

# ফাউন্ডেশন ইঞ্জিনিয়ারিং

বিষয় কোডঃ ২৬৪৫১

৫ম পর্ব সিভিল টেকনোলজি

২০২২ প্রবিধান

**উপস্থাপনায়**

মোহাম্মদ জামসেদুল আলম

চিফ ইন্সট্রাক্টর(সিভিল)

ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইন্সটিটিউট

# ১ম অধ্যায়

## ভিত্তি ও ভিত্তি প্রকৌশল

কাঠামোর যে ভূনিম্নস্থ অংশ সুপার স্ট্রাকচারের বেস হিসেবে কাজ করে এবং কাঠামোর নিজস্ব ওজন ও উপরস্থ ওজনকে মাটির শক্ত স্তরে স্থানান্তর করে তাকে ফাউন্ডেশন বলে।

ইঞ্জিনিয়ারিং এর যে শাখায় ভিত্তির প্রকারভেদ, আচরণ বিশ্লেষণ, ডিজাইন ইত্যাদি যাবতীয় বিষয় সম্পর্কে অবগত হওয়া যায় তাকে ফাউন্ডেশন ইঞ্জিনিয়ারিং বলে।

## ভিত্তি প্রদানের উদ্দেশ্য:

- ১/ লোডের তীব্রতা হ্রাস
- ২/ লোডের সুষম বন্টন
- ৩/ সমতল পৃষ্ঠ প্রদান
- ৪/ স্থায়ীত্বতা
- ৫/ আন্ডারমাইনিং নিরাপত্তা প্রদান
- ৬/ মাটির সরন প্রতিরোধ

# ভিত্তির শ্রেণীবিভাগ

ভিত্তিকে ২ ভাগে ভাগ করা হয়:

ক) অগভীর ভিত্তি      খ) গভীর ভিত্তি

অগভীর ভিত্তি ৪ প্রকার-

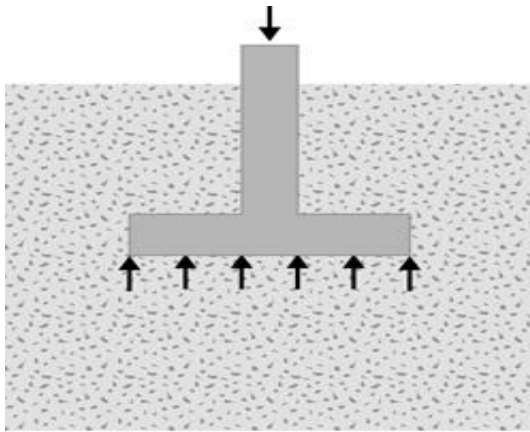
১) স্প্রেড ফুটিং

২) স্ট্রাপ ফুটিং

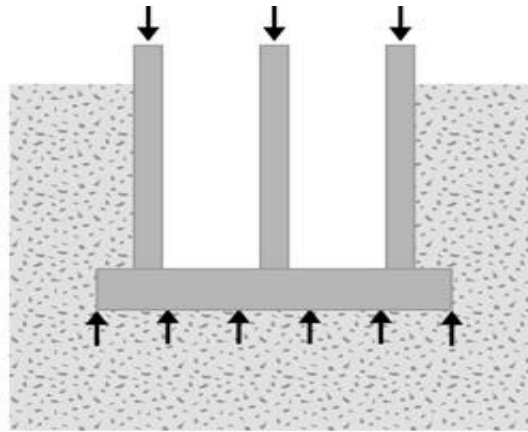
৩) কম্বাইন্ড ফুটিং

৪) ম্যাট বা রাফট ফুটিং

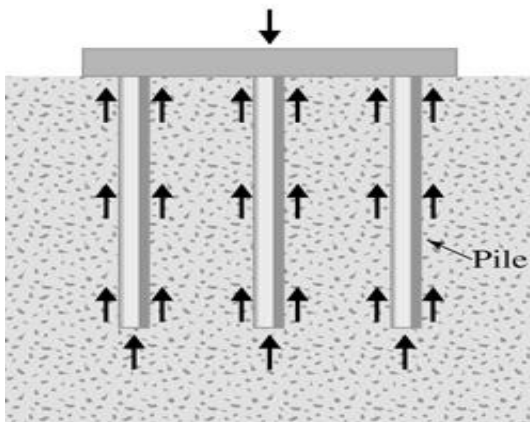
# *Types of Foundations*



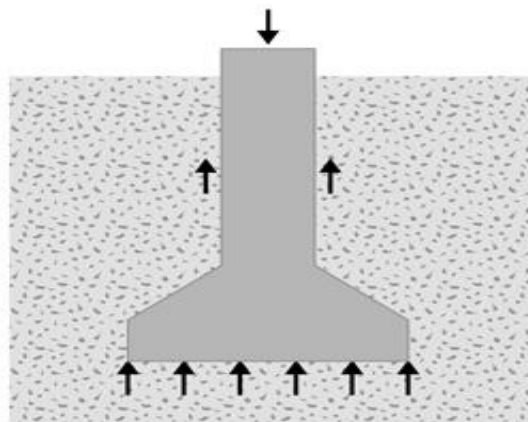
(a)



(b)



(c)



(d)

***Shallow  
Foundations***

***Deep  
Foundations***

# গভীর ভিত্তি ৩ প্রকার-

- ১) পাইল ভিত্তি
- ২) কেইশন বা ওয়েল ভিত্তি
- ৩) কফার ড্যাম

ভিত্তির গভীরতা নির্ণয়ে প্রভাব বিস্তারকারী বিষয়সমূহ-

- ১) টপ সয়েলের গভীরতা
- ২) তুষার পাত
- ৩) মাটির ভার বহন ক্ষমতা
- ৪) পার্শ্ববর্তী ফুটিং এবং সীমানা রেখা
- ৫) ঢালু ভূমি
- ৬) ওয়াটার টেবিল
- ৭) স্কাউয়ারিং ডেপথ
- ৮) ভূমিস্থ ত্রুটিসমূহ
- ৯) বৃক্ষের শিকরের গর্ত
- ১০) সর্ব নিম্ন গভীরতা

## ২য় অধ্যায় মাটি দৃঢ়করণ

মাটি দৃঢ়করণ: নিম্নলিখিত কারণে মাটি দৃঢ়করণ করা হয়-

- ১) ভেদ্যতার মান কমানোর জন্য
- ২) মাটির স্থিতিশীলতা, ভারবহন ক্ষমতা এবং শিঁয়া শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য
- ৩) মাটির সংকোচন এবং সংবেদনশীলতা কমানোর জন্য

# মাটি দৃঢ়করণ পদ্ধতি প্রধানত ২ প্রকার-

১. এডমিক্সার ছাড়া মাটির দৃঢ়করণ -

- কম্পেকশনের মাধ্যমে দৃঢ়করণ
- নিষ্কাশনের মাধ্যমে দৃঢ়করণ

১. এডমিক্সার ব্যবহারের মাধ্যমে মাটির দৃঢ়করণ

- সিমেন্ট প্রয়োগে মাটির দৃঢ়করণ
- চূনের মাধ্যমে মাটির দৃঢ়করণ
- বিটুমিন প্রয়োগে মাটির দৃঢ়করণ
- রাসায়নিক পদার্থ প্রয়োগে মাটির দৃঢ়করণ



# মাটি দৃঢ়করণের শ্রেণীবিভাগ

- মেকানিক্যাল দৃঢ়করণ
- সিমেন্টের মাধ্যমে দৃঢ়করণ
- লাইমের মাধ্যমে দৃঢ়করণ
- বিটুমেনের মাধ্যমে দৃঢ়করণ
- মেমব্রেন দৃঢ়করণ
- ইলেকট্রিক্যাল দৃঢ়করণ
- থার্মাল দৃঢ়করণ
- কেমিক্যাল দৃঢ়করণ

## স্যান্ড পাইল :

মাটিকে দৃঢ়করণ বা মাটির ভারবহন ক্ষমতা বৃদ্ধি করার জন্য মাটিতে গর্ত ক্ষণন করে ঐ গর্ত বালি দ্বারা পূর্ণ করে কম্পেকশন করে যে পাইল নির্মাণ করা হয় তাকে স্যান্ড পাইল বা বালির পাইল বলে । বালি স্তরে স্তরে ভর্তি করে ড্রপ হ্যামার দ্বারা কম্পেকশন করা হয় । পাশাপাশি পাইলের কেন্দ্র থেকে কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব ২ থেকে ৩ মিটার হয় । স্থায়ীত্বতার জন্য পাইলের উপরের দিকে ১ মিটার সিমেন্ট কংক্রিট ঢালাই করা হয় ।

সুবিধা :

- নির্মাণ করা সহজ
- রাস্তার বাধ এবং ছোট ইमारতের জন্য সাশ্রয়ী
- সাব সয়েলে পানি থাকলেও এই পাইল ব্যবহার করা যায়
- বালির স্থলে গ্রাভেল ব্যবহার করা সম্ভব
- ভূগর্ভস্থ পানি তলের দ্বারা পাইল ক্ষতিগ্রস্থ হয় না

অসুবিধা :

- যে সমস্ত এলাকায় প্রায়ই ভূমিকম্প হয় সে সমস্ত এলাকার জন্য এ পাইল উপযোগী নয়
- আলগা মাটির জন্য এ পাইল উপযোগী নয়
- যে সমস্ত এলাকায় ভূমি ক্ষয় হয় সেখানে উপযোগী নয়

## ৩য় অধ্যায়

### মাটির ভার বহন ক্ষমতা

মাটির ভার বহন ক্ষমতা: শিয়ার জনিত ব্যর্থতা ব্যাতিরেকে কোন কাঠামোর ওৎন বহন ক্ষমতাকে মাটির ভার বহন ক্ষমতা বলে। কোন মাটি তার একক ক্ষেত্রফলের উপর যে পরিমান ভার বহন করতে সক্ষম তাকে মাটির ভার বহন ক্ষমতা বলে।

মাটির চরম ভার বহন ক্ষমতা: শিয়ার ব্যর্থ হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত প্রতি একক ক্ষেত্রফলে মাটি যে পরিমাণ ভার বহন করতে পারে তাকে চরম ভার বহন ক্ষমতা বলে। একে  $q_f$  বা  $q_u$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

নিম্ন লিখিত বিষয়ের উপর মাটির ভার বহন ক্ষমতা  
নির্ভর করে -

- মাটির প্রকার এবং বাহ্যিক গুণাগুণ
- বেডরকের গভীরতার উপর
- পানির লেভেলের অবস্থার উপর
- বসনের উপর
- ভিত্তির বাহ্যিক গঠনের উপর

# প্লেট লোড পরীক্ষা

- মাঠে মাটির চরম ভার বহন ক্ষমতা এবং সম্ভাব্য বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় করার জন্য প্লেট লোড পরীক্ষা করা হয়। এ পরীক্ষা করার জন্য ভিত্তির গভীরতা বরাবর একটি স্টিল প্লেটের উপর ধাপে ধাপে বর্ধিত হারে লোড প্রদান করে মাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। যে লোডের কারণে প্লেট দ্রুত হারে বসে যেতে থাকে তাকে চরম ভার বহন ক্ষমতা হিসাবে গণ্য করা হয়। প্লেটের আকার ৩০ বর্গ সেমি থেকে ৭৫ বর্গ সেমি পর্যন্ত। প্লেটের পুরুত্ব কমপক্ষে ২৫ মিমি।

## প্লেট লোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতা :

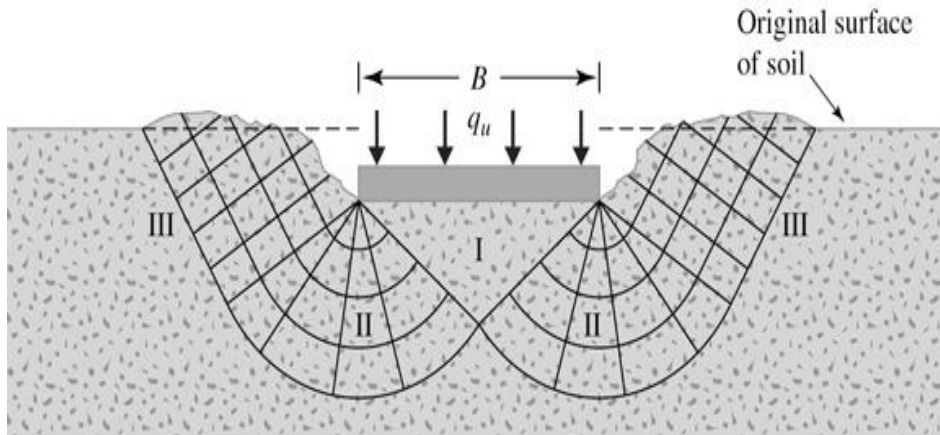
- প্লেটের নিচে প্লেটের প্রস্থের দ্বিগুণের কম গভীরতার মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্দেশ করে। তার বেশী নিচের ভার বহন ক্ষমতার সঠিক তথ্য পাওয়া যায় না।
- প্লেট লোড পরীক্ষা একটি নির্দিষ্ট সময়ব্যাপী করা হয় এবং পরীক্ষা দ্বারা চরম বসন এর পরিমাণ পাওয়া যায় না।
- কাদা মাটির ক্ষেত্রে বড় ভিত্তির চরম ভার বহন ক্ষমতা এবং প্লেট লোড পরীক্ষার ভার বহন ক্ষমতা একই।
- ফুটিং এর তলায় পানি পাম্পিং করে ওয়াটার টেবিল নীচে নামিয়ে পরীক্ষা করার ফলে ভার বহন ক্ষমতা বেশী পাওয়া যায়।
- যে সব ক্ষেত্রে বসন কার্ভ দ্বারা চরম ভার বহন ক্ষমতা পাওয়া যায় না সেক্ষেত্রে ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয়ে তারতম্য ঘটতে পারে।

# CHAPTER-3

## PROBLEM ON BEARING CAPACITY

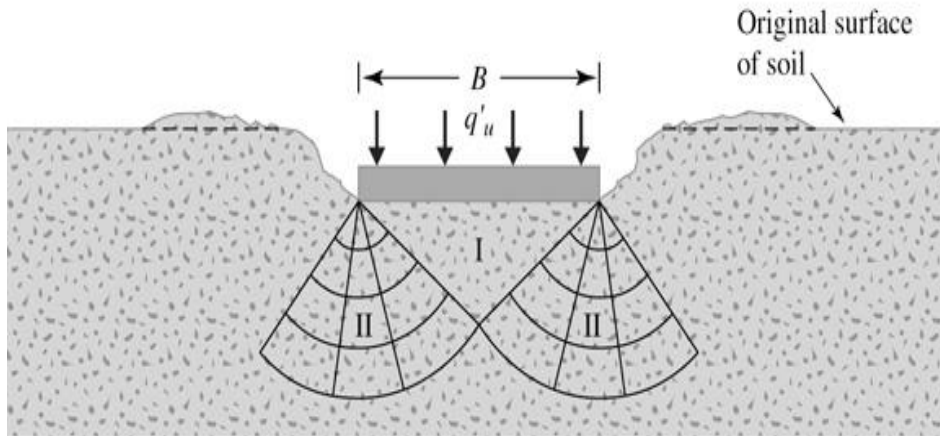


# **Failure Modes for Shallow Foundations**



(a)

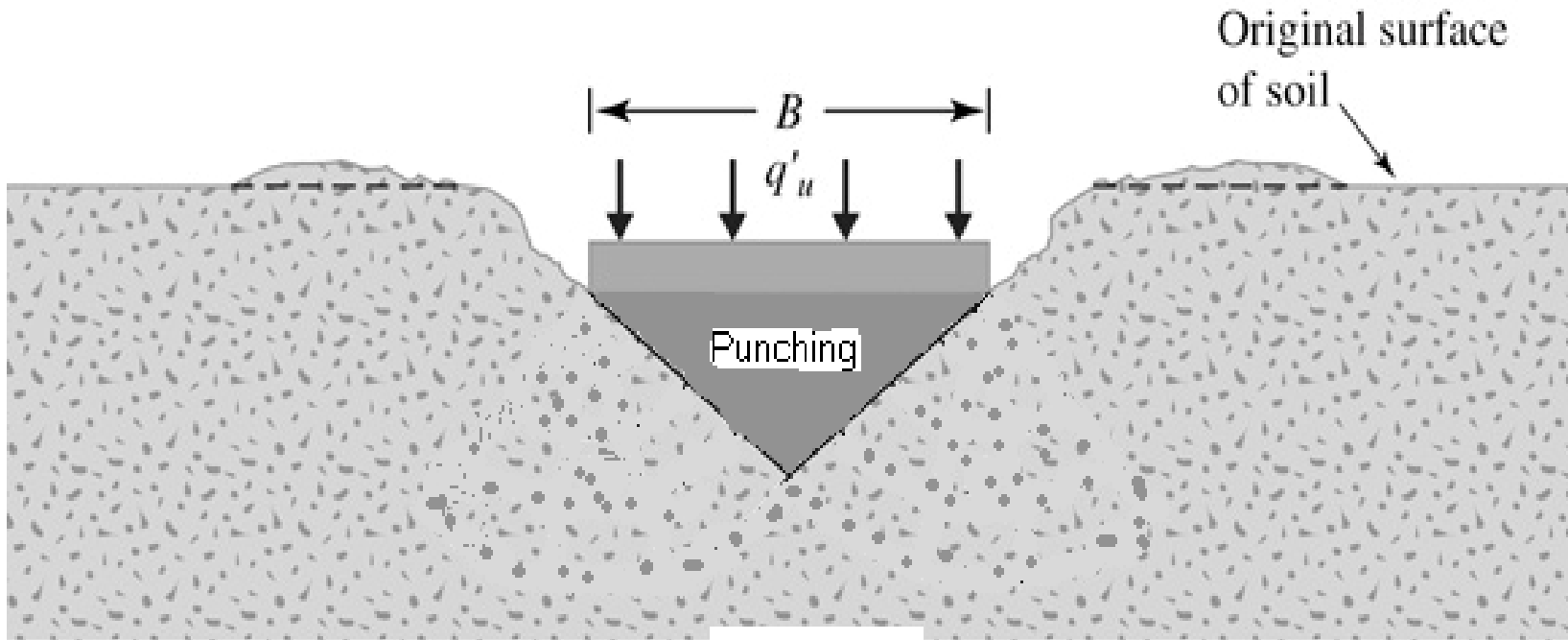
**General Shear Failure,  
Zones I, II, III,  
Dense Sand**



(b)

**Local Shear Failure,  
Zones I, II,  
Medium Dense Sand**

# *Failure Modes, Continued*



(c)

***Punching Failure, Zone I Only,  
Loose Sand and Soft Clay***

Terzaghi's  
Bearing  
Capacity  
Equations Based  
Problems

**Example 1**:- Determine allowable soil bearing capacity using Terzaghi's equation if it is given:-

❖ Soil type:- sand (Cohesionless Soil)

❖ Cohesion:- 0 (Negligible)

❖  $\phi = 36^\circ$

❖ Unit weight of soil:-  $20 \text{ kN/m}^3$

❖ 2.5 m wide square footing, bottom of footing at 1.5 m below ground level.

❖ Factor of safety:-3

❖ Assume general shear failure.

❖ Neglect groundwater table effect.

### Solution 1:-

From Table,  $N_c = 65.4$ ,  $N_q = 49.4$ ,  $N_\gamma = 54$  for  $\phi = 36^\circ$

Ultimate soil bearing capacity using Terzaghi's bearing capacity equation for strip footing.

$$Q_u = 1.3cN_c + \gamma DN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

$$\Rightarrow Q_u = 1.3 \times 0 \times 65.4 + 20 \times 1.5 \times 49.4 + 0.4 \times 20 \times 2.5 \times 54 = 2562 \text{ kN/m}^2$$

Allowable soil bearing capacity,

$$Q_a = Q_u / \text{F.S.} = 2562 / 3 = 854 \text{ kN/m}^2$$

**Example2** :- Determine allowable soil bearing capacity using Terzaghi's equation if it is given:-

- ❖ Soil type:- loose sand (Cohesionless Soil)
- ❖ Cohesion:- 0 (Negligible)
- ❖  $\phi = 25^\circ$
- ❖ Unit weight of soil:-  $16 \text{ kN/m}^3$
- ❖ 2.5 m wide square footing, bottom of footing at 1.5 m below ground level.
- ❖ Factor of safety:-3
- ❖ Assume local shear failure.
- ❖ Neglect groundwater table effect.

## Solution 2:-

From Table,  $N_c' = 14.8$ ,  $N_q' = 5.6$ ,  $N_\gamma' = 3.2$   
for  $\phi = 25^\circ$

Ultimate soil bearing capacity using Terzaghi's bearing capacity equation for strip footing.

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.3cN_c' + \gamma DN_q' + 0.4\gamma BN_\gamma' \\ \Rightarrow Q_u &= 1.3 \times 0 \times 14.8 + 16 \times 1.5 \times 5.6 + 0.4 \times 16 \times 2.5 \times 3.2 \\ &= 185.6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Allowable soil bearing capacity,

$$Q_a = Q_u / \text{F.S.} = 185.6 / 3 = 61.87 \text{ kN/m}^2$$

**Example 3:- Determine allowable soil bearing capacity using Terzaghi's equation if it is given:-**

- ❖ **Soil type:- Clay (cohesive soil)**
- ❖ **Cohesion:- 30 kN/m<sup>2</sup>**
- ❖  **$\phi = 0^0$**
- ❖ **Unit weight of soil:- 18 kN/m<sup>3</sup>**
- ❖ **1 m wide strip footing, bottom of footing at 0.8 m below ground level.**
- ❖ **Factor of safety:- 3**
- ❖ **Assume local shear failure**
- ❖ **Neglect groundwater table effect**



### Solution 3:-

From Table,  $N_c' = 11.8$ ,  $N_q' = 3.9$ ,  $N_\gamma' = 1.7$  for  $\phi = 20^\circ$

Ultimate soil bearing capacity using Terzaghi's bearing capacity equation for strip footing.

$$Q_u = \frac{2}{3}cN_c' + \gamma DN_q' + 0.5\gamma BN_\gamma'$$

$$\Rightarrow Q_u = \frac{2}{3} \times 30 \times 11.8 + 18 \times 0.8 \times 3.9 + 0.5 \times 18 \times 1 \times 1.7 = 307.5 \text{ kN/m}^2$$

Allowable soil bearing capacity,

$$Q_a = Q_u / \text{F.S.} = 307.5 / 3 = 102.5 \text{ kN/m}^2$$

**Example 4**:- A square footing has dimensions of 2m x 2m and a depth of 2m. Determine its ultimate bearing capacity in pure clay with an unconfined strength of  $0.15 \text{ N/mm}^2$ ,  $\phi = 0^\circ$  and  $\gamma = 1.7 \text{ g/cm}^3$ . Assume Terzaghi's theory.

**Solution 4**:-

From Table,  $N_c = 5.7$ ,  $N_q = 1$ ,  $N_\gamma = 0$  for  $\phi = 0^\circ$

$$c = Qu/2$$

$$= .15/2 = 75 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 1.7 \text{ g/cm}^3 = 16.677 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.3cN_c + \gamma DN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \\ &= 1.3 \times 75 \times 5.7 + 16.677 \times 2 \times 1 + 0.3 \times 1.7 \times 2 \times 0 \\ &= 589.2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**Example 5.** :- Determine allowable soil bearing capacity using Terzaghi's equation if it is given that:-

- ❖ Soil type:- sand(Cohesionless Soil)
- ❖ Cohesion:- 0 (Negligible)
- ❖  $\phi = 35^{\circ}$
- ❖ Unit weight of dry soil,  $\gamma_1$ :-  $16.8 \text{ kN/m}^3$
- ❖ Unit weight of saturated soil,  $\gamma_2$ :-  $19.5 \text{ kN/m}^3$
- ❖ 2 m wide strip footing, bottom of footing at 1.2 m below ground level.
- ❖ Water Table is at 2.5 m below ground level.
- ❖ Factor of safety:- 3

### Solution 5:-

From Table,  $N_c = 57.8$ ,  $N_q = 41.4$ ,  $N_\gamma = 42.4$  for  $\phi = 35^\circ$

**Effect of Water Table:-**

$$R_{w1} = 0.5(1 + Z_{w1}/D) = 0.5(1 + 1.2/1.2) = 1$$

$$R_{w2} = 0.5(1 + Z_{w2}/B) = 0.5(1 + 1.3/2) = 0.825$$

**Ultimate soil bearing capacity using Terzaghi's bearing capacity equation for strip footing.**

$$\gamma_{avg} = (16.8 \times 1.3 + 19.5 \times 7) / (1.3 + 7) = 17.75 \text{ kN/m}^3$$

$$Q_u = cN_c + \gamma_1 D_1 N_q R_{w1} + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma R_{w2}$$

$$\Rightarrow Q_u = 0 \times 57.8 + 41.4 \times 1.2 \times 16.8 \times 1 + 42.4 \times 17.75 \times 0.825$$

$$\Rightarrow = 1455.5 \text{ kN/m}^2$$

**Allowable soil bearing capacity,**

$$Q_a = Q_u / F.S. = 1455.5 / 3 = 485.167 \text{ kN/m}^2$$

MEYERHOF's  
Bearing Capacity  
Equations Based  
Problems

**Example 1**:- Determine allowable soil bearing capacity using Meyerhof's equation if it is given :-

❖ Soil type:- Clayey Sand.

❖ Cohesion:-  $20 \text{ kN/m}^2$

❖  $\phi = 20^\circ$

❖ Unit weight of soil:-  $17.5 \text{ kN/m}^3$

❖ 1.5 m wide square footing, bottom of footing at 1 m below ground level.

❖ Factor of safety:- 3

❖ Assume footing base and ground are horizontal.

### Solution 1:-

Ultimate soil bearing capacity using Meyerhof's bearing capacity equation for vertical load.

Passive pressure coefficient:-

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 + 20/2) = 2.03$$

Shape factors:-

$$S_c = 1 + 0.2 \times K_p (B/L)$$

$$\Rightarrow S_c = 1 + 0.2 \times 2.03 \times 1 = 1.406$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 K_p (B/L) = 1 + 0.1 \times 2.03 \times 1 = 1.203$$

Depth factors:-

$$D_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0.2 \times (1/1.5) \times \sqrt{2.03} = 1.19$$

$$D_q = D_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0.1 \times \sqrt{2.03} \times (1/1.5) = 1.095$$



$$I_c = I_q = I_\gamma = 1$$

From Table,  $N_c = 14.8$ ,  $N_q = 6.4$ ,  $N_\gamma = 2.9$  for  $\phi = 20^\circ$

$$Q_u = cN_c S_c D_c I_c + \gamma D N_q S_q D_q I_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma D_\gamma I_\gamma$$
$$\Rightarrow Q_u = 20 \times 14.8 \times 1.406 \times 1.19 \times 1 + 17.5 \times 1 \times 6.4 \times 1.203 \times 1.09 \times 1$$
$$+ 0.5 \times 17.5 \times 1.5 \times 2.9 \times 1.203 \times 1.09 \times 1 = 692.02 \text{ kN/m}^2$$

Allowable soil bearing capacity,

$$Q_a = Q_u / \text{F.S.} = 692.02 / 3 = 230.67 \text{ kN/m}^2$$

**Example 2 :- Determine allowable soil bearing capacity using Meyerhof's equation if it is given that :-**

- ❖ **Soil type:- Sandy soil (cohesionless)**
- ❖ **Cohesion:-0**
- ❖  **$\phi = 36^\circ$**
- ❖ **Unit weight of soil:-20 kN/m<sup>3</sup>**
- ❖ **2.5m wide square footing, bottom of footing at 1.5 m below ground level.**
- ❖ **Factor of safety:- 3**
- ❖ **Assume footing base and ground are horizontal.**

## Solution 2:-

Ultimate soil bearing capacity using Meyerhof's bearing capacity equation for vertical load.

Passive pressure coefficient:-

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 + 36/2) = 3.85$$

Shape factors:-

$$S_c = 1 + 0.2K_p(B/L) = 1 + 0.2 \times 3.85 \times 1 = 1.77$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1K_p(B/L) = 1 + 0.1 \times 3.85 \times 1 = 1.385$$

Depth factors:-

$$D_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p}(D/B) = 1 + 0.2\sqrt{3.85}(1.5/2.5) = 1.235$$

$$D_q = D_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p}(D/B) = 1 + 0.1\sqrt{3.85}(1.5/2.5) = 1.117$$

$$I_c = I_q = I_\gamma = 1$$

From Table,  $N_c = 46.1$ ,  $N_q = 33.3$ ,  $N_\gamma = 37.1$  for  $\phi = 36^\circ$

$$Q_u = cN_c S_c D_c I_c + \gamma D N_q S_q D_q I_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma D_\gamma I_\gamma$$

$$\Rightarrow Q_u =$$

$$0 \times 46.1 \times 1.77 \times 1.235 \times 1 + 20 \times 1.5 \times 33.3 \times 1.385 \times 1.117 \times 1 + 0.5 \times 20 \times 2.5 \times 37.1 \times 1.385 \times 1.235 \times 1 = 2980.38 \text{ kN/m}^2$$

Allowable soil bearing capacity,

$$Q_a = Q_u / \text{F.S.} = 2980.38 / 3 = 993.46 \text{ kN/m}^2$$

PLATE LOAD  
TEST BASED  
PROBLEMS

Example 1:- A 30cm square bearing plate settles by 8mm in the plate load test on cohesionless soil, when the intensity of loading is  $180 \text{ kN/m}^2$  . Estimate the settlement of a shallow foundation of 1.6m square under the same intensity of loading.

Solution:-  $S_F$  = Settlement of footing

$S_P$  = Settlement of plate

$B_P$  = width of plate

$B_F$  = width of footing

$$\begin{aligned} S_F / S_P &= [ \{ B_F (B_P + 0.3) \} / \{ B_P (B_F + 0.3) \} ]^2 \\ &= 8 [ \{ 1.6(0.3+0.3) \} / \{ 0.3(0.3+0.3) \} ]^2 \\ &= 22.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Example 2:-** A test plate of 30cmx30cm resting on a sand deposit settles by 10mm under certain load intensity. A footing of 150cmx200cm resting on the same sand deposit and loaded with same intensity, find settlement of footing.

**Solution:-**  $S_F$  = Settlement of footing

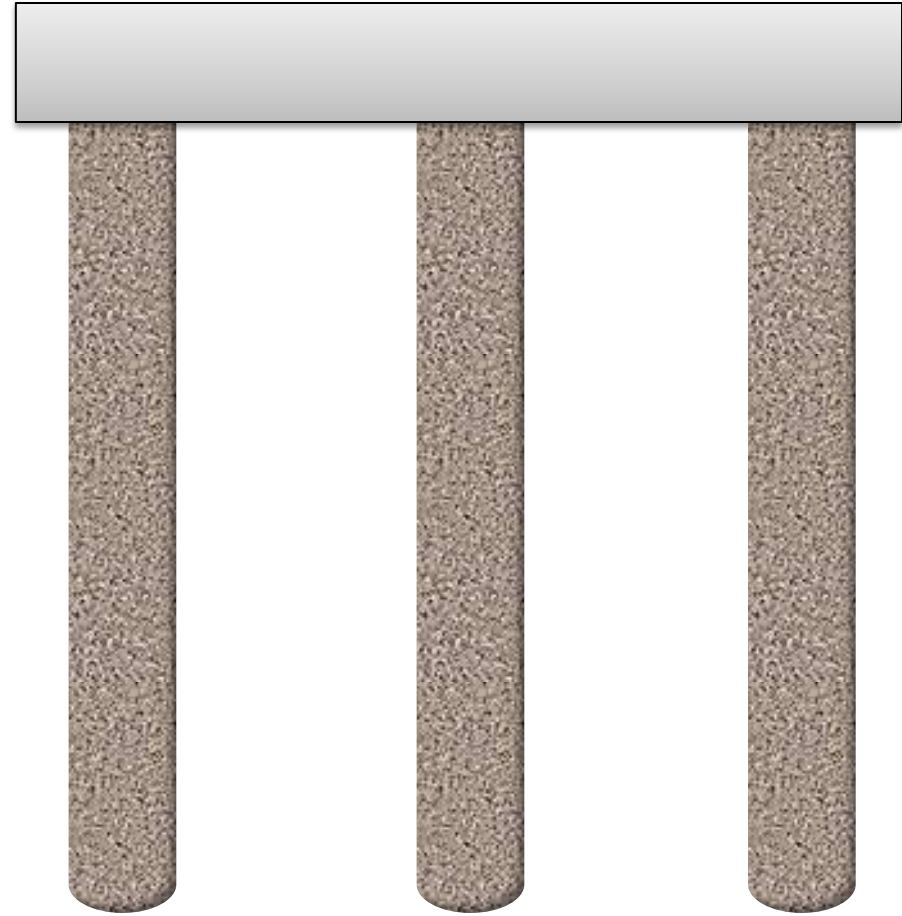
$S_P$  = Settlement of plate

$B_P$  = width of plate

$B_F$  = width of footing

$$\begin{aligned} S_F / S_P &= [ \{B_F (B_P + 0.3)\} / \{B_P (B_F + 0.3)\} ]^2 \\ &= 10 [ \{1.5(0.3+0.3)\} / \{0.3(1.5+0.3)\} ]^2 \\ &= 27.77 \text{ mm} \end{aligned}$$

PILE  
FOUNDATION  
N





# What is pile foundation. . . .?

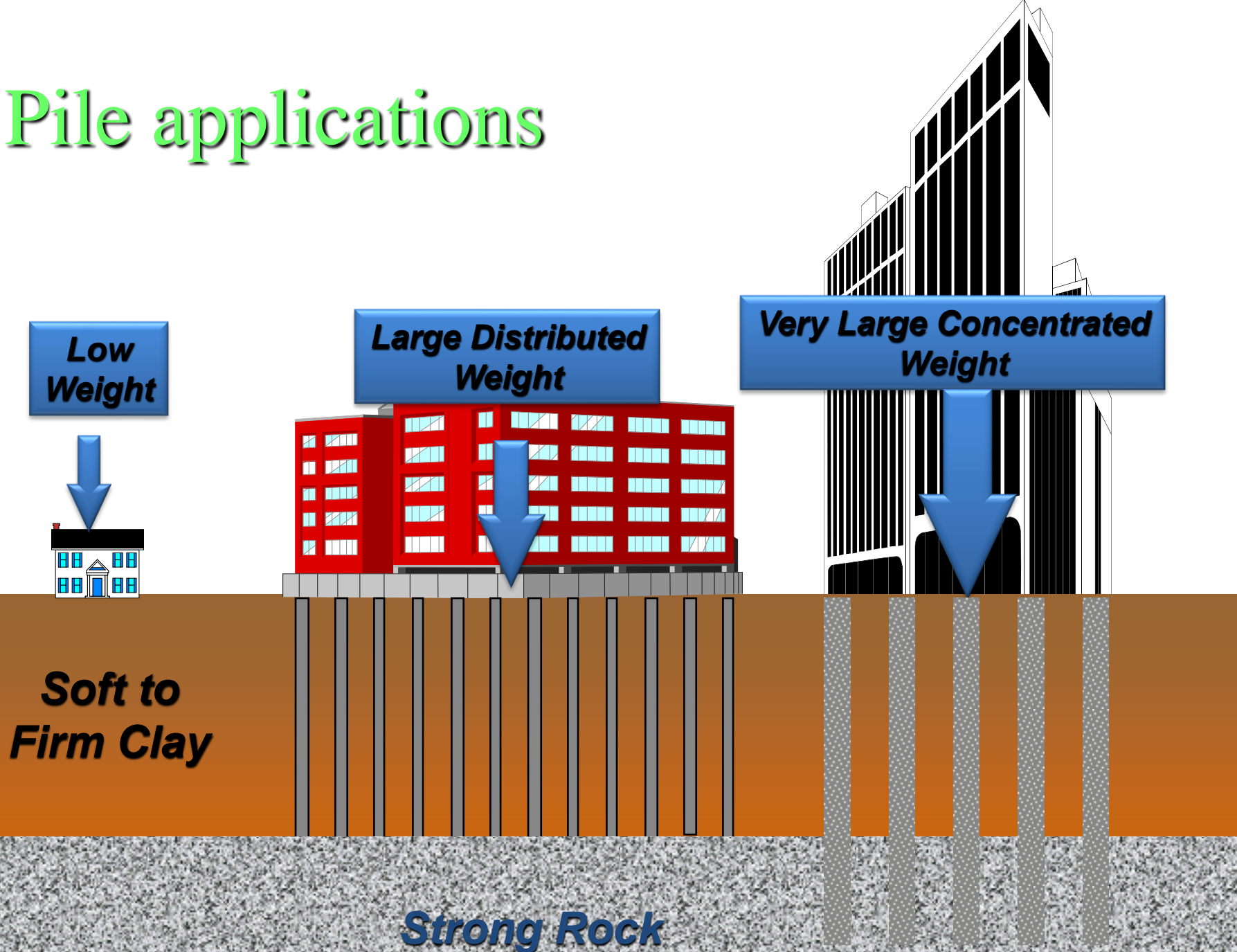
- ❖ The pile foundation is used to describe a construction for the foundation of a wall or a pier, which is supported on the pile.
- ❖ Where it is placed ...?  
The piles may be **placed separately** or they may be **placed in the form of cluster throughout the length of the wall.**
- ❖ Where it is adopted ...?  
Piles are adopted **when the loose soil extended to a great depth.**  
The load of the structure is transmitted by the piles to hard stratum below or it is resisted by the friction developed on the sides of the piles.

# Application of piles.....

The piles are applicable at the places where,

- **The load coming from the structure is very high & the distribution of the load on soil is uneven.**
- **The subsoil water level is likely to rise or fall** appreciably.
- **The pumping of subsoil water is too costly** for keeping the foundation trench in dry condition.
- **The construction of raft foundation is likely to be very expensive** or it is likely to practically impossible.
- The piles are considered to be long when **their length exceeds 30 meters.**
- **The structure is situated on sea shore or river bed** and the foundation is likely to adopted by the scouring action of water.
- The piles are **also used as anchors.** They may be designed to give lateral support or to resist an upward pressure of uplift pressure.

# Pile applications



# Loads coming on pile foundations

- All the loads from the super structure like,
  - Live loads
  - Dead loads
  - Wind loads
  - Seismic load
- The loads from the surrounding soil in case of seismic event.
- Water loads in case of off-shore structure.

# Pile Materials

- The materials which are used in the construction of piles are as follows :-
  - **Timber piles**
  - **Steel piles**
  - **Concrete piles**

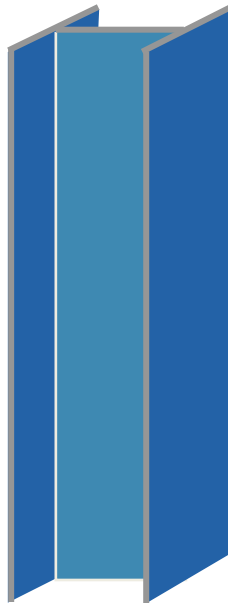
# Pile materials



Timber



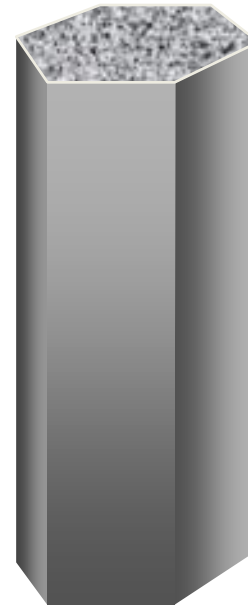
Steel  
Pipe



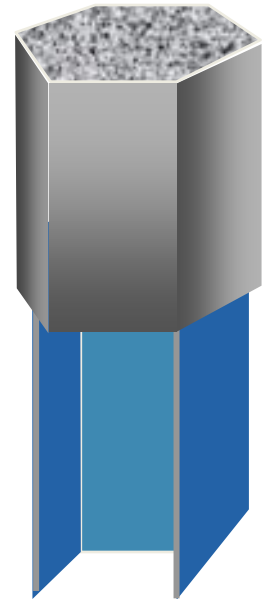
Steel H



Concrete



Pre-cast  
Concrete



Composite

**Timber**

**Steel**

**Concrete**

# Types of pile

- I. Load bearing piles
- II. Non-load bearing piles

## I. Load bearing piles :-

- It bear the load coming from the structure.
- The Piles are generally **driven vertically** or in near vertical position.
- When a **horizontal forces to be resisted**, the inclined piles may **be driven in an inclined position** and such inclined piles are termed the **batter piles**
- Load bearing piles are divided into,
  - i. **Bearing piles**
  - ii. **Friction Piles**

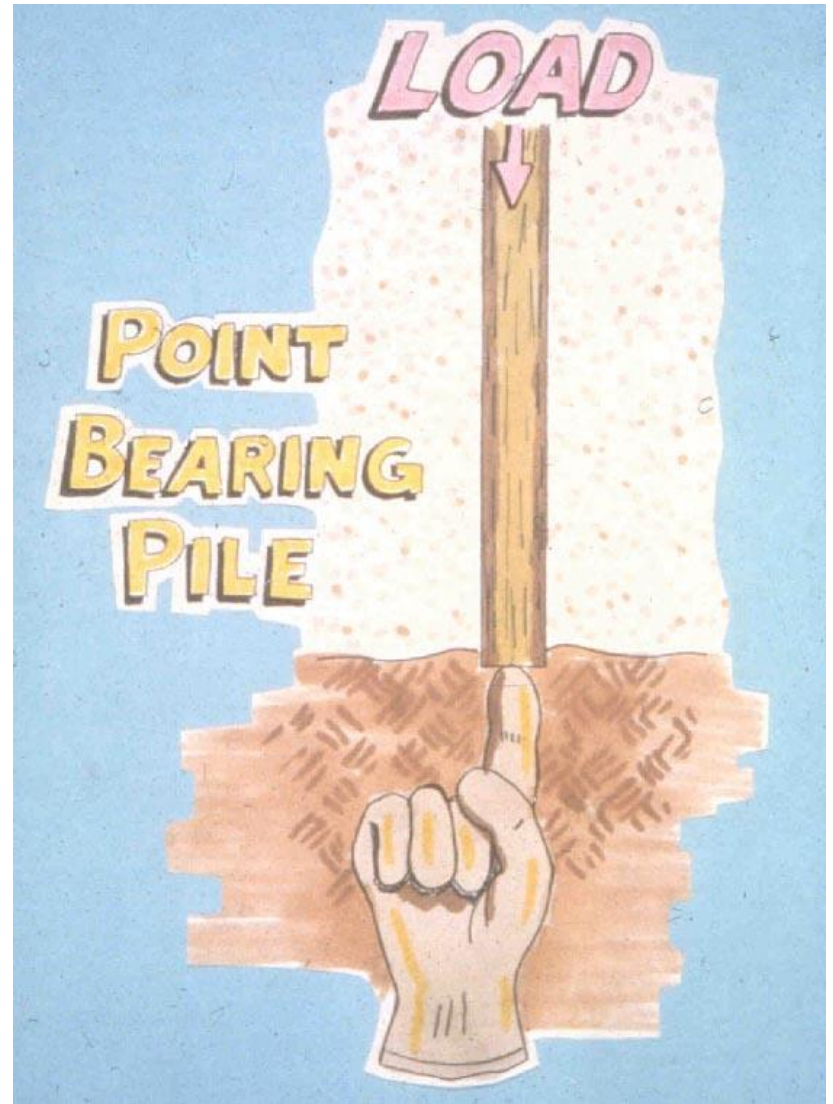
# Bearing piles

- This **piles penetrate to through the soft soil and their bottoms rest on a hard bed**. Thus, they are end bearing piles and **act as columns** or piers.
- The soft ground through which the piles pass **also gives some lateral support** and **this increases the load carrying capacity** of the bearing piles.



# Bearing piles

- **Transmit most of their loads to the load bearing layer (dense sand or rock). Most of the pile capacity inferred from the end bearing point.**

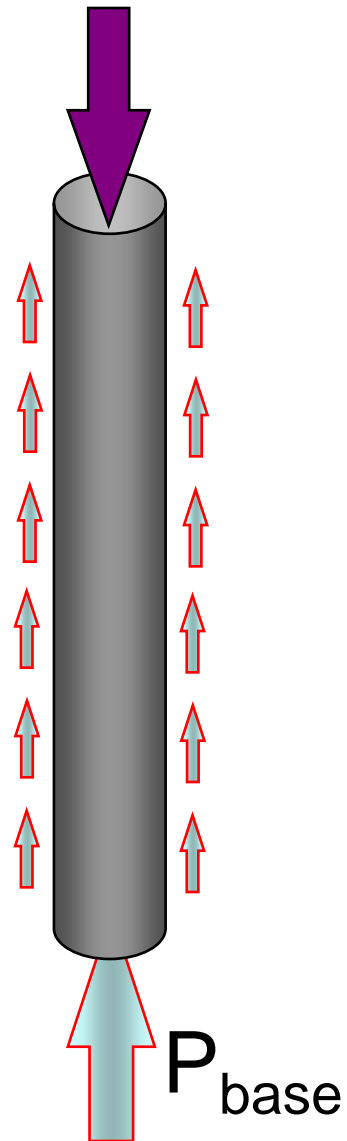


# Bearing Piles

Pile Load,  $P$

Side Friction

End Bearing

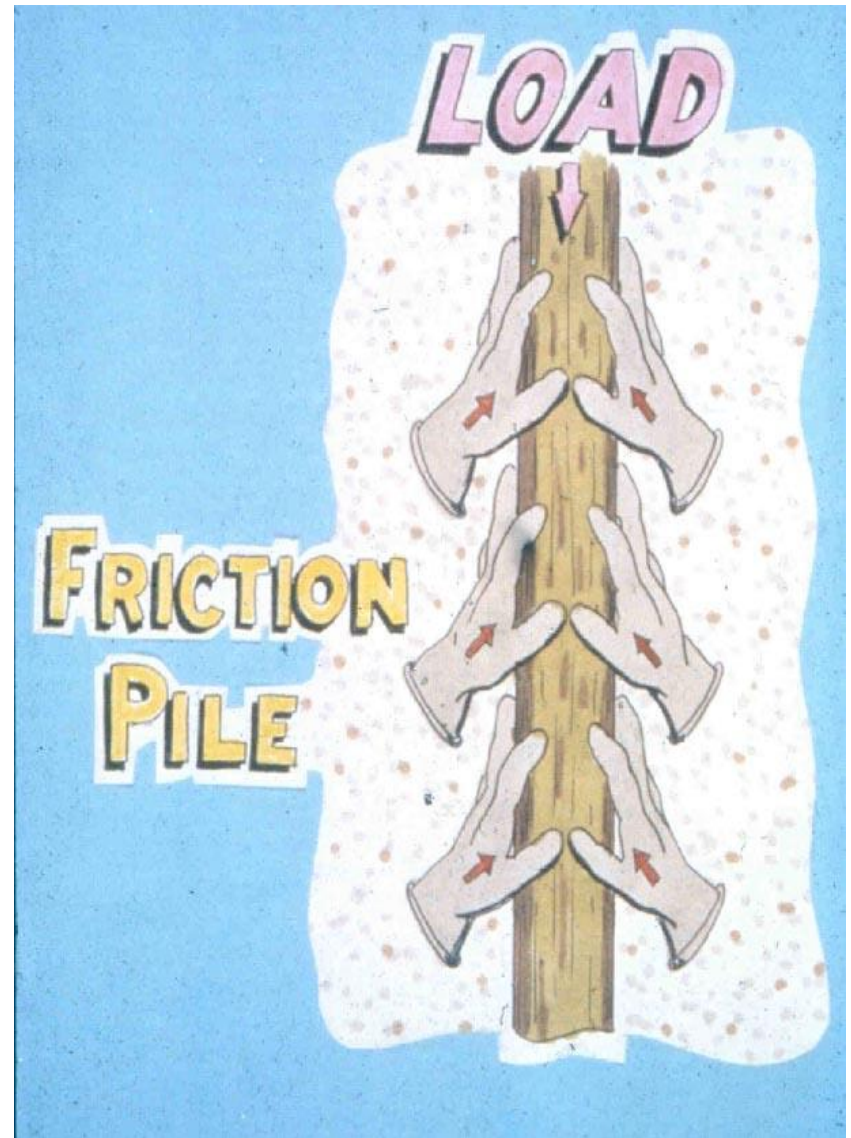


# Friction piles

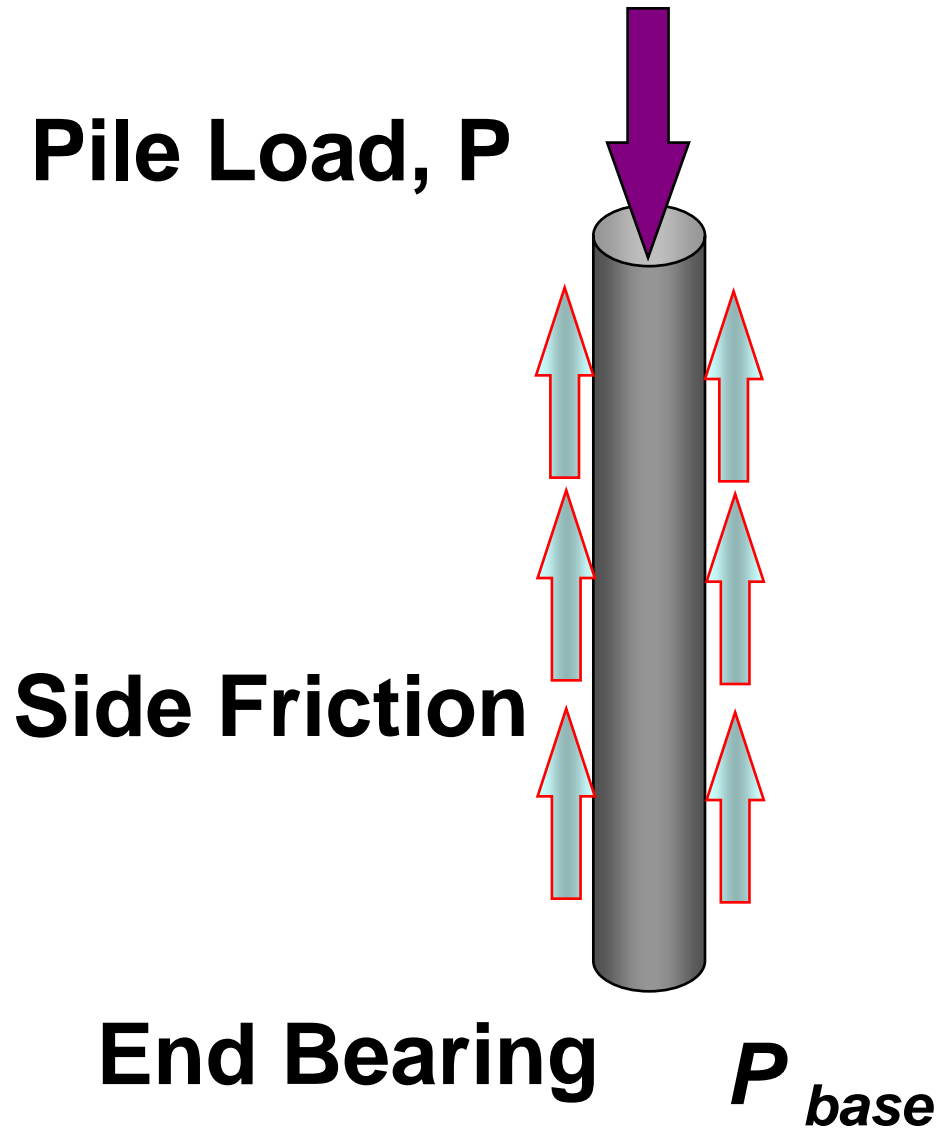
- When loose soil extends to a great depth, the piles are driven up to such a depth that **the frictional resistance developed at the sides of the piles equals the load coming on the piles.**
- **Great care should be taken** to determine the frictional resistance offered by the soil and **suitable factor of safety should be provided in the design.**

# Friction piles

- Transmit most of their load through the layers through which the piles pass, i.e., mostly through the surface friction with the surrounding soils.



# Friction Piles



# Timber Piles

- Relatively inexpensive
- Usually limited to short lengths.
- Low capacity.

➤ Advantages:

Easy handling. Non-corrosive material. If permanently submerged then fairly resistant to decay.

➤ Disadvantages:

May require treatment to prevent decay, insects, and borers from damaging pile. Easily damaged during hard driving and inconvenient to splice.

# Steel Piles

## ➤ Advantages:

**High axial working capacity. Wide variety of sizes. Easy on-site modifications. Fairly easy to drive, minimal soil displacement, good penetration through hard materials (with shoe).**

## ➤ Disadvantages:

**High cost, difficulty in delivery, relatively higher corrosion, noisy driving.**

# Concrete Piles

## ➤ Advantages:

High capacity, relatively inexpensive, usually durable and corrosion resistant in many environments (not marine).

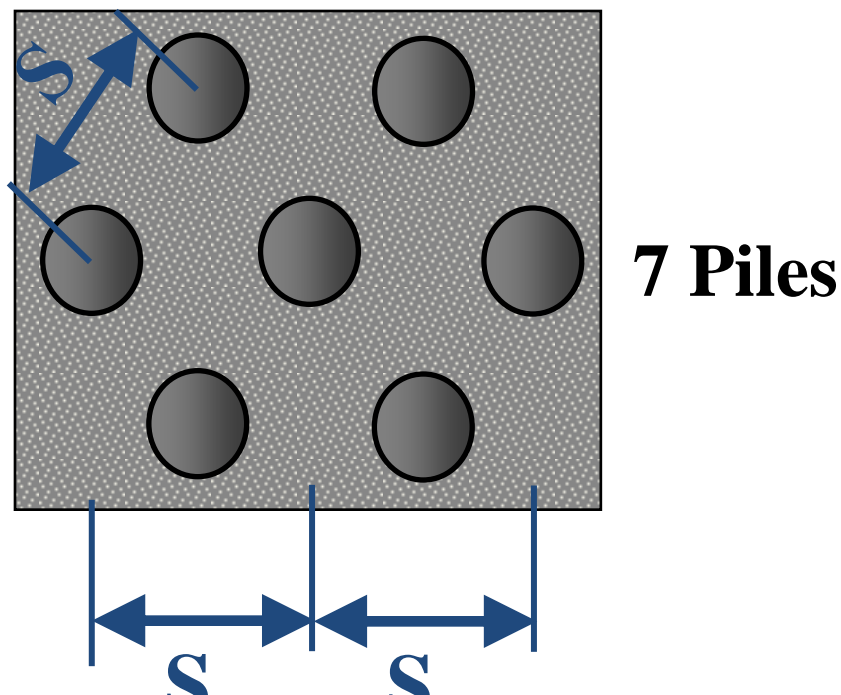
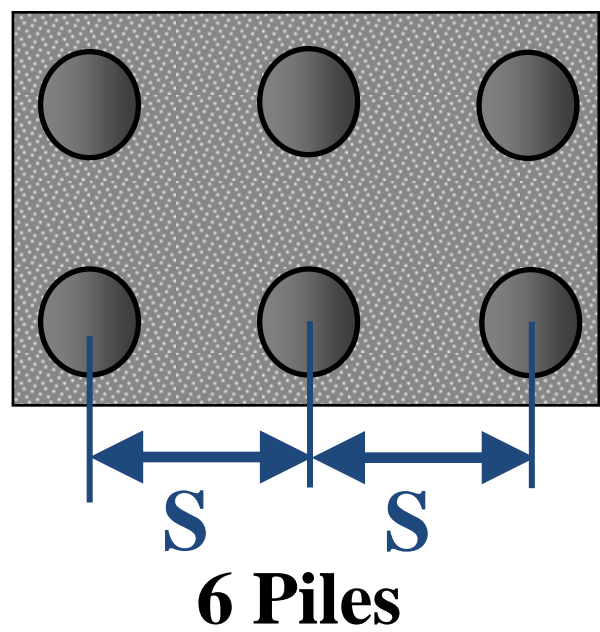
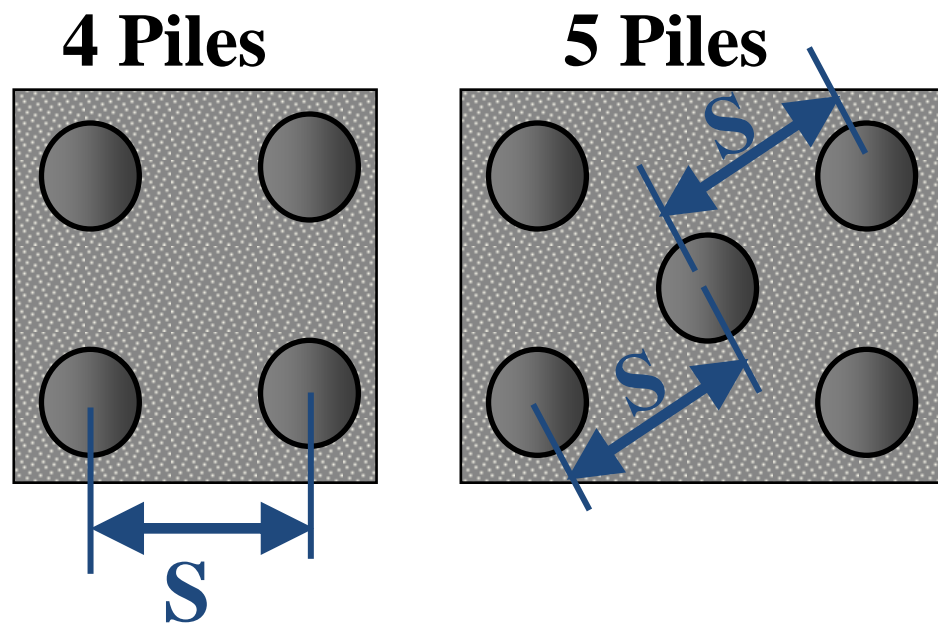
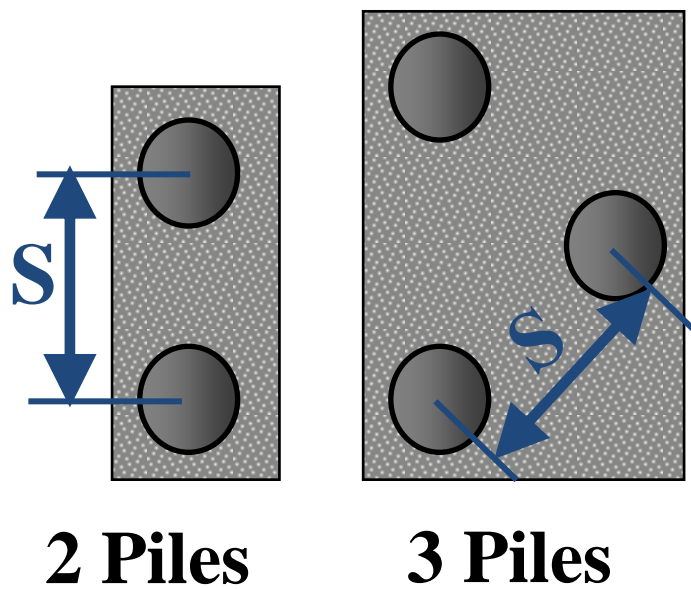
## ➤ Disadvantages:

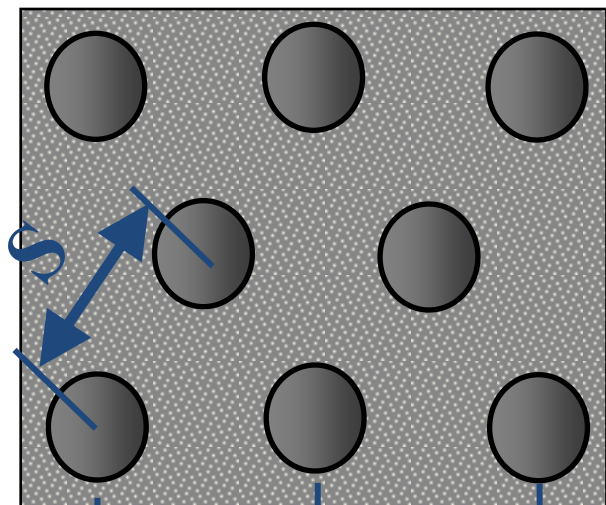
Handling, splicing, and transportation difficulties (for precast piles). Soil caving in cast insitu piles.



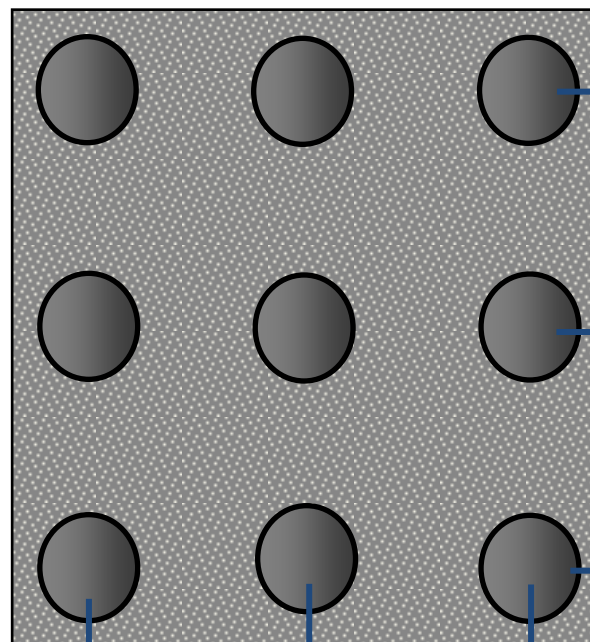
# Pile spacing

- The center to center distance of successive piles is known as pile spacing.
- It has to be carefully designed by considering the following factors,
  - 1) Types of piles
  - 2) Material of piles
  - 3) Length of piles
  - 4) Grouping of piles
  - 5) Load coming on piles
  - 6) Obstruction during pile driving
  - 7) Nature of soil through which piles are passing.
- The spacing between piles in a group can be assumed based on the following:
  - 1- Friction piles need higher spacing than bearing piles.
  - 2- Minimum spacing ( $S$ ) between piles is 2.5.
  - 3- Maximum spacing ( $S$ ) between piles is 8.0.





**8 Piles**



**9 Piles**

# Pile capacity

- There are two approaches for obtain the capacity of the pile,
  - **Field Approach**
  - **Theoretical Approach**
  - **Field Approach :-** In this approach the **pile is loaded to the desired level** and its capacity is measured.

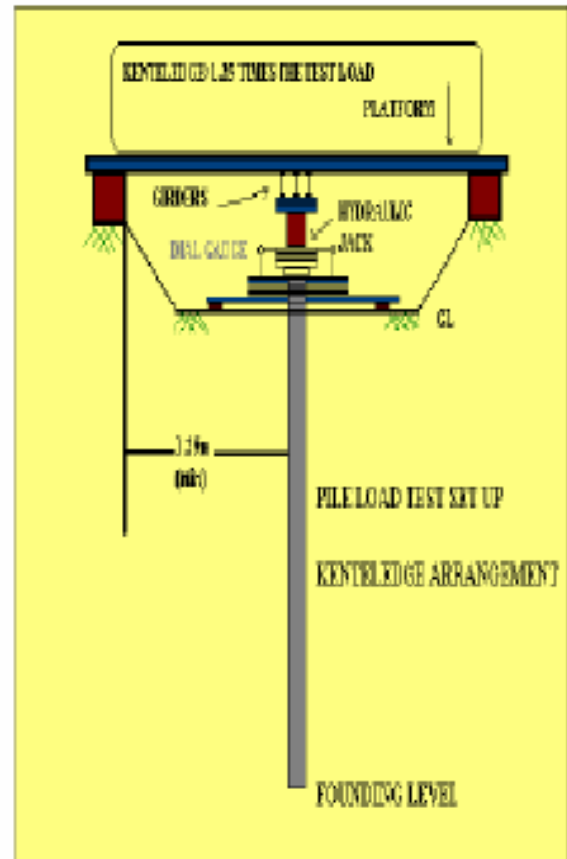
A **test pile of required dimensions is constructed in the field work** and load test is conducted to assess the capacity of the pile.

This approach gives more realistic estimate of pile capacity. However **it is time consuming** as well as **costly**.



**FIELD SET UP**

up for a St  
oad test c



**TEST SCHEMATIC DIAGRAM**

# Pile capacity

- **Theoretical Approach** :- In this approach the pile capacity is calculated using some formula in which the soil data is fed for obtaining the capacity.

**Bearing capacity of piles from soil parameters:**

**Static Formula Method**

$$(Q_u = Q_b + Q_s)$$

Embedded = D  
Length

$Q_u =$  Ultimate Bearing Capacity

$$Q_s = fA_s$$

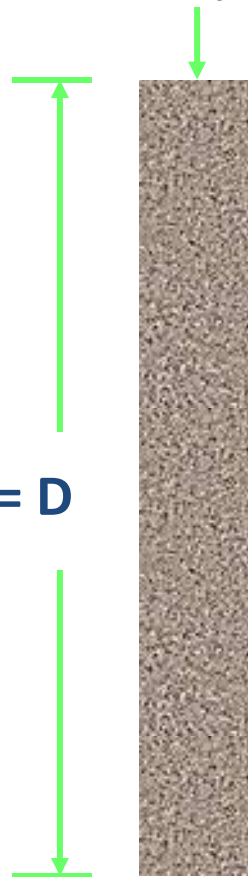
$f =$  Unit Frictional Resistance

$A_s =$  Shaft Area (Pile surface area)

$q_b =$  Unit Bearing Capacity

$A_b =$  Area of Pile Base

$$Q_b = q_b A_b$$



# Factors affecting pile capacity

- Surrounding soil
- Installation technique (like driven or bored).
- Method of construction (like pre cast or cast in situ).
- Location of pile in a group.
- Spacing of piles in a group.
- Symmetry of the group.
- Shape of pile cap
- Location of pile cap (like above soil or below soil).
- Drainage condition in soil.

# Non - Load bearing piles

- This piles are used to **function as the separating members below ground level** and they are generally **not designed to take any vertical load.**
  
- This piles are also known as **the sheet piles.**
  
- **The materials used for the construction** of non load bearing piles are,
  - i. **Timber sheet piles**
  - ii. **Steel sheet piles**
  - iii. **Concrete sheet piles**



# Non - Load bearing piles

- Non load bearing piles are used for the following purposes.
  - **To isolate foundations from the adjacent soils.** This prevents escape of soil and passage of shocks and vibrations to adjoining structure.
  - **To prevent underground movement of water** like to construct a cofferdam, it requires a water tight enclosure in the construction of foundation under water.
  - **To prevent the transfer of machine vibrations to the adjacent structures.**
  - **To construction of retaining wall.**
  - **To protect the river banks.**
  - **To retain the sides of foundation trenches.**

# Pile Driving

- The **process of forcing the piles into the ground without excavation** is termed as the pile driving.
- The piles should be **driven vertically**.
- However, a tolerance of eccentricity of 2 % of the pile length is permissible.
- The **eccentricity is measured by means of plumb bob**.
- The equipments required for pile driving are as follows,
  - i. Pile fumes
  - ii. Pile hammers
  - iii. Leads
  - iv. Winches
  - v. Miscellaneous

# Pile Installation

- Pile Installation is as important as design. There are two methods for the installation of piles.
  - Installation by Driving
  - Installation by Boring



# Installation of pile by driving

- ❖ Installation by Driving : -
  - Usually Driven piles are **driven into the ground by impact force** which causes considerable stresses in the piles.
  - The forces and accelerations induced in the pile during driving are **recorded using a data logger called Pile Driving Analyzer( PDA)**.
  - The data obtained by PDA will be used to study the pile integrity and potentially dangerous defects like honey combing, cracks, presence of foreign matter, etc.
  - The PDA works on the principles of wave propagation.

**Setup to produce impact on the pile**

**Data collector and Analyzer called pile driving analyzer ( PDA)**



*Dynamic pile load testing and stress analysis*

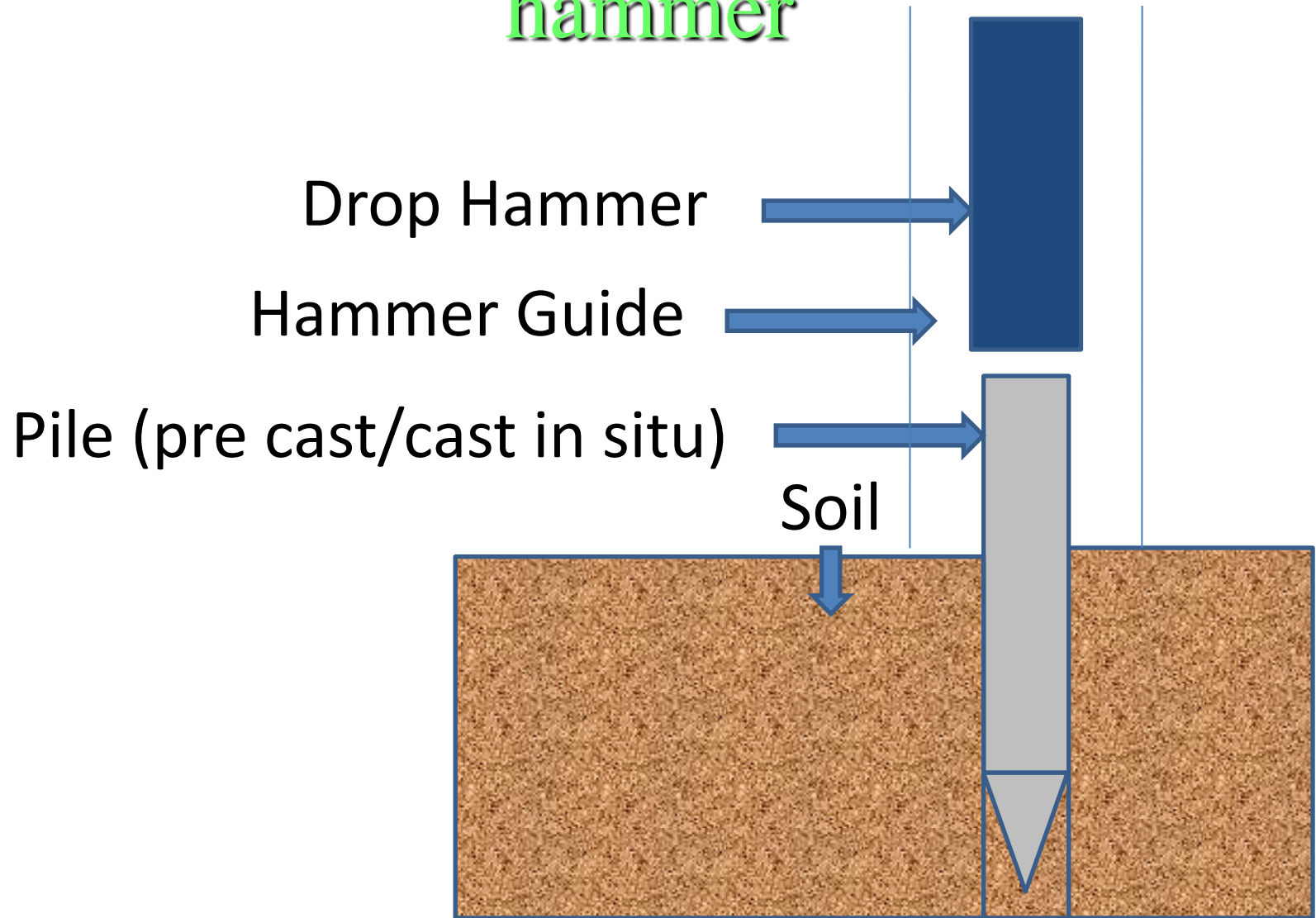
# Factors to be considered in Installation of pile by driving

- If the driving has to be carried out by hammer, then following factors should be take into consideration.
  - The size and weight of the pile.
  - The driving resistance which has to be overcome to achieve the desired penetration.
  - The available space and head room in the site because the hammer has to be dropped from certain height.
  - The availability of cranes.
  - The noise restrictions which may be in force in the locality.

# Other methods for pile driving

- **Dropping weight**
- **Explosion**
- **Vibration**
- **Jacking (only for micro piles)**
- **Jetting**

# Schematic sketch of pile driving with hammer







*THANK YOU*