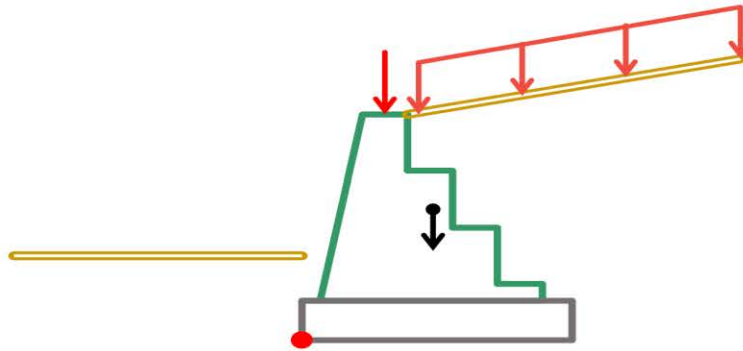




پارامترهای طراحی و هندسه دیوار

هندسه دیوار			خاک زیر پی		
ارتفاع دیوار از روی پی (بدون قرنیز)	= 3.30	m	γ وزن مخصوص خاک	= 18.00	kN/m ³
عرض پی	= 3.00	m	γ_{sat} وزن مخصوص اشباع خاک	= 20.00	kN/m ³
ضخامت پی	= 0.70	m	Φ زاویه اصطکاک داخلی خاک	= 30.00	°
ارتفاع پیشانی بالاترین پله	= 1.00	m	c ضریب چسبندگی	= 0.00	
ارتفاع پیشانی پله‌ها	= 1.00	m	D_{w1} عمق آب زیرزمینی از سطح زمین	= 3.80	m
عرض کف پله‌ها	= 0.50	m	γ_w وزن مخصوص آب	= 9.81	kN/m ³
عرض بالاترین قسمت دیوار	= 0.50	m	خاک حفاظت شده		
تو رفتگی دیوار از سمت پنجه	= 0.20	m	γ وزن مخصوص خاک	= 18.00	kN/m ³
شیب نمای دیوار (افق: قائم)	= 7 : 1		γ_{sat} وزن مخصوص اشباع خاک	= 20.00	kN/m ³
تو رفتگی دیوار از سمت پاشنه	= 0.33	m	Φ زاویه اصطکاک داخلی خاک	= 30.00	°
تعداد پله‌ها	= 3		δ زاویه اصطکاک دیوار و خاک	= 20.00	°
عرض پایین‌ترین قسمت دیوار	= 2.47	m	c ضریب چسبندگی	= 0.00	
ارتفاع پیشانی اولین پله	= 0.30	m	β زاویه سطح خاکریز با افق	= 15.00	°
			D_{w2} عمق آب بالای تراز کف پی	= 0.00	m
			مصالح دیوار		
			γ وزن مخصوص سنگ	= 25.00	kN/m ³
			مصالح پی		
			γ وزن مخصوص سنگ	= 25.00	kN/m ³
			D عمق مدفون پی	= 1.50	m
			بارگذاری		
			F بار نواری روی دیوار	= 10.00	kN/m
			q بار گسترده	= 5.18	kN/m ²

$$\begin{aligned} X_{G1} &= 0.36 \text{ m} \\ Y_{G1} &= 1.80 \text{ m} \\ W_{G1} &= 19.45 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{G2} &= 0.92 \text{ m} \\ Y_{G2} &= 2.35 \text{ m} \\ W_{G2} &= 41.25 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{G3} &= 2.17 \text{ m} \\ Y_{G3} &= 1.80 \text{ m} \\ W_{G3} &= 61.88 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{G4} &= 1.50 \text{ m} \\ Y_{G4} &= 0.35 \text{ m} \\ W_{G4} &= 52.50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$W_G = 181.32 \text{ kN/m}$$

$$x_G = \sum (W_{Gi} \times x_{Gi}) / W_G = 1.45 \text{ m}$$

$$y_G = \sum (W_{Gi} \times y_{Gi}) / W_G = 1.59 \text{ m}$$

$$X_G = 1.45 \text{ m}, \quad Y_G = 1.59 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H' \text{ ارتفاع موثر دیوار} &= 4.00 \text{ m} \\ \beta \text{ زاویه شیب پشت دیوار} &= \tan^{-1} (1.83 / 4.00) = 24.58^\circ \\ \delta \text{ زاویه اصطکاک بین دیوار و خاک} &= 20.00^\circ \\ \Phi \text{ زاویه اصطکاک داخلی خاک} &= 30.00^\circ \\ i \text{ زاویه سطح خاکریز با خط افقی} &= 15.00^\circ \end{aligned}$$

$$\text{نوع زمین} = II$$

$$r \text{ ضریب لرزه ای دیوار} = 2.00$$

$$S_{Ds} \text{ شتاب پاسخ طیفی در دوره تناوب های کوتاه} = 0.93$$

$$K_h \text{ ضریب افقی نیروی اینرسی زلزله} = 0.4 (S_{Ds} F_s / r) = 0.19$$

$$K_v \text{ ضریب قائم نیروی اینرسی زلزله} = 0.5 K_h = 0.09$$

$$\theta \text{ زاویه لرزه ای داخلی} = \tan^{-1} (K_h / (1 - K_v)) = 11.63$$

$$D_{w2} = 0 \text{ برای}$$

$$\theta \text{ زاویه لرزه ای داخلی} = \tan^{-1} (K_h / (1 + K_v)) = 9.69$$

$$D_{w2} = 0 \text{ برای}$$

$$\theta \text{ انتخابی} = 11.63$$

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \theta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} = 1.33$$

$$i = \phi - \theta \text{ برای}$$

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta)} = 2.19$$

$$i > \phi - \theta \text{ برای}$$

$$i = 15.00^\circ < \phi - \theta = 18.37^\circ \Rightarrow K_a \text{ انتخابی} = 1.33$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \theta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} = 0.72$$

$$i = \phi - \theta \text{ برای}$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta)} = 1.72$$

$$i > \phi - \theta \text{ برای}$$

$$\Rightarrow K_a \text{ انتخابی} = 0.72$$

فشارهای وارد به دیوار در شرایط استاتیکی

خاکریز جلوی دیوار در طول زمان می‌تواند حذف شود ، لذا در محاسبات از اثر آن در جهت اطمینان صرف نظر می‌شود، حاصل ضرب $K\gamma$ را وزن مخصوص مایع معادل خاک گویند که در محاسبات مقدار آن نباید کوچک تر از 5 کیلو نیوتن بر مترمکعب منظور گردد.

$$K_a \gamma = 12.92 > 5.00 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a \gamma \text{ انتخابی} = 12.92 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{فشار فعال خاک} = 51.67 \text{ kN/m}^2$$

خشک

$$P_q = \text{فشار ناشی از سربار} = 3.71 \text{ kN/m}^2$$

فشارهای وارد به دیوار در شرایط لرزه‌ای

بند 2-4-2-5-5-7 : در شرایط بارگذاری زلزله اضافه فشار مقاوم با اثر مساعد در پایداری دیوار ، نادیده گرفته می‌شود.

$$1.09$$

$$\Delta P_{e1} = \text{اضافه فشار خاک} = 23.95 \text{ kN/m}^2$$

خشک

$$\Delta P_{eq} = \text{اضافه فشار سربار} = 3.44 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta P_{ew} = \text{اضافه فشار آب} = 0.00 \text{ kN/m}^2$$

نیروهای افقی و قائم

$$F_1 = \text{نیروی فعال خاک خشک} = 103.34 \text{ kN}$$

$$F_{1x} = F_1 \cos (90 - \beta - \delta) = 72.54 \text{ kN}$$

$$Z_1 = \text{نقطه اثر نیروی افقی خاک} = 1.33 \text{ m}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin (90 - \beta - \delta) = 73.60 \text{ kN}$$

$$L_1 = \text{نقطه اثر نیروی قائم خاک} = 2.39 \text{ m}$$

$$F_2 = \text{نیروی ناشی از وزن سربار} = 14.86 \text{ kN}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos (90 - \beta - \delta) = 10.43 \text{ kN}$$

$$Z_2 = \text{نقطه اثر نیروی افقی وزن سربار} = 2.00 \text{ m}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin (90 - \beta - \delta) = 10.58 \text{ kN}$$

$$L_2 = \text{نقطه اثر نیروی قائم سربار} = 2.09 \text{ m}$$

$$F_3 = \text{نیروی اضافه فشار خاک خشک} = 95.79 \text{ kN}$$

$$F_{3x} = F_3 \cos (90 - \beta - \delta) = 67.24 \text{ kN}$$

$$Z_3 = \text{نقطه اثر نیروی افقی اضافه فشار خاک} = 2.00 \text{ kN}$$

$$F_{3y} = F_3 \sin (90 - \beta - \delta) = 68.22 \text{ kN}$$

$$L_3 = \text{نقطه اثر نیروی قائم اضافه فشار خاک} = 2.09 \text{ m}$$

$$F_4 = \text{نیروی اضافه فشار سربار} = 13.77 \text{ kN}$$

$$F_{4x} = F_4 \cos (90 - \beta - \delta) = 9.67 \text{ kN}$$

$$Z_4 = \text{نقطه اثر نیروی افقی اضافه فشار سربار} = 2.00 \text{ m}$$

$$F_{4y} = F_4 \sin (90 - \beta - \delta) = 9.81 \text{ kN}$$

$$L_4 = \text{نقطه اثر نیروی قائم اضافه فشار سربار} = 2.09 \text{ m}$$

$$W_G = \text{وزن کل دیوار حایل} = 181.32 \text{ kN}$$

$$F = \text{بار نواری روی دیوار} = 10.00 \text{ kN}$$

کنترل لغزش

شرایط استاتیکی $\mu = 0.577$

$$T = \text{نیروهای افقی وارد بر فونداسیون} = 82.97 \text{ kN}$$

$$N = \text{نیروهای قائم وارد بر فونداسیون} = 275.50 \text{ kN}$$

$$F_f = T = \text{نیروی لغزش} = 82.97 \text{ kN}$$

$$\text{نیروی مقاوم برابر لغزش} = 159.06 \text{ kN}$$

$$1.5 F_f = 124.45 < F_R = 159.06 \text{ پایدار است.}$$

شرایط لرزه‌ای

$$T = \text{نیروهای افقی وارد بر فونداسیون} = 159.87 \text{ kN}$$

$$N = \text{نیروهای قائم وارد بر فونداسیون} = 353.53 \text{ kN}$$

$$F_f = T = \text{نیروی لغزش} = 159.87 \text{ kN}$$

$$\text{نیروی مقاوم برابر لغزش} = 204.11 \text{ kN}$$

$$1.2 F_f = 191.85 < F_R = 204.11 \text{ پایدار است.}$$

لنگر واژگونی 117.58 kN m
 لنگر مقاوم در مقابل واژگونی 471.00 kN m
 $1.75 \quad M_0 = 205.76 < M_R = 471.00$ پایدار است.

لنگر واژگونی 271.39 kN m
 لنگر مقاوم در مقابل واژگونی 633.69 kN m
 $1.2 \quad M_0 = 325.67 < M_R = 633.69$ پایدار است.

کنترل خروج از مرکزیت

فاصله نقطه اثر برآیند نیروهای قائم تا نقطه واژگونی $X_R = 1.02 \text{ m}$
 $e = (B / 2) - X_R = 0.48 \text{ m}$
 $X_R = 1.025 > B / 3 = 1.000$ هیچ قسمتی از پی به کشش نمی افتد

کنترل ظرفیت باربری

Φ زاویه اصطکاک داخلی خاک = 30.00 °
 ضریب ظرفیت باربری ناشی از چسبندگی $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 30.14$
 ضریب ظرفیت باربری ناشی از سربار $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 (45 + \phi / 2) = 18.40$
 ضریب ظرفیت باربری ناشی از وزن خاک $N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi) = 15.67$

$\zeta_{cd} = 1 + 0.2 \left(\frac{D}{B} \right) \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2}) = 1.17$
 $\zeta_{qd} = \zeta_{\gamma d} = 1$ (برای $\phi = 0^\circ$)
 $\zeta_{qd} = \zeta_{\gamma d} = 1 + 0.1 \left(\frac{D}{B} \right) \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})$ (برای $\phi > 10^\circ$)
 $\zeta_{qd} = \zeta_{\gamma d} = 1.09$

δ زاویه اعمال بار، $\delta = \tan^{-1} (T / N) = 16.76^\circ$
 $\zeta_{qi} = \zeta_{ci} = \left(1 - \frac{\delta^\circ}{90^\circ} \right)^2 = 0.66$
 $\zeta_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\delta^\circ}{\phi} \right)^2$
 $\zeta_{\gamma i} = 0$ برای $\delta > \phi$
 $\zeta_{\gamma i} = 0.19$

زاویه بین کف پی با افق $\varepsilon = 0.00^\circ$ رادیان $\varepsilon = 0.00$

جهت مثبت زاویه بین کف پی با سطح افق در خلاف جهت عقربه های ساعت است

$\zeta_{qt} = \zeta_{\gamma t} = (1 - \varepsilon \tan \phi)^2 = 1.00$
 $\zeta_{ct} = 1 - \left(\frac{2 \varepsilon}{\pi + 2} \right)$ (برای $\phi = 0$)
 $\zeta_{ct} = \zeta_{qt} - \left(\frac{1 - \zeta_{qt}}{N_c \tan \phi} \right)$ (برای $\phi > 0$)
 $\zeta_{ct} = 1.00$

فشار موثر سربار بر صفحه عبوری از زیر پی

عمق آب زیر زمینی نسبت به سطح زمین $D_{w1} = 3.80 \text{ m}$
 عمق مدفون پی $D = 1.50 \text{ m}$
 وزن مخصوص خاک $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 وزن مخصوص اشباع خاک $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

$D_{w1} < D$: $q_0 = \gamma D_{w1} + (\gamma_{sat} - \gamma_w)(D - D_{w1})$
 $D < D_{w1} < (D + B)$: $q_0 = [(\gamma_{sat} - \gamma_w) + ((D_{w1} + D) / B)](\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) D$
 $D_{w1} > (D + B)$: $q_0 = \gamma D$
 $q_0 = 17.94 \text{ kN/m}^2$

وزن مخصوص خاک زیر پی γ

$$\gamma = \begin{cases} D_{w1} < D & : \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \\ D < D_{w1} < (D + B) & : \bar{\gamma} = (\gamma_{sat} - \gamma_w) + ((D_{w1} + D) / B) (\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) \\ D_{w1} > (D + B) & : \gamma \end{cases} \quad 11.96 \quad kN/m^3$$

عرض موثر پی $\bar{B} = B - 2e = 2.05 \quad m$

$$q_{ult} = \bar{B} \left[(\zeta_{cd} \zeta_{ci} \zeta_{ct} \zeta_{cg} \zeta_{cs} N_c) + (\zeta_{qd} \zeta_{qi} \zeta_{qt} \zeta_{qg} \zeta_{qs} N_q) + \frac{1}{2} (\zeta_{\gamma d} \zeta_{\gamma i} \zeta_{\gamma t} \zeta_{\gamma g} \zeta_{\gamma s}) \bar{B} \gamma N_\gamma \right] = 570.03 \quad kN/m^2$$

$$q_{ult} = 570.03 \quad kN/m^2$$

شرایط استاتیکی

$$\begin{aligned} T = \text{نیروهای افقی وارد بر فونداسیون} &= F_{1x} + F_{2x} + F_{5x} = 82.97 \quad kN \\ N = \text{نیروهای قائم وارد بر فونداسیون} &= W_G + F_{1y} + F_{2y} + F_{5y} - V = 275.50 \quad kN \\ q_{all} = \text{ظرفیت باربری خاک} &= q_{ult} / F_s = 570.03 / 3 = 190.01 \quad kN/m^2 \\ \sigma_{ave} = N / A &= 91.83 \quad kN/m^2 < q_{all} = 190.01 \quad \text{مناسب} \\ \sigma_{min} = (N / B^2) (6 X_R - 2B) &= 4.56 \quad kN/m^2 > 0 \quad \text{مناسب} \end{aligned}$$

شرایط لرزه‌ای

$$\begin{aligned} T = \text{نیروهای افقی وارد بر فونداسیون} &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} + F_{5x} + F_{6x} + F_{7x} = 159.87 \quad kN \\ N = \text{نیروهای قائم وارد بر فونداسیون} &= W_G + F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} + F_{5y} + F_{6y} + F_{7y} - V = 353.53 \quad kN \\ q_{all} = \text{ظرفیت باربری خاک} &= q_{ult} / F_s = 570.03 / 2 = 285.02 \quad kN/m^2 \\ \sigma_{ave} = N / A &= 117.84 \quad kN/m^2 < q_{all} = 285.02 \quad \text{مناسب} \\ \sigma_{min} = (N / B^2) (6 X_R - 2B) &= 5.85 \quad kN/m^2 > 0 \quad \text{مناسب} \end{aligned}$$

کنترل پایداری کلی (لغزش عمیق)

خشک : وضعیت خاک

E_t = مجموع نیروهای محرک لغزش

R_t = مجموع نیروهای مقاوم لغزش

$FS = \text{ضریب اطمینان لغزش عمیق} = R_t / E_t$

$m_i = \cos \alpha_i (1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / FS)$

$FS = \sum (C b_i + \tan \phi / m_i (W_i - C b_i \sin \alpha_i / FS - U_i b_i)) / \sum (W_i \sin \alpha_i)$

شرایط استاتیکی :

$FS = \sum (C b_i + \tan \phi / m_i (1 + K_v) - C b_i \sin \alpha_i / FS - U_i b_i)) / \sum (W_i (1 + K_v) \sin \alpha_i + W_i K_h (\cos \alpha_i - h_{ci} / R))$

شرایط لرزه‌ای :

h_{ci} = نصف ارتفاع قطعه

u = فشار آب وارد بر کف قطعه

C = ضریب چسبندگی = 0.00

ϕ = زاویه اصطکاک داخلی خاک = 30.00

b_i = عرض قطعه = 0.30 m

تعداد قطعات = 107 قطعه

وزن دیوار در قطعات 51 تا 61 لحاظ شده است.

$FS = 4.440 > 1.50$

مناسب

شرایط استاتیکی

$FS = 3.010 > 1.30$

مناسب

شرایط لرزه‌ای $-k_v$

$FS = 3.190 > 1.30$

مناسب

شرایط لرزه‌ای $+k_v$

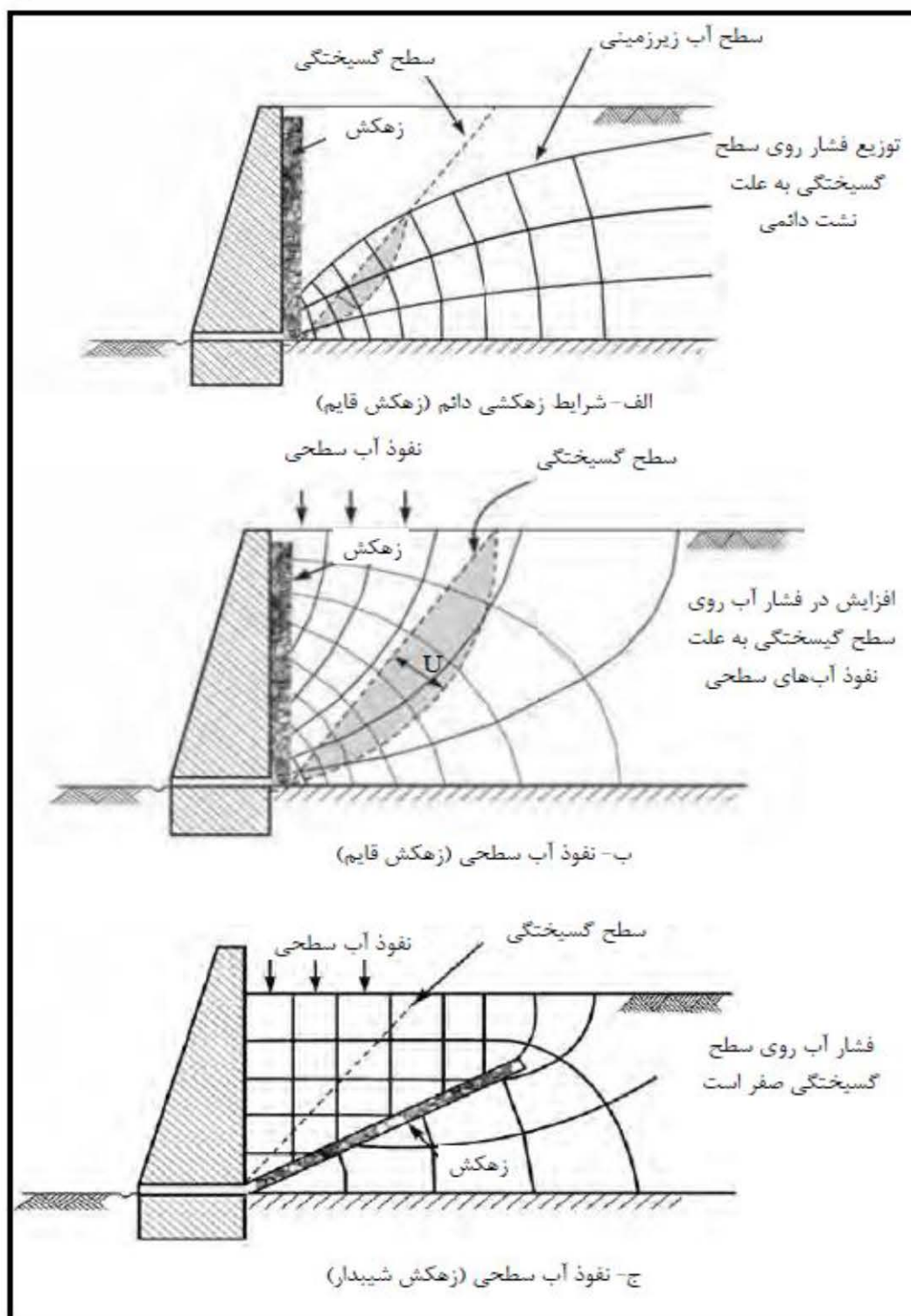
جدول نتایج ضرایب اطمینان براساس مرکز و شعاع دایره های گسیختگی محتمل

ردیف	مختصات مرکز		شعاع	ضریب اطمینان (Fs)		
	X (m)	Y (m)		استاتیکی	لرزه ای	لرزه ای
1	0.00	0.00	16.00	4.44	3.01	3.19
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
کمترین ضریب اطمینان				4.44	3.01	3.19

از عمده ترین دلایل خرابی دیوارهای حایل، سیستم زهکشی نامناسب است. سیستم های زهکشی برای از بین بردن فشارهای هیدرواستاتیک اضافی ناشی از نشت آب و نفوذ آب باران که بر سطوح گسیختگی و سطح پشت دیوار اعمال می شوند، لازم می باشند. در برخی حالات سیستم زهکش برای ممانعت از افزایش فشار ناشی از یخ زدگی خاکریز لازم است. نوع سیستم زهکشی به جنس مصالح خاکریز، مقدار بارش، پتانسیل یخ زدگی و شرایط آب سطحی و زیرزمینی بستگی دارد. با وجود استفاده از سیستم زهکشی مناسب دیوار باید ضریب ایمنی مناسبی در برابر شرایط عدم کارکرد سیستم زهکشی داشته باشد.

روش های زهکشی

موثرترین روش برای کنترل زهکشی، ایجاد خاکریز بر روی یک لایه زهکش شیب دار دارای زهکش طولی است، لایه زهکش شیب دار باعث به حداقل رساندن فشارهای هیدرواستاتیک اضافه بر روی سطح گسیختگی در اثر نشت آب زیرزمینی و نفوذ آب باران می شود. استفاده از زهکش در امتداد دیوار تاثیر کمتری داشته و غالبا باعث اعمال نیروهای بزرگ تری به دیوار می شود، درحالی که، برای دیوارهای نسبتا کوتاه (کمتر از 3 متر) افزایش این نیروها، زیاد نبوده و غالبا روش استفاده از زهکش در مجاورت دیوار به کار می رود.



تأثیر موقعیت زهکش بر روی افزایش فشارهای هیدرواستاتیک بر روی سطح گسیختگی

در صورت استفاده از زهکش قائم سوراخ زهکش شامل لوله ای به قطر حداقل 7.5 سانتی متر می باشد که به طور مریضی در داخل نیغه دیوار قرار داده می شود. برای جلوگیری از مسدود شدن لوله های زهکش، باید در ورودی لوله ها، توده شنی یا مصالح فیلتر تعبیه گردد. به طور معمول فاصله سوراخ زهکش به صورت قائم و افقی نباید بیش از 3 متر باشد.

