International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 37 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

Received	2025/11/28	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/12/22	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/12/23	تم نشر الورقة العلمية في

تأثير رذاذ البحر على المباني الساحلية في مدينة درنة الليبية

***رافع عبد السلام الصلابي[1]، محمد جمعة بوعجيلة[2]، عمر بن عبد العزيز الغزالي[3]**
أمبارك على العمامي[4]

[1،2،3] كلية العلوم التقنية – درنة – ليبيا، [4] كلية العلوم والتقنية – قمينس– ليبيا
*r.elsalabi@yahoo.com
https://orcid.org/0009-0003-5069-7643

الملخص:

درنة تعد من المدن الساحلية الشمالية التي تتسم ببيئة بحرية متقلبة، مما يجعل منشآتها الخرسانية عرضة للتدهور نتيجة التعرض المستمر لرذاذ البحر المحمّل بالأملاح المتأينة والتي تسبب الضرر للخرسانة وحديد التسليح بتفاعلات فيزيائية وكيميائية معقدة، حيث تنفذ – الأملاح المتأينة – عبر مسام الخرسانة والشقوق الشعرية ، وبفعل دورات البلل والجفاف تصل إلى حديد التسليح ، وتكسر الطبقة السلبية الواقية له ، وينتج عن ذلك تفتت الطبقات السطحية ، وزيادة نفاذية الخرسانة وتآكل حديد التسليح وظهور الصدأ . وهذا يؤدي بالنتيجة الى تضرر المنشأ وتقليل العمر الافتراضي له وتهديد سلامته الانشائية وسلامة وانخفاض معاملات الأمان له.

وتفاقمت هذه المخاطر بشكل ملحوظ عقب الفيضانات الكارثية بمدينة درنة عام 2023، مما سبب تسريعاً لعمليات التدهور الإنشائي وارتفاع معدلات التلف في العديد من المباني القائمة. كما زادت مركبات الأملاح في تعميق اختراق الكلوريدات للخرسانة وزيادة نفاذيتها وإضعاف الطبقة الواقية للحديد ، وهذا عجّل انتشار التآكل.

وانطلاقا من هذه المعطيات، يركز بحثنا هذا على تأثير البيئة الساحلية ورذاذ البحر في تسارع تدهور المنشآت الخرسانية بمدينة درنة، ويؤكد على أهمية تبني استراتيجيات وقائية فعّالة وبرامج صيانة دورية للحفاظ على سلامة المباني الساحلية وإطالة عمرها الخدمي.

الكلمات المفتاحية: رذاذ البحر، البيئة الساحلية، اختراق الكلوريدات، تآكل حديد التسليح

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 37 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ
http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

The Effect of Sea Spray on Coastal Buildings in the City of Derna, Libya

***Rafa A.Elsalabi[1], Muhammad G.BouAjila[2], Omarben.A.Alghzali[3]**
Ambark A.Alamammi[4]
[1,2,3]College of Technical Sciences Derna - Libya
[4]College of Sciences and Technology Qaminis - Libya
r.elsalabi@yahoo.com*
https://orcid.org/0009-0003-5069-7643

Abstract

Derna, a coastal city in northern Libya, is characterized by a fluctuating marine environment, which makes its concrete structures highly susceptible to deterioration due to continuous exposure to sea spray containing chlorides, sulfates, and other ionic salts. These salts adversely affect both concrete and reinforcing steel through complex physical and chemical interactions. Chloride ions, in particular, penetrate concrete pores and micro cracks via capillary action and wet-dry cycles, reaching the reinforcing steel and breaking its passive protective layer. This process leads to increased concrete permeability, surface layer degradation, initiation of steel corrosion, and rust formation, thereby reducing the service life of structures and threatening their structural safety.

These risks were further exacerbated by the catastrophic floods that struck Derna in 2023, accelerating the deterioration of many existing buildings. The presence of salts intensified the penetration of chlorides into the concrete, weakening the passive layer around the steel reinforcement and hastening the onset and propagation of corrosion.

In light of these findings, this study highlights the impact of the coastal environment and sea spray on the accelerated degradation of concrete structures in Derna and emphasizes the importance of implementing effective preventive strategies and routine maintenance programs to preserve the safety and extend the service life of coastal buildings.

Keywords: Sea spray, coastal environment, chloride penetration, reinforcement corrosion

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

1. المقدمة

تواجه المباني الواقعة على الشـــريط الســـاحلي لمدينة درنة تحديات بيئية معقدة نتيجة التعرض المســـتمر لرذاذ البحر المحمّل بالأملاح. وعلى الرغم من أن هذه الظاهرة تعد طبيعية وملازمة للبيئة البحرية، فإنها تشكل أحد العوامل الرئيسية المساهمة في تدهور الخرسانة وتآكل حديد التسليح في المنشآت الساحلية.

تشير الملاحظات الميدانية والدراسات الحديثة إلى أن العديد من المباني في درنة تعاني من مستويات متقدمة من التشققات والتآكل، خاصة في السنوات الأخيرة، نتيجة تأثير التغيرات المناخية والعواصف المتكررة والفيضانات الكارثية. ويظهر هذا التدهور بشكل واضح في العناصر الخرسانية والحديدية، مما يقلل من العمر الافتراضي للمنشآت ويهدد سلامتها الإنشائية.

وفي هذا السياق، يُعد فهم تأثيرات رذاذ البحر على الخرسانة وحديد التسليح أمرًا ضروريًا من الناحية الهندسية، حيث يتيح تقييم حالة المنشآت ووضع استراتيجيات فعّالة للحماية والصيانة، بهدف إبطاء عمليات التدهور والحفاظ على السلامة الإنشائية للمباني الساحلية.

2. مشكلة البحث

المباني المواجهة للبحر في مدينة درنة تعاني من تلف متزايد في الخرسانات وحديد التسليح نتيجة التعرض المستمر لرذاذ البحر المحمل بأملاح الكبريتات والكلوريدات.

ويتمثل سؤال البحث الرئيسي في:

ما التأثير الذي يسببه رذاذ البحر على المباني المواجهة للبحر في مدينة درنة؟ وما هي اشكال الضرر والخطورة ؟

3. أهداف البحث

1- معرفة المكونات الملحية الموجودة في رذاذ البحر ومعرفة مدى تأثيرها على المباني الخرسانية.

2- تحديد اشكال الضرر الي يصيب حديد التسليح بسبب هجوم الاملاح.

3- النظر لأهم العوامل البيئية المسببة في تآكل الخرسانة في الواجهات بالمدينة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

4- اقتراح التوصيات والخطط الوقائية وبرامج الصيانة المناسبة للحد من الأضرار الناتجة عن هذه الظاهرة

4. فرضيات البحث

1- الرذاذ البحري فيه نسب عالية من الأملاح الكبريتية التي تهاجم ثلاثي الومينات الكالسيوم الموجود في الاسمنت.

2- محتوى الكلوريد الايوني يعتبر العامل الأساسي في تأكسد الحديد.

3- المناخ الرطب والرياح سبب أساسي في زيادة الضرر.

4- بحكم اهتمام الباحثين في مجالات البناء في المدينة ومتابعتهم للسوق وما يستجد فيه من مستحدثات في مواد البناء اعتمد الباحثون على الخبرة العملية والمعلومات المستمدة من المقاولين والمنفذين والموردين المحليين لمواد البناء كالأسمنت والحديد، للتأكد من استخدامهم لنفس نوع الاسمنت البرتلاندي العادي التي تواجدت في السوق المحلي طيلة الأعوام السابقة. ولم يتم استخدام أي نوع من الاسمنت المقاوم للأملاح او الكبريتات أو غيرها من مواد تلائم البيئة البحرية.

5. أهمية البحث

ان أهمية هذا البحث تكمن في أنه يتناول مشكلة تعاني منها الكثير من المباني الساحلية، خاصة بعد فيضان دانيال وما تلاها من تداعيات على مدينة درنة. حيث يقوم هذا البحث على تقديم عدة حلول من بينها:

1. انشاء مباني ذات كفاءه وجوده ومقاومه للتأثيرات البيئية.
2. تقديم تخصيص مواصفات فنية محلية لضبط تطبيقات إنشاء المباني.
3. توجيه صانعي وأصحاب المشاريع المقترحة بانتقاء مواد بناء مقاومة للكبريتات.
4. المداومة على التجديد والصيانة لفترات متباعدة للمباني وواجهاتها المتآكلة.

6. حدود البحث

المكان: مدينة درنة- ليبيا على خط طول 32.45 وخط عرض 22.40- الشريط الساحلي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

الزمان: اعتمادا على الوضع بعد كارثة دانيال 2023.

7. منهجية البحث

اعتمد الباحثون على:

المنهج التحليلي الوصفي لدراسة الخصائص الكيميائية والإنشائية، بالإضافة إلى المنهج الوثائقي من خلال مراجعة البحوث والدراسات السابقة.

ثانيًا: دراسات سابقة (Literature Review)

1. دراسة Tuutti (1982)

وتناولت هذه الورقة تآكل الفولاذ المسلح المدفون في الخرسانة، حيث أظهرت الورقة أن الكلوريدات كانت العامل الرئيسي في انهيار الطبقة السلبية، وهي الطبقة الرقيقة من أكسيد الحديد التي تتكون على سطح الفولاذ المسلح عند تواجده في الخرسانة. وهذا يؤدي إلى التآكل الكهروكيميائي للفولاذ.

أهميتها للبحث: هي أنه تم التحقق من فرضية الدراسة بأن رذاذ البحر يمكن أن يخترق الخرسانة ويهاجم غطاء الخرسانة.

2. دراسة Andrade & Alonso (1996)

وهو بحث ميداني لقياس معدل التآكل بسبب البيئة البحرية

خلصت نتائج البحث "أن الرطوبة العالية وأملاح الكلوريدات تسبب أعلى معدل للتآكل".

ارتباطها: مدينة درنة ذات رطوبة مرتفعة لوجودها على ساحل البحر، وهي تتعرض دائما للرياح الشمالية الغربية، مما يعني وصول كميات أكبر من الرذاذ إلى واجهات المباني الساحلية.

3. دراسة Castro et al (2001)

درس هذا البحث المباني الواقعة على ساحل فنزويلا. وقد أكدت الدراسة أن المباني القريبة من الساحل تعرضت لأضرار مقارنة بالمباني التي ليست على البحر.

ارتباطها: وهي تمثل حالة مشابهه تماما لمدينة درنة الليبية.

4. دراسة Song & Saraswathy (2007)

هذه الدراسة تتعلق بمراجعة الاستخدامات المختلفة لمراقبة تآكل الحديد بواسطة أجهزة حديثة. وقد أظهر البحث أن أي شروخ صغيرة تعد نقطة بداية للتآكل السريع.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

ارتباطها: يدعم فرضية البحث بضرورة الصيانة الدورية.

5. دراسة Chung et al. (2016)

هذا البحث يدرس تأثير الأمواج والرياح البحرية على الواجهات الخرسانية.

أظهرت النتائج أن الرذاذ المنتقل بواسطة الرياح يصل لأكثر من 1 كم للعمق في المدن الساحلية.

ارتباطها: يؤكد أيضاً ان المباني البعيدة عن البحر في درنة معرضة للضرر.

6. دراسة Li & Xiao (2018)

Diffusio– Capillary action تظهر الدراســـة الآليات الدقيقة لاختراق الكلوريدات للخرسانة

ارتباطها: وهي تؤكد الإطار النظري الذي سيتم تضمينه في البحث.

7. ورشــة اعادة إعمار مدينة درنة والمدن والمناطق المتضــررة من إعصــار دانيال (2023)

تناولت بعض التقارير والدراسات المحلية واقع المباني المتأثرة بالبيئة الساحلية والظروف المناخية القاسية في مدينة درنة والمناطق المجاورة، حيث أُشير إلى أن عددًا من المباني التي شُيّدت قبل عام 2010 تعاني من مظاهر تدهور إنشائي مبكر. ففي العرض المقدم من مكتب المشروعات العامة ببلدية درنة ضمن ورشة العمل المعنونة (مشاركة الخبرات الوطنية والدولية في خطة منهجية مدروســـة لإعادة إعمار مدينة درنة والمدن والمناطق المتضـررة من إعصـار دانيال)، والتي عُقدت بمدينة شـحات بتاريخ 2023/10/21، تم التأكيد على أن كثيرًا من المباني القائمة، خاصـــة الأقدم زمنيًا، لم تُصـــمَّم أو تُنفَّذ وفق اشـتراطات مقاومة التأثيرات البيئية البحرية والتي تم البدء في تطبيقها عام 2010 او ما يعرف بشروع الجيل الرابع.

ارتباطها: أوضح العرض أن مظاهر التلف، مثل تشققات العناصر الخرسانية، وانفصال الغطاء الخرسـاني، وظهور الصـدأ في حديد التسـليح، تُعد مؤشـرات على ارتفاع نفاذية الخرسانة وعدم كفاية الغطاء الخرساني في عدد من المباني المشيّدة خلال فترات سابقة، ولا سيما قبل عام 2010. وتتوافق هذه الملاحظات مع ما ورد في الأدبيات العلمية التي تشير إلى أن الممارسات التصـميمية والتنفيذية المعتمدة قبل التوسـع في تطبيق متطلبات

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

المتانة والخرسانة المقاومة للكلوريدات غالبًا ما كانت أقل ملائمة للبيئات الساحلية، مما يؤدي إلى تسارع اختراق الكلوريدات وبداية تآكل حديد التسليح في الخرسانة المسلحة.

ثالثًا: الإطار النظري (Theoretical Framework)

1. الرذاذ البحري ومكوناته

يُعرَّف الرذاذ البحري بأنه جسيمات دقيقة من مياه البحر تنتقل إلى اليابسة بفعل حركة الأمواج والرياح، خصوصًا في المناطق الساحلية، ويتكوّن أساسًا من أملاح البحر الذائبة، وعلى رأسها كلوريد الصوديوم، إضافة إلى مركبات أخرى مثل كبريتات المغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنيسيوم.

وتُعد أيونات الكلوريد المكوّن الأكثر تأثيرًا في تدهور الخرسانة المسلحة، نظرًا لقدرتها على اختراق مسام الخرسانة وكسر الطبقة السلبية الواقية لحديد التسليح، مما Mehta & Monteiro, 2014 يؤدي إلى بدء عملية التآكل

تقوم الرياح بنقل رذاذ البحر المكون من املاح الكلوريدات والكبريتات Chung et al, 2016 لمسافات كبيره قد تصل إلى أكثر من 500 متر داخل المدن.

2. الخرسانات المنفذة في البيئات البحرية

ان الخرسانة مادة بها مسامات، قد تمر من خلالها املاح الكلوريدات (Diffusion) (Li & Xiao, 2018) عن طريق الخاصية المسامية.

حيث تتكون بلورات ملحية داخل المسامات وتتمدد مسببه الشقوق.

3. آلية تآكل حديد التسليح

وفق نموذج Tuutti (1982): هو أحد أهم النماذج العلمية المستخدمة لفهم كيفية وصول الأملاح وخصوصًا الكلوريدات إلى حديد التسليح في الخرسانة حيث يوضح الشكل (1) هذا المسعى بجلاء إذ تتكون العملية المرصودة في ثلاثة مراحل هي:

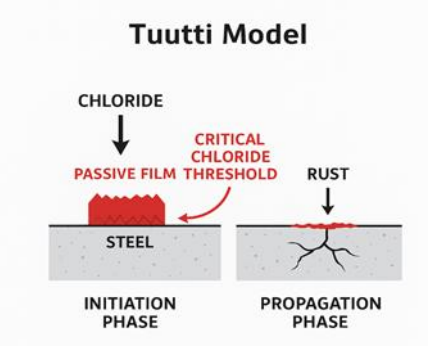
المرحلة الأولى: انتشار املاح الكلوريدات في المسامات حتى الوصول لحديد التسليح.

المرحلة الثانية: تحطم طبقة التخميل وبظهور التآكل الكهروكيميائي.

المرحلة الثالثة: زيادة تأكسد الحديد وبداية الضغط في الداخل.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930



شكل (1): نموذج Tuutti لآلية تآكل حديد التسليح في الخرسانة

4. العوامل المؤثرة لتأكل خرسانة الواجهات في مدينة درنة جدول (1) شكل (2)

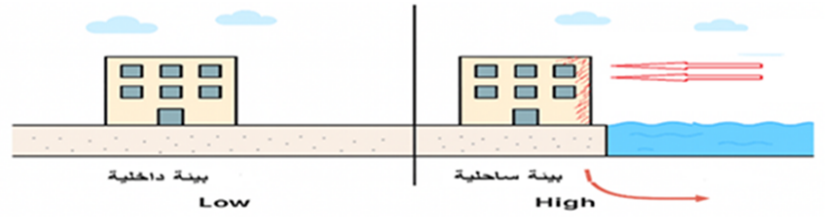
الجدول (1): العوامل المؤثرة على معدل اختراق الكلوريدات

ر	العامل	تأثيره على الاختراق	الشرح
1	نسبة الماء/الأسمنت	زيادة النسبة تزيد الاختراق	تزيد المسامية
2	درجة الحرارة	تزيد الانتشار	حركة أيونية أسرع
3	محتوى الأملاح	يزيد خطورة التآكل	رذاذ البحر مصدر مباشر
4	الغطاء الخرساني	كلما زاد زادت الحماية	يحول دون وصول الأملاح

- ارتفاع الرطوبة بسب المسطحات المائية (البحر)
- الرياح السائدة الشمالية الغربية
- مصادر الركام الذي يحتوي على الكبريتات والكلوريدات
- ندرة استخدامات المضافات التي تقوم الكبريتات
- عدم وجود صيانة دورية للواجهات بصفة خاصة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930



الخاصية	المبنى الساحلي (الجهة اليمنى)	المبنى الداخلي (الجهة اليسرى)
الموقع	قريب من البحر	500- 1000 متر عن الساحل
رذاذ البحر	موجود بوضوح (أسهم حمراء)	غير موجود
وصول الأملاح	الي، يصل إلى الخرسانة	منخفض
معدل التآكل	مرتفع (مؤشرات حمراء)	منخفض

شكل (2): تأثير رذاذ البحر على الخرسانة مقارنة بالبيئات الداخلية

استنادًا إلى (Neville, 2011) و(Bertolini et al, 2013):

1- يجب زيادة سمك الغطاء الخرساني

2- استخدام خرسانة مقاومة للنفاذية

3- استخدام أنواع الطلاء المقاومة

4- مراقبة تأكسد الحديد (الصدأ) بصورة دوريه

5- استخدام المضافات البوزولانية (Silica fume, Fly ash)

رابعاً: النتائج

توصل القائمون على الدراسة لمجموعة من النتائج أهمها:

1- تأثير المكونات الملحية لرذاذ البحر على المباني الخرسانية

أظهرت المعاينة الميدانية أن الخرسانة في المباني المواجهة للبحر تعاني من تشققات وتآكل في الأسطح، ما يشير بوضوح إلى تأثير الأملاح المذابة، خاصة كلوريدات الصوديوم والكبريتات. وتشير هذه النتائج إلى أن المكونات الملحية في رذاذ البحر تشكل العامل الرئيس في تدهور الخرسانة وبدء تآكل حديد التسليح، بما يتوافق مع الهدف الأول من الدراسة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

2- أشكال الضرر التي تصيب حديد التسليح

تم رصد تشققات سطحية وانفصال الغطاء الخرساني وظهور الصدأ على حديد التسليح، مما يدل على بدء التآكل نتيجة اختراق أيونات الكلوريد داخل الخرسانة. هذه الملاحظات تؤكد أن الأملاح هي العامل الأساسي في تدهور حديد التسليح، بما يتوافق مع الهدف الثاني .

3- العوامل البيئية المسببة لتآكل الخرسانة

أظهرت الدراسة أن المباني التي شُيدت قبل عام 2010 لم تُنفذ وفق مواصفات البيئة البحرية، حيث استخدمت خرسانة غير مقاومة للكبريتات وغيّب عنها استخدام الإضافات البوزولانية، كما كان الغطاء الخرساني حول حديد التسليح قليل السمك. بالإضافة إلى ذلك، سرع فيضان دانيال عام 2023 من عمليات التدهور، إذ أدى اختلاط مياه البحر بالطمي ووصولها إلى أساسات المباني إلى تكثيف هجوم الأملاح داخل الخرسانة. كما أسهم المناخ الرطب والرياح المستمرة في زيادة معدلات التدهور. هذه الملاحظات تدعم الهدف الثالث للدراسة.

4- أهمية الصيانة والتدابير الوقائية

لوحظ أن المباني لم تخضع لأعمال صيانة دورية، حيث لم تُعالج التشققات الصغيرة، مما سمح بدخول كميات كبيرة من الأملاح إلى الخرسانة وتسريع تدهورها. وتوضح هذه النتيجة أهمية اعتماد برامج صيانة دورية واستخدام مواد بناء عالية الجودة للحد من أضرار الأملاح، بما يتوافق مع الهدف الرابع للدراسة.

خامساً: التوصيات

1 : يجب من استخدام الخرسانة المنخفضة النفاذية

ان استخدام الخرسانة ذات نسبة ماء/أسمنت (w/c) لا تزيد عن 0.40 مع إضافات بوزولانية مثل المايكرو سيليكا يكون اكثر مقاومة.

2 : يجب زيادة سمك الغطاء الخرساني للحفاظ على حديد التسليح

في المباني الساحلية يجب أن لا يقل الغطاء الخرساني عن 5 سم إلى 7 سم حسب المواصفات القياسية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

3 : عمل طلاء واقي من مضادات الكلوريدات والكبريتات مثل (الإيبوكسي و البولي يوريثان و السيلكونات المخترقة للسطح)

4 : العمل على اعداد برنامج صيانة دوري كل 6 أشهر يشمل:

- فحص التشققات الصغيرة
- إزالة الصدأ ان وجد
- استخدام الطلاء الواقي
- إصلاح الشقوق باستخدام الحقن بالإيبوكسي.
- إعادة تقييم المباني المتضررة بعد الفيضانات ، لأن بعض المباني قد تحتاج إلى ترميم عميق أو إعادة تأهيل.

الخاتمة

أظهرت نتائج هذا البحث أن البيئة الساحلية في مدينة درنة تتميز بخصائص ضاره تؤثر بشكل مباشر على سلامة واستدامة المباني، خاصة المباني الخرسانية المسلحة. حيث ثبت أن الرذاذ البحري المحمّل بأملاح الكلوريدات والكبريتات تعد العامل الأكثر فاعلية في زيادة التآكل ، لأنه يخترق مسامات الخرسانة تدريجيًا حتى يصل إلى حديد التسليح، ما أدى إلى حدوث التآكل وتكوّن الصدأ الذي تمدد حجمه، وبالتالي ظهور الشقوق والتفتت السطحي. كما ان البيئة والمناخ مثل الرطوبة العالية، والرياح البحرية، وغياب الصيانة الدورية، إضافةً إلى آثار الفيضانات التي شهدتها المدينة عام 2023، أدت الى تعجيل الضرر وتزايد هجوم الأملاح الى داخل الخرسانة.

وإذ تؤكد الدراسة أن الجزء الاكبر من المباني في مدينة درنة لم يصمم او ينفذ وفق المواصفات المخصصة للبيئة البحرية، مما جعلها أكثر تعرضا للتلف والانهيار. وهذا يؤكد انه يجب من اعتماد نظم وبرامج لصيانة وإعادة التأهيل للمباني بحيث تستند إلى معايير البيئة البحرية. وكذلك اظهرت الدراسة ضرورة عمل تقييم شامل لمشاريع للبنية التحتية في المدينة وخاصة في الابنية القريبة من البحر، لاحتمال وجود أضرار مخفيه في الأجزاء الداخلية من العناصر البناء الانشائية.

ومن خلال الاستناد إلى الدراسات السابقة والتحليل العلمي للبيئة المحلية، يتضح أن تحسين جودة الخرسانة وتقليل نفاذيتها، واستخدام المواد البوزولانية، والطلاءات الواقية،

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ytie3930

واتباع استراتيجيات صيانة مدروسة، تُعد أهم الحلول العملية والقادرة على إطالة العمر الافتراضي للمباني. ويقترح الباحثون أن تُوجَّه جهود الاعمار في المدينة نحو دراسات ميدانية أوسع تشمل اختبارات مباشرة لمحتوى الكلوريدات والكبريتات داخل الخرسانة، وعمل نمذجة تقنية ببرامج المحاكاة حول تأثير الرياح البحرية في انتشار الأملاح، بالإضافة إلى تقييم فعالية تقنيات الترميم في البيئات البحرية الساحلية.

قائمة المراجع

Andrade, C., & Alonso, C. (1996). Corrosion rate of reinforcements as a function of the corrosion potential. Cement and Concrete Research, 26(8), 1133–1148

Bertolini, L., Elsener, B., Pedeferri, P., & Polder, R. (2013). Corrosion of steel in concrete: Prevention, diagnosis, repair. Wiley-VCH .

Castro, P., De Rincon, O. T., & Pazini, E. J. (2001). Marine corrosion of reinforced concrete: Field studies and literature review. Materials and Structures, 34, 124–134 .

Chung, L., Cho, Y., & Kim, J. (2016). Long-term deterioration of concrete in marine environments. Construction and Building Materials, 122, 362–372 .

https://doi.org/10.1016/0008-8846(96)00100-7 .

Li, L., & Xiao, J. (2018). Chloride penetration and steel corrosion in concrete exposed to marine environments. Ocean Engineering, 157, 37–47 .

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete: Microstructure, properties, and materials (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Neville, A. M. (2011). Properties of concrete (5th ed.). Prentice Hall.

Song, H. W., & Saraswathy, V. (2007). Corrosion monitoring of reinforced concrete structures—A review. Journal of Engineering Science and Technology Review, 2(1), 1–8 .

Tuutti, K. (1982). Corrosion of steel in concrete (Publication No. 4. Swedish Cement and Concrete Research Institute.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية