دراسة حالة صدأ حديد التسليح في المنشآت الخرسانية لساحل عدن

فيصل شمشير أبو بكر بارحيم
قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة عدن

ملخص

تعتبر المنشآت الخرسانية المسلحة من أكثر المنشآت انتشاراً في سواحل عدن، ونظراً لتعرض تلك المنشآت للعوامل الجوية المشبعة بالرطوبة والأملاح، فإن هذه الورقة تتطرق إلى دراسة تأثير الرطوبة والحرارة على تلك المنشآت الخرسانية القريبة من البيئة البحرية، كما يشمل هذا البحث على دراسة لعدد من المنشآت السكنية المختلفة في التصميم والمساحات والارتفاعات والمتاخمة لسواحل عدن والتي بُنيت في الفترة بين عامي 1959 – 1999م. وتشمل الدراسة على تقييم المنشآت التي تعاني من أشكال مختلفة من العيوب في الخرسانة المسلحة والتركيز على دراستها لتشخيص الحالة تمهيداً للحكم على سلامتها واختيار الحل الأمثل لصيانتها.

كلمات مفتاحية: الصدأ، الرطوبة، الحرارة، المنشآت الخرسانية.

المقدمة

تختلف المباني في محافظة عدن بالذات في المناطق القريبة من السواحل من حيث التركيب الإنشائي المستخدم والمواد المستخدمة في أعمال البناء ونمط البناء، إلا أن استخدام الخرسانة المسلحة أكثر انتشاراً ونظراً لتعرض تلك المواد للوسط الجوي السيئ من حيث نسبة الرطوبة ومحتوى الكلوريدات الموجودة في البيئة البحرية المحيطة مما يشكل وسطاً مهيناً لحدوث التآكل والصدأ لها. فإذا لم تتوفر الحماية الكافية لتلك المواد فإنه سوف يؤدي بدوره إلى تصدع المنشآت الخرسانية المسلحة والذي أصبح من المشاكل الخطيرة التي لابد من معالجتها وإلا سيتزايد التصدع وتسوء حالة المنشأة أكثر مما قد يؤدي في النهاية إلى انهياره قبل العمر الاستثماري والافتراضي للمنشأة (3)، لذا فلابد من توفر الدراسات والإحصائيات والبيانات الكافية للمناخ والبيئة البحرية وتحليلها بشكل دقيق لمعرفة مدى تأثيرها على مواد البناء وبالذات على الخرسانة المسلحة والمنشآت الخرسانية. وهذا البحث يتطرق إلى دراسة الرطوبة والحرارة وتأثيراتهما على المنشآت الخرسانية القريبة من البيئة البحرية لعدد من المنشآت السكنية المختلفة التصميم والمساحات والارتفاعات بمناطق قريبة من سواحل عدن التي بُنيت في فترات زمنية متباعدة. وتشمل الدراسة على تقييم هذه المنشآت التي تعاني من أشكال مختلفة من العيوب وتصدع الخرسانة المسلحة والتركيز على دراستها لتشخيص الحالة تمهيداً للحكم على سلامتها واختيار الحل الأمثل لصيانتها.

HANSHOOR

دراسة الرطوبة والحرارة :

الرطوبة

تسمية عامة تطلق على كمية بخار الماء الموجود في الجو، وناتجة عن تأثير نسبة بخار الماء الموجود في الهواء، والهواء الجوي عبارة عن خليط من بخار الماء والهواء الجاف بنسب مختلفة. والرطوبة النسبية هي نسبة كمية بخار الماء الموجود في الهواء إلى تلك الكمية في حالة التشبع للبخار عند نفس درجة الحرارة. إن المعدل الأمثل لرطوبة الهواء النسبية هو ما بين 50% - 70% للمنشآت (4) وهناك تسميات أخرى مثل الرطوبة النوعية والرطوبة المطلقة.

تكثف الرطوبة

يتكثف بخار الماء الموجود في الهواء الجوي على الأسطح عندما يواجه درجة حرارة أقل من درجة حرارة الهواء الجوي، مما يؤدي إلى انخفاض حرارة الجو إلى درجة حرارة الندى (Dew Point Temperature) وبعبارة سهلة تكثف الرطوبة : هي الرطوبة الحاصلة بفعل التكاثف من الهواء الرطب الذي يعتمد على زيادة الفرق بين حرارة الهواء وبرودة الأسطح. وميزة تكاثف الرطوبة هي ظاهرة غير مستمرة، ويحدث دائماً بسبب الحرارة المنخفضة ، ومعالجة التكاثف يعتمد على زيادة الحرارة على الأسطح الأكثر برودة وفي نفس الوقت يجب أن تكون تهوية الأسطح جيدة لكي لا ترتفع الرطوبة النسبية للهواء ،

الرطوبة الشعرية

الرطوبة المرتفعة بالخاصية الشعرية ناتجة من البيئة المائية المحيطة بأساس المبنى على سبيل المثال أو إرتفاع منسوب الماء أو قرب أساس المبنى منه. أهم صفة تميز الرطوبة المرتفعة بالخاصية الشعرية هي كونها غير متغيرة، فكمية الماء داخل جدار ما تكون ثابتة بغض النظر عن أي فصل من فصول السنة أو أي وقت من أوقات اليوم. إن كمية الماء إلى حد (3% - 5%) من وزن الجدار تكون كمية مقبولة (4).

الحرارة والرطوبة في عدن :

تشكل اليمن جزءاً من شبه الجزيرة العربية ممتدة على طول ساحلها الجنوبي المطل على خليج عدن وبحر العرب ويمتد ساحلها من البحر الأحمر مروراً بمضيق باب المندب غرباً وحتى حدود سلطنة عُمان شرقاً، وهي تقع ضمن المنطقة المدارية الشمالية بين خطي عرض 13° - 19°.

الحرارة :

تتميز المناطق الساحلية بمناخ حار إذ يتراوح معدل درجة الحرارة 28.2 درجة في عدن شكل (1). وأعلى درجات الحرارة تم تسجيلها كانت 43.3 درجة في شهر يونيو 1980م، وأدنى درجة 25.5 شكل (1).

الرطوبة النسبية

تعتبر المعدلات السنوية للرطوبة النسبية عالية في سواحل عدن وتتراوح بين 67% - 76% وأعلى رطوبة 95% وأدنى رطوبة 26% شكل (2) وفي السواحل الغربية لخليج عدن ترتفع في الصيف وتنخفض في الشتاء وكذلك في السواحل الشرقية لبحر العرب وجزيرة سقطرى.

الأمطار

تتراوح الأمطار بين 30مم – 50مم على السواحل بشكل عام (1). أما في ساحل عدن فتهطل الأمطار في الشتاء وتتفاوت الأمطار من سنة لأخرى بشكل ملحوظ شكل (3).

دراسة مقارنة

عند المقارنة بين درجات الحرارة للأعوام (1948 – 1984م) شكل (4) والأعوام (1996 – 1999م) شكل (1) نجد هناك انخفاض بسيط في درجات الحرارة. وعند المقارنة بين الرطوبة النسبية للأعوام (1971 – 1984م) شكل (5) والأعوام (1996 – 1999م) شكل (2) نجد أنه لا يوجد هناك أي فرق جوهري يُذكر وهذا يدل أن الرطوبة النسبية على مدى 30 عاماً لم تتغير إطلاقاً. وإذا قُرنت درجات الحرارة والرطوبة النسبية المرتفعة للأعوام المذكورة في الأشكال (1 – 2 و 4 – 5) نجد بأن الرطوبة النسبية هي ما بين 90% - 93% في فصل الصيف الممتد من الشهر الخامس (مايو) إلى الشهر التاسع (سبتمبر) وهذا يعني بأن خمسة أشهر في السنة في حالة رطوبة مرتفعة. وفي شكل (2 و 5) لوحظ بأن الرطوبة المنخفضة للأشهر (5 – 9) تكون نسبة الرطوبة لهذه الفترة منخفضة ما بين 25% - 30% وهذا يدل أنه توجد تفاوت لنسبة الرطوبة المنخفضة والمرتفعة، وكذا بتغيير درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة لنفس الفترة الزمنية مما يجعل تأثير الرطوبة على المنشآت جوهريا ويؤدي إلى زيادة تكاثف الرطوبة (قطرات الندى) على الأسطح بشكل عام وعلى الخرسانة بشكل خاص شكل (6).

تأثر المنشآت بالبيئة البحرية :

يظهر التآكل / التصدع على عناصر الخرسانة المسلحة بتأثير الأملاح، الأحماض والدهون التي تفكك الخرسانة المسلحة بوجود الهواء الرطب، ويلعب الماء دوراً هاماً في عملية التآكل / التصدع ويتعلق تأثير الماء بمحتوى الأملاح أو الغازات المنحلة وقيمة (pH) غير أن تآكل المعادن أسرع من تآكل الخرسانة المسلحة. تشير الأبحاث بأن مياه البحار تحتوي على أملاح بنسب متفاوتة من 0.7% في بحر البلطيق (نتيجة لذوبان الجليد) إلى 5.3% في البحر الميت. وتقريباً 90% من هذه الأملاح هي كلوريد طبيعي و 80% من مجموع باقي الأملاح هي أملاح كلوريد الصوديوم (5) عموماً مياه البحار تحوي حوالي (3.4% - 3.5%) أملاحاً، ومياه خليج عدن تحوي 3.65% أملاح بدرجة حرارة 25 درجة مئوية (6)، أي بزيادة 10 % عن بقية البحار.

HANSHOOR

تشققات الخرسانة نتيجة صدأ حديد التسليح:

صدأ حديد التسليح ناتج عن حث كيميائي كهربائي (Electro Chemical Corrosion) ويحدث عند الرابط بين حديد التسليح والخرسانة ويتمثل ذلك في الحالات التالية :

1- عند وجود مساحة انودية وكاتودية (Anodes and Cathodes area) وغالبا ما يكون الحديد انود والعناصر الأخرى كاتود وتركيز الأوكسجين في المساحة الأخرى ونتيجة الإجهاد الموضعي الداخلي في وضعية الحديد يحدث الصدأ.
2- وجود الأوكسجين في الهواء.
3- وجود الرطوبة / بخار الماء.
4- وجود الوسط الناقل لتيار الكهرباء من الانود إلى الكاتود وغالبا ما يكون الماء أو الأملاح المذابة.

مراحل تشقق الخرسانة المسلحة :

صدأ حديد التسليح هي عملية مصاحبة للزمن فكلما كان زمن التعرض لفترة أطول يكون حجم التشقق كبيرا مما يؤدي إلى انتشار الصدأ بشكل أوسع (7 و 8) ومراحل تشقق الخرسانة المسلحة هي كالتالي :

1- عند تصلب الخرسانة تكون طبقة الغطاء الواقية ذات شحنة سالبة تحيط حديد التسليح ناتجة عن القاعدية في الخرسانة وقيمة (pH)، وقيمة (pH) تكون ما بين 12.5 – 13.5.
2- عندما تكون قاعدية الخرسانة اقل من(pH = 10) يؤدي ذلك إلى فقدان الطبقة الواقية للخرسانة ويكون حديد التسليح عرضة للصدأ، والسبب في هبوط قاعدية الخرسانة هو وجود أحماض متبخرة، وكربونات تؤدي إلى الأكسدة أو وجود الكلوريدات على سطح الخرسانة ذات المسامية العالية.
3- التبادل الكربوني (Carbonate Exchange) جيد في الخرسانة الممتازة لأنه بطيء، وعندما تكون الخرسانة ضعيفة يؤدي ذلك إلى زيادة نفاذيتها، وتكون عرضة للرطوبة (< 75%) تتضاعف نسبة التبادل الكربوني.
4- تأثير الكلوريد بصدأ حديد التسليح منذ البداية وبالذات عندما تكون الخلطة الخرسانية طرية وتكون نسبة الكلوريدات أكثر من (0.3%) من وزن الإسمنت.
5- يبدأ صدأ حديد التسليح بوجود الأوكسجين والرطوبة، حيث تدخل في مسامات الخرسانة ذات النفاذية العالية وتحدث عملية الأكسدة، ويبدأ الصدأ في جسم الخرسانة، مما يؤدي إلى حدوث التشقق في الأسطح الخرسانية بشكل موازي شكل (7).
6- استمرار الصدأ يؤدي إلى تزايد التشققات في الخرسانة المسلحة وبالذات في طبقة الغطاء الواقي بفعل تزايد حجم الحديد المؤكسد الناتج من الصدأ والذي يكون أكبر حجماً من الحديد الطبيعي.

7- عند انتشار الصدأ تتزايد التشققات في كل الاتجاهات وتبدأ طبقة الغطاء الواقي بالانهيار ويظهر صدأ الحديد للعيان شكل (8). وفي شكل (9) يوضح مراحل عملية صدأ حديد التسليح(9).

دراسة حالة :

أجريت الدراسة على حوالي خمسين منشأ سكنياً في مناطق عدة قريبة لسواحل عدن وهي مدينة المنصورة، المعلا وخورمكسر. وتم اختيار المساكن المدروسة كعرض حالة لدراستها وتقييم التصدع فيها واتبعت الخطوات التالية :

1- النزول الميداني إلى كل منطقة وملاحظة العيوب المرئية / الفيزيائية.
2- الاستئذان (برسائل موجهة إلى عُقّال الحارات) والدخول إلى تلك المساكن والتعرف على التصدعات في المنشأة عن قرب والتقاط بعض الصور الفتوغرافية.
3- إعادة رسم مخطط المسكن إذا لزم الأمر بذلك.
4- وقد قام بالدراسة الإحصائية 3 طلاب من المستوى الخامس بمشروع التخرج دفعة (1999م).

وصف عام للمنشآت ونوعية الإنشاء :

مدينة المنصورة

بدأ التفكير في بناء مدينة بقرب مدينة الشيخ عثمان ومنطقة القاهرة في عام 1960م وتم تقسيم المدينة إلى بلوكات وفقاً لما هو معروف في تخطيط المدن، أما بالنسبة للمباني فصنفت بنظام(A) فلل ونظام (B) دورين – ثلاثة أدوار ونظام (C) دور واحد، ومركز المدينة توجد به عمارات من عدة شقق وتبعد مدينة المنصورة من ساحل المملاح (سابقاً) والوحدة السكنية وحي ريمي حالياً بحوالي نصف كيلومتر شرقاً وجنوباً كالتكس (سابقاً) ميناء الحاويات حالياً وساحل مدينة الشعب بحوالي (1 – 4) كيلومتر. تمت دراسة ومعاينة حوالي 20 مسكناً مختلفاً بتصميمه وارتفاعاته ومساحاته، ولوحظ بأن المنشآت بنظام (B) و (C) عبارة عن جدران حاملة من البلوكات الخرسانية / الأحجار وعند نهاية كل دور / طابق يتم ربطه بكمرة (Ring Beam) من الخرسانة المسلحة وبعده يتم تركيب قوالب خشبية ثم يمد حديد التسليح فيها، وتصب السقوف الخرسانية. وفي نظام (A) يتبع نظام الخرسانة الهيكلية (أعمدة + كمرات + سقوف).

مدينة المعلا

تركزت الدراسة على شارع مدرم (الشارع الرئيسي) حيث شملت 10 مساكن، يعتبر شارع مدرم الحي السكني الذي يميز مدينة المعلا حيث يبعد شمالاً عن شاطئ البحر بحوالي 500 – 700 متراً تقريباً ونوعية المباني (سكني تجاري) أي الدور الأرضي عبارة عن محلات تجارية وباقي الأدوار (5 – 8 أدوار) شقق سكنية. وقد تم بناء هذا الشارع في

HANSHOOR

أوائل الستينات واستخدم في الاساسات الركائز الخرسانية المسلحة (الخوازيق) (Pile Foundations) لأول مرة ونظام الإنشاء عبارة عن خرسانة هيكلية.

منطقة الكباش

تعتبر هذه المنطقة جزء من مديرية المعلا وهي تبعد عن شاطئ البحر بحوالي 40–60 متراً غرباً وهي قريبة للميناء معلا دكة (وسُميت بالكباش لأنها كانت مرفأ تنزل به الكباش قديماً وبعض البضائع) حيث بُنيت في أوائل القرن العشرين وجددت عدة مرات وأخرها كان في منتصف الخمسينات (2) ونظام الإنشاء عبارة عن بعض العمارات السكنية شبه هيكلية (جدران حاملة + أعمدة + كمرات + سقوف) وبعض المباني عبارة عن مستودعات كبيرة وبارتفاعات 4 – 6 أمتار ونظام الإنشاء جدران حاملة + أعمدة + كمرات + سقوف. والدراسة شملت على 5 مبانٍ سكنية.

مدينة خورمكسر

عبارة عن شبه جزيرة محاطة بالبحر من الشرق والغرب حيث يبعد شاطئ البحر عن المباني السكنية بحوالي 50 – 200 متراً غرباً ومن 20 – 500 متراً شرقاً وبها مباني تعود إلى بداية الخمسينات وسلسلة البناء مستمرة إلى يومنا هذا ونوعية المباني عبارة عن فلل وبعض العمارات والأحياء السكنية نظام شقق. ونظام الإنشاء مختلف يغلب عليه الطابع الهيكلي والطابع شبه الهيكلي.

شملت الدراسة في مدينة خورمكسر على العمارة المثلثة (المدينة البيضاء) حيث تتكون هذه العمارة من خمسة أدوار وهي عبارة عن ثلاثة أجنحة في كل جناح 40 شقة وبكل دور من الأجنحة 8 شقق. والعدد الإجمالي للشقق 120 شقة، ومساحة الشقة لا تزيد عن 50 متراً مربعاً. ونظام الإنشاء عبارة عن هياكل خرسانية مسلحة وتمت دراسة 10 حالات من الشقق.

وشملت الدراسة أيضاً حي هواري بومدين (المدينة البيضاء) والتي هي عبارة عن شقق بأربعة أدوار ونظام البناء هياكل خرسانية مسلحة، تمت دراسة 5 حالات.

الملاحظات الفنية والعيوب

لتقييم أي نوع من المنشآت لابد من التعرف على الأحمال الإنشائية والتركيب الإنشائي ونوع استخدام المواد في تلك المنشأة للتعرف عن قرب على نوع العيوب والمشاكل التي تعاني منها. وفي هذه الدراسة نوجز التصدعات والعيوب على النحو التالي :

1- السقوف الخرسانية : استخدام القوالب الخشبية يؤدي في بعض الأماكن إلى هبوط القالب وبالتالي إلى هبوط الخرسانة الطرية، لعدم كفاية التدعيم وأيضاً لغياب الإشراف الهندسي السليم.
2- عادة يتم خلط الخرسانة بالموقع بدون وجود رقابة هندسية فعالة على ضبط الجودة، مما يؤدي إلى شروخ الانكماش ونقص كثافة الخرسانة وزيادة نسبة الماء.

3- العيوب والتصدعات الناتجة عن عدم وضع حديد التسليح في مكانه أو عدم كفاية الغطاء الخرساني، وهي ظاهرة منتشرة في معظم المنشآت الخرسانية، وتكون سبباً لصدأ حديد التسليح وتساقط الغطاء الخرساني الواقي وهذا ناتج عن :
   أ - عدم الدقة في تركيب حديد التسليح في مكانه المحدد.
   ب - عدم رفع حديد التسليح عن القالب بمساحة كافية بموجب ما تحدده الموصفات الهندسية.
   جـ - عدم تثبيت الحديد جيداً (حركة العمال تؤدي إلى خروجه).
   د - عدم استخدام غطاء (Spacer) وفي معظم الأحيان تستخدم كسر الأحجار أو قطع من البلاط.
4- عيوب ناتجة عن الانفصال الحبيبي (Segregation) وخاصة في أماكن الصب الضيقة نتيجة عدم استخدام الأساليب الصحيحة في النقل والصب والرج.

التحليل الهندسي

لوحظ بأن معظم المنشآت التي أجريت عليها الدراسة تعاني من تصدع في العناصر الخرسانية المسلحة والتي تتمثل بالآتي :

1- انهيار الغطاء الخرساني وبالذات للحمامات / المطابخ بشكل عام كما هو موضح في صورة (1 و 2) السبب يعود إلى ضعف الخرسانة المسلحة وقلة كثافتها وارتفاع نفاذيتها بالإضافة إلى العوامل الأخرى الكهروكيميائية والتي تؤدي إلى صدأ حديد التسليح وتساقط الغطاء الخرساني الواقي.
2- لوحظ في بعض الغرف المبنية فوق السطوح ذات الأسقف الخرسانية المسلحة سقوط وانهيار الغطاء الخرساني وذلك نتيجة لعدم ضبط زوايا تصريف الماء عبر المواسير وارتخاء الأسطح صورة (3) مما يؤدي إلى تجمع الماء في الأسطح والتغلغل إلى جسم الخرسانة (ضعف الخرسانة) وتأثير العوامل الجوية : الرطوبة والحرارة يؤدي إلى صدأ حديد التسليح صورة (4).
3- وضع حديد التسليح للبلكونات والبروز الجانبية بنفس وضعية حديد البلاطات وهذا خطأ شائع لوحظ حتى في المباني التي بُنيت حديثاً وبالذات في مدينة المنصورة وخورمكسر، والمعروف وضع حديد التسليح في الأعلى لمقطع البلكونة صورة (5).
4- التشقق والشروخ : بشكل عام لوحظ تشقق الانكماش في معظم الأسطح الخرسانية المسلحة وغير المسلحة في كل المنشآت التي تمت دراستها. لوحظ أيضاً وجود تشققات عمودية في الأعمدة كما هو موضح في صورة (6). وتشققات أفقية في الكمرات كما هو موضح في صورة (7).
5- تسرب مياه المجاري : صورة (8)، يوجد تسريب لمياه المجاري من المواسير وإلى الأرضية وذلك لقدم تلك المواسير وافتقارها للصيانة الدورية، تؤغل مياه المواسير إلى التربة يؤدي إلى تشبع التربة المحيطة باساسات المبنى لفترة زمنية كافية يؤدي بدوره إلى هبوط المبنى.

HANSHOOR

6- من خلال الدراسة لوحظ بأنه كلما بعدنا عن السواحل بحوالي (5 – 6) كيلومترات كلما يكون هناك تأثير للرطوبة والحرارة على العناصر الخرسانية لهذه المنشآت وتساعده في ذلك الرياح الشمالية الشرقية التي تهب على خليج عدن في منتصف أكتوبر وتستمر إلى إبريل من كل عام بالإضافة إلى الرياح الجنوبية الغربية والتي تبدأ في شهر مايو – أغسطس من كل عام (1). (ولكن إذا كان هناك خطأ في المواد/التنفيذ/التصميم فتغلغل الماء إلى العناصر الخرسانية محتمل).

7- لم تُعمل للمنشآت التي تم دراستها أية صيانة تُذكر وبالذات بعد عام 1973م عدا طلاء الواجهات الأمامية وللشارع الرئيسي (المعلا)، إلا إذا كان هناك خطر يستدعي عمل الصيانة لهذه المنشآت من قبل المنتفعين. والمشكلة تكمن في قرار التأميم الصادر في 1973م.

8- عدم استخدام مواد عازلة للرطوبة/ومواد تقلل مسامية الخرسانة في الأماكن التي تكون فيها الرطوبة محتملة.

9- لوحظ في معظم تصاميم الشقق افتقارها للتهوية والضوء، فنجد الأبخرة الناتجة من الطبخ والتنفس وكذا رطوبة الماء في المطابخ والحمامات لا يُسمح لها بالخروج من المسكن لأن نظام التهوية يكاد يكون معدوما، وتعتبر هذه إحدى العوامل المساعدة لصدأ الحديد.

النتائج :

من خلال الدراسة والتحليل لبعض المنشآت القريبة من البيئة البحرية وتأثير هذه البيئة على تلك المنشآت نوجز النتائج التالية :

1- تعرض الخرسانة لدورات البلل والجفاف من جراء تأثير المناخ وكذلك تأثير البيئة البحرية يؤدي إلى ظهور شروخ الانكماش وعدم صيانتها في حينها يؤدي إلى صدأ حديد التسليح.

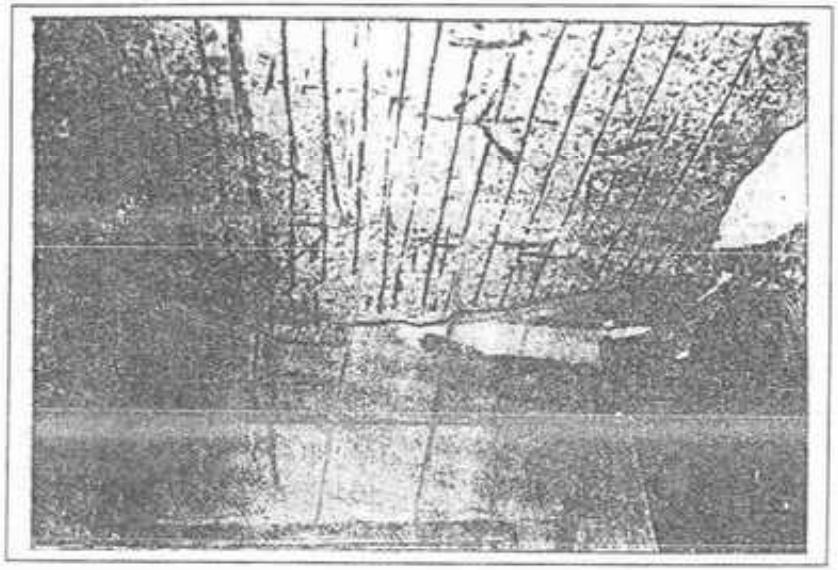
2- عدم ضبط جودة الخرسانة وبالذات في السقوف (زيادة كمية الماء) يؤدي إلى تشققها وتغلغل الرطوبة والأملاح في جسم الخرسانة مما يؤدي إلى صدأ التسليح.

3- عدم استخدام المواد العازلة للرطوبة والمواد التي تقلل مسامية الخرسانة في الأمكنة التي تكون الرطوبة والماء فيها باستمرار (الحمامات والمطابخ).

4- افتقار المباني إلى الصيانة الدورية سبب رئيسي في تصدع المنشآت.

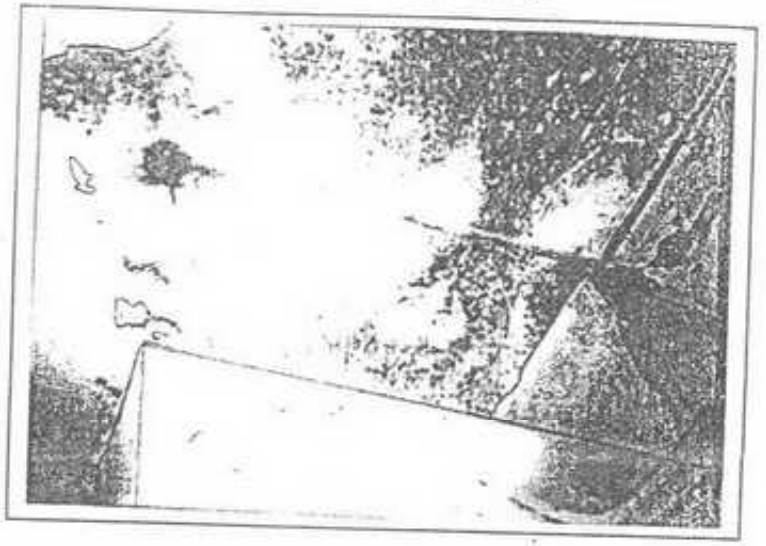
5- ضعف الإشراف الفعّال من قبل المهندسين في كل عمليات التنفيذ للخرسانة ابتداءً بالتخشيب، فحص وضعية حديد التسليح، التأكد من مساحة الغطاء الخرساني ورفعه، ضبط الجودة لمواد الخرسانة والخرسانة الطرية، صب الخرسانة ورجها ... والخ.

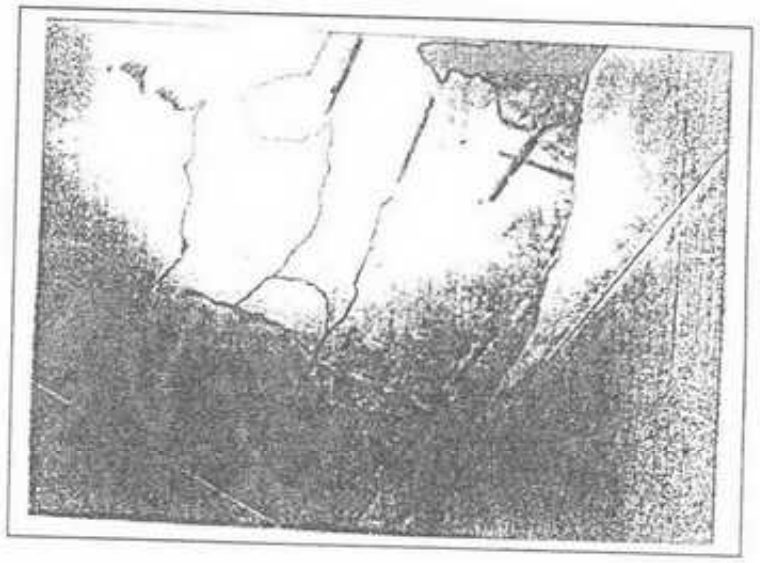
صورة 1: انهيار الغطاء الخرساني للمطبخ



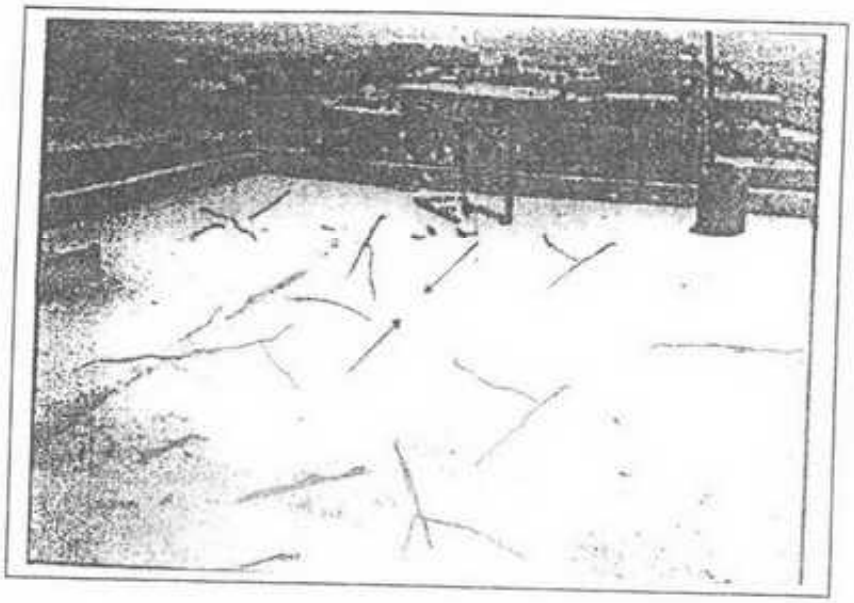
HANSHOOR

صورة 2: انهيار لغطاء الخرساني للحمام



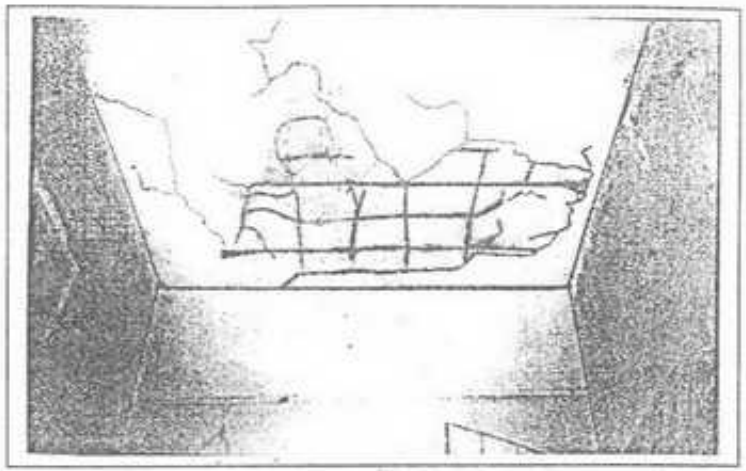


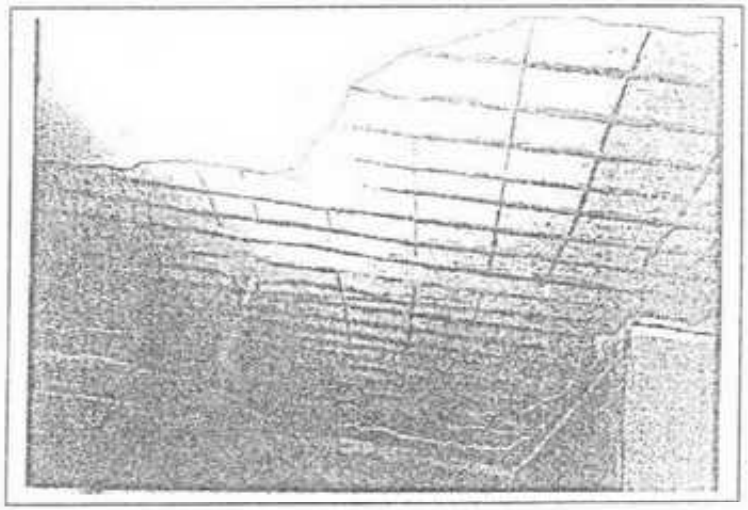
صورة 3: ارتخاء سطح الخرسانة في السقوف



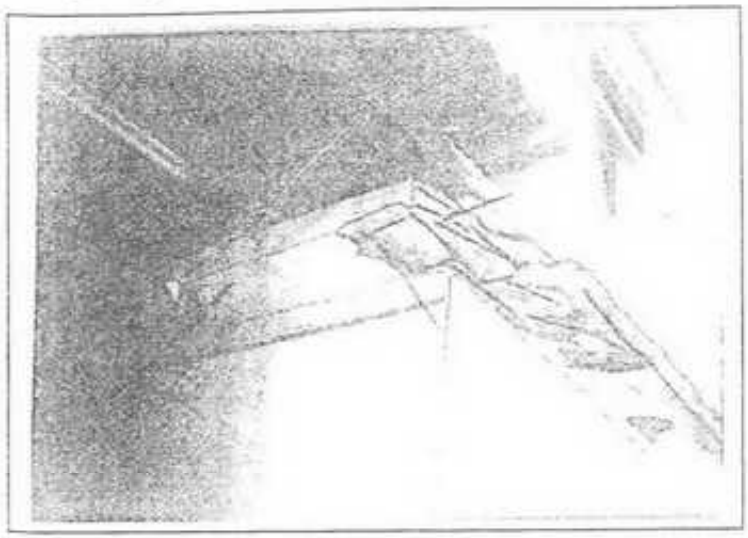
HANSHOOR

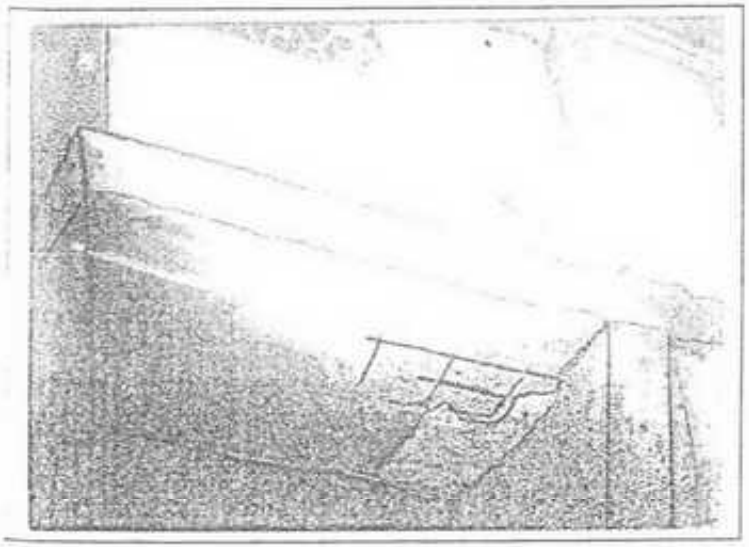
صورة 4: انهيار الغطاء الخرساني في السقوف





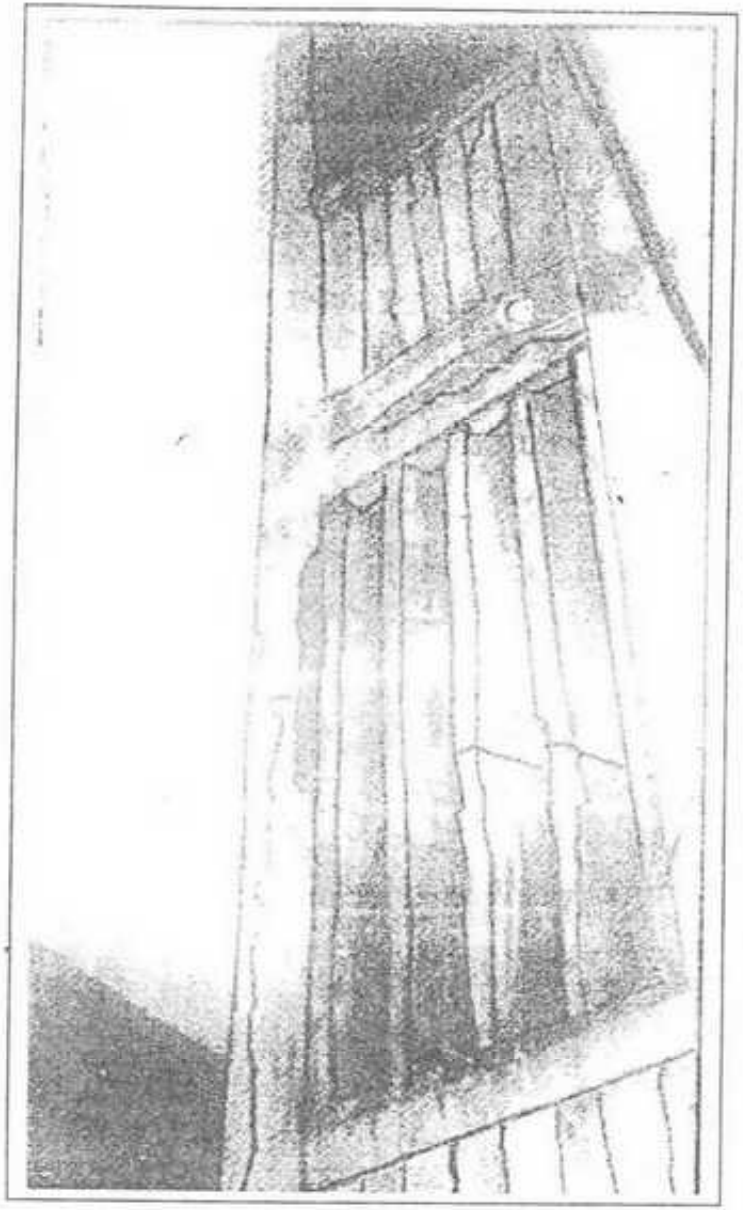
صورة 5: انهيار الغطاء الخرساني ناتج عن خطأ في التسليح



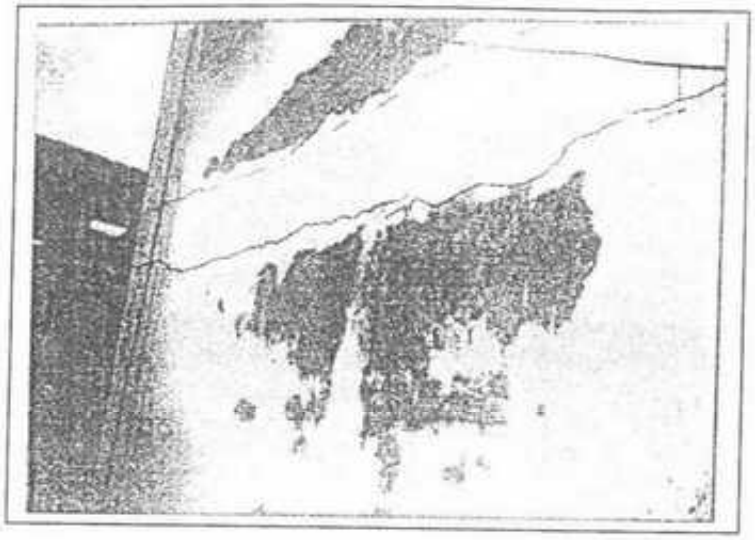


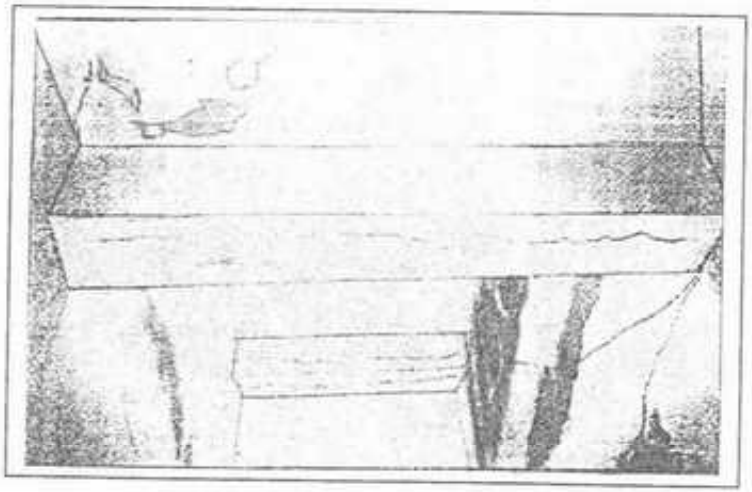
HANSHOOR

صورة 6: تصدع وتشقق الخرسانة عمودياً



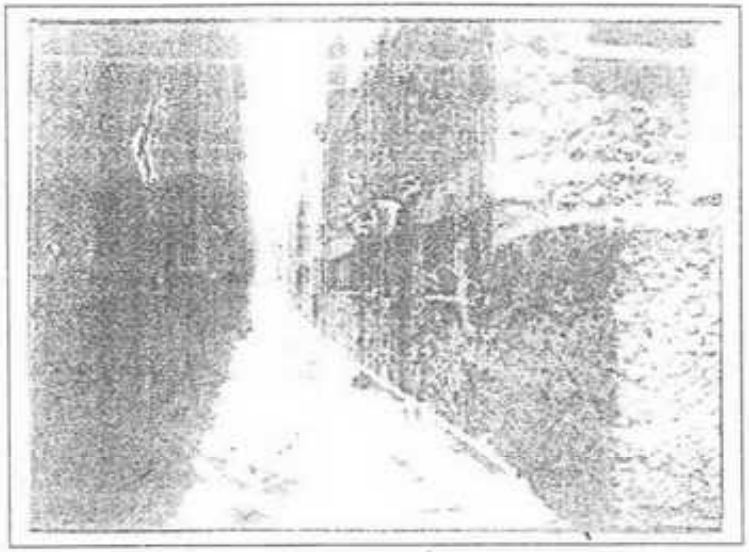
صورة 7: تصدع وتشقق الخرسانة أفقيا

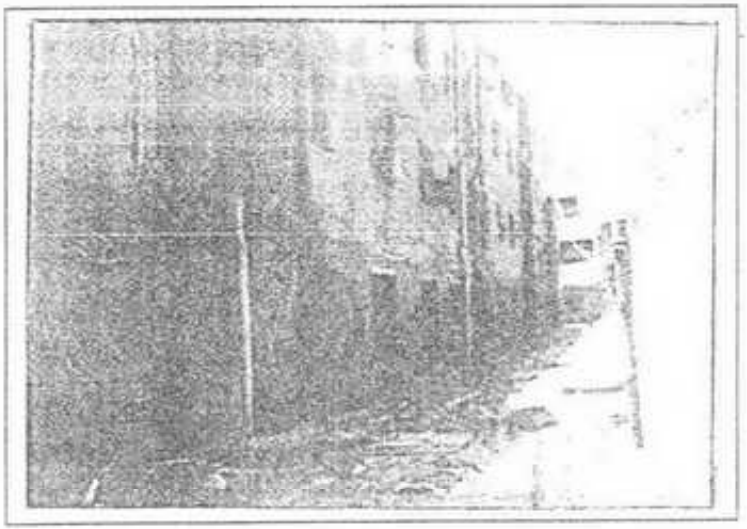




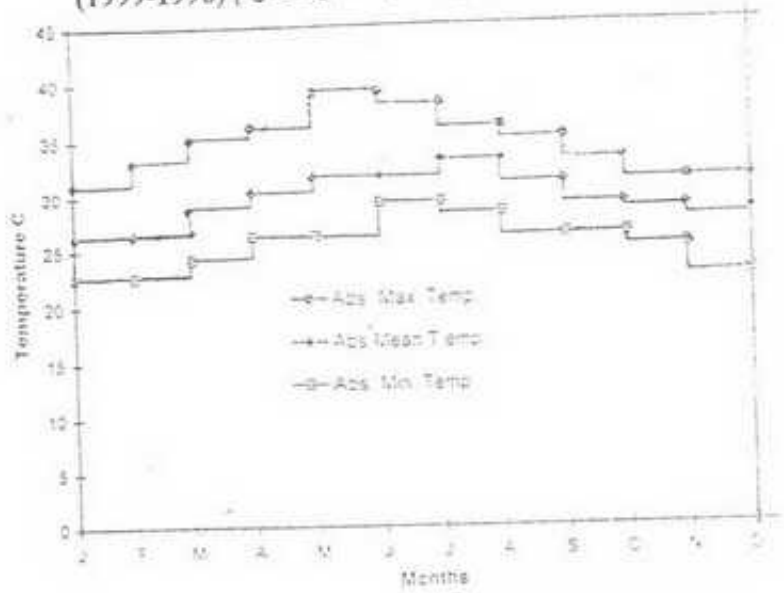
HANSHOOR

صورة 8: تسرب مياه المجاري من المواسير

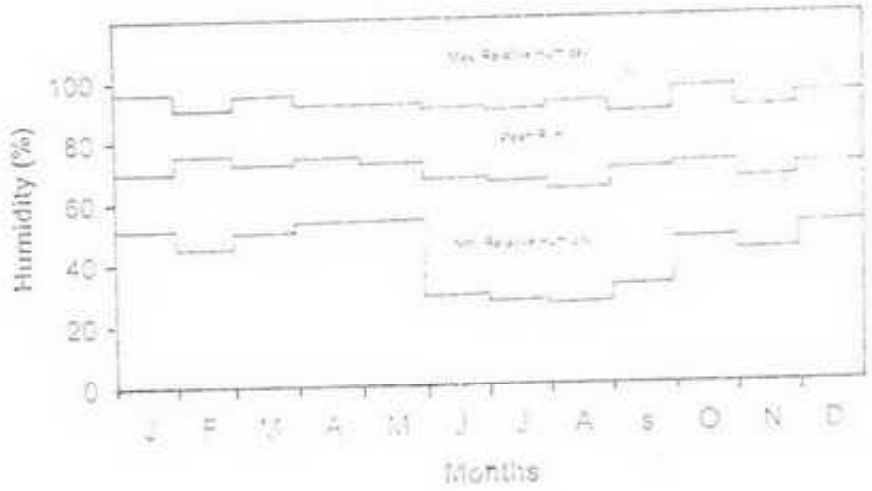




شكل 1: معدل درجات الحرارة لمدينة عدن للأعوام (1996-1999)

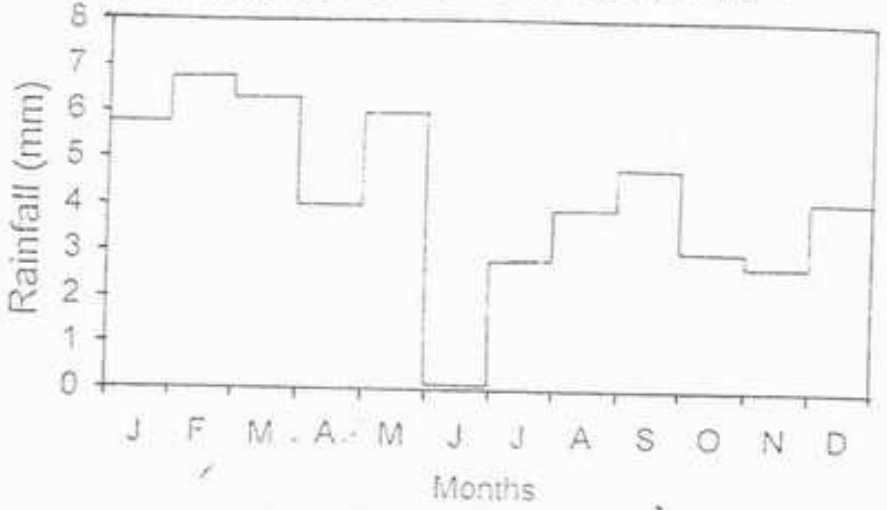


شكل 2: نسبة الرطوبة لمدينة عدن للأعوام (1996-1999)

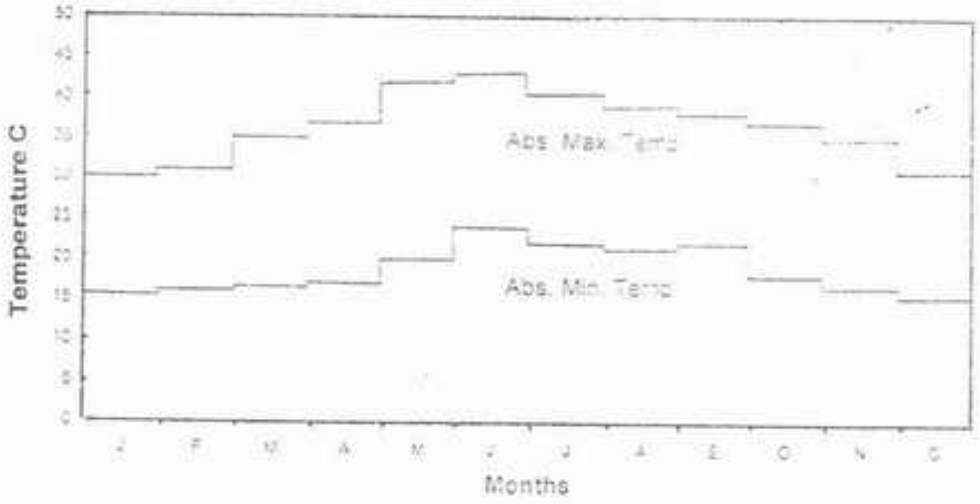


HANSHOOR

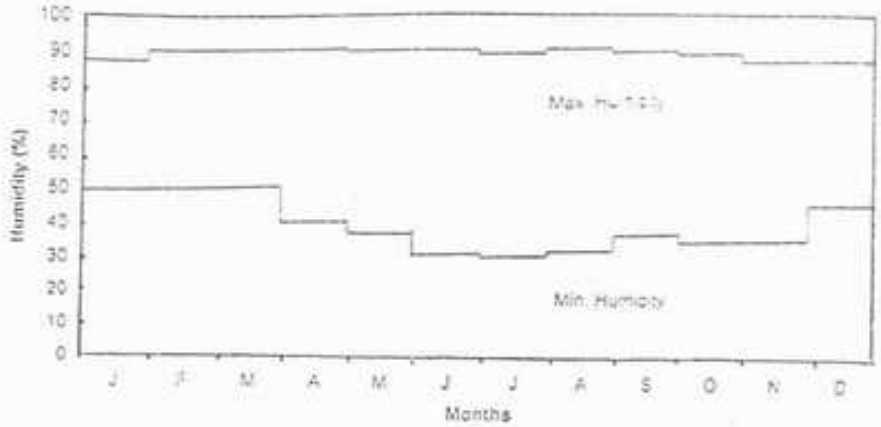
شكل 3: نسبة سقوط الأمطار لمدينة عدن للأعوام (1948-1984)



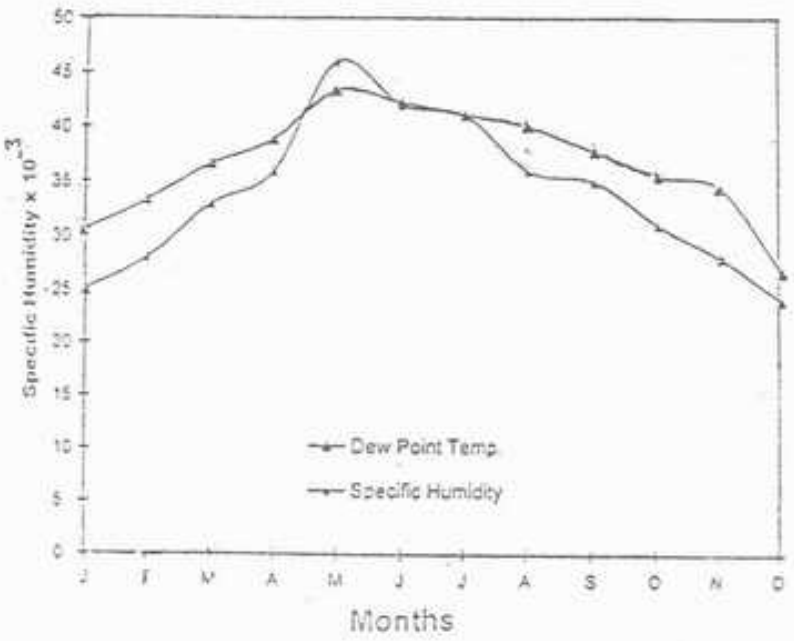
شكل 4: معدل درجات الحرارة لمدينة عدن للأعوام (1948-1984)



شكل 5: نسبة الرطوبة لمدينة عدن للأعوام (1971-1984)

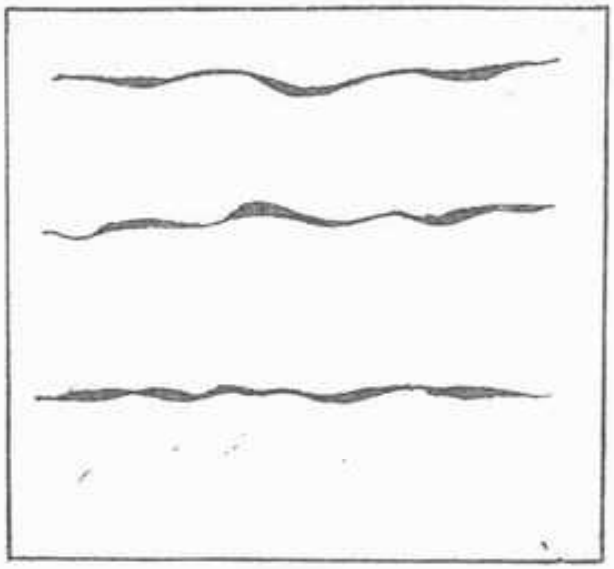


شكل 6: احتساب الرطوبة النوعية وقطرات الندى لمدينة عدن (1996-1999)

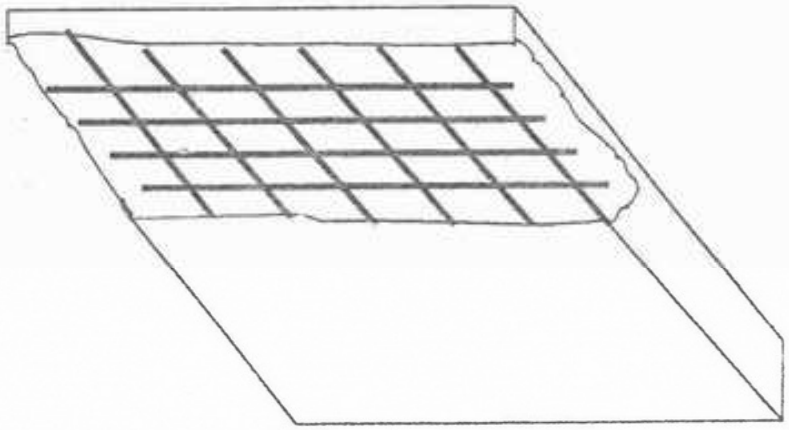


HANSHOOR

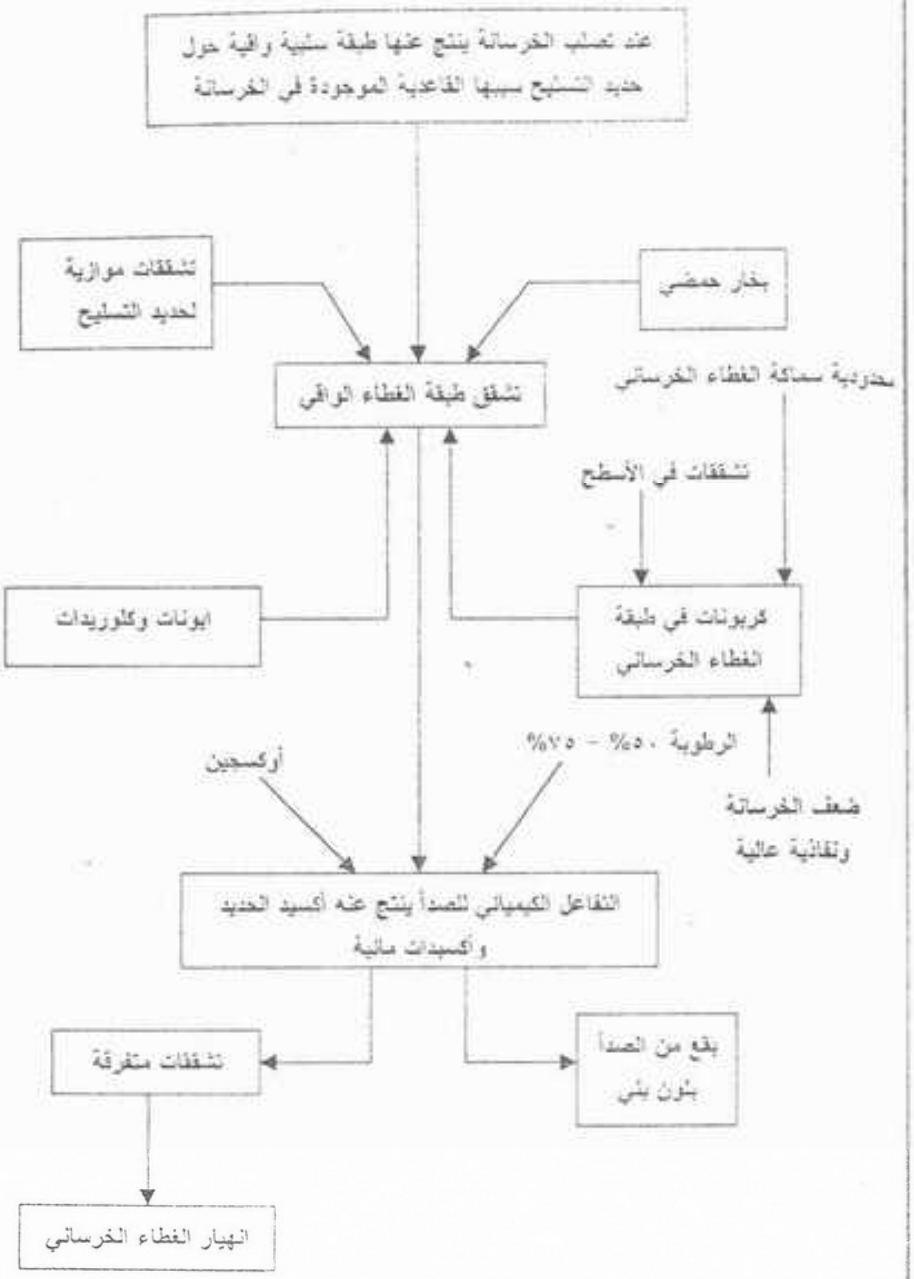
شكل 7: تشقق أسصح الخرسانة المسلحة موازيا لحديد التسليح



شكل 8: إنهيار الغطاء الخرساني ناتج عن صدأ حديد التسليح



شكل 9: مراحل عملية صدأ حديد التسليح في الخرسانة



HANSHOOR

Corrosion of Steel Reinforcement Structures in Aden Coast - ACase-Study

Faisal Shamsher **Abubakr Baraheem**
Civil Engg. Dept. Faculty Of Engineering , University Of Aden

ABSTRACT

The reinforced concrete structures are considered the most structures spreading in Aden coasts due to its ability to resist the environmental conditions (humidity and salts). In the present paper, study of humidity and temperature effects on reinforced concrete structures within the marine environment. The paper also included a study of number of residential buildings of reinforced concrete structures built in years 1959 – 1999, which vary in their design, areas and heights, constructed in different regions nearest to Aden coast. An attempt has been made to evaluate the structures, cracks and various kinds of defects, in reinforced concrete elements to diagnosis its status for best solution to repair.

Keywords : corrsion , humidity , temperature , R.C. structures.

شكر وتقدير :

للدكتور محمد مقبل أستاذ الهندسة الحرارية المشارك بقسم الهندسة الميكانيكية – كلية الهندسة – جامعة عدن على الجهد المبذول في إغناء هذا البحث في جوانب : المناخ، الحرارة والرطوبة.

المراجع

1- هويدا عبدالرزاق (1984) "حماية المباني من الإشعاع الشمسي في ظروف اليمن الديمقراطية" وزارة الإنشاءات – اليمن الديمقراطية (سابقا) دراسات غير منشورة/عدن.

2- حمزة لقمان (1960م)، " تاريخ عدن وجنوب الجزيرة العربية"، دار مصر للطباعة – القاهرة.

3- AL – Atrach M., Turikieh. A. and Souliman S., (1998) "Corrosion of Steel Reinforcement in Syrian Coast Structures and the Methods of Protection and Repair" The Arab Conf. on Repair and Rehabiliation of Structures, Cairo, Egypt vol. I pp. 275 – 290.

4- Giovani Massari (1974) "Humidity in Monuments" Pub. International Center for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Rome.

5- Abdel Salam S. S., Kamal M. M., Bondok H. and Aboul Nour L. A., (1998) "Chloride Induced Corrosion of Structures in Marine Environments" The Arab Conf. on Repair and Rehabiliation of Structures, Cairo – Egypt vol. I pp. 107 – 121.

6- Sheppard C., Price A. and Robert C., (1992) "Marine Ecology of the Arabian, Patteran and Process in Extreme Tropical Environment" Academic Press, London.

7- Matta Z. G., (1992) "Chlorides and Corrosion in Arabian Gulf Environment" Concrete International: Design and Construction, vol. 4 No. 5, pp. 47 – 48.

8- Matta Z. G., (1993) "Deterioration of Concrete Structures in the Arabian" Concrete International: Design and Construction, vol. 15 No. 7, pp. 33 – 36.

9- Bamomen A. Mohammed M. A. and Assokoty Z. M. (1999) "Study and Analysis of Cracks at Al-Mansoora Town" B. Sc. Project submitted to Civil Engg. Dept. Faculty of Engg. University of Aden – unpublished.

HANSHOOR