

دانشگاه مازندران
دانشکده فنی و مهندسی - گروه عمران - گرایش مکانیک
خاک و پی

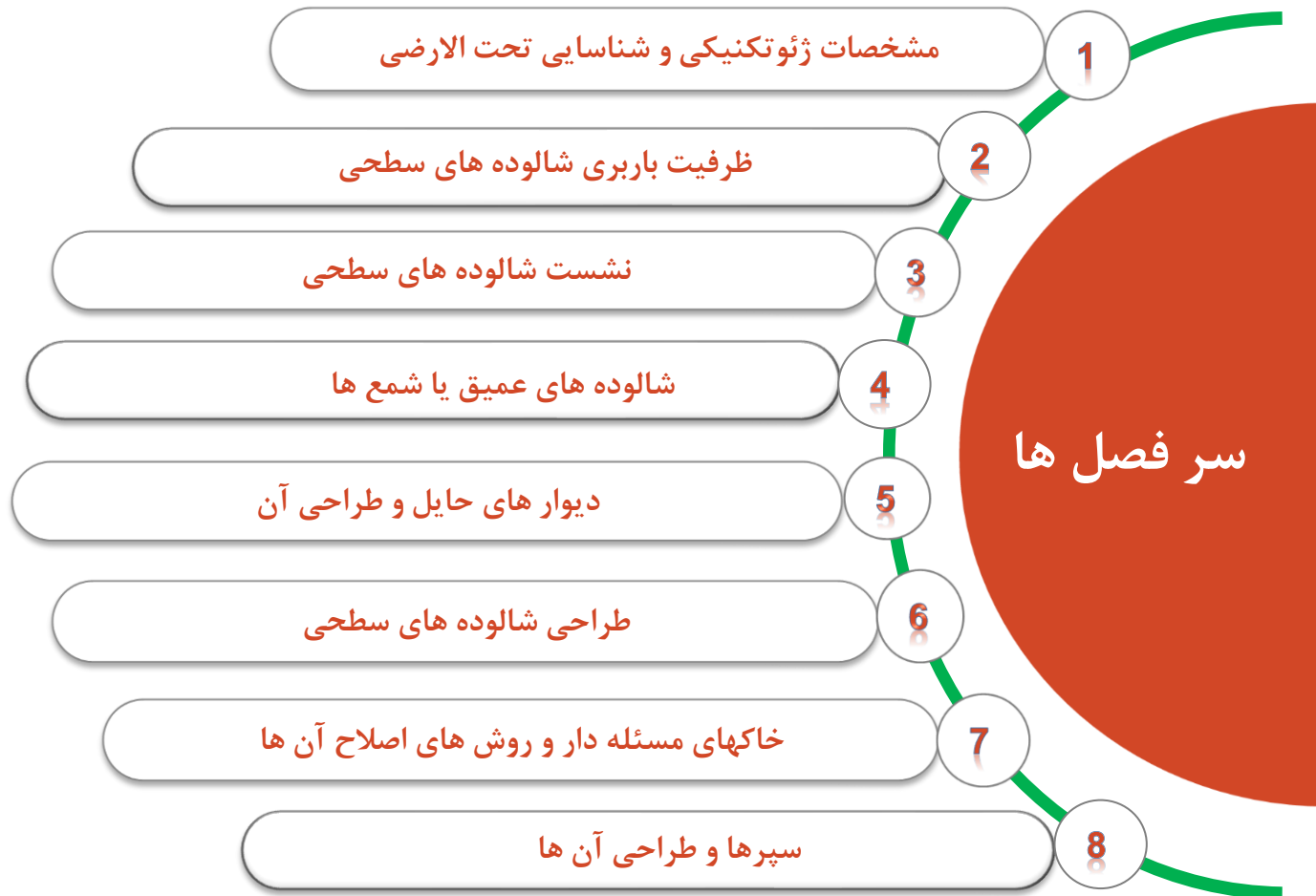
موضوع درس:

مهندسی پی (Foundation Engineering)

مدرس: علی عسگری (Ali Asgari)

نیمسال اول تحصیلی ۹۵-۹۶

مهندسی پی (Foundation Engineering)



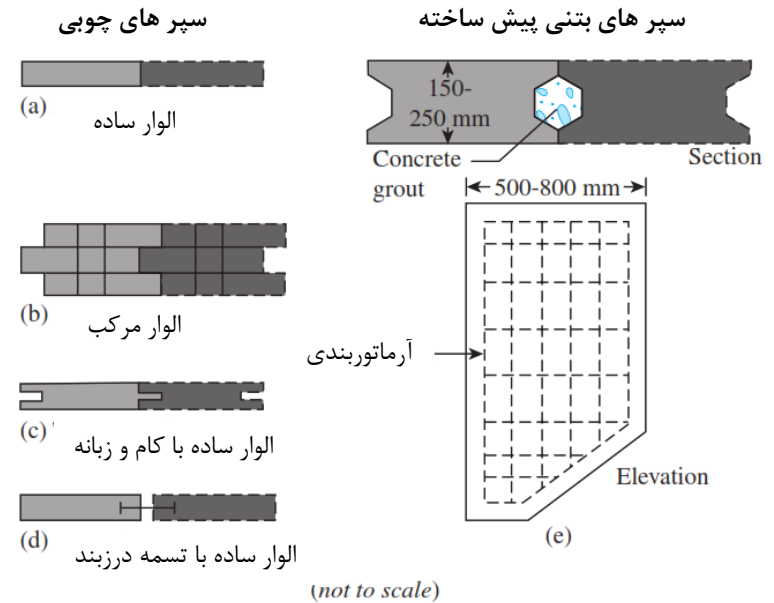
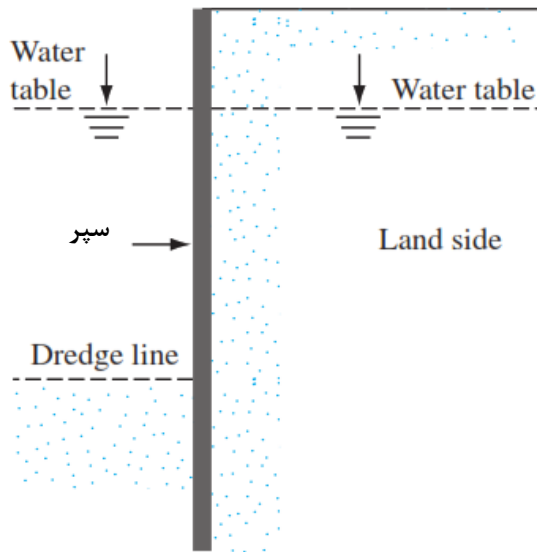
سپرها و طراحی آن ها

انواع سپرها از نظر مصالح:

- ۱- چوبی (معمولا موقتی هستند)،
- ۲- بتنی پیش ساخته،
- ۳- فولادی،
- ۴- آلومینیومی

• نمونه هایی از سپرهای بتنی و چوبی:

• نمونه ای از سپر در سواحل:

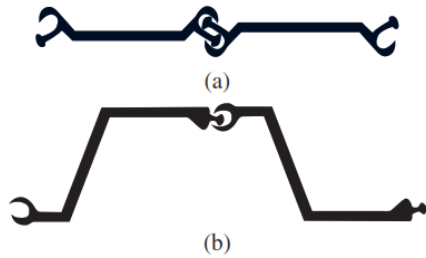


نمونه هایی از سپر های بتنی و چوبی

سپرها و طراحی آن ها

مقدمه

انواع اتصالات سپرهای فولادی:



اتصال سپرهای فولادی در لبه ها
(a) کام و زبانه انگشتی
(b) کام و زبانه توپی



سپر های فولادی برای کار ساختمانی



یک محفظه از سپر برای عملیات حفاری

سپرها و طراحی آن ها

مشخصات برخی از سپرهای فلزی:

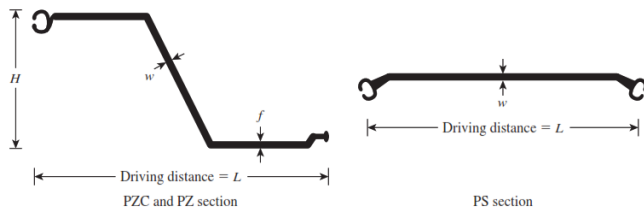
Table 14.1 Properties of Some Commercially Available Sheet-Pile Sections (Based on Hammer and Steel, Inc., Hazelwood, Missouri, USA)

| Section designation | H mm (in.) | L mm (in.) | f mm (in.) | w mm (in.) | Section modulus m ³ /m of wall (in. ³ /ft of wall) | Moment of inertia m ⁴ /m of wall (in. ⁴ /ft of wall) |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|--|
| PZC-12 | 318.0 (12.52) | 708.2 (27.88) | 8.51 (0.335) | 8.51 (0.335) | 120.42 × 10 ⁻⁵ (22.4) | 192.06 × 10 ⁻⁶ (140.6) |
| PZC-13 | 319.0 (12.56) | 708.2 (27.88) | 9.53 (0.375) | 9.53 (0.375) | 130.1 × 10 ⁻⁵ (24.2) | 207.63 × 10 ⁻⁶ (152.0) |
| PZC-14 | 320.0 (12.6) | 708.2 (27.88) | 10.67 (0.420) | 10.67 (0.420) | 139.78 × 10 ⁻⁵ (26.0) | 225.12 × 10 ⁻⁶ (164.8) |
| PZC-17 | 386.3 (15.21) | 635.0 (25.00) | 8.51 (0.335) | 8.51 (0.335) | 166.67 × 10 ⁻⁵ (31.0) | 322.38 × 10 ⁻⁶ (236.6) |
| PZC-18 | 387.4 (15.25) | 635.0 (25.00) | 9.53 (0.375) | 9.53 (0.375) | 180.1 × 10 ⁻⁵ (33.5) | 349.01 × 10 ⁻⁶ (255.5) |
| PZC-19 | 388.6 (15.30) | 635.0 (25.00) | 10.67 (0.420) | 10.67 (0.420) | 194.07 × 10 ⁻⁵ (36.1) | 377.97 × 10 ⁻⁶ (276.7) |
| PZC-26 | 449.6 (17.70) | 708.2 (27.88) | 15.24 (0.60) | 13.34 (0.525) | 260.2 × 10 ⁻⁵ (48.4) | 584.78 × 10 ⁻⁶ (428.1) |
| PZ-22 | 235.0 (9.25) | 558.8 (22.00) | 9.53 (0.375) | 9.53 (0.375) | 98.92 × 10 ⁻⁵ (18.4) | 116.2 × 10 ⁻⁶ (85.1) |
| PZ-27 | 307.3 (12.1) | 457.2 (18.00) | 9.53 (0.375) | 9.53 (0.375) | 166.66 × 10 ⁻⁵ (31.00) | 255.9 × 10 ⁻⁶ (187.3) |
| PZ-35 | 383.5 (15.1) | 575.1 (22.64) | 15.37 (0.605) | 12.7 (0.5) | 262.9 × 10 ⁻⁵ (48.9) | 504.6 × 10 ⁻⁶ (369.4) |
| PZ-40 | 416.6 (16.4) | 499.1 (19.69) | 15.24 (0.6) | 12.7 (0.5) | 329.5 × 10 ⁻⁵ (61.3) | 686.7 × 10 ⁻⁶ (502.7) |
| PS-27.5 | — | 500 (19.69) | — | 10.16 (0.4) | 10.21 × 10 ⁻⁵ (1.9) | 4.1 × 10 ⁻⁶ (3.0) |
| PS-31 | — | 500 (19.69) | — | 12.7 (0.5) | 10.21 × 10 ⁻⁵ (1.9) | 4.1 × 10 ⁻⁶ (3.0) |

نوع فولاد و تنش مجاز آن:

Hammer & Steel, Inc. of Hazelwood, Missouri.

| Type of steel | Allowable stress | |
|---------------|-----------------------|------------------------------|
| ASTM A-328 | 170 MN/m ² | (25,000 lb/in ²) |
| ASTM A-572 | 210 MN/m ² | (30,000 lb/in ²) |
| ASTM A-690 | 210 MN/m ² | (30,000 lb/in ²) |



سپرها و طراحی آن ها

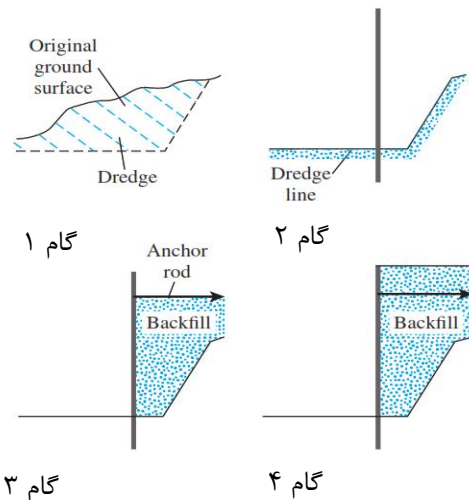
مقدمه

روش اجرا سپرها:

روش اجرا به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند:

۱- دیوار خاکریزی شده (Backfilled structure)

۲- دیوار لایروبی شده (Dredged structure)



مراحل اجرای دیوار خاکریزی شده به قرار زیر است:

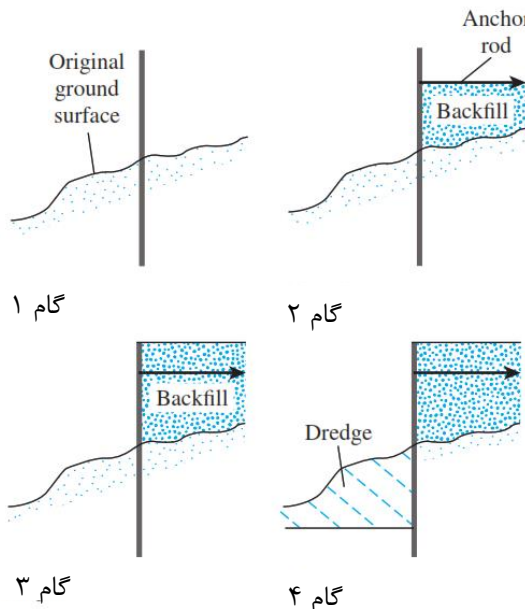
گام ۱: لایروبی خاک موجود در جلو و پشت دیوار های پیشنهادی

گام ۲: کوبیدن سپرها

گام ۳: خاکریزی تا تراز مهار دیوار و نصب سیستم مهار

گام ۴: تکمیل خاکریزی تا بالای دیوار

(برای سپر های طره ای فقط گام ۱ و ۲ و ۴ مورد استفاده قرار می گیرند.)



مراحل اجرای دیوار لایروبی شده به قرار زیر است:

گام ۱: کوبیدن سپرها

گام ۲: خاکریزی تا تراز مهار و نصب سیستم مهار

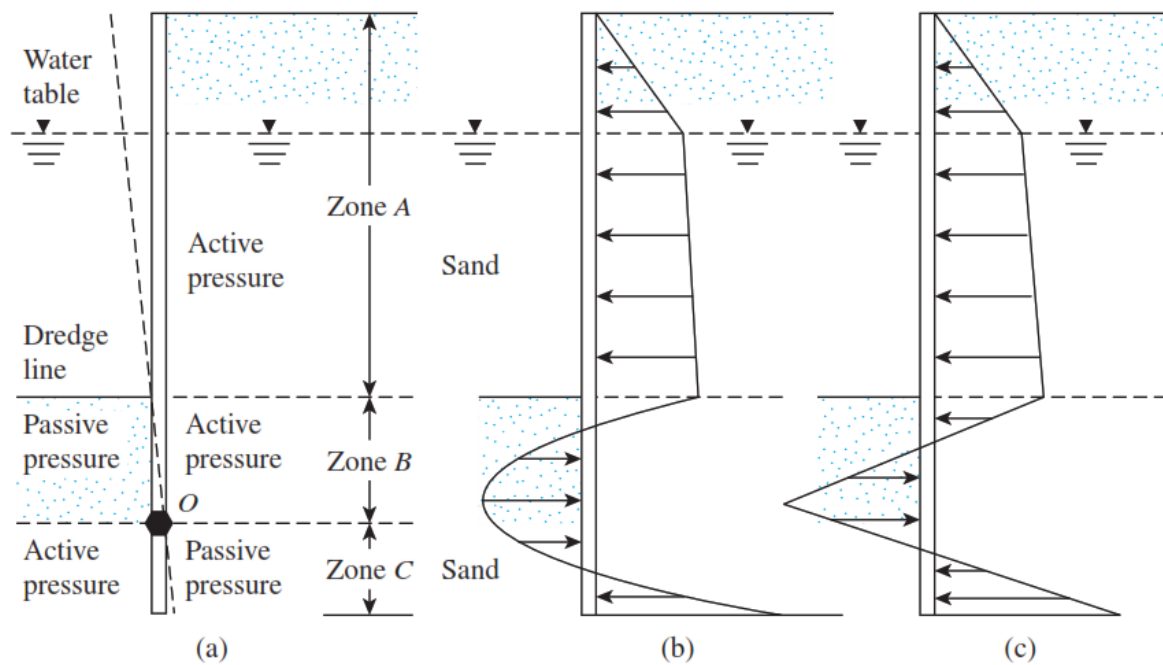
گام ۳: خاکریزی تا بالای دیوار

گام ۴: لایروبی جلوی دیوار

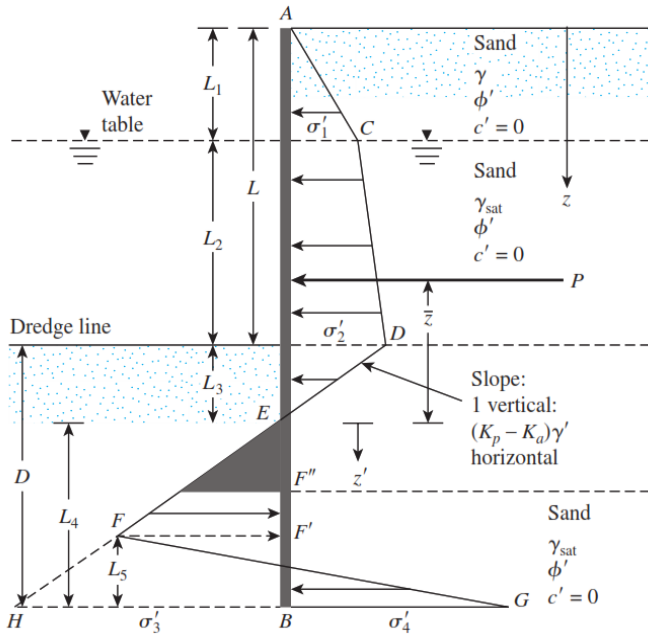
(برای دیوار طره ای گام ۲ لازم نیست.)

سپرها و طراحی آن ها

سپرهای طره ای: معمولا دارای ارتفاع ۶ متر یا کمتر از سطح لایروبی اجرا می شود.



سپرها و طراحی آن ها



شدت فشار محرک در عمق $z = l_1$

$$\sigma'_1 = \gamma L_1 K_a \quad (6-1)$$

طراحی سپرهای طره ای در خاک های ماسه ای:

$$K_a := \tan^2(45 - \phi'/2) \quad K_p = \tan^2(45 + \phi'/2). \quad \gamma = \text{وزن مخصوص خاک واقع در بالای سفره آب}$$

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a \quad (6-2) \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad z = l_1 + l_2 \text{ شدت فشار محرک در عمق}$$

$$\sigma'_a = [\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma'(Z - L_1 - L_2)] K_a \quad (6-3) \quad \text{فشار محرک در عمق } z$$

$$\sigma'_p = \gamma'(Z - L_1 - L_2) K_p \quad (6-4) \quad \text{فشار مقاوم در عمق } z = l_1 + l_2$$

$$\sigma' = \sigma'_a - \sigma'_p = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a - \gamma'(Z - L_1 - L_2)(K_p - K_a) = \sigma'_2 - \gamma'(Z - L)(K_p - K_a) \quad (6-5)$$

فشار جانبی خالص

عمق L_3 که در آن فشار خالص برابر صفر می شود برابر است با:

$$\sigma'_2 - \gamma'(Z - L)(K_p - K_a) = 0 \quad (Z - L) = L_3 = \frac{\sigma'_2}{\gamma'(K_p - K_a)} \quad (6-6)$$

$$\overline{HB} = \sigma'_3 = L_4(K_p - K_a)\gamma' \quad (6-7)$$

$$\sigma'_p = (\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma' D) K_p \quad (6-8)$$

$$\sigma'_a = \gamma' D K_a \quad (6-9)$$

$$\sigma'_p - \sigma'_a = \sigma'_4 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' D (K_p - K_a) = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' L_3 (K_p - K_a) + \gamma' L_4 (K_p - K_a) = \sigma'_5 + \gamma' L_4 (K_p - K_a) \quad (6-10)$$

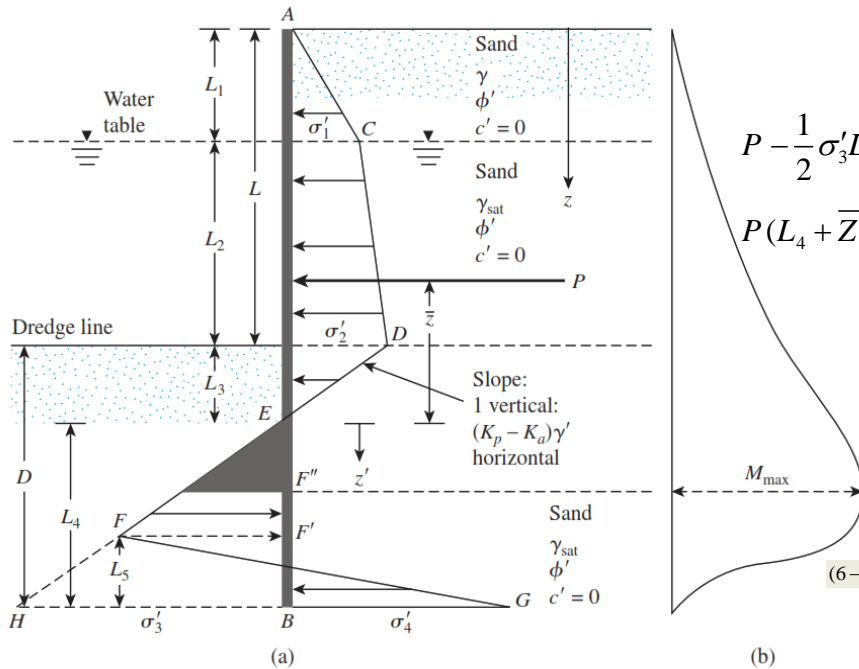
$$\text{where } \rightarrow \sigma'_5 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' L_3 (K_p - K_a) \Rightarrow D = L_3 + L_4 \quad (6-12)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum (\text{نیرو های افقی واحد طول دیوار}) &= 0 \\ \sum (\text{لنگر های وارد به واحد طول دیوار نقطه ی B}) &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ برای پایداری دیوار، می توان معادلات تعادل ایستایی را نوشت:}$$

• مساحت FHBG + مساحت EFHB - مساحت نمودار فشار ACDE

سپرها و طراحی آن ها

طراحی سپرهای طره ای در خاک های ماسه ای:



$$P - \frac{1}{2} \sigma'_3 L_4 + \frac{1}{2} L_5 (\sigma'_3 + \sigma'_4) = 0 \quad (6-13)$$

نیرو های افقی برای واحد طول دیوار

$$P(L_4 + \bar{Z}) - \left(\frac{1}{2} \sigma'_3 L_4\right) \left(\frac{L_4}{3}\right) + \frac{1}{2} L_5 (\sigma'_3 + \sigma'_4) \left(\frac{L_5}{3}\right) = 0 \quad (6-14)$$

لنگر های وارد به واحد طول دیوار نقطه ی B

$$L_5 = \frac{\sigma'_3 L_4 - 2P}{\sigma'_3 + \sigma'_4} \quad (6-15)$$

$$L_4^4 + A_1 L_4^3 - A_2 L_4^2 - A_3 L_4 - A_4 = 0 \quad (6-16) \quad A_1 = \frac{\sigma'_5}{\gamma'(K_p - K_a)} \quad (6-17)$$

$$A_2 = \frac{8P}{\gamma'(K_p - K_a)} \quad A_3 = \frac{6P[2\bar{Z}\gamma'(K_p - K_a) + 5\sigma'_5]}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2} \quad (6-19) \quad A_4 = \frac{P(6\bar{Z}\sigma'_5 + 4P)}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2} \quad (6-20)$$

روش گام به گام تعیین نمودار فشار برای سپر قائم در خاک دانه ای:

- گام ۱: مقادیر K_p و K_a را محاسبه کنید.
- گام ۲: از رابطه ی (۶-۱) مقدار δ'_1 و δ'_2 را از رابطه ی (۶-۲) به دست آورید.
- گام ۳: از رابطه ی (۶-۴) مقدار L_3 را به دست آورید.
- گام ۴: P را محاسبه نمایید. (P مساحت زیر نمودار فشار ACDE)
- گام ۵: با لنگرگیری حول نقطه ی E، مقدار \bar{Z} یعنی مرکز فشار سطح ACDE را محاسبه نمایید.
- گام ۶: از رابطه ی (۶-۱۱) مقدار δ'_5 را محاسبه کنید.
- گام ۷: مقادیر روابط (۶-۱۷) تا (۶-۲۰) را بدست آورید.
- گام ۸: با استفاده از روش صحیح و خطا از رابطه (۶-۱۶) مقدار L_4 را بدست آورید.
- گام ۹: با استفاده از رابطه ی (۶-۱۰)، δ'_p را محاسبه کنید.
- گام ۱۰: با استفاده از رابطه ی (۶-۷)، مقدار δ'_3 را به دست آورید.

$$K_{p(\text{design})} = \frac{K_p}{F.S} \quad F.S = 1.5 \text{ to } 2$$

در این حالت در گام های ۱ تا ۱۲ از $K_{p(\text{design})}$ استفاده می شود.

سپرها و طراحی آن ها

طراحی سپرهای طره ای در خاک های ماسه ای:

$$M_{\max} = P(\bar{Z} + Z') - \left[\frac{1}{2}(Z')^2(K_p - K_a)\gamma' \right] \left(\frac{1}{3} \right) Z' \quad Z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}} \quad P = \frac{1}{2}(Z')^2(K_p - K_a)\gamma' \quad (6-21) \quad (6-22) \quad (6-23)$$

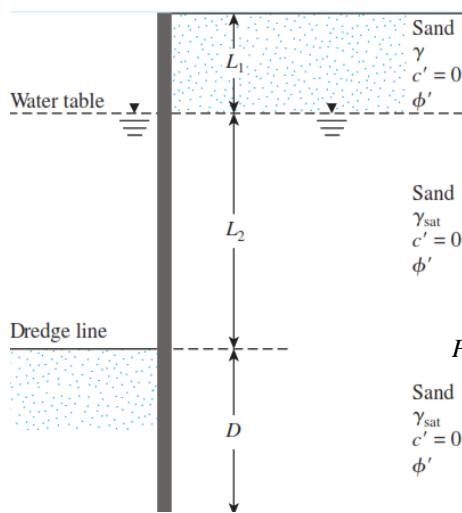
محاسبه لنگر خمشی حداکثر:

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{all}} \quad S = \text{اساس مقطع لازم برای سپر در واحد طول} \quad \delta_{all} = \text{تنش مجاز خمشی سپر} \quad (6-24)$$

مثال ۱: مطابق شکل زیر یک سپر طره ای در خاک دانه ای کوبیده شده است. داریم $L_1 = 2m, L_2 = 3m$

همچنین مشخصات خاک دانه ای به قرار زیر است. $\phi = 32^\circ, c = 0, \gamma = 15.9 kN / m^3, \gamma_{sat} = 19.33 kN / m^3$

با انجام محاسبات لازم، عمق نفوذ تئوریک و عملی این سپر را تعیین نمایید. همچنین حداقل اساس مقطع سپر را نیز به دست آورید.



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

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

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a = [(15.9)(2) + (19.33 - 9.81)(3)](0.307) = 18.53 kN / m^2$$

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

$$L_3 = \frac{\sigma'_2}{\gamma'(K_p - K_a)} = \frac{18.53}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)} = 0.66m$$

$$P = \frac{1}{2} \sigma'_1 L_1 + \sigma'_1 L_2 + \frac{1}{2} (\sigma'_2 - \sigma'_1) L_2 + \frac{1}{2} \sigma'_2 L_3 = \frac{1}{2} 9.7763 * 2 + 9.763 * 3 + \frac{1}{2} (18.53 - 9.763) * 3 + \frac{1}{2} 18.53 * 0.66 = 58.32 kN / m$$

$$\bar{z} = \frac{\sum M_E}{P} = \frac{1}{58.32} [9.763(0.66 + 3 + 2/3) + 29.289(0.66 + 3/2) + 13.151(0.66 + 3/3) + 6.115(0.66 * 2/3)] = 2.23m$$

سپرها و طراحی آن ها

طراحی سپرهای طره ای در خاک های ماسه ای:

مثال ۱: مطابق شکل زیر یک سپر طره ای در خاک دانه ای کوبیده شده است. داریم

همچنین مشخصات خاک دانه ای به قرار زیر است. $L_1 = 2m, L_2 = 3$

با انجام محاسبات لازم، عمق نفوذ تئوریک و عملی این سپر را تعیین نمایید. همچنین حداقل اساس مقطع سپر را نیز به دست آورید.

Sand
 γ
 $c' = 0$
 ϕ'

Sand
 γ_{sat}
 $c' = 0$
 ϕ'
 $\phi = 30^\circ, c = 0, \gamma = 15.9 kN / m^3, \gamma_{sat} = 19.33 kN / m^3$

$$A_1 = \frac{214.66}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)} = 7.66$$

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

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

$$A_2 = \frac{8 * 58.32}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)} = 16.65$$

$$A_3 = \frac{6(58.32)[2(2.23)(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307) + 214.66]}{(19.33 - 9.81)^2(3.25 - 0.307)^2} = 151.93$$

$$A_4 = \frac{58.32(6(2.23)(214.66) + 4(58.32))}{(19.33 - 9.81)^2(3.25 - 0.307)^2} = 230.72$$

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

$$D_{actual} = 1.3(5.46) = 7.098m$$

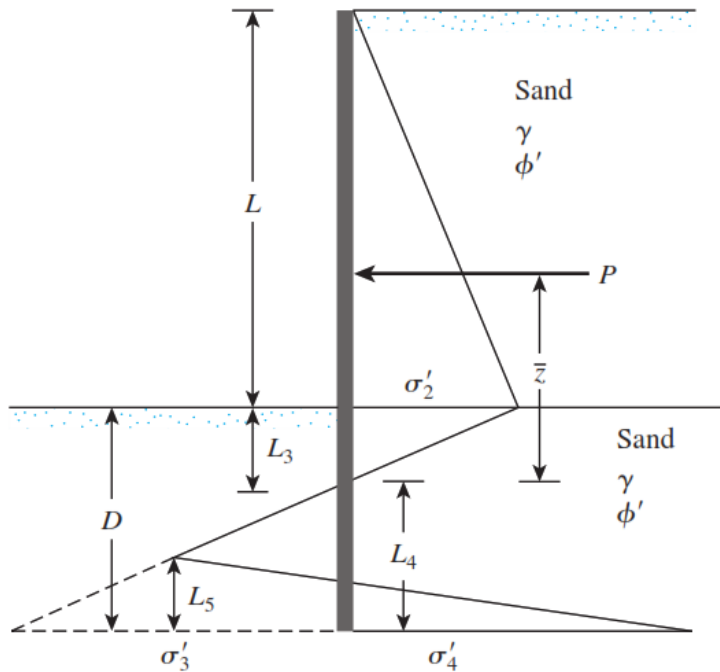
$$Z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}} = \sqrt{\frac{2 * 58.32}{(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307)}} = 2.04$$

$$M_{max} = P(\bar{Z} + Z') - \left[\frac{1}{2}(Z')^2(K_p - K_a)\gamma' \right] \left(\frac{1}{3} \right) Z' =$$

$$= 58.32(2.23 + 2.04) - \left[\frac{1}{2}(2.04)^2(19.33 - 9.81)(3.25 - 0.307) \right] \left(\frac{1}{3} \right) 2.04 = 209.39 kN.m / m$$

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{all}} = \frac{209.39}{172 \times 10^3} = 1.217 \times 10^{-3} m^3 / m$$

سپرها و طراحی آن ها



حالات خاصی از سپر های طره ای کوبیده شده در خاک های ماسه ای:

حالت ۱: سپر طره ای کوبیده شده در خاک ماسه ای در غیاب سفره آب

حالت ۲: سپر طره ای کوبیده شده در خاک ماسه ای با نیروی خطی بالا

$$\sigma'_2 = \gamma L K_a \quad (6-25) \quad \sigma'_3 = L_4 (K_p - K_a) \gamma \quad (6-26) \quad \sigma'_4 = \sigma'_5 + L_4 (K_p - K_a) \gamma \quad (6-27)$$

$$\sigma'_5 = \gamma L K_p + L_3 (K_p - K_a) \gamma \quad (6-28)$$

$$L_3 = \frac{\sigma'_2}{(K_p - K_a) \gamma} = \frac{L K_a}{(K_p - K_a)} \quad (6-29)$$

$$P = \frac{1}{2} \sigma'_2 L + \frac{1}{2} \sigma'_2 L_3 \quad (6-30)$$

$$\bar{Z} = L_3 + \frac{L}{3} = \frac{L K_a}{K_p - K_a} + \frac{L}{3} = \frac{L(2K_a + K_p)}{3(K_p - K_a)} \quad (6-31)$$

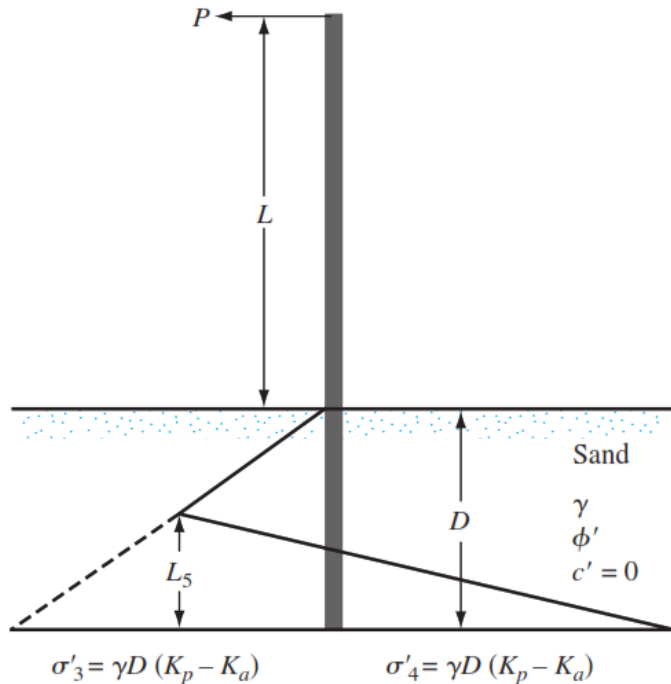
$$L_4^4 + A_1' L_4^3 - A_2' L_4^2 - A_3' L_4 - A_4' = 0$$

$$A_1' = \frac{\sigma'_5}{\gamma(K_p - K_a)} \quad (6-32) \quad A_2' = \frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)} \quad (6-33)$$

$$A_3' = \frac{6P [2\bar{Z} \gamma (K_p - K_a) + 5\sigma'_5]}{\gamma^2 (K_p - K_a)^2} \quad (6-34)$$

$$A_4' = \frac{P (6\bar{Z} \sigma'_5 + 4P)}{\gamma^2 (K_p - K_a)^2} \quad (6-35)$$

سپرها و طراحی آن ها



حالات خاصی از سپر های طره ای کوبیده شده در خاک های ماسه ای:

حالت ۱: سپر طره ای کوبیده شده در خاک ماسه ای در غیاب سفره آب

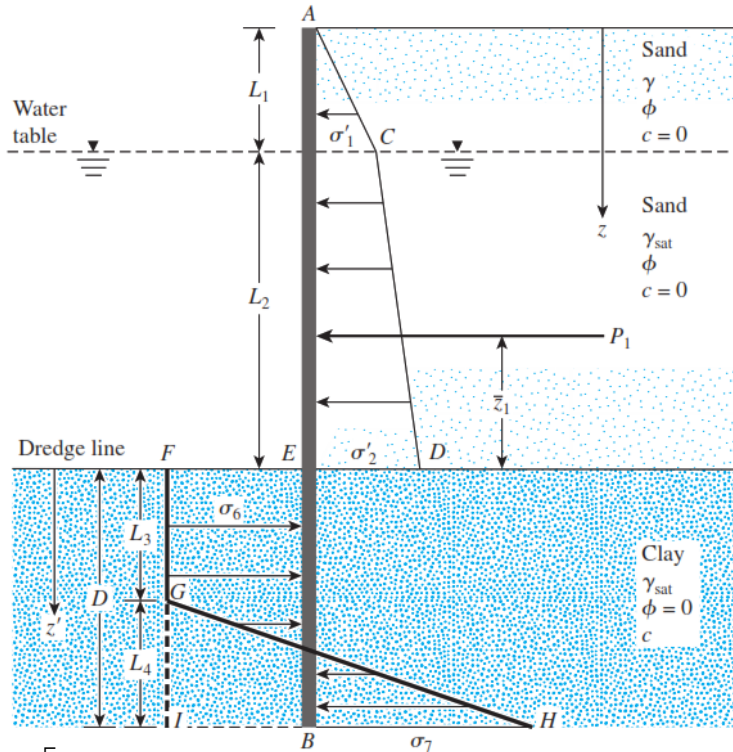
حالت ۲: سپر طره ای کوبیده شده در خاک ماسه ای با نیروی خطی بالا

$$D^4 - \left[\frac{8P}{\gamma(K_p - K_a)} \right] D^2 - \left[\frac{12PL}{\gamma(K_p - K_a)} \right] D - \left[\frac{2P}{\gamma(K_p - K_a)} \right]^2 = 0 \quad (6-36)$$

$$L_5 = \frac{\gamma(K_p - K_a)D^2 - 2P}{2D\gamma(K_p - K_a)} \quad (6-37)$$

$$M_{\max} = P(L + z') - \frac{\gamma z'^3 (K_p - K_a)}{6} \quad (6-38) \quad z' = \sqrt{\frac{2P}{\gamma'(K_p - K_a)}} \quad (6-39)$$

سپرها و طراحی آن ها



طراحی سپرهای طره ای در رس:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2) \quad K_p = \tan^2(45 + \phi'/2).$$

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a \quad \sigma'_{11} = \gamma L_1 K_a$$

در نواحی رس: بدلیل اینکه زاویه اصطکاک داخلی خاک صفر است بنابراین ضرایب جانبی محرک و مقاوم برابر با یک است. $K_p = 1, K_a = 1$

$$\sigma_a = [\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat} (Z - L_1 - L_2)] - 2C \quad (6-40)$$

$$\sigma_p = \gamma_{sat} (Z - L_1 - L_2) + 2C \quad (6-41)$$

$$\sigma_6 = \sigma_p - \sigma_a = 4c - \gamma L_1 + \gamma' L_2 \quad (6-42)$$

$$\sigma_p = (\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat} D) + 2C \quad (6-43)$$

$$\sigma_a = \gamma_{sat} D - 2C \quad (6-29) \quad (6-44)$$

$$\sigma_7 = \sigma_p - \sigma_a = 4C + \gamma L_1 + \gamma' L_2 \quad (6-45)$$

در پایین سپر فشار مقاوم برابر است با:

و همچنین در پایین سپر فشار محرک برابر است با:

و همچنین فشارخالص برابر است با:

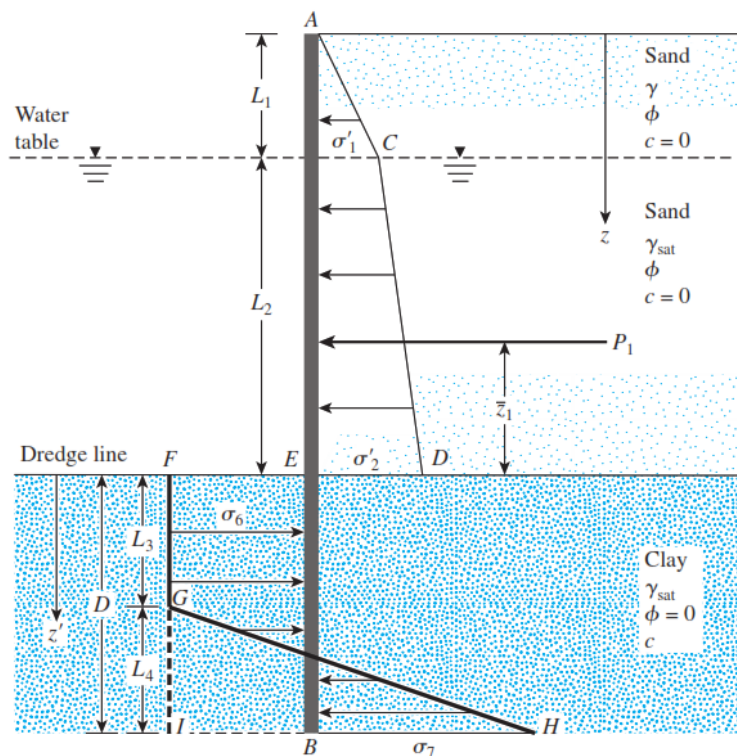
تعداد نیروهای افقی یعنی $\sum F_H = 0$ ایجاب می کند که در نمودار فشار، مساحت ACDE منهای مساحت EFIB به علاوه مساحت GIH مساوی صفر باشد یعنی:

$$P_1 - \left[4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2) D + \frac{1}{2} L_4 [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2) + 4C + (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] \right] = 0 \rightarrow P_1 = \text{area of } (ACDE) \quad (6-46)$$

$$L_4 = \frac{D [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - P_1}{4C} \quad (6-47) \quad \sum M_B = 0 \rightarrow P_1 (D + \bar{Z}_1) - [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] \frac{D^2}{2} + \frac{1}{2} L_4 (8C) \left(\frac{L_4}{3}\right) \quad (6-48)$$

$$D^2 [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - 2DP_1 - \frac{P_1 (P_1 + 12C \bar{Z}_1)}{(\gamma L_1 + \gamma' L_2) + 2C} \quad (6-49)$$

سپرها و طراحی آن ها



طراحی سپرهای طره ای در رس:

روش گام به گام تعیین نمودار فشار برای سپر قائم در خاک رسی:

گام ۱: مقادیر K_a را برای خاکریز دانه ای محاسبه کنید.

گام ۲: از رابطه ی (۶-۱) مقدار δ'_1 و δ'_2 را از رابطه ی (۶-۲) به دست آورید.

گام ۳: محاسبه ی P_1 و z_1

گام ۴: محاسبه تئوریک D از رابطه ی (۶-۴۹).

گام ۵: محاسبه ی L_4 با استفاده از رابطه ی (۶-۴۷).

گام ۶: محاسبه مقادیر δ_6 و δ_7 .

گام ۷: رسم نمودار توزیع فشار خالص.

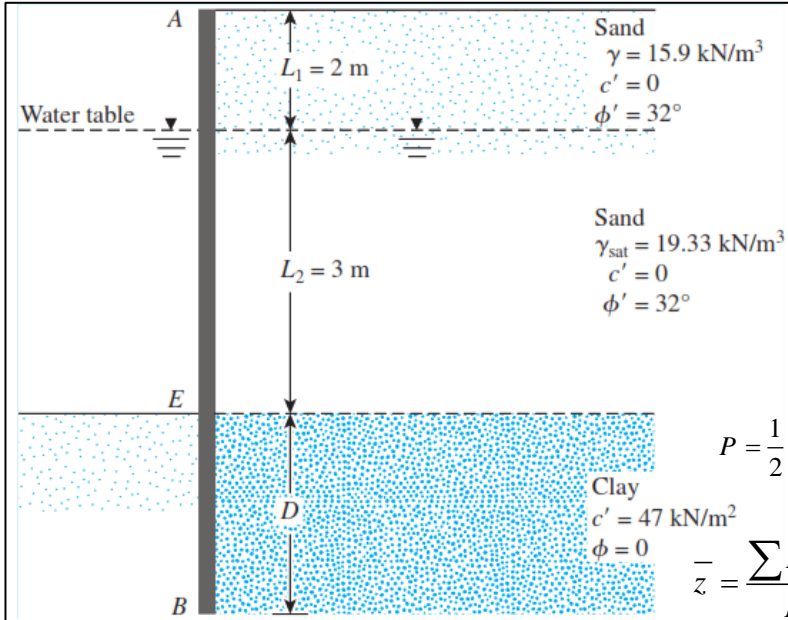
گام ۸: تعیین عمق نفوذ واقعی. $D(\text{عمق نفوذ واقعی}) = 1.4t \text{ to } 1.6D$

محاسبه لنگر خمشی حداکثر:

$$P_1 - \sigma_6 z' = 0 \quad (6-50) \quad z' = \frac{P_1}{\sigma_6} \quad (6-51)$$

$$M_{\max} = P_1(z' + \bar{Z}_1) - \frac{\sigma_6 z'^2}{2} \quad (6-52)$$

سپرها و طراحی آن ها



مثال ۲: مطابق شکل زیر یک سپر طره ای در خاک رسی کوبیده شده است.

با توجه به داده های زیر عمق عملی و تئوری و همچنین حداکثر لنگر خمشی را به دست آورید.

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

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

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a = [(15.9)(2) + (19.33 - 9.81)(3)](0.307) = 18.53 \text{ kN} / \text{m}^2$$

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

$$P = \frac{1}{2} \sigma'_1 L_1 + \sigma'_1 L_2 + \frac{1}{2} (\sigma'_2 - \sigma'_1) L_2 = \frac{1}{2} 9.763 * 2 + 9.763 * 3 + \frac{1}{2} (18.53 - 9.763) * 3 = 52.2 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\bar{z} = \frac{\sum M_E}{P} = \frac{1}{52.2} [9.763(3 + 2/3) + 29.289(3/2) + 13.151(3/3)] = 1.78 \text{ m}$$

$$D^2 [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - 2DP_1 - \frac{P_1(P_1 + 12C \bar{Z}_1)}{(\gamma L_1 + \gamma' L_2) + 2C} = 0$$

$$D^2 [4 \times 47 - ((2 * 15.9) + (19.33 - 9.81)3)] - 2D * 52.2 - \frac{52.2(52.2 + 12 \times 47 \times 1.78)}{(2 * 15.9) + (19.33 - 9.81)3 + 2 \times 47} = 0$$

$$D = 2.13 \quad L_4 = \frac{D [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - P_1}{4C} = 1.17 \text{ m}$$

$$\sigma_6 = 4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2) = 127.64 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\sigma_7 = 4C + \gamma L_1 + \gamma' L_2 = 248.36 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$z' = \frac{P_1}{\sigma_6} = \frac{52.2}{127.64} \approx 0.41 \text{ m}$$

$$S = \frac{10.3.59}{172.5 \times 10^3} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{m of wall}$$

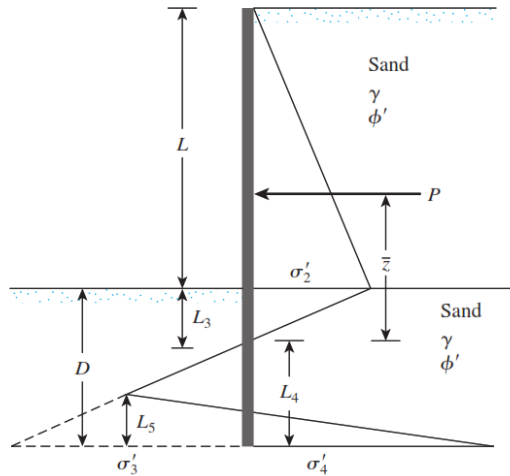
$$D_{\text{actual}} = 1.5 D_{\text{theoretical}} = 1.5 \times 2.13 = 3.2 \text{ m} \quad M_{\text{max}} = P_1(z' + \bar{Z}_1) - \frac{\sigma_6 z'^2}{2} = 52.2(0.41 + 1.78) - \frac{127.64(0.41)^2}{2} = 103.59 \text{ kN} - \text{m} / \text{m}$$

سپرها و طراحی آن ها

حالات خاصی از سپر های طره ای کوبیده شده در خاک های رسی:

حالت ۱: سپر طره ای کوبیده شده در لایه رسی در غیاب سفره آب

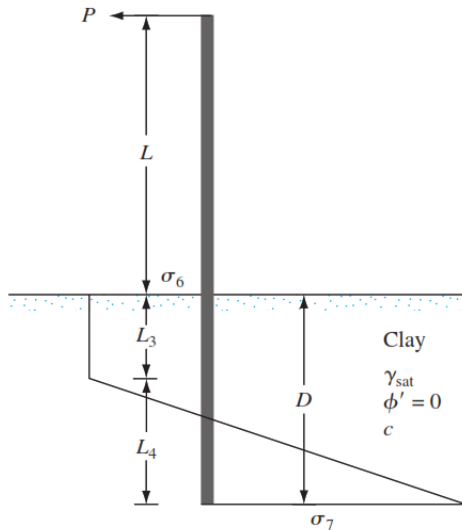
حالت ۲: سپر طره ای کوبیده شده در لایه رسی با بار خطی در بالای سپر



$$\sigma'_2 = \gamma L K_a \quad (6-53) \quad \sigma_6 = 4c - \gamma L \quad (6-54) \quad \sigma_7 = 4c + \gamma L \quad (6-55) \quad P_1 = \frac{1}{2} \sigma'_2 L = \frac{1}{2} \gamma L^2 K_a \quad (6-56)$$

$$L_4 = \frac{D(4c - \gamma L) - \frac{1}{2} \gamma L^2 K_a}{4c} \quad (6-57) \quad D^2(4c - \gamma L) - 2DP_1 - \frac{P_1(P_1 + 12c\bar{z}_1)}{\gamma L + 2c} = 0 \quad (6-58)$$

$$M_{\max} = P_1(z' + \bar{z}_1) - \frac{\sigma_6 z'^2}{2} \quad (6-59) \quad \text{where } \rightarrow z' = \frac{P_1}{\sigma_6} = \frac{\frac{1}{2} \gamma L^2 K_a}{4c - \gamma L} \quad (6-60)$$



حالات خاصی از سپر های طره ای کوبیده شده در خاک های رسی:

حالت ۱: سپر طره ای کوبیده شده در لایه رسی در غیاب سفره آب

حالت ۲: سپر طره ای کوبیده شده در لایه رسی با بار خطی در بالای سپر

$$\sigma_6 = \sigma_7 = 4c \quad (6-61) \quad 4D^2c + 2PD - \frac{P(P + 12cL)}{2c} = 0 \quad (6-62) \quad L_4 = \frac{4cD - P}{4c} \quad (6-63)$$

$$M_{\max} = P(L + z') - \frac{4cz'^2}{2} \quad (6-64)$$

$$z' = \frac{P}{4c} \quad (6-65)$$

سپرها و طراحی آن ها

سپر های مهار شده

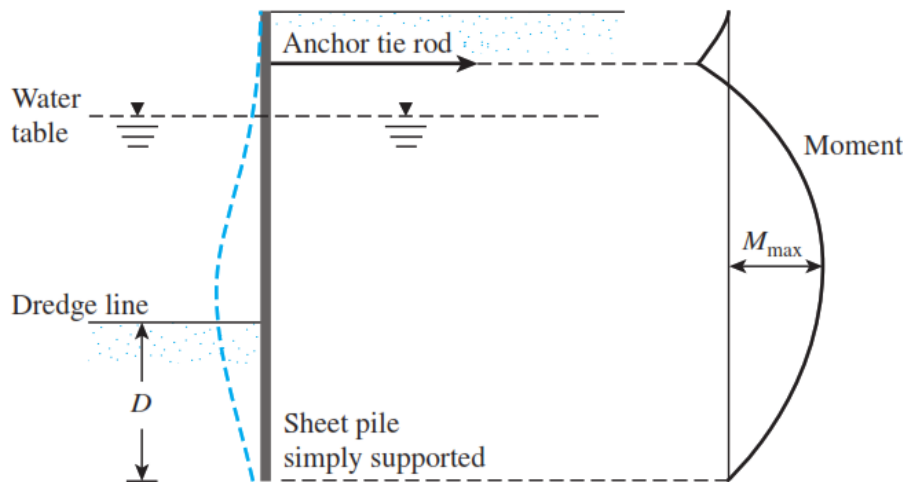
وقتی که ارتفاع سپر از حدود ۶ متر تجاوز نماید اقتصادی تر است که سپر در نزدیکی بالای آن مهار شود.

دو روش اصلی برای طرح و اجرای سپر ها مهار شده وجود دارد.

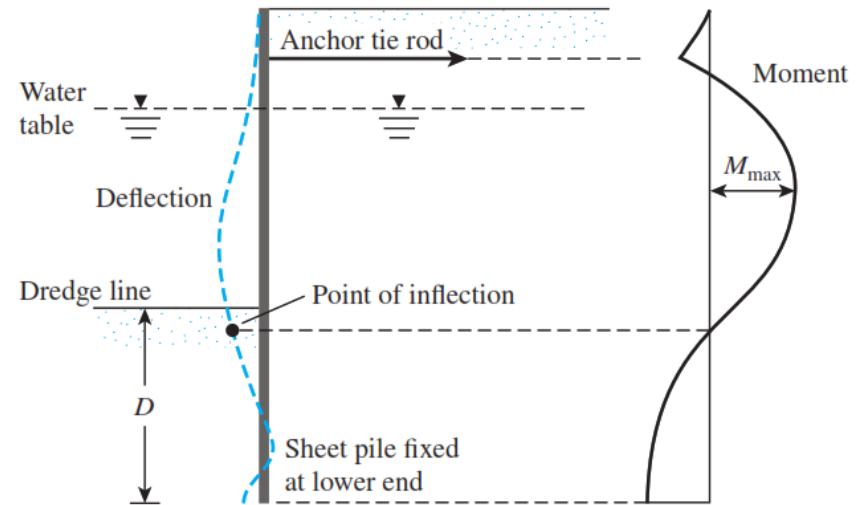
الف) مفصلی (ساده)

ب) گیردار

$$D_{\text{free earth}} < D_{\text{fixed earth}}$$



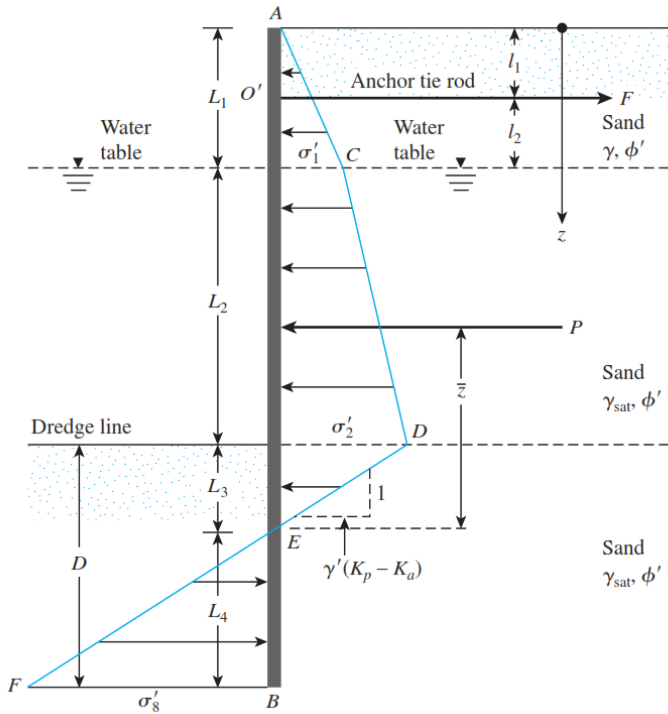
الف) مفصلی



ب) گیردار

سپرها و طراحی آن ها

سپرهای مهار شده با پای مفصلی در زمین ماسه ای:



$$z = L_1 \rightarrow \sigma'_1 = \gamma L K_a$$

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

$$z = L_1 + L_2 + L_3 \rightarrow \text{فشار خالص} = 0$$

$$z = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \rightarrow \sigma'_8 = \gamma'(K_p - K_a)L_4$$

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

F کشش میله مهار برای واحد طول دیوار است -F=0 (مساحت سطح EBF) - (مساحت سطح ACDE)

$$P - \frac{1}{2} \sigma'_8 L_4 - F = 0 \quad (6-66)$$

$$F = P - \frac{1}{2} [\gamma'(K_p - K_a)L_4^2] \quad (6-67)$$

با نوشتن لنگر حول نقطه O

$$L_4^3 + 1.5L_4^2(t_2 + L_2 + L_3) - \frac{3P[(L_1 + L_2 + L_3) - (\bar{z} + t_1)]}{\gamma'(K_p - K_a)} = 0 \quad (6-68)$$

$$D_{theoretical} = L_3 + L_4 \quad (6-69) \quad D_{actual} = 1.4t_0 1.6D_{theoretical} \quad (6-70)$$

$$\left. \begin{aligned} z = L_1 \\ z = L_1 + L_2 \end{aligned} \right\} \text{حداکثر لنگر خمشی در این حدفاصل رخ می دهد.}$$

$$\frac{1}{2} \sigma'_1 L_1 - F + \sigma'_1(z - L_1) + \frac{1}{2} K_a \gamma'(z - L_1)^2 = 0 \quad (6-71)$$

Thanks For Your Attention

