المفاصل

Joints

اعداد البحث:

المهندس / ئالان كمال عبدالله

الفواصل في المنشآت المدنية (Joints in Civil Structures):

يهمل البعض أو ينسى أهمية الفواصل بالخرسانة، وقد يسبب هذا التناسي أو الاهمال اظرارا بالمباني وتحدث تصدعات وتشققات كان بالامكان تداركها ومنعها من الحدوث أو معالجتها ان حدثت. ويمكن تصنيف أنواع فواصل الخرسانة (Concrete Joints) على النحو التالي:

1. فواصل التمدد (Expansion Joints):

الغرض من عمل فواصل التمدد للمباني والمنشآت الخرسانية هو التحكم في الشقوق التي تحدث للخرسانة ولخفض مقاومة التمدد والتقلص فيها نتيجةً لعوامل الطبيعة وتأثير البيئة. ويجب اختيار الأماكن المناسبة لفواصل التمدد الرأسية في المباني والتي من الممكن أن تظهر فيها الشروخ بسبب قوة الشد الافقية (Horizontal Stress)، وتحدد المسافة بين فاصل التمدد وآخر بناءاًعلى توقع تمدد حائط مبنى أو جزء منه ومقاومة تصميم الحائط لقوة الشد الافقية وأماكن تواجد الفتحات في الحائط، والأبواب، والشبابيك...الخ. ان مكان وضع الفواصل التمددية في الأرضيات الخرسانية اما أن تكون محيط صب خرساني أرضية، أو حول الأعمدة الخرسانية (كما في الشكل التالي) أو حول اسس المكائن (Machine Foundation) وذلك لعزل السقف عن بقية الاجزاء الخرسانية الأخرى أو حسب ما يضعه المصمم للتحكم في الشقوق التي تحدث في الخرسانة.

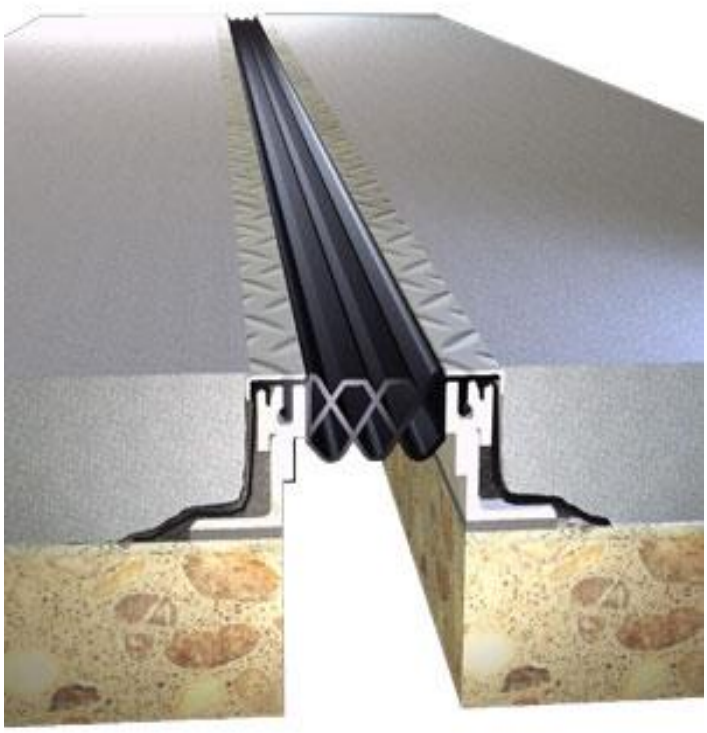
تنص المواصفات المختلفة على ضرورة عمل فواصل التمدد للمنشآت الخرسانية وذلك حسب موقع المنشأ، فعندما يكون المكان حارا وتكون درجة التغيير في درجات الحرارة ما بين النهار والليل كبيرة فاءن هذه المسافة تقل والعكس بالعكس فهي ممكن ان تكبر اذا كانت فرق درجات الحرارة التي يتعرض لها المنشأ غير كبير. وعموما فاءن أقصى مسافة يمكن أن تكون بدون فواصل ما بين 25 متراً وأربعين متراً. أما اذا زادت المسافة عن ذلك، لزم اما عمل فاصل التمدد أو حساب الاجهادات الثانوية المتولدة في المنشأ تنيجة فرق درجات الحرارة. ويوجد أبنية متعددة الطوابق صممت وكان عرض الابنية 35 الى 40 مترا وطوله 60 مترا بدون فواصل تمدد، حيث ان المصمم يقوم بحساب الاجهادات الثانوية المتولدة في المنشأ تنيجة فرق درجات الحرارة. ويمكن أن تحسب هذه الاجهادات عن طريق البرامج الحديثة مثل الساب وباعتبار أن فرق درجة الحرارة المتعرض لها المبنى يتراوح ما بين 15 درجة الى 25 درجة مئوية لتحصل على ناتئج معقولة، أما اذا كنت لا تعلم فرق درجات الحرارة فيجب اللجوء الى الهيئات الخاصة برصد الطقس لمعرفة هذه المعلومات. وهناك سؤال يتردد كثيرا الا وهو (هل ان الاجهادات المتولدة في المنشأ نتيجة فرق درجات الحرارة ممكن أن تعالج بالتسليح للمقاطع المختلفة للمنشأ أو ماذا؟؟)

الجواب هو من الضروري توضيح كيفية مقاومة الاجهادات والتي تختلف باءختلاف العنصر الذي يتم دراسته. فلو كان هناك سقف أخير بمبنى ونريد ان ندرس تأثير زيادة درجة حرارته 20 درجة عن السقف الذي اسفل منه (نتيجة تعرضه المباشر لأشعة الشمس مثلا) فسنجد ان السقف سيتمدد افقيا في الاتجاهين الأفقي و الرأسي (في مستوى السقف) ولايتأثر عموديا. وتكون نتيجة هذا التمدد أن الاعمدة الجانبية تحدث لها ازاحة بمقدار بُعد العمود عن مركز السقف. فلو اعتبرنا ان السقف سيتمدد بمقدار 4 سنتيمتر نتيجة فرق درجة الحرارة فسيحدث ازاحة أفقية للأعمدة الجانبية بمقدار 2 سنتيمتر والأعمدة الداخلية تكون ازاحتها أقل الى ان نصل الى منتصف السقف والذي لايعاني أي ازاحة. لذلك فسنجد ان هناك عزوما تولّدت في الأعمدة نتيجة عدم مركزية الأحمال ونتيجة الأزاحة بالاضافة الى قوى قص (Shear Force) وبالطبع فاءن هذه العزوم تقاوم بزيادة التسليح سواءا في الاعمدة (Columns) أو العتبات (Beams) او أرضية السقف. ويجب ملاحظة ان أعمدة الركن تكون أكثر تأثيرا من غيرها حيث تحدث لها ازاحة في الاتجاهين الافقي والرأسي (أي في مستوى السقف) مما يعرضها الى عزوم مزدوجة تحتاج الى قطاع أكبر وحديد تسليح مناسب ليقاومها. بصورة عامة فاءن عرض فاصل التمدد 2سم والمسافة الأفقية في المباني الخرسانية تتراوح بين 40 الى 60م مع مراعاة عمل فواصل اخرى في أجزاء المبنى الغير متكافئة في الوزن، والبعد الافقي بين فاصل تمدد وآخر للأسوار المستمرة 12مترا علما بانه أثناء تصميم المنشأ يجب مراعاة تأثير التغيرات الحرارية والرطوبة والانكماش للخرسانة عند تصميم المنشأ.

ان طريقة مليء الفواصل التمددية بمواد مرنة مثل البولي سلفايد مهمة جدا لضمان التمدد والتقلص ضمن الحد المسموح ولمنع دخول الرطوبة والاتربة والحشرات الى داخل المفاصل، وان اسلوب مليء الفواصل موَضحة في جميع المواصفات العالمية و منها

(B.S EN ISO 11600 F25LM), (B.S EN ISO 11600 F/G 20 LM)

.(B.S 5212 1990 type FB Including type N&F), (B.S EN 4254:1983)



1-1 استخدامات فواصل التمدد والانكماش:

1- تستخدم في النباني ذات المساحات الكبيرة .

2-تستخدم في المباني المتواجدة في المناطق التي يحدث بها تغيرات كبيرة في درجات الحرارة، ويتم عمل فواصل التمدد والانكماش في المباني بغرض إتاحة الفرصة لحدوث تمدد وانكماش لأجزائها، تبعا للتغيرات الطبيعية التي تحدث في حرارة الجو، دون حدوث شروخ بالمبنى، وتمتد فواصل التمدد والانكماش من أسفل المبنى إلى أعلاه إلا أنها تبدأ من فوق الأساسات أى أن أساس المبنى ليس به فاصل وهذا هو الفرق بين فواصل التمدد والانكماش وفواصل الهبوط ، ويكون سمك الفاصل حوالي 2 سم الى 5 سم (حسب التصميم).

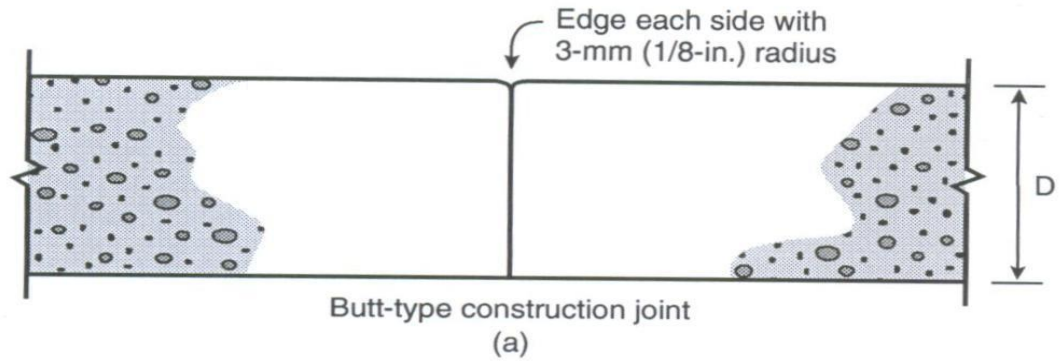
2-فواصل الصب - المفاصل الانشائية (Construction Joints):

هو الفاصل الناتج عن صبتين متجاورتين للخرسانة، ويتوجب عمله بسبب عدم الصب بعملية مستمرة ومضي فترة زمنية بين عملية الصب. ويجب عمل فاصل الصب للخرسانة في أماكن القص الأقل (Minimum Shear) سواء كان ذلك للبلاطات أو الجسور أو الارضيات....

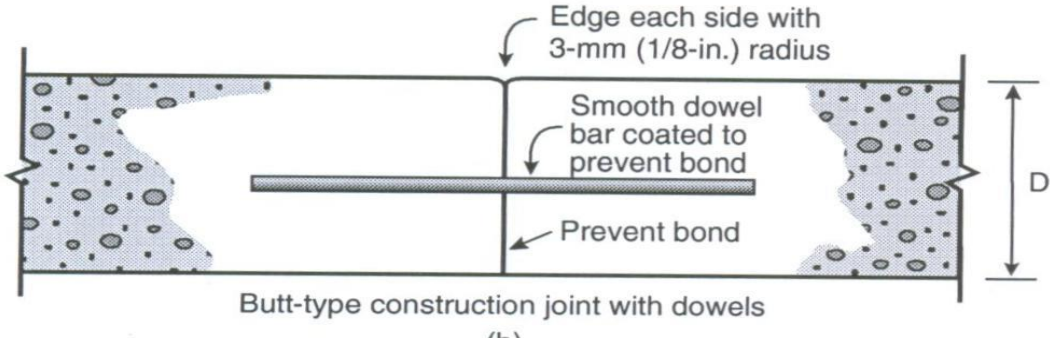
وفاصل الصب الحقيقي والهندسي يجب ان يتم بربط الخرسانة القديمة مع الخرسانة الحديثة بواسطة مادة رابطة مثل الايبوكسي الخاص بهذا النوع من الربط، لمنع حدوث أي حركة في هذا المفصل.

وعادة يستخدم قضبان حديدية محززة (Deformed Tie Bars) في المفاصل الانشائية لمنع الحـركـة. وفي بعـض الحـالات تـعمـل فواصـل الصـب عـمـل فواصل السيطرة (Contraction Joints)، كـمثـال علـى ذلـك؛ ففـي أرضـيات الطـوابـق الارضـيـة (Floors in the Ground Floor) فاءن الفواصل الانشائية يكون عادة ملامسة للاعمدة (Columns) وبالتالي تعمل عمل فواصل السيطرة.

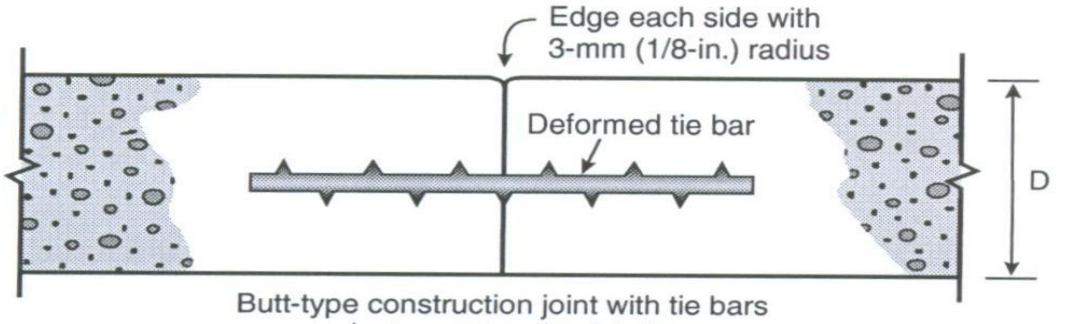
في الفواصل الانشائية التي تحدث في الجدران، يجب ان تكون عمل هذه المفاصل افقية حد الامكان، وبعد ازالة القوالب يتم معالجة مكان المفصل بواسطة مادة ايبوكسية لمنع نفاذ الماء والرطوبة وحدوث مشكلة صدأ حديد التسليح (Corossion of Steel) او مشكلة نضوح الماء (Leakage) الى داخل المنشأ.



Butt-type construction joint
(a)



Butt-type construction joint with dowels
(b)



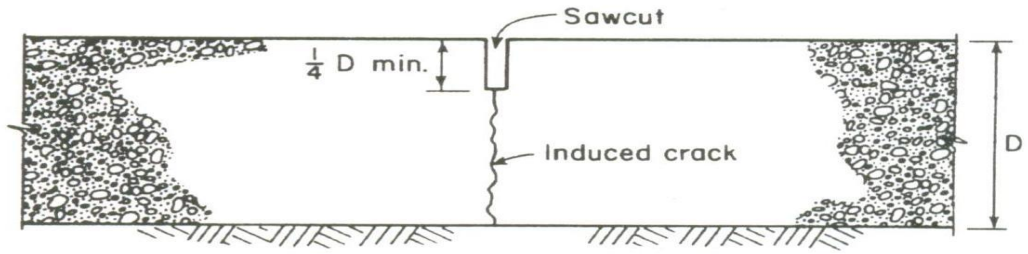
Butt-type construction joint with tie bars
(not a contraction joint)
(c)

2. فواصل السيطرة- فواصل التحكم (Contraction, Control-Joints):

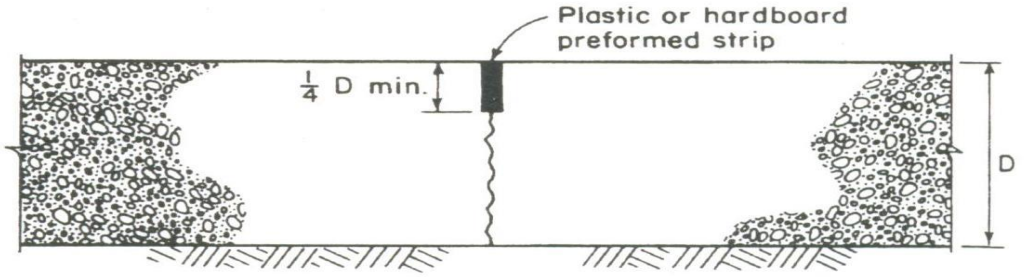
الغرض منها السماح للخرسانة بالانضغاط ومنع حدوث تشققات ناتجة عن انكماش الخرسانة بسبب التغيير الحراري ويتم عملها لبلاطات الارضية لتسمح بتمدد البلاطة الافقي ولاتسمح بالهبوط.

ان فواصل التحكم تسيطر على التشققات بواسطة خلق اماكن ضعيفة في السقف (By Creation of Weak Places in the Slab) وتوجيه الاجهادات الى هذه الأماكن، لذلك فان التشققات تحدث في هذه الأماكن الضعيفة بدلا من حدوثها عشوائيا.

- يمكن عمل فواصل التحكم بواسطة اليد وذلك بجعل حزوز في الخرسانة الطرية.
- وكذلك يمكن عمل فواصل التحكم بواسطة منشار القطع، وهي الطريقة الأكثر شيوعا في أعمال الهندسة المدنية وهندسة الطرق.
- عند استخدام منشار القطع لعمل فواصل السيطرة، يُفَضل ان يكون كل العمل خلال 24 ساعة من وقت الصب.
- وهناك طرق اخرى لعمل فواصل التحكم مثل استخدام شرائط بلاستيكية مصنوعة خصيصا لهذا الغرض، أو استخدام شرائط معدنية أو قطع خشبية...الخ
- انظر الى الشكل التالي لتوضيح الية عمل فواصل السيطرة.



Sawed contraction joint



Premolded insert contraction joint

- من الضروري ملئ فواصل السيطرة بمواد مالئة (Joint Sealant) مثل البولي سلفيد.
- في حال تطبيق الكاشي على الارضية، فانها لا تحتاج الى وجود فواصل السيطرة وانما نكتفي بوجود الفواصل التمددية (Expansion Joints) فقط.
- ان موقع وابعاد فواصل السيطرة يجب تحديدها في المخططات من قبل المصمم اما اذا لم يكن هنالك مخططات ومواصفات معينة، فيجب اتباع القوانين التالية:

أ. عمق المفصل = $\frac{1}{4}$ * سمك الصبة الخرسانية ، كما كان موضوحا في الشكل أعلاه

ب. المسافة بين مفصلين (بالفوت) = 3*(سمك السقف (بالانج))

Joint Spacing (foot) = 3*(Slab Thickness (inch))

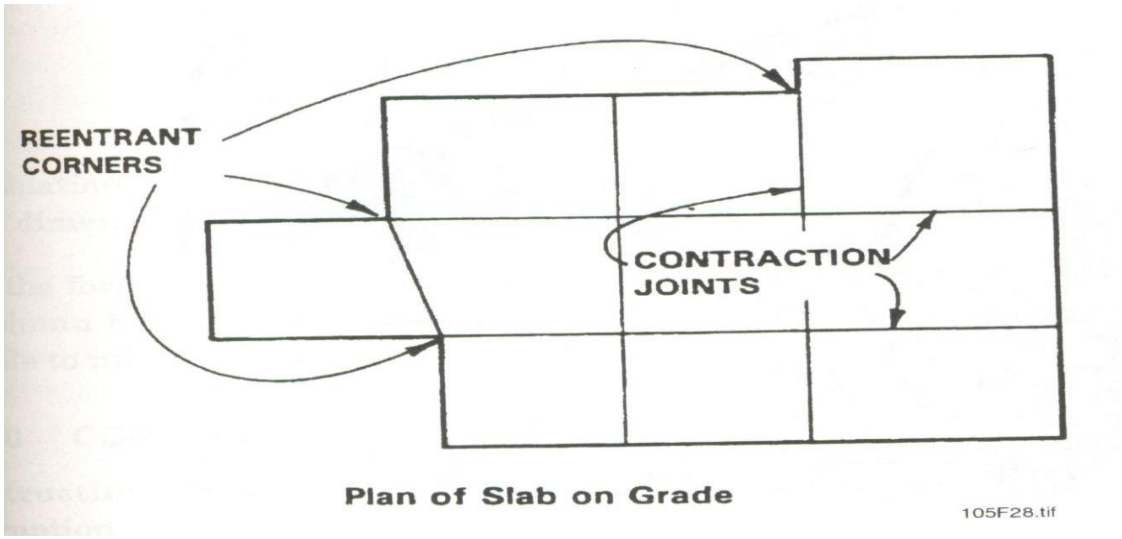
على فرض ان سمك الصب = 20سم، أي = 8 انج

Joint Spacing (foot) = 3*8= 24ft

- اما اذا كانت المساحة كبيرة وعليها اجهادات وأوزان متحركة (Moving Loads) فمن الأفضل استخدام مسافات أقل وذلك باستخدام القانون التالي:

Joint Spacing (foot) = 2*(Slab Thickness (inch))

- ان المقاطع المتكونة (Panel Forms) بواسطة هذه الفواصل يجب ان تكون قريبة للشكل المربع متجنبا المقاطع الطويلة والمقاطع التي تكون على شكل حرف(L) (L-shaped Panels).
- يجب ان لايكون المقطع باتجاه الطول أكبر من 1,5مرة من الاتجاه القصير.
- يجب ان تكون الفواصل مستمرة وبدون انقطاع.
- يجب ان تكون الفواصل في الزوايا المنكسرة (Re-entrant Corners) كما موضوح في الشكل التالي وبذلك تتجنب التشققات العشوائية في هذه النقاط.



3. فواصل الهبوط (Settlement Joints):

الغرض من هذا النوع من الفواصل هو حماية المباني من الهبوط الحاصل في التربة والتي تسبب ازاحة رأسية (Vertical Displacement) وتكون في الأماكن أو أجزاء المبنى الغير متكافئة بالوزن أو أماكن حدوث الهبوط ويجب أن تعمل بفاصل وقاطعا طول المبنى بأكمله.

- سمك الفاصل = 2سم.
- يبدأ الفصل من الاساسات وينتهي في أعلى السقف مرورا بجميع الأدوار.
- يجب اخذ الاحتياطات عند التصميم لعوامل الرطوبة والندى الذي قد يتكون داخل هذه الفواصل ، لذلك يتم معالجتها بملئها بمواد البولي سلفايد بحسب اختيارات المهندس المختص.

4. فواصل العزل (Isolation Joints):

تسمح بالتمدد الافقي البسيط الناتج عن انكماش الارضيات او الاساسات او الحوائط، كما انها تسمح بالتمدد الرأسي عند حدوث هبوط بالتربة ومن المهم ان لاتحتوي اي نوع من انواع التسليح.

1-4 **استخدامات فواصل العزل :**

1- في حالة وجود بلاطات خرسانية توضع عليها ماكينات ثقيلة تحدث اهتزازات في المصانع أو الورش.
2- لفصل البلاطات الخرسانية عن الاجزاء المحيطة بها للسماح لها بالهبوط .

5. فواصل تخفيف الضغط (Pressure Relieving Joints):

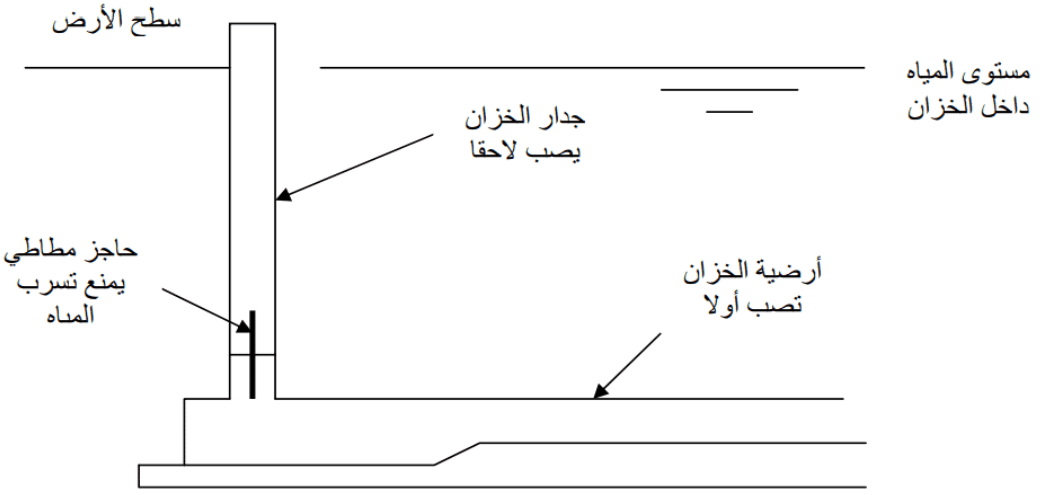
هذه الفواصل خاصة بالتمدد الافقي في المنشآت الاطارية التي تعمل فيها تكسية للحوائط او الحوائط الستائرية، وتهدف الى تخفيف الضغط على الكسوة، وتظهر واضحة في تكسيات الحوائط مثل الرخام وأحجار الحلان..... الخ والحوائط المفرغة وقواطع الكناوف و قواطع السمنت (Cement Board).

6. الفواصل الزلزالية (Seismic Joints):

- الغرض من هذه الفواصل هو تقليل مخاطر الزلزال على المنشأ.
- تعمل هذه الفواصل بين أجزاء المباني الجديدة (بهدف تحقيق التماثل أو أي أسباب انشائية اخرى) أو بين المباني القديمة القائمة والجديدة.
- سواء كانت في اجزاء المباني الحديثة او بين المباني القديمة والحديثة، فيجب في كلتا الحالتين تأمين مسافة كافية لعرض الفاصل الزلزالي والتي تكون لها علاقة بارتفاع المبنى ونوع
- النظام الأنشائي المستخدم وذلك تجنبا لتصادم المبنيين أو جزئي المبنى المتجاورين.

7- فواصل منع تسرب المياه :

فواصل منع تسرب المياه هي شرائط مطاطية تمنع تسرب الماء توضع عند عمل فواصل الصب بين أرضيات وجدران خزانات المياه أو حمامات السباحة (انظر الشكل التالي) :



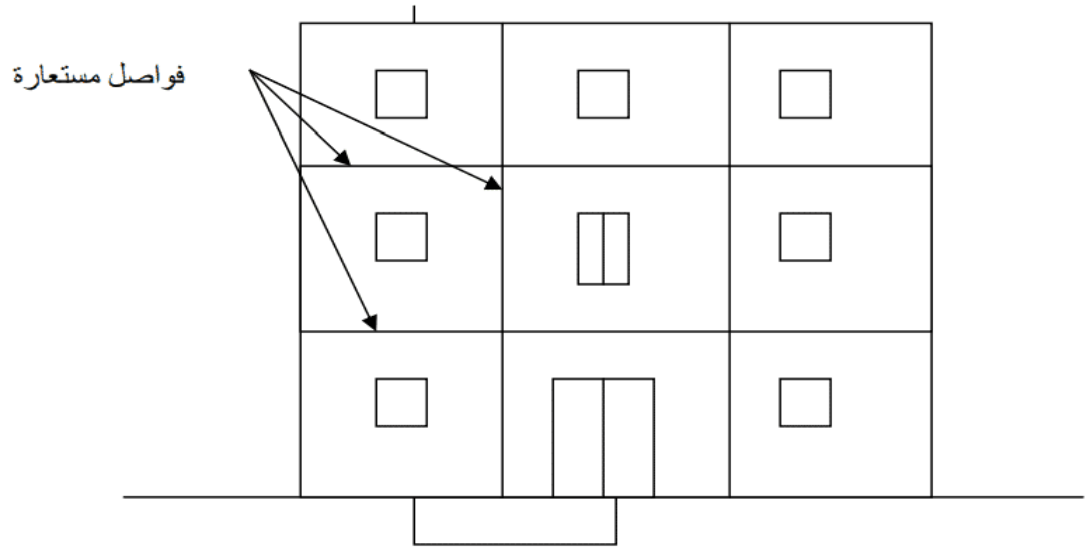
1-7 استخدامات فواصل منع تسرب المياه :

وضع في منطقة فاصل الصب بين أرضيات وحوائط خزانات المياه و حامات السباحة لأن منطقة فاصل الصب تعتبر نقطة ضعف في جسم المنشأ يمكن تسرب المياه منها وبوضع هذا الفاصل يتم منع هذا التسرب.

عند تنفيذ خزانات المياه أو حامات السباحة يتم عمل الأرضيات الخرسانية أولا، ثم يتبع ذلك عمل الحوائط الخرسانية فلا بد من وجود فاصل صب بين الأرضيات والحوائط لذا يلزم وضع فواصل منع تسرب المياه في هذه المنطقة.

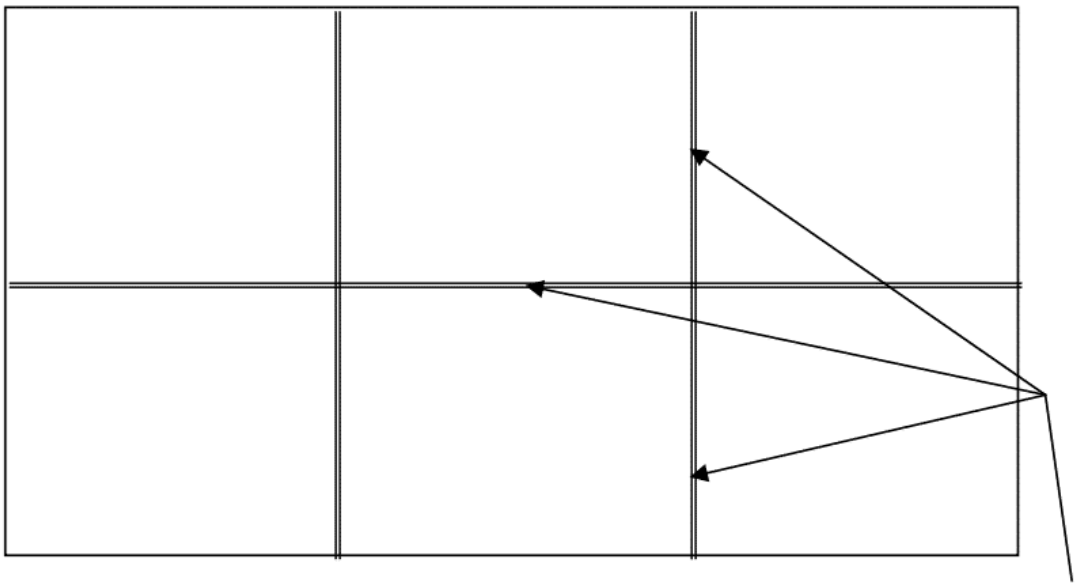
8- الفواصل المستعارة : لفواصل المستعارة هي فواصل معمارية في طبقة اللياسة الخارجية أو طبقة الخرسانة الخارجية تعطي نفس منظر الفواصل الإنشائية.

1-8 استخدامات الفواصل المستعارة: تستخدم لاحداث تأثير معمارى فقط على الشكل الخارجي للمبنى في حالة الحاجة معماريا لتكرار منظر أو شكل معين، ويتم عملها بوضع باكيته خشب بنفس سمك الفاصل الإنشائي في المكان المراد عملها به سواء في اللياسة أو الخرسانة ثم تسحب بعد تصلب اللياسة أو الخرسانة فتترك مكانها فارغا يمثل الفاصل المستعار.



9-فواصل بلاطات الارضيات :

فواصل بلاطات الأرضيات هي فواصل يتم عملها عند تغطية الأرضيات ببلاطات خرسانية بحيث تقسم الأرضية إلى مربعات. (انظر الى شكل المسقط الأفقي لفواصل الصب في بلاطات الارضيات):



فواصل بلاطات

1-9 استخدامات فواصل بلاطات الارضيات :

1- في ارضيات الورش والمصانع والمخازن .
2- في الرصف غير المرن للطرق (رصف الطرق بالبلاطات الخرسانية).
3- فواصل بلاطات الأرضيات نلجأ إليها عند تغطية الأرضيات ببلاطات خرسانية لمسطحات كبيرة فيتم تقسيم المسطح إلى مربعات أو مستطيلات بأبعاد منتظمة بحيث لا تزيد مساحة البلاطة الواحدة عن 60 متراً مربعاً، وتترك مسافة بين البلاطات في حدود 1.50 سم تملأ بمادة مرنة تسمح بحدوث تمدد أو انكماش في البلاطات دون حدوث شروخ بها، وكذلك تنفذ هذه الفواصل بحيث لا تسمح بحدوث هبوط نسبي بين البلاطات المتجاورة.

** انواع مواد ملىء الفواصل الانشائية :

1-مواد بولي يوريثانية فائقة اللدونة .

2- مواد بولي يوريثانية مشبعة بالبيتومين .

3- مواد بولي يوريثانية مشبعة بقار الفحم .

4- مواد بولي سولفيدية .

5- شرائط من اللدائن .

6- المطاط الاسفنجي المشبع بالبولي يوريثين العالي اللدونة .

**** خواص مواد ملىء المفاصل :**

1- المرونة : لابد أن تكون مواد ملء الفواصل مرنة لتتحمل التمدد والانكماش.
2- الصلابة : لابد أن تكون مواد ملء الفواصل صلبة بحيث لا تسبيل من الفواصل وتتحمل الأحمال المؤثرة عليها.
3- مقاومة التاكل : لابد أن تكون مواد ملء الفواصل مقاومة للتآكل والبري بحيث تتحمل الحركة فوقها (وخاصة في فواصل الأرضيات).
4- المقاومة الكيميائية : لابد أن تتحمل مواد ملء الفواصل تأثيرات المواد الكيميائية وخاصة الكبريتات والأملاح.
5- مقاومة التغييرات القاسية في درجات الحرارة :لابد ان تكون ذات تحمل عالي للتغييرات المناخية القاسية او التغييرات التي تحصل بين المواسم .

المصادر

References

1- Mindess S. and Young F., "Concrete" Civil Engineering Mechanics Series, USA, New Jersey, (1981).

2- Neville A.M., "Properties of Concrete ", Pitman Publishing, Fourth and Final Edition, London, (2002).

3-Shetty M.S., " Concrete Technology: Theory and Practice ", College of Military Engineering, Published by S. Chand & Company Ltd., Ram Nagar, India, New Delhi,(1982).

4- مؤيد نوري الخلف، هناء عبد يوسف "تكنلوجيا الخرسانة" وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقي, الجامعة التكنلوجية، قسم هندسة البناء والأنشاءات.

5- ارتين ليفون , زهير ساكو" انشاء المباني ", جامعة بغداد، كلية الهندسة، القسم المدني