اعمال الطابوق والكتل

الطابوق (Bricks)

تطلق كلمة طابوق على الوحدات البنائية المنتظمة الشكل والا بعاد التي تستعمل في البناء والتي لا تزيد أبعادها عن حد معين وتكون مصنعة من الطين المطبوخ او غير المطبوخ او من مواد خرسانية أو من الحجر او من مزيج النورة والرمل او من اية مادة أخرى تصلح للأغراض البنائية وعندما تزيد ابعاد الطابوق عن ذلك الحد المعين فتسمى كتلة بنائية (building block). تصنف انواع الطابوق عادة بالنسبة للمواد التي تصنع منها والانواع الشائعة الاستعمال هي :

اولا- الطابوق الطيني . ثانيا - الطابوق الجيري . ثالثا - الطابوق الخرساني. رابعا- الطابوق الزجاجي .

اولا- الطابوق الطيني :- يعتبر الطابوق الطيني من المواد البنائية التي استعملها الانسان منذ القدم. أن ابعاد الطابوق الحالية تستند على متطلبات التصميم وسهولة البناء والنقل والانتاج. يعتبر الطين " المادة الرئيسية في انتاج أنواع الطابوق الطيني الذي يكون عادة أحد الأنواع التالية : -

1- اللبن . 2 - طابوق التربة المثبتة . 3 - الطابوق المفخور الاعتيادي . 4 - الطابوق الناري . 5- الطابوق المزجج

6- انواع اخرى من الطابوق المفخور.

1- اللبن:- هو الطابوق المعمول يدويا حيث يعجن الطين مع كمية من الماء ويضاف إلى المزيج اثناء العجن كمية من التبن (سيقان واوراق الحنطة والشعير المجففة والمقطعة) حيث يعمل التبن على تقليل التشققات التي تحصل بسبب انكماش الطين عند الجفاف ثم تقولب العجينة الطينية بواسطة قوالب خشبية غالبا ما تكون مفتوحة من الأعلى والأسفل وتكون عملية القولبة يدوية ثم تترك بعد ذلك قطع اللبن إلى الجو كي تجف بتأثير الهواء والشمس . تستعمل تلك القطع في البناء وتكون المادة الرابطة طينية أيضا.

٢- طابوق التربة المثبتة: وهو الطابوق (أو الكتل) المصنع من الطين الممزوج مع نسبة قليلة من بعض المواد التي تعمل على تحسين خواص الطين الهندسية وتسمى مثبتات (stabilize) مثل السمنت أو النورة، أو غيرهما.

ان اضافة المثبتات يؤدي إلى تقليل التبدلات الحجمية للطين وزيادة تحمله ويجعل الطابوق الناتج افضل من اللبن حيث يكون أكثر انتظاما والبناء الناتج اكثر تحملا ومقاومة الا انه اقل نوعية من الطابوق المفخور. ان طابوق التربة المثبتة لا يستعمل عادة في بناء الأسس. يمكن انتاج هذا النوع من الطابوق بطريقة يدوية مشابهة لانتاج اللبن (يضاف المثبت ويمزج مع الطين الناعم الجاف قبل اضافة الماء) أو يكون المزج يدويا والكبس اليا حيث تستعمل مكابس بسيطة تدار باليد وفي هذه الحالة يكون الطابوق الناتج اجود . يحتاج الطابوق المثبت بالسمنت إلى ترطيب قليل بعد رفع القوالب وذلك للمساعدة في تصلب السمنت.

3- الطابوق المفخور الاعتيادي:- أن تسمية (طابوق) يقصد بها في الغالب الطابوق المفخور الاعتيادي وهذا يدل على أن هذا النوع هو الاكثر استعمالا وشيوعا . تعتبر صناعته من الصناعات الانشائية الرئيسية في البلد ويعتبر المادة الأولى في بناء الجدران في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق حيث طبيعة التربة الرسوبية المساعدة على صناعته وكون البدائل المنافسة غير قادرة في الوقت الحاضر على التعويض عن استعماله بدرجة كبيرة وذلك لعدة أسباب منها توفر المواد الأولية للبدائل، كلفة التصنيع، كلفة البناء، الخواص الهندسية للبناء الناتج وغيرها.

أن أهمية هذه المادة البنائية تستوجب بحث الأمور التالية :آ- صنع الطابوق. ب - الخواص الهندسية والمواصفات.

أ. صنع الطابوق : يصنع الطابوق من الترسبات الطينية والغرينية الحاوية على كمية من الرمل وتختلف تلك الترسبات في نسبة مكوناتها من الطين، الغرين والرمل حسب موقع العمل. تعتبر المواد الخام الجيدة من العوامل الرئيسية للحصول على الطابوق الجيد. أن التربة تحتوي بصورة طبيعية على كمية من الأملاح القابلة للذوبان في الماء وكذلك غير القابلة للذوبان ولكن تواجد تلك الاملاح بكميات كبيرة يؤدي إلى مشاكل في الطابوق منها تأثيرها في عملية الفخر أو ظهور التزهر. وكذلك تفتت الطابوق المفخور عند وصول الماء اليه وهذا يحدث عند تواجد الكلس بكميات كبيرة بشكل كتل صغيرة مع الطين يكون الطين المستعمل نظيفا ويتم عزل المواد الغريبة وقطع الصخور أو الحصى بواسطة مشبكات خاصة وبعد ذلك تجري عملية التنعيم والمزج مع الماء وقد يضاف الرمل احيانا لتعديل نسبة مكونات الطين.

أن كمية الماء اللازمة تعتمد على طريقة القولبة ويضاف الماء تبعا لذلك بعد احتساب كمية الماء الموجودة في الطين نفسه. أن طرق القولبة الرئيسية هي ثلاث :-

- **طريقة الطين اللين**: يمزج الطين مع كمية كبيرة نسبيا من الماء ويعمل منه عجينة لدنة متجانسة. يشكل الطابوق بكبس هذه العجينة في القوالب بطريقة يدوية أو بطريقة آلية. تمنع العجينة من الالتصاق بالقالب وذلك بتبليل القوالب أو نثرها بالرمل.
- **طريقة الطين المتيبس**: يمزج الطين مع كمية كافية من الماء وليس اكثر من ذلك لعمل عجينة يمكن دفعها خلال القالب الذي هو بشكل فوهة معدنية مستطيلة بابعاد طول الطابوقة X عرضها او عرض الطابوقة X سمكها حيث تخرج عجينة الطابوق بشكل شريط مستمر على حزام متحرك وتقطع فور ذلك بواسطة سلك معدني موتر متحرك بسرعة معينة لأعطاء البعد الثالث للطابوقة (سمك الطابوقة أو طولها).
- **طريقة الكبس الجاف**: يكبس الطين ذو القوام الجاف. في منظومة قوالب تحت ضغط عال ويكون الطابوق الناتج بهذه الطريقة من اكثر الانواع انتظاما.

يجفف اللبن (الطابوق بعد القولبة وقبل الفخر) بتعريضه للهواء والشمس في المعامل البدائية ويجفف صناعيا في محلات خاصة مغلقة في المعامل الحديثة حيث يمكن التحكم بعملية التجفيف وقد تستخدم الغازات الناتجة من حرق الطابوق في هذه العملية. بعد التجفيف يفخر الطابوق بافران وتكون عادة من نوع هوفمان (Hoffman - kiln) الذي يكون باشكال متعددة منها نوع يتكون من قاعة كبيرة مستطيلة الشكل جدرانها سميكة ذات ابواب جانبية ويكون الحرق فيه خلال افتحات من السقف. يتم تجميع الدخان والغازات الناتجة من الحرق بواسطة قنوات متعددة في اسفل الفرن تنتهي بمجرى خاص يؤدي إلى مدخنة خارجية.

ب - الخواص الهندسية والمواصفات : - تشتمل الخواص الهندسية الأساسية للطابوق على : -

1 - الشكل والا بعاد و نوع المنتوج كان يكون مصمتة أو مجوفة ... الخ . 2 – المسامية 3 – التحمل 4 - امتصاص الماء .

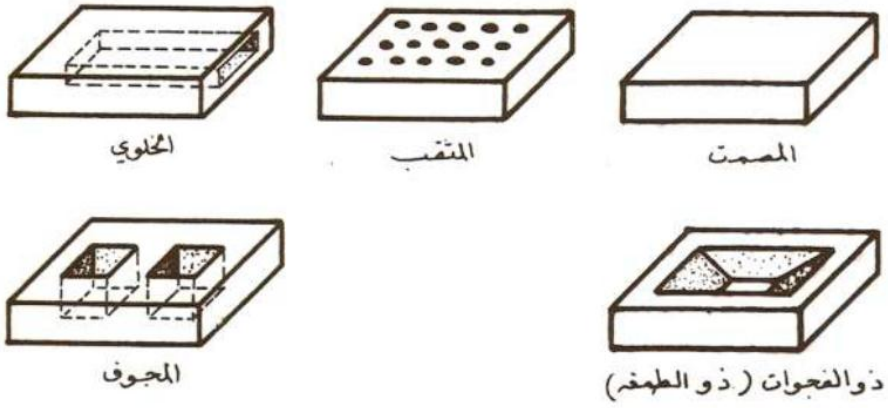
5- وجود الأملاح القابلة للذوبان والتزهر. 6 - العزل الحراري . 7- مقاومة الحريق .

1- الشكل والابعاد ونوع المنتوج :- يكون الطابوق الصالح للبناء ذو شكل جيد وتكون زواياه قائمة وحافاته مستقيمة وسليمة واوجهه مستوية وخالية من الشقوق. يجب أن يكون مقطع الطابوق متجانسا تام الحرق خال من قطع الحصى والحجر والعقد الجيرية . وتكون ابعاده 230 × 110 × 80 ملم أو

أية مقاسات اخرى يتفق عليها بين البائع والمشتري ويسمح بتفاوت مقداره ± 3٪ من اي بعد أن الأبعاد المذكورة هي حسب ما وردت في المواصفة القياسية العراقية. علما بان السمك الشائع هو 75 ملم وليس 80 ملم.ينتج الطابوق بأكثر من نوع واحد الأنواع كالاتي:

- المصمت (solid) :- هو ذلك النوع من الطابوق الذي لا يزيد مقدار احتوائه على المسامات النافذة او غير النافذة على 25 ٪ من حجمه ويكون ذو تحمل اكثر من غيره من الأنواع ولهذا السبب يستعمل في الأسس والانشاءات التي تحتاج إلى قوة تحمل عالية والى دوام جيد.
- المثقب (perforated) هو ذلك النوع من الطابوق الذي يزيد مقدار احتوائه على الثقوب على 25 ٪ من حجمه ويكون ذي قوة تحمل اقل من النوع الأول و يستعمل في الأبنية والمنشات المحملة نسبيا بالاثقال وفي القواطع والحواجز .
- المجوف (hollow) يكون هذا النوع محتوي على تجاويف يزيد مقدارها على 25 ٪ من حجم الطابوقة ويكون مقدار الفراغ غير محدد ويستعمل هذا النوع من الطابوق عادة في القواطع والجدران غير المحملة لان تحمله يكون واطئا.
- الخلوي (Cellular) هو الطابوق الذي يكون فيه حجم الفجوات اكثر من 25 ٪ من حجم الطابوقة و يكون فراغ الفجوات مفتوحا من جهة واحدة . يستعمل كالطابوق المجوف .

- الطابوق ذو الفجوات :- وهو طابوق مصمت يحتوي على فجوة : (طمغة) او فجوتين واسعتين في احد سطحي الطابوقة ويكون ذي قوة تحمل عالية ويستعمل عادة عند الحاجة إلى قوى ربط كبيرة بين الطابوق والمادة الرابطة . يصنع هذا الطابوق بطريقة الكبس في القوالب .



2- المسامية :- وهي وجود الفجوات الدقيقة والتي قد تميز بالعين المجردة او لا يمكن تمييزها وتكون متصلة فيما بينها او مغلقة داخل المادة وقد تكون على السطح الخارجي للمادة . أن زيادة مسامية الطابوق تعني قلة في الكثافة (Density) وقلة في التحمل وزيادة في امتصاص الماء وزيادة في العزل الحراري . تعتمد مسامية الطابوق على مقدار الكبس اثناء الصنع وكمية الماء المتبخر من داخل عجينة الطابوق وكذلك على درجة الفخر حيث تقل المسامية بازدياد الفخر ويكون الطابوق المنصهر المعروف محليا باسم (مصخرج) اقل الانواع مسامية او تكون معظم مساماته من النوع المقفل وفي هذه الحالة يكون امتصاص الطابوق للماء قليلا .

3 - التحمل : يصنف الطابوق بالنسبة لتحمله للاثقال إلى ثلاثة أصناف :

صنف أ - يستخدم هذا الطابوق بدرجتيه (1و2) في بناء الجدران والأسس المحملة بالأثقال والمعرضة للتاكل الشديد بفعل العوامل الطبيعية او الجوية .

صنف ب : - يستخدم هذا الطابوق بدرجتيه (1و2) في بناء الجدران المحملة بالأثقال وغير المعرضة للتاكل بفعل العوامل الجوية او الطبيعية الا خرى كالجدران المستعملة في الأوجه الخارجية والتي لا تتعرض إلى اختراق او نفوذ الماء بوقاية المقاطع الأفقية لها بمادة مانعة للرطوبة .

صنف ج : - يستخدم هذا الطابوق بدرجتيه (1و2) في بناء الانشاءات المحملة بالأثقال كمساند او للبناء الداخلي والقواطع التي لا تتعرض للتأكل الشديد بفعل العوامل الجوية او الطبيعية .

متطلبات تحمل الضغط في الطابوق الطيني

صنف الطابوق	الحد الادنى لقوة الانضغاط بالكيلوغرام/سم²	
	الدرجة	معدل قوة انضغاط عشر طابوقات
آ	١	٢٠
	٢	١٦
ب	١	١٣
	٢	١١
جـ	١	٩
	٢	٧

لقد حددت المواصفة العراقية الحد الأدنى التحمل الطابوق حسب أصنافه بموجب الجدول : -

4 – امتصاص الماء: ان لكمية الماء الممتص علاقة بمقدار تحمل الطابوق حيث أن الطابوق يكون تحمله اقل عندما يكون رطبا وكذلك يعتبر الماء عاملا رئيسيا في حركة الأملاح التي تسبب التزهر او التفاعل سلبيا مع المادة الرابطة كما وان امتصاص الماء يؤدي إلى تلف طبقات الانهاء والأصباغ وكذلك فان الماء الممتص يكون مصدر قوي يحاول تفتيت الطابوقة عند الانجماد لذا فان لظاهرة امتصاص الماء علاقة بدوام الطابوق(durability). لقد حددت المواصفة العراقية الحد الاعلى لامتصاص الطابوق به 17 ٪ للصنف (آ) بدرجتيه و 22 ٪ للصنف (ب) بدرجتيه و 25 ٪ للصنف (ج) بدرجتيه

5- وجود الأملاح القابلة للذوبان والتزهر: - تعتبر الأملاح القابلة للذوبان بالماء في الطابوق عاملا مهما في حدوث التزهر. حيث أن الماء (وهو عامل اساسي في حركة الأملاح) الحاوي على الأملاح يتبخر من سطح البناء بالطابوق المعرض للجو مؤديا إلى تجمع الاملاح بشكل متبلور على السطح او تحته بقليل مسببا ظهور طبقات بيضاء أو صفراء تشوه الجدار وتؤدي إلى تساقط طبقات الانهاء. للاملاح الذائبة التي قد تكون كبريتية تأثير ضار على المواد الرابطة السمنتية حيث ان للاملاح الكبريتية - بوجود الماء - قابلية التفاعل مع بعض مركبات الأسمنت وينتج عن هذا التفاعل مركبات جديدة ذات حجم كبير يؤدي إلى تفتت المادة الرابطة. لقد حددت المواصفة العراقية الحد الأعلى المسموح به للاملاح القابلة للذوبان وحددت حدود التزهر ايضا.

6- العزل الحراري:- لا يعتبر الطابوق الطيني من المواد العازلة الجيدة فبينما يعتبر جدار الطابوق بسمك طابوقة واحدة وملبوخ غير كافيا للعزل حسب انظمة البناء البريطانية، فان جدارا مجوفا يحتوي على نفس الكمية من المواد الانشائية يكون مناسبا.

7- مقاومة الحريق: - ان الطابوق الطيني مادة جيدة المقاومة للحريق فالجدار المبني بمونة السمنت وبسمك نصف طابوقة له قابلية مقاومة للحريق لمدة ساعتين وهي فترة جيدة.

4- الطابوق الناري:- يستخدم الطابوق الناري في تبطين المصاهر والأفران والمداخن والمواقد وغيرها من المحلات التي ترتفع فيها درجة الحرارة كثيرا بحيث لا يمكن استخدام المواد الانشائية التقليدية. يكون الطابوق الناري اما من النوع الطيني حيث يصنع من طين خاص ويفخر باسلوب خاص ايضا بحيث يكون الناتج مقاومة للحرارة العالية أو من النوع السيليكوني حيث تستعمل المواد الأولية (الرمل) الحاوية على مالا يقل عن ٩٢ ٪ سيليكا. في كلا النوعين يكون الحرق بدرجات حرارية اعلى من درجة فخر الطابوق الطيني الاعتيادي.

5-الطابوق المزجج:- ويقصد به الطابوق الطيني الذي يكون فيه وجه واحد او اكثر مطلية بمادة تزججت بفعل الحرارة حيث تعطي مظهرا صقيلا وملونا فالطابوق المزجج بالملح (salt- glazed brick) هو طابوق ذو وجه صقيل وبتركيب خاص. يتزجج الوجه المقابل لنار الحرق أثناء الفخر عند تعرضه لغازات الفرن حيث يرمي الملح الاعتيادي في نار الفخر عند نهاية عملية الحرق . يعطي التزجيج الوان متعددة منها اللون الرمادي والبني والأخضر حسب تركيب الملح المستعمل . يمكن تزجيج الطابوق المجوف ايضا .يمكن انتاج طابوق مزجج بطلي (او رش) الأوجه الملساء من الطابوق غير المحروق بمركبات خاصة ثم يحرق الطابوق فينتج وجها مطلية بالمينا أو مزججا بالسيراميك كون الوان التزجيج متعددة ومنها الابيض، الأخضر والبني. تكون الأوجه المزججة ملساء كتيمة سهلة التنظيف وذات مقاومة التأثير بعض المواد الكيمياوية .

اعمال الركائز (PILES)

الركائز هو ذلك الجزء من المنشأ التي تكون عادة تحت مستوى سطح الارض وتقوم بعمل او اكثر من الاعمال التالي:

1- نقل ثقل المنشا الى طبقات التربه وتعتبر اساسا له.

2- اسناد طبقات التربه المعرضة الى قوى دفع جانبي

3- دك التربة ورصها.

استعمالات الركائز:

ان اهم استعمالات الركائز في الاعمال الانشائيه هي الحالات التالية:

1- عندما تكون التربه ضعيفة لا تقاوم الاحمال الموزعه عليها خلال انواع الاسس الاخرى.

2- عندما تكون التربة طينية ذات خاصيه الانكماش والانتفاخ الموسمي بسبب تغير نسبة رطوبه التربة وحركة المياه الجوفية.

3- عندما يكون المنشا فوق سطح الماء كارصفة الموانئ و ماخذ المياه.

4- عندما لا يمكن حفر الاسس من الانواع الاخرى عميقا لوجود ابنية مجاورة ذات اسس قريبة من سطح الارض بحيث لو تم حفر الاساس الجديد لتعرض البناء المجاور الى التصدع والنزول او الانهيار.

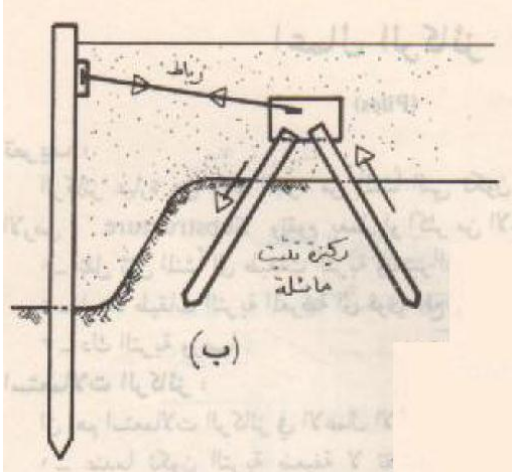
5- عندما يتطلب موازنة قوى شد او دفع جانبي وتسمى بركائز تثبيت عندما تكون شاقولية وتسمى بركائز تثبيت مائلة عندما تكون مائلة.

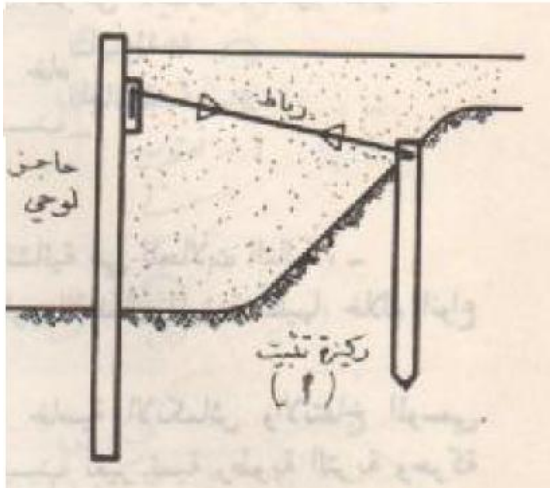
6- في المناطق التي تكثر فيها الزلازل والهزات الارضية حيث تكون الركائز اكثر مقاومة من غيرها وتوزع بمجموعات تتصل مع بعضها برباطات تقوية باتجاه واحد او اتجاهين.

7- عندما يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعا مما مايصعب معه الحفر وتنفيذ الاعمال الانشائية لانواع الاسس الاخرى.

8- عندما يتطلب اسناد وتقويه اسس قائمة ضعيفه باستعمال ركائز رافعه تسندها في مواقع معينة.

9- عندما يتطلب مقاومة احمال جانبية ناتجة عن دفع تربة او مخزون ماء حيث تستعمل غالبا الركائز الصفيحيه المعدنيه.





تصنيف الركائز:

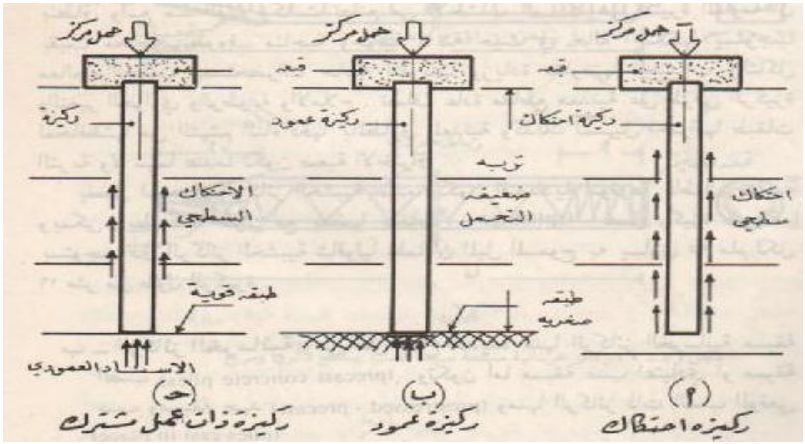
تصنف الركائز بنوعيات عديدة حسب العوامل التالية:

اولا- الركائز حسب طريقة نقل الاحمال الى التربة :

1- ركيزة احتكاك (friction pile): وهي الركيزة التي تنقل حملها الى التربة بواسطة الاحتكاك بين سطوحها الجانبية والتربة الملاصقة لها.

2- ركيزة عمود (bearing pile): وهي الركيزة التي تنقل حملها الى التربة وتعمل كعمود يستند على طبقة صخرية او تربة قوية

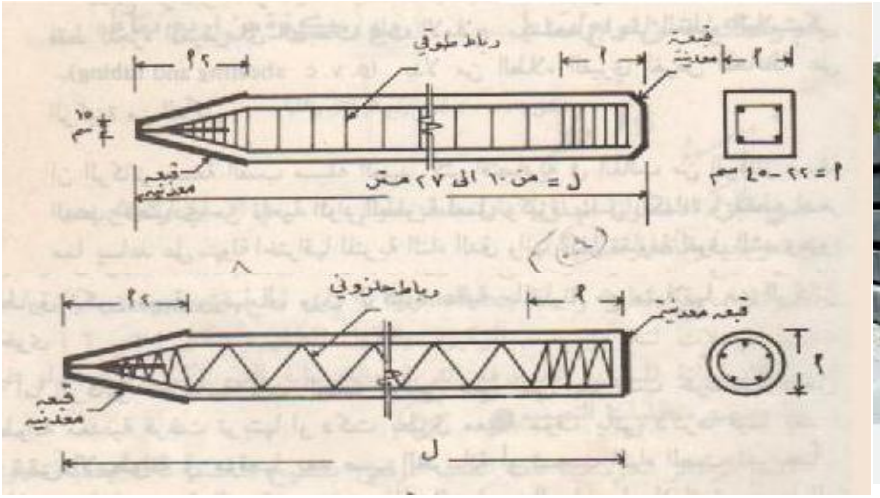
3- ركيزة ذات عمل مشترك: حيث تنقل الاحمال الى التربة بواسطة الاحتكاك السطحي والاسناد العمودي وبنسب متفاوتة حسب طبيعة التربة.



ثانيا – انواع الركائز حسب موادها:

1- الركائز الخشبية: وهي على نوعين اولهما الركائز الخشبية غير المعالجة والثاني الركائز الخشبية المعالجة بمواد محافظة. وهي كثيرة المقاومة ان بقيت محاطة بظروف مناخية وجوفية ثابتة. وفي حالة اختلافها يستوجب معالجة الخشب بمستحضرات خاصة لتقويتها وزيادة مقاومة الحشرات والتآكل. تضاف عادة مقاطع معدنية على طرفي الركيزة لمحافظتها من التهشم اثناء دقها بالمطارق المعدنية ولتسهيل اختراقها طبقات التربة. يفضل استعمالها عندما تكون اقتصادية لتوفرها باطوال مناسبة ويمكن ربط عدة اطوال مع بعضها بمفاصل لعمل ركيزة طويلة.

2- الركائز الخرسانية: ومنها الركائز الخرسانية مسبقة الصب وتكون اما مسبقة صب اعتيادي او مسبقة صب واجهاد ومنها الركائز ذات الصب الموقعي. الركائز الخرسانية مسبقة الصب تكون بمقاطع دائرية او مربعة او مضلعة ويتطلب وضع حديد تسليح رئيسي طولي ورباطات طوقية او حلزونية ذات مسافات متقاربة في طرفي الركيزة لمقاومة تاثير الضربات اثناء الدق ومقاومة اختراق التربة. 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 التربة بالاضافة الى الصعوبات الكثيرة في حالة حدوث كسر في الركيزة اثناء الدق كما انها تحتاج الى معدات ثقيلة لنقلها ورفعها ودقها.



لاجل معالجة السلبيات اعلاه تستعمل انواع اخرى من الركائز الخرسانية مسبقة الصب وتكون عادة من نوع مسبقة الاجهاد والتي تصنع باطوال قياسية من 5- 12 متر للقطعة الواحدة.

اما الركائز الخرسانية ذات الصب الموقعي فهي التي يتم صب خرسانتها داخل اسطوانة معدنية تغرز داخل التتربة ومن ثم يتم تفريغ تربتها وبعدها يتم ضخ الخرسانة داخل الاسطوانة. قد تبقى الاسطوانة في موقعها بعد صب الخرسانة او تسحب اثناء الصب تدريجيا. يتطلب مراعاة نوعية التربة ومستوى المياه الجوفية والعمل على عدم تسربهما الى داخل الخرسانة اثناء سحب الاسطوانة مما يسبب ضعف الركيزة واحتوائها على الفجوات والجيوب.

يفضل ان يكون التسليح مستمرا على طول الركيزة وذلك للاسباب التالية:

1- مقاومة اي عزم انحناء قد ينتج من عدم شاقولية الركيزة.

2- اعتبار الركيزة عمودا يتحمل الاثقال بالاحتكاك والاسناد معا.

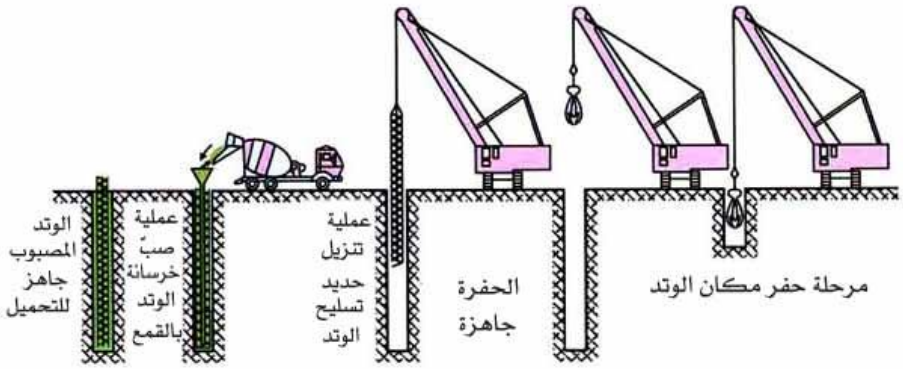
3- احتمال وجود الجيوب والحاجة الى تقوية الركيزة في هذه المواقع بالتسليح.

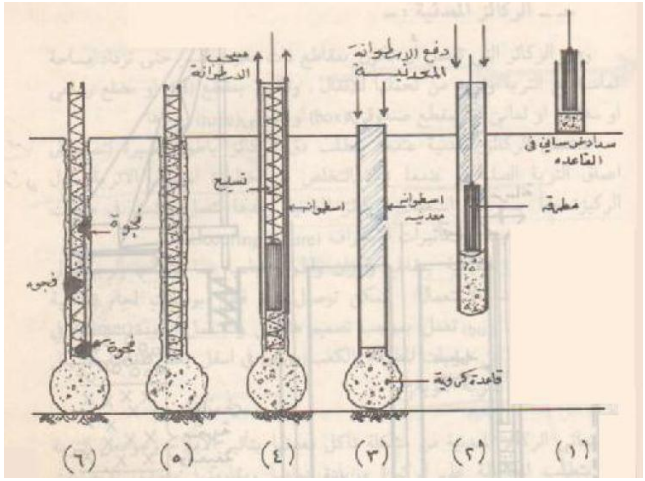
اما مراحل تنفيذ الركيزة موقعيا فهي كما يلي:

1- الحفر بالحفار الدوار الى العمق المطلوب وغرز الاسطوانة المعدنية الى العمق المطلوب

2- توسيع القاعدة بجهاز خاص و تنظيف القاعدة وجوابنها بطريقة يدوية ان امكن.

3- وضع حديد التسليح وصب الخرسانة وسحب الاسطوانة تدريجيا ان جاز ذلك علما ان صب الخرسانة يتم باستعمال قمع وانبوب وسطي عندما يكون مستوى الماء الجوفي مرتفعا لايصال الخرسانة الى قعر الحفرة.



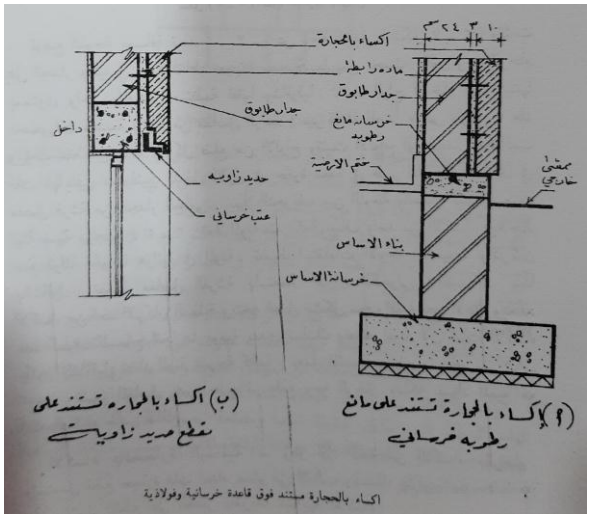


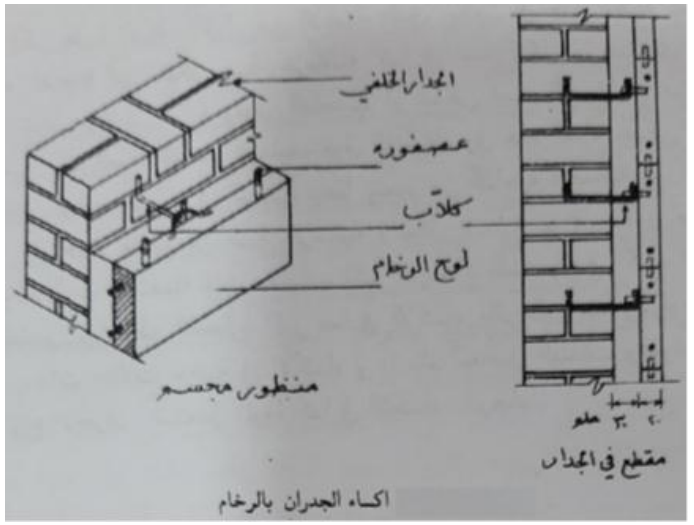
ثالثا – انواع الركائز حسب طريقة تنفيذها:

1- ركائز الحفر: وتشمل الركائز التي تصب خرسانتها موقعيا بعد اكمال حفرياتها ويمكن اجراء الحفريات لهذا النوع من الركائز اما بطريقة الحفر المطرقي والذي يستعمل لحفر ركائز تتراوح اقطارها بين 300-1200 ملم وبطول لحد 40 متر. والطريقة الثانية هي الحفر الدواري ويستعمل لحفر ركائز تتراوح اقطارها بين 300-1500 ملم وبطول 40 متر. 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 وعدم انجراف التربة او الماء الجوفي الى داخل الحفرة ولمعالجة هذا الامر يتم اعتماد احدى الطريقتين الاولى هي طريقة عمود الماء العكسي ويتم بضخ الماء الى داخل الحفرة وبضغط اعلى من ضغط الماء الجوفي لمعادلته ومنعه من الدخول الى الحفرة. والطريقة الثانية هي طريقة الاسناد باستخدام البنتونايت حيث يستعمل سائل البنتونايت الثخين، يمزج البنتونايت بنسبة 6% وزنا مع الماء ويدفع الى داخل الحفرة لاسنادها وتبطينها في طبقات التربة غير المستقرة. تحل الخرسانة محل سائل البنتونايت اثناء الصب وتدفعه الى خارج الحفرة تدريجيا. ويمكن اعادة استعمال نفس السائل مرة ثانية بعد تصفيته في موقع العمل.

2- ركائز الدق: وتشمل الركائز الجاهزة التي تدق بواسطة اجهزة خاصة تحتوي على مطارق تهبط على راس الركيزة وتدفعها في التربة. يجب اختيار جهاز الدق المناسب حسب نوعية الركيزة ونوعية التربة في موقع العمل. يجب حماية راس الركيزة واسطوانتها من صدمات ضربات المطرقة باستعمال وسادة او قبعة خاصة ترفع بعد الانتهاء من عمليات الدق. تستعمل اجهزة دق مطارق بانواع عديدة واهمها:

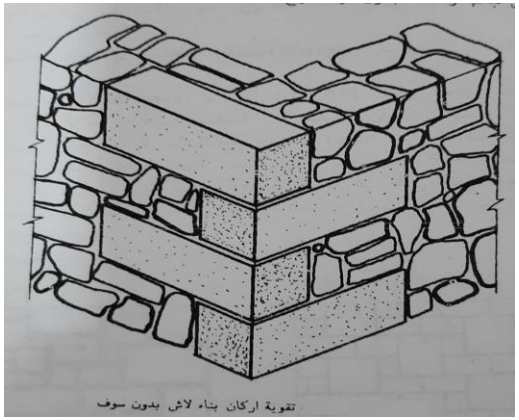
أ- جهاز ذو المطرقة الساقطة: وهو جهاز بسيط يحتوي مطرقة معدنية يتراوح وزنها من ¼- 2 طن تسحب بواسطة حبل الى الاعلى بارتفاع من 2- 6 متر ومن ثم تترك لتهبط علر راس الركيزة وبتكرار الضربات تدفع الركيزة في التربة الى العمق المطلوب. يفضل استعمال المطرقة الثقيلة بسقوط ارتفاع قليل بدلا من المطرقة الخفيفة بسقوط ارتفاع عالي للحصول على الطاقة اللازمة. من مميزات 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 4 – 8 ضربة في الدقيقة الواحدة كما وان ثقل المطرقة يسبب تكسير راس الركيزة مما يتطلب وقايتها وانه لا يستعمل لدق الركائز تحت مستوى الماء او في المناطق السكنية لصوته العالي والهزات القوية الناتجة عنه والتي تسبب كثيرا من التصدعات وانهيار الابنية المجاورة.

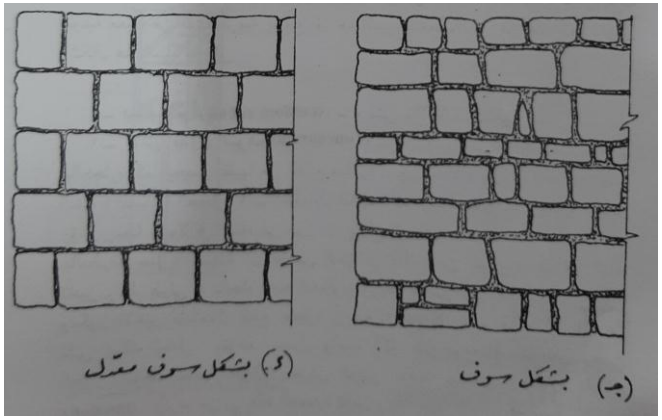


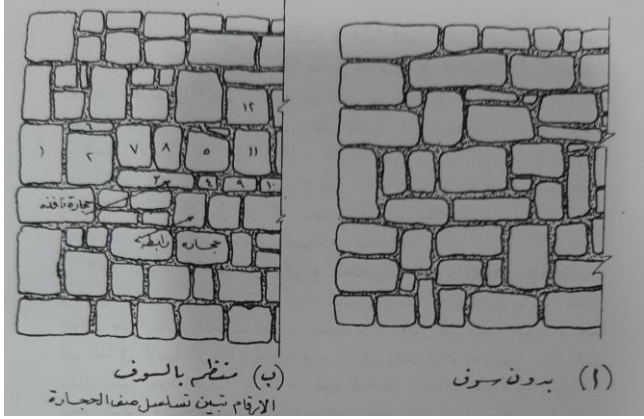


- البناء الاعتيادي بانواع الحجارة الأخرى: ويشمل اشكال البناء المتعددة عدا البناء الصقيل المنتظم الوارد ذكره سابقا. تفضل اشكال هذا البناء في المحلات التي لا تستوجب أن يكون فيها البناء صقيلا منتظما أي كما في الأبنية الريفية والقروية ودور السكن والسياجات وفي انواع البناء الذي سوف ينهي بمواد أخرى. ومن اشكال هذا البناء ما يلي: -

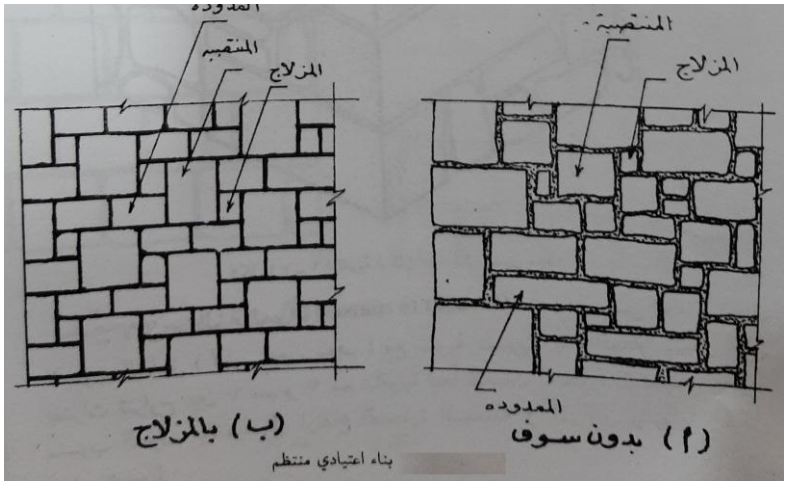
ا- بناء لاش :- ويكون اما لاش بدون سوف (شكل أ) يبنى الجدار بالحجارة كما يحصل عليها من المقالع مباشرة بدون اعداد (متروك) حيث يختار البناء الحجارة ذات المقاسات الملائمة اثناء البناء عشوائيا و يصفها بشكل يؤمن ربطا مقبولا في البناء من دون أن يقطع الحجارة نفسها وانما يعدل حافاتها بالمطرقة بصورة بسيطة. من الضروري في هذا البناء اخذ قطع منتظمة في الأركان تمتد باتجاهين الجداريين المتلاقيين بالتعاقب وذلك لتامين قوة وثبات منطقة التلاقي. يتراوح سمك البناء 40-45 سم ويصعب بناء قواطع بسمك يقل عن 16 سم بسبب عدم انتظام الحجارة. والبناء الثاني لاش منظم بالسوف (شكل ب) ويبنى بنفس الاسلوب السابق مع تسوية منسوب بناء الجدار بشكل افقي بفترات تتراوح بين 60-90 شاقوليا تبعا لمقاسات الحجارة. يتميز هذا النوع بتناقص ارتفاع السوف تدريجيا نحو الاعلى يكون ارتفاع الساف في القاعدة 20-23 سم يتنافص تدريجيا ليصل في الساف العلوي حوالي 3-5 سم. البناء الثالث لاش بشكل سوف (شكل ج) ويتميز باستعمال الحجارة ذات الارتفاع الثابت في الساف الواحد مما يعطي بناء بشكل سوف الا ان ارتفاع كل ساف قد يختلف عن الاخر


تقوية اركان بناء لاش بدون سوف



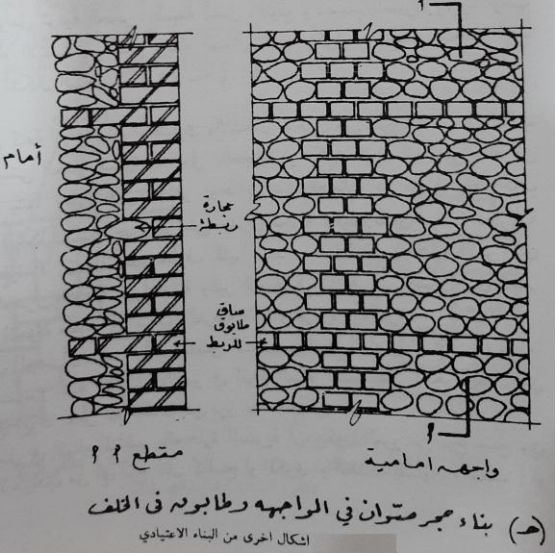


ب - بناء اعتيادي منتظم: ويبني بدون سوف (شكل أ) تهيأ الحجارة بحيث تكون ذات زوايا قائمة وحافاتها مستقيمة . لا يشترط أن يكون ارتفاع القطع متساويا وتسمى القطع ذات الارتفاع الكبير بالمنتصبة وذات الارتفاع القليل والطول المتميز بالممدودة يفضل أن لا يزيد ارتفاع الحجارة المنتصبة على (250) ملم وان لا يزيد ارتفاع الحجارة الممدودة على ثلثي ارتفاع الحجارة المنتصبة المجاورة لها. تستعمل بعض الحجارة الصغيرة لتأمين الربط بين القطع وتسمى المزلاج. والبناء الثاني هو يسمى - بالمزلاج يكون البناء مشابها للنوع السابق حيث تكون القطع ذات زوايا قائمة وحافات مستقيمة ايضا الا أن مقاساتها غير محددة يكثر في هذا النوع من البناء استعمال القطع المسماة بالمزلاج وذلك لمنع استمرار المفاصل العمودية في البناء المسافة طويلة. وهنالك نوعين اخريين منظم بسوف وبشكل سوف ايضا كما في بناء لاش.

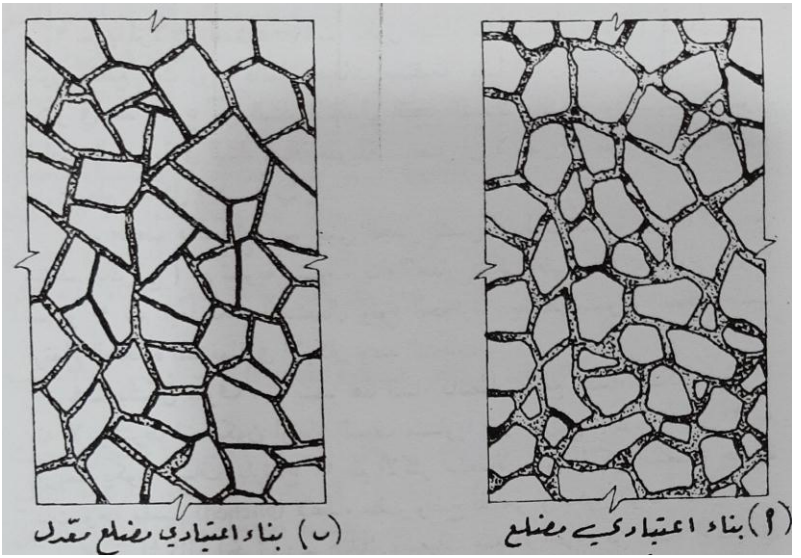


ج - اشكال اخرى :- هنالك وضعيات متعددة اخرى من البناء الاعتيادي تحددها عوامل نوعية الحجر، طبيعة العمل، الموقع والتصميم المعماري وغيرها ومنها انواع البناء الاعتيادي المضلع وبناء الصوان الذي يكون بوضعيات متعددة ايضا وغيره من اشكال البناء (الشكل التالي أ).

تكون كافة انواع البناء الاعتيادي والاشكال الأخرى من النوع المصمت فاما ان يبنى الجدار بسمكه الكامل بالحجارة او يكون الوجه الخارجي من الحجارة بينما يبنى ظهر الجدار بوحدات غير الحجارة مع تأمين ربط كاف بينهما (شكل ٨ ج).



(هـ) بناء حجر متوازن في الواجهه وطابوق في الخلف
اشكال اخرى من البناء الاعتيادي


(ب) بناء اعتيادي مضلع مقدل
(أ) بناء اعتيادي مضلع

الربط في بناء الحجارة:- يتميز البناء بالحجارة بان ثقل الحجارة فيه والتفاصيل المعمارية لبعض البروزات والفتحات ووجود قوى جانبية احيانا يحتم استعمال وسائل ربط ميكانيكى بين القطع بالاضافة إلى الربط الناتج عن تداخل قطع الحجارة بسبب صفها في البناء بشكل معين اسوة بانواع البناء بالوحدات غير الحجارة. ويمكن الاطلاع على هذه الوسائل الخمسة بصفحة 268 بكتاب انشاء المباني.

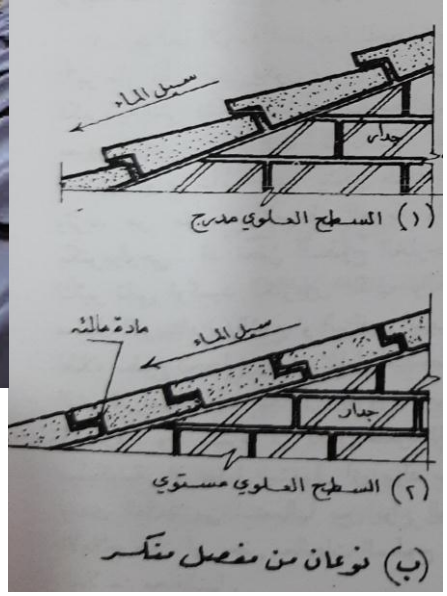
محافظة البناء من المياه: من الضروري محافظة البناء من الرطوبة ايا كان مصدرها الا انه نظرا لأن بناء الحجارة يتأثر بدرجة كبيرة بمياه الأمطار لذا اصبح من الأهمية بمكان معرفة التفاصيل البنائية التي تؤدي إلى طرد ماء المطر باسرع ما يمكن عن وجه الجدار وتقليل الامتصاص ، من هذه التفاصيل ما يلي : -

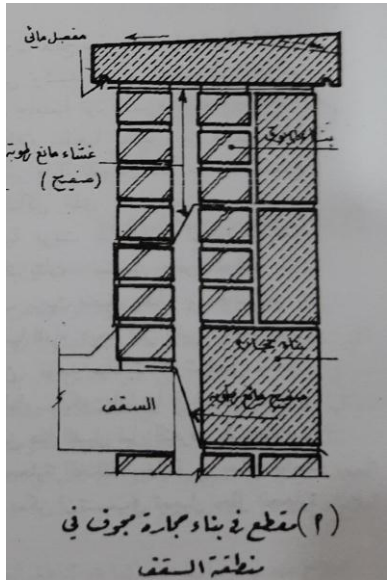
ا. عمل بروزات بنائية في اعلى الجدار لتعمل كمضلة ومن الأمثلة عليها الافاريز والكورنيشات وقبعات الستائر . شكل ادناه.

ب- . عمل السطح العلوي للجدار او غطاؤه بشكل منحدر يصرف مياه الامطار نحو خارج الجدار ويقلل الامتصاص الى اقل حد ممكن (شكل آ).

ج- عمل حز نصف دائري أو بمقطع مربع و بضلع لا يقل عن 15 ملم في الوجه السفلي للبروزات والاعتاب ويكون موازيا للحافة الخارجية وعلى طولها وذلك لمنع سيل الماء على السطح الاسفل للبروز وتسر به إلى وجه الجدار . (شكل ب).

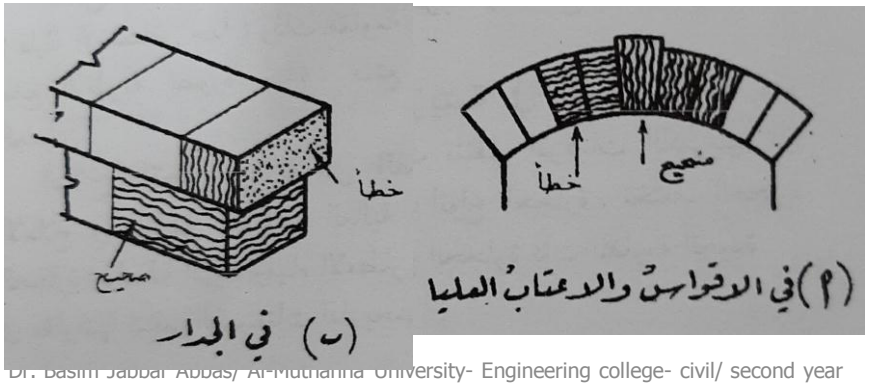
د - عمل انحناءات نافرة نحو الاسفل وباشكال مناسبة لتعمل على منع ميل الماء على الوجه الاسفل للبروز وتركه السطح بشكل قطرات متساقطة.





هـ- عمل مفاصل خاصة تسمى مفصل منكسر (شكل ب). وينفذ باحد الاسلوبين المبينين لمنع نفاذ الماء من السطوح الأفقية أو المائلة كما في التسقيف والتسطيح واغطية الجدران . يجب تغطية أو ملئ جميع المفاصل في الحجارة المسامية وغير الصلدة بطبقة من الرصاص. من الضروري أن يكون اتجاه تركيب المفاصل عكس اتجاه سيل الماء.

و- معالجة الأوجه الخارجية للحجارة :- تعالج سطوح الحجارة أحيانا لتقليل تأثير ماء المطر الذي يكون مذيبا لغاز ثاني أوكسيد الكاربون وغيره من الغازات الكبريتية التي تشكل بعد ذوبانها محاليل حامضية تؤثر بصورة بالغة في الحجارة بمرور الزمن ، تعالج الحجارة الكلسية بطلاء سطحها بمحلول من فلوسيليكات المغنسيوم أو ما شابهه وهذا يشكل طبقة غير قابلة للذوبان تسد مسامات السطح تزيد من مقاومته للعوامل الجوية والتاكل.



ملاحظات عامة في اعمال الحجارة :.

اتجاه الطبقات: تكون الصخور الطبقية التركيب اضعف تحملا با لات لذا يجب وضع الحجارة في البناء بحيث تكون قوى الضغط عمودية على اتجاه الطبقات. الشكل يبين الاساليب الصحيحة في وضع الحجارة عند بناء الجدران الاعتيادية والاقواس .

مقاومة الاحمال :- تبنى الحجارة بحيث تقاوم الأحمال المسلطة عليها وفق القواعد التالية : -

١- تكون الاجهادات المسلطة على الحجارة اجهادات ضغط

٢- في حالة وجود أحمال جانبية او احمال عمودية مسلطة على الجدار بوضع لاتمركزي فيجب أن تكون محصلة جميع القوى المؤثرة على البناء واقعة ضمن الثلث الأوسط لأي مقطع عرضي في الجدار.

ابعاد الحجارة :- في الحجارة الرخوة من غير المفضل أن يزيد طول القطعة التي تقاوم الضغط على ثلاثة أمثال سمكها ولا أن يزيد عرضها على ضعفي سمكها. في الحجارة الصلدة، من غير المفضل أن يزيد طول القطعة على خمسة امثال سمكها ولا أن يزيد عرضها على ثلاثة أمثال سمكها.

تأثير الاملاح:- للاملاح القابلة للذوبان تأثيرات سلبية على معظم انواع الحجارة تؤدي إلى تشويهها وحتى الى تلفها في بعض الحالات. تتعرض الحجارة الى املاح من مصادر متعددة منها، **املاح محمولة بالهواء**، كما في المناطق الساحلية قرب البحار وفي هذه الحالة يجب استعمال انواع الحجارة التي تقاوم تأثير هذه الأملاح ، يستدل على انواع الحجارة الجيدة من مراقبة الأبنية القائمة في المنطقة وملاحظة مدى تأثر الحجارة يمكن زيادة المقاومة ايضا بمعالجة السطوح الخارجية حسبما ورد سابقا. **املاح متواجدة في مونة البناء** ، وفي هذه الحالة يجب استعمال مونة ذات رمل حاو على الأملاح بنسبة لا تتجاوز الحد المسموح به في مواصفات المادة الرابطة. **املاح متسربة من ظهر الاكساء**، عندما يكون وجه الجدار فقط من الحجارة قد يكون بناء الطابوق أو الخرسانة التي تشكل ظهر الجدار مصدرا اللاملاح وفي هذه الحالة يجب التأكد من خلو البناء الخلفي من الأملاح أو معالجة سطحه الملامس للحجارة بطلاء قيري قبل الاكساء. **املاح متسربة من التربة**، وفي هذه الحالة يجب استعمال حجارة صماء (قليلة الامتصاص جدا) وذات مقاومة جيدة لتأثير الاملاح في بناء الأسس واستعمال مانع الرطوبة بصورة جيدة، تمنع تسرب الرطوبة والأملاح الذائبة إلى أعلى الجدران.

املاح ناتجة عن تفاعل الغازات الكبريتية في الجو، وتزداد هذه الأملاح في المناطق الصناعية العالية التلوث حيث تنتقل المركبات الكبريتية إلى الحجارة بواسطة الهواء ومياه الأمطار وتسبب تلف انواع الحجارة. تختلف الحجارة في مقاومتها لتأثير الكبريتات لذا يجب انتقاء انواع الحجارة ذات المقاومة الجيدة.

الفحوصات والمواصفات:- من الخطأ التصور بأن لا حاجة أبدا إلى فحص الحجارة، بل ان ذلك ضروريا في حالة عدم معرفة الخواص بدرجة كافية أو في حالة استخدام الصخور في ظروف خدمة أوعوامل جوية قاسية وخاصة تلك التي تتعرض للانجماد وكذلك في المشآت ذات الكلفة المرتفعة.

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

الوسيلة الخامسة هي مضخات الخرسانة وتتكون مضخة الخرسانة في الغالب من حوض يستلم الخرسانة توجد في قاعدته فتحة تؤدي الى اسطوانتين يتحرك فيهما مكبسان يدفعان الخرسانة الى خرطوم فولاذي او مطاطي ويوجد صمام رجوع يمنع رجوع الخرسانة. يثبت الخرطوم على رافعات خاصة لها قابلية الحركة افقيا وعموديا لتوجيه فوهة الخرطوم وتتراوح اقطار الخراطيم بين 80-180 ملم وعموما لا يقل قطر الانبوب عن ثلاث مرات اقصى مقاس للركام الخشن. تتميز المضخات بانتاجيته العالية وامكانية نقل الخرسانة الى مسافات كبيرة افقية وعمودية وتكون بنوعيات ثابتة او ذات اطارات او محمولة على شاحنة كما مبين في الشكل. يتطلب ضخ الخرسانة مزجات ذات قابلية تشغيل جيدة وتفضل المزجات الغنية بمحتوى السمنت. لا تفضل المزجات عالية الليونة (اكثر من 100 ملم هبوط) ولا المزجات التي يزيد المقاس الاقصى للركام على 35 ملم. تتاثر قابلية الضخ بعدد من العوامل منها تدرج الركام ونوعيته بالاضافة الى سعة المضخة نفسها.

4- وضع الخرسانة ورصها:- توضع الخرسانة في محلاتها في القوالب واحيانا بدون قوالب كما في الاسس الجدارية ويتم رص الخرسانة للحصول على الامور التالية:

- تجانس الخرسانة ومنع الانعزال.
- اعطاء الشكل المطلوب بدقة وانهاء السطوح حسب المواصفات الفنية

- انتاج خرسانة ذات محتوى ادنى من الفجوات واعلى كثافة ممكنة.
- اكمال وضع الخرسانة ورصها ضمن الفترة الزمنية المناسبة قبل بدا التماسك الابتدائي.
- اعطاء ربط جيد مع الخرسانة المنفذة سابقا.
- المحافظة على خواص الخرسانة عند الصب وبعده من تاثير القوالب او التربة او غيرها من المواد التي تلامسها.

يجب ان تكون القوالب نظيفة وذات رطوبة مناسبة لمنع الامتصاص او التشوه ان كانت خشبية ويجب ان يكون فولاذ التسليح نظيفا من الصدا ومثبتا بصورة جيدة تضمن ثباته اثناء وضع ورص الخرسانة. عند صب الخرسانة بدون قالب كما في الاسس فلا يجوز وضع الخرسانة فوق التربة الرخوة بل يجب رص التربة وتسويتها ورصفها بطبقة من كسر الطابوق او الحصى او الحجر المكسر بسمك لا يقل عن 70 ملم وتوضع طبقة من السمنت والرمل بنسبة 5:1 او اكثر لملئ الفراغات وتقليل امتصاص الماء. عند وضع حديثة فوق خرسانة مصبوبة سابقا فيجب ان لا تسبب عملية الوضع والحركة والاهتزاز الناتج عنها اي اذى للخرسانة المصبوبة قبلا اذا كانت غير متصلبة بدرجة كافية. يجب تنظيف سطح الخرسانة المصبوبة سابقا وازالة كافة الاتربة وازالة وتكسير كافة اجزاء الخرسانة الرخوة من السطح او الركام البارز في الوجه وترك وجه الخرسانة نظيفا وخشنا وصلدا. يغسل سطح الخرسانة ويوضع عليه شربت كثيف من مونة السمنت ورمل بنسبة 1:1 بسمك 1 سم وبنسبة ماء/ سمنت مقاربة للمزجة الخرسانية قبل وضع الخرسانة الجديدة مباشرة. لوضع الخرسانة بصورة سليمة تحقق الاهداف المذكورة سابقا يجب اتباع الملاحظات التالية:-

- وضع الخرسانة في القوالب قبل 30 دقيقة من اكمال المزج في الجو البارد او 20 دقيقة في الجو الحار والرص قبل مضي 40 دقيقة في الجو البارد او 30 دقيقة في الجو الحار.
- تفريغ الخرسانة بهدوء في محلها وعدم اسقاطها بقوة يؤدي الى اهتزاز القالب وعدم تكديس الخرسانة في موضع واحد بل توزيعها بانتظام.
- لا يجوز رمي الخرسانة من ارتفاع 1.5 م لانه يؤدي الى انفصال مكونات المزجة. في الاعمدة والجدران يجب عمل فتحات وسطية لصبها وعمل سواقي بميل 1عمودي 3 افقي عند صب الخرسانة في مناطق منخفضة كالاسس والسراديب العميقة.
- وضع الخرسانة بطبقات افقية في حالة كون الصبة سميكة لا تزيد سمكها عن 30 سم مع الرص واكمال صب الطبقة التالية قبل بدء التصلب مع

ملاحظة تغلغل الخرسانة في المناطق الضيقة وبين التسليح. في الجدران الخرسانية كصوامع الحبوب او المنشآت تحت الماء توزع الخرسانة افقيا على كل الجدار بارتفاع 1.5 م صيفا و 1 م شتاءا وبسرعة تحاشيا لزيادة الضغط على الخرسانة قبل تصلدها بدرجة كافية.

- لا يتم صب الخرسانة تحت المطر لانه يسبب رداءة نوعية الخرسانة في الوجه العلوي واضعاف ترابطها مع حديد التسليح الذي في الاعلى.
- صب الخرسانة بحذر فوق السطوح المنحدرة. عندما يكون الانحدار قليل يتم الصب من الاسفل الى الاعلى مع الرص على ان تكون ليونة المزجة مناسبة. في الانحدار الكبير يستعمل قالب في الوجه العلوي تحسبا لجريان الخرسانة نحو الاسفل اثناء الرص.
- في الجدران والاعمدة عند صبها بصورة مستمرة يفضل عمل المزجات في الطبقات العلوية بنسبة ماء /سمنت اقل من السفلية لان نزف الماء يساعد في اعطاء قابلية تشغيل اضافية مما يحسن من نوعية الخرسانة الناتجة.
- لا يجوز صب الاجزاء الافقية كالسقوف والجسور المستندة على اجزاء خرسانية عمودية كالجدران والاعمدة قبل مضي 3 ساعات من صب الاخيرة تحاشيا للشقوق التي يسببها هبوط السطح العلوي لها بسبب الانكماش وتسرب ماء المزج وتبخره.

رص الخرسانة:

ينفذ الرص اليدوي بواسطة قضبات حديدية او اوتاد خشبية تطعن في داخل الخرسانة ويمكن رص وجه الخرسانة بالمدقات اليدوية في بعض الحالات التي تكون المزجة فيها جافة. قد تستعمل المطارق لرص الخرسانة في الاعمدة ومانعات الشمس وغيرها لتسهيل انتشار الخرسانة ولا يعتبر الرص اليدوي من الاساليب الكفوءة ويمكن استبداله بالرص الآلي الذي يكون بالوسائل التالية:

-الرص بالهزازات: وهو الاكثر انتشارا ويكون مصدر الاهتزاز محور مثقل يدور بصورة لا تمركزية وبتردد اكثر من 4000 مرة في الدقيقة وتدار بمحركات تعمل بالبنزين او الديزل او الكهرباء. ويوجد عدة انواع من الهزازات مثل **هزازات داخلية** غاطسة في الخرسانة كما في الشكل ادناه

وتتكون من محرك وخرطوم ناقل للاهتزاز مثبت في نهايته اسطوانة معدنية متذبذبة. تغمر الاسطوانة المعدنية بقطر حوالي 30 ملم في الخرسانة لنقل الاهتزاز اليها. يستعمل هذا النوع من الهزازات في معظم حالات الصب عدا المقاطع الضيقة والصغيرة جدا. النوع الثاني هو **الهزازات السطحية** والتي تستعمل لرص وانهاء الطبقة العلوية من الخرسانة وخاصة في خرسانة الطرق والتبليط. النوع الثالث هو **الهزازات القالبية** وهي التي يمكن ربطها او توجيهيها نحو القالب في حالة عدم امكانية استعمال النوع الاول بسبب ضيق المقاطع كما في الاعمدة الضيقة. النوع الرابع هو **طاولات اهتزاز** وهي عبارة عن طاولات معدنية متصلة بالجسم المتردد الذي يسبب اهتزاز سطح الطاولة بتردد عال. يستعمل هذا النوع في رص الخرسانة في معمل انتاج الكاشي وفي مختبرات الخرسانة وغيرها.

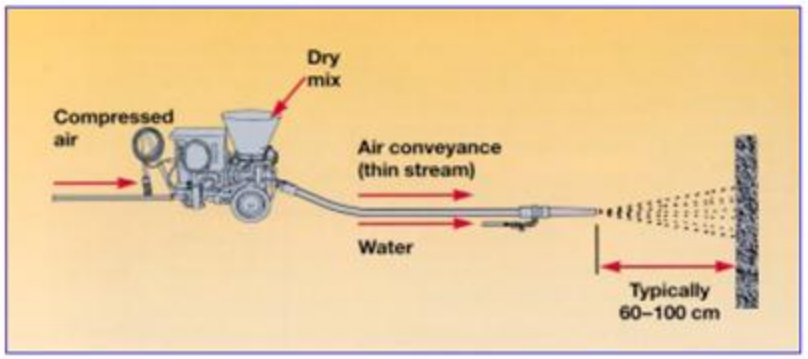
- الرص بالكبس الهيدروليكي: ويكون بتسليط ضغط هيدروليكي بواسطة مكابس خاصة على سطح الخرسانة الموضوعة في قوالب معدنية متينة قد مصحوبة باهنزازات. يستعمل في انتاج البلاطات والكاشي والكتل الخرسانية.
- الرص بالمطارق الالية: يستعمل عند رص الخرسانة في بعض انواع الركائز حيث تقوم المطارق بدق الخرسانة مباشرة او من خلال صفيحة معدنية عند تشكيل قاعدة الركيزة.

5- انهاء الخرسانة :- يعدل سطح الخرسانة بعد اكمال الرص بالمنسوب المطلوب وينهى حسب الرغبة كان يكون صقيلا او خشنا تستعمل المعدات اليدوية عادة في الانهاء ويحدد سمك الصبة باستعمال المسطرة او باستعمال مناسيب بجهاز الليفيل او الثيودولايت.

<u>اساليب خاصة في وضع الخرسانة:</u> تتبع في بعض الحالات اساليب خاصة في وضع الخرسانة لعدم ملائمة الطرق التقليدية ومنها:-

- **اسلوب الضخ بالهواء المضغوط:** ويستعمل في حالات اصلاح الخرسانة المتضررة وفي اعمال تبطين الانفاق وقنوات الري وفي صب المنشآت القليلة السمك كالقشريات. تضخ الخرسانة داخل خرطوم تحت تاثير تيار هوائي سريع بضغط حيث ترذ الخرسانة من خلال فوهة (Nozzle) بقوة الى السطح المراد وضع الخرسانة عليه. يمكن استعمال مونة سمنت ورمل فقط او خرسانة ذات سمنت ورمل وركام خشن بمقاس اقل من 18 ملم كما مبين في الصورة. تتصف الخرسانة الناتجة بقوة جيدة وبانكماش عال وضعف بالترابط مع الطبقة التي تحتها ان كانت غير خرسانية.
- **اسلوب صب الخرسانة بالحقن:** يستخدم في حالات اصلاح الخرسانة المتضررة وفي اعمال التبطين وفي صب الخرسانة تحت الماء. يرص الركام

لوحده في القوالب اولا ثم يبلل او يغمر بالماء ثم تضخ المونة لملئ الفجوات بين الركام. تتميز الخرسانة الناتجة بقوة جيدة وبانكماش ضئيل جدا او معدوم فعليا. يجب تصميم القوالب لمقاومة الضغط العالي المسبب عن عملية الضخ.



- **صب الخرسانة تحت الماء:** في حالة الاضطرار الى ذلك يستخدم القمع وهو انبوب عمودي تكون نهايته السفلى في موضع الصب والعليا فوق سطح الماء متصلة بقمع كبير تصب الخرسانة فيه. يغلق فوهة الانبوب من الاعلى بقطعة قماش ثم يملأ القمع بالخرسانة وتدفع نحو الاسفل حيث يزيح القماش الماء عن طريق الخرسانة ثم تفرغ الخرسانة بهدوء. لا يجوز صب الخرسانة اذا كان الماء سريع (اكثر من 3 متر/ دقيقة).

6- الانضاج: هي تمكين السمنت بعد صب الخرسانة ورصها من تفاعله مع الماء وتصلده للوصول الى التحمل المطلوب. ان كمية الماء في المزجات الخرسانية اللازمة لاعطاء قابلية تشغيل مناسبة هي اكثر من حاجة السمنت لاكمال تفاعله لذا فان اية عملية تساعد في منع او تقليل تبخر الماء من الخرسانة الطرية لمدة مناسبة تعتبر انضاجا. من الاساليب المتبعة في الانضاج هي :

- **الرش المستمر بالماء:** هذا الاسلوب متبع للسطوح العمودية والافقية ويحتاج الى عمال ومصدر ماء مستمر. في الخرسانة السابقة الصب يتم ربط شبكة انابيب ثابتة.
- **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.

- **التغطية بطبقة مبللة من التراب او الرمل:** تغطى السطوح الافقية كالسقوف والارضيات والتبليط بطبقة من الرمل او التراب سمك 5 سم ويتم تبليلها بالماء باستمرار. تساعد هذه الطريقة في وقاية الخرسانة من تاثير الشمس والرياح القوية ولكنها غير مرغوبة بسبب الكلفة وصعوبة التنظيف السطح.
- **التغليف بالاغطية البلاستيكية:** يتم ترطيب السطوح الخرسانية بالماء ومن ثم تغطى من جميع الجهات بغشاء من البلاستك لمنع بصورة كلية. تساعد هذه الطريقة في وقاية السطوح الافقية من تاثير الشمس والرياح بدرجة ما اذا كان الغشاء غير شفاف وذو لون فاتح.
- **التغليف بالقماش الماص:** تغلف الاوجه العمودية للخرسانة بقماش ماص للماء مثل الجنفاص او الشاش مع الترطيب باستمررا خاصة في الاعمدة وجوانب الجسور التي يصعب انضاجها بالطرق الاخرى حيث تؤمن تقليل والوقاية من تاثير الشمس والرياح.
- **الطلاء بالمواد الخاتمة للمسام:** بعد تصلب الخرسانة تنظف وتبلل بالماء ثم تطلى سطوحها الخارجية بمواد اسفلتية او كيمياوية خاتمة للمسام. تفضل عندما تكون كلفة استعمال الماء مرتفعة الا انه غير مرغوب فيه طلاء السطوح في الحالات التي يستوجب انهاء معينا للخرسانة حيث يصعب ازالة هذه المواد. تستعمل هذه الطريقة ايضا على زيادة مقاومة سطح الخرسانة لتاثير الاملاح.
- **الانضاج بالبخار:** هي وسيلة للانضاج المعجل حيث تعرض الخرسانة الى تاثير البخار تحت ضغط جوي اعتيادي ويفضل في الخرسانة سابقة الصب. ان رفع درجة الاحرارة عند الانضاج يؤدي الى تحسين المبكر للخرسانة ولكن ذلك قد يؤدي الى الى خفض التحمل النهائي(بعد 14 يوم او اكثر) مقارنة مع التحمل بالانضاج التقليدي بالماء تحت درجة حرارة اعتيادية.

يعتبر مفعول الانضاج بالبخار تحت ضغط اعتيادي في خواص الخرسانة مشابها لمفعول الانضاج بالماء في ذات الحرارة الا ان للانتاج بالبخار تحت ضغط مرتفع تاثير مختلف في التفاعلات السمنية يؤدي الى تبديل في خواص الخرسانه وكالاتى:

- زيادة في التحمل المبكر للخرسانة حيث يمكن الحصول في يوم واحد على تحمل يعادل ما يمكن الحصول عليه في 28 يوم بالماء ولا يحصل هبوط في التحمل النهائي حيث يتساوى مع تحمل الخرسانه المنتجه بالماء على عمر سنة.
- زياده في دوام الخرسانه حيث تتحسن مقاومة الخرسانة لتاثير الانجماد والذوبان ويقل التزهر وتزداد مقاومتها لتاثير الكبريتات وبعض المواد الكيميائيه الضاره.
- تقليل انكماش الجفاف والحركات البعدية بسبب الرطوبة.
- يقل تحمل الربط مع فولاذ التسليح الى النصف تقريبا لذا لا يفضل الانضاج تحت ضغط مرتفع في الخرسانه المسلحه والسابقه الاجهاد.
- تكون الخرسانه اكثر هشاشه ولون السطوح الخرسانية فاتحا.

ملاحظات عامة حول الانضاج:

1- لا يجوز البدء با نضاج الخرسانة قبل تماسك السمنت وبدء التصلد بدرجه كافيه بحيث لا تتاثر نوعيه الخرسانة بصورة سلبية.

2- يجب المباشره بالانضاج باسرع وقت ممكن بعد ملاحظة ما جاء في (1) ولا يجوز ترك السطوح الخرسانيه لتجف لفتره ثم يباشر بانضاجها.

3- يجب الاستمرار بالانضاج لحين حصول الخرسانة على تحمل مقبول وفي حاله الانضاج بالماء تكون الفترة عادة بين 7 - 14 يوم تبعا لدرجات الحراره ورطوبة الجو.

4- في الحالات التي لا يمكن انضاج الخرسانة فيها بصورة جيدة لسبب او لاخر فيفضل ابقاء القوالب دون نزعها لفترة اطول للمحافظه على ماء المزجة اطول فتره ممكنه ويفضل رش القوالب الخشبيه من الخارج لمنع تقلصها الذي يسبب زياده تبخر ماء الخرسانة بسبب توسع المفاصل.

5- يجب ان يكون الماء المستعمل ذا نوعيه مناسبة وخالي من الاملاح بدرجة مقبولة بحيث لا يؤثر في خواص الخرسانة او يلوثها في بعض الحالات.

اعمال الخرسانة في الجو الحار:

1- ازدياد كميه الماء اللازمة لاعطاء ليونة او قابلية تشغيل معينه للخلطة وازدياد سرعة وكمية التبخر من ماء الخلطة.

2- تناقص قابلية التشغيل في الخرسانة الطرية بصورة سريعة وازدياد سرعه تماسك الخرسانة.

3- صعوبة السيطرة على كمية الهواء المفقعه في الخرسانة الطرية ويكون نقل ووضع وانهاء وانضاج الخرسانة اكثر صعوبة من الاحوال الاعتياديه.

4- ازدياد التبدلات البعدية عندما تبرد الخرسانه وزياده احتمالات التشقق.

5- تقليل تحمل الخرسانة النهائي بالرغم من التحسن الذي يحصل على التحمل المبكر.

6- تقليل دوام الخرسانة وزياده نفاذية الخرسانه وتقليل الرابط بين الخرسانة وقضبان التسليح وازدياد احتمال صدأ قضبان التسليح.

التدابير الواجب اتخاذها عند الصب في الجو الحار:

1- استعمال الماء البارد او المبرد لخفض درجة حرارة الخرسانة و يكون تاثيره واضحا، او استعمال الثلج مع او بدلا من الماء يكون اكبر تاثيرا في خفض درجة الحرارة بسبب الاستفاده من الطاقة الحرارية الكامنة للانصهار. يرمي الثلج مباشره في الخلاطه للحصول على اقصى تبريد ممكن وفي هذه الحاله من الضروري الاستمرار بخلط الخرسانه لحين التاكد من انصهار الثلج.

2- لا يفضل استعمال السمنت الساخن حديث الطحن في انتاج الخرسانة.

3- من الممكن استعمال المضافات المبطئة حيث تعمل هذه المضافات على ابطاء او تقليل تعجيل تفاعل السمنت بتاثير ارتفاع درجات الحرارة.

4- خفض درجة حرارة الركام وذلك اما بحفظه في محلات مضلله او تبريد الركام الخشن برشه بالماء على ان يكون ذلك بتوزيع منتظم على جميع الركام بحيث تكون رطوبة سطح الركام متجانس في مختلف مواضع الخزين.

5- تقليص مدة خلط الخرسانة اقل فترة مناسبة تضمن التجانس المطلوب وتجنب خلط المواد وهي جافة بحيث يكون السمنت ساخنا بحيث تتكون كرات السمنت التي تحدث نتيجة تماس كميات كبيرة من الماء مع كميات كبيره من السمنت.

6- تقليل الفترة الزمنية بين مزج ووضع الخرسانة لاقل ما يمكن حيث ان حرارة اماهة السمنت وبالتالي ارتفاع درجه الحرارة يزداد مع مرور الوقت.

7- عمل مضلات لخفض درجة حرارة القوالب والتسليح ولحماية الصبة الخرسانية وكذلك عمل مصدات للرياح عند الحاجة لتفادي سرعة جفاف الخرسانة وتشقق سطحها. تضبيب كافة المعدات كالخلاطات والاحزمة الناقلة ومضخات الخرسانة وانابيب ضخ الخرسانة بقماش مبلل باستمرار.

8- تقليل التبخر برذ الماء وذلك قبل وبعد انهاء سطح الخرسانة الا انه يحذر من رذ الماء بكثرة مما يسبب اغتسال السمنت من سطح الخرسانة.

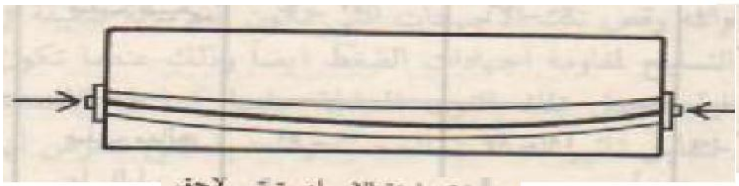
9- مسح الطبقة السطحية للصبة الخرسانة باستعمال المالج لمنع حصول الشقوق الشعرية وفي حالة حصول تلك الشقوق يمكن لثمها بطرق السطح على جهتي الشق بمالج مناسب ولا فائدة من اضافة سمنت فوق سطح الخرسانة.

10- الانضاج بالتبليل المستمراو الغمر بالماء ان امكن وهذا افضل. لا يفضل استعمال مركبات الانضاج في الجو الحار وتحت الشمس مباشرة. يجب ان تبقى القوالب مبللة بعد وضع وانهاء الخرسانة وان ترخى القوالب باسرع ما يمكن بحيث لا يؤثر على تحمل ونوعية الخرسانة وبعد فك القوالب يستمر الانضاج مع التغليف بالقماش للاجزاء التي لا يمكن انضاجها. يفضل ترك الاغطية وهي جافة لمدة 4 ايام لتسهيل جفاف الخرسانة تدريجيا.

انواع الخرسانة: تقسم الى ثلاث انوا ع:-

أ- تقسيم من حيث التسليح: تكون الخرسانة اما مسلحة (reinforced) او غير مسلحة (Plain). تستعمل الخرسانة غير المسلحة في الحالات التي لا تتجاوز الاجهادات الفعلية الحد المسموح لتحمل الخرسانة وذلك في بعض الاسس والارضيات والمماشي والطرق والبلاطات والكاشي.

الخرسانة المسلحة تستعمل في حالة تجاوز الاجهادات الفعلية الحد المسموح لتحمل الخرسانة وخاصة في الحالات التي يتولد عنها اجهادات شد بانواعه وقص وتلك الاجهادات تكون الخرسانة ضعيفة في تحملها. لذا يستعمل حديد التسليح لمقاومة تلك الاجهادات ويوضع الحديد قبل صب الخرسانة حسب تصميم معين بموجب مدونات وحسابات خاصة وبذلك تكون خرسانة ذات تسليح اعتيادي. يمكن استعمال الصلب لتسليط اجهادات معينة على الخرسانة قبل التحميل الامر الذي يمكن من زيادة قابلية الجزء الخرساني لمقاومة احمال اكبر وهو ما يعرف بالخرسانة السابقة الجهد. تنفذ الخرسانة سابقة الجهد بطريقتين الاولى هي **التوتير السابق (Pre-tension)** حيث يتم سحب القضبان الفولاذية وربطها ثم تصب الخرسانة وبعد تصلبها بدرجة كافية يتم قطع القضبان لتسلط ضغط على الخرسانة في مواقع القضبان. الطريقة الثانية هي **التوتير اللاحق (Post-tension)** حيث يتم صب الخرسانة وبعد تصلبها بدرجة كافية يتم مد القضبان الفولاذية خلال انابيب ثم يتم سحبها وتثبيتها ومن ثم يتم حقن المسارات بمونة الاسمنت لوقاية القضبان لتسلط ضغط على الخرسانة في نهايات الجزء الخرساني لذا يجب وضع صفائح معدنية خاصة لمنع سحق الخرسانة.



خرسانة سابقة الاجهاد بتوتير لاحق

خرسانة سابقة الاجهاد بتوتير سابق

ب- تقسيم من حيث الكثافة: الخرسانة **بكثافة معتدلة** وتكون كثافتها بين 2.1- 2.5 طن /متر مكعب **والخرسانة واطئة الكثافة (الخفيفة)** وتكون كثافتها بين 0.4- 1.9 طن /متر مكعب والتي تنتج باستعمال الركام الخفيف الوزن مثل البركاني والركام المصنع من الطين وركام خبث الفرن العالي المنفوخ والركام العضوي الخفيف مثل نشارة الخشب وغيرها ويمكن انتاجها ايضا باسلوب الخرسانة المهواة باستعمال مضافات خاصة او باستخدام خرسانة بدون ركام ناعم. النوع الثالث من الخرسانة هو **الخرسانة عالية الكثافة (الثقيلة)** وتكون كثافتها بحدود 3.2 طن /متر والتي تستعمل في منشآت خاصة كالمفاعلات الذرية وغرف الاشعة.

ج- تقسيم من حيث اسلوب التنفيذ: وهو اما **صب موقعي** اي تعمل الخرسانة كاملة في موقع المشروع **وسابقة الصب** اي تصب في معامل خاصة مثل الكاشي والهياكل ووحدات السقوف وغيرها ومن امثلة المنتجات السابقة الصب القياسية هي الكاشي الموزائيك والسادة والانابيب الخرسانية وبلاطات الكاشي واعمدة الاناءة والتلفون واعمدة الاسيجة والهياكل الجاهزة ووحدات السقوف للفضاءات الكبيرة والوحدات البنائية الجاهزة

اعمال الاسس

الاساس هو ذلك القسم من المنشأ الذي يشيد عادة تحت مستوى الارض الطبيعي وعلى عمق معين وبمواد مختلفة منها الخرسانة المسلحة وغير المسلحة والطابوق والحجروالحديد تقوم وظيفتهاعلى نقل احمال المنشأ الى التربة الساندة لتحمل تلك الاحمال.

عمق الاساس:

يتحدد عمق الاساس على العوامل التالية:

1- طبيعه التربه وطبقاتها الصالحة بتحمل احمال المنشأ.

2- حالات الطقس وتعرض الاسس الى تاثيرات الانجماد والتمدد والتقلص لذا يتطلب بناء الاسس على عمق لا يقل عن 30 سم لحمايتها من هذه التاثيرات.

3- مستوى الماء الجوفي وجعل الاسس فوق هذا المستوى لتجاوز الصعوبات الانشائية عند التنفيذ.

4- موقع الاساس من البناء ذو خدمات معينه كسرداب او ملجأ او محل وقوف سيارات خاصه وغيرها.

5- اسس الابنية المجاورة والاحمال التي تنقلها وتاثيرها على تحديد عمق الاسس الجديدة.

6- عمل الاسس بعمق لا يؤثر على الاشجار التجميليه التي يرغب ببقائها.

7- وجود خدمات البنى التحتية كالمجاري وشبكات الاسالة والصرف الصحي والكهرباء والاتصالات.

طبيعة التربة وعلاقتها بالاسس:

يتطلب قبل المباشرة بأي تصميم بنائي هو التعرف على خواص التربة التي تحت الاساس لغرض تحديد نوع الاساس المناسب لاسناد احمال البناء من قبل مختبر هندسي متخصص لأخذ عينات من التربة وعلى اعماق متعددة حسب حجم المنشأ لمعرفة خواص للتربة الفيزياوية والكيمياوية والميكانيكية والتركيب الجيولوجي لها ومن ثم اعداد تقرير متكامل يمكن المصمم والمنفذ من اداء مهامهما. تصنف الترب الى ثلاثة اصناف رئيسية حسب حجم الحبيبات وهي: وهي الطينية (Clay soil) اوالرملية (sand Soil) او بنوعيات متمازجة اخرى.

تصنف التربه ايضا بالنسبه لتحملها الى نوعين اساسيين بغض النظر عن طبيعتها ونسب مكوناتها وهما :

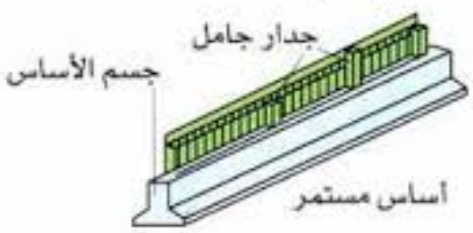
1- التربه غير قابله للانضغاط وتشمل التربة الصخرية ذات التحمل العالي. 2- التربه قابله للانضغاط وتشمل جميع انواع التربة غير الصخرية.

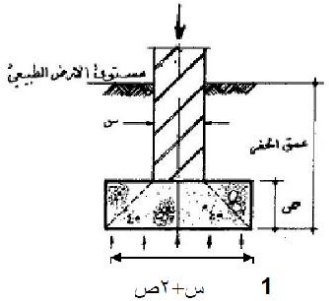
انواع الاسس:

تستعمل في البناء انواع عديدة من الاسسس كل حسب ملائمتها لطبيعة التربة واهم انواع الاسس:

1- الاساس الجداري:

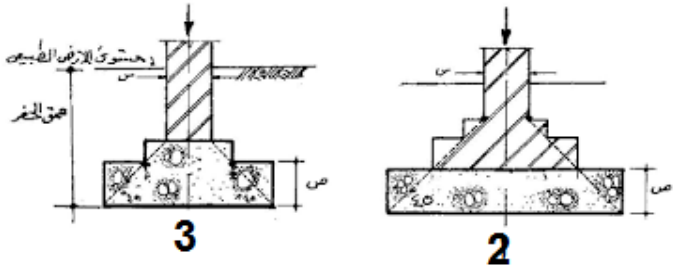
ويستخدم هذا الاساس عادة مع الجدران الحاملة ويعمل من الخرسانة الاعتيادية والمسلحة او من الطابوق المصخرج ومونة السمنت ، ينتقل الحمل بالاساس بمسار الاجهاد القصي ذو الميل 45 درجة مع الافق. وبهذا يكون عرض الاساس الذي سمكه (ص) وعرض الجدار (س) هو (س+ 2ص) كما مبين في الشكل (1) على ان لا تقل قيمة (ص) عن الحدود الدنيا من مدونة معهد الخرسانة الامريكي(20 سم) للاساس غير المسلح و(15 سم) للاساس المسلح.





قد يكون عرض الاساس بموجب التصميم اكبر من (س+ 2ص) وذلك لنقل الاحمال الى التربة بضمن حدود تحملها، يمكن في هذه الحالة عمل الاساس الجداري احدى الطرق التالية :

أ- عمل تدرج في الجدار الحامل كما في الشكل (2) او الاساس الخرسانى كما فى الشكل (3) بحيث يبقى مسار الاجهاد القصي المرسومين من طرفي التدرج ضمن عرض الاساس المطلوب.

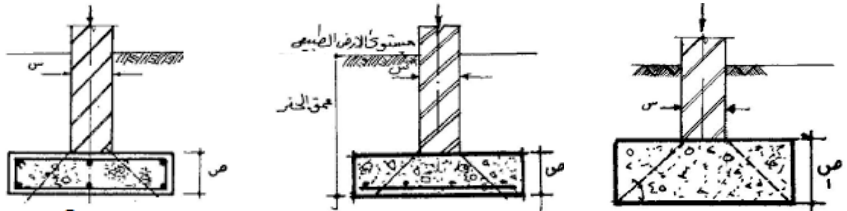


ب- زيادة سمك الاساس كما في الشكل (4) بحيث يتحدد التقاء مسار الاجهاد القصي المرسوم من حافة الجدار مع طرفي الاساس.

ج- استعمال حديد تسليح انشائي بدون تغيير سمك الاساس كما في الشكل (5).

يتطلب اضافة تسليح بطبقة واحدة بالاتجاه العرضي وفي القسم السفلي

ولضمان عمل الاساس كوحدة واحدة يتطلب اضافة تسليح بالاتجاه الطولي،



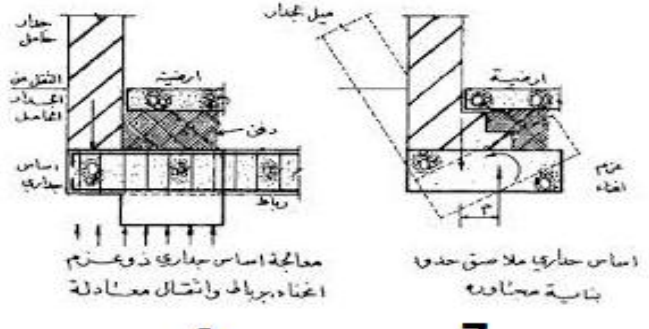
6 5 4

ويستلزم احيانا اضافة التسليح بطبقتين للوجهين العلوي والسفلي كما في الشكل (6) وذلك بالنسبة للحالات التي يتوقع حدوث النزول النسبي غير المنتظم او تولد عزوم انحناء في مواقع الاحمال المركزة او تحت مواقع الشبابيك او الابواب الكبيرة او لوجود مواقع دفن او حركة مياه جوفية تؤثر على الاسس مما يتطلب تقويتها باضافة التسليح المناسب.

تصمم الاسس الجدارية عادة لتحمل احمالا تمركزية من الجدران الحاملة بدون عزوم انحناء. عند وجود عزوم انحناء على الاسس التي وهذا يحدث في حالة اسس الجدران التي تلاصق حدود بناية مجاورة كما في الشكل (7) مما يتطلب معادلة العزوم المتولدة ويتم ذلك اما بعزوم طبقات الدفن فوق الاساس او رباطات من الخرسانة المسلحة او الفولاذ لنقل تأثير العزوم الى اسس الجدران المجاورة كما في الشكل (8)

الاساس الجداري المدرج:

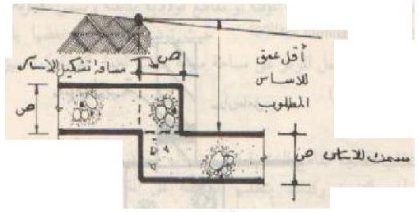
يستعمل الاساس الجداري المدرج عندما يكون الموقع ذا انحدار مما يجعل الحفر والدفن فوق الاساس بكميات كبيرة فيما ان اريد جعلها بمستوى افقي واحد. بموجب انحدار الموقع يمكن تحديد المسافة الافقية بين تدرج واخر كما في الشكل (9) ويفضل ان يكون تغييرمستوى الاساس في مواقع التدرج مساويا الى سمك الاساس ومسافة التشكيل مساوية الى هذا السمك كما في الشكل (10).



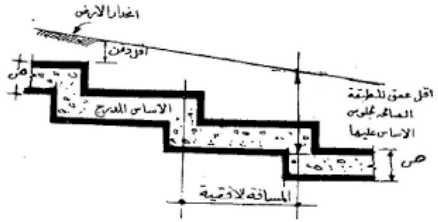
معالجة اساس جداري ذو عزم انحناء بربط وانتقال معادلة

اساس جداري ملاصق لحدود بناية مجاورة

8 7



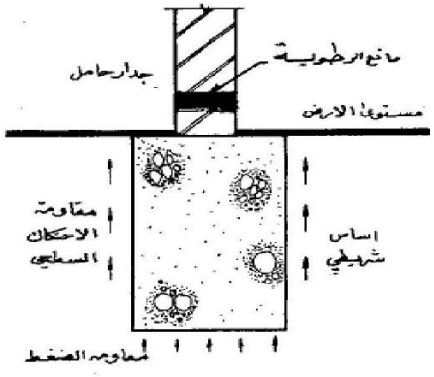
10



9

2) الاساس الشريطي:

يستعمل احيانا كبديل للاساس الجداري في المواقع التي يكون تحمل اجهاد قص التربة عاليا مما يمكن الاستفادة من تحمل الاساس الشريطي اثقاله بمقاومة الاحتكاك السطحي بينه وبين التربة وكذلك من مقاومة الانضغاط للتربة في قاعدته كما في الشكل ادناه .لا يفضل استخدامه في المناطق التي يوجد فيها مياه جوفية عالية وذلك لزيادة الكلفة بسبب كلفة سحب هذه المياه ليصبح غير اقتصادي بسبب كلفة سحب المياه طيلة مدة التنفيذ. يعمل الاساس من الخرسانة الاعتيادية غير المسلحة وبارتفاع يكفي لاعطائه مساحة سطحية كافية لمقاومة الاحمال المسلطة عليه.



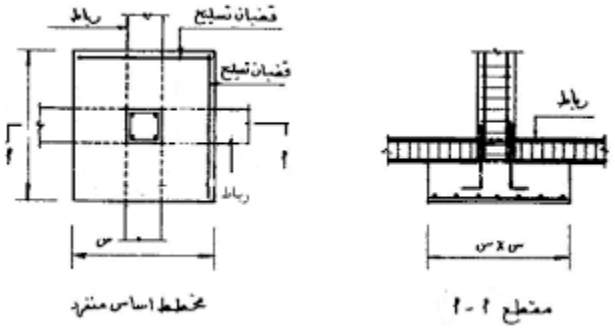
يمتاز بسرعة التنفيذ لكونه يعمل بمقطع وقالب واحد لذا فهو اقتصادي.

يعمل كحاجز لحركة الماء الجوفي بين طرفي الاساس ويعمل على تقليل تسريب الرطوبة الى اقسام البناء فوقه.

يستعمل كعتب عميق ذا مقاومة للنزول النسبي غير المنتظم ولعزوم الانحناء يفضل اضافة نسبة قليلة منالحديد الى مقطعه لتقويته لهذا الغرض.

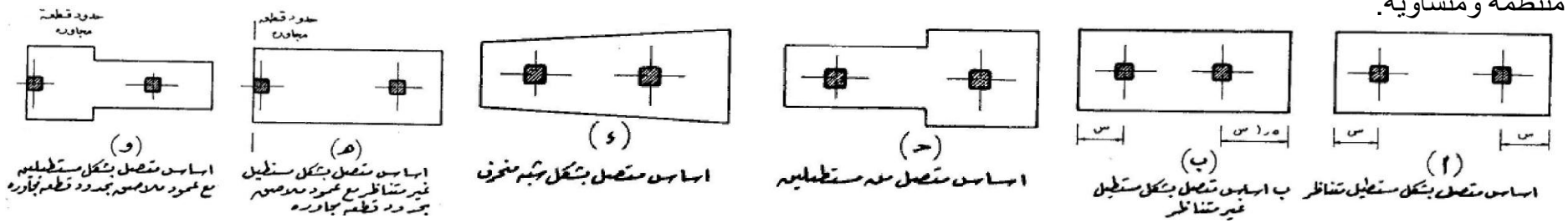
3) الاساس المنفرد:

يستعمل هذا الاساس لنقل حمل مركزي من عمود (column) او دعامة ويكون عادة بشكل مربع او مستطيل. تصمم الاسس المنفردة من الخرسانة المسلحة بموجب بنود المدونة. تضاف الى الاسس المنفردة في المواقع التي يتوقع فيها حدوث هبوط تفاضلي رباطات خرسانية تربط الاسس مع بعضها بأتجاه واحد او اتجاهين ويكون موقع الرباط اما بنفس مستوى الاساس او في قسمع العلوي.



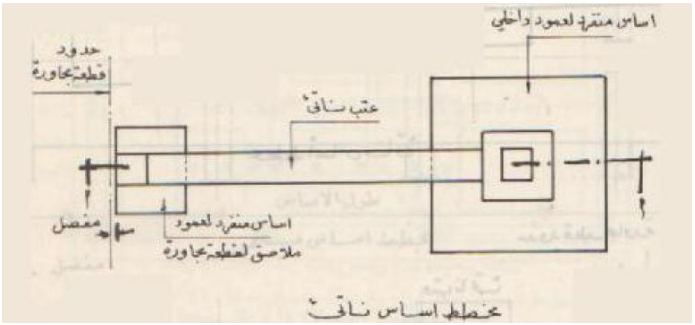
4) الاساس المتصل:

عبارة عن اساس منفرد يحمل ثقلين مركزين لعمودين متقاربينمن بعضهما ويكون بشكل مستطيل متناظر عند تساوي الثقلين المركزيين اويكون بشكل مستطيل غير متناظر او شبه منحرف عند تباين الثقلين او عندما يكون احد العمودين ملاصقا لحدود القطعة المجاورة. يتطلب عند تحديد شكل ومساحة الاساس جعل محصلة ثقل العمودين منطبقا على موقع محصلة رد فعل التربة للحصول على قوى تمركزية وتوزيع الاحمال على التربة بصورة منتظمة ومتساوية.

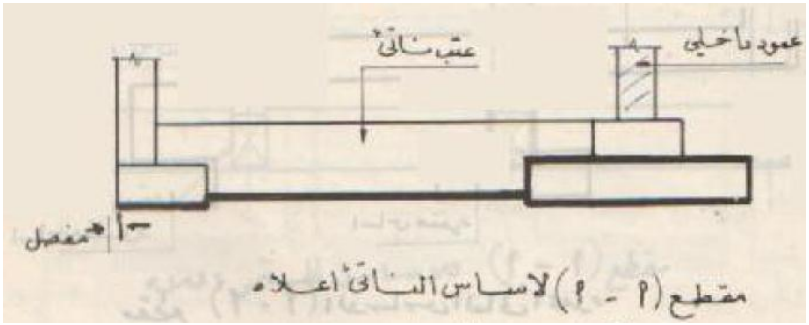


5) الاساس الناتيء:

وهو عبارة عن اساسين منفردين مرتبطين بعتب ناتئ من الخرسانة المسلحة. ينقل العتب الناتئ حمل العمود الخارجي الذي له اساس منفرد غير متناضر الى اساس العمود الداخلي المتناظر. يعمل الاساس الناتئ عندما يكون احد الاعمدة الخارجية ملاصق بحدود ابنية مجاورة مما يؤدي الى عدم توزيع اجهادات التربة بانتظام على الاساس الخارجي لذا يتطلب عمل عتب ناتئ يربط بين الاساسين الداخلي والخارجي لنقل الحمل الاساس الخارجي الى الداخلي كما موضح بالشكل ادناه.



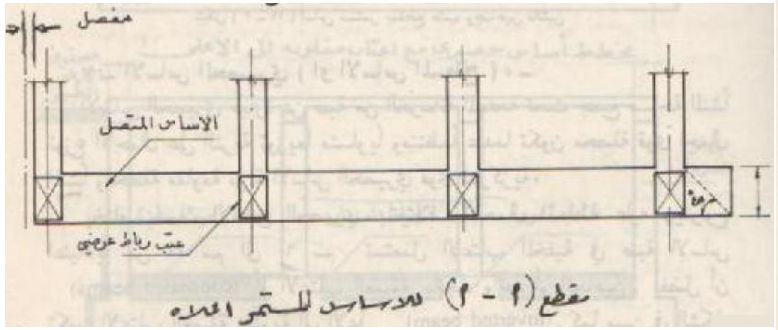
مخطط اساس ناتئ

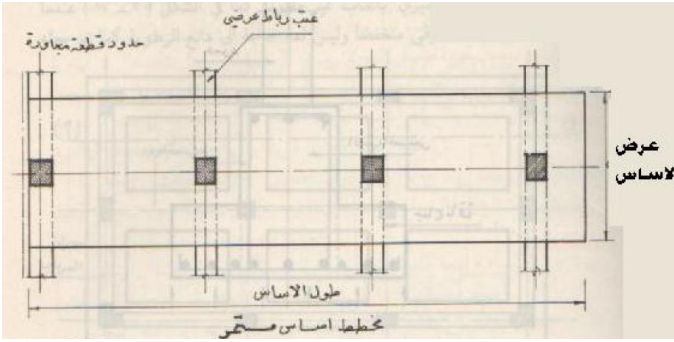


مقطع (أ - أ) لاساس الناتئ اعلاه

6) الاساس المستمر:

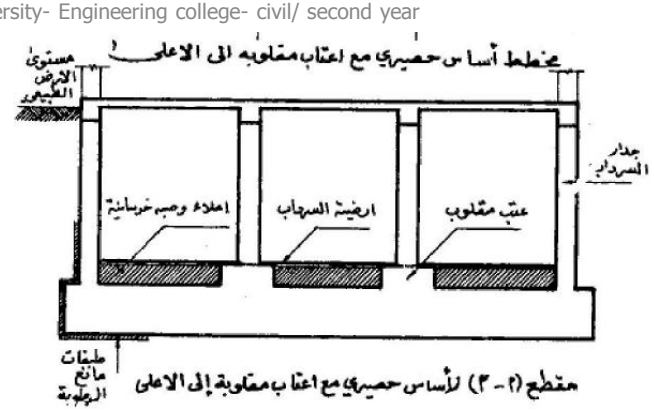
الاساس المستمر هو اساس لعدة اعمدة تقع على نفس المحور ويوزع الاثقال المركزة لهذه الاعمدة على مساحة مستطيلة الشكل ذات عرض ثابت وطول يساوي مجموع اطوال مراكز الاعمدة زائدا اضافة طول مناسب للطرفين او احدهما حيث لا يمكن اضافة طول في الطرف الذي يكون العمود ملاصق لحدود قطعة مجاورة. يمكن استعمال اساس مستمر من عتب وسطي او اجنحة ناتئة من الجانبين لزيادة التحمل. يجب صب الاساس المستمر دفعة واحدة لقسميه العتب والجناحين ليعملا كوحدة واحدة حيث لا يكون هنالك مفصل انشائي الذي يعتبر نقطة ضعف بالنسبة للاساس وعمله.



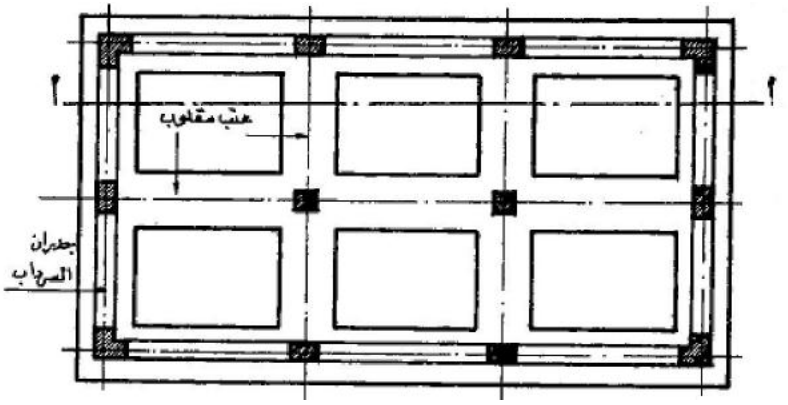


7) الاساس الحصيري:

وهو عبارة عن صبة من الخرسانة المسلحة تمتد تحت جميع مساحة المنشأ لتوزع الاحمال على التربة توزيعا متساويا ومنتظما عندما تكون محصلة قوى احمال المنشا ومحصلة مقاومة تربة الاساس قوى تمركزية واحدة. يختلف سمك الاساس الحصيري بأختلاف الاحمال المسلطة عليه ويتراوح من 20 سم الى 60 سم. تستعمل ألاعتاب المخفية مع الاساس الحصيري او الاعتاب العميقة المقلوبة الى الاعلى لتسهيل فرش طبقات مانع الرطوبة تحت الاساس عندما يراد الاستفادة منالاساس كأرضية سرداب في المواقع ذات المياه الجوفية المرتفعة او المتغيرة في مواسم السنة المختلفة. يستخدم الاساس الحصيري في المنشآت ذات الطوابق المتعددة ولاسيما عندما يراد عمل سرداب في الطابق السفلي للاستفادة منه لاغراض الدفاع المدني او مكان لمكائن التكييف المركزي او اشغاله كوقف خاص للسيارات.



مقطع (٢-٣) لأساس حصيري مع اعتاب مقلوبة إلى الاعلى

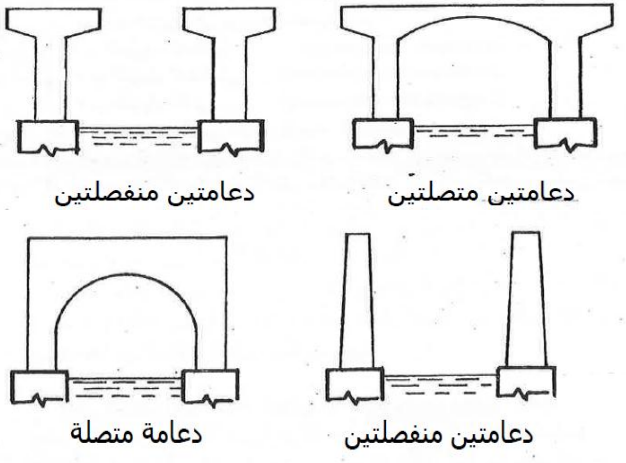


8) الاساس الطفو:

يستعمل هذا الاساس في الابنية الثقيلة التي لها مساحة موقع محدودة وتكون تربتها في الطبقات العليا ضعيفة لا تقاوم الاحمال المسلطة عليها مما يستوجب النزول عمقا الى مستوى التربة المناسبة التي يكون تحملها افضل من الطبقات العليا بحيث لاتزيد الاحمال الميتة والحية عن حدود تحمل التربة اوهبوطها المقبولين. قد تحدث مشكلة الانتفاخ في بعض المواقع التي تكون فيه التربة طينية بسبب رفع كميات كبيرة من التربة مما يتطلب الاسراع بتنفيذ الاساس لتقليل فرصة حدوث الانتفاخ. يستعمل هذا النوع من الاسس عند الضرورة فقط باعتبار ان كلفة انشائه عالية وله صعوبات انشائية عديدة منها تخص الحفريات العميقة ومنها تخص المياه الجوفية والتي تكون من العوامل المؤثرة.

9) اسس الدعامات pier foundations:

تتكون من دعامة او دعامتين او اكثر بمقاطع ذات اشكال مختلفة منها المربعة اوالدائرية اوالمستطيلة او البيضوية بالنسبة الى بعض المنشآت المائية كالسدود والجسور لكي يجري الماء انسيابيا عند الدعامة. تعمل الدعامات ذات المقاطع الكبيرة بفراغ للجزء ما فوق مستوى الماء لتقليل وزنها والاقتصاد في المواد الانشائية و تملأ احيانا بالحصى او الرمل عند الحاجة لذلك. يتطلب جلوس قاعدة الدعامات على طبقات التربة ذات التحمل العالي وثم ترفع الدعامات الى فوق مستوى الارض لنقل الاحمال من العتاب الى الارض. تستعمل اسس الدعامات عندما يتعذر استخدم الاسس الحصيرية او الركائز وعندما تكون مساحة قاعدة الدعامات بسعة كافية لتوزيع احمال الدعامات على طبقات التربة القوية. تكون الدعامات اما منفصلة او متصلة باشكال هندسية ذات طابع معماري مقبول. يتم صب الخرسانة تحت مستوى الماء باستخدام الضغط او باستعمال الالواح بعد سحب الماء.



10) اسس الركائز piles foundations: وسيتم التطرق لها في المحضرة اللحقة بشكل مفصل.

نزول الاسس:

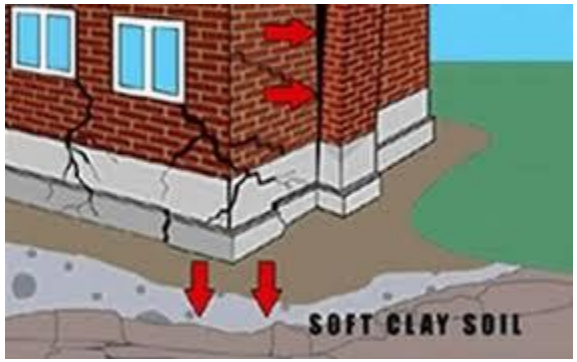
ان نزول الاسس حقيقة هندسية ومتوقعة بالنسبة الى معظم انواع التربة وذات اهمية بالغة بالنسبة الى سلامة المنشأ . وهو عبارة عن هبوط في التربة نتيجة الانفعالات داخل التربة بسبب الاجهادات المسلطة عليها من الاحمال من المنشا. يتاثر النزول كثيرا بالماء الجوفي ولاسيما عندما عندما يكون مستواه غير ثابت بل يتغير خلال مواسم السنة. يصنف النزول الى عدة انواع اهمها:

1- النزول المنتظم (uniform settlement) وهو النزول الذي يحدث في جميع اقسام الاساس وبنفس المقدار. لا يسبب هذا النزول اي ضررعلى سلامة المنشا ان كان مقداره بضمن الحدود المقبولة وحسب نوعية المنشأ واستخداماته.

2- النزول التفاضلي (Differential settlement) وهو النزول الذي لايكون متساويا في جميع اقسام الاساس وعندما يكون مقداره كبيرا قد يسبب اضرارا في المنشأ منها حدوث بعض التصدعات في الجدران او ميلان بعض اجزاء المنشا او تلف بعض التراكيب بالمبنى كالابواب والشبابيك.

3- النزول الاني (Immediate settlement) وهوالنزول الذي يحدث خلال فترة زمنية قليلة اثناء الانشاء وتسليط الاحمال ويكون معظم النزول واضحا في الترب ذات التركيب الحبيبى كالرملية والحصوية. غالبا ما تنفذ اعمال الانهاء بعد استنفاذ معظم النزول الاني لذا يكون احتمال حصول التشققات قليلا على التربة الحبيبية.

4- النزول الكلي (Total settlement) وهو النزول النهائي بعد مضي فترة زمنية طويلة تعتمد على عوامل عديدة منها نوعية التربة ومقدار الاحمال ومستوى المياه الجوفي وغيرها. ويكون النزول المؤثر تصميميا لهذا النوع من الهبوط في الترب ذات التركيب المتماسك كالترب الطينية.



الاهتزازات في الاسس:

الاهتزازات التي تؤثر على الاسس هما على نوعين

1- الاهنزازات الزلزالية: والتي تحدث بسبب قوى افقية تنتقل في طبقات الارض وتؤثر على الاسس بشدة تتناسب مع شدة الاهتزازات الزلزالية مما يتطلب تقوية الاسس وربط اقسامها برباطات باتجاهين. وكذلك يتطلب تقوية الابنية العالية والهياكل باستعمال جدران القص الخرسانية وزيادة سمك الارضيات وابعاد اجزاء الهيكل لتامين متانة كافية لمقاومة الاهتزازات عند وقوعها.

2- الاهنزازات الناتجة من تشغيل مكائن ثقيلة في الارضيات ويمكن معالجتها بعمل مفاصل تعزل اسس وقواعد المكائن عن اسس وارضيات المنشأ. تستعمل كذلك طبقات من المطاط ذات الضغط العالي او طبقات الفلين بسمك مختلف او مساند نابضة springs مصممة لامتصاص الاهنزازات وحسب ثقل الماكنة وشدة الاهتزازات.

اعمال الحجارة

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

بالرغم من أن البناء بالحجارة هو من اساليب البناء القديمة جدا وتشهد على ذلك الاثار الباقية الا ان العصر الحاضر يشهد انحسارة في استخدام الحجارة كوحدات بنائية انشائية للاسباب التالية :-

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

2- صعوبة تهيئة الحجارة بكلفة مناسبة بسبب عمليات القطع من المقالع والنقل والتعديل الى مقاسات واشكال مناسبة أصبحت غير اقتصادية غالبا.

3 - وجود بدائل مناسبة اكثر اقتصاد واسهل انتاجا واسرع بناء كالطابوق والكتل وغيرها.

4- عدم ملائمة بعض خواص الحجر الهندسية كزيادة الكثافة ووجوب تنفيذ الجدران بسمك كبير حيث لا يمكن من الناحية العملية بناء جدران محملة بسمك اقل من حوالي 450 ملم أو قواطع غير محملة بسمك اقل من حوالى 160 ملم الا اذا كانت الحجارة بشكل ومقاسات تامة الانتظام وفي هذه الحالة فان كلفة الحجارة المهيأة تكون عالية جدا .

تنحصر استخدامات الحجارة حاليا في القطر لاغراض البناء بالحالات التالية:

1- كوحدات بنائية أساسية عوضا عن البدائل الأخرى في انشاء الجدران الحملة والجدران الساندة والقواطع وذلك في المحلات التي تتوفر فيها الحجارة بكميات كبيرة وتكون كلفة تهيئتها مناسبة واكثر اقتصادا من البدائل الأخرى كما في بعض المناطق الشمالية و بعض المناطق الغربية من القطر.

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

3- في تشييد بعض الأبنية التي يستوجب أن تكون مشيدة بالحجارة لاسباب معمارية أو تراثية كبعض المتاحف او الابنية ذات الطابع الخاص وفي هذه

الحالة لا تكون عوامل الكلفة او الزمن اللازم للتشييد من الأمور الفاصلة في اختيار المواد وطريقة التنفيذ.

4- في اعمال تكسية ضفاف الأنهار والجداول وذلك لحماية المقطع وتقليل الرشح.

بالرغم من انحسار استخدام الحجارة كوحدات بنائية الا ان لها أهمية خاصة في الصناعة الانشائية فهي تستعمل بالاضافة لما سبق :

أ- في صناعة المواد الانشائية فالصخور الكلسية تستعمل في صناعة السمنت والمواد المالئة (الفلر) والنورة وفي صناعة الجص بأنواعه.

ب - في الخرسانة كركام . ج- في صناعة الكاشي الموازئيك كركام ملون في طبقة الوجه. د- في اعمال تبليط الطرق كطبقة أساس أو تحت الأساس

ه - في أعمال تعليات السكك الحديدية (ballast for embankments)

الحجارة البنائية:

التصنيف الجيولوجي للصخور:- تعتمد الخواص الهندسية للصخور بصورة أساسية على كيفية تكونها جيولوجيا وكذلك على تركيبها الكيمياوي. تصنف الصخور (وهي التسمية الجيولوجية للحجارة) جيولوجيا إلى ثلاث اصناف وهي **الصخور النارية** والناتجة عن تصلب الحمم البركانية السائلة المندفعة من باطن الأرض. **الصخور الرسوبية** وهي الصخور التي تكونت في الغالب بنتيجة تحلل صخور وانتقال المواد الناعمة وترسبها بشكل طبقات بفعل الماء أو الهواء ثم تصلدها لتكون هذه الصخور. **الصخور المتحولة او المتغيرة** وهي الصخور التي تكونت من اصل ناري أو رسوبى ثم تحولت بتيجة تعرضها إلى ضغط عال او حرارة مرتفعة .

المتحولة

الخواص الهندسية للحجارة:- تعتبر الخواص الهندسية للحجارة من اهم العوامل التي تحدد استعمال الحجارة البنائية لعمل معين. أن الخواص الهندسية الأساسية للحجارة هي الأتية :

التركيب العام:- تكون الحجارة اما حبيبية التركيب أو طبقية او رقائقيته فالصخور النارية مثلا لا تكون طبقية التركيب ويعتمد تكوينها على سرعة

تبريدها فقد تكون متبلورة أو غير متبلورة الا انها بصورة عامة تصلح كحجارة بنائية. تكون الصخور الرسوبية المتكونة من تحلل صخور أخرى ذات تركيب طبقى وكل مستويات الطبقات سطوح يسهل انفلاقها . تكون الصخور المتحولة رقائقية التركيب ولا تتكون الطبقات في هذه الحالة نتيجة عملية الترسب والتراكم بل تتكون الصخور وطبقاتها بنتيجة التحول بفعل الضغط أو الحرارة الأمر الذي ينتج عنه تراكيب غير متجانسة احيانا.

- الدوام :- يعتمد دوام الحجارة على تركيبها العام وعلى تكوينها الكيمياوي وكذلك على موقعها في البناء الأمر الذي يحدد التعرض لعوامل الخدمة والتجوية وغيرها. تعتبر الحجارة المتبلورة ذات الحبيبات المرصوصة والملتصقة بتركيب سمنتى جيد ذات دوام عال.

- نعومة الحبيبات:- كلما كانت الحبيبات اكثر نعومة كلما كانت اسهل تشكيلا وصالحة للاستعمال في الأعمال الفنية التي تتطلب تحت الحجارة . ان الحجارة ذات التراكيب غير المتبلورة تكون سهلة التحلل قليلة الدوام . تكون بعض انواع الحجارة صعبة التشكيل والاعداد .

- المسامية والامتصاص:- تؤثر المسامية والامتصاص على نوعية البناء وتتباين الحجارة في مساميتها وقابليتها لامتصاص الماء والصفة الأخيرة تتاثر بالتركيب الكيمياوي (المعدني) للصخور بدرجة كبيرة بينما تكون المسامية نتيجة للكيفية التي تترابط بها مكونات الحجارة. تتراوح نسبة الامتصاص بين 8% أو اكثر وزنا لبعض انواع الحجارة الرملية او الجيرية ذات المسامية العالية واقل من 0.5 % وزنا للحجارة ذات المسامية الواطئة مثل بعض انواع الرخام والكرانيت.

- التحمل:- لا يعتبر تحمل الضغط في الحجارة من الأمور المهمة كثيرا عند استعمالها في البناء لان تحمل الضغط في أنواع الحجارة البنائية يتراوح بين 150-1000 كغم/سم^2 بينما لا يتجاوز مقدار الإجهاد المسلط على الحجارة في اغلب الأبنية التقليدية (لحد ثلاثة طوابق) 10 كغم/سم^2 تقريبا. قد تتعرض الحجارة لاجهادات عالية نسبيا في بعض المنشات مثل السدود، الجدران الساندة، الجسور، الاعمدة ... الخ وعندها لا يفضل أن يتجاوز الاجهاد المسلط ١٠ ٪ من تحمل الحجارة القوى الضغط .

-الصلادة :- تعتبر من الخواص المهمة عند تعرض الحجارة إلى تأثير الاحتكاك كما في اعمال التبليط وتغليف الأرضيات و بعض الجدران .

- الكثافة:- وتسمى الوزن احيانا ولا تكون من الخواص المهمة عند استعمال الحجارة في الأبنية الا انها تكون أكثر أهمية في المنشات البحرية والسدود والجدران السائدة حيث تؤثر في استقرارية المنشا لذا تستعمل الحجارة الكثيفة في تلك المنشآت بينما تفضل الحجارة واطئة الكثافة في اعمال العقادات والأقواس والاطواق . تتراوح كثافة الصخور بين ١٢٠٠ - ٢٨٠٠ كغم / متر مكعب .

- المظهر:- هذه الخاصية مهمة من الناحية المعمارية للحصول على لون ونسجة سطح معينة حسب التصميم المعماري . تختلف انواع الصخور في هذه الناحية تبعا لطريقة تكوينها وتركيبها المعدني.

انواع الحجارة الشائعة الاستعمال:- يمكن تقسيم الحجارة من الناحية العملية إلى أربعة أنواع رئيسية هي : -

1- الحجارة الكرانيتية :- من الصخور النارية المتبلورة توجد بالوان متعددة تتراوح بين الرمادية والسوداء أو الحمراء - والقرمزية. تتميز الحجارة الكرانيتية بقابلية صقل ممتازة و بدوام عال وبصلادة وكثافة عاليتين (الوزن النوعي2.7) وذات تحمل ضغط عال (770 – 1200 كغم / سم^3). تستعمل في الأعمال الهامة فقط لكلفتها المرتفعة واكثر ما تستعمل لأغراض تجميلية معمارية كالتغليف مثلا وفي دعامات الجسور وفي المنشات البحرية وفي بعض الأسس والقواعد والاعمدة. من انواع الحجارة النارية الأخرى السايناىت والبازلت وهي مقاربة في خواصها للكرانيت.

2 - الحجارة الرملية:- وتتكون من الرمل أو الكوارتز المتماسك بواسطة مواد سمنتية مثل الجير. تختلف خواص الحجارة الرملية باختلاف المواد اللاصقة السمنتية فيها فعندما تكون كميتها - أي المواد السمنتية - كافية تكون الصخور قوية وخاصة اذا كانت تلك المواد جيرية وفي عين الوقت يكون لون الحجر مائلا إلى اللون الابيض اما اذا كانت المواد السمنتية قليلة فان الحجارة تكون رخوة.

3- الحجارة الكلسية : يعتبر حجر الكلس (limestone) من الصخور الرسوبية الحاوية بصورة أساسية على كربونات الكالسيوم مع نسبة ضئيلة من مواد رملية أو طينية واوكسيد الحديد تكون هذه الحجارة في الغالب سهلة القطع والتشكيل الا أن بعضها تكون صلدة وصعبة التشكيل. تعتبر الحجارة الكلسية جيدة للبناء وهي كثيرة الاستعمال في العراق وكذلك مادة اساسية في صناعة السمنت وتستعمل ايضا في تعدين الحديد في الفرن العالي . يستعمل ركام حجر الكلس في اعمال الطرق والسكك الحديدية وفي الخرسانة . قد تحتوي الحجارة الكلسية على كربونات المغنيسيوم بنسب مختلفة . تكون بعض انواع الحجارة الكلسية ناعمة الحبيبات وبعضها خشنة, تتباين الوان حجر الكلس حسب تركيبه الكيمياوي.

اما الرخام فهو حجارة كلسية متحولة تبلورت بفعل الحرارة والضغط. صلدة قابلة للصقل والتشكيل تستعمل غالبا للزخرفة الداخلية والتمائيل والاعمدة ولاوجه المناضد ولاكساء جدران الأبنية وارضيات وفي صنع الموزائيك. يعتبر الرخام الجيد من الصخور الثمينة ذات الكلفة المرتفعة.

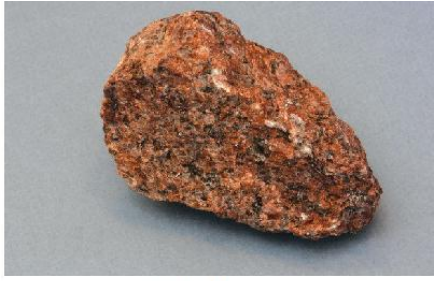
4- الاردواز:- حجارة متحولة تتكون أساسا من السيليكا والا لومينا ناعمة الحبيبات ومرصوصة. تستعمل الواح الأردواز القليلة السمك في اعمال التسقيف بدلا عن الصفائح المعدنية بينما تستعمل الألواح السميكة في اكساء الأرضيات والمرافق الصحية وكذلك كطبقة مانع الرطوبة في الجدران.

الاردواز

الاردواز

الكلسي

الرملي



الكرانيت

البناء بالحجارة:- تستخرج الحجارة من المقالع بطرق خاصة ثم تقطع او تعدل وتجفف. ان عملية التجفيف تساعد الأملاح القابلة للذوبان على الحركة والتبلور على السطوح الخارجية للحجارة لذا يفضل اعداد الحجارة اي تحويلها إلى القطع البنائية بعد عملية التجفيف اذا كانت الحجارة حاوية على املاح بدرجة محسوسة .

اعداد الحجارة للبناء:- ويقصد به تحضير الحجارة وقصها ونحت الوجه أو صقله وضبط الحافات حسب نوع البناء. يكون الأعداد باشكال متعددة منها

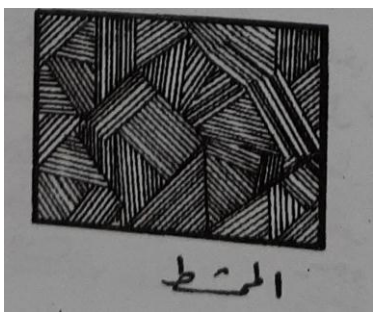
1- المتروك: ويعني الحجارة المستعملة بحالتها الطبيعية شرط أن يكون مقاسها ملائما من دون تعديل. يكون الوجه خشنا والشكل غير منتظم.

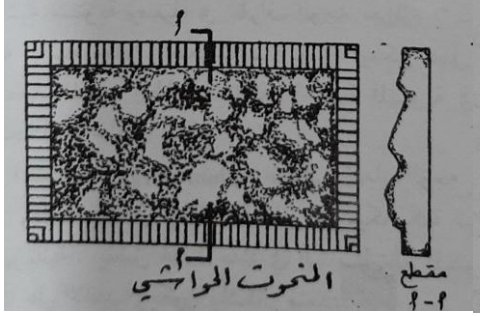
2- المعدل: ويعني قص الزوايا البارزة غير المنتظمة بالفاس وجعل قطع الحجارة ذات ابعاد شبه منتظمة. قد يعالج وجه الحجارة بالمنقار لاعطاء مظهر منظم وخشن ويسمى في هذه الحالة المنقور.

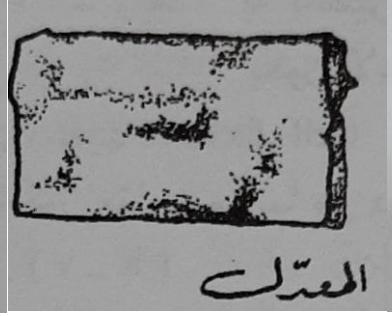
3- المنشور: ويعني تعديل الحجارة ثم قصها بالمنشار بحيث يكون وجه الحجارة مستو مع وجود اثر المنشار بشكل خطوط متوازية أو مائلة.

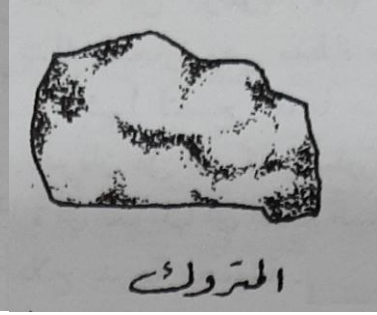
4- المنحوت الحواشي: والذي تعمل فيه حاشية مستوية وصقيلة في أطراف الوجه بعرض 20-30 ملم وتترك بقية مساحة الوجه بانهاء خشن. يمكن عمل الإنهاء الخشن بطرق متعددة لاعطاء المظهر المطلوب. تفيد الحاشية المستوية في تقليل عرض المفصل في البناء نتيجة الدقة حافات المقطع .

5- الاعداد المستوي: ويعني أعداد الوجه وجعله مستويا بدرجة أو بأخرى وذلك بوسائل يدوية كالفاس او ميكانيكية ثم يصقل الوجه باليد او بالات كهربائية. يفضل هذا الاعداد في البناء المنتظم المستوي والصقيل في الواجهات والجبهات على الأغلب ويكون باشكال متعددة منها **الممشط** ويكون الاناء بمشط حديدي خاص يترك اثره على الوجه تستعمل الحجارة غير الصلدة في هذا الانهاء. **المعد** ويكون الانهاء بالمنقار مع عمل خطوط محفورة قليلا ومتوازية. **المصقول بالفأس** ويكون الانهاء بصقل الوجه تماما بالفاس مثل الحجارة الصلدة كحجر الرخام والكرانيت.









اشكال البناء بالحجارة: وتبنى باشكال متعددة منتظما صقيلا او اعتياديا

-بناء جدران مصمتة: وهو الطراز التقليدي لهذا البناء تؤخذ حجارة باعداد مستوي ذات سمك قليل في وجه الجدار لاعطاء المظهر المطلوب وتبنى الطبقة الخلفية بالحجارة الاعتيادية او الطابوق او الكتل وذلك لتقليل كلفة البناء. لتامين الربط بين وجهي الجدار تستعمل الرباطات المعدنية او بادخال جزء من حجارة الوجه في طبقة الظهر وخاصة عند الفتحات والاركان بحيث تتوزع قوى القص بصورة متجانسة على مقطع الجدار من دون انفصال.

- بناء جدران مجوفة: تستعمل الحجارة المعدة المستوية كما في اعمال الطابوق في الجدران المجوفة.

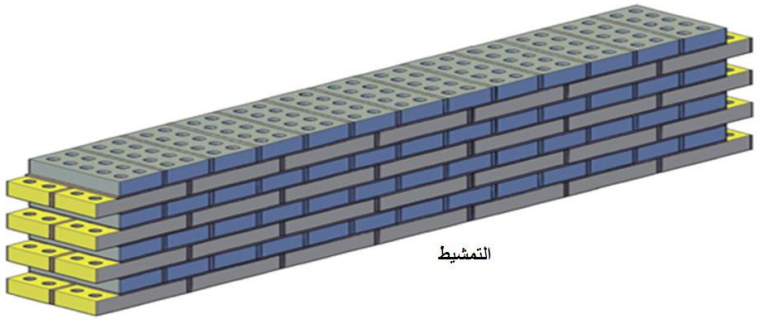
- اكساء الجدران:- حيث يستعمل الرخام والمرمر بعد اكمال هيكل البناء كاملا اي في مرحلة الانهاء. تستعمل الواح الرخام التي تكون صقيلة ومقطعة بصورة هندسية وفق مخططات خاصة وبسمك موحد بين 20 – 40 ملم. توضع الواح الرخام بمسافة 2-3 سم عن وجه الجدار وتثبت وقتيا باستخدام مسحوق باريس وتثبت فيما بينها بعصفورات معدنية غير قابلة للصدا بقطر 4 ملم. تثبت الالواح الى الجدار بكلاليب ذات نهايتين معقوفتين تدخل الاولى في حفرة على ظهر اللوحة والاخرى في مفصل فرشة من الجدار الخلفي. يملئ التجويف بمونة السمنت ويكمل الساف كاملا وبعدد قليل من السوف. ويمكن ان يكون الاكساء بالحجارة البنائية وهو اقل كلفة من الاكساء بالرخام وتستعمل قطع حجارة ذات اعداد مستوي في الغالب وبسمك 50-120 ملم. تثبت القطع على الجدار كما بالمرمر مع عمل قاعدة مناسبة يرتكز عليها الساف الاول من الاكساء الذي يكون ثقيلا وهذه القاعدة اما خرسانية او مقاطع فولاذية فوق الفتحات. تكون مفاصل التثبيت والكلاليب المستعملة ذات مقاسات اكبر من المستعملة في الرخام والمفاصل اكبر. من المتعارف عليه في هذا النوع من الاكساء استعمال شرائط من مشبك معدني خفيف مغلون (chicken wire) لربط الاكساء إلى الجدار الأصلي بدلا من الكلاليب المعدنية وهذا الأسلوب ممكنا عندما تكون قطع الحجرة صغيرة وانه قليل التكلفة ايضا الا انه قد لا يكون مفضلا نظرا لقابلية المشبك الى الحركة بسبب شكله بالاضافة الى أن مقاومة المشبك للتاكل اقل من الكلاليب المعدنية المعمولة من الصفر مثلا .

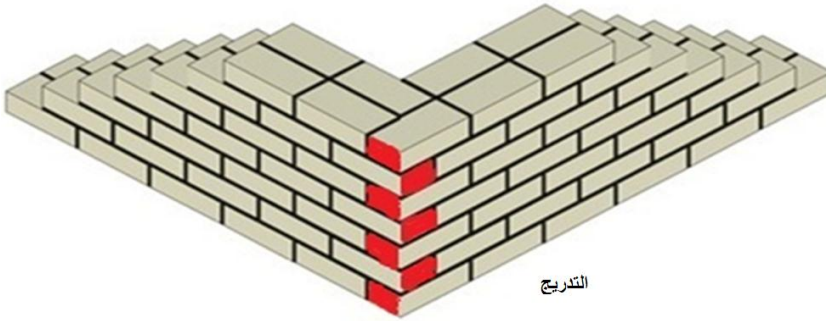
ربط سياج حديقة:- يستعمل هذا الربط لتقليل عدد الطابوق على الراس ولاستعمال اقل ما يمكن من الطابوق الجيد في البناء لاعطاء جدار ذو مظهر مقبول من الخارج وبتحمل مقبول. قد يكون الربط من نوع ربط انكليزي (ربط جدار حديقة انكليزي) حيث يبني بثلاث سوف على الطول ويكون الساف الرابع على الراس او من نوع ربط جدار حديقة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

اكمال وتوصيل الجدران: لتكملة بناء متروك او ربط جدار يراد انشاؤه بجدار مشيد سابقا يتبع مايلي:

- **التمشيط (toothing):-** عندما يترك الجدار قبل اتمام بنائه لسبب ما فان في محل التوقف كل طابوقة على الطول تبرز بمقدار ربع طولها عن الطابوقة التي هي على الراس في الساف الذي تحتها وبهذا تكون نهاية الجدار العمودية بشكل مسنن يسهل ربط الجدار عند اكماله. تتبع هذه الطريقة عندما يكون الجدار الجديد بنفس استقامة الجدار المبني سابقا، وفي حال كون الجدار عموديا على الجدار المبني سابقا تترك في الجدار المبني وبعرض مساو لعرض الجدار المراد ربطه كل طابوقة على راسها بحيث تنخفض عن وجه الجدار القديم بمقدار ربع طابوقة ويعمل هذا بين ساف واخر. أن هذه الخسفات سوف تكون محلات الربط الطابوق الذي على الطول في الجدار المراد بناؤه.

- التدريج (racking):- هو الأسلوب الذي لاكمال الجدار عندما يترك بدون اكمال ويكون كل ساف مرتدا عن الساف الذي تحته بمقدار ربع طابوقة أو نصفها. يتبع هذا عند الرغبة في تجنب التشقق الذي قد يحصل في حالة ترك الجدار بصورة قائمة غير مدرجة نتيجة عدم الجلوس (الهبوط) بصورة منتظمة كما وأن التدريج لا يترك مقطعا عموديا ضعيفا في البناء.





- التعريض (thickening):- عندما يراد تعريض (زيادة سمك) جدار قائم فتعمل فيه حفر بابعاد (1/2X2X2طابوقة) لكل متر مربع من الجدار تقريبا حيث تملا بالبناء الحديث عند انشاء العرض الاضافي للجدار.يراعى تنظيف وجه الجدار القديم جيدا ورشه بالماء قبل تنفيذ البناء الحديث مباشرة.

الجدران وبناؤها :الغرض من تشييد الجدران : - تخدم الجدران واحد أو أكثر من الأغراض التالية : -

1- حصر مساحة معينة من الارض او من المنشا. 2 - العمل كعضو انشائي لحمل اثقال السقوف والارضيات التي فوق الجدار . 3 - العزل الصوتي والحراري ومنع الرطوبة ومياه الأمطار. 4 - اسناد اتربة او مواد أخرى .

اختيار سمك الجدران : - يحدد سمك الجدران بناء على متطلبات انشائية ومتطلبات غير انشائية .

أ- متطلبات انشائية :- تقسم الجدران عادة إلى : -

- جدران محملة:- وهي الجدران التي تقاوم احمالا بالاضافة الى وزنها وتشمل تلك الأحمال ثقل السقوف والجدران التي تسندها وكذلك الأحمال الميتة الأخرى على تلك السقوف والارضيات بالاضافة للاحمال الحية. قد تكون الأحمال جانبية مثل احمال الريح على الجدران الخارجية المرتفعة أو احمال التربة والمياه على الجدران الساندة
- جدران غير محملة:- وهي الجدران التي تحمل وزنها فقط وتنشأ لأغراض تقطيع المساحات وتسمى قواطع او لاغراض العزل الحراري والصوتي وغيرها. تصمم الجدران في هذه الحالة وفقا المتطلبات غير انشائية على الأغلب .

يتوقف سمك الجدار من الناحية الانشائية على مقدار الاحمال المسلطة على وحدة الطول في الجدار ومقدار اللاتمركزية في الحمل المسلط . وكذلك على تحمل الجدار الذي يتوقف بدوره على تحمل الوحدات البنائية وتحمل المادة الرابطة المستعملة وكذلك على شكل الجدار من حيث الأبعاد الثلاثة (الطول والسمك والارتفاع) ونوعية اتصال الجدران بالسقوف والارضيات وكذلك بالجدران الجانبية أو بالدعامات او باعمدة التقوية.

ب- متطلبات تصميم غير انشائية :- قد لا يكون مقدار تحمل الجدار هو الاساس في اختيار سمك الجدار بل قد تحدده المتطلبات غير الانشائية الاتية.

- العزل الحراري: ان الهدف من العزل الحراري تقليل تسرب الحرارة الى الخارج من الأبنية عند تدفئتها وتقليل تسرب الحرارة إلى داخل الأبنية عند تبريدها ومنع تكثيف الخار داخل الابنية وتقليل تمدد وتقلص المنشآت. ان مقاس العزل الحراري هو ما يسمى بمعامل النقل الحراري ويرمز له بالحرف الحرف (U)، وهو مقياس قابلية الجدار أو السقف لتسريب الحرارة بين داخل وخارج المبنى. كلما كبرت قيمتة كلما زاد مقدار التسرب.

- مقاومة الحريق:- ان التجارب على الجدران المحملة قد اثبتت أن الجدران الطابوقية بسمك ١٠٠ ملم لها مقاومة حريق لحد ساعتين عندما تكون بدون انهاء من الوجهين ولحد اربع ساعات عندما يكون الجدار منهي من الوجهين ببياض بالجص مع مادة عازلة خفيفة بينما تكون مقاومة الجدار بسمك 215 ملم بدون انهاء ستة ساعات .

- العزل الصوتي :- مع الحياة الحديثة ازداد الضجيج داخل وخارج الابنية لذا يجب زيادة العزل الصوتي للابنية باحاطة المنشأ بجدران خارجية مع سقف عازل للصوت يؤدي الى خفض منسوب الضجيج إلى الداخل ويعتمد ذلك على كتلة الغلاف واستمراريته وعلى العزل الاضافي للجدران المجوفة. تغليف الجدران احد طرق زيادة عزلها الصوتى وتزداد كفاءة الأكساء في عزل الصوت عندما تكون طبقة الاكساء مفصولة عن الجدار بحاجزهوائى بسمك مناسب ومستمر مع اقل عدد من نقاط الاتصال بين الاكساء والجدار نفسه لان تلك النقاط تساعد في عبور الصوت إلى الجدار او بالعكس .

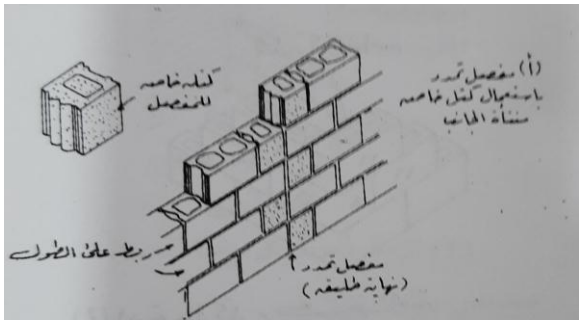
-اختراق الرطوبة:- آن مقاومة الجدار لاختراق الرطوبة احد الامور المهمة التي يجب معالجتها في أي بناء. قد تخترق الرطوبة الجدار من الاسس او من اعلى الجدار من السقوف من الجدار بصورة جانبية وخاصة من الخارج الى الداخل بسبب الأمطار والثلج مع الرياح وفي هذه الحالة فإن لسمك الجدار ونوعيته علاقة بمدى اختراق الرطوبة له. تكون الجدران الخارجية المواجهة للرياح السائدة الرطبة عند المطر معرضة لاختراق الرطوبة واحيانا يكون التنفيذ الخاطىء او الخلل في عمل احد مرازيب المياه سببا لتسرب المياه إلى وجه الجدار. يجب أن يكون للجدران الخارجية مقاومة مقبولة لنفاذ مياه الأمطار إلى الداخل فمثلا لا يعتبر جدار بسمك طابوقة واحدة كافية لمقاومة تغلغل الرطوبة في المناطق الغزيرة بالامطار والعالية الرطوبة الا انه يعتبر كافية للمناطق المعتدلة وخاصة اذا كان الوجه الخارجي ملبوخا ويشمل ذلك معظم مناطق العراق عدا بعض المناطق الشمالية.

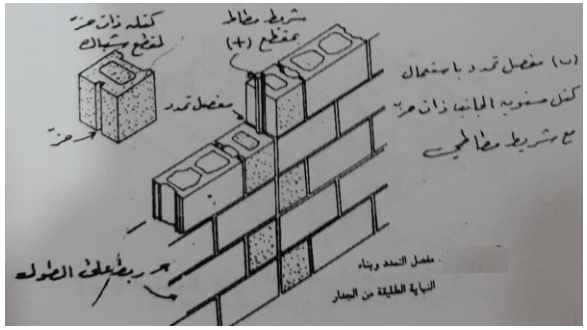
الجدران المجوفة:- تبنى الجدران بشكل مجوف عند الرغبة لتحسين العزل الحراري وزيادة مقاومة الجدار النفاذية الماء والرطوبة مع الاقتصاد في المادة ولهذا تستعمل بكثرة في الجدران الخارجية. يتكون الجدار المجوف من القشرة او الورقة الخارجية والورقة الداخلية وبينهما مسافة العزل وتكون اما فارغة او مملوءة بمواد عازلة خاصة. يفضل أن تترك المسافة بدون ملىء، وذلك لكفاءة الهواء الجيدة في العزل ولأعاقة انتقال الرطوبة بين الورقتين.عند بناء الجدار مجوفا فوق الأساس الخرساني مباشرة يملا الفراغ بين ورق الجدار بخرسانة ذات ركام بمقاس ناعم لحد اسفل مانع الرطوبة لتقوية الجدار ومنع المياه من التجمع بين ورقتي الجدار. يجب ان تنهي حافات البناء المجوف وتغلق بشكل مناسب عند فتحات الابواب والشبابيك وذلك تأمينا للربط المناسب ولمنع دخول الرطوبة من خلالها مع الجدار وتستعمل صفائح مانع الرطوبة (راجع شكل 6-17 من الكتاب ص 217)

البناء بالكتل:- وهو يتبع نفس اسلوب البناء بالطابوق مع بعض الملاحظات والتفاصيل البنائية الاتية:

- سمك الجدران:- ينى الجدار بسمك مساويا لعرض كتلة واحدة الا اذا كان اكبر من عرض اي منتوج قياسي للكتل في الجدران المحملة. يحدد السمك الادنى للقواطع الداخلية غير المحملة بحيث يكون القاطع مستقرا انشائيا ولا يتاثر هو وانهاء الوجه بالاهتزازات الناتجة عن حركة الابوب والشبابيك فيه او بالصدمات المسببة عن الاثاث او الاستخدام. وهنالك جدول في الكتاب يبين العلاقة بين الارتفاع والسمك ص 222 يمكن الاطلاع عليه.

- الربط:- تبنى الجدران بالربط على الطول وتكون مسافة الحل مساوية الى نصف الطول الاسمي للكتلة ناقصا سمك المفصل لذا تؤخذ كتلة بنصف الطول الاسمي لكتل الجدار في بداية كل ساف اخر وذلك في الحافة الطليقة للجدار كما في الشكل ادناه.





- البناء تحت مستوى الكاشي:- يجوز استعمال الكتل الخرسانية الاعتيادية الوزن بركام طبيعي سليكي او بحجر مكسر في بناء الاسس. تفضل الكتل المصمتة على المجوفة بالرغم من ثقلها. لا يجوز البناء بالكتل المعمولة بركام خفيف الوزن او ذات الامتصاص العالي بسبب تاثير الانجماد والاملاح ودوام البناء. يفضل بناء الاسس بالطابوق الطيني المناسب او الحجر واستعمال مونة سمنت:رمل او سمنت:نورة:رمل.

خواص البناء بالكتل:- يتميز البناء بالكتل بالخواص التالية : 1- سهولة البناء وارتفاع الإنتاجية. 2- الاقتصاد في استهلاك المادة الرابطة للبناء والانهاء 3- يمكن ترك الوجوه بدون انهاء أي أنها تدرز فقط وذلك بسبب انتظام اوجه وابعاد الكتل او يمكن صبغها مباشرة. 4- تعدد التفاصيل البنائية التي يمكن تنفيذها. 5- التحكم في الخواص الهندسية للبناء إلى حد ما تبعا لنوع الكتل من حيث التحمل والتجاويف وغيرها .

من ناحية اخرى يتطلب البناء بالكتل انتاج عدد من الوحدات المختلفة التنفيذ التفاصيل البنائية بصورة صحيحة حيث لا يمكن قطع الكتل إلى الأشكال المطلوبة بخلاف الطابوق الطيني الذي يبنى بقطع موحدة الابعاد.

المواد الرابطة: تستعمل المواد الرابطة للاغراض التالية: 1- لربط وتثبيت الوحدات البنائية والاكساء. 2- تنظيم البناء بشكل هندسي جيد افقيا وعموديا. 3- المساعدة في توزيع الأحمال بصورة منتظمة في الجدار. 4- مقاومة نفاذية المياه من خلال المفاصل البنائية و استعمالها كمادة انهاء.

أن بناء جدار بالطابوق او الكتل من دون مادة رابطة يجعل الجدار قلقا وغير منتظمة الا انه يمكن الاستغناء عن المادة الرابطة عندما تكون الكتل البنائية ضخمة جدا فالصخور الكبيرة المنتظمة استعملت قديما بهذا الشكل في ابنية متعددة الا ان هذا غير مستعمل في الوقت الحاضر.

تسمى المواد الرابطة محليا (المونة) أو (القيمة). تتميز المادة الرابطة الجيدة بالخواص التالية بشكل عام:

لينة ويسهل مزجها والعمل بها ونشرها على السطوح. لها قابلية الاحتفاظ بماء المزجة إلى حد ما، اي انه لا يتسرب منها بسهولة. تتصلب بسرعة مقبولة . تتماسك مع السطوح الملاصقة لها بدرجة كافية بعد التصلب و تكون ذات تحمل مقبول بعد تصلبها بحيث يكون تحملها مقاربا للوحدات البنائية. مقاربة في خواصها الهندسية للوحدات البنائية وغيرها من وحدات التبليط والاكساء. ذات مقاومة جيدة للعوامل الجوية والطبيعية وذات دوام جيد.

أن المواد الرابطة المستعملة محليا هي :

- مونة السمنت : وهي اكثر انواع المواد الرابطة استعمالا في العراق وتتكون المادة الرابطة من السمنت البورتلاندي (يستعمل السمنت الاعتيادي أو السمنت مقاوم للاملاح حسب الحاجة) ليعمل بوجود الماء كمادة لاصقة للمادة الأخرى المالئة والتي هي الرمل. تتراوح نسبة المزج المستعملة بين 1: 3 إلى 1: 4 حجما (سمنت : رمل) وتضاف كمية كافية من الماء لاعطاء قابلية تشغيل ولدونة مناسبة. تستعمل نسبة 3:1 عادة في أعمال بناء الأسس والجدران الحاملة والمعرضة إلى عوامل جوية قاسية بينما تستعمل نسبة 4:1 في الجدران الحملة الداخلية غير المعرضة للعوامل الجوية وفي القواطع والجدران غير الحاملة للاثقال . ان بطء تماسك وتماسك السمنت يحد من سرعة البناء عموديا ويتعرض البناء بالكتل الثقيلة الى ظاهرة انسياب المادة.

- مونة السمنت - نورة : تعتبر مونة السمنت - نورة من اكثر انواع المواد الرابطة استعمالا في العالم لان استعمال النورة المطفأة مع مونة السمنت الاعتيادية يجعلها اسهل تشغيلا ونشرا وذات قابلية اعلى للاحتفاظ بماء المزيج واكثر ترابطا مع الوحدات البنائية وكذلك كون النورة مادة سمنتية ولا تتأثر بالرطوبة بعد تصلبها ويمكن انتاجها بكلفة اقل من كلفة السمنت .

- مونة الجص: ومن انواعه الشائعة في العراق **الجص الميكانيكي** وهو المادة الناتجة من إحراق خامات الجبس ويحتوي على نسبة عالية من المواد الشائبة الطينية، الرملية والكلسية والاخيرة تتواجد في الجص المنتج في المنطقة الشمالية بنسبة أعلى عادة وتؤثر في زيادة وقت التماسك. يحضر في

كور بدائية ويطحن بمطاحن صغيرة ومتحركة. يستعمل هذا النوع في طبقات الانهاء الابتدائية وكقيمة بنائية ولا يستعمل في الطبقات الاخيرة من الانهاء. النوع الثاني هو **الجص الفني** وهو جص يحضر من نفس خامات الجص الميكانيكي الا انه يحرق بافران خاصة بدرجة حرارة ثابتة، ويطحن بمطاحن ثابتة. ان هذا النوع انعم من الجص الميكانيكي وذو تحمل اعلى وزمن تماسك اقل قد يضاف رمل غير محروق إلى الجص الفني مما يؤثر في زمن تماسكه . يستعمل هذا الجص كقيمة بنائية وللانهاء في الطبقات الأولية والنهائية. النوع الثالث هو **البورق** وهو اقرب ما يكون إلى مسحوق باريس ويسمى البياض في المناطق الشمالية .

خواص الجص:- ان الجص من المواد الرابطة غير المقاومة للماء حيث يفقد الربط بتأثير الماء لذا لا يستعمل في المحلات المعرضة للرطوبة سواء كمادة رابطة أو كمادة انهاء. أن تحمل الجص المحلي قليل نسبيا ويتأثر مقدار التحمل بدرجة الحرق وبنعومة الجص ومقدار الشوائب وظروف الخزن بعد الانتاج لذا كان تجانس الجص وخاصة الميكانيكى ضعيفا مما يؤدي إلى تجنب استعمال الجص كمادة رابطة في البناء (قيمة). نظرا لكثرة الشوائب لا يمزج الجص مع الرمل في العراق كما هو متبع في بلاد اخرى بل يمزج فقط مع الماء.

ملاحظات حول استعمال الجص كقيمة في البناء : -

1- يجب المحافظة على الجص وخزنه قبل الاستعمال في محل جاف وعدم خزنه طويلا لان له القابلية على امتصاص الرطوبة من الجو حيث يفقد كثيرا من فاعليته.

2- يكون الماء المستعمل في المزج نظيفا وخالي من المواد الطينية والاملاح.

3 - عند استعمال الرمل مع مونة الجص فان الرمل المستعمل يجب أن يكون نظيفة وجافا ومدرجا.

4- تكون اوعية الخلط والات النشر نظيفة وخالية من اثار الجص المتصلب القديم حيث ان تلك البقايا تؤدي إلى تقليل زمن تماسك الجص الحديث المزج .لا تستعمل الخلاطات الميكانيكية في مزج الجص لان المزيج يلتصق بجدران والخلاطة.

يخلط الجص باوعية خاصة حيث تفرغ كمية كافية من الماء في وعاء المزج ثم ينشر الجص باستمرار لحين اختفاء الماء ويمزج الخليط قبل الاستعمال مباشرة. ان كمية الماء المستهلكة في المزج هي اكثر من كمية الماء اللازمة لإكمال التفاعل الكيمياوي وتؤدي تلك الزيادة إلى انقاص تحمل الجص الا أن ليونة المزجة اللازمة النشر المونة تستوجب هذه الكمية .

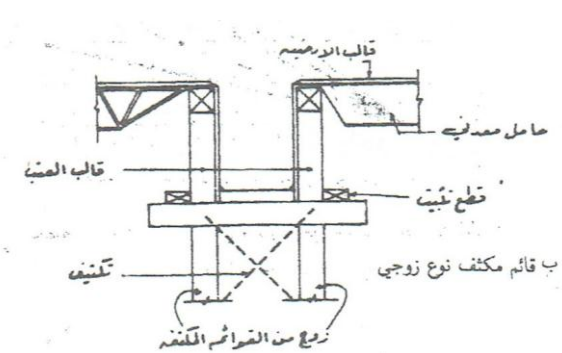
5- تستعمل المونة الطرية بعد المزج مباشرة في حالة استعمال الجص من نوع كبريتات الكالسيوم بنصف جزيئة ماء والتي لا تحتوي على مؤخرات التفاعل وذلك بسبب سرعة التماسك الذي لا يتجاوز بضع دقائق بينما يمكن الانتظار في الأنواع الأخرى ذات التماسك البطيء لفترات تعتمد على زمن التماسك .

6- لا يجوز اعادة خلط مونة الجص أو اعادة اضافة ماء واستعمالها بعد حصول التماسك وكذلك لا يجوز اضافة جص جديد إلى مزجة قديمة .

- قيمة الطين :- ان مادة الطين ضعيفة التماسك وتستعمل هذه المونة لاغراض محدودة كالا بنية الريفية واطئة الكلفة المشيدة باللبن او في ابنية وقتية او في بناء بالوعات الامتصاص ولا يستعمل في اغراض بنائية مهمة. يخمر الطين ويعجن قبل الاستعمال وذلك لزيادة تجانس العجينة وسحق وتنعيم الحبيبات بتأثير الماء . يكون سمك المادة الرابطة حوالي سنتمتر واحد أو أكثر قليلا . قد يستعمل الطين للملج (انهاء الجدران) او التسطيح في الأبنية التي يستعمل فيها كمادة رابطة ويخلط في هذه الحالة بالألياف (سيقان واغصان نبات الحنطة والشعير المجفف) حيث تعمل كتسليح يقلل من تشقق الطين.

القوائم والسقالات والحاملات: تحتاج القوالب لحملها واسنادها إلى قوائم وسقالات وحاملات وتعمل من مقاطع الخشب او الانابيب الفولاذية او الالمنيومية ذات الاطوال والاقطار القياسية .

القوائم: (جمع قائم) عبارة عن الدعامات الشاقولية التي تحمل القوالب وتوزع بمسافات متساوية تعتمد على تحمل القائم للاحمال السلطة عليه. يعمل الطرف العلوي للقائم بمقطع تي (T) مكتف تحمل القالب عليه بثبات كما مبين في الشكل (أ) ويجلس طرفة السفلى على قاعدة من الواح الخشب بمساحة تكفي لتوزيع حمل القائم على التربة بحدود تحملها . لا حاجة إلى القاعدة اذا كان جلوس القائم على طبقة صلدة كأرضية خرسانية مثلا. القائم المعدني يحتوي على وسيلة حصر خاصة به كالتراكيب المسننة مثلا. تتحمل القوائم المعدنية احمالا قياسية وبعامل امان يتراوح من 2- 4. ويمكن الرجوع إلى المنتج للتعرف على تفاصيل التحمل قبل استعمالها في العمل. تستعمل أحيانا زوج من القوائم المكتفة الشكل (ب) وهي اكثر استقرارا من القوائم الفردية للاحمال التي تسبب الزحف والانقلاب ويفضل استعمالها ايضا لحالات التحميل الثقيل أو لغرض توسيع المسافات بين القوائم.



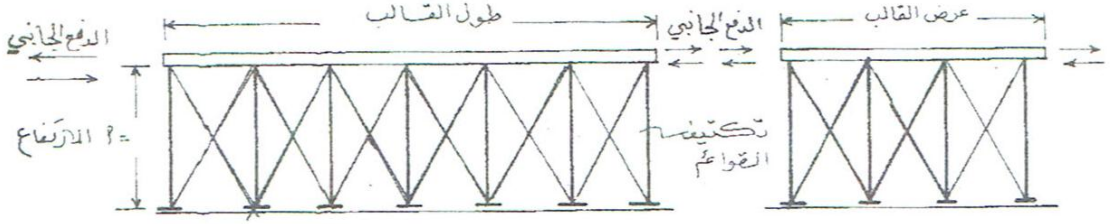
السقالات: استعملت السقالة في البداية لعمل هيكل لحمل ارضية مؤقتة يستعملها العمال اثناء الانشاء ثم تطورت السقالة من حيث موادها وتفاصيلها وأصبحت تستعمل ايضا لحمل القوالب واسنادها كبديل مفضل على القوائم الاعتيادية. تفضل استعمال السقالات المعدنية لاقتصاديتها وأمانها وسهولة تركيب أجزائها بوصلات وتراكيب خاصة بها. تربط أنابيب السقالة مع بعضها أفقيا وعمودي أو بصورة مائلة وتعمل منها التشكيلات المختلفة من الهيكل حسب حاجة حمل القوالب ودعمها. تستعمل السقالة ايضا عند معالجة الجدران والواجهات الخارجية للابنية وكذلك توفير المماشي في المستويات المختلفة والاستفادة منها كأرضية عمل لانها واجهات الجدران بالتفاصيل المطلوبة. تتوفر ثلاثة أنواع رئيسية من انابيب السقالات بالنسبة إلى الاطوال والتحمل وهي : النوع الاعتيادي القياسي والنوع ذو التحمل العالى والنوع ذو التحمل الفائق ويتم اختيار النوع المناسب حسب الاحمال

الحاملات: وهي اعتاب وقتية تستعمل لاسناد القوالب بالاتجاه الأفقي والعمودي للفضاءات المختلفة. تفضل الحاملات المعدنية لانها تمتاز بسرعة التركيب والاقتصاد والمرونة في تغيير الفضاءات لبعض انواعها. تتوفر الحاملات المعدنية بنوعيات منها اعتاب بمقاطع صندوقية أو بمقاطع مدلفنة ومنها بقاطع شبكية او بمقاطع مركبة من هذه الأنواع. يمكن توسيع فضاء هذه الحاملات لتجلس نهايتيها على مساند الفضاء و بهذا لا تحتاج الحاملة في مثل هذه الحالة في القوائم الوسطية. يوجد نوعان من هذه الحاملات القابلة للتمديد والتي يمكن تغيير فضاها بسهولة وهم: النوع الذي يسمى **بالتلسكوبي** وهذا يصنع من مقطع مشبك أو مقطع صندوقي قابل للمد لتغطية فضاءات واسعة. أن عملية المد تكون أما من جهة واحدة او من جهتين كما في الشكل. والنوع الذي يكون بمقطع متين قادر على تحمل اثقال كبيرة.

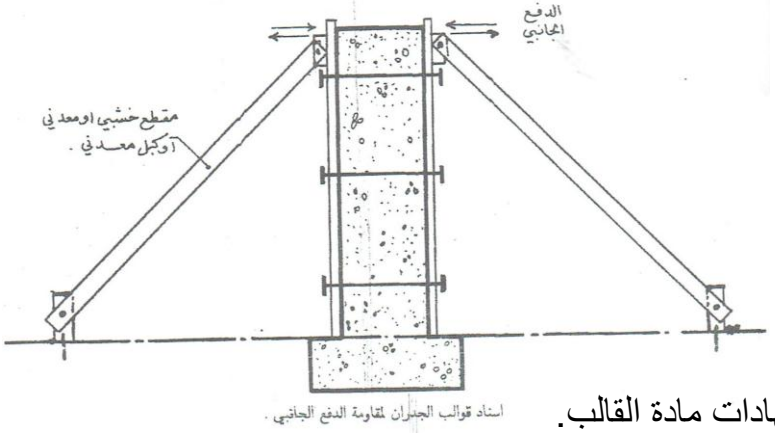
حاملة قابلة للمد من جهتين .

التكتيف (bracing):-

يتطلب تكتيف السقالات والقوائم والحاملات وذلك لتثبيت القوالب وتحديد طولها المؤثر ومقاومتها إلى كافة القوى التي تؤدي إلى حركتها وزحفها جانبيا أذ يتوقع أن تحدث مثل هذه القوى عند هبوب الرياح أو ميل وانحناء بعض القوائم أو نزول قواعدها أو القوى الأفقية الناتجة من حركة وسائط نقل الخرسانة اثناء الصب أو تكديس الخرسانة الطرية في موقع معين وعدم توزيعها على مساحة القالب بصورة منتظمة. يكون التكتيف حسب ارتفاع ومساحة القوالب محسوبا بموجب الاحمال الحية والميتة والمضافة حسبما ورد سابقا. هناك جداول خاصة في مراجع تصميم القوالب يمكن الاستفادة منها عند التصميم .



تكثيف القوائم في الاتجاهين لمنع حركة القوالب



اسناد قوالب الجدران لمقاومة الدفع الجانبي .

اما قوالب الجدران والاعمدة فيتطلب أسنادها جانبيا هي الأخرى لمقاومة تأثير الرياح.

وتستعمل المساند الخشبية أو المعدنية أو الكبل المعدني لهذا الغرض كما مبين

عوامل تصميم القوالب: يتطلب عند تصميم القوالب ملاحظة الامور التالية:

1- الاجهادات المسموح بها لمادة القالب وعدم تجاوزها .

2- سهم الانحناء حيث يمكن اعتباره 1/ 360 من الفضاء

3- انحناء القوالب وهذا يعتمد على عزم الانحناء المتولد من تأثير الاحمال والفضاء واجهادات مادة القالب.

4 - معامل النحافة ويتطلب أن لا يزيد مقداره للقوائم المعدنية عن 200 و50 بالنسبة للقوائم الخشبية .

مواصفات وتعليمات بخصوص القوالب:

1- مظهر الأوجه الخرسانية وبيان التفاصيل المعمارية الخاصة إن وجدت كالنقوش والحفر والخطوط وغير ذلك.

2- شاقولية القوالب مع التكتيف والاسناد الجيد وضبط أبعاد القوالب حيث حددالكود العربي مقدار تفاوت الابعاد المسموح بها للقوالب العادية بمقدار 10٪ من البعد الأصغر للقالب على أن لا يزيد على 1 سم وللقوالب الجيدة 5٪ من البعد الاصغر على أن لا يزيد على ٢مليمترا.

3- مواقع الفتحات وعمل قوالب خاصة لذلك.

4 - تحديد مواقع المفاصل الانشائية والمفاصل التمددية بصورة واضحة لتكون هذه المواقع بتنسيق وتوافق مع مراحل صب الخرسانة.

5 - رفع وسط القالب أو طرفه الناتى، تحسبا لسهم الانحناء والتحدب كما جاء ذلك آنفا.

6- تهيئة ممرات ومعابر وارضيات خاصة للعدد الانشائية ووسائط نقل الخرسانة وصبها.

فشل أعمال القوالب:

تحدث حالات فشل في أعمال القوالب ويقصد بالفشل هنا تباين الأبعاد أو الهطول أو الانهيار لأسباب تصميمية أو تنفيذية او الاثنان معا وأهمها ما يلى:

1- وجود نقص أو ضعف في تركيب أجزاء القالب.

2- عدم وجود التكتيف الملائم للسقالات والقوائم والحاملات.

3- حدوث قوى دفع جانبية اكبر من أن يتحملها هيكل القالب منها بسبب تكديس الخرسانة الطرية في بقعة معينة مما يسبب انحناء بعض القوائم وسحب بعض القوائم الاخرى إلى الأعلى كما أشرنا إلى ذلك سابقا.

4- عدم اسناد نهايات القوائم على قواعد ثابتة تتناسب مع الحمل الواقع عليها لذا يتطلب توفير المساحة الكافية لتوزيع احمال القوائم حسب تحمل التربة التي تستند عليها القوائم .

قد تحدث حالات فشل لأسباب خاصة لا تعزى إلى القوالب بل تكون بسبب سقوط ناقلة الخرسانة على بعض أجزاء القالب مثلا أو بسبب انهيار أرضية طابق ساند لقوائم قوالب الطابق الذي فوقه وإلى غير ذلك من الأسباب. مما سبق يتبين أهمية الاشراف والكشف على اعمال القالب وتدقيق التصاميم للتأكد من صحتها ولاسيما بالنسبة إلى الحالات الخاصة من المنشات الثقيلة.

فك القوالب: أن تحديد المدة بين صب الخرسانة وفك قوالبها يتوقف على عدة عوامل أهمها ما يلي :

1- درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية حيث يتأخر تصلد الخرسانة بصورة واضحة تحت الدرجة 10 مئوية.

2 - مسافة الفضاء والاحمال الميتة والحية ونسبة احدهما للاخر.

3- نوع الاسمنت ونسبته في مزج الخرسانة فكلما كانت نسبة السمنت في الخرسانة عالية كلما كان الوقت اللازم لبقاء الخرسانة داخل القالب قليلا.

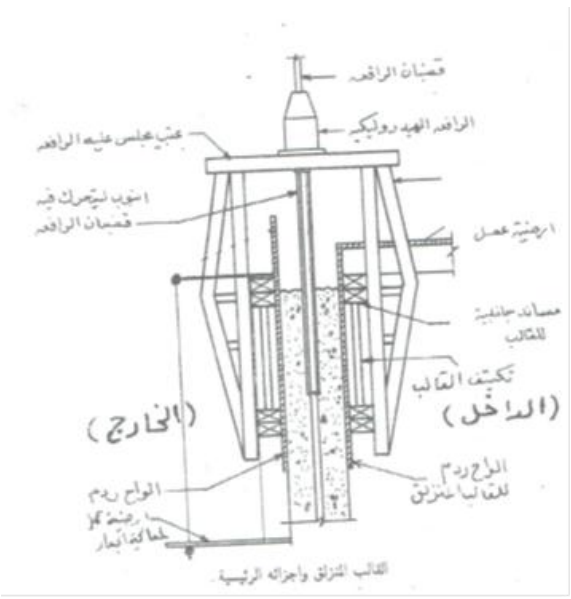
4 - طبيعة الاجهادات التي يتعرض لها العضو البنائي فبالنسبة إلى المنشات الخاصة وكذلك في حالة استمرار الجو البارد يجب التأكد من أن مقاومة الخرسانة عند فك القوالب قد وصلت إلى ضعف الاجهادات التي ستتعرض لها المنشات بدون قوالب.

حدد الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشات الخرسانية المسلحة المدد اللازمة لفك القوالب أخذ بنظر الاعتبار العوامل المبينة اعلاه حيث بالنسبة إلى الخرسانة ذات السمنت الاعتيادي ولدرجة حرارة 10 مئوية تكون المدد كما مبينة أدناه :

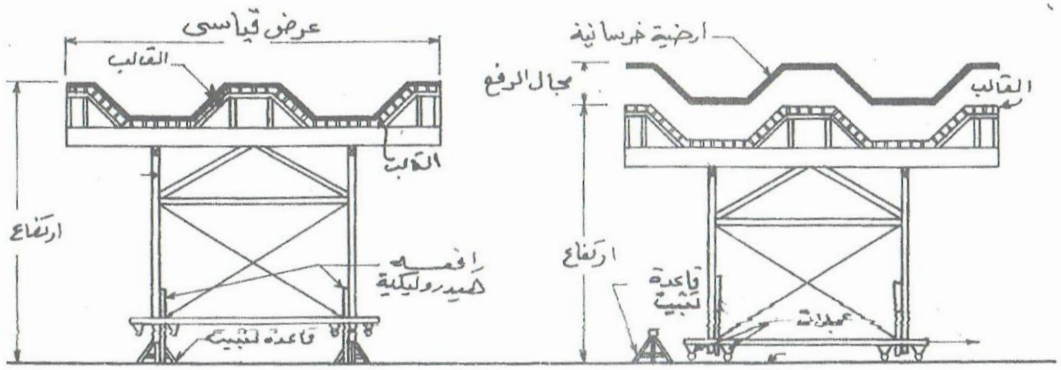
- جوانب الاعتاب والروافد والقالب كغلاف للخرسانة يومان والأعمدة بدون احمال من يومين إلى ثلاثة أيام . الاعتاب والسقوف حسب الفضاء وتساوي ضعف الفضاء الصغير بالامتار مضافإلى ذلك يومان. الأعتاب الناتئة حسب البروز وتساوي اربع مرات البروز بالامتار مضاف الى ذلك يومان .عند استعمال السمنت نوع سريع التصلب تكون المدة حسب خصائص الأسمنت المستعمل على أن لا تكون في جميع الأحوال اقل من نصف المدة المذكورة في حالة استعمال السمنت العادي والمبينة أعلاه : يتطلب اطالة المدة بالنسبة الى القوالب التي تحمل احما اضافية من الطوابق الاخرى ومن الضروري في مثل هذه الحالة أن تمضي مدة 28 يوما على بقاء كافة القوائم والمساند والتكتيف ويراعى عند فك القوالب عدم أحداث اهتزازات شديدة أو توجيه صدمات حادة لفك القوالب وان يكون رفع القوالب والقوائم بمراحل يمكن التأكد عندها من تصلب الخرسانة وقدرتها على تحمل الاحمال.

انواع خاصة من القوالب: هناك انواع خاصة من القوالب التي يمكن عملها والاستفادة منها بالنسبة إلى صب منشات خرسانية ذات طابع معين

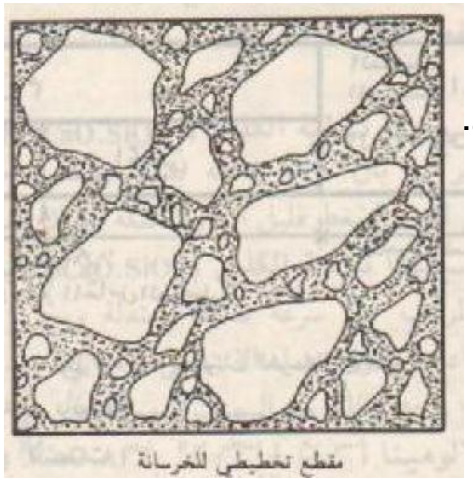
القالب المنزلق: هو القالب الذي ينزلق بواسطة رافعة بالسرعة التي يكفي وقتها لتصلد الخرسانة الظاهرة من تحت القالب اثناء انزلاقه وتحملها القوى الأفقية والعمودية عليها. استعملت الرافعات اليدوية مع بداية استعمال القوالب المنزلقة ولكن سرعان ما حلت محلها الرافعات الهيدروليكية التي تمتاز بالدقة والسرعة. تستعمل القوالب المنزلقة في انشاء السايلوات والمداخن وابراج التلفزيون والخزانات التي يزيد ارتفاعها عن ثمانية أمتار والمجاري الكبيرة والانفاق وغيرها. من أهم خصائص القوالب المنزلقة هي حذف المفاصل الانشائية وهذا مهم بالنسبة إلى المنشات المائية والصوامع. الناحية الاقتصادية لقلة اعتمادها على الكادر البشري وامكانية استخدام اجهزتها وقالبها مرات كثيرة. والسرعة في التنفيذ حيث يبرمج العمل لاستعمال القوالب المنزلقة والاستمرار في الصب ليلا ونهارا. يتكون القالب المنزلق من اجهزة السيطرة المركزية والرافعة الهيدروليكية والقالب الذي يتكون من اخشاب الردم ومسانده الجانبية واعمدة الرفع وقضبان الرافعة الهيدروليكية التي تكون بقطر 25 ملم تتسلق عليه الرافعة وتسحب حملها من القالب المنزلق الى الاعلى ويتطلب ان يكون خشب الردم من النوع الذي له مقاومة عالية للرطوبة والالتواء والانحناء والمحافظة على الوجه الصقيل بعد عدة استعمالات. تستعمل القوالب المعدنية حسب نوع المنشأ وللمقاطع المتغيرة كالمداخن المخروطية كي يصبح بالامكان تقليص ابعاد المنشا بواسطة رافعة تتحرك افقيا مع حركة القالب المنزلق عموديا.



القالب المتحرك: هو القالب المبني على هيكل دو قوائم وعجلات تسير مع استمرارية الصب على سكة خاصة أو أن القالب يمكن عزله من المنشأ بعد انتفاء الحاجة اليه. يحرك القالب بعجلات قوائمه على سكة ويحول الى الموقع الجديد وتثبت القوائم ثانية على قواعد خاصة جاهزة لاستعمال اخر وهكذا. هنالك أنواع متعددة من انظمة للحركة والتثبيت. تستعمل القوالب المتحركة لتبطين القنوات الواسعة وصب السقوف المضلعة والمقوسة والارضيات والاعتاب والعوارض ذات الفضاءات الواسعة.



نموذج لقالب متحرك



اعمال الخرسانة (CONCRETE)

الخرسانة مادة انشائية تتكون من مزيج متجانس تقريبا من جسيمات حبيبية صلدة متنوعة المقاسات تعرف بالركام.

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.

مكونات الخرسانة:

تتكون الخرسانة من المواد التالية:

1- السمنت. 2- الركام . 3- الماء. 4- المضافات والتي تستعمل في بعض الخلطات الخرسانية.

1- السمنت: تطلق مادة اسمنتية على اي من المواد الصلبة التي تكون بشكل مسحوق قابل للامتزاج والتفاعل مع الماء والتحول عند الجفاف الى مادة لاصقة. ان السمنت المستعمل في الخرسانة هو نوع من المواد الكلسية الهيدروليكية التي تحتوي على بعض المكونات الاخرى تحرق بدرجة عالية ثم تطحن بنعومة كبيرة. يقسم السمنت المستعمل في الخرسانة الى نوعين:

أ- السمنت البورتلاندي بانواعه: مجموعة من انواع السمنت التي تكون المواد الخام فيها من حجر الكلس الصلد بنسبة الثلثين والباقي مواد طينية وقد تضاف خامات اكاسيد الحديد. يستعمل حجر الكلس والترسبات الطينية الصالحة كمواد اساسية لصناعة السمنت في العراق. تهيأ المواد الخام وتطحن وتمزج ثم تحرق وتصهر بدرجة حرارة 1350 د.مئوية في افران مائلة تنتج ما يسمى بالكلنكر ثم يبرد ويطحن بالنعومة المطلوبة ويضاف له مادة الجبس اثناء الطحن التي تعمل على زيادة وتعديل زمن التماسك. اهم مركبات السمنت البورتلاندي هي

- السيليكا ثنائية الكلس: يتميز هذا المركب بان سرعة تفاعله بطيئة ويعطي حرارة قليلة اثناء التفاعل وتحمله الابتدائي لقوى الضغط قليل الا ان تحمله النهائي يكون جيدا.
- السيليكا ثلاثية الكلس: يتميز هذا المركب بان سرعة تفاعله معتدلة ويحرر كمية لا باس يها من الحرارة اثناء التفاعل وتحمله الابتدائي والنهائي جيد.

- الالومينا ثلاثية الكلس: يتميز هذا المركب بتفاعله السريع وبتحريره كمية كبيرة من الحرارة اثناء التفاعل وتحمله الابتدائي جيد والنهائي ضعيف الا انه قلقا بسبب تفاعله مع الاملاح الكبريتية الذي يؤدي الى اضعاف السمنت.
- الومينات الحديد رباعية الكلس: يتفاعل مع الماء بسرعة اقل من الالومينا ثلاثية الكلس ويكون مركبات اكثر استقرارا واقل من مركبات سيليكات الكالسيوم المائية. تكون حرارة الاماهة اعلى من السيليكا ثنائية الكلس واقل من بقية المركبات وتاثيره على تحمل السمنت قليل.

انواع السمنت البورتلاندي:

- سمنت بورتلاندي اعتيادي: يستعمل هذا السمنت في كافة الحالات عدا التي يستوجب استعمال نوع اخر من السمنت.
- سمنت بورتلاندي المعدل:يستعمل في الحالات العامة وبخاصة التي تتعرض فيها الخرسانة الى املاح كبريتية بكمية معتدلة او عندما يتطلب ان تكون حرارة التفاعل اقل في حالة صب الكتل الخرسانية الضخمة او عند الصب في الجو الحار.
- سمنت بورتلاندي سريع التصلب: يستعمل هذا السمنت في الحالات التي يتطلب فيها تصلد سريع كما في الاعمال التي يرغب فيها برفع القالب بسرعة وزيادة التحمل في الايام الاولى او في الاجواء الباردة.
- سمنت بورتلاندي واطئ الحرارة: يستعمل هذا السمنت في الحالات التي يتطلب فيها ان تكون الحرارة اقل ما يمكن لتجنب التشقق كما في السدود وغيرها وخاصة في الاجواء الحارة
- سمنت بورتلاندي مقاوم للاملاح الكبريتية: يستعمل هذا السمنت في الحالات التي تتعرض فيها الخرسانة للاملاح الكبريتية من اي مصدر كان. ان مقاومة هذا السمنت للاملاح الكبريتية هي بحدود معينة ويجب وقاية الخرسانة بوسائل اضافية اذا كانت نسبة الاملاح المتواجدة اكثر من المقاومة.
- سمنت بورتلاندي الابيض: يستعمل هذا السمنت في الحالات التي يكون اللون فيه ابيضا او فاتحا كما في النثر واللبخ او في صناعة الكاشي او الخرسانة بلون ابيض. يتم انتاج هذا السمنت باستعمال مواد خام ذات لون فاتح مع تحديد كمية اكاسيد الحديد الى اقل حد ممكن لانها تسبب قتامة لون السمنت واستعمال وقود لا يسبب تلوث وتلوين السمنت.

انواع اخرى من السمنت البورتلاندي:

- **سمنت بورتلاندي مفقع الهواء:** هو من نفس نوعية السمنت البورتلاندي الاساسي مضافا له في مرحلة الطحن مضافات تعمل على نشر فقاعات هوائية او غازية دقيقة جدا. يستعمل هذا النوع عند توقع تعرض الخرسانة الى تاثير الانجماد بدرجة كبيرة.
- **سمنت بورتلاندي خبث الفرن العالي:** يصنع باستعمال الخبث الناتج من تعدين الحديد في الفرن العالي مع كلنكر سمنت بورتلاند وبعض المنشطات مثل النورة او هيدروكسيد الصوديوم او البوتاسيوم. يتميز ببطء تصلده لذا فان سرعة اطلاقه للحرارة تكون قليلة ويفضل استعماله في الصبات الكبيرة وفي الاجواء الحارة. تحمله الابتدائي واطيء وتحمله النهائي جيدا.
- **سمنت بورتلاندي فائق التصلد:** ويصنع باضافة كلوريد الكالسيوم الى سمنت بورتلاند سريع التصلد في مرحلة الطحن حيث يعمل كلوريد الكالسيوم كمعجل للتفاعل مما يزيد التحمل الابتدائي واطلاق الحرارة. ان الكلوريد يزيد من احتمال تآكل فولاذ التسليح لذا يحذر من استعماله في اعمال الخرسانة السابقة الجهد. له نفس استعمالات السريع التصلد ويفضل عند الرغبة في الحصول على تحميل ابتدائي اسرع من النوع المذكور.
- **سمنت بورتلاندي الملون:** ويصنع باضافة خضاب ملون الى السمنت في مرحلة الطحن. له نفس استعمالات السمنت الابيض.
- **سمنت بورتلاند البوزلاني:** ويصنع باضافة مواد بوزولانية الى سمنت بورتلاند الاعتيادي بنسبة حوالي 25% في مرحلة الطحن. ان البوزلاند له قابيلة التفاعل مع النورة بوجود الرطوبة وينتج مادة سمنتية. ان تفاعل امواع السمنت البورتلاندي مع الماء ينتج نورة قد تسبب تآكل الخرسانة بفعل الماء الذي قد يؤدي الى ارتشاح المادة خارج الخرسانة لذا فان وجود البوزلاند يساعد في تحويل النورة الى مواد سمنتية ثابتة لا تتاثر بفعل الماء. ان التحمل الابتدائي لهذا النوع ضعيف وتحمله النهائي جيدا ويتميز ببطء اطلاق الحرارة.

انواع السمنت غير البورتلاندي:

مجموعة انواع السمنت التي لا تتكون من المركبات الاساسية للسمنت البورتلاندي الوارد ذكرها سابقا بل توجد مركبات اخرى. ومن هذه الانواع

- **السمنت الطبيعي:** سمنت محضر من حرق وطحن الصخور التي تتواجد في الطبيعة ويكون تركيبها سمنتيا مشابها لمكونات سمنت يورتلاند.
- **سمنت عالي الالومينيا:** سمنت يصنع من الطباشير او حجر الكلس والبوكسايت. يتميز بلونه الغامق وبسرعة تصلده وباعطائه تحملا كبيرا حتى في

اليوم الاول وبمقاومته الجيدة لتاثير الاحماض المخففة والكبريتات لكنه يتاثر بالقلويات. يستعمل في خرسانة الاجواء الباردة وعند الرغبة في الحصول على تحمل عالي وفي المشآت البحرية وفي الخرسانة المقاومة للنار كالمداخن والافران.يتاثر تفاعل هذا السمنت بدرجات الحرارة لاكثر من 25 م عند التصلد وما بعده وكذلك عند تعرض الخرسانة الى الرطوبة بصورة دائمية مما ينتج تحولات سبب انخفاض في تحمل الخرسانة لذا يؤخذ هذا بالاعتبار عند التصميم. عند مزج هذا السمنت مع سمنت بورتلاند ينتج مادة سريعة التصلد ببضع دقائق ويمكن تحميلها بعد ساعتين لذا تستخدم في الاصلاحات.

- **سمنت فائق الكبريتات:** سمنت يصنع من خبث الفرن وكبريتات الكالسيوم وكمية قليلة من السمنت البورتلاندي وتحرق وتطحن بنعومة عالية. يتميز بقلة حرارة التفاعل وبمقاومته لتاثير الكبريتات وتحمله الجيد الاعلى من سمنت البورتلاند الاعتيادي ومقاربا لسريع التصلد. يستعمل في الصبات الكبيرة كالسدود وفي الاجواء الحارة وعند تعرض الخرسانة لتاثير الكبريتات.
- **سمنت البناء:** ويصنع من مزج سمنت بورتلاند الاعتيادي مع مواد مفقعة للهواء ومواد اخرى كالجبس والنورة. يستعمل لعمل المواد الرابطة.
- **سمنت تمددي:** سمنت يصنع بتراكيب متعددة الهدف منها انتاج سمنت يتمدد او على الاقل لا ينكمش بنتيجة تفاعله مع الماء. يستعمل لغرض اصلاح النضوح في المنشآت الصماء الناقلة او الحافظة للسوائل كالسدود والسراديب والخزانات او لاصلاح الاعضاء الانشائية المتضررة.

الركام:

يتكون الركام من مجموعة جسيمات ذات مقاسات متباينة وتكون مادته صلدة وقوية بدرجة كافية وخاملة اي لا تتفاعل مع السمنت والماء. ينبغي ان لا يحتوي على مواد ضارة بنسبة اعلى من الحد المبين في المواصفات وتشمل تلك المواد الاملاح وخاصة الكبريتية والكلوريدات وغيرها من المواد الكيمياوية وكذلك العضوية والمواد الناعمة جدا يشكل الركام معظم حجم الخرسانة فهو يشغل بين 65-80 % من الحجم الكلي. يمكن تقسيم الركام من حيث المواد التي يتكون منها الى ركام طبيعي وركام صناعي.

أ- **الركام الطبيعي:** هو الذي يتكون من مواد طبيعية يستعمل مباشرة او بعد اجراء بعض العمليات البسيطة كالغسل والتدريج ومن انواعه الحصى والرمل والركام المستحصل من تكسير الصخور المناسبة والحصى الكبير المقاس او من مواد الحمم البركانية المتصلبة.

ب- **الركام الصناعي:** وينتج من مواد منتجة بطريقة صناعية مثل الطابوق المكسر او خبث الفرن العالي او الطين المنفوخ بفعل الحرارة.

تدرج الركام:

يقسم الركام من حيث توزيع المقاسات المختلفة للجسميات الى نوعين:

أ- تدريج مستمر: يعني ان يكون الركام موزعا على مقاسات متعددة وبكمية مناسبة لكل مقاس تحددها مواصفات تدرج ذلك الركام. ان هذا التوزيع يساعد الجسيمات الناعمة على التداخل في الفجوات البينية للجسيمات الاكبر مقاسا مما يساعد في انتاج خرسانة كثيفة وقليلة الفجوات وتستهلك اقل ما يمكن من لاسمنت والماء وبذلك تكون الخرسانة اقتصادية وذات تحمل جيد.

ب- تدريج بفجوة: يعني ان يكون الركام باكمله موزعا على عدد محدد وقليل من المقاسات (اثنين مثلا). هذا التدرج يساعد في جعل الخرسانة اسهل مزجا الا ان احتمال انعزال المواد بسبب تباين كتلة الجسيمات مما يعطي خرسانة غير متجانسة واقل جودة.

شكل الركام:

يعتبر شكل الركام من الخواص التي تؤثر على الخرسانة اثناء المزج عند الرص وبعد التصلب وعليه يقسم الركام الى الاصناف التالية:

أ- مدور: حيث تكون الجسيمات بشكل كروي تقريبا. ان غالبية الحصى النهري او من سواحل البحار او الرمل المتكون بالاحتكاك والدحرجة بفعل الرياح من هذا النوع. والذي يتكون نتيجة الصقل بغعل الماء والاحتكاك المستمر عند التكوين جيولوجيا.

ب- غير منتظم: حيث تكون الجسيمات اقل كروية من المدور وتتميز الجسيمات بحاقات مدورة وهو الحصى والرمل البري.

ت- رقائقي او قرصي: حيث يكون سمك الركام قليلا بالنسبة الى البعدين الاخرين ومنه ركام الصخور الطبقية المكسرة وبعض انواع الحصى النهري

ث- ذو زوايا: حيث يتميز بزوايا واضحة عند التقاء سطوح الركام التي تكون مستوية. وهو المستحصل من تكسير الصخور والخبث والطابوق.

ج- مستطال: حيث يكون طول الركام اكبر من البعدين الآخرين ويتواجد هذا النوع بين الركام ذو الزوايا.

تؤثر طبيعة السطح في قابلية تشغيل الخرسانة وفي الربط بين معجون السمنت وسطح الركام وكذلك في قابلية السطح لامتصاص الرطوبة ولذا يعتبر الركام المسامي كالطابوق او الحجر الرملي غير مفضل لاعمال الخرسانة.

مقاس الركام:

يقسم الركام الى خشن او كبير(Coarse aggregate) وركام ناعم او صغير (Fine aggregate) ويعتبر مقاس 4.75 ملم الحد الفاصل بينهما.

- **الحصى:** ويكون بنوعين الاول حصى نهري ويتميز في الغالب بشكل مدور وخالي من الاملاح تقريبا وتكون المواد الشائبة الملتصقة معه اما رمل ويمكن التخلص منه بالغربلة او الطين ويمكن التخلص منه بالغسل. النوع الثاني هو الحصى البري الصحراوي ويكون غالبا بسكل غير منتظم والمواد الشائبة فيه طينية ويحتاج الى كميات مياه كبيرة للتخلص منها، قد يكون الحصى محاطا بمغلفات لاصقة بالسطح ذات تراكيب ملحية بنسبة عالية لا يمكن ازالتها بسهولة مما يجعلها غير صالحة للاستعمال. الحصى البري على سطح الارض لا يصلح في الخرسانة لاحتوائه على مواد طينية وكلسية وعضوية وكذلك شكلها الغير منتظم.
- **الرمل:** يستخرج اما من المقالع النهرية والذي يكون خاليا من الاملاح تقريبا مدرجا حاد الزوايا وقد يحتوي على نسبة من الطين ويستعمل في المناطق الشمالية وبعض المناطق الوسطى. او البرية والمتوفر في وسط العراق وجنوبه مثل كربلاء والنجف والحبانية يكون جيد التدرج ونسبة ضئيلة من المواد الناعمة الا انه يجب ان يتم فحصه للتاكد من خلوه من الاملاح وخاصة الكبريتية المؤثرة بصورة كبيرة على الخرسانة.

مواصفات الركام الصالح لاعمال الخرسانة:

أ- **المواد الضارة:** مثل العضوية والتي يجب ان لا تكون موجودة بدرجة تؤثر علة مقاومة الخرسانة ومجموعة ثالث اوكسيد الكبريت التي يجب ان لا تزيد عن 0.5% وزنا والمقاومة ضد القلويات وكذلك الواد الخفيفة التي يجب ان لا تزيد على 1% وزنا لكل من الركام الناعم والخشن. ام الكتل القابلة للتفتيت يجب ان لا تزيد على 1% وزنا من الركام الناعم و0.25% وزنا للخشن. المواد المارة من منخل 200 (75 مايكرون) اي الناعمة جدا يجب ان لا تزيد على 5% للرول الطبيعي او رمل الحصى المكسر وعلى 7% في رمل الحجر المكسر وعلى 1% في الركام الخشن.

ب- **التدريج:** ويكون التدريج حسب جداول يبين نسبة المواد العابرة من المناخل وتجري التجارب مختبريا وتقارن مع جداول المواصفات لتبين مقاسات الركام الخشن ومناطق تدرج الركام الناعم.

القوالب والسقالات

FORM AND SCAFFOLDINGS

مقدمة : استعملت القوالب مع بداية استعمال الخرسانة في الاعمال الانشائية حيث دعت الحاجة إلى دراسة القوالب وتطويرها من نواحي عديدة لتتلائم مع تطور استعمالات الخرسانة وصبها باشكال وابعاد هندسية معينة. استعملت القوالب الخشبية في البداية وثم استحدثت بعدها قوالب من مواد أخرى أهمها القوالب المعدنية والبلاستيكية وكما ادخلت تحسينات واضافات لعمل قوالب قياسية وبنمطية معينة تسهل تركيب القوالب وفكها ويضمن الجانب الاقتصادي الذي يعتمد بالدرجة الأولى على امكانية استعمال القالب الواحد مرات متكررة.

أن أهم الأمور التي تخص دراسة القوالب هي :

١- تصميم القوالب وفق أسس وعوامل هندسية معينة .

٢- بناء القوالب وتهيئتها للاستعمال .

٣- استعمال القوالب وتركيبها موقعيا ثم رفعها عند انتفاء الحاجة اليها.

يتطلب أن تتوفر في اعمال القوالب وللامور المبينة أعلاه النواحي التالية : - ا- النوعية وتشمل قوة القالب ومتانته لمقاومة الاحمال المسلطة عليه وحفاظه على الشكل المطلوب وعلى مواده الخرسانية.

٢ - الامان بالنسبة إلى سلامة العمال والمنشأ الخرساني اثناء عمل القوالب وفكها أو و صب خرسانتها .

٣- الاقتصاد باعتبار أن كلفة القالب فقرة أساسية من فقرات سعر الخرسانة ويمكن خفض سعرها بنسبة كبيرة عند جواز استعمال القالب مرات متعددة كما هو الحال بالنسبة إلى القوالب المعدنية مثلا.

تعمل القوالب اما خارج الموقع أو تعمل في موقع العمل او تكون جاهزة بنمطية معينة وتتطلب مقارنة هذه الحالات لاختيار المناسب منها حسب نوعية العمل وطبيعته .

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

1- الخشب. 2 - الفولاذ. 3- معادن خفيفة الوزن كالالمنيوم. 4 - البلاستك أو البلاستك المسلح بالياف الزجاج

فيما يلي شرح أهم الأمور التي تخص القوالب من المواد أعلاه:-

القوالب الخشبية: تستعمل القوالب الخشبية عندما يتطلب صب الخرسانة باشكال وتفاصيل هندسية يصعب او يتعذر الحصول عليها بقوالب من المواد الاخرى ويكون القالب الخشبي اقتصادي عندما يجوز استعماله مرات متعددة وبنسب قليلة من الضياع والتلف .

تعمل القوالب الخشبية من نوعيات عديدة من الاخشاب منها الخشب الرخو مثل خشب الجام وهو أرخص انواع الخشب ويفضل الطري منه على المجفف وذلك لقلة تأثره برطوبة الخرسانة ومحافظته على الشكل بدون التواء أو انحناء.

تصنف القوالب الخشبية بالنسبة الى استعمالاتها إلى مجموعتين هما :

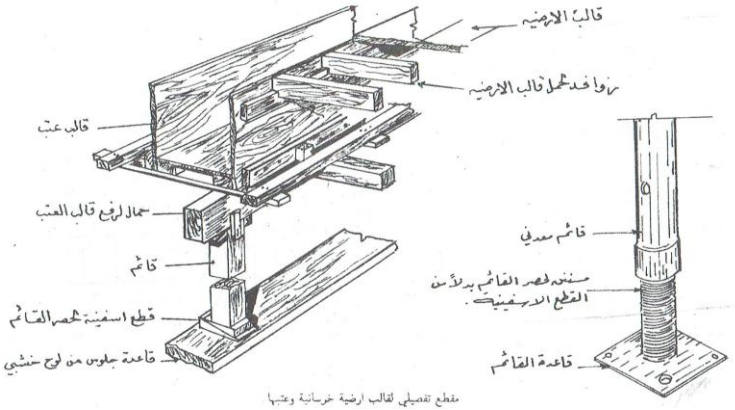
1 - قوالب لمنشات خفيفة وهي التي تصمم لغرض الأستعمال الواحد أو لمرات محدودة .

2 - قوالب لمنشات ثقيلة وهي التي تصمم لغرض الاستعمال مرات متكررة كثيرة . تصمم القوالب الخشبية عادة بعامل امان لا يقل عن 2.5

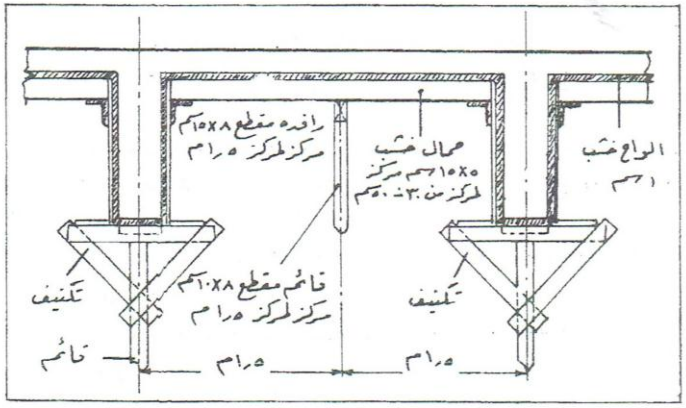
يتطلب ضبط أبعاد القوالب بحيث تنتج الخرسانة بأبعادها ومستوياتها المصممة وكما أن ضبطها من ناحية الشقوق والمفاصل بين الألواح ضروري حتى لا تفقد الخرسانة مائها او بعض موادها الناعمة. وقد يعمل بين ألواح الردم مفاصل منها مفصل قفل وهو محكم جدا كما مبين في الشكل (أ) أو مفصل تشكيل كما في الشكل (ب) وهو أرخص من ناحية العمل وغير محكم بدرجة المفصل الاول.

أن اختيار نوع المفصل يعتمد على نوعية الخشب ومستوى العمل والجودة المطلوبة وان دهن القوالب الخشبية ضروري في أغلب الحالات والدهان المستعمل هو من نوع الدهان المعدني الخفيف أو الزيت غير الحمضي الخاص. من المهم تنظيف القوالب بالهواء المضغوط مثلا ورشها قبل بدء الصب بفترة مناسبة لتقليل تأثر القوالب برطوبة الخرسانة.

يجب أن تكون القوالب الخشبية والهيكل الخاص بها قوية لمقاومة الاحمال الشاقولية وقوى الدفع الجانبية المؤثرة عليها وان تكون متماسكة الاطراف بحيث تعمل بكافة أجزائها كوحدة واحدة متماسكة. يعتمد سمك الخشب والابعاد اللازمة للقوالب على عوامل التصميم والاحمال وابعاد الاجزاء الخرسانية وعلى غير ذلك من العوامل الأخرى. من المفيد اقتصاديا عند تصميم الاعضاء البنائية عدم تغيير المقاطع في الاعمدة والاعتاب بقدر المستطاع لامكان استعمال القالب مرات عديدة وكذلك التقيد بابعاد الخشب القياسية او المتوفرة لتقليل نسبة التلف عند العمل وبناء القوالب المطلوبة.

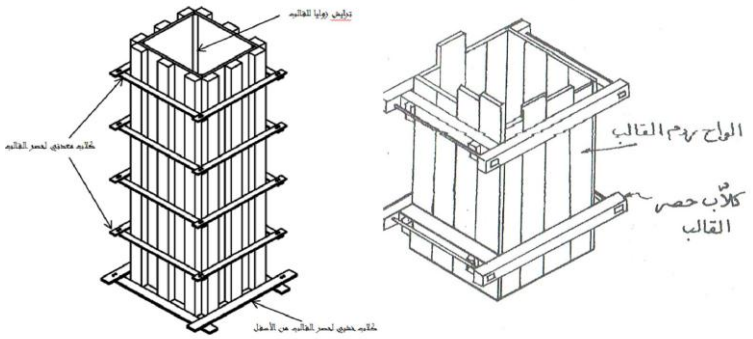


مقطع تفصيلي لقالب ارضية خرسانية وعتبها



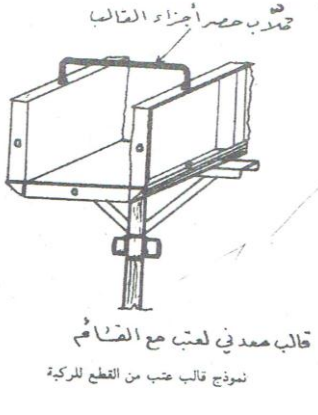
نموذج لمقطع قالب ارضية خرسانية واعتابها .

أما قوالب الاعمدة الخرسانية المسلحة فيمكن عملها باستعمال الواح الخشب أو باستعمال الواح المعاكس مع مساند خشبية وفي كلتا الحالتين يتطلب حصر القالب بكلاليب خشبية أو معدنية خاصة على مسافات تتراوح من 5 إلى 50 سم حسب موقع الكلاب من ارتفاع العمود وذلك لمنع تفلطح القالب من تأثير الدفع الجانبي للخرسانة الطرية اثناء صبها وتصلدها.

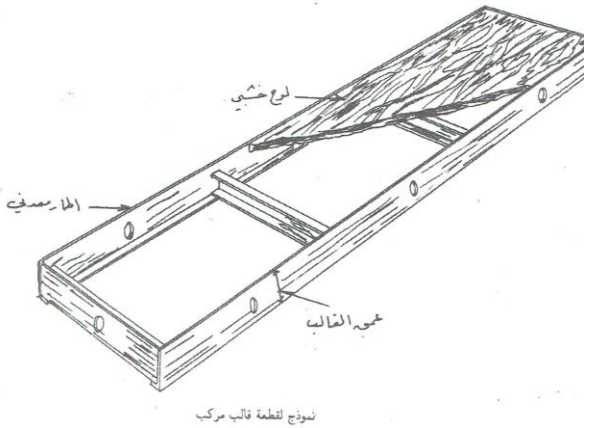


نوعان من القوالب الخشبية لصب اعمدة خرسانية مسلحة .

القوالب المعدنية: تعمل القوالب المعدنية من معادن وسبائك عديدة أهمها الفولاذ والالمنيوم او بتركيب الاثنين معا وهي تمتاز بمتانتها واقتصاديتها لانها قابلة للاستعمال مرات كثيرة. تصنع القوالب المعدنية بابعاد قياسية ونمطية تتلائم مع ابعاد التصاميم الانشائية للوحدات الخرسانية للهيكل وأرضيات المنشأ. يتطلب توزيع قطع القوالب المعدنية للاوجه الخرسانية التي سوف تبقى مكشوفة وبدون ختم توزيع منتظماً لتظهر المفاصل بين قطع القوالب بعد رفعها بخطوط واتجاهات مستقيمة ومتناظرة. تتوفر القوالب المعدنية بأنواع ومقاسات عديدة منها نوع خاص للاستعمال الاعتيادي للمنشآت الخفيفة وتكون بقطع ذات طول 100 ، 125، 200، 250، 300 سم وعرض يتغاير من 10 إلى 50 سم وبعمق 5 سم لجميع المقاسات. ما النوع الاخر فهو للاستعمال الثقيل للمنشآت الخاصة وتتوفر قطع باطوال 100، 200، 300 سم وعرض 10 الى 40 سم. هناك اجزاء مكملة للنوعين تستخدم مع القوالب في الزوايا والتقاطعات وكذلك توجد وحدات لحصر القالب وربط الاجزاء مع بعضها بصورة محكمة .



نموذج قالب عتب من القطع للركبة



نموذج لقطعة قالب مركب

القوالب البلاستيكية: أصبحت مادة البلاستك تستعمل بنطاق واسع لاكساء القوالب الخشبية وكذلك تصنع قوالب باشكال خاصة منها السقوف المضلعة او لاظهار الأوجه الخرسانية بعد الصب بطابع معماري معين أو نقوش خاصة. تمتاز القوالب البلاستيكية بامكانية استعمالها مرات كثيرة وبخفة وزنها وسهولة تنظيفها واقتصاديتها مقارنة مع القوالب من المواد الأخرى. تتوفر معلومات وجداول تخص استعمالات القوالب البلاستيكية بابعاد قياسية واشكال ونمطية يمكن الرجوع إلى هذه الجداول حسب تعليمات المنتج عند الاستعمال.

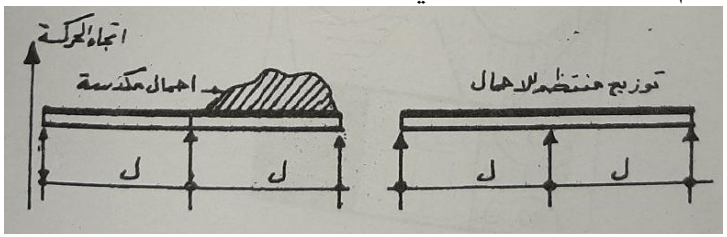
احمال وقوى تصميم القوالب: أهم الاحمال والقوى المسلطة على القوالب هي

أ-الاحمال الشاقولية وتشمل:

1- وزن التسليح وتحسب من مخططات التسليح لذلك العمل. 2 - وزن الخرسانة الطرية قبل التصلد ويقدر بمعدل 2500 كغم للمتر المكعب الواحد.

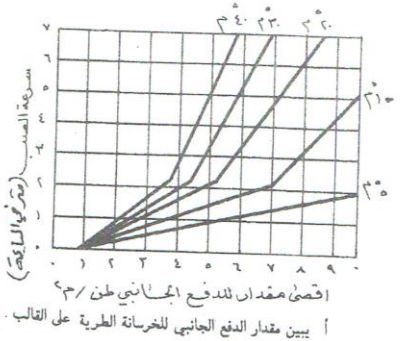
3- وزن القالب يقدر من 20 إلى 60 كغم للمتر المربع الواحد. 4 - الأحمال الحية وتتراوح بين 250 - 375 كغم للمتر المربع الواحد.

5 - احمال مضافة اثناء التنفيذ (imposed loads) تعتمد في مقدارها طريقة وضع الخرسانة ورصها وحركة معدات نقل الخرسانة وأجهزة الصب والاهتزازات الناجمة منها. 6- احمال تكديس الخرسانة الطرية في بعض المواقع للارضيات ذات اكثرمن فضاء واحد وعدم توزيع الأحمال على اجزاء القالب مما يزيد الاحمال على بعض القوائم ويولد قوى رافعة وسحب لقوائم اخرى كما مبين في الشكل. قد تسبب بذلك زحف القالب وانهياره ان لم تؤخذ هذه الحالة عند التصميم والتنفيذ بنظر الاعتبار.

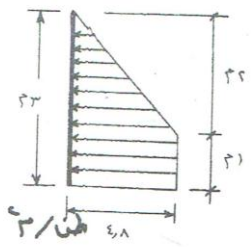


ب - الدفع الجانبي :

ينجم الدفع الجانبي على القوالب من دفع الخرسانة الطرية وهذا يتناسب طرديا مع سرعة املاء القوالب بالخرسانة وعكسيا مع درجة حرارة الخرسانة وسرعة تماسكها ويساوى ما معدله (2500) كغم للمتر المربع الواحد لكل متر ارتفاع من القالب هذا بالاضافة إلى وجود عوامل أخرى أهمها تأثير الاهتزازات ويقدر ب (4500) كغم لكل متر مربع واحد لكل ارتفاع متر من صب الخرسانة. تتوفر مخططات جاهزة لمعرفة مقدار هذا الدفع دون الحاجة إلى تطبيق المعادلات وكما مبين ذلك في المخطط أ. مثلا يكون توزيع الدفع الجانبي على قالب. ارتفاعه ثلاثة أمتار وسرعة صب خرسانته ٢ م / الساعة في درجة حرارة 20 م^0 (4.8) طن للمتر المربع الواحد وان هذا الدفع يبلغ حده الأعلى على ارتفاع متر من الأعلى والتوزيع على باقي الارتفاع يبقى ثابتا بمقدار (8.4) طن للمتر المربع كما مبين ذلك في الشكل ب.



أ يبين مقدار الدفع الجانبي للخرسانة الطرية على القالب.



ب يبين توزيع الدفع الجانبي للخرسانة الطرية على القالب.

ب- جهاز ذو المطرقة البخارية مفردة العمل:

يتكون من جهاز ذو مطرقة ترفع بقوة البخار او الهواء المضغوط الى ارتفاع معين لتسقط تلقائيا بعد زوال الضغط. عدد الضربات لهذه المطرقة من 30-80 ضربة في الدقيقة الواحدة مع امكانية تنظيم الطاقة الناتجة من الضربة وذلك بتغيير ارتفاع الهبوط. هناك نوع خاص من المطارق هو المطرقة المغلقة يمكن استعمالها لدق الركائز تحت الماء. وهذه المطرقة تولد ايضا صوتا عاليا اثناء الدق لذا لايفضل استعمالها في المناطق السكنية.

ج- جهاز ذو المطرقة البخارية مزدوجة العمل:

يتكون من جهاز ذو مطرقة ترفع وتدفع بقوة البخار او الهواء المضغوط مع امكانية تنظيم الطاقة بتغيير قوة البخار او الهواء. يمتاز بسرعة الدق حيث ضرباته من 95-145 ضربة في الدقيقة الواحدة ولكن لا تستعمل لدق ركائز ثقيلة في تربة ذات مقاومة احتكاك عالية تمنع من نزول الركيزة بسرعة وانتظام مقبولين.

د- جهاز ذا مطرقة الهبوط التفاضلي: وهو يشبه الجهاز ذو المطرقة البخارية المزدوجة العمل. الاختلاف هو هبوط مطرقة الجهاز بتعجيل وله ميزات جهاز المطرقة البخارية مفردة العمل من ناحية وزن المطرقة وارتفاع هبوطها. ويمتاز بسرعة الضربات والكفاءة العالية وسرعة العمل واقتصادية التشغيل وملائمته لدق الركائز تحت سطح الماء.

ح- جهاز ذو مطرقة الديزل:

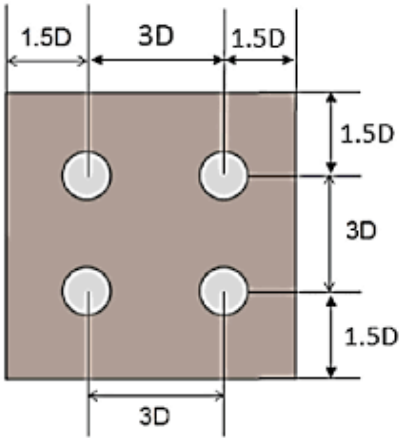
ويعتبر هذا الجهاز وحدة متكاملة لا يحتاج الى جهاز خارجي لتشغيله فهو يحتوي على جميع ما تحتاج المطرقة من محرك ومكبس ومخزن وقود ومشعل وله هيكل ينصب فوق الركيزة. الجهاز اقتصادي سهل الادامة ولكنه ذو استعمالات محدودة لقلة عدد ضرباته وصعوبة تنظيم طاقة الضربات مقارنة مه اجهزة المطارق السابقة. ويوجد جهاز يعمل بالنفط الابيض او البنزين وله مطرقة خفيفة لذا تكون اسرع.

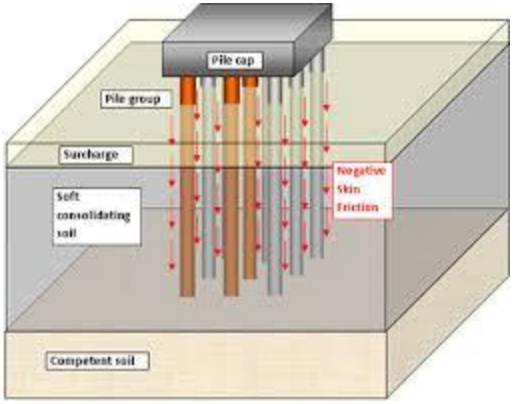
ه- اجهزة سوق ركائز اهتزازية:

يحتوي على محاور واثقال غير تمركزية تحدث بحركتها التناوبية هزات تنتقل الى الركيزة والتربة الملاصقة لها وتضعف اجهادات الاحتكاك السطحي بينهما وبهذا تساعد على دفع الركيزة بسرعة. تستعمل في ركائز الالواح (sheet piles) والركائز مسبقة الصب علما ان الهزات لا تؤثر على الابنية المحاورة وانها تتلاشى في التربة على عمق اول متر من طول الركيزة.

مجموعات الركائز وعامل التنقيص (Group piles):

توزع الركائز بمجموعات مختلفة لتنقل احمال معينة الى التربة. تتراوح المسافة الافقية بين مركز الركائز المتجاورة بين 2.5-3.5 مرة 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 بين 6% لمجموعة ذات ركيزتين الى 28% لمجموع ذات تسع ركائز. يستحسن جمع الركائز بمجموعات قليلة ويفضل زيادة تحمل المجموعة بزيادة طول الركيزة او زيادة قطرها او قاعدتها بدلا من زيادة عدد الركائز لتلك المجموعة.





فحص تحمل الركيزة (Loading test):

هو تحميل الركيزة موقعيا للتاكد من امكانية تحملها التصميمي ضمن ضوابط ومواصفات هندسية. يحدد موقع ركيزة الفحص بالقرب من موقع اساس المشروع وبارشاد المهندس المشرف حيث تفحص الركيزة لمعرفة تحملها ونزولها وبموجب ذلك يتم تنفيذ الركائز الاخرى. يجري عادة فحص تحميل ركيزة واحدة لكل مائة ركيزة منفذة وان لا يقل عدد الفحوصات عن فحصين في جميع الاحوال. يتم تهيئة الركيزة الخرسانية المراد فحصها وذلك اما بقطع الطرف العلوي مستويا او تعمل قبعة خرسانية مسلحة (Cap) على راس الركيزة لتوزيع احمال الفحص على مقطع الركيزة. عند فحص الركيزة يجب ان يكون عمر الخرسانة لا يقل عن 7 يوم. يتطلب عند الفحص توفيير المقاييس والشواخص لقراءة النزول واحمال الفحص كما مبين في الشكل

يكون فحص التحميل على انواع منها:

1- الفحص بالتحميل الديناميكي (Dynamic loading).

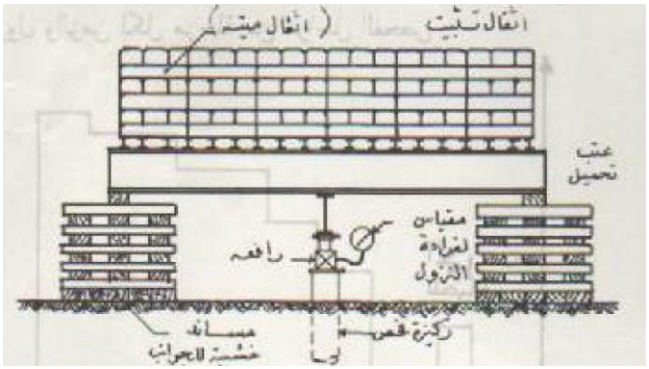
عبارة عن متابعة ضربات مطرقة جهاز دق ركيزة الفحص وتسجيل مقدار هبوط الضربات واستعمال معدل هبوط (5-10) الضربات الاخيرة من طول الركيزة الاخيرة التقديرية في معادلة هندسية تعتمد على طريقة الدق والمطرقة المستعملة. يستعمل الفحص عادة لتحديد العمق الذي يجب ان تساق فيه الركيزة موقعيا لاعطاء تحمل معين.

2- الفحص الاستاتيكي.

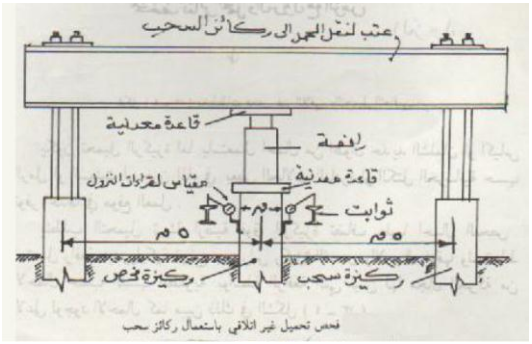
عبارة عن تحميل ركيزة فحص باحمال مضافة ويكون على حالتين الاولى التحميل الاتلافي والذي يستمر فيه التحميل الى ان تفشل الركيزة او الى ان يتجاوز مقدار تحملها الامين مضروبا بعامل امان معين. يحدث الفشل عندما يكون مقدار التحميل الحد الذي يتجاوز مقدار اجهاد قص التربة ويسمى بالفشل القصي والحمل بالحمل الاقصى. يمكن معرفة تحمل الركيزة من هذا التحميل وحسب عامل امان يساوي تقريبا 3. الحالة الثانية هي التحميل غير الاتلافي والذي تحمل فيه الركيزة من 150-200% من تحملها التصميمي المطلوب. يتم تسجيل نزول الركيزة لكل مرحلة والتي تقدر ب 25% من الحمل الكلي ويجب ان يبقى حمل كل مرحلة فترة زمنية تحدد بساعة واحدة او ساعتين. يبقى الحمل الكلي على الركيزة لمدة 24-48 ساعة حسب مقدار النزول ويسجل النزول النهائي للركيزة. بعدها يتم رفع الاحمال بنفس نسب التحميل تنازليا ويسجل الرجوع والرجوع النهائي بعد ساعة من رفع الاحمال الكلية. وبعدها يتم رسم بياني للاحمال مع النزول والرجوع

يجوز ان يكون الفحص غير الاتلافي بالتحميل التعاقبي حيث تضاف الاحمال وترفع باكثر من حالة واحدة فمثلا للتحميل الاول تضاف 25% ومن ثم ترفع بعد تسجيل النزول والرجوع وبعدها يتم االتحميل للمرحلة الثانية ولكن بنسبة 50% ومن ثم ترفع وبعدها 75% وصولا الى 200% من الحمل التصميمي ويبقى الحمل بعدها 24 -48 ساعة.

يكون تحميل الركيزة اما باستعمال احمال من اطوال حديد الشيلمان او اكياس الرمل او السمنت او خزانات الماء او الكتل الخرسانية حسب توفرها. يتطلب التحميل تهيئة ارضية فوق الركيزة تضاف عليها احمال الفحص. تستعمل رافعة هيدروليكية توضع بين راس ركيزة الفحص والاحمال فوقها وثم تسلط الاحمال حسب النسبة المئوية كما مبين في الشكل.



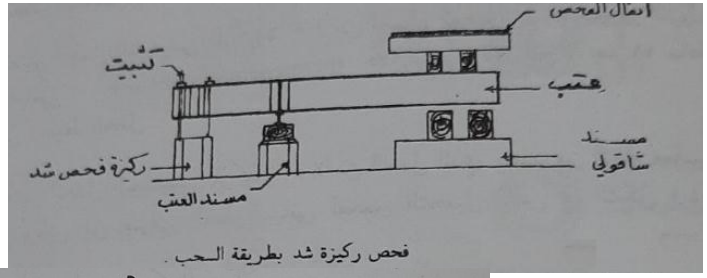
تستعمل ركائز السحب ويكون عددها 2 او 4 ومراكزها على بعد خمسة اضعاف قطر ركيزة الفحص على ان لا تقل عن مترين. يكون تسليط مقادير الاحمال بواسطة رافعة هيدروليكية ايضا تدفع الرافعة ركيزة الفحص في الوسط نحو الاسفل. يشترط ان لا تتحرك ركائز السحب اثناء الفحص لتكون النتائج سليمة.



فحص تحميل غير اتلافي باستعمال ركائز سحب

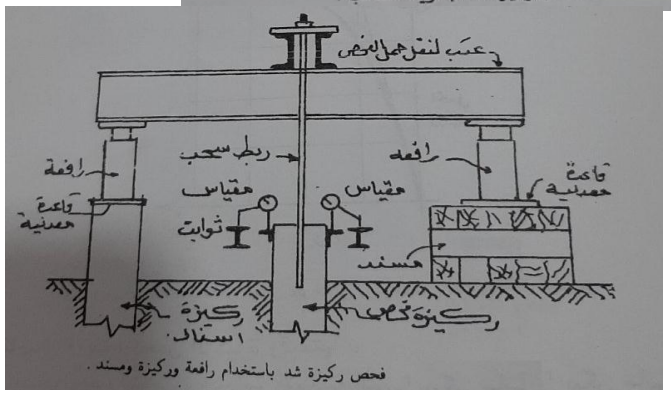
3- فحص السحب.

هو فحص الركيزة لتحمل قوى الشد. يعتمد الفحص على تسليط حمل في طرف ناتئ من عتب يستند على ركيزة ثابتة على مسافة مقبولة من ركيزة الفحص كما موضح في الشكل ادناه.



فحص ركيزة شد بطريقة السحب.

يمكن اجراء نفس الفحص باستخدام رافعة وعتب مثبت بركيزة ومسند كما في الشكل ادناه



فحص ركيزة شد باستخدام رافعة وركيزة ومسند.

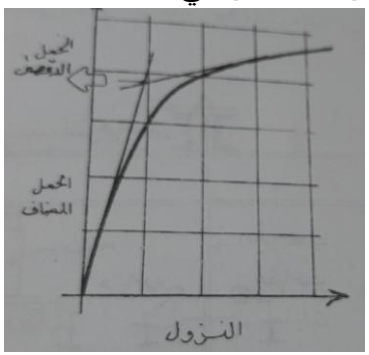
هنالك اجتهادات عديدة لتفسير نتائج فحص الركائز وفيما يلي بعضا منها:

1-تعتبر الركيزة فاشلة اذا كان نزولها الكلي المتبقي بعد طرح مقدار الرجوع (rebound) بعد 24 ساعة من الفحص يزيد عن 0.025 سم لكل طن.

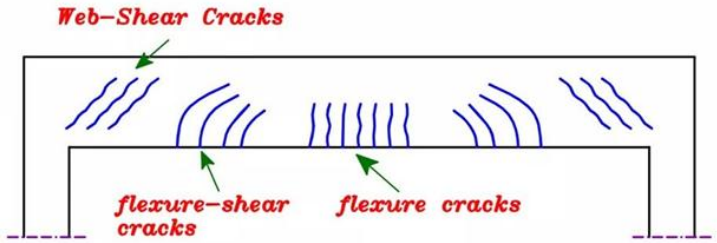
2- يعتبر الحمل التصميمي للركيزة مساويا الى 50 % من حمل نقطة الخضوع ان ظهرت هذه النقطة في مجال المرونة من الخط البياني للفحص.

3- يعتبر الحمل التصميمي للركيزة مساويا الى 50 % من احمال الفحص ان لم يتجاوز النزول الدائمي 0.625 سم بعد 48 ساعة من التحميل.

4- يعتبر الحمل التصميمي للركيزة مساويا الى 50 % من الحمل الذي يتحدد من التقاء مماسين مرسومين كما مبين في الشكل ادناه؟



وبما ان قوى القص على اي مقطع تولد اجهاد شد قطري (diagonal tension) كما مبين في الشكل ادناه. ان 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.



- قوة الربط مع قضبان التسليح: وتعتبر ضرورية لثبات قضبات التسليح داخل الخرسانة لذا فهي عامل مهم في تصميم الخرسانة المسلحة. يجب ضمان تثبيت وعدم انزلاق القضبان المطمورة داخل الخرسانة. تتولد هذه القوة نتيجة تلاصق معجون السمنت المتصلد بالتسليح والتي تنتج بسبب الاحتكاك والنتوءات التي توجد في القضبان. ان القضبان الملساء اقل ترابطا من القضبان المنتئة ولقطر حديد التسليح تاثير في مقدار اجهاد الربط.

ثانيا- التبدلات البعدية والحجمية: ويمكن تقسيمها الى

- تبدلات بعدية تسببها الاجهادات الميكانيكية اللحظية: والتي يمكن دراستها من خلال معيار المرونة (modulus of elasticity) ويساوي الاجهاد المسلط/ الانفعال. ولمعيار المرونة اهمية في تصميم الخرسانة المسلحة حيث يعتبر مقياسا لمقاومة المادة للتشوه وكذلك في توزيع القوى بين الخرسانة وحديد التسليح. والثاني معيار التشوه العرضي (نسبة بواسون) وهو نسبة التشوه العرضي الى التشوه الطولي وتتراوح ما بين 0.1-0.3. والثالثة هي النسبة المعيارية (n) وتساوي معيار المرونة الفولاذية مشسوما على معيار المرونة للخرسانة وتعتبر تقريبا مساوية الى 15 لاجل تحديد الابعاد وحساب الاجهادات بطريقة المرونة ولاجل التبسيط تعتبر مساوية الى 10 عند تصميم الوحدات الانشائية التي يسمح بوجود شقوق ناتجة عن الشد.
- تبدلات بعدية تسببها الاجهادات الميكانيكية بمرور الزمن: وتحدث عند بقاء الحمل ساكنا ومؤثرا على الخرسانة لفترة طويلة لذا تكون انفعالات غير

مرنة تسمى الزحف (creep) وتتاثر بمقدار اجهادات التحميل بالنسبة لتحمل الخرسانة ويزداد بزيادة التحميل ورطوبة المحيط حيث يتناقص الزحف بازدياد الرطوبة، وعمر الخرسانة عند التحميل حيث يتناقص بازدياد العمر، ونسبة السمنت في الخرسانة حيث يزداد بزيادته، ونسبة الماء/ السمنت في الخلطة حيث يزداد بزيادتها، وخواص الركام حيث يتاثر تبعا لبعض خواص الركام مثل المرونة، والزمن حيث يزداد بمرور الزمن، وكتلة الخرسانة حيث يقل بزيادتها. يقدر الزحف في الاجزاء المعرضة للضغط بنسبة 0.25-2.5 بقدر الانفعال المرن حيث يمثل الرقم الاول النسبة لخرسانة بعمر 10 ايام والثاني بعمر 1000 يوم.

- التبدلات الحجمية: تنكمش الخرسانة اثناء تصلبها ويكون بسبب تبخر الماء الحر في الخرسانة وتفاعل السمنت ويتاثر بعوامل اهمها نوع السمنت المستعمل، نسبة الماء/ السمنت حيث يزداد الانكمتش بزيادتها، رطوبة الجو المحيط جيث يقل بزيادتها، خواص الركام، الزمن حيث يزداد الانكماش بمرور الزمن، سمك الجزء الخرساني حيث يزداد مع قلة السمك. تتاثر الخرسانة حجميا بالحرارة ومعامل التمدد 0.01 لكل درجة مئوية لكل م.طولي.

ثالثا- الدوام والمقاومة للعوامل الجوية: تعتمد دوام الخرسانة على عدة عوامل تؤثر عليها وتؤدي الى اضعافها ومنها:

- العوامل الجوية حيث يؤثر الانجماد على الخرسانة بصورة كبيرة حيث ان تجمد الماء في الفجوات يؤدي الى تسليط قوى داخلية كبيرة على الخرسانة قد يؤدي الى التشقق ومن الممكن تقليل تاثير الانجماد باستعمال السمنت مفقع للهواء وزيادة كثافة الخرسانة وتقليل الفجوات وتقليل نسبة الماء/ السمنت واستعمال ركام صلد قليل الامتصاص وتقليل امتصاص الماء من خلال سطح الخرسانة.
- الركام المتفاعل: يتفاعل بعض الركام مع المركبات القلوية في السمنت بصورة بطيئة تؤدي الى تمددات حجمية تسبب تشقق الخرسانة وفي هذه الحالة ممكن استخدام سمنت واطئ القلوية. من انواع الركام المتفاعل انواع من حجر الكلس السيليكي وبعض الصخور عالية السيليكا.
- المياه التي تتعرض لها الخرسانة: الخرسانة بصورة عامة مادة مقاومة للماء بعد تصلبها لا تتآكل ولا تصدا لذا يمكن استخدامها تحت الماء، الا ان امتصاص الخرسانة للماء يمكن ان يؤدي احيانا الى ظاهرة ارتشاح النورة مما يسبب تآكل الخرسانة وكذلك تحريك تفاعل الاملاح التي داخل الخرسانة وفي زيادة تاثير الانجماد. احتواء الماء على املاح وخاصة كبريتية تتفاعل مع السمنت بصورة سلبية قد تؤدي الى تلف الخرسانة.

رابعا- مقاومة الحريق: تعتبر الخرسانة من المواد البنائية الجيدة المقاومة للحريق بسبب طبيعة المواد الاولية الذي تتكون منه الخرسانة. وهنالك جداول خاصة تبين مقاومة الحريق لاجزاء المنشآت من الخرسانة المسلحة، مثلا عند استخدام حجر الكلس كركام كبير يخفض سمك العمود الى 30، 22.5 سم بدلا من 45، 30 سم لمقاومة الحريق لفترتين قدرهما اربع ساعات وساعتين على التوالي. في حالة استخدام انهاء لبخ ونثر سمنت مع مادة الاسبستوس بسمك 2 سم فيمكن تخفيض سمك السقوف والارضيات الى 12.5 سم لمقاومة الحريق لفترة قدرها اربع ساعات.

خامسا- نفاذية الماء: لا تعتبر الخرسانة مادة صماء غير منفذة بشكل مطلق وذلك لانه لا يمكن لمعجون السمنت عند التصلد ان يشغل تماما الفراغات التي يتركها السمنت والماء بعد التفاعل مما يعني وجود مسامات، وتكون كمية ماء المزج في الخرسانة اكثر من الكمية اللازمة لتفاعل السمنت وبعدها يتم التبحر وتحدث فجوات، ولا يمكن رص الخرسانة بحيث تكون الفجوات معدومة تماما مما يجعل الخرسانة منفذة للماء. ان نفاذية الماء للخرسانة تعتمد على الفجوات المستمرة وفي حالة عدم تواجدها فان الماء لا يخترق الخرسانة بل يكون امتصاص محدود. وللحصول على خرسانة مقاومة للماء يجب ان تكون الصبة الخرسانية متجانسة وخالية من النخور الذي يحدث بسبب تباين حجوم الركام وان تكون الخرسانة باعلى كثافة ممكنة وباقل ما يمكن من الفجوات بما يستوجب الركام الجيد والنظيف ومدرجا ومدورا تقريبا وكمية السمنت من 300-400 كغم للمتر المكعب الواحد، وان تكون نسبة الماء/السمنت اقل ما يمكن، وتجنب كل ما من شانه احداث شقوق في الجسم الخرساني بسبب الانكماش او التبدلات الحرارية او الانفعالات بسبب الاجهادات، وانهاء السطوح الخارجية للخرسانة بصورة صقيلة وغير مسامية.

سادسا- العزل الحراري: لا تعتبر الخرسانة ذات الكثافة الاعتيادية جيدة العزل فيستعاض عنها بالخرسانة القلية الكثافة التي تكون اكثرعزلا لقلة كثافتها.

سابعا- مقاومة تاثير الاحتكاك: وهي مهمة في اعمال التبليط والارضيات المعرضة للاحمال المتحركة والسدود والنواظم والانابيب الناقلة للسوائل المعرضة للاحتكاك بالمياه الجارية. تتاثر مقاومة الاحتكاك بتحمل الخرسانة فتقل بزيادتها، ونسبة الماء/السمنت فتزداد بنقصانها، ونوعية الركام فالجيد منه له تاثير جيد على زيادة مقاومة الاحتكاك، وانهاء السطوح بصورة جيدة وباعلى كثافة ممكنة وذلك بتسوية ورص السطح بصورة جيدة قبل التصلب، وتجانس الخرسانة والانضاج الجيد للحصول على سطح مقاوم للتآكل حتى لو باستخدام المضافات مثل سيليكات الكالسيوم التي توضع بعمر 28 يوم.

ثامنا- مقاومة تاثير المواد الكيمياوية: تتاثر السطوح الخرسانية بالمواد الكيمياوية وبعض الحوامض والزيوت النباتية والدهون والمحاليل السكرية والاملاح

وبصورة خاصة الكبريتات والكلوريدات التي قد تتواجد في التربة والمياه الجوفية ومياه البحر خاصة في المصانع ومعامل الاعلاف ومعمل السكر وغيرها. ويمكن تقليلها بزيادة كثافة الخرسانة وتحملها واستعمال ركام صلب وغير مسامي وغير متفاعل وتقليل نسبة الماء/السمنت ومعالجة السطوح لتقليل الامتصاص واستعمال المقاومة لتاثير الكيمياويات مثل الكبريتية وفي المسلحة يزداد سمك الغطاء الخرساني من 40-75 ملم. في وسط وجنوب العراق تتواجد الكبريتات على شكل SO_4 فيوصى باستخدام السمنت البورتلاندي المعدل او المقاوم للاملاح مع حماية السطوح بالقير او الاسفلت.

عمل وانتاج الخرسانة: تنتج الخرسانة وفق الخطوات التالية:

1- تهيئة المواد وخزنها:- يخزن السمنت بطريقة تؤمن عزله عن الرطوبة الجوية والارضية باستخدام الصوامع المعدنية لحفظ السمنت الفل واما المكيس فيخزن في محلات مسقفة او مغلقة بعيدا عن الرطوبة ولا يوضع فوق ارضية رطبة بل فوق ارضية مصبوبة بالخرسانة او مرصوفة بالطابوق ومعزولة بطبقة من النايلون. لا يستعمل السمنت المتاثر بالخزن الطويل وذلك لتكون كتل شبه متصلبة لا تتفتت مباشرة حيث ان السمنت الجديد لا يحتوي على اي تكتل.

اما الركام فيخزن باكداس حسب نوعه ويفضل ايضا محلات الخزن المسقفة لحفظه من الرطوبة شتاءا والحرارة صيفا والركام المستخدم في الخرسانة هو الخشن والناعم. الركام الخشن هو بعدة مقاسات اسمية مثل- المقاس الاسمي 40 ملم ويفضل في الخرسانة غير المسلحة التي لا يقل سمكها عن 160 ملم كالاسس والمسلحة بتسليح خفيف وغير مكتضة بفولاذ التسليح. الاسمي مقاس 20 ملم ويستعمل في معظم الخرسانة المسلحة كالبلاطات والاعتاب والاعمدة وغير المسلحة ذات السمك القليل. الاسمي مقاس 16 ملم ويستعمل في الحالات السابقة وفي حالة تكديس التسليح. الاسمي مقاس 12.5 ملم ويستعمل في المقاطع الضيقة مثل الستائر ومانعات الشمس والبلاطات وفي حالة تكديس التسليح.

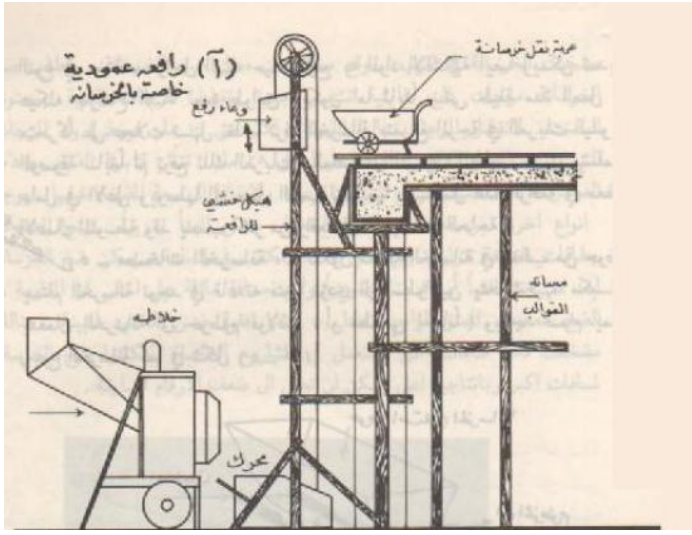
2- كيل المواد ومزجها:- تقاس المواد في المزجة اما بطريقة حجمية او بطريقة وزنية والاخيرة اكثر دقة وتفضل في الاعمال الكبيرة لانها تتحاشى الاخطاء التي تنتج عن طريقة رص الركام والسمنت وكذلك المسببة عن تاثير الرطوبة في الركام الناعم والتي تسمى الانتفاخ (bulking) حيث ينتفخ الرمل ويزداد حجمه وتقل كثافته بنسبة 40 %. عند الكيل بطريقة الحجم يستعمل كيس السمنت مباشرة وزن كيس السمنت 50 كغم وحجمه 0.033 مترمكعب ويقاس الركام الناعم والخشن بصناديق بحجم يساوي كيس السمنت او نصف كيس لتنفيذ كمية المزجة بسهولة. يجب الانتباه الى مقدار رطوبة

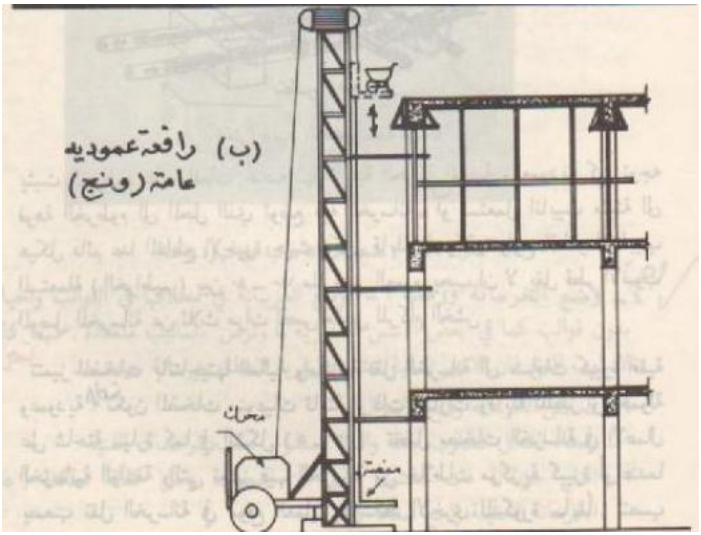
الركام الناعم عند الاستعمال وتصحيح تاثير ظاهرة الانتفاخ اي ان تزداد كمية الرمل المقاسة وتقلل كمية الماء المضافة اذا كان الرمل رطبا، بينما هذه الظاهرة غير موجودة في الحصى. تكون كمية الحصى ضعف كمية الرمل مثل (1:2:4) اي سمنت ورمل وحصى.

عند الكيل وزنا تستعمل معدات آلية تعمل تلقائيا وتمزج بخلاطات آلية بهدف اعطاء مزجة متجانسة ويفضل اضافة الركام الخشن اولا ثم السمنت ثم الركام الناعم واخيرا الماء اثناء دوران الخلاطة. تستمر الخلاطة بالدوران مدة كافية ولا يفضل تفريغ الخرسانة الممزوجة على ارضية ثم تحميلها في الاوعية الناقلة لان ذلك قد يسبب الانعزال او تلوثها او تصلبها. عند الضرورة تفرغ على ارضية صلبة ويعاد خلطها بالمعدات اليدوية قبل تحميلها وتتم قبل مرور 10 دقائق. لا يجوز خلط الخرسانة يديويا الا عند عدم امكانية توفير خلاطة مناسبة وللاعمال البسيطة فقط عندما لا يراد تحمل عالي.

3- نقل الخرسانة:- عند نقل الخرسانة يجب ان يراعى عدم انفصال مكونات الخرسانة- عدم تلوث الخرسانة اثناء النقل- نقل وصب الخرسانة قبل تماسكها الابتدائي- خلط المواد حسب الكمية المطلوبة – العامل الاقتصادي. يتم نقل الخرسانة الى المكان المطلوب اما **بالعربات اليدوية** البسيطة والتي تستعمل في الاماكن الضيقة والبسيطة والتي يتم دفعها من قبل عامل واحد او **القلابات الالية** وهي ناقلات ذات محرك واحد وتستعمل في الاعمال المتوسطة والكبيرة وهي متوفرة باحجام متعددة ومثالية لنقل الخرسانة لمسافات قصيرة ومتوسطة ولا يجب استخدامها عندما تكون المسارات شديدة الوعورة لاحتمال انفصال الخرسانة ويتم تفريغ حمولتها بمنسوب اوطا من منسوب الوعاء او بمستوى سطح الارض. اما الوسيلة الثالثة فهي **الشاحنات الخلاطة** وهي وعاء خلاطة دوار ذو سعة متوسطة او كبيرة تركب على شاحنة خاصة وتفضل في الاعمال الكبيرة وتنقل الخرسانة من معامل انتاجها الى اماكن استخدامها لمسافات طويلة. يتم تزويد الشاحنات من خلال خلاطة مركزية كبيرة ويستمر الوعاء بالدوران طيلة مدة النقل ولحين التفريغ. عندما تكون المسافة طويلة يخشى معه بدء تماسك الخرسانة تحمل الشاحنة بمزجة جافة اي بدون ماء ويضاف الماء من خزان خاص في الشاحنة. يتم تفريغ الخرسانة منها بمنسوب اوطأاو اعلى من مستوى الارض قليلا.

الوسيلة الرابعة هي الرافعات وتكون بثلاث انواع الاولى **رافعات برجية** وتستخدم لنقل الخرسانة افقيا وعموديا وتستعمل لتنفيذ مختلف مراحل العمل وليس لنقل الخرسانة فقط. عند استخدام هذه الرافعات لنقل الخرسانة يربط اليها قادوس ذو سعة مناسبة خاص لنقل وتفريغ الخرسانة كما موضح في الشكل ادناه. النوع الثاني من الرافعات هي **رافعات حدوية** وتفضل لنقل الخرسانة والوحدات المصبوبة في معامل انتاج القطع الخرسانية الجاهزة تتميز هذه الرافعات بانها تستند الى الجانبين وتسير في الغالب على خطي سكة حديد وبامكانها نقل المنتوج في اية نقطة من مسارها الطولي. النوع الثالث هو **رافعات عمودية** وهو شائع الاستعمال في رفع الخرسانة عموديا الى السقوف والارضيات في الطوابق للمشاريع المتوسطة والصغيرة وتكون بنوعين الاولى عبارة عن رافعة خاصة بالخلاطات وتتالف من هيكل ساند خشبي وفي نهايته بكرة خاصة وسلك فولاذي يتصل بالبكرة ويتم الرفع بواسطة محرك. والنوع الثاني فهو الرافعة العمودية التي تتكون من هيكل حديدي يستند الى طوابق البناء والارض ويتم الرفع بواسطة منصة متحركة ترفع بواسطة سلك فولاذي متصل ببكرة علوية ويتم الرفع بواسطة محرك ويستعمل كذلك في رفع المواد الانشائية كما مبين في الشكل.





الوسيلة الخامسة هي مضخات الخرسانة وتتكون مضخة الخرسانة في الغالب من حوض يستلم الخرسانة توجد في قاعدته فتحة تؤدي الى اسطوانتين يتحرك فيهما مكبسان يدفعان الخرسانة الى خرطوم فولاذي او مطاطي ويوجد صمام رجوع يمنع رجوع الخرسانة. يثبت الخرطوم على رافعات خاصة لها قابلية الحركة افقيا وعموديا لتوجيه فوهة الخرطوم وتتراوح اقطار الخراطيم بين 80-180 ملم وعموما لا يقل قطر الانبوب عن ثلاث مرات اقصى مقاس للركام الخشن. تتميز المضخات بانتاجيته العالية وامكانية نقل الخرسانة الى مسافات كبيرة افقية وعمودية وتكون بنوعيات ثابتة او ذات اطارات او محمولة على شاحنة كما مبين في الشكل. يتطلب ضخ الخرسانة مزجات ذات قابلية تشغيل جيدة وتفضل المزجات الغنية بمحتوى السمنت. لا تفضل المزجات عالية الليونة (اكثر من 100 ملم هبوط) ولا المزجات التي يزيد المقاس الاقصى للركام على 35 ملم. تتاثر قابلية الضخ بعدد من العوامل منها تدرج الركام ونوعيته بالاضافة الى سعة المضخة نفسها.

4- وضع الخرسانة ورصها:- توضع الخرسانة في محلاتها في القوالب واحيانا بدون قوالب كما في الاسس الجدارية ويتم رص الخرسانة للحصول على الامور التالية:

- تجانس الخرسانة ومنع الانعزال.
- اعطاء الشكل المطلوب بدقة وانهاء السطوح حسب المواصفات الفنية

مقاس الركام:

يقسم الركام الى خشن او كبير(Coarse aggregate) وركام ناعم او صغير (Fine aggregate) ويعتبر مقاس 4.75 ملم الحد الفاصل بينهما.

- **الحصى:** ويكون بنوعين الاول حصى نهري ويتميز في الغالب بشكل مدور وخالي من الاملاح تقريبا وتكون المواد الشائبة الملتصقة معه اما رمل ويمكن التخلص منه بالغربلة او الطين ويمكن التخلص منه بالغسل. النوع الثاني هو الحصى البري الصحراوي ويكون غالبا بسكل غير منتظم والمواد الشائبة فيه طينية ويحتاج الى كميات مياه كبيرة للتخلص منها، قد يكون الحصى محاطا بمغلفات لاصقة بالسطح ذات تراكيب ملحية بنسبة عالية لا يمكن ازالتها بسهولة مما يجعلها غير صالحة للاستعمال. الحصى البري على سطح الارض لا يصلح في الخرسانة لاحتوائه على مواد طينية وكلسية وعضوية وكذلك شكلها الغير منتظم.
- **الرمل:** يستخرج اما من المقالع النهرية والذي يكون خاليا من الاملاح تقريبا مدرجا حاد الزوايا وقد يحتوي على نسبة من الطين ويستعمل في المناطق الشمالية وبعض المناطق الوسطى. او البرية والمتوفر في وسط العراق وجنوبه مثل كربلاء والنجف والحبانية يكون جيد التدرج ونسبة ضئيلة من المواد الناعمة الا انه يجب ان يتم فحصه للتاكد من خلوه من الاملاح وخاصة الكبريتية المؤثرة بصورة كبيرة على الخرسانة.

مواصفات الركام الصالح لاعمال الخرسانة:

أ- **المواد الضارة:** مثل العضوية والتي يجب ان لا تكون موجودة بدرجة تؤثرعلى مقاومة الخرسانة ومجموعة ثالث اوكسيد الكبريت التي يجب ان لا تزيد عن 0.5% وزنا والمقاومة ضد القلويات وكذلك المواد الخفيفة التي يجب ان لا تزيد على 1% وزنا لكل من الركام الناعم والخشن. اما الكتل القابلة للتفتيت يجب ان لا تزيد على 1% وزنا من الركام الناعم و0.25% وزنا للخشن. المواد المارة من منخل 200 (75 مايكرون) اي الناعمة جدا يجب ان لا تزيد على 5% للرمل الطبيعي او رمل الحصى المكسر وعلى 7% في رمل الحجر المكسر وعلى 1% في الركام الخشن.

ب- **التدريج:** ويكون التدريج حسب جداول يبين نسبة المواد العابرة من المناخل وتجري التجارب مختبريا وتقارن مع جداول المواصفات لتبين مقاسات الركام الخشن ومناطق تدرج الركام الناعم.

الماء:

يكون نظيفا وخاليا من المواد الضارة كالزيوت والاحماض والقلويات والاملاح الاخرى التي قد تؤثر سلبيا على خواص الخرسانة او حديد التسليح.

يعتبر الماء الصالح للشرب مناسبا في جميع الاحوال لخلط الخرسانة ويمكن استعمال الماء غير الصالح للشرب ولكن حسب الشروط التالية:

- زمن التماسك الابتدائي للسمنت الممزوج بالماء لا يزيد باكثر من 30 دقيقة على زمن التماسك الابتدائي لنفس الاسمنت باستخدام الماء الصالح للشرب وعلى ان لا يقل باي حال عن 45 دقيقة.
- لا يقل تحمل الضغط عن 90 % من تحمل الضغط في حال استخدام عينات الماء الصالح للشرب.

لا يمكن استعمال ماء البحر في الخرسانة المسلحة وقد يستعمل في الخرسانة الاعتيادية بدون تسليح مع زيادة كمية السمنت للوصول الى القوة المطلوبة.

المضافات:

هي مواد تضاف الى المزجة الخرسانية عند الرغبة في تعديل خاصية واحدة او اكثر من خواص الخرسانة الطرية او المتصلبة ويشمل تعديل الخواص: تحسين قابلية التشغيل – انقاص كمية الماء المستعمل – تحسين مقاومة الخرسانة لتاثير الانجماد وزيادة دوامها – تعجيل التماسك او التصلب – ابطاء التماسك او التصلب – احداث تفاعل بوزلاني مع النورة الناتجة من تفاعل السمنت – اكساب الخرسانة مقاومة اضافية لنفاذية الماء والامتصاص – زيادة مقاومة سطح الخرسانة لتاثير الاحتكاك – مقاومة انكماش التجفيف او جعل الخرسانة تمددية – تلوين الخرسانة – ايقاف او انقاص تفاعلات كيمياوية ضارة - تقليل نزف الماء في الخرسانة الطرية – تقليل حرارة التفاعل او ابطاء انطلاقها – ربط الخرسانة المتصلبة بخرسانة حديثة الصب.

ويمكن تقسيم المضافات المستعملة بالانواع التالية:

1- مضافات معجلة: تستعمل لتقليل زمن التماسك ولاكساب الخرسانة تحملا مبكرا عاليا الا انها لا تزيد من تحملها الاقصى. ان استعمال المعجلات عند صب الخرسانة في الاجواء الحارة يستوجب الحذر من تاثير حرارة التفاعل والتشققات التي يمكن ان تحدث لاحقا. ويمكن بدل استعمال المضافات استعمال سمنت سريع التصلد او فائق التصلد.

2- المضافات المبطئة: تستعمل لزيادة وقت التماسك لغرض اعطاء وقت اطول لمزج الخرسانة او المادة الرابطة ولتقليل سرعة التصلد وانبعاث

الحرارة عند صب الخرسانة بكميات كبيرة في الاجواء الحارة. ان المبطئات تساعد على انقاص كمية ماء المزجة بنسبة تصل الى 10 %.

3- المضافات مانعة الرطوبة: تقسم الى مواد متفاعلة ومالئة للمسامات مثل سيليكات الصوديوم وغيرها من السيليكات القلوية وكبريتات الالمنيوم والخارصين وكلوريدات الكالسيوم والالمنيوم ومواد منفرة للماء متفاعلة مثل صابونات الكالسيوم والزيوت النباتية والراتنج والشحوم والقير.

4- الخضاب الملون: تستعمل لاعطاء الخرسانة او المواد الرابطة السمنتية لونا خاصا. ويشترط ان تكون مادة الخضاب ذات لون دائم وثابت ولا تتاثر بالنورة الناتجة من تفاعل السمنت وليس لها تفاعلات سلبية مع مادة السمنت. من الالوان المستعملة هي اللون البني باستعمال مادة الامبر الطبيعي او المحروق وللون الاسود باستعمال اسود الكاربون وهو الانقى او باستعمال اوكسيد الحديدوز، اللون الاحمر باستعمال اوكسيد الحديد الطبيعي او الاصطناعي، اللون الاخضر باستعمال اوكسيد او هيدروكسيد الكروم، اللون الازرق باستعمال منغنات الباريوم.

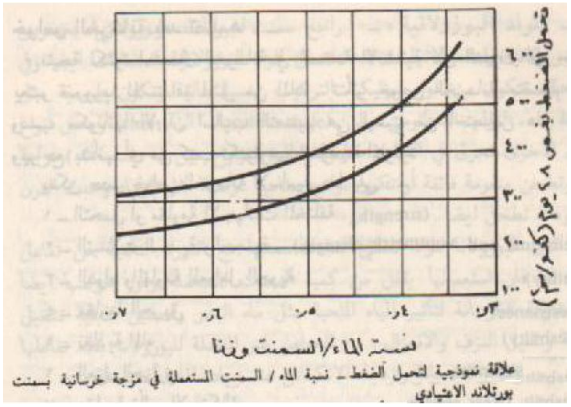
5- مضافات ربط الخرسانة: تستعمل لربط خرسانة حديثة بخرسانة قديمة عند التصليح او تكملة عمل متروك ولزيادة التصاق اللبخ والمونة بالخرسانة. من المواد المستعملة هي المطاط الطبيعي والاصطناعي وانواع البوليمرات.

6- مضافات اخرى: مثل مصلدات السطوح او المضافات التمددية او مضافات الانضاج وغيرها.

خواص الخرسانة بعد تصلدها: تتاثر خواص الخرسانة بتصميم المزجة ونسب مكوناتها ويمكن حصر خواص الخرسانة الاساسة بما يلي:

اولا- التحمل: للخرسانة تحمل جيد لاجهاد الضغط وقليل نسبيا لبقية الاجهادات ويمكن تقسيم تحمل الخرسانة تبعا لنوع الاجهادات الى مايلي:

- تحمل الضغط: وهو من اهم خواص الخرسانة لذا فان الخرسانة تستعمل في مقاومة اجهادات الضغط المسلطة عليها في المنشأ. يمكن اعتبار تحمل الضغط مقياسا غير مباشر لبقية خواص الخرسانة فكلما كانت الخرسانة اجود كلما زاد تحمل الضغط. في الخرسانة المرصوصة جيدا اي التي لا تحتوي على فجوات هوائية بنسبة عالية يعتمد تحمل الضغط بصورة مباشرة على نسبة الماء/السمنت كما يوضح الشكل.



علاقة نموذجية لتحمل الضغط ـ نسبة الماء / السمنت المستعملة في مزجة خرسانية بسمنت بورتلاند الاعتيادي

ان لنوعية الركام المستعمل تاثير غير مباشر على تحمل الخرسانة فيجب ان يكون قويا ويزيد تحمله على ضعف تحمل الخرسانة وان يكون بشكل وتدريج مناسبين. كما ان خواص الركام تعطي قابلية تشغيل جيدة الامر الذي يمكن من تقليل كمية الماء المستعملة وزيادة تحمل الضغط.

يزداد تحمل الخرسانة بازدياد عمر الخرسانة مع الانضاج المناسب. يقاس تحمل الضغط في الخرسانة بتهيئة مكعبات بابعاد 15 سم من المزجة الخرسانية وقحصها بعمري 7و28 يوم لغرض تاكيد التصميم النظري للخلطة وللتاكد من تحمل الخرسانة عند صبها في الموقع.

جدول (٥ ـ ٥) مقاومة الضغط المحتملة *

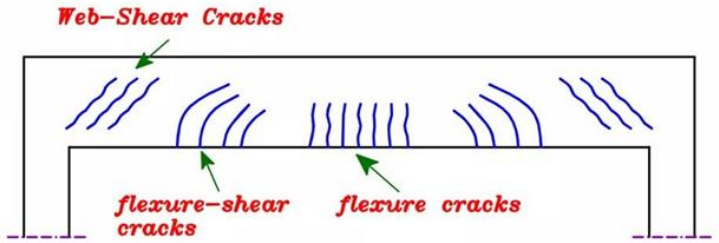
كمية السمنت لكل متر مكعب من الخرسانة (كغم)	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠
المقاومة المحتملة للخرسانة في الضغط كغم / سم٢	١٨٨	٢٢٥	٢٨١

* المصدر : ـ الكود العربي ـ لسنة ١٩٧٧ .

وللخرسانة ثلاث تقسيمات للتحمل وهي خرسانة ذات تحمل واطئ ويقل عن 175 كغم/سم^2 ويستعمل في الخرسانة الاعتيادية غير المسلحة للاعمال البسيطة كبعض الاسس الجدارية والارضيات وغيرها، الخرسانة ذات تحمل معتدل ويتراوح تحملها 180-350 كغم/سم^2 ويستعمل في في معظم الاعمال الخرسانية وخاصة المسلحة واخيرا الخرسانة ذات التحمل العالي لاكثر من 350 كغم/سم^2 ويستعمل في الاعمال المهمة التي يكون الاحمال والجهادات عالية مثل الخرسانة سابقة الاجهاد او الاعمدة ذات الطوابق المتعددة.

- تحمل الشد: لا تصمم الخرسانة لمقاومة الشد بسبب ضعف تحملها لاجهادات الشد التي تتعرض لها الاجزاء الخرسانية. يعتبر تحمل الشد مهما لتحديد نوعية وكمية الشقوق التي يسببها الشد حيث ان الشقوق تؤثر على مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية بشكل عام ودوام حديد التسليح بشكل خاص. يتراوح تحمل الشد بين 7-11 % من تحمل الضغط ويمكن قياسة بعمل اسطوانة قطر 6 انج وطول 12 انج وتقاس بجهاز فحص الشد.
- تحمل الانثناء (الانحناء): ويحدث عند تعرض الجزء الخرساني الى عزم جانبي (Bending moment) تتولد فيه اجهادات ضغط وشد الامر الذي يجعل الجزء يفشل في المنطقة التي تتعرض لاجهادات شد او الشد زائدا القص في حالات التعرض الى عزوم جانبية وقوى قص.
- تحمل القص: لا تتعرض الخرسانة في المنشآت الى قوى قص لوحدها بل تكون بالاضافة الى قوى الشد والضغط الناتجة عن الحمل او العزوم

وبما ان قوى القص على اي مقطع تولد اجهاد شد قطري (diagonal tension) كما مبين في الشكل ادناه. ان 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.



- قوة الربط مع قضبان التسليح: وتعتبر ضرورية لثبات قضبات التسليح داخل الخرسانة لذا فهي عامل مهم في تصميم الخرسانة المسلحة. يجب ضمان تثبيت وعدم انزلاق القضبان المطمورة داخل الخرسانة. تتولد هذه القوة نتيجة تلاصق معجون السمنت المتصلد بالتسليح والتي تنتج بسبب الاحتكاك والنتوءات التي توجد في القضبان. ان القضبان الملساء اقل ترابطا من القضبان المنتئة ولقطر حديد التسليح تاثير في مقدار اجهاد الربط.

ثانيا- التبدلات البعدية والحجمية: ويمكن تقسيمها الى

- تبدلات بعدية تسببها الاجهادات الميكانيكية اللحظية: والتي يمكن دراستها من خلال معيار المرونة (modulus of elasticity) ويساوي الاجهاد المسلط/ الانفعال. ولمعيار المرونة اهمية في تصميم الخرسانة المسلحة حيث يعتبر مقياسا لمقاومة المادة للتشوه وكذلك في توزيع القوى بين الخرسانة وحديد التسليح. والثاني معيار التشوه العرضي (نسبة بواسون) وهو نسبة التشوه العرضي الى التشوه الطولي وتتراوح ما بين 0.1-0.3. والثالثة هي النسبة المعيارية (n) وتساوي معيار المرونة الفولاذية مشسوما على معيار المرونة للخرسانة وتعتبر تقريبا مساوية الى 15 لاجل تحديد الابعاد وحساب الاجهادات بطريقة المرونة ولاجل التبسيط تعتبر مساوية الى 10 عند تصميم الوحدات الانشائية التي يسمح بوجود شقوق ناتجة عن الشد.
- تبدلات بعدية تسببها الاجهادات الميكانيكية بمرور الزمن: وتحدث عند بقاء الحمل ساكنا ومؤثرا على الخرسانة لفترة طويلة لذا تكون انفعالات غير

6-انواع اخرى من الطابوق المفخور:- وتشمل الطابوق الطيني المصنوع يدويا والمفخور بواسطة الكور البدائية وقد تقلص انتاجه ومن انواعه الطابوق السطحي بابعاد 250 × 250 × 50 ملم الذي يستعمل في تطبيق السطوح والطابوق الفرشي الذي يستعمل في تطبيق الارضيات وخاصة الرطبة.

ثانيا- الطابوق الجيري- الرملي:- وهو المصنع من مزيج الرمل والنورة المطفأة. يكبس في قوالب خاصة ثم يدخل في اوعية مغلقة تدعى autoclave حيث يتعرض الى بخار تحت ضغط وحرارة معينة. يتميز باشكاله المنتظمة بسبب طبيعة صنعه وعدم حرقه في الافران لذا تكون اوجهه مستوية وحادة وبالوان مختلفة لانه مائل الى السمرة بدون الالوان. يكون ترابط الطابوق الجيري مع مونة الجص اكثر من ترابط الطابوق الطيني. هناك نوعين منه الاول ذو تحمل 31 ميكاباسكال يستعمل للعوامل الجوية القاسية تحت الانجماد مع رطوبة والثاني 17 ميكاباسكال تحت درجة الانجماد بدون رطوبة.

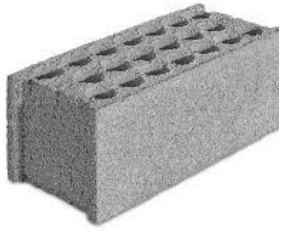
ثالثا-الطابوق الخرساني:- وهو المصنوع من مزيج خرساني اي السمنت البورتلاندي والركام الناعم والخشن مع الماء وقد تضاف الالوان او المضافات التي تعدل بعض الخواص. من خواصه الهندسية مستوي الاوجه مستقيم الحافات وذو شكل هندسي منتظم وقطعه متساوية- يمكن التحكم في تحمله من خلال نوعية الخلطة- انتاجه بالوان – يستعمل بعد مرور شهر من انتاجه لان تقلص الجفاف والتغيير الحجمي عالي – كثافته 2300 كغم /م^3 – لا يعتبر عازلا حراريا ويتاثر بالاملاح. يستعمل في اعمال البناء كالجدران الحاملة الداخلية والخارجية وفي القواطع وفي الاسس وفي التغليف.

رابعا الطابوق الزجاجي:- هو قطع بنائية زجاجية بوجه واحد أو وجهين زجاجين ومجوف من الداخل وينتج باشكال متعددة فقد يكون الوجه مربع او مستطيلا. تكون جوانب الطابوقة المجاورة خشنة الملمس وذات بروز او نتوء طولي واحد أو أكثر لتامين الترابط مع المادة الرابطة. ان وجه الطابوق الأملس غير صالح لامتصاص الصوت ويسمح بمرور نسبة من الضوء المسلط عليه الا انه غير شفاف أي لا يمكن الرؤيا من خلاله. يستعمل الطابوق الزجاجي لاغراض معمارية في الزخرفة والاضاءة في المحلات التي يتطلب فيها انارة طبيعية بدون رؤيا بين الداخل والخارج وبدون استعمال الشبابيك وذلك لمنع الغبار من الدخول كما في بعض معامل الصناعات الدقيقة كالادوية والالكترونيات والساعات والاغذية وغيرها. يستعمل كذلك في الجدران والسقوف التي لا يمكن استعمال الشبابيك فيها لاحتمال تكسر الزجاج الاعتيادي بسهولة بالاضافة إلى حجب الرؤيا مثل جدران وسقوف السرداب وخاصة المجاورة إلى أملاك اخرى. تبنى الجدران بالطابوق الزجاجي باستعمال قيمة السمنت 4:1 أو قيمة سمنت - نورة 6:1:1. لا تستعمل جدران الطابوق الزجاجي كجدران حاملة لذا يجب عزل الساف الأعلى من الجدارعن البناء الذي فوقه بترك فجوة ذات سمك مناسب تملا بمواد مالئة للمفاصل قابلة للانكماش كالفلين او الماستك وغيرهما. من المفضل عمل مثل هذه المفاصل في الجوانب ايضا.

الكتل البنائية (Building Blocks): يمكن تصنيف الكتل البنائية بالنسبة إلى المواد التي تصنع منها وهي : -

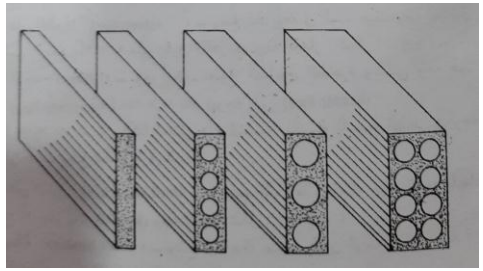
أ- الكتل المصنوعة من الطين: وتشمل كتل التربة المثبتة وقد ورد شرحها سابقا في هذا الفصل ضمن طابوق التربة المثبتة. او الكتل الطينية المصنوعة للانشاءات حيث تكون مجوفة وتصنع بمقاسات مختلفة واشكال متعددة وتستعمل في القواطع والجدران المحملة وتنهى بمواد الانهاء.

ب- الكتل الخرسانية: وهي الكتل المنتجة من الخرسانة ولها نفس خواص الطابوق الخرساني الا انها تكون مجوفة مما يجعل البناء بها اكثر عزلا واقل وزنا. تصنع بقولبة الخرسانة في قوالب فولاذية وتتم عليها عملية الدك والهز مع نسبة ماء قليلة وبعدها يتم الانضاج والتجفيف. الانضاج والتجفيف في محلات مسقفة ومفتوحة الجوانب حيث ترش بالماء ومن ثم تترك لتجف او تتم عملية الجفاف بواسطة البخار والضغط في غرف خاصة. ان الابعاد المتعارف عليها هي 200 × 200 × 400 ملم وقد تنتج باشكال خاصة مثل قطع خاصة بالاركان ومدورة واخرى للاعتاب.



ت- الكتل الزجاجية: وهو نفس الطابوق الزجاجي سابقا.

ث- الكتل المصنوعة من الجص (gypsum blocks): وتنتج من الجص المتصلب بفعل اضافة الماء اليه وقد يضاف الركام إلى الجص أو لا يضاف وعند استعمال ركام قابل لاحتراق كالياف الخشب أو غيرها فان وزنه يجب أن لا يزيد عن 15% من وزن الكتلة الجافة. تستعمل كتل الجص لبناء القواطع الداخلية غير المحملة وفي تغليف الاجزاء الحديدية في المنشآت لزيادة مقاومتها للحريق. لا تستعمل في المحلات المعرضة للرطوبة. تبني كتل الجص بمونة الجص فقط ولا تنهى بمونة السمنت أو النورة الا اذا اكسيت بمشبكات معدنية خاصة، لا تنتج هذه الكتل في العراق في الوقت الحاضر .



البناء بالطابوق: هو الفن في وضع الطابوق في المونة لعمل كتل متجانسة تربط الطابوق مع بعضه بحيث يتوزع اي حمل مرفوع بالجدار بصورة متساوية ومنتظمة بدون حدوث خلل وكذلك اعطاء البناء مظهرا جماليا محددا.

- اصطلاحات بنائية :

الطمغة (Frog): وهي فجوة ضحلة تعمل في الطابوق المصمت وتكون ذات مقطع مستطيل أو مثلث أو شبه منحرف وتعمل في وجه واحد أو وجهين من الطابوقة ذات الأبعاد 240 × 115 ملم (شكل أ) لا يمكن عمل الطمغة في الطابوق المقطع بسلك (أي في طريقة البثق بل تعمل في الطابوق المكبوس في القوالب فقط). أن الطمغة تزيد في ربط البناء بين السوف حيث توفر تداخلا أوثق مع المادة الرابطة ولهذا يجب استعمال الطابوق ذي الطمغة في أعمال البناء الذي يكون فيه سمك مفصل الفرشة قليلا. عند البناء بطابوق ذي طمغة واحدة فيجب ان تكون الطمغة إلى الأعلى لضمان امتلائها بالقيمة.

الوجه الاسفل (bed):- وهو الوجه الأفقي ذو الابعاد 240 × 115 ملم عندما يكون موضوعا كما في (الشكل ب).

الطابوقة على الراس (header): وضع الطابوقة في البناء حيث وجه الطابوقة الخلفي بابعاد 115 × 80 ملم يكون ظاهرا في وجه الجدار(شكل ج).

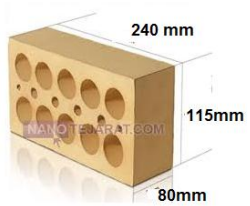
الطابوقة على الطول (stretcher): وضع الطابوقة في البناء حيث وجه الطابوق الجانبي بابعاد 240× 80 ملم يكون ظاهرا في وجه الجدار(شكل د).

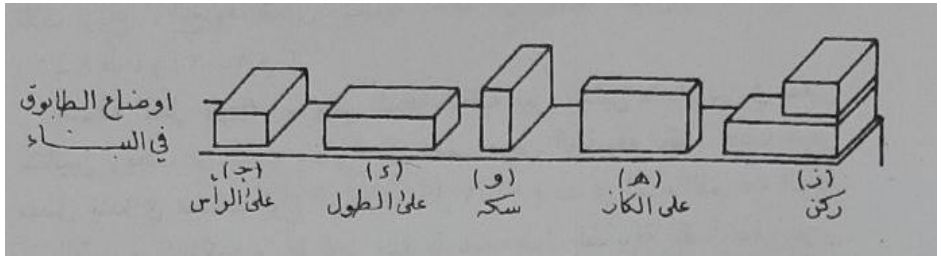
الوجه :- وهو احد سطوح الطابوق الظاهرة ويسمى وجه طول (stretcher face)(240 X 80) ملم، وجه راس(header face) (115 × 80 ملم) وهكذا تطلق هذه التسمية بالنسبة للسطح الظاهر في وجه الجدار حسب وضع الطابوقة في البناء .

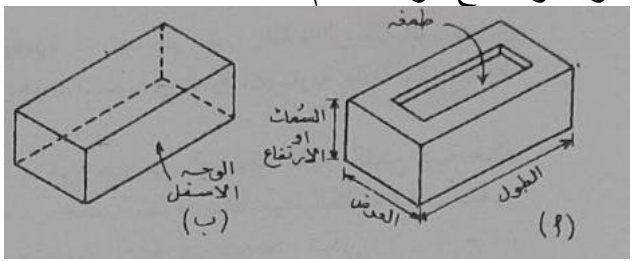
سكة :- وضع الطابوقة عندما يكون الوجه بابعاد 80× 115 ملم ظاهرا في وجه الجدار (شكل و).

على الكاز :- وضع الطابوقة في البناء حيث الوجه با بعاد 240 × 115 ملم يكون ظاهرا في وجه الجدار (شكل ه).

مفصل فرشة (bed joint):- هو مفصل المادة الرابطة الموازي لوجه الطابوقة الاسفل - أي أنه المفصل الافقى ويكون بسمك 3-12 ملم. أن السمك المالوف والشائع هو 10 ملم.

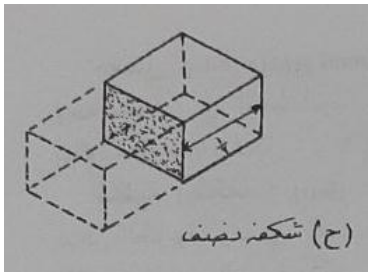


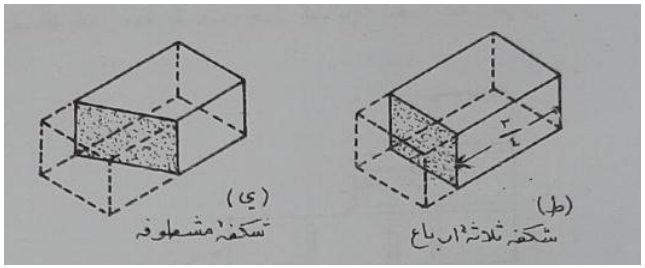




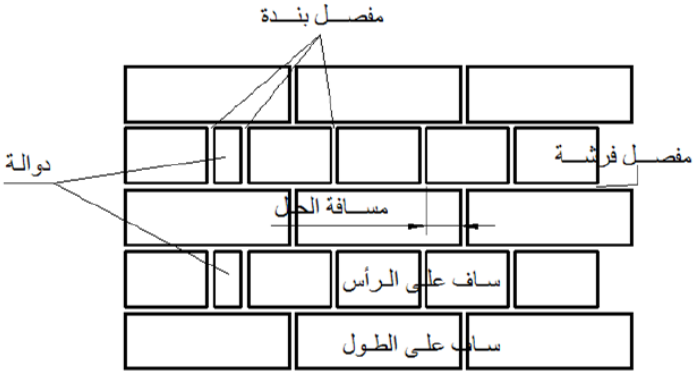
مفصل بندة:- هو مفصل المادة الرابطة العمودي في وجه الجدار. في الربط الجيد تكون البندات في السوف المتناوبة واقعة على خطوط شاقولية موحدة.

شظية (شكفة):- هي جزء من الطابوقة يكون القطع فيها خلال عرض الطابوقة وتسمى بالنسبة إلى حجمها مقارنة بالطابوقة الكاملة فيقال نصف. ثلاث ارباع ... الخ وقد تكون مشطوفة الحافة (شكل ح، ط، ي).





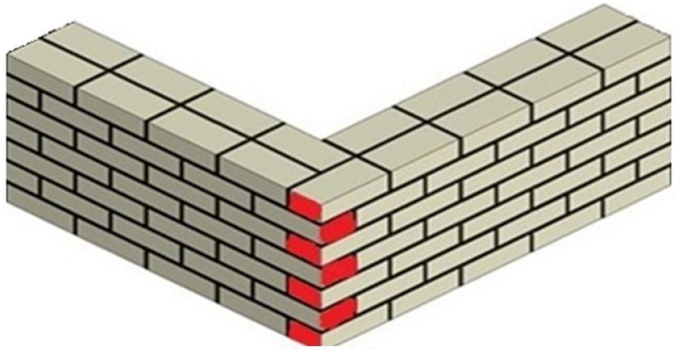
مسافة الحل :- وهي المسافة الأفقية بين بندتين متجاورتين في سافين متتاليين ويجب أن تكون مساوية إلى نصف عرض الطابوقة ناقصا نصف عرض مفصل بندة في مختلف أنواع الربط عدا في البناء الذي فيه الربط على الطول حيث تكون مسافة الحل مساوية نصف طول الطابوقة ناقصا نصف عرض مفصل بندة.

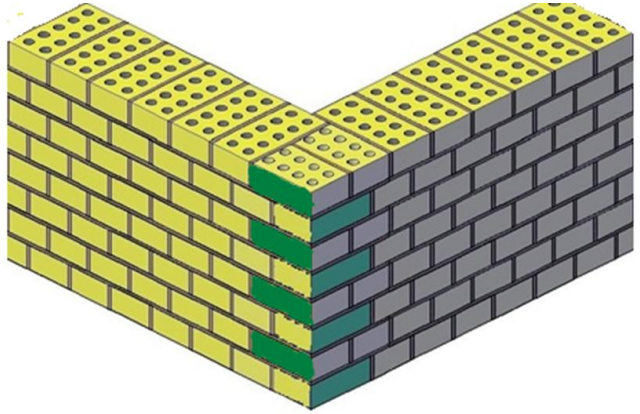


- انواع الربط: يقصد بالربط تشكيلة أوضاع الطابوق في البناء بحيث تكون الوحدات النهائية متماسكة (مترابطة) بدرجة تؤمن تحملا جيدا للبناء ويكون الربط على انواع اشهرها الربط على الراس والربط على الطول والربط الألماني والربط الأنكليزي. يسمى الربط تبعا لمظهر الطابوق في وجه الجدار بالرغم من أن ظهر الجدار قد يكون بطابوق مصفوف بشكل آخر وذلك في بعض أنواع الجدران التي يكون سمكها طابوقة ونصف فما فوق.

الربط على الراس:- وهو الربط الذي تكون فيه جميع السوف مبنية بطابوق على الرأس يفضل هذا النوع في بناء الاسس والجدران الحادة الأقواس حيث لا يمكن وضع الطابوق على الطول لانه يعطى حافات مضلعة في البناء الذي يفترض أن يكون مقوسا.

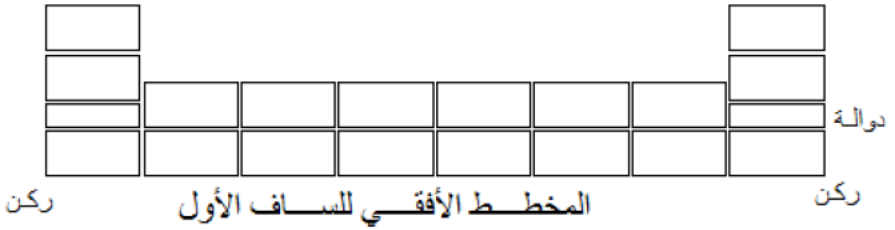
الربط على الطول:- هو الربط الذي تكون فيه جميع السوق مبنية بطابوق على الطول وتؤخذ شكفة نصف في بداية كل ساف اخر (أي تؤخد في بداية ساف ولا توضع في الذي يليه وتؤخذ في الثالث وهكذا) وذلك لمنع تداخل المفاصل في السوف المتعاقبة مع أعطاء مسافة حل تساوي نصف طابوقة تقريبا. يستعمل هذا الربط في الجدران بسمك نصف طابوقة في القواطع غير المحملة وفي بعض الجدران المجوفة.

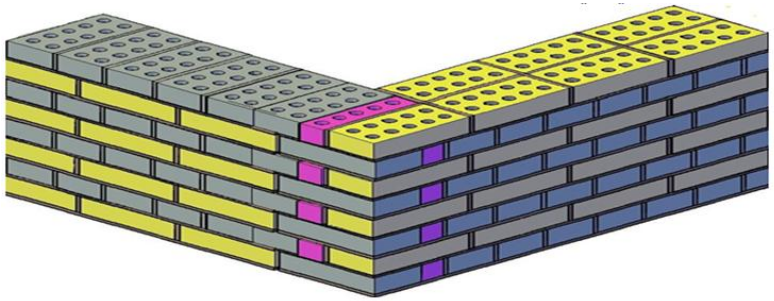

الربط على الطول


الربط على الراس

الربط الانكليزي :- هو الربط الذي يكون وضع الطابوق في وجه الجدار على الطول في ساف باكمله وعلى الراس في الساف الذي يليه وهكذا أي أن البناء يكون بنوعين من السوف كل نوع فوق ساف من النوع الاخر. يلاحظ في هذا النوع من الربط :-

1- في كل ساف على الراس توضع دوالة مجاورة للطابوقة على الراس والتي في الركن .





الربط الانكليزي

2- لاتوجد مفاصل بندة مستمرة بين سافين متتاليين عدا جزء في قرب نهاية الجدار عند الدوالة ولهذا يكون الربط قويا .

3- في الجدران ذات سمك طابوقة واحدة أو مضاعفاتها يكون الجدار بنفس المظهر لوجهي الجدار أي أن ساف على الطول في الواجهة الأمامية يظهر على الطول في الواجهة الخلفية وهكذا.

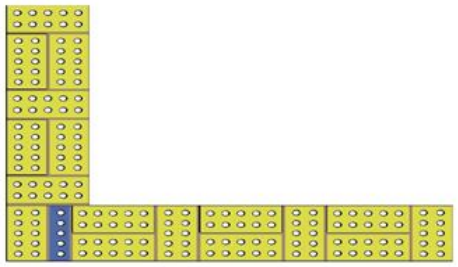
4- في الجدران ذات مضاعفات فردية لنصف طابوقة أي (½، 3/2، 5/2 طابوقة) يظهر كل ساف مبني على الطول في واجهة وعلى الرأس في الواجهة الأخرى .

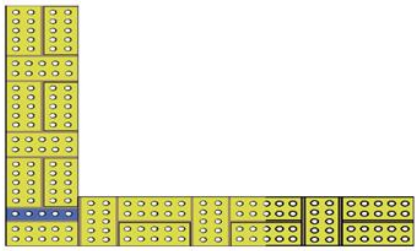
5- يكون قلب الجدار في الجدران السميكة مبنية على الرأس دائماً. يفضل هذا النوع من الربط في بناء احواض التفتيش (manholes) والجدران الساندة ويتميز بالحاجة الى استعمال طابوق جيد اكثر من الربط الالمانى.

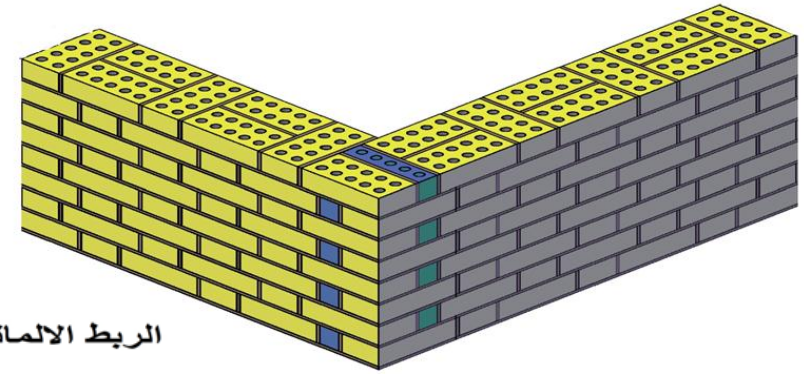
الربط الألماني :- هو الربط الذي يكون فيه بجوار كل طابوقة على الرأس طابوقة على الطول وهكذا بالتناوب في جميع الجدار ويكون على نوعين : -

أ- ربط الماني زوجي ب - ربط الماني فردي

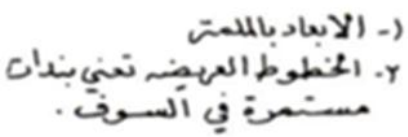
أ- ربط الماني زوجي:- ويكون فيه مظهر الجدار من الامام والخلف من نوع ربط الماني وتكون كل طابوقة على الراس موضوعة في وسط الطابوقة على الطول التي تحتها (عدا الأركان طبعاً). لايكون هذا الربط بقوة الربط الانكليزي لوجود عدد من المفاصل العمودية القصيرة مستمرة في السوف المتجاورة، الا انه يعتبر أكثر جمالا واقتصادا من الربط الانكليزي لضرورة استعمال الشكف. يلاحظ في هذا الربط وضع دوالة مجاور الطابوقة على الراس في الركن او في بداية الجدار اي كما في الربط الانكليزي لضمان مسافة الحل المطلوبة .

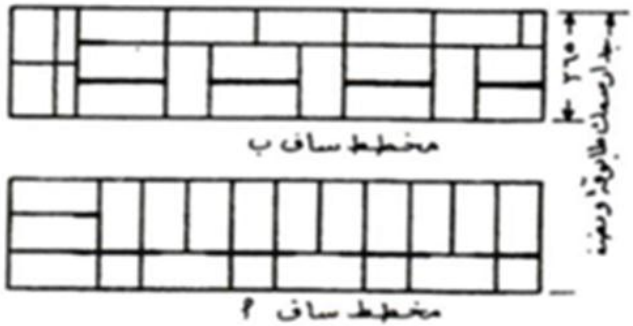






ب- ربط الماني فردي:- ويكون فيه الربط المانيا في الواجهة الامامية للجدار وانكليزيا في الواجهة الخلفية في جميع السوف بحيث يكون الجدار حائزا على جمال الربط الالماني في الواجهة. يستعمل هذا الربط عند الرغبة في الاقتصاد في استعمال الطابوق النظيف في الواجهة فقط واقل سمك ممكن للجدران هو 1.5 طابوقة. هذا الربط ضعيف نسبيا وذلك لوجود مفاصل عمودية مستمرة فى السوف المتجاورة وتستعمل الشكف بكثرة ايضا.





الربط على الكاز:- وهو عبارة عن بناء جدار بسمك 80 ملم (سمك طابوقة) ويكون القسم الظاهر من الطابوقة هو الوجه بابعاد 240 × 115 ملم يستعمل هذا الربط في القواطع ذات المساحة الصغيرة غير المعرضة للجو وفي بعض الجدران المجوفة.

ربط مجوف :- يستعمل لبناء جدران مجوفة بسمك طابوقة واحدة (240 ملم) ويكون الساف طابوقة سكة ثم تليها طابوقة على الكاز وهكذا. تراعي مسافة الحل في السوف يتميز هذا البناء بانه عازل وخفيف الوزن واقتصادي يستعمل في القواطع وينهي به الجدار المعرض للخارج بلبخ السمنت أو غيره من المواد لان القشرة الخارجية لا تقاوم نفاذية الماء كثيرا بسبب قلة السمك.

مراحل انشاء المباني

لتحقيق اي مشروع هنالك عدد من الخطوات التي تحدد سير العملية ويمكن اجمالها كالاتي:

1) وضع فكرة المشروع واهدافه ومدى الحاجة اليه:

لكل مشروع هدف كان يكون خدميا مثل المدارس والملاعب والدوائر وغيرها او تجاريا استثماريا كالمخازن والابنية التجارية او يكون لتلبية حاجات مثبتة كالمشاريع السكنية الفردية او مشاريع الاسكان العام التي توفرها الدولة وهنالك مشاريع ذات طابع خاص مثل مشاريع الري والسدود والطرق.

ان فكرة المشروع تستوجب تحديد الاهداف بكل وضوح مع تعيين موقع العمل في الغالب وكذلك الخدمات التكميليه اللازمة مثل الماء والكهرباء وغيرها ضمن امكانات المشروع

2) تفصيل متطلبات المشروع:

بعد اقرار الفكرة والاهداف اعلاه يجب اعداد منهاج يتضمن فعاليات المشروع المختلفة وكذلك تهيئه كافة المعلومات والمعطيات الضرورية لوضع التصاميم الاولية والمواصفات العامة وتشمل هذه المعطيات بالاضافه الى الفعاليات الاساسيه علي معلومات تتعلق بالامكانات المتوفرة للمشروع وتشمل المبلغ المرصود للمشروع والزمن المتوفرللانشاء والمواد الانشائية المتوفرة وكذلك الاسلوب المعماري المفضل من الناحية الاقتصادية والتنفيذية.

3) التصميم الهندسي:

ويقصد به وضع كافة التفاصيل التصميميه كالتفاصيل المعمارية والمدنية والخدمية بشكل مخططات ومواصفات ووثائق تنفيذ العمل معتمدين على تحريات التربة لمعرفه تحملها ونوعية الاسس المناسبة وكذلك صيغ التعاقد وجداول الكميات والاسعار وغيرها من التفاصيل التي يحتاجها المشروع وكما يستوجب ايضا اعداد جداول بكميات ونوعية المواد اللازمة ووقت توريدها الى المشروع بالاضافه قوائم تبين اعداد ونوعيه واوقات استخدام الكوادر الفنيه بمختلف مستوياتها. يستوجب وضع جدول زمن كلمه كل مشروع يسمى جدول تقدم العمل مبين فيه الفقرات المختلفه للاعمال والتوقيت الزمني لتنفيذها. توجد طرق متعدده لبرمجة الاعمال منها طريقة جدول الفقرات المنفصلة و طريقة المسار الحرج

4) التنفيذ:

تنفذ الاعمال البنائية باساليب متعددة منها اسلوب المناقصات حيث يعهد العمل باكمله الى مناقص متخصص وهناك ضوابط خاصة معدة من قبل وزارة التخطيط تحدد المقاولين حسب خبراتهم وامكاناتهم او ينفذ العمل امانة حيث تقوم لجنة معتمدة من قبل صاحب المشروع او باسلوب التنفيذ المباشر حيث يقوم الكادر الفني لصاحب المشروع بتوفير كافة الامكانات التي يحتاجها لتنفيذ العمل من قبله مباشرة. ان اساليب التنفيذ السابقة معتمدة لدى الجهات الرسميه والمؤسسات العامه الا انه يمكن للافراد او الجهات غير الرسميه التنفيذ باي اسلوب يتماشى مع واقع امكاناتهم وطبيعة العمل.

TYPE OF BUILDINGS انواع الابنية

تصنف الابنية وفق اعتبارات متعددة وكما يلي:

أ) حسب طريقة التنفيذ:- تنفذ الابنية باحد الاساليب التالية

1- الإنجاز الموقعي. حيث تنفذ جميع فقرات العمل في موقع العمل، يحتاج الى ايدي عامة كثيرة ومتعددة الاصناف ويجب طرح المواد الاولية في موقع العمل. ان نسبة تلف في المواد الاولية عالية وسرعة الانجاز بطيئة مقارنة مع بقية الاساليب. ان مجال تصرف المهندس المصمم لكي يختار الاشكال والمواد بهذا النوع واسع واكثر حرية.

2) الانجاز السابق(ويسمى البناء الجاهز). ينفذ البناء من وحدات انشائية جاهزة مصنعة في معامل متخصصة وتكون خارج موقع العمل، تركب هذه الوحدات في موقع العمل بموجب اساليب وتفاصيل هندسيه معينه. توجد انواع متعددة من البناء الجاهز بنسب مختلفة من التصنيع خارج موقع العمل. ففي بعض الابنية تكون كافة اجزاء البناء عدا الاسس وحدات مصنعة خارج الموقع بما في ذلك انهاء الوحدات وتاسيسات التراكيب الخدميه وفي انواع اخرى تكون بعض الاجزاء الرئيسية من البناء مصنعه ويكون الانهاء مثلا موقعيا. تختلف اساليب تصنيع البناء حسب المواد المستعمله كان يكون خرسانيا او معدنيا او مركبا. تتميز الابنية الجاهزة بسرعه التنفيذ والتحكم العالي في النوعيه وقلة الايدي العاملة اللازمة للتصنيع والتركيب وخفة الوزن مقارنة بالابنية التقليدية ويكون التنفيذ وفق تصاميم محدودة ومقيدة بموجب انتاج معامل التصنيع.

ب) حسب التصميم الانشائي:- تصمم الابنية من الناحية الانشائية وفق احد الانواع التالية

1) ابنية هيكلية 2) ابنية غير هيكلية 3) ابنية مشتركة

1) البناء الهيكلي

ويتميز بوجود هيكل حامل من الاعتاب والاعمدة تقوم بنقل الاحمال من السقوف الى الاعتاب مرورا بالاعمدة وصولا الى الاساسات وتكون الهياكل الحاملة اما معدنية او خرسانية او مركبة من النوعين. يتميز الهيكل المعدني بسرعة التركيب والرفع عند الحاجه ويمكن الاستفاده منه ثانية بعد رفعه.

ان تحمل المعادن لاجهادات الشد والضغط بدرجه عاليه يجعل مساحة المقاطع المطلوبه قليله مقارنه مع المواد الامر الذي يقلل من الاحمال المسلطة على الاسس ويوفر في المساحات لذا فان المنشآت المعدنية اصبحت مفضلة في الابنية المتعددة الطوابق والابنية ذات الفضاءات الواسعة مثل المصانع والمخازن والمعارض وغيرها. تحتاج الهياكل المعدنيه الى وقايه من الحريق و صيانه مستمره لاحتمال تاثرها بالعوامل الجويه.

تتكون الهياكل الخرسانيه المسلحة اما مصبوبة موقعيا اومسبقة الصب. تتميز الهياكل الخرسانيه المسلحة بان جميع موادها الاولية ما عدا فولاذ التسليح مصنعة محليا وتتوفر لها الايدي العاملة. تعطي الخرسانه للمصمم حرية التصرف في انتاج الانماط البنائيه والاشكال المرغوبة وتتميز بمقاومتها الجيدة للحريق وكذلك بدوامها العالي. تعتبرالهياكل الخرسانية ثقيلة الوزن ويستغرق انشائها زمن اطول من الهياكل المعدنيه وتحتاج الى السيطرة على نوعية الانتاج والتنفيذ. تكون هذه الهياكل دائمية لا يمكن رفعها ونصبها في محل اخر. تتنفذ الجدران في الابنيه الهيكليه بعد اكمال الهيكل ويمكن رفع اي جدار من دون التاثير على سلامه المنشا.

2) بناء غير هيكلى. وتنقل احمال السقوف فيها عبر الجدران(وتسمى جدران حاملة) الى الاسس. ولا يمكن رفع الجدران بعد البناء بخلاف الابنية الهيكيلية. لا يستخدم هذا النظام لتشييد ابنية بطوابق كثيرة لان تعدد الطوابق يعني زيادة سمك الجدران الامر الذي يسبب نقصان المساحات الصافية للطوابق وتسليط احمال كبيرة على الاسس.

3) البناء المشترك.

و يكون هنالك اعمدة واعتاب خرسانية او معدنية تعمل كهيكل في جزء من البناء وجدران حاملة في بعض الاجزاء الاخرى من الضروري توفير التفاصيل الانشائيه والتمددية واعداد التصاميم بشكل يؤمن ملافاة حدوث هبوط تفاضلي للاسس باكثر من الحد المسموح.

EARTH WORKS الاعمال الترابية

تعتبر الاعمال الترابيه من الاعمال التي توجد في جميع مشاريع انشاء الابنية وتهدف الى جعل منسوب التربة النهائي موافقا للمنسوب المحدد بالمخططات المعدة لأقامة المشروع الهندسي. تكون على نوعين اساسيين هما الحفريات الترابية والاملائيات الترابية.

الحفريات الترابية: وتشمل اعمال حفريات الاسس بأنواعها والركائز والسراديب والانفاق والعبارات وقنوات الري ومجاري الخدمات المختلفة واعمال الهدم اللازمة لاعداد الموقع لتنفيذ المشروع وغيرها .

تنجز اعمال الحفريات أما بالحفر اليدوي او بواسطة المعدات الميكانيكية او بكليهما معا ويعتمد تحديد الاسلوب على طبيعة التربة وشكل المقطع المطلوب ووجود المياه الجوفية والزمن اللازم وكلفة العمل لكل اسلوب.

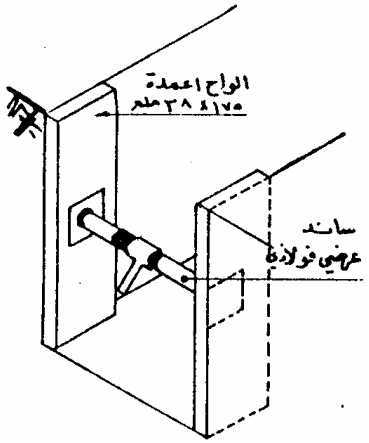
أ- الحفر اليدوي:

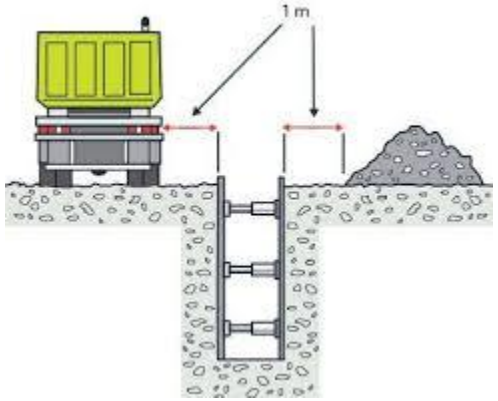
ويتم بواسطة أدوات بسيطة ويستخدم في الأعمال الصغيرة العامة مثا اسس الجدران المستمرة واسس الاعمدة المنفردة وكذلك إكمال أسفل الحفريات التي تنفذ بواسطة المعدات الميكانيكية إلى المنسوب المطلوب .

لا تستخدم الحفر اليدوي في الترب ذات الصلادة العالية مثل التربة الصخرية. تعمل حافات الحفر شاقولية وعند اخراج التربة من الحفر يجب ترك مسافة مناسبة من 70- 100سم لحركة الاشخاص والعربة اليدوية وضمان عدم سقوط التربة داخل الحفر كونها يلحق الضرر بالخرسانة واعمال الاسس معا .يعاد استخدام التربة الصالحة لأعمال الدفن بعد اكمال اعمال الاسس ويرفع الزائد منها خارج موقع العمل وتستخدم العربات اليدوية او القلابات الالية لهذا الغرض وان كانت المسافات كبيرة نستخدم السيارات القلابة. تكون ارضيات الحفر مستويه عادة وتنتهي لحد المناسيب والاشكال المبينه في المخططات وفي حاله تجاوز الحفر المناسيب المحدده في المخططات فلا يجوز اعادة الدفن بالتراب بل تملاء بالخرسانة الضعيفه (سمنت- رمل- حصى) وذلك لكون التربة المعاد دفنها ذات خصائص هندسيه مغايرة للتربة الاصلية وهي على العموم اضعف واكثر انكباسا مما يؤدي الى مشاكل انشائية. ان سلامة جوانب الحفر من الانهدام لحماية العاملين داخل الحفر ولسلامه الاعمال المنفذة. يعتمد ثبات جوانب الحفر على

طبيعة التربة وخواصها الهندسيه ومحتوى الرطوبة وحركة المياه الجوفية وعمق الحفر والاحمال الجانبية المجاورة وطبيعتها (ساكنة، متحركة او اهتزازية). تستخدم المساند الوقتية لتأمين جوانب الحفر من الانهيار وتكون اما من الاخشاب او الصفائح الحديدية او الركائز الصفيحية .

ان اعمال الحفريات العميقة جدا تستوجب تصميم المساند بصورة اكثر دقة ووفق متطلبات العمل الفعلية ويحتاج المصمم الى خبرة في موضوعي ميكانيك التربه والانشاءات. تحتاج القنوات الضحلة احيانا الى اسناد فيمكن استعمال ازواج متقابلة من الالواح الخشبية بصورة عمودية وتسند بمسند عرضي من الخشب وتكون المسافة بينه مجموعه اسناد واخرى حوالي 1.8 م اذا كانت التربة متماسكة.

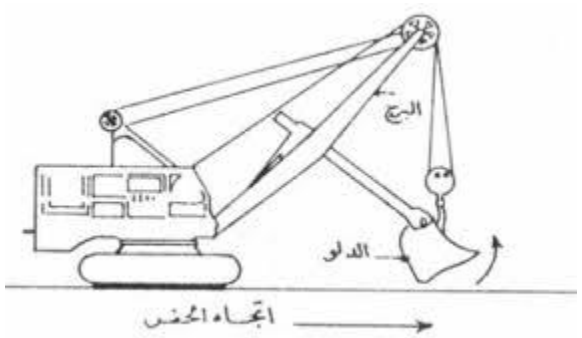




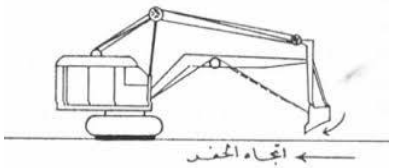
ب- **الحفر بواسطة المعدات الميكانيكية.** تستعمل في الحفريات الكبيرة والواسعة وكذلك الحفريات التي تنقل تربته الى خارج موقع العمل اوالتي تحتاج الى انجاز سريع او في الترب المتصلبة ومن اشهر هذه المعدات:

1- المجرفة الآلية الامامية power shovel

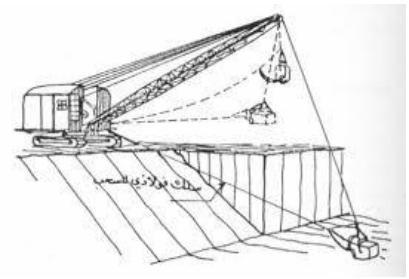
وهي من المعدات ذات الابراج وتستخدم لحفر وتحميل التربة بكميات كبيرة (كما في اعمال التعدين اوفتح القنوات والطرق في التلال) وعندما تكون التربة حصوية متصلدة او طينية مرصوصة لا يمكن حفرها بسهولة بالمعدات الاخرى وفي حالات التربة التي تبقى جوانبها سليمة من الانهيار.لا تستخدم هذه الالية في حفر وتحميل الترب غير المتماسكة والتي ليس بامكان جوانبها الثبات بدون انهيار لانها تحفر من الاسفل الى الاعلى. يمتاز الدلو في المجرفة الامامية بأنه يفتح الى جزئين للاسراع بعملية افراغها ولزيادة الانتاجية.



2) المجرفة الخلفية backhoe : وهي آلة تشبة المجرفة الالية البرجية وتختلف عنها بان عملية الحفر تكون عكسية والدلو فيها يتكون من قطعة واحدة .وتستخدم هذه الالة في الحفريات الضيقة كالاسس الجدارية والقنوات عمودية الجوانب .انها تعمل بالحفر بمستوى اوطأ من مستوى تحركها وتختلف عن الحفارة بإمكانية التحكم الجيد بتوجيه وتحديد عمق الحفر.لا تستطيع هذه الالية تحميل الناقلات بالسهولة التي تقوم بها المجرفة الآلية.

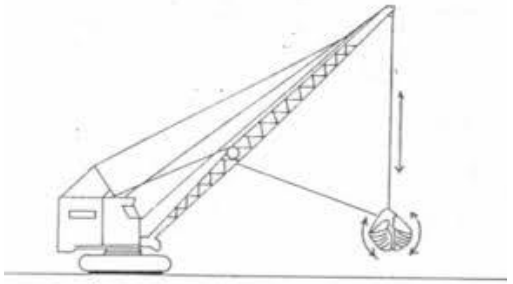


3) الحفارة السلكية Dragline : وهي من المعدات ذات الابراج وتستخدم في حفر وتحميل الترب الضعيفة او المغمورة بالمياة الجوفية ايضا تعتمد هذه الماكنة على اسقاط الدلو فهي تعمل وفق مبدأ السقوط الحر بأسقاط الدلو من ارتفاع معين فينغرس الى مسافة معينة تحت تاثير ثقله ثم يسحب بواسطة السلك الفولاذي باتجاه الماكنة حيث يجرف كمية من التربة يتم تكديسها الى جانب الحفر او تحميلها على الناقلة مباشرة. تحتاج الحفارة الى مكان عمل واسع لغرض الدوران (بسبب طول البرج) لذا لا تستخدم في الاماكن الضيقة داخل المدن، قد تستعمل في حفر السراديب للابنبة ذات المساحات الواسعة وغيرها من الحفريات المفتوحة كما في محطات الضخ ان كانت طبيعة التربة مناسبة. لا تستخدم الحفارة في الحفريات التي تخترقها مسارات الخدمات العامة كالهاتف والمجاري ومغذيات الكهرباء لانها تؤدي الى اتلافها. تستعمل الحفارة عندما يكون منسوب الحفر اوطا من مستوى سير الالة.

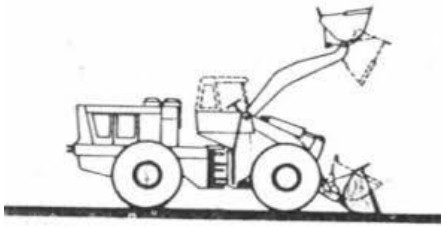


4) الدلو المحاري clamshell:

وهو من المعدات ذات الابراج ايضا ويتسعمل غالبا في رفع التربة من داخل الحفريات بصورة عمودية عندما تكون جدران الحفريات مسندة والتربة رخوة ورطبة اي انها مفضلة الاستعمال في المناطق المحددة وعندما ترتفع التربة عموديا وكثيرا ما تستعمل كآلية مساعدة لحفارات اخرى اكثر انتاجية ولرفع المخلفات التي تتركها تلك الحفارات حيث ان انتاجية الدلو منخفضة نوعا ما. ان هذه الالة مفضلة الاستعمال في حفر المناطق التي تحتوي على خدمات تحت الارض بصورة مكثفة مثل الحفريات في شوارع المدن حيث لا يهم كثيرا مقدار الانتاجية وكذلك في حفر القنوات والاسس والسراديب والدعامات اذا كانت التربة ملائمة وفي تحميل التربة والركام ويتالف الدلو من نصفين يكونان في وضع الفتح عند اسقاط الدلو على التربة ومن ثم يتم غلق الدلو بواسطة السلك الفولاذي. تستعمل الحفارة بمنسوب اعلى من مستوى الحفر.



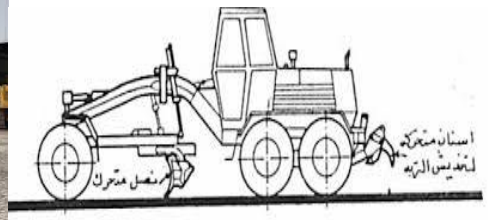
5) مجرفة الجرار truck Shovel



و هي من المعدات الشائعه في البلاد و تستعمل لاعمال الحفريات الصغيرة ولتحميل التربة والركام، الاله هي محرك جرار مركب على اطارات او مجنزر ومركب في واجهته الاماميه وعاء الحفر والتحميل (الدلو) الذي يعمل بواسطه مكابس هيدروليكيه وعتلات. تزود مقدمه الدلو باسنان فولاذيه عند حفر التربه القويه ولا داعي لتثبيت الاسنان في حفر او نقل المواد الرخوه حيث انها تقلل من كفاءه الالة. وهي مشابه بالعمل المجرفة الالية في عملية الحفر الا انها لا تستعمل لاعمال عميقة جدا وخاصة عند وجود المياه الجوفية العالية حيث تقل كفائتها.

ان الاله تعمل على حفر الجوانب المواجهه لها والتي هي اعلى من الارض التي تعمل عليها وكذلك بامكانها الحفر بمنسوب اوطا قليلا من الارض التي تعمل عليها.

6) آلة التسوية Grader



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

7) البلدوزر Grader

آلة كثيرة الاستعمال في الاعمال الترابية الكبيرة المختلفة فهي بالاضافة لاعمال الحفر تقوم بمهام جرار دفع الالة القاشطة وكذلك تسوية الاعملا الترابية كما تقوم بدفع ونشر وتوزيع التربة من محلات قطعها الى محلات اخرى وفي دفع القاشطة وتهديم الابنية القديمة وتكديس انقاضها وقلع الاشجاروفتح الطرق الوقتية للاعمال في المناطق غير المستوية اوالوعرة. لايفضل استعمال هذه الالة في الحالات لدفع التربة لأكثر من 100 متر ولا يمكن استعمالها في تحميل الناقلات. هناك نوع مشابهة للبلدوزر تسمى الانكل دوزر وهي بلدوزر ذات نصل يمكن تدويره بالمحور الافقي مما يمكنها من نشر التربة الى احد جهتي النصل. من الملحقات في البلدوزر هي الاسنان الخلفية المتحركة التي تستعمل في نبش التربة القوية تمهيدا لاقتلاعها وازالتها وفي تشريط الصخور.

8) القاشطة Grader

وتستخدم في قشط ونقل وتوزيع انواع الترب عدا الصخرية منها .وتستعمل في الاعمال الواسعة كالطرق والمطارات وغيرها . وتتكون من وعاء بشكل طاس كبير محمول على هيكل فولاذي مستند على اطارين مطاطيين ويكون الوعاء قابل للحركة العمودية ومفتوح من الاسفل. تعتبر من المعدات الكبيرة الضرورية في الاعمال الترابية للطرق والمطارات حيث تقوم هذه الالية بالرص الاولي عند سيرها فوق الطبقات التي تم نشرها سابقا.

بالاضافة الى معدات الحفر المحددودة، هناك معدات حفر اخرى تخصصية كحفارة القنوات وحفارة الانهار الواسعة وغيرها. ان مكائن الحفر تكون اما محمولة على اطارات او مجنزرة .تمتاز المحمولة على اطارات بسرعة الحركة وسهلة اما المجنزرة تكون اكثر ثباتا وكفاءة في ظروف التربة السيئة

وتحتاج الى الية لنقلها من والى الموقع. يتم اختيار المكائن حسب طبيعة الموقع وظروف العمل ونوعية التربة وتوفر المعدات وكلفة الحفر والزمن اللازم لانجاز العمل. عند استخدام المعدات في حفر الاسس يجب ايقاف الحفر بالمعدات في منسوب اعلى بحوالي 25 سم من المنسوب المطلوب لقعر الحفر وتكملة ذلك بالايدي العاملة وذلك لتجنب تشويه التربة الملامسة للالية او دلوها مما يغير من خواص التربة الهندسية ويجعلها قابلة للانكباس اكثر من التربة الاصلية.

حفريات الصخور:-

قد تكون الاسس في منطقة صخرية وهذا يستوجب ستخدام وسائل وادوات خاصة بذلك، الطريقة اليدوية وتستخدم للاعمال الصغيرة حيث تستخدم فيها معدات بدائية مثل القزمة والازميل والاسفين والطريقة الالية وتستخدم فيها المطارق الهوائية (jack hammers) التي تكون على احجام متعددة لتناسب حجم العمل والتفجير بالمفرقعات.

تصريف المياه الجوفية وتجفيف ساحة العمل والحفريات:-

لتنفيذ اعمال الحفر والاسس يجب تصريف المياه الجوفية ان وجدت بالطرق الاتية:

1- التصريف المباشر 2- التصريف بالضخ 3- التصريف باستعمال نظام نقاط البئر 4- طرق اخرى.

1- التصريف المباشر :- وهي من ارخص وتعتمد على حفر السواقي في اسفل الحفر ومن الجوانب يتم تصريف المياه المتجمعة بواسطة انحدارات السواقي خارج منطقة الحفر. ان هذا النوع من التصريف يكون ممكنا في احوال قليلة جدا حيث ان قعر الحفر يكون اوطا من بقية المواقع.

2- التصريف بالضخ :- وهو مشابه الى النوع الاول الا ان السواقي نفسها تتجمع في نقطة واحدة او اكثر في اوطا منسوب تتجمع في حفرة بابعاد مناسبة يضخ منها الماء الى الخارج. يجب الحذر 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.