JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (89)
2025-2-3
https://jaspss.com

**بحث بعنوان**

# أهمية الخرسانة خفيفة الوزن في البلديات

**إعداد**

**المهندسة أريج عبدالرحمن السخني**

**وزارة الإدارة المحلية – بلدية المفرق الكبرى**

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (89)
2025-2-3
https://jaspss.com

**الملخص :-**

تعد الخرسانة خفيفة الوزن من المواد الحديثة التي تلعب دورًا هامًا في مشاريع البنية التحتية في البلديات، نظرًا لخصائصها الفريدة التي تجمع بين المتانة وخفة الوزن. فهي تساهم في تقليل الأحمال على الأساسات، مما يعزز من كفاءة البناء ويخفض التكاليف الإنشائية. كما أن استخدامها يسهم في تحسين العزل الحراري والصوتي، مما يرفع من جودة المباني ويجعلها أكثر استدامة وكفاءة في استهلاك الطاقة. إضافةً إلى ذلك، تسهل الخرسانة خفيفة الوزن عمليات النقل والتركيب، مما يسرّع تنفيذ المشاريع البلدية مثل الطرق والجسور والمباني العامة، الأمر الذي يعزز التنمية الحضرية المستدامة.

كلمات مفتاحية: الخرسانة /الخرسانة خفيفة الوزن/الخرسانة المسلحة.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (89)
2025-2-3
https://jaspss.com

**Abstract:-**

Lightweight concrete is a modern material that plays an important role in municipal infrastructure projects, due to its unique properties that combine durability and light weight. It contributes to reducing loads on foundations, which enhances construction efficiency and reduces construction costs. Its use also contributes to improving thermal and sound insulation, which raises the quality of buildings and makes them more sustainable and energy efficient. In addition, lightweight concrete facilitates transportation and installation, which speeds up the implementation of municipal projects such as roads, bridges and public buildings, which enhances sustainable urban development.

Keywords: Concrete / Lightweight concrete / Reinforced concrete.

**المقدمة :-**

للخرسانة مجموعة مواصفات يجب أن تتحقق لضمان تنفيذ إنشاء المباني بصورة سليمة و صحيحة و أكثر ديمومة ومن هذه المواصفات ما يكون من قبل عملية الخلط و التنفيذ مثل منشأ و نوعية الإسمنت المستخدم و منها ما يكون أثناء تصميم الخليط الإسمنتي مثل نسب المواد المستخدمة في هذا الخليط و منها ما يكون أثناء الخلط و التنفيذ مثل المواد المضافة لتحسين خواص الخليط أو طريقة خلط المواد الأساسية و طريقة نقلها و درجة الحرارة أثناء الصب و التنفيذ كل هذه العوامل تساهم في تحديد كفاءة الخليط و جودته.

ومع تطور علوم البناء تولدت رغبة في انتاج نوعيات من الخرسانة بمواصفات أكثر تطورا مما كانت عليه في السابق فظهرت ما تسمى الخرسانة خفيفة الوزن و التي تحاكي رغبة الإنسان في تشييد مباني بإرتفاعات أعلى مما سبق و بأحمال أقل وزنا. وتعتبر الخرسانة خفيفة الوزن من المواد البنائية المهمة التي استخدمها العديد من البلديات في مختلف أنحاء العالم نظرًا لخصائصها الفريدة التي تجعلها ملائمة بشكل خاص للعديد من التطبيقات في المشاريع البلدية. إذ توفر هذه الخرسانة بديلًا مثاليًا للخرسانة التقليدية من حيث الكفاءة والفاعلية في الإنشاءات، مما يسهم بشكل كبير في تقليل التكلفة العامة للإنشاء والصيانة في مشاريع البناء.

تتميز الخرسانة خفيفة الوزن بقدرتها على تقليل الحمل على الهياكل الأساسية للمباني والمرافق العامة، ما يساعد على تحسين الأداء الهيكلي للعناصر الإنشائية وتقليل إجهاد الأساسات. كما أن هذه الخرسانة تساهم في تقليل استهلاك الطاقة على المدى الطويل، نظرًا لعزلها الحراري الجيد الذي يساعد في الحفاظ على درجات حرارة مستقرة داخل المباني والمرافق، مما يقلل من الحاجة للتكييف والتدفئة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن الخرسانة خفيفة الوزن تسهم في تحسين سرعة التنفيذ في مشاريع البناء والتطوير، حيث يمكن تجهيزها بسهولة ونقلها وتنفيذها بسرعة أعلى مقارنة بالخرسانة التقليدية. كما أن خصائصها العازلة تجعلها خيارًا مثاليًا في المناطق ذات الظروف المناخية المتقلبة، مما يعزز كفاءة الإنشاءات البلدية في مواجهة التحديات المناخية.ومن خلال استخدام الخرسانة خفيفة الوزن، يمكن للبلديات تحقيق توفير كبير في التكاليف، سواء في مرحلة البناء أو في صيانة المنشآت على المدى البعيد. وبذلك، تبرز الخرسانة خفيفة الوزن كأداة فعالة تساهم في تحسين استدامة المشروعات الإنشائية في البلديات وتحقيق التنمية العمرانية المستدامة.

**مشكلة البحث**

تتمثل مشكلة البحث في الحاجة إلى فحص وتقييم أهمية الخرسانة خفيفة الوزن في مشاريع البلديات، حيث تشهد البلديات تحديات كبيرة في التعامل مع متطلبات البناء المستدام، وتقليل التكلفة، وتحقيق كفاءة في استهلاك الموارد. في الوقت الذي تزداد فيه الحاجة إلى تحسين جودة المواد الإنشائية، لا تزال بعض البلديات تعتمد على الخرسانة التقليدية التي قد تؤدي إلى زيادة التكاليف والضغط على البنية التحتية.رغم الفوائد المحتملة لاستخدام الخرسانة خفيفة الوزن في مشاريع البناء، فإن هناك تحديات تتعلق بتطبيقها على نطاق واسع في البلديات. يتطلب الأمر دراسة شاملة لفهم مدى توفر هذه المادة في الأسواق المحلية، والتحديات التي قد تواجه البلديات في استخدامها مقارنة بالخرسانة التقليدية من حيث التكلفة، الأداء، والموارد المتاحة. علاوة على ذلك، تبرز مشكلة كيفية تأثير هذه الخرسانة على الجوانب البيئية، مثل تقليل انبعاثات الكربون وتحسين استدامة البناء.

من بين القضايا الرئيسية التي تثيرها هذه الدراسة هي تأثير الخرسانة خفيفة الوزن على القوى العاملة في البلديات. حيث يتطلب العمل باستخدام هذه الخرسانة تدريبًا متخصصًا لمهندسي الإنشاء والعمال، مما

يمكن أن يشكل تحديًا إضافيًا يتطلب استثمارًا في برامج التدريب وتطوير المهارات. بالإضافة إلى ذلك، يحتاج التطبيق الواسع لهذه المواد إلى تحديث الأنظمة واللوائح المحلية لضمان توافقها مع المعايير الهندسية المتبعة.وأخيرًا، تكمن مشكلة البحث في تقييم مدى فعالية الخرسانة خفيفة الوزن في مشاريع البلديات على المدى الطويل. فعلى الرغم من أنها قد تقدم فوائد فورية في تقليل الأوزان وتحسين العزل الحراري، إلا أن هناك حاجة إلى دراسة متعمقة حول مقاومة هذه الخرسانة للظروف البيئية القاسية، بالإضافة إلى تحليل تأثيرها على صيانة المباني على المدى البعيد لضمان استدامتها في وجه التقلبات المناخية والاحتياجات المستقبلية.

**اهداف البحث**

1. دراسة تأثير استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن على تقليل الضغط على البنية التحتية للبلديات وتحسين استدامتها.

2. تحليل تكلفة استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن مقارنة بالخرسانة العادية وتحديد الفوارق في التكاليف والاقتصادية العامة للمشاريع.

3. استكشاف فوائد استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن في تقليل انبعاثات الكربون وتحسين جودة البيئة في المدن.

4. دراسة تأثير استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن على تحسين عزل الحرارة والصوت في البنايات والمباني في البلديات.

5. تقييم كفاءة استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن في تقليل الفقر السكني وتحسين جودة المساكن في البلديات بشكل عام.

**اهمية البحث**

1. تقديم حلاً مستدامًا وفعالًا لمشاكل البنية التحتية في المدن، مثل تقليل الضغط على الأرضيات والجسور والطرق.

2. توفير بيئة حضرية صحية ومستدامة من خلال تقليل انبعاثات الكربون وتحسين جودة الهواء في المدن.

3. تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في البنايات والمنشآت بفضل الخواص العازلة للحرارة والصوت للخرسانة الخفيفة الوزن.

4. تعزيز تنمية المدن الذكية والمستدامة من خلال تطبيق تقنيات البناء الحديثة والمواد المبتكرة.

5. تحقيق توازن بين الاقتصاد والبحث العلمي من خلال تقديم حلول فعالة ومستدامة لمشاكل البنية التحتية في البلديات.

**اسئلة البحث**

1. ما هي الفوائد الاقتصادية لاستخدام الخرسانة الخفيفة الوزن في مشاريع البنية التحتية في البلديات؟

2. كيف يمكن للخرسانة الخفيفة الوزن المساهمة في تحسين استدامة البنية التحتية وتقليل الضغط عليها في المدن؟

3. ما هو تأثير استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن على جودة الهواء والبيئة في المدن؟

4. ما هي التقنيات والمواد الجديدة التي يمكن استخدامها مع الخرسانة الخفيفة الوزن لتعزيز كفاءة البناء في المدن؟

5. كيف يمكن تعزيز تبني استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن كخيار مستدام وفعال في تطوير البنية التحتية في البلديات؟

**الاطار النظري**

**الباب الأول:-**

**تاريخ استخدام الخرسانة خفيفة الوزن و بعض أنواعها:-**

كان أول استخدام للخرسانة خفيفة الوزن (LWC) عام 1917 عندما بدأت شركة أسطول الطوارئ الأمريكية في بناء السفن بهذا الخليط نظرا لقوته و أدائه العالي و منذ ذلك الوقت أصبحت الخرسانة خفيفة الوزن مادة بناء شائعة لبناء الجدران الحاملة القوية و الجسور و أنظمة الصرف الصحي .

و يحظى هذا النوع من الخرسانة باهتمام كبير في مجال تقنيات البناء حيث تهدف هذه التقنية إلى إيجاد خليط إسمنتي بمواصفات عالية و أخف وزنا و أقل حملا في نفس الوقت .

ولهذا الشكل من الخرسانة عدة أنواع نذكر منها:-

1- الخرسانة ذات الركام الخفيف 2- الخرسانة المهواة 3- الخرسانة الخالية من الرمال

**الباب الثاني:-**

إيجابيات استخدام الخرسانة خفيفة الوزن:-

أصبحت الخرسانة خفيفة الوزن في عصرنا الحالي خيارا مرغوبا في عمليات التشييد والبناء و ذلك لعدة أسباب نذكر منها :-

1- خفة الوزن و التي تعد من أهم المميزات التي تتبرز عند الحديث عن ( LWC) فمقارنة بالخرسانة التقليدية يمكن أن يقل وزنها بما نسبته 35% و هذا يعني تكاليف تأسيس و بنية تحتية أقل.

2- تحسين العزل الحراري و مقاومة الخرسانة خفيفة الوزن للحرائق حيث أن المسام الهوائية داخل الخرسانة تؤدي إلى توفير عزل أفضل.

3- بالإضافة إلى ما ذكر في النقطة رقم 2 فإن الخرسانة خفيفة الوزن توفر عزلا صوتيا جيدا مما يقلل الشعور بالضوضاء بشكل أفضل.

**الباب الثالث :-**

**الفرق بين الخرسانة العادية و الخرسانة خفيفة الوزن من الناحية المادية :-**

على النقيض من الخرسانة التقليدية، تحتوي الخرسانة خفيفة الوزن على نسبة أعلى من الماء. يؤدي استخدام الكتل المسامية إلى زيادة الوقت الذي تستغرقه حتى تجف؛ وبالتالي، للتغلب على هذه المشكلة، يتم نقع الكتل مسبقًا في الماء قبل إضافتها إلى الأسمنت.

كما هو معلوم يمكن أن تزن الخرسانة العادية ما بين 140 إلى 150 رطلاً/قدم مكعب بسبب وجود كتل أكثر كثافة في حالتها الطبيعية. ونتيجة لذلك، يعتقد الكثيرون أن الخرسانة العادية أرخص مقارنة

بالخرسانة خفيفة الوزن. ومع ذلك، تتطلب المشاريع المصنوعة من الخرسانة العادية مواد إضافية للتأطير والكسوة مما يؤدي في النهاية إلى زيادة التكلفة الإجمالية. وبالتالي، تظل الخرسانة خفيفة الوزن مادة بناء فعالة من حيث التكلفة، وخاصة للمشاريع الأكبر حجمًا.

**رطوبة الخرسانة:-**

قد توفر ميزة الوزن للخرسانة خفيفة الوزن أفضل فائدة، ولكن نفس الميزة التي تقلل الوزن – المسام في الكتل أو الرغوة، أو في الهواء الذي يتم إدخاله أثناء الخلط – تصبح أيضًا مساحات إضافية داخل الخرسانة يمكنها حبس الرطوبة والاحتفاظ بها.

ما لم يتم أيضًا إدخال مادة مجففة ذاتية أو مادة كيميائية أخرى تحبس الرطوبة في البلاطة، فيجب أن تجد المياه الناتجة عن عملية الخلط والترطيب الأولية طريقها في النهاية إلى السطح لتتبخر.

تحتفظ بعض المواد المضافة مثل الرماد المتطاير بالرطوبة لفترات أطول، كما أن الحجم الهائل للعديد من المسام الإضافية للكتلة سيزيد أيضًا من كمية المياه المحتجزة، بالإضافة إلى الوزن الذي ستسببه الرطوبة الإضافية حتى يتم إطلاقها.

نظرًا لأن الخرسانة خفيفة الوزن تتمتع بهذه القدرة المتزايدة على امتصاص الرطوبة، فقد يستغرق تجفيفها ضعفين إلى ثلاثة أضعاف وقت تجفيف الخرسانة العادية. يمكن أن يشكل هذا تحديات حقيقية للمقاول أو المتعهد المكلف بالحفاظ على جدول البناء على المسار الصحيح وفي حدود الميزانية إذا لم يتم أخذ هذه الخاصية للخرسانة خفيفة الوزن في الاعتبار أثناء مرحلة التصميم والتخطيط.

يمكن أن تكون التأخيرات انتكاسات كبيرة للجدول الزمني أو تكاليف إضافية لعمليات إزالة الرطوبة والمعدات.

وهذا يعني أيضًا أن طرق اختبار رطوبة الخرسانة القائمة على السطح تعاني من عيب شديد في محاولة قياس مستوى الرطوبة في بلاطة خرسانية خفيفة الوزن. في الواقع، أصبح هذا واضحًا مع شيوع فشل الخرسانة المرتبطة بالرطوبة مع توسع استخدام الخرسانة خفيفة الوزن، وبناءً على النتائج، رفضت ASTM على وجه التحديد اختبار كلوريد الكالسيوم (CaCl) للخرسانة خفيفة الوزن.

← فكيف يمكنك التخفيف من عيوب ميل الخرسانة خفيفة الوزن إلى الاحتفاظ بالرطوبة ؟؟؟

1- كما سبق أن أشرنا، تستغرق الخرسانة خفيفة الوزن وقتًا أطول بكثير حتى تجف. ومن خلال فهم هذا في مرحلة التخطيط، يمكن تعديل الجدول الزمني لزيادة وقت التجفيف إلى أقصى حد.

2- تحسين الظروف المحيطة:- هناك عدد من العوامل البيئية التي تؤثر على وقت تجفيف الخرسانة. إن إبقاء الخرسانة في حالة صالحة للخدمة، أو ضبط تدفق الهواء ومستويات الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة لتعظيم عملية التجفيف يمكن أن يحسن من حركة الرطوبة من الخليط الإسمنتي إلى السطح وبعيدًا.

3- الاختبار باستخدام اختبار الرطوبة النسبية:- فقط اختبار الرطوبة النسبية، مثل Rapid RH يمكنه قياس حالة الرطوبة في الخرسانة خفيفة الوزن بدقة. ولأن Rapid RH يضع أجهزة استشعار داخل العنصر الخرساني على العمق الأمثل، فإن نتائج الاختبار ستوفر صورة دقيقة للرطوبة النسبية داخل الخرسانة وتسمح باتخاذ قرارات مستنيرة حول جداول التثبيت أو خيارات المواد اللاصقة أو التشطيب والخطوات العلاجية إذا لزم الأمر، يوفر Rapid RH تقنية سريعة وسهلة الاستخدام لتحديثات فورية حول حالة الخليط الإسمنتي. كما أنه يتوافق مع ASTM F2170 للسماح بمعلومات الضمان الموثقة عند الضرورة.

**الباب الرابع :-**

**تطبيقات على الخرسانة خفيفة الوزن:-**

يعد مبنى (بنك أوف أميركا )في شارلوت بولاية نورث كارولينا أحد أكثر الهياكل شعبية التي تم بناؤها باستخدام الخرسانة خفيفة الوزن. وهذا يوضح كيف يمكن استخدام الخرسانة خفيفة الوزن لبناء هياكل هائلة، خاصة وأن احتمالية نقل الحمل الميت من طابق إلى آخر تقل بشكل كبير.

وبالتالي فإن الخرسانة خفيفة الوزن مثالية لبناء أرضيات إضافية فوق الهياكل القديمة أو حتى الأحدث، حيث تقلل من خطر الانهيار. وبالتالي، يمكن استخدامها لبناء الجسور والطوابق والعوارض والأرصفة والإنشاءات الجاهزة والمباني الشاهقة ذات الكثافة المنخفضة بنجاح. على سبيل المثال، سمح استخدام الخرسانة خفيفة الوزن في جسر نهر واباش للبنائين بتقليل كثافة المشروع بنسبة 17%، وتوفير 18% من حيث التكلفة – وهو ما يعادل 1.7 مليون دولار.

نظرًا لانخفاض التوصيل الحراري للمادة العازلة للماء ومقاومتها العالية للحرارة، فهي تُستخدم الآن بشكل شائع لعزل أنابيب المياه والجدران وأسطح المنازل وما إلى ذلك. كما أنها تحمي من تآكل الفولاذ من خلال تكوين طبقة واقية تعمل أيضًا على عزل الهياكل الفولاذية ضد التعفن. تُستخدم المادة العازلة للماء بشكل شائع أيضًا لبناء ممرات الطرق السريعة والمرورية، دون إضافة حمولة ميتة إلى الهياكل القائمة.

**الباب الخامس:- استخدام الخرسانة خفيفة الوزن في الخليج العربي:-**

**1- مطار دبي الدولي – دبي:-**

قدمت شركة سيمكس أكثر من 10,000 متر مكعب من الخرسانة الهيكلية خفيفة الوزن في هذا المشروع الإنشائي المرموق، مما يسمح بمسافات أكبر بين الأعمدة، مما يزيد من المساحة داخل الهيكل دون التضحية بالأداء الهيكلي.

**البيانات الفنية:-**

| | |
|---|---|
| درجة الخرسانة (نيوتن/متر مربع) | 5 - 45 |
| المتانة (RCP، WP، WA) | غير مطلوبة |
| قابلية التشغيل الانحدار (مم) | 150 - 200 |
| قابلية التشغيل الاحتفاظ (ساعات) | 1 - 3 |
| الحجم الأقصى للركام (مم) | 5 و8 و14 |
| الكثافة المتصلبة النموذجية (كجم/متر مكعب) | 1000 - 2000 |
| أنواع الأسمنت | OPC، SRC، MSRPC |
| المواد الأسمنتية التكميلية | DURACEM / Microsilica |

**2- الخرسانة الخفيفة الوزن – مركز الملك عبدالله المالي:-**

تقوم شركة الاستثمارات الرائدة ببناء مركز الملك عبدالله المالي، وهو مشروع عقاري بمساحة 1.6 مليون متر مربع يقع شمال الرياض. ويضم مركز الملك عبدالله المالي السوق المالية السعودية (تداول) وهيئة السوق المالية (CMA) ومقر سوق السلع الأساسية.

متطلبات المشروع:

يتطلب المشروع عزل ألواح البناء والأرصفة بطبقة من الخرسانة خفيفة الوزن بسمك 10 مم مع الخصائص التالية:

القوة المميزة = 20 ميجا باسكال عند 28 يومًا.

الكثافة القصوى = 1800 كجم/م$^3$.

التكوم 150±50 مم.

**<u>التحديات التي واجهت التنفيذ باستخدام الخرسانة خفيفة الوزن:-</u>**

1- عدم توفر الركام الخفيف الوزن في الرياض.

2- تحقيق قوة 20 ميجا باسكال عند 28 يومًا بكثافة منخفضة.

3- نظرًا لطبيعة الركام الخفيف الوزن، سيظهر خليط الخرسانة مقاومة عالية للضخ إلى مستويات أعلى (طبيعة الامتصاص العالية للركام عالي المسامية تقلل من كمية الماء المصممة في الخليط).

4- نظرًا لأن ضخ هذا النوع من الخليط يقلل عادةً من محتوى الهواء في الخليط، فإن كثافة الخرسانة تميل إلى الزيادة.

5- التحكم في إنتاج الخليط والحفاظ على خصائص الخليط أثناء التسليم والمناولة والوضع.

6- ستظهر الخرسانة التقليدية ذات التكوم 150 ± 50 مم صعوبات أثناء الضخ إلى ارتفاعات عالية.

**الحلول:-**

1- تم استخدام الركام الخفيف (سيكوليت) من المنطقة الغربية في الخلط.

2- تقليل محتوى الأسمنت الذي يتميز بكثافة عالية في الخلطة.

3- استخدام الميكروسيليكا في الخلطة لتحقيق القوة المطلوبة والكثافة التي تتميز بكثافة منخفضة على عكس الأسمنت.

4- استخدام إضافات احتجاز الهواء للحفاظ على محتوى الهواء بالشكل المطلوب.

5- تشبيع الركام لتحسين قابلية ضخ الخلطة إلى مستويات أعلى.

6- تم تعديل الخرسانة التقليدية ذات التكوم 150±50 مم إلى خرسانة ذاتية الرص مع 550±50 مم لضمان قابلية ضخ الخلطة إلى مستوى مرتفع

7- ضخ الملاط عالي التدفق عبر خطوط الأنابيب لضمان التغليف الداخلي الكامل لخطوط الأنابيب لتسهيل قابلية الضخ والتحكم في الحفاظ على خصائص الخلطة أثناء عملية الضخ.

**الباب السادس :-**

أنواع الخرسانة خفيفة الوزن:-

1- الخرسانة ذات الركام الخفيف:-

يتم إنتاج هذا النوع من الخرسانة الخفيفة الوزن باستخدام مواد خاملة مسامية وخفيفة الوزن بما في ذلك الطين والحجر الجيري والحجر الخفاف البركاني والرماد أو البيرلايت. كما يمكن إضافة مواد خام أضعف إلى الخليط، مما يؤثر على توصيله الحراري؛ ومع ذلك، فإن القيام بذلك قد يقلل من قوته.

الخرسانة ذات الركام الخفيف مثالية للكتل الخرسانية المصبوبة مسبقًا أو التعزيزات الفولاذية. ومع ذلك، تظهر الأنواع الأكثر كثافة نتائج ربط أفضل بين الفولاذ والخرسانة، إلى جانب الحماية المعززة من تآكل الفولاذ.

2- الخرسانة المهواة أو الرغوية:-

يُعرف هذا النوع من الخرسانة الخفيفة الوزن أيضًا باسم الخرسانة الغازية أو الخرسانة الرغوية، حيث يتم تطويره عن طريق إدخال فراغات كبيرة في كتلة الملاط أو الخرسانة. يتم حقن الفراغات عادةً من خلال تفاعل كيميائي، أو باستخدام عامل احتجاز الهواء.

لا تتطلب الخرسانة الهوائية أو الرغوية التسوية، وتُظهر عزلًا حراريًا مناسبًا، وهي ذاتية الضغط. وهذا يجعلها مثالية للاستخدام في الأماكن التي يصعب الوصول إليها وأنظمة الصرف الصحي.

3- الخرسانة الخالية من الرمال (المواد الدقيقة):-

تم تطوير هذا النوع من الخرسانة عن طريق إزالة المواد الدقيقة من الخليط؛ مما ينتج عنه خرسانة تتكون فقط من فراغات كبيرة ومواد دقيقة. ولهذا السبب تتمتع الخرسانة الخالية من المواد الدقيقة بعزل أفضل وانكماش أقل نسبيًا عند التجفيف.

الخرسانة الخالية من المواد الدقيقة هي الأنسب للجدران الحاملة للأحمال ويمكن استخدامها في كل من الإنشاءات الداخلية والخارجية. ومع ذلك، لا ينبغي استخدام هذا النوع من الخرسانة خفيفة الوزن مع الخرسانة المسلحة، وخاصة بسبب كثافتها المنخفضة ومحتواها من الأسمنت.

**الخلاصة:-**

تتمتع الخرسانة خفيفة الوزن بمزايا وعيوب مثلثها مثل كل التقنيات المستخدمة في البناء و إن معرفة هذه المزايا والعيوب تسمح للمهتمين بهذه التقنية و العاملين فيها باتخاذ قرارات مستنيرة تهدف إلى تطوير المزايا و معالجة العيوب ومن أبرز هذه العيوب هي الإحتفاظ العالي للخليط الإسمنتي بالرطوبة مما يستدعي ضرورة إجراء اختبارات دقيقة للرطوبة لتأكيد وتوثيق جاهزية الخرسانة لإستخدامها في تنفيذ أعمال البناء المختلفة.

يساعد جهاز Rapid RH على التأكد من أن الخليط الإسمنتي جاهز للخطوة التالية نحو خرسانة ذات مواصفات جيدة تدوم طويلاً.

**النتائج والتوصيات**

**النتائج:**

1. أظهرت الدراسة أن استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن في المشاريع البلدية يمكن أن يقلل من وزن الهياكل والضغط على البنية التحتية بشكل كبير.

2. تبينت فوائد استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن في تحسين جودة الهواء وتقليل انبعاثات الكربون في المدن.

3. تم التأكيد على أن الخرسانة الخفيفة الوزن تساهم في تعزيز الاستدامة البيئية وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في البلديات.

**التوصيات:**

1. يُوصى بمزيد من البحوث والتطوير في مجال تقنيات البناء باستخدام الخرسانة الخفيفة الوزن لتحقيق أقصى استفادة من فوائدها.

2. يُنصح بتشجيع الجهات المعنية في البلديات على اعتماد استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن في مشاريع البنية التحتية لتحقيق الاستدامة البيئية.

3. يُنصح بمشاركة نتائج الدراسة مع الجهات الحكومية والمهندسين المعماريين والمقاولين لتوعيتهم بفوائد استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن وتشجيعهم على تبنيها في مشاريعهم.

**المصادر و المراجع:**

نيفيل، إيه إم، وبروكس، جي جي (2010). تكنولوجيا الخرسانة (الطبعة الثانية). تعليم بيرسون.

ميهتا، P. K.، ومونتيرو، P. J. M. (2014). الخرسانة: البنية المجهرية والخصائص والمواد (الطبعة الرابعة). تعليم ماكجرو هيل.

لجنة ACI 213. (2014). دليل الخرسانة الهيكلية خفيفة الوزن (ACI 213R-14). معهد الخرسانة الأمريكي.س

Mat Lazim Zakaria,(1978). Bahan dan Binaan, Dewan Bahasa dan Pustaka .

A.M Neville (1985), Properties of concrete, Pitman

Al-Khaiat, H., & Haque, M. N. (1998). Effect of initial curing on early strength and physical properties of lightweight concrete. Cement and Concrete Research, 28(6), 859-866. https://doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00043-1

Kayali, O., & Ahmed, M. S. (2013). Sustainability of lightweight concrete in urban construction. Journal of Cleaner Production, 52, 420-429. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.020