Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (1) (March, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 1 مارس 2026
ردمد: 3135-2359

دراسة الفواصل الخرسانية (المشاكل وطرق معالجتها)

(Study of concrete joints (problems and methods of addressing them

عبدالمطلب محمد زائد المقروس

Abdulmutallab Muhammad Zayed Al-Maqrous

A.Magrous@.histr.edu.ly

تاريخ الاستلام: 2026/01/07 تاريخ المراجعة 16 / 2 / 2026 تاريخ القبول: 2026/03/09- تاريخ النشر: 16/03/ 2026

الملخـــص:

الفواصل الخرسانية هي عنصر أساسي في أي منشأ خرساني، حيث تُستخدم للتحكم في سلوك الخرسانة عند تعرضها لعوامل مختلفة مثل التغيرات الحرارية، الانكماش أثناء الجفاف، والأحمال المختلفة. بدون هذه الفواصل، تكون الخرسانة عرضة لظهور تشققات عشوائية قد تؤثر على متانة المنشأ ومظهره.

تنقسم الفواصل الخرسانية إلى عدة أنواع رئيسية، لكل نوع وظيفة محددة. فواصل التمدد تُستخدم للسماح للخرسانة بالتمدد نتيجة ارتفاع درجات الحرارة، وتُملأ عادة بمواد مرنة تمتص الحركة. أما فواصل الانكماش فهي تُنفذ للتحكم في أماكن ظهور الشقوق الناتجة عن فقدان الرطوبة، بحيث تظهر الشروخ في مواقع محددة ومدروسة بدلًا من انتشارها بشكل عشوائي. فواصل الصب تُنشأ عند توقف عملية صب الخرسانة واستئنافها لاحقًا، ويتم اختيار مواقعها بعناية لضمان استمرارية القوة والترابط بين الأجزاء. بينما فواصل العزل تُستخدم لفصل العناصر الإنشائية عن بعضها للسماح لكل جزء بالحركة بشكل مستقل دون نقل الإجهادات.

تكمن أهمية هذه الفواصل في تقليل التشققات، وتحسين الأداء الإنشائي، وزيادة عمر المنشأ، إضافة إلى تسهيل أعمال التنفيذ والصيانة. كما أنها تُستخدم في العديد من التطبيقات مثل الطرق الخرسانية، البلاطات الأرضية، الجسور، والمباني الكبيرة.

أما من ناحية التنفيذ، فيجب تصميم الفواصل بعناية من حيث الموقع، العمق، والمسافة بينها، مع استخدام مواد مناسبة لملئها مثل المواد المرنة والمانعة لتسرب المياه، وذلك لضمان كفاءتها في أداء وظيفتها.

بشكل عام، الفواصل الخرسانية ليست مجرد تفاصيل ثانوية، بل هي عنصر ضروري لضمان سلامة واستدامة أي منشأ خرساني.

almulakhas:

alfawasil alkhirsaniat hi eunsur 'asasiun fi 'ayi mansha kharsani, hayth tustkhdm liltahakum fi suluk alkhursanat eind taearudiha lieawamil mukhtalifat mithl altaghayurat alhararyati, aliankimash 'athna' aljafafi, wal'ahmal almukhtalifati. bidun hadhih alfawasili, takun alkhirsanat eurdatan lizuhur tashaquqat eashwayiyat qad tuathir ealaa matanat almansha wamazharihi.

tanqasim alfawasil alkharsaniat 'iilaa eidat 'anwae rayiysiatin, likuli nawe wazifat muhadadatin. fawasal altamadud tustkhdm lilsamah lilkharsanat bialtamadud natijat airtifae darajat alhararati, wtumla eadatan bimawada marinat tamtasu alharakata. 'amaa fawasal alainkimash fahi tunfdh liltahakum fi 'amakin zuhur alshuquq alnaatijat ean fuqdan alrutubati, bihayth tuzhar alshurukh fi mawaqie muhadadat wamadrusat bdlan min aintishariha bishakl eashwayiy. fawasal alsaba tunsha eind tawaquf eamaliat sabi alkhursanat waistinafiha lahqan, wayatimu aikhtiar

mawaqieiha bieinayat lidaman aistimrariat alquat waltarabut bayn al'ajza'i. baynama fawasal aleuzl tustkhdm lifasl aleanasir al'iinshayiyat ean baediha lilsamah likuli juz' bialharakat bishakl mustaqilin dun naql al'iijhadati.
takmun 'ahamiyat hadhih alfawasil fi taqlil altashaquqati, watahsin al'ada' al'iinshayiyi, waziadat eumar almansha, 'iidafatan 'iilaa tashil 'aemal altanfidh walsiyanati. kama 'anaha tustkhdm fi aleadid min altatbiqat mithl alturuq alkharsaniati, albalatat al'ardiat, aljusur, walmabani alkabirati.
'amaa min nahiat altanfidhi, fayajib tasmim alfawasil bieinayat min hayth almuqie, aleumqa, walmasafat baynaha, mae aistikhdam mawada munasibat limilyiha mithl almawadi almurinat walmanieat litasarub almayahi, wadhalik lidaman kafa'atiha fi 'ada' wazifatiha.
bishakl eami, alfawasil alkharsaniat laysat mujarad tafasil thanawiatin, bal hi eunsur daruriun lidaman salamat waistidamat 'ayi mansha kharsani.

1-1 المقدمة البحث

تُعدّ الفواصل الخرسانية من العناصر الأساسية في تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية، حيث لا يمكن اعتبار الخرسانة مادة صمّاء ثابتة، بل هي مادة تتأثر بعوامل متعددة مثل تغيّر درجات الحرارة، والانكماش الناتج عن الجفاف، والأحمال المختلفة. هذه التأثيرات تؤدي إلى تولّد إجهادات داخلية قد تتسبب في حدوث تشققات عشوائية إذا لم يتم التحكم بها بطريقة مدروسة. ومن هنا جاءت أهمية الفواصل الخرسانية، التي تُنشأ بشكل مخطط داخل العناصر الخرسانية بهدف التحكم في سلوك الخرسانة وتوجيه التشققات إلى أماكن محددة وآمنة، بما يحافظ على سلامة المنشأ ومظهره العام. كما تساعد هذه الفواصل على امتصاص الحركات الناتجة عن التمدد والانكماش، ومنع انتقال الإجهادات بين أجزاء المنشأ المختلفة.
تتنوع الفواصل الخرسانية حسب الغرض منها، فهناك فواصل تُستخدم عند توقف الصب، وأخرى تُخصص لمقاومة التمدد الحراري، بالإضافة إلى فواصل للتحكم في الشروخ، وأخرى لعزل العناصر عن بعضها. ويعتمد نجاح هذه الفواصل على حسن تصميمها وتنفيذها وفق المعايير الهندسية المعتمدة.
بالتالي، فإن الفواصل الخرسانية ليست مجرد تفصيل إنشائي ثانوي، بل هي عنصر ضروري لضمان متانة واستدامة المنشآت الخرسانية، وتقليل تكاليف الصيانة المستقبلية.

2-1 أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على أهمية الفواصل الخرسانية ودورها في تحسين أداء المنشآت الخرسانية، وذلك من خلال تحقيق الأهداف التالية:

1. توضيح مفهوم الفواصل الخرسانية وأهميتها في المنشآت المختلفة.
2. التعرف على أنواع الفواصل الخرسانية وخصائص كل نوع واستخداماته.
3. دراسة الأسباب التي تؤدي إلى حدوث التشققات في الخرسانة وعلاقتها بغياب أو سوء تنفيذ الفواصل.
4. تحليل أبرز المشاكل التي تواجه الفواصل الخرسانية أثناء التنفيذ أو بعد التشغيل.
5. عرض الطرق الهندسية الصحيحة لتصميم وتنفيذ الفواصل وفق المعايير المعتمدة.
6. تقديم الحلول العملية لمعالجة عيوب الفواصل الخرسانية وتقليل تأثيرها على المنشأ.
7. .إبراز دور الصيانة الدورية في الحفاظ على كفاءة الفواصل وزيادة عمر المنشأ.

3-1 المشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في أن العديد من المنشآت الخرسانية تعاني من ظهور تشققات مبكرة ومشاكل إنشائية ووظيفية، رغم استخدام خرسانة بمواصفات جيدة. ويرجع ذلك في كثير من الحالات إلى سوء تصميم أو تنفيذ الفواصل الخرسانية، أو إهمالها بشكل كامل أثناء مراحل الإنشاء.

حيث يؤدي غياب التخطيط السليم لمواقع الفواصل أو اختيار نوع غير مناسب منها إلى عدم قدرة الخرسانة على استيعاب التغيرات الحجمية الناتجة عن الانكماش والتمدد الحراري، مما يتسبب في حدوث شروخ عشوائية تؤثر على متانة المنشأ ومظهره. كما أن التنفيذ غير الدقيق للفواصل، مثل عدم تحقيق العمق المطلوب أو استخدام مواد حشو غير مناسبة، يزيد من احتمالية فشل هذه الفواصل في أداء وظيفتها.

إضافة إلى ذلك، فإن إهمال صيانة الفواصل مع مرور الزمن يؤدي إلى تلفها وفقدان قدرتها على منع تسرب المياه أو امتصاص الحركات، مما قد ينتج عنه تآكل حديد التسليح وضعف في العناصر الخرسانية.

بناءً على ذلك، يسعى هذا البحث إلى معالجة القصور في فهم وتصميم وتنفيذ الفواصل الخرسانية، وطرح الحلول المناسبة للحد من المشاكل الناتجة عنها وتحسين جودة وأداء المنشآت الخرسانية.

4-1 اهمية البحث

الفواصل الخرسانية هي من الامور الهامة الواجب مراعاتها عند تصميم المباني والتي قد يسبب اهمالها في بعض الحالات نتائج سيئة قد تصل حد انهيار بالكامل ونظرا انه لا يمكن اجراء اعادة الصب عليها او اجراء لحامها وهذا الان الخرسانة سريعة التصلب فكان من الضروري الأخذ في الاعتبار عند التصميم للمبني وجود الوصلات الانشائية او الفواصل الانشائية ويظهر هذا البحث التعرف علي الفواصل الخرسانية واهميتها وطرق علاجها.

5-1 المنهجية البحث

تعتمد المنهجية المتبعة في هذا علي شقين اولهما نظري حيث يتمثل في تجميع البيانات والمعلومات من الكتب و الابحاث والاوراق العلمية ,اما الشق الثاني فهو عملي يتمثل في دراسة حالة .

6-1 الهيكلية البحث

تحتوي هذه الدراسة علي مقدمة عن الفواصل الخرسانية وانواع الشروخ وتناونا انواع الفواصل الخرسانية .

استخداماتها وطرق معالجتها , وكذألك درسنا تخطيط وتنفيد الفواصل الخرسانية المشاكل والحلول .

1-2 المقدمة عن الفواصل الخرسانية

تُعد الفواصل الخرسانية من العناصر الأساسية في تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية، حيث تلعب دورًا مهمًا في الحفاظ على سلامة ومتانة الخرسانة على المدى الطويل. فالخرسانة، رغم قوتها العالية، مادة تتأثر بعوامل متعددة مثل التغيرات في درجات الحرارة، والانكماش الناتج عن فقدان الرطوبة، إضافة إلى تأثير الأحمال المختلفة، مما قد يؤدي إلى حدوث تشققات إذا لم يتم التحكم في هذه التأثيرات بشكل صحيح.

ومن هنا تأتي أهمية الفواصل الخرسانية، إذ تُستخدم لتنظيم حركة الخرسانة وتوجيهها بطريقة مدروسة، مما يساعد على تقليل التشققات العشوائية ومنع انتقال الإجهادات الضارة بين أجزاء المنشأ. كما تُسهم هذه الفواصل في تحسين الأداء الإنشائي وتسهيل عمليات التنفيذ والصيانة.

وبالتالي، فإن الفواصل الخرسانية ليست مجرد تفاصيل إنشائية ثانوية، بل تُعتبر جزءًا ضروريًا من أي نظام خرساني ناجح يهدف إلى تحقيق الاستقرار والمتانة والاستدامة.

2-2 كيفية تكون الشروخ

تتكون الشروخ في الخرسانة نتيجة عدم قدرتها على تحمل قوى الشد أو الحركات الداخلية والخارجية التي تتعرض لها. فالخرسانة قوية في الضغط لكنها ضعيفة نسبيًا في الشد، لذلك عند حدوث إجهادات شد تتجاوز مقاومتها تبدأ الشروخ بالظهور.

كيف تتكون الشروخ عندما تتعرض الخرسانة لعوامل مثل الجفاف أو تغير درجات الحرارة، فإنها تتمدد أو تنكمش. إذا كانت هذه الحركة مقيدة (بسبب وجود عناصر أخرى أو احتكاك مع التربة مثلًا)، تتولد إجهادات داخلية. وعندما تزيد هذه الإجهادات عن قدرة الخرسانة على التحمل، تبدأ الشروخ بالتكوّن.

2-3 أهم أسباب تكوّن الشروخ

- **الانكماش:** يحدث عند فقدان الماء من الخرسانة بعد الصب، مما يؤدي إلى تقلص حجمها وظهور شروخ سطحية.
- **التمدد والانكماش الحراري:** تغير درجات الحرارة يسبب تمدد الخرسانة أو انكماشها، وإذا لم تُؤخذ هذه الحركة في الاعتبار تظهر الشقوق.
- **الأحمال الزائدة:** عند تحميل العنصر بأحمال أكبر من قدرته التصميمية، تتولد شروخ إنشائية.
- **سوء التنفيذ:** مثل الخلط غير الجيد، أو المعالجة غير الكافية، أو استخدام مواد رديئة.
- **الهبوط غير المتكافئ:** إذا هبطت التربة تحت المنشأ بشكل غير منتظم، تتولد إجهادات تؤدي إلى التشقق.
- **التآكل (صدأ الحديد):** صدأ حديد التسليح يزيد حجمه ويدفع الخرسانة للخارج، مما يسبب شروخًا.

2-4 أنواع الشروخ

يمكن تقسيم الشروخ في الخرسانة حسب سبب حدوثها أو شكلها إلى عدة أنواع رئيسية،

2-4-1 شروخ الانكماش البلاستيكي (Plastic Shrinkage Cracks):

هي شروخ سطحية تظهر في الخرسانة خلال الساعات الأولى بعد الصب، أي قبل أن تتصلب بشكل كامل، بينما تكون في الحالة اللدنة (البلاستيكية).(12)

شكل (2-1) شروخ الانكماش البلاستيكي

2-4-1-1 أسباب حدوث شروخ الانكماش البلاستيكي:(Plastic Shrinkage Cracks)

تحدث عندما يفقد سطح الخرسانة الماء بسرعة أكبر من سرعة صعوده من الداخل، وذلك بسبب عوامل مثل:

- ارتفاع درجة الحرارة
- الرياح القوية
- انخفاض الرطوبة

هذا يؤدي إلى انكماش السطح بسرعة بينما الداخل ما زال رطبًا، فينشأ شد داخلي يؤدي إلى التشقق.

2-4-1-2 طرق الوقاية شروخ الانكماش البلاستيكي:(Plastic Shrinkage Cracks)

- المعالجة الجيدة للخرسانة بعد الصب مباشرة (رش الماء أو التغطية)

- تقليل تعرض السطح للرياح والشمس
- استخدام مواد تقلل تبخر الماء (مضافات خاصة)
- صب الخرسانة في أوقات مناسبة (تجنب الحر الشديد)

2-4-2-شروخ الانكماش عند الجفاف:(Drying Shrinkage Cracks)

هي شروخ تتكون في الخرسانة بعد أن تتصلب تمامًا، نتيجة فقدانها التدريجي للرطوبة مع مرور الوقت، مما يؤدي إلى نقص في حجم الخرسانة وظهور إجهادات داخلية تسبب التشقق.(1)

2-4-2-1 سبب حدوث شروخ الانكماش عند الجفاف:(Drying Shrinkage Cracks)

بعد تصلب الخرسانة، تحتوي على كمية من الماء داخل تركيبها. مع الزمن يبدأ هذا الماء بالتبخر، فتحدث عملية انكماش بطيء في الحجم. إذا كانت الخرسانة مقيدة (مثل وجود تسليح، أو ارتباطها بعناصر أخرى، أو احتكاكها بالقاعدة)، لا تستطيع الانكماش بحرية، فيتولد شد داخلي يؤدي إلى ظهور الشروخ.(16)

2-4-2-2 طرق الوقاية شروخ الانكماش عند الجفاف:(Drying Shrinkage Cracks)

- تنفيذ معالجة جيدة وطويلة المدة للخرسانة بعد الصب
- استخدام فواصل الانكماش لتوجيه أماكن التشقق
- تقليل نسبة الماء في الخلطة الخرسانية
- استخدام إضافات تقلل الانكماش
- تصميم جيد للتسليح لتقليل عرض الشروخ

2-4-3 الشروخ الحرارية:(Thermal Cracks)

هي شروخ تتكوّن في الخرسانة نتيجة التغيرات في درجات الحرارة، حيث تتمدد الخرسانة عند ارتفاع الحرارة وتتكمش عند انخفاضها. إذا كانت هذه الحركة الحرارية مقيدة أو غير متجانسة داخل العنصر الخرساني، تنشأ إجهادات داخلية تؤدي إلى حدوث التشققات.(2)

شكل (2-2) يوضح الشروخ الحرارية

2-4-3-1 سبب حدوث الشروخ الحرارية:(Thermal Cracks)

تحدث الشروخ الحرارية عندما يكون هناك فرق كبير في درجة الحرارة بين أجزاء الخرسانة أو بين السطح والداخل، أو عندما تتعرض الخرسانة لتغيرات حرارية سريعة. كما قد تحدث أثناء الشك الأولي في الكتل الخرسانية الكبيرة بسبب الحرارة الناتجة عن تفاعل الإماهة داخل الخرسانة.(4)

2-4-3-2 طرق الوقاية الشروخ الحرارية:(Thermal Cracks)

- التحكم في حرارة صب الخرسانة (تبريد المواد أو استخدام إسمنت منخفض الحرارة)
- تنفيذ فواصل تمدد مناسبة
- المعالجة الجيدة للخرسانة بعد الصب
- تقليل حجم الكتل الخرسانية أو صبها على مراحل
- استخدام عزل حراري عند الحاجة

2-4-4 الشروخ الإنشائية (Structural Cracks) نتيجة الأحمال:

هي شروخ خطيرة نسبيًا تظهر في العناصر الخرسانية عندما تتعرض لأحمال أو إجهادات تتجاوز قدرتها التصميمية على التحمل، خاصة في قوى الشد أو الانحناء أو القص.(15)

شكل (2-3) يوضح الشروخ الإنشائية

2-4-4-1 سبب حدوث الشروخ الإنشائية(Structural Cracks)

تحدث هذه الشروخ عندما تكون الأحمال الواقعة على المنشأ أكبر من الأحمال التي صُمم من أجلها، أو بسبب ضعف في التصميم أو التنفيذ، مما يؤدي إلى زيادة الإجهادات داخل الخرسانة والحديد. وعندما تتجاوز هذه الإجهادات مقاومة العنصر ، تبدأ الشروخ بالظهور .(22)

2-4-4-2 طرق الوقاية والمعالجة الشروخ الإنشائية(Structural Cracks)

- تصميم إنشائي صحيح وفق الكودات الهندسية
- الالتزام بالأحمال المسموح بها وعدم تجاوزها
- استخدام تسليح كافٍ وموزع بشكل مناسب
- فحص دوري للمنشآت
- تدعيم العناصر المتضررة عند الحاجة (مثل إضافة كمرات أو ألياف تقوية)

2-4-5 شروخ الهبوط:(Settlement Cracks)

هي شروخ تظهر في المنشآت الخرسانية نتيجة حدوث هبوط غير متساوٍ في التربة أسفل الأساسات، مما يؤدي إلى تحرك أجزاء من المبنى بشكل مختلف عن بعضها، وبالتالي تتولد إجهادات داخلية تسبب التشققات.

شكل (2-4) يوضح شروخ الهبوط

2-4-5-1 سبب حدوث شروخ الهبوط:(Settlement Cracks)

تحدث عندما لا تهبط التربة بشكل منتظم تحت جميع أجزاء المنشأ، فقد يهبط جزء أكثر من الآخر بسبب اختلاف طبيعة التربة أو سوء الدمك أو وجود مياه جوفية أو أحمال غير موزعة بشكل صحيح. هذا الاختلاف في الهبوط يسبب شدًا في العناصر الخرسانية يؤدي إلى ظهور الشروخ.

2-4-5-2 طرق الوقاية والمعالجة شروخ الهبوط:(Settlement Cracks)

- دراسة التربة جيدًا قبل التصميم (اختبارات التربة)
- اختيار نوع الأساس المناسب للتربة
- تحسين التربة أو دمكها جيدًا

- توزيع الأحمال بشكل متوازن
- معالجة الهبوط باستخدام تدعيم الأساسات (مثل الحقن أو تدعيم القواعد)

2-4-6 شروخ التآكل (صدأ حديد التسليح):

هي شروخ تحدث في الخرسانة نتيجة تآكل حديد التسليح داخلها بسبب الصدأ، مما يؤدي إلى زيادة حجم الحديد المتآكل وضغطه على الخرسانة المحيطة به، فتتشقق وتتفكك مع الوقت.

شكل (2-5) يوضح شروخ التأكل الحديد

2-4-6-1 سبب حدوث شروخ التآكل (صدأ حديد التسليح)

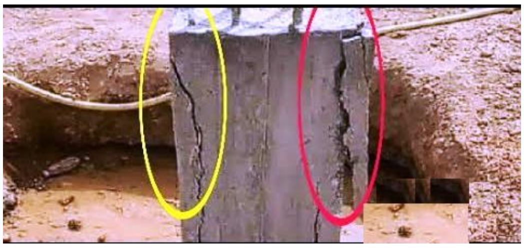
:عندما يتعرض حديد التسليح للرطوبة والأكسجين أو للمواد الكيميائية مثل الأملاح (خصوصًا في المناطق الساحلية)، يبدأ بالصدأ. عملية الصدأ تؤدي إلى زيادة حجم الحديد بشكل كبير، وهذا التمدد يولد ضغطًا داخليًا على الخرسانة يؤدي إلى تشققها.

2-4-6-2 طرق الوقاية والمعالجة شروخ التآكل (صدأ حديد التسليح)

- زيادة سماكة الغطاء الخرساني حول الحديد
- استخدام خرسانة عالية الجودة
- الصيانة الدورية
- استخدام سبائك مقاومة للصدأ

2-4-7 شروخ سوء التنفيذ

هي تشققات تظهر في الخرسانة أو المباني نتيجة أخطاء أثناء التنفيذ، وليست بسبب الأحمال أو الزمن فقط، بل بسبب طريقة البناء أو الخلط أو الصب غير الصحيحة.(17)



شكل (2-6) يوضح شروخ سوء التنفيذ

2-4-7-1 أهم أسباب شروخ سوء التنفيذ

- خلط الخرسانة بشكل غير صحيح (زيادة ماء أو نقص إسمنت)
- ضعف الدمك (الرجّ) أثناء الصب مما يترك فراغات هوائية
- صب الخرسانة في جو حار أو جاف بدون معالجة
- إزالة الشدات الخشبية مبكرًا
- سوء توزيع الحديد أو أخطاء في التسليح
- عدم الالتزام بالتصميم الهندسي

2-4-7-4 طرق الوقاية:

- الالتزام بنسبة الخلط الصحيحة
- الاهتمام بالدمك الجيد باستخدام الهزاز
- معالجة الخرسانة بعد الصب(Curing)
- تنفيذ العمل تحت إشراف هندسي
- اتباع المواصفات الفنية بدقة

2-5 القصور في التصميم

يعني وجود نقاط ضعف أو أخطاء في التصميم تجعل المنتج أو النظام أقل كفاءة أو غير مناسب للاستخدام بالشكل المطلوب.

يمكن أن يظهر القصور في التصميم في مجالات مختلفة مثل الهندسة، البرمجيات، العمارة، أو حتى تصميم المنتجات اليومية. وغالبًا يؤدي إلى مشاكل مثل انخفاض الأداء، صعوبة الاستخدام، أو زيادة التكلفة(23)

2-5-1 أسباب القصور في التصميم:

- ضعف التخطيط أو التحليل قبل التنفيذ.
- عدم فهم احتياجات المستخدمين.
- الاعتماد على افتراضات غير دقيقة.
- قيود الوقت أو الميزانية.
- نقص الخبرة أو المهارة لدى المصمم.

2-6 طرق الشائعة لإصلاح شروخ الخرسانة

إصلاح شروخ الخرسانة يعتمد بشكل كبير على **نوع الشرخ، عمقه، وسببه** .فيما يلي أكثر الطرق الشائعة المستخدمة في الهندسة المدنية:

2-6-1الحقن بالإيبوكسي(Epoxy Injection)

- تُستخدم للشروخ الدقيقة إلى المتوسطة.
- يتم حقن مادة إيبوكسي سائلة داخل الشرخ لربط الخرسانة واستعادة قوتها.
- مناسبة للشروخ (**الإنشائية**)التي تؤثر على تحمل الأحمال.

2-6-2 الحقن بالمواد الإسمنتية(Grouting)

- يتم استخدام خليط إسمنتي سائل لملء الشروخ أو الفراغات.
- مناسب للشروخ الواسعة نسبيًا أو في الأساسات.
- أقل تكلفة من الإيبوكسي لكن قوته أقل.

2-6-3المعالجة بالمواد المالئة(Crack Filling)

- تُستخدم مواد مثل السيليكون أو البولي يوريثان.
- مناسبة للشروخ السطحية أو غير الإنشائية.
- تمنع تسرب المياه وتحسن الشكل.

2-6-4 الترميم بالمونة(Patch Repair)

- إزالة الجزء المتضرر ثم إعادة ملئه بمونة إصلاح خاصة.
- تُستخدم في حالة تقشر أو تفتت الخرسانة.
- تحتاج إلى تجهيز جيد للسطح.

2-6-5 التدعيم باستخدام الألياف(Fiber Reinforcement)

- استخدام ألياف كربونية أو زجاجية لتقوية المنطقة المتشققة.
- مناسب للشروخ الناتجة عن ضعف إنشائي.
- حل متقدم نسبيًا.

2-6-6 الخياطة(Stitching)

- يتم حفر ثقوب عبر الشرخ وتركيب قضبان حديد (Staples) لربط الجانبين.
- تُستخدم للشروخ الكبيرة في الجدران أو الأسقف.

2-6-7 إعادة الصب الجزئي(Partial Replacement)

- إزالة الجزء المتضرر بالكامل وإعادة صبه.
- تُستخدم عندما تكون الخرسانة ضعيفة جدًا أو متآكلة.

2-7 أهمية الفواصل الخرسانية

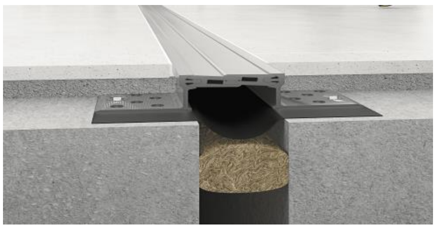
- التحكم في التشققات .
- تقليل تأثيرات التمدد والانكماش الحراري .
- انواع الفواصل في المنشأت الخراسانية .

3-1 المقدمة عن انواع الفواصل الخرسانية

تستعمل فواصل الانشائية في المباني بغرض التقليل من الجهد والقدرة علي التصرف عند حدوث أي مشكلة ومن الممكن أيضا معرفة الأمر الذي قد يحدث المبني قبل حدوثه لأخذ الاحتياطات اللازمة وسنتعرف في الفصل عن أنواع الفواصل الانشائية .(20)

3-2 فواصل التمدد في الخرسانة (Expansion joints)

هي عناصر أساسية تُستخدم للسماح للمنشأ بالحركة الناتجة عن تغيّر درجات الحرارة أو الانكماش، بدون ما تتكوّن شروخ عشوائية .



شكل (3-1) يوضح فواصل التمدد في الخرسانة

3-2-2 أهم أماكن استخدام فواصل التمدد في الخرسانة

3-2-2-1 الأرضيات الخرسانية(Slabs on Grade)

- مثل أرضيات المصانع، المخازن، مواقف السيارات.
- تُستخدم لمنع التشققات بسبب الانكماش والحرارة.
- عادة تُنفذ على مسافات منتظمة.

3-2-2-2الطرق والجسور

- في الطرق الخرسانية يتم وضع فواصل للسماح بالتمدد والانكماش مع تغير الطقس.
- في الجسور تكون ضرورية جدًا بين الأجزاء المختلفة للسماح بالحركة.

3-2-2-3 المباني الكبيرة

- خاصة المباني الطويلة أو ذات المساحات الكبيرة.
- يتم تقسيم المبنى إلى أجزاء منفصلة بفواصل تمدد لتقليل تأثير الإجهادات.

3-2-2-4 الجدران الطويلة

- الجدران الخرسانية أو الطوب الطويلة تحتاج فواصل لمنع التشققات.
- خصوصًا الجدران المعرضة للشمس بشكل مباشر.

3-2-2-5 الخزانات والمنشآت المائية

- مثل خزانات المياه وحمامات السباحة.
- تُستخدم فواصل مع مواد مانعة للتسرب (Waterstops) لمنع تسرب المياه.

3-2-2-6 الأرصفة والساحات الخارجية

- الأرصفة والممرات الخرسانية تحتاج فواصل بسبب تغير الحرارة بين الليل والنهار.

3-2-2-7 حول الأعمدة أو نقاط الالتقاء

- بين العناصر المختلفة (مثل التقاء مبنى جديد بقديم).
- لتفادي انتقال الأحمال أو التشققات بين الأجزاء.

3-2-3 طريقة تنفيذ فواصل التمدد في البلاطات الخرسانية

تنفيذ فواصل التمدد في البلاطات الخرسانية يحتاج دقة، لأن أي خطأ بسيط ممكن يسبب شروخ عشوائية أو ضعف في الأداء. إليك الطريقة العملية خطوة بخطوة.(21)

شكل(3-3) يوضح طريقة تنفيذ فواصل التمدد في البلاطات الخرسانية

3-2-4-1 تحديد أماكن الفواصل

- تُحدد حسب أبعاد البلاطة وشكلها.
- في العادة:
  - المسافة تكون تقريبًا **4إلى 6 متر** للبلاطات الأرضية.
  - يُفضل أن تكون الفواصل على شكل مربعات أو مستطيلات متقاربة الأبعاد.

- يتم وضعها عند:
  - تغيّر الشكل الهندسي
  - عند الالتقاء مع جدران أو أعمدة
  - المساحات الكبيرة

3-2-4-2تجهيز الفاصل قبل الصب

1-وضع مادة فاصلة

- يتم تركيب مادة قابلة للانضغاط مثل:
  - فوم(Polystyrene)
  - ألواح بيتومينية
- توضع بكامل سمك البلاطة.

2- تثبيت الفاصل

- يتم تثبيت المادة جيدًا حتى لا تتحرك أثناء صب الخرسانة.

3-2-4-3 صب الخرسانة

- يتم الصب بشكل طبيعي على جانبي الفاصل.
- يجب التأكد من:
  - عدم تحرك المادة الفاصلة
  - دمك الخرسانة جيدًا حول الفاصل

3-2-4-4 معالجة الفاصل بعد الصب

1- تنظيف الفاصل

- إزالة أي شوائب أو خرسانة زائدة داخله.

2-وضع مادة حشو مرنة(Sealant)

- مثل:
  - بولي يوريثان
  - سيليكون
- الهدف:
  - منع دخول الماء والأتربة
  - السماح بالحركة

3-3 فواصل التحكم أو الانكماش (contraction joints)

هي فواصل تُنشأ **للتحكم في أماكن حدوث الشروخ** الناتجة عن انكماش الخرسانة أثناء الجفاف أو تغيّر الحرارة، بدل ما تظهر بشكل عشوائي.

3-3-1 طرق معالجة الاثار الناتجة عن الانكماش

آثار الانكماش في الخرسانة (مثل الشروخ السطحية أو الدقيقة) يمكن معالجتها بطرق مختلفة حسب **شدة الشرخ وعمقه وسببه** .لكن المهم تعرف أن المعالجة تكون على مرحلتين :**إصلاح الأثر** + **تقليل تكراره مستقبلاً.**

3-3-1-1 معالجة الشروخ الناتجة عن الانكماش

1-الشروخ الدقيقة(Hairline Cracks)

- غالبًا غير إنشائية.
- المعالجة:
  - دهانات أو مواد عزل سطحية.
  - مواد مانعة للتسرب (سيليكون أو بولي يوريثان) .
- الهدف: منع دخول الماء وتحسين الشكل.

2- الشروخ المتوسطة

- يتم:
  - تنظيف الشرخ جيدًا.
  - توسيعه قليلًا (إن لزم).
  - ملؤه بمواد مرنة أو إيبوكسي.
- تُستخدم عندما يكون الشرخ واضح لكن غير خطير إنشائيًا.

3- الشروخ الواسعة

- المعالجة تشمل:
  - حقن إيبوكسي (إذا كان الشرخ إنشائي).
  - أو مونة إصلاح خاصة.
- في بعض الحالات:
  - يتم استخدام **الخياطة (Stitching)** لربط الجانبين.

4- تقشر أو ضعف السطح(Shrinkage Surface Damage)

- إزالة الطبقة الضعيفة.
- إعادة الترميم باستخدام مونة إصلاح.
- ثم عمل طبقة حماية.

3-3-2 طريقة تنفيذ فواصل الانكماش

فواصل الانكماش في الخرسانة (Shrinkage Joints) هي فواصل تُنفَّذ لتقليل التشققات الناتجة عن انكماش الخرسانة أثناء الجفاف والتصلب، وهي مهمة خصوصاً في البلاطات والأرضيات.

بدل ما تتشقق الخرسانة بشكل عشوائي، يتم **توجيه التشققات داخل خطوط مخططة مسبقاً** عبر فواصل محسوبة.(12)

3-3-2-1 طريقة تنفيذ فواصل الانكماش

1- تحديد أماكن الفواصل

- يتم تخطيطها قبل الصب
- غالباً تكون على شكل مربعات أو مستطيلات منتظمة
- المسافات الشائعة:
  - 3إلى 5 متر في البلاطات الأرضية (حسب السماكة ونوع الخرسانة)
- كلما زادت سماكة البلاطة تقل المسافة بين الفواصل

2- تنفيذ الفاصل أثناء الصب (الأفضل)

هناك طريقتان:

أ) باستخدام منشار قطع الخرسانة(Saw Cutting)

- يتم صب الخرسانة أولاً
- بعد بداية التصلب (خلال 6–24 ساعة عادة)
- يتم عمل قطع بعمق:
  - حوالي **1/4سماكة البلاطة**
- القطع يكون بخط مستقيم ومحدد

ب) باستخدام شرائح أو فواصل جاهزة

- يتم وضع شرائح بلاستيكية أو خشبية أثناء الصب
- ثم تُزال أو تبقى حسب التصميم

3- توقيت التنفيذ

- مهم جداً التنفيذ في الوقت الصحيح
- إذا تأخر القطع كثيراً ← تظهر تشققات عشوائية
- إذا كان مبكراً جداً ← تتكسر الحواف

4- تنظيف الفواصل

- بعد القطع أو التشكيل
- يتم تنظيف الفاصل من الغبار
- ويمكن ملؤه لاحقاً بمادة مرنة (سيلكون أو مواد مانعة للتسرب)

5- المعالجة(Curing)

- رش ماء أو استخدام مواد معالجة
- لمدة 7 أيام على الأقل
- لتقليل الانكماش العام

3-3-2-2 أخطاء شائعة في فواصل الانكماش

- عدم عمل فواصل كافية ← تشققات عشوائية
- عمق قطع غير كافٍ
- تأخير تنفيذ الفواصل
- عدم تخطيط أماكنها مسبقاً

3-4 فواصل الصب(Construction Joints)

هي نقاط توقف مخططة في صب الخرسانة، تُترك عندما لا يمكن صب العنصر الإنشائي دفعة واحدة، ثم يتم استكمال الصب لاحقاً.

ما هي فواصل الصب هي "سطح فصل" بين خرسانة قديمة تم صبها مسبقاً وخرسانة جديدة تُصب لاحقاً، ويتم تصميمه بحيث يكون الاتصال بين الطبقتين قوي وآمن إنشائياً.**(14)**

شكل (3-4) يوضح فواصل الصب

3-4-1استخدامات فواصل الصب

- يتعذر صب كامل العنصر مرة واحدة (بسبب الحجم أو الوقت).
- تنتهي وردية العمل اليومية في الموقع.
- توجد قيود في الخلاطة أو النقل.
- يتم تقسيم المشروع لمراحل تنفيذ.

3-4-2أماكن الصحيحة لفواصل الصب

- عند ثلث أو ربع البحر في الكمرات (وليس عند المنتصف) .
- عند التقاء البلاطات مع الكمرات.
- في الأعمدة عند مستوى أسفل الكمرات أو أعلى البلاطات.
- في الجدران الخرسانية عند مناسيب محددة.

3-4-3 تنفيذ فواصل الصب بشكل صحيح

1. **تخشين سطح الخرسانة القديمة**
   - باستخدام فرشاة حديد أو ضغط ماء أو تكسير خفيف.
2. **تنظيف السطح جيداً**
   - إزالة الغبار، الزيوت، والأجزاء الضعيفة.
3. **ترطيب السطح**
   - قبل الصب لتجنب امتصاص الماء من الخرسانة الجديدة.
4. **استخدام مادة ربط(Bonding agent)**
   - مثل مواد الإيبوكسي في المشاريع المهمة.
5. **صب الخرسانة الجديدة وضغطها جيداً**
   - باستخدام الهزاز لضمان التماسك.

3-4-4أخطاء شائعة يجب تجنبها عن الفواصل الصب

- ترك سطح أملس بدون تخشين.
- عدم تنظيف الفاصل جيداً.
- وضع الفاصل في منطقة إجهاد عالي (مثل منتصف الكمرة).
- تأخير طويل جداً بدون معالجة السطح.

3-5 فواصل العزل (Insulation Joints)

هي فواصل تُستخدم في المباني لفصل عنصرين إنشائيين أو معماريين بهدف منع انتقال الحرارة أو الصوت أو الرطوبة أو حتى الاهتزازات بينهم.(22)

شكل (3-5) يوضح فواصل العزل

3-5-1 الهدف من فواصل العزل

- تقليل انتقال **الحرارة** (عزل حراري).

- تقليل انتقال **الصوت** بين الغرف أو الطوابق (عزل صوتي).
- منع تسرب **الرطوبة والمياه**.
- تقليل تأثير الاهتزازات بين العناصر.

3-5- 2استخدامات فواصل العزل

- بين الجدران الداخلية (غرف النوم مثلاً).
- بين الأرضيات في المباني متعددة الطوابق.
- حول الأساسات في بعض الحالات الخاصة.
- في المباني القريبة من مصادر ضوضاء (طرق، مصانع).
- في خزانات المياه أو الحمامات لمنع التسرب.

3-6 فواصل الهبوط

في مجال البناء والهندسة المدنية هي فواصل تُترك عمدًا بين أجزاء من المبنى أو المنشأ لتسمح بحدوث الهبوط التدريجي للتربة أو الأساسات دون أن تتسبب في تشققات أو أضرار في الهيكل.(4)

- تشققات في الجدران
- ميل أو هبوط غير منتظم
- إجهادات إنشائية خطيرة

شكل (3-6) يوضح فواصل الهبوط

3-6-1 استخدامات الفواصل الهبوط

- المباني الطويلة أو الكبيرة المساحة
- المباني التي تختلف فيها أحمال الأساسات
- عند اختلاف نوع التربة تحت المبنى
- عند وجود أجزاء مبنى منفصلة وظيفيًا

3-6-2 شكلها في الواقع

- فراغ رأسي كامل من الأساس حتى السقف
- يُملأ بمواد مرنة أو يُغطى بطريقة تمنع تسرب المياه مع السماح بالحركة

3-7 فواصل تخفيف الضغط (Pressure Relief Joints)

هي فواصل إنشائية تُستخدم لتقليل الإجهادات الداخلية التي تتكوّن داخل العناصر الخرسانية أو المباني نتيجة **الضغط أو التقييد أو الأحمال الزائدة**.(1)

3-7-1 استخدامات الفواصل تخفيف الضغط

- البلاطات الخرسانية الكبيرة (Slabs)
- الجدران الخرسانية السميكة
- الأرضيات الصناعية

- المطارات والطرق الخرسانية
- العناصر المعرضة لإجهادات انكماش كبيرة

3-7-2 الهدف من الفواصل تخفيف الضغط

- تقليل التشققات الناتجة عن الإجهادات الداخلية
- تحسين أداء واستقرار الخرسانة
- زيادة عمر المنشأ

3-8 الفواصل المستعارة (Construction Joints / False Joints)

هي فواصل تُنفَّذ في العناصر الخرسانية **بشكل مقصود أثناء الصب** لكنها ليست فواصل حركة حقيقية مثل فواصل التمدد أو الهبوط، وإنما تُستخدم لأسباب تنفيذية أو شكلية.(6)

3-8-1استخدامات الفواصل المستعارة

- تقسيم الصب إلى مراحل لتسهيل التنفيذ
- تقليل التشققات العشوائية
- تحسين الشكل المعماري (إعطاء تقسيمات وهمية)
- التحكم في أماكن الشروخ المتوقعة

3-8-2انواع الفواصل المستعارة

1. **فواصل تنفيذ:(Construction Joints)**

   تفصل بين صبّتين في أوقات مختلفة .

2. **فواصل شكلية:(False / Control Grooves)**

   تُعمل فقط لإظهار خطوط في السطح أو التحكم في التشققات .

العنصر	الفواصل المستعارة	فواصل تخفيف الضغط	فواصل الهبوط	فواصل التمدد
السبب الرئيسي	أسباب تنفيذية أو شكلية	الإجهادات الداخلية في الخرسانة (انكماش/قيود)	اختلاف هبوط التربة	تغيرالحرارة (تمدد/انكماش)
نوع المشكلة	تنفيذية / معمارية	إنشائية داخلية	جيوتقنية (تربة)	حرارية
نوع الحركة	لا توجد حركة إنشائية	حركة بسيطة أو تحكم في التشققات	رأسية (هبوط)	أفقية غالبًا
هل يسمح بالحركة؟	لا	جزئيًا	نعم (بين أجزاء المبنى)	نعم
شكل الفاصل	خطوط سطحية أو فواصل صب	شقوق أو تقاطعات مخططة	فصل كامل من الأساس حتى السقف	فجوة ممتدة بمواد مرنة
المواد المستخدمة	مونة أو تشكيل خرساني	لا مواد أو مواد تعبئة بسيطة	فصل إنشائي كامل	مطاط، بيتومين، مواد مرنة

مكان الاستخدام	الأرضيات والجدران والواجهات	البلاطات والأرضيات الخرسانية	المباني الكبيرة أو تربة غير متجانسة	المباني الطويلة والجسور
الهدف الأساسي	تنظيم الصب وتحسين الشكل	تقليل التشققات الناتجة عن الإجهاد	منع الهبوط التفاضلي	منع التشققات الحرارية
التأثير الإنشائي	لا تأثير إنشائي حقيقي	تحسين أداء الخرسانة	فصل إنشائي مستقل	يسمح بفصل جزئي
خطورة الإهمال	مشاكل جمالية	شروخ عشوائية	ميل أو فشل إنشائي	تشققات حرارية

جدول(3–1) مقارنة أنواع الفواصل في المباني

4–1 مقدمة عن تخطيط وتنفيذ الفواصل الإنشائية

تخطيط وتنفيذ الفواصل الإنشائية ليس تفصيلاً ثانوياً في المشروع، بل هو جزء أساسي من فلسفة التصميم لضمان سلامة المنشأ واستمراريته على المدى الطويل. فالهياكل الخرسانية بطبيعتها تتعرض لتغيرات في الحجم والحركة نتيجة عوامل متعددة مثل الحرارة، والانكماش، والأحمال، والهبوط التفاضلي، ولذلك تُستخدم الفواصل كوسيلة مدروسة للتحكم بهذه الحركات بدل أن تظهر على شكل تشققات عشوائية أو أضرار إنشائية.(15)

4–2 التخطيط الفواصل الإنشائية

يقوم المهندس بدراسة سلوك المنشأ المتوقع وتحديد مواقع الفواصل وأنواعها بما يتناسب مع طبيعة المشروع، سواء كان مبنىً إدارياً، رصيفاً، مطاراً، أو منشأة مائية. يشمل ذلك اختيار نوع الفاصل (تمدد، انكماش، إنشائي، عزل، أو زلزالي)، وتحديد المسافات بين الفواصل، وأماكنها بالنسبة للعناصر الإنشائية مثل الأعمدة والجدران والبلاطات. كما يتم الأخذ في الاعتبار عوامل مثل طبيعة التربة، الظروف المناخية، وحجم الأحمال المتوقعة. (8)

4–3 التنفيذ الفواصل الإنشائية

فتكمن الأهمية في تطبيق هذه الفواصل بدقة عالية وفق المخططات والمواصفات الفنية. يتضمن ذلك تجهيز أماكن الفواصل أثناء الصب، واستخدام مواد مناسبة مثل قضبان نقل الأحمال(Dowels) ، أو مفاتيح القص، أو مواد العزل والـSealants ، إضافة إلى تركيب موانع تسرب المياه (Waterstops) عند الحاجة، خاصة في المنشآت المائية. كما يجب التأكد من نظافة الفاصل، واستقامته، وضمان مرونته أو تماسكه حسب وظيفته.(18)

إن التنفيذ غير الصحيح للفواصل قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة مثل تسرب المياه، أو ظهور شروخ غير منتظمة، أو ضعف في نقل الأحمال، مما يؤثر سلباً على أداء المنشأ وعمره الافتراضي. لذلك، يتطلب هذا الجانب تنسيقاً دقيقاً بين المصمم والمهندس المنفذ، إضافة إلى رقابة مستمرة أثناء العمل.

بشكل عام، يمكن القول إن الفواصل الإنشائية تمثل "نقاط تحكم" مدروسة داخل المنشأ، تُستخدم لتوجيه سلوكه تحت تأثير العوامل المختلفة، مما يساهم في تحسين الأداء، وزيادة الأمان، وتقليل تكاليف الصيانة مستقبلاً.

4–4 شرح طريقة تنفيذ الفواصل التمدد الحراري (thorma joint)

يبدو أنك تقصد **فواصل التمدد الحراري(Thermal / Expansion Joints)** ، وهي من أهم الفواصل في المنشآت الخرسانية، خصوصًا في المباني الكبيرة والأرصفة والمطارات. تنفيذها بشكل صحيح ضروري لتفادي التشققات أو تلف العناصر الإنشائية.(9)

4-4-1 شرح الطريقة بشكل عملي خطوة بخطوة

5-4-1-1 فكرة الفاصل

فاصل التمدد هو فراغ محسوب يُترك بين جزأين من المنشأ للسماح بالحركة (تمدد/انكماش) دون نقل إجهادات ضارة.

4-4-1-2 خطوات التنفيذ الفواصل التمدد الحراري (thorma joint)

1- تحديد مكان الفاصل

- يتم تحديده حسب المخططات الإنشائية .
- غالبًا يكون :
  - بين كتل المبنى الكبيرة
  - أو كل مسافة محددة (حسب التصميم)

2- تجهيز الفاصل قبل الصب

- يتم وضع **فاصل فاصل (Separator)** مثل :
  - ألواح فلين (Polystyrene)
  - أو مواد ليفية مضغوطة
- سمك الفاصل غالبًا بين **5 – 2سم** حسب التصميم .
- يجب أن يمتد الفاصل من الأساس حتى أعلى المنشأ (فاصل كامل) .

3- صب الخرسانة على الجانبين

- يتم صب كل جزء من المنشأ بشكل منفصل .
- يجب التأكد من :
  - عدم تسرب الخرسانة داخل الفاصل
  - الحفاظ على استقامة الفاصل

4- تركيب قضبان نقل الأحمال – (Dowels) إذا لزم

- تُستخدم في الأرضيات والأرصفة .
- يتم :
  - تثبيت القضيب في جهة واحدة
  - وترك الجهة الأخرى حرة الحركة (مغطاة بمادة مانعة للالتصاق)
- الهدف: نقل الأحمال مع السماح بالحركة الأفقية .

5- تركيب مانع تسرب(Sealant)

- بعد تصلب الخرسانة :
  - يتم تنظيف الفاصل جيدًا
  - ثم ملؤه بمواد مرنة مثل :
    - سيليكون
    - بولي يوريثان
- الهدف :
  - منع دخول الماء والأتربة

- السماح بالحركة

6- تركيب Waterstop عند الحاجة

- في الخزانات أو السدود :
  - يتم وضع **Waterstop**داخل الفاصل أثناء الصب
- يمنع تسرب المياه عبر الفاصل .

4-4-2 نقاط مهمة أثناء التنفيذ الفواصل التمدد الحراري (thorma joint)

يجب أن يكون الفاصل **مستمرًا وغير منقطع** .

- يمنع تمامًا ملء الفاصل بالخرسانة أو المونة .
- اختيار مادة الحشو يجب أن تكون :
  - مرنة
  - مقاومة للعوامل الجوية
- الالتزام بالمسافات المحددة في التصميم .

4-4-4 أخطاء شائعة يجب تجنبها عن التنفيذ الفواصل التمدد الحراري (thorma joint)

إهمال الفاصل أو تقليل عرضه .

- استخدام مواد صلبة بدل المرنة .
- عدم تنظيف الفاصل قبل وضع الـ .Sealant
- تثبيت قضبان نقل الأحمال بطريقة تمنع الحركة .

4-5 شرح طريقة تنفيذ الفواصل الانكماش (Contraction Joints)

فواصل الانكماش (Contraction Joints) تُستخدم في الخرسانة للتحكم في أماكن حدوث التشققات الناتجة عن **انكماش الخرسانة أثناء الجفاف والتصلب** .بدل ما تتشقق البلاطة بشكل عشوائي، يتم "توجيه" الشروخ لتظهر في خطوط مخططة وآمنة.

4-5-1 شرح طريقة تنفيذها بشكل عملي خطوة بخطوة

4-5-1-1 فكرة فاصل الانكماش

هو **قطع أو ضعف مقصود في الخرسانة** يتم عمله لتخفيف الإجهادات الناتجة عن الانكماش، بحيث يحدث الشرخ في هذا المكان بدلًا من أماكن غير مرغوبة.

4-5-1-2 طرق تنفيذ فواصل الانكماش

يوجد طريقتان أساسيتان:

الطريقة الأولى: القطع – (Saw Cutting) الأكثر استخداماً

1-صب الخرسانة

- يتم صب البلاطة أو الرصيف بشكل طبيعي .
- يتم تسويتها وإنهاء السطح .(Finishing)

2- تحديد توقيت القطع

- يتم القطع بعد فترة قصيرة من الصب :
  - عادة خلال **24 – 6ساعة** حسب الجو ونوع الخرسانة

- الشرط المهم :
  - أن تكون الخرسانة قد بدأت في التصلب ولكن قبل حدوث شروخ عشوائية .

3- تنفيذ القطع

- باستخدام منشار خاص .(Concrete Saw)
- عمق القطع غالبًا :
  - **¼إلى ⅓ سمك البلاطة**
- يتم عمل خطوط مستقيمة حسب المخطط (شبكة منتظمة).

4- تنظيف الفواصل

- إزالة الغبار والفتات الناتج عن القطع .
- باستخدام هواء مضغوط أو ماء .

5- إغلاق الفاصل (اختياري)

- في بعض المشاريع يتم ملؤه بمادة مرنة (Sealant) لحمايته من :
  - المياه
  - الأتربة
  - الزيوت (في المطارات)

الطريقة الثانية: تشكيل الفاصل أثناء الصب(Formed Joints)

1- وضع فاصل مسبق

- يتم تركيب شرائح :
  - خشبية
  - بلاستيكية
  - أو معدنية رفيعة
- قبل صب الخرسانة .

2- صب الخرسانة

- تُصب الخرسانة على جانبي الفاصل .

3- إزالة الشريحة (إذا كانت قابلة للإزالة)

- بعد التصلب الأولي، يتم نزعها لتكوين فراغ ضعيف .

4- ملء الفاصل (إذا لزم)

- يتم وضع مادة مرنة للحماية .

4-5-3 أماكن استخدام فواصل الانكماش (Contraction Joints)

- الأرصفة الخرسانية
- المطارات (مدارج الطائرات)
- الأرضيات الصناعية
- البلاطات الكبيرة (Slabs on grade)

4-5-4 التصميم الفواصل الانكماش (Contraction Joints)

- المسافة بين الفواصل تعتمد على :
  - سمك البلاطة
  - نوع الخرسانة
  - الظروف الجوية

📌مثال تقريبي:

- في الأرصفة: كل 3إلى 5 متر
- في الأرضيات الصناعية: حسب التصميم الإنشائي

4-5-5 أهم الأخطاء الفواصل الانكماش (Contraction Joints)

- تأخير عملية القطع ← يؤدي لتشقق عشوائي
- قطع غير عميق كفاية
- عدم استقامة الفواصل
- ترك الفواصل مفتوحة بدون حماية في بيئات قاسية

وجه المقارنة	فاصل التمدد (Expansion Joint)	فاصل الانكماش (Contraction Joint)
الهدف	السماح بتمدد وانكماش الخرسانة مع تغير الحرارة دون ضغط	التحكم في أماكن التشققات الناتجة عن انكماش الخرسانة
وقت التنفيذ	قبل أو أثناء صب الخرسانة (كفاصل كامل)	غالبًا بعد الصب (أو أثناء التشطيب)
طريقة التنفيذ	ترك فراغ كامل بين جزأين من المنشأ	عمل شق (Saw Cutting) أو تشكيل خطوط ضعف
العمق	كامل عبر سمك العنصر الإنشائي	جزئي (¼ إلى ⅓ سمك البلاطة)
المواد المستخدمة	مواد مرنة + ألواح عازلة (فلين، مطاط PVC)	غالبًا لا يوجد مادة فاصل، أو Sealantلاحقًا
استمرارية الخرسانة	يوجد انفصال كامل بين الجزأين	الخرسانة تبقى متصلة جزئيًا
السماح بالحركة	حركة كاملة (تمدد وانكماش حر)	حركة محدودة (تشقق مُوجّه فقط)
أماكن الاستخدام	المباني الكبيرة، الجسور، السدود، المنشآت الطويلة	الأرصفة، الأرضيات، المطارات
الدور الإنشائي	امتصاص التمدد ومنع الإجهادات	توجيه التشققات فقط
نقل الأحمال	لا يتم نقل مباشر إلا بتصميم خاص	يتم عبر Dowel Bars غالبًا

الجدول (4-1) يوضح مقارنة بسيطة وواضحة بين فاصل الانكماش (Contraction Joint) وفاصل التمدد (Expansion Joint) من حيث التنفيذ:

4-6 شرح طريقة تنفيذ الفواصل الصب (Construction Joints)

فواصل الصب (Construction Joints) هي الفواصل التي تُنشأ عند توقف أعمال الصب ثم استئنافها لاحقًا، وهي ضرورية في المنشآت الخرسانية الكبيرة مثل السدود، الخزانات، المباني متعددة الطوابق، والأرصفة. الهدف منها هو ضمان استمرارية نقل الأحمال بين أجزاء الخرسانة المصبوبة في أوقات مختلفة دون حدوث ضعف إنشائي.

4-6-1 فكرة فاصل الصب(Construction Joints)

هو **سطح اتصال بين خرسانة قديمة تم تصلبها وخرسانة جديدة سيتم صبها لاحقًا**، ويجب معالجته جيدًا ليعمل ككتلة واحدة.

4-6-2 خطوات تنفيذ الفواصل الصب (Construction Joints)

1-تحديد مكان الفاصل مسبقًا

- يتم تحديده في المخططات الإنشائية .
- يفضل أن يكون في أماكن :
  - أقل إجهاد إنشائي
  - أو عند نهايات العناصر (مثل منتصف البحر أو عند الأعمدة)

2-إيقاف الصب بشكل منتظم

- يتم إنهاء الصب عند مستوى أفقي أو رأسي منتظم .
- يُفضل أن يكون السطح :
  - أفقي في البلاطات
  - أو عمودي في الجدران والأعمدة

3-تجهيز السطح قبل استئناف الصب

هذه أهم مرحلة:

✔إزالة الطبقة الضعيفة(Laitance)

- باستخدام :
  - فرشاة سلكية
  - أو تخشين ميكانيكي (Chipping / Sand blasting)

✔تنظيف السطح

- إزالة :
  - الغبار
  - الزيوت
  - بقايا الخرسانة الضعيفة
- باستخدام هواء مضغوط أو ماء

4-ترطيب السطح

- يتم ترطيب الخرسانة القديمة قبل الصب الجديد .
- الهدف :
  - منع امتصاص الماء من الخرسانة الجديدة
  - تحسين التماسك

5-استخدام مادة رابطة(Bonding Agent)

- توضع مادة لاصقة مثل :
  - Latex
  - أو Epoxy
- الهدف :
  - زيادة الالتصاق بين القديم والجديد

6-استكمال الصب

- يتم صب الخرسانة الجديدة مباشرة فوق السطح المُجهز .
- مع الاهتزاز الجيد (Vibration) لضمان الدمج .

7-معالجة الفاصل بعد الصب

- يتم عمل) curing معالجة رطوبة) بشكل جيد .
- لضمان عدم حدوث انفصال أو ضعف في منطقة الفاصل .

3-6-4 أهم الأخطاء الشائعة الفواصل الصب (Construction Joints)

- عدم تنظيف السطح جيدًا
- ترك سطح أملس بدون تخشين
- عدم استخدام مادة ربط
- صب الخرسانة الجديدة على سطح جاف أو ملوث
- اختيار مكان غير مناسب للفاصل

1-5 التوصيات

1. الالتزام بالكودات والمعايير ضرورة اعتماد الكودات الهندسية المعترف بها مثل ACI 302.1Rعند تصميم الفواصل وتنفيذها .
2. تحسين عملية التصميم ,الأخذ بعين الاعتبار تأثير العوامل البيئية المختلفة، خاصة في المناطق ذات التغيرات الحرارية العالية .
3. تحديد مواقع الفواصل بناءً على التحليل الإنشائي وليس بشكل عشوائي .
4. رفع جودة التنفيذ تنفيذ فواصل الانكماش في الوقت المناسب لتجنب التشققات المبكرة .
5. استخدام مواد مانعة للتسرب ذات جودة عالية لضمان استمرارية الأداء .
6. التكامل بين التصميم والتنفيذ تعزيز التواصل بين المهندس المصمم وفريق التنفيذ لتقليل الأخطاء الميدانية .
7. إجراء المزيد من الدراسات
8. التوسع في دراسة سلوك الفواصل باستخدام تقنيات حديثة مثل النموذجة العددية .
9. تحليل أداء الفواصل في البيئات القاسية مثل المناطق الساحلية .
10. الصيانة الدورية وضع خطط صيانة منتظمة للفواصل للكشف المبكر عن أي تلف أو تسرب .
11. استخدام مواد وتقنيات حديثة دراسة إمكانية استخدام الخرسانة عالية الأداء أو المواد المضافة لتقليل الحاجة إلى الفواصل .

5-2 الخاتمة

تناول هذا البحث دراسة الفواصل الخرسانية من حيث أنواعها وأهميتها في التحكم في التشققات وتحسين الأداء الإنشائي للمنشآت الخرسانية. وقد تبيّن أن الفواصل تُعد عنصرًا أساسيًا في تصميم وتنفيذ المنشآت، إذ تساهم بشكل كبير في استيعاب التغيرات الحجمية الناتجة عن الانكماش والتمدد الحراري، مما يقلل من حدوث التشققات العشوائية ويزيد من عمر المنشأ.

كما أظهرت الدراسة أن سوء تصميم أو تنفيذ الفواصل يؤدي إلى مشاكل إنشائية متعددة، مثل تسرب المياه وضعف المتانة، حتى في حال استخدام خرسانة ذات جودة عالية. وأكدت النتائج أهمية التكامل بين التصميم الهندسي والتنفيذ الميداني وفق المعايير المعتمدة مثل ACI 224R لضمان تحقيق الأداء المطلوب.

بناءً على ذلك، فإن التعامل الصحيح مع الفواصل الخرسانية لا يقتصر على الجانب النظري، بل يتطلب دقة في التطبيق ومتابعة مستمرة خلال مراحل التنفيذ والصيانة.

5-3 المراجع

1.أبو سفاقة، فايز رائد. (2020).*تطوير السلوك المطيل للعقد الخرسانية الخارجية باستخدام الخرسانة فائقة الأداء* (رسالة ماجستير) .جامعة النجاح الوطنية، نابلس ..

2.حجاج، مصطفى. (2017).*فواصل الخرسانة وأنواعها وتأثيرها على المنشآت* (بحث تخرج) .جامعة طنطا، كلية الهندسة، قسم الهندسة المدنية.

3.قسم الهندسة المدنية. (2013). *(الفواصل في الخرسانة) (Concrete Joints)* (مذكرة تعليمية).جامعة الموصل.

4.سمادي، حازم. (2015).*الفواصل الخرسانية وأهميتها في تصميم المنشآت* .مجلة المهندسين المدنيين العرب.

5.مجلة نقطة العلمية. (2010). *فواصل الخرسانة وأثرها على سلامة المنشآت*.

6.يوسف، ولاء. (2018).*تصميم الفواصل الخرسانية في المنشآت* (محاضرات جامعية).

7.رائد، د. (2016).*فواصل الخرسانة في المباني* (محاضرة جامعية) .جامعة الموصل.

8.جامعة العلوم والتكنولوجيا. (2025). *الفواصل الإنشائية في المباني الخرسانية* (بحث أكاديمي).

9.جسار ، عبد الكريم. (2019).*فواصل الخرسانة.(Concrete Joint)*

10.بسيوني، محمد. (2016). *دراسة تحليلية للفواصل الخرسانية في المنشآت*.

11.سراج صالح اونيس & ,نسيم صالح اونيس. (2026). تاثير الاستبدال الجزئي للإسمنت البورتلاندي العادي بمسحوق مخلفات الرخام المحلي علي قابلية التشغيل و مقاومة الضغط للخرسانة .*مجلة العلوم الشاملة*. 1455-1472 ,(39)*10* ,

DOI: https://doi.org/10.65405/e05kcb69

12. عبدالرحمن محمد عوض & ,نضال عبدالسلام خلف الله. (2025). دراسة مقاومة الصدم للخرسانة الذاتية الدمك. *مجلة العلوم الشاملة*. 2518-5799 ,(35)*9* ,

https://drive.google.com/file/d/1SJb31WG3Z8WXdCteetFHnwVR3IB7D-Tq/view

13. سعاد محمد المبروك محمد. (2024). دراسة تأثير احلال مخلفات الرخام والزجاج علي مقاومة الضغط لمونة الاسمنت. *مجلة العلوم الشاملة*. 2518-5799 ,(33)*9* ,

https://drive.google.com/file/d/131EuciBLFWHHdnM8uNLH783IjvHRSs84/view

14. سمير فوزي العزابي & ,محمد عاشور عيواز . (2025). تقيم تأثير تغير الحرارة اليومية علي الخرسانة الشفافة بالألياف البصرية البلاستيكية . *مجلة العلوم الشاملة*. 2518-5799 ,(35)*9* ,

https://drive.google.com/file/d/1y6s5KzT-a8zD11VjkvPOdqBs_X7aN3GE/view

15. سعاد محمد المبروك محمد. (2025). دراسة تأثير احلال مسحوق الحجر الجيري كبديل الاسمنت علي التشغيلية و مقاومة الضغط للمونة الاسمنتية. *مجلة العلوم الشاملة*.2518-5799 ,(35)*9* ,
https://drive.google.com/file/d/1DvrP3gsWSe0kfQmyIgrqqTgJC1b6hFia/view
16.American Concrete Institute. (2014). *ACI 302.1R-15: Guide for concrete floor and slab construction*. Farmington Hills, MI: Author.
17.Portland Cement Association. (2002). *Design and control of concrete mixtures* (14th ed.). Skokie, IL: Author.
18.Concrete Construction Engineering Handbook – Edward G. Nawy. (2008). Boca Raton, FL: CRC Press.
19.Reinforced Concrete: Mechanics and Design – James K. Wight & James G. MacGregor. (2012). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
20.British Standards Institution. (2015). *BS EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of concrete structures*. London: Author.
21.Federal Highway Administration. (2006). *Design and construction of joints for concrete pavements*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
22.National Ready Mixed Concrete Association. (2010). *Concrete in practice: What are joints in concrete?* Silver Spring, MD: Author.
23.Building Construction Handbook – Roy Chudley & Roger Greeno. (2016). Routledge.
24.American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *AASHTO LRFD bridge design specifications*. Washington, DC: Author.