بحث تفصيلي عن المواصفات الهندسية للتنفيذ

الرصف الخرساني المضغوط بالحادلة

RCC

ROLLER COMPACTED CONCRETE PAVEMENT

اعداد المهندس

خالد بهاءالدين محمد

نبذة عن الرصف الخرساني المضغوط بالحادلة RCC

في الاونة الاخيرة وبعد سنة ٢٠٠٣ حدثت تغيرات كثيرة في كوردستان بانفتاح كوردستان للعالم الخارجي ودخول اعداد هائلة من المركبات الصغيرة والكبيرة اليها وفي ظل غياب السيطرة النوعية والتوعية البشرية لمستخدمي الطرق ادى ذلك الى تضرر الطرق لحد كبيرويدرج ذلك للاسباب التالية :-

١- زياد الدخل الفرد للمواطن الكوردي وشراء معظم العوائل الكوردية للمركبات الخصوصية ومركبات الشحن والناقلات مما جعل الطرق تحت كاهل حمل مروري فظيع فاصبح كل عائلة يتنقل بسيارته بدلا من السيارات العامة المخصصة لنقل المسافرين .

٢- الحركة التجارية بين المدن تزايدة واصبح في كل مدينة معامل ومخازن تصدر المواد وتستورد ولذلك ازداد عدد ناقلات السلع بين المدن وبذلك ازادة الحمل المروري .

٣- تزايد ابار النفط في المحافظات ونقل النفط عن طريق الناقلات اضعفت كاهل الطرق بشكل كبير .

٤- غياب او تعطل القطار الناقل للبضائع الثقيلة والنفط جعل الطرق الاسفلتية في مواجهة ذلك الاحمال.

٥- عدم التزام مستخدمي الطرق وسواق الناقلات بحدود الحمولة المسموحة لكل مركبة مما ادى الى فشل هيكلية معظم الطرق.

٦- تجاوز اغلب الطرق للعمر الوظيفي المنجز فاغلب الطرق عمرها تزيد على ١٥ سنة او عشرون سنة .

٧- غياب او قلة حملات الصيانة الدورية على الطرق الخارجية والداخلية مما جعل الطرق تفشل بمدة اقل من عمرها الوظيفي .

٨- الانحباس الحراري الذي يشهده الارض وارتفاع درجات الحرارة في الصيف كان له الدور في اضعاف الطرق الاسفلتية .

لكل ما ورد من تلك النقاط كان حريا ان نبحث عن البدائل التي تجعلنا في الطرف الآمن في انشاء طرقنا واعطائه الجودة والقوة والمتانة والديمومة فضلا ان يكون البديل بديلا اقتصاديا يفي بكل متطلبات التي تجعلنا لا نثقل كاهل الدولة في تغيير نمط مشاريع الطرق ولذلك وبعد دراسة البديل كان RCCالبديل الامثل لكل تلك النقط التي ذكرناها المسبب لفشل هيكلية الطرق في العراق لانها اثبت جدارتها في تحمل الاحمال ومقاومة الظروف الطبيعية وديمومتها في عمرها الوظيفي وقد استخدم في الدول المتطور في القرون المنصرمة منها الولايات المتحدة وكندا وبريطانية وفرنسا واسبانيا وايطاليا ولكن كانت تستخدم للطرق ذات السرعة التصميمية المنخفظة وقد تم تحديث آلية جديدة في استخدام RCC في السرع التصميمية العالية نتطرق اليها ضمن هذا البحث .

تقدم هذا البحث مواصفات إرشادية مفيدة لتطوير مواصفات المشروع للخرسانة المضغوطة بالحادلة (RCC) ، والذي قد لا يكون أرضًا ذات نعومة من ناحية الملمس.. ولا يحبذ استخدام هذا البحث كمرجع للمواصفات في وثائق العقد. يجب على المالك أو المهندس أو المقاول مراعاة الخيارات المتاحة وتطبيق هذه الإرشادات لإنشاء مواصفات لمشاريع محلية محددة حسب ظروف المشروع وموقع العمل.

تشير هذا البحث إلى معايير المواد المناسبة وطرق الاختبار والمواصفات المعتمدة الماخوذة من الرابطة الأمريكية لمسؤولي الطرق السريعة والنقل (AASHTO) و ASTM الدولية (ASTM) ورابطة المعايير الكندية (CSA) وتفترض هذه المراجع أن المقاول والمهندس سيستخدمان أحدث المعايير أو الأساليب المعمول بها والتي تكون سارية المفعول عند طلب العطاءات للمشروع.

RCCهو مرشح اقتصادي سريع لبناء الطرق وتم استخدامه تقليديا للأرصفة التي تحمل أحمال ثقيلة في مناطق منخفضة السرعة بسبب سطحها الخشن نسبيًا. ومع ذلك ، في الآونة الأخيرة بدا استخدامه بشكل متزايد في المناطق التجارية والشوارع والطرق السريعة

وفيما يلي تطبيقات نموذجية لاستخدامات RCC:-

- طرق الوصول إلى المصانع الصناعية ومواقف السيارات.
- ساحات شحن متعددة الوسائط وموانئ وأرصفة التحميل.
- محطات الشاحنات / الشحن ، وتخزين السلع السائبة ، ومراكز التوزيع.
- الطرق الحضرية والريفية ذات الحجم المروري المنخفض.
- مدارج الطائرات وأماكن وقوف الطائرات.
- مناطق تحميل الاعتدة العسكرية .
- مناطق صيانة المركبات أو مناطق التوريد.
- مواقف سيارات تجارية كبيرة
- الطرق الموجودة في الحدائق العامة.
- الطرق الخاصة بعمليات قطع الاخشاب ونقلها في الغابات .
- أكتاف الطريق السريع
- ممرات سفر مؤقتة يجب إنشاؤها بسرعة لتحويل حركة المرور.

من المهم أن ندرك أن أرصفة RCC لن يكون لها ملمس سطحي كالرصيف الخرساني التقليدي. وبدلاً من ذلك ، فإن سطح RCC بطبيعته يتمتع بمظهر أكثر خشونة وأكثر تشابهًا مع السطح الرصيف الكونكريت الأسفلتي.كما في الصورة

معلومات أساسية حول الخرسانة المضغوطة بواسطة الحادلة

لتحقيق مشروع ناجح ، من المهم لكاتب المواصفة ان يميز الفرق بين خرسانة RCC و الخرسانة التقليدية ، . خرسانة RCCيتكون من نفس مكونات الخرسانة التقليدية بنسبة اقل للاسمنت البورتلاندي. ومع ذلك ، فقد تم تصميمها وإنشائها بشكل مختلف عن الخرسانة التقليدية وتتطلب اعتبارات مختلفة في التصميم على الرغم من أنها مصنوعة من نفس المواد المكونة: الركام والأسمنت البورتلاندي والمواد الإسمنتية التكميلية والمضافات الكيميائية والمياه إلا أن أرصفة RCC تختلف عن الأرصفة الخرسانية التقليدية بطرق عديدة ، خاصة أثناء الإنتاج والتنسيب. لذلك ، من المهم أن يكون كاتب المواصفات على دراية تامة بهذه الاختلافات أثناء تطوير مواصفات RCC ، بما في ذلك:.

١ـ تتطلب خرسانة RCC ألة فارشة عالية الجودة لفرشه وهي نفس الفارشة المستخدمة في فرش الخرسانة الاسفلتية .ولا يتم صبه مثل الخرسانة التقليدية.

٢ـ تتطلب خلطة RCC عند فرشه ضغطًا باستخدام قدد التسوية الاهتزازية للفارشة لاعطاء الكثافة الاولية لمكونات الصبة ، وبعد ذلك يستخدم الحادلات لتحقيق الكثافة المستهدفة و لا يتطلب الخرسانة التقليدية الاهتزاز الداخلي اللازم لتعزيزه.

٣ـ خلطة RCC ليس لديه ركود في فحص الركود SLUMP.بينما تتطلب خلطات الرصف الخرسانية التقليدية ما بين ١ انج (٠,٢٥ ملم) الى ٤انج (١٠٠ ملم) من الركود اعتمادًا على طريقة التنسيب.

٤ـ خلطات RCC جافة نسبيًا مقارنة بمخاليط الخرسانة التقليدية وتعتمد على الاستقرار في حالة حدله بالحادلة .

٥ـ نظرًا لطبيعتها الجافة ، لا تسمح أرصفة RCC بإجراء عمليات الصقل مثل الرصف الخرساني التقليدي.

٦ـ لا يشبه سطح رصيف RCC سطح الخرسانة التقليدية .بدلاً من ذلك ، يكون سطح RCC غير متناسق وعادةً ما يتضمن تمزق وشقوق وحفر صغيرة .إنه يشبه إلى حد كبير سطح الخلطة الاسفلتية.

٧ـ رصيف RCC ، على عكس الرصيف الخرساني التقليدي ، لا يمكن تقويته بالصلب (بالتسليح) ولا يتضمن قضبان تسليح لتوفير نقل حمل مشترك لأنه لا توجد طريقة لإدخال الفولاذ أثناء الانشاء و يجب أن يعتمد نقل الأحمال المشتركة على التعشيق الكلي ودعم القاعدة لتحقيق أداء مشترك طويل الأمد.

كيفية حساب كثافة خلطة RCC

Maximum Dry Density (MDD): The maximum unit weight (density) of an RCC mixture corresponding to the optimum moisture content typically determined per ASTM D١٥٥٧.

Optimal Moisture Content (OMC): The water content at which the maximum dry unit weight (density) is achieved for a specific compaction effort, typically determined per ASTM D١٥٥٧.

Plan Thickness: The nominal pavement layer thickness shown in the Plans.

Reference Wet Density (RWD): The unit weight density calculated by multiplying the Maximum Dry Density (MDD) by ١ + Optimum Moisture Content (OMC), where the MDD and OMC are determined in the laboratory in accordance with ASTM D١٥٥٧. [Example: assume an RCC mix has a Modified Proctor MDD of ١٤٢ lb/ft٣ (٢،٢٧٥ kg/m٣) and the OMC = ٦٪. The calculated RWD = ١٤٢ ٠ (١+(٠,٠٦)) = ١٥٠,٥ lb/ft٣ or in SI Units: RWD = ٢،٢٧٥ ٠ (١+(٠,٠٦)) = ٢،٤١٢ kg/m٣

مميزات وعيوب RCC

هناك مميزات وعيوب لرصف RCC مقارنتا بالطرق الاسفلتية

ومن مميزات RCCما يلي :-

١- صديقة للبيئة : وذلك لخلوه من استخدامات الكاربون ومعامل الاسفلت وان استخدم الاسفلت فتكون طبقة واحدة فقط واحيانا يجوز استخدام انقاض البنايات المهدومة والمواد البلاستيكية كالالياف تقوية كمواد اولية لانشاء RCCان تطابق تدرجه مع المواصفات .

٢- سهلة الانشاء :وذلك لسهولة الحصول على المواد الاولية لانشائه لتوفر تلك المواد في اغلب الاماكن .

٣- سريعة الانشاء: وذلك لان RCCيقلص الطبقات المطلوبة لانشاء طريق يقاوم الاحمال .

٤- العمر :ويمتاز بعمره الطويل ويقدر بخمسين سنة على خلاف عمر الطرق الاسفلتية التي تقدر بخمسة عشرة سنة .

٥- اقتصادية : لكل الاسباب التي ذكرت من قبل تكون اقتصادية .

٦- وضوح الرؤية : تكون مسارRCCاكثر وضوحا في السياقة الليلية من الطرق الاسفلتية وذلك لفرق لون السطح .

ومن عيوب RCC ما يلي:-

١- قلة السرعة التصميمية :يستخدم في الطرق الغير السريعة والتي تصل سرعتها الى ٥٠ كم /ساعة .

٢- تدهور السطح : مما يعطي احساس غير مريح لسائقي السيارات عند السياقة لان الاستوائية وصلابة السطح والفواصل لا توفر الليونة المطلوبة فيولد ذبذبات غير مريحة للسياقة .

٣- الضوضاء: يولد السير عليه صوتا مزعجا للسائق ويولد ضوضاء في الاحياء القاطنة بالسكان .

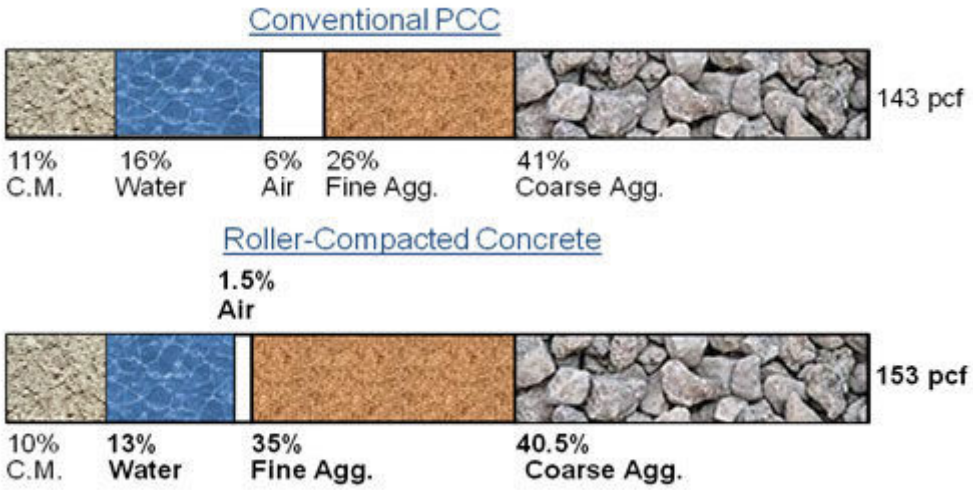
٤- يسبب في الاستهلاك السريع لايطارت السيارات لقصافته.

٥- صعوبة الصيانة وذلك ان الصيانة يتطلب وقتا اكثرمن وقت صيانة الطرق الاسفلتية لانها تتطلب وقت اكتساب صلابة الكونكريت .

٦-متطلبات السيطرة النوعية اثناء التنفيذ يكون اكثر لان RCCيتاثر بشكل اكبر بمتطلبات المعمل والخزن والنقل والفرش والحدل و بالظروف الجوية اثناء التنفيذ وعامل الوقت شيء مهم جدا في التنفيذ .

نبذة مختصرة عن مضار انحباس الهواءفي الخرسانة الاسفلتية المضغوط بالحادلة

الخرسانة المضغوطة بالحادلة (RCC) هي نوع خاص من الخرسانة يختلف عن الخرسانة التقليدية بقلة محتواه الرطوبي و يشتمل على مكونات خرسانية نموذجية (أي الركام ، الاسمنت ، الماء ، إلخ) ولكن بنسب مختلفة .وبسبب الطبيعة الجافة لخلطة RCC يتم انتاجه في المعمل بخلط المكونات المزيج حسب نسب الخلط وبالتدرجات المناسبة للركام يتم نقله باستخدام القلابات وفرشه بالفارشة ، وتفاصيل العمل على غرار عملية بناء الخرسانة الإسفلتية موضحة ادناه .واعتمد عمليات إنتاج وبناء طرق من نوعية الخرسانة الإسفلتية المحدولة ما نشرته جمعية الرصف الخرساني الأمريكية (ACPA) مؤخرًا دليلًا بعنوان: رصيف خرساني مضغوط بالحادلة وفيه توصيات للمهندسي الطرق بكيفية تنفيذ (RCC)



تعاني خلطات RCC فقط من ضائقة تشنجية طفيفة تحت تأثير التجميد / الذوبان لذلك عادة لا يكون حجز الهواء مطلوبًا في خلطات RCC. علاوة على ذلك ، كلما زادت الكثافة ، انخفضت نسبة الفراغات في الخليط الكلي.

هناك عوامل أخرى تؤثر على نسبة الفراغات ، مثل الحد الأقصى لحجم الركام ، والجهد المتراكم ، وزاوية جسيمات الركام. وتجدر الإشارة أيضا قد يؤدي الضغط الميكانيكي الخارجي المستخدم بواسطة الحادلات إلى تقليل بنسبة ٥ إلى ٢٠ بالمائة في الحجم

يعد تقليل محتوى الفراغ الهوائي في خليط RCC أمرًا بالغ الأهمية لمتانة.RCC وتسمح الفراغات الهوائية الزائدة باختراق الهواء والماء. والهواء غير المحبوس يضعف الخليط، بينما الماء الزائد يمكن أن يسبب ضغوط متعلقة بالمواد في الركام و الضرر الناجم عن عمل التجميد والذوبان ويتم الحصول على أفضل خصائص الأداء عندما تكون RCC خالية بشكل معقول من الفصل (الانعزال) و تنخفض قوة RCC بشكل ملحوظ مع انخفاض كثافتها. يمكن الحصول على الأسطح المتينة بمحتوى مواد أسمنتية أقل من ٤٠٠ رطل / ياردة ٣ (٢٣٧ كجم / م ٣) ، غالبًا ما يُعتبر هذا الحد الأدنى من كمية الأسمنت لضمان أن الطبقة السطحية تلبي القوة ومقاومة التآكل والتجميد / الذوبان والمتانة. وبحد أدنى للمقاومة (٢٩—٣١) ميجا باسكال في ٢٨ يومًا والحد الأقصى لنسبة الماء إلى مواد الإسمنت ٠,٤٥. هناك أيضًا متطلبات إلزامية في تحديد الهواء ومعالجة الهواء في الخلطة ،

حيث تكون كمية الأسمنت الشائعة (٢٣٧ كجم / م ٣)ولا يفضل زيادة نسبة الاسمنت في الخليط لانها تسبب مشاكل في زيادة الانكماش وبالتالي زيادة التشققات .

تدرج الركام

تعتبر الجودة الإجمالية والتدرج أمرًا بالغ الأهمية لأداء RCC ، لأن الركام يشكل ما يصل إلى ٨٥ ٪ من حجم RCC. تؤثر المجاميع بشكل كبير على خصائص RCC الطازجة (على سبيل المثال ، قابلية الدمج والفصل) ، والخصائص المتصلبة (مثل الكثافة ، والقوة ، والانكماش ، ونسبة الفراغ ، والنفاذية ، والمتانة على المدى الطويل) ، والمظهر السطحي. يوفر الجدول ٢-RCC العديد من خيارات التدرج التجميعي اعتمادًا على التنفيذ ، حيث يسمح كل منها ببعض الركام (١٩ ملم). عادة ما ينتج الركام الأصغر حجمًا سطحًا أكثر إحكامًا وأفضل مظهرًا. ومع ذلك ، فإن نطاقات الركام الأكبر حجماً ستنتج عادة قوة أعلى بمحتوى أسمنتي أقل من الخلطات التي تحتوي على الركام ذي الاحجام الكبيرة ، ويبقى الاجتهاد عند المهندسين في اختيار نوعية التدرج فالحصول على سطح متين له قدرات متزايدة في نقل الحمولة ... وان كان المطلب انشاء رصيف يتحمل الحمولات الزائدة يفضل ان يكون الاختيار للخلطة التي تحتوي على تدرجات كبيرة (٢٥mm) وان كان المطلب الحصول على واجهة صقيلة فنحتاج الى تدرجات الاقل حجما حسب ظروف الموقع ومتطلبات سطح الرصيف لذلك يفضل للطرق التي يكون السير فيها بسرعات كبيرة والتي يغطى بطبقة من الاسفلت ان نختار التدرج الكبير للركام لسببين :-

١- لزيادة تحمل الرصيف RCC للحمولات الكبيرة .
٢- لانتاج سطح غير صقيل التي تزيد من الاحتكاك والتماسك بين طبقة RCC والطبقة الاسفلتية التي فوقها .

ويمكن للمقاولين ذوي الخبرة إنتاج أسطح متينة باستخداما تدرج معين للركام فالمقصد الرئيسي هو الحصول على خلطة قوية متينة ذو كثافة عالية تقاوم التاكل السطحي والانعزال والتشقق وقادر على نقل الحمولة باكمل وجه ويفضل استخدام المواد المكسرة ومن ضمنها الرمل المكسر لخلوه من الاطيان فضلا ان مقاومة الاحمال لأرصفة RCC تزداد بازدياد زاوية التكسير للركام الناعم في الخليط وان استخدم الرمل الطبيعي الخالي من الاطيان فلا بأس .

Table RCC-2: Combined Aggregate Gradation Ranges for RCC[6]

Sieve Size	Lower & Upper Specification Limits 1/2 in (12.5 mm)		Lower & Upper Specification Limits 3/4 in (19.0 mm)		Lower & Upper Specification Limits 1 in (25.0 mm)	
1.5 in. (37.5 mm)					100.0	100.0
1 in. (25 mm)			100.0	100.0	82.0	100.0
3/4 in. (19 mm)	100.0	100.0	95.0	100.0	72.0	95.0
1/2 in. (12.5 mm)	81.0	100.0	70.0	95.0	61.0	81.0
3/8 in. (9.5 mm)	71.0	91.0	60.0	85.0	50.0	71.0
No. 4 (4.75 mm)	49.0	70.0	40.0	60.0	36.0	55.0
No. 8 (2.36 mm)	33.0	54.0	30.0	50.0	25.0	43.0
No. 16 (1.18 mm)	24.0	40.0	20.0	40.0	15.0	32.0
No 30 (600 µm)	15.0	30.0	15.0	30.0	10.0	26.0
No 50 (300 µm)	10.0	25.0	10.0	25.0	5.0	19.0
No. 100 (150 µm)	2.0	16.0	2.0	16.0	2.0	16.0
No 200 (75 µm)	0.0	8.0	0.0	8.0	0.0	8.0

اختيار المواد والتحقق من المصدر

كما هو واضح ان الحجارة تمثل ما يصل إلى ٨٥٪ من مخاليط RCC ، والتحقق من مكونات المصدر هو المهم جدا لانه يمثل عصب الخلطة الاسمنتية وياتي بالدرجة الثانية التأكد من نوعية الأسمنت على ان يفي بمعايير ASTM C١٥٠ وبعدها ياتي المواد المضافة ويجب ان تفي بمعايير ASTM C٤٩٤ أن تكون المجاميع إما مؤهلة أو اجتازت اختبارات المتانة ذات الصلة ، كلها أمور ضرورية لنجاح إنتاج نوعية الخرسانة لـ RCC ، من المهم بشكل خاص التحقق من تناسق التدرجات الإجمالية. لمواد RCC نظرًا لتأثيرات التدرج الكلي على قابلية الإنشاء والخصائص التقوية ل RCC وتختلف نسبة المزيج كثيرًا من RCC عن الأرصفة الخرسانية التقليدية حيث تدور فلسفة التصميم حول نسبة الماء إلى الأسمنت ويتميز RCC بمحتواه الرطوبي الادنى.

معالجة وتخزين موادRCC

تختلف اسلوب تخزين المواد لخلطة RCC عن غيرها من الخلطات التقليدية والفرق الرئيسي هو التعامع مع المجاميع (الاسمنت –الركام التي تمثل ٨٥% من الخلطة – والمواد المضافة الكيمانية - الماء) ونظرا للطبيعة الجافة لخلطة RCC فيجب المحافظة على الركام ونقاء الماء والتخزين الصحيح للاسمنت والمواد المضافة من التقلبات الجوية (الرطوبة في فصل الشتاء او ارتفاع درجات حرارة المواد في فصل الصيف) مما يؤدي ذلك مباشرتا على (المحتوى الرطوبي والمتانة والقوة والانكماش)للخلطة الخرسانة ل RCC. اذن فلتقلبات الجو التاثير المباشر في طريقة تخزين المواد لانتاج خلطة متناسقة الرطوبة وللحصول على اعلى درجات الكثافة الموقعية من دون انعزال والفصل في المواد اثناء الحدل وبهذا نستطيع الحصول على خلطات متشابهة الخصائص لكل دفعة من دفعات معمل الخلط.

ومن اهم الخصائص التي يجب ان تتوفر في الخلطة والتي يجب ان تؤخذ في الاعتبار اثناء التصميم هي:

١- الثبات : ويعبر عن قدرة الخلطة علي مقاومة الاحمال دون ان يحدث تشرخ او تشوه او هبوط.

٢- المتانة : وتشير الي المقاومة الخلطة لتأثير العوامل الجوية وقوة الاحتكاك الناتج من المرور.

٣- مقاومة الانزلاق : وهي قدرة سطح الرصف علي مقاومة انزلاق اطارات السيارات

يمزج المواد لفترة كافية من الوقت في الخلاط لضمان الخلط الكامل لجميع المكونات. حسب متطلبات المواصفة ASTM C٩٤ ، و يخلط كل دفعة للحد الأدنى من الوقت الذي توصي به الشركة المصنعة للمصنع.

عادةً ما يتم خلط RCC بإحدى الطرق الثلاث: خلاط أسطوانة المغطات ، او المكسرات ، أو خلاط المطحنة (pugmill mixer)ويتميز الخلاطات المطحنة كما ترونه في الصور بانه ينتج الخطلة بقدر تزويده بالمواد ويشار عليه عادة باسم مصنع الدُفعة المركزية للخرسانة تتميز محطات التدفق المستمر بأوقات خلط كاملة في حدود ١٠ إلى ٣٠ ثانية ويمكن أن تنتج كميات كبيرة من المواد مع الحفاظ على كفاءة خلط ممتازة. . تخلط مصانع الدُفعات RCC في دفعات منفصلة(حسب التدرج المطلوب) مع الحد الأقصى لحجم الدُفعة عادةً على خلاف الخرسانة التقليدية بسبب الطبيعة الجافة والقاسية لـRCC. والمحتوى الرطوبي يفضل ان يزيد عن ١ إلى ١,٥ بالمائة فوق OMC (Optimal Moisture Content) وذلك لحساب التبخر الناتج من الظروف المناخية المحيطة في الموقع او التحوط لاي عطل في الطريق بسبب ازدحام الطرق وعرقلة الفترة المسموحة للنقل بين المصنع ومكان فرش الصبة .و مع تغير الظروف الميدانية ، وسيحتاج المقاول إلى إجراء تعديلات على نسب المواد وجرعات الخلط من أجل الحفاظ على خليط "قوي متين متماسك "لجميع الظروف المناخية للموقع.

Tilt drum mixers

Transit mixer

pugmill mixer

مياه الخلطة

تأتي المياه المتاحة للترطيب الكيميائي داخل RCC من مصدرين .جزء يتم احتوائه على أنه ماء (داخلي) فائض في المجاميع الدقيقة والركام ، مع ما يضاف من الماء المطلوب في مصنع الخلط. عادة ما يتم تحديد جودة المياه لتلبية متطلبات .ASTM C1602 ويجب على المهندس التحقق من وجود مصدر المياه ثم اختبارها قبل الشروع بالعمل ، . ومن المهم معرفة موقع مصدر مياه ومطابقته للمواصفات وهل هناك قيود على استخدامه كل ذلك في وقت مبكر قبل الشروع بانتاج الخلطات في المعمل .

مصنع الخلط

يستلزم الحصول على موافقة المهندس على مصنع الخلط قبل البدء في إنتاج RCC واستخدم مصنع خلط قادر على إنتاج خليط RCC متجانس في النسب المحددة في تصميم الخلطة المعتمدة ويتوافق مع التفاوتات المحددة في ASTM C9426 لمحطات خلط الدُفعة أو ASTM C68527. لمحطات الخلط المستمر.

يفضل استخدام مصنعًا بقدرة إنتاجية كافية لإنتاج خليط RCC منتظم بمعدل متوافق مع عملية التنسيب. يمكن للمهندس إيقاف العمليات إذا كان المصنع غير قادر على إنتاج خليط RCC بما يكفي من حيث الجودة أو الكمية ، حتى يتم تعديل العمليات أو الحصول على مصنع يلبي جميع المتطلبات.
يجب الاخذ بالاعتبار أن يكون الحد الأدنى للسعة المقدرة للمصنع 200 طن في الساعة للحفاظ على وضعية الفرش دون انقطاع. ويمكن ان تكون معظم مصانع الخرسانة (خلاطات العجين ، أو المكسرات او خلاطة المطحنة) مواتية لتلبية معدل الإنتاج المطلوب حسب ظروف المشروع وبعد المعمل عن مكان الفرش . وقد تكون خلاطات المكسرات قادرة على إنتاج أحجام مماثلةايظا . ومع ذلك ، من المهم أن نفهم أنه يجب تشغيل خلاطات المكسرات مع دورات خلط أطول لتحقيق خلط عالي الجودة لخلطات RCC الأكثر صلابة وجفافًا مقارنة بخلطات الخرسانة التقليدية.

يجب أن تكون محطات الخلطة المركزية تفي بكل المتطلبات الهندسية المطلوبة لنجاح عملية الصب على مدار عمل يومي كامل بدون توقف. واستخدم خلاطًا قادرًا على إنتاج خليط متجانس وموحد في الملمس ويلبي متطلبات ASTM C94.

آلية فرش RCC في الموقع

يستلزم الحصول على موافقة المهندس على معدات الرصف قبل البدء في وضع RCCويتم تجهيز آلة الرصف (الفارشة)والمجهزة بحدل اهتزازي يعطي كثافة عالية و القادرة على وضع مادة RCC على الأقل بنسبة حدل ٩٠٪ من الكثافة الرطبة المرجعية وفقًا لـ ASTM D١٥٥٧ بطريقة اختبار مكافئة، قبل أي ضغط إضافي. يمكن أن تحقق هذه الأنواع من الرصف سطحًا أنعم مع اقل حدل (أو لا شيء على الإطلاق) و الحصول على الكثافة النهائية.و بانتاجية عالية الجودة ، حيث يفرش من ٦ إلى ٨ أقدام / دقيقة. ويمكن للفارشات العالية الكثافة فرش بارتفاع من ٤ إلى ٩ انج وبعرض الممرات من ١٠ إلى ٣٠ قدمًا. وتعمل فقط الحادلات اهتزازية في الوضع الثابت دون تشغيل الهزازللضغط النهائي. ويمنع بتشغيل الأسطوانة أو الرصف في الوضع الاهتزازي عندما لا تكون المعدات قيد الحركة . ويجب تجهيز بكرات اهتزازية صغيرة فقط لضغط المناطق التي لا يمكن الوصول إليها بالحادلات الكبيرة.

ويتم إنشاء أرصفة RCC باستخدام معدات رصف الأسفلت (الفارشة) جنبًا إلى جنب مع مجموعة من التقنيات وتختلف اسلوب الفرش عن الخرسانة التقليدية بان RCC لا تحتوي على مشبكات تسليح حتى في المفاصل.

. عند حدوث اي خلل في الية الفرش وتعطل الفارشة او تاخر النقل باي سبب من الاسباب يرفض الخلطات ان تجاوز زمن الفرش لذلك يتطلب ان يتوفر ثلاث فارشات على الدوام في موقع الفرش فارشة لكل مسار وفارشة احتياط .

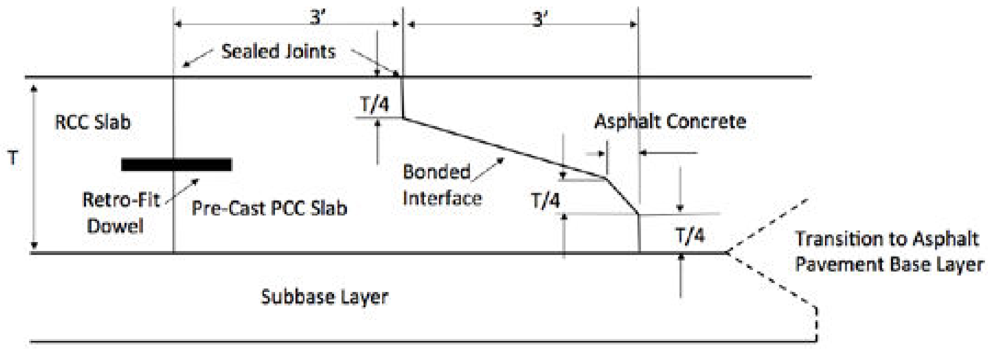
عادة ما يتم الضغط الأولي باستخدام أسطوانة اهتزازية من ١٠ إلى ١٢ طنًا. و يتم التحقق من الكثافة على أساس منتظم باجهزة غير اتلافية . ويتم تعديل نمط الحدل وفقًا لمحتوى الرطوبة في الخليط ، ولكن الهدف هو تحقيق كثافة ٩٨ بالمائة على الأقل.

ويتم اختبار الكثافة عادة باستخدام مقياس نووي ويتم أخذها خلف الرصف بعد اكتمال الحدل للتحقق من أداء الفارشة وتأكيد أن المتداول يتوافق مع المتطلبات الهندسية .

عادة ، يتم استخدام انتقالات الرصيف حيث يتم دمج الأشياء غير المنقولة اي التنقل من طريق قديم منشا من طبقات اسفلتية او كونكريتية الى الRCC وحينها يجب انشاء مفصل في هيكل الرصيف ويجب احكام اغلاق المفصل لان اختلاف المواد بين الطرفين يؤدي إلى اتساع المفصل أو الشقوق بما يكفي للتأثير على نقل الحمل أو احتمالية حدوث تسلل الماء خلال هطول الأمطاروحدوث فشل في تلك الموضع .

تعتبر التحولات في RCC ضرورية في بعض المواقع ، مثلا حيث يتم بناء رصيف RCC بجوار رصيف اسفلتي او رصيف قديم من الكونكريت

يوضح الشكل ادناه مخططًا لمثل هذا الانتقال. يتضمن هذا المثال استخدام عنصر سابق الصب ولكنه يعرض أيضًا تفاصيل الانتقال وتحويل الحمل في المفصل مع حماية الواجهة الخرسانية RCC / الأسفلت واستيعاب الحركات النسبية بين نوعي الرصف. من المهم ملاحظة امتداد دعم القاعدة الفرعية(sub base) إلى ما وراء المفصل وأن كلا المفصلين يجب أن يتم إغلاقهما بشكل صحيح.و المناطق الأخرى التي تتطلب تفاصيل انتقالية هي المفصل الطولي الذي يخضع للتحميل المتكرر ، والتغيرات في نوع القاعدة ، أو سمك اللوح.



وفي حالة فرش الممر المجاور. يفرش ممرات الرصف المجاورة في غضون ٦٠ دقيقة.مع الحفاظ على الحافة الطازجة (المفصل الرأسي الطازج) من الجفاف حتى يتم فرش الممر المجاور إما عن طريق زيادة الإنتاجية مع الرصف الترادفي ، ورش المفصل السطح مع رذاذ الماء الخفيف ، أو تطبيق غطاء من الخيش الرطب كما في الصورة ادناه ، أو باستخدام مثبطات في خليط RCC مع موافقة المناسبة للمهندس المقيم .

إذا انقضت أكثر من ٦٠ دقيقة بين مواضع الممرات المجاورة ، ضع في اعتبارك المفصل الرأسي الطازج مفصل رأسي بارد وقم بإعداده كما في الصورة ويجوز للمهندس زيادة أو إنقاص متطلبات وضع حارة مجاورة لمدة ٦٠ دقيقة حسب الظروف المحيطة والاستخدام المعتمد لخلطات التثبيط المحددة في الخليط.

يعتبر المفصل طازجًا إذا:

(١) اذا كان سطح RCC رطبًا (ملاحظة: تغيير لون الركام الخشن هو مؤشر جيد على أن سطح RCC يجف).

(٢) لايتجاوز المدة من بداية الفرش لأكثر من ٦٠ دقيقة.

لا يسمح بفرش مواد RCC في المناطق المتعرجة او المنفصلة (الغير محدولة) في طبقة الخابط SUB BASE (يعني وجود انعزال في المواد)الا بعد ان يتم ضغطها بالحادلة. لا يُسمح بإصلاح مواقع سطح صغيرة ومعزولة يدويًا ل RCC إلا خلف الرصف مباشرة وقبل بدء أي عمليات ضغط للحادلات في المنطقة. ويستخدم فقط مواد RCC الطازجة من أمام الرصف كمواد إصلاح ومن المحتمل أن يتقشر الانتشار اليدوي للطبقات الرقيقة من RCC لتصليح المنخفضات البسيطة أو البقع المنخفضة اذا لم يتعامل معها بالشكل الصحيح من تخديش و ترطيب ومزج وتسوية . وبالنسبة للمناطق المعزولة مثل الجيوب الصخرية وما إلى ذلك التي يجب ملؤها بمونة او مواد ناعمة كي تعطي سطحا متماسكا ، تشير التجربة إلى أنه من الأفضل للمقاول أن يحفر ويزيل المواد ، ويخفف السطح ، ويستبدل بمواد جديدة. يجب أن تحدث هذه العمليات بين عمليات الرصف والدرفلة ويجب أن تتم قبل حدوث أي درفلة(الحدل).ولا يسمح بتشغيل الحادلات في الوضع الاهتزازي أثناء التوقف. ويستخدم الحادلات الأسطوانة الفولاذية في الوضع الثابت أو بكرات الإطارات المطاطية من أجل الضغط النهائي واجراء عملية التنام للشروخ السطحية .

طريقة و آلية الفرش

يجب ان يتم رص (الحدل) لRCCعادةً بالحد الادنى ٩٠% من الكثافة الرطبة قبل بدء الحادلات بحدله اي يكبس عن طريق كابسة الفارشة وذلك لمنع العزل او المطبات او المنخفضات ولا يسمح بان يفرغ خزان الفارشة تمامًا ويجب ان يتحرك الرصف (الفرش) باستمرار للامام وعادة ما يحدث احتلاف في سمك الطبقة ل RCC بحدود ١٠-٢٥ ٪ عند حدلها او بعد اكتمال الحدل وهذا ما يسمى " انزلاق للأسفل) ". (roll down)ويمكن فرش ال RCCحتى ٦ انج الى ١٠ انج بطبقة او طبقتين مع الوصول الى الحد الاعلى للكثافة الموقعية للخلطة الخرسانية النموذجية ويجب ان يتم فرش كل الطبقات مع الحدل في غضون ٦٠ دقيقة ليتم الترابط بين الطبقات . يعتبر سمك RCC متغيرًا مهمًا وقد يستخدم المقاولون حادلة فولاذية ذات وزن ثابت بحد أقصى ٨ أطنان لطبقات RCC بسمك ٦ بوصات (١٥٠ ملم) أو أقل ، و ١٠ أطنان لطبقات أكثر سمكا. وبالنسبة للضغط النهائي تكون الحادلات التي تزن من ٢ إلى ٨ أطنان نموذجية.ومواصفات معظم الدول تنص على ان يتم النقل والفرش والحدل في غضون ٤٥--٦٠ دقيقة. وفي معظم الاوقات تكون التوقيت الحرج هو تكون المفاصل الطولية وذلك عندما يتاخر فرش الحارات المتجاورة عن بعضها البعض فإن المفصل سيصبح مفصلًا باردًا ولن يكون هناك رابط جيد بين حارات الرصف ولتجنب هذه المشكلة يجب تغطية المفاصل الطولية بالخيش الرطب او اي مادة تمنع تبخر المحتوى الرطوبي فيها حتى يتم رصف الممر المجاور كما موضح في الصورة اعلاه او عدم السماح بتاخر الحارات عن بعض والتداخل بينهما او استخدام المثبطات الكيميائية لتجنب ذلك او وضع كربستون او الكترات التصريف على جنبي الحارة ويمكن وضع الكترات قبل وبعد فرش RCC اما المناهل (منهول) فيمكن وضعه بشكل اسهل بعد فرش RCC وتركيبه بحيث يكتسب القوة الكافية لمقاومة قطع المنشاركما في الصورة ادناه. ويجب أيضًا التخطيط للصرف السطحي لرصيف RCC جيدًا لتجنب مسارات الصرف الطويلة أو التكوينات السيئة التصريف التي تتسبب في ركود الجريان السطحي أو البركة دون داعٍ. ويمكن أن تؤدي هذه المواقف او البرك إلى إضعاف سطح الصبة وحدوث الفشل الموضعي والذي يتطلب إصلاحات كبيرة في وقت مبكر من عمر الرصيف ، ويمكن محاذاة خطوط القطع مع المفاصل الطولية و يجب إغلاقها ، خاصة حيث قد تتزامن مع مسارات التدفق الماء السار على الطريق جراء الامطار او مياه مستخدمي الطريق . وللشقوق المستعرضة الضيقة يكفي للحد من تسرب الرطوبة ، وعادة لا تتطلب الختم حتى لو تم تحريضها باستخدام منشار شفرة واحدة

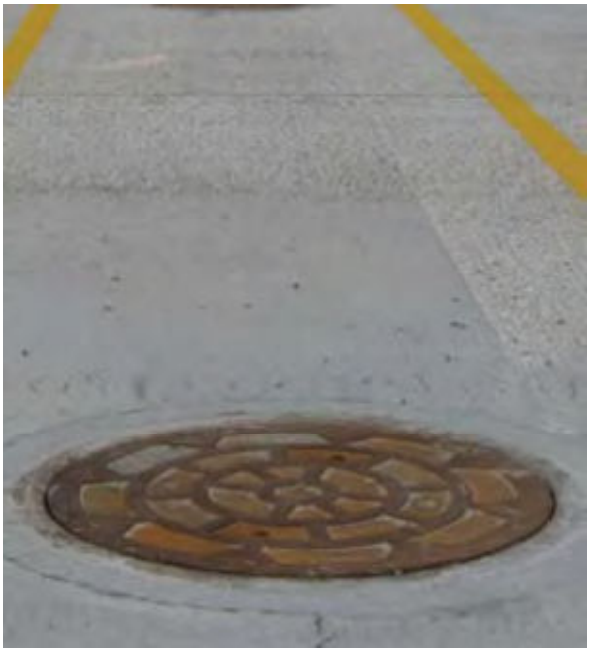
إذا تم ترك مادة RCC في آلة الرصف بعد حدود وقت التسليم في الموضع المحددة (اي بعد مرور ٦٠ دقيقة)، فقم بسحب آلة الرصف من الموضع وقم بإنشاء وصلة باردة وفقًا للصورة الواردة في فقرة الفرش وإجمالي الوقت الأقصى المسموح به بين بداية عملية الخلط والضغط النهائي لخليط RCC هو ٦٠ دقيقة والحد الأقصى لوقت التسليم بناءً على تفاصيل المشروع لضمان

١- انجاز الخلط والتسليم والحدل في غضون ٦٠ دقيقة.
٢- تقليل متطلبات وقت التنسيب اعتمادًا على الظروف المحيطة .
٣- استخدام المثبطات المعتمدة لقابلية تشغيل الخلطة.

عند حدل المفاصل الطولية والعرضية. لا تقم بتشغيل الأسطوانة على مسافة ٢ قدم (٠,٦ متر) من حافة الممر الذي تم وضعه حديثًا حتى يتم وضع الممر المجاور. ثم تحدل حافتي الحارتين في نفس الوقت في الوقت المسموح به. إذا تم التخطيط لمفصل بارد ، يلف المسار بالكامل ويتبع متطلبات المفصل البارد بالنسبة لـ RCC الموضوعة حديثًا بجوار المفصل البارد الموجود ، وبعدها يحدل الممر بالكامل ، مع الحرص الشديد على عدم سير الأسطوانة بين المواد الطازجة غير المدمجة الجديدة وحافة المفصل البارد السابقة. ويمكن أن يؤدي هذا السير للأسطوانة على حواف المفاصل الباردة ، خاصة في الوضع الاهتزازي ، إلى تكسير كبير في حافة المفصل البارد.

أي مناطق يتعذر الوصول إليها بأسطوانة كبيرة للحادلة يستخدام الأسطوانة الصغيرة أو الأسطوانة الاهتزازية اليدوية. ويمكن استخدام الخرسانة التقليدية المصبوبة في الموقع والتي تلبي نفس متطلبات القوة في الجدول ٤-RCC في حالة صيانة المناطق المتضررة كبديل لـ RCC والتي يصعب حدلها وذلك بموافقة مسبقة من المهندس .

الصورة توضح كيفية فرش الطبقة الثانية لRCC



الصورة توضح كيفية قطع المناهل

شاحنات النقل

يستخدم شاحنات النقل المفتوحة(قلابات) لنقل الخلطة من المصنع الى مكان الفرش ، ويجهز الشاحنات النقل المفتوحة بأغطية واقية قابلة للسحب لحماية مواد RCC من المطر والتبخر والحرارة وغيرها من الظروف الجوية الضارة. ويجب توفير العدد الكاف من الشاحنات لضمان الإمداد الكافي والمستمر لمواد الرصف. يمكن أن يحدث الفصل الكلي إذا تم تحميل شاحنات النقل في كومة واحدة في وسط سرير الشاحنة.و لتقليل الفصل (الانعزال بين المواد) ، يجب تحميل الشاحنات في أكوام متعددة أو جعل الشاحنة تتحرك ببطء إلى الأمام أثناء التحميل من الأمام إلى الخلف. وسوف يمنع الكوب أو قادوس الطفرة في نهاية حزام التحميل الفصل الكلي في أسرة الشاحنة كما في الصورة ادناه ولا تتجاوز مدة النقل في كل الاحوال عن ٤٠ دقيقة .

وبالنسبة للمشاريع كبيرة الحجم و / أو المشاريع لخدمة حركة المرور عالية السرعة (١٠٠ كم / ساعة) أو أكثر ، يجب على المقاول التفكير في الية نقل سريعة للسماح للرصف للمضي قدما مع الحد الأدنى من التوقف او بالاحرى بعدم التوقف . وسيوفر ذلك نتائج أفضل لكل من التناسق ونعومة السطح.

آلية نقل RCC من المعمل الى موقع العمل

عادة ما يتم نقل RCC في شاحنات قلابة ، ولكن يمكن أيضًا نقلها في مكسرات (أي شاحنات الخلط الجاهزة). ومع ذلك ، نظرًا للاتساق الجاف لـ RCC ، يتم استخدام المواد المضافة المميعة أحيانًا عند نقل RCC في مكسرات. تعد كمية الشاحنات وجدولة الشاحنات مشكلة مهمة تعتمد على عوامل مثل:

١- سرعة الخلاط ،
٢- المسافة من المصنع إلى الموقع ،
٣- سرعة الرصف والقدرة ،
٤- المناخ ،
٥- والوقت من اليوم.

ويجب تنظيف الشاحنات بشكل متكرر عن طريق غسل أي بقايا RCC من الأحمال السابقة من أجل منع تلوث RCC ،. ومن أجل الحفاظ على محتوى الرطوبة الأمثل (OMC) ل RCC من مصنع الخلط إلى الموقع ، ويجب أن يتم خلط الخليط بمحتوى رطوبي أعلى قليلاً من OMC(Optimal Moisture Content) ويجب استخدام اغطية الأقمشة عند نقل RCC في شاحنات التفريغ. أيضًا ، يجب الحفاظ على وقت النقل إلى الحد الأدنى بحيث لا ينبغي أن يكون الوقت بين الخلط الأولي للمياه والمواد الأسمنتية ل RCC التي يتم وضعها في هوبر الرصف أكثر من ٤٥ دقيقة (وأقل إذا كانت درجة الحرارة أعلى من ٣٢درجة و يجب توخي الحذر عند التعامل مع RCC أثناء التحميل / التفريغ لتقليل العزل. ويجب وضع RCC بشكل موحد في شاحنات التفريغ بدلاً من تجميعها في الوسط.

خزان مياه

يستلزم تجهيز شاحنة مياه ، أو معدات أخرى مماثلة ، في الموقع للاستخدام طوال عملية الرصف والمعالجة. ويجهز الشاحنة أو الجهاز بقضيب رش قادر على تطبيق رش ناعم بالتساوي على RCC أو طبقة الأساس أو سطح القاعدة الفرعية دون اتلاف سطح الرصف.

متطلبات (Subgrade & Subbase & Base Coars)

الخطوة الأولى في بناء RCC هي إعداد طبقات الرصف الأساسية. ويجب حدل الطبقةSub Grad بحد أدنى ٩٥٪ من الكثافة الجافة القصوى (MDD) المحددة وفقًا للمواصفة ASTM D١٥٥٧. يجب انشاء العمل كاملا" حسب الموقع والمنسوب الفعلي طبقا" للخطوط والمناسيب المبينة في المخططات . وان التفاوت المسموح به للمناسيب المبينة في المخططات . التفاوت المسموح به للمناسيب هو ١+سم الى٢- سم . وإذا كانت التربة الطبيعية في موقع المشروع ضعيفة ، أو المحتوى المائي اكثر من المطلوب، أو إذا كانت هناك حاجة إلى اساس أقوى ، فيتم التعامل معه بطريقة الثبات (كيميائي أو ميكانيكي). ويجب أيضًا ضغط أي طبقات حبيبية (Sub base & Base Coars) بكثافة كافية بحد أدنى (٩٥٪ او ٩٨%) لتوفير قاعدة صلبة تسمح بالحدل المناسب لـ RCC. وتكون الطبقات الحبيبية (الخشنة) اي NON Plastic مفيدة بشكل خاص لتصريف المياه من أسفل الرصيف لمنع ارتفاع المحتوى الرطوبي (تشبع) لRCC والذي يودي في تلف العمل . ويجب أن تكون subgrade, subbase, Base Coars , and base should رطبة بشكل موحد في وقت رصف RCC لمنع هذه الطبقات من سحب الرطوبة من RCC والتأثير على خواصها المادية.

الفحوصات

الفحوصات مفيدة للغاية للتحقق من صحة التصميم ،و طرق الانشاء ، وعملية المعالجة (curing) ، وانشاء الفواصل التمددية ، والفحوصات الموقعية ل RCC وكل تلك الفحوصات تجري من اجل الامور الاتية

١) تمكين المقاول الوصول الى التصميم النموذجي لRCC
٢) تمكين المقاول النجاح في تلبية متطلبات الكثافة لRCC
٣) اجراء فحص الكور للتحقق من تلبية متطلبات القوة لRCC

بشكل عام كل الفحوصات تجري للتحقق من عمليات الرصف قبل بدء الرصف فهو أمرًا بالغ الأهمية للمشروعات التي تمت فيها مواجهة مشاكل الحدل أو قوة التحمل أو تصميم المزيج أثناء اجراء الفحوصات . و أكبر فوائد الفحوصات هي القدرة على تطوير طرق الحدل التي تجعلنا نحصل على اكبر كثافة موقعية ممكنة ل RCC

اختبار RCC في الموقع قبل بدأ بالاعمال

قبل البدء بالاعمال ب٧ايام يتم إنشاء قسم الاختبار باستخدام تصميم الخليط المقترح وتخصيص مكان اختبار الرصف بطول من ٥٠ إلى ١٠٠ قدم (١٥ إلى ٣٠ م) كطول نموذجي. يجب أن يعتمد الطول على حجم المشروع وتعقيده (قد تتطلب المشاريع الأكبر حجمًا والأكثر تعقيدًا أقسام اختبار أطول) ومع المواد والمعدات المدرجة في خطة إدارة الجودة والمعتمدة من قبل المهندس.. ومع ذلك ، بغض النظر عن الحجم ، من المهم تحديد الحد الأدنى والحد الأقصى للطول في وثائق العطاء بحيث يمكن للمقاول أن يعمل قسم الاختبار في تكاليف عطاءه. الحد الأدنى للطول يحمي المالك عن طريق التأكد من أن المقاول يمكنه وضع RCC بشكل صحيح. ويجب ادراج طول الاختبار في لائحة العطائات لحماية المقاول من الاضطرار إلى إنشاء قسم اختبار يتجاوز او يقل عن الطول المطلوب لإثبات جودة الرصف. ويتم اختبار قوة ضغط RCC على أساس الأسطوانات والنوى المستخرجة في ٧ أيام.
إذا كان قسم الاختبار لا يفي بمتطلبات القبول ، فيقوم المقاول بإزالته وانشاء قسم اختبار جديد وإعادة إنشائه بإجراءات مصححة بدون أي تكلفة إضافية على المالك.

يقوم المهندس بتقييم المعايير التالية من قسم الاختبار

١- كفاية مصنع الخلط لتلبية متطلبات الإنتاجية وإنتاج مواد متسقة.
٢- أقصى كثافة مباشرة خلف الرصف قبل انضغاط الأسطوانة.
٣- ملاءمة سمك الصب المقترح.
٤- عدد تمريرات الحدل الأساسية و الثانوية (مع وبدون اهتزاز).
٥- كثافة قصوى بعد حدل الحادلة.
٦- مقبولية السطح من ناحية الاستوائية والملمس .
٧- سلامة المفاصل الطازجة والباردة (الرأسية والأفقية)

متطلبات الطقس

لا تضع مواد RCC على الأرض المجمدة أو في الماء الراكد. ، تأكد من أن سطح الطبقة Sub Base نظيف وخالٍ من المواد الغريبة والماء البارد والصقيع. تأكد من أن Sub Base رطبة بشكل موحد في وقت وضع مادة RCC إذا كان ترطيب المناطق متناسقا ، فتأكد من أن طريقة الرش لم تشكل الطين أو برك المياه الراكدة .
أوقف عمليات الصب عندما تنخفض درجة حرارة الهواء إلى أقل من ٤٠ درجة فهرنهايت (٥ درجات مئوية) وحسب المواصفة الكندية يعتبر عتبة الطقس البارد ٥ درجات مئوية وعتبة الطقس الحار ٢٧ درجة مئوية لكل CSA A٢٣,١.
ولاحتياطات الواجب توفرها في الطقس الحار حسب المواصفة الاميريكية . الخاصة بتقليل فقدان الرطوبة بسبب التبخر خلال فترات الطقس الحار [أكثر من ٩٠ درجة فهرنهايت (٣٢ درجة مئوية)] ، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر الاحتياطات التالية:

١- تبريد المخزونات الكلية عن طريق التظليل و استخدام الماء البارد للخلطة و رش الركام وترطيبه.
٢- استخدام اغشية عازلة من الاقمشة السميكة، التي تغطي مقطورة شاحنة النقل ، وتبليلها باستمرار الى وقت الفرش .
٣- تقليل الوقت المسموح به بين الخلط والضغط النهائي.
٤- الحفاظ على سطح طبقة RCC الموضوعة حديثًا رطبًا باستمرار باستخدام رشاشات رذاذ حتى ترش مركب المعالجة Curing.

يوقف عمليات التنسيب عندما تمطر الجو بقوة وبدرجة يكفي للاحاق الضرر بمكونات الخلطة وارتفاع المحتوى الرطوبي لها . ويكون الوضع مقبولًا أثناء المطر الخفيف أو الضباب شريطة عدم تآكل سطح طبقة RCC أو تقشرها أو تلفها. مع تغطية أسرة شاحنة النقل خلال هذه الفترات لحماية المواد أثناء النقل .

اذا تساقط الثلوج فلا يسمح لاي إزالة للجليد على سطح RCC لمدة ٦٠ يومًا على الأقل بعد وضعه.

الحدل

الحدل هو خطوة رئيسية في انشاء RCC. تحدد هذه الخطوة الكثافة والقوة والنفاذية والنعومة والمتانة والعديد من الخصائص الصلبة الأخرى لرصيف RCC. عادة ما يتم استخدام الحادلة الاهتزازية ذات الأسطوانة المزدوجة بوزن ١٠ أطنان فورًا بعد الفرش بينما يمكن استخدام الحادلة الأسطوانية الثابتة الصغيرة أو الأسطوانة المطاطية ، بعد استيفاء الكثافة المطلوبة ، لإزالة الشقوق / التمزقات السطحية وإنشاء سطح ناعم ومشدود. الحادلات اليدوية مفيدة للمناطق الضيقة أو المجاورة للعوائق مثل الرصيف والكترات. ومن الامور الذي يجب ان نلاحظها ان RCC شديد البلل (الرخوة) سيبدو لامعًا وعجينيا وسيظهر "سلوك ضخ" عند الحدل بينما سيظهر RCC الجاف للغاية متربًا أو محببًا وقد يؤدي إلى تمزق السطح. في كلتا الحالتين ، من المرجح أن يحدث الفصل الكلي وسيكون من الصعب تلبية الكثافة المطلوبة ويجب اجراء اللازم لتفادي الفشل الموقعي لذلك ترفض كلتا الحالتين . ويوصى بإكمال الحدل في غضون ١٥ دقيقة من وقت الفرش و ٤٥ دقيقة من وقت الخلط الأولي في المعمل . يجب أن يتوخى سائق الحادلة الاهتزازية الحذر عند الاقتراب من الحافة حتى لا يحدث انهيار الحافة نتيجة الاهتزاز المفرط. حواف الرصف أكثر صعوبة في الضغط ، لذا تتطلب معظم المواصفات نسبة ٩٦٪ معدلة كثافة بجهاز مراقبة الحدل على المفاصل الباردة بدلاً من ٩٨٪ المطلوبة على الرصيف الداخلي أقسام.

صور توضح الفشل السطحي في RCC

الحد الأدنى لRCC لمقاومة الانضغاط

يجب أن تفي مقاومة انضغاد RCC بمتطلبات التصميم بالحد الأدنى (وتم اختباره وفقًا لـ ASTM C39) بناءً على نتائج اختبار الأسطوانات المحضرة وفقًا لـ:ASTM C143523

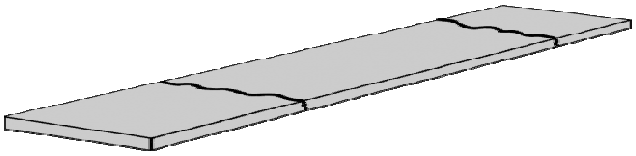
١- 4000 رطل لكل بوصة مربعة (28 ميجا باسكال) بعمر 28 يومًا لمخاليط RCC في المناطق التي لا توجد فيها ظروف ذوبان الجليد.
٢- 4500 رطل لكل بوصة مربعة (31 ميجا باسكال) بعمر 28 يومًا لمخاليط RCC في المناطق المعرضة لظروف ذوبان الجليد.

اعتبارات الرصف لمفاصل RCC

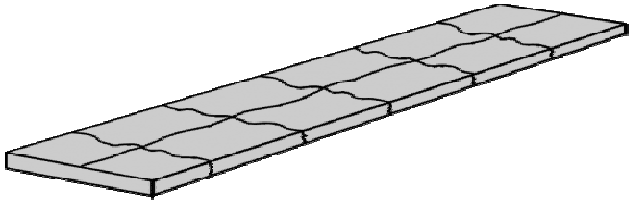
فلسفة الفواصل التمددية في انشاء RCC

عند خلط الاسمنت بالماء ، يصبح الخليط ساخنًا. عندما تثبت الخرسانة وتبرد ، تنطفئ الحرارة ويتقلص الرصيف. ويحدث الانكماش الكيميائي و الانكماش بحد ذاته ليس مشكلة ولن تكون مشكلة في النهاية إذا لم تكن الأرصفة عرضة للضغوط الداخلية. ، فالخرسانة لو كانت مبنية على قاعدة خالية من الاحتكاك كانت خالية من المشاكل ، فإن الانكماش لا يسبب أي مشاكل. ومع ذلك ، فإن الاحتكاك مع الطبقات التحتية من الخابط او الحجر المكسر يوفر مقاومة لقوى الانكماش ، مما يؤدي بدوره إلى زيادة الضغوط الداخلية و بمرور الوقت تبدأ الخرسانة بالانكماش ، وتتراكم الضغوط الداخلية ، لتصل في النهاية إلى قوة الشد للخرسانة وستبدأ الخرسانة في التصدع ،حيث التصدع عند حوالي ٤٠-٨٠ قدمًا لتخفيف الضغط الداخلي المتراكم. ومع استمرار الانكماش في التقدم ، سيستمر التشققات في الانتشار . بفواصل ١٥-٢٠ قدم. ولن يحدث هذا التشققات بشكل عرضي (بعرض الطريق) فحسب ، ولكن أيضًا طولياً (على طول الطريق) نظرًا لأن قوى التقييد تنطبق على جميع الاتجاهات. يمكن أن يحدث هذا التصدع بالكامل بسبب الانكماش ، دون التعرض لأي حمل.

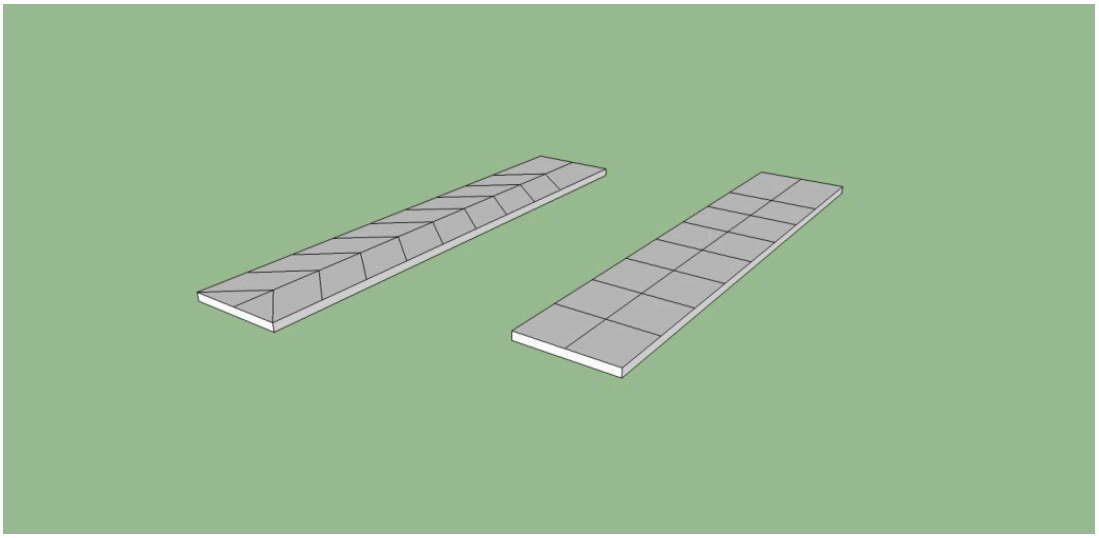
للسيطرة على التشققات ، يستلزم انشاء فواصل ل RCC في فترات طولية اقل مما يتطلبه انكماش الخرسانة بشكله الطبيعي. ويعمل ذلك على تقطيع الرصيف إلى ألواح يعني قطع صغيرة بما يكفي لتقليل الضغوط الداخلية والتخلص من التشققات العشوائية أو المتوسطة. ويمكن نشر المفاصل لتصنيع ألواح يتراوح طولها بين ١٥ و ١٨ قدمًا وعرضها عادةً حوالي ١٢ قدمًا. ويعد توقيت قطع بالمنشار أمرًا مهمًا حيث أن القطع المبكر يؤذي عملية الصب والقطع بعد فوات الاوان لا تفي بالغرض .



Cracking begins at a ٤٠-٨٠ ft. interval



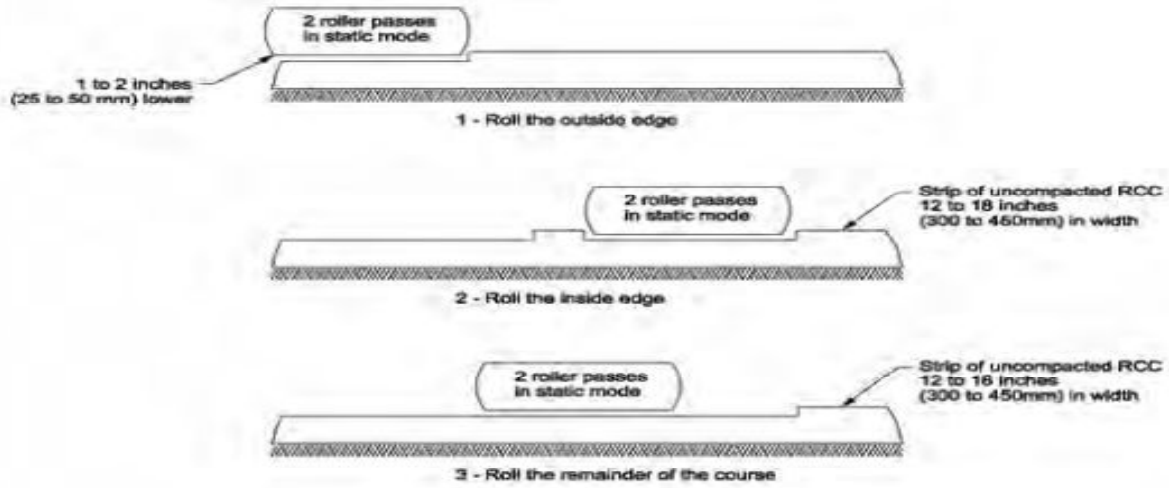
Stresses continue to buildup leading to cracking at a ١٥-٢٠ ft. interval

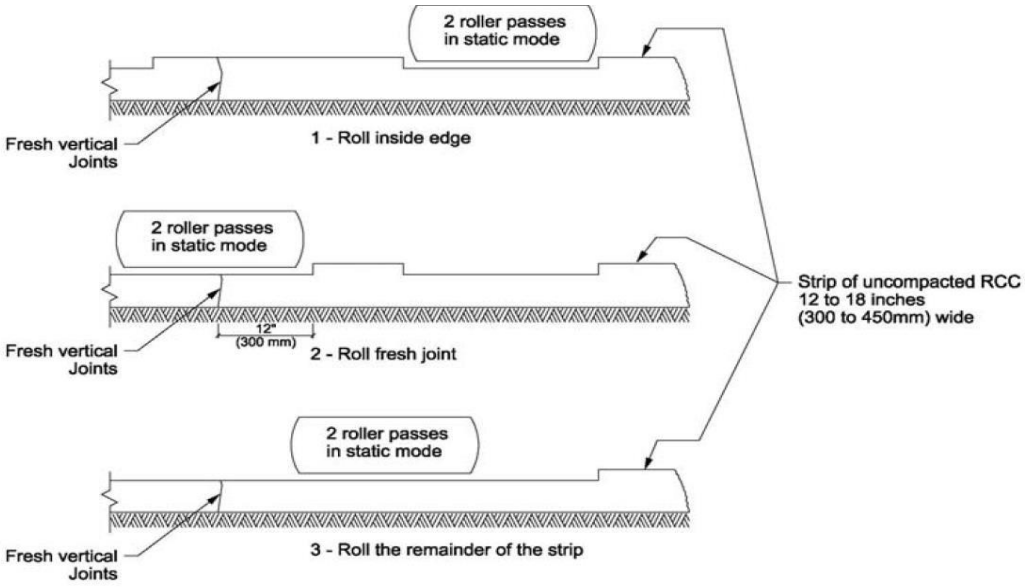


Natural cracking can be mitigated through jointing

التشكيل الطولي لانشاء المفاصل

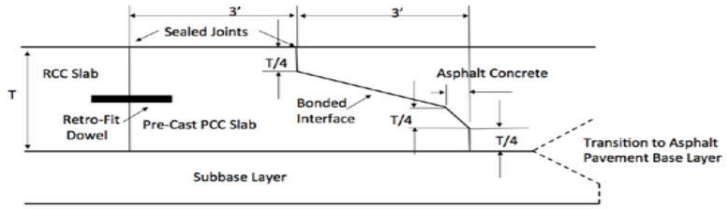
يتم تشكيل مفاصل البناء الطولية عندما لا يتم حدل الممرات المتعاقبة خلال ٤٥-٦٠ دقيقة (حسب مواصفات المشروع). ويتم إنشاء مفاصل طولية طازجة من خلال ترك الجزء الخارجي ١٢-١٨ انج من حارة الرصف دون حدل ومن ثم تحويل الفرش إلى الممر المجاور ، وتحديد ذراع التسوية على ارتفاع الممر المرصوف سابقًا ثم توسيط الحادلة الاهتزازية على المفصل المعبّد حديثًا بينما يحدث كل هذا في غضون ٤٥-٦٠ دقيقة من الخلط الأولي لـ RCC من الممر الأول . تنتج مفاصل البناء الطولية الباردة عن التأخيرات التي تزيد عن ٤٥-٦٠ دقيقة في فرش الممرات المجاورة وسيؤدي ذلك الى الخلخلة وضعف في نقل الاحمال عبر المفصل الطولي اذ لم يتم معالجته بالشكل الصحيح ويمكن ان يؤدي الى تشققات انعكاسية . يوضح الشكل أدناه الرصف المناسب للمفصل الطولي الطازج وكذلك أنماط التدحرج للمفاصل الرأسية الطازجة والباردة..

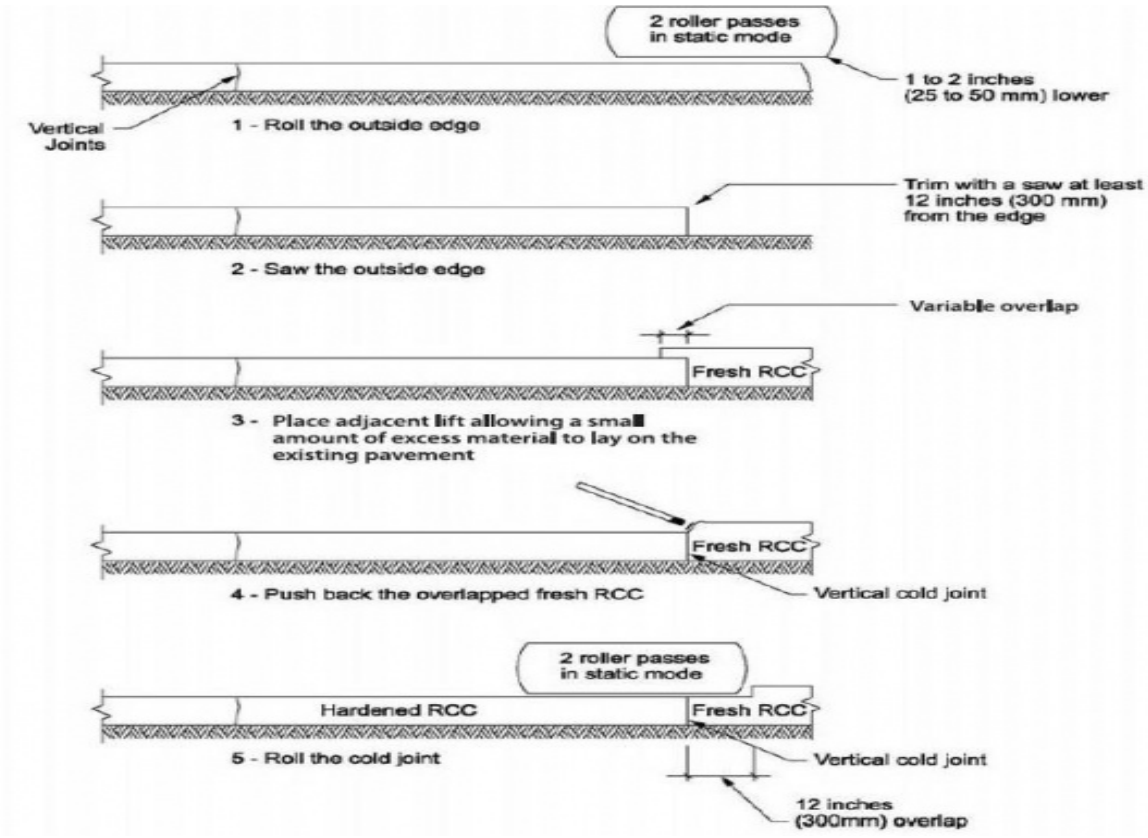




انشاء الفواصل العرضية الباردة

تحدث هذه المفاصل الباردة عادة في نهاية يوم الرصف .بعد انتهاء الحدل ، وسيتم تقريب نهاية الممر إلى أسفل كشكل الحذاء؛ويجب قطع هذا الجزء مباشرتا ، بحيث تكون النهاية الجديدة للحارة المحدولة تمامًامقطوعة بشكل الموضح ادناه ، . عند الفرش على المفصل البارد ، يجب إزالة المواد المتداخلة على المفصل البارد قبل الحدل وإلا فسيؤدي ذلك إلى التمزق والتشويش غير المرغوب فيه.





تم دراسة وبذل الجهود لتجربة فرش RCC من دون الحاجة إلى الدحرجة بالحادلة واستخدام التكثيف الذي توفره ذراع التسوية في الفارشة فقط لتلبية مواصفات الضغط وبعدها تهيئة السطح بجاز الصقل الموضح في الصورة ادناه . وينتج عن هذا النهج سطح أكثر سلاسة بتكلفة

أقل مع تلبية القوة المطلوبة والكثافة المحددة. قد يكون من المفيد تجربة طرق مختلفة لتحسين السطح النهائي لرصيف RCC دون فقدان معامل الخشونة لمقاومة الانزلاق وانتاج سطح بخشونة مناسبة مع تقليل فقدان للرطوبة لان مثل تلك الحالات تحتاج لرطوبة في السطح كي يتسنى العمل بتلك الالة التي تصقل . وكما ذكرنا سابقًا ، فإن الخلطات يجب ان تعزيز قابلية الخرسانة السطحية للانهيار او الانعزال او التفتت او التشقق .

توزيع الفواصل والصيانة

إن عملية التوزيع المفاصل والصيانة المشتركة لـ RCC مماثلة لتلك الخاصة بالخرسانة التقليدية. عادةً ما تكون عمق قطع المنشار ٤/١ سماكة الصب اذا كان قاعدة الصب حبيبية ويعتمد ذلك على الاحتكاك بين RCCوالطبقة التحتية لذلك ان كان الارضية خشنة يكون عمق الفاصل٣/١ من سماكة الصب والسبب قوة الاحتكاك بين RCC والقاعدة . ويستند توقيت القطع إلى منع التكسير العشوائي والتشويه. ويفضل لقطع المفاصل المناشير الرفيعة وذلك للقطع المبكر و لا يوجد حاليًا اختبار قياسي لتحديد الوقت المناسب لإجراء عمليات قطع المنشار. عادة ما يتم ترك هذا إلى خبرة الطاقم الهندسي في الموقع . يمكن لأي شخص لديه خبرة أن يخدش سطح الخرسانة ويحدد ما إذا كان لديه قوة كافية لمقاومة الارتجاج.و يمكن استخدام أداة تُعرف باسم HIPERPAVE لتقييم تطور القوة والإجهاد في RCC. وعادتا تكون الوقت المناسب من واحد الى اربع ساعات من وقت انتهاء الحدل النهائي حسب الظروف الجوية المحيطة بالموقع ؛ وعادة ما تكون عمق قطع المبكر للمنشار ١انج الى ١,٢٥ انج ويقترح ان تكون المسافات العرضية بين المفاصل ل RCCاكبر بقليل من المسافت العرضية للفواصل للخرسانة التقليدية ويفضل ان تكون النمط توزيع الفواصل على شكل مربعات او باشكال شبه منحرفة كما في الصور اعلاه اذا تتطلب الامر تبليط ال RCCبالخرسانة الاسفلتية وفرش غطاء من نسيج جيوتكستايل وهي نسيج من مشبكات الياف زجاجية لمنع نقل التشققات للطبقة القيرية ولمنع الضوضاء ولزيادة السرعة ونعومة السطح لايطارات السيارات ويجب ان تكون ابعاد المفاصل الطولية مشابه لابعاد المفاصل العرضية وتتشابه مفاصل العزل ومفاصل التمدد العرضية في الRCCمع تلك الموجودة في الخرسانة التقليدية. ويؤدي نشر المفاصل إلى جعل التشققات أكثر إحكامًا (أي عرض تشققات أصغر) وبالتالي تحسين التعشيق الكلي في المفاصل .نظرًا لعدم استخدام قضبان حديد التسليح في RCC ، فإن التعشيق الكلي هو الآلية الوحيدة لنقل الأحمال عبر المفاصل فلا يجوز قطع الرصف بعمق اكثر من اللازم .

القطع

عملت مناشير (كتر الكونكريت) بشكل جيد في هذا التطبيق وتعتبر التحولات في RCC ضرورية في بعض المواقع ، مثل حيث يتم بناء رصيف RCC بجوار رصيف خرساني اخر من نهاية العمل اليوم لبداية العمل في اليوم الذي تليه يوضح الشكل ادناه مخططًا لمثل هذا الانتقال. يتضمن هذا المثال استخدام عنصر سابق الصب ولكنه يعرض أيضًا تفاصيل الانتقال وتحويل الحمل في المفصل مع حماية الواجهة الخرسانية RCC واستيعاب الحركات النسبية بين نوعي الرصف. ومن المهم ملاحظة امتداد دعم قاعدة الخابط (Sub Base or Base Coars)إلى ما وراء المفصل وأن كلا المفصلين يجب أن يتم إغلاقهما بشكل صحيح. المناطق الأخرى التي تتطلب تفاصيل انتقالية هي المفصل الطولي الذي يخضع للتحميل المتكرر ،ويفضل انشاء مفصل بارد في حالة التغيرات في نوع القاعدة ، أو سمك الصب .وقبل وضع مادة RCC الطازجة على المفصل الرأسي البارد المضغوط ، تنظف المفصل الرأسي البارد جيدًا من المواد السائبة أو الغريبة. ويبلل وجه المفصل الرأسي البارد ويحافظ عليه في حالة رطبة مباشرة قبل وضع الممر الجديد , ويجب أن يبدأ القطع عادةً في غضون ١ إلى ٦ ساعات حسب الضروف المناخية للموقع ويجب ان لا يتجاوز ١٢ ساعة بعد بناء طبقة RCC. عمق القطع بمقدار ٣/١ من عمق رصيف RCC عمق نموذجي ، على الرغم من أن القطع ٤/١ يوفر إمكانات محسنة للتحكم في التشقق. عادةً ما تكون فواصل التحكم في التشقق متباعدة على فترات تساوي ٣٦ ضعف سمك طبقة RCC الاسمية ؛ في حالة حدوث تكسير عشوائي ، وقد يلزم فاصل طولي أقرب من ٢٤ مرة سمك..

يجب القيام بإزالة عمق لا يقل عن ٦ بوصات (١٥٠ مم) من الحافة الطولية المكشوفة لأي وصلة عمودية باردة لا تلبي الحد الأدنى من متطلبات كثافة المفصل لا تقم بهذه العملية قبل ساعتين من الضغط النهائي. وضح للمهندس أن قطع المنشار لن يتسبب في تضرر كبير للحافة وإزالة جميع الطين والمواد الزائدة من عملية القطع كما موضح في الصورة ادناه و يجوز للمهندس الموافقة على استخدام حذاء الحافة لبناء المفصل الرأسي البارد مع توضيح ناجح أن البديل المقترح يلبي الحد الأدنى من متطلبات كثافة المفصل وينتج حذاء الحافة وجهًا لا يزيد عن ١٥ درجة من العمودي. وتظهر الدراسات أن ما يلي قد يؤدي إلى انخفاض كفاءة المفصل في RCC

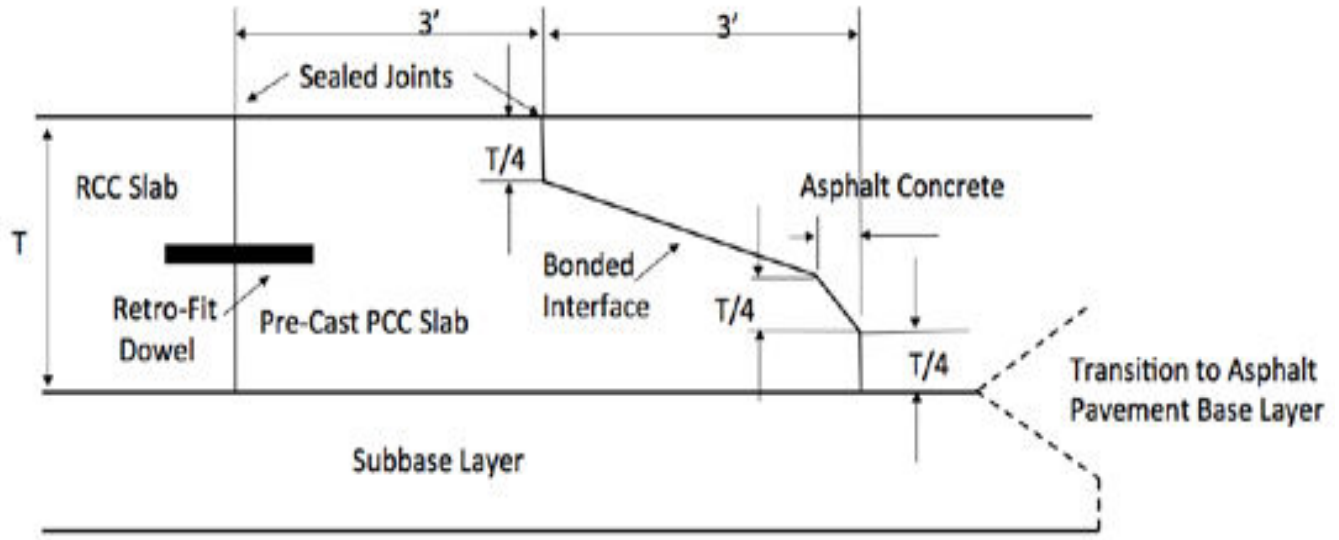
١- تكرار الأحمال الثقيلة

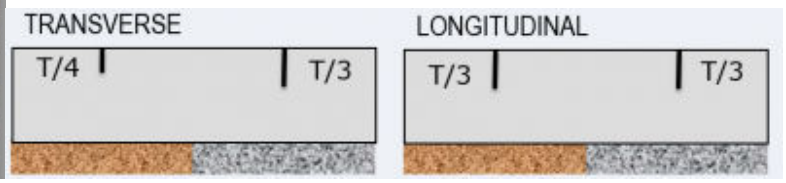
٢- صغر الركام الخشن

٣- برودة سطح الرصف

٤- زيادة في فتحات المفاصل أو الشقوق

الصورة توضح كيفية القطع لانشاء فاصل بارد





يصبح ملف التصريف الماء لسطح الرصيف مهمًا في خطوط الفواصل التي تسهل حركة الصرف. من المحتمل أن تكوين مواقع ضعيفة يزيد من فرص حدوث الفشل في متانة الصب. اعتمادًا على موسم السنة خصوصا إذا كان خط فصل الصرف يتبع مفصلًا طوليًا ،و يجب إغلاق المفاصل في المناطق الانتقالية للحفاظ على مسار مغلق لحركة المياه في المفصل.ومنع وصول المياه للطبقات القاعدية من الخابط او الحجر المكسر التي تتكون من قوة قص منخفضة (أي المواد غير المنضمة) ،و يجب اتخاذ الاحتياطات لإغلاق المفاصل الباردة والانتقالية.

(الانضاج Curing)

الانضاج أمر بالغ الأهمية لتطوير قوة RCC ,متانته وديمومته نظرًا لأن RCC لا يحتوي على ماء كافي للتنزيف وترطيب نفسه ، فإن التبخر يسحب الماء من العجينة مما يؤدي إلى تكون تشققات الناتجة عن الانكماش ، وتكون الشقوق الصغيرة الضحلة وتدهور السطح ، وعادةً ما يتم استخدام مركب معالجة أبيض مطابق لـ ASTM C309 لأرصفة RCC. ومن الظروري استخدام مركب للعلاج أو علاج الترطب عبر شاحنة مياه يرش المياه على الصب بنوزلات كالرذاذ أو خيش مبلل ،و يجب أن تبدأ عملية المعالجة مباشرة بعد الحدل النهائي من أجل تقليل التبخر إلى الحد الأدنى. ووضع الخطوط العريضة لإجراءات وأساليب المعالجة CURING والحماية من الطقس البارد [أقل من 40 درجة فهرنهايت (4.5 درجة مئوية)] و من الطقس الساخن [أكثر من 90 درجة فهرنهايت (32 درجة مئوية) والظروف الممطرة.ومباشرة بعد اختبارات الدرفلة والضغط النهائية ، حافظ على سطح طبقة RCC رطبًا باستمرار لمدة لا تقل عن سبعة أيام أو حتى يتم تطبيق طريقة معالجة معتمدة موضحة في خطة إدارة الجودة ونظام رش أو وسائل أخرى تضمن حالة رطبة موحدة لسطح طبقة RCC دون ضرر. وينفذ رذاذ الرش بطريقة بحيث لا تؤدي إلى تآكل أو إتلاف سطح طبقة RCC النهائية.او عند استخدام مركب معالجة خرساني مطابق لمتطلبات CURING. يوضع مركب المعالجة بمعدل تطبيق بحد أدنى (3.7 لتر / م2) على سطح وحواف طبقة RCC في موعد لا يتجاوز ساعة واحدة بعد الانتهاء من عمليات الحدل.

سمك RCC

يستلزم التحقق من السماكة بواسطة جهاز غير مدمر او سيخ مدبب .و يمكن للمهندس الموافقة على طريقة غير مدمرة للتحقق من السماكة مع إثبات دقة ذلك او بديل مقترح دقيق بما فيه الكفاية لتلبية متطلبات جدول RCC-4.

ولتصحيح المنطقة المعيبة لسمك الرصيف. يجب ألا يقل سمكه بعد الضغط عن 0.25 بوصة (6 مم) تحت سمك RCC كما هو محدد في المخططات أو الرسومات..و يُعفى قياس سمك RCCفي اماكن التي يتحكم فيها مناسيب التركيبات (غرف التفتيش ، ومداخل الصرف ، وأحواض الصرف) ، أو الرصيف الحالي ، أو المزاريب ، أو الطرق المتقاطعة والجانبية .

تقييم اختبارات سمك الرصف تجري عندما يفشل النموذج الماخوذ من ناحية السمك المحدد ونقصه عن السمك المطلوب . ويقام بإجراء اختبارين إضافيين ، حوالي 30 قدمًا (10 أمتار) على جانبي الاختبار المعيب في رصف الاتجاه (داخل المسار). ويخضع العمل للسداد الكامل بدون اي معالجة او استقطاع من السعر إذا كان متوسط سمك الاختبارات الثلاثة لا يقل عن سمك المحدد ب 0.125 انج (3 ملم).وبالنسبة للمناطق التي تتعدى حدود الاختبار لتكون ناقصة يعني تكون نقص السمك فيها اكثر من 3 ملم ،يمكن ان يؤخذ بالحلول الاتية (إما الإزالة والاستبدال أو طريقة الإصلاح أو خصم من سعر المكعب او المربع حسب شروط العقد) والاخذ بالحلول يعتمد على امور اهمها هل السمك الحالي يفي بتحمل الاحمال حسب التصميم الهيكيلي لRCCوهل طريقة اصلاحه يكون ناجحا على المدى الطويل وبعد ان يجتاز الامرين ياتي الحل الثالث بخصم السعر وكل ذلك يعود لموافقة المهندس المقيم .

كثافة RCC

يتم قياس الكثاة عن طريق جهاز مخصص لذلك بعد الكبسة الاولة للفارسة وبعد درفلة الحادلات والانتهاء من الحدل ويتم بعد ذلك تقييم وضع الرصيف من حيث الكثافة فان تبين ان الكثافة اقل من المطلوب ولم ينتهي بعد الوقت المسموح للحدل نمرر عليه الحادلة لاكتساب الكثافة المطلوبة وان تجاوز الوقت الوقت المسموح للحدل فنتعامل مع الرصيف حسب معايير القبول في الجدول RCC-4.و تخضع القطعة التي لها قياس كثافة أقل من متطلبات الكثافة المطلوبة لمزيد من التقييم. ويؤخذ اختبارًا إضافيًا في نطاق 5 إلى 8 أقدام (1.5 إلى 2.5 م) من الاختبار الأصلي (داخل نفس وحدة التنسيب). إذا كانت نتيجة الاختبار الإضافية أقل من معايير القبول في الجدول RCC-4 ،. وإذا لم تنفع الدرفلة الإضافية على تصحيح المشكلة ، أو تسببت في انخفاض الكثافة ، فتوقف الرصف حتى يتم إجراء التصحيحات للتأكد من حصول المهندس على الحد الأدنى من الكثافة وهل انها تفي بمتطلبات التصميم والحمل المروري وحينها يقرر بقبول او الرفض حسب معايير القبول في الجدول RCC-4 .

قوة RCC

ويتم باخذ نماذج من RCCبطريقتين اما باخذ ثلاث اسطوانات وملئها بالخلطة بطبقات وحدلها بواسطة همر يدوي(لعمل اليومي للصب او لكل 1600م3) لمعرفة المقاومة الاولية وبعدها باخذ نماذج من ثلاث لباب اسطوانية وفحصها بعمر 28 يوما حسب معايير القبول في الجدول RCC-4 و يتم السداد الكامل دون استقطاع اذا كان الاختبارات الاسطوانة اعطى متوسط قوة يساوي 100٪ من القوة المحددة ، مع عدم وجود نتيجة واحدة أقل من 90٪ من المقاومة المطلوبة .و تخضع أرصفة الرصف التي لها متوسط قوة أقل من القوة المطلوبة في الأقسام RCC-4.03و 4.04 لمزيد من التقييم . يستخرج ثلاثة مواقع عشوائية في المنطقة المشتبه فيها وبمجرد أن يكون الرصيف عمره 28 يومًا. وتحدد متوسط الانحراف المعياري لقوة الضغط للنوى الثلاثة. فإذا تجاوز متوسط النوى الثلاثة 85٪ من الحد الأدنى لقوة الضغط المحددة في الأقسام RCC-4.03 و 4.04 ، فإن RCC في الدفعة الجزئية مقبول ويخضع للدفع الكامل والقبول.اما إذا كان متوسط قوة النوى الثلاثة أقل من 85٪ من مقاومة الانضغاط المحددة في الأقسام RCC-4.03 و 4.04 ، فإن RCC غير مقبول ويتطلب إزالته حسب القسم الإزالة والاستبدال. وتتطلب المناطق التي تم تحديد أنها تعاني من أوجه القصور. بعد فترة الحكم أو بسبعة أيام على الأقل ،ويقام بإزالة مادة RCC المتصلبة عن طريق قطع محيط المنطقة الناقصة بعمق كامل. ويقام بإصلاح المنطقة المزالة والمرفوضة باستخدام خرسانة تقليدية تفي بمتطلبات قوة الجدول RCC-3 أو حسب توجيهات المهندس. ويزرع في المفاصل داولات (اوتاد تسليح) لاحكام المفصل حسب ما وردة في المواصفة المختصرة في الجدول رقم 6 .

Table RCC-6: Dowel Configuration for RCC Replacement with Conventional Concrete Pavement

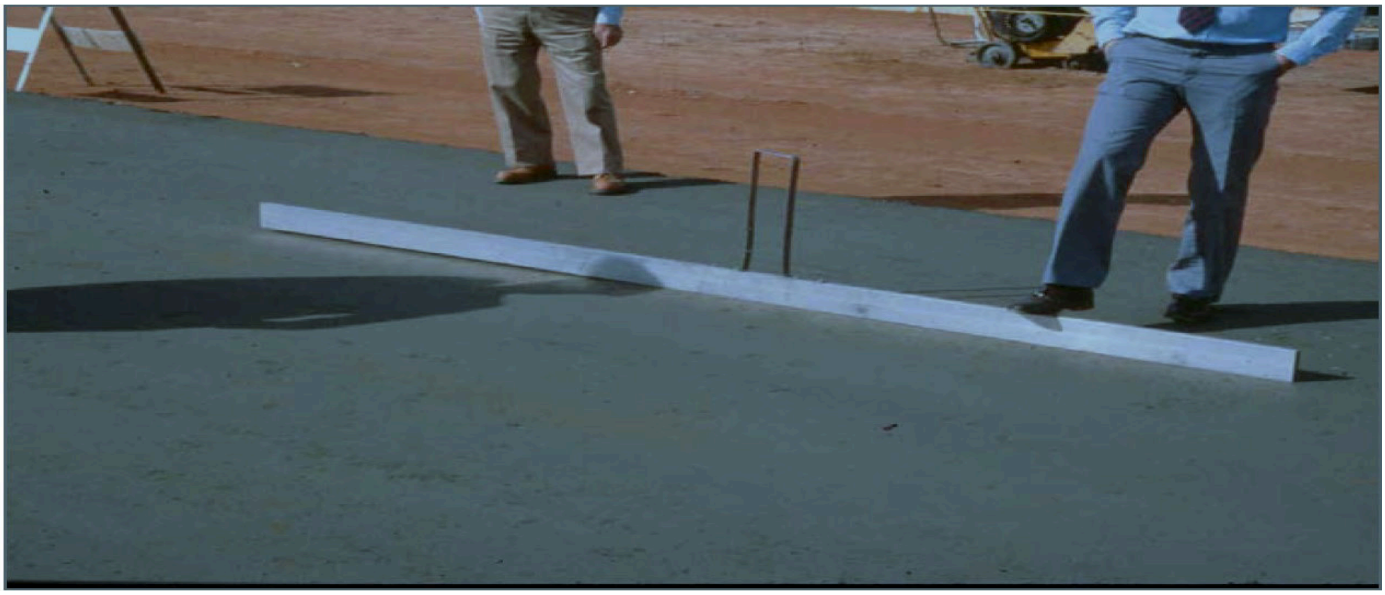
Pavement Thickness in. (mm)	Dowel Spacing in. (mm)	Dowel Length in. (mm)	Dowel Diameter in. (mm)	Drilled Hole Diameter for	
				Grout in. (mm)	Epoxy in. (mm)
≤ 7 (≤ 175)	None	–	–	–	–
7 to 8 (175 to 200)	12 (350)	12 (350)	1.0 (25)	1.2 (30)	1.08 (27)
8 to 9.5 (200 to 240)	12 (350)	12 (350)	1.25 (32)	1.45 (37)	1.33 (34)
10+ (250+)	12 (350)	12 (350)	1.5 (38)	1.7 (43)	1.58 (40)

Table RCC-4: Quality Control Requirements at Placement Site[12]

Item	Method[13]	Frequency or Lot Size	Limits
RCC Moisture Content	ASTM C566	Sample at point of placement from initial truck load, and as required	±1.0% of optimum moisture content per ASTM D1557
In-place Wet Mat Density	ASTM C1040 direct transmission mode[14]	At beginning of placement immediately behind the paver, and within 30 minutes of final compaction; One Test per lot	At least 98% of the laboratory reference wet density[15] by ASTM D1557 based on an average of four consecutive tests with no test below 96%
In-place Wet Joint Density[16]	ASTM C1040 direct transmission mode	One test per lot, and within 30 minutes after final compaction	At least 96% of the laboratory reference wet density[15] by ASTM D1557 based on an average of four consecutive tests with no test below 94%
Cylinders for Compressive Strength[17]	ASTM C1435 for molding cylinders[18]; ASTM C31 for curing and handling cylinders; and ASTM C39 for testing cylinders	One set of three cylinders for every lot, or one day of production, whichever is less.	Average strength equal to 100% of the specified strength in Sections RCC-4.03 and 4.04, with no single result below 90%.
Surface Smoothness	See Section 7.04	One Test per lot	See Section 7.04
Thickness[19]	ASTM C42	One core for every two lots, or one day of production, whichever is less.	See Section 7.01

استوائية سطح RCC

تأكد من أن استوائية السطح النهائي مقبولة ، وذلك باستخدام مسطرة بطول 10 أقدام (3 أمتار) ، بحيث لا يكون هناك تعرج تحت المسطرة في حدود من 0.375 انج. (16 ملم) في اي جزء من الرصيف.



الملمس السطحي RCC

يجب أن يكون الملمس النهائي للسطح بعد الحدل والمعالجة سلسًا وموحدًا على كامل مساحة الرصيف ويتطابق بشكل معقول مع حالة سطح شريط الاختبار بدون تمزق أو انفصال أو تشقق أو عزل أو جيوب صخرية أو مناطق من الركام الحر.

معالجة المطبات

تستخدم آلة القاشطة لقشط المطبات عادةً مع العديد من شفرات المنشار الماسي. ينتج رأس الطحن 50-60 أخاديد / قدم (164-197 أخاديد / متر) ويمكنه إزالة 0.125 إلى 0.75 انج (3-20 ملم) من سطح الرصيف. قد لا ينتج قاشطة أو غيرها من معدات المعالجة سطحًا أملسًا وتكون غير مقبول عادةً ، على الرغم من أن آلات القشط الدقيقة قد تكون مقبولة للتصحيح السطحي لبعض التطبيقات الصناعية منخفضة السرعة وتكون مناسبة جدا في حالة اذا تطلب الامر اضافة طبقة اسفلتية لزيادة السرعة التصميمة .

القوة الابتدائية لتمكين RCC لتحمله للحمل المروري

يعتمد الوقت بين صب RCC وفتح الصب لحركة المرور على ثلاثة عوامل رئيسية

١- التطور المبكر للخصائص الميكانيكية لRCC.
٢- الحمل المرور على RCC.
٣- درجات الحرارة المحيطة ليلاً ونهارًا.

وافضل وقت لفتح الحمل المروري على الRCCعندما تصل قوتها من 25 الة 30 ميكا باسكال

الانفتاح على حركة المرور وحماية طبقة RCC من حركة مرور المركبات خلال فترة المعالجة المبكرة حتى يتمكن السطح من تحمل حركات الدوران دون انحلال أو إزاحة الركام السطحي لRCCبالإضافة إلى ذلك لا تسمح حركة مرور المركبات على الرصيف حتى يصل RCC إلى الحد الأدنى من القوة المطلوبة وفقًا لجدول RCC 5. ، ويسمح باستخدام تقنيات لمنع انحلال أو إزاحة الركام السطحي RCC.

Table RCC-5 – Minimum Opening Strength For Structural Adequacy

Slab Thickness	Compressive Strength for Opening to Public Traffic	
	Autos	Mixed Traffic
≤ 5 inches (125 mm)	1100 psi (7.6 MPa)	4000 psi (27.6 MPa)
5 – 6 inches (125 – 150 mm)		3600 psi (24.8 MPa)
6 – 7 inches (150 – 175 mm)		2500 psi (17.2 MPa)
7 – 8 inches (175 – 200 mm)		2200 psi (15.2 MPa)
> 8 inches (200 mm)		2000 psi (13.8 MPa)

الية رصف RCCفي حالة انشاء طرق بسرعة تصميمية كبيرة

كما ذكرنا سابقا ان معظم الدول يستخدم RCC للسرع المنخفظة تصل اقصاها الى 50 كم / الساعة وفي اماكن مخصصة لتلك الغرض كما ذكرنا سابقا ولكن ان تطلب الامر زيادة السرعة التصميمية الى 100كم/ساعة حينها يتطلب معالجة العيوب الواردة في فقرة العيوب التي ذكرناها في بداية البحث وينص المواصفة بالسماح باضافة طبقة اسفلتية بسمك لا تقل عن 8 سم للتغلب على التعرجات وقصافة السطح واعطاء سلاسة للسير على الطريق بدون احداث الضوضاء ولكن المشكلة الوحيد التي تواجهنا هو كيفية معالجة الفواصل والحركة النسبية للكونكريت بدافع التمدد والتقلص الحاصل ومنع انتقال الفواصل الى سطح الطبقة القيرية وحدوث الفشل الموضعي بسبب تسرب المياه وهنا جاء امر استخدام نسيج يعرف بنسيج جيوتكستايل مصنوع من خيوط بالياف زجاجية تسمى جيوجريد مقاومة للحرارة ومواصفاتها مرفقة ادناه و تفرش فوق رصيف RCCبعد ان يرش سطح الرصيف بمادة التاك كوت وتعمل تلك النسيج في نقل اجهادات العمودية الى الاتجاه الافقي وبذلك لا تصل الاجهادات الى الطبقة القيرية وتتلاشى وتبقى الطبقة القيرية بعيدة عن تلك الاجهادات ولهذه النسيج استعمالات عديدة وانواع عديدة ولكن الذي يهمنا منها هو ما يخص ظروف عملنا .

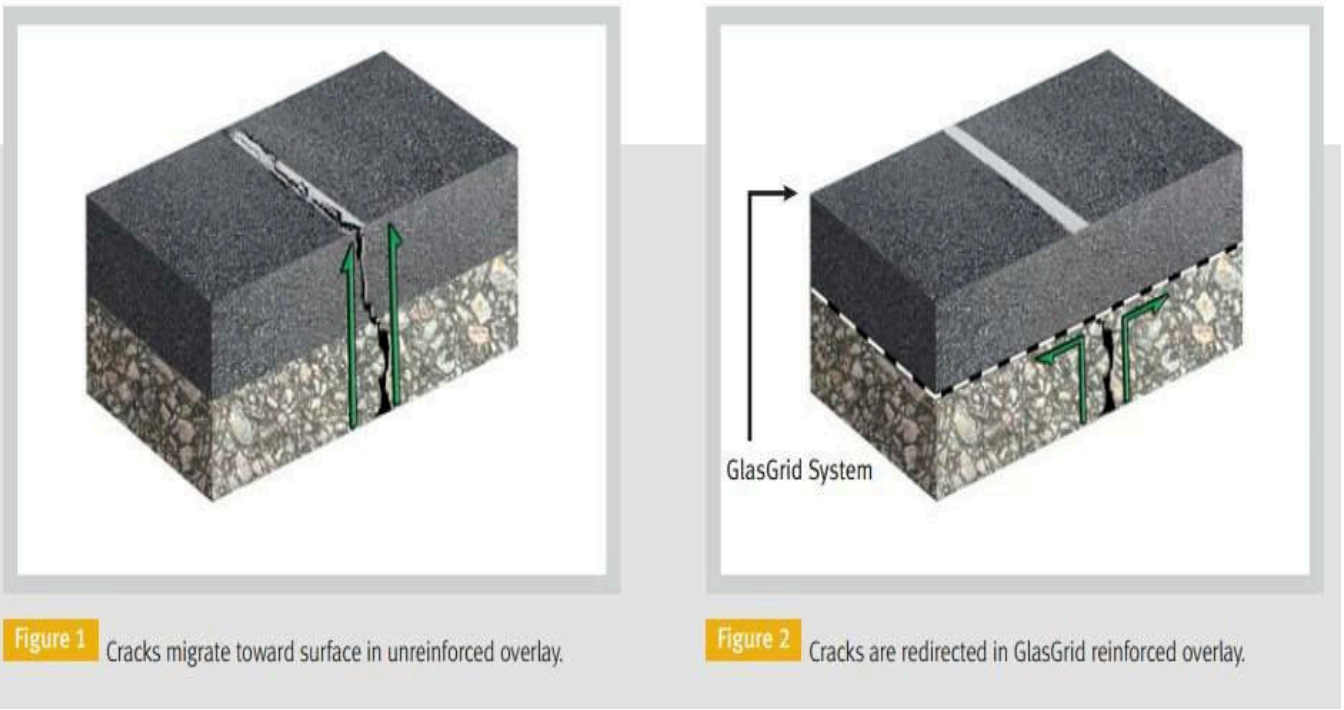
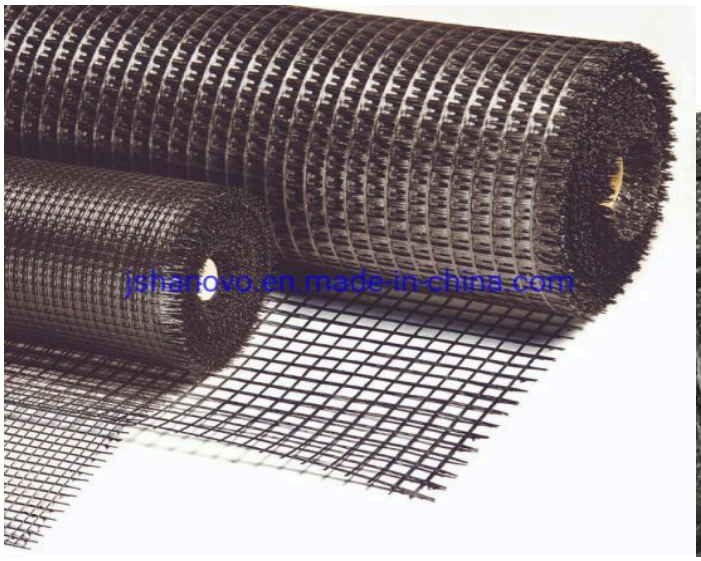
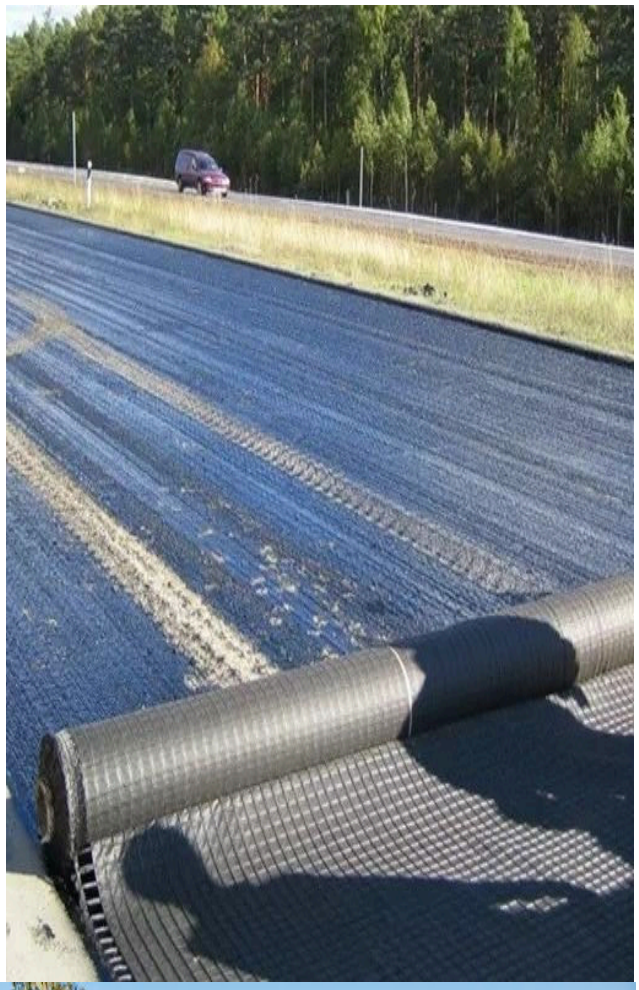
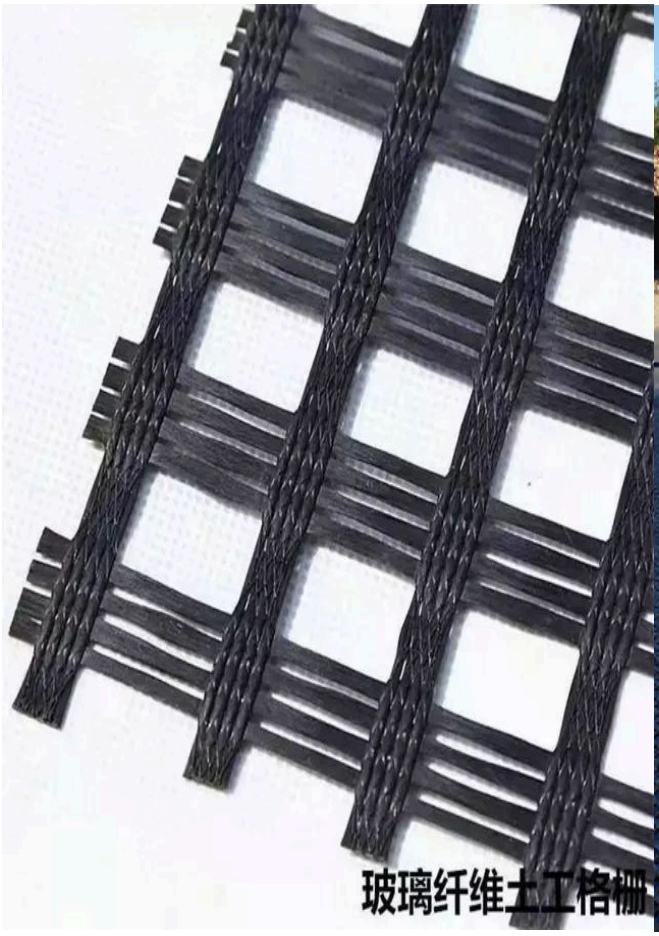


Figure 1 Cracks migrate toward surface in unreinforced overlay.

Figure 2 Cracks are redirected in GlasGrid reinforced overlay.






玻璃纤维土工格栅

الألياف الزجاجية جيوجريد التسليح مخيط مع الأقمشة غير المنسوجة لتدعيم الأسفلت

1- FIBERGLASS geogrid

2-المواد FIBERGLASS :

3- قوة الشد MD / CD: 25 ~ 50kn / m :

4- العرض: 1 ~ M6

5- الطول: 50-100m

الألياف الزجاجية geogrid هو نوع جديد من المواد الأساسية مواتية الأرض لتقوية سطح الطريق والطريق ، والتي تتألف من خيوط البوليستر عالية القوة المغلفة مع عامل التحجيم غير العضوية.

يحتوي على الأداء التالي:

1- قوة الشد عالية ، ذو استطالة منخفظة .

2- مقاومة للرطوبة .

3-مقاوم للتآكل.

4-جيدة لمقاومة تقدم عمر الرصيف ومقاومة القلويات.

التطبيقات:

1- تقوية الطرقات في التربة الناعمة ، والسكك الحديدية ، والمطارات ، وقنوات الري. زيادة الاستقرار وقدرة تحميل قاع

2- تعزيز المنحدرات الجانبية للجسور والانهار .

3-تعزيز سطح الطرق والجسور.

خصائص البوليستر Geogrid

نموذج		JBGS 3030	JBGS 5050	JBGS 8080	JBGS 100100	JBGS 120120	JBGS 6030	JBGS 8050	JBGS 80030	JBGS 100030	JBGS 13025
قوة الشد ≤ (KN / م)	لحمة	30	50	80	100	120	60	80	800	1000	130
	اعوجاج	30	50	80	100	120	30	50	30	30	25
استطالة (٪)		10 أو 13									
حجم مش (مم)		25 × 25 أو 12.5 * 12.5									
العرض (م)		2 أو 4 أو 5.2 أو 6									

وصف المنتج

الألياف الأرضية الزجاجية البازلتية (geogrid) هي نوع من المنتجات شبه الصلبة ، والتي تستخدم الألياف البازلتية عالية القوة لإنتاج مواد أساسية شبكية مع عملية حياكة متقدمة ، ثم يتم معالجتها بطبقة سطحية. كلتا اتجاهين الالتفاف والحاجة لقوة شد عالية واستطالة منخفضة. كسر استطالة هو 3.1 ٪. الخصائص هي مقاومة درجات الحرارة العالية ، ومقاومة البرد (-260 □ +650 □) ، ومقاومة حمض الحفر ، وزحف قليلا ، وقوة عالية ، وتشوه لا يذكر. إنها مقاومة للحموضة ومقاومة للقلويات ، ودرجة حرارة منخفضة وعزل حراري وعالي الحرارة. قوة شدها أفضل من قوة سحب ألياف الكربون ، واستطالة الكسر أفضل من ألياف الكربون الصغيرة. لديها قوة ضغط أفضل ، قوة القص ، ومقاومة التطبيق ومقاومة الشيخوخة في بيئة قاسية ، إلخ.

خاصية

1- يمكن استخدامها تحت درجة حرارة منخفضة للغاية ولها استقرار حراري جيد

2- قوة الشد العالية باستطالة قليلة .

3- الاستقرار المادي والكيميائي الجيد ، مقاومة قوية للتآكل البيولوجي والتغيرات المناخية.

أفضلية

1- مقاومة للدرجات الحرارة العالية والدرجات الحرارة المنخفضة مع منع شقوق رصف الأسفلت.

2- قوة الشد العالية.

3- لا لزحف على المدى الطويل ، والاستقرار الحراري الجيد.

4- التوافق الجيد مع خليط الأسفلت.

5- الخصائص الفيزيائية والكيميائية مستقرة ، ومقاومة جيدة ضد التآكل البيولوجي وتغير المناخ.

الوضعية

1- تعزيز تعزيز الرصيف والرصيف للطرق السريعة والسكك الحديدية والمطارات.

2- تعزيز الحد السفلي من تحمل الحمل ، مثل مواقف السيارات الكبيرة ومحطات البضائع.

3- وحماية المنحدر من الطرق السريعة والسكك الحديدية.

4- في حماية الانفاق .

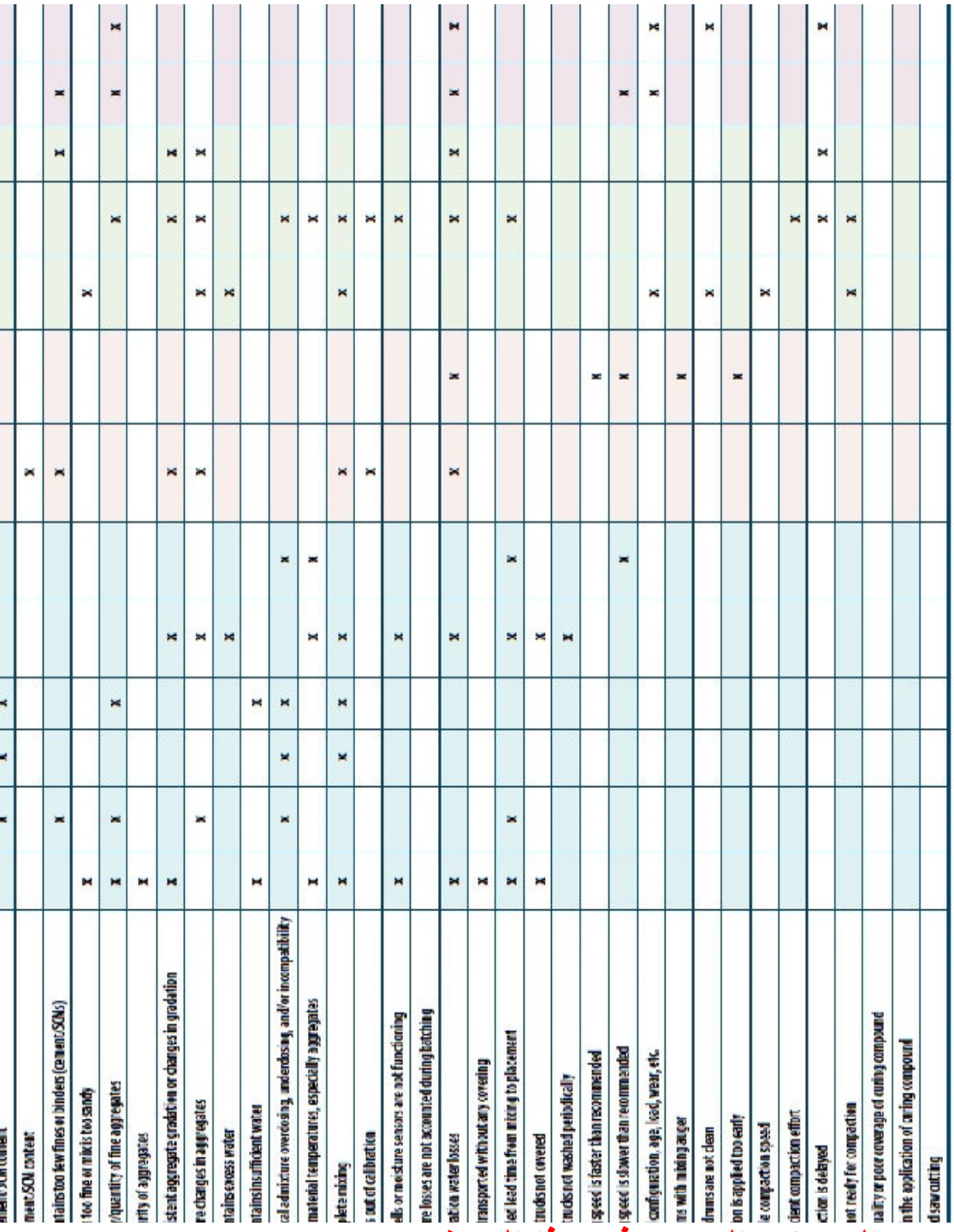
ضمان الجودة ومراقبة الجودة

كل من ضمان الجودة ومراقبة الجودة أمران حاسمان لتحقيق رصيف RCC جيد الأداء. تعتبر مواصفات دليل RCC لرابطة الخرسانة الأمريكية للرصف الخرساني مصدرًا جيدًا للخبرة في ضمان الجودة ومراقبة الجودة لـ RCC.

القياس والدفع

يجب أن تكون الكمية المقاسة للدفع بموجب هذه المواصفات عبارة عن عدد الأمتار المربعة (بالمتر المربع) لرصيف RCC المكمل والمقبول ويحسب العرض السطحي فقط . ولا يتم تضمين مواد RCC الموضوعة خارج المنطقة المخصصة للرصف بموجب العقد في حساب عدد الأمتار المربعة. والدفع يشمل مجمل تكاليف تجهيز طبقة ما تحت الرصف من ناحية الاستوائية و تجهيز جميع المواد والاجهزة و التجهيزات والمعدات و العدد و العمال و النقل والخلط و المعالجة والوضع و التشكيل و الرص بما في ذلك الماء اللازم للرص و الحدل و الانهاء وانشاء الفواصل و تصليح المناطق غير المرضية و الخلطات غير المرضية و الصيانة وتجهيز جميع العمال و الاشياء الثانوية الاخرى الضرورية لاكمال العمل المطلوب بهذا القسم حسب المواصفات التي ذكرت في هذا البحث.

اختصار العيوب التي تظهر على الرصيف RCCفي جدول رقم 8-1



المصادر المعتمد في هذا البحث

1- Simplified design of roller-compacted concrete composite pavement. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1896: 57–65.

2-Roller Compacted Concrete: Literature Review and Specification. State of California, Department of Transportation.

3- Roller-Compacted Concrete (RCC). PCA Research & Development Information Serial No. 2975. Skokie, IL: Portland Cement Association.

4- Applications and design of RCC pavements. Presentation at the RCC Design Seminar, Atlanta,

5- Roller-compacted concrete (RCC) pavement

6- Roller-Compacted Concrete (RCC) Materials Selection

7- Roller-Compacted Concrete (RCC) Mixture Proportioning

8- American Concrete Pavement Association. 2014. Guide Specification for Roller-Compacted Concrete Pavements as Exposed Wearing Surface.

9- Design and Construction of Roller-Compacted Concrete Pavements in Quebec. Quebec, Canada: Department of Civil Engineering, Laval University.

10- Roller-compacted concrete shoulder construction on an interstate highway in Georgia. Presentation at the Transportation Research Board 2007 Annual Meeting, Washington,

11 Roller-Compacted Concrete Pavements: Research Synopsis. Publication IS692. Skokie, IL: Portland Cement Association IS692.

12- The Frost Durability of Dry Concrete Products. Research Report GCS-93-06. Quebec, Canada: Department of Civil Engineering, Laval University

13- RCC-PAVE Computer Program. Item Code MC043. Skokie, IL: Portland Cement Association.

14- Roller-Compacted Concrete Pavements for Highways and Streets. Publication IS328. Skokie, IL: Portland Cement Association.

15- Roller-compacted concrete (RCC) performance. Skokie, IL: Portland Cement Association

16- Roller Compacted Concrete: Engineering Manual. Publication EM-110-2-2006. Washington, D.C.: U.S. Army Corps of Engineers

17- ACPA-Roller-Compacted-Concrete-Guide-Specification-Version-1.2.

18- الرابطة الأمريكية لرصيف الخرسانة. 2014. دليل المواصفات للأرصفة الخرسانية المضغوطة الأسطوانية كسطح لبس مكشوف.

صفحات النت ذات الصلة

1-Roller-Compacted Concrete (RCC) Pavement Applications

2-Roller-Compacted Concrete (RCC) Materials Selection

3-Roller-Compacted Concrete (RCC) Mixture Proportioning

4-Roller Compacted Concrete Production and Construction

5-Roller-Compacted Concrete (RCC) Material Properties

6-Roller-Compacted Concrete (RCC) Thickness Design

7-Roller-compacted concrete (RCC) pavement

8-Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)