181.0	664.2	516.8	2.259	
	3	66.0	1164.2	1181.8	666.2	515.6	2.258	
120	1	66.0	1170.5	1189.3	673.0	516.3	2.267	2.265
	2	69.0	1201.8	1221.5	689.7	531.8	2.260	
	3	65.0	1166.0	1182.0	668.0	514.0	2.268	
130	1	66.0	1188.2	1208.3	684.1	524.2	2.267	2.271
	2	64.0	1153.0	1170.9	664.0	506.9	2.275	
	3	66.0	1163.7	1180.0	667.6	512.4	2.271	
140	1	65.0	1170.1	1185.6	670.6	515.0	2.272	2.282
	2	67.0	1201.5	1217.5	693.8	523.7	2.294	
	3	64.0	1153.6	1168.4	662.4	506.0	2.280	

نتائج كثافة مارشال للعينات

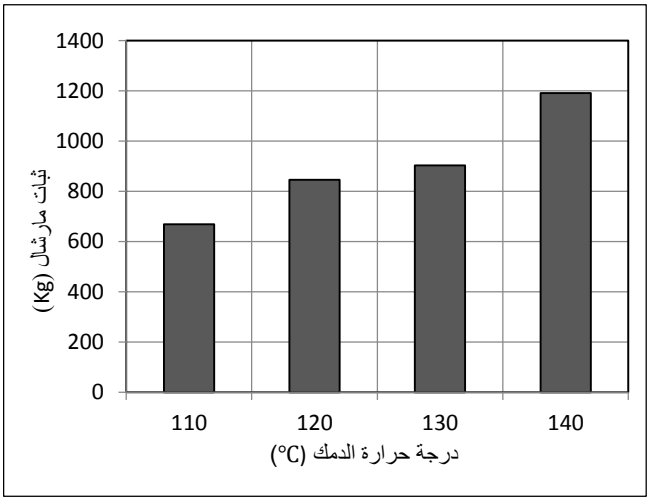
الشكل (9) يبين قيم كثافة مارشال لجميع درجات حرارة الدمك للعينات وأشارت النتائج أنه كلما زادت درجة حرارة الدمك فان كثافة مارشال تزيد وهذا يرجع الي ان قابلية التشغيل للخطة كانت جيدة عندما تكون درجة حرارة الخلطة عالية ويكون التقارب بين حبيبات الركام تحت الدمك جيد وبالتالي لابد من حساب درجة حرارة الدمك المناسبة للخلطة الأسفلتية للوصول الى كثافة مارشال المطلوبة.



شكل (9) نتائج كثافة مارشال

نتائج ثبات مارشال

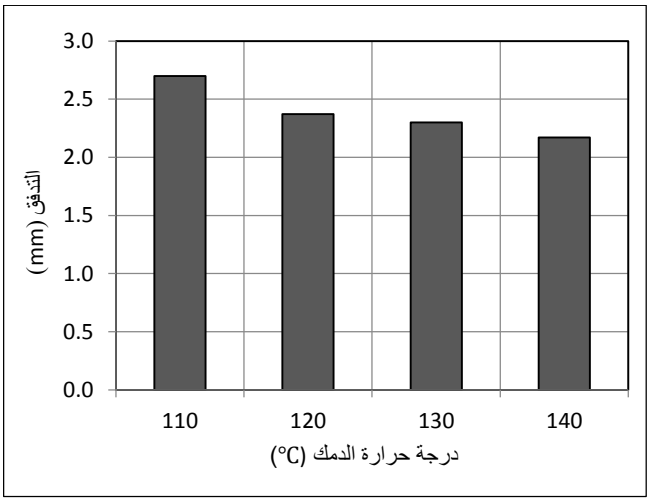
الشكل (10) يبين قيم ثبات مارشال لجميع درجات حرارة الدمك للعينات وأشارت النتائج أنه كلما زادت درجة حرارة الدمك فان قيمة ثبات مارشال تزيد وبالتالي لابد من حساب درجة حرارة الدمك المناسبة للخلطة الأسفلتية للوصول الى قيمة ثبات مارشال التصميمية وهذا يرجع الي ان زيادة درجة حرارة الدمك تحسن من امتصاص الركام للمادة الرابطة وتعطي تشغيلية جيدة للدمك.



شكل (10) نتائج ثبات مارشال

نتائج التدفق

الشكل (11) يبين قيم التدفق لجميع درجات حرارة الدمك وأشارت النتائج أنه كلما زادت درجة حرارة الدمك فان قيمة التدفق تقل وذلك لزيادة تماسك الخلطة الاسفلتية ومقاومتها للتشوه الدائم بسبب التشغيلة المرتفعة.



شكل (11) نتائج التدفق

الخلاصة

يتعرض الرصف الاسفلتي إلى العديد من الأضرار التي قد تؤثر على الوظيفة التي أنشأ من أجلها وهي جودة القيادة والراحة لمستخدمي الطريق للوصول إلى السلامة والأمان وهذه الأضرار قد تكون بسبب أحمال المرور أو عوامل بيئية (الحرارة والأمطار) أو سوء التصميم والتنفيذ وكذلك استخدام مواد ذات مواصفات لا تتطابق مع الظروف المحلية.

تشير النتائج ان درجة حرارة الدمك للخلاطات الأسفلتية من العوامل المهمة في ثبات الرصف المرن وبالتالي لابد من الاهتمام بتحديد درجة حرارة الخلط والدمك بطريقة دقيقة وأستخدام المعدات المناسبة والأفران الجيدة وأشارت النتائج ان زيادة درجة حرارة الدمك تزيد من ثبات الخلطة وكثافتها في حين تقلل من قيمة التدفق.

التوصيات

بعد اجراء هذه الدراسة نوصي بالاهتمام بتحديد درجة حرارة الدمك بصورة جيدة ودراسة عوامل اخرى مثل دراسة تأثير مستوى الدمك المناسب للخلاطات الأسفلتية والاهتمام بعمل دراسات لتأثير المناخ وحساسية والرطوبة.

المراجع

[1] سامر الصادق نمذجه سلوكية التقادم لنماذج محلية مختلفة من الاسفلت الاسمنتي رسالة الماجستير في قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة.

[2] بسام سلطان تحسين الخواص الريولوجية للبيتومين (70−60) بإضافة البولي بروبلين مجلة جامعة تشرين العلوم الهندسية مجلد 40 العدد 6 2018

[3] أبوراوي وأخرون تأثير أضرار الرطوبة على الطرق الإسفلتية مشروع تخرج لنيل درجة البكالوريس قسم الهندسة المدنية جامعة المرقب 2019.

[4] كاظم تقييم محطات الرصف الاسفلتي بالطرق الرئيسية في مدينة الديوانية 2019.

[5] الهمالي وأخرون تصميم خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء (سوبربيف):للمنطقة الممتدة من اجدابيا حتى جالو اوجله 2019.

] Balik, G., Yilmaz, M., Vural KÖK, B., Alataş, T., (2019). Effects of Mixing 6[Temperature on the Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt. Construction and Building Materials, DOI: 10.18400/tekderg.405948.

[7] Rahma Ktari, Denis Saint-Laurent, Pierre Hornych, Ferhat Hammoum, Paul Marsac, et al. Effect of climate on asphalt pavement performance using two mechanistic-empirical methods. International Journal of Pavement Engineering, 2020, 27 p. ff10.1080/10298436.2020.1806276ff. ffhal-02942289f.

تأثير نعومة البوزولانا بالجنوب الليبي
على مقاومة المونة الإسمنتية

محمد عبدالسلام المبروك عكاشة
باحث بقسم الهندسة المدنية
كلية الهندسة – جامعة وادي الشاطئ
Maakasha96@ gmail.com

أ . د . فؤاد فروج فرج
كلية الهندسة – جامعة وادي الشاطئ
قسم الهندسة المدنية
fff119631963@gmail.com

الملخص :

تعتبر البوزولانا من المواد التي يستهدف دائما أضافتها كبديل جزئي للإسمنت والذي يعتبر المكون الرئيسي والمادة الرابطة في المونة الاسمنتية أو الخرسانة وتنقسم البوزولانا الى قسمين القسم الاول الطبيعي والثاني صناعي , وتتميز منطقة الجنوب الليبي بامتداد الرقعة الجغرافية الصحراوية التي تتميز بوفرة الثروات الطبيعية التي تدخل في صناعة مواد البناء , من أبرزها الطين المكلس أو ما يعرف بالبوزولانا الطبيعية , حيث أشارت العديد من الدراسات الى وجودها بشكل كبير حول منطقة سبها وضواحيها , إضافة لمطابقتها للمتطلبات , ويمكن استخدام تلك المواد كإضافات للخرسانة لغرض تحسين بعض خواصها او جلها من جهة وتقليل تكلفة انتاجها. والمواد البوزولانية أو ما يعرف بالمواد متأخرة التميؤ هي عبارة عن خامات ألومنيه أو سليكاتية أو خليط من كليهما , هذه المواد لا تمتلك قدرة لاصقة اسمنتية , ولكن بوجود الرطوبة فأنها تتفاعل كيميائيا مع هيدروكسيد الكالسيوم الذي ينتج من تفاعل مركبات الاسمنت البورتلاندي (خاصة عالي الايليت) في درجات الحرارة الاعتيادية , منتجة مركبات ذات خصائص اسمنتية. وتعتبر دراسة النعومة من الأشياء الهامة لدراسة ترابط المونة لما في ذلك من زيادة فعالية المادة الرابطة وباستخدام بوزولانا عالية النعومة فان هذا التأثير يزداد ويصبح واضحا. يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير نعومة البوزلانا الطبيعية (الطين المحروق) علي خصائص المونة الاسمنتية بعد حرقها الى درجات حرارة تتراوح من 700–800 درجة مئوية وطحنها للوصول الى النعومة المطلوبة بعدة درجات (ناعم , ومتوسط النعومة , وخشن) ومن تم أضافتها كبديل جزئي للإسمنت بنسبة 5% ، 10% ، 15% ، 20% ومن تم دراسة خواصها في حالتها الطرية والمتصلدة.

الكلمات الدالة :البوزلانـا ، المونـة الإسمنتية ، النعومة

1. المقدمــة :

الإسمنت من أكثر مواد البناء استخداما في صناعة هياكل المنشأت الخرسانية , ونتيجة للطلب المتزايد عليه عكف عدد من البحاث على امكانية الحصول على بدائل أخري للإسمنت ولو بشكل جزئي لتحقيق الاستدامة والمحافظة على البيئة ، وفي خلال السنوات الأخيرة زاد الأفراط في استهلاك مادة الأسمنت مما نتج عنه أضرار بيئية بسبب انبعاث ثاني أكسيد الكربون CO_2 أثناء صناعة الإسمنت ، هذه المخاوف وغيرها جعلت التوسع في استخدام الطين المحروق أو ما يعرف بالبوزولانا الطبيعية والمتوفر محليا في عدد من مناطق جنوب ليبيا محل اهتمام البحاث في مجال الخرسانة ومواد البناء. وتعتبر البوزولانا من المواد التي يستهدف دائما أضافتها كبديل جزئي للإسمنت والذي يعتبر المكون الرئيسي والمادة الرابطة في المونة الاسمنتية أو الخرسانة.

2. البوزولانـــا

تعتبر البوزولانا من المواد التي يستهدف دائما اضافتها الى الأسمنت والدي يعتبر المكون الرئيسي والمادة الرابطة في المونة الإسمنتية او الخرسانة، وتنقسم البوزولانا الى قسمين الطبيعي منها والصناعي , وتعتبر الطينات والمتوفرة بشكل كبير بمناطق جنوب ليبيا أحد الخامات المحلية الهامة, فتنوع التركيب الكيميائي والمعدني لها والذي يعتمد أساسا على بيئة التكوين يجعلها هدفا بحثيا في هدا الاتجاه كأحد أنواع البوزولانا الطبيعية مقارنة ببعض الأنواع المتوفرة صناعيا, وبناء على ذلك فقد تم التفكير في أمكانية عمل دراسة على تلك الطينات أو ما يعرف بالبوزولانا بغرض استخدامها كجزء من الأسمنت في المونة الاسمنتية , وفي السابق تم استخدام مثل تلك الطينات أو ما يعرف بالبوزولانا الطبيعية في عدد من الدول في المونة الاسمنتية كجزء من كمية الاسمنت المطلوبة في الخلطة , وقد أثبتت نجاحها وتحسينها لخواص الخرسانة الطرية والجافة . البوزولانا هي عبارة عن مواد سيليكا والتي بنفسها لا تعطي خواص المواد الإسمنتية , ولكن تتفاعل في وجود الماء عند درجة الحرارة العادية مع هيدروكسيد الكالسيوم لتعطى خواص المواد الإسمنتية ,البوزولانا يمكن أن تكون طبيعية أو صناعية , (fly ash) أحد الأنواع الصناعية المعروفة عالميا , عند أضافتها للمونة الإسمنتية

كجزء من الاسمنت تعطى عدة مميزات منها : تحسين تشغيلية المونة وتقلل انفصال المكونات , كما ترفع من أداء مقاومة الخرسانة لهجوم الكبريتات وتفاعل القلويات مع السيليكا وتقلل من حرارة التفاعل , بالإضافة الى ذلك كله فأن استعمال البوزولانا وخاصة المحلية في الخرسانة يقلل من تكلفة الاقتصادية .[1]

3. نعومة البوزولانـا :

يعد مقياس نعومة الاسمنت عاملا هاما يؤثر على مدي تفاعل الاسمنت مع الماء , وذلك لان مجموع مساحة السطوح لوزن معين من عينة الاسمنت , ذات درجة نعومة معينة تكون أكبر من مجموع مساحة السطوح لنفس الوزن من هذا الاسمنت دي درجة النعومة الاقل . وعلى ذلك فمعدل تفاعل الماء مع عينة الاسمنت الناعم يكون الأكبر من هدا المعدل بالنسبة للإسمنت دي النعومة الاقل , هدا بالإضافة الى أن عملية التصلد للإسمنت الناعم تكون أسرع منها في الاسمنت الخشن , وأبعد من ذلك , فان اتمام عملية التفاعل مع الماء تتوقف الى حدد كبير على حجم حبيبات الاسمنت، فالقلب الداخلي للحبيبات الخشنة من الاسمنت قد يأخذ سنوات للتفاعل مع الماء تحت الظروف العملية , وقد يصل الأمر الى أن هده الحبيبات الخشنة قد لا تتفاعل أطلاقا مع الماء .

ومن هنا نري أن نعومة الإسمنت تؤثر على خواص الطبيعية للمادة الناتجة فكلما كانت حبيبات الإسمنت ناعمة كلما أمكنها تغطية المواد الخشنة من زلط ورمال وبالتالي تتصف العجينة الناتجة عن ذلك بالقوة، وزيادة على ذلك فأن نعومة الإسمنت تعمل على سرعة تفاعل حبيباته مع الماء فتكون ظروف تكوين البلورات الاسمنتية متقدمة وسريعة وحينئذ تزيد قيمة المقاومة النهائية للناتج بالإضافة الى ما ينتج عن سرعة تكوين البلورات من الحصول على المقاومة المبكرة .[5]

والاتجاه الحديث في أنتاج الاسمنت ومند عدة سنوات هو طحن الاسمنت الى درجة كبيرة من النعومة للحصول على أكبر قوة في وقت متقدم , ومن التجارب العديدة وجد ان الحبيبات دات نعومة تصل الى ان تمر من منخل 170 (0.09 م) هي التي تتفاعل مع الماء لتعطي قوة كبيرة الى الخرسانة .

وتؤثر النعومة الاسمنت على ثبات حجمه وذلك لان تمدد بعض العناصر الموجودة في الحبيبات الكبيرة لن تكون تحث تأثير التغيرات الجوية التي تعمل على تكملة تفاعل الحبيبات الناعمة التي تتصف بالثبات.

يهدف هدا البحث الى دراسة تأثير درجة نعومة البوزولانا الطبيعية (الطين المحروق) المستخرجة من موقعي (سبها ، تمنهنت) علي خصائص المونة الاسمنتية كبديل جزئي للإسمنت بعد حرقها وطحنها للوصول الى النعومة المطلوبة ، وبثلاثة درجات للنعومة ؛ ناعم وهو المار من المنخل 90 ميكرون ؛ متوسط النعومة وهو المحجوز على المنخل 90 ميكرون ؛ والخشن وهو المحجوز على المنخل 150. وقد تم أحلال كل عينة من تلك الدرجات كبديل جزئي للإسمنت في المونة الإسمنتية بنسب وزنية من الإسمنت 5% , 10% , 15% , 20% ، ومن تم القيام بدراسة خصائص المونة الإسمنتية لتلك العينات .

4. المواد والبرنـامج العملي :

1.4 المواد المستخدمة :

1. الأسمنت : هوا اسمنت منتج من قبل مصنع زليتن (الاتحاد) أسمنت بورتلاندي عادي .

2. البوزولانـا : البوزولانا المحلية المستخرجة من موقعين طين سبها وتمنهنت كمضاف للخلطة الخرسانية وهى من الاضافات التي يكثر استخدامها في الخرسانة لتحسين جودة الخرسانة وتحسين خواصها , وتستخدم كنسبة من وزن الإسمنت

3. المـاء : ماء الشرب العادي المستعمل في هده الدراسة (منطقة البوانيس / سمنو) في جميع الخلطات الخرسانية وهوا مطابق للمواصفات .

4. الرمـل : منطقة براك الشاطئ (زلاف) وكان المحجوز على منخل 600 (رمل قياسي) .

2.4 البرنـامج العملى :

في هذه الدراسة تم استجلاب المواد الخام للبوزولانا من المواقع المستهدفة بالدراسة وهى (سبها ، تمنهنت) واعدادها وحرقها بالأفران الخاصة حتى 800 درجة مئوية لمدة ساعتان وطحنها لدرجات النعومة الموضحة بالجدول (1). ومن تم تصميم خلطة إسمنتية مع أضافة البوزلانا بدرجات النعومة المختلفة التي تحصلنا عليها من خلال طحن عينات البوزلانا المحروقة في معمل الخرسانة باستخدام آلة طحن خاصة ودراسة مقاومة الضغط لهذه العينات ، و الهدف من هذا الاختبار هو معرفة مقدار التحمل الذي يمكن أن تحمله المونة الاسمنتية المستخدمة, ويعتبر

اختبار المقاومة من أهم الاختبارات التي تجرى على المونة الإسمنتية، ولهذا السبب فقد تم تجهيز وخلط الإسمنت البورتلاندي مع عينات من البوزولانا بدرجات نعومه متفاوتة تتراوح من ناعمة الى متوسطة النعومة الى الخشنة، وبنسب خلط 15،10،5و20% لكل درجة من درجات النعومة السابقة، وقد تم أعداد وصب عدد 260 مكعب مقاس 5*5*5 سم للعينات المختلفة وتم معالجتها بالماء الى يوم الاختبار في ظروف معالجة متماثله لجميع العينات، وتم اختبارها على فترات من الزمن 3 ، 14، 28، 60، و90 يوم، وبعدد 3 مكعبات لكل عمر.

جدول (1) درجات النعومة للبوزولانا المعتمدة في البحث

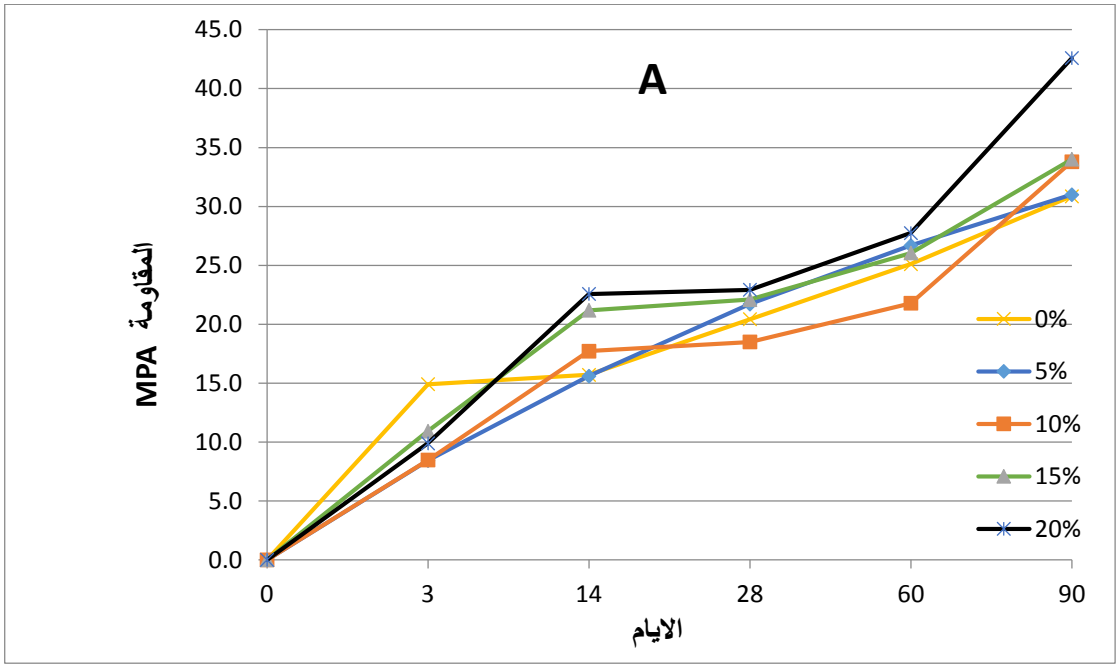
ر. م	نوع البوزلانا	درجة النعومة	الرمز
.1	مار من منخل 90 ميكرون	ناعم	A
.2	محجوز على المنخل 90 ميكرون	متوسط النعومة	B
.3	محجوز على المنخل 150 ميكرون	خشن	C

5. النتـــائـــج :

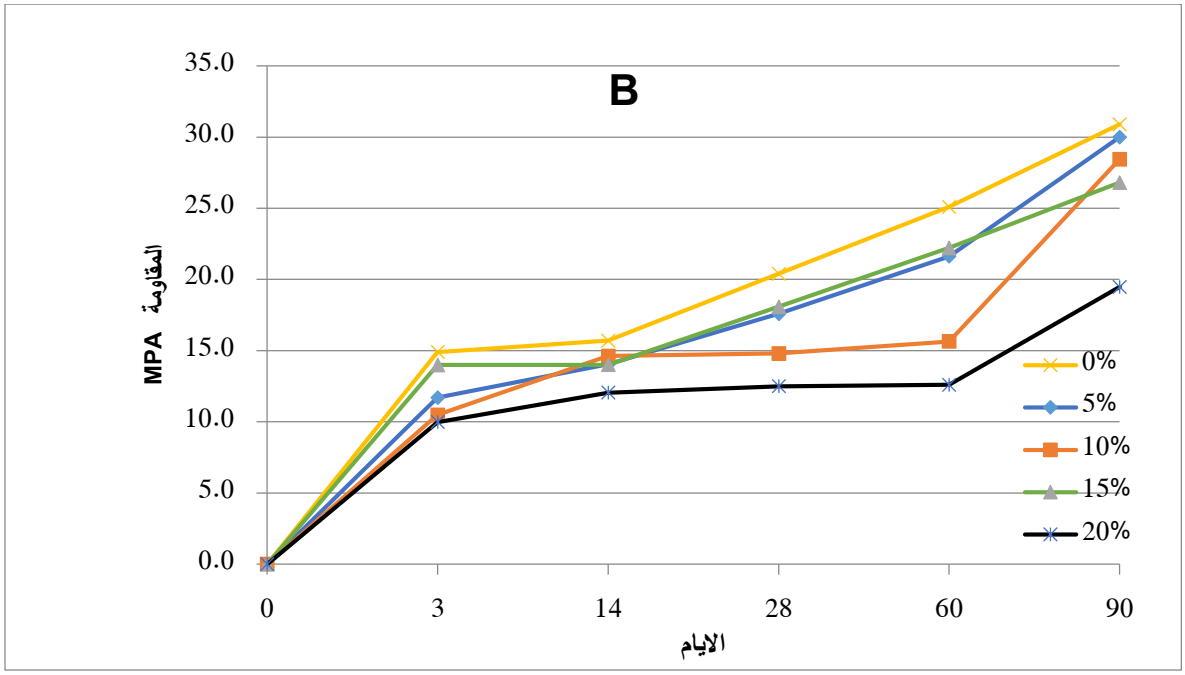
من خلال النتائج يمكن القول بأن درجه نعومه البوزولانا المستبدلة لها تأثير كبير على مقاومه المونة الإسمنتية ويظهر هدا التأثير واضحا وجليا كلما زادت درجة النعومة حيث نجد أنه كلما زادت نعومة عينة البوزلانا المستخدمة كلما زادت المقاومة وزاد تراص المونة المنتجة. أما في حال زيادة خشونة البوزولانا على سبيل المثال (المحجوز على 150) فان تأثير زيادة المقاومة يكون اضعف ويكاد يكون سلبيا في المراحل النهائية الاشكال 22 ، 23 ،24 . وعليه نجد أن مقاومة المونة الإسمنتية المستخدم فيها البوزولانا الناعمة زادت عن مقاومة المونة الإسمنتية المرجعية بنسبة 9% ، 10% ، 38% للنسب 10 ،15، 20 % على التوالي عند 90 يوم على فحص العينات . كما يلاحظ أن مقاومة المونة الإسمنتية خلال الثلاثة الأيام الأولى للعينة المرجعية كانت الأكبر ويرجع السبب في دك لبطيء التفاعل البوزولاني. ان تفاعل البوزولانا بطئ ويبدا بعد 14 يوم بشكل مبدئي ويظهر واضحا بعد 60 يوم من صناعة المونة ويرافق ذلك انخفاض في حرارة التفاعل, لذلك فان أضافة البوزولانا تخفف من حدة ارتفاع درجات الحرارة في الايام الاولى من

تصنيعها وترتفع المقاومة في الاطوار الاخيرة 180/90/60يوم، وقد بدا ذلك واضحا في الخطوط البيانية في الاشكال (22) , (23) , (24), أن زيادة نسبة البوزولانا المضافة تؤكد هذه الحالة , حيث أن كمية البوزولانا المضافة لها تأثير ايجابي عند 15% , 20% , وزيادة على ذلك فأن نسبة 30% تؤدي الى انخفاض المقاومة, وذلك بالمقارنة بدراسات سابقة تؤكد هده الحالة. بزيادة نعومة البوزولانا فأن المقاومة النهائية تتأثر بشكل واضح كلما زادت النعومة كانت المقاومة أفضل، أنظر الاشكال (1) , (2) , (3).

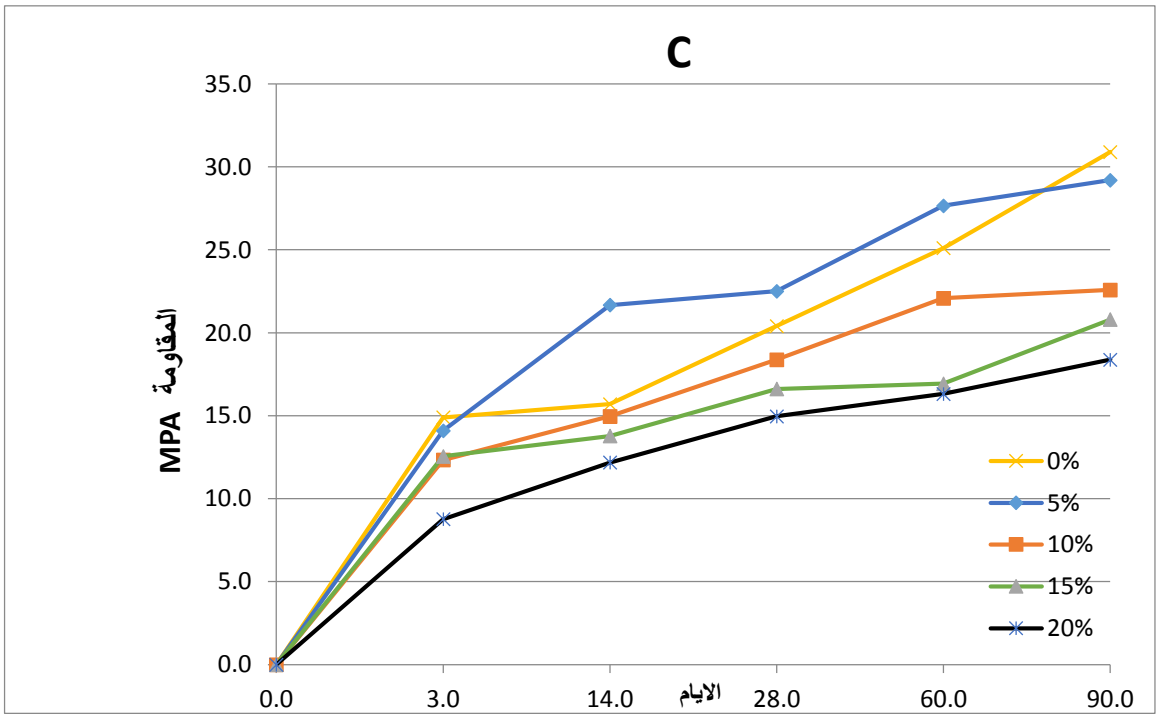
أن اضافة مادة البوزولانا الي الاسمنت يعتبر من العوامل الاقتصادية في صناعة المونة الاسمنتية حيث أن اضافته تخفض من تكلفة المنتج وتحافظ على ثبات في المقاومة وانخفاض في درجة الحرارة اثناء التصلب. كما تبين ان التركيب الكيميائي للبوزولانا له تأثير واضح على زيادة المقاومة في الأطوار الأخيرة باستبدال الاسمنت بالبوزولانا لاحظنا وبشكل واضح ولجميع أنواع البوزولانا بان زيادة النعومة هي الأساس في زيادة المقاومة ولا تظهر هذه النتيجة في الأطوار المبكرة لجميع التدرجات بل في الأطوار الأخيرة لمراحل التصلب اي بعد 60 يوم من تاريخ صب المونة الشكل4.



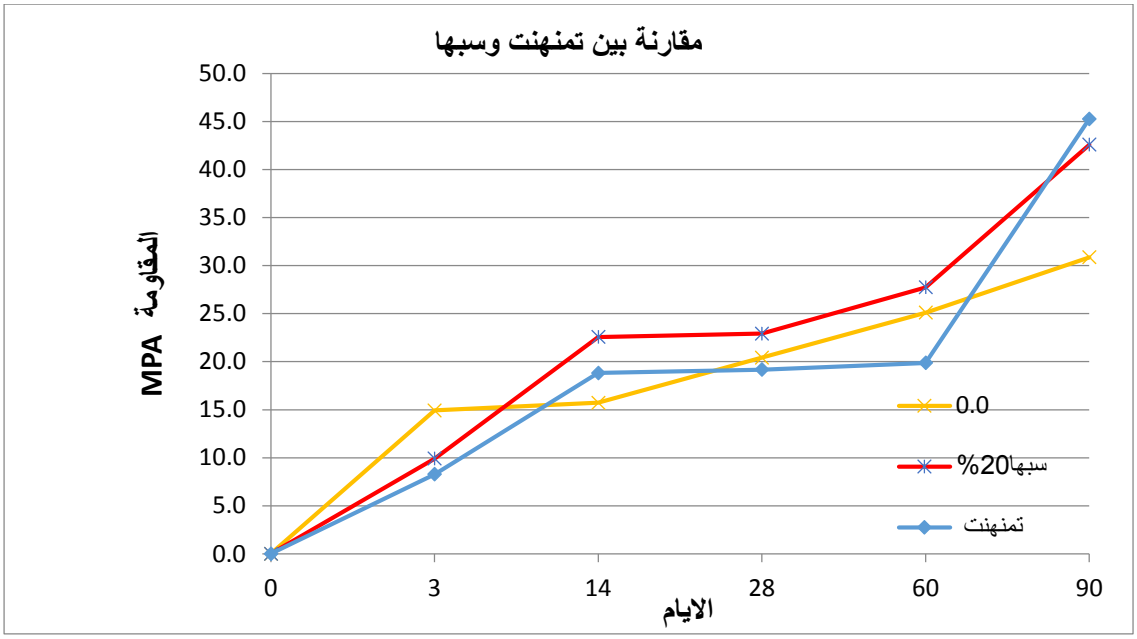
الشكل (1) المقاومات تبعا لنسبة الاستبدال وزمن فحص العينات للبوزولانا الناعمة



الشكل (2) المقاومات تبعا لنسبة الاستبدال وزمن فحص العينات للبوزولانا متوسطة النعومة



الشكل (3) المقاومات تبعا لنسبة الاستبدال وزمن فحص العينات للبوزولانا الخشنة



الشكل (4) المقاومات تبعا لنوع البوزولانا (مكان المنشأ) على مقاومة المونة الاسمنتية

6. الخـلاصــة :

تتأثر الخواص الميكانيكية للمونة الإسمنتية بإضافة البوزولانا كبديل جزئي للإسمنت وخاصة إدا كان البوزولانا المستبدل ذات درجات نعومة عالية لزيادة كمية التفاعل الحاصل بين البوزولانا وبين هيدروكسيد الكالسيوم الدي يعتبر اساسي في تفاعل الايليت مع الماء.

من خلال النتائج المتحصل عليها من هدا البحث فقد تم التوصل الى النقاط التالية :

1. بزيادة نعومة الاسمنت تزداد فعالية المادة اللاصقة وينطبق ذلك على زيادة نعومة البوزولانا المستبدلة
2. لتركيبة البوزولانا الكيميائية اثر واضح في ارتفاع المقاومة
3- لا تظهر نتائج استبدال البوزولانا للإسمنت إلا بعد 60 يوم من تاريخ الصب وأكثر من ذلك

7. التوصيـات :

1. .عند استخدام البوزلانا الطبيعية كبديل جزئي للإسمنت في المونـة الإسمنتية ، يجب أن تكون نعومـة البوزولانـا قريبة جدا أو مساوية لنعومة الإسمنت.
2. دراسة تأثير النعومـة على فترات متباعدة من الزمن من عمر المونة الإسمنتية.

3. التأكيد على التركيب الكيميائي لعينات البوزلانا واحتوائها على نسب عالية من أكاسيد السيلكا واللومنيوم والحديد.
4. نوصى باستخدام نسب أحلال ما بين 15 – 20% للبوزولانا الطبيعية من مواقع الدراسة.
5. نوصى بدراسة مدى تأثير درجة نعومة البوزولانا على متانة المونة الإسمنتية.
6. نوصى بزيادة البحث في مجال استبدال البوزولانا بالإسمنت لما في ذلك من وفر اقتصادي في صناعة الاسمنت

.

8. المراجـــع :

1. أ.د.عبد الرحمن مجاهد أحمد، الجزء الاول دليل المهندس الانشائي لتصميم وتنفيد المنشآت الخرسانية ، سنة النشر 2000 ، جامعة اسيوط مصر.
2. أ.د.عبد الرحمن مجاهد أحمد، الجزء الثاني دليل المهندس الانشائي لتصميم وتنفيد المنشآت الخرسانية، سنة النشر 2001، جامعة اسيوط مصر.
3. أ.د.ابراهيم علي الدرويش و الدكتور علي ابراهيم الدرويش، الجزء الاول، الخرسانة موادها وصناعتها وخواصها وضبط جودتها وترميمها، سنة النشر 2000 ، جامعة الاسكندرية مصر.
4. . أ.د.عبد السلام المبروك عكاشة، الطبعة الاولى، تكنولوجيا الخرسانة، سنة النشر 2013، منشورات جامعة سبها– ليبيا.
5. د. أحمد علي العريان , والدكتور عبد الكريم محمد عطا، تكنولوجيا الخرسانة، الطبقة الثانية، الجزء الاول، سنة النشر 1974، دار عالم الكتب، القاهرة مصر .
6. أ.د. محمود امام , د. محمد أمين ، خواص المواد واختباراتها، سنة النشر 2007 ،جامعة المنصورة مصر.
7. محمد اسماعيل عمر – الاسمنت صناعته وخصائصه – القاهرة 2004 .

دراسة خصائص المونة الجيوبوليميرية باستخدام البوزولانا المحلية

أ.د. عبدالسلام المبروك عكاشة
a.akasha@wau.edu.ly

م. إبراهيم فضل إبراهيم الأجواد
ib.alajwad@wau.edu.ly

م. احمد بشير محمد البركولي
a.albarkouli@wau.edu.ly

قسم الهندسة المدنية

كلية الهندسة – جامعة وادي الشاطئ

الملخص

في عام 1978، طور البروفيسور الفرنسي جوزيف دافيدوفيتس مواد بوليمرية غير عضوية وصاغ مصطلح «جيوبوليمر» لها. وهي عبارة عن خرسانة استبداليه والتي تستخدم فيها البوزولانا كمادة رابطة بين مكونات الخرسانة الأساسية بدلا من مادة الإسمنت البورتلندي العادي وتنقسم الي نوعين البوزولانا الطبيعية المنشطة حراريا مثل الطين (الموجود بكثرة في الجنوب الليبي) أو المنتجات الثانوية الصناعية مثل الرماد المتطاير أو خبث الأفران المحتوية على السيليكون (Si) والألومنيوم (Al) في شكل غير متبلور. وقد ثبت أن للخرسانة الجيوبوليميرية لها لخصائص أفضل من الخرسانة العادية من حيث مقاومة الأحماض، ومقاومة الكبريتات، وتحمل الحرارة والحريق، ومقاومة التآكل.

في هذه الورقة سيتم العمل على البوزولانا الطبيعية (الطين المحروق) من الجنوب الليبي من موقع (سبها) التي تمت معالجتها حراريا لمدة ساعتان في درجة حرارة 800 درجة مئوية وطحنها وتمريرها من منخل 90 مايكرومتر واختبار البوزولانا كيميائيا وتخلط بمحفز كيميائي هيدروكسيد الصوديوم وسليكات الصوديوم بنسب معينة لتتم عملية البلمرة والحصول على الخرسانة الجيوبولمرية. ومن تم دراسة خصائص المونة الفيزيائية من كثافة ومقاومة الضغط. ومقارنتها بخلطه مرجعية من الاسمنت البورتلاندي العادي.

كلمات مفتاحية: المونة الجيوبوليميرية، البوزولانا المحلية، المقاومة.

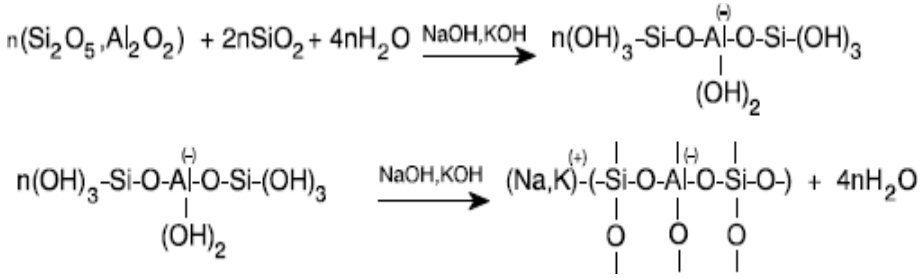
1- مقدمة

نمت صناعة الخرسانة بشكل كبير في السنوات الأخيرة. وستستمر في النمو نتيجة للتنمية الحضرية المستمرة. وبذلك تعتبر الخرسانة هي المادة الرئيسية لبناء المباني. تتكون من الإسمنت كتكوين رئيسي لها. ومع ذلك، تسببت صناعات الإسمنت في مشكلة بيئية بسبب انبعاث ثاني أكسيد الكربون الهائل. في عام 1995، بلغ الإنتاج العالمي لأسمنت

بورتلاند العادي حوالي 1,4 مليار طن، مما أدى إلى انبعاث حوالي 1,4 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حيث شكل هذا الرقم ما يصل إلى 7٪ من غازات الاحتباس الحراري المنبعثة إلى الغلاف الجوي [5] [6] [7].

تم إجراء العديد من الدراسات لفهم تأثير الميتاكولين كمادة مضافة في مونة الجيوبوليمر والخرسانة المحضرة بمصادر مختلفة من سيليكات الألمنيوم مثل الرماد المتطاير ورماد قشر الأرز لتعزيز عملية البلمرة، وتكثيف البنية المجهرية، وزيادة المتانة. اتكشف معظم البحاث أن الميتاكولين يستخدم كمادة رابطة وينتج منتجات جيوبوليمر أفضل [5] [6] [7].

يتم إنتاج الجيوبوليمرات عن طريق خلط أكاسيد الألومينوسيليكات مع بوليسيليكات قلوية غير عضوية لإنتاج روابط سيليكات–أكسجين–قلوية بوليمرية (Si–O–Al)، وهي التفاعلات الكيميائية الرئيسية المطلوبة لعملية الترابط.



شكل (1) يوضح التفاعل الكيميائي لعملية البلمرة [6]

1-1 الهدف من الدراسة

- انتاج خرسانة من غير استخدام الاسمنت .
- استغلال الخامات المحلية .
- الحفاظ على البيئة وذلك بالتقليل من استخدام الاسمنت.
- تحسين خواص الخرسانة .

2- المواد المستخدمة

- **البوزولانا**

البوزولانا المحلية (الطين) المستخرج من منطقة سبها بالجنوب الليبي.

جدول (1) يبين نتيجة التحليل الكيميائي للبوزولانا

SO_3	P_2O_5	TiO_2	Na_2O	K_2O	MgO	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Oxide (%)
0.971	-	5.2	-	0.533	<0.0001	1.08	2.87	29.4	58.3	البوزولانا (سبها)

- **الركام الناعم**

الرمل الطبيعي من منطقة زلاف كركام ناعم حسب المواصفات كركام ناعم في خلاطات المونة[2].

- **ماء الخلط**

ماء الشرب العادي في جميع خلطات المونة وكماء إضافي في خلطات المونة الجيوبوليميرية للمعالجة بعد ذلك بالنسبة للمونة الاسمنتية[3].

جدول (2) يبين التركيب الكيميائي للماء

ايون الهيدروجين	مجموع الكربونات والبيكربونات (mg/l)	الكبريتات (mg/l)	الكلوريدات (mg/l)	الاملاح الذائبة (mg/l)
7	32.3	12.9	21.4	120

- **الملدن المتفوق**

تم استخدام مضاف مقلل للماء بدرجة متفوقة وهو (agel -Technohyper) [4] بنسبة 1%.

- **المنشطات القلوية**

تم استخدام المنشطات المطلوبة لإكمال عملية البلمرة وهي عادة محلول سيليكات الصوديوم (SiO_2/Na_2O) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) مع ماء مقطر.

- **الاسمنت البورتلاندي العادي**

أسمنت البورتلاندي العادي المصنع في ليبيا (شركة الاتحاد العربي للمقاولات) لصناعة الخلطة المرجعية للمقارنة [1].

جدول (3) يبين نتيجة التحليل الكيميائي للإسمنت

SO_3	P_2O_5	TiO_2	Na_2O	K_2O	MgO	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Oxide (%)
4.41	0.136	0.392	-	0.459	-	64.4	4.78	5.4	18.9	الاسمنت

3- البرنامج العملي

أولا: مرحلة جلب عينة (البوزلانا)

تمت عملية جلب العينة من موقع في مدينة سبها.

ثانيا: مرحلة حرق العينات (البوزلانا)

تم حرق العينة بواسطة الفرن الكهربائي في معمل تكنولوجيا الخرسانة بقسم الهندسة المدنية بدرجة حرارة تصل إلى 800 مئوية لمدة ساعتين.

ثالثاً: مرحلة طحن العينة (البوزلانا)

تم طحن العينة وتمريرها من منخل رقم 170 (90 ميكرو متر) وبعد ذلك يتم تعبئة العينة في أكياس بلاستيكية ويتم إغلاقها جيدا وحفظها بعيدا عن الرطوبة.

رابعا: مرحلة اعتماد الخلطات (البوزلانا).

تم عمل عدد من الخلطات التجريبية بنسب مختلفة واختبار مقاومة الضغط لها.

جدول (4) يبين خلطات المونة ورموزها

ر.م	الرمز	النوع
1	A	الاسمنت
2	B	بوزولانا منطقة سبها +المحلول القلوي (SiO_2/Na_2O) + ($NaOH$) + ماء إضافي 10%
3	C	بوزولانا منطقة سبها +المحلول القلوي (SiO_2/Na_2O) + ($NaOH$) + ماء إضافي 5% + ملدن

جدول (5) يبين نسب خلطات المونة

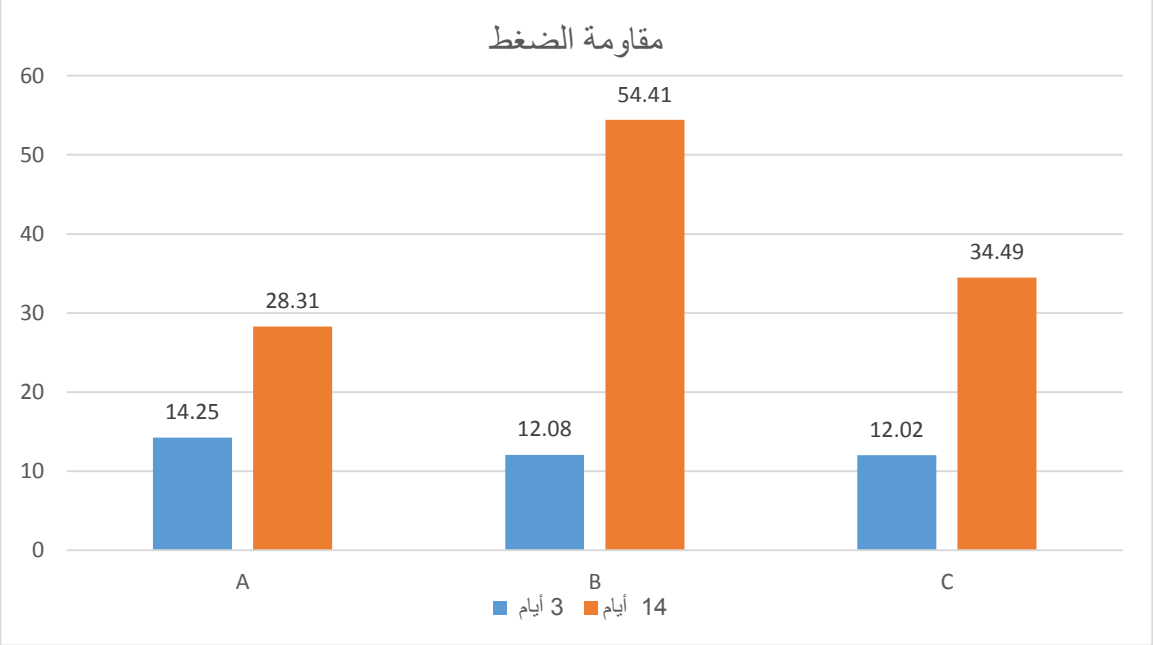
الموادالرمز	A	B	C
الاسمنت	1	0	0
الرمل	3	3	3
نسبة الماء للاسمنت	0.4	0	0
البوزولانا	0	1	1
المولارية ($NaOH$)	0	20	20
نسبة (NS/NH)	0	2.5	2.5
نسبة المحلول القلوي للبوزولانا	0	0.6	0.6
نسبة الماء الإضافي للبوزولانا	0	10	5
الملدن	0	0	1
درجة حرارة المعالجة	حرارة الغرفة	$90C^0$	$90C^0$

4- النتائج ومناقشتها

تم اختبار مقاومة الضغط والكثافة لعينات المونة والجدول التالي يوضح نتائج الاختبارات.

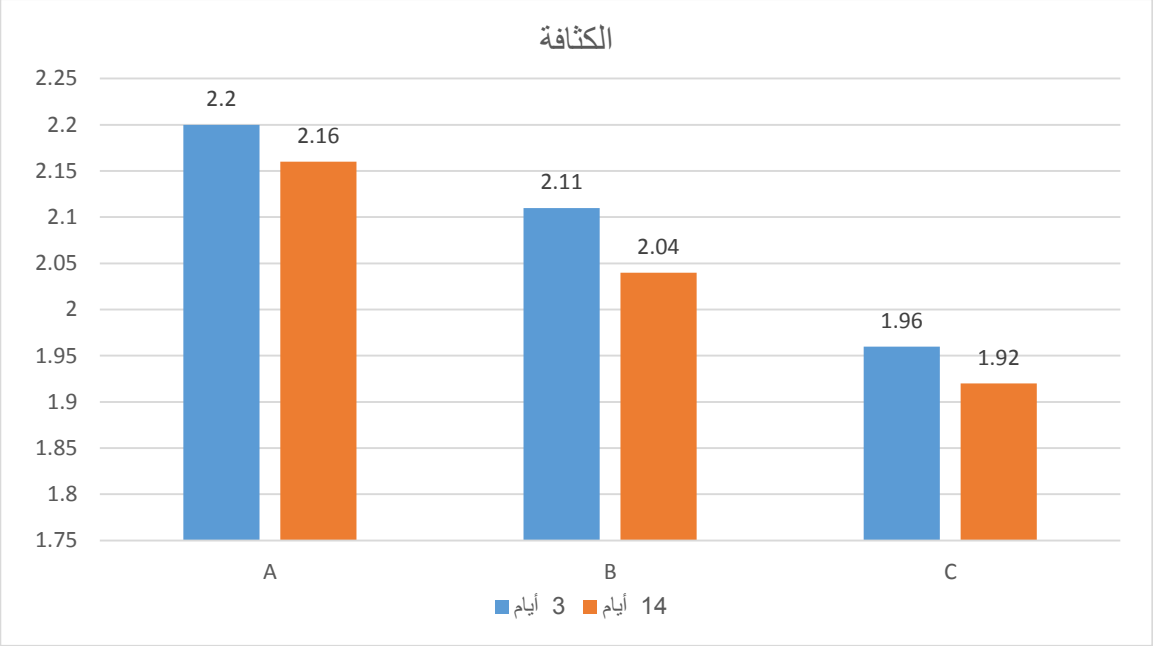
جدول (6) يوضح نتيجة اختبار مقاومة الضغط والكثافة لخلطات المونة (A,B,C)

الرمز	3 ايام		14 يوم	
	الكثافة	المقاومة	الكثافة	المقاومة
A	2.2	14.25	2.16	28.31
B	2.11	12.08	2.04	54.41
C	1.96	12.02	1.92	34.49



شكل (2) مخطط بياني يوضح نتيجة اختبار مقاومة الضغط للخلطات (A,B,C)

من خلال الشكل (2) يتضح لنا أن مقاومة الضغط عند عمر 3 أيام كانت أفضل للعينة A أما عند عمر 7 أيام كان الفرق واضح بتفوق نتيجة العينة .



شكل (3) مخطط بياني يوضح نتيجة اختبار الكثافة للخلطات (A,B,C)

من خلال الشكل (3) يتضح لنا أن كثافة المونة كانت أكبر قيمة للعينة A وبعد ها العينة B واقل قيمة للعينة .

5- الاستنتاجات

نتيجة لما تم دراسته، أصبح بالإمكان استنتاج ان الاستبدال الكلي للإسمنت بالبوزولانا يؤثر على خواص المونة بالشكل التالي: -

1- بالإمكان الحصول على المونة الجيوبوليميرية باستخدام البوزولانا المحلية من منطقة سبها.

2- الحصول على تحسن واضح وكبير في مقاومة المونة الجيوبوليميرية عند 14 يوم عند الخلطة B بحيث كانت الزيادة عن الخلطة A بنسبة 48.06% وعن الخلطة C بنسبة 36.72%.

3- ان نتائج الكثافة للخلطة A أكبر من B بنسبة 5.55 % وأكبر من الخلطة C بنسبة 11.4% عند عمر 14 يوم.

نستطيع القول نتيجة لما ذكر أعلاه انه بالمكان استخدام البوزولانا من منطقة سبها في انتاج المونة الجيوبوليميرية لما لها من افضلية واضحة من حيث المقاومة والكثافة.

6- التوصيات: -

بناء على ما استنتج في هذه الدراسة نوصي بالآتي: -

1- دراسة المزيد من أنواع البوزولانا المحلية المتوفرة بالجنوب الليبي على المونة الجيوبوليميرية ودراسة تأثير كل نوع على خصائها.

2- دراسة خصائص المونة الجيوبوليميرية من زمن شك ابتدائي ونهائي وتمدد ونعومة ومقاومة الضغط والشد والمقومة لهجوم الكبريتات.

3- دراسة تأثير المتغيرات المختلفة التي تكون في المونة الجيوبوليميرية من التركيب الكيمائي للبوزولانا ونسبة المنشط القلوي للبوزولانا ونسبة سليكات الصوديوم الى هيدروكسيد الصوديوم والمولارية لهيدروكسيد الصوديوم ودرجة حرارة المعالجة والماء الإضافي واضافة الملدنات.

4- دراسة إمكانية الحصول على خرسانة جيوبولمرية باستخدام البوزولانا المحلية من الجنوب الليبي.

7- المراجع

[1] –المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية (اسمنت البناء البورتلاندي) رقم (470) سنة (2002).

[2] –المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية (الاختبارات الفيزيائية للإسمنت مقاومة الضغط) رقم 341 الجزء رقم 6 سنة (2005).

[3] –المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية (المياه المستعملة في الخرسانة) رقم (294) سنة (1988).

[4]agel –Technohyper.(2022) سنة) –النشرة الفنية لمادة (

[5] –Bharat Bhushan Jindal، Thamer Alomayri, Assaedi Hasan & Cyriaque Rodrigue Kaze (Geopolymer concrete with metakaolin for sustainability: a comprehensive review on raw material’s properties, synthesis, performance, and potential application)

www.researchgate.net/ Environmental Science and Pollution Research (January 2022).

[6] -Joseph DAVIDOVITS (Geopolymer Chemistry and Applications, 4th edition) (2015).

[7] -Mr. G. Hemanaag , Mr. B. S. R. K. Prasad (Geo-Polymer Concrete using Metakaolin , Fly-Ash and their Comparision) www.ijert.org/ Volume 03, Issue 08 (August 2014).

استخدام الخرسانة الاسمنتية المدموكة بالحادلات في انشاء الطرق و مقارنتها بالطرق الاسفلتية في المناطق الصحراوية

1- مساعد محاضر بكلية التقنية الهندسية بهون : محمد مصطفي أبوقصيصة mohammedaboghsesa86@gmail.com

2- محاضر بالمعهد العالي للعلوم و التقنية – ترهونة : عصام محمد البنداق libay1947@gmail.com

3- مساعد محاضر بجامعة درنة : محمد مصطفي زعطوط M_zatout@yahoo.com

ملخص

الخرسانة المدموكة بالحادلات ((Roller Compacted Concrete(RCC) هي نوع مختلف من الخرسانة, وتأخذ اسمها من طريقة البناء المستخدمة في انشائها, ولها نفس المكونات الأساسية للخرسانة التقليدية ((Portland Cement Concrete (PCC) وهي (الأسمنت والماء والركام، مثل الحصى أو الأحجار المكسرة) ولكن بنسب مختلفة. ويكون قوام الخرسانة الطازجة جافا بحيث يمكن دمكه بالحادلات بعد فرشه بنفس معدات فرش الخرسانة الاسفلتية وان انشاء الطرق بالخرسانة المدموكة بالحادلات (RCC) لاتحتاج الي حديد تسليح ولا معدات تسوية السطح كما هو الحال في الخرسانة التقليدية (PCC) و ان نقل الاحمال بين فواصل التمدد يتم بطريقة الاحتكاك بن البلاطات الخرسانية للخرسانة المدموكة بالحادلات.

وسنستعرض في هذه الورقة تصميم الخرسانة المدموكة بالحادلات (RCC) و مقارنتها بالخرسانة الاسفلتية ((Hot Mix Asphalt (HMA من حيث مقاومتها للمناخ الصحراوي وذلك لان أهم العوامل في تصميم الطرق هو عامل المناخ متمثلة في اختلاف درجات الحرارة و درجة الرطوبة. وكذلك مقارنة التكلفة بين الخرسانة المدموكة بالحادلات والطرق الاسفلتية وذلك لجزء من طريق لم يتم رصفه بشارع عمر المختار بمدينة هون .

Key words: Roller Compacted Concrete , Rigid Pavement.

الخرسانة المدموكة بالحادلات , الرصف الصلب .

1- المقدمة:

يعد استخدام الطرق الاسمنتية قليل في بلادنا لعدة عوامل ومن أهما قلة الخبرة في تنفيذها و طول فترة تنفيذها وقلة معدات التنفيذ الخاصة بها مقارنة بالطرق الاسفلتية المستخدمة في أغلب الطرق في بلادنا. طريقة الرصف بالخرسانة الاسمنتية المدموكة بالحادلات لاتحتاج الي المعدات الخاصة بتنفيذ الطرق المستخدم فيها الخرسانة الاسمنتية التقليدية اذ انه يتم تنفيذها بنفس المعدات المستخدمة في تنفيذ الطرق الاسفلتية حيث ان الخرسانة المدموكة بالحادلات RCC تقلل من العوامل التي تجعل من استخدام الخرسانة الاسمنتية مستبعد في بلادنا ومن هذه العوامل :

1- سهولة تنفيذ الخرسانة الاسفلتية مقارنتا بالخرسانة الاسمنتية التي تحتاج الي معدات خاصة بالتسوية سطح الطريق و الجوانب . لذا فأن RCC يتم تنفيذها بنفس معدات رصف الخرسانة الاسفلتية .

2- سرعة تنفيذ الخرسانة الاسفلتية و قلة زمن التنفيذ وامكانية فتح الطريق بمجرد انخفاض درجة حرارة الاسفلت ووصوله الي درجة حرارة الجو المحيط بعكس الخرسانة الاسمنتية التي تحتاج الي وقت أطول يصل الى 7 أيام . لذا فإن RCC تحتاج الي وقت أقل يصل الي يومان ويمكن فتح الطريق عندما تصل مقاومة الخرسانة الي 7.6 N/mm^2 [1,3].

3- سطح الخرسانة الاسمنتية يعتبر أنعم من سطح الخرسانة الاسفلتية مما يسبب في انزلاق المركبات ويستوجب معدات لكشط خطوط في الخرسانة الاسمنتية لزيادة خشونة السطح. لذا فإن RCC لها سطح يشبه سطح الخرسانة الاسفلتية ولا حاجة لمعدات الكشط المستخدمة في الخرسانة الاسمنتية التقليدية [4] .

ومما ذكر سابقا يصبح استخدام الرصف الصلب بطريقة الخرسانة الاسمنتية المدموكة بالحادلات ممكنا وذلك باستخدام نفس معدات الرصف المستخدمة في رصف الخرسانة الاسفلتية و مع امكانية تقليل تكلفة الرصف بألغاء طبقة الاساس الحبيبي المستخدمة في الرصف المرن و الاكتفاء بطبقة الاساس المساعد وذلك لان الرصف باستخدام الخرسانة الاسمنتية أكثر تحمل للاحمال من الخرسانة الاسفلتية التي تحتاج الي طبقتين علي الاقل من الاساس المساعد و الاساس الحبيبي التي يحسب سمكها بحسب الاحمال المتوقع ان تتعرض لها الطريق و خواص المواد المستخدمة . وسنستعرض في هذه الورقة تصميم الرصف باستخدام الخرسانة الاسمنتية المدموكة بالحادلات لطريق داخلية بمدينة هون وبالتحديد شارع عمر المختار لتحمل الاحمال التصميمية لها و مقارنتها بالرصف بالخرسانة الاسفلتية المصصمة بالسابق و منفذ جزء كبير منه علي الواقع .

2- تصميم الرصف باستخدام الخرسانة المدموكة بالحادلات RCC :

بشكل عام يُقصد بالتصميم الإنشائي هو تحديد طبقات الرصف, واختيار المواد المكونة لها, وحساب سمكها, وتبدأ عملية التصميم بدراسة العوامل المؤثرة في التصميم مثل: حمل المرور, وخواص المواد المستخدمة, والظروف البيئية والمناخية للمنطقة, كما يدخل في ذلك أيضا المحددات الإقتصادية ونوع ومستوي الخدمة المطلوبة. ويتم من خلال تلك الدراسات تحديد وتقدير عدد من القيم والثوابت والمعاملات الداخلة في التصميم, مثل: مقاومة تربة الأساس, وخواص مواد الرصف, وحمل المرور. وتختلف أساليب تحديد تلك المعاملات وكيفية التعبير عنها بإختلاف طرق التصميم؛ حيث اننا في هذا البحث استخدمنا طريقة الاشتو (AASHTO) لتصميم الرصف الصلب وسنستعرض أهم هذه العوامل وطرق تحديدها وقياسها .

1.2- الطريقة المستخدمة في تصميم الرصف :

يوجد هناك طريقتان رئيسيان في تصميم الرصف: الأولى مبنية علي الخبرة العملية (Empirical), والثانية مبنية على التحليل النظري (Analytical), ومن أشهر الطرق العملية المستخدمة في تصميم الرصف على نطاق عالمي هي طريقة الآشتو الأمريكية لتصميم الرصف:

تعتبر هذه الطريقة من أشهر وأوسع طرق تصميم الرصف, وهي طريقة مبنية علي التجارب الحقلية والخبرة المتراكمة من مراقبة الأداء, وهي الطريقة الموجودة في مايعرف بدليل الآشتو لتصميم الرصف AASHTO Interim Guide For the Design.

2.2- عوامل التصميم :

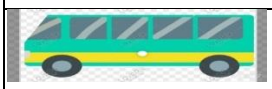
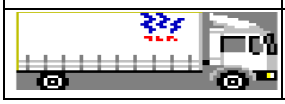
هناك عدة عوامل تدخل في عملية تصميم الرصف أو تحديد سمك طبقات الرصف وهي: حمل المرور , المناخ أو البيئة, وخصائص المواد المستخدمة في الرصف, كما يوجد عدد من العناصر الأخرى التي يجب أخذها في الاعتبار للوصول الي تحديد السمك التصميمي لطبقات الرصف, وتشمل: التكلفة, أسلوب الإنشاء والصيانة ,والعمر التصميمي, وبذلك يتبين أن عملية التصميم عملية شاملة ومعقدة ومن الصعب أن توجد طريقة أو اسلوب مبسط يمكن أن يؤدي إلي تصميم ناجح ويأخذ في اعتباره كل الظروف المحيطة. وعوامل التصميم تم ايجادها وفقا لبيانات (طريق شارع عمر المختار بمدينة هون) من دليل الاشتو لأيجاد سمك الرصف المناسب للاحمال المرورية الحالية و كذلك المتوقعة في المستقبل خلال فترة عمر الرصف . و عوامل التصميم كما هي مبينة في الجدول (1.2) وتم وضع هذه العوامل في معادلة ايجاد سمك الرصف وفقا لعوامل الطريق المصممة وهي :

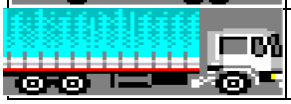
1.2.2 حجم المرور :

تم حساب حجم المرور لشارع (عمر المُختار) بإستخدام طريقة الحصر اليدوي, وشمل ذلك حصر جميع المركبات التي تمر على الطريق والتي تتمثل في (السيارات, والحافلات, والشاحنات), حيث تُعتبر طريقة الحصر اليدوي أكثر الطرق مصداقية ومُقاربة للواقع.

عليه تم إختيار نقطة معينة من نفس الشارع, والتي تقع في تقاطع على شكل حرف (T) يبعد 150 متر تقريباً عن بداية الوصلة المُراد رصفها, وقُمنا بعد المركبات التي تمر من تلك النقطة, وذلك بهدف حصر العدد الحقيقي للمركبات التي ستمر على الطريق المعني بعد رصفه. وقد تم ذلك بحساب حجم المرور في وقت الذروة وهو من الساعة (7 إلى 8 صباحاً) أو من الساعة (1 إلى 2 مساءً) على مدار 7 أيام, وأخذنا منها أكبر حجم مرور في الساعة وتحويله الي حجم مرور يومي , ومن ثم تحويل هذا الحجم إلي حمل المحور المكافيء كما هو موضح في الجدول (1.2) :

الجدول (1.2) يوضح تحويل حجم المرور الكلي إلى المحور المكافيء **[2]**

نوع المركبة	وزن المحور (طن)	عدد المحاور	حمولة المحور	عدد المركبات	معامل المحور الواحد	معامل تعقب المركبات	مجموع المركبات ESAL
	2.5	مفرد مفرد	1.25 1.25	1429	0.001 0.001	0.002	2858
	4.5	مفرد مفرد	2.25 2.25	46	0.0045 0.0045	0.009	414
	6	مفرد مفرد	3 3	23	0.015 0.015	0.030	690

	18	ثنائي مفرد	14 4	17	1.282 0.048	1.330	22610
	20	ثنائي مفرد	16 4	5	2.237 0.048	1.928	11425

المجموع = 37997

حركة المرور : من خلال ماتم حسابه سابقاً يمكننا تحديد حركة المرور, حيث أن حمل المحور المفرد المكافئ ESAL= 37997 , ومعدل النمو غالباً مايؤخذ 5% في معظم تصاميم الطرق, وعامل توزيع الاتجاه (Dp) 50%, وعامل توزيع الحارات (DL) 70%, وفقا لدليل AASHTO 1993. وبالتالي فإن حركة المرور خلال فترة الأداء القصوى تكون 25 سنة وفترة التحليل 35 سنة وتم حسابها كالآتي:

$$ESAL=37997 \times 0.5 \times 0.7 \times 365 \times (((1+0,05)^{25}-1)/0,05) = 231672910 \text{ (25 years)}$$

$$ESAL= 37997 \times 0.5 \times 0.7 \times 365 \times (((1+0,05)35-1)/0,05) = 438425317 \text{ (35 years)}$$

2.2.2- معاملات الطريق :

وهي المعاملات اللازمة لحساب سماكة طبقة الرصف, ويتم تحديدها بناءً على ظروف الطريق ونوعه, وذلك من خلال الجداول والمنحنيات المبنية على الأبحاث العملية, وفي هذا البحث تم الإستدلال بطريقة آشتو الإمريكية لتصميم الرصف.

3.2.2- الاعتمادية (Reliability) :

يُقصد بالإعتمادية ادخال درجة من التأكد في عملية التصميم لضمان أن خيارات التصميم يمكنها الإستمرار طول العمر التصميمي للرصف, وفي الاعتمادية تُأخذ عوامل التصميم في اعتبارها احتمال التغيرات التي تطرأ علي كل من تنبؤات المرور والأداء. والجدول (2.2) يوضح خواص الطريق التي يأخذ منها قيمة الإعتمادية والتي يرمز له بالرمز (R) :

الجدول (2.2) من AASHTO لتحديد قيمة الإعتمادية **[2]**

TABLE 11.14 Suggested Levels of Reliability for Various Functional Classifications

Functional classification	Recommended level of reliability	
	Urban	Rural
Interstate and other freeways	85–99.9	80–99.9
Principal arterials	80–99	75–95
Collectors	80–95	75–95
Local	50–80	50–80

Note. Results based on a survey of AASHTO Pavement Design Task Force.

4.2.2- الانحراف المعياري (Standard Deviation) :

يكون معامل الاعتمادية دالةً في الانحراف المعياري الكلي, والذي يرمز له بالرمز (So), ويقصد به الانحراف المعياري في المواد والإنشاء, واحتمال التغير في تنبؤات المرور, والاختلاف الطبيعي في أداء الرصف.

* القيمة الموصي بها طبقا لمواصفات AASHTO 1997 هي 0.45 للرصف المرن و 0.35 للرصف الصلب.

5.2.2- معامل الموثوقية (Reliability Factor) :

يُقصد بمعامل الموثوقية الانحراف الطبيعي للاعتمادية R, ويمكن تحديد معامل الموثوقية من جدول AASHTO 1993 الموصي به كما هو موضح بالجدول (3.2) :

الجدول (3.2) من AASHTO 1993 لتحديد قيمة معامل الموثوقية **[2]**

TABLE 11.15 Standard Normal Deviates for Various Levels of Reliability

Reliability (%)	Standard normal deviate (Z_R)	Reliability (%)	Standard normal deviate (Z_R)
50	0.000	93	−1.476
60	−0.253	94	−1.555
70	−0.524	95	−1.645
75	−0.674	96	−1.751
80	−0.841	97	−1.881
85	−1.037	98	−2.054
90	−1.282	99	−2.327
91	−1.340	99.9	−3.090
92	−1.405	99.99	−3.750

6.2.2- الصرف :

التصريف المتراكم للرصيف الجامد يغير حالة الصرف, ويتراوح من (0.7 ضعيف) إلى (1.25 جيد) حسب دليل AASHTO 1993 الموصي به, وقد تم إهمال معامل الصرف بالنسبة للطريق في هذا البحث وأخذ قيمة الصرف (Cd=1) لتجنب المخاطر المرتبطة باستخدامه, والذي تم تحديده من الجدول (4.2):

الجدول (4.2) من AASHTO 1993 لتحديد قيمة معامل الصرف **[2]**

TABLE 12.20 Recommended Values of Drainage Coefficients C_d for Rigid Pavements

Quality of drainage		Percentage of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation			
Rating	Water removed within	Less than 1%	1–5%	5–25%	Greater than 25%
Excellent	2 hours	1.25–1.20	1.20–1.15	1.15–1.10	1.10
Good	1 day	1.20–1.15	1.15–1.10	1.10–1.00	1.00
Fair	1 week	1.15–1.10	1.10–1.00	1.00–0.90	0.90
Poor	1 month	1.10–1.00	1.00–0.90	0.90–0.80	0.80
Very poor	Never drain	1.00–0.90	0.90–0.80	0.80–0.70	0.70

7.2.2- الخدمة :

يجب تحديد مؤشري الخدمة المبدئية والخدمة النهائية لإستخدامها في حساب التغير في مؤشر الخدمة الحالية (ΔPSI) في المعادلة التصميمية.

مؤشر الخدمة المبدئية: هو دالة في نوعية إنشاء الرصف, والقيمة النمطية المتحصل عليها من طريق آشتو التجريبي هي 4.5 مؤشر الخدمة النهائية: هو أقل مؤشر مسموح به للرصف وذلك قبل حاجته الشاملة للصيانة, والقيمة المقترحة في دليل آشتو لرصف الطرق هي 2.5 تم اختيار امكانية الخدمة الأولية وصلاحية امكانية الخدمة الطرفية 2.5, 4.5 على التوالي وفقا لدليل آشتو لتصميم الرصف لهذا الطريق هي :

$$\Delta PSI = P_O - P_T = 4.5 - 2.5 = 2.0$$

8.2.2- نقل الحمولة (Load Transfer) :

تم تصميم الطريق بدون استخدام قضبان نقل الحمل, لهذا السبب حددت قيمة معامل نقل الحمولة (J) باستخدام جدول AASHTO 1993 الموصى به كما هو موضح في الجدول (5.2) :

الجدول (5.2) من AASHTO 1993 لتحديد قيمة معامل نقل الحمولة **[2]**

TABLE 12.19 Recommended Load Transfer Coefficient for Various Pavement Types and Design Conditions

Type of shoulder	Asphalt		Tied PCC	
Load transfer devices	Yes	No	Yes	No
JPCP and JRCP	3.2	3.8–4.4	2.5–3.1	3.6–4.2
CRCP	2.9–3.2	N/A	2.3–2.9	N/A

9.2.2- فقدان الدعم (Loss of Support) :

يشير فقد الدعم الي احتمال حدوث ظاهرة الضخ (المواد الحبيبية غير المربوطة) عندما تتشكل الفراغات أسفل البلاطة, وقد تم اختيار معامل فقد الدعم للشروط المحددة في هذا المشروع باستخدام جدول AASHTO 1993 الموصي به كما هو موضح في الجدول (6.2):

الجدول (6.2) من AASHTO 1993 لتحديد قيمة معامل فقد الدعم **[2]**

TABLE 12.18 Typical Ranges of LS Factors for Various Types of Materials

Type of material	Loss of support (LS)
Cement-treated granular base ($E = 1 \times 10^6$ to 2×10^6 psi)	0.0 to 1.0
Cement aggregate mixtures ($E = 500{,}000$ to 1×10^6 psi)	0.0 to 1.0
Asphalt-treated bases ($E = 350{,}000$ to 1×10^6 psi)	0.0 to 1.0
Bituminous-stabilized mixture ($E = 40{,}000$ to $300{,}000$ psi)	0.0 to 1.0
Lime-stabilized materials ($E = 20{,}000$ to $70{,}000$ psi)	1.0 to 3.0
Unbound granular materials ($E = 15{,}000$ to $45{,}000$ psi)	1.0 to 3.0
Fine-grained or natural subgrade materials ($E = 3000$ to $40{,}000$ psi)	2.0 to 3.0

Note. E in this table refers to the general symbol of the resilient modulus.

10.2.2- معامل رد فعل التربة (Modulus of Subgrade Reaction) : K Value

يعتبر معامل رد فعل التربة من المعاملات المهمة التي تدخل في تصميم الطرق, ويُعرف معامل رد فعل التربة بأنه النسبة بين الإجهاد المطبق علي التربة والهبوط المقابل له. أن هذا المعامل يتغير من تربة الي اخرى حسب مواصفاتها الميكانيكية, ويُمكن تحديد معامل رد فعل التربة من جدول AASHTO 1993 الموصي به كما هو موضح في الجدول (7.2) بحسب نوع تربة الاساس وهي في هذه الطريق خليط بين الحصي و الرمل :

الجدول (7.2) من AASHTO 1993 لتحديد قيمة معامل رد فعل التربة**[2]**

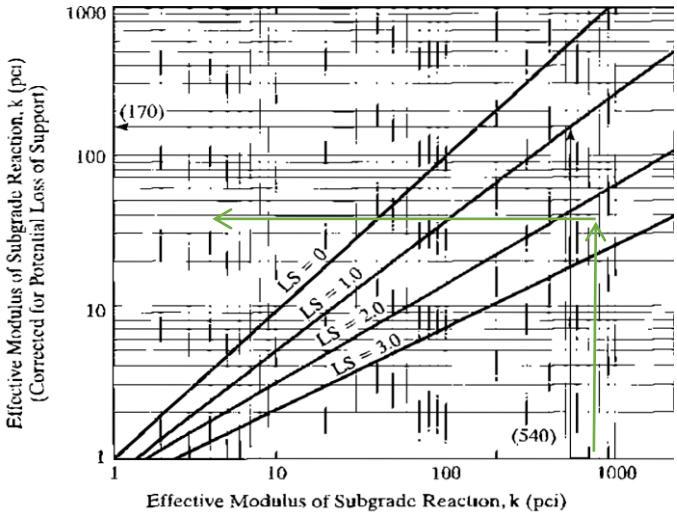
TABLE 12.14 Subgrade Soil Types and Approximate k Values

Type of soil	Support	k Values (pci)
Fine-grained soils in which silt and clay-size particles predominate	Low	75–120
Sands and sand-gravel mixtures with moderate amounts of silt and clay	Medium	130–170
Sands and sand-gravel mixtures relatively free of plastic fines	High	180–220
Cement-treated subbases	Very high	250–400

Note. 1 pci = 271.3 kN/m^3.

علماً بأنه لم يتم استخدام قيمة معامل رد الفعل الحقيقي في المعادلة العامة لإيجاد سمك الرصف, وإنما تم استخدام معامل تصحيح رد الفعل, وهي القيمة المطلوبة في المعادلة العامة, وتم تحديد هذا المعامل على أساس معامل فقد الدعم الذي تم حسابه سابقاً (LS= 1.5) من الشكل (1.2) :

الشكل (1.2) يوضح منحنى لتحديد قيمة معامل رد فعل التربة [2]



3.2- توصيف المواد :

تم تحديد معامل المرونة (Ec) للخرسانة الاسمنتية المُستخدم في هذا البحث, ومعامل التمزق لطبقة الاساس المساعد (Sc) (Modulus of Ruptures). باستخدام AASHTO 1993 وكانت القيم كالتالي :

E_C = **4200000 psi**

S'_c = **650 psi (Modulus of Ruptures)**

4.2- تحديد سماكة بلاطة الرصف :

بعد تحديد قيمة معامل رد فعل التربة (K) الفعالة والمصححة, كانت الخطوة التالية هي حساب سماكة الرصف, وباستخدام صيغة AASHTO 1993 لتصميم الرصيف الصلب كما هو موضح أدناه, وباستخدام معاملات الادخال التي تم تحديدها سابقا كانت قيمة سمك الرصف كما يلي :

$$log(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times log_{10}\left[\frac{(S'_c)(C_d)(D^{0.75}-1.132)}{215.63(J)\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(E_c/k\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

W18 =	231672910	سنة *ESALs 25*
S'_c =	650	معلمل التمزق
Ec =	4200000	معامل مرونة الخرسانة
k–value =	40	معامل رد الفعل المصحح
R =	95	الاعتمادية
	.645	معامل الاعتمادية
	0,35	الانحراف المعياري
J =	3.6	معامل نقل الحمولة
Cd =	1	معامل التصرف
Pi =	4,5	الخدمة الاولية
Pt =	2,5	الخدمة الطرفية

سمك الرصف
D = 4.2 inch (10.668 cm)

إذاً سمك طبقة الخرسانة المدموكة اللازمة لرصف شارع (عُمر المُختار) الواقع في مدينة هون والذي يمكنه تحمل الاحمال الواقع عليه هو D = 10.668 cm وحيث ان المواصفات تنص علي أن السمك يجب علي ان لا يقل عن 12.5 سم كما في الجدول 8.2 الاسترشادي الذي يبين سمك طبقة رصف RCC و مقاومة الخرسانة المناسبة لها [3].

الجدول 8.2 يبين سمك طبقة رصف RCC و مقاومة الخرسانة المناسبة لها [3]

سمك **الرصف** (**Slab Thickness**)	**مقاومة الخرسانة المطلوبة لـ RCC عند فتح الطريق**	
	السيارات(**Autos**)	**مرور مختلط (Mixed Traffic)**
≤ 5 inches (125 mm)	1100 psi (7.6 MPa)	4000 psi (27.6 MPa)
5 – 6 inches (125 – 150 mm)		3600 psi (24.8 MPa)
6 – 7 inches (150 – 175 mm)		2500 psi (17.2 MPa)
7 – 8 inches (175 – 200 mm)		2200 psi (15.2 MPa)
> 8 inches (200 mm)		2000 psi (13.8 MPa)

3– تصميم الخرسانة المدموكة بالحادلات RCC :

تصمم الخلطة الخرسانة المدموكة بالحادلات RCC mix design بحيث تكون ذات قوام جاف ليتم رصها بالحادلات بحيث يكون اختبار الهبوط لها صفراً او اقل حيث يتم تحديد نسبة الماء بإجراء اختبار الدمك للخرسانة و تحديد نسبة الماء المقابلة لاعلي كثافة جافة كما هو الحال في التربة وذلك بإجراء اختبار بروكتور للدمك . وكذلك يتم تحديد نسب المواد من ركام كبير و كذلك ركام الكولينة الناتجة من تكسير الاحجار

و الرمل بحيث يكون الخليط ضمن التدرج الحبيبي لمواصفات RCC . وتختلف نسب الركام الصغير عن الكبير في RCC عن الخرسانة التقليدية حيث انه في RCC تكون نسبة الركام الصغير أكبر من نسبته في الخرسانة التقليدية وذلك لتعويض زيادة قابلية التشغيل لـ RCC لتعويض نقص قابلية التشغيل بسبب قلة نسبة الماء بها[1]. وكما في تصميم الخرسانة التقليدية يجب اجراء الاختبارات اللازمة لتحديد خواص المواد المكونة لـ RCC وفيما يلي خصائص المواد المستخدمة المتحصل عليها من الاختبارات التي أجريناها علي المواد المستخدمة في RCC :

1.3- الركام

1.1.3-الوزن الحجمي ونسبة الفراغات للركام الخشن :

كانت نتيجة الوزن الحجمي للركام الكبير تساوي 2.39 ونسبة الفراغات تساوي 34.58%

2.1.3- الوزن النوعي للركام الخشن والناعم :

وكانت قيمة الوزن النوعي للركام الخشن تساوي 2.628 والوزن النوعي للركام الناعم يساوي 2.663 .

3.1.3- نسبة امتصاص الركام الخشن للماء :

كانت نسبة امتصاص الركام الكبير المستخدم في البحث للماء تساوي 1.495%

4.1.3- كمية الطين والمواد الناعمة بالركام الخشن والناعم :

في هذا الإختبار كانت كمية الطين والمواد الناعمة للركام الكبير 0.585% من الوزن الكلي للعينة المختبرة, وهي تعتبر ضمن الحدود والمواصفات التي تنص على أن تكون نسبة الطين والمواد الناعمة للركام أصغر من 6% من وزن العينة. أما الركام الصغير فكانت 1.25% وهي ضمن الحدود والمواصفات أيضاً.

5.1.3- مقاومة الركام الكبير للبري :

بعد إجراء الاختبار على الركام كانت نسبة البري تساوي 20.626% وهي ضمن الحدود الموصى بها, والتي تنص على ان نسبة البري لا تتجاوز 25% للركام المستخدم في الطرق.

6.1.3- نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن و الكولينة والركام الناعم وتحديد نسب كلا منهما حسب المواصفات :

وكانت النتائج للتحليل المنخلي للركام الخشن و الكولينة و الركام الناعم كما بالجدول 1.3 :

الجدول 1.3 يبين نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن و الكولينا و الركام الناعم [3]

فتحة المنخل (mm)	نسبة المار (%)			متوسط نسبة المار (%)	المواصفات الحد الادني – الحد الاعلي
	الركام الخشنA	الكوالينا**B**	الركام الناعم**C**		
19.5	100	100	100	100	100 -100
12.5	66.89	100	100	88.96	100 - 81
9.5	43.78	100	100	81.26	91 - 71
4.75	9.23	100	100	69.74	70 - 49
2.36	0	70.69	100	56.89	54 - 33
1.18	0	38.25	77.96	38.73	40 - 24
0.6	0	13.24	63.94	25.72	30 -15
0.3	0	6.53	36.85	14.46	25 - 10
0.15	0	1.71	8.61	3.44	16 - 2
0.075	0	0.45	2.56	1.003	8 - 0

بما أن لدينا ثلاث مواد داخلة في تكوين الخلطة الخرسانية باستثناء الماء وهي (الركام الخشن, الكوالينا, الركام الناعم)، قمنا بتحديد نسب هذه المواد عن طريق نسبة المواد كما بالمعادلات الاتية :

$81.26 = C100 + B100 + A43.78$ المعادلة (1)

$69.74 = C100 + B100 + A9.23$ المعادلة (2)

$56.89 = C100 + B70.69$ المعادلة (3)

وبحل المعدلات الثلاث نتحصل علي قيمة C و B و A وبالتالي تكون نسب المواد في الخلطة بالخرسانية هي: $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$ للركام الخشن والكولينا والركام الناعم لنتحصل علي ركام شامل ضمن المواصفات .

2.3- الاسمنت :

تم عمل ثلاث خلطات خرسانية بثلاث نسب مختلفة للإسمنت, وتم تحديد هذه النسب والتي تقع ضمن الحدود المسموح بها لخلطة (RCC) وهي: 10%, 12%, 14% من وزن المواد الجافة للخلطة.

3.3- اختبار الدمك لتحديد المحتوي المائي :

تم تحديد المحتوى المائي الأفضل للخلطة الخرسانية باستخدام جهاز بروكتر المعدل (Modified Proctor Test), حيث قمنا بعمل ثلاث خلطات خرسانيه بنسب مختلفة من الإسمنت وهي المذكورة في (2.3), وتتكون الخلطات من نسب متساوية من الركام كما تم حسابها من (6.1.3), وكل خلطة تتضمن ست عينات مختلفة بمحتويات مائية : 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% من الوزن الكلي للخلطة. وخلط هذه المواد جيداً لمدة دقيقة كاملة للحصول علي مزيج متجانس, وهذه النسب تمثل المحتوى المائي المسموح به لخلطة (RCC).

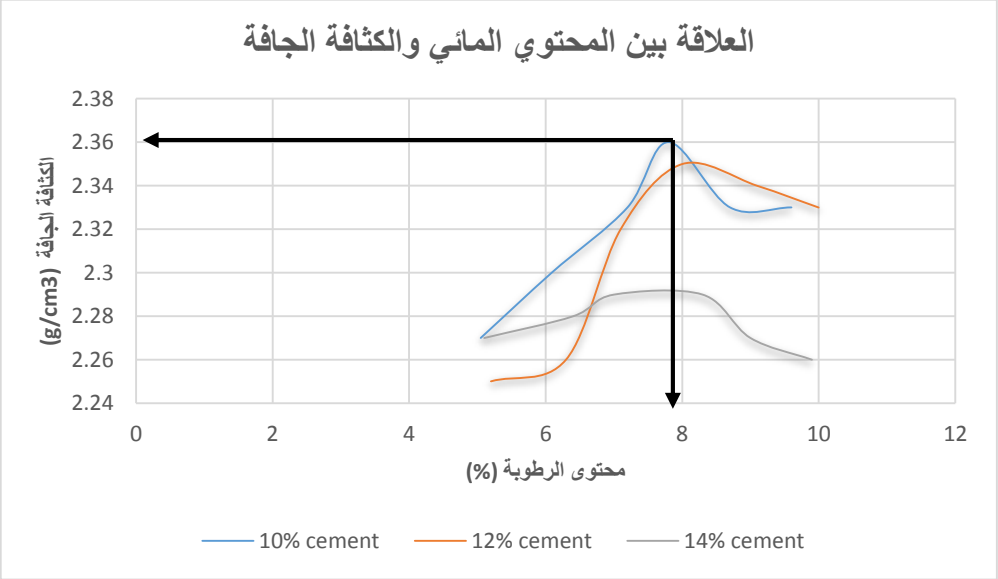
وبالتالي يصبح العدد الكلي للعينات: 3 خلطات x 6 عينات = 18 عينة وذلك ليتم تحديد أفضل محتوى مائي واقصى كثافة جافة للخلطة الخرسانية من خلال الجدول 2.3 , وقد تم اتباع الكود الإمريكي في طريقة تحديد ذلك[2].

الجدول 2.3 يوضح حساب المحتوي المائي وأقصي كثافة جافة للخلطة الخرسانية لنسب الاسمنت 10%, 12% , 14% .

نسبة الاسمنت	%10					
المحتوي المائي	5.05	6.09	7.2	7.8	8.7	9.6
الكثافة الجافة(gm/cm^3)	2.27	2.3	2.33	2.36	2.33	2.33
نسبة الاسمنت	%12					
المحتوي المائي	5.2	6.3	7.1	8	9.1	10
الكثافة الجافة(gm/cm^3)	2.25	2.26	2.32	2.35	2.34	2.33
نسبة الاسمنت	%14					
المحتوي المائي	5.1	6.4	7	8.3	9	9.9
الكثافة الجافة(gm/cm^3)	2.27	2.28	2.29	2.29	2.27	2.26

تُرسم العلاقة بين المحتوي المائي والكثافة الجافة للعينات المختبرة بنسبة اسمنت 10%, 12%, 14% لكل خلطة, وتحديد افضل محتوي مائي وافضل محتوي اسمنتي و من المنحني في الشكل 1.3 , تحصلنا ان افضل محتوي مائي و هو 8% بنسبة اسمنت 10%.

الشكل 1.3 يوضح العلاقة بين الكثافة الجافة و المحتوي المائي للخلطة و بنسب اسمنت مختلفة



3.4- صُنع الخلطة الخرسانية المدموكة:

الشكل 2.3 يوضح العينات طازجة وهي مدموكة بالقوالب

الشكل 3.3 يوضح العينات بعد تصلدها واخراجها من القوالب

الشكل 4.3 يوضح أختبار عينة من خرسانة RCC لاختبار مقاومة الضغط داخل الجهاز

بعد معرفة نسب المواد في الخلطة الخرسانية وهي: الركام, والكوالينا, والرمل, بنسبة 33.3% لكل منها, والإسمنت والماء بنسبة 10% , 8% على التوالي من وزن المواد الجافة؛ قُمنا بصنع الخرسانة المدموكة بخلط هذه المواد ودمكها في قوالب مكعبة بواسطة معدات الدمك اليدوية كما هو موضح بالاشكال 2.3 و 3.3 .

5.3- اختبار الضغط علي الخرسانة :

تم إجراء اختبار مقاومة الخرسانة للضغط (The Concrete Compression Test) وذلك عند عمر (7 ايام) كما هو موضح في الشكل 4.3 :

والجدول 5.3 يبين نتائج إختبار مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية عندعمر 7 أيام:

الجدول 5.3 يوضح قيمة الضغط للمكعبات

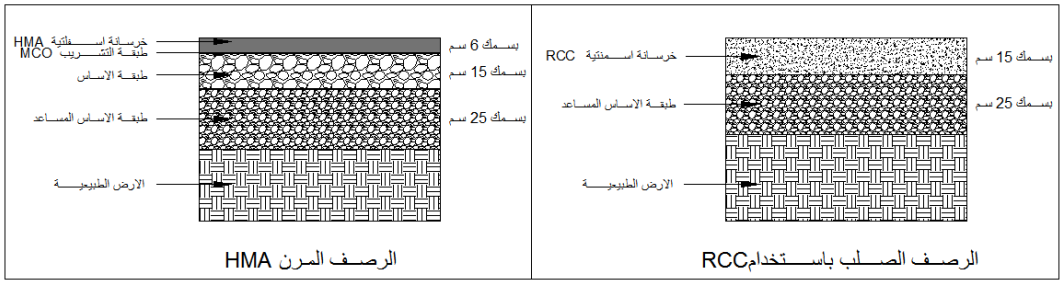
الضغط للعينات(MPA)			متوسط الضغط(MPA)
العينة 1	العينة 2	العينة3	
18.89	18.31	17.96	18.387

وبالاشارة الي الجدول 8.2 الذي يبين سمك طبقة رصف RCC و مقاومة الخرسانة المناسبة لها نجد أن سمك الرصف لخرسانة مقاومتها 17.20 MPA لاتقل عن 150 مم .

4- مقارنة تكلفة الرصف باستخدام خرسانة RCC بالخرسانة الاسفلتي

ان استخدام الرصف الصلب لايحتاج الي طبقات مساعدة و يمكن تطبيقه علي الارض الطبيعية و لكن قمنا بتصمي الرصف الصلب RCC علي طبقة الاساس المساعد , وبالمقابل فإن الرصف المرن HMA يتطلب عمل طبقة الاساس المساعد فوق الارض الطبيعية بسمك 25 سم و تليه طبقة الاساس بسمك 15 سم و تليه طبقة التشريب MCO الرابطة بين طبقة الاساس و طبقة الخرسانة الاسفلتية ثم يتم عمل الرصف المرن بسمك 6سم و المكون من الخرسانة الاسفلتية و الشكل 1.4 يبين الفرق بين الطبقات لكلا من الرصف الصلب و الرصف المرن للطريق قيد الدراسة .

الشكل 1.4 يبين الفرق بين الطبقات لكلا من الرصف الصلب و الرصف المرن



وكما هو مبين في الشكل 1.4 عند استخدام الرصف الصلب يتم توفير طبقة الاساس و طبقة التشريب MCO و سعر المتر المربع حسب أسعار مصلحة الطرق و الجسور لسنة 2017 هو 16 دينار و 5 دينار للمتر المربع علي التوالي أي انه سيتم توفير 21 دينار للمتر المربع عند استخدام الرصف الصلب و يتم استبدال الخلطة الاسفلتية بالخرسانة الاسمنتية RCC التي يستخدم لفرشها نفس معدات فرش الخرسانة الاسفلتية وسعر الخرسانة الاسمنتية بسمك 15 سم هو 45 دينار للمتر المربع و للخرسانة الاسفلتية بسمك 6سم هو 65 دينار للمتر المربع أي انه سيتم توفير 20 دينار للمتر المربع نتيجة استبدال الخرسانة الاسفلتية HMA بالخرسانة الاسمنتية RCC وبعد مقارنة الرصف الصلب بالرصف المرن نجد انه يتم توفير قيمة اجمالية 41 دينار للمتر المربع بالاضافة الي ان عمق الحفر للوصول الي منسوب التأسيس في الرصف الصلب أقل من عمق التأسيس للرصف المرن مما يقلل من حجم الحفر في الارض الطبيعية بعمق 6سم عند استخدام الرصف الصلب كما ننوه [ان فرق التكلفة في القيمة الاجمالية للمتر المربع بأنه سيقل عن 41 دينار للمتر و ذلك لمتطلبات الرصف الصلب لعمل فواصل تمدد وهذا البند الغير موجود في حالة الرصف المرن ومن خلال أخذ متوسط تكلفة عمل فواصل التمدد وذلك

بقطع الرصف بعمق 1\3 من سمك الرصف أي بمقدار 5سم بعرض الطريق مع ملئ الفواصل بالمواد المرنة الخاصة بها وأن تكلفة الفواصل تتراوح مابين 12 الي 20 دينار للمتر المربع وذلك حسب المادة المالئة المستخدمة وهذه القيمة تقديرية و غير موجودة بلائحة الاسعار [5,3] .

وبمقارنة هذه النتائج بأبحاث سابقة قامت بمقارنة تكلفة انشاء الطرق بالرصف الصلب مع تكلفتها بالرصف المرن ولاكن لم ناخذ خرسانة RCCمن ضمن انواع الرصف الصلب في المقارنة , كانت النتائج هي أن تكلفة الرصف الصلب أعلي من تكلفة الرصف المرن ولاكن نوهت علي أن التكلفة علي المدى البعيد وعند حساب تكلفة أعمال الصيانة لنظامي الرصف تزداد تكلفة الرصف المرن عن الرصف الصلب وذلك للاسباب التالية :

العمر الافتراضي للرصف الصلب أكبر من العمر الافتراضي للرصف المرن وكذلك فترات الصيانة للرصف المرن أقصر من فترات الصيانة للرصف الصلب مما يؤدي الي أن تكلفة الرصف المرن تصبح أعلى بنسبة 19% من الرصف الصلب بعد 20 عام . [6]

5- الخلاصة:

استخدام الرصف الصلب بطريقة RCC في رصف الطرق الداخلية ذات كثافة المرور المنخفضة أقل تكلفة من الرصف المرن حسب التصاميم المعدة للطريق المقام عليه الدراسة و العديد من البحوث التي قارنة الرصف الصلب مع الرصف المرن من ناحية التكلفة تذكر في ملخصاتها أن الرصف الصلب يعتبر أقل تكلفة من الرصف المرن علي المدى الطويل الا انها لم تأخذ في مقارنتها استخدام RCC من ضمن خيارات الرصف الصلب بل أخذت في أعتبارها الخرسانة الاسمنتية التقليدية و كذلك الخرسانة المسلحة .

6- التوصيات:

ومن خلال هذه الورقة نوصي بدراسة أستخدام RCC واضافة ألياف الحديد اليها ودراسة مدى ملائمتها لحركة المرور الكثيفة ومقارنة تكلفتها بالرصف المرن. ونوصي بأضافة بنود الاعمال الخاصة بالرصف الصلب الي لائحة الاسعار الخاصة بالطرق.

المراجع :

1- Properties, materials and durability of rolled compacted concrete for pavements. Article in Zastita Materijala · January 2015

2- American Association of State Highway and Transportation Officials Guide for Design of Pavement Structures 1993

3- ACPA Guide Specification | Roller-Compacted Concrete Pavements | ver. 1.2 September 4, 2014

4- Pavement Analysis and Design Second Edition University of Kentucky Yang H . Huang

5- أسعار مصلحة الطرق و الجسور بالحكومة الليبية المؤقته لسنة 2017.

6- A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement: A Review Milind V. Mohod 1*, Dr. K.N.Kadam IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 13, Issue 3 Ver. VII (May- Jun. 2016), PP 84-88

تأثير إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر على خواص الخرسانة

إبراهيم سالم الحرير [1]، مسعود الطيف المقرحي [2]

[1] محاضر مساعد بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة درنة i.alharir@uod.edu.ly

[2] محاضر بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة درنة m.altaif@uod.edu.ly

الملخص:

أهمية هذه الدراسة هو معرفة تأثير ألياف البولي بروبلين فايبر(Polypropylene fibers) على خواص الخرسانة في حالتها الطرية والمتصلدة ومقارنتها مع إضافة غبار السيليكا كبديل جزئي للأسمنت مع اضافة الملدناتHRWR ، ولتحقيق ذلك تم إجراء أربع خلطات وكانت نسبة ألياف البولي بروبلين فايبر من حجم الخرسانة 0.9 Kg/m^3 وتم إختبارها عند الأعمار 3–7–28–90 يوم. تم دراسة الخرسانة في حالتها المتصلدة عن طريق اختبار مقاومة الضغط (Compressive Strength Test) وطول الإنكماش (Shrinkage) وتحليل الاشعة X–Ray Diffraction (XRD)، كما تم اجراء اختبار الهبوط (Slump Test) وكثافة الخرسانة الطرية لمعرفة الخرسانة في حالتها الطرية. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر مع أو بدون إضافة غبار السليكا تقلل كل من قابلية التشغيل وكثافة الخرسانة الطرية وللحفاظ علي قابلية التشغيل للخرسانة يتطلب إضافة الملدنات HRWR ، إضافة غبار السليكا كبديل جزئي للأسمنت أدي إلي زيادة مقاومة الضغط للخرسانة نتيجة لتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم CH مع غبار السيليكا(قل CH من2.45% إلي 0.226%) ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر في الحالتين مع أو بدون إضافة غبار السليكا حدوث زيادة طفيفة في مقاومة الضغط في جميع أعمار الخرسانة، إنخفاض طول الإنكماش في خلطات بدون إضافة غبار السليكا بنسبة 6.75%–12.12%–11.37%–12.21%عند الأعمار 4–7–28–90 يوم مقارنتها بالخلطة المرجعية أما مع إضافة غبار السيليكا إنخفاض طول الإنكماش بنسبة 8.80%–15.64%–14.04%–13.92% عند نفس الأعمار مقارنتها بالخلطة المضاف إليها غبار السيليكا. يفضل استخدام ألياف البولي بروبلين فايبر في الخرسانة مع أو بدون إضافة غبار السيليكا.

الكلمات الدالة:

ألياف البولي بروبلين فايبر، غبار السليكا، مقاومة الضغط، الإنكماش.

المقدمة.

ألياف البولي بروبلين Polypropylene fibers عبارة عن مادة بوليمرية من مضافات الخرسانة وتضاف الى الخلطات الخرسانية لتقليل ظاهرة الشروخ والانكماش اللدن وتزيد من قدرة الخرسانة على مقاومة التجمد والذوبان، ويبين الشكل 1 ألياف البولي بروبلين فايبر المستخدمة في الدراسة. حيث أجريت العديد من الدراسات والأبحاث حول إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر إلي الخرسانة وكانت أفضل نسبة لإضافتها في الخرسانة بنسبة (0.1%) من حجم الخرسانة (والتي تعادل 0.90 كجم/م^3) يعمل على تقليل مساميتها ونسبة امتصاصها وكذلك نفاذيتها إلي أقل ما يمكن بالمقارنة مع بقية العينات، وإن زيادة استخدام هذه الألياف بنسب إضافة أعلى يجعل من الخرسانة أكثر مسامية وامتصاص للماء [1]، الالياف المصنعة تقلل فرص حدوث الانكماش اللدن وتشققات الهطول اللدن من خلال توفير نظام دعم داخلي للخرسانة حيث تساعد الخرسانة خلال الفترة التي تكون بها مائلة للتشقق وهذا يحدث عندما تبدأ الخرسانة بالتصلب والانكماش نتيجة التغير الحجمي الناتج من فقدان الماء. في هذه المرحلة الالياف المصنعة توقف التشققات اللدنة قبل ان تبدأ [2].

الشكل 1 : ألياف البولي بروبلين فايبر المستخدمة في الدراسة.

منهجية البحث.

يهدف هذا البحث الى دراسة إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر إلي الخرسانة بنسبة 0.9 Kg/m^3 من حجم الخرسانة [3] وكذلك إضافة غبار السيليكا بنسبة استبدال 10% من وزن الأسمنت ومعرفة مدي تأثيرها علي خواص الخرسانة في حالتها الطرية والمتصلدة.

المواد المستعملة والبرنامج العملي.

الأسمنت

تم استخدام الأسمنت البورتلاندي الاعتيادي المورد من جمهورية مصر العربية.

الملدنات

تم في هذه الدراسة استخدام الملدنات الفائقة (مخفضات الماء عالية المدي Range Water Reducer High) من صنع شركة Sika نوع (Plastocrete-N) [3] وهي إضافة سائلة تعمل علي زيادة قابلية التشغيل للخرسانة [4] ومطابقة للمواصفة الأمريكي ASTM C494 Tape A [5].

Silica Fume

تم استخدام Silica Fume بنسبة استبدال 10% من وزن الأسمنت، من انتاج شركة Sika ويوضح الجدول التالي الخواص الفيزيائية والتركيب الكيميائي لها وتم استخدامها طبق للمواصفة الأمريكية (ACI 234 R, 1996) [6].

الجدول 1 : الخواص الفيزيائية والتركيب الكيميائي لي Silica Fume (ACI 234 R, 1996).

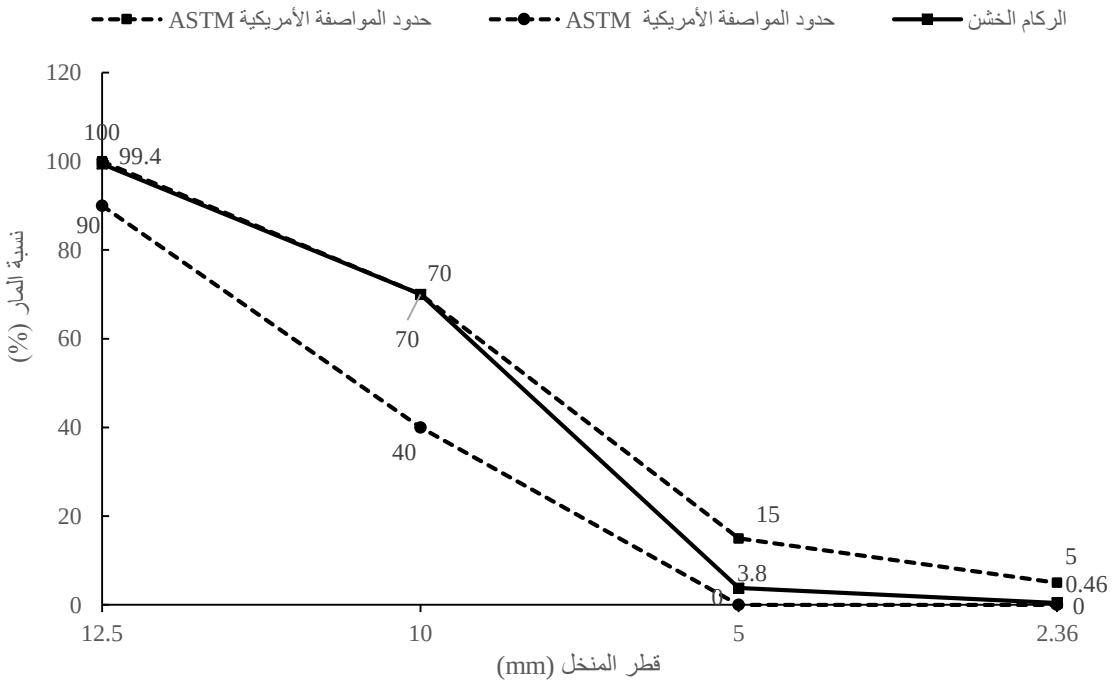
Chemical Composition (%)		Property	Value
Sio_2	90-96	Particle size (typical)	<1μm
Fe_2O_3	0.07-1.9	Bulk density	130-430 kg/m³
Al_2O_3	0.5-0.8	(AS-Produced) (Slurry)	1320-1440kg/m³
Na_2O	0.3-0.42	(Densified)	480-720 kg/m³
K_2O	0.5-1.3	Specific gravity	2.15
CaO	0.5	Surface area	13000-30000 m²/kg
MgO	0.04-0.9		

الركام الخشن والناعم

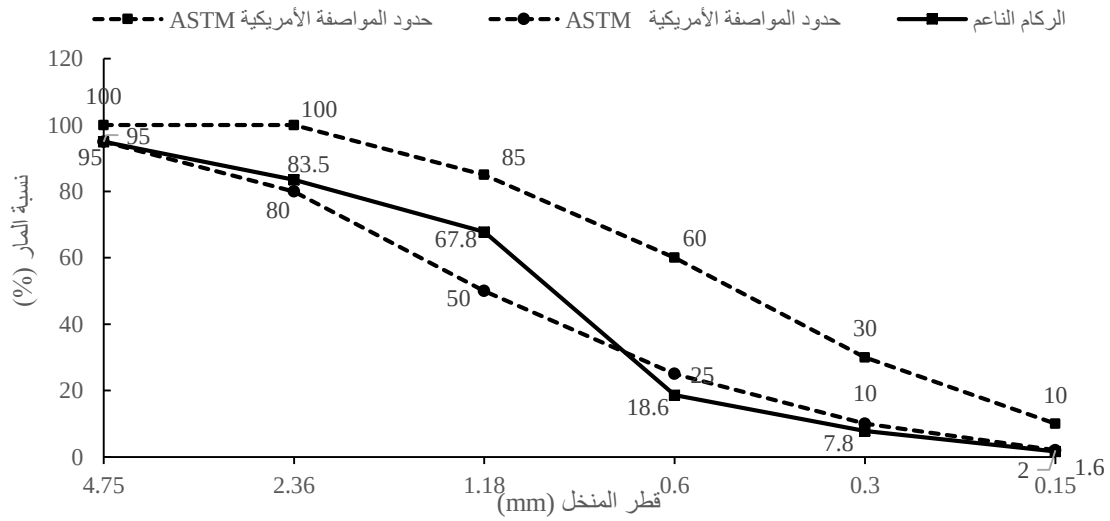
تم استخدام الركام بنوعيه الخشن والناعم ويبين الجدول 2 الخواص الفيزيائية للركام الخشن والناعم المستخدم في هذه الدراسة حيث كان المقاس الاعتباري الأكبر 12.5 mm، كما تم إجراء التحليل المنخلي للركام الخشن الموضح بالشكل 2 والركام الناعم الموضح بالشكل 3.

الجدول 2 : يوضح الخواص الفيزيائية للركام الخشن والناعم.

الاختبار	الوزن النوعي	الامتصاص (%)	الوزن الحجمي (g/cm^3)	النعومة
الركام الخشن	2.62	1.80	1.590	–
الركام الناعم	2.61	0.42	1.720	3.25



الشكل 2 : منحني التحليل المنخلي للركام الخشن.



الشكل 3 : منحني التحليل المنخلي للركام الناعم.

الخلطات الخرسانية

تم تصميم الخلطات بالطريقة الأمريكية ACI 211.1 [7] وكانت نسبة الماء إلي الأسمنت (W/C=0.30) أي أن محتوي الماء كان ثابت في جميع الخلطات الخرسانية. تم تنفيذ أربع خلطات اثنان منها تحتوي علي ألياف البولي بروبلين فايبر مع أو بدون إضافة غبار السيليكا بنسبة 0.9 Kg/m^3 من حجم الخرسانة و خلطة مرجعية بدون إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر وبدون إضافة غبار السيليكا وخلطة واحدة بدون إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر ومع إضافة غبار السيليكا والجدول التالي يبين مكونات لكل خلطة خرسانية.

الجدول 3 : يوضح مكونات الخلطات الخرسانية kg/m^3 .

الخلطات الخرسانية	مكونات لكل خلطة					
	الأسمنت kg/m^3	HRWR L/m^3	S–F kg/m^3	الركام الخشن kg/m^3	الركام الناعم kg/m^3	P–P kg/m^3
الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا	500	10.42	–	1044	700	–
الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا	450	11.25	50	1023	700	–
الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا	500	10.83	–	1040	700	0.9

ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر	450	11.66	50	1019	700	0.9

النتائج والمناقشة.

خواص الخرسانة الطرية:

يبين الجدول التالي خواص الخرسانة الطرية للخلطات الخرسانية حيت تم اجراء اختبار الهبوط طبقا للمواصفة الامريكية ASTM C143 [8] لتحديد قابلية التشغيل للخرسانة وكذلك تم تحديد كثافة الخرسانة الطرية.

الجدول 4 : خواص الخرسانة الطرية للخلطات الخرسانية.

الخلطات الخرسانية	الملدن HRWR (L/m^3)	الهبوط mm	كثافة الخرسانة الطرية Kg/m^3
الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا	10.42	230	2429
الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا	11.25	226	2425
الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر	10.83	212	2413
الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر	11.66	212	2410

من النتائج المبينة بالجدول 4، للحصول علي نفس الهبوط عند نفس المحتوي المائي يتطلب الخرسانة المصنوعة من ألياف البولي بروبلين فايبر بدون إضافة غبار السيليكا زيادة الملدنات HRWR من $10.42\ L/m^3$ الي $10.83\ L/m^3$ ،أي أن استخدام ألياف البولي بروبلين فايبر تقلل من قابلية التشغيل للخرسانة. وكذلك أدي الي تقليل كثافة الخرسانة الطرية من $2429\ Kg/m^3$ الي $2413\ Kg/m^3$.

أما بالنسبة للخلطات المضافة لها غبار السيليكا يتطلب زيادة الملدنات HRWR من L/m^3 11.25 الي L/m^3 11.66 ،أي أن استخدام ألياف البولي بروبلين فايبر تقلل من قابلية التشغيل للخرسانة. وكذلك أدي الي تقليل كثافة الخرسانة الطرية من Kg/m^3 2425 الي Kg/m^3 2410.

أما عن تأثير إضافة غبار السيليكا بنسبة 10% من وزن الأسمنت يقلل من قابلية التشغيل للخرسانة وللحصول علي نفس الهبوط مقارنة بالخلطة المرجعية يتطلب زيادة الملدن HRWR من L/m^3 10.42 الي L/m^3 11.25 وذلك بسبب زيادة المساحة السطحية لغبار السيليكا. غبار السيليكا وزنه النوعي 2.15 أقل من الوزن النوعي للأسمنت هو 3.15 قلل من كثافة الخرسانة الطرية.

مقاومة الإنضغاط Compressive Strength Test

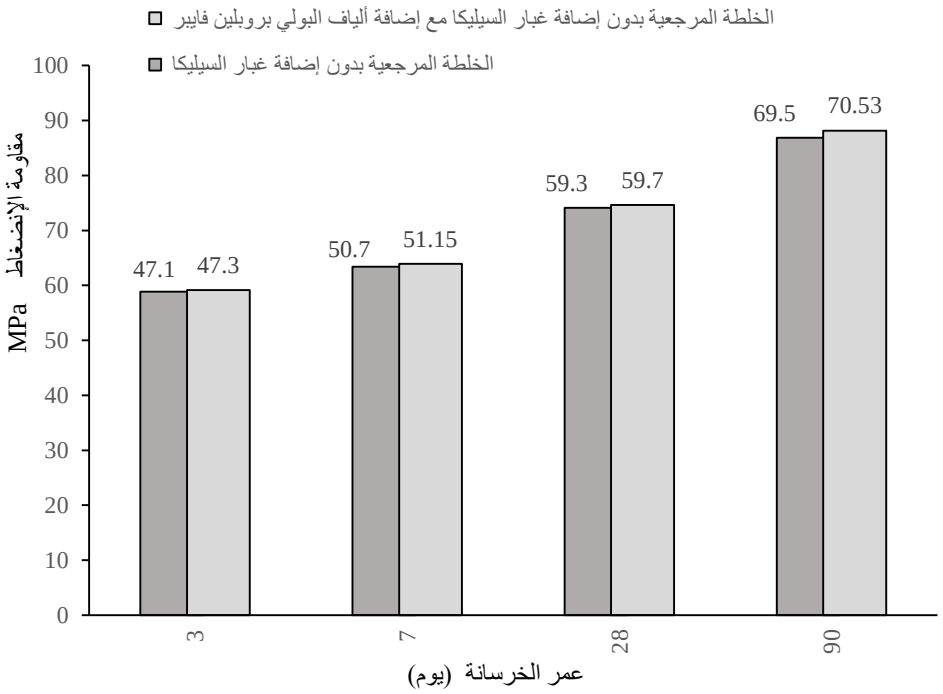
تم إجراء مقاومة الإنضغاط وفقا للمواصفة الأمريكية ASTM C39 وتم اختبارها عند الأعمار 3،7،28،90 يوم من وقت المعالجة تم إختبار3 عينات وأخذ متوسط النتائج لكل خلطة كما هو موضح بالجدول التالي:

الجدول 5 : مقاومة الإنضغاط لمختلف أعمار الخرسانة.

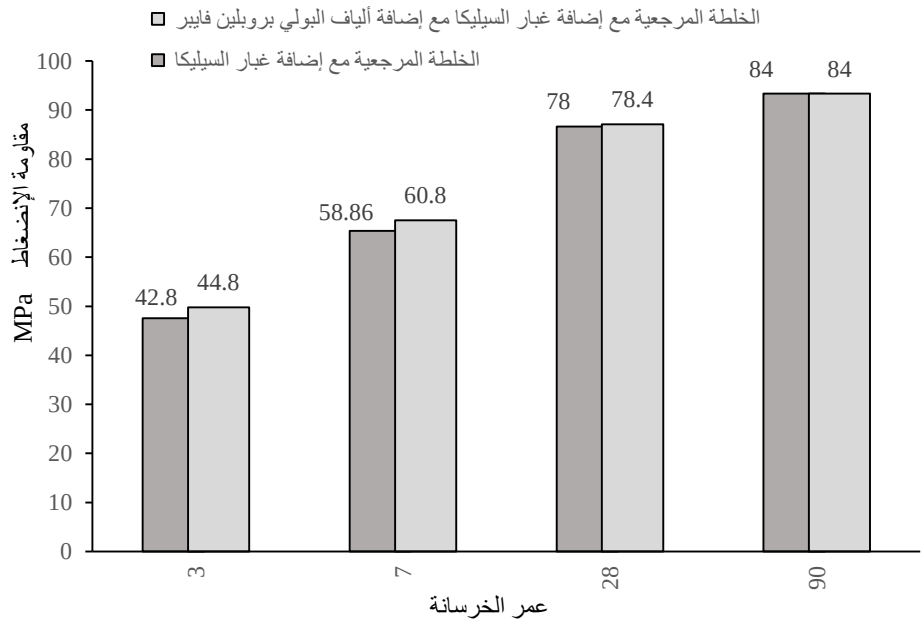
الخلطات الخرسانية	الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا	الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا	الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر	الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر
العمر (يوم)	MPa	MPa	MPa	MPa
3	47.10	42.80	47.30	44.80
7	50.70	58.86	51.15	60.80
28	59.30	78	59.70	78.40
90	69.50	84	70.53	84

يبين الشكل 4 تأثير ألياف البولي بروبلين فايبر على مقاومة الإنضغاط للخرسانة بدون إضافة غبار السيليكا نلاحظ أن إضافة Kg/m^3 0.9 من ألياف البولي بروبلين من حجم الخرسانة تحسن في مقاومة الإنضغاط بشكل طفيف في الأعمار المبكرة والمتأخر للخرسانة مقارنتها بالخلطة المرجعية. بينما يوضح الشكل 5 تأثير ألياف البولي بروبلين فايبر على مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع إضافة غبار السيليكا نلاحظ أن إضافة Kg/m^3 0.9 من ألياف البولي بروبلين

من حجم الخرسانة تحسن في مقاومة الإنضغاط في الأعمار المبكرة بينما لم تأثر مقاومة الإنضغاط في الأعمار المتأخرة مقارنة بالخرسانة التي تم إضافة غبار السيليكا لها.

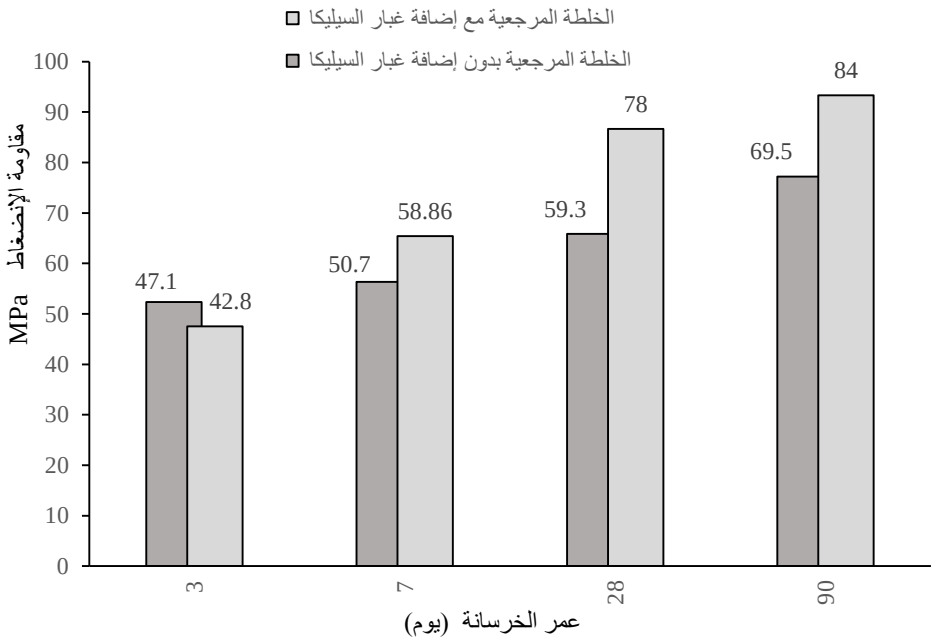


الشكل 4 : تأثير ألياف البولي بروبلين فايبر على مقاومة الإنضغاط للخرسانة بدون إضافة غبار السيليكا.



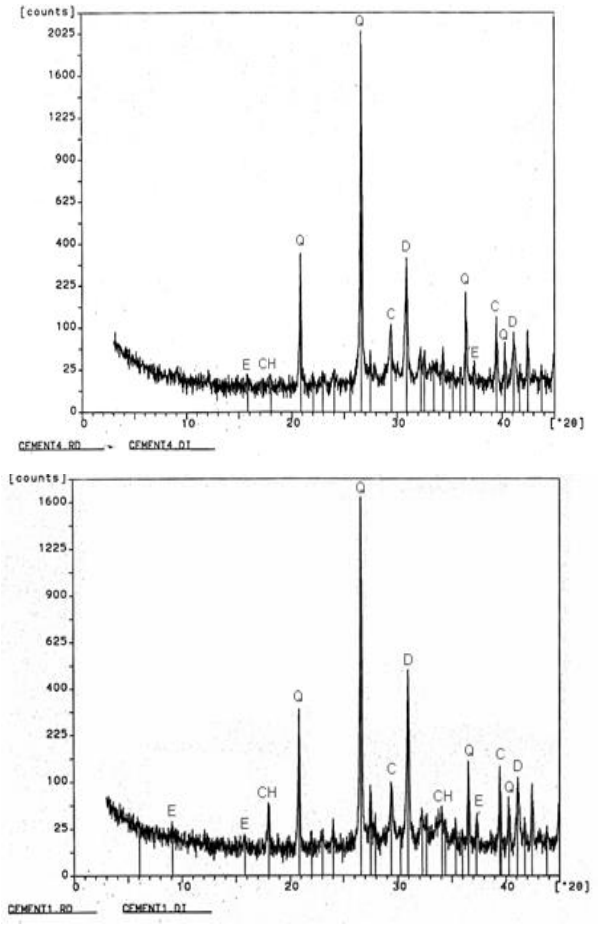
الشكل 5 : تأثير ألياف البولي بروبلين فايبر على مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع إضافة غبار السيليكا.

من نتائج الجدول 5 والشكل 6 نلاحظ أن إضافة غبار السيليكا بنسبة استبدال 10% من وزن الأسمنت يؤدي إلي إنخفاض مقاومة الإنضغاط بنسبة 9.13% بعمر 3 أيام بينما أدي إلي زيادة مقاومة الإنضغاط في الأعمار 7،28،90 يوم بنسب 16.1%،31.53%،20.86% علي التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية، أي أن إضافة غبار السيليكا يزيد من مقاومة الإنضغاط للخرسانة [9].



الشكل 6 : يبين تأثير إضافة غبار السيليكا بنسبة استبدال 10% من وزن الأسمنت.

تأثير استبدال غبار السيليكا كبديل جزئي للأسمنت على محتوي هيدروكسيد الكالسيوم في الخرسانة باستخدام تحليل X-Ray diffraction analysis (XRD)



الشكل 7: تحليل(XRD) X-Ray diffraction analysis

من الشكل 7 نلاحظ أن إضافة 10% من غبار السيليكا كبديل جزئي للأسمنت يقلل من هيدروكسيد الكالسيوم (CH) من 2.45% إلي 0.226% هذا بسبب تفاعل بزولاني بين الخرسانة وغبار السيليكا وبذلك يؤدي إلي زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة [9].

الإنكماش Shrinkage

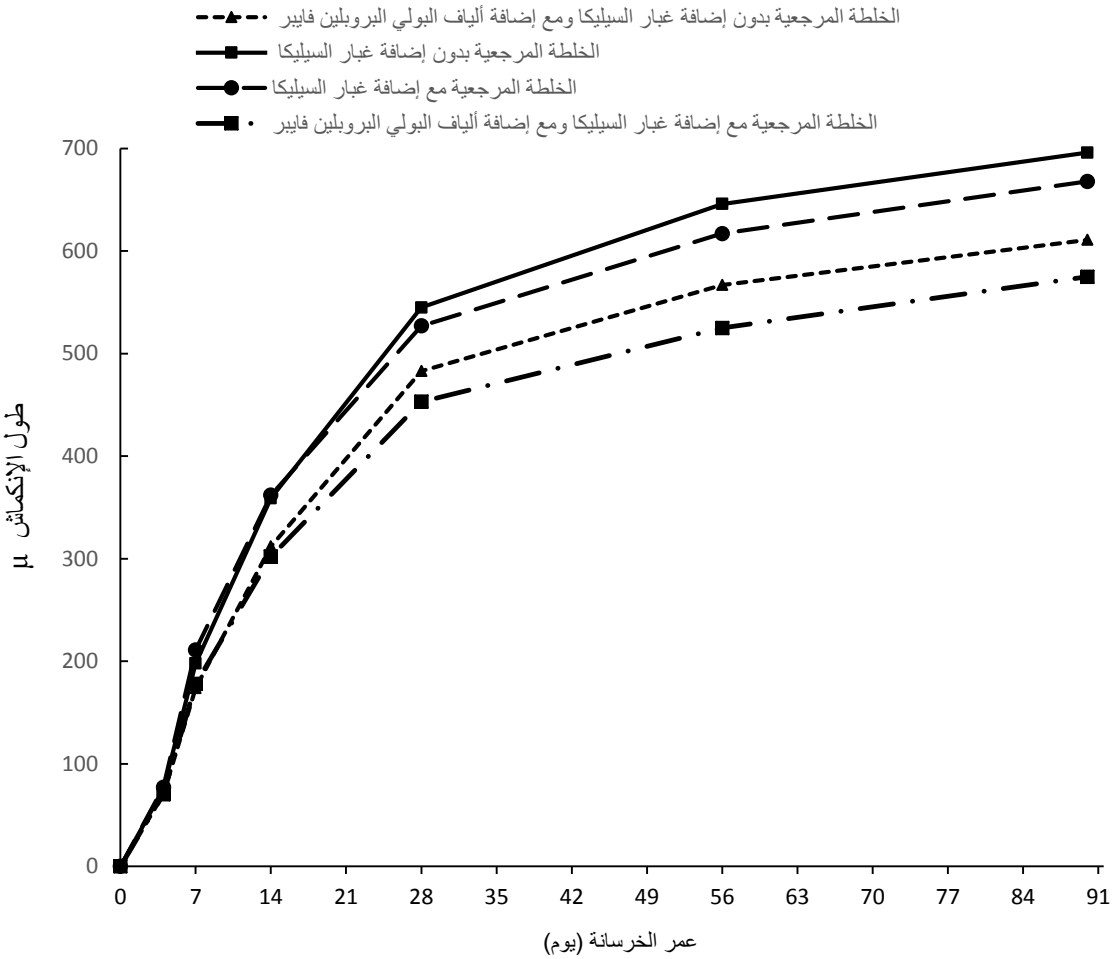
يبين الجدول 6 نتائج قياس طول الإنكماش للعينات الخرسانية والتي تم اجرائها بالمواصفة الامريكية ASTM C157 [10] حيث تم قياس الطول عند الأعمار 4،7،14،28،56،90 يوم من عمر الخرسانة. تم اختبار عينتين ومن ثم أخذ متوسط النتائج.

الجدول 6 : قياس الإنكماش في جميع الأعمار الخرسانية.

الخلطات الخرسانية	الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا	الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا	الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر	الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا ومع إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر
العمر (يوم)	με	με	με	με
4	75.50	77.20	70.40	70.40
7	198	211	174	178
14	359	362	312	302
28	545	527	483	453
56	646	617	567	525
90	696	668	611	575

من نتائج الجدول 6 والشكل 8 لوحظ أن إضافة 0.9 Kg/m^3 من ألياف البولي بروبلين من حجم الخرسانة وبدون إضافة غبار السيليكا أدي إلى إنخفاض الإنكماش بنسبة 6.75% عند عمر 4 أيام. بينما أدي إنخفاض الإنكماش عند الأعمار 7،28،90 يوما بنسبة 12.12%، 11.37%،12.21% على التوالي مقارنتها الخلطة المرجعية بدون إضافة غبار السيليكا. أما إضافة ألياف البولي بروبلين للخرسانة مع إضافة غبار السيليكا أدي إلى إنخفاض الإنكماش بنسبة 8.80% عند عمر 4 أيام. بينما أدي إنخفاض الإنكماش عند الأعمار 7،28،90 يوما بنسبة 15.64%، 14.04%،13.92% علي التوالي مقارنتها الخلطة المرجعية مع إضافة غبار السيليكا.

أما فيما يتعلق بي تأثير إضافة غبار السيليكا كبديل جزئي للأسمنت مقارنة مع الخلطة المرجعية أدي إلي إنخفاض طفيف للانكماش في الأعمار المتأخرة للخرسانة أي أن إضافة غبار السيليكا يؤدي إلي تقليل الانكماش للخرسانة [11].



الشكل 8 : يبين تأثير ألياف البولي بروبلين فايبر على طول الإنكماش للعينات الخرسانية.

الإستنتاجات.

من النتائج المعملية المتحصل عليها من إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر(Polypropylene fibers) إلى الخرسانة بنسبة $0.9\ Kg/m^3$ من حجم الخرسانة مع أو بدون إضافة غبار السيليكا تبين ما يلي:

1. تقلل إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر من قابلية التشغيل للخرسانة مع أو بدون إضافة غبار السيليكا.
2. إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر في الخرسانة مع أو بدون إضافة غبار السيليكا هناك زيادة طفيفة في مقاومة الإنضغاط في مختلف أعمار الخرسانة.

3. إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر إلى الخرسانة بدون إضافة غبار السيليكا يقلل من انكماش الخرسانة في أعمار 4 و7 و28 و90 يومًا بنسب 6.75% و12.12% و11.37% و12.21٪ على التوالي، مقارنةً بالخلطة المرجعية.
4. تقلل إضافة ألياف البولي بروبلين فايبر مع إضافة غبار السيليكا من انكماش الخرسانة في أعمار 4 و7 و28 و90 يومًا بنسب 8.8% و15.64% و14.04% و13.92٪ على التوالي، مقارنة بالخلطة المضافة لها غبار السيليكا.
5. يفضل استخدام ألياف البولي بروبلين فايبر في الخرسانة مع أو بدون إضافة غبار السيليكا.

التوصيات.

نوصي بتوسعة دراسة تأثير نسب أخري من ألياف البولي بروبلين فايبر على خواص الخرسانة الطرية و المتصلدة وكذلك بنسب متفاوتة من غبار السيليكا ومعرفة مدي تأثيرها على متانة الخرسانة وخاصة عند تعرض الخرسانة لبيئة كلورايد أو كبريتات.

المراجع.

[1] X. Y. Li, J. Zhao, W. Z. Wang, and A. Jiang, "Effects of Polypropylene Fiber on Plastic Shrinkage Crack and Mechanical Properties of Concrete," in Key Engineering Materials, 2006, vol. 324, pp. 487-490: Trans Tech Publ.

[2] D. H. Nguyen, V. T. Dao, L .O'Moore, and P. Dux, "Effects of micro-fibres on early-age properties of concrete," 2015.

[3] "Sika Egypt, 2006, Construction Products Catalog,11th Edition; El Abour; Egypt".

[4] A. J. E. A. W. L. L. Neville, "Properties of concrete, Harlow," 1995.

[5] "ASTM C494 - Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete".

[6] J. M. Aldred et al., "Guide for the use of silica fume in concrete," vol. 234, 2006.

[7] "ACI 211.1-91 “Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete,", American Concrete Institute, Famington Hills, Mich, USA.," International, West Conshohocken.

[8] "ASTM C143-15 - Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete," International, West Conshohocken.

[9] X. Cong, S. Gong, D. Darwin, and S. L. McCabe, "Role of silica fume in compressive strength of cement paste, mortar, and concrete," University of Kansas Center for Research, Inc.1990.

[10] "ASTM C 157 - Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete1".

[11] A. Alaskar, C. Hooton, and B. Materials, "Effect of binder fineness and composition on length change of high-performance concrete," vol. 237, p. 117537, 2020.

دراسة مرجعية لاستخدام بعض المواد كبديل جزئي للركام الناعم في ليبيا

د. أبو القاسم يحيى أبوصبيع د. محمد العربي المحروق

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة، ليبيا

E-mail: abulgasem.abusbuea@sabu.edu.ly

1- الملخص

نظراً للطلب المتزايد على مواد الخرسانة لما تشهده ليبيا من نهضة عمرانية وبالتالي تزايد الطلب على الخرسانة ومكوناتها وهذا يؤدي الي استنزاف الموارد الطبيعية لإنتاج الخرسانة وصناعة البناء والتشييد. ومن هنا تأتي ضرورة وضع حلول للتوازن بين الطلب المتزايد ومحاولة الحفاظ على الموارد الطبيعة والبيئية. ونظراً لزيادة الوعي وظهور اهتمام عام بضرورة البحث عن حلول للتقليل من الأثار السلبية عن تراكم المخلفات وإمكانية تدوير هذه المواد (الرمل الصناعي، الإطارات، الأجر، والبلاستيك) وذلك باستبدال الركام الناعم جزئيا لإنتاج خرسانة تدخل في صناعة البناء والتشييد بشكل عام وتطويرها وبالتالي تحقيق الإستدامة للأجيال القادمة. تهدف هذه الدراسة الشاملة الى إمكانية استخدام بعض المخلفات كإطارات السيارات وطوب الاجر وبقايا الزجاج والركام الصناعي والبلاستيك كبديل جزئي للركام الناعم في أنتاج خرسانة جديدة للإنشاء أو لصناعة الطوب الاسمنتي، حيث تم جمع البيانات للتجارب المعملية المتحصل عليها من الدراسات السابقة.

خلصت نتائج هذه الدراسة أنه عند استخدام مخلفات البلاستيك كبديل للركام الناعم لصناعة الطوب الاسمنتي وصلت المقاومة للطوب بزيادة 100% عند نسبة استبدال 3% وهي نسبة مشجعة على استخدام هذا النوع من المخلفات. من ناحية أخرى، أظهرت نتائج مخلفات الاجر بإضافة بعض الملدنات انخفاض أقل في المقاومة بنسبة 13% من المرجعية بينما في الرمل الصناعي الناتج من طحن الركام الخشن فقد كانت المقاومة أكثر بزيادة 11% من العينات المرجعية عند استبدال نسبة 100%. بالإضافة الى ذلك، فأن استخدام مادة الكاولينا كبديل للركام الناعم سجلت المقاومة 100% بنسبة استبدال 25% في حين أن، استخدام الإطارات كبديل للركام الناعم وصلت المقاومة اقل من المرجعية بنسبة 17%-40% لكل النسب التي تم اضافتها. ونتيجة لذلك، فقد أظهرت الدراسة نتائج مهمة يمكن الاعتماد عليها في استخدام المواد البديلة للركام الناعم في اعمال صناعة الطوب والبلاط وخرسانة الأرصفة.

الكلمات الدالة: الركام الناعم، مخلفات البلاستيك، مخلفات الاجر، مخلفات الإطارات، صناعة الطوب الاسمنتي.

2- المقدمة

شهدت ليبيا خلال العقود الأخيرة طفرة ونهضة حضارية وصناعية شملت الكثير من المجالات والقطاعات التنموية في المباني السكنية والانشاءات الخرسانية والتي بدورها تحتاج الى انتاج خرسانة متكونة من ركام متدرج ناعم وخشن واسمنت وماء حيث تكون متماسكة مع بعضها البعض، ومع أن الإسمنت متفاعلا مع الماء مكونا عجينة إسمنتية وهي المادة الرابطة للخرسانة والمسؤولة بشكل كاف عن المقاومة إلا أنه يصعب عمل وتصنيع الخرسانة من الإسمنت والماء فقط لسببين أساسين هما التكلفة العالية والتغير الحجمي العالي لعجينة الإسمنت (الانكماش والزحف) ولذلك يمكن التغلب على هذه المشاكل باستخدام الركام الناعم والخشن كعنصر أساسي متحداً مع عجينة الإسمنت ومكونًا الخرسانة.

يتكون الركام الناعم والخشن نتيجة لترسب المعادن وتشكلها خلال العمليات الجيولوجية حيث تشظي جسيمات الركام من الصخور أما طبيعياً نتيجة لعمليات التجوية والبري والتآكل أو صناعياً بواسطة تهشيم الصخور بالأجهزة والآلات وتتشابه العديد من المركبات في خواصها بينما تختلف أخري باختلاف مصادرها ومن العناصر الضارة التي يحتويها الركام الفحم والطين والطمي والحجر الكلسي أو الطباشيري ومركبات الحديد والغبار والكلوريدات والكبريتات والميكا ومواد عضوية وشوائب عضوية وهذه المواد العضوية مع الطين والرمل قد يكون لتلك المواد العضوية الذائبة في الماء تأثيرات ضارة على الخرسانة حيث تؤثر على تميؤ الإسمنت ومن الممكن أن يؤدي وجود نسبة 0.1% من وزن الرمل من هذه المركبات العضوية إلى تأخر تصلب الخرسانة [1]. وبالتالي فأن مفتاح الحصول على خرسانة قوية ومتينة يقبع في نسب الخلط وطريقة الخلط للخليط المشكل للخرسانة والركام الناعم والخشن والاسمنت والماء والذي يعتبر فيه الركام المكون الأساسي للخرسانة ما نسبته (60–75%) من حجم الخرسانة وعليه فأنه من الضروري الاحتراس عند اختيار نوعية وحجم الركام المستخدم في خليط الخرسانة الأخذ في الاعتبار مقاومة العوامل الجوية والذي تعتبر من أهم الخواص المطلوبة لمعظم أنواع الركام الشائع في ليبيا بالدرجة الكافية التي تضمن استعمالها في أعمال الخرسانة.

3- تصميم الخلطة الخرسانية

تصميم الخلطات الخرسانية يعنى تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين ويكون ذلك باستخدام نسب ثُبتت فاعليتها من الخبرة وقد يكون بطرق حسابية مبنية على أساس فني وبالنسبة الوضعية والتي تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلدة (مثل مدى المقاومة للأحمال أو المقاومة للبرى) والاشتراطات التي تطلبها خطوات صناعة الخرسانة. مع وجود عدة طرق لتصميم الخلطات الخرسانية منها الطريقة الإنجليزية والطريقة الأمريكية وذلك مع مراعاة التكاليف الاقتصادية حسب نوع العمل الإنشائي المطلوب والطريقة الحسابية تهدف إلى استخدام المواد الموجودة لخرسانة ذات خواص مطلوبة في الحالتين الطازجة والمتصلدة وذلك بأقل التكاليف ويمكن اعتبار أن مقاومة الخرسانة للضغط تبين مدى جودة الخرسانة الطازجة، حيث أن تحديد نسب الخلطة الخرسانية يعتبر من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصاديات المشروع. فمن الممكن الحصول على خرسانات متباينة في جودتها وثمنها بالرغم أن جميعها تتكون من نفس المواد، حيث يعتمد الاقتصاد النسبي للخلطات الخرسانية على أثمان مكوناتها.

4- تقييم نتائج البحوث لإحلال المواد المختلفة كبديل جزئي للركام في ليبيا

4-1 استبدال تكسير مخلفات الخرسانة بدل الركام الناعم في صناعة الخرسانة

للتقليل من استنزاف الموارد الطبيعية لمصادر الركام يتم اعادة استخدام المخلفات الخرسانية كما بالشكل رقم (1) بدلاً من رميها في المكبات، حيث يتم استخدام المخلفات الخرسانية وتكسيرها ومن تم نخلها على المنخل واستخدامها بنسب 10%، 20%، 30%، 40%، 50% وكانت النتائج كالتالي كما بالجدول رقم (1) [2].

الشكل رقم (1): عينات من المخلفات الخرسانية [2].

جدول رقم (1): نتائج المقاومة والشد والهبوط والامتصاص للخرسانة [2].

الاختبار		نسب استبدال المخلفات بالركام الناعم					
		%0	%10	%20	%30	%40	%50
الضغط (MPa)	7 أيام	25	23	18	20	22	20
	28 يوم	35	33	30	27	26	25
الهبوط (مم)		90	85	82	80	78	75
الشد (MPa)		3	3.1	2.8	2.8	2.8	2.7
الامتصاص		4	4.3	4.5	4.7	5.2	5.4

4-2 استبدال تكسير الركام الخشن بدل الركام الناعم في صناعة الخرسانة

تم استخدام الرمل الناتج من تكسير ركام خشن باستخدام جهاز لوس أنجلوس في عملية الطحن تم الغربلة يدوياً [3]، كما هو موضح بالشكل رقم (2). حيث كان الركام الناعم الناتج وفق المواصفة ونسب الاستبدال 25%، 50%، 100% وكانت النتائج كما بالجدول رقم (2) [3].

الشكل رقم (2): عملية الطحن تم الغربلة يدوياً [3].

جدول رقم (2): نتائج الاختبارات المقاومة والشد والهبوط [3].

الاختبار		نسب استبدال الركام الناعم بالركام الناعم الصناعي			
		%0	%25	%50	%100
الضغط (MPa)	7 أيام	27.2	30.6	30.8	34.1
	28 يوم	36	37.9	38.5	40.1
الهبوط (مم)		55	50	45	25
الشد (MPa)		2.8	3	3.1	3.2

4-3 استبدال تكسير مخلفات الاجر بدل الركام ناعم لصناعة الخرسانة

تساهم عملية استبدال ركام مخلفات الاجر كنسب احلال من الركام الطبيعي على المحافظة على البيئة تم استخدام كسر الاجر وطحنه واستخدامه كبديل للركام الناعم بنسب 10%، 20%، 30% وكانت نتائج الاختبارات لمقاومة الشد والضغط كما هو موضح بالجدول رقم (3) [4].

جدول رقم (3): نتائج الاختبارات المقاومة والشد والهبوط [4].

الاختبار		نسب الخلط				
		%0	%10	%20	%30	
الضغط (MPa)	28 يوم	54.02	45.5	47.29	49.55	W/C=0.4
	56 يوم	63.1	58.7	63.2	61.9	
الهبوط (cm)		760	739	713	682	
الشد (MPa)		4.87	4.5	5.10	5.13	

4-4 إنتاج الخرسانة بدون ركام ناعم

تم إنتاج خرسانة خالية من الركام الناعم (أسمنت وركام خشن وماء فقط) بنسب مختلفة كما بالشكل رقم (3) والشكل رقم (4) وكانت النتائج كما بالجدول رقم (4) [5].

الشكل رقم (3): أسطونات خرسانية [5].

الشكل رقم (4): مكعبات خرسانية [5].

جدول رقم (4): نتائج الاختبارات لمقاومة الضغط والشد والهبوط [5].

نسب خلط المواد				عند عمر 28 يوم			
نسب الخلط	الإسمنت	الركام	الماء	مقاومة الضغط (MPa)	الشد (MPa)	الهبوط (cm)	الامتصاص%
4:1	1	4	0.45	28.95	2.05	150	9.6
			0.50	24.3	0.97	150	10.4
8:1	1	8	0.55	17.3	0.44	150	11.2

4-5 خلط نوعين من الركام الناعم لصناعة الخرسانة

تعتبر نعومة الركام الناعم من العوامل التي تؤثر في قوام الخلطات الخرسانية بشكل مباشر حيث تعمل علي زيادة نسبة الماء اللازمة للخلط ونظراً لوجود أكثر من مصدر للركام الناعم في ليبيا تم اخذ بعض المصادر وخلط كل نوعين من الركام الناعم مع بعض وانتاج خلطة خرسانية. حيث تم خلط مصدر سوف الجين وسيدي السائح زلتين وكانت نتائج الخلط بالخلطة الخرسانية كما بالجدول رقم (5) [6].

جدول رقم (5): نتائج اختبار الضغط [6].

مصادر الركام الناعم	نسب الاستبدال بين كل نوعين			
	%0		%50	
	%0	%1ملدن	%50	%1 ملدن
	مقاومة الضغط (MPa)			
زليتن	15	25		
سيدي السائح	33	25		
سوف الجين	12	20		
سوف الجين–زليتن			32	34.7
سوف الجين–سيدي السائح			27	30
زليتن–سيدي السائح			23	24

4-6 استبدال الركام الناعم بمسحوق مطاط إطار السيارات

4-6-1 استبدال الركام الناعم بمسحوق الاطارات بنسبة ماء الى الاسمنت 0.6

للمحافظة على البيئة وعدم ترك المخلفات في المسطحات وعدم حرقها الأمر الذي يسبب أضرار بيئية وصحية على سلامة المواطن تم العمل على أخذ اطارات السيارات من المخلفات وإعادة تدويرها كمسحوق لاستخدامه بدل الركام الناعم بالخلطة الخرسانية [7]. حيث تم عمل عدة خلطات وكانت w/c الافضل 0.6 وكانت النتائج كما بالجدول رقم (6) وعمل خلطة خرسانية بالملدن وكانت النتائج كما بالجدول رقم (7) ومنها تم استبدال الركام الناعم بمسحوق الاطارات بنسب 5%، 10%، 15%،20%، 25% وكانت النتائج كما بالجدول رقم (8) ومنها تم اضافة الملدن (ملدن سيكا 5050) بنسب من 1.1 الى 2 من وكانت نتائج المقاومة كما بالجدول رقم (9) حيث تم اختيار نسبة 1.4% واستبدال الركام الناعم بمسحوق الإطارات [7].

جدول رقم (6): اختبار المقاومة للخلطة الخرسانية [7].

نسبة الماء للإسمنت	الإسمنت	الماء	الركام الناعم	الركام الخشن	المقاومة 7 أيام (MPa)	المقاومة 28 يوم (MPa)	الكثافة 28 يوم (g/cm^3)	الهبوط (cm)
0.6	250	154	640	1070	14.8	22.3	2228	18

جدول رقم (7): نسب الملدن للخلطة الخرسانية بدون استبدال [7].

نسبة الملدن	الكثافة (g/cm^3)		المقاومة (MPa)		الهبوط Cm
	7ايام	28يوم	7 أيام	28يوم	
1.1	2246	2264	14.8	23.7	18.5
1.4	2272	2264	16.70	29.10	13.5
1.7	2282	2270	20.70	28.4	13.5
2	2264	2264	19.7	27.3	16

جدول رقم (8): مقاومة الضغط للخرسانة مع مسحوق الإطارات [7].

نسبة استبدال مسحوق الاطارات	الكثافة (g/cm^3)		المقاومة (MPa)		الهبوط (cm)
	7 أيام	28 يوم	7 أيام	28 يوم	
%5	2289	2228	12	19.9	12
%10	2195	2234	11.8	17.8	12
%15	2153	2145	9.9	15.7	12
%20	2153	2198	9.07	11.6	12
%25	2072	2074	8.10	13.4	12.5

جدول رقم (9): مقاومة الضغط للخرسانة مع اضافة ملدن 1.4% [7].

نسبة استبدال مسحوق الإطارات	نسبة الملدن	الكثافة (g/cm^3)		المقاومة (MPa)		الهبوط Cm
		7ايام	28يوم	7ايام	28يوم	
%5	%1.4	2210	2216	15.3	21.8	15
%10	%1.4	2046	2086	11.3	17.2	15.5
%15	%1.4	2116	2139	12.5	18.8	15.5
%20	%1.4	2035	2062	9.97	14.7	16
%25	%1.4	2040	2027	8.57	13	16

4-6-2 استبدال الركام الناعم بمسحوق الاطارات السيارات بنسبة ماء للإسمنت 0.49

حيث تم عمل عدة خلطات وكانت w/c الافضل 0.49 ومنها تم استبدال الركام الناعم بمسحوق الإطارات بنسب 5%، 10%، 15%، 20%، 25% وقد تم اضافة غبار السليكا 50 جرام وكانت النتائج للمقاومة والشد والهبوط كما بالجدول رقم (10) [8].

جدول رقم (10): اختبارات المقاومة والشد والانحناء والامتصاص والكثافة للخرسانة [8].

نسبة الاستبدال %	إسمنت	ركام ناعم	ركام خشن	حبيبات المطاط	ماء	الهبوط (mm)	مقاومة الضغط MPa			مقاومة الإنحناء (MPa)	الامتصاص (%)	الكثافة (Kg/m^3)
							7 أيام	28 يوم	56 يوم			
0	415.8	620	1120	0	205	110	32	42	43.2	3.8	3.56	2459
5	415.8	589	1120	13.08	205	102	28.6	35	38	3.5	3.89	2400
10	415.8	558	1120	26.17	205	94	23	30	33	3.15	4.19	2370
15	415.8	527	1120	39.26	205	82	19	26	28	2.75	4.48	2340
20	415.8	496	1120	52.3	205	75	16	22	25	2.3	4.63	2311

4-7 خلط الرمل بالمشتقات النفطية (بنزين -زيت مستعمل-زيت الغاز)

تهدف هذه الدراسة الى مدى تأثير الركام الناعم من الثلوت بالزيوت النفطية بنسب 1.5%، -3%، -6%، -9% قبل الخلطة مع بقية مكونات الخلطة الخرسانية وكانت نتائج اختبارات المقاومة والشد كما بالجدول رقم (11) [9].

جدول رقم (11): اختبارات المقاومة والشد [9].

الاختبار	نسبة الإضافة (%)	بنزين	زيت الغاز	زيت مستعمل
	0	52.2		

مقاومة الضغط للخرسانة (MPa) عند عمر 28 يوم	1.5	43.8	48.1	40
	3	50	43.1	33.5
	6	45.2	42.4	25.6
	9	41.3	40.7	10.5
مقاومة الضغط للخرسانة (MPa) عند عمر 28 يوم	0	7		
	1.5	6.7	6.1	4.9
	3	7	6.5	5
	6	5.8	6	4.8
	9	5.9	5	3.7

4-8 استبدال مخلفات البلاستيك بدل الركام الناعم لصناعة الطوب الاسمنتي

نظراً لكثرة مخلفات البلاستيك في الطبيعة وللمحافظة على البيئة تم استخدام مسحوق البلاستيك بدل الركام الناعم لصناعة الطوب الاسمنتي باستعمال الاسمنت البورتلاندي الابيض والبوتلاندي العادي ونسبة استبدال 3%، -6%، -12% وكانت النتائج للمقاومة والشد كما بالجدول رقم (12) [10].

جدول رقم (12): نتائج اختبار مقاومة الضغط والشد للطوب الإسمنتي [10].

نوع الإسمنت	نسبة مسحوق البلاستيك %	مقاومة الضغط (MPa)				مواصفات الطوب الليبية رقم 2002/47
		7 أيام	14 يوم	21 يوم	28 يوم	
إسمنت بورتلاندي أبيض	0	13.3	16.3	16.3	17.8	5.7 (MPa)
	3	17.3	18.5	19.4	20.33	
	6	15	19.5	19.5	19	
	12	5.8	7.33	7.33	7.33	
إسمنت بورتلاندي العادي	0	11.5	14	15.2	16.5	
	3	21.8	26.5	28	30.5	
	6	9.16	15.3	15.5	15.7	
	12	6.33	6.66	7.63	8.83	

5- مناقشة النتائج

عند استبدال ركام ناعم ناتج من طحن مخلفات الخرسانة بدل الركام الناعم بالخرسانة كانت المقاومة في تناقص مع زيادة الاستبدال حيث كانت عند استبدال نسبة 10% تنخفض المقاومة بنسبة 6% وعند استبدال 20% تنخفض المقاومة 20% وعند استبدال 30% تنخفض المقاومة 22%. من جانب أخر، لوحظ أن المقاومة في تزايد مع زيادة نسب الاستبدال حيث كانت عند نسبة استبدال 25% من الركام الناعم تزيد المقاومة بنسبة 6% عن المقاومة المرجعية وعند زيادة نسبة 100% ركام صناعي كانت المقاومة في زيادة بنسبة 11%. اما عند استبدال طحن الاجر تنخفض المقاومة

مع زيادة نسبة الاستبدال حيث كانت عند استبدال 10% وصلت قيمة الانخفاض بالمقاومة بنسبة 16% وعند استبدال 30% وصلت قيمة الانخفاض بالمقاومة الى 8%. وعند استخدام خرسانة خالية من الركام الناعم لوحظ ان كلما زادت نسبة الركام الخشن كلما قلت المقاومة عن المقاومة المرجعية. ولكن عند خلط الركام الناعم ببعض الانواع مع بعض حيث كانت المقاومة في زيادة 8.5% عن المرجعية عند خلط ركام سوف الجين وزليتن بنسبة خلط 50%. وصلت ايضاً زيادة المقاومة 4% عند خلط سيدي السائح وزلتين. وعند خلط سوف الجين وسيدي السائح وصلت زيادة المقاومة بنسبة 11%. أيضا تبين عند استخدام مسحوق الإطارات ان المقاومة تنخفض عند زيادة نسبة الاستبدال عند استخدام نسبة الماء للإسمنت 0.6 أو 0.49 حيث قلت المقاومة عند الأولي عند نسبة استبدال 5% الى 10% اما الثانية وصلت نسبة انخفاض المقاومة عن المرجعية الى 16% اما عند نسبة استبدال 20% فكانت نسبة انخفاض المقاومة تقريباً متساوية 48%. حيث انه عند ثلوث الركام الناعم بالبنزين والزيوت فأن المقاومة تنخفض بنسبة 13% عند ثلوث الركام الناعم بنسبة 6% بنزين. وقلت المقاومة بنسبة 28% عن المرجعية عند ثلوث الركام الناعم 6% بالزيت المستعمل. اما عند استخدام مسحوق البلاستيك لتصنيع الطوب الاسمنتي لوحظ زيادة المقاومة للطوب بنسبة 12% وعند نسبة استبدال 3% وكذلك عند نسبة استبدال 6% زادة المقاومة بنسبة 3% عند استخدام الاسمنت البوتلاندي الأبيض. أما عند استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي فكانت نسبة زيادة المقاومة 100% عن المرجعية عند استبدال نسبة 3%.

6- الاستنتاجات

1. يتبين ان الركام الناعم يتأثر بتلوث المشتقات النفطية.
2. كانت اعلي زيادة للمقاومة عن المرجعية 11% عند استبدال طحن الركام الخشن بنسبة 100% عن الركام الناعم.
3. كانت زيادة المقاومة بنسبة 11% عن المقاومة المرجعية عند خلط 50% ركام سوف الجين مع سيدي السائح.
4. كانت اقل نسبة مقاومة بالمقارنة بالمرجعية 16% عند استبدال نسبة 5% مسحوق الإطارات بدل الركام الناعم.
5. تبين ان خلط بعض انواع الركام الناعم يعطي نتائج ممتازة.
6. تبين ان عند استخدام طحن الركام الخشن الى ناعم كانت النتائج جيدة ولكن قد تكون مكلفة.
7. استخدام كسر الاجر ومسحوق الإطارات وكسر الخرسانة كانت غير فعالة حيث تزداد نسبة انخفاض المقاومة عند زيادة نسبة الاستبدال.

8. امكانية استخدام مسحوق البلاستيك في تصنيع الطوب الإسمنتي بنسبة استبدال 3%.

7- التوصيات

1. امكانية اجراء دراسة عن تصنيع الطوب الاسمنتي باستخدام الركام الناعم بمسحوق الاطارات او كسر الخرسانة أو الاجر.
2. امكانية خلط انواع الركام الناعم مع بعض لإنتاج الخرسانة.

8- قائمة المراجع

[1] محمود الامام، الخرسانة، دار الكتب، مصر، 2002.

[2] عمر، اشرف حامد، "استخدام مخلفات الخرسانة كركام ناعم في صناعة الخرسانة" المؤتمر الوطني السابع لمواد البناء، البيضاء، ليبيا، 2018.

[3] امال ووفاء عبد العاطي، غادة صالح، "استخدام الرمل الصناعي بدلاً عن الركام الناعم في الخلطات الخرسانية" المؤتمر الوطني السابع لمواد البناء، البيضاء، ليبيا، 2018.

[4] د. مختار معمر، اياس الجيلي، "تأثير الركام الناعم الناتج من مخلفات الاجر على خواص الخرسانة ذاتية الدمك" المؤتمر الوطني الثامن لمواد البناء، بني وليد، ليبيا، 2021.

[5] د. عمر رمضان، احمد جميل، "تأثير نسب الخلط على خواص الخرسانة الخالية من الرمل" المؤتمر الوطني السابع لمواد البناء، البيضاء، ليبيا، 2018.

[6] د. ابراهيم الفقهي، "تأثير درجات النعومة للرمل على خواص الخرسانة" المؤتمر الوطني الثامن لمواد البناء، بني وليد، ليبيا، 2021.

[7] محمد احمد، "دراسة استخدام المخلفات الإطارات في إنتاج الخرسانة الإسمنتية المحلية" بحث الإجارة العالية الماجستير، الاكاديمية الليبية، ليبيا، 2017-2018.

[8] د. نوري الباشا، م. عبدالناصر الزوم, "الخرسانة المحتوية على نفايات مطاط الإطارات" المؤتمر الوطني السابع لمواد البناء، البيضاء، ليبيا، 2018.

[9] د. محمد سلمان، د. مسعود حركات، "تلوث الخرسانة بالمشتقات النفطية" المؤتمر العربي الثاني عشر للهندسة الانشائية، طرابلس، ليبيا، 2013.

[10] د. إمحمد باشا، احمد جاسم، "تأثير إضافة المخلفات البلاستيكية في الطوب الإسمنتي بدل الرمل" مجلة جامعة سبها للعلوم التطبيقية العدد 3، سبها، ليبيا، 2013.

خصائص البوزلانا المحلية الموجودة بالجنوب الليبي

د. إبراهيم أحمد المختار الحضيري
دكتوراه مهنية في الإدارة الهندسية
نقابة المهن الهندسية / فرع سبها
Almokhtar_72@yahoo.com

الملخص:

تزخر منطقة الجنوب بليبيا بالعديد من الثروات الطبيعية المختلفة, لعل من أبرزها تلك الخامات الأولية التي تدخل في صناعة مواد البناء ومن أهمها الطين المكلس أو ما يعرف بالبوزولانا. حيث أشارت العديد من الدراسات إلى توفرها وبشكل كبير حول منطقتي سبها وبراك بوادي الشاطيء. وقد تمّ تشكيل فريق بحثي بقسم الهندسة المدنية بكلية العلوم الهندسية والتقنية بجامعة سبها للقيام بسلسلة من الدراسات البحثية حول إمكانية الإستفادة من تلك المواد الطينية وإدخالها في مجال صناعة الإسمنت وإنتاج الخرسانة, وذلك لغرض تحسين خصائصهما من جهة وتقليل تكلفة المتر المكعب من جهة أخرى. حيث بيّنت نتائج الأبحاث مطابقة التركيب الكيميائي ومعدلات المقاومة الإنضغاطية لهذه الخامات للمواصفة ASTM C618-03.

في هذه الورقة سنتعرف على خصائص هذه المواد من خلال خمسة مواقع هي: موقعان أحدهما بشمال شرق مدينة سبها والآخر بتمنهنت, وثلاثة مواقع حول مدينة براك هي آقار والعافية وتاروت.

الكلمات المفتاحية: الخرسانة, البوزلانا, الخلطة الخرسانية, المواد البوزلانية, الإسمنت

1. المقدمة:

تعتبر البوزلانا من المواد التي يتزايد الطلب عليها, وذلك نظراً لاستخداماتها المتعددة والتي من أهمها استبدالها بكمية من الإسمنت اللازم لصناعة الخرسانة, والذي يؤدي بدوره إلى التقليل من كمية الحرارة الناتجة عن عملية تفاعل الإسمنت مع الماء (التميؤ) نتيجة هذا الإستبدال, وتقليل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المصاحب لعملية صناعة الإسمنت عند إضافتها إليه. وهو توجه مطلوب من أجل خرسانة خضراء صديقة للبيئة وميزة قد نحتاجها بشكل أكبر في المنشآت كبيرة الحجم ذات الخرسانة الكتلية (كالسدود) والتي قد تتسبب الحرارة في حدوث تصدعات بها, أيضاً حاجتنا إليها في

الأجواء الصحراوية والحارة والتي تغطي رقعة كبيرة من بلادنا خاصة الجنوبية منها. بالإضافة لذلك, فإن استعمال مادة البوزلانا يعمل على تقليل الكلفة الإقتصادية – نظراً لرخصها مقارنة بمادة الإسمنت – وإكساب الخرسانة خصائص إضافية من حيث الجودة والمتانة لتحمل الظروف التي صُمّمت من أجلها وتعمل في محيطها طيلة عمرها الافتراضي لمقاومة المتغيرات التي تحاول إحداث تلف أو تدهور في بُنيتها.

تتوفر هذه المواد بكميات معتبرة ؛ وذلك وفقاً لدراسات أجريت من قبل (مركز البحوث الصناعية) بتاجوراء بطرابلس وأكدت وجودها في مناطق بالجنوب الليبي حول مدينة سبها وبراك بوادي الشاطيء, وهي ثروة يُتطلب استغلالها ويمكن أن تساهم في دعم الاقتصاد الوطني وزيادة الدخل القومي بإدخالها في إحدى أهمّ الصناعات الإستراتيجية وهي صناعة الإسمنت, وبالتالي الاستفادة منها هندسياً وبيئياً كما تم ذكره. وقد أقيمت حول هذه المواد العديد من الدراسات قام بها فريق بحثي بقسم الهندسة المدنية بكلية العلوم الهندسية والتقنية بجامعة سبها.

ارتكز البحث على دراسة خمسة مواقع هي: (سبها وتمنهنت والعافية وآقار وتاروت), حيث اعتمدت هذه الدراسات في برنامجها العملي على أخذ عينات من هذه المواقع واستخدام كميات منها بنسب محددة تراوحت بين (10 – 20)% وإضافتها لمكونات الخلطة الخرسانية بدل جزء من مادة الإسمنت الداخلة في مكوناتها.

2. المواد البوزلانية:

البوزلانا؛ وتعرف أيضاً بالمواد البوزلانية أو متأخرة التميؤ: هي خامات ألومينية أو سليكية أو خليط من كليهما[2], وهذه المواد لا تملك قدرة لاصقة إسمنتية إلا أنها وبوجود الماء تتفاعل كيميائياً عند درجات الحرارة العادية مع هيدروكسيد الكالسيوم (الجير) الناتج من عملية التميؤ – تفاعل الإسمنت مع الماء – مكونة مركبات ذات خصائص إسمنتية غير قابلة للذوبان –مثل سيليكات وألومينات الكالسيوم – تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسامات الشعرية بالخرسانة[3].

1.2 أنواع المواد البوزلانية:

تنقسم المواد البوزلانية إلى نوعين:

1.1.2 البوزلانا الصناعية:

وهي مواد ثانوية يُحصل عليها من المخلفات الصناعية, وتشمل رماد الفحم, والطوب المحروق, وغبار السيليكا وخبث الحديد الناتج من مخلفات صناعة الحديد والصلب.

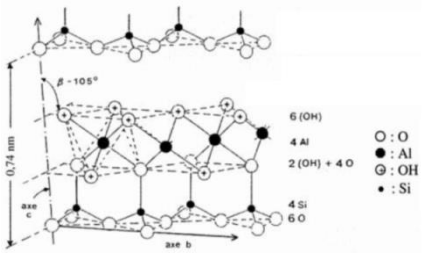
2.1.2 البوزلانا الطبيعية:

هي مواد توجد في الطبيعة على هيئة رواسب بركانية أو مواد أوبالية أو ترسبات طينية, ومنها الطين المحتوي على الكاولين موضوع الدراسة.

2.2 البوزلانا المحلية (الكاولين):

الكاولين هو أحد المعادن الطينية , تركيبه الكيميائي ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$). وبالإضافة إلى المواد الأساسية المشكلة له؛ هناك نسب معينة من الشوائب هي في العموم عبارة عن أكاسيد مثل MnO و Fe2O3 و CaO و Na2O و K2O كما توجد بها مواد عضوية والتي تزول بتسخين الكاولين إلى درجات حرارة معينة, وهذه الشوائب يمكن أن تكون موزعة بانتظام على المادة الأصلية الخام، كما يمكن لها أن تكون على شكل تجمعات بالشقوق الصخرية[4].

إن التحليل بواسطة الأشعة السينية للكاولين النقية يدل على وجود ترتيب ذري لمدى طويل وبنية بلورية محدودة للكاولين كما هو موضح بالشكل رقم (1), ومنه يمكننا أن نلاحظ بأن التوزيع غير متجانس في الأبعاد الثلاثة. والكاولين عبارة عن طبقات من شبكة بلورية حيث تتماسك طبقاتها مع بعضها البعض بقوى تجاذب كبيرة, والأشكال الناتجة للبلورات هي في غالبها صفائح سداسية مجهرية تعكس البنية الذرية للمادة.



شكل (1): التركيب البلوري للكاولين

والكاولين مركب غير نشط كيميائياً، ومن أهم خصائصه تفككه بارتفاع درجات الحرارة[4]، حيث أن معادن الكاولين تتبلور بخروج ماء الرطوبة أو الماء الممتص بعد تفاعل أولي ماص للحرارة بين درجة الحرارة 100° C و 110° C, وتؤدي هذه العملية باقتراب الحبيبات من بعضها البعض، لكن يحدث هذا بدون تغير في الشبكة البلورية، وإبتداء من 500° C تقريبا ينتج ثاني تفاعل ماص للحرارة، والذي ينتج عن تحول الكاولين إلى طور آخر يدعى الميتاكاولين ($Al_2O_32SiO_2$) حيث يتم التخلص من جزيئى الماء (H_2O) الداخل في التكوين، **وهو** بدوره يتفكك إلى الومينيا (AL_2O_3) وسيليكا (SiO_2) . وهذا التحول يوصف كيميائياً بمعادلة التفاعل التالية:

$$2Al2Si2O5(\ OH\ 4) \rightarrow 2Al_2\ Si_2O_5 + 4H_2O$$

2.2 استخدام البوزلانا كبديل جزئي للإسمنت:

عادة ما تتم إضافة المواد البوزلانية في ثلاث صور هي:

1 – كبديل عن جزء من الأسمنت البورتلاندي (وهي الحالة الأكثر شيوعا لأسباب إقتصادية).

2 – كبديل عن جزء من الرمل (إما لعدم وجود الرمل الجيد أو لأن التدرج الحبيبي للرمل غير مطابق للمواصفات).

3 – كإضافة للأسمنت بدلا عن أستبداله , وذلك لزيادة المحتوى الأسمنتي في الخرسانة.

وغالبا ما يتم الخلط أعتمادا على النسب الوزنية, ونادرا بنسب حجمية. وقد تناولت عدة دراسات سابقة إمكانية استخدام البوزلانا المحلية على صورة ميتاكاولينا كبديل لجزء من الإسمنت في الخلطات الخرسانية, حيث تراوحت نسب الإستبدال من 10% إلى 20% من وزن الإسمنت, أعطت في مجملها مؤشرات إيجابية لاستخدامها كبديل جزئي للإسمنت.

3.2 تفاعل البوزلانا مع الجير (التميؤ):

تتفاعل السليكا المتواجدة بالبوزلانا مع هيدروكسيد الكالسيوم الناتج من عملية التميؤ – تفاعل الإسمنت مع الماء – مكونة هيدرات سيليكات الكالسيوم , حيث يكون التفاعل الرئيسي على الصورة:

$$\mathbf{CH + S + H \rightarrow C{-}S{-}H}$$

وتتفاعل السليكا الغير المتبلورة (كاولين) بشكل أسرع من السليكا ذات الشكل البلوري (كوارتز) مع هيدروكسيد الكالسيوم.

وعند احتواء البوزلانا على على مقادير من الألومينا النشطة, تتشكل هيدرات ألومينات الكالسيوم كما بالصيغة التالية:

$$\mathbf{CH + A + H \rightarrow C{-}A{-}H}$$

ومع أنواع البوزلانا عالية التفاعلية , يظهر التفاعل البوزلاني الثانوي منتجاً ثلاثي سليكات الكالسيوم الذي يكون بالصيغة:

$$\mathbf{C_3S + 2S + 10.5H \rightarrow 3[CSH_{3.5}]}$$

وتظهر هذه التفاعلات بشكل واضح مع أغلب أنواع البوزلانا الطبيعية أو الصناعية في فترة ما بين 3 إلى 14 يوماً بعد خلطها بالماء[3].

4.2 التأثير على متانة الخرسانة:

تتبع أهمية التفاعل البوزلاني من تأثيره على التركيب الداخلي للخرسانة كما يلي:

- **إعادة توزيع الفراغات:** حيث يتم تحويل الفراغات الكبيرة الموجودة في بيئة الخرسانةإلى فراغات صغيرة (أكثر عددا وأصغر حجما) كنتيجة مباشرة لترسيب مادة C–S–H المتكونة من التفاعل البوزولوني في هذه الفراغات.

- **تغيير في حجم المكونات:** وخاصة الجير المطفأ المتكون حديثا من تفاعل الأسمنت مع الماء, حيث تتحول بلورات الجير الصلدة والكبيرة إلى مادة C–S–H الخيطية الشكل وغير المتبلورة وذات المساحة السطحية الكبيرة, والتي تشغل حيزا كبيرا من الفراغات. حيث تزداد مادة C–S–H الأسمنتية في الخرسانة مع تقليل نسبة الجير.

وتساعد هاتان الآليتان في ديمومة الخرسانة, حيث تقل الفراغات الكبيرة التي تساعد على دخول المواد الضارة (مثل الماء, ثاني أكسيد الكربون, الكلوريدات, إلخ). كما أن صغر حجم الجير المطفأ (يسبب التفاعل البوزلاني) يساعد على تقوية المنطقة الإنتقالية (Transition Zone) بين العجينة الأسمنتية والحصى في الخرسانة, حيث تعتبر هذه المنطقة أضعف منطقة في الخرسانة. كما أن إستهلاك الجير في التفاعل البوزلاني يقلل من التفاعلات الكيميائية الضارة الناتجة عن دخول بعض الأيونات (مثل الكبريتات) إلى الخرسانة[8].

5.2 خصائص المواد البوزلانية:

تجرى الدراسات المختلفة على المواد البوزلانية لمعرفة خصائصها ومدى مطابقتها للمواصفات وبالتالي استخدامها كمواد بناء بديلة تضاف للخرسانة أو الإسمنت. وأهم هذه الخصائص يمكن توضيحها على النحو التالي:

1.5.2 التحليل الكيميائي:

يتم عن طريق استخدام الأشعة السينية الوميضية (XRF) ويوضح بصورة عامة المواد المتفاعلة (الداخلة في التفاعل) وتحديد نسبة كل من السليكا والألومينا في العينة, حيث تنص المواصفة ASTM C618–03 على ألا تقل نسبتها عن 70%, وتحسب نتائج تحليل العينات عادة عن طريق النسبة المئوية لكل عنصر في العينة. بالإضافة إلى حساب الفاقد في الوزن نتيجة تسخين العينة إلى درجة حرارة معينة وهروب المواد الطيارة (volatiles).

2.5.2 الشكل البلوري:

تستخدم الأشعة السينية ذات الطول الموجي من 10 – 0.01 نانومتر لكشف العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة وتحليلها, ويستخدم انحراف الأشعة السينية (X.R.D) في دراسة المواد الصلبة والتركيب البلوري لها. ويهدف التحليل بشكل عام إلى تحديد الشكل العام للسليكا (بلوري – غير بلوري) أي سليكا نشطة أكثر تفاعل مع الجير أو سليكا غير نشطة.

3.5.2 الفعالية البوزلانية:

تزداد الفعالية البوزلانية أو ما يعرف بـ (مؤشر قوة نشاط البوزلان) كلما احتوت على سيليكا غير متبلورة. وهناك عدة طرق لقياس فعالية المادة البوزلانية (Strength Activity Index) مثل طريقة قياس كمية الجير المتحد مع المادة البوزلانية, أو عن طريق قياس درجة حرارة الإذابة للمادة البوزلانية في خليط مكون من حمض النتريك وحمض الهايدروفلوريك, أيضاً هناك طريقة للقياس عن طريق المقاومة الإنضغاطية من خلال العلاقة الواردة في المواصفة ASTM C311 على النحو التالي:

الفعالية البوزلانية (**SAI**) = $\frac{A}{B} \times 100$

حيث أن:

A : هومتوسط مقاومة الضغط لمكعبات الخلطة المحتوية 20% من البوزلانا مقدرة بـ (MPa).

B : هومتوسط مقاومة الضغط لمكعبات الخلطة المكونة من الإسمنت فقط مقدرة أيضاً بـ (MPa).

ويمكن تنشيط البوزلانا وزيادة فعاليتها (عملية الكلسنة) بعدة طرق[17], منها:

- التنشيط بواسطة الحرق.
- التنشيط بواسطة زيادة النعومة.
- التنشيط بواسطة إضافة مواد كيميائية.

ووفقاً لأغلب الدراسات, فإن الفعالية البوزلانية للكاولين المحلي المدروس تزيد عن طريق المعالجة الحرارية – التي تحوله إلى ميتاكاولين نشط – في درجة حرارة 800 درجة مئوية لمدة ساعتين, والطحن حتى درجة نعومة 150 ميكرومتر. أنظر الشكلين رقم (2) و(3).

شكل (2): تنشيط البوزلانا المحلية بواسطة الحرق

شكل (3): عملية نخل العينات بعد طحنها

3. منطقة الدراسة:

أكدت دراسات عديدة قام بها مركز البحوث الصناعية " طرابلس – ليبيا " على تواجد كميات من أنواع مختلفة من الخامات والمواد الطينية مثل الجبس والحديد والبازلت وغيرها, وذلك في مناطق واسعة من ليبيا, من أهمّها: غريان, الخمس, بنغازي, درنة, زليتن, سبها, وادي الشاطيء[2,16].

وتوضح الخريطة في الشكل رقم (4) المناطق الجنوبية وبالتحديد منطقة سبها وما حولها ومناطق وادي الشاطيء التي تتواجد بها المواد البوزلانية الطبيعية – موضوع الدراسة – على هيئة صخور طينية حاوية على معدن الكاولين.

شكل (4): مناطق تواجد الكاولين بمنطقة الدراسة

1.3 موقع سبها:

يقع على بعد حوالي 10كم شمال شرقي مدينة سبها على بعد 100م يمين الطريق الواصل إلى منطقة وادي البوانيس.

أنظر الشكل رقم (5) والشكل رقم (6).

شكل (5): صورة قمر صناعي لموقع سبها

شكل (6): الموقع الحقلي بسبها

1.1.3 الشكل واللون:

عينات الموقع هي عبارة عن كتل بيضاء غير منتظمة الشكل سهلة التفتت. أنظر الشكلين رقم (7) و(8).

شكل (7) : صخور موقع سبها

شكل (8) : عينة موقع سبها بعد حرقها وطحنها

2.1.3 التركيب الكيميائي:

الجدول رقم (1) يوضح التحليل الكيميائي لعينة موقع سبها.

جدول (1): التحليل الكيميائي لموقع سبها

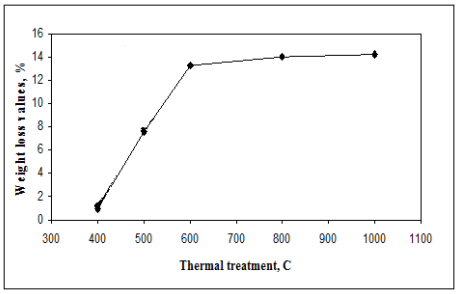
المتطلب	القيمة الفعلية	المتطلب	القيمة الفعلية
أكاسيد(السيلكون, الألومنيوم, الحديد)	**95.2**	أكسيد الكالسيوم	**0.1**
ثالث أكسيد الكبريت	**3.033**	أكسيد البوتاسيوم	**0.16**
المحتوى المائي	---	ثاني أكسيد التيتانيوم	**3.019**
القلويات (أكسيد الصوديوم)	**0.22**	خامس أكسيد الفوسفور	**0.137**
ثاني أكسيد السيلكون	**53.42**	أكسيد المنجنيز	**0.0088**
ثالث أكسيد الألومنيوم	**40.84**	ثالث أكسي الكروم	---
ثالث أكسيد الحديد	**0.975**	أكسيد السترانشيوم	**0.034**
أكسيد الماغنسيوم	**0.13**	الفقدان بالحرق L . O . I	**0.88**

3.1.3 البنية البلورية:

نسبة السليكا ذات الشكل البلوري (الكوارتز) إلى الكاولين لعينة موقع سبها بلغت (5 : 95)%.

4.1.3 الخصائص الحرارية:

يبين الشكل رقم (9) قيم فقدان الوزن للعينة بعد حرقها في درجات الحرارة المختلفة لمدة ساعتين.



شكل (9): قيم فقدان الوزن لعينة موقع سبها

5.1.3 الفعالية البوزلانية:

الفعالية البوزلانية أو ما يعرف بمؤشر نشاط البولانا بالنسبة لموقع سبها هي: 99.8% بعد 7 أيام و109.1% بعد 28 يوم.

2.3 موقع تمنهنت:

يوجد على بعد 10كم من بلدة تمنهنت في اتجاه الشمال من الطريق المعبد الواصل لمنطقة سمنو.

أنظر الشكلين رقم (10) و(11).

شكل (10) : صورة قمر صناعي لموقع تمنهنت

شكل (11) : الموقع الحقلي بتمنهنت

1.2.3 الشكل واللون:

صخور هذا الموقع عبارة عن كتل صلبة بيضاء تميل قليلاً للاحمرار. أنظر الشكلين رقم (12) و(13).

شكل (12): صخور موقع تمنهنت

شكل (13): عينة موقع تمنهنت بعد حرقها وطحنها

2.2.3 التركيب الكيميائي:

الجدول رقم (2) يوضح التحليل الكيميائي لعينة موقع تمنهنت.

جدول (2): التحليل الكيميائي لموقع تمنهنت

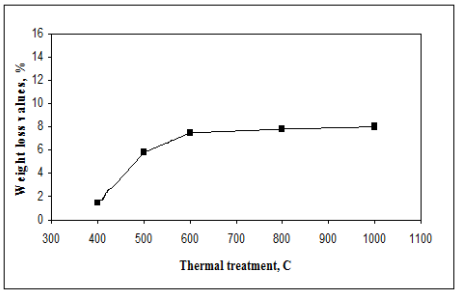
المتطلب	القيمة الفعلية	المتطلب	القيمة الفعلية
أكاسيد (السيلكون, الألومنيوم,الحديد)	**96.7**	أكسيد الكالسيوم	**0.0801**
ثالث أكسيد الكبريت	**0.016**	أكسيد البوتاسيوم	**0.366**
المحتوى المائي	---	ثاني أكسيد التيتانيوم	**1.51**
القلويات (أكسيد الصوديوم)	**0.35**	خامس أكسيد الفوسفور	---
ثاني أكسيد السيلكون	**70.33**	أكسيد المنجنيز	---
ثالث أكسيد الألومنيوم	**25.32**	ثالث أكسي الكروم	**0.011**
ثالث أكسيد الحديد	**1.05**	أكسيد السترانشيوم	**0.0063**
أكسيد الماغنسيوم	**0.14**	الفقدان بالحرق L . O . I	**0.76**

3.2.3 البنية البلورية:

بلغت نسبة السليكا ذات الشكل البلوري (الكوارتز) إلى الكاولين لعينة موقع تمنهنت (50 : 50)%.

4.2.3 الخصائص الحرارية:

يبين الشكل رقم (14) قيم فقدان الوزن للعينة بعد حرقها في درجات الحرارة المختلفة لمدة ساعتين.



شكل (14): قيم فقدان الوزن لعينة موقع تمنهنت

5.2.3 الفعالية البوزلانية:

الفعالية البوزلانية بالنسبة لموقع تمنهنت هي: 95.6% بعد 7 أيام و104% بعد 28 يوم.

3.3 موقع العافية:

يقع على يسار الطريق الرئيسي المعبد، بجانب خزان مياه المنطقة. أنظر الشكلين رقم (15) و(16).

شكل (15): صورة قمر صناعي لموقع العافية

شكل (16): الموقع الحقلي بالعافية

1.3.3 الشكل واللون:

هي عبارة عن كتل متوسطة الصلابة, رمادية اللون تتخللها بقع صفراء. أنظر الشكلين رقم (17) و(18).

شكل (17): صخور موقع العافية

شكل (18): عينة موقع العافية بعد حرقها وطحنها

2.3.3 التركيب الكيميائي :

الجدول رقم (3) يوضح التحليل الكيميائي لعينة موقع العافية.

جدول (3): التحليل الكيميائي لموقع العافية

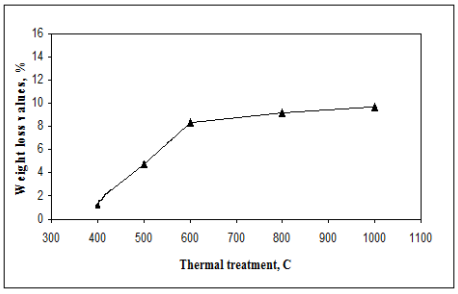
المتطلب	القيمة الفعلية	المتطلب	القيمة الفعلية
أكاسيد(السيلكون, الألومنيوم, الحديد)	**92.4**	أكسيد الكالسيوم	**0.133**
ثالث أكسيد الكبريت	**0.28**	أكسيد البوتاسيوم	**2.919**
المحتوى المائي	---	ثاني أكسيد التيتانيوم	**1.12**
القلويات (أكسيد الصوديوم)	**0.35**	خامس أكسيد الفوسفور	**0.241**
ثاني أكسيد السيلكون	**57.95**	أكسيد المنجنيز	**0.034**
ثالث أكسيد الألومنيوم	**24.52**	ثالث أكسي الكروم	---
ثالث أكسيد الحديد	**9.973**	أكسيد السترانشيوم	**0.0167**
أكسيد الماغنسيوم	**0.724**	الفقدان بالحرق L . O . I	**1.68**

3.3.3 البنية البلورية:

بلغت نسبة السليكا ذات الشكل البلوري (الكوارتز) إلى الكاولين لعينة موقع العافية (46 : 54)%.

4.3.3 الخصائص الحرارية:

يبين الشكل رقم (19) قيم فقدان الوزن للعينة بعد حرقها في درجات الحرارة المختلفة لمدة ساعتين.



شكل (19): قيم فقدان الوزن لعينة موقع العافية

5.3.3 الفعالية البوزلانية:

الفعالية البوزلانية لعينة موقع العافية بلغت: 93.3% بعد 7 أيام و99% بعد 28 يوم.

4.3 موقع آقار:

يقع بجوار الطريق المعبد المقابل لمحطة الكهرباء بالمنطقة. أنظر الشكلين رقم (20) و(21).

شكل (20): صورة قمر صناعي لموقع آقار

شكل (21): الموقع الحقلي بآقار

1.4.3 الشكل واللون:

يمكن وصف عينات هذا الموقع بأنها عبارة عن طبقات رمادية مزرقّة اللون صفائحية الشكل وصلبة.

أنظر الشكلين رقم (22) و(23).

شكل (22): صخور موقع آقار

شكل (23): عينة موقع آقار بعد حرقها وطحنها

2.4.3 التركيب الكيميائي:

الجدول رقم (4) يوضح التحليل الكيميائي لعينة موقع آقار.

جدول (4): التحليل الكيميائي لموقع آقار

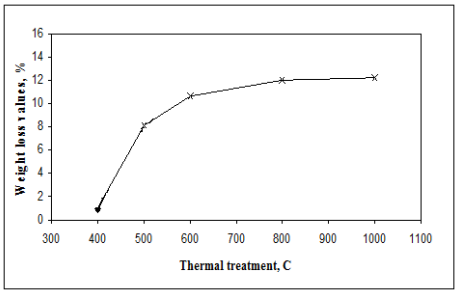
المتطلب	القيمة الفعلية	المتطلب	القيمة الفعلية
أكاسيد(السيلكون, الألومنيوم, الحديد)	**95.1**	أكسيد الكالسيوم	**0.162**
ثالث أكسيد الكبريت	---	أكسيد البوتاسيوم	**1.44**
المحتوى المائي	---	ثاني أكسيد التيتانيوم	**1.37**
القلويات (أكسيد الصوديوم)	**0.22**	خامس أكسيد الفوسفور	**0.11**
ثاني أكسيد السيلكون	**58.46**	أكسيد المنجنيز	---
ثالث أكسيد الألومنيوم	**34.36**	ثالث أكسي الكروم	---
ثالث أكسيد الحديد	**2.266**	أكسيد السترانشيوم	**0.0209**
أكسيد الماغنسيوم	**0.28**	الفقدان بالحرق L . O . I	**1.25**

3.4.3 البنية البلورية:

بلغت نسبة السليكا ذات الشكل البلوري (الكوارتز) إلى الكاولين لعينة موقع آقار (10 : 90)%.

4.4.3 الخصائص الحرارية:

يبين الشكل رقم (24) قيم فقدان الوزن للعينة بعد حرقها في درجات الحرارة المختلفة لمدة ساعتين.



شكل (24): قيم فقدان الوزن لعينة موقع آقار

5.4.3 الفعالية البوزلانية:

الفعالية البوزلانية أو ما يعرف بمؤشر نشاط البولانا بالنسبة لموقع آقار هي: 80 % بعد 7 أيام و80% بعد 28 يوم.

5.3 موقع تاروت:

يقع أمام مفرق تاروت القديمة والجديدة على بعد 10م من الطريق الرئيسي. أنظر الشكلين رقم (25) و(26).

شكل (25): صورة قمر صناعي لموقع تاروت

شكل (26): الموقع الحقلي بتاروت

1.5.3 الشكل واللون:

هي عبارة عن كتل رمادية حبيبية المظهر ومتوسطة الصلابة. أنظر الشكلين رقم (27) و(28).

شكل (27): صخور موقع تاروت

شكل (28): عينة موقع تاروت بعد حرقها وطحنها

2.5.3 التركيب الكيميائي:

الجدول رقم (5) يوضح التحليل الكيميائي لعينة موقع العافية.

جدول (5): التحليل الكيميائي لموقع العافية

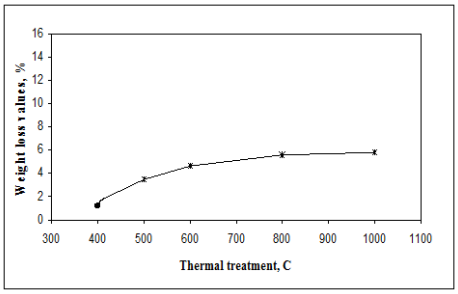
المتطلب	القيمة الفعلية	المتطلب	القيمة الفعلية
أكاسيد(السيلكون, الألومنيوم, الحديد)	**93.1**	أكسيد الكالسيوم	**0.163**
ثالث أكسيد الكبريت	**0.319**	أكسيد البوتاسيوم	**1.06**
المحتوى المائي	---	ثاني أكسيد التيتانيوم	**0.966**
القلويات (أكسيد الصوديوم)	**0.93**	خامس أكسيد الفوسفور	**0.36**
ثاني أكسيد السيلكون	**71.88**	أكسيد المنجنيز	**0.028**
ثالث أكسيد الألومنيوم	**20.2**	ثالث أكسي الكروم	---
ثالث أكسيد الحديد	**1084**	أكسيد السترانشيوم	**0.036**
أكسيد الماغنسيوم	**0.35**	الفقدان بالحرق L . O . I	**1.06**

3.5.3 البنية البلورية:

بلغت نسبة السليكا ذات الشكل البلوري (الكوارتز) إلى الكاولين لعينة موقع تاروت (70 : 30)%.

4.5.3 الخصائص الحرارية:

يبين الشكل رقم (29) قيم فقدان الوزن للعينة بعد حرقها في درجات الحرارة المختلفة لمدة ساعتين .



شكل (29): قيم فقدان الوزن لعينة موقع تاروت

5.5.3 الفعالية البوزلانية:

الفعالية البوزلانية (مؤشر نشاط البولانا) بالنسبة لموقع تاروت هي: 101% بعد 7 أيام و102% بعد 28 يوم.

4. الخلاصة والاستنتاجات:

بشكل عام؛ يتبيّن أن الدراسات التي أُجريت لمعرفة خصائص المواد البوزلانية المحلية المتمثلة في الطين المكلس (الكاولينا) أعطت في مجملها نتائج جيدة ومشجعة للقيام بمزيد من البحوث حول هذه المواد, ويمكن من خلالها استخلاص النتائج التالية:

- مطابقة هذه الأطيان – تحديداً المادة الفعالة وهي مجموع أكاسيد السليكا والأمونيا والحديد – للمواصفة الأمريكية **ASTM C618-03** وبالتالي إمكانية استخدامها كمواد بوزلانية طبيعية بعد معالجتها حرارياً وطحنها إلى درجة نعومة كافية, ومن ثمّ إدخالها في إنتاج الخرسانة لتحقيق بعض الأهداف المرجوّة كخفض التكلفة وزيادة المتانة.
- التقليل من كمية الإسمنت في الخرسانة نتيجة عملية الاستبدال بجزء من المادة البوزلانية والذي يؤدي بدوره إلى التقليل من كمية الحرارة الناتجة عن عملية التميؤ؛ هو توجه مطلوب من أجل خرسانة خضراء صديقة للبيئة وهي ميزة نحتاجها بشكل أكبر في المنشآت الخرسانية الكتلية الكبيرة (كالسدود) والتي قد تتسبب الحرارة في حدوث تصدعات بها, بالإضافة إلى حاجتنا إليها في الأجواء الصحراوية والحارة والتي تغطي رقعة كبيرة من البلاد خاصة الجنوبية منها.

5. التوصيات :

من خلال ما تم عرضه ؛ يمكن إجمال عدة توصيات على النحو التالي:

- الإستمرار في عمل الدراسات حول الأطيان المحتوية على الكاولينا الموجودة بالمنطقة لإستخدامها كمواد بوزلانية مضافة للخرسانة وذلك مع الأنواع الأخرى من الإسمنت. بالإضافة إلى المزيد من البحوث والدراسات حول خصائص أخرى مثل المرونة والزحف والنفاذية وغيرها.
- توسيع مجال الدراسات وإجراء التجارب بحيث تشمل مواقع أخرى متوفرة في نفس المنطقة, ومحاولة إضافة عدة أنواع من الكاولينا المدروسة وخلطها ببعض وبنسب مختلفة للحصول على مركبات قد تكون أفضل من استخدام العينات منفردة.

- العمل على إعداد مشروع مواصفة محلية بخصوص المواد البوزلانية الموجودة بالمنطقة.
- إدراج هذه الثروات الطبيعية كأحد مصادر الدخل القومي للبلاد؛ وهذا يتطلب إجراء دراسة شاملة وتفصيلية لكافة المناطق الأخرى التي تتواجد بها هذه المواد وتقدير الاحتياطيات لها.

المراجع :

1- Ibrahim A. Mokhtar " **Shrinkage properties of concrete using local pozzolanic materials**", Thesis Submitted for Partial Fulfillment for the Requirements of M.Sc. Degree Sebha university-Libya, 2017.

2- 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.

3- Abdelkader.M.Alajwad " Durability of pozzolanic concrete: Corrosion reactivity of south Libya clay", Thesis Submitted for Partial Fulfillment for the Requirements of M.Sc. Degree Sebha university-Libya, May 2013.

4- Michael Zeljkovic " METAKAOLIN EFFECTS ON CONCRETE DURABILTY " University of Toronto , 2009 .Ahmed M. Al-Saleem "Effect of Local Natural Pozzolanic Material on the Properties of Concrete" King Saud University, February 2006 .

5- Mohamed .A.Aboubakar, A.M. Akash ,et " A Study of the Strength Activity Index of Libyan Kaolin Treated by a Thermal Method " April 2013 .

6- Mohamed -A-Aboubakar, A.M. Akash ,et " A Study on the Effect the addition of thermally treated Libyan Natural Pozzolan has on the Mechanical Properties of Ordinary Portland Cement Mortar " January 2013

7- Eshmaiel Ganjian ,et " Properties of sonochemically treated Libyan kaolin pozzolan clay " Coventry University.

8- Mohamed A Aboubakar, A.M. Akash ,et " Influence of Treatment Tarot Kaolin by Thermal Method on Hard and Fresh Properties of Cement Mortar" April 2013 .

10- إبراهيم الحضيري , أ.د.عبدالسلام عكاشة " الإنكماش في الخرسانة البوزلانية " المؤتمر الوطني السادس لمواد البناء , 2014 .

11- وسام أبوالقاسم " خصائص الإسمنت المخلوط بمخلفات الآجر المحلي المطحون " الأكاديمية الليبية – طرابلس , سبتمبر 2012 .

12- المواصفة القياسية الليبية رقم 470 " الإسمنت البناء البورتلاندي " 2002 .

13- موقع فيسبوك : الفريق البحثي لتطوير الخرسانة باستخدام البوزيلانا المحلية Team Work For Deve

14- 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 .

15- American Society for Testing and Materials "ASTM C157-03 : Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete" 2003 .

16- K. al-nnas, "Study on the physico-chemical properties of local clay and its applications", M.Sc thesis, Faculty of Science, Sebha university, Libya, (2007).

17- Libyan mining company, "Kaolin clay deposits in Libya", Website: www.libyanminingco.com., (2004) .

18- Industrial Research Center, "Raw materials in Sebha and Wadi Shatti regions", Industrial Research Journal, Tripoli, Libya, 7, 126-138, (1998) .

19 - Akasha and H. Abdussalam, "Using of south local Libya pozzolana as blended cement", proceedings, 3rd International Conference of Building Materials and Structural Engineering, 7 October University, Musurata, Libya, (2006).

20 - Akasha, M. Shoib and H. Abdu-Alsalam, "Utilization of some deposited clay in south Libya as a pozzolanic material", 7th International congress, 4-6 September, (2007), Dundee, Scotland, UK.

21 - Akasha, and H. Abdussalam, "Using of south Libya pozzolana as replacement cement", proceedings of 8th International Conference on Concrete Technology in Developing Countries, Hammamat, Tunis, November 8-9, (2007) .

دراسة الخصائص الانسيابية للأسفلت المعدل ببوليمر الأكريليت وجسيمات أكسيد الألومنيوم النانوية في درجات الحرارة العالية

فرج لطيوش[1] ، منصور بن مسكين[2]، و شعبان إسماعيل البركه[3] ، محمد مباركي[4]

[1]قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، الشاطي، ليبيا
[2]قسم الهندسة المعمارية وتخطيط المدن، كلية الهندسة ، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
[3]قسم الهندسة المدنية، كليه الهندسة والعلوم البيئية، جامعة الشرق الأدنى، قبرص الشمالية
[4]قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة جازان ، المملكة العربية السعودية

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم وتوصيف خواص الإسفلت المعدل تحت درجات الحرارة العالية، أكريلونيتريل ستايرين أكريلونيتريل (Acrylate Styrene Acrylonitrile) بوليمر و جسيمات نانو أكسيد الألومنيوم (Nano Oxide Aluminum) تمت إضافتها إلى الأسفلت بنسبة 3 و 5 و 7% من وزن الأسفلت لتقييم الخصائص الإنسيابية، تم الأخذ بعين الإعتبار اختبار التخزين في درجات الحرارة العالية واختباراللزوجة و امتداد التردد. أظهرت النتائج أن إضافة بوليمر والجسيمات الألومنيوم النانوية إلى خليط الأسفلت له تأثير كبير على الخصائص الانسيابية للإسفلت في درجات الحرارة العالية. بالإضافة إلى ذلك ، تبين أن التوافق بين الإسفلت والمعدلات المستخدمة جيد في حالة التخزين في درجات الحرارة العالية. علاوة على ذلك، عند إضافة المعدلات إلى خليط الأسفلت لوحظ زيادة في معدل الصلابة للعينات مع زيادة نسبة المعدل لكلا المعدلين، وكانت نسبة التحسن بحوالي 63.70% لـنسبة 5% للبوليمر، و 71.12% لـ 5% من جسيمات الألومنيوم عند 75 درجة مئوية. وعلاوة على ذلك، فإن النتائج تشير إلى أن الإسفلت المعدل يظهر مقاومة كبيرة للتشوه في درجات الحرارة العالية ، وكانت نسبة التحسين تصل إلى 59 و 80% لكل من تركيز5% من المعدلين على التوالي. ووجد ايضا أن استخدام البوليمر وجسيمات الألومنيوم النانوية قادر على التقليل من مشاكل التي يتعرض لها الإسفلت في درجات الحرارة العالية ، ويعتبر 5% المحتوى الأمثل لكلا المعدلين.

الكلمات المفتاحية: بوليمر ASA ، وجسيمات Al2O3 النانوية ، ومقياس انسيابية القص الديناميكي ، وزحف الإجهاد المتعدد والتعافي.

1- المقدمة

الأسفلت عبارة عن مادة تدعيم ذات لون بني غامق إلى أسود، والذي يتواجد في الطبيعة أو يستخلص من معالجات البترول، فيعتبر الأسفلت سائل لزج أو صلب يتكون أساسًا من الهيدروكربونات ومشتقاتها ، والتي تذوب في ثاني كبريتيد الكربون[1]. كما تم استخدام مادة الأسفلت على نطاق واسع في إنشاء الطرق السريعة وشبكاتها ، حيث أن الإسفلت قادر على مقاومة الضغوط بسبب أحمال المرور ودرجة الحرارة [2]. ونظرًا لحساسية الأسفلت لدرجات الحرارة ، فيجب تحسين أدائه في كلا من درجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة والعالية. لذلك ، يعد تعديل الأسفلت ضروريًا لتحسين أداء المواد المستخدمة في بناء الطرق [3-5]. هناك عدة أنواع من معدلات الإسفلت ، بما في ذلك المطاط والكبريت والبوليمرات والألياف والمواد النانوية [3 ، 6، 7]. تحتاج الطرق الحديثة إلى أداء أفضل في ظل كثافة حركة المرور

العالية والأوزان الزائدة مقارنةً بالطرق السابقة. يوفر تطبيق الأسفلت المعدل طريقة واعدة لتحسين مزيج الأسفلت [8]. لقد لوحظ لفترة طويلة أن استخدام الإسفلت المعدل بالبوليمرات يحقق أداءً أفضل للإسفلت ، كما أن محتوى البوليمر في الخلطة الإسفلتية وخصائصه يلعبان دورًا مهمًا في تعزيز خصائص الأسفلت. تم استخدام المضافات البوليمرية مثل البوليمرات المشتركة للكتل أو المطاط الفتات أو البوليمرات المعاد تدويرها على نطاق واسع لتعزيز خصائص الأسفلت أثناء الخدمة. لذلك ، يجب أن تكون المواد المضافة لخليط الأسفلت قادرة على تحسين خصائص الموثق في درجات حرارة الخدمة المنخفضة والمتوسطة والعالية. علاوة على ذلك ، عند استخدامها كمعدلات للأسفلت ، يجب أن تكون البوليمرات المختارة متوافقة مع الإسفلت في الخليط مع معدات الخلط التقليدية ، ويمكن أن تستمر في الحفاظ على خصائصها الرئيسية. كما تشتمل البوليمرات الأكثر استخدامًا في جميع أنحاء العالم على 75% من الإسفلت المعدل بالمطاط الصناعي ، و 15% من البلاستومر و 10% تنتمي إما إلى فتات المطاط أو تعديلات أخرى (9 ؛ 10 ، ؛ 11). يمكن تقسيم البوليمرات التي تم استخدامها كمعدلات للأسفلت إلى فئتين ، وهما (1) اللدائن مثل فتات المطاط (CR) والستايرين بوتادين ستيرين (SBS)، و (2) اللدائن مثل البولي إيثيلين (PE) والإيثيلين أسيتات الفينيل (EVA). تعمل معدلات اللدائن المرنة في الأسفلت على تحسن الأداء في درجات حرارة الخدمة المنخفضة والعالية ، في حين تُعرف البلاستومرات بالمعدلات الفعالة في درجات حرارة الخدمة المرتفعة [12 - 13]. العيب الرئيسي لتعديل الأسفلت بالبوليمرات هو الإنفصال أثناء التخزين المطول في درجات الحرارة العالية. وللتغلب على هذه العيوب تم حاليًا دمج تقنية جسيمات النانو في مجال الإسفلت، حيث يتم استخدام أنواع مختلفة من الجسيمات النانوية لتعديل خلطات الإسفلت. لقد وجد أن المواد النانوية قادرة على تحسين أداء الخلطات الأسفلتية. إن الأسفلت المعدل بطبقة النانو يمكن أن يقلل من معدل الفشل بسبب الضغط ويزيد من صلابة الأسفلت الغير معدل. علاوة على ذلك ، فإن إضافة جسيمات النانو تعمل على التقليل من ضرر الرطوبة لمزيج الإسفلت [15,14] علاوة على ذلك ، فإن استخدام مواد الأنابيب النانوية أحادية الجدار لتعديل الإسفلت يوضح أن درجة أداء الإسفلت المعدل تزداد ، ومعدل المرونه لمعامل الأسفلت الغير المعدل أقل من الإسفلت المعدل [16]. بناءً على الدراسة التي قدمها [14] باستخدام نانوسيلكا (Nano silica) لتعديل الأسفلت ، وجدوا أن إضافة جسيمات السيلكا تقلل قليلاً من معدل لزوجة الأسفلت الأساسي. وتلعب قيم اللزوجة المنخفضة والعالية للأسفلت دورًا مؤثرًا في تحديد درجات حرارة الخلط والدمك. علاوة على ذلك ، فإن إضافة جسيمات السيليكا قادرة على تقليل وتأخير عملية التقادم للأسفلت. يمكن أن يؤدي تعديل الإسفلت باستخدام البوليمرات والجسيمات النانوية إلى تحسين الأداء العام والمتانة والخصائص الفيزيائية للأسفلت [12-18].

2- التجارب المخبرية

1.2 المواد المستخدمة

الأسفلت الأساسي المستخدم في الدراسة هو 70/60 نسبة درجة الإختراق، بينما البوليمر هو الأكريليت (Acrylate Styrene Acrylonitrile) ومواد النانو هو جسيمات أكسيد الألومنيوم (Nano Aluminum Oxide) موردة من شركة في الصين. الخصائص الفيزيائية للأسفلت الأساسي والبوليمر وجسيمات النانو موضحة في الجدول 1.

(الجدول 1) الخصائص الفيزيائية للأسفلت الأساسي والبوليمر وجسيمات النانو

المواد	الخصائص	رقم الإختبار	النتائج

أسفلت 70/60	الكثافة النسبية	ASTM D70	1.03
	درجة الإختراق	ASTM D5	70
	درجة الليونه	ASTM D36	46.0
	اللزوجة	ASTM D4402	0.5
	الإستطالة	ASTM D113	≥125
البوليمر	الكثافة النسبية	-	0.30
	الحجم	-	2
	الشكل	-	مسحوق
جسيمات النانو	الحجم	-	40
	الشكل	-	مسحوق

2.2 - طريقة إعداد العينات

تم تحضير العينات المعدلة في هذه الدراسة باستخدام طريقة المزج المنصهر بإضافة 3 ، 5 و 7% من وزن الأسفلت من كلا المعدلين (البوليمر وجسيمات النانو) إلى الأسفلت. في البداية تم تسخين الأسفلت حتى تحول إلى سائل ثم إضافة النسب المطلوبة من المعدلات و بإستخدام خلاط المزج العالي، تمت عملية الخلط عند درجة حرارة 170 درجة مئوية (± 1 درجة مئوية) وبسرعة خلط 5000 دورة في الدقيقة لمدة 90 دقيقة، لإنتاج مخاليط أسفلت متجانسة.

3.2 اختبار اللزوجة

تم استخدام جهاز مقياس اللزوجة البروكفيلد في هذه الدراسة لتحديد لزوجة الأسفلت الغير معدل وعينات الأسفلت المعدلة. تم استخدام المغزل رقم 27 بسرعة دوران تبلغ 20 دورة في الدقيقة وفقًا لمعايير اختبار السوبربيف ([14] تم تدوين ثلاث قراءات لكل من درجات حرارة الاختبار ، وتم اختيار متوسط القيم كنتيجة نهائية للإختبار. لقد تم إجراء الاختبار تحت درجات حرارة 135 درجة مئوية و 165 درجة مئوية لجميع العينات.

4.2 اختبار التخزين في درجات الحرارة العالية

تم قياس ثبات تخزين الإسفلت الأساسي والإسفلت المعدل بصب العينات في أنبوب رقائق الألومنيوم بارتفاع 16 سم وقطر 3 سم. وبعدها تم إغلاق أنابيب الرقائق وتخزينها عموديًا عند درجة حرارة 163 ± 5 درجة مئوية في فرن لمدة 48 ساعة. ومن ثم تم تبريدها بعد ذلك في درجة حرارة -7 و تقسيمها أفقيًا بعد التبريد إلى ثلاثة أجزاء متساوية. تم استخدام العينات المستخرجة من المقاطع العلوية والسفلية لتقييم القدرة على التخزين في البوليمر وجسيمات النانوية المعدلة للأسفلت عن طريق تحديد نقاط التليين للمقاطع. إذا كان الفرق بين الأجزاء العلوية والسفلية أقل من 2.5 درجة مئوية ، فإنه يتم اعتبار أن العينات تتمتع بقدرة تخزين جيدة في درجات الحرارة العالية أي مستقرة. أما إذا كانت نقاط التليين تختلف بأكثر من 2.5 درجة مئوية ، فسيتم اعتبار عينات الأسفلتي المعدل ليس لها القدرة ع التخزين في درجات الحرارة العالية أي غير مستقرة [15].

5.2 خصائص الانسيابية

يستخدم مقياس القص الديناميكي (Dynamic Shear Remoter) لإختبار الخصائص الإنسيابية للأسفلت ، بما في ذلك معامل الصلابة (*G) ومعامل المرونه (δ) عند درجات حرارة الاختبار التي تتراوح من المتوسط إلى العالي. يمكن استخدام هذه المعايير لتوصيف السلوكيات اللزجة والمرنة للرابط الإسفلتي. تعتمد قيم * G و δ للأسفلت بشكل كبير على درجة حرارة الاختبار وعدد مرات التحميل (وزن المرور). في هذه الدراسة ، تم استخدام مقياس Rheometer HAAKE Rheo Stress 600 من شركة Thermo Electron Corporation لتقيم الخصائص

الانسيابية لدرجات الحرارة العالية للأسفلت العادي والمعدّل باستخدام اختبار التردد المتغير. تم إستخدام الترددات في النطاق من 1 إلى 100 راديان/ ثانية (0.159-15 هرتز) ، تحت درجة الحرارة 45^{+10} حتى 75° درجة مئوية. فيما يتعلق بـ MSCR ، تم استخدام مستويين مختلفين من الإجهاد 100 Pa و 3200 Pa ، وتم إجراء الاختبار عند درجة حرارة 65 درجة مئوية. علاوة على ذلك ، تم استخدام عمود دوران بقطر 25 مم مع فجوة 1 مم في كلا الاختبارين DSR.

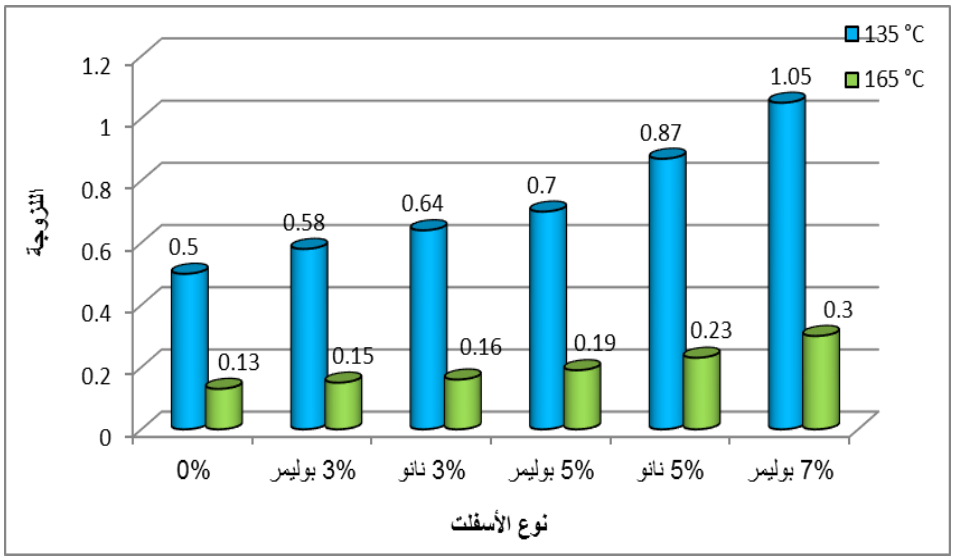
3. مناقشة النتائج

1.3 تأثير درجات الحرارة العالية على اللزوجة

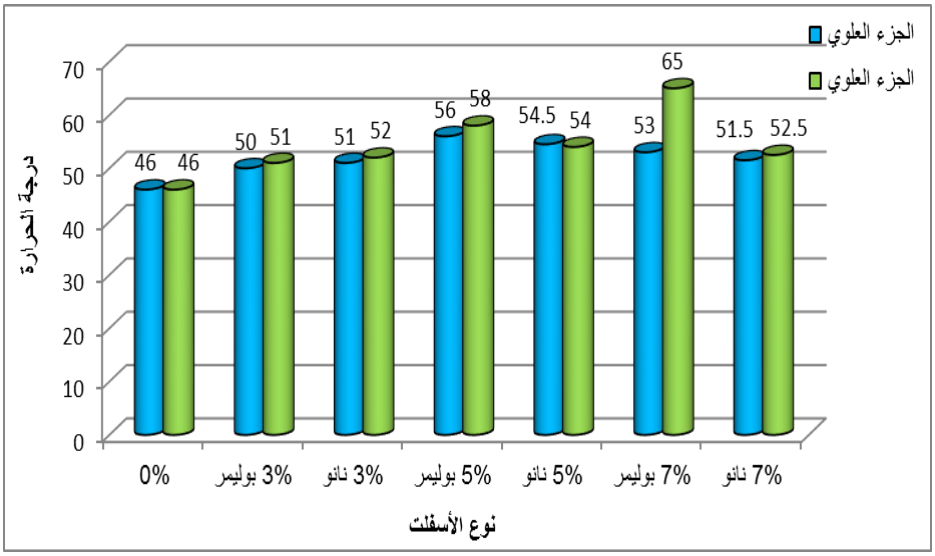
يظهر تأثير زيادة التركيز ودرجة الحرارة على لزوجة الأسفلت المعدل بالبوليمر وجزيئات النانو في الشكل 1. من النتائج وبغض النظر عن التركيز ، من الواضح بأن لزوجة الإسفلت المعدل تتناقص مع زيادة درجة الحرارة ، وقد لوحظ هذا السلوك أيضًا في الأسفلت الأساسي (الغير معدل). بزيادة نسبة تركيز البوليمر والجسيمات النانوية يؤدي إلى زيادة لزوجة الإسفلت بشكل كبير، مما يعني زيادة سمك الإسفلت وتغطية الركام بشكل أفضل في خليط الأسفلت.

2.3 قدرة التخزين في درجات الحرارة العالية

وفقا للاختلاف في الكثافة بين رابط الإسفلت والبوليمر، فإنه من المرجح أن يحدث الإنفصال في الإسفلت المعدل بالبوليمر أثناء التخزين في درجات الحرارة المرتفعه. وفي الوقت نفسه ، فإن الحجم الصغير للجسيمات النانوية يمنحها القدرة على أن تكون قابلية التشغيل والتوافق كبيرة جدا. ومع ذلك ، قد يحدث تكتل في الجزيئات النانوية في الخليط الإسفلتي. نتائج عينات القدرة على تخزين الأسفلت الأساسي و والمعدل موضحة في الشكل 2. من الشكل 2 يمكن القول بأن الاختلاف في نقاط التليين بين الأسفلت الأساسي والمعدل كانت تصل إلى 12 درجة مئوية. علاوة على ذلك ، تعزيز نقطة التليين للإسفلت المعدل يعني أن الأسفلت أصبح أكثر صلابة من الأسفلت الأساسي. بالإضافة إلى أن الفرق بين الجزء العلوي والسفلي.



(الشكل 1). لزوجة الأسفلت المعدل بالبوليمر وجزيئات النانو



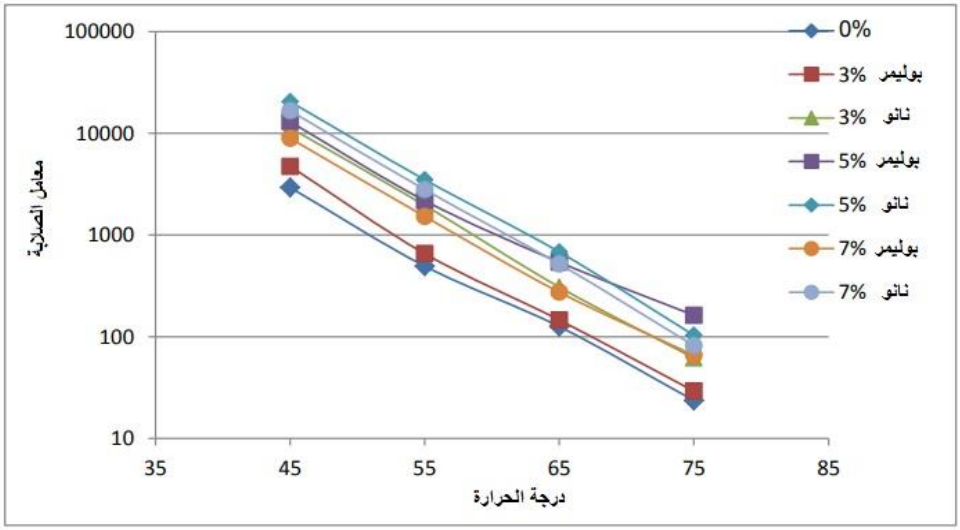
(الشكل 2). قابلية القدرة على التخزين للأسفلت الأساسي والمعدل

للإسفلت المعدل بالبوليمر أقل من 2.5 درجة مئوية للنسبة 3 و 5% ، مما يعني أن الأسفلت المعدل بالبوليمر كان مستقرًا أثناء التخزين في درجات حرارة عالية. وفي الوقت نفسه ، بالنسبة لـتركيز البوليمر 7 % ، فإن الفرق بين الجزئين السفلي والعلوي أكبر من القيمة المسموح بها ، مما يعني حدوث طور الفصل بين الأسفلت الأساسي والبوليمر عند زيادة تركيز البوليمر في خليط الأسفلت. يظهر الإسمنت الأسفلتي باستخدام الجزيئات النانوية أن جميع الإسفلت المعدل تتمتع عيناته باستقرار تخزين كبير في درجات حرارة عالية نظرًا للاختلافات بين القمة و المقاطع السفلية أقل من 2.5 درجة مئوية. على العكس من البوليمر لوحظ أن النانو على الرغم من أن 7% منه لا يزال مستقرًا ، فإن الفرق في الجزئين العلوي والسفلي مقارنة بـ 5% مما يعني أن التكتل بين الجسيمات النانوية بدأ يحدث مع زيادة تركيز الجسيمات في الخليط الإسفلتي. بشكل عام، فإن عينات الإسفلت المعدل بجزيئات النانو اظهرت قدرة تخزين عالية مقارنةً بـعينات الاسفلت المعدلة بالبوليمر.

3.3 تأثير درجات الحرارة العالية على خصائص الإنسياب

1.3.3 مخطط الايزوكورنال (Isochronal Plot)

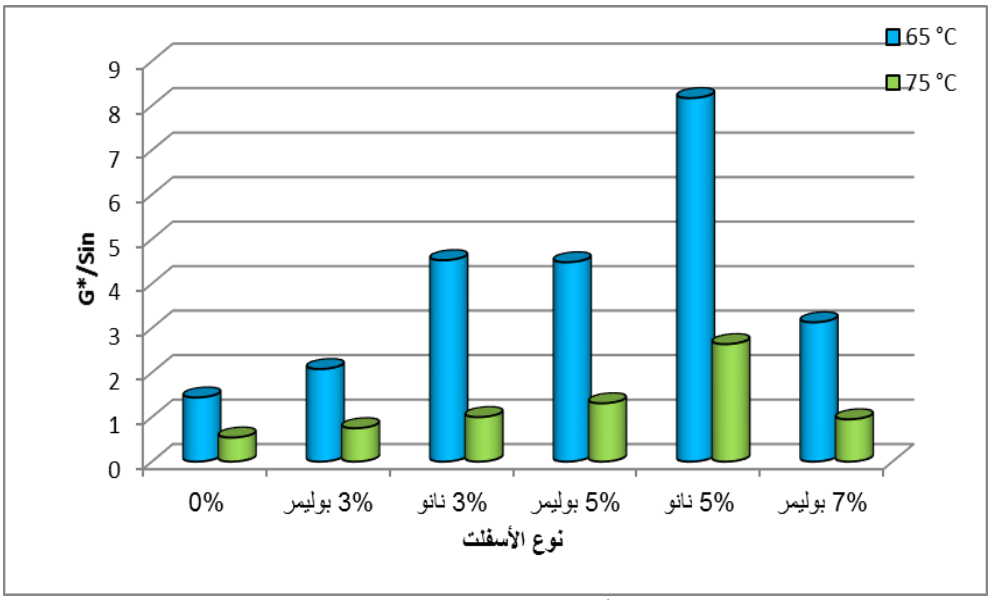
تُعرف بعض متغيرات اللزوجة و المرونة ، مثل معامل الصلابة أو معامل المرونه مقابل درجة الحرارة بتردد ثابت أو وقت التحميل على أنها مخطط الايزوكورنال. وهكذا ، الخصائص الريولوجية يمكن تتمثل ببيانات عبر نطاق واسع من درجات الحرارة عند تردد معين باستخدام مخطط الايزوكورنال. مخطط الايزوكورنال لمعامل الصلابة (G*) مع درجة الحرارة (درجة مئوية) عند تردد 1 راد / ثانية (0.159 هرتز) موضح في الشكل 3. إن الزيادة في قيمة G * للإسفلت المعدل مماثل لزيادة اللزوجة. من النتائج لوحظ أن قيم G* تتزايد بشكل ثابت لجميع الخلطات الإسفلتية المعدلة مقارنةً بالأسفلت الأساسي الغير معدل، وكان أفضل أداء للإسفلت المعدل هو إضافة 5% من البوليمر و 5% للجسيمات النانوية. أعلى قيمة لـ G * هي أكثر مقاومة لمعامل التشوه، وبالنسبة لتركيز 7% من البوليمر وجزيئات النانو المعدلة تظهر انخفاضًا طفيفًا في قيمة G * كنتيجة لطور الإنفصال والتكتل على التوالي.



(الشكل 3). مخطط الايزوكورنال لمعامل الصلابة للأسفلت الأساسي والمعدل بالبوليمر وجسيمات النانو

2.3.3 تأثير درجة الحرارة على عامل التشوه الدائم

في طريقة السوبر بيف ، قيمة G*/sin δ هي المعيار المستخدم لتقييم الثابت للتشوه الدائم في الإسفلت. تحدد مواصفات السوبربيف قيمة دنيا KPa 1.0 لـ G */sin δ للأسفلت الأساسي عند درجة حرارة الأداء. يوضح الشكل 4 معامل التشوه للأسفلت الأساسي والمعدل. يمكن إدراك أن إضافة كلا المعدلين لديها القدرة على زيادة مقاومة الأسفلت بشكل كبير ضد التشوه الدائم. تحصل الأسفلت الأساسي على أقل قيمة لـ G*/sin δ ، بينما 5% له أعلى قيمة لـ G*/sin δ بين جميع العينات المختبرة. ويلاحظ أن بزيادة تركيز كلا المعدلين ، مقاومة الإسفلت لمعامل التشوه زادت بنسبة تصل إلى 5%. بينما 7% يظهر سلوك مختلف حيث تقل قيمة G*/sin δ بشكل طفيف بسبب عدم التوافق بين الإسفلت والبوليمر مما يؤدي إلى الإنفصال بين الأسفلت والمعدل، بينما التكتل هو السبب الرئيسي لنقص مقاومة التشوهة بالنسبة لجسيمات النانو.



(الشكل 4). معامل التشوه للأسفلت الأساسي والمعدل بالبوليمر وجسيمات النانو

4. الخاتمة

أجريت الدراسة لتقييم خصائص الأسمنت الإسفلتي المعدل ببوليمر ASA وجزيئات Al2O3 النانوية في درجات حرارة عالية باستخدام اختبار اللزوجة واختبار ثبات التخزين واختبار اكتساح التردد واختبار MSRC. يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها:

• تزداد قيم اللزوجة للأسمنت الإسفلتي المعدل مع زيادة تركيز المعدل ، وكانت جميع قيم اللزوجة ضمن نطاق المواصفات.

• يمكن تخزين الأسمنت الإسفلتي المعدل في درجات حرارة عالية ، وخاصة الأسمنت الإسفلتي المعدل مع جزيئات Al2O3 النانوية. وفي الوقت نفسه ، فإن بوليمر ASA قادر على تخزين ما يصل إلى 5٪ ASA. • قيم G * و G * / sin δ لأسمنت الأسفلت الأساسي كانت الأقل مقارنة مع الأسمنت الإسفلتي المعدل. وفي الوقت نفسه ، فإن نسبة 5٪ Al2O3 لها أعلى قيمة بين الأسمنت الإسفلتي المعدل مما يعني أداء أفضل للإسمنت الإسفلتي المعدل فيما يتعلق بمقاومة التمزق.

• أظهرت نتائج اختبار MSRC استردادًا رائعًا للزحف للأسمنت الإسفلتي المعدل مقارنةً بإسمنت الأسفلت الأساسي. تشير النتائج إلى زيادة صلابة الأسمنت الإسفلتي المعدل. إلى جانب ذلك ، وجد أن الأسمنت الإسفلتي المعدل تأثر بشدة بالمعدلات من 3٪ إلى 5٪ ، وانخفض التحسن بنسبة 7٪ ، لكنه لا يزال أفضل من الأسمنت الأسفلت الأساسي.

• بشكل عام ، فإن تعديل الأسمنت الإسفلتي باستخدام بوليمر ASA وجزيئات Al2O3 النانوية له تأثيرات ملحوظة على خصائص الأسمنت الإسفلتي. علاوة على ذلك ، تُظهر العينات المعدلة مع الجسيمات النانوية Al2O3 نتائج أفضل من العينات التي تحتوي على بوليمر ASA ، ويمكن اعتبار 5 ٪ المحتوى الأمثل لكلا المعدلين.

المراجع والمصادر.

[1] Lesueur, D. (2009). The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification. *Advances in colloid and interface science*, *145*(1-2), 42-82.

[2] البركة ، ش،إ.، إسماعيل ، أ.، يحيى ، ح.، لدين ، م.أ. (2014). تطبيق Transyt-7f في شبكات تقاطعات الطرق ذات الإشارات في شاه علم وبيتاليتج جايا. مجلة جورنال تكنولوجي 69 (2):

[3] Fang, C., Yu, R., Liu, S., & Li, Y. (2013). Nanomaterials applied in asphalt modification: a review. *Journal of Materials Science & Technology*, *29*(7), 589-594.

[4] Fang, C., Yu, R., Liu, S., & Li, Y. (2013). Nanomaterials applied in asphalt modification: a review. *Journal of Materials Science & Technology*, *29*(7), 589-594.

[5] Fu, H., Xie, L., Dou, D., Li, L., Yu, M., & Yao, S. (2007). Storage stability and compatibility of asphalt binder modified by SBS graft copolymer. *Construction and Building Materials*, *21*(7), 1528-1533.

[6] Yao, H., Yu, Z., Lee, L., Lee, S.H., Wingerd, D., Yap, Y.K., Shi, X, and Gu, S.E. (2012). Rheological properties and chemical bonding of nanosilica modified asphalt. Journal of Materials in Civil Engineering 25 (11): 1619-1630

.[7] Zare-Shahabadi, A., Shokuhfar, A., & Ebrahimi-Nejad, S. (2010). Preparation and rheological characterization of asphalt binders reinforced with layered silicate nanoparticles. *Construction and Building Materials*, *24*(7), 1239-1244.

[8] Lu, X., & Isacsson, U. (2000). Modification of road bitumens with thermoplastic polymers. *Polymer testing*, *20*(1), 77-86.

[9]مباركي ، م. (2015). تعزيز صلابة الرصيف الخرساني للمطار باستخدام قصير الأساسية. مجلة العلوم البحرية والتكنولوجيا ، 23 (3) ، 373-379.

[10] العامري، م.، منصوريان ، أ.، وشيخ موتيفالي، أ.هـ. (2013). التقييم المعملي للإيثيلينالبيتومين والخلائط المعدلة من خلات الفينيل بناءً على معايير الأداء. مجلة المواد في الهندسة المدنية 40 :438-447.

[11] حبيب ، ن.ز.، قمر الدين، إ.، نبيهه، م. وعيسى، م.ت. (2011). تأثير اللدائن الحرارية البوليمرات المشتركة على البنية المجهرية وسلوك المرونة اللزجة للقار. وقائع منتدى ومؤتمرات أبحاث النقل بالجامعات الماليزية.

[12] الحديدي ، أ.وي-كيو ، ت. (2009). النهج الميكانيكي لمادة البولي بروبيلين كمعدل للأرصفة المرونة. مجلة المواد والتصميم 30 (4): 1133-1140.

[13] Kök, B. V., & Çolak, H. (2011). Laboratory comparison of the crumb-rubber and SBS modified bitumen and hot mix asphalt. *Construction and Building Materials*, *25*(8), 3204-3212.

[14]معهد الأسفلت. كتاب كتيب الأسفلت. الطبعة السابعة. معهد الأسفلت؛ 2007.

[14] Zhang, F., and Yu, J. Whan, J. (2011). Effects of thermal oxidative aging on the dynamic viscosity of SBS-modified asphalt and SBS-sulphurized asphalt. Journal of Materials in Civil Engineering 25 (1): 129-37.

[16] Schimann, L., Schimann, A., Spetsyna, N. Wollbach, A.; (2011). Effects of nanocomposites on the rheological properties of high temperature asphalt. Prosiding 58

[17] H., Yu, Z., Lee, L., Shi, X., Jo, C.E., Mellis-Bell, J., and Wingard, D. (2012). Performance asphalt binder blended with unmodified polymer modified nanoclay material. Journal of Materials in Civil Engineering 35 (159-170.(

[18] Yu, Z., Mills-Bell, J., Foley, J.M., Roy, S., Odegaard, J.M., Day, K, and Joe, C.E. (2011). Nanoclay-modified asphalt materials: preparation and characterization. Journal of Materials in Civil Engineering 25 (2): 1072-1078.

دراسة مدى تأثير كبريتات الصوديوم على الخرسانة المصنعة بمواد البناء المحلية

م.أكرم التريكي[1] أ.د.حسن عبدالله[2]
akram.altriki@gmail.com h.sagri@sabu.edu.ly
1 معيد بقسم الهندسة المدنية جامعة صبراتة
2 أستاذ بقسم الهندسة المدنية جامعة صبراتة

الملخص

شهد العقدان الأخيران من القرن الماضي تطورًا ملحوظًا في صناعة الخرسانة وأصبح الشغل الشاغل للباحثين والمراكز البحثية المحافظة على الأداء الجيد للخرسانة وسلامة المنشآت الخرسانية والمنشآت الخرسانية المسلحة ضد الأوساط الخارجية المخربة; من خلال ما يعرف بتحسين ديمومة الخرسانة فإلى وقت ليس بالبعيد كان تقيم جودة الخرسانة من خلال مقاومتها الميكانيكية على الضغط دون الأخذ بالحسبان قرائن أخرى، لكن مع التطور العمراني السريع وتنوعه; لم تعد مقاومة الضغط وحدها هي القرينة الأساسية المقيمة لجودة الخرسانة خصوصًا عندما تتعرض الخرسانة لأوساط كيميائية مخربة (حامضية، كبريتية). وبصورة عامة فان هناك مصدرين اساسيين للكبريتات التي تهاجم الخرسانة وهما الكبريتات الموجودة في المياه الجوفية او السطحية او في التربة المحيطة بالخرسانة وهذا ما يعرف بالكبريتات الخارجية. والكبريتات الموجودة ضمن المواد الداخلة في انتاج الخرسانة كالرمل والحصى والاسمنت والماء والمضافات وهذا ما يعرف بالكبريتات الداخلية هجوم الكبريتات يسبب انخفاض مقاومة الضغط للخرسانة مما يسبب تدهور الهياكل الخرسانية، وشدة هذا التدهور تعتمد على كمية التركيز ووقت التعرض لهذه الكبريتات، حيث إن أعمال الصيانة للمباني المعرضة لهجوم الكبريتات يكلف مبالغ طائلة.

ويختلف تأثير هجوم الكبريتات على خصائص الخرسانة باختلاف المواد الداخلة في الخلطة الخرسانية، وكذلك باختلاف الموقع الجغرافي والظروف البيئية بين بلد وآخر، لذلك فإن الأبحاث مازالت تنشر الى وقتنا هذا لتفادي مشكلة هجوم الكبريتات وعلاجها، وبالتالي سنقدم في هذه الدراسة معلومات عن أداء الخرسانة المصنعة بمواد البناء المحلية تحت تأثير الكبريتات.

ولتحقيق ذلك تم اعداد برنامج عملي مكثف تم من خلاله دراسة تأثير كبريتات الصوديوم على خواص الخرسانة من أهمها مقاومة الضغط ومقاومة الشد، وذلك بإضافة هذه الكبريتات إلى ماء معالجة الخرسانة وبتراكيز مختلفة وغمر العينات الخرسانية في محاليل الكبريتات ودراستها عند أعمار مختلفة للمعالجة عند (60, 90, 120) يوم.

أشارت نتائج الاختبارات أن مقاومة الضغط ومقاومة الشد للخرسانة تنخفض بالنسبة للعينات المغمورة في محلول كبريتات الصوديوم وذلك بزيادة تركيز محلول الكبريتات وبتقدم العمر ولوحظ أن نسبة الامتصاص تزداد بزيادة نسبة تركيز كبريتات الصوديوم.

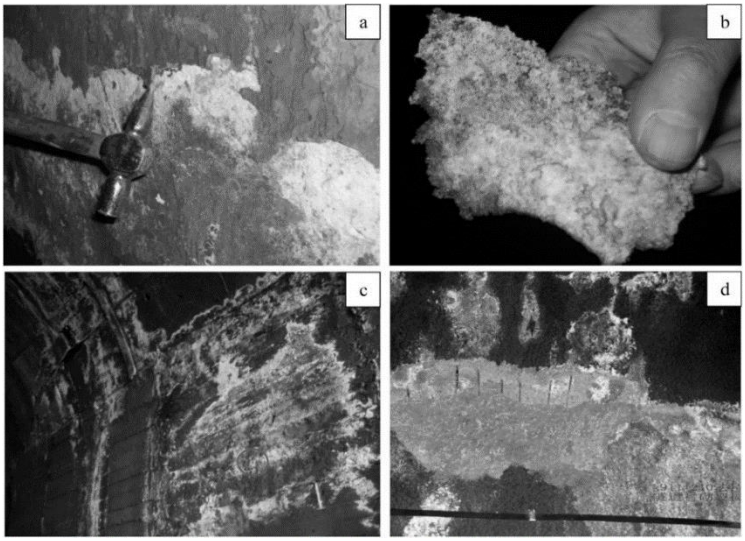
كلمات دالة: ديمومة الخرسانة، هجوم الكبريتات، خواص الخرسانة، مقاومة الضغط، مقاومة الشد

المقدمة:

تعتبر الخرسانة والمواد التي تعتمد في تصنيعها على الاسمنت من أكثر مواد البناء المستعملة على مستوى العالم، والتي يمكن استعمالها في العديد من التطبيقات فوق او تحت مستوى سطح الأرض او تحت مستوى سطح البحر، ومن أهم خصائص الخرسانة هي المتانة ومقاومة الضغط وقلة نفاذيتها ومقاومتها للبيئة العدائية كمقاومتها للكبريتات، والتي تتواجد في الطبيعة ومن أمثلتها كبريتات الصوديوم، كبريتات البوتاسيوم، كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنيسيوم والتي تتواجد في التربة ومياه البحر والمياه الجوفية، كما تستخدم الكبريتات على نطاق واسع في صناعة الأسمدة والتي قد تسبب تلوث التربة والمياه الجوفية.

هجوم الكبريتات من أكثر العوامل البيئية عدوانية والذي يؤثر على متانة الخرسانة على المدى البعيد وهجوم الكبريتات ينتج من عمليتين، الأولى عملية تفاعل ايونات الكبريتات مع هيدروكسيد الكالسيوم، وينتج عن هذا التفاعل هيدرات كربونات الكالسيوم والذي يعرف بالجبس (gypsum)، ثانيا تفاعل ايونات الكبريتات مع هيدرات ألومينات الكالسيوم وينتج عن هذا التفاعل سلفو ألومينات الكالسيوم والذي يعرف بالاترينجايت (Ettringite) وناتج هذه التفاعلات يكون ذو حجم اكبر من حجم المركبات الاصلية للخرسانة، مما ينتج عنه زيادة في حجم مكونات الخرسانة المتصلدة وبالتالي حدوث تشقق وتفتت للخرسانة، وبسبب تغلغل ايونات الكبريتات عبر مسام الخرسانة والذي يحدث التفاعل الكيميائي لهذه الكبريتات مع المواد المكونة للخرسانة مما يؤدي الى بداية تشقق وفقدان الخرسانة لمقاومتها [1].

والضرر الذي يحدث في الخرسانة نتيجة لهجوم الكبريتات يمكن ان يكون داخلي لإحتواء المواد المكونة للخرسانة على الكبريتات، أو خارجي بسبب تعرض الخرسانة لبيئة عدوانية تحتوي على الكبريتات وكلاهما يسبب تشققات بالخرسانة، حيث تظهر الخرسانة المهاجمة من قبل الكبريتات بمظهر مائل للبياض، كما أن الضرر يبدأ بالظهور عادة في حواف وأركان جسم الخرسانة ويتبعه تشققات وتشظي متزايد يجعل الخرسانة هشة سهلة التفتت[2]. الشكل 1 يوضح الخرسانة تحت تأثير الكبريتات.



الشكل 1: الخرسانة تحت تأثير الكبريتات.

البرنامج العملي

المواد المستخدمة

الركام الناعم -- استخدم في هذه الدراسة الرمل المورد من منطقة زليطن له وزن نوعي 2.62، حيث اجري اختبار التحليل المنخلي للرمل وكانت العينة مطابقة للمواصفات القياسية الليبية 2022/29 [3].

الركام الخشن -- الركام الخشن المستخدم في هذا البحث هو ركام محلي حيث تم استخدام الركام المورد من منطقة وادي الحي، ومقاسه الاعتباري الاكبر 20 مم، وهو ركام حبيباته غير منتظمة الشكل وبه حبيبات ذات حواف كروية، حيث تم استخدامه كركام متدرج طبقا للمواصفات القياسية الليبية [3]، وذلك عن طريق خلط مقاساته المختلفة (0.5،1،1.5) بنسبة (0.3:0.5:0.2) على التوالي.

الاسمنت -- تم في هذه الدراسة استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي نوع 42.5N من مصنع الاتحاد زليطن، ومطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم 2009/340م.

ماء الخلط -- الماء المستخدم في هذه الدراسة ماء صنبور يصلح لتنفيذ الخرسانة ولم يتم استخدام أي إضافات كيميائية.

الخلطة الخرسانية

بعد أن تم فحص المواد الأولية وهي (الاسمنت والماء والركام الناعم والركام الخشن) وبعد التأكد من صلاحيتها ومطابقتها

للمواصفات تم عمل الخلطة الخرسانية بنسب خلط 4:2:1 وبمحتوى اسمنتي 320 كغم/م^3 وكانت نسبة الماء للإسمنت 0.6 وذلك لجميع العينات.

عملية الخلط واعداد العينات

تم اعداد الخلطة الخرسانية وفقا للخلطة التصميمية السابقة حيث تم ضبط نسب الخلط لمكونات الخرسانة بدقة باستعمال ميزان الكتروني حساس حيث بدأت عملية الخلط بإضافة المواد الجافة للخلاطة الكهربائية أولا ومن ثم تم إضافة ماء الخلط تدريجيا، واستمر الخلط لمدة 2 الى 4 دقائق بعد إضافة الماء، وبعد الانتهاء من عملية الخلط تم اجراء اختبار الهبوط للخرسانة اللدنة، ومن ثم تم صب الخرسانة في قوالب حديدية مخصصة حسب نوع الاختبار والتي تم اعدادها وتنظيفها جيدا قبل الصب، حيث تم استخدام مكعبات حديدية ذات أبعاد (150x150x150) مم و (100x100x100) مم، واسطوانات ذات قطر 150 مم وارتفاع 300 مم، وبعد الانتهاء من عملية الصب تم تسوية أسطح القوالب ومن ثم تركت لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة وبعدها غمرت جميع العينات الخرسانية بعد فكها من القوالب مباشرة في ماء صالح للشرب في درجة حرارة الغرفة، وتركت العينات لمدة 28 يوم لمعالجتها في المياه النقية وذلك محكاة للواقع حيث أنه يتم اخذ الاحتياطات اللازمة لمعالجة الخرسانة قبل تعرضها للتربة والأوساط البيئية المخربة, وبعد ذلك تم اختبار العينات المرجعية وباقي العينات تم تقسيمها لمجموعات في مياه الغمر وهي عبارة عن محاليل كبريتات الصوديوم بتراكيز مختلفة كانت (1200 mg/l , 6000 mg/l , 12000 mg/l) حيث تقارب هذه النسب

المواصفات الأمريكية لتأثير الكبريتات على الخرسانة من ناحية التصنيف العادي والخطير والخطير جدا وكانت المجموعات كما يلي:

المجموعة 1 تم في هذه المجموعة غمر العينات الخرسانية في المياه النقية بدون أي إضافة للكبريتات وكانت هي العينات المرجعية وتم عمل عدد 12 مكعب مقاس (100x100x100) مم، وعدد 12 أسطوانة قطرها 150مم وارتفاعها 300مم وعدد 8 مكعبات مقاس (150x150x150) مم وتم اختبارها بعد (60, 90, 120) يوم.

المجموعة 2 تم في هذه المجموعة إضافة 1200 mg/l من كبريتات الصوديوم لمياه الغمر للعينات الخرسانية حيث تم عمل عدد 9 مكعبات مقاس (100x100x100) مم، وعدد 9 أسطوانة قطرها 150مم وارتفاعها 300مم وعدد 6 مكعبات مقاس (150x150x150) مم وغمرها في المحلول ومن ثم اختبارها بعد (60, 90, 120) يوم بعد 28 يوم من معالجتها في المياه النقية.

المجموعة 3 تم في هذه المجموعة إضافة 6000 mg/l من كبريتات الصوديوم لمياه الغمر للعينات الخرسانية حيث تم عمل عدد 9 مكعبات مقاس (100x100x100) مم، وعدد 9 أسطوانة قطرها 150مم وارتفاعها 300مم وعدد 6 مكعبات مقاس (150x150x150) مم وغمرها في المحلول ومن ثم اختبارها بعد (60, 90, 120) يوم بعد 28 يوم من معالجتها في المياه النقية.

المجموعة 4 تم في هذه المجموعة إضافة 12000 mg/l من كبريتات الصوديوم لمياه الغمر للعينات الخرسانية حيث تم عمل عدد 9 مكعبات مقاس (100x100x100) مم، وعدد 9 أسطوانة قطرها 150مم وارتفاعها 300مم وعدد 6 مكعبات مقاس (150x150x150) مم وغمرها في المحلول ومن ثم اختبارها بعد (60, 90, 120) يوم بعد 28 يوم من معالجتها في المياه النقية.

الاختبارات المتبعة

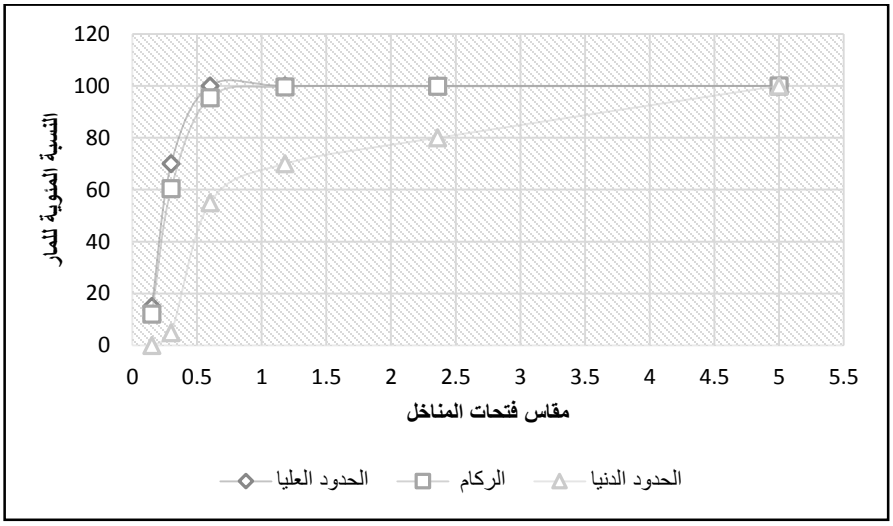
في هذه الدراسة تم اجراء اختبار التحليل المنخلي على الركام الناعم والركام الخشن بما يوافق المواصفة القياسية الليبية رقم(49) [2]، وتم اجراء اختبار الهبوط للخرسانة اللدنة للخلطة مباشرة قبل أن يتم صبها في القوالب المعدة

للصب، بالإضافة الى انه تم اجراء مجموعة من الاختبارات على عينات الخرسانة المرجعية والعينات المغمورة في محاليل كبريتات الصوديوم بعد (60, 90, 120) يوم، وهي اختبار مقاومة الضغط واجري للعينات ذات مقاس (100x100x100) مم، وفقا لطريقة الاختبار IS-516 [4] واختبار مقاومة الشد للعينات الاسطوانية والتي قطرها 150مم وارتفاعها 300مم، طبقا للمواصفة ASTM 496-96 [5] بالإضافة الى اجراء اختبار امتصاص الماء بالغمر للعينات ذات المقاس (150x150x150)مم.

النتائج والمناقشة

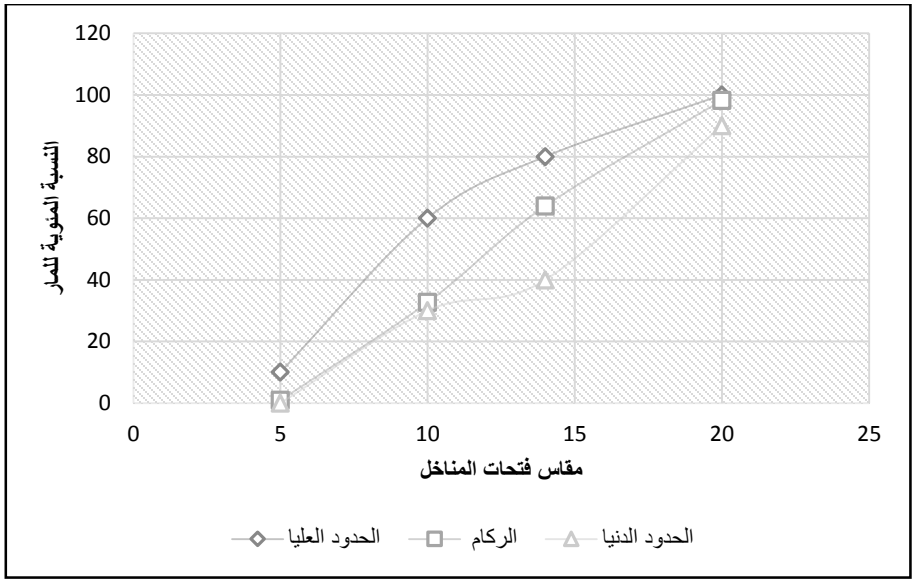
التحليل المنخلي

التدرج الحبيبي للرمل المورد من منطقة زليطن، كما موضح في شكل 3، داخل حدود المواصفة القياسية الليبية 2022/29 [3].



الشكل 3: التدرج الحبيبي للركام الناعم (زليطن)

وأيضا كان التدرج الحبيبي للركام الخشن والمورد من منطقة وادي الحي كما موضح في شكل 4، داخل حدود المواصفة القياسية الليبية رقم 29 [3].



الشكل 4: التدرج الحبيبي للركام الخشن (وادي الحي)

هبوط الخرسانة

الغرض من الاختبار تحديد قوام الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها وبالتالي تعيين القابلية التشغيلية للخرسانة، وذلك بعد تشكلها على هيئة مخروط ناقص بواسطة استخدام القالب المخروط، وهو من أفضل الاختبارات لضبط جودة الخرسانة والتأكد من نسب مكونات الخلطة [6]، ويتم اجرائه بعد اخراج العينة من الخلاطة الكهربائية مباشرة وفقا لطريقة الاختبار ASTM C143/143M [7].

مقاومة الضغط

تعتبر مقاومة الضغط من أهم خواص الخرسانة المتصلدة، وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، وتعتبر المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط, ويبين الجدول (2) نتائج اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المعرضة لكبريتات الصوديوم بتراكيز مختلفة (1200 mg/l , 6000 mg/l , 12000 mg/l) وفي أعمار (60 ,90, 120) يوم بعد تركها فترة معالجة 28 يوم, وتمت مقارنتها مع النتائج المرجعية وهي نتائج العينات المغمورة في ماء صالح للشرب حيث كانت مقاومة الضغط للعينات المرجعية بعد 28 يوم من المعالجة في ماء نفي كانت 46.86Mpa ووصلت مقاومة الضغط عند 120 يوم الى 51Mpa وعند إضافة الكبريتات لماء المعالجة لوحظ انخفاض في مقاومة الضغط ويزداد هذا

النقصان بزيادة تركيز المحلول ووصلت نسبة الانخفاض عند اقصى تركيز 12000 خلال 120 يوم الى 10.31% مقارنة بالعينات المرجعية.

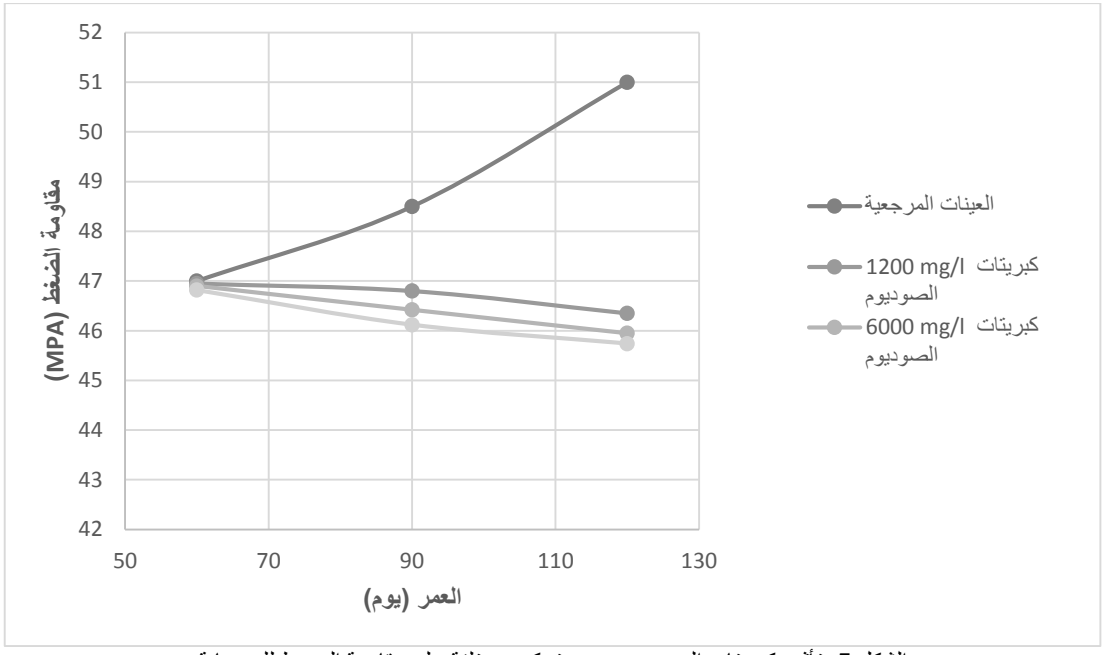
جدول 2: نتائج اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المعرضة لكبريتات الصوديوم

نوع الكبريتات	تركيز المحلول Mg/l	مقاومة الضغط للخرسانة Mpa			نسبة النقصان (–) في مقاومة الضغط للعينات المعرضة للكبريتات مقارنة بالعينات المرجعية (%)		
		عند 60 يوم	عند 90 يوم	عند 120 يوم	عند 60 يوم	عند 90 يوم	عند 120 يوم
كبريتات الصوديوم	0	47	48.5	51	---	---	---
	1200	46.95	46.8	46.35	−0.10	−3.50	−9.11
	6000	46.90	46.42	45.95	−0.21	−4.28	−9.90
	12000	46.82	46.12	45.74	−0.38	−4.90	−10.31

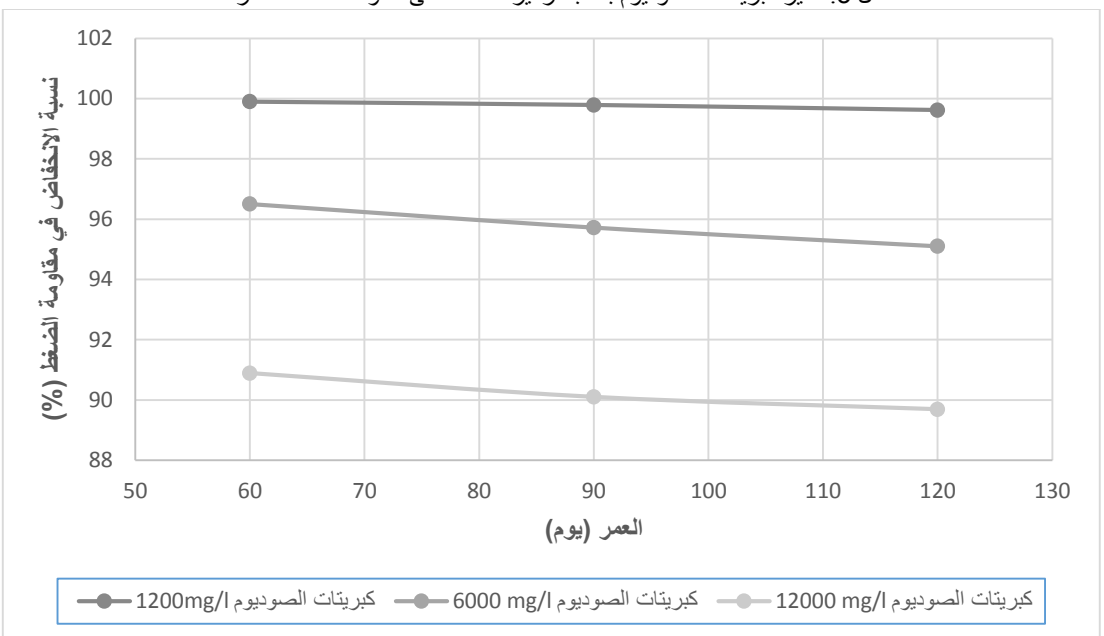
الملاحظ أيضا من الشكل (5) والشكل (6) أن قيم مقاومة الضغط للعينات المرجعية زادت خلال الأعمار المختلفة (28, 60, 90, 120) يوم حيث وصلت قيم مقاومة الضغط (46.86Mpa, 47Mpa، 48.5Mpa, 51Mpa) على التوالي للأعمار المذكورة أعلاه، وبلغت نسبة الزيادة في مقاومة الضغط عند أقصى مدة 120 يوم الى 8.86%.

أما النتائج الأخرى للعينات المغمورة في محلول كبريتات الصوديوم ($NaSo_4$) وبتراكيز مختلفة فأنه قد لوحظ تناقص في مقاومة الضغط بزيادة تركيز المحلول وزيادة العمر حيث انخفضت مقاومة الضغط عند تركيز (1200mg/l) من 51Mpa الى 46.35Mpa عند أقصى مدة 120 يوم وكانت نسبة الانخفاض 9.11%, وعند تركيز (6000mg/l) انخفضت مقاومة الضغط في عمر 60 يوم من 47Mpa الى 46.95Mpa بنسبة انخفاض 0.1% واستمرت بالانخفاض حيث وصلت الى 46.35Mpa في عمر 120 يوم, وبزيادة التركيز الى (12000mg/l) استمرت مقاومة الضغط بالنقصان حيث وصلت القيم الى (46.82Mpa, 46.12Mpa, 45.74Mpa) عند الاعمار (60 , 90, 120) يوم

على التوالي, وأبرز ما لوحظ من النتائج المتحصل عليها أن مقاومة الضغط تقل بزيادة تركيز محلول كبريتات الصوديوم وزيادة العمر لجميع العينات.



الشكل 5: تأثير كبريتات الصوديوم بنسب تركيز مختلفة على مقاومة الضغط للخرسانة



شكل 6: نسبة النقصان في مقاومة الضغط للعينات الخرسانية المعرضة لنسب تركيز مختلفة من كبريتات الصوديوم عند جميع الاعمار

مقاومة الشد

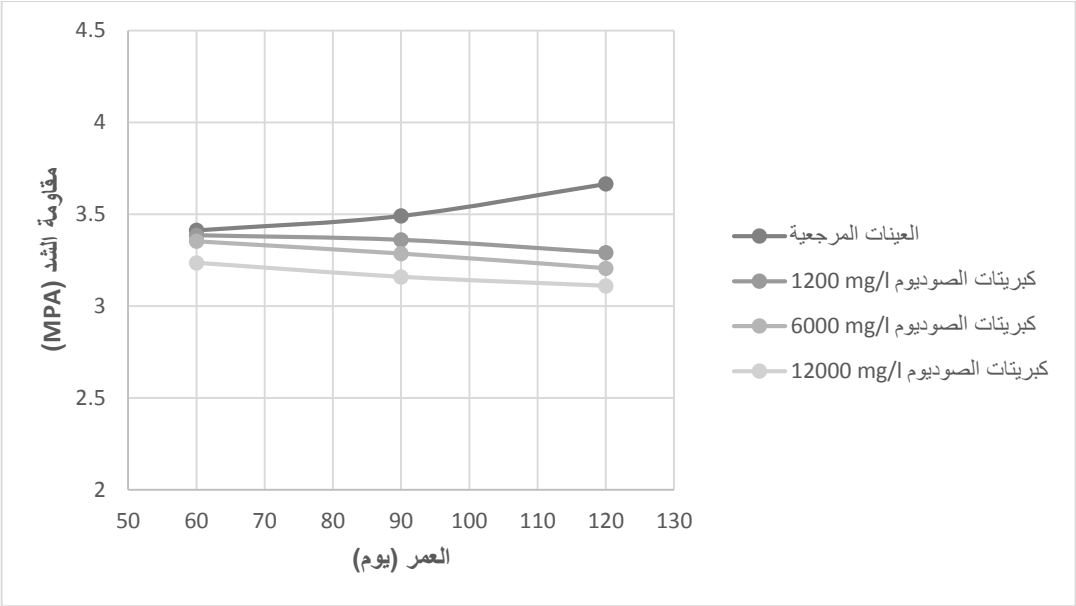
ان مقاومة الشد للخرسانة (سواء المباشر أو الغير مباشر) تعتبر ضعيفة إذا ما قورنت بمقاومتها للضغط، ويرجع ذلك لكونها مادة قاصفة (Brittle)، والاهتمام بها ظهر نتيجة لحدوث التشققات والشروخ في المناطق التي تتعرض للشد في الخرسانة بسبب ضعف مقاومتها للشد، ويظهر الجدول 3 نتائج اختبار مقاومة الشد للخرسانة المعرضة لمحلول كبريتات الصوديوم بتراكيز مختلفة (1200 mg/l, 6000 mg/l, 12000 mg/l) وفي أعمار (60, 90, 120) يوم بعد تركها فترة معالجة 28 يوم وتمت مقارنتها مع النتائج المرجعية.

جدول 3: نتائج اختبار مقاومة الشد للخرسانة المعرضة لكبريتات الصوديوم

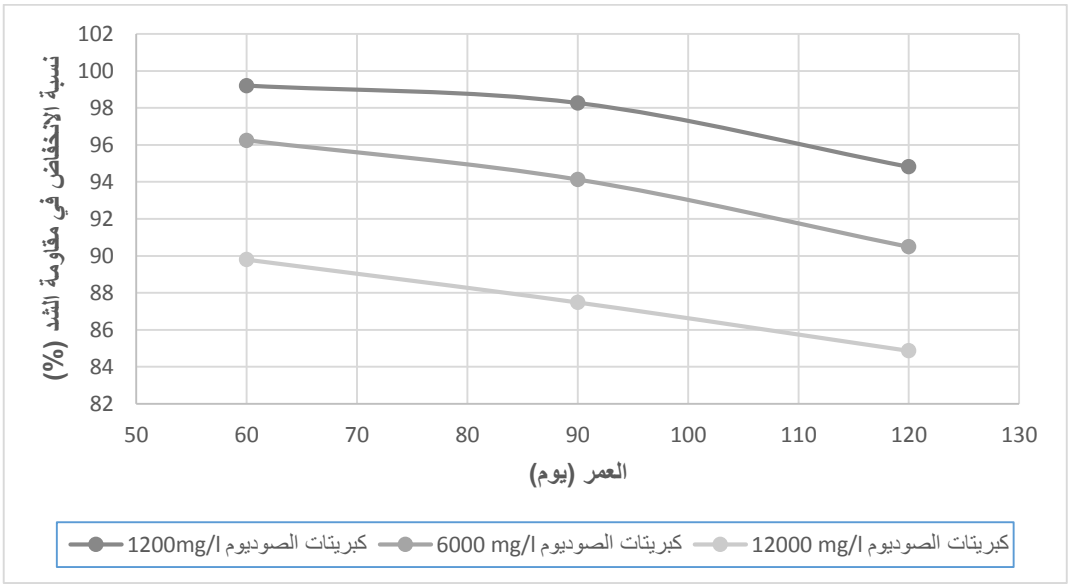
نوع الكبريتات	تركيز المحلول Mg/l	مقاومة الشد للخرسانة Mpa			نسبة النقصان (-) في مقاومة الشد للعينات المعرضة للكبريتات مقارنة بالعينات المرجعية (%)		
		عند 60 يوم	عند 90 يوم	عند 120 يوم	عند 60 يوم	عند 90 يوم	عند 120 يوم
كبريتات الصوديوم	0	3.412	3.491	3.665	---	---	---
	1200	3.385	3.360	3.291	-0.79	-3.75	-10.20
	6000	3.353	3.286	3.206	-1.73	-5.87	-12.52
	12000	3.235	3.159	3.110	-5.18	-9.51	-15.14

يبين الشكل 7 والشكل 8 أن قيم مقاومة الشد للعينات المرجعية زادت خلال الاعمار المختلفة حيث كانت مقاومة الشد 3.31 Mpa عند 28 يوم ووصلت قيمة مقاومة الشد في اقصى مدة والتي بلغت 120 يوم الى 3.665 Mpa بنسبة زيادة تصل الى 9.68%. أما النتائج الأخرى للعينات المغمورة في محلول كبريتات الصوديوم ($NaSo_4$) وبتراكيز مختلفة فأنه قد لوحظ تناقص في مقاومة الشد بزيادة تركيز المحلول وزيادة العمر حيث انخفضت مقاومة الشد عند تركيز 1200 mg/l من 3.665 Mpa الى 3.291 Mpa خلال 120 يوم وكانت نسبة الانخفاض 0.79%، وعند تركيز 6000 mg/l انخفضت مقاومة الشد في عمر 60 يوم من 3.412 Mpa الى 3.353 Mpa بنسبة انخفاض 1.73% واستمرت بالانخفاض حيث وصلت 3.286 Mpa في عمر 90 يوم وعند 120 يوم انخفضت الى 3.206 Mpa بنسبة نقصان 12.52 % مقارنة بالعينات المرجعية. وبزيادة تركيز المحلول الى 12000 mg/l استمرت مقاومة الشد للعينات

الخرسانية بالنقصان حيث سجلت (3.110 Mpa, 3.159 Mpa, 3.235 Mpa) عند الاعمار (60 , 90, 120) يوم على التوالي، مما سبب في نسبة انخفاض خلال 120 يوم تصل الى 15.14% مقارنة بالعينات المرجعية.



الشكل 7: تأثير كبريتات الصوديوم بنسب تراكيز مختلفة على مقاومة الشد للخرسانة

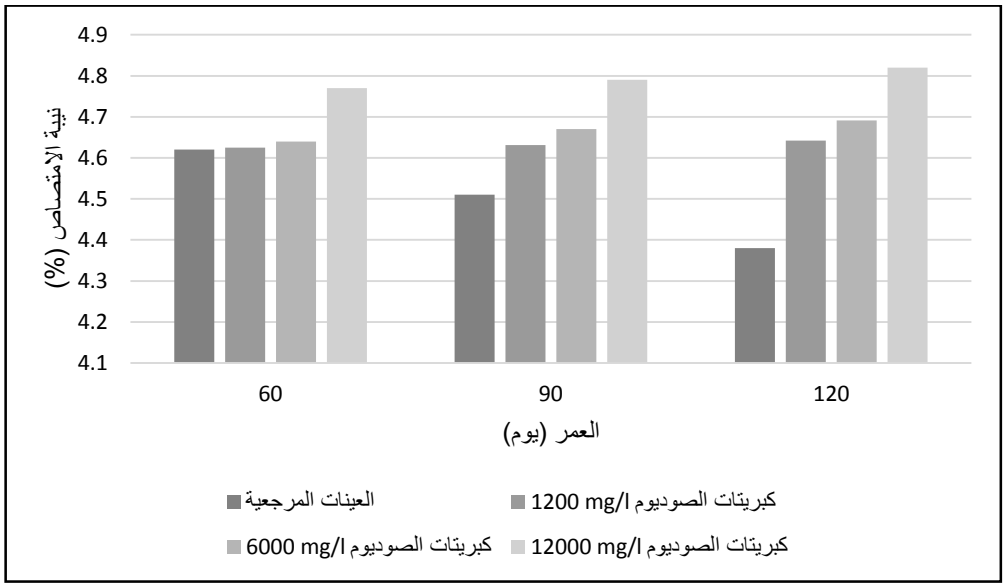


الشكل 8: النقصان في مقاومة الشد للخرسانة نتيجة تأثير كبريتات الصوديوم

نسبة امتصاص الماء

نتائج اختبار امتصاص العينات الخرسانية للماء والمعرضة لهجوم محاليل كبريتات الصوديوم بتركيزات عديدة

(1200 mg/l, 6000 mg/l, 12000 mg/l) موضحة في الشكل 9. ومن خلال النتائج يتبين أنه كلما زاد تركيز المحلول تزداد القدرة على امتصاص الخرسانة للماء، فعند 28 يوم كانت نسبة الامتصاص 4.76% وزادت بزيادة تركيز المحلول فسجلت عند أعلى تركيز للكبريتات 12000 mg/l بعد 120 يوم 4.82%، فعند تعريض الخرسانة للكبريتات بالتراكيز المذكورة أعلاه لوحظ زيادة بمعدل 0.005%، 0.02%، 0.15% على التوالي عند العمر 60 يوم، وزيادة بمعدل 0.121%، 0.16%، 0.28% على التوالي عند العمر 90 يوم وسجلت نسبة الامتصاص زيادة بمعدل 0.262%، 0.311%، 0.44% على التوالي عند العمر 120.



الشكل 9: تأثير كبريتات الصوديوم على نسبة امتصاص الخرسانة

الاستنتاجات

من خلال البرنامج العملي والذي تم فيه تعريض العينات الخرسانية الى محاليل كبريتات الصوديوم بتراكيز مختلفة وإجراء اختبارات الحالة المتصلدة، تم استنتاج الاتي:

1- تزداد مقاومة الضغط للخرسانة المغمورة بالماء النقي والخالي من الكبريتات بتقدم العمر.

2- تتناقص مقاومة الضغط للخرسانة بالنسبة للعينات المغمورة في محلول كبريتات الصوديوم بزيادة تركيز محلول الكبريتات وبتقدم العمر.

3- تتناقص مقاومة الشد للخرسانة بالنسبة للعينات المغمورة في محلول كبريتات الصوديوم $NaSO_4$ بزيادة تركيز محلول الكبريتات وبتقدم العمر.

4- نسبة الامتصاص كانت قليلة للعينات المرجعية(الغير مغمورة في محاليل الكبريتات)، وللعينات الخرسانية المغمورة في محاليل الكبريتات فإنه يزداد التآكل بزيادة تركيز الكبريتات مما يؤدي الى زيادة الامتصاص تدريجيا.

شكر وتقدير

كل الشكر للعاملين بشركة الصاري وشركة العاليا للأعمال الانشائية لإجراء اختبارات الخرسانة المتصلدة بمعملها. ونتقدم بالشكر الى الدكتور ابوالقاسم ابوصبيع مشرف معمل الخرسانة بكلية الهندسة صبراتة على رحابة صدره ومساعدته جزاه الله عنا كل خير.

المراجع

[1] R. Vedalakshmi, A. Sandra Raj & K. Ganesh Babu (Effect of magnesium and sulphate ions on the sulphate resistance of blended cement in low-and medium-strength concretes) Central Electrochemical Research Institute (April 2005).

[2] Neville, A., & Brooks, J (Concrete Technology). Second Edition. (2010)

[3] المواصفة القياسية الليبية (ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية :طريقة اجراء التحليل المنخلي رقم 49) (2002).

[4] IS-516 Indian Standard, pp. 1–30)Method of Tests for Strength of Concrete((1959).

[5] ASTM C 496 – 96: Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

[6] كتاب تكنولوجيا خرسانة ,من إعداد محمد حمودة مهنا (2019 – 2020).

[7] C143/C143M Test Method for Slump of Hydraulic - Cement Concrete.

مقارنة للكميات المطلوبة في تصميم الخلطة الخرسانية دراسة مقارنة للكميات المطلوبة في تصميم الخلطة الخرسانية بطرق مختلفة

محمد مصطفى فرحات[1] ، د.زيدان علي حتوش[2] ، د.عبد الحميد مفتاح كشلاف[3]

1 شركة الانماء للهنسة وإدارة المشاريع ، طرابلس

2 عضو هيئة تدريس ، قسم الهندسة المدنية ، كلسة الهندسة ، جامعة طرابلس ، طرابلس

3 شركة البنية للاستثمار والخدمات ، طرابلس

farhatm1998@gmail.com[1]

z.hatush@uot.edu.ly[2]

Hamid5966@yahoo.com[3]

ملخص

تصميم الخلطة الخرسانية هو عملية اختيار نسب المكونات (الأسمنت والماء والركام وأي مواد مضافة) التي ستنتج الخرسانة بالخصائص المرغوبة لتطبيق معين. ، قوي ، متين ، واقتصادي تتضمن عملية تصميم المزيج، تحديد الخصائص المطلوبة للخرسانة مثل القوة وقابلية التشغيل والمتانة وأي متطلبات خاصة ، تحدد طريقة تصميم الخلطة المناسبة بناءً على التطبيق المحدد والمواد المتاحة وتشمل الطرق الأكثر استخدامًا طريقة معهد الخرسانة الأمريكي ، والطريقة البريطانية .

تحدد نسبة الماء إلى الأسمنت بناءً على القوة المطلوبة وقابلية التشغيل للخرسانة ، تحديد النوع والكمية المناسبة من الركام ، مثل الرمل أو الحصى أو الحجر المكسر ، بناءً على توزيع حجم الجسيمات والشكل والملمس ، تحديد كمية الأسمنت والماء المطلوبين للخليط بناءً على نسبة الماء/الاسمنت والنسب الكلية ، أضف أي مواد مضافة ، مثل عوامل امتصاص الهواء ، أو عوامل تقليل المياه ، أو المسرعات ، لتحسين قابلية التشغيل أو المتانة أو ضبط وقت الخرسانة .

تهدف هذه الورقة الى حساب الكميات المكونة للخرسانة باستخدام طرق مختلفة لتصميم الخلطة الحرسانية ومنها معهد الخرسانة الامريكي والطريقة البريطانية، ويامل الباحثان من نتائج هذه الورقة توضيح الاختلاف في المكونات وبالتالي اثرها على تكلفة الخرسانة وبالتالي المنشأ

الكلمات المفتاحية: مقاومة الخرسانة، نسبة w/c، تصميم الخلطات، الطريقة الامريكية، الطريقة البريطانية

مقدمة :

تصميم الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين، ويكون ذلك بإستخدام نسب أثبتت فاعليتها من الخبرة وقد تكونت بطرق حسابية مبينة على أساس فني بالنسبة الوضعية .

تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلدة (مثل مدى المقاومة للاحمال او المقاومة للبري) والاشتراطات التي تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة مثل السهولة المناسبة للصب والتسوية النهائية وذلك مع مراعات التكاليف الاقتصادية حسب نوع العمل الانشائي المطلوب .

وهذه الطرق نحصل منها على المواد المطلوبة لتصميم خرسانة ذات خواص مطلوبة في الحالتين الطازجة والمتصلدة وذلك بأقل التكاليف.

ويعتبر تحديد نسبة غلط الخرسانة من اهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصادية المشروع .

فمن الممكن الحصول على خرسانات متباينة في جودتها وثمنها بالرغم من انها جميعا تتكون من نفس المواد، ويعتمد الاقتصاد النسبي للخلطات الخرسانية على اثمان مكوناتها وعلى أجور العمال وتكاليف النقل لتلك المكونات .

ويعتبر الاسمنت احد المكونات الأساسية للخرسانة والذي تؤثر نسبة وجوده في الخلطة تأثيرا كبيرا على التكاليف نظرا لغلو ثمنه بالنسبة لباقي المكونات.

هدف البحث :

يهدف هذا البحث إلى تحديد نسب الخلط للخرسانة بالطريقة الحجمية (طريقة الحجم المطلق) الموجودة في الكود البريطاني وهي الطريقة التي يتم تدريسها والشائع إستعمالها من قبل الطلبة في قسم الهندسة المدنية بجامعة طرابلس وبين نسب الخلط المستعملة في كل من طريقة المعهد الأمريكي لتصميم الخلطات الخرسانية والطريقة البريطانية الحديثة .

منهجية البحث :

في هذه الورقة ستتم المقارنة بالطرق الثلاثة لخرسانة بقوة 35 نيوتن /مم2 من خلال الخطوات المحددة في كل طريقة:

أولا : طريقة الحجم المطلق :

تفترض هذه الطريقة ان الحجم المطلق للخرسانة هو مجموع الحجوم المطلقة للمواد المكونة للخلطة، أي ان الحجم المطلق للاسمنت والماء والركام بنوعيه كما يلي :

$$C + Ca + Fa + W = 1m^3$$

حيث :

C..... وزن الاسمنت

Ca.....وزن الركام الخشن

Fa..... وزن الركام الناعم (الرمل)

W..... وزن الماء

وهذه الاوزان تكون بوحدة كجم/م^3

الخطوات المتبعة في هذه الطريقة :

1. يتم تحديد مقاومة الخرسانة للضغط خلال 28 يوم ومنها يتم تحديد نسبة الماء الى الاسمنت من الشكل(1).
2. تحديد الاشتراطات المطلوبة في التشغيلية من جدول(1) ودرجة نعومة الرمل .
3. تحديد مقاس ونوع الركام المستخدم من جدول(2) ومن هذه البيانات نقوم بإيجاد نسبة الركام الى الاسمنت .
4. بالاستعانة بالبيانات السابقة نقوم بإيجاد نسبة الركام الناعم (الرمل) الى نسبة الركام الكلي من جدول(3) .
5. تحديد قيمة الوزن النوعي لكل من الاسمنت والركام الخشن والناعم .

6. بإستخدام المعادلة التالية نتحصل على قيمة الاسمنت ومنها نقوم بإيجاد قيم باقي المواد :

$$\frac{W/C\,xC}{1000}+\frac{A/CxC}{1000\,\rho_A}+\frac{C}{1000\,\rho_C}=1.0$$

هذه النسب كانت لخرسانة القواعد (C35)

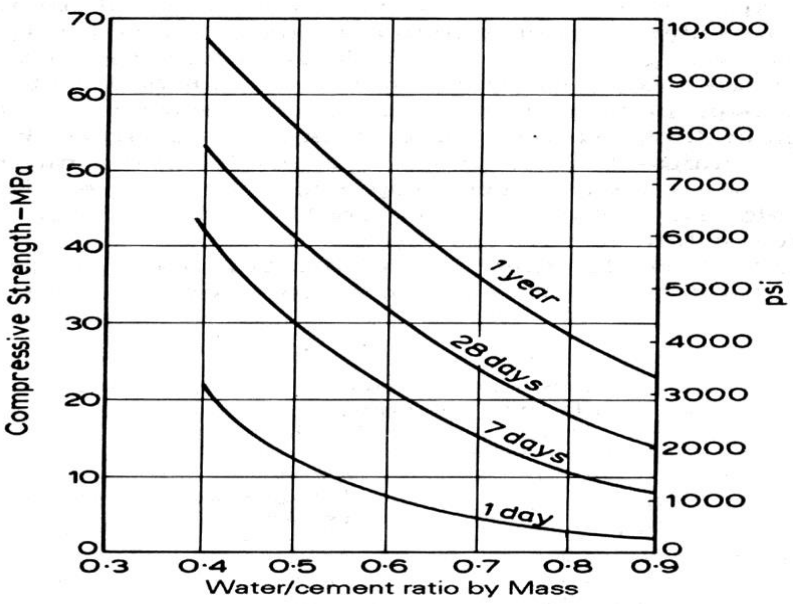
ρc الوزن النوعي للإسمنت = 3.15

ρa الوزن النوعي للركام بنوعيه = 2.6

تشغيلية الخلطة معتدلة

نوع الركام المستخدم ركام زاوي مقاس 19.5 مم

درجة نعومة الرمل 3



شكل (1):العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الماء للإسمنت

بناء على اختبار عينات مكعبة (100×100×100)مم

جدول(1): درجات التشغيل للاعمال الخرسانية المختلفة

درجة التشغيل	قيمة الهبوط ، مم	الاستعمالات الملامة للخرسانة
منخفضة جدا	صفر – 25	أعمال الطرق والخرسانة سابقة الصب .
منخفضة	25 – 50	الخرسانة الكتلية والأساسات الضخمة ذات التسليح غير الكثيف.
متوسطة	50 – 100	الأعمال العادية.
عالية	100 – 170	الخرسانة ذات التسليح الكثيف، وعندما يكون الدمك يدويا أو بدون دمك.

جدول(2) : نسبة وزن الركام للإسمنت اللازمة لإنتاج خرسانة ذات درجة تشغيل معينة (مقاس 19.5 مم)

درجة التشغيلية	منخفضة جدا				منخفضة				معتدلة				عالية			
نعومة الرمل	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0.35	3.2	3.0	2.9	2.7	2.7	2.7	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.3	2.1	2.1
0.40	4.5	4.2	3.7	3.5	3.5	3.5	3.2	3.0	3.1	3.1	2.9	2.7	2.9	2.9	2.8	2.6
0.45	5.5	5.0	4.6	4.3	4.3	4.2	3.9	3.7	3.7	3.7	3.4	3.3	3.5	3.5	3.2	3.1
0.50	6.5	5.8	5.4	5.0	5.0	4.9	4.5	4.3	4.2	4.2	3.9	3.8	/	3.9	3.8	3.5
0.55 (W/C)0.55	7.2	6.6	6.0	5.6	5.7	5.4	5.0	4.8	4.7	4.7	4.5	4.3	/	/	4.3	4.0
0.60	7.8	7.2	6.6	6.3	6.3	6.0	5.6	5.3	/	5.2	4.9	4.8	/	/	4.7	4.4
0.65	8.3	7.8	7.2	6.9	6.9	6.5	6.1	5.8	/	6.2	5.4	5.2	/	/	5.1	4.9
0.70	8.7	8.3	7.7	7.5	7.4	7.0	6.5	6.3	/	/	5.8	5.7	/	/	5.5	5.3
0.75	–	–	8.2	8.0	7.9	7.5	7.0	6.8	/	/	6.2	6.1	/	/	5.8	5.7
0.80					–	–	7.4	7.2	/	/	6.6	6.5	/	/	6.1	6.0
0.85					–	–	–	–	/	/	7.1	6.9	/	/	6.4	6.3
0.90									/	/	7.5	7.3	/	/	/	6.7
0.95									/	/	8.0	7.6	/	/	/	7.0
1.00									/	/	–	–	/	/	/	7.3

(/) يشير الى ان الخليط معرض لحدوث انفصال حبيبي

(–) يشير الى ان الخليط خارج حدود المواصف

جدول (3) : النسبة الركام الناعم إلى الركام الكلي بالوزن (%)

مقاومة الخرسانة (ن/مم^2)	درجة التشغيل	معتدلة	مرتفعة	معتدلة	مرتفعة	معتدلة	مرتفعة	معتدلة	مرتفعة
	المقاس الاعتباري الأكبر للركام (مم)								
	نعومة الرمل(*)	10		14		20		40	
15 أو أقل	–	–		–		40-35		40-30	
40~20	1	50	55	45	50	40	45	35	40
	2	45	50	40	45	35	40	30	35
	3	40	45	35	40	30	35	30	30
	4	35	40	30	35	25	30	25	25

(*) تمثل الدرجة "4"أنعم حالات الرمال، وهي الرمال السائدة في معظم الحالات على الساحل الليبي الغربي

النواتج : من خلال الخطوات المحددة سابقا وبالاستعانة بالجداول والاشكال امكن تحديد مكونات المواد لخرسانة C35

$C = 374\ Kg/m^3$ (كمية الاسمنت)

W/C = 57% (نسبة الماء الى الاسمنت)

$W = 214\ Kg/m^3$ (كمية الماء)

A/C = 4.66% (نسبة وزن الركام الى الاسمنت)

$Fa = 523\ Kg/m^3$ (كمية الركام الناعم)

$Ca = 1220\ Kg/m^3$ (كمية الركام الخشن)

ثانيا : الطريقة الامريكية :

هذه هي الطريقة الشائعة لِتصميم مزيج الخرسانة. فيما يلي الخطوات المتبعة:

1. تحديد قيمة الهبوط او التشغيلية من جدول(4) ، والمقاس الاعتباري الأكبر للركام الموصى به لأنواع البناء، يجب استخدام الحجم الأقصى المسموح به، باستثناء ما تمليه عليه الحالة المتوفرة والاقتصاد.
2. تحديد كمية الماء اللازمة للخلطة من جدول(5) ، بدلالة المقاس الاعتباري الأكبر للركام و درجة التشغيلية .
3. إيجاد نسبة الماء الى الاسمنت من جدول(6) ، بمعلومية إجهاد الضغط للخرسانة للضغط خلال 28 يوم .
4. يتم حساب محتوى الأسمنت بقسمة إجمالي محتوى الماء على نسبة الوزن.

5. يتم تحديد الحجم الكلي للركام الخشن لكل وحدة حجم من الخرسانة ومعامل نعومة الرمل من جدول(7) للحجم الأقصى المعين للركام.
6. تحديد وزن الخرسانة الطرية من جدول(8) ، بدلالة المقاس الاعتباري الأكبر للركام .
7. حساب وزن الركام الناعم من طرح مجموع أوزان مكونات الخلطة الخرسانية من وزن الخرسانة الطرية .

عما بأن :

هذه النسب كانت لخرسانة (C35) على نفس الطريقة الاولى

الهبوط = 50مم

المقاس الاعتباري الأكبر للركام = 20مم

معامل نعومة الرمل 2.6

γa وزن وحدة الحجوم للركام الخشن = 1600 كجم/م^3

جدول (4) : درجة تشغيلية الخرسانة لبعض الأعمال الإنشائية

ر.م	نوع الإنشاء	هبوط القوام (مم)	
		الحد الأدنى	الحد الأعلى
1	خرسانة مسلحة للقواعد و أساسات الحوائط	**25**	**75**
2	خرسانة للحوائط الساندة وأكتاف الجسور	**25**	**75**
3	الكمرات والحوائط المسلحة	**25**	**100**
4	أعمدة المباني	**25**	**100**
5	أعمال البلاطات والطرق	**25**	**75**
6	القطاعات الخرسانية الضخمة	**25**	**50**

جدول (5) : الكمية الماء ومحتوى الهواء لقيم مختلفة من درجات التشغيل و المقاس الاعتباري الاكبر للركام(مم)

درجة التشغيل (مم)	كمية الماء (كجم/م^3)							
	المقاس الاعتباري الأكبر للركام (مم)							
	9.5	**12.5**	**20**	**25**	**37.5**	**50**	**75**	**150**
خرسانة بذون هواء محبوس								
50-25	207	199	190	179	166	154	130	113
100-75	228	216	205	193	181	169	145	124
175-150	243	228	216	202	190	178	160	-
%الهواء	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
خرسانة ذو هواء محبوس								
50-25	181	175	168	160	150	142	122	107
100-75	202	193	184	175	165	157	133	119

175-150	216	205	197	184	174	166	154	-
%الهواء	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0

جدول (6) : العلاقة بين نسبة الماء الى الاسمنت (م/س) وأجهاد الضغط للخرسانة

إجهاد ضغط الخرسانة بعد 28 يوم نيوتن/مم2	م/س	
	بدون هواء محبوس	ذو هواء محبوس
45	0.38	0.30
40	0.42	0.34
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

جدول (7) : : حجم الركام الخشن من الخرسانة ($م^3$)

المقاس الاعتباري الأكبر (مم)	حجم الركام الخشن/$م^3$ لقيم مختلفة من معامل النعومة			
	معامل النعومة للرمل			
	2.4	2.6	2.8	3.00
9.5	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

جدول (8) : وزن الخرسانة الطرية(الطازجة)

المقاس الاعتباري الأكبر للركام (مم)	وزن الخرسانة الطري (كجم/$م^3$)	
	بدون هواء محبوس	ذو هواء محبوس
9.5	2280	2200

2230	2310	12.5
2275	2345	20
2290	2380	25
2350	2410	37.5
2345	2445	50
2405	2490	75
2435	2530	150

النتائج : كما سبق من خلال الخطوات المحددة سابقا وبالاستعانة بالجداول من 4 الى 8 امكن تحديد مكونات المواد لخرسانة C35 فكانت

$W = 190\ Kg/m^3$ (كمية الماء)

$W/C = 47\%$ (نسبة الماء الى الاسمنت)

$C = 405\ Kg/m^3$ (كمية الاسمنت)

حجم الركام الخشن = 0.64 من الحجم الكلي للخلطة

وزن الخرسانة الطرية (الطازجة) = 2345 كجم/م^3

حجم الهواء = 2%

ولحساب كمية الركام الناعم هناك طريقتان

1. طريقة الوزن :

وزن الركام الخشن = 0.64*1600 = 1024 كجم/م^3

وزم الركام الناعم = 2345-190-405-1024 = 726 كجم/م^3

2. طريقة الحجم :

حجم الركام الناعم = 1-{(1000*1/190)+(1000*3.15/405)+(1000*2.6/1024)+0.02} = 0.268

كمية الرمل = 0.268*2.6*1000 = 697 كجم/م^3

الاستنتاج :

نلاحظ وجود اختلاف في كميات الرمل عند استخدام الحجم و الوزن وذلك يرجع لان حجم الهواء لم يؤخذ في عين الاعتبار في طريقة الوزن بحكم ان الهواء لا وزن له .

ثالثا : الطريقة البريطانية :

الخطوات المتبعة في هذه الطريقة هي:

1. تحديد كمية المياه للمتر المكعب من جدول(9) حسب التشغيلية المطلوبة عن طريق قيمة الهبوط للعنصر الخرساني من جدول(1) .
2. إيجاد قيمة مقاومة الضغط للخلطة الخرسانية خلال 28 يوم والمناظرة لنسبة ماء الى الاسمنت 50% من جدول(10) .
3. إيجاد نسبة الماء الى الاسمنت الفعلية من شكل(2) ومنها حساب كمية الاسمنت للمتر مكعب .
4. تحديد وزن الخرسانة الطرية من شكل(3) من خلال كمية الماء ونوع الركام المستخدم .
5. حساب وزن الركام الكلي للمتر المكعب من الخرسانة وذلك بطرح وزن الماء والاسمنت من الوزن الكلي للخرسانة الطرية .
6. من خلال شكل(4) وبمعلومية نسبة الماء الى الاسمنت والمقاس الاعتباري الأكبر للركام والهبوط ونعومة الرمل نوجد نسبة الركام الناعم الى الركام الكلي .

علما بأن :

هذه النسب كانت لخرسانة (C35) كما سبق في الطريقتين الاولى والثانية

الهبوط 50مم

المقاس الاعتباري الأكبر للركام 20مم

نوع الركام هو ركام غير محطم

رتبة الاسمنت 42.5

ρ الوزن النوعي للركام بنوعيه = 2.6

جدول (9) : محتوى المياه الحرة التقريبي (كجم/م^3) المطلوبة لإعطاء مستويات مختلفة من قابلية التشغيل

الهبوط (مم)		0-10	10-30	30-60	60-180
Vebe time(s)		>12	6-12	3-6	0-3
المقاس الاعتباري الأكبر للركام (مم)	نوع الركام				
10	غير محطم	150	180	205	225
10	محطم	180	205	230	250
20	غير محطم	135	160	180	195
20	محطم	170	190	210	225
40	غير محطم	115	140	160	175
40	محطم	155	175	190	205

جدول (10) : إجهاد ضغط الخرسانة (نيوتن/مم^3) المناظر لنسبة ماء الى الاسمنت 50%

		إجهاد ضغط الخرسانة (نيوتن/مم^3)			
نوع الاسمنت (رتبة الاسمنت)	نوع الركام	3	7	28	91
42.5	غير محطم	22	30	42	49
42.5	محطم	27	36	49	56
52.5	غير محطم	29	37	48	54
52.5	محطم	34	43	55	61

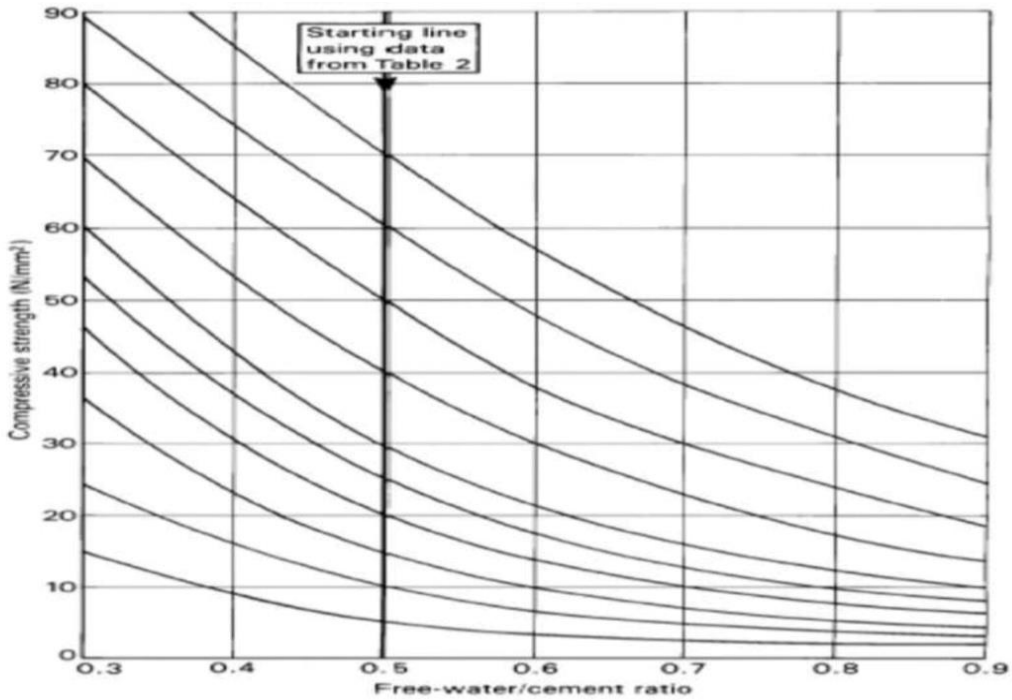


Figure 4. Relation between compressive strength and free-water/cement ratio

شكل (2) : العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الماء الى الاسمنت

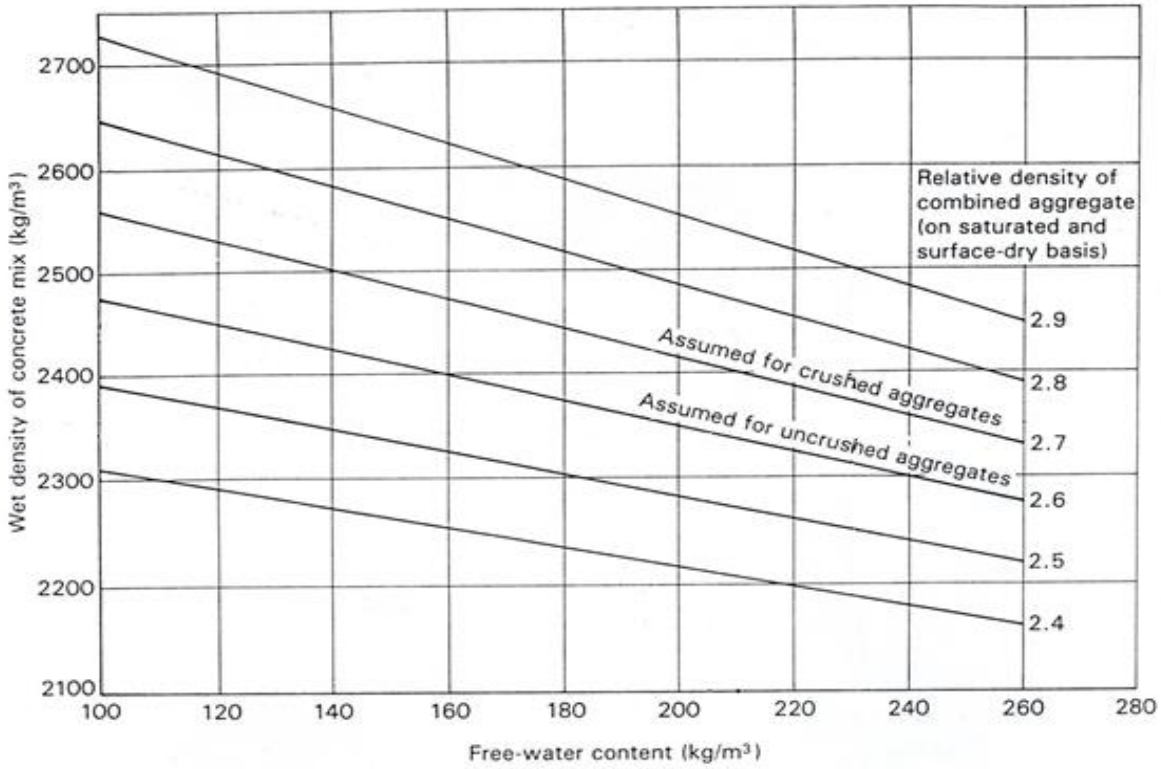
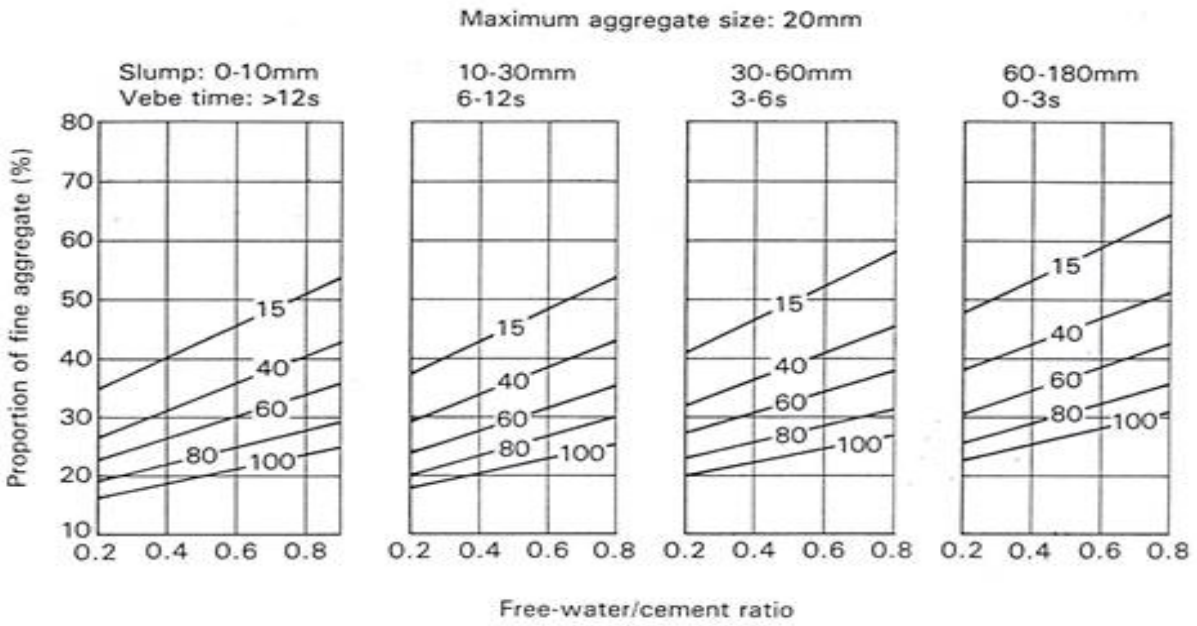


Figure 6.5 Estimated wet density of fully compacted concrete

شكل (3) : العلاقة بين كمية المياه و وزن الخرسانة الطرية



شكل (4) : العلاقة بين نسبة الماء الى الاسمنت ونسبة الركام الناعم الى الركام الكلي بدلالة المقاس الاعتباري الأكبر للركام

النتائج : على نفس سياق الطريقتين السابقتين وخلال الخطوات المحددة في هذه الطريقة امكن تحديد مكونات المواد لخرسانة C35 فكانت

$W = 180\ Kg/m^3$ (كمية الماء)

مقاومة الخرسانة المبدئية المقابلة لنسبة ماء الى الاسمنت 50% هي 42.5Mpa

$W/C = 56\%$ (نسب الماء الى الاسمنت)

$C = 322Kg/m^3$ (كمية الاسمنت)

وزن الخرسانة الطرية (الطازجة) = 2380 كجم/م^3

وزن الركام الكلي = 2380 – 322 –180 = 1878كجم/م^3

نسبة الركام الناعم الى الركام الكلي = 36%

كمية الركام الناعم = 0.36 * 1878 = 676 كجم/م^3

كمية الركام الخشن = 1878 – 676 = 1202 كجم/م^3

مقارنة النتائج : يبين الجدول 11 مقارنة بين الطرق الثلاثة وثم اعتبار الاساس هي الطريقة الحجمية المعمول بها في ليبيا

جدول (11) : مقارنة بين الطرق الثلاثة وبيان الفروقات

نسبة الخلط لخرسانة C35					
الطريقة الحجمية		الطريقة الامريكية (ACI)	المقارنة(كغم/م^3)	الطريقة البريطانية	المقارنة(كغم/م^3)
(كغم/م^3)الماء	213	190	23	180	33
W/C %	57	47	10	56	1
(كغم/م^3)الاسمنت	374	405	31	322	52
(كغم/م^3)الركام الخشن	1220	1024	196	1202	18

الركام الناعم (كغم/م^3)	523	697	174	676	153

الاستنتاجات :

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من هذا البحث يمكن الخروج بالاستنتاجات التالية :

1. الاختلاف الكبير بين الطريقة الحجمية و الامريكية راجعة لأن نسبة الماء الى الاسمنت كانت اكبر بشكل ملحوظ في الطريقة الحجمية وكذلك كون الطريقة الحجمية مركزة على نوع الركام والذي بدوره يؤثر في كمية الماء اللازمة للخلطة حيث كمية الركام الخشن كانت اكثر بكثير في الطريقة الحجمية عكس الركام الناعم الذي كانت كميته اكبر في الطريقة الامريكية .
2. الاختلاف بين الطريقة الحجمية والبريطانية هي ان كمية الماء في الطريقة البريطانية كانت اقل والتي بدورها أدت الى انخفاض كمية الاسمنت بسبب تقاربهم في نسبة الماء الى الاسمنت .
3. وزن الخلطة للمتر المكعب في الطريقة البريطانية اكبر منه في الطريقتين الامريكية والحجمية .
4. تعتبر الطريقة البريطانية اكثر اقتصادية من الطريقة من الطريقة الحجمية بالرغم من كونها الأكبر وزنا وذلك بسبب ان كمية الاسمنت اقل من الطريقتين الامريكية والحجمية.
5. يصعب معرفة أي من الطريقتين الامريكية والبريطانية هو الأكثر اقتصادية بالرغم من كون الطريقة البريطانية تحتوي على كمية اقل من الاسمنت والذي يعتبر الاغلى ثمنا إلا ان الطريقة الامريكية تحتوي على كمية من الركام الخشن اقل كما ان وزن الخلطة للمتر المكعب الواحد اقل من الطريقة الامريكية ولكن بحكم كون سعر الاسمنت اغلى من سعر الركام فيمكن القول ان الطريقة البريطانية هي الأفضل من الناحية الاقتصادية .

المراجع :

1. جدول (4) من المواصفة الامريكية رقم (ACI 211.1)
2. جدول (5) من المواصفة الامريكية رقم (ACI,2000)
3. جدول(6) من المواصفة الامريكية رقم (ACI:211.1:1991) من جدول (TABLE A1.6.3.4)
4. جدول (7) من المواصفة الامريكية رقم (ACI:211.1:1991) من جدول (TABLE A1.6.3.6)
5. كتاب مقدمة في مواد البناء الطبعة الثالثة G.D.Taylor, 2000. Materials in Construction – An Introduction. 3rd .ed. Essex: Pearson Education Limited

6. كتاب تصميم الخلطات الخرسانية بالطريقة البريطانية Concrete Mix Design Using (DOE – British) Method

7. الجداول (9) (10) والاشكال (2)(3)(4) من المواصفة البريطانية رقم (British standards BS 8500-1:2006)

دراسة تأثير أستخدام أنواع الأسمنت بالسوق المحلي على إنسياب الخرسانة ذاتية الدمك

1- أ. حمزة علي إبراهيم الصحراوي- مساعد محاضر بكلية الهندسة جامعة بني وليد ، ليبيا
2- أ.د إبراهيم محمد الحاج الفقهي- أستاذ ، عميد كلية الهندسة جامعة بني وليد ، ليبيا
3- أحمد عكاشة فرج 4- فرج الحوسين المروم , طلبة بكلية الهندسة جامعة بني وليد ، ليبيا

الملخص

نظرا للحاجة الملحة لإستخدام الخرسانة ذاتية الدمك في تنفيذ مشاريع البناء الحديثة في بلادنا وعلى وجة الخصوص لتنفيذ الأبراج والتي تصمم حاليا لتواكب التصاميم المعمارية الحديثة فقد ثم وضع خطة البحث لتقيم دراسة معملية لتنفيذ خرسانة ذاتية الدمك بأستخدام المواد المتوفره محلية في ليبيا بحيث تحقق الخصائص اللدنة والمتمثلة في قدرة الأنسياب والعبور الذاتي لملء الشدات والقوالب ذات التسليح الكثيف بالكامل علي ان تبقى متجانسة المكونات بالرغم من إنسيابيتها العالية.

ولتحقيق الهدف من هذه الدراسة أستخدمت ملدنات فائقة لتنفيذ الخلطات كمادة اسمنتية رابطة وأيضا نسب مختلفة من الماء للأسمنت كما نفذت خلطات خرسانية بنسب مختلفة من الماء مع نسب مختلفة من الملدن علي أنواع الأسمنت,وأجريت الأختبارات للخرسانة ذاتية الدمك المتوفرة حاليا لتقييم أدائها وثم ذلك عن طريق أختبار تعين قطر الهبوط Slump flow وكما تم إختبار الخرسانة في الحالة الصلبة حيث نفذت مقاومة الضغط علي مكعبات خرسانة عند أعمار 7-28يوم.

بالرغم من أستخدام نسب ماء للأسمنت من دون ملدن(0.55-0.5-0.45) إلا ان معظم النتائج في الحالة الطرية علي جميع أنواع الأسمنت(الأول الأتحاد,الثاني التركي,الثالث التونسي,الرابع سوق خميس) مقبوله والنتائج في الحالة المتصلدة تزيد مقاومة الضغط عند خفض الماء ,وعندنسب الماء للأسمنت مع الملدن(0.45-0.425-0.4) كانت أفضل مقاومة النوع الرابع وأقل مقاومة النوع الأول

1. المقدمة .

يسعى بعض المقاولين ومهندسي المواقع في تنفيذ خرسانات عالية الانسياب بغرض استخدامها في بعض التطبيقات الخاصة. وفي الأغلب يتم ذلك عن طريق استخدام محتوي مائي عالي نسبياً وأحيانا استخدام الإضافات الملدنة بنسب

غير مدروسة. إلا أنة في الكثير من الأحيان تنتج خرسانة لها نضح عالي وغير متجانسة في مكوناتها مما يسبب انفصال حبيبات الركام عن المونة الإسمنتية نتيجة عدم الموازنة في اختيار نسب الخلط مما يجعل الخرسانة ضعيفة وذات نفاذية ومسامية عاليتين وبالتالي تكون أكثر عرضة للمؤثمرات البيئية المختلفة كالمداهمات الكيميائية. وبناء على ماتقدم، اعتبرت الخرسانة الذاتية الدمك حلاً جيداً للمشكلة التي ذكرت أنفاَ بالإضافة إلي العديد من المشاكل الأخرى.وأصبح من السهل صب الخرسانة في القوالب والأشكال المتغيرة الأبعاد وذات السمك المحدود وايضا في العناصر الكثيفة التسليح بخصائص انسيابية عالية وبالتجانس المطلوب.

2. خطة البحث

يتضمن الجانب العملي للدراسة البحث عن أي دراسات سابقة متوفرة وتجميع المعلومات منها بالإضافة الى تجميع الأسمنت مختلف المصادر وإجراء الأختبارات الميكانيكية والكيميائية ومن تم إعداد وتصميم سبعة مجموعات من الخلطات الخرسانية حيث أن التلاث مجموعات الأولى تحتوي على تلاث نسب ماء من دون ملدن وكان نسبة الماء للأسمنت 0.55–0.5–0.45 والمجموعات الأخرى تحتوي على تلاث نسب ماء مع ملدن وكان نسبة الماء للأسمنت 0.4 مع نسبة ملدن 0.85% و نسبة الماء للأسمنت 0.425 مع نسبة ملدن 0.8% و نسبة الماء للأسمنت 0.45 مع نسبة ملدن 0.8% تم خلط جميع هذه الخلطات ومن تم قياسها بأختبار الهبوط وأيضا تم قياس مقاومة الضغظ لكل العينات التي تم أعدادها لكل فترة زمنية للحصول على النتائج والبيانات الموجودة من هذه الدراسة التي شملت أربعه مجموعات رئسية وتلاتة تجريبية وفي كل مجموعة تحتوي على تلاتة نسب ماء مع ملدن والمجموعه التجريبية تحتوي على تلاتة نسب ماء من دون ملدن تحنوي كل منها على 9مكعبات,بحجم (150*150*150مم) إي تشمل هذه الدراسة 45 مكعب.

3. الخرسانة ذاتية الدمك

تعتبر الخرسانة ذاتية الدمك واحدة من أكثر التطورات البارزة في تكنولوجيا الخرسانة وهي صنف جديد من الخرسانة عالية الأداء التي لها درجة عالية مـن السيولة والانسياب تحت تأثير وزنها الذاتي ، حيث لها القدرة على التدفق الحر في القوالب وإزالة الهواء المحبوس ورص نفسها بنفسها وذلك بدون الاستعانة بأي وسيلة دمك خارجية والخرسانة ذاتية

الدمك(SCC) عرفت بأنها الخرسانة شديدة التدفق وغير المنفصلة التي يمكن أن تنتشر في الموقع ، وملء القوالب ، وتغليف التسليح دون أي تدخل ميكانيكي.

للحصول على درجة انسياب وسيولة عالية وذلك عن طريق زيادة سيولة العجينه بأستخدام الملدنات الفائقه او استخدام نسبه عاليه من ماء الخلط أو تقليل الاحتكاك الداخلى بين الحبيبات بتقليل نسبة الركام الكبير فى الخلطه

ولكي لايحدث الانفصال بين المواد الصلبة فى الخلطة يتم تقليل المقاس الاعتبارى الاكبر للركام و/أو تقليل نسبة الركام و/أو استخدام اضافات تحسين التشغيلية و/أو تقليل نسبة ماء الخلط , ولتقليل النضح الى اقل درجة ممكنة باستخدام نسبة اقل من ماء الخلط و/او استخدام مواد ناعمة ذات مساحة سطحية عاليه و/او زيادة نسبة اضافات تحسين التشغيلية فيمل يلي عرض لأهم مميزات الخرسانة ذاتية الدمك:

- تعطي انسيابية أسرع مع القدرة على ملئ الأماكن الضيقة عندما يكون التسليح كثيف وبالتالي لا تحتاج إلى استخدام هزازات في الموقع مما يؤدى إلى سهولة الصب والتغلب على مشكلة الضوضاء الناتجة عن الهزازات. الامر الذي يخفض التكاليف وذلك من حيث الوقت والجهد أثناء عملية الصب و عمالة أقل..
- لها مزايا صحية خاصة للعمال ، حيث أن الهزازات التي لها ترددات عالية وجد أنها تسبب مشاكل صحية للعمال
- تعطي خرسانة كثيفة ونظيفة غير منفذة وخالية من التعشيش ومقاومة الانفصال الحبيبي ، أثناء الصب بالتالي خرسانة ذات مقاومة عالية وجودة وديمومة أكثر.
- تكوين سطوح خرسانية ملساء وكثيفة لا تحتاج إلى تسوية سطحها بعد صبها ولها قدرة على مقاومة الخدوش .

4. الدراسات السابقة

- قامت سناءعبد الستار باجقني بعمل دراسة على تنفيد الخرسانة ذاتية الدمك بأستخدام المواد المحلية سنة 2010 حيث أجراءت العديد من الأختبارات علي الخرسانة ذاتية الدمك في الحالة اللدنة وفي الحالة الصلبة وتحديد نسبة الأمتصاص لها أضهرت النتائج علي أنه يمكن تنفيد تلك الخرساتة وبخصائص مقبولة للأستخدامات المختلفة ذات الخصوصية متل الخرسانة كثيفة التسليح ومختلفة الأبعاد
- قامت سعادأبوقاسم واخرون بعمل دراسة على تأثير محتوي الأسمنت على خواص الخرسانة ذاتية الدمك سنة2018 في المؤتمر الوطني السابع للمواد البناء والهندسة الإنشائية حيث استخدم محتويات مختلفة من

الإسمنت400-350-300 كجم مع بعض الملدنات وتم إجراء اختبار الهبوط والانسياب للخرسانة الطرية ومقاومة الضغط للخرسانة الصلبة ووجد أن اللخلطة التي تحتوي على محتوي إسمنت 350 كجم أعطت أفضل نتائج للخرسانة الطرية وخلطة 300 كجم من الاسمنت اعطت أفضل نتيجة للخرسانة المتصلدة.

- قام مختار أبوراوي وأخرون بعمل دراسة على تأثير الألياف على الخرسانة الذتية الدمك سنة 2018 في المؤتمر الوطني السابع للمواد البناء والهندسة الأنشائية حيث ثم أستخدام الحديد والبولي بروبالين وزجاج بمحتوي 0.1% لدراسة تأثير علي خواص خرسانة ذاتية الدمك الطرية والمتصلدة حيث وجدا أن ألياف الحديد مع أنواع أخرى حققت نتائج جيدة إلا أنها عملت الألياف على إنخفاض انسيابية للخرسانة ذاتية الدمك وخاصة إستخدام إلياف الزجاج.

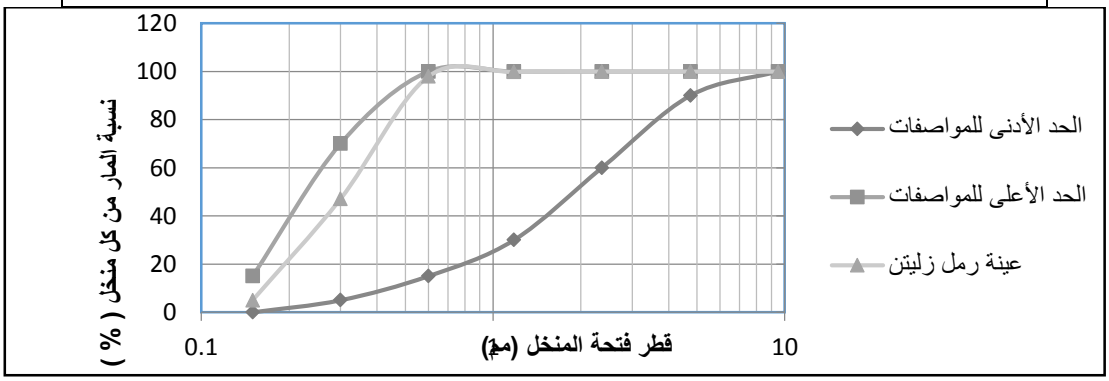
5. المواد المستخدمة.

1.5 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

فتحة المنخل	النسبة المئوية العابرة للمنخل (%)	حدود المواصفات	
(مم)	رمل زليتن	BS882:2002	LQS 49 –2002
4.75	100.00	90-100	90-100
2.36	100.00	60-100	60-100
1.18	99.86	30-100	30-100
0.6	97.94	15-100	15-100
0.3	47.04	5-70	5-70
0.15	4.95	0-15	0-15
معامل النعومة=1.5			



شكل (1) التدرج الحبيبي لعينة الركام الناعم وحدود المواصفات .

جدول (2) يوضح نتائج الاختبارات افيزيائية والميكانيكية للركام الناعم حسب المواصفات .

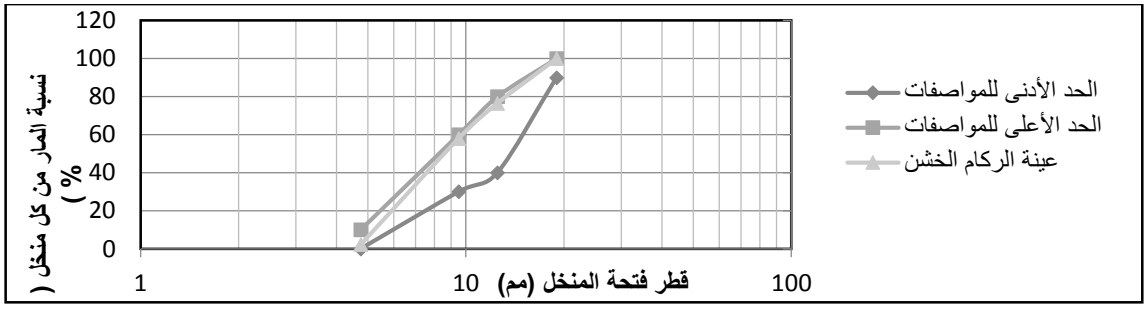
نوع الاختبار	نتيجة إختبارات رمل زليتن	حدود المواصفات	
		BS:882:2002	LQS:49 – 2002
الوزن النوعي	2.69	2.75>S.G>2.5	2.75>S.G>2.5
وزن وحدة الحجوم(كجم/م3)	1530	1800–1400	1800–1400
الامتصاص (%)	0.517	%3.0>	%3.0>
نسبة المواد الناعمة (%)	1.72	%3.0>	%4.0>
محتوى الكلوريدات (%)	0.0092	%0.05<	%0.05<
محتوى الكبريتات (%)	0.0033	%0.5<	%0.5<
نسبة المواد الصلبة الذائبة(%)	0.0258	–	–
الأس الهيدروجينيpH	9.17	–	–

2.5 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

فتحة المنخل(مم)	النسبة المئوية العابرة للمنحل (%)	حدود المواصفات	
		BS882:2002	LQS 49 – 2002
19	100.00	100	100
12.5	96.51	100–90	100–90
9.5	78.05	80–40	80–40
4.75	2.24	60–30	60–30
المقاس الأعتباري الأكبر=12.5ملم			



شكل (2) التدرج الحبيبي لعينة الركام الخشن وحدود المواصفات .

جدول (4) يوضح نتائج الاختبارات افيزيائية والميكانيكية للركام الخشن حسب المواصفات .

نوع الاختبار	النتيجة	حدود المواصفات2002–882 BS	حدود المواصفات2002 – 49 LQS
الوزن النوعي	2.6	2.75>S. G>2.5	2.75>S. G>2.5
وزن وحدة الحجوم(كجم/م3)	1959.33	1800–1400	1800–1400
الامتصاص (%)	%0.755	%3.0>	%3.0>
محتوى الرطوبة(%)	1.42		
معامل الصدم (%)	%19.93	%45>	%45>
معامل التهشيم (%)	%12.46	%45>	%45>
محتوى الكلوريدات (%)	0.0241	%5<	%5<
محتوى الكبريتات (%)	0.0241	%20>	%20>
نسبة الأملاح(%)	0.6704	%10>	%10>

3.5 الأسمنت

تم استخدام خمس مصادر مختلفة للإسمنت البورتلاندي العادي وهي.

- الأول_إسمنت بورتلاندي عادى 42.5N , من إنتاج شركة الإتحاد العربي للمقاولات مصنع البرج زليتن طبقا للموصفات القياسية الليبية م.ق.ل2662.316
- الثاني–إسمنت بورتلاندى عادي من إنتاج مجمع سوق الخميس حسب المواصفات القياسية الليبية(97:340)
- الثالث–إسمنت بورتلاندى عادي من إنتاج شركة آسشيمنتو(P–L ascimentoEN197–1CEM)
- الرابع–إسمنت بورتلاندى عادي إنتاج شركة تونسية حسب المواصفات336 47.01NT 42.5 N

كل أنوع الاسمنت المستخدمة في هذه الدراسة هو الاسمنت البورتلاندي العادي (Type I)

جدول (5) يوضح نتائج الاختبارات زمن الشك الابتدائي والنهائي للأسمنت حسب المواصفات .

	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
زمن الشك الابتدائي (ساعة)	3.5	4.75	3.3	3.6
زمن الشك النهائي(ساعة)	4	4.9	4.73	4.33
القوام القياسي(%)	29%	%30	%29.5	%31

4.5 ماء الخلط

تم استخدام ماء صالح لإعداد الخلطات الخرسانية ، وتم أختباره في مركز البحوث الصناعية بتاجوراء للتأكد من مطابقته للمواصفات القياسية الليبية رقم 294 لسنة 2013 كما هوموضح بالجدول (6)

الجدول (6) يوضح التركيب المعدني للماء .

الاختبار	النتيجة (mg/L)	للمواصفات القياسية الليبية رقم 294 لسنة 2013 الحد الاقصى (mg/L)
محتوى الكبريتات (SO4)	117.5	1000
محتوى الكلوريدات (Cl)	296.33	500

الأملاح الذائبة (T.D.S)	888	2000
الكربونات والبيكربونات (Ca,CO3)	190	1000
الأس الهيدروجيني PH	7.87	8-6

6. البرنامج العملي

تم تنفيذ ثلاث نسب ماء مع ملدن ويوضح جدول(7) نسب خلط المواد للخلطات الأساسية

جدول(7) نسب خلط المواد للخلطات الأساسية

رقم الخلطة	W/cm	الماء Kg/ m³	الإسمنت Kg/m³	نوع الإسمنت	ركام خشن Kg/m³	ركام ناعم Kg/m³	الملدنات (%وزن المواد الإسمنتية
M1	0.4	180	450	الاول	892.571	892.571	0.85%
M2	0.425	191.25	450	الاول	877.67	877.67	0.80%
M3	0.45	202.5	450	الاول	862.78	862.78	0.80%
M4	0.4	180	450	الرابع	892.571	892.571	0.85%
M5	0.425	191.25	450	الرابع	877.67	877.67	0.80%
M6	0.45	202.5	450	الرابع	862.78	862.78	0.80%
M7	0.4	180	450	الثالث	892.571	892.571	0.85%
M8	0.425	191.25	450	الثاث	877.67	877.67	0.80%
M9	0.45	202.5	450	الثالث	862.78	862.78	0.80%
M10	0.4	180	450	الثاني	892.571	892.571	0.85%
M11	0.425	191.25	450	الثاني	877.67	877.67	0.80%
M12	0.45	202.5	450	الثاني	862.78	862.78	0.80%

7. اختبارات الخرسانة الطرية والمتصلدة

1.7 اختبار الخرسانة اللدنة

تم دراسة نوع لخواص أساسية للخرسانة ذاتية الدمك وهي قابيلة الأنسياب ودرست تلك الخاصية عن طريق إجراء الأختبار التالية

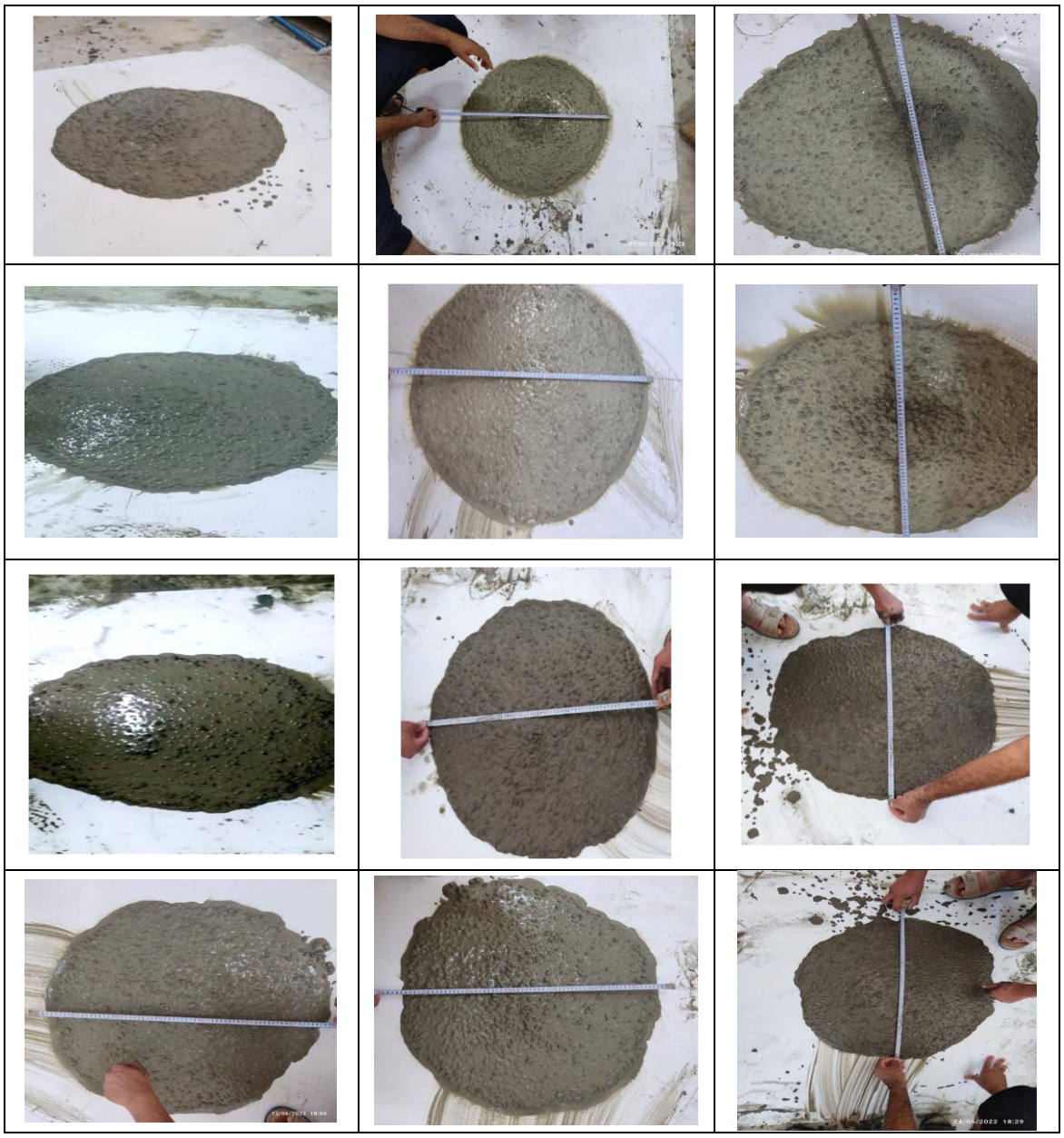
- Slump Flow Test,T50
- مؤشر الأستقرار البصريVSI

1.1.7 اختبار هبوط التدفق (Slump Flow +T50) :

اختبار الهبوط أو الركود الخرساني وهو قياس قابلية تشغيل الخرسانة أو السيولة، إنَّه قياس غير مباشر للاتساق أو الصلابة. اختبار الركود هو طريقة تُستخدم لتحديد اتساق الخرسانة، يشير الاتساق أو الصلابة إلى كمية المياه المستخدمة في الخليط ويجب مطابقة صلابة خليط الخرسانة مع متطلبات جودة المنتج النهائي.تحديد قابلية التعبئة لـ (SCC) وذلك بتعيين قطر انتشار التدفق وزمن (T50).

1.1.7 مؤشر الاستقرار البصري Visul Statbitiy Index(VSI)

هو أختبار مرافق لاختبار الهبوط Slump Flowبعد الأنتهاء من تنفيد أختبار Slump Flow ترك الخرســانة لفترة زمنية وهي في حالة السكون ويتم مراقبتها ما إذا بقيت الخرسانة متجانسة كما كانت في البداية الأختبار أم حددث لها انفصال وظهور ماء النضح عند الأطراف والسطح وتقيم استقرارية الخرسانة ويوضح شكل(3) نماذجا مختلفة لمجموعه من الخلطات التي تم تصنيفها بصريا حسب طبيعه استقرارها..



شكل(3) يوضح نماذجا مختلفة لمجموعه من الخلطات

جدول(8): يوضح نتائج الخواص الأنسيابية للخلطات الخرسانية التجريبية

w/cm	Slump Flow (mm)	T50ث	النضح	VSI
0.45	300	1.3	لايوجد	0
0.5	425	1.5	لايوجد	0
0.55	460	1.7	لايوجد	0

8.اختبار مقاومة الضغط

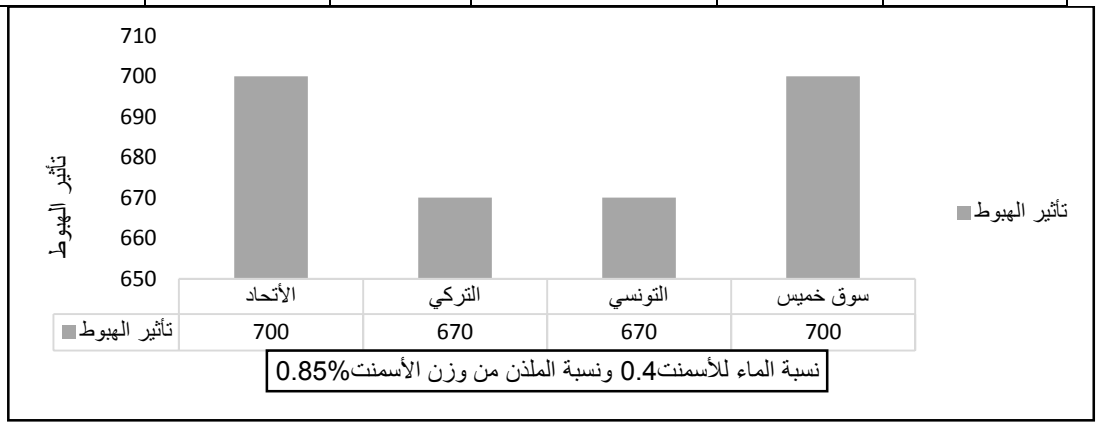
يتم إجراء إختبار مقاومة الضغط على العينات ذات المقاس 150*150*150ملم عند فترة زمنية قدرها7 أيام و28 يوم من تاريخ الصب . تم إجراء هذا الاختبار على العينات حسب المواصفات البريطانية (BS 1881 Part 116:1983)(4) باستعمال جهاز تكسير عينات بمعدل تحميل 6 كيلو نيوتن لكل ثانية والموجود بكلية الهندسة جامعة بني وليد .

9. النتائج ومناقشة

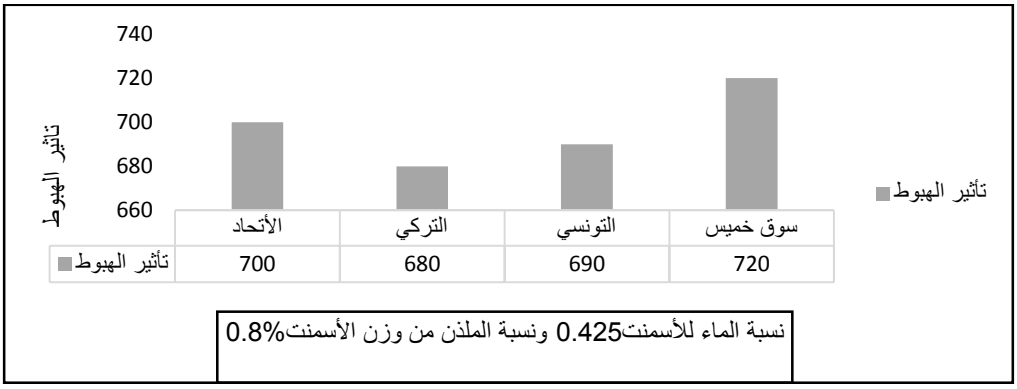
1.6 نتائج اختبارات الخرسانة الطرية

جدول(9): يوضح نتائج الخواص الانسابية للخلطات الخرسانية الأساسية

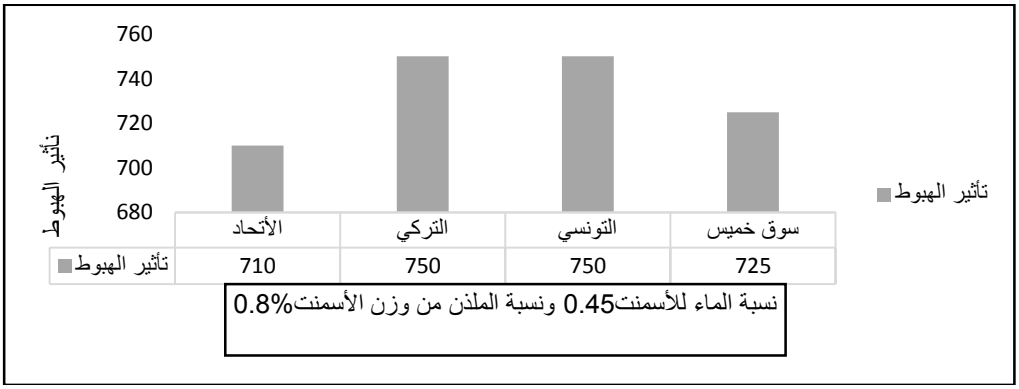
رقم الخلطة	w/cm	Slump Flow (mm)	T50ث	النضح	VSI
M1	0.4	700	3.7	متوسط	نضح بسيط
M2	0.425	700	3.4	متوسط	نضح بسيط
M3	0.45	710	2.5	لايوجد	نضح مثالي
M4	0.4	700	3.6	متوسط	نضح بسيط
M5	0.425	720	3.2	لايوجد	نضح مثالي
M6	0.45	725	2	لايوجد	نضح مثالي
M7	0.4	670	4.7	لايوجد	نضح مثالي
M8	0.425	690	4.5	لايوجد	نضح مثالي
M9	0.45	750	2.2	متوسط	نضح بسيط
M10	0.4	670	3.6	لايوجد	نضح مثالي
M11	0.425	680	3.4	لايوجد	نضح مثالي
M12	0.45	750	2.3	لايوجد	نضح مثالي



شكل (4): تأثير استخدام أنواع الأسمنت على هبوط الخرسانة



شكل (5): تأثير استخدام أنواع الأسمنت على هبوط الخرسانة

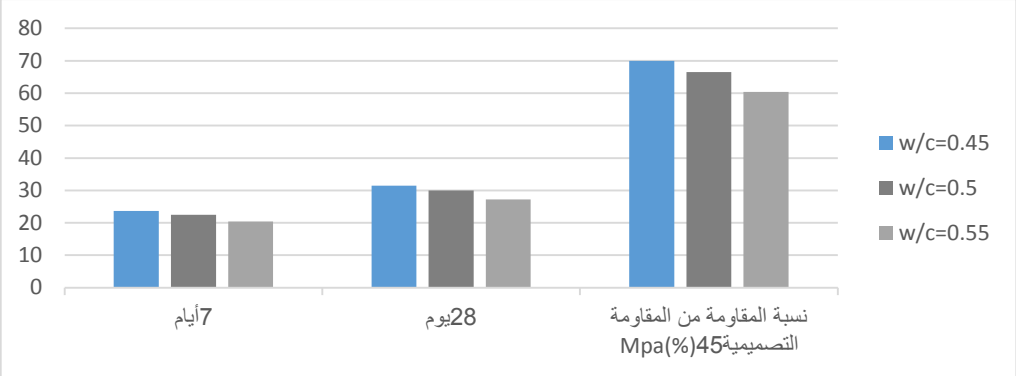


شكل (6): تأثير استخدام أنواع الأسمنت على هبوط الخرسانة

2.6 نتائج اختبارات مقاومة الخرسانة

جدول(10): يوضح نتائج الخلطات التجريبية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

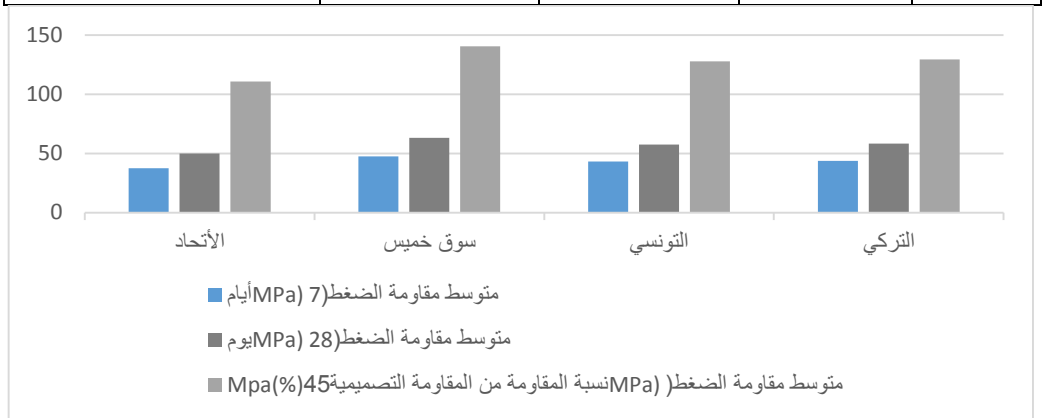
w/cm	متوسط مقاومة الضغط(MPa)		
	7أيام	28يوم	نسبة المقاومة من المقاومة التصميمية45Mpa(%)
0.45	23.625	31.5	70
0.5	22.47	29.96	66.5
0.55	20.4	27.2	60.4



شكل(7): نتائج الخلطات التجريبية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

جدول(11):: نتائج الخلطات الأساسية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

w/cm	نوع الأسمنت	متوسط مقاومة الضغط(MPa)		نسبة المقاومة من المقاومة التصميمية45Mpa(%)
		7أيام	28يوم	
0.4	الاول	37.4	49.86	110.8
0.4	الثاني	43.73	58.30	129.5
0.4	الثالث	43.13	57.50	127.7
0.4	الرابع	47.43	63.24	140.5

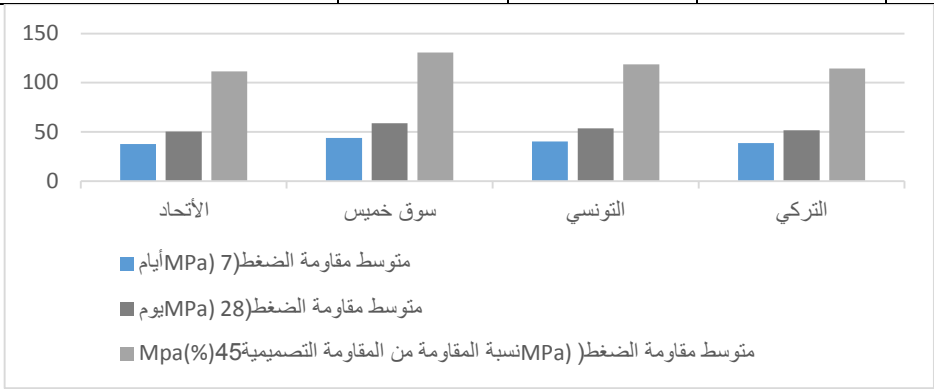


الشكل(8): يوضح نتائج نسبة مقاومة الضغط الخلطات الأساسية لمقاومة الضغط المطلوبة

جدول(12):: نتائج الخلطات الأساسية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

w/cm	نوع الأسمنت	متوسط مقاومة الضغط(MPa)		
		7أيام	28يوم	نسبة المقاومة من المقاومة التصميمية45Mpa(%)
0.425	الاول	37.6	50.13	111.4
0.425	الثاني	38.6	51.46	114.3

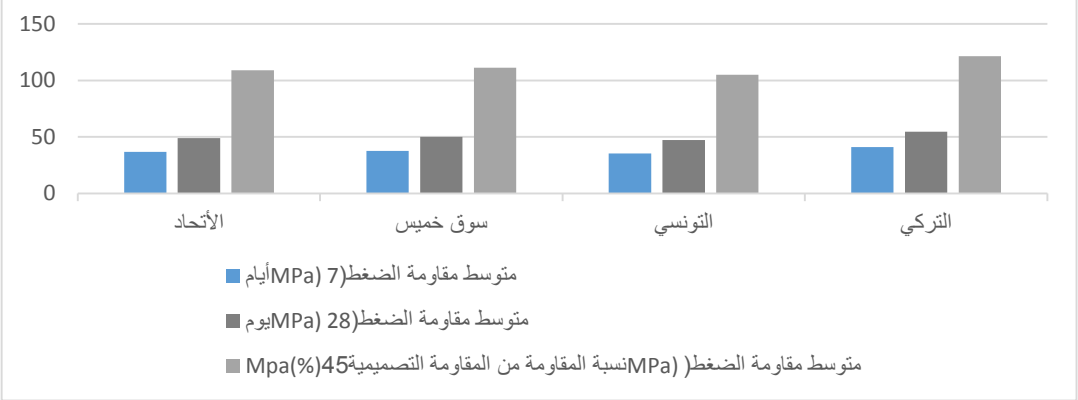
0.425	الثالث	40.067	53.42	118.7
0.425	الرابع	43.8	58.8	130.6



الشكل(7): نتائج الخلطات الأساسية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

جدول(13):: نتائج الخلطات الأساسية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

w/cm	نوع الأسمنت	متوسط مقاومة الضغط(MPa)		
		7أيام	28يوم	نسبة المقاومة من المقاومة التصميمية45Mpa(%)
0.45	الاول	36.83	49.11	109.1
0.45	الثاني	41	54.67	121.4
0.45	الثالث	35.5	47.33	105.1
0.45	الرابع	37.63	50.17	111.4



الشكل(8): نتائج الخلطات الأساسية لمقاومة الضغط المتحصل عليها

10. الخلاصة

ومن خلال النتائج المتحصل عليها تم التوصل إلى الإستنتاجات التالية :

1) يعتبر المصدر الثاني(التركي) الأفضل في الخرسانة الطرية لانة يعطي انسياب عالي.

2) يعتبر المصدر الرابع (سوق خميس) يعطي أعلى مقاومة ضغط مع معدل انسياب عالي.
3) زيادة محتوى الأسمنت في الخرسانة يعمل علي تحسين مقاومتها للضغط إلا أنه يزيد من التكلفة.
4) الملدن Tempo 12 من أحدث الملدنات للخرسانة ذاتية الدمك في ليبيا اعطى نتائج جيدة يمكن الحصول على الخرسانة ذاتية الدمك بأقل نسبة الماء للخرسانة العادية .

11. التوصيات

بناء على نتائج الدراسة المتحصل عليها تم اقتراح جملة من المقترحات والتوصيات الاتية :

1) استخدام نسب اخرى من الاسمنت والماء وتحديد الخلطة المرجعية الأمثل حسب المواد المحلية .
2) استخدام أنواع أخرى من الملدنات الفائقة التي تعمل علي تحسين خواصها.
3) البحث في استخدام الخرسانة الذاتية الدمك في التطبيقات التي تتطلب فيها أداء عالي للخرسانة من حيث الأنسياب .
4) التوسيع في البحث عن هذا النوع من الخرسانة وتوفير أكبر قدر من المعلومات عن خصائصها

12. المراجع

[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] Okamurh & ozawak. mix-design fo rselfe-compaction concrete, library of jsce,no25pp 107-120, june1995

[6] Neville A M., " Properties of Concrete ", 4th Edition, London Group Ltp., Essex,1995

[7] Hajime Okamura and Masahiro Ouchi, “Self-Compacting Concrete”, Journal Of Advanced Concrete Technology Vol.1, No.1,5-15 ,April 2003.

[8]المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 2009ف الخاصة بالإسمنت البورتلاندي ، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية – طرابلس

[9] م.سناء عبدالستار الباجقني " , تنفيذ الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام المواد المحلية , " رسالةمقدمة لاستكمال متطلبات التخرج لنيل درجة الاجازة العليا (الماجستير ,) قسم الهندسة المدنية بكلية الهندسة جامعة ط ا ربلس – ليبيا ,فصل الخريف 9200-2010

[10] م . عبد الرحمن محمد احمد " ,تأ ثير نسبة الرمل s/a على مقاومةالخرسانة ذاتية الدمك عالية المقاومة , " رسالةمقدمة لاستكمال متطلبات التخرج لنيل درجة الاجازة العليا (الماجستير ,) قسم الهندسة المدنية بكلية الهندسة جامعة ط ا ربلس – ليبيا ,فصل الخريف 2012-2013

دراسة مقارنة تصميم الخلطة الخراسانية باستخدام طريقة المعادلات الثلاثة

[1]م. يوسف علي بلقاسم، [2] أ.د. حكيم سالم عبدالقادر السموعي، [3]د.محمد عبدالفتاح صالح

[1]طالب دراسات عليا– كلية الهندسة – جامعة عمر المختار.Yousuf.ali@omu.edu.ly

[2] أستاذ دكتور بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة طرابلس.h.abdelgader@uot.edu.ly

[3] أستاذ مشارك بقسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة عمر المختارMohamed.aljewifi@omu.edu.ly.

الملخص

يتسبب إنتاج الخرسانة في كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون وهو مسؤول عن 8% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في جميع أنحاء العالم، يرجع تأثير الخرسانة السيئ على البيئة بشكل أساسي لإنتاج الأسمنت والذي يطلق تقريبا 1 طن من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الكلنكر ، لذلك فإن الاختيار الجيد لنسب مكونات الخرسانة اللازمة لقابلية تشغيل وقوة معينة بأقل نسبة لمحتوى الإسمنت مهم جداً في التقليل من التأثير السيئ على البيئة، تعتبر ACI و BS أكثر طرق التصميم استخداما محليا، هناك أيضاً طريقة المعادلات الثلاثة (Bolomeya) وهي طريقة بسيطة تعتمد على دمج تأثير امتصاص الماء بواسطة الأسمنت والركام الناعم والخشن ، ودمج تأثير تدرج الركام في الخليط.

في هذه الدراسة تمت مقارنة مقاومة الضغط ونسب الخلط باستخدام طريقة المعادلات الثلاثة ومن ثم استبدال معادلة Bolomeya الأولى بمعادلة Abram لقوة ضغط تصميمية (25–30–35–40–45) **ن/مم^2**، مع نتائج اختبار مصانع إنتاج خرسانة محلية، أظهرت النتائج أن محتوى الاسمنت عند استخدام معادلة Bolomeya يتراوح بين (286) و (879) كجم/م3 وفي معادلة Abram's يتراوح بين (180) و (497) كجم/م3، بينما أظهرت مصانع الخرسانة المحلية والتي يتم فيها استخدام الإضافات نتائج جيدة لمقاومة الضغط مقارنةً بكميات الاسمنت المستخدمة في الخلطة الخرسانية، والذي بدوره يخفض من تكلفة الخرسانة إضافة إلى التقليل من أضراره على البيئة.

تعطي هذه الدراسة رؤية مبدئية لإمكانية استخدام طريقة المعادلات الثلاثة في تصميم الخلطات الخرسانية في ليبيا, لذا لايزال هناك حاجة لعمل المزيد من التجارب للتحقق من فاعلية هذه الطريقة.

الكلمات الدالة: الخرسانة، الاجهادات، نسب الخلط.

مقدمة

الخرسانة هي واحدة من أكثر المواد المستخدمة شيوعًا في جميع أنحاء العالم تعتبر الخرسانة في ليبيا الجزء الأساسي من مواد البناء لأنواع مختلفة من الهياكل كالمدارس والمنازل والمصـانع والمباني الشـاهقة والسـدود والمطارات وغيرها، عند إنتاج الخرسانة يجب الأخذ في عين الاعتبار أن تكون مرضية في حالتها الطرية والصلبة، أثناء نقل الخرسانة من الخلاط ووضـعها في قالب العمل يجب أن تظهر الخرسـانة تناسقًا جيدًا وأن يكون المزيج متماسكًا بدرجة كافية لطريقة الصـب، الشـرط الأسـاسـي المعتاد للخرسـانة الجيدة في حالتها المتصـلبة هي قوة ضـغط مقبولة، ولكن يجب ضـمان خصائص مثل الكثافة وقوة الشد وعدم النفاذية ومقاومة التآكل وذلك لضمان ديمومة الخرسانة[1] [2].

في الوقت الحاضـر يهتم الباحثون بهذا الجانب وهو الحصـول على خرسـانة ذات كفاءة جيدة بأقل تكلفة، ركز البعض منهم على نوع وخصائص الركام الناعم والخشن وأن لهما تأثيرات كبيرة على أداء الخرسانة المتصلدة، لأنه يمثل النسبة الأكبر من حجم الخرسانة[3]، وآخرون على التقليل من نسبة الاسمنت أو استبدال الاسمنت ولو جزئياً باعتبار تكلفته العالية مقارنةً بمكونات الخرسـانة الأخرى وما يسـببه من تلوث ناتج عن عملية صـناعته يقدر بحوالي 8% من جميع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يسببها البشر[4]، لذلك أصبح من الضروري الاتجاه إلى التصميم الخرساني الذي يعتمد على مبدأ التصميم المستدام الموفر للموارد.

إن الاختيار الجيد لنسب مكونات الخلطة الخرسانية الذي يقلل من نسبة الاسمنت يساهم في الحد من التأثيرات السيئة للإسـمنت، يتم اسـتخدام عدة طرق للحصـول على مزيج الخرسـانة المثالي وفقاً للمعايير المطلوبة، هناك العديد من الأسـاليب الدولية التي يتم اسـتخدامها الآن إقليميا ومحليا لتصـميم الخلطات، وأكثرها اسـتخداماً هي طريقة معهد الخرسـانة الأمريكي(ACI)[5] والطريقة البريطانية القياسـية(BS)[6]، تعتمد هذه الطرق على معادلات ورسـوم بيانية معينة تم إنشاؤها بواسطة التحليل الرياضـي لنتائج أبحاث سابقة ، في منشآت البحث البولندية تعد طريقة المعادلات الثلاث المعروفة أيضـا باسـم طريقة (Bolomeya) والذي يعتبر أحد المقدمات الأولية لتقنيات تصـميم الخلطة

الخرسـانية، وتمتاز هذه الطريقة بالأخذ في الاعتبار تأثير امتصـاص الماء بواسـطة الإسـمنت والركام الناعم والخشـن وتأثير التدرج في الخلطة[7].

في هذه الدراسة ستتم مقارنة نسب الخلط ومقاومة الضغط في مصانع الخرسانة بمدن بنغازي والبيضاء ومصراته مع النتائج المتحصل عليها من طريقة المعادلات الثلاث (Bolomeya) وطريقة المعادلات الثلاث المعدلة (Abrams).

طريقة المعادلات الثلاثة.

يتم إجراء خطوات هذه الطريقة في تصميم الخلطة الخرسانية باستخدام معادلتي (Bolomey) (Abram)[8] كما يلي:

1. اختيار درجة قابلية التشغيل والتي سيتم مقارنتها في المختبر بـ (اختبار الهبوط).

2. تحديد مقاومة الضغط المتوقعة (pr) Fc.

3. باستخدام معادلة (Bolomey) المعادلة الأولى للتصميم يتم تحديد نسبة الأسمنت إلى الماء (C/W) على النحو التالي:

If (C/W) < 2.5:

$$\frac{\boldsymbol{c}}{\boldsymbol{w}} = \left[\frac{(\mathrm{Fc}\ (\mathrm{pr})}{A_1} + \ 0.5\right] \qquad \text{معادلة}(\mathbf{1-a})$$

If (C/W) ≥ 2.5:

$$\frac{\boldsymbol{c}}{\boldsymbol{w}} = \left[\frac{(Fc\ (pr)}{A_2} - \ 0.5\right] \qquad \text{معادلة}(\mathbf{1-b})$$

A1 & A2 هي متغيرات تم تحديدها من (الجدول1) وفقًا لمقاومة الضغط للإسمنت وشكل الركام الخشن.

بدايةً بالمعادلة (a−1) إذا كان (C / W) أقل من 2.5 نستخدم (a−1) وإلا ننتقل للمعادلة(b−1).

الجدول1: قيم المعاملات A1 و A2 (Jamrozy1999) .

شكل الركام	المتغير A	مقاومة الضغط للإسمنت (ميجا باسكال)		
		32.5	42.5	52.5
مستدير	A1	18	20	**21**
	A2	12	13	**14.5**
ذو زوايا	A1	20	22	**24**
	A2	13.5	14.5	**16**

4. تحديد كمية الماء المطلوبة (W_{total}) عن طريق المعادلة(2):

$$W_{total} = C * (Wc) + A * (WA)$$ معادلة (2)

حيث أن:

C: وزن الأسمنت المطلوب (كجم / م^3).

Wc: كمية الماء التي يمتصها كيلوغرام واحد من الأسمنت.

A: وزن الركام الناعم والخشن المطلوب (كجم / م^3).

WA: كمية الماء التي يمتصها كيلوغرام واحد من الركام الناعم والخشن.

يتم حساب قيم Wc و WA من (الجدول 2) والتي تعتمد على قابلية التشغيل وتدرج الركام الناعم والخشن.

الجدول2: مؤشر المياه للركام والأسمنت حسب جدول Bolomey

قياس المنخل (مم)	التشغيلية		
	ضعيفة	متوسطة	عالية
37/19	0.011	0.013	**0.015**
19/14	0.014	0.016	**0.018**
14/10	0.017	0.02	**0.023**
10/5	0.022	0.026	**0.029**
5/2.36	0.028	0.032	**0.037**
2.36/1.18	0.037	0.043	**0.048**
1.18/0.6	0.05	0.058	**0.065**

0.6/0.3	0.072	0.084	**0.095**
0.3/0.15	0.104	0.122	**0.137**
0.15/0	0.205	0.239	**0.225**
الماء اللازم للاسمنت	0.271	0.273	**0.275**

5. باستخدام معادلة التصميم الثالثة(3) ـ معادلة الحجم ـ يتم حساب حجم المكونات.

$$\frac{W}{1000}+\frac{C}{1000\rho_c}+\frac{A}{1000\rho a}=1$$ معادلة(3)

W: وزن الماء (كجم / م 3).

C: وزن الأسمنت (كجم / م 3).

A: الوزن الكلي للركام (كجم / م 3).

ρ_c: الوزن النوعي للأسمنت.

ρ_a: الوزن النوعي للركام.

6. عن طريق حل المعادلات الثلاث (1،3،2) يتم حساب كميات المزيج (W & C & A).

7. يتم اسـتبدال معادلة Bolomeya الأولى $(1-a)$ $(1-b)$بمعادلة Abram(4) وتحديد نسـبة الإسـمنت إلى الماء (C/W) بنفس قيمة Fc (pr).

$$Fc\ (pr)= 147*0.0779^{w/c}$$ معادلة (**4**)

8. بعد حسـاب قيمة (C/W) بنفس الخطوات السـابقة يتم حسـاب كميات المزيج (W & C & A) عن طريق حل المعادلات (4،3،2).

تحليل النتائج:

تم الاعتماد في هذه الدراسـة على نتائج اختبارات قام بها [8] حيث اسـتخدم طريقة المعادلات الثلاثة في تحديد نسـب خلطات خرسانية لمقاومات ضـغط تصـميمية باسـتخدام معادلتي (Bolomeya)و(Abram) ومقارنتها بنتائج الاختبار مقاومة الضغط عند 28 يوم جدول (3) جدول(4).

هذه النتائج تمت مقارنتها بقيم تم الحصول عليها من مصانع خرسانة محلية في كل من مدينة بنغازي والجبل الأخضر ومصراته جدول(5) بدون إضافات، جدول(6) مع وجود إضافات.

جدول 3: يوضح قيم مقاومة الضغط التصميمية والمعملية وكمية الاسمنت ونسبة الماء إلى الاسمنت باستخدام معادلة (Bolomeya)

مقاومة الضغط عند 28 يوم	كمية الاسمنت كجم / م3	نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C)	مقاومة الضغط التصميمية
36.1	286	0.57	25
41.1	356	0.5	30
49.7	451	0.44	35
55.7	579	0.39	40
58.4	879	0.33	45

جدول 4: يوضح قيم مقاومة الضغط التصميمية والمعملية وكمية الاسمنت ونسبة الماء إلى الاسمنت باستخدام معادلة (Abram)

مقاومة الضغط عند 28 يوم	كمية الاسمنت كجم / م3	نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C)	مقاومة الضغط التصميمية
23	180	0.78	25
29.8	219	0.68	30
39.3	264	0.6	35
43.3	393	0.53	40
52	497	0.46	45

يوضـح الجدول(3) أن مقاومة الضـغط عند 28 يوم أعلى بكثير من المقاومة المطلوبة وكمية الاسـمنت مرتفعة للغاية وخاصـــةً عند المقاومات العالية حيث وصـــل إلى 879 كجم / م3 عند مقاومة 45 ن/مم^2 إذا ما تمت مقارنتها بكمية

الاسـمنت لنفس المقاومة في الجدول(4) حيث بلغت 497 كجم / م3 عند نفس المقاومة وأعطت مقاومة ضـغط جيده عند 28 يوم، ولكن عند مقاومة تصميمية (25 – 30) ن/مم^2 لم يحقق استخدام معادلة (Abram) المقاومة المطلوبة.

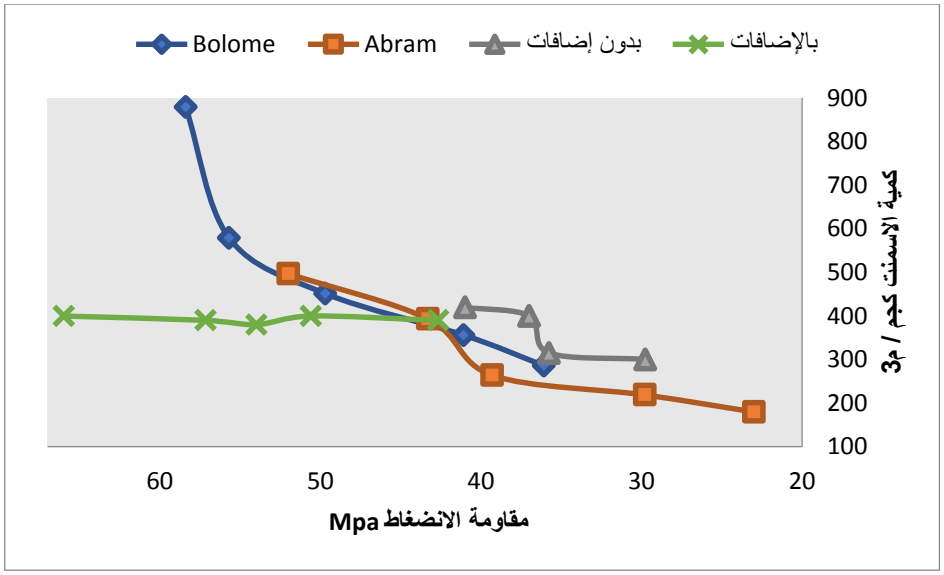
جدول 5: يوضح قيم مقاومة الضغط التصميمية والمعملية وكمية الاسمنت ونسبة الماء إلى الاسمنت بمصانع الخرسانة من غير إضافات

مقاومة الضغط عند 28 يوم	كمية الاسمنت كجم / م3	نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C)	مقاومة الضغط التصميمية
29.77	300	0.65	20
35.77	315	0.6	25
37	400	0.58	35
41	420	0.5	35

جدول 6: يوضح قيم مقاومة الضغط التصميمية والمعملية، وكمية الاسمنت، ونسبة الماء إلى الاسمنت، بمصانع الخرسانة مع إضافات

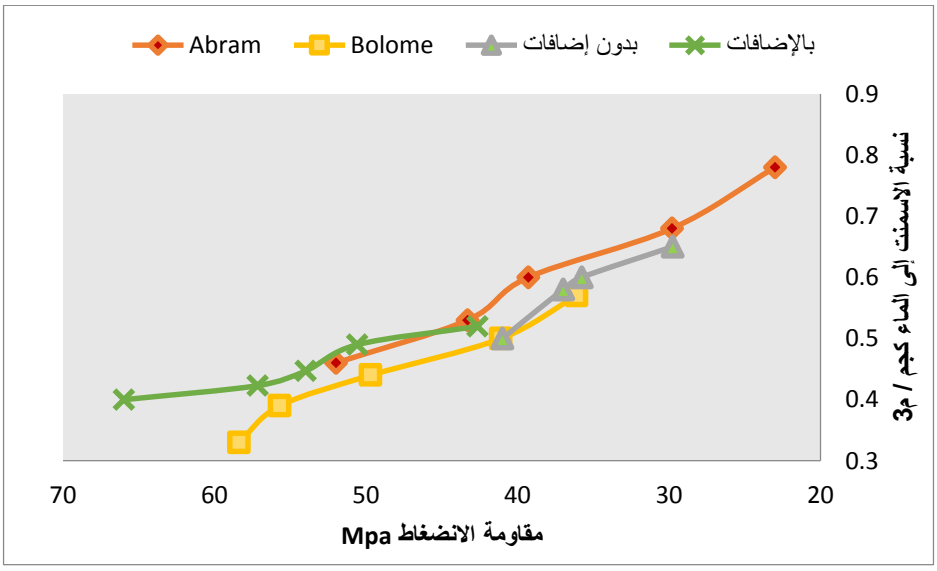
مقاومة الضغط عند 28 يوم	كمية الاسمنت كجم / م3	نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C)	مقاومة الضغط التصميمية
42.66	390	0.52	35
50.6	400	0.49	35
54	380	0.447	40
57.17	390	0.423	45
66	400	0.4	50

الجدول(5) والجدول(6) يوضحان قيم مقاومات الضغط لخلطات خرسانية محلية حيث أن قيم مقاومة الضغط عند 28 يوم الموضـحة في الجدول(6) تزداد بشـكل كبير مع اسـتهلاك أقل لقيمة الاسـمنت إذا ما تم مقارنتها ببقية القيم في الجداول(3)(4)(5) ويرجع ذلك إلى الإضـافات التي تم اسـتخدامها في هذه الخلطات الشـكل(1) يوضـح التغير في مقاومة الضغط اعتمادًا على كمية الاسمنت.



شكل 1: منحنى بياني يوضح التغير في مقاومة الضغط اعتمادًا على كمية الاسمنت.

من المعلمات المهمة المؤثرة على مقاومة الضـغط نسـبة الماء إلى الاسـمنت، لا ينبغي تجاهل هذه المعلمة، يوضـح الشكل(2) التغير في مقاومة الضغط اعتمادًا على التغير في نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) كلما زادت هذه النسبة قلت مقاومة الخرسانة.



شكل 2: منحنى بياني يوضح التغير في مقاومة الضغط اعتمادًا على التغير في نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C).

الاستنتاجات و التوصيات.

تم في هذه الدراســـة مقارنة نتائج اختبار أجريت وفقًا لطريقة المعادلات الثلاث باســـتخدام معادلتي (Bolomey) (Abram) مع نتائج اختبار لمصـانع خرسـانة محلية من عدة مدن في ليبيا، حيث تمت مناقشـة تأثير كمية الاسمنت ونسبة الماء إلى الاسمنت وتأثيرها على مقاومة الضغط، يمكن من خلال هذه المقارنة أن نستنتج الآتي:

- أظهرت النتائج أن كمية الاسـمنت كانت هي الأعلى عند اسـتخدام معادلة (Bolomey) حيث بلغ 879 كجم / م^3 عند مقاومة ضــغط 45 ن/مم^2 و 497 كجم / م^3 عند اســتخدام معادلة (Abram) و 390 كجم / م^3 للخرســانة المحلية مع إضـــافات عند نفس المقاومة، لذلك يعتبر اســـتخدام معادلة (Bolomey) غير مرغوب فيه من حيث الحماية البيئية والاقتصادية على الأقل في قيم مقاومة الضغط العالية.
- يوضح الشكل (2) التأثير العكسي لنسبة الماء إلى الاسمنت على مقاومة الخرسانة، لذا يجب تقليل هذه النسبة دون زيادة مفرطة في كمية الاسـمنت قد يكون أحد الحلول هو الإضـافات والتي تسـاهم بشـكل كبير في الحصـول على مقاومة جيدة بكمية قليلة من الاسمنت كما في الشكل (2).
- يعتبر اســـتخدام معادلة (Bolomey) جيد لمقاومات الضـــغط التي تقل عن 35 ن/مم^2 ، بينما اســـتخدام معادلة (Abram) جيد لمقاومات الضغط التي تزيد عن 35 ن/مم^2.
- يجب الأخذ في عين الاعتبار جودة الركام الناعم والخشن والتي بدورها أيضاً تساهم في زيادة مقاومة الضغط وبالتالي تقليل كمية الاسمنت في الخرسانة، كذلك لا يجب التركيز فقط على نسب الخلط ومقاومة الضغط فحسب ولكن أيضاً الأخذ في عين الاعتبار الخصـائص الكيميائية والفيزيائية لمواد الخلط وطريقة الخلط والمعالجة ونوع وكمية الإضـافة وغيرها.
- نظراً لامتناع العديد من مصانع الخرسانة عن إعطاء بيانات حول تصميم الخلطات، فإن توسيع نطاق البحث يساهم الحصول على نتائج أكثر موثوقية تمكننا من تقليل أضرار الاسمنت ووضع الحلول الملائمة حيال ذلك.

المراجع:

[1] P. K. Mehta and P. J. M. Monteiro, 'Concrete, Microstructure, Properties and Materials', p. 239.

[2] A. M. Neville, *Properties of concrete*, vol. 4. Longman London, 1995.

[3] A. M. Blash, 'Properties of Concrete Produced Using Locally Available Aggregates in Libya', *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. V, no. IX, pp. 1480–1488, Sep. 2017, doi: 10.22214/ijraset.2017.9215.

[4] N. Mahasenan, S. Smith, and K. Humphreys, '– The Cement Industry and Global Climate Change: Current and Potential Future Cement Industry CO2 Emissions', in *Greenhouse Gas Control Technologies – 6th International Conference*, J. Gale and Y. Kaya, Eds. Oxford: Pergamon, 2003, pp. 995–1000. doi: 10.1016/B978-008044276-1/50157-4.

[5] D. E. Dixon *et al.*, 'Reported by ACI Committee 21', p. 39.

[6] T. Harrison, *THE NEW CONCRETE STANDARDS – GETTING STARTED – AN INTRODUCTORY GUIDE TO THE NEW STANDARDS FOR CONCRETE BS EN 206-1 AND BS 8500*. 2003. Accessed: Oct. 17, 2022. [Online]. Available: https://trid.trb.org/view/753874

[7] H. Abdelgader, R. Suleiman, A. El-Baden, A. Fahema, and N. Angelescu, *CONCRETE MIX PROPORTIONING USING THREE EQUATIONS METHOD (LABORATORY STUDY)*. 2013.

[8] S. Abdelgader, M. Kurpinska, J. Khatib, and H. Abdelgader, 'CONCRETE MIX DESIGN USING ABRAMS AND BOLOMEY METHODS', *BAU J. – Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.54729/MJPS9917.

الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام البوزولانا المحلية

أ.د.عبدالسلام المبروك عكاشة[1] –م/ أحمد نصر الفتحي [2] – م / الصديق سعد عبدالله [3] – م / مسعود عبدالكريم عمر سالم[4]

الملخص :–

تعتبر الخرسانة الذاتية الدمك من الأنواع الحديثة للخرسانة العالية الأداء ، وتمتاز هذه النوعية بالانسيابية العالية واللزوجة التي تجعل الخرسانة قادرة على الحفاظ على حبيبات الركام معلقة بحيث لا يحدث فيها اي انفصال حبيبي ، تنعكس هذه المميزات في أدائية الخرسانة الذاتية الدمك حيث تجعلها قادرة على التشكل والمرور خلال القوالب الإنشائية الضيقة أو المقاطع الإنشائية ذات نسب التسليح المرتفعة مع تحقيق نسبة دمك عالية بدون الحاجة إلى دمك خارجي وكذلك بدون حدوث انفصال حبيبي أو نضوح في الخرسانة وهنا تستخدم البوزولانا في الخرسانة ذاتية الضغط لتحسين خواصها كما في الخرسانة التقليدية.

تتناول فكرة هذا البحث دراسة الاستفادة من البوزولانا الطبيعية المحلية المتوفرة بالجنوب الليبي وبكثرة وذلك في نوع الخرسانة الذاتية الدمك ودراسة تأثيرها على هذا النوع من الخرسانة وذلك بإضافة البوزولانا المحلية المستخرجة من تربة منطقة الشاطئ بطريقة استبدالها وزنيا من نسبة الإسمنت وكانت النسب كالتالي (10%،15%،20%) من وزن الإسمنت ودراسة إمكانية إنتاج خرسانة ذاتية الدمك باستخدام هذا النوع من البوزولانا المحلية مما له دور في الكلفة بعد استبداله بالإسمنت ودراسة مدى تأثير كل نسبة على نوعية وجودة الخرسانة وخواصها حيث كان الموقع المستهدف موقع (العافية– براك) وبالتالي كان عدد الخلطات 3 خلطات بالإضافة للخلطة المرجعية التي صممت بدون بوزولانا للمقارنة بالتغيرات الحاصلة نتيجة إضافة البوزولانا للخرسانة ودراسة مدى تأثيرها عليها .

كلمات مفتاحية: الخرسانة الذاتية الدمك، البوزولانا المحلية، الكلفة

1– المقدمة: –

منذ إنشائها في أواخر عام 1980، جلبت الخرسانة ذاتية الدمك Self–Compacting Concrete والتي يرمز لها بالإختصار (SCC) موجة من التغيير في صناعة البناء والخرسانة بشكل عام. وقد اعتبرت الخرسانة ذاتية الدمك

(SCC)"ثورة هادئة" في بناء الخرسانة، حيث صاحبها فوائد رئيسية في زيادة الإنتاجية للخرسانة مقارنة مع الخرسانة التقليدية، وتعزيزا لجودة البناء، و تحسين لبيئة العمل في الموقع ،وقد تم تنفيذ الكثير من البحوث حول خصائص جديدة على هذا النوع ، من حيث التصميم والخلط ،وحيث أنه قد شهدت صناعة الخرسانة في العقود الأخيرة من الزمن تطورا كبيرا تمثل في إنتاج أنواع جديدة منها لتشييد منشآت خرسانية موثوق في خواصها من حيث القدرة على تحمل الضغوط المسلطة عليها والديمومة العالية مع سهولة التنفيذ والصب و الرص وتقليص فترة الإنشاء وتقليل الاعتماد على مهارة العمالة إثناء التنفيذ.

وتعتبر الخرسانة الذاتية الدمك من الأنواع الحديثة للخرسانة العالية الأداء ، وتمتاز هذه النوعية بالانسيابية العالية واللزوجة التي تجعل الخرسانة قادرة على الحفاظ على حبيبات الركام معلقة بحيث لا يحدث فيها اي انفصال حبيبي ، تنعكس هذه المميزات في أدائية الخرسانة الذاتية الدمك حيث تجعلها قادرة على التشكل والمرور خلال القوالب الإنشائية الضيقة أو المقاطع الإنشائية ذات نسب التسليح المرتفعة مع تحقيق نسبة دمك عالية بدون الحاجة إلى دمك خارجي وكذلك بدون حدوث انفصال حبيبي أو نضوح في الخرسانة وهنا تستخدم البوزولانا في الخرسانة ذاتية الضغط لتحسين خواصها كما في الخرسانة التقليدية حيث تعتبر كل من إضافات تحسين اللزوجة وإضافات تقليل ماء الخلط (الملدنات الفائقة) هما العنصرين الأساسيين اللازمين لإنتاج هذه الخرسانة. ويعتبر اليابانيون هم رواد صناعة هذه الخرسانة حيث قاموا في السنوات الأخيرة باستخدامها في منشآت وتطبيقات عديدة ومفيدة. بعد ذلك تم إنتاج هذه الخرسانة في العديد من الدول مثل تركيا وأمريكا وغيرها من الدول.

الخرسانة ذاتية الدمك يتم استخدامها كمادة في كثير من الأسواق العالمية وهي الخرسانة التي لها درجة عالية من السيولة والانسياب (Deformability) كما أن لها مقاومة عالية للانفصال الحبيبي ويمكن صبها بنجاح في القطاعات الضيقة والمزدحمة بحديد التسليح بدون الاستعانة بأي وسيلة دمك خارجية.

الشكل (1) صورة توضح معدات إختبار الخرسانة الذاتية الدمك –داخل معمل الخرسانة ومواد البناء كلية الهندسة جامعة وادي الشاطئ

1-1 الهدف من الدراسة: -

يهدف هذا البحث إلى

- دراسة تأثيراستخدام أحد أنواع البوزولانا المحلية كبديل جزئي عن الإسمنت ومدى تأثيره على خواص الخرسانة ذاتية الدمك الطرية والمتصلدة.
- وكذلك إلى التحقق من إمكانية الاستفادة من مزايا استخدام البوزولانا المحلية في تحسين الخصائص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك دون إن يؤثر ذلك على خواصها الانسيابية.

2- منهجية البحث: -

سيتم من خلال هذا البحث دراسة لخواص الخرسانة الذاتية الدمك بعد اضافة البوزولانا المحلية من منطقة وادي الشاطئ تحديدا موقع العافية والمتواجدة بكثرة بهذه المنطقة حيث سوف يتم دراسة مدى تأثير البوزولانا على التشغيلية للخرسانة

الطرية عن طريق اختبار الركود والتدفق وبعض اختبارات التشغيلية الخاصة بهذا النوع من الخرسانة وأيضا مدى تأثير هذا النوع من على الخرسانة المتصلدة وذلك بدراسة تأثيرها على الكثافة و المقاومة خلا الفترات (**3،7،28،60**) يوما. وسوف يتم إضافة البوزولانا المحلية بنسب متفاوتة من وزن الخرسانة (10%،15%،20%) واختبار الخصائص السابق ذكرها على كل عينة.

2-1 المواد المستخدمة: -

الإسمنت

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي من إنتاج مصنع لبرج زليتن لجميع الخلطات المستخدمة.

الركام الناعم

تم استخدام رمل طبيعي من منطقة الشاطئ زلاف كركام ناعم بعد نخله على المناخل القياسية ومطابق لمواصفات الركام الناعم حسب المواصفات القياسية الليبية [1].

الركام الخشن

تم استخدام حصى مكسر من منطقة الشاطئ كركام خشن، وبمقاس أقصى 10 ملم ومن خلال التحليل المنخلي وجد أنه مطابق للمواصفات الليبية[2]. لهذا الحجم من الركام.

الملدن المتفوق

تم استخدام في هذا البحث مضاف مقلل للماء بدرجة متفوقة أحد الملدنات الخاصة بهذا النوع من الخرسانة وهو (agel –Technohyper) [3] بنسبة 1.8% لكل الخلطات.

البوزولانا المحلية

تم استخدام في هذه الدراسة البوزولانا المحلية المستخرجة من تربة وادي الشاطئ (العافية – براك)كمضاف للخلطة الخرسانية وذلك بعد نخلها علي منخل 150 مايكرومتر واستخدام المار منها كنسبة من وزن الإسمنت جزئيا وهي من الإضافات التي يكثر استخدامها في الخرسانة لتحسين جودة الخرسانة وتحسين خواصها ، وتستخدم كنسبة من وزن الإسمنت.

وفيما يلي التركيب الكيميائي لعينة البوزولانا المستخدمة في الدراسة.

الشكل (2) صورة توضح موقع استجلاب عينة البوزولانا منطقة العافية براك الشاطئ

Analyzed result

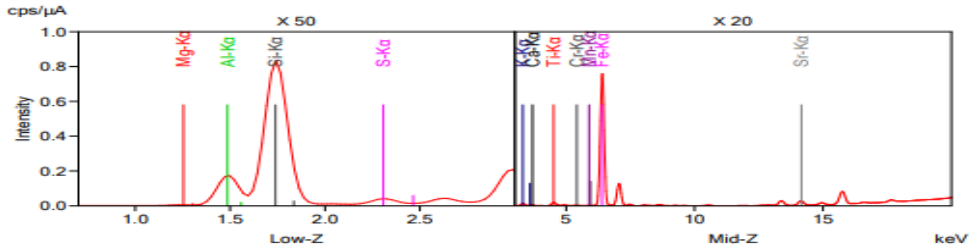
Sample Information

Sample name	Alafya
File name	Dr Abdalmenam_202202271229
Application	Dr Abdalmenam
Date	2/27/2022 12:29 PM
Analyzed by	Mansour
Counts	1
Comment	Dr Abdalmenam

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ	Element line	Intensity(cps/μA)
1	SiO2	59.7	mass%	0.0435	0.0111	0.0333	L:Si-Kα	246.157
2	Al2O3	25.9	mass%	0.0575	0.0367	0.110	L:Al-Kα	48.494
3	Fe2O3	7.63	mass%	0.0138	0.0002	0.0005	M:Fe-Kα	115.427
4	K2O	3.17	mass%	0.0457	0.0311	0.0932	M:K-Kα	1.957
5	TiO2	1.32	mass%	0.0157	0.0102	0.0305	M:Ti-Kα	2.816
6	SO3	0.884	mass%	0.0045	0.0057	0.0172	L:S-Kα	12.337
7	MgO	0.811	mass%	0.0545	0.149	0.448	L:Mg-Kα	0.311
8	CaO	0.489	mass%	0.0167	0.0277	0.0831	M:Ca-Kα	0.474
9	Cr2O3	0.0701	mass%	0.0021	0.0019	0.0058	M:Cr-Kα	0.428
10	MnO	0.0199	mass%	0.0012	0.0027	0.0081	M:Mn-Kα	0.197
11	SrO	0.0148	mass%	0.0001	<0.0001	0.0003	M:Sr-Kα	5.767

Spectrum

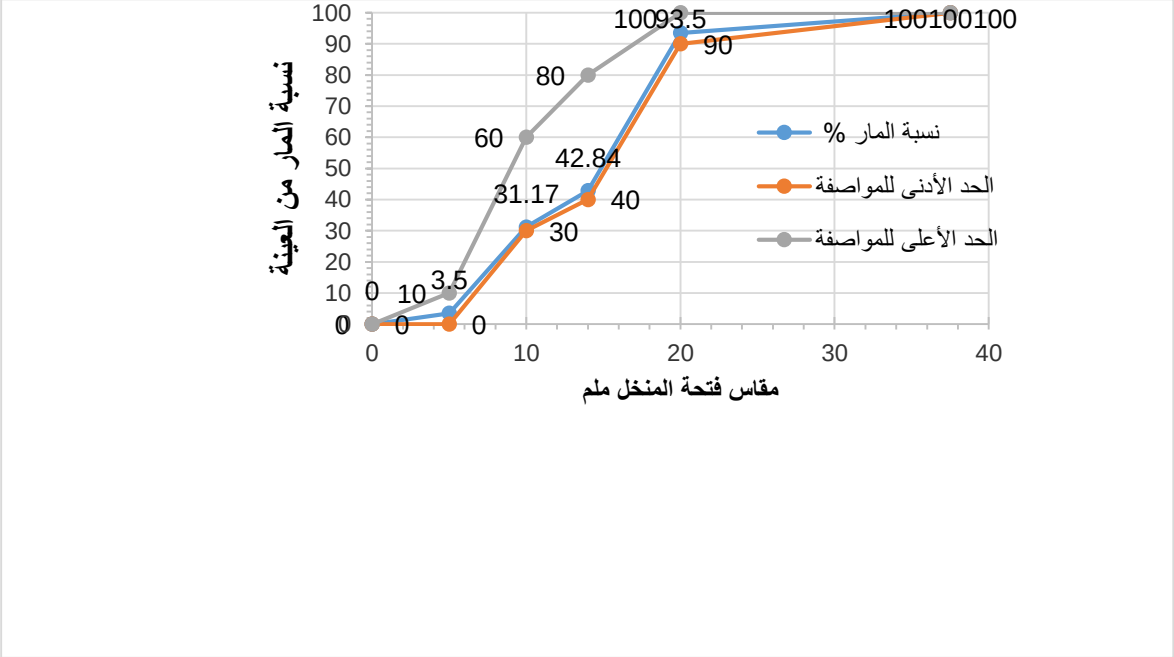


الشكل ("2) يوضح نتائج التحليل الكيميائي لعينة البوزولانا المستخدمة.

الماء

ماء الشرب الاعتيادي من شركة دجلة المحلية لصناعات المياه هو المستخدم في هذه الدراسة في جميع الخلطات الخرسانية ولغرض الإنضاج حسب المواصفات القياسية الليبية.

الشكل (3) منحني تدرج الركام الناعم



الشكل (4) منحني تدرج الركام الخشن

وفيما يخص الخلطة الخرسانية فقد تم تصميم الخلطة باستخدام طريقة المحاولة [5] وتم ضبط وتعديل نسب الخلط بحيث تتوافق مع المواصفة الأوروبية (**EFNARC**) [4]وتم تنفيذ عدد 4 خلطات بنسب (0،10،15،20) كنسبة مئوية من وزن الإسمنت وذلك بالإستبدال جزئيا كما هو موضح بالجدول التالي: –

الجدول رقم (1) أوزان المواد بالخلطات الخرسانية

رقم الخلطة	1	2	3	4
الإسمنت(kg)	460	414	391	368
البوزولانا المحلية	%0	%10	%15	%20
الماء لتر	210	210	210	210
ركام ناعم(kg)	818.18	818.18	818.18	818.18
ركام خشن(kg)	818.18	818.18	818.18	818.18
%1.8 (agel –Technohyper)	9	9	9	9

لقد تم إجراء بعض الإختبارات على الخرسانة وهي في حالتها الطرية لدراسة مطابقتها لمواصفات الخرسانة الذاتية الدمك وفقا للمواصفات الأوروبية للخرسانة الذاتية الدمك **(EFNARC)** حيث تم إجراء الإختبارات السابق ذكرها.

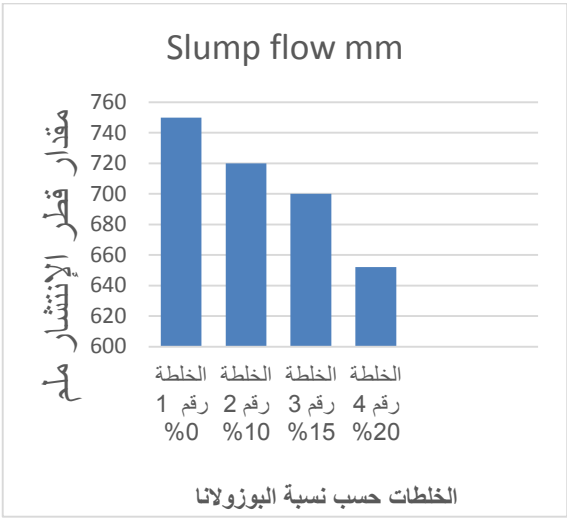
3- النتائج

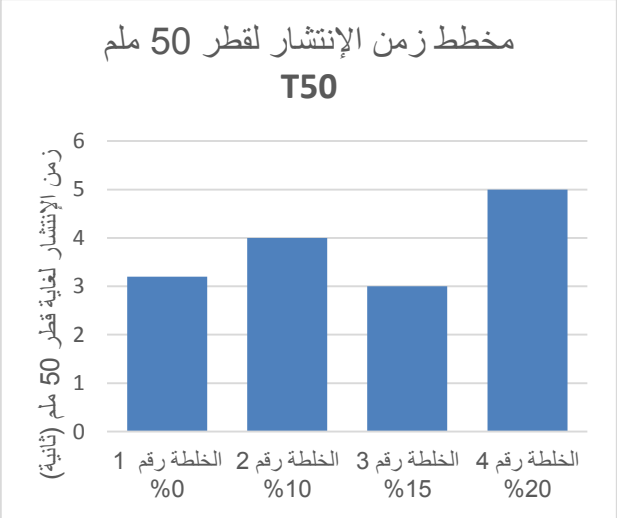
نتائج اختبارت الخرسانة في الحالة الطرية ومناقشتها

الجدول رقم (2) نتائج اختبارات الخرسانة الطرية وحدود المواصفات

رقم الخلطة	Slump flow mm	T50 SEC	V-Funnel Test SEC	L – Box Test	المضاف %	نسبة المواد البوزولانية %
1	750	3.2	10	0.96	1.8	0
2	720	4	7	0.88	1.8	10
3	700	3	6.2	0.89	1.8	15
4	652	5	10.3	0.7	1.8	20
حدود المواصفة	**800-650**	**5-2**	**12-6**	**1-0.8**	**%2-0.5%**	/

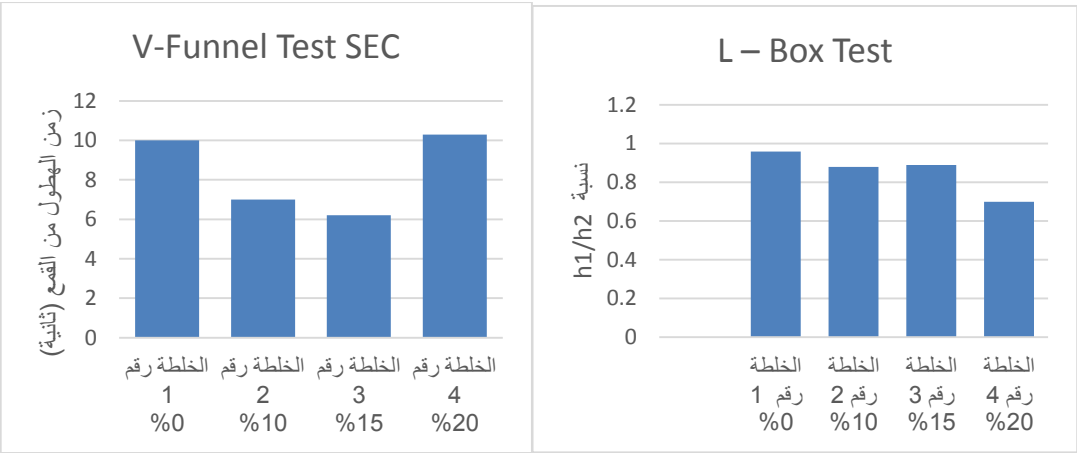
تبين الإختبارات أن الإختبارات المنفذة لها قطر انتشار يقع ضمن حدود المواصفة المحددة وهي من 650–800 ملم باستثناء الخلطة الحاوية على أعلى نسبة من المواد البوزولانية وذلك بسبب ارتفاع اللزوجة لديها والسبب يكمن في زيادة المساحة السطحية الذي يؤثر عكسيا على انسياب الخرسانة وكمية الماء فيها.





الشكل رقم (5) يوضح مقدار وزمن الانتشار لكل الخلطات المتبعة

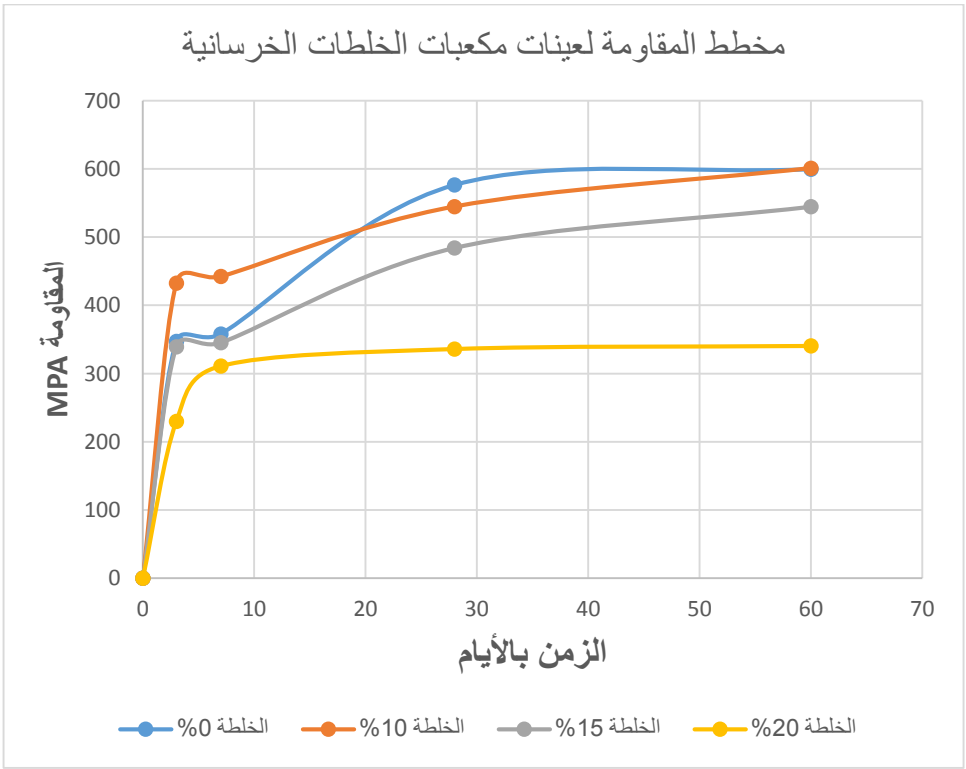
بينما اختبار زمن التدفق كانت كل النتائج ضمن الحد المسموح به للمواصفة وهو مابين 2 إلى 5 ثواني وكذلك الحال فيما يخص اختبار القمع V وزمن الانسياب خلاله حيث كانت كل النتائج ضمن الحدود ولوحظ إرتفاع الزمن عند زيادة نسبة المواد البوزولانية عند الخلطة الحاوية علي 20% من المواد البوزولانية .



الشكل رقم (6) يوضح زمن الهطول من القمع v ونتائج اختبارات L–BOX لكل الخلطات.

ونتائج اختبار L–BOX فكانت النتائج ضمن الحدود باستثناء الخلطة الحاوية على أعلى نسبة من البوزولانا عند 20% فكانت النتيجة 0.7 وهيا خارج حدود المواصفة بسبب صعوبة الإستواء لدى الخلطة وذلك كما ذكرنا سابقا يعود للزوجة العالية فيها

نتائج اختبارت الخرسانة في الحالة الصلدة ومناقشتها



الشكل رقم (9) يوضح نتائج اختبارات مقاومة الضغط لكل الخلطات

من خلال النتائج في المنحنى تبين أنه في بداية عمر الخرسانة في الأيام الأولى كما هو معروف فلا يوجد تحسن يذكر في مقاومة الخرسانة بعد إضافة البوزولانا حيث أنه من المعروف أن المواد البوزولانية تمنح مقاومة أكثر عادة بعد فترة زمنية تتجاوز الشهر وهذا ما لوحظ خلال القيم بعد عمر 28 يوم في الجدول حيث كانت الخلطة الحاوية علي 10% هي الخلطة الأمثل بين بقية الخلطات.

ولوحظ خلال زيادة المواد البوزولانية لنسبة 20% يكون لها تأثير عكسي عالمقاومة والكثافة وذلك يرجع لعدم قدرتها على المليء الذاتي للفراغات داخل الخرسانة بالتالي ضعف مقاومة الخرسانة.

4- الخلاصة

4- بالإمكان الحصول على خرسانة ذاتية الدمك ضمن شروط المواصفات الأوروبية (EFNARC) باستخدام البوزولانا المحلية من منطقة براك الشاطئ.

5- بالإمكان توفير كمية من الإسمنت بإستبداله وزنيا بمادة البوزولانا المحلية بالجنوب الليبي مما يساهم في تقليل التكلفة الإقتصادية.

6- الحصول على تحسن واضح بعد استخدام البوزولانا وحيث كانت النسبة المثلى هي 10% حيث حققت كل شروط المواصفة فيما يخص الخواص الطرية للخرسانة الذاتية الدمك وكذلك في المقاومة والكثافة.

7- حدوث نتائج عكسية في كلا من اختبارات الخرسانة الطرية والمتصلدة عند زيادة نسبة المواد البوزولانية بالخلطة الخرسانية وذلك ظهر جليا عند اختبارات النسبة 20% من وزن الإسمنت.

8- التوصيات:-

بناءا على ما استنتج في هذه الدراسة نوصي بالآتي:-

5- دراسة المزيد من أنواع البوزولانا المحلية المتوفرة بالجنوب الليبي على الخرسانة الذاتية الدمك ودراسة تأثير كل نوع علي الخصائص الطرية والمتصلدة لها.

6- دراسة بقية الخصائص للخرسانة المتصلدة على نفس النوع من البوزولانا ومدى تأثيرها علي الإمتصاص والنفاذية

7- دراسة تأثير نعومة البوزولانا بقيم مختلفة على نوعية الخرسانة الذاتية الدمك ومدي التغير في خصائصها

.

9- المراجع

1- المواصفات القياسية الليبية رقم (49) ركم الخرسانة من المصادر لطبيعية 20002.

2- المواصفات القياسية الليبية للمواد الأولية 2014.

3- النشرة الفنية لمادة(**agel –Technohyper**) **لسنة 2022**.

4- Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete February 2002.

5- ورقة بحثية بعنوان دراسة تأثير إضافة البوليمر الملدن السائل البولي كربوكسيلات المحور على خواص الخرسانة الإسمنتية__ مجلة البحوث الأكاديمية –**عبد العالي بشير أحمد بن صالح، علي فرج زوينخ،حمزة مفتاح خير جاء.**

دراسة بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة المسلحة بألياف البروبيلين

أ.د. فرحات غريبي فرحات د. عمر السنوسي فلغوش أ. عبدالجليل عبدالرحيم المجدوب
استاد الخرسانة ومواد البناء محاضر كلية التقنية الهندسية هون محاضر مساعد كلية التقنية الهندسية هون
O.Falagush@ceh.edu.ly farhat.g.farhat@gmail.com
0913majd@gmail.com
قسم الهندسة المدنية ،كلية التقنية الهندسية – هون

الملخص

تعتبر الخرسانة من أهم المواد الإنشائية التي استخدمت ولازالت تستخدم إلى يومنا الحالي في أعمال البناء والإنشاءات الهندسية نظراً لتوفر موادها الأولية وسهولة التعامل معها . ولقد تطورت صناعة الخرسانة منذ بداية القرن الماضي كمادة إنشائية بسيطة إلى مادة إنشائية سيطرت على قطاع البناء في أرجاء المعمورة. ومن ضمن هذه التطورات استخدام الألياف في الأعمال الخرسانية للاستفادة منها لتحسين خصائص الخرسانة وتعمل الألياف على تحسين مقاومة الخرسانة في القص والشد والانحناء والصدم والانكماش كما أنها تعمل على تقليل اتساع الشروخ وإعادة توزيعها. ومن اكثر انواع الالياف استخداما في الخرسانة هي الياف الحديد والزجاج و البروبيلين . وفي هذا الدراسة تم استخدام الياف البروبيلين والتي تتكون من ماده بوليميرية من مشتقات البترول.

تهدف هذه الورقة الى دراسة بعض الخواص الميكانيكية لعينات من الخرسانة والمحتوية على نسب مختلفة من الياف البروبيلين (0%, 0.1%,0.2%) ومن خلال النتائج تبين ان اضافة الياف البروبيلين لها تأثير واضح على اجهاد الانحناء وتأثير بسيط جدا على اجهاد الضغط والشد الغير مباشر. كما اوصت الدراسة ببعض التوصيات التي من شأنها ان تعزز استخدام الخرسانة المسلحة بألياف البروبيلين

الكلمات الافتتاحية : الالياف ، البروبيلين ، الخرسانة المسلحة بالألياف

1- المقدمة

مما لاشك فيه ان للخرسانة مقاومة عالية للضغط الا انها ضعيفة في الشد. وان استعمال حديد التسليح او كميات كافيه من الالياف قادره على تحسين مقاومتها للشد, واستخدام الالياف يؤدي ايضا الى تحسين سلوكية الخرسانة اثناء وبعد عملية التشقق وبهذا تتحسن خاصية المتانة. توجد انواع عديده من الالياف مثل الياف الكربون والالياف الزجاجية والياف البروبيلين وتستخدم هذه الالياف في مشاريع عديده مثل الابنية الخرسانية العالية والخرسانة مسبقة الصب والكباري والسدود.

تعرف الخرسانة المسلحة بالألياف بأنها خليط من عجينة الاسمنت والركام مع قطع من الالياف رقيقة القطر. وهناك الياف طويلة واخرى قصيرة وذلك حسب الأغراض المطلوبة.

وكما هو شائع ومعروف أن للخرسانة استعمالات كثيره في جميع المجالات الا ان من العيوب الرئيسية للخرسانة هي مقاومتها الضعيفة للشد والانحناء وانها تميل الى درجة الهشاشة brittleness . وهذه العيوب تنتج تشققات تؤدي الى تدهور الخرسانة ويعتبر وجود الالياف القصيرة بشكل عشواءي يساعد في تحسين خواص الخرسانة ويمنع او يقلل تمدد

هذه التشققات crack propagations وتعتمد كفاءة خرسانة الالياف على الكثير من العوامل من اهمها خواص الخليط وتجانسه, نوع الالياف, نسبة الالياف وكذلك شكل الالياف. وجد ان مادة الالياف ونوعها لها مقدرة في حلحلة مشكلة تكوين التشققات وذلك بزيادة المقاومة والمتانة والمرونة للخرسانة.

ان اضافة الياف البروبيلين للخرسانة بطريقة متوزعه توزيعا منتظما تؤثر في سلوكية الخرسانة كما هو عليه في الخرسانة العادية. توزيع الالياف واتجاهاتها يساعد في التحكم في تمدد التشققات وذلك عن طريق خلق رابط بين فجوات الخرسانة bridging والمتعرضة للشد والانحناء

وخلال السنوات السابقة تم اجراء العديد من الدراسات والتجارب على خرسانة الالياف وعلاقة الياف البروبلين بالخرسانة بكل من المقاومة والديمومة ومن اهم هذه الدراسات [4] [3] [2] [1]

وأكدت اغلب هذه الدراسات عل ان اضافة الياف البروبيلين للخرسانة تساعد في تحسين بعض الخواص الميكانيكية ولكن بدرجات متفاوتة.

نظرا لأهمية وظيفة الألياف في الخرسانة العادية والمسلحة حيث ان توزيع الالياف يعتبر توزيعا عشوائيا داخل مكونات الخرسانة الامر الذي يفتقده حديد التسليح الذي يجب وضعه في الخرسانة في اماكن محددة وحيث انه من خلال دراستنا للعديد من الالياف الطبيعية منها والصناعية وجدنا انه من الاهمية بمكان استخدام الالياف الصناعية والتي تعتمد اساسا على الصناعات البترولية كألياف البروبيلين حيث انه بالإمكان تصنيع هذه الالياف داخل ليبيا وتكون تكفلتها الاقتصادية قليلة بالمقارنة مع غيرها من الالياف الصناعية كألياف الحديد والزجاج وأيضا إضافة هذه الالياف الى الخرسانة تقلل من عملية الانكماش اللدن وكذلك الانكماش الجفافى والذى نشاهده كثيرا في المنشآت الخرسانية وبالتحديد في المناطق الحارة والتي تكون نسبة الرطوبة فيها قليلة وهذا الامر ظاهر للعيان من خلال التشققات التي تظهر على الخرسانة في المراحل المبكرة من صبها .

2- اهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة تأثير الياف البروبيلين على بعض خواص الخرسانة العادية وذلك عن طريق إجراء بعض التجارب والاختبارات الميكانيكية للخرسانة ومنها اختبارات على مواد الخرسانة الأولية , وكذلك إجراء اختبارات على الخرسانة الطازجة ومنها اختبار الهبوط وكذلك على الخرسانة المتصلدة كاختبارات الضغط والشد غير المباشر والانحناء لإيجاد قيمة معامل الكسر (Modulus of rubture) , ولم تجرى اختبارات على مادة الفايبر وذلك لعدم وجود إمكانات معملية لذلك , وإنما تم الاكتفاء في هذه الدراسة بالمواصفات الموجودة بالنشرة المرفقة مع مادة الفايبر , وقد تم تجهيز 27 عينة من الخرسانة القياسية وكذلك الخرسانة المسلحة بنسب مختلفة من الفايبر وهذه العينات موضحة في الجدول رقم 1 .

جدول 1 نوع وعدد العينات المستخدمة في الدراسة

العينات	النوع	العدد	الطول (m)	العرض / القطر (m)	الارتفاع (m)
القياسية	المكعبات	3	0.15	0.15	0.15
	الاسطوانات	3	-	0.15	0.30
	العتبات	3	0.5	0.1	0.10
Fiber 0.10%	المكعبات	3	0.15	0.15	0.15
	الاسطوانات	3	-	0.15	0.30
	العتبات	3	0.5	0.1	0.10
Fiber 0.20%	المكعبات	3	0.15	0.15	0.15
	الاسطوانات	3	-	0.15	0.30
	العتبات	3	0.5	0.1	0.10

3 المواد المستخدمة

في هذه الدراسة **تم** أُستخدام اسمنت بورتلاندي عادي منتج من مصنع الاتحاد العربي للإسمنت بزليتن والمصنع طبقا للمواصفات البريطانية BS 12: 1996 .كما تم أُستخدام رمل مورد من محاجر منطقة زلة وذلك لجودته وخلوه من الشوائب وذو تدرج حبيبي وخواص فيزيائية مطابقة للمواصفات البريطانية (BS882:1992) واستخدم في الخلطات الخرسانية ايضا ركام كبير والذي يشكل من 70 ــ 75 % من حجم الخلطة الخرسانية مصدره كسارات مدينة سوكنه منطقة جبال السوداء وقد تم اجراء الاختبارات الضرورية كاختبارات التدرج الحبيبي وبعض الاختبارات الفيزيائية الاخرى اما الماء فمصدره كلية التقنية الهندسية , واخيرا الألياف (Fiber) وهي عبارة عن منتج من مادة البروبلين عالية الكفاءة , ومصممة للتحكم في تشققات الانكماش في الخرسانة , وهى مبينة كما في الشكل (1) والجدول رقم (2)

جدول 2 بعض الخواص الميكانيكية لمادة البروبلين

الكثافة	900 kglm3
الطول	18 mm
القطر	18 Micron
مقاومة الشد	300–400 Mpa
معامل المرونة	6000–9000 Nlmm2
نقطة الليونة	160 C

شكل 1 مادة البروبيلين

4- تصميم الخلطات الخرسانية

في هذه الدراسة تم العمل على الخلطة حسب النسب المبينة في الجدول (3)

جدول 3: نسب المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية

فايبر Kg/m^3	ماء Kg/m^3	زلط Kg/m^3	رمل Kg/m^3	اسمنت Kg/m^3	Specimen نوع العينة
-	219.8	1050	700	350	Control
0.91	219.8	1050	700	350	Fiber 0.10%
1.82	219.8	1050	700	350	Fiber 0.20%

5- الاختبارات

في هذه الدراسة تم اجراء مجموعة من الاختبارات علي الخرسانة الطازجة والمتصلدة وقد شملت ما يلي:

1.5 اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة

تم اجراء اختبار الهبوط على الخرسانة الطازجة وفقا للمواصفات البريطانية BS 1881:part 102: 1983 والجدول (4) يوضح نتيجة اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة وقد تم اجراء هذا الاختبار بثلاث عينات من الخرسانة وهى خرسانة قياسية وخرسانة الالياف بنسبة 0.1 % وخرسانة الالياف بنسبة 0.2 % وقد أظهرت النتائج بأن اضافة الألياف الي الخرسانة تزيد قليلا من هبوط الخرسانة وان هذا التغير ربما لا يذكر حيث ان نسبة زيادة الهبوط للخرسانة المزودة ب 0.1% هي 1.18 % , وان نسبة زيادة الهبوط للخرسانة المزودة ب 0.2 % من الألياف هى 2.35 % وعلى العموم وكما ذكرنا سابقا انه لا يوجد تغير يذكر فى قوام وهبوط الخرسانة بإضافة هذه النسب من الألياف .ويرجع السبب في هذا ربما الى ان نسب البولي بروبلين قليلة وذلك ايضا لخفة وزن الالياف بالإضافة الى ان المساحة السطحية النوعية للركام الخشن والناعم ثابته والامتصاص ايضا ثابت [7]

جدول 4 نتائج اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة

العينة	مقدار الهبوط (مم)	وصف القوام
القياسية	85	قوام رخو
نسبة البروبلين 0.1 %	86	قوام رخو
نسبة البروبلين 0.2 %	88	قوام رخو

شكل 2: نتائج اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة

5-2 اختبار مقاومة الضغط

تعتبر مقاومة الخرسانة للانضغاط من الخصائص التي تتأثر بشكل كبير بنسبة ماء الخلط حيث انه اذا كانت هذه النسبة كبيرة سيؤدي ذلك الى الحصول على عجينة مخففة عالية الانكماش وضعيفة وبالتالي فأن الخرسانة الناتجة ستكون منخفضة المقاومة وقليلة التحمل للتغيرات المناخية [8]

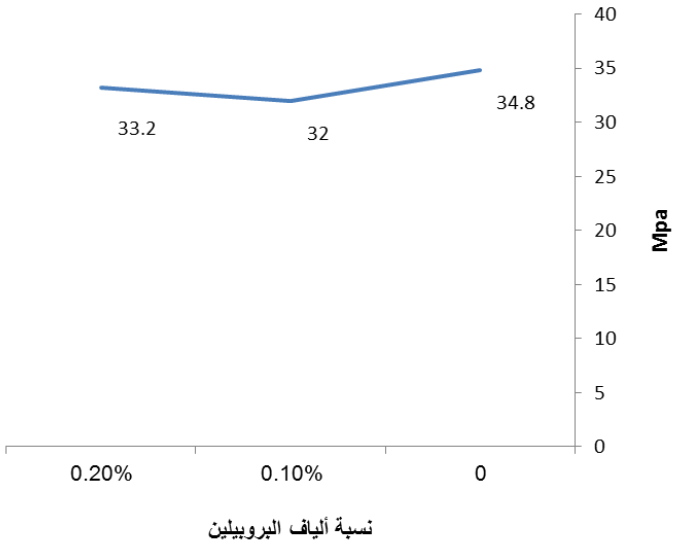
جدول 5 نتائج اختبار مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية

نوع العينة	رقم العينة	الحمل (KN)	مساحة العينة (mm^2)	مقاومة الضغط (Mpa)	متوسط مقاومة الضغط (Mpa)
القياسية	C11	820	22500	36.44	34.8
	C12	792	22500	35.20	
	C13	736	22500	32.71	
نسبة البروبلين	C21	724	22500	32.17	32
	C22	724	22500	32.17	

					0.1%
	31.64	22500	712	C23	
32.2	33.6	22500	756	C31	نسبة البروبلين 0.2%
	33.6	22500	756	C32	
	29.51	22500	664	C33	

شكل 3: المكعبات بعد إجراء اختبار مقاومة الضغط

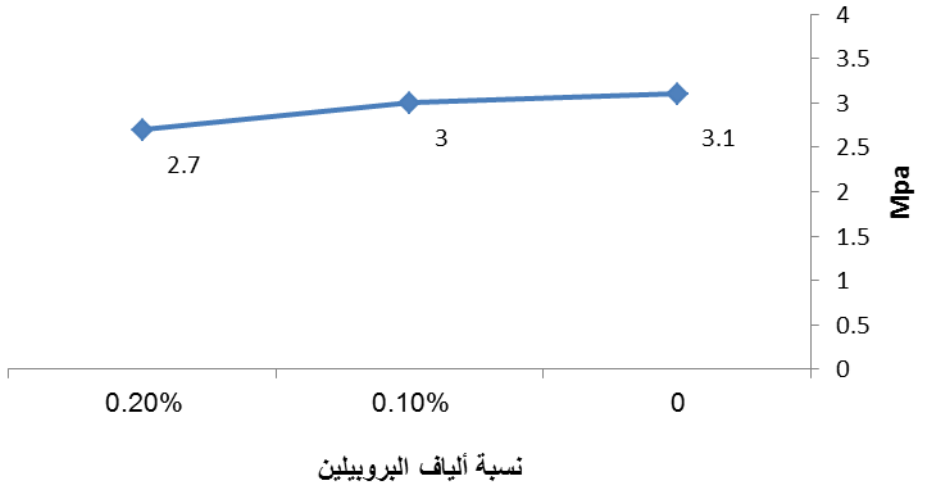
اجريت اختبارات الضغط طبقا للمواصفات البريطانية BS 1881 Part 1116: 1983 وقد تم اجراء التجارب على مكعبات معدنية مقاس 150mm بحيث تملأ المكعبات ويتم هزها بهزاز طاولة معدنيه مربعة الشكل وبعد فك العينات في اليوم التالي تم وضعها في حوض مائي لمدة 28 يوما وبعدها تم اجراء اختبارات الضغط وقد اثبتت النتائج المدونة في الجدول (5) والشكل 4. بانه عند اضافة الياف البروبلين الي الخرسانة العادية بنسبة 0.1 % يحدث انخفاض لمقاومة الخرسانة في الضغط بنسبة 8 % وعند اضافة الياف البروبلين الي الخرسانة العادية بنسبة 0.2 % تبقى مقاومة الخرسانة ثابتة بالنسبة للخرسانة بنسبة 0.1 % من الالياف .



شكل 4 تأثير نسبة الياف البروبيلين على مقاومة الضغط

3-5 اختبار مقاومة الشد الغير مباشر

تم اجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية البريطانية BS 1881 : Part 117: 1983 حيث يملأ القالب الاسطواني بالخرسانة ويوضع على طاولة الهزاز الميكانيكي ويسوى السطح النهائي للخرسانة باستعمال ادوات التسوية وتترك العينات داخل المعمل في جو رطب ويتم فكها بعد مرور اربع وعشرون ساعه وتغمر في حوض مائي لمدة ثمانية وعشرون يوما ثم يتم اختبارها بعد رفعها من الماء ومسح رطوبتها السطحية.



شكل 5 تأثير نسبة الياف البروبيلين على مقاومة الشد

تحسب مقاومة الشد الغير مباشر لكل اسطوانة من العلاقة التالية:

$$F = \frac{2p}{\pi DL} \qquad 1$$

حيث F مقاومة الشد الغير مباشر للخرسانة. P الحمل. D قطر العينة. L طول العينة

أظهرت النتائج المدونة في الجدول 6 والشكل 5 أن إضافة ألياف البروبلين إلى الخرسانة تخفض قليلا من مقاومة الخرسانة للشد , حيث يوضح الجدول إن نتيجة اختيار الشد الغير مباشر للخرسانة العادية هو MP 3.1 وللخرسانة المقواه بالألياف بنسبة 0.1 % تنخفض إلى Mpa 3.00 وللخرسانة المقواه بالألياف بنسبة 0.2 % هي Mpa 2.7 وتفيد هذه النتائج بان هناك نسبة تخفيض 3.2 % و 12.9 % للخرسانة المقواه بألياف 0.1 % و 0.2 % على التوالي . تعتبر هذه النتيجة غير متوقعة حيث ان إضافة الياف البروبيلين للخرسانة تعمل على زيادة مقاومة الشد وليس العكس وهذا ما اثبتته العديد من التجارب السابقة حيث ان الالياف تعمل على زيادة الترابط بين مكونات الخلطة الخرسانية وكذلك تعمل على التقليل من اتساع التشققات حيث كلما زادت الاحمال تبدأ التشققات الدقيقة في الظهور لتقابلها الالياف التي

تعمل على سدها وتمنع تأثيرها وايقاف تطورها. وقد أكد شاه (1991) [5] بأن اضافة نسبة البروبلين الى الخرسانة لا تؤثر في مقاومة الشد ولكنها تساهم بشكل كبير في ربط التشققات, وهذا ما أكده احد البحاث [6] الذى اكد انه لا يوجد تغير يذكر فى نتيجة اختبار الشد للخرسانة بين الخرسانة العادية وخرسانة الياف البروبلين بنسب بسيطة

شكل 6: الاسطوانات بعد إجراء اختبار مقاومة الشد الغير المباشر

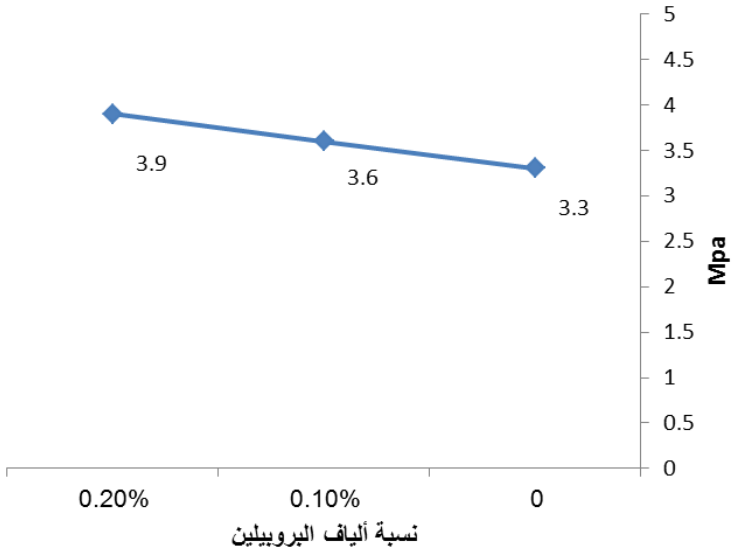
جدول 6: نتائج اختبار مقاومة الشد الغير المباشر

نوع العينة	رقم العينة	الحمل (KN)	مقاومة الشد (Mpa)	متوسط مقاومة الشد (Mpa)
القياسية	M11	228	3.22	3.1
	M12	228	3.22	
	M13	204	2.88	
نسبة البروبلين 0.1%	M21	212	3.00	3.0
	M22	208	2.94	
	M23	208	2.94	
نسبة البروبلين 0.2%	M31	181	2.56	2.7
	M32	181	2.56	
	M33	212	3.00	

4-5 اختبار الانحناء

تم اجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية البريطانية BS 1881 : Part 117: 1983 حيث تملأ قوالب الصلب مقاس 100x100x500 mm بالخرسانة وتوضع على طاولة الهزاز الميكانيكي ويسوى السطح النهائي للخرسانة باستعمال ادوات التسوية وتترك العينات داخل المعمل في جو رطب ويتم فكها بعد اربع وعشرون ساعه وتغمر في حوض مائي لمدة ثمانية وعشرون يوما ثم يتم اختبارها بعد رفعها من الماء ومسح رطوبتها السطحية. وقد تم اجراء الاختبار رباعي النقطة (Four point bend) حيث يفضل اجراء هذه الطريقة لان ذلك يجعل جزء من العبنه يحدث

بداخلها كسر معرض الى عزم خالص Pure bending دون تواجد قص في ذلك الجزء الأمر الذي يجعل الكسر نتيجة الانحناء فقط.



شكل 7 تأثير نسبة الياف البروبيلين على مقاومة الانحناء

الجدول 7 والشكل 7 يوضح نتيجة اختبار الانحناء لكل من الخرسانة القياسية والخرسانة المدعمة بالألياف وقد اثبتت النتائج انه بزيادة نسبة الالياف تزيد مقاومة الانحناء للخرسانة حيث انه عندما تضاف نسبة الالياف الى الخرسانة العادية بنسبة 0.1 % فان مقاومة الانحناء تزيد بمقدار 9 % وعندما تضاف نسبة الالياف بمقدار 0.2 % تزداد مقاومة الخرسانة للانحناء بنسبة 18 %. وهذه النتيجة تعتبر متوقعة وهي تتوافق الى حد ما مع بعض الدراسات السابقه [4]

الجدول 7 نتائج اختبار مقاومة الانحناء للعتبات

نوع العينة	رقم العينة	الحمل (KN)	مقاومة الانحناء (Mpa)	مقاومة الانحناء (Mpa)
القياسية	B11	7	3.15	3.3
	B12	8	3.6	
	B13	7	3.15	
نسبة البروبلين 0.1%	B21	6	2.7	3.6
	B22	7	3.15	
	B23	11	4.95	
نسبة البروبلين 0.2%	B31	11	4.95	3.9
	B32	8	3.6	
	B33	7	3.15	

شكل 8 العينات بعد اجراء اختبار مقاومة الانحناء

6- الخلاصة

من خلال الاختبارات والنتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة نستخلص ان التجارب المبدئية التي اجريت على ثلاثة انواع من الخرسانة (العادية – خرسانة الياف بنسبة 0.10 % - خرسانة بنسبة الياف 0.20 %) بينت انه لا يوجد تغيرات جوهرية تطرأ على الخرسانة في خواصها الميكانيكية سواء كانت الخرسانة الطازجة او الخرسانة المتصلدة وان أي زيادة او نقصان حدثت لا يمكن الاعتماد عليها كدليل على تحسن او تغير في الخرسانة لان نسب الزيادة او النقصان التي تم مشاهدتها في هذه الدراسة هي نسب بسيطة جدا لا يمكن الاستدلال بها ولا تعتبر كمؤشر على تأثير هذه الالياف بالنسبة للخرسانة وبالتحديد عندما تكون نسبة الالياف قليلة جدا كالنسب الموجودة في هذا الدراسة وهذه النتيجة تتوافق وتتضارب مع العديد من البحاث الذين قاموا باختبارات مماثلة لهذا الاختبار كاختبار الهبوط ومقاومة الخرسانة للضغط ومقاومة الخرسانة للشد اما بالنسبة لمقاومة الخرسانة للانحناء فنستطيع ان نؤكد الى حد ما بان للألياف دور كبير في تحسين هذه الخاصية وهذا واضح من خلال نتائج الدراسة ويمكن تبرير ذلك بان الياف البروبيلين قد ساهمت بشكل او باخر في ربط التشققات في منطقة الشد .

1.6 التوصيات

- هذه الدراسة اعتمدت علي استخدام نوع واحد من الألياف عليه نوصى بإجراء تجارب اخري علي الخرسانة المدعمة بأنواع اخري من الالياف الطبيعية والزجاجية والحديدية .
- نوصي بإجراء اختبارات على نسب اكبر من النسب التي تم تضمينها في هذا البحث مثل (0.3 % - 0.4 % - 0.5 %) من حجم الخرسانة وهذا ممكن ان يعطينا نتائج اكثر دقة .
- نوصى بإجراء العديد من التجارب الأخرى على الخرسانة الطازجة والخرسانة المتصلدة كما نوصي ايضا بإجراء بعض التجارب الميكانيكية عي مادة الالياف ايضا .

7- المراجع

[1] Ahmed, S.,Bukhari, I and Siddiqi, JA. Study on the Properties of Poly Propylene Fiber reinforced concrete in the 31st Conference on our world in concrete and Structures. (2006)

[2]Kakooei ,S., Akil, H., Jamshidi, M and Rohi, J The effects of Poly Propylene Fiber on the Properties of reinforce Concrete Structures, construction and building materials 27, (1), (2012) (73-77).
[3]Petal M.J and S.Kulkami Effect of Polypropylene fiber on the high strength concrete . Journal of information, knowledge and Research in civil Engineering. (2012), 0975 – 6744.
[4] Pong Zhang and Q Li Effect of Poly Propylene Fibers on d durability of concrete containing fly ash and silica fume composites part B 45- (2013), 1587 – 1594.
[5] Shah S p., Do Fibers Increase the tensile strength of cement based materials ? ACI Mat Journal, (1991)
[6] Gao D,Zhao J and Tong, An experimental Study gon the behavior of fiber reinforced high Strength concrete under Splitting tension. China civil Engineering Journal, (2005) 38(7) , 21 – 26.

المراجع العربيه
[7] عمر الزروق ، أحمد إبراهيم ، سحر عبدالجواد ، عبد العاطي راف الله عيسى مراجع خواص وسلوك الخرسانة المسلحة الحاوية علي الياف البروبيلين المؤتمر العربي الثاني عشر طرابلس ليبيا (2013).
[8] عمر الزروق و أحمد إبرهيم خواص الخرسانة الليفية العادية وعالية المقاومة المجلس الدولي المحكمة للعلوم والهندسة وتقنية المعلومات المجلد 4 العدد 1. (2017)

دراسة تأثير إضافة خبث الأفران كركام خشن على بعض خواص الخرسانة

م . خالد محمد عمرو أمحمد [1] ، م . طارق محمد علي العربي[2]
Tarik.aboshena@gu.edu.ly[2] , khaled.emhamed@gu.edu.ly[1]

[1]عضو هيئة تدريس، أستاد مساعد ، كلية الهندسة ، جامعة غريان

[2]عضو هيئة تدريس ، محاضر، كلية الهندسة ، جامعة غريان

الملخـص

في إطار تحسين جودة الخلطات الخرسانية و الاستفادة من المخلفات كنواتج المصانع و من هده المخلفات نواتج مخلفات مصنع الحديد و الصلب بليبيا ، حيت أنه في هده الدراسة تم إستخدام مخلفات صناعة الحديد والصلب (خبث الأفران) كركام خشن بديلا عن الركام المحلي في تصنيع الخرسانة العادية ، حيث تم تصميم الخلطات الخرسانية وهي محتوية على نسب مختلفة من الركام المضاف حيت كانت النسب المضافة من الخبث كالتالي (0% ، 25% ، 50% ، 75% ، 100%) وكانت الاختبارات التي تم اجرائها هي اختبار الوزن النوعي ونسبة الإمتصاص للخبث واختبار الهبوط ومقاومة الضغط للخرسانة.

لـوحظ من نتائج مقاومـة الضغط للعينات الخرسانيـة عند نسب إستبدال الركام الخشن بركام الخبث بعمر 28 يوم تزداد عند بداية نسبـة الإستبـدال 25%مقارنـة بالخلطـة المرجعيـة حيت أعطـت مقاومـة ضغط قدرهـــا N/mm² 40.03 وقلت عـند باقـي النسب فعند نسبـة الإستبدال 50% كـــانت مقاومـــة الضغط N/mm² 28.19،وعند نسبة الإستبدال 75% كانت N/mm²29.2 ثم عند نسبة الإستبدال 100% كانت في حدود N/mm² 29.5.

الكلمات الدالة : المخلفات الصناعية , خبث الافران , الخرسانة العادية , الركام الخشن , مقاومة الضغط .

المقدمة :

يشهد العالم اليوم تغيرا تقنيا في مجال الخرسانة من حيث تحسين خواصها وزيادة مقاومتها مع قدرة تحملها للظروف الطبيعية ،و كدلك بعض من المناطق الصناعية تعاني من مشكلة تراكم وتكدس المخلفات الصناعية و التي من ضمن هده المخلفات هو وجود مخلفات أفران صناعة الحديد والصلب التي تزداد يوما بعد يوم بكميات كبيرة ، مما يؤثر علي

البيئة المحيطة وأخد المساحات الكبيرة لهذه المخلفات ، لذلك تم اللجوء الي استخدام هذه المخلفات كمادة انشائية وذلك بإستعمالها كركام خشن في الخرسانة . [1]

وقد اخـدت الـدول المتقدمــة المنتجة للخبث علي محمل الجد بحث ودراســة وتطوير طــرق معالجته حيث تم الاستفــادة منه والحصول على خرسانة ذات كلفــة إقتصاديــة مناسبــة بالإضافــة الي خواص هندسيــة جيــدة ، امـا محليا فقد اخدت البحوث حول الخبث طريقها من اجل تغطية كافة خواص الخبث المحلي وتحديد الاستفادة منه . [2]

ان استخدام مخلفات صناعة الحديد والصلب يمكن ان يزداد إذا تم استعماله كركام ناعم او خشن في المونة الإسمنتية و الخرسانة و من جهة أخرى تكلفة مواد البناء تتزايد يوما بعد يوم بسبب ارتفاع الطلب وارتفاع أسعار الطاقة ، ومن المنظور الإقتصادي في استهلاك الطاقة والمحافظة على الموارد الطبيعية فإن استخدام مكونات بديلة لمواد البناء هو الآن مصدر اهتمام عالمي لهذا يتعين البحث ويتوجب نحو استكشاف مصادر جديدة للإنتاج مواد بناء تحقق الإستدامة وتكون صديقة للبيئة . [3]

تهدف هذه الدراسة إلي استخدام مخلفات صناعة الحديد والصلب كركام خشن بديلا للركام المحلي في تصنيع الخرسانة العادية حيت يشغل الركام ما نسبته 60 %– 80 % من حجم الخرسانة ، حيث سيتم تقييم مدى صلاحية استخدام خبث الأفران وذلك كركام خشن من خلال عدد من الإختبارات المتمثلة في الإختبارات الميكانيكية و الفيزيائية للركام المدروس إضافة الى اختبارات الخرسانة المعروفة مثل تحديد التشغيلية و مقاومة الضغط .

المواد المستخدمة في البرنامج العملي

الماء : تنص المواصفات الليبية على أن الماء المستخدم في خلط الخرسانة يجب أن يكون خال من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية.[4]

الاسمنت : هو المادة التي لها خاصية التماسك والتلاصق بوجود الماء والتي تمكن من ربط جزيئات الركام ومواد البناء لتكون كتلة متكاملة ، وللأسمنت أنواع متعددة ومتنوعة إذا كانت جميعها تتفق في تواجد بعض المكونات مثل الجير الحر والألومنيوم وأكسيد الحديد والسليكا وبنسب متفاوتة ويعتبر الإسمنت من أهم المواد الإنشائية حيث إن له أهمية

كبيرة في العمليات الإنشائية ، ويستخدم في صناعة الخرسانة بأنواعها المختلفة وذلك لإنشاء المباني والأساسات والهياكل والكباري وخزانات المياه والسدود وأغراض متعددة أخرى. [3]

الركام : هو المادة المالئة الخاملة للخرسانة بنوعيها الناعم و الخشن ، وهي رخيصة نسبيا، حيث يمثل أحد العناصر الأساسية التي تشكل مع الماء والإسمنت المكونات الأساسية للخرسانة، يطلق إسم الركام على الحبيبات الصخرية التي تكون متدرجة الحجم من حبيبات رملية صغيرة إلى حصى حبيبات كبيرة من الزلط أو الأحجار المكسرة و الجدول 1 و 2 يوضحان خواص الرمل و الركام الخشن المستخدم في الخلطات الخرسانية. [4]

جدول 1 يوضح خواص الركام الناعم

الخواص الفيزيائية	نتيجة الإختبار
الوزن النوعي الظاهري	2.66
الكثافة الرطبة	2.62
الكثافة الجافة	2.59
نسبة الإمتصاص (%)	%0.90

جدول 2 يوضح خواص الركام الخشن

الخواص الفيزيائية	نتيجة الإختبار
الوزن النوعي الظاهري	2.53
الكثافة الرطبة	2.506
الكثافة الجافة	2.489
نسبة الإمتصاص(%)	%0.68

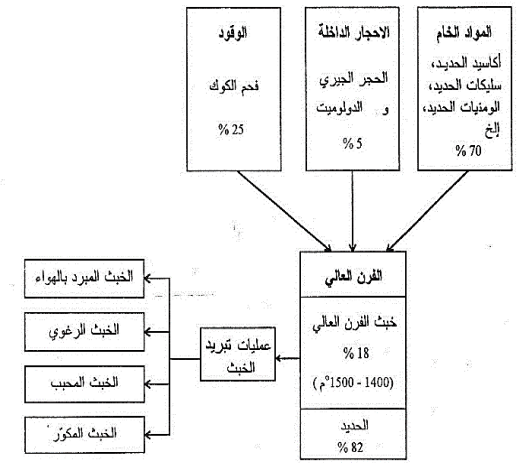
الخبث: يمكن تعريف الخبث (SLAG) بكونه منتجا ثانويا ينتج عن صناعة الصلب في أفران مصانع صهر الحديد و الشكل 1 مخطط انسيابي يبين المراحل التي يتم الحصول من خلالها على الخبث, ويتكون الخبث من عمليات صهر المواد الخام (الخردة) والمواد المضافة كالدولوميت والحجر الجيري في درجة حرارة تتراوح ما بين 1400_1600 درجة مئوية [5].

تم توريد عينة مخلفات ركام الخبث من مصنع الحديد والصلب بمنطقة الرابطة حيث تم إحضاره بأحجام وبأوزان متفاوتة الى محجر تكسير الركام (الكسارات) وتم الحصول على ركام تدرجه مماثل لتدرج الركام التقليدي ،

والشكل (1) يبين مخطط انسيابي لانتاج الحديد والخبث المستخدم، والجداول (3) و (4) يوضحان نتائج إختبار التحليل المنخلي وخواص ركام الخبث على التوالي.

جدول 3 يوضح نتائج اختبار التحليل المنخلي لركام الخبث

مقاس فتحة المنخل (mm)	وزن المحجوز (gm)	الوزن التراكمي للمحجوز(gm)	النسبة المئوية للمحجوز %	النسبة المئوية للمار %	المواصفات البريطانية (BS 882-1992)
37.5	0	0	0	100	100-100
19	47	47	1.6	98.4	90-100
14	1078.5	1125.5	37.56	62.44	40-80
10	914.5	2040	68.02	31.98	30-60
5	936	2976	99.3	0.7	0-10
Pan	20	2997	/	/	/



شكل(1) يوضح مخطط انسيابي لعمليات إنتاج الحديد

جدول 4 يوضح خواص ركام الخبث

الخواص الفيزيائية	نتيجة الإختبار
الوزن النوعي الظاهري	3.14
الكثافة الجافة	2.94
الكثافة الرطبة	3.0
نسبة الإمتصاص (%)	%2.15

تصميم الخلطات الخرسانية :

يعرف بتصميم الخلطات الخرسانية بأنه إيجاد نسب المواد المستعملة في الخرسانة من إسمنت وركام خشن البديل (خبث الافران) وركام ناعم وماء، ويجب أن يكون التصميم مبنياً على الدقة والأمان والاقتصادية بحيث تكون خلطة خرسانية تفي بالغرض المطلوب حسب الخواص المطلوبة وبأقل تكاليف. [3]

وقد يكون التصميم مبنياً على الخبرة والملاحظة وعلى الأسس التجريبية أو الوضعية حيث يتم تحديد نسب مكونات الخلطة الخرسانية استناداً لخلطات تجريبية أو وضعية سابقة تم تصميمها وتنفيذها وأعطت نتائج مقبولة نسبياً ، أو قد يكون التصميم مبنياً على أسس علمية وعملية وذلك عن طريق الحسابات والاختبارات اللازمة ، وبعد إتمام عملية حساب الاوزان لكل خلطة كان وزن الموان لجميع الخلطات كما هو موضح بالجداول ادناه لكل عينة [3].

- الخلطة الأولى نسبة الإستبدال (0%) و الجدول (5) يوضح اوزان المواد للخلطة رقم (1)

جدول (5) نسب اوزان الخلطة رقم (1)

الماء lt	الخبث kg	الركام الخشن kg	الركام الناعم kg	الإسمنت kg
6	0.00	41.76	21.51	10.125

- الخلطة الثانية نسبة الإستبدال (25%) و الجدول (6) يوضح اوزان المواد للخلطة رقم (2)

جدول (6) نسب أوزان الخلطة رقم (2)

الماء lt	الخبث kg	الركام الخشن kg	الركام الناعم kg	الإسمنت kg
6	11.70	31.32	21.51	10.125

- الخلطة الثانية نسبة الإستبدال (50%) و الجدول (7) يوضح اوزان المواد للخلطة رقم (3)

جدول(7) نسب أوزان الخلطة رقم (3)

الماء lt	الخبث kg	الركام الخشن kg	الركام الناعم kg	الإسمنت kg
6	23.4	20.88	21.51	10.125

- الخلطة الثانية نسبة الإستبدال (75%) و الجدول (8) يوضح اوزان المواد للخلطة رقم (4)

جدول(8) نسب أوزان الخلطة رقم (4)

الماء lt	الخبث kg	الركام الخشن kg	الركام الناعم kg	الإسمنت kg
6	35.1	10.44	21.51	10.125

- الخلطة الثانية نسبة الإستبدال (100%) و الجدول (9) يوضح اوزان المواد للخلطة رقم (5)

جدول(9) نسب أوزان الخلطة رقم (5)

الماء lt	الخبث kg	الركام الخشن kg	الركام الناعم kg	الإسمنت kg
6	46.8	0.00	21.51	10.125

الجدول(10) نسب مكونات المواد لكل الخلطات المتبعة بالدراسة

رقم الخلطة	نسبة الخبث (%)	الإسمنت (Kg)	الركام الناعم (Kg)	الركام الخشن (Kg)	الخبث (Kg)	W/C %	الماء (Liter)
1	%0	10.125	21.51	41.76	0	0.60	6
2	%25	10.125	21.51	31.32	11.7	0.60	6
3	%50	10.125	21.51	20.88	23.4	0.60	6
4	%75	10.125	21.51	10.44	35.1	0.60	6
5	%100	10.125	21.51	0	46.8	0.60	6

4 – تجهيز العينات

تم تجهيز عدد من العينات الخرسانية لكل الخلطات الخمس على شكل قوالب حديدية مكعبة الشكل بأبعاد (15cm×15cm×15cm)لإجراء مختلف الإختبارات المطلوبة عليها، حيث يجب تنظيفها جيدا من العوالق والأتربة والتأكد من تمام عملية تماسك براغي المكعبات جيدا بالمفاتيح لضمان عدم إنفصالها ويجب طلاء الأوجه الداخلية للقوالب الحديدية بطبقة من الزيت مما يسهل عملية فك المكعبات الخرسانية بعد عملية إنضاجها. [3]

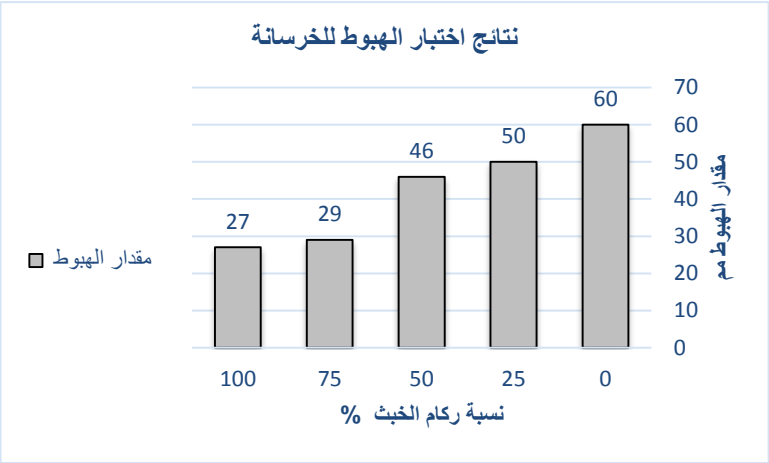
الاختبارات الخرسانية :

1 – إختبار هبوط الخرسانة (Slump test)

إختبار الهبوط يعتبر من أقدم الإختبارات وأكثرها إستعمالا للخرسانة الطازجة في جميع أنحاء العالم طبقا للمواصفات الأمريكية (**ASTM C143– C143M**) حيت من خلاله يتم تحديد الدرجة التشغيلية للخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص وأن أي تغيير للنسب المكونة للخلطة الخرسانية تتغيير فيها قيمة الهبوط وكذلك طريقة وقوة الدمك لها تأثير عالي على قيمة الهبوط ووجب أخد هذا في الإعتبار والجدول (11) يوضح مخطط يوضح قيم إختبار الهبوط للخلطات الخرسانية حسب نسبة ركام الخبث. [5]

جدول (11) يوضح نتائج أختبار الهبوط لعينات ركام الخبث

Mix1	0	60	**10 -280**
Mix2	25	50	**10 -280**
Mix3	50	46	**10 -280**
Mix4	75	29	**10 -280**
Mix5	100	27	**10-280**



شكل (2) مخطط نتائج أختبار الهبوط

من النتائج المتحصل عليها الموضحة أعلاه تعبر الدرجة التشغيلية على مقدار المحتوى المائي للخلطة الخرسانية في حالتها الطازجة ومقدرتها على التشكل حيث تم إجراء الاختبار طبقا للمواصفة الأمريكية (ASTM C642-97) , و من النتائج المتحصل عليها في الجدول (11) قيم الهبوط المتحصل عليها للخلطات الخرسانية ، حيث يتضح أن قيمة الهبوط تقل كلما زادت نسبة استبدال الركام الخشن بركام الخبث ، و من خلال مقدار الهبوط في الخلطة التي لا تحتوي على الخبث كان 60 mm وانخفض تدريجيا بزيادة نسبة الإستبدال حتى وصلت إلي 27mm عند نسبة استبدال الركام بالخبث 100% ، أي أن ركام الخبث يحتاج إلي كمية اكثر من الماء ليصل إلي درجة تشغيلة مناسبة مقارنة بالركام المتحصل عليه من الكسارات نتيجة لدرجة امتصاصه و لخشونته العالية ويمكن ملاحظة دلك من خلال أختبار الامتصاص لركام الخبث حيت كانت نسبة الامتصاص عالية ، مقارنة بالركام الخشن المستعمل في هذه الدراسة , ويمكن مشاهدة الفرق في مقدار الهبوط من المخطط كما في الشكل(2).

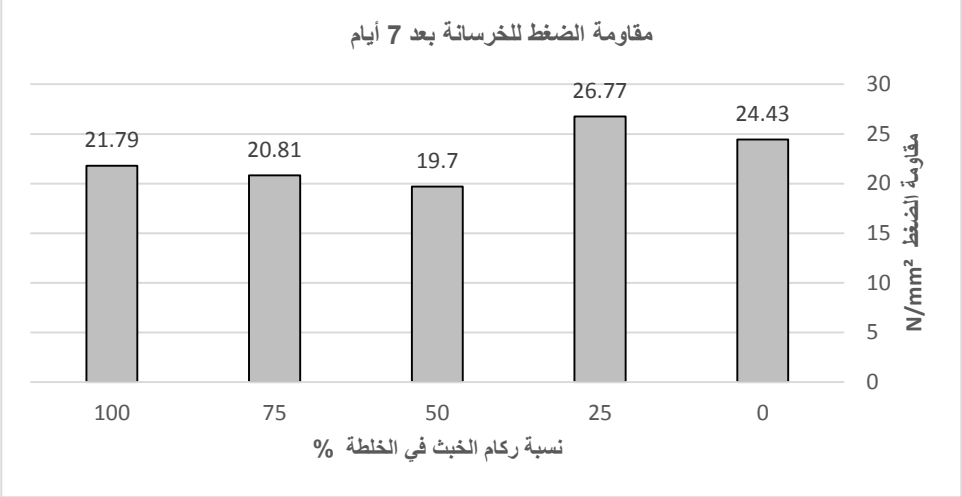
2 – إختبار مقاومة الضغط (Compressive strength test):

رمز الخلطة	نسبة الخبث (%)	مقاومة الضغط (N/mm^2) 7أيام	مقاومة الضغط (N/mm^2) 7أيام	مقاومة الضغط (N/mm^2) 7أيام	متوسط مقاومة الضغط (N/mm^2)
Mix_1	0	23.62	24.34	25.33	24.43
Mix_2	25	26.51	27.29	26.52	26.77
Mix_3	50	19.82	19.50	19.78	19.7
Mix_4	75	20.30	20.97	21.17	20.81
Mix_5	100	20.98	23.35	21.06	21.79

تم إجراء إختبار مقاومة الضغط لتحديد الخاصية الميكانيكية لمقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة وذلك حسب المواصفات الأميريكية " (ASTM C143–C143M)" , بتحميل أحمال قياسية على مكعبات مقاس 150mm * 150mm) (150mm *، حيت تم إجراء الاختبار على فترات زمنية مختلفة عند 7 أيام و 14 يوم و 28 يوم لعدد 3 عينات لكل فترة .

- **نتائج اختبار العينات بعد 7 أيام من عملية المعالجة :** الجدول رقم (12) و الشكل رقم (3) أدناه يوضحان نتائج أختبار مقاومة الضغط لعدد 3 عينات عند النسب المختلفة بعد مدة معالجة 7 أيام.

جدول (12) يوضح نتائج أختبار مقاومة الضغط للخرسانة بعد 7 أيام

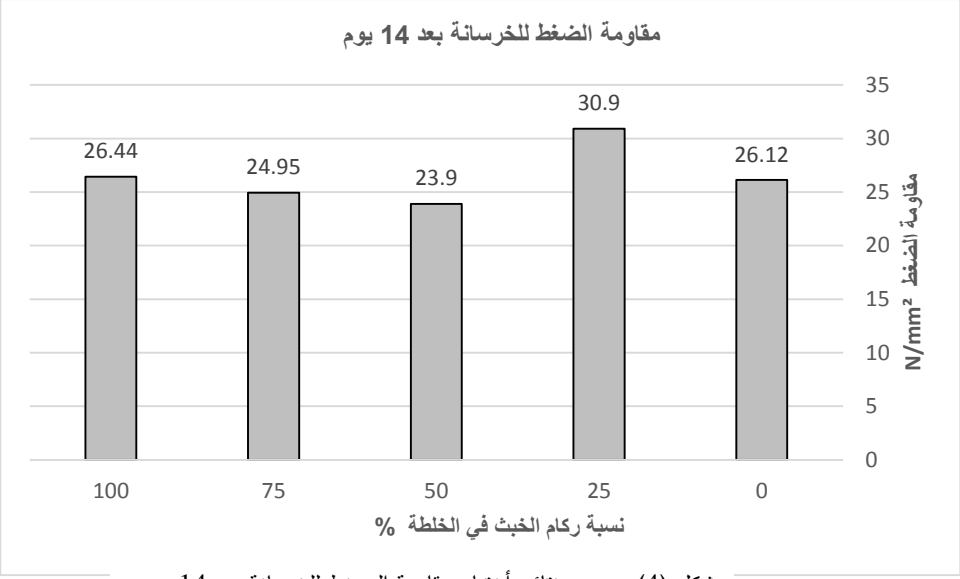


شكل (3) يوضح نتائج أختبار مقاومة الضغط للخرسانة بعد 7 أيام

نتائج اختبار العينات بعد 14 يوم من عملية المعالجة : الجدول رقم (13) و الشكل (4) أدناه يوضحان نتائج أختبار مقاومة الضغط لعدد 3 عينات عند النسب المختلفة بعد مدة معالجة 14 يوم .

جدول (13) يوضح نتائج أختبار مقاومة الضغط للخرسانة بعد 14 يوم

رمز الخلطة	نسبة الخبث (%)	مقاومة الضغط (N/mm^2) 14يوم	مقاومة الضغط (N/mm^2) 14يوم	مقاومة الضغط (N/mm^2) 14يوم	متوسط مقاومة الضغط (N/mm^2)
Mix_1	0	26.62	25.65	26.10	26.12
Mix_2	25	29.15	31.52	32.11	30.9
Mix_3	50	23.45	24.15	24.12	23.9
Mix_4	75	25.39	24.98	24.49	24.95
Mix_5	100	24.50	27.97	26.87	26.44

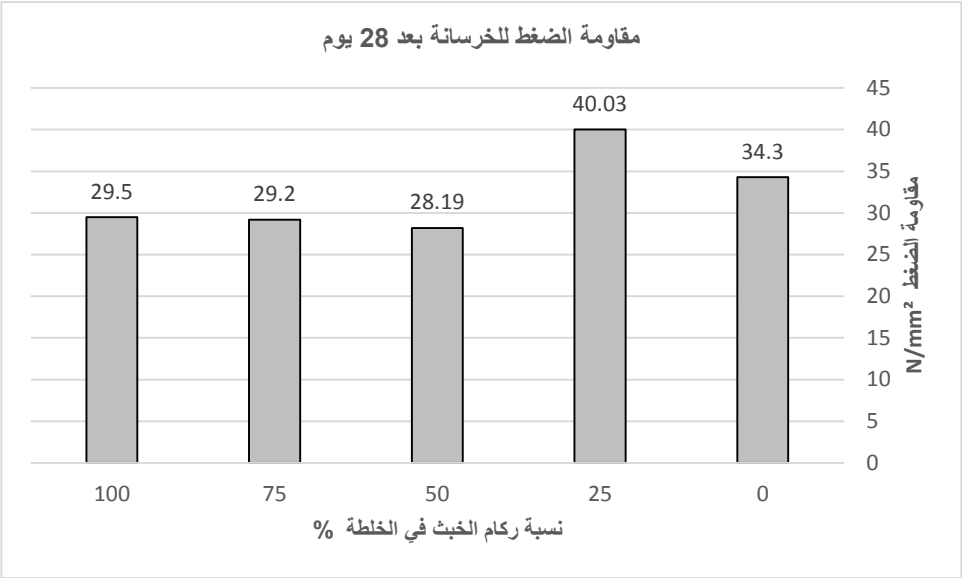


شكل (4) يوضح نتائج أختبار مقاومة الضغط للخرسانة بعد 14 يوم

- **نتائج اختبار العينات بعد 28 يوم من عملية المعالجة** : الجدول رقم (14) والشكل (5) أدناه يوضحان نتائج أختبار مقاومة الضغط لعدد 3 عينات عند النسب المختلفة بعد مدة معالجة 28 يوم .

جدول (14) يوضح نتائج أختبار مقاومة الضغط للخرسانة بعد 28 يوم

رمز الخلطة	نسبة الخبث (%)	مقاومة الضغط (N/mm^2) يوم28	مقاومة الضغط (N/mm^2) يوم28	مقاومة الضغط (N/mm^2) يوم28	متوسط مقاومة الضغط (N/mm^2)
Mix_1	0	34.47	35.79	32.64	34.3
Mix_2	25	38.77	39.46	41.86	40.03
Mix_3	50	28.0	27.25	29.32	28.19
Mix_4	75	29.51	27.67	30.43	29.20
Mix_5	100	29.30	30.02	29.20	29.50



شكل (5) يوضح نتائج أختبار مقاومة الضغط للخرسانة بعد 28 يوم

لوحظ مما سبق من النتائج الموضحة بالأشكال و الجداول أعلاه أن مقاومة الضغط للعينات الخرسانية عند نسبة استبدال الركام الخشن بركام الخبث تزداد بنسبة بسيطة بداية عند نسبة استبدال 25% وتقل في الزيادة في نسبة استبدال 50% ,ثم تزداد تدريجيا في نسب استبدال 75% و 100% , يلاحظ من متوسط النتائج أن نسبة استبدال 25% هي الأعلى قيمة لمقاومة الضغط حيث ترتفع بنسبة 16.7% عن الخلطة المرجعية ذات الركام الخشن كليا عند عمر 28 يوم وترتفع بنسبة 9.57% عن الخلطة ذات ركام الخبث بشكل كلي عند 7 أيام , بينما مقاومة الضغط عند 28 يوم للخلطة ذات نسبة الاستبدال 50% تنخفض بنسبة 17.8% فقط عن الخلطة المرجعية ذات الركام الخشن كليا وتنخفض بنسبة 19.3% عن الخلطة ذات ركام الخبث بشكل كلي عند عمر 7 أيام .

التوصيــات :

1. عند استخدام ركام الخبث فإنه يراعى زيادة المحتوى المائي للحصول على تشغيلية جيدة نظرا لإمتصاص ركام الخبث العالي نسبيا مقارنة بالركام الخشن المستخدم في الدراسة ودلك لتعويض الماء الخاص بعملية الاماهة.
2. بعد أن أعطت بعض نتائج استبدال الركام الخشن بركام الخبت نتائج جيدة نوصي بإستتبدال نسبة معينة من الرمل الناعم برمل أخر مسحوق من خبث الافران.

3. إجراء المزيد من الإختبارات المعملية على ركام الخبث كمعامل التهشيم و الإهتراء ومقارنة النتائج المتحصل عليها بنتائج الركام المتحصل عليه من الكسارات .
4. نوصي بإجراء المزيد من الدراسات الأخرى عند نسب صغيرة تكون أقل من 25 % .
5. إجراء بعض الاختبارات الأخرى على مخلفات الافران متل أختبار الشد .

المراجـــع :

[1] . " د. نور الدين الطوير " (دراسة الخواص الميكانيكية لركام خبث الأفران العالية بمصنع الحديد والصلب بمصراتة وتأثيره علي خواص الخرسانة عالية المقاومة) ، المؤتمر الثاني لعلوم البيئة (2015) ، رقم الصفحة 700 .[2]. فيصل كاظم ، (تأثير إستخدام الخبث المحلي علي الإمتصاص ومسامية الخرسانة عالية الأداء) ، معهد التكنولوجيا – بغداد ، (2009) ، صفحات 15 .

[3]. أ. د محمود إمام ، " الخرسانة "الخواص والجودة والاختبارات سنة 2002 .

[4]. أ. د محمود إمام، محمد أمين، " خواص المواد و إختباراتها "، الجزء الثانى، كلية الهندسة جامعة المنصوره سنة 2007 .

[5] .American society for testing and materials (ASTM C642-97), Standard test method for density, Absorption, and voids in hardened concrete.

دراسة تأثير درجة حرارة مكونات الخرسانة على خواصها في الحالة الطازجة

فيصل عبد اللطيف العطشان[1] *	عبد المجيد محمد التلماتي [2]	خالد امحمد لخضري[1]	مصطفى عبد القادر كوراي[1]	إبراهيم ابوبكر مصباح[1]
عضو هيئة تدريس	عضو هيئة تدريس	مهندس	مهندس	مهندس

[1] قسم الهنسة المدنية، كلية التقنية الهندسية هون

[2] قسم الهنسة المدنية والمعمارية، جامعة سرت

* f.alatshan@ceh.edu.ly

1.الملخص:

إن درجة حرارة الخلطة الخرسـانية هي أحد العوامل المهمة التي تسـتوجب البحث لما لها من أثر على الجودة النهائية للخرسـانة. لذا تهدف هذه الورقة إلى دراسـة تأثير درجة حرارة المكونات على خصـائص الخرسـانة الطازجة، مثل حرارة الخلطة وقيمة الهبوط ونسـبة الفراغات الهوائية. تم تحضـير خلطات خرسـانية مختلفة بنفس النسـب والمواد، ولكن بدرجات حرارة مختلفة للماء والركام الخشـن والناعم، وتم قياس خصـائص الخرسـانة الطازجة لكل خلطة. وقد أظهرت النتائج أن درجة حرارة الماء هي المتغير الأكثر تأثيرا على حرارة الخلطة، بينما كانت حرارة الركام الخشـن الأكثر تأثيراً على قيمة الهبوط ونسبة الفراغات. كما أظهرت النتائج أن ارتفاع درجة حرارة المكونات يقلل من قيمة الهبوط، مما يحد من قابلية التشـغيل والانسـيابية للخرسـانة الطازجة. بالإضـافة الى هذا، يؤدي ارتفاع درجة حرارة الركام إلى زيادة نسـبة الفراغات الهوائية، بينما يؤدي ارتفاع درجة حرارة الماء إلى انخفاضـها.

الكلمات المفتاحية: المناطق الصحراوية، الحرارة، الخرسانة الطازجة، الهبوط، نسبة الفراغات، الركام.

2. المقدمة

الخرسـانة هي المادة الأكثر اسـتخداما في قطاع الإنشـاءات في ليبيا، ولكنها تتأثر بشـكل كبير بظروف الطقس الحار والجاف في المناطق الصـحراوية. درجات الحرارة العالية والتذبذبات الحرارية تؤثر على خصـائص الخرسـانة الطازجة والمتصلبة، مثل التشغيلية والمقاومة والديمومية. لذلك، من المهم اتخاذ تدابير لتبريد مواد الخرسانة والحفاظ على رطوبة الخرسـانة أثناء عملية الصـب والمعالجة. وفقا لحدود المعهد الأمريكي للخرسـانة (ACI)، يجب ان لا تزيد درجة حرارة الخرسـانة عند الصـب عن 35 درجة مئوية، ويجب تبريد المكونات إذا كانت درجة حرارة الخرسـانة تزيد عن هذا الحد [1]. في حين أن مواصـفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM – C94) [2] تضـع حدًا أقل بمقدار 3 درجات مئوية عن ACI.

ليست درجة الحرارة العالية هي المعامل الوحيد المؤثر على أداء الخرسانة في المناطق الحارة، انما تتأثر أيضـا بعوامل أخرى مثل انخفاض الرطوبة النسبية أو زيادة سرعة الرياح أو التعرض للإشـعاع الشمسـي الكثيف والمباشـر. تتبنى مواصـفات ACI مخطط Menzel لقياس تأثير درجات حرارة الهواء و حرارة الخرسانة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح على معدل التبخر من سطح الخرسانة [1]. حيث تؤثر الرطوبة النسبية للجو بشكل مباشر على خصائص الخرسانة الطازجة أن انخفاضـها يزيد من معدل تبخر ماء الخرسـانة وبالتالي يسـبب جفاف الخرسـانة وانخفاض قابليتها للتشـغيل مما ينعكس على المقاومة النهائية للخرسانة [3, 4] .

إن متوسط درجات الحرارة في فصل الصيف في المناطق الصحراوية أعلى بكثير من حدود المواصفات (35 درجة)، الامر الذي يقلل من الجودة النهائية للخرسـانة. تشـير هذه المواصـفة القياسـية بأن مقاومة الانضـغاط للخرسـانة بعد 28 يوم سـتنخفض بنسـبة 10–15٪ إذا كانت درجة حرارة المعالجة عند 38 درجة مئوية في اليوم الأول [1]. الى جانب حدوث انخفاض إضـافي في القوة بعد التعرض المبكر لظروف الطقس الجاف وهي سـائدة في مناطق جنوب ليبيا على سبيل المثال.

بالإضافة إلى ذلك، يؤدي ارتفاع حرارة الخلطة الخرسانية الى زيادة سرعة التفاعل بين الإسمنت والماء، وتقلل من زمن التصلب، وتزيد من حرارة التفاعل، وتؤدي إلى انكماش أكبر للخرسانة [5]. ولكن هذه الزيادة في حرارة الخلطة قد يكون

لها اثار معاكسـة، فقد قام Nasir وآخرون [6] بدراسـة تأثير درجة حرارة الخلطة الطازجة على خصـائص الخرسـانة المتصـلدة في ظروف الطقس الحار. وقد تم إجراء التجارب على عينات من خرسانات مصـنوعة من أنواع مختلفة من الأسـمنت، وتم تجهيزها في درجات حرارة مختلفة (من 25 الى 45 درجة مئوية) وتمت معالجتها في الهواء الطلق مع تغطيتها بالخيش الرطب، الى حين اختبارها عند عمر 3 و 7 و 28 و 90 و 180 يوم. وقد أظهرت النتائج أن درجة حرارة الصـب المثلى هي من 32 الى 38 درجة مئوية حسـب نوع الاسـمنت، و أن زيادتها سـيودي الى تقليل جودة الخرسانة الناتجة.

كذلك، لدرجة الحرارة تأثير مباشر على درجة تشغيلية الخرسانة. فعلى سبيل المثال، في دراسة قام بها Sampebulu [7] ، تم تقييم خصـائص الخرسـانة الطازجة في درجات حرارة مختلفة، وهي 20، 30، 35 درجة مئوية. وأظهرت النتائج أن هبوط الخرسانة الطازجة (Slump) يتناسب عكسياً مع ارتفاع درجة حرارة الخلطة الخرسانية. وهو ما يوافق توصيات المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI 305R-20) [1] حيث تشير إلى أن زيادة حرارة الخلطة بمقدار 11 درجة مئوية تقلل الهبوط بحوالي 25 ملم. كذلك بالنسـبة للخرسـانة ذاتية الدمك، تم اثبات العلاقة العكسـية بين التشـغيلية ودرجة حرارة الخلطة [8] .

ولذلك، من الناحية العملية فإن معرفة تأثير التغير في حرارة كل مكون من مكونات الخرسـانة على أدائها سـيكون مفيد خصوصاً عند تخزين هذه المكونات في ظروف مختلفة (معطاه او معرضة للشمس). لهذا تهدف هذه الورقة إلى دراسة واستكشـاف تأثير درجة حرارة مكونات الخلطة الخرسـانية على أدائها في الحالة الطازجة، بناءً على اختبارات معملية لـ 7 خلطات بمكونات لها درجات حرارة مختلقة (0 و 10 و 20 و 30 و 40 و 50 و60 درجة حرارة مئوية).

3. البرنامج العملي:

1.3. المواد وتصميم الخلطة

في هذا الجزء، يتم عرض خصـائص المواد المسـتخدمة في صـنع الخرسـانة الطازجة، وهي الإسـمنت، والركام الناعم، والركام الخشن، والماء. لا تحتوي الخرسانة المستخدمة في هذه الدراسة على أي إضافات كيميائية أو معدنية.

1.1.3. الإسمنت:

في هذه الدراسـة، تم اسـتخدام الإسـمنت البورتلاندي العادي (Type I). الجدول 1 يبين نتائج اختبار نعومة الإسـمنت المستخدم حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C 150) [9] .

الجدول (1): نتائج اختبار نعومة الإسمنت

وزن العينة	نسبة المحجوز على المنخل #200(%)	الحدود المسموح بها
100 جم	%19.1=100×(100/19.1)	لا يزيد عن 22%

2.1.3. الركام الناعم:

وهو الركام الذي يمر من منخل قياســـي له فتحات بمقاس 4.75 مم. في البداية تم تجميع الأنواع المتاحة من الركام الناعم في المنطقة (شكل 1)، والأنواع هي رمل ودان ورمل زلة ونواتج تكسير الصخور المعروفة بـ(الكوالينا) المارة من المنخل 2.36 مم ومحجوزة على المنخل 1.18 مم.

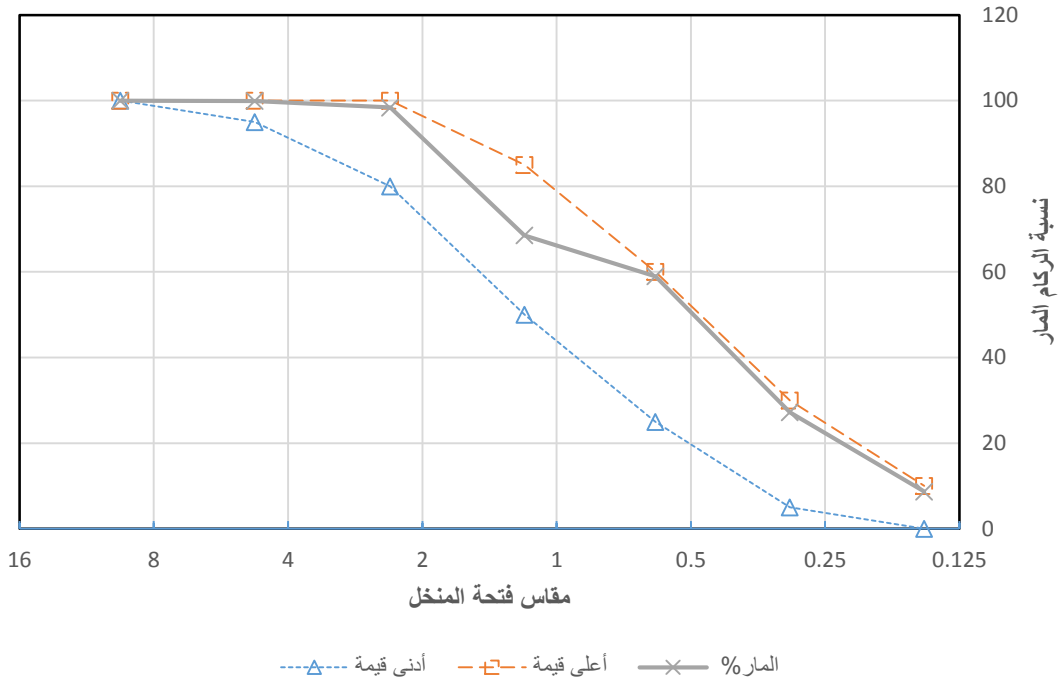
رمل ودان

رمل زلة

كوالينا

الشكل (1) عينات من الركام الناعم المستخدم.

بعدها تم خلط نسب محددة من كل الأنواع الموجودة مع إضافة نسبة من الكواليا للحصول على تدرج جيد. كما يبين الشكل 2 منحنى التدرج الجيد المتحصل عليه من إدماج الأنواع المختلفة للركام الناعم حسب المواصفات القياسية (ASTM C33) [10].



شكل(2): منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم (رمل ودان، رمل زلة، كواليا)

كما تم إجراء اختبار الوزن الحجمي للركام الناعم لاستخدام هذه القيمة في تصميم الخلطة الخرسانية وكانت نتائج الوزن الحجمي للركام الناعم= 1703 كجم\متر^3.

3.1.3. الركام الخشن:

الركام الخشن المستخدم في هذه الدراسة هو ركام الجفرة البركاني المستجلبة من كسارات جبال السوداء بسوكنه (شكل 3). وتم استعمال ثلاث مقاسات من الركام الخشن وهي (0.8 ,1 ,2 مم).

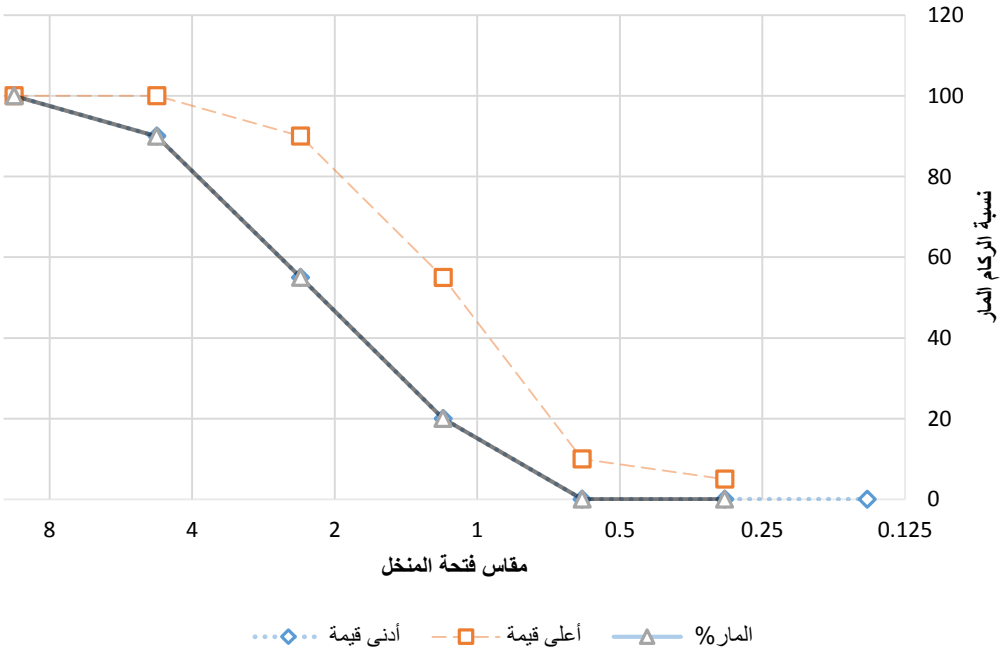
ركام مقاس 2 مم

ركام مقاس 1 مم

ركام مقاس 0.8 مم

الشكل (3) الركام الخشن المستخدم في الخلطة.

تم الخلط بين هذه المقاسات بنسب محددة لتحديد مقاس اعتباري 25 مم. حيث تم اعتماد أسلوب المحاولة والخطأ للوصول إلى التدرج المطلوب حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C33) [10]. والشكل 4 يبين منحنى التدرج الحبيبي والذي يقع ضمن الحدود حسب المواصفات الأمريكية.



شكل (4): منحنى التدرج الحبيبي للركام الخشن

4.1.3. الماء:

تم استخدام ماء صالح للشرب من شبكة المياه العامة بالمدينة وخالي من الشوائب متطابق مع المواصفات المحلية رقم 294 لسنة 1988 في تصميم الخلطة الخرسانية.

2.3. الخلطة الخرسانية:

تم تصـميم خلطة خرسـانية عادية غير هوائية بمقاومة ضـغط مسـتهدفة 35 ميجاباسـكال بعد 28 يومًا من الصـب، باستخدام الطريقة المقترحة من الكود الأمريكي (ACI 211.1-91) [11]. تم اختيار قيمة الهبوط (Slump) المناسبة للخرسانة حسب نوع العنصر الإنشائي، وفي هذه الحالة كانت 75-100 ملم. كما تم تحديد المقاس الاعتباري الأكبر للركام الخشـــن بناءً على تعليمات الكود، وفي هذه الحالة كان 25 ملم. كذلك تم تحديد محتوى الماء المطلوب للخلطة من جدول التصميم الموصى به في الكود، عبر اختيار المقاس اعتباري الأكبر للركام وهبوط الخرسانة الطازجة، وكان 205 كجم/م3. وتم تحديد نسبة الماء إلى الإسمنت من جداول الكود، استناداً الى القيمة التصميمة لمقاومة الخرسانة المطلوبة، وكانت 0.48. عليه، تم حساب محتوى الاسمنت بقسمة محتوى الماء على نسبة الماء إلى الإسمنت، وكان 427 كجم/م3. بعد ذلك، تم تحديد نســـبة الركام في الخلطة للمتر المكعب عبر اختيار المقاس اعتباري الأكبر للركام ومعامل النعومة للركام، وكانت 66%. وعليه تم حساب محتوى الركام الخشن بضرب نسبة الركام في الوزن الحجمي للركام الخشـن، وكان 1071 كجم/م3. تم حسـاب محتوى الركام الناعم بضـرب نسـبة الرمل في الوزن النوعي للرمل، وكان 800 كجم/م3. أخيراً، تم تقدير كمية الخرسانة المطلوبة للإختبار. الجدول 2 يوضـح مكونات الخلطة الخرسانية المستعملة.

الجدول (2): اوزان مكونات الخلطة للمتر المكعب

وزن مكونات الخلطة (kg/m3)			
الرمل	الركام الخشن	الاسمنت	الماء
800.2	1070.6	427.1	205.0

3.3. الاختبارات المعملية

في هذا الجزء، يتم شـرح الاختبارات المعملية التي تم إجراءها في هذا البحث لدراسـة تأثير درجة حرارة مكونات الخلطة على خواص الخرسـانة الطازجة. و تعرف الخرسـانة الطازجة على انها الخرسـانة التي تتكون من لحظة إضـافة الماء

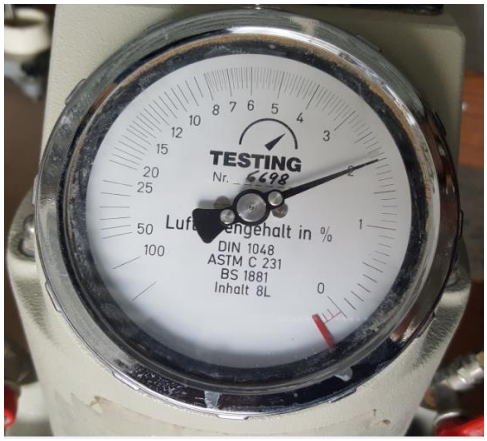
إلى مكونات الخرسـانة الجافة وحتى لحظة حدوث الشـك الابتدائي. وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل الي الصب والدمك، وتم اختبار الخرسانة الطازجة باستخدام 7 درجات حرارة مختلفة للمكونات الرئيسية للخرسانة من الركام الخشن والركام الناعم والماء، لقياس الهبوط ونسبة الفراغات الهوائية.

1.3.3. اختبار الهبوط

الغرض من الاختبار هو تحديد قوام الخلطة الخرسـانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشـكيلها على هيئة مخروط ناقص وذلك إما في المعمل أو في موقع التنفيذ، و ذلك للتأكد من نسـب مكونات الخلطة الخرسـانية حيث أن أي تغيير في نسبة الاسمنت أو كمية الماء والركام يؤثر على قيمة الهبوط. تم اجراء الاختبار حسب تعليمات المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM C143) [12] .

2.3.3 اختبار نسبة الفراغات الهوائية

هي النسـبة بين حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الركام من جانب، والحجم الكلي الذي تشـغله الخلطة الخرسـانية من جانب اخر، حيث أن زيادة حجم الفراغات في الخلطة الخرسانة يقلل من مقاومة الخرسانة عادتاً. في هذه الدراسة تم استخدام جهاز قياسي مخصص (شكل 5) لحساب نسبة الفراغات في الخلطة الخرسانية متوافق مع المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM C231) [13].



الشكل (5) الجهاز المستخدم في اختبار نسبة الفراغات الهوائية

4. النتائج:

في هذا الجزء سيتم عرض نتائج اختبارات الخرسانة الطازجة. حيث يعرض الجدول (3) تأثير تغيير درجة حرارة الركام الخشن وتثبيت درجة حرارة المكونات الأخرى كما يعرض الجدول (4) تأثير تغيير درجة حرارة الركام الناعم وتثبيت درجة حرارة المكونات الاخرى، كذلك يعرض الجدول (5) تأثير تغيير درجة حرارة الماء وتثبيت درجة حرارة المكونات الأخرى.

جدول (3) تأثير تغيير درجة حرارة الركام الخشن وتثبيت درجة حرارة المكونات الاخرى

نسبة الفراغات%	الهبوط (cm)	درجة حرارة (C^0)				
		الخلطة	الركام الناعم	الاسمنت	الماء	**الركام الخشن**
1.4%	21.7	15.3	20	20	19	**0**
1.6%	18.7	16.8	20	20	19	**10**
2%	16.4	21.8	20	20	19	**20**
2.2%	12.5	23.5	20	20	19	**30**
2.3%	10.0	26.0	20	20	19	**40**
2.4%	9.3	27.1	20	20	19	**50**
2.5%	6.7	30.5	20	20	19	**60**

جدول (4) تأثير تغيير درجة حرارة الركام الناعم وتثبيت درجة حرارة المكونات الاخرى

نسبة الفراغات %	الهبوط (cm)	درجة حرارة (C^0)				
		الخلطة	**الركام الناعم**	الاسمنت	الماء	الركام الخشن
1.6%	25.0	15.2	**0**	16	16	17

1.7%	23.7	16.6	**10**	16	16	17
1.8%	22.2	19.3	**20**	16	16	17
2.0%	21.5	20.1	**30**	16	16	17
2.0%	20.9	22.3	**40**	16	16	17
2.1%	19.2	25.0	**50**	16	16	17
2.3%	18.0	27.2	**60**	16	16	17

جدول (5) تغيير درجة حرارة الماء وتثبيت درجة حرارة المكونات الأخرى

نسبة	الهبوط	درجة حرارة (C^0)				
الفراغات %	(cm)	الخلطة	**الركام الناعم**	الاسمنت	الماء	الركام الخشن
1.9%	22.7	11.9	16	15	**0**	16
1.9%	20.5	13.9	16	15	**10**	16
1.7%	19.5	17.5	16	15	**20**	61
1.6%	18.7	15.2	16	51	**30**	61
1.5%	17.1	24.8	16	51	**40**	61
1.5%	16.5	29.1	16	51	**50**	61
1.4%	15.2	30.8	16	51	**60**	61

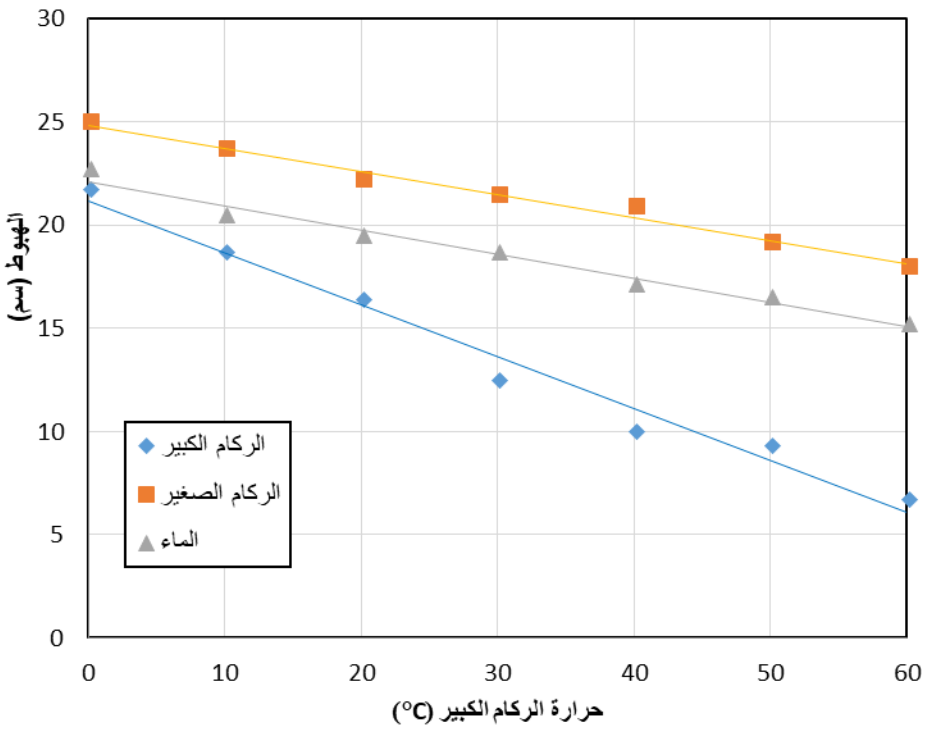
من خلال مقارنة الجداول الثلاث السابقة، يمكن ملاحظة أن تغيير درجة حرارة الماء يوثر بشكل كبير على حرارة الخلطة، حيث يزيد منها بمقدار 18.9 درجة مئوية عند زيادة درجة حرارة الماء من 0 إلى 60 درجة مئوية. بينما تغيير درجة حرارة الركام الخشن يوثر بشكل متوسط على حرارة الخلطة، حيث يزيد منها بمقدار 15.2 درجة مئوية عند زيادة درجة حرارة الركام الناعم من 0 إلى 60 درجة مئوية. أما تغيير درجة الركام الناعم فيوثر بشكل ضعيف على حرارة

الخلطة، حيث يزيد منها بمقدار 12 درجة مئوية عند زيادة درجة حرارة الماء من 0 إلى 60 درجة مئوية. وهذا يعني أن الماء هو المكون الأكثر تأثيرا على حرارة الخلطة.

1.4 نتائج اختبار الهبوط:

الهبوط هو مقياس لسهولة التشغيل أو الانسيابية للخرسانة الطازجة. وهو يعتمد على عدة عوامل، منها نسبة الماء إلى الأسمنت، وحجم وشكل ونوع الركام. في هذه الدراسة، تم دراسة تأثير عامل اخر وهو درجة حرارة المكونات على قيمة الهبوط للخلطات المختلفة. وقد أظهرت النتائج (الشكل 6) أن هناك علاقة عكسية بين درجة حرارة المكونات وقيمة الهبوط، بمعنى أن زيادة درجة حرارة المكونات تؤدي إلى نقص قيمة الهبوط. يمكن أن يعزى هذا إلى حقيقة أن زيادة درجة حرارة المكونات يمكن أن تؤدي إلى جفاف الماء الموجود في الخلطة بشكل أسرع، مما يؤدي إلى تقليل كمية الماء المتاحة للتفاعل مع الأسمنت وبالتالي تقليل قيمة الهبوط. وبالإضافة إلى ذلك، يؤدي ارتفاع درجة حرارة الماء إلى تقليل لزوجته، مما يؤدي إلى تقليل قدرته على تشكيل طبقة رقيق حول جزيئات الركام وبالتالي تقليل قيمة الهبوط. ومع ذلك، يجب ملاحظة أن هذه التأثيرات قد تختلف اعتمادًا على الظروف المحيطة وتركيب الخلطة.

من خلال مقارنة بين الجداول الثلاث السابقة او العلاقات في الشكل 6، يمكن ملاحظة أن تغيير درجة حرارة الركام الخشن يوثر بشكل أكبر على قيمة الهبوط، حيث تقل منها بمقدار 15.0 سم عند زيادة درجة حرارة الركام الخشن من 0 إلى 60 درجة مئوية. بينما تغيير درجة حرارة الركام الناعم والماء أثرت بشكل اقل على قيمة الهبوط، حيث قللت منها بمقدار 7 و 7.5 سم عند زيادة درجة حرارة الركام الناعم والماء من 0 إلى 60 درجة مئوية على التوالي. وهذا يعني أن الركام الخشن هو المكون الأكثر تأثيرا على قيمة الهبوط، نظرا للحجم الذي يشغله من الخلطة الخرسانية وسعته الحرارية.



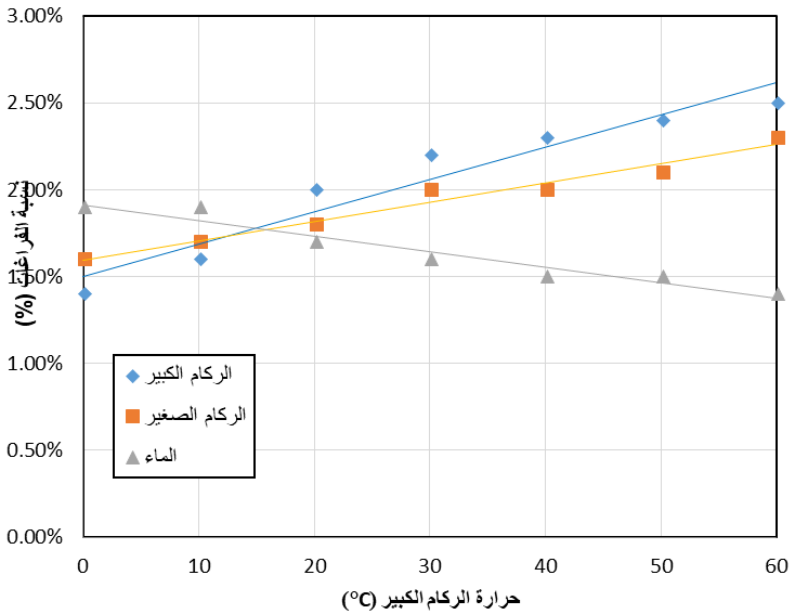
الشكل (6) العلاقة بين الهبوط ودرجة حرارة مكونات الخرسانة.

2.4. نتائج اختبار نسبة الفراغات الهوائية:

نسبة الفراغات الهوائية هي مقياس لمسامية الخرسانة الصلبة. وهي تعتمد على عديد العوامل. في هذه الورقة، تم دراسة تأثير درجة حرارة المكونات على نسبة الفراغات للخلطات المختلفة. وقد أظهرت النتائج (الشكل 7) أن هناك علاقة طردية بين درجة حرارة الركام الخشن والناعم من جانب ونسبة الفراغات من جانب أخر، بمعنى أن زيادة درجة حرارة الركام تؤدي إلى زيادة نسبة الفراغات. بينما كانت العلاقة عكسية بين درجة حرارة الماء ونسبة الفراغات. تستدعي هذه النتيجة الملفتة المزيد من البحث والتحليل ليتم تفسيرها استنادا الى مزيد من الاختبارات المعمقة.

من خلال مقارنة بين الجداول الثلاث السابقة أو العلاقات في الشكل 7، يمكن ملاحظة أن تغيير درجة حرارة الماء يقلل نسبة الفراغات بمقدار 0.5% عند زيادة درجة حرارة الماء من 0 إلى 60 درجة مئوية. بينما تغيير درجة حرارة الركام الناعم زادها بمقدار 0.7% عند زيادة درجة حرارة الركام الناعم من 0 إلى 60 درجة مئوية. أما تغيير درجة حرارة الركام

الخشن فيوثر بشكل أكبر على نسبة الفراغات، حيث يزيدها بمقدار 1.1% عند زيادة درجة حرارة الركام الخشن من 0 إلى 60 درجة مئوية. وهذا يعني أن الركام الخشن هو المكون الأكثر تأثيرا على نسبة الفراغات.



الشكل (7) العلاقة بين نسبة الفراغات ودرجة حرارة مكونات الخلطة الخرسانية.

5. الاستنتاجات:

في هذه الدراسة، تم التحقق من تأثير درجة حرارة مكونات الخلطة الخرسانية (الركام الخشن، الركام الناعم، الماء) على خواصها في الحالة الطازجة. وقد أظهرت النتائج أن درجة حرارة المكونات لها تأثير كبير على خواص الخرسانة الطازجة، بما في ذلك حرارة الخلطة وقيمة الهبوط ونسبة الفراغات الهوائية. وعلى ضوء هذه النتائج، يمكن تقديم الاستنتاجات التالية:

1. كان لدرجة حرارة الماء التأثير الأكبر على حرارة الخلطة، حيث زادت بمقدار 18.9 درجة مئوية عند زيادة درجة حرارة الماء من 0 إلى 60 درجة مئوية.

2. اشارت النتائج الى علاقة عكسية بين درجة حرارة المكونات وقيمة الهبوط، وكان الركام الخشن المكون الأكثر تأثيراً على قيمة الهبوط، حيث قلل منها بمقدار 15.0 سم عند زيادة درجة حرارته من 0 إلى 60 درجة مئوية.
3. تم التحقق من وجود علاقات طردية وعكسية بين درجات حرارة مكونات الخلطات ونسب الفراغات الهوائية. حيث ادت زيادة درجة حرارة الركام الخشن والناعم إلى زيادة نسبة الفراغات، في حين أدت زيادة درجة حرارة الماء إلى انخفاض نسبة الفراغات.
4. تم التحقق من أن الركام الخشن كان المكون الذي أثر بشكل أكبر على نسبة الفراغات، حيث زادها بمقدار 1.1% عند زيادة درجة حرارته من 0 إلى 60 درجة مئوية.

وعلى ضوء هذه النتائج، يمكن اقتراح التوصيات التالية:

1. يجب الحرص على الحفاظ على درجة حرارة مكونات الخرسانة وخصوصاً الركام الخشن في حدود معقولة، لتجنب زيادة حرارة الخلطة ونسبة الفراغات بشكل غير مرغوب فيه. ويمكن استخدام تقنيات التبريد أو التسخين المناسبة للركام الخشن قبل خلطه مع المكونات الأخرى.
2. يجب إجراء المزيد من الأبحاث والتجارب على تأثير درجة حرارة الماء على نسبة الفراغات، وتفسير الخلفيات الفيزيائية والكيميائية وراء هذه العلاقة. كما يجب دراسة تأثير درجات حرارة أعلى من 60 أقل من 0 درجة مئوية على خصائص الخرسانة.

6. المراجع

[1] ACI:305R-20. *ACI 305R-20, Guide to Hot Weather Concreting*. in *American Concrete Institute*. 2020.

[2] ASTM:C-94, *Standard Specification for Ready Mixed Concrete*. 1999, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.

[3] Kosmatka, S.H .and M.L. Wilson, *Design and control of concrete mixtures*. 2011: Portland Cement Association Skokie, IL.

[4] Ishee, C. and S. Surana, *6 - Hot weather concreting*, in *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete (Second Edition)*, S. Mindess, Editor. 2019, Woodhead Publishing. p. 131-150.

[5] تقنيات واعمال الخرسانة. 2008, السعودية: الادارة العامة لتطوير وتصميم المناهج السعودية.

[6] Nasir, M., et al., *Effect of casting temperature on strength and density of plain and blended cement concretes prepared and cured under hot weather conditions.* Construction and Building Materials, 2016. **112**: p. 529-537.

[7] Sampebulu, V., *Influence of high temperatures on the workability of fresh ready-mixed concrete.* None, 2012. **44**(1): p. 21-32.

[8] Cygan, G., J .Gołaszewski, and M. Drewniok, *The effect of temperature on the properties of fresh self-compacting concrete.* Archives of Civil Engineering, 2016. **62**(3): p. 23--32.

[9] C150/C150M-20, A., *Standard specification for Portland cement.* ASTM: West Conshohocken, PA, USA, 2020.

[10] C33/C33M-18, A., *Standard specification for concrete aggregates.* ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2018.

[11] ACI, A. *ACI 211.1-91 Standard, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. in *American Concrete Institute*. 1991.

[12] C143, A., *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.* Book of ASTM Standards, 2015.

[13] Concrete, C. and B. Statements, *ASTM C 231: 2003, Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method.* American Society for Testing and Materials. M, 2003. **4**.

تأثير درجة حرارة التجفيف ونوع المعالجة على خصائص المونة الاسمنتية

(دراسة بارامترية)

أ. عبدالله محمد الساعدي*
gen7rudan@gmail.com
محاضر مساعد، عضو هيأة تدريس، جامعة درنة، درنة–ليبيا.

أ.د. حمزة ابريك بن عمران
benomranham3a@gmail.com
أستاذ، عضو هيأة تدريس، جامعة درنة، درنة – ليبيا.

م. فرج الحداد
aslan.industriyel.faraj@gmail.com
مهندس ميكانيكي، الشركة الليبية للاسمنت، درنة – ليبيا.

الملخص

الهندسة المدنية نشاط يهتم بشكل أساسي بالظروف المناخية وكيفية التكييف معها والحد من تأثيراتها المتباينة في قطاع البناء. يهدف هذا البحث الى تقديم بعض الإجابات حول المشكلات التكنولوجيا التي تواجه الباحثين حول خصائص المونة الاسمنتية، لذلك تبحث هذا الدراسة في معرفة مدى تأثير درجة حرارة التجفيف ونوع المعالجة على المونة الاسمنتية. اشتملت المواد المستخدمة في هذه الدراسة الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي (OPC) والرمل القياسي. تبعاً لذلك، تم فحص الخواص الكيميائية والفيزيائية بسنب متفاوتة في المونة الاسمنتية. وفقاً لأهداف البحث ، تم استخدام خمس درجات (T) من حرارة التجفيف (60C°،70C°،80C°، 90C°، 100C°) ، واعتماد نظامين من أنظمة المعالجة وهما المعالجة بالهواء (A) والمعالجة بالماء (W).بناء على النتائج، لوحظ انخفاض في الخصائص الميكانيكية للمونة الاسمنتية المتعرضة لدرجات حرارة عالية وذلك يعكس ما مدى تأثير درجة الحرارة وتأثيرها السلبي على المقاومة وبالتالي على النسيج الاسمنتي للعينات، إجمالاً بينت الدراسة ان درجات الحرارة 80C° و 90C° هي الأكثر ملائمة عند تجفيف عينات الاختبار كما وأشارت جميع الخلطات الى تحسن في كافة خصائص المونة الاسمنتية في نظام المعالجة بالماء. بشكل عام، يساهم هذا البحث في فهمنا لكيفية التعامل مع المونة الاسمنتية في ظروف المعالجة المختلفة.

الكلمات الدالة: المونة الاسمنتية – حرارة التجفيف – نوع المعالجة – المسامية الكلية – الامتصاص.

1. المقدمة:

الإسمنت عبارة عن مسحوق معدني مطحون بشكل ناعم جداً وعادة ما يكون رمادي اللون. يستخدم الإسمنت في المونة الاسمنتية وهي أحد أكثر المواد المستخدمة في البناء كما يعمل الإسمنت عند مزجه بالماء كمادة لاصقة لربط الرمل والركام معًا في الخرسانة، وهي مادة البناء الأكثر استخدامًا في العالم.

في كثير من الأحيان تتعرض المنشآت الخرسانية الى درجات حرارة متفاوتة وذلك بسبب الاختلافات الحاصلة في المناخ وكما هو معلوم فإن المونة الاسمنتية المتمثلة في اللياسة على سبيل المثال هي أول الطبقات التي تتعرض الى هذه التغيرات في درجات الحرارة وبالتالي فهي الأكثر تأثرا بها، ومن ناحية أخرى فإن دراسة تأثير درجات الحرارة ونظم المعالجة على عينات المونة الاسمنتية يعتبر آمر هام جداً في دولة مثل ليبيا ينقسم المناخ الخاص بها الى مناخ متوسطي بالشريط الساحلي للبلاد ومناخ صحراوي والذي يمثل غالبية مساحة البلاد وكذلك المناخ شبه الصحراوي الموجود بين المناخ المتوسط والمناخ الصحراوي.

يهدف برنامج هذه الدراسة الى تقديم بعض الإجابات على المشكلات التكنولوجية التي يسببها الاستخدام المكثف للإسمنت البورتلاندي وذلك لتقييم ومقارنة خصائص المونة الاسمنتية وما هو مقدار تأثرها بنظم المعالجة المختلفة وبدرجات الحرارة المتفاوتة في وقت واحد وكما يتمثل النطاق الرئيسي لهذه الدراسة في الحصول على درجة الحرارة المثلى عند اجراء الاختبارات لكل نوع من أنواع المعالجة وذلك دون أن يكون هناك أي ضرر بالنسيج الاسمنتي للعينات.

أجريت بحوث ودراسات عديدة حول تأثيرات نظم المعالجة المختلفة على خصائص المونة الاسمنتية وبالمثل كان هناك العديد من البحوث حول تأثير العينات الاسمنتية بدرجات الحرارة المختلفة منها البحث الذي أجراه (الطوير وآخرون) [1] حول تأثير ظروف المعالجة واختلاف درجات الحرارة على خواص المونة الاسمنتية، وقد لوحظ أنه للمعالجة بالماء الأثر الإيجابي في تحسين المقاومة ضد الاختلافات في درجات الحرارة. أجرى الباحث (محمد ناصر) [2] دراسة حول تأثير درجة حرارة الصب ونظام المعالجة على الخواص الميكانيكية وديمومة الخرسانة وقد توصلت الدراسة الى أن المعالجة بالماء هي أكثر انظمة المعالجة كفاءة لزيادة القوة وسرعة النبض وتعزيز الديمومة.

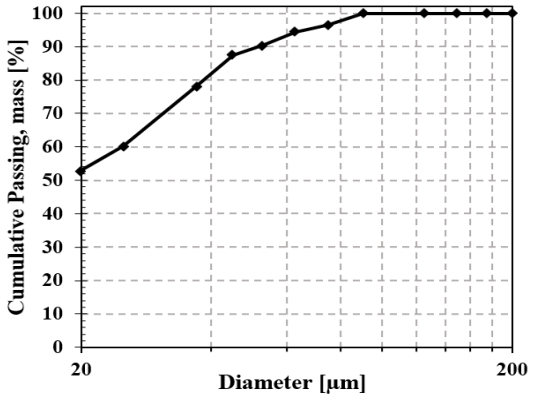
تم اعداد هذا البحث دعماً للبحوث والدراسات السابقة في هذا المجال ومن هنا جاءت فكرة هذا البحث والذي تناول دراسة تأثير درجة حرارة التجفيف ونوع المعالجة على خصائص المونة الاسمنتية المتمثلة خصوصاً في المسامية الكلية ومعدل امتصاص الماء عند التغير في درجات حرارة التجفيف من 60C° الى 105C°.

2. البرنامج العملي

1.2 المواد المستخدمة

1.1.2 الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي OPC

تم استخدام اسمنت بورتلاندي عادي CEM–42.5 N خلال الاختبارات، تم الحصول عليه من الشركة الوطنية للإسمنت بني سويف، كما تم تقييم الخصائص الفيزيائية للإسمنت، أي النعومة والوزن النوعي والكثافة الظاهرية ومقاومة الضغط، من خلال الإجراءات الواردة في المواصفة القياسية BS EN 197–1 [3].



الشكل 1: توزيع حجم الحبيبات للإسمنت [4]

نتائج الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي باستخدام X–ray fluorescence technique (XRF) للإسمنت المستخدم مبينة في الجدول التالي

الجدول 1: يبين الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي للإسمنت المستخدم

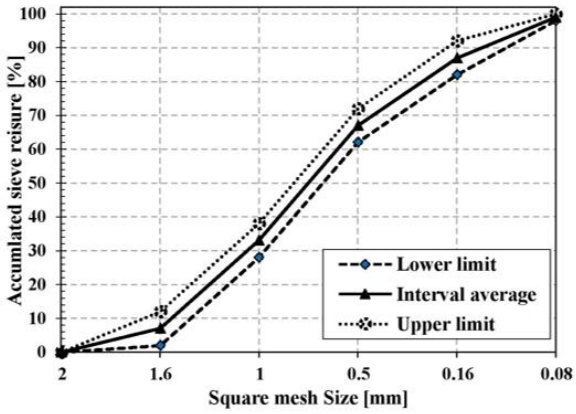
الخصائص الفيزيائية والكيميائية		التركيب الكيميائي			
الخصائص	**النتيجة**	**المواصفة [3]**	**المركبات%**	**القيمة %**	**المواصفة [3]**
النعومة (المتبقي من منخل 90 ميكرون)	0	≤ 10	SIO_2	20.44	15 – 25%
السطح النوعي (cm^2/g)	3625.18	–	AI_2O_3	4.69	3 – 5%
الوزن النوعي (g/cm^3)	3.145	3.15	Fe_2O_3	3.62	2.0 – 3.5%
الكثافة الظاهرية (kg/m^3)	2350.00	–	CaO	62.26	60 – 70%
مقاومة الضغط (MPa)	–	–	MgO	2.29	0.5 – 1.5%
• يومين	32.46	≥ 10	Na_2O	0.29	0.75%≤

• 7 أيام	42.20	–	K_2O	0.30	–
• 28 يوم	54.40	≥ 42.5	Cl	0.016	–
الفاقد بالحرق (%)	2.55	≤ 5	So_3	3.37	3.5%≤
نقاء الجبس Gypsum purity	79.32	–	Tio_2	0.45	–
			MnO	0.055	–
			P_2O_5	0.22	–

2.1.2 الرمل القياسي Standard Sand

الرمل القياسي CEN هو منتج مركب يتكون من عدة كسور مختلفة من نوع الرمل، حيث انه لا يتوفر أي رمل طبيعي يلبي متطلبات توزيع حجم الجسيمات في المواصفة EN 196-1 [5]. ويتم تصنيع كسور الرمل من خلال الغربلة ويتم خلط أجزاء الرمل المختلفة في أجزاء محددة. الشكل 2 يوضح المظهر الفيزيائي وتوزيع حجم الحبيبات للرمل القياسي المستخدم.

(a)



(b)

الشكل 2: a. المظهر الفيزيائي للرمل القياسي المستخدم **b**. توزيع حجم الحبيبات للرمل القياسي المستخدم (التحليل المنخلي) [4]

تم استخدام الرمل القياسي الذي تتراوح أبعاده بين 0.08 و 2.00 مم (الشكل b.2)، وهو رمل سيليكات طبيعي يتكون من جزيئات مستديرة تحتوي على 98٪ سيليكا على الأقل. نتائج الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي باستخدام X-ray fluorescence technique (XRF) للرمل القياسي المستخدم مبينة في الجدول التالي

الجدول 2: يبين الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي للرمل القياسي المستخدم

الخصائص الفيزيائية	نتيجة الاختبار	التركيب الكيميائي		
		المركبات %	القيمة %	المواصفة [5]
الوزن النوعي G_s (g/cm^3)	2.65	SIO_2	98.22	≥ 98
معامل النعومة	2.93	AI_2O_3	–	–
مقدار الامتصاص (%)	1≤	Fe_2O_3	–	–
منطقة التدرج	Zone II	CaO	–	–
محتوى الرطوبة (%)	0.2≤	MgO	–	–

2.2 إعداد خلطات المونة الاسمنتية

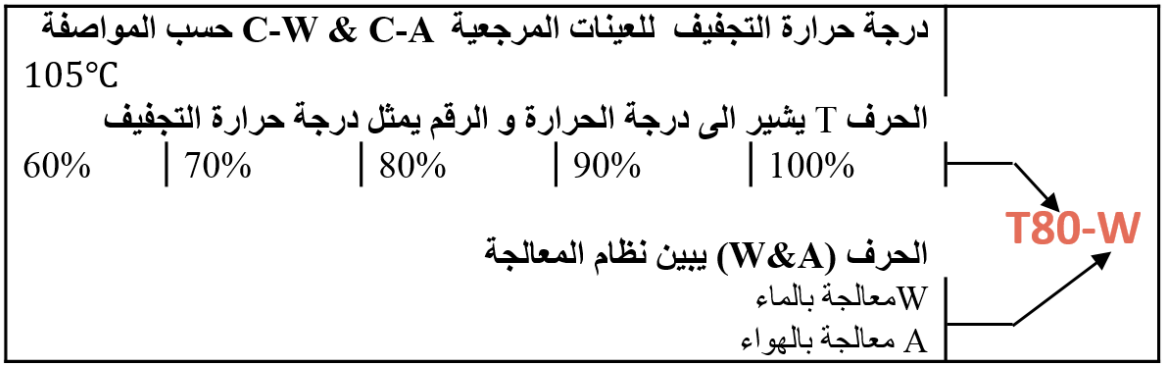
تم اتباع استراتيجية تتضمن صب مجموعة من عينات المونة بنسبة ماء الى اسمنت w/c=0.5، وبنفس نسب الخلط (اسمنت: رمل: ماء) (0.5:3:1) ، الجدول 3.

الجدول 3: نسب الخلط لقالب واحد من المونة الاسمنتية

المواد	الرمل القياسي	الاسمنت	الماء
المحتوى (بالجرام)	1350	450	225

وتم مراعاة التمثيل الصحيح والتجانس للمواد قبل عملية الصب كما أن جميع العينات تم صبها في نفس الظروف تماماً.

في هذا السياق، اتبعت هذه الدراسية نظامين من نظم المعالجة وهما المعالجة بالهواء والمعالجة بالماء وكانت درجات حرارة التجفيف لكل نوع من أنواع المعالجة هي الناعم (60٪، 70٪، 80٪، 90٪، 100٪).



الشكل 3: يبين مخطط خلطات المونة

3.2 الفحوصات المختبرية

تم تحديد الخصائص الفيزيائية والكيمائية لعينات الاسمنت والمونة الاسمنتية باستخدام المواصفة القياسية BS EN والمواصفة القياسية ASTM، كما هو مبين بإيجاز في الجدول التالي

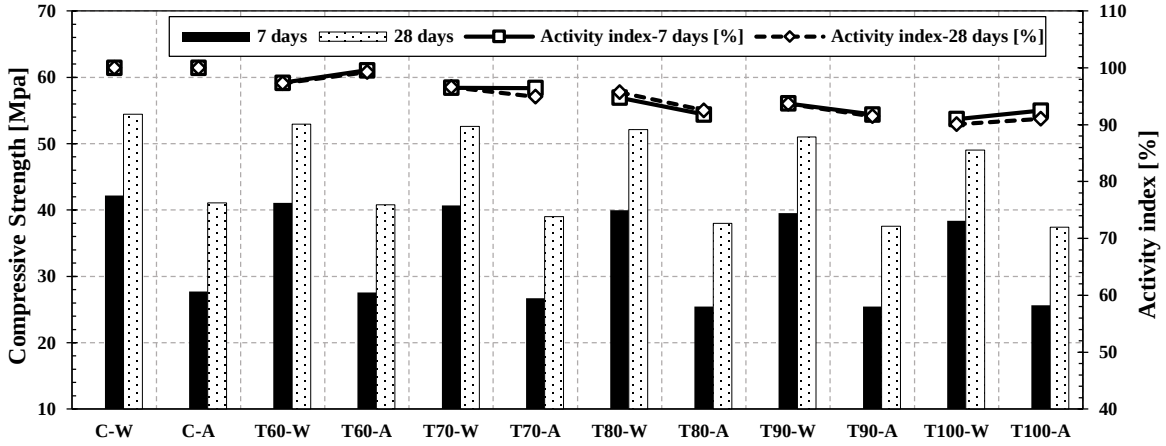
الجدول 4: يبين تفاصيل الفحوصات المختبرية التي تم اجراؤها

ت	الاختبارات	طريقة الاختبار
1	التحليل الكيميائي – Chemical analysis	BS EN 196-2:2013
2	امتصاص الماء للركام الناعم – Water absorption	BS 812-2:1995
3	الوزن النوعي للركام الناعم – Specific gravity	BS 812-2:1995
4	الكثافة الجافة – Dry bulk density	BS EN 1015-10:1999
5	مقاومة الضغط – Compressive strength	BS EN 1015-11:2019
6	المسامية الكلية – Vacuum saturation porosity	ASTM C642-97
7	معدل امتصاص الماء – Capillary water absorption	BS EN 1015-18-2002
8	سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية – Ultra pulse velocity	BS EN 12504-4:2021

3. تحليل ومناقشة النتائج

1.3 مقاومة الضغط ومؤشر النشاط (القوة النسبية)

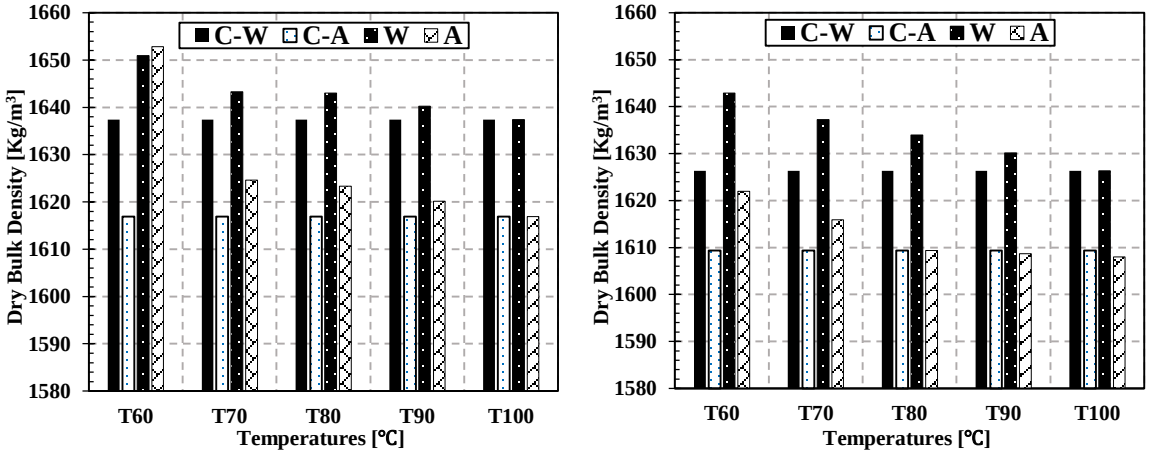
مؤشر النشاط هو نسبة قوة عينات الاختبار الى قوة عينة الاسمنت المرجعية في كل نوع ووقت معالجة، كما ويوفر مؤشر النشاط نضرة لمعدلات التفاعل عينات الاختبار بالنسبة للعينة المرجعية. من خلال الشكل 4 الذي يوضح مقاومة الضغط ومؤشر النشاط عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة لكافة الخلطات الاسمنتية. بينت النتائج ان العينات المعالجة بالماء أعطت قيم لمقاومة الضغط أعلى من العينات المعالجة بالهواء وذلك بسبب توفر ظروف المعالجة المثالية وانخفاض كمية الفراغات والمسامات فيها، كما وأظهرت النتائج أن الخلطات التي تعرضت لدرجة حرارة 60C° و 70C° أعطت مقاومة ضغط مقاربة للعينات المرجعية بل وان الخلطة 60C° قد أظهرت تحسن في مؤشر نشاط الخلطة وجاء ذلك موافق لدراسة سابقة [6]. فدرجات الحرارة المنخفضة نسبياً أدت الى تجفيف العينات من ناحية ومن ناحية أخرى لم تسبب أي ضرر بالنسيج الاسمنتي لعينات الاختبار. بالرغم من ذلك فإنه يلاحظ أن العينات التي تعرضت لدرجات حرارة عالية انخفضت فيها مقاومة الضغط مقارنة بالعينات المرجعية، وذلك يعكس ما مدى تأثير درجة الحرارة وتأثيرها السلبي على المقاومة وبالتالي على النسيج الاسمنتي للعينات.



الشكل 4: مقاومة الضغط ومؤشر النشاط عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة

2.3 الكثافة الجافة

من خلال الشكل 5 الذي يوضح قيم الكثافة الجافة عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة لكافة الخلطات الاسمنتية حيث تراوحت قيم الكثافة الجافة بين 1608 كجم / م^3 و 1652.8 كجم/م^3. وبشكل عام، مع زيادة درجات حرارة التجفيف، تنخفض الكثافة الظاهرية للمونة المتصلبة بشكل تدريجي. وقد يعزى ذلك بسبب تبخر الماء الموجود بالمسامات والفراغات داخل النسيج الاسمنتي للعينات. أخيرًا، لوحظ أن العينات المعالجة بالماء أعطت كثافة جافة أعلى من العينات المعالجة بالهواء وذلك كون العينات لم تحتوي على مسامات نتيجة فقد الماء خلال عملية الاماهة حيث أنه الماء المفقود تم تعويضه بالماء الخاص بالمعالجة.



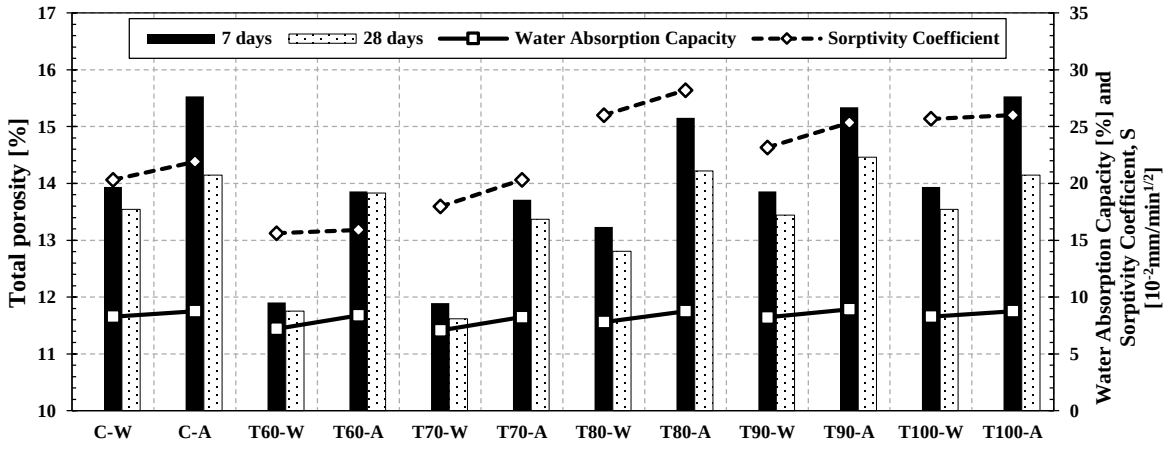
الشكل 5: الكثافة الجافة عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة

3.3 المسامية الكلية وسعة امتصاص الماء ومعامل الامتصاصية

المسامية هي مجموع المسام الهوائية والفراغات داخل العجينة الاسمنتية. تم قياس المسامية الكلية لجميع خلطات المونة الاسمنتية باستخدام تقنية تشبع الفراغ (vacuum saturation)، تمت معالجة عينات الاختبار حتى عمر 28 يومًا. ويتم التعبير عن قيم المسامية كنسبة مئوية من حجم المسام إلى الحجم الإجمالي للعينة.

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها في الشكل 6 أن مسامية جميع العينات انخفضت مع تقدم زمن المعالجة، بينما كانت مسامية العينات المعالجة بالهواء أقل من مسامية العينات المعالجة بالماء. يتبع الانخفاض في المسامية الاتجاه العام لزيادة تكوين منتج الماء. تملأ منتجات الترطيب هذه الفراغات تدريجياً في عجينة الإسمنت وبالتالي تقلل مسامية العينات. كما هو متوقع، اختلفت المسامية باختلاف درجة حرارة التجفيف ونوع المعالجة. هذا يدل على أهمية وتأثير المعالجة بالماء في ملء المسام وصنع مونة غير منفذة. كما يمكن ملاحظة أن درجات حرارة التجفيف المنخفضة أعطت قيم مسامية غير حقيقية ويعزى ذلك إلى أن درجات حرارة التجفيف المنخفضة التي تم تجفيف العينات بها حتى ثبات الوزن لم تكن قادرة على تجفيف العينة بالشكل المثالي دون الاضرار بالنسيج الاسمنتي للعينات، وأن درجات الحرارة 80C° و 90C° هي الأكثر ملائمة عند تجفيف عينات الاختبار بسبب أنها تعطي قيمة مسامية قريبة جداً من قيم العينات 100C° و 105C° التي أوصت بها المواصفة القياسية ASTM C642-97 دون أن يكون هناك تأثير كبير على النسيج الاسمنتي للعينات كما اتضح لنا من اختبارات الضغط السابقة ومن اختبارات UPV اللاحقة.

يمكن أن تؤثر كل من سعة امتصاص الماء ومعامل الامتصاصية على ديمومة المونة الاسمنتية. كما وتشير الأبحاث بأنه كلما زادت كمية المياه التي تمتصها المونة الاسمنتية، كلما قلت ديمومتها [7]. وتعد سعة امتصاص الماء من الخصائص المهمة التي تحدد ديمومة المونة الاسمنتية. تحتوي خلطات المونة الاسمنتية الجيدة على سعة امتصاص أقل من 10٪ بالكتلة [7]. وبشكل عام يمكن القول بأن قدرة امتصاص الماء ومعامل الامتصاصية لجميع العينات تتبع نفس سلوك المسامية الكلية.

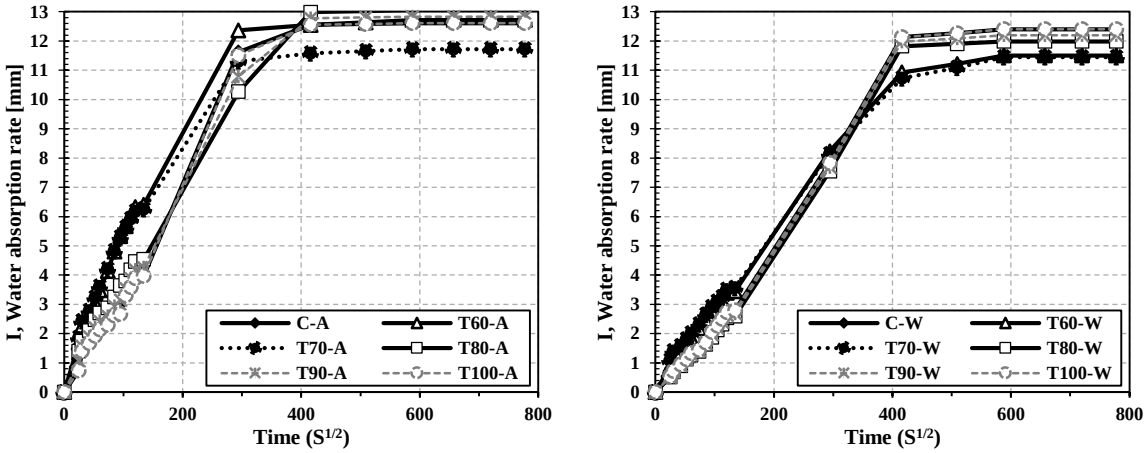


الشكل 6: المسامية الكلية وسعة امتصاص الماء ومعامل الامتصاصية عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة

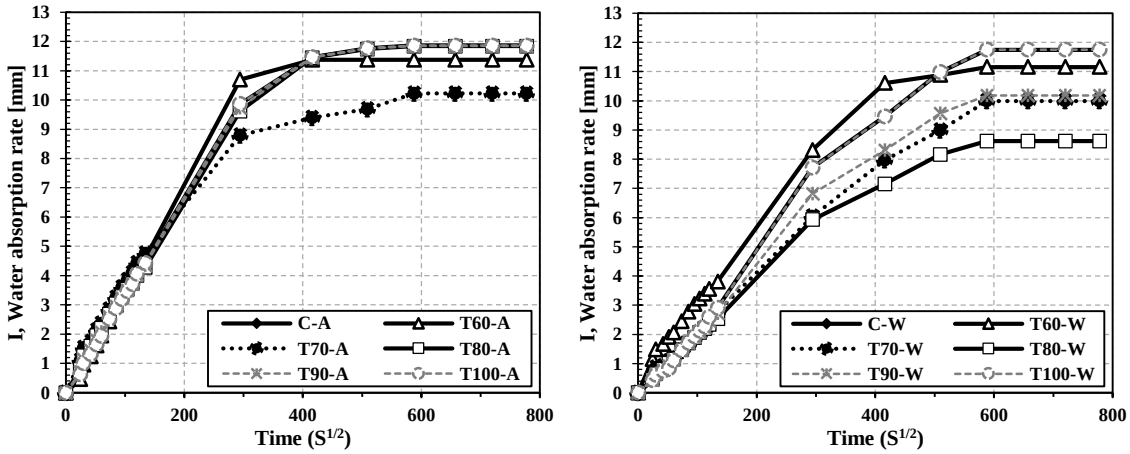
4.3 معدل امتصاص الماء

يعد امتصاص الماء بسبب الخاصية الشعرية مؤشرًا مهمًا على ديمومة المونة الاسمنتية. فإذا كانت المونة الإسمنتية تحتوي على نسبة عالية من امتصاص الماء، فإنها ستسمح بظهور الرطوبة وستؤثر سلباً على الديمومة، وكذلك يعتمد امتصاص الماء بسبب عمل الشعيرات على النسيج الاسمنتي. وبالتالي فإن عينات المونة الاسمنتية الأكثر كثافة سيكون لها امتصاص أقل للماء.

الشكلين 7 و 8 يوضحان معدل امتصاص الماء عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة لكافة الخلطات الاسمنتية. يلاحظ من خلال الشكلين أن العينات المعالجة بالهواء أعطت نسبة امتصاص للماء أعلى من العينات المعالجة في الماء. ويعزى ذلك لكون المسامات والفراغات الموجودة بالنسيج الاسمنتي للعينات المعالجة بالماء كانت أكثر تعرضا للتأثير الإيجابي أثناء عملية الاماهة مما أدى الى اغلاق أكبر كمية ممكن من المسامات والفراغات داخل النسيج الاسمنتي وعلى النقيض من ذلك العينات المعالجة بالهواء. أظهرت النتائج أيضا أن نسبة الامتصاص انخفضت مع تقدم زمن المعالجة وذلك بسبب تكون منتجات الاماهة وكذلك عند درجات حرارة 90C° و 100C° و105C° قلت قيمة نسبة الامتصاص مقارنة بباقي العينات وزاد الامتصاص للعينات عند باقي درجات الحرارة، تتفق هذه النتائج مع الدراسة السابقة [01] .



الشكل 7: معدل امتصاص الماء عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة عند 7 أيام



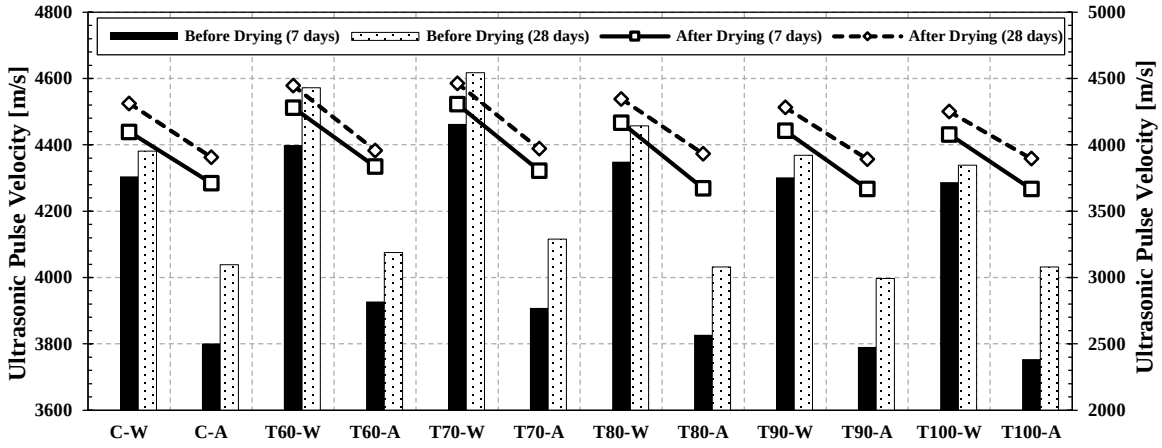
الشكل 8: معدل امتصاص الماء عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة عند 28 يوم

5.3 سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية UPV

تم إجراء اختبار سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية UPV لإيجاد الانضغاط الداخلي لعينات الاختبار من حيث التجانس والمسامية والعيوب الأخرى بعد معالجتها لمدة 7 و28 يومًا كما هو موضح في الشكل 9.

أظهرت النتائج أن قيم UPV لجميع العينات زادت مع تقدم زمن المعالجة، بينما كانت سرعة النبض UPV في العينات المعالجة بالماء أعلى من العينات المعالجة بالهواء، حيث أنه بالنسبة للعينات التي تبلغ أطوالها 40 مم، فإن UPV قبل التجفيف يتراوح بين 3754 م / ث و 4617 م / ث وبعد التجفيف يتراوح بين 3667 م / ث و 4464 م / ث في جميع أعمار المعالجة. وذلك يعزى لكون المعالجة بالماء تساهم في تكوين منتجات الاماهة وتقليل المسامات بصورة أفضل. كما يمكن ملاحظة ان جميع عينات الاختبار اتبعت نفسك سلوك مقاومة الضغط حيث ان سرعة النبض UPV

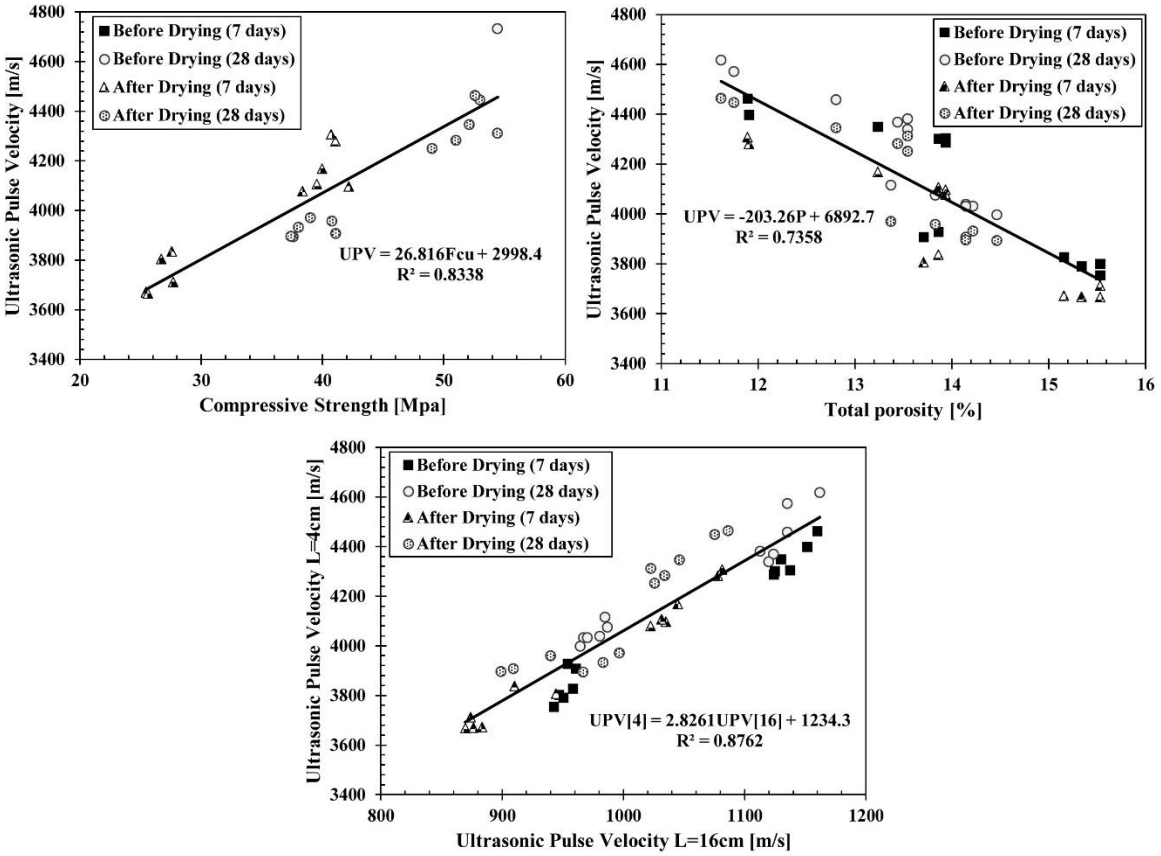
تنخفض مع زيادة درجة حرارة التجفيف الآمر الذي يعكس حالة المسامية والفراغات في النسيج الاسمنتي، وبشكل عام يمكن القول أن القيم متقاربة الى حد كبير، وأن درجة الحرارة 90C° هي الأكثر ملائمة عند تجفيف عينات الاختبار.



الشكل 9: سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية UPV عند اختلاف درجات حرارة التجفيف وفي ظروف المعالجة المختلفة وفي أعمار مختلفة

في الممارسة العملية، يتم تحديد خصائص المونة الاسمنتية بشكل عام بواسطة اختبار UPV. لذلك فإن العلاقة بين UPV ومقاومة الضغط، UPV والمسامية الكلية مهمة جدًا حيث تشير النتائج إلى أن مقاومة الضغط تتناسب طرديًا مع UPV وعلى النقيض من ذلك، فإن المسامية الكلية تتناسب عكسياً مع UPV.

بالنسبة لجميع العينات يمكن ملاحظة أن مع معامل الارتباط $R^2 = 0.8338$، $R^2 = 0.7358$ على التوالي وكما ينخفض UPV مع ارتفاع طول القياس ويكون التوهين وهو فقدان طاقة الموجة أثناء تحركها عبر الوسط، هو المسؤول عن تباطؤ سرعة النبض ويكون معامل الارتباط بين طول القياس 4سم و 16 سم هو $R^2 = 0.8762$ وبشكل عام، تتبع عينات المونة الاسمنتية قبل التجفيف اتجاهاً مشابهاً لاتجاه عينات المونة الاسمنتية بعد التجفيف في مختلف الاعمار. العلاقة بين UPV ومقاومة الضغط، UPV والمسامية الكلية، UPV مع التغيير في طول القياس لعينات المونة الاسمنتية قبل وبعد التجفيف موضحة في الشكل 10.



الشكل 10: العلاقة بين a) UPV ومقاومة الضغط، b) UPV والمسامية الكلية، c) UPV مع التغيير في طول القياس لعينات المونة الاسمنتية قبل وبعد التجفيف وفي أعمار مختلفة

4. الاستنتاجات

اعتماداً على النتائج المعملية التي تم التوصل إليها ومناقشتها في هذه الدراسة يمكننا أن نستخلص الاستنتاجات التالية:

- إجمالاً بينت الدراسة ان درجة الحرارة 90C° هي درجة الحرارة المثلى مقارنة بباقي درجات الحرارة وذلك ضمن شروط واعتبارات هذه الدراسة.
- العينات التي تعرضت لدرجات حرارة عالية انخفضت فيها مقاومة الضغط مقارنة بالعينات المرجعية، وذلك يعكس ما مدى تأثير درجة الحرارة وتأثيرها السلبي على المقاومة وبالتالي على النسيج الاسمنتي للعينات.
- العينات المعالجة بالماء أعطت كثافة جافة أعلى من العينات المعالجة بالهواء وذلك كون العينات لم تحتوي على مسامات نتيجة فقد الماء خلال عملية الاماهة.
- درجات الحرارة 80C° و 90C° هي الأكثر ملائمة عند تجفيف عينات الاختبار بسبب أنها تعطي قيمة مسامية

قريبة جداً من قيم العينات 100C° و 105C° دون أن يكون هناك تأثير كبير على النسيج الاسمنتي للعينات.

- بشكل عام، قلت قيمة نسبة الامتصاص عند درجات حرارة 90C° و 100C° و 105C° مقارنة بباقي العينات وزاد الامتصاص للعينات عند باقي درجات الحرارة.
- إجمالاً فإن سرعة النبض UPV تنخفض مع زيادة درجة حرارة التجفيف الآمر الذي يعكس حالة المسامية والفراغات في النسيج الاسمنتي. إضافة الى ذلك فإن جميع عينات الاختبار اتبعت نفسك سلوك مقاومة الضغط.

5. التوصيات

بناء على نتائج الدراسة المتحصل عليها يوصى بما يلي:

- يوصى بإجراء دراسة مشابهة تكون فيها درجات الحرارة بين 80C° و 100C° وبمعدل 5C° بين العينات وذلك لتحديد درجة الحرارة المثلى بشكل أكثر دقة وتأكيداً لنتائج هذه الدراسة.
- يوصى بإجراء دراسة تشمل حالات للمعالجة بشكل أوسع كاستخدام المعالجة بالبخار.
- يوصى بإجراء اختبارات البنية المجهرية لعينات من المونة الاسمنتية والخرسانة باستخدام XRD و SEM للتأكد من حالة النسيج الإسمنتي للعينات عند درجات الحرارة المختلفة.

6. قائمة المراجع

[1] نور الدين الطوير، عبدالله العزاوي، حسام البيومي، (تأثير ظروف المعالجة واختلاف درجات الحرارة على خواص المونة الاسمنتية) ، المؤتمر الدولي للعلوم التقنية، (2019م)، ص883.

[2] محمد ناصر، (تأثير درجة حرارة الصب ونظام المعالجة على الخواص الميكانيكية وديمومة الخرسانة)، رسالة ماجستير ، جامعة الملك فهد ، السعودية ، (2013م)، ص219–220.

[3] European Standard, cement, Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements." BS EN 197-1, European Committee for Standardization CEN, Brussels, (2011).

[4] European Standard, Methods of testing cement, Part 6: Determination of fineness." BS EN 196-6, European Committee for Standardization CEN, Brussels, (2018).

[5] European Standard, Methods of testing cement, Part 1: Determination of strength." BS EN 196-1, European Committee for Standardization CEN, Brussels, (2016).

[6] Toumi B., Resheidat, M., Guemmadi, ZChabil, H. Coupled (effect of high temperature and heating time on the residual strength of normal and high strength concretes), Jordan Journal of Civil Engineering, 3(4), (2009), pp. 322-330.

[7] M. S. J. Gani. (Cement and Concrete). 1st ed. 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK:Chapman & Hall, (1997).

دراسة تأثير العزل الحراري على وحدات تكييف الهواء

بشير قارح محمد قارح[1]

ayoupm25@gmail.com

1 محاضر في المعهد العالي لتقنيات التبريد والتكييف بسوكنة الجفرة – هون

منصور احمد المهدي عبداللطيف[2]

alabaas_80@yahoo.com

2 مساعد محاضر في المعهد العالي لتقنيات التبريد والتكييف بسوكنة لجفرة – سوكنة

الملخص

المناخ القاري الذي يسود الجنوب الليبي تتفاوت فيه درجات الحرارة صيفا وشتاء تفاوتا ملحوظا مما يؤثر تأثيرا كبيرا على أجهزة تكييف الهواء والأشخاص القاطنين في حيز التكييف، ولكون أجهزة التكييف تستهلك قدرا كبيرا من الطاقة الكهربائية مما يؤثر على الشبكة العامة للكهرباء، وهذا بدوره ينعكس سلبا على محطات توليد الطاقة الكهربائية بزيادة الاحمال عليها. وتستحوذ أجهزة تكييف الهواء على نسبة كبيرة من استهلاك الطاقة الكهربائية وتتراوح هده النسبة تقريبيا ما بين (60 إلى 75) % صيفا، ولتقليل اهدار هده الطاقة المستهلكة والناتجة عن زيادة التبادل الحراري بين الحيز المراد تكييفه والمحيط الخارجي، تعين استخدام العزل الحراري للحيز مما يوفر ظروف راحة الانسان ويقلل تكلفة الكهرباء ويحافظ على كفاءة محطات توليد الطاقة الكهربائية، سنقوم بدراسة تأثير العزل الحراري على وحدات تكييف الهواء في منطقة الجفرة لعدة مباني بعوازل مختلفة من خلال حساب الاحمال الحرارية لها.

(العزل الحراري - الجبس بورد – وحدة تكييف الهواء – توفير الطاقة)

المقدمة

تشكل الطاقة أحد ركائز التطور في شتى مجالات الحياة، حيت ان استهلاك الطاقة يتناسب تناسبا طرديا مع تطور المستوى المعيشي. وهدا التطور أدى إلى خلق مشاكل صحية وبيئية. وللتقليل من هده المشاكل هو إنشاء مباني موفرة للطاقة، وبما أن قطاع البناء قد شهدا تطورا كبيرا من حيت المواد المستخدمة فيه لتقليل الفقد الحراري. فالمواد العازلة تلعب دورا أساسيا في ترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني، ويصمم العزل الحراري في المباني للمحافظة على الحرارة داخل المبنى شتاء وتسرب الحرارة الى المبنى صيفا في المناطق الصحراوية. والذي بدوره يقلل التكلفة من خلال اطالة عمر أجهزة التكييف والمحافظة على كفاءتها والتقليل من تكاليف صيانتها. فزيادة زمن تشغيل أجهزة التكييف بسبب الحمل الحراري المتسرب للمبنى يؤدي لزيادة استهلاك الطاقة الكهربائية والتكلفة على المالك [2]. تتميز المناطق الصحراوية بارتفاع درجات الحرارة صيفا وانخفاضها في فصل الشتاء مما يتطلب استخدام مواد وطرق عزل أكثر كفاءة للوصول الى الغرض المطلوب وهو ظروف راحة الانسان والتي تتراوح درجات الحرارة فيها ما بين 23 – 25 درجة مئوية، ومدينة غدامس في الجنوب الليبي هي أحد المناطق الصحراوية التي أجريت عليها بحوث من حيث العزل الحراري [4]. تمثل اغلفة المباني المحور الرئيسي لعمليات الحفظ الحراري لكونها عازلة للبيئة الداخلية عن البيئة الخارجية، وهي تمثل أحد العناصر الإنشائية التي لها تأثيرا مباشرا على الحمل الحراري للمبنى. وتمثل الحرارة المتسربة عبر جدران واسقف المباني حوالي 60-70%[1].استخدم الانسان المواد الطبيعية متل الاخشاب ومشتقاتها لعزل الحرارة والتي بدأ ظهورها في اوائل هذا القرن وكما استخدمت بعض المواد مثل الحجر الجيري والألوان البيضاء ، كما ظهرت مواد أخرى مثل الصوف الزجاجي مع بداية الثلاثينيات وصناعة البولسترين والبولي يورثان في أواسط الأربعينات وظهر الفينيل الرغوي في الخمسينات[2]. ولهذا اتضحت أهمية دراسة تأثير العزل الحراري على المباني في منطقة الجفرة لمباني بعوازل مختلفة والمتمثلة في الواح من الجبس بورد مع فراغ هوائي يقدر با 3 سم تقريبا والأخرى بدونه من خلال حساب الاحمال الحرارية لها.

يعتبر عزل المباني عن المحيط الخارجي ذو أهمية لتوفير ظروف الراحة للإنسان, حيت تم التوصل الى ان وجود مادة بولي يورثان (داخل فجوة سمك 10سم ضمن جدار مجوف سمكه من الخارج 12سم ومن الداخل 12سم يعطي اقل قيمة لكمية الحرارة المنتقلة بين البيئة الخارجية والداخلية وبالتالي يمثل البديل الأفضل للعزل الحراري [1]

واشارت بعض الدراسات أيضا إلى ان نسبة الحرارة المنتقلة من الحوائط واسقف المباني الواقعة في المناخ الصحراوي الجاف بحوالي 60-70% بينما تأتي البقية عن طريق فتحات النوافد والابواب [3]

وقد تم حساب الاحمال الحرارية للمبنى بإستخدام طريقة الاشري وفقا لأبعاد المبنى وخواص أنواع الطوب والاسقف المختلفة ، ومن الحسابات اتضح ان اكبر قيمة للحمل الحراري تأتي من السقف ومن هذا فان استخدام السقف الأكثر عزلا له الأولوية عند إنشاء المباني [4]

كما أثبتت بعض الدراسات أن الحائط المزدوج والسقف المفرغ والاسقف المظللة ذات الاشكال المنحنية تعتبر جيدة في مقاومة تاثير شدة الاشعة الشمسية الساقطة [5]

ASTM,C-1057-92,1998وبينت النتائج المختبرية وبعد مقارنتها بالمواصفات القياسية الامريكية أن الصخور الجبسية تمتلك معامل توصيل حراري جيد يتراوح بين (0.64-0.41)وات/متر.م [7] أن

وتوصلت بعض الدراسات في العزل الحراري الى ان استخدلم الالواح الجبسية المقترحة التي تحتوي طبقة نشارة خشبية خشنة او سعف النخيل تحقق توفير في الطاقة قدره 36% سنويا مقارنة بأكساء الجدار بالجص [8],ومن جانب اخر الفراغات المهواه ذات مقاومة حرارية تقل عن تلك التي تمتاز بها الفراغات المغلقة ، لذلك تستعمل الفراغات الهوائية المغلقة لرفع كفاءة العزل الحراري للعناصر الإنشائية التي تحتويها لتقليل الفقدان الحراري[9]

ولذا ستقوم هذه الدراسة على بيان تأثيرالعزل الحراري بإستخدام الواح الجبس مع الفراغ المغلق والطوب الاسمنتي والطوب الجيري على أداء وحدة التكييف وذلك بحساب الاحمال الحرارية لثلاثة غرف (4×4) متر بهذه المواصفات المذكورة وتوضيح تأثيرها على وحدة تكييف الهواء في المناطق الصحراوية (منطقة الجفرة) بتسليط الضوء على الجانب العملي.

1 - الجبس

يُعتبر الجبس من المواد الصَّلبة التي تتكوّن من ثنائيّ هيدرات كبريتات الكالسيوم(وهو مركَّب كيميائيّ يظهر على شكل مسحوق أبيض، يوجد في الطبيعة بعدَّة أشكال يمكن تحديدها بالاعتماد على محتويات ماء التبلور الموجود في البنية البلوريّة للجبس) و

ويتكون هذا الاسم من كبريتات الكالسيوم 97.1%-الماء 2.9%. $CaSO_4.2H_2O$الصيغة الكيميائية للجبس

يُطلق على الجبس عدَّة مُسميّات منها: الجص أو الجبس، قد يظهر بعدَّة ألوان إمّا الرماديّ أو الأبيض وقد يميل في بعض الأحيان إلى الاحمرار، هذا وقد يمكن العثور عليه إمّا على سطح الأرض او في الأعماق، كما يمتاز الجبس بمظهره النَّاعم الذي يمكن خدشه بالأظفر.

2 - الجبس بورد هو

مجموعة من الواح الجبس توضع على الجدران والاسقف كعازل حراري في البناء وتستخدم أيضا كا ديكورات جمالية. وهي خليط بين الجبس والسليكون والفيبر جلاس ومغلفة بطبقة من الكرتون المعالج وهي نتيجة تكنولوجيا ألمانية المنشأ .. ظهرت لتكون بديل للأسقف المستعارة والجدران وتصنع الألواح الجبسية بمقاس 120 سم ×240 سم وأيضاً هناك مقاسات أخرى للطول من 180سم إلى 400 سم، ولكنها قليلة الاستعمال

الشكل(1) أنواع الجبس بورد

3 - محور الدراسة

أجريت هذه الدراسة لثلاث غرف مساحة كل منها 16م^2 مع اختلاف مكونات الجدار والسقف من حيث المواد , من حيث دور العزل

3-1 حساب المقاومة الحرارية الناتجة عن الجدران.

1.....U=1/Rth حيث ان / U– معامل انتقال الحرارة الكلي للجدران($w/m^{2}.c$) ، Rth– المقاومة الحرارية لعناصر البناء الرئيسية

2.....Rth=1/hi +Xb/Kb+Xe/Ke+1/ho

حيث أن: Xb_ سمك الطبقة الأولى (بالمتر)

Xe_ سمك الطبقة الثانية (بالمتر)

Kb_ الموصلية الحرارية لمادة الطبقة الأولى

Ke_ الموصلية الحرارية لمادة الطبقة الثانية ، hi_ إنثالبي طبقة الهواء الداخلية(kj/kg) k– الموصلية الحرارية(w/m .c)

ho– إنثالبي طبقة الهواء الخارجية (kj/kg)

3.....q=A*U*ΔT

A :– المساحة ، U :– معامل انتقال الحرارة ، ΔT:– الفرق في درجات الحرارة ، tr :– هي درجة حرارة الغرفة ووحدتها $^{\circ}$(c)

to:– هي درجة حرارة الهواء الخارجي ووحدتها ($^{\circ}$c)

هناك نوعان من الجدران في الغرفة تنتقل الحرارة عبرهما أ ولها يفصل الغرفة عن المحيط الخارجي والثاني يفصلها عن الغرفة المجاورة المكيفة او الغير مكيفة

جدول (1) المواصفات الإنشائية لمبنى الغرفة (A)

مكونات الجدار (طبقات)	السمك(cm)	الموصلية الحرارية k(w\m.c)
اسمنت	1.5	0.76
الطوب الجيري	15	0.56
أسمنت	1.5	0.76

حساب معامل انتقال الحرارة الكلي للجدران ($W/ m^2. c^o$) ، $u = \frac{1}{Rth}$ ، $Rth=\frac{1}{hi}+\frac{x1}{k1}+\frac{x2}{k2}+\frac{x3}{k3}+\frac{1}{ho}$

$Rth= \frac{1}{37}+\frac{1.5}{0.76}+\frac{15}{0.56}+\frac{1.5}{0.76}+\frac{1}{72}=30.77$ ، $u=\frac{1}{Rth}=\frac{1}{30.77}=0.032$ ($W/m^2.C$)

حساب فرق درجات الحرارة لحمل التبريدCLTD

تمت حسابات حمل التبريد عند الساعة الثالثة ظهر وفي شهر(يوليو–July) وعند خط عرض ^{0}(32)

4.....CLTD corr=[(CLD+LM)*K+(25.5–tr)+(tom–29.4)]

حيث أن :– CLTD الفرق في درجات الحرارة لحمل التبريد ويتم إيجادها من جدول قيم CLTDc للجدران من[10]

LM–معامل تصحيح خط العرض والشهر لكل جدار علي حدا ويتم أجادها من جدول قيم LMمن 24^{0} الى 40^{0} للجدران والأسقف [11]

K– معامل لون الجدار أو السقف/جدار غامق(K=1) ، tr–درجة حرارة الغرفة ووحدتها(°C)، to–درجة حرارة الهواء الخارجي ووحدتها(°C)

tom–متوسط درجات الحرارة الخارجية(°C).

3–1 حساب فرق درجات الحرارة لحمل التبريد للغرفة (A)

CLTD corer = (CLTD + LM) * K + (25.5-TI) + (TOM-29.4).....5

1-حساب فرق درجات الحرارة لحمل التبريد بالنسبة للجهة الجنوبية

$TOM = -1.6 , K = 1 , DR = 10℃$ CLTD corer = 11℃ , LM … … … … 6

$TO = 42℃ , TR = 23℃$

$TOM = TO – (DR/2) = 42 – (10/2) = 37℃$

CLTD corer = (11+(-1.6) * 1+ (25.5 -23) + (37 – 29.4) = 19.5w

2-الجهة الشمالية :– $CLTD = 6 ℃ , LM = 0.5$

CLTD corer = {(6 + 0.5) * 1 + (25.5 – 23) + (37 – 29.4)} = 16.6w

3-الجهة الغربية :– $CLTD = 8 ℃ , LM = 0$

CLTD corer = {(8 + 0) * 1 + (25.5 – 23) + (37 – 29.4)} = 18.1w

4-الجهة الشرقية :– $CLTD = 18 ℃ , LM = 0$

CLTD corer = {(18 + 0) * 1 + (25.5 – 23) + (37 – 29.4)} = 28.1w

3–3 حساب الأحمال الحرارية للجدران

الجدار الشرقي :– $Q = A * U * CLTD_C$ 7

$A=(L*W)-$(مساحة الباب)$=(4*2.9)-(2*0.90)$ $A=(11.6)-(1.8)=9.8m^2$

$= (9.8)*(0.032)*(28.1)=8.812W$ Q_E

الجدار الشمالي:– $Q_N = A * U * CLTD_C$ $Q_N= ((4*2.9)-(1.2*1))*(0.032)*(16.1)=5.358W$

الجدار الغربي :– $Q_W = A * U * CLTD_C$ $WQ_W = (4 * 2.9) * (0.032) * (18.1) = 6.718$

الجدار الجنوبي:– $Q_S = A * U * CLTD_C$ $Qs = (4 * 2.9) * (0.032) * (19.5) = 7.238w$

$Q_{total} = Q_E + Q_W + Q_S + Q_N$ $8.812+5.358+6.718+7.238=28.126W$

$Q_{total}=$

3-4 حساب الكسب الحراري للسقف

جدول(2) المواصفات الإنشائية للسقف

مكونات الجدار (طبقات)	السمك x(M)	الموصلية الحرارية K(W/M.C) K(w/m.c
خرسانة	0.25	1.51

نقوم بحساب المقاومة الحرارية للسقف

$$Rth = \frac{1}{hi} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{ho}$$

من المخطط السيكومتري نوجد الأنثالبي الهواء الداخلي والخارجي عند ظروف الغرفة الداخلية والخارجية:

$hi(23c^0،30\%)=37kj/kg,\ \ ho(42c^0،23\%)=72kj/kg$

بالتعويض في المعادلة

$$Rth = \frac{1}{hi} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{ho} \qquad Rth = \frac{1}{37} + \frac{0.25}{1.51} + \frac{1}{72} = 0.206 \qquad .c)U = \frac{1}{Rth} = \frac{1}{0.206} = 4.854(w/m^2$$

$$Q=A*U*CLTD_C$$

$$CLTD\ corr=[(CLD+LM)*K+(25.5-tr)+(tom-29.4)]$$

$$CLTD\ corr=(18+0.5)*0.72+(25.5-23)+(37-29.4)=23.42C$$

$$Q = (4*4)*(4.854)*(23.42) = 1818.89\ W$$

3-5 الكسب الحراري خلال الزجاج

جدول (3) حساب الكسب الحراري خلال الزجاج

الجهة	SC	CLF	SHG
الشمالية	1	076.	126
الجنوبية	1	0.53	227
الشرقية	1	0.29	678
الغربية	1	0.40	678

ويتم إيجاده من المعادلة التالية:- $Q=A*U*\{(CLTD)c+SHG_F*CLF*SC\}.....8$

A مساحة النافذة (m^2) ، U معامل انتقال الحرارة للنافذ ويساوي($6.25w/m^2.c$)

CLTDفرق درجات الحرارة لحمل التبريد للزجاج ويتم إيجادها من جداول حمل التبريد

CLF معامل حمل التبريد للزجاج ويتغير حسب الاتجاه والساعة ويستخرج من جداول حمل التبريد

SC عامل التظليل و يتغير حسب سمك ونوع الزجاج ولزجاج ذو سمك 3مم ذو طبقة واحدة SC يساوي واحد

CLTDc=CLTD+(25.5-Ti)+(To-29.4)

CLTDc=8+ (25.5-23) + (42-29.4) =23.1 w

يتم حساب حمل التبريد الحراري للزجاج بالتعويض في المعادلة التالية:

Q=A* (U*CLTDc+SHG$_F$*CLF*SC)

الجهة الشرقية / QE=2.376* (6.25*23.1+678*0.20*1)=665.22w

3-6 حساب الكسب الحراري للإنارة الداخلية

عدد المصابيح الموجودة بالغرفة هي (1) عدد 1 مصباح ؛معامل الانتفاع للمصباح داخل الغرفة يساوي 50%إلي (0.5)%

جداول (4) حساب الكسب الحراري للإنارة الداخلية

الغرفة	NL	W	FU	Fb	CLF	QW
A	1	60	0.5	1.2	1	36

حيث يتم حساب الحمل الحراري للإنارة الداخلية من المعادلة التالية:-

Q=NL*W*Fu*Fb*CLF.....9

حيث أن: NLعدد المصابيح - Wقدرة مصباح الإنارة وتساوي 60 watt - Fuمعامل الانتفاع أو نسبة المصابيح المستخدمة وتساوي(0.5)

CLFمعامل حمل التبريد لعدد ساعات التشغيل اليومية وتساوي(1) - Fb معامل الكبح ويساوي(1.2) للمصباح الفلورسنت.

Q=NL*W*Fu*Fb*CLF Q=1*60*0.5*1.2*1=36 w

الكسب الحراري للأشخاص الشغالين للغرفة - qs هي الحرارة المحسوسة - ql هي الحرارة الكامنة

يتم إيجاد كل من كمية الحرارة الكامنة والمحسوسة للأشخاص الشغالين للغرفة حسب حالة الانسان واستخدام الغرفة مكتب- شقة – سكن(45,72)

جدول (5) حساب الكسب الحراري للأشخاص الشغالين للغرفة

الحرارة الكامنة للشخص (Ql)	الحرارة المحسوسة للشخص(Qs)	عدد الأشخاص
45	72	3

Ql=45*3=135w Qs=72*3=216w

3-7 حساب الكسب الحراري للهواء التخلخل

$To=42c^{\circ}$ ، $Ø = 23\ \%$ ، $Ti = 23\ c^{\circ}$

حيث إن : Tiدرجة الحرارة الداخلية(c°) ، To درجة الحرارة الخارجية(c°) ، Ø رطوبة النسبية (%)

$Q=(n*v)/3600$.....10 $V=L*W*H$.....11

Vحجم الغرفة (m^3) L، طول الغرفة (m) ، W عرض الغرفة (m) ، h ارتفاع الغرفة (m)

n عدد مرات تغير الهواء للغرفة في الساعة الواحدة(لغرف مع نوافذ او ابواب في جانبين)وتساوي(1.5)

$Mair=Q*\rho$ .....12 $Mair =L*w*h*n/3600*\rho$

حيث أن :- Mair كتلة الهواء (kg/s) ، ρ كثافة الهواء($1.2kg/m^3$)

ويتم إيجاد إنثالبي الهواء الخارجي والداخلي (hi،ho)من المخطط السايكومتري

$To=42c^0$,Øo=23% ، ho=72kj/kg Øi =30% ، $Ti=23c^0$,hi=35kj/kg

$Q= n*v/3600$ $Q=(1.5*46.4)$

$/3600=0.019m^3/s$

$Mair=Q*\rho$ $Mair=0.019*1.2=0.0228kg/s$

$Q_{total} = Mair*(ho-hi)$.....13 $Q_{total}= 0.0228*(72-37)=0.798W$

$Qs=Q*cp(to-ti)$.....14

حيث ان : CPالسعة الحرارية للهواء عند ثبوت الضغط(1.005kj/kg.k) ، Qمعدل التدفق الهواء ووحدته (m^3 /s)

Toدرجة الحرارة الخارجية(c°) ، Tiدرجة الحرارة الداخلية(c°) ، $Qs=0.019*1.005(42-23)=0.36\ w$

$Q_L=Q_{totol}-Q_S$.....15 $Q_L=0.798-0.36=0.438\ w$

جدول (6) حساب هواء التخلخل

الغرفة	$Q(m^3/s)$	Mair kg/s	$(w)Q_{total}$	$Q_s(w)$	$Q_L(w)$
A	0.019	0.0228	0.798	0.36	0.438

جدول (7) المواصفات الإنشائية لمبنى الغرفة (B)

مكونات الجدار (طبقات)	السمك(cm)	الموصلية الحرارية(k(w\m.c
مونة اسمنتية	1.5	1.2
طوب اسمنتي	15	1
مونة أسمنتية	1.5	1.2

=17.540Rth

$=0.057\ w/m^2.c^0 U = \frac{1}{Rth} = \frac{1}{17.540}$

3-8 حساب فرق درجات الحرارة لحمل التبريد بالنسبة للغرفة (B)

بإتباع نفس الخطوات السابقة المتبعة على الغرفة (A)

الجدار الشمالي c^o 16.6= C LTDc الجدار الغربي c^o 18.1= CLTDc

الجدار الشرقيc^o 8.818 = CLTDc الجدار الجنوبيc^o 19.5 = CLTDc

وكذلك تم حساب الحمل الحراري لجدران الغرفة

الجدار Q_E=15.696w الجدار الشمالي Q_N=9.840w الجدار الجنوبي Q_S =12.893w الجدار الغربي Q_W=11.967w

الشرقي

Q_{total}=50.396w

3-9 حساب الحمل الحراري للسقف

جدول (8)المواصفات الإنشائية للسقف (B) [9]

المادة	السمك X (cm)	الموصيلية الحرارية K (w/m.c^o)
خرسانة	0.25	1.51
الخرسانة الرغوية	6	0.22

Rth=27.479 ، $U=0.036w/m^2.c^o$ ' Q= 13.489w

ملاحظة الحمل الحراري للنوافذ وهواء التخلخل,بنفس مواصفات الغرفة (A)

3-10 حساب الحمل الحراري للغرفة (C)

جدول (9)المواصفات الإنشائية لمبنى الغرفة (C) [9]

مكونات الجدار (طبقات)	السمك(cm)	الموصلية الحرارية(k(w\m.c
مونة اسمنتية	1.5	1.2
طوب اسمنتي	15	1
فراغ	3	0.02
ألواح جبسية	1.5	0.35

Rth=170.577 $U = \frac{1}{Rth} = \frac{1}{170.577}$=0.006 w/m^2.c^0

3-11 حساب فرق درجات الحرارة لحمل التبريد بالنسبة للغرفة (C)

بإتباع نفس الخطوات السابقة المتبعة على الغرفة (A)

الجدار الجنوبي $CLTD_C$ = 19.5 c^o ، الجدار الغربي $CLTD_C$ = 18.1 c^o

الجدار الشرقي $CLTD_C$ = 8.818 c^o ، الجدار الشمالي $CLTD_C$ = 16.6 c^o

وكذلك تم حساب الحمل الحراري لجدران الغرفة

الجدار الجنوبي Q_S =1.357w ، الجدار الغربي Q_W=1.26w

الجدار الشمالي Q_N=1.004w ، الجدار الشرقي Q_E=0.518w

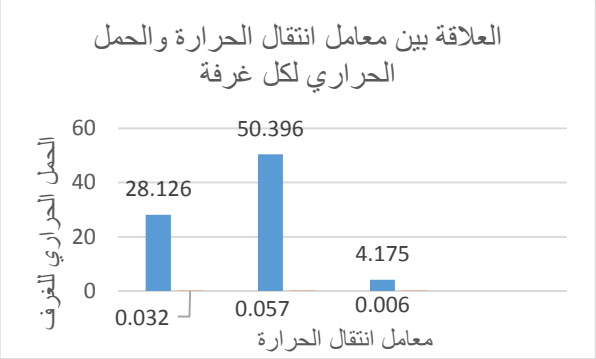
Q_{total}=4.157w

جدول (10) حساب الحمل الحراري للسقف

المادة	السمك X (cm)	الموصيلية الحرارية K (w/m.c^o)
خرسانة	0.25	1.51
الخرسانة الرغوية	6	0.22

Rth=27.479 U=0.036w/m^2. Q= 13.489w

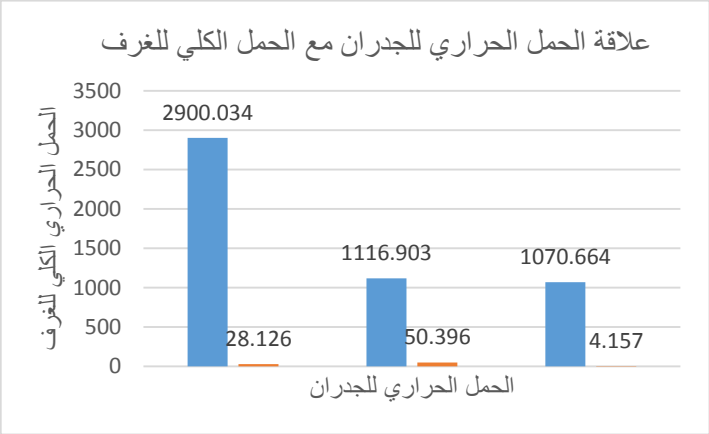
ملاحظة الحمل الحراري للنوافذ وهواء التخلخل بنفس مواصفات الغرفة (A)



الشكل (2) العلاقة بين معامل انتقال الحرارة والحمل الحراري لكل غرفة

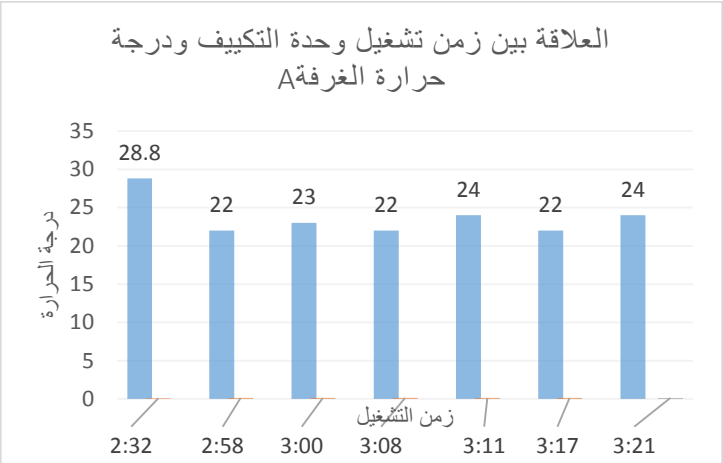
جدول (11) حساب حمل التبريد للغرف

الغرفة	Q النوافذ (w)	Q الجدران (w)	Q السقف (w)	Q هواء التخلخل (w)	Q الإنارة (w)	Q الاشخاص (w) Q_L+Q_S	Q الكلية (w)
A	665.22	28.126	1818.89	0.798	36	351	2900.034
B	665.22	50.396	13.489	0.798	36	351	1116.903
C	665.22	4.157	13.489	0.798	36	351	1070.664

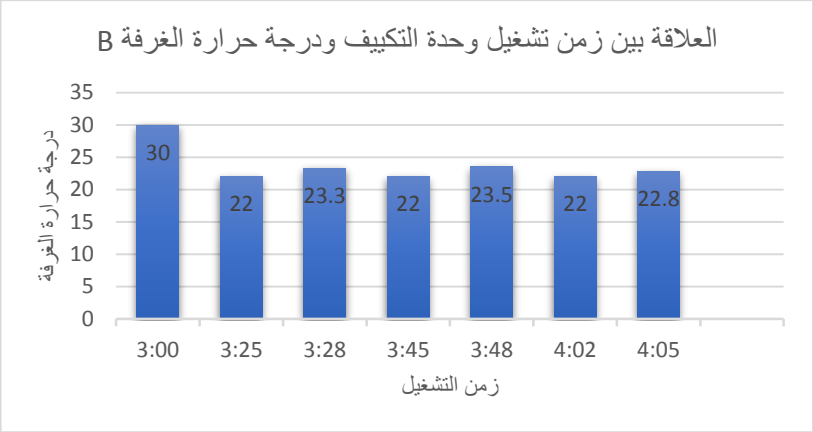


الشكل (3) علاقة الحمل الحراري للجدران مع الحمل الكلي للغرف

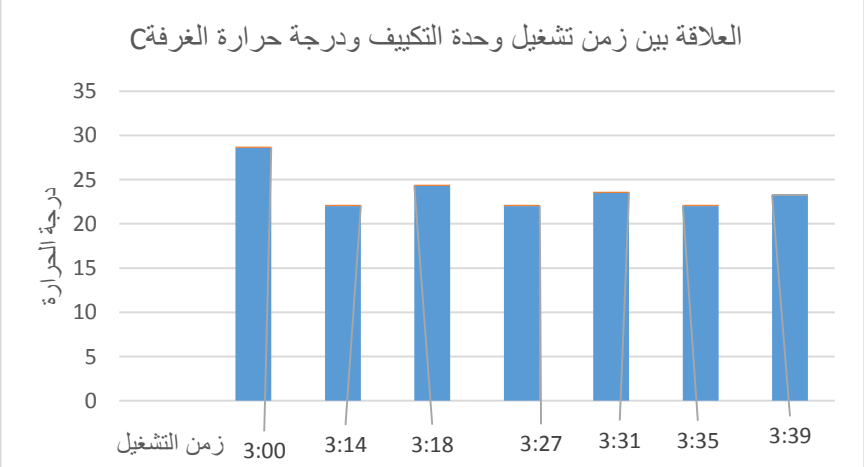
4- الجانب العملي



الشكل(4) العلاقة بين زمن تشغيل جهاز التكييف و درجة حرارة الغرف



الشكل(5) العلاقة بين درجة حرارة الغرفة وزمن تشغيل جهاز التكييف



الشكل(6) العلاقة بين درجة حرارة الغرفة وزمن تشغيل جهاز التكييف

5- مناقشة النتائج

بناء على النتائج المبينة في الحسابات أعلاه، تراوحت نتائج حمل التبريد الحراري للغرف من 2900.034وات إلى 1070.664وات، ويلعب الحمل الحراري دورا كبير في كمية الحرارة المنتقلة خلال المادة وهو يتأثر با الظروف المحيطة بالحيز المراد تكييفه من حيث الخواص الفزيائية لمواد البناء المكونة للغرفة ويرجع سبب الحصول علي قيم مرتفعة لحمل التبريد الحراري للغرفة A و B للموصلية الحرارية لمواد البناء لهدة الغرف . كلما زادت الموصلية الحرارية لمواد بناء الغرفة زاد حمل التبريد الحراري لها ويبرهن ذالك قيمة الحمل الحراري للغرفة A حيت كانت القيمة الاعلى بين الغرف، وعلى العكس تماما فإن الغرفة C سجلت اقل حمل حراري وكلما زاد الحمل الحراري للغرفة زادا عدد ساعات وحدة التكييف داخلها ويترتب على دالك إستهلاك اكبر للطاقة والتكلفة، حيث ان اختيار وحدة التكييف المناسبة للغرفة تعتمد على كمية حمل التبريد الحراري لهده الغرفة، يتضح من النتائج ان العزل الحراري المستخدم في الغرفة C هو الافضل مقارنة بالغرف A و B. ونلاحظ ان أكبر حمل تبريد حراري للسقف كان في الغرفة A وقيمته (1818.89) وات، وبالنسبة لأعلى حمل تبريد حراري للجدران كان في الغرفة B وقيمته (50.396) وات، ونلاحظ من خلال هده النتائج ان السقف له التأثير الاكبر على الحمل الحراري للغرفة

6-الخلاصة

- أظهرت النتائج ان الواح الجبس أمبورد مع فراغ هوائي 3سم تقريبا تعتبر المادة الأفضل كعازل حراري للجدران والاسقف
- مكونات الجدار في الغرفة C سجلت اقل حمل حراري وهو $w(4.175)$
- يمكن أستخدام الواح الجبس بورد مع الفراغ كعازل حراري في المناطق الصحراوية بدلا عن المونة الاسمنتية لانخفاض موصليتها الحرارية
- سهولة تركيب الواح الجبس بورد مع الفراغ وقلة تكلفتها وتشطيبها تقريبا يشجع على استخدامها كعازل حراري في المناطق الصحراوية.
- يتضح من الاشكال الثلاثة في الجانب العملي (6-5-4) ان الغرفة C تمتلك اقل تأثير على وحدة التكييف حيت ان زمن السيطرة على الحمل الحراري داخل الغرفة سجل أقل من الغرفة (A-B) حيت وصلت درجة حرارة الغرفة المطلوبة $C^0$22في زمن وقدره(14) دقيقة ، بينما إستغرقت وحدة التكييف للسيطرة علي الحمل في الغرفة A(25) دقيقة و B(26) دقيقة وهذا يقلل من استهلاك الطاقة ويزيد من عمر وحدة التكييف

المراجع

[1] نوال عبد الأمير خميس، د- ضياء ناصر حسن، د- إيمان عبد محمد، شهاده حكمة محمدعلي (اختيار البديل الأمثل للعزل الحراري في الجدران الخارجية للابنية لغرض تحقيق الاستدامة البيئية)22،العدد2 (الجزء-1)آذار2018

[2] د–الغالي عبدالرحمن محمد مضوي (دور العزل الحراري في المنشآت الخرسانية لترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية 2018

[3] رواد احمد عبدالكريم،عز الدين حسن الشبوكى، نزار أبوبكر غميض (العوازل الحرارية ودورها في تحسين البيئة الداخلية لمباني المناطق الصحراوية)03.01 ديسمبر 2020

[4] محمد إبراهيم إعلوه، قاسم عبدالسلام الزين (تأثير بعض أنواع مواد البناء على الاحمال الحرارية لمبنى سكني في منطقة سبها) المجلد الخامس عشر– العدد الأول 2016

[5] محمد الوالي الشريف ، بشير مصباح النعاس ، منصور بن مسكين ، محمد المهدي العمراني (التصميم الحراري وتحسين الادأء الوظيفي للمباني بالمنطقة الجنوبية ليبيا) VOL . 20 NO. 0.4 2021

[6] عباني السعيد حفصي فؤاد ، كريكر عبد الواحد (دراسة العزل الحراري للبنات الجبسية المدعمة بألياف النخيل) 2019

[7] محمد راشد عبود، نهاد سعود نجم (قياس معامل التوصيل الحراري للصخور الجبسية من تكوين الفتحه (منطقة الفتحه) لاستخدامها كعوازل لتغليف الجدران 18(1) 1013

[8] عاطف علي حسين (اقتراح استخدام الالواح الجبسية غير التقليدية لإنهاء السطوح الداخلية للأبنية في مدينة بغداد) المجلد التاسع
العدد الثاني- 2016

[9] خضرعكاوي (كودة العزل الحراري) 2013/10/13

[10] ASHRAE,Thermal loads, 1985

[11] AsHRAE (LM values° of walls and roofs)1989

تطبيق العزل الحراري على نموذج مبنى سكني في منطقة الجفرة يوضح اهمية استخدام العوازل الحرارية للمباني السكنية في المناطق الحارة والصحراوية

د. مهدي عمران على سلامة

المعهد العالي لتقنية التبريد والتكييف سوكنه

omranmahade@gmail.com

الملخص

من خلال دراسة الاحمال الحرارية للمباني تبين الدراسات ان كمية الحرارة المنتقل من خارج المبنى الى داخله عبر مكونات المبنى تشكل من 60% الى 70%، من الاحمال الحرارية للمبنى ويشكل بقية الاحمال الحرارية الاخرى مثل هواء التهوية المتسرب من الأبواب والنوافذ وحمل المعدات وغيرها، و في هذا البحث تم اجراء دراسة لحساب الاحمال الحرارية للتقليل من تلك الاحمال ومعالجتها على برنامج (HAP) لمبنى سكني من طابق واحد حسب الظروف الجوية لمنطقة الجفرة, تنت الدراسة لأربع حالات مختلفة من العزل الحراري للجدران والنوافذ والسقف و اوضحت النتائج ان حمل التبريد عند استخدام جدار عادي بدون عوازل حرارية كانت نسبة الاحمال الخارجية 70% من الحمل الكلي و بعد استخدام الواح الجبس في الحالة الثانية في الجدران والسقف انخفض الحمل بنسبة 22.1% و في الحالة الثالثة عند إضافة طبقتين لزجاج النوافذ انخفض الحمل بنسبة 33.4% اما في الحالة الرابعة عند استخدام العزل في السقف والجدران بالمواصفات القياسية انخفض حمل التبريد بنسبة 53.4% و حمل التدفئة بنسبة 33%.

الكلمات الدالة: – العزل الحراري، حمل التبريد، استهلاك الطاقة، معامل انتقال الحرارة الكلي، برنامج (HAP)

مقدمة

يتصف مناخ المناطق الصحراوية بالجفاف والارتفاع الكبير في درجات الحرارة التي قد تتجاوز 47 درجة مئوية في بعض الأحيان، ونتيجة لذلك تتسرب كميات كبيرة من الحرارة إلى داخل المبنى مما يتطلب استهلاك كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية لتبريد المبنى. وللتقليل من استهلاك الطاقة فإنه يلزم استخدام عزل حراري في مكونات المبنى للحد من انتقال الحرارة وتسربها إلى داخله. حيث يكون الفرق بين درجتي الحرارة داخل وخارج المبنى كبيراً جداً، ولهذا يلجأ سكان المبنى الى استخدام أجهزة التكييف لفترات طويلة وذلك للحد من ارتفاع درجات الحرارة داخل المبنى. ونظراً لكون أجهزة التكييف تمثل حملاً كبيرا لا يستهان به في استهلاك الطاقة الكهربائية [1]، [2], [3] حيث تشكل اجهزة تكييف الهواء 60 % من كامل الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال اشهر الصيف [4]، ([5] لذلك فإن استخدام مواد العزل الحراري في المباني يعتبر أحد أهم تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية [6]،([7] و يعمل العزل الحراري في المباني السكنية

على تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، وتطورت مواد العزل الحرارى ليس فقط من حيث الخصائص الحرارية، ولكن أيضا فيما يتعلق بتحقيق جودة البيئية الداخلية والتأثير البيئي [8]، [9] ، [10]. وتقدر كمية الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة 60 –70% وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية والاحمال الاخرى [11]. ومن هنا يتضح أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف. وتركز هذه الورقة البحثية على دراسة اهمية استخدام مواد العزل الحراري في الجدران والسقف والنوافذ ودورها في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لتوفير مستوى الراحة المناسب لمستخدمي المباني.

.1. تعريف العزل الحراري:

العزل الحراري للمباني هو التقليل من انتقال الحرارة من مكان إلى آخر وذلك باستخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة بحيث تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفا ومن داخله إلى خارجه شتاء، وذلك من خلال الاستفادة من خصائص هذه المواد كضعف التوصيل الحراري والانعكاس [12].

مصادر حمل التكييف:

هناك مصدرين للحرارة داخلي وخارجي يؤديان إلى رفع أو خفض درجة حرارة المباني مما يؤدي إلى عدم توفر نطاق الراحة لمستخدمي المبنى.

المصادر الداخلية

- السكان: حيث أنه من المعروف أن الإنسان يطلق كمية من الطاقة تنتقل إلى الهواء مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة الداخلية [13].
- الإنارة: تشع مصادر الإنارة كمية من الحرارة تعتمد على قوتها ونوعيتها ومن المعروف أن كمية الحرارة تتراوح بين 35% إلى 75% من قدرة الإنارة حسب نوعية المصدر [13].
- الأجهزة: تصدر عن الأجهزة المستخدمة في المباني مثل الأفران والغسالات والثلاجات... كمية من الحرارة.

المصادر الخارجية

- أشعة الشمس: يتحول جزء كبير من أشعة الشمس إلى حرارة بمجرد ملامستها للجدران والأسقف والنوافذ والأبواب وتنتقل الحرارة عبر عناصر المبنى إلى داخله، وهذا يعتمد على درجة امتصاصية هده العناصر لها.

- الهواء الخارجي: يؤدي ارتفاع درجة حرارة الهواء الخارجي إلى رفع درجة حرارة عناصر المبنى [13].

الحرارة التي تخترق المبنى والتي يفترض إزالتها باستعمال أجهزة التكييف للوصول إلى درجة الحرارة المناسبة [13]. وتقدر كمية الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة من 60 –70% وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية. ويعمل تكييف الهواء على خفض درجة حرارة المبنى لكي يشعر القاطنون بالراحة. وتقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المباني بنسبة حوالي 66% من كامل الطاقة الكهربائية [14]. ومن هنا يتضح أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف، وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف إلى الداخل وتحقيق الظروف الملائمة وتقليل تكلفة استهلاك الطاقة. وتعتمد كمية الحرارة المنتقلة خلال مكونات المبنى على المعامل الكلي لانتقال الحرارة (U) لهذه المكونات ومساحة الجدار وفرق درجات الحرارة داخل المبنى وخارجه.

$$Q=A\ U\ (CLTD)$$

حيث ان

Q = كمية الحرارة المنتقلة خلال مكونات المبنى (W)

A= مساحة الجدار (m^2)

U= معامل انتقال الحرارة الكلي ($w/m^2.k$)

وتنص المواصفات القياسية الدولية على ان قيمة معامل انتقال الحرارة الكلي (U) للمناطق الصحراوية والحارة ومنطقة الخليج العربي يجب ان لا تزيد على القيم التالية [15].

- الجدران $U=0.57w/m^2.k$
- السقف $U=0.33w/m^2.k$
- زجاج النوافذ $U=1.9\ w/m^2.k$

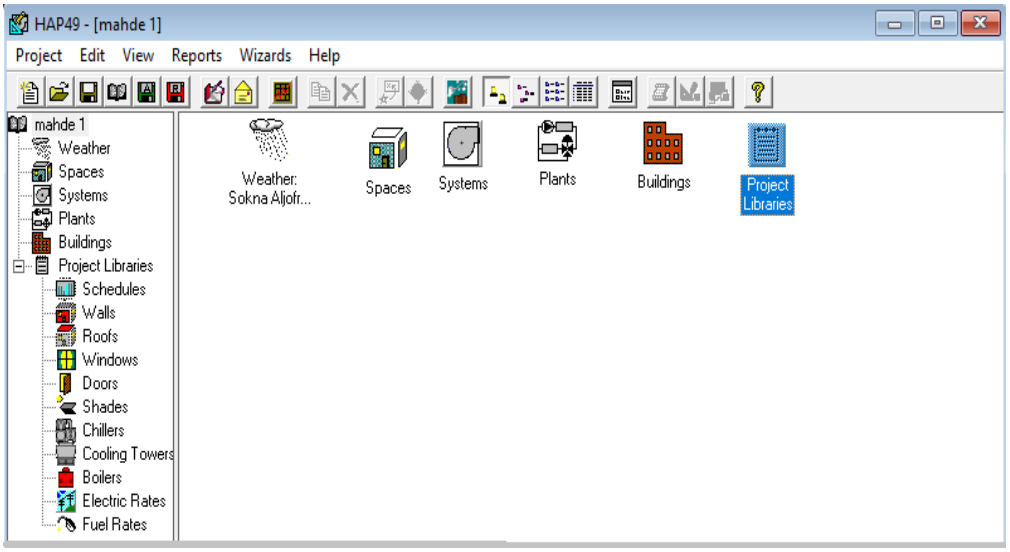
2. منهجية البحث:

تم عمل دراسة تحليلية للأحمال الحرارية لنموذج مبنى سكني من طابق واحد كما في الشكل (2) بمساحة 156 متر مربع على برنامج Hourly Analysis Program 4.90 (HAP) بمناخ منطقة الجفرة باعتماد اربع حالات لدراسة الاحمال الحرارية على المبنى, في الحالة الاولى بدون استخدام اي عوازل حرارية وفي الحالة الثانية تم استخدام الواح جبس مع فجوة هوائية في السقف والجدران و في الحالة الثالثة استخدام الواح الجبس للسقف والجدران و اضافة طبقتين

من الزجاج في النوافذ واعتماد لون فاتح للجدران الخارجية للمبنى وفي الحالة الرابعة تم عزل الجدران الخارجية والسقف بالواح البولي ستيرين بسمك 30مم, وتمت المقارنة بين الحالات الأربعة من حيث احمال التبريد والتدفئة و استهلاك الطاقة.

برنامج HAP4.9

يعتبر برنامج هاب Hourly Analysis Program 4.9 (HAP) من اهم البرامج التي تساعد المهندسين على حساب الاحمال الحرارية وتقدير استهلاك الطاقة وتحديد سعة اجهزة التكييف، مقدم من شركة Carrier ويعمل وفق أسلوب طريقة فرق درجات الحرارة لتحديد حمل التبريد Cooling Load Temperature Differences (CLTD) ضمن مواصفات الجمعية الأمريكية لمهندسي التكييف والتبريد والتهوية (ASHRAE, 2007) والشكل (1) يوضح واجهه البرنامج.



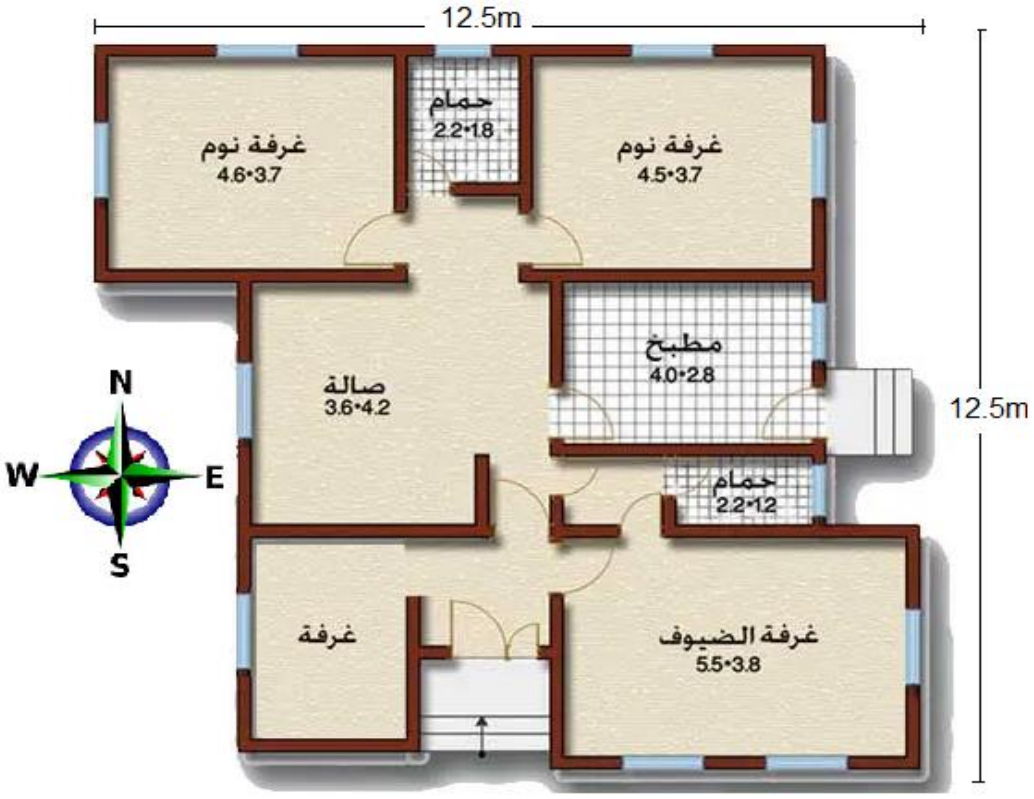
الشكل (1) واجهه برنامج Hourly Analysis Program 4.9 (HAP)

نماذج الدراسة

تم اجراء هذه الدراسة، حساب الاحمال الحرارية للمبنى في أربع حالات تختلف فيها مكونات المبنى (السقف، الجدران، الأرضية، وزجاج النوافذ) والجدول التالي يوضح مكونات المبنى في كل حالة من حالات الدراسة.

الجدول (1) مكونات المبنى في حالات الدراسة الاربعة

الحالة	مكونات الجدار	مكونات السقف	زجاج النوافذ	اللون الخارجي للمبنى
الحالة الاول	لياسة خارجية–طوب اسمنتي – لياسة داخلية	خرسانة–لياسة	زجاج مفرد	لون متوسط
الحالة الثانية	لياسة خارجية–طوب اسمنتي– فجوه هوائية –الواح جبس	خرسانة–فجوه هوائية – الواح جبس	زجاج مفرد	لون متوسط
الحالة الثالثة	لياسة خارجية–طوب اسمنتي– فجوه هوائية –الواح جبس	خرسانة–فجوه هوائية – الواح جبس	طبقتين زجاج بينهم 13مم هواء	لون فاتح
الحالة الرابعة	لياسة خارجية – 5مم اللواح بولي ستيرين – طوب اسمنتي20سم– لياسة داخلية	خرسانة خفيفة 10مم– خرسانة مسلحة – عازل حراري 5سم –الواح جبس	طبقتين زجاج الطبقة الداخلية عاكسة بينهم 13مم هواء	لون فاتح



الشكل (2) نموذج خريطة المبنى المستخدم لحساب الأحمال الحرارية

النتائج

بعد ادخال بيانات المنطقة من حيث خطوط الطول ودوائر العرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر وفرق درجات الحرارة اليومي وبينات المبنى من حيث مساحات الجدران ومكوناتها واتجاهاتها ومساحة السقف والارضية ومكوناتها ومساحات النوافذ والابواب ومكوناتها واتجاهاتها، يقوم البرنامج بحساب الاحمال كما في الجداول التالية.

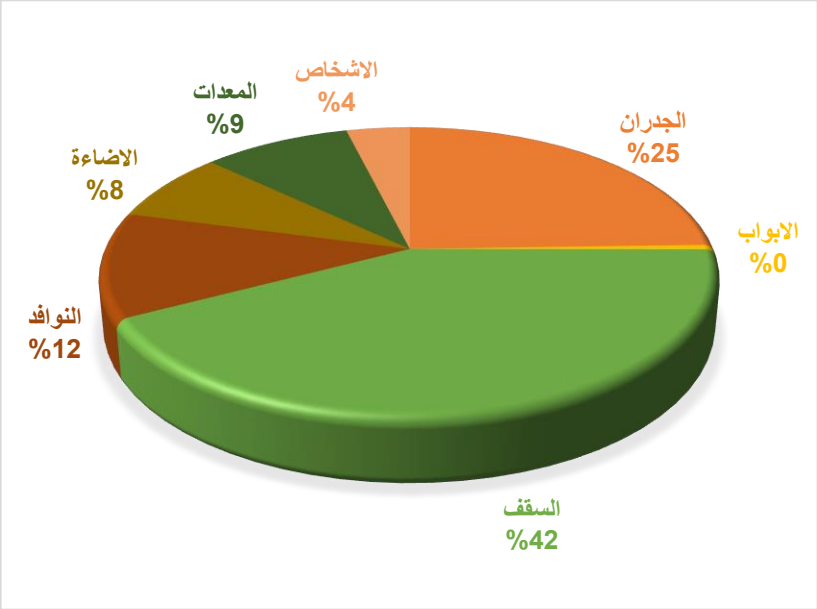
الجدول (2) احمال التبريد والتدفئة للمبنى في الحالة الاولى من برنامج (HAP)

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700 COOLING OA DB / WB 40.6 °C / 21.9 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 6.5 °C / 1.2 °C		
	OCCUPIED T-STAT 23.9 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	14 m²	2357	-	14 m²	-	-
Wall Transmission	116 m²	6213	-	116 m²	4238	-
Roof Transmission	165 m²	10711	-	165 m²	5333	-
Window Transmission	14 m²	1357	-	14 m²	1326	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	5 m²	130	-	5 m²	127	-
Floor Transmission	165 m²	0	-	165 m²	58	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	1984 W	1984	-	0	0	-
Electric Equipment	2314 W	2314	-	0	0	-
People	9	607	317	0	0	0
Infiltration	-	2941	-218	-	2110	0
Miscellaneous	-	120	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	28733	99	-	13191	0

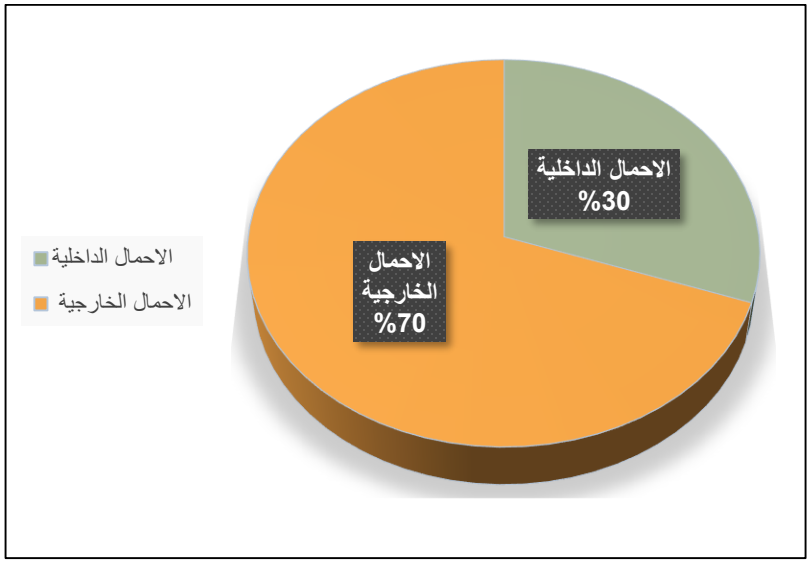
الحالة الاولى

حيث المبنى التقليدي دون اعتماد اي مواد عازلة للحرارة، الجدار مكون من طوب اسمنتي 200مم وطبقتين من اللياسة داخلية وخارجية والسقف خرسانة مسلحة مع هوردي وزجاج النوافذ من طبقة واحدة والجدول (2) يوضح الاحمال الحرارية للتدفئة والتبريد. من خلال النتائج من برنامج هاب نجد ان الاحمال كانت اعلى قيمة الحرارة المنتقلة من السقف في احمال التبريد حيث بلغت10.711kw, وفي حمل التدفئة بلغت 5.333kw نظرا لتعرض السطح لأشعة

الشـــمس لســـاعات طويلة في اليوم, ويليه الجدران6.312kw تم الحرارة المنتقلة عبر زجاج النوافذ بالإشـــعاع والهواء المتســـرب من النوافذ والابواب لأغراض التهوية 2.941kw وكانت كمية الحرارة المنتقلة بالتوصـــيل خلال زجاج النوافذ1.018kw و الشكل (3) يوضح النسبة المئوية للأحمال الحرارية للمبنى, والشكل (4) يوضح نسبة الاحمال الخارجية والداخلية للمبنى حيث بلغت الاحمال الخارجية 70% من الحمل الكلي للمبنى أي ان 70% من حمل التبريد هي حرارة تدخل للمبنى عبر الســـقف و الجدران والنوافذ والابواب و30% هي احمال داخلية و من هنا يتضـــح اهمية استخدام العوازل الحرارية في الجدران والسقف.



الشكل (3) النسب المئوية للأحمال الحرارية للمبنى في الحالة الاولى



الشكل (4) نسبة الاحمال الخارجية والداخلية للمبنى في الحالة الأولى

الجدول رقم (3) يوضح تفاصيل الاحمال الحرارية على الجدران حسب الاتجاهات والسقف. ونجد ان اعلى حمل هو السقف رغم انخفاض معامل انتقال الحرارة الكلى له مقارنة مع الجدران والنوافذ ويليه الجدار الغربي ثم الشرقي ثم الجنوبي والشمالي. ولذلك فإن عزل الجدران والاسقف بعازل حراري يشكل أهمية كبرى في تقليل الحمل الحراري الذي يجب إزالته عن طريق أجهزة التدفئة والتبريد. وبالتالي يتم تقليل قدر كبير في استهلاك الطاقة في المباني. ويهدف هذا البحث الى توضيح أهمية استخدام العوازل الحرارية في السقف والجدران في المباني ودورها في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف

الجدول (3) تفصيل الاحمال الخارجية على الجدران والسقف وعامل انتقال الحرارة (U) في الحالة الأولى.

" ENVELOPE LOADS FOR SPACE " G " IN ZONE " Zone 1 .TABLE 1.1.B						
				COOLING	COOLING	HEATING
	Area	U-Value	Shade	TRANS	SOLAR	TRANS
	(^{2}m)	(w/m^2.k))	.Coeff	(W)	(W)	(W)
N EXPOSURE						
WALL	31	2.503	-	1397	-	1144
1 WINDOW	2	6.302	0.991	226	229	221
2 WINDOW	1	6.302	0.991	113	114	110
E EXPOSURE						
WALL	27	2.503	-	1447	-	976
1 WINDOW	4	6.302	0.991	339	550	331
2 WINDOW	1	6.302	0.991	113	183	110
DOOR	2	1.703	-	56	-	55
S EXPOSURE						
WALL	28	2.503	-	1313	-	1009
1 WINDOW	2	6.302	0.991	226	189	221
DOOR	3	1.703	-	74	-	72
W EXPOSURE						
WALL	30	2.503	-	2056	-	1108
1 WINDOW	4	6.302	0.991	339	1091	331
H EXPOSURE						
ROOF	165	2.208	-	10711	-	5333

الحالة الثانية

في هذه الحالة تم اعتماد الواح الجبس بدل اللياسة الداخلية وترك طبقة هواء بسمك 12مم لزيادة العزل الحراري ونجد ان حمل التبريد انخفض من 28.733 كيلو وات الى 22.410 كيلو واط وحمل التدفئة من 13.191كيلووات الى 10.057 كيلو واط، والجدول (4) يوضح احمال التدفئة والتبريد للمبنى في الحالة الثانية.

الجدول (4) الاحمال الحرارية للمبنى في الحالة الثانية من برنامج (HAP)

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700 COOLING OA DB / WB 40.6 °C / 21.9 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 6.5 °C / 1.2 °C		
	OCCUPIED T-STAT 23.9 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	14 m²	2357	-	14 m²	-	-
Wall Transmission	116 m²	3811	-	116 m²	2785	-
Roof Transmission	165 m²	6790	-	165 m²	3652	-
Window Transmission	14 m²	1357	-	14 m²	1326	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	5 m²	130	-	5 m²	127	-
Floor Transmission	165 m²	0	-	165 m²	58	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	1984 W	1984	-	0	0	-
Electric Equipment	2314 W	2314	-	0	0	-
People	9	607	317	0	0	0
Infiltration	-	2941	-216	-	2110	0
Miscellaneous	-	120	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	22410	100	-	10057	0

الحالة الثالثة

في هذه الحالة الجدران والسقف مثل الحالة الثانية ولاكن تم اضافة طبقتين من الزجاج للنوافذ واعتماد لون فاتح لجدران المبنى الخارجية، ونجد ان احمال التبريد والتدفئة انخفضت بنسبة بسيطة عن الحالة الثانية. والجدول (4) يوضح احمال التدفئة والتبريد للمبنى في هذه الحالة.

الجدول (5) الاحمال الحرارية للمبنى في الحالة الثالثة من برنامج (HAP)

Zone 1	COOLING DESIGN			HEATING DESIGN		
	DATA AT Jul 1700 COOLING C° C / 21.9° OA DB / WB 40.6 COOLING			DATA AT DES HTG HEATING C° 1.2 / C° OA DB / WB 6.5 HEATING		
	C° T-STAT 23.9 OCCUPIED			C° T-STAT 21.1 OCCUPIED		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Skylight Solar Loads & Window	²m 14	1842	–	²m 14	–	–
Wall Transmission	²m 116	3283	–	²m 116	2785	–
Roof Transmission	²m 165	5382	–	²m 165	3824	–
Window Transmission	²m 14	528	–	²m 14	516	–
Transmission Skylight	²m 0	0	–	²m 0	0	–
Door Loads	²m 5	130	–	²m 5	127	–
Floor Transmission	²m 165	0	–	²m 165	58	–
Partitions	²m 0	0	–	²m 0	0	–
Ceiling	²m 0	0	–	²m 0	0	–
Lighting Overhead	W 1984	1984	–	0	0	–
Equipment Electric	W 2314	2314	–	0	0	–
People	9	607	317	0	0	0
Infiltration	–	2941	216–	–	2110	0
Miscellaneous	–	120	0	–	0	0
Safety Factor	%0 / %0	0	0	%0	0	0
Total Zone Loads <<	–	**19130**	**101**	–	**9419**	**0**

الحالة الرابعة

في هذه الحالة تم استخدام الواح البولي ستيرين بسمك 30مم لعزل الجدران من الخارج، وللسقف تم استخدام طبقة من الخرسانة الخفيفة بسمك 100مم من الأعلى وطبقة عازل حراري بسمك 50مم من الأسفل، واستخدام زجاج عاكس للنوافذ في الطبقة الداخلية, حتى وصلت قيمة (U) في جميع المكونات الى المواصفات القياسية, والجدول (6) يوضح احمال التدفئة والتبريد للمبنى في الحالة الرابعة ونجد ان حمل التبريد انخفض الى12.351kw وحمل التدفئة الى4.359kw .

الجدول (6) احمال التبريد والتدفئة للمبنى في الحالة الرابعة من برنامج (HAP)

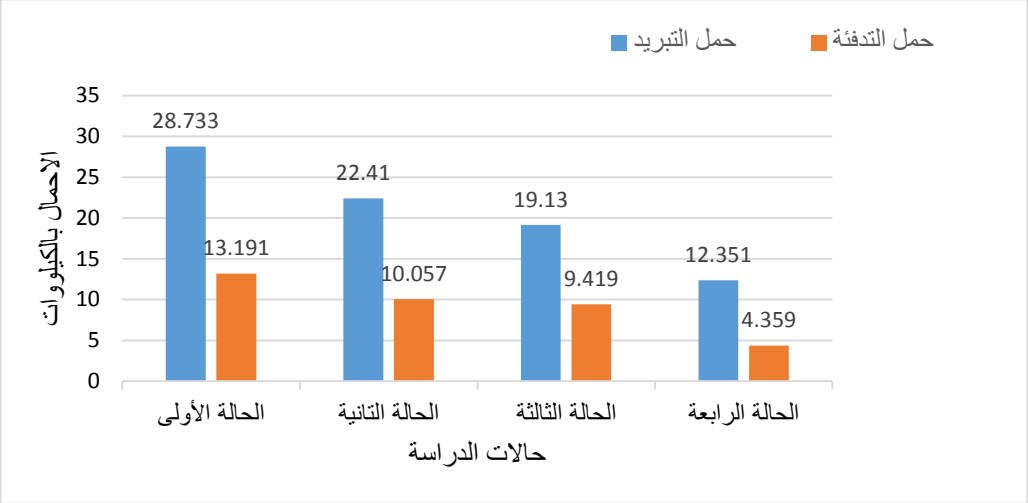
Zone 1	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1500 COOLING OA DB / WB 42.1 °C / 22.3 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 6.5 °C / 1.2 °C		
	OCCUPIED T-STAT 23.9 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	14 m²	2034	-	14 m²	-	-
Wall Transmission	116 m²	809	-	116 m²	918	-
Roof Transmission	165 m²	724	-	165 m²	762	-
Window Transmission	14 m²	410	-	14 m²	384	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	5 m²	136	-	5 m²	127	-
Floor Transmission	165 m²	0	-	165 m²	58	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	1984 W	1984	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2314 W	2314	-	0	0	-
People	9	607	317	0	0	0
Infiltration	-	3214	-216	-	2110	0
Miscellaneous	-	120	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	12351	101	-	4359	0

مناقشة النتائج

من خلال نتائج الحالات الأربعة ومقارنتها بالمواصفات القياسية نجد ان في الحالة الأولى كانت قيمة المعامل الكلي لانتقال الحرارة (U) في السقف والجدران والنوافذ أكبر من المواصفات القياسية بشكل كبير. اما في الأرضية لا توجد احمال للتبريد لأن درجة حرارة الأرض مساوية او اقل من درجة الحرارة داخل المبنى فيقتصر عزل الارضيات فقط على احمال التدفئة. وفي الحالة الثانية عند استخدام الواح الجبس مع فجوه هوائية في الجدران والسقف نجد ان الحمل انخفض بشكل ملحوظ ولاكن معامل انتقال الحرارة لم يصل الى المواصفات القياسية، وفي الحالة الثالثة عند استخدام طبقتين من الزجاج نلاحظ انخفاض في حمل النوافذ. اما في الحالة الرابعة تم استخدام عوازل حرارية في السقف والجدران واستخدام زجاج عاكس في الطبقة الداخلية للنوافذ حتى كان معامل انتقال الحرارة الكلي (U) في جميع مكونات المبنى في نطاق المواصفات القياسية الدولية، ونجد ان حمل التبريد انخفض الى 12.351kw وحمل التدفئة الى 4.359kw والجدول (7) يوضح قيمة معامل انتقال الحرارة الكلي U لمكونات المبنى في النماذج الأربعة مقارنة مع المواصفات الدولية القياسية, والشكل (5) يوضح رسم بياني لأحمال التبريد والتدفئة في الحالات الأربعة.

الجدول (7) معامل انتقال الحرارة الكلي U لمكونات المبنى مقارنة مع المواصفات القياسية

U–Value $(w/m^2.k)$	الجدران	زجاج النوافذ	السقف
الحالة الاول	2.503	6.3	2.208
الحالة الثانية	1.64	6.3	1.51
الحالة الثالثة	1.64	2.45	1.54
الحالة الرابعة	0.54	1.824	0.316
المواصفات الدولية القياسية	0.57	1.9	0.33



الشكل (5) الاحمال الحرارية في حالات الدراسة الاربعة

المستخلص

من خلال نتائج هذه الدراسة نستنتج النقاط التالية

- يتبين بأن معامل انتقال الحرارة الكلي (U) لمواد البناء الاساسية المستخدمة في بناء الجدران والسقف حاليا في المنطقة هي اعلى بكثير من المواصفات القياسية الدولية المحددة للمناطق الصحراوية والحارة ومنطقة الخليج العربي[15] .
- ان نسبة 70% من حمل التبريد هي احمال خارجية تنتقل عبر مكونات المبنى مثل الجدار والسقف والنوافذ والابواب وهذا يوضح أهمية عزل تلك المكونات.
- ان أكبر حمل هو حمل السقف حيث يشكل 42% من حمل التبريد للمبنى ثم الجدار الغربي ثم الشرقي ثم الشمالي والجنوبي ولذلك يجب التركيز على عزل السقف.

- ضرورة الاستفادة من طبقات الهواء الساكن بين طبقات المبنى وفي النوافذ بين طبقتين من الزجاج فهو عازل حراري جيد ورخيص الثمن.
- عند استخدام العزل الحراري بالمواصفات الدولية القياسية انخفض حمل التبريد بنسبة 53.4% وحمل التدفئة بنسبة 33%.

References

[1]. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (A review on buildings energy consumption information) Energy and buildings, 40(3), 394-398 (2008).

[2]. Kaynakli, O. (A review of the economical and optimum thermal insulation thickness for building applications) Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(1), 415-425 (2012).

[3]. Al-Din, S. S., M., & Surchi, Z. N. S. (Building Thermal Comfort Based on Envelope Development: Criteria for selecting right case study in Kyrenia-North Cyprus) Energy Procedia, 115, 80-91. (2017).

[4]. Sozer, H. (Improving energy efficiency through the design of the building envelope) Building and environment, 45(12), 2581-2593. (2010).

[5]. Yoshino, H., Yoshino, Y., Zhang, Q., Mochida, A., Li, N., Li, Z., & Miyasaka, H. (Indoor thermal environment and energy saving for urban residential buildings in China) Energy and buildings, 38(11), 1308-1319. (2006).

[6]. Wang, Y., Huang, Z., & Heng, L (Cost-effectiveness assessment of insulated exterior walls of residential buildings in cold climate) International Journal of Project Management, 25(2), 143-149 (2007).

[7]. Banfi, S., Farsi, M., Filippini, M., & Jakob, M (Willingness to pay for energy-saving measures in residential buildings) Energy economics, 30(2), 503-516 (2008).

[8]. Papadopoulos, A. M. State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. Energy and Buildings, 37(1), 77-86 (2005).

[9]. Feng, Y. Thermal design standards for energy efficiency of residential buildings in hot summer/cold winter zones. Energy and Buildings, 36(12), 1309-1312 (2004).

[10]. Nair, G., Gustavsson, L., & Mahapatra, K. Factors influencing energy efficiency investments in existing Swedish residential buildings. Energy Policy, 38(6), 2956-2963 (2010).

[11].رواد احمد كريم (العوازل الحرارية ودورها في تحسين البيئة الداخلية لمباني المناطق الصحراوية) المؤتمر الثالث للعلوم الهندسية والتكنولوجيا 03-01 (C'EST-2020) الخمس - ليبيا (2020)

[12]. مركز أبحاث البناء (العزل الحراري للمباني) برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، فلسطين 2006.

[13].احمد هلال محمد.، (العزل الحراري وترشيد الطاقة في عمارة الصحراء(جامعة أسيوط، مصر، 2008

[14].هيئة السعودية للمهندسين (مشروع اللائحة التنفيذية لاستخدامات العزل الحراري في المباني)، المملكة العربية السعودية، 2008/03/23،http:// www.saudieng.org/

[15].(Regulation of technical specification of thermal insulation system), chapter one, articale7, Dubai municipality, 2009