انشاء المباني

الطبعة الاولى
١٩٨٣

ارتين ليفون
استاذ مساعد

زهير ساكو
مدرس

جامعة بغداد ـ كلية الهندسة ـ قسم الهندسة المدنية

مقدمة عامة عن المباني

مراحل انشاء المباني :ـ

لتحقيق أي مشروع هندسي هنالك عدد من الخطوات التي تحدد سير العملية ويمكن اجمالها كالاتي :ـ

١ ـ وضع فكرة المشروع واهدافه ومدى الحاجة اليه : لكل مشروع هدف كان يكون خدميا مثل المدارس والملاعب والدوائر وغيرها أو تجاريا استثماريا كالمخازن والابنية التجارية أو يكون لتلبية حاجة مثيثة كالمشاريع السكنية الفردية أو مشاريع الاسكان العام التي توفرها الدولة وهناك مشاريع اخرى ذات طابع خاص مثل مشاريع الري والسدود والطرق .

ان فكرة المشروع تستوجب تحديد الاهداف بكل وضوح مع تعيين موقع العمل في الغالب وكذلك الخدمات التكميلية اللازمة كالماء والكهرباء وغيرها ضمن امكانات المشروع .

هناك نوع من الدراسات التكميلية المسماة بدراسات الجدوى تقوم بها جهات استشارية متخصصة لغرض دراسة المشروع ضمن الاهداف المحددة وتعيين افضل سبل التصميم والتنفيذ والاستثمار .

٢ ـ تفصيل متطلبات المشروع : ـ بعد اقرار الفكرة والاهداف اعلاه يجب اعداد منهاج عام يتضمن فعاليات المشروع المختلفة وكذلك تهيئة كافة المعلومات والمعطيات الضرورية لوضع التصاميم الاولية والمواصفات العامة .

تشمل هذه المعطيات بالاضافة الى الفعاليات الاساسية على معلومات تتعلق بالامكانات المتوفرة للمشروع وتشمل المبلغ المرصود للمشروع والزمن المتوفر للانشاء وكذلك كافة المعلومات (ان كانت محددة مسبقا) بخصوص موقع العمل والمواد الانشائية المتوفرة وكذلك الاسلوب المعماري والانشائي المفضل من النواحي الاقتصادية والتنفيذية .

٣ ـ التصميم الهندسي : ـ ويقصد به وضع كافة التفاصيل التصميمية كالتفاصيل المعمارية والمدنية والخدمية بشكل مخططات ومواصفات ووثائق تنفيذ العمل معتمدين على تحريات التربة لمعرفة تحملها ونوعية الاسس المناسبة وكذلك صيغ التعاقد وجداول الكميات والاسعار وغيرها من التفاصيل التي يحتاجها المشروع وكما يستوجب ايضا اعداد جداول بكميات ونوعيات المواد اللازمة ووقت توريدها الى المشروع بالاضافة الى تهيئة قوائم تبين اعداد ونوعيات واوقات استخدام الكوادر الفنية بمختلف مستوياتها .

يستوجب وضع جدول زمني لكل مشروع يسمى جدول تقدم العمل يبين فيه الفقرات المختلفة للاعمال والتوقيت الزمني لتنفيذها لغرض الالتزام به وفق مدة المشروع المحددة . غالبا ما يوضع هذا الجدول من قبل الجهة التي تنفذ العمل بناء على طلب الجهة التصميمية أو الاستشارية وتستحصل موافقة الاخيرة على الجدول قبل تطبيقه وتنفيذه في موقع العمل . توجد طرق متعددة لبرمجة الاعمال منها طريقة جدول الفقرات المتفصلة (bar chart method) وطريقة المسار الحرج (critical path method) وطريقة تقييم المنهج ومراجعته (program evaluation and review technique) وغيرها مثل طرق التحليل الشبكي (network analysis) المتعددة .

ان تفضيل ومزايا استعمالات هذه الطرق من اختصاص مواضيع الادارة الهندسية والفنية وهذه تدرس في مراحل قادمة .

٤ ـ التنفيذ : ـ تنفذ الاعمال البنائية باساليب متعددة منها اسلوب المناقصات حيث يعهد العمل باكمله الى مناقص متخصص أو أكثر وهناك ضوابط خاصة معدة من قبل وزارة التخطيط تحدد اصناف المقاولين حسب خبراتهم وامكاناتهم أو ينفذ العمل امانة حيث تقوم لجنة معتمدة من قبل صاحب المشروع ومخولة بصلاحيات مالية وادارية كافية لتنفيذ المشروع أو باسلوب التنفيذ المباشر حيث يقوم الكادر الفني لصاحب المشروع بتوفير كافة الامكانات التي يحتاجها لتنفيذ العمل من قبله مباشرة أي انه لا يجزأ العمل الكلي الى مجموعة مقاولات ثانوية كما في اسلوب التنفيذ امانة .

ان اساليب التنفيذ السابقة معتمدة لدى الجهات الرسمية والمؤسسات العامة الا انه يمكن للافراد أو الجهات غير الرسمية التنفيذ بأي اسلوب يتماشى مع واقع امكاناتهم وطبيعة العمل .

يكون التنفيذ بخطوات تبدأ بمجموعة الاجراءات الضرورية قبل المباشرة بالتشييد ومنها استحصال اجازة البناء الرسمية وتسييج الموقع وتسويته وتوفير الخدمات العامة اللازمة طيلة مدة تنفيذ المشروع كالماء والكهرباء وكذلك وسائل الاتصال وبناء المسقفات الوقتية التي تستعمل كمخازن للمواد والمعدات وتشييد المكاتب اللازمة لادارة المشروع ويشترط ان تكون محلاتها مناسبة حسب استعمالاتها وان لا تتعارض مع موقع ابنية المشروع الدائمة ويسهل رفعها عند انتفاء الحاجة اليها .

يبدأ البناء بعملية التخطيط لغرض تحديد موقع الابنية ومراكز اسسها وجدرانها وكذلك تعيين المناسيب والاحداثيات المتحكمة وتستعمل لهذا الغرض معدات هندسية دقيقة منها الثيودولايت واجهزة تحديد المناسيب وقياس المسافات وغيرها . تنفذ بقية فقرات الاعمال بموجب المراحل المفصلة في جدول تقدم العمل .

يحتوي الكتاب في فصوله المختلفة على المعلومات الاساسية اللازمة لتنفيذ فقرات الاعمال البنائية من حيث المواد والاساليب .

انواع الابنية : ـ

يمكن تقسيم الابنية الى انواع وفق العوامل التالية . ـ

١ ـ **حسب طريقة التنفيذ : ـ** تنفذ الابنية باحد الاساليب التالية . ـ

١ ـ **انجاز موقعي : ـ** حيث تنفذ كافة فقرات الاعمال تقريبا في موقع العمل .

يحتاج هذا الاسلوب في البناء الى ايدي عاملة كثيرة ومتعددة الاصناف ويستوجب تهيئة المواد الاولية في ساحة العمل وتصنيعها في الموقع بصورة كلية أو جزئية .

ان مجال تصرف المهندس المصمم في هذا النوع من الابنية واسع ويعطيه الحرية في اختيار الاشكال والمواد ومن سلبياته كون نسبة التلف في المواد الاولية عالية وسرعة انجازه بطيئة مقارنة مع بقية اساليب التنفيذ

ان هذا الاسلوب متبع حاليا في معظم دور السكن الشخصية والابنية العامة .

٢ ـ **انجاز سابق (ويسمى احيانا البناء الجاهز) : ـ** حيث ينفذ الب... باستخدام وحدات انشائية جاهزة مصنعة في معامل متخصصة تكون خارج الموقع في معظم الحالات . تركب هذه الوحدات في موقع العمل بموجب ... وتفاصيل هندسية معينة . توجد انواع متعددة من البناء الجاهز بنسب ... من التصنيع خارج موقع العمل . ففي بعض الابنية تكون كافة اجزاء الـ... الاسس وحدات مصنعة خارج الموقع بما في ذلك انهاء الوحدات ... التراكيب الخدمية وفي انواع اخرى تكون بعض الاجزاء الرئيسية ... مصنعة ويكون الانهاء مثلا موقعياً .

تختلف اساليب تصنيع البناء حسب المواد المستعملة كأن يكون ... معدنياً أو بلاستيكياً أو مركباً من عدد من هذه المواد .

تتميز الابنية الجاهزة بسرعة التنفيذ والتحكم العالي في النوعية ... العاملة اللازمة للتصنيع والتركيب وخفة الوزن مقارنة بالابنية التقـ... التنفيذ وفق تصاميم محدودة ومقيدة بموجب انتاج معامل التصنيع .

ان تكرار استعمال نفس الوحدات البنائية لمرات كثيرة يجعل هذا النوع من البناء اقتصاديا .

ب ـ حسب التصميم الانشائي، ـ تصمم الابنية من الناحية الانشائية وفق احد الانواع التالية ، ـ

١ ـ بناء هيكلي .
٢ ـ بناء غير هيكلي .
٣ ـ بناء مشترك هيكلي وغير هيكلي .

١ ـ البناء الهيكلي، ـ يتميز هذا البناء بوجود هيكل حامل من الاعتاب والاعمدة تقوم بنقل احمال الارضيات والجدران الى الاسس .

تكون هذه الهياكل اما معدنية او خرسانية او مركبة منهما وفي الحالة الاولى فانها تصنع وفق مقاطع واطوال قياسية .

يتميز الهيكل المعدني بسرعة التركيب والرفع عند الحاجة . ويمكن الاستفادة منه ثانية بعد رفعه .

ان تحمل المعادن لاجهادات الشد والضغط بدرجة عالية يجعل مساحة المقاطع المطلوبة قليلة مقارنة مع المواد الاخرى الامر الذي يقلل من الاحمال المسلطة على الاسس ويوفر في المساحات التي تشغلها الاعمدة وفضلاً رأسياً اكبر لذا فان المنشئات المعدنية اصبحت مفضلة في الابنية المتعددة الطوابق والابنية ذات الفضاءات الواسعة جدا مثل ابنية المصانع والمخازن والمعارض وغيرها .

تحتاج الهياكل المعدنية الى وقاية من الحريق وصيانة مستمرة لاحتمال تأثرها بالعوامل الجوية .

ان وجوب التزام المصمم بالمقاطع القياسية المنتجة والمتوفرة يحد كثيرا من التصرف الهندسي في التصميم .

تستورد كافة المقاطع المعدنية المستعملة في البناء في الوقت الحاضر لذا من المتوقع ان تكون الكلفة مرتفعة .

حفاظاً على الاقتصاد الوطني يفضل استعمال البدائل المنتجة محليا حتى في حالة تساوي الكلفة أو ارتفاعها نسبيا .

تكون الهياكل الخرسانية المسلحة اما مصبوبة موقعياً أو مسبقة الصب .

تتميز الهياكل الخرسانية المسلحة بان جميع موادها الاولية ما عدا فولاذ التسليح مصنعة محليا وتتوفر لها الايدي العاملة .

تعطي الخرسانة للمصمم حرية التصرف في انتاج الانماط البنائية والاشكال المرغوبة وتتميز بمقاومتها الجيدة للحريق وكذلك بدوامها العالي .

تعتبر الهياكل ثقيلة الوزن ويستغرق انشاؤها زمنا اطول من الهياكل المعدنية وتحتاج الى سيطرة على نوعية الانتاج والتنفيذ .

تكون هذه الهياكل دائمية لا يمكن رفعها ونسبها في محل اخر .

تنفذ الجدران في الابنية الهيكلية بعد اكمال الهيكل ويمكن رفع أي جدار من دون التأثير على سلامة المنشأ .

٢ ـ بناء غير هيكلي ، ـ تنقل احمال الارضيات في هذا النوع من البناء الى الاسس بواسطة جدران حاملة لا يمكن رفعها بعد البناء بخلاف الابنية الهيكلية .

يتبع هذا الاسلوب في الابنية الاعتيادية ذات الطوابق القليلة لان تعدد الطوابق يعني زيادة سمك الجدران الامر الذي يسبب نقصان المساحات الصافية للطوابق وتسليط احمال كبيرة على الاسس .

يجب بناء الجدران الحاملة قبل تنفيذ السقوف والارضيات .

٣ ـ بناء مشترك، ـ ويكون هنالك اعمدة واعتاب خرسانية أو معدنية تعمل كهيكل في جزء من البناء وجدران حاملة في بعض الاجزاء الاخرى .

يتبع هذا الاسلوب لمتطلبات انشائية ومعمارية ولاسباب اقتصادية ايضا . من الضروري توفير التفاصيل الانشائية والتمددية واعداد التصاميم بشكل يؤمن ملاقاة حدوث هبوط تفاضلي للاسس باكثر من الحد المسموح .

تطور انشاء المباني ، ـ

يشهد العالم حالياً تطوراً ملحوظاً في مواد واساليب البناء وفي هذا القطر بالذات . ونتيجة لخطط التنمية اصبحت الحاجة ماسة جداً واكثر من أي وقت اخر لاستخدام واتباع اساليب بنائية متطورة واستعمال مواد حديثة تتناسب ومتطلبات البناء الجيد .

يتميز البناء بكونه يقدم اداءً جيداً بحسب الهدف المصمم من اجله وان يكون مقبولاً من الناحية المعمارية والجمالية وان يتناسب دوامه مع طبيعة الاستخدام وبكلفة انشاء وصيانة مناسبتين .

يتطلب تحقيق هذه المزايا ما يلي ، ـ

١ ـ تصميما جيدا .

٢ ـ انتخاب المواد المناسبة والعمل على تطويرها والسعي لايجاد بدائل افضل من المواد التقليدية المستعملة .

٣ ـ التنفيذ الجيد وبرمجته واتباع وسائل السيطرة والتحكم في النوعية بما فيها الفحوص القياسية على المواد والاعمال واتباع اساليب متطورة في التنفيذ معتمدة على التكنولوجيا الحديثة بخصوص تحسين نوعية الانتاج مع السرعة في التنفيذ واختصار الكلف .

الفصل الثاني
الأعمال الترابية

الاعمال الترابية
(Earthworks)

تعتبر الاعمال الترابية من الاعمال التي توجد في جميع مشاريع انشاء الابنية . تقسم تلك الاعمال الى نوعين هما

١ ـ الحفريات الترابية . (excavations)

٢ ـ الاملائيات الترابية وتسمى احيانا الدفن . (earth filling)

ان الهدف من الاعمال الترابية هو لغرض جعل التربة بالمنسوب المبين في المخططات ذلك المنسوب الذي يعتبر لازما لتنفيذ اعمال اخرى كما في حالة الاسس . الارضيات والمجاري وغيرها أو لغرض اعطاء شكل هندسي معين لاغراض تصميمية كالاعمال الترابية لما بين الابنية أو للسداد وغيرها .

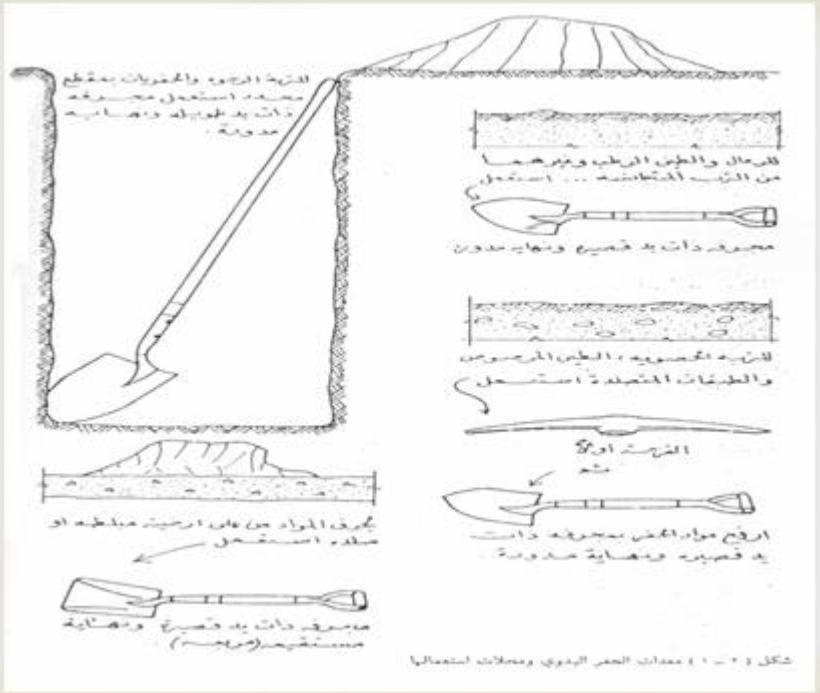
الحفريات الترابية :

تشمل اعمال حفريات الاسس بانواعها بصورة رئيسة بما فيها السراديب وكذلك حفريات القنوات ومجاري الخدمات المختلفة واعمال الحفريات اللازمة لمواقع العمل بين الابنية والطرق والساحات . . . الخ .

تنجز اعمال الحفريات اما بالحفر اليدوي أو بواسطة المعدات الميكانيكية أو بكليهما . ان العوامل المحددة لاسلوب الحفر الواجب اتباعه هي طبيعة التربة وشكل المقطع المطلوب ووجود المياه الجوفية والزمن اللازم لانجاز العمل وكذلك كلفة العمل لكل اسلوب ممكن اتباعه .

أ ـ الحفر اليدوي : ـ يكون الحفر اليدوي باستعمال معدات بسيطة شكل (٢ ـ ١) . يتبع اسلوب الحفر اليدوي في الاعمال الصغيرة مثل اسس الجدران المستمرة . اسس الاعمدة المنفردة . قنوات المجاري التي تكون اطوالها قليلة والاسس المزدوجة التي تتميز بضحالتها وكذلك اكمال اسفل الحفريات التي تنفذ بواسطة المعدات الميكانيكية الى المنسوب المطلوب .

ان الحفر اليدوي لايستعمل في التربة ذات الصلادة العالية مثل التربة الصخرية . تعمل حافات الحفر شاقولية عادة وترمى الاتربة الناتجة عن الحفر الى جانب الحفر وتكوم بصورة موازية الى الحفر مع ترك مسافة عن حافة الحفر كافية لسير وسائط نقل الخرسانة والمواد الاخرى اللازمة لتنفيذ الاسس أو المجاري وتكون هذه المسافة ٧٠ ـ ١٠٠ سم عادة ويستوجب ترك اكثر من ذلك اذا كانت المواد تنقل



شكل (٢ ـ ١) معدات الحفر اليدوي ومجالات استعمالها

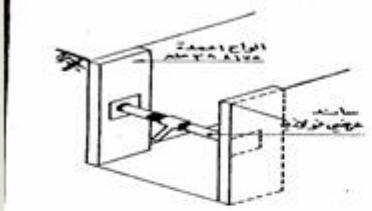
بواسطة القلابة الالية(dumper). ان تساقط الاتربة داخل حفر الاسس يلحق اضرار بالخرسانة وباعمال بناء الاسس عند تنفيذها . من الممكن احيانا تنفيذ الحفر بنفس عرض الاساس وفي الحالة هذه لا حاجة الى استعمال القوالب في اعمال خرسانة الاسس . يعاد املاء التربة الصالحة لاعمال الدفن بعد اكمال اعمال الاسس (صفحة ٣٣) . ترفع الاتربة الزائدة عن الحاجة أو غير الصالحة لاعمال الدفن خارج ساحة العمل وتستعمل لذلك عادة العربات اليدوية أو القلابات الالية واذا كانت كميات الاتربة كبيرة ومسافة النقل بعيدة فانها تنقل بواسطة السيارات القلابة (شكل ٢ ــ ١٠) المحملة بواسطة الجرافة الالية . تكون ارضيات الحفر مستوية عادة و منهاة لعمق المناسيب والاشكال المبينة في المخططات وفي حالة تجاوز الحفر المناسيب المحددة في المخططات فلا يجوز اعادة الدفن بالتراب بل تملاء بالخرسانة الضعيفة (٨ : ٤ : ٨) (سمنت ــ رمل ــ حصى) وذلك لكون التربة المعاد دفنها ذات خصائص هندسية مغايرة للتربة الاصلية وهي على العموم اضعف واكثر انكباسا مما يؤدي الى مشاكل انشائية في اجزاء الابنية المشيدة فوق تلك المحلات .

ان سلامة جوانب الحفر من الانهدام مهمة لحماية العاملين داخل الحفر ولسلامة الاعمال المنفذة . يعتمد ثبات جوانب الحفر على : ــ

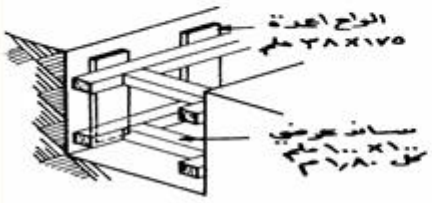
١ ــ طبيعة التربة وخواصها الهندسية .
٢ ــ محتوي الرطوبة وحركة المياه الجوفية .
٣ ــ عمق الحفر .
٤ ــ الاحمال الجانبية المجاورة وطبيعتها (ساكنة . متحركة او اهتزازية) .

تستعمل المساند الوقتية لتأمين جوانب الحفريات المعرضة للانهيار وتكون هذه المساند اما من الاخشاب أو الصفائح الحديدية أو الركائز الصفيحية . الاشكال (٢ ــ ٢ . ٣ . ٤) تبين كيفية استعمال المساند الوقتية ويبين الجدول رقم (٢ ــ ١) الحاجة الى استعمال المساند مع نوعياتها . ان اعمال الحفريات العميقة جدا تستوجب تصميم المساند بصورة اكثر دقة ووفق متطلبات العمل الفعلية ويحتاج المصمم الى خبرة في موضوعي ميكانيك التربة والانشاءات .

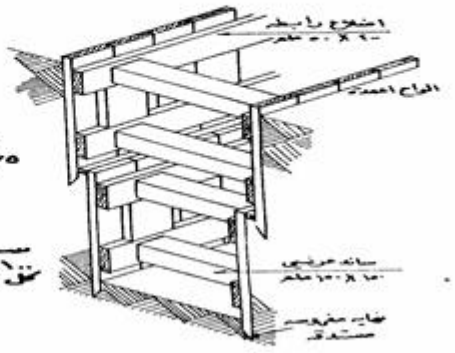
تحتاج القنوات الضحلة احيانا الى اسناد فيمكن استعمال ازواج متقابلة من الالواح الخشبية بمقطع ١٧٥ × ٣٨ ملم بصورة عمودية وتسند بمسند عرضي من الخشب بمقطع ١٠٠ × ١٠٠ ملم وتكون المسافة بين مجموعة اسناد واخرى حوالي ١,٨٠ متر (اذا كانت التربة متماسكة) . يمكن استعمال الصفائح الفولاذية المضلعة الخاصة والمساند العرضية الفولاذية ذات المقطع الدائري وبطول يمكن تنظيمه وفي



شكل (٢ ــ ٢) سند القنوات الضحلة في تربة قوية



شكل (٢ ــ ٣) سند القنوات في تربة معتدلة القوة



شكل (٢ ــ ٤) سند القنوات في تربة رخوة

حالة تساوي الكلفة فانها تعتبر افضل من المساند الخشبية لسرعة التركيب والرفع وقلة التلف الحاصل .

يستعمل الخشب الرخو بانواعه في عمل المساند واجزاؤها فتستعمل الواح الصنوبر الاصفر أو الاحمر (yellow or red deal) . تشمل انظمة السند الخشبية الاجزاء التالية ، ـ

الواح اعمدة (polling boards) ، ـ وتكون بطول ـ ١٠ ـ ١٫٥ متر تبعا لعمق الحفر وبمقطع يتراوح بين ١٧٥ × ٣٨ ملم و ٢٢٥ × ٥٠ ملم . توضع هذه الالواح عموديا وتتناظم التربة في جانبي الحفر .

الاضلاع الرابطة (walings) ، وهي اجزاء تمتد طوليا (افقيا) باتجاه الحفر وتقوم باسناد وربط الواح الاعمدة . يتراوح مقطعها بين ١٧٥ × ٥٠ ملم و ٢٢٥ × ٧٥ ملم على الاغلب .

المساند العرضية (struts) ، وهي من الخشب عادة وبمقطع ١٠٠ × ١٠٠ ملم أو ١٥٠ × ١٥٠ ملم وتستخدم لسند الاضلاع الرابطة بين جهتي الحفر . تكون المسافة بين المساند العرضية بحدود ١٫٨٠ متر كي توفر مجال عمل داخل الحفر .

الواح السند (sheeting) ، تتكون عادة من الواح افقية متناخمة الواحدة مع الاخرى بحيث تشكل حاجزا مستمرا يسند التربة وذلك في حالة كون التربة رخوة وعلى هذا فان الاسناد بهذه الطريقة يكون بابعاد وشكل الحفر نفسه . من المقاطع المألوفة الاستعمال هي الاخشاب بمقطع ١٧٥ × ٥٠ ملم .

المساند المغروسة (runners) ، تكون من نوع الواح اعمدة الا انها ترصف بصورة متصلة وتغرس في التربة وتكون ذات نهاية مستدقة (tapered) لتسهيل غرسها. قد تكسى هذه النهاية بصفيح معدني لزيادة مقاومتها . من الممكن عمل هذه المساند بأبعاد ٢٢٥ × ٥٠ ملم . تستعمل هذه المساند في سند التربة الرخوة عند تواجد المياه بكميات كبيرة حيث ان التربة تكون غير ثابتة بدون سند جيد .

يمكن استعمال نظام الاسناد المفتوح في التربة المعتدلة التماسك وذلك باستعمال الواح اعمدة وبمسافة ٦٠٠ ملم الواحدة عن الاخرى (مثلا) . وتربط بواسطة اضلاع رابطة ومساند عرضية وفي حالة الحفر الضحل يمكن زيادة المسافة بين الواح الاعمدة لحد ١٫٨٠ متر كما ورد سابقا ولا حاجة في هذه الحالة الى اضلاع رابطة وتستعمل المساند العرضية فقط . شكل (٢ ـ ٣) .

جدول رقم (٢ ـ ١) متطلبات سند الحفريات لمختلف انواع التربة *

نوع التربة	عمق الحفر: لحد ١٫٥ م (ضحل)	١٫٥ ـ ٣٫٥ م (متوسط)	اكثر من ٣٫٥ م (عميق)
عضوية متفحمة ضعيفة (soft peat)	جـ	جـ	جـ
عضوية متفحمة متماسكة (firm peat)	أ	جـ	جـ
طينية ضعيفة (soft clay) أو غرينية (silt)	جـ	جـ	جـ
طينية متماسكة وقوية	أ	أ	جـ
حصوية هشة أو رملية	جـ	جـ	جـ
حصوية مرصوصة أو رملية مرصوصة مع أو بدون رابط طيني	أ	ب	جـ
حصوية او رملية تحت مستوى المياه الجوفية	جـ	جـ	جـ
صخرية متشققة	أ	أ	ب
صخرية سليمة	أ	أ	أ

أ ـ لا تحتاج الى اسناد .
ب ـ اسناد مفتوح (جزئي) شكل (٢ ـ ٣) مثلا .
جـ ـ اسناد كامل مستمر تكون الواح أعمدة المتجاورة أو الواح السند متماسة . شكل (٢ ـ ٤) مثلا أو تستعمل ركائز صفيحية (الفصل الرابع) في المناطق المتوسطة العمق والعميقة .
* ـ قد تحتاج الى اسناد مفتوح أو كامل اذا كانت ظروف الموقع غير ملائمة .

** المصدر : مدونة الممارسة البريطانية رقم ٢٠٠٣ (الاعمال الترابية) .

في حالة التربة الرخوة يكون الاسناد باتباع احدى طريقتين الاولى باستعمال الواح افقية مستمرة باتجاه الحفر وتسند بواسطة ازواج متقابلة من الواح اعمدة وهذه تكون مثبتة بواسطة مساند عرضية وتكون المسافة بين مجموعة واخرى من ازواج الواح الاعمدة حوالي ١,٨٠ متر والثانية باستعمال الواح اعمدة أو مساند مغروسة بارتفاع الحفر نفسه وتسند هذه بواسطة اضلاع رابطة ومساند عرضية وفي حالة زيادة عمق الحفر عن ١,٥٠ متر فيفضل أن يكون السند على مرحلتين (شكل ٢ ــ ٤) او اكثر بحيث تكون مجموعة سند المرحلة السفلى متراكبة داخل مجموعة المرحلة العليا ولمسافة لا تقل عن ١٥ سم وهذا يعني ان عرض الحفر في الاعلى هو اكبر من عرض الحفر في الأسفل . يمكن استعمال قطع عمودية صغيرة بين الاضلاع الرابطة فوق الواح الاعمدة أو المساند المغروسة للتقوية . يجوز استعمال انظمة أخرى من السند طالما انها تؤمن ثبات جوانب الحفر وتمكن من انجاز الاعمال المطلوبة داخل الحفر وكذلك يمكن رفع المساند بعد انتفاء الحاجة اليها بسهولة . ان عامل الاقتصاد في الكلفة والزمن اللازم لاقامة المساند ورفعها من العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار .

ان ارتفاع كلفة الخشب في العراق وكثرة تلفه وصعوبة صيانته تجعل من الصفائح الفولاذية المضلعة الخاصة (هذه ليست الركائز الصفيحية الواردة في الفصل الرابع) مادة مفضلة احيانا وذلك لاستعمالها بدل الواح الاعمدة أو المساند المغروسة .

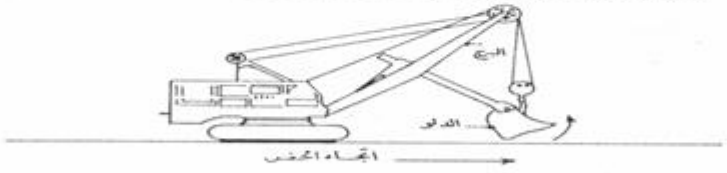
ينفذ السند بالطرق الواردة سابقا في الحفريات والقنوات الضيقة ولا تستعمل في سند الحفريات الواسعة (العريضة) لكونها غير اقتصادية وغير عملية بل يستعمل في هذه الحالة اسلوب الحفر المفتوح (open cut) أي بعمل الحافات مائلة بزاوية تعتمد على طبيعة التربة وعمق الحفر وهذا النوع يحتاج الى مساحة كبيرة ويشمل حفر واعادة دفن كميات اكثر من الحفر الشاقولي الجوانب أو باستعمال السند بواسطة الركائز الصفيحية ،(الفصل الرابع). ان اختيار أي نوع من النوعين يعتمد على امكانية تنفيذهما وعلى كلفة كل منهما .

ب ــ الحفر بواسطة المعدات الميكانيكية : ــ تستعمل المعدات الميكانيكية في الحفريات الكبيرة والواسعة وكذلك الحفريات التي تنقل تربتها الى الخارج أو الحفريات التي يستوجب انجازها بسرعة حيث ان المعدات الميكانيكية تتميز بانتاجية عالية وخاصة في الاعمال الكبيرة وبامكانية تلك المعدات حفر ورفع الاتربة

خارج الحفرة وحتى تحميلها على الناقلات مباشرة لبعض انواعها او انها نفسها تقوم بعملية النقل في البعض الاخر .

ان المعدات الميكانيكية المتوفرة متعددة الاشكال والتسميات ولها خصائص معينة في القيام بالاعمال الترابية وهنالك انواع يمكن تحويرها للقيام باكثر من عمل واحد . من الانواع الشائعة الاستعمال على سبيل المثال :ــ

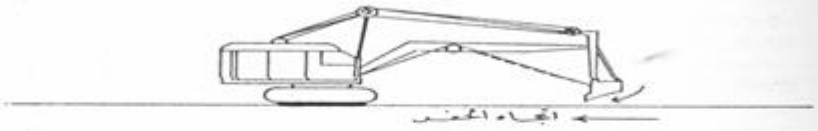
المجرفة الالية (power shovel) : (شكل ٢ ــ ٥) وهي من انواع المعدات ذات الابراج وتستعمل لحفر وتحميل التربة بكميات كبيرة وعندما يكون عمق الحفر كبيرا نسبيا أو عندما تكون التربة حصوية ومتصلدة (cemented gravel) او طينية مرصوصة لا يمكن حفرها بسهولة بانواع اخرى من المعدات وكذلك في حالات التربة التي تبقى جوانبها سليمة بدون انهيار . ان سرعة تحميل الاتربة بواسطة الماكنة اعلى من بقية المعدات ويمكن التحكم فيها بدقة اكبر.لا تستعمل هذه الماكنة في حفر وتحميل التربة غير المتماسكة (non - cohesive) والتي ليس بامكان جوانب حفرياتها الثبات بدون انهيار لانها تحفر من الاسفل الى اعلى الحفريات ويجب ان تكون التربة ثابتة امام دلو الآلة .



شكل (٢ ــ ٥) المجرفة الالية

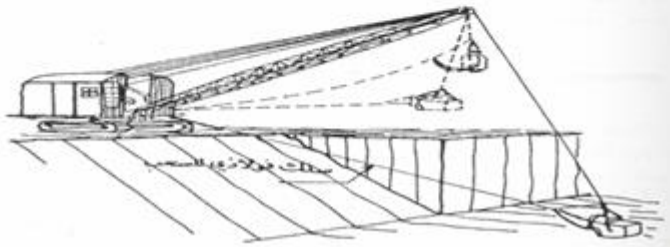
المجرفة الخلفية (back hoe) : شكل (٢ ــ ٦) وهي آلة تشبه المجرفة الالية الا ان اتجاه الدلو فيها يكون عكسيا وتطلق عليها تسميات اخرى احيانا مثل المجرفة (hoe) أو مجرفة سحب (pull shovel) .اكثر ما تستعمل في الحفريات الضيقة مثل الاسس الجدارية المستمرة طويلا وحفريات القنوات عمودية الجوانب والمجاري بصورة خاصة . لهذه الماكنة بعض الخصائص المشتركة بين الحفارة الاعتيادية (dragline) والمجرفة الالية فهي تشبه الحفارة من حيث انها تعمل بالحفر في

مستويات اوطأ من مستوى تحركها وكالمجرفة الالية حيث انها ترغم التربة المحفورة على الانحباس داخل دلوها . وتتميز عن الحفارة بامكانية التحكم الجيد في توجيه الدلو الى محل الحفر وفي تحديد شكل مقطع الحفر . ان هذه الالة لا تستطيع تحميل الناقلات بالاتربة بالسهولة التي تقوم بها المجرفة الالية .



شكل (٢ ـ ٦) المجرفة الخلفية

الحفارة (dragline) : شكل (٢ ـ ٧) وهي من المعدات ذات الابراج ايضا وتستعمل في حفر وتحميل التربة الرخوة أو المغمورة بالمياه الجوفية . تعتمد هذه الماكنة في الحفر والتحميل على اسقاط الدلو فوق المنطقة المراد حفرها فينغرس الى مسافة معينة تحت تأثير ثقله ثم يسحب بواسطة السلك الفولاذي (steel cable) (كبل) باتجاه الماكنة حيث يجرف كمية من التربة يتم

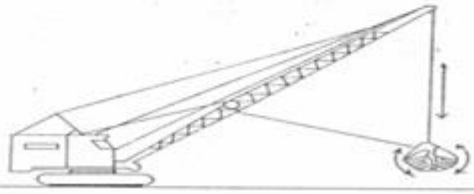


شكل (٢ ـ ٧) الحفارة

تكديسها الى جانب الحفر أو تحميلها على الناقلة مباشرة ولا علاقة لقوة المحرك بعملية الحفر . ان قابلية هذه الالة لتحميل الناقلات جيدة ولكنها اقل كفاءة من المجرفة . تحتاج الحفارة في عملها الى مجال واسع وخاصة عند الدوران وكذلك لا يمكن استعمالها في المحلات الضيقة داخل المدن . ان اكثر ما تستعمل هذه الماكنة في العراق لاغراض حفر المبازل وكري الانهر والمبازل وتطهيرها وكذلك عمل السداد الجانبية لها . قد تستعمل في حفر السراديب للابنية ذات المساحات الواسعة وغيرها من الحفريات المفتوحة في المنشآت كما في محطات الضخ وغيرها اذا كانت طبيعة التربة مناسبة وهنالك مجال لحركة الالة . لا تستعمل هذه الالة في الحفريات التي تخترقها مسارات الخدمات العامة كمجاري المياه ومغذيات الكهرباء والهاتف وغيرها بصورة كثيفة لانها تؤدي الى اتلافها .

تستعمل الحفارة عندما يكون منسوب الحفر اوطأ من مستوى سير الالة . لا يفضل استعمال هذه الالة لحفر القنوات الضيقة أو اسس الجدران .

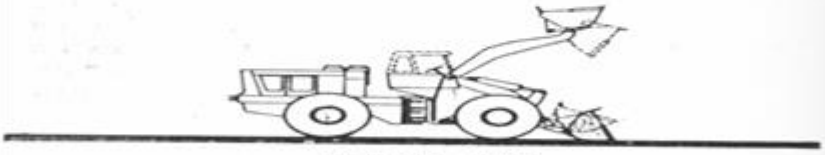
الدلو المحاري (clamshell) : شكل (٢ ـ ٨) وهو من المعدات ذات الابراج ويستعمل غالبا في رفع التربة من داخل الحفريات بصورة عمودية عندما تكون جدران الحفريات مسنده والتربة رخوة ورطبة أي ازا مفضلة الاستعمال في الحفريات في المناطق المحددة وعندما ترفع التربة عموديا . اكثر ما تستعمل هذه الالة كآلة مساعدة لحفارات اخرى اكثر انتاجية وذلك لرفع المخلفات التي تتركها تلك الحفارات حيث ان انتاجية الدلو المحاري منخفضة نوعاً ما . ان هذه الالة مفضلة على الحفارة للاستعمال في حفر المناطق التي تحتوي على خدمات تحت



شكل (٢ ـ ٨) الدلو المحاري

الارض بصورة مكثفة مثل الحفريات في شوارع المدن حيث لا يهم كثيرا مقدار الانتاجية في هذه الحالة وكذلك في حفريات القنوات والاسس والسراديب والدعامات اذا كانت ظروف التربة ملائمة وفي تحميل التربة والركام . يتكون جهاز الحفر في الالة من الدلو الذي يتدلى من برج الرافعة ويتألف الدلو من نصفين يكونان في وضع الفتح عند اسقاط الدلو على التربة المراد حفرها أو نقلها ثم يغلق الدلو بواسطة السلك الفولاذي (كيل) حاصرا كمية من المواد بداخله ثم يرفع الدلو الى خارج الحفر حيث يتم تفريغه أو تحميله على ناقلة . تعمل الالة عادة بمنسوب اعلى من منطقة الحفر ويمكن استعمالها بخلاف ذلك ايضا وخاصة عند استعمالها لتحميل المواد على الناقلات القلابة (شكل ٢ ــ ١٠) .

مجرفة الجرار (tractor shovel) : شكل (٢ ــ ٩) وهي من المعدات الشائعة في البلاد وتستعمل لاعمال الحفريات الصغيرة ولتحميل التربة والركام . الالة هي محرك جرار مركب على اطارات او مجنزر ومركب في واجهته الامامية وعاء الحفر والتحميل (الدلو) الذي يعمل بواسطة مكابس هيدروليكية وعتلات . ان قدرة المحرك هي عامل مهم في تحديد حمولة الوعاء وحجمه الاقصى وكذلك فان لنوعية التربة تأثير في كفاءة اداء الالة . قد تزود مقدمة الدلو باسنان فولاذية عند حفر

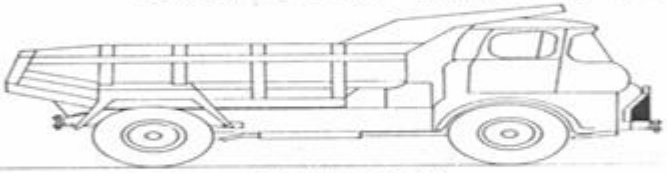


شكل (٢ ــ ٩) مجرفة جرار

التربة القوية ولا داعي لتلك الاسنان في حفر أو نقل المواد الرخوة حيث انها تقلل من كفاءة الالة . عند الحفر تغرز مقدمة الدلو بقوة دفع المحرك في التربة الى الحد المناسب ثم يدار نحو الاعلى قاطعا كمية من التربة التي سوف تدخل الدلو ثم يرفع الدلو نحو الاعلى ويتجه بعدها الجرار الى محل التحميل أو التفريغ للتخلص من التربة حيث يدار الدلو نحو الاسفل فيفرغ حمولته . ان الحفر بهذه الالة مشابه على

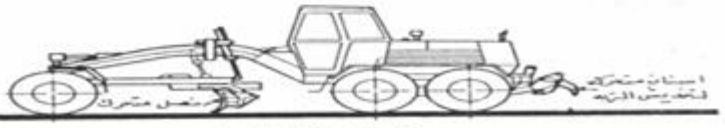
العموم لاسلوب الحفر بالمجرفة الالية الا ان المجرفة الجرار تستعمل عادة لاعمال اسفر واقل عمقا أي انها لا تستعمل لاعمال عميقة جدا وخاصة عند وجود مياه جوفية حيث لا تستطيع الالة ان تعمل او انها تعمل بكفاءة قليلة . ان الالة تعمل على حفر الجوانب المواجهة لها والتي هي اعلى من الارض التي تعمل عليها وكذلك فبامكانها الحفر بمنسوب اوطأ قليلا من الارض التي تعمل عليها . بامكان الالة وخاصة المجنزرة منها التنقل والعمل فوق ارض منحدرة ولعل هذا من اسباب انتشار استعمالها حيث يمكنها ذلك من الدخول في مواقع الاعمال المنحدرة والضيقة كما وان المجال الذي تحتاجه الالة للعمل هو قليل قياسا الى معدات الحفر الاخرى .

ان المعدات التي ذكرت تستعمل في الحفريات المحدودة وفي حفريات الابنية والقنوات وغيرها وهنالك معدات اخرى للاعمال الترابية تستعمل في اعمال تسوية المواقع الكبيرة وفي اعمال الطرق والمطارات ومنها : الة التسوية (motor grader) والبلدوزر (bulldozer) والقاشطة (scraper) .



شكل (٢ ــ ١٠) ناقلة قلابة

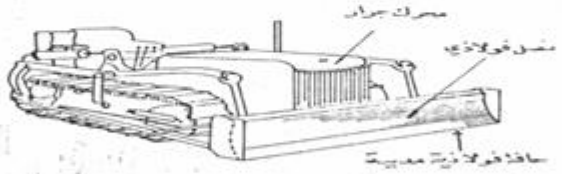
الة التسوية (المدرجة) : شكل (٢ ــ ١١) الة تستعمل في فرش التراب او الحجر المكسر وكذلك في تسوية السطوح وتشكيلها وفق مناسيب معينة ويكون ذلك بواسطة نصل متحرك افقيا وعموديا بين محوري عجلات الالة . بامكان الالة قشط



شكل (٢ ــ ١١) الة التسوية

التربة الرخوة لاعماق بسيطة . لا تستعمل هذه الالة في الحفر او في دفع التربة لمسافات طويلة بل تستعمل في انهاء السطوح كما ورد سابقا .

البلدوزر (شكل ٢ ــ ١٢) : الة كثيرة الاستعمال في الاعمال الترابية الكبيرة المختلفة فهي بالاضافة لاعمال الحفر تقوم بمهام جرار دفع الالة القاشطة وكذلك كالية تسوية في الاعمال الترابية كما وتقوم بدفع ونشر وتوزيع التربة من محلات قطعها الى محلات اخرى وبخلاف ذلك فانها تستعمل عند تهديم الابنية القديمة وتكديس انقاضها وكذلك عند عمل سداد الانهار والمبازل وغيرها حيث يستفاد منها كالية دفع الاتربة ثم كالية ضغط وتسوية التربة . ان البلدوزر هي جرار بمحرك وضخامة معينة (هنالك انواع متعددة حسب حجم المحرك) مركب في مقدمتها نصل فولاذي (steel blade) بعرض معين ومقوس في الاتجاه العمودي . يكون اتصال النصل بواسطة اذرع فولاذية الى مفصل أو محور قرب المركز الافقي لجسم الجرار . يمكن رفع . خفض أو امالة النصل بمستوى عمودي بواسطة حبال فولاذية (كبل) أو مكابس هيدروليكية .



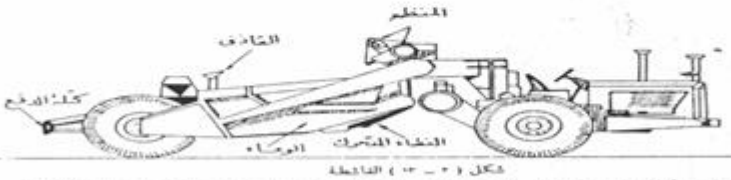
شكل (٢ ــ ١٢) البلدوزر

ان تركيب البلدوزر هذا وبوجود بعض الملحقات الاخرى يمكن من استعمال البلدوزر ايضا في اعمال قشط وازالة التربة وتمهيد المواقع الكبيرة للاعمال كالطرق والمطارات وغيرها وكذلك في قلع الاشجار وفتح الطرق الوقتية للاعمال وخاصة في المناطق غير المستوية أو الوعرة . لا يفضل استعمال هذه الالة في الحالات التي يستوجب فيها دفع التربة لاكثر من حوالي ١٠٠ متر . لا يمكن استعمال هذه الالة في تحميل الناقلات .

١٥

هنالك نوع مشابه لهذه الالة ويسمى (انكل دوزر) (angle dozer) وهي بلدوزر ذات نصل يمكن تدويره بمستوى افقي بالنسبة لمسار الالة حيث يدار النصل بمكابس هيدروليكية . تتميز هذه الالة بقابلية نثر التربة الى احد جهتي النصل اثناء حركتها . تستعمل في بعض اعمال الطرق أو في تهذيب محرمات (berm) السداد الترابية . ان انتشار هذه الالة محدود . من الملحقات التي قد تحتويها البلدوزر هي الاسنان الخلفية المتحركة التي تستعمل في نبش التربة القوية تمهيدا لحفرها وكذلك في تشريط الصخور (ripping) .

القاشطة (شكل ٢ ــ ١٣) : ــ الية تستعمل في قشط ونقل وتوزيع انواع التربة عدا الصخرية منها . تستعمل في الاعمال الواسعة كالطرق والمطارات وغيرها تتكون من وعاء بشكل طابن كبير (bowl) محمول على هيكل فولاذي مستند على اطارين مطاطيين ويكون هذا الوعاء قابل للحركة العمودية ومفتوح من الاسفل . تسلح حافة الفوهة السفلى الملامسة للتربة بسطح معدني حاد قاطع للتربة ويمكن سد الفتحة بغطاء متحرك (apron) . تدار الالية بواسطة محرك جرار باطارين مطاطيين يكون جزءاً دائميا من الالية أو يكون منفصلا عنها (وفي هذه الحالة يرتكز الوعاء على اربعة اطارات وكذلك الجرار وقد يكون الوعاء باطارين فقط) .



شكل (٢ ــ ١٣) القاشطة

لتحميل الآلية يتم تدوير الوعاء نحو الاسفل بحيث تغرز حافة الوعاء القاطعة بمقدار حوالي ١٥ سم في التربة وعند سير الآلية تُغرف التربة داخل الوعاء وتتكدس فيه الى أن يمتلىء حينذاك يتم رفع الوعاء وغلق الفوهة بواسطة الغطاء المعدني الخاص وتنقل التربة الى المحل المراد فرشها فيه حيث يرفع الوعاء ويفتح الغطاء مما يؤدي الى تفريغ وفرش التربة يساعدها في ذلك قاذف خاص مركب داخل الوعاء الى أن يتم افراغ الوعاء .

١٦

تعتبر القاشطة من المعدات الكبيرة الضرورية في الاعمال الترابية للطرق والمطارات حيث انها تقوم بالاضافة الى حفر ونشر التربة بالرص الاولي عند سيرها فوق طبقات من التربة تم نشرها سابقا .

بالاضافة الى معدات الحفر المحدود والحفر الواسع الوارد ذكرها هنالك معدات كثيرة اخرى تستعمل في اعمال الحفريات مثل معدات حفر القنوات (trenchers) بانواعها ذات الدلو الواحد أو ذات الدلاء المتعددة المسلسلة أو ذات المجلات وغيرها وكذلك معدات اخرى تعتبر تحويرات على المعدات الاساسية الوارد ذكرها . يمكن الرجوع الى تفاصيل تلك المعدات في الكتب والمراجع المتخصصة بمعدات واليات الحفر والاعمال الترابية .

ان مكائن الحفر تكون عادة اما محمولة على اطارات أو مجنزرة أو كليهما أي ان بعض المكائن يمكن ان تصنع باطارات أو مجنزرة مثل المجرفات بانواعها . تتميز المكائن المحمولة على الاطارات بانها سريعة الحركة وسهلتها بينما تتميز المجنزرة بانها اكثر ثباتا وكفاءة في ظروف التربة السيئة . يتم اختيار المكائن حسب طبيعة الموقع وظروف العمل ونوعية التربة وتوفر المعدات وكلفة الحفر الناتج والزمن اللازم لانجاز العمل .

تعتبر كلفة نقل المكائن الى ساحة العمل واعادتها بعد الانتهاء من العمل عاملا مهما في كلفة المتر المكعب من الحفريات الصغيرة بينما تقل تلك الكلفة بالنسبة للحفريات الكبيرة . تنقل المكائن ذات الاطارات سياقة الى مواقع العمل القريبة وتنقل محمولة على ناقلات خاصة للاماكن البعيدة بينما تنقل المكائن المجنزرة بواسطة الناقلات دائماً حيث لا يسمح لها عادة بالسير فوق الطرق المبلطة . ان اختيار المعدات وتنظيم عملها بكفاءة في ساحة العمل من الامور المهمة والتي تحتاج الى دراسة وخبرة خاصة .

عند استخدام المعدات في حفريات الاسس يجب ايقاف الحفر بالمعدات في منسوب اعلى بحوالي ٣٥ سم من المنسوب المطلوب لقعر الحفر وتكملة الحفر بالايدي العاملة حيث ان الحفر بواسطة المعدات يؤدي الى تشويه التربة الملامسة للالية أو دلوها مما يغير من خواصها الهندسية ويجعلها قابلة للانكباس اكثر من التربة الاصلية .

حفريات الصخور :ـ

قد تكون الاسس في منطقة صخرية وهذا يستوجب الحفر باساليب خاصة حيث لا يمكن استعمال معدات الحفر الوارد ذكرها ويكون الحفر اليدوي (ان كان ممكنا) بطيئا ومكلفا حيث تستعمل فيه معدات بدائية مثل المطرقة والازميل (chisel) والاسفين (wedge) . يحفر في الصخر بعدة طرق تعتمد اساسا على التثقيب بالمطارق الهوائية (Jackhammers) وما شابهها ثم التفجير بالمفرقعات . قد تستعمل الاسنان المثبتة بالبلدوزر لتشريط الارض وذلك تمهيدا لقلع الصخور من مواقع الاعمال بالمعدات وهذا نادر في اعمال حفر الاسس لكونها من الحفريات المحدودة وشائعا في الاعمال الترابية الواسعة كالطرق وغيرها .

تصريف المياه الجوفية وتجفيف ساحة العمل والحفريات :ـ

لتنفيذ اعمال الحفر والاسس يجب تصريف المياه الجوفية ان وجدت من داخل الحفر ومن الطرق المتبعة هي :ـ

أ ـ التصريف المباشر .
ب ـ التصريف بالضخ .
جـ ـ التصريف باستعمال نظام نقاط البئر . (wellpoint system)
د ـ طرق اخرى .

أ ـ التصريف المباشر : وهي من ارخص الطرق وتعتمد على حفر سواقي في اسفل الحفر ومن الجوانب يتم تصريف المياه المجتمعة بواسطة انحدارات السواقي خارج منطقة الحفر . ان هذا النوع من التصريف يكون ممكنا في احوال قليلة جدا حيث ان قعر الحفر غالبا ما يكون اوطأ من بقية الموقع حيث لا يمكن تصريف المياه انسيابيا .

ب ـ التصريف بالضخ :ـ وهو مشابه الى النوع (أ) الا ان السواقي نفسها تتجمع في نقطة واحدة او اكثر في اوطأ منسوب وتعمل حفرة بابعاد مناسبة يضخ منها الماء الى الخارج . يحفر من ضخ المواد الناعمة من التربة لانها تسبب زيادة في انكباس التربة عند تحميلها ولهذا تملأ السواقي بمرشح من الحصى المدرج لمنع ضخ المواد الناعمة . قد تكون مساحة الحفر واسعة بحيث ان السواقي الجانبية لا تكفي لتصريف المياه فيمكن عمل سواقي وسطية عرضية تتصل بالسواقي الجانبية وتصب مياهها فيها وفي هذه الحالة تملأ السواقي بالحصى المدرج المرصوص ويغطى سطحها في مستوى ارضية الحفر ببلاطات خرسانية وتبقى هذه السواقي تحت الاسس . تتبع هذه الطريقة بصورة خاصة تحت ارضيات سراديب الابنية عندما

الفصل الثالث

اعمال الاسس

اعمال الاسس

(Footing and Foundations)

الاساس هو ذلك القسم من المنشأ الذي يشيد عادة تحت مستوى الارض الطبيعي وعلى عمق معين وبمواد مختلفة منها الخرسانة المسلحة وغير المسلحة والطابوق والحجر والحديد وينقل ثقل المنشأ الى طبقات التربة الصالحة لتحمل تلك الاثقال.

عمق الاساس :ـ

يتحدد عمق الاساس حسب عوامل عديدة اهمها ما يلي :ـ

١ـ طبيعة التربة وطبقاتها الصالحة لتحمل احمال المنشأ.

٢ـ حالات الطقس وتعرض الاسس الى تأثيرات الانجماد والتمدد والتقلص لذا يتطلب بناء الاسس على عمق لا يقل عن ٣٠ سم لحمايتها من هذه التأثيرات.

٣ـ مستوى الماء الجوفي وجعل الاسس فوق هذا المستوى لتجاوز الصعوبات الانشائية عند التنفيذ.

٤ـ موقع الاساس من البناء ذو خدمات معينة كسرداب أو ملجأ أو محل وقوف سيارات خاصة وغيرها.

٥ـ اسس الابنية المجاورة والاحمال التي تنقلها وتأثيرها على تحديد عمق الاسس الجديدة.

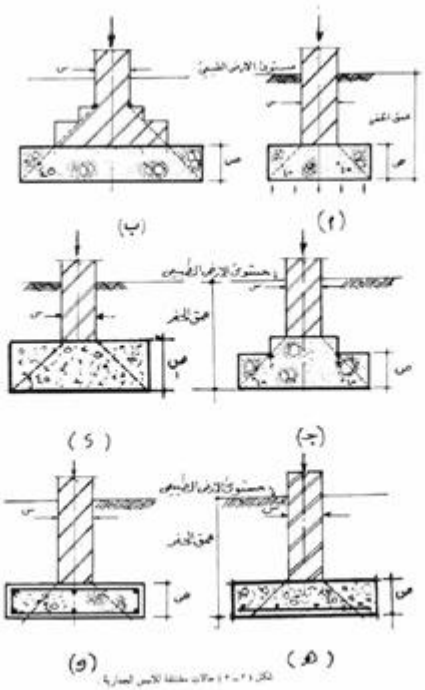
٦ـ فعل الاسس بعمق لا يؤثر على الاشجار التجميلية التي يرغب ببقائها.

٧ـ علاقة عمق الاسس من حفرات وقنوات ومجاري وغيرها (under ground services) من المنشآت الخاصة بالخدمات الصحية والكهربائية والميكانيكية الخاصة لذلك المنشأ.

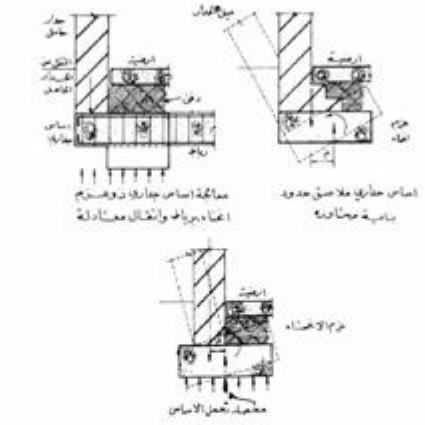
طبيعة التربة وعلاقتها بالاسس :ـ

يتطلب قبل المباشرة بأي تصميم بنائي فحص تربة الموقع من قبل مختص هندسي للتعرف على خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية ومقدار تحمل طبقاتها للاحمال ونوعية الاسس المناسبة ونزولها المتوقع نوعا ومقدارا ويقدم المختبر تقريرا وافيا يمكن المصمم والمنفذ من اداء مهامهما.

تصنف التربة الى نوعيات مختلفة ومن احدى الطرق العامة لتصنيفها هي استعمال مخطط التربة المثلثي كما مبين في الشكل (٣ ـ ١) حيث تكون نوعية التربة حسب موقع ملتقى الموازيات المرسومة لاضلاع هذا المثلث باحدى النوعيات



شكل (٢١ - ٢) حالات مختلفة للأسس الحجرية



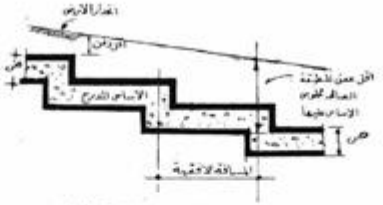
أساس حائط ذو رمح انحناء

شكل (٢١ - ٣) حالات الأساس الجاري غير ذي الحفر

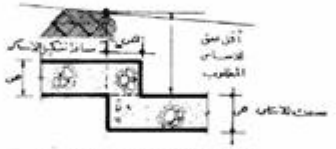
أساس جاري مدرج : (Stepped footing)

يستعمل الأساس الجاري المدرج عندما يكون الموقع ذا انحدار مما يجعل الحفر والدفن فوق الأساس بكميات كبيرة إن أريد جعلها بمستوى أفقي واحد .

يتطلب جلوس الأساس المدرج على الطبقة الصالحة من التربة لتحمله . وبموجب هذا وانحدار الموقع يمكن تحديد المسافة الأفقية بين تدرج وآخر كما مبين في الشكل (٢١ - ٤) . يفضل أن يكون تغيير مستوى الأساس في موقع التدرج مساويا إلى سمك الأساس وصفة التشكيل مساوية إلى هذا السمك أيضا كما في الشكل (٢١ - ٥) وذلك للحصول على التدرج المنتظم غير الحاد وبأعماق حفر ودفن مقبولين .

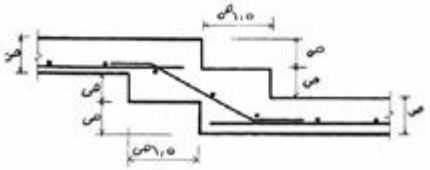


شكل (٢ ـ ٥) مقطع طولي لاساس مدرج بين السطحين الافقيين المدرج



شكل (٢ ـ ٦) مقطع مصمل لمواقع التدرج من الاساس المدرج

يمكن عمل تدرج باكثر من مرحلة واحدة كما مبين في الشكل (٢ ـ ٦) وذلك في الحالات التي يكون احمال الارض فيها شديدا .

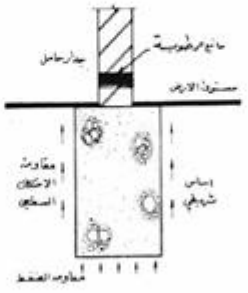


شكل (٢ ـ ٦) اساس متدرج في موقع ذو احمال شديد

٢ ـ الاساس الشريطي :ـ

يستعمل الاساس الشريطي كبديل للاساس الجداري في المواقع التي يكون تحمل أجهاد قص التربة فيها عاليا مما يمكن الاستفادة من تحمل الاساس الشريطي اتجاه مقاومة الاحتكاك السطحي بينه وبين التربة الملاصقة به ومقاومة انضغاط التربة في قاعدته كما مبين في الشكل (٢ ـ ٧) لا يفضل استعمال الاساس الشريطي في المواقع التي يكون مستوى الماء الجوفي فيها عاليا حيث قد يصبح هذا الاساس غير اقتصادي بسبب كلفة سحب الماء بكميات اكبر وتصريفه طيلة مدة التنفيذ مقارنة مع انواع الاسس الضحلة .

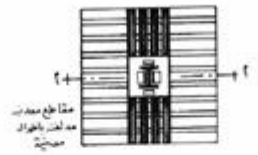
يعمل الاساس الشريطي عادة من الخرسانة الاعتيادية غير المسلحة وبارتفاع يكفي لاعطائه مساحة سطحية وافية لغرض الاستفادة من زيادة مقاومتها الاحتكاكية

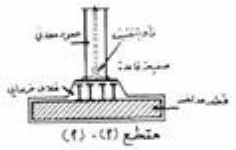


شكل (٢ ـ ٧) مقطع اساس شريطي

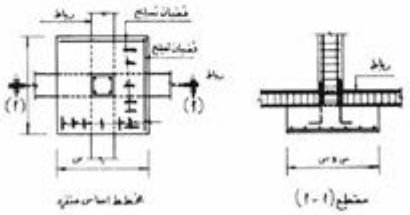
يمتاز الاساس الشريطي بأمور هامة منها :ـ

١ ـ سرعة التنفيذ لكونه يعمل بمقطع واحد ومادة واحدة وبهذا فهو اقتصادي في معظم الاحيان مقارنة مع بدائله من الاسس الاخرى .

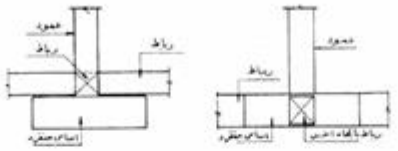




شكل (٢ - ٨) اساس متجه مكون من مقاطع معدنية مع غلاف خرساني

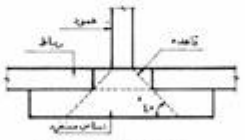


شكل (٢ - ٩) مخطط ومقطع اساس متجه مع رباط من الخرسانة المسلحة



(ب) الرباط فوق الاساس (أ) الربط بنصف مسئولية الاساس

شكل (٢ - ١٠) وضعية الرباط مع الاساس المتجه

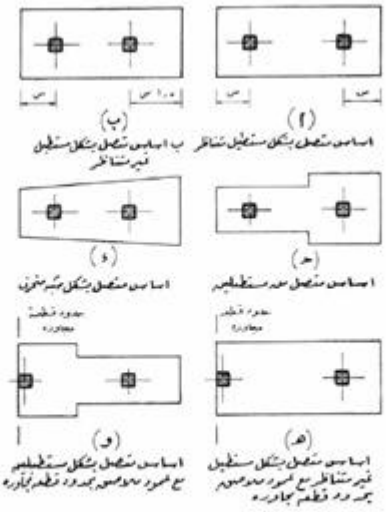


شكل (٢ - ١١) اساس متجه مع قاعدة

٩ - الاساس المتصل :-

الاساس المتصل عبارة عن اساس منفرد يحمل تقلين مركزين من عمودين متقاربين من بعضهما ويكون بشكل مستطيل متناظر عند تساوي مقدار التقلين المركزين أو بشكل مستطيل غير متناظر أو شبه منحرف أو مستطيلين عند تباين مقدار التقلين المركزين أو عندما يكون احد العمودين ملاصقا بحدود القطعة المجاورة كما مبين ذلك في الشكل (٢ - ١٢) .

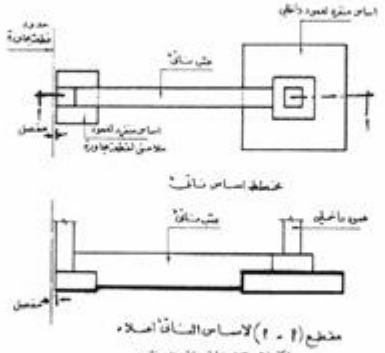
يتطلب عند تحديد شكل ومساحة الاساس المتصل جعل مسار محصلة ثقل العمودين على نفس مسار محصلة مقاومة التربة للاساس وذلك للحصول على قوى تحركية وتوزيع الاثقال على التربة بصورة منتظمة ومتساوية .



شكل (٢ - ١٢) حالات من أنواع الأساس المتصل

٥ - الأساس الثائي :-

الأساس الثائي عبارة عن أساسين منفردين يربطهما عتب ثائي من الخرسانة المسلحة . يقلل العتب الثائي حمل العمود الخارجي الذي له أساس منفرد غير متناظر الى قاعدة العمود الداخلي الذي له أساس منفرد متناظر . يعمل الأساس الثائي للاعمدة الخارجية عندما تكون ملاصقة بحدود ابنية مجاورة ومن الضروري تصميمها تصميما دقيقا مع مراعاة عوامل ونتائج نزول التربة وانحناء العتب الثائي باعتبار ان تركيبه غير متناظر وتوزيع احماله على التربة يكون بشدة متباينة كما في الشكل (٢ - ١٣) .



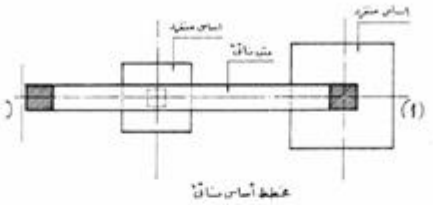
مقطع (ا - ٢) لاساس الثائي اعلاه

شكل (٢ - ١٣) مخطط ومقطع عتب ثائي

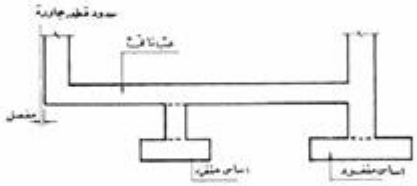
يمكن عمل الأساس الثائي باستعمال عتب ثائي متصل بأساسين منفردين لنقل حمل عمود خارجي الى هذين الاساسين المنفردين كما مبين في الشكل (٢ - ١٤) .

٦ - الأساس المستمر :-

الأساس المستمر عبارة عن أساس لعدة أعمدة تقع على نفس المحور ويوزع الاثقال المركزة لهذه الاعمدة على مساحة مستطيلة الشكل ذات عرض ثابت وطول يساوي مجموع اطوال مراكز الاعمدة زائدا اضافة طول مناسب في الطرفين أو احدهما حيث لا يمكن اضافة طول في الطرف الذي يكون العمود ملاصق لحدود قطعة مجاورة .



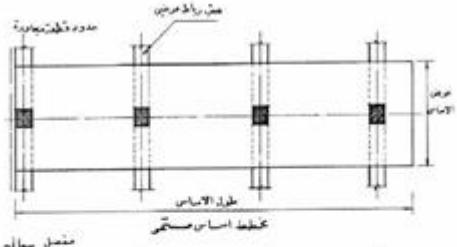
مخطط أساس ناقل



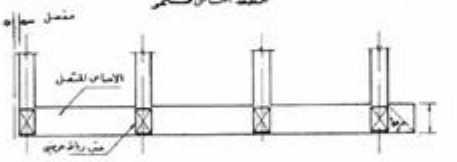
مقطع (أ - أ) الأساس الناقل العدد

شكل (٢ - ٥) أساس ناقل لعمود خارجي

يستعمل عادة معامل ضغط التربة (soil pressure) كعامل في تصميم الأساس المشترك بالرغم من أن توزيع الضغط يكون بشدة متباينة أكثر من العامل في مواقع تحت الأعمدة وأقل من العامل في الأقسام الأخرى وأن شدة التباين يكون كبيرا في التربة القابلة للانضغاط مما يستوجب تصميم الأساس المتصل بمثابة كافية وربط القواعد عرضيا بأعتاب ذات أبعاد وتسليح مناسب لهذا الغرض. راجع الشكل (٢ - ١٥).



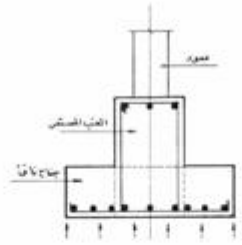
مخطط اساس مشترك



مقطع (أ - أ) الأساس المشترك العدد

شكل (٢ - ٥) مخطط ومقطع أساس مشترك

يمكن استعمال أساس مشترك من عتب وسطي وجناحين ناتئين كما في الشكل (٢ - ١٦) يستوجب صب الأساس المشترك من هذا النوع بدفعة واحدة لتصميه العتب والجناحين ليعملا كوحدة واحدة لا يجزئهما مفصل انشائي الذي يعتبر في حالة وجوده موقع ضعف بالنسبة الى الأساس وعمله.



شكل (٣ ـ ١٦) أساس مستمر بمقطع عتب وجناحين بالتين

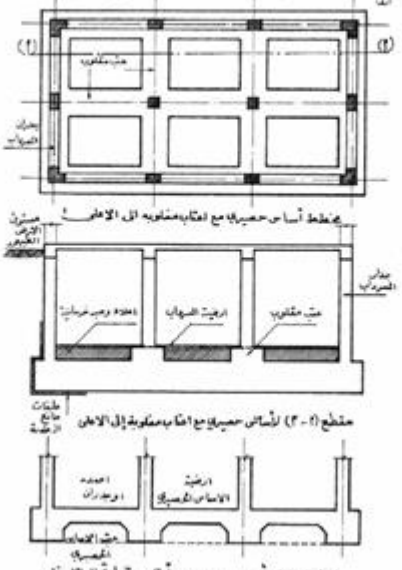
٧ ـ الاساس الحصيري (أو الاساس المسطح) :ـ

الاساس الحصيري عبارة عن صبة من الخرسانة المسلحة تحت جميع مساحة المنشأ توزع الاحمال على التربة توزيعاً متساوياً ومنتظماً عندما تكون محصلة قوى احمال المنشأ ومحصلة مقاومة تربة الاساس الحصيري قوى تمركزية.

يختلف سمك الاساس الحصيري باختلاف الاحمال المسلطة عليه ويتراوح اعتيادياً من ٣٠ سم الى ٦٠ سم. تستعمل الاعتاب المخفية في صبة الاساس (concealed beams) أو الاعتاب العميقة باتجاه واحد أو اتجاهين. يفضل أن تكون الاعتاب العميقة مقلوبة الى الاعلى (Inverted beam). كما مبين في الشكل (٣ ـ ١٧). لتسهيل فرش طبقات مانع الرطوبة تحت الاساس عندما يراد الاستفادة من الاساس كأرضية سرداب في الواقع التي يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعاً أو متغير في مواسم السنة المختلفة. وكما يتطلب استعمال فرش طبقات مانع الرطوبة ايضا لعزل خرسانة الاساس عن التربة التي تحتوي على الاملاح والحوامض التي تسبب تآكل الخرسانة وتفتتها.

يفضل استعمال الاساس الحصيري للمنشآت ذات الطوابق المتعددة ولاسيما عندما يراد عمل سرداب في الطابق السفلي من المنشأ للاستفادة منه لاغراض الدفاع المدني أو كمحل لمكائن التكييف المركزي أو اتخاذه كموقف خاص للسيارات بشرط ان يكون الاساس الحصيري هو البديل الارخص اقتصادياً.

يعمل الاساس الحصيري باعتاب غير مقلوبة كما في الشكل (٣ ـ ١٧) عندما يكون مستوى الماء الجوفي منخفضا وليس ثمة حاجة الى مانع الرطوبة كما تم بحثه آنفاً



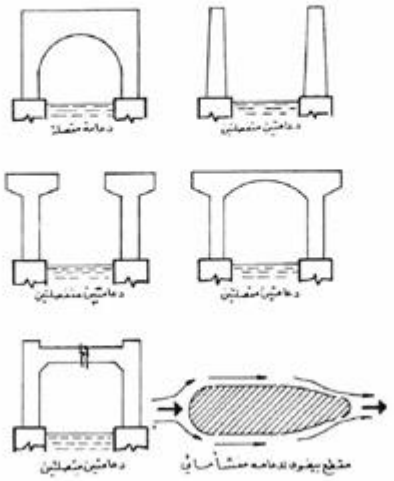
مخطط لأساس حصيري مع اعتاب مقلوبة الى الاعلى

مقطع (١ - ٢) لأساس حصيري مع اعتاب مقلوبة إلى الاعلى

مخطط لمقطع أساس حصيري مع أعتاب متدلية الى الاسفل

شكل (٣ ـ ١٧) حالات من الاساس الحصيري

مستوى الماء بضغط مساو الى ضغط عمود الماء وهذا يتطلب خبرة وعمال لهم الاستعداد للعمل تحت تأثير الضغط ويمكن سب الخرسانة بعد سحب الماء وتجفيف الموقع باستعمال ركائز الالواح والضخ المستمر .



شكل (٢ ـ ٦) يعض اشكال الدعامات المفصلة والمتصلة ومقطع لدعامة يمرى

١٠ ـ اسس الركائز .
راجع الفصل الرابع .

نزول الاسس : ـ (settlement of foundations)

ان نزول الاسس حقيقة هندسية ومتوقعة بالنسبة الى معظم انواع التربة وذات اهمية بالغة بالنسبة الى سلامة المنشأ وخلوه من التصدعات او الميلان او الانهيار التدريجي او المفاجيء لبعض الحالات .

يجب دراسة النزول حسب نوعية الاسس والتربة وتركيب المنشأ ان كان هيكلياً او بحوته وابعاده ونوعية استخدامه وتأثير مقدار النزول على مظهر المنشأ ومستوياته وعلاقة هذا مع المنشآت المجاورة وتأثيره عليها .

يتأثر النزول كثيراً بالماء الجوفي ولا سيما عندما يكون مستواه غير ثابت بل يتغير خلال مواسم السنة مسبباً حركة حبيبات التربة واختلاف مسامياتها ومقاومتها للانضغاط تحت تأثير الاحمال وتتلخص حجم المراعات بين جزيئات التربة .

يصنف النزول الى نوعيات اهمها : ـ

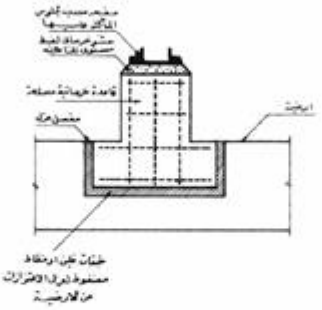
١ ـ النزول المنتظم (uniform settlement)
٢ ـ النزول التفاضلي (differential settlement)
٣ ـ النزول الآني (immediate) settlement)
٤ ـ النزول الكلي للامد البعيد (total settlement)

النزول المنتظم وهو النزول الذي يحدث في جميع اقسام الاساس وبنفس المقدار . لا يسبب هذا النزول ضرراً على سلامة المنشأ ان كان مقداره يضمن صمود مقبولة كل حسب نوعية المنشأ واستخداماته . هناك مقادير مسموح بها للنزول المنتظم يجدر اخذها بنظر الاعتبار عند التصميم .

النزول التفاضلي هو النزول الذي لا يكون متساوياً في جميع اقسام الاساس وعندما يكون مقداره كبيراً فقد يسبب اضراراً في المنشأ منها حدوث التصدعات او ميلان بعض اجزاء المنشأ او تلف بعض التراكيب الخدمية كالابواب والانابيب وغيرها .

يجب اخذ تأثير النزول التفاضلي الذي يتجاوز الحدود المسموح بها لذلك المنشأ بنظر الاعتبار عند التصميم

النزول الآني هو النزول الذي يحدث خلال فترة زمنية قليلة اثناء الانشاء وتسليط الاحمال ويكون معظم النزول في التربة ذات التركيب الحبيبي (granular soil) كالتربة الرملية والحصوية من هذا النوع .



شكل (٣ ـ ٩) اساس بالكة معزول

اعمال الركائز

(Piles)

تعريف :

الركائز عبارة عن ذلك الجزء من المنشأ التي تكون عادة تحت مستوى سطح الارض Substructure وتقوم بعمل او اكثر من الاعمال الاساسية التالية ، ـ

١ ـ نقل ثقل المنشأ الى طبقات التربة وتعتبر اساساً له .

٢ ـ اسناد طبقات التربة المعرضة الى قوى دفع جانبية .

٣ ـ دك التربة ورصها .

استعمالات الركائز :

ان اهم استعمالات الركائز في الاعمال الانشائية هي للحالات التالية : ـ

١ ـ عندما تكون التربة ضعيفة لا تقاوم الاحمال الموزعة عليها خلال انواع الاسس الاخرى .

٢ ـ عندما تكون التربة طينية ذات خاصية الانكماش والانتفاخ الموسمي (seasonal shrinkage and swell) بسبب تغير نسبة رطوبة التربة وحركة المياه الجوفية في طبقاتها .

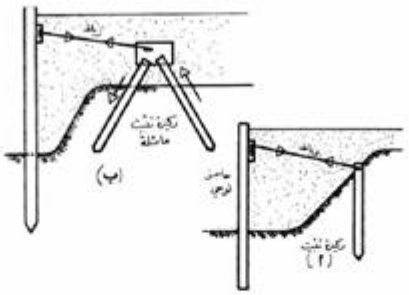
٣ ـ عندما يكون المنشأ فوق سطح الماء كارصفة الموانئ ومأخذ المياه مثلاً

٤ ـ عندما لا يمكن حفر الاسس من الانواع الاخرى عميقاً لوجود ابنية مجاورة ذات اسس قريبة من سطح الارض بحيث لو تم حفر الاساس الجديد لتعرض البناء المجاور الى التصدع والنزول او الانهيار . في هذه الحالة تفضل انواع الركائز ذات الاهتزاز القليل عند الانشاء .

٥ ـ عندما يتطلب موازنة قوى شد او دفع جانبي وتسمى بركائز تثبيت (anchor piles) عندما تكون شاقولية شكل (٤ ـ ١ أ) وتسمى بركائز تثبيت مائلة (batter piles) عندما تكون بميل معين شكل (٤ ـ ١ ب) .

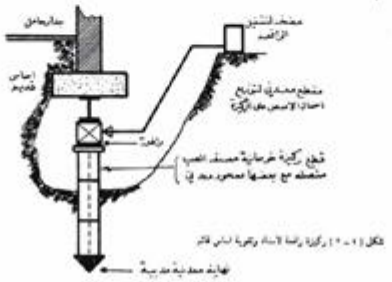
٦ ـ في المناطق التي تكثر فيها الزلازل والهزات الارضية حيث تكون الركائز اكثر مقاومة من غيرها وتوزع بمجموعات تتصل مع بعضها برباطات تقوية باتجاه واحد او باتجاهين .

٧ ـ عندما يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعاً مما يصعب معه الحفر وتنفيذ الاعمال الانشائية لانواع الاسس الاخرى .



شكل (٤ ـ ٢) ركائز تثبيت تاقولية ومائلة لموازنة بالكيزات قوى جانبية

٨ ـ عندما يتطلب اسناد وتقوية اسس قائمة ضعيفة (underpinning) بالتصال ركائز راقدة (jacked piles) لسندها في مواقع معينة شكل (٤ ـ ٢).



شكل (٤ ـ ٢) ركيزة راقدة لاسناد وتقوية اساس قائم

٩ ـ عندما يتطلب مقاومة احمال جانبية ناتجة عن دفع تربة او مخزون ماء حيث تستعمل غالبا الركائز الصفيحية المعدنية (sheet piles) ، كما سيرد ذكرها في هذا الفصل لاحقاً .

تصنيف الركائز :

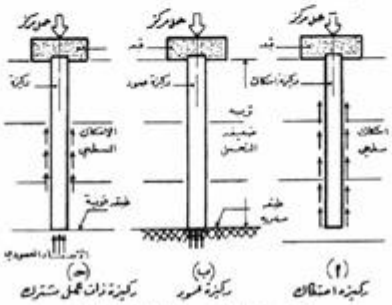
تصنف الركائز بنوعيات عديدة حسب العوامل التالية : ـ

١ ـ **الركائز حسب طريقة نقل الاحمال الى التربة وهي على ثلاثة انواع اساسية :**

أ ـ **ركيزة احتكاك (friction -pile)** ، وهي الركيزة التي تنقل حملها الى التربة بواسطة الاحتكاك بين مطوحها الجانبية والتربة الملاصقة لها شكل (٤ ـ ٣ أ).

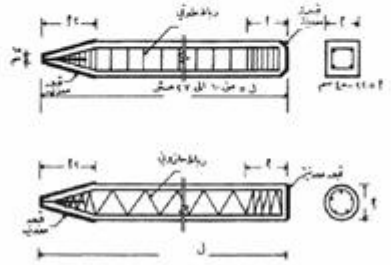
ب ـ **ركيزة عمود (bearing pile)** ، وهي الركيزة التي تنقل حملها الى التربة وتعمل كعمود يستند على طبقة صخرية او تربة قوية شكل (٤ ـ ٣ ب).

جـ ـ ركيزة ذات العمل المشترك ، حيث تنقل الركيزة حملها الى التربة بواسطة الاحتكاك السطحي والاسناد العمودي، وبسبب متانوتة تعتمد على طبيعة تكوين التربة وخواصها علماً بان اكثر الركائز المستعملة هي من هذا النوع شكل (٤ ـ ٣ جـ).

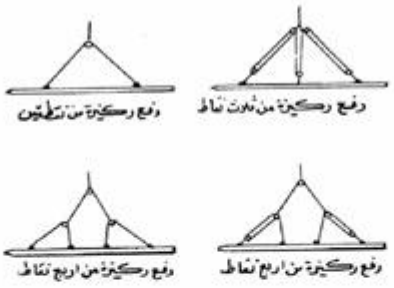


شكل (٤ ـ ٣) انواع الركائز حسب طريقة نقلها الاحمال الى التربة

تعمل الركائز الخرسانية مسبقة الصب الاعتيادي بمقاطع دائرية او مربعة او مضلعة تسفى الخرسانة وتخدم الى ان يكمل تصلبها خلال مدة ٢١ يوماً او اية مدة أخرى تعتمد على نوعية السمنت المستعمل وطريقة صبها . يتطلب وضع تسليح رئيسي للركيزة يحدد بموجب المواصفات ومنها المواصفة الامريكية (ASTM D114) (76 - 1) أو المدونة البريطانية (CP 2004 - 72) مع استعمال رباطات طوقية (rings) أو حلزونية (spirals) ذات مسافات متقاربة في طرفي الركيزة وذلك لمقاومة تأثير ضربات الدق ومقاومة اختراق التربة شكل (٤ ـ ٤) وفي جميع الاحوال يكون سمك الغطاء الخرساني للتسليح من ٤ ـ ٥ سم . يستوجب تغيير نسبة التسليح وتوزيعه بموجب متطلبات نوع الركيزة وطريقة رفعها وتنقلها اثناء العمل ومقدار الاحمال والقوى المؤثرة والتعامل على الركيزة شكل (٤ ـ ٥) . من اهم مميزات الركائز الخرسانية مسبقة الصب امكانية السيطرة التامة على نوعية الخرسانة واصباغاتها ومن سلبياتها صعوبة تغيير طول الركيزة ان تطلب ذلك بسبب نوعية



شكل (٤ ـ ٤) ركائز خرسانية مسلحة مسبقة الصب بمقطع دائري ومربع



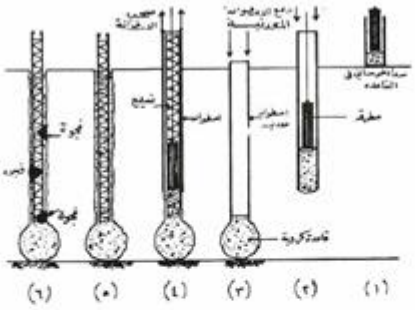
شكل (٤ ـ ٥) طريق رفع الركائز وتنقلها

تصنع اجزاء الاسطوانة المسلوبة عادة بقطر حوالي ٢٠ سم في الاسفل وتتوسع نحو الاعلى تدريجياً وبأقطار قياسية

من انواع هذه الركائز النوع المعروف باسم (Reymond piles) وتكون الاسطوانة اما من قطعة واحدة (monotube) او ذات قطع (segment) . تركب على بعضها بوصلات لتكوين جسم الركيزة بالطول المطلوب شكل (٤ ـ ٦) . يملأ داخل الاسطوانة المسلوبة بعد رفع التربة بالخرسانة التي تكون مسلحة او غير مسلحة حسب متطلبات التصميم .

تسلح الركائز الخرسانية ذات الصب الموقعي بتسليح مناسب عادة بنسبة تساوي من ٤٠ الى ٢ ٪ من مساحة مقطع الركيزة مع رباطات طوقية او حلزونية . ويفضل ان يكون التسليح مستمراً على طول الركيزة وذلك للاسباب التالية :ـ

١ ـ مقاومة اي عزم انحناء قد ينتج من عدم شاقولية الركيزة .
٢ ـ اعتبار الركيزة عموداً يتحمل الاثقال بالاحتكاك والاسناد معاً .
٣ ـ احتمال وجود الجيوب والحاجة الى تقوية الركيزة في هذه المواقع بالتسليح



شكل (٤ ـ ٢) مراحل عمل ركيزة خرسانية بحسب موقعي .

الشكل (٤ ـ ٨) يبين مراحل عمل نوع آخر من الركائز الخرسانية المسلحة بقطر كبير وبحسب موقعي ذات قاعدة واسعة تساوي قطرها ثلاثة اضعاف قطر الركيزة وتعمل كعمود تستند على طبقة صخرية أو تربة قوية . والمراحل هذه كما يلي : ـ

١ ـ الحفر بالحفار الدوار واسناد جوانب الحفريات باسطوانة معدنية الى العمق المطلوب اذا كانت التربة ضعيفة ويحاجة الى مثل هذا الاسناد .

٢ ـ توسيع القاعدة بجهاز خاص على ان لا تقل المسافة الصافية بين القواعد عن ٣٠٠ ملم .

٣ ـ تنظيف القاعدة وجوانبا بطريقة يدوية ان امكن ذلك .

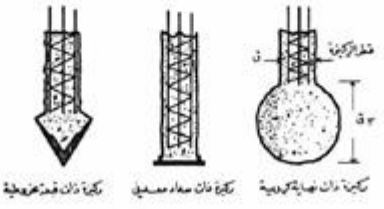
٤ ـ صب الخرسانة بعد وضع التسليح المطلوب وسحب الاسطوانة ان جاز ذلك علماً ان صب الخرسانة يتم باستعمال قمع وانبوب وسطي عندما يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعاً لا يصال الخرسانة الى قعر الحفرة وما تحت الماء الجوفي لتزيح السائل الكثيف (مزيج الماء والاتربة) (slurry) وتدفعه تدريجياً نحو الخارج كما مبين في الفصل الخامس (صب الخرسانة تحت الماء) .

تستعمل ركائز الحفر الدوراني في المناطق التي يتطلب تقليل الهزات والاصوات الناجمة من الطرق الاخرى لعمل ودق الركائز وكذلك في المناطق التي تجاورها ابنية ومنشآت يتوقع ان تحدث فيها التصدعات والنزول من جراء صدمات وهزات دق الركائز . ان الاتجاه الحالي هو استعمال ركائز حفر كبيرة ذات تحمل عالي وهناك مكائن وحدد بامكانها عمل ركائز حفر بقطر ٢,١ متر وبطول ٣٠ متراً أو اكثر وتوسع القاعدة ان دعت الحاجة الى ذلك .

تمتاز هذه الركائز الكبيرة بانها عادة اكثر اقتصادية واسرع في التنفيذ مقارنة مع ما يعادلها في التحمل لمجاميع الركائز باقطار صغيرة .

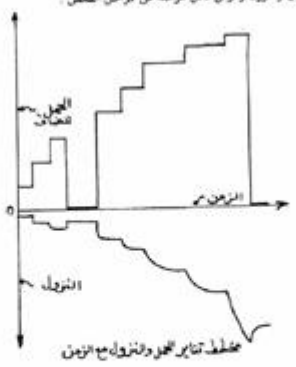
ركائز الدق : وتشمل الركائز الجاهزة التي تدق بواسطة اجهزة خاصة تحتوي على مطارق تسيط على رأس الركيزة وتدفعها في التربة . يجب انتخاب جهاز الدق المناسب حسب نوعية الركيزة وتحملها ونوعية التربة في موقع العمل . تشمل ركائز الدق كذلك الركائز التي يتم صبها موقعياً بعد دفع اسطوانة معدنية مفتوحة نهايتها او مغلقة بقبعة او سداد معدني كما في الشكل (٤ ـ ١١) حيث تدفع طبقات التربة نحو الجوانب والاسفل اثناء دق الاسطوانة بضربات المطرقة وزعمها .

يستوجب حماية رأس الركيزة واسطوانتها من صدمات ضربات المطرقة باستعمال وسادة او قبعة خاصة (driving head) ترفع بعد الانتهاء من عمليات الدق .



شكل (٤ ـ ١٠) انواع نهايات ركائز الدق

يمثل الشكل (٤ ـ ١٢) مخططات نموذجية لفحص تعاقبي مبيناً تغاير التحميل والنزول والزمن لكل مرحلة من مراحل الفحص .

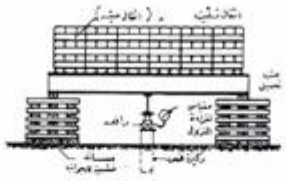


مخطط تغاير التحميل والنزول مع الزمن

شكل (٤ ـ ١٢) مخططات فحص غير التلافي بالتحميل التعاقبي

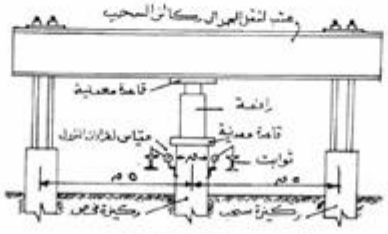
يكون تحميل الركيزة اما باستعمال احمال من اطوال حديد التسليح او اكياس الرمل او السمنت او خزن الماء في بعض الحالات النادرة او الكتل الخرسانية حسب توفر احدها في موقع العمل .

يتطلب التحميل تهيئة أرضية فوق الركيزة تضاف عليها احمال الفحص . تستعمل راقمة هيدروليكية توضع بين رأس ركيزة الفحص والاحمال فوقها ولم تسلط الاحمال حسب النسب المطلوبة بواسطة الراقمة التي ليس لها مجال الحركة من الاعلى لوجود الاحمال كما مبين ذلك في الشكل (٤ ـ ١٣) .

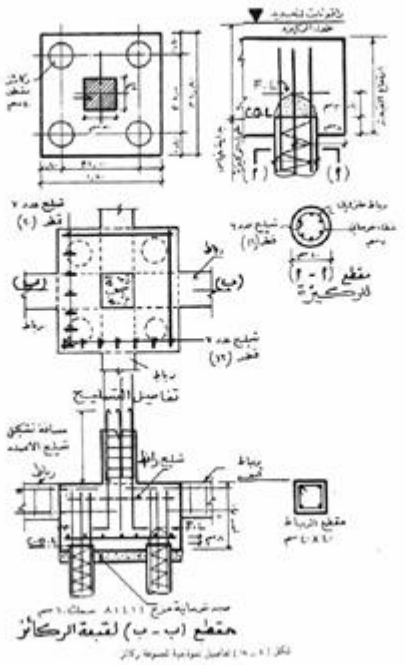


شكل (٤ ـ ١٣) فحص غير التلافي باستعمال راقمة هيدروليكية واسناد مقدمة لاجراء الفحص .

تستعمل ركائز السحب Tenchoir piles كما في الشكل (٤ ـ ١٤) ويكون عددها اعتيادياً ٢ أو ٤ ومراكزها على بعد خمسة اضعاف قطر ركيزة الفحص على أن لا تقل عن مترين . يكون تسليط مقادير الاحمال حسب النسب المذكورة بواسطة راقمة هيدروليكية أيضاً تدفع الراقمة ركيزة الفحص في الوسط نحو الأسفل . يشترط أن لا تتحرك ركائز السحب وهي تحت تأثير السحب الشدي (pulling tensional) لتكون نتائج الفحص سليمة من الأخطاء .



شكل (٤ ـ ١٤) فحص تحميل غير التلافي باستعمال ركائز سحب



الفصل الثامن
القوالب والسقالات

القوالب والسقالات
(Forms and Scaffoldings)

مقدمة : استعملت القوالب مع بداية استعمال الخرسانة في الاعمال الانشائية حيث دعت الحاجة الى دراسة القوالب وتطويرها من نواحي عديدة لتتلائم مع تطور استعمالات الخرسانة وصبها باشكال وابعاد هندسية معينة .

استعملت القوالب الخشبية في البداية وثم استحدثت بعدها قوالب من مواد اخرى اهمها القوالب المعدنية والبلاستيكية وكما ادخلت تحسينات واضافات لعمل قوالب قياسية وبنمطية معينة تسهل تركيب القوالب وفكها ويضمن الجانب الاقتصادي الذي يعتمد بالدرجة الاولى على امكانية استعمال القالب الواحد مرات متكررة .

ان اهم الامور التي تخص دراسة القوالب هي :

١ ـ تصميم القوالب وفق اسس وعوامل هندسية معينة .

٢ ـ بناء القوالب وتهيئتها للاستعمال .

٣ ـ استعمال القوالب وتركيبها موقعيا ثم رفعها عند انتفاء الحاجة اليها

يتطلب ان تتوفر في اعمال القوالب وللامور المبينة اعلاه النواحي التالية : ـ

١ ـ النوعية وتشمل قوة القالب ومتانته لمقاومة الاحمال المسلطة عليه وحفاظه على الشكل المطلوب وعلى مواده الخرسانية .

٢ ـ الامان بالنسبة الى سلامة العمال والمنشأ الخرساني اثناء عمل القوالب وفكها أو صب خرساناتها .

٣ ـ الاقتصاد باعتبار ان كلفة القالب فقرة اساسية من فقرات سعر الخرسانة ويمكن خفض سعرها بنسبة كبيرة عند جواز استعمال القالب مرات متعددة كما هو الحال بالنسبة الى القوالب المعدنية مثلا .

تعمل القوالب اما خارج الموقع (shop built forms) او تعمل في موقع العمل (job built forms) . او تكون جاهزة بنمطية معينة (ready made forms.) وتتطلب مقارنة هذه الحالات لاختيار المناسب منها حسب نوعية العمل وطبيعته .

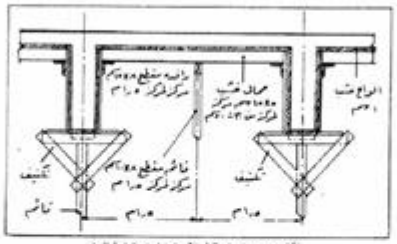
انواع القوالب حسب موادها :

تعمل القوالب من احدى المواد التالية او بتركيب مادتين منها كالاتي :

١ ـ الخشب .

٢ ـ الفولاذ .

لامكان استعمال القالب مرات عديدة وكذلك التقليد بابعاد الخشب القياسية او التوفرة لتقليل نسبة التلف عند العمل وبناء القوالب المطلوبة . يبين الشكل (٨ ـ ٢) نموذج لقالب ارتكاز خرسانية واجزائها ومقترح لابعاد ومقاطع الاخشاب المستعملة لذلك .

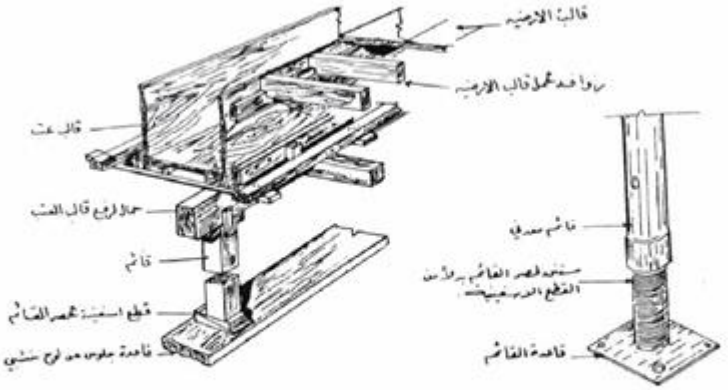


شكل (٨ ـ ٢) نموذج لقطع قالب ارتكاز خرسانية واجزائها

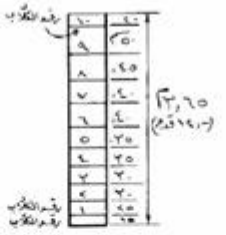
يبين الشكل (٨ ـ ٣) مقطع تفصيلي لقالب خشبي آخر موضحا أجزاء القالب وكيفية الربط بينها وكذلك طريقة اسناد القالب بالقالب وحصره من الاسفل على القاعدة بقطع اسفينية من الخشب .

اما قوالب الاعمدة الخرسانية المسلحة فيمكن عمليا باستعمال انواع الخشب كما مبين في الشكل (٨ ـ ٤ أ) او باستعمال انواع المعاكس مع مساند خشبية كما مبين في الشكل (٨ ـ ٤ ب) وفي كلتا الحالتين يتطلب حصر القالب بكلاليب خشبية أو معدنية خاصة على مسافات تتراوح من ٢٥ الى ٥٠ سم حسب موقع الكلاب من ارتفاع العمود كما في الشكل (٨ ـ ١) وذلك لمنع تقطيع القالب من تأثير الدفع الجانبي للخرسانة الطرية اثناء صبها وتدكدكها .

توجد نوعية خاصة من القوالب الخشبية من المعاكس السميك او الواح الخشب ذات الاطار المعدني . تصنع هذه القوالب بابعاد قياسية منها بطول ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٢٥٠ سم وبعرض يتفاوت من ١٠ الى ٥٠ سم لكل طول وبعمق ٦ سم لجميع القياسات وبضمنه سمك الخشب ١ سم .



شكل ٨١ ـ ٥ مقطع تفصيلي لقالب لرضية خرسانية وقائمها

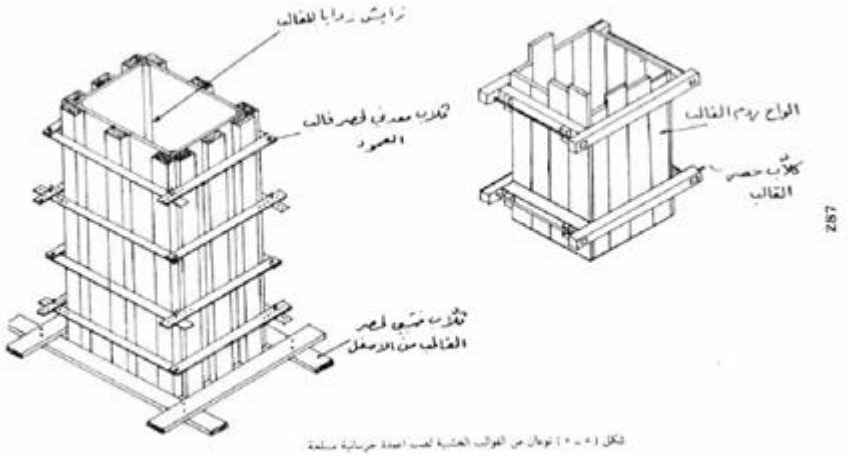


خطط توزيع الكلاليب على ارتفاع القالب

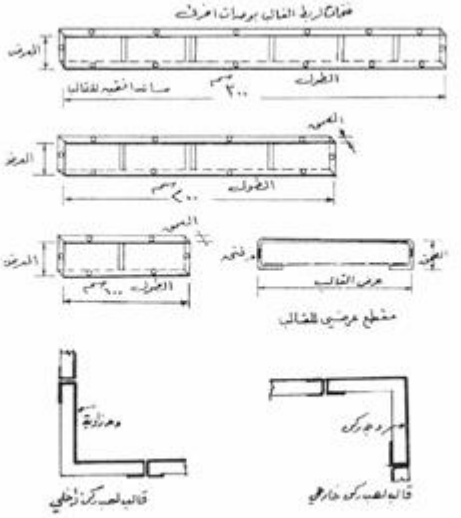
شكل ٨٢ ـ ١١ يبين توزيع جار كلاليب بمسافات مختلفة لعمود ارتفاع ٣٫٦٥ م (١٢ قدم).

تستعمل هذه القوالب لاعمال الخرسانة المقاومة والاعتاب ـ والجسور والاعمدة وغيرها ويفضل استعمالها لخفة وزنها حيث يتراوح وزن أصغر قطعة الى اكبرها من ٤ الى ٨ كغم وتمتاز كذلك بسهولة تركيب وفك اجزائها والتصاريفها لانها يمكن ان تستعمل مرات كثيرة وبأقل نسبة من الضياع

يبين الشكل (٨١ ـ ٦) نموذج لقطعة من هذا النوع من القالب ويبين الشكل ٨١ ـ ٧) تدريج آخر لقالب عتب مركب من ثلاث قطع ريكلاب حصر من الاعلى وقائم ساند له من الاسفل .

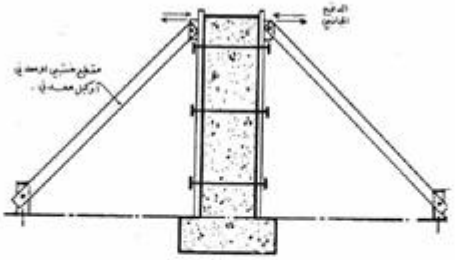


شكل (٥ - ٢) نوعان من القوالب المعدنية لصب اعمدة خرسانية مسلحة



شكل (٥ - ٣) نماذج من وصلات وقطع القوالب المعدنية

اما قوالب الجدران والاعمدة فيتطلب اسنادها جانبياً هي الاخرى لمقاومة تأثير الرياح . وتستعمل المساند الخشبية او المعدنية او الكبل لهذا الغرض كما مبين ذلك في الشكل (٨ ـ ٧)



شكل (٨ ـ ٧) اسناد قوالب الجدران لمقاومة الدفع الجانبي .

عوامل تصميم القوالب :

يتطلب عند تصميم القوالب ملاحظة الامور التالية :

١ ـ الاجهادات المسموح بها لمادة القالب وعدم تجاوزها .

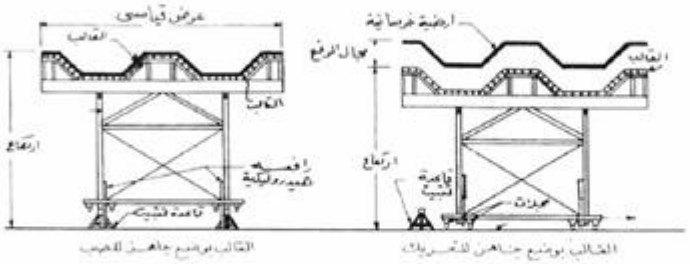
٢ ـ سهم الانحناء حيث يمكن اعتباره ١/ ٣٦٠ من الفضاء وللحالات الخاصة كما مبين في الكود العربي الباب الثالث عشر الفقرة ٣ ـ ١ ـ ٢ (٥) منه .

٣ ـ انحناء القوالب وهذا يعتمد على عزم الانحناء الناتج من تأثير الاحمال والفضاء واجهادات مادة القالب .

٤ ـ معامل النحافة ويتطلب ان لا يزيد مقداره للقوائم المعدنية عن ٢٠٠ و٥٠ بالنسبة للقوائم الخشبية .

مواصفات وتعليمات بخصوص القوالب :

يتطلب تهيئة مواصفات وتعليمات واضحة بخصوص القوالب بحيث يمكن لجميع المعنيين من المهندسين والمشرفين اتباعها عند التصميم والتنفيذ واهمها مايلي :



شكل (٨ ـ ٦) نموذج لقالب متحرك

الفصل السادس
اعمال الطابوق
و
الكتل

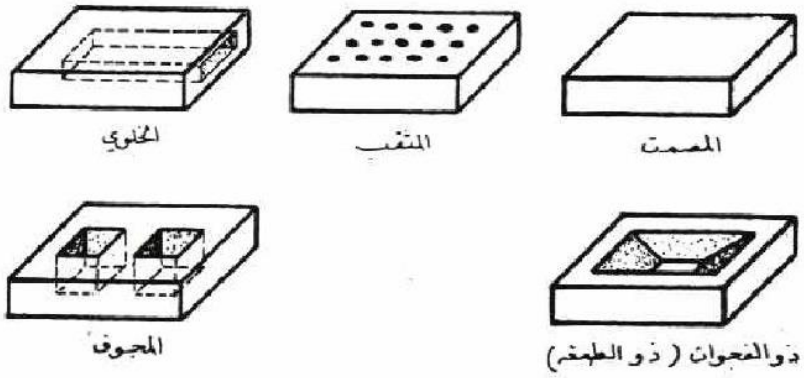
٥ ـ **وجود** الاملاح القابلة للذوبان والتزهر .

٦ ـ **العزل** الحراري .

٧ ـ **مقاومة** الحريق .

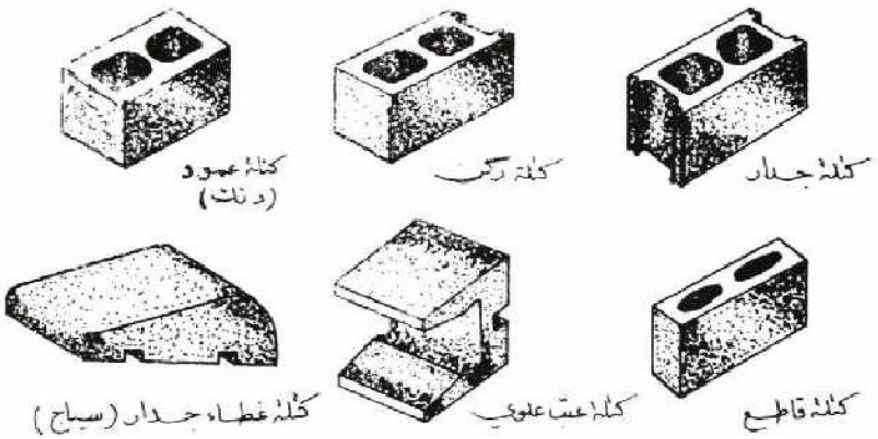
١ ـ **الشكل والابعاد ونوع المنتوج** : ـ يكون الطابوق الصالح للبناء ذو **شكل جيد وتكون** زواياه قائمة وحافاته مستقيمة وسليمة واوجهه مستوية وخالية من **الشقوق** . **يجب** ان يكون مقطع الطابوق متجانساً تام الحرق خال من قطع الحصى **والحجر والعقد الجيرية** . وتكون ابعاده ٢٣٠ × ١١٥ × ٨٠ ملم او اية مقاسات اخرى **يتفق** عليها **بين البائع** والمشتري ويسمح بتفاوت مقداره – ٣ ٪ من اي بعد . ان **الابعاد المذكورة هي** حسب ما وردت في المواصفة القياسية العراقية رقم ٢٥ لسنة ١٩٦٩ . **علما بان السمك** الشائع هو ٧٥ ملم وليس ٨٠ ملم .

قد تختلف ابعاد الطابوق من بلد لاخر حسب مواصفات ذلك البلد وقد يكون **هناك اكثر من مقاس** واحد للطابوق . تتجه النية الان الى انتاج الطابوق وفق مقاسات التصميم النمطي (modular scale) ووفق متطلبات النظام القياسي العالمي (SI) الا ان ذلك غير مطبق لحد الان في كثير من البلدان . ينتج الطابوق بأكثر من نوع واحد وقد عرفت مسودة المواصفة القياسية رقم (١٤٢٩)* وهي تعديل مقترح على المواصفة القياسية رقم ٢٥ لسنة ١٩٦٩ الانواع كالاتي (شكل ٦ ـ ٢) :

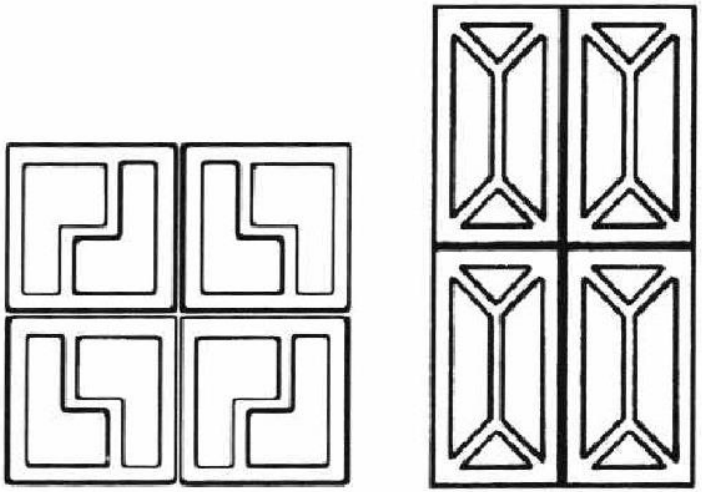


شكل (٦ ـ ٢) انواع الطابوق بالنسبة للفجوات المصمت المثقب الخلوي ذو الفجوات (ذو الطمغة) المجوف

* هناك تعديل مقترح على هذه المسودة وينبه الطالب الى المواصفة النهائية بعد اقرارها رسمياً .



شكل (٦ ـ ٥) بعض اشكال الكتل الخرسانية المستعملة في البناء



شكل (٦ ـ ٦) نماذج من حواجز ساترة مبنية بالكتل الخرسانية

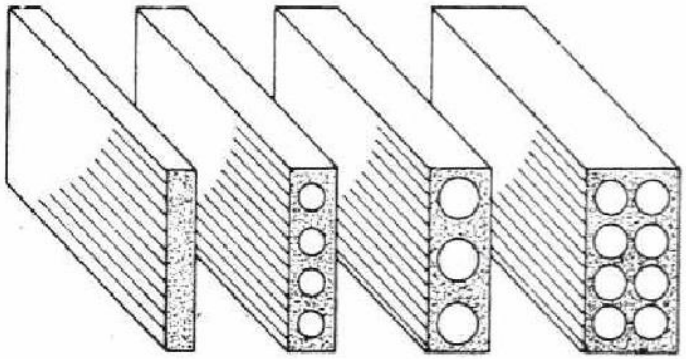
٣ ـ **الكتل الزجاجية (glass blocks)** : ـ وهي الطابوق الزجاجي نفسه . راجع انواع الطابوق بالنسبة للمواد في بداية هذا الفصل .

٤ ـ **الكتل المصنوعة من الجص (gypsum tiles or blocks)** : ـ وتنتج من الجص المتصلب بفعل اضافة الماء اليه (راجع المواد الرابطة في هذا الفصل) . قد يضاف الركام الى الجص أو لا يضاف وعند استعمال ركام قابل للاحتراق (combustible) كالياف الخشب أو غيرها فان وزنه يجب ان لا يزيد على ٥٠ ٪ من وزن الكتلة الجافة . تنتج الكتل باشكال مبينة في الشكل (٦ ـ ٧) ويمكن انتاجها باشكال اخرى حسب الطلب ويمكن ان تكون مجوفة أو مصمتة .

تستعمل كتل الجص لبناء القواطع الداخلية غير المحملة وفي تغليف الاجزاء الحديدية في المنشئات لزيادة مقاومتها للحريق . لا تستعمل هذه الكتل في المحلات المعرضة للرطوبة . تبنى كتل الجص بمونة الجص فقط ولا تنهى (تختم) سطوحها بمونة السمنت أو النورة الا اذا اكسيت بمشبكات معدنية خاصة

ان هذه الكتل هي مثالية للانهاء بالجص وخاصة اذا كانت اوجه الكتل مخدشة أي غير ملساء .

لا تنتج هذه الكتل في العراق في الوقت الحاضر ولكن توفر الخامات الجبسية بكميات جيدة يدعو الى دراسة انتاج هذه الكتل .



شكل (٦ ـ ٧) كتل الجص المستعملة في القواطع

البناء بالطابوق : ـ (Brickwork)

هو الفن في وضع الطابوق في القيمة (المونة) لعمل كتل متجانسة تربط الطابوق مع بعضه بحيث يتوزع أي حمل مرفوع بالجدار بصورة متساوية ومنتظمة فيه بدون حدوث خلل وكذلك اعطاء البناء مظهراً جمالياً محدداً .

اصطلاحات بنائية : ـ

الطمغة (frog) : ـ وهي فجوة ضحلة تعمل في الطابوق المصمت ذي الفجوات (صفحة ١٧٥) وتكون ذات مقطع مستطيل أو مثلث أو شبه منحرف وتعمل في وجه واحد أو وجهين من الطابوقة ذات الابعاد ٢٤٠ × ١١٥ ملم (شكل ٦ ـ ٨ آ) . لا يمكن عمل الطمغة في الطابوق المقطع بسلك (أي في طريقة البثق بل تعمل في الطابوق المكبوس في القوالب فقط) . ان الطمغة تزيد في ربط البناء بين السوف حيث توفر تداخلا أوثق مع المادة الرابطة ولهذا يجب استعمال الطابوق ذي الطمغة في اعمال البناء الذي يكون فيه سمك مفصل الفرشة قليلا . عند البناء بطابوق ذي طمغة واحدة فيجب ان تكون الطمغة الى الاعلى لضمان امتلائها بالقيمة .

الوجه الاسفل (bed) : ـ وهو الوجه الافقي ذو الابعاد ٢٤٠ × ١١٥ ملم عندما يكون موضوعا كما في الشكل (٦ ـ ٨ ب) .

على الراس (header) : ـ وضع الطابوقة في البناء حيث وجه الطابوقة الخلفي بابعاد ١١٥ × ٨٠ ملم يكون ظاهرا في وجه الجدار (شكل ٦ ـ ٨ جـ) .

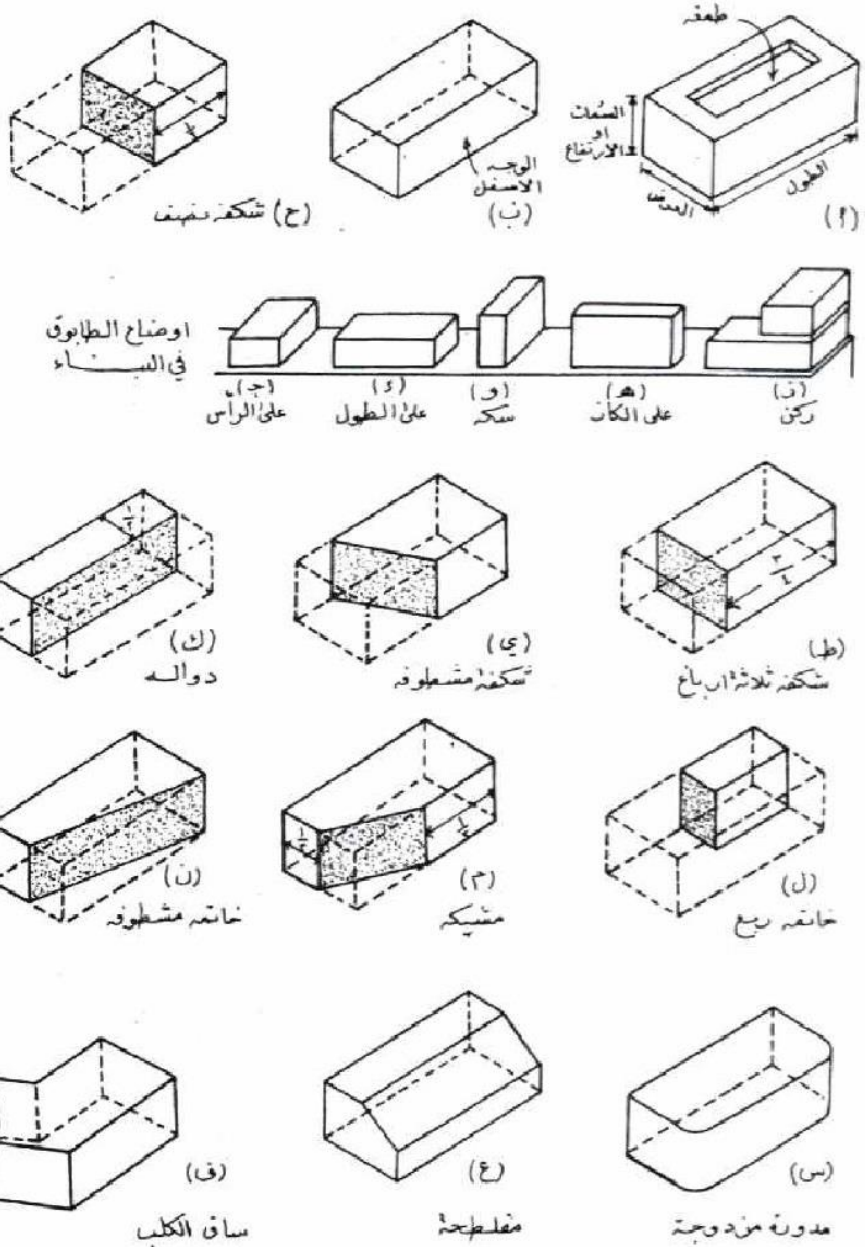
على الطول (stretcher) : ـ وضع الطابوقة في البناء حيث وجه الطابوق الجانبي بابعاد ٢٤٠ × ٨٠ ملم يكون ظاهرا في وجه الجدار (شكل ٦ ـ ٨ د) .

الوجه (face) : ـ وهو احد سطوح الطابوق الظاهرة ويسمى وجه طول (stretcher face) (٢٤٠ × ٨٠ ملم)ووجه راس (header face) (١١٥ × ٨٠ ملم) وهكذا تطلق هذه التسمية بالنسبة للسطح الظاهر في وجه الجدار حسب وضع الطابوقة في البناء .

على الكاز (bull stretcher) : ـ وضع الطابوقة في البناء حيث الوجه بابعاد ٢٤٠ × ١١٥ ملم يكو ظاهرا في وجه الجدار شكل (٦ ـ ٨ هـ) .

سكة (bull header) : ـ وضع الطابوقة عندما يكون الوجه بابعاد ٨٠ × ١١٥ ملم ظاهرا في وجه الجدار (شكل ٦ ـ ٨ و)

مفصل فرشة (bed joint) : ـ هو مفصل المادة الرابطة الموازي لوجه الطابوقة الاسفل (bed) أي انه المفصل الافقي ويكون بسمك ٣ ـ ١٢ ملم . ان السمك المألوف والشائع هو ١٠ ملم (شكل ٦ ـ ٩) .

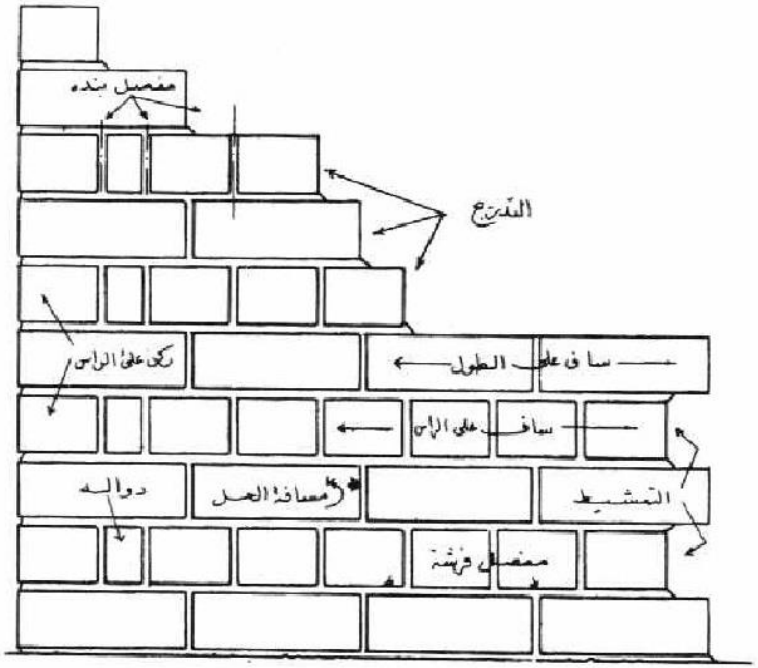


شكل (٦ ـ ٨) اصطلاحات وتسميات الطابوق

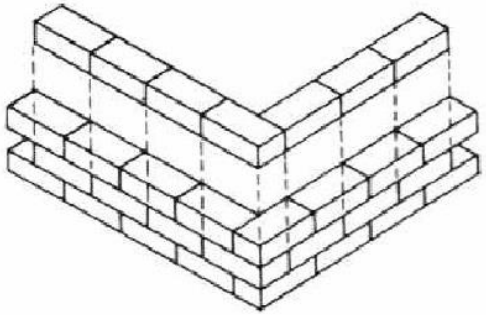
مفصل بندة (perpend joint) : ـ هو مفصل المادة الرابطة العمودي في وجه الجدار . في الربط الجيد تكون البندات في الصف المتناوبة واقعة على خطوط أقولية موحدة (شكل ٦ ـ ٩) .

شظية (شكفة) (bat) : ـ هي جزء من الطا يكون القطع فيها خلال عرض الطابوقة وتسمى بالنسبة الى حجمها مقارنة بالطابوقة الكاملة فيقال نصف . ثلاث ارباع ... الخ وقد تكون مشطوفة الحافة (bevelled) شكل (٦ ـ ٨ ح) و (٦ ـ ٨ ط) ، ٦ ـ ٨ ي) .

مسافة ا (lap) : ـ وهي المسافة الافقية بين بندتين متجاورتين في سافين متتاليين و ن تكون مساوية الى نصف عرض الطابوقة ناقصا نصف عرض مفصل بندة في مختلف انواع الربط (شكل ٦ ـ ٩) عدا في البناء الذي فيه الربط على الطول حيث تكون مسافة الحل مساوية نصف طول الطابوقة ناقصا نصف عرض مفصل بندة .



شكل (٦ ـ ٩) واجهة لجزء من جدار مبني بربط انكليزي



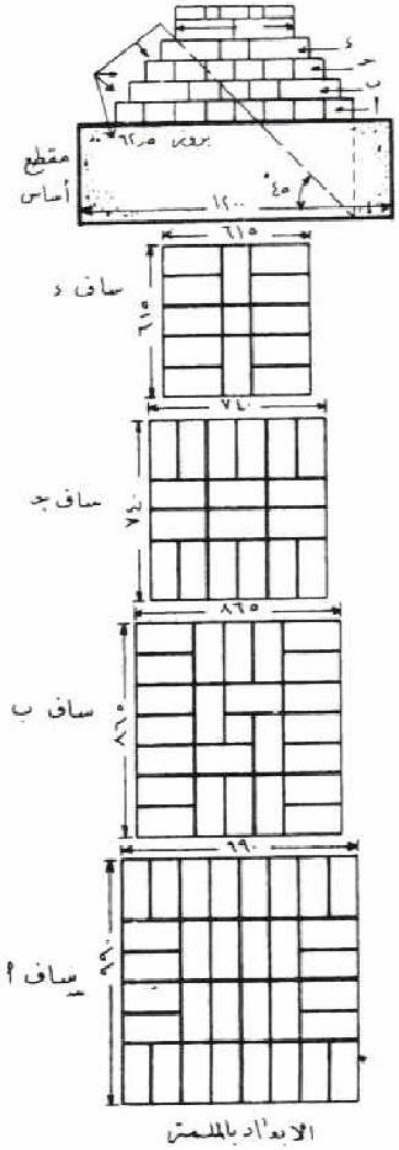
شكل (٦ ـ ١٠) الربط على الطول

الخاتمة (closer) : ـ جزء من طابوقة اعتيادية ويكون القطع فيها طولياً وأحد أوجه الطول فيها غير مقطوعا عادة وتكون باشكال متعددة منها الدوالة (queen closer). (شكل ٦ ـ ٨ ك) وهي طابوقة بالطول والسمك الاعتيادي ونصف العرض وتوضع عادة مجاورة لاول طابوقة في ساف على الراس (شكل ٦ـ٩). وقد تكون باقل من الطول الكامل فتسمى ربع مثلا (شكل ٦ ـ ٨ ل) . وهنالك المشيكة (king closer) وتعمل بقطع زاوية الطابوقة بحيث يترك نصف وجه الراس ونصف وجه الطول (شكل ٦ ـ ٨ م) . والخاتمة المشطوفة (bevelled closer) شكل (٦ ـ ٨ ن) . والخاتمة المستعملة للزاوية (mitred closer) .

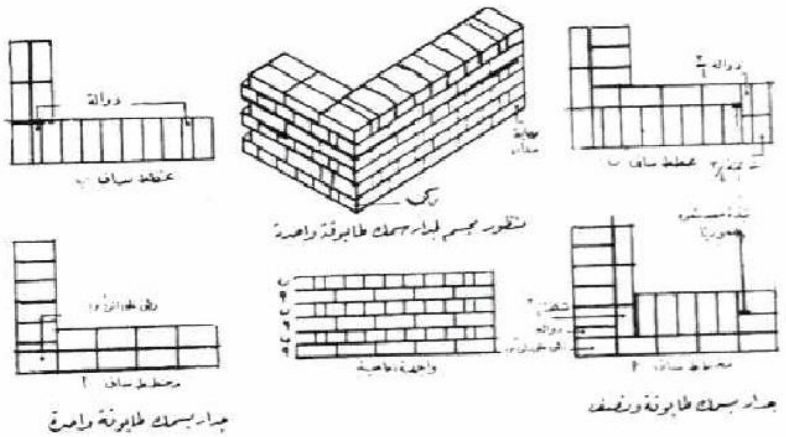
تستعمل قطع حتم اخرى تشكل عادة عند صنع الطابوق أي لا تقطع كما في الانواع السابقة ولا داعي لاستعمال هذه القطع في اعمال الطابوق الاعتيادي الذي ينهى بمواد الانهاء كالملبخ والبياض وغيرها حيث تستخدم اجزاء الطابوق المقطوعة . بل تستخدم عندما يراد ترك وجه الجدار المبني نظيفا وبدون انهاء .

المدورة (bullnose) : ـ طابوقة تستعمل في اغطية (قبعات)الستائر والسياجات (coping)أو في الاركان المدورة وقد تكون الطابوقة مدورة منفردة (بقوس في زاوية واحدة) أو مدورة مزدوجة أي مقوسة في نهايتين (شكل ٦ ـ ٨ س) يتراوح نصف قطر ربع القوس بين ٢٨ ـ ٥٦ ملم .

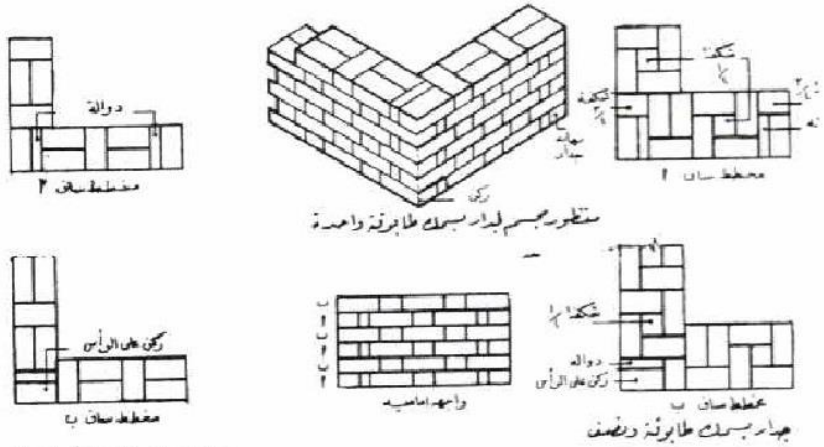
المفلطحة (splayed) : ـ شكل (٦ ـ ٨ ع) وتستعمل في بناء الساف الاخير الذي يقلص سمك الجدار في الساف الذي فوقه مباشرة (اي تنقيص سمك الجدار) في البناء ذو وجه نظيف (fair - faced) . هذه الطابوقة نادرة الاستعمال محليا في الوقت الحاضر .



شكل (٧ ـ ١١) أنواع من مفاصل الربط في الحجارة

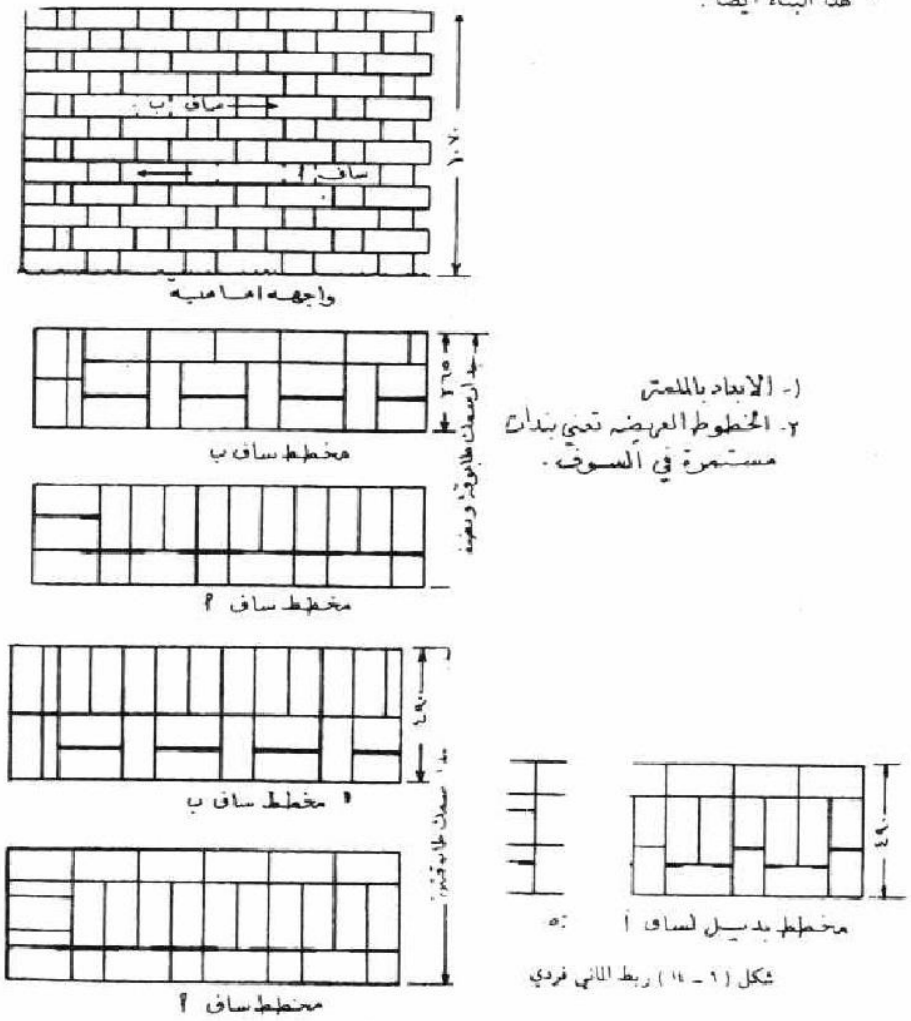


شكل (٦ ـ ١٢) الربط الانكليزي



شكل (٦ ـ ١٣) ربط الماني زوجي

٢ ـ **ربط الماني فردي** : شكل (٦ ـ ١٤) ويكون فيه الربط المانياً في الواجهة الامامية للجدار وانكليزياً في الواجهة الخلفية في جميع السوف . يكون الجدار حائزاً على جمال الربط الالماني في الواجهة . يتبع هذا الاسلوب في البناء عند الرغبة في الاقتصاد في استعمال الطابوق النظيف وذلك للواجهة فقط . ان اقل سمك ممكن للجدران في هذه الحالة هو ١,٥ طابوقة . ان هذا الربط ضعيف نسبياً وذلك لوجود مفاصل عمودية مستمرة في السوف المتجاورة . وتستعمل الشكف بكثرة في هذا البناء ايضاً .

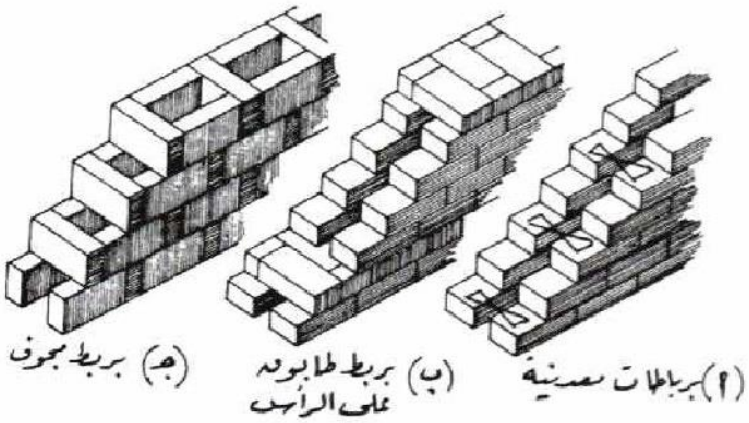


١- الابعاد بالملمتر
٢- الخطوط العريضة تعني بدات مستمرة في السوف .

شكل (٦ ـ ١٤) ربط الماني فردي

الربط على الكاز : ـ وهو عبارة عن بناء جدار بسمك ٨٠ ملم (سمك طابوقة) ويكون القسم الظاهر من الطابوقة هو الوجه بابعاد ٢٤٠ × ١١٥ ملم . يستعمل هذا الربط في القواطع ذات المساحة الصغيرة غير المعرضة للجو وفي بعض الجدران المجوفة .

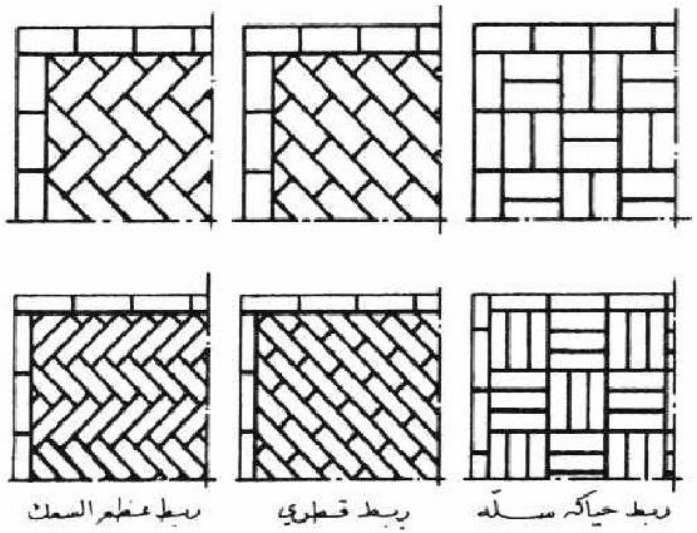
ربط مجوف (hollow bond) : ـ ويسمى ايضاً (rowlockwall) أو (rat - trap bond) يستعمل لبناء جدران مجوفة بسمك طابوقة واحدة (٢٤٠ ملم) ويكون الساف طابوقة سكة ثم تليها طابوقة على الكاز وهكذا . تراعى مسافة الحل في السوف (شكل ٦ ـ ١٥ جـ) . يتميز هذا البناء بانه عازل وخفيف الوزن واقتصادي يستعمل في القواطع وينهى به الجدار المعرض للخارج بلبخ السمنت او غيره من المواد لان القشرة الخارجية لا تقاوم نفاذية الماء كثيراً بسبب قلة السمك .



شكل (٦ ـ ١٥) بناء جدران مجوفة

ربط سياج حديقة (garden wall bond) : ـ يستعمل هذا الربط لتقليل عدد الطابوق على الراس ولاستعمال اقل ما يمكن من الطابوق الجيد في البناء لاعطاء جدار ذو مظهر مقبول من الخارج ويتحمل مقبول . قد يكون الربط من نوع ربط انكليزي (ربط جدار حديقة انكليزي) حيث يبنى بثلاث سوف على الطول ويكون الساف الرابع على الراس أو من نوع ربط جدار حديقة الماني حيث تؤخذ في الساف الواحد ثلاث طابوقات على الطول ثم تؤخذ الطابوقة الرابعة على الراس و هكذا يتكرر البناء . يستعمل هذا النوع من الربط في بناء جدران بعرض طابوقة واحدة وعلى هذا فان الطابوقة على الطول في البناء تعني الطابوقة على الطول في كل من الوجهين للجدار ويكون مفصل بندة لهما بمستوي عمودي واحد .

ربط نقش (pattern bond) :ـ تستعمل النقشات المختلفة عند تطبيق الارضيات عادة الا انها قد تستعمل لاغراض معمارية في الجدران ومواقد النار وغيرها (راجع الفصل العاشر) . تكون النقشات باشكال متعددة حيث تشكل بترتيب الطابوق على الراس والطول بطرق مختلفة ويستفاد في هذا المجال من الاختلاف الموجود في لون اوجه الطابوق حيث ان لون وجه طول الطابوقة يختلف عن لون راس الطابوقة تبعا لترتيب الطابوق عند الحرق . في بعض النقشات يكون وجه طول الطابوقة عمودياً أو قطرياً . ومن هذه الانواع الربط القطري(diagonal) وربط عظام السمك (herring bone) وغيرها (شكل ٦ ـ ١٦) . تربط النقشات مع الجدار الاصلي بواسطة رباطات معدنية غير قابلة للتأكل والصدأ كأن تكون فولاذ مغلون مثلا .



شكل (٦ ـ ١٦) انواع من ربط نقش في الطابوق

الاركان ، التقاء الجدران ، تقاطع الجدران والدعامات الطابوقية :ـ نادراً ما يخلو بناء طابوقي من الجدران المتلاقية أو المتقاطعة أو الدعامات ولتنفيذ ذلك يستوجب مراعاة قواعد البناء والربط السابقة والمبينة على الاشكال ذات العلاقة بانواع الربط المذكورة .

اكمال وتوصيل الجدران :ـ لتكملة بناء متروك أو ربط جدار يراد انشاؤه بجدار مشيد سابقاً يتبع ما يلي :ـ

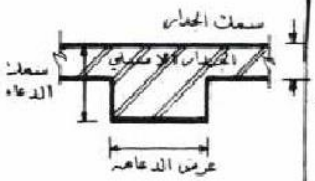
جدول (٦-٥) إجهاد تحمل الضغط الرساسي المسموح به لأجزاء المنشآت المشيدة بالطابوق والكتل في أدنى الفترات الزمنية المبينة

نوع المادة الرابطة	نسبة المزج حجماً			زمن التطيب بعد انجاز البناء* (يوم)	الإجهاد الرساسي بكيلوتن/م٢ للوحدات ذات تحمل الضغط (ميكانيوتن/م٢)** المبين									
	سمنت	الجير	الرمل		أعمال الطابوق					أعمال الكتل				
قيمة سمنت	١	٠-١/٤	٢	٧	٢٨ر٠	٧ر٠	١٠ر٠	١٦ر٠	٢٠ر٠	٢٤ر٠	٢٧ر٠	٢ر٠	٢٨ر٠	٢٨ر٠
	١	١/٤	٤	١٤	٢٨ر٠	٧ر٠	٩٥ر٠	١٤٠ر١	١٧٠ر١	٢٠٥ر٠	٢٤٠ر٠	٥ر٠	٢٨ر٠	٢٨ر٠
قيمة سمنت - نورة	١	١	٦	١٤	٢٨ر٠	٧ر٠	٩٥ر٠	١ر٢٠	١ر٦٠	١ر٨٥	٥ر٠	٢٨ر٠	٢٥ر٠	٢٨ر٠
قيمة سمنت مع ملدن	١	—	٦											
قيمة سمنت البناء*	١	١	—											
قيمة سمنت - نورة	١	٢	٩	١٤	٢٨ر٠	٥٥ر٠	٨٥ر٠	١ر١٥	١ر٤٥	١ر٦٥	٥ر٠	٢٨ر٠	٢٥ر٠	٢٨ر٠
قيمة سمنت مع ملدن	١	—	٨											
قيمة سمنت بناء*	—	—	—											
قيمة نورة	١	٣	١٢	١٤	٢١ر٠	٢٩ر٠	٧٠ر٠	٩٥ر٠	١ر١٥	١ر٤٠	١ر٧٠	٢١ر٠	٢٢ر٠	٢٩ر٠
قيمة نورة مائية**	—	١	٢	١٤	٢١ر٠	٢٩ر٠	٧٠ر٠	٩٥ر٠	١ر١٥	١ر٤٠	١ر٧٠	٢١ر٠	٢٢ر٠	٢٩ر٠

٥٢	٢٥ر٠	٢٨ر٠	٤١ر٠	١٤٠ر٠	١٠ر٥	٧٠ر٠	٢ر٥٠	٢٨ر٠	٥٢	٢٤ر٥	٢٧ر٥	٢٠ر٥	١٠ر٥	٧ر٠	٥٨ر٠
٣ر٥٠	٤ر٥٠	٤ر١٠	١ر٧٠	١ر٢٥	١ر١٥	٧٠ر٠	٢٥ر٠	٢٨ر٠	٢ر٥٠	٤ر٥٠	٤ر٦٠	١ر٦٥	١ر٤٠	٩٥ر٠	٢٨ر٠
٤ر٨٠	٤ر١٠	١ر٧٥	١ر٤٥	١ر١٥	٩٥ر٠	٧٠ر٠	٢٥ر٠	٢٨ر٠	٤ر٨٠	٤ر٠٥	١ر٧٠	١ر٤٥	١ر١٥	٩٥ر٠	٢٨ر٠
٤ر٥٠	١ر٩٠	١ر٦٠	١ر٢٥	١ر١٠	٩٥ر٠	٧٠ر٠	٢٥ر٠	٢٨ر٠	٤ر٥٠	٤ر٠٥	١ر٨٥	١ر٦٠	١ر٢٠	٩٥ر٠	٢٨ر٠
٤ر٠٥	١ر٧٠	١ر٤٥	١ر٣٠	١ر٠٠	٨٥ر٠	٥٥ر٠	٢٥ر٠	٢٨ر٠	٤ر٠٥	٤ر٦٥	١ر٤٥	١ر١٥	٨٥ر٠	٥٥ر٠	٢٨ر٠
١ر٧٠	١ر٤٠	١ر٢٠	١ر٠٠	٨٠ر٠	٧٠ر٠	٤٩ر٠	٢٢ر٠	٢١ر٠	١ر٧٠	١ر٤٠	١ر١٥	٩٥ر٠	٧٠ر٠	٤٩ر٠	٢١ر٠
١ر٧٠	١ر٤٠	١ر٢٠	١ر٠٠	٨٠ر٠	٧٠ر٠	٤٩ر٠	٢٢ر٠	٢١ر٠	١ر٧٠	١ر٤٠	١ر١٥	٩٥ر٠	٧٠ر٠	٤٩ر٠	٢١ر٠

205

جدول (٦ ـ ٦) معاملات الجساءة للجدران المحسنة بالدعامات



المسافة بين مركز الدعامات / عرض الدعامة *	سمك الدعامة / السمك المؤثر للجدار		
	١	٢	٣
٦	١,٠	١,٤	٢,٠
١٠	١,٠	١,٢	١,٤
١٢	١,٠	١,٠	١,٠

* راجع الشكل بجانبه .

ملاحظة : ـ يسمح بالتقريب الخطي للاقيام الوسطى بين حدود الجدول اعلاه ولا يسمح بالتقريب لارقام خارج حدود الجدول .

اما في الجدران المجوفة حيث تكون احدى او كلا الورقتين مجسأة فيمكن تصحيح القيمة المذكورة في (ب) باحتساب تأثير الجساءة على ورقتي الجدار (كما في جـ) باعتبار كل منهما جدار منفصلاً أي بتعديل قيمة سمك أي منهما حسب وضعه ثم ضرب المجموع × ٢ / ٣ .

لتصميم الجدران المجوفة وحيث تكون كلتا ورقتي الجدار محملة فان الاجهاد المسموح به يحتسب على اساس نسبة النحافة المجسأة بموجب السمك المؤثر المبينة في (ب) . (جـ) سابقاً اما اذا كانت احدى ورقتي الجدار محملة فان الاجهاد المسموح به على تلك الورقة فقط يمكن احتسابه على اساس نسبة النحافة المبينة في (ب) او (جـ) سابقاً او ان تعتبر نسبة النحافة للورقة المحملة فقط على اساس سمكها الفعلي وفي هذه الحالة فان التصميم يكون محافظاً نوعاً ما وفي كلتا الحالتين يعتبر السمك الفعلي لورقة الجدار المحملة هو الاساس عند احتساب حمل الجدار المسموح به والذي يساوي الى الاجهاد المسموح به × طول الورقة × سمكها الحقيقي .

جدول (٦ ـ ٧) معامل انقاص الاجهاد المسموح به تبعاً لنسبة النحافة ولا تمركزية الثقل

نسبة النحافة	معامل الانقاص *		
	الاحمال مركزية	الاحمال الثاقولية لاتمركزية نسبة مسافة اللاتمركزية الى سمك العضو	
		١ / ٦	١ / ٤	١ / ٣ **
٦	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠
٨	٠,٩٥	٠,٩٣	٠,٩٣	٠,٩١
١٠	٠,٨٩	٠,٨٥	٠,٨٣	٠,٨١
١٢	٠,٨٤	٠,٧٨	٠,٧٥	٠,٧٢
١٤	٠,٧٨	٠,٧٠	٠,٦٦	٠,٦٢
١٦	٠,٧٣	٠,٦٣	٠,٥٨	٠,٥٣
١٨	٠,٦٧	٠,٥٥	٠,٤٩	٠,٤٣
٢٠	٠,٦٢	٠,٤٨	٠,٤١	٠,٣٤
٢٢	٠,٥٦	٠,٤٠	٠,٣٢	٠,٢٤
٢٤	٠,٥١	٠,٣٣	٠,٢٤	—
٢٦	٠,٤٥	٠,٢٥	—	—
٢٧	٠,٤٣	٠,٢٢	—	—

* يسمح بالتقريب الخطي بين الاقيام المبينة .

** في حالات خاصة عندما تكون قيمة لاتمركزية الحمل بين ١ / ٣ و ١ / ٢ ؛ سمك العضو فان معامل انقاص الجهد المسموح يتراوح خطيا بين ١,٠٠ و ٠,٣٠ لنسبة نحافة ٦ و ٢٠ على التوالي .

قيمة (U) كلما زاد مقدار الحرارة المتسربة . يستحصل مقدار الحرارة المتسربة (او الداخلة) بضرب مقدار (U) لكل سطح خارجي في المبنى × مساحة ذلك السطح × مقدار تباين درجة الحرارة داخل وخارج المبنى وبجمع اقيام الحرارة المتسربة من خلال جميع السطوح الخارجية بما فيها ارضية الطابق الارضي يمكن احتساب كمية الحرارة الكلية المتنقلة . تقدر قيمة (U) بالواط لكل متر مربع من السطح لكل درجة حرارة مئوية واحدة فرق بين جهتي السطح .

ان بعض الانظمة البنائية تتطلب قيمة (U) لا تزيد على ١.٧٠ للجدران و ١.٤٢ للسقوف . تحتسب قيمة (U) لبناء جدار مجوف مكون من ورقة خارجية بسمك نصف طابوقة مع تجويف غير مهوى وورقة داخلية من خرسانة خفيفة الوزن مع الانهاء من الداخل (على سبيل المثال) كالآتي : ـ

المـــــادة	مقدار المقاومة (متر مربع × درجة مئوية / واط)
١ ـ مقاومة السطح الخارجي	٠.٠٥٣
٢ ـ الورقة الخارجية من طابوق بكثافة ١٧٠٠ كغم / م٣ وبسمك ١١٥ ملم وبمحتوى رطوبة ٥ ٪	٠.١٤٠
٣ ـ التجويف غير مهوى	٠.١٨٠
٤ ـ الورقة الداخلية من الخرسانة خفيفة الوزن (جيدة العزل) بكثافة ٧٥٠ كغم / م٣ وبسمك ١٠٠ ملم وبمحتوى رطوبة ٣٪	٠.٤٥٠
٥ ـ الانهاء من الداخل بسمك ١٢ ملم	٠.٠٦٠
٦ ـ مقاومة السطح الداخلي	٠.١٢٠
مجموع المقاومة	١.٠٠٣

∴ قيمة U تساوي $\frac{١}{\text{مجموع المقاومة}} = \frac{١}{١.٠٠٣} = ١.٠٠$ تقريباً واط / م٢ درجة مئوية

من هذا يتضح بان الجدار الموصوف سابقاً يعتبر جيداً من ناحية العزل الحراي بينما تكون قيمة (U) لجدار بسمك طابوقة واحدة مع الانهاء من الجهتين حوالي ٢,٠ أي ان الجدار لا يعتبر عازلاً جيداً في هذه الحالة .

يلاحظ بأن قيمة (U) لأي جدار أو ارضية أو غيرها تعتمد على الايصال الحراري للمادة (thermal conductivity) والذي يرمز له (k) وتعني مقدار الحرارة التي تتسرب بين وجهي السطح مقدرة بالسعرات الحرارية لكل متر مربع من السطح تحت تأثير فرق درجة حرارة مئوية بين جهتي السطح في زمن مقداره ساعة واحدة عندما يكون سمك السطح ١ متر وعلى هذا فكلما كانت قيمة (k) اعلى فان ذلك يعني ان قيمة (U) ستكون اعلى ايضاً . ان قيمة (k) لاي مادة تتأثر بمحتوى الرطوبة . المسامية . الكثافة ودرجة حرارة تلك المادة . يبين الجدول (٦ ـ ٨) قيمة (k) لبعض المواد الانشائية . وكذلك فان قيمة (U) تعتمد على سمك المادة ايضاً فكلما زاد السمك قلت قيمة (U) وتعتمد ايضاً على مقدار مقاومة السطح الخارجي والسطح الداخلي لنفاذ الحرارة اليهما (كما في المثال السابق) وهذه المقاومة تعتمد على عدد من العوامل منها الرياح التي تهب على السطوح ودرجة تعرض السطح أو حمايته .

جدول (٦ ـ ٨) الايصال الحراري لبعض المواد (k)*

المادة	قيمة (k) كيلو سعرة . متر / م٢ . ساعة . درجة مئوية	المادة	قيمة (k) كيلو سعرة . متر / م٢ . ساعة . درجة مئوية
هواء	٠,٠٢١	الياف زجاج	٠,٠٣١
صفائح سمنت الاسبست	٠,٢٤٨	الانهاء (بياض)	٠,٤٩٦
الاسفلت	١,٠٥٤	الواح بياض**	٠,١٣٦
الطابوق	٠,٦٢٠ ـ ١,٣٦٤	لباد التسطيح	٠,٤٩٦
بلاستك خلوي	٠,٠٣٢	الخشب	٠,١٢٤
الخرسانة	٠,٩٣٠ ـ ١,٥٥٠	فيرميكولايت	٠,٠٥٦
الفلين	٠,٠٣٧	مونة فيرميكولايت ـ	
الواح ليفية	٠,٠٥٠	سمنت ١ : ٣	٠,٣٧٢
الزجاج	٠,٩٠٥	الماء	٠,٥٣٣

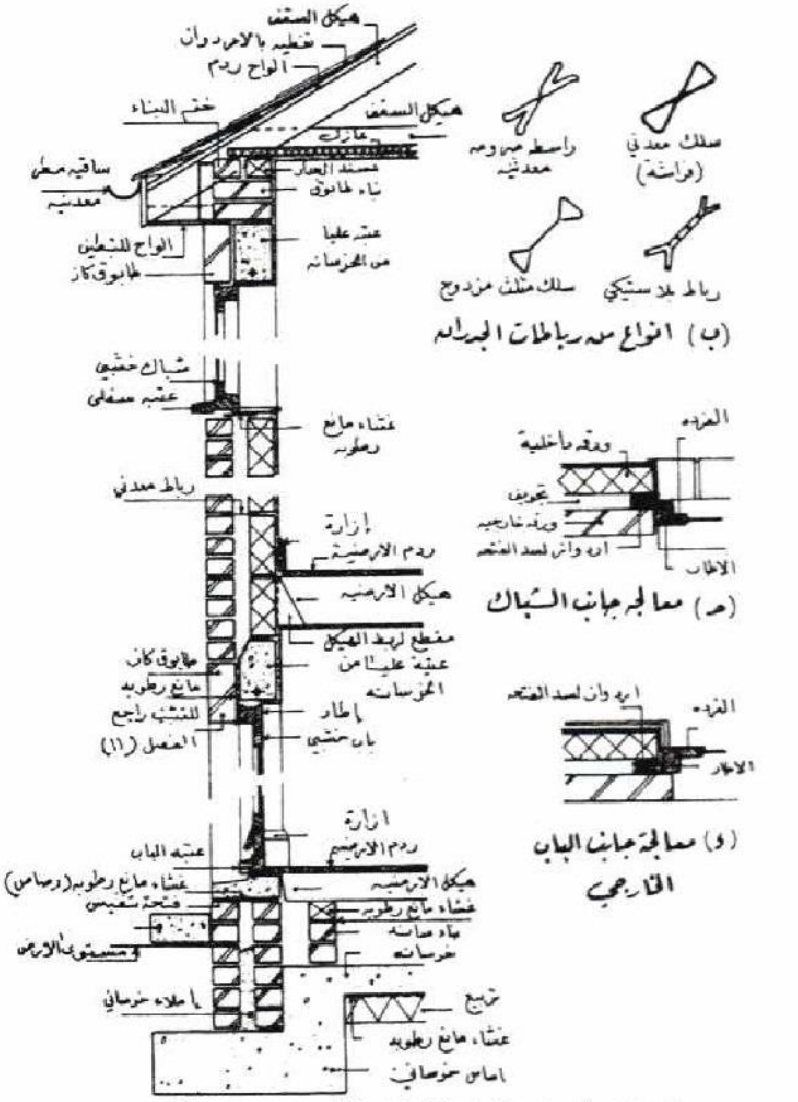
* المصدر : المرجع رقم (٩)

** plaster board.

الجدران المجوفة (hollow or cavity walls) : ـ تبنى الجدران بشكل مجوف عند الرغبة لتحسين العزل الحراري وزيادة مقاومة الجدار لنفاذية الماء والرطوبة مع الاقتصاد في المادة ولهذا تستعمل بكثرة في الجدران الخارجية . يتكون الجدار المجوف من القشرة او الورقة (leaf) الخارجية والورقة الداخلية وبينهما مسافة العزل وتكون اما فارغة او مملوءة بمواد عازلة خاصة . يفضل ان تترك المسافة بدون ملىء وذلك لكفاءة الهواء الجيدة في العزل ولاعاقة انتقال الرطوبة بين الورقتين . تربط الورقة الخارجية مع الورقة الداخلية برباطات معدنية غير قابلة للصدأ كأن تكون من الفولاذ المغلون (galvanized steel) او الفولاذ غير قابل للصدأ (stainless steel) او من مادة البروبلين (نوع من البلاستك) وتكون باشكال متعددة (شكل ٦ ـ ١٧ ب) وقد يكون الربط بالطابوق كما في الربط المجوف (شكل ٦ ـ ١٥) . تنقل الاحمال اما خلال الورقتين وفي هذه الحالة يجب ان يكون سمك كل من الورقتين مناسباً او خلال الورقة الداخلية فقط وفي هذه الحالة لا يحتسب سمك الورقة الخارجية (الذي لا يشترط ان يكون كبيراً) عند احتساب مقاومة الجدار الا ان سمك الورقة الخارجية قد يؤخذ بنظر الاعتبار عند تقدير نحافة الجدار حيث ان الورقة الخارجية تزيد من جساءة الجدار من خلال ارتباطها مع الورقة الداخلية . تبنى الجدران المجوفة بابسط اشكالها من ورقتين سمك كل ورقة نصف طابوقة او اية وحدة بنائية مناسبة بسمك لا يقل عن ١٠٠ ملم مع فراغ يتراوح عرضه بين ٥٠ ـ ٧٥ ملم تربط برباطات مناسبة توضع الرباطات بمسافات لا تزيد على ٤٥٠ ملم عمودياً ولا تزيد على ٩٠٠ ملم افقياً . تقلص المسافات الافقية بين الرباطات عند زيادة سمك الفراغ على ٧٥ ملم وتجعل ٤٥٠ ملم عندما يكون سمك الفراغ ١٠٠ ـ ١٥٠ ملم والحد الاخير يمثل اكبر سمك مسموح به للفراغ . يكون السافان العلويان في الجدران المجوفة بناء غير مجوف وذلك لتأمين ربط ورقتي الجدار من الاعلى ولتمكين الجدار من توزيع الحمل على ورقتين .

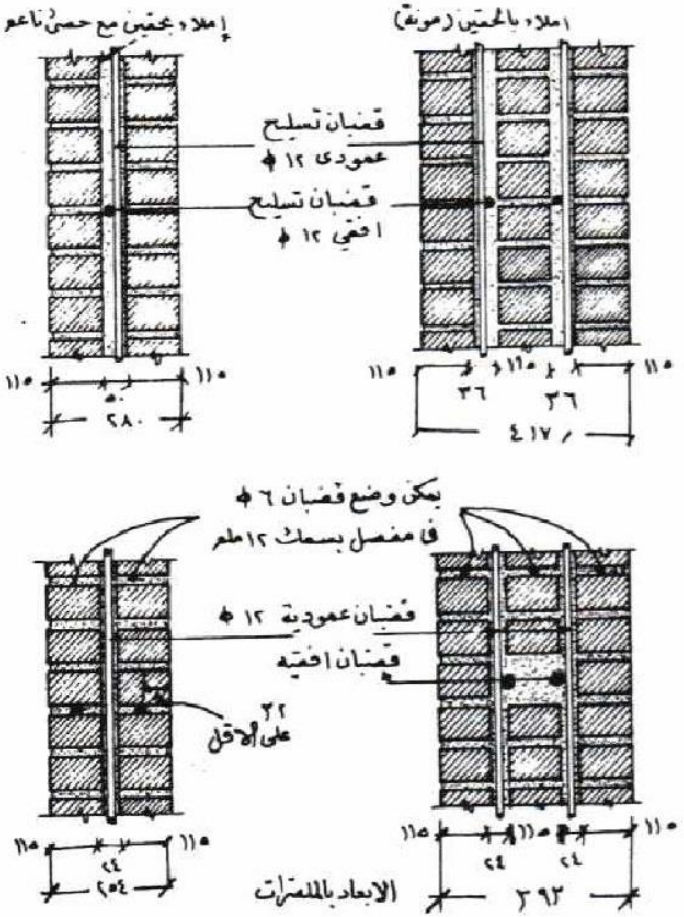
عند بناء الجدار مجوفاً فوق الاساس الخرساني مباشرة يملأ الفراغ بين ورقتي الجدار بخرسانة ذات ركام بمقاس مناسب (ناعم) لحد اسفل مانع الرطوبة وذلك لتقوية الجدار (شكل ٦ ـ ١٧ آ) ومنع مياه من التجمع بين ورقتي الجدار .

يجب ان تنهى حافات البناء المجوف وتغلق بشكل مناسب عند فتحات الابواب والشبابيك وذلك تأمينا للربط المناسب ولمنع دخول الرطوبة من خلال اتصال الابواب والشبابيك من الجدار . تستعمل صفائح مانع الرطوبة بنظام خاص لذلك (شكل ٦ ـ ١٧ أ ، جـ ، د) . تترك فتحات صغيرة في الورقة الخارجية اما في الفرشة



شكل (١ ـ ٣٠) مقطع بناء لدار مجوف مع تفاصيل ثانية (ز) مقطع بناء بجدار مجوف

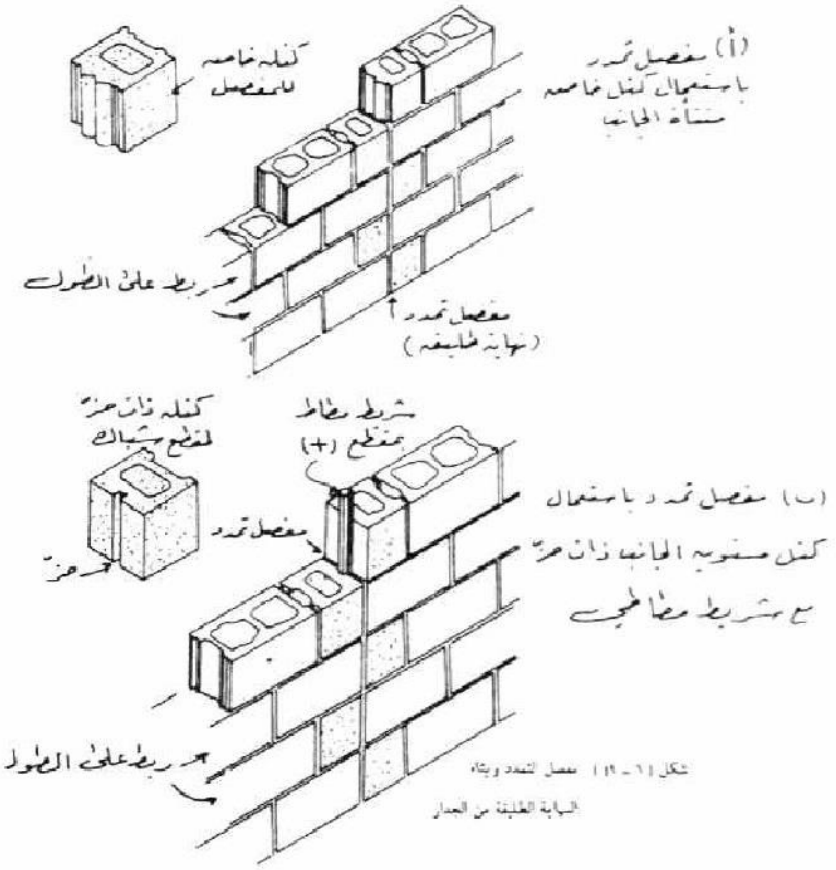
في بناء بسمك ٣ أنصاف طابوقة (شكل ٦ ـ ١٨) ووضع قضيبين افقيين مطمورين في المادة الرابطة . يكرر ذلك كل بضع سوف ويلغى البناء على الرأس في الساف الذي توضع فيه قضبان افقية على طول الجدار في منتصف الساف . لا يمكن احيانا بناء طابوق على الرأس للربط ويستعاض عنه برباطات معدنية (كما في الجدران المجوفة) وذلك لتامين الربط الجيد والحفاظ على استقامة الجدار والتسليح . يمكن تنفيذ اعمدة مسلحة في بناء الطابوق او الكتل الخرسانية وذلك بملىء التجاويف العمودية التي تستحدث في بناء الجدران . الدعامات (piers) او الاعمدة بالخرسانة



شكل (٦ ـ ١٨) جدران طابوقية مسلحة

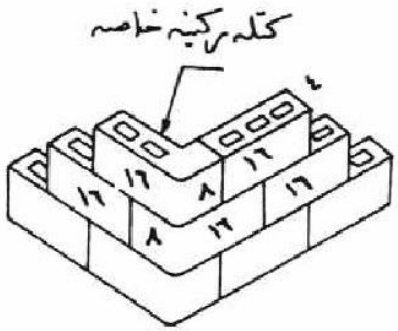
الختم . وربما يكون سمك ١٠٣ و ١٥٢ ملم على التوالي كافياً في هذه الحالة من الناحية الانشائية .

ب ـ **الربط** : ـ تبنى الجدران بالربط على الطول وتكون مسافة الحل مساوية الى نصف الطول الاسمي للكتلة ناقصا سمك المفصل لذا تؤخذ كتلة بنصف الطول الاسمى لكتل الجدار في بداية كل ساف آخر وذلك في الحافة الطليقة من الجدار . شكل (٦ ـ ١٩) مثلا .

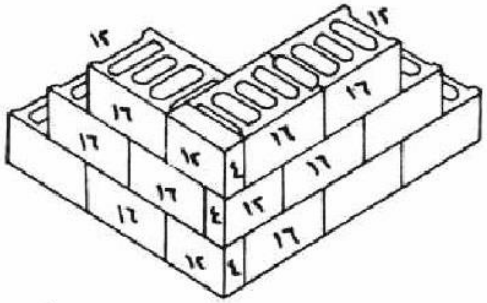


شكل (٦ ـ ١٩) مفصل التمدد وبناء النهاية الطليقة من الجدار

عند تلاقي جداران بزاوية قائمة تؤخذ في الاركان كتلة على الطول في الساف الاول واخرى على الرأس في الساف الذي فوقه وهكذا عندما يكون سمك الجدار بعرض كتلة واحدة مساويا الى نصف الطول الاسمي للكتلة . بخلافه تؤخذ في الاركان في بداية كل ساف كتل ذات اشكال خاصة لتأمين مسافة الحل والربط الجيد كما في شكل (٦ ـ ٢٠ أ) مثلا او تؤخذ كتل ركنية ذات ابعاد (طول وعرض) اقل من كتل الجدار تبنى على الطول في ساف وعلى الرأس في الساف الذي فوقه وهكذا كما في شكل (٦ ـ ٢٠ ب) مثلا . تعتمد ابعاد الكتلة الركنية على عرض الجدار وعلى ابعاد الكتلة المستعملة في بنائه .



(أ) استعمال كتل ركنية خاصة

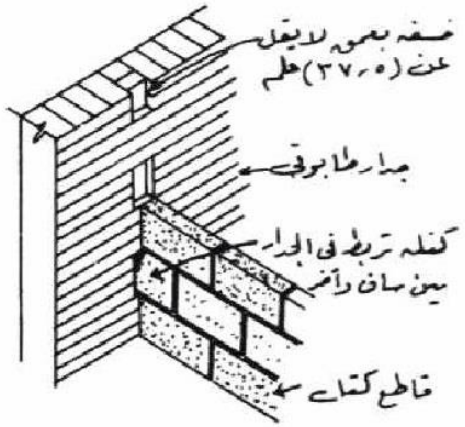


(ب) استعمال كتل ذات ابعاد صغيرة في الركن

ملاحظة : ـ الارقام تمثل الابعاد الاسمية بالانجات

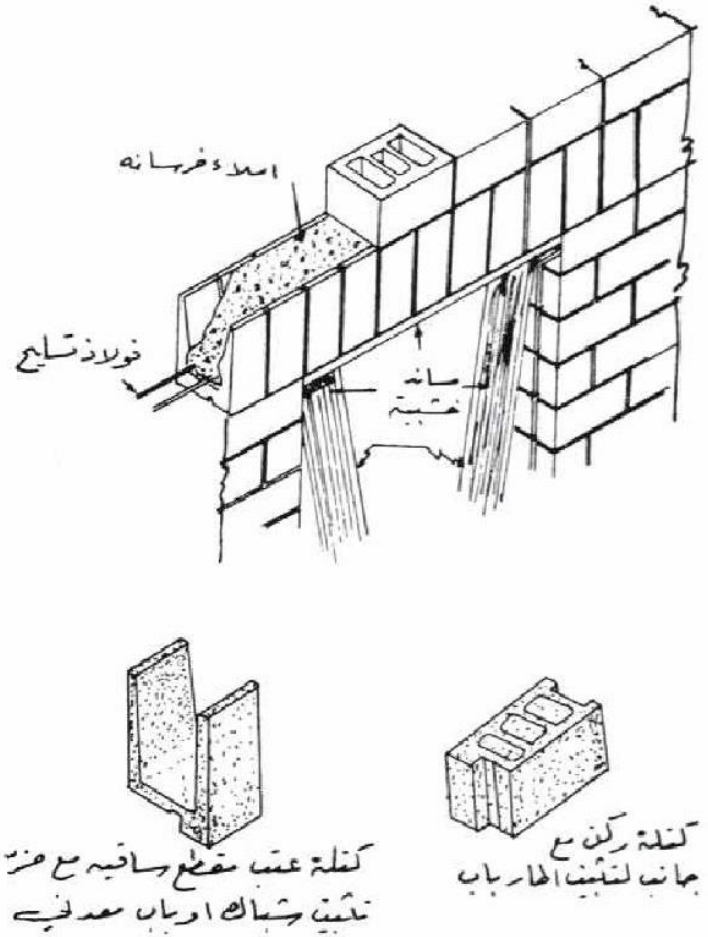
عند التقاء قاطع مبني بالكتل بجدار طابوقي . يتم ربط القاطع الى الجدار اما باستعمال الرباطات المعدنية او غيرها التي ورد شرحها في ربط الجدران المجوفة في هذا الفصل . او بعمل خسفات ربط في الجدار الطابوقي كما مبين في الشكل (٦ ـ ٣١ أ . ب) .

(أ) الربط باستعمال رباطات معدنيه

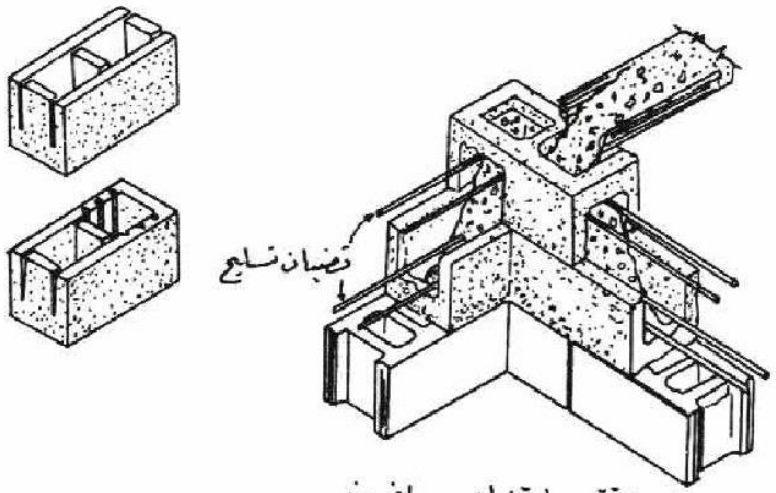


(ب) الربط بالتداخل في خسفات خاصه

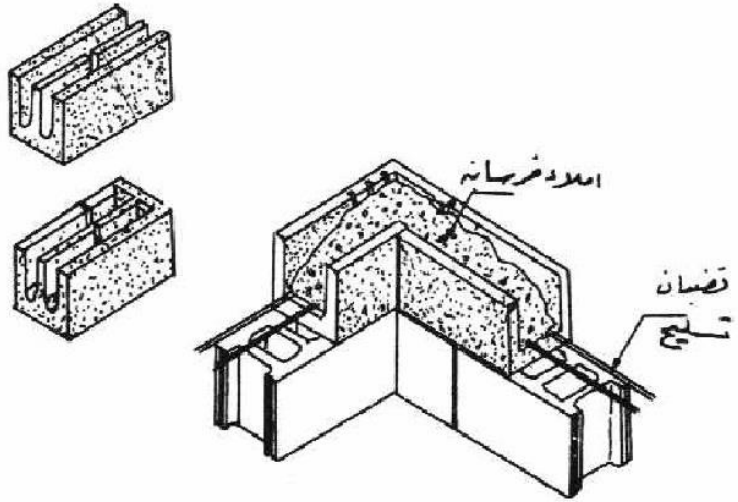
شكل (٦ ـ ٣١) . تفاصيل ربط قاطع من الكتل الى جدار طابوقي



شكل (٦ ـ ٢٢) تفصيل تنفيذ عتب فوق فتحة مع الاركان في بناء بالكتل .

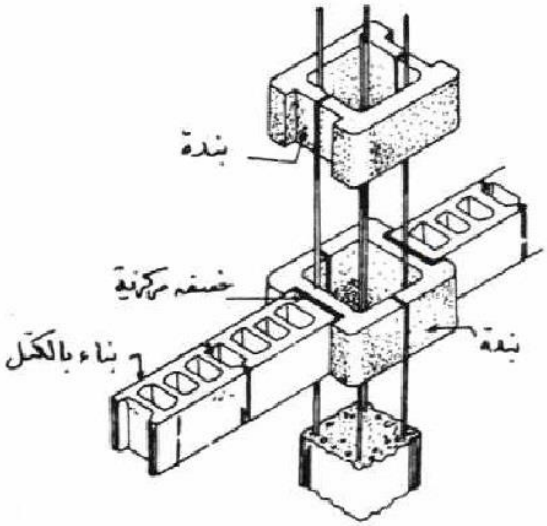


(أ) اضلاع تقوية بارتفاع سافين

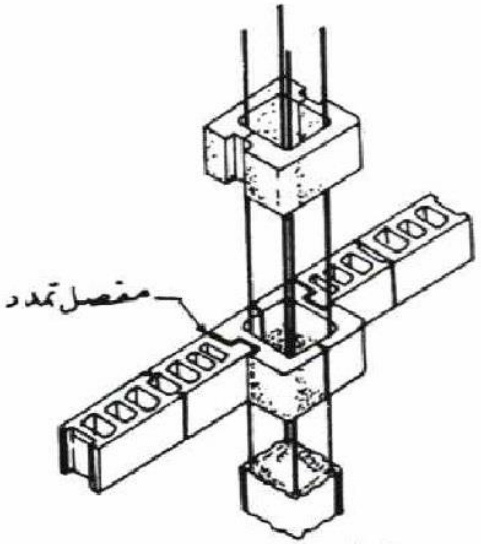


(ب) اضلاع تقوية بارتفاع ساف واحد

شكل (١ ـ ٣٣) تفصيل تنفيذ أضلاع تقوية بالخرسانة المسلحة .



(أ) الجدار يتصل مركزيًا بالعمود

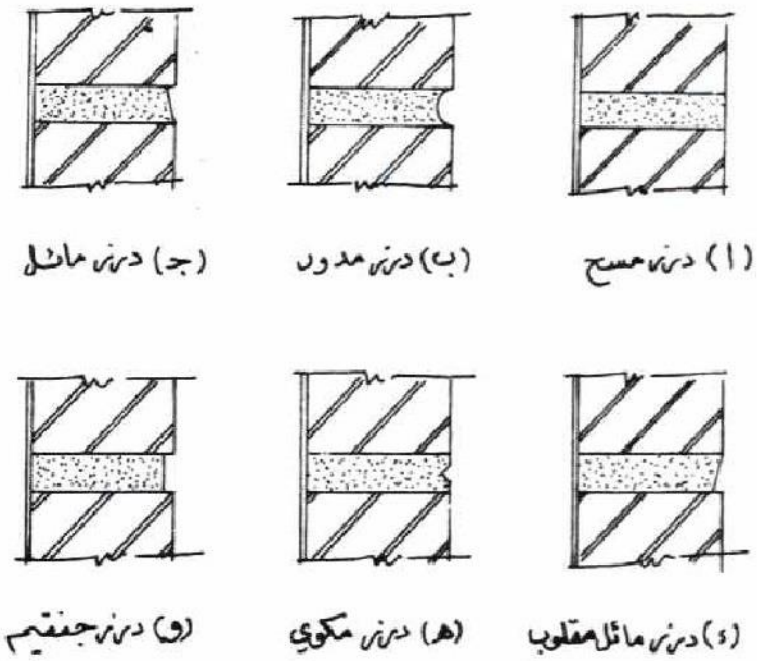


(ب) وجه الجدار بمستوى وجه العمود

شكل (١ ـ ٢٤) بناء اعمدة مسلحة بالكتل.

٤ ـ درز مائل مقلوب (over head struck) : ـ شكل (٦ ـ ٢٥ د)، يكون مشابهاً الى الدرز المائل الا ان اتجاه ميل وجه المفصل يكون معكوساً . لا يفضل استعمال هذا النوع عندما يكون وجه الجدار معرضاً للمياه حيث ان الماء يتجمع على سطح الطابوقة قرب الحافة العليا الخارجية لها .

٥ ـ درز مكوي (vee joint) : ـ مشابه الى درز مسح لكن تعمل حفرة مستمرة في وسط وجه المفاصل بشكل مثلث او نصف دائرة تشكل بواسطة قطعة حديدية بنهاية ذات الشكل المطلوب (مسمار مثلاً) تضغط في وجه المفصل وهذا يؤدي الى تكثيف القيمة داخل المفاصل (شكل ٦ ـ ٢٥ هـ) .



شكل (٦ ـ ٢٥) انواع الدرز

٦ ـ درز جفقيمة (recessed jlont) ، (شكل ٦ ـ ٢٥ و) : ـ يعمل عادة في بناء ذو ربط الماني مع استعمال طابوق منتظم جداً أو منجور حيث يعطي منظراً جيداً مع ظل شديد في المفاصل . ينفذ هذا الدرز اثناء البناء وذلك بوضع

اوردت المواصفة الاميركية 76 ـ ASTM C 144 التدريج المناسب للركام (الرمل في هذه الحالة) المستعمل كالاتي :

مقاس المنخل	النسبة المئوية المارة خلاله	
	الرمل الطبيعي	الرمل المنتج *
رقم ٤ (٤,٧٥ ملم)	١٠٠	١٠٠
رقم ٨ (٢,٣٦ ملم)	٩٥ ـ ١٠٠	٩٥ ـ ١٠٠
رقم ١٦ (١,١٨ ملم)	٧٠ ـ ١٠٠	٧٠ ـ ١٠٠
رقم ٣٠ (٦٠٠ ميكرون)	٤٠ ـ ٧٥	٤٠ ـ ٧٥
رقم ٥٠ (٣٠٠ ميكرون)	١٠ ـ ٣٥	٢٠ ـ ٤٠
رقم ١٠٠ (١٥٠ ميكرون)	٣ ـ ١٥	١٠ ـ ٢٥
رقم ٢٠٠ (٧٥ ميكرون)		٠ ـ ١٠

* ـ الرمل المنتج ، هو الرمل الناتج من تكسير الحجر ، الحصى أو خبث الفرن العالي المبرد على ان يكون شكل الرمل الناتج مناسبا بالاضافة الى التدريج اللازم .

لقد اشترطت المواصفة اعلاه ان لا يتبقى من الركام بين أي منخلين متتاليين مذكورين اعلاه اكثر من ٥٠ ٪ ولاكثر من ٢٥ ٪ بين المنخل رقم ٥٠ والمنخل رقم ١٠٠ .

تتميز مونة السمنت بانها ذات تحمل جيد ودوام جيد حسب نسبة السمنت المستعمل ونسبة الماء المضافة اليه وذات مقاومة جيدة لتأثير الرطوبة بعد تصلبها ، الا ان هذه المونة قد تتأثر بالاملاح الكبريتية التي يكون مصدرها الركام المستعمل ماء المزج . الوحدات البنائية او التربة المتماسة مع البناء وكذلك فان مونة السمنت صعبة المزج والعمل اذا كان الرمل خشناً حاد الزوايا (كما في كثير من انواع الرمل البري المستعمل في العراق) . ان بطء تماسك ومن ثم تصلب السمنت يحد من سرعة البناء عمودياً . وكذلك يتعرض البناء بالكتل الثقيلة الى ظاهرة انسياب المادة الرابطة من المفاصل الافقية تحت تأثير ثقل تلك الكتل .

الفصل السابع

اعمال الحجارة

اعمال الحجارة

(Masonry Works)

مقدمة :

يقصد باعمال الحجارة استعمال الحجارة في البناء كوحدات بنائية وما يتبع ذلك من قواعد واساليب هندسية لتنفيذ العمل بصورة جيدة ووفق التصاميم المرغوبة .

بالرغم من ان البناء بالحجارة هو من اساليب البناء القديمة جداً وتشهد على ذلك الاثار الباقية الا ان العصر الحاضر يشهد انحساراً في استخدام الحجارة كوحدات بنائية انشائية للاسباب التالية : ـ

١ ـ محدودية انتشار الحجارة البنائية الصالحة في مواقع معينة حسب التركيب الجيولوجي للمنطقة أي قد لا تكون متوفرة في مناطق قريبة من الاعمال أو تكون متوفرة بكميات قليلة أو غير صالحة .

٢ ـ صعوبة تهيئة الحجارة بكلفة مناسبة حيث ان عمليات القطع من المقالع والنقل والتعديل الى مقاسات واشكال مناسبة اصبحت غير اقتصادية في الغالب .

٣ ـ وجود بدائل مناسبة اكثر اقتصاداً واسهل انتاجاً واسرع بناء كالطابوق والكتل وغيرها .

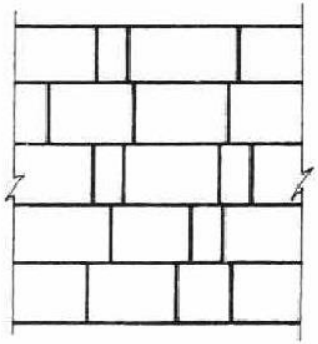
٤ ـ عدم ملاءمة بعض خواص الحجر الهندسية كزيادة الكثافة ووجوب تنفيذ الجدران بسمك كبير حيث لا يمكن من الناحية العملية بناء جدران محملة بسمك اقل من حوالي ٤٥٠ ملم أو قواطع غير محملة بسمك اقل من حوالي ١٦٠ ملم الا اذا كانت الحجارة بشكل ومقاسات تامة الانتظام وفي هذه الحالة فان كلفة الحجارة المهيأة تكون عالية جداً .

تنحصر استخدامات الحجارة حالياً في القطر لاغراض البناء بالحالات التالية : ـ

١ ـ كوحدات بنائية اساسية عوضاً عن البدائل الاخرى في انشاء الجدران المحملة والجدران الساندة والقواطع وذلك في المحلات التي تتوفر فيها الحجارة بكميات كبيرة وتكون كلفة تهيئتها مناسبة واكثر اقتصاداً من البدائل الاخرى كما في بعض المناطق الشمالية والشمالية الشرقية وبعض المناطق الغربية من القطر .

٢ ـ في اعمال التغليف والاكساء للجدران من الخارج أو الداخل وكذلك للارضيات ويشمل استعمال الحجارة المعدة بسمك قليل وباشكال منتظمة كما في الاكساء بالحجارة الكلسية المعدة للواجهات او التغليف بالمرمر او الرخام . يعتبر هذا

البناء الخلفي تفادياً لتقطيع الوحدات البنائية في ظهر الجدار ولتأمين الترابط بين وجه البناء وظهره . من الضروري تأمين الربط الجيد بين وجه الجدار وظهره ويمكن ذلك بطرق متعددة منها استعمال الرباطات المعدنية كما في الجدران المجوفة (راجع الفصل السادس) أو بادخال جزء من حجارة الوجه في طبقة الظهر وخاصة عند الفتحات والاركان بحيث تتوزع قوى القص بصورة متجانسة على مقطع الجدار بمواده المختلفة من دون ان يحصل انفصال بين الوجه والظهر .



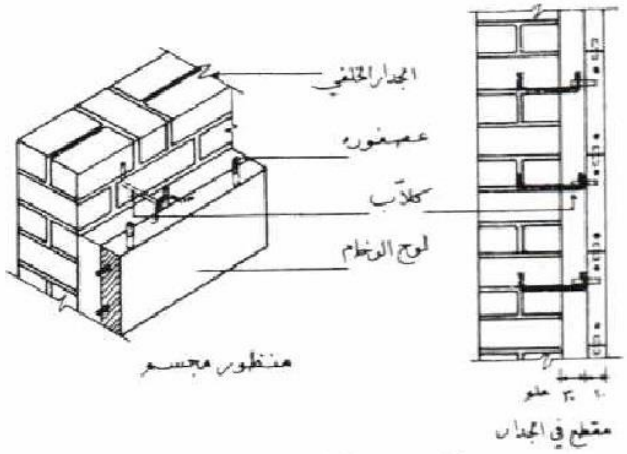
شكل (٧ ـ ٢) بناء منتظم بالحجارة السنوية

بناء جدران مجوفة : تستعمل الحجارة المعدة المستوية ذات السمك المنتظم أو الحجارة المصبوبة ـ راجع الملاحظات العامة في هذا الفصل ـ في بناء الورقة الخارجية لجدار مجوف . ان هذا النوع من البناء غير شائع في العراق .

اكساء الجدران : ـ يعتبر هذا النوع من البناء اكثر شيوعاً في القطر من سابقيه حيث يستعمل الرخام أو بقية انواع الحجارة في اكساء الجدران المبنية بالطابوق أو بغيره من وحدات البناء .

الاكساء بالرخام والمرمر : ـ بما ان الرخام مادة بنائية ثمينة لذا اصبح يستعمل في ابنية ذات نوعية عالية فقط حيث يتطلب توفر نواحي الجمال والمقاومة العالية . يستعمل المرمر في المحلات المحافظة من العوامل الجوية وحسب النوع واللون المحدد .

يكسى الجدار بعد اكمال هيكل البناء كاملاً أي في مرحلة الانهاء . تستعمل الواح الرخام التي تكون صقيلة تماماً ومقطعة بصورة هندسية منتظمة ووفق مخططات خاصة يكون السمك موحداً لكافة الالواح حسب طبيعة الاستعمال ويتراوح في الجدران بين ٣٠ ـ ٤٠ ملم .

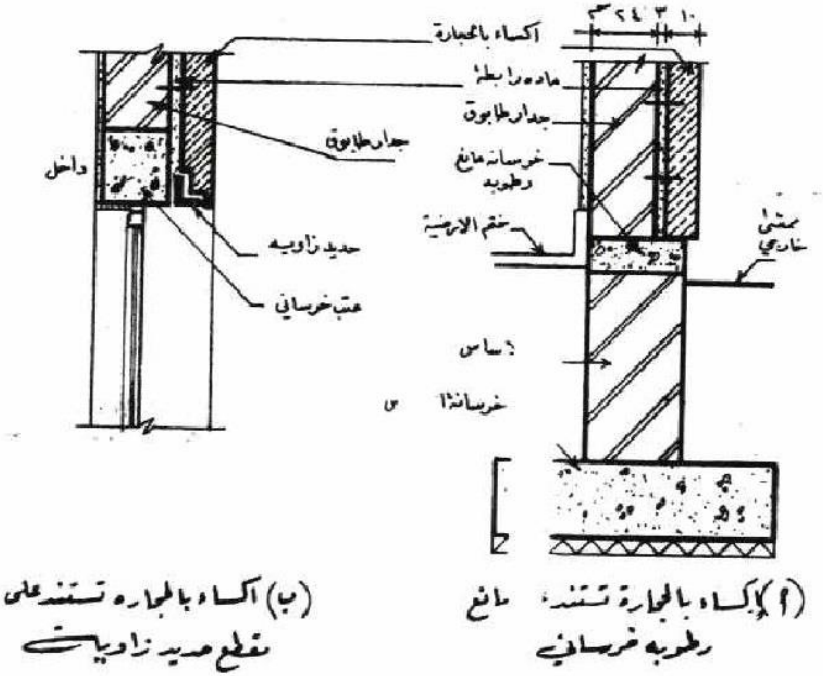


شكل (٧ ـ ٣) اكساء الجدران بالرخام

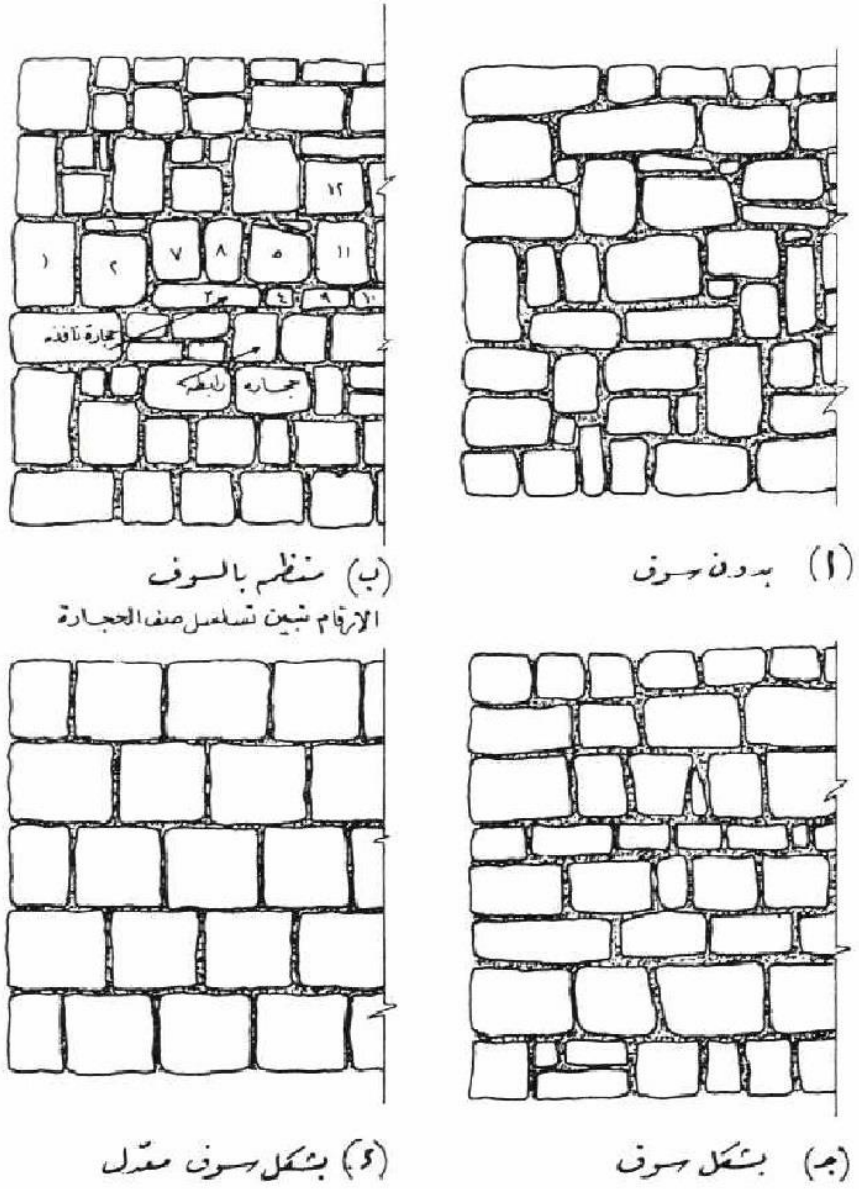
توضع اللوحة بمسافة تبعد ٢ ـ ٣ سم عن وجه الجدار (شكل ٧ ـ ٣) وتثبت على الجدار وقتيا في بضع نقاط بعجينة مسحوق باريس بحيث يكون وجه الرخام بمستوى واحد والمفاصل منتظمة افقيا وشاقوليا . تثبت الواح الرخام فيما بينها بعصفورات معدنية (نوع من مفاصل الربط) غير قابلة للصدأ بقطر حوالي ٤ ملم ويؤخذ مفصلين عادة في كل ضلع من الالواح وتثبت الالواح الى الجدار بكلاليب ذات نهايتين معقوفتين تدخل الاولى في حفرة معدة في ظهر اللوحة والاخرى في مفصل فرشة من الجدار الخلفي . يملأ التجويف بين اللوحة والجدار بمونة سمنت لينة نسبة مزجها ١ : ٣ ـ ٣ . تملأ المونة عند اكمال ساف واحد من الاكساء ويلاحظ عدم ترك فجوات هوائية في المونة . تضبط استقامات الاوجه بالخيوط والاركان بالشاقول . تضبط مفاصل الفرشة باستعمال الميزان الكحولي (القبان) . يبدا الاكساء من احد الاركان السفلية ويتجه العمل بشكل سوف افقية نحو الاعلى ويحدد عدد السوف المسموح انجازها يوميا بمدى تماسك وتصلد المونة لان ثبات الاكساء يكون قلقا قبل تصلد المونة بدرجة كافية . يعمل المفصل بعرض يتراوح بين ١,٥ ـ ٣ ملم . تنهى المفاصل بدرز مسح ثم يلمع وجه الرخام بدلكه بمواد تلميع مع استعمال لباد خاص لذلك .

الاكساء بالحجارة البنائية : ـ وهو اقل كلفة من الاكساء بالرخام . وتستعمل قطع حجارة ذات اعداد مستو في الغالب وبسمك يتراوح بين ٥٠ ـ ١٢٠ ملم . تثبت القطع على الجدار بطريقة مشابهة للاكساء بالمرمر مع عمل قاعدة

مناسبة يرتكز عليها الساف الاول من الاكساء الذي يكون في هذه الحالة ثقيلا . تكون هذه القاعدة اما بشكل صبة خرسانية كما في بدء التغليف بمستوى مانع الرطوبة . شكل (٧ ـ ٤ أ) وفوق الفتحات أو يمكن استعمال مقاطع فولاذية مطلية بصبغ مانع الصدأ كقاعدة للتغليف فوق الفتحات وفي هذه الحالة يمكن اخفاء المقطع المعدني وعدم اظهاره في الواجهة وهذا يتميز من الناحية الجمالية على الوضع الاول أي باستخدام قاعدة من صبة خرسانية (شكل ٧ ـ ٤ ب) . تكون مفاصل التثبيت والكلاليب المستعملة ذات مقاسات اكبر من تلك المستعملة في اكساء الرخام وتكون المفاصل بين قطع الحجارة اكبر مما في الاكساء بالرخام ايضا وتتراوح بين ٣ ملم في بندات حالات خاصة في الاكساء و ١٠ ملم لمفاصل البندات والفرشات في معظم الانواع الاخرى . تستعمل المونة كما في الاكساء بالرخام .



شكل (٧ ـ ٤) اكساء بالحجارة مستند فوق قاعدة خرسانية وفولاذية



(أ) بدون سوف

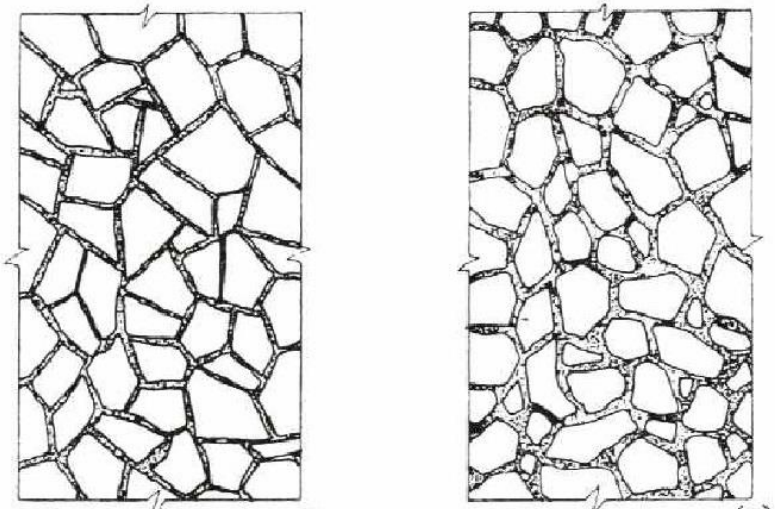
(ب) منظم بالسوف

الأرقام تبين تسلسل صف الحجارة

(جـ) بشكل سوف

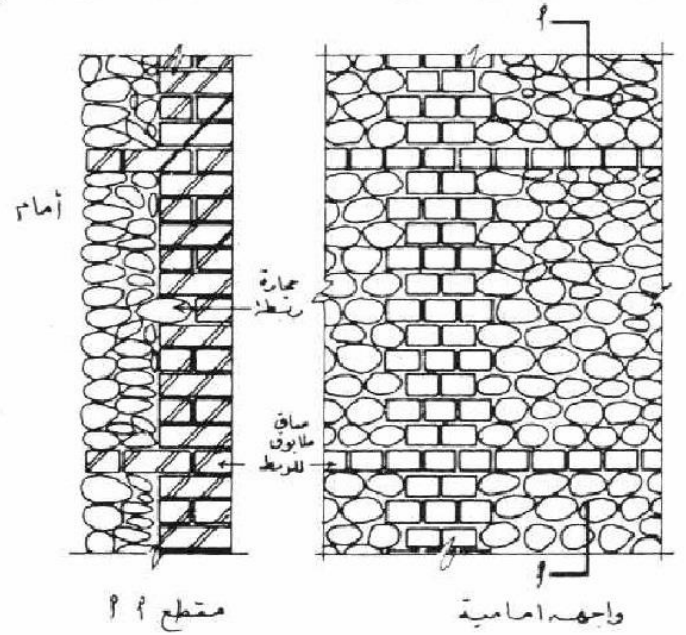
(د) بشكل سوف معدّل

شكل (٧ ـ ٥) بناء لاش



(أ) بناء اعتيادي بمضلع

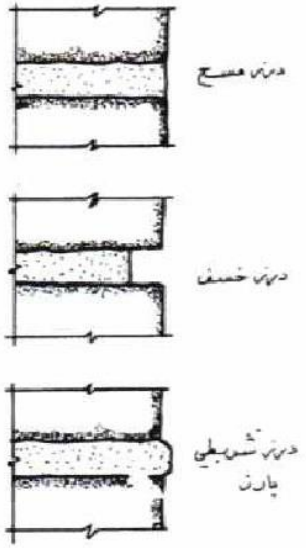
(ب) بناء اعتيادي بمضلع معدل



(هـ) بناء حجر مسوان في الواجهة وطابوق في الخلف

شكل (٧ ـ ٨) اشكال اخرى من البناء الاعتيادي

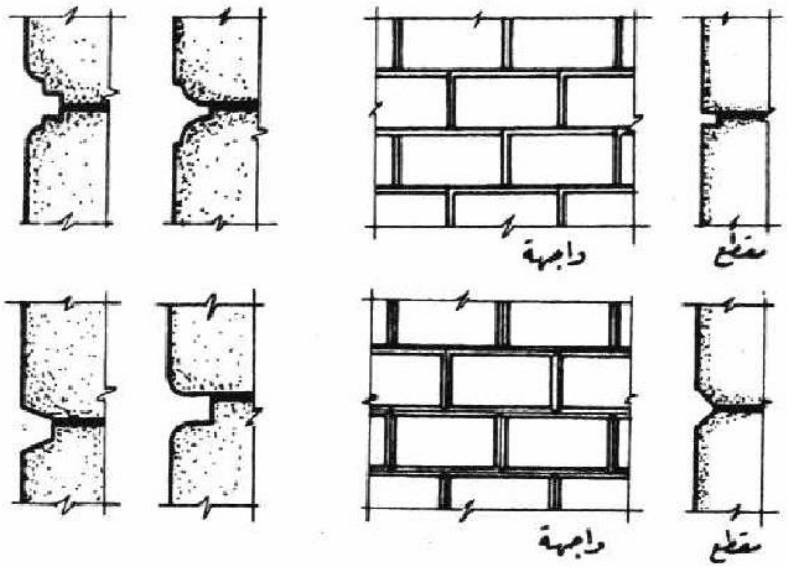
البارز والاخير خاص بالحجر (ويسمى احياناً شريطي ribbon) حيث تبرز المونة خارج وجه المفصل ويكون مقطع البروز مستطيلاً او شبه منحرفاً او مدورا . ينفذ هذا الدرز بعد البناء . من مزايا هذا النوع من الدرز انه يعطي المفاصل مظهرا متميزاً ومن سلبياته ان البروز نفسه يكون سهل التكسر بالاضافة الى حجزه لمياه الامطار فوق الوجه العلوي للمفصل الامر الذي يؤدي الى زيادة امتصاص الحجارة للرطوبة والتعجيل في تحلل البناء بتأثير الاملاح او الانجماد . شكل (٧ ـ ٩) يبين بعض اوضاع انهاء المفاصل في الحجارة .



شكل (٧ ـ ٩) درز المفاصل في الحجارة

قد تنهي الحافات الخارجية لقطع الحجارة قرب المفاصل في البناء المنتظم بالحجارة المستوية وتعمل باشكال هندسية متعددة لاعطاء المفاصل مظهرا متميزا . الشكل (٧ ـ ١٠) يبين بعضا من تلك الاشكال .

الربط في بناء الحجارة :ـ يتميز البناء بالحجارة بان ثقل الحجارة فيه والتفاصيل المعمارية لبعض البروزات والفتحات ووجود قوى جانبية احيانا يحتم استعمال وسائل ربط ميكانيكي بين القطع بالاضافة الى الربط الناتج عن تداخل قطع الحجارة بسبب صفها في البناء بشكل معين اسوة بانواع البناء بالوحدات غير الحجارة .



شكل (٧ ـ ١٠) بعض اشكال المفاصل

ان هذه الوسائل متعددة ومنها بعض انواع المفاصل التالية : ـ

١ ـ الزبانة الذاتية (joggle) : ـ وتسمى الزبانة ايضا وتعمل بنحت احد جوانب الحجارة بحيث يظهر فيه بروز ذو مقطع هندسي منتظم ويعمل حفر مماثل في جانب الحجارة المجاورة بحيث يدخل البروز في داخل الحفر . يستعمل هذا الربط لمنع الحركة التفاضلية بين قطعتين متجاورتين (لغرض المحافظة على استواء سطح مثلا) . شكل (٧ ـ ١١ أ) . قد تعمل الزبانة في قطع الواحدة فوق الاخرى وفي هذه الحالة يعمل البروز في الوجه العلوي لحجارة والحفر في الوجه السفلي للحجارة التي فوقها . يكون ارتفاع البروز حوالي ٤٠ ملم ويعرض مساو الى ثلث عرض الحجارة . ويسمى هذا مفصل بطبق . شكل (٧ ـ ١١ ب) ويستعمل لمنع الحركة الجانبية الناتجة عن الدفع الجانبي كما في الجدران الساندة والسدود . وفي الاقواس المنبسطة والاعتاب .

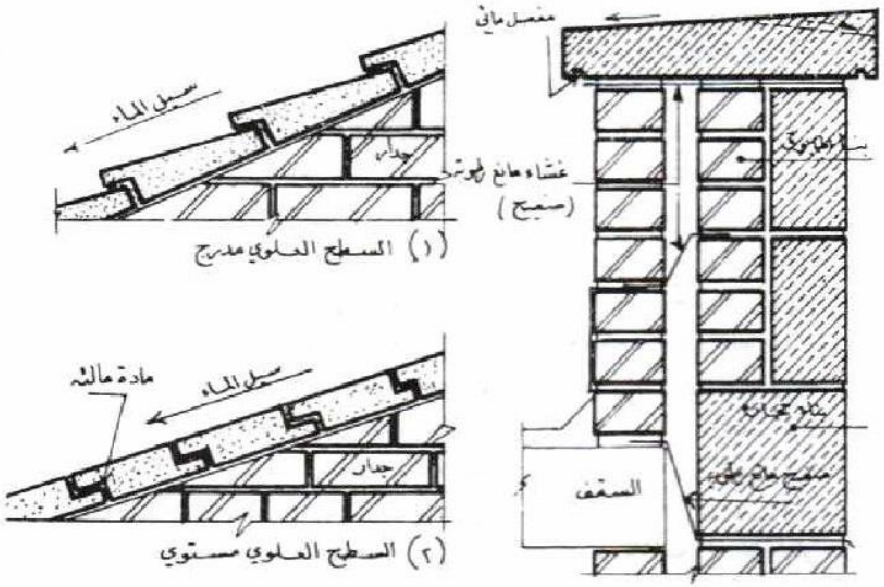
٢ ـ زبانة مونة السمنت (mortar joggled joint) : ـ وتعمل عادة للمفاصل النهائية في البناء المنتظم المستوى وخاصة عندما يكون ارتكاز القطعة (مساحة الفرشة) قليلا وكذلك في البروزات والافاريز . يعمل اخدود في جانب الحجارة كما في الشكل (٧ ـ ١١ جـ) . يقابله اخدود اخر مماثل في جانب الحجارة

تتصل بسطح الحجارة . يسكب الرصاص المصبور من اعلى الفتحة العمودية الى ان تملاء الفجوة بأكملها . (شكل ٧ ـ ١١ ز) .

محافظة البناء من المياه : ـ من الضروري محافظة البناء من الرطوبة ايا كان مصدرها (راجع الفصل الثاني عشر ـ اعمال مانع الرطوبة) الا انه نظرا لان بناء الحجارة يتاثر بدرجة كبيرة بمياه الامطار لذا أصبح من الاهمية بمكان معرفة التفاصيل البنائية التي تؤدي الى طرد ماء المطر باسرع ما يمكن عن وجه الجدار وتقليل الامتصاص . من هذه التفاصيل ما يلي :ـ

١ ـ عمل بروزات بنائية في اعلى الجدار لتعمل كمفصلة ومن الامثلة عليها الافاريز والكورنيشات (شكل ٧ ـ ١١ ح) وقبعات الستائر . شكل (٧ ـ ١٣) .

٢ ـ عمل السطح العلوي للجدار او غطاؤه بشكل منحدر يصرف مياه الامطار نحو خارج الجدار ويقلل الامتصاص الى اقل حد ممكن (شكل ٧ ـ ١٣ أ) .



(ب) نوعان من مفصل منكسر

(أ) مقطع في بناء حجارة مجوف في منطقة السقف

شكل (٧ ـ ١٣) تفاصيل في بناء الحجارة للوقاية من المطر

المختلفة باستعمال مفاصل التمدد وتأمين ارتباط سليم بين الوجه والظهر بحيث لا يحدث انفصال بينهما .

الحجارة المصبوبة أو الاصطناعية (cast stone) : ـ مادة بنائية تنتج من السمنت والركام الطبيعي باشكال متعددة كي تستعمل بطريقة مشابهة ولنفس الاغراض التي تستعمل فيها الحجارة البنائية وخاصة لاعطاء مظهر الحجارة أو كبديل عن الحجارة المزخرفة . تنتج كتل بابعاد قياسية موحدة أو متعددة من الحجارة المصبوبة وكذلك اعتاب عليا للفتحات . قد تكون الحجارة المصبوبة معمولة من مزجة موحدة أو تكون بقشرة ظاهرة تعطي المظهر المطلوب وبقية الكتلة خرسانة اعتيادية أي كما في الموزائيك . قد تستعمل بعض المواد الكيمياوية في انتاج انواع من الحجارة المصبوبة . لا تنتج الحجارة المصبوبة حالياً في العراق ولكن ينتج ما يعرف بالرخام الاصطناعي الذي هو في الواقع احد انواع الحجارة المصبوبة . ينتج الرخام الاصطناعي بصهر وقولبة خليط يحتوي بصورة تقريبية على نسبة ٦٣ ٪ مواد رابطة بشكل مسحوق (ملاط) و ١٦ ٪ مسحوق الرخام وحوالي ٥ ٪ مواد صمغية تمزج جميعها مع الماء . تتوفر انواع الرخام الاصطناعي بالوان متعددة مشابهة لانواع الرخام الطبيعي .

الفحوص والمواصفات : ـ ليس من الضروري اجراء فحوص هندسية لمعرفة خواص الحجر قبل استعماله في الابنية الاعتيادية . بل يعتمد على الخبرة السابقة المستحصلة من استعمال تلك النوعية من الحجر . او من خلال التعرف على طبيعة الحجارة بتشخيصها من قبل خبير مع اخذ ظروف الخدمة والعوامل الجوية بنظر الاعتبار . لا تحدد معظم المواصفات قيما لخواص الحجر الهندسية للسبب المذكور آنفاً الا ان قسماً منها تحددها حسب نوعية الحجر وتحدد طرق اجراء الفحوص كما هو الحال في بقية مواد البناء فالمواصفات الاميركية ـ على سبيل المثال لا الحصر ـ حددت ذلك في مواصفاتها التي نوردها ادناه للرجوع اليها عند الحاجة .

رقم المواصفة	عنوان المواصفة
ASTM C543	مواصفات حجر الاردواز .
ASTM C568	مواصفات حجر الكلس .
ASTM C615	مواصفات حجر الكرانيت .
ASTM C616	مواصفات الحجر الرملي .

من الخطأ التصور بأن لا حاجة ابدا الى فحص الحجارة . بل ان ذلك ضرورياً في حالة عدم معرفة الخواص بدرجة كافية أو في حالة استخدام الصخور في ظروف خدمة او عوامل جوية قاسية وخاصة تلك التي تتعرض للانجماد وكذلك في المنشآت المهمة ذات الكلفة المرتفعة والدوام الطويل .

ادناه مجموعة الفحوص الاساسية التي قد يقرر المهندس اجراؤها قبل الموافقة على استعمال الحجارة مع توضيح الغاية من اجراؤها .

نوع الفحص	الغاية من الفحص
فحص الانثناء (معاير الكسر)	لتحديد تحمل الحجارة عند استعمالها في الاعتاب العليا والتبليط .
فحص مقاومة الضغط	لاغراض التصميم عندما تتعرض الحجارة لاجهادات عالية
فحص الكثافة	لاغراض التصميم . عندما يكون وزن الحجارة وكثافتها عاملان مهمان في استقرار المنشأ كما في انواع الجدران الساندة
فحص الانجماد والذوبان (natural freeze thaw test)	لمعرفة مدى تأثر الحجارة بالانجماد .
فحص التبلور (crystallization test)	لغرض التعرف على دوام الحجارة ونوعيتها احيانا عندما تكون الفحوص الاخرى غير كافية للاستدلال على الدوام .
فحص المسامية	لغرض التعرف على دوام الحجارة
فحص معامل الاشباع	
فحص المسامية الدقيقة (المجهرية)	
فحص التاكل بالاحتكاك (attrition test)	لمعرفة مدى تأثر الحجارة بالاحتكاك المسبب عن المرور والحركة .

توجد انظمة تصميمية ـ مدونات ـ يمكن الاستعانة بها عند تصميم . انتقاء وبناء الحجارة ومنها ـ على سبيل المثال ـ المدونة الصادرة عن معهد المواصفات البريطاني (B.S 5390 ـ 1970) وعنوانها (نظام الممارسة في البناء بالحجارة) .

الموضوع / اعمال الخرسانة

الخَرَسَانَة هي مادة تتكون من الاسمنت والرمل والماء مع إضافة نوع من الركام، مثل السن أو الحصو .تعد الخرسانة من أهم مواد البناء في العصر الحديث خصوصاً مع تدعيمها بالحديد لتصبح خرسانة مسلحة.

يعتبر الرومان أول من استعمل الخرسانة العادية في التاريخ، منذ حوالي ألفي عام. وقد استعملت في معظم مبانيهم لسهولة تشكيلها وإمكان تنفيذها بعمالة مدربة تدريباً بسيطاً.

الخرسانة هي مخلوط من مواد أولية مكونة من الرمل و الحصو أو السن أي كسر الأحجار والأسمنت مع إضافة الماء إليهما. وعند خلطها جيداً تتم عملية تماسك بينها تسمى زمن الشك.

وللخرسانة خصائص كثيرة تمتاز بها عن المواد الأخرى، فهي تأخذ شكلاً صلداً ومتيناً مع الزمن تدريجياً، وتبدأ بالشك الابتدائي وتنتهي بالشك النهائي .كذلك فهي شديدة المقاومة الإجهاد الناتج عن ضغطها ولكنها في نفس الوقت ضعيفة جداً في مقاومتها للشد لذلك فالخرسانة العادية (غير المسلحة) لا تستخدم ابداً في الأماكن التي تحدث فيها إجهادات الشد مثل الكمرات

للتغلب على هذه المشكلة، يوضع الحديد وهو مقاوم ممتاز لقوى الشد وقوى الضغط وفي حين أن أسياخ الحديد الطويلة يمكن ان تتحمل قوى الشد كلها فإن الخرسانة لا تتحمل قوى الضغط كلها إذا كانت قطاعاتها نحيفة يؤدي ذلك إلى احتمال انبعاج العنصر الخرساني.

لذلك، نجد أن مركباً خليطاً من الخرسانة والحديد يعطى مادة مثالية لمقاومة الإجهادات المختلفة المؤثرة عليها. وهذا المركب هو ما يعرف باسم الخرسانة المسلحة.

انواع الخرسانة:

تعددت أنواع الخرسانة كثيراً في وقتنا الحاضر نتيجة مكوناتها نذكر منها على سبيل المثال:

١- مونة خرسانية
٢- الخرسانة الاعتيادية
٣- الخرسانة المسلحة
٤- الخرسانة المسلحة المصبوبة تحت الماء
٥- الخرسانة المسلحة المقاومة للحريق
٦- الخرسانة المسلحة المقاومة للإشعاعات الذرية
٧- الخرسانة المسلحة للسدود
٨- الخرسانة المسلحة ضد القنابل
٩- الخرسانة المسلحة المقاومة للزلازل
١٠- الخرسانة المسلحة الملونة

والطرق المختلفة لتجهيز منتجات الخرسانة المسلحة يكسبها أسماء أخرى مثل:

١- الخرسانة المصبوبة في الموقع

٢- الخرسانة مسبقة الصنع

٣- الخرسانة مسبقة الإجهاد

خلط الخرسانة :

قبل خلط مواد الخرسانة يجب التأكد من نظافة الرمل الحصو ولذلك يجب تنظيفها من أي مواد عضوية عالقة بها وذلك بهزها في المنخل Sieve وغسلها بالماء قبل استعمالها، لأن وجود نسب كبيرة من الطين أو المواد العضوية أو الأملاح أو الفوسفات في الخرسانة يسبب تآكل وصدأ الحديد الموجود فيها ويضعف من قوتها. ويتم خلط المواد الأولية للخرسانة عموما بطريقتين رئيسيتين:

الخلط اليدوي

الخلط الميكانيكي

طريقة الخلط المركزى :

تخلط وتجهز الخرسانة في هذه الطريقة في محطة تجهيز الخرسانة ويكون مكانها غالباً قريب موقع المشروع وتتم العملية كالآتي :

يفرد الحصو (السن) والرمل وينظفوا بالمياه حتى يصيروا مشبعين بالمياه والسطح جاف وخصوصاً في الجو الحار ثم يشونوا إلى أماكنهم السائب وخزان المياه وبعد قياس الإسمنت الخاصة القريبة من صومعة مواد الرمل والركام (الحصو أو السن) والأسمنت يصب المخلوط في خلاط مركزي ويخلط على الناشف أولاً عدة مرات ثم يضاف عليه الماء Water / Cement بنسبة معينة وعادة تحدد نسبة الماء / الأسمنت على حسب نوع الخرسانة المطلوبة فتجهيز خرسانة بلاطة ratio الأرضيات مثلاً تكون نسبة الماء للأسمنت ٠,٧ لعدم الحاجة إلى مقاومة عالية من الخرسانة فبالتالي تزيد نسبة المياه أما تجهيز خرسانة الأسقف والأعمدة والكمرات فتكون نسبة المياه للأسمنت فيها حوالي ٠,٥ للحاجة إلى مقاومة عالية، فوجب تقليل نسبة المياه لتزيد المقاومة

تنقل الخرسانة إلى الموقع عن طريق عربات مجهزة لذلك ويجب ألا يزيد مشوارها من المحطة إلى موقع العمل عن ٤٥ دقيقة وهي المدة الكافية للخرسانة.لكن في الأجواء الحارة يجب أن يقل الشك الابتدائي لتكوين المشوار عن ٤٥ دقيقة وذلك لأن سرعة الشك تتناسب طردياً مع درجه الحرارة، فبزيادة درجة الحرارة يقل زمن اللازم لحدوث الشك. ومن بالانفصال العيوب أيضاً انه في حالة الطرق الغير ممهدة يحدث ما يسمى وهو انفصال مواد الخرسانة عن بعضها، مما يؤدي الضعف الحبيبي مقاومتها بعد الشك. ويجب أن تقلب الخرسانة ببطء داخل اسطوانة العربة الناقلة أثناء النقل لمنع انفصال مواد الخرسانة أو تماسكها

طريقة الخلط أثناء النقل :

تخلط مكونات الخرسانة على الناشف في الخلاطة المركزية كما في طريقة الخلط المركزي إلا أنه يتم خلط الخرسانة بالماء في العربة الخلاطة إما أثناء النقل لموقع العمل أو قبل الصب مباشرة، من فوائد هذه الطريقة انها تعطى وقتاً أكبر في النقل إلا أن عيبها يتمثل في أن سعة العربة الخلاطة عادة تكون حوالي ٤/٣ سعة العربة الناقلة للخرسانة الجاهزة وذلك لأن خلط مكونات الخرسانة بالماء يقلل من حجمها، كما يجب أن تكون سرعة تقليب الخرسانة أثناء النقل تتراوح بين ٢ - ٦ دورة / دقيقة للحفاظ على قوام الخرسانة

الاضافات على الخرسانة :

هي عبارة عن مواد أو تراكيب من عدة مواد تضاف للخرسانة أثناء الخلط لتحسين خواص الخلطة الخرسانية. وإكسابها ميزات جديدة تتناسب مع الأغراض والمتطلبات لها سواء كان تجهيزها في محطات الخلط المركزية أو مصانع الخرسانة المسبقة الإجهاد أو الخلط الموقعي المواد المضافة للخرسانة هي التي تكون خلاف مكونات الخلطة الخرسانية المكونة من ماء واسمنت وركام . المادة تضاف إلى ماء الخلطة قبل أو بعد الخلط لإعطائها خواص مطلوبة في ظروف العمل، يوجد مواد تضاف بعد فترة لعلاج التشققات الخرسانية أو غيرها من المشاكل الخرسانية بحيث تكون جميع الاضافت للخرسانة مصنفة طبقا للمواصفات المريكية نحاول قدر الامكان عدم الافراط في استخدام

الاضافات والاعتماد علي تحسين خواص الخرسانة عن طريق تحسين مكوناتها الرئيسية.فالهدف الاساسي من المعالجة للخرسانة هو الاحتفاظ بماء الخلط لاستمرار الاماهة للاسمنت وحفظ درجة حرارة الخرسانة اعلى من درجة التصلد

انواع الاضافات :

إضافة تعجيل الشك : الهدف منها هو تقصير زمن الشك حيث تقوم بجعل الخرسانة تشك قبل حدوث الأضرار الناتجة من تجمدها بعد الصب مباشرة

إضافة مبطئة للشك : الهدف منها هو إبطاء الشك للأسمنت في ظروف الأجواء الحارة

إضافة مواد تقلل مياه الخلط : الهدف منها تقوية مقاومة الانضغاط وتعطي قابلية للتشغيل تقلل كمية الأسمنت مع ثبات مقاومة الضغط والقابلية للتشغيل تلافي الزيادة غير المطلوب في كمية الماء أثناء الخلط والصب في الموقع وتستخدم المادة في حالة صب الأساسات عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو سقوط الأمطار

إضافة مادة مضادة للبكتيريا : تستخدم هذه الإضافة في الخرسانة الأرضية وخرسانات الحوائط التي توجد فيها البكتريا التي سببت لها التآكل.وعند اضافتها لاي نوع من أنواع الأسمنت فإن الأسمنت الناتج يسمى أسمنت مضاد للبكتيريا. ومن مميزاتها تكون ذات تركيز وقوة لمنع النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة كالبكتيريا والعفن

إضافة الهواء المحبوس : عبارة عن خلط كمية معينة من هذه الإضافة إلى الخلطة الخرسانية فينتج مجموعة كبيرة من الفقاعات الهوائية ميكروسكوبية منتظمة على سطح الخلطة لما لهذه الفقاعات تأثير على الخرسانة الطازجة من حيث قابلية التشغيل والنضج، وأيضا تؤثر على الخرسانة المتصلدة من حيث التجمد والنفاذية

إضافات لحقن الخرسانة : وهي ماد تحقن في الخرسانة المسلحة في حالة وجود تشققات وعيوب في المبنى وبالخصوص تحت الأرض المعرضة للرطوبة بحيث تقاوم هذه المادة المقاومة لتأثير التآكل ومن مميزاتها انها مرنة وتتحمل درجة الحرارة وسريعة الجفاف بعد الاستخدام

إضافة مادة البيتومين : هذه المادة لها دور في حماية المنشآت من المؤثرات الخارجية كالرطوبة والأمطار والمياه الجوفية وذلك لتلافي الأملاح والكبريتات

إضافة المادة الملونة للخرسانة : هي إضافة مواد ملونة للخلطة نظرا لتطلبات بعض المواصفات المعمارية بحيث تصب منها طبقة رقيقة على سطح الخرسانة. وهذه الإضافات عبارة عن أكاسيد معدنية ومواد أخرى متشابهة تضاف المادة الملونة للخلطة التي تتطلب أن تكون الخرسانة ذات سطح ملون وخاصة للخرسانة العادية ومن أمثلتها ثاني أكسيد المنجنيز وأكسيد أيدروكسيد الكروم

خواص الخرسانة المتصلدة :

مقاومة الضغط

مقاومة الشد

مقاومة الانحناء

مقاومة القص

معالجة الخرسانة :

ولكن في جميع الأحوال ما عدا بعض التطبيقات الهامة، يجب أن تتم العناية بصورة متقنة حتى تتم معالجة الخرسانة جيداً، وتحقيق أفضل قوة وصلابة.يتم هذا بعد أن يتم صب الاسمنت. يحتاج الأسمنت إلى الترطيب، التحكم في البيئة المحيطة لاكتساب القوة والتصلب بشكل كامل أمر ضروري. مزيج الإسمنت يتصلب مع مرور الزمن، في البداية يكون سائلاً ثم يصبح صلباً وإن كان ضعيفاً جداً، ويزداد قوة في الأيام والأسابيع التالية. بعد حوالي ٣ أسابيع، عادة ما يتم التوصل إلى أكثر من ٩٠ ٪ من قوته النهائية، على الرغم من أنه قد يلزم عدة عقود من أجل تعزيز هذه القوة. الاماهة والتصلب للخرسانة خلال الأيام الثلاثة الأولى أمر بالغ الأهمية.التجفيف السريع بصورة غير طبيعية والانكماش نتيجة لعوامل مثل التبخر بفعل الرياح عند الصب قد يؤدي إلى زيادة إجهاد الشد في الوقت الذي لم يحصل بعد على قوة كبيرة، مما يؤدي إلى مزيد من التشقق الناجم عن الانكماشات. يمكن زيادة القوة في وقت مبكر بابقائه رطباً لفترة أطول خلال عملية المعالجة. التقليل من الإجهاد قبل المعالجة يقلل من التكسر. تزداد قوة الخرسانة لمدة تصل إلى ثلاث سنوات. ذلك يعتمد على ابعاد المقطع العرضي للمبنى وشروط استغلال الهيكل. خلال هذه الفترة يجب أن تكون الخرسانة في ظروف ذات درجة حرارة ورطوبة متحكم بها. في الممارسة العملية، يتحقق ذلك عن طريق

الرش أو غمر سطح الخرسانة بالماء، مما يوفر الحماية الشاملة من الآثار السيئة للظروف المحيطة. الصور تظهر اثنين من العديد من الطرق لتحقيق ذلك، الغمر والتغليف البلاستيكى(لمنع تبخر المياه). المعالجة بشكل صحيح تؤدي إلى زيادة القوة وانخفاض النفاذية، واتقاء تكسر السطح حين يجف قبل الأوان. ويجب أيضا الحرص على تجنب التجمد أو تسخين الاسمنت (استخدم في سد هوفر أنابيب تحمل المبرد أثناء الإعداد لتجنب إلحاق الضرر بالخرسانة). عدم المعالجة السليمة يمكن أن تؤدي إلى انخفاض قوة الخرسانة، وضعف المقاومة للتآكل والتشقق