

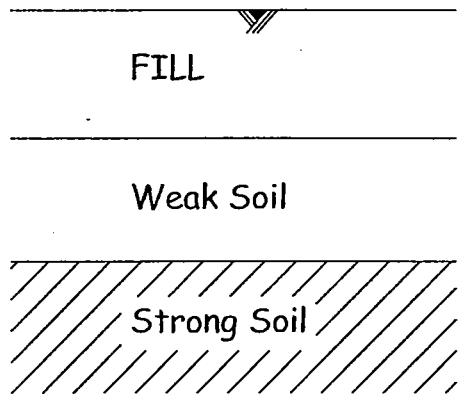
Foundations

6

Introduction to
Deep Foundation

* Deep Foundations *

- هي عبارة عن عناصر معينة تقوم بنقل الاحمال الواقعة على الاساس الى طبقة قوية موجودة في التربة.



- حيث يكون عمق التأسيس

$$* D_f > 3 B \quad \text{Deep Foundation} \\ \nless 4m$$

* When to use deep foundations:-

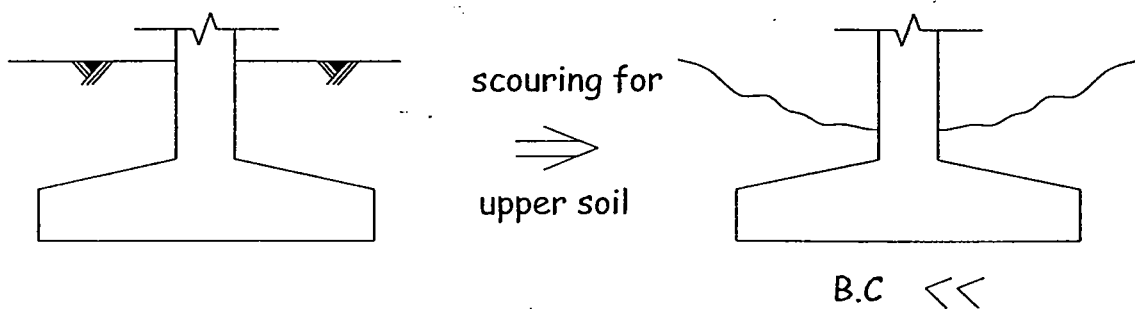
- ① Upper soils are weak and/or structural loads are high so that spread footings (Shallow foundations) are unsuitable.

ex:- $A = \frac{P_{col.}}{q_{all.}} = >>>$

- سواء حمل العمود كبير ام ال B.C ضعيفة

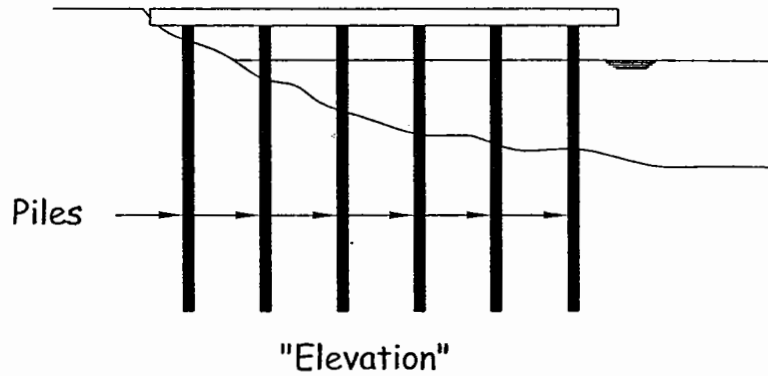
∴ use deep foundations

- ② Upper soils are subjected to scouring, bridges.



- ③ Foundation must penetrate through water.

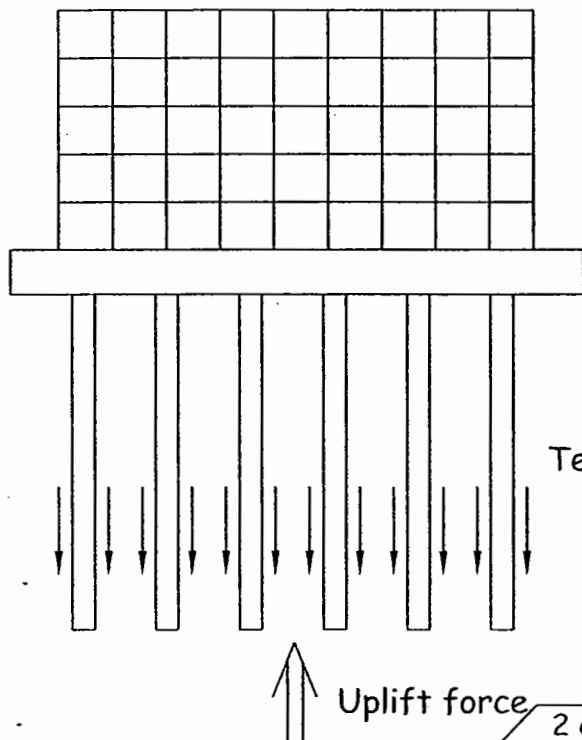
- كما فى حالة المراسى ومنصات البترول البحرية .



- ④ A large lateral capacity is needed.
- ⑤ There will be a future excavation adjacent to the foundation, and this excavation may undermine shallow foundations.
- ⑥ A large uplift capacity is needed.

- اذا كان المبنى سيتم تأسيسه على Raft وكانت مساحة المبنى (او مساحة ال Raft) كبيرة ومنسوب المياه الجوفية مرتفع .

ستتولد قوى Uplift نتيجة المياه الجوفية

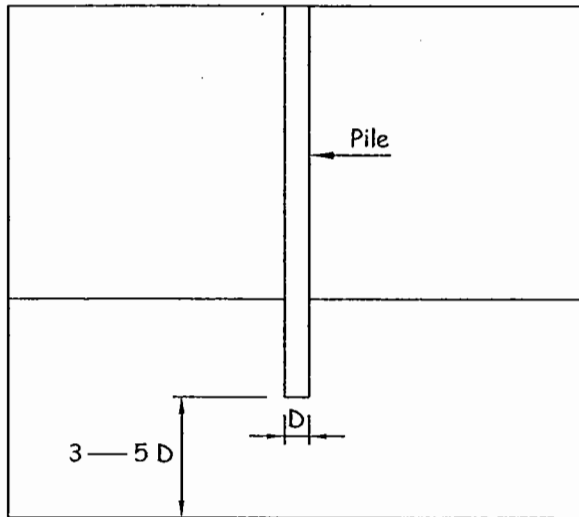


- تقاوم الخوازيق قوى ال Uplift
وتتولد قوى شد على الخوازيق

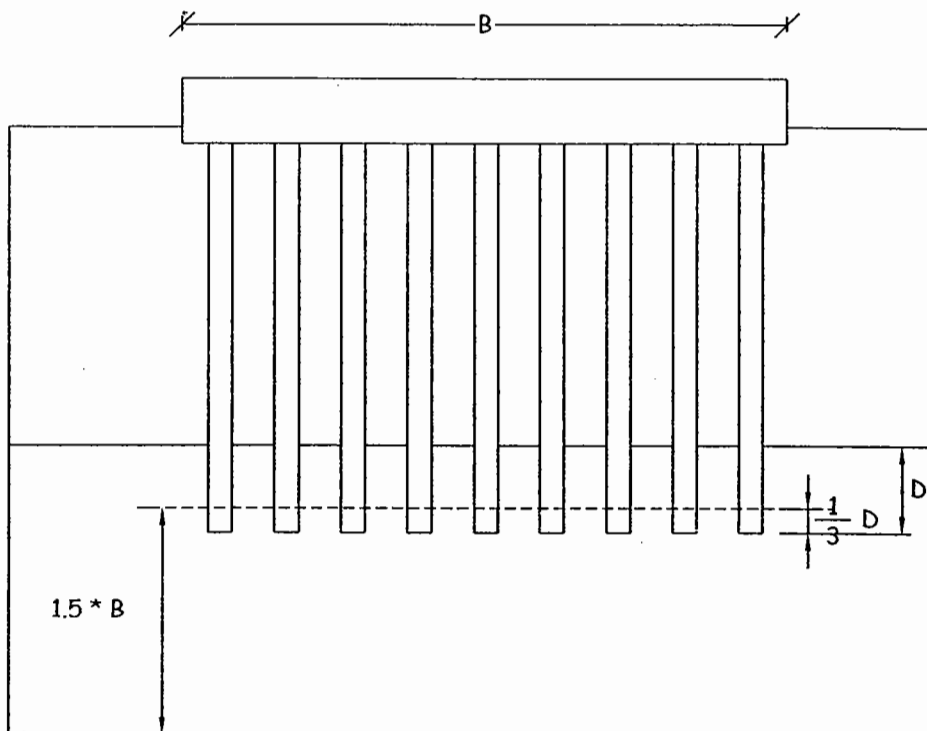
* ملاحظة هامة:-

- يتم تحديد اعماق الجسات للتربة التي سيتم تنفيذ خوازيق فيها كالآتي :-

① For End - bearing Piles:- (two layers system)

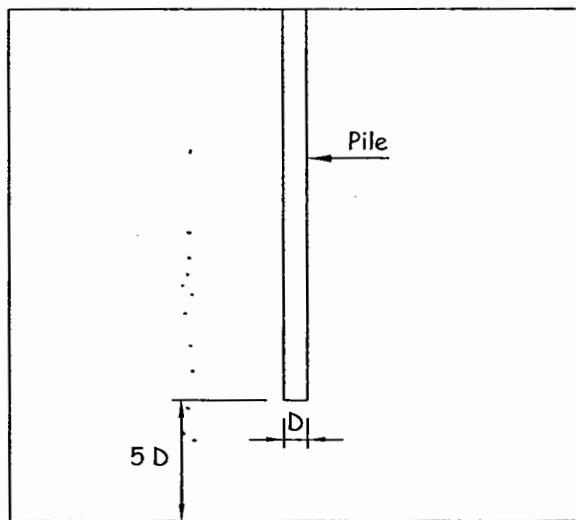


"Single Pile"

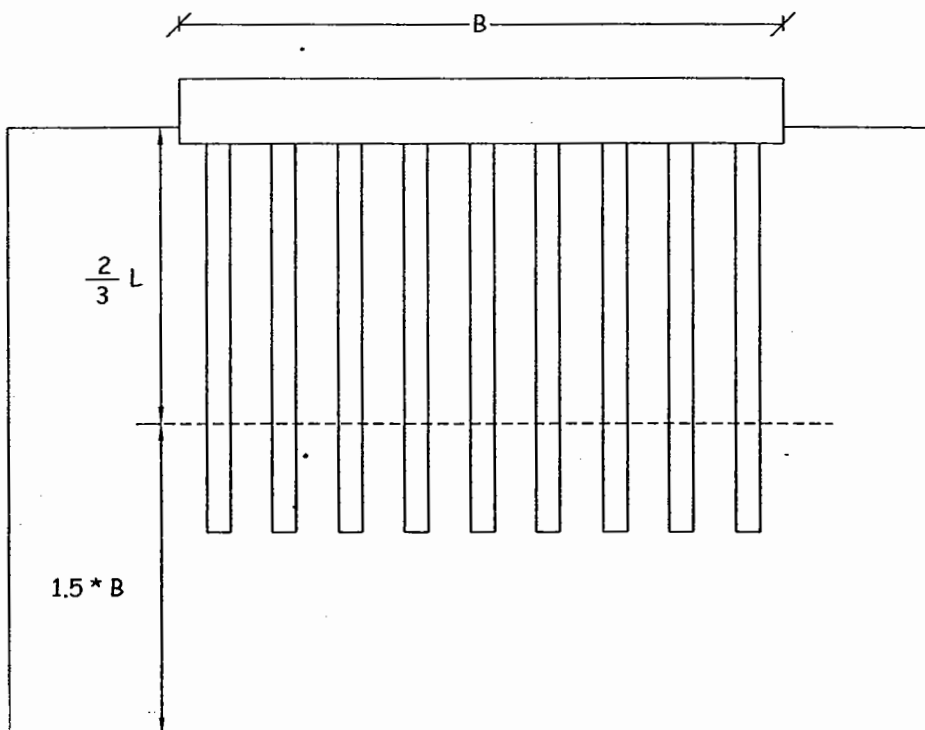


"Pile Group"

② For Friction Piles:-



"Single Pile"



"Pile Group"

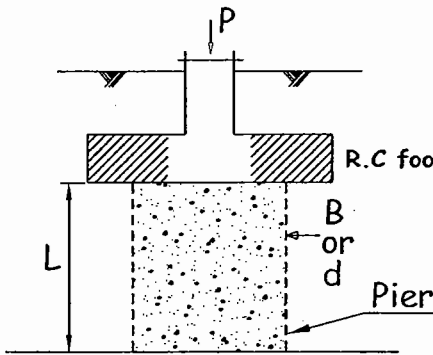
* General types of Deep Foundations:-

×× تتضمن الاساسات العميقة الانواع التالية :-

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1) Piers | الابار الاسكندرانى |
| 2) Casions | القيسونات |
| 3) Deep supports | الدعائم العميقة |
| 4) Piles | الخوازيق |

① Drilled Piers:- الابر الاسكندرانى

* الابر المحفورة هى عبارة عن عنصر انشائى يتم تنفيذه اسفل قاع القواعد الخرسانية المسلحة بهدف نقل الاحمال حتى طبقة التربة القوية.



* و تنفذ بالحفر اليدوى او الميكانيكى و قد تحاط بماسورة اثناء الحفر لمنع نفاذ المياه الجوفية او تهويل التربة.

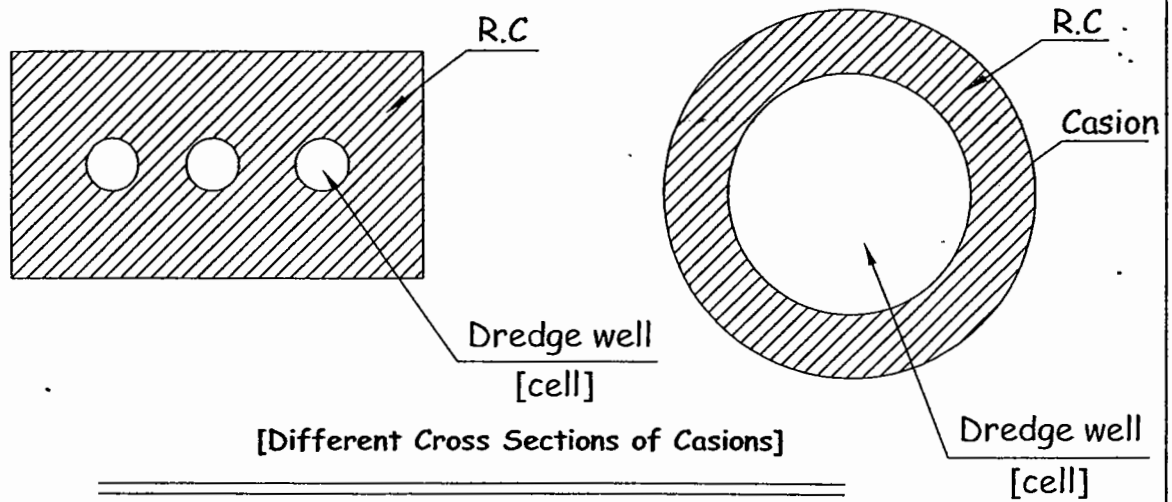
* وعادة ما تكون هذه الابر بأبعاد كبيرة و تأخذ شكل مربع

$$\text{او دائرة بحيث} \quad * L/B \geq 10 \quad \text{or} \quad * L/d \geq 10$$

* و فى مصر يتم تنفيذ هذه الابر بالحفر اليدوى و يشترط ان تكون التربة متماسكة و جافة و بعد الحفر يتم صب خرسانة عادية او طبقات من الرمل والزلط مع الدمك بحيث لا يقل قطر البئر عن 1.50 m و يطلق عليها الابر الاسكندرانى.

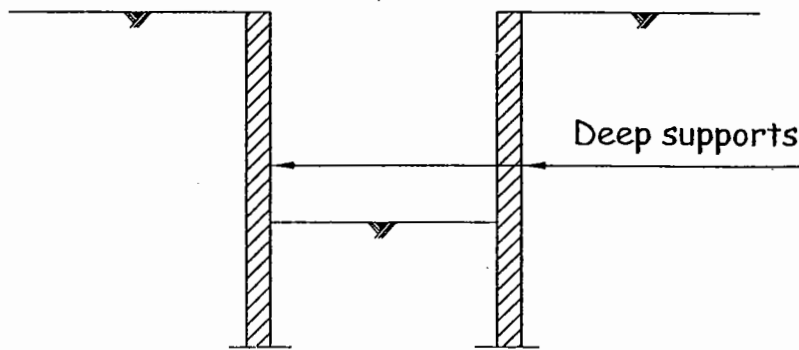
② Casions:- القيسونات

- * هي اساسات تأخذ شكل اسطوانى او صندوقى به خلايا مفرغة او خلية واحدة مفرغة ويكون القطاع الباقي من الخرسانة المسلحة او الخرسانة العادية .
- * و يتم تشكيل هذه القطاعات خارج مكان التنفيذ ثم يتم انزالها فى التربة بالتفويص او يتم او يتم اعداد الحفر اللازم لها .
- * و تستخدم فى حالة وجود منسوب مياه جوفية عالى و للتغلب على ضغط المياه خلال حفر و صب القيسون يتم ضخ هوا بضغط معادل لضغط المياه الخارجى و ذلك فى الخلايا المفرغة .



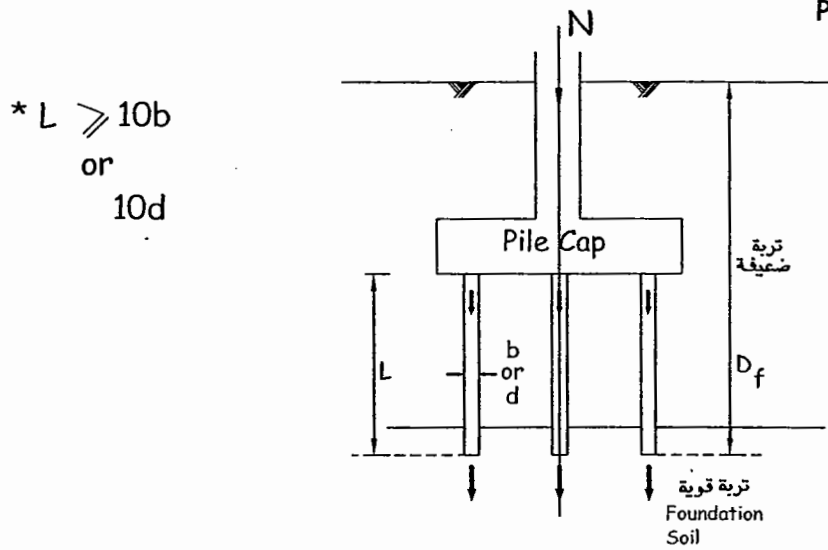
③ Deep Supports:- الدعام العميقة

- * هي اساسات عميقة تنفذ بالحفر اليدوى او الميكانيكى و تكون بغلاف او بدون و تصب بالخرسانة المسلحة او العادية او كتل حجرية قوية .
- * و فى اغلب استخدامهما تكون لسند جوانب الحفر العميق Supported deep excavation



④ Piles:- الخوازيق

* هي عناصر انشائية (من الخرسانة المسلحة-الحديد-الخشب) تستخدم لنقل الاحمال من القاعدة (هامة الخوازيق) الى طبقة التربة القوية



حيث تكون قطاعات الخوازيق الخرسانية اما دائرية او مربعة

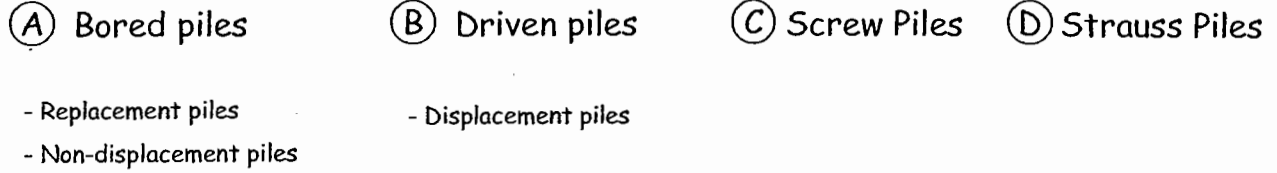
والخوازيق هي النوع الرئيسى من انواع الاساسات العميقة التى سوف نهتم بدراستها

* Type of Piles:-

يتم تصنيف ال Piled Foundations كالاتى

- 1 Method of installation.
- 2 Degree of displacement.
- 3 Pile material.
- 4 Manufacture.
- 5 Support during pile installation.
- 6 Enlarged base.
- 7 Post grouting.

1 Method of installation:-

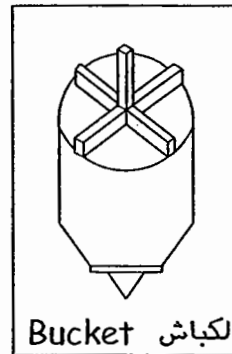
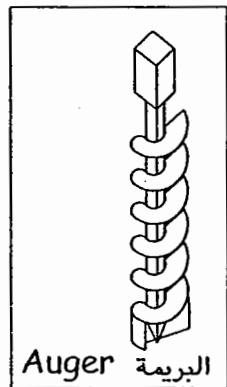


(A) Bored Piles:- خوازيق الحفر

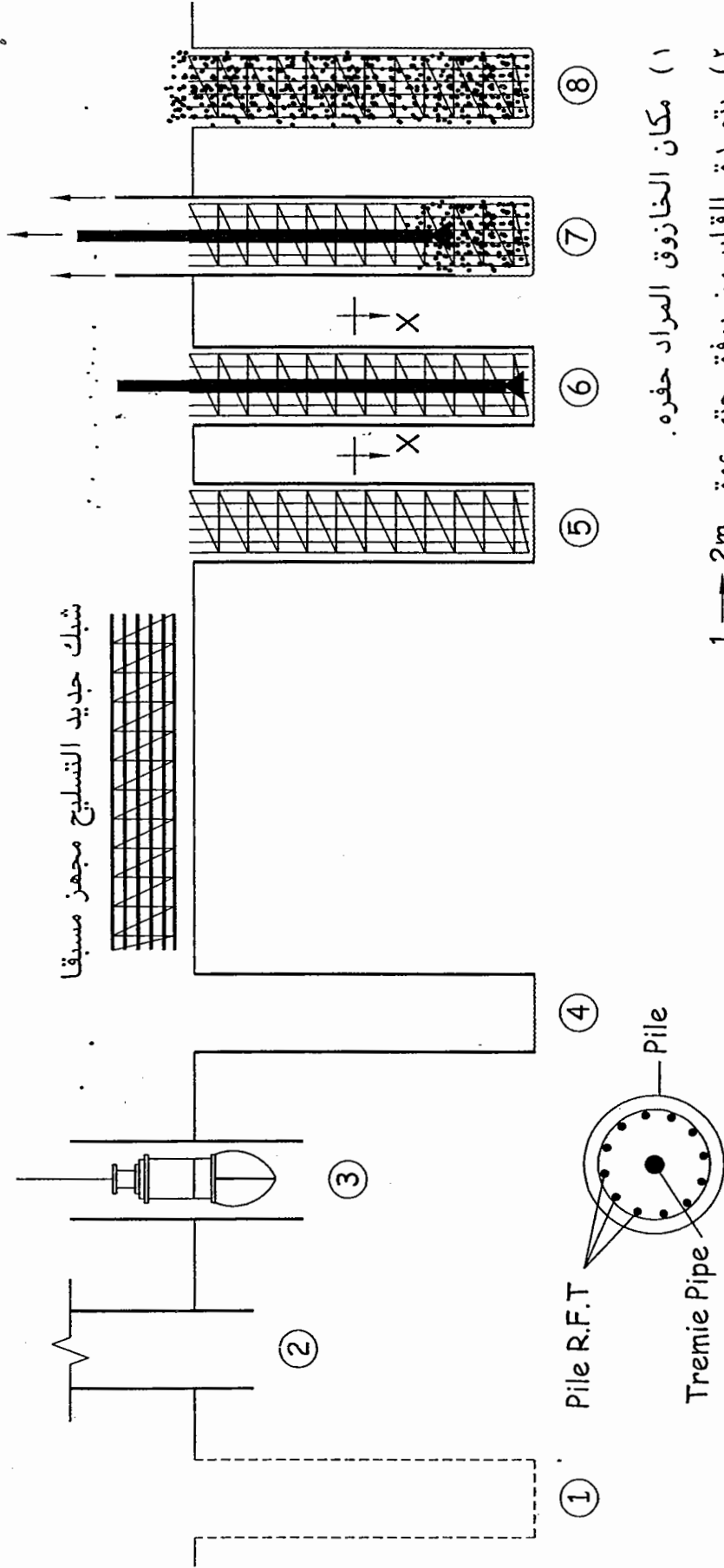
- فى هذا النوع من الخوازيق يتم تفريغ المكان الذى سيوضع به الخازوق عن طريق الحفر بأحد الطرق التالية :-

I - Auger with temporary casing. (Cast in place bored pile)

- يتم استخدام ال Bucket او Auger فى حفر التربة المراد تنفيذ الخازوق عندها.
- ال casing هو عبارة عن ماسورة من الحديد مفرغة ذات نهاية مفتوحة, تستخدم لسند جوانب التربة أثناء الحفر.
- يستخدم هذا النوع فى حالة الخوازيق ذات الأطوال الصغيرة (مثلا اقل من ١٢ م) حتى لا تستخدم قايسونات طويلة لتوفير تكلفتها العالية.
- يكون حجم التربة المحفور مساويا تقريبا لحجم الخازوق المراد تنفيذه.
- دائما يكون قطاع الخازوق المنفذ بالحفر دائريا.



- نلاحظ انه يتم حفر الخازوق على مراحل, اى ان -مثلا- الكباش ينزل ويحفر جزء ويصعد لتفريغه, ويتراوح الطول المحفور فى المرة الواحدة من 1 → 3m .

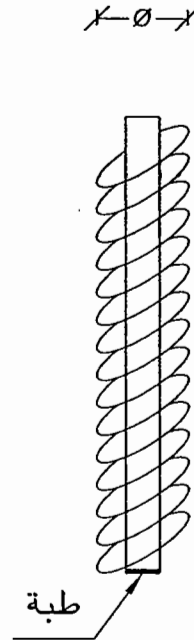


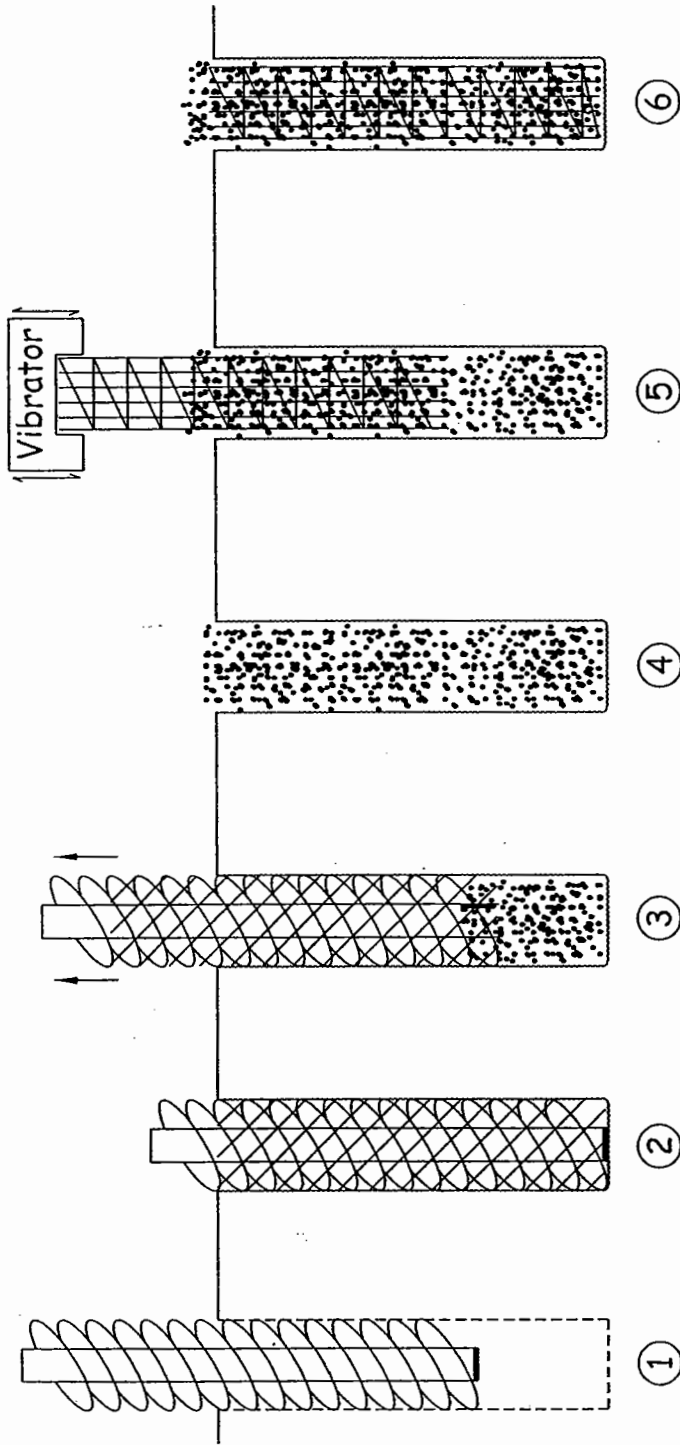
- (١) مكان الخازوق المراد حفره.
- (٢) يتم دق القاييسون برفق حتى عمق 1 — 2m .
- (٣) يتم انزال الكباش داخل القاييسون لحفر التربة.
- (٤) بعد الانتهاء من الحفر والوصول الى العمق المطلوب يتم اخراج الكباش وتبقى التربة مسنودة بالقاييسون .
- (٥) يتم تنزيل شبكة حديد التسليح الخاصة بالخازوق.
- (٦) يتم تنزيل ال Tremie pipe في منتصف الحفرة.
- (٧) يتم ضخ الخرسانة من اسفل الى اعلى مع سحب الماسورة والقاييسون لاعلى بنفس معدل الضخ، حيث تقوم الخرسانة بسند جوانب الحفر. يجب ضخ الخرسانة بمعدل مناسب يضمن عدم حدوث انفصال حبيبي لها Segregation .
- (٨) الانتهاء من الصب واخراج القاييسون كاملا.

II- Continuous Flight Auger (CFA piles).

- فى هذا النوع من الحفر لا يتم تفريغ مكان الخازوق المراد تنفيذه على مراحل ولكن يكون على مرة واحدة. حيث تستخدم ماكينة خاصة تكون مزودة بماسورة كبيرة ذات طبقة ويلف عليها بريمة قوية على كامل طول الماسورة والذي يكون هو نفسه طول الخازوق.
- تعمل البريمة على حفر جزء من التربة بينما تعمل الماسورة ذات الطبقة على ازالة جزء اخر من التربة.

L_{auger}	=	L_{pile}
ϕ_{auger}	=	ϕ_{pile}





- (١) يتم انزال الماكينة فى مكان الخازوق بحيث تتحرك الماسورة حركة دورانية وحركة رأسية لأسفل .
- (٢) تستمر الماسورة فى الحفر حتى الوصول الى العمق المطلوب .
- (٣) يتم فتح الطبقة ورفع الباسورة رأبياً الى اعلى . مع رفع الماسورة يتم ضخ الخرسانة من خلال ال Tremie pipe بمعدل يمنع حدوث Segregation للخرسانة . نلاحظ ازاحة التربة المحفورة مع رفع البريمة .
- (٤) بعد الصب أصبحت الخرسانة سائدة لجانب الحفر .
- (٥) يتم تنزيل شبكة حديد التسليح الخاصة بالخازوق تحت تأثير وزنه او عن طريق هزاز . يراعى سرعة اجراء هذه الخطوة قبل حدوث شك ابتدائى للخرسانة .
- (٦) الانتهاء من وضع حديد التسليح .

*** Advantages:-**

- Length can be readily varied to suit varying ground conditions.
- Soil removed in boring can be inspected and if necessary sampled or in-situ tests made.
- Can be installed in very large diameters.
- End enlargements up to two or three diameters are possible in clays.
- Material of pile is not dependent on handling or driving conditions.
- Can be installed in very long lengths.
- Can be installed without appreciable noise or vibration.
- Can be installed in conditions of very low headroom.
- No risk of ground heave.

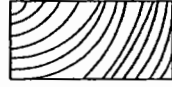
*** Disadvantages:-**

- "Necking" in "squeezing" ground may be taken place.
- Concrete is not placed under ideal conditions and can not be subsequently inspected.
- Water under artesian pressure may pipe up to pile shaft washing out cement.
- Can not be readily extended above ground level especially in river and marine structures.
- Boring methods may loosen sandy or gravelly soils. Sinking piles may cause loss of ground in cohesionless soils, leading to settlement of adjacent structures.

② Driven Piles:-

خوازيق الدق
خوازيق الازاحة

I - Timber Piles.

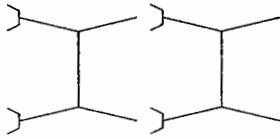


- هى قطاعات من الخشب

- تستخدم فى مراسى المراكب النهرية

- تحتاج معالجة خاصة جدا بسبب احتمال تاكل الخشب لوجود المياه الجوفية

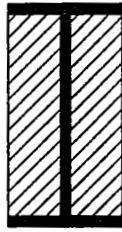
II- Steel Piles.



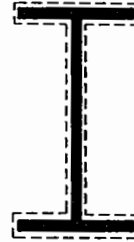
- هى قطاعات من الحديد

- عالية التكلفة نسبيا وتحتاج

لمعالجة ضد الصدأ بسبب المياه الجوفية



Effective bearing area



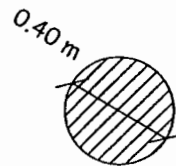
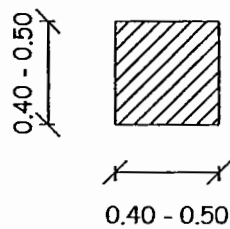
Effective side area

III- Pre-cast concrete Piles.

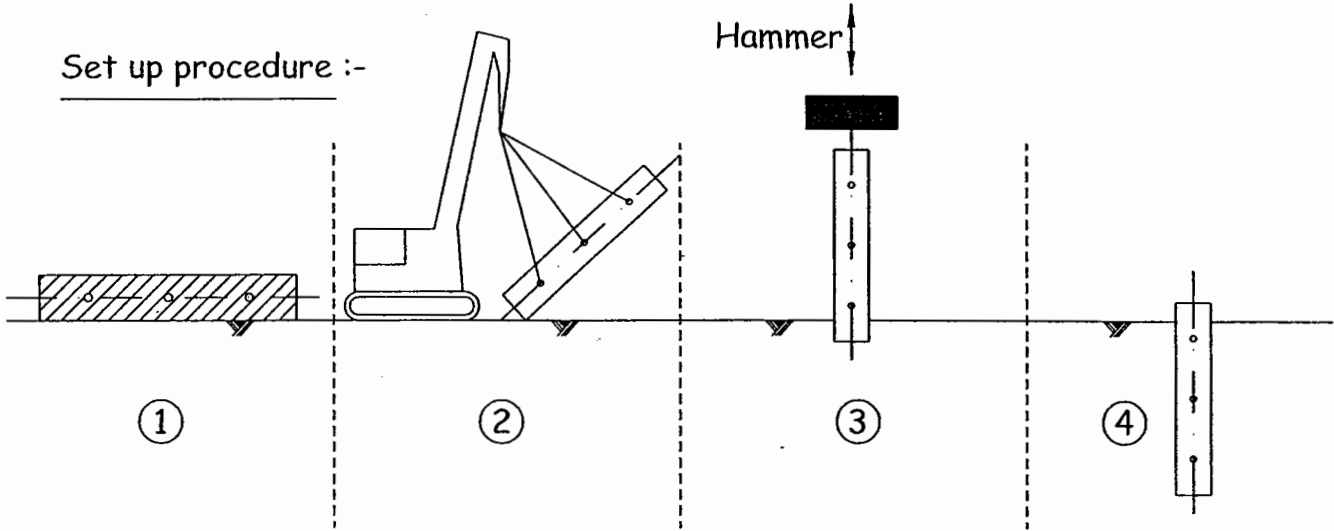
- وهى خوازيق من الخرسانة المسلحة يتم صبها مسبقا خارج مكان الخازوق المطلوب

فى خلاطة فى الموقع او فى مصنع خاص.

- تأخذ هذه الخوازيق قطاعات محددة وأبعاد محدودة وأطوال معينة. ($L \geq 12 \text{ m}$)



Set up procedure :-



(١) الخازوق مصبوب مسبقا .

(٢) عملية رفع الخازوق وضبطه رأسيا .

(٣) الخازوق أثناء الدق .

(٤) الخازوق بعد الدق .

- عند رفع الخازوق من الارض يتكون عليه Moment بسبب وزنه لذا يتم تسليحه بحديد طولى .

Main longitudinal reinforcement of precast piles is determined from bending moments during handling of the pile.

✱ مميزات الخوازيق سابقة الصب :-

- (١) يتم الصب فى اى مكان فى الموقع .
- (٢) يمكن زيادة ضبط جودة الخرسانة المستخدمة فى صب الخازوق لان الصب يتم فى مكان مفتوح وملاحظ .

(٣) التكلفة الكلية للخوازيق للمشروع الواحد تكون رخيصة .

✱ عيوب الخوازيق سابقة الصب :-

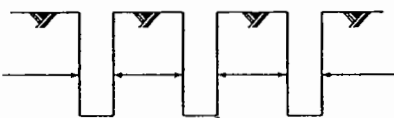
(١) الابعاد المتاحة لهذا النوع تكون محدودة .

(٢) تأثير الدق الشديد على المنشآت المجاورة .

لذلك لا يستخدم هذا النوع فى المواقع المجاورة لمنشآت سكنية او حيوية

×× يمكن تقليل تأثير الموجات الاهتزازية الناتجة عن الدق عن طريق عمل فتحات داخل

التربة (حفرة مفتوحة) والتي تعمل على تقليل مسار الموجات



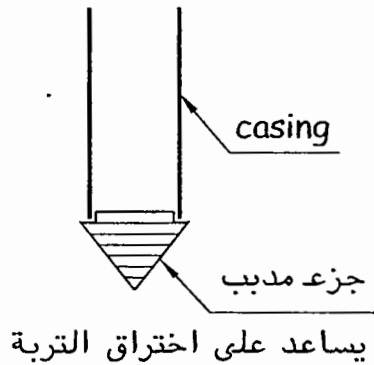
IV- Cast in place Piles.

- وهنا يجب التوضيح بين :-

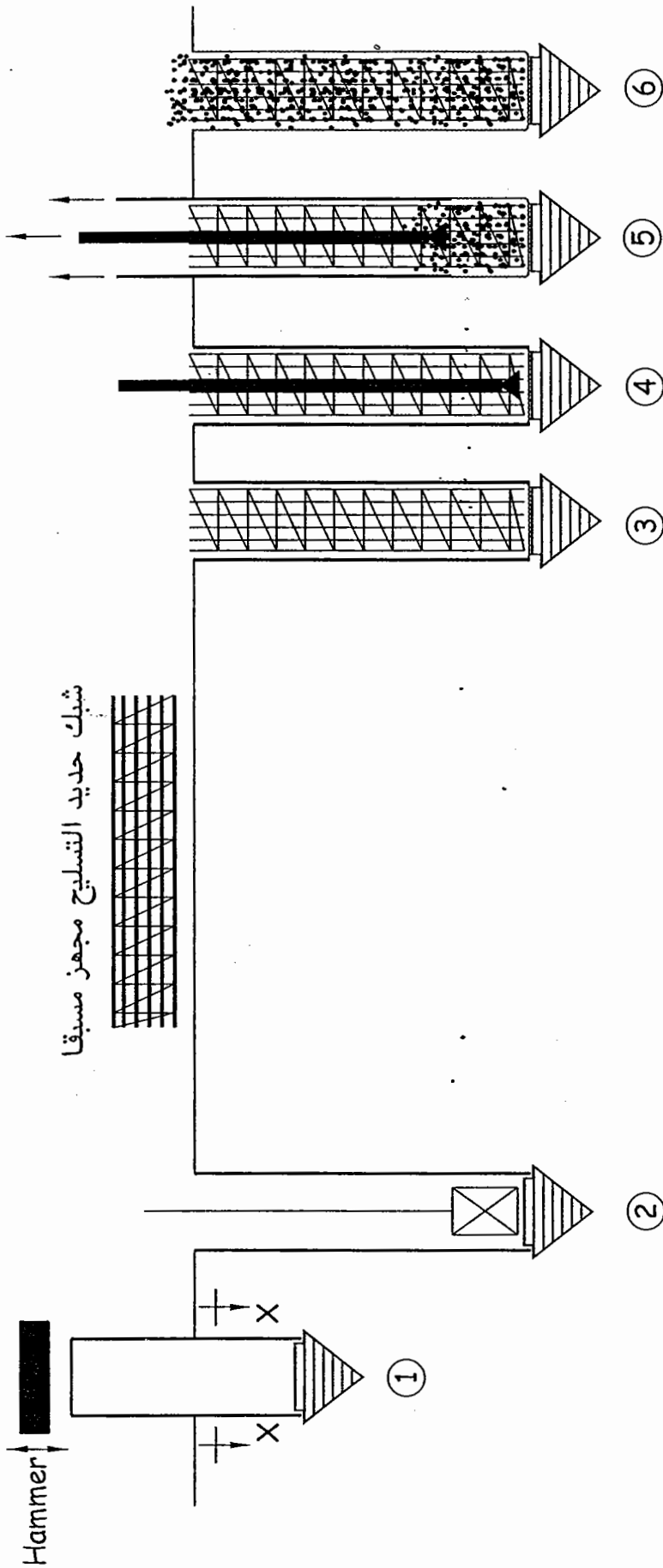
(Cast in place bored pile) & (Cast in place driven pile)

- هي خوازيق من الخرسانة المصبوبة في الموقع يتم تفريغ مكان الخازوق بالازاحة عن طريق الدق على قيسون casing .
- هذا القيسون ممكن ان يكون دائم او مؤقت .
- هي خوازيق من الخرسانة المصبوبة في الموقع يتم تفريغ مكان الخازوق بالحفر بأحد الطرق التي سبق ذكرها .

- القيسون المستخدم في هذه الطريقة عبارة عن ماسورة من الحديد مفرغة من الداخل ومغلقة من الاسفل .



- يتم الدق على الماسورة المغلقة بعد تثبيتها رأسياً .
- عند الوصول للعمق المطلوب يتم الدق على الجزء المدبب من داخل الماسورة حتى يفصل عن الماسورة ونعتبره جزء مفقود Lost part .
- يتم انزال شبكة حديد التسليح ثم تصب الخرسانة عن طريق ال Tremie Pipe .
- يتم سحب ال casing بنفس معدل صب الخرسانة حتى لا تنهار التربة .



شبكة حديد التسليح مجهر مسبقا

Hammer

- (١) بداية الدق على الماسورة ذات النهاية المغلقة والتي تعمل على ازالة التربة لاسفل.
- (٢) الوصول الى العمق المطلوب ثم الدق على الجزء المدبب حتى ينفصل عن الماسورة لتصبح نهايتها مفتوحة.
- (٣) انزال شبكة حديد التسليح.
- (٤) بداية صب الخرسانة.
- (٥) سحب الماسورة تدريجيا.
- (٦) اكتمال الخازوق.

Square pipe

Circular pipe

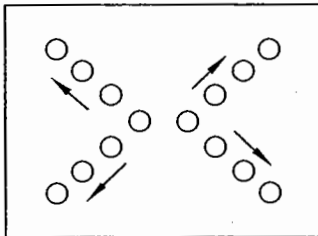
Sec X-X

✱ مميزات الخوازيق بالدق :-

- (١) سرعة معدل التنفيذ .
- (٢) نظرا لان الخازوق ينفذ بالازاحة فان حبيبات التربة تقترب من بعضها البعض ويعمل ذلك الى تحسين خواص التربة , منها زيادة الاحتكاك بين التربة وجسم الخازوق , مما يرفع من قدرة تحمل الخازوق للأحمال .

✱ عيوب الخوازيق بالدق :-

- (١) عالى التكلفة .
- (٢) تؤدي الاهتزازات الناتجة عن عملية الدق الى حدوث أضرار بالمنشآت المجاورة .
- (٣) نتيجة حدوث دمك للتربة أثناء التنفيذ يجب ان يتم ترتيب تنفيذ الخوازيق من وسط الموقع الى الأطراف .



- (٤) بنفس مبدأ زيادة كثافة التربة نتيجة الدق , لا يصلح هذا النوع من الخوازيق فى حالة التربة القوية نظرا لصعوبة الدق عليها او لأن الدق فى هذه الحالة سيؤدى الى ظهور شروخ فى هذه التربة فتقل مقاومة الاحتكاك للخازوق .

- (٥) لا يصلح هذا النوع من الخازوق فى حالة الأبعاد الكبيرة .

$$L \times 12 \text{ m} \rightarrow 20 \text{ m}$$

$$\varnothing \times 60 \text{ cm}$$

*** Advantages:-**

- Material of pile can be inspected before it goes into the ground.
- Stable in "squeezing" ground.
- Construction procedure unaffected by ground water.
- Can be readily carried above ground level, especially in marine structures.

*** Disadvantages:-**

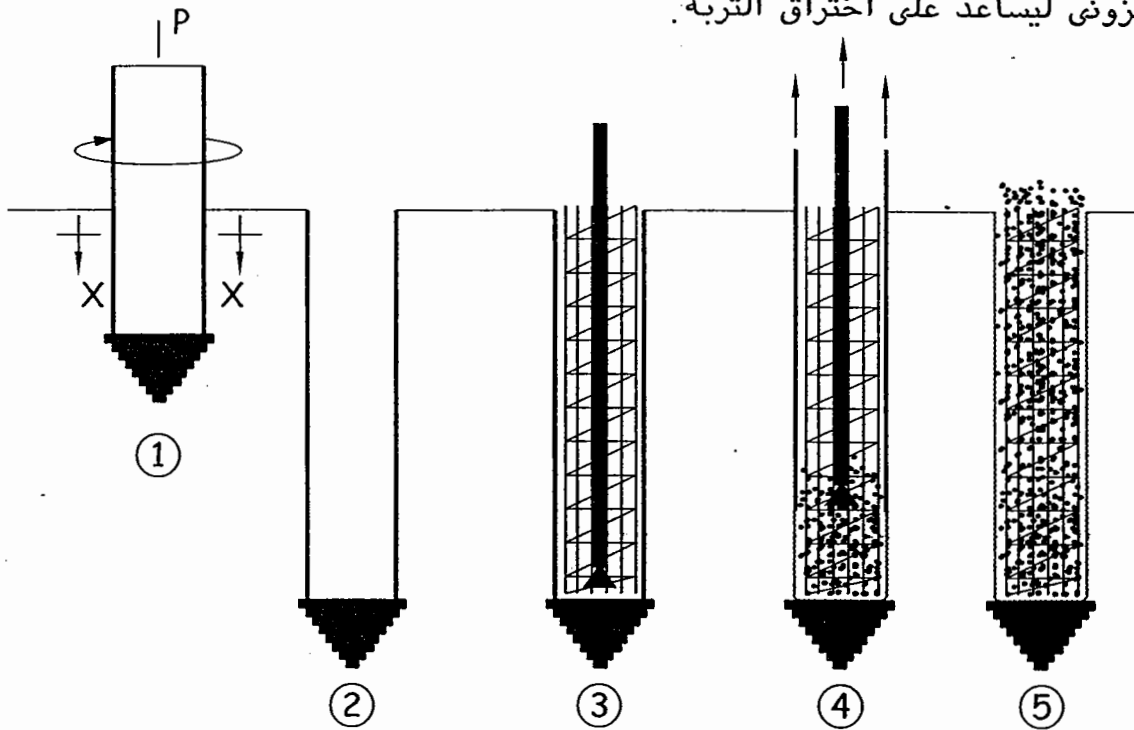
- May break during hard driving causing delays and replacement charges, or worse still may suffer major unseen damage in hard driving conditions.
- Uneconomical if amount of material in pile is governed by handling and driving stresses rather than by stresses from permanent loading.
- Noise and vibration during driving may cause damage.
- Displacement of soil during driving piles in groups may damage adjacent structures or cause lifting by ground heave of adjacent piles.
- Can not be driven in very large diameters.
- Can not be driven in conditions of low headroom.

* Types of hammers:-

- Steam, Pneumatic or hydraulic hammers.
- Single - acting hammers.
- Double - acting hammers.
- Diesel hammer.
- Drop hammer.
- Vibrating hammer.

(C) Screw Piles:-

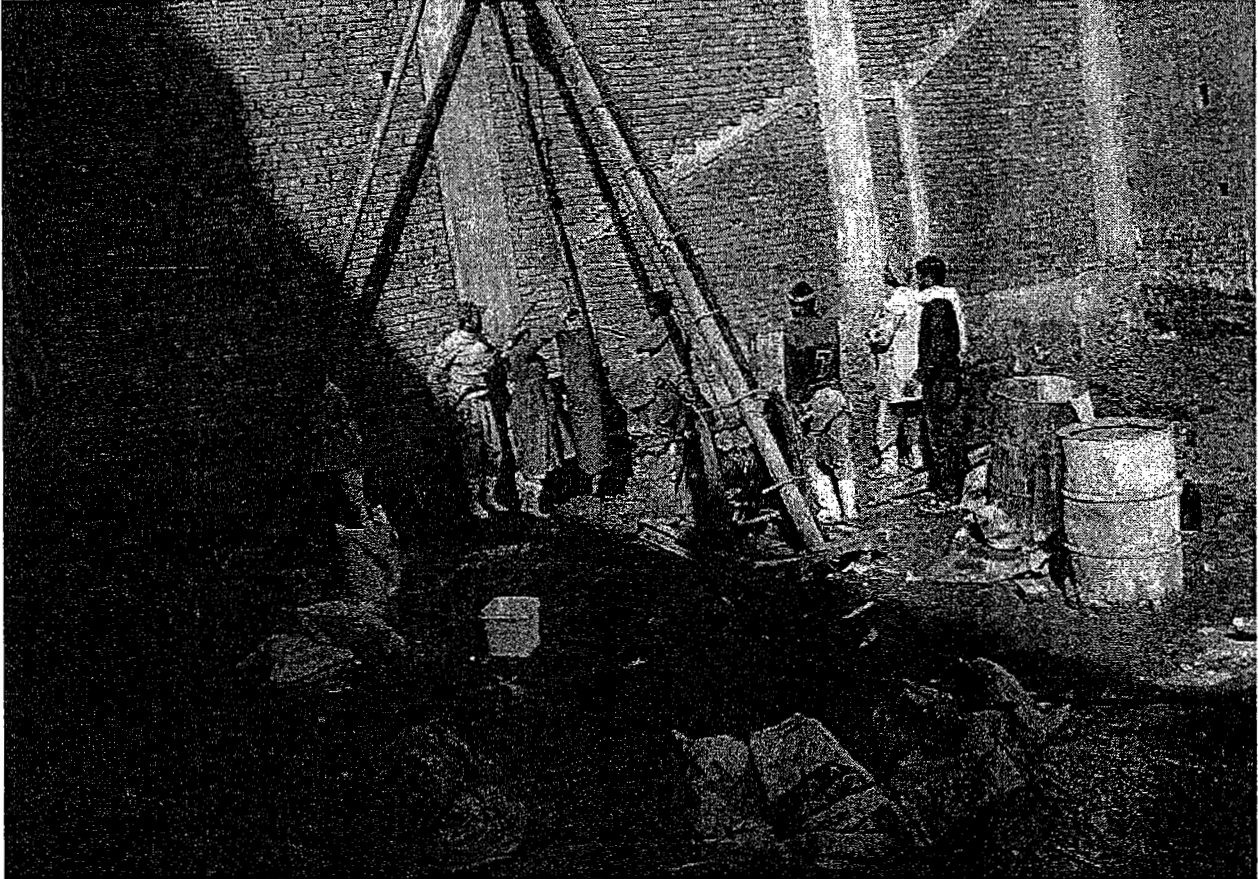
- يتم تفريغ مكان الخازوق بقيسون مغلقة ولكن فى نهايتها جزء حلزوني ليساعد على اختراق التربة.



- (١) يتم انزال الماسورة لاسفل مع دورانها حول محورها .
- (٢) بعد الوصول للعمق المطلوب يتم فصل الجزء الحلزوني عن الماسورة .
- (٣) يتم وضع شبكة حديد التسليح وانزال الـ Tremie pipe .
- (٤) يتم ضخ الخرسانة مع اخراج الماسورة بنفس معدل ضخ الخرسانة .
- (٥) اكتمال الخازوق .

① Strauss Piles:-

- هى خوازيق يتم تفريغ مكانها فى التربة بالحفر اليدوى .
- فى الصورة التالية مجموعة من العمال يقومون بالدوران حول محور الخازوق لتفريغ مكانه فى التربة .



- يصمم كخازوق ارتكاز فقط ويتم اهمال مقاومة الاحتكاك الجانبى .
- يجب الا يزيد الاجهاد على رأس الخازوق عن 1.5 MN/m^2 فى حالة التنفيذ اليدوى وعن 2.5 MN/m^2 فى حالة التنفيذ الميكانيكى .
- يتم عمل اختبار التحميل على الخازوق Pile Load Test كل 100 خازوق بحيث لا يقل عدد التجارب عن تجربتين للموقع الواحد .

2 Degree of displacement:-

- I - Large (e.g. Driven pre-cast concrete piles).
- II- Small (e.g. Driven open steel tube piles).
- III- Non (e.g. large diameter bored piles).

3 Pile material:-

- Concrete, steel, timber, pre-cast and composite.

4 Manufacture:-

- In-situ, Pre-cast and combined.

5 Supporting during pile installation:-

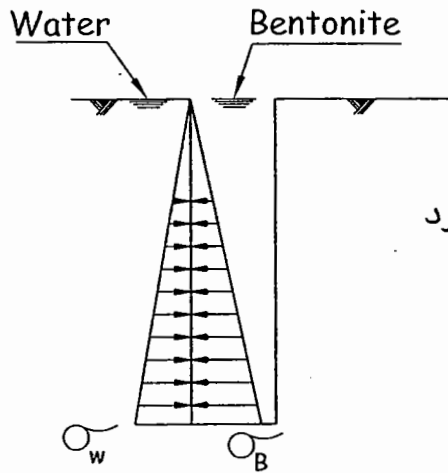
- └─ Casing. (Temporary/Permanent) سبق شرحها
- └─ Drilling Mud
- └─ No Support

*** Drilling Mud: Bentonite Slurry and/or Polymer solution:-**

- يعتبر معلق البنتونيت احد الطرق المستخدمة فى سند جوانب الحفر .
- البنتونيت عبارة عن حبيبات من الطين الناعم وتكون حالته صلدة على هيئة بودرة .
- يتم اضافة الماء الى البنتونيت ليعطى معلق ذو كثافة اعلى من كثافة الماء .

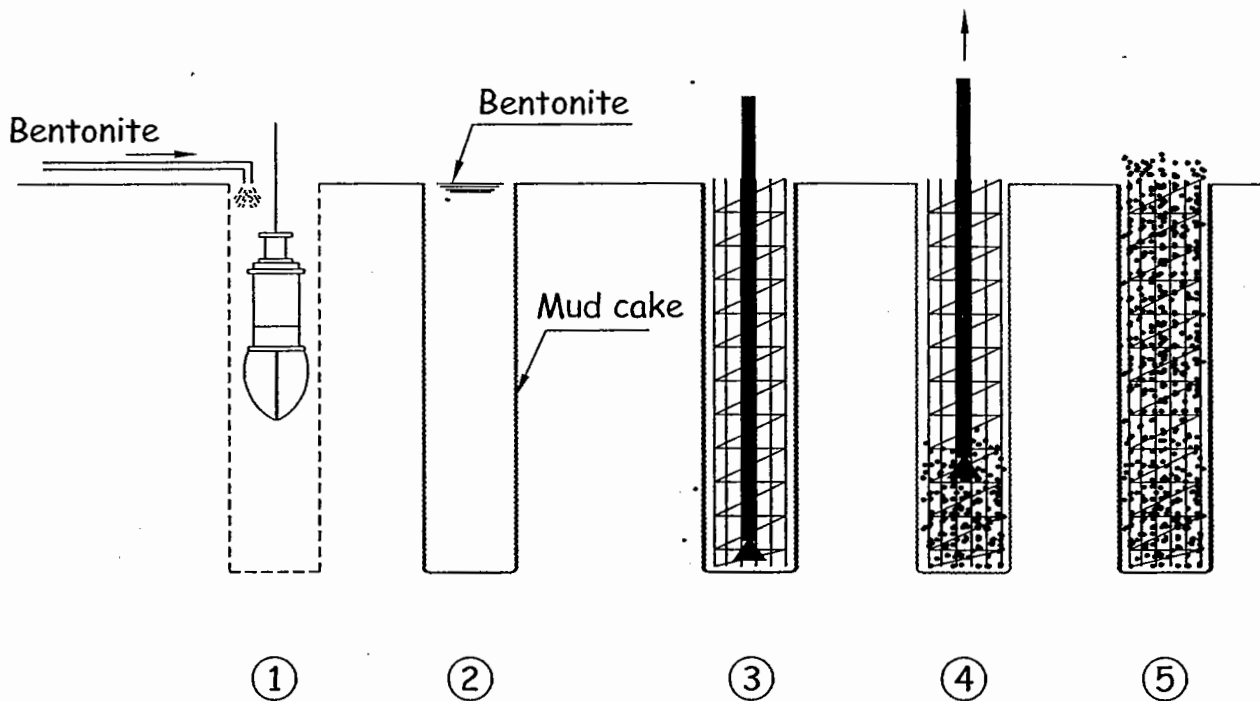
$$\gamma_{\text{bentonite}} = 1.02 \longrightarrow 1.05 \text{ kg/cm}^3$$

- يتم ضخ البنتونيت داخل الحفرة اثناء الحفر بالبريمة أو الكباش وبالتالي بعد انتهاء الحفر تكون الحفرة مليئة بالبنتونيت الذى هو أثقل من الماء وبالتالي تكون له القدرة على التسرب قليلا من الحفرة الى التربة الجانبية خلال فراغات التربة مما يجعله يسد مسام التربة ويعمل كغشاء مشدود على سطح جوانب وقاع الحفر مما يمنع تسرب المياه الجوفية الى الحفرة او انهيار جوانب الحفر .



- يتم انزال شبكة حديد التسليح فتطرد جزء من معلق البنتونيت من داخل الحفرة بسبب الوزن الثقيل للشبكة.
- يتم صب الخرسانة من اسفل لاعلى كالمعتاد فتقوم بطرد الجزء المتبقى من البنتونيت.
- تتميز هذه الطريقة بسهولة الاستخدام ورخص التكلفة.
- ومن اهم عيوب هذه الطريقة تكون الـ Mud cake على جوانب الحفر واسفل منسوب الحفر مما يؤدي الى ضعف في مقاومة الاحتكاك والـ Bearing للخازوق.

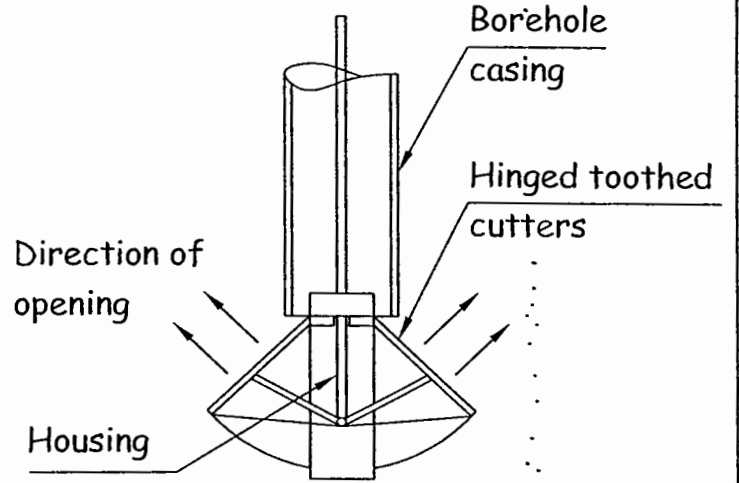
Steps of installation:-



- (١) بداية الحفر مع ضخ البنتونيت خلال الحفر.
- (٢) اكتمال الحفر وملئ البنتونيت الحفرة كاملة.
- (٣) وضع حديد التسليح وانزال الـ Tremie pipe وخروج جزء من البنتونيت.
- (٤) بدء ضخ الخرسانة وخروج البنتونيت المتبقى من الحفرة.
- (٥) اكتمال الخازوق مع ملاحظة وجود طبقة Mud cake.

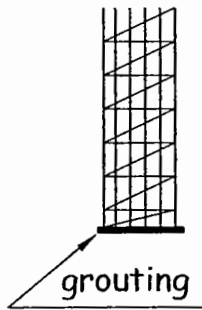
6 Enlarged base:-

- يتم عمل نهاية الخازوق واسعة احيانا لزيادة قدرة تحمل الخازوق للاحمال .
- حيث يتم استخدام قيسون من نوع خاص ذو نهاية بها فك يفتح للخارج فتتدفع الخرسانة لتملئ الحيز الفارغ في التربة.



7 Post grouting:-

- حيث يتم صب ال Pile tip بال grout قبل صب الخرسانة وبالتالي تزيد قدرة تحمل الخازوق للأحمال .



- نلاحظ في تجربة التحميل ان الخازوق A انهيار عند حمل اقل وهبوط اعلى من الخازوق B وذلك بسبب استخدام ال grouting .

