أ.د/شريف ابو المجد

إصلاح وتقوية الأعضاء الخرسانية

اعتبارات عامة :

أ ـ الإصلاح :

إن إصلاح الأعضاء الخرسانية عادة ما يكون عن طريقين : إما إضافة مادة جديدة لقطاع الخرسانة الأصلى ـ أى زيادة حجمه ـ أو إزالة جزء من المادة الأصلية المعيبة واستبدالها بمادة جديدة ، وسواء فى حالة الإضافة أو الاستبدال فإن الإصلاح يتضمن وضع المادة الجديدة بإحدى طرق ثلاثة :

١ ـ الصب ـ فى شدة تثبت على العضو الأصلى .

٢ ـ الرش ـ بمعدات خاصة .

٣ ـ البياض ـ وهو وضع المادة الجديدة باليد .

ولابد من دراسة تأثير هذه المادة الجديدة على أداء الأعضاء الخرسانية وبالذات فى حالة الإصلاحات الإنشائية التى تهدف إلى استرداد مقاومة العضو للأحمال أو استرداد جساءته .

ب ـ التقوية :

أما تقوية الأعضاء الخرسانية ليمكنها تحمل أحمال أكبر ، فرغم أنه قد يشمل كثيرا من الطرق المستخدمة فى الإصلاح فإن الفرق الأساسى أن الأحمال الجديدة سيبدأ تأثيرها بعد أعمال التقوية ، أما فى حالة الإصلاح فإن الأحمال موجودة قبل أعمال الإصلاحات الإنشائية وفى هذا فرق كبير .

أ ـ إزالة الحمل :

فى حالة الإصلاح : ما لم يتم إزالة الحمل من العضو المراد إصلاحه ، فإن العضو الأصلى سيستمر محملا بالأحمال الآتية :

١ ـ كل الحمل الميت .

٢ ـ الجزء من الحمل الحى الموجود قبل عمل الإصلاح أو إضافة أعضاء التقوية .

٣ ـ نسبة من الحمل الحى الذى سيضاف بعد ذلك ، وهذه النسبة تتناسب مع جساءة العضو الأصلى إلى جساءة الإصلاح أو الأعضاء المضافة للتقوية .

ولن يساهم الإصلاح أو الأعضاء الجديدة إلا فى حمل جزء من الأحمال المضافة بعد الإصلاح ، وإزالة الحمل من الأعضاء المطلوب إصلاحها يتم عن طريق إزالة الأحمال والإنشاءات التى يحملها العضو ـ إن كان ذلك ممكنا ـ أو عن طريق نقل الحمل بالروافع الهيدروليكية أو بالطرق اليدوية إلى دعامات مؤقتة

فى حالة التقوية : أما فى حالات التقوية ـ زيادة قدرة الأعضاء الخرسانية على تحمل أحمال جديدة ـ فلا يصبح من الضرورى إزالة الحمل الأصلى ؛ لأن الأجزاء المطلوبة للتقوية يتم إضافتها قبل وضع الأحمال الجديدة ـ تعلية مبنى أو تغيير استخدام الأسقف .. إلخ ـ ويستثنى من ذلك حالات التقوية بإضافة قاعدة جديدة تحت القديمة مثلاً ، حيث يلزم رفع الحمل على قواعد مؤقتة أثناء أعمال التقوية ـ شكلى (٨ / ٥٠) ، (٨ / ٥١) .

إصلاح وتقوية الأساسات :

الأساسات السطحية :

تدعيم الأساسات :

وقد تطورت عمليات تدعيم الأساسات لتصبح فنًا قائمًا بذاته ، وهناك العديد من المؤلفات التى تغطى هذا الموضوع [٢٠] ، وسيقتصر تناول الموضوع هنا على الأسس العامة وشرح لبعض طرق التدعيم بدون الدخول فى تفاصيل العمل ، ويختلف أسلوب التدعيم باختلاف نوع الأساس ، فتدعيم اللبشة يكاد يقتصر على زيادة عمقها ، أما تدعيم الأساسات المنفصلة فيأخذ صوراً عدة :

أ ـ زيادة مساحة التحميل على الأرض :

ويتم ذلك بعمل كتلة من الخرسانة المسلحة أو العادية تحت القاعدة ، وغالبا ما يحتاج الأمر إلى تخفيض أو إزالة حمل القاعدة قبل إصلاحها ـ كما هو مبين فى شكل (٨ / ٥٠) ، شكل (٨ / ٥١) ـ ويمكن ربط الكتل الخرسانية الجديدة بشبكة من الميدات للوصول إلى هبوط متكافئ ، وهذه الطريقة موضحة فى شكل (٨ / ٥٢ / ب) .

ب ـ زيادة مساحة القواعد المنفصلة :

ومن الممكن زيادة مساحة القاعدة نفسها بدون الحفر أسفلها ، وهى طريقة أقل تكلفة وأقل خطورة من الأولى ـ كما هو مبين فى شكل (٨ / ٥٢ / ج) ـ ولكن لابد من الأخذ فى الاعتبار أن عمل قميص للقاعدة القديمة ـ كما هو مبين ـ سيؤدى إلى تولد قوى قص كبيرة عند إتصال الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة عندما يحدث هبوط للقاعدة المركبة تحت تأثير الحمل الجديد ، ولذا فإن أسطح الاتصال يجب أن تخشن جيدا وتزود بمسامير قص Shear dowels كافية لنقل قوى قص أكبر من تلك الناتجة من حاصل ضرب جهد التربة تحت القاعدة المركبة فى مساحة القطاع المضاف ، كما يستحسن لحام الحديد الأصلى بعد فرده واستعداله فى الحديد المضاف لزيادة المقاومة للقص .

أما إذا كان المقصود من عمل القميص للقاعدة القديمة زيادة عمقها لتعويض النقص الناشئ فى مساحة صلب التسليح نتيجة الصدأ ، فإن قوى القص بين القطاع الجديد والقديم لن تكون كبيرة ، ويمكن الاكتفاء بدهان سطح الاتصال بمادة تزيد تماسك الخرسانة الجديدة بالقديمة .

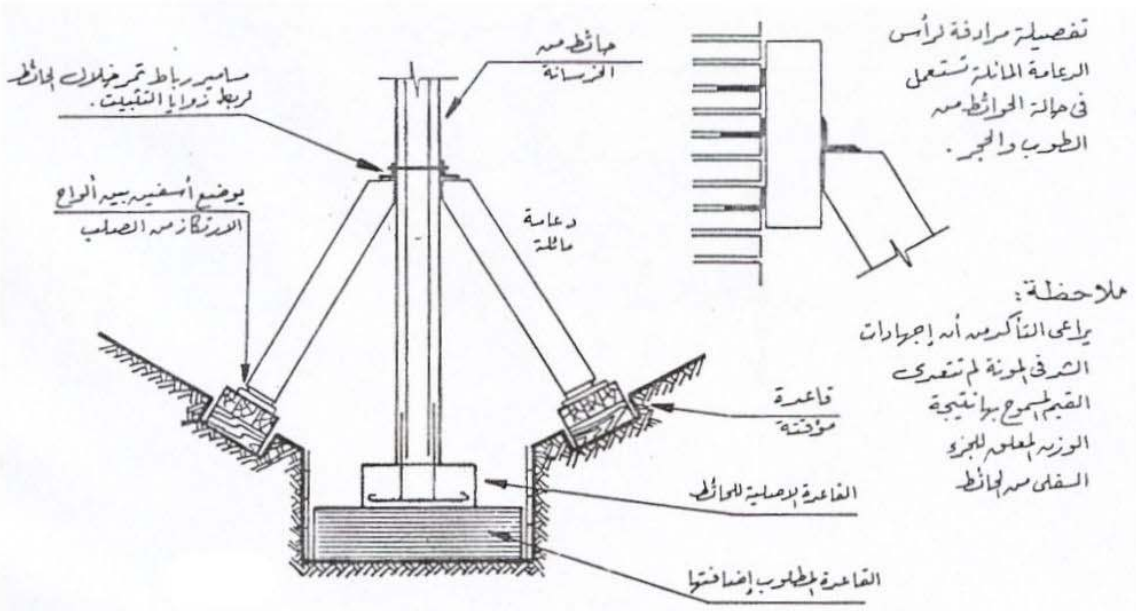
جـ ـ ربط قاعدتين منفصلتين أو أكثر لعمل قاعدة شريطية :

كما هو موضح فى شكل (٨ / ٥٣) فإن عمل القاعدة الشريطية يكون فى جزء منه مماثل لعمل قمصان للقواعد الأصلية ، وفى الجزء الموجود بين القاعدتين يأخذ شكل القاعدة الشريطية العادية ، ومن المشاكل التى تصادف المصمم فى هذه الحالات ما يلى :

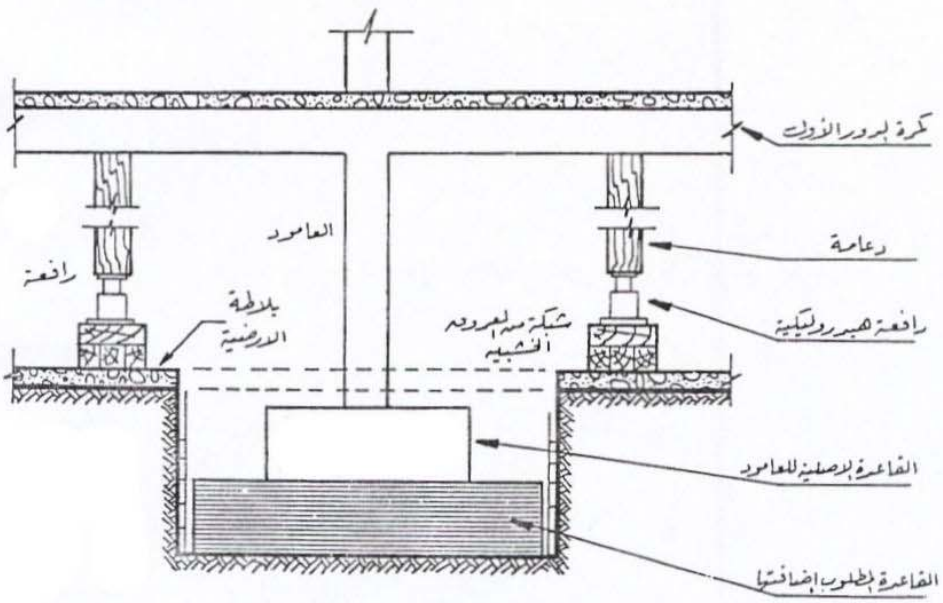
١ ـ اختلاف سمك الخرسانة العادية والمسلحة للقواعد مما يجعل صلب التسليح بها ليس فى مستوى أفقى واحد ـ ويمكن فى هذ الحالة عمل ميل خفيف فى الخرسانة العادية التى تصب بين القاعدتين مع تكسير الخرسانة العادية القديمة بميل لزيادة الرباط .

٢ ـ عدم وجود القواعد على خط واحد ـ وفى هذه الحالة يمكن زيادة عرض القاعدة الشريطية أو ربط كل مجموعة على خط واحد تقريبا بقاعدة شريطية .

٣ ـ ضرورة إضافة تسليح علوى فى منتصف البحر بين الأعمدة لمقاومة العزوم السالبة الناشئة فى القاعدة الشريطية ـ ويوصى بعمل ثقوب فى الأعمدة لإمرار التسليح العلوى ، يملأ بعد ذلك بمونة مناسبة .

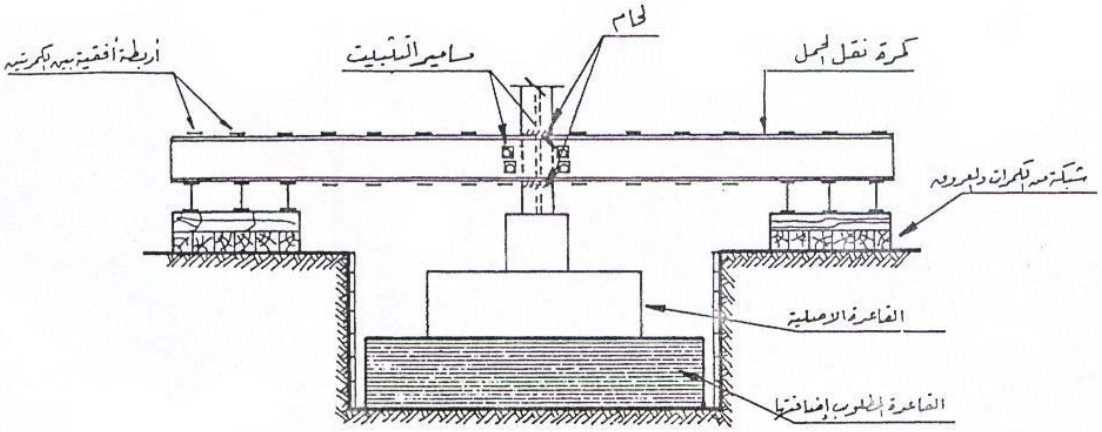


ب- إزالة الحمل عن حائط خرساني وقاعدته لإضافة قاعدة جديدة



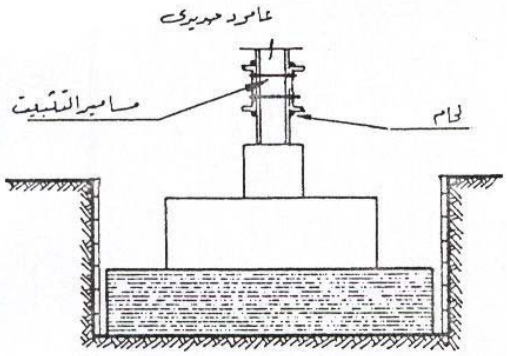
ب- إزالة الحمل عن عامود لإضافة قاعدة جديدة تحت قاعدته

شكل (٨ / ٥٠) إزالة الحمل عن طريق الدعامات الرئيسية والمائلة

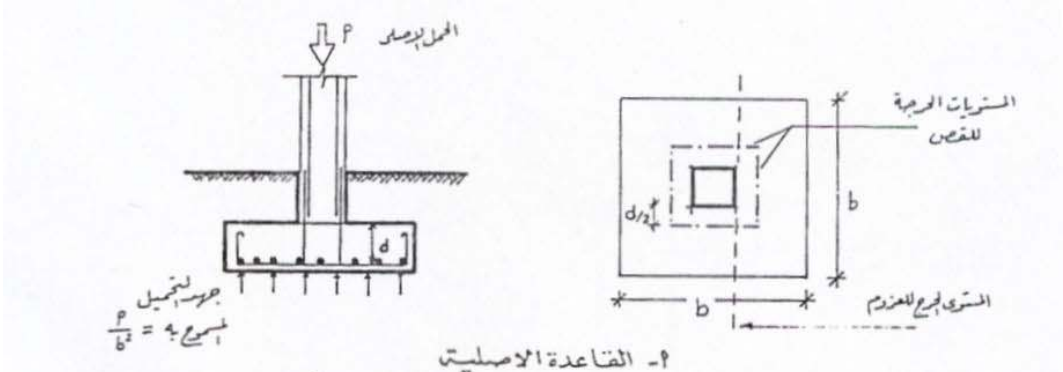


منظر أمامى

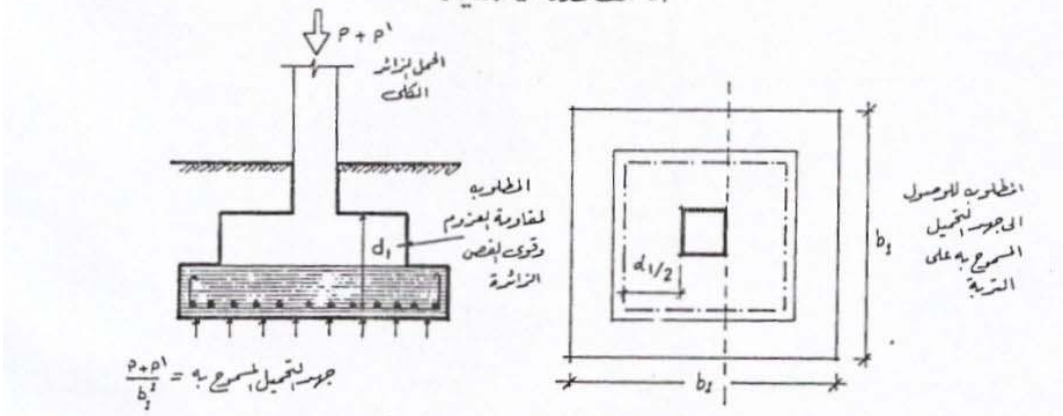
منظر جانبى



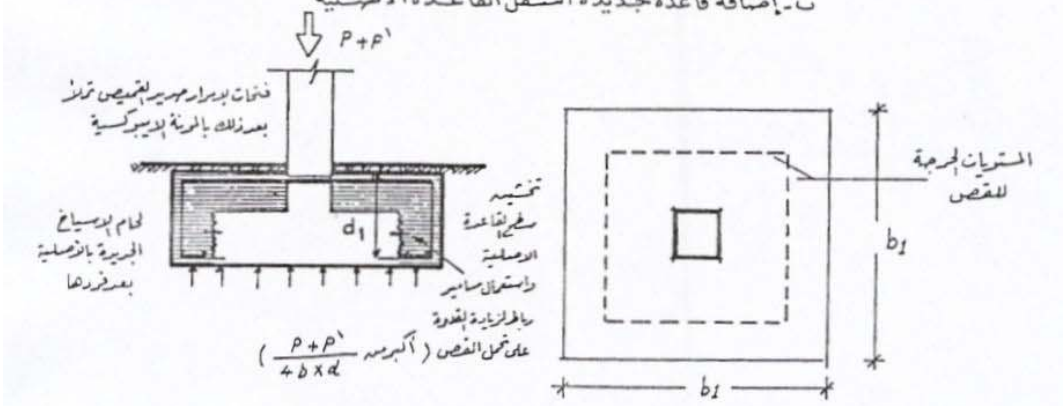
شكل (٨ / ٥١) إزالة الحمل عن طريق الكمرات الأفقية



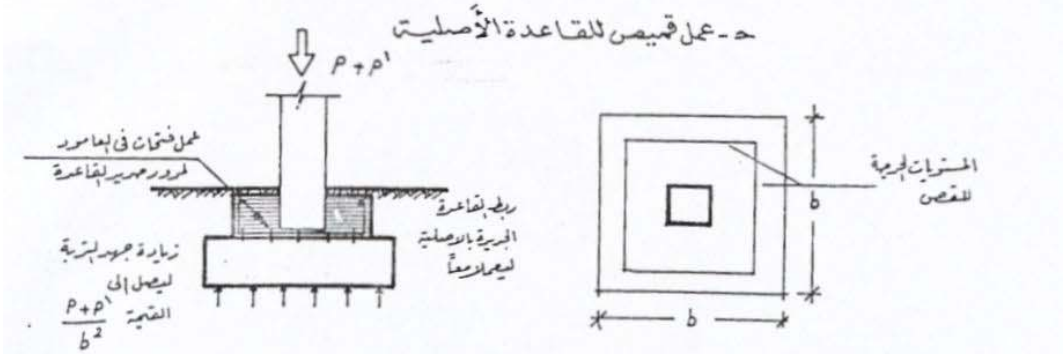
أ- القاعدة الاصلية



ب- إضافة قاعدة جديدة أسفل القاعدة الأصلية

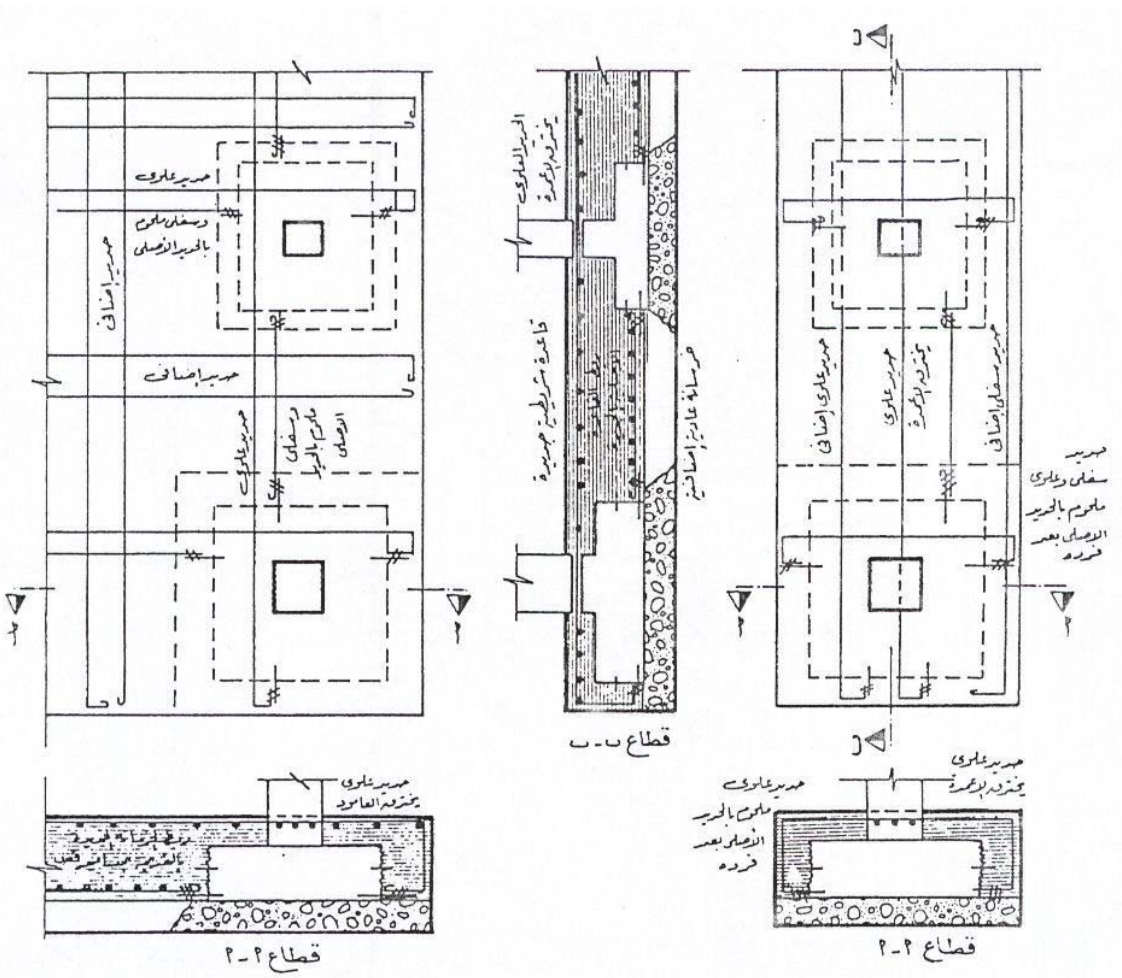


جـ- عمل قميص للقاعدة الأصلية



د- حفر تربة وإضافة قاعدة أعلى القاعدة الأصلية.

شكل (٨ / ٥٢) طرق زيادة قدرة التحمل لقاعدة منفصلة



شكل (٨ / ٥٣) وصل القواعد
لعمل قاعدة شريطية

شكل (٨ / ٥٤) تحويل القواعد
المنفصلة إلى لبشة مسلحة

نقل الحمل لطبقة أعمق :

إذا كانت هناك طبقة متماسكة وعلى عمق أكبر أقدر على تحمل الحمل من الطبقة الموجودة أسفل القواعد مباشرة ، فإنه يمكن نقل الأحمال لهذه الطبقة عن طريق الخوازيق الإسكندرانى ـ العريضة والقصيرة ـ أو عن طريق الخوازيق العادية ، وتنفيذ الخوازيق الإسكندرانى تحت القاعدة يستدعى إزالة الحمل عنها ثم الحفر لصب الخازوق ، أما تنفيذ الخوازيق العادية فيتم بإحدى الصور الآتية :

١ ـ دق الخازوق بميل خفيف ثم ربطه بالقاعدة الأصلية أو سحبه تحتها .

٢ ـ ثقب القاعدة الأصلية فى أماكن الخوازيق ، ثم عمل رأس للخازوق أسفل القاعدة ، مع ملء الثقوب بالمونة المناسبة .

٣ ـ دق الخوازيق خارج القاعدة ثم صب الوسادة الأعرض تحت القاعدة الأصلية بطريقة الركام الموضوع مسبقا

حقن التربة :

إن حقن التربة عادة ما يستخدم فى حالات نزح المياه عندما تكون التربة مسامية لدرجة تجعل عملية النزح صعبة جدا ، ولكنها نادرا ما تستخدم فى تقوية التربة لزيادة قدرتها على تحمل الأحمال ، والسبب الأساسى في هذا هو أنه فى حالة الإنشاء الجديد فإن زيادة مساحة الأساسات للوصول إلى الإجهاد الذى تستطيع التربة تحمله عادة ما يكون أقل تكلفة من زيادة قدرة التربة بحقنها ، كما أنه مضمون أكثر ، آما فى حالة الرغبة فى زيادة قدرة الأساسات القائمة على تحمل أحمال جديدة فإن الوضع قد يكون معكوسا أى أن زيادة قدرة التربة بالحقن قد يكون أقل تكلفة من زيادة مساحة القاعدة أو إضافة قاعدة أكبر تحتها .

فلو أخذنا على سبيل المثال حالة مبنى يراد إضافة طوابق جديدة له وأن الأعمدة تتحمل الأحمال الجديدة أو سيتم عمل قمصان لها ، فتصبح مسألة زيادة قدرة الأساسات لتحمل الأحمال الجديدة هى المشكلة ، ولحل هذه المشكلة هناك طريقتان :

١ ـ زيادة مساحة التحميل بحيث يظل الإجهاد الواقع على التربة بعد إضافة الأحمال الجديدة مساويا لقدرتها على التحمل ـ شكل (٨ / ٥٢ / ب) ـ ويتم ذلك إما بإضافة قاعدة جديدة تحت القاعدة الأصلية أو بعمل قميص للقاعدة الأصلية ـ ويمكن أن يتم بربط القواعد المنفصلة فى قاعدة شريطية أو تحويلها إلى لبشة مسلحة .

٢ ـ زيادة قدرة التحمل للتربة بحقنها بحيث يصبح الإجهاد الجديد المسموح به مكافئا للإجهاد الناشئ عن الأحمال الزائدة ، وذلك بدون زيادة مساحة القاعدة ـ شكل (٨ / ٥٢ / د) .

وفى كلتا الطريقتين نجد أن العزوم وقوى القص ستزداد على القاعدة الأصلية بما يستدعى تقويتها ، وبالنسبة للطريقة الأولى فإن زيادة عمق القاعدة يحقق التقوية المطلوبة ، أما فى حالة حقن التربة فلابد من عمل قاعدة صغيرة جديدة أعلى القاعدة الأصلية لاستيعاب الزيادة فى العزوم وقوى القص ـ شكل (٨ / ٥٢ / د) .

ومن الطبيعى أن إضافة قاعدة أصغر أعلى القاعدة الأصلية أسهل وأقل تكلفة من

إضافة قاعدة أكبر أسفلها ، ولكن تكلفة الحقن والتأكد من زيادة قدرة التربة على التحمل نتيجة له تضاف إلى تكلفة الطريقة الثانية ، ويعتمد اختيار إحدى الطريقتين على التكلفة أولا وعلى السهولة والظروف المحيطة ثانيا .

وفى حالة حقن التربة يجب أن يصل الحقن إلى عمق كاف تحت القاعدة الأصلية ، بحيث يحقق انتشار الحمل لمنع حدوث إجهاد زائد أسفل الطبقة التى تم حقنها ، ولحسن الحظ هذا العمق ليس كبيرا ، ففى حالة قاعدة ٣ × ٣ م مثلا فإن الحقن لعمق ١,٥ م يؤدى إلى أن يصبح الإجهاد على التربة أسفل الطبقة التى تم حقنها أقل من نصف الإجهاد تحت القاعدة الأصلية .

وهناك عدة اعتبارات يجب مراعاتها عند اختيار طريق الحقن ، منها

١ ــ أن تكون التربة مسامية بدرجة كافية لتقبل الحقن .

٢ ــ اعتبارات الهبوط الكلى ــ حيث إن الهبوط دالة فى الحمل الكلى وليس دالة فى الإجهاد على التربة السطحية .

٣ ــ أن تكون مواصفات البناء المحلية تسمح باستخدام هذه الطريقة فى زيادة قدرة التربة وزيادة الإجهاد المسموح به تحت الأساسات القائمة .

ويجب عمل الاختبارات اللازمة للتأكد من سلامة وفعالية عملية الحقن بالطرق المعروفة مثل الحفر وأخذ عينات القلب (Cores) واختبارها .

الأساسات العميقة :

القمصان Jackets :

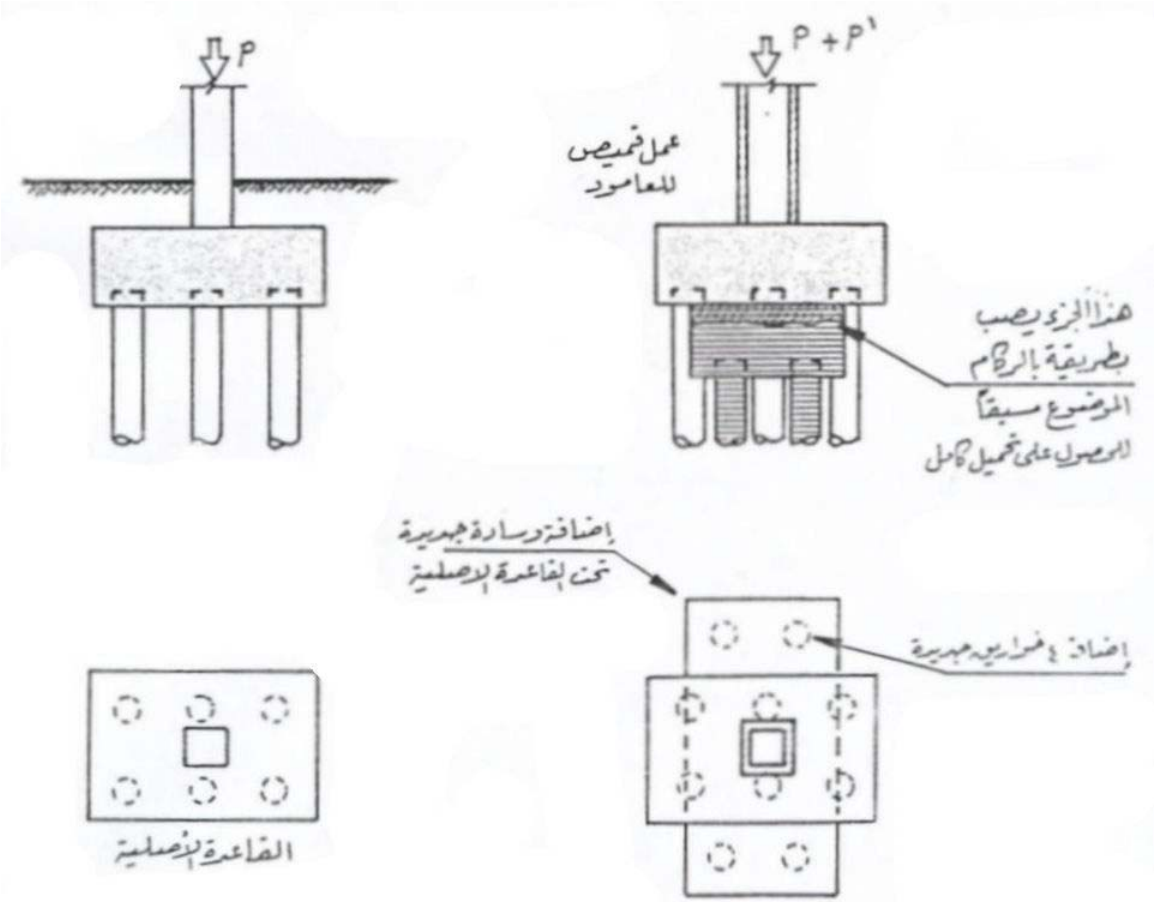
والأساسات العميقة عادة ما تكون تحت الماء ، سواء تحت مياه الأنهار أو البحار فى حالة استعمالها كركائز للكبارى أو المنشآت البحرية ـ خوازيق ، دعامات رأسية ـ أو تحت المياه الجوفية فى حالة نقل أحمال المنشآت إلى طبقات عميقة من التربة ، وفى كلتا الحالتين تكون الأساسات العميقة معرضة لظروف قاسية من ناحية الصدأ مما يؤدى إلى صدأ الحديد وتدهور خرسانة الخوازيق .

وأفضل طرق الإصلاح فى هذه الحالة هو عمل قميص من الخرسانة لهذه الخوازيق أو الدعامات ، وسوف نتعرض لطرق عمل القمصان تفصيلا فى قسم (٦ / ٣ / ٤) ، وفيها يتم تغليف الخازوق بطبقة جديدة من الخرسانة مع إضافة صلب تسليح جديد أو عدم إضافته حسب حالة تدهور تسليح الخازوق الأصلى ، ولعمل القميص تستخدم فرم وشدات من الخشب أو الحديد المطروق أو الصلب ، وقد تكون الشدة مؤقتة ولكن فى أغلب الأحوال تكون هذه الشدة دائمة لصعوبة فكها ولتساهم فى توفير الحماية للخازوق بعد إصلاحه .

وتستخدم الشدة المؤقتة فى إصلاح الخوازيق البحرية ودعامات الكبارى ، حيث يكون الجزء المحتاج إلى إصلاح فوق سطح القاع فى المنطقة بين مستوى المياه المرتفع والمنخفض ؛ لأن هذ المنطقة تتعرض للبلل والجفاف مما يوفر الرطوبة والأكسجين اللازمين لحدوث الصدأ ، أما الأجزاء الموجودة تحت سطح الماء باستمرار فغالبا لا تتعرض لصدأ شديد ، ومثال ذلك إصلاح التدهور الشديد فى الخوازيق الحاملة لكوبرى فى الولايات المتحدة ـ شكل (٨ / ٥٥) ـ أو تغليف الخرسانة المتدهورة لدعامة رأسية لكوبرى آخر ـ شكل (٨ / ٦٣) .

أما الشدات الدائمة ـ وخاصة المعدنية ـ فتستخدم فى إصلاح الخوازيق المدفونة فى الأرض ، حيث تصبح مشكلة عمل الشدة لصب القميص مشكلة صعبة ، وقد يمكن حلها بدق الشدة المعدنية ثم إزالة التربة داخلها لصب الخرسانة ، وخاصة فى الأجزاء العليا من الخوازيق .

وفى الحالتين تستعمل قطع من المطاط لسد الشدة من أسفل وذلك لكيلا تفقد الخرسانة فى التربة ، كما تستعمل قطع خشبية لحفظ المسافة بين الشدة وبين الخازوق المراد إصلاحه ، كما فى شكل (٨ / ٦٥) .



شكل (٨ / ٥٦) إضافة خوازيق جديدة لقاعدة مصبوبة

وإزالة جزء من الحمل يتم عن طريق إزالة بعض الأحمال من المبنى أو عمل الإصلاحات أثناء عدم وجود الحمل الحى على كوبرى ، وهذا أسهل وأرخص الحلول ، وإذا لم تكن تلك الحلول عملية فيتم إزالة جزء من الحمل عن طريق الدعامات الرأسية أو الكمرات الأفقية

تقوية الحوائط أو زيادة المقاومة للقوى الجانبية

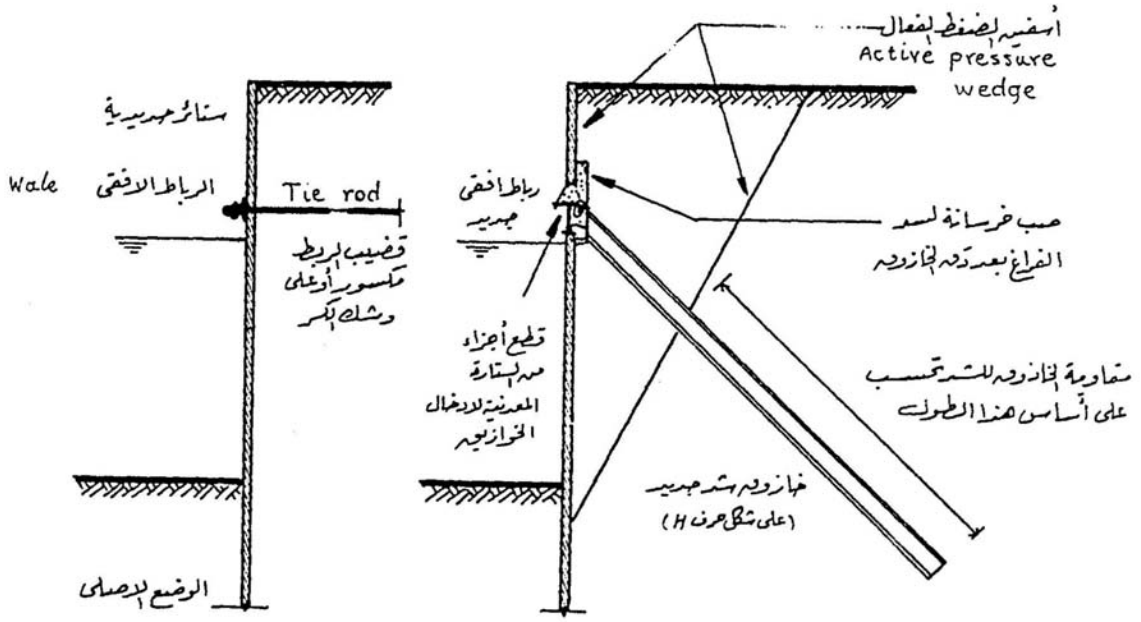
Increasing resistance to overturning forces :

وذلك بالنسبة للحوائط الساندة والستائر الحديدية ، ويتم ذلك بإحدى صور ثلاث :

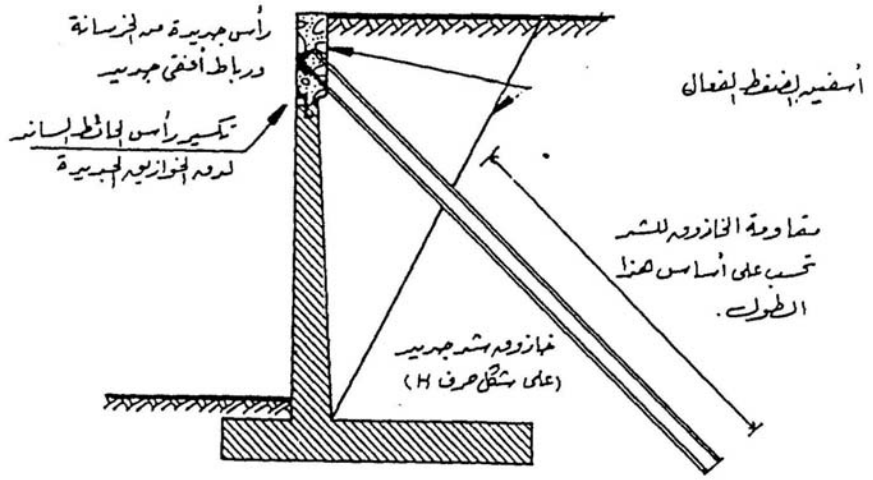
أ ـ التحويل إلى المقاومة بالكتلة وليس بالهيكل (Conversion to gravity struc-ture) وذلك عندما يتوفر الفراغ المطلوب ، فيمكن زيادة مقاومة الحائط الساند للقوى الجانبية بإضافة أوزان وكتل إلى الحائط ، وهذا يوفر مقاومة الوزن للانقلاب ـ المقاومة بالكتلة وليس بالشكل ـ ويراعى التحقق من الإجهادات فى هذا المنشأ المعدل وخاصة الإجهادات على التربة حيث إنها ستزيد زيادة كبيرة .

ب ـ استعمال خوازيق الشد : وهى وسيلة معروفة تستخدم لتقوية الستائر المعدنية والحوائط الساندة ، ولكنها تحتاج إلى وجود حيز أو خلوص (Clearance) مثل الخوازيق الجديدة ذات الإزاحة المنخفضة (low displaacement) ليمكن دق الخوازيق ذات القطاع على شكل حرف H ، كما ينصح باستخدام الدفع الهيدروليكى بدلا من الدق كلما كان ذلك ممكنا ، ويجب أن تكون الخوازيق طويلة بما فيه الكفاية ليوجد طول تثبيت كاف بعد منطقة إسفين الضغط الفعال ويستحسن إهمال مقاومة الخلع التى تحدث فى منطقة الضغط الفعال عند تصميم خوازيق الشد . كما يجب حساب إعادة توزيع الإجهادات فى الحائط الساند نتيجة لرد فعل خازوق الشد Anchor reaction الذى لم يكن موجودا فى التصميم الأصلى ـ شكل (٨ / ٥٧ / ب) .

جـ ـ التدعيم المائل Braces or Buttresses : وهذا النوع من الإنشاء موضح فى شكل (٨ / ٥٨) ، ويمكن استخدامه فقط فى حالة وجود مساحة كافية للدعامات المائلة ، ويجب أن يتم عمل أسفين لتثبيت الدعائم المائلة تثبيتا لا حركة فيه فى الستارة المعدنية أو الحائط الساند .

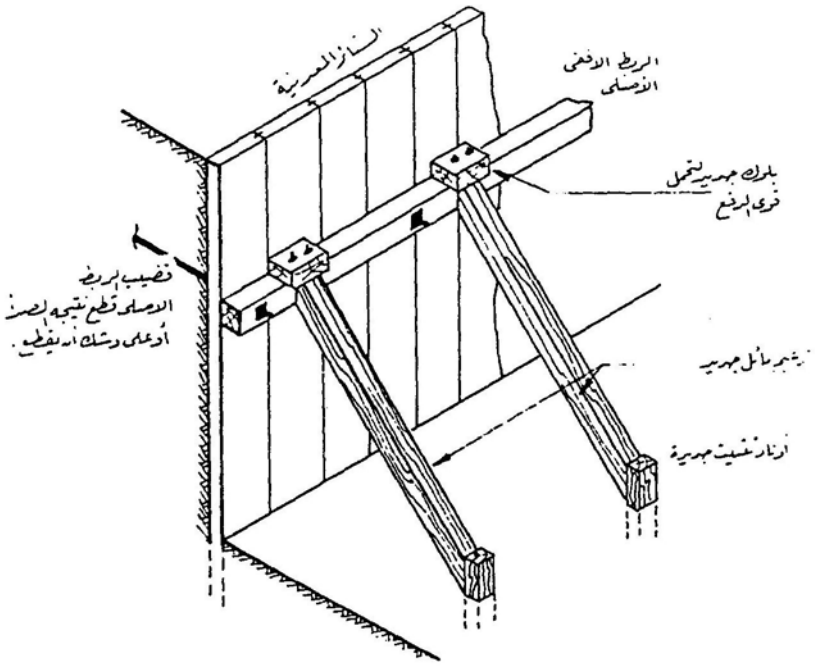


أ- التدعيم الأفقي للستائر المعدنية



ب- التدعيم الأفقي للحوائط الساندة

شكل (٨ / ٥٧) زيادة المقاومة للقوى الجانبية باستعمال خوازيق الشد



شكل (٨ / ٥٨) التدعيم المائل للحوائط المتدهورة

إصلاح وتقوية الأعمدة والحوائط :

السند الدائم Permenant propping :

فى حالة عدم القدرة على إصلاح العامود وعدم الرغبة فى إزالته واستبداله بآخر ، فيمكن سند العامود بواسطة دعامات دائمة على جانبى العامود ـ شكل (٨ / ٥٩) .

الطريقة :

١ ـ يتم إزالة حمل العامود جزئيا وذلك باستعمال روافع هيدروليكية بين الأدوار .

٢ ـ توضع الدعامات الرأسية بحيث لا توجد مسافة بينها وبين الكمرة أو البلاطة أو رأس العامود قبل إزالة الروافع ، وذلك حتى تساهم فى حمل نصيب من حمل العامود .

الاحتياطات :

حيث إن هذ الدعامات دائمة ، فيستحسن صب خرسانة مسلحة حولها لحمايتها من العوامل الجوية وزيادة عمرها التشغيلى .

ويجب أن يتم نقل حمل الدعامات على دعامات أسفلها وحتى الأساسات إذا كان العامود المصاب ليس فوق الأساسات مباشرة .

العيوب :

١ ــ فاقد كبير فى المساحة المستغلة للدور .

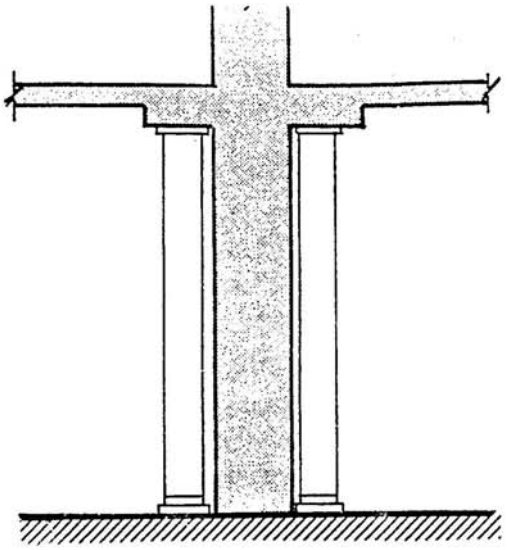
٢ ــ لا تستطيع الدعامات نقل العزوم فى حالة وجود عزوم على العامود .

التغليف (القمصان) Jacketting:

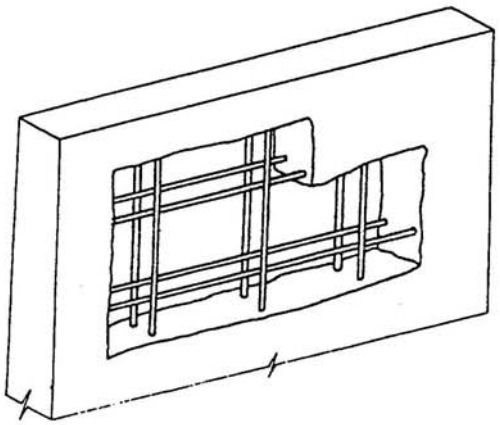
وهى أكثر الطرق استخداما فى إصلاح الأعمدة وفى زيادة قدرتها على تحمل أحمال جديدة وفى منع حدوث تدهور جديد إذا كان الوسط المحيط ضارا بالخرسانة ، وهذ الطريقة تستخدم كذلك فى إصلاح الخوازيق ودعامات الكبارى (Piers) ، وهى مفيدة بصفة خاصة فى الإصلاحات تحت الماء .

الوصف :

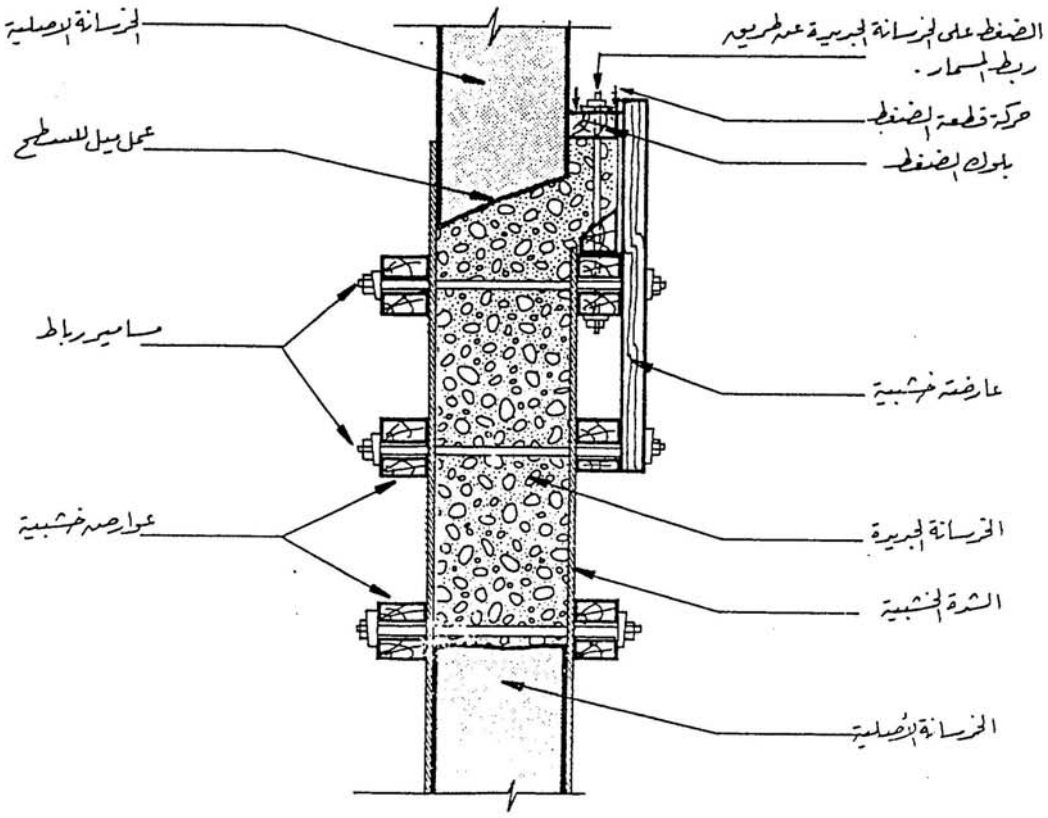
التغليف هو استعادة أو زيادة القطاع الخرسانى بتغليفه بطبقة جديدة من الخرسانة المسلحة .



شكل (٨ / ٥٩) التدعيم الدائم
لعامود



شكل (٨ / ٦٠) شكل الحائط
بعد إزالة الخرسانة المعيبة



شكل (٨ / ٦١) استبدال الجزء التالف باستخدام طريقة ضغط الخرسانة الجديدة

الغرض :

١ ـ إحاطة العضو الخرسانى بطبقة غير منفذة للرطوبة والسوائل الضارة ، مما يوفر الحماية للعضو .

٢ ـ زيادة مساحة القطاع العرضى فى حالة الرغبة فى زيادة قدرة العضو على تحمل الأحمال .

٣ ـ زيادة مساحة الصلب الرأسى فى حالة حدوث صدأ للصلب الأصلى .

٤ ـ توفير ضغط جانبى Confinement عن طريق التسليح العرضى ـ الكانات ـ والقطاع الخرسانى للقميص ، مما يؤدى إلى زيادة قدرة العامود الأصلى ـ حتى وإن لم يزد قطاعه .

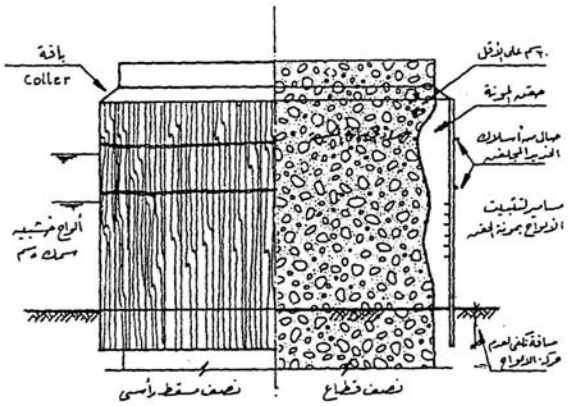
الطريقة :

١ ـ الفرم والشدات :

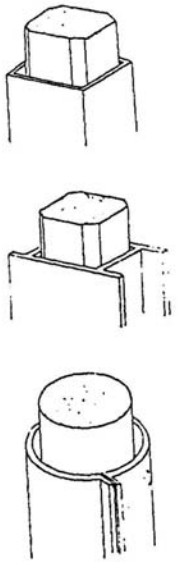
يجب أن تزود شدة القميص ببلوكات خرسانية أو قطع بلاستيك لحفظ المسافة بين الشدة والعامود الأصلى ، ويمكن أن تكون الشدة دائمة أو مؤقتة ، وقد تكون من الخشب أو الحديد المطروق أو الصلب أو الخرسانة سابقة الصب ـ شكل (٨ / ٦٢) إلى شكل (٨ / ٦٥) .

٤ ـ تمنع تآكل السطح نتيجة الرياح المحملة بالأتربة أو المياه السريعة أو فعل الجليد .

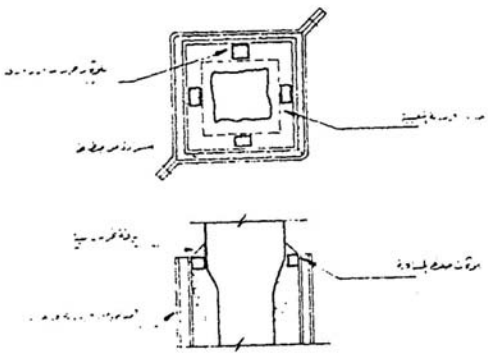
ولكن الخشب يجب أن يعالج بحيث يحفظ من العوامل المتلفة للأخشاب . ويجب تقوية الشدة بحيث لا يحدث بها تقوس عند ضخ الخرسانة ، كما يجب أن تكون الألواح متلاصقة بحيث لا تسمح للّبانى ـ المونة الخفيفة ـ بالمرور بينها ، ويجبْ أن يتم تقفيل الشدة من أسفل وخاصة إذا كان الإصلاح تحت الماء فيتم تقفيلها بالمطاط عن طريق غواص ، وفى حالة الشدات للقمصان تحت الماء تستعمل معادن مقاومة للصدأ ولا تستعمل أسلاك الصلب ، ويوصى باستخدام الحديد المجلفن فى ربط الألواح الخشبية ـ شكل (٨ / ٦٢) .



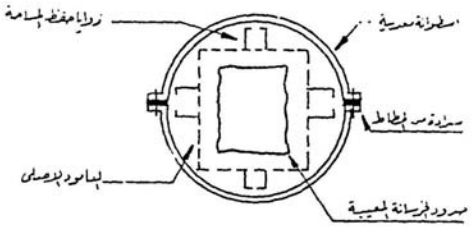
شكل (٨ / ٦٢) شدة خشبية لعمل
قميص لدعامة



شكل (٨ / ٦٣) شدات قمصان
الأعمدة من الحديد المجلفن



شكل (٨ / ٦٤) الشدات من الخرسانة
الجاهزة لعمل قميص الخازوق من الخرسانة



شكل (٨ / ٦٥) الشدات المعدنية
المؤقتة

وفى حالة الأعمدة الطرفية يمكن ملء القميص ودمكه من الخارج ـ حيث إن القميص أعرض من العامود الأصلى ـ أما فى حالة الأعمدة الداخلية فملء القميص تماما وعدم ترك فراغ بين الخرسانة الجديدة والسقف القديم ليست مسألة سهلة ، فيمكن أن يصب القميص على حطات ـ كل منها لا يزيد ارتفاعه عن ١,٥ م ـ وفي الحطة العليا يتم عمل شباك فى الشدة لصب الجزء العلوى من القميص ، ولكن الأفضل لضمان تمام الملء أن تعمل فتحات فى السقف ليتم صب الحطة العليا ودمكها منها ، حتى يمكن التأكد من أنه لا يوجد فراغ بين السقف والقميص .

٣ ـ المعالجة :

ويمكن أن تتم المعالجة بعدم فك شدة القميص أثناء فترة المعالجة ، أو فكها وجعل القميص فى حالة بلل دائم لمدة أسبوعين على الأقل .

٤ ـ الاحتياطات :

فى حالة إصلاح أعمدة مبنى قائم لن يشارك القميص فى تحمل الحمل بكفاءة إلا فى حالة إزالة الحمل ـ ولو جزئيا ـ حتى تصل مقاومة القميص إلى القيمة المطلوبة ، ثم إعادة الحمل مرة أخرى ، وهذا سيقلل من حدوث انكماش فى خرسانة القميص لعدم تعرضها لإجهادات ضغط أثناء تصلدها ، أما فى حالة تقوية الأعمدة لزيادة الأحمال مستقبلا فى حالة تعلية المبنى مثلا فلا داعى لإزالة حمل العامود أثناء عمل القميص .

أنواع القمصان :

فى بعض الحالات قد لا يمكن تغليف العامود من أربعة جهات وذلك لوجود جار ملاصق للعامود من ناحية واحدة أو ناحيتين ـ عامود الركن ـ أو لوجود عوائق كحائط ساند أو مواسير الصرف التى يصعب نقلها ، ولذا فهناك أربع حالات للقمصان هى حالة التغليف الكامل وحالة التغليف من ثلاث جهات أو جهتين أو جهة واحدة ـ والأخيرة حالة نادرة .

وفى حالة التغليف من ثلاث جهات أو جهتين فيستحسن ربط كانات القميص بالحديد الرأسى للعامود الأصلى ـ شكل (٨ / ٦٦) ـ لأن الأبحاث أثبتت [٢١] ؛ أنه فى حالة عدم الربط تصبح هناك لا مركزية فى الحمل على القطاع الجديد تؤدى إلى حدوث عزوم ، ومن ثم حدوث انفصال بين القميص والعامود الأصلى عند الأحمال العالية ، والمنطقة العليا من القميص ـ لمسافة تساوى ضعف إلى ثلاثة أضعاف عرض العامود الأصلى ـ هى المنطقة التى يوصى بزيادة الكانات فيها والاهتمام بربطها جيدا فى حديد العامود الأصلى [٢٢] .

قدرة العامود الجديد (بعد تغليفه) :

إن حساب قدرة تحمل العامود الجديد على أساس المساحة الكلية للعامود بعد تغليفه تعطى قيمة مبالغ فيها وغير صحيحة [٢٢] ؛ لأن الحمل الأقصى للعامود بعد التقوية يعتمد على العوامل الآتية :

١ ـ شكل وأبعاد القميص .

٢ ـ مساحة وشكل الكانات والحديد الرأسى فى القميص .

٣ ـ درجة خشونة السطح وعدد مسامير القص (Shear connectors) ، أى قدرة نقل الحمل بين العامود الأصلى والقميص .

٤ ـ مستوى الحمل فى العامود الأصلى أثناء تنفيذ القميص .

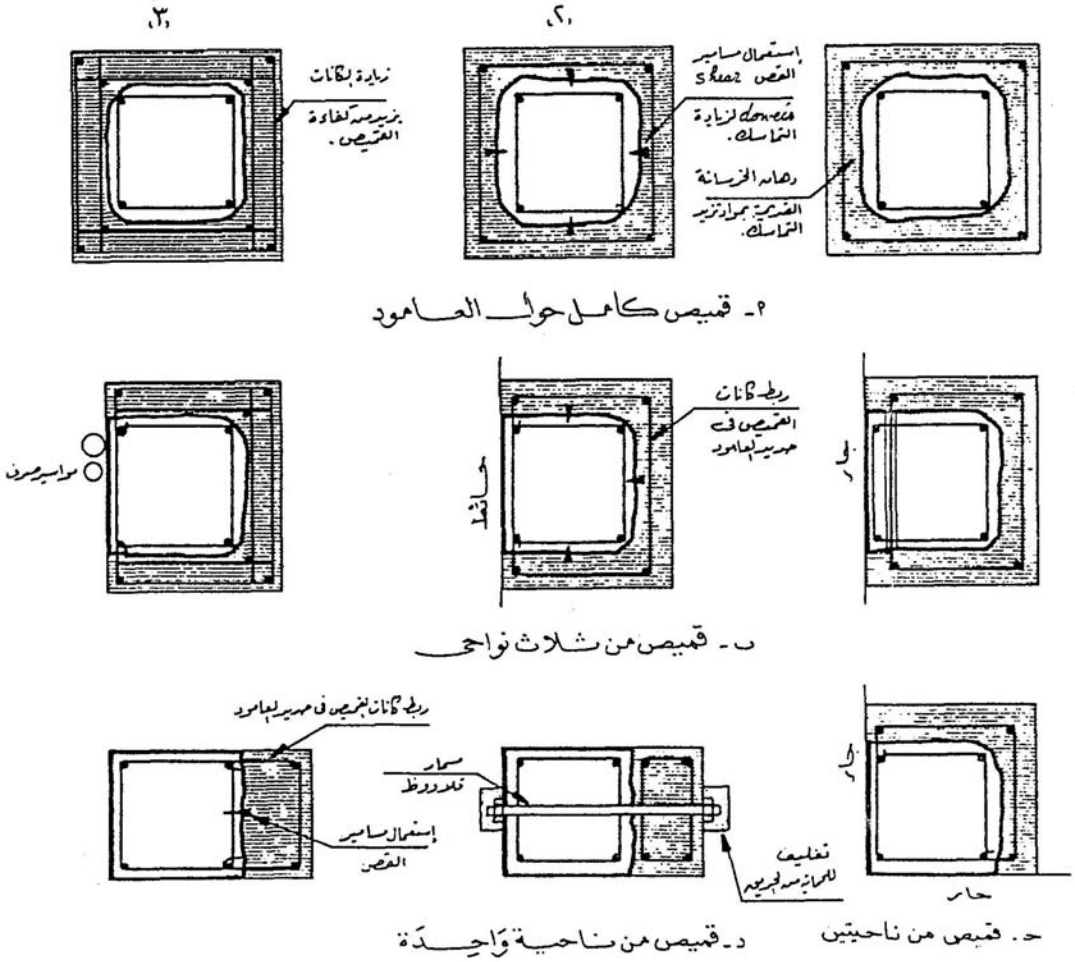
٥ ـ مقاومة خرسانة القميص والعامود الأصلى للضغط .

٦ ـ خصائص القميص والعامود الأصلى من حيث الانكماش والزحف .

ولذلك يوصى عند حساب قدرة العامود بعد تغليفه بأخذ ٦٠٪ فقط من مساحة القميص ومساحة الحديد الطولى به ـ كما هو مبين فى شكل (٨ / ٦٧) .

نتائج الأبحاث :

١ ـ إن استعمال الكانات العادية المفتوحة علي شكل حرف (u) لا يعطى الضغط الجانبى الكافى ، ويستحسن أن تكون هذه الكانات مقفولة أو ذات فرعين [٢٢] ـ كما فى شكل (٨ / ٦٦) .



ا- قميص كامل حول العامود

ب- قميص من ثلاث نواحي

د- قميص من ناحية واحدة

حـ. قميص من ناحيتين

شكل (٨ / ٦٦) أنواع قمصان الأعمدة وطرق الربط المختلفة

٢ ـ المسافة بين الكانات يجب ألا تتعدى عشرة أضعاف قطر الحديد الطولى فى القميص ، وتقل المسافة إلى نصفَ هذه القيمة فى الجزء العلوى والسفلى من القميص (٢٣) .

٣ ـ استطالة العامود تؤدى إلى إضعاف تأثير الضغط الجانبى Confinement بالمقارنة بالأعمدة المربعة ، وكلما زادت الاستطالة كلما قلت كفاءة القميص (٢٣) .

٤ ـ يمكن حساب الزيادة فى قدرة العامود على تحمل الأحمال نتيجة توفير الضغط الجانبى من المعادلة (٢٤) :

الزيادة فى الحمل = ٢,٥ × محيط العامود الأصلى × سمك القميص × مقاومة خرسانة القميص للشد .

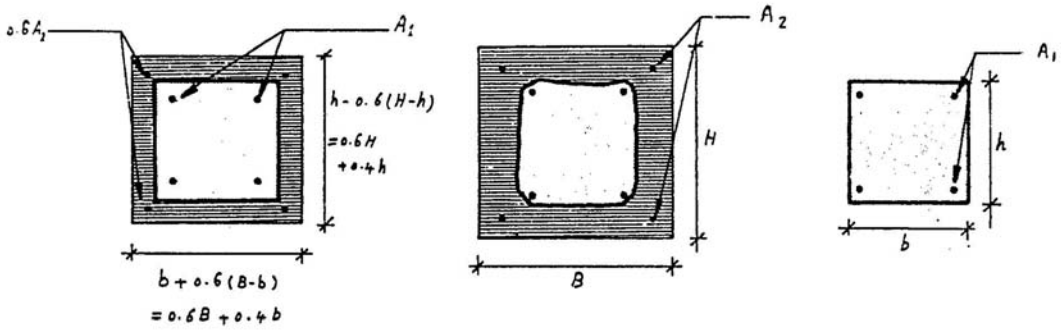
٥ ـ فى حالة وجود عزوم على الأعمدة المطلوب تقويتها ـ ولكن الحمل اللامركزى مازال بداخل قلب القطاع أى اللامركزية لا تتعدى سدس عرض العامود ـ فزيادة الكانات وربطها جيدا بحديد العامود الأصلى يساعد فى مقاومة هذه العزوم إذا كان طول العامود / عرضه لا يزيد عن ١,٤ (٢٤) .

٦ / ٣ / ٥ ـ طرق نقل العزوم :

فى حالة عزوم مطلوب نقلها من البلاطة ـ أو الكمرة ـ إلى العامود ، فإن الحلول المذكورة سابقا لا تصلح لأنها لا تقوم بنقل أى عزوم ، حيث إن صلب التسليح غير مستمر ، وفى حالة الرغبة فى زيادة قدرة العامود على نقل العزوم توجد طريقتان :

١ ـ إضافة أسياخ تسليح فى العامود تمتد فى البلاطة عن طريق عمل شقوق فيها ، ثم تملأ بعد ذلك بمونة لاحمة قوية ـ كالإيبوكسى .

٢ ـ الحل الأسهل والأرخص هو تركيب زوايا من الحديد مثبتة فى كل من العامود والبلاطة بمسامير أو باللصق ـ شكل (٨ / ٦٨) .



شكل (٨ / ٦٧) طريقة حساب قدرة العامود الجديد

إصلاح وتقوية الكمرات :

إضافة طبقة جديدة فى منطقةالضغط ـ شكل (٨ / ٦٩) ـ :

وذلك بعمل طبقة جديدة أعلى الكمرة بها تسليح خفيف ـ كاف لمقاومة الانكماش ـ وربطها بالخرسانة القديمة ، مع تخشين سطحها وتنظيفه قبل الصب ، وهذه الطبقة الجديدة لا تعمل مع الخرسانة الأصلية كقطاع واحد إلا فى حالة نقل قوى القص بين السطحين بكفاءة ، وهناك عدة طرق لنقل هذه القوى منها :

١ ـ استخدام فجوات ربط (Concrete keys) بسطح الخرسانة القديمة ـ شكل (٨ / ٦٩ / أ) ـ مع دهان السطح بمادة تماسك قوية ـ كالإيبوكسى مثلا .

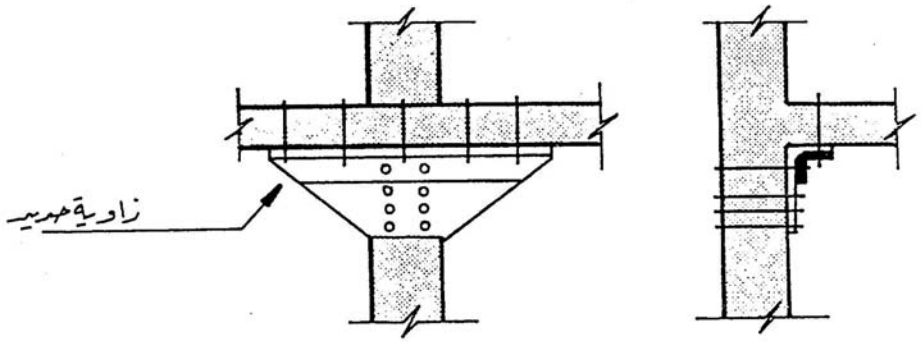
٢ ـ تثبيت الكانات الجديدة فى الخرسانة القديمة عن طريق عمل ثقوب بها ، ثم ملء هذه الثقوب بمونة تثبيت مناسبة ، ويجب أن يكون طول التثبيت كافيا لنقل قوى القص ـ شكل (٨ / ٦٩ / ب) .

٣ ـ استخدام أربطة القص Shear dowels سواء على هيئة كانات مقفولة يتم ربطها بحديد الكمرة العلوى ، أو مسامير تدفع فى الخرسانة القديمة عن طريق مسدس ـ شكل (٨ / ٦٩) .

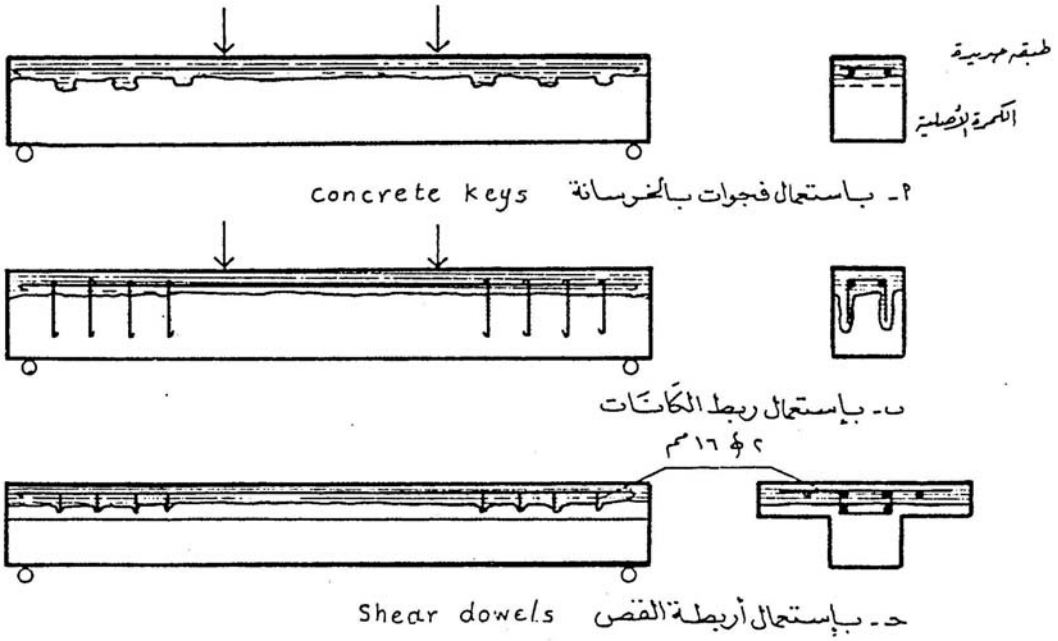
وتركيز الفجوات أو الأربطة يكون فى منطقة القص العالى ، ولكن يستحسن وضع الحد الأدنى فى باقى طول الكمرة ، حتى تعمل الطبقة الجديدة والخرسانة الأصلية كقطاع مركب واحد ، ويمكن أخذ كل مساحة القطاع الجديد فى الاعتبار عند حساب قدرة الكمرة الجديدة إذا كانت كمقاومة القص للكانات أو المسامير تساوى أو أكبر من مقاومة الخرسانة الأصلية للقص ، ولذا يوصى بألا تقل مساحة هذ الأربطة عن ٠,١٥ ٪ من مساحة سطح التماسك فى حالة السطح الخشن وألا تقل عن ٠,٤ ٪ من المساحة فى حالة الخشونة المتوسطة .

زيادة عمق الكمرة :

وهذا سيؤدى إلى زيادة جساءتها Stiffness وزيادة قدرتها على تحمل الأحمال Strengh فى آن واحد ، وهناك عدة صور لزيادة عمق الكمرة حسب الحالة ـ كما يظهر فى شكل (٨ / ٧١) .



شكل (٨ / ٦٨) طريق نقل العزوم من بلاطة إلى عامود



شكل (٨ / ٦٩) إضافة طبقة جديدة فى منطقة الضغط وطرق نقل قوى القص

أ ـ فالكمرات غير المتصله ببلاطة يمكن عمل قميص كامل لها

ب ـ والكمرات المطلوب عدم زيادة عرضها يمكن إضافة طبقة سفلية لها ـ شكل (٨ / ٧٠ / ب) ويوصى فى هذه الحالة بربط الكانات الجديدة فى منطقة الضغط إن أمكن .

جـ ـ والكمرات المتصلة ببلاطة يمكن عمل قميص لها من ثلاث جهات وربط الكانات عن طريق عمل ثقوب فى الكمرة فى منطقة محور التعادل (N. A) ، وهذا القميص يوفر حماية للكمرة من الجو المحيط ، بالإضافة إلى زيادة عمقها وعرضها .

د ـ والكمرات المعرضة لعزوم سالبة عالية يمكن عمل قميص لها من ثلاث جهات ، بالإضافة إلى طبقة خرسانة جديدة فى منطقة الضغط ، وفى هذه الحالة يتم ثقب البلاطة لتثبيت الكانات فى الحديد العلوى الجديد ـ شكل (٨ / ٧٠ / د) .

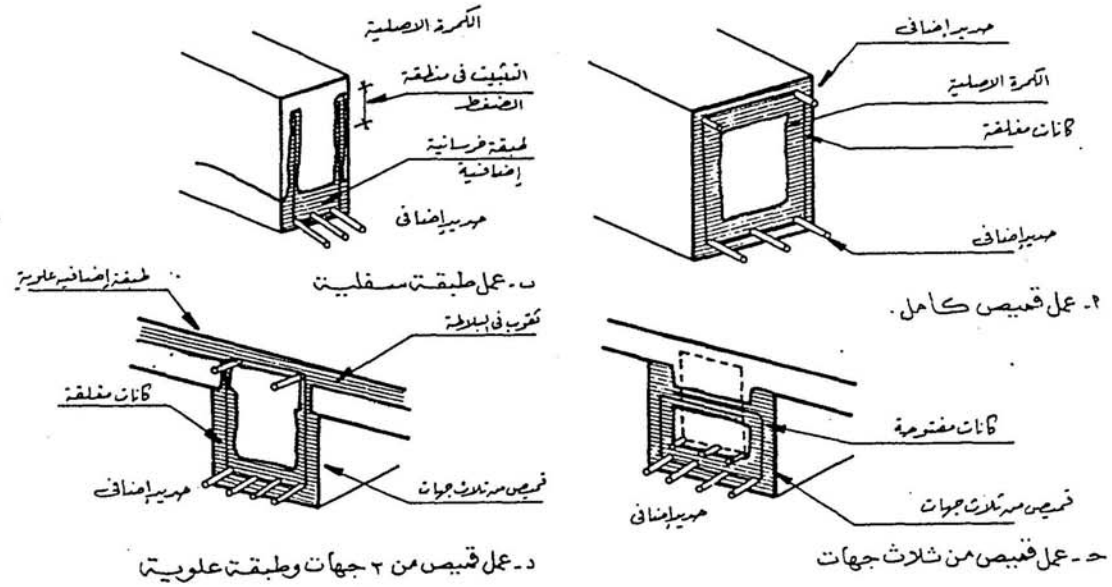
٦ / ٤ / ٣ ـ زيادة تسليح الشد :

ويتم ذلك بإحدى طريقتين :

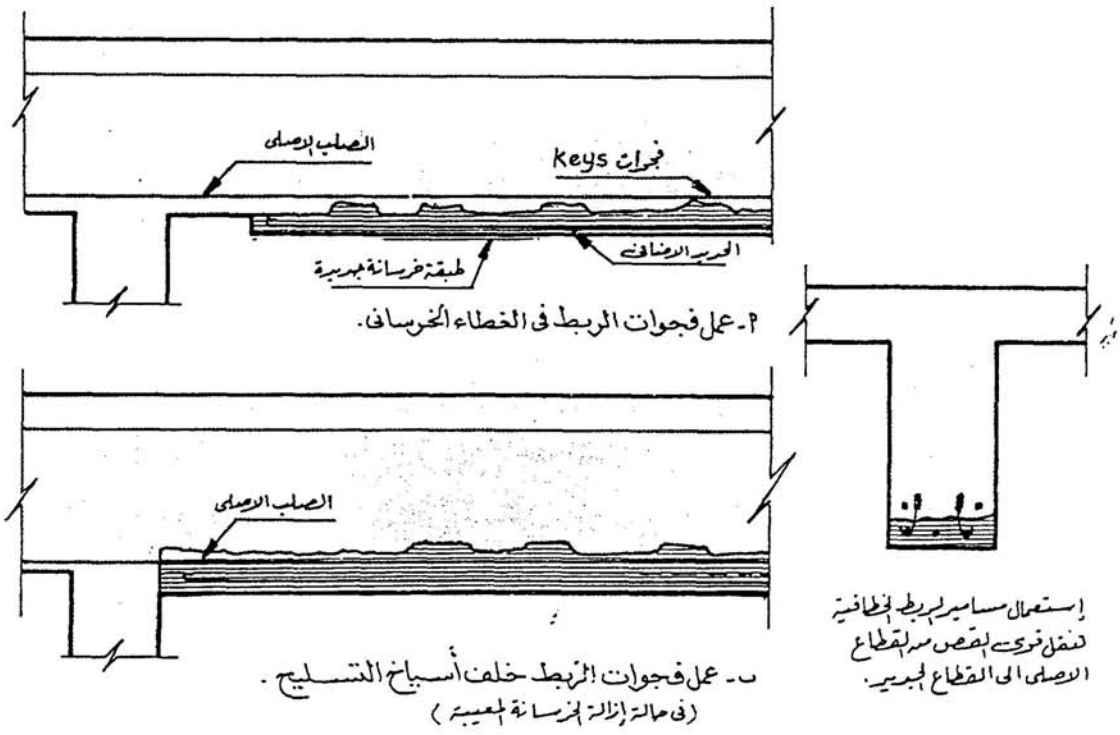
١ ـ **إضافة أسياخ تسليح فى منطقة الشد** : حيث يتم إزالة الغطاء الخرسانى وتنظيف الصلب الأصلى تماما ، وعمل فجوات الربط Keys إما أسفل أسياخ التسليح الأصلية أو أعلاها ـ فى حالة إزالة خرسانة معيبة أعلى الأسياخ ـ وتخشين السطح ثم تثبيت مسامير الربط الخطافية ـ شكل (٨ / ٧١) ـ ويوضع التسليح الجديد عليها ، ويغطى بطبقة من الخرسانة بطريقة الرش Sprayed concrete.

٢ ـ **إضافة ألواح من الصلب فى منطقة الشد** : وتستعمل فى حالة الرغبة فى تقوية القطاع مع عدم وجود صدأ فى الصلب الأصلى ، وفيها يتم تثبيت ألواح الصلب على سطح الخرسانة السفلى سواء بمسامير الصلب أو باللصق ـ راجع قسم (٥ / ٣ / ٢) ـ وقد تستعمل قطاعات الحديد المدلفن ـ كالمجارى Channels والزوايا ـ شكل (٨ / ٧٢) .

ويجب أن تفوق قوة التصاق الألواح بالخرسانة مقاومة الخرسانة للقص ، كما يجب أن يكون سمك مونة اللصق أقل ما يمكن ، ويستحسن استعمال مسامير صلب كل مسافة



شكل (٨ / ٧٠) الطرق المختلفة لزيادة عمق الكمرة



شكل (٨ / ٧١) إضافة أسياخ تسليح فى منطقة الشد

فى حالة التثبيت باللصق تحسبا لخطر فقد الالتصاق فى حالة الحريق مثلا .

ووصل الألواح يكون بالتبادل بحيث لا تقل المسافة بين الوصلات عن ٥٠ سم ، أو تستعمل قطعة لوح لوصل لوحين بطول لا يقل عن ٦٠ سم ـ شكل (٨ / ٧٣) ـ ويمكن أن تكون الألواح بكامل طول الكمرة أو فى منطقة العزوم القصوى فقط .

وقد أجريت عديد من التجارب على تقوية الكمرات بألواح الصلب [١٩] ، فالتجارب المبينة فى شكل (٨ / ٧٤) أجريت لدراسة تأثير عرض وسمك اللوح مع تثبيت مساحة سطح التماسك ، وأظهرت النتائج المعملية أن الألواح العريضة الرفيعة أفضل من الألواح السميكة الأقل عرضا ، والتجارب المبنية فى شكل (٨ / ٧٥) كان الغرض منها دراسة تقوية الكمرات على شكل حرف (T) سواء فى الشد أو القص ، وأظهرت التجارب أن هذ الكمرات تتصرف كالأعضاء الخرسانية العادية ذات مساحة الصلب الإضافية فى الشد والقص ، سواء تحت تأثير الأحمال الاستاتيكية أو المتكررة ، والتجارب فى شكل (٨ / ٧٦) أجريت لدراسة تأثير عدد الألواح وطولها على شكل الكسر وحمل الكمرة الأقصى ، وكانت نتائجها أن زيادة تسليح الشد يجعل الانهيار يتغير من انهيار نتيجة الانحناء إلى انهيار نتيجة القص ، كما أن عدم وصول الألواح إلى الركائز مع ضعف تسليح القص يضعف تأثير التدعيم .

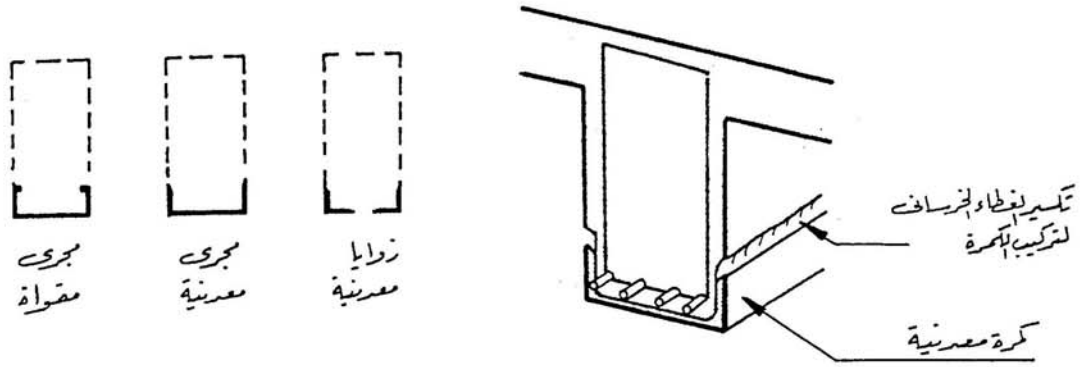
والخلاصة : أنه يمكن تقوية الكمرات بإضافة تسليح ، سواء على هيئة أسياخ أو ألواح من الصلب وباتباع الأساليب السليمة يمكن الاستفادة من مساحة التسليح الإضافى كلها عند حساب قدرة الكمرات المقواة .

زيادة تسليح القص (واللى) :

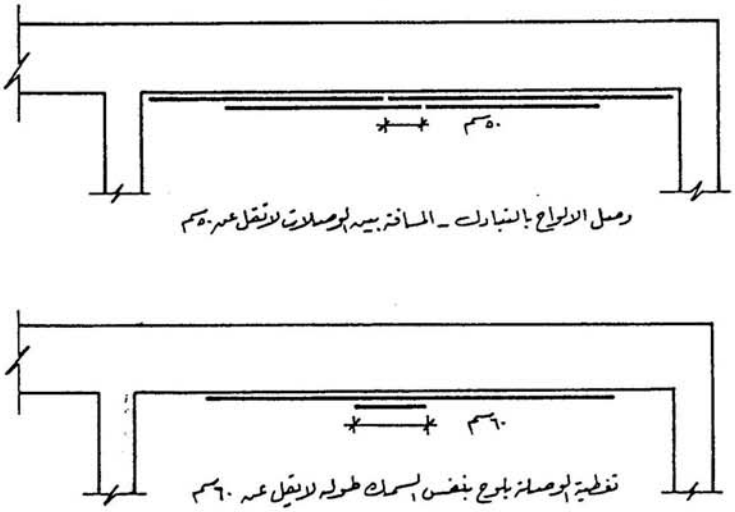
ويمكن زيادة مقاومة الكمرات لقوى القص (واللى) بإحدى ثلاثة طرق :

١ ـ إضافة كانات خارجية :

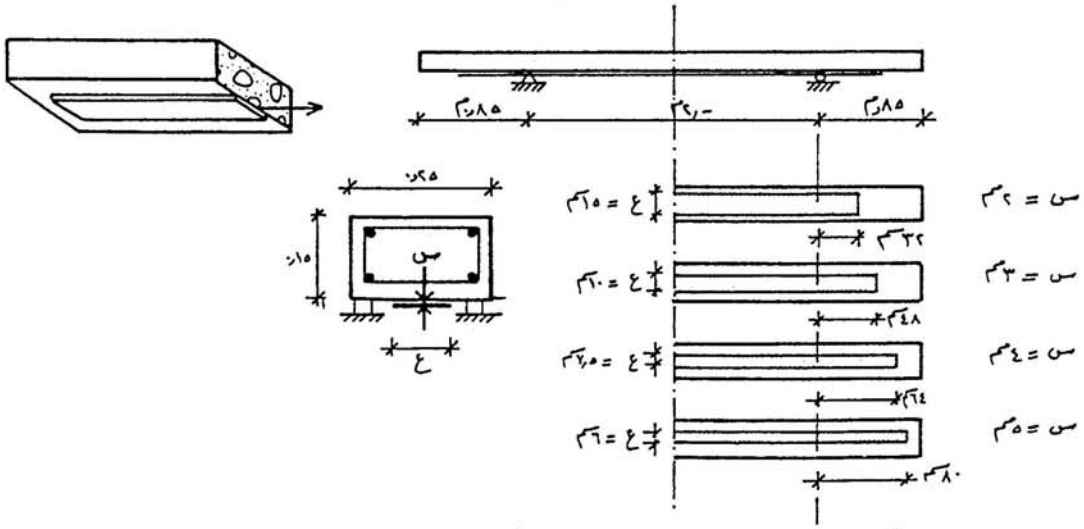
وهى أساسا من مسامير الصلب عالية المقاومة ، ويتم تثبيتها على الكمرة بواسطة ألواح وزوايا من الصلب باستعمال الصواميل أو عن طريق قطاعات من الحديد المدلفن ـ مثل المجارى Channels ـ باستعمال اللحام أو عن طريق بلوكات تثبيت من الحديد أو الخرسانة ـ إذا كان الشكل النهائى مقبولا ـ شكل (٨ / ٧٧) ـ ويجب حماية هذه المسامير وألواح وزوايا التثبيت من الصدأ عن طريق الدهانات المناسبة أو تغليفها بالخرسانة .



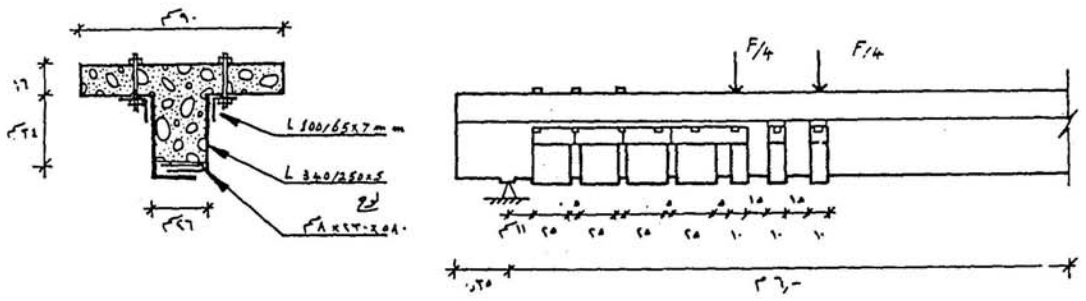
شكل (٨ / ٧٢) زيادة تسليح الشد عن طريق إضافة كمرة معدنية



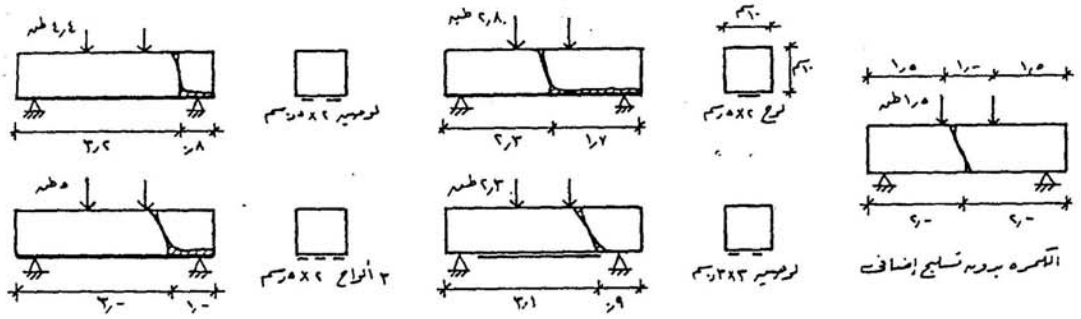
شكل (٨ / ٧٣) لحام الألواح على بطنية الكمرة وطريقة وصلها



شكل (٨ / ٧٤) تجارب لحام الألواح فى الكمرات المستطيلة (٢٤)



شكل (٨ / ٧٥) تجارب لحام الألواح فى الكمرات على شكل حرف T (٢٤)



شكل (٨ / ٧٦) تأثير عدد الألواح وطولها على شكل الكسر وحمل الكسر (٢٤)

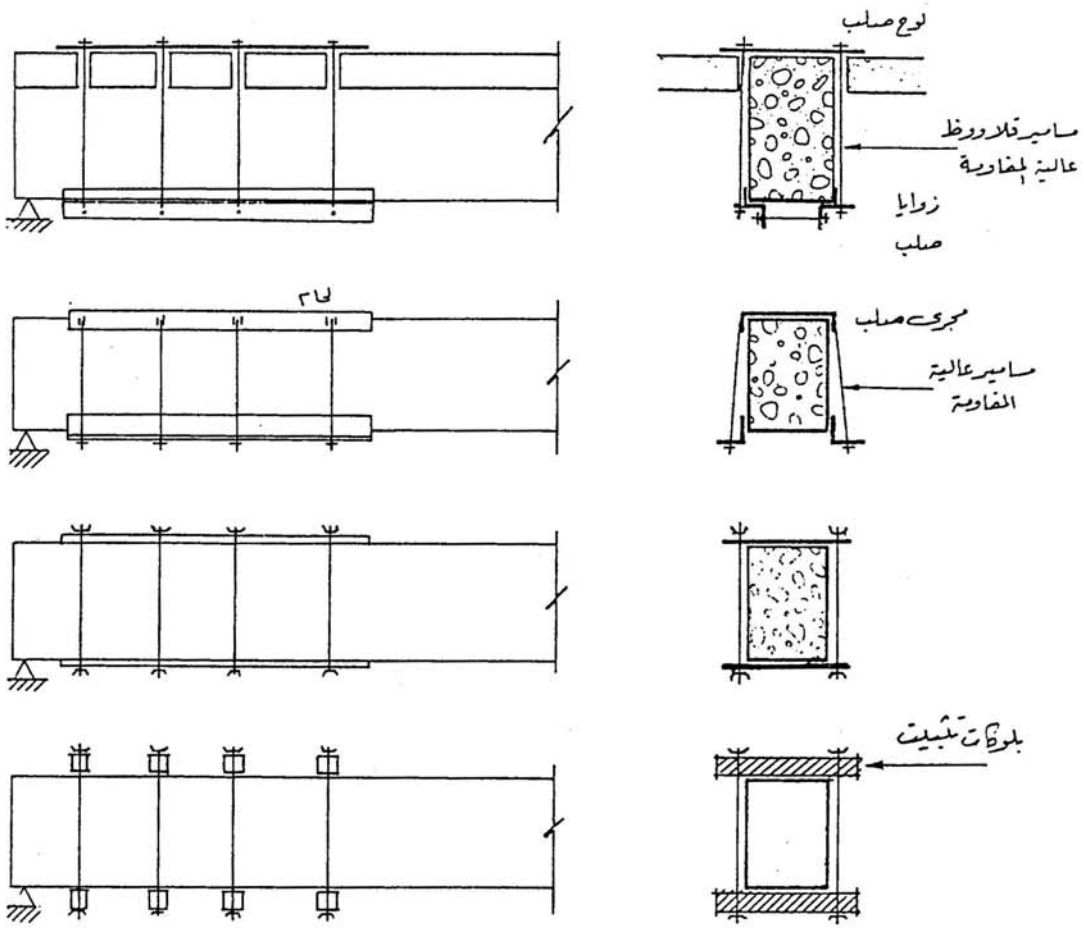
٢ ـ استخدام ألواح الصلب :

وقد تستخدم شرائح من ألواح الصلب يتم لحامها على جانبى الكمرة ـ راجع قسم (٥ / ٣ / ٢) ـ أو قطاعات من الصلب يتم ربطها فى الكمرة بمسامير قلاووظ ـ شكل (٨ / ٧٨) .

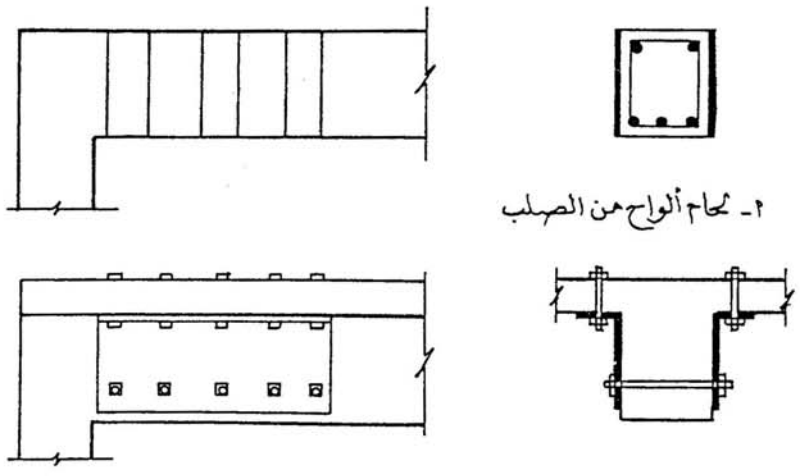
٣ ـ تغليف الكمرة بالخرسانة (القمصان) :

وسواء كان القميص كاملا أو من ثلاث جهات ـ شكل (٨ / ٧٠) ـ فإنه يؤدى إلى زيادة قطاع الكمرة ـ طولا وعرضا ـ مما يؤدى إلى زيادة قدرتها على تحمل قوى القص الزائدة .

كما يمكن إصلاح الشروخ الناشئة عن قوى قص عالية ، إما باستخدام القميص فى منطقة القص العالى أو باستخدام الضغط الخارجى عن طريق الشد اللاحق Postension-ing ـ شكل (٨ / ٧٩) .



شكل (٨ / ٧٧) الطرق المختلفة لزيادة تسليح القص عن طريق كانات خارجية



أ- لحام ألواح من الصلب

ب- ربط قطاعات من الصلب

شكل (٨ / ٧٨) زيادة تسليح القص عن طريق ألواح وقطاعات الصلب

إضافة قطاعات من الحديد Composite construction :

ويمكن تقوية الكمرات بإضافة قطاعات من الحديد إليها فتتكون كمرة مركبة من الحديد والخرسانة ، ويعتمد توزيع الأحمال والإجهادات فى هذه الكمرة المركبة على عدة عوامل ، أهمها طريقة نقل قوى القص بين القطاع الخرسانى والقطاع الحديدى ، ويمكن عن طريق إضافة قطاعات من الحديد زيادة عمق الكمرة أو زيادة تسليحها السفلى فقط ـ شكل (٨ / ٨٠) ـ ولكى يعمل القطاعان معا كقطاع واحد يجب أن تكون مسامير الربط كافية لنقل قوى القص .

استخدام الشد الخارجى Poststressing :

إن استخدام الشد اللاحق يؤدى إلى استحداث قوى ضغط تعمل على تقليل إجهادات الانحناء فى الكمرة ، وكذلك تؤدى إلى تقليل الترخيم ، وتأثير الشد اللاحق على الترخيم وزيادة قدرة الكمرة على تحمل الأحمال يتغير باختيار مسارات وأماكن مختلفة لكابلات الشد وكذلك أماكن تثبيتها ـ شكل (٨ / ٨١) ـ والحسابات اللازمة لتحديد هذ الأماكن وتحديد قوة الشد المطلوبة مماثلة لطريقة حساب الكمرات سابقة الإجهاد .

واختيار نظام الشد اللاحق الذى يمكن استخدامه يعتمد إلى حد كبير على المساحة المتاحة لتثبيت نهايات الكابلات ، وهناك نظامان يمكن استخدام أحدهما حسب الحالة :

النظام المتماسك مع الكمرة الأصلية ، والنظام غير المتماسك معها وإنما يتصل بها فى النهاية فقط .

وفى حالة عدم وجود مساحة كافية لتثبيت الكابلات (Anchorage) فإن طرق التثبيت المستخدمة فى الخرسانة سابقة الإجهاد يمكن استبدالها بقطاعات خاصة من الصلب معدلة لغرض التثبيت ، ويجب إعطاء عناية خاصة للقوى التى ستنشأ فى منطقة التثبيت .

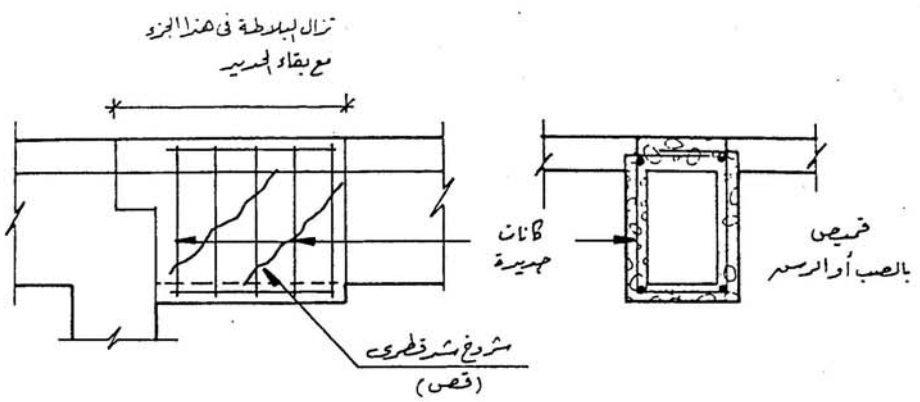
وتجرى حماية كابلات الشد اللاحق من الحريق والصدأ كما هو منصوص عليه فى المواصفات ، وتولى عناية خاصة للكابلات المركبة على الكمرة من الخارج ـ شكل (٨ / ٨٢) .

تخفيض بحر الكمرة :

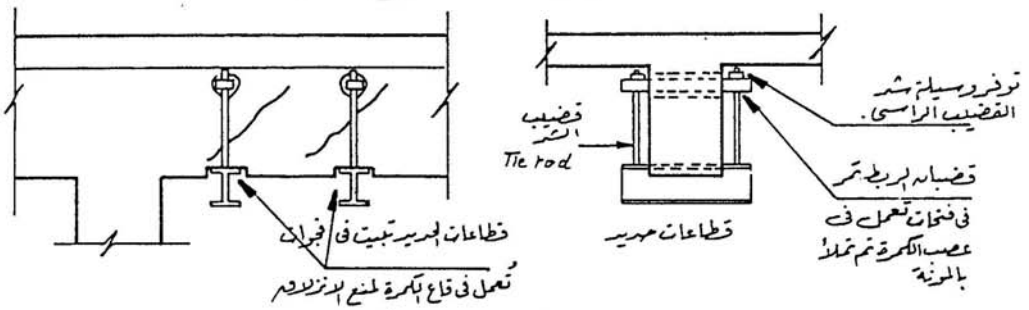
ويمكن تخفيض بحر الكمرة بزيادة عرض الركيزة كما فى شكل (٨ / ٨٣) .

تقوية الكوابيل :

ويتم ذلك باستعمال تسليح خارجى أو عمل دعامة أو عامود إضافى ـ انظر شكل (٨ / ٨٤) .

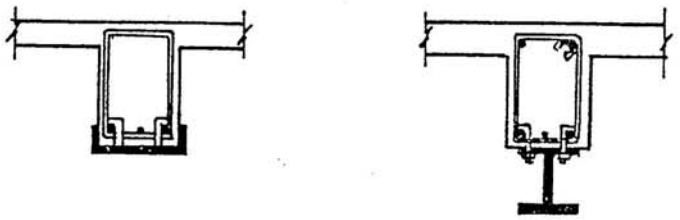


ا- بعمل قميص للكمرة فى منطقة شروخ القص.



ب- بعمل شد لاحق لإضافة قوى ضغط رأسية.

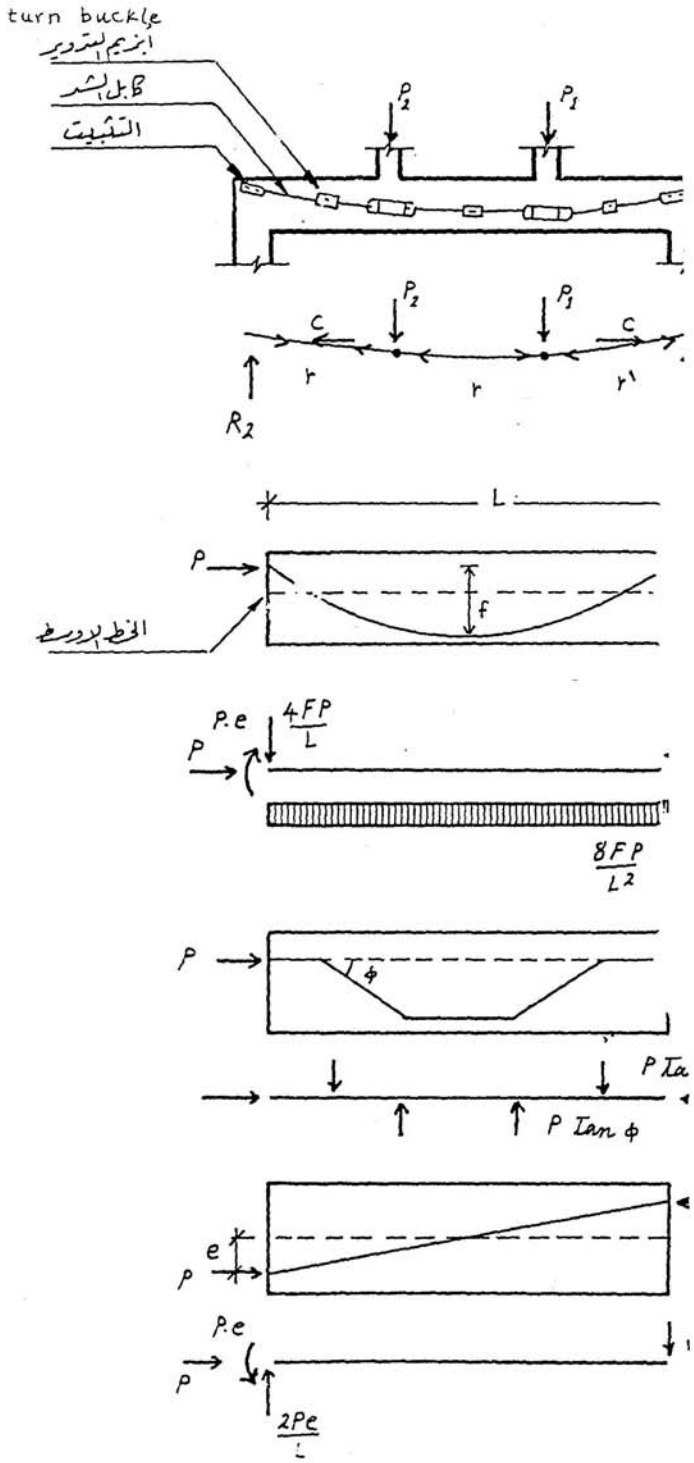
شكل (٨ / ٧٩) إصلاح الشروخ القطرية (شروخ القص)



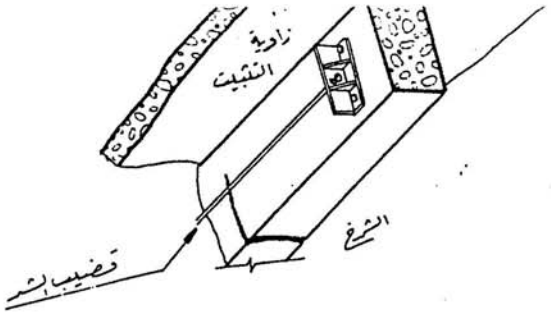
ا- زيادة عمق وتسليح الكمرة

ب- زيادة التسليح فقط

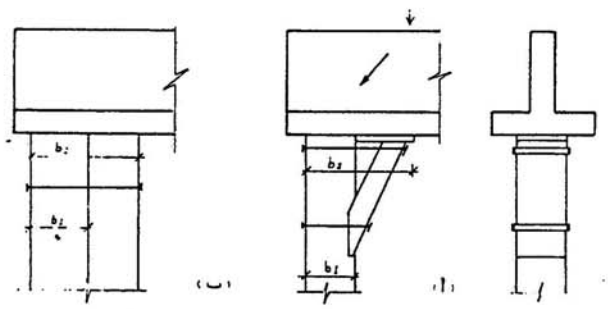
شكل (٨ / ٨٠) إضافة قطاعات من الحديد



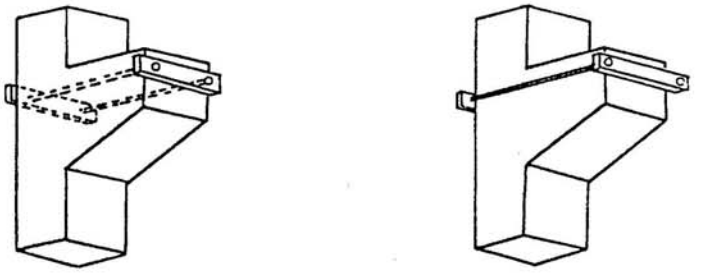
شكل (٨ / ٨١) أمثلة على تأثير شكل ومكان كابل الشد اللاحق على القوى والعزوم فى الكمرة



شكل (٨ / ٨٢) إصلاح شروخ الكمرات عن طريق الشد الخارجى

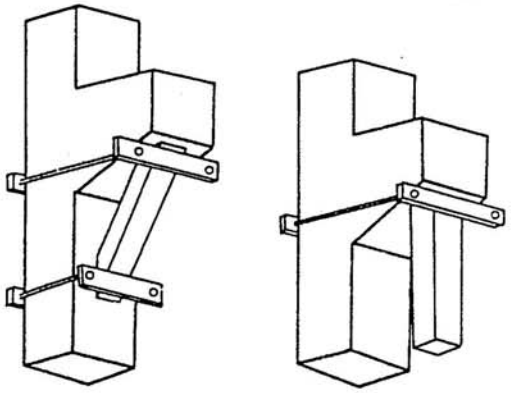


شكل (٨ / ٨٣) تخفيض بحر الكمرة بزيادة عرض الركيزة



أ- باستعمال تسليح خارجى

ب- باستعمال تسليح داخلى من خلال الفتحة



جـ- إزالة التحميل - عن طريق عامود إضافى

أو دعامة مماثلة

شكل (٨ / ٨٤) تقوية الكوابيل

إصلاح وتقوية البلاطات :

١ ـ إضافة طبقة جديدة أعلى الخرسانة الأصلية ـ شكل (٨ / ٨٥) ـ :

المميزات :

١ ـ سهولة الصب والدمك وتسوية السطح .

٢ ـ مقاومة العزوم السالبة المرتفعة .

العيوب :

١ ـ الطريقة تتطلب إزالة الأرضيات فوق السقف المراد إصلاحه ، وهذا يصعب

١ ـ إضافة طبقة جديدة أعلى الخرسانة الأصلية ـ شكل (٨ / ٨٥) ـ :

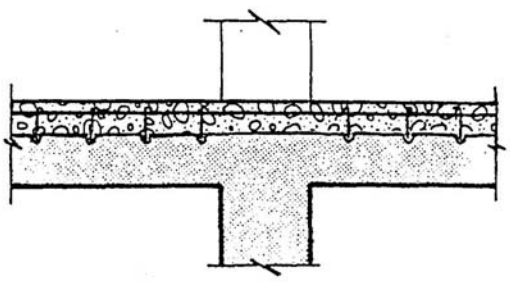
المميزات :

١ ـ سهولة الصب والدمك وتسوية السطح .

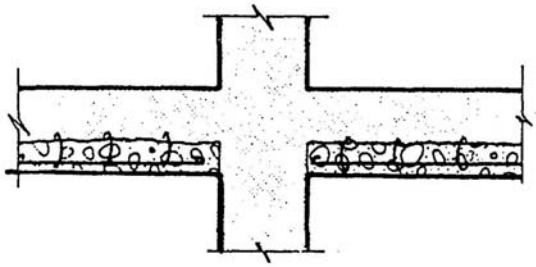
٢ ـ مقاومة العزوم السالبة المرتفعة .

العيوب :

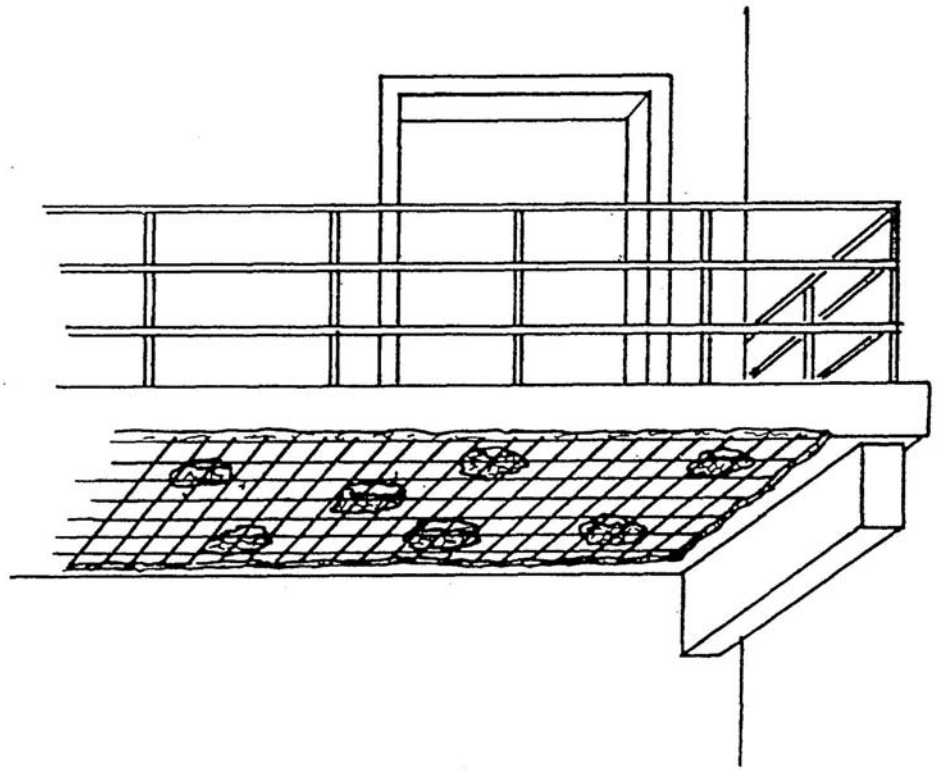
١ ـ الطريقة تتطلب إزالة الأرضيات فوق السقف المراد إصلاحه ، وهذا يصعب



شكل (٨ / ٨٥) إضافة طبقة علوية
لمقاومة العزوم السالبة



شكل (٨ / ٨٦) إضافة طبقة سفلية
لتعويض حديد التسليح وحمايته



شكل (٨ / ٨٧) عمل ثقوب فى بلاطة البلكونة لصب
الخرسانة الجديدة ودمكها من أعلى

عمله فى كثير من الحالات .

٢ ـ لو لم يتم ربط الخرسانة الجديدة بالقديمة ربطا جيدا فإن الطبقة الجديدة ستشكل جملا جديدا على السقف المتصدع .

٣ ـ تقليل الارتفاع النظيف للدور .

٤ ـ عدم توفير الحماية المطلوبة لصلب التسليح وعدم القدرة على استبدال الحديد المعيب ، حيث إن الطبقة الجديدة تضاف من أعلى .

الطريقة :

١ ـ يتم إعداد السطح بزمبرته وتنظيفه جيدا .

٢ ـ يزود سطح التماسك بمسامير قص (Shear connectors) إما بالدفع ـ باستخدام مسدس خاص بذلك ـ أو بعمل ثقوب وملئها بمادة لاحمة .

٣ ـ توضع شبكة تسليح خفيفة ـ الحد الأدنى اللازم للانكماش .

٤ ـ يتم صب الخرسانة ودمكها وتسويتها ومعالجتها بالطرق العادية .

٢ ـ إضافة طبقة جديدة أسفل الخرسانة الأصلية ـ شكل (٨ / ٨٦) ـ :

المميزات:

١ ـ عدم ضرورة إخلاء الدور العلوى لصب طبقة علوية .

٢ ـ توفير الحماية المطلوبة لأسياخ التسليح .

٣ ـ إمكانية استبدال الصلب بآخر سليم أو إضافة صلب جديد للتسليح الأصلى .

العيوب :

١ ـ الحديد الأصلى لن يكون فى ناحية الشد ، وإنما سيصبح فى الوسط قريبا من محور التعادل حيث يقل تأثيره .

٢ ـ صعوبة صب هذه الطبقة بالطرق التقليدية .

٣ ـ انكماش الخرسانة عند جفافها سيؤدى إلى تقلصها بعيدا عن الخرسانة الأصلية ، مما يؤدى إلى حدوث انفصال بين الطبقتين .

الطريقة:

وهناك طريقتان لعمل هذه الطبقة :

أ ـ صب الخرسانة :

وفى هذه الحالة تكون الخطوات كالآتى :

١ ـ يتم تنظيف السطح جيدا باستخدام الرمال المندفعة Sand blast ، وإزالة كل آثار الصدأ والخرسانة المعيبة .

٢ ـ توضع شبكة التسليح الجديدة وتشبك جيدا بتسليح الكمرات ، ويتم دهان السطح بمادة تعمل على تماسك الخرسانة الجديدة بالقديمة .

٣ ـ يتم صب الخرسانة ـ ذات محتوى المياه الأقل ما يمكن لتقليل الانكماش ـ وذلك عن طريق عمل ثقوب فى البلاطة من أعلى ـ إن أمكن ـ شكل (٨ / ٨٧) ـ أو عن طريق فتحة أفقية فى الشدة وتكون قابلية الخرسانة للتشغيل عالية ـ باستعمال الإضافات ـ ويستحسن استعمال الخرسانة المحسنة بالبوليمرات ، وتستعمل هزازت الشدة لدمك الخرسانة ، ويجب التأكد من ملء الخرسانة لكل الفراغ .

ب ـ رش الخرسانة :

وهى أيسر طرق عمل طبقة سفلية ، وإذا تم رش الخرسانة على طبقات رفيعة يمكن الحصول على تماسك تام بين الطبقة الجديدة والخرسانة الأصلية .

نقل قوى القص بين الخرسانة الجديدة والأصلية :

إن نقل قوى القص بنجاح بين طبقة الخرسانة الجديدة والأصلية هو سر عمل الطبقتين معا بالعمق كله ، والفشل في نقل هذه القوى يجعل كل طبقة تعمل منفصلة ، ولكى تتولد المقاومة الكافية عند سطح التماسك بين الطبقتين فلابد من تخشين سطح الخرسانة الأصلية ودهانه بمادة تزيد من التماسك ، أو استعمال مسامير القص من الصلب حسب الحالة .

وفى بحث أجرى على نقل قوى القص بين سطحين من الخرسانة [٢٥] ، توصل الباحثان إلى أن حمل القص الأقصى المنقول بين السطحين عبارة عن حاصل جمع مقاومة

القص نتيجة خشونة السطح ، بالإضافة إلى قدرة مسامير القص على مقاومة قوى القص كما فى المعادلة :

حمل القص الأقصى = مساحة سطح التماس × إجهادات القص القصوى (حسب حالة السطح + ٨, × مساحة مقطع مسامير القص × إجهاد الخضوع للصلب .

وقد اقترح الباحثان أخذ إجهادات القص القصوى كالتالى :

حالة السطح	أملس	مسوى بالمسطرين	مخشن
إجهاد القص الأقصى كجم / سم٢	٢	٤	٨

ويوصى باستعمال مسامير القص لأنها توفر المطولية Ductitlity اللازمة لتفادى حدوث انهيار مفاجئ عند تعرض البلاطة لأحمال عالية ، أما استعمال مواد زيادة التماسك فقط فلا توفر هذه المطولية .

٦ / ٥ / ٣ ـ إضافة تسليح شد :

يمكن إضافة تسليح للشد عن طريق لحام ألواح من الصلب فى السطح السفلى للبلاطة ، ويتم تثبيت هذه الألواح بالمسامير أو باللصق
ويجب دهان هذه الألواح لحمايتها من الصدأ أو رش طبقة من الخرسانة عليها بعد دهانها بمادة تسبب تماسك الخرسانة على سطحها ، وميزة هذه الطريقة عدم تخفيض الارتفاع النظيف للدور ـ إلا بمقدار بسيط .

٦ / ٥ / ٤ ـ تخفيض بحر البلاطة :

لتدعيم البلاطة ومساعدتها على تحمل الأحمال الواقعة عليها يمكن تخفيض بحرها عن طريق :

١ ـ إضافة حائط حامل :

ولا يكون هذا الحائط مؤثرا إلا إذا تم رفع البلاطة هيدرويكيا ، ثم بناء الحائط بحيث يوفر الركيزة المطلوبة للبلاطة ، ويجب فى هذه الحالة وضع تسليح علوى فى البلاطة فى الجزء الذى أضيف فيه الحائط لمقاومة عزوم الانحناء التى ستتولد .

ويمكن أن تكون هذه الكمرات معدنية أو من الخرسانة الجاهزة ، والأولى قد تغلف بالخرسانة أو يكتفى بدهانها بمادة تمنع الصدأ ـ شكل (٨ / ٨٨) ـ ولابد من رفع البلاطة لشحط الكمرة ـ وضعها ملاصقة تماما ـ للسطح السفلى للبلاطة ، ولتفادى حدوث شروخ انحناء عند الدعامة الجديدة ـ الكمرة المضافة ـ نتيجة عدم وجود تسليح علوى فوقها يمكن عمل شق طولى بمنشار الخرسانة حتى تصبح البلاطة مرتكزة ارتكازا بسيطا ـ وليس مستمراً ـ على الكمرة الجديدة ـ شكل (٨ / ٨٩) .

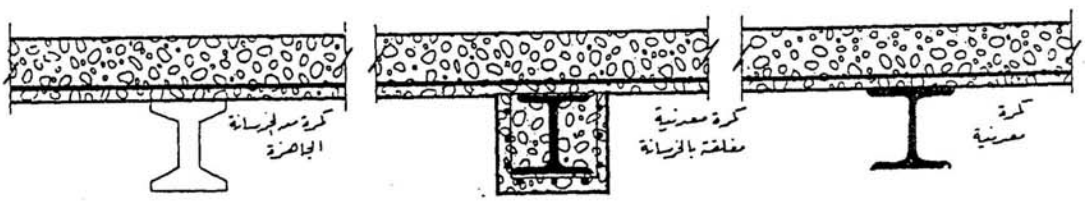
الشد الخارجى Post - tensioning :

تظهر شروخ الانحناء فى البلاطات نتيجة إجهادات الشد ، ويمكن وقفها عن طريق إزالة هذه الإجهادات ، فقد يمكن غلق هذ الشروخ بإضافة قوى ضغط كافية للتغلب على قوى الشد المسببة للشروخ ، وجعل بطنية البلاطة معرضة لإجهادات ضغط .

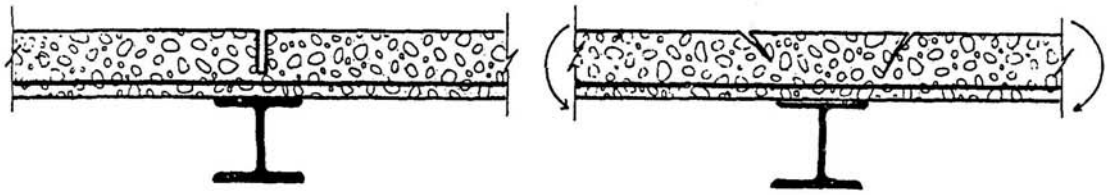
وقوة الضغط المطلوبة يمكن الحصول عليها عن طريق الإجهاد السابق Prestressing والذى ينشأ من شد القضبان أو الأسياخ ثم ربطها وتثبيتها ، وهذا التثبيت هو المشكلة فى هذه الطريقة لأن التثبيت يجب أن يكون فى جزء جاسئ ، وقد يتم ذلك بالتثبيت فى البلاطة نفسها أو بعمل ثقوب والتثبيت فى الكمرات المحيطة ـ شكل (٨ / ٩٠) ـ وفى كلتا الحالتين يجب حساب الإجهادات التى ستتولد فى البلاطة نتيجة قوى الضغط الجديد وقوى التثبيت ، كما يجب الاحتياط من عدم انتشار الشروخ نتيجة تغيير الإجهادات فى البلاطة .

تدعيم مقاومة البلاطة للقص :

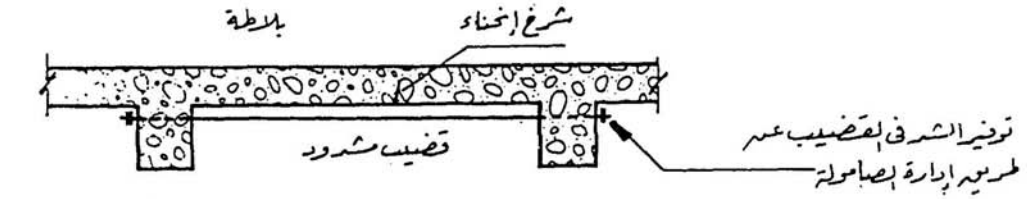
في حالة وجود قوى قص عالية على البلاطة ـ مثل بناء حائط أو وجود حمل خطى Line load على البلاطة مباشرة وقريبا من الكمرة ـ فيلزم تدعيم قدرة البلاطة على مقاومة هذه القوى الجديدة باستعمال ألواح الصلب ومسامير الرباط النافذة من فجوات تعمل بالبلاطة فى منطقة القص ـ شكل (٨ / ٩١) .

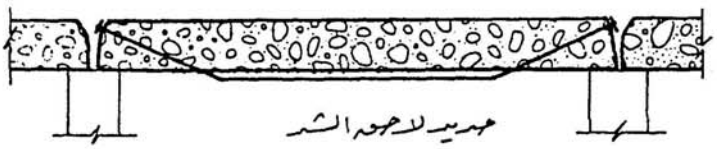


شكل (٨ / ٨٨) تخفيض بحر البلاطة عن طريق إضافة الكمرات

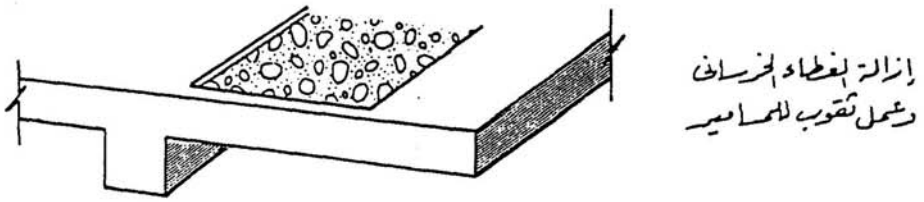


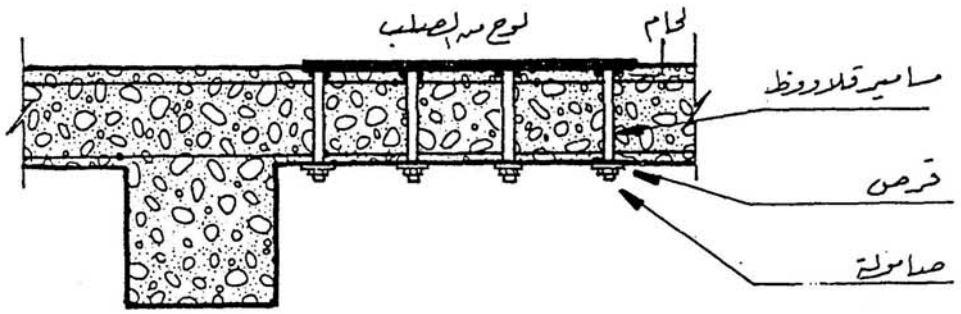
شكل (٨ / ٨٩) تفادى الشروخ الناتجة عن وضع كمرة إضافية عن طريق نشر شق طولى





شكل (٨ / ٩٠) الشد الخارجى للبلاطات





شكل (٨ / ٩١) تقوية البلاطة فى القص باستخدام ألواح الصلب ومسامير رأسية

المراجـــع

1-Waddel, J. J. :
"Basic Steps of a Concrete Repair ProGram" Concrete repair and restoration, ACI compilation No. 5, Concrete International : Design and Copnstruction, Vol. 2, No. 9, Sept., 1980, PP 12 -15.

2 - De Neufville, R. and Stafford, J.H. :
"System Analysis, for Engineers and Managers "
Mc Graw-Hill book Co., New York, 1971.

3 - Smolira, M. :
"Analysis of Defects in Concrete and Brick Structures During construction and in Service"
Dept. of the Enviroment, London 1969, 142 PP.

4 - Building Research Establishment (BRE) :
" The Durability of Steel in Concrete - part 2 : Diagnosis and Assessment of Corrosion Cracked Concret"
Garston, 1982, 8 PP, BRE digest 264.

5 - American Concrete Institute (ACI) :
"Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete"
Manual of Concrete practice, Part 2, Detriot, Michigan, U.S.A.

6 - British Standards Institution (BSI) :
"Testing of Resin Composition for Use in Consttruction"
BS 6319, Part 1 : 8, London 1983 - 1984.

7 - Allen, R. :
"The Rapair of Concret Structures"
Cement and Concrete Association, Wexham springs, 1985, 13 PP, Pub, 47, 021.

8 - Johnson, Sydney M. :
"Deterioration, Maintenance and Repair of Strectures"
McGraw - Hill Book Co., New York, 1965, 373 PP.

9 - ACI Committe 504 :
"Guide to Joint Sealants for Concrete Structures"
ACI 504 R - 77, American Concret Institute, Detroit, 1977.

10 - ACI Committee 503 :
"Standard Specifications for Repairing Concrete with Epoxy Mortars"
ACI 503.4 - 79, American Conccrete Institute, Detroit, 1979.

11 - ACI Committee 503 :
"Use of Epoxy Compounds with Concrete"
ACI 503R - 80 .

12 - ACI Committee 548 :
"Polymers in Concrete"
ACI 548R - 77 (Reaffirmed 1981) .

13 - Lauer, K. R. and State F.O. :
"Autogenous Healing of Cement Paste" ACI Journal, Vol. 27, No. 10, June 1956, PP 1083 - 1098.

14 - Concrete Society :
"Repair of Concrete Damaged by Reinforcement Corrosion"
Concrete Society Tech. Report No. 26, 31 PP, ref. 53.051, Wexham springs, England, 1984.

15 - Pullar - Strecker, P. :
" Corrosion Damaged Concrete - Assessment and Repair"
CIRIA, London, 1987, ref. 624, 18341, TA 683, 96 PP.

16 - Clear, K.C. and Brian, H. :
"Styrene - Butadine Latex Modfiers for Bridge Deck Overlay Concrete" Report No. FHWA - RD - 78 - 35, Federal. Highway Adm., Washington D.C., April 1978, 124 PP.

17 - Traut, J.F. and Santangelo, S. :
"Epoxy Injects New Life Into Bridge Pier"
Concrete Int. , August, 1986, PP 39 - 43.

18 - Concrete Society :
"Code of Practice of Sprayed Concrete"
Concrete Society, 16 PP, pub. ref. 53. 030 , Wexham springs, England, 1980 .

19 - Lodner, M., Weder, Ch.:
"Concrete Structures with Ponded External Reinforcement" ,

Massive construction Sec., EMPA, Dubendor, Switzerland, Report No. 206, 1981, 61 PP.

20 - Prints, F. and White, L. :
"Underpinning"
Columbia Univ. Press, N.Y. 1960.

21 - Shaheen, H. , Abdel Rahman, A. and Esmail G.
"Strengthening of Corner Columns by Concrete Jackets"

22 - Abdel Rahman A. :
"Strengthening of Columns by Concrete Jackets" Proc. first Egyp Struct. Eng. Conf., Cairo Univ., April 1985.

23 - Abu El Einin, A. :
"Strengthening of Eccentrically loaded columns"
Bulletin of the Faculty of Eng., Ain Shams Univb., 1985.

25 - El - Behairy, S. and Abu El Einin, A. :
"Direct shear Transfer Between two Concrete Surfaces"
Bulletin of the Faculty of Eng., Ain Shams Univ, No. 15, 1985.