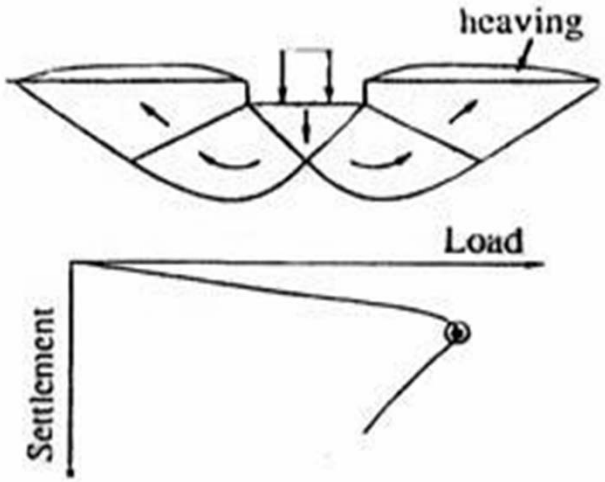
# Foundation Engineering
# 2023-2024
# Third Lecture (3)
# "Bearing Capacity – قدرة التحمل"

Dr. Maiasa Mlhem

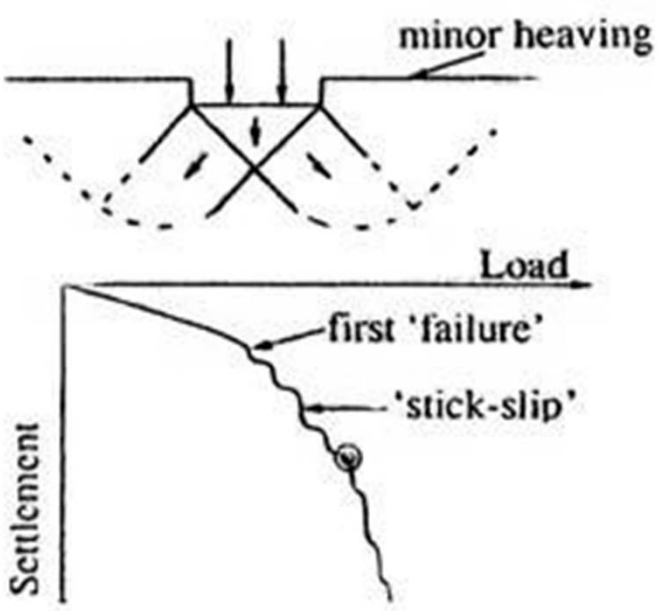
د.مياسة ملحم

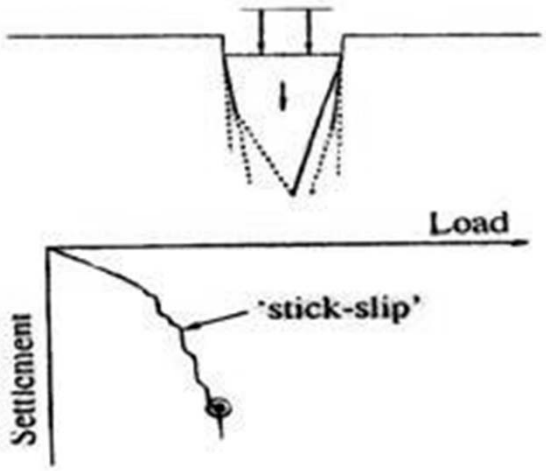
# أنماط الانهيار




General Shear Failure
انهيار القص العام

Local Shear Failure
انهيار القص المحلي




Punching Shear Failure
انهيار قص الثقب

# متطلبات قدرة التحمل

- **العمق الكافي**
- **الهبوط التفاضلي**
- **الأمان ضد الانهيار:**

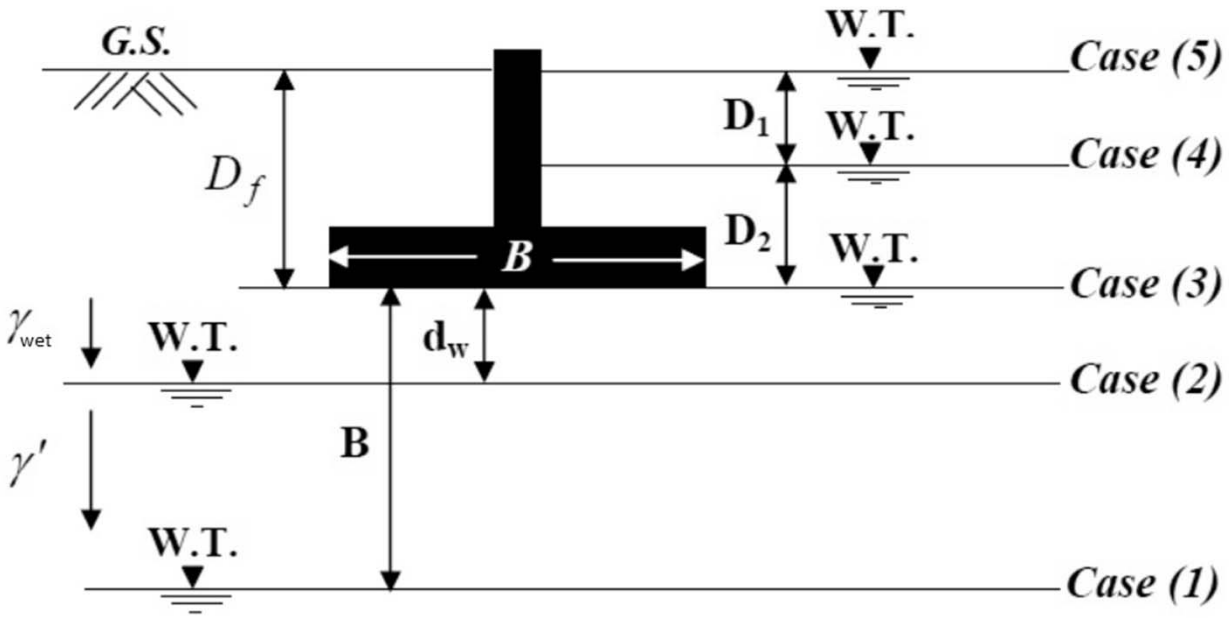
- وهو عبارة عن نوعين من الانهيار:

- انهيار انشائي في جسم الأساس
- انهيار في التربة الداعمة تحت الأساس

# العوامل المؤثرة على قدرة التحمل

- نوع التربة (متماسكة أم مفككة)
- المواصفات الفيزيائية للأساس، مثل الأبعاد، العمق، الشكل، النوع، القساوة.
- قيمة الهبوط الكلي والتفاضلي الذي يمكن للمنشأ أن يتحمله.
- المواصفات الفيزيائية للتربة مثل الكثافة ومقاومة القص.
- ظروف تواجد المياه الجوفية.
- الاجهادات الأساسية في التربة.

# تأثير المياه الجوفية على قدرة تحمل التربة




- لحساب تأثير المياه الجوفية على قيمة قدرة تحمل التربة عدة طرق نذكر منها الطريقة التالية:

(ملاحظة: يمكن اعتماد طريقة أخرى للحل إذا كانت مقبولة منطقياً وموجودة في المراجع العلمية المعتمدة)

Case 1 الحالة الأولى: لا يوجد تأثير للمياه الجوفية على قدرة التحمل

Case 2 الحالة الثانية:

- تتوضع المياه الجوفية بين العمق B ونعل الأساس، نستخدم $\gamma_{av}$ ضمن الجزء $0.5*\gamma*B*N_{\gamma}$ من معادلة قدرة التحمل حيث:

$$\gamma_{av.} = \gamma' + (\frac{d_w}{B}) * (\gamma_{wet} - \gamma')$$

- حيث:

$\gamma_{wet}$ الوزن الحجمي الرطب للتربة

$\gamma'$ الوزن الحجمي المغمور للتربة= $\gamma_{sat} - \gamma_{wet}$

$d_w$ عمق المياه الجوفية تحت نعل الأساس

- Case 3 الحالة الثالثة:
- عندما تتوضع المياه الجوفية عند نعل الأساس نستخدم ´γ بدلا من γ.
- Case 4 الحالة الرابعة:

تتوضع المياه الجوفية بين سطح الأرض الطبيعية وبين نعل الأساس

- نعوض كما يلي:

$$q = \gamma_t . D_{1(above..W.T.)} + \gamma' . D_{2(below..W.T.)}$$

$$\gamma = \gamma' \ in \ \frac{1}{2} \gamma . B . N_\gamma$$

- Case 5 -الحالة الخامسة:
- منسوب المياه الجوفية عند سطح الأرض الطبيعية نعوض كما يلي:

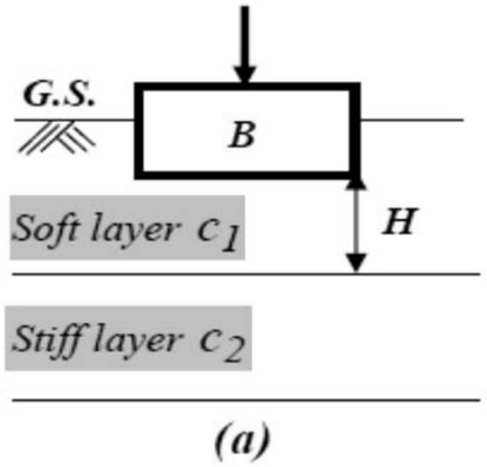
$$\gamma = \gamma' \ in \ \frac{1}{2} \gamma . B . N_\gamma \qquad q = \gamma' . D_f$$

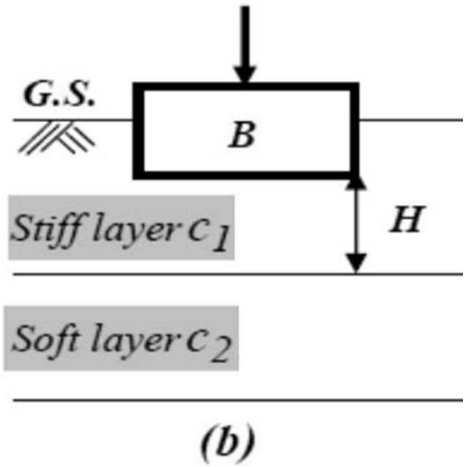
# التأسيس على ترب متطبقة

- **الحالة 1 – التأسيس على ترب متماسكة Φ=0:**
- عندما تكون الطبقة العليا أقوى من الطبقة الدنيا ($C_2/C_1 \leq 1$)
- عندما تكون الطبقة العليا أضعف من الطبقة السفلى ($C_2/C_1 > 1$)

$$H_{crit.} = 0.5B\tan(45 + \phi_1/2)$$

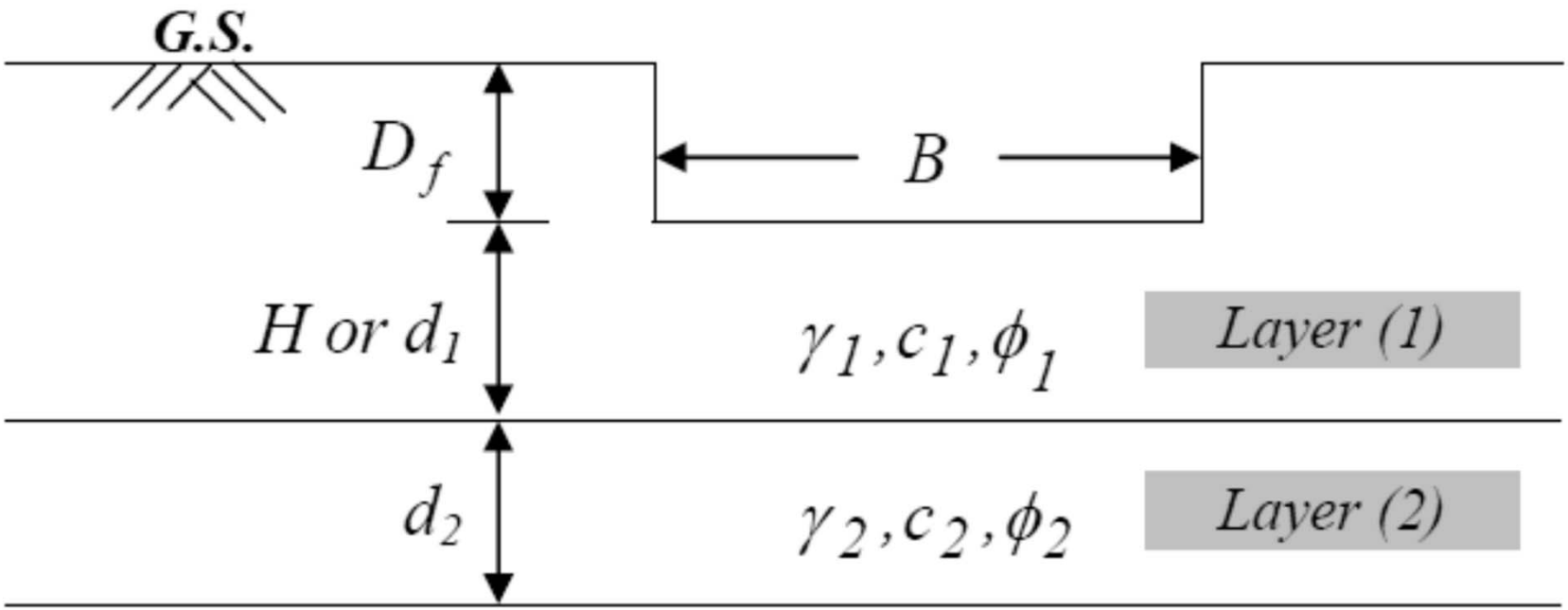
**انهيار لدن**




**انهيار قص**

- **الحالة 2– التأسيس على ترب Φ, C:**



## طريقة الحل:

- نحسب عمق الاختراق كما يلي: $H_{crit.} = 0.5B\tan(45 + \phi_1 / 2)$

فإذا كان: $H_{crit} > H$ نعدل قيم C و Φ كما يلي:

$$c^* = \frac{Hc_1 + (H_{crit.} - H)c_2}{H_{crit.}} \qquad \phi^* = \frac{H\phi_1 + (H_{crit.} - H)\phi_2}{H_{crit.}}$$

ومن ثم نحسب قدرة التحمل من العلاقة:

$$\boxed{q_{ult.} = c^* N_c S_c d_c + qN_q S_q d_q + 0.5\gamma BN_\gamma S_\gamma d_\gamma .}$$

- **<u>الحالة 2– التأسيس على ترب متطبقة من غضار ورمل:</u>**

a) رمل وتحته طبقة غضار  b) غضار وتحته طبقة رمل

- معادلة هانسن:

1) نحسب قيمة $H_{crit}= 0.5 * B* \tan(45+\Phi_1/2)$ حيث $\Phi_1$ للطبقة العليا

2) إذا كان $H_{crit} > H$ للحالتين a و b نحسب قدرة التحمل من العلاقة التالية:

$$q_{ult.} = q_b + \frac{p.Pv.K_s.\tan\phi_1}{A_f} + \frac{p.d_1 c_1}{A_f} \le q_t$$

حيث $q_t$ قدرة تحمل التربة بالنسبة للأساس للطبقة العلوية

$q_b$ قدرة تحمل التربة بالنسبة للأساس للطبقة السفلى

- P محيط الثقب ويساوي

π*D أو 2*(B+L)

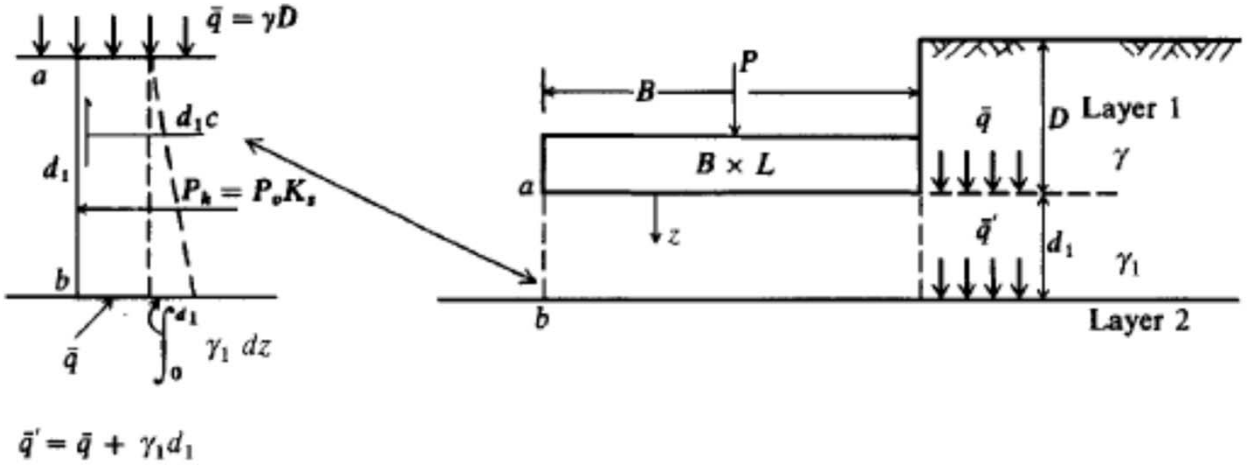
- $P_V$ الضغط الشاقولي من

نعل الأساس إلى الطبقة السفلى

ويحسب من العلاقة التالية:

$$\int_0^d \gamma * h dh + \bar{q} d_1$$

- $K_s$ ويحسب من العلاقة $k_o = 1-\sin\Phi$




$\bar{q}' = \bar{q} + \gamma_1 d_1$

- إذا كانت Φ>o (عضار أو رمل) تكون:

$$q_t = c_1 N_{c1} S_{c1} d_{c1} + \gamma_1 D_f N_{q1} S_{q1} d_{q1} + 0.5 B \gamma_1 N_{\gamma 1} S_{\gamma 1} d_{\gamma 1}$$

$$q_b = c_2 N_{c2} S_{c2} d_{c2} + \gamma_1 (D_f + H) N_{q2} S_{q2} d_{q2} + 0.5 B \gamma_2 N_{\gamma 2} S_{\gamma 2} d_{\gamma 2}$$

- إذا كانت $\Phi_u$ (غضار غير مصرف) تكون:

$$q_t = 5.14 S_u (1 + S'_c + d'_c) + \gamma_1 D_f$$

$$q_b = 5.14 S_u (1 + S'_c + d'_c) + \gamma_1 (D_f + H)$$

- **<u>إذا كان لدينا عدة طبقات ذات سماكة صغيرة من ترب c-Φ</u>**
- نحسب قيمة معدل التماسك من العلاقة:

$$c_{av} = \frac{c_1H_1 + c_2H_2 + c_3H_3 + \cdots + c_nH_n}{\sum H_i}$$

ومعدل زاوية الاحتكاك من العلاقة:

$$\phi_{av} = \tan^{-1} \frac{H_1 \tan\phi_1 + H_2 \tan\phi_2 + \cdots + H_n \tan\phi_n}{\sum H_i}$$

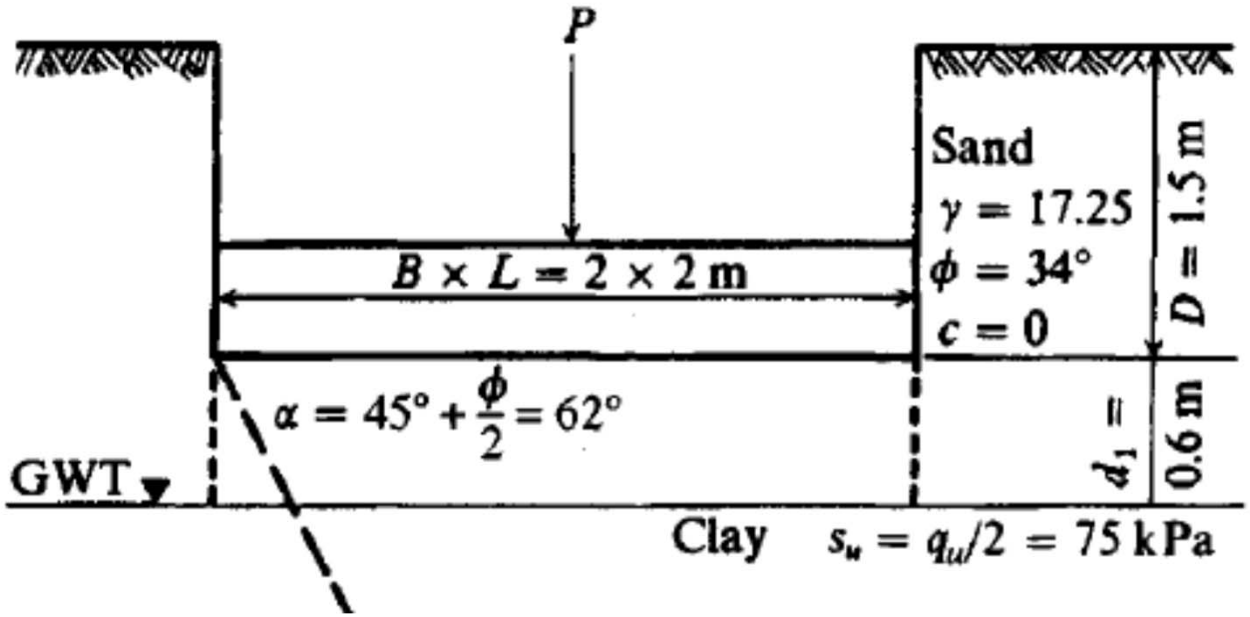
ونتعامل مع الطبقات كأنها طبقة واحدة

# مسألة 2:

يبين الشكل أبعاد الأساس.

المطلوب: ماهي قدرة التحمل الحدية

والمسموحة إذا كان عامل الأمان للرمل 2 وللغضار 3 ؟



# الحل:

- نبدأ بحساب قدرة التحمل للطبقة الرملية وفق هانسن لدينا:

$$N_q = 29.4 \qquad N_\gamma = 28.7$$

$$s_q = 1 + \tan 34^\circ = 1.67 \qquad s_\gamma = 0.6$$

$$d_q = 1 + 0.262\left(\frac{1.5}{2}\right) = 1.2 \qquad d_\gamma = 1$$

- نعوض في المعادلة فتكون قدرة التحمل لطبقة الرمل أي الطبقة العلوية $q_t$:

$$= 1.5(17.25)(29)(1.67)(1.2) + 0.5(17.25)(2)(29)(0.6)(1)$$

$$= 1804 \rightarrow \mathbf{1800}\ \mathbf{kPa}$$

- الآن نحسب لطبقة الغضار:

$$N_c = 5.14$$

- نحسب المعاملات:

$$s'_c = 0.2\left(\frac{B}{L}\right) = 0.2\left(\frac{2}{2}\right) = 0.2 \qquad s_q = d_q = 1$$

$$d'_c = 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B} = 0.4\tan^{-1}\left(\frac{2.1}{2}\right) = 0.32 \quad \left(\frac{D}{B} > 1\right)$$

- فتكون قدرة تحمل الطبقة الغضاري أي $q_b$ =

$$= 5.14(75)(1 + 0.2 + 0.32) + 2.1(17.25)(1)(1)$$
$$= \mathbf{622}\ \text{kPa}$$

• الآن نحسب قيمة $P_v$ من العلاقة:

$$P_v = \bar{q} d_1 + \int_0^{d_1} \gamma h \, dh \qquad \text{(kN/m)}$$

$$P_v = 1.5(17.25)(0.6) + 17.25 \frac{h^2}{2} \Big|_0^{0.6}$$

$$= 15.5 + 3.1 = 18.6 \text{ kN/m}$$

• الآن نحسب قيمة $K_s$

$K_s = K_o = 1\text{-}\sin \Phi = 0.44$

محيط الثقب p = 2*(2+2) = 8m

وبما أن c=0 يكون

بالتعويض:

$$q_{ult.} = q_b + \frac{p.Pv.K_s.\tan\phi_1}{A_f} + \frac{p.d_1.c_1}{A_f} \leq q_t$$

$$= 622 + \frac{8(18.6)(0.44)\tan 34°}{2 \times 2} = 633 \text{ kPa} \cdot$$