مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية جمادى الاولى ١٤٠٠هـ
المجلد الثالث ـ العدد الاول من ٦١ الى ٧٤ اذار ١٩٨٠م

القواعد والاسس الهندسية التي يجب اتباعها عند تصميم تدعيم الاساسات وتعريضها

الدكتور المهندس احسان النويلاتي
كلية الهندسة

يتعرض البحث بشكل موجز للقواعد والاسس الهندسية التي يجب ان يتبعها المهندس عند تصميم تدعيم الاساسات وتعريضها. مشيرا الى الحالات العملية التي يستخدم فيها هذا التدعيم والتعريض للاساسات.

عندما حصلت حادثة انهيار الشالية في الشاطىء الأزرق قرب مسبح أفاميا في اللاذقية ،وحصل الهبوط الكبير والخطر في البناء الكائن في شارع المتنبي تجاه الكنيسة في اللاذقية أيضا. رأيت الحاجة الملحة للكتابة عن أسباب هذه الحوادث وطرق اصلاحها عندما يكون ذلك ممكنا. وسيعطي هذا المقال الشرح المقتضب عن طرق الاصلاح .

١ ـ ١ مقدمة عامة : ان تدعيم الأساسات وتعريضها يلزم في عدة حالات تواجه المهندس في حياته العملية نذكر منها الحالات التالية :

آ ـ ايقاف الهبوط الذي يحصل في بناء نفذ على أساسات سيئة وهذه حالة نادرة الحدوث ،باعتبار أن المهندس كثيرا مايهتم بعناصر البناء الرئيسية كالأساسات والأعمدة .وما حادثة انهيار الشالية التي حصلت في منتصف تشرين الثاني ١٩٧٩ ،باللاذقية الا دليل كبير على خطر الأساس على المنشأ عندما لاينفذ جيدا ،وبشكل لايتناسب مع قيمة التحمل المسموحة للتربة .

ب ـ عند تقوية الأبنية الأثرية القديمة ،وخاصة المبنية منها فوق اوتاد خشبية خربها التفسخ ،أو حصل في أساساتها البيتونية التخرب بفعل تأثير المياه الجوفية الكبريتية المخربة .

جـ ـ عند بناء طوابق جديدة تزيد الحمولة المنقولة الى الأساس القديم عن القيمة التي يستطيع أن يتحملها (حالة البناء المتداعي في شارع المتنبي باللاذقية مقابل الكنيسة الذي تم اخلاءه في تشرين الثاني ١٩٧٩ ،وكان يجب التأكد من قدرة تحمل أساساته ونوعية تربة التأسيس قبل الارتفاع في البناء بهذا العدد من الطوابق)

د ـ عندما يتم تنفيذ بناء جديد بالقرب من بناء قديم بأساسات منسوب تأسيسها أعمق من منسوب تأسيس البناء القديم المجاور، وهذه حالة تصادفنا يوميا ،وخاصة عندما نبني في العقارات المتلاصقة دون أن نترك وجائب بينها ،كما هو الحال عند البناء في وسط المدينة .

هـ ـ عند توسيع الأبنية الصناعية (كالمعامل) ،حيث تتطلب دوما بناء أقسام جديدة فيها ،أو عند القيام ببعض الاصلاحات داخل الأبنية الصناعية أو بناء بعض قواعد الآلات الجديدة التي تستلزم تأسيسا بمنسوب جديد أعمق من المنسوب القديم .

و ـ في الأبنية السكنية عندما نريد تحويلها الى مستودع، أو عندما نريد أن نبني في بناء سكني قديم قبو من اجل تأمين مكان لمرجل التدفئة المركزية .

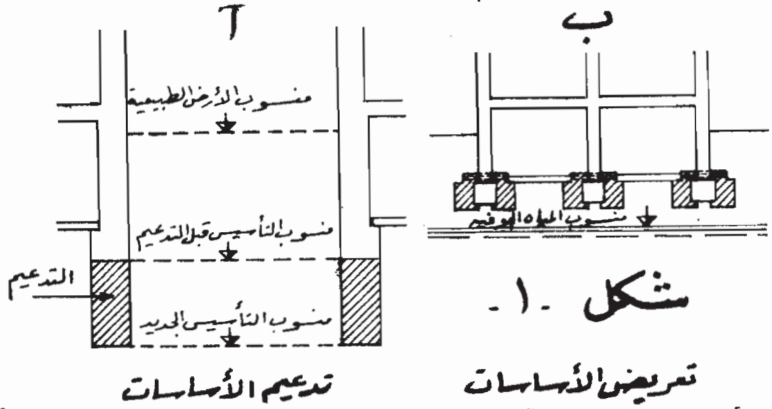
ز ـ حالة اساسات الجسور أو الهدارات المنفذة بعمق تأسيس صغير نسبيا ،وأثر النحر في تربة تأسيسها ،مما يجعل عمق تأسيسها صغيرا جدا، حيث يشكل خطرا عليها .

ج ـ عندما يمر نفق المترو بالقرب من بعض الأبنية السكنية الموجودة ، أو بالقرب من صف كامل منها . وفي هذه الحالة تحتاج هذه الأبنية جميعها الى التدعيم .

ط ـ عند بناء نفق التصريف المجمّع أو عند انشاء الطرق الجديدة بمنسوب أخفض من المنسوب الأول بحيث تتكشف أساسات الأبنية المجاورة .

ى ـ عند نقل الأبنية الأثرية التي تعيق في الدراسات التنظيمية والتخطيطية الحديثة للمدن .

وان تدعيم الاساسات هو عبارة عن بناء أساس جديد تحت الأساس القديم شكل(١،آ) . اما تعريض الأساس فهو عبارة عن بناء أساس جديد حول الأساس القديم شكل (١ ب) .



شكل ـ ١ ـ

تدعيم الأساسات تعريض الأساسات

وتعتبر أعمال تدعيم الاساسات وتعريضها من الاعمال ذات المسؤولية الكبيرة جدا ،ولا يقوم بها الا المهندسون من ذوي الخبرة الهندسية الكبيرة .

وان التساهل (مهما كان بسيطا) عند تنفيذ التربيط والتسنيد للمنشاء ،وذلك لحمايته بوضع أمين يضمن سلامة المنشاء خلال التدعيم قد سبب حتى الآن في حدوث انهيارات كثيرة في عدد من الابنية التي اجري لها التدعيم .

ويمكن استبدال تدعيم الأساسات في الأبنية الخفيفة (أي الأبنية ذات الطوابق القليلة) ببناء جدار محيطي تحت الأرض ملاصق للبناء القديم ،وهذا الجدار يقوم بسند تربة التأسيس الموجودة تحت البناء القديم بشكل آمين . وبذلك عندما نقوم بالحفر بجوار الجدار ،فان الجدار لايميل في اتجاه موقع الحفر ،ويخفف وجوده من هبوط أساسات البناء القديم .

يجب أن يؤمن التدعيم المقترح عدم حدوث الهبوط أو الرفع في المنشأ ، باعتبار أن لكليهما التأثير السيء عليه . ونقوم بعملية تدعيم المنشآت فقط في المنشآت ذات القيمة الكبيرة أو المنشآت الأثرية ،لأن التدعيم عمل مكلف جدا ،ويحتاج لمدة طويلة . ويجب أن يتم تصوير البناء بالكامل قبل البدء بعملية التدعيم حتى نحدد التشققات الجديدة التي قد تحصل أثناء التدعيم . ويوضع في الأمكنة التي توجد فيها شقوق قديمة في البناء ألواح من الجبس (الجبصين) بأبعاد ١٠×٥ سم وسماكة ١ سم ولها حروف بارزة توضع مباشرة على الحائط وفي مجاري مجهزة في طينة الجدار.ويسجل على هذه الألواح رقمها وتاريخ وضعها . واذا كانت الشقوق كثيرة نضع في مكان وجودها أشرطة كاملة من الجبس تساعد على مراقبتها فيما بعد.

٢ – ١ – تدعيم الأساسات :

يتألف تنفيذ التدعيم من عملين اساسيين وهما :

١ – التسنيد والتربيط المؤقت للمنشأ .

ب – تنفيذ التدعيم .

فقبل كل شيء يجب أن يتم تسنيد وتربيط المنشأ بشكل مؤقت وجيد حتى تخف الحمولة المنقولة من المنشأ الى الأساسات ولكي يصبح الحفر ممكنا تحتها دون الخوف من حدوث الهبوط . وبعد أن ننتهي من هذا العمل التحضيري تبدأ عملية التدعيم ذاتها . وتختلف طرق التدعيم بحسب العنصر المراد تدعيمه ،فطريقة تدعيم جدار تختلف عن طريقة تدعيم عمود أو تدعيم منشأ مؤلف من اطارات .

ويتم التدعيم باستخدام احدى الطرق الثلاث التالية :

١ – بواسطة الركائز عندما يكون عمق التدعيم صغيرا ولا يتجاوز الثلاثة امتار .

٢ – بواسطة الأوتاد المرسلة بالضغط أو بالحفر للأعماق الكبيرة من التأسيس أو في حالة التدعيم تحت منسوب المياه الجوفية .

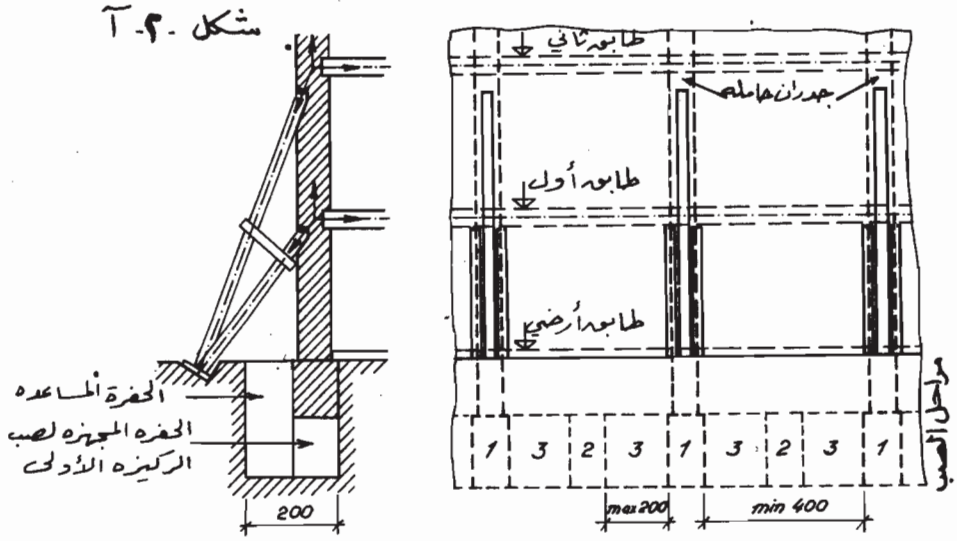
٣ – بواسطة الحقن لتحسين قدرة تحمل تربة التأسيس .

ونقوم بالتدعيم بحذر كبير حتى لايصاب البناء بأي ضرر ،وينفذ التدعيم ببطء شديد ،لذلك فهو غالي الثمن ويحتاج لمدة طويلة نسبيا . ويجب دوما البدء بعملية التدعيم في الوقت المناسب والمبكر ،حتى ننتهي منه قبل البدء بتنفيذ البناء الجديد (كما هو الحال عندما يكون منسوب التأسيس للبناء الجديد أخفض من أساسات الأبنية القديمة والمجاورة له) .

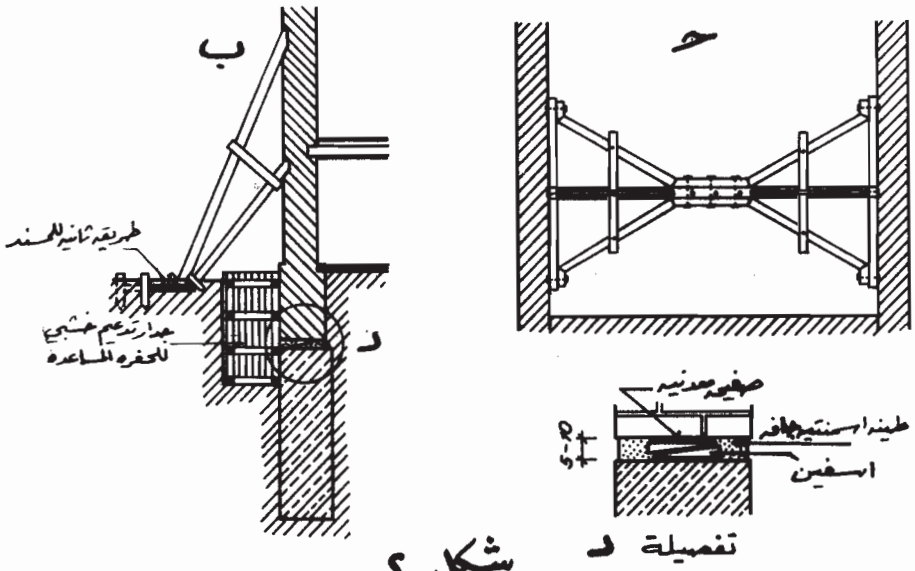
٢ – ٢ – التسنيد المؤقت للمنشاء : ويشتمل على التسنيد الخاص بالجدران والاعمدة .

آ – التسنيد المؤقت الخاص بالجدران: تسندّ الجدران بشكل مؤقت بواسطة الدعامات المائلة التي تستند في الأعلى الى جيب محفور في الجدار عند القسم المقابل للسقف،وذلك حتى تنتقل المركبة الأفقية للقوة المؤثرة في الدعامة الى السقف شكل (٢) ،وتستند الدعامة في أسفلها الى تسوية خشبية .

شكل -٢- آ

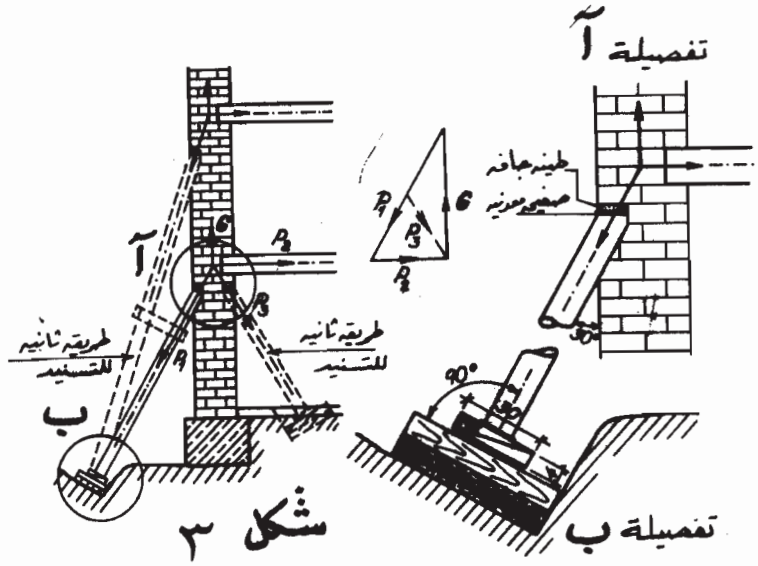


الشـــــــــــكل ٢



شكل ٢

أوبيتونية مع أسافين من الخشب القاسي توضع بين صفيحتين معدنيتين شكل (٣) . ويمكن استخدام الدعائم المسننة المعدنية ، حيث نتمكن من زيادة طولها حسب الحاجة ، كما قد يكون مجديا استخدام المكابس الهيدروليكية (العفريتة بالعامية) ، فنتخلص بهذه الطريقة من الانضغاط عند التحميل .



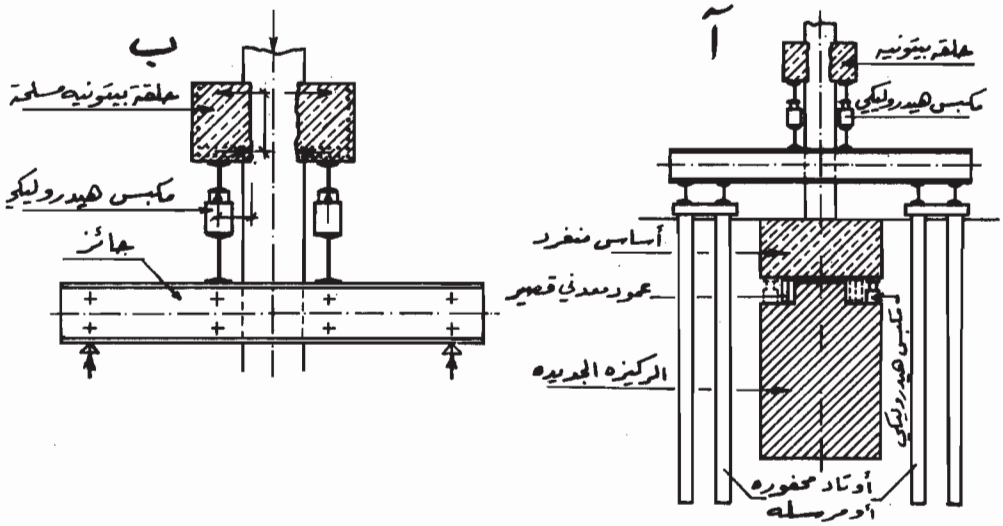
شكل ٣

ب ـ التسنيد المؤقت الخاص بالأعمدة تسند الأعمدة مؤقتا بواسطة أطواق من البيتون المسلح كما هو مبين في الشكل (٤، آ ،ب) ودعائم مائلة كالتي تستخدم في تدعيم الجدران . أما الأعمدة المعدنية فتسند بواسطة أظفار صغيرة معدنية (بدلا من الاطواق البيتونية) كما هو مبين في الشكل (٤ ،ج)وتدعمّ بواسطة الأوتاد أو بواسطة التسوية الخشبية الموضحة في الشكل .

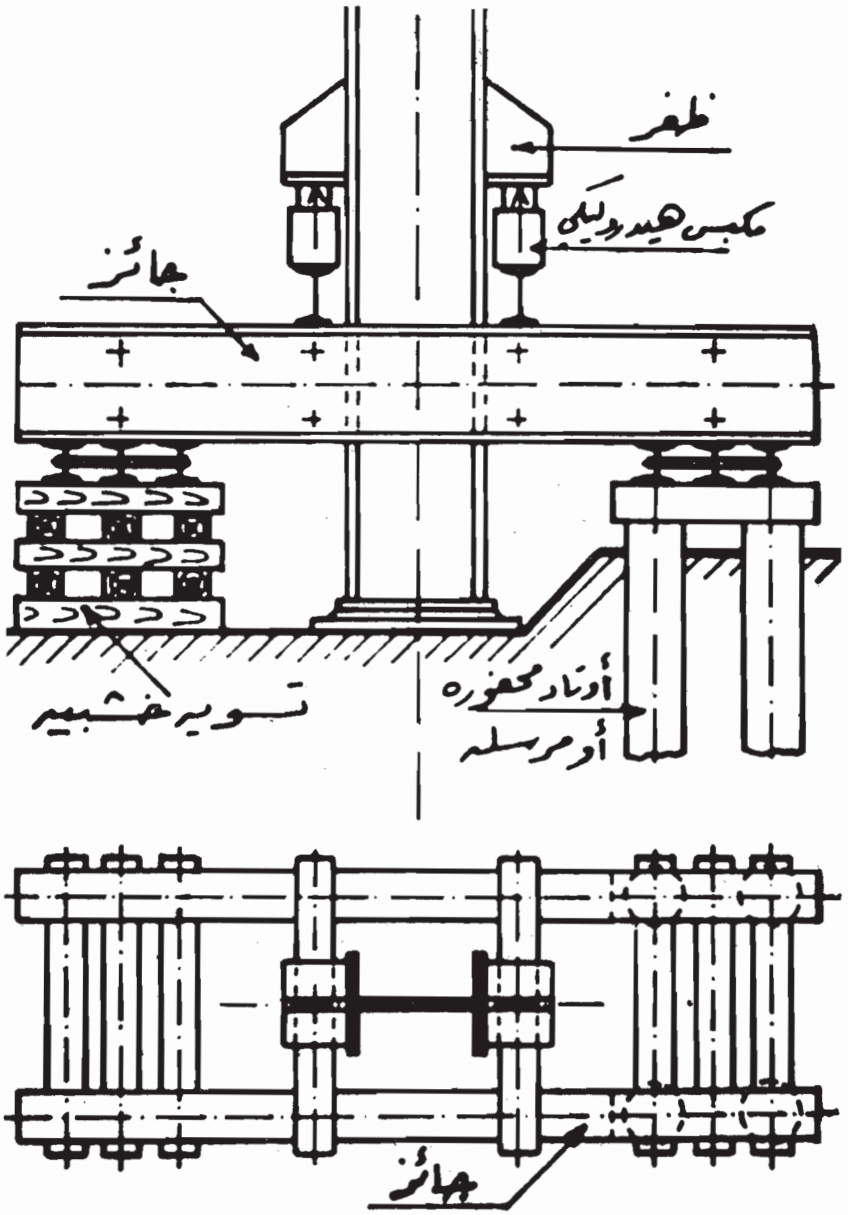
وفي حالة الاطارات نستخدم ايضا اضافة لما ورد،دعائم تستند في أعلاها الى الجائز الأفقي للاطار ،وفي أسفلها على القسم المسندّ للعمود.

وغالبا مايلزمنا (وخاصة في الابنية القديمة التي لاتتمتع بالمتانة والربط العرضاني) احتياطات أخرى بالاضافة الى التسنيد المؤقت . وهذه الاحتياطات تكون بالتسنيد العرضاني بوضع دعامات أفقية شكل (٢،ج) . ويمكن ايضا تقوية فتحات الشبابيك والأبواب بواسطة اطارات خشبية قوية زيادة في الحيطة اثناء تنفيذ التدعيم .

٢ ـ ٣ تنفيذ التدعيم : ويشمل ايضا تدعيم الجدران والأعمدة .



الشكل ٤ آ ـ ب



الشـــــــــكل - ٤ - ج

ا ـ تدعيم الجدران : تدعم الجدران بواسطة الركائز وبشكل شريطي ويسمح بأن تنفذ هذه الركائز تدريجياوبأجزاء من الجدار طولها الأعظمي ٢٫٠ م ،شكل (٢) . وغالبا ماتستخدم هذه الطريقة أثناء تنفيذ الأبنية المتلاصقة من المدن .

ويكون تنفيذ التدعيم على مراحل ،فبعدانتهي من التسنيد المؤقت كليا ، يتم حفر الحفر اولا لتنفيذ الركائز،وذلك في نقاط تلاقي الجدران الحاملة أولا . كما هو موضح في الشكل (٢ ،آ) . حيث ان الارقام الواردة فيه تعبر عن مراحل التنفيذ . وبعد تجهيز الحفر تنفذ الركائز وتبنى من قطع الآجر القاسي ،او من البلوكات البيتونية القاسية مع استخدام الطينة الاسمنتية الجافة نسبيا . ويمكننا تنفيذ هذه الركيزة من البيتون المصبوب في الموقع ،الا اننّا في هذه الحالة يجب أن ننتظر حتى يجف البيتون ويتصلب كليا (أي مدة ٢٨ يوما) قبل أن ننقل اليه الحمولات .

ويتم نقل الحمولة من اساس الجدار القديم الى الركيزة الجديدة ،بواسطة الأسافين ،التي تجعل الركيزة الجديدة تعمل بشكل فعّال لتحمل الحمولات ، وتمنع البناء من الهبوط ،وتنفذ الركيزة الجديدة حتى ارتفاع أقل بـ ٥ ـ ١٠ سم تحت الأساس القديم ويملاء هذا الفراغ الباقي بواسطة قطع اسفينية من الآجر القاسي ،او من شحف بيتونية صلبة تدق بقوة ،وتملاء الفراغات المتبقية بالطينة الاسمنتية الجافة ،شكل (٢ ّد) .

ويمكن ان نستخدم عوضا عن ذلك أسافين معدنية أو خشبية من الخشب القاسي تدق ايضا،والفراغ الخارجي المتبقى يملاء بالطينة الاسمنتية الجافة .

وعندما تكون الحمولات التي ستنقل الى الركيزة الجديدة كبيرة ،نلجاء الى استخدام المكابس الهيدروليكية (العفريتة) . وبواسطة ضغط هذا المكبس نعمل أيضا على التخلص من الهبوط الناتج عن انضغاطية التربة الموجودة تحت الركيزة وكذلك الانضغاط المرن للركيزة نفسها . وأن استخدام المكابس الهيدروليكية يسمح بدقة كبيرة في العمل لأننا نستطيع بواسطتها قياس الحمولة المنقولة ،بينما لانستطيع معرفة ذلك عند استخدام الطريقة الاولى (عند استخدام الأسافين) . وبعد انتظار المدة الكافية لينتهي هبوط تربة التأسيس والانضغاط المرن في الركيزة ،نبني الفراغ الموجود حول المكبس ونترك فتحة جانبية صغيرة فقط لنتمكن بواسطتهامن اخراج المكبس شكل (٤،آ) .

ب – تدعيم الأعمدة : بعد الانتهاء والتأكد كليا من التسنيد المؤقت والجيد لها ، تدعم الأعمدة بواسطة الركائز المبنية ضمن حفر التأسيس المحمية بواسطة جدران التدعيم الوتدية بنوعيها الخشبية أوالمعدنية . ومؤخرا تحول الاتجاه الى استخدام الآبار المرسلة بالضغط كوسيلة لتدعيم الأعمدة ،وتكون هذه الآبار مؤلفة من حلقات بأطوال صغيرة تضم الى بعضها . ويمكننا أيضا استخدام الأوتاد القسطلية المعدنية المرسلة بالضغط . وقد يكون مجديا استخدام التدعيم بالحقن بالمونة الاسمنتية في الترب الرملية الخشنة ، أو بالحقن بالمواد الكيميائية في الرمال الناعمة .

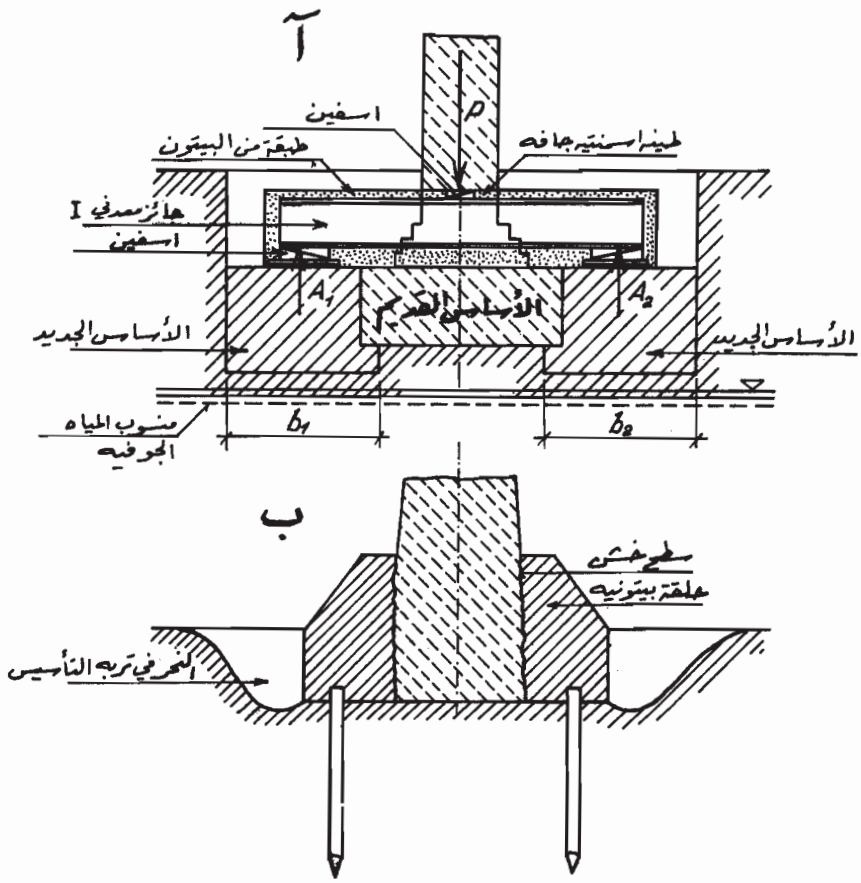
وعادة يكون تنفيذ التدعيم لأعمدة الاطارات أسهل من بقية حالات التدعيم وذلك بسبب القساوة الفراغية التي يتمتع بها الاطار .

٢ – ٣ تعريض الأساسات : يستعاض بتعريض الأساسات بدلا من التدعيم ، وخاصة عندما يوجد بالقرب من منسوب سطح التأسيس مياه جوفية تعيق عملية تنفيذ التدعيم . الا ان تعريض الأساسات لايفيد الا في حال زيادة الحمولة المنقولة الى الأساس .

وينفذ تعريض الأساس بشكل تدريجي حيث ينفذ أولا بأحد الأطراف ،ثم ينفذ في الطرف الآخر ،وميزة تعريض الأساس أنه لايحتاج الى انشاء خاص للتسنيد المؤقت . وعندما تكون تربة التأسيس الموجودة في موقع التعريض ضعيفة نضطر في هذه الحالة للاستعانة بالأوتاد لدعم الأساس الجديد المعرّض ،فيتحول بذلك الأساس الى أساس عميق بدلا من الأساس السطحي .

وعندما يتم تعريض أساس جدار حامل يسند هذا الجدار الى الأساس الجديد بواسطة جوئز معدنية بشكل I . ويتم التماس الجديد بين الجوائز والجدار بواسطة الأسافين والطينة الاسمنتية الجافة . أما عمل الجوائز المعدنية مع الأساس الجديد فيتم أيضا بواسطة الأسافين ،ويغطى الفراغ المتبقى بالطينة الاسمنتية الشكل (٥،آ) . كما اننا بواسطة الأسافين التي توضع بين الجوائز المعدنية والاساس الجديد ،نحدث في هذه الجوائز السهم الذي سيحصل فيها فيما لو اثرت عليها القوة b المنقولة بواسطة الجدار ،والتي ستنقلها بدورها كحمولات الى جزئي الاساس الجديد ،بحيث نحصل على ردي الفعل A_1 و A_2 وفي هذه الحالة سيخرج الأساس القديم كليا من العمل ويهمل . وسطح التأسيس الفعلي الجديد سيتألف من b_1+b_2 فقط وحتى لانضطر الى تنفيذ العرض الجديد b_1+b_2 خارج مكان الأساس القديم ،يمكن أن نجعل الأساس

الجديد يدخل قليلا بشكل ظفر تحت الأساس القديم . الا" أنه في هذه الحالة يجب أن لايأخذ الأساس الجديد من الأساس القديم أكثر من ربع عرضـــــه ، باعتبار أنه أثناء فترة الحفر لتنفيذ الظفر يظل الأساس القديم يعمـــل على تحمل الحمـــــولات .



الشـــــــــكل - ٥ -

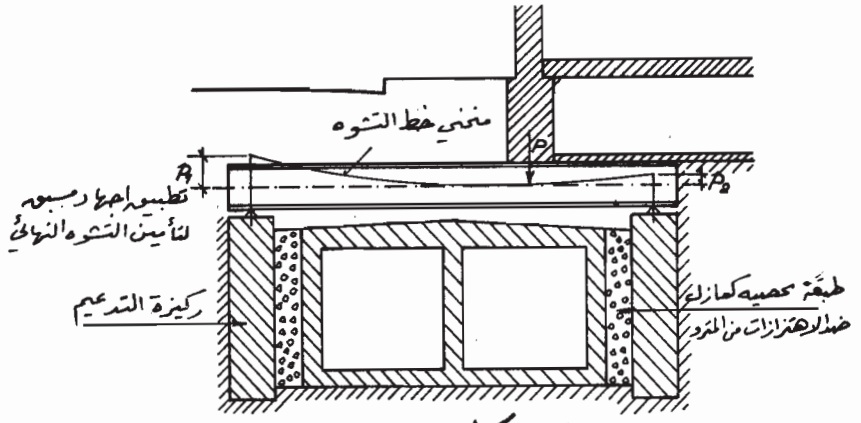
يتم تعريض ركائز الجسور والابراج المهددة من جراء حدوث النحر في تربة التأسيس لحمايتها من الانهيار بعد أن تميل . ويقوى هذا التعريض باستخدام الأوتاد . ويصمم تعريض ركائز الجسور بشكل حلقة بيتونية مسلحة ،يتم صبها حول محيط الركيزة التي يخشن سطحها بواسطة فرد رملي. وينظف هذا السطح بواسطة فرشاة معدنية مع تيار من الماء المضغوط بضغط كبير. وعند انكماش البيتون بعد الجفاف يتشكل في البيتون قوى شد كبيرة تضغط جيدا على الركيزة القديمة . ولذلك يجب أن تسلح الحلقة البيتونية المصممة تسليحا قويا . وبنفس الطريقة المبينة أعلاه ينفذ تعريض الأساس المنفرد لبناء هيكلي شكل (٥ ،ب) .

٢ ـ ٤ ـ منشآت التدعيم : وهي عبارة عن منشآت تلزم عند تنفيذ أنفاق المواصلات (كالمترو) ،التي تنفذ تحت الأرض ،ووظيفتها تدعيم الأبنية التي يمر تحتها محور خط النفق . واقتراح ركائز التدعيم في مثل هذه الحالات سيكون مباشرة تحت جدران أساسات البناء ،أي ستكون في مكان النفق المراد أنشاؤه شكل (٦) ،لذلك يجب تنفيذ جوائز تدعيم بين الركيزة والأساس المراد تدعيمه . وجوائز التدعيم يجب أن تستند الى ركائز تنفذ في الأمكنة التي يسمح بها وضع النفق الجديد . ويجب أن يتم مسبقا اجهاد جوائز التدعيم حتى تأخذ وضعية التشوه النهائية تحت تأثير الحمولات ،وحتى لايحصل هبوط في البناء المدعمّ . ونستخدم عادة جوائز تدعيم مقررة استاتيكيا ،كالجوائز البسيطة أو الجوائز البسيطة مع ظفر.

ومن المناسب استخدام الجوائز المعدنية لهذا الغرض ،حيث لانحتاج للانتظار فترة الجفاف في البيتون ،وبحالات خاصة تستخدم جوائز من البيتون المسلح . ان منشآت التدعيم باهظة الثمن ،وتقترح عادة فقط تحت الأبنية الهامة وذات القيمة الكبيرة .

أما الأبنية الصغيرة والعادية فيكون هدمها واعادة بناؤها من جديد بعد تنفيذ النفق أقل كلفة مما لو نفذت من أجلها منشآت التدعيم الخاصة .

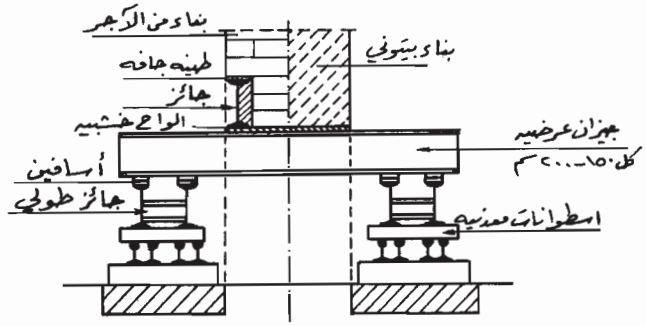
نقل الابنية : يعتبر نقل الأبنية من احدى الأعمال الهامة التي تستخدم فيها بشكل اساسي طرق تدعيم الأساسات وبناء الأساسات الجديدة في الموقع الجديد والقيام بوصلها مع البناء بعد انهاء عملية النقل . ويتم نقل الأبنية الأثرية الهامة عندما يعيق وجودها في أعمال التنظيم والتخطيط التي تجري في المدن .



الشكل ٦

وتنقل الأبنية اما في الاتجاه الشاقولي أو في الاتجاه الأفقي أوفي الاتجاهين معا . ويجب قبل كل شيء أن يربط البناء في مستوى معين، بحيث يقع هذا المستوى فوق الأساسات . ثم يفصل البناء عن أساسه ،وبعد ذلك يتم نقل البناء الى المكان المطلوب .

وقبل نقل البناء يتم شد عناصره وربطها وتسنيدها جيدا حتى لاينهار خلال عملية النقل . ثم يربط البناء الى قاعدة متينة ،فالجدران توضع على اطار أفقي مصنوعا من بروفيلات I المعدنية التي تثبت في حفرة مجهزة في طرف الجدار بواسطة الطينة الاسمنتية شكل (٧) . وتحت هذه الجوائز توضع جوائز عرضية بمسافات تتراوح من ١ر٥ – ٢ر٠ م . وهذه الجوائز العرضية تنقل الحمولة الى جوائز طولية موضوعة حول الجدران .



الشكل ٧

وتوضع هذه الجوائز الطولية على اسطوانات معدنية مليئة موضوعة على سكة حديد مائلة باتجاه المكان الجديد ،الذي نريد نقل البناء اليه بميل قدره (٠/٠٠١ واحد بالألف) . وبعد أن تستكمل كافة الاشياء المذكورة أعلاه يتم فصل البناء عن الأساسات ،ويتم تحريك البناء ونقله بواسطة المكابس الهيدروليكية .

ومما تجدر الاشارة اليه أن سكة الحديد توضع فوق عوارض مشبتة ،أما على الأوتاد أو على بلاطات بيتونية صلبة . وحتى لاينهار البناء أثناء النقل يثبت عادة على جوائز طولية صلبة جدا ،وهذا يكون مجديا عندما يكون النقل لمسافة طويلة .

ويمكن التساهل في صلابة هذه الجوائز عندما يتم النقل على خط سكة حديد مشبتة جيدا وصلبة ، حيث تستخدم هذه الطريقة عندما يتم النقل لمسافة قصيرة فقط . وبعد أن يوضع البناء المنقول في مكانه الجديد ، حيث تكون قد نفذت له الأساسات الجديدة ،يتم الوصل الفعال بين البناء المنقول والأساسات الجديدة بالطرق التي تم شرحها .

ونرى مما تقدم أن عملية التدعيم وتعريض الأساسات من المشاكل الهندسية الهامة التي تصادفنا أثناء التنفيذ . لذلك نذكر الزملاء المهندسين بضرورة معرفة نوع تربة التأسيس وعمقها ،على ضوء الدراسات الوافية عنها لكل موقع منذ البداية ،وعدم المجازفة والتهاون في موضوع الأساسات حرصا على سلامة المنشآت ،ومنعا للضرر الذي قد ينشأ عن ذلك ، وكي لانقع في مشاكل التدعيم والتعريض الصعبة ،والتي ربما تكون غير مجدية في بعض الأحيان نظرا لتكاليفها غير الاقتصادية .

REFERENCES

1 - Prentis , E.A. - White,1 : Underpinning. 2nd End Ed. New-York, Columbia Univ . 1950
2 - Hunter, L.E. Reprise in Sous-oeuvre . Paris, Eyerlles 1956
3 - Ivanov, J.I. : Usilenije Osnovanij fundamentov : Sten Zilych Zdanij . Moskva , Izdatelstvo Ministerstva Lomunalnogo Chozjajstva 1955
4 - Bazant + , Z. : Zalladani Staveb. Praha 1967