

الفصل الأول

المقدمة

١-١- عام

المفاصل (joints) ضرورية في المنشآت الخرسانية لعدة أسباب. قد لا يمكن صب جميع الخرسانة في منشأ معين بشكل متواصل، لذلك يتكون المفاصل الإنشائية التي تسمح بتواصل العمل بعد فترة من الزمن. لما كانت الخرسانة تعاني التغيرات الحجمية، خصوصاً ما يتعلق بالانكماش والتغيرات الحرارية، كان من المستحسن عمل المفاصل التي تحرر إجهادات الشد والضغط المتولدة في المنشأ. لذلك من الضروري استخدام أنواع من المفاصل في معظم المنشآت الخرسانية ولأجل أن يؤدي المفصل دوره الذي أنشأ من أجله بشكل كفوء يجب أن يتم اختيار المكان الصحيح للمفصل^(٣٨).

٢-١- أنواع المفاصل

قبل معرفة كيفية تقسيم وتعريف المفاصل من المهم معرفة سبب الحاجة إلى المفاصل . الأسباب الأربعة الأساسية الذي تتطلب وجود المفاصل هي :

- العضو أو المنشأ لا يمكن أن ينشأ بشكل وحدة كاملة في عملية صب واحدة للخرسانة .
- العضو يجب أن يكون ذو حجم محدود بحيث يمكن نقله بالرافعات ، إلخ .
- العضو أو المنشأ على أحد جانبي المفصل يتطلب أن يتحرك بالنسبة للجانب الآخر .
- فرضيات التصميم للمنشأ أو البنية أحياناً تتطلب أن يكون المفصل في نقطة معينة لتسهيل التحليل .

هناك اختلاف رئيسي في أغراض ومتطلبات المفاصل . على سبيل المثال ، المفاصل المنشأة للسبب الأول تسمى "المفاصل الإنشائية" بينما المنشأة للأسباب الثلاثة الأخرى يسمى "مفاصل العزل" . يمكن تقسيم المفاصل بشكل واسع إلى نوعين رئيسيين ، وهما ، المفاصل الوظيفية والمفاصل الإنشائية^(٣١) .

١-٢-١ - المفاصل الوظيفية

هذه المفاصل ضرورية في المنشآت الخرسانية لأن الخرسانة تتمدد وتنكمش مع التغيرات في المحتوى الرطوبي ودرجة الحرارة . أكثر الأحيان هناك محاولة للأنكماش وهذا يسبب حدوث التشققات في عمر مبكر . التشققات الغير منتظمة غير مرئية ويصعب صيانتها لكن عموماً لا يؤثر على كمال الخرسانة. يمكن تقسيم المفاصل الوظيفية إلى مفاصل التمدد ومفاصل التقلص^(٣١).

١-٢-٢ - المفاصل الإنشائية

المفاصل الإنشائية عبارة عن أماكن التوقف في عملية صب الخرسانة، وهي مطلوبة لأنه لا يمكن أن تصب الخرسانة بشكل مستمر. إلا في حالات المنشآت الصغيرة التي تبنى بقوالب خاصة. إذا حدث انقطاع في عملية صب الخرسانة لمدة أكثر من زمن التجمد الابتدائي للخرسانة، فإن المفصل يجب أن يعامل كمفصل إنشائي.

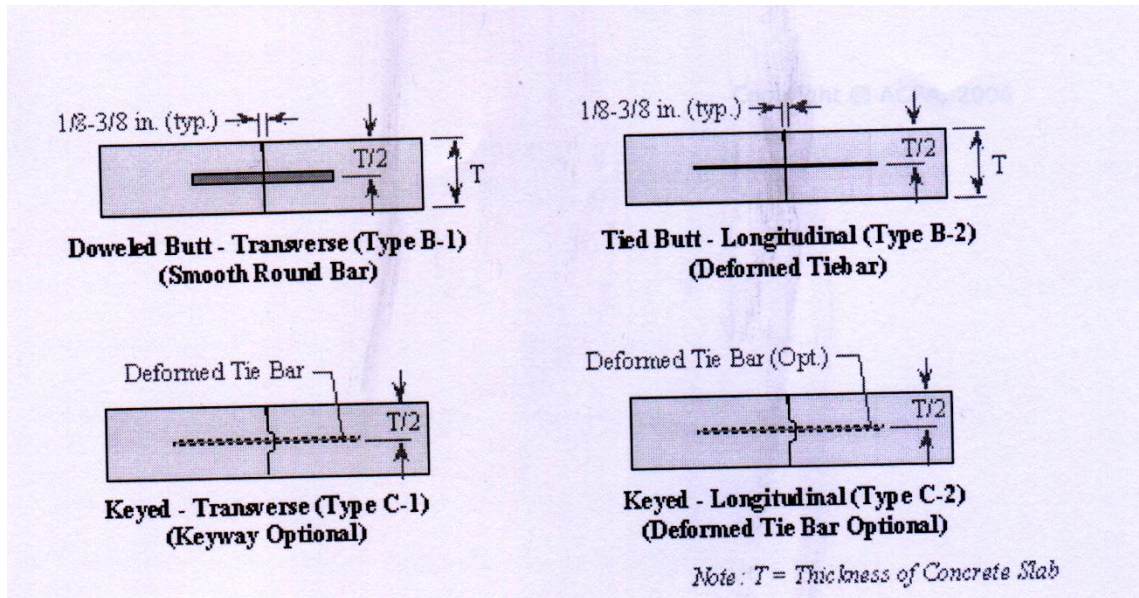
عموماً ، يمكن تقسيم المفاصل الإنشائية اعتماداً على مستوى المفصل الإنشائي إلى أربعة أقسام : المفاصل الأفقية والعمودية والطولية والعرضية. في العتبات، توجد المفاصل العمودية والأفقية . بينما في الأعمدة والمنشآت الخرسانية المتكونة من كتل كبيرة وعالية فتوجد المفاصل الأفقية فقط. أما المفاصل الطولية والعرضية فهي أكثر شيوعاً في السقوف وسطح الجسور والطرق والأنفاق.

أهم ما يجب مراعاته في إنشاء المفاصل هو تأمين نقل قوة القص وأستمرارية الأنتناء (flexural continuity) بشكل كافي خلال المفصل . أستمروية الأنتناء يتحقق بعبور التسليح خلال المفصل ، أما نقل قوة القص فيتحقق بواسطة الاحتكاك بين الخرسانة القديمة والجديدة أو الفعل الوتدي (dowel action) لحديد التسليح خلال المفصل^(٣١) . المفاصل الإنشائية يمكن أن يوضع في الأماكن الآتية :

١- في العتبات والسقوف : الموقع المفضل للمفاصل الإنشائية في هذه الأعضاء هو عند نقطة ذات القيمة الأدنى للقص أو نقطة انقلاب الأنتناء (contraflexure) . هذه المفاصل يجب أن يوضع عمودياً على اتجاه التسليح الرئيسي لأن المفصل الأفقي في الأعتاب والروافد غير موصل به .

٢- في الأعمدة والجدران : قوة القص والانحناء يجب أن تنتقل عند المفصل في الأعمدة والجدران كما هو الحال في العتبات والسقوف . التسليح يجب أن يستمر عبر المفصل ، وبطول كافي لضمان الترابط بين الأجزاء . إذا كان المفصل متعرضاً إلى قوة قص جانبية ، يجب أن يتم انتقال الحمل عن طريق احتكاك القص (shear friction) والفعل الوتدي (dowel action).

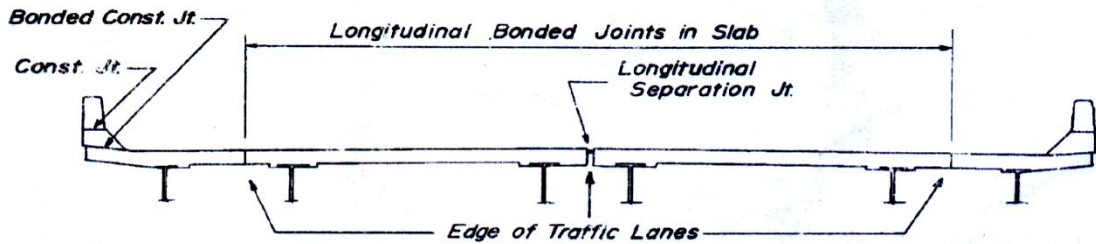
٣- في أعمال التبليط : كما هو الحال في المنشآت الأخرى وجود المفصل المناسب لخرسانة التبليط يضمن الإستيعابية الإنشائية ونوعية الربط بين الأجزاء . المفاصل الإنشائية تربط خرسانتين مبلطتين في وقتين مختلفين. من الضروري استخدام المفاصل الإنشائية العرضية في نهاية القطعة المبلطة أو عند صب منطقة التقاطع مع الطرق المفترقة أو العتبات. المفاصل الإنشائية الطولية تربط بين الممرات (lanes) المبلطة في أوقات مختلفة. أولربط الممر مع الأرصفة والممرات الملحقة. الشكل (٣.١) يوضح تفاصيل وأبعاد مختلف أنواع المفاصل الإنشائية .



شكل (١-١) أنواع مختلفة من المفاصل الإنشائية مع أبعادها في أعمال التبليط

٤- في الجسور : المفاصل الإنشائية في سطح الجسر كالذي يوجد في الشكل (٢-١) أمر لابد منه . قد يتطلب وجود المفاصل الإنشائية في الأسوار أو المماشي الجانبية أو سطح الجسر. في سقف الجسر قد يتطلب وجود المفاصل الطولية والعرضية .

المفاصل الإنشائية الطولية المبينة في الشكل (٢-١) قد تستخدم، لكن في مواقع محددة. المفاصل توضع عادة في الحافة الخارجية، وإذا أمكن، يجب أن تلتقي مع حواف التبليط المجاور. لا يجوز أن يوضع المفاصل في الحافة الخارجية للتبليط المجاور إلا في حالة الجسور الواسعة السطح عندما يكون المفصل الإنشائي الطولي عند حافة ممر وسطي لحركة المرو. بالإضافة إلى ذلك، فإن المفصل الإنشائي الطولي يجب أن لا يعبر عبر أمتداد العتبة. يجب الأخذ بأعتبارات خاصة عند وضع حديد التسليح الطولي بالنسبة للمفصل الإنشائي الطولي .



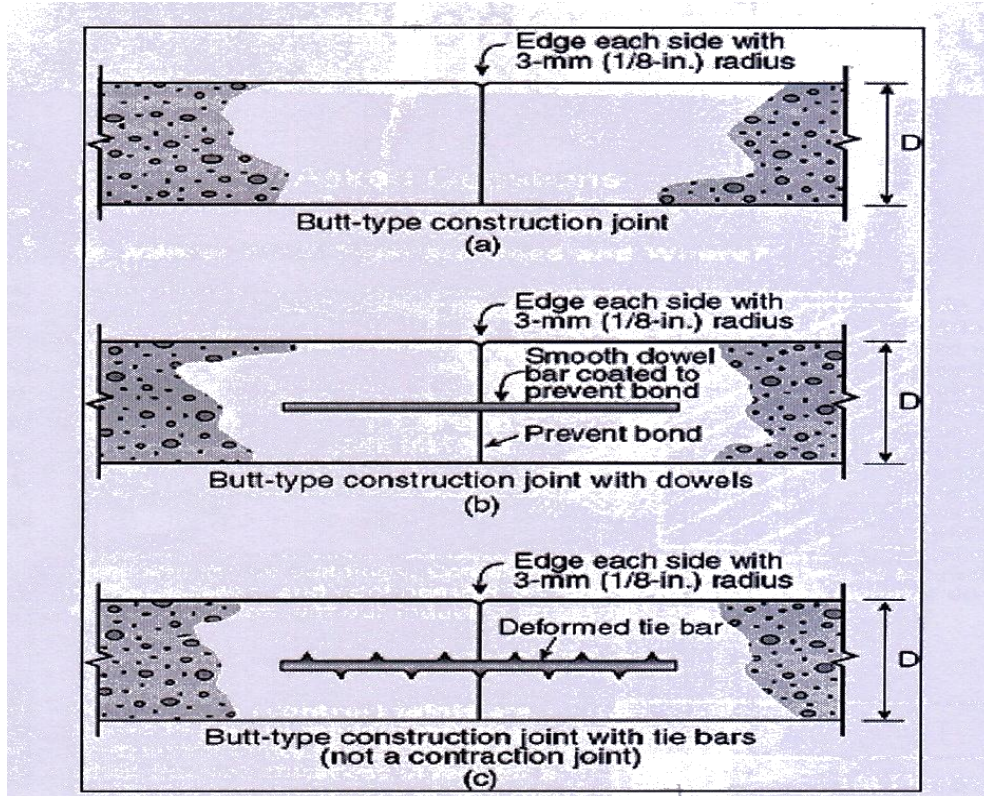
شكل (٢-١) تفاصيل المفاصل الإنشائية الطولية في الجسر

٥- في البلاطات الأرضية :

المفاصل الإنشائية في البلاطات الأرضية عبارة عن السطوح التي فيها تلتقي خرسانتين مصبوبتين على التوالي . عادة يوضع في نهاية العمل اليومي ، لكن قد يتطلب عندما يتوقف صب الخرسانة لمدة تفوق زمن التجمد الابتدائي للخرسانة . في البلاطات يتم تصميمه بحيث يسمح بالحركة و / أو نقل الحمل . موقع المفصل الإنشائي يجب أن يخطط له . قد يكون من

المرغوب تحقيق التلاصق و الاستمرارية في نقل الحمل ، فيجعل حديد التسليح مستمراً خلال المفصل الإنشائي .

الشكل (٣-١) يبين مختلف أنواع المفاصل الإنشائية مع مختلف أنواع الأوتاد .



شكل (٣-١) أنواع مختلفة من المفاصل الإنشائية في السقف على المدرجات

٦- في منشآت حجز السوائل : موقع المفاصل الإنشائية في هذه المنشآت يجب ان يحدد من قبل المصمم ويجب تأمين الاستمرارية الإنشائية في التصميم. هذا يعني أن الخرسانة عند المفصل يجب أن تتلاصق بشكل جيد بجعل السطح المجاور للصب خشناً لأجل زيادة قوة التلاصق وتداخل الركام. غشاء الخرسانة (laitance) يجب أن يزال بتسليط بثق من الماء، لكن إذا كان سطح المفصل قد تصلب ، فان الغشاء يجب أن يزال بدفع الرمل (sand push) أو بواسطة أداة تخديش.

٧- في الكتل الخرسانية الكبيرة : في المشاريع الخرسانية الضخمة كالسدود يتطلب تصميم وإنشاء المفاصل الإنشائية الأفقية . هذه المفاصل يجب أن تعمل بشكل تام ويلصق الجزأين مع بعضهما بحيث يتصرف كامل المشروع كجزء واحد .

المفاصل الإنشائية الأفقية توضع في المنشآت الخرسانية الضخمة لتقسيم المنشأ إلى وحدات تشغيلية مناسبة. أو للسماح بتنصيب الفقرات المدفونة . المسافة بين المفاصل الإنشائية المتعددة في المنشآت الخرسانية الضخمة يحكمها حجم ونوع المنشأ. الاعتبارات الأخرى هو حجم الخرسانة الممكن صبها، والمناخ السائد أثناء الإنشاء، وبرنامج الإنشاء المطلوب، ومتطلبات السيطرة على الحرارة.

المسافة العمودية بين المفاصل الإنشائية عموماً تتراوح بين (١.٥ م و ٢.٥ م) للسدود الثقالية (gravity dams) و (٣م) أو أكثر للسدود المقوسة، والدعامات، والأكتاف (abutments). إعداد المفصل الإنشائي بشكل متقن قبل صب الخرسانة الطرية على سطح المفصل الإنشائي ضروري لأجل ضمان تكامل المنشأ الخرساني . هناك عدة طرق لإعداد المفاصل الإنشائية، تتضمن الحفر أثناء طراوة الخرسانة، أو دفع بالرمل، أو تسليط بثق ماء بضغط عالي^(٥).

٣-١- الحمل الصدمي

١-٣-١- عام

الحمل الصدمي هو نتيجة تصادم بين جسمين الذي يحدث في فترة زمنية صغيرة جداً. واحد من الجسمين له سرعة ابتدائية عالية يرتطم بالجسم الآخر في موقع معين. ويتولد قوى كبيرة. هذه الاحمال تحدث بتردد غير منتظم في حياة المنشأ^(١٩).

كل منشأ يتعرض أثناء مدة حياته إلى أنواع كثيرة من الاحمال الصدمية منها ما هو صغير في الحجم والمقدار بحيث لا يؤخذ بنظر الاعتبار، حيث إن مجرد ركض شخص على سطح منشأ ما يعتبر حملاً صدمياً أو سقوط حافة من يد الإنسان وغير ذلك من الأمثلة على الاحمال الصدمية البسيطة الذي قد لا يؤخذ بنظر الاعتبار في الحسابات التصميمية. وبعض الآخر يكون ذو قيمة يمكن أخذه في الحسبان كالحوادث الكبيرة وسقوط أجسام كبيرة على المنشأ الذي لابد أن يؤخذ بنظر الاعتبار في تصميم المنشأ، وسيتم شرح هذا الانواع من الاحمال في البند اللاحق.

١-٣-٢- أمثلة على الأحمال الصدمية

هناك عدة أمثلة للأحمال الصدمية الممكنة حدوثها في حياة المنشأ أو أثناء الإنشاء. والتي تكون مهمة في التصميم :

١- حوادث السيارات : زيادة الكثافة المرورية يعني إن المنشآت المبنية على مسار الطريق ممكن أن يتعرض إلى اصطدام السيارات . على الأقل البنايات والمنشآت المتعرضة إلى التحطم الموقعي جراء الصدمة يجب أن تكون قابلة للاستخدام من قبل مستخدمي الطريق من غير ضرر حتى يتم تصليح المنشأ .

٤- حوادث الطيران : كذلك زيادة الحركة المرورية للطيران يتطلب جلب أنتباه أكثر إلى الحوادث الإنشائية الناتجة في هذا المجال . بشكل خاص هذا الانتباه ضروري للمنشآت الصناعية وحقول الطاقة ، إلخ . الذي لا يمكن أن ينهار أو يتحطم من غير أن يسبب في أخطار جادة على الأشخاص .

٣- الأشياء الساقطة الناتجة من الحوادث أثناء الإنشاء : الأزدیاد في استخدام أجزاء المباني المسبقة الصنع يعني ان هناك زيادة في حركة كتل كبيرة مركزة على موقع البناية . ولا سيما في المدن عادة يحدث الإنشاء في أماكن مزدحمة الذي له مجال رؤية قليلة نسبياً بين البنايات الموجودة حوله وهناك وفرة في استخدام الرافعات ، خصوصاً رافعات الأبراج الدوارة ، وترفع أشياء من مختلف الأنواع . بالإضافة إلى ذلك فإن أجزاء البنايات المسبقة الصنع مبدئياً محمية فقط بمثبتات مؤقتة الذي يحتمل خطر عدم الصنع الكامل والاستخدام الغير المتقن كثيراً . لذلك فإن احتمال الصدمة على أجزاء المنشآت من قبل الأشياء الساقطة أثناء الإنشاء يزداد. هذا الحمل الصدمي يمكن أن ينتج من :

- صدمة أفقية على الأعمدة والجدران عند أي إرتفاع من البناية من قبل أجزاء تحرك بالرافعات.

- صدمة عمودية على العتبات والسقوف لأجزاء تسقط من الرافعات أو وسائل الرفع الأخرى أو كنتيجة لأنهيارات محلية حدثت بطرق أخرى.

- صدمة بأية زاوية على العتبات والسقوف والأعمدة والجدران من قبل الأعمدة والجدران الساقطة كنتيجة للصناعة الغير كاملة و/أو الاستخدام الغير متقن للمثبتات المؤقتة أو كنتيجة لأنهيارات محلية أخرى .

٤- الأشياء الطائرة المتولدة من الانفجارات : الانفجارات بسبب حوادث لحظية أثناء نقل مواد من الانفجار أو في الحقول الكيميائية حيث ينتج حمل صدمي عالي على الابنية المجاورة من قبل الشظايا المتطايرة.

٥- الأشياء الساقطة والمتطايرة الأخرى : في المناطق التي يوجد خطر تساقط الأحجار يستدعي ذلك بناء منشآت على الطريق لحماية الحركة المرورية. الحمل الصدمي الناتج من سقوط الأحجار الكبيرة يكمن أن يكون الحمل الأقصى لهذه المنشآت. في المناطق الجبلية الأحمال الصدمية يمكن أن ينتج من الأنهيارات الجليدية . هذا الأحمال يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار لحماية كل من الطريق والبنيات وللجسور الضعيفة . نفس الأحمال يمكن أن ينتج في حالة عدم السيطرة على بوابات السدود الحاجزة للمياه. العواصف يمكن أن تسبب ليس فقط أحمال رياح قصوى ولكن كذلك أحمال صدمية ناتجة من الأجسام الذي يحملها. الأغصان الخارجية للبنيات يجب أن لا تخترق من قبل هذا الأجسام.

٦- الأجسام الطافية : للحواجز الترابية أو دعائم الجسور أو جدران السفن وبواباته، الحمل الصدمي الناتج من الأجسام الطافية يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار.

٧- فعل أمواج المياه : في بعض الأحيان اعتماداً على الخصائص الحركية للمنشآت المحملة يعتبر تأثير الموجات على المنشآت البحرية حملاً صدمياً^(٣٤).

١-٤- أهداف الدراسة الحالية

الأهداف الرئيسية للدراسة الحالية يمكن أن تلخص بالآتي :

- ١- توفير معلومات إضافية عن سلوك العتبات الخرسانية المسلحة الحاوية على المفصل الإنشائي .
- ٢- دراسة سلوك العتبات الخرسانية المسلحة الحاوية على المفصل الإنشائي تحت تأثير الحمل الصدمي .
- ٣- دراسة تأثير بعض المتغيرات على سلوك العتبات الخرسانية المسلحة الحاوية على المفصل الإنشائي متضمناً وجود المادة اللاصقة والمسافة بين الأطواق وأبعاد المقطع العرضي.

١-٥- عرض الرسالة

تتكون الدراسة الحالية من خمس فصول ، الفصل الحالي يعطي مقدمة عن الموضوع .

الفصل الثاني : يستعرض الدراسات السابقة النظرية والعملية حول موضوع الأعضاء الخرسانية المسلحة الحاوية على المفصل الإنشائي، وكذلك سلوك الأعضاء الخرسانية تحت تأثير الأحمال الصدمية .

الفصل الثالث: يصف الجانب العملي ، يتضمن وصف أبعاد العتبات المصبوبة وتفاصيل التسليح وكيفية صب العتبات وكيفية ترك سطح المفصل، ووصف متغيرات البحث وتوزيع العتبات إلى مجاميع حسب هذه المتغيرات، وصف المواد المستخدمة في هذه الدراسة وعرض نتائج الفحوصات على كل مادة ومقارنتها مع المواصفات ، كيفية صب وخلط الخرسانة ونسب الخلط وكيفية معالجة العينات وأخيراً وصف للاجهزة المستخدمة في فحص العتبات.

الفصل الرابع : يتم عرض نتائج فحص الأعتاب تحت الحمل الساكن الحمل الساكن ومقارنة بين نتائج العتبات المرجعية والعتبات الحاوية على المفصل الإنشائي في حالة الأحمال الساكنة، ومناقشة تأثير المتغيرات على تصرف العتبات تحت الأحمال الساكنة، إعطاء نبذة عن برنامج (ANSYS) وكيفية تمثيل المواد في البرنامج وعرض النتائج المستحصلة من البرنامج ومقارنة بين نتائج البرنامج والنتائج المختبرية للعتبات المفحوصة تحت الحمل الساكن، وعرض نتائج

فحص الأعتاب تحت الحمل الصدمي لكل المجاميع ، مناقشة تأثير كل متغير على تصرف الأعتاب والمقارنة بين نتائج العتبات المرجعية والعتبات الحاوية على المفصل الإنشائي، وكذلك شرح أنماط الفشل لكل العتبات المفحوصة تحت الحمل الصدمي وعرض صور لحالات الفشل المتعددة.

الفصل الخامس : يستعرض الأستنتاجات المستحصلة من الدراسة الحالية والتوصيات للدراسات المستقبلية.