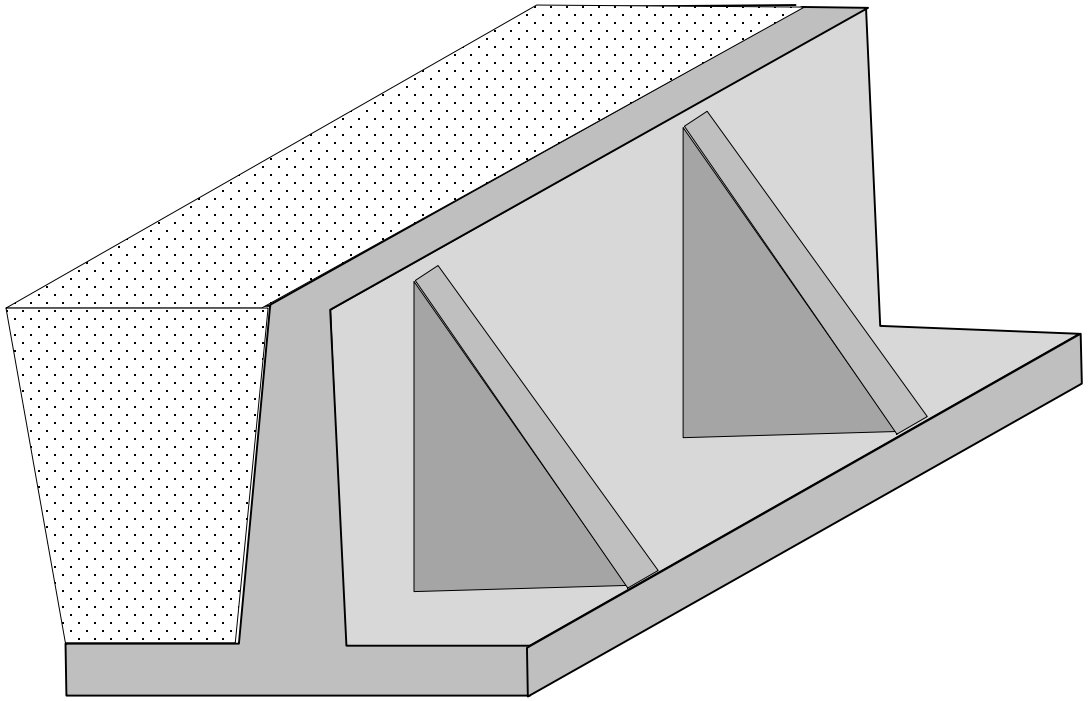
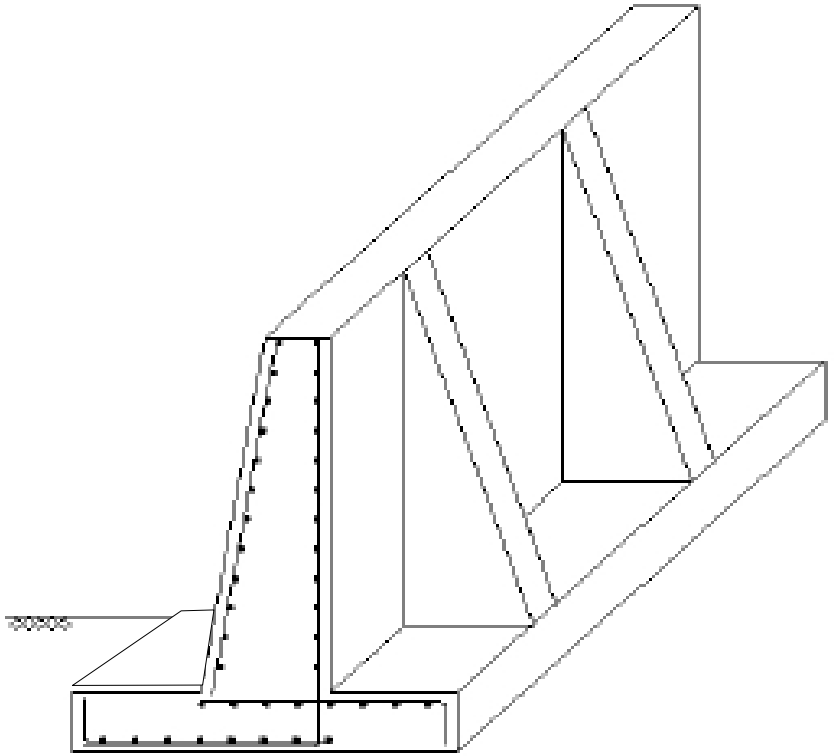
الفصل الخامس : الجدران ذات التدعيم العكسي



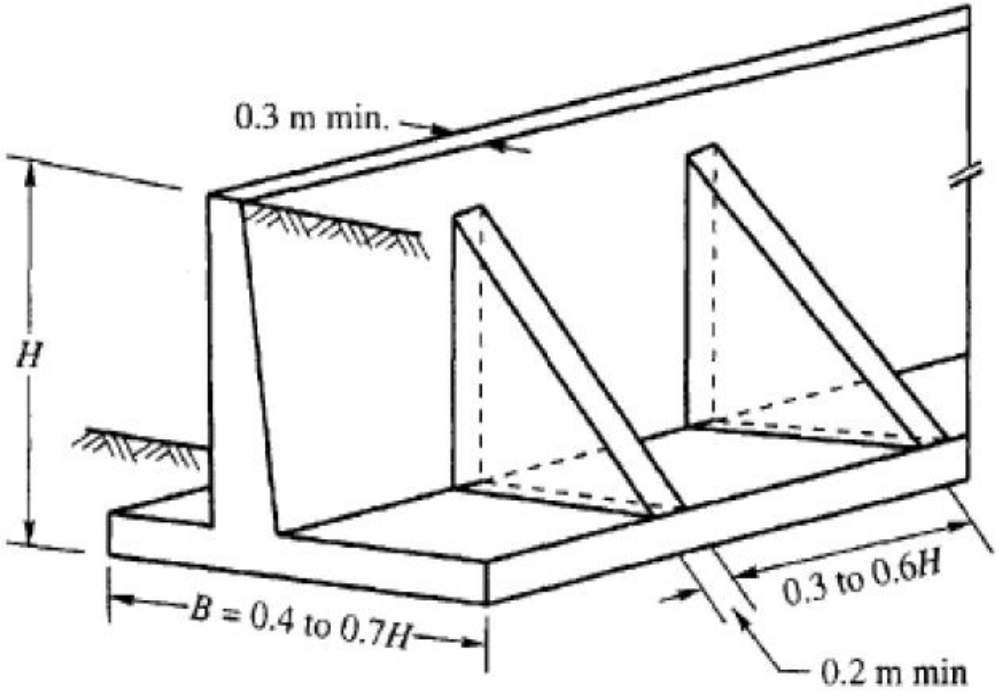


تصميم الجدران ذات التدعيم العكسي

الأبعاد الأولية

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

يوضح الشكل التالي الأبعاد الأولية للجدران ذات التدعيم العكسي



الضغوط و القوى المؤثرة على الجدار والتحقق من الأمان على الانقلاب والانزلاق

يتم حساب الضغوط الجانبية على الجدران ذات التدعيم العكسي والتحقق من أمان هذه الجدران على الانقلاب والانزلاق والقص بنفس الطريقة المتبعة للجدران الظفرية، **ويتم عادة إهمال أوزان الدعائم**

وتختلف دراسة هذه الجدران عن الجدران الظفرية في دراسة جذع وكعب الجدار، كما تضاف دراسة الدعائم.

- التصميم الإنشائي للجدار

طرق دراسة الجدران ذات التدعيم العكسي

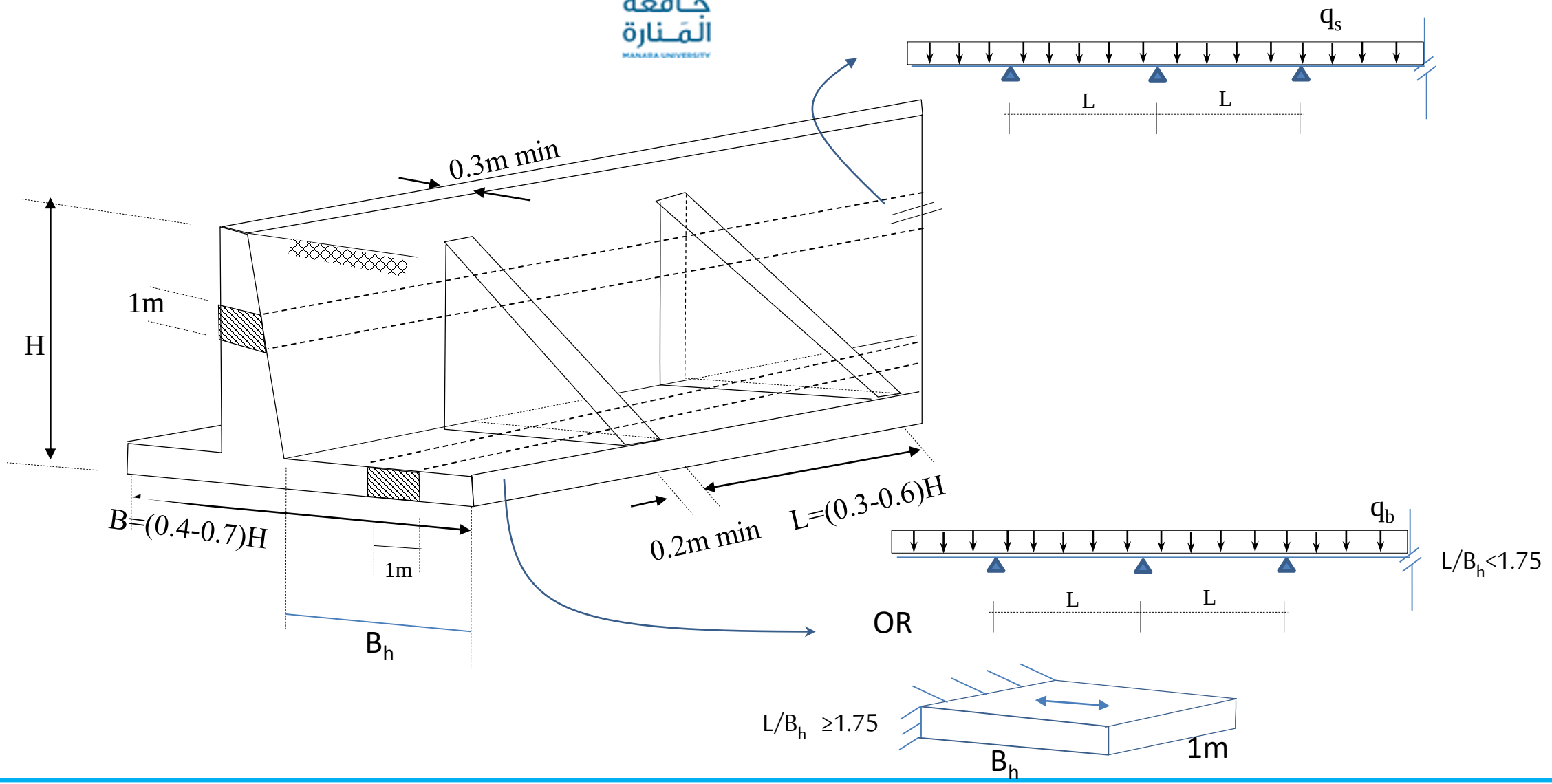
1- الطريقة التقريبية 2- الطريقة الدقيقة

الطريقة التقريبية لدراسة الجدران ذات التدعيم العكسي

تصميم حذع 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 ستاتيكياً، وتحسب عزوم الانعطاف لهذا الجائز بشكل تقريبي

ويمكن اعتبار عزم المساند مساوياً 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 مساوياً لـ $qL^2/24$، q تمثل القيمة 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.


q_s
L
L
0.3m min
1m
H
B=(0.4-0.7)H
1m
B_h
0.2m min
L=(0.3-0.6)H
q_b
L
L
L/B_h<1.75
OR
L/B_h ≥1.75
B_h
1m

تصميم كعب الجدار

إذا كانت النسبة $L/B_h<1.75$ فإنه يدرس كجائز مستمر كما هو مبين في الشكل السابق

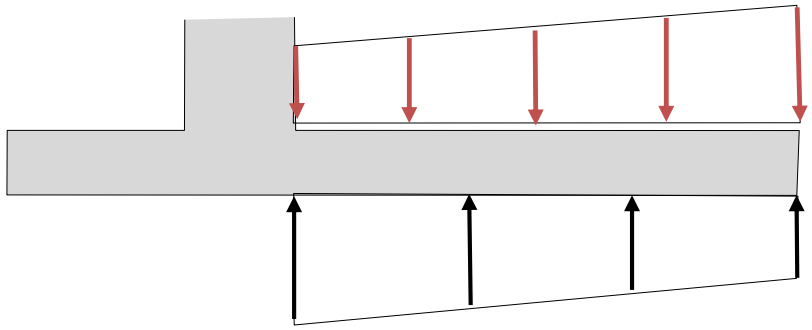
إذا كانت النسبة $L/B_h \geq 1.75$ فإنه يدرس كظفر موثوق في جذع الجدار كما في حالة الجدران الظفرية

L التباعد بين الدعامات (بين الأوجه)

B_h عرض كعب الجدار

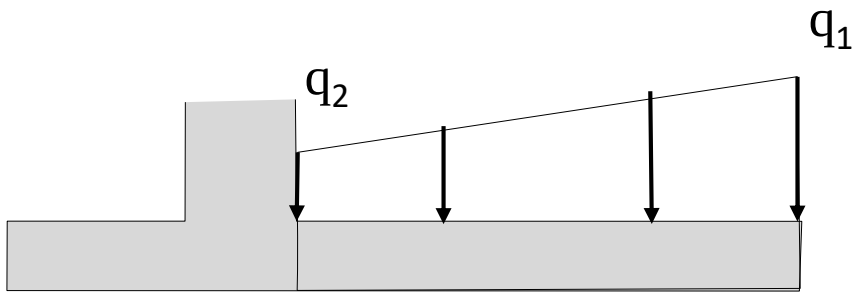
حمولة الكعب

= (المركبة الشاقولية للدفع الجانبي + وزن التربة فوق الكعب والوزن الذاتي للكعب والحمولات الخارجية فوق الكعب الجدار) - رد فعل التربة على الكعب).



وزن التربة فوق الكعب+الوزن الذاتي للكعب
+ الحمولة الخارجية إن وجدت

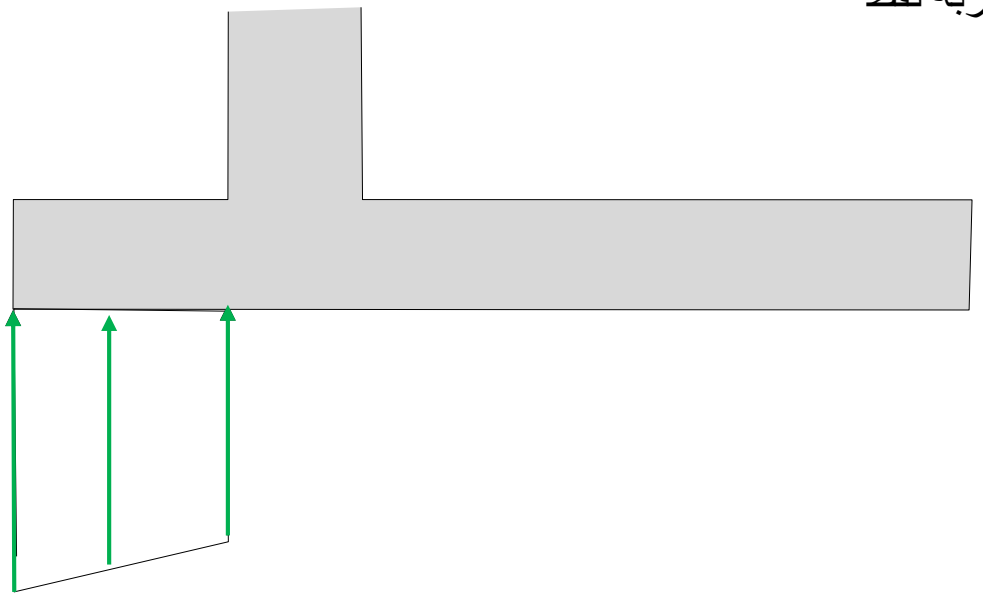
رد فعل التربة على الكعب



تصميم قدم الجدار

يدرس قدم الجدار في الاتجاه العرضاني كجائز مقرر ستاتيكياً، يخضع لحمولة وزنه الذاتي ورد فعل التربة عليه، ويدرس بنفس طريقة دراسة القدم للجدران الظفرية.

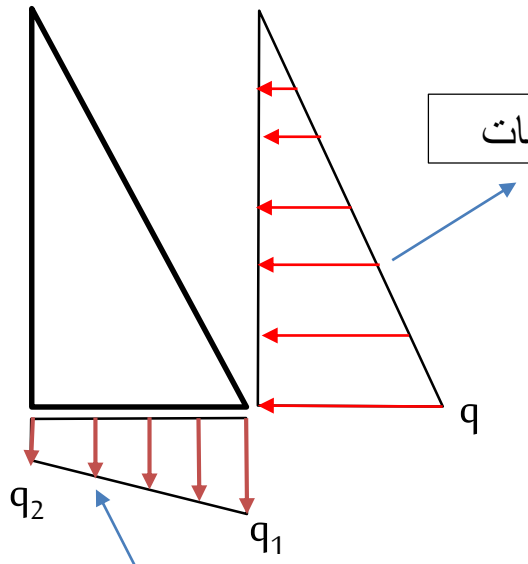
يمكن إهمال وزن القدم واعتباره خاضعاً لرد فعل التربة فقط



تصميم الدعامات الخلفية

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.



ضغط التربة الجانبي*التباعد بين الدعامات

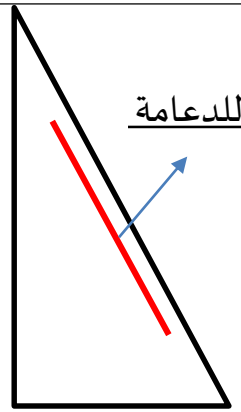
(المركبة الشاقولية لضغط التربة الجانبي +وزن التربة فوق الكعب + وزن الكعب+الحمولات الخارجية - رد فعل التربة فوق الكعب)*التباعد بين الدعامات

التصميم الانشائي للدعامة

تصمم الدعامة كظفر موثوق في القاعدة،يتعرض للحمولات التالية :

1-حمولة مثلثية أفقية ناتجة عن ضغط التربة الجاني (تسبب انعطاف + شد للدعامة)

2- حمولة بشكل شبه منحرف ناتجة عن الحمولات فوق الكعب (تسبب شد للدعامة)

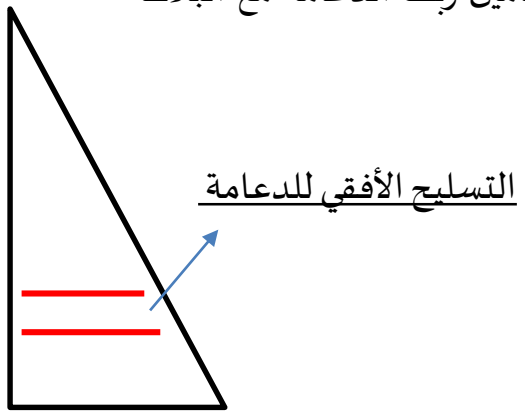


التسليح الرئيسي للدعامة

1-التسليح الرئيسي للدعامة : هو تسليح انعطاف يوضع بشكل مائل جهة التربة

2- التسليح الأفقي للدعامة

تتعرض الدعامة لدفع تربة جانبي يحاول فصل الدعامة عن البلاطة الشاقولية (الجذع) لذا يجب وضع تسليح أفقي لتأمين ربط الدعامة مع البلاطة الشاقولية، ويكثف هذه التسليح في الثلث السفلي من ارتفاع الدعامة.



قوة الدفع الأفقي المطبقة على الدعامة :

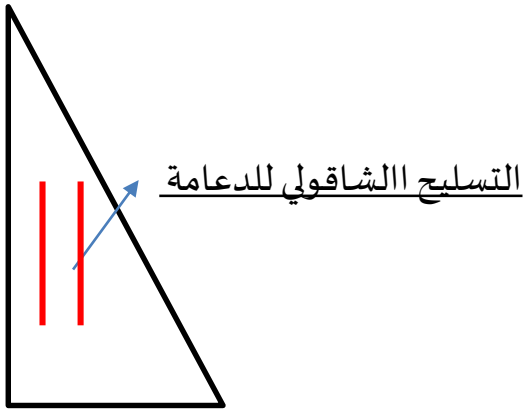
$$F_H = \frac{1}{2}\gamma . H^2 . K_a . L$$

ويكون التسليح الأفقي اللازم للدعامة :

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

3- التسليح الشاقولي

تتعرض الدعامة في الجزء السفلي منها إلى دفع شاقولي يحاول فصل الدعامة عن بلاطة القاعدة لذا يجب وضع تسليح شاقولي لتأمين ربط الدعامة مع بلاطة القاعدة.



قوة الدفع الشاقولي المؤثرة :

$$F_\nu = \frac{(q_1 + q_2)}{2} . B_h . L$$

ويكون التسليح الشاقولي اللازم للدعامة :

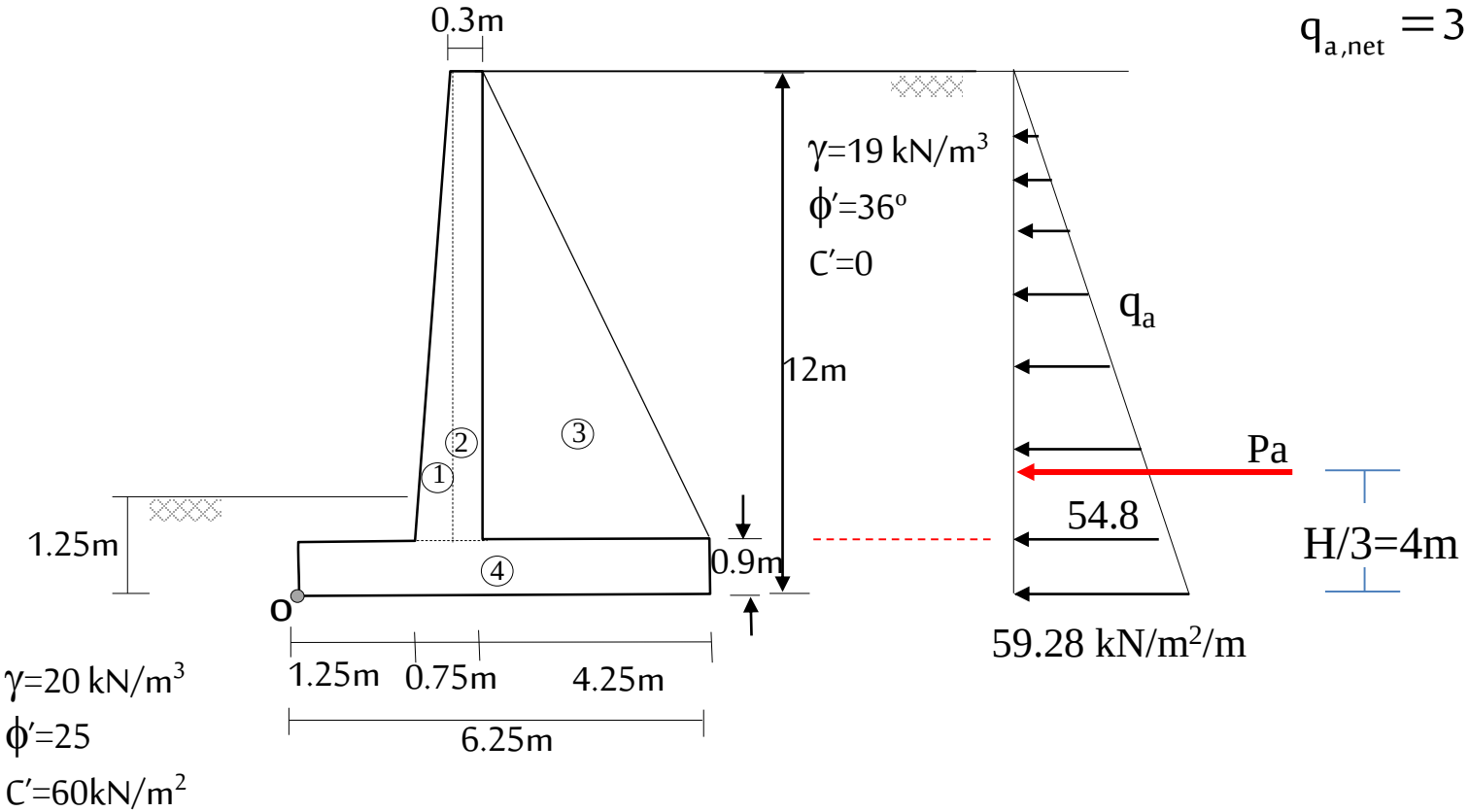
$$A_{s,\nu} = \frac{F\nu}{\overline{\sigma}_s}$$

مثال 1.5

يطلب تصميم جدار استنادي بتدعيم معاكس أبعاده موضحة على الشكل التالي تحت تأثير القوى الستاتيكية فقط.

خواص البيتون و فولاذ التسليح: $\gamma_c = 25\,kN/m^3,\ f'_c = 22.5\,MPa,\ f_y = 400\,MPa$

قدرة تحمل التربة المسموحة: $q_{a,net} = 350\,kN/m^2$



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

$$q_a = 19*0.26*z = 4.94z$$

$$q_{a,11.1m} = 19*0.26*11.1 = 54.8\,kN/m^2/m$$

$$q_{a,12m} = 19*0.26*12 = 59.28\,kN/m^2/m$$

$$P_a = 19*0.26*\frac{(12)^2}{2} = 355.7\,kN/m$$

التحقق من الأمان على الانقلاب

	القوة (kN/m)	الذراع (m)	العزم حول O (kN.m/m)
القوى المقاومة للانقلاب			
W1	11.1*0.45/2*25=62.4	1.55	**96.7**
W2	11.1*0.3*25=83.25	1.85	**154**
W3	11.1*4.25*19=896.3	4.125	**3697.2**
W4	0.9*6.25*25=140.6	3.125	**439.4**
Pv=Swi=1182.6 kN			
المجموع	Pv=1182.6	M_R=	**4387.3**
القوى المسببة للانقلاب			
Pa	355.7	4	**1422.8**
		Mo=	**1422.8**

عامل الأمان على الانقلاب

$$F_s = \frac{M_R}{M_o} = \frac{4387.3}{1422.8} = 3.08 > 1.5 \quad OK$$

التحقق من الأمان على الانزلاق

القوى الأفقية الممانعة للانزلاق F_R
بإهمال الضغط السلبي، تكون القوى الممانعة للانزلاق :

$$F_R = P_v .\tan\phi_2'^{*} + B.C_2'^{*}$$

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

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

$$F_R = P_v .\tan\phi_2'^{*} + B.C_2'^{*} = 1182.6*0.311 + 6.25*40 = 617.8\,kN/m$$

القوى الزالقة :

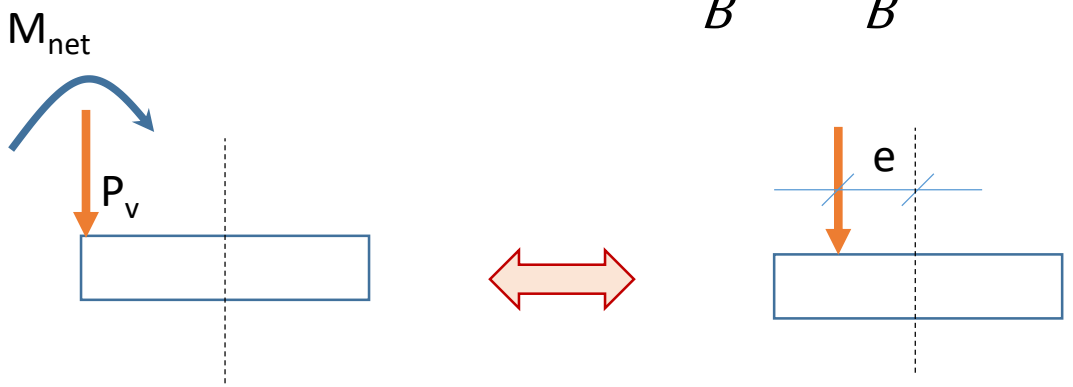
$$F_d = P_{a,h} = 19*0.26*\frac{(12)^2}{2} = 355.7\,kN/m$$

عامل الأمان على الانزلاق

$$F_S = \frac{F_R}{F_d} = \frac{617.8}{355.7} = 1.74 > 1.5 \quad OK$$

التحقق من الأمان ضد القص

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



$$e=\frac{B}{2}-\frac{M_{net}}{P_v}$$

$$M_{net}=M_R-M_O=4387.3-1422.8=2965\,kN.m/m$$

$$e=\frac{6.25}{2}-\frac{2965}{1182.6}=0.618m<\frac{L}{6}=1.04m$$

$$q_{max.min}=\frac{P_v}{B}(1\pm\frac{6e}{B})=\frac{1182.6}{6.25}(1\pm\frac{6*0.618}{6.25})=189.2\pm112.2\Rightarrow \begin{matrix} q_{max}=301.4kN/m^2<q_{all} & OK \\ q_{min}=77kN/m^2>0 \end{matrix}$$

تصميم حذع الجدار

الجذع يعمل في الاتجاه الأفقي

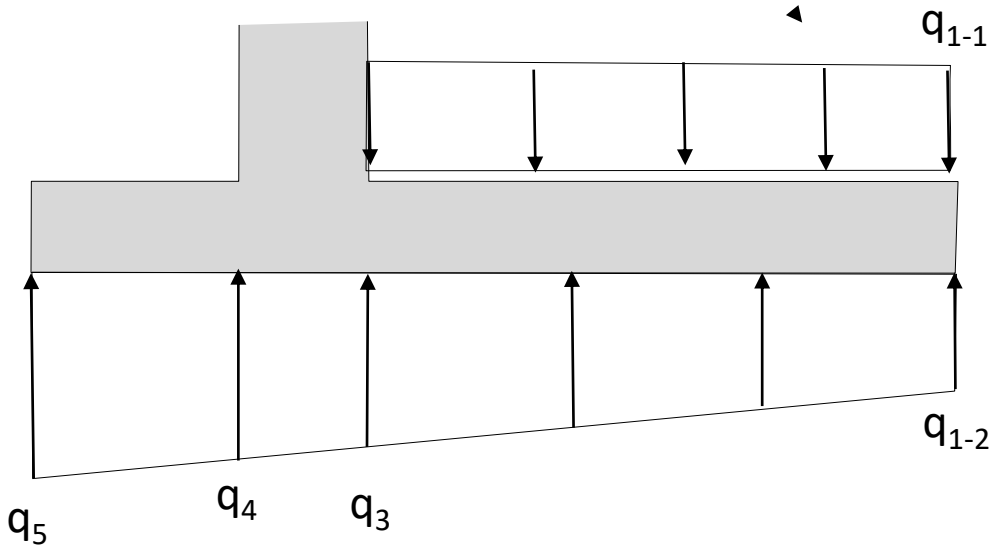
$$M^{-}=\frac{q.L^{2}}{12}=\frac{54.8*8.1^{2}}{12}=299.6\,kN.m/m$$

$$A_s^{-}=\frac{299.6}{0.87*0.68*220000}=0.0023\,m^{2}/m=23\,cm^{2}/m\Rightarrow$$ 8T20mm/m

$$M^{+}=\frac{q.L^{2}}{24}=\frac{54.8*8.1^{2}}{24}=150\,kN.m/m$$

$$A_s^{+}=\frac{150}{0.87*0.68*220000}=0.0012\,m^{2}/m=12\,cm^{2}/m\Rightarrow$$ 6T16mm/m

حمولة الكعب



وزن التربة فوق الكعب :

$$q_{1-1} = 19*11.1+0.9*25 = 233.4\,kN/m$$

رد فعل التربة عند نهاية الكعب :

$$q_{1-2} = 77\,kN/m$$

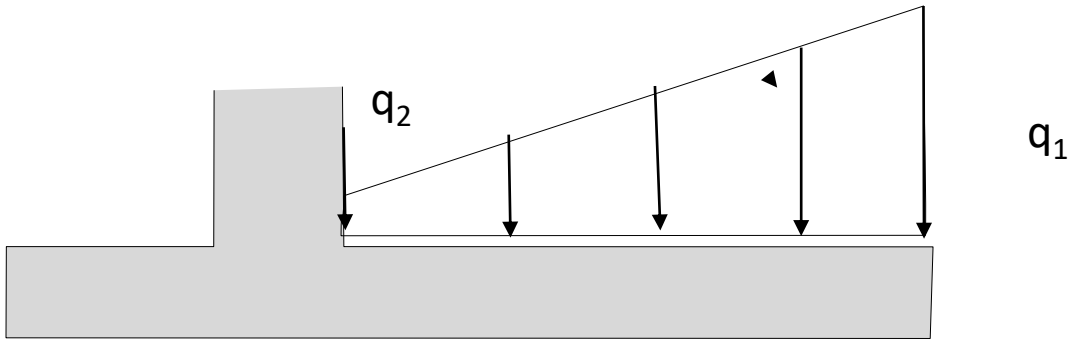
رد فعل التربة في مكان اتصال الجذع بالكعب :

$$q_3 = 77+\frac{4.25}{6.25}*(301.4-77) = 229.6\,kN/m$$

محصلة القوى على الكعب

$$q_1 = q_{1-1} - q_{1-2} = 233.4 - 77 = 156.4 kN/m$$

$$q_2 = q_{1-1} - q_3 = 233.4 - 229.6 = 3.8 kN/m$$



$$\frac{L}{B_h} = \frac{7.6}{4.25} = 1.79 > 1.75$$

يدرس الكعب كبلاطة عاملة باتجاه واحد هو اتجاه الظفر

عزم الانعطاف

$$M=\frac{2q_1+q_2}{6}B_h^2=\frac{2*156.4+3.8}{6}*(4.25)^2=953\,kN.m/m$$

التسليح العلوي العمودي على جذع الجدار

$$A_s=\frac{M}{\gamma_z.h.\overline{\sigma}_s}=\frac{953}{0.87*0.83*220000}=0.006\,m^2/m=60\,cm^2/m$$

التسليح الطولاني (في اتجاه طول الجدار): تؤخ مساحة التسليح الطولاني مساوية لـ :

$$A_s=0.0012\,A_c'=0.0012*100*83=9.96cm^2/m$$

use $8.5T30mm/m$

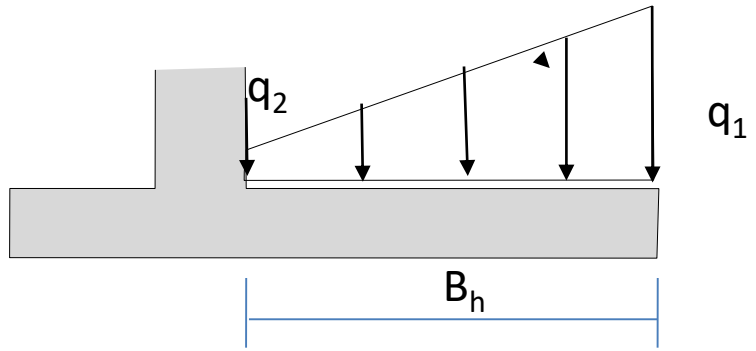
يوضع على طبقتين (من الأعلى والأسفل) وكل طبقة مكونة من6T12mm/m

التأكد من القص عن مقطع اتصال الجذع بالكعب :

$$Q=\frac{q_1+q_2}{2}*B_h=\frac{156.4+3.8}{2}*4.25=340.4\,kN/m$$

$$\tau=\frac{Q}{0.85.b.h}=\frac{340.4}{0.85*1*0.83}=482.5\,kN/m$$

$$\overline{\tau}=5.5\sqrt{f_c'}=5.5*\sqrt{20000}=777.8\,kN/m^2$$

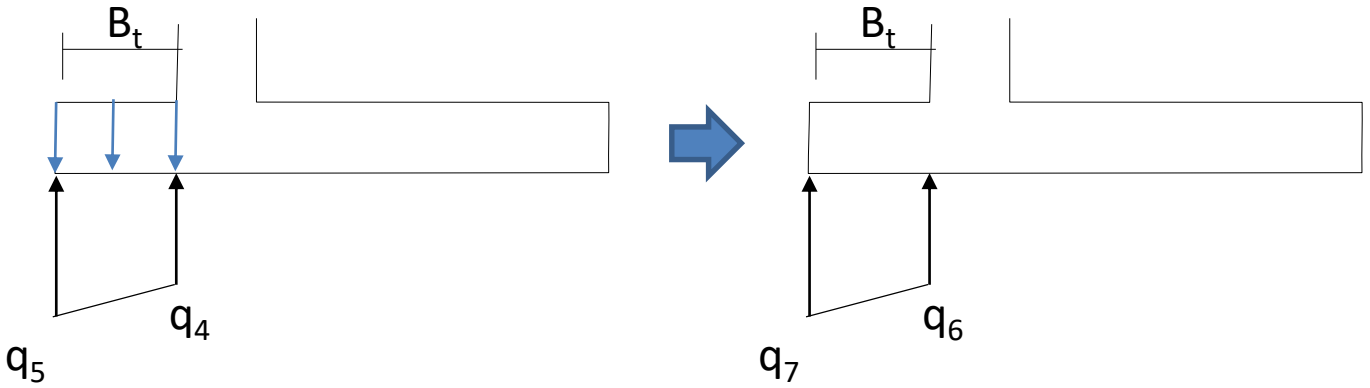


تصميم قدم الجدار

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

حمولة القدم

رد فعل التربة على القدم.



$$q_4 = 77 + \frac{301.4 - 77}{6.25} * 5 = 256.5\,kN/m^2$$

$$q_5 = 301.4\,kN/m^2$$

$$q_6 = 256.5 - 0.9*25 = 234\,kN/m^2$$

$$q_7 = 301.4 - 0.9*25 = 278.9\,kN/m^2$$

عزم الانعطاف

$$M=\frac{2q_7+q_6}{6}*B_t^2=\frac{2*278.9+234}{6}*(1.25)^2=206.2\,kN.m/m$$

التسليح

$$A_s=\frac{M}{\gamma_z.h.\overline{\sigma}_s}=\frac{206.2}{0.87*0.83*220000}=0.0013\,m^2/m=13\,cm^2/m$$

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

التسليح الطولاني (في اتجاه طول الجدار)

use 9T16mm/m

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

القص

$$Q=\frac{q_6+q_7}{2}*B_t=\frac{234+278.9}{2}*1.25=320.6kN/m$$

$$\tau=\frac{Q}{0.85.b.h}=\frac{320.6}{0.85*1*0.83}=454.4kN/m$$

$$\overline{\tau}=5.5\sqrt{f_c'}=5.5*\sqrt{20000}=777.8\,kN/m^2>\tau \quad OK$$

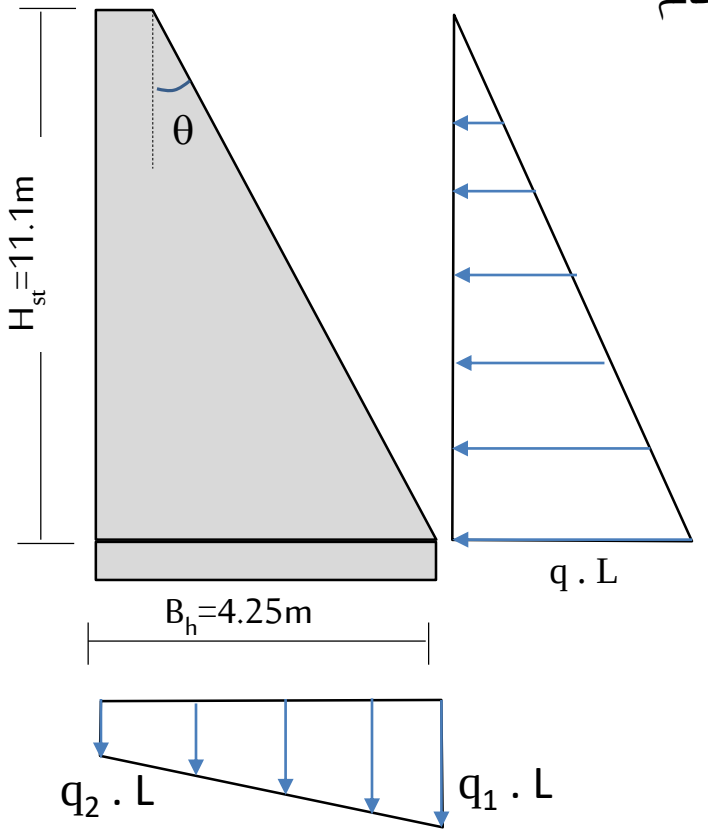
تصميم الدعامات

حمولات الدعامة : وهي حمولات الجذع والكعب مضروبة بتباعد الدعائم بين المحاور، كما هي مبينة بالشكل التالي :

$$q.L = 54.8*8.1 = 444\,kN/m$$

$$q_1.L = 156.4*8.1 = 1266.8\,kN/m$$

$$q_2.L = 3.8*8.1 = 30.8\,kN/m$$



$q = 54.8\,kN/m^2/m$

$q_1 = 156.4 kN/m^2/m$

$q_2 = 3.8 kN/m^2/m$

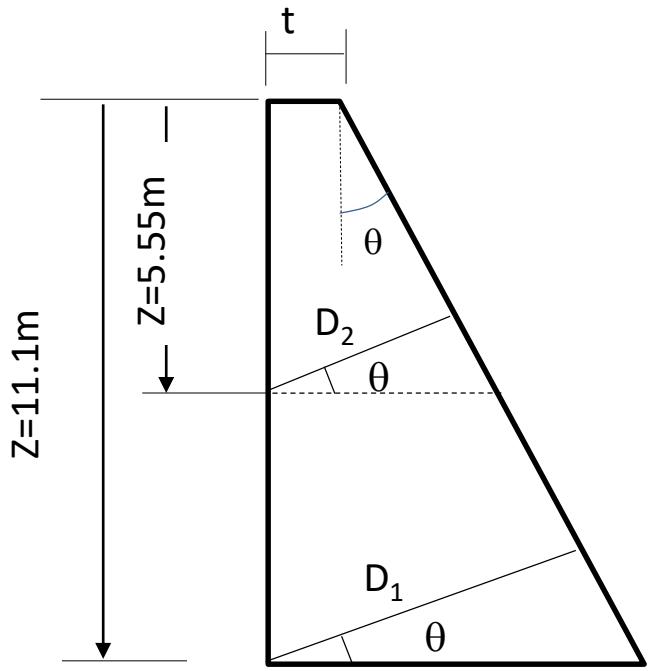
عزم الانعطاف

- عند الوثاقة :

$$M_1 = \frac{q.L.(H_{st})^2}{6} = \frac{444*(11.1)^2}{6} = 9117.5\,kN.m/m$$

- في الوسط :

$$M_2 = \frac{(q.L/2)(H_{st}/2)^2}{6} = \frac{222*(5.55)^2}{6} 1139.7\,kN.m/m$$



التسليح

•الارتفاع عند العمق Z :

$$D_Z = \lfloor t + Z.\tan(\theta) \rfloor .\cos(\theta) = t.\cos\theta + Z.\sin(\theta)$$

$$\theta = a\tan(\frac{3.95}{11.1}) = 19.6^0$$

$$D_1 = 0.3 * \cos 19.6 + 11.1 * \sin 19.6 = 4m$$

•الارتفاع في الوسط :

$$D_2 = 0.3 * \cos 19.6 + 5.55 * \sin 19.6 = 2.14m$$

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

$$\overline{\sigma}_s = 0.55 f_y = 0.55 * 400000 = 220000\,kPa$$

$$A_{s,1} = \frac{9117.5}{0.87 * (4 - 0.07) * 220000} = 0.0122 m^2 = 121 cm^2 \Rightarrow 18T30mm$$

$$A_{s,2} = \frac{1139.7}{0.87 * (2.14 - 0.07) * 220000} = 0.00288 m^2 = 28.8\,cm^2 \Rightarrow 6T30mm$$

التسليح الشاقولي للدعامة

$$F_v = \frac{(q_1 + q_2).L}{2}.B_h = \frac{(156.4 + 3.8)*8.1}{2}*4.25 = 2757.4\,kN$$

$$A_s = \frac{F_v}{\sigma_s} = \frac{2757.4}{220000} = 0.0125m^2 = 125cm^2/4.25m$$

يوضع التسليح الشاقولي على وجهي المقطع وبالتالي يكون التسليح اللازم للوجه الواحد = $62.5cm^2/4.25m$ ، أو $14.1cm^2/m$ لكل وجه

نستخدم قضبان T20mm بتباعد أفقي = 20cm

التسليح الأفقي للدعامة

قوة الدفع الأفقي المطبقة على الدعامة :

$$F_H = \frac{q.L.H_{st}}{2} = \frac{444*11.1}{2} = 2464.2\,kN$$

ويكون التسليح الأفقي اللازم للدعامة :

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

يوضع التسليح الأفقي على وجهي المقطع وبالتالي يكون التسليح اللازم للوجه الواحد = $56cm^2/11.1m$ ، أو $5cm^2/m$ 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 8.5T30mm/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

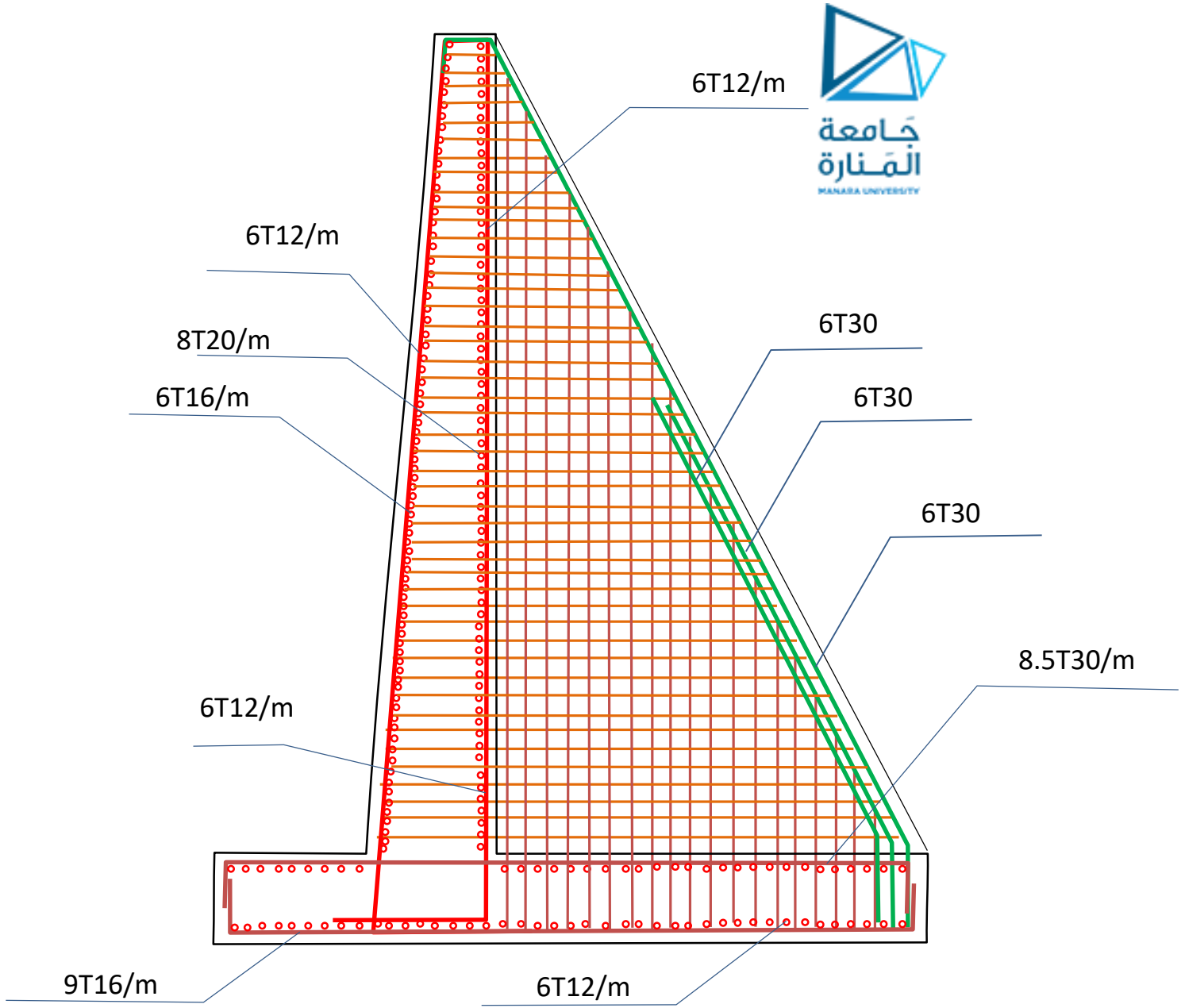
المقطع الثاني وسط الجذع : use 6T30mm

التسليح الشاقولي للدعامة

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

التسليح الأفقي للدعامة

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


6T12/m
6T12/m
8T20/m
6T16/m
6T30
6T30
6T30
8.5T30/m
6T12/m
9T16/m
6T12/m