الإصدار الحادي والعشرون
المجلد (6) العدد (1)
25 فبراير 2026
المجلة الدولية للنشر العلمي

دراسة تأثير المياه السطحية على المباني الخرسانية – حالة دراسية: مدرسة حمزة

مروة السعيدي أحمد

إشراف: أ.د. فؤاد فرج فروج

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة حالة لمبنى مدرسة حمزة، الذي يعاني من تسرب المياه السطحية إلى البدروم منذ سنوات عديدة. وتُعد هذه الظاهرة من المشكلات الشائعة في المناطق التي تعاني من ضعف البنية التحتية وسوء التخطيط العمراني، حيث تؤثر المياه على متانة الخرسانة واستقرار المبنى، وتُهدد سلامة المنشآت، خاصة تلك التي بُنيت في مواقع غير مناسبة ويركز البحث على تحليل العوامل التي ساهمت في هذه الظاهرة من خلال ثلاث شعب متخصصة: شعبة المياه، وشعبة التربة، وشعبة الخرسانة، حيث يتم دراسة مصادر المياه، ونوع التربة المحيطة بالمبنى، ومدى تأثر مكونات الهيكل الخرساني. تعتمد منهجية البحث على المعاينة الميدانية للموقع، وأخذ عينات من التربة والمياه، وفحص الخرسانة باستخدام مطرقة شميدت، وتحليل البيانات باستخدام الأساليب الهندسية الحديثة وتشير النتائج الأولية إلى أن البدروم يتعرض لمياه سطحية مصدرها منطقة زراعية مجاورة وتسريب جزئي من السقف ناتج عن خلل (تشقق مواسير المياه أو الصرف الصحي)، مع تغير في مستوى المياه على مدار العام، حيث يصل إلى ارتفاع متر في بعض الفترات. أظهرت الاختبارات أن الخرسانة، على الرغم من تأثرها الظاهري، لا تزال تحتفظ بمتانتها في بعض الأعمدة بسبب استخدام اللبشة كأساس رئيسي للمبنى وتهدف الدراسة إلى اقتراح حلول وقائية وإنشائية فعالة، مثل تحسين نظام الصرف، وتطبيق العزل المائي، وتقوية الأعمدة المتأثرة بالرطوبة، بما يساهم في حماية المبنى من التدهور. وتكمن أهمية هذا البحث في إمكانية تطبيق نتائجه على مشاريع مماثلة في مناطق تعاني من مشكلات بيئية وهندسية مشابهة.

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية، المباني الخرسانية، تآكل الخرسانة،تقييم السلامة الإنشائية،تاروت الشاطئ.

Abstract:
This research deals with a case study of the Hamza School building, which has been suffering from surface water leakage to the basement for many years. This phenomenon is one of the common problems in areas that suffer from weak infrastructure and poor urban planning, as water affects the durability of concrete structures , posing a risk to building safety and Concrete and the stability, the safety of the facilities, especially those built in unsuitable locations, and the research focuses on analyzing the factors that contribut to this phenomenon through three main components: the water division, the soil division, and the concrete division, where water sources are investigated, soil types surrounding the building are examined, and the compoostition of the concrete structure is analyzed. The research methodology relies on field inspection of the site, sampling of soil and water, and concrete examination using the Schmidt rebound hammer, and data analysis using modern engineering methods. Initial results indicate that the basement is exposed to surface water from a neighboring agricultural area, and partial ceiling leakage is caused by a structural defect (segmentation of water or sewage pipe), with fluctuations in water level throughout the year, reaching a height of one meter in some periods. Tests revealed that the concert, despite its apparent deterioration, still maintains its durability in some columns due to the use of raft foundation as main basis for the building and the study aims to suggest effective preventive and corrective construction solutions, such as improving the drainage system, applying waterproofing, and strengthening the affected columns with fiber reinforcement, in order to contribute to protecting against structural collapse.
The importance of this research is the possibility of applying results to similar projects in areas that suffer from similar environmental and engineering problems.
Keywords: Surface Water-Concrete Structures-Concrete Deterioration-Structural Safety Assessment Tarot Al shati

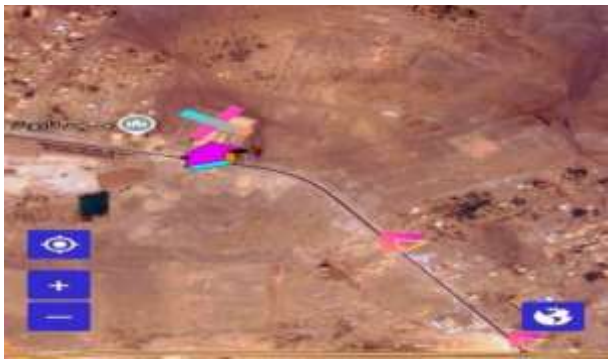
الفصل الأول:

المقدمة:

تعريف المنطقة: تعد تاروت من أقدم القرى في منطقة الشاطي وهي منطقة جبلية تحيط بها الجبال وتنقسم إلى ثلاث مناطق. الجديدة والقديمة وتاروت الشعبية.

تشتهر بزراعة النخيل وزراعات كثيرة أخرى، ويتنوع تركيب صخورها من النارية إلى الرملية. ويصل عدد سكان المنطقة حوالي 3500 نسمة، وأغلب سكان المنطقة قبيلة عربية أصيلة وإليها ينسب جبل الحساونة الذي يقع في الجنوب الغربي للبلاد.

مما جعل المنطقة تتميز بزيارة السواح لها لوجود العديد من النقوش التاريخية القديمة على صخور الجبل القريب من المنطقة بحوالي 15كلم.



(شكل 1) موقع المبنى

تقع مدرسة حمزة في منطقة تاروت الشاطي بشرقها وتتميز بموقعها الاستراتيجي المطل على الطريق الرئيسي ببداية المنطقة بالقرب من منطقتين زراعيتين يميناً أمام المبنى ويسارا يسار المبنى وبجوار

المدرسة مجموعه من المباني السكنية والخدمية بحيث تقع في مكان منخفض قليلا مما جعل تجمع المياه في بدروم المدرسة سهلا.

هذا الموقع يجعله نموذجا فعال لدراسة تأثير المياه السطحية على المباني الخرسانية.

يتكون المبنى من طابقين، مع وجود ثلاثة فواصل للتمدد، ويحتوي على بدروم غير مستغل وغير معزول لمنع تسرب المياه، وقد تم تصميم أساسات المبنى باستخدام لبشة شامله لكامل المساحة، حيث تم ربط الأعمدة القريبة بلبشة مشتركة بينما تم ربط الأعمدة البعيدة بلبشة منفردة.

توزيع البدروم ليس على كامل المبنى في منطقة معينة فقط في الجزء الأمامي للمدرسة.

(شكل 2) مكان البدروم بالمبنى وتفاصيل أخرى

1. المقدمة Introduction

تُعد ظاهرة تسرب المياه السطحية إلى المنشآت الخرسانية من أبرز التحديات التي تواجه البنية التحتية في بعض المناطق، لا سيما في المناطق التي تفتقر إلى أنظمة تصريف فعّالة للمياه أو بنيات مقاومة للرطوبة. وقد أشار أمهنى، صالح ودواس، حسن (2022) في دراستهما حول تأثير المياه الجوفية على الأساسات بمدينة أجدابيا، إلى أن ارتفاع منسوب المياه السطحية والجوفية من دون حماية أو عزل هندسي يؤدي إلى تدهور في أداء العناصر الخرسانية، مما يُسهم في ضعف الهيكل البنائي مع مرور الوقت. وقد أوصى الباحثان بضرورة اعتماد أنظمة تصريف متكاملة، وتطبيق تقنيات العزل الرأسي والأفقي، خصوصًا في المناطق ذات الطابع الصحراوي أو الزراعي التي تشهد تغيرات موسمية حادة في مستويات المياه (ص.7).

من جهة أخرى، تناول المبروك، فرج بوبكر (2017) أهمية معالجة مشكلات المياه من خلال حلول طبيعية وهندسية تتناسب مع بيئات المناطق الجافة وشبه الجافة بالمؤتمر العلمي-الكفرة، كالتي تنتشر في جنوب ليبيا. وبيّن في دراسته أن استخدام الطبقات الطينية المدكوكة والأغشية متعددة الطبقات يُعد من أبرز الوسائل الاقتصادية والفعالة في الحد من تسرب المياه إلى أساسات المباني والمنشآت. كما أكد على ضرورة الأخذ في الاعتبار الظروف المناخية والهيدرولوجية لكل موقع قبل تنفيذ المشاريع، وهو ما يُعد أحد الأسباب التي تُفسر فشل بعض المباني القديمة في مقاومة تسرب المياه (ص.8)، كما هو الحال في مدرسة حمزة موضوع هذه الدراسة.

1.1 تعريف المشكلة

تُعد مشكلة تسرب المياه السطحية إلى المنشآت الخرسانية من التحديات الإنشائية الشائعة في المناطق التي تعاني من ضعف في البنية التحتية أو سوء في اختيار مواقع البناء. هذه الظاهرة لا تقتصر على الأثر الجمالي فقط، بل تمتد لتؤثر على السلامة الهيكلية للمباني، وقد تُفضي بمرور الوقت إلى تآكل الحديد المسلح, وتشقق الخرسانة, وضعف مقاومة المنشأة للأحمال.

في هذا الإطار، تأتي حالة مدرسة حمزة، التي تم إنشاؤها سنة 1982، كمثال حي على هذه الظاهرة، حيث بدأ تسرب المياه إلى بدروم المدرسة منذ بداية الألفينات تقريبا، مما يعني تعرضه للمياه السطحية من ذلك الوقت.

تخرج المياه السطحية المتجمعة في بدروم المدرسة من مصدرين رئيسيين: الأول وجود منطقة زراعية مجاورة ومنبع عين للمياه قريب، حيث تنحدر المياه باتجاه المبنى بسبب طبيعة التضاريس، والثاني يعود إلى وجود تسريب جزئي من السقف، مما يزيد من رطوبة الأرضيات والجدران. وعلى الرغم من أن الملاحظات المبدئية أكدت بأن الموقع الجغرافي غير مناسب للبناء لقول م.المشرف، إلا أن المدرسة شُيدت بسبب موقعها ملاءم للسكان دون مراعاة هذه المحددات. البدروم، الذي يبلغ عمقه نحو 3 أمتار، يُظهر تغيرا واضحًا في منسوب المياه، حيث يصل في بعض الأحيان إلى متر كامل في الشتاء، ثم ينخفض إلى أقل من نصف متر في الصيف وحتى الجفاف، مما يزيد من تعقيد المشكلة.

2.1 أهمية الدراسة

تأتي أهمية هذه الدراسة من كونها دراسة تحليلية تطبيقية ميدانية تهدف إلى تشخيص وتفسير تأثير المياه السطحية على مبنى خرساني قائم فعليًا، وليس في إطار نظري فقط. يتيح هذا النوع من البحوث المجال لتقديم حلول واقعية يمكن تطبيقها مباشرة، سواء في إعادة تأهيل المبنى الحالي أو في التخطيط المستقبلي لمبانٍ جديدة في مناطق مشابهة.

كما أن تحليل العلاقة بين التربة، الخرسانة، والمياه السطحية يقدم إضافة معرفية مهمة لمجال الهندسة المدنية، خصوصًا في الدول التي تعاني من ضعف الرقابة على جودة تنفيذ المشاريع، أو نقص في تطبيق حلول العزل المائي المناسبة.

ويمكن لهذه الدراسة أن تُساهم في تطوير سياسات عمرانية وهندسية تأخذ في الاعتبار خصائص المواقع المقترحة للبناء، وتُراعي أنظمة الصرف والتصميم المقاوم للرطوبة.

علاوة على ذلك، يمكن تعميم نتائج الحلول لهذا البحث على منشآت تعليمية أخرى، خصوصًا في البيئات التي تشهد تحديات مناخية أو جيولوجية شبيهة، مما يجعل من هذا العمل مساهمة فعلية في مسار تطوير البنية التحتية التعليمية.

3.1 أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف المرتبطة بالجوانب الفنية والتحليلية والوقائية، أهمها:

- تأثير المياه السطحية على متانة العناصر الخرسانية، لا سيما في الأماكن المعرضة للرطوبة المستمرة، مثل بدروم مدرسة حمزة.
- دراسة نوع التربة المحيطة بالمبنى، وفهم مدى مساهمتها في تسرب أو احتباس المياه داخل البدروم، مع تحليل للعينات المأخوذة من الجهات الأربع حول المبنى.
- تقييم الأساسات الهيكلية للمبنى، خاصة اللبشة والقواعد المشتركة والمنفردة، ومدى كفاءتها في مقاومة المياه والتوزيع الحِملي.
- اقتراح حلول هندسية وعملية تشمل: تحسين نظام الصرف، استخدام مواد عازلة، تقوية الأعمدة المتأثرة، وتوصيات مستقبلية لاختيار مواقع البناء، وذلك بهدف الحد من حدوث هذه المشكلات في منشآت مماثلة.

يمثل هذا البحث دراسة تطبيقية تجمع بين الدراسة النظرية والتحليل الميداني وكتابة تقارير البناء، ويُسهم في سد فجوة معرفية مهمة تتعلق بتأثير العوامل البيئية على سلامة المنشآت الخرسانية.

يمثل هذا البحث دراسة تطبيقية تجمع بين الدراسة النظرية والتحليل الميداني وكتابة تقارير البناء، ويُسهم في سد فجوة معرفية مهمة تتعلق بتأثير العوامل البيئية على سلامة المنشآت الخرسانية.

ملاحظة هامة: الملحق جزء أساسي من البحث, يرجى الإطلاع عليه لفهم نتائج الدراسة.

2.العمل الميداني

1.2جمع عينات التربة:

تم جمع أربع عينات تربة من الجهات الأربعة للمبنى (أمام، خلف، يمين، ويسار) عبر حفر بعمق 0.5 متر.
لتحديد نوع التربة وتأكيد خصائصها، كما اتضح تنوع التربة مما استدعى صب لبشة خرسانية
على كامل المساحة لتعزيز الأساسات.

2.2 معرفة مستوى المياه داخل البدروم:

من خلال ملاحظة منسوب المياه داخل البدروم، لوحظ عدم استقراره خلال فتره معينة عمقه حوالي 3 أمتار، أقصى مستوى للمياه قرابة 1 متر مما يدل على سرعة تسرب التربة ونفاذية الخرسانة.

(شكل 3) يوضح تدني مستوى المياه وتسرب قليل من السقف

3 تحليل الخرسانة بواسطة مطرقة شميدت وفحوصات أخرى:

نتائج مطرقة شميدت مهمة جداً لتحديد متانة الخرسانة، تم إجراء اختبار مطرقة شميدت
على أربع أعمدة خرسانية معرضة للمياه في البدروم.
وأيضا تم إجراء اختبار الصدم على جوانب الأعمدة الخرسانية بطرقات متكررة وبقوة عالية
لتحديد سرعة تهشم الخرسانة والكشف عن صدأ الحديد، لم تتأثر الخرسانة بالطرقات في جميع
الأعمدة الأربعة ولكن لا يستبعد وجود مشاكل داخلية مثل صدأ حديد التسليح.
من المحتمل أن تتسرب المياه إلى داخل الخرسانة عبر الشقوق والتصدعات الصغيرة مما يؤدي إلى صدأ حديد التسليح دون أن تتأثر الخرسانة المحيطة بشكل واضح .
وضعف هيكل العمود، خطر انهياره إذا استمر تعرضه للمياه .

(شكل 4) تأثر الأعمدة الخرسانية بالمياه داخل بدروم المدرسة (التآكل واضح أسفل العمود)

4.التحليل المعملي:

1.4 إختبار التحليل للمياه السطحية بالبدروم:

بعد أخذ عينة من المياه داخل البدروم، تم إجراء تحليل سريع لها بهدف التأكد من مصدر المياه وتحديدها ما إذا كانت بها مياه صرف صحي، أظهر التحليل عدم وجود أي مؤشرات على مياه صرف صحي، مما يشير إلى أن المياه هي مياه سطحية فقط.

2.4 تحليل التربة ومعرفة نوعها:

تم إجراء التحليل المنخلي للتربة وفقاً لتصنيف الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) والتصنيف الموحد للتربة (USCS).

1-العينة 1 أمام المبنى: -

حبيبية خشنة (رملية) ذات تدرج جيد SW (90.68% مار من منخل 4.75 مم)

2-العينة 2 يمين المبنى: -

تربة ذات حبيبات دقيقة طين وطمي عالي اللدونة OH (مؤكد بمنحنى التحليل وحدود أتربيرج)

3-العينة 3 خلف المبنى: -

تربة حبيبة دقيقة طين وطمي عالي اللدونة OH (مؤكد بمنحنى التحليل وحدود أتربيرج)

العينة 4 يسار المبنى: -

تربة حبيبة خشنة (رملية) ذات تدرج جيد SW (86.28% مار من منخل4.75 مم)

3.4 نتائج قياس مطرقة شميدت:

مقاومة الضغط نيوتن\مم2	Average readings	عدد القراءات (The number of readings)	الأعمدة (columns)
22	26.2	42-34-30-24-23-20	c-1
31.5	34	38-36-35-31-30-22	c-2
18	23	25-24-24-23-22-20	c-3
28.5	30.5	38-34-31-30-26-24	c-4
25			

ملاحظات:-
1 تم تقشير العمود قبل القياس علية
2 تنظيف السطح ووضع المطرقة في وضع أفقي
3 تم أخذ القراءات في منطقة رطبة من العمود
أخذ ستة قراءات لأربع أعمدة وتم حذف الشاد منها لقراءت المتوسط

عدد الأعمدة لعينة صغيرة تم أخذها وذلك بسبب الظروف الميدانية الصعبة في بدروم المدرسة مثل عدم الراحة وبعض التعقيدات في المكان، قد حالت دون أخذ عينة أكبر وأكثر شمولا.

25 أكبر من الحد الأدنى 20 نيوتن\مم2 وأقل من الحد الموصى به30نيوتن\مم2 N/mm^2

لمقاومة الضغط للخرسانة في الكودات الهندسية المختلفة

(شكل 5) عمود من الأعمدة التي تم عليها قياس متانة الخرسانة بمطرقة شميدت

4.طرق تصريف المياه عن الأساسات:

تركيب أنابيب تصريف حول الأساس - إنشاء قنوات تصريف.

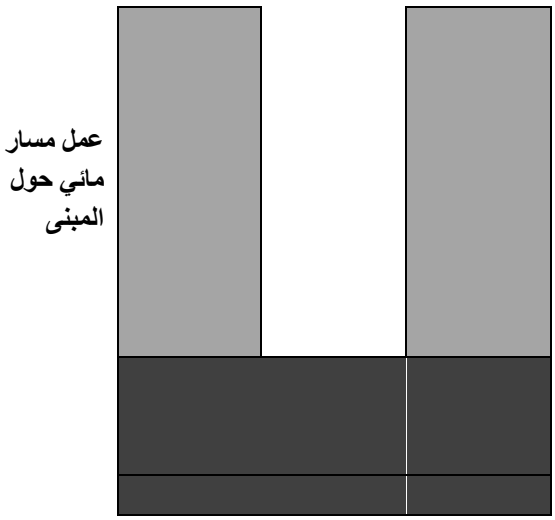
(شكل 6) تحديد موقع الدريناج

(شكل 7) تركيب ووضع الأنابيب

(شكل 8) تعبئة الخندق

من الجدير ذكره أن المبنى يعاني من نقص حاسم في نظام الصرف حيث لا توجد شبكة مسارات مائية ولا نقاط تجميع ولا حتى أنابيب صرف رئيسية لتوجيه المياه إلى نظام المعالجة أو الشبكة العامة.

بالإضافة إلى ذلك، الأرض المحيطة بالمبنى تفتقر إلى منحدرات أرضيه أو نقاط تصريف لتوجيه المياه بعيداً.



بالإشارة إلى استعمال الأنابيب المثقبة حول المبنى لسهولة تصريف المياه السطحية,مع مراعاة ميول مناسبة لضمان تدفق المياه بشكل فعال إلى نظام الصرف الرئيسي.

5.موقع النقاط للتجميع المقترحة:

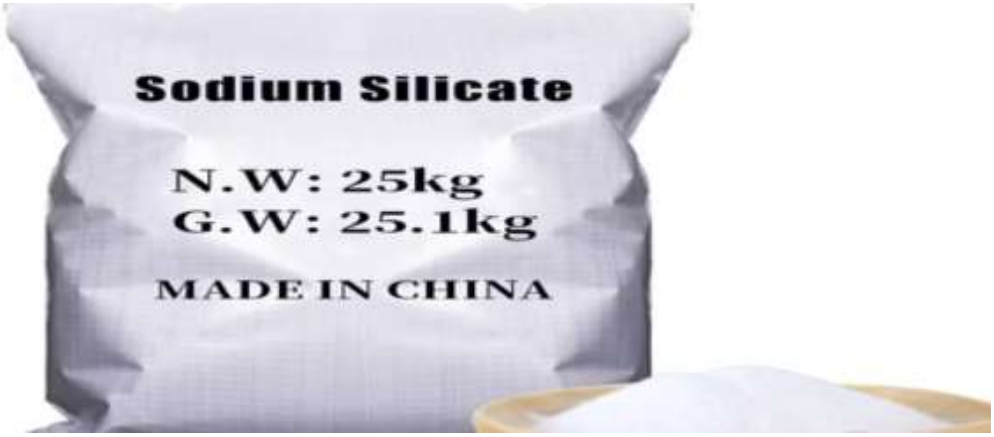
نقطة تجميع شمالية عند التقاء المسارات الشمالية والشرقية

نقطة تجميع جنوبية عند التقاء المسارات الجنوبية والغربية

وكذلك نقطة تجميع شرقية، وغربيه إذا لزم.

(شكل 10) موقع نقاط التجميع المقترحة

استخدام مواد عازلة للخرسانة لمنع امتصاص الرطوبة، وزيادة حماية البدروم من المياه السطحية



(شكل 11) سيليكات الصوديوم

مادة عازلة البوليمر السائل

(شكل 12) إسمنت البوليمرالعازل المائي

مادة عازلة الرش السائل

(شكل 13) بولي يوريثان

مادة عازلة الألواح السميكة

(شكل 14) صفائح مرنة للعزل المائي البيتومين والبلاستيك

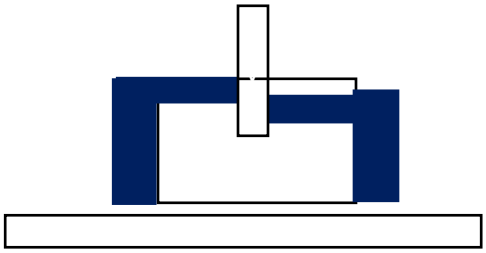
*وعند تطبيق هذه المواد يجب تنظيف سطح الخرسانة جيدا قبل التطبيق وأيضا اختبار المادة بعد التطبيق لضمان فعاليتها.

تقوية الأساسات المعرضة للمياه، ذلك عن طريق التقوية بالدعائم الخرسانية حول الأساسات التي تعمل منفردة وربط الأساس المشترك ببعضه البعض بالدعائم الخرسانية أيضا لزيادة التوزيع الحملي.

(شكل15) تدعيم الأساس المشترك

(شكل 16) تدعيم العمود

(شكل 17) تدعيم الأعمدة للدور العلوي



شكل 18
قميص الحماية للأعمدة

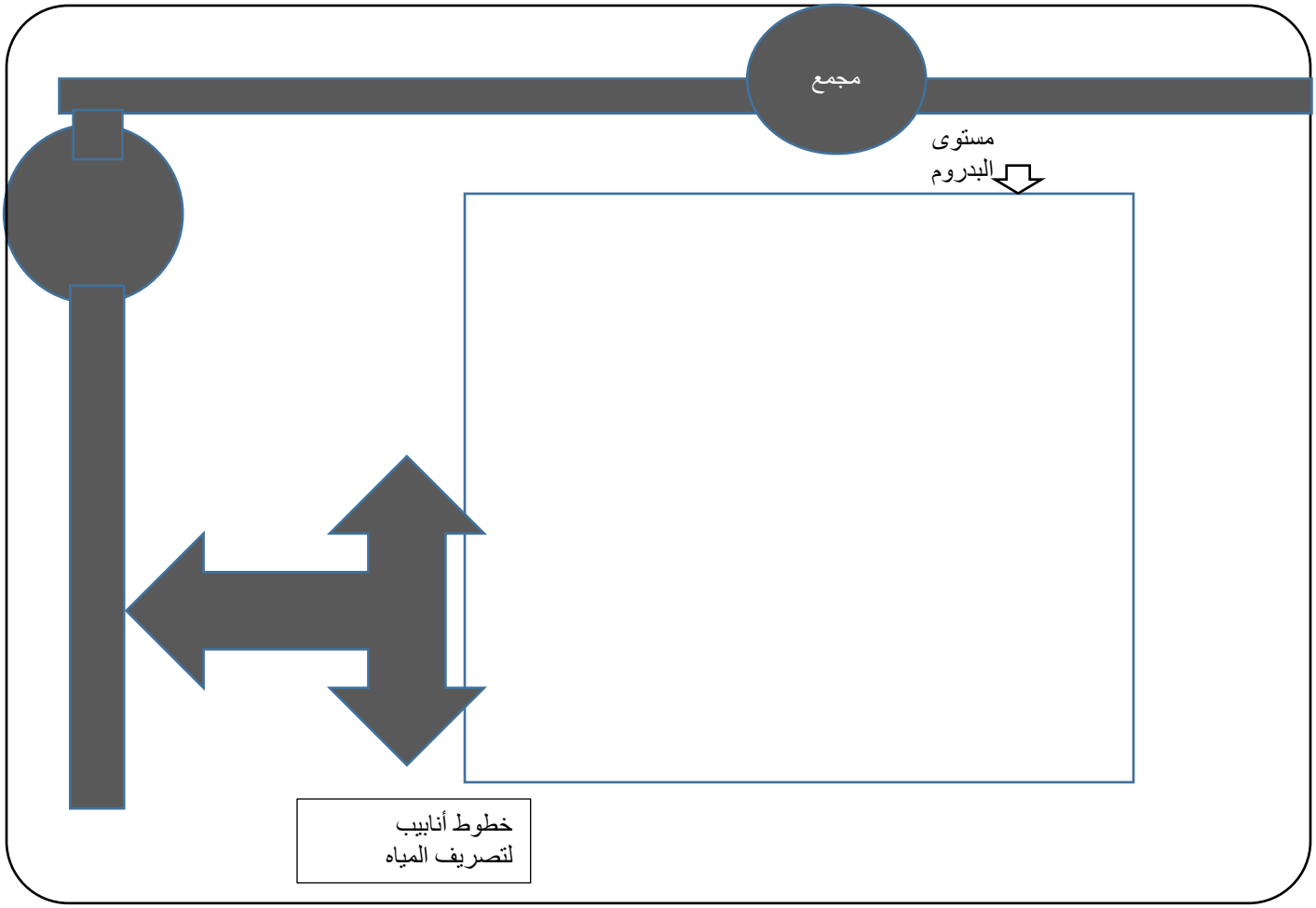
6.استراتيجيات لتجنب المشكلة مستقبلا

. توصيات لاختيار مواقع البناء المناسبة

. استخدام مواد مقاومة للمياه في المناطق المعرضة للرطوبة

. تحسين التخطيط الهندسي لتصريف المياه

لتحقيق تصريف مياه فعال لمثل منطقة مدرسة حمزة ومنطقتها المجاورة المتعرضة لتسريب المياه، فيجب دراسة المنطقة جيدا لتحديد مسارات مياه وتحديد نقاط التجميع لتصميم نظام تصريف فعال، تصميم شبكة أنابيب مناسبة وموادها مقاومة للتآكل والكشط، إضافة لتخطيط نقاط صرف للمياه في المناطق المنخفضة.



التخطيط الهندسي للتصريف "المبنى القائم" شكل (19)

7.أهمية البحث في تحسين معايير البناء في البيئات الرطبة

الأهمية الكبيرة تكمن في تحسين تصميم الأساسات على تحمل الرطوبة والمياه، واختيار المواد المناسبة للبناء لتكون مقاومة للرطوبة والتآكل وتطبيق تقنيات العزل المائية وأيضا تحسين أنظمة التصريف للمياه بحيث يكون تصميمها فعال في الأماكن الرطبة.

اما الفائدة العملية فهي تقليل مخاطر الانهيار للمباني في الأماكن الرطبة وحماية الصحة العامة وتوفير الأموال من خلال تقليل تكاليف الصيانة والإصلاح، وتحسين العيش للسكان في مثل هذه الأماكن.

8.إمكانية تطبيق نتائج الحلول على مشاريع أخرى مشابهه

نتائجها قابلة للتطبيق على المباني التعليمية الأخرى في المناطق الرطبة، وأيضا المباني السكنية في المناطق الرطبة الواقعة في اودية او قريبة من السواحل، والمباني التجارية والصناعية أيضا في مثل الأماكن هذه إضافة للمباني الحكومية.

9. الاستنتاجات من البحث والتوصيات:

معرفة المشكلة الرئيسية وهي تسرب المياه في البدروم بسبب الموقع الغير ملائم للبناء والمنخفض من الأرضية وتسرب جزئي من السقف، بسبب عدم وجود عزل مائي وايضا نظام تصريف مياه فعال في المنطقة وأما تسرب السقف ناتج عن خلل بالمواسير.

وجود أساس لبشة خرساني مسلح بأعمدة مشتركة في بعض الأجزاء ومتفرقة في أجزاء أخرى بالتالي يمكن اعتبار الأساس قوي نسبياً مما ساهم في تحمل المبنى تحت تأثير المياه الغير مستقرة في البدروم.

الحلول المقترحة كتطبيق مادة عازلة مائية على الأسطح والجدران ، وتصميم نظام تصريف مياه في المدرسة وأيضا المنطقة المحيطة، تقوية الأساس اللبشة وإضافة لتحسين التخطيط الهندسي.

التوصيات:

تنفيذ الحلول المقترحة في أقصر وقت ممكن لتجنب الأضرار للمبنى.

إعادة تأهيل البدروم واستخدامه لأغراض مناسبة (قاعات دراسية، مخازن).

اجراء الفحص الدوري للمدرسة لضمان عدم وجود تسرب للمياه.

اعتماد طرق تصميم مباني تتناسب مع البيئة المحلية.

التخلي عن تصميم البدرومات في المناطق الرطبة، حل منطقي ومالي وفني وفي حال يجب تصميمها بطرق تمنع التسرب.

قائمة المراجع

1. أبو القاسم، ليلى. (2018). تلوث المياه الجوفية وآثارها في منطقة الزاوية. مجلة كلية التربية، العدد 12، نوفمبر 2018م.
2. أمهنى، صالح. ودواس، حسن. (2022). تأثير المياه الجوفية على الأساسات والبنية التحتية بمدينة أجدابيا، شرق ليبيا. المجلة الدولية للعلوم والتقنية (ISTJ)، العدد 30، يوليو 2022.
3. أمهنى، صالح والنعاس، سالم. (2019). دراسة جيوهندسية لظاهرة الهبوط الأرضي في مدينة أجدابيا. المجلة الدولية للعلوم والتقنية (ISTJ)، عدد خاص بالمؤتمر والمعرض التقني الأول للهندسة المعمارية والمدنية، فبراير
4. بن عيسى، علي وسعيد، عبد المنعم. (2014). دراسة ارتفاع منسوب الماء الجوفي الضحل وأسبابه في مدينة زليتن – ليبيا. Journal of Basic Sciences – LIBYA، 37(2)، 200–235.
5. الحداد، امحمد عمر والشريف، عبد الرحمن محمد. (2014). دارسة بعض الخواص الهيدرجيولوجية للمياه الجوفية بمشروع الفرجان الزراعي الاستيطاني بمنطقة سوكنة. بحث مقدم لنيل درجة البكالوريوس، جامعة سبها.
6. عبد الكريم، خليفة وأمهنى، صالح. (2021). دراسة أثر مياه الصرف الصحي غير المعالجة على بعض خواص التربة في منطقة أجدابيا – ليبيا. HNSJ، 2(12). https://doi.org/10.53796/hnsj21231
7. الطيرة، سبب عبد الكريم والعمامي، فتحية مفتاح. (2018). تقييم الآثار البيئية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة أجدابيا. المؤتمر العلمي الأول حول البيئة وإعادة تأهيل المجتمعات الصحراوية – الكفرة، ليبيا.
8. المبروك، فرج بوبكر. (2017). أهمية معالجة مياه الصرف الصحي بالطرق الطبيعية في المناطق الجافة وشبه الجافة. المؤتمر العلمي الأول حول البيئة وإعادة تأهيل المجتمعات الصحراوية، الكفرة – ليبيا.
9. مكتب الأرض الهندسي للاستشارات والدراسات والأعمال المساحية. (2005). دراسة لتجديد النباتات المنقرضة والآيلة للانقراض ووضع خطة للمراعي. المرج، ليبيا.
10. أمهني، صالح. (2025). ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في بعض مناطق ليبيا: دراسة مقارنة. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 6(1)، 253–277.
11. كريم، رواد أحمد، الشبوكي، عزالدين حسن، غميض، نزار، وأبوبكر، نزار. (2020). العوازل الحرارية ودورها في تحسين البيئة الداخلية لمباني المناطق الصحراوية. المجلة العلمية للهندسة والبيئة والتكنولوجيا المستدامة، عدد خاص، جامعة مصراته.
12. عكاشة, ع.(2013). تكنولوجيا الخرسانة (الطبعة الأولى). منشورات جامعة سبها.(ص131,شكل 4.14, ص133,شكل 8.14).
13. الضعيف, ع.(2024).ميكانيكا تربة 1: المحاضرة الرابعة.(جدول 3.5, شكل 3.20).
14. *ASTMD4729\D4729-17 منشور من قبل الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM) رقم التسجيل في مكتبة الكونجرس: ISBN 978-1-62276-071-8
15. معيارASCE*: منشور من قبل الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين(ASCE) رقم التسجيل في مكتبة الكونجرس: 978-0-7844-0825-5
16. مجلة الهندسة المدنية الأمريكية عام 2018 مقالة عن "تصميم المباني بدون بدرومات في المناطق الرطبة"
17. مجلة البناء والتشديد البريطانية عام 2015 مقالة عن "التخلي عن البدرومات في المباني الحديثة في المناطق الرطبة"
18. Löndahl, G. (1981). Refrigerated Storage in Fisheries (Vol. 214) Food and Agriculture *Organization of the United Nations (FAO)*

_ واجهة المبنى:

شكل(1) _ موقع المبنى

تم توضيح اتجاه الشمال,البدروم في الإتجاه الجنوبي.
ويعود سبب تجمع المياه في هذا المكان انحدار الأرض الطبيعي
باتجاه الجنوب قليلاً.
وأيضاً لانخفاض منسوب البدروم عن سطح الأرض تجمعت مياه
موسمية أو مايسمى بالعامية المحلية "سُقُّط"

شكل(2) بدروم مدرسة حمزة صيفاً

*ملاحظات ميدانية بعد جفاف البدروم صيفاً:

1. الجفاف التام للمياه المتجمعة بالبدروم يؤكد أنها مياه سطحية سطحية صرفة, فلو كانت جوفية أو مياه مختلطة لما جفت تماماً, ولكن عدم وجود أي بقايا أو رواسب صرف صحي يؤكد عدم وجود صرف فيها.
2. طبقة التربة المتراكمة في البدروم وجود طبقة بيضاء واضحة عليها في فترة الجفاف مما يدل على احتمال مؤكد أنها ترسبات أملاح ناتجة عن تبخر المياه التي من الراجح إحتوائها على أملاح مذابة.
3. الأعمدة المعرضة للمياه وجود طبقة بيضاء على اللياسة هي ترسبات أملاح أيضاً وليست ناتجة عن تآكل كيميائي للخرسانة وذلك بسبب اللياسة قوية ومقاومة للضغط, والخرسانة سليمة.
4. لوحظ وجود حديد التسليح ظاهري في بعض مناطق لأسقف البدروم المتأثرة بالمياه لونه أسود مع لون صفار خفيف حيث لم تتسبب المياه في تآكله بشكل كبير.
5. تسرب المياه من سقف البدروم يحدث في 2-3 مناطق مختلفة مما يستدعي ضرورة إجراء فحص شامل لتحديد مصدر التسربات.
6. بعد الملاحظة أخيراً المياه تتسرب من الخزانات إلى الأسفل أيضاً عبر الجدران والأسقف حتى تصل إلى سقف البدروم وتتسرب من الأسقف في نفس مكان وجود الخزانات بالدور الثالث.
7. احتمال قوي بأن الخرسانة الخارجية ضعيفة وذلك بسبب التعرض المستمر للتسرب, ولكن الخرسانة الداخلية قد تكون أقوى لأنها محمية من العوامل الخارجية.
8. الحديد التسليحي ليس متآكل بشكل كبير مما يقلل من خطر الانهيار الفجائي بالنسبة للأسقف يمكن القول بأن الخطر الرئيسي انهيار جزئي مكان تسرب المياه.
9. المدرسة مهددة بالانهيار إذا استمر الوضع الحالي , سيؤدي إلى انتهاءها مما يعرض الأرواح للخطر.

10. جدران البدروم خرسانية مشطبة بجير أبيض وجبس,للمظهر الخارجي ولتقاوم الرطوبة نوعاً ما.

تجدر الإشارة إلى أن دخول المياه السطحية للمبنى حدث بعد 20 عاماً من تأسيس المبنى,مما يشير إلى أن المشكلة ليست ناتجة عن عيوب في التصميم أو البناء الأولي, بل نتيجة لتدهور حالة المبنى مع مرور الوقت وعدم إجراء الصيانة اللازمة.

ذلك بسبب تسيب وترك البدروم بدون عزله او عمل تصريف للمياه عنه وترك المياه من الخزانات تصب على المبنى وتؤثر على الأسقف وترطب أرض البدروم دون إصلاح.

كل ذلك زاد من تهالك المبنى بسبب الرطوبة المستمرة والإهمال.

تجمع المياه في البدروم وتسربها إلى البناية,حيث أن طبيعة الأرض في المنطقة تتسم بانخفاض مما جعل تجمع المياه السطحية بمنطقة البدروم سهلة وبكونة واقع أيضاً تحت مستوى سطح الأرض.

مع وجود تربة طينية في المنطقة أدى إلى تأخر دخول المياه إلى المبنى , والإرتكاز على صخر قوي للبناية مما ساهم في عدم حصول الهبوط للأساس الحصيري.

مما يؤكد على سلامة الأساس حيث لا توجد تشققات واضحة في جدران الطابق الأرضي والعلوي للمدرسة.

أساس لبشة يعتمد عليه المبنى, مما يجعل استخدام الأساس الشريطي (Mat Foundatin)

أسفل الجدران الخرسانية غير ضروري,حيث أن اللبشة توفر دعماً كافياً للمبنى.

شكل (3) تظهر الصورة وجود طبقة بيضاء سميكة بأرضية البدروم

تظهر الصورتان تهشم خرسانة العمود بعد طرقها لمدة طويلة بمطرقة ثقيلة جداً ومسمارية عدم رؤية حديد التسليح بعد تهشيم الخرسانة قليلاً يشير إلى أن حديد التسليح موجود في الداخل ولكن لم يصل إليه الطرق بعد.

الخرسانة تزداد قوة كلما زاد العمق والركام ملىء فراعات الخرسانة مما جعلها أكثر قوة,الخرسانة الداخلية أقوى مما يدل على أن تم صبها بشكل جيد. وجود البقع البنية والصفراء يشير إلى وجود أكسيد الحديد أو صدأ الحديد في الخرسانة.

شكل (4)

ظهور بقع صفراء وبنية عند عمق التهشيم مما يشير إلى تآكل الحديد وضرورة الإصلاح الفوري.
ما يثير الدهشة! بأن اللياسة سليمه والخرسانة السطحية سليمة ظاهرياً كذلك,بالرغم من ظهور علامات للصدأ.
صدأ الحديد الحاصل داخلياً قد يؤدي إلى انهيار مفاجئ للعمود أو انحناء وميلان له.
وجود شقوق مجهرية بالخرسانة ومساميتها وأيضاً عدم وجود عزل مائي مناسب,وجود أملاح في التربة والمياه كل ذلك يساهم بشكل كبير في حدوث الصدأ وظهور بقع على الخرسانة.
ولكن سمك الخرسانة كافٍ لتحمل الضغط وجودتها جيدة بشكل عام لم يحصل تأكل لها.

شكل (5)

(9) شكل

يظهر في الصورة عمود خرساني متأثر بالمياه وبقع رطوبة كثيفة على السقف والجدار بالبدروم تشير إلى تسرب مياه خطير يؤثر على استقرار المبنى:

شكل (10)

شكل (11)

هذه الصورة تبين تساقط اللياسة في منطقة السقف بالبدروم مع تهشم خفيف للخرسانة وتأثر ظاهري في التسليح المعدني.

التعامل مع الأسقف المتأثرة بالتسرب:

نتيجة لوجود الرطوبة في بعض المناطق بالسقف وانسلاخ في اللياسة وبروز حديد التسليح يوصى بالإجراءات التالية:

. وقف التسرب بمراقبة المصدر حيث أن استمرار المياه, والرطوبة المستمرة ستؤدي زيادة تآكل حديد التسليح وتدهور الخرسانه وانتشار الصدأ بالسقف وأيضاً زيادة تكاليف الإصلاح مستقبلاً.

. تنظيف المنطقة المتأثرة وإزالة اللياسة المتضرره, معالجة الحديد التسليحي,حقن الإيبوكسي في الشقوق والفراغات وتقوية الخرسانة.

. صب خرسانة جديدة لتغطية المنطقة المتضررة وتقوية الأسقف, وترميم اللياسة بعد الانتهاء.

تقرير عن حالة السقف المتضرر:

الملاحظات:

تساقط جزء من حديد الفرش الداخلي عند محاولة كشط المنطقة المتضررة.

الحديد الرئيسي(الغطاء) سليم من الداخل بالرغم من ظهور صدأ خارجي عليه,الصدأ كان خارجي تساقط في بعض الأجزاء وجزء آخر تساقط الصدأ وجزء خارجي من الحديد بينما سليم داخلياً.

التشخيص:

حديد الفرش الداخلي متضرر ويحتاج إلى إستبدال فوري,زرع حديد تسليح جديد.

حديد الرئيسي سليم ولكن يحتاج إلى معالجة بمواد مضادة للصدأ للسطح الخارجي وإعادة طلاء السطح الخارجي بمادة واقية.

الخرسانة المحيطة متضررة تحتاج إلى إعادة صب وإصلاح,تنفيذ أعمال تقوية للسقف لضمان سلامتة الإنشائية.

مراقبة السقف لاكتشاف أي علامات للضرر أو التآكل.

إضافة ملاحظة: أكسيد الحديد الموجود في الخرسانة يحدث عادة في حديد التسليح الموجود بها أو الركام الحصى أو الرمل لأنه يحتوي على معادن حديدية, ولكن نادراً مايحدث في الإسمنت نفسه عادة لا يحتوي على الحديد بكميات كبيرة.

خطوات إصلاح الأعمدة:

1. تنظيف المنطقة المتضررة من الخرسانة.
2. تقييم الضرر, تحديد مدى الضرر لحديد التسليح.
3. تنظيف حديد التسليح, إزالة الصدأ.
4. تطبيق مادة مانعة للصدأ, لحماية حديد التسليح.
5. ملىء الفراغات, استخدام مادة إصلاح خرسانية لملء الفراغات.
6. التشطيب, إعادة تشطيب السطح ليعكس مظهر الخرسانة الأصلي.

بناءاً على وضع مدرسة حمزة, أقترح إضافة مادة إضافية إلى خليط الإصلاح الخرساني لتعزيز قوتها ومقاومتها للظروف البيئية المحلية, مثل:

ألياف البولي بروبيلين: لتعزيز مقاومة الخرسانة للتشقق.

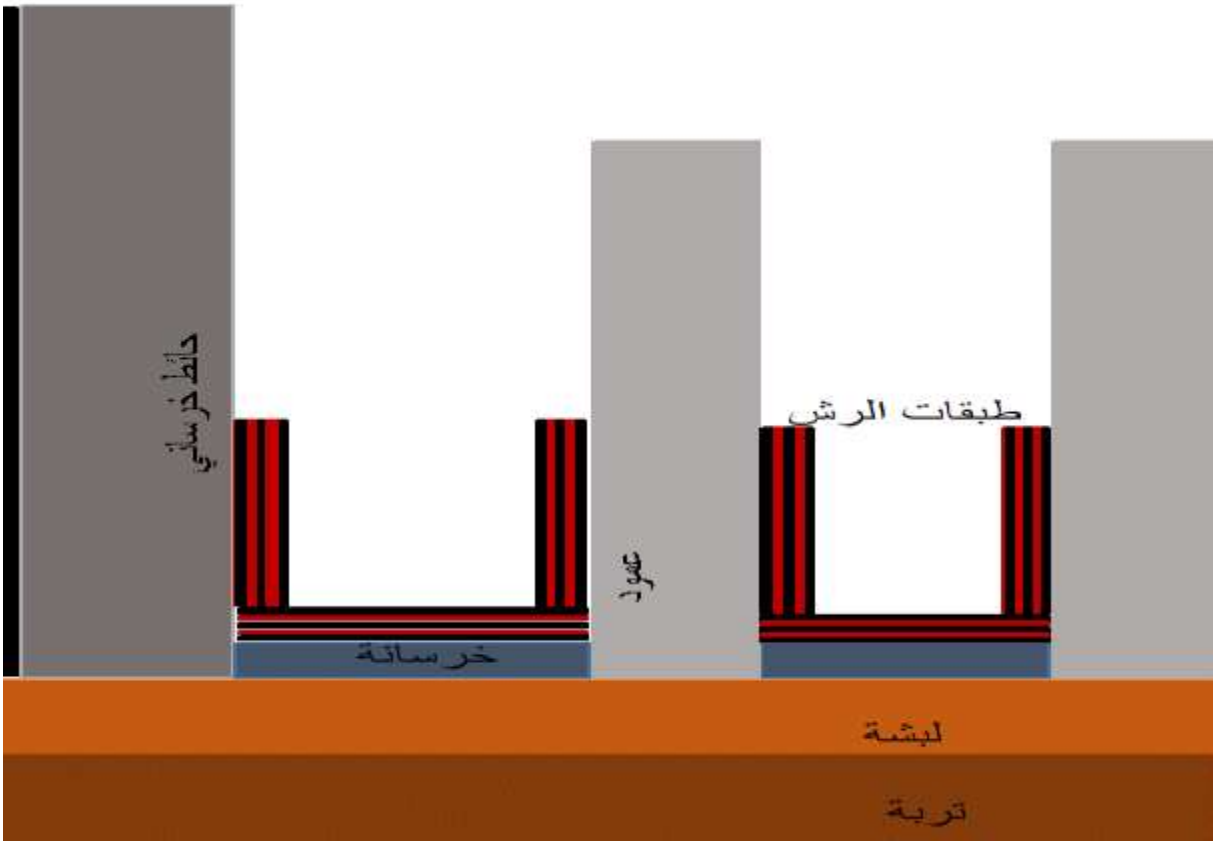
ميكروسيليكا: لزيادة قوة الخرسانة ومقاومتها للصدأ.

مواد مانعة للصدأ: لحماية حديد التسليح من الصدأ مستقبلياً.

هذه الإضافات ستساعد في تحسين أداء الخرسانة وزيادة عمرها الافتراضي في ظروف مدرسة حمزة.

هذه المواد متوفرة بسعر مناسب في السوق المحلي, مما يجعلها خياراً ممتازاً للإصلاح.

لكن يوصى بتنظيف أرضية القبو بالكامل وعزلها بالبيتومين الساخن, ثلاث طبقات لأرتفاع يصل 70سم إلى متر حول الأعمدة وللحوائط من الداخل والخارج.



(12) شكل

الطبقة الأولى ستخترق في الخرسانة وتملأ الفراغات, الطبقة الثانية ستزيد من سمك العزل والطبقة الثالثة ستكون العازلة الرئيسية وتمنع من دخول الماء والرطوبة.العزل بالبيتومين الساخن أحد أفضل الطرق لعزل بدروم المدرسة مقاوم عالي للماء والرطوبة, متانة طويلة الأمد, سهولة التطبيق, تكلفته معقولة.

بالنسبة للجدران الخارجية يجب إزالة التربة من حول الجدران الخرسانية قبل رشها بالبيتومين الساخن.

الطريقة هي:

حفر خندق حول الجدران.

إزالة التربة من حول الجدران.

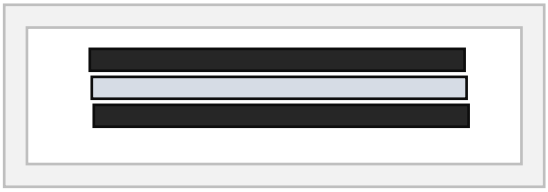
تنظيف الجدران.

رش البيتومين الساخن,كذلك على 3 طبقات ليكون سطح صلباً وعازل بما فيه الكفايه للماء والرطوب مع ترك وقت كافٍ لكل طبقة لتجف,بعدها ردم الخندق بالتربة والرمل.

لتحسين العزل المائي ولتعزيز فعاليتة فمن الأفضل يتم استخدام مادة عازلة بين طبقات البيتومين مثل ورق البولي إثيلين, لفائف البوليستر, أغشية البيتومين المعدلة.

والسبب منع الالتصاق للطبقات ببعضها وليكون عزل قوي وفعال.

فمن الأفضل استعمال مادة بين طبقات العزل داخل البدروم لمنع تسرب المياه وأيضاً للجدران الخارجية لمنع دخولها من الخارج, وتسمى هذه "العملية العزل المائي الكامل"
فيتم وضع ورق العزل على الطبقة الأولى ساخنة وضغطها وتترك لتجف,طبقة عزل نهائية.



شكل (13)

الأعمال الميدانية الإضافية***
لتعزيز دقة النتائج وتحليل تأثير الرطوبة على مقاومة الخرسانة, تم إجراء قياسات إضافية باستخدام مطرقة شميدت في فترة الجفاف التام للمياه في البدروم مع تواجد الرطوبة به.
تم أخذ قراءات الارتداد باستخدام المطرقة في مناطق مختلفة من الأعمدة في مناطق جافة ورطبة.
لهدف تحديد مدى تأثير الرطوبة على سلوك الخرسانة,تقييم جودة الخرسانة وتحديد أي مناطق ضعيفة.
ستة أعمدة وإثنان من الحوائط الخرسانية المتأثرة بالمياه في البدروم.
متوسط مقاومة الضغط للأعمدة=33+30+33+35+15+16+30+35
(28Mpa) .46+48 = (47Mpa) .. للحائطين
قيمة التعديل= 47*(15\100)= 7.05ميجاباسكال.
قيمة مقاومة الضغط المعدلة= 47-7.05=39.9ميجاباسكال.

صورة للعمود المختبر عليه والحائط الخرساني

شكل(14-15)

تحليلات مختبرية لعينة من التربة, الخرسانة,الليلسة:
أخذ عينة من التربة الرطبة المتراكمة في البدروم مع طبقة واضحة من الأملاح عليها بكونها رطبة تعطي نتائج أكثر دقة,وعينة من لياسة العمود مع ترسب للملوحة عليه, وعينة من خرسانة جانب العمود نظراً لصعوبة اختراق خرسانة الوسط بأدوات التي كانت موجودة لذلك تم أخذ عينة من الجوانب بكونها كانت أقل صلابة.
تم إجراء اختبارات لتحديد مستوى التلوث بالأملاح في التربة والخرسانة والليلسة.
التربة والمياه المتجمعه فيها تحتوي على تركيزات عالية من الأملاح, مما أدى إلى تلوث الليلسة والخرسانة.
" الصخور مثل الجبس والحجر الجيري والملح الصخري تعتبر أحد المصادر الطبيعية للأملاح "
صخور الجبس(كبريتات الكالسيوم), صخور الحجر الجيري(كربونات الكالسيوم), صخور الملح الصخري(كلوريد الصوديوم).
الحجر الجيري, والملح الصخري, وطين والرمل(صخور رسوبية فتاتية), هذه الصخور موجودة في المنطقة مما تكون مصدر محتمل للأملاح في المدرسة.
الجدول التالي يوضح نتائج اختبارات الأملاح

(PPm) SO4	(PPm) CL	(PPm) TDS	(mS\m) EC	العينة
3999	2023.5	16482	24.6	Soil
0.399	0.20	1.65		%
741	4473	4509.1	6.73	Politeness
0.075	0.45	0.451		%
1271	426	1510.4	2.36	Concrete
0.13	0.043	0.151		%

جدول (1)

عينة التربة الملح السائد كبريتات
عينة الليلسة الملح السائد كلوريدات
عينة الخرسانة الملح السائد كبريتات

في العادة الكلوريدات تكون أكثر انتشاراً في الخرسانة. فالسبب الرئيسي المحتمل لارتفاع الكبريتات في الخرسانة يعود إلى ذوبان الكبريتات في التربة والذي أدى إلى امتصاص الخرسانة له.
فوجود كبريتات الكالسيوم في الخرسانة التي تتفاعل مع الرطوبة وتسبب تآكل الحديد وحدوث الصدأ.
رغم وجود تركيزات مرتفعة من الكلوريدات في الليلسة إلا أن مقاومتها للتدهور والتآكل لا تزال عالية.

النص العلمي:

نتائج الدراسة تشير إلى أن تسرب المياه السطحية إلى البدروم أدى إلى تكون أملاح الكبريتات والكوريدات.
تكون طبقة بيضاء من كبريتات الكالسيوم($CaSO4.2H2O$) على سطح التربة المتراكمة, مما يشير إلى تفاعل المياه السطحية مع التربة الغنية بالكبريتات.
امتصت الخرسانة أملاح الكبريتات من التربة, مما أدى إلى ارتفاع تركيز الكبريتات فيها.

ظهرت بقع بيضاء مع قليل من الصفار على اللياسة بسبب وجود كلوريدات الصوديوم (NaCl) مع كبريتات قليلة, مما يشير إلى امتصاص اللياسة لأملاح الكلوريدات من التربة.

تأثير الكلوريدات Cl	تأثير الكبريتات SO4
بالنسبة للخرسانة: تآكل الحديد وضعف قوة الخرسانة . بالنسبة للياسة: تآكل المعادن بها وتسبب تآكل وتقشر وتشققات باللياسة وأيضاً تغير لونها.	تشققات وانهيار في الخرسانة. تفاعل مع مكوناتها وتدهورها لكن أقل حدة من الخرسانة.

جدول (2)

تأثير الكلوريدات (Cl) على التربة المتراكمة في البدروم, زيادة الرطوبة وتسبب رائحة كريهه
الكلوريدات تتفاعل مع المعادن في أرضية البدروم وتسبب تآكلها.
أما تأثير الكبريتات (SO4) تؤثر على الهواء وأيضاً تتفاعل مع مواد البناء ويدهورها.
تم تحليل التربة المتراكمة في البدروم ليس لأنها تؤثر على التربة نفسها ولكن تؤثر على المبنى من الداخل وتسبب رطوبة وروائح كريهة, قد تتسرب الكلوريدات والكبريتات إلى الخرسانة أو اللياسة وتسبب أضرار.
"فعند دخول المياه السطحية إلى البدروم, قللت من تركيز الأملاح في التربة الخارجية وحملت معها الأملاح, مما أدى إلى ترسيبها على أرضية البدروم وتشكيل طبقة بيضاء واضحة خلال فترة الجفاف"
التجديد المستمر للمياه السطحية من خلال النباتات المائية والأمطار والسيول مما يقلل من تركيز الأملاح فيها.

الإجراءات الوقائية لمعالجة تأثير الكلوريدات والكبريتات:

إزالة التربة الملوثة وتنظيف المكان.
إعادة بناء الأجزاء المتضررة من الخرسانة واللياسة.
مراقبة مستوى الرطوبة وتطبيق مواد عازلة على الخرسانة واللياسة.

ملاحظة:

تم إجراء جميع الملاحظات الميدانية والأعمال الميدانية الإضافية
بفترة الصيف عند جفاف البدروم تماماً تم الدخول بشكل آمن وإجراء الملاحظات الميدانية دقيقة وشاملة وأيضاً جمع بيانات إضافية داعمة لنتائج البحث لم يسع وضعها كاملة مفصلة, وكذلك خطة البحث.
هذه الجهود الإضافية ساهمت بشكل كبير في تعزيز دقة وموثوقية نتائج البحث, وتوفير رؤية شاملة حول حالة المبنى.