

ظرفیت باربری شالوده های سطحی

ظرفیت باربری نهایی خالص (q_u)

TSA: $q_u = 5.14 s_q s_c d_c i_c b_c g_c$

ESA: $q_u = \gamma D_f (N_q - 1) s_q d_q i_q b_q g_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma$

ظرفیت باربری نهایی ناخالص (q_{ult}) و ظرفیت باربری مجاز (q_a)

$q_a = \frac{q_u}{FS} + \gamma D_f$

$q_{ult} = q_u + \gamma D_f$

ضرایب هندسی در رابطه ظرفیت باربری برای تحلیل های TSA و ESA

Geometric parameters for TSA				
s_c	d_c	i_c	b_c	g_c
$1 + 0.2 \frac{B'}{L'}$	$1 + 0.33 \tan^{-1} \frac{D_f}{B'}$ See note 1	$1 - \frac{nH}{5.14 s_c B' L'}$ See note 2	$1 - \frac{\eta^\circ}{147}$ $\beta < \phi'_p; \eta^\circ + \beta^\circ < 90^\circ$ See Figure 12.9	$1 - \frac{\beta^\circ}{147}$ $\beta < \phi'_p; \eta^\circ + \beta^\circ < 90^\circ$ See Figure 12.9
Geometric parameters for ESA				
s_q	d_q	i_q	b_q	g_q
$1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi'_p$	$1 + 2 \tan \phi'_p (1 - \sin \phi'_p)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B'} \right)$	$\left(1 - \frac{H}{V_n} \right)^n$ See note 2	$(1 - \eta \tan \phi'_p)^2$ η is in radians	$(1 - \tan \beta)^2$
s_γ	d_γ	i_γ	b_γ	g_γ
$1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$	1	$\left(1 - \frac{H}{V_n} \right)^{n-1}$ See note 2	$b_\gamma = b_q$	$g_\gamma = g_q$

Note 1: If the shear strength of the soil above the footing is low compared with that of the soil below the footing, you should set all depth factors to 1. The term $\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B'} \right)$ is in radians.

Note 2: The depth and shape factors for inclined loads should be set to 1. For loading inclined in the direction of the width, B , $\theta = 90^\circ$ in Figure 12.10d, $n = n_w = \left(2 + \frac{B'}{L'} \right) / \left(1 - \frac{B'}{L'} \right)$. For loading inclined in the direction of the length, L , $\theta = 0^\circ$ in Figure 12.10d, $n = n_L = \left(2 + \frac{L'}{B'} \right) / \left(1 + \frac{L'}{B'} \right)$. For other loading conditions, $n = n_L \cos^2 \theta + n_w \sin^2 \theta$.

ضرایب ظرفیت باربری

Vesic (1973): $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'_p$; ϕ'_p in degrees

Meyerhof (1976): $N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi'_p)$; ϕ'_p in degrees

Davis and Booker (1971): $N_\gamma = 0.1054 \exp(9.6\phi'_p)$ for rough footing; ϕ'_p in radians

$N_\gamma = 0.0663 \exp(9.3\phi'_p)$ for smooth footing; ϕ'_p in radians

$N_q = e^{\pi \tan \phi'_p} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'_p}{2} \right)$; ϕ'_p in degrees

ارتفاع گوه گسیختگی زیر شالوده

$H_{cr} = \frac{B}{2 \cos \left(45^\circ + \frac{\phi'_p}{2} \right)} \exp [A \tan \phi'_p]$; $A = \left(45^\circ - \frac{\phi'_p}{2} \right)$ in radians

رابطه محاسبه نشست آبی

$\rho_c = \frac{P}{E_u L} (1 - \nu_u^2) \mu_s \mu_{emb} \mu_{wall}$

$\mu_{emb} = 1 - 0.04 \frac{D_f}{B} \left[1 + \frac{4}{3} \left(\frac{A_b}{4L^2} \right) \right]$

$\mu_{wall} = 1 - 0.16 \left(\frac{A_w}{A_b} \right)^{0.54}$

$\mu_s = 0.45 \left(\frac{A_b}{4L^2} \right)^{-0.38}$

که در آن، E_u مدول الاستیک خاک، ν_u نسبت پواسون خاک می باشد (اندیس μ به معنی زهکشی نشده می باشد. در حالت کلی، می توان برای شرایط زهکشی شده هم محاسبه کرد و از پارامترهای تنش موثر ν', E' استفاده کرد).
 اضافه تنش در عمق Z زیر شالوده برابر است با:

$\Delta\sigma_z = \frac{Q}{(B+z)(L+z)} = \frac{q_s BL}{(B+z)(L+z)}$

رابطه محاسبه نشست تحکیمی

مشخص شود که خاک از نوع عادی تحکیم یافته و یا بیش تحکیم یافته است.

روش اول

(در حالت عادی تحکیم یافته، مقدار نشست هر زیرلایه برابر است با:

$$\rho_{pc} = H_o \frac{\Delta e}{1 + e_o} = \frac{H_o}{1 + e_o} C_c \log \frac{\sigma'_{fin}}{\sigma'_{z0}}; \quad OCR = 1$$

where $\Delta e = C_c \log (\sigma'_{fin}/\sigma'_{z0})$.

(۲) در حالت بیش تحکیم یافته، مقدار نشست در هر زیرلایه، بستگی به مقدار فشار بیش تحکیمی (σ'_{zc}) در برابر تنشهای موثر اولیه و نهایی دارد:
حالت اول:

$$\rho_{pc} = \frac{H_o}{1 + e_o} C_r \log \frac{\sigma'_{fin}}{\sigma'_{z0}}; \quad \sigma'_{fin} < \sigma'_{zc}$$

حالت دوم:

$$\rho_{pc} = \frac{H_o}{1 + e_o} \left(C_r \log \frac{\sigma'_{zc}}{\sigma'_{z0}} + C_c \log \frac{\sigma'_{fin}}{\sigma'_{zc}} \right); \quad \sigma'_{fin} > \sigma'_{zc}$$

or

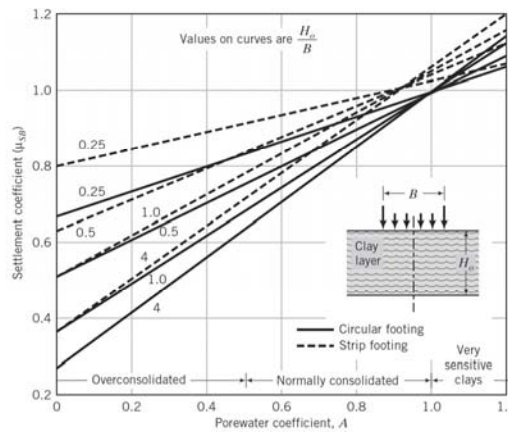
$$\rho_{pc} = \frac{H_o}{1 + e_o} \left[C_r \log(OCR) + C_c \log \frac{\sigma'_{fin}}{\sigma'_{zc}} \right]; \quad \sigma'_{fin} > \sigma'_{zc}$$

روش دوم: استفاده از ضریب قابلیت تراکم m_v

$$\rho_{pc} = H_o m_v \Delta \sigma_z$$

$$(\sigma'_{fin} = \sigma'_{z0} + \Delta \sigma_z)$$

اصلاح نشست تحکیمی و ضریب اصلاحی μ_{SB}



نمودار ضریب اصلاحی برای شالوده های دایروی و نواری

رابطه میان درجه تحکیم و زمان

$$T_v = \frac{C_v t}{H_{dr}^2}$$

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U}{100} \right)^2 \quad \text{for } U < 60\%$$

$$T_v = 1.781 - 0.933 \log(100 - U) \quad \text{for } U \geq 60\%$$

شمع های درجا

رفتار کوتاه مدت و تحلیل تنش کل (TSA)

(الف) ظرفیت باربری جدار

روش ضریب α_u (O'Neill & Reese, 1999)

$$Q_f = \sum_{i=1}^j (f_s)_i \times (\text{surface area})_i = \sum_{i=1}^j (\alpha_u)_i (s_u)_i \times (\text{perimeter} \times \text{length})_i$$

$$\alpha_u = 0.55; \quad \frac{s_u}{p_a} \leq 1.5$$

$$\alpha_u = 0.55 - 0.1 \left(\frac{s_u}{p_a} - 1.5 \right); \quad 1.5 < \frac{s_u}{p_a} \leq 2.5$$

$$f_s = \alpha_u s_u \leq 380 \text{ kPa}$$

where p_a is atmospheric pressure (101 kPa).

(ب) ظرفیت باربری نوک

مقدار نیروی نهایی اعمال شده به نوک شمع برابر است با:

$$Q_b = f_b A_b = N_q (\sigma'_z)_b A_b$$

$$f_b = N_c (s_u)_b; \quad N_c = 6 \left(1 + 2 \frac{z}{D} \right); \quad N_c \leq 9; \quad f_b \leq 4.0 \text{ MPa}$$

رفتار بلند مدت و تحلیل تنش موثر (ESA)

(الف) ظرفیت باربری جدار

روش ضریب β

$$Q_f = \sum_{i=1}^j \beta_i (\sigma'_z)_i \times (\text{perimeter} \times \text{length})_i$$

مقدار ضریب β

- برای خاکهای ریزدانه:

$$\beta = K \tan \phi'_i - K_{\sigma}^{OC} \tan \phi'_i - (1 - \sin \phi'_{cs})(OCR)^{0.5} \tan \phi'_i$$

- برای خاکهای درشت دانه

ماسه تمیز

$$\beta = 1.5 - 0.245\sqrt{z}; \quad N_{60} \geq 15, 1.2 \geq \beta \geq 0.25$$

$$\beta = \frac{N_{60}}{15}(1.5 - 0.245\sqrt{z}); \quad N_{60} < 15, 1.2 \geq \beta \geq 0.25$$

$$f_s = \beta \sigma'_z \leq 200 \text{ kPa}$$

منظور از z، عمق لایه خاک از سطح زمین تا وسط لایه خاک می باشد.

شن و شن ماسه دار

$$\beta = 2.0 - 0.15z^{0.75}; \quad 1.8 \geq \beta \geq 0.25; \quad z = \text{depth (m)}$$

$$\beta = 0.25 \quad \text{for } z > 26 \text{ m}$$

$$f_s = \beta \sigma'_z \leq 200 \text{ kPa}$$

(ب) ظرفیت باربری نوک

مقدار نیروی نهایی اعمال شده به نوک شمع برابر است با:

$$Q_b = f_b A_b = N_q(\sigma'_z)_b A_b$$

$$f_b = 57.5N_{60}; \quad f_b \leq 2900 \text{ (kPa)}; \quad \frac{L}{D} \geq 10$$

$$f_b = 5.75LN_{60}; \quad f_b \leq 290L \text{ (kPa)}; \quad \frac{L}{D} < 10$$

منظور از N_{60} ، عدد SPT با انرژی ۶۰٪ می باشد.

گروه شمع

راندمان گروه شمع: نسبت ظرفیت باربری گروه شمع (Q_{ultg}) به مجموع ظرفیت باربری هریک از شمع ها nQ_{ult} ، راندمان گروه شمع گویند (η_e).

$$\eta_e = \frac{(Q_{ult})_g}{nQ_{ult}}$$

در گروه شمع و در حالت $s/D > 2.5$ ، مقدار زاویه ψ_p ، از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{s}{D} = 1 + 2 \sin \psi_p (\tan \phi' + \sqrt{1 + \tan^2 \phi'}) \exp(\psi_p \tan \phi')$$

یادآوری: s فاصله مرکز به مرکز شمع ها و D قطر شمع ها می باشد.

نشست شمع منفرد

نشست خاک در بدنه شمع (ρ_{es})

حالت اول: خاک همگن بوده و مدول الاستیک آن با عمق ثابت است.

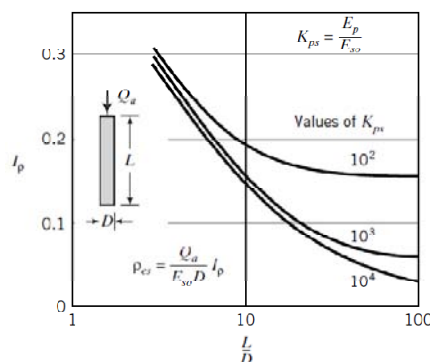
$$\rho_{es} = \frac{Q_{af}}{E_{so}L} I \quad I = 0.5 + \log\left(\frac{L}{D}\right)$$

روش ۱:

$$\rho_{es} = \frac{Q_{af}}{E_{so}D} I_p$$

روش ۲:

مقدار I_p از نمودار بدست می آید.



حالت دوم: سختی (مدول الاستیک) خاک با عمق بصورت خطی افزایش می یابد. یعنی:

$$E_{so} = mz$$

در اینصورت نشست شمع برابر است با:

$$I_{so} = 2.0 \log\left(\frac{L}{D}\right) \quad (\rho_{es})_{so} = \frac{Q_{af}}{mL^2} I_{so}$$

نشست در اثر تغییر شکل بدنه شمع (ρ_p)

$$\rho_p = C \frac{Q_{af} L}{E_p A_p}$$

مقدار C برابر با ۰/۷ برای خاکهای نرم و سست بوده و در غیر اینصورت برابر با ۰/۵ می باشد.
 معمولاً مقدار نشست بدنه شمع بسیار کوچک بوده و از آن صرف نظر می شود.

نشست خاک در زیر نوک شمع (ρ_b)

$$\rho_b = \frac{Q_b}{r_b G_b} \frac{1 - \nu}{4}$$

که در آن، G_b مدول برشی خاک در نوک شمع می باشد. (یادآوری: $G = E / 2(1 + \nu)$). T_b شعاع سطح شمع در نوک می باشد.

نشست گروه شمع (کوبشی)

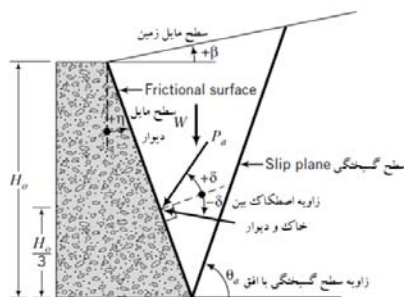
نشست آبی گروه شمع

نشست آبی گروه شمع = نشست آبی یک شمع منفرد \times ضریب تجربی R_s

برای ضریب R_s رابطه زیر پیشنهاد شده است (Fleming et al. (1985): $R_s = n^\phi$ و $\phi = 0.4 \sim 0.6$

دیوار حائل

نظریه کولمب



در حالت کلی (شکل بالا)، مقدار نیروهای محرک و مقاوم برابر است با:

$$P_a = \frac{1}{2} K_{ac} \gamma' H_0^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} K_{pc} \gamma' H_0^2$$

$$K_{ac} = \frac{\cos^2(\phi' - \eta)}{\cos^2 \eta \cos(\eta + \delta) \left[1 + \left\{ \frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta)}{\cos(\eta + \delta) \cos(\eta - \beta)} \right\}^{1/2} \right]^2}$$

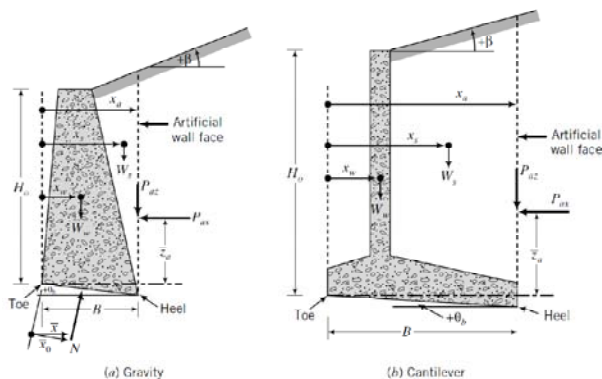
$$K_{pc} = \frac{\cos^2(\phi' + \eta)}{\cos^2 \eta \cos(\eta - \delta) \left[1 - \left\{ \frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' + \beta)}{\cos(\eta - \delta) \cos(\eta - \beta)} \right\}^{1/2} \right]^2}$$

مقدار زاویه سطح گسیختگی با افق برابر است با:

$$\tan \theta = \left[\frac{(\sin \phi' \cos \delta)^{1/2}}{\cos \phi' \{ \sin(\phi' + \delta) \}^{1/2}} \right] \pm \tan \phi'$$

در حاصل جمع بالا، علامت + برای حالت محرک و علامت - برای حالت مقاوم استفاده می شود.

کنترل پایداری



پایداری در برابر لغزش: ضریب اطمینان باربر نسبت نیروهای مقاوم و نگهدارنده دیوار (T) به نیروهای فعال (بر پشت دیوار) (P_{ax}) است.

$$(FS)_T = \frac{T}{P_{ax}}; \quad (FS)_T \geq 1.5$$

پایداری در برابر چرخش: اگر عرش شالوده برابر با B باشد، خروج از محوریت (e) بار برآیند وارد بر کف شالوده نباید از B/6 کمتر باشد. (یعنی $e < B/6$).

$$e = |(B/2 - x)| \leq B/6$$