الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

انشاء المباني

الطبعة الاولى
١٩٨٣

ارتين ليفون
استاذ مساعد

زهير ساكو
مدرس

جامعة بغداد ـ كلية الهندسة ـ قسم الهندسة المدنية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المقدمة

بناء على تكليف من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي وبكل فخر واعتزاز قمنا بتأليف كتاب منهجي في موضوع انشاء المباني في الهندسة المدنية وذلك وفقا للمناهج والمفردات الجديدة والتي اقرتها لجنة شؤون التعليم ـ مكتب السيد نائب رئيس مجلس قيادة الثورة .

ان الهدف من تأليف هذا الكتاب تقديم اهم المعلومات الاساسية التي يحتاجها الطالب في كلية الهندسة في موضوع انشاء المباني والتمهيد لاستيعاب الكثير من المعلومات التي لها علاقة مع دراساته المقبلة وممارسته المهنة بعد ذلك .

لم يتطرق الكتاب الى الحسابات التصميمية والنظريات الخاصة بها باعتبار ان ذلك من اختصاص مواضيع اخرى في مختلف المراحل الدراسية ولكن يستعرض الاساليب المتبعة محليا في اعمال البناء مع مناقشتها ومقارنتها مع الطرق الحديثة في الخارج . كما توخينا في الوقت ذاته ان يكون هذا الكتاب مفيدا الى المهندسين والمنفذين وذلك لما احتواه من الجوانب العلمية والتطبيقية ذات العلاقة مع انشاء المباني .

ان عرض فصول الكتاب جاء بترتيب يوازي تسلسل فقرات البناء تقريبا ابتداء من التخطيط وثم الحفريات واعمال الاسس فالارضيات وهكذا مؤكدين بتفصيل اوسع على المواضيع البنائية التي سوف لا تبحث في مراحل دراسية اخرى .

اعتمدت المصطلحات العربية الشائعة في المصادر العربية ومصادر المجمع العلمي العراقي أما بالنسبة الى بعض المصطلحات التي لم ترد في هذه المصادر فقد ارتؤي تثبيت المصطلح الذي يتفق مع سهولة الاستعمال والمتعارف عليه محليا والمقبول من ناحية السلامة اللغوية . كذلك اورد ذكر المصطلح الانكليزي لمرة واحدة باعتبار ان ذلك كافياً للتعرف على معنى المصطلح اينما تكرر ذلك .

ادرجت في نهاية الكتاب قائمة بالمصطلحات الانكليزية التي وردت في الكتاب مع ما يقابلها من مصطلحات عربية .

استعملت المقاييس المترية والعالمية القياسية في الكتاب مع ابعاد الوحدات الانكليزية وذلك كخطوة في سبيل تعميم استعمال الوحدات القياسية حيث ان استعمال بعض الوحدات المترية لا زال متعارفا عليه وساريا في مراجع عملية كثيرة ولدى بعض منتجي المواد الانشائية ومنفذي الاعمال . كما ادرج في نهاية الكتاب جدول بمعاملات التحويل بين مختلف الوحدات لانظمة القياس الانكليزية والمترية والعالمية للرجوع اليها عند الضرورة .

ان استعمال بعض المقاييس المترية انما يعتبر مرحليا يستوجب استبداله بالوحدات القياسية العالمية بعد تعميم استعمال تلك الوحدات بصورة كاملة .

ان المصادر التي اعتمدت عند التأليف كانت اجنبية بالاضافة الى ما هو متوفر من مصادر عربية ومحلية وخبرات المؤلفين الخاصة . استهدف الكتاب تغطية الموضوع بدرجة من الشمولية بحيث يقدم معظم الخبرات العالمية والمحلية حسب اهميتها .

حيث ان الكتاب في طبعته الاولى . لا نتوقع ان يكون متكاملا حسبما نصبو اليه ونأمل ان يكون النقد البناء الذي يقدمه ذوو الخبرة والاختصاص خير حافز لتطوير الكتاب في طبعاته القادمة . نرجو ان يكون هذا الكتاب قد سد فراغا بسيطا في المكتبة العربية ومساهمة متواضعة في خدمة ابناءنا الطلبة واخواننا المهندسين .

نقدم جزيل شكرنا الى كل من ساهم في انجازه ومن الله التوفيق .

آرتين ليفون
زهير ساكو

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الفصل الأول
مقدمة عامة عن المباني

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 مثبتة 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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 المنفصلة (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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

أ 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 وتصنيفها 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[illegible] باستخدام وحدات انشائية جاهزة مصنعة في معامل متخصصة تكون خارج الموقع في معظم الحالات . تركب هذه الوحدات في موقع العمل بموجب [illegible] وتفاصيل هندسية معينة . توجد انواع متعددة من البناء الجاهز بنسب [illegible] من التصنيع خارج موقع العمل . ففي بعض الابنية تكون كافة اجزاء الب[illegible] الاسس وحدات مصنعة خارج الموقع بما في ذلك انهاء الوحدات و[illegible] التراكيب الخدمية وفي انواع اخرى تكون بعض الاجزاء الرئيسية [illegible] مصنعة ويكون الانهاء مثلاً موقعياً .

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

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 وفضاءً 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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 ونصبها 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 ملافاة 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 آخر 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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الفصل الثاني
الأعمال الترابية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 :

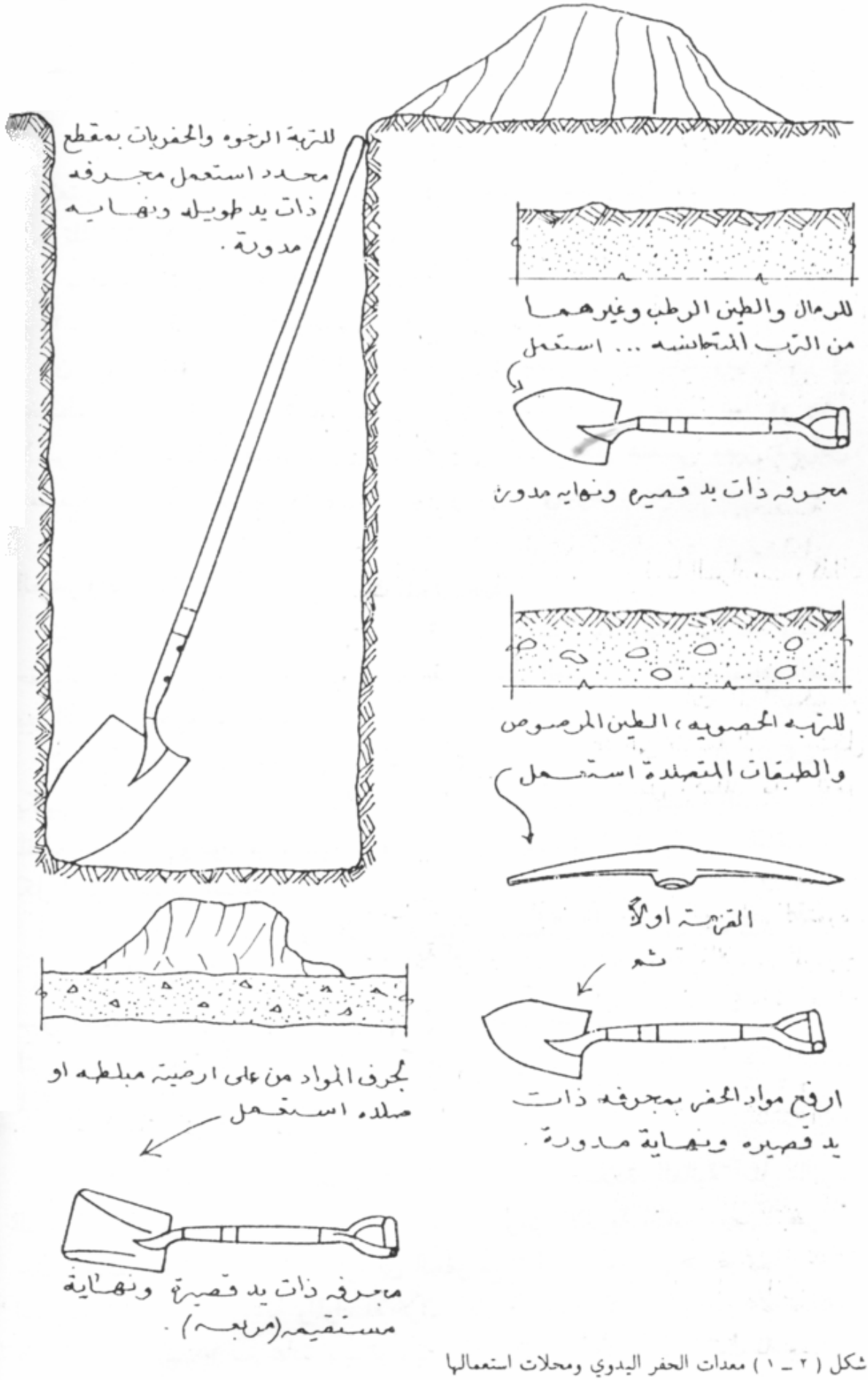
تشمل اعمال حفريات الاسس بانواعها بصورة رئيسة بما فيها السراديب وكذلك حفريات القنوات ومجاري الخدمات المختلفة واعمال الحفريات اللازمة لمواقع العمل بين الابنية والطرق والساحات . . . الخ .

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٢ ـ ١) معدات الحفر اليدوي ومجالات استعمالها

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 ـ ١٠) المحملة بواسطة المجرفة الالية . تكون ارضيات الحفر مستوية عادة و منهاة لحد مناسيب والاشكال المبينة في المخططات وفي حالة تجاوز الحفر المناسيب المحددة في المخططات فلا يجوز اعادة الدفن بالتراب بل تملاء بالخرسانة الضعيفة (١ : ٤ : ٨) (سمنت ـ رمل ـ 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 :ـ

١ ـ طبيعة التربة وخواصها الهندسية .

٢ ـ محتوي الرطوبة وحركة المياه الجوفية .

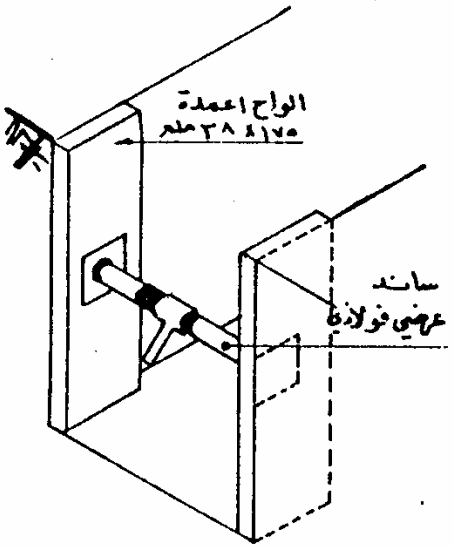
٣ ـ عمق الحفر .

٤ ـ الاحمال الجانبية المجاورة وطبيعتها (ساكنة ، متحركة او اهتزازية) .

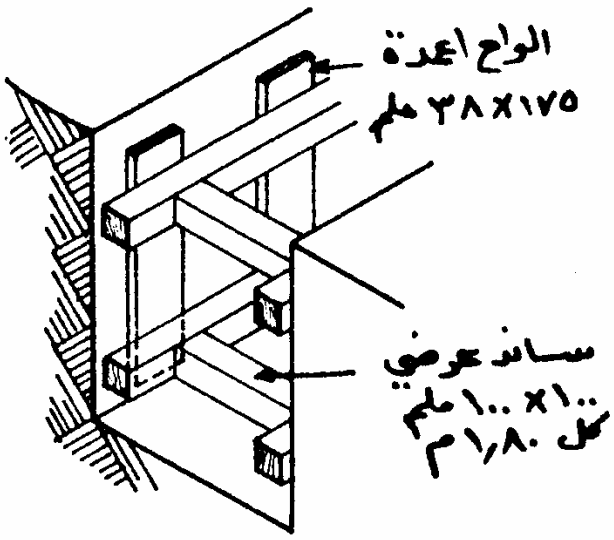
تستعمل المساند الوقتية لتأمين جوانب الحفريات المعرضة للانهيار وتكون هذه المساند اما من الاخشاب أو الصفائح الحديدية أو الركائز الصفيحية . الاشكال (٢ ـ ٢ ، ٣ ، ٤) تبين كيفية استعمال المساند الوقتية ويبين الجدول رقم (٢ ـ ١) الحاجة الى استعمال المساند مع نوعياتها . ان اعمال الحفريات العميقة جدا تستوجب تصميم 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

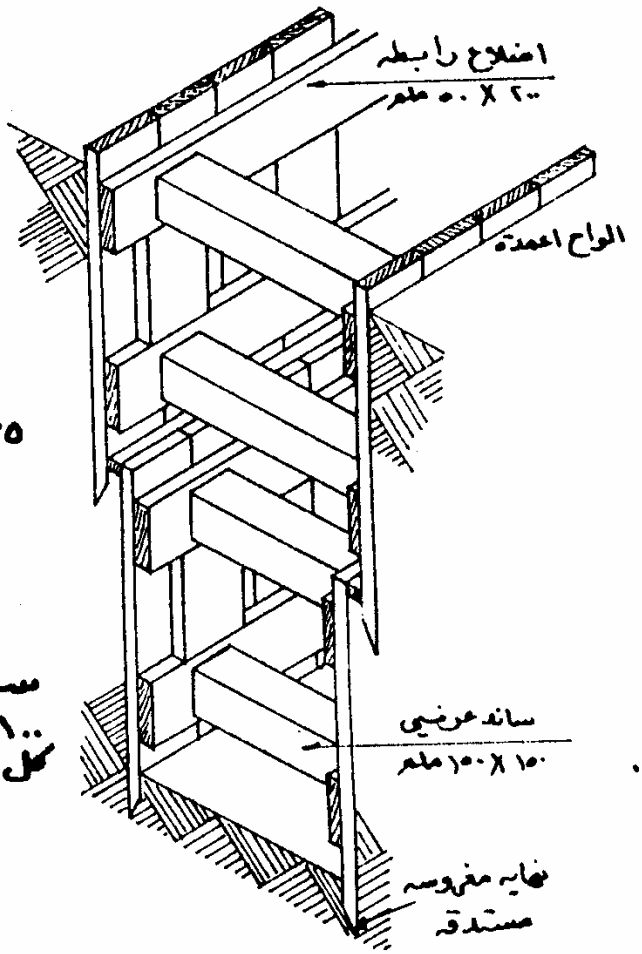
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



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



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



شكل (٢ ـ ٤) سند القنوات في تربة رخة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 (poling 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 وتتاخم التربة في جانبي الحفر .

الاضلاع الرابطة (wallngs)، وهي اجزاء تمتد طوليا (افقيا) باتجاه الحفر وتقوم باسناد وربط الواح الاعمدة . يتراوح مقطعها بين ١٧٥ × ٥٠ ملم و ٢٥٥ × 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 متاخمة 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) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

نوع التربة	عمق الحفر لحد ١.٥ م (ضحل)	١.٥ ـ ٤.٥ م (متوسط)	اكثر من ٤.٥ 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) مثلاً .

جـ ـ اسناد كامل مستمر تكون الواح أعمدة المتجاورة أو الواح السند متماسة . شكل (٢ ـ ٤) مثلاً 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) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 او 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 ـ 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 الاسفل . يمكن استعمال قطع عمودية صغيرة بين الاضلاع الرابطة فوق الواح الاعمدة أو المساند المغروسة للتقوية . يجوز استعمال انظمة اخرى 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 المساندة 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 .

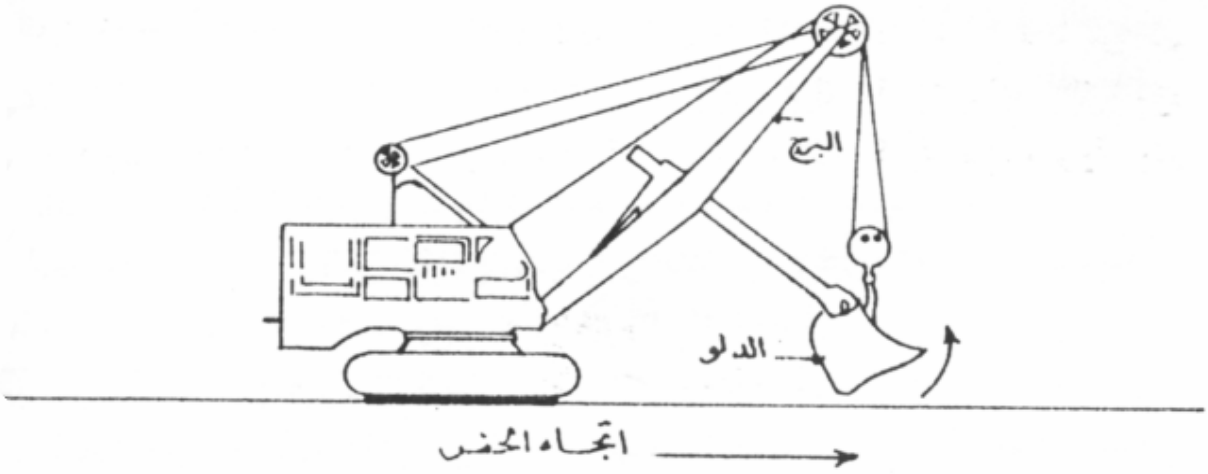
ب ـ الحفر بواسطة المعدات الميكانيكية : ـ تستعمل المعدات الميكانيكية في الحفريات الكبيرة والواسعة وكذلك الحفريات التي تنقل تربتها الى الخارج أو الحفريات التي يستوجب انجازها بسرعة حيث ان المعدات الميكانيكية تتميز بانتاجية عالية وخاصة في الاعمال الكبيرة وبامكانية تلك المعدات حفر ورفع الاتربة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

خارج الحفرة وحتى تجميلها 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 : ـ

المجرفة الالية (power shovel) : (شكل ٢ ـ 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 .

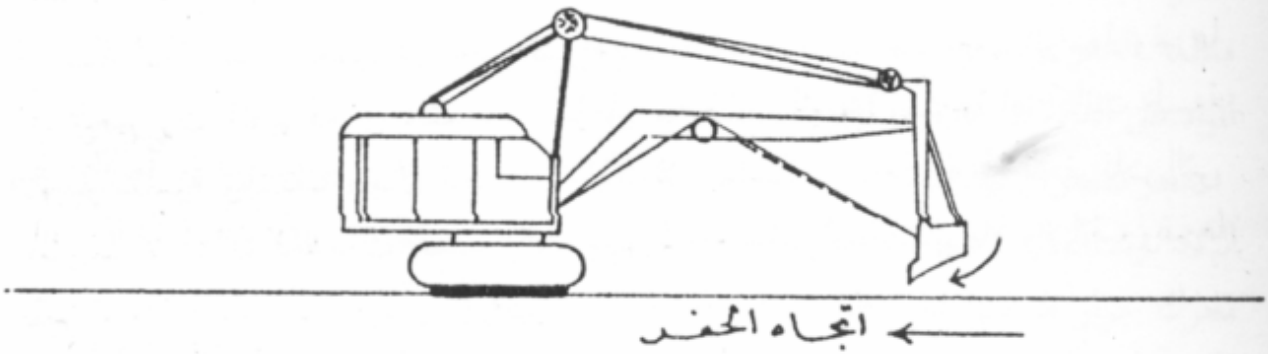


شكل (٢ ـ ٥) المجرفة الالية

المجرفة الخلفية (back hoe) : شكل (٢ ـ 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

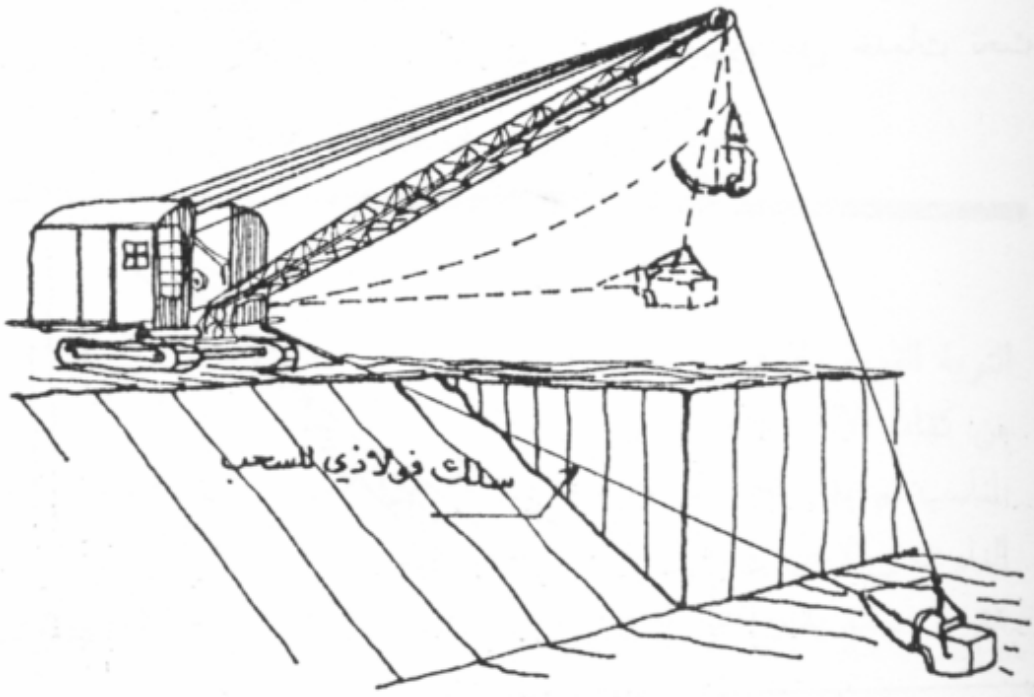
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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



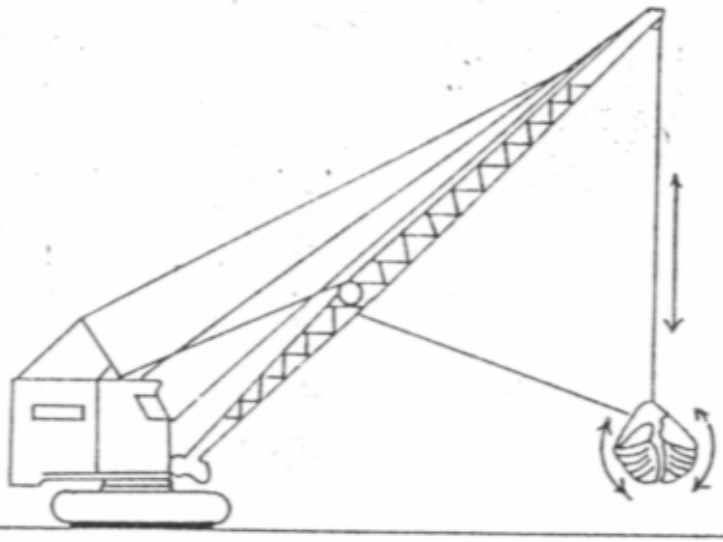
شكل (٢ ـ ٧) الحفارة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 . أن 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 انها مفضلة الاستعمال في الحفريات في المناطق المحددة وعندما ترفع التربة عموديا . اكثر ما تستعمل هذه الآلة 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

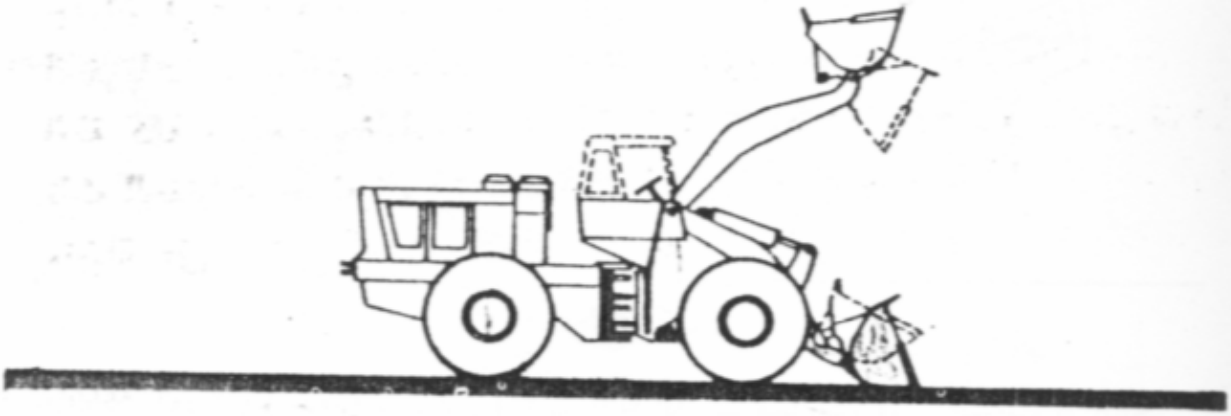


شكل (٢ ـ ٨) الدلو المحاري

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 (كبل) 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 ـ ١٠) .

مجرفة جرار (tractor shovel) : شكل (٢ ـ 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 كفأة اداء الالة . قد تزود مقدمة الدلو باسنان فولاذية عند حفر



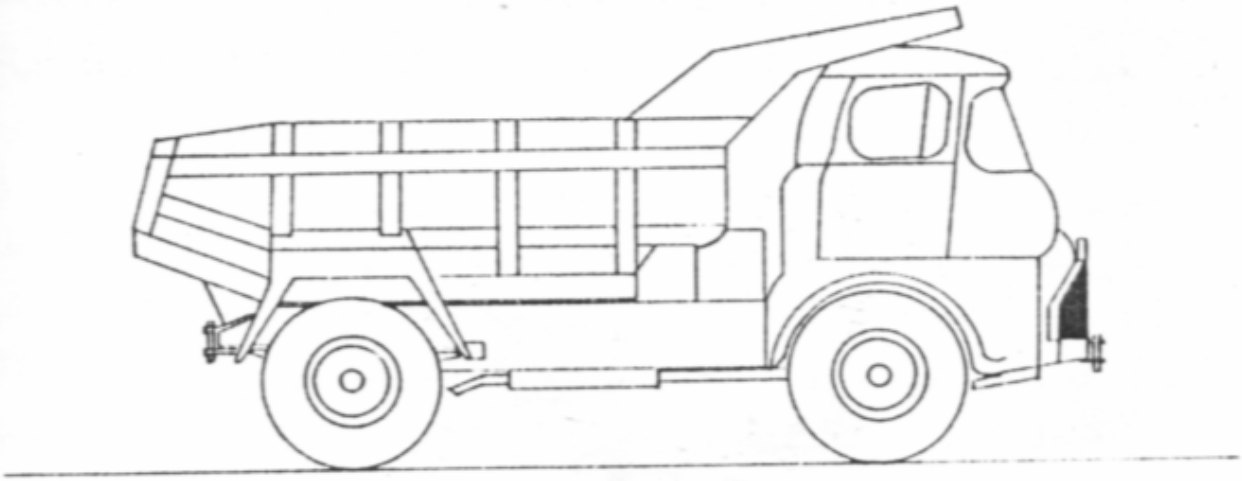
شكل (٢ ـ ٩) مجرفة جرار

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

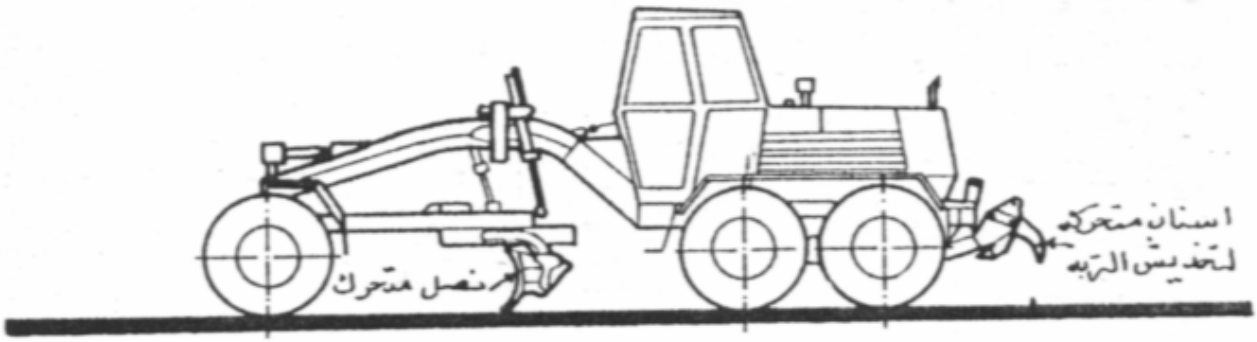
العموم لاسلوب الحفر بالمجرفة الالية الا ان المجرفة الجرار تستعمل عادة لاعمال اصغر واقل عمقا أي انها لا تستعمل لاعمال عميقة جدا وخاصة عند وجود مياه جوفية حيث لا تستطيع الالة ان تعمل او انها تعمل بكفاءة قليلة . ان الالة تعمل على حفر الجوانب المواجهة لها والتي هي اعلى من الارض التي تعمل عليها وكذلك فبامكانها 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 ـ ١٠) ناقلة قلابة

آلة التسوية (المدرجة) : شكل (٢ ـ 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

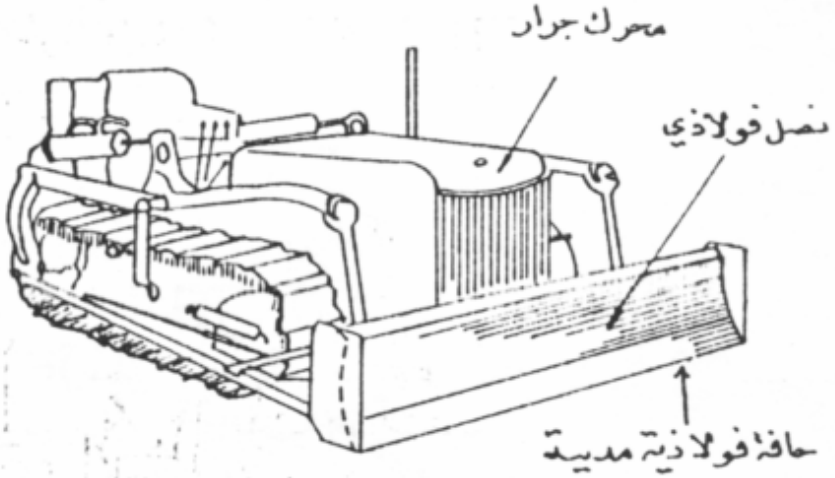


شكل (٢ ـ ١١) آلة التسوية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 ـ ١٢) : الة كثيرة الاستعمال في الاعمال الترابية الكبيرة المختلفة فهي بالاضافة لاعمال الحفر تقوم بمهام جرار دفع الالة القاشطة وكذلك كآلية 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 كآلية دفع الاتربة ثم كآلية 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 .



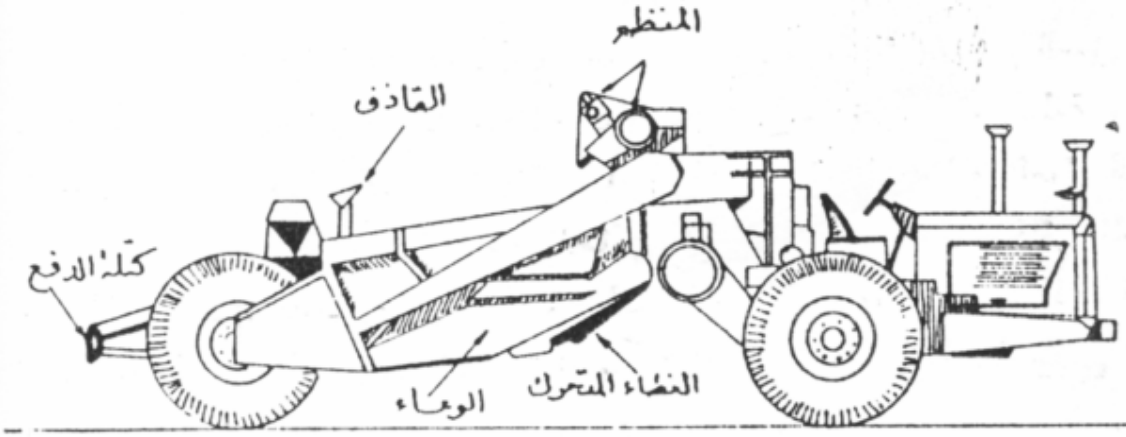
شكل (٢ ـ ١٢) البلدوزر

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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

هنالك نوع مشابه لهذه الالية ويسمى (انكل دوزر) (angle dozer) وهي بلدوزر ذات نصل يمكن تدويره بمستوى افقي بالنسبة لمسار الالية حيث يدار النصل بمكابس هيدروليكية . تتميز هذه الالية بقابلية نشر 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 ـ ١٣) : ـ آلية تستعمل في قشط ونقل وتوزيع انواع التربة عدا الصخرية منها . تستعمل في الاعمال الواسعة كالطرق والمطارات وغيرها تتكون من وعاء بشكل طاس 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 الآلية بواسطة محرك جرار باطارين مطاطيين يكون جزءاً دائميا من الآلية أو يكون منفصلا عنها (وفي هذه الحالة يرتكز الوعاء على اربعة اطارات وكذلك الجرار وقد يكون الوعاء باطارين فقط) .



شكل (٢ ـ 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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 أخرى تستعمل في اعمال الحفريات مثل معدات حفر القنوات (trenchers) بانواعها ذات الدلو الواحد أو ذات الدلاء المتعددة المسلسلة أو ذات العجلات 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 ٢٥ 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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 ممكننا) 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 الملحقة 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

آ ـ التصريف المباشر .

ب ـ التصريف بالضخ .

جـ ـ التصريف باستعمال نظام نقاط البئر . (wellpoint system)

د ـ طرق اخرى .

آ 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 (آ) الا ان السواقي نفسها تتجمع في نقطة واحدة او اكثر في اوطأ منسوب وتعمل حفرة بابعاد مناسبة يضخ منها الماء الى الخارج . يحذر 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الفصل الثالث

أعمال الأسس

إعداد وسكنر المهندس: أبومعاذ الراوي
مهندس السواهيك

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

١ ـ طبيعة التربة وطبقاتها الصالحة لتحمل احمال المنشأ .

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

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

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

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

٦ ـ عمل الاسس بعمق لا يؤثر على الاشجار التجميلية التي يُرغب ببقائها .

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

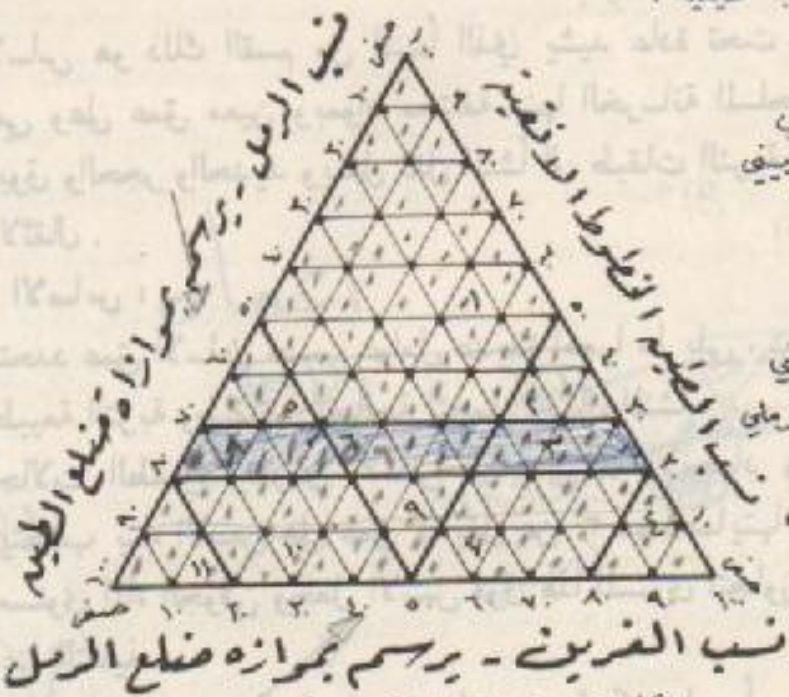
طبيعة التربة وعلاقتها بالاسس : ـ

يتطلب قبل المباشرة بأي تصميم بنائي فحص تربة الموقع من قبل مختبر هندسي للتعرف على خواص التربة الفيزياوية والكيمياوية والميكانيكية ومقدار تحمل طبقاتها للاحمال ونوعية الاسس المناسبة ونزولها المتوقع نوعا ومقدارا ويقدم المختبر تقريرا وافيا يُمكّن 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الاساسية طينية (clay) أو غرينية (silt) أو رملية (sand) أو بنوعيات متمازجة أخرى . فمثلا تقاطع موازيات ٧٠ ٪ من الطين و ٢٠ ٪ من الرمل و ١٠ ٪ من الغرين تشير الى أن التربة طينية .



شكل (٣ ـ ١) مثلث تصنيف التربة وتحديد نوعياتها

الجدول رقم (٣ ـ ١) يبين التحمل التقريبي لنوعيات التربة المختلفة . قد يتطلب اجراء فحص التربة موقعيا وبموجب طلبات ومواصفات خاصة لمعرفة خصائص التربة وتحملها الدقيق والملاحظات والتوصيات الاساسية اللازمة لتصميم الاسس وعملها .

جدول رقم (٣ ـ ١) نوعيات التربة وتحمل كل منها حسب ترتيب التحمل تنازليا

نوع التربة	التحمل كغم / سم٢
١ ـ تربة صخرية صلدة	من ٣٠ ـ ٤٠
٢ ـ تربة صخرية غير صلدة	١٠ ـ ١٢
٣ ـ تربة صخرية رخوة	٨ ـ ١٠
٤ ـ تربة حصوية أو حصوية رملية	٦ ـ ٨
٥ ـ تربة رملية خشنة متراصة	٢,٥ ـ ٤
٦ ـ تربة طينية جافة وصلبة	٢ ـ ٣
٧ ـ تربة طينية ورملية	١,٥ ـ ٢
٨ ـ تربة رملية ناعمة	١ ـ ٢
٩ ـ تربة طينية رخوة	١/٢ ـ ١/٤
١٠ ـ تربة دفن	١/٤ ـ ١/٢

ملاحظة : ـ الطن الواحد / قدم٢ يع كيلونيوتن / م٢ او كغم / سم٢ باعتبار ان الكيلوالواحد = ١٠ نيوتن تقريبا
(1 kg = 10 N)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تصنف التربة ايضا بالنسبة لتحملها الى نوعين اساسيين بصرف النظر عن طبيعتها ونسب مكوناتها وهما .

١ ـ **التربة غير قابلة الانضغاط** : وتشمل التربة الصخرية ذات التحمل العالي حيث يمكن البناء فوقها مباشرة وبدون ثمة حاجة الى عمل اسس بشرط أن تخلو هذه الطبقة من الشقوق والعروق والجيوب والمسامية العالية والطبقات المائلة التي ان وجدت تسبب الانزلاق والنزول المفاجيء عند نقلها احمال المنشأ .

٢ ـ **التربة قابلة الانضغاط** : وتشمل جميع انواع التربة غير الصخرية اعلاه والتي تحتاج الى عمل الاسس لتوزيع احمال المنشأ عليها حسب قابليتها في التحمل .

انواع الاسس : ـ

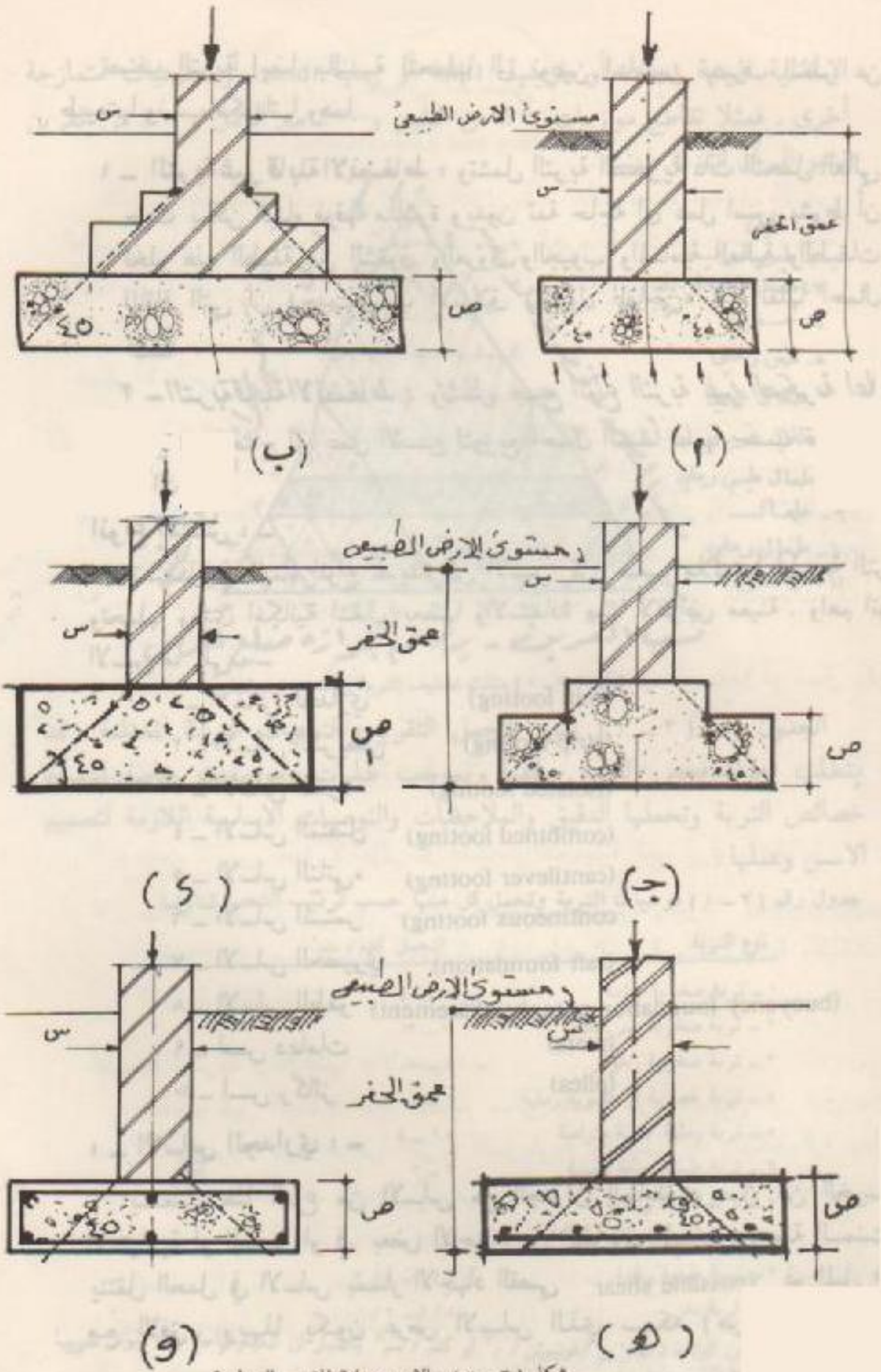
تستعمل في البناء انواع عديدة من الاسس كل حسب ملائمتها لطبيعة التربة وتحملها ومدى امكانية اشغال بعضها والاستفادة منها لاغراض معينة . واهم انواع الاسس ما يلي : ـ

١ ـ الاساس الجداري (wall footing)
٢ ـ الاساس الشريطي (strip footing)
٣ ـ الاساس المنفرد (isolated footing)
٤ ـ الاساس المتصل (combined footing)
٥ ـ الاساس الناتيء (cantilever footing)
٦ ـ الاساس المستمر contineous footing)
٧ ـ الاساس الحصيري (raft foundation)
٨ ـ الاساس الطفو (buoyancy foundation or tanked basement)
٩ ـ اسس دعامات (piers)
١٠ ـ اسس ركائز (piles)

١ ـ الاساس الجداري : ـ

يستعمل هذا النوع من الاساس مع الجدران الحاملة ويعمل من الخرسانة الاعتيادية او المسلحة او في بعض الاحيان من الطابوق المصخرج ومونة السمنت ينتقل الحمل في الاساس بمسار الاجهاد القصي (possible shear) ذو الميل ٤٥° مع الافق . وبهذا يكون عرض الاساس الذي سمكه (ص) مساوياً الى

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٣ ـ ٢) حالات مختلفة للاسس الجدارية .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(س + ٢ ص) كما مبين في الشكل (٣ ـ ٢ أ) على ان لا تقل قيمة (ص) بموجب بنود مدونة معهد الخرسانة الاميركي ـ على سبيل المثال ـ عن (٢٠) سم للاساس من الخرسانة غير المسلحة و (١٥) سم للاساس من الخرسانة المسلحة .

قد يكون عرض الاساس احياناً بموجب التصميم الهندسي اكثر من (س + ٢ ص) وذلك لنقل الاحمال الى التربة بضمن حدود تحملها . يمكن في هذه الحالة عمل الاساس الجداري باحدى تفاصيل الحالات الثلاث التالية .

١ ـ عمل تدرج في الجدار الحامل كما في الشكل (٣ ـ ٢ ب) أو عمل تدرج في الاساس الخرساني كما في الشكل (٣ ـ ٢ جـ) بحيث يبقى مساري الاجهاد القصي المرسومين من طرفي التدرج ضمن عرض الاساس المطلوب .

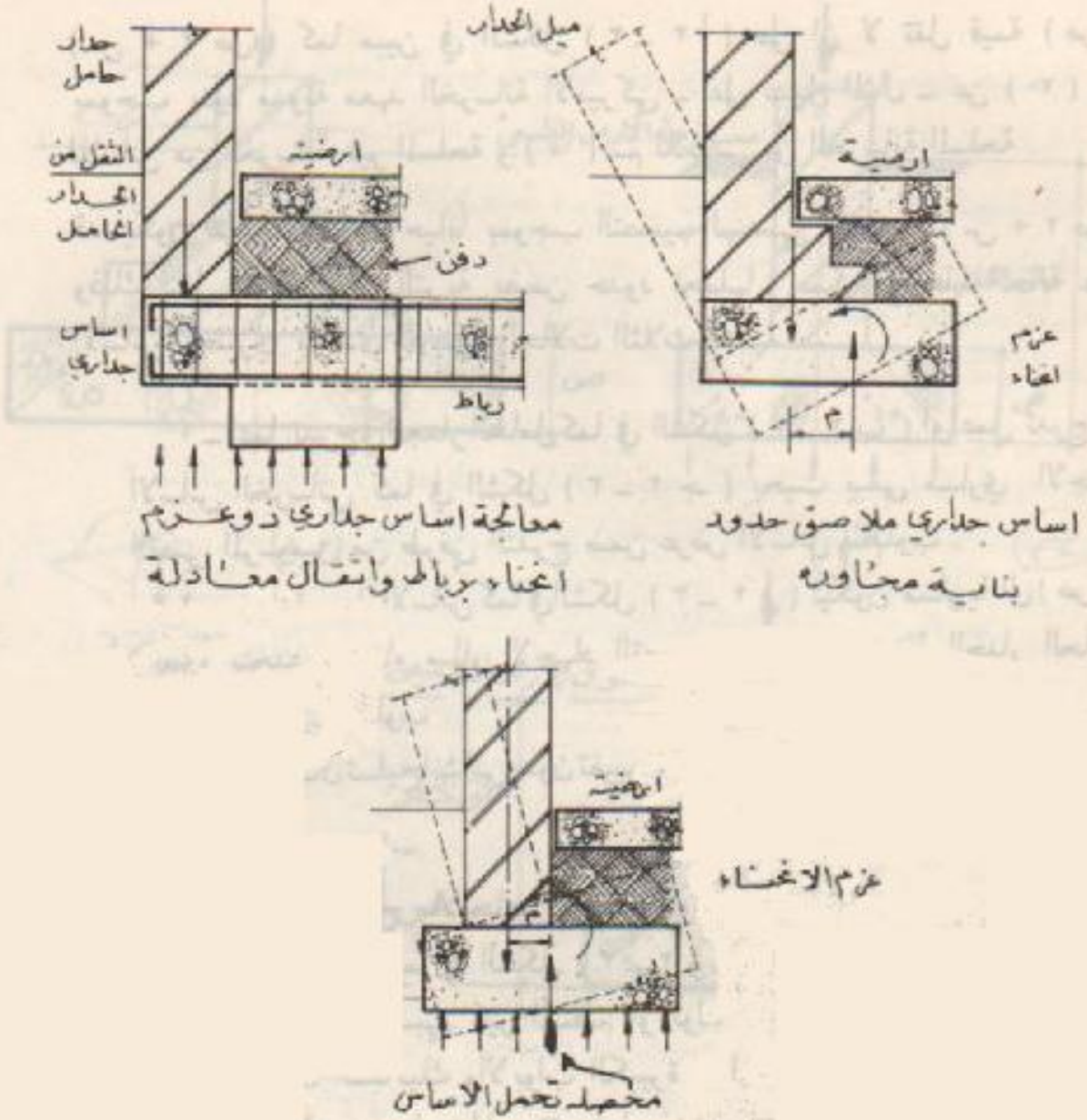
٢ ـ زيادة سمك الاساس كما في الشكل (٣ ـ ٢ د) ليكون مساويا الى (ص) والذي يتحدد بالتقاء مسار الاجهاد القصي المرسوم من حافة الجدار الحامل وعرض الاساس المطلوب .

٣ ـ استعمال تسليح انشائي بدون تغيير سمك الاساس كما في الشكل (٣ ـ ٢ هـ) .

يتطلب اضافة تسليح بالاتجاهين وبطبقة واحدة في القسم السفلي او بطبقتين لقسميه العلوي والسفلي كما في الشكل (٣ ـ ٢ و) وذلك بالنسبة الى الحالات التي يتوقع حدوث النزول النسبي غير المنتظم او تولد عزوم انحناء في مواقع الاحمال المركزة عند فتحات الشبابيك والابواب الكبيرة او لوجود مواقع دفن او حركة مياه جوفية تؤثر على الاسس مما يتطلب تقويتها باضافة التسليح المناسب .

تصمم الاسس الجدارية لتحمل احمالا تمركزية من الجدران الحاملة وبدون عزوم انحناء . عند وجود عزم انحناء على الاساس وهنا يحدث بالنسبة الى اسس الجدران التي تلاصق حدود بناية مجاورة كما في الشكل (٣ ـ ٣) فيتطلب معالجتها بمعادلة عزوم الانحناء المؤثرة عليها بعزوم احمال الاسس والدفن وطبقات الارضية فوقه او استعمال رباطات من الخرسانة او الفولاذ لنقل تأثير العزوم الى الجدران المجاورة . تتطلب مثل هذه المعالجات الدراسة والتصميم الجيدين حيث في حالة اهمال المعالجة عند التصميم تظهر العيوب في المستقبل ومنها ارتفاع الارضيات وانحناء الجدار وظهور الشقوق فيه مما يصعب معالجتها معالجة جذرية .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

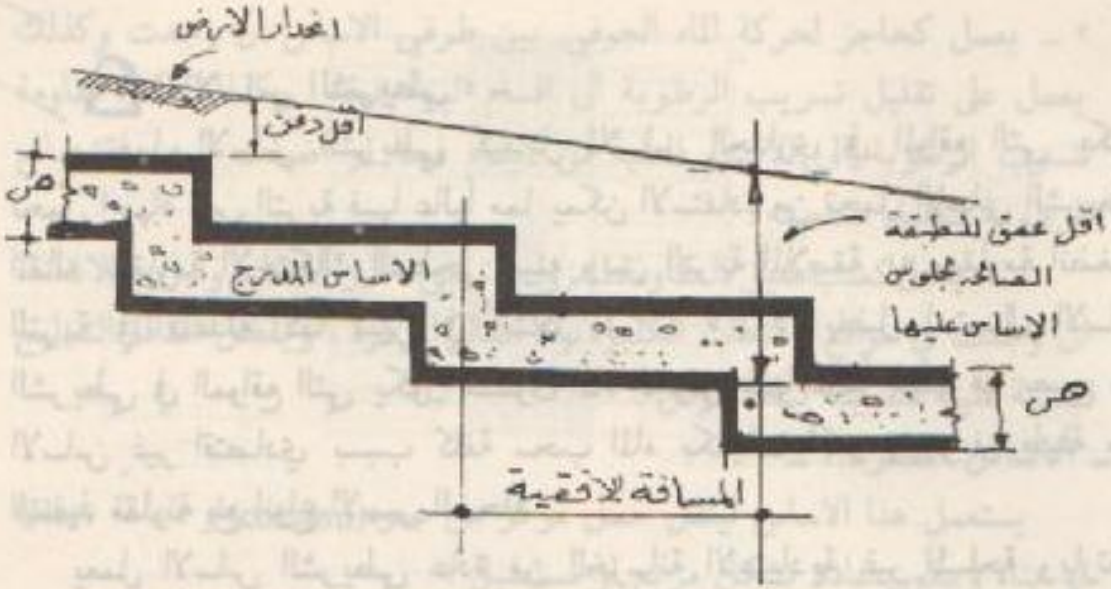


شكل (٣ ـ ٣) ثلاث حالات لاساس جداري ذو عزم انحناء

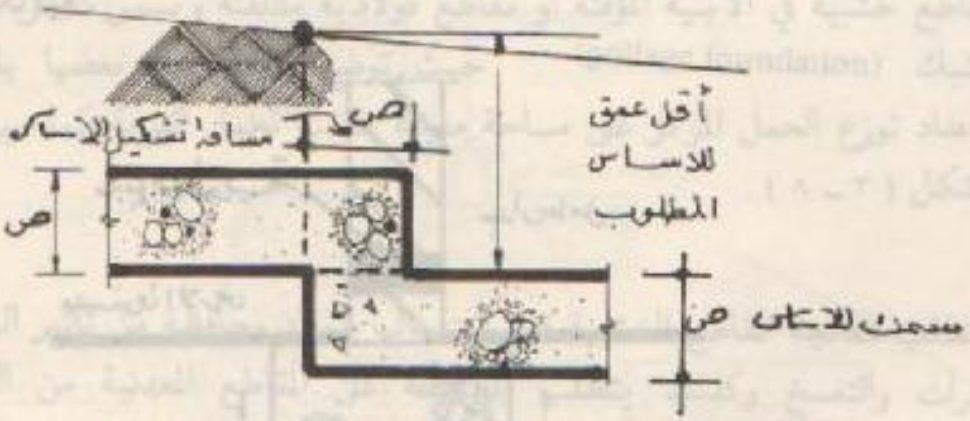
اساس جداري مدرج : (stepped footing)

يستعمل الاساس الجداري المدرج عندما يكون الموقع ذا انحدار مما يجعل الحفر والدفن فوق الاساس بكميات كبيرة ان اريد جعلها بمستوى افقي واحد . يتطلب جلوس الاساس المدرج على الطبقة الصالحة من التربة لتحمله . وبموجب هذا وانحدار الموقع يمكن تحديد المسافة الافقية بين تدرج واخر كما مبين في الشكل (٣ ـ ٤) . يفضل أن يكون تغيير مستوى الاساس في مواقع التدرج مساويا الى سمك الاساس ومسافة التشكيل مساوية الى هذا السمك ايضا كما في الشكل (٣ ـ ٥) وذلك للحصول على التدرج المنتظم غير الحاد وباعماق حفر ودفن مقبولين .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

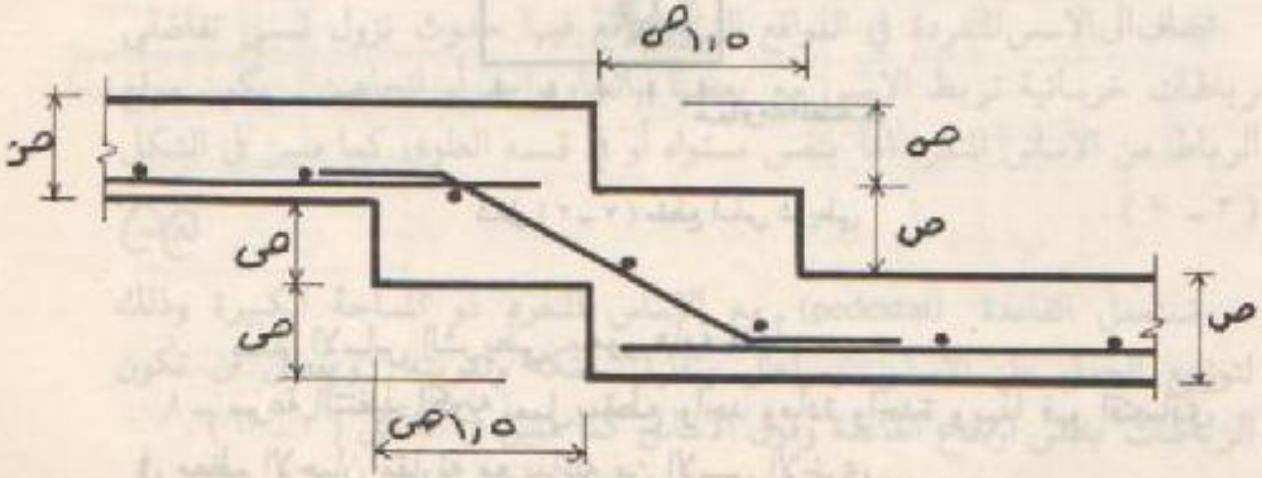


شكل (٣ ـ ٤) مقطع طولي لاساس مدرج يبين المسافات الافقية بين التدرج



شكل (٣ ـ ٥) مقطع مفصل لموقع التدرج من الاساس المدرج

يمكن عمل تدرج باكثر من مرحلة واحدة كما مبين في الشكل (٣ ـ ٦) وذلك في الحالات التي يكون انحدار الارض فيها شديدا .



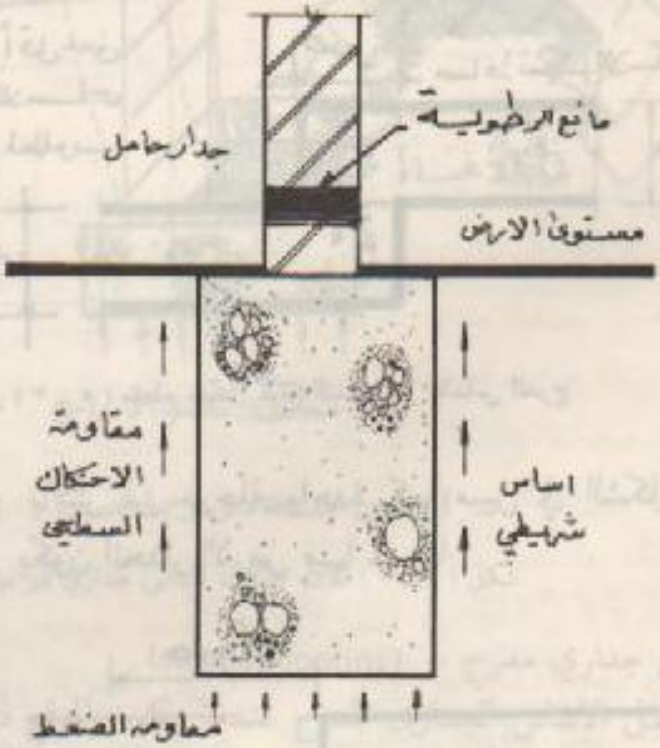
شكل (٣ ـ ٦) اساس متدرج في موقع ذو انحدار شديد .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

٢ ـ الاساس الشريطي :ـ

يستعمل الاساس الشريطي كبديل للاساس الجداري في المواقع التي يكون تحمل اجهاد قص التربة فيها عالياً مما يمكن الاستفادة من تحمل الاساس الشريطي اثقاله بمقاومة الاحتكاك السطحي بينه وبين التربة الملاصقة به ومقاومة انضغاط التربة في قاعدته كما مبين في الشكل (٣ ـ ٧). لا يفضل استعمال الاساس الشريطي في المواقع التي يكون مستوى الماء الجوفي فيها عالياً 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 (٣ 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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

٢ ـ يعمل كحاجز لحركة الماء الجوفي بين طرفي الاساس ان وجدت وكذلك يعمل على تقليل تسريب الرطوبة الى اقسام البناء فوقه . وكذلك اكثر مقاومة لتسرب الرطوبة الى الاقسام العليا من البناء فيما لو اضيفت اليه مادة مانع الرطوبة لتقليل مساميته .

٣ ـ يعمل كعتب عميق ذا مقاومة للنزول النسبي غير المنتظم ولعزوم الانحناء ان وجدت في مواقع الفتحات الكبيرة والاحمال المركزة ، ويفضل اضافة التسليح بنسبة قليلة لتقويته لهذا الغرض .

٣ ـ الاساس المنفرد : ـ

يستعمل هذا الاساس لينقل حمل مركز من عمود(column)او دعامة (pier) او بناء ويكون عادة بشكل مربع او مستطيل .

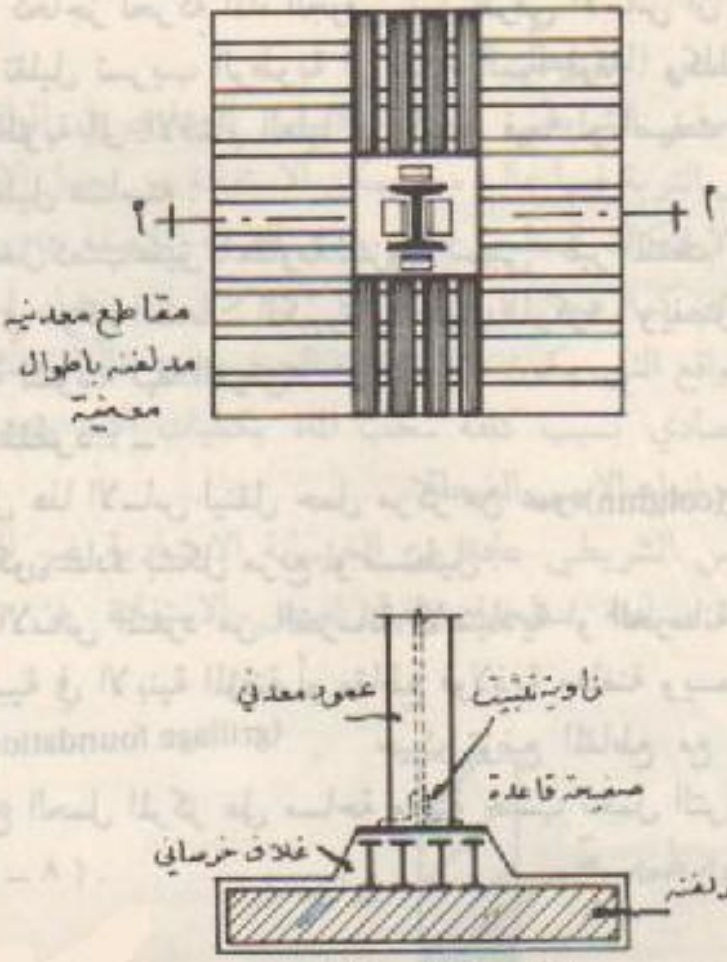
يعمل الاساس المنفرد من الخرسانة الاعتيادية او الخرسانة المسلحة او من مقاطع خشبية في الابنية المؤقتة أو مقاطع فولاذية مدلفنة ويسمى اساس منفرد مشبك (grillage foundation) . حيث توضع المقاطع مع بعضها باطوال واعداد توزع الحمل المركز على مساحة معينة حسب تحمل التربة كما مبين في الشكل (٣ ـ ٨) .

يتطلب معالجة المقاطع الخشبية قبل استعمالها بمواد محافظة من تأثير الرطوبة والحشرات والتفسخ وكذلك يتطلب المحافظة على المقاطع المعدنية من التأكسد والتآكل بعمل غلاف خرساني أو الطلاء باصباغ دهنية او مواد قيرية .

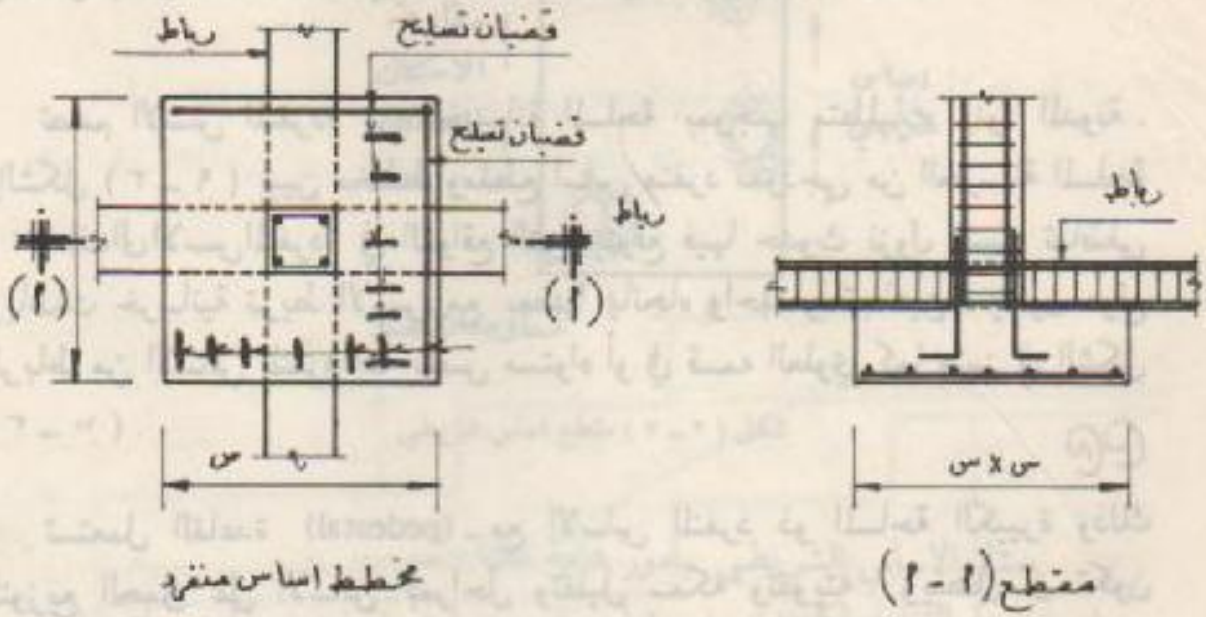
تصمم الاسس المنفردة من الخرسانة المسلحة بموجب متطلبات بنود المدونة . والشكل (٣ ـ ٩) يبين مخطط ومقطع اساس منفرد نموذجي من الخرسانة المسلحة تضاف الى الاسس المنفردة في المواقع التي يتوقع فيها حدوث نزول نسبي تفاضلي رباطات خرسانية تربط الاسس مع بعضها باتجاه واحد أو اتجاهين . يكون موقع الرباط من الاساس المنفرد اما بنفس مستواه أو في قسمه العلوي كما مبين في الشكل (٣ ـ ١٠) .

تستعمل القاعدة (pedestal) ـ مع الاساس المنفرد ذو المساحة الكبيرة وذلك لتوزيع الحمل على الاساس بمراحل وتقليل سمكه وتقويته . ويفضل ان تكون الرباطات بنفس ارتفاع القاعدة وفوق الاساس كما مبين في الشكل (٣ ـ ١١) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

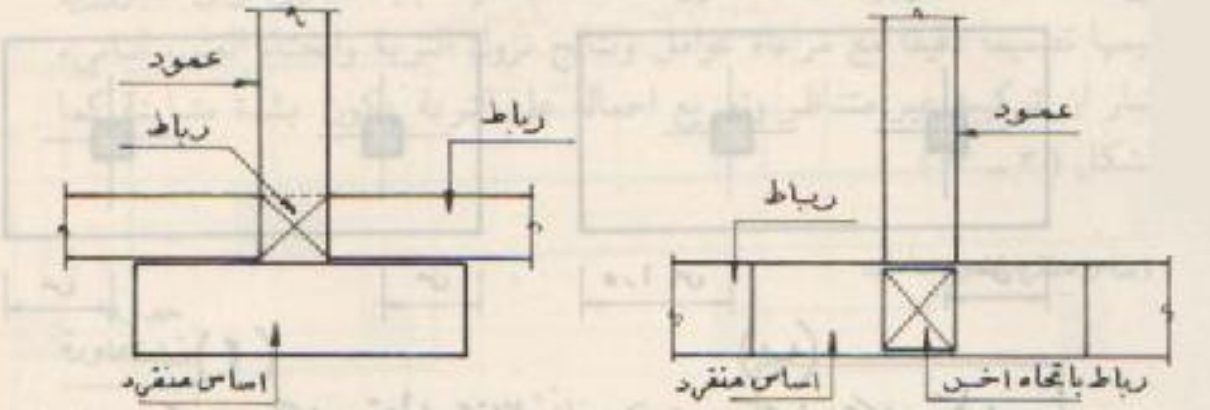


شكل (٣ ـ ٨) اساس منفرد مشبك من مقاطع معدنية مع غلاف خرساني



شكل (٣ ـ ٩) مخطط ومقطع اساس منفرد مع رباط من الخرسانة المسلحة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



(أ) الربط بنفس مستوى الاساس (ب) الرباط فوق الاساس

شكل (٣ ـ ١٠) وضعية الرباط مع الاساس المنفرد

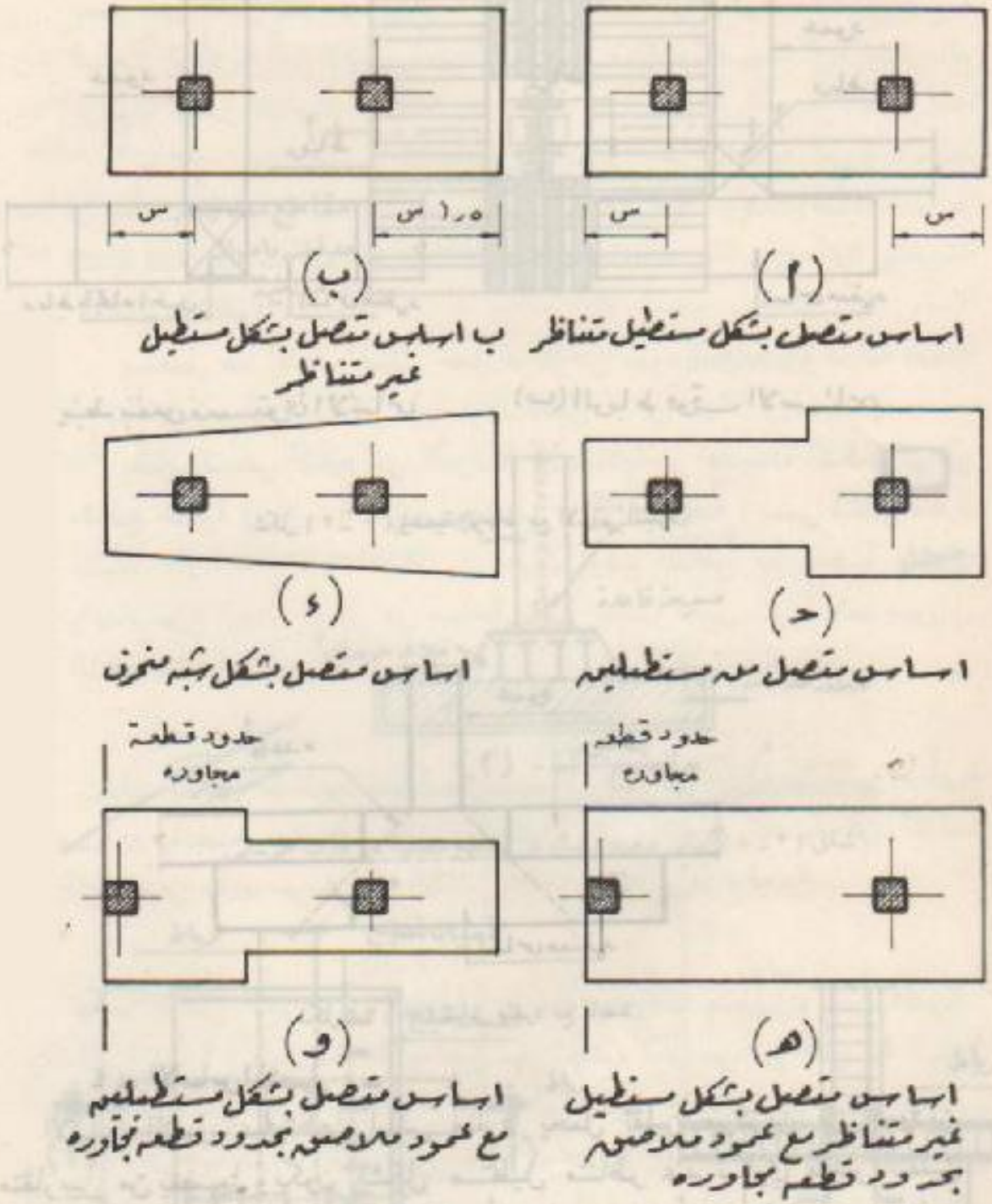
شكل (٣ ـ ١١) اساس منفرد مع قاعدة

٤ ـ الاساس المتصل : ـ

الاساس المتصل عبارة عن اساس منفرد يحمل ثقلين مركزين من عمودين متقاربين من بعضهما ويكون بشكل مستطيل متناظر عند تساوي مقدار الثقلين المركزين أو بشكل مستطيل غير متناظر أو شبه منحرف أو مستطيلين عند تباين مقدار الثقلين المركزين أو عندما يكون احد العمودين ملاصقا بحدود القطعة المجاورة كما مبين ذلك في الشكل (٣ ـ ١٢) .

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



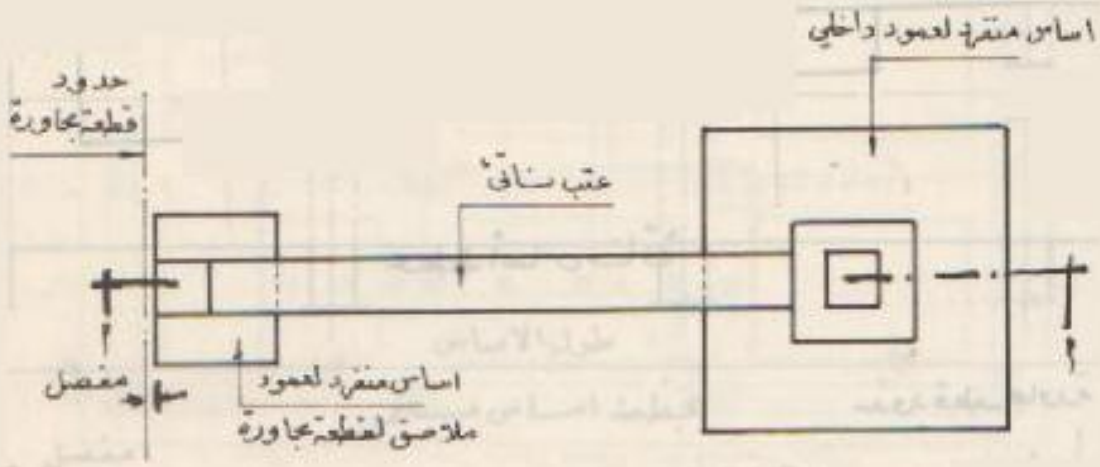
شكل (٣ ـ ١٢) حالات من انواع الاساس المتصل

٥ ـ الاساس الناتيء :ـ

الاساس الناتيء عبارة عن اساسين منفردين يربطهما عتب ناتيء من الخرسانة المسلحة . ينقل العتب الناتيء حمل العمود الخارجي الذي له اساس منفرد غير متناظر الى قاعدة العمود الداخلي الذي له اساس منفرد متناظر . يعمل الاساس

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الناتيء للاعمدة الخارجية عندما تكون ملاصقة بحدود ابنية مجاورة ومن الضروري تصميمها تصميما دقيقا مع مراعاة عوامل ونتائج نزول التربة وانحناء العتب الناتيء باعتبار ان تركيبه غير متناظر وتوزيع احماله على التربة يكون بشدة متباينة كما في الشكل (٣ ـ ١٣)



مخطط اساس ناتئ

مقطع (أ ـ أ) لاساس الناتئ اعلاه

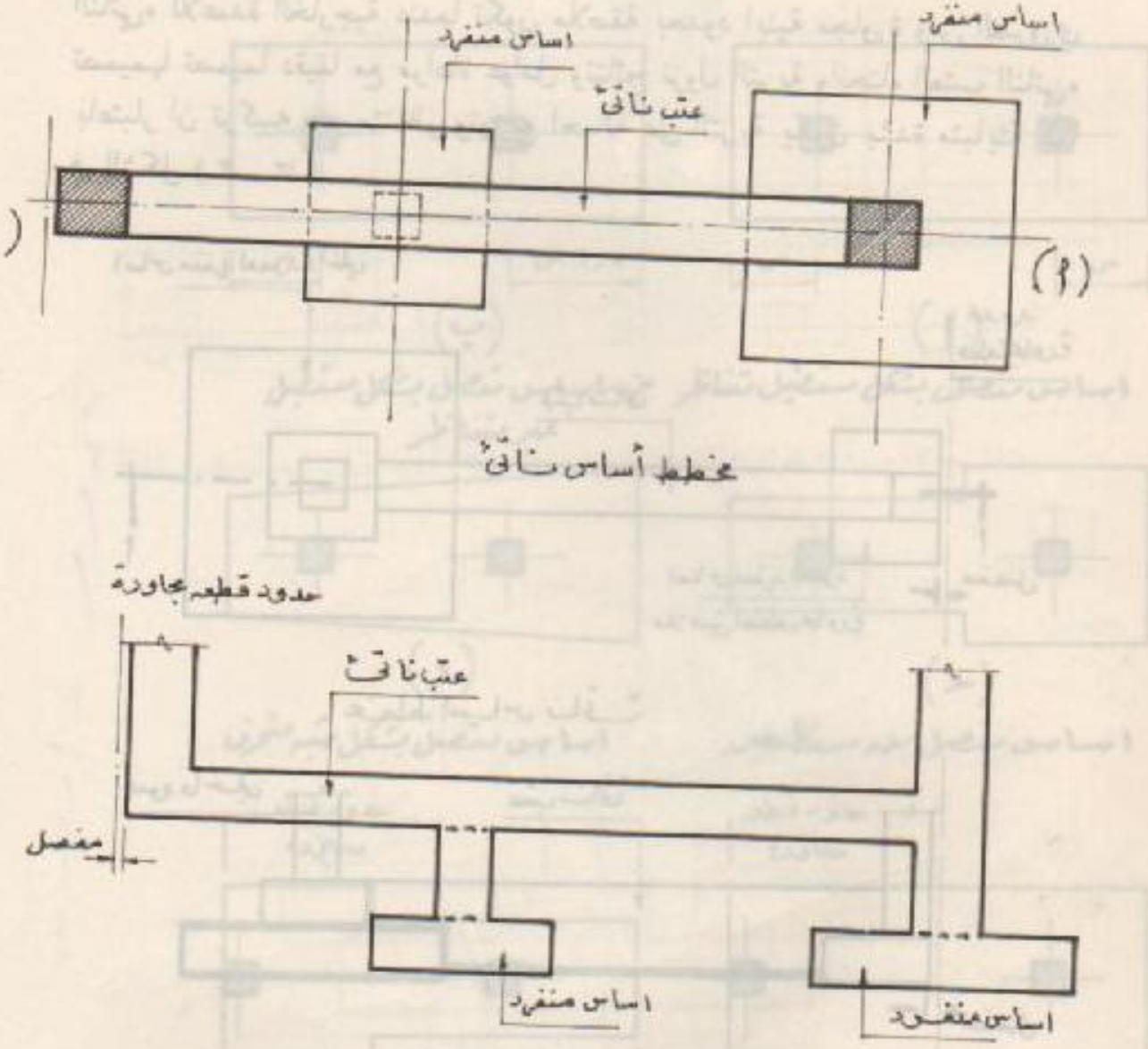
شكل (٣ ـ ١٣) مخطط ومقطع عتب ناتيء

يمكن عمل الاساس الناتيء باستعمال عتب ناتيء متصل باساسين منفردين لنقل حمل عمود خارجي الى هذين الاساسين المنفردين كما مبين في الشكل (٣ ـ ١٤)

٦ ـ الاساس المستمر : ـ

الاساس المستمر عبارة عن اساس لعدة اعمدة 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 .

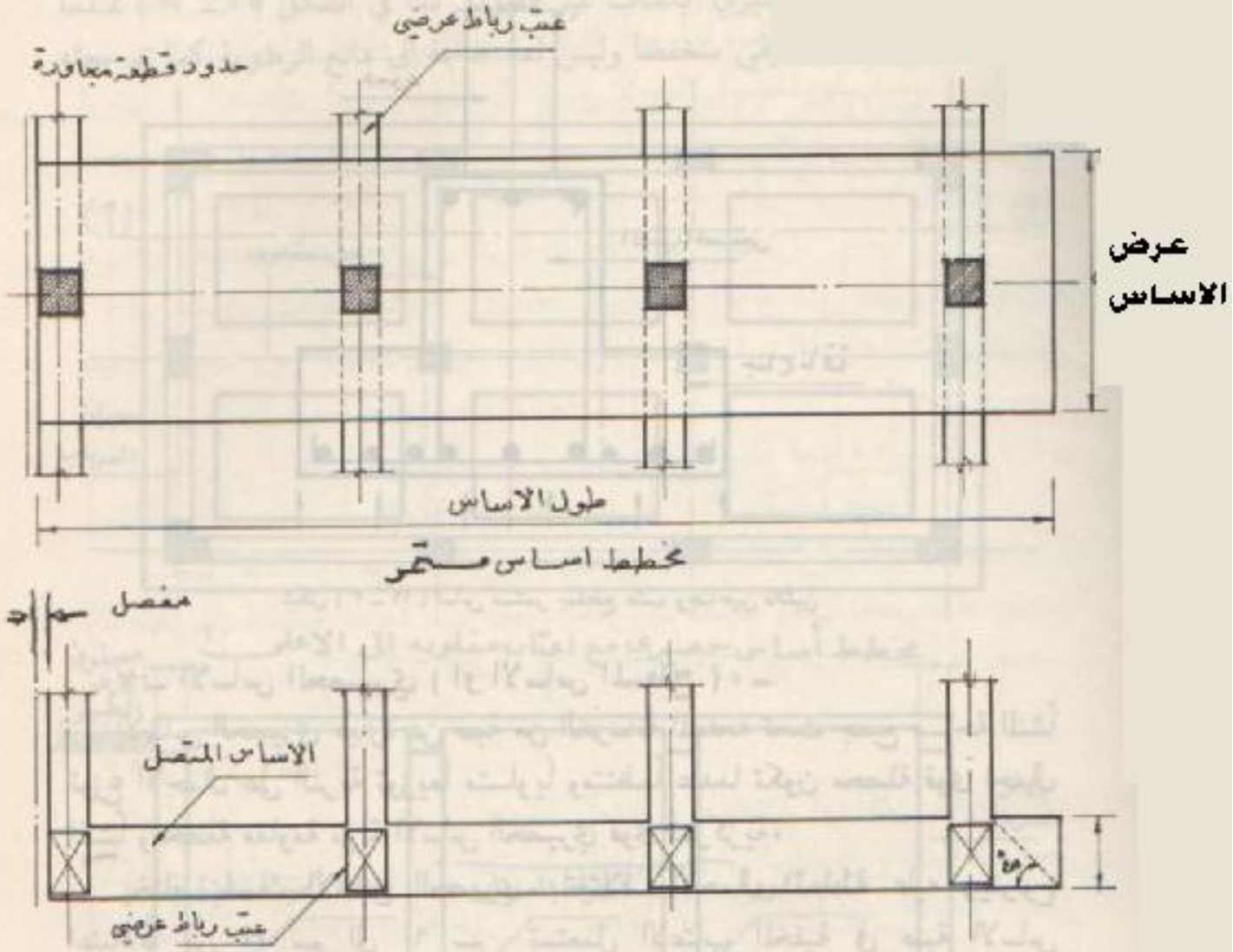
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٣ ـ ١٤) اساس ناتئ لعمود خارجي

يستعمل عادة معدل ضغط التربة (soil pressure) كعامل في تصميم الاساس المستمر بالرغم من أن توزيع الضغط يكون بشدة متباينة اكثر من المعدل في مواقع تحت الاعمدة واقل من المعدل في الاقسام الاخرى وان شدة التباين يكون كبيرا في التربة القابلة للانضغاط مما يستوجب تصميم الاساس المتصل بمتانة كافية وربط القواعد عرضيا باعتاب ذات ابعاد وتسليح مناسب لهذا الغرض . راجع الشكل (٣ ـ ١٥) .

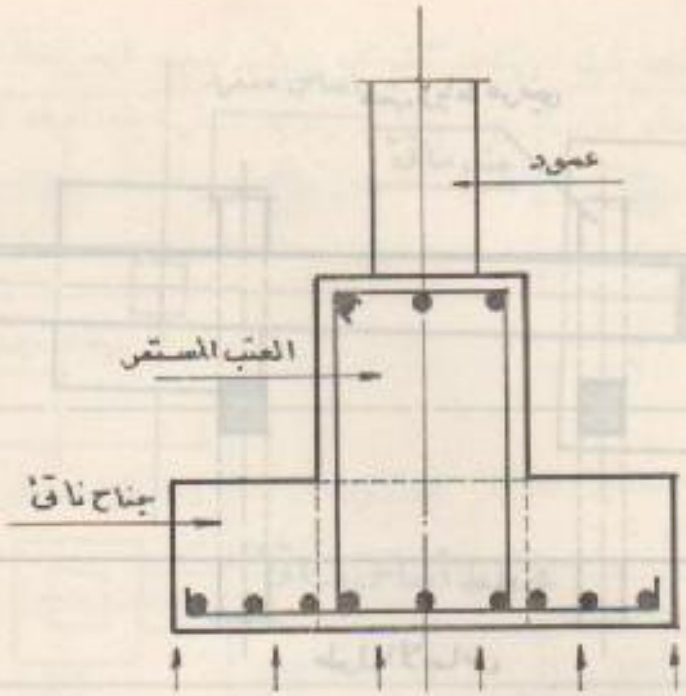
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٣ ـ ١٥) مخطط ومقطع اساس مستمر

يمكن استعمال اساس مستمر من عتب وسطي وجناحين ناتئين كما في الشكل (٣ ـ ١٦) يستوجب صب الاساس المستمر من هذا النوع بدفعة واحدة لقسميه العتب والجناحين ليعملا كوحدة واحدة لا يجزئهما مفصل انشائي الذي يعتبر في حالة وجوده موقع ضعف بالنسبة الى الاساس وعمله .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٣ ـ ١٦) اساس مستمر بمقطع عتب وجناحين ناتئين

٧ ـ الاساس الحصيري (او الاساس المسطح) : ـ

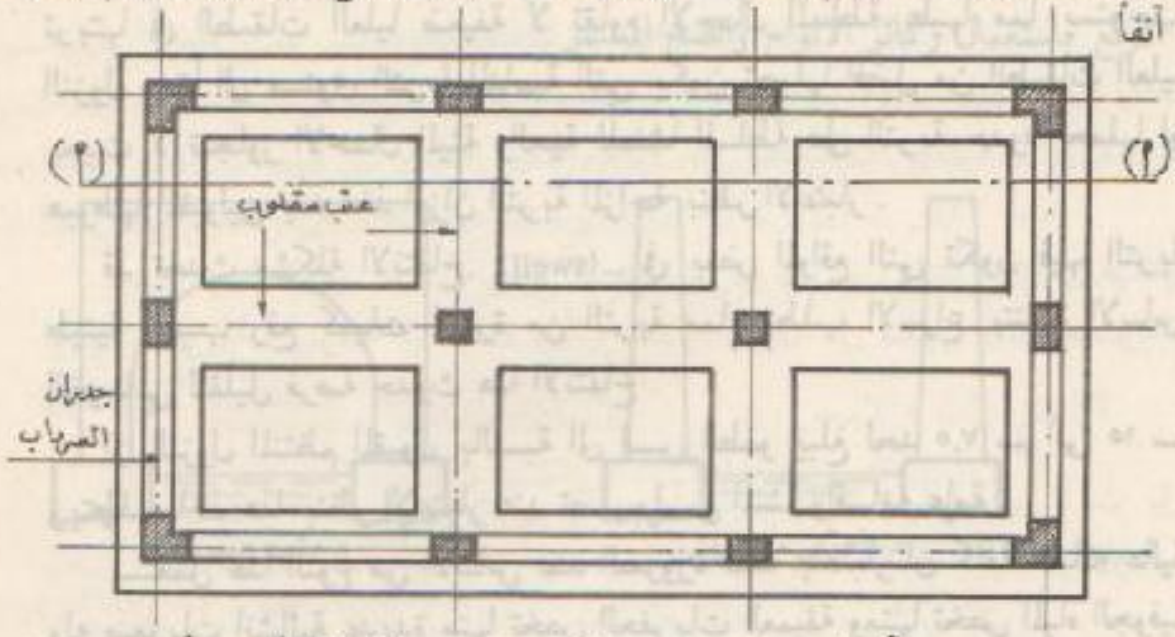
الاساس الحصيري عبارة عن صبة من الخرسانة المسلحة تحت جميع مساحة المنشأ توزع الاحمال على التربة توزيعاً متساوياً ومنتظماً عندما تكون محصلة قوى احمال المنشأ ومحصلة مقاومة تربة الاساس الحصيري قوى تمركزية.

يختلف سمك الاساس الحصيري باختلاف الاحمال المسلطة عليه ويتراوح اعتيادياً من ٢٠ 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 كارضية سرداب في المواقع التي يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعا 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 .

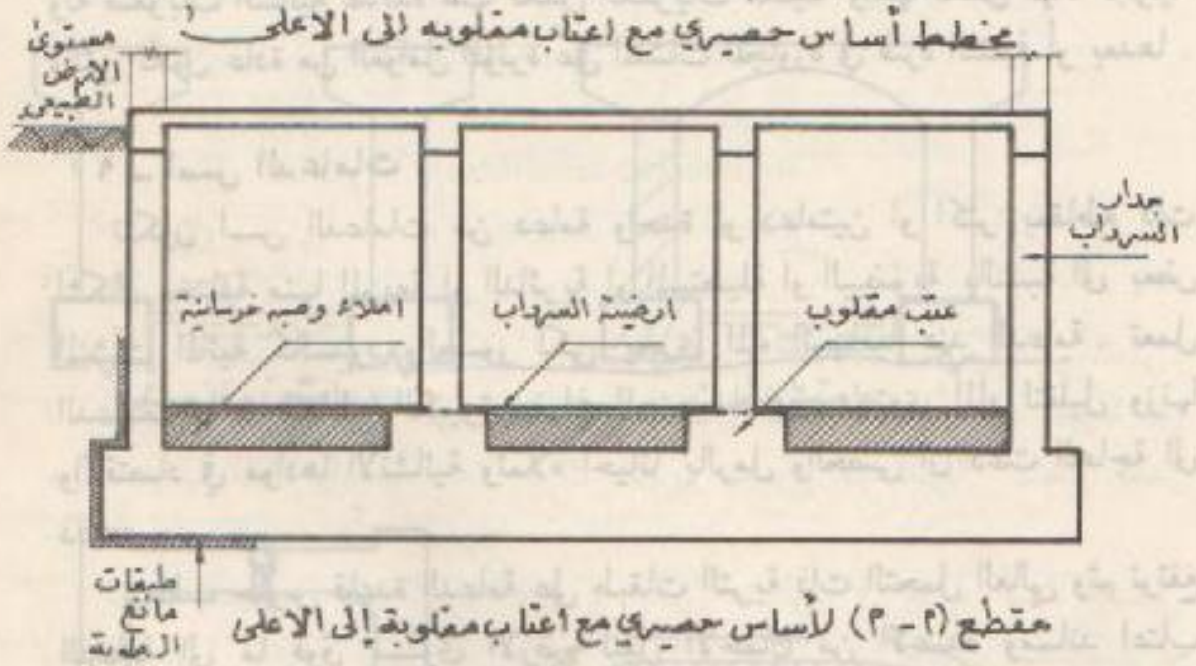
يفضل استعمال الاساس الحصيري للمنشآت ذات الطوابق المتعددة ولاسيما عندما يراد عمل سرداب في الطابق السفلي من المنشأ للاستفادة منه لاغراض الدفاع المدني أو كمحل لمكائن التكييف المركزي أو اشغاله كموقف خاص للسيارات بشرط ان يكون الاساس الحصيري هو البديل الارجح اقتصادياً .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 أساس حصيري مع اعتاب مقلوبه الى الاعلى



مقطع (أ - أ) لأساس حصيري مع اعتاب مقلوبة إلى الاعلى

مخطط لمقطع أساس حصيري مع أعتاب متدلية الى الاسفل

شكل (٣ ـ ١٧) حالات من الاساس الحصيري

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

٨ ـ الاساس الطفو : ـ

يستعمل الاساس الطفو في الابنية الثقيلة التي لها مساحة موقع محدودة وتكون تربتها في الطبقات العليا ضعيفة لا تقاوم الاحمال المسلطة عليها مما يستوجب النزول عمقاً الى مستوى التربة المناسبة التي يكون تحملها افضل من الطبقات العليا بحيث لا تتجاوز الاحمال الميتة والحية للمنشأ المسلطة على التربة حدود تحملها او هبوطها المقبولين بعد اخذ اوزان التربة المزاحة بنظر الاعتبار .

قد تحدث مشكلة الانتفاخ. (swell)ـ في بعض المواقع التي تكون فيها التربة طينية بسبب رفع كميات كبيرة من التربة مما يتطلب الاسراع بتنفيذ الاساس الخرساني لتقليل فرصة حدوث هذا الانتفاخ .

ان النزول المنتظم المقبول بالنسبة الى اسس الطفو يبلغ لحد ٧,٥ سم الى ١٥ سم ويتطلب اخذ هذا بنظر الاعتبار عند تصميم اسس المنشأ واقسامه عامة .

يستعمل هذا النوع من الاساس عند الضرورة فقط باعتبار ان كلفة انشائه عالية وله صعوبات انشائية عديدة منها تخص الحفريات العميقة ومنها تخص المياه الجوفية والتي تكون عادة من العوامل المؤثرة على المنشآت المجاوره في فترة التنفيذ أو بعدها .

٩ ـ اسس الدعامات :

تتكون اسس الدعامات من دعامة واحدة او دعامتين او اكثر بمقاطع ذات اشكال مختلفة منها المربعة او الدائرية او المستطيلة او البيضوية بالنسبة الى بعض المنشآت المائية كالسدود والجسور لكي يجري الماء انسيابياً عند الدعامة . تعمل الدعامات ذات المقاطع الكبيرة بفراغ للجزء ما فوق مستوى الماء لتقليل وزنها والاقتصاد في موادها الانشائية وتملاء احياناً بالرمل والحصى ان دعت الحاجة الى ذلك .

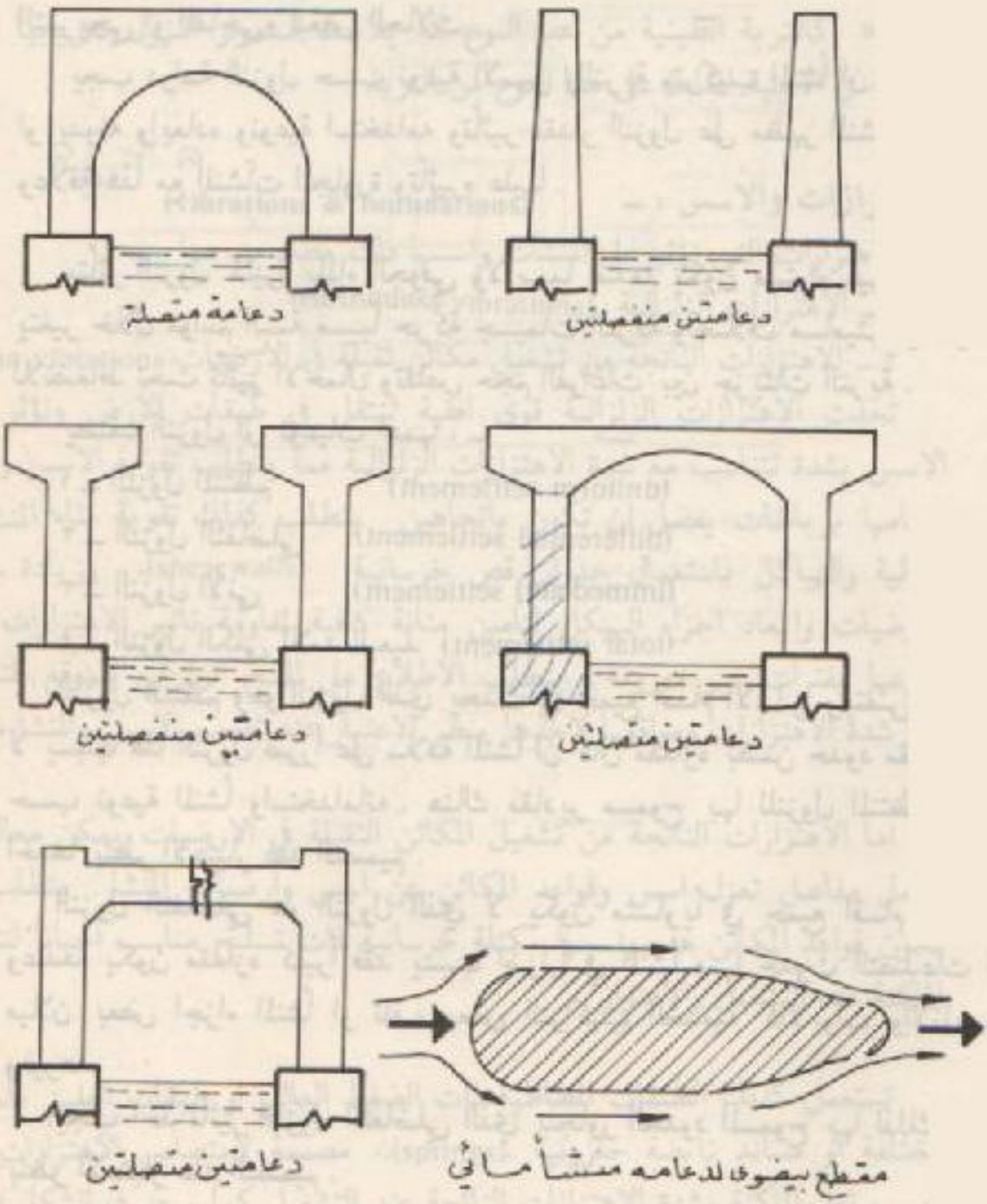
يتطلب جلوس قاعدة الدعامة على طبقات التربة ذات التحمل العالي وثم ترتفع الدعامة الى ما فوق مستوى الارض لنقل الاحمال من الاعمدة ومساند اعتاب الفضاءات الكبيرة .

تستعمل اسس الدعامات عندما يتعذر استعمال الاسس الحصيرية او الركائز وعندما تكون مساحة قاعدة الدعامة بسعة كافية لتوزيع احمال الدعامة على طبقات التربة القوية .

تكون الدعامات اما منفصلة عن بعضها او متصلة باشكال هندسية ذات طابع معماري مقبول كما مبين بعضها في شكل (٣ ـ ١٨) يتم صب خرسانة الدعامة تحت

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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



شكل (٣ ـ ١٨) بعض اشكال الدعامات المتصلة والمنفصلة ومقطع لدعامة بيضوية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

١٠ ـ اسس الركائز :

راجع الفصل الرابع .

نزول الاسس : ـ (settlement of foundations)ـ

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 بدونه 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 جسيمات التربة واختلاف ساميتها ومقاومتها للانضغاط تحت تأثير الاحمال وتقلص حجم الفراغات 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 بضمن حدود 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)ـ كالتربة الرملية والحصوية من هذا النوع .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

غالباً ما تنفذ اعمال الانهاء والتطبيق بعد استنفاذ معظم النزول الآني لذا يكون احتمال حصول التشققات في المنشآت المقامة على تربة حبيبية قليلاً .

النزول الكلي للامد البعيد هو النزول النهائي بعد مضي فترة زمنية طويلة تعتمد على عوامل عديدة منها نوعية التربة ومقدار الاحمال ومستوى الماء الجوفي وغيرها . يكون النزول المؤثر تصميمياً في التربة ذات التركيب المتماسك (cohesive soil) كالتربة الطينية من هذا النوع لذا يلاحظ استمرار النزول تدريجياً لفترة طويلة في الابنية المقامة على هذا النوع من التربة .

الاهتزازات والاسس :ـ (vibrations & foundations)

الاهتزازات التي تؤثر على المنشآت واسسها ذات مصدرين هما :ـ

١ ـ الاهتزازات الزلزالية (earthquake vibrations) .

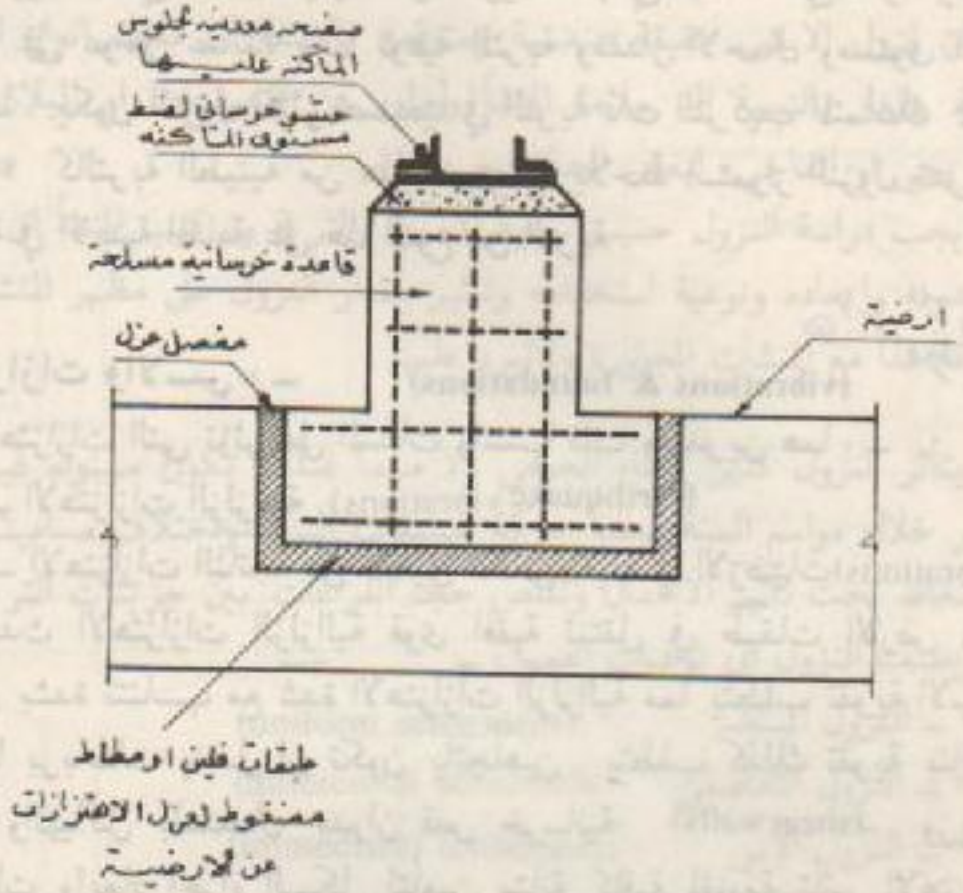
٢ ـ الاهتزازات الناتجة من تشغيل مكائن ثقيلة في الارضيات (machine vibrations)

تحدث الاهتزازات الزلزالية قوى افقية تنتقل في طبقات الارض وتؤثر على الاسس بشدة تتناسب مع شدة الاهتزازات الزلزالية مما يتطلب تقوية الاسس وربط اقسامها برباطات يفضل ان تكون باتجاهين . يتطلب كذلك تقوية بناء المنشآت العالية والهياكل باستعمال جدران قص خرسانية (shear walls) وزيادة سمك الارضيات وابعاد اجزاء الهيكل لتأمين متانة كافية لمقاومة تأثير الاهتزازات عند وقوعها بفترات غير معروفة . يتطلب الاطلاع على المسح الزلزالي للموقع للتعرف على شدة الاهتزازات ومواقعها لاخذها بنظر الاعتبار عند تصميم الاسس والمنشأ معاً .

اما الاهتزازات الناتجة من تشغيل المكائن الثقيلة في الارضيات يمكن معالجتها بعمل مفاصل تعزل اسس وقواعد المكائن عن اسس وارضيات المنشأ . يتطلب ان تكون قواعد المكائن هذه واسسها بكتلة خرسانية ذات تسليح مناسب احياناً لتثبيت الماكنة عند التشغيل والاهتزاز .

تستعمل كذلك الطبقات المطاطية ذات الضغط العالي او طبقات الفلين باسماك مختلفة او مساند نابضة حلزونية (springs) مصممة لامتصاص الاهتزازات كل حسب ثقل الماكنة وشدة الاهتزازات الناتجة عند التشغيل كما مبين في الشكل (٣ ـ ١٩) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٣ ـ ١٩) اساس لماكنة معزول

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الفصل الرابع

أعمال الركائز

إعداد وسكنر المهندس: أبومعاذ الراوي
مهندس السواهيك

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 .

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 الموانى ومأخذ المياه مثلاً .

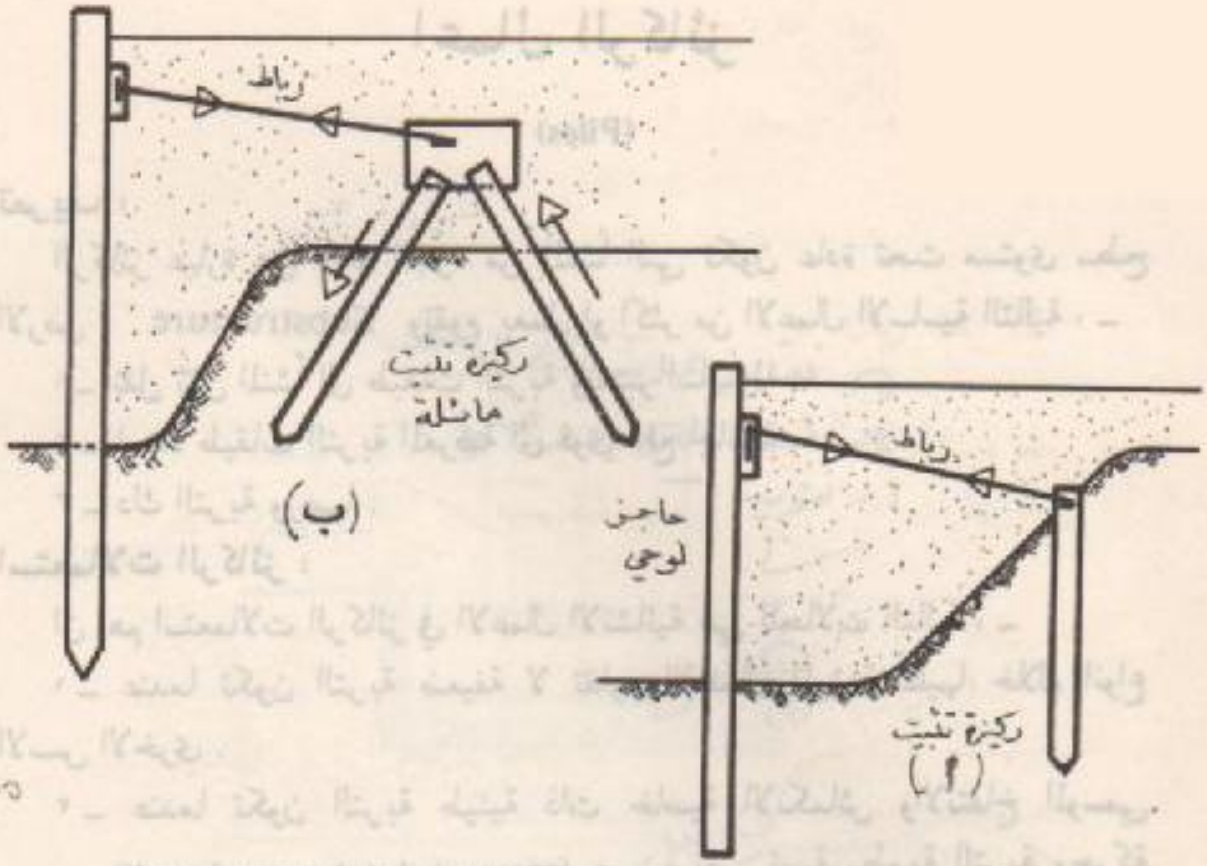
٤ ـ عندما لا يمكن حفر الاسس من الانواع الاخرى عميقاً لوجود ابنية مجاورة ذات اسس قريبة من سطح الارض بحيث لو تم حفر الاساس الجديد لتعرض البناء المجاور الى التصدع والنزول او الانهيار . في هذه الحالة تفضل انواع الركائز ذات الاهتزاز القليل عند الانشاء .

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 .

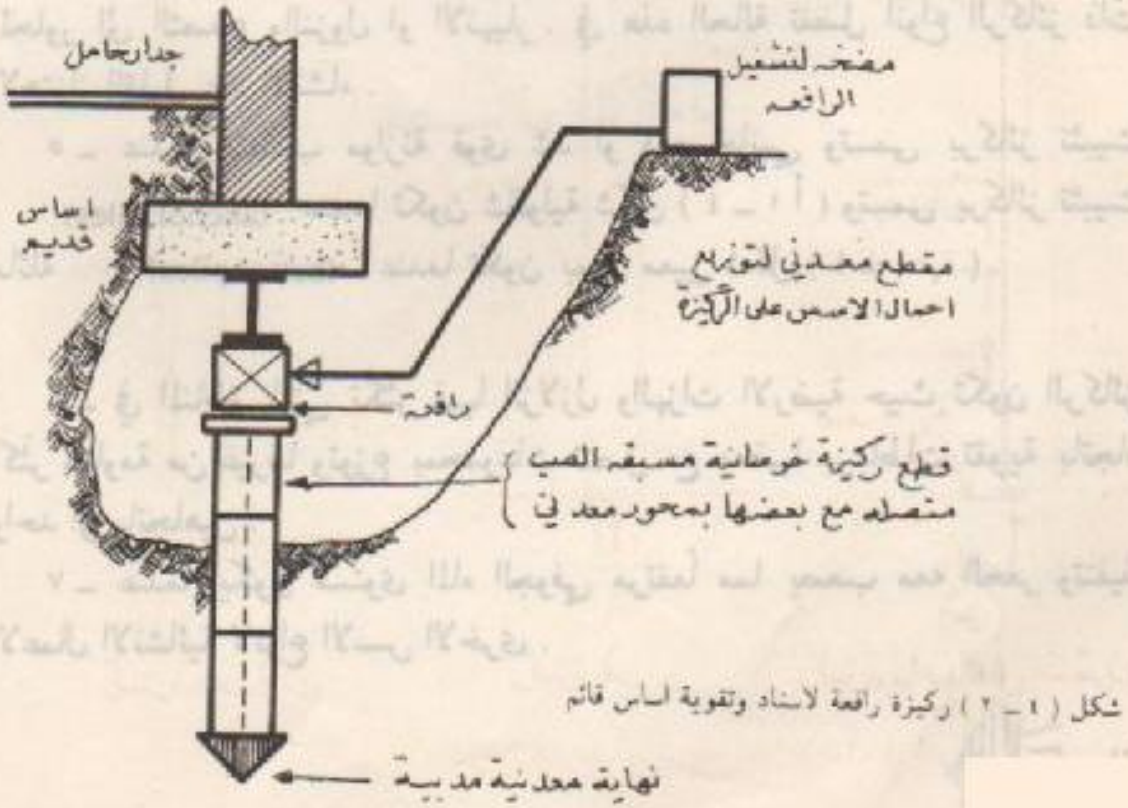
٧ ـ عندما يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعاً مما يصعب معه الحفر وتنفيذ الاعمال الانشائية لانواع الاسس الاخرى .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٤ ـ ١) ركائز تثبيت شاقولية ومائلة لموازنة تأثيرات قوى جانبية

٨ ـ عندما يتطلب اسناد وتقوية اسس قائمة ضعيفة (under pinning)ـ باستعمال ركائز رافعة (jacked piles). تسندها في مواقع معينة شكل (٤ ـ ٢).



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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

تصنيف الركائز :

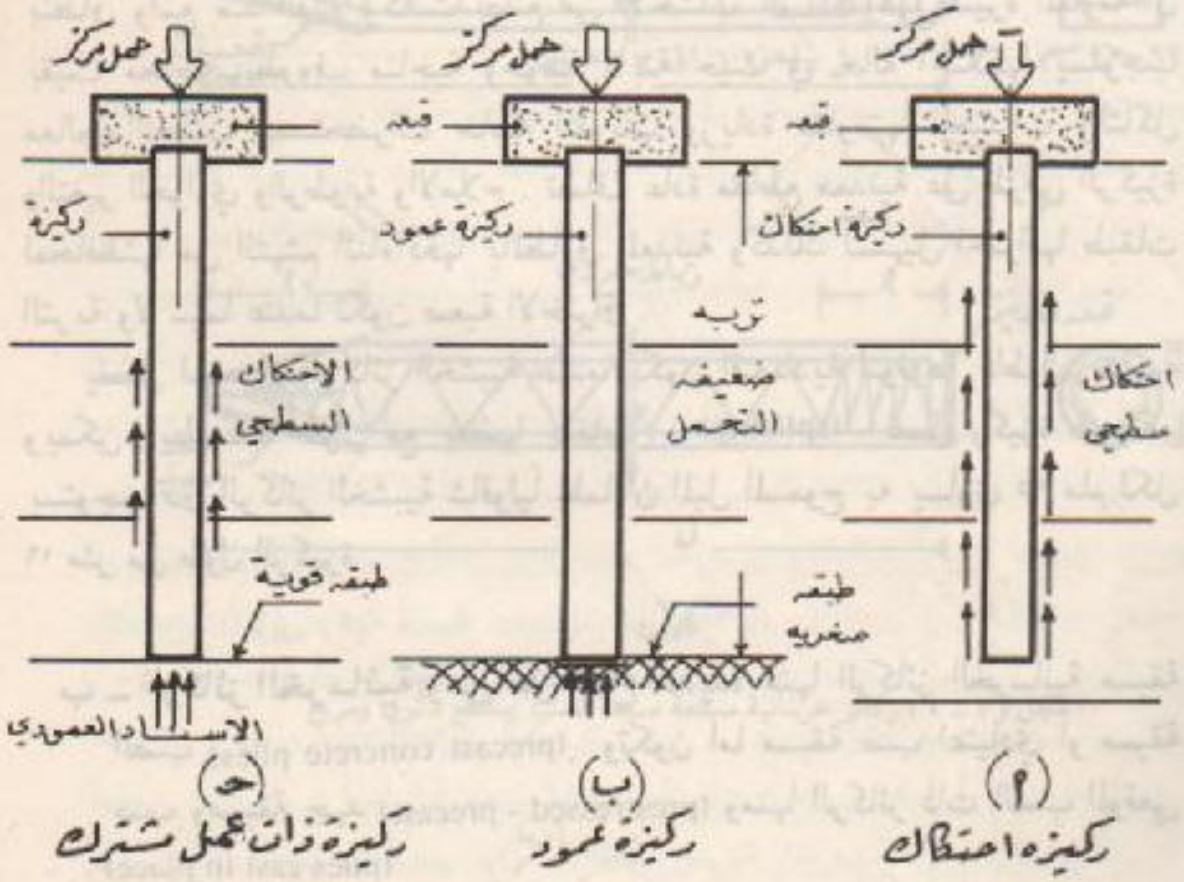
تصنف الركائز بنوعيات عديدة حسب العوامل التالية ، ـ

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 سطوحها 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 وبنسب متفاوتة 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ان فحص التربة ومعرفة تكوين طبقاتها وخواصها هي التي تحدد مبدئياً نوعية الركيزة المطلوب استعمالها مع تحديد طول الركيزة وابعادها والاعداد اللازمة منها لمقاومة الاحمال المسلطة عليها من المنشأ . من المفضل استعمال نوعية واحدة من الركائز في الموقع الواحد ان امكن ذلك وتجنب تغيير الابعاد والاطوال واستخدام اقل عدد من الركائز لاشغال اقل مساحة للاسس وكسب فوائد انشائية من الناحيتين الاقتصادية والزمنية للمشروع وجدير بالاشارة هنا ان تحديد تحمل الركيزة نظرياً بتطبيق المعادلات الهندسية يتطلب التأكد منها باجراء فحص تحميل ركيزة نموذجية او ركيزة فحص خاصة وان يكون فحص التحميل باسلوب ومراحل تحددها المدونة والمواصفات كما سيأتي شرح ذلك في ختام هذا الفصل .

٢ ـ **انواع الركائز حسب موادها** : واهمها الركائز الخشبية والركائز الخرسانية بكافة انواعها والركائز المعدنية . وفيما يلي تفصيل اهم الامور التي تخص هذه الركائز :

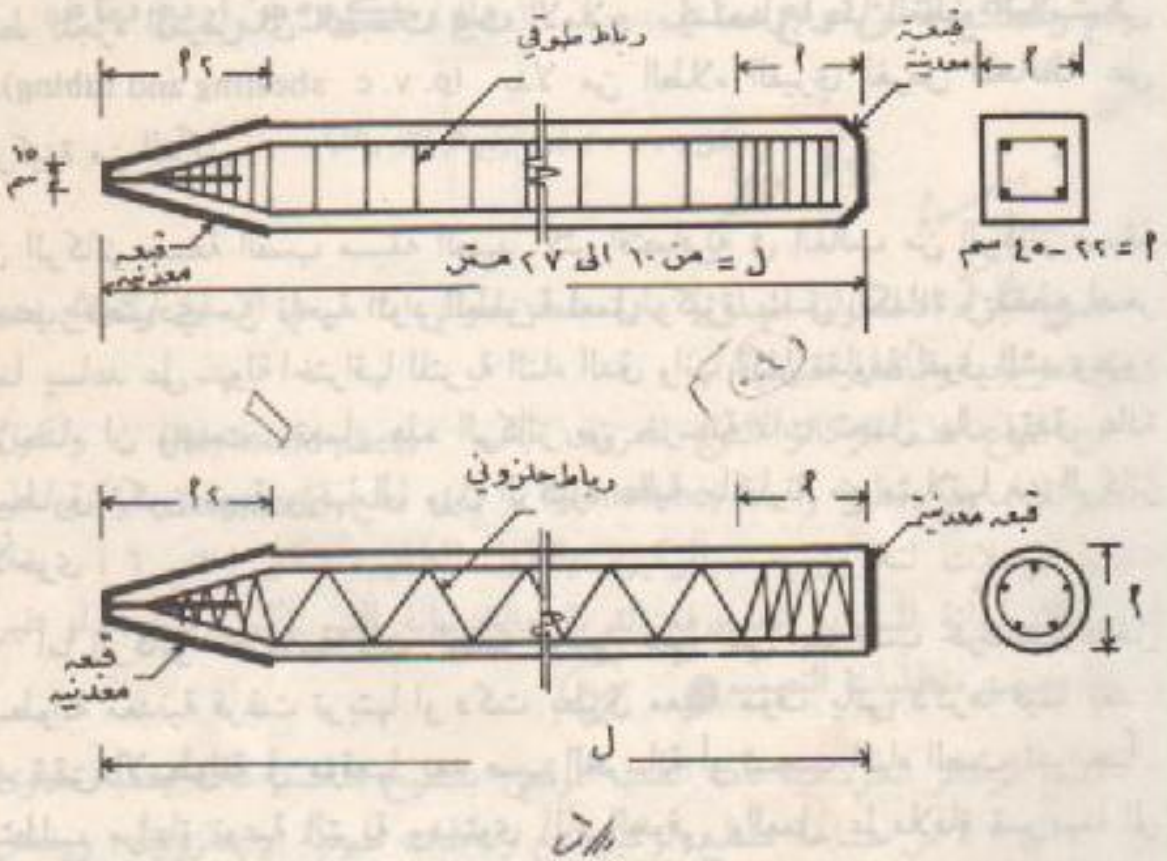
أ ـ **الركائز الخشبية** : وهي على نوعين اولهما الركائز الخشبية غير المعالجة (untreated) وثانيهما الركائز الخشبية المعالجة بمواد محافظة (treated - with preservative) والركائز الخشبية هي اولى انواع الركائز التى استعملت بنطاق واسع منذ القدم وكانت تصنع من الاخشاب الصلدة وهي كثيرة المقاومة ان بقيت محاطة بظروف مناخية وجوفية ثابتة حيث في حالة اختلافها يستوجب معالجة الخشب بمستحضرات خاصة لتقويتها وزيادة مقاومتها للحشرات والتآكل والتغير الحراري والرطوبة والاملاح . تضاف عادة مقاطع معدنية على طرفي الركيزة لمحافظتها من التهشم اثناء دقها بالمطارق المعدنية وكذلك لتسهيل اختراقها طبقات التربة ولا سيما عندما تكون صعبة الاختراق .

يفضل استعمال الركائز الخشبية عندما تكون اقتصادية لتوفرها باطوال مناسبة ويمكن ربط عدة أطوال مع بعضها بمفاصل (splicing) . لعمل ركيزة طويلة . يستوجب دق الركائز الخشبية شاقولياً علما ان الميل المسموح به يساوي ٣٥ ملم لكل ١٦ متر من طول الركيزة .

ب ـ **الركائز الخرسانية**: وهي على انواع عديدة منها الركائز الخرسانية مسبقة الصب (precast concrete piles). وتكون اما مسبقة صب اعتيادي أو مسبقة صب ومسبقة جهد (prestressed - precast) ومنها الركائز ذات الصب الموقعي (piles cast in place)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تعمل الركائز الخرسانية مسبقة الصب الاعتيادي بمقاطع دائرية او مربعة او مضلعة تسقى 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 D1143 (74 - أو المدونة البريطانية (CP 2004 - 72) مع استعمال رباطات طوقية (ties)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 ونقلها اثناء العمل ومقدار الاحمال والقوى المؤثرة واتجاهها على الركيزة شكل (٤٠ ـ ٥). من اهم مميزات الركائز الخرسانية مسبقة الصب امكانية السيطرة التامة على نوعية الخرسانة واجهاداتها ومن سلبياتها صعوبة تغيير طول الركيزة ان تطلب ذلك بسبب نوعية



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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

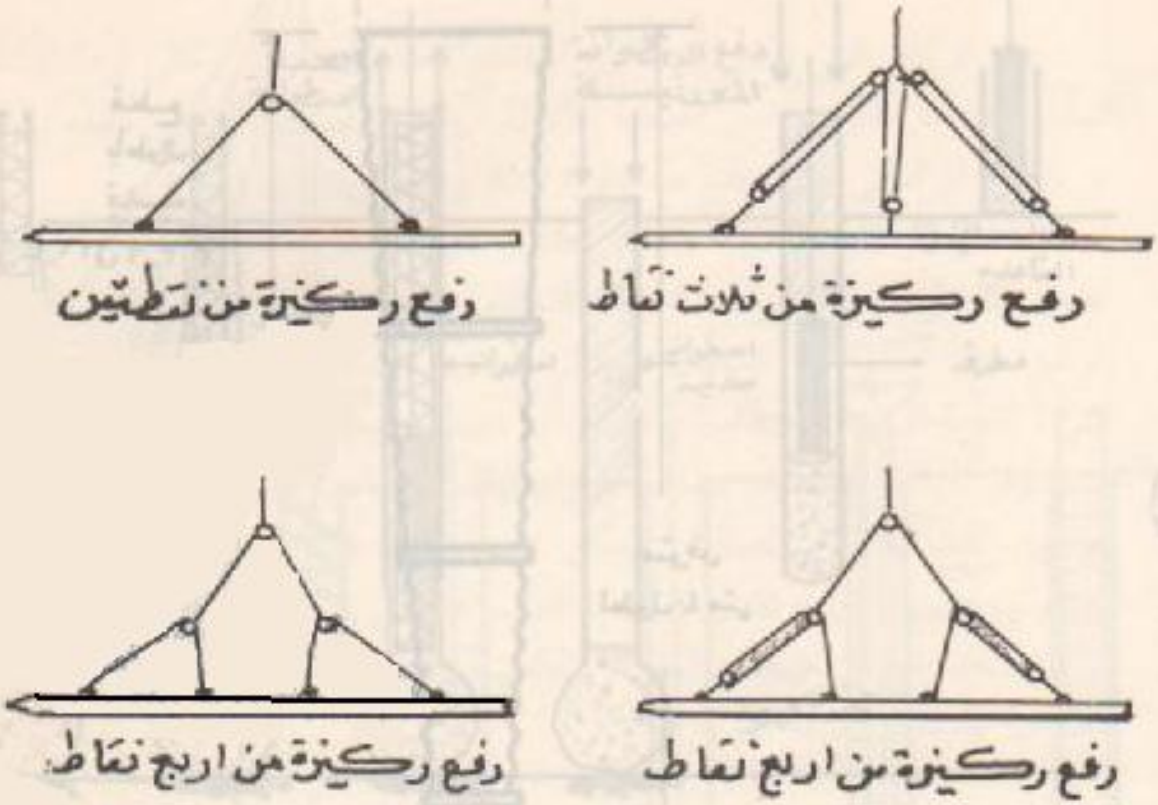
التربة في موقع العمل بالاضافة الى الصعوبات الكثيرة في حالة حدوث كسر في الركيزة اثناء الدق وهذا محتمل حدوثه عندما تصادف الركيزة طبقات تربة قوية تتولد منها اجهادات عالية لا تتحملها الركيزة . كما ان هذه الركائز تحتاج الى معدات ثقيلة لنقلها ورفعها ودقها مما يكلف كثيرا في معظم الاحيان وتكون بهذا غير اقتصادية . لاجل معالجة السلبيات اعلاه تستعمل انواع اخرى من الركائز الخرسانية مسبقة الصب وتكون عادة من نوع مسبقة الجهد والتي تصنع باطوال قياسية من ٥ الى ١٣ متر للقطعة الواحدة . يمكن ربط القطع مع بعضها بواسطة اقفال ولحام او وصلات خاصة -(jointing system)- للحصول على طول الركيزة المطلوب. تعمل هذه الركائز بمقاطع مربعة أو مضلعة وتضاف قبعات معدنية الى طرفي الركيزة لحمايتها من الكسر اثناء الدق واختراقها طبقات التربة .

تعالج الركائز الخرسانية مسبقة الصب بالطلاء القيري لكافة طول الركيزة أو فقط للجزء المعرض الى الطبقات ذات الاملاح . يستعمل ايضا الغطاء البلاستيكي -(p. v. c sheating and tubing)- بدلا من الطلاء القيري لغرض المحافظة على الركيزة من التآكل .

ان الركائز مسبقة الصب مسبقة الجهد اكثر اقتصادية في الغالب من الركائز مسبقة الصب الاعتيادي من ناحية المواد المطلوبة لعمل ركيزة بنفس الكفاءة وبمقطع اصغر مما يساعد على سهولة اختراقها للتربة اثناء الدق وانها اكثر مقاومة لقوى الشد وعزوم الانحناء ان وجدت . تعمل هذه الركائز من خرسانة ذات تحمل عال وتدق عادة بمطارق تكون نسبة وزنها الى وزن الركيزة عالية بالمقارنة مع مثيلاتها من الركائز الاخرى .

أما الركائز الخرسانية ذات الصب الموقعي فهي التي يتم صب خرسانتها داخل اسطوانة معدنية فرغت تربتها او دكت بطرق معينة سوف يأتي ذكرها فيما بعد . قد تبقى الاسطوانة في موقعها بعد صب الخرسانة أو تسحب اثناء الصب تدريجياً . يتطلب مراعاة نوعية التربة ومستوى الماء الجوفي والعمل على ملاقاة تسربهما الى داخل الخرسانة اثناء سحب الاسطوانة مما يسبب ضعف الركيزة واحتوائها على الفجوات والجيوب (cavities) شكل (٤ ـ ٦) هناك انواع من الركائز ذات الصب الموقعي تدق فيها اسطوانة معدنية مسلوبة ذات اوجه مضلعة أو لولبية لتزيد من مساحتها السطحية ومقاومتها للاحتكاك مع التربة المتلاصقة بها وتترك في التربة .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٤ ـ ٥) طرق رفع الركائز ونقلها

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

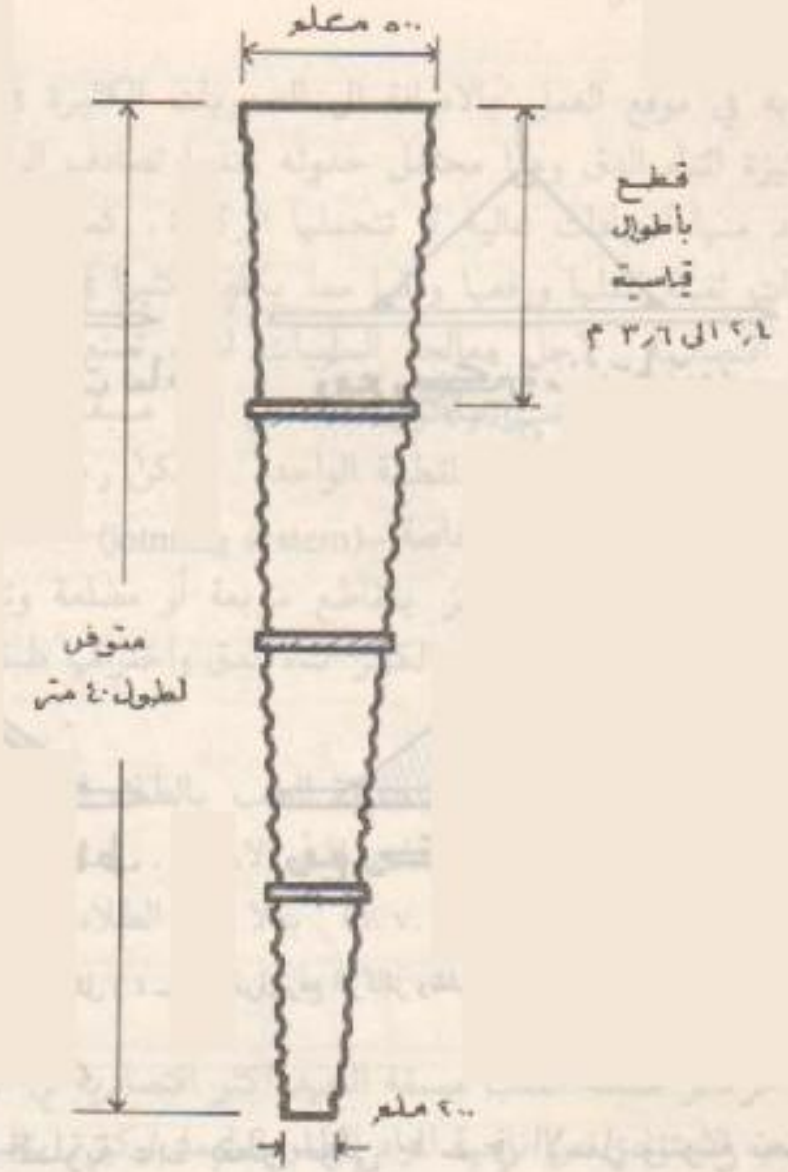
تسلح الركائز الخرسانية ذات الصب الموقعي بتسليح مناسب عادة بنسبة تساوى من ١ ٪ الى ٢ ٪ من مساحة مقطع الركيزة مع رباطات طوقية او حلزونية . ويفضل ان يكون التسليح مستمراً على طول الركيزة وذلك للاسباب التالية ، ـ

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 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٤ ـ ٦) اسطوانة مسلوبة ومضلعة لعمل ركيزة خرسانية بصب موقعي

الشكل (٤ ـ ٧) يبين مراحل عمل ركيزة خرسانية مسلحة بصب موقعي ذات قاعدة كروية قطرها يساوي ثلاثة اضعاف قطر الركيزة تقريباً وهذه المراحل هي كما يلي :ـ

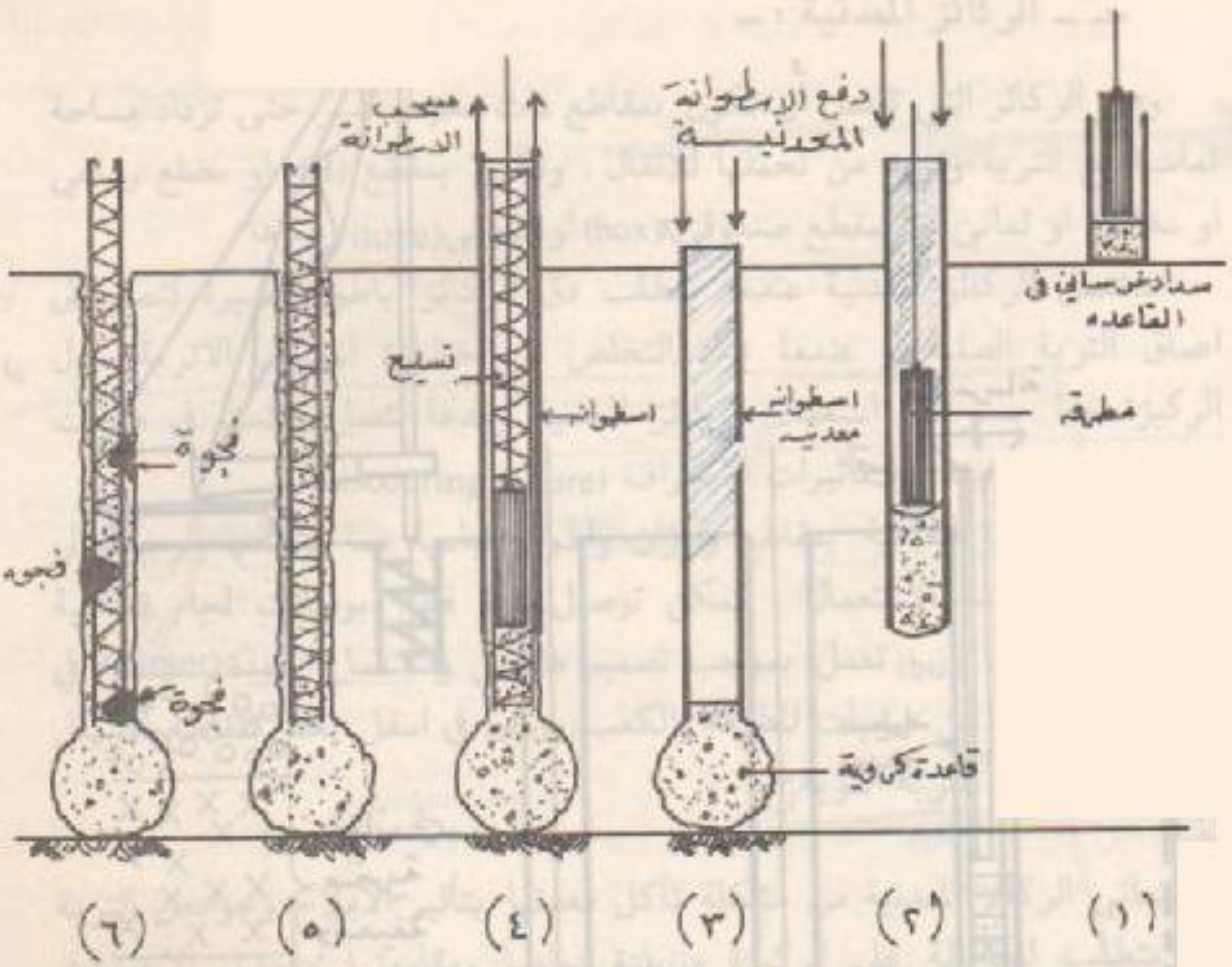
١ ـ عمل سداد خرساني بارتفاع من ٦٠ الى ٩٠ سم في قاعدة الاسطوانة .

٢ ـ دق الاسطوانة المعدنية بمطارق خاصة داخل التربة .

٣ ـ عمل القاعدة الكروية من الخرسانة .

٤ ـ وضع حديد التسليح ثم صب الخرسانة مع الدق المستمر وسحب الاسطوانة تدريجياً لحين الانتهاء من صب الركيزة الى المنسوب المعين ويراعى عند سحب الاسطوانة بقاء كمية من الخرسانة في داخلها منعاً لتكوين الجيوب التي سبق ذكرها .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٤ ـ ٧) مراحل عمل ركيزة خرسانية بصب موقعي .

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

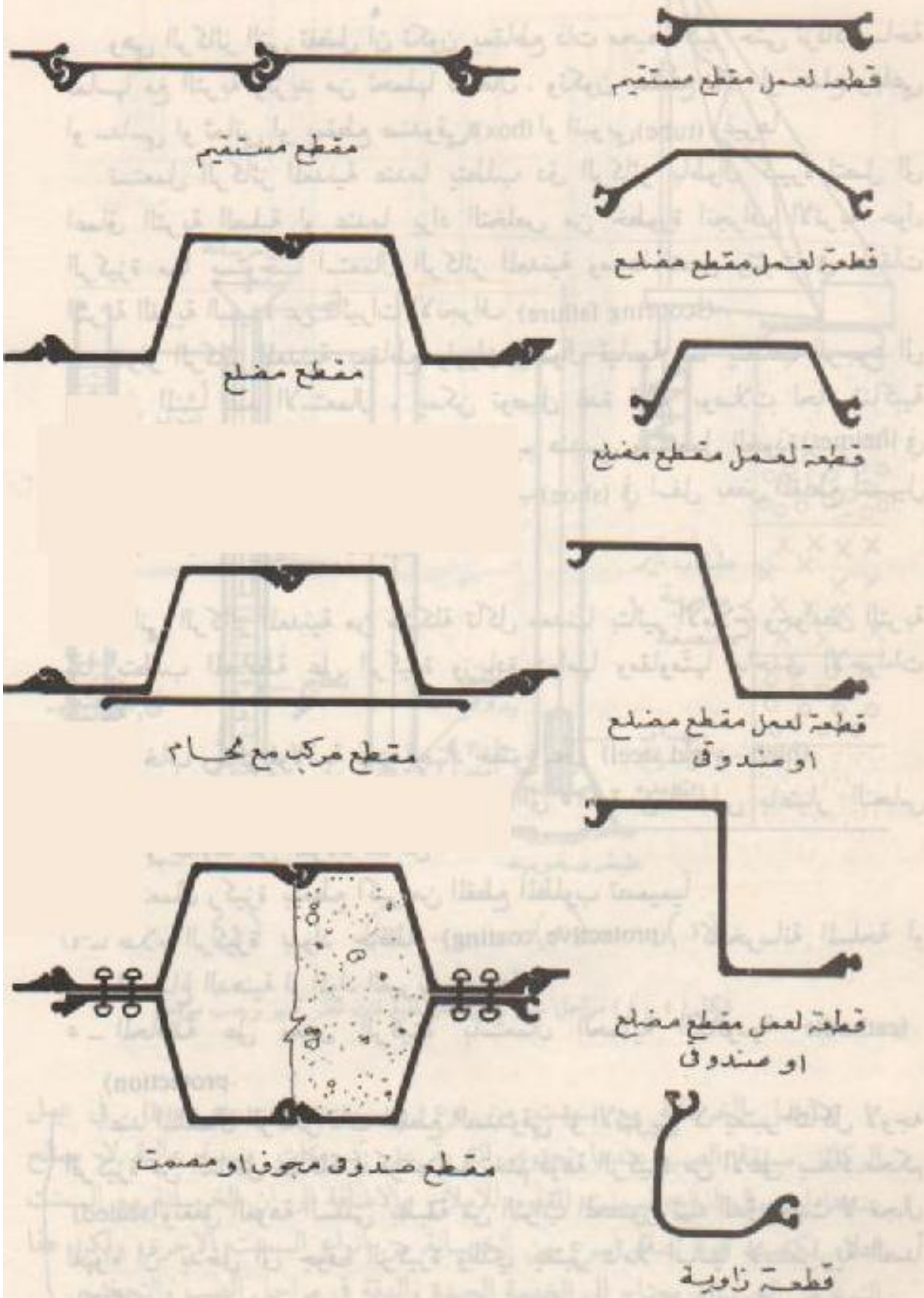
١ ـ الحفر بالحفار الدوار واسناد جوانب الحفريات باسطوانة معدنية الى العمق المطلوب اذا كانت التربة ضعيفة وبحاجة الى مثل هذا الاسناد .

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

٣ ـ تنظيف القاعدة وجوانبها 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 لايصال 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) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (٤ ـ ٩) بعض المقاطع وتشكيلاتها لعمل حواجز لوحية وتكون بموجب ابعاد وتفاصيل قياسية خاصة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

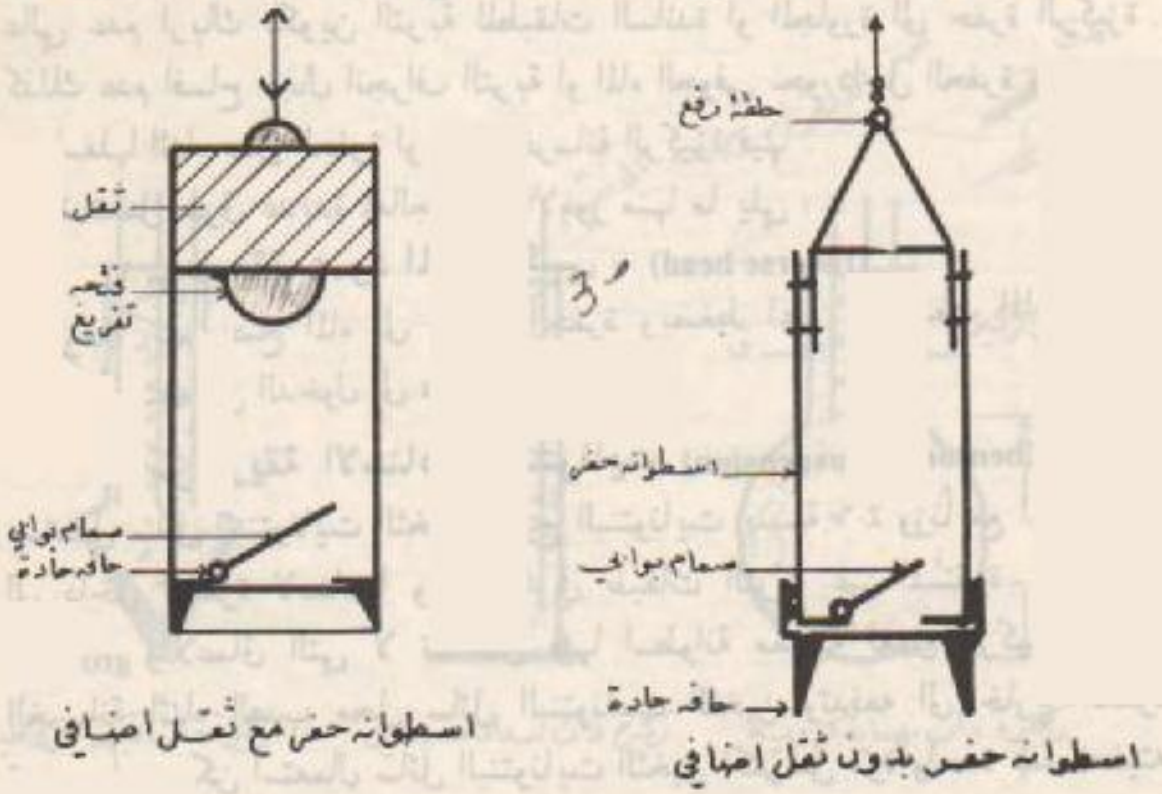
تعتبر الالواح المعدنية المبينة في الشكل (٤ ـ ٩) من الركائز الصفيحية المعدنية والتي لها تراكيب خاصة في اطرافها يمكن ان تتلابس مع بعضها لعمل حاجز يصد قوى دفع التربة للحفريات او دفع الماء أو الاثنان معاً وكما يمكن أن تتلابس مقاطع خاصة من هذه الالواح المعدنية لغرض التقوية وعمل حاجز مضلع أو حاجز بمقطع صندوقي مجوف أو مصمت باملاء رمل أو خرسانة وغيرها . يستعمل اللحام والبرشمة احيانا لعمل حواجز بهذه المقاطع وتقوية التماسك بين الواحها .

٢ ـ **انواع الركائز حسب طرق تنفيذها** : ـ وهي على نوعين هما ركائز الحفر (bored piles) وركائز الدق . (driven piles)

ركائز حفر : وتشمل الركائز التي تصب خرسانتها موقعياً بعد اكمال حفرياتها بطرق عديدة اهمها مايلي . ـ

ا ـ الحفر المطرقي (percussion bored) ويستعمل لحفر ركائز تتراوح اقطارها بين ٣٠٠ ـ ١٢٠٠ ملم وبطول لحد ٤٠ متراً .

تستعمل لعمل الحفريات اسطوانة معدنية مزودة في بعض الحالات بثقل من الاعلى كما مبين في الشكل (٤ ـ ١٠) وصمام بوابي (flap valve) وحافة حادة في اسفلها . تدخل الحفريات الى داخل الاسطوانة عند سقوطها واصطدامها بطبقات التربة ثم ترفع الى الاعلى وتفرغ محتوياتها . تكرر هذه العملية مرات كثيرة الى ان



شكل (٤ ـ ١٠) نوعان من الاسطوانة المعدنية لعمل حفريات الركائز

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

يتم الحفر الى العمق المطلوب . يستعمل تيار ماء (water - jet) لتسهيل الحفر في طبقات التربة الصلبة وطرح الحفريات الى الخارج كمزيج ثخين (slurry) من الماء .

ب ـ الحفر الدواري (rotary bored) ويستعمل لحفر ركائز تتراوح اقطارها بين ٣٠٠ ـ ١٥٠٠ ملم وبطول ٤٠ متراً واكثر . تستعمل لعمل الحفريات حفارة لولبية ذات الزعانف والحافة الحادة التي تدور بمحور وتخرج الاتربة الى خارج الحفر بصورة متواصلة . هناك طريقة توسيع الحفريات في اسفل الركيزة وتسمى (under - reaming) كما مبين في الشكل (٤ ـ ٧) وهذا يتم بجهاز ملحق للحفارة توسع قاعدة الحفرة مخروطياً وبسعة ثلاثة اضعاف قطر الركيزة في طبقات التربة الصلبة التي لا يحدث فيها انهيار جوانب الحفر . ان هذا التوسيع يزيد تحمل الركيزة وتستعمل عادة مع الركائز ذات الاقطار الكبيرة .

تستعمل كذلك طريقة الحفر الدواري بالهزات (vibration) . تشبه هذه الطريقة سابقتها ولكن تسلط هزات في الاسطوانة المعدنية بواسطة اجهزة اضافية خاصة لهذا الغرض تساعد الهزات على دفع اسطوانة الركيزة في طبقات التربة والى عمق معين لكي يتم حفر محتوياتها بالحفار الدواري كالسابق .

يتطلب عند عمل ركائز حفر في تربة رخوة او تربة حبيبية ذات ماء جوفي عالي عدم ارباك تكوين التربة للطبقات الساندة او المجاورة الى حفرة الركيزة . كذلك عدم افساح مجال انجراف التربة او الماء الجوفي نحو داخل الحفرة وبالاخص من اسفلها اثناء عمل الحفرة او صب خرسانة الركيزة فيها .

تستعمل طرق عديدة لمعالجة هذه الامور منها ما يلي : ـ

١ ـ طريقة عمود الماء العكسي . (reverse head)

وهذا يتم بضخ الماء الى داخل الحفرة وبضغط اعلى من ضغط الماء الجوفي لمعادلته ومنعه من الدخول الى داخل الحفرة .

٢ ـ طريقة الاسناد بالبنتونايت (bentonite suspension) : حيث يستعمل سائل البنتونايت الثخين يمزج البنتونايت بنسبة ٦ ٪ وزناً مع الماء ويدفع الى داخل الحفرة لاسنادها وتبطينها في طبقات التربة غير المستقرة (unstable - ground) وللاعماق التي لا تستعمل فيها اسطوانة معدنية لعمل الركيزة . تحل الخرسانة اثناء الصب محل سائل البنتونايت الثخين وتدفعه الى خارج الحفرة تدريجياً . يمكن استعمال سائل البنتونايت الثخين اكثر من مرة واحدة بعد تصفيته تصفية بسيطة في موقع العمل .

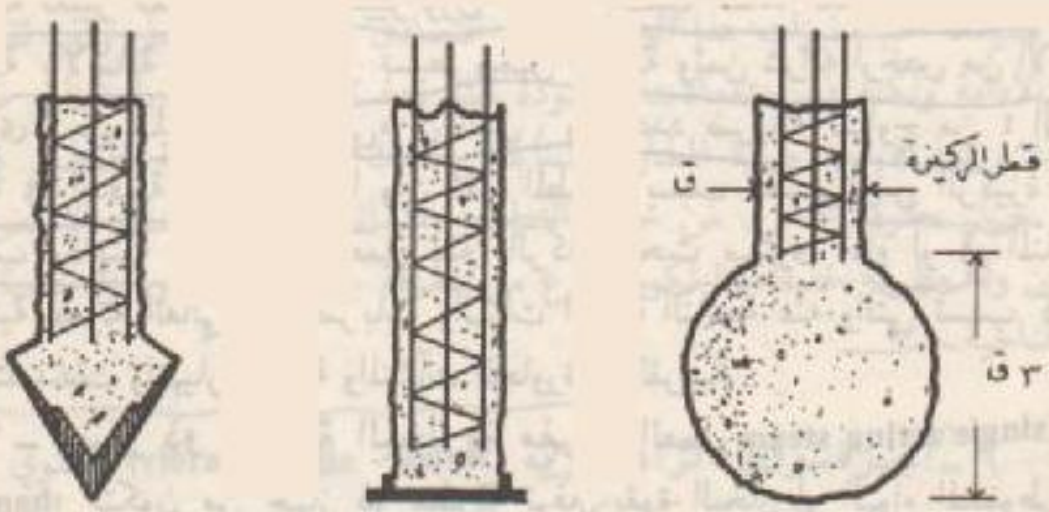
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تستعمل ركائز الحفر الدواري 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 وعدد بامكانها عمل ركائز حفر بقطر ٢.٤ 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 تهبط 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 وزخمها .

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 ١١) انواع نهايات ركائز الدق

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وفي احد انواع الركائز يكون الطرق على التربة مباشرة بواسطة مطرقة طليقة السقوط داخل الاسطوانة ـ شكل (٤ ـ ٦) ـ حيث تؤدي ازاحة التربة نحو الاسفل والجوانب بفعل الطرق الى اختراق الاسطوانة لطبقات التربة تحت تأثير وزنها .

تستعمل اجهزة دق مطارق بأنواع عديدة ومن اهمها ما يلي : ـ

١ ـ **جهاز ذو المطرقة الساقطة (drop hammer)** : يتكون هذا الجهاز من جهاز بسيط يحتوي على مطرقة معدنية يتراوح وزنها من ١ / ٤ الى ٢ طن تسحب بواسطة حبل الى الاعلى بارتفاع من ٢ ـ ٦ امتار وثم تترك لتهبط على رأس الركيزة او اسطوانتها بشدة وبتكرار الضربات(blows)تدفع الركيزة او الاسطوانة المعدنية في التربة الى العمق المطلوب .

هناك مواصفات معينة في بعض المداون تحدد وزن المطارق منها : ـ

آ ـ جعل وزن المطرقة نصف وزن الركيزة او ثلاثين مرة من وزن ٣٠ سم من طول الركيزة المنفذة .

ب ـ ان يكون وزن المطرقة كافياً لاحداث نزول من ٢,٥ ملم الى ٥ ملم للضربة الواحدة عند سوق الركيزة .

يفضل استعمال المطرقة الثقيلة بسقوط ارتفاع قليل بدلاً من المطرقة الخفيفة بسقوط ارتفاع عالي للحصول على الطاقة اللازمة للتغلب على مقاومة التربة في بعض الطبقات الصلبة ودفع الركيزة فيها بدفعات منتظمة ودون اعطاء المجال الزمني للتربة ان تتهيأ لمقاومة ضربات المطرقة المتعاقبة . من ميزات المطرقة الساقطة امكانية تغيير كمية الطاقة بتغيير وزن المطرقة حسب كفاءة الجهاز وارتفاع سقوط المطرقة بالاضافة الى ان الجهاز بسيط وسهل الادامة وثمن شرائه ارخص من الانواع الاخرى . من سلبياته انه بطيء في الدق ، وان عدد ضرباته تتراوح من ٤ الى ٨ ضربة في الدقيقة الواحدة كما وان ثقل المطرقة يسبب تكسير رأس الركيزة مما يتطلب وقايتها وانه لا يستعمل لدق الركائز تحت مستوى الماء او في المناطق السكنية لصوته العالي في الضربات والهزات القوية الناتجة عنه والتي تسبب كثيراً من التصدعات وانهيار الابنية والمنشآت المجاورة او القريبة .

٢ ـ **جهاز ذو المطرقة البخارية مفردة العمل (single-acting steam hammer)**: يتكون من جهاز ذو مطرقة ترفع بقوة البخار او الهواء المضغوط الى ارتفاع معين لتسقط تلقائياً بعد زوال الضغط . ان عدد الضربات بهذه المطرقة من ٣٠ الى ٨٠ ضربة في الدقيقة الواحدة مع امكانية تنظيم الطاقة الناتجة من الضربة وذلك بتغيير ارتفاع الهبوط بتغيير ضغط البخار او الهواء . هناك نوع خاص من

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المطارق هو المطرقة المغلقة بحيث يمكن استعمالها لدق الركائز تحت سطح الماء. هذه المطرقة هي الاخرى تولد صوتاً عالياً اثناء الدق لذا لا يستحسن استعمالها في المناطق السكنية.

٣ ـ جهاز ذو مطرقة بخارية مزدوجة العمل (double: acting steam hammer): يتكون من جهاز ذو مطرقة ترفع وتدفع بقوة البخار او الهواء المضغوط مع امكانية تنظيم طاقة الضربة بتغيير قوة البخار او الهواء. يمتاز هذا الجهاز بسرعة الدق حيث يتراوح عدد ضرباته من ٩٥ الى ١٤٥ ضربة في الدقيقة الواحدة ولكن لا تستعمل لدق ركائز ثقيلة في تربة ذات مقاومة احتكاك عالية تمنع من نزول الركيزة بسرعة وانتظام مقبولين.

٤ ـ جهاز ذا مطرقة الهبوط التفاضلي (differential acting - hammer)
ان جهاز هذه المطرقة يشبه كثيراً الجهاز ذو المطرقة المزدوجة العمل. الاختلاف الوحيد هو هبوط مطرقة هذا الجهاز بتعجيل وله ميزات جهاز مطرقة مفردة العمل من ناحية وزن المطرقة وارتفاع هبوطها. يمتاز هذا الجهاز ايضاً بسرعة ضربات المطرقة ذو الكفاءة العالية وسرعة العمل واقتصاديته في التشغيل وملاءمته لدق الركائز تحت سطح الماء ايضاً.

٥ ـ جهاز ذو مطرقة الديزل (diesel hammer): ان جهاز هذه المطرقة يعتبر وحدة متكاملة لا يحتاج الى جهاز خارجي لتشغيله فهو يحتوي على جميع ما تحتاج المطرقة من محرك ومكبس ومخزن وقود ومشعل وله هيكل ينصب فوق الركيزة المراد تنفيذها اهم مميزات هذا الجهاز كونه اقتصادي لانه يعتمد على وقود ثقيل. سهل الادامة ولكنه ذو استعمالات محدودة لقلة عدد ضرباته وصعوبة تنظيم طاقة الضربات مقارنة مع اجهزة المطارق السابقة. هناك جهاز المطرقة النفطية يشبه كثيرا جهاز مطرقة الديزل من حيث التفاصيل الا انه يشتغل بالنفط الابيض او البنزين وله مطرقة خفيفة لذا تكون اسرع من مطرقة جهاز الديزل ويعول عليها من هذه الناحية.

٦ ـ اجهزة سوق ركائز اهتزازية (vibratory pile - driver): يحتوي هذا الجهاز على محاور واثقال غير تمركزية (eccentric weights) تحدث بحركتها التناوبية هزات تنتقل الى الركيزة والتربة الملاصقة لها وتضعف اجهادات الاحتكاك السطحي بينهما وبهذا تساعد على دفع الركيزة بسرعة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تستعمل اجهزة الدق الاهتزازية كثيرا في ركائز الالواح (sheet piles) والركائز مسبقة الصب علما بأن الهزات لا تؤثر على الابنية المجاورة لموقع العمل وانها تتلاشى في التربة على عمق اول متر من طول الركيزة .

مجموعات الركائز وعامل التنقيص :

(pile groups and factor of group action)

توزع الركائز بمجموعات مختلفة لتنقل احمال معينة الى التربة . تتراوح المسافة بين مراكز الركائز المتجاورة بين ٢,٥ ـ ٣,٥ مرة من قطر الركيزة وتعتمد على عوامل تخص نوعية الركيزة وابعادها وطرق تنفيذها وعملها ومقدار تحمل مجموعة الركائز للاثقال ونوعية التربة التي تدق فيها الركائز .

يفضل دائما اقتصاديا تقليل المسافة بين ركائز المجموعة لتقليل مساحة قبعة المجموعة وبالتالي تقليل مساحة الاسس الخاصة للبناء . ينقص تحمل الركيزة الواحدة في المجموعة بمقدار معين ، يتراوح مقدار عامل التنقيص (group action) بين ٦ ٪ لمجموعة ذات ركيزتين الى ٢٨ ٪ لمجموعة ذات تسع ركائز . تستعمل طرق هندسية ومعادلات خاصة لتقدير عامل التنقيص كما يستحسن جمع الركائز بمجموعات قليلة وعند الضرورة يفضل زيادة تحمل المجموعة بزيادة طول الركيزة او توسيع قطرها او قاعدتها بدلا من زيادة عدد الركائز لتلك المجموعة .

فحص تحميل الركيزة : ـ (loading

يصعب حساب التحمل الفعلي للركيزة نظريا بصورة دقيقة وذلك لتعدد العوامل التي تدخل في موضوع تحملها . ان المتبع هو تحميل ركيزة فحص (test pile) للتأكد من امكانية تحملها التصميمي ضمن ضوابط ومواصفات هندسية منها مثلا المواصفات الاميريكية (ASTM - D. 3689 - 78) والمدونة البريطانية (CP 2004 - 72) يحدد موقع ركيزة الفحص بالقرب من موقع اساس المشروع وبارشاد المهندس المشرف وذلك لعمل ركيزة نموذجية بنفس تفاصيل وابعاد الركائز المراد استعمالها لأساس المشروع حيث تفحص هذه الركيزة لمعرفة تحملها ونزولها وبموجب هذه المعلومات تنفذ الركائز الاخرى .

يجوز الاستغناء عن ركيزة الفحص وتنفيذ الركائز حسب تفاصيل الرسومات الخاصة بها على ان يتفق على هذا الاسلوب مسبقا وان يتحمل الطرف المنفذ مسؤولية تنفيذ الركائز بالتحمل التصميمي المطلوب . يجري عادة فحص تحميل ركيزة واحدة لكل مائة ركيزة منفذة وان لا يقل عدد الفحوص عن فحصين في جميع الاحوال حيث يتم تعيين الركائز المراد فحصها من قبل المهندس المشرف عشوائيا على ان تكون

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

موزعة في مواقع تمثل نماذج لمجموعة الركائز او في حالة الشك في تحمل ركيزة معينة .

تهيأ الركيزة الخرسانية المراد فحصها وذلك اما بقطع الطرف العلوي مستويا او تعمل قبعة خرسانية مسلحة (cap) على رأس الركيزة لتوزيع احمال الفحص على مقطع الركيزة بصورة منتظمة . وكما يتطلب عند فحص ركيزة خرسانية ان يكون عمر الخرسانة سبعة ايام على الاقل وقد مضى على تصلدها الاولي الفترة اللازمة لمقاومة احمال الفحص .

يتطلب فحص الركائز توفير المقاييس والشواخص لقراءة النزول واحمال الفحص وان تكون المقاييس مفحوصة قبل استعمالها من قبل جهة معتمدة للتأكد من قراءاتها وان يشرف على عملية الفحص مهندسون او فنيون ممن لهم الخبرة في اعمال الفحص وتسجيل القراءات ومتابعة مراحل الفحص خطوة بخطوة واتخاذ الاجراءات اللازمة في حالة تعثر عملية الفحص عند حدوث حالات خاصة كنزول الركيزة نزولا سريعا او ميل ارضية الاحمال وانحناء العتب الساند للاحمال او هبوط او صعود التربة المجاورة لركيزة الفحص والى غير ذلك من التوقعات الاخرى .

يكون فحص التحميل على انواع منها :

١ ـ الفحص بالتحميل الديناميكي (الحركي) (dynamic loading)

٢ ـ الفحص بالتحميل الاستاتيكي (الساكن) (static loading)

٣ ـ الفحص بطريقة السحب (الشد) (pull - out test)

١ ـ الفحص بالتحميل الديناميكي عبارة عن متابعة ضربات مطرقة جهاز دق ركيزة الفحص وتسجيل مقدار هبوط الضربات واستعمال معدل هبوط من (٥ ـ ١٠) ضربات الاخيرة من طول الركيزة التقديرية في معادلة هندسية خاصة تعتمد على طريقة الدق والمطرقة المستعملة وثم ايجاد تحمل الركيزة بموجبها .

يستعمل هذا الفحص عادة لتحديد العمق الذي يجب ان تساق فيه الركيزة موقعيا لاعطاء تحمل معين .

٢ ـ الفحص الاستاتيكي عبارة عن تحميل ركيزة فحص باحمال مضافة ولحالات منها ما يلي : ـ

آ ـ التحميل الاتلافي (failure test) والذي يستمر فيه التحميل الى ان تفشل الركيزة او الى ان يتجاوز مقدار تحملها الامين مضروبا بعامل امان معين . يحدث الفشل عندما يبلغ مقدار التحميل الحد الذي يحصل تجاوز مقدار اجهاد قص التربة ويسمى هذا بالفشل القصى (shear failure) والحمل عنده بالحمل الاقصى (ultimale load) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

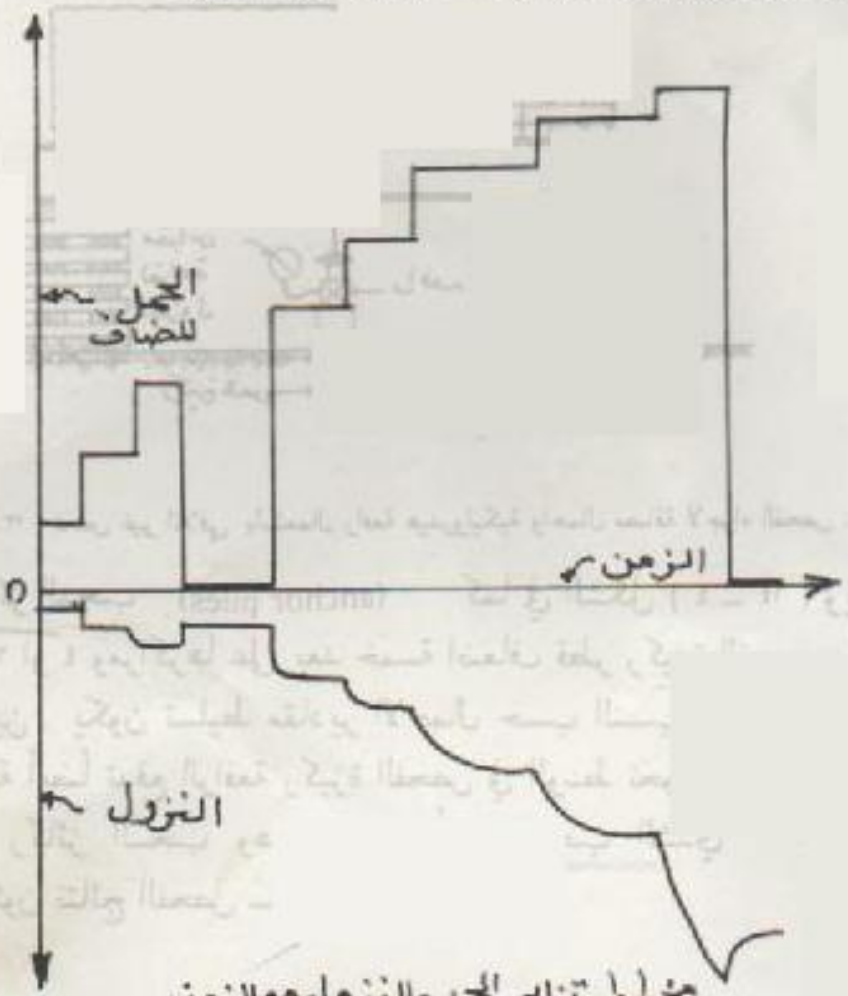
يمكن معرفة تحمل الركيزة من هذا التحميل وحسب عامل امان مناسب يساوي اعتياديا ثلاث ان لم يذكر خلاف ذلك . يستفاد من هذا الفحص ايضا لمعرفة عامل الامان التصميمي ان اريد ذلك والذي يساوي الحمل الاقصى من التحميل الاتلافي مقسوما على الحمل التصميمي للركيزة . لا يجري فحص التحميل الاتلافي على الركائز العاملة او على ركائز تجريبية تساق في موقع اسس الركائز العاملة .

(ب) ـ التحميل غير الاتلافي ،والذي تحمل فيه الركيزة من ١٥٠ ٪ الى ٢٠٠ ٪ من تحملها التصميمي المقرر . ومن احدى طرق التحميل غير الاتلافي المبين في المواصفات الامريكية اضافة الاحمال هذه بعدة مراحل بزيادة ٢٥ ٪ من الحمل التصميمي لكل مرحلة . يسجل نزول الركيزة لكل مرحلة بعد ان تبقى الاحمال المسلطة عليها لفترة زمنية معينة تحدد بساعة واحدة أو ساعتين حسب مقدار النزول . يبقى الحمل الكلي على الركيزة لمدة تتراوح من ٢٤ الى ٤٨ ساعة حسب مقدار النزول ايضا ويسجل النزول النهائي للركيزة وثم تبدأ عملية رفع الاحمال بنفس نسب التحميل تنازليا ويسجل رجوع الركيزة (rebound) لكل مرحلة والرجوع النهائي بعد ساعة من رفع الاحمال نهائيا . يرسم خط بياني لمقدار الاحمال ونزول ورجوع الركيزة لكل حمل اثناء مراحل التحميل والرفع اخذا بنظر الاعتبار مقادير القصر المرن (elastic shortening) لركيزة الفحص اثناء فترة التحميل وتأثير ذلك على نتائج حساب النزول الدائمي للركيزة (permenant settlement) .

يجوز ان يكون الفحص غير الاتلافي بالتحميل التعاقبي (cyclic loading) حيث تضاف الاحمال وترفع باكثر من حالة واحدة فمثلا للتحميل الاول تضاف الاحمال بنسب ٢٥ ٪ لكل اضافة الى حد ١٠٠ ٪ من الحمل التصميمي للركيزة وثم ترفع بنفس النسب تنازليا الى الصفر وثم تعقبها مرحلة التحميل الثاني والتي تضاف الاحمال بنسب ٥٠ ٪ . ١٠٠ ٪ ثم بزيادة ٢٥ ٪ لكل اضافة الى حد ٢٠٠ ٪ من الحمل التصميمي للركيزة ويبقى الحمل عند هذا الحد لمدة من ٢٤ ساعة الى ٤٨ ساعة حسب مقدار النزول . ترفع الاحمال تنازليا للمرة الثانية وبنفس نسب التحميل الثاني الى حد الصفر . تؤخذ قراءات قبل وبعد اضافة الاحمال وترسم الخطوط البيانية للاحمال والنزول . تفسر نتائج الفحص ويتم قبول او رفض الركيزة بموجب المواصفات التي بموجبها اجريت عملية الفحص .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

يمثل الشكل (٤ ـ ١٣) مخططات نموذجية لفحص تعاقبي مبيناً تغاير التحميل والنزول والزمن لكل مرحلة من مراحل الفحص .

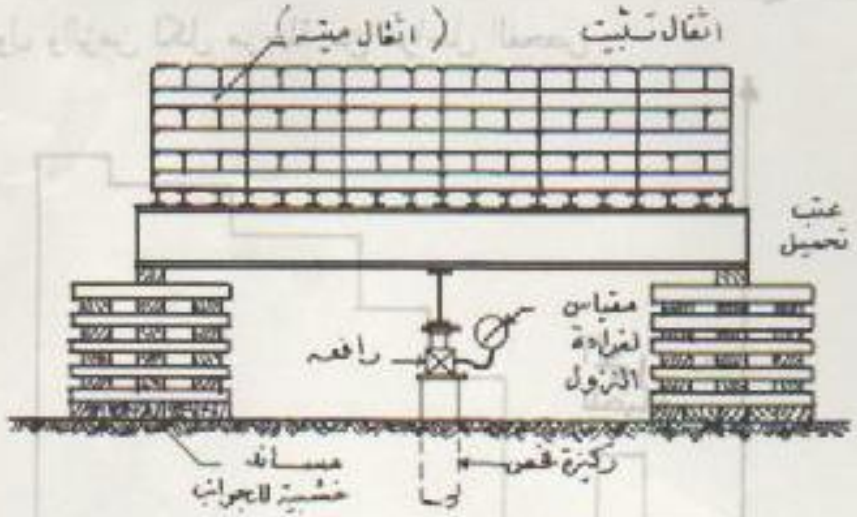


شكل (٤ ـ ١٣) مخططات فحص غير اتلافي بالتحميل التعاقبي

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

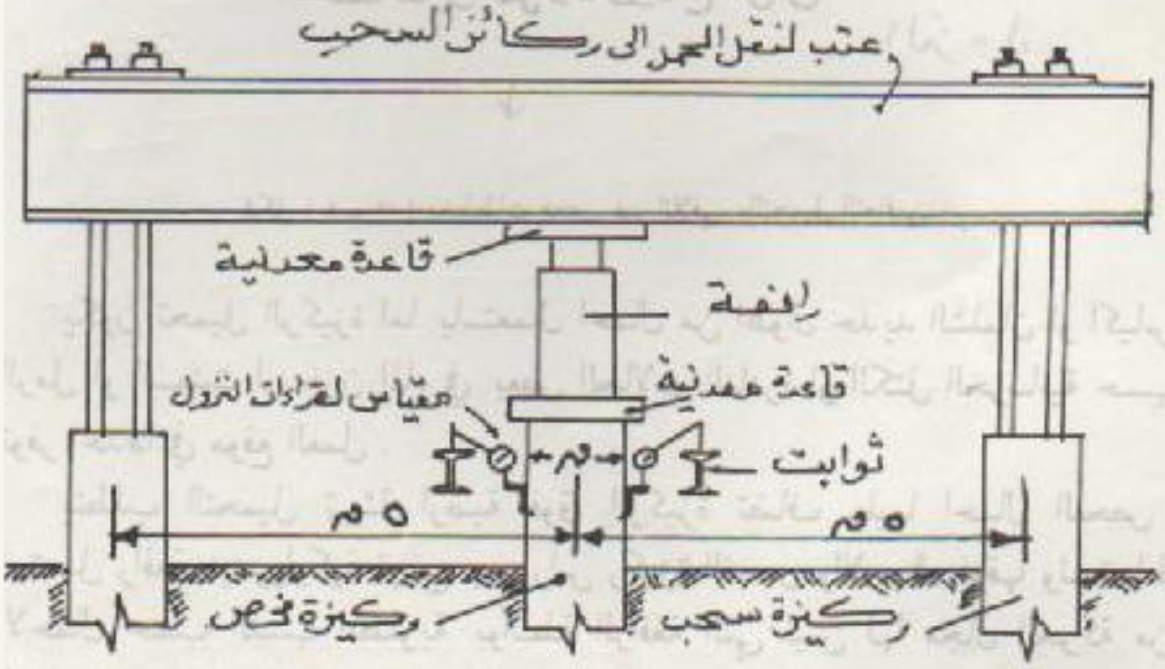
يتطلب التحميل تهيئة ارضية فوق الركيزة تضاف عليها احمال الفحص . تستعمل رافعة هيدروليكية توضع بين رأس ركيزة الفحص والاحمال فوقها وثم تسلط الاحمال حسب النسب المطلوبة بواسطة الرافعة التي ليس لها مجال الحركة من الاعلى لوجود الاحمال كما مبين ذلك في الشكل (٤ ـ ١٣) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



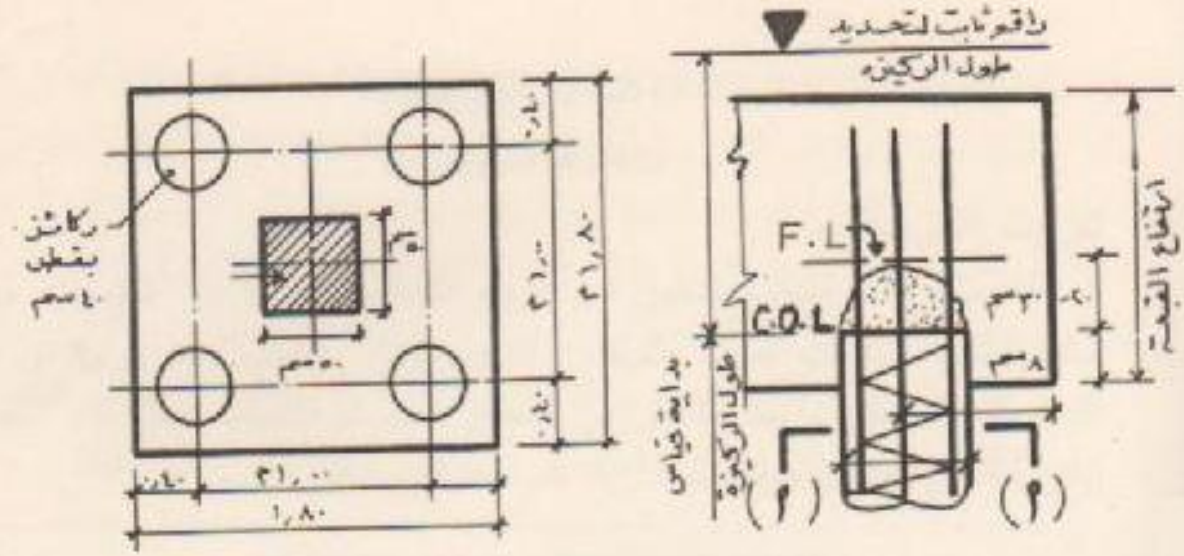
شكل (٤ ـ ١٣) فحص غير اتلافي باستعمال رافعة هيدروليكية واحمال مضافة لاجراء الفحص .

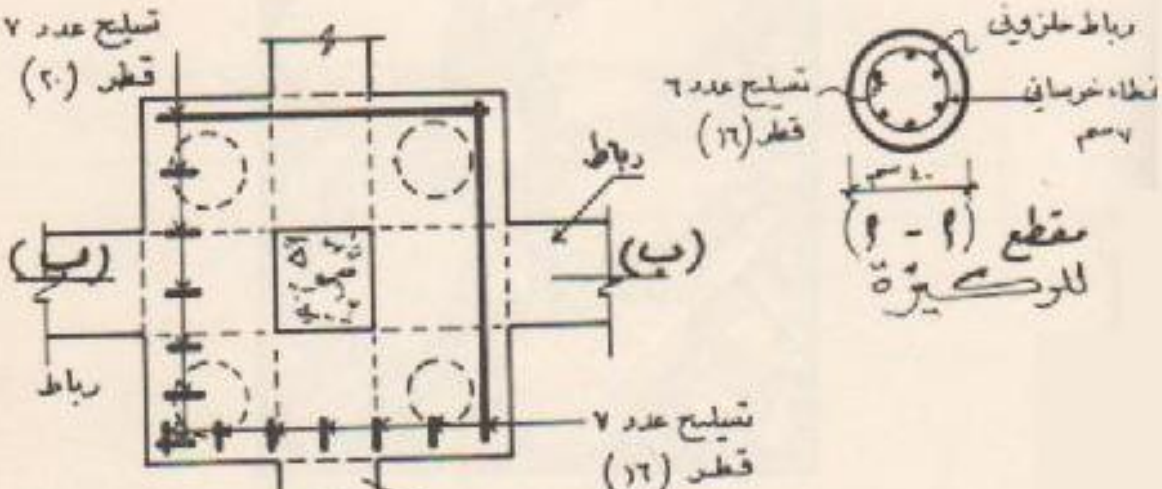
تستعمل ركائز السحب (anchor piles) كما في الشكل (٤ ـ ١٤) ويكون عددها اعتياديا ٢ او ٤ ومراكزها على بعد خمسة اضعاف قطر ركيزة الفحص على أن لا تقل عن مترين . يكون تسليط مقادير الاحمال حسب النسب المذكورة بواسطة رافعة هيدروليكية أيضاً تدفع الرافعة ركيزة الفحص في الوسط نحو الأسفل . يشترط أن لا تتحرك ركائز السحب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

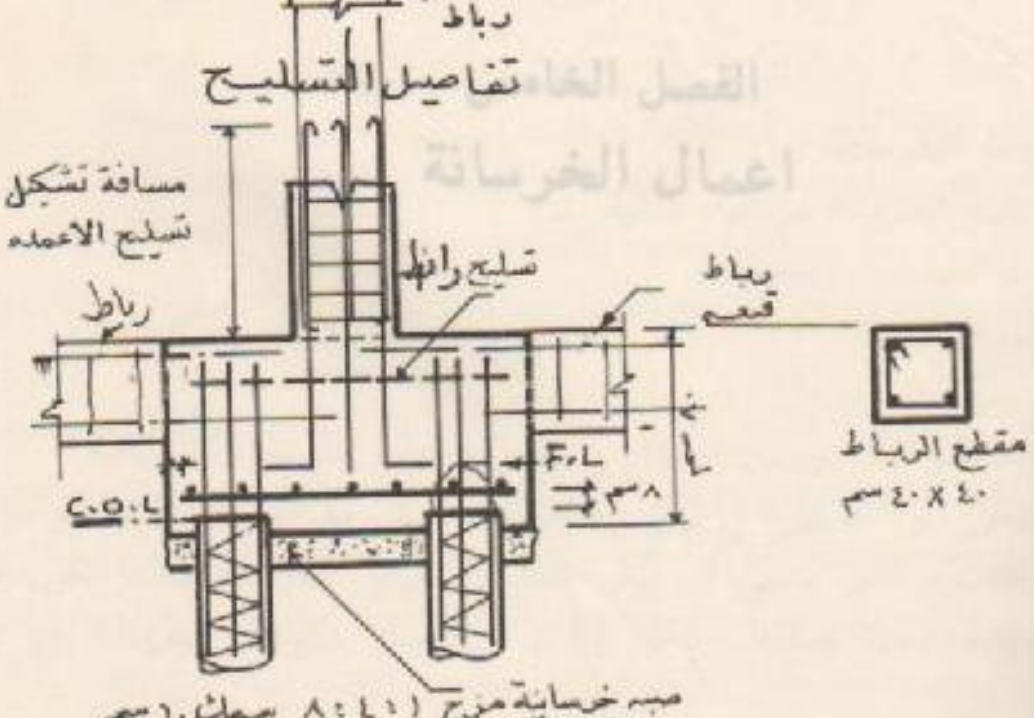


شكل (٤ ـ ١٤) فحص تحميل غير اتلافي باستعمال ركائز سحب

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com







مقطع (ب - ب) لقبعة الركائز

شكل (٤ - ١٨) تفاصيل نموذجية لمجموعة ركائز .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الفصل الخامس

أعمال الخرسانة

إعداد وسكنر المهندس: أبومعاذ الراوي
مهندس السواهيك

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

اعمال الخرسانة

(Concrete Works)

تعريف الخرسانة :

الخرسانة مادة انشائية تتكون من مزيج متجانس تقريباً من جسيمات حبيبية صلدة متنوعة المقاسات تعرف بالركام (aggregate). تشغل نسبة كبيرة من حجم المادة يثبتها هيكل رابط ولاصق من معجون السمنت المتصلد بفعل الماء. تحتوي الخرسانة على فجوات هوائية او غازية بنسبة قليلة. شكل (٥ ـ ١).

شكل (٥ ـ ١) مقطع تخطيطي للخرسانة

مكونات الخرسانة :

تُعمل الخرسانة من المواد التالية ، ـ

١ ـ السمنت . (cement)

٢ ـ الركام .

٣ ـ الماء .

٤ ـ المضافات (admixtures) وتستعمل في بعض المزجات الخرسانية .

تدخل المواد المذكورة في تكوين الخرسانة بنسب متباينة حسب تصميم المزجة . ذلك التصميم الذي ينبغي ان يوفر متطلبات خواص الخرسانة عندما تكون طرية (fresh) وبعد تصلبها . شكل (٥ ـ ٢) يبين مكونات الخرسانة مع نسبها التقريبية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

١ ـ السمنت : ـ تطلق تسمية (مادة سمنتية) على اي من المواد الصلبة التي تكون بشكل مسحوق قابل للامتزاج والتفاعل مع الماء والتحول عند الجفاف الى مادة لاصقة وصلدة . ان التعريف يشمل عدداً كبيراً من المواد مثل الجص والسمنت بانواعه والنورة أحياناً وغيرها الا ان السمنت المستعمل في الخرسانة هو من نوع المواد الكلسية الهيدروليكية التي تحتوي على بعض المكونات الاخرى تحرق بدرجة عالية ثم تطحن بنعومة كبيرة . يقسم السمنت المستعمل في الخرسانة والمواد الرابطة الى : ـ

شكل (٥ ـ ٢) مكونات الخرسانة بعد المزج

آ ـ السمنت البورتلاندي بانواعه .

ب ـ انواع اخرى من الاسمنت غير البورتلاندية .

آ ـ السمنت البورتلاندي (portland cement ويختصر P. c.) : مجموعة انواع السمنت التي تكون المواد الخام فيها كلسية (calcareous) . بنسبة حوالي الثلثين والباقي مواد طينية وقد تضاف خامات اكاسيد الحديد . ان اختيار المواد الاولية يكون بالنسب الملائمة لتوفير الكمية المناسبة من اوكسيد الكلس (CaO) والسليكا (اوكسيد السيلكون SiO_2) والالومينا (اوكسيد الالمنيوم Al_2O_3) واكاسيد الحديد (Fe_2O_3 او غيره) لذلك النوع من السمنت البورتلاندي حيث ان تغيير نسبة المواد الاولية يعطي الانواع المختلفة من السمنت البورتلاندي . يستعمل حجر الكلس والترسبات الطينية الصالحة كمواد اساسية لصناعة السمنت في العراق . تهيأ المواد الخام وتطحن وتمزج ثم تحرق وتصهر بدرجة حرارة اكثر من ١٣٥٠ مئوية في افران دوارة مائلة تنتج ما يسمى بالكلنكر (clinker) . يبرد الكلنكر ثم يطحن بالنعومة المطلوبة ويضاف له اثناء الطحن

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مادة الجبس التي تعمل على زيادة وتعديل زمن التماسك . قد تختلف نعومة السمنت حسب نوعية الاسمنت الا ان الحبيبات السمنتية تكون بمقاس يتراوح بين ٠,٥ ـ ٨٠ ميكرون . يباع السمنت اما بحالة فل غير معبأ حيث ينقل بسيارات حوضية ذات مضخة خاصة ويخزن في صوامع (silos) معدنية او معبأ بأكياس ورقية ذات زنة ٥٠ كغم للكيس الواحد .

يتضح مما سبق ان كلمة سمنت بورتولاندي تعني مواصفات معينة لمجموعة من انواع السمنت تشترك في كون مركباتها الاساسية (basic compounds). متشابهة ولكنها تختلف في نسب تواجدها . تنتج المركبات الاساسية عن اتحاد الاكاسيد المذكورة سابقاً بفعل الحرارة . ان اهم المركبات الاساسية : ـ

١ ـ السيليكا ثنائية الكلس ($2CaO.SiO_2$ ويرمز له C_2S) .

يتميز هذا المركب بان سرعة تفاعله بطيئة ويعطي حرارة قليلة اثناء التفاعل وتحمله الابتدائي لقوى الضغط قليل الا ان تحمله النهائي يكون جيداً .

٢ ـ السيليكا ثلاثية الكلس ($3CaO.SiO_2$ ويرمز له C_3S) .

يتميز هذا المركب بان سرعة تفاعله معتدلة ويحرر كمية لا بأس بها من الحرارة اثناء التفاعل ويكون تحمله الابتدائي والنهائي جيد . يكوّن هذا المركب مع المركب السابق ٧٠ ـ ٨٠ بالمائة من السمنت البورتلاندي .

٣ ـ الالومينا ثلاثية الكلس ($3CaO.Al_2O_3$ ويرمز له C_3A) .

يتميز هذا المركب بتفاعله السريع وبتحريره كمية كبيرة من الحرارة اثناء التفاعل . ان التحمل الابتدائي له جيد الا ان تحمله النهائي ضعيف . يعتبر هذا المركب قلقاً وخاصة بسبب تفاعله مع الاملاح الكبريتية الذي يؤدي الى اضعاف السمنت .

٤ ـ الومينات الحديد رباعية الكلس ($4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ ويرمز له C_4AF) .

يمثل مجموعة اكاسيد اخرى مقاربة له في الخواص . يتفاعل مع الماء بسرعة اقل من (C_3A) ويكون مركبات مائية اكثر استقرارا من مركبات (C_3A) واقل من مركبات سليكات الكالسيوم المائية . تكون حرارة الاماهة اعلى من تلك التي يولدها (C_2S) واقل من بقية المركبات . ان تأثير هذا المركب على تحمل السمنت قليل وكذلك على حرارة الاماهة . يعتمد في نسبة تواجده التي تتراوح عادة بين (٥ ـ ١٠) بالمائة من وزن السمنت على كمية اكاسيد الحديد في المواد الخام .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ان خواص انواع السمنت البورتلاندي هي محصلة خواص المركبات حسب نسب تواجدها بالاضافة الى تأثير نعومة السمنت .

يمكن تقسيم أنواع السمنت البورتلاندي الى أنواع اساسية ست هي : ـ

١ ـ سمنت بورتلاند الاعتيادي (ordinary p. c.) :

يستعمل هذا السمنت في كافة الحالات عدا التي يستوجب فيها استعمال نوع آخر من السمنت .

٢ ـ سمنت بورتلاند المعدل (modified general purpose p. c.) :

يستعمل في الحالات العامة وبخاصة التي تتعرض فيها الخرسانة الى املاح كبريتية بكمية معتدلة أو عندما يتطلب ان تكون حرارة التفاعل (أو الاماهة hydration -) المنطلقة اقل من تلك في النوع الاعتيادي وذلك عند عمل الكتل الضخمة أو عند تنفيذ صب الخرسانة في جو حار . يتميز هذا السمنت بتحديد كمية المركبين C_3A . C_3S .

٣ ـ سمنت بورتلاند سريع التصلد (high early strength p. c.) :

يستعمل في الحالات التي يتطلب فيها تصلد سريع كما في الاعمال التي يرغب فيها برفع القوالب بسرعة وزيادة التحمل في الايام الاولى بعد التصلب أو في الاجواء الباردة . يتميز هذا السمنت بزيادة كمية C_3S وتقليل C_2S وبنعومة عالية .

٤ ـ سمنت بورتلاند واطيء الحرارة (low - heat p. c.)

يستعمل في الحالات التي يتطلب فيها ان تكون حرارة الاماهة اقل ما يمكن لتجنب التشقق كما في حالات الصبات الضخمة كالسدود وغيرها وخاصة عند صب الخرسانة في الاجواء الحارة . يتميز هذا السمنت بتحديد كمية (C_3A). وأحيانا بتحديد مجموع (C_3A+C_3S) لجعل حرارة الاماهة معتدلة مع الاستغناء عن اجراء فحص قياسها

٥ ـ سمنت بورتلاند مقاوم للاملاح الكبريتية (sulphate resisting p.c.)

يستعمل في الحالات التي تتعرض فيها الخرسانة الى تأثير الاملاح الكبريتية من أي مصدر كان . يتميز هذا السمنت بتحديد كمية C_3A الى أقل حد ممكن ويكون ذلك بتقليل نسبة الالومينا المتواجدة في المواد الخام وباضافة خامات اوكسيد الحديد بنسبة أكبر في المواد الاولية حيث تعمل تلك الخامات على الاتحاد مع الالومينا والكلس مكونة المركب C_4AF الامر الذي يقلل كمية C_3A في السمنت الناتج . ان

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مقاومة هذا السمنت للاملاح الكبريتية هي بحدود معينة ويجب وقاية الخرسانة بوسائل اضافية اذا كانت نسبة الاملاح المتواجدة اكثر من حدود مقاومة السمنت .

٦ ـ سمنت بورتلاند الابيض (white p. c.) :

يستعمل في الحالات التي يكون اللون فيها ابيضا أو فاتحا كما في النثر أو اللبخ الابيض أو الملون أو في صناعة الكاشي أو الخرسانة بلون خاص . لهذا السمنت نفس خواص سمنت بورتلاند الاعتيادي ما عدا درجة اللون . ينتج هذا السمنت باستعمال مواد خام ذات لون فاتح مع تحديد كمية اكاسيد الحديد بشكل خاص الى اقل حد ممكن لانها تسبب قتامة لون السمنت وكذلك يستعمل الوقود الذي لا يسبب تلوث وتلون السمنت فالفحم الحجري مثلا لا يصلح كوقود في هذه الحالة .

لقد حددت المواصفة القياسية العراقية المرقمة ٥ / ٩٦٧ مواصفات سمنت بورتلاند الاعتيادي وسمنت بورتلاند سريع التصلد والمرقمة ٦ / ٩٦٨ مواصفات سمنت بورتلاند المقاوم للكبريتات والمواصفتين المرقمتين ٧ و ٨ / ٩٦٨ الطرق القياسية للتحاليل الكيمياوية والفيزياوية على التوالي لسمنت بورتلاند . يبين الجدول رقم (٥ ـ ١) خواص السمنت بموجب تلك المواصفات .

ينتج في العراق حاليا سمنت بورتلاند الاعتيادي والمقاوم للاملاح الكبريتية والابيض بصورة مستمرة ويمكن انتاج بقية الانواع الواردة ذكرها في نفس معامل السمنت (عدا الابيض) عند الحاجة .

هنالك انواع اخرى من السمنت البورتلاندي منها : ـ

١ ـ سمنت بورتلاند مفقع الهواء (air entraining p. c.) : هو من نفس نوعية السمنت البورتلاندي الاساسي الواردة في ١ و ٢ و ٣ سابقا ومضافا له في مرحلة الطحن مضافات تعمل على نشر فقاعات هوائية أو غازية دقيقة جدا عند استعمال السمنت . تستعمل انواع هذا السمنت عند توقع تعرض الخرسانة في المنشاء الى تأثير الانجماد بدرجة كبيرة .

٢ ـ سمنت بورتلاند خبث الفرن العالي (portland blast - furnace cement) سمنت يصنع باستعمال الخبث (slag) . الناتج من تعدين الحديد في الفرن العالي (النفاخ) مع كلنكر سمنت بورتلاند وبعض المنشطات مثل النورة أو هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم أو مواد اخرى . يتميز هذا السمنت ببطء تصلده لذا فأن سرعة اطلاقه للحرارة تكون قليلة نوعاً ما وعليه يفضل استعماله في الصبات الكبيرة وفي الاجواء الحارة . يكون تحمل الضغط الابتدائي لهذا النوع من السمنت واطيء الا ان تحمله النهائي يكون جيداً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول (٥-١)

خواص السمنت	نوع السمنت البورتلاندي		
	العتيادي	سريع التصلد	مقاوم للأملاح الكبريتية
النعومة (بطريقة بلين) سم٢/ غم	٢٢٥٠	٢٢٥٠	٢٥٠٠
زمن التماسك (بطريقة فايكات)			
أ ـ البدائي (حد ادنى) ـ دقيقة	٦٠	٩٠	٦٠
ب ـ النهائي (حد أعلى) ـ ساعة	١٠	٦	١٠
مقاومة الضغط (معدل) ـ مونة السمنت ـ			
أ ـ بعمر (٣) أيام (حد ادنى) كغم / سم٢	١٢٠	٢٥٠	٢٠٠
ب ـ بعمر (٧) أيام (حد ادنى) كغم / سم٢	٢٤٠ واكثر من التحمل بعمر ثلاثة ايام	٢٨٥ واكبر من الاحمال بعمر ثلاثة ايام	٢١٠ واكثر من التحمل بعمر ثلاثة ايام
مقاومة الشد (معدل) ـ بعمر يوم واحد (حد ادنى) كغم / سم٢	ـ	٢٢	ـ
السلامة ـ			
أ ـ بطريقة لوشاتليه ـ التمدد (حد أعلى) ملم	١٠	١٠	٥
ب ـ بطريقة الاوتوكلاف ـ نسبة الزيادة (حد اعلى) بالمائة	٠٫٨	٠٫٨	٠٫٨
عامل الاشباع الجيري	٠٫٦٦ ـ ٠٫٠٢	٠٫٦٦ ـ ١٫٠٢	ـ
نسبة الفقدان بالحرق (حد أعلى) بالمائة	٤٫٠	٤٫٠	٣٫٠
نسبة المواد الكلية غير القابلة للذوبان بالمائة وزناً (حد اعلى)	١٫٥	١٫٥	١٫٠
نسبة اوكسيد المغنيسيا وزناً بالمائة (حد اعلى)	٥٫٠	٥٫٠	٥٫٠
نسبة الالومينا ثلاثية الكلس (حد اعلى) وزناً بالمائة	ـ	ـ	٣٫٥
نسبة ثالث اوكسيد الكبريت (حد اعلى) وزناً بالمائة	٢٫٥ ـ اذا كان C3A ٤٫٧ او اقل ٣٫٠ ـ اذا كان C3A اكثر من ٤٫٧	٢٫٥ ـ اذا كان C3A ٣٫٧ او اقل ٣٫٠ ـ اذا كان C3A اكثر من ٣٫٧	٢٫٥

* المصدر ـ المواصفات القياسية العراقية المرقمة ٥ / ١٩٦٧ و ٦ . ٧ . ٨ / ١٩٦٨

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٣ ـ سمنت بورتلاند فائق التصلد (extra rapid hardening p. c.): سمنت يصنع باضافة كلوريد الكالسيوم الى سمنت بورتلاند السريع التصلد في مرحلة الطحن. يعمل كلوريد الكالسيوم كمعجل للتفاعل مؤدياً الى زيادة في التحمل الابتدائي وفي سرعة اطلاق الحرارة. ان اضافة الكلوريد تزيد في احتمال تآكل فولاذ التسليح لذا يحذر من استعماله في اعمال الخرسانة السابقة الجهد من النوع السابق التوتير (pretensioned). لهذا السمنت نفس استعمالات سمنت بورتلاند السريع التصلد ويفضل عند الرغبة في الحصول على تحمل ابتدائي اسرع مما يعطيه النوع المذكور.

٤ ـ سمنت بورتلاند الملوّن (coloured p. c.): سمنت يصنع باضافة خضاب ملوِن الى السمنت في مرحلة الطحن. يكون الخضاب ذا لون ثابت ولا يتفاعل مع السمنت بصورة سلبية. يستعمل سمنت بورتلاند الاعتيادي لانتاج سمنت ملون ذي لون غامق وسمنت بورتلاند الابيض لانتاج سمنت بالوان فاتحة. لهذا السمنت نفس استعمالات السمنت الابيض ولاعطاء لون معين.

د ـ سمنت بورتلاند البوزولاني (portland - pozzolan cement) : ـ

سمنت يصنع باضافة مواد بوزولانية الى سمنت بورتلاند الاعتيادي بنسبة حوالي ٢٥ ٪ في مرحلة الطحن. ان المواد البوزولانية هي مواد سيليكية التركيب لها القابلية على التفاعل مع النورة بوجود الرطوبة وينتج عنها مادة سمنتية. ان تفاعل انواع السمنت البورتلاندي مع الماء ينتج نورة بشكل هيدروكسيد الكلسيوم وعندما تكون الظروف غير مناسبة فان هذه النورة يمكن ان تسبب تآكل الخرسانة بفعل الماء الذي يؤدي الى ارتشاح (leaching) المادة خارج الخرسانة لذا فان وجود المواد البوزولانية يساعد في تحويل النورة الى مواد سمنتية ثابتة لا تتأثر بفعل الماء. ان التحمل الابتدائي لهذا السمنت ضعيف نسبياً الا ان تحمله النهائي جيداً ويساوي او يزيد على تحمل سمنت بورتلاند الاعتيادي. يتميز هذا السمنت ببطء اطلاق الحرارة.

لا تنتج هذه الانواع في العراق في الوقت الحاضر اما بسبب قلة استعمالها او لعدم توفر المواد الاولية بكلفة معقولة كما في سمنت بورتلاند خبث الفرن العالي.

ب ـ **انواع السمنت غير البورتلاندي** : ـ مجموعة انواع السمنت التي لا تتكون من المركبات الاساسية للسمنت البورتلاندي الوارد ذكرها بصورة رئيسية بل توجد مركبات اخرى. لا تعود هذه الانواع الى مجموعة متقاربة التركيب كما في انواع السمنت البورتلاندي. توجد انواع سمنت غير بورتلاندي متعددة منها : ـ

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

١ ـ السمنت الطبيعي (natural cement): سمنت محضر من حرق وطحن الصخور التي تتواجد في الطبيعة ويكون تركيبها سمنتياً مشابهاً لمكونات سمنت بورتلاند تقريباً. تكون درجة حرارة الحرق واطئة بالنسبة الى انواع سمنت بورتلاند. ان انتاج هذا النوع من السمنت محدود جداً في العالم بسبب تذبذب نوعيته وقلة تحمله قياساً لانواع السمنت الاخرى.

٢ ـ سمنت عالي الالومينا (high alumina cement): سمنت يصنع من الطباشير او حجر الكلس والبوكسايت. يتميز هذا السمنت بلونه الغامق وبسرعة تصلده وباعطائه تحملاً كبيراً حتى في اليوم الاول وكذلك بمقاومته الجيدة لتأثير الاحماض المخففة والكبريتات لكنه يتأثر بالقلويات. يستعمل هذا السمنت في خرسانة الاجواء الباردة وعند الرغبة في الحصول على تحمل مبكر عال وفي المنشآت البحرية وكذلك في الخرسانة المقاومة للنار كالمداخن والافران وغيرها. يتأثر تفاعل هذا السمنت بدرجات الحرارة عندما ترتفع اكثر من ٢٥° م عند التصلد وما بعده وكذلك عند تعرض الخرسانة الى الرطوبة بصورة دائمة وينتج عن ذلك تحولات تسبب هبوطاً في تحمل الخرسانة. لذا يجب الاهتمام بالسيطرة على درجة الحرارة عند عمل الخرسانة وانضاجها وعدم استعمال نسبة ماء / سمنت اعلى من ٠,٤٠ (المدونة البريطانية CP 110 - 72) يجب اخذ الهبوط المحتمل في التحمل بنظر الاعتبار عند التصميم.

يجدر الاشارة الى ان المدونة المذكورة قد ابطلت في تعديل لها برقم ١٥٥٣ عام ١٩٧٤ كافة التوصيات الواردة فيها بخصوص هذا السمنت نظراً لحوادث الانهيارات اللاحقة التي حصلت وتركت للمصمم والمنفذ تقرير ما يلزم عند استعماله.

عند مزج هذا السمنت مع سمنت بورتلاند الاعتيادي ينتج مادة سمنتية فائقة التفاعل تتصلد ببضع دقائق ويمكن تحميلها بعد ساعتين. تستعمل انواع هذا المزيج في الاصلاحات المستعجلة جداً.

٣ ـ سمنت فائق الكبريتات (super sulphated cement): سمنت يصنع من خبث الفرن العالي وكبريتات الكالسيوم وكمية قليلة من السمنت البورتلاندي. تحرق هذه المواد وتطحن بنعومة عالية. يتميز هذا السمنت بقلة حرارة التفاعل وبمقاومته الجيدة لتأثير الكبريتات ولتحمله الجيد الذي يكون على الاغلب اعلى من تحمل سمنت بورتلاند الاعتيادي ومقارباً لتحمل سمنت بورتلاند سريع التصلد. يفضل استعمال هذا السمنت في الصبات الكبيرة بشكل خاص كالسدود وغيرها وكذلك في الاجواء الحارة وعند تعرض الخرسانة لتأثير الكبريتات.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٤ ـ سمنت البناء (masonry cement) : ـ سمنت يصنع من مزيج سمنت بورتلاند الاعتيادي مع مواد مفقعة للهواء ومواد اخرى كالجبس والنورة وغيرها . ينتج ويباع باسماء تجارية مختلفة . يستعمل هذا السمنت لعمل المواد الرابطة وليس الخرسانة . راجع الفصل السادس (مونة سمنت البناء) .

٥ ـ سمنت تمددي (expansive cement) : ـ سمنت يصنع بتراكيب متعددة الهدف منها انتاج سمنت يتمدد أو على الاقل لا ينكمش بنتيجة تفاعله مع الماء . تنتج الانواع المختلفة منه بمزج نسب معينة من السمنت البورتلاندي كمادة سمنتية مع مادة متفاعلة مع السمنت تؤدي الى التمدد وتكون كبريتية في الغالب ومادة مثبتة معادلة للسيطرة على التفاعل . يستخدم السمنت التمددي لغرض اصلاح النضوح في المنشآت الصماء الناقلة أو الحافظة للسوائل كالسدود والسراديب والخزانات وغيرها أو لاصلاح الاعضاء الانشائية المتضررة حيث ان انواع السمنت البورتلاندي لوحدها لا تصلح لهذا الغرض بسبب انكماشها عند الجفاف . ان تمدد السمنت في الخرسانة بعد التفاعل يؤدي الى اعادة اجهاد (re - stress) ذلك الجزء المصلح مما يعيد توزيع الاجهادات في اعضاء المنشأ بصورة طبيعية .

٦ ـ انواع اخرى من السمنت : هنالك انواع اخرى من السمنت مثل سمنت بئر النفط ويستعمل عند حفر وتبطين ابار النفط والسمنت النفاث التماسك (jet - set cement) الذي يستعمل في الاصلاحات المستعجلة جدا والسمنت المنفر للماء (hydrophobic cement) الذي يستعمل عند الحاجة لخزن السمنت لفترة طويلة في اجواء رطبة وغيره من انواع السمنت التي لاتدخل ضمن اختصاص هذا الكتاب .

٢ ـ الركام (aggregate) : ـ يتكون الركام من مجموعة جسيمات ذات مقاسات متباينة وتكون مادته صلدة (hard) وقوية (strong) بدرجة كافية وخاملة (inert) اي لا تتفاعل مع السمنت والماء . ينبغي ان لا يحتوي الركام على مواد ضارة بنسبة اعلى من الحد المبين في المواصفات وتشمل تلك المواد الاملاح وخاصة الكبريتية والكلوريدات وغيرها من المواد الكيمياوية وكذلك المواد العضوية والمواد الناعمة جداً . يشكل الركام معظم حجم الخرسانة فهو يشغل ما بين ٦٥ ـ ٨٠ ٪ من الحجم الكلي .

مادة الركام : يمكن تقسيم الركام من حيث المواد التي يتكون منها الى : ـ

آ ـ ركام طبيعي .

ب ـ ركام صناعي .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

آ ـ **الركام الطبيعي:** ـ وهوالذي يتكون من مواد طبيعية يستعمل مباشرة او بعد اجراء بعض العمليات البسيطة كالغسل والتدريج ومن انواعه الركام السيليكي الطبيعي مثل الحصى والرمل او الركام المستحصل من تكسير الصخور المناسبة والحصى الكبير المقاس او من مواد الحمم البركانية المتصلبة .

ب ـ **الركام الصناعي:** ـ وهو الذي يتكون من مواد منتجة بطريقة صناعية مثل الطابوق المكسر (بعض انواعه فقط تعتبر صالحة) او خبث الفرن العالي او الطين المنفوخ بفعل الحرارة وغيره .

تدريج الركام : ـ يقسم الركام من حيث توزيع المقاسات المختلفة للجسيمات (التدريج) الى نوعين ، ـ

آ ـ تدريج مستمر (continuous grading) .

ب ـ تدريج بفجوة (gap grading) .

آ ـ **التدريج المستمر :** يعني ان يكون الركام موزعاً على مقاسات متعددة وبكمية مناسبة لكل مقاس تحددها مواصفات تدرج ذلك الركام . ان هذا التوزيع يساعد الجسيمات الناعمة على التداخل في الفجوات البينية للجسيمات الأكبر مقاساً الأمر الذي يساعد في انتاج خرسانة كثيفة . قليلة الفجوات وتستهلك اقل ما يمكن من المادة الرابطة (معجون السمنت بالماء) وبذا تكون الخرسانة اقتصادية وذات تحمل جيد .

ب ـ **التدريج بفجوة :** يعني ان يكون الركام باكمله موزعا على عدد محدد وقليل من المقاسات ـ اثنين مثلا ـ . ان هذا التوزيع قد يساعد في جعل الخرسانة اسهل مزجا الا ان احتمال انعزال المواد بسبب تباين كتلة الجسيمات (segregation) يعطي خرسانة غير متجانسة واقل جودة . لا يفضل استعمال الركام بتدريج كهذا الا اذا كان من غير الممكن الحصول على ركام بتدريج مستمر .

شكل الركام : يعتبر شكل الركام من الخواص التي تؤثر في الخرسانة اثناء المزج . عند الرص وبعد تصلب الخرسانة . يقسم شكل الركام الى الاصناف التالية ، ـ

آ ـ **مدور (rounded):** ـ حيث تكون الجسيمات بشكل كروي تقريبا ويكون الركام بهذا الشكل بنتيجة الصقل بفعل الماء أو الاحتكاك المستمر عند تكون الركام جيولوجيا . ان غالبية الحصى النهري أو من سواحل البحار أو الرمل المتكون بالاحتكاك والمدحرجة بفعل الريح من هذا النوع .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ب ـ غير منتظم (irregular). : ـ حيث تكون الجسيمات اقل كروية من المدور بسبب عدم تكامل طريقة التكوين المبينة سابقاً. تتميز الجسيمات بحافات مدورة. ان معظم انواع الحصى والرمل الطبيعي البري هي من هذا الصنف.

ج ـ رقائقي أو قرصي (flaky) : ـ حيث يكون سمك الركام قليلا بالنسبة الى البعدين الاخرين. يكون ركام الصخور الطبقية المكسرة وكذلك بعض انواع الحصى النهري من هذا النوع عندما تتكون بصورة ساكنة في مياه سريعة الجريان. والطابوق

د ـ ذو زوايا (angular): ـ حيث يتميز الركام بزوايا واضحة عند التقاء سطوح الركام التي تكون مستوية تقريبا. ان الركام المستحصل من تكسير الصخور أو الخبث او الطابوق من هذا الصنف.

هـ ـ مستطال (elongated) : ـ حيث يكون طول الركام اكبر بصورة متميزة من البعدين الاخرين. يتواجد هذا الصنف بين الركام ذو زوايا.

ان افضل الاشكال هي غير المنتظم والمدور ثم ذو زوايا ولا يعتبر الركام الرقائقي أو المستطال صالحا لاعمال الخرسانة. ان شكل الركام يؤثر في قابلية تشغيل الخرسانة (workability) وفي امكانية الرّص وكذلك في محتوى الفجوات وفي التحمل بصورة غير مباشرة احيانا.

نسجة سطح الركام (surface texture) : ـ يقسم سطح الركام من حيث النسجة الى عدة انواع هي ـ ابتدأ بالانعم ثم الاخشن ـ زجاجي (glassy)، أملس (smooth)، حبيبي (granular)، خشن (rough)، بلوري (crystalline)، وخلوي مسامي (honeycombed and porous).

تؤثر طبيعة السطح في قابلية تشغيل الخرسانة وفي الربط بين معجون السمنت وسطح الركام وكذلك في قابلية السطح لامتصاص الرطوبة. وعلى هذا الاساس فان الركام المسامي كالطابوق أو الحجر الرملي وغيره ويعتبر غير مفضل لاعمال الخرسانة.

مقاس الركام : ـ يحدد مقاس الركام بامراره من خلال الفتحات المربعة لغرابيل أو مناخل قياسية. يقسم الركام الى ركام خشن أو كبير (coarse agg.) وركام ناعم أو صغير (fine agg.) ويعتبر مقاس ٤٫٧٥ ملم تقريبا الحد الفاصل بين الركام الخشن والركام الناعم. ان تقسيم الركام الى خشن وناعم جاء بسبب تواجد المادتين بصورة منفصلة في الغالب.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الركام المستعمل في العراق :- اكثر مايستعمل في الوقت الحاضر هو الركام السيليكي الطبيعي حيث يستعمل الحصى كركام خشن والرمل الطبيعي كركام ناعم.

أ - الحصى :- ويكون بنوعين الاول حصى نهري ويتميز في الغالب بشكل مدور تبعا لموقعه الجغرافي ويوجد بشكل خال من الاملاح تقريبا وتكون المواد الشائبة فيه إما الرمل ويمكن التخلص منه بالغربلة أو الطين ويمكن التخلص منه بالغسل. ان تحمل الحصى النهري جيد على العموم والنوع الثاني هو الحصى البري الصحراوي ويكون على الغالب ذو شكل غير منتظم والمواد الشائبة فيه تكون طينية ويحتاج الى كميات كبيرة من المياه لغسله. قد يكون الحصى محاطا بمغلفات -(coatings) لاصقة بالسطح ذات تراكيب ملحية بنسبة عالية لايمكن ازالتها بسهولة مما يجعل الحصى غير صالح للاستعمال. يجب التاكد من قوة الحصى البري وتركيبه الجيولوجي قبل الاستعمال ان كان غير مستعمل سابقا لفترة مقبولة بدون مشاكل. ان الحصى البري المتواجد على سطح الارض لا يصلح في الغالب لاعمال الخرسانة لاحتوائه على مواد طينية وعضوية وكلسية بنسبة عالية علاوة على عدم صلاحيته من حيث الشكل.

ب - الرمل :- يستخرج اما من المقالع النهرية أو المقالع البرية. يستعمل النوع الاول في المناطق الشمالية وبعض المناطق الوسطى في العراق ويتميز بكونه خاليا من الاملاح تقريبا مدرجا حاد الزوايا وتعتمد درجة خشونته على الموقع الجغرافي للمقلع قد يحتوي هذا الرمل على نسبة من الطين. يمكن تواجد الرمل مع الحصى في مقلع نهري واحد احيانا. اما في غالبية المنطقة الوسطى والمنطقة الجنوبية فان الرمل النهري يعتبر غير صالحا لاعمال الخرسانة لكونه غير مدرجا ويحتوي على كمية كبيرة من المواد الناعمة جدا والطينية. يستعمل النوع الثاني - الرمل المستخرج من مقالع برية - في معظم وسط العراق وفي جنوبه حيث توجد كميات منه في مواقع كربلاء والنجف والحبانية وغيرها ويكون جيد التدرج يحتوي على نسبة ضئيلة من المواد الناعمة الا ان تواجد الاملاح مع الرمل البري وخاصة الكبريتية منها بصورة واسعة تستوجب التأكد من نوعية الرمل بفحصه قبل الاستعمال نظرا لخطورة تأثير الكبريتات على الخرسانة.

ان ازدياد الطلب على الركام وخاصة الناعم بصورة هائلة يستوجب استعمال بدائل عن الحصى والرمل الطبيعي حيث ان كمية الجيد من الاخير في المنطقة الوسطى محدودة تقريبا. يمكن الاستفادة من الصخور المناسبة وكذلك الحصى

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الخشن جدا (الجلمود) المتوفر بكميات كبيرة والذي يمكن تكسيره الى ركام خشن وناعم. ان الجدوى الاقتصادية لهذه العملية هي التي تحدد هذا الاستعمال في الوقت الحاضر. لا يمكن حاليا استخدام الطابوق المكسر كركام خشن أو ناعم في انتاج خرسانة جيدة وذلك بسبب مسامية الطابوق العالية وضعف تحمله بصورة عامة وشكل الطابوق بعد التكسير وكذلك وجود الاملاح فيه بنسبة عالية . يمكن استعمال الطابوق لانتاج خرسانة عازلة نوعا ما وذات تحمل واطيء .

مواصفات الركام الصالح لاعمال الخرسانة : ـ لقد حددت المواصفات العراقية (م ق ع) رقم ٤٥ / ١٩٧٠ ـ المجاميع (الركام) المستخرجة من المصادر الطبيعية والمستعملة في الخرسانة ـ خواص الركام وفيما يلي موجز لبعض ما ورد فيها : ـ

أ ـ **المواد الضارة** ـ يجب ان لا يحتوي الركام عند فحصه حسب (م ق ع ٣٣) على المواد الضارة باكثر من الحدود التالية : ـ

١ ـ **المواد العضوية:** ـ ان لاتكون موجودة بدرجة تؤثر على مقاومة الخرسانة ومتانتها اي اما ان تكون نتيجة الفحص فاتحا أو معادلا واذا كان غامقا واجرى فحص مقاومة الانضغاط فيجب ان لاتقل النتيجة عن ٩٠ ٪ من متوسط مقاومة الانضغاط للمكعبات القياسية .

٢ ـ **مجموعة ثالث اوكسيد الكبريت:** ـ يجب ان لاتزيد النسبة على ٠,٥ ٪ وزنا

٣ ـ **المقاومة ضد القلويات:** ـ الركام الذي يثبت باستعمالاته السابقة أو بواسطة تجارب مختبرية حسب (م ق ع ٤٢) بانه مقاوم للقلويات الموجودة في السمنت يعتبر سالما اما الركام الذي لا يملك هذه المقاومة فلا يستعمل أو يستعمل مع سمنت واطيء القلويات .

٤ ـ **المواد الخفيفة:** ـ يجب ان لا تزيد النسبة على ١ ٪ وزنا لكل من الركام الناعم والخشن .

٥ ـ **الكتل القابلة للتفتت:** ـ يجب ان لا تزيد النسبة على ١ ٪ وزنا من الركام الناعم و ٠,٢٥ ٪ وزنا من الركام الخشن .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٦ ـ الموادالمارة من منخل ٧٥ ميكرون ـ أي الناعمة جدا : يجب ان لا تزيد النسبة في الرمل الطبيعي أو رمل الحصى المكسر على ٥ ٪ وعلى ٧ ٪ في رمل الحجر المكسر وعلى ١ ٪ في الركام الخشن عند الفحص حسب (م ق ع ٣٠) .

ب ـ التدريج : ـ يكون الركام الخشن المدرج ذو مقاسات حسب الجدول (٥ ـ ٢) .

جدول (٥ ـ ٢) تدرج الركام الخشن

رقم المنخل م ق ع ٢٣	النسبة المئوية المارة من المناخل — المقاس الاسمي للمجموعة المدرجة			
	٤٠ ملم	٢٠ ملم	١٦ ملم	١٢,٥ ملم
٨٠ ملم	١٠٠	—	—	—
٦٣ ملم	—	—	—	—
٤٠ ملم	٩٥ ـ ١٠٠	١٠٠	—	—
٢٠ ملم	٣٠ ـ ٧٠	٩٥ ـ ١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٦ ملم	—	—	٩٠ ـ ١٠٠	—
١٢,٥ ملم	—	—	—	٩٠ ـ ١٠٠
١٠ ملم	١٠ ـ ٣٥	٢٥ ـ ٥٥	٣٠ ـ ٧٠	٤٠ ـ ٨٥
٤,٧٥ ملم	٠ ـ ٥	٠ ـ ١٠	٠ ـ ١٠	٠ ـ ١٠

يكون الركام الناعم ذا مقاسات مدرجة حسب مناطق التدرج بموجب الجدول رقم (٥ ـ ٣) عند اجراء التحليل المنخلي حسب (م ق ع ٣٠) ولا يزيد مجموع الاختلاف المسموح به على ٥ ٪ ويشمل هذا الاختلاف النسب المرسوم تحتها خط فقط ويمكن تقسيمه على عدد معين من هذه المناخل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول (٥ ـ ٣) تدرج الركام الناعم

رقم المنخل	النسبة المئوية المارة من المناخل			
م ق ع ٢٣	منطقة تدرج رقم ـ ١	منطقة تدرج رقم ـ ٢	منطقة تدرج رقم ـ ٣	منطقة تدرج رقم ـ ٤
١٠ ملم	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٤.٧٥ ملم	٩٠ ـ ١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٩٥ ـ ١٠٠
٢.٣٦ ملم	٦٠ ـ ٩٥	٧٥ ـ ١٠٠	٨٥ ـ ١٠٠	٩٥ ـ ١٠٠
١.١٨ ملم	٣٠ ـ ٧٠	٥٥ ـ ٩٠	٧٥ ـ ١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠
٦٠٠ مايكرون	١٥ ـ ٣٤	٣٥ ـ ٥٩	٦٠ ـ ٧٩	٨٠ ـ ١٠٠
٣٠٠ مايكرون	٥ ـ ٢٠	٨ ـ ٣٠	١٢ ـ ٤٠	١٥ ـ ٥٠
١٥٠ مايكرون *	٠ ـ ١٠	٠ ـ ١٠	٠ ـ ١٠	٠ ـ ١٠

* ملاحظة . يجوز زيادة نسبة المواد المارة من منخل رقم ١٥٠ مايكرون في حالة رمل مسحوق الحجر الى ٢٠ ٪ على ان لا يؤثر على الاختلاف المسموح ٥ ٪ الوارد سابقا .

٣ ـ **الماء** : ـ يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفا وخاليا من المواد الضارة كالزيوت والاحماض والقلويات والاملاح الاخرى التي قد تؤثر بصورة سلبية في خواص الخرسانة أو صلب التسليح . لقد حدد الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة لعام ١٩٧٧ الحد الاعلى المسموح به للاملاح في ماء الخلط كالاتي : ـ

املاح الكلوريدات لا تزيد على ٠.٥ غم لكل لتر .
واملاح الكبريتات لا تزيد على ٠.٣ غم لكل لتر .
والاملاح الكلية لا تزيد على ٢.٠ غم لكل لتر .

واعتبر ايضا الماء الصالح للشرب مناسباً في جميع الاحوال لخلط الخرسانة الا انه قد يمكن استعمال الماء غير الصالح للشرب اذا كان : ـ

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

آ ـ زمن التماسك الابتدائي لعينات السمنت الممزوجة بهذا الماء لا يزيد باكثر من ٣٠ دقيقة على زمن التماسك الابتدائي لعينات نفس الاسمنت الممزوجة بالماء الصالح للشرب على ان لا يقل هذا الزمن باي حال عن ٤٥ دقيقة .

ب ـ لا يقل تحمل الضغط للنماذج القياسية التي يستعمل في مزجها هذا الماء عن تسعين بالمائة من تحمل الضغط لعينات مماثلة ممزوجة بالماء الصالح للشرب .

لا يستعمل ماء البحر في انتاج الخرسانة المسلحة الا انه قد يستعمل عند الضرورة في مزجات الخرسانة الاعتيادية بدون تسليح مع زيادة كمية السمنت المستعمل للوصول الى الدرجة المطلوبة في قوة الخرسانة .

٤ ـ المضافات : ـ هي مواد تضاف الى المزجة الخرسانية عند الرغبة في تعديل خاصية أو أكثر من خواص الخرسانة الطرية أو المتصلبة . يشمل تعديل الخواص واحد أو أكثر مما يلي : ـ

١ ـ تحسين قابلية تشغيل (workability) الخرسانة الطرية .
٢ ـ انقاص كمية الماء الممكن استعمالها في المزجة .
٣ ـ تحسين مقاومة الخرسانة لتأثير الانجماد والعوامل الجوية أي زيادة دوامها .
٤ ـ تعجيل التماسك و / أو التصلب .
٥ ـ ابطاء التماسك و / أو التصلب .
٦ ـ احداث تفاعل بوزولاني مع النورة الناتجة من تفاعل السمنت .
٧ ـ اكساب الخرسانة مقاومة اضافية لنفاذية الماء والامتصاص .
٨ ـ زيادة مقاومة سطح الخرسانة لتأثير الحك (wear resistance) .
٩ ـ مقاومة انكماش التجفيف أو جعل الخرسانة تمددية .
١٠ ـ تلوين الخرسانة .
١١ ـ ايقاف أو انقاص تفاعلات كيمياوية ضارة .
١٢ ـ تقليل نزف الماء في الخرسانة الطرية .
١٣ ـ تقليل حرارة التفاعل أو ابطاء انطلاقها .
١٤ ـ ربط الخرسانة المتصلبة بخرسانة حديثة الصب .

يمكن حصر غالبية المضافات المستعملة بالانواع التالية : ـ

آ ـ مضافات مُعجلة . (accelerators)

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ب ـ مضافات مبطئة . (retarders)
جـ ـ مضافات مانعة أو منفرة للرطوبة . (water - proofers)
د ـ الخضاب الملون .
هـ ـ مضافات محسنة لقابلية التشغيل . (workability admixtures)
و ـ مضافات مُفقعة للهواء (air - entraining admixtures)
ز ـ المواد البوزولانية .
ح ـ مضافات ربط الخرسانة . (bonding admixtures)
ط ـ مضافات اخرى .

آ ـ المضافات المُعجلة : ـ تستعمل لتقليل زمن التماسك وكذلك لاكساب الخرسانة تحملاً مبكراً عالياً الا انها قد لا تزيد من تحملها الاقصى . ان هذه المواد تؤدي الى زيادة في سرعة اطلاق حرارة التفاعل . يمكن استعمال مواد كثيرة كمعجلات منها التريثانولامين (trithanolamine) . وبعض الكربونات القابلة للذوبان . وبعض انواع السيليكات كسيليكات الصوديوم (ماء الزجاج) والفلوسيليكات (fluosilicate) وكذلك كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) الذي يعتبر اكثر المعجلات شيوعا حيث يستعمل بنسبة ٢ ٪ من وزن السمنت واقل من ذلك عندما تكون درجة الحرارة اكثر من ٢٥ مئوية . بوجود الرطوبة وقلة غطاء التسليح يزداد احتمال تآكل فولاذ التسليح لذا يحذر من استعماله في الخرسانة السابقة الاجهاد . ان استعمال المعجلات عند صب الخرسانة في الاجواء الحارة يستوجب الحذر من تأثير حرارة التفاعل والتشققات التي يمكن ان تحدث لاحقا . يمكن الاستعاضة عن المعجلات في اغلب الحالات باستعمال سمنت بورتلاند سريع التصلد أو الفائق التصلد .

ب ـ المضافات المبطئة : ـ تستعمل لزيادة وقت التماسك لغرض اعطاء وقت اطول لمزج الخرسانة أو المادة الرابطة وكذلك لتقليل سرعة تصلد الخرسانة ولتقليل سرعة انبعاث الحرارة عند صب الخرسانة بكميات كبيرة وفي المناطق الحارة أو لاسباب اخرى . ان المبطئات تساعد بصورة عامة على انقاص كمية ماء المزجة بنسبة تصل الى ١٠ ٪ في بعض الحالات الامر الذي يساعد في زيادة تحمل الخرسانة بسبب ذلك .

تكون المواد المبطئة متعددة عضوية وغير عضوية مثل السكر ويستعمل بنسبة لا تزيد على ٠,١ ٪ من وزن السمنت وملح sodium hexametaphosphate وكلوريدات الامونيوم والحديدوز والحديديك ، بورات الكالسيوم ، تارتارات

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الكالسيوم والبيكاربونات القلوية وبعض الاحماض العضوية الاخرى واملاحها .

ان استعمال المبطئات قد يؤدي الى هبوط في تحمل الخرسانة مما يستوجب الحذر عند استعمالها .

جـ ـ المضافات مانعة الرطوبة : ـ راجع الفصل الثاني عشر صفحة ٤٠٨ بخصوص حالات وكيفية الاستعمال . تقسم المواد المانعة للرطوبة الى مواد متفاعلة ومالئة للمسامات مثل سيليكات الصوديوم وغيرها من السيليكات القلوية وكذلك كبريتات الالمنيوم والخارصين وكلوريدات الكالسيوم والالمنيوم ولجميع هذه المواد مفعول معجل ايضا ومواد غير متفاعلة ومالئة للفجوات مثل المساحيق الناعمة جدا من التالك والطباشير ولهذه المواد مفعول مساعد لقابلية التشغيل وتعطي خرسانة اكثف . ومواد منفرة للماء متفاعلة مثل صابونات الصوديوم والبوتاسيوم وقد يضاف لها النورة . السيليكات القلوية وغيرها . ومواد منفرة للماء فاعلة كيمياويا وتشمل صابونات الكالسيوم . الزيوت النباتية . الراتنج . الشحوم والقيران بعض هذه المواد تعمل كمواد مالئة للمسامات في عين الوقت .

د ـ الخضاب الملون : تستعمل لاعطاء الخرسانة أو المواد الرابطة السمنتية لونا خاصا . يتكون الخضاب من اكاسيد معدنية في الغالب ويشترط ان تكون مادة الخضاب ذات لون دائم وثابت ولا تتأثر بالنورة الناتجة من تفاعل السمنت وليس لها تفاعلات سلبية مع مادة السمنت . يمكن اعطاء الالوان التالية باستعمال المواد المبينة . ـ

اللون البني : ـ ويمكن الحصول عليه باستعمال مادة الامبر (umber) الطبيعي أو المحروق وينتج اللون البني ايضا من اكاسيد وهيدروكسيد الحديدوز واكاسيد المنغنيز .

اللون الاسود : ـ ويمكن الحصول عليه باستعمال اسود الكاربون وهو انقى الالوان ويمكن الحصول على اسود اقل نقاوة باستعمال اوكسيد الحديدوز المغناطيسي واسود المنغنيز .

اللون الاحمر : ـ ويمكن الحصول عليه باستعمال اوكسيد الحديد الطبيعي أو الاصطناعي .

اللون الاخضر : ـ ويمكن الحصول عليه باستعمال اوكسيد أو هيدروكسيد الكروم .

اللون الازرق : ـ ويمكن الحصول عليه باستعمال منغنات الباريوم وكذلك صبغة الالترامارين (ultramarine) . لا تعتبر الالوان الزرقاء من الالوان الثابتة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ز ـ المواد البوزولانية : ـ (راجع سمنت بورتلاند البوزولاني بخصوص المواد البوزولانية واستعمالاتها) . قد تستعمل المواد البوزولانية كمضافات ايضا وفي هذه الحالة تتكون من مواد سيليكية التركيب بنسبة عالية وتكون طبيعية مثل البيوميسايت . التراب الدياتومي . الـ (opaline shale) . الـ (chert) وبعض انواع الاطيان الاخرى تحرق في الغالب بدرجة حرارة تتراوح بين (٥٥٠ ـ ٩٥٠) درجة مئوية وتطحن بنعومة فائقة أو تكون نواتج صناعية عرضية مثل الرماد وخبث الفرن العالي وهذه تطحن ايضا .

ان كون البوزولانا مواد تعطي تفاعلا سمنتيا مع النورة الناتجة من تفاعل السمنت لذا فان استعمالها يقلل من كمية السمنت المستعملة ومن خواصها ايضا زيادة مقاومة الخرسانة لتأثير المياه الملحية مثل ماء البحر وتحسين قابلية تشغيل الخرسانة وتقليل النزف والانعزال . من الخواص غير المفضلة للبوزولانا بطء تفاعلها وتقليل تحمل ودوام الخرسانة وازدياد الانكماش عند زيادة المادة المستعملة .

ح ـ مضافات ربط الخرسانة : ـ وتستعمل لربط خرسانة حديثة بخرسانة قديمة عند التصليح أو تكملة عمل متروك وكذلك لزيادة التصاق اللبخ والمونة بالخرسانة وفي صنع الاصباغ السمنتية . يستعمل لذلك مستحلبات مائية لمواد عضوية متنوعة تطلى بها السطوح الخرسانية المتصلبة بعد تهيئتها وتنظيفها قبل وضع الخرسانة الحديثة أو المادة الرابطة . من المواد الشائعة الاستعمال انواع المطاط الطبيعي والاصطناعي وانواع من البوليمرات والبوليمرات الاسهامية(copolymers) . من البوليمرات المستعملة كلوريد البوليفينيل(p. v. c.)وخلات البوليفينيل(p.v. a.) والاكريليك . قد تستعمل مركبات ايبوكسي الراتنج المحورة وغيرها .

ط ـ مضافات اخرى : ـ قد تستعمل مضافات اخرى متعددة مثل مصلدات السطوح (surface hardeners) أو المضافات التمددية (expansive admixtures) ـ راجع السمنت التمددي ـ او مضافات الانضاج (curing admixtures) راجع انضاج الخرسانة ـ وغيرها .

ان لأي مادة مضافة تأثيرات مزدوجة في الغالب ايجابية على بعض الخواص وسلبية على خواص اخرى تبعا لتركيبها وكميتها المستعملة لذا يجب التأكد من صلاحية وكيفية استعمال تلك المواد مسبقا . من الواجب التقيد بتعليمات منتجي المضافات .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

خواص الخرسانة بعد تصلدها : ـ

نتيجة لكثرة استعمال الخرسانة في الصناعة الانشائية فان التعرف على خواصها يعتبر ضروريا للاستفادة المثلى من المادة . تتأثر خواص الخرسانة بتصميم المزجة ونسب مكوناتها الا ان اساليب التصميم هي ليست من اختصاص هذا الكتاب ويراجع بشأنها أي من كتب تكنولوجيا الخرسانة المتوفرة .

يمكن حصر خواص الخرسانة الاساسية بما يلي : ـ

١ ـ التحمل أو مقاومة الاجهادات المختلفة . (strength)

٢ ـ التبدلات البعدية والحجمية (dimensional and volumetric changes)

٣ ـ الدوام والمقاومة للعوامل الجوية (durability)

٤ ـ مقاومة الحريق (fire resistance)

٥ ـ نفاذية الماء . (permeability)

٦ ـ العزل الحراري . (thermal resistance)

٧ ـ مقاومة تأثير الاحتكاك . (wear resistance)

٨ ـ مقاومة تأثير المواد الكيمياوية (resistance to chemicals attack)

١ ـ **التحمل :** ـ للخرسانة كمادة هشة (brittle) تحمل جيد لاجهاد الضغط وقليل نسبيا لبقية الاجهادات . يمكن تقسيم تحمل الخرسانة تبعا لنوع الاجهاد الى : ـ

آ ـ تحمل الضغط . (compressive strength)

ب ـ تحمل الشد . (tensile strength)

جـ ـ تحمل الانثناء . (flexural strength)

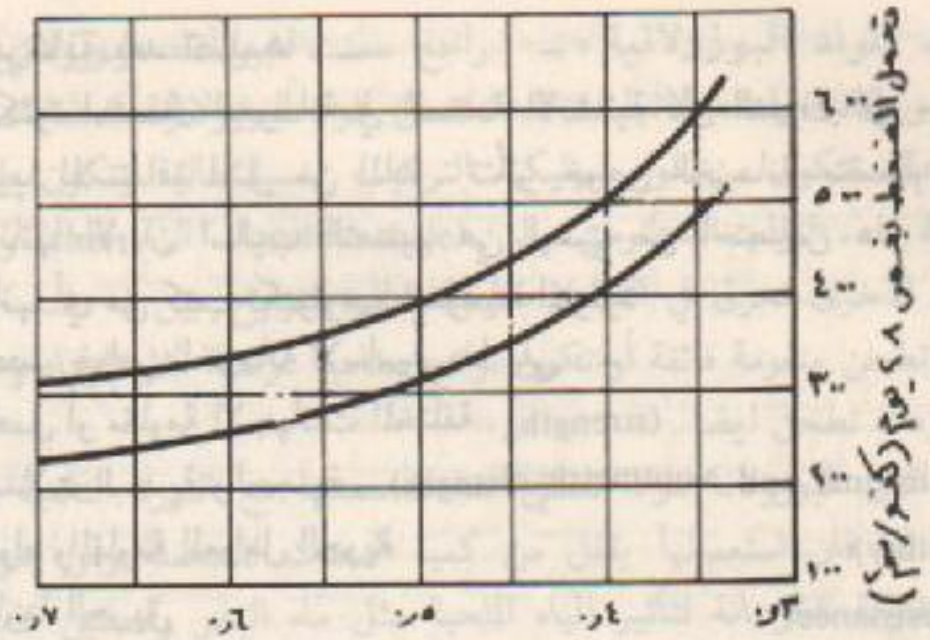
د ـ تحمل القص . (shear strength)

هـ ـ قوة الربط أو التلاصق مع قضبان التسليح . (bond strength)

آ ـ **تحمل الضغط :** تعتبر خاصية تحمل الضغط من اهم خواص الخرسانة لذا فان الخرسانة تستعمل في مقاومة اجهادات الضغط المسلطة عليها في المنشأ نظراً لجودة تحملها . يمكن اعتبار تحمل الخرسانة للضغط مقياسا غير مباشرا لبقية خواص الخرسانة . فكلما كانت الخرسانة اجود كلما زاد تحملها للضغط وكلما تحسنت خواصها الاخرى بشكل عام .

في الخرسانة المرصوصة جيدا ـ أي التي لا تحتوي على فجوات هوائية بنسبة عالية ـ يعتمد تحمل الضغط بصورة مباشرة على نسبة الماء / السمنت المستعملة في المزجة حيث ينخفض التحمل بازدياد النسبة . الشكل (٥ ـ ٣) يبين مثال على ذلك .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



شكل (٥ ـ ٣) علاقة نموذجية لتحمل الضغط ـ نسبة الماء / السمنت المستعملة في مزجة خرسانية بسمنت بورتلاند الاعتيادي

ان لنوعية الركام المستعمل تأثير غير مباشر على تحمل الخرسانة فالركام يجب ان يكون قويا ويزيد تحمله على ضعف تحمل الخرسانة وان يكون بشكل وتدريج مناسبين . ان خواص الركام المناسبة تعطي قابلية تشغيل جيدة الامر الذي يمكن من انقاص كمية الماء المستعملة وزيادة تحمل الضغط .

يزداد تحمل الخرسانة بازدياد عمر الخرسانة مع الانضاج المناسب . تعتمد سرعة زيادة التحمل على نوعية السمنت المستعمل ـ راجع انواع السمنت ـ . وتتميز الزيادة في جميع انواع السمنت بانها كبيرة في الايام الاولى بعد الصب وتقل مع مرور الزمن . ان تحمل الخرسانة على المدى البعيد يكون متقاربا عند استعمال مختلف انواع سمنت بورتلاند اذا كانت بقية المتغيرات كنوعية الركام ونسبة المزج ودرجة الحرارة وغيرها ثابتة . يبين الجدول (٥ ـ ٤) معاملات التصحيح التي يمكن استعمالها لتحويل تحمل الخرسانة بالاعمار المبينة الى عمر ٢٨ يوم .

جدول (٥ ـ ٤) معاملات التصحيح لنتائج فحص خرسانة ذات اعمار تختلف عن ٢٨ يوم*

نوع السمنت المستعمل	عمر الخرسانة بالايام	٣	٧	٢٨	٩٠	٣٦٠
سمنت بورتلاند	اعتيادي	٢,٥٠	١,٥٠	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٧٥
سمنت بورتلاند	سريع التصلد	١,٨٠	١,٣٠	١,٠٠	٠,٩٠	٠,٨٥

* المصدر : ـ الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة لعام ١٩٧٧

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

يقاس تحمل الضغط في الخرسانة بتهيئة مكعبات بضلع ١٥ سم من المزجة الخرسانية وفحصها بموجب المواصفة القياسية العراقية رقم ٥٢ لسنة ١٩٧٠. يستعمل فحص المكعبات لغرض تأكيد التصميم النظري للمزجة وعمل ما يسمى بالمزجات التجريبية وكذلك للتأكد من تحمل الخرسانة عند صبها في مواقع الاعمال. تتبع المواصفات الخاصة بكل عمل أو ما يرد في المدونات ذات العلاقة لتحديد عدد ونوعية النماذج وكيفية تقييم نتائج الفحص.

يمكن تسمية الخرسانة تبعا لتحملها لاجهادات الضغط فمثلا خرسانة (٣٠٠) تعني خرسانة ذات مقاومة مميزة للضغط مقدارها ٣٠٠ كغم / سم٢ بعمر ٢٨ يوم. لتحديد تعريف المقاومة المميزة يرجى الرجوع الى الكود العربي لسنة ١٩٧٧.

للاستدلال على مقاومة الخرسانة للضغط في حالة عدم وجود اختبارات مسبقة لتحديد ذلك يمكن في الحالات البسيطة اعتماد القيم التالية (جدول ٥ ـ ٥) بشرط ان تكون مركبات الخرسانة وعلى الاخص نسبة الماء / السمنت وطرق مزجها ونقلها ووضعها ورصها وانضاجها قد تمت وفق الاصول الفنية شريطة الا يتجاوز مقدار هبوط المخروط عند الفحص (slump test) القيم المبينة في الجدول رقم (٥ ـ ٩).

جدول (٥ ـ ٥) مقاومة الضغط المحتملة *

كمية السمنت لكل متر مكعب من الخرسانة (كغم)	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠
المقاومة المحتملة للخرسانة في الضغط كغم / سم٢	١٨٨	٢٢٥	٢٨١

* المصدر : ـ الكود العربي ـ لسنة ١٩٧٧.

يمكن تقسيم الخرسانة من الناحية الانشائية تبعا لتحملها الى ثلاث درجات : ـ

آ ـ خرسانة ذات تحمل واطيء يقل عن ١٧٥ كغم / سم٢ وهذه تستعمل في الخرسانة الاعتيادية غير المسلحة للاعمال البسيطة كبعض الاسس الجدارية والارضيات وغيرها.

ب ـ خرسانة ذات تحمل معتدل يتراوح بين ١٨٠ ـ ٣٥٠ كغم / سم٢ وهذه تستعمل في معظم الاعمال الخرسانية وخاصة المسلحة. يمكن اعتبار تحمل ضغط مقداره ٢٥٠ كغم / سم٢ قيمة شائعة الاستعمال في كثير من اعمال الخرسانة المسلحة.

جـ ـ خرسانة ذات تحمل عال اكثر من ٣٥٠ كغم / سم٢ وهذه تستعمل في الاعمال المهمة التي تكون الاحمال والقوى فيها عالية وتولد اجهادات كبيرة على

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الخرسانة مثل الخرسانة سابقة الاجهاد أو الاعمدة التي ترفع طوابق كثيرة. ان الحصول على تحمل عال يستوجب الدقة في اختيار المواد وتصميم المزجة وتنفيذها وانضاجها. من الممكن الحصول على خرسانة ذات تحمل ٧٠٠ كغم / سم٢ باتباع وسائل معينة في بعض الاعمال.

ان العامل الاقتصادي ـ بالاضافة الى المتطلبات الانشائية ـ يساهم في اختيار التحمل المناسب لتصميم أي عضو انشائي. لا يشترط ان تكون خرسانة كافة الاعضاء الانشائية في البناء بذات التحمل الا ان حصر نوعيات الخرسانة المستعملة باقل ما يمكن يعتبر عمليا.

ب ـ تحمل الشد : ـ لا تصمم الخرسانة لمقاومة قوى الشد بسبب ضعف تحملها لاجهادات الشد وطبيعتها الهشة. يستعمل الصلب داخل الخرسانة بشكل قضبان لمقاومة قوى الشد التي تتعرض لها الاجزاء الخرسانية. يعتبر تحمل الشد مهما لتحديد نوعية وكمية الشقوق التي يسببها الشد حيث ان الشقوق تؤثر في مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية بشكل عام ودوام صلب التسليح ومقاومته للصداء والتآكل بشكل خاص. ان تحديد الشقوق مهم في المنشآت الحافظة والناقلة والغير نفاذة للسوائل مثل الانابيب وخزانات السوائل والسراديب وغيرها.

يتراوح تحمل الخرسانة للشد بين ٧ ـ ١١ بالمائة من تحمل الضغط. لا توجد طريقة دقيقة لقياس تحمل الشد المباشر (direct tension) في الخرسانة لصعوبة التحكم في الفحص الا ان الطريقة المتبعة المعروفة باسم فحص شد الانفلاق (tensile splitting test) تعتبر اكثر دقة وفيها تفحص اسطوانة خرسانية ذات قطر ٦ إنج وطول ١٢ إنج بكسرها في جهاز فحص الضغط بتسليط قوى ضغط عليها عندما يكون محورها الطولي بوضع افقي (ASTMC 496) ويعتبر هنا فحص غير مباشر للشد (indirect test for tensile strength) وتكون النتائج المستحصلة فيه حوالي ١٥ ٪ اعلى من قيمة تحمل الشد المباشر.

في المدونات والمراجع الخاصة جداول يمكن استعمالها لتصحيح تحمل الخرسانة للشد الى عمر ٢٨ يوم بصورة مشابهة لما ورد في تحمل الضغط يمكن الرجوع اليها عند الحاجة.

جـ ـ تحمل الانثناء (الانحناء) : ـ عند تعرض الجسم الخرساني الى عزم حاني (bending moment) تتولد فيه اجهادات ضغط وشد الامر الذي يجعل الجسم يفشل في المنطقة التي تتعرض لاعلى اجهادات الشد، أو الشد زائدا القص في الحالات التي يتعرض فيها المنشا الى عزوم حانية وقوى قص.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

تعتبر الخرسانة غير المسلحة في اعمال التبليط والبلاطات الخرسانية بمختلف اشكالها من الامثلة على الحالات التي تتعرض فيها الخرسانة لعزوم حانية ويعتمد فيها على الخرسانة فقط لمقاومة الاجهادات الناتجة . يجري فحص تحمل الانثناء على مواشير تهيأ وتفحص بموجب المواصفة القياسية العراقية رقم ٥٣ لسنة ١٩٧٠ ويعبر عن التحمل بمعاير الكسر (modulus of rupture) . تزيد قيمة معايير الكسر على تحمل الشد المباشر للخرسانة بنسبة ٦٠ ـ ١٠٠ بالمائة وتبلغ بين ١١ ـ ٢٣ بالمائة من تحمل الضغط .

د ـ تحمل القص : ـ لا تتعرض الخرسانة في المنشآت الى قوى قص لوحدها بل تكون بالاضافة الى قوى الشد والضغط الناتجة عن الحمل أو العزوم الحانية الناتجة عن الحمل . وبما ان قوى القص على أي مقطع تولد اجهاد شد قطري (diagonal tension) وان تحمل الخرسانة في الشد المباشر اقل من تحملها في القص لذا فان الفشل الذي يحصل بسبب قوى القص انما يظهر على شكل فشل بالشد القطري الناتج عن القص . لا يمكن قياس تحمل القص مختبريا لصعوبات فنية في التحميل والفحص . الا ان بعض الباحثين يعتقد بان مقاومة الخرسانة لاجهادات القص اعلى من مقاومتها لاجهادات الشد بحوالي ٢٠ ـ ٣٠ بالمائة ويعتقد غيرهم انها اكثر من ذلك بكثير .

هـ ـ قوة الربط مع قضبان التسليح : ـ تعتبر هذه القوة ضرورية لثبات قضبان التسليح داخل الخرسانة لذا فهي عامل مهم في تصميم الخرسانة المسلحة وخاصة في الاعضاء التي تتعرض الى عزوم حانية حيث يجب ضمان تثبيت وعدم انزلاق القضبان المطمورة داخل الخرسانة .

تتولد هذه القوة بنتيجة تلاصق معجون السمنت المتصلد بالتسليح ، مقاومة الاحتكاك والمقاومة بسبب النتوءات التي توجد في القضبان المنتئة (deformed bars) ان قوة الربط مع القضبان الملساء (plain bars) هي اقل من قوة الربط مع القضبان المنتئة وكذلك فان لقطر قضيب التسليح تأثير في مقدار اجهاد الربط الذي يمكن مقاومته . من البديهي أن يكون لنوعية الخرسانة تأثير في قوة الربط وكذلك فان موقع القضبان داخل الخرسانة له علاقة أيضا بذلك فالقضبان الموضوعة بصورة افقية وعلى ارتفاع اكثر من ٣٠ سم من قاعدة رفعة الصب تسمى قضبان علوية (top bars) تكون قوة ربطها مع الخرسانة أقل من غيرها بسبب تجمع الماء تحت السطح السفلي لها نتيجة لظاهرة النزف .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

لقد حدد الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة لسنة ١٩٧٧ في الباب الحادي عشر الفقرة الثانية الحد الادنى لاطوال التثبيت اللازمة تبعا لكل حالة يرجى الرجوع اليها عند التصميم .

٢ ـ التبدلات البعدية والحجمية : ـ

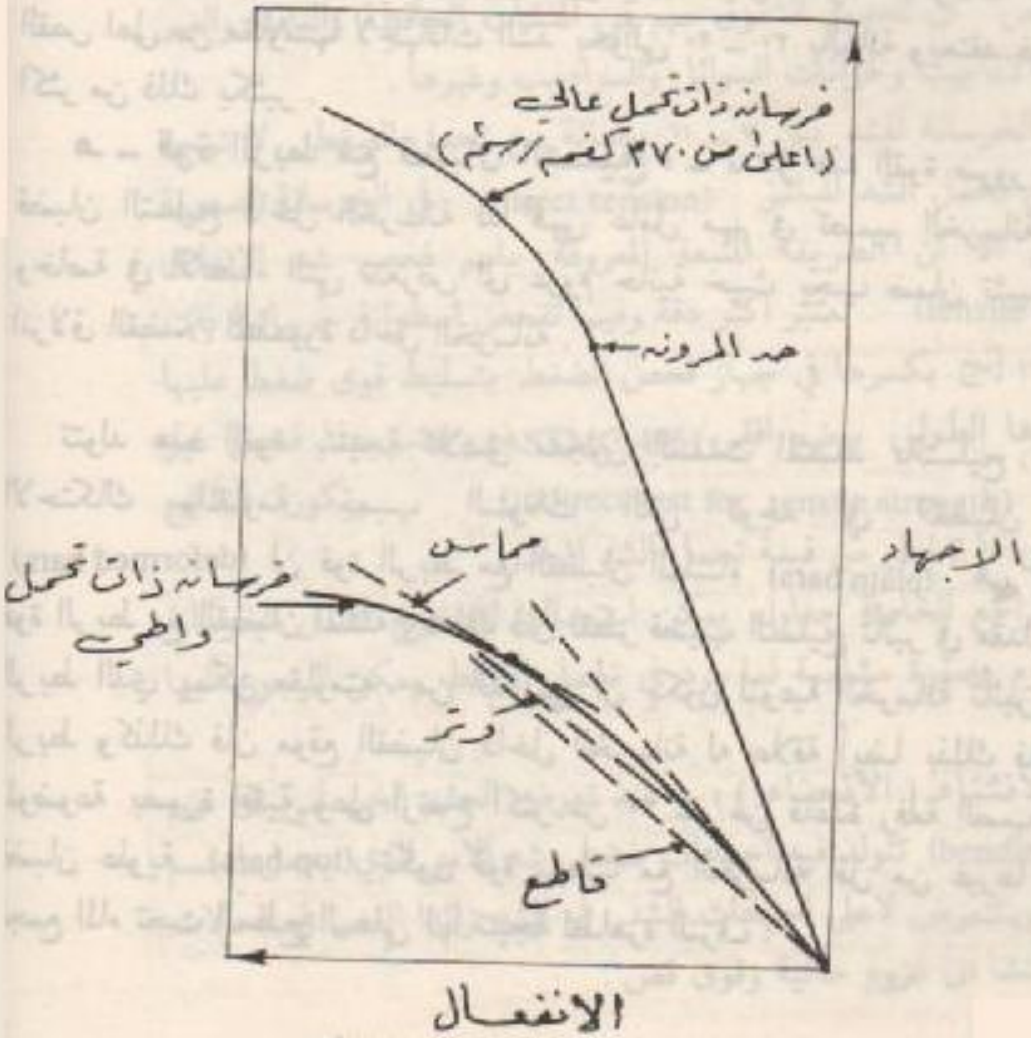
يمكن تقسيمها الى

آ ـ تبدلات بعدية تسببها الاجهادات الميكانيكية اللحظية (الآنية) ويمكن دراستها من خلال :

١ ـ معيار المرونة (modulus of elasticity) : هو سرعة تغير الاجهاد بالنسبة الى الانفعال المرن في لحظة ما ويساوي .

$$\frac{\text{الاجهاد المسلط (كغم / سم}^2\text{)}}{\text{الانفعال الناتج}}$$

في الخرسانة ذات التحمل العالي شكل (٥ ـ ٤) . ويحدد في الخرسانة ذات التحمل



شكل (٥ ـ ٤) علاقة الاجهاد بالانفعال الناتج .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الواطيء بقيمة تقريبية تساوي انحدار المماس او الوتر أو القاطع كما مؤشر في ذات الشكل وربما تكون قيمة انحدار القاطع هي الاكثر واقعية وشيوعا .

لمعيار المرونة اهمية خاصة في تصميم الخرسانة المسلحة حيث يعتبر مقياساً لمقاومة المادة للتشوه وكذلك في توزيع القوى بين الخرسانة وفولاذ التسليح . هنالك معيار المرونة بالضغط الساكن او بالانثناء او الحركي او بالقص تبعاً لنوعية الحمل المسبب للاجهاد والاخير يسمى معيار الجساءة . يتأثر معيار المرونة بذات العوامل التي تؤثر في تحمل الخرسانة وبنفس الصيغة ولكن بدرجة اقل .

تعتبر عوامل نسبة السمنت . نسبة الماء / السمنت في المزجة . عمر الخرسانة . ظروف الانضاج وخواص الركام مؤثرة في تحديد معيار المرونة .

لا توجد معادلات او علاقات رياضية موحدة لقيمة معايير المرونة الا انه في حالة عدم توفر معلومات اكثر دقة يمكن اعتماد العلاقة التالية (المصدر : الكود العربي) : ـ

معيار المرونة اللحظي (كغم / سم٢) = ٢١٠٠٠ تع حيث : ـ

معيار المرونة اللحظي (E_{oo}) محسوباً للخرسانة بعمر(ع)يوم في حالة الاحمال اللحظية او المتغيرة سريعاً وعندما تكون اجهادات التشغيل اقل من ٤٠ ٪ من تحمل الضغط .

تع = معدل مقاومة الخرسانة للضغط مقاسة على نماذج اسطوانية بعمر(ع)يوم وبمقاس ١٥ سم × ٣٠ سم طول (تساوي مقاومة مكعب بضلع ١٥ سم × ٠.٨) .

٢ ـ **معيار التشوه العرضي (نسبة بواسون) (Poissons ratio)** : ـ في التشوهات المرنة تؤخذ نسبة $\frac{\text{التشوه العرضي}}{\text{التشوه الطولي}}$ والمساة نسبة بواسون مساوية الى ٠.٢ ويرمز لها عادة ν . تدخل هذه النسبة في حالات تصميمية معينة . لا تكون قيمة نسبة بواسون ثابتة في جميع الاحوال وقد وجد الباحثون بانها تتراوح بين ٠.١ ـ ٠.٣ .

٣ ـ **النسبة المعيارية (modular ratio)** : ـ ويرمز لها عادة بالحرف (n) وتساوي معيار المرونة للفولاذ مقسوماً على معيار المرونة للخرسانة . وفي حالة عدم وجود معلومات اكثر دقة تعتبر مساوية الى (١٥) وذلك عند تحديد الابعاد وحساب الاجهادات بطريقة المرونة ولاجل تبسيط الحسابات وتعتبر مساوية الى (١٠) عند تحديد القيم غير المحددة ستاتيكياً وكذلك عند تصميم الوحدات الانشائية التي لا يسمح فيها بوجود شقوق (شروخ) ناتجة عن الشد .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ب ـ تبدلات بعدية تسببها الاجهادات الميكانيكية وبمرور الزمن : ـ

عند بقاء الحمل ساكناً ومؤثراً على الخرسانة لفترة زمنية طويلة تحدث بتأثير الزمن انفعالات اضافية غير مرنة تسمى الزحف (creep) . تتأثر انفعالات الزحف بالعوامل التالية .

١ ـ مقدار اجهادات التحميل بالنسبة لتحمل الخرسانة . حيث يزداد الزحف بازدياد اجهاد التحميل .

٢ ـ رطوبة المحيط . حيث يتناقص الزحف بازدياد الرطوبة .

٣ ـ عمر الخرسانة عند التحميل . حيث يتناقص الزحف كلما ازداد العمر .

٤ ـ نسبة السمنت في الخرسانة . حيث يزداد الزحف بزيادتها في الغالب .

٥ ـ نسبة الماء / السمنت في المزجة . حيث يزداد الزحف بزيادتها .

٦ ـ خواص الركام حيث يتأثر مقدار الزحف تبعاً لبعض خواص الركام كمعيار المرونة مثلاً .

٧ ـ الزمن . حيث يزداد الزحف بمرور الزمن .

٨ ـ كتلة الخرسانة . حيث يقل الزحف بزيادتها .

ان الانفعالات الناتجة عن الزحف (والانكماش احياناً) تؤدي الى ان يكون معيار المرونة الدائمي للخرسانة اقل بكثير من معيار المرونة اللحظي وفي حالة عدم توفر معلومات اكثر دقة يمكن حساب معيار المرونة في حالة الاحمال ذات الاجل الطويل وعدم وجود تسليح ضغط في المقاطع المعرضة لعزوم الانحناء من العلاقة التالية . ـ

معيار المرونة (كغم / سم ٢) = ٧٠٠٠ ت$_{ب}$

يقدر الزحف في الاحوال الاعتيادية وفي الاعضاء المحملة محورياً والمعرضة لاجهاد ضغط مرن بنسبة تتراوح بين ٠,٢٥ ـ ٢,٥ مرة بقدر الانفعال المرن الناتج عن تلك الاحمال تبعاً لعمر الخرسانة حيث يمثل الرقم الاول النسبة لخرسانة بعمر ١٠ يوم والثاني بعمر ١٠٠٠ يوم . من الضروري اعتبار الزحف عند تصميم الخرسانة المسلحة وذلك لعلاقته بمقدار التشوه وتوزيع القوى بين الخرسانة والصلب وخاصة في حالات استعمال تسليح ضغط في الخرسانة المسلحة وكذلك في الخرسانة سابقة الاجهاد حيث يعمل الزحف على انقاص الاجهاد في التسليح مع مرور الزمن . يحدث الزحف في حالة تحميل الشد والضغط .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جـ ـ التبدلات الحجمية : ـ تنكمش الخرسانة اثناء تصلبها ويكون ذلك بسبب عدد من العوامل اهمها تبخر الماء الحر في الخرسانة وتفاعل السمنت . يتأثر الانكماش بالعوامل التالية : ـ

١ ـ نوع السمنت المستعمل . حيث تتباين انواع السمنت في مقدار انكماشها .

٢ ـ نسبة الماء الى السمنت . حيث يزداد الانكماش بزيادتها وكذلك بازدياد كمية الماء الكلية في المزج و / او بازدياد محتوى المزجة من السمنت (المزجات الغنية rich mixes) .

٣ ـ رطوبة الجو المحيط . حيث يقل الانكماش بزيادتها .

٤ ـ خواص الركام . حيث ان بعض انواع الركام اكثر انكماشاً من غيرها ومن الامثلة على ذلك بعض انواع الصخور الرملية .

٥ ـ الزمن . حيث يزداد الانكماش مع مرور الزمن الا ان الجزء الاكبر منه يتم خلال الاشهر الاربعة الاولى وتتوقف هذه الزيادة بعد مضي ثلاث سنوات تقريباً .

٦ ـ سمك العضو حيث يزداد الانكماش مع قلة السمك .

يبين الجدول (٥ ـ ٦) القيمة القصوى المتوقعة لانكماش خرسانة مسلحة ممزوجة بنسبة ماء / سمنت مقدارها ٠.٦ وزناً وبنسبة تسليح مقدارها ١ ٪ من مساحة المقطع .

تتأثر الخرسانة حجمياً بمقدار محتوى الرطوبة فيها فالخرسانة تنكمش عند تجفيفها وتتمدد عند اشباعها بالماء ويعتمد مقدار ذلك الانكماش او التمدد على عدد من العوامل . ان مقدار هذا التبدل الحجمي يكون غالباً اقل من الانكماش بسبب تبخر الماء الحر والتفاعل الوارد اعلاه .

تتأثر الخرسانة حجمياً (وبعديا) بفعل الحرارة ويؤخذ معامل التمدد الطولي للدرجة المئوية الواحدة بمقدار ٠.٠١ ملم لكل درجة لكل متر طول من الخرسانة اي (١ × ١٠⁻⁵ لكل درجة مئوية) حيث تتمدد المادة بازدياد الحرارة وتتقلص بهبوطها تتميز المزجات الغنية بالسمنت بمعامل تمدد كبير نسبياً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول (٥ ـ ٦) *معامل الانكماش الاقصى ملم / متر أو (س × ١٠^-٣)

نوعية وسمك العضو		
نوعية ودرجة الرطوبة للجو المحيط	ارضيات وسقوف (بلاطات) رقيقة سمك ١٠ سم	عوارض واعتاب بمقطع مستطيل عمقه ٦٠ سم	جدران كثيفة متوسط السمك فما ٥٠ سم
عالي الرطوبة (بنسبة ٩٠ ٪)	٠ر١٤	٠ر٠٩	٠ر٠٧
متوسط الرطوبة في الهواء الطلق (بنسبة ٧٠ ٪)	٠ر٣٦	٠ر٢٤	٠ر١٩
عالي الجفاف (بنسبة ٤٠ ٪	٠ر٥٥	٠ر٣٦	٠ر٢٩

* المصدر : ـ الكود العربي لسنة ١٩٧٧

* القيم لخرسانة مسلحة نسبة الماء / السمنت فيها ٦ر٠ وزنا وكمية التسليح هي ١ ٪ من مساحة المقطع .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٣ ـ **الدوام والمقاومة للعوامل الجوية :** ـ تعتبر الخرسانة من المواد البنائية ذات العمر الطويل بصورة عامة الا ان مدى دوامها يعتمد على عدد من العوامل التي تؤثر في الخرسانة وتؤدي الى اضعافها وتلفها احياناً ومنها : ـ

آ ـ **العوامل الجوية :** ـ يؤثر الانجماد على الخرسانة بصورة كبيرة حيث ان تجمد الماء في الفجوات يؤدي الى تسليط قوى داخلية كبيرة على الخرسانة ـ نتيجة تمدده ـ قد تؤدي الى تشقق الخرسانة وبتكرار هذه الظاهرة يزداد امتصاص الخرسانة للماء ويزداد تأثير الانجماد مما يعجل في تلف الخرسانة . يمكن تقليل تأثير الانجماد باتباع ما يلي : ـ

١ ـ استعمال سمنت مفقع للهواء .

٢ ـ زيادة كثافة الخرسانة وتقليل الفجوات .

٣ ـ تقليل نسبة الماء / السمنت في المزجة .

٤ ـ استعمال ركام صلد ومقاوم وقليل الامتصاص .

٥ ـ تقليل امتصاص الماء من خلال سطح الخرسانة بمختلف الوسائل .

يؤثر التذبذب الكبير في درجات الحرارة في الخرسانة بصورة ملحوظة حيث ان تبدل درجات الحرارة على مدى واسع يولد اجهادات وانفعالات داخلية يمكن ان تؤدي الى تجزع الخرسانة وخاصة عند وجود فرق كبير بين معاير تمدد معجون السمنت المتصلد ومعاير تمدد الركام وكذلك في حالة عدم وجود (او عدم كفاية) التسليح بصورة مناسبة .

ب ـ **الركام المتفاعل (reactive aggregate) :** ـ تتفاعل بعض انواع الركام مع المركبات القلوية في السمنت بصورة بطيئة تؤدي الى تمددات حجمية تسبب تشقق الخرسانة . لا يمكن ايقاف هذا النوع من التفاعل بعد مزج الخرسانة وتصلبها ، لذا يجب استعمال سمنت واطىء القلوية وكذلك تحرى وجود الانواع المتفاعلة من الركام بفحوص خاصة . عند استعمال الركام من مقلع معين لفترة طويلة بدون حدوث مشاكل التفاعل فان ذلك يعني عدم وجود ركام متفاعل في الكمية الباقية من الركام في المقلع . يجب الحذر من تفاعل الركام عند استعماله

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

لاول مرة علماً بان الركام المتفاعل قليل الوجود في العراق . تحدد قلوية السمنت عند الانتاج لتقليل تفاعله مع هذه الانواع من الركام . تعتبر بعض انواع السليكا (opaline silica) وهي غير متبلورة ومائية من مسببات هذا التفاعل وتكون بشكل قشرة فوق الحصى في بعض الحالات . من الركام المتفاعل انواع من حجر الكلس السيليكي وبعض الصخور عالية السيليكا مثل (flony and chert) وقسم من الصخور البركانية مثل بعض انواع (andesites,dacites and rhyolites) وغيرها .

جـ ـ **المياه التي تتعرض لها الخرسانة :** ـ تعتبر الخرسانة بصورة عامة مادة مقاومة لتأثير الماء بعد تصلبها فهي لا تتآكل ولا تصدأ بصورة اعتيادية لذا يمكن استخدامها تحت الماء ، الا ان امتصاص الخرسانة للماء يمكن ان يؤدي احياناً الى ظاهرة انغسال او ارتشاح (leaching) - النورة ناتج تفاعل السمنت مما يسبب تآكل الخرسانة وكذلك يكون الماء عامل اساس في تحريك تفاعل الاملاح التي في داخل الخرسانة وفي زيادة تأثير الانجماد وكذلك فان احتواء الماء على املاح وخاصة كبريتية تتفاعل مع السمنت بصورة سلبية قد تؤدي الى تلف الخرسانة . ان اتباع الوسائل الواردة في (آ) سابقاً بالاضافة الى استعمال سمنت مقاوم للاملاح والمضافات مانعة الرطوبة تشكل وسائل متعددة لزيادة مقاومة الخرسانة .

٤ ـ **مقاومة الحريق :** ـ تعتبر الخرسانة من المواد البنائية الجيدة المقاومة للحريق بسبب طبيعة المواد الاولية والناتج النهائي الذي تتكون منه الخرسانة . يراعى عند تصميم المنشآت الخرسانية المختلفة درجة المقاومة المطلوبة للحريق وهذا يتطلب سمك معين لكل حالة . يبين الجدول (٥ ـ ٧) مقاومة الحريق لاجزاء المنشآت من الخرسانة المسلحة حسبما وردت في الكود العربي لسنة ١٩٧٧ . يمكن تخفيض الحدود الدنيا المبينة في الجدول في الحالات التي يستخدم فيها حجر الكلس كركام كبير او التي تستعمل فيها طبقات واقية من انهاء الجص او الواح البياض او اللبخ فيمكن مثلاً عند استخدام حجر الكلس كركام كبير تخفيض سمك العمود الى ٣٠ ، ٢٢,٥ سم (بدلاً من ٤٥ ، ٣٠ سم) لمقاومة الحريق لفترتين قدرهما اربع ساعات وساعتين على التوالي . وفي حالة استعمال انهاء لبخ ونثر سمنت مع مادة الاسبستوس بسمك ٢ سم فيمكن تخفيض سمك السقوف والارضيات الى ١٢,٥ سم لمقاومة الحريق لفترة قدرها اربع ساعات . يمكن الرجوع الى الفصل التاسع بخصوص وقاية الاعمدة والعوارض من الحريق . يحذر في حالة زيادة احتمال تعرض جزء من المنشأ للحريق عدم استعمال تسليح تتأثر خواصه بحرارة الحريق كالصلب المعالج على البارد .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول (٥ ـ ٧) مقاومة الحريق لاجزاء المنشآت من الخرسانة المسلحة

جزء المنشأ	السمك او البعد اللازم	الحد الادنى للمقاس بالسنتيمتر الذي يحقق مقاومة للحريق لفترة قدرها			
		٤ ساعات	ساعتين	ساعة	نصف ساعة
جدران من الخرسانة المسلحة	السمك الكلي	١٧,٥	١٠,٠	٧,٥	٧,٥
	سمك الغطاء	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥
سقوف وأرضيات عادية بدون بياض او سقف ثانوي* يشمل السمك المذكور سمك صبة الارض في الخرسانة العادية ان وجدت.					
(١) سقوف وأرضيات مصمتة او مكونة من وحدات على شكل T مقلوبة او مجرى	السمك**	١٥,٠	١٢,٥	١٠,٠	٩,٠
(٢) سقوف وارضيات وحدات او مصبوبة في محلها على شكل U مقلوبة	السمك**	١٥,٠	١٠,٠	٧,٥	٦,٥
(٣) سقوف وأرضيات من كتل مفرغة او وحدات جاهزة على شكل صندوق ذي مقطع I موضوعة بجانب بعضها لجميع انواع السقوف والارضيات السابقة	السمك**	١٢,٥	٩,٠	٧,٥	٦,٥
	سمك الغطاء	٢,٥	١,٥	١,٥	١,٥
اعمدة	القطر او اصغر مقاس	٤٥,٠	٣٠,٠	٢٠,٠	١٥,٠
اعتاب وعوارض	سمك الغطاء	٦,٥	٥,٠	٢,٥	١,٥

* في حالة وجود انهاء راجع ما ورد سابقاً في هذه الفقرة

** السمك المذكور . هو الحد الادنى لمجموع سمك الخرسانة او البلوكات في القطع العرضي مضافاً اليه سمك الصبة فوقها ان وجدت .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٥ ـ نفاذية الماء : ـ لا يمكن اعتبار الخرسانة مادة صماء (غير منفذة للماء) بشكل مطلق وذلك للاسباب الاساسية التالية : ـ

١ ـ لا يمكن لمعجون السمنت عند التصلد ان يشغل تماماً الفراغات التي يتركها السمنت والماء عند تفاعلهما وهذا يعني وجود مسامات داخلية .

٢ ـ تكون كمية ماء المزج في الخرسانة اكثر من الكمية اللازمة لتفاعل السمنت ويكون الماء الفائض هذا قابلاً للتبخر من الخرسانة بسهولة وترك فجوات هوائية محله .

٣ ـ لا يمكن عملياً رص الخرسانة بحيث تكون الفجوات فيها معدومة تماماً . ان هذا لا يعني بأن الخرسانة تكون دائماً منفذة للماء بل ان نفاذية الماء تعتمد على وجود فجوات ومسامات بشكل مسارات مستمرة يجري الماء خلالها وفي حالة عدم استمرارية تلك الفجوات فان الماء لا يمكنه اختراق الجسم الخرساني بل يكون هنالك امتصاص محدود للماء .

للحوصل على خرسانة ذات مقاومة عالية لنفاذية الماء يجب : ـ

١ ـ ان تكون الصبة الخرسانية متجانسة وخالية من النخور والبقع التي فيها انعزال (segregation) بسبب تباين حجوم الركام .

٢ ـ ان تكون الخرسانة باعلى كثافة ممكنة وبأقل ما يمكن من الفجوات . ان ذلك يستوجب استخدام الركام الجيد والنظيف وان يكون مدرجاً ومدوراً تقريباً . غير مسامي وان تحتوي المزجة على نسبة معتدلة على الاقل (وليست قليلة) من السمنت اي بين ٣٠٠ ـ ٤٠٠ كغم للمتر المكعب الواحد لتقليل النزف ولا يفضل استعمال المزجات الغنية بالسمنت لزيادة احتمال تشققها بسبب الانكماش . يجب مزج ووضع ورمي الخرسانة بصورة فنية دقيقة .

٣ ـ ان تكون نسبة الماء / السمنت المستعملة اقل ما يمكن .

٤ ـ تجنب كل ما من شأنه احداث شقوق في الجسم الخرساني سواء بسبب الانكماش او التبدلات الحرارية او الانفعالات الناتجة عن الاجهادات الميكانيكية (الانشائية) التي تتعرض لها الخرسانة في المنشأ او بنتيجة تفاعلات سلبية لاحقة .

٥ ـ انهاء السطوح الخارجية للخرسانة بصورة صقيلة وغير مسامية .

يمكن استعمال المضافات المانعة للرطوبة لتحسين مقاومة الخرسانة . راجع الفصل الثاني عشر وصفحة ١٠٦ من هذا الفصل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٦ ـ **العزل الحراري** : ـ لا تعتبر الخرسانة ذات الكثافة الاعتيادية جيدة العزل لذا يستعاض عنها بالخرسانة القليلة الكثافة (خفيفة الوزن) التي تكون اكثر عزلاً تبعاً لقلة كثافتها الناتجة عن نوعية الركام المستعمل ونسبة الفجوات الهوائية . الجدول رقم (٥ ـ ٨) يبين الخصائص الحرارية لجدران مشيدة بالخرسانة .

جدول (٥ ـ ٨) الخصائص الحرارية لبعض الجدران الخرسانية *

نوع الجدار	معامل التوصيل الحراري k** الف سعرة / ساعة . متر . درجة مئوية	معامل النقل الحراري للجدار U واط / متر مربع . درجة مئوية		
		سمك ١٠ سم	سمك ١٥ سم	سمك ٢٠ سم
خرسانة مصبوبة				
بركام حصو او حجر الكلس	١,١٣ ـ ١,٤٩	٥,١١	٤,٤٨	٣,٩٧
بركام خبث الافران	٠,٦٤	٣,٦٩	٣,٩٥	٣,٤٤
بركام طين مفخور ومنفوخ	٠,٣٥ ـ ٠,٥٣	٣,٠٦	٢,٣٨	١,٩٣
بركام بيرلايت او				
فيرميكولايت	٠,٠٦ ـ ٠,١١			
خرسانة رغوية كثافة ٣٢٠				
كغم / متر^3	٠,٠٦			
بناء بكتل مجوفة (٣				
تجاويف)				
بركام حصو او حجر كلس				٣,٩٥
بركام خبث الافران				٣,٣٧
بركام طيني مفخوز ومنفوخ				٢,٠٤

* المرجع رقم (١٤) .

** تقاس k في نظام الوحدات القياسية العالمي بالواط / متر . درجة مئوية راجع ملحق (١) .

٧ ـ **مقاومة تأثير الاحتكاك** : ـ وهي خاصية مهمة لسطح الخرسانة المستعملة في كافة اعمال التبليط والارضيات المعرضة لتأثير الاحتكاك بالاحمال المتحركة عليها وكذلك في السطوح المعرضة للاحتكاك بالمياه الجارية في المنشئات المائية كالسدود والنواظم والانابيب الناقلة للسوائل . تتأثر مقاومة السطوح الخرسانية لتأثير الاحتكاك بالعوامل التالية : ـ

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

١ ـ تحمل الخرسانة . حيث تزداد المقاومة بزيادة التحمل .
٢ ـ نسبة الماء / السمنت المستعملة . حيث تزداد المقاومة كلما قلت نسبة الماء / السمنت المستعملة على ان تكون قابلية التشغيل مقبولة . ويمكن استعمال قوالب ذات امتصاص عال لماء المزجة لهذا الغرض .
٣ ـ نوعية الركام المستعمل . حيث يجب ان يكون مدرجاً بصورة جيدة . وجيد التلاصق والربط مع معجون السمنت في المزجة وان يكون صلداً ومقاوماً للاحتكاك . تفحص مقاومة الركام الخشن لتأثير الاحتكاك (السحج) بجهاز لوس انجلس بموجب م . ق . ع ٤١ ـ ١٩٦٩ . يفضل تقليل كمية الركام الناعم الى اقل حد ممكن من دون الاضرار بقابلية التشغيل .

٤ ـ انهاء السطوح بصورة جيدة وباعلى كثافة ممكنة ويكون ذلك برص السطح بصورة جيدة بالمالج او بواسطة اخرى قبل تصلب الخرسانة مباشرة . يمكن اضافة مزيج السمنت والرمل لسطح المزجات الفقيرة بالسمنت اثناء عملية الرص والصقل . في جميع الاحوال لا يجوز الرص والصقل عندما تكون الخرسانة شديدة الطرواة اي بعد وضعها بفترة قصيرة لان ذلك يؤدي الى رفع كمية كبيرة من الماء والمواد الناعمة الى السطح الامر الذي يجعل السطح اقل مقاومة لتأثير الاحتكاك بعد تصلبه . قد يستعمل ركام خاص (خشن وناعم) عالي الصلادة في وجه الصبة الخرسانية لزيادة مقاومته مثل الكوارتز والصخور السيليكية وبعض الصخور البركانية الكثيفة ذات الوزن النوعي العالي ويمكن استعمال ايضاً بعض المساحيق المعدنية مثل برادة الحديد وغيره .
٥ ـ تجانس الخرسانة . من الضروري تجانس الخرسانة حيث ان وجود البقع الضعيفة يعجل في تآكل السطوح الخرسانية .

٦ ـ **الانضاج (curing)** يعتبر الانضاج الجيد امراً لازما للحصول على سطح مقاوم للتآكل . يمكن استعمال بعض المضافات السائلة مثل سيليكات الصوديوم أو فلوسيليكات المغنيسيوم ـ(magnesium fluosilicate) أو الصوديوم لتحسين مقاومة السطوح المعرضة للتآكل في الخرسانة التي يكون تحملها ضعيفاً أو معتدلاً . توضع هذه المضافات بعد تصلب وجفاف السطح أي بعمر حوالي ٢٨ يوم أو حسب تعليمات المنتج .
٨ ـ **مقاومة تأثير المواد الكيمياوية** : تتأثر السطوح الخرسانية ببعض المواد الكيمياوية مثل بعض الحوامض والزيوت النباتية والدهون والمحاليل السكرية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

والاملاح وبصورة خاصة الكبريتات والكلوريدات التي قد تتواجد في التربة والمياه الجوفية ومياه البحر . تسبب تلك المواد في البدء تلف السطوح الخرسانية المتلامسة معها ثم يمكن ان تؤدي الى اضعاف المنشأ الخرساني تبعاً لطبيعة التعرض . تتعرض الارضيات الخرسانية بصورة خاصة في بعض المصانع والمشاريع الزراعية لتأثيرات كيمياوية تؤدي الى تآكل سطوحها كما في صوامع ومعامل الاعلاف الحيوانية ومحلات تربية الحيوان ومعامل السكر والبيرة والالبان وعجينة الخشب والخزانات الخرسانية المستعملة لخزن بعض انواع المواد المؤثرة في الخرسانة .

يمكن تقليل تأثير المواد الكيمياوية على الخرسانة بزيادة كثافتها وتحملها واستعمال ركام صلب وغير مسامي وغير متفاعل وتقليل نسبة الماء / السمنت ومعالجة السطوح بطريقة تقلل الامتصاص الى اقل حد ممكن وباستعمال انواع السمنت العالية المقاومة لتأثير الكيمياويات (سمنت مقاوم للاملاح الكبريتية مثلاً) وحماية السطوح احياناً بطبقة من مواد واقية . وفي حالة الخرسانة المسلحة يزاد سمك الغطاء الخرساني لوقاية صلب التسليح من تأثير الكيمياويات التي تسبب تآكل التسليح احياناً بحيث تتراوح بين ٤٠ ـ أكثر من ٧٥ ملم حسب الحاجة .

قد تكون الكبريتات المتواجدة في التربة والمياه الجوفية في وسط وجنوب العراق من المشاكل المهمة التي تواجه المهندسين لذا يستوجب الحذر من تأثيرها . تفيد بعض المصادر والبحوث بان تواجد الكبريتات القابلة للذوبان بالماء في التربة بشكل (SO_4) بنسبة لحد ٠.١ بالمائة او في المياه الجوفية لحد ١٥٠ جزء بالمليون لا تؤثر بصورة ملحوظة على الخرسانة بينما يظهر تأثيرها عندما تكون النسبة اكثر من ذلك ولحد ٠.٢ بالمائة في التربة او ١٠٠٠ جزء بالمليون في المياه الجوفية حيث يوصى باستعمال سمنت بورتلاند المعدل واذا زادت نسبة الكبريتات عن ذلك فيوصى باستعمال سمنت بورتلاند مقاوم للاملاح . وان استعمال انواع السمنت المذكورة لا يعني عدم الاهتمام بالعوامل الاخرى التي سبق ذكرها . قد لا يكون استعمال السمنت المقاوم للاملاح وحده كافياً لوقاية الخرسانة في حالات التعرض الشديد لذا يوصى بحماية السطوح الخارجية للخرسانة بطبقات من مواد قيرية او اسفلتية او غيرها .

عمل وانتاج الخرسانة : ـ

تنتج الخرسانة وفق الخطوات التالية :

١ ـ تهيئة المواد وخزنها .

٢ ـ كيل المواد ومزجها .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٣ ـ نقل الخرسانة .
٤ ـ وضع الخرسانة ورصها .
٥ ـ انهاء سطح الخرسانة ووقايته بعد الصب .
٦ ـ الانضاج او الاسقاء .
٧ ـ نزع القالب ورفعه . راجع الفصل الثامن .

١ ـ **تهيئة المواد وخزنها :** ـ يخزن السمنت بطريقة تؤمن عزله عن الرطوبة الجوية والارضية حيث تستعمل الصوامع المعدنية الخاصة بحفظ السمنت الفل (bulk). ويخزن السمنت المكيس في محلات مسقفة أو مغلقة بعيداً عن الرطوبة ولا يوضع فوق ارضية رطبة بل يكدس فوق ارضية مصبوبة بالخرسانة أو مرصوفة بالطابوق ومعزولة بطبقة من النايلون . لا يستعمل السمنت المتأثر بالخزن الطويل ويمكن تمييز هذا السمنت بوجود كتل شبه متصلبة لا تتفت رأساً حيث ان السمنت الحديث الحرق لا يحتوي على اية كتل ويتحول الى مسحوق دقيق بمجرد تحريكه باليد . لا يجوز استعمال السمنت المكيس اذا كانت اكياسه ممزقة أو تالفة وقد مضى عليها وقت طويل بحيث سببت تلف السمنت .

يصنف الركام ويخزن باكداس حسب نوعه حيث يستخدم اكثر من نوع واحد من الركام في الاعمال الانشائية عادة . تفضل محلات الخزن المسقفة لحفظ الركام من الرطوبة شتاءً ومن درجات الحرارة العالية صيفاً ويجب ان يؤمن الخزن عدم تلوث الركام بالاتربة التي في الجو أو من تلوثه بتراب الارض لذا يجب ان تكون ارضيتها صلبة بدرجة كافية . يفضل ان تكون محلات الخزن قريبة من موضع المزج . تقسم اكداس الركام الى الركام الناعم (الرمل) بانواعه المختلفة ان وجدت والركام الخشن مكدساً حسب مقاسه الاقصى (المقاس الاسمي) .

يفضل استعمال الركام بمقاس اسمي كبير بسبب عامل الاقتصاد في الكلفة بشرط ان لا يسبب ذلك انعزال مكونات الخرسانة عند المزج وان لا يتجاوز ذلك المقاس ربع المقاس الاصغر للمقطع الخرساني المراد صبه أو اصغر مسافة بين قضبان التسليح . من الشائع تسمية الركام الخشن المدرج حسب مقاسه الاسمي ومنه الانواع التالية : ـ

١ ـ **بمقاس اسمي ٤٠ ملم :** ـ ويفضل في اعمال الخرسانة غير المسلحة التي لا يقل سمكها عن ١٦٠ ملم كالاسس وغيرها والمسلحة بنسبة تسليح خفيف أو لا تكون مكتضة بفولاذ التسليح .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٢ ـ **بمقاس اسمي ٢٠ ملم :** ـ ويستعمل في معظم اعمال الخرسانة المسلحة كالبلاطات والاعتاب والعوارض والاعمدة وغيرها وفي الارضيات غير المسلحة ذات السمك القليل .

٣ ـ **بمقاس اسمي ١٦ ملم :** ـ وتستعمل في نفس الحالات الواردة في (٢) اعلاه الا انها تفضل في حالة تكدس فولاذ التسليح .

٤ ـ **بمقاس اسمي ١٢,٥ ملم :** ـ ويفضل استعماله في المقاطع الضيقة مثل الستائر ومانعات الشمس (Louvers) والبلاطات بانواعها والكتل الخرسانية وفي حالات تكدس فولاذ التسليح .

يمكن استعمال ركام خشن بمقاس اسمي اقل عند الحاجة .

٢ ـ **كيل المواد ومزجها :** ـ تقاس المواد الداخلة في مزج الخرسانة اما بطريقة حجمية أو بطريقة وزنية وتعتبر الاخيرة اكثر دقة وتفضل في الاعمال الكبيرة والجيدة لانها تتحاشى الاخطاء التي تنجم عن طريقة رص الركام والسمنت وكذلك المسببة عن تأثير الرطوبة في الركام الناعم تلك الظاهرة التي تعرف باسم الانتفاخ (bulking). حيث ينتفخ الرمل أي يزداد حجمه وتقل كثافته بنسبة قد تصل لحد ٤٠ ٪ تبعاً لنعومته ومقدار الرطوبة .

عند الكيل بطريقة الحجم يفضل استعمال السمنت على اساس الوزن واستعمال كيس السمنت مباشرة كوحدة . وان وزن كيس السمنت الواحد ٥٠ كغم وحجمه ٠,٠٣٣ متر مكعب ويقاس الركام الناعم والخشن بصناديق حديدية بحجم يساوي عادة كيس سمنت واحد أي ٠,٠٣٢ متر مكعب أو نصف كيس وذلك لامكانية تنفيذ المزجات المختلفة التي تعتمد على اساس وحدة الحجم من السمنت بسهولة . يجب الانتباه الى مقدار رطوبة الركام الناعم عند الاستعمال وتصحيح تأثير ظاهرة الانتفاخ أي ان تزاد كمية الرمل المقاسة وتقلل كمية الماء المضافة اذا كان الرمل رطباً لا تؤثر ظاهرة الانتفاخ في الركام الخشن . يقاس الماء على اساس الكمية اللازمة ـ وليس اكثر من ذلك ـ لاعطاء قابلية تشغيل معينة حسب نوع المنشأ (الجدول رقم ٥ ـ ٩) . لغرض ضمان تحمل الخرسانة المطلوب يجب ان لا تزيد نسبة الماء السمنت المستعملة عن الحد اللازم (راجع صفحة ١٠٩) .

يعبر عن المزجات الحجمية في الاعمال الاعتيادية بنسبة مكوناتها على اساس وحدة السمنت ثم تذكر كمية الرمل (ركام ناعم) ثم الحصى (ركام خشن) وتسمى المزجة الاسمية (nominal mix). حيث تكون كمية الحصى ضعف كمية الرمل وكلاهما من مضاعفات السمنت. قد لا تكون المزجة الاسمية هي الاجود من الناحية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

العلمية ولكنها سهلة التنفيذ. يبين الجدول (٥ ـ ١٠) انواع المزجات الاسمية الشائعة الاستعمال ومحلات استعمالها وكمية المواد التقريبية التي يستهلكها المتر المكعب الواحد من الخرسانة .

جدول (٥ ـ ٩) مقدار الهبوط المفضل لانواع المنشآت الخرسانية * *

نوع العنصر الانشائي	الهبوط (سم) حد ادنى	حد اعلى * * *
اسس واسس جدارية مسلحة	٢	٨
اسس غير مسلحة وجدران تحت سطح الارض	٢	٨
خرسانة مسلحة للجدران والاعتاب والعوارض والاعمدة	٢	١٠
خرسانة لكتل ضخمة او غير مسلحة	٢	٨
الارضيات والتبليط	٢	٨

* يقاس فحص الهبوط بموجب م ق ع ٥٠ ـ ١٩٧٠

** المصدر (ACI 211. 1 - 74) Recommemeded Practice for Selecting Proportions for Normal and Heavy Weight Concrete.

*** يمكن اضافة (٢) سم عند الرص بطرق غير الرج

يستفاد من الجدول (٥ ـ ٥) للدلالة على حدود التحمل المتوقع . عند الكيل وزنا تستعمل معدات آلية تعمل تلقائيا والبعض منها يمكن السيطرة عليه وعلى الخلاطة الكترونيا . يجب تدقيق هذه المعدات باستمرار وصيانتها لضمان دقة الكميات .

تمزج المواد بخلاطات آلية بهدف اعطاء مزجة متجانسة . تكون الخلاطة بسعة مناسبة للعمل . يفضل اضافة الركام الخشن اولا ثم السمنت ثم الركام الناعم واخيرا الماء اثناء دوران الخلاطة . تستمر الخلاطة بالدوران مدة كافية حسب سعتها وبموجب تعليمات المنتج (لا تقل عن دقيقة عادة) ثم تفرغ حمولتها في الاوعية الناقلة ولا يفضل تفريغ الخرسانة الممزوجة على ارضية ما ثم تحميلها في الاوعية الناقلة لان ذلك قد يسبب انعزال الخرسانة او تلوثها او بقاء قسم من المزجة لفترة طويلة دون نقل الا انه عند الضرورة يمكن تفريغ الخلطة على ارضية او منصة صلبة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ونظيفة ويعاد خلط الخرسانة بالمعدات اليدوية قبل تحميلها على ان تتم عملية التحميل قبل مضي حوالي عشرة دقائق على مزجها وفي اي حال من الاحوال لا يجوز تفريغ عبوة اخرى من الخلاطة قبل تحميل كافة الكمية السابقة .

لا يجوز اعادة تحميل الخلاطة بالمواد الاولية قبل تفريغها تماماً من الخرسانة التي في داخلها .

جدول (٥ ـ ١٠) المزجات الاسمية الشائعة وخواصها التقريبية

المزجة الاسمية (حجما)	محلات الاستعمال الشائعة	كمية المواد المستهلكة في متر مكعب واحد من الخرسانة (تقريبا) عدا الهدر		
		سمنت (كغم)	رمل طبيعي (متر مكعب)	حصى طبيعي (متر مكعب)
١ : ١ ٩/٢ : ٣	اعمال الخرسانة المسلحة ذات التحمل العالي نسبيا او المعرضة لتأثيرات جوية قاسية او غير النفاذة للماء .	٣٧٠	٠,٣٧	٠,٧٤
١ : ٢ : ٤	معظم اعمال الخرسانة المسلحة ذات التحمل المعتدل	٢٩٠	٠,٤٠	٠,٨٠
١ : ٢ ١/٢ : ٥	بعض اعمال الخرسانة المسلحة ذات التحمل الواطىء والخرسانة غير المسلحة التي تتعرض لعوامل جوية قاسية مثل بعض الاسس غير المسلحة والارضيات	٢٥٠	٠,٤١	٠,٨٢
١ : ٣ : ٦	خرسانة غير مسلحة في الاسس والارضيات والمماشي وغيرها .	٢١٥	٠,٤٣	٠,٨٦
١ : ٤ : ٨	خرسانة ضعيفة التحمل للاملاء والتعمية وتحت الصبات المسلحة	١٧٠	٠,٤٥	٠,٩٠

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

توجد خلاطات بانواع متعددة من حيث السعة واسلوب التحميل والتفريغ وسرعة الدوران ونوعية المحرك وغيرها . . الخ .

لا يجوز خلط الخرسانة يدوياً الا عند عدم امكانية توفير خلاطة مناسبة وللاعمال البسيطة فقط عندما لا يتطلب خرسانة ذات تحمل عالي . تمزج الخرسانة يدوياً بالطريقة التالية :ـ

يكال الركام الخشن اولا ويفرش على مساحة مناسبة ثم يكال الركام الناعم ويوضع فوقه ويفرغ السمنت من الكيس فوق الركام حسب الكمية المطلوبة (يفضل ان تكون المزجة لكيس سمنت أو مضاعفاته) . يخلط المزيج جافاً لحين التجانس ثم يعمل بشكل حوض فيه حفرة وسطية يوضع فيها الماء المطلوب ثم تقلب الحافات الخارجية نحو داخل الحوض دون السماح للماء بالتسرب خارجاً وتستمر عملية المزج بعد ذلك لحين الحصول على مزيج متجانس تماماً . يجب ان يتم الخلط فوق ارضية نظيفة وصلبة وغير مسامية .

٢ ـ **نقل الخرسانة :ـ** تنقل الخرسانة بوسائل متعددة يراعى فيها :ـ

١ ـ عدم السماح لمكونات الخرسانة بالانفصال .

٢ ـ عدم تلوث الخرسانة اثناء النقل .

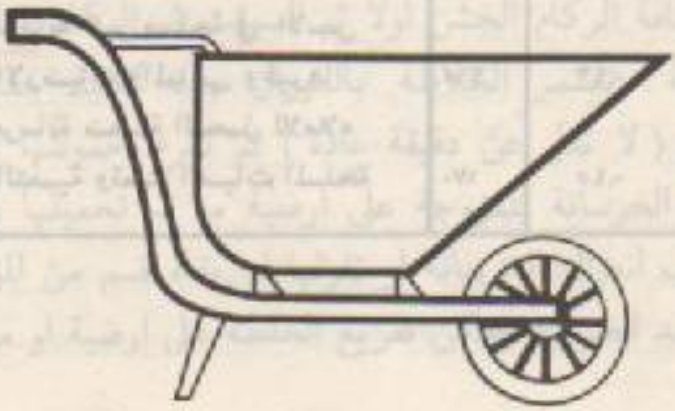
٣ ـ اكمال نقل ووضع الخرسانة بفترة زمنية مناسبة قبل تماسك الخرسانة .

٤ ـ تناسب الكمية المنقولة والانتاجية المطلوبة .

٥ ـ العامل الاقتصادي .

فيما يلي وصفاً موجزاً للمعدات التي تستعمل في نقل الخرسانة مع الحالات التي يفضل استعمالها فيها :ـ

١ ـ **العربات اليدوية :ـ** شكل (٥ ـ ٥) وهي اوعية معدنية محمولة على هيكل معدني بعجلة مطاطية واحدة وتكون بسعة مناسبة لان يستطيع العامل الواحد دفعها وتفريغها . تستعمل في الاعمال البسطة وفي المسارات الضيقة بجانب



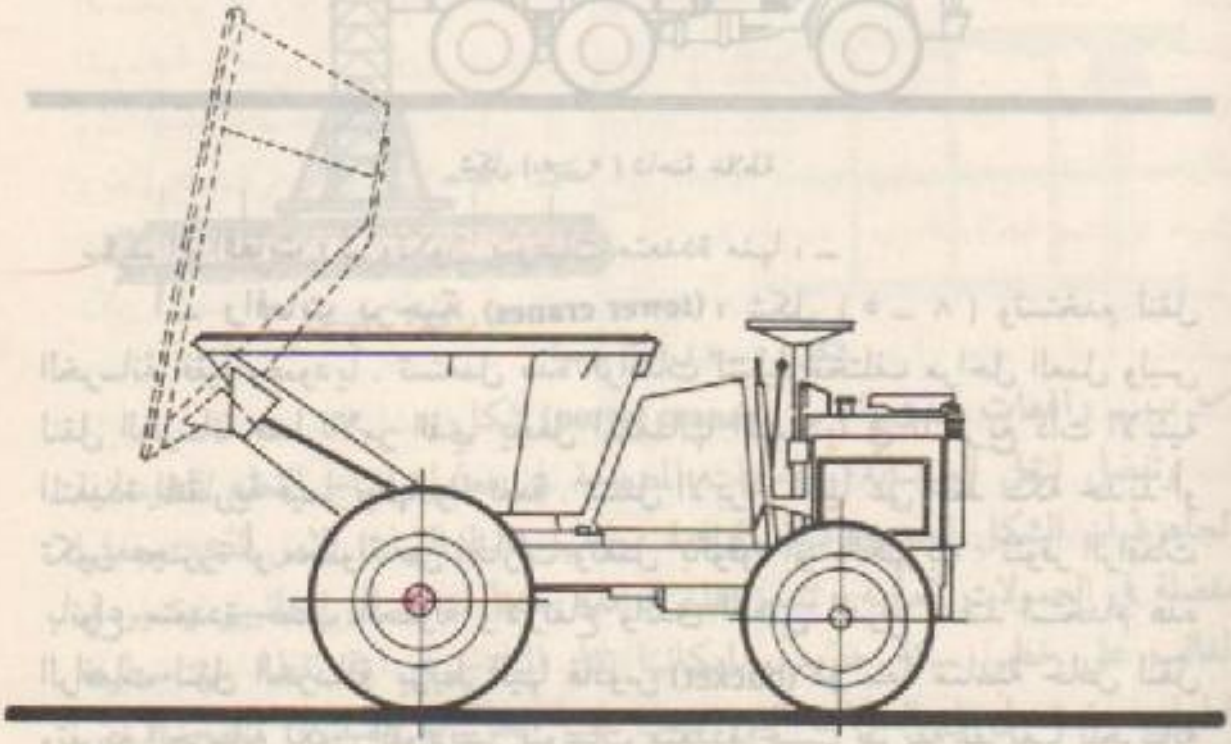
شكل (٥ ـ ٥) عربة يدوية لنقل الخرسانة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حفريات الاسس مثلا ولنقل الخرسانة للمسافات القصيرة وفوق القوالب ايضاً حيث تعمل لها مسارات خاصة مرتفعة عن فولاذ التسليح بحيث لاتؤثر عليه. تصمم بعض العربات بحيث يكون وعاؤها متحركاً قابلاً للتفريغ بسهولة . يحتاج العمل لاكثر من عربة واحدة تبعاً لبعد المسافة وسعة العربة وسعة الخلاطة . قد تستعمل العربة اليدوية الاعتيادية التي تستعمل في نقل الاتربة . الا ان انتاجيتها تكون اقل من النوع السابق .

٢ ـ القلابات الالية (شكل ٥ ـ ٦)(concreie dumper)

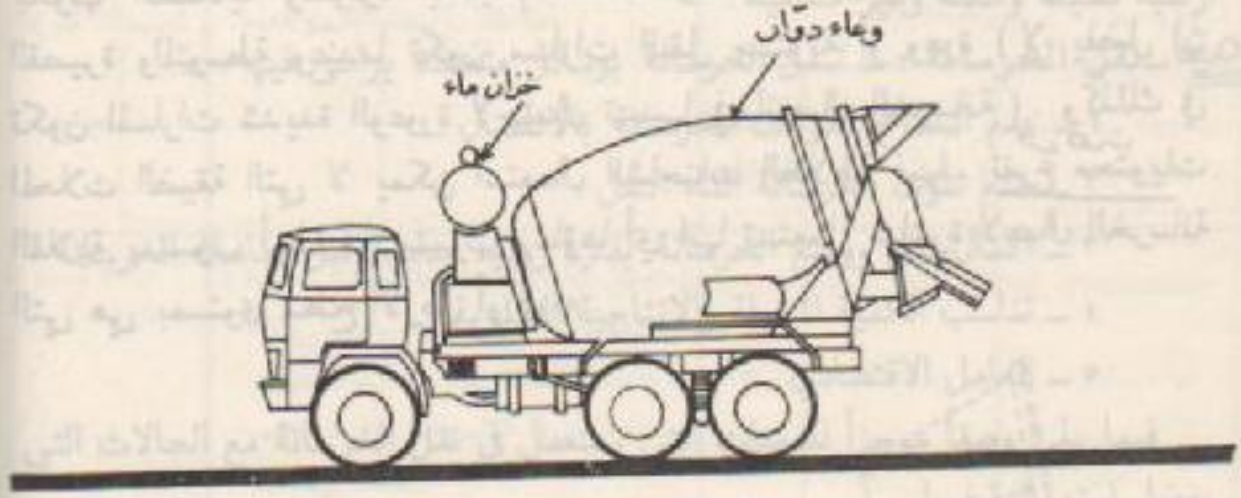
وتسمى محلياً دمبر ايضاً وهي ناقلات ذات محرك يعمل بالبنزين أو الديزل لها قابلية التنقل والمناورة بسهولة وسرعة ولها قابلية التفريغ بقلب الوعاء الى الامام أو الى الجانب (حسب نوع التصميم) . تستعمل في الاعمال المتوسطة والكبيرة . تتميز بكونها اقتصادية ومتوفرة باحجام متعددة ومثالية لنقل الخرسانة في المسافات القصيرة والمتوسطة وعندما تكون مسارات النقل مستوية أو وعرة (لا يفضل ان تكون المسارات شديدة الوعورة لاحتمال تسببها في انفصال الخرسانة) . وكذلك في المحلات الضيقة التي لا يمكن استعمال الشاحنات الخلاطة فيها . تفرغ محتويات القلابة بمنسوب أوطا من منسوب وعاؤها أي انها تستعمل مباشرة لاعمال الخرسانة التي هي بمستوى سطح الارض أو دونه .



شكل (٥ ـ ٦) القلابة الآلية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٣ ـ الشاحنات الخلاطة (truck mixers) : ـ شكل (٥ ـ ٧) وهي وعاء خلاطة دوار ذو سعة متوسطة أو كبيرة تركب على شاحنات خاصة . تفضل في الاعمال ذات الانتاجية العالية ولنقل الخرسانة من معامل انتاج الخرسانة الجاهزة التي تجهز الاعمال المختلفة وكذلك عندما تكون مسافة النقل طويلة وفي الاعمال التي لا يوجد فيها ساحة عمل كافية لانتاج الخرسانة .تزود الشاحنات بالخرسانة من خلاطة مركزية (central batching plant) كبيرة . يستمر الوعاء بالدوران طيلة مدة النقل ولحين التفريغ . عندما تكون مسافة النقل طويلة تستغرق زمناً يخشى معه بدء تماسك الخرسانة تحمّل الشاحنة بمزجة جافة أي بدون ماء ويضاف الماء من الخزان الخاص الموجود في الشاحنة عند وصولها الى ساحة العمل قبل التفريغ بفترة مناسبة . تفرغ محتويات الشاحنة بمنسوب واطىء أو اعلى من مستوى الارض قليلاً .



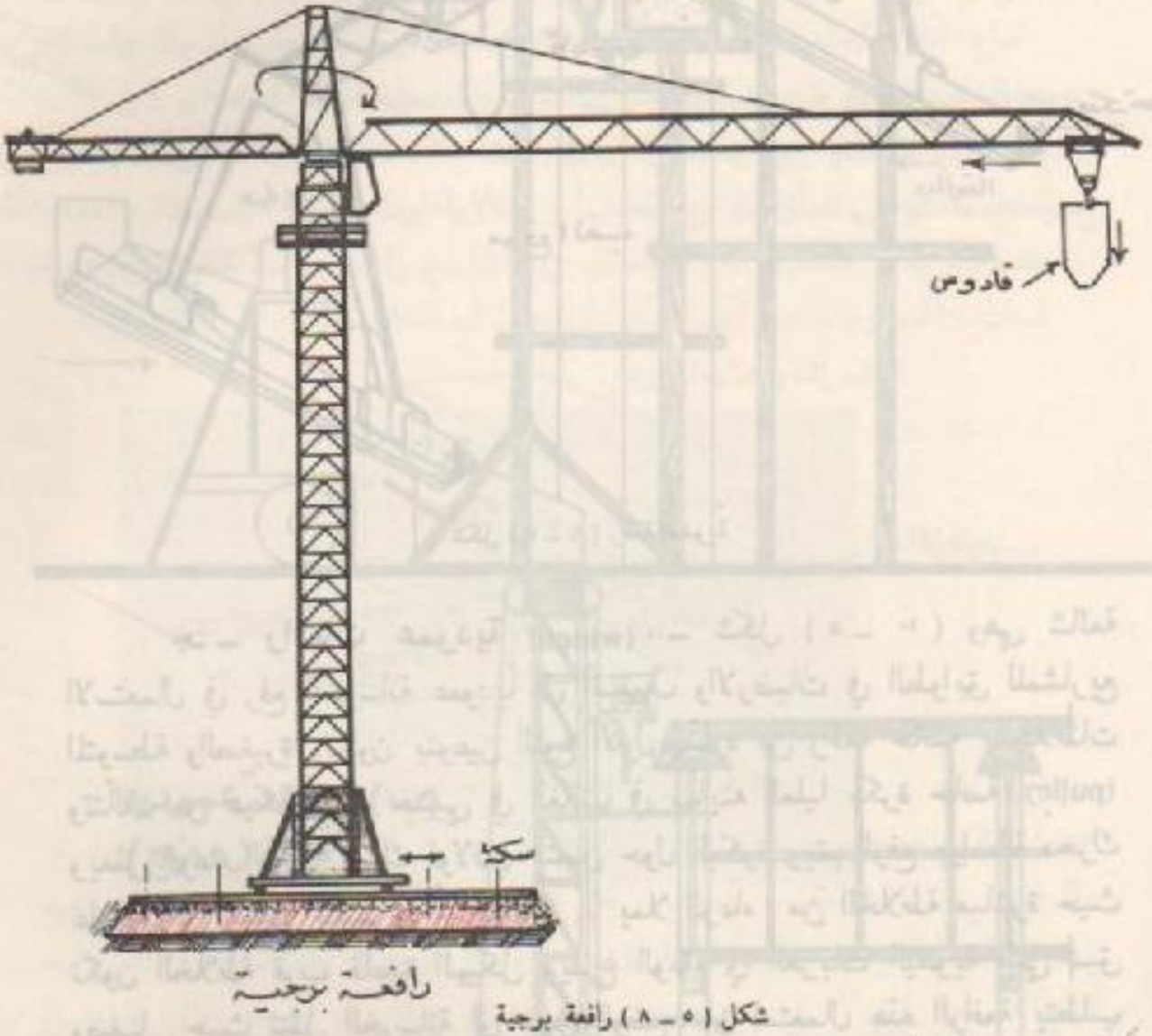
شكل (٥ ـ ٧) شاحنة خلاطة

٤ ـ الرافعات : ـ وتكون بنوعيات متعددة منها : ـ

آ ـ رافعات برجية (tower cranes) : شكل (٥ ـ ٨) وتستخدم لنقل الخرسانة افقياً وعمودياً . تستعمل هذه الرافعات لتنفيذ مختلف مراحل العمل وليس لنقل الخرسانة فقط الامر الذي يجعل استعمالها اقتصادياً في المشاريع ذات الابنية المتعددة المتقاربة فيما بينها والمرتفعة . تتنقل الابراج افقياً على خط سكة حديد أو تكون مجنزرة أو محمولة على اطارات وتعمل بالوقود أو بالكهرباء . تتوفر الرافعات بانواع متعددة حسب الحمولة والارتفاع والمدى الافقي للذراع . عند استخدام هذه الرافعات لنقل الخرسانة يربط اليها قادوس (bucket) ذو سعة مناسبة خاص لنقل وتفريغ الخرسانة تكون القواديس بنوعيات متعددة حسب طريقة تفريغها للخرسانة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

فمنها ما يناسب السقوف أو الاعمدة أو غيرها . يحتاج العمل في القالب الى قادوسين من كل نوع واحد يوضع تحت الخلاطة لملئه والاخر يكون مربوطاً الى الرافعة ومحملاً بالخرسانة حيث يتم تفريغه في الموضع المطلوب ثم يعاد الى الخلاطة حيث يستبدل بالآخر الذي يكون قد تم ملؤه في هذا الوقت .

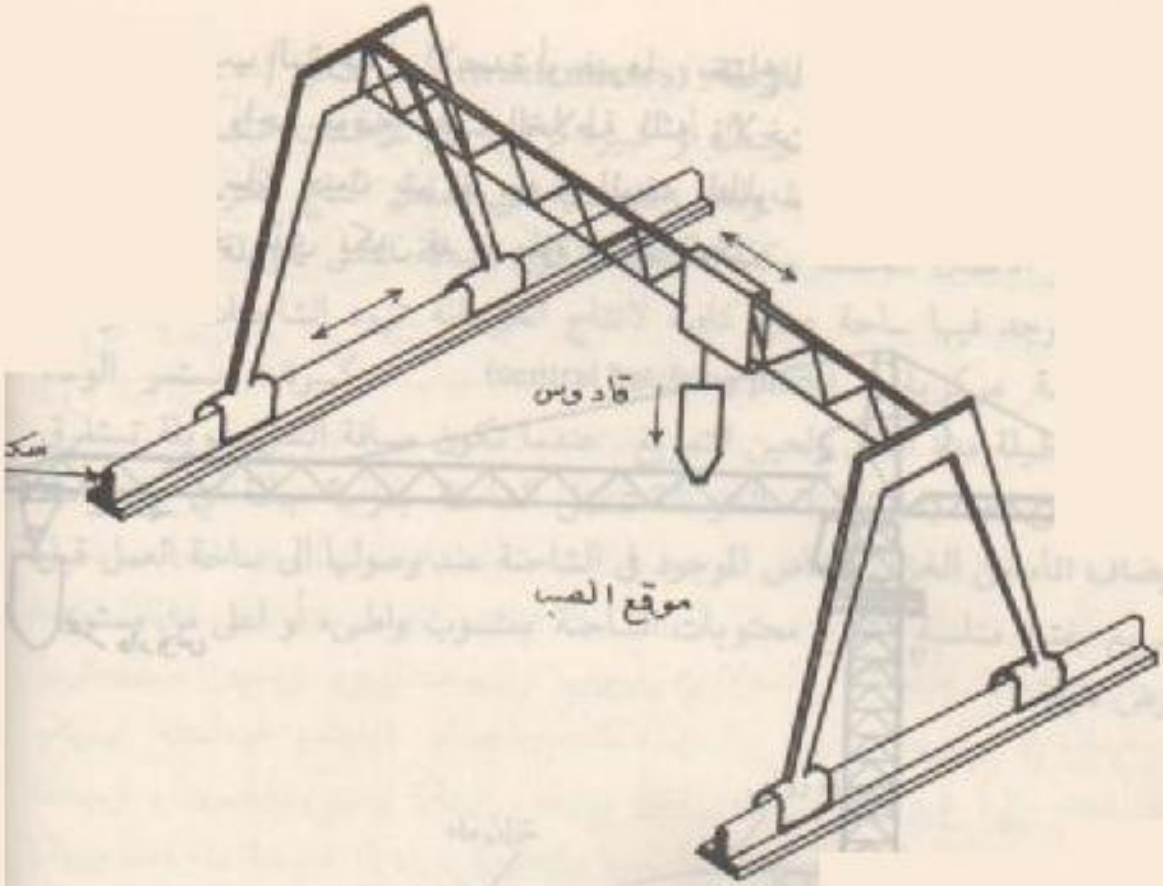


شكل (٥ ـ ٨) رافعة برجية

ب ـ رافعات حدوية : ـ (portal cranes) شكل ٥ ـ ٩)

وتفضل لنقل الخرسانة والوحدات المصبوبة في معامل انتاج القطع الخرسانية الجاهزة.ان الشكل الحدوي لهذه الرافعة يجعلها عالية الثبات الامر الذي يجعلها مفضلة في الحمولات العالية . تتميز هذه الرافعة بانها تستند الى الجانبين وتسير في الغالب على خطي سكة حديد وبامكانها نقل المنتوج في اية نقطة من مسارها الطولي . تستعمل في الحالات التي تصب فيها الخرسانة بمستوى سطح الارض تقريباً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

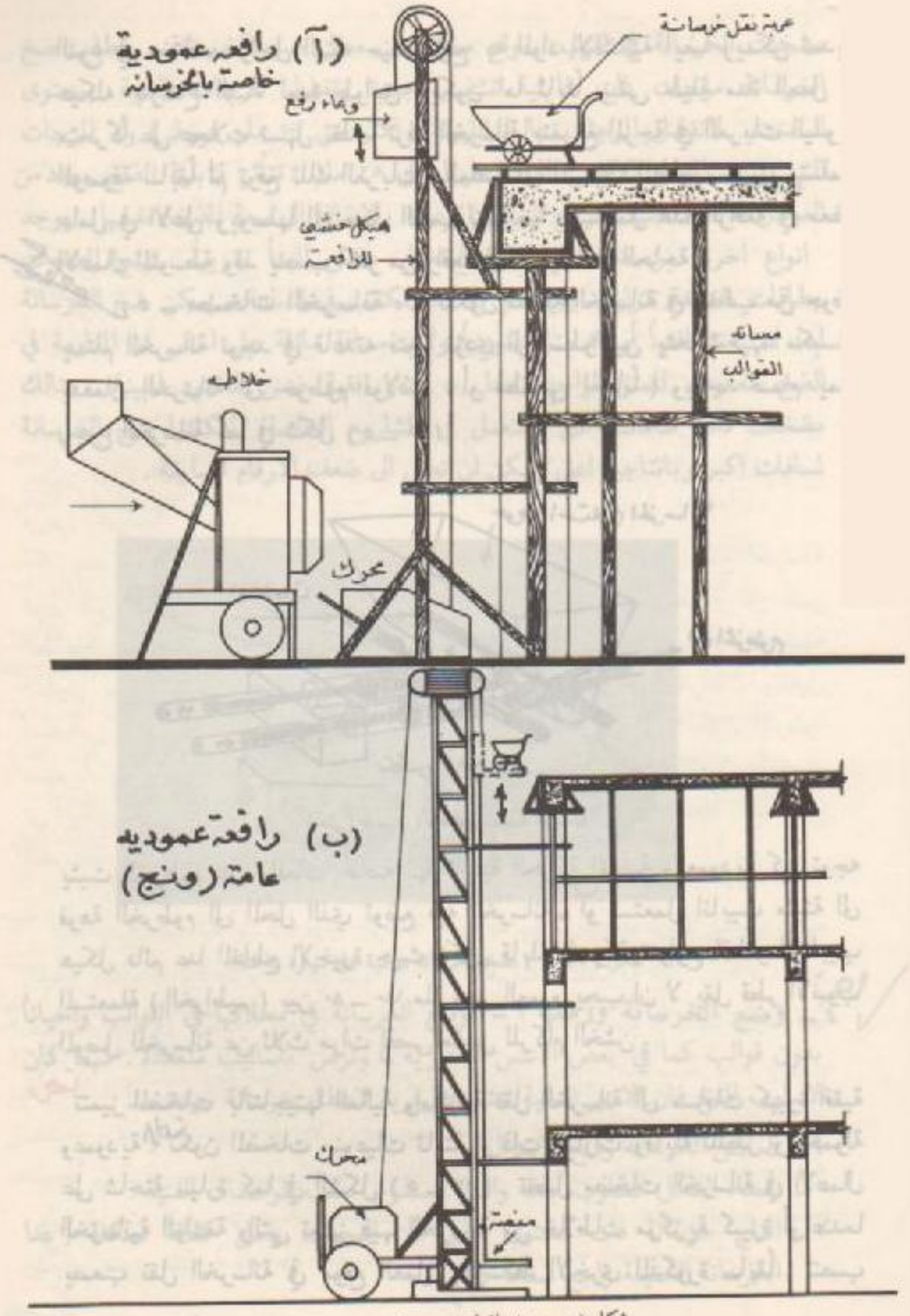


شكل (٥ ـ ٩) رافعة حلزونية

جـ ـ رافعات عمودية (winch) :ـ شكل (٥ ـ ١٠) وهي شائعة الاستعمال في رفع الخرسانة عمودياً الى السقوف والارضيات في الطوابق للمشاريع المتوسطة والصغيرة وتكون بنوعين النوع الاول عبارة عن رافعة خاصة بالخلاطات وتتألف من هيكل ساند خشبي في الغالب في نهايته العليا بكرة خاصة(pulley) ويعلق الوعاء الناقل بسلك فولاذي يتصل حول البكرة ويتم الرفع بواسطة محرك على الارض يعمل بالبنزين أو الديزل . يملا الوعاء من الخلاطة مباشرة حيث تكون الخلاطة قرب قاعدة الهيكل ويفرغ الوعاء في العربات اليدوية التي سبق وصفها حيث تنقل الخرسانة الى محل الوضع . ان استعمال هذه الرافعة يتطلب مزجات ذات قابلية تشغيل عالية يمكن تفريغها من الوعاء بسهولة . تستعمل هذه الرافعة في الاعمال البسيطة ولارتفاعات محددة وفي الحالات التي يتطلب فيها رافعة سهلة النصب والنقل الى محل عمل اخر .

اما النوع الثاني فهو الرافعة العمودية التي تتكون من هيكل حديدي يستند الى طوابق البناء والارض ويتم الرفع بواسطة منصة متحركة ترفع بواسطة سلك فولاذي متصل حول بكرة علوية ويتم الرفع بمحرك مشابه للنوع الاول . يستعمل هذا

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

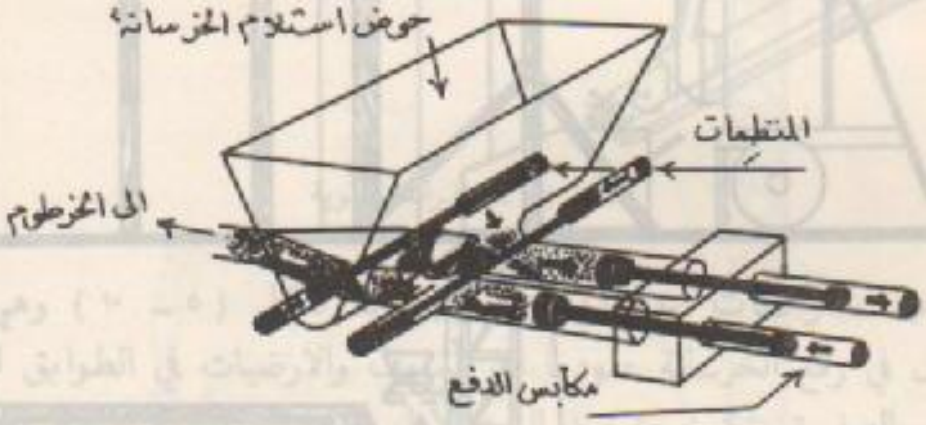


شكل (٥ ـ ١٠) رافعات عمودية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

النوع في مختلف مراحل البناء حيث ترفع به المواد الانشائية ايضاً ويمكن تمديد هيكله بارتفاع البناء لعدة طوابق ويكون اما ثابتاً يبقى طيلة مدة العمل أو متحركاً على عجلات تسهل نقله . ترفع الخرسانة بتفريغ المزجة في العربات اليدوية الموصوفة سابقاً ثم ترفع تلك العربات بالمنصة الى المنسوب المطلوب حيث يتسلمها عامل في الاعلى ويوصلها الى محل الصب لتفريغها . تستعمل هذه الرافعة في معظم الاعمال المتوسطة وقد ينصب اكثر من رافعة في البناية عند الحاجة .

٥ ـ مضخات الخرسانة : ـ تتكون مضخة الخرسانة في الغالب من حوض يستلم الخرسانة توجد في قاعدته فتحة تؤدي الى اسطوانتين يتحرك فيهما مكبسان يدفعان الخرسانة الى خرطوم فولاذي (أو مطاطي احياناً) ويوجد صمام يمنع رجوع الخرسانة كما في شكل (٥ ـ ١١)



شكل (٥ ـ ١١) مخطط مضخة خرسانة

يثبت الخرطوم على رافعات خاصة لها قابلية الحركة الافقية والعمودية كي توجه فوهة الخرطوم الى المحل الذي توضع فيه الخرسانة . أو تستعمل انابيب مثبتة الى هيكل دائم عدا المقاطع الاخيرة حيث تكون قابلة للحركة تتراوح اقطار الانابيب المستعملة (الخراطيم) بين ٨٠ ـ ١٨٠ ملم وعلى العموم يجب ان لا يقل قطر الانبوب الموصل للخرسانة عن ثلاث مرات اقصى مقاس للركام الخشن .

تتميز المضخات بانتاجيتها العالية وامكانية نقل الخرسانة الى مسافات كبيرة افقية وعمودية . تكون المضخات بنوعيات ثابتة او ذات اطارات وقابلة للقطر أو محمولة على شاحنة سيارة كما في الشكل (٥ ـ ١٢) . تفضل مضخات الخرسانة في الاعمال الخرسانية الواسعة والتي تجهز فيها الخرسانة من خلاطات مركزية كبيرة أو عندما يصعب نقل الخرسانة في موقع العمل بالوسائط الاخرى المذكورة سابقاً . تنصب

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مضخات الخرسانة في اقرب موقع ممكن من محل صب الخرسانة . يتطلب ضخ الخرسانة مزجات ذات قابلية تشغيل جيدة وتفضل المزجات الغنية بمحتوى السمنت . لاتفضل المزجات عالية الليونة (اكثر من ١٠٠ ملم هبوط) ولا المزجات التي يزيد المقاس الاقصى للركام فيها على ٣٥ ملم . تتأثر قابلية الضخ بعدد من العوامل الاخرى منها تدريج الركام ونوعيته بالاضافة الى سعة المضخة نفسها . يوجد انواع اخرى من مضخات الخرسانة تعمل بنفس المبدأ تقريباً . تنتج المضخات بطاقات مختلفة تتراوح بين ٧ و ٥٠ متر مكعب في الساعة . يمكن ضخ الخرسانة لحد ٣٠٠ متر افقياً أو ٤٠ متر عمودياً ولاي مسافة مائلة على اساس ان المقاومة في الضخ العمودي للمتر الواحد تعادل ٨ أمتار افقية ضمن الحدود المبينة . هنالك مضخات ذات طاقات اعلى تستعمل في المشاريع الخاصة بامكانها ضخ الخرسانة لمسافات اكبر وبانتاجية اعلى يمكن ان تصل الى ضعف الارقام السابقة .

شكل (٥ ـ ١٢) مضخة خرسانة مركبة على سيارة شاحنة

٤ ـ **وضع الخرسانة ورصها** : ـ توضع الخرسانة في محلاتها في القوالب واحياناً بدون قوالب كما في بعض الاسس الجدارية ثم وترص باساليب متعددة . مهما كان الاسلوب المتبع فان الامور التالية تعتبر ضرورية لاعطاء خرسانة جيدة ، ـ

١ـ تجانس الخرسانة ومنع الانعزال .

٢ ـ اعطاء الشكل المطلوب بدقة وانهاء السطوح حسب المواصفات الفنية .

٣ ـ انتاج خرسانة ذات محتوى ادنى من الفجوات واعلى كثافة ممكنة (عدا الخرسانة الخفيفة راجع صفحة ١٥٩

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٤ ـ اكمال وضع الخرسانة ورصها ضمن الفترة الزمنية المناسبة قبل بدء تماسك السمنت .

٥ ـ اعطاء ربط جيد مع الخرسانة المنفذة سابقاً راجع المفاصل الانشائية صفحة ٥٢٥) .

٦ ـ المحافظة على خواص الخرسانة عند الصب وبعده من تأثير القوالب او التربة او غيرها من المواد التي تلامسها .

يقصد بها محل وضع الخرسانة الذي يكون في الغالب من القوالب المعدة بصورة جيدة (الفصل الثامن) . يجب ان تكون القوالب نظيفة وذات رطوبة مناسبة لمنع الامتصاص او التشوه ان كانت خشبية . يستعمل الماء او الهواء المضغوط في التنظيف عادة ويستعمل المغناطيس في رفع البقايا المعدنية كاسلاك الربط وغيرها . يجب ان يكون فولاذ التسليح نظيفاً من الصدأ ومثبتاً بصورة جيدة تضمن ثباته اثناء وضع ورص الخرسانة

عند وضع الخرسانة بدون قالب كما في اعمال الاسس فلا يجوز وضع الخرسانة فوق التربة الرخوة بل يجب رص التربة وتسويتها ورصفها بطبقة من كسر الطابوق او الحصى أو الحجر المكسر بسمك لا يقل عن ٧٠ ملم ويعمى وجه الطبقة العلوي بمونة السمنت والرمل بنسبة ١ : ٥ أو اكثر وذلك لملئ الفراغات وتقليل امتصاص الماء . عند وضع الخرسانة فوق تربة صخرية فيجب ان تكون الارضية مستوية بدرجة كافية ولا تحتوي على اجزاء رخوة ويتم تنظيفها قبل الصب . يفضل ان يكون السطح العلوي للصخر خشناً (أو مخشناً) لاعطاء ربطاً جيداً مع الخرسانة .

عند وضع خرسانة حديثة فوق خرسانة مصبوبة سابقاً فيجب ان لا تسبب عملية الوضع والحركة والاهتزاز الناتج عنها اي اذى للخرسانة المصبوبة قبلا اذا كانت غير متصلة بدرجة كافية . يجب تنظيف سطح الخرسانة المصبوبة سابقاً وازالة كافة الاتربة . وكذلك رفع المواد الناعمة التي تطفو على سطح الخرسانة عادة ويجب كذلك ازالة وتكسير كافة اجزاء الخرسانة الرخوة من السطح أو الركام البارز في الوجه وترك وجه الخرسانة نظيفاً وخشنا وصلدا . يغسل سطح الخرسانة ويوضع عليه شريط كثيف من مونة السمنت مرمل بنسبه ١ : ١ بسمك حوالى ١ سم وبنسبة ماء / سمنت مقاربة للمزجة الخرسانية قبل وضع الخرسانة الجديدة مباشرة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

توضع الخرسانة بصورة سليمة تُحقق الاهداف المذكورة سابقاً تتبع الملاحظات التالية :

١ ـ وضع الخرسانة في القوالب قبل مضي ثلاثين دقيقة من اكمال مزجها في الجو البارد أو عشرين دقيقة في الجو الحار واكمال رصها قبل مضي اربعين دقيقة في الجو البارد أو ثلاثين دقيقة في الجو الحار .
تعتمد فترات زمنية اخرى عندما يكون التماسك الفعلي للمزجة متأثراً بفعل بعض المواد المضافة . ان ارتفاع درجات الحرارة يؤدي الى تعجيل تفاعل السمنت مع الماء وزيادة تبخر ماء المزجة ـ راجع اعمال الخرسانة في الجو الحار في هذا الفصل .

٢ ـ تفريغ الخرسانة بهدوء في محلها وعدم اسقاطها بحيث تؤدي الى اهتزاز القوالب وتأثرها وكذلك عدم تكديس الخرسانة في موضع واحد وبكميات كبيرة بل توزيعها حسب الحاجة الى محلات من واسطة النقل مباشرة .

٣ ـ لا يجوز رمي الخرسانة من ارتفاع أعلى من ١.٥ متر لان ذلك قد يسبب انفصال مكونات المزجة لذا يراعى عمل فتحات وسطية في قوالب الاعمدة والجدران تصب منها الخرسانة واستعمال السواقي الخاصة (chutes) المعدنية او الخشبية بميل لا يزيد على ١ عمودي ، ٣ افقي عند صب الخرسانة في مناطق واطئة كالسراديب والاسس العميقة وغيرها وفي حالة كون تلك السواقي طويلة تعمل منصات وسطية افقية يعاد مزج الخرسانة عليها يدوياً .

٤ ـ توضع الخرسانة بطبقات افقية حسب السمك المطلوب وفي حالة كون الصبة سميكة فتوضع الخرسانة بطبقات سمكها حوالي ٣٠ سم وترص ويراعى الا يمضي وقت طويل بين تعاقب الطبقات حتى لا تكون الطبقة السفلية قد بدأت بالتصلب عند بدء صب الطبقة التالية . يراعى نشر ورص الخرسانة بحيث تملأ كافة المقاطع الضيقة وتتغلغل بين التسليح وتتلامس معه تماماً عند صب الجدران بصورة مستمرة عمودياً (كما في جدران صوامع الحبوب أو المنشآت تحت سطح الماء مثلاً) توزع الخرسانة افقياً على الجدار باكمله وينظم العمل بسرعة لا يتجاوز ارتفاع الصب فيها اكثر من ١.٥ متر صيفاً و ١.٠٠ متر شتاء في الساعة الواحدة تحاشياً لزيادة الضغط على الخرسانة قبل تصلدها بدرجة كافية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٥ ـ لا يجوز صب الخرسانة وهي معرضة للمطر لان ذلك يسبب رداءة نوعية الخرسانة في الوجه العلوي واضعاف ترابطها مع فولاذ التسليح الذي في الاعلى .

٦ ـ صب الخرسانة بحذر فوق السطوح المنحدرة فعندما يكون الانحدار قليلاً يفضل صب الخرسانة من الاسفل الى الاعلى مع الرص المستمر وبدون استخدام قالب في الوجه العلوي على ان تكون ليونة المزجة مناسبة اما اذا كان الانحدار شديداً فيستعمل قالب ثابت او وقتي للوجه العلوي تحسباً من جريان الخرسانة نحو الاسفل اثناء الرص .

٧ ـ عند صب الجدران والاعمدة بصورة مستمرة يفضل عمل المزجات في الطبقات العلوية بنسبة ماء / سمنت اقل من تلك المستخدمة في الطبقات السفلية لان نزف الماء نحو الاعلى يساعد في اعطاء قابلية تشغيل اضافية للخرسانة التي في الاعلى الامر الذي يحسن من نوعية الخرسانة الناتجة بصورة عامة .

٨ ـ لا يجوز صب الاجزاء الافقية (السقوف والعوارض وغيرها) المستندة على اجزاء خرسانية عمودية (جدران واعمدة) قبل مضي فترة تقل عن ٣ ساعات على انتهاء صب الاخيرة وذلك تحاشياً للشقوق التي يسببها هبوط السطح العلوي لها بسبب الانكماش وتسرب ماء المزج وتبخره وغير ذلك من العوامل .

ترص الخرسانة حال وضعها بوسائل يدوية أو آلية . ان زيادة كفاءة طريقة الرص المتبعة تعني : ـ

١ ـ امكانية انقاص نسبة الماء / السمنت في المزجة وهذا يعني تحمل اعلى وانكماش اقل .

٢ ـ امكانية رص الخرسانة بسمك اكبر للطبقة الواحدة .

٣ ـ زيادة كثافة الخرسانة وتقليل الفجوات الهوائية وهذا يعني نوعية اجود ومقاومة اعلى لنفاذية الماء والعوامل الجوية .

٤ ـ زيادة تغلغل الخرسانة بين قضبان التسليح واخذها شكل القالب بصورة تامة .

٥ ـ امكانية استعمال مزجات ذات قابلية تشغيل اقل وهذا يعطي المصمم مرونة اكبر في اختيار المزجات المناسبة وامكانية تقليل نسبة الركام الناعم المستعمل .

٦ ـ امكانية الاسراع بنزع القوالب الجانبية وذلك بسبب انقاص نسبة الماء / السمنت وزيادة كثافة الخرسانة كما في حالات انتاج الكاشي او الكتل الخرسانية وغيرها .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ينفذ الرص اليدوي بواسطة قضبان حديدية او اوتاد خشبية تطعن في داخل الخرسانة . يمكن رص وجه الخرسانة بالمدقات اليدوية المستعملة في رص التربة وذلك في بعض الحالات التي تكون فيها المزجة شبه جافة . قد تستعمل المطارق لرص الخرسانة الموضوعة في قوالب ضيقة كما في بعض الاعمدة ومانعات الشمس وغيرها حيث تطرق القوالب من الخارج لتسهيل انتشار الخرسانة . لا يعتبر الرص اليدوي من الاساليب الكفوءة بهذا الخصوص الا انه يستعمل عندما يتعذر الرص آلياً .

ترص الخرسانة آلياً بعدد من الوسائل تشمل :-

أ - الرص بالهزازات .

ب - الرص بالكبس الهيدروليكي .

جـ - الرص بالمطارق الآلية .

أ - الرص بالهزازات :- من اكثر وسائل الرص انتشاراً هو استعمال الهزازات (vibrators) تتكون الهزازات من مصدر الاهتزاز الذي هو في الغالب محور مثقل يدور بصورة لا تمركزية وبتردد عالي اكثر من ٤٠٠٠ مرة في الدقيقة . تسلط هذه الحركة على الخرسانة الامر الذي يؤدي الى انتقال الاهتزاز اليها ويسبب رصها . تدار الهزازات بمحركات تعمل بالبنزين او زيت الديزل او بالكهرباء او تشتغل بتأثير الهواء المضغوط .

يمكن تقسيم انواع الهزازات بالنسبة الى طريقة رص الخرسانة الى :-

١ - هزازات داخلية غاطسة في الخرسانة (immersion vibrators)

٢ - هزازات سطحية (surface vibrators)

٣ - هزازات قالبية (mould vibrators)

٤ - طاولات اهتزاز . (vibrating tables)

١ - هزازات داخلية :- وتتكون من محرك وخرطوم ناقل للاهتزاز مثبت في نهاية اسطوانة معدنية متذبذبة . تغمر الاسطوانة المعدنية في الخرسانة لنقل الاهتزاز اليها . ينتج هذا النوع من الهزازات باسطوانة ذات اقطار مختلفة ابتداء من حوالي ٣٠ ملم فما فوق . يفضل عند الاستعمال اكبر قطر ممكن بحيث تتغلغل الاسطوانة في مختلف مواضع الصب وخاصة بين قضبان التسليح . يستعمل هذا النوع من الهزازات في معظم حالات الصب عدا المقاطع الضيقة والصغيرة جداً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٢ ـ **هزازات سطحية :** ـ وتستعمل لرص وانهاء الطبقة العلوية من الخرسانة . تستعمل بالاضافة الى النوع الاول في اعمال خرسانة الطرق والتبليط حيث تربط الى عارضة خشبية او معدنية حافتها السفلى مستوية ومركبة على مدحرجات متحركة ترتكز في الغالب على القوالب المعدنية في الجانبين . توضع الخرسانة بسمك اكثر من المطلوب قليلاً وعند تحريك العارضة تقوم بفعل الاهتزاز فيها برص السطح وازاحة كمية الخرسانة الاضافية بموجب منسوب الحافة السفلية للعارضة .

٣ ـ **هزازات قالبية :** ـ وهي الهزازات التي يمكن ربطها على او توجيهها نحو القالب وتستعمل عندما لا يمكن استعمال النوع الاول السابق الذكر لضيق المقطع كما في الاعمدة الضيقة وبعض الجدران .

٤ ـ **طاولات اهتزاز :** ـ وهي عبارة عن طاولات معدنية متصلة بالجسم المتردد الذي يسبب اهتزاز سطح الطاولة بتردد عال . تستعمل في رص الخرسانة في معامل انتاج البلاطات وغيرها من الوحدات الصغيرة حيث تثبت قوالبها الى الطاولة وتستعمل ايضاً في مختبرات الخرسانة .

ملاحظات عامة في استعمال الهزازات :ـ

١ ـ تستعمل الهزازة بصورة متساوية في كافة مواقع الصب لاعطاء خرسانة متجانسة .

٢ ـ لا يجوز استعمال خرطوم الهزازة الداخلية لنقل الخرسانة ودفعها في القوالب .

٣ ـ عند استعمال الهزازات الداخلية يجب ادخال الاسطوانة المتذبذبة عمودياً واخراجها بهدوء بحيث لا تترك فجوات في الخرسانة .

٤ ـ لا يجوز تعريض الخرسانة لفترات طويلة من الاهتزاز ويجب اتباع تعليمات الشركة المنتجة للهزازة بهذا الشأن .

٥ ـ لا يجوز تسليط الاهتزاز على قضبان التسليح مباشرة ويجب التأكد من ان عملية الرص بالاهتزاز لا تسبب خلخلة القالب او ربط فولاذ التسليح .

ب ـ **الرص بالكبس الهيدروليكي :** ـ ويكون بتسليط ضغط هيدروليكي بواسطة مكابس خاصة على سطح الخرسانة الموضوعة في قوالب معدنية متينة . تتبع هذه الطريقة في انتاج الكاشي والكتل الخرسانية . قد يصاحب الكبس اهتزاز ايضاً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جـ ـ الرص بالمطارق الالية :ـ تتبع هذه الطريقة عند رص الخرسانة في بعض انواع الركائز حيث تدق الخرسانة بالمطارق الساقطة على الخرسانة مباشرة او من خلال صفيحة معدنية عند تشكيل قاعدة الركيزة . ان الرص بهذه الطريقة يمكن من استعمال نسبة ماء / سمنت واطئة جداً نظراً للطاقة الهائلة التي تسلطها المطرقة .

٥ ـ انهاء الخرسانة :ـ يسوى سطح الخرسانة بعد اكمال الرص بالمنسوب المطلوب وينهى حسب الرغبة كان يكون الانهاء صقيلاً او خشناً . يستعمل المالج الخشبي عادة في الانهاء ويحدد سمك الصبة باستعمال مسطرة خشبية مرفوعة على نهايتيها بحيث يكون ارتفاع سطحها العلوي عن وجه القالب مساوياً الى سمك الصب ويعتبر السطح العلوى لها دليل منسوب انهاء وجه الخرسانة .

اساليب خاصه في وضع الخرسانة :ـ تتبع في بعض الحالات اساليب خاصة في وضع الخرسانه لعدم ملاءمة الطرق التقليدية . من الاساليب المذكورة .

آ ـ اسلوب الضخ بالهواء المضغوط (gunite or shotcrete)

ب ـ اسلوب صب الخرسانة بالحقن (prepacked or grouted concrete)

جـ ـ صب الخرسانة تحت الماء

د ـ صب الخرسانة تحت ضغط مخلخل (vacuum concrete)

آ ـ اسلوب الضخ بالهواء المضغوط :ـ ويستخدم في حالات اصلاح الخرسانة المتضررة وفي اعمال تبطين الانفاق وقنوات الري وفي صب خرسانة المنشآت القليلة السمك كالقشريات وغيرها . تضخ المادة الخرسانية داخل خرطوم ينقل الخرسانة ثم تتعرض الخرسانة الى تأثير تيار هوائي سريع تحت ضغط حيث ترذ الخرسانة من خلال فوهة معدنية (nozzle) بقوة الى السطح المراد وضع الخرسانة عليه . يمكن ضخ المواد جافة في الخرطوم ثم يضاف الماء قبل عملية الرذ وبهذا يتمكن العامل الذي يوجه الخرطوم من تحديد نسبة الماء / السمنت المستعملة تستعمل مزجات مونة (سمنت ورمل فقط) او خرسانة في هذا الاسلوب الا ان الخرسانة لا يمكن ان تحتوي على ركام خشن بنسبة عالية ومقاس كبير فالحد الاقصى هو حوالي ١٨ ملم . تتصف الخرسانة الناتجة بقوة جيدة وبانكماش عال وضعف في الترابط مع الطبقة التي تحتها ان كانت غير خرسانية (في حالات التبطين) .

ب ـ اسلوب صب الخرسانه بالحقن :ـ ويستخدم في حالات اصلاح الخرسانة المتضررة وفي اعمال التبطين وفي بعض حالات صب الخرسانة تحت الماء . يرصّ الركام الخشن لوحده في القوالب اولاً ثم يبلل او يغمر بالماء ثم تضخ المونة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

لملء الفجوات بين الركام. تتكون المونة عادة من جزء واحد من السمنت و ١ / ٢ جزء من مواد سيليكية فعالة مطحونة بنعومة عالية و ١ / ٢ جزء من الرمل الناعم وقد تستعمل ملدنات (راجع المضافات) تساعد في عملية الضخ. تتميز الخرسانة الناتجة بقوة جيدة وبانكماش ضئيل جداً او معدوم فعلياً الامر الذي يجعلها مفضلة في كثير من الحالات التي لا يستخدم فيها اسلوب الضخ. يجب تصميم القوالب لمقاومة الضغط العالي المسبب عن عملية الضخ.

جـ ـ صب الخرسانة تحت الماء :ـ يتبع عدد من الاساليب عند صب الخرسانة تحت سطح الماء الا انه من غير المرغوب فيه قطعاً صب الخرسانة تحت الماء مباشرة لضعف السيطرة على نوعيتها واحتمال انغسال المواد الناعمة لذا يجفف موقع العمل بدرجة مناسبة وهنالك اساليب معينة لهذا الغرض لامجال لشرحها. الا انه في بعض الحالات لا يمكن ذلك ويصبح من المحتم صب الخرسانة تحت الماء من غير تجفيف.

يستخدم القمع (tremie) وهو انبوب عمودي تكون نهايته السفلى في موضع الصب والعليا فوق سطح الماء متصلة بملقم بشكل قمع كبير (hopper) تصب الخرسانة فيه. تنفذ عملية الصب بغلق فوهة الانبوب من الاعلى بقطعة قماش ثم يملأ القمع بالخرسانة وتدفع نحو الاسفل حيث يزيح القماش الماء عن طريق الخرسانة ثم تفرغ الخرسانة بهدوء وتستمر عملية الصب واضافة الخرسانة بمقدار كاف لمنع دخول الماء الى داخل الانبوب اثناء الرفع. لا يجوز صب الخرسانة اذا كان الماء سريع الجريان (أكثر من ٣ متر / دقيقة) لذا يجب ان تكون القوالب المستعملة ذات نوعية وقوة كافية لتقليل سرعة الماء داخل منطقة العمل.

تستعمل الخرسانة الغنية بالسمنت (٤٠٠ كغم سمنت / متر مكعب خرسانة فما فوق) وتكون نسبة الركام الخشن الى الناعم بحدود ١ ١/٢ ـ ٢ ويفضل ان يكون الركام الخشن بمقاس اقل من نظيره المستعمل في اعمال الخرسانة فوق الماء. لا يفضل استعمال نسبة ماء / سمنت واطئة.

يمكن استخدام دلو خاص ببوابات (bucket) بدلاً من القمع في وضع الخرسانة وفي هذه الحالة ايضاً يجب اخذ كافة الاحتياطات المذكورة سابقاً في العمل.

يمكن اتباع اسلوب صب الخرسانة بالحقن ايضاً كما ورد سابقاً.

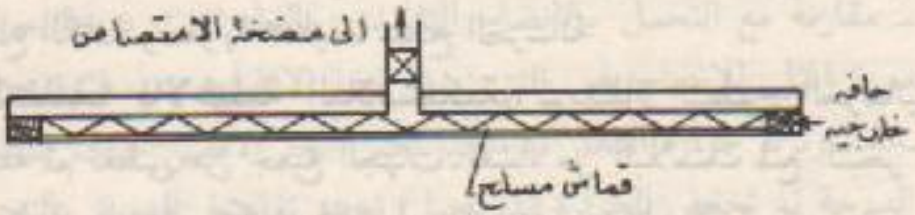
د ـ صب الخرسانة تحت ضغط مخلخل (امتصاص) :ـ لصب الخرسانة في الارضيات والسقوف ووحدات الجدران ذات السمك القليل يتطلب مزجات ذات ليونة عالية ينتج عنها خرسانة ذات تحمل قليل ومقاومة منخفضة لتأثير الاحتكاك

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وكذلك تحتاج الى فترة طويلة لتصلبها . ان فكرة سحب قسم من الماء الفائض عن حاجة السمنت والهواء بعد وضع الخرسانة مباشرة بالضغط المخلخل يحقق هدفين هما مزج الخرسانة بالليونة المطلوبة للصب ثم انقاص نسبة الماء / السمنت الفعلية لتحسين نوعية الخرسانة عند تصلبها وتمكينها من التعجيل باكتسابها للقوه .

تستعمل لهذا الغرض حصيرة (mat) خاصة متصلة بمصدر تخلية الهواء (vacuum) (شكل ٥ ـ ١٣) ففي الارضيات والسقوف مثلاً تتكون الحصيرة من قطعة من الخشب المعاكس بابعاد معينة (٩٠ × ١٢٠ سم) ذات حافة خارجية بارزة ومستمرة على المحيط الخارجي ومكسية بحاشية مطاطية تحكم الغلق فوق سطح الخرسانة . تبطن قطعة الخشب من الداخل بقماش خاص مسلح في وجهه العلوى بمشبك معدني . يعمل القماش على منع امتصاص حبيبات السمنت خارج الخرسانة . تتصل القطعة في وسطها بصمام خاص يؤدي الى مصدر تخلية الهواء وخفض الضغط . تربط مجموعة من الحصائر على ماكنة تخلية واحدة . بعد وضع الخرسانة مباشرة تطبق الحصيرة باحكام فوق سطح الخرسانة وتشغل المضخة الماصة التي تقوم بانقاص مالا يقل عن ٥٠ سم فراغ وفي عين الوقت تستمر عملية هزّ الخرسانة لتسهيل امتصاص الماء من السطح ولافساح المجال للمواد الناعمة للئم الفجوات والمسامات التي يخلفها الماء الممتص

للحصول على اعلى تأثير يجب الموازنة بين مقدار الامتصاص المسلط والاهتزاز وكذلك كلما زادت خشونة الرمل المستعمل وقلت كمية السمنت في المزجة كلما اصبح تأثير العملية اكبر



شكل (٥ ـ ١٣) مخطط حصيرة الامتصاص

وقاية الخرسانة بعد صبها : ـ يجب وقاية الخرسانه حديثة الصب من تأثير المطر ومن كل ما يسبب جفاف الخرسانة بسرعة كالرياح الشديدة والحرارة واشعة الشمس وذلك بتظليلها او بتغطيتها باغطية واقية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة الى الوقت الذي يصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية لبدء الانضاج

٦ ـ الانضاج : ـ هي العملية التي تمكن السمنت بعد صب الخرسانة ورصها من تفاعله مع الماء وتصلده بدرجة مقبولة تعطي الخرسانة التحمل المطلوب . حيث ان كمية الماء في المزجات الخرسانية اللازمة لاعطاء قابلية تشغيل مناسبة هي اكثر

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

من حاجة السمنت لاكمال تفاعله لذا فان اية عملية تساعد في منع او تقليل تبخر الماء من الخرسانة الطرية لمدة مناسبة تعتبر انضاجا.

ان الاساليب الشائعة في الانضاج هي :-

١ - **الرش المستمر بالماء :-** يتبع هذا الاسلوب للسطوح العمودية والافقية الا انه يعتبر غير عمليا احيانا بسبب الحاجة الى عمال للرش ومصدر ماء باستمرار. يستعمل الرش بواسطة شبكة انابيب ثابتة في معامل انتاج وحدات الخرسانة السابقة الصب بمختلف انواعها.

٢ - **الغمر بالماء :-** تغمر السطوح الافقية للارضيات والسقوف والتبليط بطبقة دائمة من الماء سمكها بضع سنتيمترات. يحافظ على الماء بعمل مصدات من التراب او الرمل حول محيط السطح المغمور لمنع التسريب. تعتبر هذه الطريقة عملية لمعظم الاعمال.

يتبع اسلوب الغمر الكلي في الاحواض وذلك للمنتجات الخرسانية الصغيرة كالكاشي والبلاطات والكتل وغيرها في معامل انتاجها. ان هذه الطريقة بدائية لانها تحتاج الى نقل المنتوج الى الاحواض ثم رفعه وخزنه وكذلك الى مساحات كبيرة للاحواض والخزن.

٣ - **التغطية بطبقة مبللة من التراب او الرمل :-** تغطى السطوح الافقية بطبقة من الرمل او التراب بسمك ٥ سم تقريباً ويتم تبليلها باستمرار. تتبع الطريقة في السطوح الافقية للسقوف والارضيات والتبليط وتساعد في وقاية سطح الخرسانة من تأثير الشمس والرياح القوية. قد تكون هذه الطريقة غير مرغوبة بسبب ارتفاع الكلفة وصعوبة تنظيف سطح الخرسانة.

٤ - **التغليف بالاغطية البلاستيكية :-** تبلل السطوح الخرسانية بالماء بصورة كاملة ثم تغطى من جميع الجهات بغشاء من البلاستك لمنع التبخر. يكون البلاستك قطعة واحدة وتكون المفاصل ملحومة بحيث لا تسمح بتبخر الماء. تستعمل هذه الطريقة مع السطوح الافقية وتفيد في وقاية السطح الخرساني من تأثير الرياح والشمس الى درجة ما إن كان الغشاء غير شفاف وذو لون فاتح.

٥ - **التغليف بالقماش الماص :-** تغلف الاوجه العمودية للخرسانة بقماش ماص للماء مثل الجنفاص او الشاش ويبلل القماش باستمرار. تستعمل هذه الطريقة في انضاج الاوجه العمودية للجدران والاعمدة وجوانب الجسور حيث انها تؤمن تقليل التبخر من الوجوه العمودية التي يصعب انضاجها بالطرق الاخرى بالاضافة الى وقايتها من تأثير الرياح والشمس.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٦ ـ **الطلاء بالمواد الخاتمة للمسام :** ـ عند تصلب الخرسانة بدرجة كافية تنظف وتبلل بالماء ثم تطلى سطوحها الخارجية بمواد اسفلتية او كيمياوية خاتمة للمسام . توجد انواع ملونة او شفافة من المواد . تفضل هذه الطريقة في الانضاج عندما تكون كلفة استعمال الماء مرتفعة الا انه قد يكون من غير المرغوب فيه طلاء السطوح في الحالات التي تستوجب انهاءً معيناً للخرسانة حيث يصعب ازالة هذه المواد . تعمل هذه المواد على زيادة مقاومة سطح الخرسانة لتأثير الاملاح .

٧ ـ **الانضاج بالبخار :** ـ وسيلة للانضاج المعجل حيث تعرض الخرسانة لتأثير بخار الماء تحت ضغط جوي اعتيادي (ويسمى احياناً الانضاج تحت ضغط واطىء) او تحت ضغط مرتفع . يفضل هذا الاسلوب في انضاج الخرسانة السابقة الصب عادة .

يكون الانضاج تحت ضغط جوي اعتيادي اما بالطريقة المستمرة وتفضل في الانتاج المكثف للوحدات الخرسانية مثل الكتل وبعض انواع البلاطات حيث تنقل على احزمة ناقلة الى داخل نفق الانضاج ليتم انضاجها اثناء حركتها على طول النفق او بالطريقة المتقطعة (طريقة الوجبات) حيث يتم الانضاج داخل حجر متعددة معزولة (ويمكن تغطيتها من الاعلى بعوازل) يتسع كل منها لانتاج وجبة عمل واحدة في الغالب حيث يبدأ الانضاج في نهاية اليوم .

ان رفع درجة الحرارة عند الانضاج يؤدي الى تحسين التحمل المبكر للخرسانة بدرجة أو اخرى ولكن ذلك يؤدي الى خفض التحمل النهائي ـ بعد ١٤ يوم او اكثر ـ مقارنة مع التحمل بالانضاج التقليدي بالماء تحت درجة حرارة اعتيادية . ان الدورة المثلى للانضاج هي التي يبدأ فيها الانضاج بعد فترة من اكمال صب الخرسانة ثم تزاد حرارة البخار تدريجيا لحين الحد الاقصى حيث يستمر الانضاج في ذات الدرجة ثم تخفض الحرارة تدريجيا . تحدد تفاصيل الدورة بالتجربة عادة تبعا للتحمل الابتدائي والتحمل النهائي وسرعة الانتاج المطلوب . ربما تكون دورة الانضاج المثلى هي التي ينتظر فيها بين ٣ ـ ٥ ساعات بعد الصب ثم ترفع حرارة البخار تدريجيا بمعدل يتراوح بين (٢٢ ـ ٣٣)° مئوية لكل ساعة لحين بلوغ درجة الحرارة القصوى التي تتراوح بين (٦٦ ـ ٨٣)° مئوية ثم يحافظ على درجة الحرارة هذه لفترة من الوقت . يمكن ترك الخرسانة بعد ذلك من دون تسليط البخار لمدة تفيد فيها من الحرارة والرطوبة في غرفة الانضاج المعزولة ثم يتم تبريد الخرسانة تدريجيا . تستغرق دورة الانضاج بأكملها عدا الانتظار ـ فترة لا تزيد على

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

١٨ ساعة عادة . عند انضاج الخرسانة المعمولة بركام خفيف تتبع دورة انضاج مشابهة الا ان درجة الحرارة القصوى للبخار تتراوح عادة بين (٨٢ ـ ٨٨)° مئوية .

في الانضاج تحت ضغط مرتفع تستعمل حجر فولاذية خاصة من نوع المحمم (autoclave) : تعرض القطع الخرسانية فيها الى بخار مشبع تحت ضغط مرتفع . تكون خطوات دورة الانضاج كما ورد سابقا الا ان فترة الانتظار قبل تسليط البخار لا تؤثر هنا في تحمل الخرسانة اللاحق وتحدد تبعاً لامكانية نقل الخرسانة الى حجر الانضاج بدون ان تتضرر . يسلط البخار وتزاد الحرارة تدريجيا الى ان تصل الى حوالي درجة ١٨٢ مئوية اي ما يعادل ضغط بخار مقداره (٠.٩٦) ميكانيوتن / متر مربع خلال مدة ثلاث ساعات تقريبا يستمر الانضاج تحت ذات درجة الحرارة لمدة (٥ ـ ٨) ساعات يخفض بعدها الضغط تدريجيا الى الحد الطبيعي خلال مدة (٢٠ ـ ٣٠) دقيقة . تحدد دورة الانضاج بالتجربة وتبعا للجهاز والمواد المستعملة .

يعتبر مفعول الانضاج بالبخار تحت ضغط اعتيادي في خواص الخرسانة مشابها لمفعول الانضاج بالماء في ذات الحرارة الا ان للانضاج بالبخار تحت ضغط مرتفع تأثير مختلف في التفاعلات السمنتية يؤدي الى تبديل في خواص الخرسانة وكالاتي : ـ

١ ـ زيادة في التحمل المبكر للخرسانة حيث يمكن الحصول في يوم واحد على تحمل يعادل ما يمكن الحصول عليه في (٢٨) يوم من الانضاج الاعتيادي بالماء ولا يحصل هبوط في التحمل النهائي حيث يتساوى مع تحمل الخرسانة المنضجة بالماء على عمر سنة .

٢ ـ زيادة في دوام الخرسانة حيث تتحسن مقاومة الخرسانة لتأثير الانجماد والذوبان ويقل التزهر وتزداد مقاومتها لتأثير الكبريتات وبعض المواد الكيمياوية الضارة .

٣ ـ تقليل انكماش الجفاف والحركات البعدية بسبب الرطوبة .

٤ ـ يمكن زيادة التحمل والدوام باضافة السليكا المطحونة بنعومة تقارب نعومة السمنت وخلطها معه بنسبة (٠.٤ ـ ٠.٧) من وزن السمنت .

٥ ـ يقل تحمل الربط مع فولاذ التسليح الى النصف تقريبا لذا لا يفضل الانضاج تحت ضغط مرتفع في الخرسانة المسلحة والسابقة الاجهاد .

٦ ـ تكون الخرسانة اكثر هشاشة (brittle)

٧ ـ يكون لون السطوح الخرسانية فاتحا .

يمكن الانضاج بالبخار في الخرسانة المعمولة بانواع السمنت البورتلاندي ولا يسمح بانضاج الخرسانة المعمولة بالسمنت عالي الالمونيا او السمنت فائق الكبريتات .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٨ ـ **الانضاج المعجل بوسائل اخرى :** ـ يمكن تعجيل الانضاج بوسائل اخرى لرفع درجة الحرارة بدون استعمال البخار مثل استعمال الغازات الملتهبة او الملفات المسخنة او تسليط تيار كهربائي متناوب . او بتعريض الخرسانة لاشعة تحت الحمراء . ان اتباع هذه الوسائل وتكنولوجيتها هي خارج مستوى هذا الكتاب ويرجع فيها الى مصادر متخصصة تكون كلفة الانضاج بالوسائل المذكورة مرتفعة في الغالب .

يتبين مما سبق ان الانضاج المعجل سواء باستعمال البخار او غيره يمكن من زيادة سرعة الانتاج وتقليص فترة بقاء القوالب اي استثمارها بصورة افضل . والبدء باجهاد الفولاذ مبكراً في الخرسانة سابقة الاجهاد وتقليص مساحات الانضاج وخزن المنتوج الامر الذي له مردود اقتصادي جيد في انتاج الوحدات السابقة الصب المكررة كثيراً بالاضافة الى سرعة انجاز الاعمال .

ملاحظات عامة حول الانضاج : ـ

١ ـ لا يجوز البدء بانضاج الخرسانة قبل تماسك السمنت وبدء التصلد بدرجة كافية بحيث لا تتأثر نوعية الخرسانة بصورة سلبية .

٢ ـ يجب المباشرة بالانضاج باسرع وقت ممكن بعد ملاحظة ما جاء في (١) ولا يجوز ترك السطوح الخرسانية لتجف لفترة ثم يباشر بانضاجها .

٣ ـ يجب الاستمرار بالانضاج لحين حصول الخرسانة على تحمل مقبول وفي حالة الانضاج بالماء تكون الفترة عادة بين ٧ ـ ١٤ يوم تبعا لدرجات الحرارة ورطوبة الجو والرقم الاخير هو للجو الحار الجاف . ان الاقيام السابقة هي لانواع الاسمنت البورتلاندي المعتدلة التصلد ويمكن تقليل مدة الانضاج عند استعمال انواع السمنت سريعة التصلد ويجب زيادتها عند استعمال انواع بطيئة التصلد .

٤ ـ في الحالات التي لا يمكن انضاج الخرسانة فيها بصورة جيدة لسبب او لاخر فيفضل ابقاء القوالب دون نزعها لفترة اطول للمحافظة على ماء المزجة اطول فترة ممكنة ويفضل رش القوالب الخشبية من الخارج لمنع تقلصها الذي يسبب زيادة تبخر ماء الخرسانة بسبب توسع المفاصل .

٥ ـ يجب ان يكون الماء المستعمل ذا نوعية مناسبة وخال من الاملاح بدرجة مقبولة بحيث لا يؤثر في خواص الخرسانة او يلوثها في بعض الحالات .

اعمال الخرسانة في الجو الحار : ـ

يسبب الجو الحار مشاكل عند تنفيذ الاعمال الخرسانية تؤثر بصورة سلبية في خواص الخرسانة الطرية والمتصلدة ويزداد هذا التأثير عند وجود رياح مصاحبة لعملية انتاج الخرسانة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ان المشاكل المتوقعة عند عدم اتخاذ الاجراءات المناسبة لتلافي تأثير الحرارة المرتفعة متعددة ومنها :-

١ - ازدياد كمية الماء اللازمة لاعطاء ليونة او قابلية تشغيل معينة للمزجة.
٢ - ازدياد سرعة وكمية التبخر من ماء المزجة.
٣ - تناقص قابلية التشغيل في الخرسانة الطرية بصورة سريعة.
٤ - ازدياد سرعة تماسك الخرسانة.
٥ - صعوبة السيطرة على كمية الهواء المفقعة في الخرسانة الطرية.
٦ - يكون نقل ووضع وانهاء وانضاج الخرسانة اكثر صعوبة من الاحوال الاعتيادية.
٧ - ازدياد انكماش الخرسانة اللدنة (plastic shrinkage)، عند جفافها.
٨ - ازدياد التبدلات البعدية عندما تبرد الخرسانة.
٩ - ازدياد احتمالات التشقق.
١٠ - تقليل تحمل الخرسانة النهائي بالرغم من التحسن الذي يحصل على التحمل المبكر.
١١ - تقليل دوام الخرسانة.
١٢ - زيادة نفاذية الخرسانة.
١٣ - تقليل الربط بين الخرسانة وقضبان التسليح.
١٤ - ازدياد احتمال صدأ قضبان التسليح.

ان التطور الحاصل في تكنولوجيا صناعة السمنت وتصميم وانتاج الخرسانة قد يسبب احيانا في تعقيد المشاكل الانفة الذكر وذلك بسبب :-

١ - التوسع في انتاج السمنت المطحون بنعومة عالية والذي تكون الاماهة فيه سريعة.
٢ - التوسع في تصميم واستعمال مزجات ذات تحمل عال وغنية بمحتوى السمنت.
٣ - تصميم مقاطع خرسانية ضيقة ومكتضة بفولاذ التسليح.
٤ - ازدياد حجوم اوعية نقل الخرسانة وخاصة الشاحنات منها.
٥ - الحاجة الى نقل كميات كبيرة من الخرسانة ذات قابلية التشغيل الواطئة لمسافات افقية وعمودية كبيرة.
٦ - التوسع باستخدام المضخات او الاحزمة الناقلة في نقل ووضع الخرسانة.
٧ - ضرورة الاستمرار بالعمل حتى في درجات الحرارة المرتفعة.

يعتبر تأثير الحالات السابقة ان وجدت مضافاً الى تأثير الجو عند تقدير الاجراءات الواجب اتخاذها.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

التدابير الواجب اتخاذها :ـ

من الضروري اتخاذ كافة الاحتياطات والتدابير الممكنة لتنفيذ كافة مراحل عملية انتاج الخرسانة وانضاجها في درجات حرارية مناسبة لتقليل ـ ان كان ليس بالامكان منع ـ التأثير السلبي لدرجات الحرارة المرتفعة على خواص الخرسانة . من المفضل ان توضع الخرسانة بعد مزجها ونقلها بحيث لا تتجاوز درجة حرارتها (٣٢)° مئوية في الصبات المتوسطة الحجم والصغيرة و (١٦)° مئوية في الصبات الضخمة واجزاء المنشأ الكبيرة التي تكون حرارة اماهة السمنت فيها عالية .

فيما يلي موجزاً لما يمكن اتخاذه من تدابير بهذا الصدد

المواد المستعملة :ـ

أ ـ ماء المزج : يستعمل الماء البارد او المبرد لخفض درجة حرارة الخرسانة ويكون تأثيره واضحاً بالرغم من ان كمية ماء المزج لا تشكل نسبة كبيرة من المكونات نظراً لان الحرارة النوعية للماء تكون حوالي ٤ ـ ٥ مرات اكبر من تلك التي للسمنت او الركام . من المتوقع مثلاً خفض حرارة مزجة خرسانية تحتوي في المتر المكعب منها على ٣٣٦ كيلوغرام سمنت ـ اي نسبة معتدلة ـ و ١٧٠ كيلوغرام ماء بمقدار حوالي نصف درجة مئوية عند خفض درجة حرارة الماء درجتين مئويتين . يحافظ على درجة حرارة الماء قبل الاستعمال بعزل الخزانات والاوعية والانابيب الناقلة وغيرها بصورة جيدة وبطلائها باللون الابيض . تكون محلات الخزن ضليلة وغير معرضة لاشعة الشمس المباشرة .

ان استعمال الثلج الصناعي مع او بدلاً من الماء يكون اكبر تأثيراً في خفض درجة الحرارة بسبب الاستفادة من الطاقة الحرارية الكامنة للانصهار . يرمى الثلج مباشرة في الخلاطة للحصول على اقصى تبريد ممكن وفي هذه الحالة من الضروري الاستمرار بخلط الخرسانة لحين التأكد من انصهار الثلج باكمله . او يستعمل الثلج المطحون الذي يجب ان يخزن تحت درجة حرارة مناسبة تؤمن عدم تكتله ثانية بسبب اعادة انجماد الجسيمات المنصهرة . عندما يقتضي استعمال كميات كبيرة من الثلج او الماء المبرد فيفضل استعمال الركام الجاف الذي يحتوي على اقل كمية ممكنة من الماء الطليق لزيادة كفاءة التبريد .

ان استعمال الثلج بنسبة ٥٠ ٪ من ماء المزج في الخلطة المذكورة سابقاً يمكن من خفض درجة الحرارة حوالي ١١ درجة مئوية بسبب ذوبان الثلج وحده .

---

*ان كافة الارقام والمعادلات في هذا الباب مقتبسة من

Recommended Practice for
Hot Weather Concreting. ACI 305-72.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ب ـ السمنت . لا يفضل استعمال السمنت الساخن حديث الطحن في انتاج الخرسانة . يبدو أن لدرجة حرارة السمنت تأثيراً اقل من بقية مكونات الخرسانة في تغيير درجة حرارة المزجة وكذلك في التأثير على خواصها . ان اماهة السمنت تؤدي الى رفع حرارة المزجة ـ راجع انواع السمنت في بداية هذا الفصل ـ لذا يجب اختيار نوع السمنت المناسب بهذا الصدد ان امكن .

جـ ـ المضافات . ـ من الممكن استعمال المضافات المبطئة المشابهة لنوع (type B) او المقللة لكمية الماء والمبطئة المشابهة لنوع (type D) .حسب المواصفة الامريكية (ASTM, C 494 - 71) حيث تعمل هذه المواد على ابطال او تقليل تعجيل تفاعل السمنت بتأثير ارتفاع درجات الحرارة وكذلك على السيطرة على كمية الماء المستعملة بالنسبة للنوع الاخير من المضافات والحيلولة دون زيادتها . من ناحية اخرى ان هذه المضافات تعجل في فقدان قابلية التشغيل وهذا غير مفضل طبعا الا ان الفائدة المتوخاة من ابطاء التفاعل وتقليل كمية ماء المزجة هي اهم من ذلك على الاغلب .

ان لبعض هذه المضافات تأثير في زيادة النزف المبكر لماء المزجة من سطح الخرسانة وهذا يساعد على ابطاء جفاف السطح وتحاشي ظاهرة التقشر التي يمكن ان تحدث بسبب استمرار النزف تحت السطح الذي يتيبس سريعاً . تعمل هذه المضافات على تحسين تحمل الخرسانة وبهذا تقلل من تأثير درجات الحرارة المرتفعة .

د ـ الركام . ـ نظراً لان الركام يشكل اكبر نسبة من المواد في المزجة فمن الضروري ان يكون بأقل درجة حرارة ممكنة . يمكن خفض درجة حرارة المزجة حوالي نصف درجة مئوية عند خفض درجة حرارة الركام درجة مئوية واحدة للمزجة المذكورة .

يحفظ الركام في محلات مضللة . يمكن تبريد الركام الخشن برشه بالماء على ان يكون ذلك بتوزيع منتظم على جميع الركام بحيث تكون رطوبة سطح الركام متجانسة في مختلف مواضع الخزين .

تقدر درجة حرارة الخرسانة الطرية باستخدام المعادلات التالية :

أ ـ بدون استعمال ثلج

$$د = \frac{٠,٢٢\ د_{ر}\ و + د_{ر_س}\ و_س + د_{ر_م}\ و_م + د_{م_ط}\ و_ط}{٠,٢٢\ (و + و_س) + و_م + و_ط}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ب ـ مع استعمال ثلج

$$= \frac{٠,٢٢ \ (د_{ر} و + د_{ر_{ف}} ف)}{٠,٢٢ \ (و + ف) + م + ن + و_{ط}} + \frac{(و - ن) \ د_{م} + و_{ط} د_{ر} - ٧٩,٦ \ ن}{٠,٢٢ \ (و + ف) + م + ن + و_{ط}}$$

حيث : ـ د = درجة حرارة مزجة الخرسانة الطرية . مْ . ـ

$د_{ر}$ ع$د_{ر_{ف}}$ ع$د_{م}$ ع$د_{و_{ط}}$ = درجة حرارة كل من الركام ، السمنت ، ماء المزج المضاف والماء الطليق على الركام (نفس درجة حرارة) الركام على التوالي ، مْ

و ، ف ، م ، $و_{ط}$ ، ن = وزن كل من الركام ، السمنت ، ماء المزج المضاف ، الماء الطليق على الركام والثلج على التولي ، كغم .

خلط المواد ومزج الخرسانة : ـ

عندما تمزج المواد وهي جافة ويكون السمنت ساخناً يمكن ان تتكون كرات السمنت التي تحدث نتيجة تماس كميات كبيرة من الماء مع كميات كبيرة من السمنت . يمكن تحاشي هذه الظاهرة بترتيب تغذية الخلاطة بالمواد بصورة مناسبة .

من الضروري تقليص مدة خلط الخرسانة لاقل فترة مناسبة تضمن التجانس المطلوب . لتقليل تسخين المزجة اثناء الخلط يطلى وعاء الخلاطة من الخارج بلون ابيض ويرش بالماء باستمرار لتبريده . يجب تنظيف وعاء الخلاطة من الداخل وكذلك انصالها باستمرار لضمان الخلط بكفاءة تساعد في تقليل مدة الخلط .

نقل الخرسانة : ـ

تقلل الفترة الزمنية بين مزج ووضع الخرسانة لاقل ما يمكن حيث ان حرارة اماهة السمنت وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة يزداد مع مرور الوقت . في الخرسانة الجاهزة يكون احتمال التأخير اكبر لاسباب تتعلق بالنقل او بالتنسيق بين سرعة تجهيز ووضع الخرسانة لذا يجب اضافة الماء اللازم (او بعضه) الى الشاحنات الخلاطة قبل فترة مناسبة من تفريغ الخرسانة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وضع الخرسانة ورصها :-

بالاضافة الى الاجراءات الاعتيادية لوضع ورص الخرسانة تكون الامور التالية ذات اهمية خاصة في تقليل درجة حرارة الخرسانة :-

أ - التأكد من اعداد كافة متطلبات وضع الخرسانة ورصها بصورة تؤمن استمرارية الصب بأسرع ما يمكن قبل البدء بالصب وهذا يشمل اعداد القوالب وفولاذ التسليح بصورة تامة وتوفير عدد كاف من آلات الرص والرافعات وغيرها من المعدات مع احتياطي كاف منها لاستعماله في حالة العطب وكذلك توفير كادر بشري كاف للعمل على وضع ورص وانهاء الخرسانة في كافة المواضع بسرعة تتناسب وامكانية تجهيز الخرسانة الطرية .

ان تناقص قابلية التشغيل بسرعة يجعل الوقت المتاح لتنفيذ العمل وكذلك لحل المعوقات التي تعترضه اثناء صب الخرسانة محدوداً .

ب - من المفيد عمل مضلات لخفض درجة حرارة القوالب والتسليح ولحماية الصبة الخرسانية وكذلك عمل مصدات للرياح عند الحاجة لتفادي سرعة جفاف الخرسانة وتشقق سطحها . يمكن خفض درجة حرارة القوالب والتسليح قبل الصب واثنائه وكذلك الجو المحيط بالتضبيب باستعمال فوهات خاصة (fogging nozzles) يحذر من رذ الماء بواسطة فوهات الحدائق الاعتيادية التي تسلط كميات فائضة من الماء وليس الضباب . ان تنفيذ السقوف الافقية في وقت مبكر ان امكن يتيح المجال لانجاز اعمال خرسانية اخرى تحتة في الظل بظروف افضل .

جـ - ضرورة تحديد مواقع المفاصل الانشائية بدقة وانجاز الاعمال اللازمة لتنفيذها كتكسير السطح وتنظيفه ومعالجته . . . الخ بسرعة قبل استئناف الصب . قد تسبب الحرارة المرتفعة اكساءات كربوناتية على سطح المفصل مما يستوجب تنظيف سطح المفصل جيداً بنفث الماء تحت ضغط عال او حكه بطريقة السفع الرملي (sand blasting) قبل معالجته لضمان الربط الجيد مع الخرسانة الجديدة .

د - يفضل تضليل كافة المعدات كالخلاطات والاحزمة الناقلة ومضخات الخرسانة وانابيبها والمزالق وغيرها ، ومن المفيد تغليف انابيب ضخ الخرسانة بقماش يبلل باستمرار .

هـ - من الانسب البدء باعمال الخرسانة في فترة مناسبة بعد الظهر (عصراً أو مساءاً) والاستمرار ليلاً بدلاً من البدء في الصباح الباكر حيث يتوافق زمنياً ارتفاع درجة حرارة الجو مع حرارة الاماهة مما يزيد في رفع درجة حرارة الخرسانة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

و ـ يجب تحاشي حصول ما يعرف بالمفاصل الباردة في الخرسانة وهي الحدود المتميزة بين دفعات الخرسانة المختلفة المصبوبة في محل واحد ويكون ذلك باستمرار تجهيز ورص الخرسانة بسرعة وانتظام وعدم التلكؤ في ذلك .

ز ـ عند وضع الخرسانة بشكل طبقات افقية كما في الجدران والاعتاب العميقة يفضل ان يكون سمك الطبقة الواحدة اقل مما في الجو البارد لتأمين الرص الكفوء .

الانهاء والانضاج : ـ

من الممكن تقليل سرعة التبخر والتشقق في الخرسانة باتباع ما يلي بالاضافة الى التضليل الوارد ذكره : ـ

أ ـ يمكن تقليل التبخر بالتضبيب وذلك قبل وبعد عمليات انهاء سطح الخرسانة الا انه يحذر من رذ الماء بكثرة تسبب اغتسال السمنت من سطح الخرسانة . من المفيد ايضاً تغطية سطح الخرسانة بعد الرص بطبقة من البوليثين ترفع قبل الانهاء .

ب ـ لمنع حصول شقوق شعرية في سطح الخرسانة بسبب الانكماش اللدن قبل الانهاء يسمح برج الطبقة السطحية في الصبات الضخمة ثم تنهى بالمالج او بغيره . عند حصول مثل هذه التشققات في الصبات الاعتيادية قبل حصول التماسك النهائي فيمكن لئمها بطرق السطح على جهتيى الشق بمالج مناسب . لا فائدة من ملج حقين السمنت فوق سطح الخرسانة .

جـ ـ يفضل الانضاج بالتبليل المستمر او الغمر بالماء ان امكن وهذا افضل . يمكن استعمال مركبات الانضاج المناسبة ذات اللون الابيض والتي تشكل غشاءاً محافظاً . تعتبر المركبات من نوع compound type - 2 الموصوفة بموجب ASTM C 309 مثلاً من المواد المناسبة . تفضل هذه المواد بشكل خاص لانضاج السطوح الواسعة المكشوفة مثل خرسانة التبليط والطرق وتبطين القنوات وغيرها . لا يفضل استعمال مركبات الانضاج في الجو الحار لانضاج السطوح المعرضة لاشعة الشمس او الريح بعد نزع القوالب الا اذا تمت تغطيتها مباشرة بدفنها بتراب رطب .

د ـ عند اعتماد الانضاج بالماء تتبع التعليمات الواردة سابقاً في هذا الفصل ويبدأ الانضاج حالما تكون الخرسانة متماسكة بدرجة كافية لا تسمح باغتسال السمنت بماء الانضاج . يستمر الانضاج لفترة اطول مما في الجو البارد على ان لا تقل عن سبعة ايام . يجب تجنب تعريض الخرسانة خلال الانضاج الى فترات من الجفاف

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وذلك لتقليل التشقق . من المفضل ان تكون درجة حرارة ماء الانضاج اقل بقليل من حرارة الخرسانة

هـ ـ يجب ان تبقى القوالب مبللة بعد وضع وانهاء الخرسانة وان ترخى بأسرع ما يمكن ـ بشرط ان لا يؤثر ذلك في تحمل ونوعية الخرسانة ـ لمباشرة الانضاج بالماء . عند نزع القوالب يستمر الانضاج بالماء مع التغليف بالقماش للاجزاء التي لم يكمل انضاجها . من الضروري انجاز كافة اصلاحات سطوح الخرسانة في هذه الفترة لانضاجها مع بقية الخرسانة . يفضل ترك الاغطية وهي جافة بعد اكمال الانضاج لفترة أمدها حوالي (٤) ايام لتسهيل جفاف الخرسانة بشكل تدريجي .

انواع الخرسانة :ـ

تقسم الخرسانة ومنتجاتها بعدة اساليب منها :ـ

أ ـ من حيث وجود التسليح ونوعيته .

ب ـ من حيث الكثافة .

جـ ـ من حيث اسلوب التنفيذ .

أ ـ تقسيم الخرسانة من حيث التسليح :ـ تكون الخرسانة اما مسلحة (rein forced) . او غير مسلحة (non - reinforced or plain) . . تستعمل الخرسانة غير المسلحة في الحالات التي لا تتجاوز الاجهادات الفعلية الحد المسموح به لتحمل الخرسانة ذلك النوع من الاجهاد وكذلك عدم حدوث انفعالات تؤدي الى فشل الخرسانة بحيث لا يمكن الاستفادة منها . تستعمل الخرسانة غير المسلحة في بعض الاسس الجدارية وتبليط بعض الارصيات والمماشي والطرق وفي انتاج الكتل الخرسانية والبلاطات والكاشي بانواعه .

تسلح الخرسانة بطمر قضبان تسليح من الصلب بحيث تتماسك الخرسانة معها مكونة كتلة متكاملة . تعمل القضبان على مقاومة الاجهادات التي تتعرض لها بحكم موقعها في الجسم الخرساني وتبعاً لشكل الجسم ونوعية الاحمال التي يتعرض لها وهذا يزيد في مقاومة الجسم الخرساني ويُمكِّن انتاج وحدات واجزاء انشائية لا يمكن ان تقاوم الاحمال بالخرسانة وحدها وخاصة في الحالات التي يتولد عنها اجهادات شد بانواعه وقص تلك الاجهادات التي تكون الخرسانة ضعيفة في تحملها . تستعمل قضبان التسليح لمقاومة اجهادات الضغط ايضاً وذلك عندما تكون الخرسانة لوحدها غير كافية لتحمل تلك القوى المسلطة عليها كما في الاعمدة وغيرها . تستعمل القضبان لتقليل تأثير التبدلات الحجمية والبعدية التي تتعرض لها الخرسانة عند تصلدها وبعده ايضاً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

تصمم الخرسانة المسلحة وفق اساليب معينة مبينة في المدونات الهندسية وفي كتب التصميم الخاصة ويستعمل الفولاذ حسب النوعية المطلوبة . ينتج الصلب وفق مواصفات عالمية متعددة ويكون على شكل قضبان او مشبكات . تستعمل القضبان في مختلف الاعمال بينما تفضل المشبكات في اعمال الارضيات والتبليط وبعض انواع السقوف (راجع الارضيات والسقوف) . تنتج القضبان باقطار تتراوح من ٥ ـ ٤٠ ملم وباطوال قياسية مثل ٦ و ٩ و ١٢ متراً او حسب الطلب . تكون القضبان اما ملساء ومدورة او منتئة ذات تحمل ربط اعلى من النوع الاملس (راجع تحمل الربط في هذا الفصل) . يبين الجدول رقم (٥ ـ ١١) الخواص الميكانيكية لانواع الصلب حسبما وردت في الكود العربي لتصميم المنشئات بالخرسانة المسلحة لسنة ١٩٧٧ الباب الرابع .

يمكن استعمال الصلب لتسليط اجهادات معينة على الخرسانة قبل التحميل وبصورة دائمة بحيث تكون معادلة في التأثير او مقللة لمقدار الاجهادات الناتجة عن التحميل بسبب تباينها (ضغط وشد) الامر الذي يمكن من زيادة قابلية العضو الخرساني لمقاومة احمالاً اكبر وهذا ما يعرف بالخرسانة السابقة الاجهاد (prestressed concrete)

جدول (٥ ـ ١١) الخواص الميكانيكية لانواع الصلب

نوع الاسياخ او القضبان	نوع الصلب	مقاومة الشد القصوى كغم / ملم^2	اجهاد الخضوع أو ٠.٢٪ اجهاد الضمان كغم/ ملم^2	النسبة المئوية للاستطالة القصوى
ملساء أو ذات نتوءات	صلب طري	٣٠	٢٢	٣٠
	عادي	٣٥	٢٤	٣٠
		٤٨	٣٢	١٥ ـ ٢٠
عالي المقاومة ذات نتوءات	صلب طبيعي	٥٠ ـ ٥٢	٣٦ ـ ٤٠	١٥ ـ ١٨
عالي المقاومة ذات نتوءات	صلب معالج على البارد	٥٢ ـ ٦٠	٤٢ ـ ٤٨	٥ ـ ١٠

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

تنفذ الخرسانة السابقة الاجهاد بطريقتين :-

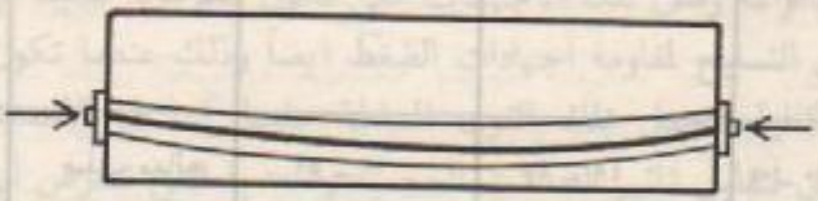
١ ـ **التوتير السابق**(pre - tensioning)ـ حيث يتم توتير القضبان الفولاذية بسحبها وتمديدها لحد معين وربطها في مراسي بنهايتيها في مواقع محددة ثم تصب الخرسانة وترص وبعد تصلدها بدرجة كافية تقطع نهايات القضبان الامر الذي يؤدي الى تسليط قوى ضغط على الخرسانة في مواقع القضبان ينتقل من خلال الربط بين الخرسانة والقضبان شكل (٥ ـ ١٤)

شكل (٥ ـ ١٤) خرسانة سابقة الاجهاد بتوتير سابق

٢ ـ **التوتير اللاحق** : ـ (post - tensioning)

حيث تصب الخرسانة وتترك في داخلها مسارات خاصة لقضبان الاجهاد وبعد تصلد الخرسانة بدرجة كافية تمد القضبان (او الاسلاك) وتثبت من نهاية واحدة ثم توتر بسحبها من النهاية الاخرى حسب مقدار قوة الاجهاد المطلوبة وتثبت بمراسي اسفينية خاصة(wedge anchorage)تمنع ارتداد القضبان وتبقى الخرسانة في حالة الاجهاد ثم يحقن داخل المسارات بمونة السمنت لوقاية القضبان (شكل ٥ ـ ١٥) . حيث ان الاجهاد يسلط في هذه الحالة على نهايتي الجسم الخرساني لذا يكون من الضروري تقوية محلات اتصال المثبتات النهائية بالخرسانة بوضع صفائح معدنية خاصة لمنع انسحاق الخرسانة .

يكون الصلب المستعمل بمواصفات خاصة لمثل هذه الاعمال . تستعمل الخرسانة السابقة الاجهاد في كثير من حالات التحميل العالي حيث يكون بالامكان زيادة كفاءة المقطع الخرساني في مقاومة الاحمال والاقتصاد في كمية الخرسانة المستعملة .



شكل (٥ ـ ١٥) خرسانة سابقة الاجهاد بتوتير لاحق

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ب ـ **تقسيم الخرسانة من حيث الكثافة :** ـ ان لكثافة الخرسانة علاقة بخواصها فزيادة الكثافة تعني زيادة التحمل وقلة العزل الحراري والامتصاص وزيادة عزل الاشعاع وتسليط حمل ميت اعلى وهكذا ... لذا يمكن تقسيم الخرسانة من حيث كثافتها الى ثلاثة انواع :ـ

١ ـ **الخرسانة بكثافة معتدلة :** ـ وتشمل كافة انواع الخرسانة التي تتراوح كثافتها بين ٢.١ ـ ٢.٥ طن/ متر مكعب عدا التسليح وتستعمل لجميع الاغراض عدا الحالات التي تستوجب كثافة خفيفة أو عالية .

٢ ـ **الخرسانة الواطئة الكثافة (الخفيفة) :** ـ وهي الخرسانة التي تقل كثافتها بمقدار ملحوظ عن النوع السابق وتتراوح بين ١.٤-١.٩١ طن / متر مكعب .

تستعمل الخرسانة الخفيفة كعازل حراري ذو تحمل واطيء (بدون تسليح في الغالب) وفي هذه الحالة تفضل الكثافات القليلة جداً أو لانتاج اجزاء خرسانية مسلحة تتحمل اجهادات معتدلة او عالية لا تقل عن ١٨٠ كغم / سم٢ تسمى خرسانة خفيفة انشائية (structural lightweight concrete) ويستفاد من خفة الوزن لتقليل الاحمال الميتة على المنشأ والاسس . لا يمكن استعمال مزجات بكثافة واطئة جداً لقلة تحملها بل تكون بحدود (١.٥ ـ ١.٩) طن / متر مكعب .

تنتج الخرسانة خفيفة الوزن بعدد من الطرق اهمها :ـ

آ ـ **باستعمال ركام خفيف الوزن :** ـ توجد نوعيات متعددة من المواد تستعمل كركام خفيف الوزن يعطي خرسانة خفيفة ومنها :ـ

١ ـ الركام البركاني الخفيف من نوع (pumice)و (scoria) وتعطي خرسانة خفيفة الوزن حسب كثافة الركام المستعمل وتكون الخرسانة جيدة بسبب جودة الركام نفسه .

٢ ـ ركام مصنع من الطين المنفوخ حرارياً (expanded clay) ـ ويعطي خرسانة تعتمد في نوعيتها على نوعية الركام المستعمل بحيث يمكن ان تكون انشائية أو عازلة فقط . ينتج هذا النوع محلياً في العراق .

٣ ـ ركام خبث الفرن العالي المنفوخ (lightweight blast furnace slag) ـ ويتميز بجودته في الغالب ويصلح لانتاج خرسانة انشائية وعازلة .

٤ ـ الركام العضوي الخفيف ـ مثل نشارة الخشب وغيرها من مواد سللوزية تعادل وتعالج بمواد كيمياوية لتقليل تأثير المواد العضوية الضارة . لا يستعمل هذا النوع لانتاج خرسانة انشائية بل في انتاج خرسانة عازلة ذات نوعية واطئة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٥ ـ الفيرميكولايت والبرلايت : ـ الاول تركيب من نوع المايكا والثاني من نوع الحمم السيليكية كلاهما ينتفخ عند معالجته حرارياً مكوناً ركاماً خفيف الوزن جداً ينتج منه خرسانة واطئة الكثافة جداً . لا تكون هذه الخرسانة انشائية بل من النوع العازل وتستعمل في انتاج الكتل الخفيفة والعوازل لتغليف انابيب الخدمات وعزل الابنية ولزيادة مقاومة المنشآت للحريق وخاصة المعدنية وذلك باكسائها بخرسانة من هذا النوع .

٦ ـ الاسبست : ـ تركيب معدني لسيليكات المغنيسيوم المائية المعروفة باسم (chrysotile) بشكل الياف السربنتاين يمزج مع السمنت ويكبس بطريقة خاصة حيث ينتج مادة تتميز بمقاومتها العالية للضغط والشد ودوامها الجيد بالرغم من سمكها القليل . يستعمل الاسبست في انتاج انواع متعددة من الانابيب والصفائح المستوية والمضلعة .

يعتبر امتصاص الركام الخفيف للماء من المشاكل التي تجابه خلط الخرسانة حيث تعطى خرسانة ذات قابلية تشغيل واطئة أو يستوجب زيادة كمية الماء أو معجون السمنت في المزجة الامر الذي ينتج عنه خرسانة ذات انكماش عالي ودوام قليل . يفضل تبليل الركام لفترة كافية قبل المزج . ان استعمال المضافات المفقعة للهواء يساعد في حل هذه المشكلة .

ب ـ باسلوب الخرسانة المهواة (aerated or cellular concrete) :ـ

تنتج بعض انواع الخرسانة الخفيفة بدون ركام خفيف بل باستعمال مضافات خاصة الى المونة اثناء المزج وتشمل هذه المضافات مسحوق الالمنيوم أو الزنك (الخارصين) أو المغنيسيوم وغيرها من المساحيق تولد فقاعات غازية أو هوائية . تنتج عند تصلد المادة خرسانة بكثافة واطئة لحد ٠,٧ طن / متر مكعب فما فوق . لا تكون الخرسانة من هذا النوع انشائية في الغالب

يمكن اعتبار كتل الثرمستون من هذا النوع اساساً ولكن يستعمل النورة بدل السمنت لحمل الخرسانة يتراوح تحمل الخرسانة بين ١٢ ـ ١٣٠ كغم / سم٢ تبعا لكثافة المادة . يمكن الحصول على تحمل اعلى ايضا عند زيادة الكثافة . لهذه الخرسانة نفس استعمالات الفيرميكولايت .

جـ ـ باسلوب الخرسانة من دون ركام ناعم (no - fines concrete) :

وهي الخرسانة التي تنتج باستعمال السمنت والماء والركام الخشن من دون ركام ناعم . تستعمل في انشاء الجدران المحملة وغير المحملة وكذلك كخرسانة عازلة . عند استخدام هذه الخرسانة في الجدران الخارجية فانها تحتاج دائما الى انهامن الخارج بلبخها بالسمنت لمنع دخول مياه الامطار الى الداخل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

هذه الخرسانة بعدم وجود الخاصية الشعرية فيها وكذلك جودة تماسكها مع المواد الرابطة في الانهاء. من الشائع استعمال هذه الخرسانة في الجدران المحملة لحد (٥) طوابق ولكن هنالك بعض الابنية استعملت فيها هذه الخرسانة لحد (١٠) طوابق . تتراوح نسبة المزج بين ١ : ٦ و ١ : ١٠ (سمنت ، ركام خشن) حجما حسب التحمل المطلوب وهذه تعطي خرسانة بكثافة تتراوح بين (٢.٠ ـ ١.٨) طن / متر مكعب . من الطبيعي ان يكون تحمل هذه الخرسانة اوطأ من الخرسانة التقليدية بنسبة تتراوح بين (٣٠ ـ ٥٠) بالمائة من تحمل الاخيرة تتميز هذه الخرسانة بقلة الانكماش وبان الايصال الحراري فيها مقارب للطابوق تقريبا .

من الممكن الاستفادة من هذا النوع من الخرسانة في انتاج وحدات سكنية جاهزة حيث يستفاد من خفة الوزن والعزل الحراري وكذلك عدم الحاجة الى الرمل الذي قد لا يتوفر دائما بكميات كبيرة ونوعيات جيدة في موقع العمل الامر الذي يؤدي الى تخفيف الزخم على طلب هذه المادة .

٣ ـ الخرسانة العالية الكثافة (الثقيلة) (heavyweight concrete) : ـ وهي الخرسانة التي تكون كثافتها بحدود (٣.٢) طن / متر مكعب فما فوق وتستخدم لاغراض موازنة احمال معاكسة في الاتجاه ولمنع طفو بعض المنشآت تحت الماء بفعل دفع المياه الى الاعلى وكذلك لانشاء جدران عازلة للاشعاع كما في المفاعلات الذرية وغرف الاشعة وغيرها . يستعمل ركام خشن بوزن نوعي اعلى من ٤.٠ مثل كتل الحديد وغيره من المعادن التي لا تصدأ داخل الخرسانة وقد يستعمل مسحوق خام الحديد كركام ناعم . يجب تصميم المزجات بصورة خاصة تمنع انفصال الركام الخشن بسبب كثافته العالية وامكان ترسبه، ويجب تصميم وتنفيذ القوالب بصورة جيدة لانها تتعرض الى احمال اكبر من تلك التي تتعرض لها في حالة الخرسانة العادية بسبب زيادة الكثافة وسمك الصبة الذي يكون كبيرا في الغالب .

جـ ـ تقسيم الخرسانة من حيث اسلوب التنفيذ ، وتكون اما : ـ

١ ـ صب موقعي : ـ أي ان تصب الخرسانة وترص وتنضج في موقعها من المنشأ . من الجائز تهيئة الخرسانة في موقع العمل أو تجهيزها من محطات مركزية لانتاج الخرسانة وفي الحالة الاخيرة يمكن الحصول على مزجات مقاسة بنسب وزنية وذات نوعية عالية . تتميز الخرسانة صب الموقع بانها تمكن المصمم من اختيار ابعاد الاجزاء الخرسانية بحرية . تعتمد نوعية الخرسانة على درجة السيطرة المتوفرة في

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ساحة العمل. تكون بعض اجزاء البناء من الخرسانة صب الموقع فقط مثل خرسانة الاسس وتبليط الارضيات بينما يمكن ان تكون اجزاء اخرى صب موقعي او سابقة الصب مثل الاعتاب والسقوف والارضيات والاعمدة وغيرها ويحدد الاختيار بناء على عوامل الكلفة والزمن اللازم للتنفيذ.

٢ ـ **سابقة الصب:** ـ أي ان تصب الخرسانة اما في المعامل المتخصصة أو في ساحة العمل ثم ترفع الاجزاء الخرسانية وتركب في محلها. يشمل النوع الاول انتاج وحدات قياسية في الغالب مثل الكاشي والكتل والبلاطات والهياكل ووحدات السقوف .... الخ. بينما يشمل النوع الثاني (صب سابق في ساحة العمل) اجزاء خاصة بذلك المشروع. يتميز انتاج الخرسانة السابقة الصب بعامل السرعة في الانتاج والتحكم الجيد في نوعية الخرسانة واستعمال القوالب المعدنية في الغالب الامر الذي يضمن دقة الابعاد. تحتاج الاجزاء الكبيرة السابقة الصب الى وسائط نقل وتركيب خاصة وكذلك الى تفاصيل انشائية ومعمارية للربط والانهاء. على المصمم التقيد بالمنتوج القياسي اذا رغب في الحفاظ على كلفة منخفضة وبخلافه فان كلفة الانتاج ترتفع بسبب كلفة القوالب المعدنية الا اذا كان عدد الوحدات المتكررة المستعملة كبيرا.

منتجات خرسانية قياسية : ـ

تتوفر في الاسواق منتجات خرسانية قياسية سابقة الصب من الجدير التعرف عليها عند الحاجة يرجع الى كراسات المنتجين التي تحدد المواصفات بصورة كاملة. تشمل هذه المنتجات على سبيل المثال : ـ

١ ـ **الكتل الخرسانية :** ـ بانواعها المصمتة والمجوفة. ذات الكثافة الاعتيادية أو الخفيفة والتي تستعمل في البناء أو في الزخرفة (راجع الفصل السادس صفحة ١٨٧)أو ككتل مالئة في السقوف (راجع الفصل العاشر صفحة ٣٥٦).

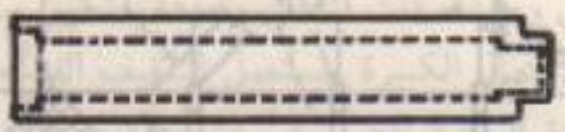
٢ ـ **الكاشي بانواعه الموزائيك والسادة** (راجع الفصل العاشر صفحة ٣٨٠)

٣ ـ **الانابيب الخرسانية :** ـ وتستعمل لمختلف الاغراض كالمجاري والري والقناطر وغيرها وتنتج بمقاطع دائرية بقطر من ٧٥ ملم لحد ١٢٠٠ ملم. يستعمل سمنت بورتلاند الاعتيادي او السمنت المقاوم للاملاح حسب الحاجة وتكون الانابيب ذات الاقطار الكبيرة أو المقاومة لاحمال عالية مسلحة.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

تعمل نهايات الانابيب من نوع الجرس والسداد (bell and spigot) أو من نوع المفصل المتداخل شكل (٥ ـ ١٦).

أ نهايات جرس وسداد



ب نهايات تداخلية

شكل (٥ ـ ١٦) انابيب خرسانية بنهايات مختلفة

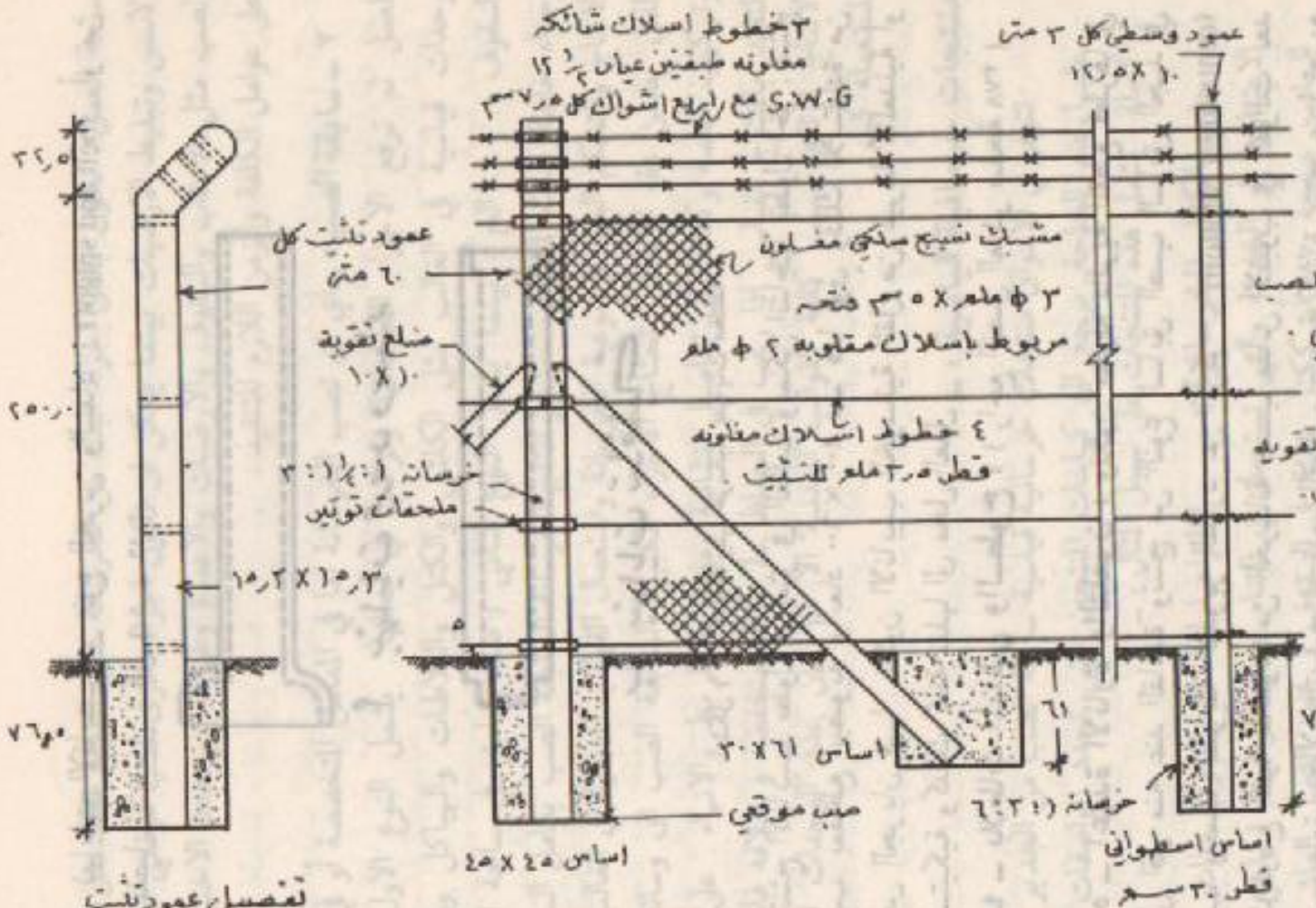
تنتج الانابيب بطول ٢,٤ متر في الغالب ويمكن انتاجها بطول اخر. تنتج انابيب بمقاطع بيضوية بابعاد ٦٠٠ × ٩٠٠ ملم فما فوق وذلك للاستفادة من خواص الجريان فيها. تكون الانابيب الخرسانية اثقل من غيرها كالمعدنية أو البلاستيكية وكذلك كلفة نقلها الى محل العمل.

٤ ـ بلاطات المماشي والسطوح : (راجع الفصل العاشر صفحة ٣٧٨).

٥ ـ اعمدة الانارة والتلفون : وتكون مجوفة دائرية المقطع قطرها في الاعلى اقل منه عند القاعدة وتنتج من النوع السابق الصب السابق الجهد في الغالب وتصب بطريقة التدوير الطارد عن المركز (centrifugal rotation) حيث توضع كمية محدودة من الخرسانة حسب مقاس الانبوب في القوالب بعد تركيب وتوتير فولاذ التسليح ثم تدور القوالب بسرعة كبيرة ينتج عنها توزيع الخرسانة بصورة متجانسة حول القالب بالسمك المطلوب وانسحاب كمية من ماء المزجة خارج الخرسانة ثم خارج القوالب الامر الذي ينتج عنه خرسانة بنوعية عالية.

٦ ـ اعمدة الاسيجة : ـ تنتج بانواع من الاعمدة تستعمل مع نسيج سلكي مغلون شكل (٥ ـ ١٧) تتميز هذه الاسيجة بسرعة التركيب وانخفاض الكلفة وامكانية الحصول عليها بارتفاعات وتفاصيل متعددة.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



تفصيل عمود تثبيت

ملاحظات :-

١- الابعاد بالسنتيمترات عدا ما موشر خلافه .

٢- كافة الاعمده خرسانه سابقة الصب والاساس خرسانه صب موقعي .

٣- تسليح الاعمده كالاتي :-

آ - الاعمده الوسطيه واضلاع تقويه

٤ - ٨ ⌀ ملم تسليح رئيسي .

اطواق ٢٫٥ ⌀ ملم كل ٣٠

ب - اعمدة التثبيت

٤ - ١٠ ⌀ ملم تسليح رئيسي

اطواق ٢٫٥ ⌀ ملم كل ٣٠

٤- تحمل خرسانه الاعمدة لا يقل عن ٢٦٥ كغم / سم٢ للمكعب بعمر ٢٨ يوم

شكل (٥ - ١٧) نموذج سياج من اعمدة خرسانية مع نسيج سلكي مغلون

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٧ ـ **الهياكل الجاهزة :** ـ (راجع الفصل العاشر صفحة ٣٧٠) : ـ وتكون من النوع الحدوي تنتج باكثر من قطعة واحدة لتسهيل نقلها وتركيبها في الموقع . تستعمل الطراحيات الخاصة بها من الخرسانة سابقة الصب ايضا . تنتج هذه الهياكل بصورة تجارية وبفضاءات قياسية تتراوح بين ١٠ متر و ٢٠ متر . توجد هياكل احادية الفضاء وغيرها متعددة الفضاءات الا ان النوع الاول اكثر توفراً بصورة عامة .

٨ ـ **وحدات السقوف للفضاءات الكبيرة :** ـ (راجع الفصل العاشر صفحة ٣٦٠) وهذه تنتج بشكل وحدات ذات اشكال متعددة . تكون سابقة الصب أو سابقة الاجهاد ايضا لمقاومة الاحمال الكبيرة وتستعمل لتسقيف الفضاءات الكبيرة ويستفاد من سرعة الانجاز وجودة النوعية للخرسانة وحتى الكلفة في بعض الحالات تكون اقل من السقوف الخرسانية التقليدية . تنتج هذه الوحدات القياسية بفضاءات تتراوح بين ٦,٧٠ ـ ١٨,٦٠ متر

٩ ـ **الوحدات البنائية الجاهزة :** ـ وتشمل هذه وحدات سكنية أو مكاتب أو غيرها تنتج بتصميم خاص موحد حيث تقسم الوحدة الى اجزاء اساسية سابقة الصب كالجدران والسقوف . . . الخ تركب فوق اسس معدة موقعياً . يكون هذا النوع من البناء اقتصادياً عند تكرار الوحدات ذاتها لعدد كبير من المرات . يتميز البناء بسرعة الانجاز . توجد عدد من المعامل حاليا تابعة للقطاع الاشتراكي تنتج الوحدات المعروفة محلياً باسم البناء الجاهز .

مبررات انتشار استعمال الخرسانة : ـ

من الواضح ان الخرسانة قد اصبحت من اكثر المواد البنائية انتشارا ويتوقع ان تبقى كذلك لسنوات عديدة قادمة .

ان العوامل المسببة لهذا الانتشار متعددة منها : ـ

١ ـ توفر المواد الاولية في مختلف مواقع الاعمال أو قريبا منها وسهولة ايصالها ونقلها .

٢ ـ خواصها الهندسية المتعددة والجيدة بشكل عام ودوامها الطويل وهذا يعني تعدد الاستعمالات .

٣ ـ امكانية التحكم في الخواص الهندسية وانتاج الخرسانة حسب ما هو مطلوب لكل حالة وهذا يعني حرية في الانتقاء وانتاج المادة المناسبة للحاجة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

٤ ـ امكانية انتاج الخرسانة بالابعاد والاشكال المطلوبة وبالانهاء المرغوب وهذا يعني حرية في التصميم المعماري والانشائي .

٥ ـ امكانية التنفيذ باساليب متعددة تلائم طبيعة المشروع والزمن المتاح للتشييد .

٦ ـ العامل الاقتصادي . حيث لا زالت الخرسانة بمنتوجاتها المتعددة تعتبر البديل الاكثر اقتصاداً في اغلب اجزاء البناء .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com