الباب الثاني

الخلفية النظرية

2-1 تعريف الجسور :ـــ

هو منشأ مستخدم للعبور من مكان لاخر بينهما عائق (العائق اما ان يكون ماء او أرض وعرة او منطقه شديده الانخفاض او حركة سير في الاتجاه المعاكس) تستخدم الجسور في عبور المجاري المائية بشكل عام كما تستخدم في حمل وتمرير كابلات الكهرباء وأنابيب المياة العذبة وخطوط النفط والغاز.

(FHWA, bridges inspection manual ,2006)

اهمية الجسور :-

تكمن في الربط بين المناطق المفصولة بالمجاري المائية حل مشكلة التقاطعات المرورية ونقل الخدمات .

2-2 تحديد الحاجة لوجود جسر

تعتبر الجسور وسيلة لاستمرارية الطرق عبر المجاري المائية أو الوديان أو الطرق المتعامدة معها، حيث يتم توفير ممر واضح للمركبات مع اختصار المدة الزمنية للإشارة الضوئية في التقاطعات المزدحمة، ولتحديد الحاجة لوجود الجسور يتم إجراء دراسة تفصيلية حسب الاعتبارات التالية:

1 - الجدوى الاقتصادية.

2- طبوغرافية الموقع.

3- حركات المرور الرئيسية (نقل ومرور).

4- نوعية الطرق ودرجاتها.

5- الإنسجام مع الموقع العام من الناحية المعمارية والجمالية.

وعند المفاضلة بين اختيار الجسور والأنفاق تراعى النقاط التالية:

- يعطي الجسر العلوي شعور أقل بالقيود.
- الجسر أكثر ملاءمة للإنشاء في حالات المواقع التي يشكل فيها الصرف مشاكل للنفق.
- إذا كان هناك طريق جديد يتقاطع مع طريق رئيسي قائم، فإن الجسر يؤدي إلى انسيابية الحركة المرورية على الطريقين.
- يفضل استخدام الأنفاق بدلاً من الجسور إذا كان الطريق الرئيسي يمكن إنشاؤه قريباً من الأرض الحالية بميول متصلة وبدون تغيير كبير في الميل

2-3 التخطيط الأفقي والرأسي للجسر:

2-3-1 - التخطيط الأفقي للجسر

تعتبر عناصر التخطيط الأفقي للجسر هي نفس العناصر التي تطبق على تخطيط الطرق إلا أنه في الجسور تستخدم المنحنيات المنبسطة لإعطاء عامل أمان أكبر للسائق يشمل التخطيط الأفقي للجسر مايلي:

1- تصميم المنحنيات الأفقية

2- تصميم الرفع الجانبي

3- تصميم عدد حارات المرور للجسر وعروضها والتي تعتمد على الآتي:

أ- مسار الحركة على الجسر وإتجاهاتها.

ب- أعداد المركبات المتوقعة على الجسر.

2-3-1-1 الخلوصات الأفقية والعرضية :

يجب أن لايقل عرض الجسر عن عرض الطريق الواصل إليه بما يحتويه من أكتاف وأرصفة وبواليع تصريف وأرصفة مشاة جانبية.

يؤخذ عرض البانكيت على أنه العرض المسفلت للكتف.

يجب عدم وضع أي جسم بإستثناء حاجز الحماية ضمن مسافة تقل عن 1200 مم من حافة الخط الخارجي لحارة المرور.

يجب أن لاتقل المسافة بين الوجه الداخلي لحاجز الحماية والخط الخارجي لحارة المرور عن 600 مم.

2-3-1-2 - الخلوص الأفقي عند الممرات السفلية (أسفل الجسر)

1 - عام

- يجب حماية الركائز الوسطية والجدران بإستخدام درابزين حماية أو أي نوع آخر من حواجز الحماية.
- يجب أن لاتقل المسافة بين حاجز الحماية ووجه الركيزة الوسطية أو الطرفية عن 600 مم، إلا في حالة إستعمال حواجز صلبة.
- يجب أن لاتقل المسافة بين درابزين الحماية والخط الخارجي لكتف الطريق عن 600 مم.

2 - الخلوصات الأفقية من جهة اليمين

- الخلوصات على اليمين من حافة حارة المرور الطولي إلى الحائط أو العمود يجب أن يتراوح بين 2400 مم إلى 3600 مم ولايقل عن 1800 مم.
- في حالة وجود رصيف مشاة يجب الإبقاء على الكتف كاملا .
- يفضل أن يكون عرض أرصفة المشاة بين 1200 مم و 1800 مم ولا يقل عن 1000 مم.
- يفضل أن يكون الخلوص الأفقي بين رصيف المشاة وحافة الرصيف الخارجية بين 1800 مم و 2600 مم والأدنى للطرق الرئيسية 1800 مم، وللطرق المحلية 600 مم.

(Wai-Fah Chen and Lian Duan , Bridge Engineering Handbook,2000)

3- الخلوصات الأفقية من جهة اليسار

- يفضل أن تكون الخلوصات على اليسار من حافة الرصيف للمرور الرئيسي أو من الحارة الإضافية إلى عمود أو جدار الركيزة الوسطية تساوي 1800 مم ولا تقل من 1400 مم.
- في حالة عدم وجود بردورة للرصيف المجاور وكان الخلوص الأيسر أقل من 1800 مم فيجب عمل حواجز معدنية عند عمود أو جدار الركيزة الوسطية على أن يبعد وجه الحاجز عن حافة الرصيف بمقدار 1400 مم.
- يجب ألا تنتهي الحواجز فجأة عند النهاية المواجهة للمرور، بل يجب أن تبتعد تدريجياً من الرصيف إلى نقطة يتراوح بعدها بين 2400 مم إلى 3000 مم عن الجانب الأيسر للرصيف.
- عرض الممر السفلي (البحر الصافي) هو مجموع عروضات الرصف وعروض الخلوص والحارات الإضافية ورصيف المشاة

3-1-3-2 الخلوص الأفقي والعروضات عند الممرات العلوية (أعلى الجسر)

- تعتبر الجسور قصيرة إذا كان طولها أقل أو يساوي 15 م وتعتبر الجسور صغيرة إذا كان طولها يصل إلى 75 م مقاسا بطول الدرابزون أو حاجز الحماية وتعتبر الجسور طويلة إذا زاد طولهاعن 75 م.
- في الطرق ذات حجم المرور المنخفض فإن أدنى خلوص بين الحافة اليمنى للرصيف والواجهة الداخلية لحاجز الحماية هو 750 مم على الأقل ويفضل أن يكون 1000 مم.

- من أجل الجسور الطويلة (أكبر من 75 م) والجسور الطويلة الأخرى ذات نسبة حجم المرور إلى السعة التصميمية تقل عن 0,75 فيجب أن يكون الخلوص للدرابزون أو لحاجز الحماية يميناً ويساراً على الأقل متراً واحداً ويفضل 1450 مم سواء ببردورات الأمان أو بدونها.
- يمكن تقليل الأبعاد السابقة بمقدار 3000 مم على الطرق ذات حجم المرور المنخفض.
- عندما توجد أرصفة للمشاة فإن الجسر يجب أن يصمم ببردورة أمان، ويضاف عرض البردورة إلى عرض رصيف المشاة.
- على الممرات العلوية (الجسور) للطرق المحلية يمكن تطبيق الخلوص السابق إذا كانت البردورة مستمرة حيث يجب أن يكون 750 مم على الأقل، ويفضل متراً واحداً بين وجه البردورة ووجه حاجز الحماية وفي حالات خاصة يمكن استخدام خلوص بقيمة 500 مم.
- عرض الممر العلوي هو مجموع عروض الرصف

(Wai-Fah Chen and Lian Duan , Bridge Engineering Handbook,2000)

2-3-2 التخطيط الرأسي للجسر

تعتبر عناصر التخطيط الرأسي للجسر هي نفس العناصر التي تطبق على تخطيط الطرق.

ويشمل التخطيط الرأسي للجسر مايلي:-

1- تصميم الميول الطولية.

2- تصميم المنحنيات الرأسية والتي يجب أن تتوافق مع السرعة التصميمية للجسر ومسافات الرؤية المطلوبة للوقوف والتخطي.

ويفضل عدم أخذ القيم الأدنى لأطوال المنحنيات الرأسية، ولكن يتم أخذ قيم أكبر لزيادة عامل الأمان في الحركة المرورية على الجسور.

2-3-2-1 الخلوص الرأسي :-

يجب أن يكون الخلوص الرأسي (المسافة بين سطح الرصف العلوي للطريق أسفل الجسر والحافة السفلية للجسر) 5,5 م فوق كامل العرض لحارات المرور الإضافية ومناطق الخلوص الجانبي إلى البردورات والحوائط والأعمدة شاملة الأكتاف.

- يجب أن يكون الخلوص الرأسي لجسور المشاة 6,00 م
- يجب زيادة الخلوص الرأسي بحوالي 150 مم تحسباً لإعادة رصف الطريق أسفل الجسر مستقبلا .
- في حالات خاصة في الطرق المحلية تحت الجسور ذات السطح السفلي المقوس فإن الخلوص فوق الكتف عند الحائط يمكن أن يكون أقل من 4200 مم ولكن ليس أقل من 3750 مم أوأقصى إرتفاع قانوني للمركبة.

2-4 تصنيف الجسور:-

2-4-1 تصنيف الجسور من حيث الاستخدام :-

تقسم الجسور من حيث الاستخدام إلى:

1- جسور سيارات

2- جسور مشاة

3- جسور سكك حديدية

4- جسور خطوط الأنابيب (بترول – مياه – صرف صحي)

5- جسور مؤقتة

2-4-2 تصنيف الجسور من حيث مواد البناء :-

تقسم الجسور من حيث مواد البناء إلى:

1- جسور خرسانية

2- جسور معدنية

3- جسور مختلطة (خرسانية + معدنية)

4- جسور خشبية

5- جسور حجرية

2-4-2-1- الجسور الخرسانية

1 - الخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع

وفيها يتم عمل الشدة بالأبعاد المطلوبة، ويتم وضع حديد التسليح طبقاً للتصميم وصب الخرسانة ويراعى في الخرسانة المصبوبة بالموقع إتباع جميع المواصفات الفنية بدءاً من اختيار المواد المصنعة ومنها الخرسانة مروراً بمراحل الخلط والنقل والصب والدمك ثم المعالجة، ويجب اتخاذ جميع الاحتياطات للظروف الطارئة مثل سقوط الأمطار – تأخر وصول الخرسانة – حدوث خلل في الشدة، ويجب عمل اختبار قوام الخرسانةSlump Testعلى كل خلطة خرسانية واستبعاد أي خلطة غير مطابقة للمواصفات خارج الموقع .

2- الخرسانة المسلحة المصبوبة في المصنع:-

تعتمد هذه الطريقة على صب العناصر الخرسانية المسلحة في المصنع ومعالجتها حتى الوصول إلى المقاومة المطلوبة ثم نقلها وتركيبها في الموقع. ويتميز هذا النوع من الإنشاء بسهولة تأكيد جودة الخرسانة داخل المصنع، ولكن يعيبه أنه يجب تنفيذ الوصلات بدقة متناهية لضمان تركيبها في الموقع بطريقة سليمة.

ويجب على المصمم الإنشائي أن يأخذ في اعتباره العاملين التاليين أثناء تصميم الجسر:

أولا : حساب الإجهادات على العناصر الإنشائية المختلفة أثناء نقلها ورفعها بالونش وتركيبها، وغالباً ما تؤدي هذه الحسابات إلى زيادة التسليح العلوي بالعناصر الإنشائية المختلفة مع تحديد نقاط التعليق بالنسبة لكل عنصر إنشائي.

(Prof.A Rahman Elshakhs ,Reinforced concrete structure Part1,1979)

ثانياً: حساب الإجهادات الثانوية الناتجة عن خطأ التصنيع في حدود ± 5 مم وغالباً ماينتج هذا الخطأ من انكماش الخرسانة، ويراعى في الموقع استبعاد أي عنصر إنشائي يزيد الخطأ في تصنيعه عن ± 2 مم.

ويعيب المنشآت سابقة الصب بشكل عام ضعف الوصلات عنها في حالة الخرسانة المصبوبة في الموقع ولذا يجب حساب تأثير القوى الجانبية والقوى الثانوية الناتجة من التمدد والانكماش والهبوط التفاضلي للقواعد وخطأ التصنيع في حدود ± 5 مم على الوصلات

3- الخرسانة مسبقة الإجهاد لاحقة الشد:-

وفيها يتم عمل الشدة بالأبعاد المطلوبة ووضع حديد التسليح ومجاري الكابلات الحديدية cable tendom عادة ما يتم تصميم العناصر الإنشائية في هذه الحالة على أنها مزيج من الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد. وتراعى جميع المواصفات الفنية المذكورة في الفقرة السابقه بالنسبة لتأكيد جودة الخرسانة المصبوبة، وبعد وصول الخرسانة إلى المقاومة المطلوبة يتم تمرير الكابلات الحديدية داخل مجاري الكابلات وتطبيق قوة سبق الإجهاد وحقن المجاري بالملاط. ويتم تحديد الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة قبل تطبيق سبق الاجهاد بواسطة المهندس المصمم ويجب التأكد من قيمة المقاومة المذكورة عن طريق اختبار العينات بالمعمل.

4- الخرسانة مسبقة الإجهاد مسبقة الشد:-

تعتمد هذه الطريقة على شد حديد سبق الجهد إلى مراسي طرفية ومن ثم يتم صب الخرسانة عليه ويتم تطبيق سبق الإجهاد بتحرير حديد سبق الجهد من المراسي وذلك بعد وصول الخرسانة إلى مقاومة معينة طبقاً لما يتم تحديده بواسطة المهندس المصمم. وغالباً ما يتم استبدال حديد التسليح بالكامل بجدائل أو قضبان سبق الإجهاد في هذا النوع من الإنشاء.

2-4-2-2- الجسور المعدنية

1 - الجسور المعدنية الملحومة :-

وتتميز الجسور المعدنية الملحومة بأنها لا تتعرض لأي إجهادات مسبقة نتيجة خطأ التصنيع، ويراعى اختبار جميع اللحامات باستخدام أشعة إكس للتأكد من عدم وجود أي فراغات في اللحام وفي حالة وجود أي عيوب باللحام يتم إزالته وإعادة اللحام مرة أخرى ويتميز هذا النوع أيضاً بعدم الحاجة لتأكيد جودة تصنيع العناصر الإنشائية حيث يتم عمل الاختبارات اللازمة بالمصنع على كل عنصر إنشائي بطريقة آلية.

2 - الجسور المعدنية ذات وصلات البرشام أو المسامير :-

ويتميز هذا النوع من الجسور بسهولة وسرعة تنفيذه، ويعيب هذا النوع من الجسور وجود إحتياطات شديدة لضمان دقة تنفيذ الوصلات، وخاصة عندما يكون تجميع الوصلات باستخدام المسامير، ويتم عمل فتحات المسامير والبرشام داخل المصنع. وتتميز وصلات البرشام بأنها عند تسخينها والطرق عليها فإنه ينتفخ ليملأ الفراغ الموجود به، أما وصلات المسامير فتتميز بسهولة وسرعة تنفيذها، ويعيبها أن الخلوص اللازم لتركيب المسمار يجب أن يتساوى تماماً مع سمك المسمار إذ أن وجود أي اختلاف في الخلوص يؤدي إلى تحميل بعض المسامير دون البعض الآخر وما يمثله

من خطورة على الوصلة، ويراعى تثبيت الصواميل باستخدام أجهزة خاصة لتطبيق نفس العزوم على جميع الصواميل.

3- الجسور المختلطة (خرسانية + معدنية):-

يتصف هذا النوع من الجسور بأن بلاطة الجسر تكون من مادة والكمرات من مادة أخرى (كأن تكون البلاطة من الخرسانة والكمرات من الفولاذ) ويتم تحقيق الاتصال بين البلاطة والكمرات باستخدام وصلات معدنية ملحومة على الجناح العلوي للكمرات المعدنية (Shear Connectors) حساب مقطع وتباعد الوصلات القصية من قبل المهندس المصمم حسب ما ورد في مواصفات تصميم الجسور.

2-4-3 تصنيف الجسور من حيث التركيبة الإنشائية:-

تقسم الجسور من حيث التركيبة الإنشائية إلى:

1- جسور البلاطات(Slab Bridges)

2-الجسور ذات الكمرات(Beams Bridges)

3- الجسور ذات العوارض(Girder Bridges)

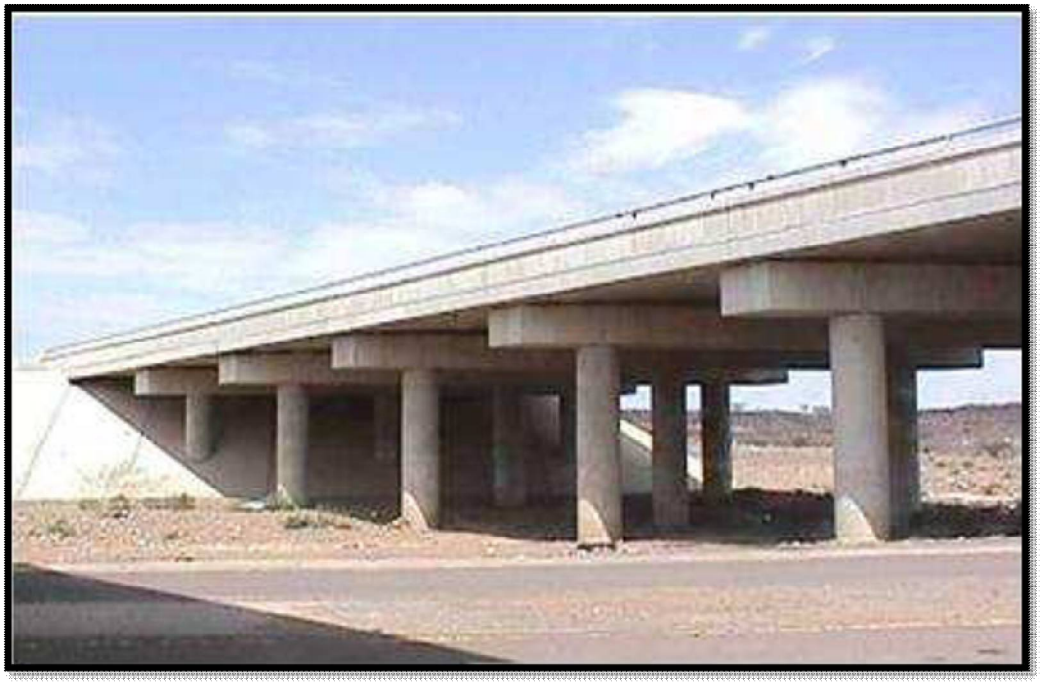
4- الجسور الهيكلية(Frame Bridges)

5- الجسور المعلقة(Cable Suspension Bridge)

6- الجسور المشدودة بالكيبل(Cable Stayed Bridges)

7ـ الجسور القوسية(Arch Bridges)

2-4-3-1- جسور البلاطات (Slab Bridges)



شكل (2-1) بلاطة جسر مسلحة مصبوبة بالموقع

شكل (2-2) وضع قنوات الشد اللاحق اثناء التنفيذ

1 - بلاطات مسلحة مصبوبة بالموقع :

تعتبر الجسور المكونة من بلاطة مسلحة من أبسط أشكال الجسور الخرسانية المسلحة انظر الشكل (2-1) ، وهي عبارة عن بلاطة تشكل بحد ذاتها القسم العلوي للجسر وتستند على ركائز طرفية ووسطية ويتطلب هذا النوع من الجسور كميات أكبر من الخرسانة ومن حديد التسليح مقارنة مع الجسور ذات الكمرات يتميز هذا النوع من الجسور بأن تفاصيل التسليح والتنفيذ فيه أكثر سهولة وأقل كلفة مقارنة مع الأنواع الأخرى.

يعتبر هذا النوع من الجسور اقتصادياً من أجل الفتحات ذات الاستناد البسيط والتي لا تتجاوز 9 أمتار ومن أجل الفتحات ذات الاستناد المستمر والتي لاتتجاوز 12 متر (د.عبدالرحمن مجاهد احمد ، دليل المهندس الانشائي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية ،2004)

2- بلاطة مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد

تشكل هذه البلاطة القسم العلوي من منشأ الجسر وتشكل أيضاً سطح الجسر في الوقت نفسه يتم وضع وحدات البلاطة المستقلة إلى جانب بعضها البعض وربطها ببعضها لتكون بلاطة الجسر. وهي مناسبة جداً في حالة الخلوصات الرأسية الضحلة نظراً للعمق القليل لمقطعها. تعتبر البلاطات المفرغة مسبقة الصنع البديل الحديث للبلاطات المسلحة المصبوبة بالموقع وهي تشبهها بالمظهر الخارجي فقط والهدف من عمل الفراغات هو تخفيض الوزن الذاتي لجعلها أكثر إقتصادية. والجدير ذكره هو أنه في حالة البحور القصيرة جداً قد لا يتم عمل فراغات في هذه البلاطات.

تعتبر هذه البلاطات مناسبة للبحور التي تتراوح بين 6 م و 15 م وقد تكون جسورها ذات فتحة بسيطة واحدة أو من عدة فتحات بسيطة الإستناد.

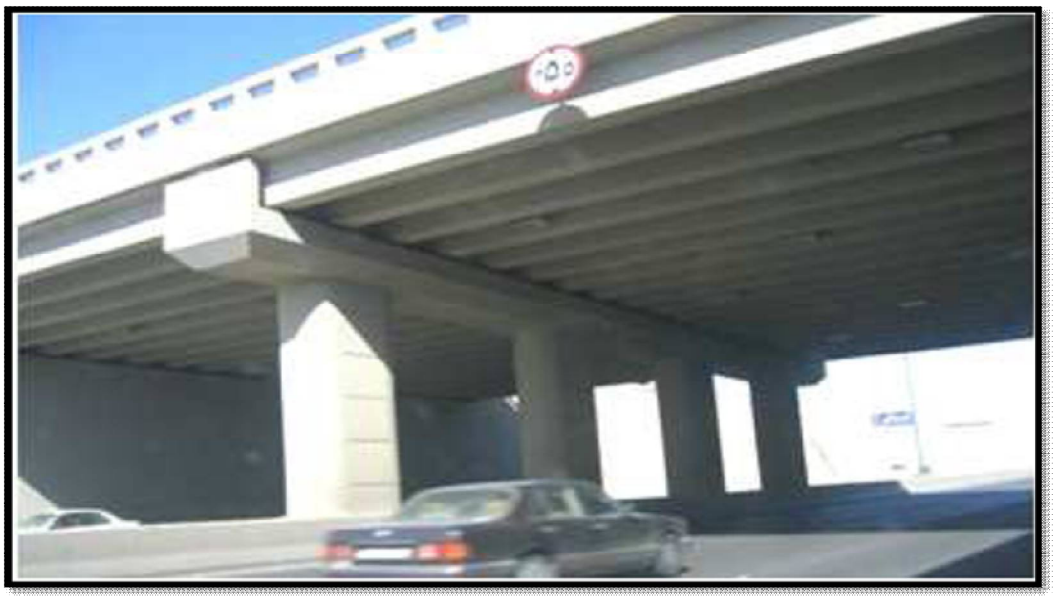
تكون وحدات البلاطة مسبقة الصنع عادة بعروض تتراوح بين 915 مم إلى 1220 مم وبأعماق تصل حتى 530 مم. وتشكل هذه الوحدات النموذجية مسبقة الصنع من خرسانة مسبقة الجهد ذات مقاومة تتراوح بين 28 ميغاباسكال و 56 ميغاباسكال ومن تسليح مسبق الجهد مقاومته 1860 ميغاباسكال مؤلف من كيبلات فولاذية مسبقة الشد أو لاحقة الشد. مقطع عرضي نموذجي في جسر بلاطة مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد مع مقطع عرضي في وحدة من وحداتها كما يوضح الشكل (2-3) احد جسور البلاطات مسبقة الصنع مسبقة الاجهاد .

2-3-4-2 الجسور ذات الكمرات (Beam Bridges)

تتكون هذه الجسور في قسمها العلوي من كمرات متعددة فولاذية أو خرسانية مصبوبة بالموقع مع بلاطة السطح في آن واحد أو مسبقة الصنع أو مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد ولكمرات هذا النوع من الجسور مقاطع بأشكال مختلفة مثل (كمرات بمقطع تي – كمرات بمقطع تي مزدوج-كمرات بمقطع تي ذوانتفاخ سفلي -كمرات بمقطع صندوقي– كمرات
بمقطع قناة) .

شكل (2-3) أحد جسور البلاطات مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد

(FHWA, bridges inspection manual, 2006)



شكل (2-4) احد الجسور ذات مقطع تي مسبق الصنع

فيما يلي مميزات كل من هذه الجسور والحالات التي تناسبه :-

1 - جسور بكمرات بمقطع تي :-

يتم في هذا النوع صب جذوع (web)الكمرات مع بلاطة السطح في ان واحد لتشكيل المقطع T هناك أيضاً شكل آخر لهذه الجسور وهو كمرات بمقطع تي مسبقة الصنع و تشمل كمرات المقطع تي مسبقة الصنع الانواع التالية مقطع تي مذدوج(double tee) مقطع تي بإنتفاخ سفلي -(bulb tee) وحدات مجمعه من مقاطع تي (rib tee) يمثل الشكل (2-4) احد الجسور المنفذه من اعصاب تي مسبقة الصنع .

2- الجسور بكمرات ذات مقطع تيه مزدوج مسبق الإجهاد

تتالف هذه المقاطع من مقطعين تي متلاصقين ويسمي الجزء الافقي من المقطع ببلاطة السطح او بجناح المقطع ويسمي الجزئين الراسين بالجذوع (WEB) اوالساقين (STEM) يستخدم هذا النوع عاده للبحور القصيرة او كبديل عن الجسور القديمة القصيرة

- الأبعاد الهندسية :ـــ

تتراوح أعماق جذوع هذه المقاطع بين 305 مم و 865 مم، ويتراوح العرض الوسطي للجناح بين2400 مم و 3100 مم، وهي تناسب البحور التي تتراوح أطوالها بين 7.6 م و 16.8 م. ولكن يمكن إستعمالها من أجل بحور تصل حتى 24.4 م وفي هذه الحالة تصل أعماق جذوعها حتى 1500 مم وعرض أجنحتها حتى 3700 مم. تستخدم هذه المقاطع عادة مع البحور البسيطة، ولكن قد تستعمل أيضاً مع البحور المستمرة. يمكن تحقيق الإستمرارية بين البحور البسيطة بقولبة الفاصل بين البحرين ووضع التسليح المناسب وصب هذا الفراغ بالخرسانة وعندما تصل الخرسانة إلى مقاومتها التصميمية يمكن الإعتبار بأن البحر أصبح مستمراً من أجل الحمولة الحية.

- العناصر الرئيسية والثانوية للمقطع

إن العناصر الرئيسية في هذه الجسور هي جذوع وأجنحة المقطع المسبقة الإجهاد أما العناصر الثانوية فهي الكمرات العرضية (الديافرامات) حيث توضع عند مناطق الإستناد عند أطراف الكمرات الرئيسية وهي تربط بين جذوع الكمرات لمنع الحركات الجانبية. ويمكن وضع الكمرات العرضية أيضاً في أماكن متوسطة من البحر في حالة البحور الطويلة لمقاومة قوى الفتل. يمكن تنفيذ الكمرات العرضية من الفولاذ أو من الخرسانة المسلحة.

3- جسور بكمرات ذات مقطع I وذات مقطع تي ذو انتفاخ سفلي Bulb Tee

تعتبر هذه المقاطع من المقاطع الإقتصادية لأن معظم الكتلة الخرسانية توضع بعيداً عن المحور السليم للكمرة .

يتم تشكيل المقاطع مسبقة الإجهاد ذات الشكل I لتامين حمولة ميته دنيا مع مساحه كافيه لوضع الكيبلات تعتبر اشكال AASHTO من الأشكال الأكثر شيوعاً لمقاطع **I** المسبقة الجهد كما في الشكل (2-5)

شكل (2-5) احد الجسور المستمره ذات مقطع I

شكل (2-6) كمرات متجاورة ذات مقطع قناة

(FHWA, bridges inspection manual, 2006)

- مقاومة المواد وديمومتها

توضع كيبلات فولاذية بمقاومات شد عالية 1860 ميغاباسكال في الجناح السفلي. تستعمل هذه الكيبلات لتطبيق ضغط على كامل مقطع الكمرة قبل وخلال تطبيق الحمولة الحية. تجري الأبحاث حالياً حول إمكانية إستبدال فولاذ سبق الجهد بألياف زجاجية أو كربونية للتقليل من التآكل الذي يصيب كيبلات سبق الجهد, إن الخرسانة المستعملة هي أيضاً عالية المقاومة تتراوح مقاومتها على الضغط بين 34 ميغاباسكال و 83 ميغاباسكال بالإضافة لكون هذه الخرسانة عالية الجودة أيضاً.

4 - الجسور ذات الكمرات بمقطع قناة Chanel Beam Bridge

هذه الجسور تشبه الجسور ذات الكمرات بمقطع تي لأن جذوع الكمرات المتجاورة تمتد نحو الأسفل لتشكل جذع واحد يمكن لهذه الكمرات أن تكون مسبقة الجهد أو مصبوبة بالمكان وتستعمل هذه الكمرات للبحور التي تصل حتى 15 م.

تكون هذه الكمرات عادة مسبقة الصنع وتتكون من بلاطة ذات تسليح عادي وجذعين يتراوح عمق كل منهما بين 900 مم أو 1200 مم. وقد تكون هذه الكمرات مسلحة بتسليح عادي أو مسبقة الإجهاد. تستعمل براغي ومفاتيح قص لجذوع الكمرات وذلك لتأمين الفعل المركب بين الكمرات المتجاورة كما في الشكل (2-6)

5- الجسور بكمرات صندوقية مسبقة الإجهاد:-

تتميز هذه الكمرات بمقاومة عالية ووزن خفيف، فمقطعها العرضي عبارة عن مستطيل من الخرسانة مفرغ بمستطيل داخلي بحيث يصبح المقطع مؤلف من بلاطتين علوية وسفلية وجذعين جانبيين. يوضع فولاذ سبق الجهد في البلاطة السفلية للمقطع وفي الجذعين الجانبيين.

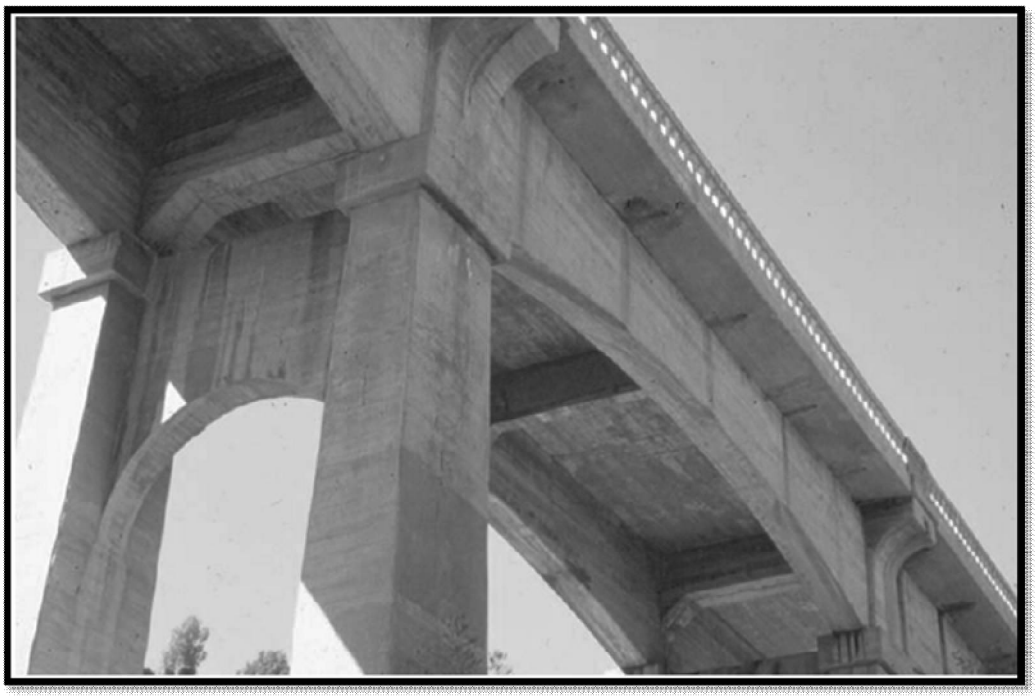
تناسب هذه الكمرات البحور التي تتراوح أطوالها بين 6 م و 27 م وهذا يعتمد على حجم الكمرة والتباعدات بين الكمرات. وتستعمل للبحور البسيطة والمستمرة. ولهذه

الكمرات عرض نموذجي يتراوح بين 915 مم و 1220 مم ولها أعماق تتراوح بين 690 مم و 1070 مم. ولها سماكة جذوع شائعة وهي 125 مم ولكن يمكن أن تتراوح بين 75 مم و 150 مم.يمكن أن تنفذ هذه الجسور بكمرات متقاربة أو كمرات متباعدة فيما بينها ويتراوح تباعدها بين 610 مم إلى1830 مم.

2-4-3-3- الجسور ذات العوارضGirder Bridges

1-الجسور الخرسانية المسلحة ذات العوارض

يتكون هذا النوع من بلاطة خرسانية تستند علي عارضتين خرسانيتين انظر الشكل (2-7) ويمكن ان توضع البلاطة اعلي العارضتين اوبينهما تتراوح البحور بين 9م و10 م وهذا النوع غير اقتصادي من اجل الطرق العريضه ويقتصر استعماله عادة علي عروض 7م وتكون العوارض بعرض يتراوح بين450 مم إلى 760مم وعمق يتراوح بين1220 مم و 1830 مم.



شكل (2-7) منظر سفلي لجسر ذو عوارض

الجسور الخرسانية ذات العوارض الصندوقية :ـ

يتكون القسم العلوي لهذا النوع من الجسور من عارضة صندوقية واحدة بخلية واحدة أو أكثر ويمكن أن تكون جسور هذا النوع ذات بحور بسيطة أو مستمرة وتصل أطوال البحور حتى46 م، كما انها مناسبة سواء للجسور المستقيمة أو المنحنية في المسقط الأفقي.

ويمكن لهذه المقاطع ان تكون مصبوبة بالموقع اومسبقة الصب وتسلح هذه المقاطع بتسليح عادي وبكيبلات الشد اللاحق عالية المقاومة عن طريق عمل قنوات داخلها أثناء صبها . تنفذ هذه المقاطع إما بالصب بالموقع (الشكل 2-8) أو بطريقة تركيب القسم العلوي على شكل قطع كما يمكن عمل عارضتين صندوقيتين متلاصقتين لبناء جسر عريض وإقتصادي

شكل (2-8) الجسور ذات المقطع الصندوقي

شكل (2-9) جسر ذو مقطع بعارضتين صندوقيتين

2-4-3-4- الجسور الهيكلية Frame Type

تستخدم الجسور الهيكلية عندما يتطلب التصميم عمق لمقطع صغير نسبياً إذا ما قورن بالجسر ذو الاستناد البسيط(simply supported beams) أو عندما يتعذر الإمتداد بالاتجاه العرضي للجسر.

2-4-3-5- الجسور ذات الكابلات المعلقة:ـــ

1-المكونات الرئيسية للجسور ذات الكابلات المعلقة

إن المكونات الرئيسية للجسور ذات الكابلات المعلقة هي:

1- كمرات التقوية Stiffening girders : وهي كمرات تمتد على طول الجسر والهدف منها تأمين دعم وتوزيع للأحمال الحية وهي تتصرف كحبال في الاتجاه العرضي للجسر وتؤمن الاستقرار الإنشائي للاهتزازات الناتجة عن الرياح.

2- الكابلات الرئيسية: وهي مجموعة من الكابلات المتوازية التي تؤمن دعم علوي للكمرات الرئيسية عن طريق حبال تعليق وتنقل هذه الكابلات الأحمال إلى أبراج الجسر.

3- الأبراج الرئيسية: وهي عبارة عن أبراج وسطية تقوم بتحويل الأحمال القادمة إليها من الكابلات الرئيسية إلى قواعد الجسر.

4- كتل الإرساء: وهي كتل ضخمة من الخرسانة توضع على طرفي الجسر ويثبت فيها الأطرف الخارجية من الكابلات الرئيسية وتمثل هذه الكتل أجهزة الاستناد الطرفية للجسر

يبين الشكل (2-10) عناصر ومكونات الجسور ذات الكابلات المعلقة .

2- أنواع الجسور ذات الكابلات المعلقة

يمكن تصنيف الجسور ذات الكابلات المعلقة تبعاً ل:

1- عدد الفتحات

2- استمرارية كمرات التقوية

3- طريقة توزع حبال التعليق

4- طريقة إرساء الكابلات الرئيسية

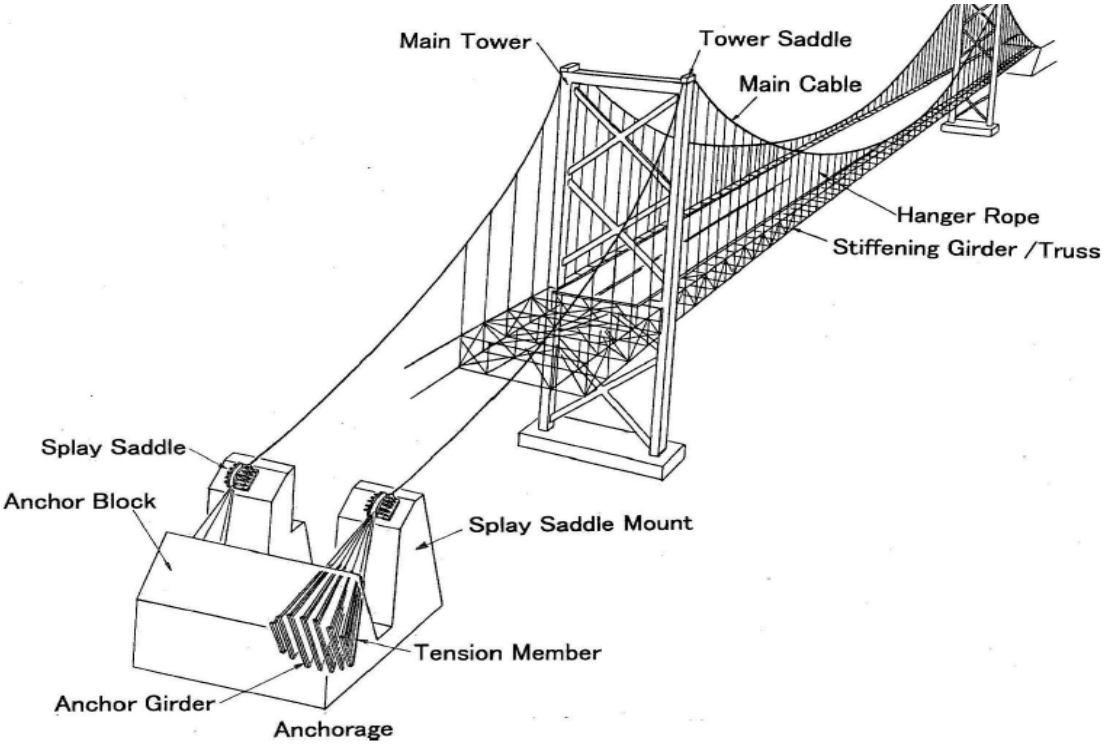
2-4-3-6 الجسور المشدودة بالكيبلات cable stayed type

تعتبر الجسور المشدودة بالكيبلات من أكثر الجسور حداثة. تتألف من كمرات مستمرة على طول الجسر ومن أبراج داخلية وتمتد كابلات معدنية بشكل مائل لتربط بين جسم بلاطة الجسر وبين الأبراج.

2-4-3-7 الجسور القوسية Arch Type

تتميز هذه الجسور بأنه لا يتولد فيها سوى قوى محورية وذلك يعود إلى البنية القوسية للجسر التي تحول جميع القوى في الجسر إلى قوى ضاغطة على المحور الوسطي للجسرلهذا النوع من الجسور أشكال عديدة تختلف باختلاف الطبيعة الجغرافية للمنطقة أو باختلاف المهندس المصمم الذي يختار الشكل الخاص للجسر بهدف إضافة لمسة جمالية للمنطقة المراد إنشاء الجسر فيها كما في الشكل (2-11) .

(Prof Shaker El Bahairy, Aain Shams University,Lecture of Girder Type Bridge, 1994-1995)



شكل (2-10) عناصر ومكونات الجسور ذات الكابلات المعلقة

(FHWA, bridges inspection manual,2006)

شكل (2-11) احد الجسور القوسيه

شكل (2-12) جسر ذو الكابلات المعلقة

2- 5 أساسيات فحص الجسور :-

أ - مؤهلات القائم بأعمال الفحص والتفتيش:

إن الغرض الرئيسي من أعمال فحص وصيانة الجسور هو الحفاظ علي السلامة العامة والثقة وتأكيد جودة وسلامة هذه الجسور . وهذا يتطلب أعمال فحص وصيانة شاملة وان يكون القائم بأعمال الفحص والتفتيش واسع الاطلاع وعلي دراية بالسلوك الإنشائي للجسور ومعرفة بالتصميم وتطبيقات الإنشاء المماثلة. وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يكون فريق الفحص والتفتيش من الأقوياء بدنيا لان عملهم يتطلب الجهد لفحص العناصر المختلفة وبارتفاعات وأماكن مختلفة والعمل لأيام متتالية. وهناك بعض المسئوليات الرئيسية للقائم بأعمال الفحص والتفتيش للجسور وهي:

1 - القدرة علي تمييز المشاكل البسيطة والتي يمكن إصلاحها قبل البدء في الإصلاحات الرئيسية

2- القدرة علي تمييز مكونات وأجزاء الجسر التي تحتاج إصلاح حتي نتجنب الإصلاحات الرئيسية

3- القدرة علي معرفة الأماكن والظروف الخطيرة

4 - القدرة علي إعداد تقرير فحص دقيق مسجلا به التوصيات المطلوبة للإصلاح

5 - التزود بالمساعدة باستخدام بعض البرامج المخصصة لفحص وصيانة الجسور

ب - فترات الفحص والتفتيش الدوري:-

فترات الفحص والتفتيش أو المدة الزمنية المقررة لتكرار فحص الجسور تتحدد طبقا لمجموعة عوامل مثل خصائص المرور – عمر الجسر - حالة الجسر – زيادة أعباء التحميل – تأثر الجسر تحت التحميل المتكرر (الإعياء أو fatigue) وتعتبر الجهة المالكة هي المسئولة بتحديد الفترة المناسبة للفحص والتفتيش الدوري لأي جسر.

عموما فان بعض المواصفات العالمية مثل (NBIS) الأمريكية اشترطت أن تتم أعمال التفتيش والفحص الدوري للجسور علي فترات منتظمة لا تتجاوز سنتان وأما بالنسبة للعناصر التي تحت الماء والتي لا يمكن فحصها بصريا وبتدقيق واضح والتي فحصت من قبل فانه يتم فحصها في فترات لا تتجاوز خمس سنوات.

ج- أدوات الفحص والتفتيش :-

لكي يجري فحص دقيق وشامل يجب أن تتوفر له الأدوات الصحيحة الكاملة ومن ابسط الاحتياجات الواجب توافرها مع فريق الفحص هي شريط للجيب 2م – شريط 30م – مطرقة – مكشطة – مفك – فرشاة سلك – طباشير ملون – بطارية إضاءة – منظار – حزام بجراب – وحقيبة حاملة و بعض الأدوات الأخرى المفيدة مثل ورنيه – عدسة مكبرة – قلم طلاء – مقياس للشروخ – كاميرا – وعدد إسعاف أولى. بالإضافة إلى بعض الأدوات الخاصة مثل أجهزة الاختبار غير المتلفة وأجهزة الفحص تحت الماء.

د- الأمان خلال الفحص:-

يعتبر أمان فريق الفحص والتفتيش وكذلك الجمهور مستخدمي الجسر خلال عملية الفحص ذو أهمية عالية تجنبا لأي حوادث. ويجب علي فريق البحث مراعاة تطبيق وسائل الأمان القياسية بصرامة ويعتبر قائد فريق التفتيش هو المسئول عن توفير بيئة أمنية لباقي الفريق والجمهور وتنظيم عمل الفريق بمجموعات زوجية. ولأدنى وقاية أمنية أثناء العمل يجب علي فريق التفتيش ارتداء – قبعات أمان (خوذ) – قفازات عمل – صد يري واقي – قمصان كم طويل – سترة نجاة – كمامة – وأحزمة أمان كما يجب أن تكون الملابس مناسبة للمناخ والبيئة التي يتم العمل بها و بالإضافة إلى العناية عند استخدام سلالم ومشايات الجسور والتي قد تكون متآكلة أو معرضة للكسر والانهيار عند استخدامها.

هـ - تقارير الفحص والتفتيش:-

تساهم تقارير الفحص في تثبيت وترسيخ تاريخ أي جسر كما تفيد في تقدير قيم متطلبات الإصلاح واحتياجات الصيانة للجسور. ويجب أن تعد هذه التقارير بطريقة مفصلة ومحددة تحديدا كاملا وان يتم توصيف أي عيوب أو مشاكل بدقة كافية بحيث يتمكن أي مهندس في المستقبل من مقارنة نسبة زيادة التأثر للجسر. بالإضافة إلى ذلك يجب أن يشتمل التقرير جميع مكونات وعناصر الجسر وأي ملاحظات هامة مثل سرعة التحميل – أو تحميل غير عادي – ارتفاع مؤشر المياه – وجود إعاقات

مرورية – وجود أعمال مجاورة – وجود إصلاحات أو ترميمات تمت منذ فترة قريبة. كما يجب ذكر أي تعديل في الأبعاد قد ينتج من أعمال صيانة سابقة.

وتعتبر الصور الفوتوغرافية والرسومات من اكثر الطرق فعالية في وصف أي عيوب أو مشاكل في العناصر المختلفة. وفي نهاية التقرير يعطي بعض التوجيهات العملية لمنع حدوث تلك العيوب بالجسر مستقبلا وكذلك ينص علي التوصيات الخاصة بتوصيف نوع الصيانة المطلوبة وحساب تقديرات المواد اللازمة .

2- 6 طرق الفحص والتفتيش:-

وفيه عرض لاهم العناصر التي يتم فحصها من الجسر واهم الملاحظات والعيوب التي يتم التركيز عليها أثناء الفحص

أ – العناصر الخرسانية :-

فحص العناصر الخرسانية يتم أما بالفحص البصري أو باستخدام بعض الاختبارات الفيزيائية ومن العيوب التي يمكن ملاحظاتها بالفحص البصري هي وجود الشروخ – بقع الصدأ (Rust stains). ويجب علي القائم بأعمال الفحص إدراك انه ليست كل الشروخ تتساوى في أهميتها فالشروخ تنقسم الي نوعين شروخ إنشائية والتي تنشأ نتيجة لاعباء التحميل (DL + LL) ويجب أن تسترعي الانتباه و شروخ غير إنشائية وهي عادة تنشأ من التمدد الحراري والانكماش وهي شروخ لا تعبر عن مقدرة العنصر الإنشائية ولكن يجب تسجيلها لأنها قد تؤدي في بعض الأحيان الي مشاكل تستلزم إجراء الصيانة لها. بقع الصدأ والتي تكون موجودة علي سطح الخرسانة تعد واحدة من العلامات الدالة علي وجود صدأ بحديد التسليح والذي تنتج عنه نقص مقاومته وكذلك نقص التماسك (bond) بينه وبين الخرسانة. ومن الاختبارات الفيزيائية التي تجري أثناء الفحص اختبار الطرق الصوتي (hammer sounding) ويستخدم في الكشف عن المساحات من الخرسانة التي لاتصدر صوتا رنانا عند الطرق عليها وبالتالي تحدد الأجزاء الخرسانية الرخوة (Delamination) وهي :

أجزاء يجب إزالتها وهي تحدث غالبا في الأجزاء الخارجية من الخرسانة أو الغطاء الخرساني لحديد التسليح وسببه الرئيسي حدوث تمدد أو صدأ لحديد التسليح نتيجة

لاقتحام الكلوريدات أو الأملاح. وطريقة الطرق الصوتي غير عملية في المساحات الكبيرة وفي هذه الحالة تستخدم طريقة سلسلة الجذب (drag Chain) لتجديد الأماكن المتجانسة من الخرسانة بدقة معقولة وهي طريقة سريعة وغير مكلفة. وهناك طرق اخري للفحص ذات تقنية متقدمة مثل الاختبارات المتلفة وغير المتلفة (destructive and nondestructive tests) يتم استخدامها أيضا لفحص العناصر الخرسانية مثل اختبار الكور (اختبار متلف) و طريقة الارتداد لتحديد مقاومة الخرسانة والباكوميتر لتحديد مكان التسليح (اختبارات غير متلفة).

ب- العناصر المعدنية :-

من العيوب الشائعة في العناصر المعدنية – الصدأ – الشروخ – الاجهادات الزائدة الشروخ عادة تنشأ عند الوصلات بمناطق نهاية اللحام أو الأماكن المؤكسدة المتآكلة من العنصر وعندئذ تزداد عبر القطاع حتي يحدث الانهيار له. وهناك بعض الشروخ المهمة تحدث في الجسور المعدنية من جراء الأحمال المتكررة (fatigue cracking) يمكن أن يتسبب في الانهيار المفاجى ويؤدي إلى الكوارث. ويمكن اكتشاف الشروخ بالفحص البصري بعد تنظيف أسطح تلك الأجزاء جيدا أو باستخدام بعض الاختبارات مثل فحص الصبغة المخترقة (dye-penetrant) لتحديد مكان وعرض الشروخ.
اكثر الإتلاف الذي يدرك في العناصر المعدنية يكون من الصدأ. ويجب تسجيل أماكن وسبب واتساع الصدأ لاستخدامه في حساب تقديرات الصيانة وأخذه كمقياس لمنع اقل إتلاف في المستقبل.
هناك بعض الأضرار الأخرى المتوقع حدوثها بسبب الاجهادات الزائدة (اصطدام المركبات – الحريق) علامات الإتلاف الناتجة من الاجهادات الزائدة هي الاستطالة اللدنه (yielding) او تناقص مساحة مقطع القطاع(necking) في عناصر الشد وحدوث التواء (buckling) في العناصر المضغوطة. واما اصطدام المركبات فيؤدي الي نقص بالقطاع وحدوث شروخ وتشوهات شكلية. وهناك بعض الاختبارات ذات تقنية متقدمة تستخدم لفحص العناصر المعدنية ومن هذه الاختبارات غير المتلفة – اختبار علم الإصدار الصوتي لتحديد منشأ الشروخ –اختبار المسح بالكمبيوتر لتصور

ووصف العيوب الداخلية – اختبار الموجات فوق الصوتية للكشف عن الشروخ في الأماكن المسطحة الملساء.

ج – كراسي الارتكاز (Bearing)

تصنف كراسي الارتكاز في الكباري إلي نوعين معدني (Metal) - ومطاطي (Elastomeric) .

أحيانا تتوقف كراسي الارتكاز المعدنية عن الحركة المقررة لها ولا تعمل كما لو كانت متجمدة ويحدث هذا لعدة أسباب منها – الصدأ – عوائق ميكانيكية في الحركة – وجود عوائق للحركة من حصى وحطام . وهذه الكراسي المتجمدة الحركة ينتج عنها بعض الأضرار للجسر مثل حدوث انحناء أو التواء وعدم استقامة واستواء العناصر الخرسانية . من العيوب الأخرى الممكن حدوثها بكراسي الارتكاز المعدنية - فقدان الترابط بين الأجزاء – حدوث شروخ بأماكن اللحام – والصدأ علي سطح الانزلاق – ارتكاز اللوح السفلي علي جزء من القاعدة وحدوث انحناء بالمفاتيح العرضية.

ومن العيوب التي تتوقع في كراسي الارتكاز من النوع المطاطي حدوث نتوءات كبيرة بالحشو وحدوث انفلاق وانشقاق بين لوحي القاعدة ونقص التماسك بينهما. علي القائم بأعمال الفحص أن يكون مدركا لأهمية حالة كراسي الارتكاز وان يضع التوصيات والقياسات الصحيحة التي تجعل كراسي الارتكاز تعمل علي نحو دقيق.

ومن الواضح أن تلف كراسي الارتكاز يؤثر علي عناصر إنشائية أخرى مع الوقت لذلك فان إصلاح هذا التلف يمكن اعتباره من الأعمال الوقائية.

د – الفواصل (seals Joint)

الفواصل في الجسور لها فائدة أساسية وهي إتاحة عملية التمدد والانكماش للجزء العلوي من الجسر بالإضافة إلي تيسير الانتقال السلس من الطريق إلي سطح الجسر . ويحدث الإتلاف في الفواصل نتيجة حركة وتأثير المركبات الدائم عليها – الزيادات الكبيرة والغير متوقعة في درجات الحرارة – تجمع الأتربة والمخلفات بها. التلف الذى يحدث من حركة المركبات وتجمع المخلفات بها الي تمزقها أو جذب وتلف مسامير التثبيت لها. أما في حالة الارتفاع الكبير في درجات الحرارة فيحدث انهيار للتماسك

بين الفاصل وسطح الجسر ويؤدي إلي اقتلاع الفاصل .

الفواصل المستخدمة في الجسور تنقسم من حيث الصناعة إلي فواصل مفتوحة وفواصل مغلقة.

الفواصل المفتوحة تسمح بتساقط المياه والأتربة من خلالها وقد تودي إلي حدوث أضرار بكراسي الارتكاز. الفواصل المغلقة لاتسمح بتساقط المياه والمخلفات من خلالها وقد تكون فواصل مضغوطة – منصهرة – فواصل منزلقة – أو شرائح مغلفة.

وأي إتلاف يحدث في

مادة الفاصل يسبب دخول الماء إلي ارتكاز الفاصل وتلفه وتجميع الأتربة بداخلة وقد يتسبب في توقف حركة التمدد والانكماش للجسر وحدوث شروخ بالعناصر الإنشائية .

وبالتالي يحدث زيادة تأثر الجسر بالمركبات وتقليل قدرته في تحمل الأحمال الحية بكفاءة.

(م. شريف فتحي الشافعي ، الاساليب الفنية الحديثة لصيانة العناصر الانشائية بالكباري ،2005)