

تشبيد المباني ٥

أ.د. نبيل ابراهيم الصوالحي
استاذ في الهندسة المدنية
ادارة التشبيد

الأساسات Foundation

- الأساس هو الجزء الذي ينقل أحمال المبنى إلى التربة
- ولذلك فإن الأساسات تتأثر بالوزن المحمل عليها، فكلما كان الوزن أكبر كلما كان حجم القاعدة أكبر كي تستطيع تحمل ذلك الوزن.
- والعلاقة بين الأساسات والتربة هي أنه كلما كانت التربة أقوى في التحمل فإن الحجم للقاعدة يكون أصغر.

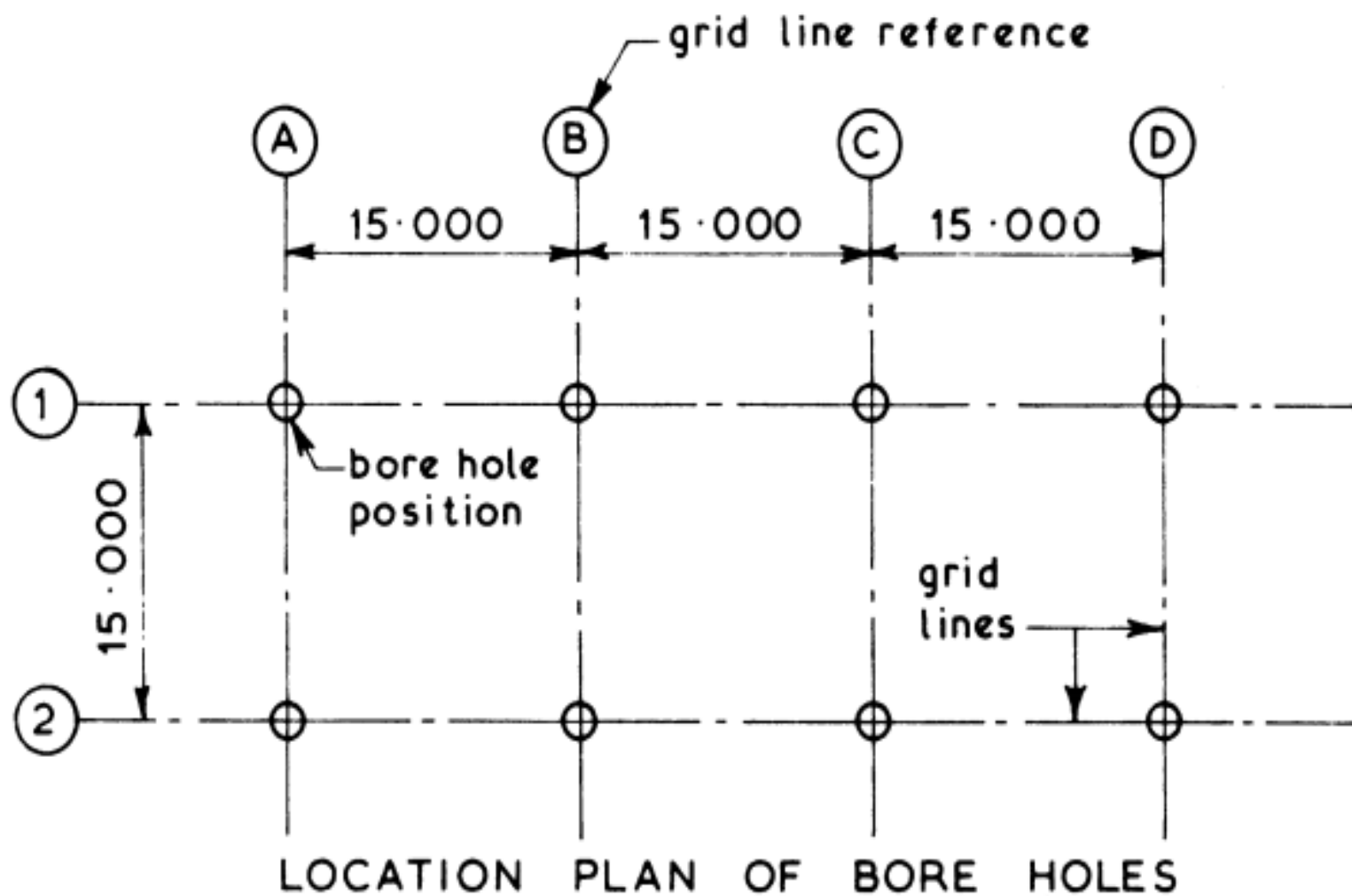
- تصميم الأساسات: تمر عملية تصميم الأساسات بثلاث مراحل:

- ١. استكشاف التربة (أخذ العينات):

- ويتم ذلك بعمل حفر (يتراوح قطرها بين ٥ - ٤٠ سم) في ارض المشروع، تختلف أعماقها باختلاف المشروع، حيث يكفي في مشاريع الطرق مثلاً الوصول إلى عمق متر أو متر ونصف.

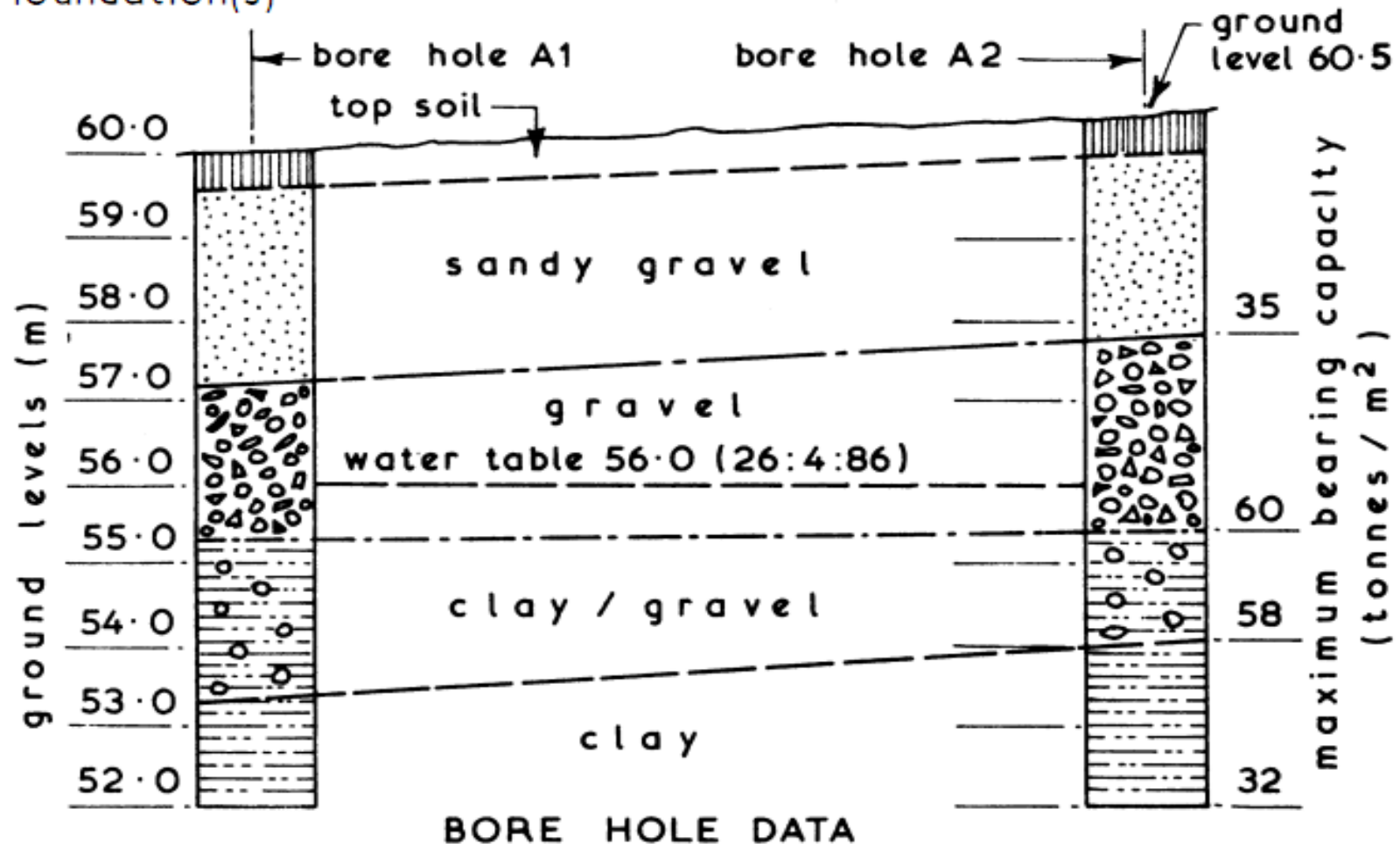
- وتؤخذ عينة عند كل نصف متر من عمق الجسة

-



LOCATION PLAN OF BORE HOLES

Bore holes can be taken on a 15·000 to 20·000 grid covering the whole site or in isolated positions relevant to the proposed foundation(s)



- في المباني، يتم تحديد العمق بطريقتين:
- أ- إما بربطه بعرض القاعدة الأقصى المتوقع، فمثلاً يتم الحفر إلى ضعف عرض القاعدة، أو أكثر أو أقل،
- ومن عيوب هذه الطريقة أنه في حالة قواعد اللبشة يصعب ربط العمق بأبعاد القاعدة، لكبر هذه الأبعاد.
- ب. أو بالوصول إلى عمق يصل الضغط فيه إلى عشر الضغط المبذول على التربة أسفل القاعدة مباشرة.
- من عيوب هذه الطريقة أنها قد تؤدي في بعض الأحيان إلى الوصول إلى أعماق كبيرة للوصول إلى عشر الضغط السطحي.

- يكون العدد الأدنى لحفر الاستكشاف هذه هو ثلاثة، ويجب أن تقع تحت البناء موزعةً على مساحة المبنى، وإن تعذر ذلك، فيجب أن تقع في أقرب مكان للبناء.
- حفر الاستكشاف يمكن الاستفادة منها أثناء عملية الحفر في أمرين:
- أولاً: التعرف بالنظر على طبقات التربة التي مر عليها الحفر من حيث سمك ونوعية هذه الطبقات.
- ثانياً: التعرف على التربة الردمية إن وجدت في الموقع، حيث يتم التعرف عليها مباشرةً من خلال عدم تجانس مكوناتها، ويتم إزالتها نهائياً من الموقع.

٢. إجراء التجارب وتحديد قدرة تحمل التربة

- وينتج عن هذه الخطوة فحص التربة الذي يعطي المعلومات الآتية:
- طبيعة الطبقات وسمكها.
- خصائص خاصة بالعينة مثل
- Liquid limit, Plastic limit, Water content,
- Bearing capacity, Unit weight, Plasticity index, void ratio
- كذلك يعطي اختبار التربة قيمتين مهمتين في تحديد قوة تحمل التربة، وهما (زاوية الاحتكاك بين حبيبات التربة Φ وعلاقتها أساساً بالرمل (sand).
- قوة الالتصاق بين حبيبات التربة (Cohesion (C) وعلاقتها الأساسية بالطين clay
- يعطي فحص التربة معلومات هامة عن التأسيس، فمثلاً يمنع التأسيس على تربة غير أصلية (ردم) إلا بعد فحص الدمك.

اختبار الاختراق القياسي

Standard Penetration Test (SPT)

- يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة لتحديد مقاومة التربة الرملية أثناء تنفيذ الجسة وهو من أسهل الطرق وأفضلها لمعرفة قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي وكثافة التربة الرملية.
- يتم الاختبار في إسقاط مطرقة خاصة وزنها ٦٣,٥ كجم من ارتفاع ٧٦٠ مم على أنبوبة الجهاز لتدخل مسافة ٦٠ مم في التربة ومن ثم حساب عدد الدقات (N) لاختراق آخر ٣٠,٥ مم ويتم إيقاف الاختبار في حالة الحصول على ١٠٠ دقة أو ١٠ دقات متتالية بدون اختراق.
- وبالرغم من أن هذا الاختبار قد وضع أساساً للتربة المفككة لصعوبة الحصول على عينات غير مقلقة للرمل إلا أن هذا الاختبار قد ينفذ في التربة المتماسكة، ويجب الحذر عند استخدام نتائجه في هذه الحالة وذلك لعدم دقة النتائج لاحتواء التربة المتماسكة على الماء .

الشروط الواجب توافرها في التربة لعمل الأساسات

- المتانة : حتى لا يحدث فيها انهيار بتأثير احمال المنشأة المنقولة إليها من خلال الأساسات.
- التوازن : حتى لا يحدث فيها انزلاق نتيجة انزياح الكتل الترابية فيها أو انهيارها عندما لا يكون مستقرة.
- الثبات : حتى لا يكون هناك انحراف أو فجوات داخلية بتأثير حث الماء فيها.
- الاستقرار : حتى لا يحدث فيها تغيرات وتشوهات كبيرة في حجمها بتأثير الرطوبة والنظام «الحراري المائي» فيها.

- ويتطلب ضمان هذه الشروط معالجة خاصة للتربة وتثبيتها وعزلها عن الرطوبة
- كما يتطلب أحيانا اختيار نوع خاص للأساسات ولهذا فإن هذه العملية ضرورية ولا غنى عنها قبل تحديد نوع الأساس ووضع تصميمات البناء والمنشآت الضخمة أساساتها تصمم مسبقا ولذلك يشترط معرفة مواصفات التربة والبحث عن العمق الذي يوفر التربة المناسبة للتأسيس، و كل هذا يجعل الأساسات مرتبطة بميكانيكية التربة التي تدرس خواص التربة

تحديد منسوب المياه الجوفية

Ground Water Table Location

- يعتبر تحديد منسوب المياه الجوفية من الأعمال المهمة للدراسات الجيوتقنية وخصوصاً إذا ما كان منسوب المياه في نطاق تنفيذ الأساسات حيث إن معظم المشاكل الفنية التي لها علاقة بالتربة تكون بسبب المياه الجوفية ،
- ويتم قياس منسوب المياه فور اكتشافها، ثم تقاس يومياً عند بداية ونهاية يوم العمل، وكذلك في فترة انقطاع طويلة (إذا حدث ذلك) ثم تقاس قبل ردم مكان الجسة ويتم تسجيل النتائج
- وإذا تبين وجود تذبذب في منسوب المياه فإنه يجب معرفة متى وعلى أي عمق يحصل هذا التذبذب وما هي مناسيب الماء في بدايته ونهايته، ويحدد منسوب المياه الجوفية بالمنسوب الذي يثبت سطح المياه الحر عنده

تحديد نوع الأساس الملائم (تصميم الأساسات):

- تنقسم الأساسات إلى أساسات سطحية وأخرى عميقة وكل منها يوجد لها عدة أشكال.
- يمكن أن يكون التأسيس نظرياً على سطح الأرض، أما عملياً فيصعب ذلك لعدة اعتبارات، منها:

- ١. إمكانية ارتفاع أو انخفاض منسوب الشارع، بالردم أو الحفر مستقبلاً، وبناء على ذلك يتم معرفة المنسوب التصميمي للشارع قبل تحديد عمق التأسيس.
- ٢. منسوب شبكات المياه والصرف الصحي في الشوارع.
- ٣. في المناطق الباردة، تتعرض الطبقات السطحية للتربة إلى التجمد شتاءً (بسمك حوالي ٦٠ سم)، مما يؤدي إلى زيادة حجمها، وينعكس ذلك عند ارتفاع درجات الحرارة، مما يعني حركة دائمة للتربة أسفل المنشأ، وهنا يجب النزول بالتأسيس إلى أعماق أكبر من سمك هذه الطبقات.

هناك عدد من العوامل تتحكم في اختيار نوع الاساس و هي:

- -ارتفاع المبنى: حيث كلما زاد ارتفاع المبنى زادت الاحمال على القواعد و بذلك يكون نوع الاساسات للمباني المنخفضة يختلف عن المباني المرتفعة
- -نوع التربة: حيث تختلف قدرة تحمل التربة باختلاف نوعها بين تربة رملية و طينية و صخرية فالتربة الرملية تتحمل اجهادات اكبر من التربة الطينية وهذا يؤدي الى اختلاف نوع الاساس المناسب باختلاف نوع التربة.
- -استخدام المبنى: و نوع الاستخدام يحدد مقدار الاحمال الواقعة على المبنى فمثلا مبنى يستخدم كمخازن عليه احمال اكبر من مبنى مدرسي و المبنى المدرسي عليه احمال اكبر من المبنى السكنى.
- - قيمة الحمل الدائم و الحمل الحى و تأثير الرياح و عمق الاساس كلها عوامل تؤثر في اختيار نوع الاساس

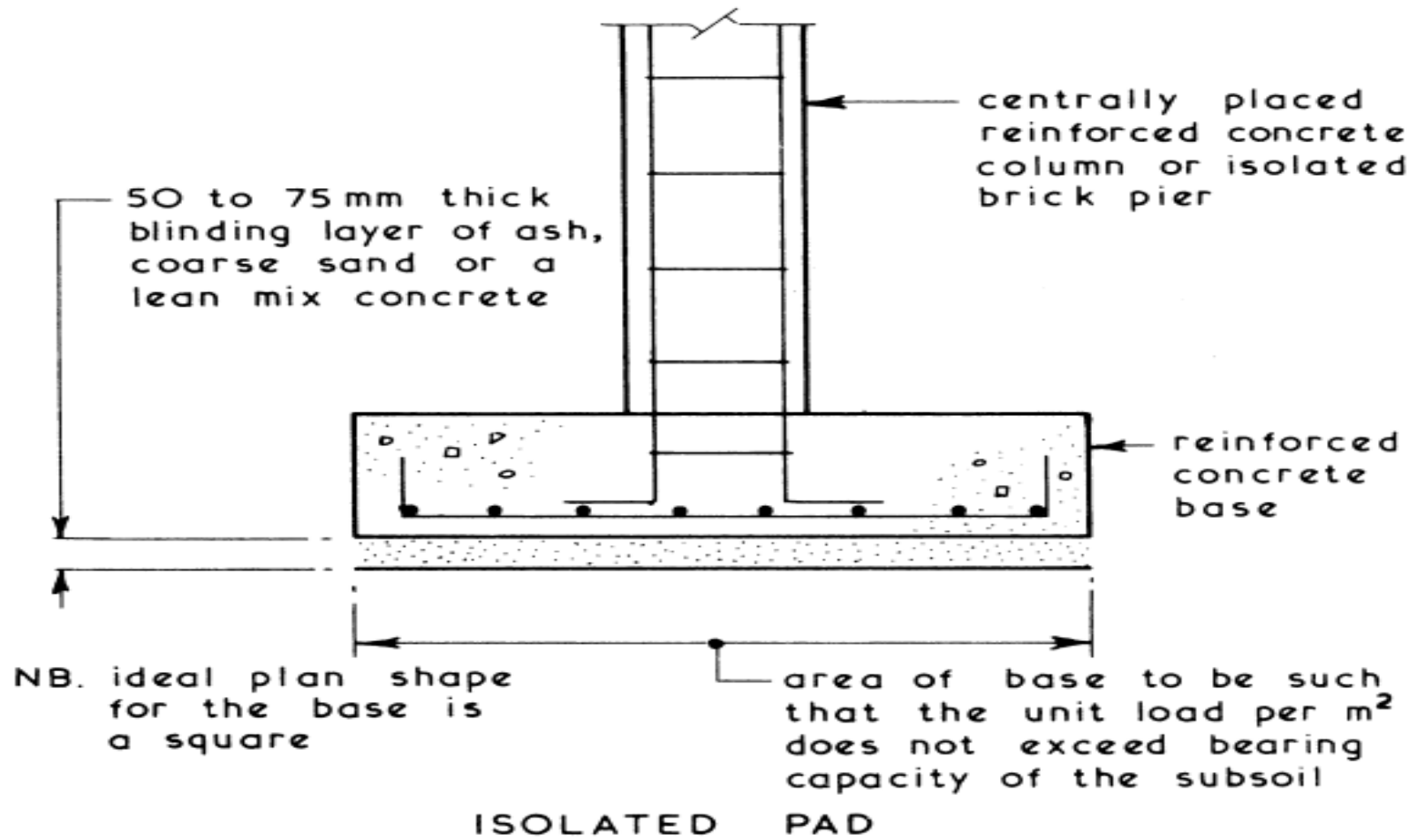
الأساسات السطحية Shallow Foundation

- هي الأساسات التي تكون طبقة التربة الصالحة للتأسيس قريبة من سطح الأرض و قادرة على تحمل احمال المبنى المراد تشييده.
- الأساسات السطحية: يكون عمق التأسيس فيها Df/B أصغر من ١ ، حيث ان B عرض القاعدة و Df عمق القاعدة.
- و تنقسم الأساسات السطحية الى عدة انواع و هي:
- القواعد المنفصلة
- القواعد المشتركة
- اللبشة
- القواعد الشريطية

- (١) قواعد منفصلة: Isolated Footing
- وفيها تحتوي كل قاعدة على عامود واحد فقط، وتحسب أبعادها من خلال:
- حساب المساحة (بقسمة الضغط المبذول على القاعدة على قدرة تحمل التربة)، ثم فرض أحد الأبعاد، وإيجاد الآخر من خلال المساحة.
- ويفضل أن يكون مركز العامود على مركز القاعدة، أما في حالة وجود إزاحة للعامود فيجب ألا يزيد البعد بين المركزين عن $L/6$ ، حيث L هو الطول الموجود على امتداده خط الإزاحة.

- أنواع الانهيارات في القواعد المنفصلة.
- **Bearing Failure**: وينتج عن كون مساحة القاعدة غير كافية لمنع القاعدة من الغوص في التربة بفعل الأحمال.
- **Shear Failure . .**
- و هو الانهيار الناتج من عدم قدرة التربة على تحمل احمال القواعد و يؤدي ذلك لانهيار القص. و تعرف مقاومة التربة للقص بانها أقصى إجهاد مقاوم لشكل قصي مستمر مؤثر علي حبيبات أو كتلة التربة.

Isolated Foundation

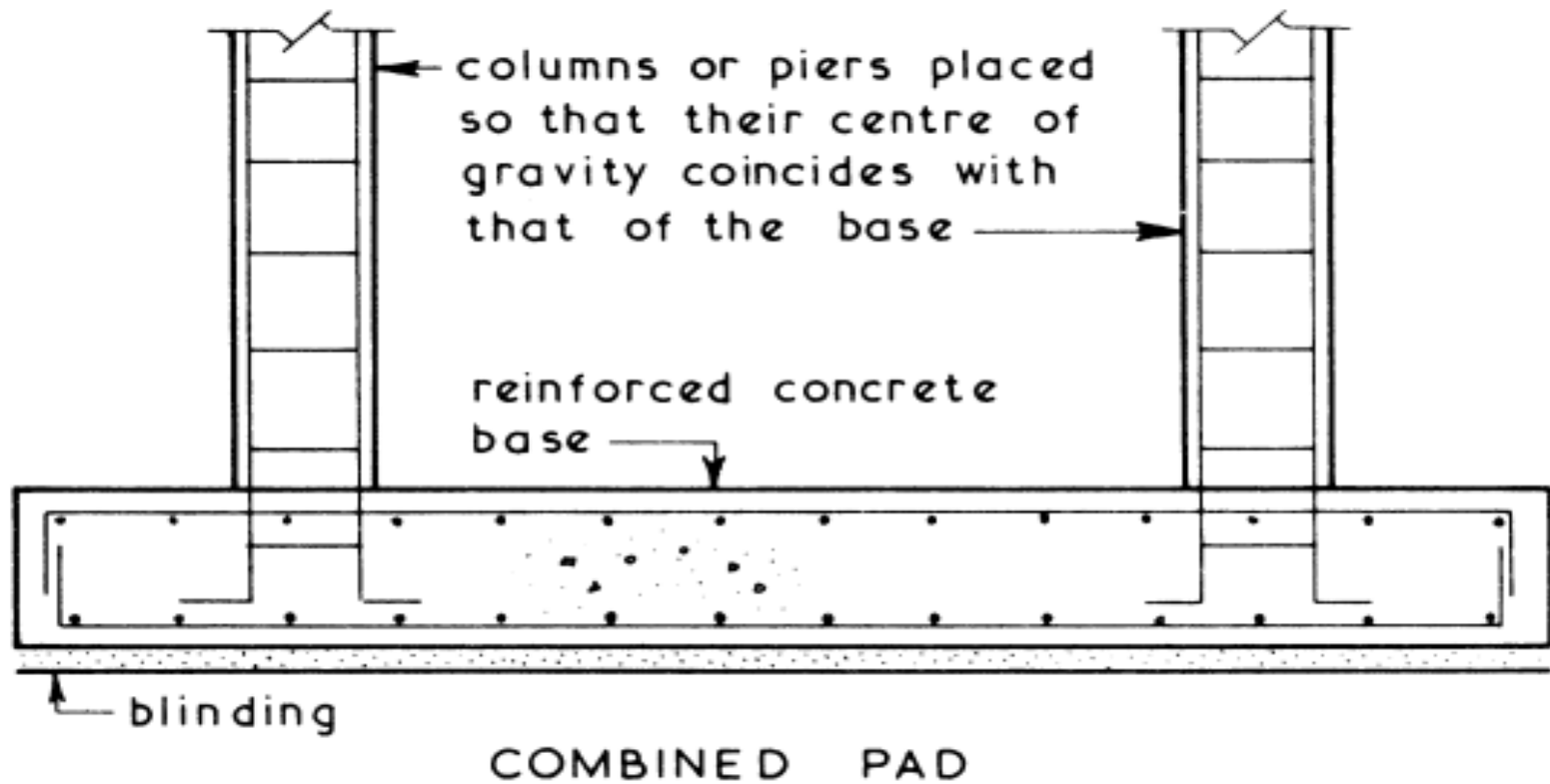




قواعد مشتركة Combined Foundation

- وتحتوي القاعدة من هذا النوع على عامودين بشرط أن يكون خط عملهما واحداً، مع السماح بانحراف عن خط العمل لا يزيد عن ١٠ % من المسافة بين العمودين.
- أسباب استخدام القواعد المشتركة
- أ- تداخل القواعد المنفصلة أثناء التصميم، بسبب:
- - إما قرب الأعمدة من بعضها البعض.
- - أو زيادة الأحمال على الأعمدة، مما يؤدي إلى كبر حجم القواعد، وتداخلها.

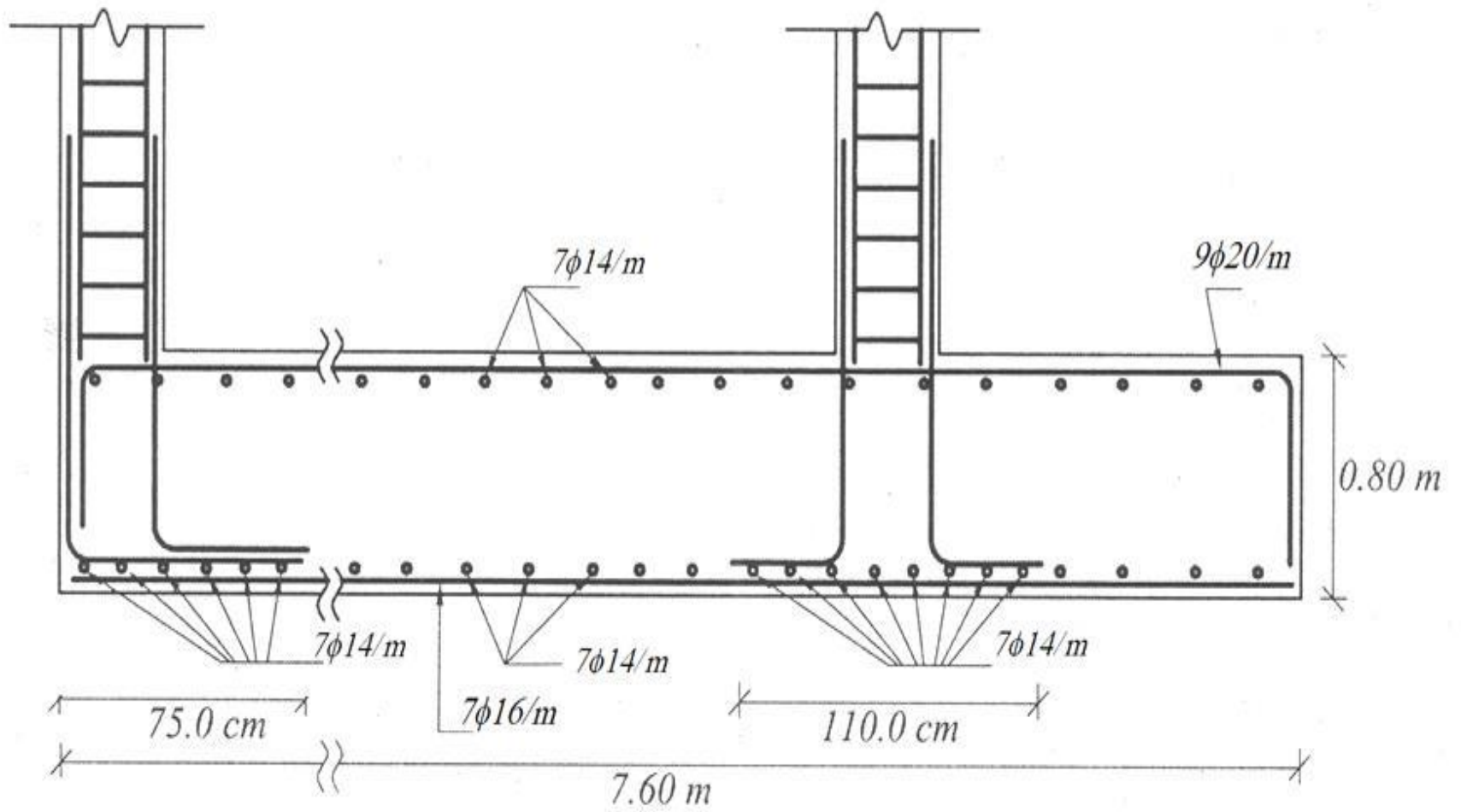
Combined Foundation





قواعد مشتركة

- ب. قرب القواعد من بعضها البعض.
- ج. (عمود حد الجار)، حيث يمنع التأسيس خارج حدود البناء، عند الحاجة للبناء على هذه الحدود.
- أنواع القواعد المشتركة.
- ما يسعى إليه مصمم القواعد هو الحصول على ضغط منتظم أسفل القاعدة، لذلك تقسم القواعد تبعاً لظروف المبني، ومن أجل تحقيق الغاية المذكورة إلى:
- أ- مستطيلة (شكل ١) يلجأ إلى هذا النوع في حالة:
- - كون المسافة بين الأعمدة متوسطة إلى قريبة (٤ أو ٥ م أو أقل)
- - وكذلك عند تقارب الأحمال على هذه الأعمدة.
- - وعندما تكون إمكانية امتداد القاعدة على جانبي العמוד واردة



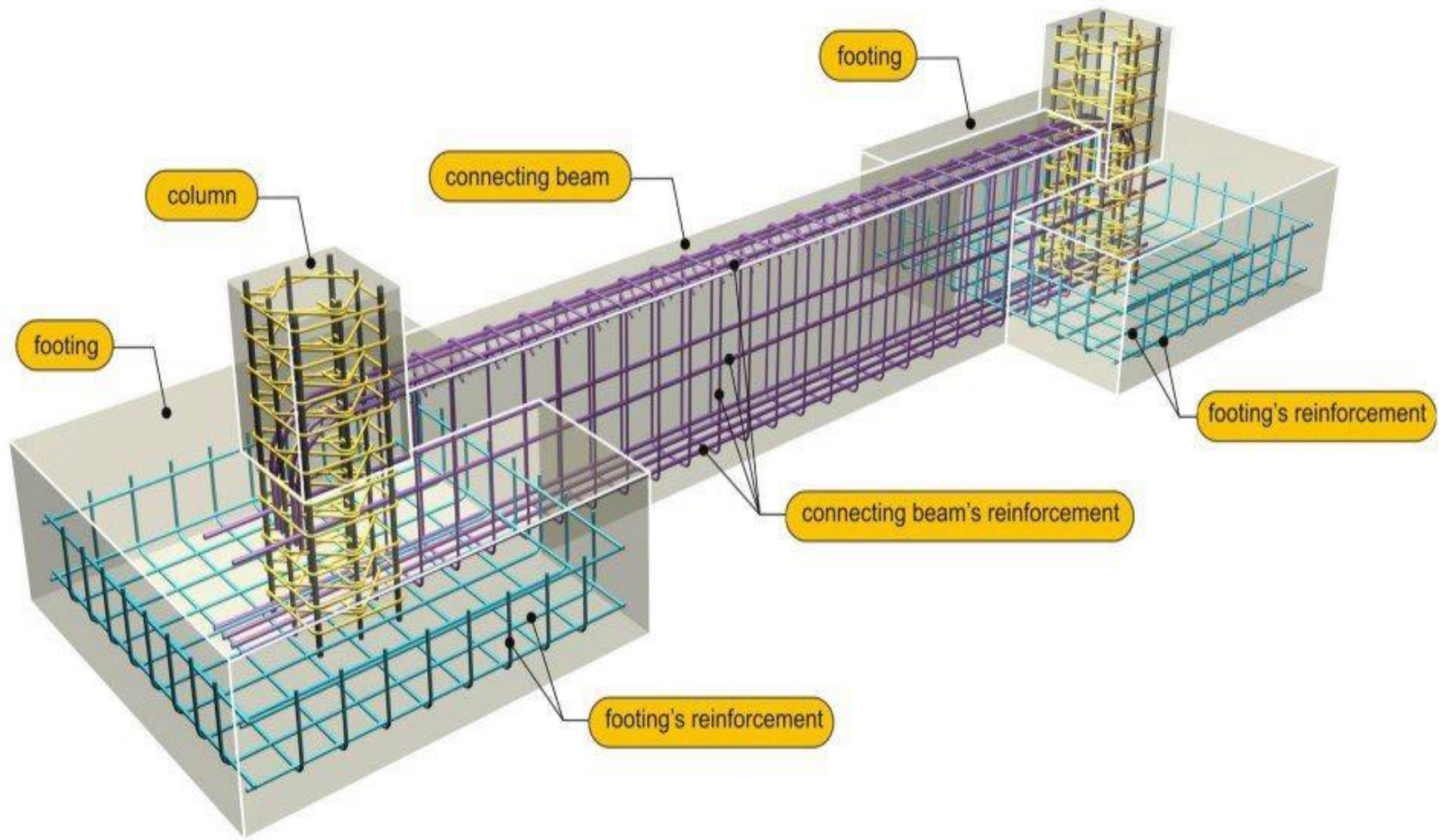
- ب. شبه منحرف
- تستخدم القواعد شبه المنحرفة في حالة:
- - كون الأحمال على عامود أكبر بكثير منها على عامود آخر على نفس القاعدة.
- - وعدم إمكانية امتداد القواعد على الجوانب.

- ج. كابولي (شداد) Strap Footing:

- والشداد هو عبارة عن جسر (حزام)، يربط بين العامودين في منسوب القواعد، أو فوق القواعد مباشرة. ويستخدم في حالة:

- كبر المسافات بين الأعمدة $4.5\text{ m} <$ ووصول أحد الأعمدة إلى حد الجار، وبالتالي لا يمكن الامتداد بقاعدته إلى خارج الحد.

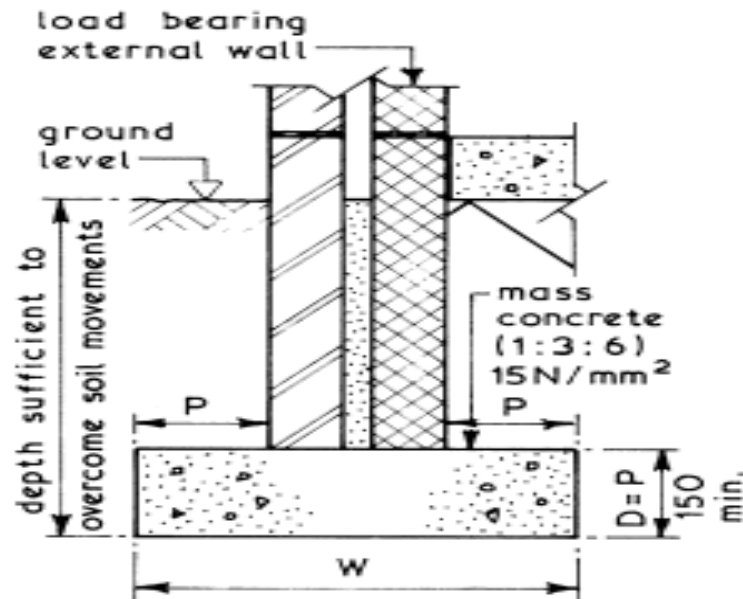
- يجب أن تكون التربة أسفل الشداد ضعيفة ، مقلقلة، وقابلة للانضغاط ، لأن التربة لو كانت قوية غير قابلة للانضغاط، فسوف تؤدي إلى عمل رد فعل معاكس على الشداد، مما يؤدي إلى مضاعفة الحمل والعزم عليه.
- ويمكن حل هذه المشكلة أيضاً بإضافة (كلكل) أو إسفنج قابل للانضغاط أسفل الشداد، أو بعدم دمك الرمل، أو بترك فراغ بين التربة والشداد



القواعد الشريطية Wall footing (Strip)

- وتستخدم في نظام الحوائط الحاملة وذلك بان تستمر تحت كامل الحائط وبعرض يعتمد على قيمة الأحمال الواقعة عليها وعلى قدرة تحمل التربة للأحمال ويمكن إنشاؤها من الخرسانة او الطوب او الدبش وخير مثال للنوعين الاخيرين أساسات الأسوار والبنائات القديمة.

Strip Footing

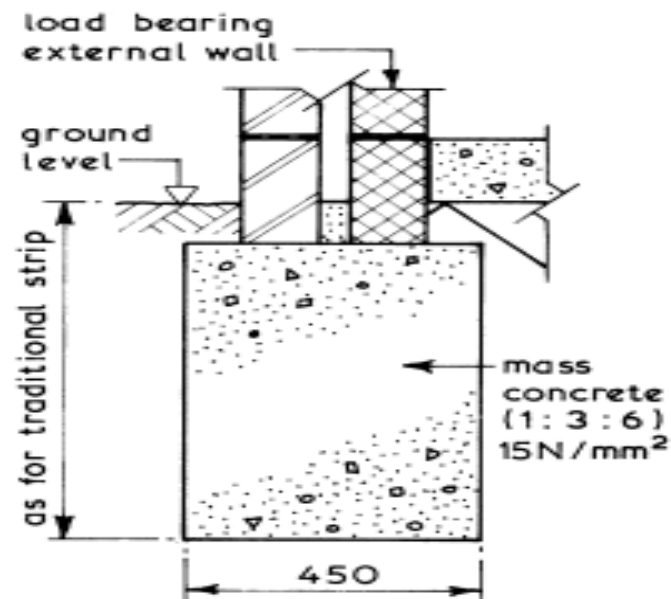


$$W = \frac{\text{load per metre}}{\text{bearing capacity of soil or}}$$

W = not less than that given in Table on page 194

NB. In all cases W must give adequate working space which is usually 450 to 600 mm minimum depending on depth of excavation.

TRADITIONAL STRIP



generally considered to be cheaper than traditional strip foundations since :-

1. fewer man hours required.
2. requires less skilled trades.
3. uses ready mix concrete therefore less material is stored on site making it clearer and easier to manage.

DEEP STRIP OR TRENCH FILL

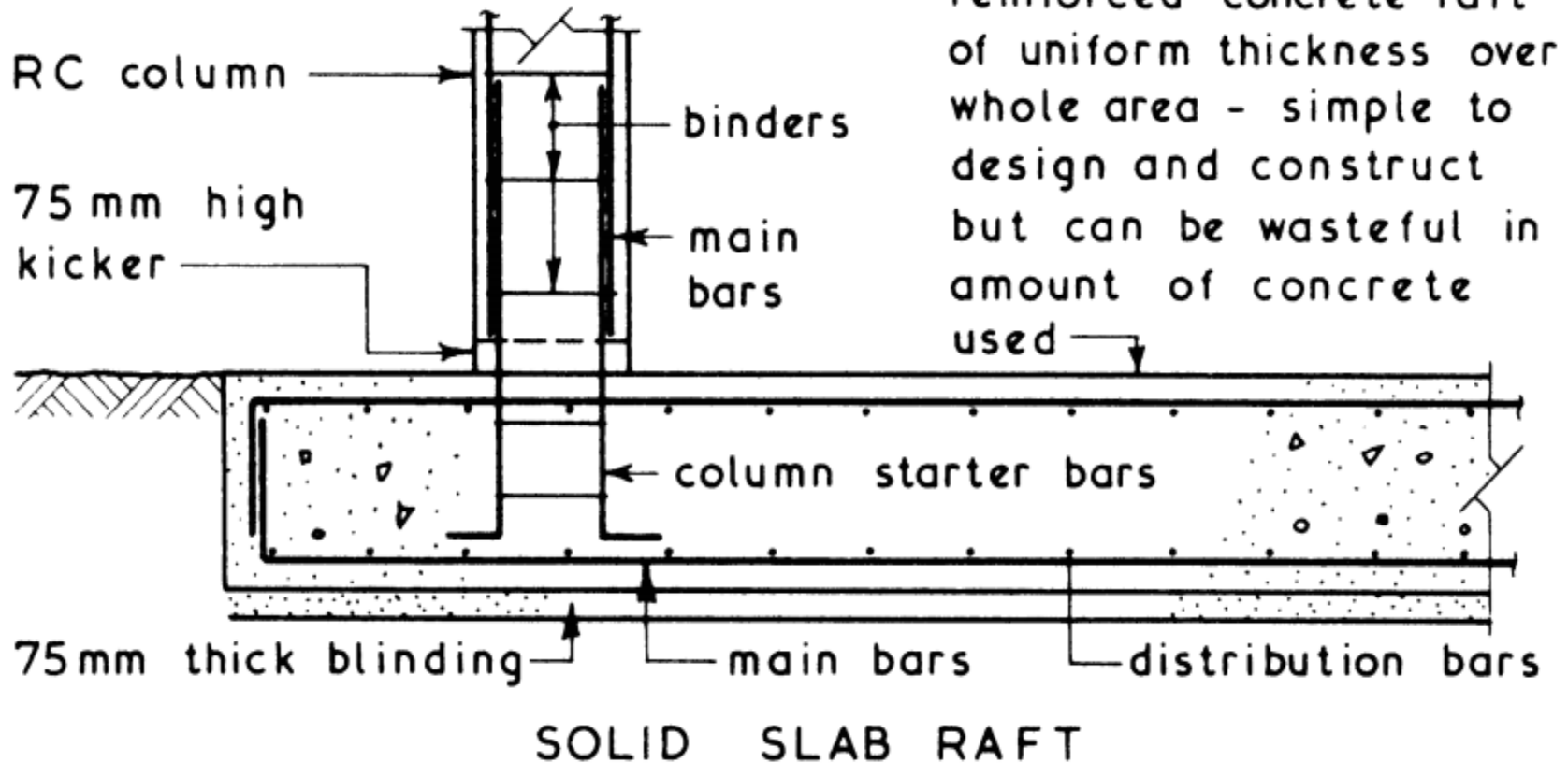
قواعد الفرشة او اللبشة

Mat/Raft Foundation

- و هي عبارة عن قاعدة تحتوي على اكثر من عامودين ليسوا على خط عمل واحد و توضع الاساسات على كامل مسطح الارض اسفل المبنى و يكون بمثابة قاعدة واحدة يرتكز عليها المبنى.
- و تستخدم اللبشة في حالة وجود تربة ضعيفة و ذلك حيث لا تصلح القواعد المنفصلة لنقل الاحمال بسبب تداخلها مع بعض.
- اذا زاد مساحة القواعد المنفصلة عن ٦٠% من مساحة البناء فانه يفضل عمل اساسات لبشة .
- اللبشة لها عدة أنواع وهي :
- مصمتة
- ومفرغة
- ويندرج تحت كل نوع عدة أنواع

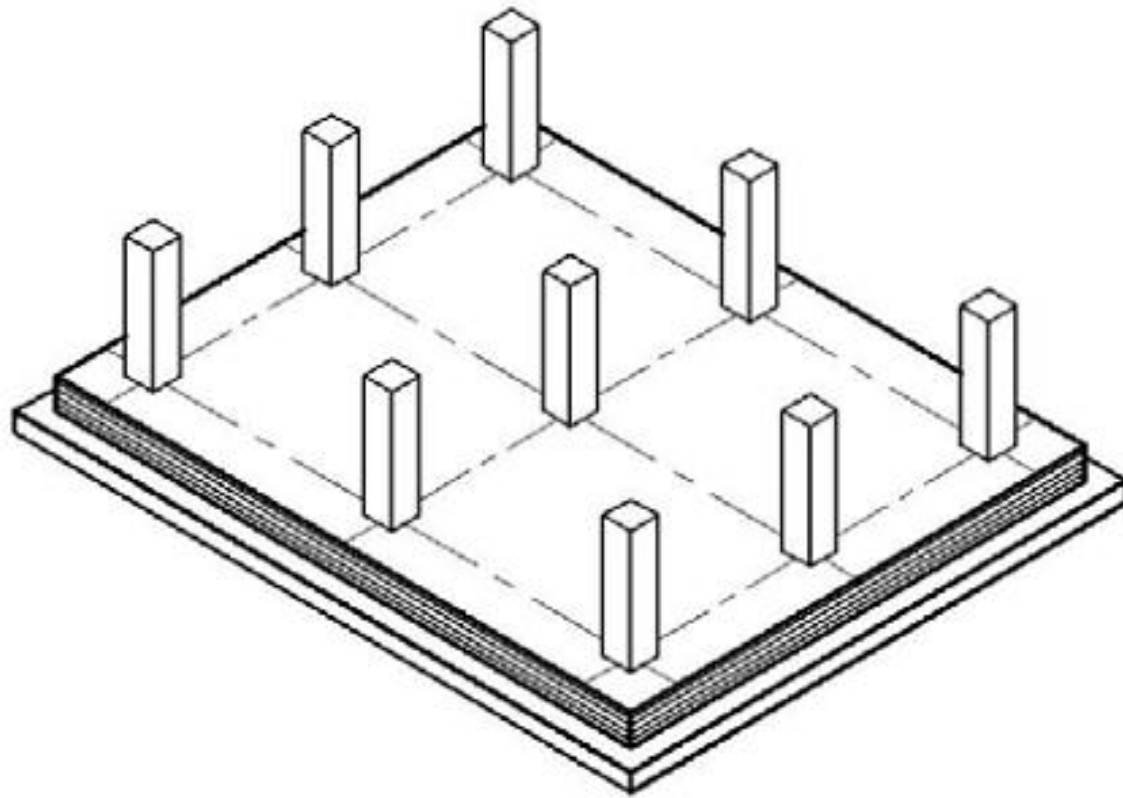
Raft Foundation

Typical Raft Foundation Types ~



لبشة مصمتة

- ١. مصمتة ذات سمك ثابت: وهي النوع الغالب في غزوة، حيث يتم الصب بسمك ثابت على كامل المساحة.
- ٢. مصمتة ذات سمك متغير: حيث يتم زيادة سمك القاعدة أسفل الأعمدة ذات الأحمال المرتفعة فقط.
- ٣. مصمتة بأحزمة غير ظاهرة: في النوعين السابقين لا توجد أحزمة في اللبشة بين الأعمدة، أما في هذا النوع و النوع الذي يليه فيتم إضافة أحزمة في اللبشة. وهنا تكون الأحزمة بسمك يساوي سمك القاعدة (لا يظهر الحزام بعد الصب).
- ٤. مصمتة بأحزمة مقلوبة: وفيها يكون سمك الأحزمة أكبر من سمك القاعدة.



شكل رقم (٦ - د) الأساسات بنظام اللبشة

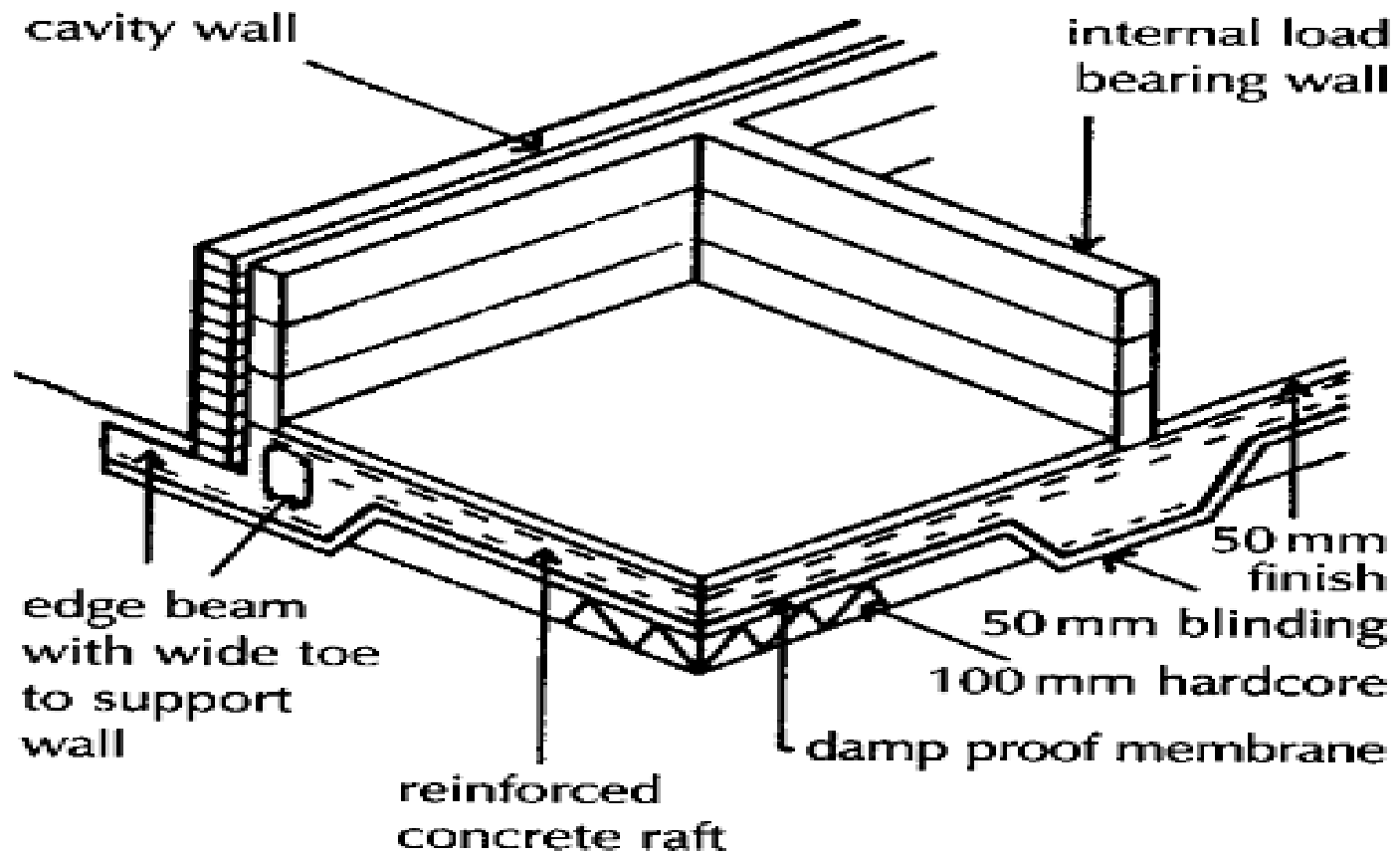
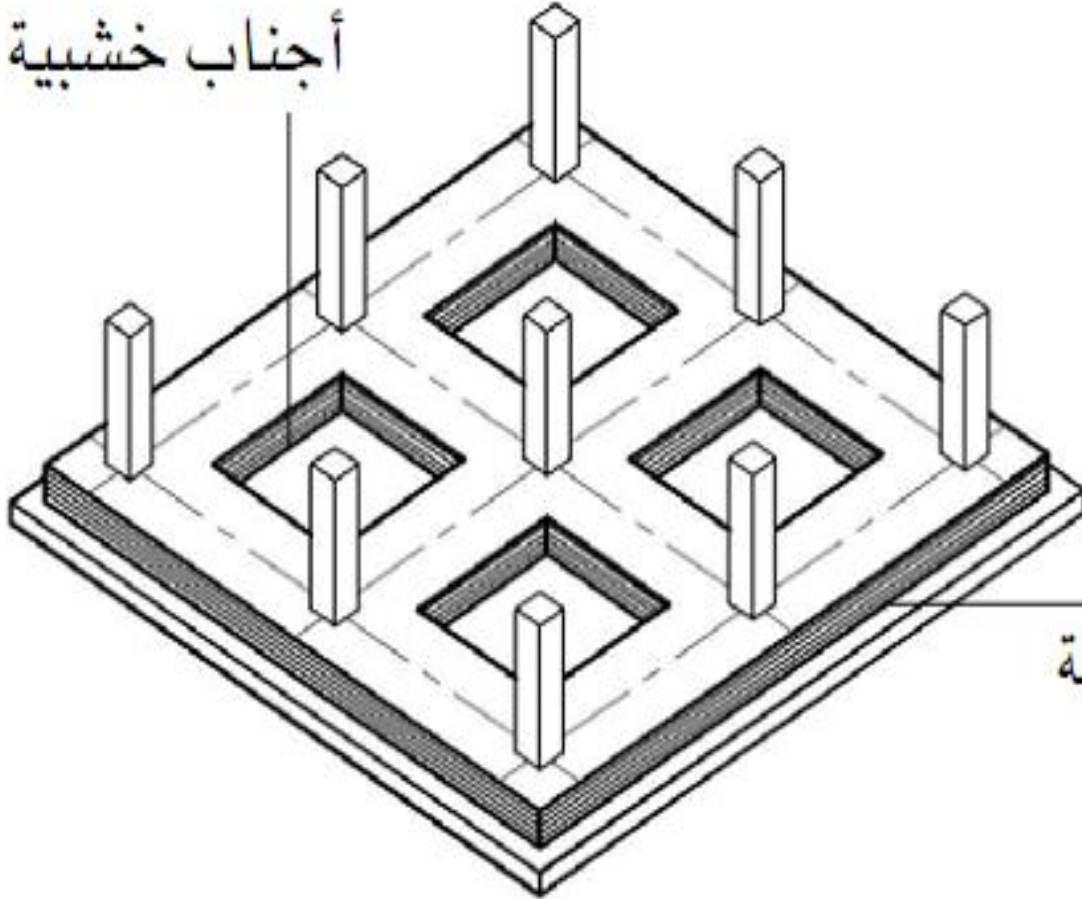


Fig. 13 Edge beam raft.

- **مفرغة:**
- ويتم اللجوء إليها من جانب اقتصادي عند التصميم لمبانٍ ذات ارتفاعات منخفضة نسبياً
- **متى تستخدم اللبشة؟**
- **تستخدم اللبشة في حالة:**
- ١. زيادة مساحة القواعد عن ٦٠ % من مساحة الأرض.
- 2. (Differential settlement). أو كون الأرض معرضة لهبوط متفاوت
- ٣. ضعف مقاومة التربة للاحمال

أجناب خشبية



أجناب خشبية

الأساسات العميقة (الخوازيق)

Deep Foundations (Piles)

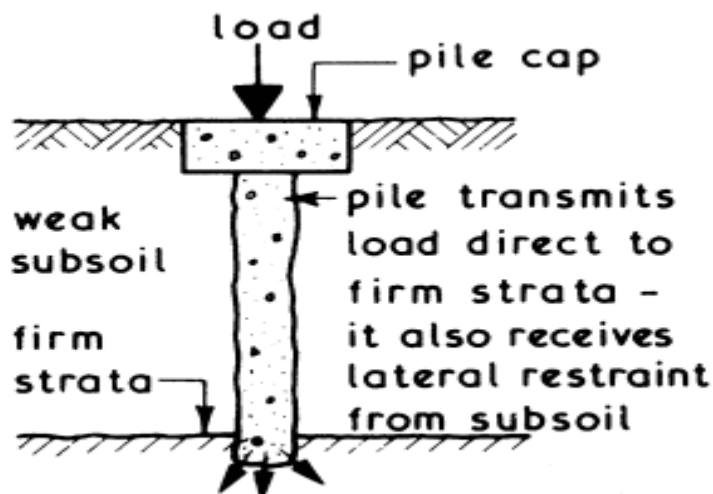
- في حالة وجود مبنى ذو احمال كبيرة و لا تستطيع الطبقات السطحية من التربة نقل حمل المبنى بامان فانه يتم اللجوء الى الاساسات العميقة، حست يتم البحث عن طبقة في باطن الارض تستطيع نقل الحمل بامان. و اشهر انواع الاساسات العميقة هي الخوازيق.
- الخوازيق (Piles) وتسمى القدوح، وتستخدم في حالة كون التربة التي على السطح ضعيفة لا يمكن التأسيس عليها.
- وتعتبر الخوازيق أكثر أنواع الأساسات تكلفة إلا إذا كانت الطبقة (٦ - ٧ متر) حينها نقارن بين اللبشة والخوازيق - التي نريد التأسيس عليها غير بعيدة كثيرا عن السطح أيهما اوفر وأفضل.
- وتصنع إما من الخشب أو الحديد أو الباطون.

الخوازيق Piles

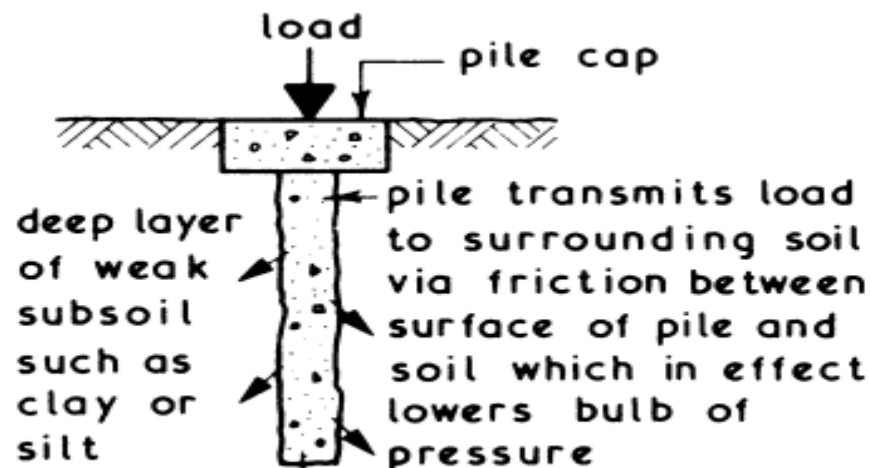
- الخشب: عادة ما يستخدم للمباني الصغيرة، أو المعرضة للمياه، مثل المراسي، ومرافئ الصيد، وعييه الرئيسي ضعفه في تحمل الضغوط العالية، كما يعتبر من عيوبه تعرضه للتآكل والتسوس.
- الحديد: في حالة الخوازيق الكبيرة، وأكبر عيوبه ارتفاع ثمنه، كما أنه يتعرض للصدأ بسهولة إلا ان هذه المشكلة امكن التغلب عليها حديثا.
- الباطون: وهو الأكثر استخداماً لرخص ثمنه وسهولة تشكيله، ويعتبر الشكل الدائري الأكثر استخداماً لغرض الخوازيق ، ويمكن التحميل كما يلي

- ١. من خلال الاحتكاك بين الخازوق والتربة (في حالة الطبقات الضعيفة لأعماق كبيرة).
- ٢. أو من خلال الارتكاز على طبقة صخرية (في حالة كون الطبقات القوية قريبة من سطح الأرض).
- ٣. أو كلا الأمرين معاً (في حالة كون طبقات التربة القوية قريبة، وفي نفس الوقت تكون قوى الاحتكاك كبيرة مع الجوانب).

- طريقة التنفيذ:
- يتم التنفيذ بإحدى طريقتين
- أ. الدق: حيث يتم صب عامود دائري كبير خارج التربة، ويثبت في طرفه السفلي مخروط من الحديد، وفي طرفه العلوي غطاء (Capping) ويتم نصبه بشكل عمودي على النقطة المراد غرس الخازوق فيها، ويبدأ الدق على قمة الخازوق حتى يصل للعمق المطلوب.

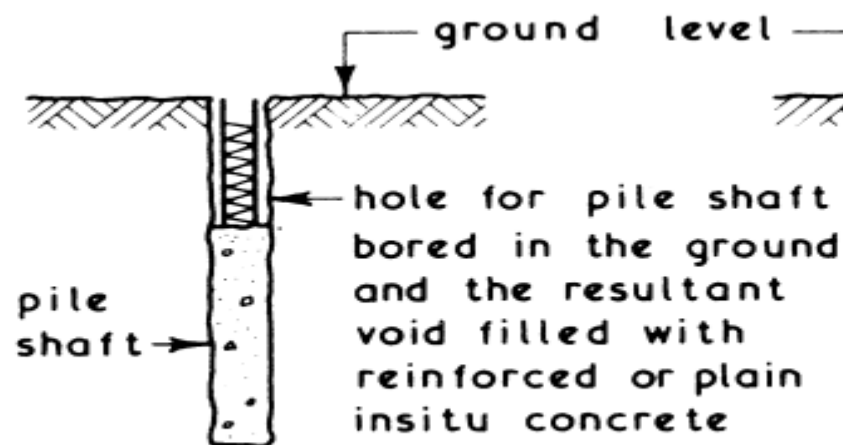


END BEARING PILES

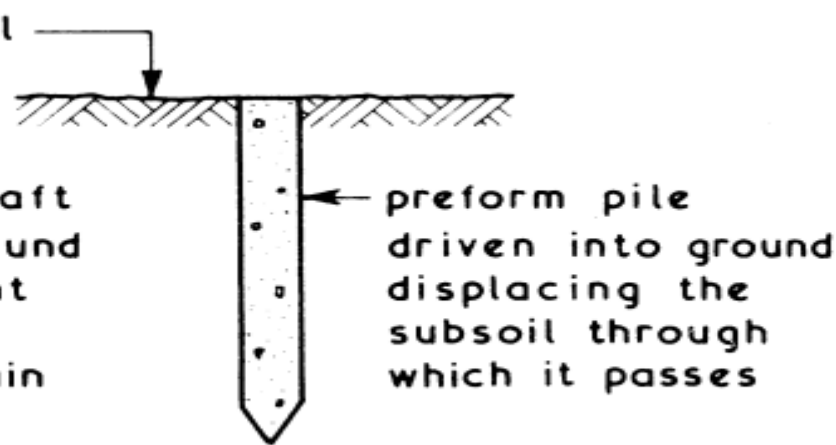


FRICTION OR FLOATING PILES

NB. Piles can work in a combination of the above design functions



REPLACEMENT PILES

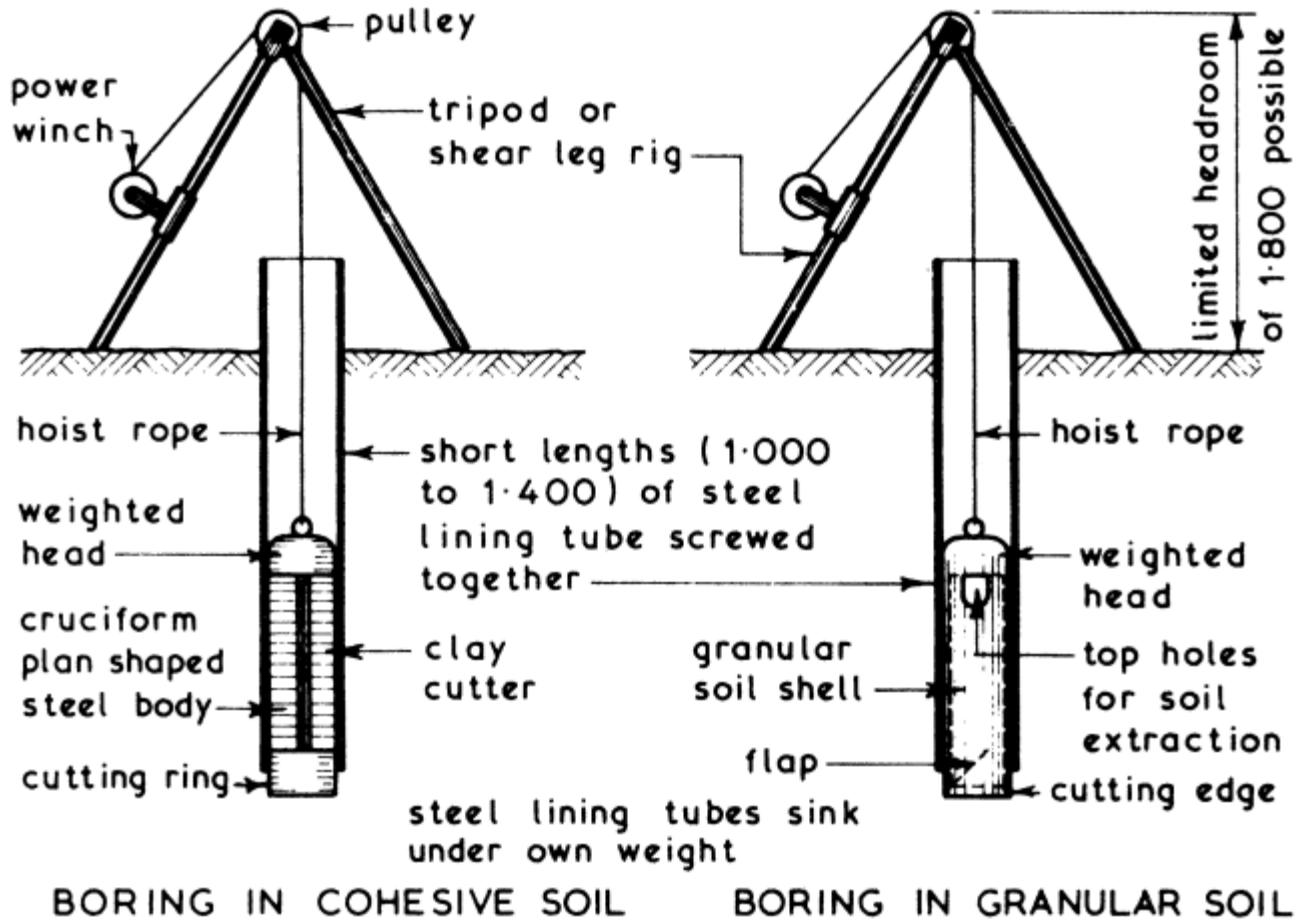


DISPLACEMENT PILES

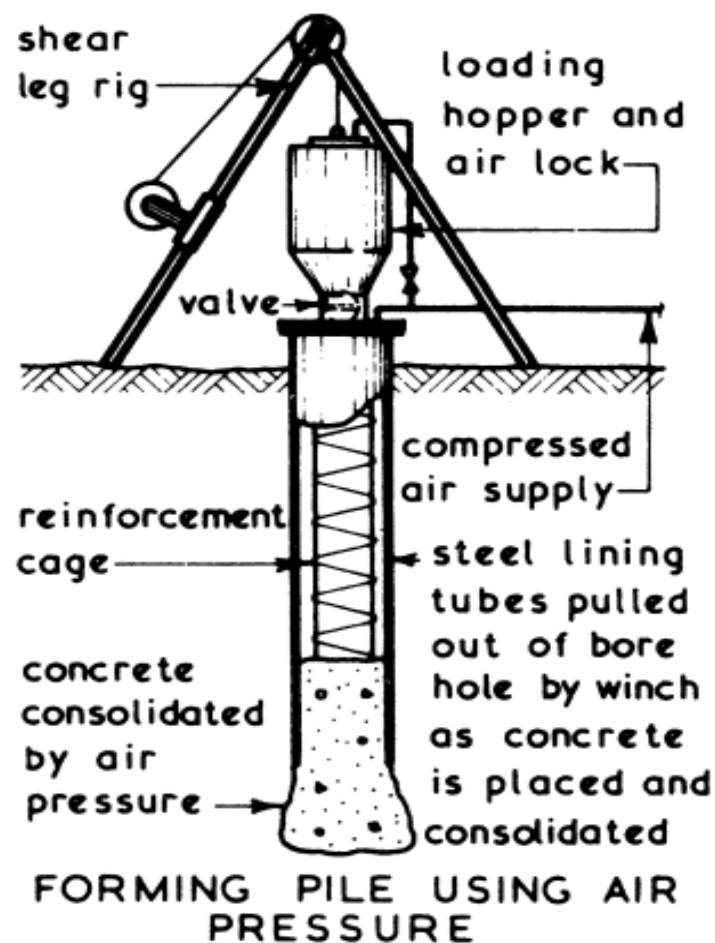
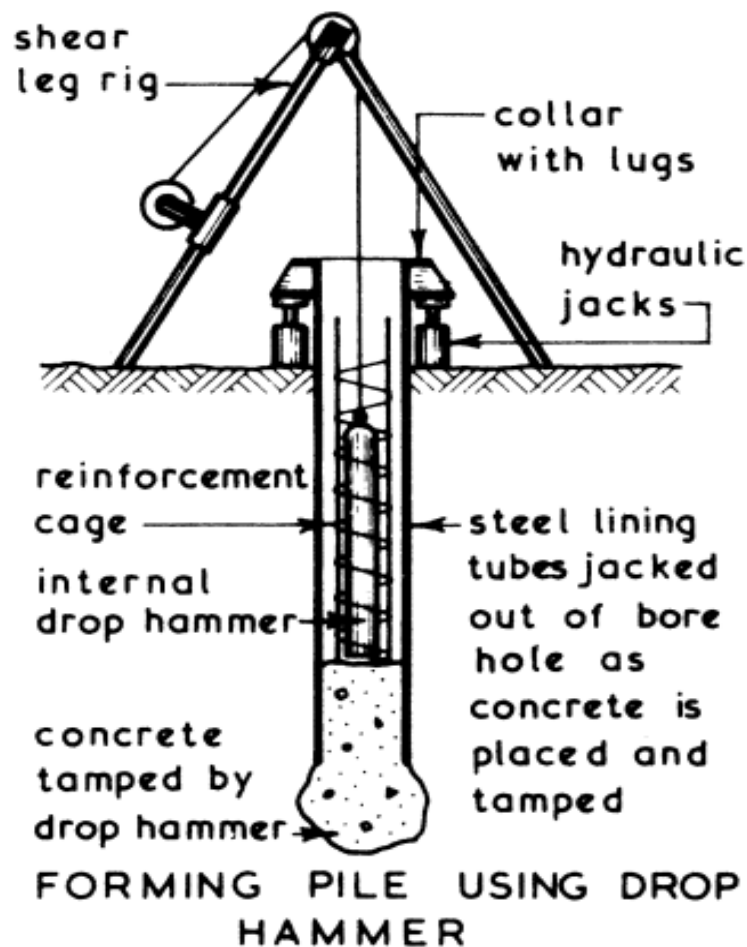
- يتم اللجوء إلى طريقة الدق عادةً في حالة كون مستوى المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض، لأن استخدام الخوازيق المنفّذة بالحفر والصب يتطلب استخدام المواد المقاومة لأثر المياه على الخازوق المصبوب، مثل البنتونايت (التي سيأتي ذكرها) وهي مواد مرتفعة الثمن، وبالتالي يتم اللجوء للدق لدوافع اقتصادية.
- يكون الدق أفضل في حالة الخوازيق التي تعتمد على الاحتكاك، لأنه يعمل على إحداث تضغط في التربة، مما يدعم قوة الاحتكاك المطلوبة.

Percussion Bored Piles

Typical Details ~



- **الحفر:** وهي الطريقة المعروفة في غزة، حيث يتم الحفر مكان الخازوق، ويوضع الحديد ثم يصب الخازوق في مكانه.
- **الأفضل:** طريقة الدق، والسبب هو أن طريقة الدق تسبب تضغط التربة المحيطة بالخازوق ، كما ذكر ، مما يؤدي إلى تحسين مقاومة الخازوق بالاحتكاك.
- **عدد الخوازيق تحت أي عامود يجب ألا يقل عن اثنين**





تشديد مباني ٥

البنتونيت

- أثناء عملية الحفر قد تكون المياه الجوفية قريبة من سطح التربة، مما يؤدي إلى انهيارات في التربة، وإعاقة لعملية الحفر.
- وعلاج هذه المشكلة يتم باستخدام مادة طينية ناعمة شرهة لامتصاص المياه تسمى (البنتونايت)، حيث تذاب هذه المادة في الماء وتوضع في الخازوق، ثم تنتقل إلى جوانبه لتكون طبقة رقيقة حوله تمنع انتقال الماء إلى داخل الخازوق.

توزيع حمل العامود على الخوازيق

- هناك حالتان لتوزيع حمل العامود على الخوازيق:
- ١. في حالة كون مركز العامود منطبقاً على مركز الخوازيق، وفي هذه الحالة تكون القوة هي القوة على كل خازوق $P/N =$ حيث P هي القوة على العامود و N هي عدد الخوازيق.

- ٢. في حالات أخرى قد لا ينطبق المركزان المذكوران، مثال ذلك وجود قوى أفقية تؤثر على المنشأ مثل الرياح أو الزلازل أو التربة، مما يؤدي إلى إزاحة محصلة القوى الرأسية بعيداً عن مركز الخوازيق، أو كون العמוד نفسه غير منطبق على مركز الخوازيق لسبب أو لآخر.

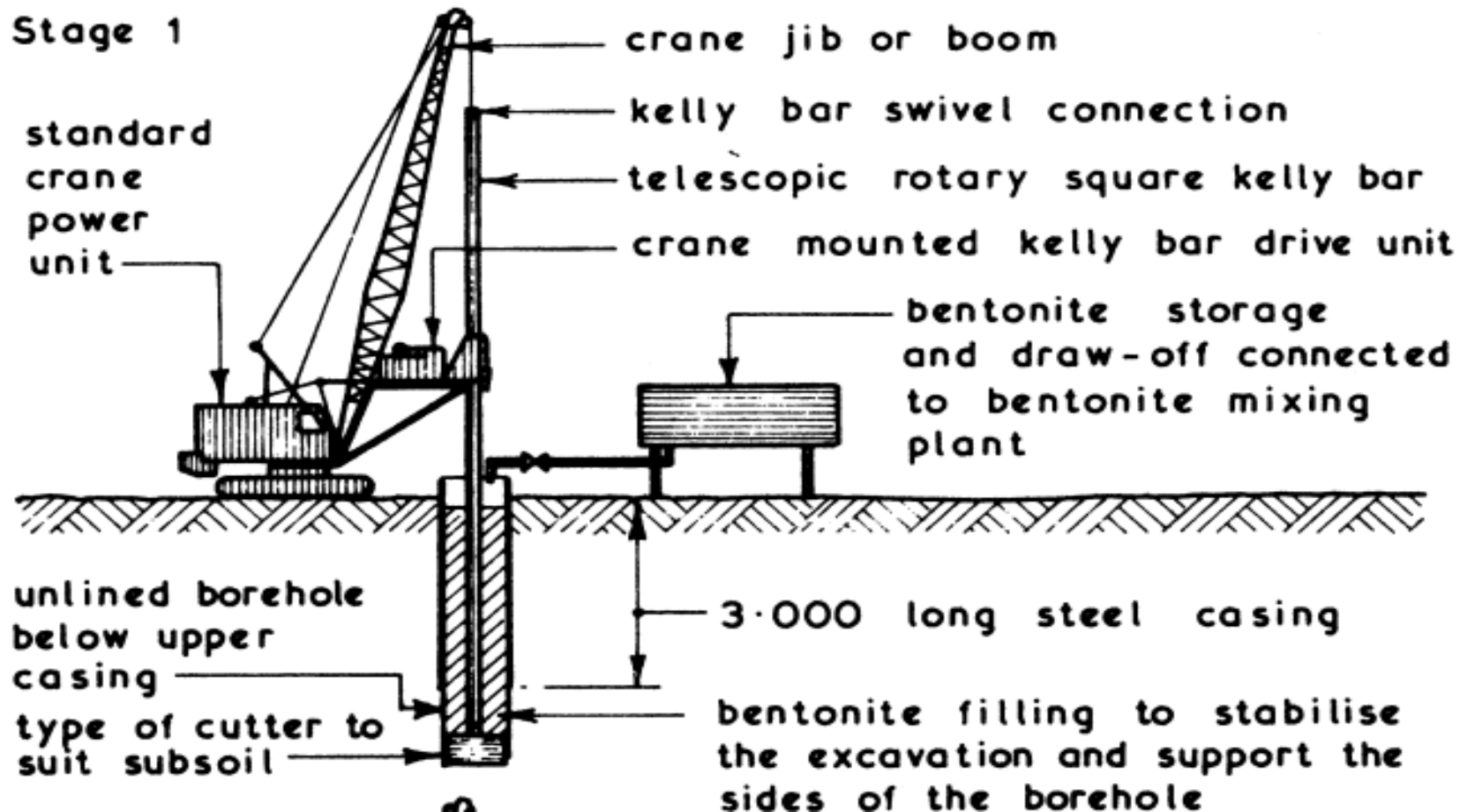
- في هذه الحالة، تكون القوة المؤثرة على الخازوق عبارة عن القوى الرأسية إضافة إلى العزوم الناشئة عن القوى الأفقية مما يؤدي إلى اختلاف أحمال الخوازيق تبعاً لموقعها أسفل العמוד.

- تسمى القاعدة الناقلة للحمل من العامود للخوازيق الغطاء او (Cap)
- يكون سمك هذه القاعدة كبيراً، وذلك لتوزيع الأحمال على الخوازيق بشكل منتظم.
- يشترط في الغطاء أو (Cap) :
 ١. أن تكون سميكة بما يكفي لأن تصل إلى حالة من (Rigidity) تسمح لها بتوزيع الأحمال على الخوازيق.
 ٢. إهمال ارتكازها على التربة، حيث يتم اعتبارها مرتكزة على الخوازيق فقط.

Flush Bored Piles

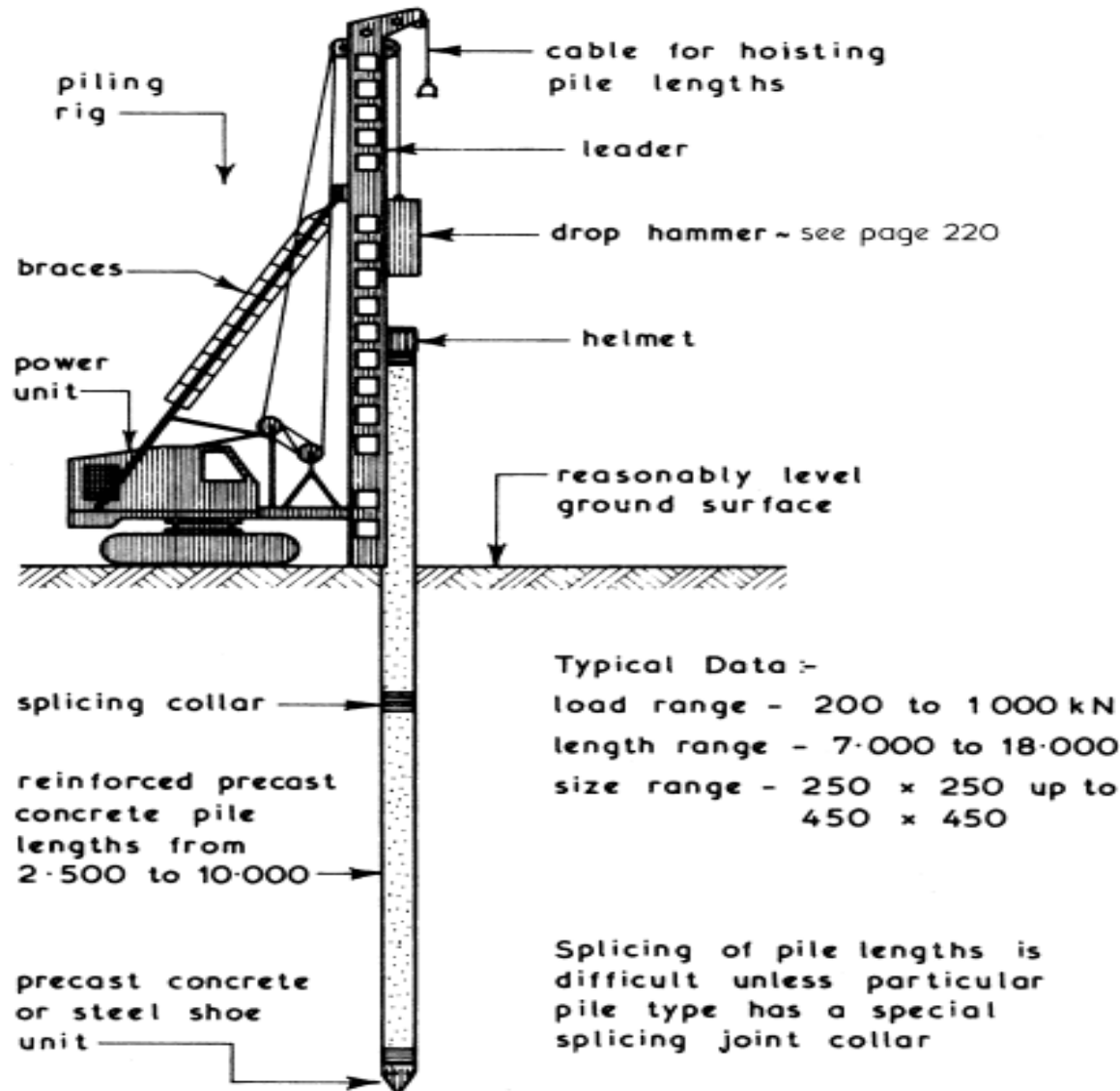
Typical Details ~

Stage 1

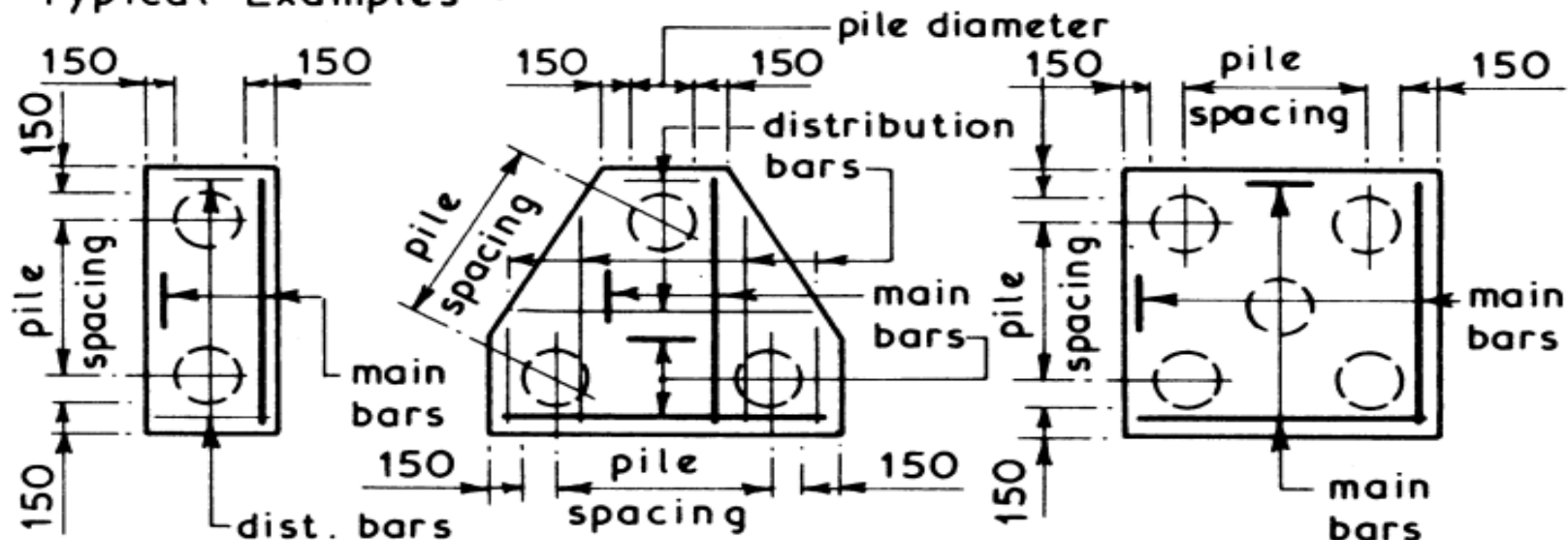


- يعتبر قرب المسافة بين الخوازيق عاملاً أساسياً في إضعاف تحملها، وذلك لأن أي خازوقين متجاورين يضمن فيما بينهما كمية من التربة تتأثر بكليهما، وليس بواحد فقط، مما يضعف قوة التحمل الكلية.
- ولتجنب هذه المشكلة اصطلح على أن تكون المسافة الدنيا بين مركزي أي خازوقين = ثلاثة أضعاف قطر الخازوق (3D) حتى يتم اعتبار كل خازوق مستقلاً بذاته ، (Single Pile) وهنا يتم حساب قوة تحمل الخازوق الواحد وضربها في عدد الخوازيق للحصول على قوة التحمل الكلية.

Typical Example [West's Hardrive Precast Modular Pile] ~



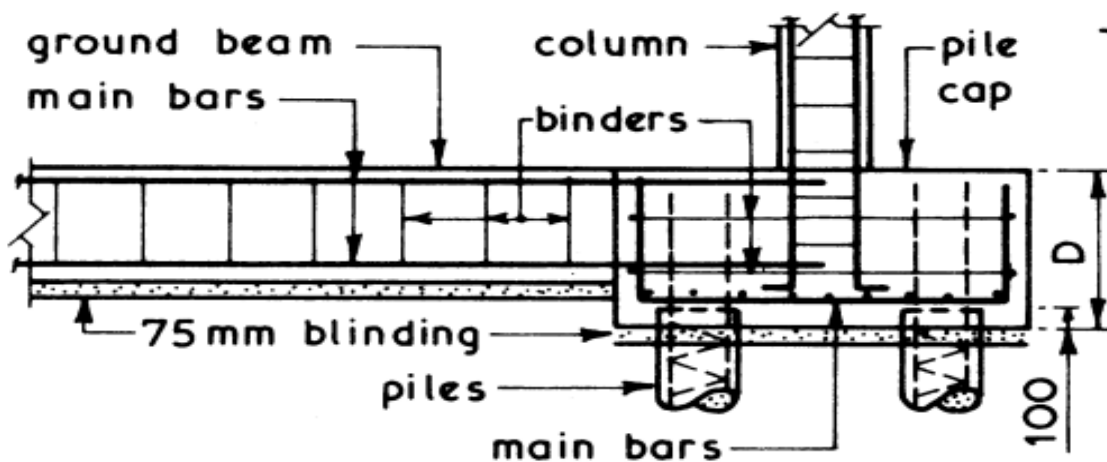
Typical Examples ~



TWO PILE CAP

THREE PILE CAP

FIVE PILE CAP



ELEVATION OF PILE CAP AND BEAM

Typical Pile Cap Depths

pile size	depth (D)
300	700
350	800
400	900
450	1000
500	1100
550	1200
600	1400

- أما في حالة كون المسافة بين الخوازيق أصغر من (3D)
فيتم اعتبار تصرفها ككتلة واحدة أي أنها تعمل في مجموعة
(Group Piles)

- وهنا يتم حساب الكفاءة للخوازيق معاً (Q-group) ثم حساب
(Q-single) ويجب ألا يزيد خارج قسمة الأولى على الثانية،
أو ما يعرف بـ (Effeciency (E) عن واحد.
- بمعنى أنه لو كانت قيمة Q-group أكبر من قيمة Q-single
يتم اعتبار القيمتين متساويتين.

أعمال قبل الصب للخرسانة العادية

- ١. ضرورة معالجة خشب شدات القواعد بالمياه قبل الصب
- معالجة الخرسانة بالمياه بعد يوم الصب ولمدة ٧ أيام إما بالرش قبل شروق الشمس وبعد الغروب أو المعالجة بواسطة الخيش المبلل.
- ٢. منع حدوث انفصال حبيبي أثناء الصب (التعشيش) و منع الصب من أماكن عالية.

- ٣. أن يكون الحفر بمساحة كافية تسمح بعمل الشبلونة و شدات القواعد العادية والمسلحة وإذا كان ناتج الحفر قريب من القواعد يتم التقوية الجيدة حتى لا تتأثر الشدات من خلال ضغط جوانب الحفر.
- ٤. يراعى قبل صب اللبشة عمل كراسي من خوابير حديد للحفاظ على سمك القواعد اثناء الصب.
- ٥. يتم تسوية سطح الخرسانة باستخدام لوح خشب (قده خشبية) مع ملاحظة تفضيل استخدام لوح طويل.

نجارة الشدات الخشبية للقواعد المسلحة

- قبل عمل نجارة الشدات للقواعد المسلحة يعاد توقيع محاور الأعمدة باستخدام خيوط وإسقاط وزنات رأسية بالشاقول لتحديد مراكز القواعد المسلحة التي سيوضع على أساسها الجوانب الخشبية للقواعد المسلحة والأحزمة المسلحة الرابطة.
- يتم عمل الجوانب الخشبية للقواعد و الأحزمة المسلحة ووضعها في مواضعها الصحيحة عن طريق القياس الدقيق لأبعاد الأجناب من نقط مراكز القواعد الخاصة بها .
- يتم تقوية الشدات باستخدام العوارض والقوائم والشكالات (الدكم المائلة التي تشحط لتثبيت الأجناب) فوق السطح العلوي للقواعد العادية أو التربة.

عمل حديد التسليح للقواعد والاحزمة المسلحة

- يتم وضع حديد التسليح للقواعد و الأحزمة المسلحة وتثبيت أرجل حديد تسليح رقاب الأعمدة بالطول المطلوب وحسب الرسومات ويراعى العناية الفائقة بربط حديد التسليح باستخدام سلك الرباط حتى لا تتحرك أسياخ حديد التسليح أثناء الصب.
- يجب مراعاة أن يتم رفع حديد التسليح للقواعد فوق سطح خرسانة القواعد العادية العلوي بارتفاع ٥ سم على الأقل وذلك عن طريق وضع وضع البسكويت البلاستيكي أو المصبوب من مونه أسمنتية أسفل الحديد ليرتكز عليه ويعطي خلوص مناسب لمرور الخرسانة أسفل الحديد وتأمين غطاء خرساني أسفل أسياخ الحديد لحمايتها .

- يجب الاهتمام برش الشدات الخشبية وتشبيعها بالماء قبل الصب (ليلة الصب) حتى ينتفش خشب ألواح الجوانب الشدات ويغلق مسام وفتحات الشدة بين الألواح و تمنع حدوث التعشيش نتيجة تسرب المونه من بين فراغات الخشب.
- كما يجب رش الشدات وحديد التسليح و سطح القواعد العادية العلوي بالماء قبل الصب مباشرة حتى لا يمتص سطح خشب جوانب الشدات و سطح الخرسانة القديمة مياه الخلط الموجودة بالخرسانة كما أن الرش بالمياه قبل الصب يفيد بتبريد سطح حديد التسليح قبل صب الخرسانة بالشدة مما يؤدي إلى التقليل من احتمال حدوث الشروخ لطبقة خرسانة الغطاء أعلى حديد التسليح.

طريقة صب الحوائط الخرسانية

- يتم صب الخرسانة في الأماكن المخصصة لها داخل الشدات أو أماكن القواعد والأحزمة المسلحة ويراعى أثناء الصب عدم قذف الخرسانة من ارتفاع عالي بل يجب قدر الإمكان صب الخرسانة من ارتفاع منخفض حتى لا يحدث انفصال حبيبي للحصمة الثقيلة عن باقي مكونات الخرسانة اللدنة.
- و ينصح باستعمال المزrab لتجنب حدوث الانفصال الحبيبي للحصمة عن الخرسانة.

طريقة الصب للخرسانة وحدودها

- يتم الصب إلى كامل ارتفاع جوانب الشدة الخشبية لقواعد الخرسانة المسلحة والأحزمة الرابطة ويتم تسوية كامل سطح الخرسانة باستخدام المالج فيما عدا الجزء الداخلي الأوسط من سطح القاعدة الخرسانية العلوي الذي يجب عدم مسه ويترك خشنا حتى يعطي قوة تماسك أكبر لخرسانة رقبة العمود التي سيتم صبها على سطح الخرسانة العلوي للقاعدة المسلحة.

فحص قوة الخرسانة

- يتم اخذ عينات فحص للخرسانة باستخدام المكعبات الحديدية كما يلي:
- لكل مكعب $15 \times 15 \times 15$ سم يتم ملئه على ثلاث مرات في كل مرة يتم ملئ ثلث المكعب.
- يملأ كل ثلث يتم دكه ٢٥ مرة أي يوضع الثلث الأول ويتم دكه ٢٥ ثم الثلث الثاني يدك أيضا ٢٥ دكه والثالث أيضا ٢٥ دكه يدك.
- ثم يتم تسوية وجه المكعب وكتابة التاريخ ورقم المكعب.
- ونضع المكعب في مكان رطب لمدة يوم .
- ثم يتم إخراج مكعب الخرسانة من المكعب الحديدي ونقله ليغمر في حوض به ماء حتى ميعاد كسر المكعب للفحص بعد ٣ أو ٧ أو ٢٨ يوم.
- يلاحظ عند الكسر يتم استخدام ٣ مكعبات لكل عمر كسر ٣ و ٧ و ٢٨ يوم ونأخذ المتوسط ويحسب متوسط قيمة الكسر لكل عمر.
- عند كسر المكعب عند ٣ أيام نقسم على معامل ٥٠% للحصول على الإجهاد النهائي المفترض بعد ٢٨ يوم.
- عند الكسر عند ٧ أيام نقسم على معامل ٧٥% للحصول على إجهاد الكسر النهائي المفترض بعد ٢٨ يوم