JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
https://jaspss.com
ISSN: 2958-679
الإصدار رقم (51)
2024-5-6

بحث بعنوان

التكنولوجيا الحديثة في تقييم المنشآت الخرسانية

رناد عادل محمود المومني

مهندس مدني

مكان العمل بلدية الجنيد

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-679
الإصدار رقم (51)
2024-5-6
https://jaspss.com

ملخص البحث

يعد تقييم المنشآت الخرسانية امر مهم وضروي لتأكيد السلامة الهيكلية لها وتقييم متانتها وأداء البنية التحتية لذلك دعت الحاجة الى وجود نظام فعال للتقييم الهيكلي المبكر والمنتظم لضمان الجودة (quality assurance) اثناء وبعد مرحلة الانشاء او إعادة الانشاء. هناك عدة طرق لتقييم وضع الخرسانة وهي: الفحوصات غير المدمرة ((Non-destructive testing (NDT)، والفحوصات شبه المدمرة ((Semi-Destructive testing (SDT). يهدف هذا البحث لتسليط الضوء على اهم وأحدث الطرق التكنولوجية غير المدمرة وشبه المدمرة لتقييم حالة المنشآت الخرسانة وعمرها وقدرتها على تحمل الاحمال لاتخاذ التدابير والاجراءات اللازمة لتحسين حالتها.

ISSN: 2958-679
الإصدار رقم (51)
2024-5-6
https://jaspss.com

Abstract

Evaluating concrete structures is important and necessary to confirm their structural integrity and evaluate their durability and infrastructure performance. Therefore, there is a need to have an effective system for early and regular structural evaluation to ensure quality (quality assurance) during and after the construction or reconstruction phase. There are several methods to evaluate the condition of concrete: non-destructive testing (NDT) and semi-destructive testing (SDT). This research aims to shed light on the most important and latest non-destructive and semi-destructive technological methods to evaluate the condition of concrete structures, their age, and their ability to bear loads to take the necessary measures and procedures to improve their condition.

ISSN: 2958-679
الإصدار رقم (51)
2024-5-6

المقدمة

يعد تقييم الخرسانة المسلحة من الأمور الحاسمة لضمان الجودة والأمان في الهياكل الهندسية. فعندما يتم تقييم الخرسانة المسلحة بشكل صحيح، يمكن اكتشاف العيوب والتشوهات المحتملة في والمنشآت والمواد المصنوعة منها. هذا يساعد في تحسين تصميم الهياكل، وتحديث أساليب البناء، وتوفير التكلفة. بالإضافة إلى ذلك، فإن تقييم الخرسانة المسلحة يساهم في زيادة عمر الهياكل وتقليل الحوادث والتلف الناتج عن تدهور الخرسانة بمرور الوقت. يتطلب تقييم جودة الخرسانة المسلحة مهارات وأدوات متطورة لتحقيق الجودة والأداء المتميز للهياكل الخرسانية. ويهدف هذا العمل إلى تقديم طرق تقييم فعالة للخرسانة المسلحة لتحقيق المزيد من السلامة والاستدامة في المباني والهياكل المختلفة. تتيح هذه التقنيات تحسين عملية التشخيص واكتشاف العيوب المخفية وإجراء التصليحات اللازمة في الوقت المناسب. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدامها لتوفير أدوات تساعد في تحسين جودة البناء وتنفيذه وتعزيز التواصل بين الفرق الهندسية المختلفة المعنية بتقييم الخرسانة المسلحة.

مشكلة البحث

تظهر في المنشآت الخرسانية عيوب ومشاكل تضعف اداءها وتقلل عمرها ومن الممكن ان تؤدي الى انهيارها فتصبح غير صالحة للاستخدام وذلك بسبب عدة أمور منها سوء المصنعية والتنفيذ، استخدام مواد انشائية ذات جودة ضعيفة، سوء الاستخدام والعوامل البيئية. لذلك دعت الحاجة لوجود طرق دقيقة للكشف عن هذه العيوب وتحديد اسبابها بشكل مبكر ولذلك لاتخاذ الإجراءات المناسبة وتحديد طرق الصيانة المناسبة للحفاظ على هذه المنشآت لأطول فترة ممكنة بكفاءة عالية.

بشكل عام، تتجلى مشكلة البحث في الية اكتشاف العيوب في المنشآت الخرسانية للمحافظة عليها وضرورة تحسين عمليات تصميمها وتنفيذها والعمل على تطوير المواد الانشائية وتحديث أساليب البناء وطرق الصيانة.

اهداف البحث

1. التعريف بأساليب تقييم المنشآت الخرسانية: توضيح أساليب واختبارات تقييم المنشآت الخرسانية وهدف كل اختبار.
2. تحسين كفاءة المنشآت الخرسانية: وذلك عن طريق إيجاد العيوب والمشاكل في المنشآت وعمل الصيانة المناسبة لها.
3. تطوير أساليب تقييم المنشآت الخرسانية: العمل على إيجاد طرق ذكية وأكثر سرعة ودقة وشمولية لكشف العيوب ومعالجتها وصيانتها.
4. تطوير أساليب مستدامة: تطوير أساليب تقييم المنشآت الخرسانية تهدف إلى تحقيق استدامة بيئية واقتصادية.

أهمية البحث

1. تحسين الأمان للمنشآت الخرسانية: يعزز البحث في طرق تقييم المنشآت الخرسانية الأمان في المنشآت الخرسانية، حيث يمكن تحديد نقاط الضعف والتلف لعمل الصيانة المناسبة لتحقيق منشآت تتحمل الظروف البيئية والاستخدام اليومي.
2. تقليل التكاليف والوقت: يساهم البحث في استخدام التقنيات المتقدمة في تقييم المنشآت لتحسين حالتها، مما يقلل من التكاليف والوقت المطلوب في صيانتها عند اكتشاف العيوب مبكرا.

3. تحقيق استدامة بيئية: يمكن البحث من تطوير أساليب تقييم المنشآت تهدف الى تحقيق منشآت تتماشى مع مبادئ الاستدامة البيئية، مما يسهم في تقليل الأثر البيئي للمشاريع الإنشائية.
4. تطوير تكنولوجيا صيانة المنشآت: يشجع البحث على تطوير تقنيات تقييم المنشآت الخرسانية، مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد والتكنولوجيا الذكية لتحسين جودة المنشآت الخرسانية وزيادة عمرها.

اسئلة البحث

1. ما هي أساليب تقييم المنشآت الخرسانية؟
2. متى نلجأ الى كل أسلوب من أساليب تقييم المنشآت الخرسانية؟
3. ما هي فائدة تقييم المنشآت الخرسانية؟
4. كيف يمكن تحسين فعالية وزيادة عمر المنشآت الخرسانية؟

الإطار النظري

يعد تقييم جودة الخرسانة المسلحة أمرًا حيويًا لضمان الأداء الأمثل للمباني والهياكل. فقد تتعرض الخرسانة المسلحة للعديد من المشكلات منها التحلل والتآكل الشروخ، انفصال الغطاء الخرساني، التآكل والصدأ على مر الزمن، بالإضافة إلى تأثير العوامل البيئية والأحمال الثقيلة. وبالتالي، فإن تقييم الخرسانة المسلحة يساهم في اكتشاف أي مشاكل محتملة في الهيكل واتخاذ التدابير اللازمة لمعالجتها، مما يؤدي إلى تحقيق أعلى مستويات السلامة والجودة. الخطوة الأولى في تقييم الهياكل الخرسانية هي إجراء فحص بصري، والذي يمكن أن يكشف الكثير من المعلومات حول حالة السطح والعيوب. يمكن أن يساعد الفحص البصري أيضًا في تحديد المناطق التي تحتاج إلى مزيد من الفحص أو الاختبار. ومع ذلك، فإن الفحص البصري وحده لا يكفي لتحديد الأسباب الجذرية ومدى وخطورة المشاكل، حيث قد

يكون بعضها مخفيًا أو كامنًا. ولذلك، ينبغي استكمال الفحص البصري بطرق أخرى يمكن أن توفر بيانات أكثر تفصيلا وكمية وهي الطرق غير المدمرة/ المتلفة ((Non Destructive Testing (NDT) والطرق شبة المدمرة/ المتلفة ((Semi Destructive Testing (SDT). الاختبارات غير المدمرة/ المتلفة هي مجموعة من الطرق المستخدمة لقياس أو تقييم خصائص أو أداء الهياكل الخرسانية دون التسبب في أي ضرر أو تغيير، يتم عمل هذه الاختبارات في الموقع المراد عمل الاختبارات له (In-situ Testing). ويمكن استخدامه لكشف وتوصيف العيوب الداخلية، مثل الشقوق والفراغات، وكذلك لتقدير قوة وصلابة وكثافة ورطوبة ونفاذية الخرسانة. تشمل طرق الاختبارات غير المدمرة الشائعة لتقييم الخرسانة اختبار قياس سرعة النبضات (Ultrasonic Pulse Velocity)، واختبار مطرقة شميدت (Schmidt Hammer). الاختبارات شبه المدمرة هي وسيلة للحصول على عينات أو قياسات عن طريق إزالة أو إتلاف جزء من الهيكل الخرساني. يتم عمل جزء من هذه الاختبارات في الموقع المراد عمل الاختبارات له (In-situ Testing) والجزء الاخر تكون في المختبر (Laboratory Testing). يمكن أن يوفر بيانات أكثر دقة وموثوقية من الاختبار غير المدمرة، ولكن من سلبياته التسبب في الضرر، والحاجة إلى الإصلاح أو الترميم، والى كونه مكلفًا ويستغرق وقتًا طويلاً. والطريقة الأكثر شيوعا هي اخذ عينات اسطوانية الشكل تسمى (Coring) من الخرسانة واجراء الاختبارات لقياس قوة الضغط والكثافة والمسامية.

الاختبارات غير المدمرة ((Non Destructive Testing (NDT)

لتحقيق مستوى عالٍ من السلامة الهيكلية والمتانة والأداء للبنية التحتية والحفاظ عليه، هناك حاجة ماسة إلى نظام فعال للتقييم الهيكلي المبكر والمنتظم. أصبح ضمان الجودة أثناء وبعد إنشاء الهياكل الجديدة وبعد عمليات إعادة الانشاء، وتحديد خصائص المواد والأضرار مصدر مقلق بشكل متزايد. لذلك تم

اللجوء الى الاختبارات غير المدمرة كونها متقدمة للغاية وتتمتع بإمكانية متزايدة لتكون جزءًا من هذا النظام لإدارة البنى التحتية. تم تطوير الاختبارات غير المدمرة لاستخدامها في مجالات الهندسة المدنية عن طريق تعديل وتطوير التقنيات الحالية المستخدمة في المجالات الاخرى فمثلا يتم اختبار الطائرات والمنشآت النووية والمصانع الكيماوية وأنظمة النقل والأجهزة الإلكترونية وغيرها من المنشآت الحيوية للسلامة بشكل منتظم وغير مدمر باستخدام تقنيات اختبار سريعة وموثوقة.

يكون تطبيق أساليب الاختبار غير المدمرة او المتلفة مفيدًا للغاية في بداية تقييم المبنى. يمكن بعد ذلك فحص مناطق أصغر مختارة بدقة أكثر باستخدام المزيد من الاختبارات غير المدمرة أو باستخدام اختبارات مدمرة أو شبه مدمرة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تطبيق طرق الاختبارات غير المدمرة بشكل متكرر على مدى فترات أطول (Monitoring).

الطرق الأساسية للاختبارات غير المدمرة لتقييم المنشآت الخرسانية:

1. طريقة الفحص البصري (Visual Inspection): هي مقدمة أساسية لأي اختبار غير مدمر. قد يتمكن مهندس مدني أو إنشائي ذو خبرة من تحديد أسباب الاضرار المحتملة التي لحقت بالهيكل الخرساني ومن ثم تحديد أي من طرق الاختبارات غير المدمرة المختلفة المتاحة يمكن أن تكون مفيدة للغاية لإجراء مزيد من التحقيق في المشكلة.
2. طريقة (Half-cell electrical potential method): تستخدم للكشف عن احتمال تآكل قضبان حديد التسليح في الخرسانة.
3. طريقة اختبار شميدت/المطرقة الارتدادية (Schmidt/rebound hammer test): يستخدم لتقييم صلابة سطح الخرسانة.

4. طريقة (Carbonation depth measurement test): هو اختبار يستخدم لتحديد ما إذا كانت الرطوبة قد وصلت إلى حديد التسليح والذي قد يحدث تآكل فيها.
5. اختبار النفاذية (Permeability test): يستخدم لقياس تدفق المياه خلال الخرسانة.
6. اختبار (Cover-meter): يستخدم لقياس المسافة بين قضبان التسليح وسطح الخرسانة (الغطاء الخرساني) وقياس قطر قضبان حديد التسليح.
7. اختبار شعاعي (Radiographic testing): يستخدم لكشف وتحديد الفراغات في الخرسانة ومواقع الضغط.
8. اختبار سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic pulse velocity testing): يستخدم بشكل رئيسي لقياس قوة الضغط للخرسانة.
9. الطرق الصوتية (Transmission test, Sonic Echo Testing): تستخدم في حال كان عمق القواعد الخرسانية غير معروف او لتقييم حالتها ومقدار الاضرار التي لحقت بها.
10. النمذجة المقطعية (Tomographic modelling): والتي تستخدم البيانات من اختبارات الإرسال بالموجات فوق الصوتية لإنشاء صور مقطعية ثنائية او ثلاثية الأبعاد للعناصر الخرسانية، للكشف عن الفراغات في الخرسانة واكتشاف العيوب فيها.
11. اختبار (Impact echo testing): يستخدم للكشف عن الفراغات وغيرها من العيوب في الخرسانة.
12. اختبار (Ground penetrating radar or impulse radar testing): يستخدم للكشف عن موقع قضبان حديد التسليح أو مناطق الضغط.

13. طريقة التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء (Infrared thermography): يستخدم للكشف عن الفراغات والطبقات وغيرها من المشاكل في الخرسانة وكذلك الكشف عن نقاط دخول المياه الى المنشأة.

الاختبارات شبه المدمرة لتقييم المنشآت الخرسانية ((SDT) semi-destructive methods)

في بداية التقييم عادة يتم إجراء اختبارات غير مدمرة ولكن إذا لم نتمكن من الحصول على النتائج المطلوبة من هذه الاختبارات أو نحتاج لمزيد من التوضيح لنتائج هذه الاختبارات او لا يمكن تنفيذ الاختبارات غير المدمرة يتم إجراء اختبارات شبه المدمرة. تقسم الاختبارات شبة المدمرة حسب مكان عمل الاختبار الى الاختبارات الميدانية (In-situ Testing) والاختبارات المخبرية (Laboratory tests).

- اختبارات الموقع (In-situ Testing) وهي مجموعة من الاختبارات لدراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية التي تكون في موقع العمل ومنها:

1. اختبار (Pull out test): يستخدم لقياس قوة ضغط الخرسانة (compressive strength f_c) وجودتها في الموقع.
2. اختبارات الاختراق ومقاومة الماء (Penetration tests and water resistance tests): تستخدم لاختبار مقاومة الخرسانة ضد املاح الكلوريد والماء.
3. اختبار مقاومة الاختراق أو اختبار مسبار وندسور (Penetration resistance or Windsor probe test): يستخدم لقياس صلابة السطح وبالتالي قوة الطبقات السطحية والقريبة من السطح للخرسانة. والطريقة الحديثة المشابهة لهذا الاختبار تسمى (Pin Penetration Test).

4. اختبارات التحليل الكهربائي شبه المدمرة (Semi-destructive electroanalytical tests): تستخدم لقياس درجة تآكل حديد التسليح في الخرسانة المسلحة.
5. الاختبارات الكيميائية: وهي اختبارات تستخدم لتحديد التركيب الكيميائي للخرسانة على عينات في الموقع. ومن هذه الاختبارات الأكثر شيوعًا هو: اختبار الرقم الهيدروجيني (pH) والذي يستخدم لتحديد مقدار الكربنة في الغطاء الخرساني (carbonization of the reinforcement concrete cover) لتقييم المتانة والحماية من التآكل، وكذلك تقدير عمر الخرسانة.

- الاختبارات المختبرية (Laboratory tests) وهي الاختبارات التي تكون في المختبر بعد اخذ عينة أسطوانية من الخرسانة (Core) حيث يتم اجراء الاختبارات عليها مثل:

1. اختبارات قوة المواد (Material strength tests).
2. اختبارات تقييم خصائص المواد المرنة (Assessments of material elastic characteristics).
3. اختبارات مسامية المواد (Tests of material porosity).
4. اختبارات مقاومة التجمد للمواد (Material freeze resistance).
5. اختبارات تآكل المواد (Material abrasion resistance).
6. طريقة التصوير المجهري بالكمبيوتر (Computer Microtomography): وهي أحدث طريقة في هذه المجموعة وهي بناء صور ثلاثية الابعاد لعينات المواد عن طريق التصوير بالأشعة السينية.

ISSN: 2958-679
الإصدار رقم (51)
2024-5-6

النتائج والتوصيات

النتائج:

1. تحسين دقة تقييم المنشآت الخرسانية وفعاليتها: استخدام الاختبارات غير المدمرة او شبه المدمرة يؤدي إلى تحديد موقع وحجم العيوب والاضرار بالإضافة إلى جمع المزيد من المعلومات حول الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية للخرسانة.
2. توفير الوقت والكلفة: ان عمليات تقييم المنشآت الخرسانية توفر بيانات حول الاضرار تساعد على التخطيط لإجراءات الإصلاح والصيانة وذلك يساهم في توفير الوقت والكلفة.
3. تحسين استدامة المنشآت الخرسانية: تقييم وضع وحالة المنشآت الخرسانية في وقت مبكر تمكن من المحافظة على منشآت خرسانية أكثر استدامة لأنها تساعد على تقييم قدرة تحمله للأحمال والتنبؤ بمتانة وعمر البناء وبالتالي اتخاذ الإجراءات اللازمة، مع التركيز على تقليل الأثر البيئي واستخدام الموارد بكفاءة.
4. زيادة الأمان: تقييم المنشآت الخرسانية بشكل مبكر يساهم في المحافظة عليها في حالة سليمة مما يزيد من أمان وعمر وكفاءة المشاريع الإنشائية
5. يمكن تطبيق الاختبارات غير المدمرة في جميع مناطق المبنى التي يمكن الوصول إليها وتقليل اللجوء الى الاختبارات شبه المدمرة. لا يمكن استبدال الاختبارات شبه المدمرة بشكل كامل، ولكن يمكن تقليل عدد العينات الأساسية المأخوذة بشكل كبير.

التوصيات:

1. استخدام الاختبارات غير المدمرة التي توفر تصور عن وضع الخرسانة واستخدام طرق الصيانة المناسبة للحفاظ عليها في وضع جيد والمحافظة على عمرها الافتراضي وتقليل اللجوء الى الاختبارات شبه المدمرة.
2. تعزيز استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي: توصية بدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي واستخدامها في تقييم حالة الخرسانة والتنبؤ بحالتها مع الزمن لاستخدام طرق الصيانة المناسبة والمحافظة عليها.
3. دعم البحث والابتكار: تشجيع على دعم الأبحاث والمشاريع الابتكارية التي تستكشف استخدام الطرق والاختبارات غير المدمرة في تقييم وضع الخرسانة.
4. تعزيز التوعية بالفوائد: توصية بتعزيز التوعية حول فوائد استخدام الطرق والاختبارات غير المدمرة او المتلفة في المشاريع الإنشائية، وذلك لتشجيع المزيد من الشركات والمهندسين على اعتمادها.

ISSN: 2958-679
الإصدار رقم (51)
2024-5-6

المصادر والمراجع

Blomfors, M. (2020). *Assessment of Concrete Structures Including Corrosion and Cracks Uncertainty Corrosion Modelling Level Cracks*. Retrieved from https://research.chalmers.se/publication/518615/file/518615_Fulltext.pdf

Ebensperger, L., & Donoso, J. P. (2021). New methodology for assessment of reinforced concrete structures with non-destructive testing. *Revista Ingeniería de Construcción*, *36*(2), 233–250. https://doi.org/10.4067/s0718-50732021000200233

Gopinath, V. (2021, June 11). Destructive tests (DT) on hardened concrete – Types. Retrieved from vin civilworld website: https://vincivilworld.com/2021/06/11/destructive-tests-on-hardened-concrete/

Hoła, J., Bień, J., Sadowski, Ł., & Schabowicz, K. (2015). Non-destructive and semi-destructive diagnostics of concrete structures in assessment of their durability. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, *63*(1), 87–96. https://doi.org/10.1515/bpasts-2015-0010

Khan, A. A. (2002). *Guidebook on Non-destructive Testing of Concrete Structures*. International Atomic Energy Agency.

Maierhofer, C. (2010). *Planning a non-destructive test programme for reinforced concrete structures*. Retrieved from https://moscow.sci-hub.se/3602/5b1198185d4685e89d41a84f81910ace/maierhofer2010.pdf

Maierhofer, C., Reinhardt, H.-W., & Gerd Dobmann. (2010). *Non-destructive evaluation of reinforced concrete structures Volume 2, Non-destructive testing methods*. Boca Raton: Crc Press.

NDT. (2003). Non-destructive testing methods at BAM for damage assessment and quality assurance in civil engineering. Retrieved May 4, 2024, from www.ndt.net website: https://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v068/v068.htm

Prasad. (2019, November 4). Non-Destructive Testing of Concrete - Structural Guide. Retrieved from Structural Guide website: https://www.structuralguide.com/non-destructive-testing-of-concrete/

Rucka, M. (2021). *Non-Destructive Testing of Structures*. MDPI.

TWI. (2019). What is Destructive Testing? - Methods, Definition and Examples. Retrieved from Twi-global.com website: https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-destructive-testing