

## الفصل الرابع : تصميم الجدران الاستنادية الظرفية

### 1.4 مقدمة

تصميم جدار استنادي ظرفي، مسلح أو كتلي يتضمن ما يلي :

- 1- فرض أبعاد أولية و مؤقتة للجدار (أساس + جذع)
- 2- حساب الضغوط و القوى المؤثرة على الجدار
- 3- حساب قدرة تحمل التربة (عادة بالاعتماد على نظرية مايروف)
- 4- تحقيق توازن الجدار و يتضمن:

- التحقق من الأمان ضد الانقلاب حول نقطة ارتكازه الأمامية
- التحقق من الأمان ضد الانزلاق على طول قاعدته
- التحقق من الإجهادات تحت الجدار

$$\begin{aligned} q_{\max} &\leq q_{a-net} \\ q_{\min} &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.4)$$

- التحقق من الهبوط
- 5- التصميم الإنشائي للجدار

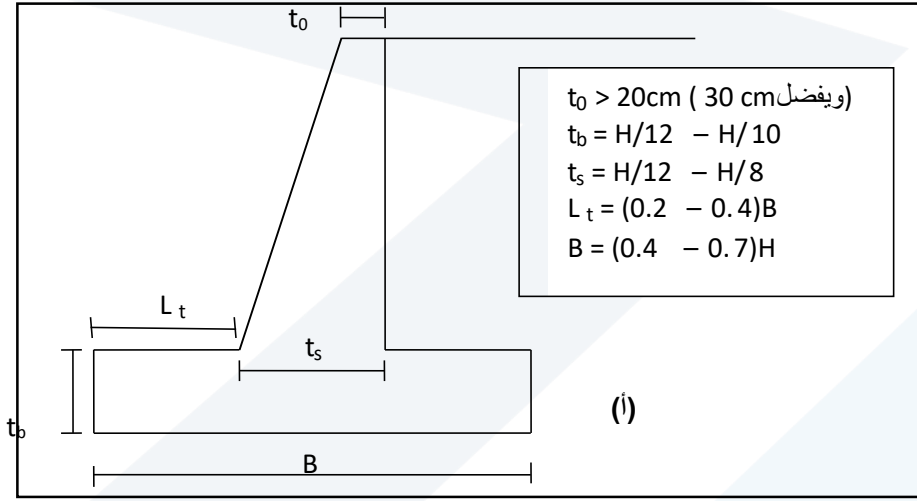
### 2.4 الجدران الظرفية المسلحة

#### 1.2.4 الأبعاد الأولية للجدران الاستنادية الظرفية

عند تصميم الجدران الاستنادية يتم البدء بفرض أبعاد أولية للجدار و من ثم حساب القوى و إجراء التحقيقات اللازمة لتوازن الجدار فإذا لم نحصل على نتائج مرضية نقوم بتعديل القيم المفروضة و إعادة الحساب و التحقيقات و تكرر هذه العملية حتى يتحقق توازن الجدار.

نتيجة الدراسات و الخبرة العملية المتراكمة تم اقتراح أبعاد أولية يمكن استخدامها عند البدء بتصميم الجدران الاستنادية . يبين الشكل 1.4 مثالاً عنها من أجل الجدران الكتلية و الظرفية.

نلاحظ بأن سماكة الجزء العلوي من الجذع لأي جدار استنادي يجب أن لا تقل عن 0.3m و ذلك للتمكن من صب بيتون الجدار بسهولة.



الشكل 4.1: الأبعاد الأولية للجدران الاستنادية الظرفية المسلحة

#### 4.2.2 القوى المؤثرة على الجدران الاستنادية

يمكن أن تؤثر على الجدار الاستنادي القوى التالية:

أ-الدفع الجانبي (الفعال والمعاكس والساكن) الناتج عن التربة والزلازل والحمولات الخارجية السطحية

ب-دفع الماء الهيدروستاتيكي والهيدروديناميكي

ج-الوزن الذاتي للجدار الاستنادي

د-وزن التربة على قاعدة الجدار

و-الحمولات الخارجية السطحية

ز-رد فعل التربة تحت القاعدة

#### 4.2.3 حساب الضغوط والقوى المؤثرة على الجدار

يظهر الشكل 4.2 القوى المؤثرة على جداري استنادي ظفري مع الأخذ بعين الاعتبار أن دفع التربة الفعال (حسب رانكين) يطبق على طول الخط الشاقولي AB. و بما أن رانكين يفترض أن الاحتكاك بين التربة و الجدار معدوم لذلك تكون كل من

محصلة الضغط الفعال  $P'_a$  و المعاكس  $P'_p$  موازية لسطح التربة المقابلة لها.

في حال وجود حمولة سطحية، يضاف الدفع الناتج عنها  $P_{aq}$

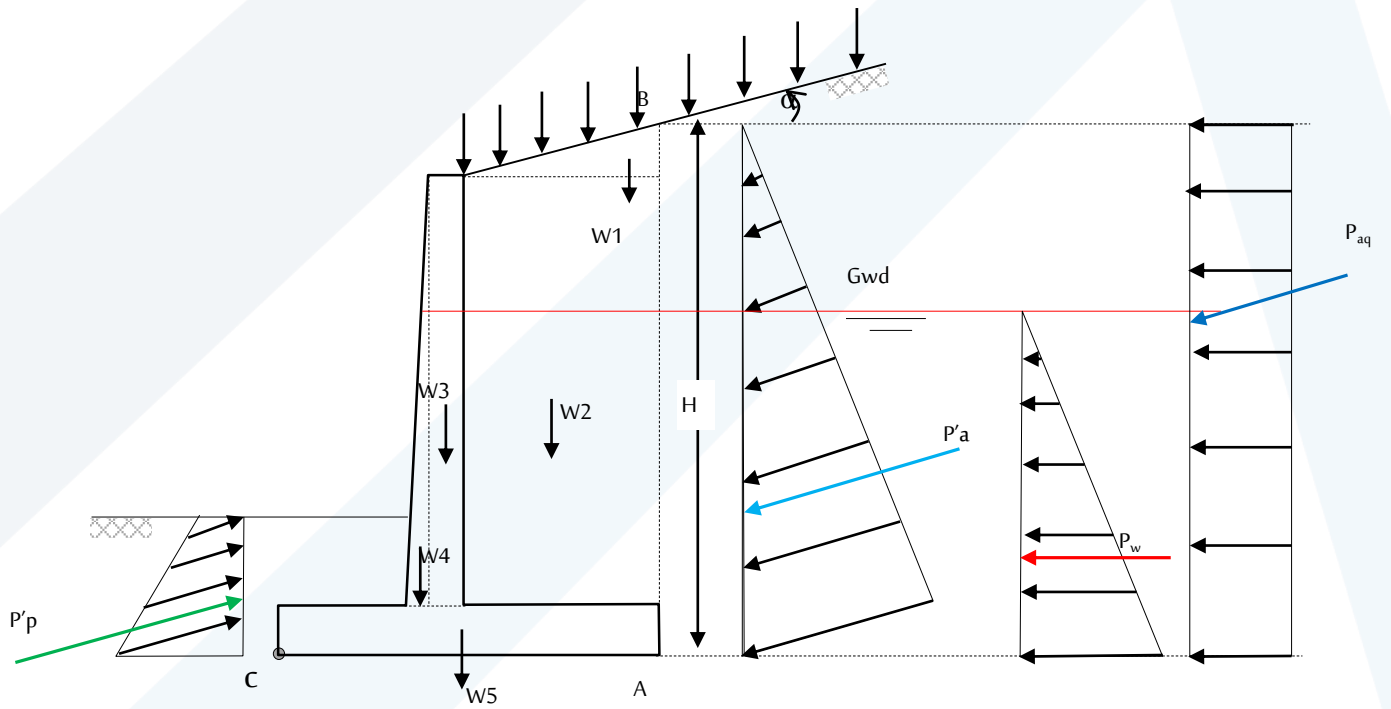
في حال وجود الماء خلف الجدار وعدم تصريفه بفعالية يضاف إلى القوى السابقة ضغط الماء الهيدروستاتيكي  $P_w$ .

في حال التصميم على الزلازل، يضاف إلى القوى السابقة قوة الدفع الديناميكي ( $\Delta p'_{ae} = P'_{ae} - P'a$ ) وهي قوة مركزة مطبقة على ارتفاع  $0.6H$  من أسفل القاعدة والناجئة عن الزلازل، كما يؤخذ الدفع الديناميكي الناتج عن الحمولة الخارجية السطحية بدلاً في حالة الدفع الستاتيكي ومحصلته كما رأينا في الفصل الأول عبارة عن قوة مركزة على ارتفاع  $0.66H$  من أسفل القاعدة بدلاً من  $0.5H$  في حالة الستاتيكي.

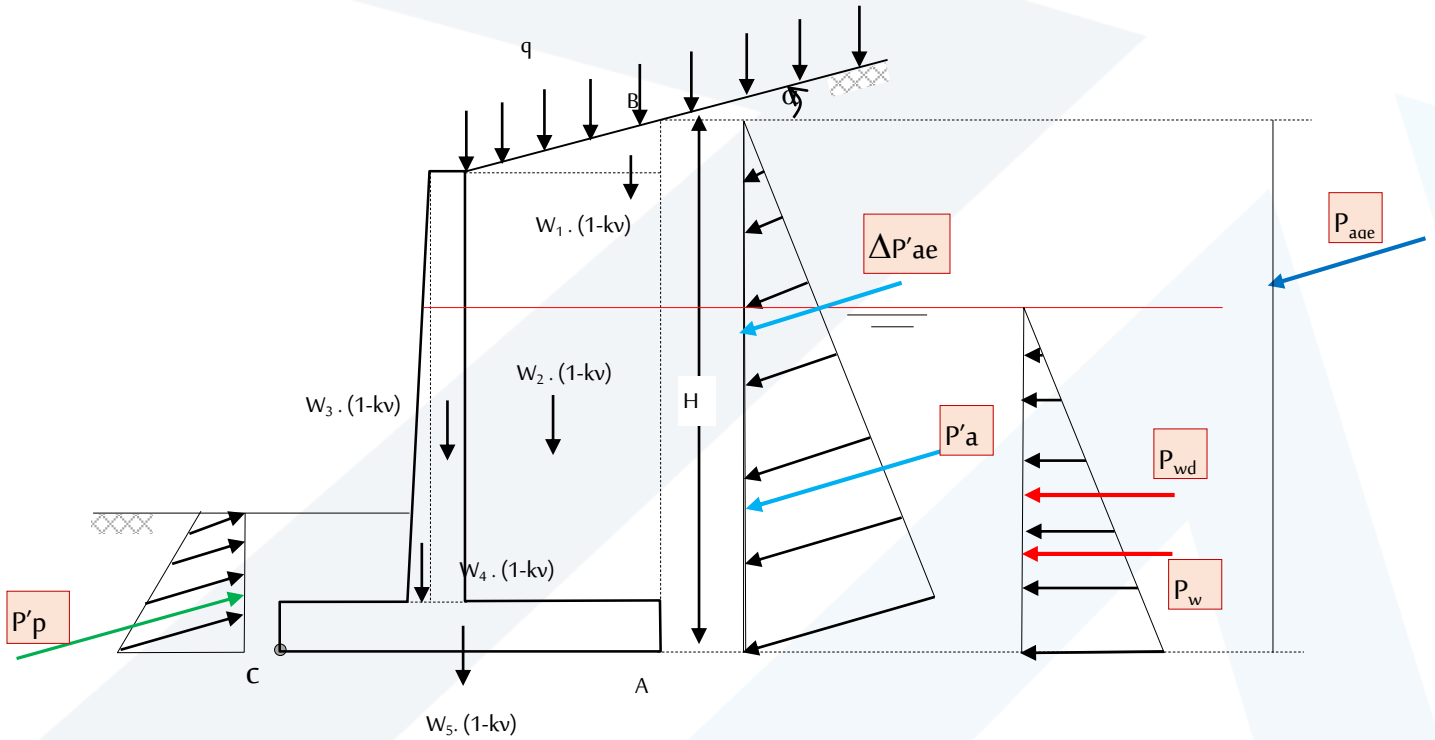
في حال وجود الماء خلف الجدار، يؤخذ تأثير الماء على عن طريق تعديل العامل الزلزالي  $k_h$  مع إمكانية إضافة ضغط الماء الهيدروديناميكي (حسب طريقة الحساب المتبعة) كما رأينا ذلك في الفصل الأول.

يبين الشكل 3.4 القوى المؤثرة على جداري استنادي في حالة الزلازل مع وجود مياه خلف الجدار

نذكر مجدداً بأنه غالباً ما يتم إهمال الضغط المعاكس عند حساب توازن الجدران الاستنادية



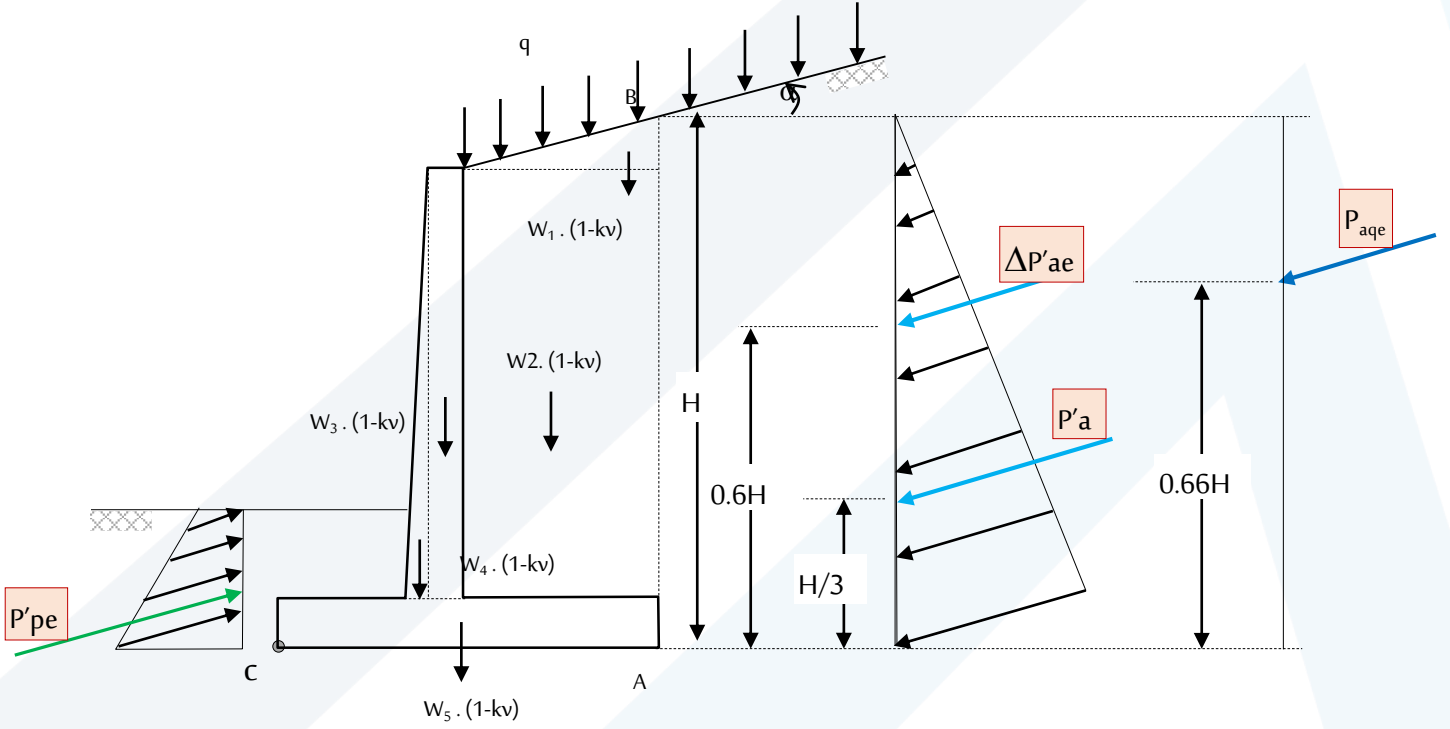
الشكل 2.4 : القوى المؤثرة على الجدار بوجود دفع الماء (حالة التحميل الستاتيكي)



الشكل 3.4 : القوى المؤثرة على الجدار بوجود دفع الماء (حالة التحميل الديناميكي)

#### 4.2.4 التحقق من الأمان ضد الانقلاب

يبين الشكل 4.4 القوى المؤثرة على الجدار في الحالة المصرفة



الشكل 4.4 : القوى المؤثرة على الجدار (حالة الديناميك) في غياب الماء

يعبر عن عامل أمان الجدار ضد الانقلاب حول نقطة ارتكازه الأمامية C بالعلاقة التالية:

$$F_s = \frac{M_R}{M_O} \quad (2.4)$$

حيث:

$M_O$ : مجموع عزوم القوى التي تحاول قلب الجدار حول النقطة C

$$M_O = P'_{ah} \cdot \frac{H}{3} + \Delta P'_{ae,h} \cdot (0.6H) + P_{ae,h} \cdot (0.66H) \quad (3.4)$$

$P'_{ah}$  المركبة الأفقية لقوة الدفع الفعال للتربة

$\Delta P'_{ah}$  المركبة الأفقية لقوة الدفع الناتجة عن الزلزال

المركبة الأفقية لقوة الدفع الفعال الناتجة عن الحمولة السطحية  $P'_{aqe,h}$

$M_R$  مجموع عزوم القوى التي تقاوم الانقلاب حول النقطة C و لحسابها (بإهمال الضغط المعاكس  $P'_{pe}$ ) نقوم بإنشاء جدول بالقوى المؤثرة و ذراع كل منها و بالتالي عزمها حول نقطة الانقلاب C كما هو مبين في الجدول التالي:

العزم حول C	ذراع العزم (البعد الأفقي عن النقطة C)	القوة على واحدة طول الجدار	المساحة	المقطع
$M_1$	$X_1$	$W_1 \cdot (1-k_v) = \gamma_1 \cdot A_1 \cdot (1-k_v)$	$A_1$	1
$M_2$	$X_2$	$W_2 \cdot (1-k_v) = \gamma_1 \cdot A_2 \cdot (1-k_v)$	$A_2$	2
$M_3$	$X_3$	$W_3 \cdot (1-k_v) = \gamma_c \cdot A_3 \cdot (1-k_v)$	$A_3$	3
$M_4$	$X_4$	$W_4 \cdot (1-k_v) = \gamma_c \cdot A_4 \cdot (1-k_v)$	$A_4$	4
$M_5$	$X_5$	$W_5 \cdot (1-k_v) = \gamma_c \cdot A_5 \cdot (1-k_v)$	$A_5$	5
$M_{pa}$	B	$P'_{av} = P'_a \cdot \sin \delta'_a$		
$M_{pae}$	B	$\Delta P'_{ae,v} = \Delta P'_{ae} \cdot \sin \delta'_a$		
$M_{paq}$	B	$P'_{aqe,v} = P'_{aqe} \cdot \sin \delta'_a$		
$\Sigma = M_R$		$\Sigma = Pv$		

حيث:  $\gamma_c$ : الوزن الحجمي لمادة الجدار (بيتون أو حجارة مثلاً)

من أجل أن يكون الأمان ضد الانقلاب محققاً يجب أن يكون:  $F_s \geq 2$  في حالة الستاتيك و  $F_s \geq 1.5$  في حالة الديناميك (حالة إدخال إثر الزلازل).

ملاحظة: من أجل الأمان، يفضل دراسة حالة عدم وجود حمولة سطحية وحالة وجودها واعتماد عامل الأمان الأصغر.

في حال عدم تحقق الأمان ضد الانقلاب، يمكن اتباع أحد الإجراءات التالية (أو أكثر من إجراء):

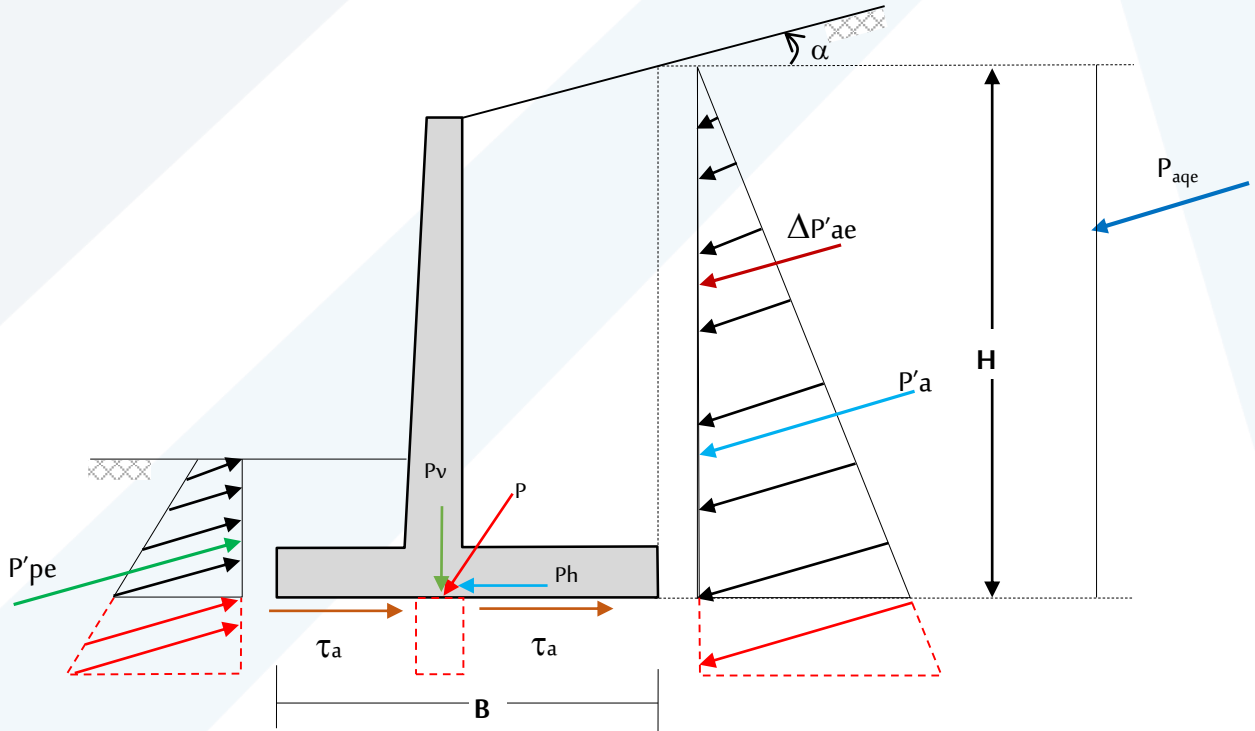
1-زيادة عرض كعب الجدار من أجل زيادة الأوزان الشاقولية فوقه والتي تساهم في زيادة استقرار الجدار.

2-ربط الجدار بشداد (أو بمجموعة شدادات) وبحيث تقطع مستوى الانهيار الفعال المحتمل وبطول إرساء كافي ضمن كتلة التربة الثابتة.

#### 5.2.4 التحقق من الأمان ضد الانزلاق على طول القاعدة

تعمل المركبة الأفقية للضغط الجانبي الفعال للتربة على جعل الجدار ينزلق بعيداً عن التربة، ويقاوم هذا الانزلاق قوى الاحتكاك وقوى التماسك أسفل قاعدة الجدار أو إحدى القوتين وذلك بحسب نوع التربة، بالإضافة إلى قوى الضغط الجانبي السلبي والذي يمكن إهماله في حالة عدم التأكد من عدم إزالة التربة أمام الجدار طوال العمر التشغيلي للجدار. يمكن حساب عامل الأمان ضد الانزلاق بقسمة مجموع القوى الممانعة للانزلاق على القوى المسببة للانزلاق.

يبين الشكل 5.4 القوى اللازمة لتحقيق الجدار ضد الانزلاق على طول قاعدته B



الشكل 5.4 : تحقيق جدار استنادي على الانزلاق على طول القاعدة

يعبر عن عامل أمان الجدار ضد الانزلاق بالعلاقة التالية:

$$F_s = \frac{F_R}{F_d} \quad (4.4)$$

حيث:

$F_d$ : مجموع القوى الأفقية الزالقة للجدار. لدينا القوة الزالقة التالية:

$$F_d = P_h = P'_{a,h} + \Delta P'_{ae,h} + P'_{aqe,h} \quad (5.4)$$

$P_h$  تعبر عن المحصلة الأفقية لجميع قوى الدفع الجانبي

$F_R$ : مجموع القوى الأفقية المقاومة للانزلاق, يمكن حسابها بالعلاقة:

$$F_R = (\sigma \cdot \tan \phi_2'^* + C_2'^*) \cdot (B \times 1) = (B \cdot \sigma) \tan \phi_2'^* + B \cdot C_2'^* = P_v \tan \phi_2'^* + B \cdot C_2'^* \quad (6.4)$$

$$C_2'^* = \frac{2}{3} C_2'$$

$$\phi_2'^* = \tan^{-1} \left( \frac{2}{3} \tan \phi_2' \right) \quad (7.4)$$

حيث  $P_v$  مجموع القوى الشاقولية المؤثرة على قاعدة الجدار (وزن التربة خلف الجدار + الوزن الذاتي للجدار + المركبة الشاقولية لدفع التربة على الجدار + المركبة الشاقولية للدفع الزلزالي + المركبة الشاقولية للدفع الناتج عن الحمولة الخارجية)

من أجل أن يكون الأمان ضد الانزلاق محققاً يجب أن يكون  $F_s \geq 1.5$

#### ملاحظات:

1- لقد أهملنا مساهمة الضغط المعاكس في مقاومة الانزلاق وذلك بدافع الأمان, نظراً لعدم التأكد من تولد الضغط المعاكس إما بسبب عدم كفاية التشوهات الأفقية المسببة لذلك الضغط أو بسبب إمكانية إزالة التربة الواقعة أمام الجدار.

عندما لا يكون الجدار محققاً ضد الانزلاق يمكن زيادة مقاومته على الانزلاق بطرق متعددة، أهمها:

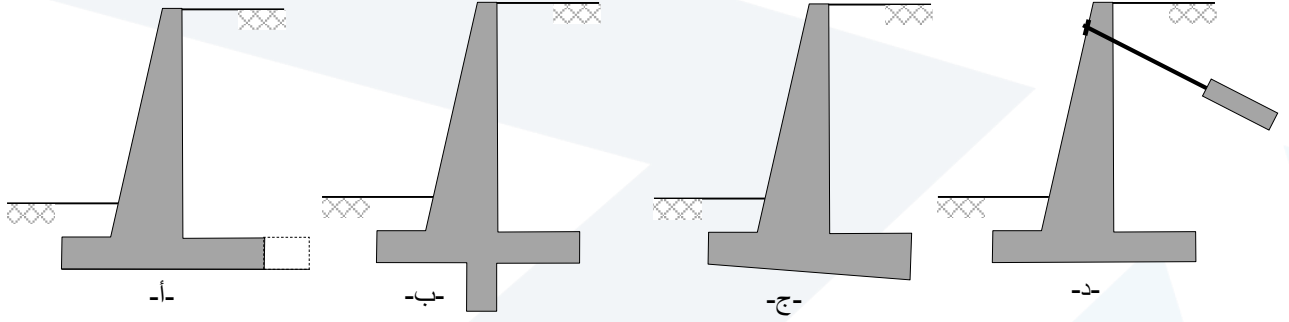
أ-زيادة عرض القاعدة (الشكل 4. 6-أ)

ب- إضافة سن في نهاية كعب الجدار وهي الطريقة الأكثر شيوعاً (الشكل 4. 6-ب)

ج- جعل الوجه السفلي للقاعدة مائلاً أو على شكل درجات (الشكل 4. 6-ج)

د-ربط الجدار بشدادات على صف واحد أعلى الجدار أو على عدة صفوف بمناسيب مختلفة وذلك حسب قوى الانزلاق المطلوب مقاومتها بالشدادات (الشكل 4. 6-د)

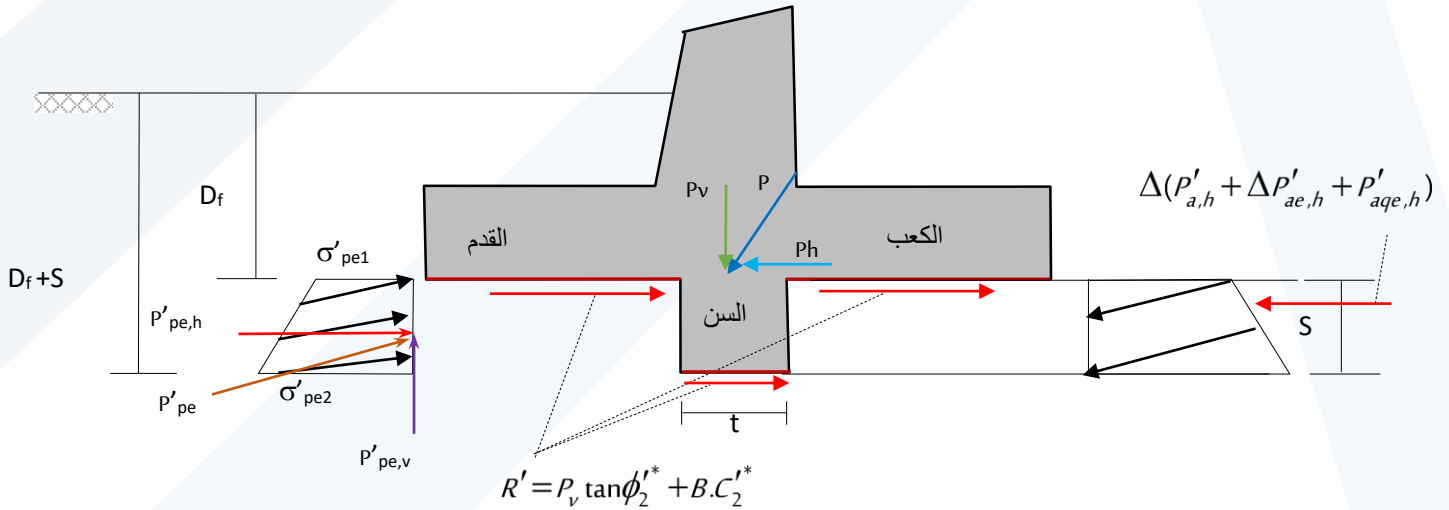




الشكل 6.4 : طرق زيادة مقاومة الجدار على الانزلاق

### تصميم السن

تصميم السن يتضمن إيجاد عمق السن  $S$  وسماكته  $t$  وتسليحه. في البداية يتم تحديد الضغوط المطبقة على السن (الضغط الفعال والضغط السلبي)، ثم يتم تحديد قوة الممانعة الأصغر التي يجب أن يؤمنها السن، وهذه القوة تساوي الضغط السلبي الأصغري الذي يجب أن يتأمن أثناء محاولة حركة الجدار باتجاه أمام الجدار،



الشكل 7.4 : تحقيق الأمان على الانزلاق بإضافة سن

بإسقاط القوى على المحور الأفقي نحصل على :

$$\begin{aligned}
 R' + P'_{pe,h,\min} &= F_s \cdot [P_h + \Delta(P'_{a,h} + \Delta P'_{ae,h} + P'_{aqe,h})] \\
 \Rightarrow P'_{pe,h,\min} &= F_s \cdot [P_h + \Delta(P'_{a,h} + \Delta P'_{ae,h} + P'_{aqe,h})] - R' \\
 \Rightarrow P'_{pe,h,\min} &= F_s \cdot [P_h + \Delta(P'_{a,h} + \Delta P'_{ae,h} + P'_{aqe,h})] - (P_v \tan \phi_2'^* + B.C_2'^*) \quad (8.4)
 \end{aligned}$$

المركبة الأفقية للدفع الإضافي على السن، الستاتيكية والديناميكية والنتيجة عن الحمولة السطحية بالترتيب.  $\Delta P'_{a,h}, \Delta P'_{ae,h}, \Delta P'_{aqe,h}$

المركبة الأفقية لقوى الدفع السلبي الديناميكي على السن، وهي مجهولة وتتعلق بارتفاع السن، ويجب أن تكون قيمتها أكبر من قيمة التي تعطى بالعلاقة 8.4

يمكن وبطريقة مبسطة فرض ارتفاع للسن  $S$  ثم حساب  $\Delta p'_{a,h}$  و  $P'_{p,h}$  والتأكد أنها أكبر من  $P'_{pe,h,min}$ ، ومن أجل الحصول على أبعاد اقتصادية ومعقولة يمكن التجريب عدة مرات واختيار قيمة معقولة من هذه القيم المفروضة.

### حساب قوة الشد

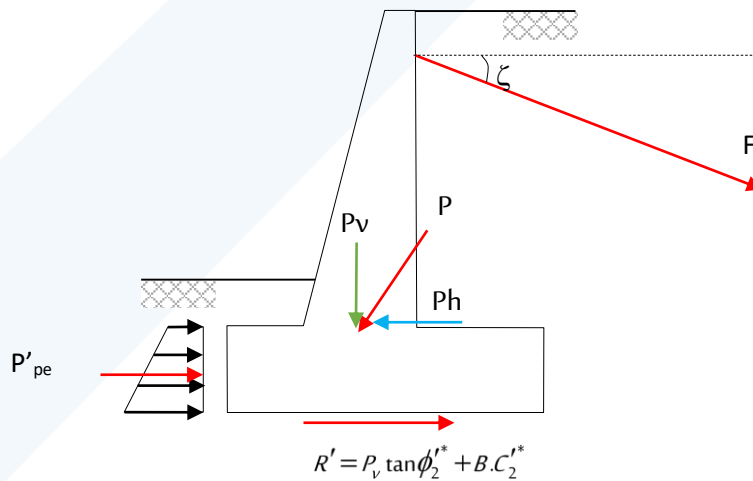
بإسقاط القوى على المحور الأفقي نحصل على:

$$\frac{F_{min}}{S_F} \cdot \cos \zeta + R' + P'_{pe} = F_s \cdot P_h \Rightarrow F_{min} = \frac{S_F}{\cos \zeta} [F_s \cdot P_h - (R' + P'_{pe})]$$

وإذا أهملنا قوى الدفع السلبي  $P'_{pe}$ ، يكون لدينا:

$$F_{min} = \frac{S_F}{\cos \zeta} (F_s \cdot P_h - R') \quad (9.4)$$

حيث  $S_F$  تعبر عن تباعد الشدات



الشكل 8.4 : حساب قوة الشد

#### 6.2.4 التحقق من الإجهادات تحت الجدار

يبين الشكل 9.4 تغير الإجهاد الشاقولي المنقول بواسطة قاعدة الأساس إلى التربة أسفل الجدار حيث نلاحظ أن القيمة العظمى  $q_{max}$  تحدث عند نهاية القدم بينما القيمة الصغرى  $q_{min}$  تحدث عند نهاية الكعب و يمكن حسابهما في حالة عدم ظهور إجهادات شادة بالعلاقة:

بفرض  $P$  محصلة القوى عند مستوي المؤثرة في مركز ثقل القاعدة عند منسوب التأسيس، مركباتها  $P_h$  و  $P_v$ . تكون الاجهادات الأعظمية والأصغرية أسفل القاعدة :

$$q_{max,min} = \frac{P_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \quad (10.4)$$

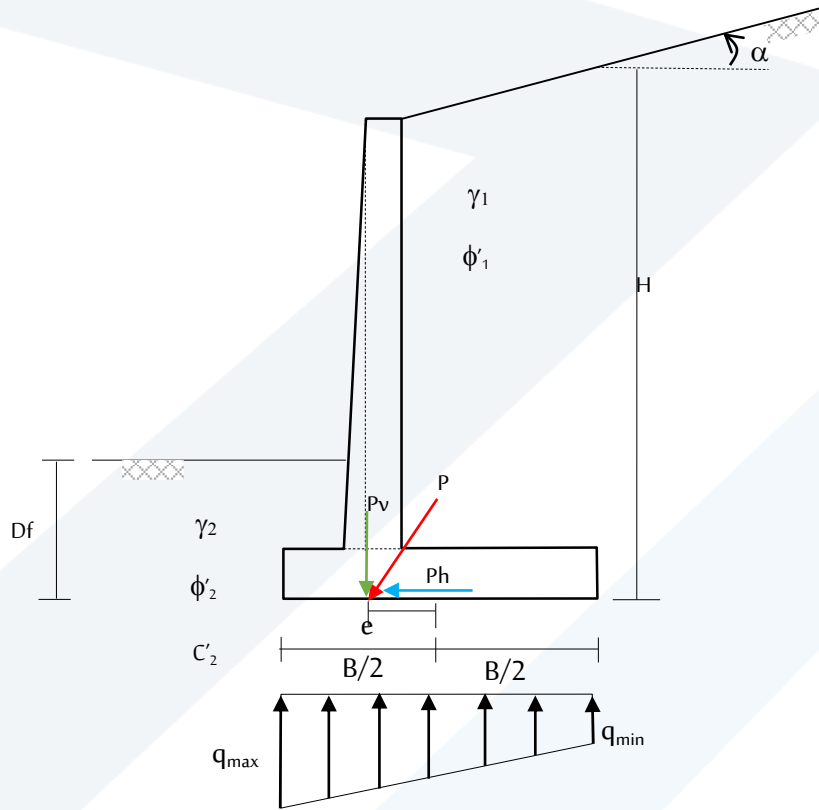
حيث  $P_v$  مجموع القوى الشاقولية المحسوبة في الجدول السابق

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M_{net}}{P_v} \quad : M_{net} = M_R - M_O \quad (11.4)$$

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

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &\leq q_{a-net} \\ \sigma_{min} &\geq 0 \end{aligned} \quad (12.4)$$

ملاحظة هامة: في حالة  $e > B/6$  تصبح  $\sigma_{min}$  سالبة مما يعني وجود إجهادات شادة في نهاية الكعب و هذا غير مسموح به و بالتالي يجب إعادة التصميم من جديد.



الشكل 9.4: تحقيق جدار استنادي من أجل قدرة التحمل على الانهيار

#### 7.2.4 التصميم الإنشائي للجدار

##### أ- الجدران الظرفية المسلحة

يتضمن التصميم الإنشائي للجدار الاستنادي المسلح ما يلي :

1- التحقق من كفاية سماكة جذع الجدار وارتفاع القاعدة

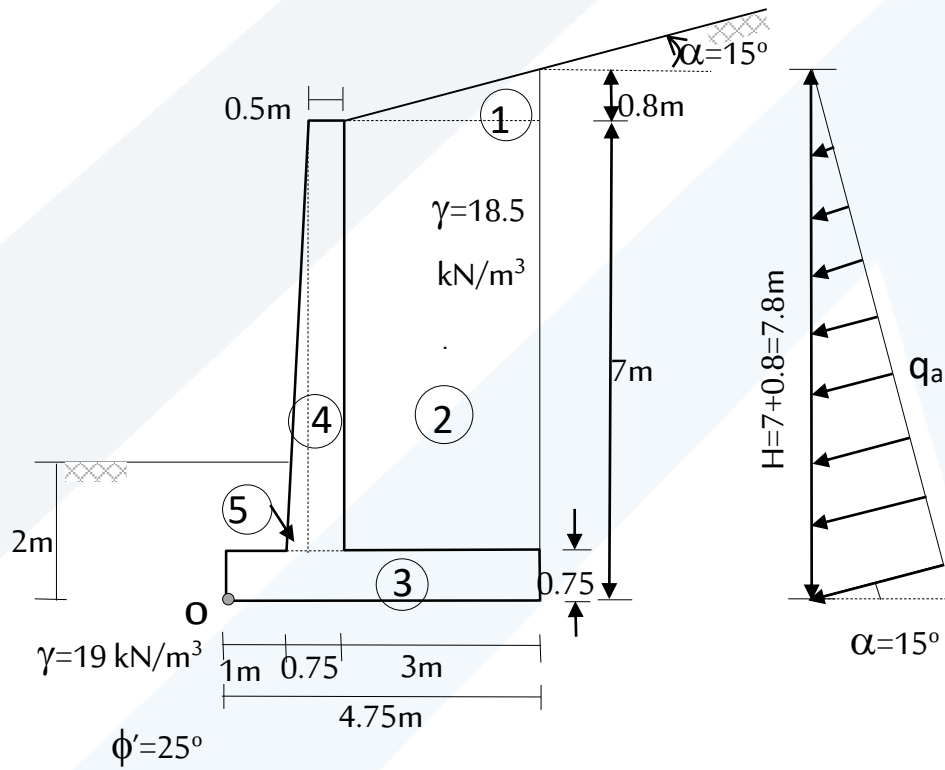
2- حساب تسليح الجدار

ويتم ذلك بالطرق التي تم عرضها سابقاً في تصميم الأساسات السطحية

#### مثال 1.4

لدينا الجدار المبين بالشكل 10.4 باستخدام نظرية رانكين، يطلب حساب عوامل الأمان ضد الانزلاق والانقلاب والقص وذلك تحت تأثير القوى الستاتيكية فقط.

خواص البيتون:  $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$ ,  $f'_c = 22.5 \text{ MPa}$ ,  $f_y = 400 \text{ MPa}$



#### الحل

حساب الدفع الفعال

$$K_a = \cos \alpha_a \frac{\cos \alpha_a - \sqrt{\cos^2 \alpha_a - \cos^2 \phi'}}{\cos \alpha_a + \sqrt{\cos^2 \alpha_a - \cos^2 \phi'}}$$

$$\alpha_a = 15^\circ, \phi' = 30^\circ, K_a = \cos 15^\circ \frac{\cos 15^\circ - \sqrt{\cos^2 15^\circ - \cos^2 30^\circ}}{\cos 15^\circ + \sqrt{\cos^2 15^\circ - \cos^2 30^\circ}} = 0.373$$

$$q_a(z) = \gamma \cdot z \cdot K_a = 18.5 * 0.373 * z = 6.9 * z$$

$$q_a(z=7.8m) = 6.9 * 7.8 = 53.82 \text{ kN/m}^2$$

$$P_a = 0.5 \gamma H^2 k_a = 0.5 * 18.5 * 7.8^2 * 0.373 = 209.9 \text{ kN/m}$$

$$P_{a,h} = P_a \cdot \cos \alpha = 209.9 * \cos 15^\circ = 202.7 \text{ kN/m}$$

$$P_{a,v} = P_a \cdot \sin \alpha = 209.9 * \sin 15^\circ = 54.3 \text{ kN/m}$$

التأكد من الأمان ضد الانقلاب

يمكن حساب العزوم القالبة والعزوم المثبتة عن طريق أخذ عزوم القوى حول النقطة O.

حساب العزوم المثبتة  $M_R$

نقسم الوسط إلى خمسة أجزاء من 1 إلى 5 ونفترض أن الوزن الحجمي لبيتون الجدار  $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$  تكون القوى

والعزوم المثبتة  $M_R$  كالتالي :

العزم kN.m/m	الذراع m	الوزن kN/m	الوزن الحجمي kN/m <sup>3</sup>	المساحة m <sup>2</sup>	رقم المقطع No.
83.3	3.75	22.2	18.5	1.2	1
1127.3	3.25	346.9	18.5	18.75	2
203.3	2.38	85.4	24	3.56	3
112.7	1.5	75.1	24	3.13	4
21.9	1.17	18.7	24	0.78	5
257.9	4.75	$P_{av}=54.3$			
$\Sigma M=1806.4=M_R$		$P_v=602.7$			

حساب العزوم القالبة  $M_o$

$$M_o = P_h \cdot \frac{H}{3} = 202.7 * \frac{7.8}{3} = 527 \text{ kN.m/m}$$

عامل الأمان ضد الانقلاب

$$F_s = \frac{M_R}{M_o} = \frac{1806.4}{527} = 3.4 > 2 \text{ OK}$$

التأكد من الأمان ضد الانزلاق

القوى الأفقية الزالقة  $SF_d$

$$\Sigma F_d = P_{a,h} = 202.7 \text{ kN/m}$$

القوى الأفقية الممانعة للانزلاق  $SF_R$

بإهمال الضغط السلبي، تكون القوى الممانعة للانزلاق:

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

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

$$\phi_2'^* = \tan^{-1} \left( \frac{2}{3} \tan \phi_2' \right) = \tan^{-1} \left( \frac{2}{3} \tan 25 \right) = 17.3^\circ$$

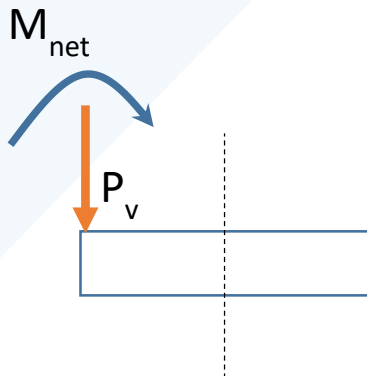
$$F_R = P_v \cdot \tan \phi_2'^* + B \cdot C_2'^* = 602.7 * \tan(17.3) + 4.75 * 40 = 377.7 \text{ kN/m}$$

عامل الأمان ضد الانزلاق

$$F_s = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_d} = \frac{377.7}{202.7} = 1.86 > 1.5 \text{ OK}$$

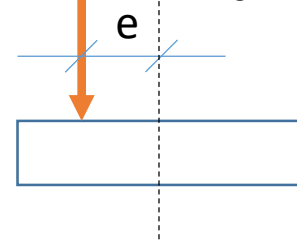
التحقق من الأمان ضد القص

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:

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

$$\sigma_{min} \geq 0$$

$$M_{net} = M_R - M_O = 1806.4 - 527 = 1279.4 \text{ kN.m/m}$$

$$e = \frac{4.75}{2} - \frac{1279.4}{602.7} = 0.252 \text{ m} < \frac{L}{6} = 0.792 \text{ m}$$

$$q_{max,min} = \frac{P_v}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{602.7}{4.75} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot 0.252}{4.75} \right) \Rightarrow q_{max} = 167.3 \text{ kN/m}^2 / \text{m}$$

$$q_{min} = 86.5 \text{ kN/m}^2 / \text{m} > 0$$

حساب قدرة تحمل التربة الحديدية

$$\tan \alpha = \frac{P_h}{P_v} = \frac{P_{a,h}}{P_v} = \frac{202.7}{602.7} = 0.336 \rightarrow \alpha = 18.6^\circ$$

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 :



$$d_c = 1 + 0.2 \frac{D_f}{B} \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 1 + 0.2 \frac{2}{4.75} \cdot \tan\left(45 + \frac{25}{2}\right) = 1.132$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{2}{4.75} \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 1 + 0.1 \frac{2}{4.75} \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 1.066$$

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

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right)^2 = \left(1 - \frac{18.6}{90}\right)^2 = 0.629$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi}\right)^2 = \left(1 - \frac{18.6}{25}\right)^2 = 0.066$$

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

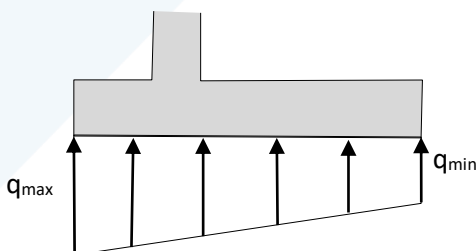
نعوض في علاقة مايروف :

$$q_{ult} = 19 \cdot 2 \cdot 10.7 \cdot 1 \cdot 1.066 \cdot 0.629 + 0.5 \cdot 19 \cdot (4.75 - 2 \cdot 0.252) \cdot 6.9 \cdot 1 \cdot 1.066 \cdot 0.066 + 60 \cdot 20.8 \cdot 1 \cdot 1.132 \cdot 0.629 = 11173.6 \text{ kpa}$$

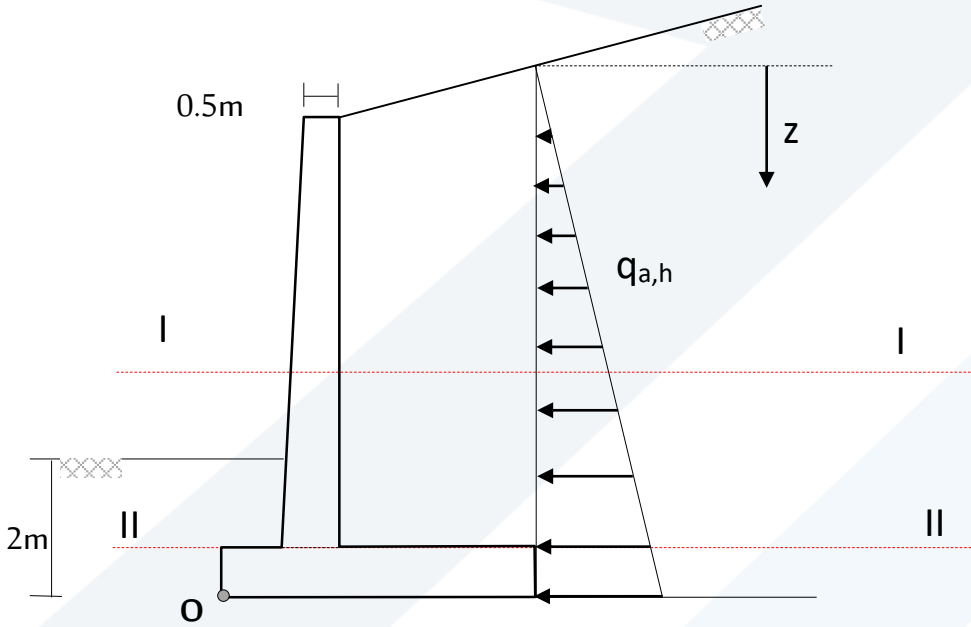
$$q_{ult-net} = 11173.6 - 2 \cdot 18.5 = 1136.6 \text{ kpa}$$

$$q_{a-net} = \frac{1136.6}{3} = 379 \text{ kpa}$$

$$q_{max} = 167.3 \text{ kN/m}^2 < q_{a-net} = 380.9 \text{ kN/m}^2 \quad OK$$



1- جذع الجذع



الدفق الأفقي على عمق  $z$

$$q_{a,h}(z) = q_a(z) \cdot \cos(\alpha) = \gamma \cdot z \cdot K_a \cdot \cos(\alpha) = 18.5 \cdot 0.373 \cdot z \cdot \cos(15) = 6.66 \cdot z$$

الدفق الأفقي في منتصف الجذع ( $z=3.925m$ )

$$q_{a,h}(z = 3.925m) = 6.66 \cdot 3.925 = 26.14 \text{ kN/m}^2$$

عزم الانعطاف في منتصف الجذع

$$M_{I-I} = \frac{26.14 \cdot (3.925)^2}{6} = 67.1 \text{ kN.m/m}$$

الدفق الأفقي أسفل الجذع ( $z=7.05m$ )

$$q_{a,h}(z = 7.05m) = 6.66 \cdot 7.05 = 46.95 \text{ kN/m}^2$$

عزم الانعطاف أسفل الجذع

$$M_{II-II} = \frac{46.95 \cdot (7.05)^2}{6} = 388.9 \text{ kN.m/m}$$

2- قاعدة الجدار

الحمولة فوق الكعب

أوزن التربة فوق الكعب

- طرف الكعب الخارجي :  $q_{soil} = 7.05 * 18.5 = 130.425 \text{ kN/m}^2$

- طرف الكعب الداخلي :  $q_{soil} = 6.25 * 18.5 = 115.625 \text{ kN/m}^2$

ب- الوزن الذاتي للقاعدة :  $q_{base} = 0.75 * 24 = 18 \text{ kN/m}^2$

وبالتالي تكون الحمولة فوق الكعب :

- طرف الكعب الخارجي :  $q_{soil} = 130.425 + 18 = 148.4 \text{ kN/m}^2$

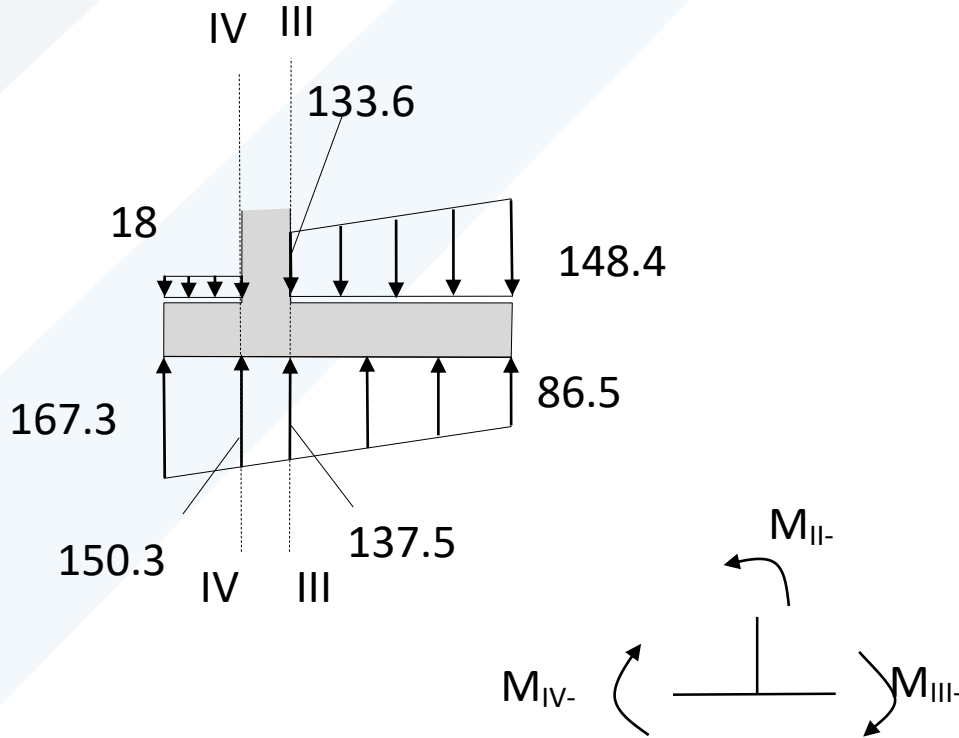
- طرف الكعب الداخلي :  $q_{soil} = 115.625 + 18 = 133.6 \text{ kN/m}^2$

• الحمولة فوق القدم

الحمولة فوق القدم هي الوزن الذاتي للقدم =  $18 \text{ kN/m}^2$

يضاف إلى هذه الحمولات رد فعل التربة على القاعدة

وبالتالي تصبح الحمولات على القاعدة :



$$M_{III-III} = 133.6 * 3 * 1.5 + (148.4 - 133.6) * 1.5 * 2 - 86.5 * 3 * 1.5 - (137.5 - 86.5) * 1.5 * 1 = 179.8 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{IV-IV} = 150.3 * \frac{(1)^2}{2} + (167.3 - 150.3) * \frac{(1)^2}{3} - 18 * \frac{(1)^2}{2} = 71.8 \text{ kN.m/m}$$

التسليح

المقطع I-I

$$A_s = \frac{0.85 f'_c b a}{f_y} = \frac{0.85 * 22.5 * 1 * a}{400} = 0.0478 a$$

$$M_u = \phi A_s f_y \left( h - \frac{a}{2} \right) = 1.5 M_{I-I} = 1.5 * 67.1 = 100.65$$

$$100.65 = 0.85 * 0.0478 a * 400000 * \left( 0.555 - \frac{a}{2} \right)$$

$$100.65 = 9020 a - 8126 a^2$$

$$\Rightarrow a^2 - 1.11 a + 0.0124 = 0 \Rightarrow a = 0.011 \Rightarrow A_s = 0.0478 * 0.011 = 0.00053 \text{ m}^2 / \text{m} = 5.3 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s,\min} = 0.002 * 100 * 55.5 = 11.1 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s,I-I} \Rightarrow A_{s,I-I} = 11.1 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

use 6T16mm/m

المقطع II-II

$$A_s = 0.0478 a$$

$$M_u = \phi A_s f_y \left( h - \frac{a}{2} \right) = 1.5 M_{II-II} = 1.5 * 388.9 = 583.35$$

$$583.35 = 0.85 * 0.0478 a * 400000 * \left( 0.68 - \frac{a}{2} \right)$$

$$583.35 = 11051 a - 8126 a^2$$

$$\Rightarrow a^2 - 1.36 a + 0.072 = 0 \Rightarrow a = 0.0552 \Rightarrow A_s = 0.0478 * 0.0552 = 0.0026 \text{ m}^2 / \text{m} = 26 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s,\min} = 0.002 * 100 * 68 = 13.6 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_{s,II-II} \Rightarrow A_{s,II-II} = 26 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

use 13T16mm/m

III-III المقطع-

$$A_s = 0.0478a$$

$$M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(h - \frac{a}{2}\right) = 1.5M_{III-III} = 1.5 \cdot 179.8 = 269.7$$

$$269.7 = 0.85 \cdot 0.0478a \cdot 400000 \cdot \left(0.68 - \frac{a}{2}\right)$$

$$269.7 = 11051a - 8126a^2$$

$$\Rightarrow a^2 - 1.36a + 0.0332 = 0 \Rightarrow a = 0.0249 \Rightarrow A_s = 0.0478 \cdot 0.0249 = 0.0012 \text{ m}^2 / \text{m} = 12 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s,\min} = 0.002 \cdot 100 \cdot 68 = 13.6 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s,III-III} \Rightarrow A_{s,III-III} = 13.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

use 7T16mm/m

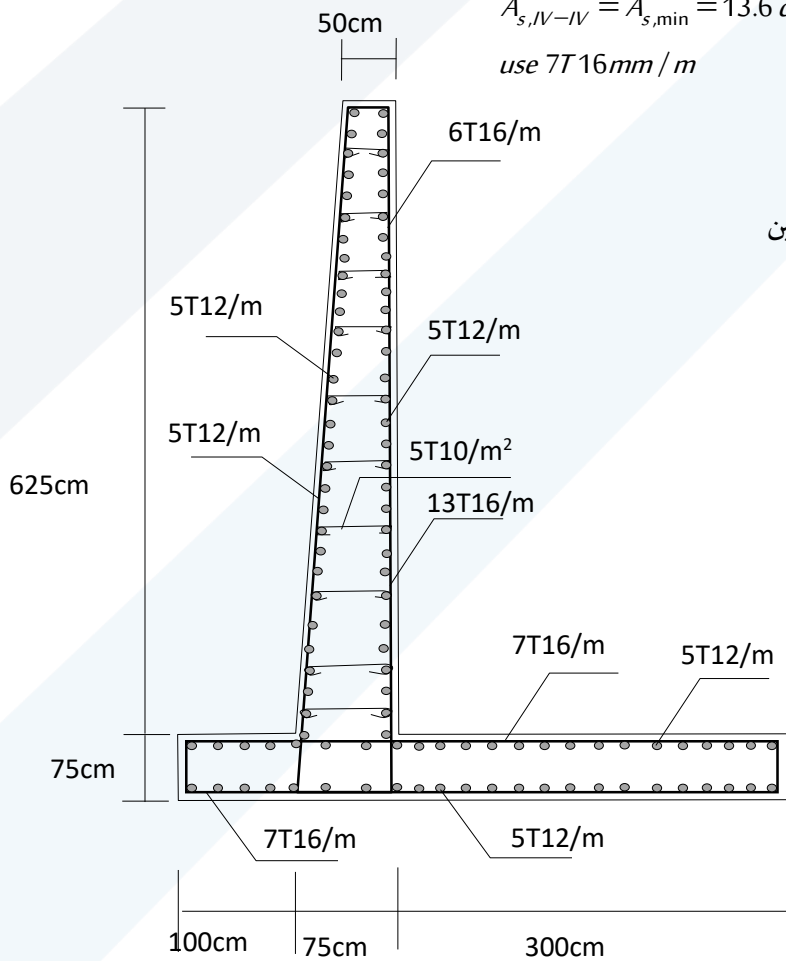
IV-IV المقطع-

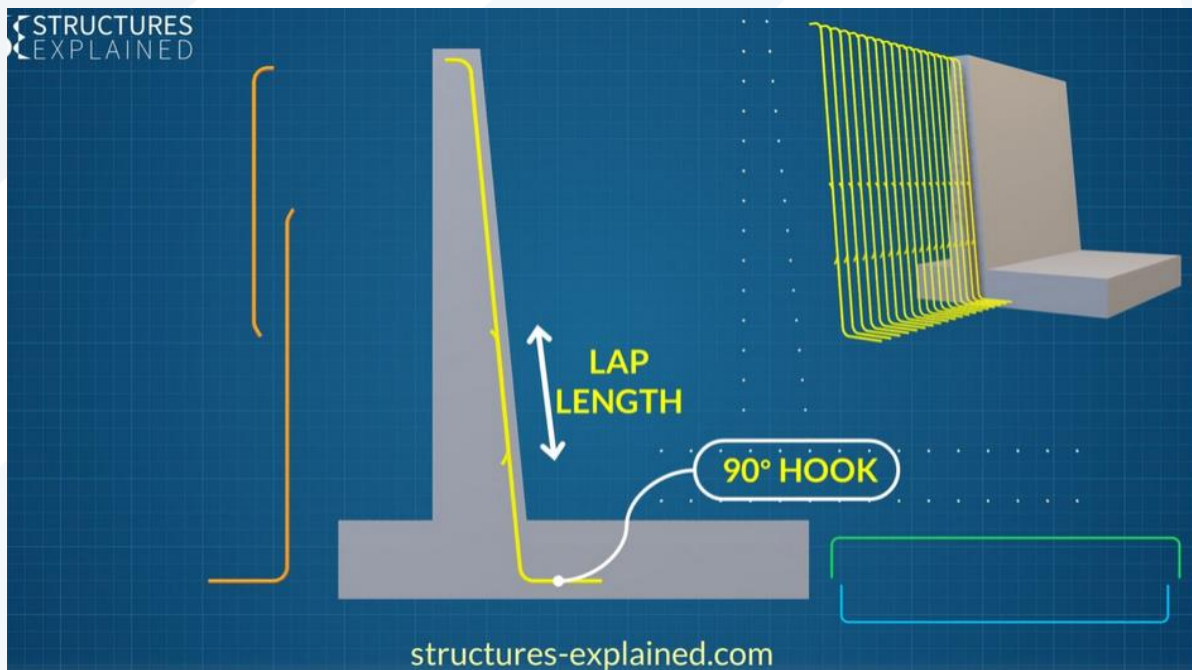
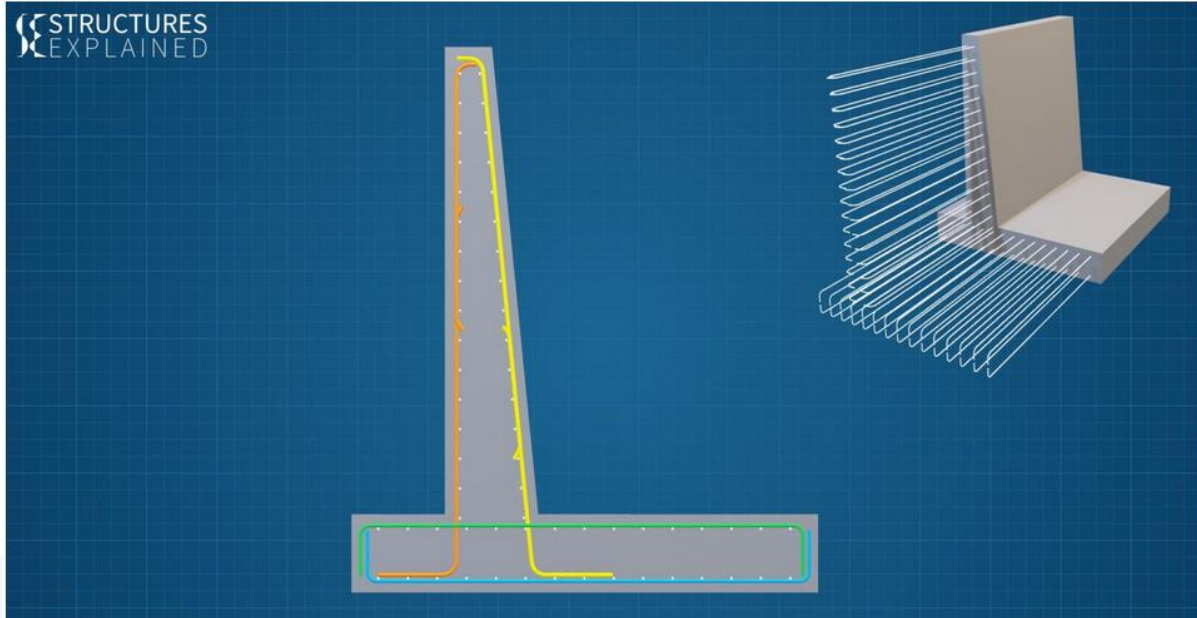
$$A_{s,IV-IV} = A_{s,\min} = 13.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

use 7T16mm/m

التسليح الثانوي

نستخدم 5T12mm/m لجميع المقاطع وبالاتجاهين





الشكل 11.4 : تفصيلات تسليح القاعدة والجدار

### 3.4 الجدران الكتلية

كما في حالة الجدران الظرفية المسلحة فإنه عند تصميم الجدران الظرفية الكتلية يتم البدء بفرض أبعاد أولية للجدار (الشكل 12.4) و من ثم حساب القوى و إجراء التحقيقات اللازمة لتوازن الجدار

يتضمن التصميم الإنشائي للجدار الاستنادي الكتلي (الشكل 4.13) التحقق من الاجهادات الشادة والاجهادات الضاغطة والاجهادات القاصة, حيث يجب ألا تتجاوز تلك الاجهادات المسموحة للمادة المصنوع منها الجدار.

1- التحقق من الاجهادات الشادة في نهاية الجذع (النقطة d) وفي نهاية قدم الأساس (النقطة C).

2- التحقق من الاجهادات الضاغطة في نهاية الجذع (النقطة d) وفي نهاية قدم الأساس (النقطة C).

تعطى اجهادات الشد أو الضغط في المتر الطولي في المقطع c-c' بالعلاقة :

$$\sigma = \frac{6M}{t_b^2} \quad (13.4)$$

تعطى اجهادات الشد أو الضغط في المتر الطولي في المقطع d-d' بالعلاقة :

$$\sigma = \frac{P_v}{B'} + \frac{6M}{B'^2} \quad (14.4)$$

حيث :

M عزم الانعطاف في المقطع بالمتر الطولي من الجدار

$P_v$  محصلة القوى الشاقولية في المقطع (وزن ذاتي بالإضافة إلى أية قوى شاقولية تؤثر على الجدار)

ملاحظة: يتم عادة إهمال الحد  $P_v/B'$  في حساب إجهاد الشد في المقطع

3- التحقق من اجهادات القص عند نهاية الجذع (المقطع d-d') وعند قدم الجدار (المقطع c-c').

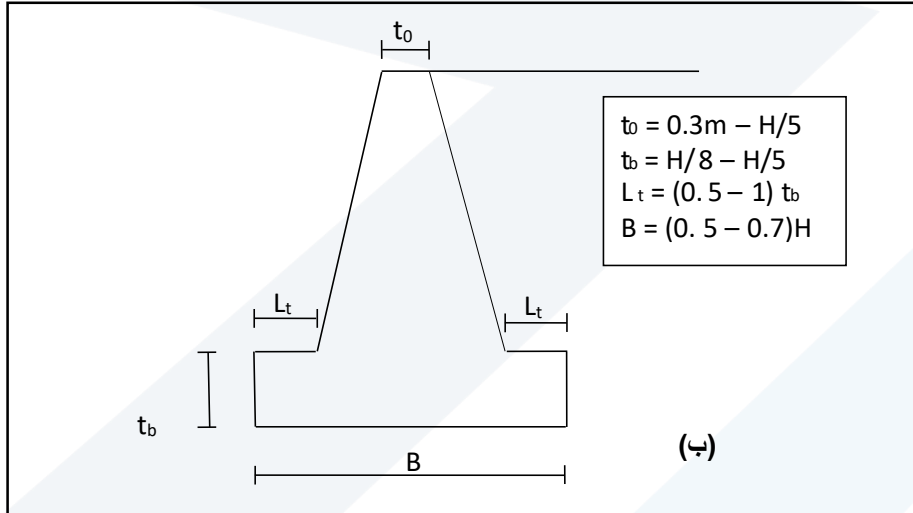
تعطى الاجهادات القاصة في المتر الطولي في المقطع c-c' والاجهادات الشادة في المقطع d-d' بالعلاقة :

$$\tau = \frac{Q}{0.85h_t} \quad (15.4)$$

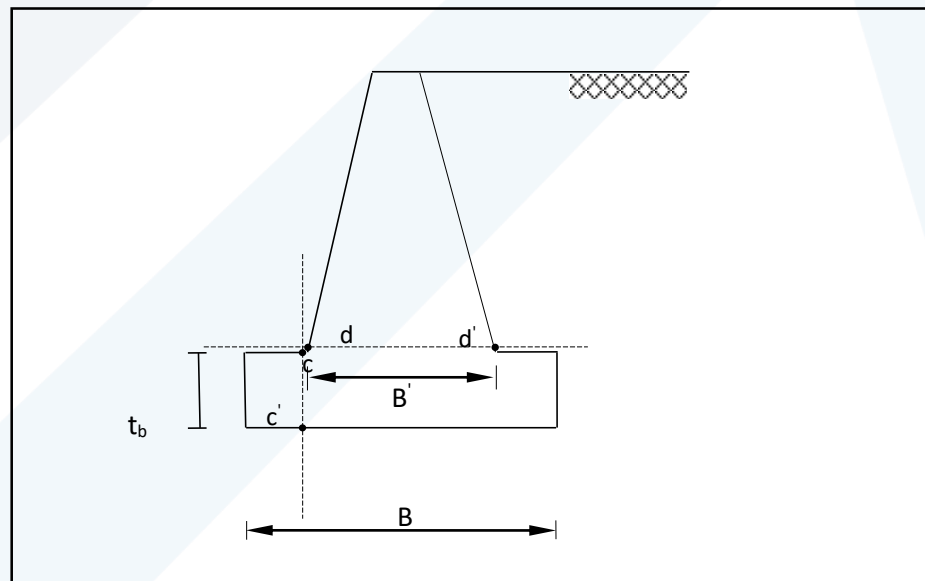
حيث :

Q قوة القص عند هذا المقطع بالمتر الطولي من الجدار.

$h_t$  ارتفاع المقطع (B) للجذع و  $t_b$  للقاعدة)



الشكل 12.4 : الأبعاد الأولية للجدران الظرفية الكتلية



الشكل 13.4 : مواقع المقاطع الحجة على الشد والضغط والقص في الجدران الاستنادية الكتلية