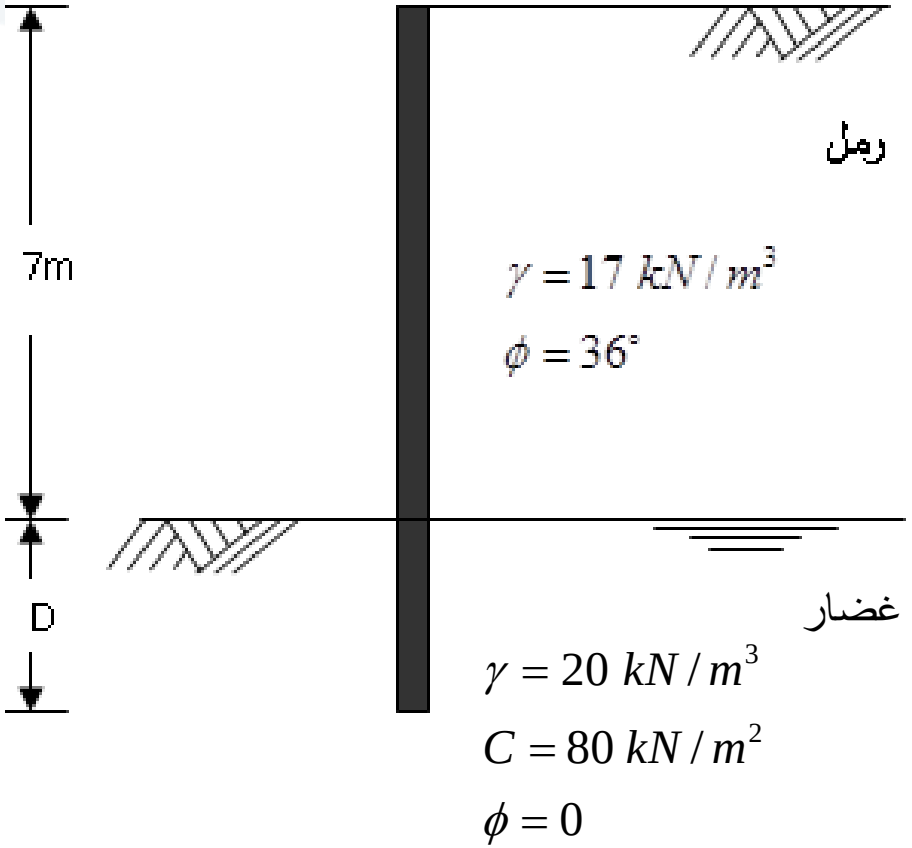
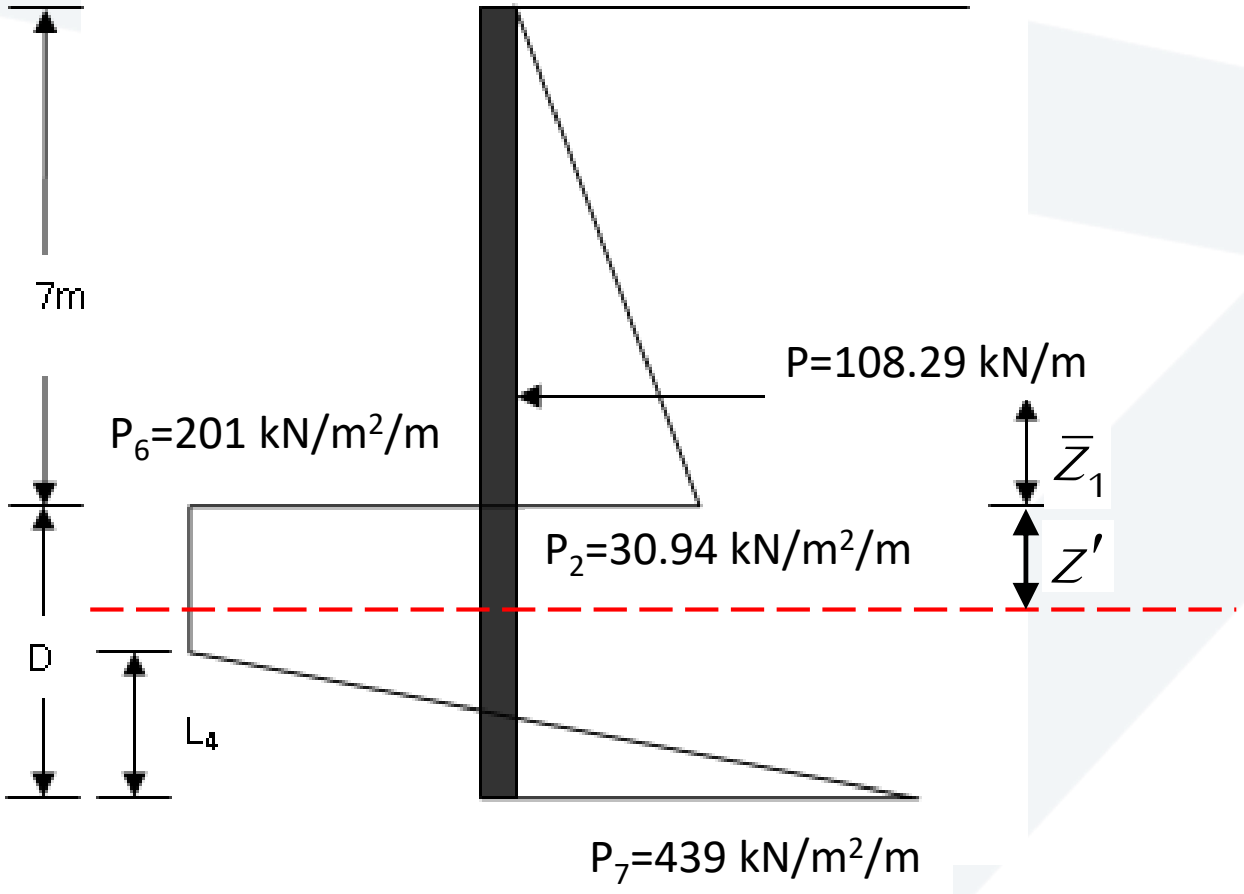
مثال 1:

يطلب حساب عمق الغرز والعزم الأعظمي للصفيحة المبينة بالشكل والمستخدمة لتدعيم حوض التأسيس, علماً بأن:

- عمق حوض التأسيس 7m
- منسوب المياه الجوفية يقع عند منسوب أرضية حوض التأسيس (خط التجريف).



الحل



$$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 - \frac{36}{2})) = 0.26$$

$$P_2 = \gamma . L . K_a = 17 * 7 * 0.26 = 30.94\ kN/m^2$$

$$q = \gamma . L = 17 * 7 = 119\ kN/m^2$$

$$P_6 = 4C - q = 4 * 80 - 119 = 201 kN/m^2$$

$$P_7 = 4C + q = 4 * 80 + 119 = 439\ kN/m^2$$

$$P = P_2 * \frac{L}{2} = 30.94 * \frac{7}{2} = 108.29\ kN/m$$

$$Z = \frac{L}{3} = \frac{7}{3} = 2.33\ m$$

حساب L4

$$P - P_6 . D + (P_6 + P_7)\frac{L_4}{2} = 0 \Rightarrow L_4 = \frac{P_6 . D - P}{4C} = 0.628D - 0.3384$$

حساب عمق الغرز D

$$P(\bar{Z}_1 + D) - P_6\frac{D^2}{2} + (P_6 + P_7)\frac{L_4^2}{6} = 0$$

$$108.29(2.33 + D) - \frac{201}{2}D^2 + \frac{80*8}{6}(0.628D - 0.3384)^2 = 0$$

$$108.29(2.33 + D) - \frac{201}{2}D^2 + 106.67(0.394D^2 - 0.425D + 0.1145) = 0$$

$$252.32 + 108.29D - 100.5D^2 + 42.03D^2 - 45.33D + 12.21 = 0$$

$$-58.47D^2 + 62.96D + 264.53 = 0$$

$$\Rightarrow -58.47D^2 + 62.96D + 264.53 = 0$$

$$\Rightarrow D^2 - 1.08D - 4.524 = 0 \Rightarrow D = 2.73m$$

$$D_{eff} = 1.5D = 4.1m$$

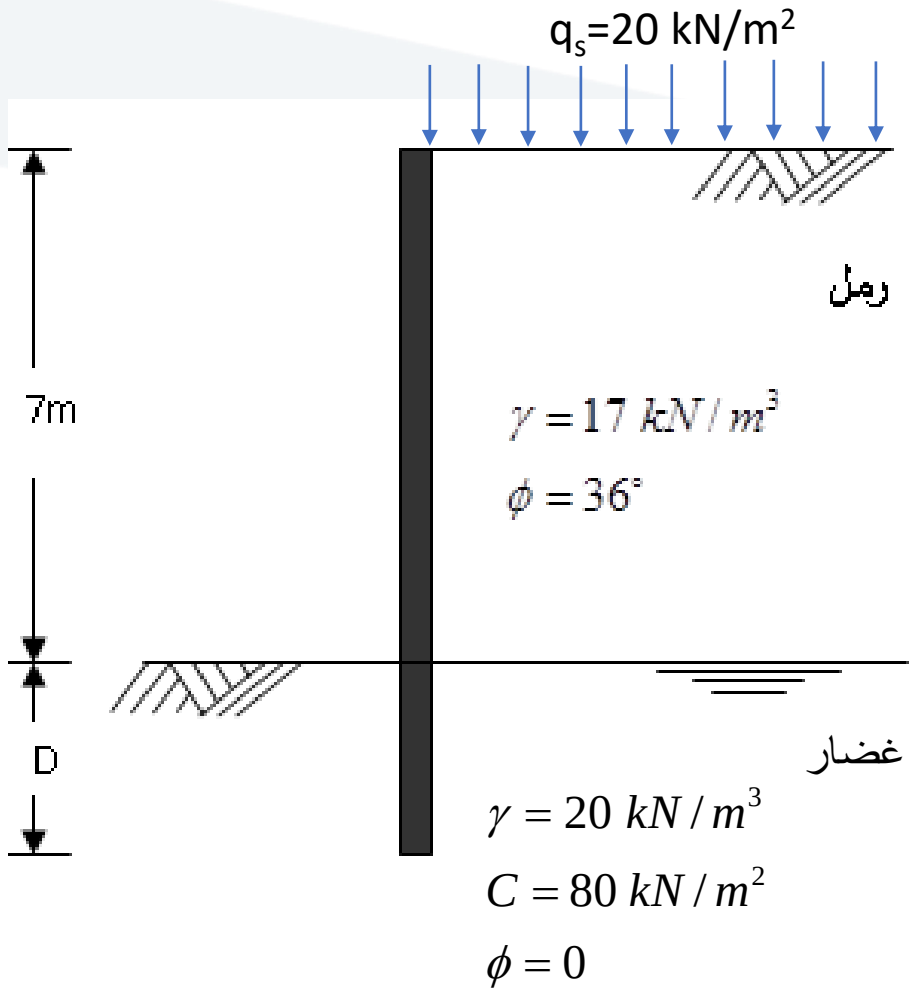
حساب العزم الأعظمي

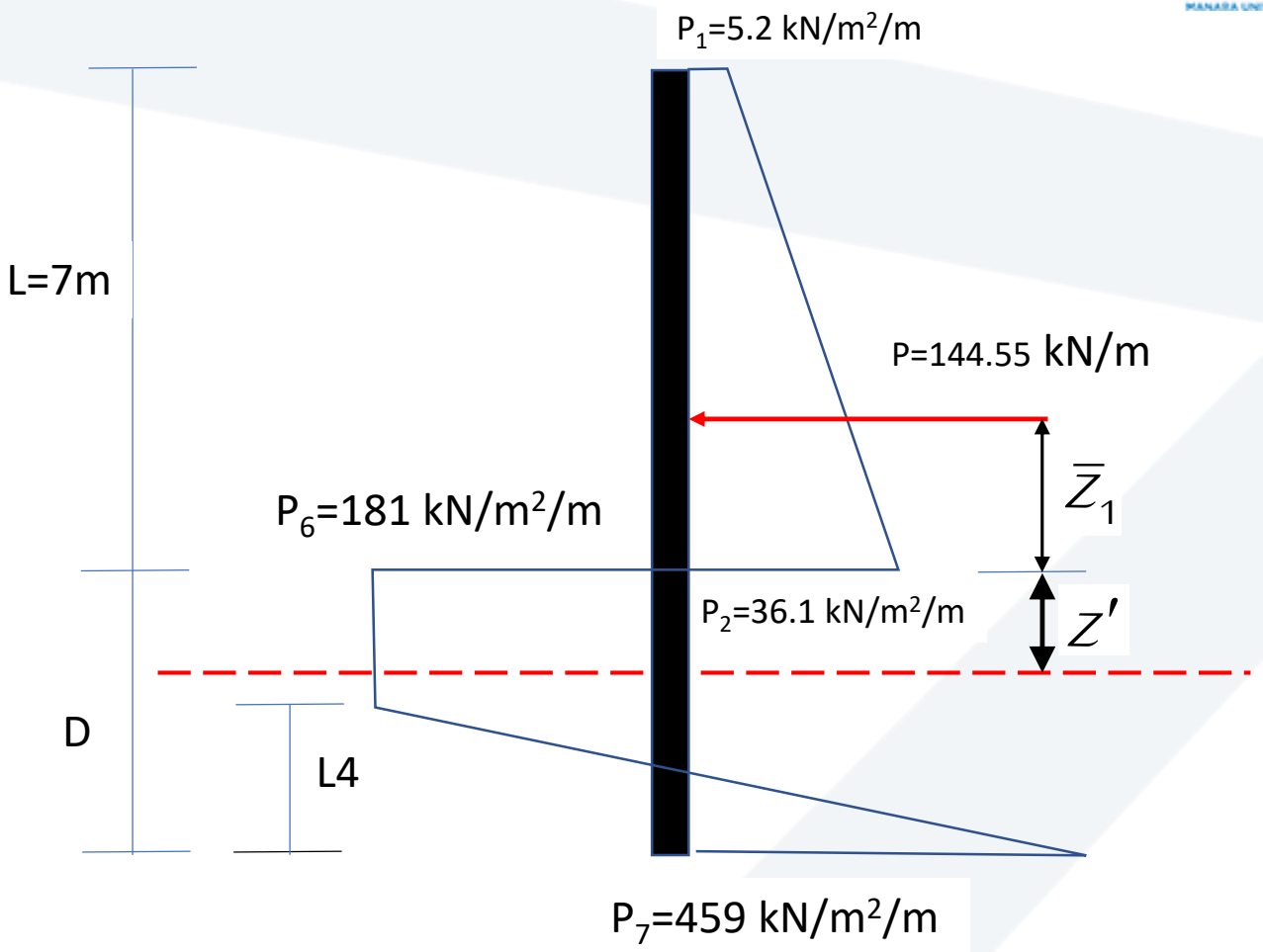
$$Q=0\Rightarrow P-P_6.Z'=0\Rightarrow Z'=\frac{P}{P_6}=\frac{108.29}{201}=0.539m$$

$$M_{max}=P(\overline{Z_1}+Z')-P_6.\frac{Z'^2}{2}=108.29*(2.33+0.539)-201*\frac{0.539^2}{2}=281.5\,kN.m/m$$

مثال 2:

يطلب حساب عمق الغرز والعزم الأعظمي لنفس المثال السابق مع إضافة حمولة خارجية موزعة بانتظام q_s= kN/m^2 شدتها خلف الجدار





$$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 - \frac{36}{2}) = 0.26$$

$$P_1 = q_s . K_a = 5.2\,kN/m^2$$

$$P_2 = (\gamma . L + q_{s*}) . K_a = (17*7+20)*0.26 = 36.1 kN/m^2$$

$$q = \gamma . L + q_s = 17*7 = +20 = 139\,kN/m^2$$

$$P_6 = 4C - q = 4*80 - 139 = 181 kN/m^2$$

$$P_7 = 4C + q = 4*80 + 139 = 459\,kN/m^2$$

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} * L = \frac{5.2 + 36.1}{2} * 7 = 144.55 kN/m$$

$$\bar{Z}_1 = \frac{5.2*7*3.5 + (36.1-5.2)*3.75*7/3}{144.55} = 2.75\,m$$

حساب L4

$$P-P_6.D+(P_6+P_7)\frac{L_4}{2}=0\Rightarrow L_4=\frac{P_6.D-P}{4C}=\frac{181*D-144.55}{320}=0.566D-0.452$$

حساب عمق الغرز D

$$P(\bar{Z}_1+D)-P_6\frac{D^2}{2}+(P_6+P_7)\frac{L_4^2}{6}=0$$

$$144.55(2.75+D)-\frac{181}{2}D^2+\frac{80*8}{6}(0.566D-0.452)^2=0$$

$$144.55(2.75+D)-\frac{181}{2}D^2+106.67(0.32D^2-0.512D+0.204)=0$$

$$397.51+144.55D-90.5D^2+34.13D^2-54.62D+21.76=0$$

$$-56.37D^2+89.93D+419.27=0$$

$$\Rightarrow D^2-1.6D-7.44=0\Rightarrow D=3.64m$$

$$D_{eff}=1.5D=5.5m$$

حساب العزم الأعظمي

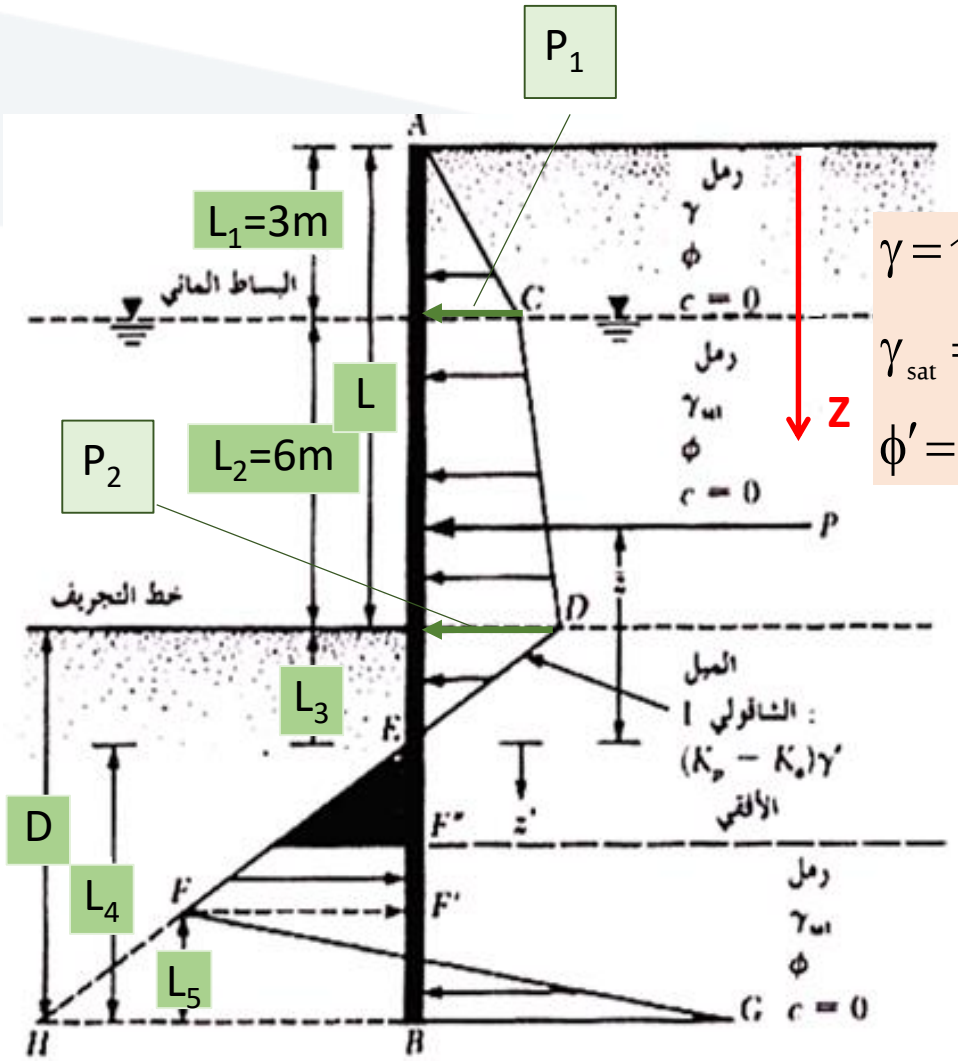
$$Q=0\Rightarrow P-P_6.Z'=0\Rightarrow Z'=\frac{P}{P_6}=\frac{144.55}{1811}=0.8m$$

$$M_{max}=P(\overline{Z_1}+Z')-P_6.\frac{Z'^2}{2}=144.55*(2.75+0.8)-181*\frac{0.8^2}{2}=455.2\,kN.m/m$$

مثال 3

صفيحة مغروزة في الرمل مبينة في الشكل التالي.
يطلب حساب عمق الغرز للصفيحة

الحل



$\gamma = 18.85 kN/m^3$

$\gamma_{sat} = 20.3 kN/m^3$

$\phi' = 40^o$

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{40}{2}) = 0.217$$

$$K_p = \tan^2(45 + \frac{40}{2}) = 4.6$$

$$P_1 = 18.85 * 3 * 0.217 = 12.27 kN/m^2$$

$$P_2 = (118.85 * 3 + 10.3 * 6) * 0.217 = 25.68 kN/m^2$$

$$P_3 = \gamma_{sub}(K_P - K_a)L_4 = 10.3 * (4.6 - 0.217)L_4 = 245.14 L_4$$

$$L_3 = \frac{P_2}{\gamma_{sub}(K_P - K_a)} = \frac{25.68}{10.3 * (4.6 - 0.217)} = 0.569 m$$

$$P_4 = q.K_p + \gamma_{sub}.L_3(K_P - K_a) + P_3$$

$$q = 18.85 * 3 + 10.3 * 6 = 118.35 kN/m^2$$

$$P_4 = 118.35 * 4.6 + 10.3 * .0.569 * (4.6 - 0.217) + 45.14 L_4$$

$$P = 12.27*\frac{3}{2} + 12.27*6 + (25.68-12.27)*3 + 25.686*\frac{0.569}{2} = 18.41 + 73.62 + 40.23 + 7.31 = 139.57 kN/m$$

بعد نقطة تطبيق المحصلة P عن نقطة انعدام الدفع الجانبي

$$\bar{Z} = \frac{7.31*\frac{2}{3}*0.569 + 40.23*(0.569+2) + 73.62*(0.569+3) + 18.41*(0.569+6+1)}{139.57} = 3.64m$$

تحديد عمق الغرز

1- معادلة اسقاط للقوى على المحور الأفقي من أجل تحديد L5 بدلالة L4

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow P - P_3.\frac{L_4}{2} + (P_3 + P_4).\frac{L_5}{2} = 0$$

$$139.57 - 45.14*\frac{L_4^2}{2} + (570.1 + 2*45.14*L_4)*\frac{L_5}{2} = 0$$

$$\Rightarrow L_5 = \frac{22.57*L_4^2 - 139.57}{285.05 + 45.14*L_4}$$

2- معادلة عزم للقوى حول النقطة B

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow P.(\bar{Z} + L_4) - P_3.\frac{L_4^2}{6} + (P_3 + P_4).\frac{L_5^2}{6} = 0$$

$$139.57*(3.64 + L_4) - 45.14*\frac{L_4^3}{6} + (570.1 + 2*45.14*L_4)*\frac{1}{6}*\left(\frac{22.57*L_4^2 - 139.57}{285.05 + 45.14*L_4}\right)^2 = 0$$

$$\Rightarrow L_4$$

مثال 4

صفيحة وتدية مثبتة بشدادة ومغروزة في الرمل كما هو في الشكل التالي.

بفرض أن :

1-الشداد أفقي ويقع على عمق1m من سطح الأرض

2-منسوب المياه يقع على عمق 2m من سطح الأرض

3-عمق خط التجريف عن سطح الأرض = 5m

4-مواصفات الرمل تحت منسوب المياه هي كالتالي :

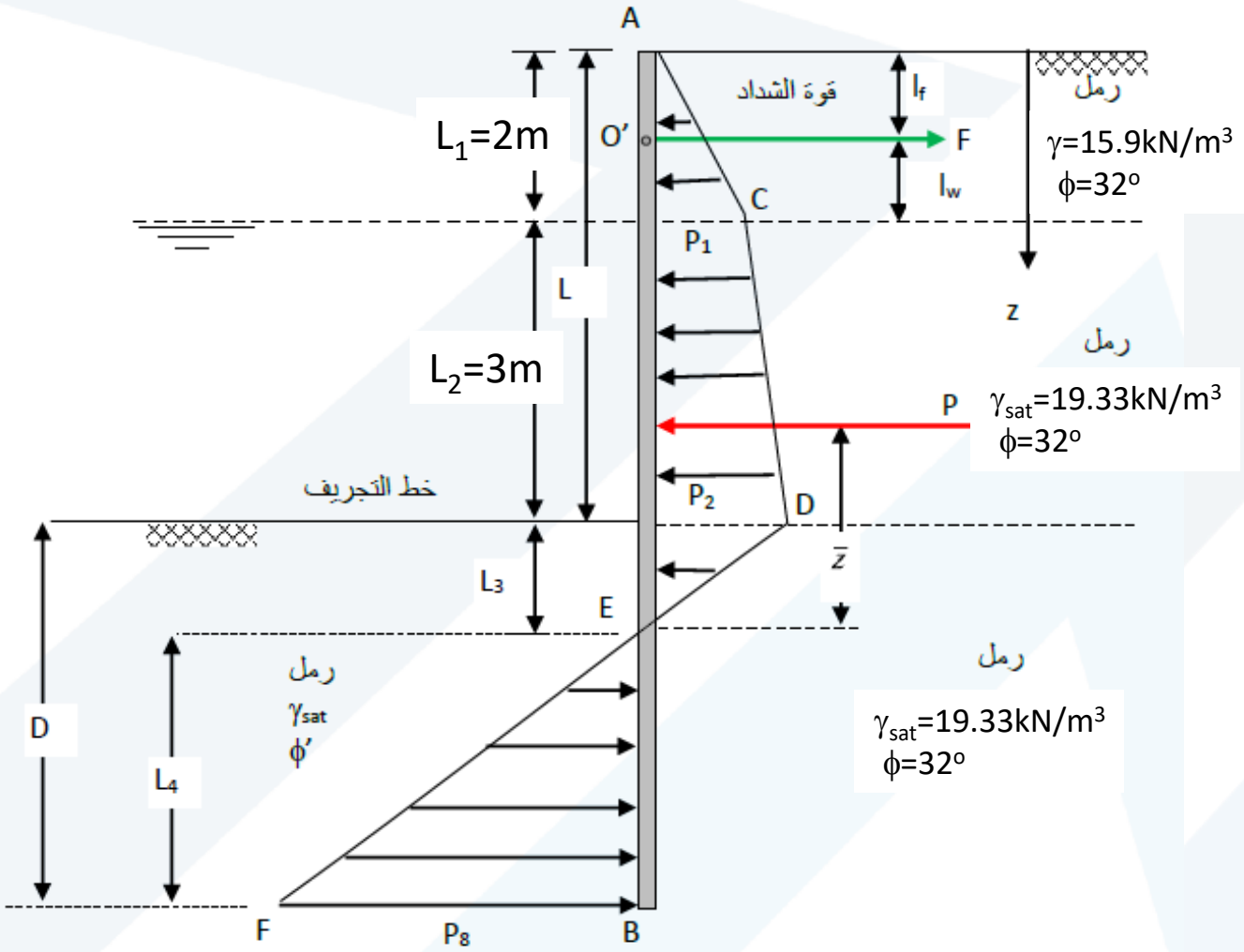
$\gamma_{sat}=19.33kN/m^3$ ،(فوق منسوب المياه) $\gamma=15.9kN/m^3$ ،$\phi'=32^o$

المطلوب :

1- تحديد عمق الغرز للصفيحة

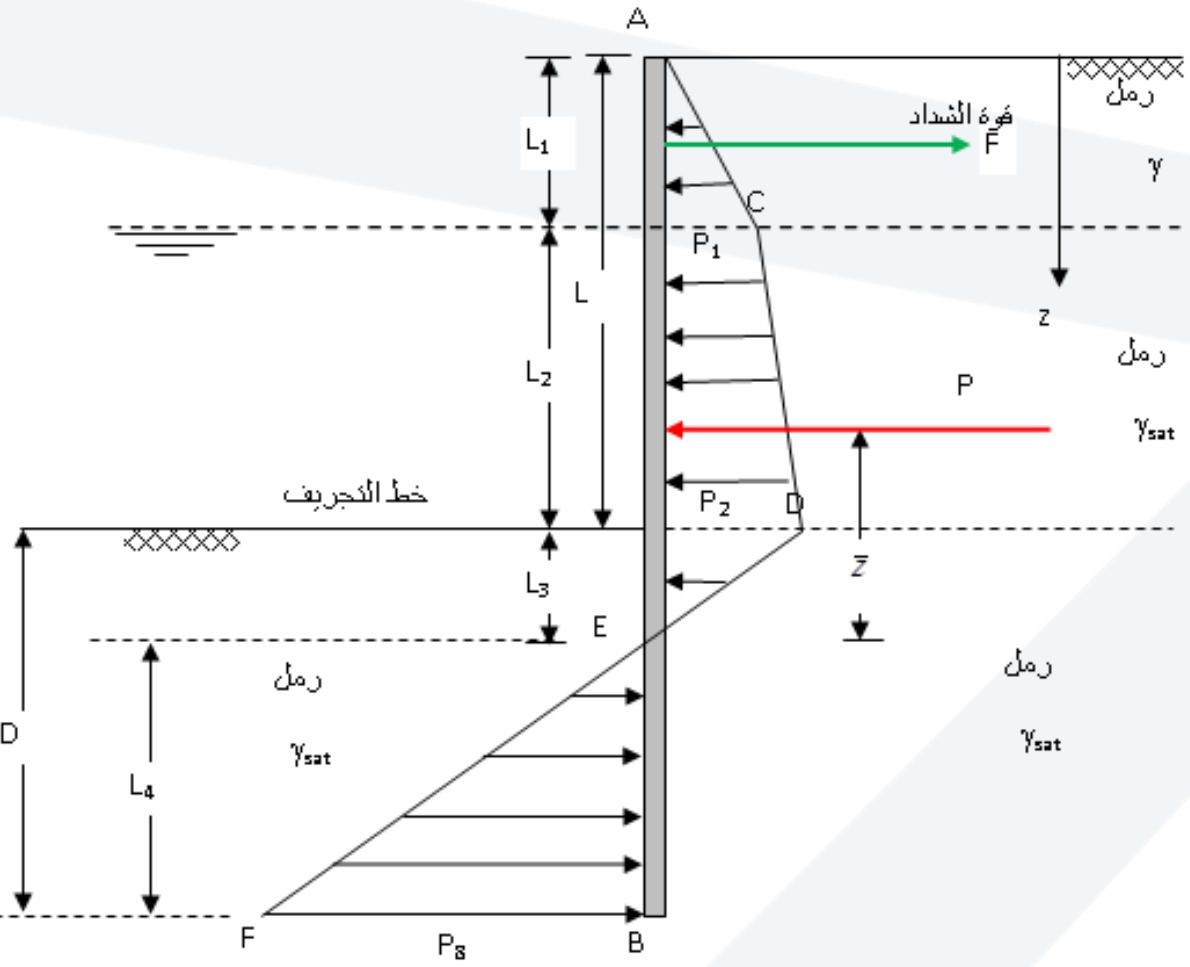
2-تحديد قوة الشداد

3-تحديد العزم الأعظمي



الحل

الطلب الأول : تحديد عمق الغرز



$$K_a = \tan^2(45 - \frac{32}{2}) = 0.307$$

$$K_p = \tan^2(45 + \frac{32}{2}) = 3.25$$

$$P_1 = 15.9 * 2 * 0.307 = 9.76 kN/m^2$$

$$P_2 = (15.9 * 2 + 9.33 * 3) * 0.307 = 18.36 kN/m^2$$

$$P_8 = \gamma_{sub}(K_P - K_a)L_4 = 9.33 * (3.25 - 0.307)L_4 = 27.46 L_4$$

$$L_3 = \frac{P_2}{\gamma_{sub}(K_p - K_a)} = \frac{18.36}{9.33 * (3.25 - 0.307)} = 0.669m$$

$$P = 9.76 * 1 + 9.76 * 3 + (18.36 - 9.76) * \frac{3}{2} + 18.36 * \frac{0.669}{2} = 58.1 kN/m$$

تحديد بعد P عن نقطة انعدام الدفع E

$$\bar{Z}=\frac{9.76*1*(0.669+3+\frac{2}{3})+9.76*3*(0.669+1.5)+(18.36-9.76)*1.5*1.669+18.36*\frac{0.669^2}{3}}{58.1}=2.24m$$

تحديد عمق الغرز

معادلات التوازن

1-معادلة إسقاط القوى الأفقية: $\Sigma F=0$

$$P-\frac{P_8.L_4}{2}-F=0\Rightarrow F=P-\frac{P_8}{2}L_4=58.1-\frac{27.46L_4}{2}*L_4=58.1-13.73L_4^2$$

2-معادلة حول نقطة تثبيت الشداد (O')

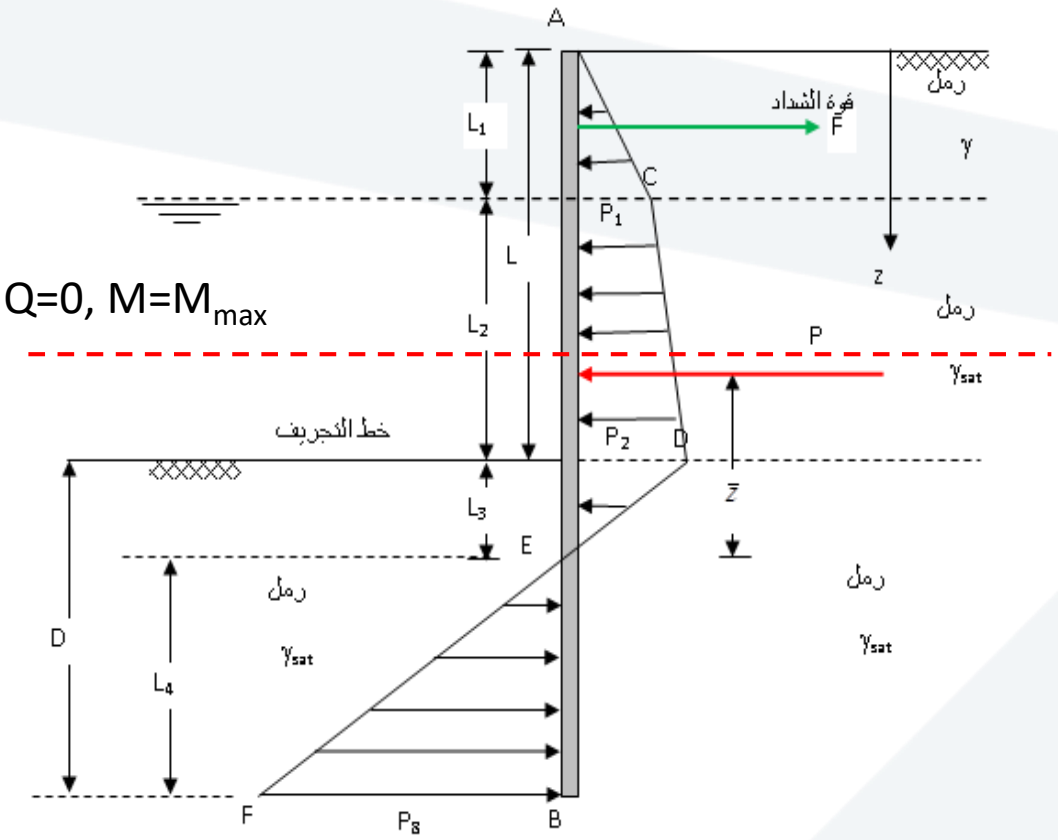
$$58.1*(4+0.669-2.24)-27.46*L_4*\frac{L_4}{2}*(4+0.667+\frac{2L_4}{3})=0$$

$$141.12-64.08L_4^2-9.15L_4^3=0$$

$$L_4^3+7L_4^2-15.42=0\Rightarrow L_4=1.35m$$

$$D_{cr}=L_3+L_4=0.669+1.35=2.02m$$

$$D=1.4D_{cr}=1.4*2.02=2.8m$$



الطلب الثاني : تحديد قوة الشداد

$$F = 58.1 - 13.73L_4^2 = 58.1 - 13.73*(1.35)^2 = 33kN$$

الطلب الثالث : تحديد عزم الانعطاف في الصفيحة

يحدث العزم الأعظمي النظري عند عمق $L_1<Z<L_1+L_2$

$$Q = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}P_1.L_1 - F + P_1(Z - L_1) + \frac{1}{2}.K_a.\gamma_{sub}.(Z - L_1)^2 = 0$$

$$\frac{1}{2}*9.76*2 - 33 + 9.76(Z - 2) + \frac{1}{2}.0.307*9.33*(Z - 2)^2 = 0$$

$$-23.24 + 9.76Z - 19.52 + 1.43*(Z^2 - 4Z + 4) = 0$$

$$-23.24 + 9.76Z - 19.52 + 1.43Z^2 - 5.72Z + 5.72 = 0$$

$$1.43Z^2 + 4.04Z - 37.04 = 0$$

$$Z^2 + 2.83Z - 25.9 = 0 \Rightarrow Z = 3.87m$$

دفع التربة عند العمق Z=3.87m

$$P_Z = \left[\gamma.L_1 + \gamma_{sub}.(Z - L1)\right]K_a = (15.9*2 + 9.33*1.87)*0.307 = 15.12kN/m^2$$

العزم الأعظمي

$$M_{max} = 9.76*\frac{2}{2}*(\frac{2}{3} + 1.87) + 9.76*\frac{(1.87)^2}{2} + (15.12 - 9.76)*\frac{(1.87)^2}{6} = 44.95kN.m/m$$