مجلة صبراتة للعلوم البحرية والشاملة
Sabratha Journal
for Marine and Total Sciences

عدد خاص بالمؤتمر
العلمي الدولي الخامس
لتكنولوجيا علوم البحار
فبراير February 2025

تقييم التآكل للخرسانة وفولاذ التسليح المعرضة للمياه البحر (دراسة حالة بمدينة صبراتة)

د.ابوالقاسم يحيى ابوصبيع [1] د. نجيب حسن سويسي [2] أ. مروان سالم اشكندالي [3]
[1.2.3]قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة صبراتة، جامعة صبراتة، ليبيا

ملخص

مع تنامي قطاع التشييد والبناء في ليبيا بشكل كبير وخاصة للمناطق الساحلية بالقرب من البحر. وبالتالي تعتبر صناعة الخرسانة المادة الرئيسية للتشييد والبناء. وبالتالي تؤثر الظروف البيئية السائدة في المدن الساحلية على تأكل الخرسانة وفولاذ التسليح. ويعتبر التأكل في المباني الخرسانية من اخطر المشاكل الذي تفقدها مواصفاتها التصميمية. عليه وجب موجهتها بأسلوب علمي وفي حالة اهمال علاجها تحتاج الى تكاليف باهظة لإعادة تأهيلها. تهدف هذه الدراسة الى ان مقاومة الضغط لم تعد تلبي الصفة الاولي المقيمة لجودتها وانما صفات اخري كالديمومة مثلاً تتصدر هذه الصفات حيث الديمومة المنخفضة هي اهم مشكلة تواجه الخرسانة في البيئات البحرية.

تقدم هذه الدراسة تقييم الوضع الحالي لمبني الايواء بمعهد الاورام صبراتة القريب من البحر من حيث صلاحيته انشائياً. حيث انه من خلال الفحص الظاهري للمبني وتبين انه يعاني من التشققات الخارجية من الجانب الشمالي المقابل للبحر نتيجة تعرضه للعوامل الجوية والمؤثرات البحرية اما من الجوانب الأخرى فان التشققات قليلة. كما لوحظ ان معظم الاسطح الداخلية للمبني تعاني من التصدعات وتأكل فولاذ التسليح وتم اجراء بعض الاختبارات الغير اتلافيه للخرسانة مثل اختبار المطرقة الرجعة واختبار الموجات فوق الصوتية لمعرفة مقاومة الضغط التقريبية وتحديد درجة تلف الخرسانة وقياس عمق طبقة الخرسانة واجراء اختبار تحديد نسبة الكلوريدات والكبريتات بالخرسانة.

تم التوصل بعد المعاينة والفحص الظاهري بالنسبة للأساسات بانه لا يوجد اي اختراق لقوة القص لعدم وجود اي هبوط جزئي او كلي للمبني مما يوكد عدم وجود مشاكل في انضغاط طبقة التربة. وبالنسبة لنتائج اختبار المطرقة تبين ان مقاومة الاعمدة لم تتأثر كثيراً بالرغم من التصدعات وخاصة الخارجية منها والمواجهة للبحر. اما نتائج اختبار تحديد الكلوريدات والكبريتات وجد انها عالية جداً وخارج حدود المواصفة وهي السبب الرئيسي لهشاشة الخرسانة وتاكل فولاذ التسليح وبالتالي فان العناصر الرئيسية للهيكل الخرساني والتي تتمثل في الاعمدة والكمرات تعتبر سليمة وقادر على مقاومة الاحمال المصمم من اجلها.

الكلمات المفتاحية: تأكل الخرسانة، فولاذ التسليح، مقاومة الضغط، مياه البحر

1-المقدمة

وتعتبر مقاومة الضغط للخرسانة هي الصفة الأولي المقيمة لجودة الخرسانة حيث أن الديمومة العالية للخرسانة وهى إحدى الصفات التي أعطت الخرسانة مكانتها كما أن الديمومة المنخفضة هي أهم مشكلة تواجه الخرسانة عند ظهور مشاكل في مقدرة الخرسانة على التحمل وذلك لعدة أسباب منها البيئة الضارة المحتوية على نسب من أملاح الكبريتات والكلوريدات [1] والملوثات الغازية من المجمعات الصناعية او مياه البحر . وهناك عدة أضرار تنجم عن تآكل الخرسانة وفولاذ التسليح وذلك لتغلغل الأبخرة والمحاليل والكلوريدات ووجود الشروخ في الخرسانة التى تساعد على دخول الرطوبة والأوكسجين وبالتالي يحدث الصدأ في فولاذ التسليح وتآكل الخرسانة

إن تآكل فولاذ التسليح في الظروف المحيطة الضارة يختلف باختلاف الظروف المحيطة للموقع التي تزيد بزيادة نسبة الأملاح ودرجة تركيزه في الموقع وكذلك درجة حرارة الموقع ومعروف أن التآكل هو تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الجو الخارجي والتآكل الكيميائي يحدث بسبب تفاعل الفولاذ مع الجو دون ظهور تيار كهربائي والتآكل الكهروكيميائي يحدث نتيجة لظهور تيار كهربائي نتيجة للتفاعل بين الفولاذ والإلكترونات المحيطة به في الجو الرطب وفى الماء العذب وماء البحر والأحماض والقلويات والمحاليل الملحية في الأراضي .ومن هنا تأكد أن حماية الخرسانة ليست مسألة إنشائية فحسب، بل هي حقل متعدد الفروع من الهندسة فمعرفة كهروكيميائية التآكل وكيميائية البنية المجهرية للجسم الصلب والتأثيرات المتعددة في عملية التآكل يعد ضرورياً من أجل تطوير الخرسانة وتحسينها. ويعتبر تآكل فولاذ التسليح من أهم المشاكل الهندسية والاقتصادية التي تواجه العالم في المناطق المحيطة الضارة والساحلية والمنشئات المعرضة إلى المياه الجوفية الحاوية على الكلوريدآت التي تسبب انفصال طبقات من سطح فولاذ التسليح

2-أسباب تدهور الخرسانة

الخرسانة هي عبارة خلط الركام الخشن والناعم والمادة الرابطة الإسمنت والماء وهي من أهم المواد الإنشائية لسهولة الحصول عليها ورخص تكلفتها وتحملها للظروف البيئية المختلفة ويتكون الإسمنت من أكسيد الكالسيوم وأكسيد السيليسيوم وأكسيد الالومنيوم وأكسيد الحديد وبين المكونات الرئيسية للإسمنت والركام التي تتكون من المواد الماغنيسيوم والبوتاسيوم وأكسيد الصوديوم وأكاسيد

أخرى وتؤثر هذه النسب من الأكاسيد على جودة الإسمنت وظهور تشقق بنسب متفاوتة في الخرسانة التي تساعد على دخول الأبخرة المائية والأحماض والكلوريدات إلى فولاذ التسليح فيبدأ التآكل ويزداد ببط شديد فتبدأ عملية تلف الخرسانة وبهذه التفاعلات الكيميائية والفيزيائية الحاصلة بعد خلط المواد المكونة للخلطة الخرسانية تتحل مكونات الإسمنت وسرعة تفاعل هذه الأكاسيد هي التي تحدد سرعة تصلد الخلطة أما دور الأكاسيد الفعالة مثل أكاسيد السيليسيوم الذي يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم التي تتشكل من سيليكات الكالسيوم الثلاثية التي تتصلب وترفع درجة مقاومة الإسمنت للتآكل وفي نفس الوقت يحدث تفاعل الكربنة بين هيدروكسيد الكالسيوم وغاز ثاني الكربون من الهواء الجوي وبخار الماء وتتبلور كربونات الكالسيوم بسرعة اكب[2]]

إن زيادة الأملاح الكبريتية مع وجود الرطوبة يؤدي إلى حصول تفاعل مع مركبات الإسمنت أو نواتج أماهته لتكون مواد تدعى الاترنجايت Ettringite على شكل بلورات تحتل الفراغات الموجودة في الخرسانة وهذه البلورات تحتوي على (31) جزيئة مما يؤدي إلى أحداث ضغط على كتلة الخرسانة وبالتالى تشققها وعندها ستزداد النفاذية ويبدأ فولاذ التسليح بالتعرض أكثر لعوامل التآكل وفي نهاية الآمر تبدأ الخرسانة بالتفتت وتفقد ترابطها مع فولاذ التسليح.

2-1أسباب تدهور فولاذ التسليح بالخرسانة المسلحة

عندما يقل الغطاء الخرساني عن حد معين يصبح فولاذ التسليح معرضا للعوامل الجوية ويمكن أن يبدأ الصدأ في وجود رطوبة والأكسجين وحتى مع وجود غطاء خرساني كاف فان الصدأ يمكن أن يبدا عندما تقل قاعدية الخرسانة المحيطة بفولاذ التسليح إلى الحد الذي ينخفض فيه الأس الهيدروجيني إلى 10 أو أقل ففي هذه الحالة تصبح الطبقة الحامية السلبية غير متزنة وتنكسر مما يجعل التيار الكهربائي يسري في فولاذ التسليح ومن ثم يبدا الصدأ وفقد القاعدية يحدث نتيجة لعدة عوامل وهي:

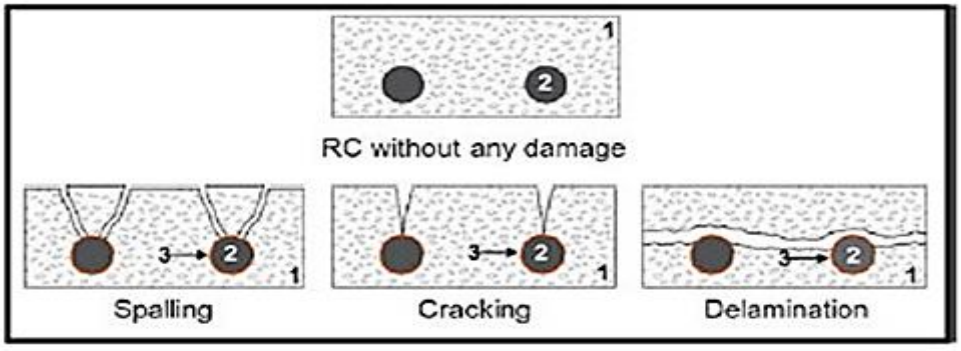
2-1-1التحول الكربوني للخرسانة

تفقد خرسانة الغطاء الخارجي قاعديها نتيجة عملية تسمى التحول الكربوني للخرسانة وهي تفاعل ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو مع المواد القاعدية الموجودة بالخرسانة هيدروكسيد الكالسيوم محولا إياها إلى الكربونات في وجود الرطوبة وكنتيجة لذلك تقل قاعدية الخرسانة إلى اقل من المستوي

المطلوب لتوفير الحماية السلبية لفولاذ التسليح اقل من 10 ونظرا لان التحول الكربوني ينتج عن الفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الموجود بالهواء فهو يبدا من السطح ويمتد إلى الداخل والخرسانة الجيدة غير المنفذة للماء لا يحدث لها تحول كربوني اللافي حدود طبقة سطحية جدا [3] وحدوث عملية متشابهة للتحول الكربوني في وجود ثاني أكسيد الكبريت في الجو المحيط بالأعضاء الخرسانية وتسمي عملية التحول الكبريتي وتسبب أيضا نقص قاعدية الخرسانة المحيطة بفولاذ التسليح ويتم عمل إختبار الكربنه حسب المواصفة BS1881:Part201:1986

2-1-2 تداخل أملاح الكلوريدات في الخرسانة

تعتبر أيونات الكلوريدات من أكثر المواد التي تدمر الحماية السلبية لفولاذ التسليح داخل الخرسانة من خلال تداخل الكلوريدات في الشقوق الموجودة في الخرسانة كما في الشكل رقم (1) من الممكن أن تكون موجودة في الخرسانة من لحظة خلطها مصادرها الركام أو ماء الخلط أو تصل إلى الخرسانة بعد استعمال المبني ووجود الكلوريدات اياً كان مصدرها في الخرسانة يودي إلى تنشيط عملية الصدأ ولو كانت قاعدية الخرسانة مازالت مرتفعة .وتتركز الكلوريدات على فولاذ التسليح إلى أن يتوفر كل من الرطوبة والأكسجين فيحدث الصدأ وكلما تم بناء طبقة من الصدأ فإن قوى الشد الناتجة عن الصدأ تحدث شروخاً في الخرسانة وانفصالها إلى طبقات رقيقة وتطور الشروخ والتفتت يودي إلى زيادة معدلات الصدأ وذلك لسهولة وصول عوامل الصدأ من أملاح الصدأ والرطوبة والأكسجين يبدأ الصدأ في الوصول والتأثير على فولاذ التسليح المدفونة في أعماقا كبيرة داخل الخرسانة كما يتأثر تمركز الكلوريد آت بدرجة كبيرة بمقدار معامل الوسط الحامض (الأس الهيدروجيني)للخرسانة.[4]



الشكل رقم (1)

يفقد فولاذ التسليح الحماية القاعدية للخرسانة نتيجة تداخل الأبخرة الحامضية الموجودة بالهواء غالباً ثاني أكسيد الكربون وفى المناطق الصناعية ثاني أكسيد الكبريت دخل الخرسانة .ويعتمد هذا التداخل على نفاذية الخرسانة بدرجة كبيرة والخرسانة الرديئة غالبا ما تكون منفذة أما الخرسانة الجيدة فهي غير منفذة كما يعمد هذا التغلغل على سمك الغطاء الخرساني أن نفاذية الخرسانة وسمك الغطاء الخرساني هما المسئولان عن حماية الفولاذ التسليح ضد المؤثرات الخارجية وغيرهما الكبير من منشأ لأخر هو الذي يفسر التغير الكبير في وقت بداية الصدأ في المباني المخلفة المعرضة لنفس الظروف الجوية ويتم عمل إختبار نفاذية الماء وفق المواصفة DIN1048.

2-1-3 وجود شروخ بالخرسانة المصبوبة حديثاً

يحدث للخرسانة المصبوبة حديثاً ارتفاع في درجات الحرارة ناتجاً عن إماهة الإسمنت حيث ترتفع الحرارة خلال الساعات الأولي أو الأيام الأولي وبعد الصب مباشرة ثم تبرد الخرسانة حتى تصل إلى درجة حرارة الجو المحيط بها وعندما يحدث التبريد بعد يومين أو ثلاثة أيام من الصب فأن الخرسانة يحدث فيها إجهادات شد قليليه جدا وهذه الإجهادات المصحابة بالتقلصات الحرارية تودي إلى زيادة احتمالات تكون شروخ شد مبكرة .

تعتبر الشروخ منفذا سهلا للأكسجين والرطوبة والكلوريدآت ولذا فان الشروخ السطحية الموازية للفولاذ يمكن أن تسهل عملية الصدأ والى ستؤدي بدورها إلى حدوث شروخ جديدة وقد يكون سبب هذه الشروخ الانكماش اللدن أو الهبوط اللدن وهي شروخ تحدث على أسطح البلاطات وفي حالات التي تكون فيها هذه الأسطح معرضة للأملاح تصبح هذه الشروخ مخزنا للتلوث قريبا من فولاذ التسليح العلوي.[3]

2-1-4 تداخل أملاح الكبريتات في الخرسانة

تتعرض الخرسانة المسلحة لظروف مهاجمة بتركيزات عالية من الكبريتات مثل ماء البحر أو الماء الجوافي أو تربة السُبْخَة أو غيرها وفي مثل هذه الظروف تتأثر خاصة تحمل الخرسانة مع الزمن سلبياً بهذه الظروف بالإضافة لصدأ فولاذ التسليح وقد يكون هذا التعرض بالغمر الكامل أو لدورات من البلل

3- معهد الاورام صبراته

يقع المعهد القومي لعلاج الأورام في مدينة صبراتة وهو أحد اهم المراكز المتخصصة في علاج الأورام في ليبيا عامة والمنطقة الغربية خاصة وقد تم انشاء هذا المبنى سنة 1982 من قبل الدولة الليبية ويتكون امن عدة اقسام ومباني مختلفة ويعتبر مبنى الإيواء بالمعهد القومي لعلاج الأورام موضوع الدراسة أحد أكبر مكونات المعهد ويتكون من أربعة طوابق بمساحة 800 متر مربع لكل طابق وبسعة استيعابية 120 سرير

4- دراسة تقييم مبني معهد الاورام صبراته

تم عمل الفحص الظاهري للمعهد للمعاينة العينية الخارجية للتشققات والتصدعات القائمة بالمبنى . وقد تم طلب إزالة الغطاء الخرساني للأعمدة الخارجية والتي كانت التصدعات ظاهرة فيها بشكل واضح لكي يتم الكشف عن فولاذ التسليح ومدي تعرضه للصدى والتآكل..وبالكشف على فولاذ التسليح وقياس اقطار الاسياخ المتضررة نتيجة تعرضها للرطوبة العالية والكبريتات و اجراء اختبارات غير اتلافيه للعناصر الإنشائية للمبنى لمعرفه مدي تحمل المبنى للأحمال الحيه والميته المسلطة عليه. وبمعاينة التربة واخذ عينات منها لمعرفه مدي تحملها بالإضافة الى عمل اختبارات غير اتلافيه للعناصرالخرسانية التي تشكل الحمل الرئيسي للمبنى وهذه الاختبارات هي:

- اختبار المطرقة الراجعة
- اختبار الموجات فوق الصوتية
- اختبار نسبة الكلوريدات في الخرسانة

4-1 الاختبارات غير الإتلافية المقترحة

الاختبارات غير الإتلافية هي طريقة للحصول على قوة الانضغاط وخصائص أخرى للخرسانة من خلال الهياكل القائمة وتوفر هذه الاختبارات نتائج فورية وقوة فعلية تقديرية وخصائص الهيكل

4-1-1اختبار المطرقة الراجعة

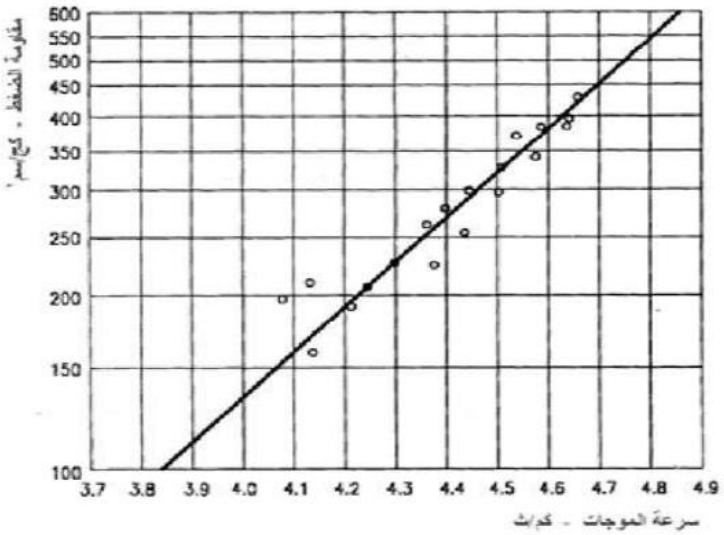
مطرقة شميدت هي اختبار صلابة سطحية للهيكل وقد تم تأسيس ارتباط تجريبي بها بين القوة ورقم الارتداد وتزن حوالي 1.8 كغ ومي مناسبة لكل من المختبر والعمل الميداني وتوفر مطرقة شميدت طريقة غير مكلفة وبسيطة وسريعة للحصول على مؤشر لقوة الخرسانة [5]

4-2-1 اختبار الموجات فوق الصوتية

في هذه الطريقة يتم احداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية تسري خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن انتقالها .حيث وجد ان سرعة انتقال النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة بها [6].

وتستعمل هذه الطريقة لاستنتاج الاتي:

- قيمة مقاومة الخرسانة للانضغاط وقياس معيار المرونة من االشكل (2)
- مدى تجانس الخرسانة واكتشاف الشروخ والفجوات بالخرسانة
- تحديد درجة تلف الخرسانة وقياس عمق طبقة الخرسانة



شكل رقم(2) مقاومة الخرسانة خلال اختبار الموجات فوق الصوتية

4-2-3 اختبار نسبة الكلوريدات والكبريتات في الخرسانة

تسبب الكلوريدات في تكسير وتشظي الخرسانة وفشلها نتيجة لتفاعل ايونات الكلوريد مع مكونات الخلطة الرئيسية ويحدث هجوم الكلوريد على الهياكل الخرسانية اما من داخل الخرسانة او من خلال دخول الكلوريد من الخارج الى داخل الهياكل الخرسانية لتعرضها الى مياه البحر والذي يؤدي الى تأكل الحديد .كما انه من بين جميع مصادر فشل الهياكل الخرسانية فان هجوم الكلوريد يمثل مساهمة [3ويبدأ تأثير الكلوريدات على صدأ الحديد إذا زاد تركيزها في الخلطة الخرسانية عن بنسبة40 % 0.3 % من وزن الإسمنت ويكون تأثيرها أخطر إذا آتت من مصدر خارجي [7] [8].

يعتبر هجوم الكبريتات والكلوريدات 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، ثانيا تفاعل ايونات الكبريتات مع هيدرات الومينات الكالسيوم وينتج عن هذا التفاعل سلفوألومينات الكالسيوم وناتج هذه التفاعلات يكون ذو حجم اكبر من حجم (Ettringite) والذي يعرف بالاترينجايت المركبات الصلبة للخرسانة، مما ينتج عنه زيادة في حجم مكونات الخرسانة المتصلدة وبالتالي حدوث تشقق وتفتت للخرسانة.ويجرى هذا الاختبار الكيميائي بالمعمل لتحديد نسبة الكلوريدات والكبريتات بعد اخذ عينية من الخرسانة لاحد أجزاء الهيكل الخرساني.

5- نتائج الفحص الظاهري والاختبارات

وعلى ما تم إنجازه في الزيارات الثلاثة من الفحص الظاهري للمبنى وبعد اجراء الاختبارات اللازمة للعناصر الإنشائية تبين الاتي:

ان المبنى يعاني من كثير من التشققات الخارجية من الناحية الشمالية للمبنى نتيجة تعرضها للعوامل الجوية والمؤثرات البحرية كما بالشكل (3)الى الشكل رقم (4) ، اما من الناحية الجنوبية والشرقية والجنوبية فان التشققات قليله .كما لوحظ ان معظم الاسطح الداخلية للمبنى تعاني من التصدعات والتأكل لحديد التسليح باستثناء بعض الغرف وخاصة الدور الأول كما بالشكل رقم (5) و الشكل رقم (6).وتعرض فولاذ التسليح للصدى والتأكل وخاصة الأعمدة الخارجية .الا انه وبعد قياس اقطار فولاذ التسليح المتضررة لوحظ عدم نقص اقطار فولاذ التسليح وانها لازالت تتحمل الاحمال المسلطة عليها توضح ذلك – .باستثناء بعض الكانات المتأكلة كما بالشكل رقم (7) والشكل رقم (8) بعد عمل الاختبارات المطلوبة تم الوصول النتائج الأتية:

بعد معاينة والكشف على اساسات المبنى الخاصة بقواعده المنفصلة الناقلة لأحمال المبنى على طبقة التربة تبين بان القوة الرادعة لانهيار المبنى أكبر من القوة المسببة للانهيار .بمعنى ان قوة تحمل التربة الساندة للقواعد أكبر من احمال المبنى ولا يوجد أي اختراق لقوه القص ومعامل التربة أكبر من 1.5اما بالنسبة لانضغاطيه طبقة التربة فإنها تدل على عدم وجود هبوط جزئي او كلي للتربة مما يدل على عدم وجود أي هبوط جزئي او كلي للمبنى ككل.

شكل رقم (3) شكل رقم (4)

شكل رقم (5) شكل رقم (6)

شكل رقم (7) شكل رقم (8)

6- نتائج اختبار المطرقة الراجعة

عمل اختبار المطرقة الراجعةباستخدام مطرقة شمدت لمجموعه من العناصر الإنشائية في المبنى كما في الشكل رقم (9) والشكل رقم (10) تم الحصول على النتائج الموضحة بالجدول (1) والتي توضح نتائج المقاومة كغ/سم وامكن هذه الاعمدة كما بالمساقط الافقية للدور الاول والثاني والثالث من الشكل رقم (11) الى الشكل رقم (13)

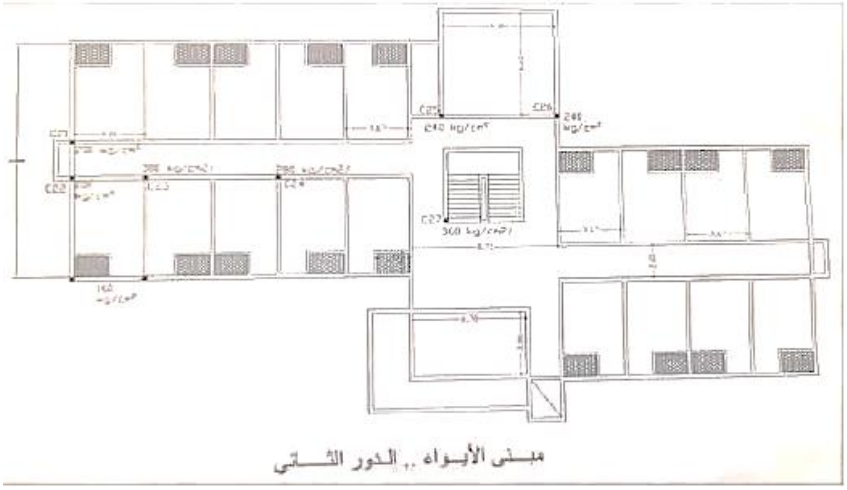
جدول رقم (1) نتائج مطرقة شمدت

مبنى إيواء الدور الأول		مبنى إيواء الدور الثاني		مبنى إيواء الدور الثالث		ملاحظات
Column No.	S. H Reading (kg/cm²)	Column No.	S. H Reading (kg/cm²)	Column No.	S. H Reading (kg/cm²)	
C11	280	C21	200	C31	280	
C12	280	C22	200	C32	300	
C13	280	C23	300	C33	300	
C14	260	C24	280	C34	280	
C15	175	C25	240	C35	320	
C16	280	C26	240	C36	-	
C17	280	C27	360	C37	-	
		C28	-			

شكل رقم (9)

شكل رقم (10)

شكل رقم (11)



شكل رقم (12)

شكل رقم (13)

7- نتائج اختبار الموجات فوق الصوتية

تم إجراء هذا الاختبار على عدد من الاعمدة بالمبنى وقد تم اختيار قراءة عمودين وذلك لثبات قراءة الجهاز كما هو مطلوب بدليل إرشادات الاستعمال للجهازكما بالشكل رقم (14) والشكل رقم (15) وكانت النتائج كما بالجدول رقم (2) سرعة النبضات 125 – و 165 جزء من المليون من الثانية (ميكروسكند)

تحسب سرعة النبضات من المعادلة الاتية : $\mathbf{V}=\frac{l}{T}$

$where\ l$
$= distance\ between\ transducers\ 0.0005\ Kms,\ and\ T\ reading\ in\ \mu\ seconds$

جدول رقم (2) نتائج اختبار الموجات فوق الصوتية

	الزمن، T(ميكروسكند)	السرعة، V(كم/ث)	المقاومة (كغ/سم^2)
العمود رقم (15)	165	3	اقل من 100
العمود رقم (16)	125	4	140
العمود رقم (17)	125	4	140

شكل رقم (14)

شكل رقم (15)

نتائج اختبار نسبة الكلوريدات في الخرسانة

تم اجراء اختبار تحديد نسبة الكلوريدات وقد تم اجراء هذا الاختبار بمعامل كلية الهندسة تحت اشراف نخبة من المتخصصين وكانت النتائج كما في الجدول رقم (3)

جدول رقم (3) نتائج اختبار الكلوريدات

	نسبة تركيز الكلوريد	التصنيف	حدود المواصفة [5]
عينة رقم (1) عمود	%5	عالي جدا	%0.3
عينة رقم (2) عمود	%5.6	عالي جدا	%0.3
عينة السقف	%6.25	عالي جدا	%0.3

8- تحليل نتائج الاختبارات والفحص الظاهري

بالنسبة للأساسات لا يوجد أي اختراق لقوه القص لعدم وجود أي هبوط جزئي او كلي للمبنى ككل مما يؤكد عدم وجود مشاكل لانضغاطيه طبقة التربة.في ما يخص الاعمدة يوضح اختبار مطرقة شميدت بان مقاومة الخرسانة للأعمدة لم تتأثر كثيرابالرغم من التصدعات الموجودة في اغلبية الاعمدة وخاصة الخارجية منها والمواجهة للبحر حيث وجد ان متوسط القراءات للطوابق الثلاثة كانت 220 كغ/سم 2 ولعدم توفر المعلومات بخصوص المقاومة التصميمية لخرسانة الاعمدة وباعتبار ان مقاومة الخرسانة تتراوح بين 250 الى300 كغ/سم 2 للمباني ذات نفس الطابع الخدمي والانشائي لذا يمكن اعتبار المقاومة المتحصل عليها من اختبارات المطرقة بانها جيدة وتعبر عن 70الى % 80 من المقاومة المستهدفة الأجزاء الأكثر تأثرا بالعوامل الجوية والأكثر تضررا بالمبنى هي الزيادات لغرض الديكور وهي من الواضح بانها أضيفت بعد الانتهاء من المبنى والذي يوضح بانها ليست من ضمن التصميم الاولي للمبنى وقد تم توصيف الاضرار للمبنى كما هو مبين بالجدول رقم(4) بالنسبة لاختبار الموجات فوق الصوتية (وفقا للنتائج المتحصل عليها من اختبار الموجات فوق الصوتية والموضحة بالجدول رقم (2) وحسب الجدول الموضح ادناه جدول رقم (5)تعتبر الخرسانة جيدة وهو ما يتوافق مع اختبار مطرقة الارتداد بالنسبة لاختبار تحديد نسبة الكلوريدات في الخرسانة

بالإشارة الى النتائج الموضحة بالجدول رقم)3 (وبناء على نتيجة التحليل الكيميائي تبين ان نسبة الكلوريدات كانت عالية جدا وخارج المواصفات القياسية [4] وهي المسبب الرئيسي لهشاشة الخرسانة وتأكل حديد التسليح

جدول رقم (4) توصيف حالة المبني

العنصر	نوع الضرر	ملاحظات
الاساسات	لم يتم الكشف عنها ... لا يوجد علامات هبوط جزئي او كلي في المبنى	
الاعمدة	شروخ صغيرة بالأعمدة الخارجية، الاعمدة الداخلية سليمة من العيوب،	تحتاج الى صيانة
الكمرات	سليمة ولا يوجد بها مشاكل	
الاسقف	الجز الأكثر ضررا بالمبنى انسلاخ الغطاء الخرساني في اعلبية الاسقف وبمساحات كبيرة وبلاطات اسقف الدور الثالث الأكثر تضررا صداء حديد التسليح المصاحب لتفتت الغطاء الخرساني تفتت أجزاء من حديد التسليح ونقص وسهولة ازالتها مما يعني ضرر كبير في حديد تسليح الاسقف	تحتاج الى برنامج ترميم متكامل يصل الى إزالة طبق الغطاء الخرساني والحديد المتأكل وتعويض النقص في مساحة كمية حديد التسليح
الغطاء الخارجي	تفتت أجزاء كبيرة من الغطاء الخارجي وسهولة إزالة أجزاء كبيرة منها نتيجة لوجود الشروخ بالمبني	إزالة المناطق الهشة وترميمها
الديكور الخارجي	شروخ كبيرة على طول الديكور وتفتت الغطاء الخرساني في بعض منها وبروز صداء حديد التسليح بشكل واضح	إزالة

جدول رقم (4)جودة الخرسانة / سرعة النبضات

Quality of Concrete	V (m/s)
Excellent	>4,500
Good	3,500 - 4,500
Medoore/Fair	3,000- 3,500
Poor	2,000 - 3,000
Very Poor	<2,000

9- الخلاصة والنتائج

الهيكل الخرساني للمبنى(الاعمدة والكمرات)يمكن الاستنتاج بانها سليمة وقادرة على مقاومة الاحمال المصممة من اجلها.الاسقف لمعظم حجرات الايواء يمكن الاستنتاج بانها غير سليمة من حيث تحمل وزنها الذاتي او الاحمال المتحركة على الاسقف ويمكن ان يزداد معدل تهشم وسقوط الغطاء الخرساني مع مرور الوقت والذي سوف يؤدي الى مزيد من تأكل حديد التسليح وعندها تفقد البلاطة بالكامل قوة تحملها ويحدث انهيار كامل لبلاطة السقف لذا وجب التنبيه وبصورة سريعة معالجة الاسقف المتضررة وزيادة دعم حديد التسليح بالطرق المتعارف عليها عند إجراء مثل هذه الترميمات الكبرى. ينصح بإزالة كل الديكور الخارجي بالكامل لعدم جدوتها من حيث التصميم الانشائي للمبنى

وكذلك حفاظا على سلامة زوار وموظفي ونزلاء المعهد وذلك نظرا للضرر الكبير المتمثل في الشروخ الواضحة وهشاشة مادتها الخرسانية.الإهمال في عزل الماء والرطوبة في السطح العلوي للمبنى واحتواء تلك المياه على نسبة عالية من الكلوريدات والأملاح الضارة التي تسربت الى خرسانة الاسقف بواسطة الخاصية الشعرية والتي تصل إلى حديد التسليح فحدث التآكل بدرجة عالية وادى إلى عدم تماسك الغطاء الخر ساني لبلاطة السقف وبالتالي ادى الى سقوط أجزاء كبيرة منه تاركا حديد التسليح معرضا للعوامل الجوية الضارة.

ويوصي بأخذ قوالب خرسانية لبعض أجزاء المبنى لإيجاد مقاومة الضغط للخرسانة حتى يتم التأكد من النتائج المتحصل عليها ومقارنتها مع المقاومة التصميمة للخرسانة.

يوصي بالإسراع في اعمال الترميم والصيانة للمبنى وفقا للتوصيات المرفقة بجدول رقم (4) نظرا للضرر الكبير للمبنى وارتفاع نسبة الكلوريدات المشار اليها سلفا مع ملاحظة ان برنامج الصيانة والترميم يحتاج الى مختصين في مجال الترميم بالإضافة الى بعض المواد ذات المواصفات الفنية

المراجع

[1]- عمر العموري ،وليد القطي، شامشاه احمد ،محمد مصلح ، "نحو معايير محددة لتقييم جودة الخرسانة "مجلة تقنية البناء ،السعودية ،2008.

[2] - هيثم محمد ،عبدالله العبيدي "حماية من التآكل لنماذج من أنبوب فولاذي مدفونة في التربة "الكلية التقنية الموصل ،العراق ،2009

[3] - محمود أمام ، الخرسانة ،دار الكتب ،مصر ،2002

[4] - عبير محمد عبد الأميرة "حماية حديد التسليح المغمور في المحلول الالكتروليتى من التآكل باستخدام المثبات "مجلة جامعة بابل ،2014

[5]American Standards for Testing of Materials, ASTM C805-02

[6]American Standards for Testing of Materials, ASTM C597-02

[7]عبدالكر يم الحوامدة .هجوم الكلوريدات على الهياكل الخرسانية، رسالة ماجستير جامعة الانبار، 2020، العراق، اكتوبر

[8]تكنولوجيا الخرسانة، محمد حمود مهنا، جامعة الانبار كلية الهندسة قسم الهندسة المدنية، العراق 2020-2019