إعداد : محمد السفاريني
لجنة المدني – سيفلتيي

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

ما قبل البدء أريد القول بعض الأمور الهامة , هذه الدوسية تم تعديلها لكي تشمل سلايدات الدكتورة وأسئلة الكتاب كأفكار شاملة و أسئلة السلايدات , الحفظ والفهم .

تم شرح هذه المادة على قناة اللجنة ولكن الشرح كان على الدوسية القديمة , هذه الدوسية فقط تم توضيح بعض الأرقام وفي حال عدم فهمك , عليك حضور الفيديوهات , فيديوهات قصيرة وشاملة بإذن الله .

سيتم توفير ملحق شامل ل الجداول وبسم الله نبدأ

❑Lateral Earth Pressure

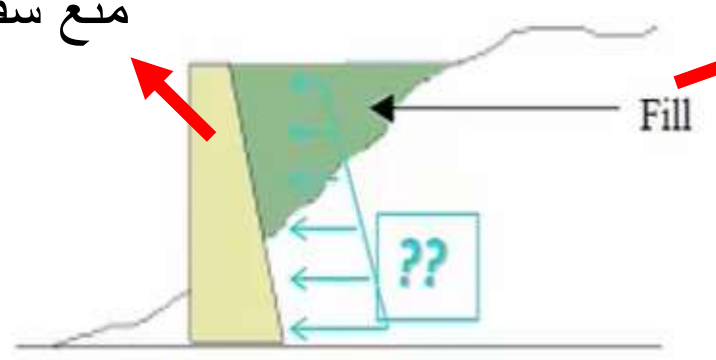
دراسة هذا الموضوع مهم لأنه يدخل في تصميم المنشئات الساندة مثل الأنفاق والطرق السريعة وحماية المنشئات وغيرها الكثير .

Retaining wall

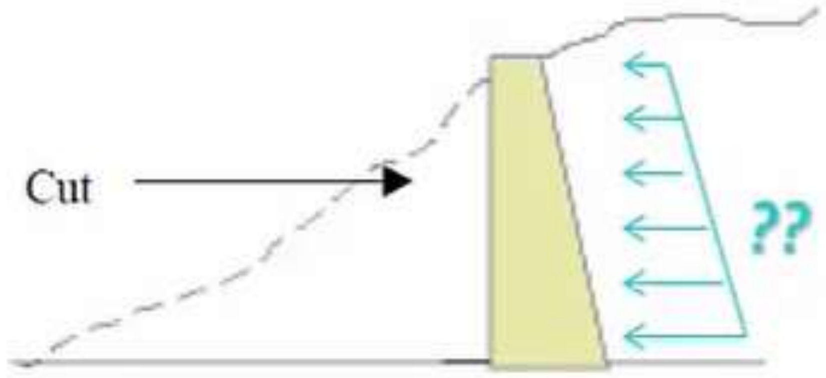
الجدار الإستنادي يوضع دعما إما ل الردم أوالحفر كما توضح هذه الصور .

منع سقوط التربة

ل التربة



Retaining Wall to Support a Fill.



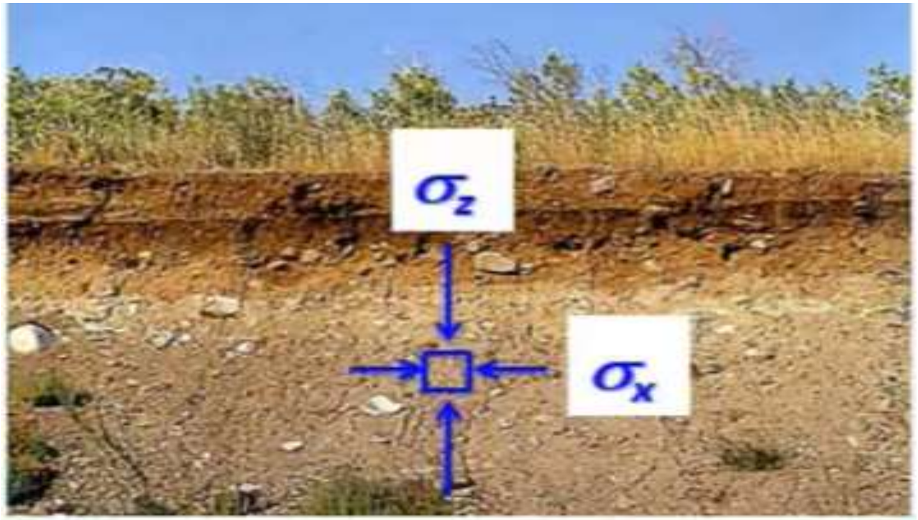
Retaining Wall to Support a Cut.

يوجد **<u>مصطلحين</u>** علينا فهمهم جيدا ما قبل البدء :

لدينا **كوب ماء** وفي حالة الظروف المستقرة يكون هذا الماء تكون خصائصة متجانسة في جميع الإتجاهات لذلك الضغط الرأسي يساوي الضغط الأفقي أو في إتجاه أخر .

وفي **حالة التربة** ونعتبر أنها فقط تتعرض ل وزنها الخاص فقط وهي في حالة الراحة بالتالي ستكون التربة غير متجانسة في الخصائص في جميع الإتجاهات ولن تتساوي الإجهادات المؤثرة .

Isotropic



Anisotropic

هذه النقاط موجودة في السلايدات

❑Lateral Earth Pressure **depend on**:

يعتمد ضغط الأرض الجانبي على:

- **The unit weight** of the soil (natural soil or backfill)

وزن وحدة التربة (التربة الطبيعية أو الردم)

- The type and amount of **wall movement**

نوع ومقدار حركة الجدار

- The **shear strength parameters** of the retained soil, interlocking (friction, resistance, cohesion).

معلمات قوة القص للتربة المحتجزة ، المتشابكة (الاحتكاك ، المقاومة ، التماسك).

- The **shear strength parameters** of the **foundation soil**

معلمات قوة القص لتربة الأساس

- The **drainage conditions** in the backfill.

ظروف الصرف في الردم.

الضغط الجانبى ل التربة هو محصلة الإجهادات الأفقية في التربة عند أي نقطة ولكي نحسبه علينا إيجاد **معامل الضغط الجانبى ل التربة** وهو عبارة عن نسبة ما بين الإجهادات الأفقية الفعالة إلى الإجهادات العامودية الفعالة عند أي نقطة .

الضغط الجانبي ل التربة

$$\sigma`_h = K * \sigma`_v$$

$\boldsymbol{\gamma h}$

معامل الضغط الجانبي

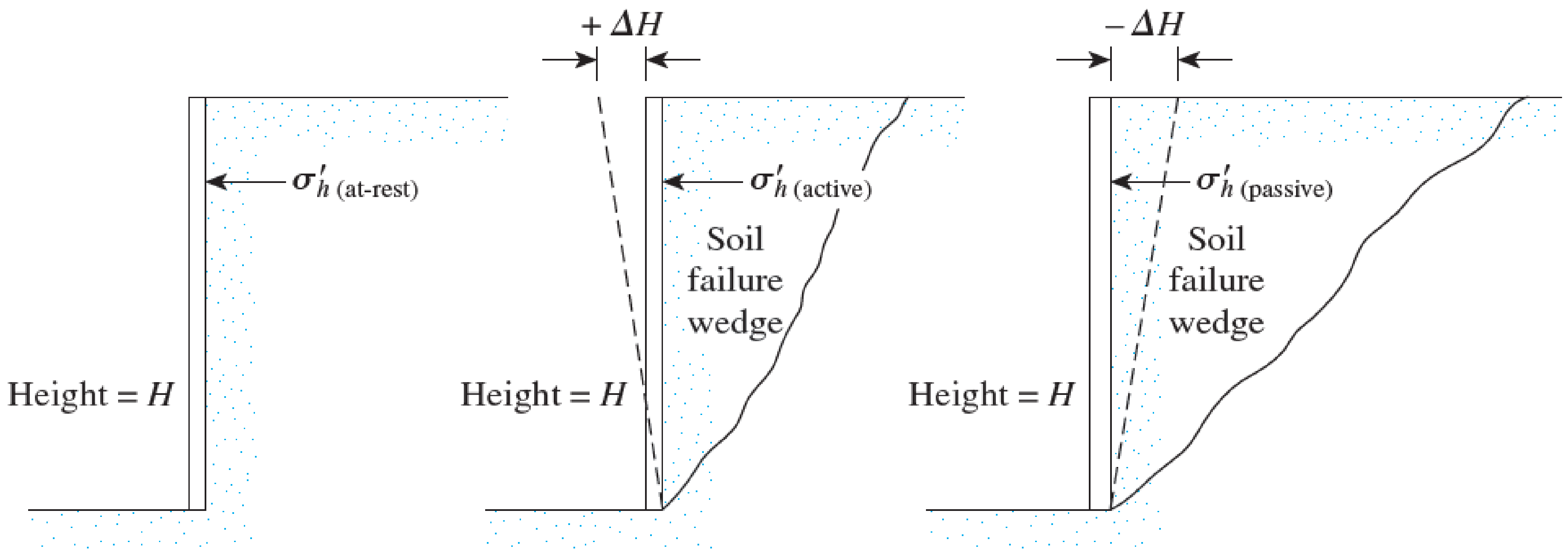
$$K = \frac{\sigma`_h}{\sigma`_v}$$

❑**<u>Three type</u>** of lateral earth pressure:

سيتم مناقشة كل حالة **<u>بالتفصيل الممل</u>**

- **At-rest** earth pressure(حالة السكون)
- **Active** earth pressure(حالة الإيجابية)
- **Passive** earth pressure (حالة السلبية)

ولكل حالة يوجد قانون ل إيجاد معامل الضغط الجانبي



❑Case1 :

- The wall may be **<u>restrained</u>** from moving. The lateral earth pressure on the wall at any depth is called the **<u>at-rest earth pressure</u>**.

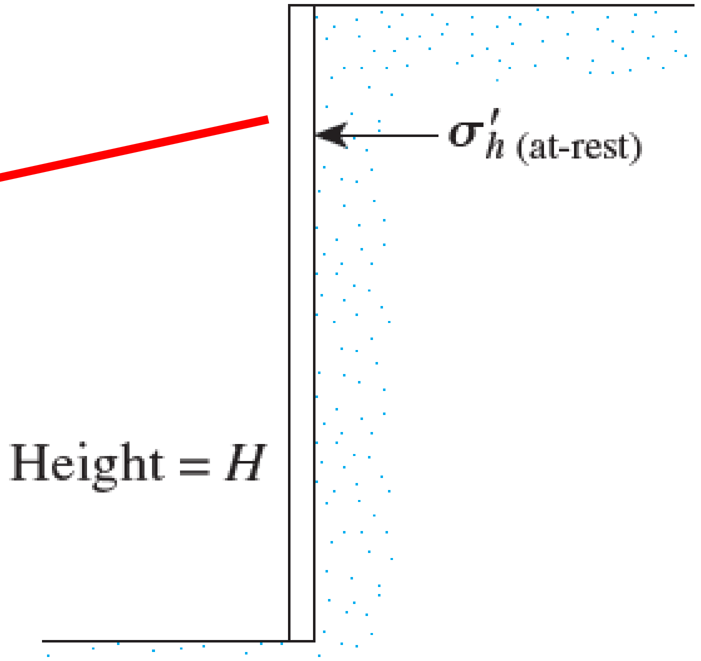
- The system is **<u>very strong</u>**, the **deformation** is **<u>very small</u>**

<u>Normally</u> Consolidated Soil

$$K_o \approx 1 - \sin \phi'$$

زاوية الإحتكاك الداخلي

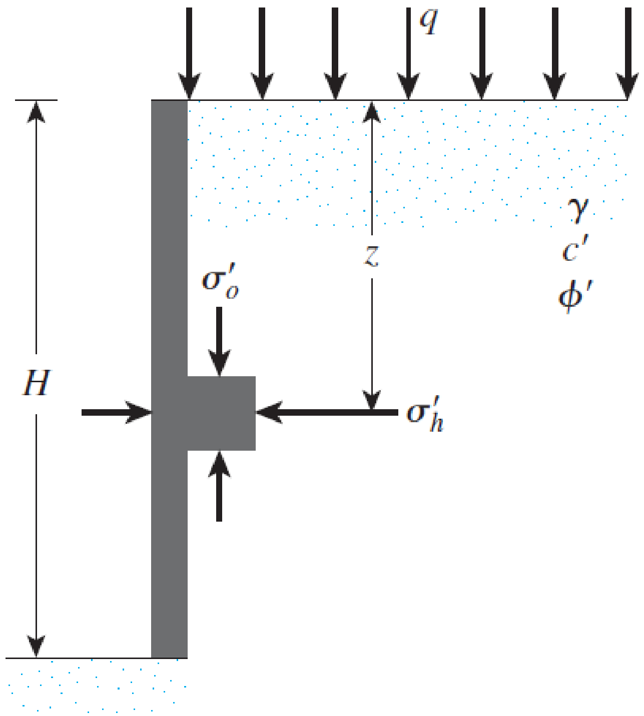
الجدار لا يتحرك مهما
تعرض ل أي قوة



$$K_o = (1 - \sin \phi')\,\mathrm{OCR}^{\sin \phi'}$$

<u>Over-Consolidated</u> Soil

Lateral Earth Pressure at Rest
تابع ل الحالة الأولى



سنتعامل مع أكثر من حالة في الأسئلة :

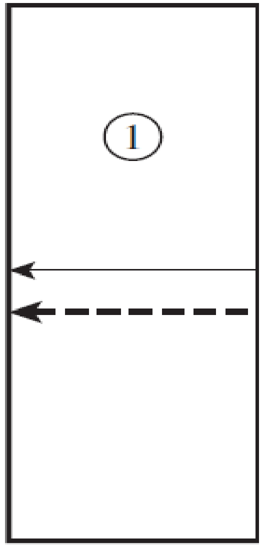
<u>الحالة الأولى :</u> عدم وجود حمل خارجي منتظم وماء

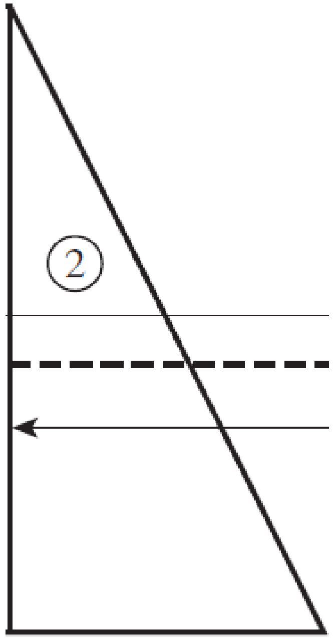
<u>والحالة الثانية :</u> وجود حمل خارجي دون ماء

<u>والحالة الثالثة :</u> وجود حمل خارجي وماء وهذا يؤثر على الرسمة التي سوف نرسمها

بعض القواعد الهامة والتي يترتب عليك فهمها جيدا وسيزيد فهمك لها عند حل الأسئلة

1- عند وجود حمل منتظم , يتكون لدينا **<u>مستطيل</u>**



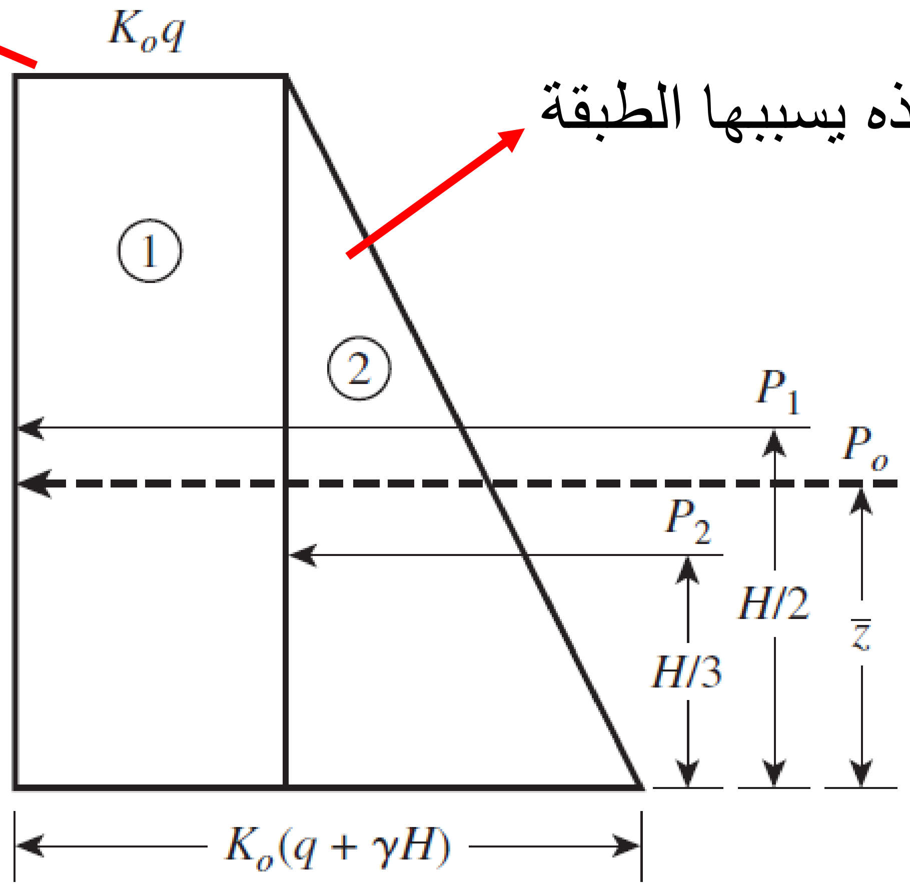


2- عند وجود طبقات عادية **أو** وجود مياه يكون الشكل **<u>مثلث</u>**

من باب التأكيد عليكم

هذا يسببه الحمل الخارجي

هذه يسببها الطبقة



في حال وجود ماء سيكون لدينا مثلث زائد أيضا

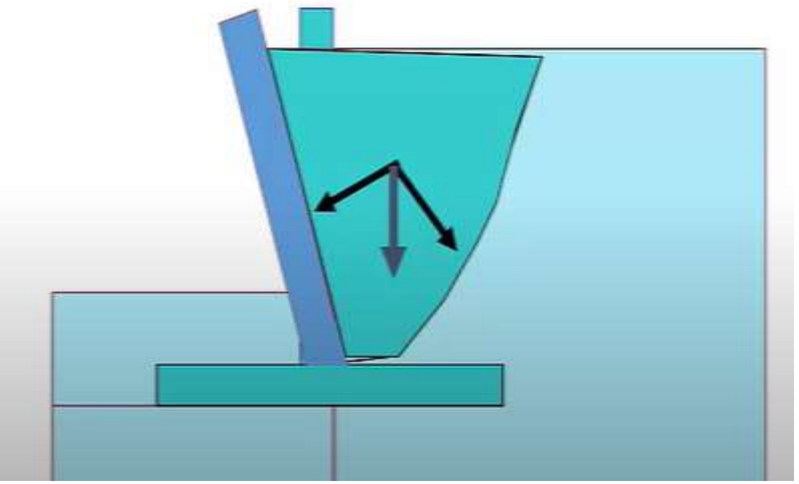
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

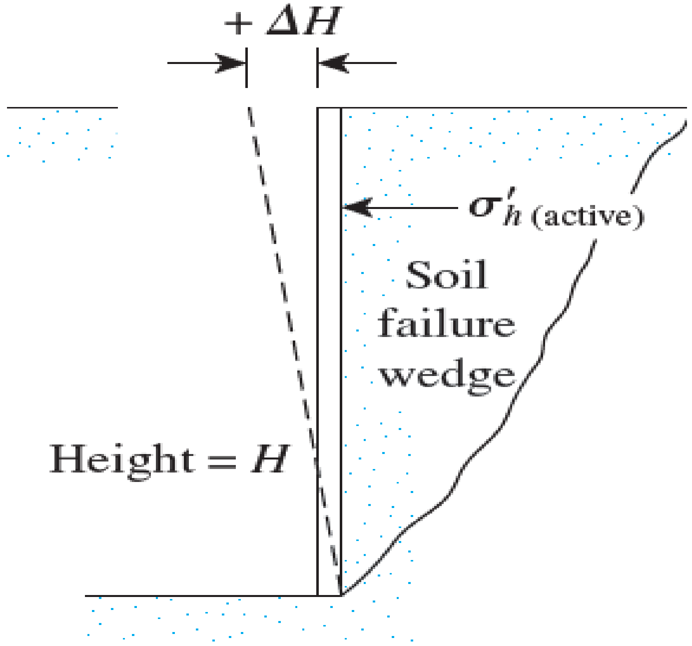
❑**Case2 :**

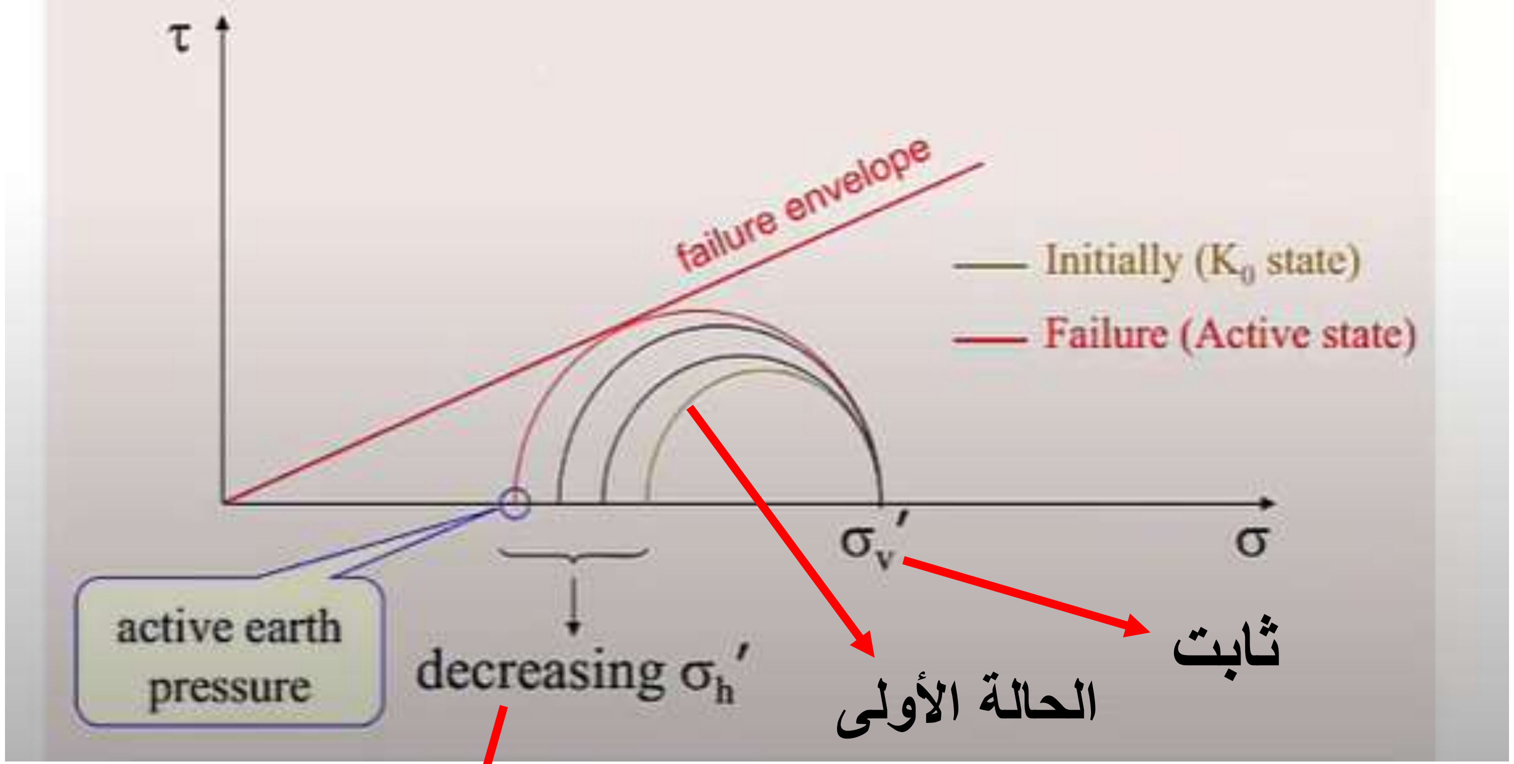
- **The wall may tilt <u>away from the soil</u> that is retained** with sufficient wall tilt, a triangular soil wedge behind the wall will fail.

- The lateral pressure for this condition is referred to as ***<u>active earth pressure</u>***.

يتحرك الجدار بعيدا عن التربة وهنا يحدث تخلخل ل التربة







$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

زاوية الإحتكاك الداخلي

الإجهاد الأفقي يقل

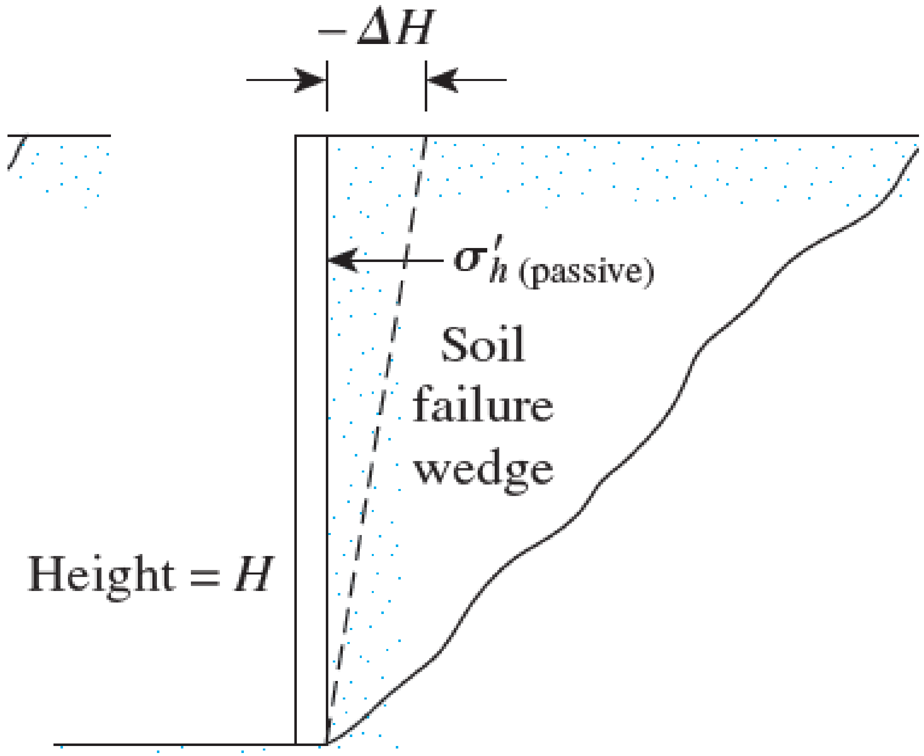
الإجهاد العامودي ثابت **والإجهاد الأفقي يقل** كما قلنا مسبقا

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

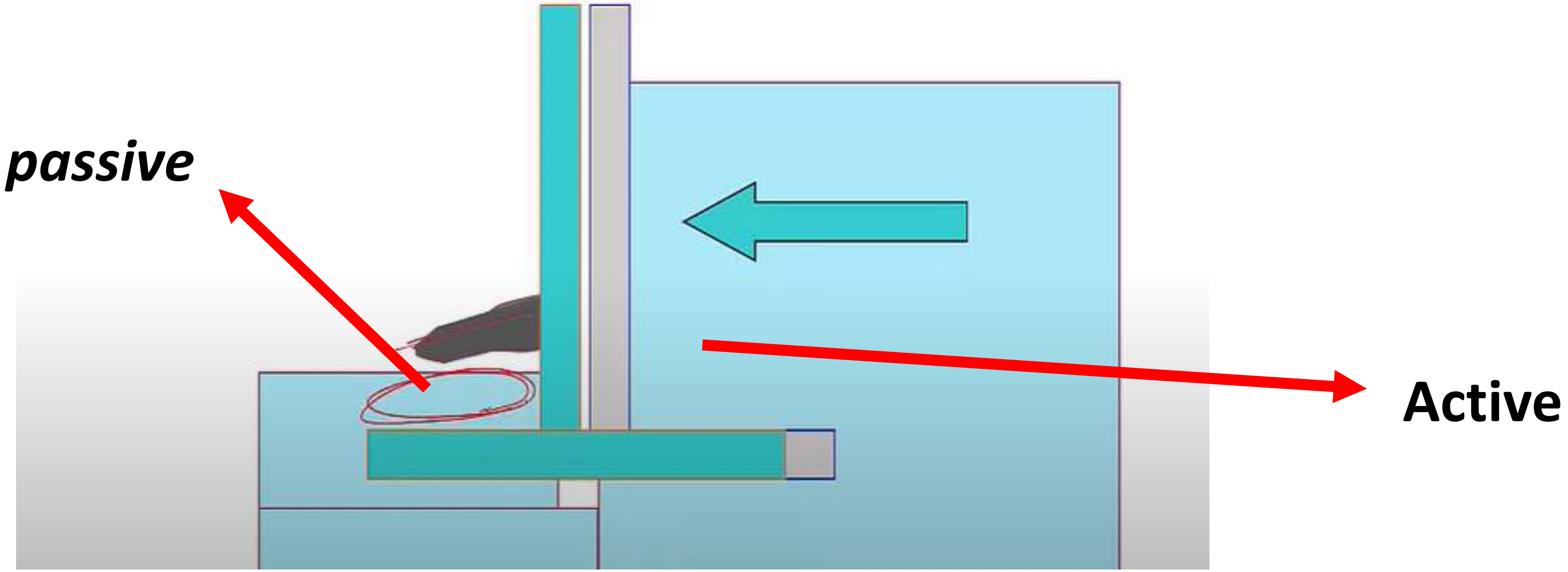
❑Case 3 :

The wall may be **<u>pushed into the soil that is retained</u>** with sufficient wall movement, a soil wedge will fail. The lateral pressure for this condition is referred to as ***<u>passive earth pressure</u>***.

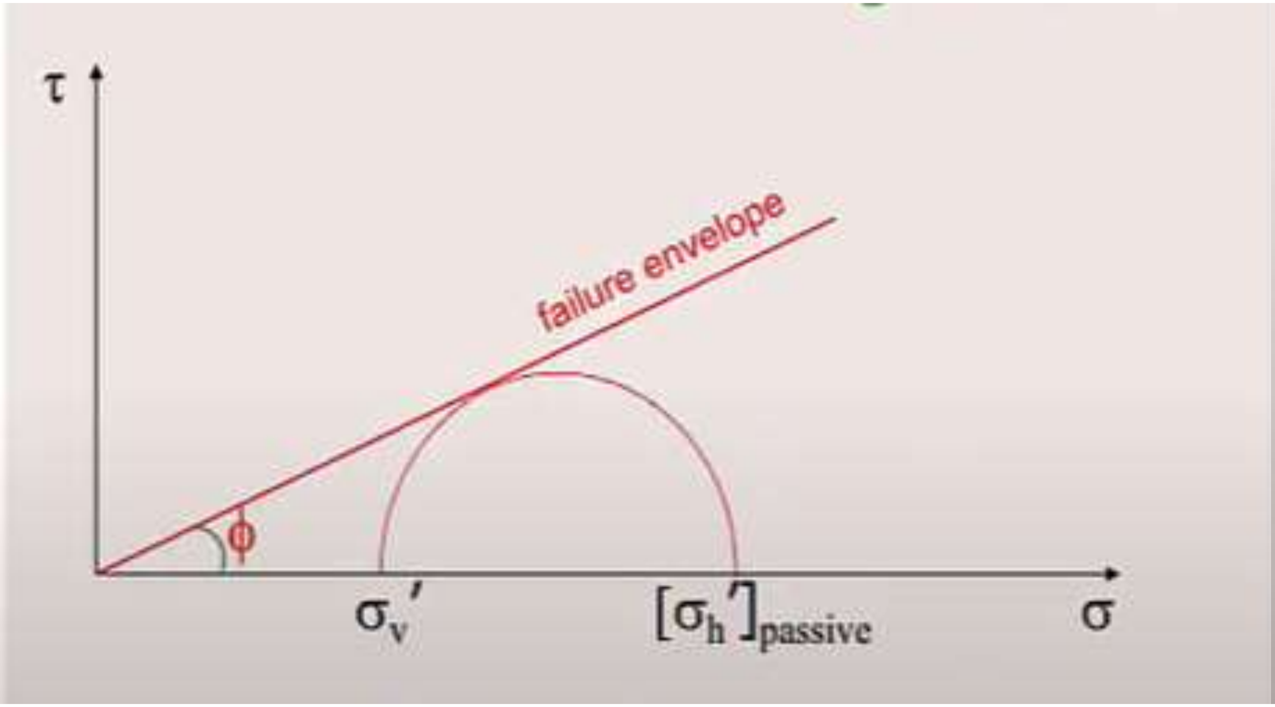
$$K_{p(1)} = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'_1}{2}\right)$$

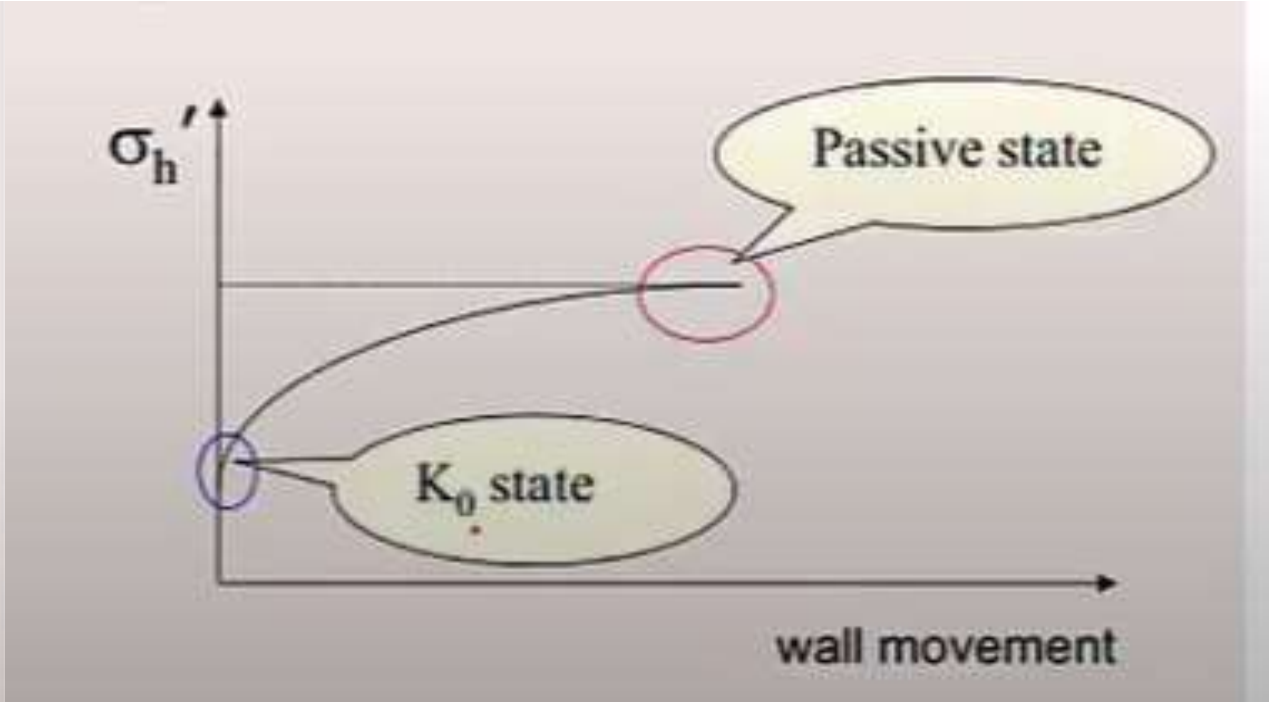


Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

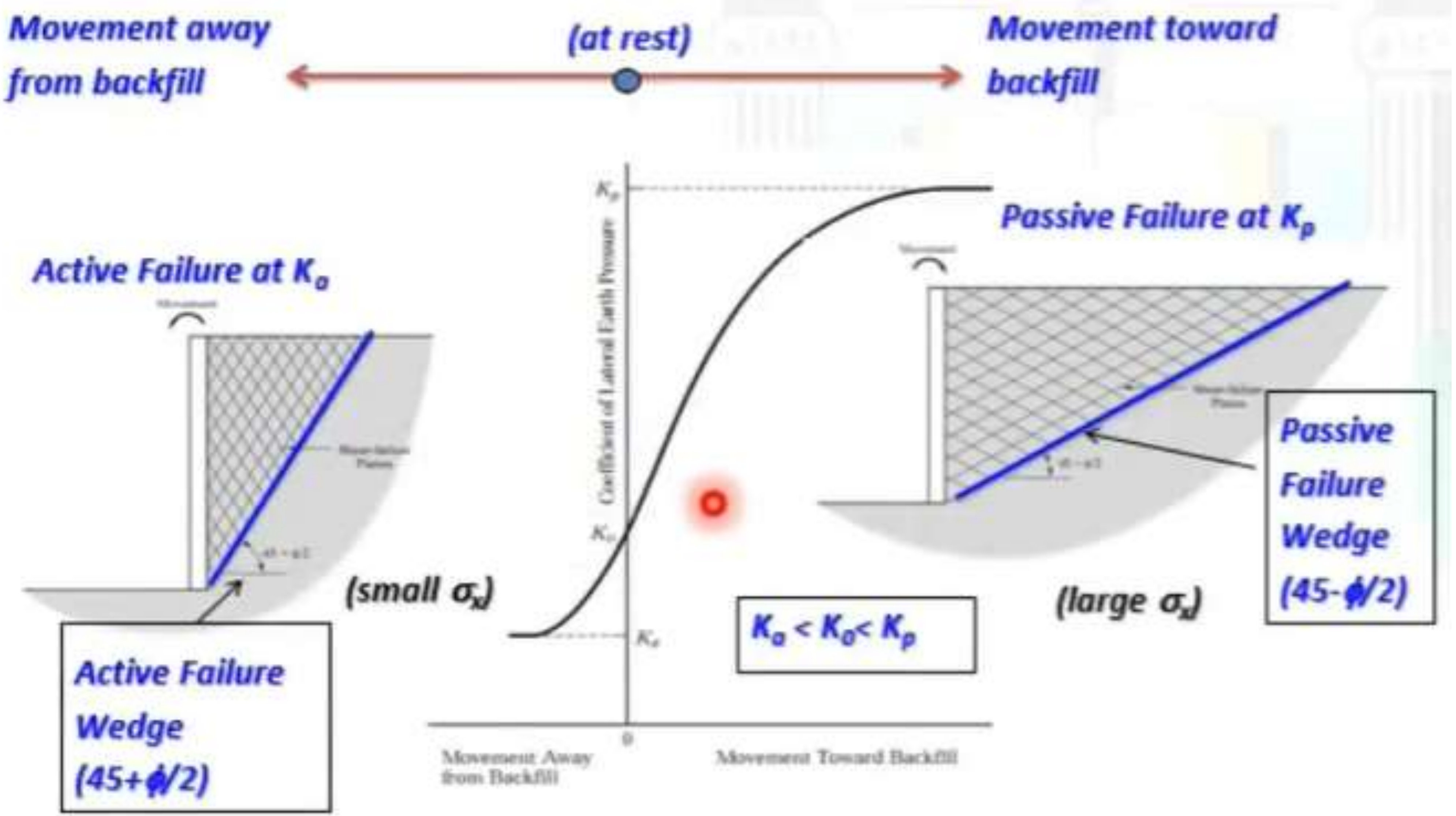


اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية





اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



Movement away from backfill
(at rest)
Movement toward backfill
Active Failure at K_a
Passive Failure at K_p
Coefficient of Lateral Earth Pressure
K_p
K_o
K_a
0
Movement Away from Backfill
Movement Toward Backfill
(small σ_x)
(large σ_x)
$K_a < K_0 < K_p$
Active Failure Wedge $(45+\phi/2)$
Passive Failure Wedge $(45-\phi/2)$

هذه الأرقام من السلايدات

How much the movement of wall in <u>active condition</u>:

For granular soil backfills: $\Delta x = 0.001H$ to $0.004H$

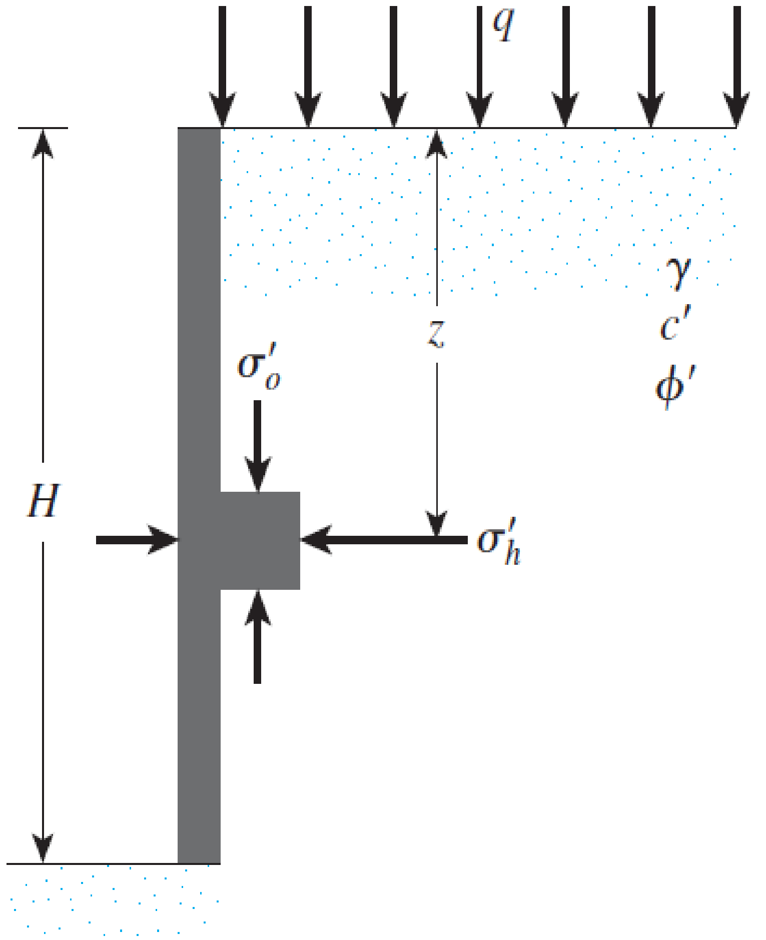
For cohesive soil backfills: $\Delta x = 0.01H$ to $0.04H$

لمن يدرس من السلايدات يوجد بعض السلايدات تجازوتها وسأرجع لها في حل الأسئلة لذلك لا تقلق وهذا المصدر <u>شامل</u>

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Refer to Figure 12.3a. Given: $H = 12$ ft, $q = 0$, $\gamma = 108$ lb/ft^3, $c' = 0$, and $\phi' = 30°$. Determine the at-rest lateral earth force per foot length of the wall. Also, find the location of the resultant. Use Eq. (12.4) and OCR = 2.



سؤال من الكتاب , سؤال **سهل جدا ومباشر**

حالة عدم وجود حمل وعدم وجود ماء و وجود طبقة واحدة فقط

<u>الخطوة الأولى :</u> جد المعامل وهنا لم يتم تحديد <u>**نوع التربة ولكن** $OCR = 2$</u>

$$K_o \approx 1 - \sin \phi'$$

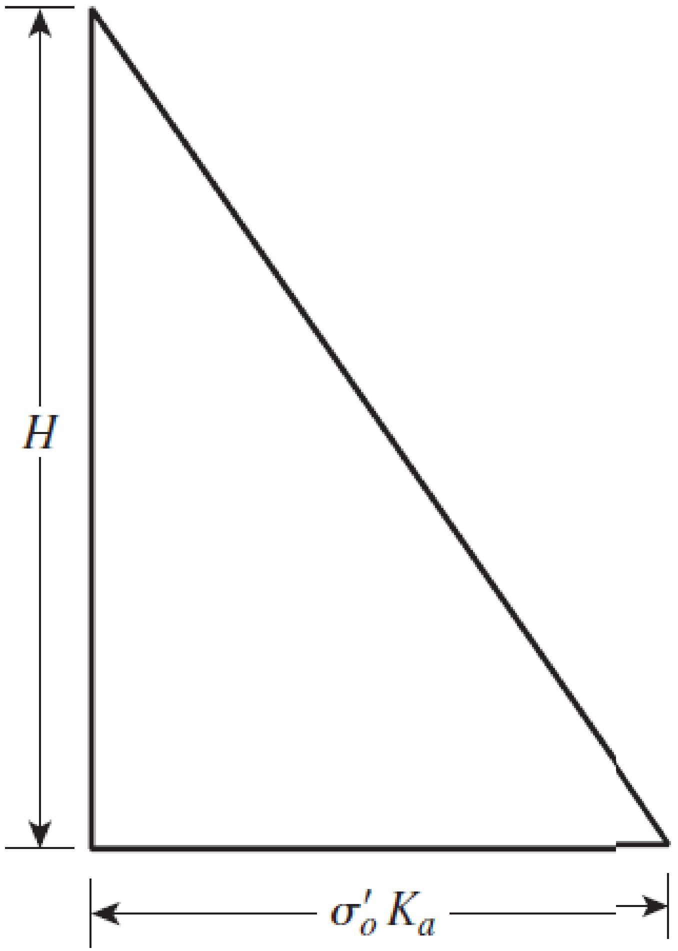
<u>Or</u>

$$K_o = (1 - \sin \phi')\,\mathrm{OCR}^{\sin \phi'}$$

لذلك تم إستخدامه بسبب القيمة المعطاه $OCR = 2$

$$(1 - \sin 30^{\circ}) * 2^{\sin 30^{\circ}} = 0.707$$

<u>الخطوة الثانية :</u> إيجاد <u>**الإجهاد العامودي والأفقي**</u> عند كل طبقة وهنا فقط يوجد طبقة واحدة لذلك هو سؤال سهل جدا



$$\sigma_v^{`} = \gamma * H = 12 * 108 = 1296$$

$$\sigma_H^{`} = 12 * 108 * 0.707 = 916.272$$

$\boldsymbol{k_o}$

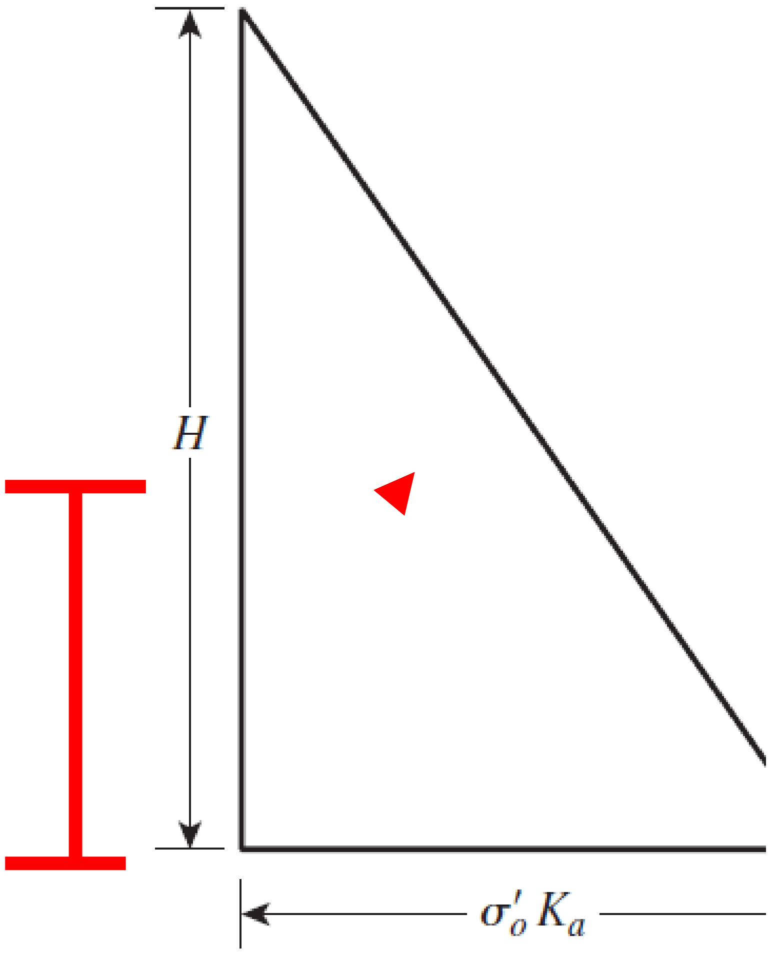
$$\boldsymbol{P_o} = \boldsymbol{Area} = \frac{1}{2} * 12 * 12 * 108 * 0.707 = 5497.63$$

$$\bar{z} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i z_i}{P_R}$$

$$\boldsymbol{location} = \frac{5497.63 * 4}{5497.63} = 4$$

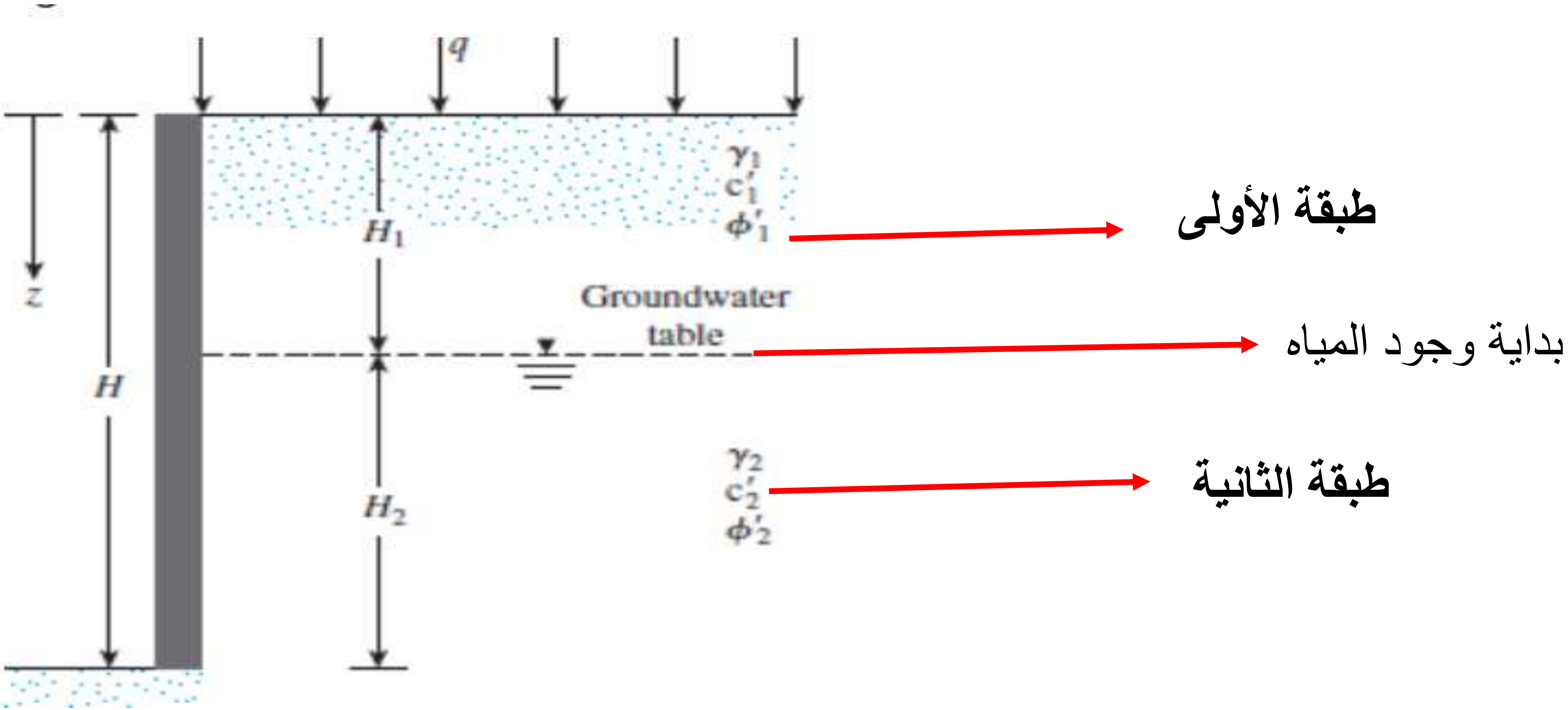
$$\frac{\mathbf{12}}{\mathbf{3}}$$

$$\frac{\boldsymbol{H}}{\mathbf{3}}$$



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

12.2 Use Eq. (12.3), Figure P12.2, and the following values to determine the at-rest lateral earth force per unit length of the wall. Also find the location of the resultant. $H = 5$ m, $H_1 = 2$ m, $H_2 = 3$ m, $\gamma = 15.5$ kN/m^3, $\gamma_{sat} = 18.5$ kN/m^3, $\phi' = 34°$, $c' = 0$, $q = 20$ kN/m^2, and OCR = 1.



الخطوة الأولى : جد المعامل وهنا لم يتم تحديد نوعية التربة لكنه أعطى قيمة وهي واحد

$$K_o \approx 1 - \sin\phi'$$

Or

$$K_o = (1 - \sin\phi')\,\mathrm{OCR}^{\sin\phi'}$$

$$K_o = (1 - \sin 34°)$$
$$= 0.441$$

لو إختلفت قيمة الزاوية لأوجدنا
لكل طبقة قيمة معامل

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخطوة الثانية : إيجاد الإجهاد العامودي والأفقى عند كل طبقة

q

$$p_{z=0} = 20 \times 0.441 + 15.5 \times 0.441 \times 0$$

$Z = 0$

$$= 8.816 \text{ kN/m}^2$$

The pore water pressure is zero at a depth $z = 0$.

لا يوجد ماء

$$u_{z=0} = 0$$

$$p_{z=2} = 20\times0.441+15.5\times0.441\times2$$
$$= 22.487\ \text{kN/m}^2$$

$\boldsymbol{Z = 2}$

الحمل المنتظم نضعه في كل طبقة , لا تنساه لأنه خطأ دائما يقع به الطلاب

$$u_{z=2} = 0$$

لا يوجد ماء

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$p_{z=5} = 20\times0.441+15.5\times0.441\times2+\underbrace{(18.5}_{\gamma_{Sat}}-9.81)\times0.441\times3$$

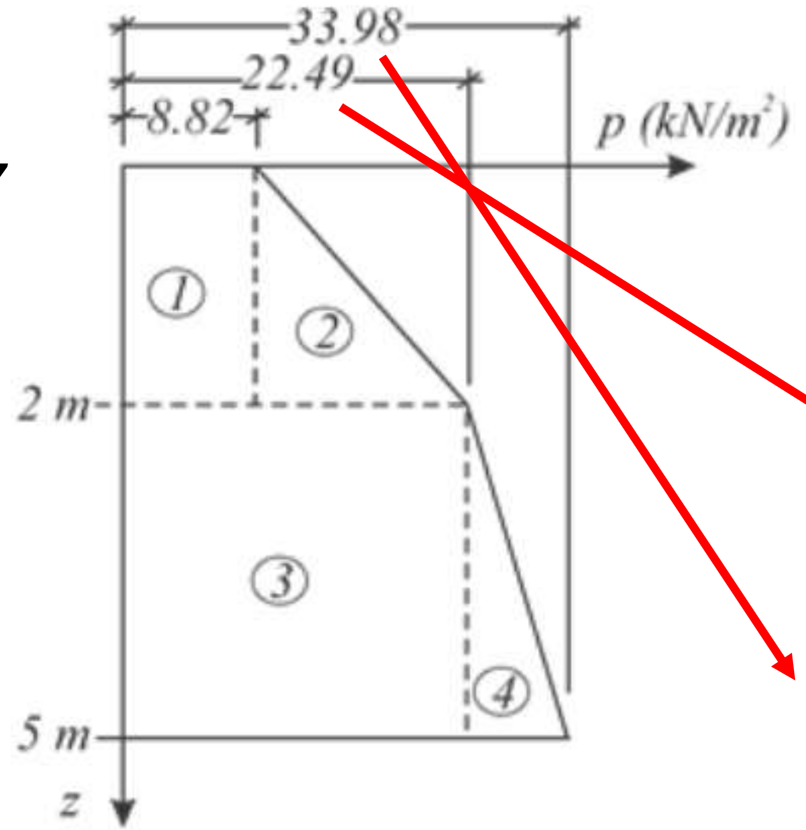
$$= 33.984 \text{ kN/m}^2$$

$$u_{z=5} = \underbrace{9.81}_{\gamma_W}\times\underbrace{3}_{H_2=3}$$

$$= 29.43 \text{ kN/m}^2$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$\boldsymbol{Z}$

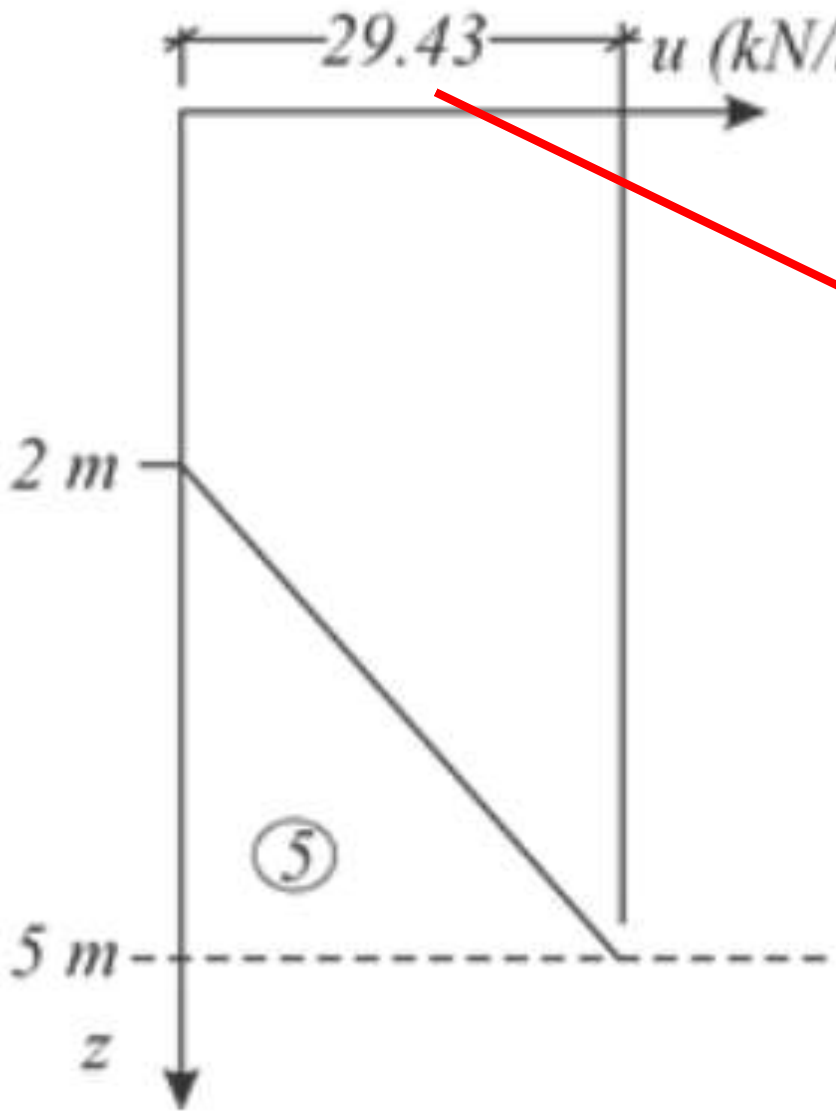


$\mathbf{8.82}$ الرقم الناتج من الحمل المنتظم ويكون على شكل مستطيل

الرقم الناتج من الطبقة الأولى

الرقم الناتج من الطبقة الثانية

تم تقسيم الشكل الناتج إلى أشكال بسيطة , ومن ثم حساب جميع المساحات ويكون هذا الرقم هو القوة المحصلة

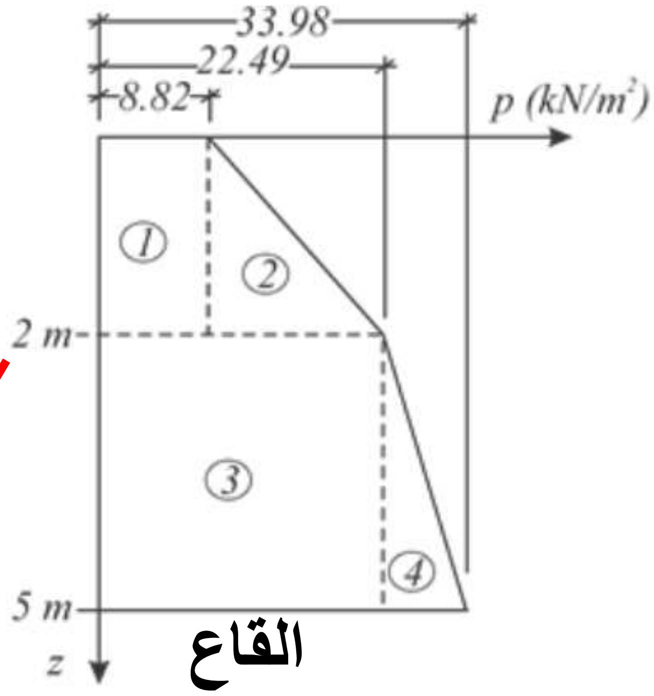


المنحنى الخاص ب **<u>وجود المياه</u>**
ويبدأ المياه من عمق 2 إلى العمق 5

$$9.81 * 3 = 29.43$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Pressure Prism	Force *Area*	Location of force from base	Moment of force
	(kN/m)	(m)	(kN-m/m)
(1)	$P_{(1)} = 8.816 \times 2$ $= 17.63$	$z_{(1)} = 5 - \frac{1}{2} \times 2$ $= 4.00$	$M_{(1)} = 17.63 \times 4.00$ $= 70.52$
(2)	$P_{(2)} = \frac{1}{2} \times 13.671 \times 2$ $= 13.67$	$z_{(2)} = 5 - \frac{2}{3} \times 2$ $= 3.67$	$M_{(2)} = 13.67 \times 3.67$ $= 50.17$

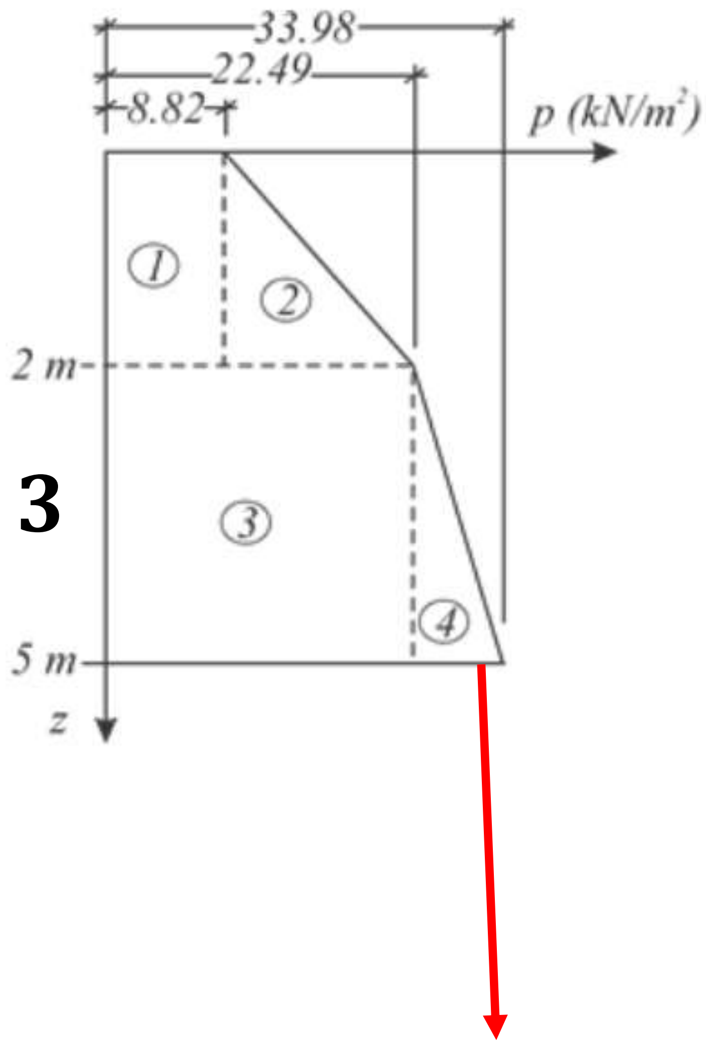


العمق

$$22.49 - 8.82 = 13.67$$

الموقع من منتصف الشكل إلى القاع

Pressure Prism	Force	Location of force from base	Moment of force
(3)	$P_{(3)} = 22.487 \times 3$ $= 67.46$	$z_{(3)} = 0.5 \times 3$ $= 1.50$	$M_{(3)} = 67.46 \times 1.50$ $= 101.19$
(4)	$P_{(4)} = \frac{1}{2} \times 11.497 \times 3$ $= 17.25$	$z_{(4)} = \frac{1}{3} \times 3$ $= 1.00$	$M_{(4)} = 17.25 \times 1.00$ $= 17.25$
(5)	$P_{(5)} = \frac{1}{2} \times 29.43 \times 3$ $= 44.15$	$z_{(5)} = \frac{1}{3} \times 3$ $= 1.00$	$M_{(5)} = 44.15 \times 1.00$ $= 44.15$
Total	= 160.16		= 283.28



$$33.98 - 22.49 = 11.49$$

Therefore, the resultant active thrust is $\boxed{160.16\ \text{kN/m}}$.

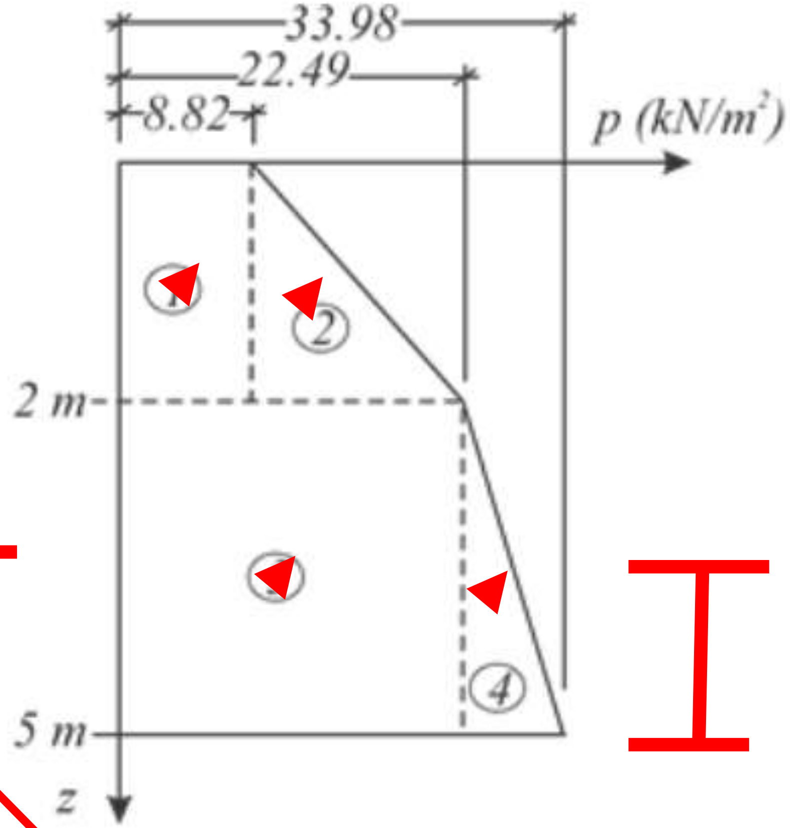
$$\bar{z} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i z_i}{P_R}$$

$$\bar{z} = \frac{283.28}{160.16}$$
$$= 1.77 \text{ m}$$

Therefore, the location of this thrust is $\boxed{1.77 \text{ m}}$.

مستطيل رقم 1 $\frac{1}{2} * 2 + 3$

مثلث رقم 2 $\frac{1}{3} * 2 + 3$



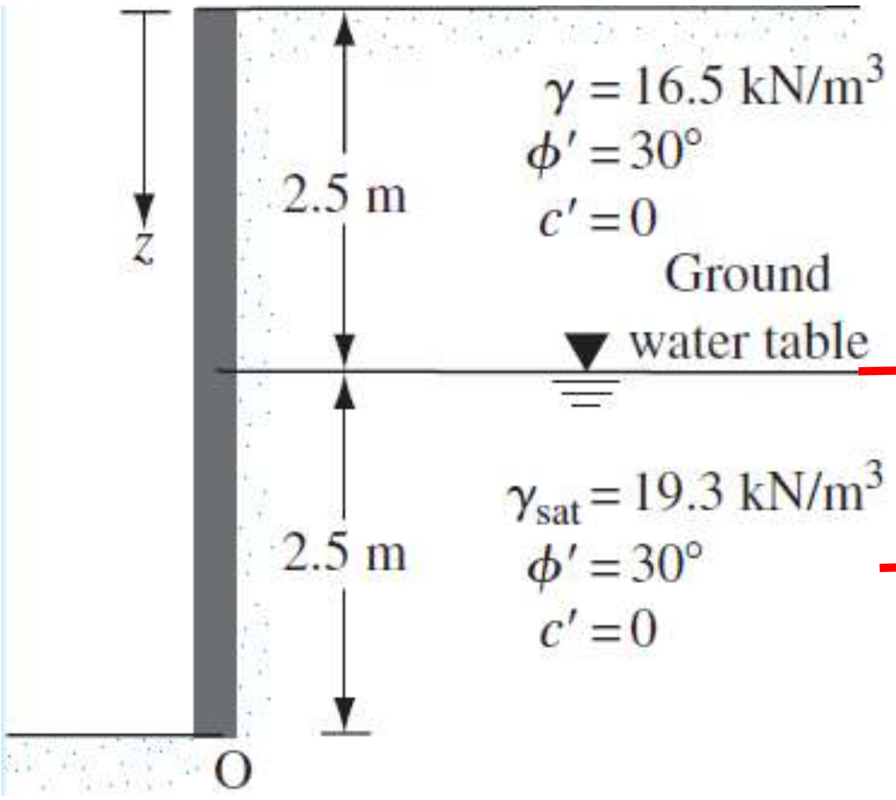
$\frac{1}{3} * 3$

$\frac{1}{2} * 3$

توضيحات ل موضوع المسافة

❑**Example :** For the retaining wall , determine the **lateral earth force** at rest per unit length of the wall.

also determine **the location** of the resultant force. **Assume OCR =1**.



طبقة الأولى

بداية وجود المياه

طبقة الثانية

الخطوة الأولى : جد المعامل وهنا لم يتم تحديد نوعية التربة لكنه أعطى قيمة وهي واحد

$$K_o \approx 1 - \sin\phi'$$

Or

$$K_o = (1 - \sin\phi')\,\mathrm{OCR}^{\sin\phi'}$$

لو إختلفت قيمة الزاوية لأوجدنا لكل طبقة قيمة معامل

$$K_o = 1 - \sin\phi' = 1 - \sin 30^\circ = 0.5$$

الخطوة الثانية : إيجاد **الإجهاد العامودي والأفقي** عند كل طبقة

$$\text{At } z = 0, \sigma_o' = 0; \sigma_h' = 0$$

At $z = 2.5$ m, $\sigma_o' = (16.5)(2.5) = 41.25\ \text{kN/m}^2$;

$= \sigma_v`$

الوزن النوعي

إرتفاع الطبقة

$$\sigma_h' = K_o \sigma_o' = (0.5)(41.25) = 20.63\ \text{kN/m}^2$$

Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$\text{At } z = 5 \text{ m}, \sigma_o' = (16.5)(2.5) + (19.3 - 9.81)2.5 = 64.98 \text{ kN/m}^2;$$

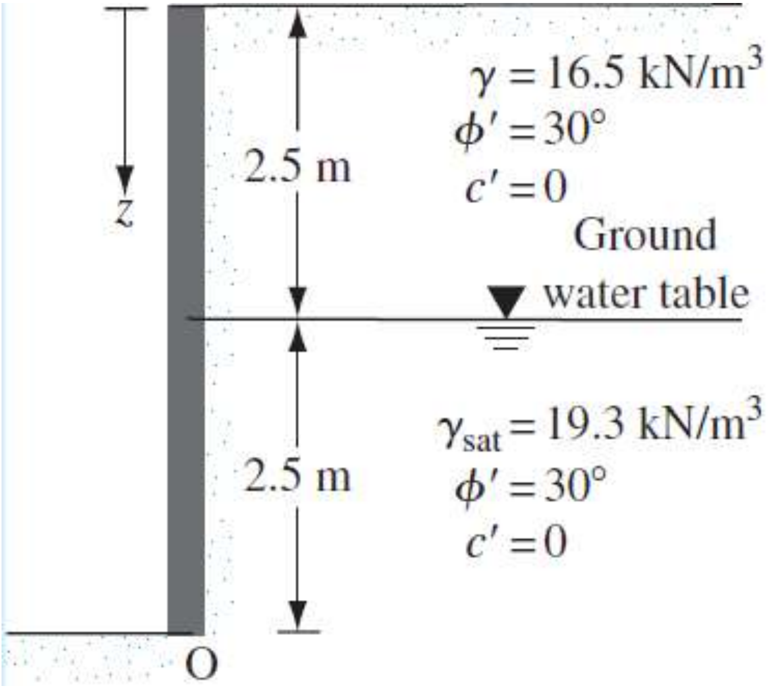
$= \sigma_v{}^{`}$

الوزن النوعي ل الماء لأن
هذه الطبقة فيها ماء

إرتفاع الطبقة

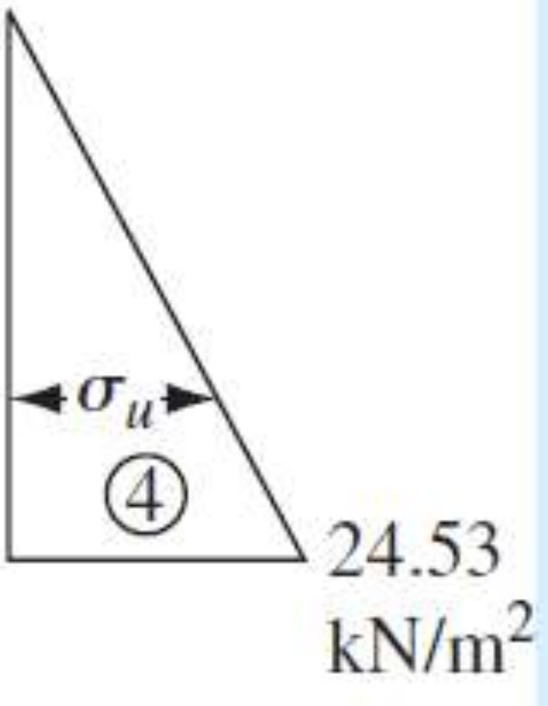
$$\sigma_h' = K_o\sigma_o' = (0.5)(64.98) = 32.49 \text{ kN/m}^2$$

نفس القيمة ل الطبقة الثانية لأن الزاوية لم تتغير



لا تنسى وجود المياه يشكل أيضا ضغط فعلينا حسابه ويكون
على شكل مثلث لأن كلما زاد العمق زاد الضغط

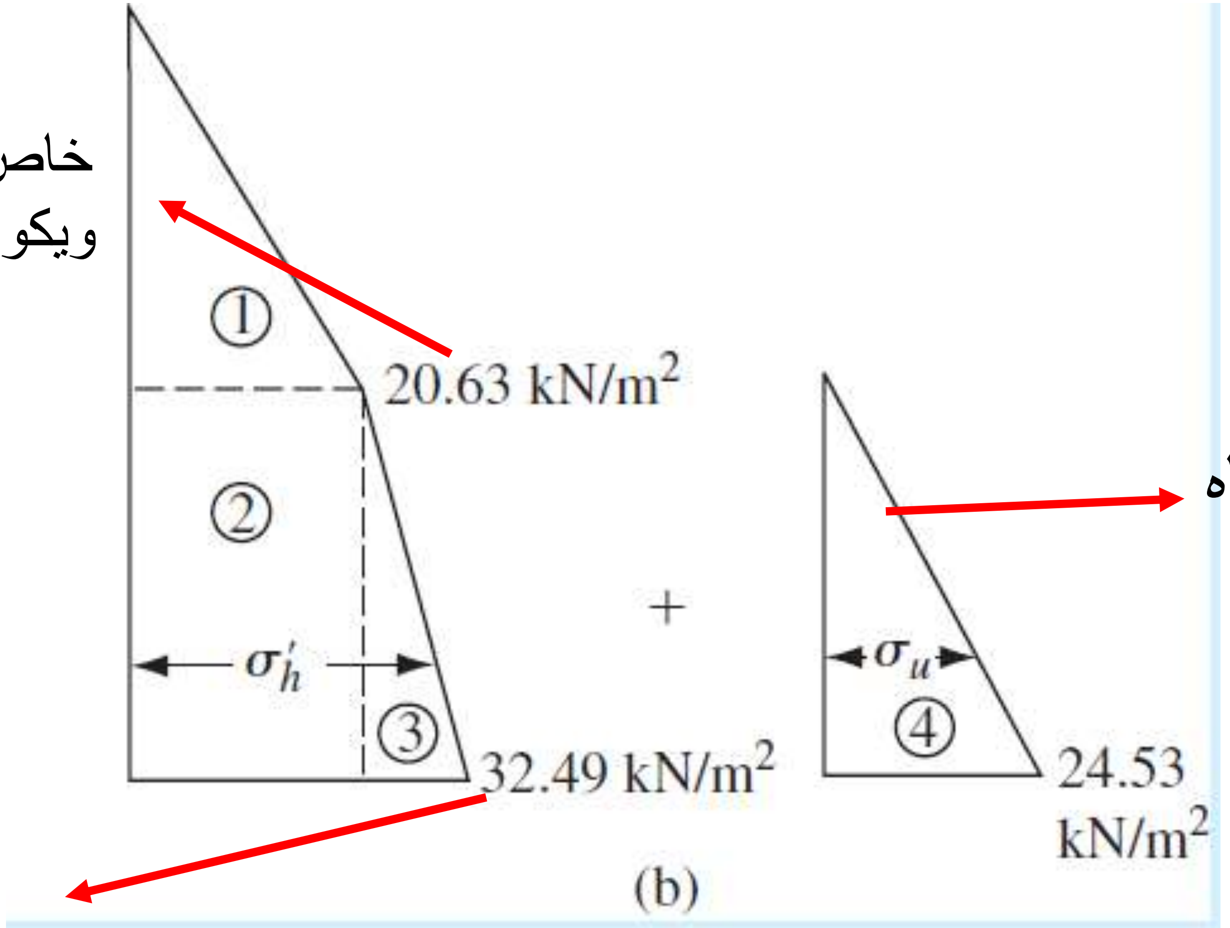
$$u = \gamma_w(2.5) = (9.81)(2.5) = 24.53 \text{ kN/m}^2.$$



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخطوة الثالثة : رسم المخطط لكي نستطيع حساب محصلة القوة وموقعها

خاص في الطبقة الأولى
ويكون على شكل مثلث



خاصة في طبقة المياه

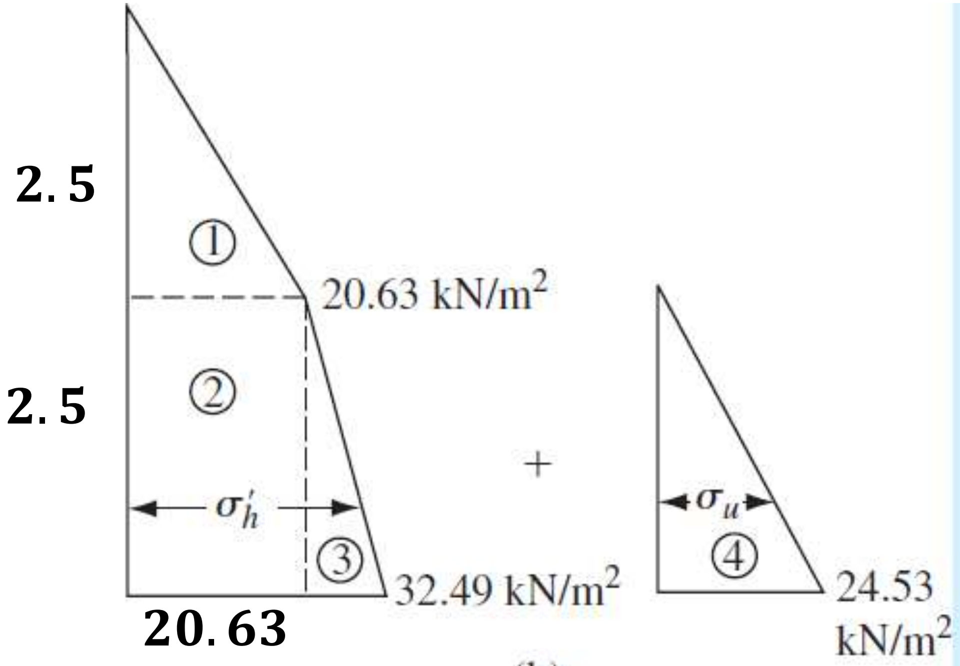
خاص في الطبقة الثانية
ويكون على شكل مثلث

لكي نجد محصلة القوى علينا تقسيم الشكل إلى أشكال بسيطة يمكننا **<u>حساب مساحتها</u>**

$$P_o = \text{Area } 1 + \text{Area } 2 + \text{Area } 3 + \text{Area } 4$$

$$= \tfrac{1}{2}(2.5)(20.63) + (2.5)(20.63) + \tfrac{1}{2}(2.5)(32.49 - 20.63)$$

$$+ \tfrac{1}{2}(2.5)(24.53) = \mathbf{122.85\ kN/m}$$



(b)

عند تحديد الموقع ل المثلث , إذا اتجهنا إلى الزاوية الصغيرة نضرب ب ثلثي المسافة والمستطيل أو المربع نضرب ب نصف المسافة

والأن نحسب موقع القوة بالنسبة ل النقطة المرجعية

The location of the center of pressure measured from the bottom of the wall (point O) =

$$\bar{z} = \frac{(\text{Area 1})\left(2.5 + \frac{2.5}{3}\right) + (\text{Area 2})\left(\frac{2.5}{2}\right) + (\text{Area 3} + \text{Area 4})\left(\frac{2.5}{3}\right)}{P_o}$$

$$= \frac{(25.788)(3.33) + (51.575)(1.25) + (14.825 + 30.663)(0.833)}{122.85}$$

$$= \frac{85.87 + 64.47 + 37.89}{122.85} = \mathbf{1.53\ m}$$

عند تحديد الموقع ل المثلث , إذا اتجهنا إلى الزاوية الصغيرة نضرب ب ثلثي المسافة والمستطيل أو المربع نضرب ب نصف المسافة

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ Rankine Theory :

نصت هذه الطريقة على بعض الفرضيات مثل :

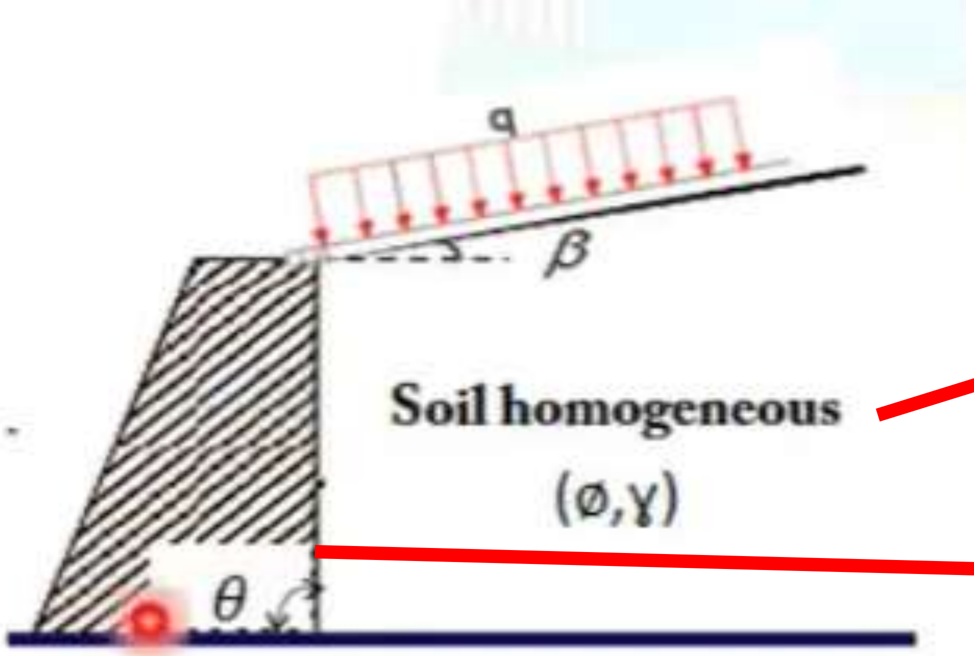
التربة خلف الجدار **متجانسة**

وجه الجدار أملس أي يعني **لا يوجد إحتكاك** ما بين الجدار والتربة

Active pressure

Passive pressure

سيتم شرحهم بالتفصيل الممل



التربة متجانسة

وجه الجدار

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

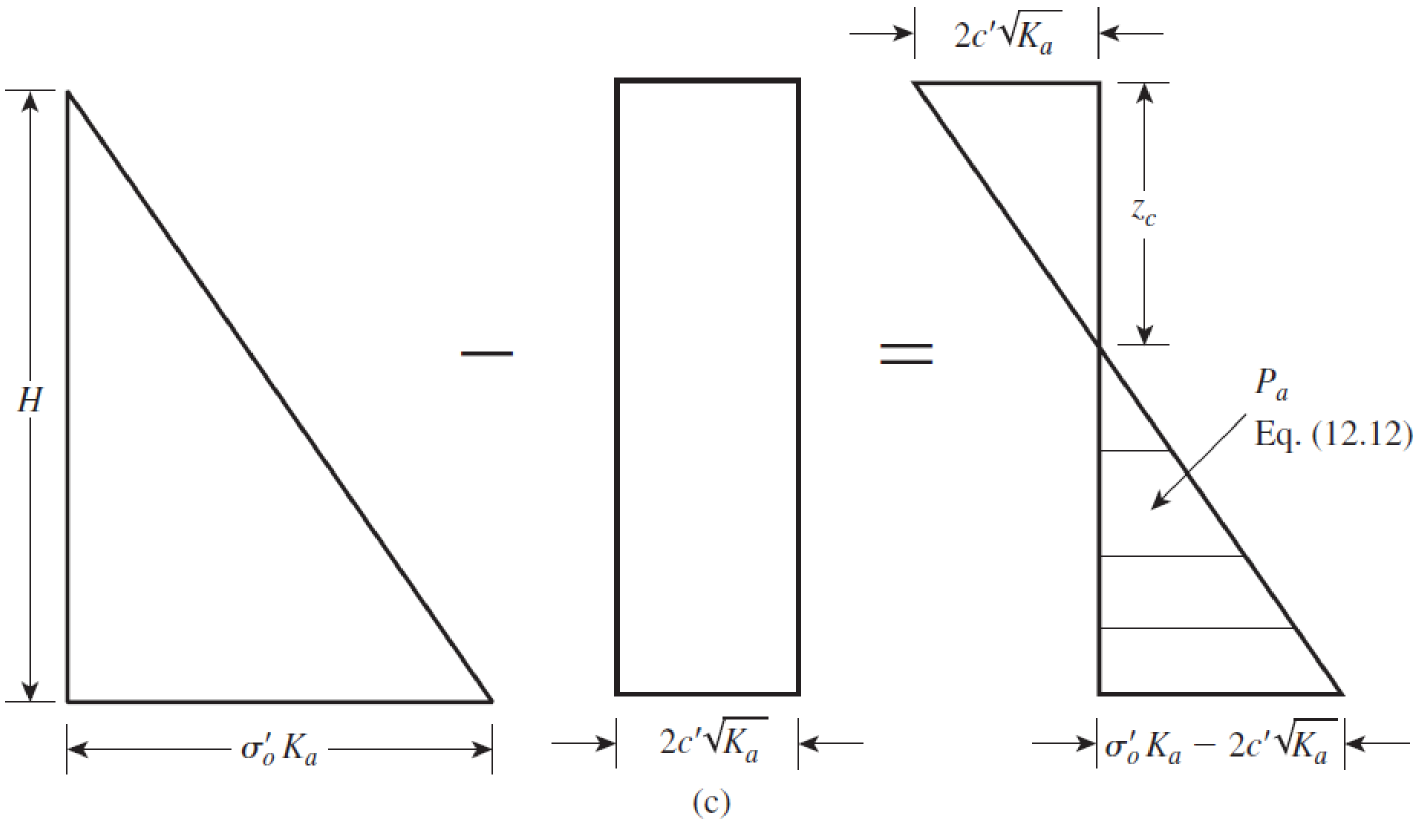
في حالة التربة كانت **متماسكة**

$$\sigma'_a = \sigma'_o K_a - 2c'\sqrt{K_a}$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

Granular soil mean **C=0**

وجود قيمة ل c يعني أنه يوجد عمق ل التشرخ والأن سنشرحه بالتفصيل



$$z_c = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

ويوجد لدينا أيضا هنا **<u>عمق التشرخ</u>** , إن **<u>الضغط يكون سالب</u>** من السطح إلى هذا العمق وهذا الضغط يولد **<u>شد</u>** في التربة وهي لا تؤثر على الجدار أبدا بل تؤثر على التربة في حال كانت مشبعه

الان نريد حساب **القوة** **<u>ما قبل حدوث الشروخ وما بعد الشروخ</u>**

<u>قبل الحدوث</u>

$$\frac{1}{2}\gamma H^2 K_a - 2c' H\sqrt{K_a}$$

<u>بعد الحدوث</u>

$$\frac{1}{2}\left(H - \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}}\right)\left(\gamma H K_a - 2c'\sqrt{K_a}\right)$$

$$\sigma_a = \sigma_o \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) - 2c \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

نفس القانون

$$= \sigma'_o K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

Granular soil mean **C=0**

- **Case 1 : <u>Vertical</u>** back and a **<u>Horizontal</u>** backfill

مهم جدا معرفة الحالة ما قبل البدء لأن لكل حالة جداول خاصة ولها قوانين خاصة قد يذكرها ذكرا وقد يرسم الرسمة وسنشرح كل ذلك وقد تعرف أيضا من المعطيات في حال عدم إعطاؤه بشكل مباشر

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Refer to Figure 12.6a. Given the height of the retaining wall, H is 18 ft; the backfill is a saturated clay with $\phi = 0°$, $c = 500\ \text{lb/ft}^2$, $\gamma_{sat} = 120\ \text{lb/ft}^3$,

a. Determine the Rankine active pressure distribution diagram behind the wall.

b. Determine the depth of the tensile crack, z_c.

c. Estimate the Rankine active force per foot length of the wall before and after the occurrence of the tensile crack.

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

$$\phi = 0°,$$

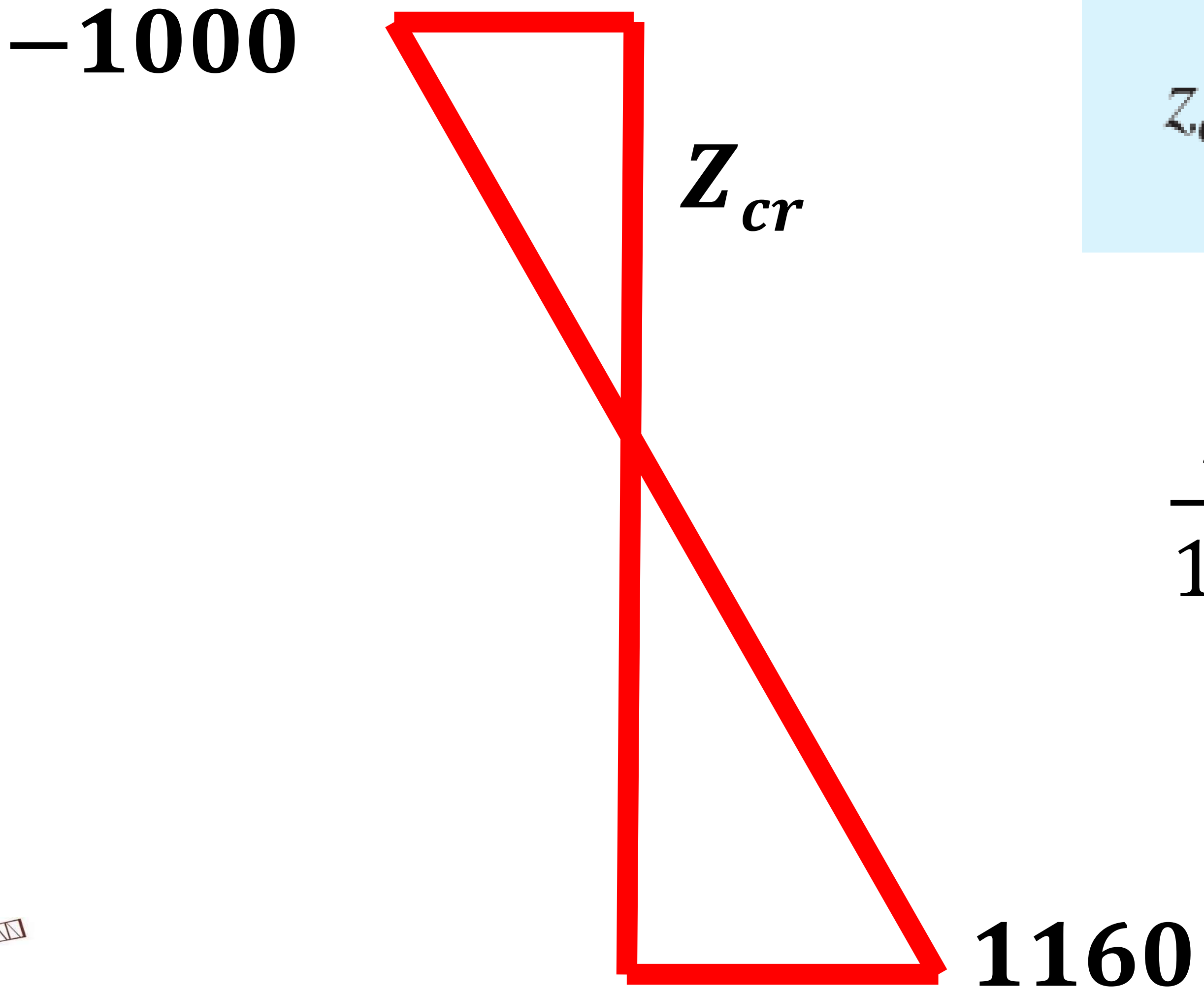
$$K_a = 1$$

$$\sigma'_a = \gamma H K_a - 2c'\sqrt{K_a}$$

نعوضها عند الإرتفاعين

$$Z = 0 \qquad -2 * 500 * \sqrt{1} = -1000$$

$$Z = 18 \qquad 1 * 120 * 18 - 2 * 500 * \sqrt{1} = 1160$$



$$z_c = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

$$\frac{2 * 500}{120 * \sqrt{1}} = 8.33$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Active Force before the Tensile Crack Appeared: Eq. (12.10)

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a - 2c' H \sqrt{K_a}$$

Before

$$= \frac{1}{2} * 120 * 18^2 * 1 - 2 * 500 * 18 * 1 = 1440$$

$$P_a = \frac{1}{2}(H - z_c)(\gamma H K_a - 2c'\sqrt{K_a})$$

After

$$= \frac{1}{2}(18 - 8.33)(18 * 1 * 120 - 2 * 500 * 1 = 5608.6$$

Example 12.2

A 6-m-high retaining wall is to support a soil with unit weight $\gamma = 17.4\ kN/m^3$, soil friction angle $\phi' = 26°$, and cohesion $c' = 14.36\ kN/m^2$. Determine the Rankine active force per unit length of the wall both before and after the tensile crack occurs, and determine the line of action of the resultant in both cases.

Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخطوة الأولى : نجد معامل الضغط الجانبي

For $\phi' = 26°$,

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2(45 - 13) = 0.39$$

$$\sqrt{K_a} = 0.625$$

$$\frac{26}{2}$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخطوة الثانية : نجد الإجهادات عند كل عمق

$$\sigma'_a = \gamma H K_a - 2c'\sqrt{K_a}$$

$z = 0,$

$$\sigma'_a = -2c'\sqrt{K_a} = -2(14.36)(0.625) = -17.95 \text{ kN/m}^2$$

$z = 6 \text{ m},$

$$\begin{aligned}\sigma'_a &= (17.4)(6)(0.39) - 2(14.36)(0.625) \\ &= 40.72 - 17.95 = 22.77 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Active Force before the Tensile Crack Appeared: Eq. (12.10)

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_a - 2c'H\sqrt{K_a}$$
$$= \tfrac{1}{2}(6)(40.72) - (6)(17.95) = 122.16 - 107.7 = \mathbf{14.46\ kN/m}$$

الإرتفاع

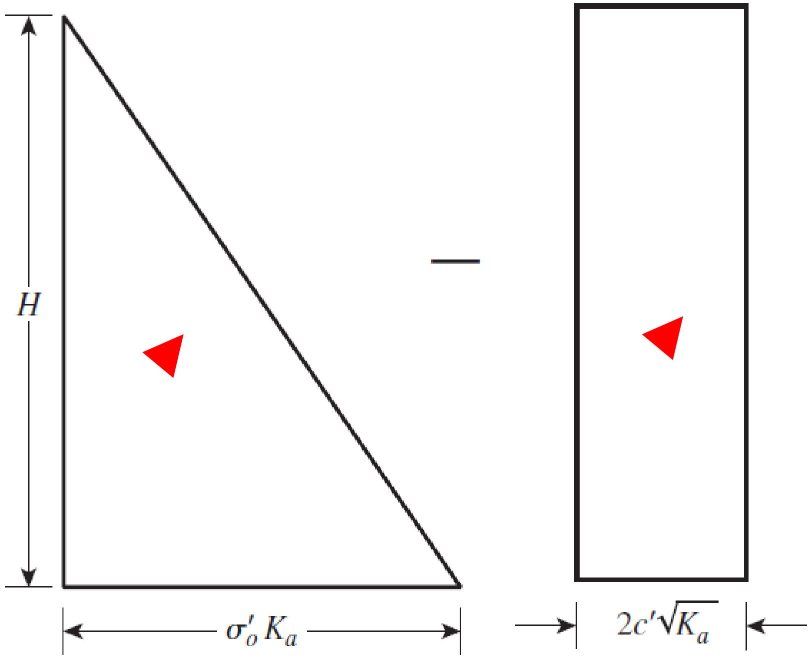
$$P_a\bar{z} = (122.16)\left(\frac{6}{3}\right) - (107.7)\left(\frac{6}{2}\right)$$

الإرتفاع

المثلث

المربع

$$\bar{z} = \frac{244.32 - 323.1}{14.46} = -\mathbf{5.45\ m.}$$



(c)

Active Force after the Tensile Crack Appeared: Eq. (12.9)

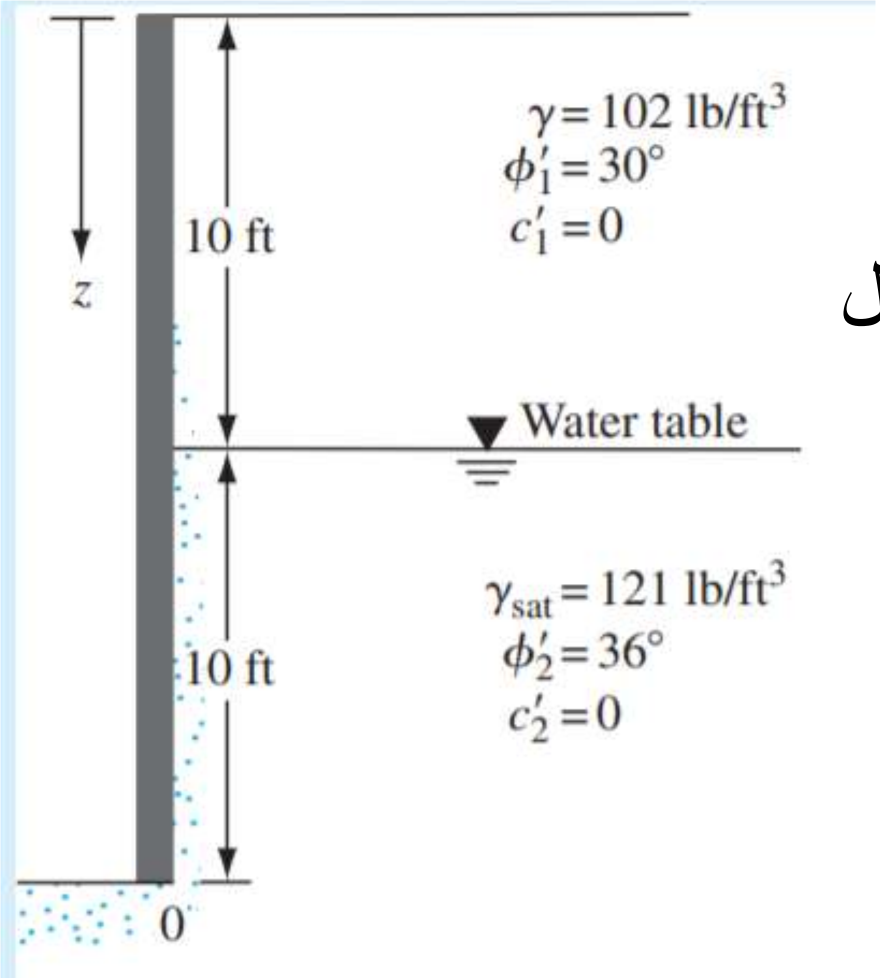
$$z_c = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{2(14.36)}{(17.4)(0.625)} = 2.64 \text{ m}$$

$$P_a = \tfrac{1}{2}(H - z_c)(\gamma H K_a - 2c'\sqrt{K_a}) = \tfrac{1}{2}(6 - 2.64)(22.77) = \mathbf{38.25\ kN/m}$$

H

$$\bar{z} = \frac{6 - 2.64}{3} = \mathbf{1.12\ m}$$

Assume that the retaining wall shown in Figure 12.7a can yield sufficiently to develop an active state. Determine the Rankine active force per unit length of the wall and the location of the resultant line of action.



<u>الفكرة الوحيدة</u> هنا أنه يوجد زاويتين ولكل طبقة يوجد معامل

فكرة مهمة

For the top layer of soil, $\phi'_1 = 30°$, so

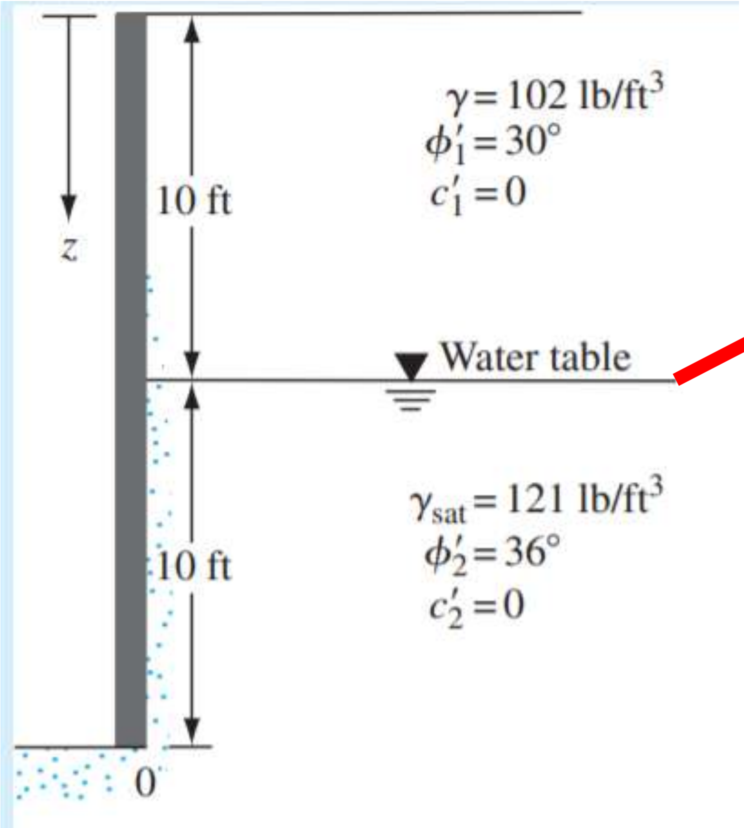
$$K_{a(1)} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'_1}{2}\right) = \tan^2(45 - 15) = \frac{1}{3}$$

the bottom layer of soil, $\phi'_2 = 36°$

$$K_{a(2)} = \tan^2\left(45 - \frac{36}{2}\right) = 0.26$$

جميع الأسئلة التي تم
حلها مسبقا كان لدينا
معامل واحد لأن
الزاوية وحدة ولكن
هنا إختلف الأمر

Depth, z (ft)	σ'_o (lb/ft²)	K_a	$\sigma'_a = K_a \sigma'_o$ (lb/ft²)	u (lb/ft²)
0	0	1/3	0	0
10^-	(102)(10) = 1020	1/3	340	0
10^+	1020	0.26	265.2	0
20	(102)(10) + (121 − 62.4)(10) = 1606	0.26	417.6	(62.4)(10) = 624

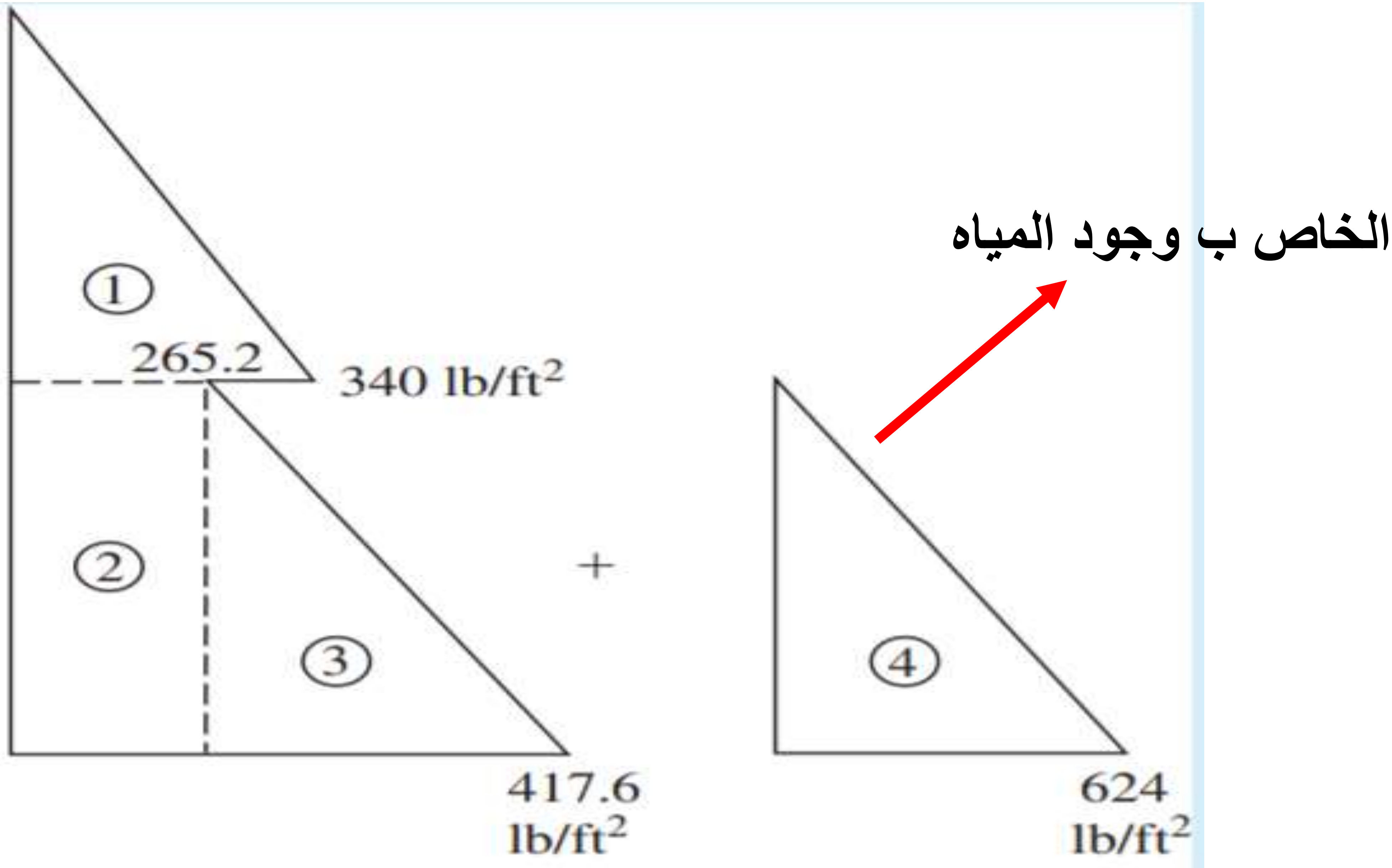


عند هاي النقطة يوجد لدينا معاملين فعلينا الإنتباه

$$1020 * 0.33$$

$$1020 * 0.26$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية


1
265.2
340 lb/ft2
2
3
417.6 lb/ft2
+
4
624 lb/ft2
الخاص ب وجود المياه

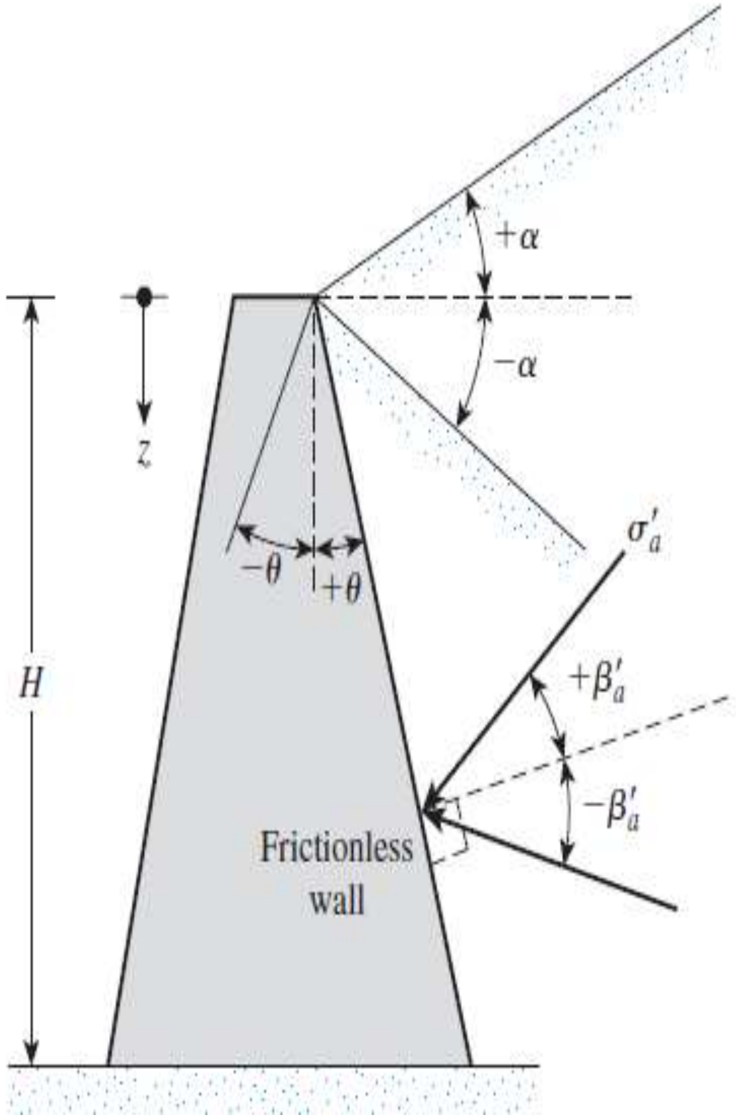
$$
\begin{aligned}
P_a &= \text{area 1} + \text{area 2} + \text{area 3} + \text{area 4} \\
&= \tfrac{1}{2}(10)(340) + (265.2)(10) + \tfrac{1}{2}(417.6 - 265.2)(10) + \tfrac{1}{2}(624)(10) \\
&= 1700 + 2652 + 762 + 3120 = \mathbf{8234\ lb/ft}
\end{aligned}
$$

$$
\bar{z} = \frac{(1700)\left(10 + \dfrac{10}{2}\right) + (2652)\left(\dfrac{10}{2}\right) + (762 + 3120)\left(\dfrac{10}{3}\right)}{8234} = \mathbf{5.93\ ft}
$$

- **Case 2 :** Back **inclined** and Backfill **inclined** the lateral earth pressure (σ'_a) at a depth z

$$\sigma'_a = \frac{\gamma z \cos\alpha \sqrt{1 + \sin^2\phi' - 2\sin\phi' \cos\psi_a}}{\cos\alpha + \sqrt{\sin^2\phi' - \sin^2\alpha}}$$

where $\psi_a = \sin^{-1}\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\phi'}\right) - \alpha + 2\theta$.



The pressure σ'_a will be inclined at an angle β'_a with the plane

$$\beta'_a = \tan^{-1}\left(\frac{\sin\phi' \sin\psi_a}{1 - \sin\phi' \cos\psi_a}\right)$$

$$K_{a(R)} = \frac{\cos(\alpha - \theta)\sqrt{1 + \sin^2\phi' - 2\sin\phi' \cos\psi_a}}{\cos^2\theta\left(\cos\alpha + \sqrt{\sin^2\phi' - \sin^2\alpha}\right)}$$

= Rankine active earth-pressure coefficient for generalized case

Table 12.1 Variation of $K_{a(R)}$ [Eq. (12.17)]

α (deg)	θ (deg)	$K_{a(R)}$ ϕ' (deg) 28	30	32	34	36	38	40
	0	0.361	0.333	0.307	0.283	0.260	0.238	0.217
	2	0.363	0.335	0.309	0.285	0.262	0.240	0.220
	4	0.368	0.341	0.315	0.291	0.269	0.248	0.228
0	6	0.376	0.350	0.325	0.302	0.280	0.260	0.242
	8	0.387	0.362	0.338	0.316	0.295	0.276	0.259
	10	0.402	0.377	0.354	0.333	0.314	0.296	0.280
	15	0.450	0.428	0.408	0.390	0.373	0.358	0.345

إما القانون أو الجدول

سيتم توفير الجداول كاملة في ملحق خاص

Table 12.2 Variation of β'_a [Eq. (12.15)]

α (deg)	θ (deg)	β'_a — ϕ' (deg) 28	30	32	34	36	38	40
	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	3.525	3.981	4.484	5.041	5.661	6.351	7.124
	4	6.962	7.848	8.821	9.893	11.075	12.381	13.827
0	6	10.231	11.501	12.884	14.394	16.040	17.837	19.797
	8	13.270	14.861	16.579	18.432	20.428	22.575	24.876
	10	16.031	17.878	19.850	21.951	24.184	26.547	29.039
	15	21.582	23.794	26.091	28.464	30.905	33.402	35.940

إما القانون أو الجدول

سيتم توفير الجداول كاملة في ملحق خاص

The active force P_a

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

The location and direction of the resultant force P_a

$$\eta_a = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} + \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2}\sin^{-1}\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\phi'}\right)$$

❑**Case 3 :** Granular Backfill with **Vertical Back**

$$C^{`} = 0$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

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

where ϕ' = angle of friction of soil.

If the backfill of a frictionless retaining wall is a *granular soil* ($c' = 0$)

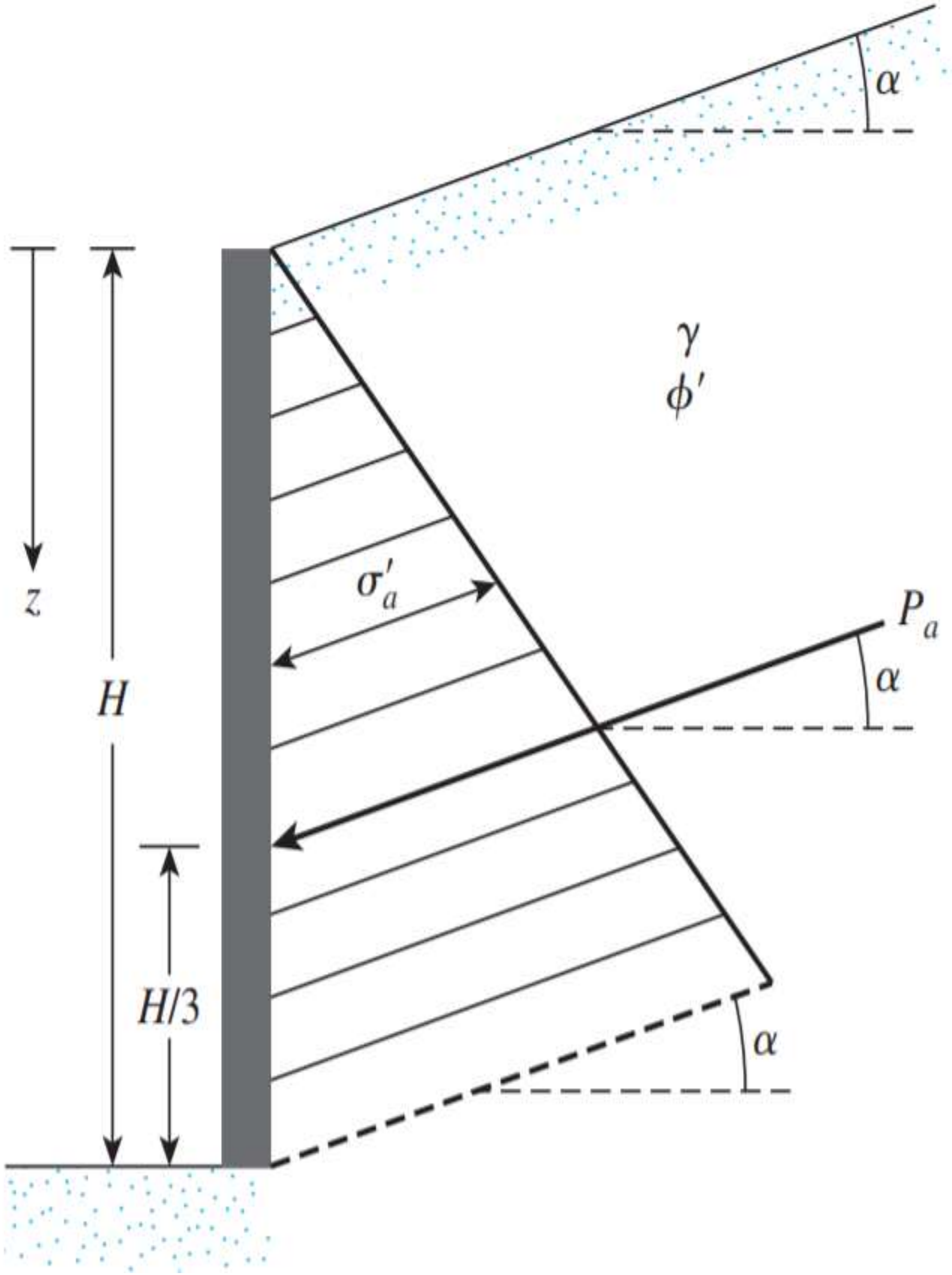


Table 12.3 Values of K_a [Eq. (12.19)]

α (deg) ↓	φ′ (deg) → 28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0	0.3610	0.3470	0.3333	0.3201	0.3073	0.2948	0.2827	0.2710	0.2596	0.2486	0.2379	0.2275	0.2174
1	0.3612	0.3471	0.3335	0.3202	0.3074	0.2949	0.2828	0.2711	0.2597	0.2487	0.2380	0.2276	0.2175
2	0.3618	0.3476	0.3339	0.3207	0.3078	0.2953	0.2832	0.2714	0.2600	0.2489	0.2382	0.2278	0.2177
3	0.3627	0.3485	0.3347	0.3214	0.3084	0.2959	0.2837	0.2719	0.2605	0.2494	0.2386	0.2282	0.2181
4	0.3639	0.3496	0.3358	0.3224	0.3094	0.2967	0.2845	0.2726	0.2611	0.2500	0.2392	0.2287	0.2186
5	0.3656	0.3512	0.3372	0.3237	0.3105	0.2978	0.2855	0.2736	0.2620	0.2508	0.2399	0.2294	0.2192
6	0.3676	0.3531	0.3389	0.3253	0.3120	0.2992	0.2868	0.2747	0.2631	0.2518	0.2409	0.2303	0.2200
7	0.3701	0.3553	0.3410	0.3272	0.3138	0.3008	0.2883	0.2761	0.2644	0.2530	0.2420	0.2313	0.2209
8	0.3730	0.3580	0.3435	0.3294	0.3159	0.3027	0.2900	0.2778	0.2659	0.2544	0.2432	0.2325	0.2220
9	0.3764	0.3611	0.3463	0.3320	0.3182	0.3049	0.2921	0.2796	0.2676	0.2560	0.2447	0.2338	0.2233
10	0.3802	0.3646	0.3495	0.3350	0.3210	0.3074	0.2944	0.2818	0.2696	0.2578	0.2464	0.2354	0.2247

إما القانون أو الجدول سيتم توفير الجداول كاملة في ملحق خاص

At any depth z, the *Rankine active pressure* may be expressed as

$$\sigma'_a = \gamma z K_a$$

the total force per unit length of the wall is

$$\boxed{P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a}$$

Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Rankine Active Pressure with Vertical Wall Backface and Inclined $c'-\phi'$ Soil Backfill

نفس الحالة الثالثة ولكن الفرق هي أن **التربة متماسكة**

$$K'_a = \frac{1}{\cos^2\phi'}\left\{\begin{array}{l} 2\cos^2\alpha + 2\left(\dfrac{c'}{\gamma z}\right)\cos\phi'\sin\phi' \\ -\sqrt{\left[4\cos^2\alpha(\cos^2\alpha - \cos^2\phi') + 4\left(\dfrac{c'}{\gamma z}\right)^2\cos^2\phi' + 8\left(\dfrac{c'}{\gamma z}\right)\cos^2\alpha\sin\phi'\cos\phi'\right]} \end{array}\right\} - 1$$

$$\sigma'_a = \gamma z K_a = \gamma z K'_a \cos\alpha$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Table 12.4 Values of K'_a

ϕ' (deg)	α (deg)	$\frac{c'}{\gamma z}$ = 0.025	0.05	0.1	0.5
15	0	0.550	0.512	0.435	−0.179
	5	0.566	0.525	0.445	−0.184
	10	0.621	0.571	0.477	−0.186
	15	0.776	0.683	0.546	−0.196
20	0	0.455	0.420	0.350	−0.210
	5	0.465	0.429	0.357	−0.212
	10	0.497	0.456	0.377	−0.218
	15	0.567	0.514	0.417	−0.229
25	0	0.374	0.342	0.278	−0.231
	5	0.381	0.348	0.283	−0.233
	10	0.402	0.366	0.296	−0.239
	15	0.443	0.401	0.321	−0.250
30	0	0.305	0.276	0.218	−0.244
	5	0.309	0.280	0.221	−0.246
	10	0.323	0.292	0.230	−0.252
	15	0.350	0.315	0.246	−0.263

إما القانون أو الجدول

$$z_c = \frac{2c'}{\gamma}\sqrt{\frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'}}$$

سيتم توفير الجداول كاملة في ملحق خاص

Example 12.4

Refer to the retaining wall in Figure 12.9. The backfill is granular soil. Given:

Wall: $H = 10 \text{ ft}$

$\theta = +10^\circ$

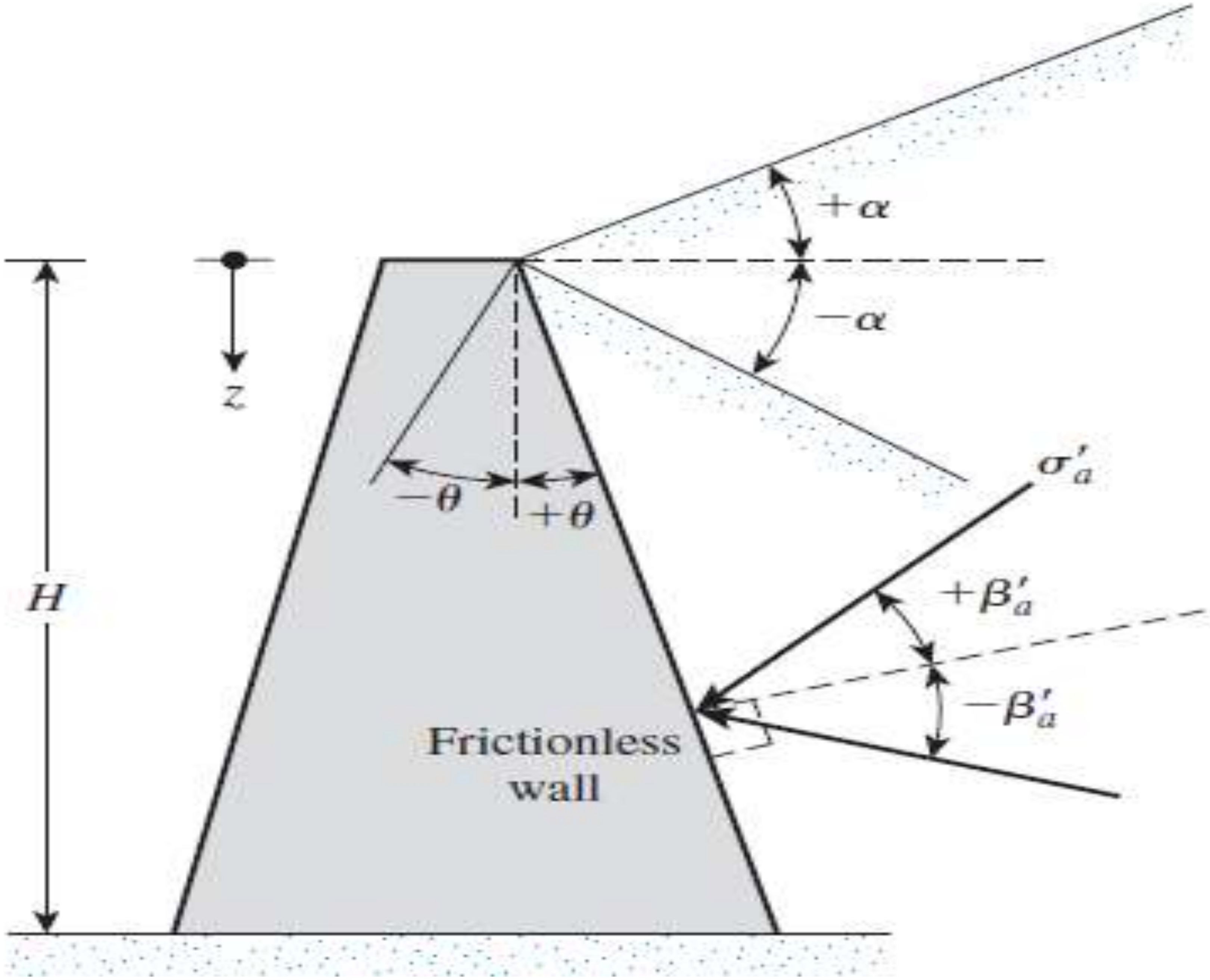
Backfill: $\alpha = 15^\circ$

$\phi' = 35^\circ$

$c' = 0$

$\gamma = 110 \text{ lb/ft}^3$

Determine the Rankine active force, P_a, and its location and direction.



$+\alpha$
$-\alpha$
z
H
$-\theta$
$+\theta$
σ'_a
$+\beta'_a$
$-\beta'_a$
Frictionless wall

From Table 12.1, for $\alpha = 15°$ and $\theta = +10°$, the value of $K_a \approx 0.42$.

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a = \left(\frac{1}{2}\right)(110)(10)^2(0.42) = \mathbf{2310\ lb/ft}$$

Again, from Table 12.2, for $\alpha = 15°$ and $\theta = +10°$, $\beta'_a \approx$ **30.5°**.

The force P_a will act at a distance of $10/3 = 3.33$ ft

Table 12.1 Variation of $K_{a(R)}$ [Eq. (12.17)]

α (deg)	θ (deg)	$K_{a(R)}$ φ′ (deg) 28	30	32	34	36	38	40
	0	0.409	0.373	0.341	0.311	0.283	0.258	0.235
	2	0.427	0.391	0.358	0.328	0.300	0.274	0.250
	4	0.448	0.411	0.378	0.348	0.320	0.294	0.271
15	6	0.472	0.435	0.402	0.371	0.344	0.318	0.295
	8	0.498	0.461	0.428	0.398	0.371	0.346	0.323
	10	0.527	0.490	0.457	0.428	0.400	0.376	0.353
	15	0.610	0.574	0.542	0.513	0.487	0.463	0.442

نأخذ المتوسط (الأفرج)

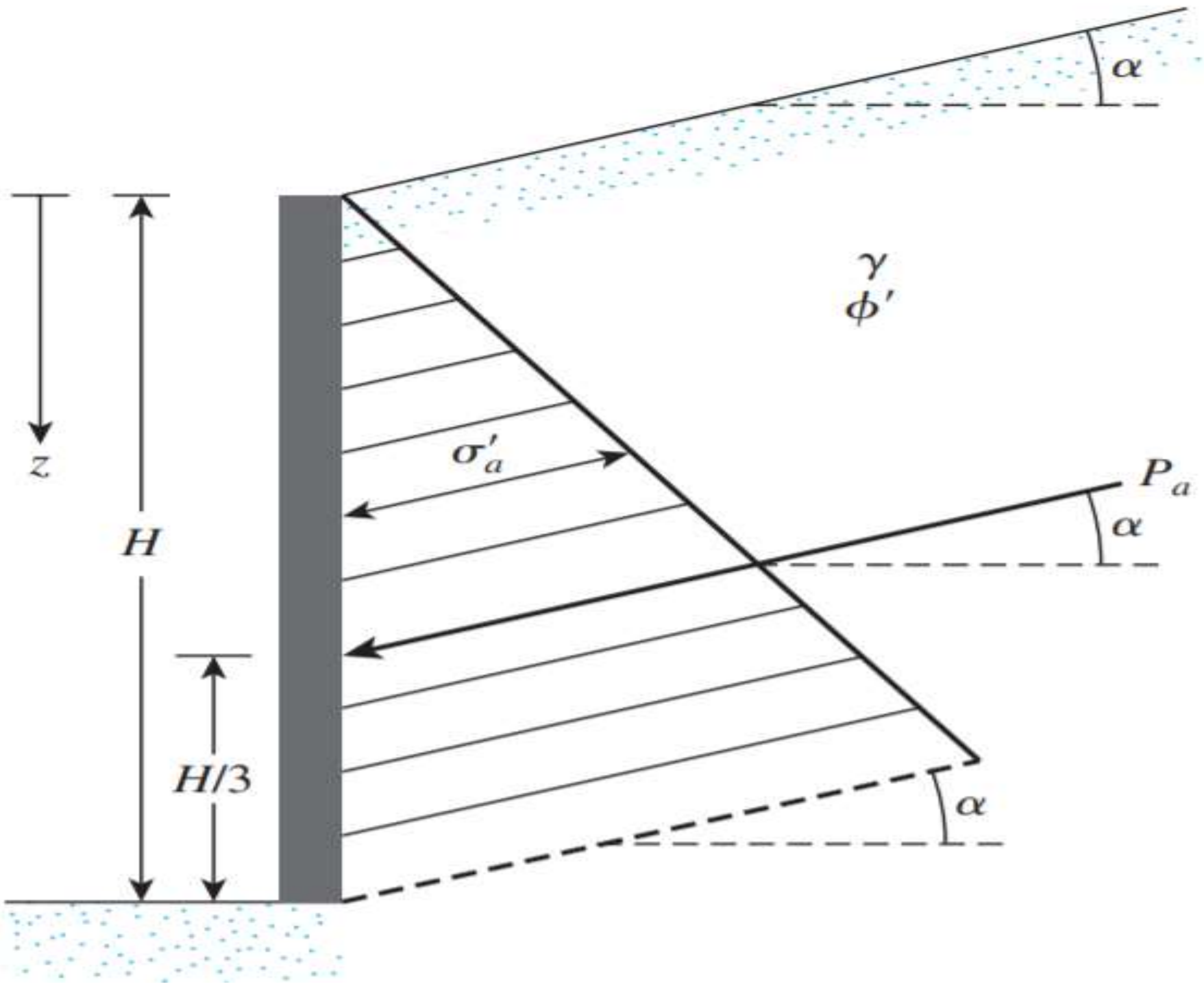
Table 12.2 Variation of β'_a [Eq. (12.15)]

		β'_a						
		ϕ' (deg)						
α (deg)	θ (deg)	28	30	32	34	36	38	40
	0	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
	2	17.576	18.001	18.463	18.967	19.522	20.134	20.812
	4	19.840	20.631	21.485	22.410	23.417	24.516	25.719
15	6	21.788	22.886	24.060	25.321	26.677	28.139	29.716
	8	23.431	24.778	26.206	27.722	29.335	31.052	32.878
	10	24.783	26.328	27.950	29.654	31.447	33.332	35.310
	15	27.032	28.888	30.793	32.747	34.751	36.802	38.894

نأخذ المتوسط (الأفرج)

Example 12.5

For the retaining wall shown in Figure 12.10, $H = 7.5$ m, $\gamma = 18$ kN/m^3, $\phi' = 20°$, $c' = 13.5$ kN/m^2, and $\alpha = 10°$. Calculate the Rankine active force, P_a, per unit length of the wall and the location of the resultant force after the occurrence of the tensile crack.


α
γ
φ′
z
H
σ′a
Pa
α
H/3
α

$$z_r = \frac{2c'}{\gamma}\sqrt{\frac{1+\sin\phi'}{1-\sin\phi'}} = \frac{(2)(13.5)}{18}\sqrt{\frac{1+\sin 20}{1-\sin 20}} = 2.14 \text{ m}$$

$$\sigma'_a = \gamma z K'_a \cos\alpha = (18)(7.5)(0.377)(\cos 10) = 50.1 \text{ kN/m}^2$$

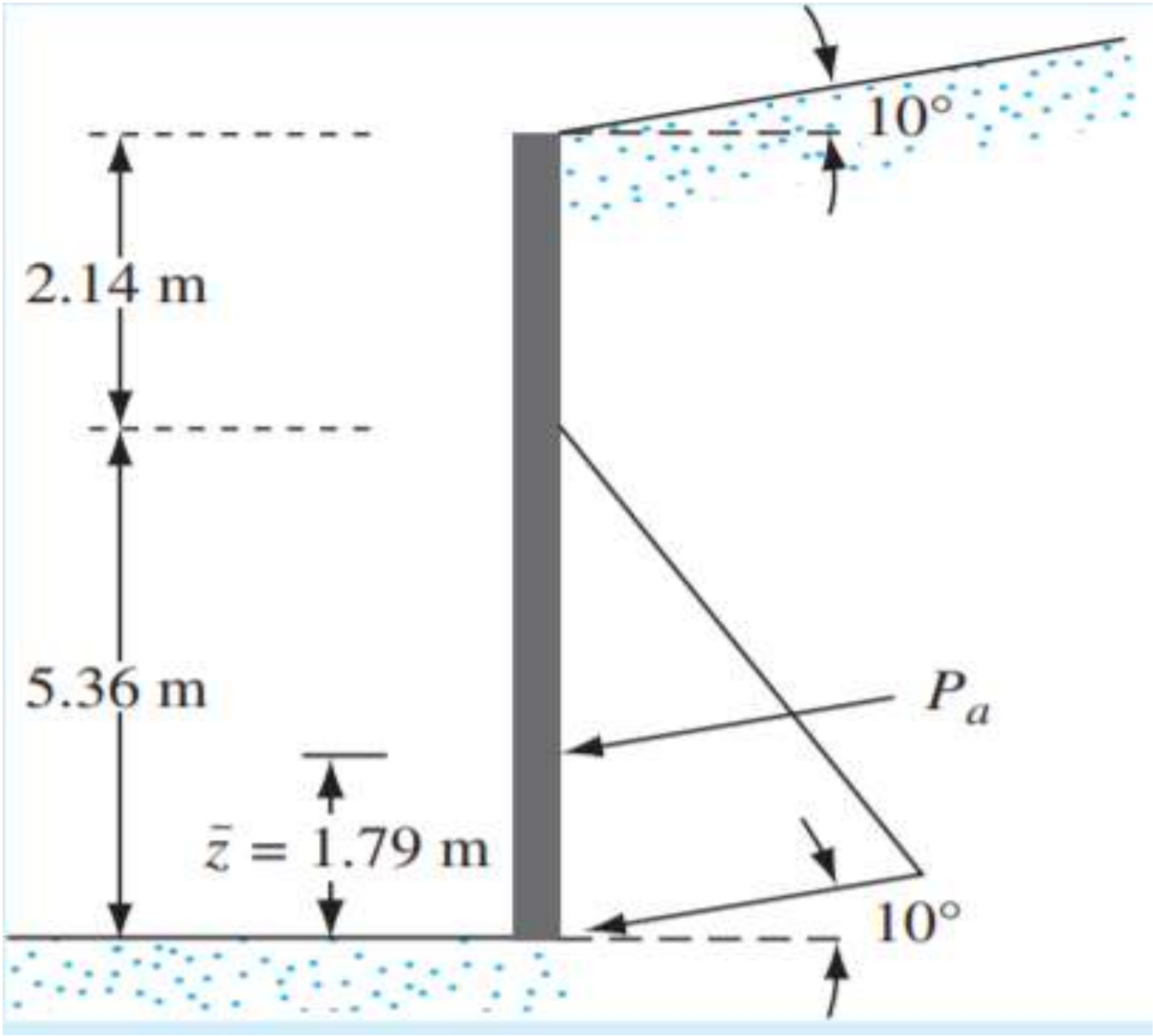
From Table 12.4, for $\phi' = 20°$, $c'/\gamma z = 0.1$, and $\alpha = 10°$, the value of K_a' is 0.377, so at $z = 7.5$ m,

Table 12.4 Values of K_a'

		$\frac{c'}{\gamma z}$		
ϕ' (deg)	**α (deg)**	**0.025**	**0.05**	**0.1**
15	0	0.550	0.512	0.435
	5	0.566	0.525	0.445
	10	0.621	0.571	0.477
	15	0.776	0.683	0.546
20	0	0.455	0.420	0.350
	5	0.465	0.429	0.357
	10	0.497	0.456	0.377
	15	0.567	0.514	0.417

$$P_a = \left(\frac{1}{2}\right)(50.1)(7.5 - 2.14) = \mathbf{134.3\ kN/m}$$

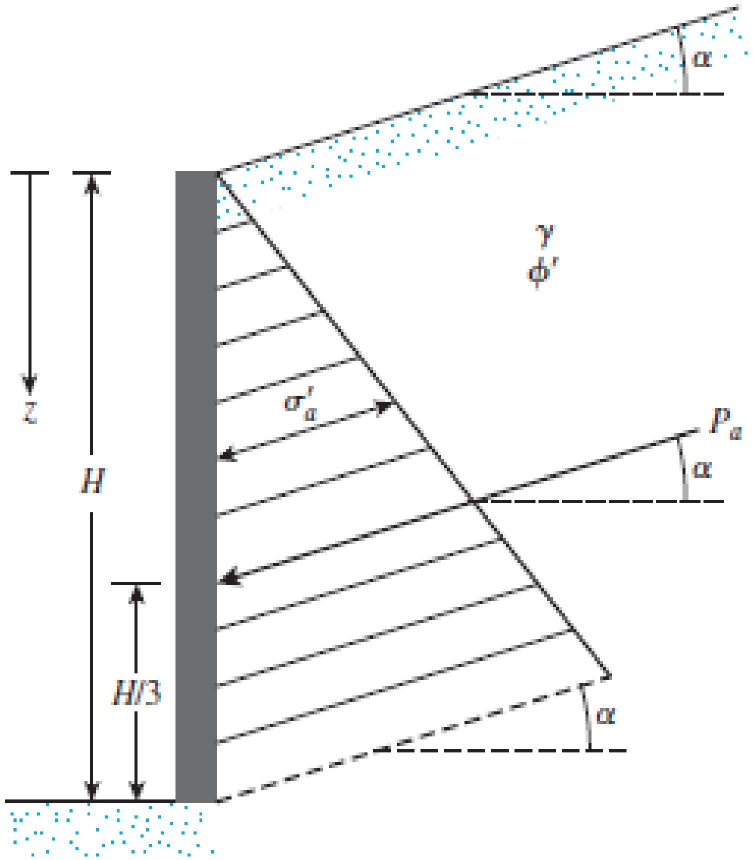
$$\bar{z} = \frac{7.5 - 2.14}{3} = \mathbf{1.79\ m}$$


10°
2.14 m
5.36 m
P_a
$\bar{z}$ = 1.79 m
10°

Refer to Figure 12.10. For the retaining wall, $H = 8$ m, $\phi' = 36°$, $\alpha = 10°$, $\gamma = 17$ kN/m^3, and $c' = 0$.

a. Determine the intensity of the Rankine active force at $z = 2$ m, 4 m, and 6 m.

b. Determine the Rankine active force per meter length of the wall and also the location and direction of the resultant.



نجد قيمة المعامل من خلال الجدول

ϕ' as 36°, θ as 0° and α as 10° the value of K_a as 0.270

Virtical

Table 12.1 Variation of $K_{a(R)}$ [Eq. (12.17)]

		$K_{a(R)}$						
		ϕ' (deg)						
α (deg)	θ (deg)	28	30	32	34	36	38	40
	0	0.380	0.350	0.321	0.294	0.270	0.246	0.225
	2	0.393	0.362	0.333	0.306	0.281	0.258	0.236
	4	0.408	0.377	0.348	0.322	0.297	0.274	0.252
10	6	0.426	0.395	0.367	0.341	0.316	0.294	0.273
	8	0.447	0.417	0.389	0.363	0.339	0.317	0.297
	10	0.471	0.441	0.414	0.388	0.365	0.344	0.324
	15	0.542	0.513	0.487	0.463	0.442	0.422	0.404

At any depth z, the *Rankine active pressure* may be expressed as

$$\sigma'_a = \gamma z K_a$$

نريد حساب الإجهاد عند الأعماق المختلفة

$$\sigma'_a = 0.27 \times 17 \times 2$$
$$= 9.18 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_a = K_a \gamma H$$
$$= 0.27 \times 17 \times 4$$
$$= 18.36 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_a = K_a \gamma H$$
$$= 0.27 \times 17 \times 6$$
$$= 27.54 \text{ kN/m}^2$$

Also, the total force per unit length of the wall is

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 0.27 \times 17 \times 8^2$$
$$= 146.88 \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{\left(\frac{1}{2} \times 0.27 \times 17 \times 8^2\right) \times \frac{8}{3}}{146.88}$$
$$= 2.67 \text{ m}$$

❑Coulomb's Active Earth Pressure

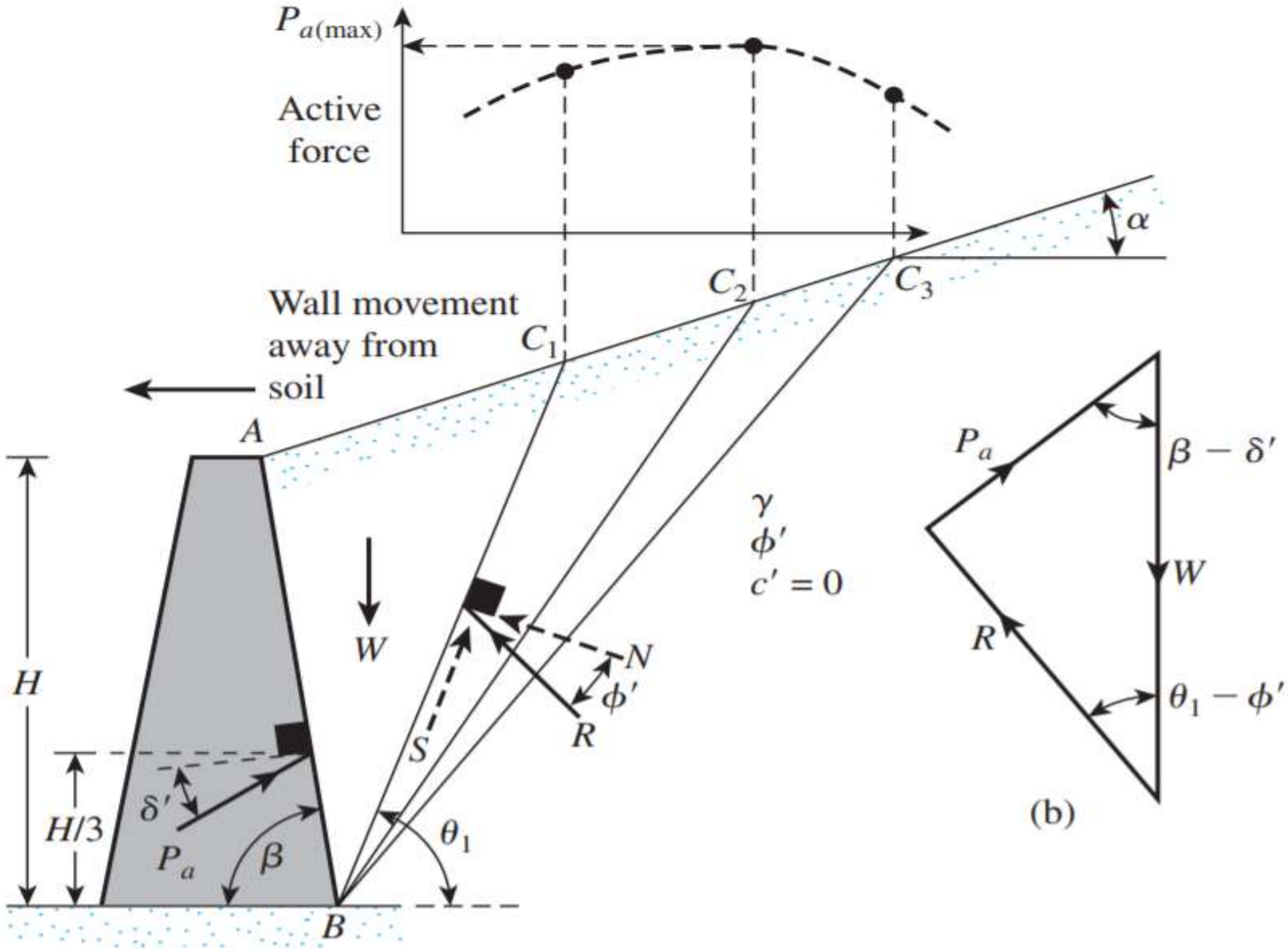
Active pressure → سيتم شرحه بالتفصيل الممل

Passive pressure → لم يتم شرحه

- ❑ The **Rankine active** earth pressure calculations discussed in the preceding sections were **based on** the assumption **that the wall is frictionless.**

To apply Coulomb's active earth pressure theory, let us consider a retaining wall with its back face inclined at an angle β with the horizontal, as shown in Figure 12.12a. The backfill is a granular soil that slopes at an angle α with the horizontal. Also, let δ' be the angle of friction between the soil and the wall (i.e., the angle of wall friction).

شرح ل الرموز التي سوف نستخدمها



$P_{a(\max)}$
Active force
α
C_1
C_2
C_3
Wall movement away from soil
A
H
W
γ
ϕ'
$c' = 0$
N
ϕ'
R
S
δ'
$H/3$
P_a
β
B
θ_1
P_a
$\beta - \delta'$
W
R
$\theta_1 - \phi'$

(b)

The maximum value of P_a thus determined is Coulomb's active force

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

K_a = Coulomb's active earth pressure coefficient

$$= \frac{\sin^2(\beta + \phi')}{\sin^2\beta \sin(\beta - \delta')\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\phi' + \delta')\sin(\phi' - \alpha)}{\sin(\beta - \delta')\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

Table 12.6 Values of K_a [from Eq. (12.26)] for $\delta' = \frac{2}{3}\phi'$

		β (deg)					
α (deg)	ϕ' (deg)	90	85	80	75	70	65
0	28	0.3213	0.3588	0.4007	0.4481	0.5026	0.5662
	29	0.3091	0.3467	0.3886	0.4362	0.4908	0.5547
	30	0.2973	0.3349	0.3769	0.4245	0.4794	0.5435
	31	0.2860	0.3235	0.3655	0.4133	0.4682	0.5326
	32	0.2750	0.3125	0.3545	0.4023	0.4574	0.5220
	33	0.2645	0.3019	0.3439	0.3917	0.4469	0.5117
	34	0.2543	0.2916	0.3335	0.3813	0.4367	0.5017

Table 12.7 Values of K_a [from Eq. (12.26)] for $\delta' = \phi'/2$

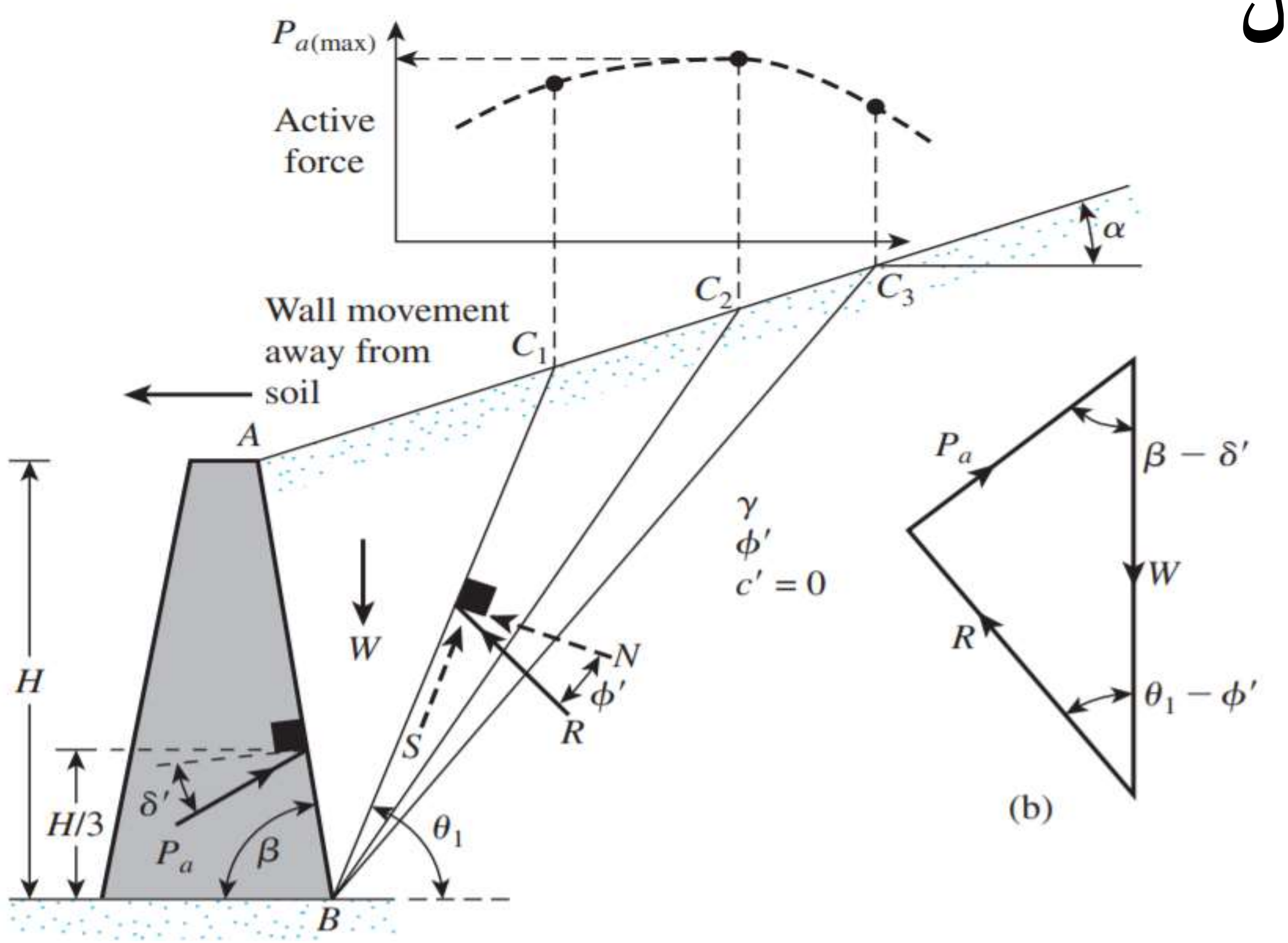
		β (deg)					
α (deg)	ϕ' (deg)	90	85	80	75	70	65
0	28	0.3264	0.3629	0.4034	0.4490	0.5011	0.5616
	29	0.3137	0.3502	0.3907	0.4363	0.4886	0.5492
	30	0.3014	0.3379	0.3784	0.4241	0.4764	0.5371
	31	0.2896	0.3260	0.3665	0.4121	0.4645	0.5253
	32	0.2782	0.3145	0.3549	0.4005	0.4529	0.5137
	33	0.2671	0.3033	0.3436	0.3892	0.4415	0.5025
	34	0.2564	0.2925	0.3327	0.3782	0.4305	0.4915
	35	0.2461	0.2820	0.3221	0.3675	0.4197	0.4807

Example 12.6

Consider the retaining wall shown in Figure 12.12a. Given: $H = 5$ m; unit weight of soil = 17.6 kN/m^3; angle of friction of soil = 35°; wall friction-angle $\delta' = \frac{2}{3}\phi'$, soil cohesion, $c' = 0$; $\alpha = 0$, and $\beta = 90°$. Calculate the Coulomb's active force per unit length of the wall.

لكي نعرف أي جدول سوف نستخدم

الرسمة المرافقة ل السؤال



$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

From Table 12.6, for $\alpha = 0°, \beta = 90°, \phi' = 35°$, and $\delta' = \tfrac{2}{3}\phi' = 23.33°, K_a = 0.2444$. Hence,

$$P_a = \tfrac{1}{2}(17.6)(5)^2(0.2444) = \mathbf{53.77\ kN/m}$$

Table 12.6 Values of K_a [from Eq. (12.26)] for $\delta' = \frac{2}{3}\phi'$

		β (deg)					
α (deg)	**φ′ (deg)**	**90**	**85**	**80**	**75**	**70**	**65**
0	28	0.3213	0.3588	0.4007	0.4481	0.5026	0.5662
	29	0.3091	0.3467	0.3886	0.4362	0.4908	0.5547
	30	0.2973	0.3349	0.3769	0.4245	0.4794	0.5435
	31	0.2860	0.3235	0.3655	0.4133	0.4682	0.5326
	32	0.2750	0.3125	0.3545	0.4023	0.4574	0.5220
	33	0.2645	0.3019	0.3439	0.3917	0.4469	0.5117
	34	0.2543	0.2916	0.3335	0.3813	0.4367	0.5017
	35	0.2444	0.2816	0.3235	0.3713	0.4267	0.4919

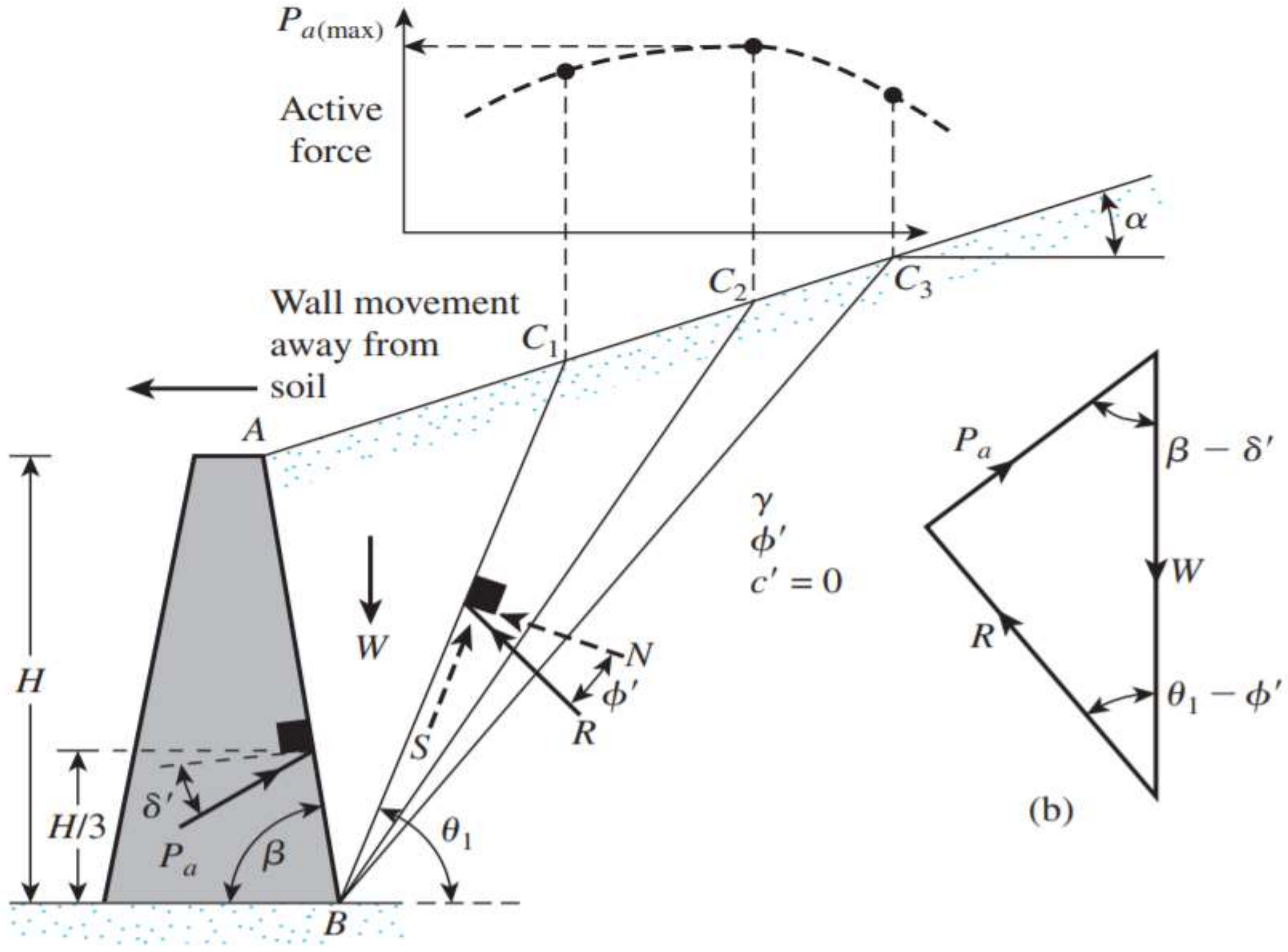
12.8 Refer to Figure 12.12a. Given: $H = 4$ m, $\gamma = 16.5$ kN/m^3, $\phi' = 30°$, $c' = 0$, and $\beta = 85°$. Determine the Coulomb's active force per meter length of the wall and the location and direction of the resultant for the following cases:

a. $\alpha = 10°$ and $\delta' = 20°$

b. $\alpha = 20°$ and $\delta' = 15°$

هنا سوف نستخدم القانون بدلا من الجدول

الرسمة المرافقة ل السؤال



$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

K_a = Coulomb's active earth pressure coefficient

$$= \frac{\sin^2(\beta + \phi')}{\sin^2\beta \sin(\beta - \delta')\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\phi' + \delta')\sin(\phi' - \alpha)}{\sin(\beta - \delta')\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

$$K_a = \frac{\sin^2(85+30)}{\sin^2 85 \sin(85-20)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(30+20)\sin(30-10)}{\sin(85-20)\sin(10+85)}}\right]^2}$$

$$= \frac{0.821}{0.992\times 0.906\left[1+\sqrt{\frac{0.262}{0.902}}\right]^2}$$

$$= \frac{0.821}{0.992\times 2.145}$$

$$= 0.385$$

$$P_a = \frac{1}{2}\times 0.385\times 16.5\times 4^2$$

$$= \frac{1}{2}\times 6.3525\times 16$$

$$= 51\,\mathrm{kN/m}$$

هنا تم إستخدام القانون

<u>ويجوز</u> أن نستخدم الجدول

$$K_a = \frac{\sin^2(85+30)}{\sin^2 85 \sin(85-15)\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(30+15)\sin(30-20)}{\sin(85-15)\sin(20+85)}}\right]^2}$$

$$= \frac{0.821}{0.992 \times 0.9396\left[1+\sqrt{\dfrac{0.12278}{0.907}}\right]^2}$$

$$= \frac{0.821}{0.992 \times 1.758}$$

$$= 0.471$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 0.471 \times 16.5 \times 4^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 7.771 \times 16$$

$$= 62.168 \text{ kN/m}$$

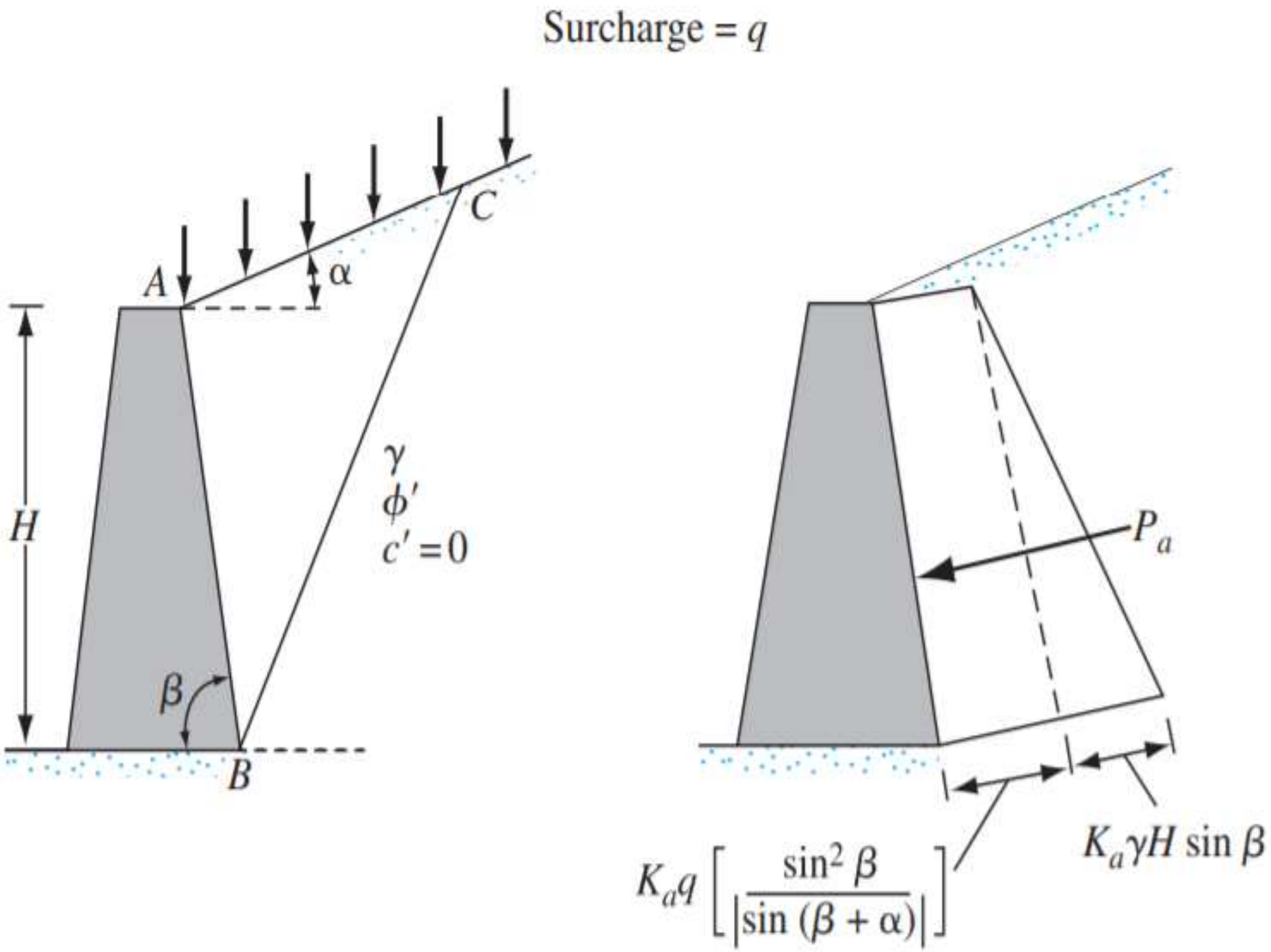
Refer to Figure 12.13a. Given $H = 4$ m, $\alpha = 0$, $\beta = 85°$, $\gamma = 17$ kN/m^3, $c' = 0$, $\phi' = 36°$, $\delta'/\phi' = 0.5$, and $q = 30$ kN/m^2. Determine the Coulomb's active force per unit length of the wall.

$$\delta' = \frac{\phi'}{2}$$

Table 12.7 *(Continued)*

		β (deg)					
α (deg)	ϕ' (deg)	90	85	80	75	70	65
5	36	0.2362	0.2718	0.3118	0.3571	0.4092	0.4702

هنا يوجد أيضا حمل منتظم خارجي



Surcharge = q
A
α
C
H
γ
ϕ'
$c' = 0$
β
B
P_a
$K_a q \left[\dfrac{\sin^2 \beta}{|\sin(\beta + \alpha)|}\right]$
$K_a \gamma H \sin \beta$

(a)

(b)

K_a = Coulomb's active earth pressure coefficient

$$= \frac{\sin^2(\beta + \phi')}{\sin^2\beta \sin(\beta - \delta')\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta')\sin(\phi' - \alpha)}{\sin(\beta - \delta')\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

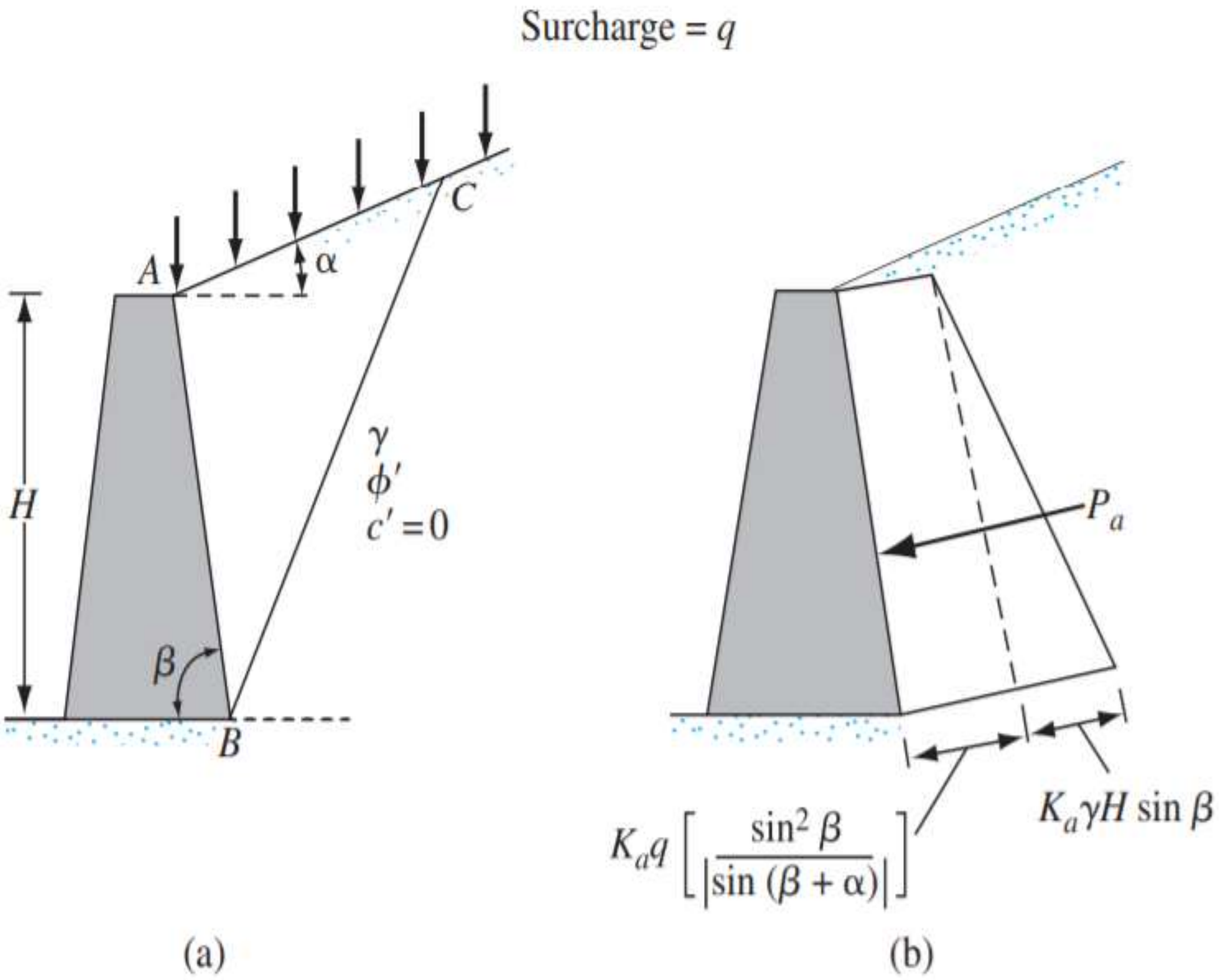
القانون أو عن طريق الجدول

$$\frac{1}{2}K_a\gamma H^2 \quad + K_a H q\left[\frac{\sin\beta}{\sin(\beta+\alpha)}\right]$$

$$= \frac{1}{2} * 0.2718 * 17 * 4^2 + 0.2718 * 4 * 30\left[\frac{\sin(85)}{\sin(85+0)}\right] = 69.58$$

Example 12.7

Refer to Figure 12.13a. Given: $H = 20$ ft, $\phi' = 30°$, $\delta' = 20°$, $\alpha = 5°$, $\beta = 85°$, $q = 2000$ lb/ft^2, and $\gamma = 115$ lb/ft^3. Determine Coulomb's active force and the location of the line of action of the resultant P_a.



Surcharge = q
A
α
C
H
γ
ϕ'
$c' = 0$
β
B
P_a
$K_a q \left[\dfrac{\sin^2 \beta}{|\sin(\beta + \alpha)|} \right]$
$K_a \gamma H \sin \beta$
(a)
(b)

Solution

For $\beta = 85°$, $\alpha = 5°$, $\delta' = 20°$, $\phi' = 30°$, and $K_a = 0.3578$

$$\underbrace{\frac{1}{2}K_a\gamma H^2}_{P_{a(1)}} \quad \underbrace{+ K_a H q\left[\frac{\sin\beta}{\sin(\beta+\alpha)}\right]}_{P_{a(2)}}$$

$$= (0.5)(0.3578)(115)(20)^2 + (0.3578)(20)(2000)\left[\frac{\sin 85}{\sin(85+5)}\right]$$

$$= 8229.4 + 14{,}257.5 = \mathbf{22{,}486.9\ lb/ft}$$

Table 12.6 Values of K_a [from Eq. (12.26)] for $\delta' = \frac{2}{3}\phi'$

		β (deg)					
α (deg)	ϕ' (deg)	90	85	80	75	70	65
5	28	0.3431	0.3845	0.4311	0.4843	0.5461	0.6190
	29	0.3295	0.3709	0.4175	0.4707	0.5325	0.6056
	30	0.3165	0.3578	0.4043	0.4575	0.5194	0.5926
	31	0.3039	0.3451	0.3916	0.4447	0.5067	0.5800
	32	0.2919	0.3329	0.3792	0.4324	0.4943	0.5677

Location of the line of action of the resultant:

$$P_a\bar{z} = P_{a(1)}\frac{H}{3} + P_{a(2)}\frac{H}{2}$$

or

$$\bar{z} = \frac{(8229.4)\left(\frac{20}{3}\right) + (14{,}257.5)\left(\frac{20}{2}\right)}{22{,}486.9}$$

$$= \textbf{8.78 ft} \text{ (measured vertically from the bottom of the wall)}$$

Lateral Earth Pressure Due to Surcharge

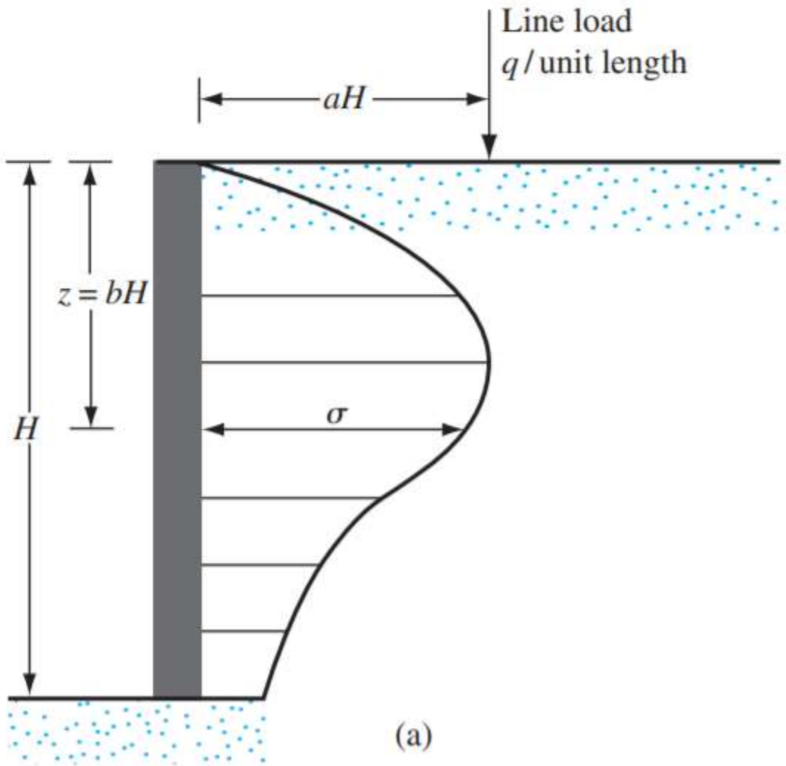
موضوع سهل جدا ومباشر

Lateral Earth Pressure Due to Surcharge

line load

$$\sigma = \frac{4a}{\pi H}\frac{a^2 b}{(a^2 + b^2)} \qquad \text{for } a > 0.4$$

$$\sigma = \frac{q}{H}\frac{0.203b}{(0.16 + b^2)^2} \qquad \text{for } a \leq 0.4$$



(a)

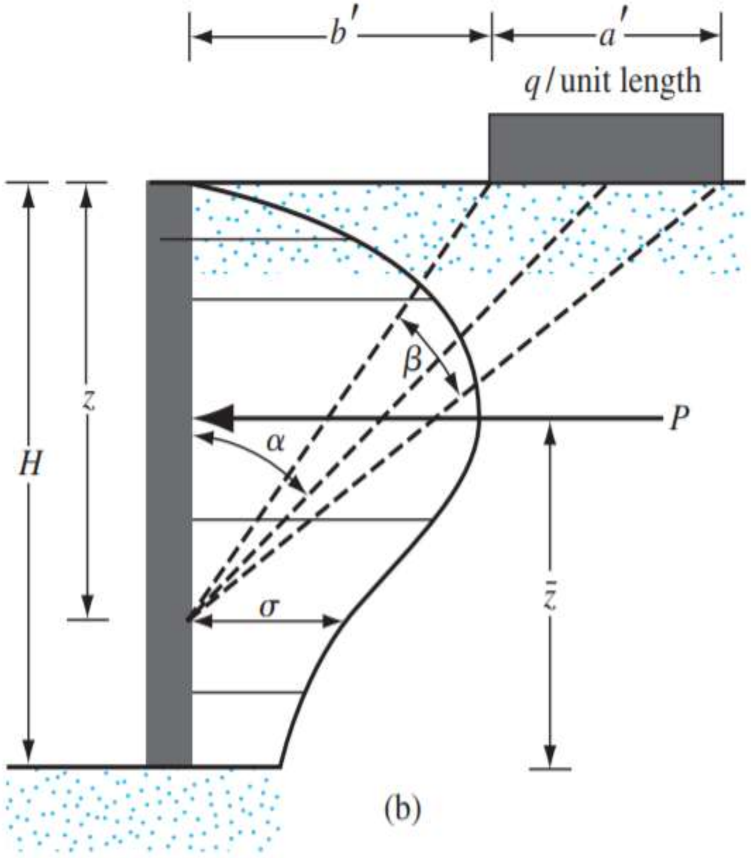
$$\sigma = \frac{2q}{\pi}(\beta - \sin\beta\cos 2\alpha)$$

strip load

$$P = \frac{q}{90}[H(\theta_2 - \theta_1)]$$

$$\theta_1 = \tan^{-}\left(\frac{b'}{H}\right)(\text{deg})$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{a' + b'}{H}\right)(\text{deg})$$



(b)

$$\bar{z} = H - \left[\frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) + (R - Q) - 57.3a'H}{2H(\theta_2 - \theta_1)} \right]$$

$$R = (a' + b')^2(90 - \theta_2)$$

$$Q = b'^2(90 - \theta_1)$$

12.10 Refer to Figure 12.14b. Given $H = 3.3$ m, $a' = 1$ m, $b' = 1.5$ m, and $q = 25$ kN/m^2. Determine the lateral force per unit length of the unyielding wall caused by the surcharge loading only.

$$P = \frac{q}{90}[H(\theta_2 - \theta_1)]$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1.5}{3.3}\right) = 24.443°$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{a'+b'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1.5+1}{3.3}\right) = 37.146°$$

$$= \frac{25}{90°}\times\left[3.3\times(37.146° - 24.443°)\right]$$

$$= 11.64 \text{ kN/m}$$

Example 12.9

Refer to Figure 12.14b. Here, $a' = 2$ m, $b' = 1$ m, $q = 40\ \text{kN/m}^2$, and $H = 6$ m. Determine the total force on the wall (kN/m) caused by the strip loading only.

Example 12.10

Refer to Example 12.9. Determine the location of the resultant $\bar{z}$.

$$P = \frac{q}{90}[H(\theta_2 - \theta_1)]$$

$$\theta_1 = \tan^{-}\left(\frac{b'}{H}\right)(\text{deg})$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{a' + b'}{H}\right)(\text{deg})$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{1}{6}\right) = 9.46^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2 + 1}{6}\right) = 26.57^\circ$$

$$P = \frac{q}{90}[H(\theta_2 - \theta_1)] = \frac{40}{90}[6(26.57 - 9.46)] = \mathbf{45.63\ kN/m}$$

$$\bar{z} = H - \left[\frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) + (R - Q) - 57.3a'H}{2H(\theta_2 - \theta_1)}\right]$$

$$R = (a' + b')^2(90 - \theta_2)$$

$$Q = b'^2(90 - \theta_1)$$

$$R = (a' + b')^2(90 - \theta_2) = (2 + 1)^2(90 - 26.57) = 570.87$$
$$Q = b'^2(90 - \theta_1) = (1)^2(90 - 9.46) = 80.54$$

From Eq. (12.37),

$$\bar{z} = H - \left[\frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) + (R - Q) - 57.3a'H}{2H(\theta_2 - \theta_1)}\right]$$
$$= 6 - \left[\frac{(6)^2(26.57 - 9.46) + (570.87 - 80.54) - (57.3)(2)(6)}{(2)(6)(26.57 - 9.46)}\right] = \mathbf{3.96\ m}$$

EXAMPLE 12.8

Refer to Figure 12.14a which shows a line load surcharge. Given: $H = 6$ m, $a = 0.25$, amd $q = 3$ kN/m. Calculate the variation of the lateral stress σ on the retaining structure at $z = 1, 2, 3, 4, 5$, and 6 m.

z (m)	H (m)	$b = z/H$	a	σ (kN/m^2)
1	6	0.167	0.25	**0.48**
2	6	0.333	0.25	**0.46**
3	6	0.5	0.25	**0.302**
4	6	0.667	0.25	**0.185**
5	6	0.833	0.25	**0.116**
6	6	1	0.25	**0.073**

$$\sigma = \frac{q}{H}\frac{0.203b}{(0.16 + b^2)^2} \qquad \text{for } a \leq 0.4$$

❑Rankine Passive Earth Pressure

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c'\sqrt{K_p}$$

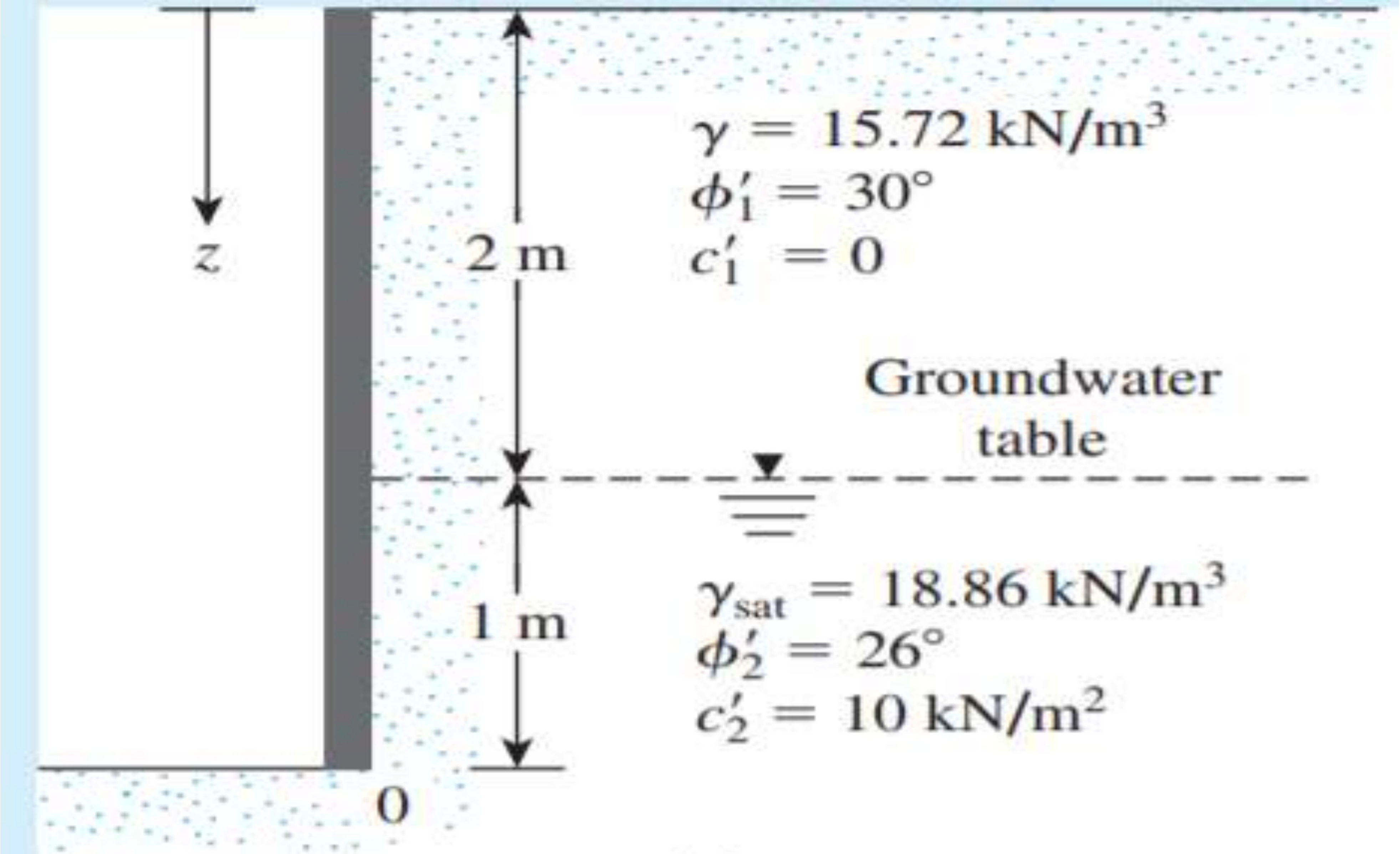
K_p = Rankine passive earth pressure coefficient

$$= \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$$

Example 12.13

A 3-m-high wall is shown in Figure 12.20a. Determine the Rankine passive force per unit length of the wall.

السؤال مهم جدا وعليك الإنتباه جيدا



$\gamma = 15.72\ \mathrm{kN/m^3}$
$\phi'_1 = 30°$
$c'_1 = 0$
z
2 m
Groundwater table
1 m
$\gamma_{sat} = 18.86\ \mathrm{kN/m^3}$
$\phi'_2 = 26°$
$c'_2 = 10\ \mathrm{kN/m^2}$
0

(a)

يوجد لكل طبقة معامل لأن لكل طبقة زاوية وهذه الفكرة مهمة وناقشناها مسبقا

For the top layer

$$K_{p(1)} = \tan^2\left(45 + \frac{\phi_1'}{2}\right) = \tan^2(45 + 15) = 3$$

From the bottom soil layer

$$K_{p(2)} = \tan^2\left(45 + \frac{\phi_2'}{2}\right) = \tan^2(45 + 13) = 2.56$$

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c'\sqrt{K_p}$$

σ'_o = effective vertical stress

at $z = 0$, $\sigma'_o = 0$, $c'_1 = 0$, $\sigma'_p = 0$

$$\text{at } z = 2 \text{ m}, \sigma'_o = (15.72)(2) = 31.44 \text{ kN/m}^2, c'_1 = 0$$

سوف يتم ضرب الرقم هذا
ب المعاملين , معامل الطبقة
الأولى والطبقة الثانية

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c'\sqrt{K_p}$$

$$\sigma'_p = 31.44 K_{p(1)} + 2(0)\sqrt{K_{p(1)}} = 31.44(3) = 94.32 \text{ kN/m}^2$$

الطبقة الأولى

$$\sigma_p' = \sigma_o' K_p + 2c'\sqrt{K_p}$$

$$\sigma_p' = \sigma_o' K_{p(2)} + 2c_2'\sqrt{K_{p(2)}} = 31.44(2.56) + 2(10)\sqrt{2.56}$$

$$= 80.49 + 32 = 112.49 \text{ kN/m}^2$$

معامل الطبقة الثانية

$z = 3$ m,

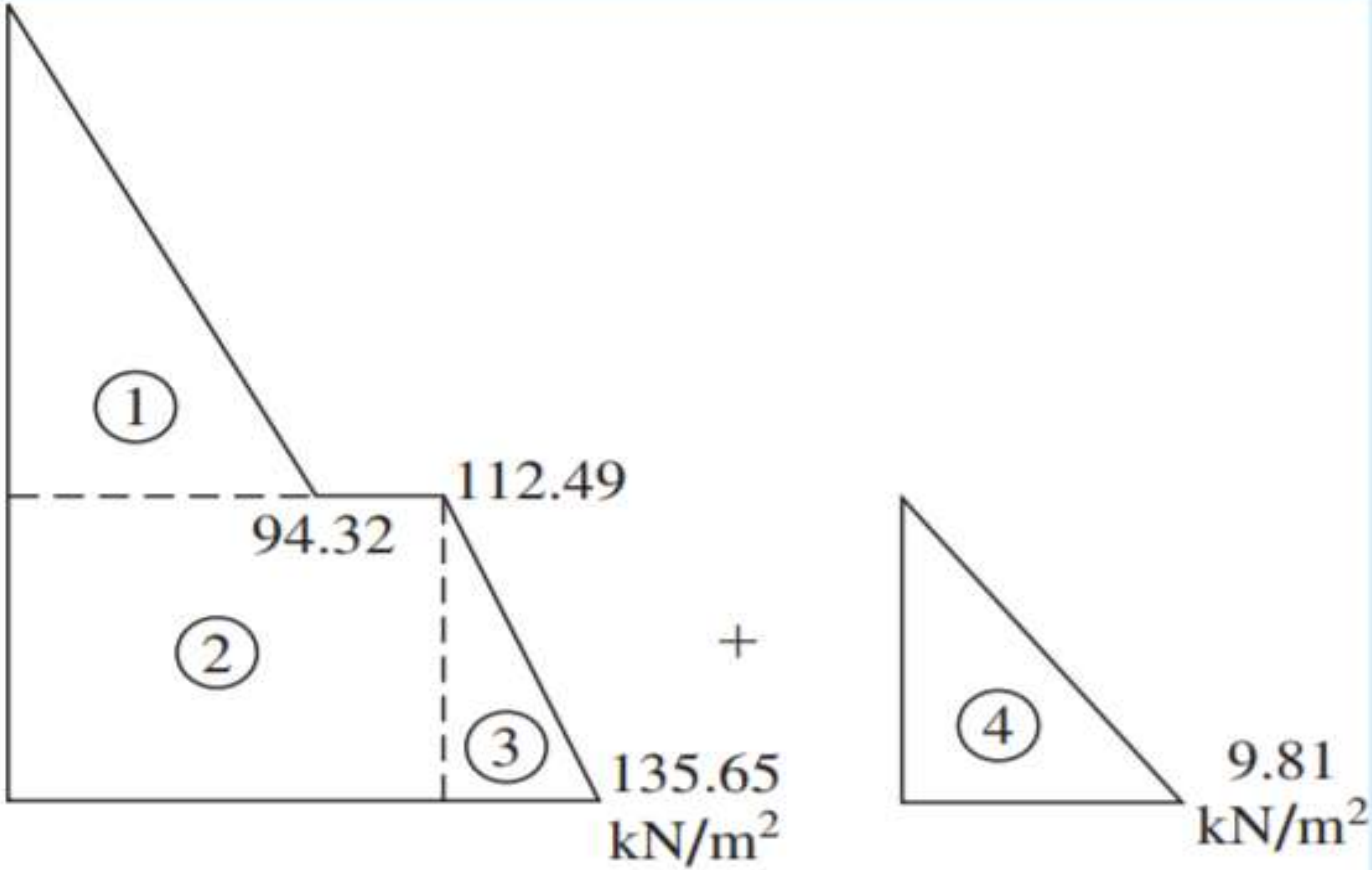
$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c'\sqrt{K_p}$$

$$\sigma'_o = (15.72)(2) + (\gamma_{sat} - \gamma_w)(1)$$

$$= 31.44 + (18.86 - 9.81)(1) = 40.49 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_{p(2)} + 2c'_2\sqrt{K_{p(2)}} = 40.49(2.56) + (2)(10)(1.6)$$

$$= \mathbf{135.65\ kN/m^2}$$



(b)

حساب مساحة الأشكال

Area no.	Area	
1	$\left(\frac{1}{2}\right)(2)(94.32)$	$= 94.32$
2	$(112.49)(1)$	$= 112.49$
3	$\left(\frac{1}{2}\right)(1)(135.65 - 112.49)$	$= 11.58$
4	$\left(\frac{1}{2}\right)(9.81)(1)$	$= 4.905$
		$P_P \approx 223.3$ **kN/m**

❑**Granular Soil** $(C^{`} = 0)$

$$P_p = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p$$

$$K_p = \cos\alpha \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi'}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi'}}$$

Table 12.9 Passive Earth Pressure Coefficient K_p [from Eq. (12.63)]

	ϕ' (deg)→						
↓α (deg)	28	30	32	34	36	38	40
0	2.770	3.000	3.255	3.537	3.852	4.204	4.599
5	2.715	2.943	3.196	3.476	3.788	4.136	4.527
10	2.551	2.775	3.022	3.295	3.598	3.937	4.316
15	2.284	2.502	2.740	3.003	3.293	3.615	3.977
20	1.918	2.132	2.362	2.612	2.886	3.189	3.526
25	1.434	1.664	1.894	2.135	2.394	2.676	2.987

$c'-\phi'$ Soil

$$K'_p = \frac{1}{\cos^2 \phi'} \left\{ \frac{2\cos^2 \alpha + 2\left(\frac{c'}{\gamma z}\right)\cos \phi' \sin \phi'}{+ \sqrt{4\cos^2 \alpha(\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi') + 4\left(\frac{c'}{\gamma z}\right)^2 \cos^2 \phi' + 8\left(\frac{c'}{\gamma z}\right)\cos^2 \alpha \sin \phi' \cos \phi'}} \right\} - 1$$

Table 12.10 Values of K'_p

ϕ' (deg)	α (deg)	$c'/\gamma z$ 0.025	0.050	0.100	0.500
15	0	1.764	1.829	1.959	3.002
	5	1.716	1.783	1.917	2.971
	10	1.564	1.641	1.788	2.880
	15	1.251	1.370	1.561	2.732
20	0	2.111	2.182	2.325	3.468
	5	2.067	2.140	2.285	3.435
	10	1.932	2.010	2.162	3.339
	15	1.696	1.786	1.956	3.183
25	0	2.542	2.621	2.778	4.034
	5	2.499	2.578	2.737	3.999
	10	2.368	2.450	2.614	3.895
	15	2.147	2.236	2.409	3.726
30	0	3.087	3.173	3.346	4.732
	5	3.042	3.129	3.303	4.674
	10	2.907	2.996	3.174	4.579
	15	2.684	2.777	2.961	4.394

بدلا من إستخدام القانون
, إستخدم الجدول

❑Retaining wall :

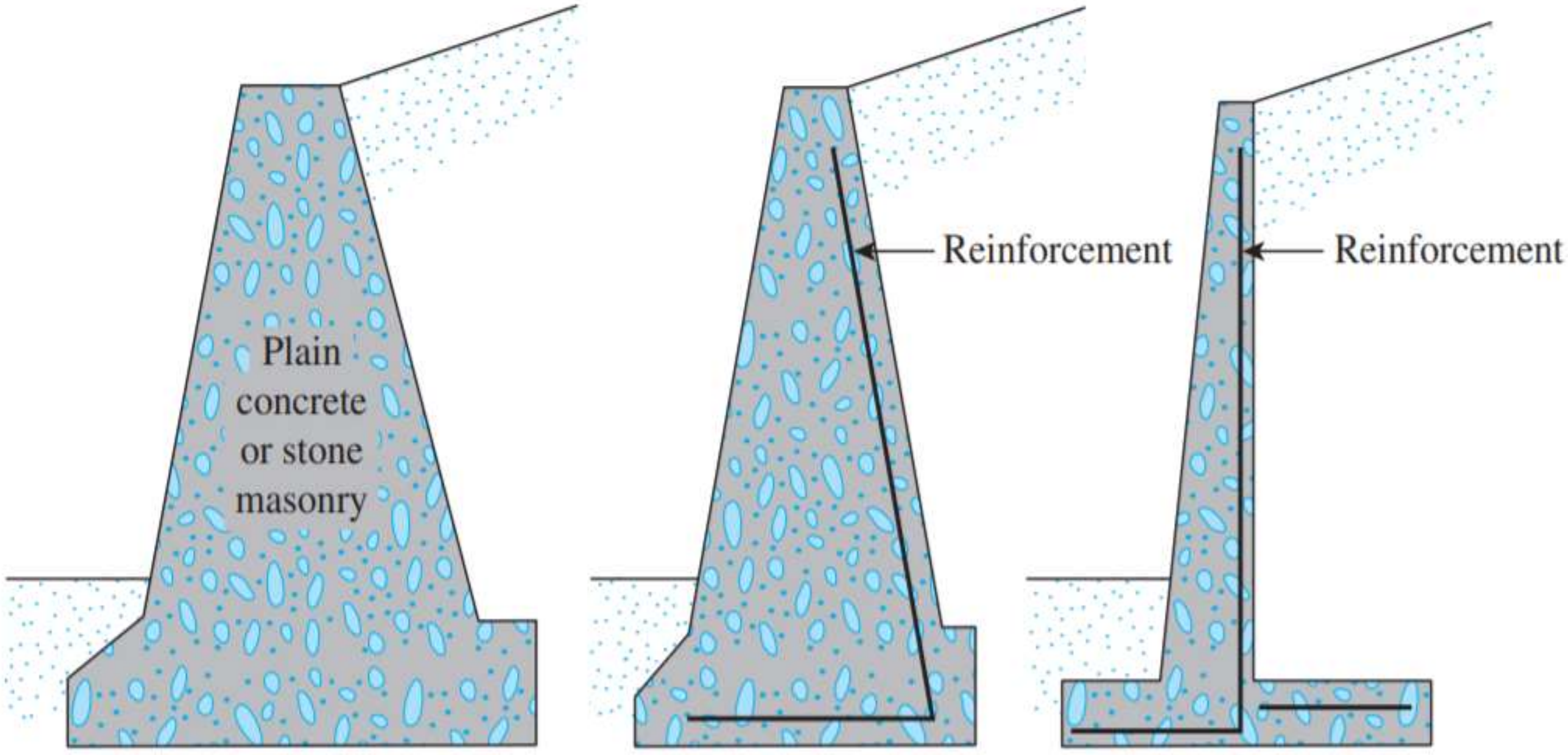
In general, retaining walls can be divided into **two major categories**:

(A) **Conventional** Retaining Walls .

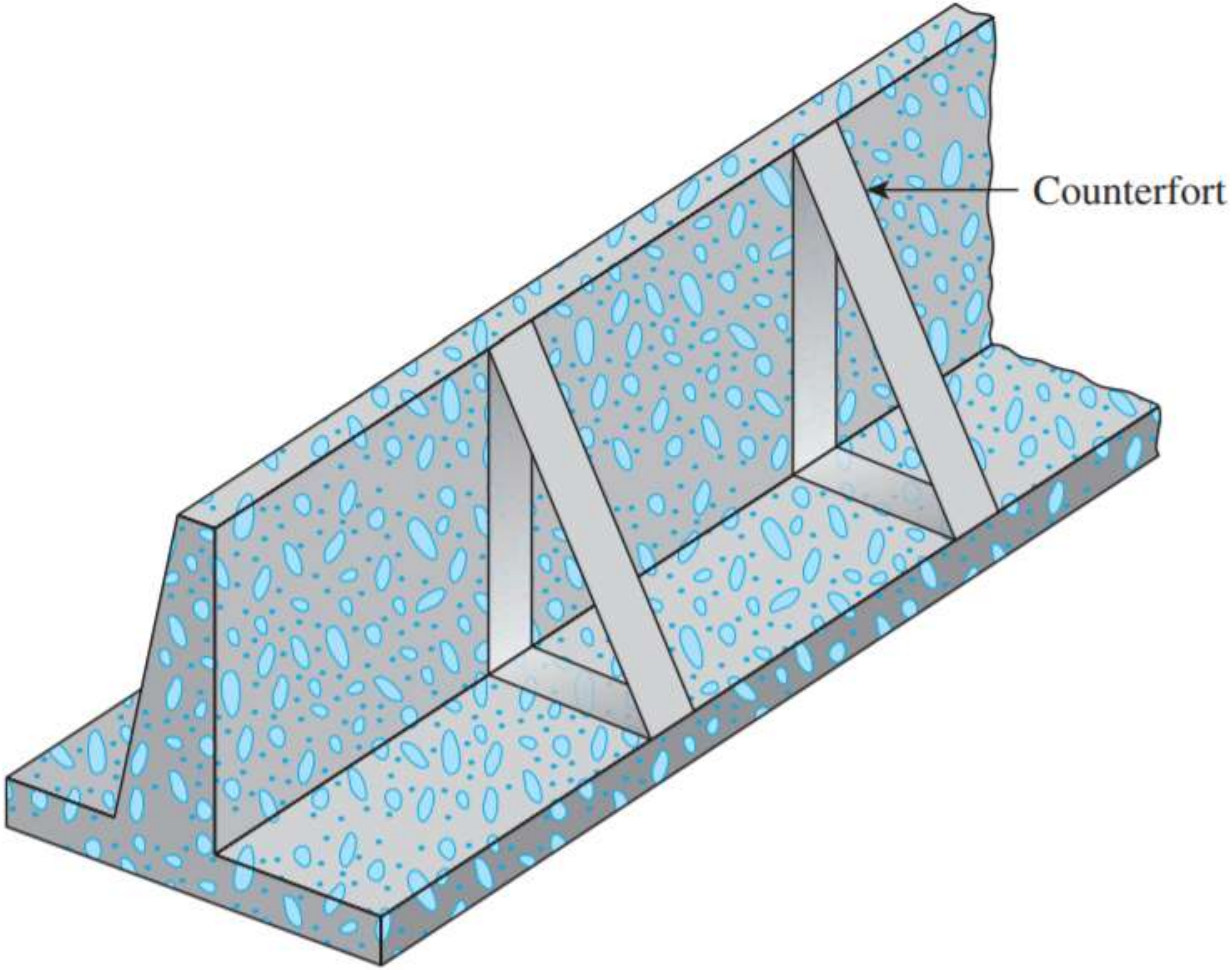
(B) **Mechanically** Stabilized Earth Walls (MSE) .

Conventional retaining walls can generally be classified into four varieties:

1. Gravity retaining walls
2. Semigravity retaining walls
3. Cantilever retaining walls
4. Counterfort retaining walls



(a) Gravity wall (b) Semigravity wall (c) Cantilever wall



(d) Counterfort wall

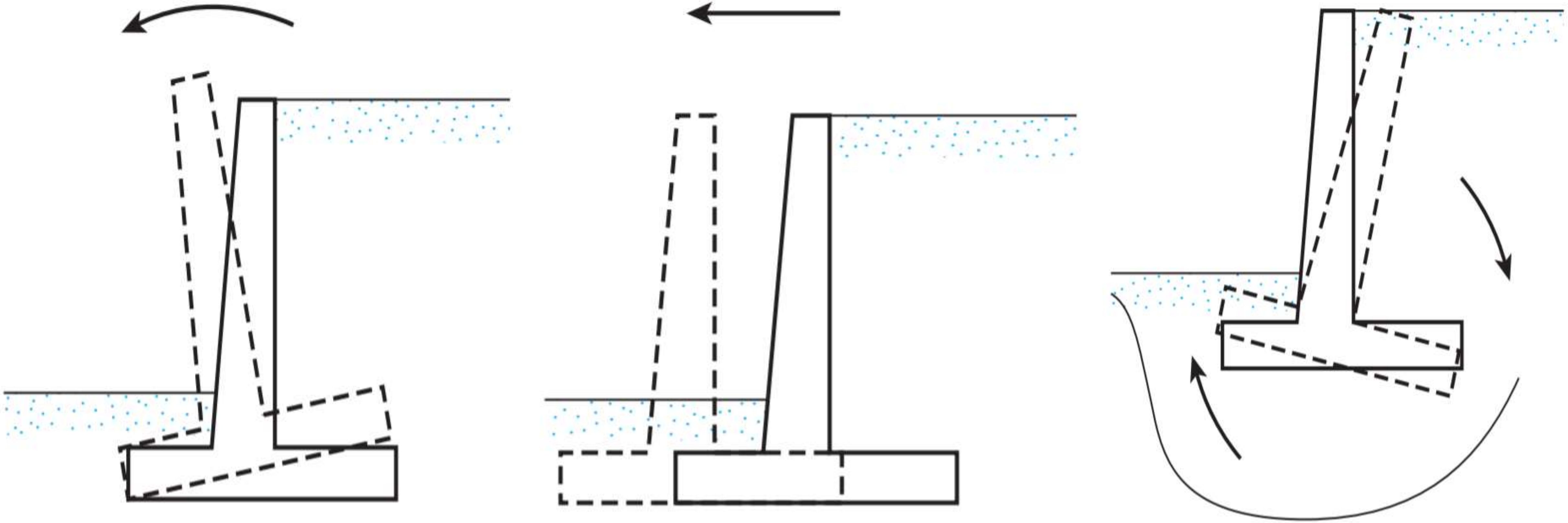
❑ **<u>Stability of retaining wall</u>**:

- The structure is examined for possible:

A- Overturning

B- Sliding

C- Bearing capacity failures.



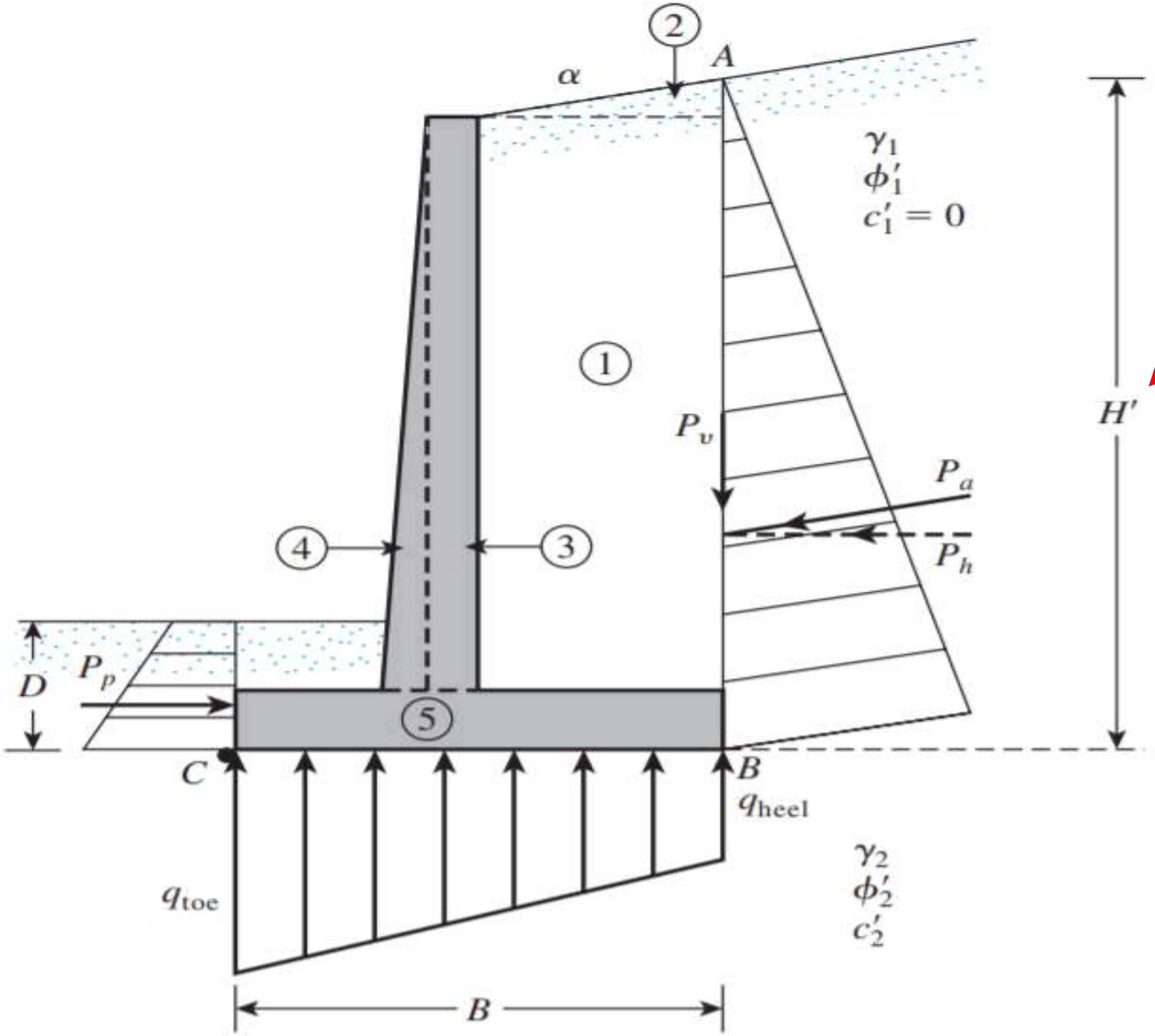
(a) (b) (c)

Example 13.1

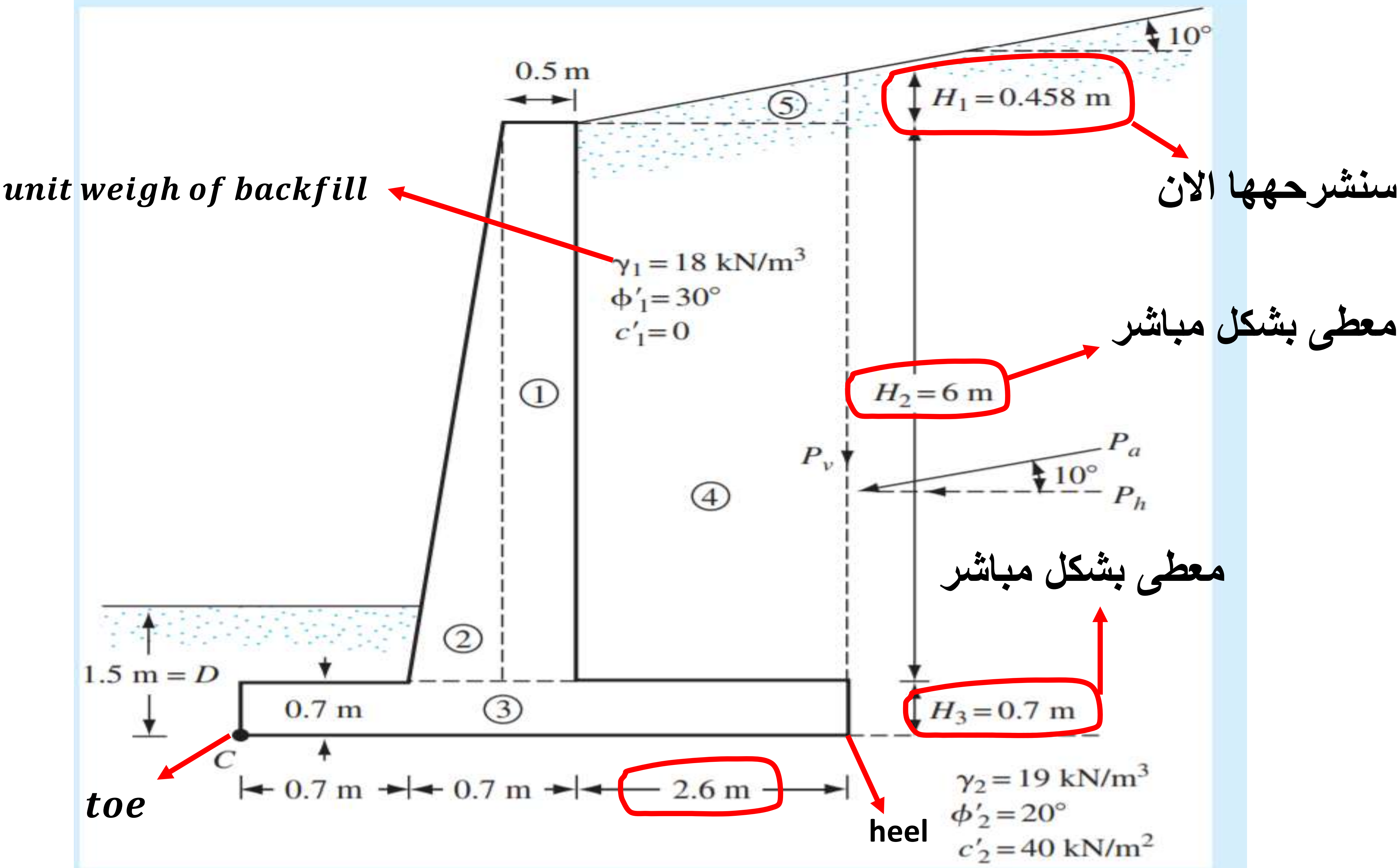
The cross section of a cantilever retaining wall is shown in Figure 13.12. Calculate the factors of safety with respect to overturning, sliding, and bearing capacity.

سنشرح السؤال بشكل مفصل
والأمور سهلة والسؤال مضمون

The Rankine active force per unit length of wall $= \frac{1}{2}\gamma_1 H'^2 K_a$.



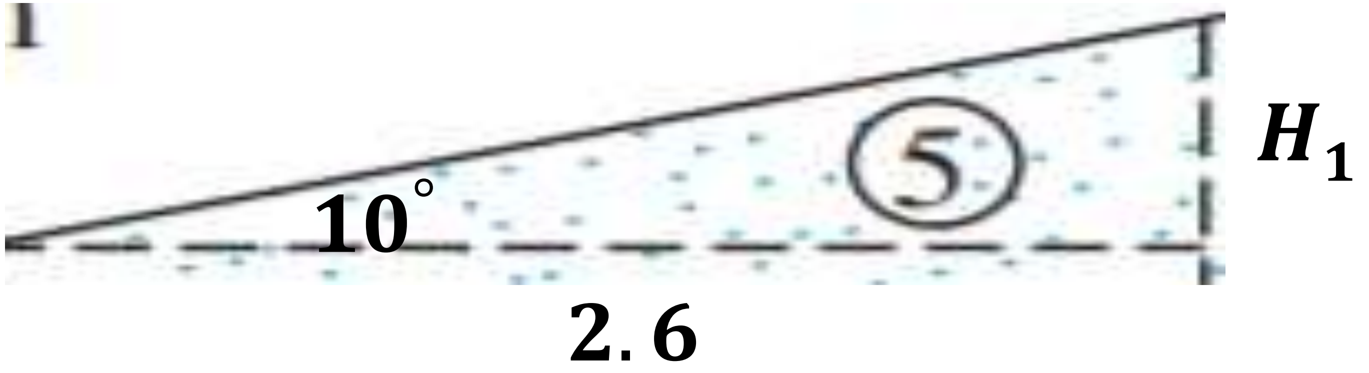
الطول كامل



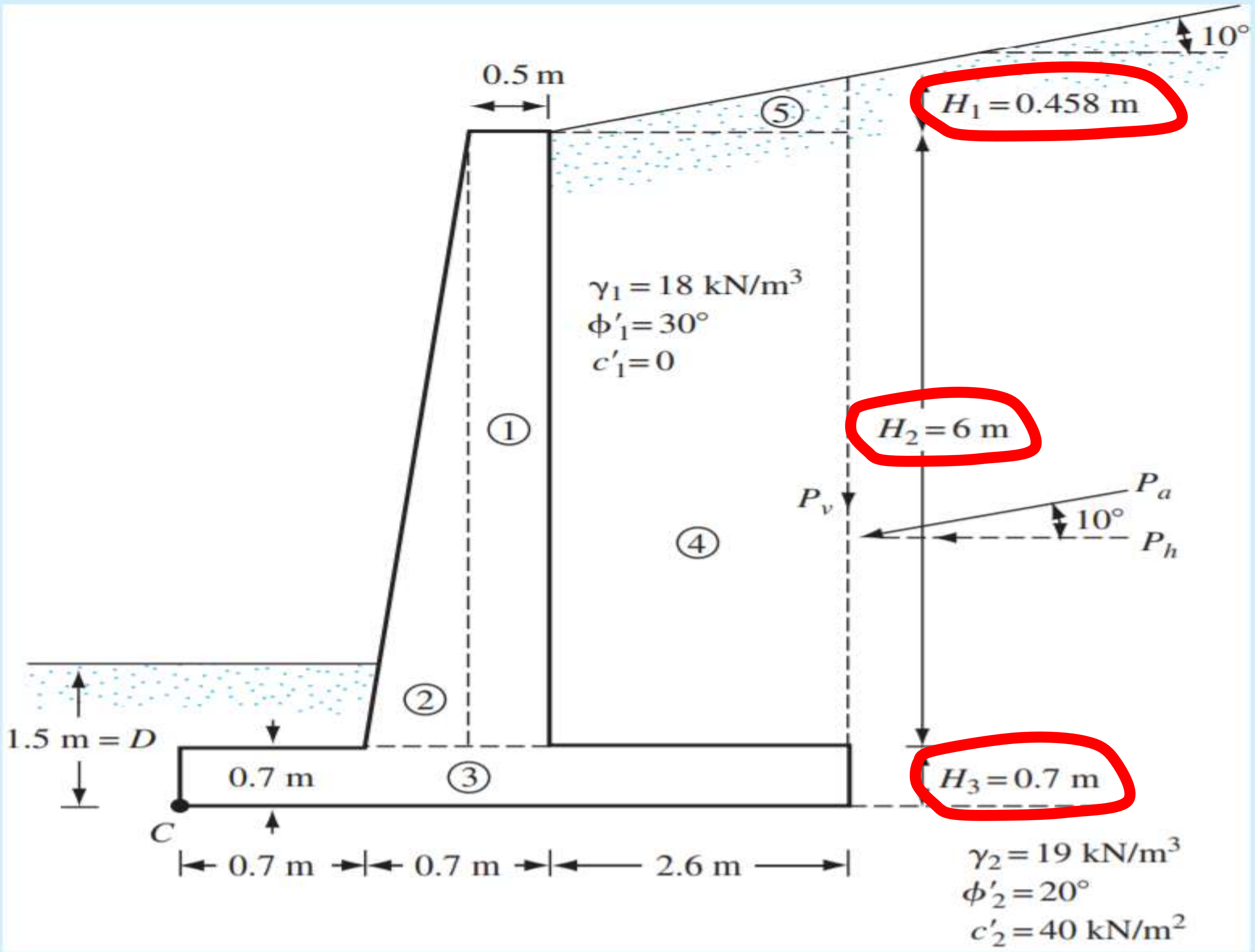
10°
0.5 m
5
$H_1 = 0.458$ m
سنشرحهها الان
unit weigh of backfill
$\gamma_1 = 18$ kN/m^3
$\phi'_1 = 30°$
$c'_1 = 0$
معطى بشكل مباشر
1
$H_2 = 6$ m
P_a
P_v
10°
P_h
4
معطى بشكل مباشر
2
1.5 m = D
0.7 m
3
$H_3 = 0.7$ m
C
toe
0.7 m
0.7 m
2.6 m
heel
$\gamma_2 = 19$ kN/m^3
$\phi'_2 = 20°$
$c'_2 = 40$ kN/m^2

$$H' = H_1 + H_2 + H_3 = 2.6 \tan 10^\circ + 6 + 0.7$$
$$= 0.458 + 6 + 0.7 = 7.158 \text{ m}$$

شرح كيف أوجدنا هذه المسافة



$$tan10 = \frac{H_1}{2.6}$$



10°
0.5 m
5
$H_1 = 0.458$ m
$\gamma_1 = 18$ kN/m^3
$\phi'_1 = 30°$
$c'_1 = 0$
1
$H_2 = 6$ m
P_a
P_v
10°
P_h
4
2
1.5 m = D
0.7 m
3
$H_3 = 0.7$ m
C
0.7 m
0.7 m
2.6 m
$\gamma_2 = 19$ kN/m^3
$\phi'_2 = 20°$
$c'_2 = 40$ kN/m^2

α (deg) ↓	ϕ' (deg) →						
	28	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**
0	0.3610	0.3470	0.3333	0.3201	0.3073	0.2948	0.2827
1	0.3612	0.3471	0.3335	0.3202	0.3074	0.2949	0.2828
2	0.3618	0.3476	0.3339	0.3207	0.3078	0.2953	0.2832
3	0.3627	0.3485	0.3347	0.3214	0.3084	0.2959	0.2837
4	0.3639	0.3496	0.3358	0.3224	0.3094	0.2967	0.2845
5	0.3656	0.3512	0.3372	0.3237	0.3105	0.2978	0.2855
6	0.3676	0.3531	0.3389	0.3253	0.3120	0.2992	0.2868
7	0.3701	0.3553	0.3410	0.3272	0.3138	0.3008	0.2883
8	0.3730	0.3580	0.3435	0.3294	0.3159	0.3027	0.2900
9	0.3764	0.3611	0.3463	0.3320	0.3182	0.3049	0.2921
10	0.3802	0.3646	0.3495	0.3350	0.3210	0.3074	0.2944

إيجاد قيمة المعامل عن طريق الجدول لكي نجد كامل المجاهيل في القانون

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma_1 H'^2 K_a .$$

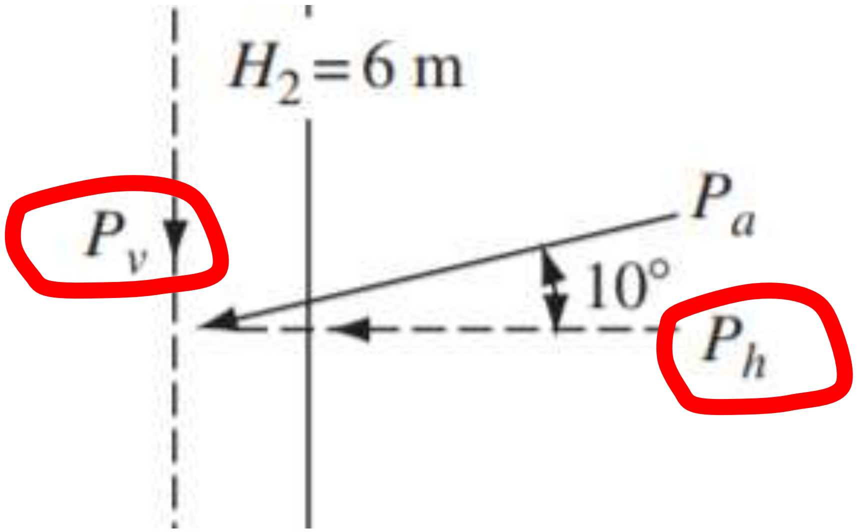
<u>أو</u> باستخدام القانون لكن الجدول أسهل

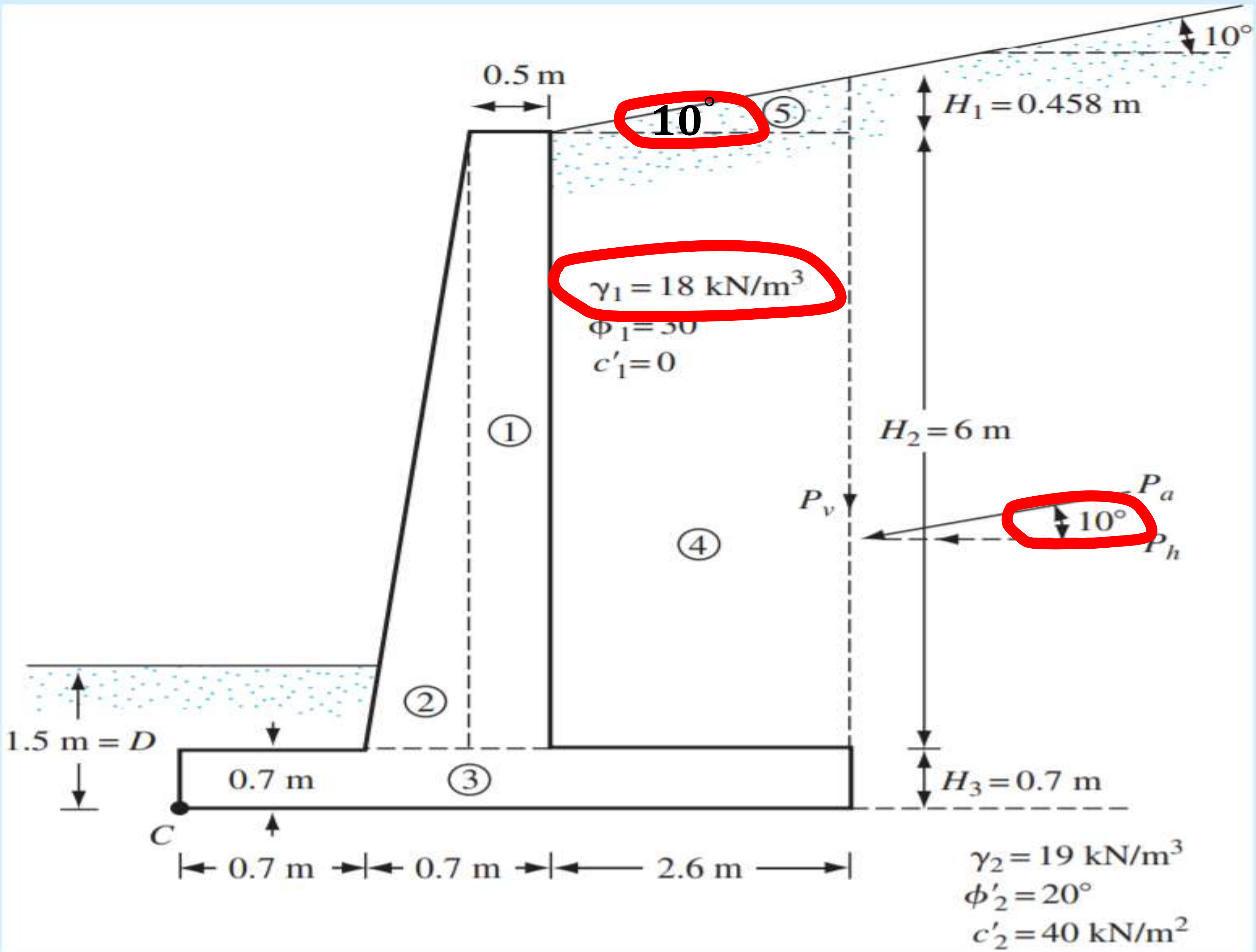
قمنا بتحليل هذه القوة إلى مركبيتن

$$P_a = \tfrac{1}{2}(18)(7.158)^2(0.3495) = 161.2 \text{ kN/m}$$

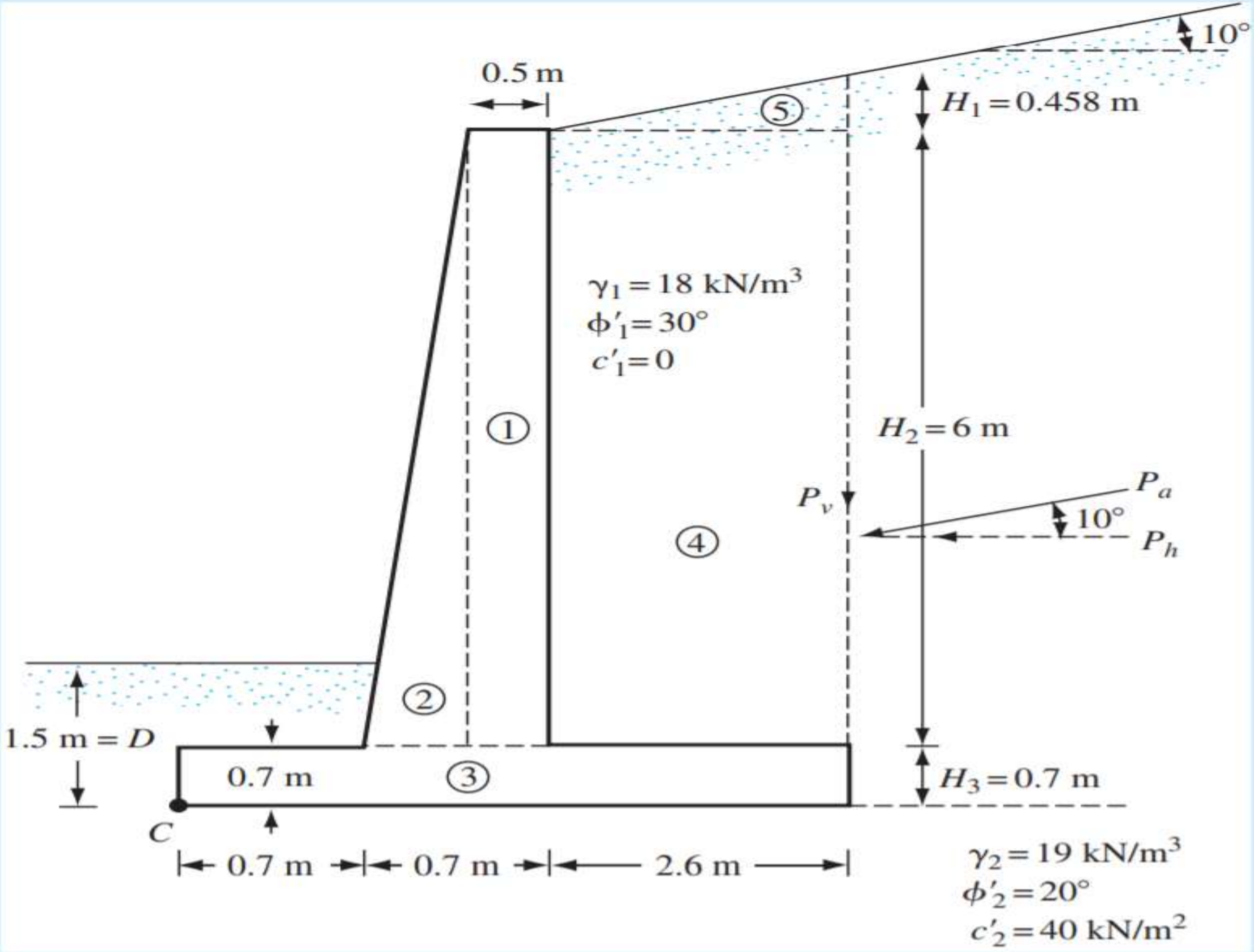
$$P_v = P_a \sin 10° = 161.2\,(\sin 10°) = 28.0 \text{ kN/m}$$

$$P_h = P_a \cos 10° = 161.2\,(\cos 10°) = 158.75 \text{ kN/m}$$

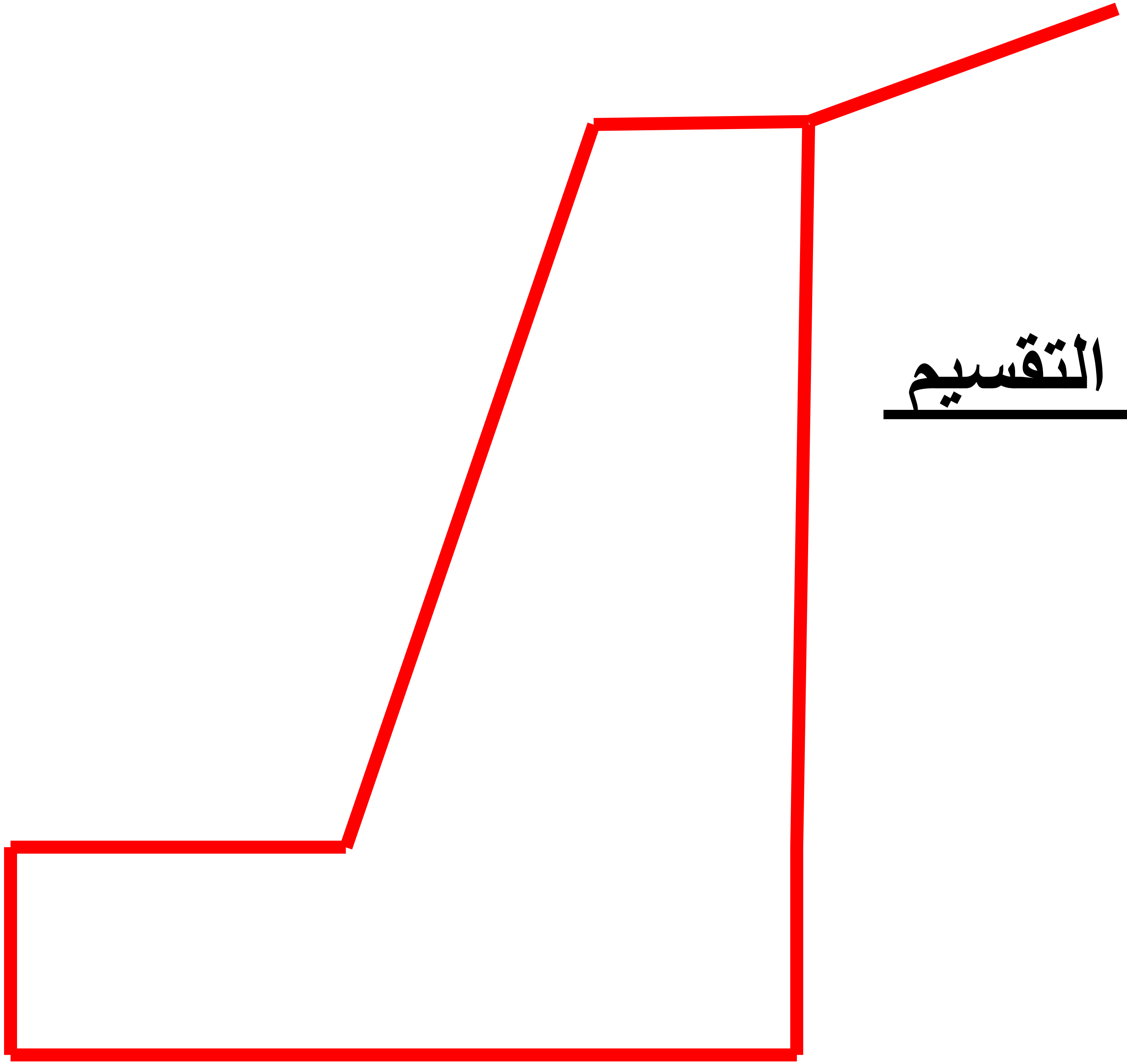




10°
0.5 m
10°
5
H1 = 0.458 m
γ1 = 18 kN/m3
c'1 = 0
1
H2 = 6 m
Pa
Pv
10°
Ph
4
2
1.5 m = D
0.7 m
3
H3 = 0.7 m
C
0.7 m
0.7 m
2.6 m
γ2 = 19 kN/m3
φ'2 = 20°
c'2 = 40 kN/m2



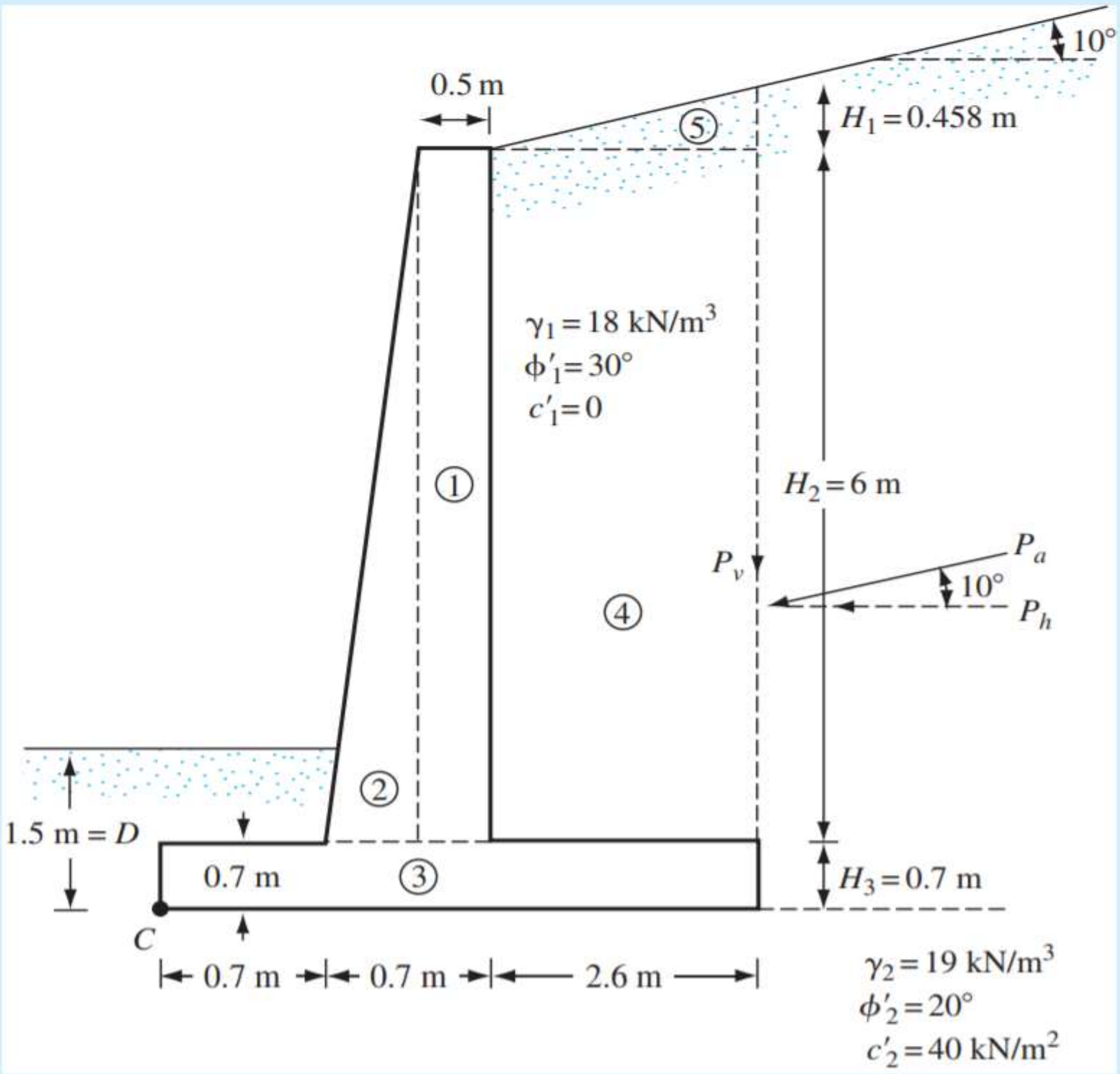
10°
0.5 m
5
$H_1 = 0.458$ m
$\gamma_1 = 18$ kN/m^3
$\phi'_1 = 30°$
$c'_1 = 0$
1
$H_2 = 6$ m
P_a
P_v
10°
P_h
4
2
1.5 m = D
0.7 m
3
$H_3 = 0.7$ m
C
0.7 m
0.7 m
2.6 m
$\gamma_2 = 19$ kN/m^3
$\phi'_2 = 20°$
$c'_2 = 40$ kN/m^2



هذا هو الشكل ما **قبل التقسيم**

قمنا بتقسيم الشكل إلى أشكال سهلة يمكننا حساب مساحتها والتعامل معها ببساطه

Section no.[a]	Area (m^2)
1	$6 \times 0.5 = 3$
2	$\frac{1}{2}(0.2)6 = 0.6$
3	$4 \times 0.7 = 2.8$
4	$6 \times 2.6 = 15.6$
5	$\frac{1}{2}(2.6)(0.458) = 0.595$

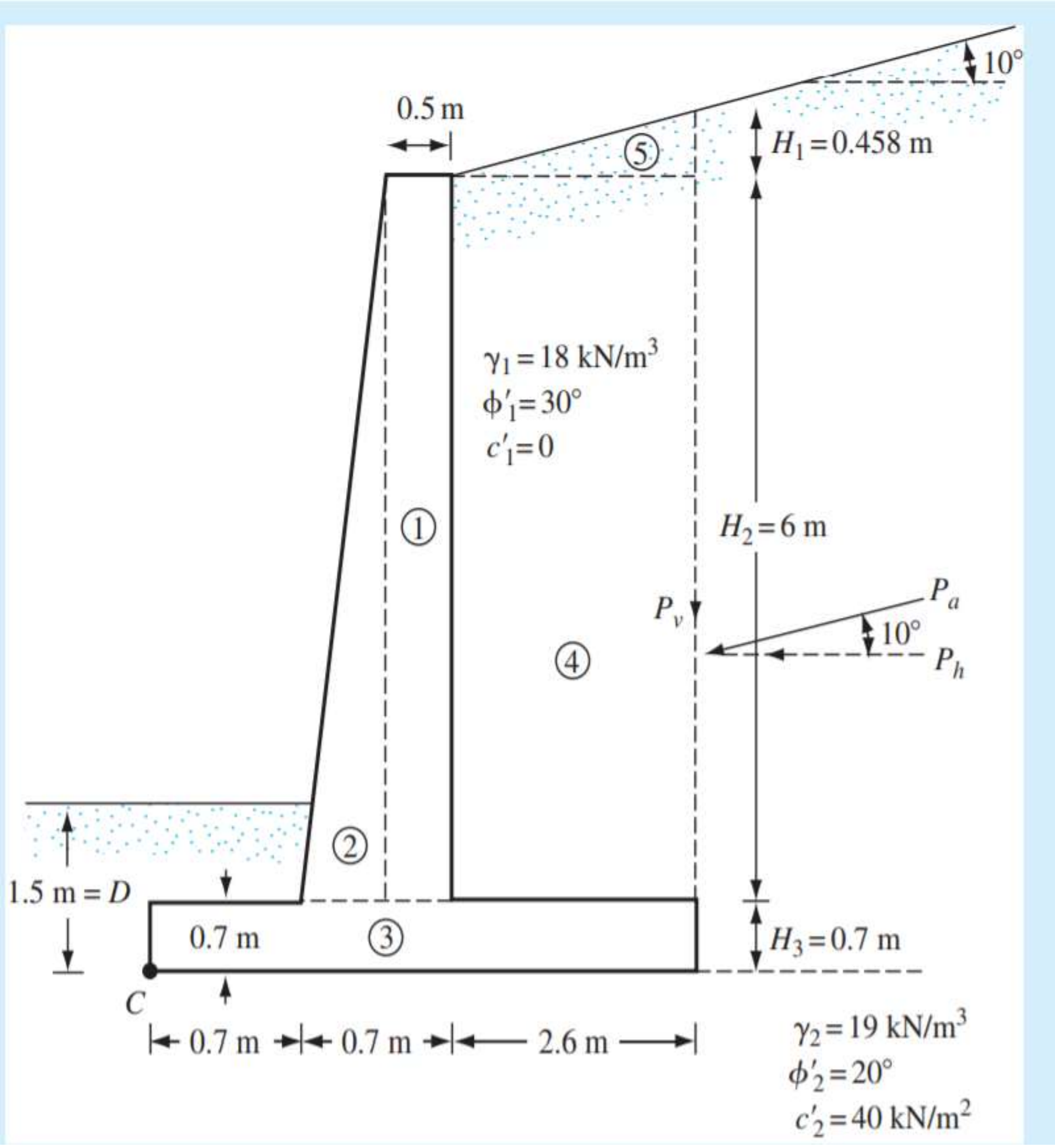


Section no.[a]	Area (m^2)	Weight/unit length (kN/m)
1	$6 \times 0.5 = 3$	70.74
2	$\frac{1}{2}(0.2)6 = 0.6$	14.15
3	$4 \times 0.7 = 2.8$	66.02
4	$6 \times 2.6 = 15.6$	280.80
5	$\frac{1}{2}(2.6)(0.458) = 0.595$	10.71
		$P_v = 28.0$
		$\Sigma V = 470.42$

$* \, 23.58$

$* \, 18$

مجموع القيم التي
موجودة فوقها



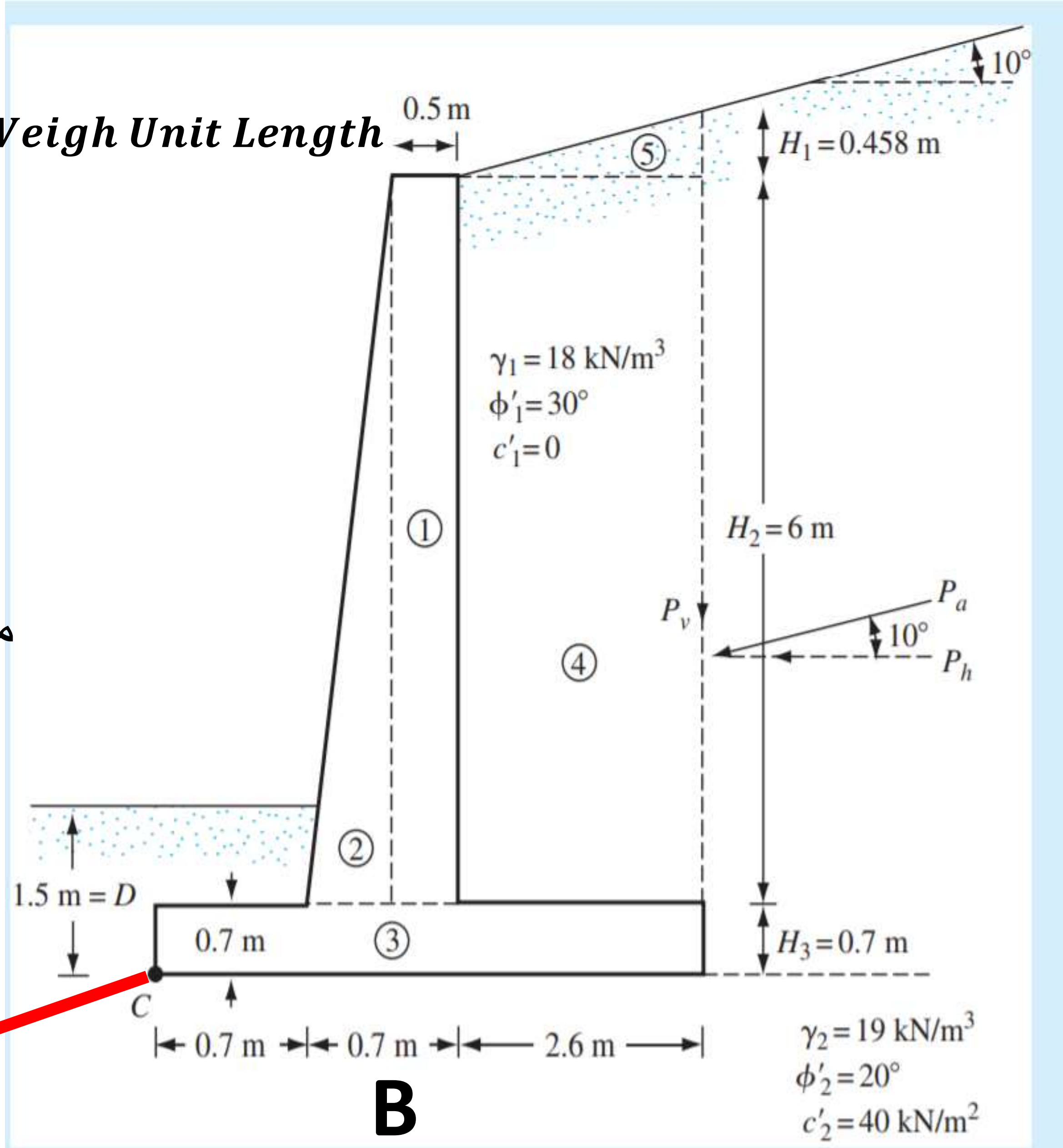
Section no.[a]	Moment arm from point *C* (m)	Moment (kN-m/m)
1	1.15	81.35
2	0.833	11.79
3	2.0	132.04
4	2.7	758.16
5	3.13	33.52
	4.0	112.0
		$1128.86 = \Sigma M_R$

$$Moment = Moment\ arm * Weigh\ Unit\ Length$$

مجموع القيم التي
موجودة فوقها

المسافة الأفقية إلى النقطة المطلوبة

النقطة المطلوبة



Section no.[a]	Area (m^2)	Weight/unit length (kN/m)	Moment arm from point *C* (m)	Moment (kN-m/m)
1	$6 \times 0.5 = 3$	70.74	1.15	81.35
2	$\frac{1}{2}(0.2)6 = 0.6$	14.15	0.833	11.79
3	$4 \times 0.7 = 2.8$	66.02	2.0	132.04
4	$6 \times 2.6 = 15.6$	280.80	2.7	758.16
5	$\frac{1}{2}(2.6)(0.458) = 0.595$	10.71	3.13	33.52
		$P_v = 28.0$	4.0	112.0
		$\Sigma V = 470.42$		$1128.86 = \Sigma M_R$

The overturning moment

$$M_o = P_h\left(\frac{H'}{3}\right) = 158.75\left(\frac{7.158}{3}\right) = 378.78 \text{ kN-m/m}$$

$$\text{FS}_{\text{(overturning)}} = \frac{\Sigma M_R}{M_o}$$

حسبناه في الجدول

$$\text{FS}_{\text{(overturning)}} = \frac{\Sigma M_R}{M_o} = \frac{1128.86}{378.78} = \mathbf{2.98 > 2, OK}$$

The usual minimum desirable value of the factor of safety with respect to overturning is 2 to 3.

$$FS_{(sliding)} = \frac{(\Sigma V)\tan(k_1\phi_2') + Bk_2c_2' + P_p}{P_a\cos\alpha} \quad = \boldsymbol{Ph}$$

Let $k_1 = k_2 = \frac{2}{3}$. Also, → معطى في السؤال

$$P_p = \frac{1}{2}K_p\gamma_2D^2 + 2c_2'\sqrt{K_p}D$$ → معطى في السؤال

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi_2'}{2}\right) = \tan^2(45 + 10) = 2.04$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma_2 D^2 + 2c_2'\sqrt{K_p}D$$

$D = 1.5\ \text{m}$ → معطى في السؤال

$$P_p = \tfrac{1}{2}(2.04)(19)(1.5)^2 + 2(40)(\sqrt{2.04})(1.5)$$
$$= 43.61 + 171.39 = 215\ \text{kN/m}$$

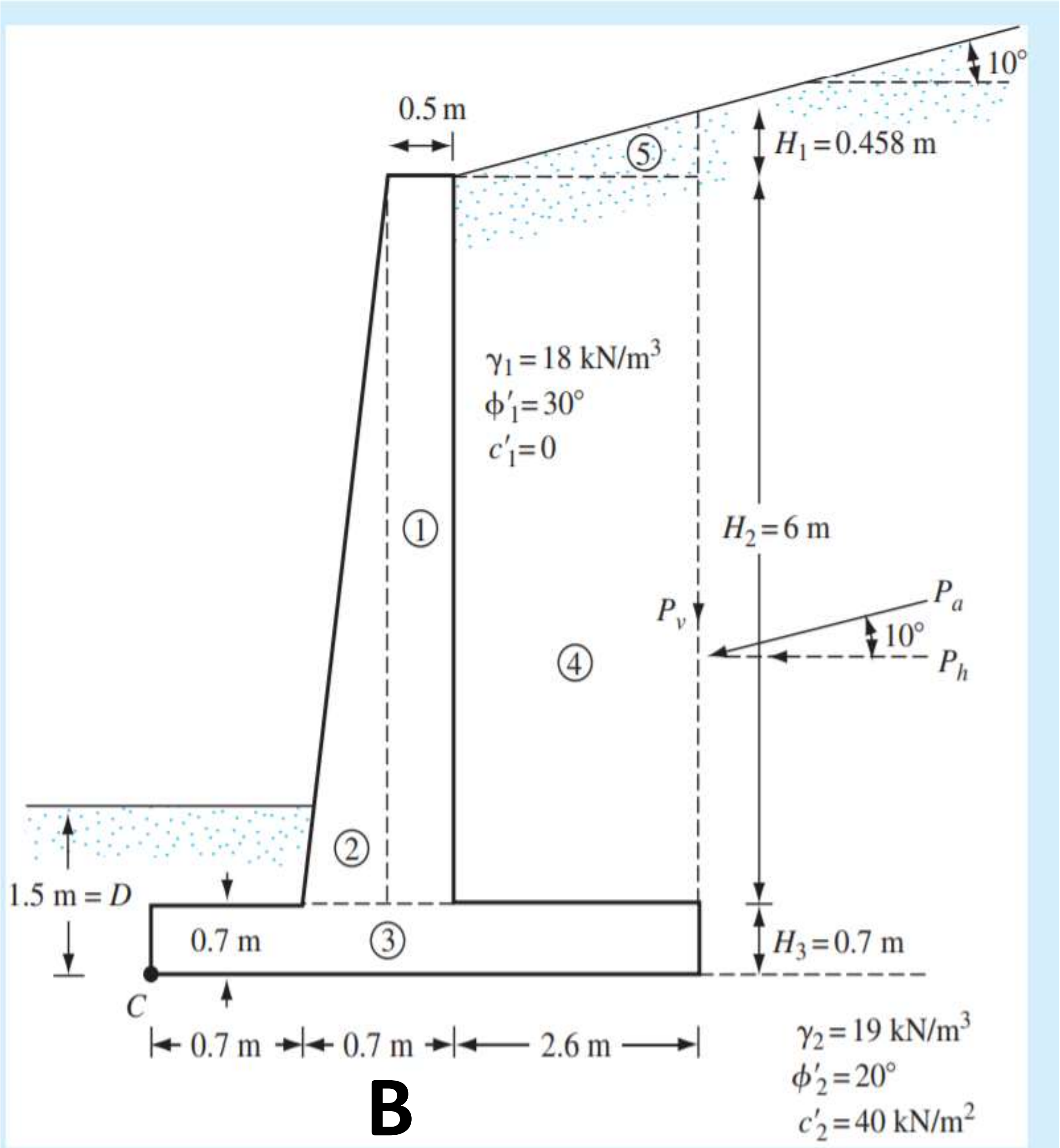
$$FS_{\text{(sliding)}} = \frac{(\Sigma V)\tan(k_1\phi_2') + Bk_2c_2' + P_p}{P_a\cos\alpha}$$

تم حسابها مسبقا

$$FS_{\text{(sliding)}} = \frac{(470.42)\tan\left(\frac{2 \times 20}{3}\right) + (4)\left(\frac{2}{3}\right)(40) + 215}{158.75}$$

$$= \frac{111.49 + 106.67 + 215}{158.75} = \mathbf{2.73 > 1.5,\ OK}$$

تم حسابها مسبقا



10°
0.5 m
5
$H_1 = 0.458$ m
$\gamma_1 = 18$ kN/m³
$\phi'_1 = 30°$
$c'_1 = 0$
1
$H_2 = 6$ m
P_a
P_v
10°
P_h
4
2
1.5 m = D
0.7 m
3
$H_3 = 0.7$ m
C
0.7 m
0.7 m
2.6 m
$\gamma_2 = 19$ kN/m³
$\phi'_2 = 20°$
$c'_2 = 40$ kN/m²

B

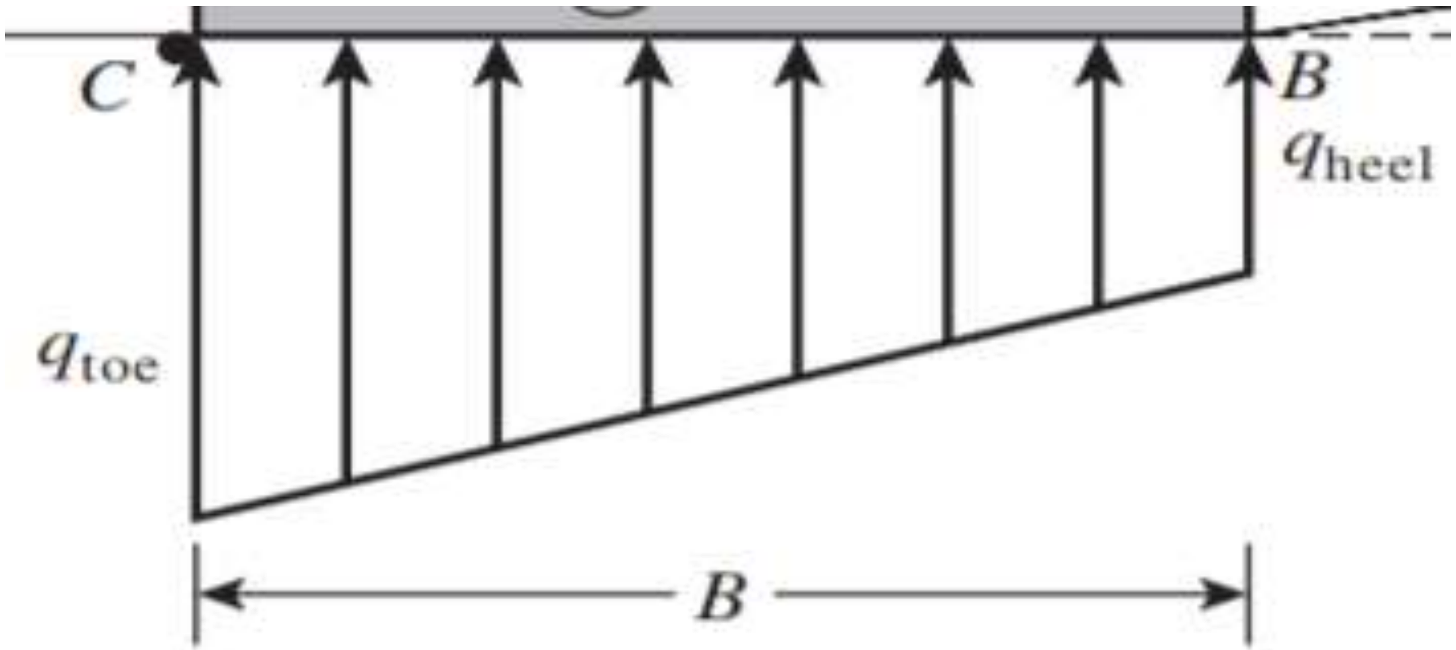
Factor of Safety against Bearing Capacity Failure

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_o}{\Sigma V} = \frac{4}{2} - \frac{1128.86 - 378.78}{470.42}$$

$$= 0.406 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{4}{6} = 0.666 \text{ m}$$

$$q_{\text{heel}}^{\text{toe}} = \frac{\Sigma V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \frac{470.42}{4}\left(1 \pm \frac{6 \times 0.406}{4}\right) = 189.2\ \text{kN/m}^2\ \text{(toe)}$$

$$= 45.98\ \text{kN/m}^2\ \text{(heel)}$$



$$q_u = c'_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

ϕ'	N_c	N_q	N_γ
16	11.63	4.34	3.06
17	12.34	4.77	3.53
18	13.10	5.26	4.07
19	13.93	5.80	4.68
20	14.83	6.40	5.39

هذه المعاملات نجدها عن
طريق معرفتنا ل الزاوية

$$q_u = c'_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q = \gamma_2 D$$

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'_2}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi'_2 (1 - \sin \phi'_2)^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi_2'^\circ}\right)^2$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos \alpha}{\Sigma V}\right)$$

$$q = \gamma_2 D = (19)\,(1.5) = 28.5 \text{ kN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 4 - 2(0.406) = 3.188 \text{ m}$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan\phi_2'(1 - \sin\phi_2')^2\left(\frac{D}{B'}\right) = 1 + 0.315\left(\frac{1.5}{3.188}\right) = 1.148$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan\phi_2'} = 1.148 - \frac{1 - 1.148}{(14.83)(\tan 20)} = 1.175$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$\psi = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos\alpha}{\Sigma V}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{158.75}{470.42}\right) = 18.65^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{18.65}{90}\right)^2 = 0.628$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi}{\phi_2'}\right)^2 = \left(1 - \frac{18.65}{20}\right)^2 \approx 0$$

$$q_u = c'_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\begin{aligned} q_u &= (40)(14.83)(1.175)(0.628) + (28.5)(6.4)(1.148)(0.628) \\ &\quad + \tfrac{1}{2}(19)(5.93)(3.188)(1)(0) \\ &= 437.72 + 131.5 + 0 = 569.22 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{FS}_{\text{(bearing capacity)}} = \frac{q_u}{q_{\text{toe}}} = \frac{569.22}{189.2} = \mathbf{3.0\ OK}$$

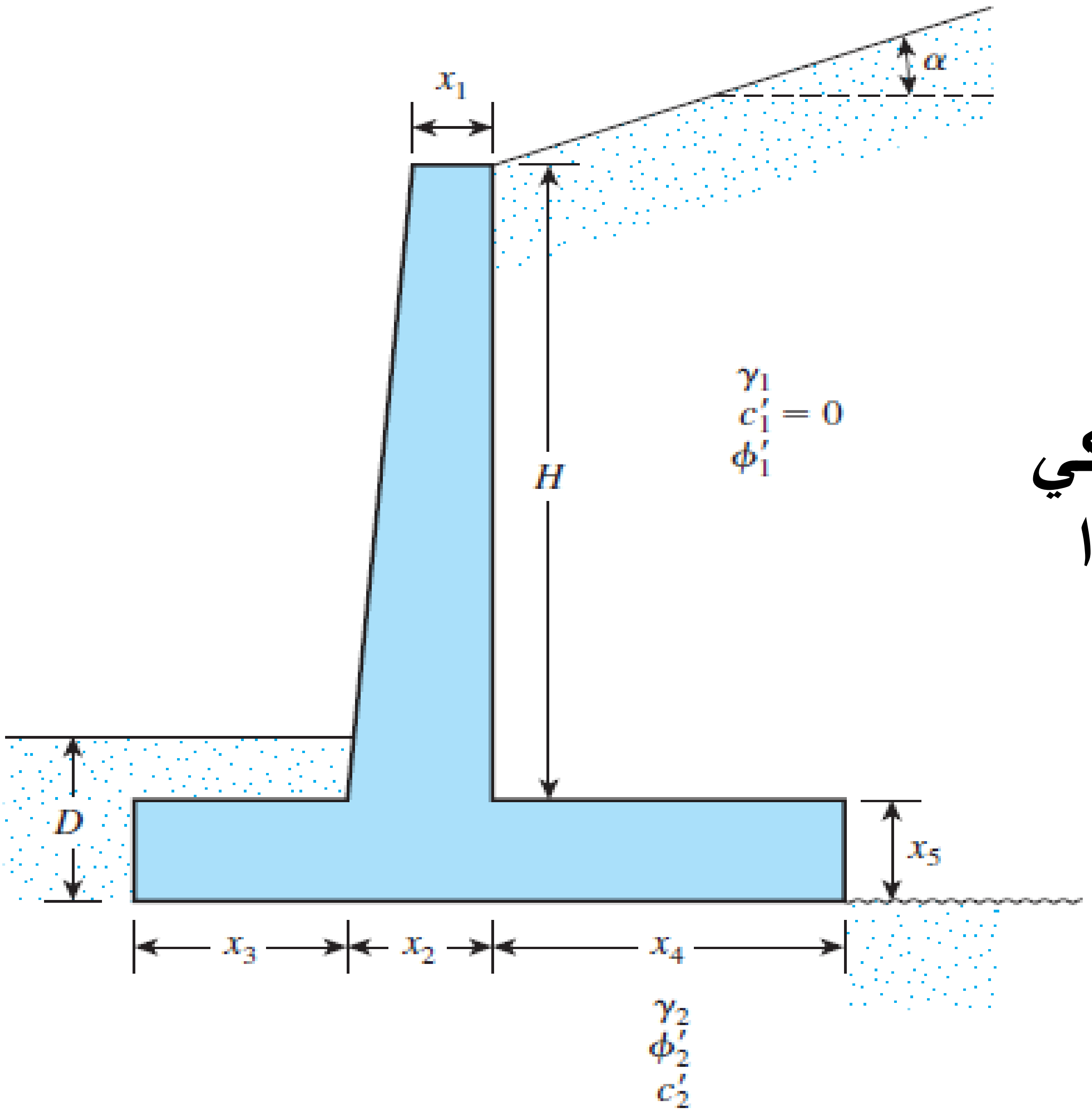
In Problems 13.1 through 13.4, use $\gamma_{concrete} = 23.58$ kN/m^3. Also, in Eq. (13.11), use $k_1 = k_2 = 2/3$ and $P_p = 0$.

13.1 For the cantilever retaining wall shown in Figure P13.1, let the following data be given:

Wall dimensions: $H = 8$ m, $x_1 = 0.4$ m, $x_2 = 0.6$ m, $x_3 = 1.5$ m, $x_4 = 3.5$ m, $x_5 = 0.96$ m, $D = 1.75$ m, $\alpha = 10°$

Soil properties: $\gamma_1 = 16.8$ kN/m^3, $\phi'_1 = 32°$, $\gamma_2 = 17.6$ kN/m^3, $\phi'_2 = 28°$, $c'_2 = 30$ kN/m^2

Calculate the factor of safety with respect to overturning, sliding, and bearing capacity.

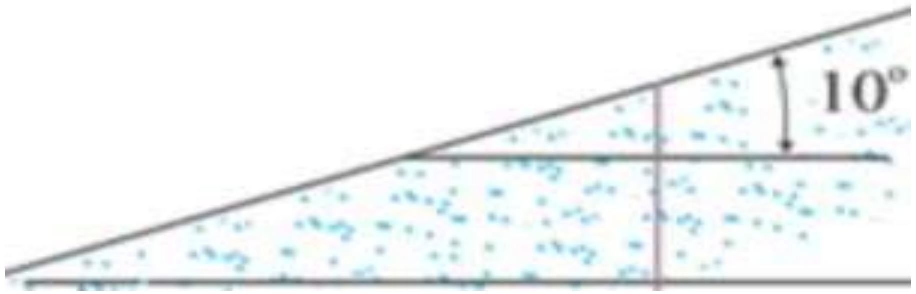


الرسمة المرفقة مع السؤال

لا يوجد أي شئ إضافي , فقط <u>تكرار</u> ولكي أتأكد من وصول الفكرة وفهمها جيدا

The Rankine active force per unit length of wall $= P_p = \frac{1}{2}\gamma_1 H'^2 K_a$.

$$H^{`} = 8 + 0.617 + 0.96 = 9.56$$

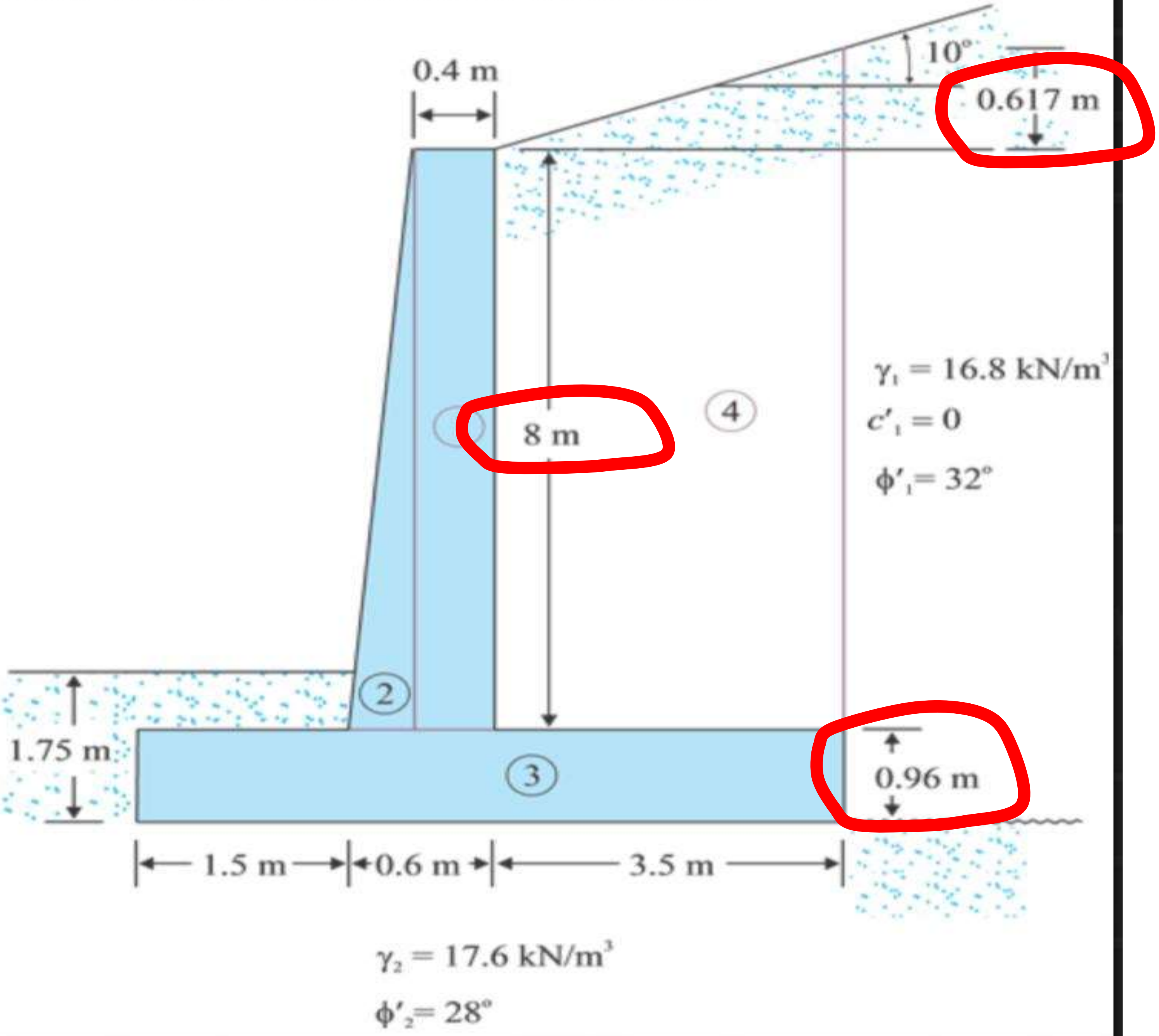


$\boldsymbol{H_1}$

3.5

$$tan10 = \frac{H_1}{3.5}$$

Draw the cantilever wall as shown below:



α (deg)	φ′ (deg) →						
↓	28	29	30	31	32	33	34
0	0.3610	0.3470	0.3333	0.3201	0.3073	0.2948	0.2827
1	0.3612	0.3471	0.3335	0.3202	0.3074	0.2949	0.2828
2	0.3618	0.3476	0.3339	0.3207	0.3078	0.2953	0.2832
3	0.3627	0.3485	0.3347	0.3214	0.3084	0.2959	0.2837
4	0.3639	0.3496	0.3358	0.3224	0.3094	0.2967	0.2845
5	0.3656	0.3512	0.3372	0.3237	0.3105	0.2978	0.2855
6	0.3676	0.3531	0.3389	0.3253	0.3120	0.2992	0.2868
7	0.3701	0.3553	0.3410	0.3272	0.3138	0.3008	0.2883
8	0.3730	0.3580	0.3435	0.3294	0.3159	0.3027	0.2900
9	0.3764	0.3611	0.3463	0.3320	0.3182	0.3049	0.2921
10	0.3802	0.3646	0.3495	0.3350	0.3210	0.3074	0.2944

K_a

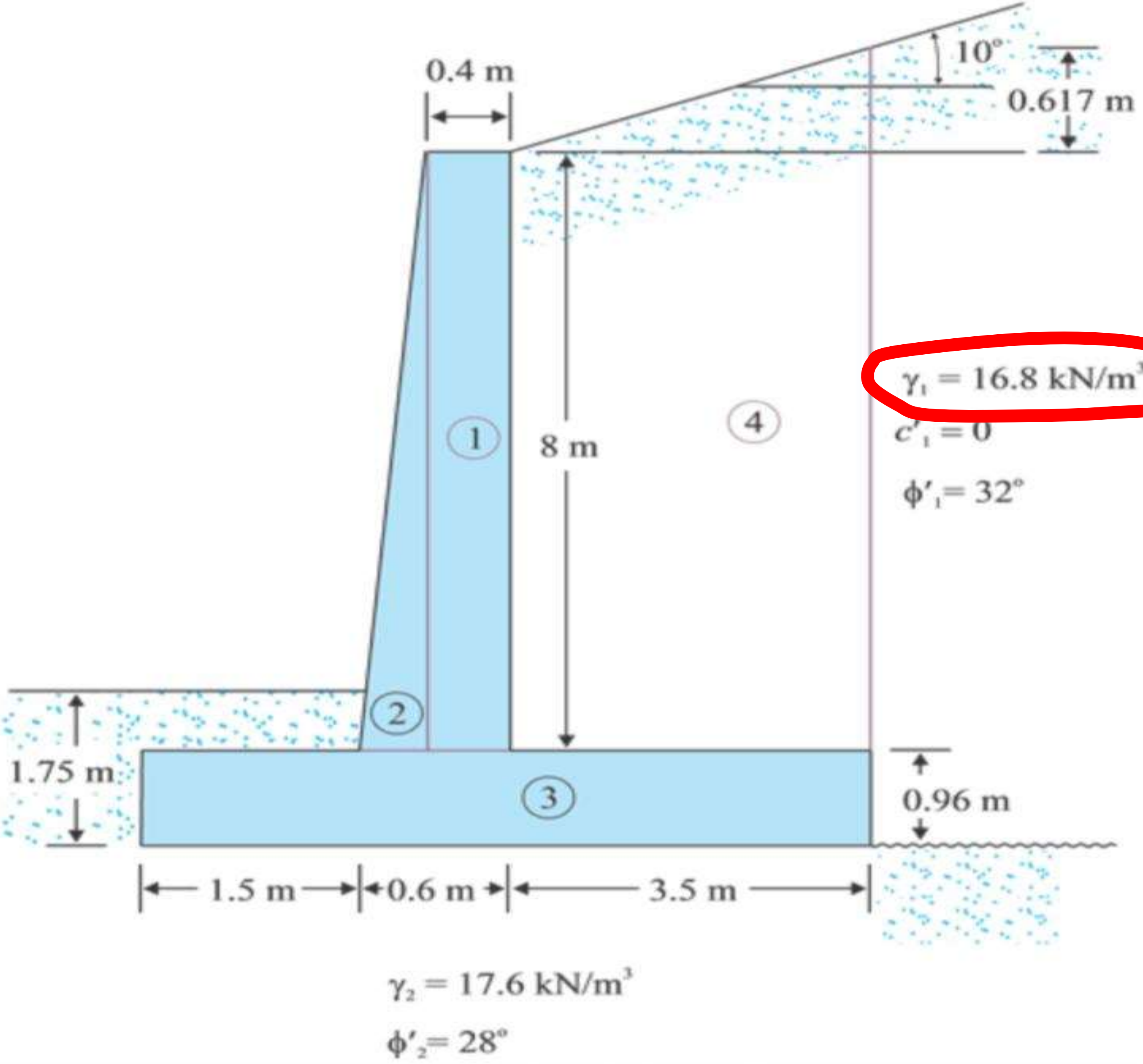
$$= \cos 10° \times \frac{\cos 10° - \sqrt{\cos^2 10° - \cos^2 32°}}{\cos 10° + \sqrt{\cos^2 10° - \cos^2 32°}}$$

$$= 0.984 \times \frac{0.484}{1.485}$$

$$= 0.3216$$

أو باستخدام القانون , الجدول
أفضل من القانون وأسرع

Draw the cantilever wall as shown below:



Calculate the total active force behind the wall as follows:

$$P_a = \frac{1}{2} \times \gamma (H + x_5 + x')^2 \times K_a$$

$$= \frac{1}{2} \times 16.8 \times (8 + 0.96 + 0.617)^2 \times 0.3216$$

$$= 247.8 \text{ kN/m}$$

H`

نحلل القوة إلى مركبتين

$$P_{ah} = P_a \times \cos\alpha$$

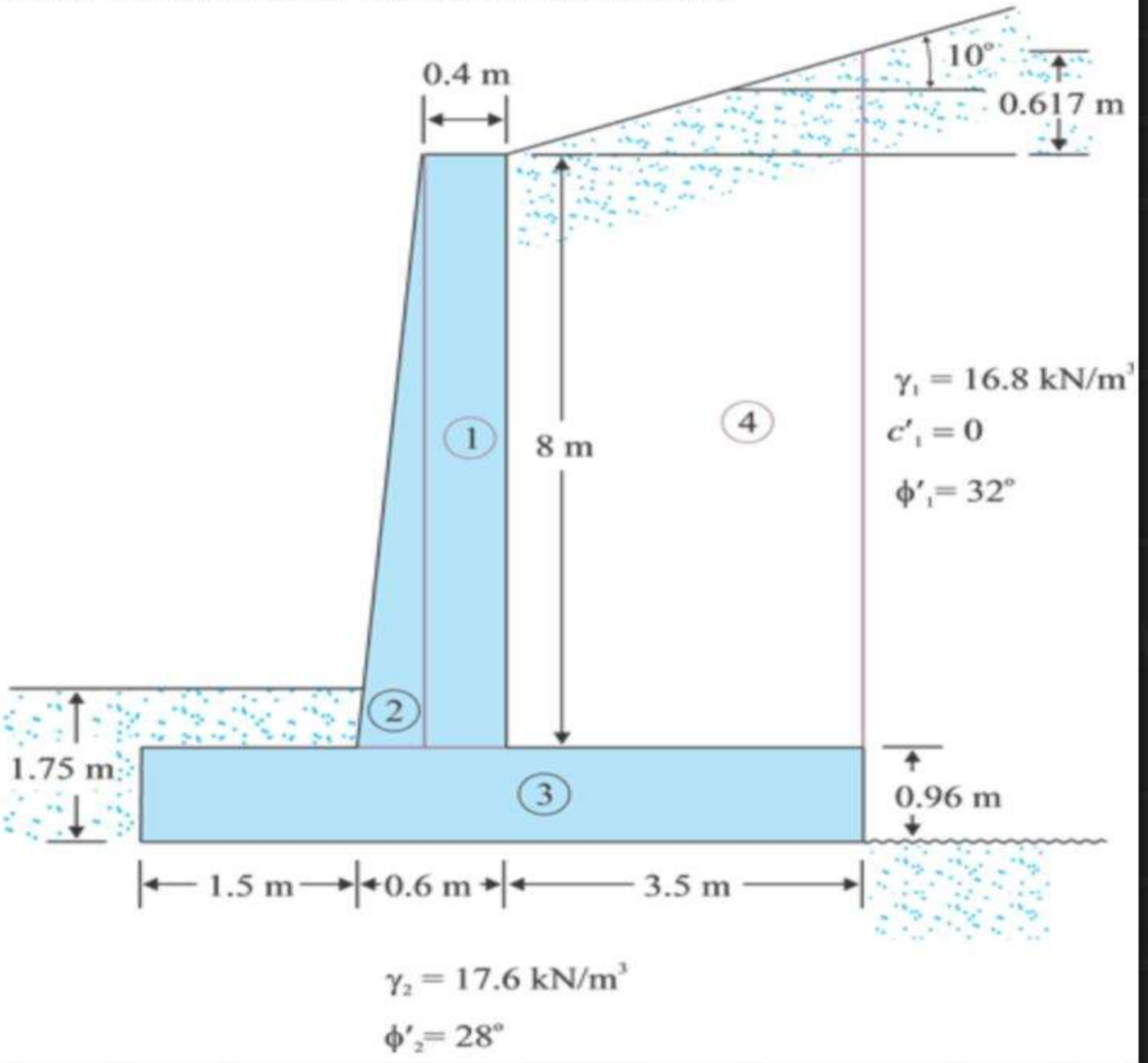
$$P_{av} = P_a \times \sin\alpha$$

$$P_{ah} = 247.8 \times \cos 10^\circ$$
$$= 244 \text{ kN/m}$$

$$P_{av} = 247.8 \times \sin 10^\circ$$
$$= 43 \text{ kN/m}$$

Portion	Area (m^2)
1	$=0.4\times 8$ $=3.2$
2	$=\frac{1}{2}\times(0.6-0.4)\times 8$ $=0.8$
3	$=(1.5+0.6+3.5)\times 0.96$ $=5.376$
4	$=\frac{8+8.617}{2}\times 3.5$ $=29.08$
	Total

Draw the cantilever wall as shown below:

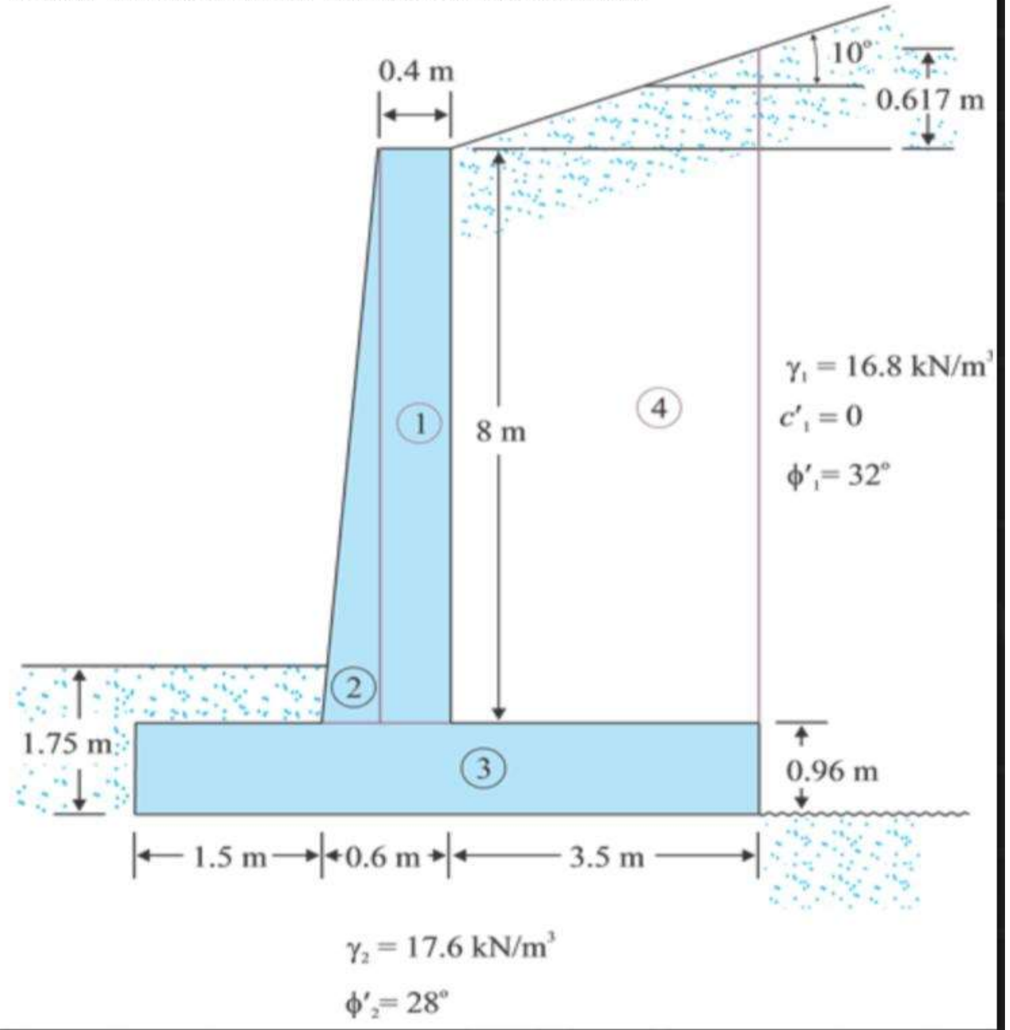


$$A_4 = 8 * 3.5 + 0.617 * 0.5 * 3.5$$

توضيح

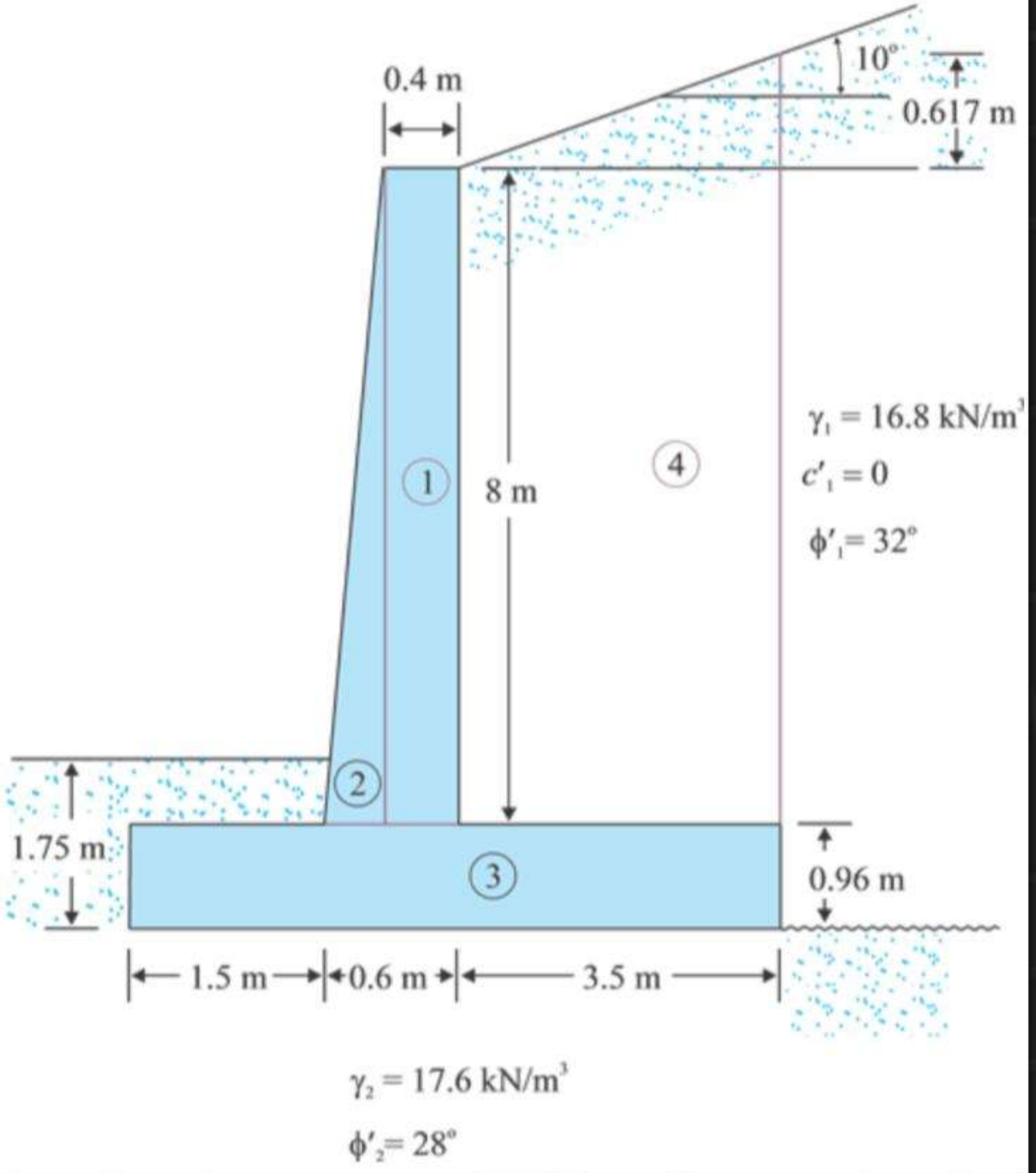
Portion	γ (kN/m³)
1	23.58
2	23.58
3	23.58
4	16.80

Draw the cantilever wall as shown below:



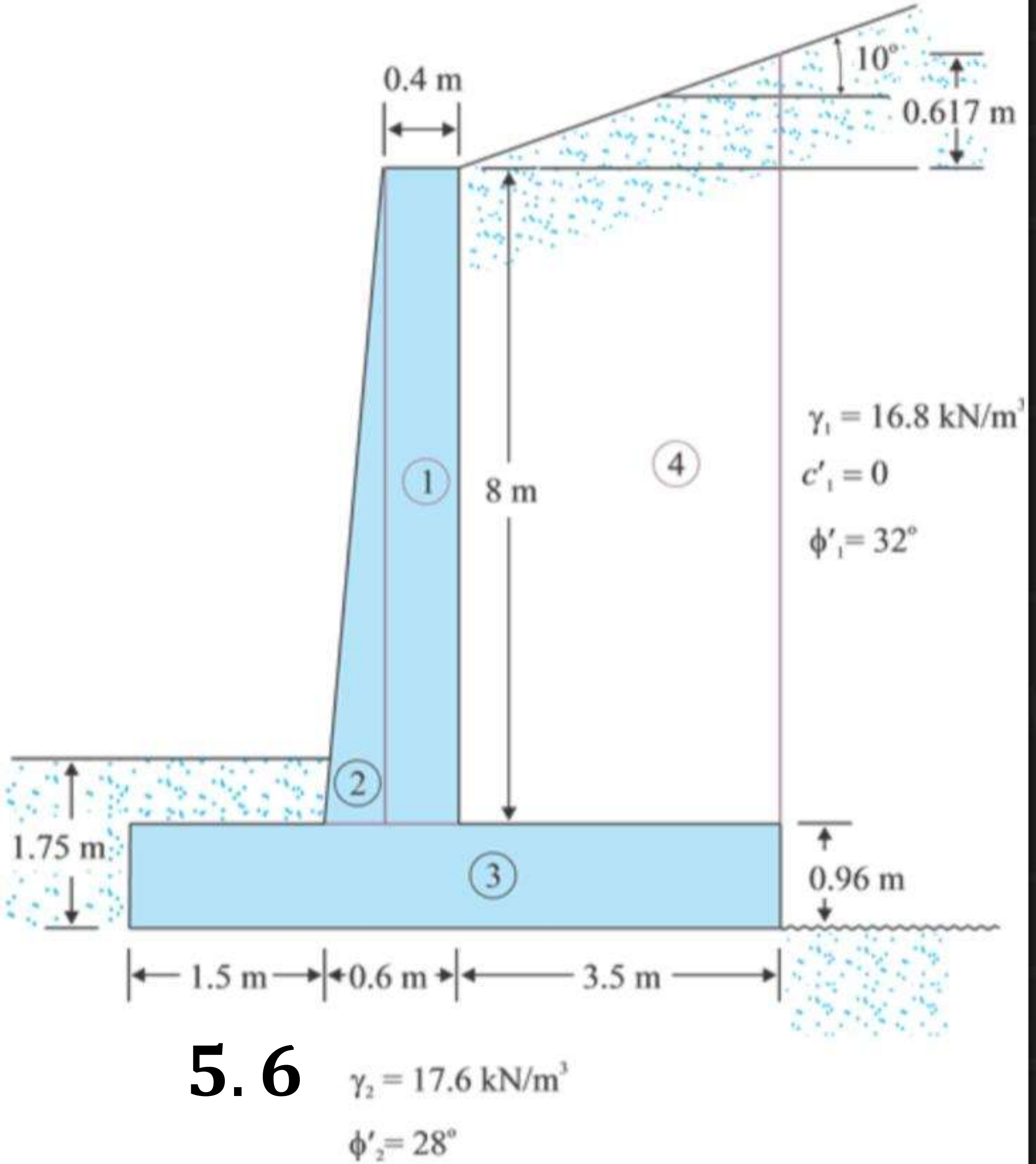
Portion	Area (m^2)	γ (kN/m^3)	$V_W = (A \times \gamma)$ (kN/m)
1	$= 0.4 \times 8$ $= 3.2$	23.58	75.46
2	$= \frac{1}{2} \times (0.6 - 0.4) \times 8$ $= 0.8$	23.58	18.86
3	$= (1.5 + 0.6 + 3.5) \times 0.96$ $= 5.376$	23.58	126.77
4	$= \frac{8 + 8.617}{2} \times 3.5$ $= 29.08$	16.80	488.54
	Total		$\sum V_W = 709.63$

Draw the cantilever wall as shown below:



Portion	x_{toe} (m)	M_{toe} (kN·m/m)
1	$=1.5+0.6-\frac{0.4}{2}$ $=1.90$	143.37
2	$=1.5+\left(\frac{2}{3}\times(0.6-0.4)\right)$ $=1.633$	30.80
3	$=\frac{1.5+0.6+3.5}{2}$ $=2.8$	354.96
4	$=1.5+0.6+\frac{3.5}{2}$ $=3.85$	1,880.88
		$\sum M_{toe}=2410$

Draw the cantilever wall as shown below:



5.6

Portion	Area (m^2)	γ $(\mathrm{kN/m^3})$	$V_W = (A \times \gamma)$ $(\mathrm{kN/m})$	x_{toe} (m)	M_{toe} $(\mathrm{kN \cdot m/m})$
1	$= 0.4 \times 8$ $= 3.2$	23.58	75.46	$= 1.5 + 0.6 - \frac{0.4}{2}$ $= 1.90$	143.37
2	$= \frac{1}{2} \times (0.6 - 0.4) \times 8$ $= 0.8$	23.58	18.86	$= 1.5 + \left(\frac{2}{3} \times (0.6 - 0.4)\right)$ $= 1.633$	30.80
3	$= (1.5 + 0.6 + 3.5) \times 0.96$ $= 5.376$	23.58	126.77	$= \frac{1.5 + 0.6 + 3.5}{2}$ $= 2.8$	354.96
4	$= \frac{8 + 8.617}{2} \times 3.5$ $= 29.08$	16.80	488.54	$= 1.5 + 0.6 + \frac{3.5}{2}$ $= 3.85$	1,880.88
	Total		$\sum V_W = 709.63$		$\sum M_{toe} = 2410$

The overturning moment

$$M_o = P_h\left(\frac{H'}{3}\right) = 244 * \frac{9.577}{3} = 778.9$$

$$2410 + 43 * 5.6 = 2650.8$$

P_V

$$FS_{(overturning)} = \frac{\Sigma M_R}{M_o}$$

$$FS_{(overturning)} = \frac{\Sigma M_R}{M_o} = \frac{2650.8}{778.9} = 3.41$$

$$\text{FS}_{(\text{sliding})} = \frac{(\Sigma V)\tan(k_1\phi'_2) + Bk_2c'_2 + P_p}{P_a\cos\alpha}$$

$$709.63 + 43 = 752.6$$

Let $k_1 = k_2 = \frac{2}{3}$. Also,

$$FS_{(\text{sliding})} = \frac{\left(752.6 \times \tan\left(\frac{2}{3} \times 28^\circ\right)\right) + \left(5.6 \times \frac{2}{3} \times 30\right)}{247.8 \times \cos 10^\circ}$$

$$= 1.51$$

Therefore, the factor of safety against sliding is $\boxed{1.51}$.

Factor of Safety against Bearing Capacity Failure

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

$$e = \frac{5.6}{2} - \left(\frac{2650.8 - 778.9}{752.6}\right)$$
$$= 0.313 \text{ m}$$

$$q_{\text{heel}}^{\text{toe}} = \frac{\Sigma V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{\max} = \frac{\sum V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{752.6}{5.6} \times \left(1+\frac{6\times 0.313}{5.6}\right)$$

$$= 179.4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = qh_{eel} = 89.32$$

$$q_u = c_2' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

ϕ'	N_c	N_q	N_γ
20	14.83	6.40	5.39
21	15.82	7.07	6.20
22	16.88	7.82	7.13
23	18.05	8.66	8.20
24	19.32	9.60	9.44
25	20.72	10.66	10.88
26	22.25	11.85	12.54
27	23.94	13.20	14.47
28	25.80	14.72	16.72
29	27.86	16.44	19.34
30	30.14	18.40	22.40
31	32.67	20.63	25.99

bearing capacity factor

$$q = \gamma_2 D$$

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi_2'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_2'(1 - \sin \phi_2')^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi_2'^\circ}\right)^2$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos \alpha}{\Sigma V}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan\phi_2'(1 - \sin\phi_2')^2\frac{D}{B'}$$

$$F_{qd} = 1 + \left\{2 \times \left[\tan(28^\circ)\right] \times \left[1 - \sin(28^\circ)\right]^2 \times \frac{1.75}{(5.6 - 2 \times 0.313)}\right\}$$
$$= 1.105$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi_2'}$$

$$= 1.105 - \left(\frac{1 - 1.105}{25.80 \times \tan 28^\circ} \right)$$

$$= 1.113$$

$$F_{\gamma d} = 1.0$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos\alpha}{\Sigma V}\right)$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{244}{752.6}\right)$$

$$= 17.96^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{qi} = \left(1 - \frac{17.96^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$= 0.64$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi_2'^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{17.96^\circ}{28^\circ}\right)^2$$

$$= 0.13$$

$$q_u = c_2' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \tfrac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_{ult} = \begin{bmatrix} 30\times 25.80\times 1.113\times 0.64 + (1.75\times 17.6)\times 14.72\times 1.105\times 0.64 + \\ \frac{1}{2}\times 4.974\times 17.6\times 16.72\times 1\times 0.13 \end{bmatrix}$$

$$= 967.1\ \mathrm{kN/m^2}$$

$$\text{FS}_{\text{(bearing capacity)}} = \frac{q_u}{q_{\text{toe}}}$$

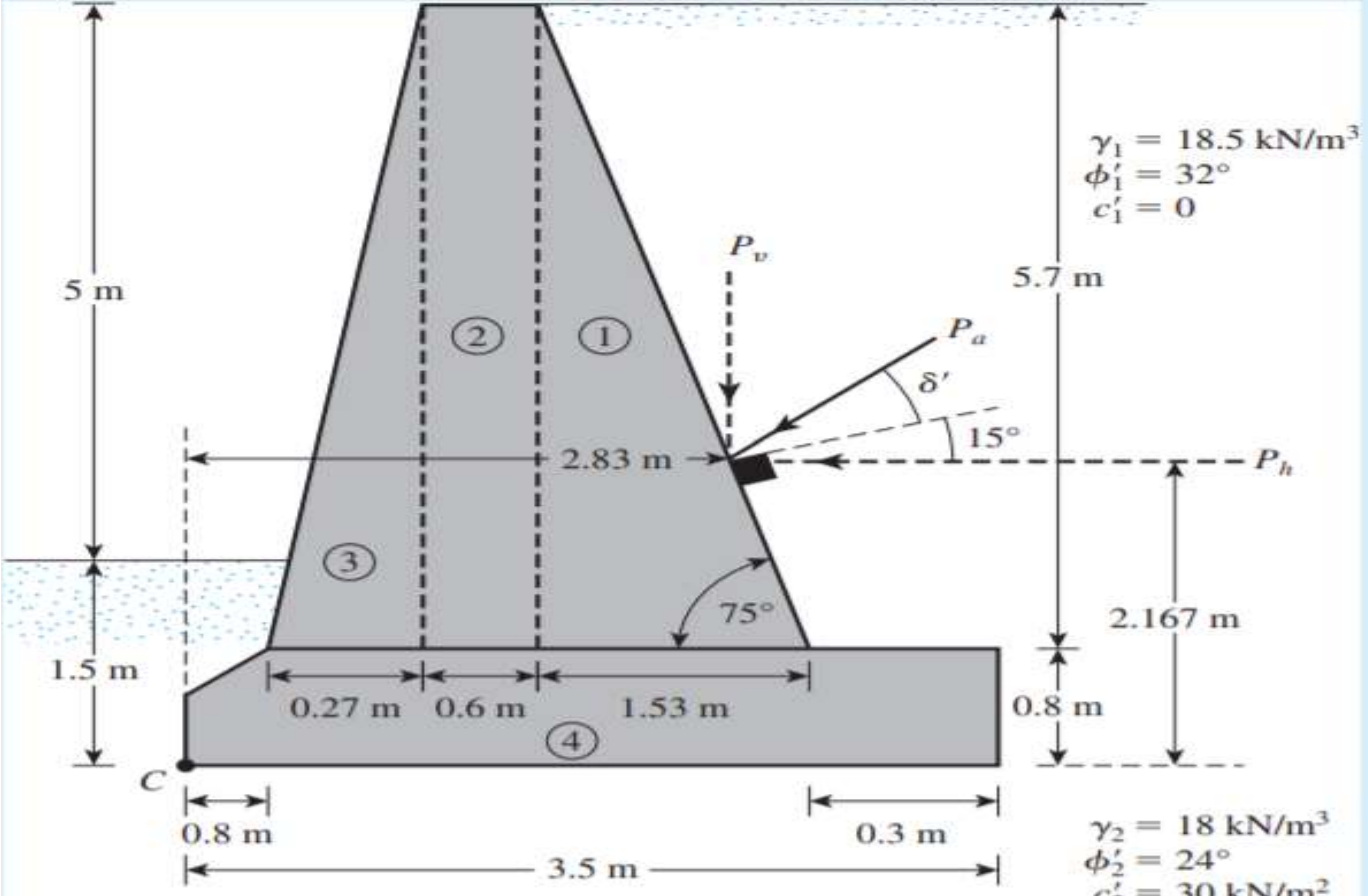
$$F.S._{BC} = \frac{967.1}{179.4}$$

$$= 5.39$$

Therefore, the factor of safety against bearing capacity is $\boxed{5.39}$.

A gravity retaining wall is shown in Figure 13.13. Use $\delta' = 2/3\phi_1'$ and Coulomb's active earth pressure theory. Determine

a. The factor of safety against overturning
b. The factor of safety against sliding
c. The pressure on the soil at the toe and heel



$\gamma_1 = 18.5\ kN/m^3$
$\phi'_1 = 32°$
$c'_1 = 0$
P_v
5 m
5.7 m
② ①
P_a
δ'
15°
2.83 m
P_h
③
75°
2.167 m
1.5 m
0.27 m 0.6 m 1.53 m
0.8 m
④
C
0.8 m
0.3 m
3.5 m
$\gamma_2 = 18\ kN/m^3$
$\phi'_2 = 24°$
$c'_2 = 30\ kN/m^2$

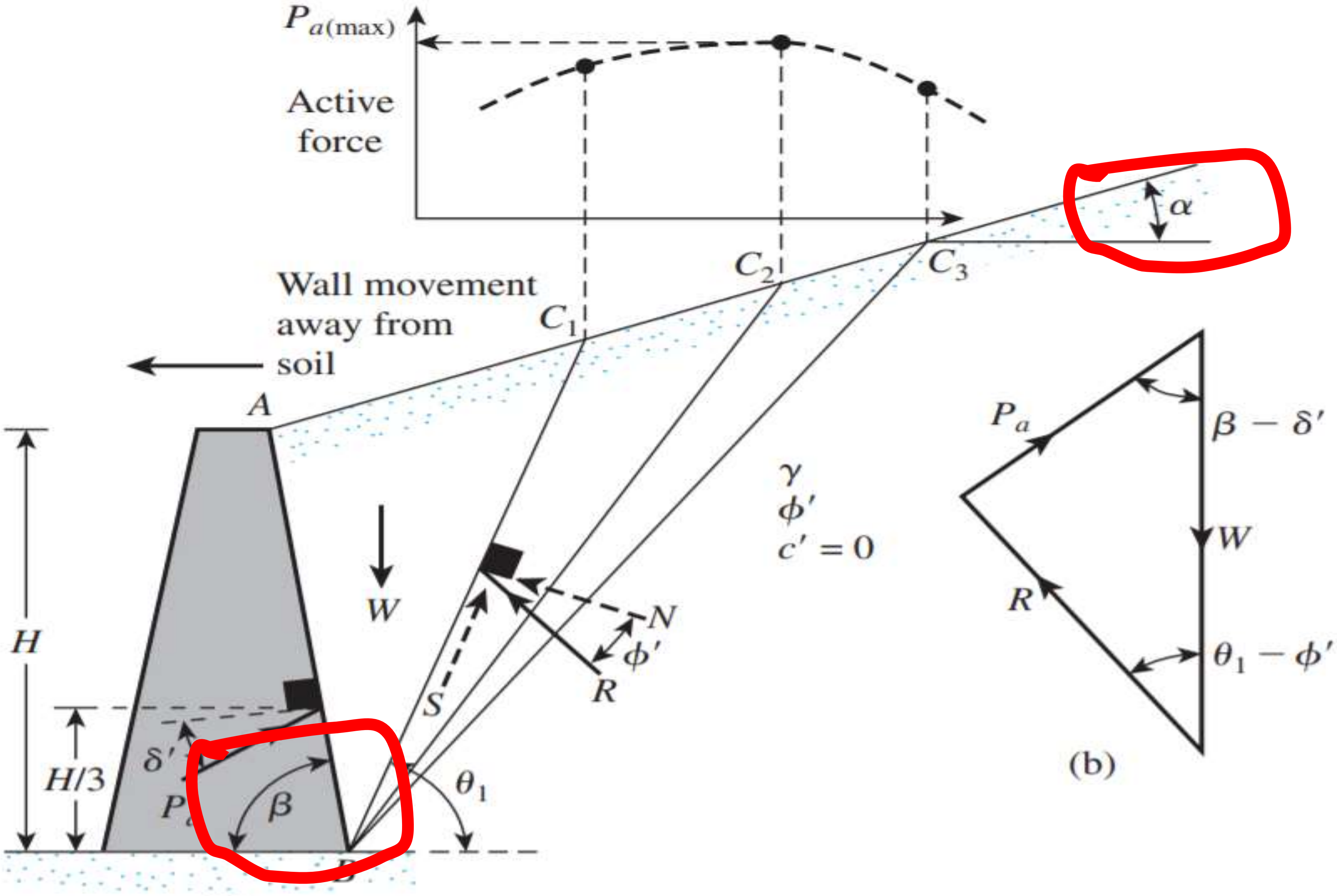
$$H' = 5 + 1.5 = 6.5 \text{ m}$$

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma_1 H'^2 K_a$$

With $\alpha = 0°$, $\beta = 75°$, $\delta' = 2/3\phi'_1$, and $\phi'_1 = 32°$, $K_a = 0.4023$. (See Table 12.6.) So,

Table 12.6 Values of K_a [from Eq. (12.26)] for $\delta' = \frac{2}{3}\phi'$

α (deg)	ϕ' (deg)	β (deg) 90	85	80	75	70	65
0	28	0.3213	0.3588	0.4007	0.4481	0.5026	0.5662
	29	0.3091	0.3467	0.3886	0.4362	0.4908	0.5547
	30	0.2973	0.3349	0.3769	0.4245	0.4794	0.5435
	31	0.2860	0.3235	0.3655	0.4133	0.4682	0.5326
	32	0.2750	0.3125	0.3545	0.4023	0.4574	0.5220



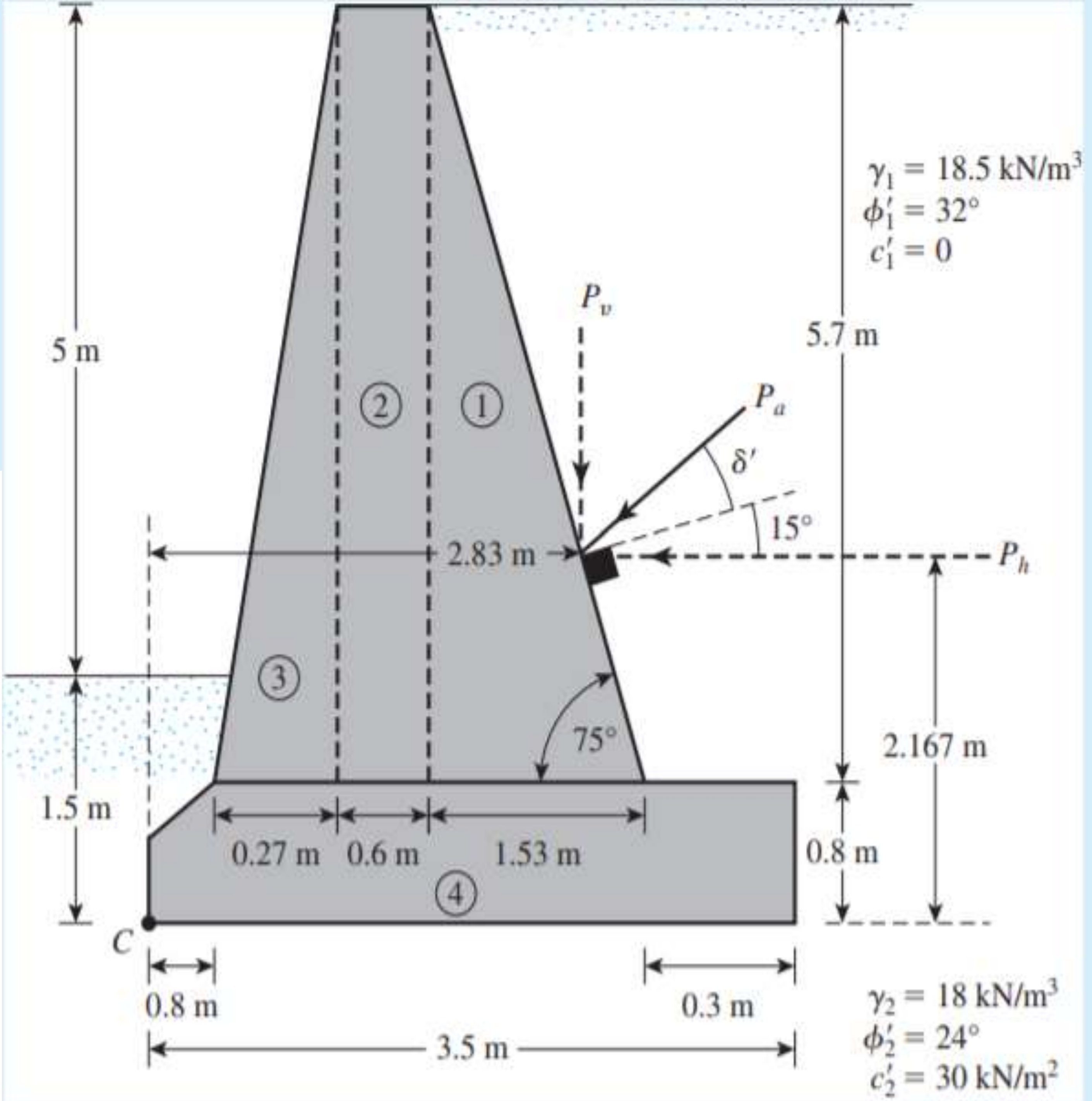
$P_{a(\max)}$
Active force
C_1
C_2
C_3
α
Wall movement away from soil
A
H
H/3
δ'
P_a
β
B
W
S
N
ϕ'
R
θ_1
γ
ϕ'
$c' = 0$
P_a
$\beta - \delta'$
W
R
$\theta_1 - \phi'$

(a)
(b)

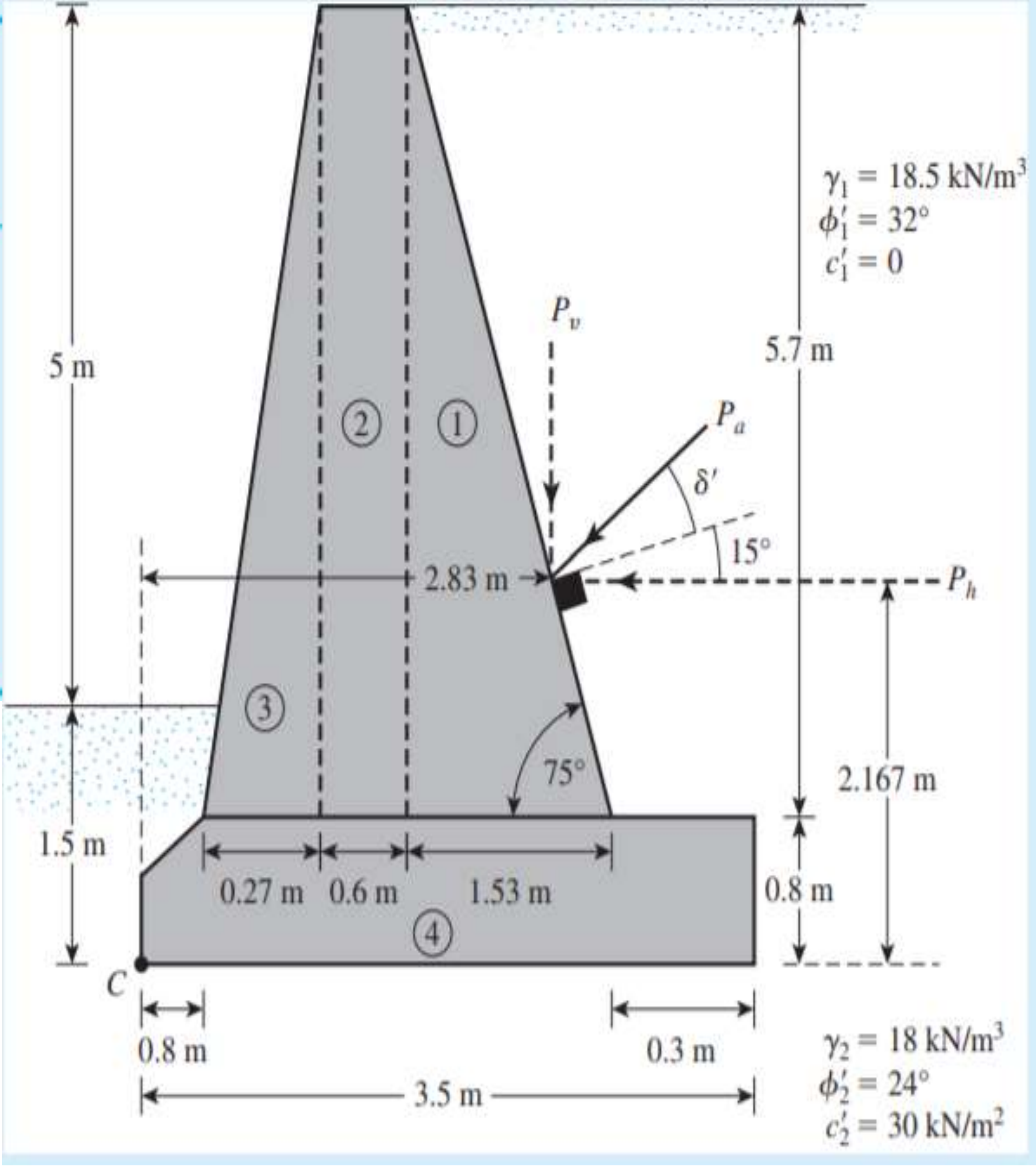
$$P_a = \tfrac{1}{2}(18.5)(6.5)^2(0.4023) = 157.22 \text{ kN/m}$$

$$P_h = P_a \cos\left(15 + \tfrac{2}{3}\phi_1'\right) = 157.22 \cos 36.33 = 126.65 \text{ kN/m}$$

$$P_v = P_a \sin\left(15 + \tfrac{2}{3}\phi_1'\right) = 157.22 \sin 36.33 = 93.14 \text{ kN/m}$$



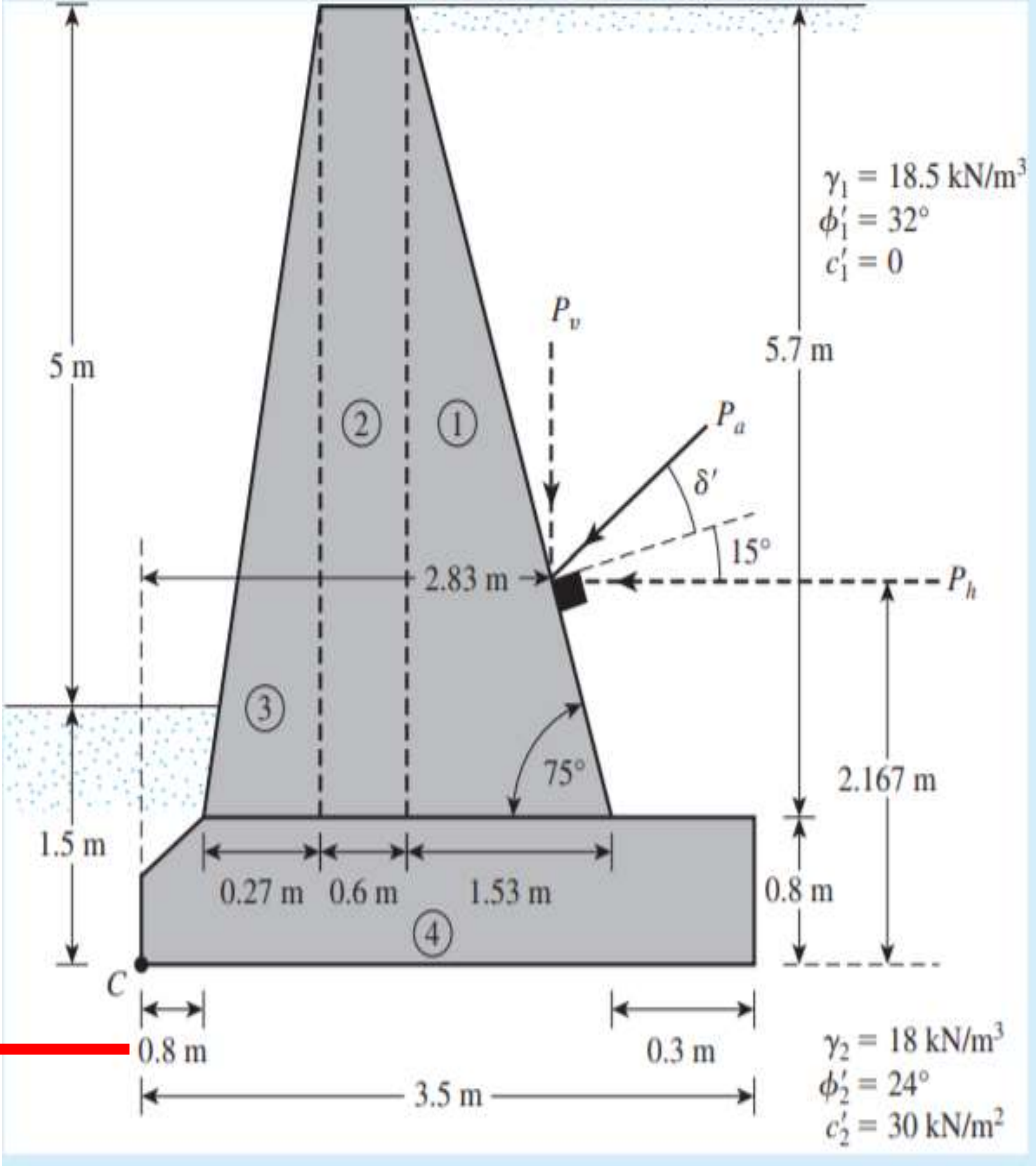
Area no.	Area (m²)	Weight* (kN/m)
1	$\frac{1}{2}(5.7)(1.53) = 4.36$	102.81
2	$(0.6)(5.7) = 3.42$	80.64
3	$\frac{1}{2}(0.27)(5.7) = 0.77$	18.16
4	$\approx (3.5)(0.8) = 2.8$	66.02
		$P_v = 93.14$
		$\Sigma V = 360.77$ kN/m

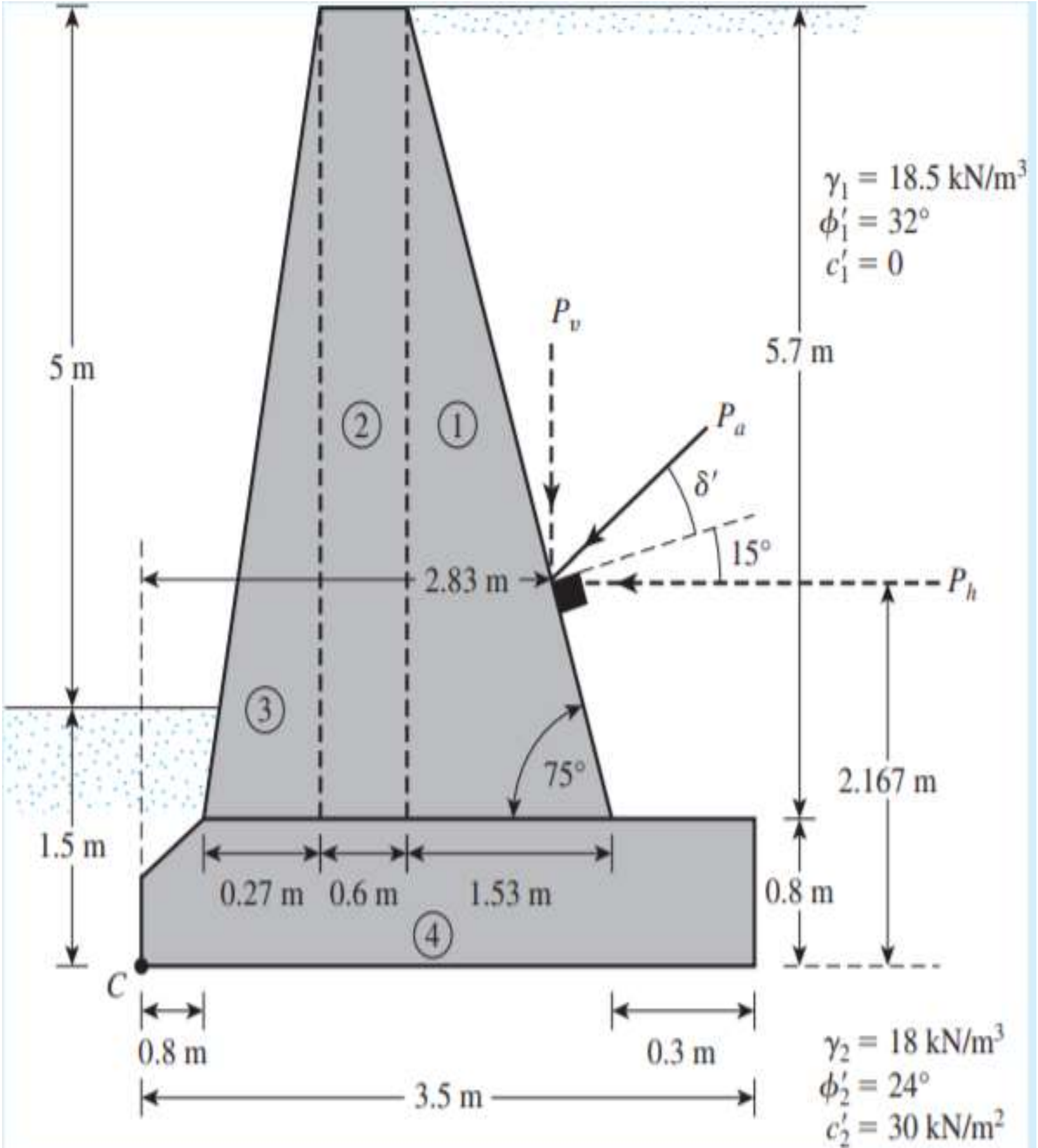


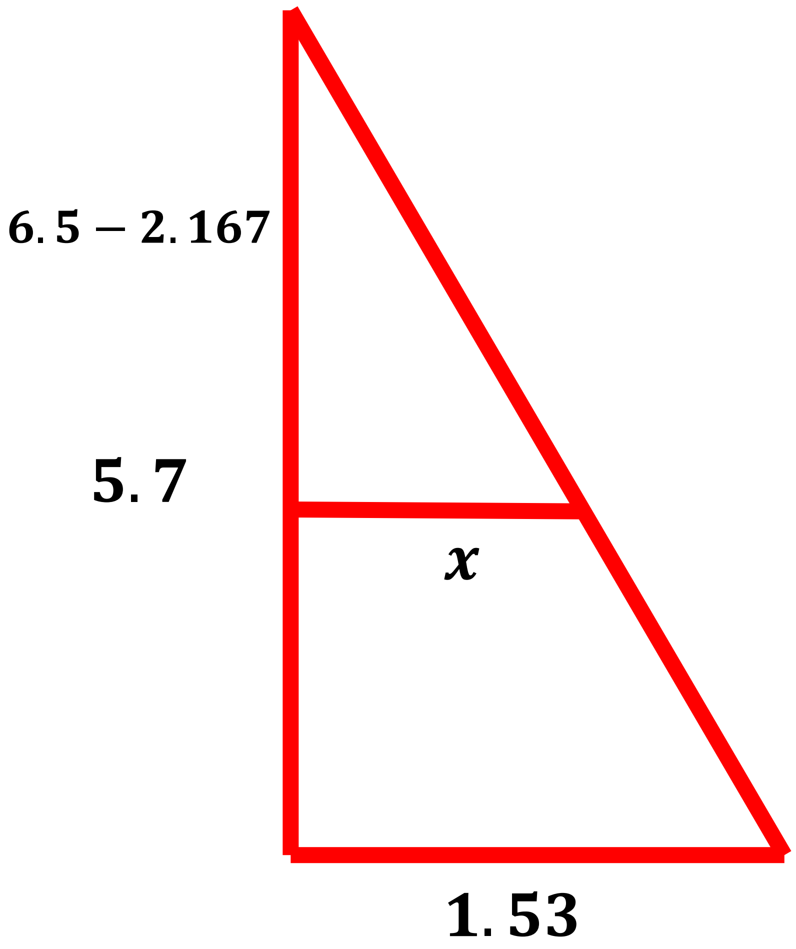
Moment arm from C (m)	Moment (kN-m/m)
2.18	224.13
1.37	110.48
0.98	17.80
1.75	115.54
2.83	263.59
	$\Sigma M_R = 731.54$ kN-m/m

سنوضحها الان

إنتبه ل المسافة




5 m
1.5 m
5.7 m
2.167 m
0.8 m
$\gamma_1 = 18.5$ kN/m^3
$\phi_1' = 32°$
$c_1' = 0$
P_v
P_a
δ'
15°
P_h
2.83 m
75°
0.27 m
0.6 m
1.53 m
0.8 m
0.3 m
3.5 m
C
$\gamma_2 = 18$ kN/m^3
$\phi_2' = 24°$
$c_2' = 30$ kN/m^2
1
2
3
4


$6.5 - 2.167$
5.7
x
1.53

$$\text{Overturning moment} = M_o = P_h\left(\frac{H'}{3}\right) = 126.65(2.167) = 274.45 \text{ kN-m/m}$$

$$FS_{(\text{overturning})} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_o} = \frac{731.54}{274.45} = \mathbf{2.67 > 2, OK}$$

$$\mathrm{FS}_{(\text{sliding})} = \frac{(\Sigma V)\tan\left(\frac{2}{3}\phi_2'\right) + \frac{2}{3}c_2'B + P_p}{P_h}$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma_2 D^2 + 2c_2'\sqrt{K_p}D$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma_2 D^2 + 2c_2'\sqrt{K_p}D$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{24}{2}\right) = 2.37$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}(2.37)(18)(1.5)^2 + 2(30)(1.54)(1.5) = 186.59 \text{ kN/m}$$

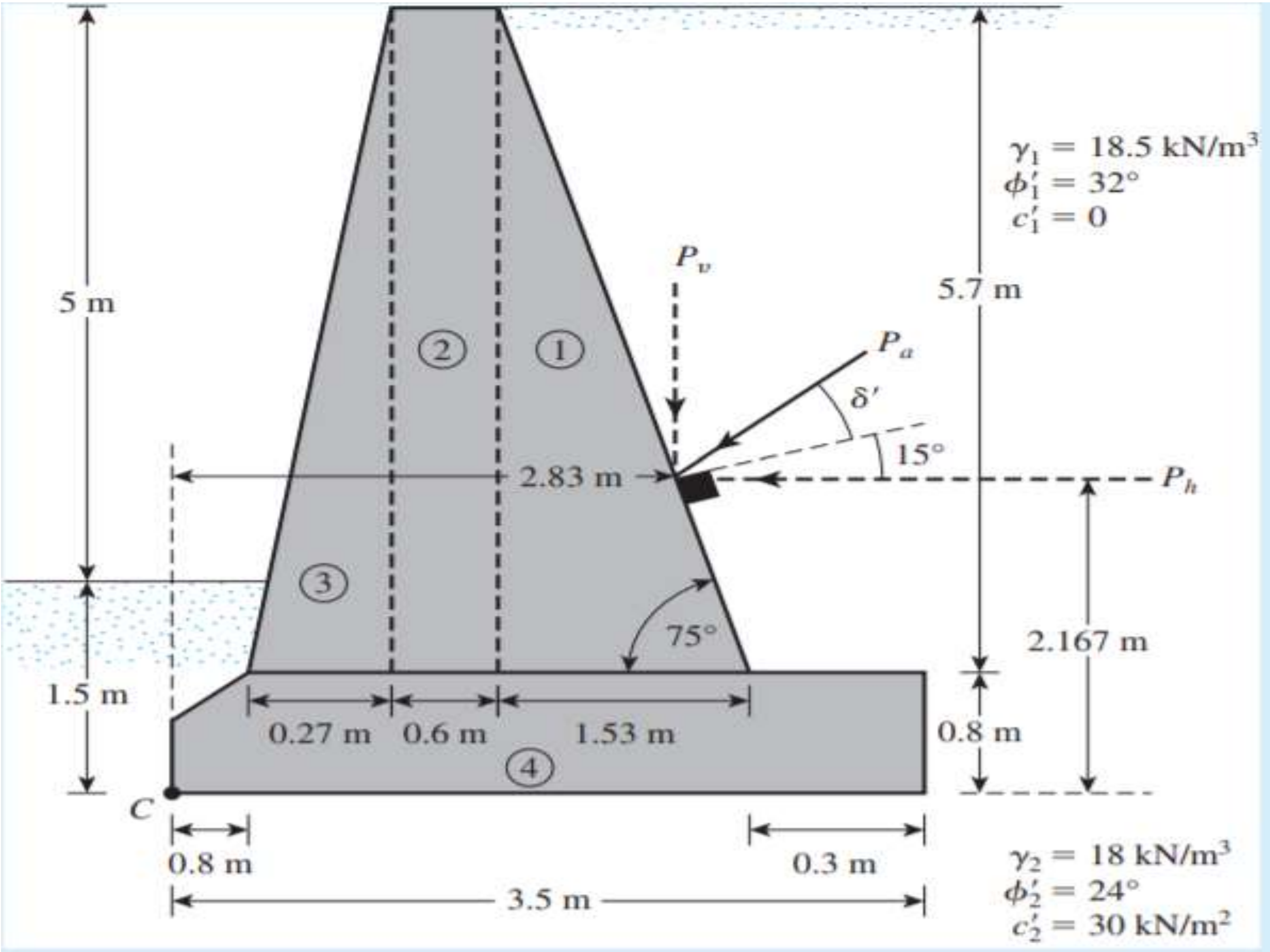
$$\text{FS}_{(\text{sliding})} = \frac{360.77\tan\left(\frac{2}{3}\times 24\right) + \frac{2}{3}(30)(3.5) + 186.59}{126.65}$$

$$= \frac{103.45 + 70 + 186.59}{126.65} = \mathbf{2.84}$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_o}{\Sigma V} = \frac{3.5}{2} - \frac{731.54 - 274.45}{360.77} = 0.483 < \frac{B}{6} = 0.583$$

$$q_{\text{toe}} = \frac{\Sigma V}{B}\left[1 + \frac{6e}{B}\right] = \frac{360.77}{3.5}\left[1 + \frac{(6)(0.483)}{3.5}\right] = \mathbf{188.43\ kN/m^2}$$

$$q_{\text{heel}} = \frac{V}{B}\left[1 - \frac{6e}{B}\right] = \frac{360.77}{3.5}\left[1 - \frac{(6)(0.483)}{3.5}\right] = \mathbf{17.73\ kN/m^2}$$



5 m
1.5 m
5.7 m
$\gamma_1 = 18.5$ kN/m^3
$\phi'_1 = 32°$
$c'_1 = 0$
P_v
P_a
δ'
15°
2.83 m
P_h
75°
2.167 m
0.8 m
0.27 m
0.6 m
1.53 m
C
0.8 m
0.3 m
3.5 m
$\gamma_2 = 18$ kN/m^3
$\phi'_2 = 24°$
$c'_2 = 30$ kN/m^2
1
2
3
4

إعداد : محمد السفاريني

لجنة المدني – سيفلتيي

صدقة جارية على روح بناة الأرض

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ **<u>Components</u>** of MSE walls :

- Backfill
- Reinforced elements (Geogrids, Metallic strips, geotextile)
- Wall facing (wall skin, panels)

❖ Design of wall

❑ External Stability Checks

1-Sliding

2-Overturning

3-Bearing capacity

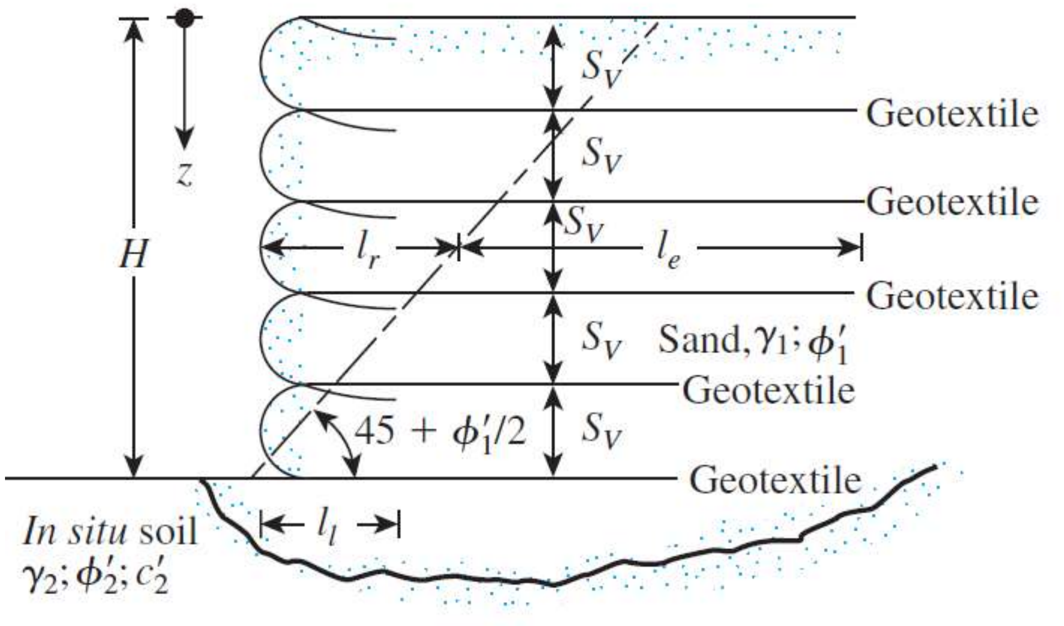
❑ Internal Stability

1-Breakage of reinforcement

2- Pullout Mechanism

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



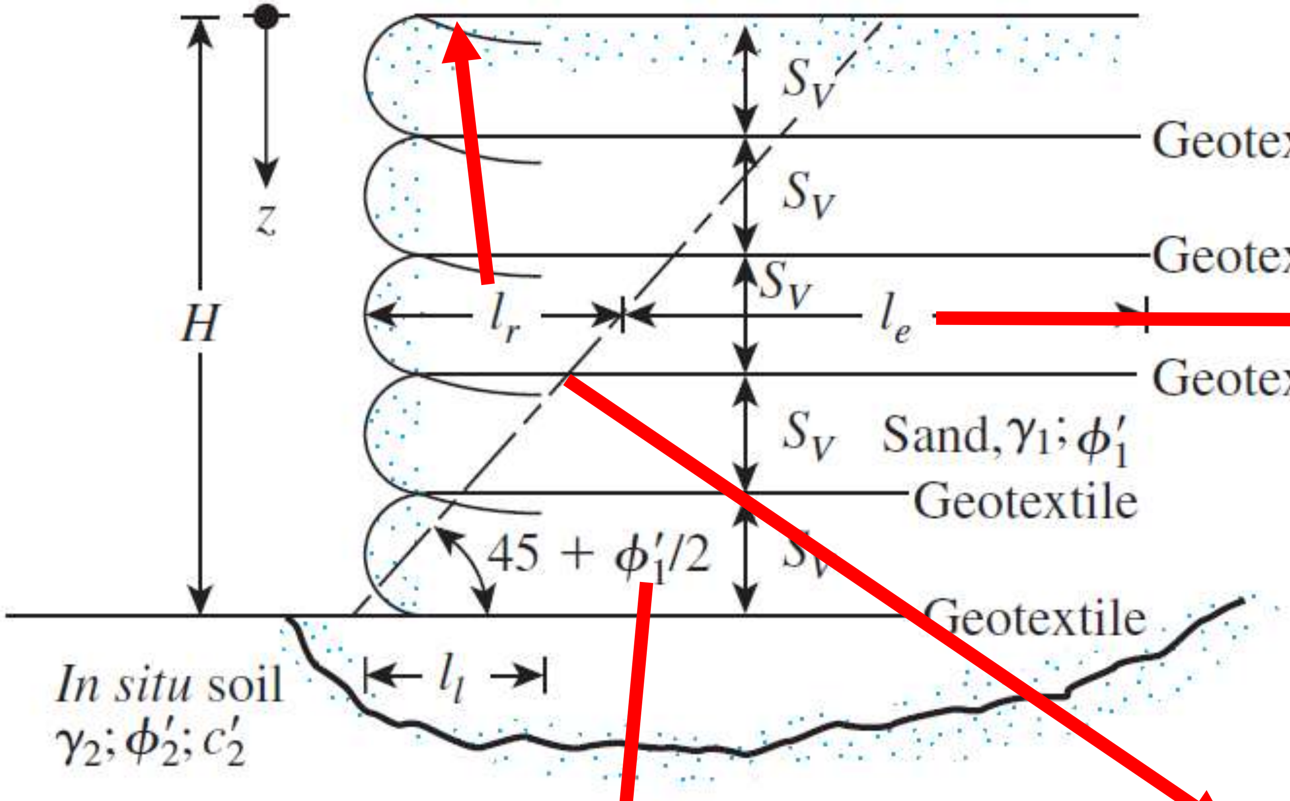
بإختصار الموضوع هو : طبقات من التربة وبين كل طبقة وطبقة **حديد تسليح**

لكل طبقة يوجد مسافة وقد يكون الرقم نفسه لمجموعة طبقات

لو لم نضع الحديد ما الذي نتوقع حدوثه ؟ الإنهيار بزاوية معلومة

$$\mathbf{45 + \frac{\emptyset_1^{`}}{2}}$$

المسافة ما قبل الإنهيار



المسافة ما بعد الإنهيار

سطح الإنهيار

زاوية الإحتكاك الداخلي ل الرمل

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

باقي التفاصيل سنشرحها في السؤال

Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

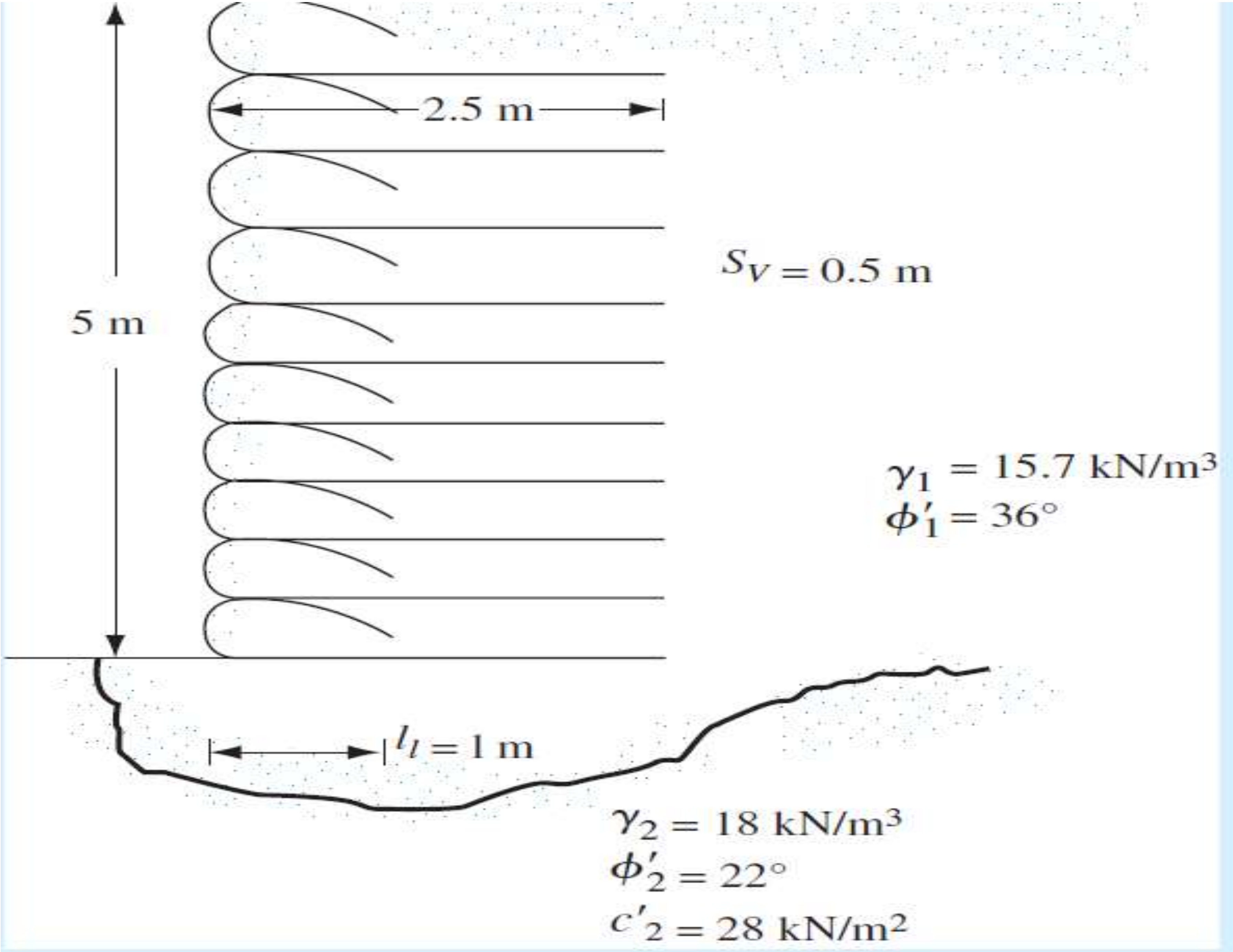
210659

Example 13.5

A geotextile-reinforced retaining wall 5 m high is shown in Figure 13.34. For the granular backfill, $\gamma_1 = 15.7\ \text{kN/m}^3$ and $\phi'_1 = 36°$. For the geotextile, $T_{\text{ult}} = 52.5\ \text{kN/m}$. For the design of the wall, determine S_V, L, and l_l. Use $\text{RF}_{\text{id}} = 1.2$, $\text{RF}_{\text{cr}} = 2.5$, and $\text{RF}_{\text{cbd}} = 1.25$.

Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية


2.5 m
5 m
$S_V = 0.5$ m
$\gamma_1 = 15.7$ kN/m^3
$\phi'_1 = 36°$
$l_l = 1$ m
$\gamma_2 = 18$ kN/m^3
$\phi'_2 = 22°$
$c'_2 = 28$ kN/m^2

الخطوة الأولى : نجد معامل الضغط الجانبي

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'_1}{2}\right) = 0.26$$

$\gamma_1 = 15.7 \text{ kN/m}^3$
$\phi'_1 = 36°$

أرقام معطاة في السؤال

الخطوة الثانية : إيجاد المسافة ما بين الطبقات وإيجاد قوة الشد

T_{ult} = ultimate tensile strength
RF_{id} = reduction factor for installation damage
RF_{cr} = reduction factor for creep
RF_{cbd} = reduction factor for chemical and biological degradation

أخطاء بشرية

سببها وجود أملاح أو أضرار كيميائية والتي قد تؤثر على الحديد

RF_{id}	1.1–2.0
RF_{cr}	2–4
RF_{cbd}	1–1.5

جميعها أرقام معطى في السؤال

Select a geotextile fabric with an allowable tensile strength, T_{all} (lb/ft or kN/m).

$$T_{all} = \frac{T_{uef}}{RF_{id} \times RF_{cr} \times RF_{cbd}} = \frac{52.5}{1.2 \times 2.5 \times 1.25} = 14 \text{ kN/m}$$

$$S_V = \frac{T_{all}}{(\gamma_1 z K_a)[FS_{(B)}]}$$

فرض

جميعها أرقام
معطى في السؤال

With $FS_{(B)} = 1.5$

فرض

في هذا السؤال القيمة معطاه في السؤال وقيمتها نص
ولكننا نريد أن نحسب هذه القيمة على **أعماق مختلفة**

With $FS_{(B)} = 1.5$ at $z = 2$ m,

$$S_V = \frac{14}{(15.7)(2)(0.26)(1.5)} = 1.14 \text{ m}$$

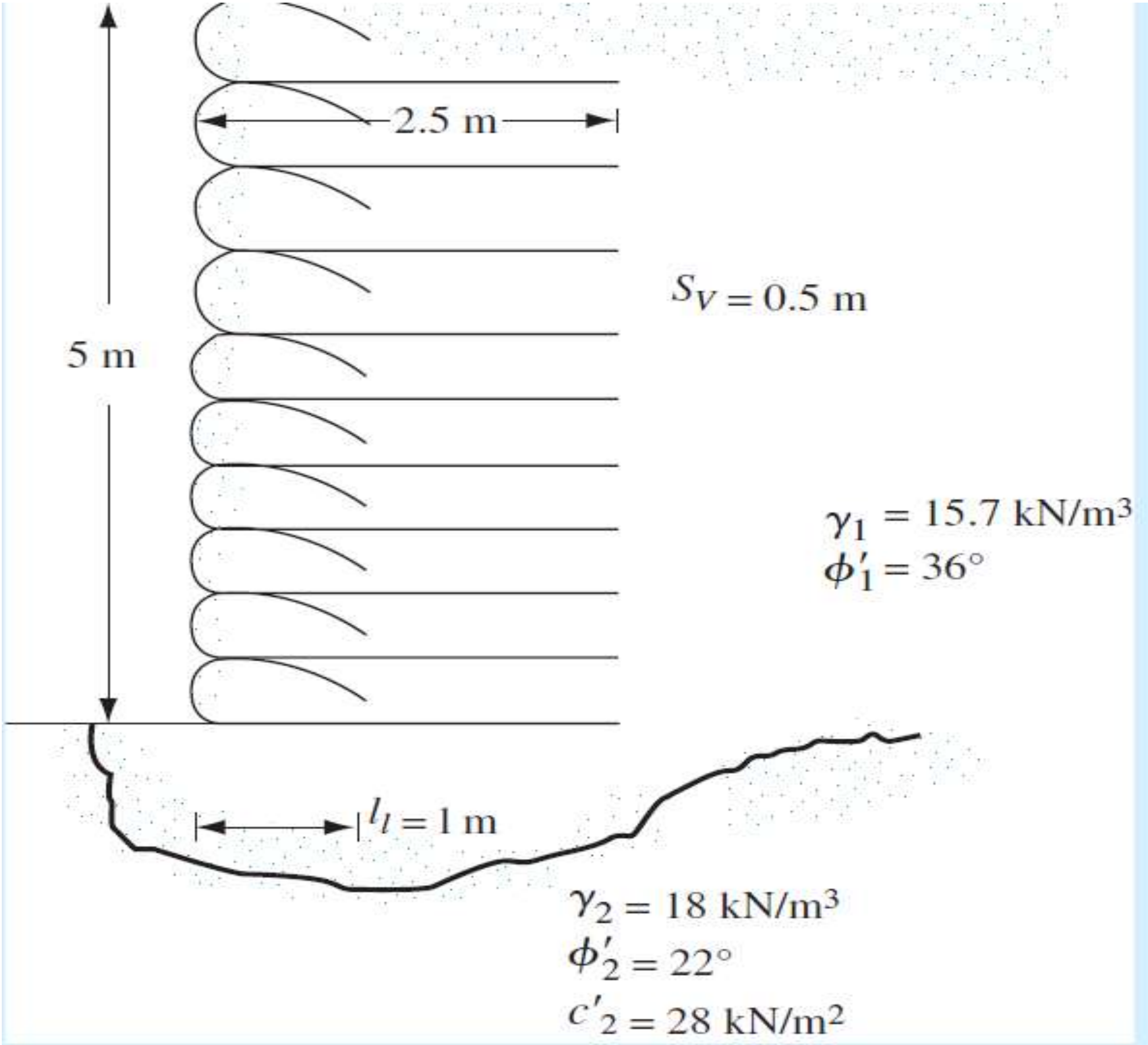
At $z = 4$ m,

$$S_V = \frac{14}{(15.7)(4)(0.26)(1.5)} = 0.57 \text{ m}$$

At $z = 5$ m,

$$S_V = \frac{14}{(15.7)(5)(0.26)(1.5))} = 0.46 \text{ m}$$

So, use $S_V = 0.5$ m for $z = 0$ to $z = 5$ m



Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Length of each layer of geotextile from the formula

$$L = l_r + l_e$$

$$l_r = \frac{H - z}{\tan\left(45 + \frac{\phi'_1}{2}\right)}$$

friction angle at geotextile–soil interface

$$l_e = \frac{S_V \sigma'_a [\mathrm{FS}_{(P)}]}{2\sigma'_o \tan \phi'_F}$$

كلما زادت كلما كان أفضل وكانت الكفاءة أعلى لأنه قد زاد سطح التلامس بينها
وما بين التربة وبالتالي زيادة الإحتكاك والمقاومة أعلى

تم حسابه

0.50

معطى في السؤال وعادة قيمته
ما بين 1.3 و 1.5

$$L = \frac{(H-z)}{\tan\left(45 + \frac{\phi'_1}{2}\right)} + \frac{S_V K_a [FS_{(P)}]}{2\tan\phi'_F}$$

0.51

$$\frac{2}{3}\phi'_1$$

ϕ'_1 = friction angle of the granular backfill

$$H = 5\ \text{m},\ S_V = 0.5\ \text{m}$$

For $FS_{(P)} = 1.5$, $\tan\phi'_F = \tan\left[\left(\frac{2}{3}\right)(36)\right] = 0.445$, and it follows that

$$L = (0.51)(H-z) + 0.438S_V$$

بعد ما قمنا بتعويض الأرقام نتجت المعادلة

At $z = 0.5$ m: $L = (0.51)(5 - 0.5) + (0.438)(0.5) = 2.514$ m
At $z = 2.5$ m: $L = (0.51)(5 - 2.5) + (0.438)(0.5) = 1.494$ m

So, **use $L = 2.5$ m throughout**.

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Determine the lap length, l_l, from

$$l_l = \frac{S_V \sigma'_a \mathrm{FS}_{(P)}}{4\sigma'_o \tan \phi'_F}$$

The minimum lap length should be 1 m (3 ft).

$\sigma'_a = \gamma_1 z K_a$, $\mathrm{FS}_{(P)} = 1.5$; with $\sigma'_o = \gamma_1 z$, $\phi'_F = \frac{2}{3}\phi'_1$. So

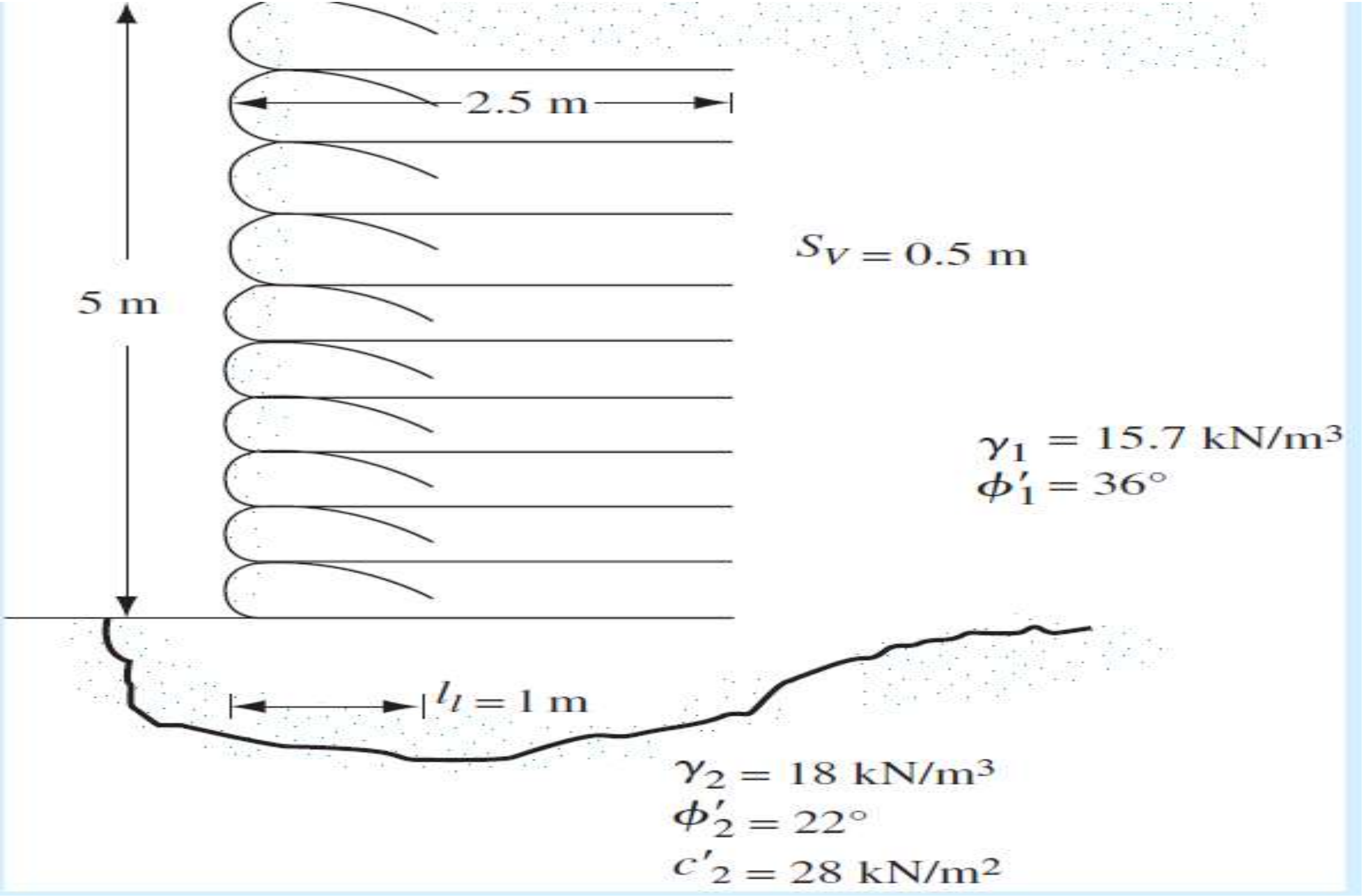
Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$l_l = \frac{S_V K_a[\mathrm{FS}_{(P)}]}{4 \tan \phi'_F} = \frac{S_V(0.26)(1.5)}{4 \tan\left[\left(\frac{2}{3}\right)(36)\right]} = 0.219 S_V$$

$$l_l = 0.219 S_V = (0.219)(0.5) = 0.11 \text{ m} \leq 1 \text{ m}$$

So, use $\boldsymbol{l_l = 1}$ m.

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



2.5 m
$S_V = 0.5$ m
5 m
$\gamma_1 = 15.7$ kN/m^3
$\phi'_1 = 36°$
$l_l = 1$ m
$\gamma_2 = 18$ kN/m^3
$\phi'_2 = 22°$
$c'_2 = 28$ kN/m^2

- **External Stability :** Check the **<u>factors of safety</u>** against overturning, sliding, and bearing capacity failure .

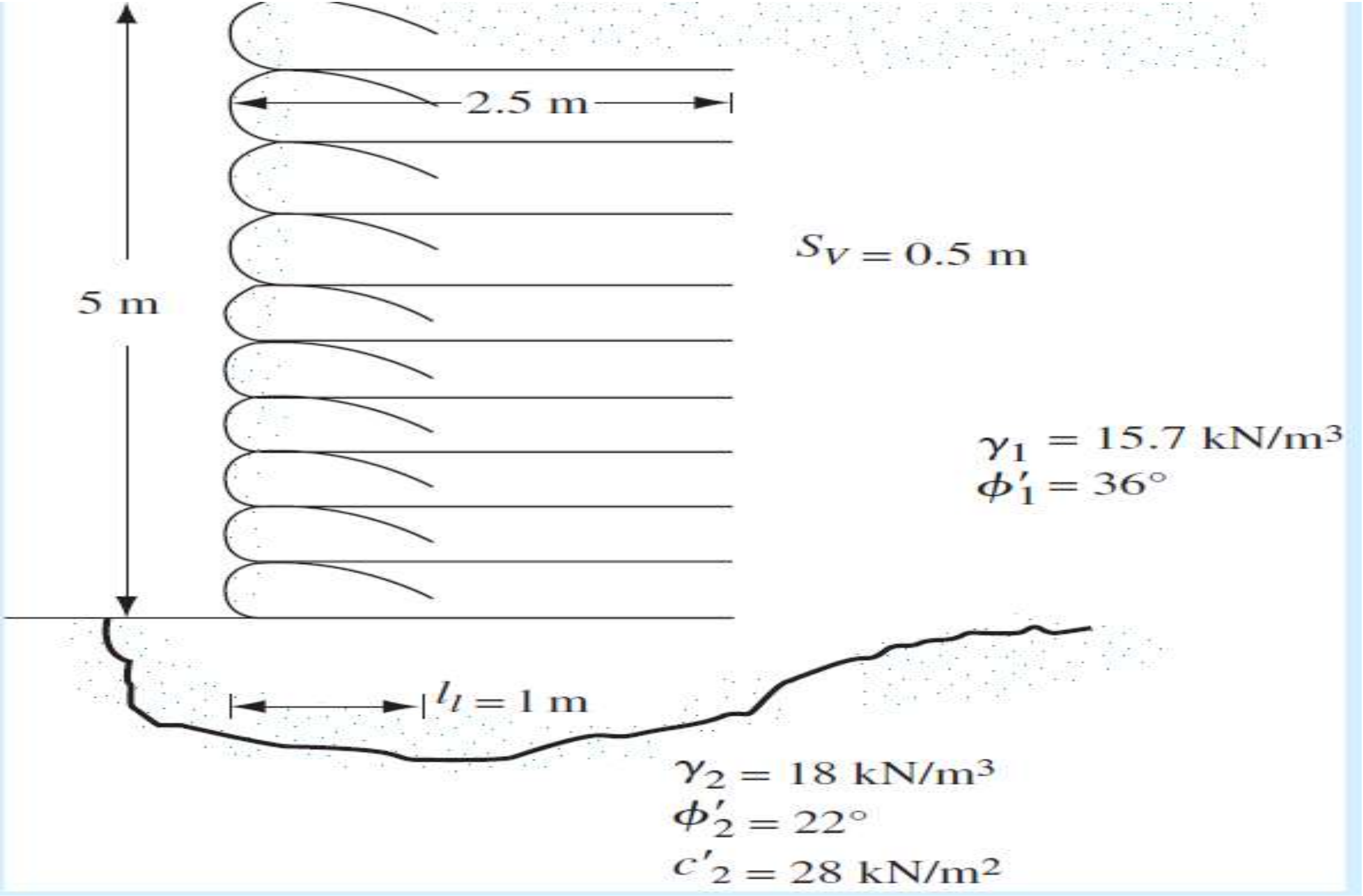
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Example 13.6

Consider the results of the internal stability check given in Example 13.5. For the geotextile-reinforced retaining wall, calculate the factor of safety against overturning, sliding, and bearing capacity failure.

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



2.5 m
$S_V = 0.5$ m
5 m
$\gamma_1 = 15.7$ kN/m³
$\phi'_1 = 36°$
$l_l = 1$ m
$\gamma_2 = 18$ kN/m³
$\phi'_2 = 22°$
$c'_2 = 28$ kN/m²

Factor of Safety Against Overturning

$$FS_{(\text{overturning})} = \frac{W_1 x_1}{(P_a)\left(\frac{H}{3}\right)} \quad \begin{matrix} = \boldsymbol{MR} = \gamma_1 H * \frac{L^2}{2} \\ = \boldsymbol{MO} \end{matrix}$$

$$W_1 = (5)(2.5)(15.7) = 196.25 \text{ kN/m}$$

Factor of Safety Against Overturning

$$FS_{(\text{overturning})} = \frac{W_1 x_1}{(P_a)\left(\frac{H}{3}\right)}$$

$= \boldsymbol{MR}$ $\quad = \gamma_1 H * \frac{L^2}{2}$

$= \boldsymbol{MO}$

$$x_1 = \frac{2.5}{2} = 1.25 \text{ m}$$

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a = \left(\frac{1}{2}\right)(15.7)(5)^2(0.26) = 51.03 \text{ kN/m}$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Factor of Safety Against Overturning

$$\mathrm{FS}_{(\text{overturning})} = \frac{W_1 x_1}{(P_a)\left(\frac{H}{3}\right)}$$

$= \boldsymbol{MR}$ $\quad = \gamma_1 H * \frac{L^2}{2}$

$= \boldsymbol{MO}$

$$\mathrm{FS}_{(\text{overturning})} = \frac{(196.25)(1.25)}{51.03(5/3)} = 2.88 < 3$$

(increase length of geotextile layers to 3 m)

Factor of Safety Against Sliding

$$FS_{(\text{sliding})} = \frac{W_1 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_1'\right)}{P_a}$$

$$W_1 = \gamma_1 * H * L$$

$$= \frac{(196.25)\left[\tan\left(\frac{2}{3} \times 36\right)\right]}{51.03} = \mathbf{1.71 > 1.5 - O.K.}$$

Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Factor of Safety Against Bearing Capacity Failure

$$q_u = c_2' N_c + \frac{1}{2}\gamma_2 L_2 N_\gamma$$

Given: $\gamma_2 = 18\ \text{kN/m}^3$, $L_2 = 2.5\ \text{m}$, $c_2' = 28\ \text{kN/m}^2$, and $\phi_2' = 22°$. From Table 4.2, $N_c = 16.88$, and $N_\gamma = 7.13$.

$$q_u = c_2' N_c + \frac{1}{2}\gamma_2 L_2 N_\gamma$$

$$q_u = (28)(16.88) + \left(\frac{1}{2}\right)(18)(2.5)(7.13) \approx 633 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{FS}_{\text{(bearing capacity)}} = \frac{q_u}{\sigma'_{o(H)}} = \frac{633}{\gamma_1 H} = \frac{633}{(15.7)(5)} = \mathbf{8.06 > 3 - O.K.}$$

13.9 A retaining wall with geotextile reinforcement is 6-m high. For the granular backfill, $\gamma_1 = 15.9\ \text{kN/m}^3$ and $\phi'_1 = 30^\circ$. For the geotextile, $T_{\text{all}} = 16\ \text{kN/m}$. For the design of the wall, determine S_V, L, and l_l. Use $\text{FS}_{(B)} = \text{FS}_{(P)} = 1.5$.

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخطوة الأولى : نجد معامل الضغط الجانبي

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'_1}{2}\right)$$

$$= \tan^2\left(45° - \frac{30°}{2}\right)$$

$$= 0.333$$

الزاوية معطاه في السؤال

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخطوة الثانية : إيجاد المسافة ما بين الطبقات وإيجاد قوة الشد

$$T_{\text{all}} = \frac{T_{\text{uef}}}{RF_{\text{id}} \times RF_{\text{cr}} \times RF_{\text{cbd}}}$$

لا نقوم بحسابها **لأنها معطاه**

$$S_V = \frac{T_{all}}{(\gamma_1 z K_a)[FS_{(B)}]}$$

معطى

معطى

تم حسابها

$= H$

$$= \frac{16}{15.9 \times 6 \times 0.333} \times \frac{1}{1.5}$$

$$= 0.335 \text{ m}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$L = \frac{(H - z)}{\tan\left(45 + \frac{\phi'_1}{2}\right)} + \frac{S_V K_a [\mathrm{FS}_{(P)}]}{2 \tan \phi'_F}$$

$$L = (H - z) \times \cot\left(45° + \frac{\phi'}{2}\right) + \frac{K_a \times S_V}{2 \times \tan \phi_\mu} \times F.S._{(P)}$$

$$= 6 \times \cot\left(45° + \frac{30°}{2}\right) + \frac{0.333 \times 0.335}{2 \times \tan 20°} \times 1.50$$

$$= 3.47 + 0.23$$

$$= 3.70 \text{ m}$$

$$Z = 0$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Determine the lap length, l_l, from

$$l_l = \frac{S_V \sigma'_a \mathrm{FS}_{(P)}}{4\sigma'_o \tan \phi'_F}$$

The minimum lap length should be 1 m (3 ft).

$$l_l = \frac{S_V K_a}{4\tan\left(\phi'_1\right)} \times F.S._{(P)}$$

$$= \frac{0.335 \times 0.333}{4 \times \tan\left(\dfrac{2}{3} \times 30°\right)} \times 1.50$$

$$= 0.115 \text{ m}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

13.10 With the S_V, L, and l_l determined in Problem 13.9, check the overall stability (i.e., factor of safety against overturning, sliding, and bearing capacity failure) of the wall. For the *in situ* soil, $\gamma_2 = 16.8\ \text{kN/m}^3$, $\phi'_2 = 20°$, and $c'_2 = 55\ \text{kN/m}^2$.

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Factor of Safety Against Overturning

$$\text{FS}_{\text{(overturning)}} = \frac{W_1 x_1}{(P_a)\left(\frac{H}{3}\right)} \quad \begin{matrix} = \boldsymbol{MR} \\ = \boldsymbol{MO} \end{matrix}$$

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 15.9 \times 6^2 \times 0.333$$
$$= 95.4 \text{ kN/m}$$

$$M_o = 95.4 \times \frac{6}{3}$$
$$= 190.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\mathrm{FS}_{\,(\text{overturning})} = \frac{W_1 x_1}{(P_a)\left(\frac{H}{3}\right)} = \boldsymbol{MR} = \gamma_1 H * \frac{L^2}{2}$$

$$M_R = 15.9 \times 6 \times \frac{3.7^2}{2}$$
$$= 653\ \mathrm{kN \cdot m/m}$$

$$F.S._{O} = \frac{653}{190.8}$$
$$= 3.422$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Factor of Safety Against Sliding

$$\mathrm{FS}_{\,(\text{sliding})} = \frac{W_1 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_1'\right)}{P_a}$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$\mathrm{FS}_{\text{(sliding)}} = \frac{W_1 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_1'\right)}{P_a}$$

$$F.S._{Sl} = \frac{15.9 \times 6 \times 3.7 \times \tan\left(\frac{2}{3} \times 30°\right)}{95.4}$$

$$= \frac{15.9 \times 6 \times 3.7 \times 0.3639}{95.4}$$

$$= \frac{128.44}{95.4}$$

$$= 1.35$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Factor of Safety Against Bearing Capacity Failure

$$q_u = c_2' N_c + \frac{1}{2}\gamma_2 L_2 N_\gamma$$

$\phi_2' = 20°,$ من الجداول

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$q_u = c_2' N_c + \frac{1}{2}\gamma_2 L_2 N_\gamma$$

$$q_{\text{ult}} = 55 \times 14.83 + \frac{1}{2} \times 3.7 \times 16.8 \times 5.39$$

$$= 983.2\ \text{kN/m}^2$$

Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$\mathrm{FS}_{(\text{bearing capacity})} = \frac{q_u}{\sigma'_{o(H)}}$$

$$F.S._{BC} = \frac{983.2}{15.9 \times 6}$$

$$= 10.3$$

Civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

محمد السفاريني
لجنة المدني – سيفلتيي

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Example 14.1

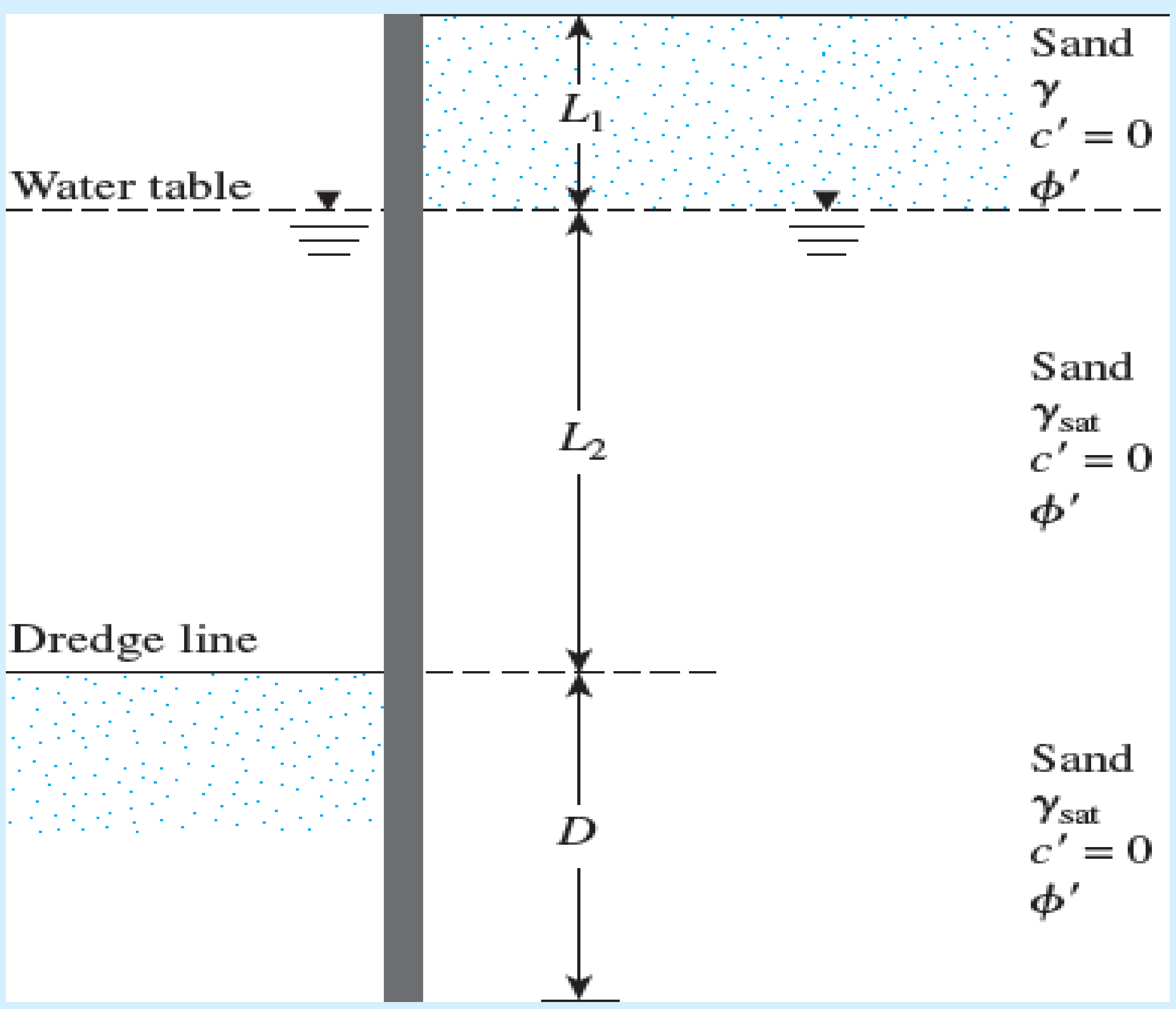
Figure 14.10 shows a cantilever sheet-pile wall penetrating a granular soil. Here, $L_1 = 2$ m, $L_2 = 3$ m, $\gamma = 15.9$ kN/m^3, $\gamma_{sat} = 19.33$ kN/m^3, and $\phi' = 32°$.

a. What is the theoretical depth of embedment, D?

b. For a 30% increase in D, what should be the total length of the sheet piles?

c. What should be the minimum section modulus of the sheet piles? Use $\sigma_{all} = 172$ MN/m^2.

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



Sand
γ
$c' = 0$
ϕ'
Water table
L_1
L_2
Sand
γ_{sat}
$c' = 0$
ϕ'
Dredge line
D
Sand
γ_{sat}
$c' = 0$
ϕ'

K_a = Rankine active pressure coefficient = $\tan^2(45 - \phi'/2)$

K_p = Rankine passive pressure coefficient = $\tan^2(45 + \phi'/2)$.

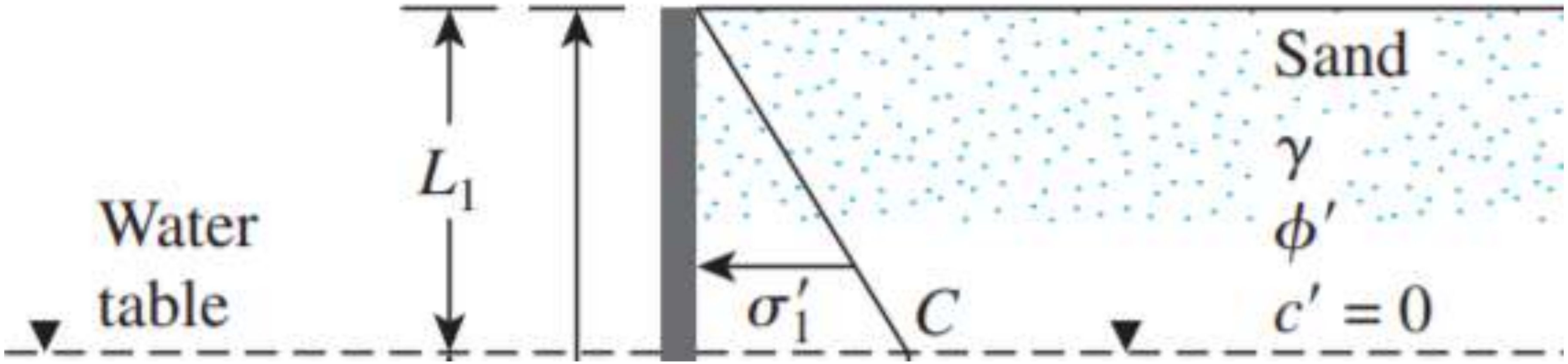
$$K_a \quad — \quad \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{32}{2}\right) = 0.307$$

$$K_p \quad — \quad \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2\left(45 + \frac{32}{2}\right) = 3.25$$

The intensity of the active pressure at a depth $z = L_1$ is

$$\sigma'_1 = \gamma L_1 K_a$$

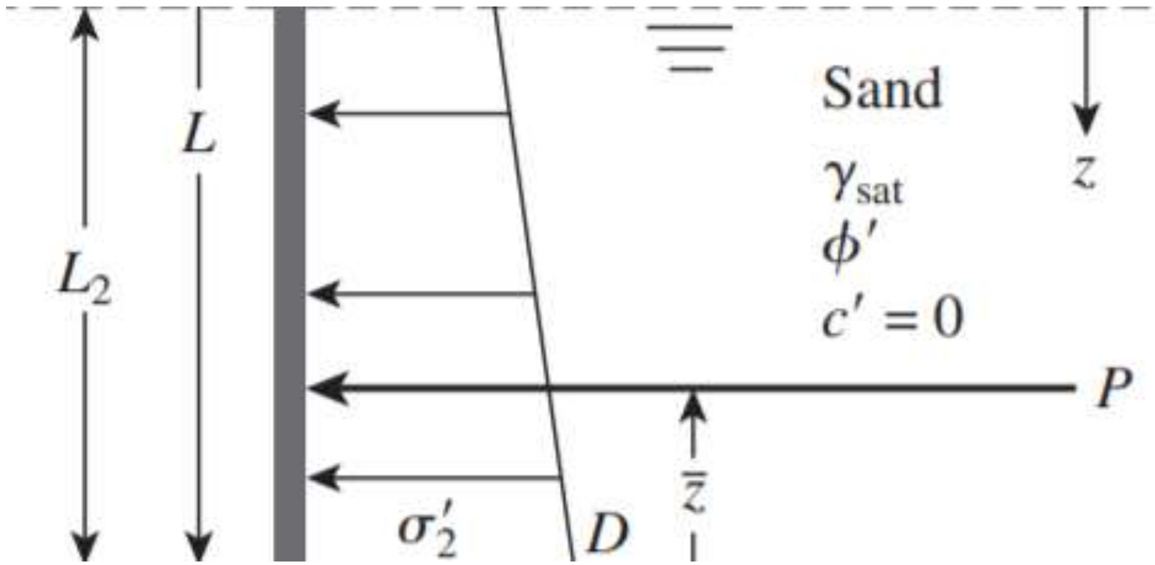
$$\sigma'_1 \quad \gamma L_1 K_a = (15.9)(2)(0.307) = 9.763 \text{ kN/m}^2$$

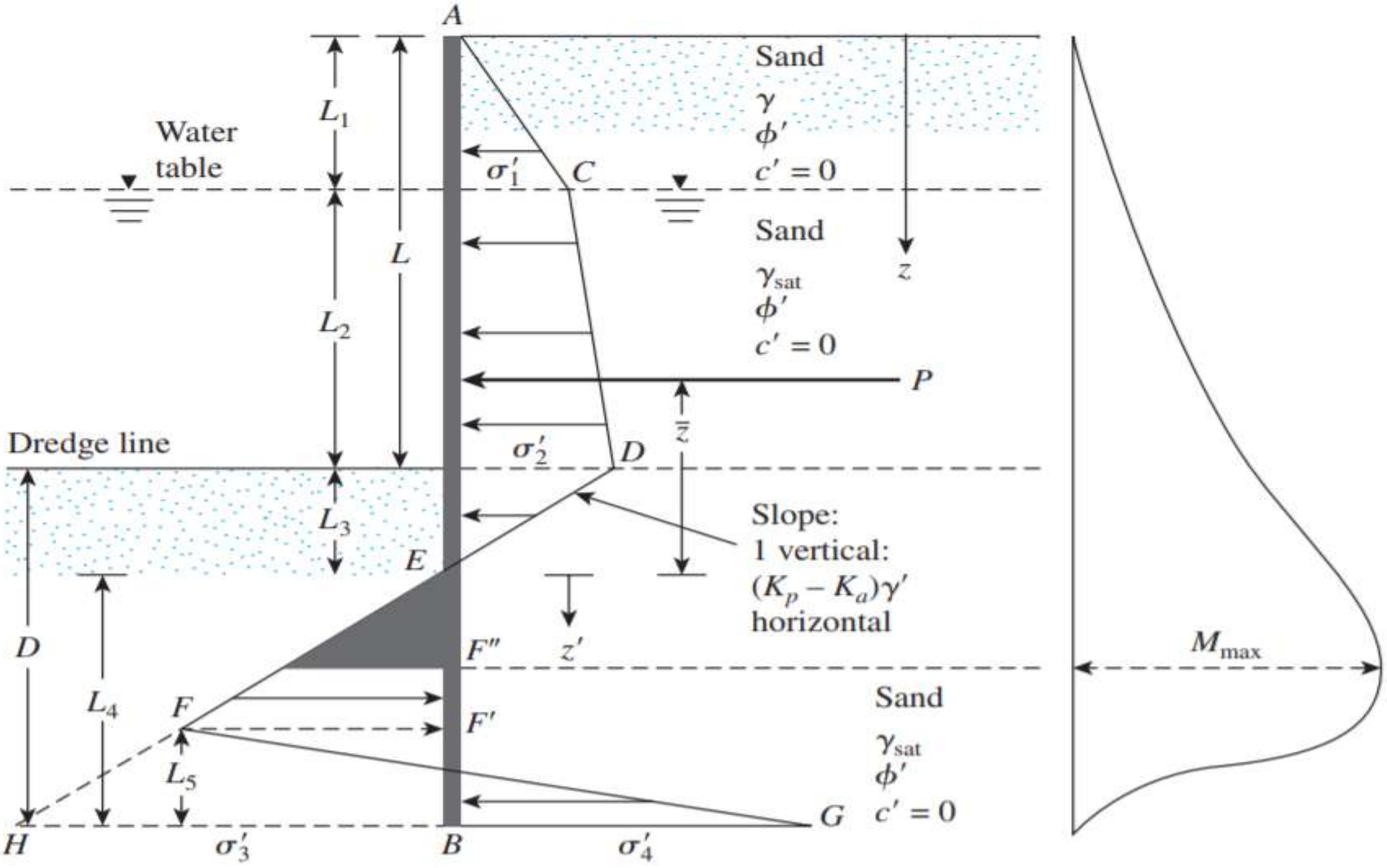


$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2)K_a$$

where γ' = effective unit weight of soil = $\gamma_{sat} - \gamma_w$.

$$(\gamma L_1 + \gamma' L_2)K_a = [(15.9)(2) + (19.33 - 9.81)(3)](0.307) = 18.53 \text{ kN/m}^2$$





A
Sand
γ
φ′
c′ = 0
L1
Water
table
σ′1
C
L
Sand
γsat
φ′
c′ = 0
z
L2
P
z̄
Dredge line
σ′2
D
L3
E
Slope:
1 vertical:
(Kp − Ka)γ′
horizontal
D
L4
F″
z′
Mmax
F
F′
Sand
γsat
φ′
c′ = 0
L5
G
H
σ′3
B
σ′4

(a)

(b)

The net pressure, σ' equals zero at a depth L_3 below the dredge line,

$$(z - L) = L_3 = \frac{\sigma'_2}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

لكي نحسب القوة المحصلة

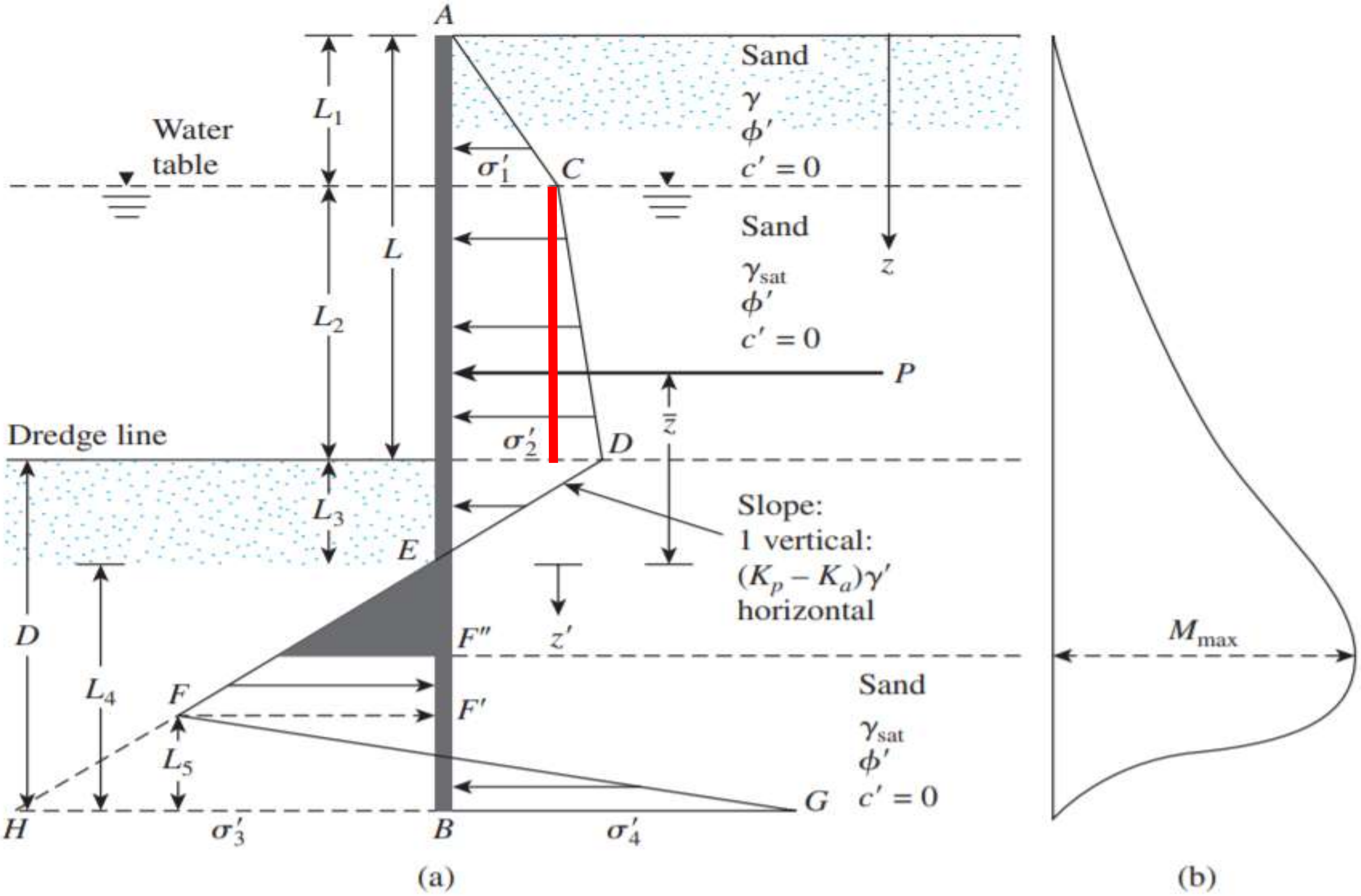
$$\frac{\sigma'_2}{\gamma'(K_p - K_a)} = \frac{18.53}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)} = 0.66 \text{ m}$$

$$P = \tfrac{1}{2}\sigma_1'L_1 + \sigma_1'L_2 + \tfrac{1}{2}(\sigma_2' - \sigma_1')L_2 + \tfrac{1}{2}\sigma_2'L_3$$

$$= \left(\tfrac{1}{2}\right)(9.763)(2) + (9.763)(3) + \left(\tfrac{1}{2}\right)(18.53 - 9.763)(3) + \left(\tfrac{1}{2}\right)(18.53)(0.66)$$

$$= 9.763 + 29.289 + 13.151 + 6.115 = 58.32 \text{ kN/m}$$

حساب مساحة الأشكال



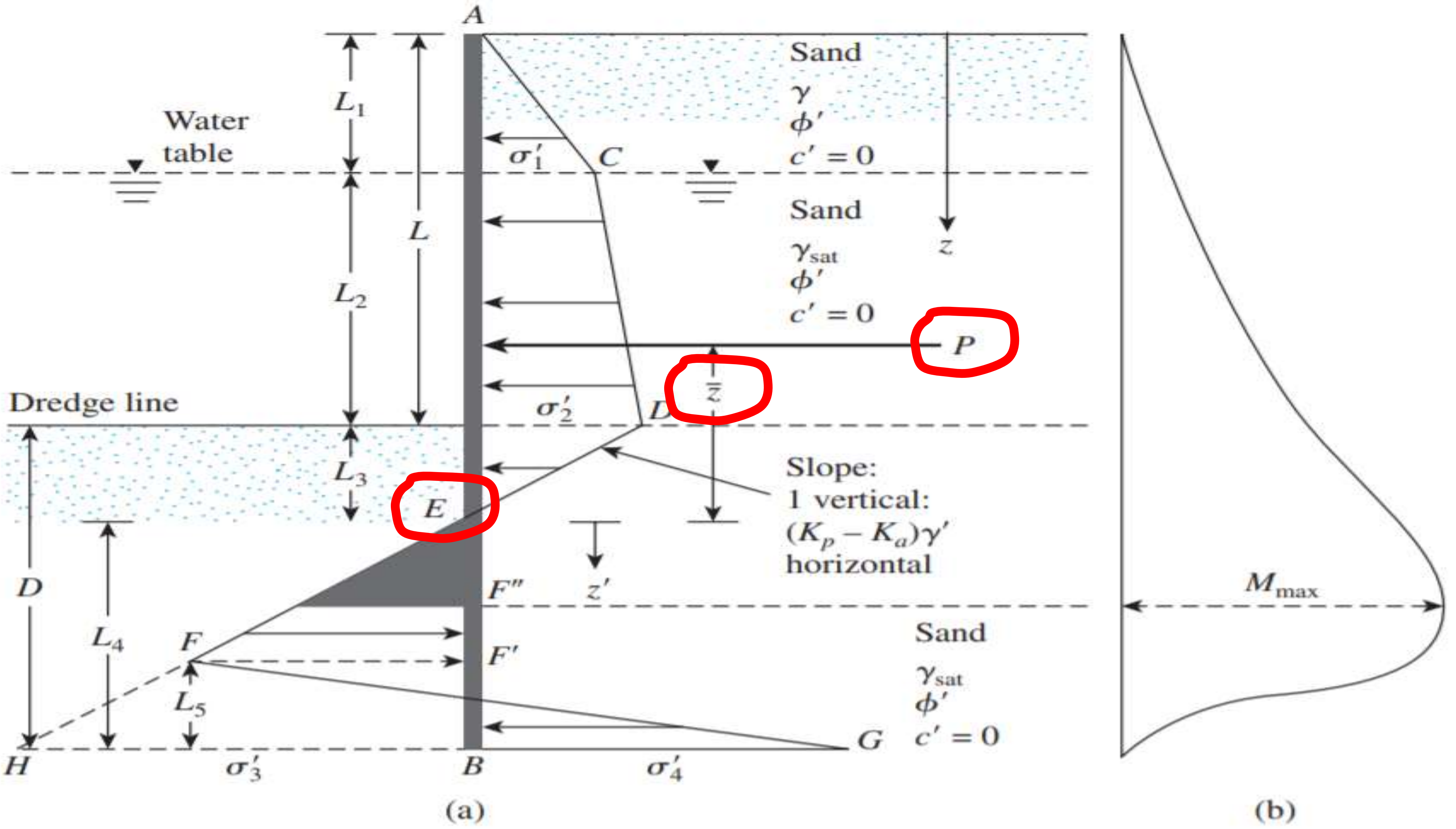
A
Sand
γ
ϕ'
$c' = 0$
L_1
Water table
σ'_1
C
L
L_2
Sand
γ_{sat}
ϕ'
$c' = 0$
z
P
$\bar{z}$
Dredge line
σ'_2
D
L_3
E
Slope:
1 vertical:
$(K_p - K_a)\gamma'$
horizontal
D
L_4
F''
z'
M_{max}
F
F'
Sand
γ_{sat}
ϕ'
$c' = 0$
L_5
G
H
σ'_3
B
σ'_4
(a)
(b)

$$\bar{z} \quad \frac{\Sigma M_E}{P} = \frac{1}{58.32}\left[\begin{array}{l} 9.763(0.66 + 3 + \frac{2}{3}) + 29.289(0.66 + \frac{3}{2}) \\ + 13.151(0.66 + \frac{3}{3}) + 6.115(0.66 \times \frac{2}{3}) \end{array}\right] = 2.23 \text{ m}$$

At point E

$$\sigma'_5 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2)K_p + \gamma' L_3(K_p - K_a)$$

$$\begin{aligned}(\gamma L_1 + \gamma' L_2)K_p + \gamma' L_3(K_p - K_a) &= [(15.9)(2) + (19.33 - 9.81)(3)](3.25) \\ &\quad + (19.33 - 9.81)(0.66)(3.25 \\ &\quad - 0.307) = 214.66 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$



A
Sand
γ
ϕ'
$c' = 0$
L_1
Water
table
σ'_1
C
Sand
γ_{sat}
ϕ'
$c' = 0$
z
L
L_2
P
$\bar{z}$
Dredge line
σ'_2
D
Slope:
1 vertical:
$(K_p - K_a)\gamma'$
horizontal
L_3
E
D
F''
z'
L_4
F
F'
Sand
γ_{sat}
ϕ'
$c' = 0$
L_5
G
H
σ'_3
B
σ'_4
M_{max}
(a)
(b)

$$A_1 = \frac{\sigma'_5}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

$$A_2 = \frac{8P}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

$$A_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma'(K_p - K_a) + \sigma'_5]}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2}$$

$$A_4 = \frac{P(6\bar{z}\sigma'_5 + 4P)}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2}$$

$$A_1 = \frac{\sigma_5'}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

$$\frac{\sigma_5'}{\gamma'(K_p - K_a)} = \frac{214.66}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)} = 7.66$$

$$A_2 = \frac{8P}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

$$\frac{(8)(58.32)}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)} = 16.65$$

$$A_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma'(K_p - K_a) + \sigma'_5]}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2}$$

$$= \frac{(6)(58.32)[(2)(2.23)(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307) + 214.66]}{(19.33 - 9.81)^2(3.25 - 0.307)^2}$$

$$A_4 = \frac{P(6\bar{z}\sigma'_5 + 4P)}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2}$$

$$= \frac{58.32[(6)(2.23)(214.66) + (4)(58.32)]}{(19.33 - 9.81)^2(3.25 - 0.307)^2}$$

$$L_4^4 + A_1 L_4^3 - A_2 L_4^2 - A_3 L_4 - A_4 = 0$$

$$L_4^4 + 7.66 L_4^3 - 16.65 L_4^2 - 151.93 L_4 - 230.72 = 0; L_4 \approx 4.8 \text{ m}$$

حل هذه المعادلة عن طريق الة الحاسبة

$$D_{\text{theory}} = L_3 + L_4 = 0.66 + 4.8 = \mathbf{5.46\ m}$$

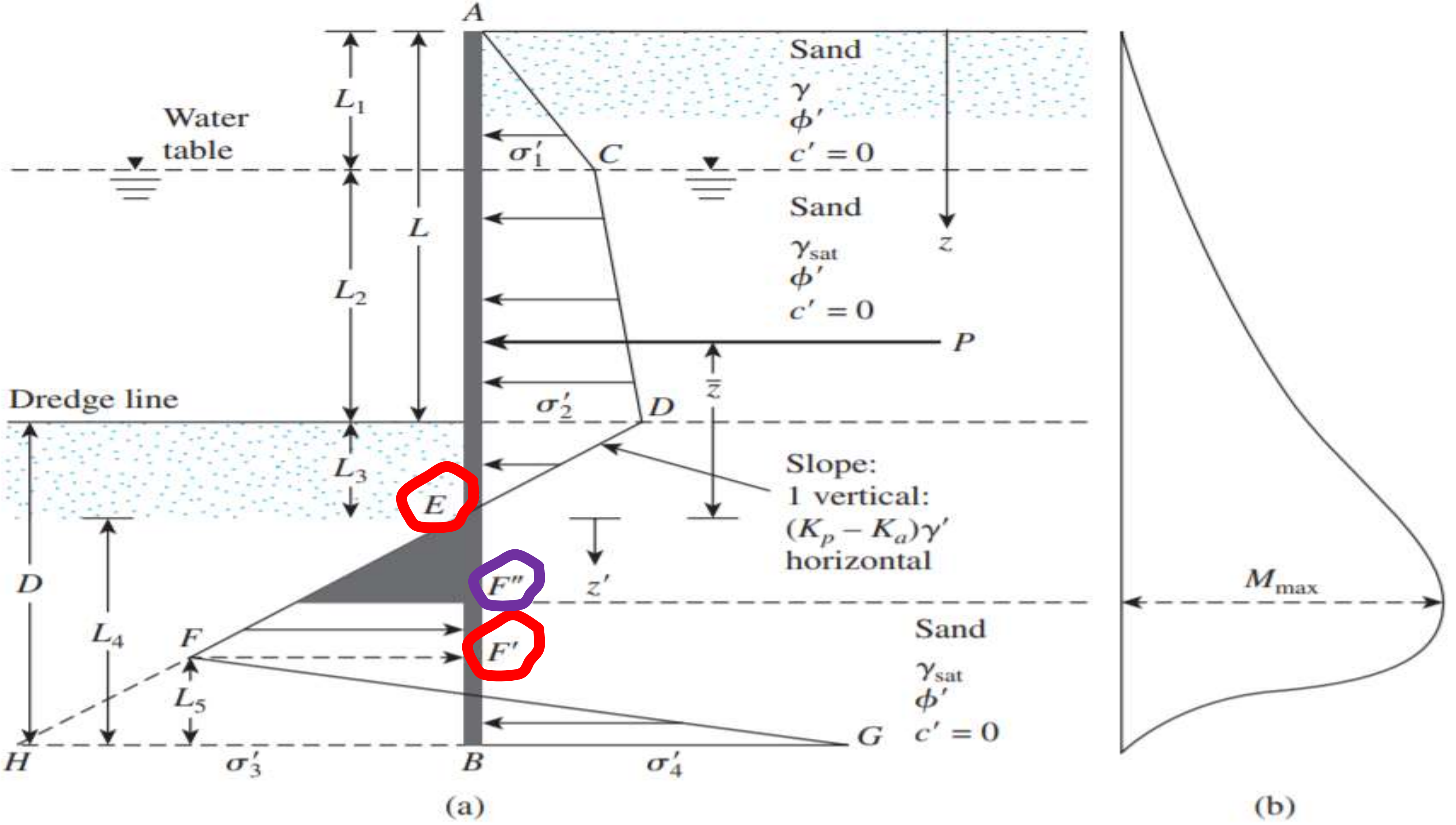
Part B

The total length of the sheet piles is

$$L_1 + L_2 + 1.3(L_3 + L_4) = 2 + 3 + 1.3(5.46) = \mathbf{12.1\ m}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

The maximum moment will occur between points E and F'.



$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}}$$ $\longrightarrow$ ***Point of Zero Shear***

$F^{``}$

magnitude of the maximum moment

$$M_{max} = P(\bar{z} + z') - [\tfrac{1}{2}\gamma' z'^2 (K_p - K_a)](\tfrac{1}{3})z'$$

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{all}}}$$

S = section modulus of the sheet pile required per unit length of the structure

σ_{all} = allowable flexural stress of the sheet pile

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}} = \sqrt{\frac{(2)(58.32)}{(3.25 - 0.307)(19.33 - 9.81)}} = 2.04 \text{ m}$$

M_{max}

$$P(\bar{z} + z') - \left[\frac{1}{2}\gamma' z'^2 (K_p - K_a)\right]\frac{z'}{3} = (58.32)(2.23 + 2.04)$$

$$-\left[\left(\frac{1}{2}\right)(19.33 - 9.81)(2.04)^2(3.25 - 0.307)\right]\frac{2.04}{3}$$

$$= 209.39 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{all}}$$

$$\frac{M_{max}}{\sigma_{all}} = \frac{209.39 \text{ kN} \cdot \text{m}}{172 \times 10^3 \text{ kN/m}^2} = \mathbf{1.217 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{/m of wall}}$$

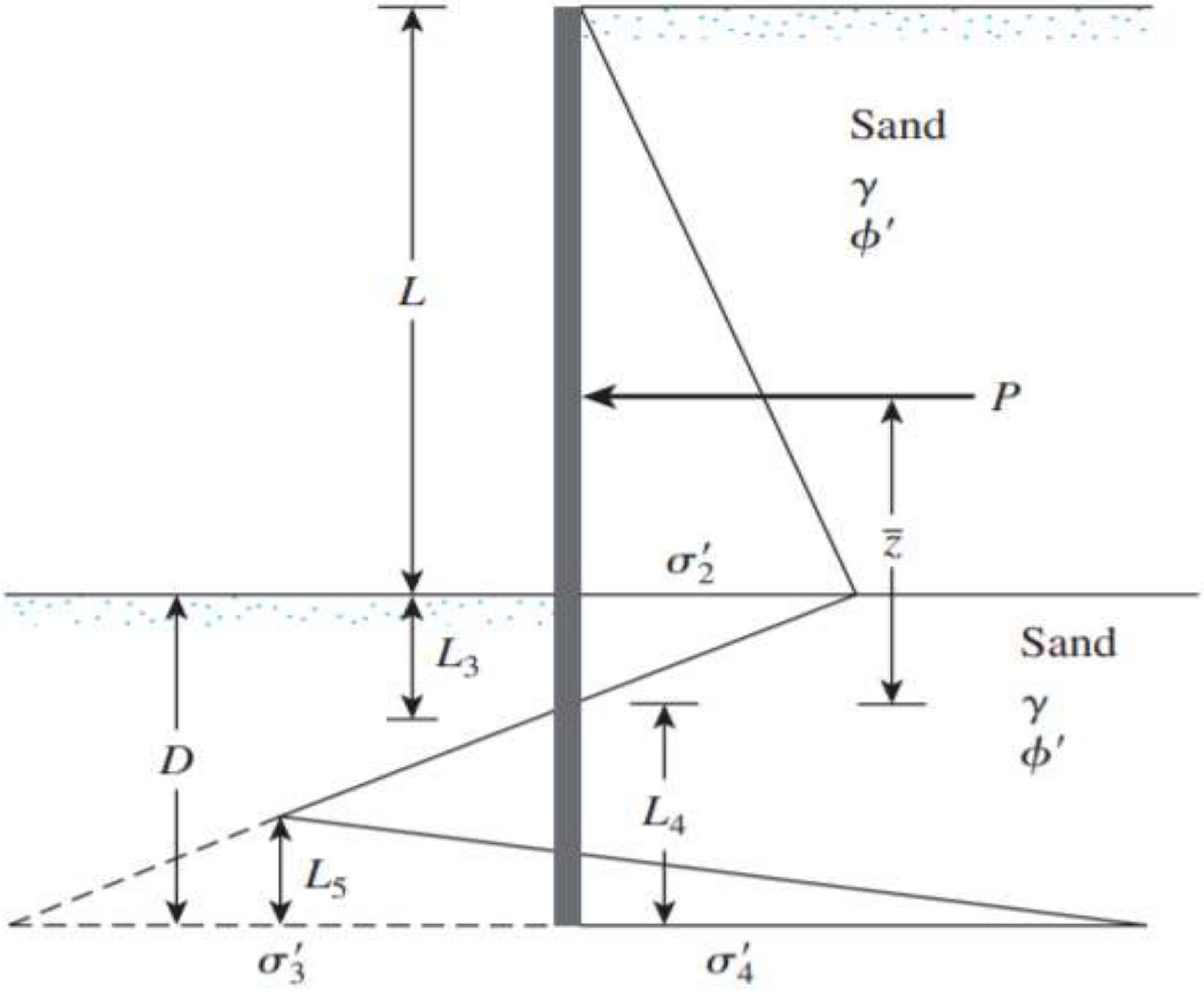
معطى

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑Special Cases for Cantilever Walls Penetrating a Sandy Soil

Sheet-Pile Wall with the <u>Absence of Water Table</u>

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



Sand
γ
ϕ'
L
P
$\bar{z}$
σ'_2
Sand
γ
ϕ'
L_3
D
L_4
L_5
σ'_3
σ'_4

Example 14.2

Redo parts a and b of Example 14.1, assuming the absence of the water table. Use $\gamma = 15.9\ \text{kN/m}^3$ and $\phi' = 32°$. *Note:* $L = 5$ m.

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

K_a = Rankine active pressure coefficient = $\tan^2(45 - \phi'/2)$

K_p = Rankine passive pressure coefficient = $\tan^2(45 + \phi'/2)$.

$$K_a \quad — \quad \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{32}{2}\right) = 0.307$$

$$K_p \quad — \quad \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2\left(45 + \frac{32}{2}\right) = 3.25$$

$$\sigma_2' \ \gamma L K_a = (15.9)(5)(0.307) = 24.41 \text{ kN/m}^2$$

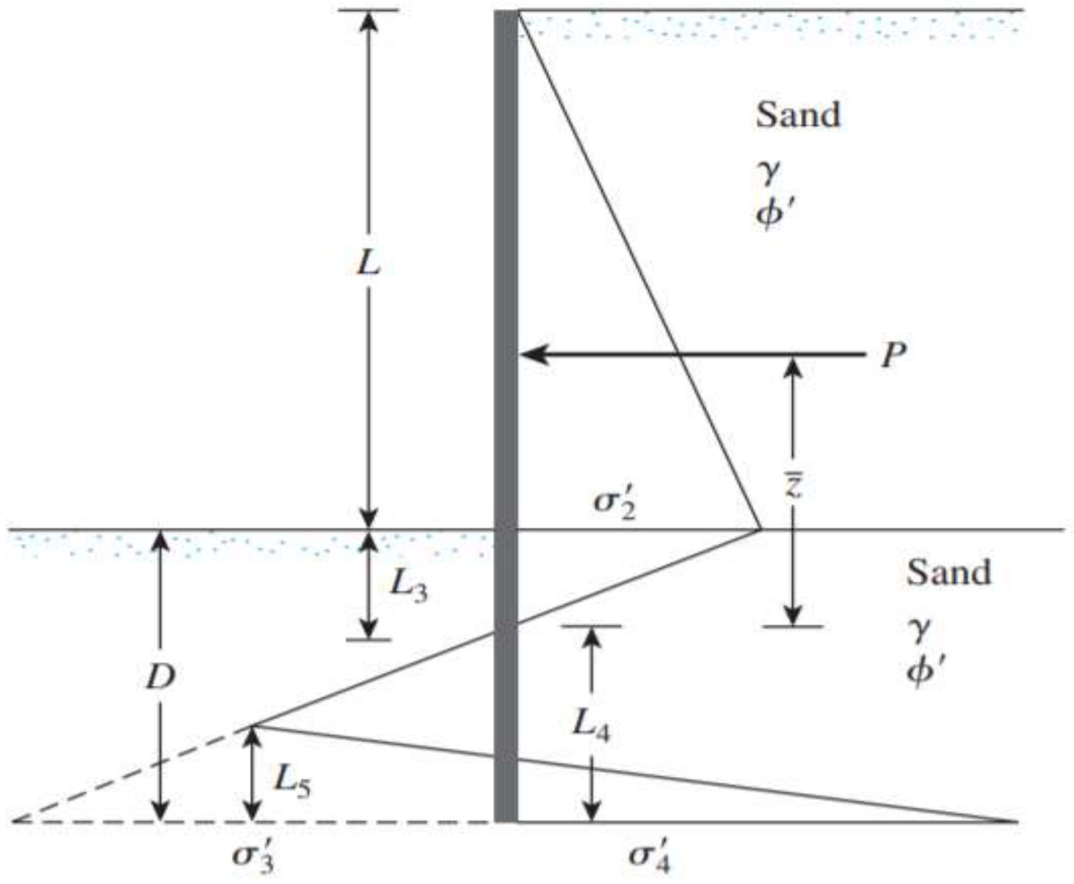
$$L_3 \quad \frac{L K_a}{K_p - K_a} = \frac{(5)(0.307)}{3.25 - 0.307} = 0.521 \text{ m}$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

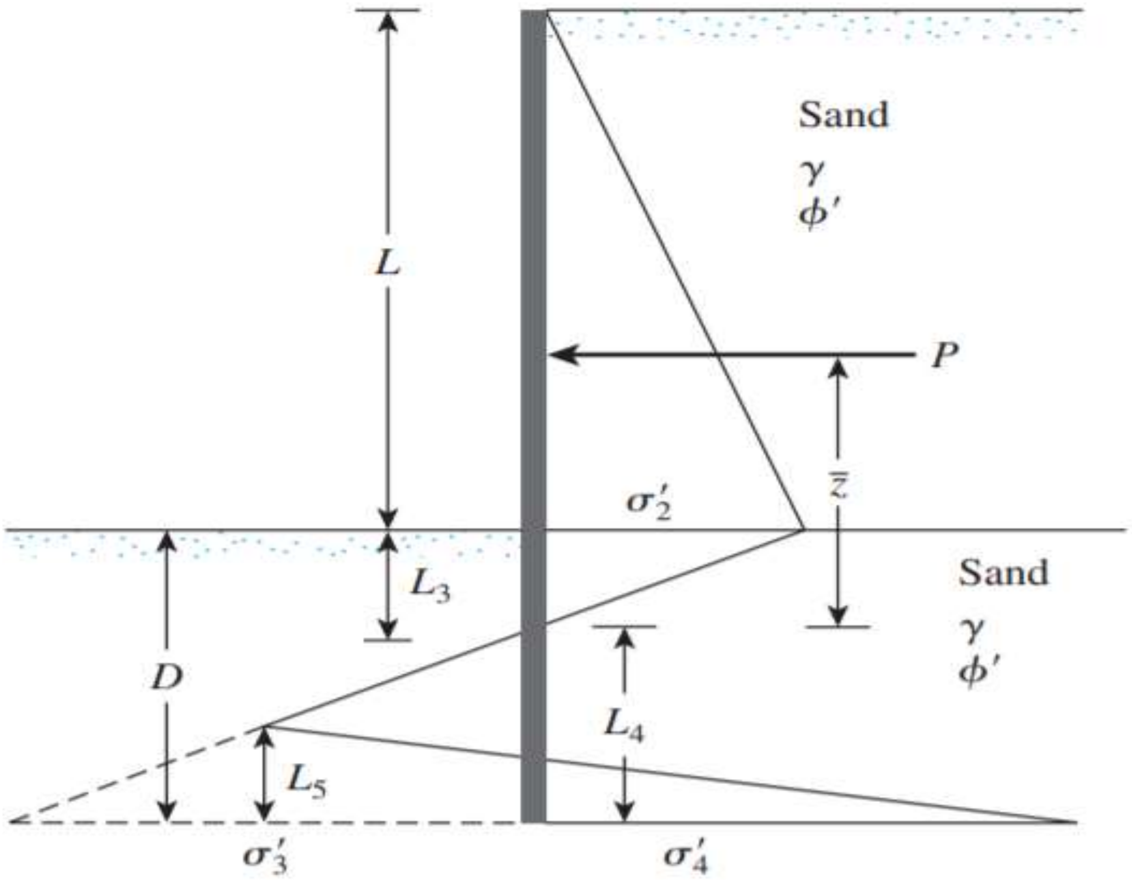
σ'_5

$$\gamma L K_p + \gamma L_3(K_p - K_a) = (15.9)(5)(3.25) + (15.9)(0.521)(3.25 - 0.307)$$
$$= 282.76 \text{ kN/m}^2$$

$$P \quad \frac{1}{2}\sigma_2' L + \frac{1}{2}\sigma_2' L_3 = \frac{1}{2}\sigma_2'(L + L_3) = (\tfrac{1}{2})(24.41)(5 + 0.521) = 67.38 \text{ kN/m}$$



$$\bar{z} \quad \frac{L(2K_a - K_p)}{3(K_p - K_a)} = \frac{5[(2)(0.307) + 3.25]}{3(3.25 - 0.307)} = 2.188 \text{ m}$$



$$A'_1 = \frac{\sigma'_5}{\gamma(K_p - K_a)}$$

$$A'_2 = \frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)}$$

$$A'_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma(K_p - K_a) + \sigma'_5]}{\gamma^2(K_p - K_a)^2}$$

$$A'_4 = \frac{P(6\bar{z}\sigma'_5 + 4P)}{\gamma^2(K_p - K_a)^2}$$

$$A_1' = \frac{\sigma_5'}{\gamma(K_p - K_a)} = \frac{282.76}{(15.9)(3.25 - 0.307)} = 6.04$$

$$A_2' = \frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)} = \frac{(8)(67.38)}{(15.9)(3.25 - 0.307)} = 11.52$$

$$A_3' = \frac{6P[2\bar{z}\gamma(K_p - K_a) + \sigma_5']}{\gamma^2(K_p - K_a)^2}$$

$$= \frac{(6)(67.38)[(2)(2.188)(15.9)(3.25 - 0.307) + 282.76]}{(15.9)^2(3.25 - 0.307)^2} = 90.01$$

$$A_4' = \frac{P(6\bar{z}\sigma_5' + 4P)}{\gamma^2(K_p - K_a)^2}$$

$$= \frac{(67.38)[(6)(2.188)(282.76) + (4)(67.38)]}{(15.9)^2(3.25 - 0.307)^2} = 122.52$$

L_4

$$L_4^4 + A_1'L_4^3 - A_2'L_4^2 - A_3'L_4 - A_4' = 0$$

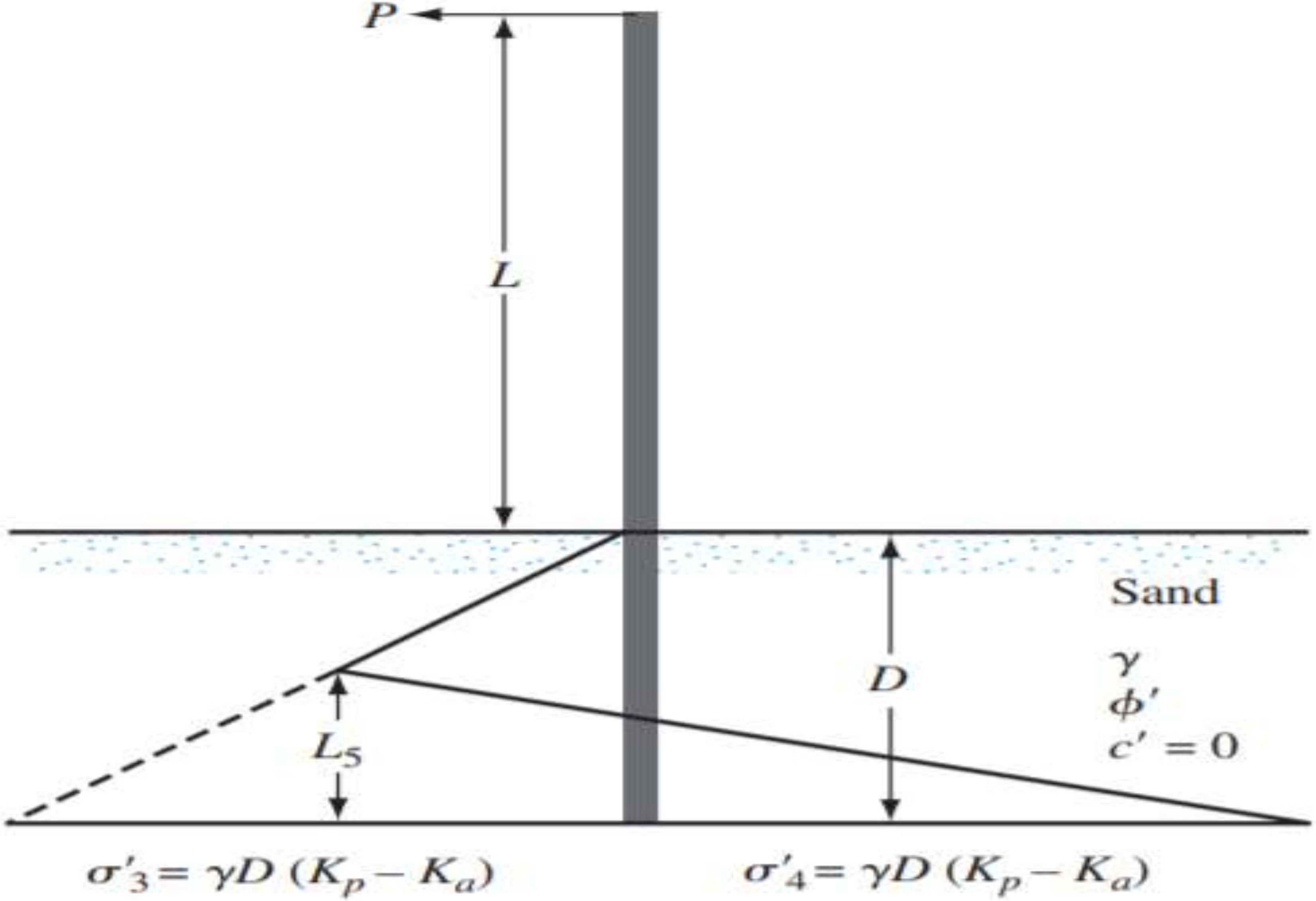
$$L_4^4 + 6.04L_4^3 - 11.52L_4^2 - 90.01L_4 - 122.52 = 0; L_4 \approx 4.1 \text{ m}$$

$$D_{\text{theory}} = L_3 + L_4 = 0.521 + 4.1 \approx \mathbf{4.7\ m}$$

Total length, $L + 1.3(D_{\text{theory}}) = 5 + 1.3(4.7) = \mathbf{11.11\ m}$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑Free Cantilever Sheet Piling



Example 14.3

Refer to Figure 14.12. For $L = 5$ m, $\gamma = 17.3$ kN/m^3, $\phi' = 30°$, and $P = 30$ kN/m, determine:

a. The theoretical depth of penetration, D

b. The maximum moment, M_{max} kN-m/m

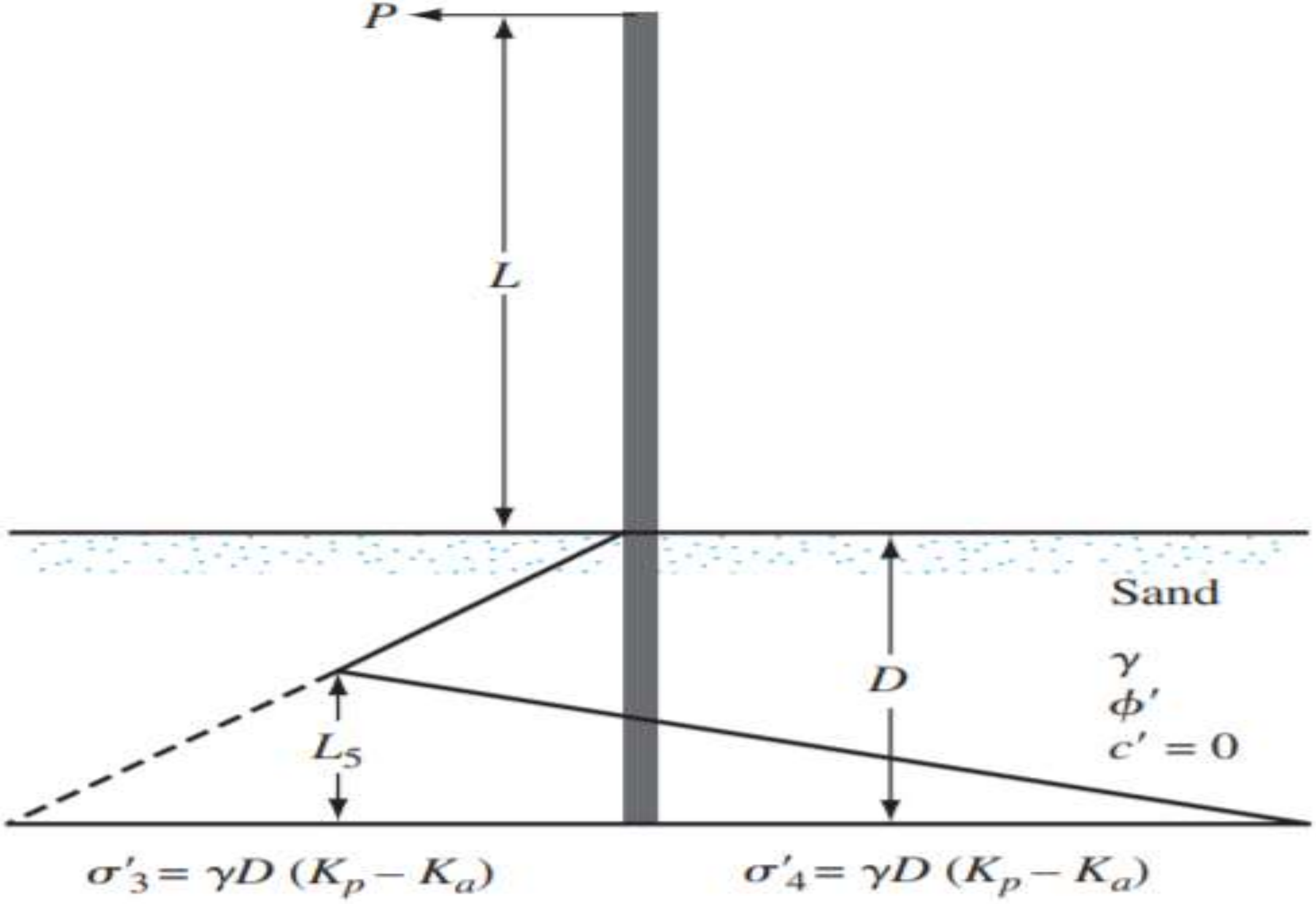
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2\left(45 + \frac{30}{2}\right) = 3$$

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) = \frac{1}{3}$$

$$K_p - K_a = 3 - 0.333 = 2.667$$

Civiltte
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



P
L
Sand
γ
φ′
c′ = 0
D
L5
σ′3 = γD (Kp − Ka)
σ′4 = γD (Kp − Ka)

$$D^4 - \left[\frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)}\right]D^2 - \left[\frac{12PL}{\gamma(K_p - K_a)}\right]D - \left[\frac{2P}{\gamma(K_p - K_a)}\right]^2 = 0$$

Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$D^4 - \left[\frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)}\right]D^2 - \left[\frac{12PL}{\gamma(K_p - K_a)}\right]D - \left[\frac{2P}{\gamma(K_p - K_a)}\right]^2 = 0$$

$$\frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)} = \frac{(8)(30)}{(17.3)(2.667)} = 5.2$$

$$\frac{12PL}{\gamma(K_p - K_a)} = \frac{(12)(30)(5)}{(17.3)(2.667)} = 39.0$$

$$\frac{2P}{\gamma(K_p - K_a)} = \frac{(2)(30)}{(17.3)(2.667)} = 1.3$$

$$D^4 - \left[\frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)}\right]D^2 - \left[\frac{12PL}{\gamma(K_p - K_a)}\right]D - \left[\frac{2P}{\gamma(K_p - K_a)}\right]^2 = 0$$

$$D^4 - 5.2D^2 - 39D - (1.3)^2 = 0$$

From the preceding equation, $D \approx 4$ m

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{\gamma(K_p - K_a)}} = \sqrt{\frac{(2)(30)}{(17.3(2.667)}} = 1.14 \text{ m}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$M_{\max} = P(L + z') - \frac{\gamma z'^3(K_p - K_a)}{6}$$

$$= (30)(5 + 1.14) - \frac{(17.3)(1.14)^3(2.667)}{6}$$

$$= 184.2 - 11.39 \approx \mathbf{173\,kN\text{-}m/m}$$

لو طلب منك حسابها هذا هو القانون

$$L_5 = \frac{\gamma(K_p - K_a)D^2 - 2P}{2D(K_p - K_a)\gamma}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

وكانت أخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين

نسأل الله التوفيق لكم ولنا وأن نراكم في أعلى المناصب والمراتب .

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية