مجلة البحوث الهندسية

العدد الرابع | الصيف | 1995 افرنجي

مجلة البحوث الهندسية تصدر دورياً عن مركز بحوث العلوم الهندسية - كلية الهندسة / جامعة الفاتح

المحتويات

الافتتاحية	
كلمة عميد كلية الهندسة	
الذكاء الاصطناعي والترجمة الآلية	د . عياد عمرو القلال
اداء الرصف الخرساني بالمناطق الصحراوية الحارة الجافة	د. محمد الشتيوي عمر د. الطاهر حسين قنابة م. موسى عمر المودي م. الساعدي معمر القذافي
التحكم في السرعة في القنوات	م . صلاح شميله د . عيد البخاري
دراسة صفائح الانابيب باستعمال نظرية العناصر المحدودة	د . توتام هيوم د . صالح الباروني
تأثير الملوحة للمياه الجوفية في وادي الشاطىء	أ . محمد سليمان د . روبا
نظرية العناصر المتناهية وتطبيقاتها في مسائل التوصيل الحراري	د . ابوحلاله
الخواص المغناطيسية للسلاسل المنتظمه	منصور وحبيب
عناصر الشكل للسفن من اختبارات المجسمات في المياه العميقة	د . ليلى كمار

اداء الرصف الخرساني بالمناطق الصحروايه الحارة الجافة

د . محمد الشتوي عمر م . موسى عمر المودي

د . الطاهر حسين قنابة م . الساعدي معمر القذافي

الملخص

يصنف المناخ بالجماهيرية على انه حار وجاف ، حيث ان التذبذب الكبير في درجة الحرارة اليومية يصل الى 40° م ومعدل سقوط الامطار السنوي يتراوح من 5 ملم الى 50 ملم بالاضافة الى التباعد الواسع بين ادنى درجة حرارة واعلى درجة حرارة في السنة .

الرصفيات الخرسانية بالصحراء الليبية نفذت بواسطة شركات عالمية معروفة وصممت طبقاً لطرق التصميم العالمية المعتمدة لعمر تصميمي يزيد عن 25 سنوات خدمة .

الهدف العام من هذه الورقة دراسة مسببات وميكانيكية حدوث الاضرار المبكرة بالرصف الخرساني في المهابط الصحراوية بالجماهيرية واقتراح طرق المعالجة المناسبة لكل ضرر .

جميع الرصفيات الخرسانية بالمهابط الصحروية بالجماهيرية ظهرت عليها اضرار متشابهة وهي :-

- اضرار الفاصل بين الرصف الخرساني والاكتاف الاسفلتية .
- اضرار منطقة الانتقال بين الرصف الخرساني والرصف الاسفلتي .
- اضرار اتساع الفواصل بالرصف الخرساني .

في سبيل تحقيق اهداف هذه الدراسة تم اختيار مهبط مطار غدامس كقطاع نموذجي لهذه الدراسة ، نتائج الدراسات الحقلية والمعملية والتحليلات النظرية تشير الى ان حركات التمدد والانكماش الكبيرة للبلاطات الخرسانية نتيجة للتغير الكبير في درجات الحرارة وتخلل الرمال المتحركة للفجوات الناتجة عنها بالفواصل عبر السنين ادت الى اتساع الفواصل وعدم قدرتها على امتصاص حركات التمدد والانكماش المتراكمة مما ادى الى انتقال هذه الحركات الرصف الاسفلتي وانهيار فواصل ومناطق التقاء الرصف الاسفلتي بالرصف الخرساني

المقدمة

معظم طرق تصميم الرصف المستخدمة حاليا هي طرق امريقية اعتمدت على الخبرة الطويلة المتراكمة وعلى الاختبارات الحقلية (1) مثل طريقة اشتو وطريقة الادارة الفدرالية للطيران (FAA) وطريقة جمعية الاسمنت البورتلاندي (PCA) .... الخ .

وتتسم هذه الطرق بسهولة الاستخدام ويسر الحصول على المعلومات ، كما انها تتسم ايضا بدقة معقولة في التنبؤ بإداء الرصف عندما تكون المواد المستخدمة في استحداث ونوع المرور والظروف البيئية مشابهة لتلك التي التي استخدمت في استحداث وتطوير هذه الطرق غير إن الثقة في التنبؤ بإداء الرصف باستخدام هذه الطرق يبدأ في الاضمحلال كلما اختلافت المواد والظروف البيئية والمرور عن تلك المتوفر عنها خبرة طويلة

الظروف البيئية في وسط وجنوب الجماهيرية يمكن تصنفيها على انها مناطق صحروية حارة وجافة (2) حيث يتعرض الرصف فيها الى ظروف خدمة قاسية جداً فبالاضافة الى الارتفاع الكبير في درجة حرارة سطح الرصف والتغير الكبير في درجة الحرارة اليومية للرصف والذي قد يصل 40° ، يتعرض الرصف ايضا الى درجات حرارة متباعدة خلال السنة ، كما ان معدل سقوط الامطار السنوي لهذه المناطق يتراوح من 5 ملم في السنة .

ساحات الرصف الخرساني بالمهابط الصحروية في الجماهيرية ظهرت عليها اضرار مبكرة (Premature) ومتشابهة (3) بالرغم من اختلاف طرق التصميم وشركات التنفيذ .

من هنا انبثقت فكرة هذه الدراسة والتي تهدف الى الاتي :-

1 - تحديد الاضرار السائدة بالرصف الخرساني بالمناطق الصحروية بالجماهيرية .

2 - تحديد ميكانيكات ومسببات حدوث هذه الاضرار .

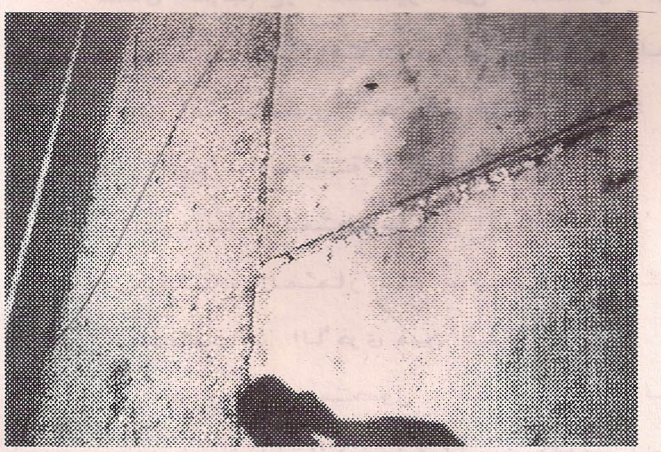
3 - اقتراح طرق المعالجة .

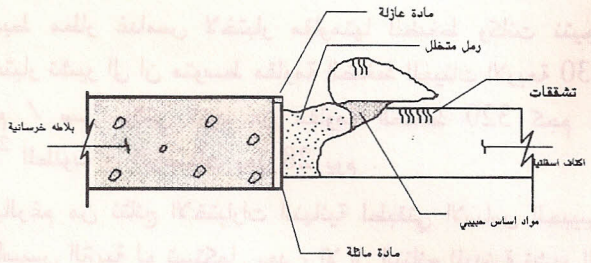
الاضرار السائدة

من خلال الزيارات الميدانية لمطارات غدامس - سبها - والكفرة ومعاينة الاضرار بالرصف الخرساني ، اتضح ان الاضرار تركزت بفواصل الرصف الخرساني ومناطق التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي .

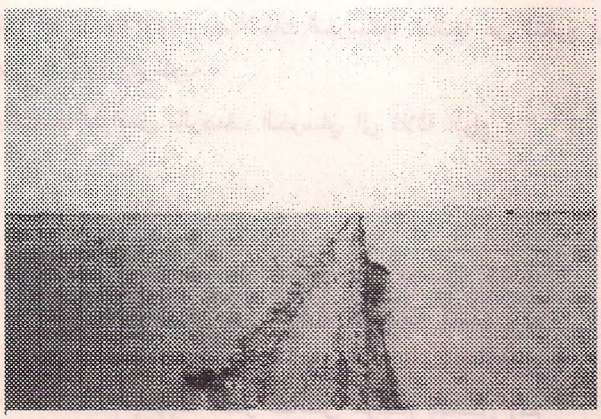
ويمكن تحديد الاضرار بالرصف على النحو التالي :-

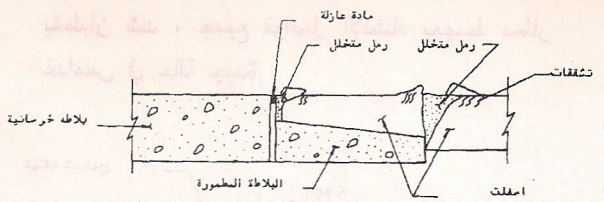
1 - اتساع الفواصل بين الرصف الخرساني والاكتاف الاسفلتية وامتلائها بالرمال وارتفاع الرصف الاسفلتي فوق منسوب سطح الرصف الخرساني بمقدار يصل الى 200 ملم كما هو موضح في الصورة الفوتوغرافية رقم 1 والشكل رقم 1 .





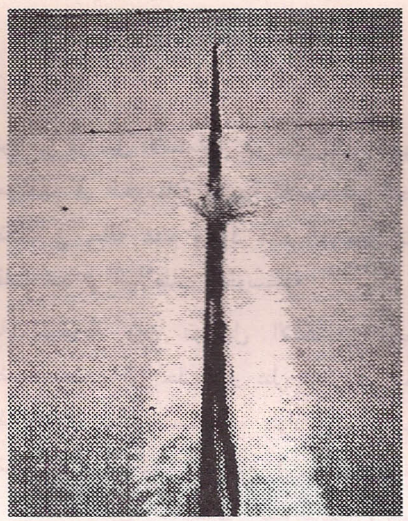
2 - اتساع الفواصل عند نهاية وبداية البلاطه الخرسانية المطمورة وامتلائها بالرمال وبروز الرصف الاسفلتي بجوانب الفواصل كما هو موضح في الصورة الفوتوغرافية رقم 2 والشكل رقم 2

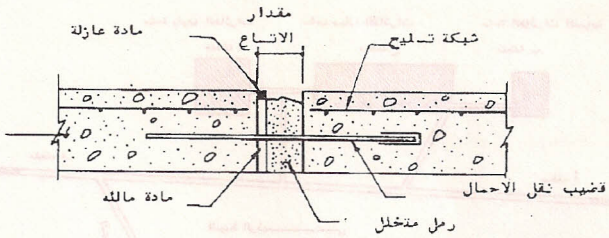




شكل رقم 2 اضرار منطقة التقاء الرصيف الخرساني بالرصف الاسفلتي

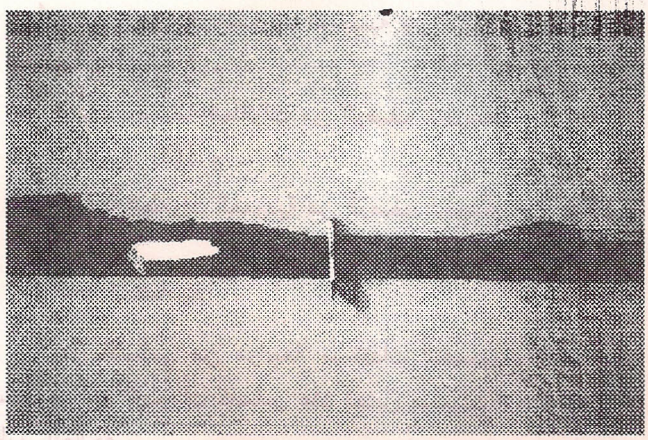
3 - اتساع فواصل التمدد مسافة تصل الى 50 ملم وامتلائها بالرمال كما هو موضح في الصورة الفوتوغرافية رقم 3 والشكل رقم 3

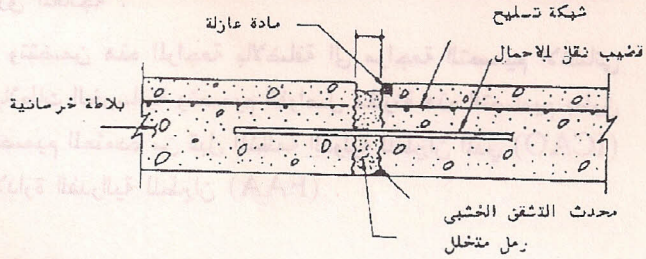




شكل رقم 3 اتساع فواصل التمـــدد

4 - اتساع بعض فواصل الانكماش العريضة مسافة تصل الى 100 ملم وامتلائها بالرمال كما هو موضح في الصورة الفوتوغرافية رقم 4 والشكل رقم 4 .





شكل رقم 4 اتساع فواصل الانكماش العرضيـــــة

القطاع النموذجي

حيث ان الهدف الاساسي من هذه الدراسة هو تحديد مسببات الاضرار واقتراح طرق المعالجة ، وبما ان الاضرار متشابهة بجميع المهابط الصحراوية فقد وقع الاختيار على مهبط مطار غدامس ليكون القطاع النموذجي لهذه ، وهذه نبذة مختصرة عنه :

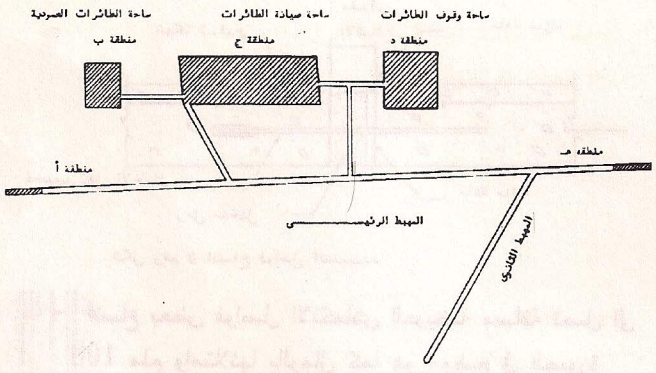
يقع مطار غدامس على بعد 20 كم شرق مدينة غدامس في الجنوب الغربي من الجماهيرية العظمى ، وقد تم استكمال بناءه سنة 1982 م ولكن لم يتم استخدامه حتى سنة 1988 م وخلال هذه المدة ظهرت عليه الاضرار التي سبق ذكرها بساحات الرصف الخرساني .

ويتكون مهبط مطار غدامس من العناصر الرئيسة الموضحة بالشكل رقم 5 وهي :-

1 - مهبط رئيسي 4200 م وبعرض 45 م ، 3600 م رصف اسفلتي 2 x 300 م رصف خرساني .

2 - مهبط ثانوي من الرصف الاسفلتي بطول 2000 م وبعرض 30 م .

3 - ممرات التوصيل من الرصف الاسفلتي بطول اجمالي 7500 م



شكل رقم 5 العناصر الرئيسية المكونة لمهبط مطار غدامس

4 - ساحة وقوف الطائرات الرئيسية من الرصف الخرساني 200 x 100 م

5 - ساحة صيانة الطائرات من الرصف الخرساني 600 x 100 م .

6 - ساحة الطائرات العمودية من الرصف الخرساني 10 x 90 م

مراجعة التصاميم

الغرض الاساسي من مراجعة مستندات التصميم والانشاء هو استخدام هذه المعلومات كاساس عند تحليل مسببات الاضرار واقتراح طرق المعالجة .

وتتضمن هذه المراجعة بالاضافة الى مراجعة التصميم الانشائى للبلاطات الخرسانية وتصميم الفواصل مقارنة هذه التصاميم بطرق التصميم المعتمدة من قبل المنظمة الدولية للطيران المدني (ICAO) والادارة الفدرالية للطيران (FAA) .

1 - التصميم الانشائي

من خلال مراجعة مستندات المشروع والخرائط التفصيلية يمكن تلخيص المعلومات حول ساحات الرصف الخرساني وسمك البلاطات الخرسانية في الجدول التالي :

المنطقة	اسم المنطقة	ابعاد المنطقة	سمك البلاطة الخرسانية ملم
أ	نهاية المهبط الغربية	300م x 45م	320
ب	ساحة وقوف الطائرات العمودية	110م x90م	200
ج	ساحة صيانة الطائرات	600م x100م	320
د	ساحة وقوف الطائرات الرئيسية	200م x100م	320
هـ	نهاية المهبط الشرقية	300م x 45م	320

بالاضافة الى الساحات الخرسانية المذكورة اعلاه فقد تم تصميم مناطق انتقال نفدت عند التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي عند نهايتي المهبط وعند التقاء ممرات التوصيل الاسفلتية بساحات الرصف الخرسانية .

بما ان مقاومة الخرسانة تتاثر مباشرة بجودة الاسمنت والركام وتصميم الخلطة الخرسانية وطريقة الانشاء ، فقد تم استخلاص عدد 4 قوالب خرسانية من مختلف ساحات الرصف الخرساني بمهبط مطار غدامس لاختبار مقاومتها للضغط وكانت نتيجة الاختبار تشير الى ان متوسط مقاومة الضغط للعينات الاربعة 330 كجم / سم^2 والتي تزيد عن مقاومة الضغط 320 كجم / سم^2 المطلوبة في المواصفات بعد 28 يوم .

بالرغم من نتائج الاختبارات النهائية لطبقتي الاساس الحبيبي والتاسيس التربية لم تستكمل بعد ، الا ان النتائج المبدئية تشير الى استيفاء الطبقتين للمواصفات المطلوبة وملائمة هاتين الطبقتين لهذا النوع من المهابط .

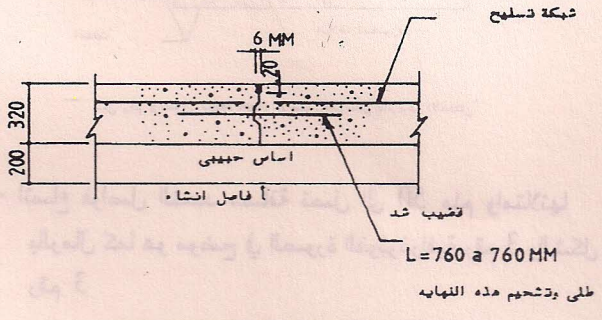
2 - تصميم الفواصل

الغرض من وجود الفواصل بالرصف الخرساني هو امتصاص حركات التمدد والانكماش للبلاطات الخرسانية الناتجة عن التغيير في درجات الحرارة والرطوبة .

وتنقسم الفواصل بالرصف الخرساني الى ثلاثة انواع :

أ - فواصل الانشاء

تتحكم آلة الرصف في المسافة بين فواصل الانشاء الطويلة ، اما فواصل الانشاء العريضة فتنفذ عند انتهاء عمليات الرصف اليومية ، فاصل الانشاء المستخدم بمهبط مطار غدامس موضح بالشكل رقم 6 - أ حيث ان شبكة التسليح غير مستمرة ومزودة بقطبان شد ، جميع فواصل الانشاء بمهبط مطار غدامس في حالة جيدة .



ب - فواصل الانكماش

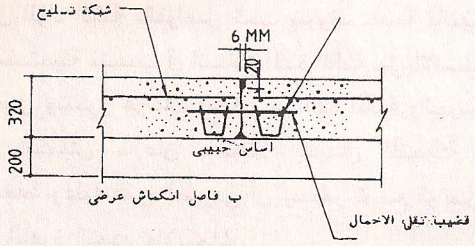
الغرض من فواصل الانكماش هو منع تكون اجهادات شد مرتفعة في الخرسانة نتيجة للانكماش الحرارى والاحتكاك في حالة عدم وجود هذه الفواصل تحدث تشققات شد في البلاطات الخرسانية .

المسافة المرغوبة بين فواصل الانكماش الطولية والعرضية تعتمد الى حد كبير على الظروف البيئية بالمنطقة ففي حالة استخدام مواد قابلة للتمدد وتعرض الخرسانة الى تغير كبير في درجات الحرارة وتولد احتكاك بين البلاطات الخرسانية والاساس الحبيبي تكون المسافة المرغوبة بين الفواصل قصيرة

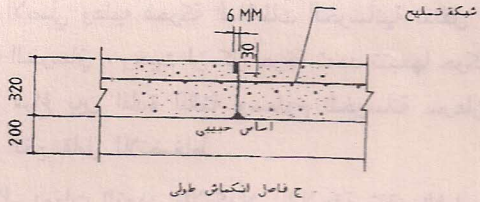
بينما في حالة استخدام خرسانة ذات مقاومة شد عالية وتعرض الخرسانة الى تغير بسيط في درجة الحرارة فيمكن زيادة المسافة بين الفواصل الجدول التالي يوضح المسافة بين فواصل الانكماش الطولية حسب توصية الادارة الفيدرالية للطيران (FAA) وجمعية الاسمنت البورتلاندي (PCA) وكتائب المهندسين الامريكية (CE) .

ملم المؤسسة	طولية م عرضية م سمك البلاط	خرسانة غير مسلحة	خرسانة مسلحة طويلة م عرضية م
الادارة الفيدرالية للطيران	255 او اقل 300-225 300 اكبر	3.8 4.6 6.1 6.1 7.6 7.6	
جمعية الاسمنت البورتلاندي	300 او اقل 300-275 اكبر من 375	3.8 حد اقصى 6.4-1.6 3.8 حد اقصى 9.1-7.6 متغير 9.1-7.6	6.3 حد اقصى 12.2-9.1 3.8 حد اقصى 15.2
كتائب المهندسين الامريكية	225 او اقل 300 -225 اكبر من 300	3.8 6.1 حد اقصى 7.6 حد اقصى	4.6 حد اقصى 6.1 حد اقصى 7.6 حد اقصى

المسافة بين فواصل الانكماش العريضة بمهبط مطار غدامس 5 متر وشبكة التسليح غير مستمرة ومزودة بقضبان نقل الاحمال كما هو موضح بالشكل رقم 6 - ب ، اما فواصل الانكماش الطولية فقد نفذت عند محور حارة النشاء بعرض 7.5 متر وشبكة التسليح طلى وتشحيم هذه النهايه



مستمرة عبر الفاصل كما هو موضح بشكل رقم 6 - ج ، وبهذا تكون النسبة بين طول البلاطة 5 متر ، وعرضها 3.75 متر هو 1.33 والتي تزيد عن هذه النسبة الموصى بها هي 1.25 .



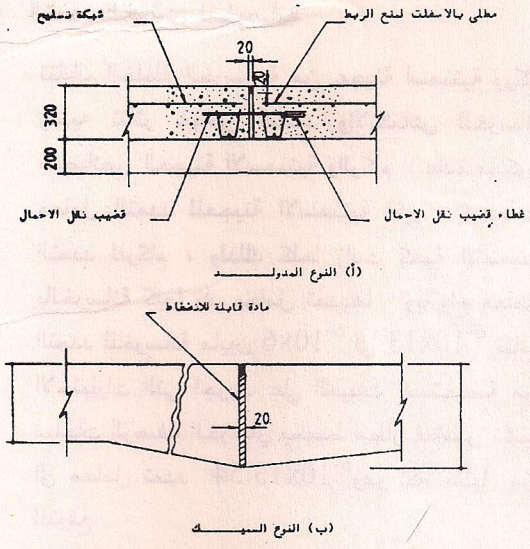
شكل 6 انواع الفواصل

جميع فواصل الانكماش الطولية في حالة جيدة ، والعكس صحيح بالنسبة لفواصل الانكماش العرضية ووجود قضبان نقل الاحمال يجعل من السهل أتساع الفاصل اكبر من قدرة التمدد للمادة المالئة نتيجة لحركة انكماش الخرسانة ، وبمجرد مايتسع الفاصل وحدوث تشقق به تتخلله الرمال المتحركة والغير قابلة للانضغاط ولاتسمح للخرسانة بالتمدد ، وعليه يستمر اتساع الفواصل وتدهور حالتها .

جـ - فواصل التمدد

استخدم نوعين من فواصل التمدد بمهبط مطار غدامس ، النوع السميك (Thickened Edge Type) ، والنوع المدولد (Doweled Type) كما هو موضح في شكل رقم 7

يفضل استخدام النوع السميك كفواصل تمدد طولية وعند التقاء الرصف الخرساني بانشاءات اخرى ، بينما يفضل استخاد النوع المدولد كفواصل تمدد عريضة ، يتراوح اتساع فاصل التمدد في العادة من 20 ملم الى 25 ملم بحيث يكون الاتساع قادر على استيعاب



شكل رقم 7 انواع فواصل التمدد

تمدد الخرسانة المتوقع ، اما المسافة بين فواصل التمدد فهي 50 متر .

بالرغم من ان تفاصيل فواصل التمدد والمسافات بينها تتفق مع المقاييس والمواصفات المعتمدة ، الا إن قابلية الخرسانة للتمدد اكثر في الاجواء شديدة الحرارة والجفاف كان من الافضل استخدام مسافات اقل من 50 متر بين فواصل التمدد .

د - حديد التسلح

من خلال الرسومات والكشف الميداني اتضح ان تفاصيل قضبان الاحمال وقضبان الشد مطابقة للمواصفات المعتمدة وتتفق مع توصيات الادارة الفيدرالية للطيران وجمعية الاسمنت البورتلاندى وكتائب المهندسين الامريكية .

ام شبكة التسليح المستخدمة بساحات الرصف الخرساني بمهبط مطار غدامس فهي (150x150x6) والتي توفر مساحة حديد 1.88 سم^2 / م والتي تزيد عن الحد الادنى المطلوب 1.6 سم^2 / م كما حددته المنظمة الدولية للطيران المدني .

تحليل مسببات وميكانيكية حدوث الاضرار

من خلال الزيارات الميدانية ومراجعة مستندات المشروع اتضح ان معظم ان لم يكن جميع الاضرار بالرصف الخرساني لها علاقة مباشرة او غير مباشرة بحركة البلاطات الخرسانية .

1 - التمدد الحراري

تشهد البلاطات الخرسانية تغير في حجمها تبعاً للتغير في درجات الحرارة والرطوبة وينتج عن هذه التغيرات حركات التمدد والانكماش.

أ - التمدد الحراري للخرسانة

تتالف الخلطة الخرسانية من عجينة اسمنتية وركام وعليه تتاثر خواص التمدد والانكماش للخرسانة بخصائص العجينة الاسمنتية والركام ، عادة مايكون معامل التمدد للعجينة الاسمنتية اكبر من معامل التمدد للركام ، ولذلك كلما زادت كمية الاسمنت بالخرسانة كلما زاد معامل تمددها ، ويتراوح معامل التمدد للخرسانة مابين $10x6^{-6}$ الى $10x13^{-6}$ نتائج الاختبارات التى اجريت على العينات المستخلصة من ساحات الرصف الخرساني بمهبط مطار غدامس تشير الى معامل تمدد $10x13.54^{-6}$ وهو اكبر بقليل من المتوقع .

مقدار التمدد للخرسانة يعتمد على مقدار التغير في درجات الحرارة وعلى معامل التمدد للخرسانة .

طبقاً لمعلومات الارصاد الجوية لمناطق وسط وجنوب الجماهيرية العظمى خلال فترة صب الخرسانة بمهبط مطار غدامس من شهر التمور (اكتوبر) 1981 م وحتى شهر الربيع (مارس) 1982 م ان اقل درجة حرارة 7.5° م كما ان اعلى درجة حرارة سجلت خلال شهر الصيف 49° م ، وعليه يكون مقدار التغير في درجة حرارة و 41.5° م عند اعتبار متوسط اقل درجة حرارة ، في هذا البحث اعتبر مقدار التغيير في درجة الحرارة $\Delta T = 41.5$° م وستستخدم في حساب مقدار التمدد .

ب - الانكماش الناتج عن الجفاف

من المعروف ان الخرسانة الطرية تفقد رطوبتها تدريجاً عند تعرضها للهواء ويعتمد معدل فقدان الرطوبة على اسلوب معالجة الخرسانة ودرجات حرارة الجو والرطوبة ويتراوح معامل الانكماش الناتج عن فقدان الرطوبة مابين 0.00015 الى 0.0008 ، اخذا في الاعتبار مناخ المنطقة وطريقة معالجة الخرسانة فإن معامل الانكماش قدره 0.000250 مناسبة جداً للاستخدام بالجماهيرية .

تطبيق الخواص السابقة يمكن تقدير حركة التمدد والانكماش لبلاطة خرسانية طولها 50 متر على النحو التالي :

معامل التمدد $\alpha t = 10x1.354^{-5}$

التغير في درجة الحرارة $\Delta T = 41.5$° م

معامل الانكماش $\alpha s = 0.00025$

مقدار التمدد $\delta T = L \times \Delta T \times \infty t$

$$= 50x41.5x^{-5}10x1.354$$

$$\delta T = 2.81 \text{ ملم}$$

مقدار الانكماش

$$50 \times 0.00025 = 12.5 \text{ ملم}$$

مقدار صافي التمدد = 28.1 - 12.5 = 15.6 ملم وهو مقدار حركة الخرسانة المتوقعة عند نهاية بلاطة خرسانية طولها 50 متر بعد نهاية فترة الانكماش الناتج عند فقدان الرطوبة ، وبمقارنة هذه القيمة 15.6 ملم بمقدار اتساع فاصل التمدد 20 ملم يتضح ان المواد المالئة تحتاج ان تنظغط اكثر من 78٪ من سمكها الاصلى حتى يمكن امتصاص حركة التمدد ، وحيث ان هذه الظاهرة متكررة فتجعل المواد المالئة بالفواصل تحت ظروف خدمة قاسية جداً ان لم تكن مستحيلة فتسبب في انسلاخ المادة المالئة على الاسطح الخرسانية بالفواصل وتتكون فراغات المادة بين المادة المالئة والخرسانة بعد كل حركة انكماش سرعان ماتمتلأ بالرمال المتحركة الغير قابلة للانضغاط وعليه فمن الطبيعي ان يستمر توسع فواصل التمدد مع تكرار ظاهرة التمدد والانكماش .

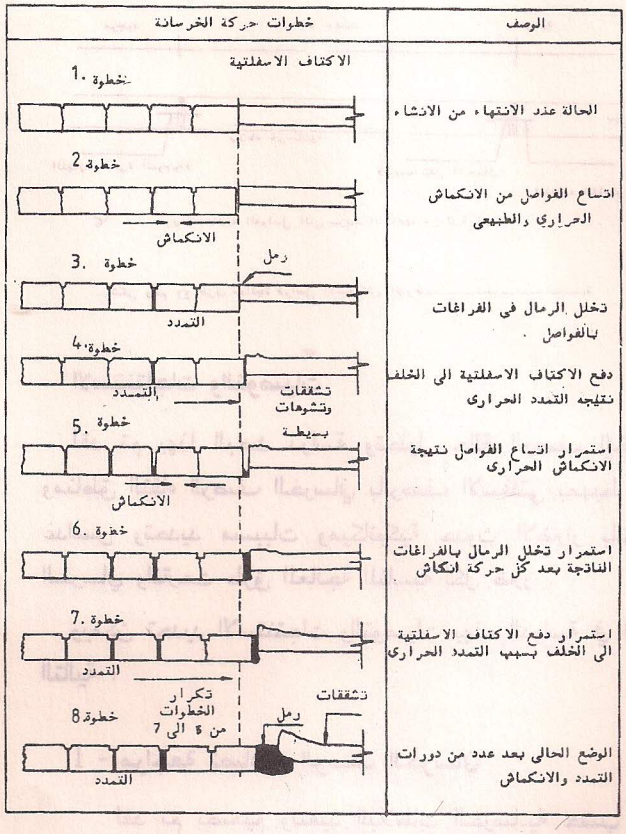
2 - التقاء الرصف الخرساني والاكتاف الاسفلتية

كما ذكر سابقاً فإن مقدار التمدد لايمكن استيعابه بفواصل التمدد لان المادة المالئة لايمكن لها ان تنضغط اكثر من 50٪ من سمكها الاصلي وعليه فحركة البلاطات الخرسانية تنتقل الى نهايات الرصف الخرساني ، وحيث ان كل حركة تمدد تتبعها حركة انكماش ويتكون فراغ بين المادة المالئة وسطوح الخرسانة سرعان مايمتلأ بالرمال الغير قابل للانضغاط .

وخلال دورات التمدد والانكماش اللاحقة تفقد الفواصل المملؤة بالرمال قدرتها على امتصاص حركة التمدد وتسمح بدخول الرمال من جديد اثناء حركة الانكماش وبهذا يستمر اتساع الفواصل وخاصة في حالة غياب الصيانة الدورية وازالة الرمال من الفواصل

عند انتقال حركة البلاطات الخرسانية الى نهاية الرصف الخرساني تدفع الاكتاف الاسفلتية الى الخلف واثناء حركة الانكماش يحدث

بالرمال ، وبتكرار هذه الظاهرة عبر السنين وغياب الصيانة الدورية يستمر دفع الاكتاف الاسفلتية الى الخلف والذي بدوره يسبب في انبعاج وارتفاع الرصف الاسفلتي الى اعلى فوق منسوب الرصف الخرساني ، شكل رقم 8 يوضح خطوات تتابع اتساع الفواصل وانهيار الرصف الاسفلتي بالاكتاف .



شكل رقم (8) ميكانيكية حركة البلاطات الخرسانية

3 - منطقة الانتقال من الرصف الخرساني الى الرصف الاسفلتي

اي اختلاف في المنسوب او تموج سطح الرصف عند التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي يؤدي الى حدوث مخاطر على الطائرات وحركة الطيران ، والاسلوب الشائع في هذا الشان هو استخدام منطقة انتقال تشتمل على بلاطة مطمورة يتغير سمكها تدريجياً ، غير ان منطقة الانتقال لمهبط مطار غدامس فشلت في توفير الظروف المناسبة لعمليات الطيران بالمهبط .

وكما ذكر سابقاً فان دورة التمدد والانكماش المتكررة سببت في توسع مستمر في الفواصل والتي امتلات بالرمال بعد كل حركة انكماش مما افقد الفواصل قدرتها على اسيعاب حركات التمدد وانتقال هذه الحركات الى نهايات الرصف الخرساني في اتجاه الرصف الاسفلتي مع كل دورة تمدد وانكماش .

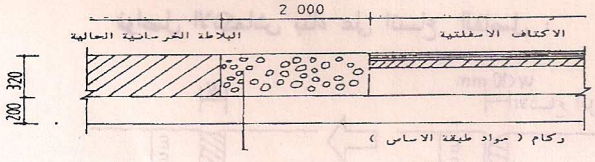
الفاصل بين الرصف الخرساني والرصف الاسفلتي عند نهاية البلاطة الخرسانية المطمورة يتسع اثناء حركة الانكماش وتتخلله الرمال وعند تمدد الرصف الخرساني يرتفع الرصف الاسفلتي الى اعلى نتيجة لدفع الرصف الخرساني ، وعليه فإن انهيار الرصف الاسفلتي عند منطقة الانتقال كانت بسبب حركات التمدد والانكماش الكبيرة ووجود الرمال المتحركة بالمنطقة .

4 - اتساع الفواصل

كما نوقش سابقاً فإن اتساع الفواصل يرجع الى الارتفاع النسبي في معامل التمدد للخرسانة المستخدمة والتغير الكبير في درجات الحرارة وتخلل الرمال المتحركة في فجوات الفواصل بعد كل حركة انكماش ، تكرار ظاهرة التمدد والانكماش وتخلل الرمال عبر السنيين كان السبب في استمرار التوسع في الفواصل .

اقتراح طرق المعالجة

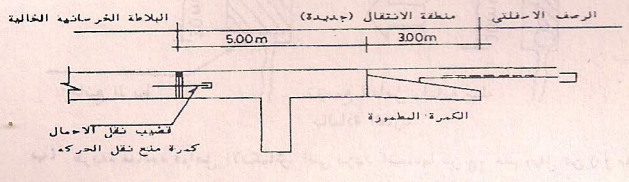
1 - الفاصل بين الرصف الخرساني والرصف الاسفلتي بالاكتاف بخصوص هذا الضرر تم اقتراح معالجة رخيصة وفعالة وهي استخدام الركام لرصف شريط بعرض 1.5 متر الى 2 متر من الاكتاف المحادية للرصف الخرساني كما هو موضح في شكل رقم 9 ، وبالرغم من ان هذا الشريط سوف لن يرصف بالاسفلت الا ان الركام قادر على اداء وظيفة الاكتاف ، الركام ايضا قادر على استيعاب حركات التمدد والانكماش ويمكن صيانته بسهولة ويسر .



شكل رقم 9 طريقة معالجة فاصل التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي عند الاكتاف

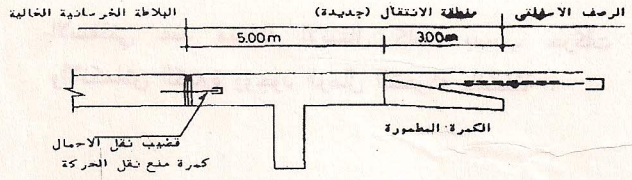
2 - منطقة الانتقال بين الرصف الخرساني والرصف الاسفلتي

كما ذكر في السابق فإن فاصل التمدد بمنطقة الانتقال المنفذة بمطار غدامس من نوعين ، النوع الاول وهو النوع السميك بدون قضبان نقل الاحمال ، والنوع الثاني وهو النوع المدولد (وجود قضبا نقل الاحمال) وتم اقتراح طريقة معالجة لكل نوع كما هو موضح في شكل 10 حيث استخدم في هذه الطريقة كمرة منع انتقال الحركة الى الرصف الاسفلتي .



ب- نظام كمرة منع نقل الحركة - طريقة معالجة فاصل التمدد ، المدولد

شكل رقم 10 معالجة اضرار منطقة الانتقال من الرصف الخرساني الى الرصف الاسفلتي



ب- نظام كمرة منع نقل الحركة - طريقة معالجة فاصل التمدد ، المدولد

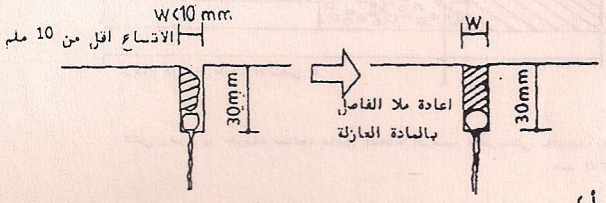
شكل رقم 10 معالجة اضرار منطقة الانتقال من الرصف الخرساني الى الرصف الاسفلتي

3 - اتساع الفواصل

يجب ان تكون طريقة المعالجة بحيث تستطيع الفواصل اداء الدور المطلوب منها والمساهمة في امتصاص القدر المطلوب منها من حركة التمدد وتمنع انتقال الحركة الى الرصف الاسفلتي ، كل هذا يجب ان يتم بعد تنظيف الفواصل وازالة المواد الغريبة مثل الرمال .

أ) فواصل الانكماش

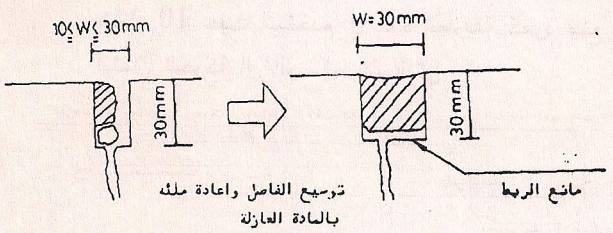
كما ذكر في السابق لاتوجد اي اضرار بفواصل الانكماش الطولية وهذا راجع الى استخدام شبكة حديد مستمرة عند الفاصل وعدم استخدام قضبان نقل الاحمال ، اما فواصل الانكماش العريضة حيث يوجد قضبان نقل الاحمال ووجود مرونة في الحركة لعدم استمرار شبكة الحديد عند الفاصل ادى الى اتساعها وامتلائها بالرمال وقد تم اقتراح الطرق التالية لمعالجة فواصل الانكماش بناء على اتساع الفاصل :



أ) معالجة الفواصل التي يقل اتساعها عن 10 ملم

شكل رقم 11 - أ

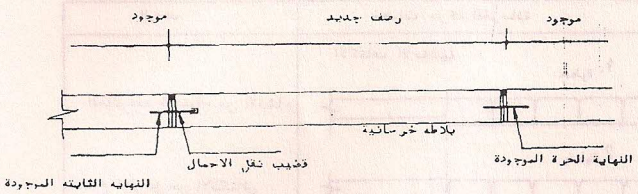
● بالنسبة للفواصل التي يزيد اتساعها عن 10 ملم وتقل عن 30 ملم يتم توسيع الفاصل باستخدام منشار قطع حتى يكون اتساع الفاصل 30 ملم وبعمق 30 ملم ثم ينظف الفاصل من الرمال والغبار وتوضع مادة مانع الربط بعرض 30 ملم اولاً ثم يملأ الفاصل بمادة مالئة جديدة شكل 11 - ب .



ب) طريقة معالجة فواصل الانكماش التي يزيد اتساعها عن 10 ملم ويقل عن 30 ملم

شكل رقم 11 - ب

● بالنسبة لفواصل الانكماش التي يزيد اتساعها عن 30 ملم من السهل ان تزال المادة المالئة او تتضرر من اثر حركة مرور الطائرات ، عليه يقترح ان تزود هذه الفواصل بوظيفة فواصل التمدد وذلك بأن يتم ازالة البلاطات وصب بلاطات جديدة بفاصل تمدد على جوانب فاصل الانكماش كما هو موضح في شكل رقم 11 - ج .



ج) طريقة معالجة الفواصل التي يزيد اتساعها عن 30 ملم

شكل رقم 11 طرق معالجة فواصل الانكماش العرضية

الاستنتاجات والتوصيات

لقد تم بهذا البحث دراسة وتحليل حالة الرصف الخرساني ومناطق التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي بمهبط مطار غدامس وتحديد مسببات وميكانيكية حدوث الاضرار بالرصف الخرساني واقترحت طرق المعالجة المناسبة لكل ضرر .

ويمكن تحديد الاستنتجات والتوصيات بهذه الدراسة في النقاط التالية :

1 - مراجعة تصاميم الرصف الخرساني

لقد تم تصميم وتنفيذ البلاطات الخرسانية حسب طرق التصميم والانشاء المعتمدة ، غير انه في بعض التفاصيل مثل المسافة بين فواصل التمدد ، اتساع فواصل التمدد التقاء الرصف الخرساني بالاكتاف الاسفلتية ومنطقة الانتقال من الرصف الخرساني الى الرصف الاسفلتي فشلت التصميمات في أخذ الظروف البيئية بمنطقة مطار غدامس في الاعتبار مثل التغير الكبير في درجات الحرارة والذي تسبب في حدوث حركات تمدد وانكماش مفرطة ومتكررة بالاضافة الى وجود الرمال المتحركة بالمنطقة والتي بسهولة تتخلل فجوات الفواصل الناتجة من حركات الانكماش .

2 - تحليل مسببات الاضرار

من خلال نتائج اختبار خاصية التمدد الحراري لعينات الخرسانة المستخرجة من الرصف الخرساني يتضح ان معامل التمدد الحراري للخرسانة 1.354×10^{-5} والذي يعتبر عال الى حد ما مقارنة بالقيمة المتوقعة ، عليه فإن حركات التمدد والانكماش المفرطة كانت بسبب التغير الكبير في درجات الحرارة والارتفاع النسبي في قيمة معامل

التمدد للخرسانة ، هذه الحركات الحرارية المتكررة سببت في اتساع الفواصل ومن ثم تخلل الرمال المتحركة للفجوات الناتجة بالفواصل بعد حركات الانكماش ، تتابع حركات التمدد والانكماش وتكرارها سبب في استمرار التوسع في الفواصل وتخلل الرمال فيها مع كل دورة ومع انعدام الصيانة الدورية وعمليات ازالة الرمال من الفواصل فقدت الفواصل القدرة على امتصاص حركات تمدد وانكماش الخرسانة ، وعليه تراكمت هذه الحركات وانتقلت الى مناطق التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي مما تسبب في انبعاج وتشقق وارتفاع الرصف الاسفلتي فوق منسوب الرصف الخرساني .

3 - طرق المعالجة

- طريقة استخدام كمرة منع انتقال الحركة هي انسب واكفا الطرق لمعالجة الاضرار بمنطقة الانتقال من الرصف الخرساني الى الرصف الاسفلتي .
- طريقة رصف شريط بعرض 1.5 متر الى 2.0 متر بالركام فقط بالاكتاف محاديا للرصف الخرساني من أنسب الحلول اقتصادياً وعملياً حيث ان هذا الشريط قادر على امتصاص حركة الخرسانة وسهولة صيانته مستقبلاً .
- يعالج فاصل الانكماش الذي يقل اتساعه عن 30 ملم بقطع الفاصل بمنشار بعرض 30 ملم وعمق 30 ملم ويعاد ملئه بمادة عازلة .
- يعالج فاصل الانكماش الذي يزيد اتساعه عن 30 ملم بازالة البلاطة بالكامل ويعاد صبها مع اضافة وظيفة فاصل التمدد للفواصل الناشئة .
- تعالج فواصل التمدد المتسعة بازالة البلاطة بالكامل ويعاد صبها من جديد حسب المواصفات المحددة لذلك.

4 - توصيات الرصف المستقبلي

عند انشاء رصفيات خرسانية بالمناطق الصحراوية الحارة والجافة يجب ان تؤخذ التوصيات التالية في الاعتبار :

- يجب ان لاتزيد المسافة بين فواصل التمدد عن 30 متر
- يجب ان تكون شبكة التسليح مستمرة عبر فواصل الانكماش
- يجب استخدام نظام كمرة منع انتقال الحركة بالبلاطات النهائية لساحات الرصف الخرسانية وخاصة عند التقاء الرصف الخرساني بالرصف الاسفلتي .

المراجع

1 - *E.J Youder and N.W. Witczak, "Principles of pavement design", 2nd ed., John wiley & Sons, inc. 1975*

2 - *M. Livneh, "Asphalt mix design for hot climate regions", Australian Road Research, Vol 20 No.2 Jone 1990*

3 - *Mohamed S. Omer, T.H. Gnaba, "Failures of runway pavements due to Enviromental conditions in hot and dry regions "Proceeding of jordanian conference in civil engineering Vol. 1,2-4 June, 1992 Amman - Jordan.*