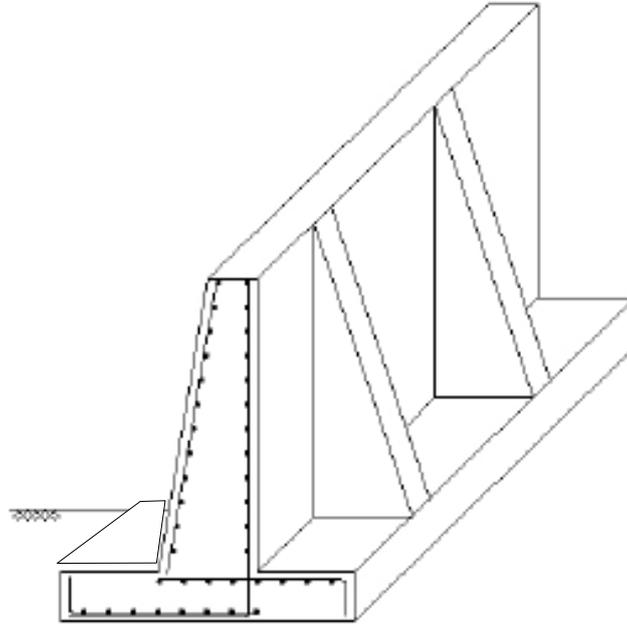


### الفصل الخامس : الجدران ذات التدعيم العكسي

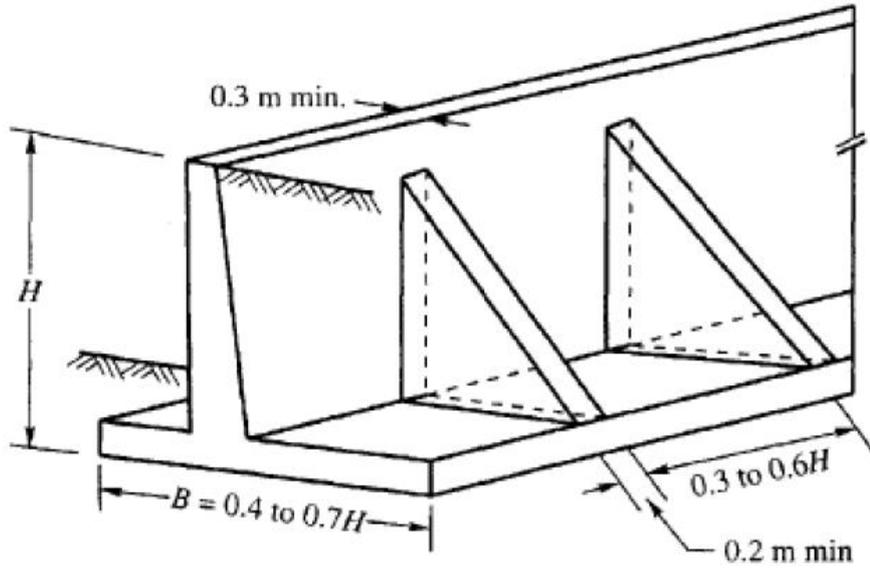
تتكون الجدران ذات التدعيم العكسي من بلاطات بيتونية شاقولية نحيفة تستند على دعائم خلفية أو أمامية، تربط بلاطة القاعدة بالجدع وتعمل على تخفيض القوى القاصصة و عزوم الانعطاف المؤثرة على الجدار (الشكل 1.5). يستخدم هذا النوع من الجدران في حالة الارتفاعات الكبيرة أو عند وجود ضغوط كبيرة خلف الجدار.



الشكل 1.5 : الجدران ذات التدعيم العكسي

من أجل الجدران ذات التدعيم العكسي يمكن فرض أبعاد مماثلة لتلك المستخدمة في الجدران الظرفية مع أخذ سماكة بلاطات الدعائم العكسية حوالي 0.3m و التباعد بين الدعائم حوالي  $L=(0.3-0.6)H$

يوضح الشكل 2.5 الأبعاد الأولية للجدران ذات التدعيم العكسي



الشكل 2.5 : الأبعاد الأولية للجدران ذات التدعيم العكسي

يتم حساب الضغوط الجانبية على الجدران ذات التدعيم العكسي والتحقق من أمان هذه الجدران على الانقلاب والانزلاق والقص بنفس الطريقة المتبعة للجدران الظرفية، ويتم عادة إهمال أوزان الدعائم، وتختلف دراسة هذه الجدران عن الجدران الظرفية في دراسة جذع وكعب الجدار، كما تضاف دراسة الدعائم. سنعرض فيما يلي دراسة دراسة هذه العناصر بالتفصيل.

### 1.5 الطريقة التقريبية لدراسة الجدران ذات التدعيم العكسي

#### أ-تصميم جذع الجدار

تعتبر هذه الطريقة أن الحمولات المؤثرة على بلاطة الجذع تنتقل بالاتجاه الأفقي فقط. تدرس بلاطة الجذع عن طريق أخذ شريحة مترية على طول الجدار واعتبارها كجائز غير مقرر ستاتيكيًا، وتحسب عزوم الانعطاف لهذا الجائز بشكل تقريبي كما هو مبين في الشكل 3.5.

يمكن دراسة الجوائز غير المقررة ستاتيكيًا بالطرق التقريبية، ويمكن اعتبار عزم المساند مساويًا لـ  $qL^2/10$  بعيداً عن أسفل الجذع و  $qL^2/12$  (التباعد بين الدعامات من المحاور) بالقرب من أسفل الجذع وذلك بسبب الاتصال الصلب بين الجذع والقاعدة، أما عزم الفتحات فيمكن اعتباره وبشكل تقريبي مساويًا لـ  $qL^2/24$ ،  $q$  تمثل الدفع الجانبي الناتج عن ترربة الردم خلف الجدار وعن الحمولات الخارجية السطحية بالإضافة إلى الدفع الناتج عن الزلازل وعن المياه في حال تم

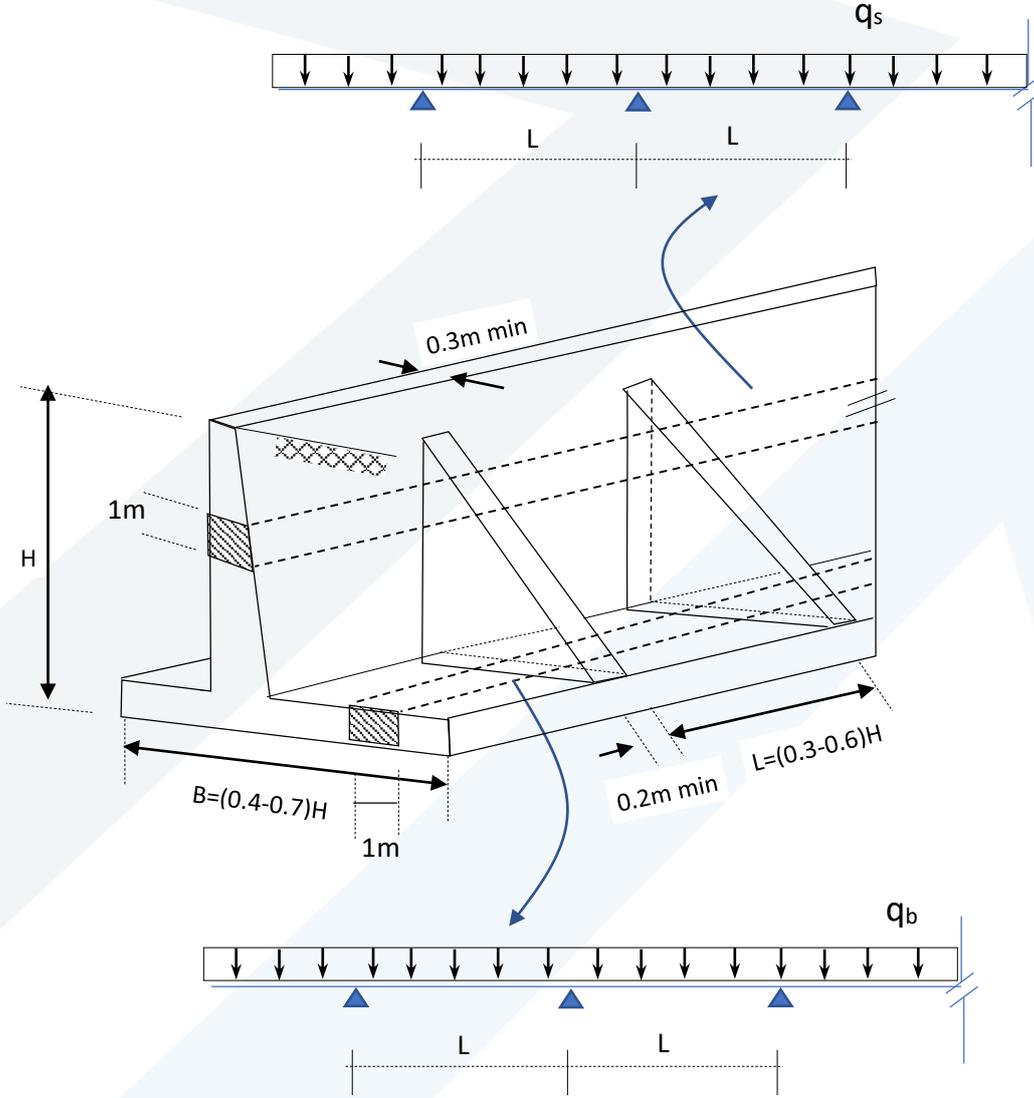
أخذهما بعين الاعتبار. يمكن اعتبار  $q$  مساوية للقيمة الوسطية للدفع الأفقي على الجذع على عرض الشريحة (عادة 1m ) أو للأمان يمكن اعتبارها مساوية للقيمة الأعظمية للحمولة على عرض الشريحة. في دراسة بلاطات الجذع.

### ب-تصميم كعب الجدار

بالنسبة لبلاطة كعب الجدار، إذا كانت النسبة  $L/B_h < 1.75$  (تمثل عرض كعب الجدار) فإنه يدرس كجائز مستمر كما هو مبين في الشكل 3.5 ، أما إذا كانت النسبة  $L/B_h \geq 1.75$  فإنه يدرس كظفر موثوق في جذع الجدار. تمثل حمولة الكعب  $q_b$  الفرق بين مجموع (وزن التربة فوق الكعب والوزن الذاتي للكعب والحمولات الخارجية فوق الكعب الجدار) ورد فعل التربة على الكعب.

### ج-تصميم قدم الجدار

أما قدم الجدار فيدرس في الاتجاه العرضاني كجائز مقرر ستاتيكيًا، يخضع لحمولة وزنه الذاتي ورد فعل التربة عليه، ويدرس بنفس طريقة دراسة القدم للجدران الظرفية.



الشكل 3.5 : الطريقة التقريبية في دراسة لجان ذات التدعيم العكسي

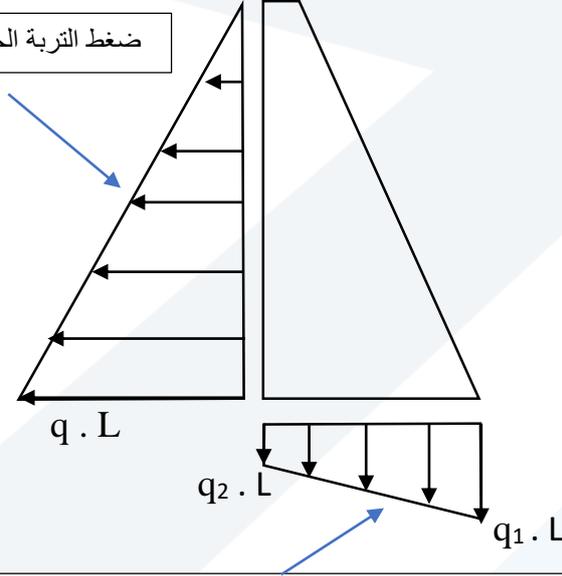
د- تصميم الدعامات الخلفية

1-حمولات الدعامة

بإهمال الوزن الذاتي للدعامة، تخضع الدعامة لحمولة أفقية مساوية لمحصلة دفع التربة الأفقي بين دعامتين، بالإضافة إلى حمولة شاقولية مساوية لمحصلة القوى الشاقولية بين دعامتين والمكونة من المركبة الشاقولية لدفع التربة ومن وزن التربة فوق الكعب والوزن الذاتي للكعب ورد فعل التربة على الكعب.

يبين الشكل 4.5 الحمولة التي تتعرض دعامة خلفية وسطية

ضغط التربة الجانبي\*التباعد بين محاور الدعامات



(المركبة الشاقولية للدفع الجانبي + وزن التربة فوق الكعب + وزن الكعب-رد فعل التربة فوق الكعب)\*التباعد بين محاور الدعامات

الشكل 4.5: القوى المنقولة إلى الدعامات

2- التصميم الانشائي للدعامة

التسليح الرئيسي للدعامة

تصمم الدعامة كظفر موثوق في القاعدة، يتعرض لحمولة مثلثية ناتجة عن ضغط التربة الجانبي ومبينة في الشكل 4.5

يحسب عزم الانعطاف على عمق Z من قمة الجدار بالعلاقة :

$$M_z = \gamma \frac{(H-t_b)^3}{6} \cdot K_a = \frac{q \cdot (H-t_b)^2}{6}$$

حساب التسليح الرئيسي

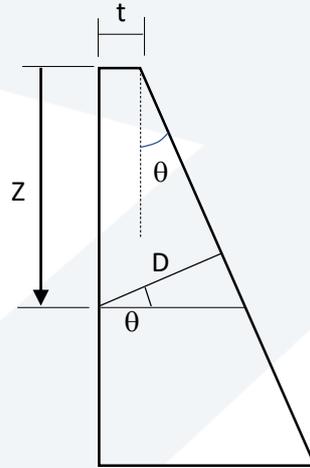
يحسب تسليح العامة على عمق Z بالعلاقة :

$$A_s = \frac{M_z}{\gamma_z \cdot \bar{\sigma}_s \cdot (D-a)}$$

D ارتفاع الجذع على عمق Z ، العمودي على الوجه الخلفي المائل للدعامة (الشكل %%)

$$D = [t + Z \cdot \tan(\theta)] \cdot \cos(\theta) = t \cdot \cos\theta + Z \cdot \sin\theta$$

a سماكة التغطية (a=7cm)



### التسليح الأفقي للدعامة

تتعرض الدعامة لدفع تربة جانبي يحاول فصل الدعامة عن البلاطة الشاقولية (الجذع) لذا يجب تزود الدعامة بتسليح أفقي على كامل عرض الدعامة وعلى طبقتين وذلك لتأمين ربط الدعامة مع البلاطة الشاقولية، ويكثف هذا التسليح في الثلث السفلي من ارتفاع الدعامة، بينما تباعد الشدادات في ثلثي الارتفاع الباقي.

قوة الدفع الأفقي المطبقة على الدعامة :

$$F_H = \frac{1}{2} \gamma \cdot (H - t_b)^2 \cdot K_a \cdot L$$

$t_b$  تمثل سماكة القاعدة

ويكون التسليح الأفقي اللازم للدعامة :

$$A_{s,h} = \frac{F_H}{\bar{\sigma}_s}$$

### التسليح الشاقولي للدعامة

تتعرض الدعامة في الجزء السفلي منها إلى دفع شاقولي يحاول فصل الدعامة عن بلاطة القاعدة لذا تزود الدعامة بتسليح شاقولي على كامل عرض الدعامة وعلى طبقتين وذلك لتأمين ربط الدعامة مع بلاطة القاعدة.

قوة الدفع الشاقولي المؤثرة :

$$F_v = \frac{(q_1 + q_2) \cdot L}{2} \cdot B_h$$

$B_h$  عرض الكعب

ويكون التسليح الشاقولي اللازم للدعامة :

$$A_{s,v} = \frac{F_v}{\bar{\sigma}_s}$$

2.5 الطريقة الدقيقة لدراسة الجدران ذات التدعيم العكسي

في الطريقة الدقيقة لدراسة الجدران ذات التدعيم العكسي يتم دراسة بلاطات الجذع والكعب كبلاطات مستمرة من ثلاثة اتجاهات وحرارة من الاتجاه الرابع.

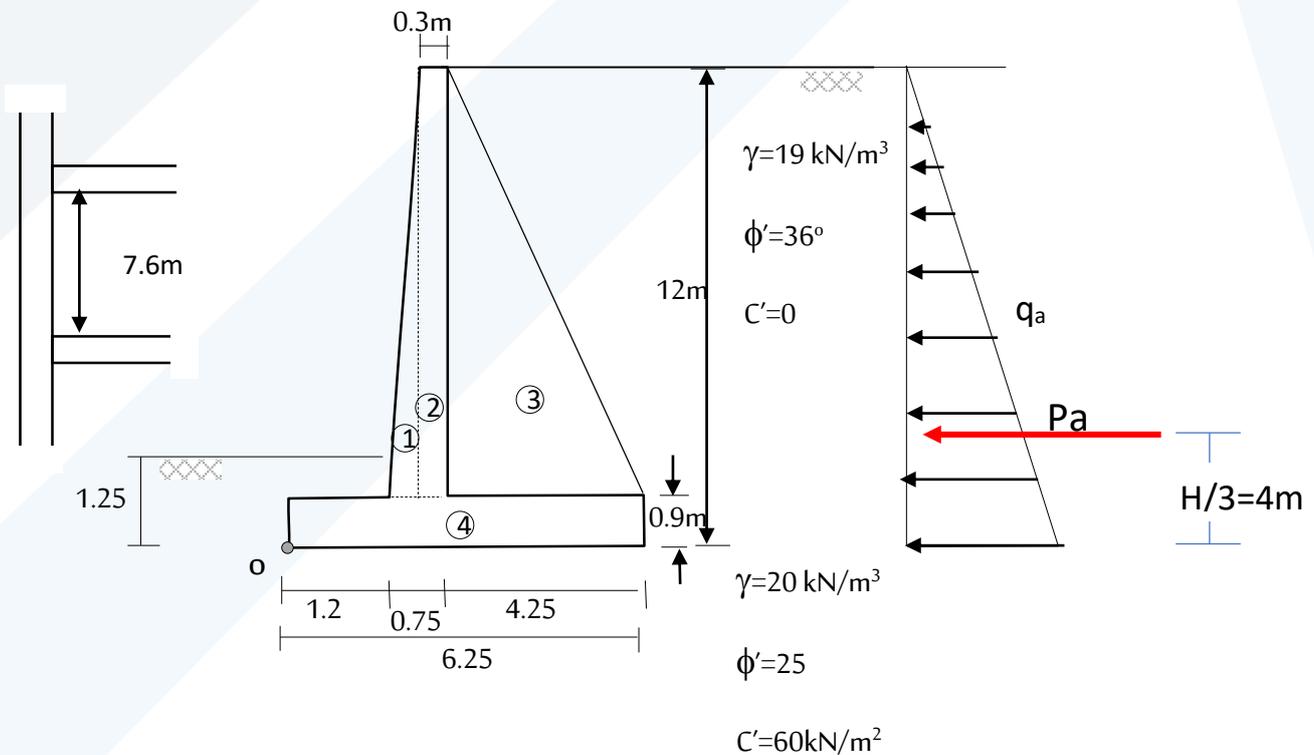
يمكن الاعتماد على الجداول لحساب عزوم الانعطاف للبلاطات، وكذلك لحساب ردود أفعال البلاطات على الدعامة.

مثال 1.5

يطلب تصميم جدار استنادي بتدعيم معاكس أبعاده موضحة على الشكل 5.5 علماً بأن مواصفات تربة الردم خلف الجدار هي كالتالي:  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 36^\circ$ ,  $C' = 0$  ومواصفات البيتون وفولاذ التسليح هي كالتالي:

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3, f'_c = 20 \text{ MPa}, f_y = 400 \text{ MPa}$$

تربة التأسيس عبارة عن غضار رملي، مواصفاته كالتالي:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $C' = 100 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi' = 15^\circ$



الشكل 5.5 : معطيات المثال 1.5

الحل

$$K_a = \tan^2(45 - 18) = 0.26$$

$$q_{a,z} = \gamma \cdot z \cdot K_a = 19 \cdot 0.26 \cdot z = 4.94z$$

$$P_{a,z} = q_{a,z} \cdot \frac{z}{2} = 2.47z^2$$

$$P_{a,H} = 2.47 \cdot (12)^2 = 355.7 \text{ kN/m}$$

التحقق من الأمان على الانقلاب

	القوة (kN/m)	الذراع (m)	العزم حول O (kN.m/m)
القوى المقاومة للانقلاب			
W1	$11.1 \cdot 0.45 / 2 \cdot 25 = 32.4$	1.55	50.2
W2	$11.1 \cdot 0.3 \cdot 25 = 83.25$	1.85	154
W3	$11.1 \cdot 4.25 \cdot 19 = 896.3$	4.125	3697.2
W4	$0.9 \cdot 6.25 \cdot 25 = 140.6$	3.125	439.4
$P_v = \sum w_i = 1152.6 \text{ kN}$			
المجموع	$P_v = 1152.6$	$M_R =$	4340.8
القوى المسببة للانقلاب			
Pa	355.7	4	1422.8
		$M_o =$	1422.8

$$F_s = \frac{M_R}{M_o} = \frac{4340.8}{1422.8} = 3.05 > 1.5 \text{ OK}$$

عامل الأمان على الانقلاب :

التحقق من الأمان على الانزلاق

القوى الأفقية الممانعة للانزلاق  $F_R$

بإهمال الضغط السلبي، تكون القوى الممانعة للانزلاق:

$$F_R = P_v \cdot \tan \phi_2^* + B \cdot C_2^*$$

$$C_2'^* = \frac{2}{3}C_2' = \frac{2}{3} * 60 = 40 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan\phi_2'^* = \frac{2}{3}\tan\phi_2' = \frac{2}{3}\tan 25 = 0.311$$

$$F_R = P_v \cdot \tan\phi_2'^* + B \cdot C_2'^* = 1152.6 * 0.311 + 6.25 * 40 = 608.5 \text{ kN/m}$$

القوى الزالقة :

$$F_d = P_{a,h} = 19 * 0.26 * \frac{(12)^2}{2} = 355.7 \text{ kN/m}$$

عامل الأمان على الانزلاق

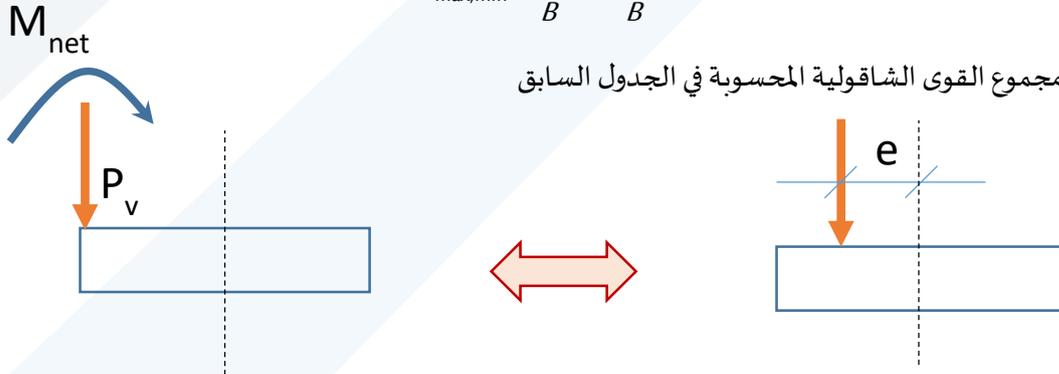
$$F_s = \frac{\sum F_R}{\sum F_d} = \frac{608.5}{355.7} = 1.71 > 1.5 \text{ OK}$$

التحقق من الأمان ضد القص

الاجهادات تحت الأساس

$$q_{\max,\min} = \frac{P_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

حيث  $P_v$  مجموع القوى الشاقولية المحسوبة في الجدول السابق



$$e = \frac{B}{2} - \frac{M_{net}}{P_v} \quad : M_{net} = M_R - M_O$$

كي يكون الجدار محققاً من أجل الإجهادات يجب أن يتحقق الشرطان:

$$q_{\max} \leq q_{a-net}$$

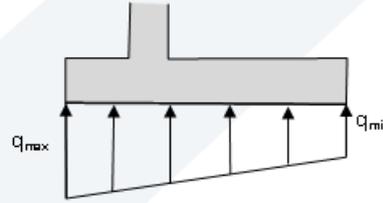
$$q_{\min} \geq 0$$

$$M_{net} = M_R - M_O = 4340.8 - 1422.8 = 2918 \text{ kN.m/m}$$

$$e = \frac{6.25}{2} - \frac{2918}{1152.6} = 0.593 \text{ m} < \frac{L}{6} = 1.04 \text{ m}$$

$$q_{\max, \min} = \frac{P_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \frac{1152.6}{6.25} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0.593}{6.25}\right) \Rightarrow q_{\max} = 289.4 \text{ kN/m}^2 / \text{m}$$

$$q_{\min} = 79.4 \text{ kN/m}^2 / \text{m} > 0$$



حساب قدرة تحمل التربة الحديدية

$$\tan \alpha = \frac{P_h}{P_v} = \frac{P_{a,h}}{P_v} = \frac{355.7}{1152.6} = 0.3086 \rightarrow \alpha = 17.1^\circ$$

تعطى معادلة مايرهوف بالعلاقة التالية :

$$q_{ult} = \gamma'_D \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma'_H \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma + C \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$$

$$\phi = 25^\circ \Rightarrow N_c = 20.8, N_q = 10.7, N_\gamma = 6.9$$

$$\phi = 25^\circ \geq 10^\circ \quad \blacksquare$$

$s_i$  - معاملات شكل الأساس و تعطى بالعلاقات التالية :

$$s_c = 1 + 0.2 \frac{B'}{L'} \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) = 1$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \frac{B'}{L'} \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) = 1$$

$d_i$  - معاملات عمق الأساس و تعطى بالعلاقات التالية :

$$d_c = 1 + 0.2 \frac{D_f}{B} \cdot \tan \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) = 1 + 0.2 \frac{1.25}{6.25} \cdot \tan \left( 45 + \frac{25}{2} \right) = 1.061$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{2}{4.75} \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 1 + 0.16 \cdot 25 \cdot \tan\left(45 + \frac{25}{2}\right) = 1.03$$

$i_i$  - معاملات الميل ، حيث  $(\alpha)$  زاوية ميل الحمولة على الشاقول و تعطى بالعلاقات التالية :

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right)^2 = \left(1 - \frac{17.1}{90}\right)^2 = 0.656$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi}\right)^2 = \left(1 - \frac{17.1}{25}\right)^2 = 0.1$$

$$q_{ult} = \gamma'_D \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma'_H \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma + C \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$$

نعوض في علاقة مايروف :

$$q_{ult} = 20 * 1.25 * 10.7 * 1 * 1.03 * 656 + 0.5 * 20 * (6.25 - 2 * 0.593) * 6.9 * 1 * 1.03 * 0.1$$

$$+ 60 * 20.8 * 1 * 1.061 * 0.656 = 1085.4 \text{ kpa}$$

$$q_{ult-net} = 1085.4 - 1.25 * 20 = 1060.4 \text{ kpa}$$

$$q_{a-net} = \frac{1060.4}{3} = 353.5 \text{ kpa}$$

$$q_{max} = 289.4 \text{ kN/m}^2 < q_{a-net} = 353.5 \text{ kN/m}^2 \quad OK$$

### تصميم جذع الجدار

ندرس مقطعين :

- المقطع الأول في منتصف ارتفاع الجذع (Z=5.55m)

- المقطع الثاني أسفل الجذع (Z=11.1m)

دراسة المقطع الأول :

$$q_a = 4.94 * 5.55 = 27.4 \text{ kN/m}^2$$

بفرض عرض الدعامات = 0.5m تصبح فتحة الجائز المستمر : L=7.6+0.5=8.1 m

$$M^- = \frac{q_a \cdot L^2}{12} = \frac{27.4 \cdot 8.1^2}{12} = 149.8 \text{ kN.m/m}$$

$$M^+ = \frac{q_a \cdot L^2}{24} = \frac{27.4 \cdot 8.1^2}{24} = 75 \text{ kN.m/m}$$

$$\bar{\sigma}_s = 0.55 f_y = 0.55 \cdot 400000 = 220000 \text{ kN/m}^2$$

$$A_{s,\min} = 0.002 \cdot A'_c = 0.002 \cdot 100 \cdot 53 = 10.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_s^- = \frac{M^-}{\gamma_z \cdot h \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{149.8}{0.87 \cdot 0.53 \cdot 220000} = 0.00148 \text{ m}^2 / \text{m} = 14.8 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s,\min} \Rightarrow \text{use } 8T16 \text{ mm/m}$$

$$A_s^+ = 0.00075 \text{ m}^2 / \text{m} = 7.5 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s,\min} \Rightarrow A_s^+ = A_{s,\min} = 10.6 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \text{use } 6T16 \text{ mm/m}$$

دراسة المقطع الثاني :

$$q_a = 4.94 \cdot 11.1 = 54.8 \text{ kN/m}^2$$

$$M^- = \frac{q_a \cdot L^2}{10} = \frac{54.8 \cdot 8.1^2}{10} = 359.5 \text{ kN.m/m}$$

$$M^+ = \frac{q_a \cdot L^2}{24} = \frac{54.8 \cdot 8.1^2}{24} = 149.8$$

$$A_{s,\min} = 0.002 \cdot 100 \cdot 83 = 16.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_s^- = \frac{M^-}{\gamma_z \cdot h \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{359.5}{0.87 \cdot 0.83 \cdot 220000} = 0.00226 \text{ m}^2 / \text{m} = 22.6 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s,\min}$$

$\Rightarrow \text{use } 12T16 \text{ mm/m}$

$$A_s^+ = \frac{M^+}{\gamma_z \cdot h \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{149.8}{0.87 \cdot 0.83 \cdot 220000} = 0.00094 \text{ m}^2 / \text{m} = 9.4 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s,\min}$$

$\Rightarrow A_s^+ = A_{s,\min} = 16.6 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \text{use } 8T16 \text{ mm/m}$

تصميم كعب الجدار

الفرق بين مجموع (وزن التربة فوق الكعب والوزن الذاتي للكعب والحمولات الخارجية فوق الكعب الجدار) ورد فعل التربة على الكعب.

حمولة الكعب

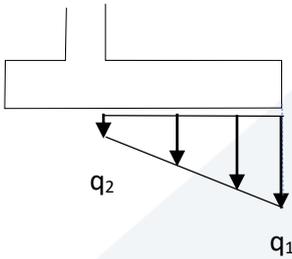
الفرق بين مجموع (وزن التربة فوق الكعب والوزن الذاتي للكعب والحمولات الخارجية فوق الكعب الجدار) ورد فعل التربة على الكعب.

- الحمولة عند طرف الكعب البعيد الحر:

$$q_1 = 11.1 \cdot 19 + 0.9 \cdot 25 - 79.4 = 154 \text{ kN/m}^2 / m$$

- الحمولة عند نقطة اتصال الجذع بالكعب:

$$q_2 = 11.1 \cdot 19 + 0.9 \cdot 25 - (79.4 + \frac{289.4 - 79.4}{6.25} \cdot 4.25) = 11.2 \text{ kN/m}^2 / m$$



عزم الانعطاف

$$M = \frac{2q_1 + q_2}{6} B_h^2 = \frac{2 \cdot 154 + 11.2}{6} \cdot (4.25)^2 = 960.9 \text{ kN.m/m}$$

التسليح العمودي على جذع الجدار

$$A_s = \frac{M}{\gamma_z \cdot h \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{960.9}{0.87 \cdot 1 \cdot 0.83 \cdot 220000} = 0.00605 \text{ m}^2 / m = 60.5 \text{ cm}^2 / m$$

use 9T30mm/m

التسليح الطولي (في اتجاه طول الجدار)

تؤخذ مساحة التسليح الطولي مساوية لـ:

$$A_s = 0.0012 A'_c = 0.0012 \cdot 100 \cdot 83 = 9.96 \text{ cm}^2 / m$$

يوضع على طبقتين (من الأعلى والأسفل) وكل طبقة مكونة من 6T12mm/m

$$Q = \frac{154 + 11.2}{2} \cdot 4.25 = 352 \text{ kN/m}$$

$$\tau = \frac{Q}{0.85 \cdot b \cdot h} = \frac{352}{0.85 \cdot 1 \cdot 0.83} = 499 \text{ kN/m}$$

$$\bar{\tau} = 5.5 \sqrt{f'_c} = 5.5 \cdot \sqrt{20000} = 777.8 \text{ kN/m}^2$$

تصميم قدم الجدار

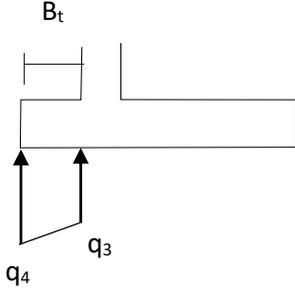
يصمم القدم كبلاطة تعمل بالاتجاه القصير فقط، أي اتجاه الظفر كما في حالة الجدران الظرفية

حمولة القدم

رد فعل التربة على القدم.

- الحمولة عند نقطة اتصال الجذع بالقدم:

$$q_3 = (79.4 + \frac{289.4 - 79.4}{6.25} * 5) - 0.9 * 25 = 225 \text{ kN/m}^2$$



- حمولة طرف الكعب البعيد الحر:

$$q_4 = 289.4 - 0.9 * 25 = 267 \text{ kN/m}^2$$

عزم الانعطاف

$$M = \frac{2q_4 + q_3}{6} B_t^2 = \frac{2 * 267 + 225}{6} * (1.25)^2 = 197.7 \text{ kN.m/m}$$

التسليح السفلي العمودي على جذع الجدار

$$A_s = \frac{M}{\gamma_z \cdot h \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{197.7}{0.87 * 0.83 * 220000} = 0.127 \text{ m}^2 / \text{m} = 12.7 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s,\min} = 0.002 * 100 * 83 = 16.6 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_s \Rightarrow A_s = A_{s,\min} = 16.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

use 9T16mm/m

التسليح الطولي (في اتجاه طول الجدار)

يؤخذ نفس تسليح الكعب، أي طبقتين (من الأعلى والأسفل) وكل طبقة مكونة من 6T12mm/m

القص

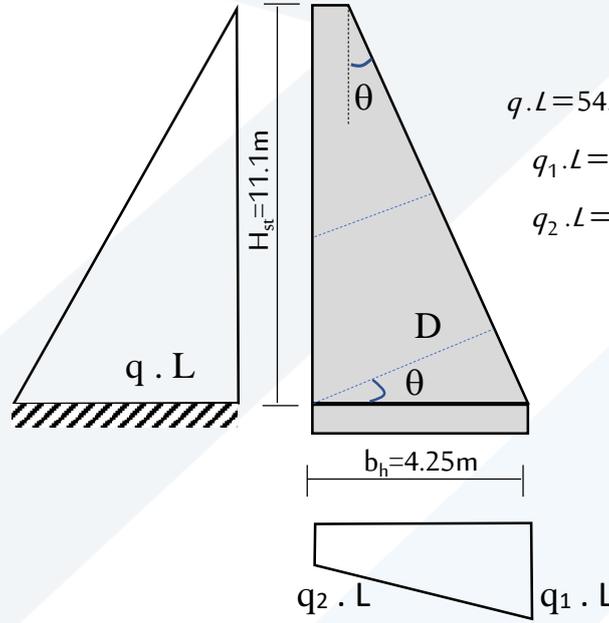
$$Q = \frac{267 + 225}{2} * 1.25 = 307.5 \text{ kN/m}$$

$$\tau = \frac{Q}{0.85 \cdot b \cdot h} = \frac{307.5}{0.85 * 1 * 0.83} = 435.9 \text{ kN/m}$$

$$\bar{\tau} = 5.5 \sqrt{f'_c} = 5.5 * \sqrt{20000} = 777.8 \text{ kN/m}^2 > \tau \text{ OK}$$

تصميم الدعامات

حمولات الدعامات : وهي حمولات الجذع والكعب مضروبة بتباعد الدعام بين المحاور، كما هي مبينة بالشكل التالي :



$$q \cdot L = 54.8 \cdot 8.1 = 444 \text{ kN/m}$$

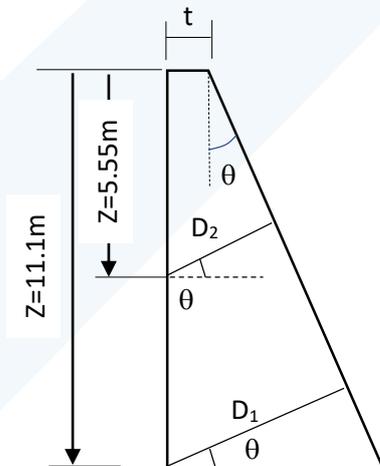
$$q_1 \cdot L = 154 \cdot 8.1 = 1247.4 \text{ kN/m}$$

$$q_2 \cdot L = 11.2 \cdot 8.1 = 90.7 \text{ kN/m}$$

### عزم الانعطاف

$$M_1 = \frac{q \cdot L \cdot (H_{st})^2}{6} = \frac{444 \cdot (11.1)^2}{6} = 9117.5 \text{ kN.m/m} \quad \text{- عند الوثاقة :}$$

$$M_2 = \frac{(q \cdot L / 2) \cdot (H_{st} / 2)^2}{6} = \frac{222 \cdot (5.55)^2}{6} = 1139.7 \text{ kN.m/m} \quad \text{- في الوسط :}$$



### التسليح

- الارتفاع عند الوثاقة :

$$D = [t + Z \cdot \tan(\theta)] \cdot \cos(\theta) = t \cdot \cos(\theta) + Z \cdot \sin(\theta)$$

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{3.95}{11.1}\right) = 19.6^\circ$$

$$D = t \cdot \cos(\theta) + Z \cdot \sin(\theta)$$

$$D_1 = 0.3 \cdot \cos 19.6 + 11.1 \cdot \sin 19.6 = 4 \text{ m}$$

- الارتفاع في الوسط :

$$D_2 = 0.3 \cdot \cos 19.6 + 5.55 \cdot \sin 19.6 = 2.14 \text{ m}$$

$$A_s = \frac{M}{\gamma_z \cdot h \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{M}{\gamma_z \cdot (D-a) \cdot \bar{\sigma}_s}$$

$$\bar{\sigma}_s = 0.55 f_y = 0.55 * 400000 = 220000 \text{ kPa}$$

$$A_{s,1} = \frac{9117.5}{0.87 * (4-0.1) * 220000} = 0.0122 \text{ m}^2 = 122 \text{ cm}^2 \Rightarrow 18730 \text{ mm}$$

$$A_{s,2} = \frac{1139.7}{0.87 * (2.14-0.07) * 220000} = 0.00288 \text{ m}^2 = 28.8 \text{ cm}^2 \Rightarrow 6730 \text{ mm}$$

### التسليح الشاقولي للدعامة

$$F_v = \frac{(q_1 + q_2) \cdot L}{2} \cdot B_h = \frac{90.7 + 1247.4}{2} * 4.25 = 2843.5 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{F_v}{\bar{\sigma}_s} = \frac{2843.5}{220000} = 0.013 \text{ m}^2 = 130 \text{ cm}^2 / 4.25 \text{ m}$$

يوضع التسليح الشاقولي على وجهي المقطع وبالتالي يكون التسليح اللازم للوجه الواحد = 65cm<sup>2</sup>/4.25m ، أو  
لكل وجه 15.3cm<sup>2</sup>/m

نستخدم قضبان T20mm بتباعد أفقي = 20cm

### التسليح الأفقي للدعامة

قوة الدفع الأفقي المطبقة على الدعامة :

$$F_H = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{H_{st}^2}{6} \cdot K_a \cdot L = \frac{q \cdot L \cdot H_{st}}{2} = \frac{444 * 11.1}{2} = 2464.2 \text{ kN}$$

ويكون التسليح الأفقي اللازم للدعامة :

$$A_{s,h} = \frac{F_H}{\bar{\sigma}_s} = \frac{2464.2}{220000} = 0.0112 \text{ m}^2 / 11.1 \text{ m} = 112 \text{ cm}^2 / 11.1 \text{ m}$$

يوضع التسليح الأفقي على وجهي المقطع وبالتالي يكون التسليح اللازم للوجه الواحد = 56cm<sup>2</sup>/11.1m ، أو 5cm<sup>2</sup>/m  
لكل وجه

نستخدم قضبان T20mm بتباعد أفقي = 20cm

## ملخص التسليح

### تصميم جذع الجدار

التسليح السالب (عند المساند)

المقطع الأول منتصف الجذع : use 6T16mm / m

المقطع الثاني أسفل الجذع : use 8T16mm / m

التسليح الموجب (ضمن الفتحات) : use 6T16mm / m

### تصميم كعب الجدار

التسليح العلوي العمودي على جذع الجدار use 9T30mm / m

التسليح الطولاني (في اتجاه طول الجدار)

يوضع على طبقتين (من الأعلى والأسفل) وكل طبقة مكونة من 6T12mm/m

### تصميم قدم الجدار

التسليح السفلي العمودي على جذع الجدار use 9T16mm / m

### تصميم الدعامات

المقطع الأول أسفل الجذع : use 18T30mm

المقطع الثاني وسط الجذع : use 6T30mm

### التسليح الشاقولي للدعامة

يوضع التسليح الشاقولي على وجبي المقطع نستخدم لكل وجه قضبان T20mm بتباعد أفقي = 20cm

### التسليح الأفقي للدعامة

يوضع التسليح الشاقولي على وجبي المقطع نستخدم لكل وجه قضبان T20mm بتباعد أفقي = 20cm

