وقت ۱۵۰ دقیقه-جزوه بسته- ماشین حساب مجاز

سوال ۱- یک شالوده نواری بر روی خاک ماسه‌ای رس‌دار ساخته شده است. مطلوبست: **الف)** تعیین B اگر ظرفیت باربری لرزه‌ای نهایی برابر با $q_{uE} = 350\,\text{kPa}$ باشد.

ب) تعیین نشست مجاز با ضریب اطمینان ۲.۵؟ **۵ نمره**

$$D_f = 1\text{m}, \quad \gamma' = 17\,\text{kN/m}^3,\ \varphi' = 30^\circ,\ c' = 15\,\text{kPa},\ k_h = 0.2,\ k_v = 0$$

$$V = 0.55\ \text{m/s},\quad A = 0.3,\ g = 9.81\ \text{m/s}^2$$

$$q_{uS} = c'N_{cS}d_c + \gamma' D_f N_{qS} d_q + \frac{1}{2}\gamma' B N_{\gamma S} d_\gamma, \quad \text{Static conditions}$$

$$q_{uE} = c'N_{cE}d_c + \gamma' D_f N_{qE} d_q + \frac{1}{2}\gamma' B N_{\gamma E} d_\gamma, \quad \text{Earthquake conditions}$$

$$N_{qS} = e^{\pi\tan[\varphi']}\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi'}{2}\right),\ N_{cS} = \left(N_{qS}-1\right)\cot\left(\varphi'\right),\ N_{\gamma S} = 2\left(N_{qS}+1\right)\tan\left(\varphi'\right),$$

$$d_\gamma = 1,\ d_c = 1+0.4K,\ d_q = 1+2\tan\varphi\left(1-\sin\varphi\right)^2 K,$$

$$K = \begin{cases} \dfrac{D_f}{B} & \dfrac{D_f}{B} \le 1 \\ \tan^{-1}\left(\dfrac{D_f}{B}\right) & \dfrac{D_f}{B} > 1 \end{cases} \qquad \tan\theta = \frac{k_h}{1-k_v}, \qquad S_{Eq}\left(\text{m}\right) = 0.174\frac{V^2}{Ag}\left[\frac{k_h^*}{A}\right]^{-4}\tan\alpha_{AE}$$

حل الف)

$$N_{qS} = e^{\pi\tan[\varphi']}\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi'}{2}\right) = e^{\pi\tan\left[\frac{\pi}{6}\right]}\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\pi}{12}\right) = 18.401 \qquad 30\,\%$$

$$N_{cS} = \left(N_{qS}-1\right)\cot\left(\varphi'\right) = 35.4903,\quad N_{\gamma S} = 2\left(N_{qS}+1\right)\tan\left(\varphi'\right) = 30.14$$

$$d_c = 1+0.4K = 1+\frac{0.4}{B},\ d_q = 1+2\tan\varphi\left(1-\sin\varphi\right)^2 K = 1+\frac{0.2887}{B},\ d_\gamma = 1 \qquad 20\,\%$$

$$K = \begin{cases} \dfrac{D_f}{B} & \dfrac{D_f}{B} \le 1 \\ \tan^{-1}\left(\dfrac{D_f}{B}\right) & \dfrac{D_f}{B} > 1 \end{cases}$$

$$\tan\theta = \frac{k_h}{1-k_v} = \frac{0.2}{1-0} = 0.2 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \dfrac{N_{qE}}{N_{qs}} = 0.556, \quad N_{qE} = 10.233 \\ \dfrac{N_{\gamma E}}{N_{\gamma s}} = 0.35, \quad N_{\gamma E} = 7.848 \\ \dfrac{N_{cE}}{N_{cs}} = 0.526, \quad N_{cE} = 15.843 \end{cases}$$

30 %

Acceleration Intensity $\tan\theta = \dfrac{k_h}{1-k_v}$	Ratios of Seismic to Static Bearing-Capacity Factors		
	N_{qE}/N_{qS}	$N_{\gamma E}/N_{\gamma S}$	N_{cE}/N_{cS}
0	1.00	1.00	1.00
0.0807	0.78	0.65	0.77
0.176	0.60	0.40	0.57
0.268	0.44	0.23	0.41
0.364	0.31	0.11	0.27
0.466	0.19	0.04	0.14
0.577	0.06	0.00	0.00

$$q_{uE} = c'N_{cE}d_c + \gamma' D_f N_{qE} d_q + \frac{1}{2}\gamma' B N_{\gamma E} d_\gamma, \quad \text{Earthquake conditions}$$

$$q_{uE} = 173.973(1 + \frac{0.2887}{B}) + 237.64(1 + \frac{0.4}{B}) + 66.709B = 350$$

20 %

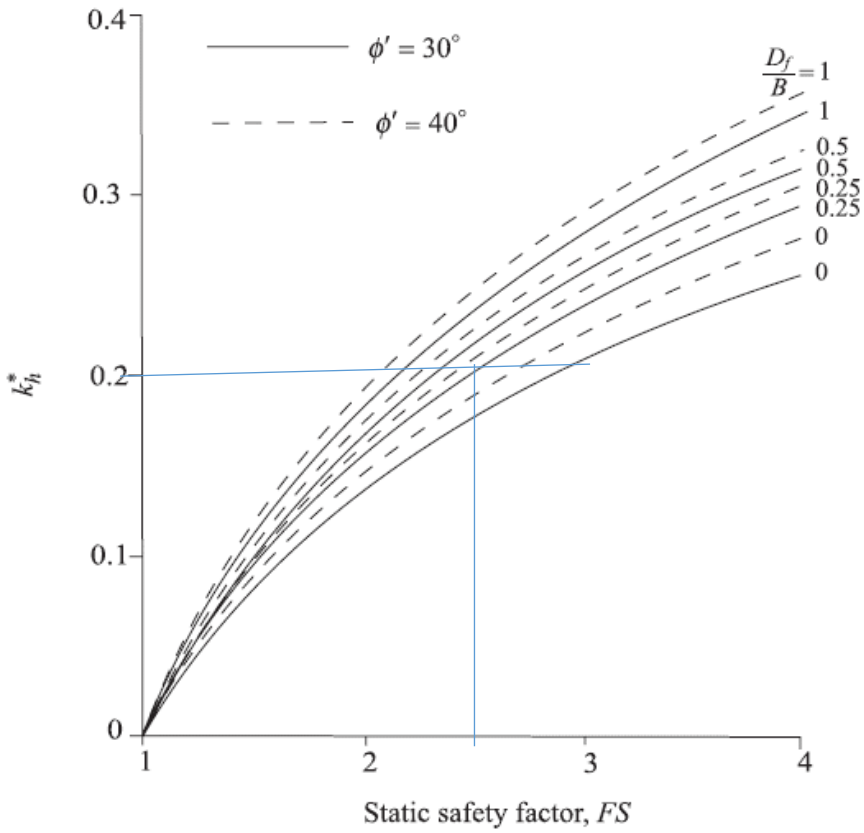
برای عرض طبق رابطه بالا جوابی نیست....

حل ب)

$$S_{Eq}(\mathrm{m}) = 0.174\frac{V^2}{Ag}\left[\frac{k_h^*}{A}\right]^{-4}\tan\alpha_{AE}$$

با در دست داشتن ضریب اطمینان SF=2.5 و $\frac{D_f}{B} = ...$ می‌توان k_h^* را از گراف زیر تعیین کرد:

Assuming $k_h^* = 0.2$



و همچنین با در دست داشتن $\varphi'=30^\circ$ و $k_h^* = 0.2$ می‌توان $\tan\alpha_{AE} = 1.02$ را از جدول زیر تعیین کرد:

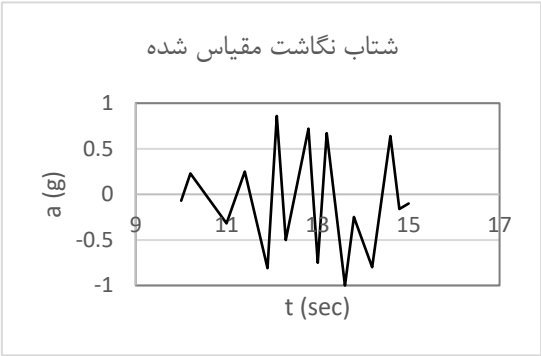
$$S_{Eq}\left(\mathrm{m}\right) = 0.174\frac{V^2}{Ag}\left[\frac{k_h^*}{A}\right]^{-4}\tan\alpha_{AE} = 0.174\frac{0.55^2}{0.3\times 9.81}\left[\frac{0.2}{0.3}\right]^{-4}1.02 = 0.0924\,\mathrm{m} = 9.24\,\mathrm{mm}$$

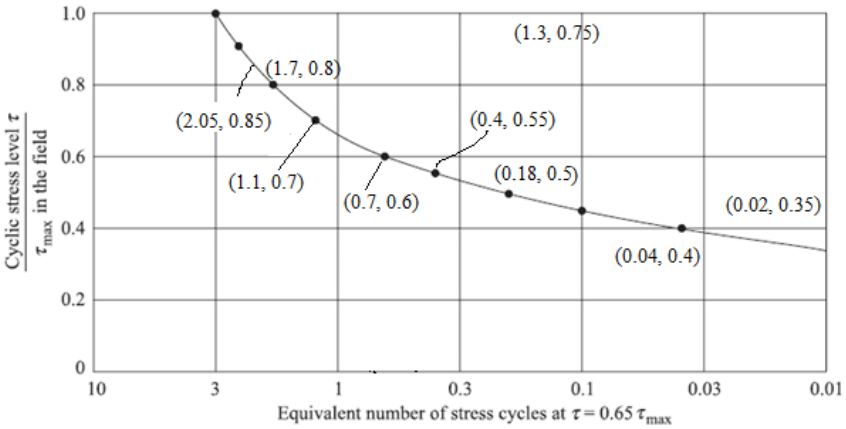
	$\tan\alpha_{AE}$			
k_h^*	$\phi' = 20°$	$\phi' = 25°$	$\phi' = 30°$	$\phi' = 35°$
0.05	1.10	1.24	1.39	1.57
0.10	0.97	1.13	1.26	1.44
0.15	0.82	1.00	1.15	1.32
0.20	0.71	0.87	1.02	1.18
0.25	0.56	0.74	0.92	1.06
0.30		0.61	0.77	0.94
0.35		0.47	0.66	0.84
0.40		0.32	0.55	0.73
0.45			0.42	0.63
0.50			0.27	0.50
0.55				0.44
0.60				0.32

سوال۲- برای شتاب مقیاس شده‌ی زیر مقدار تعداد سیکل معادل را تعیین کنید؟ بازه تقسیم بندی شتاب را ۰.۰۵ در نظر بگیرید.

۳ نمره

t	10	10.2	11	11.4	11.9	12.1	12.3	12.8	13	13.2	13.6	13.8	14.2	14.6	14.8	15
شتاب	-0.07	0.23	-0.32	0.25	-0.81	0.86	-0.5	0.72	-0.75	0.67	-1	-0.25	-0.8	0.64	-0.16	-0.1





حل ۳:

به طور کلی یک شتاب نگاشت زلزله یک تابع غیرمنظم و تصادفی از زمان می‌باشد و بنابراین مشکل می‌توان اثرات آن را ارزیابی نمود و هم‌چنین در آزمایشگاه نیز مشکل است که بتوان چنین تابع غیرمنظم و تاریخچه زمانی حرکتی را ایجاد نمود. برای رفع مشکل می‌توان چنین تاریخچه حرکت نامنظمی را به یک تاریخچه منظم معادل و با مقادیری متفاوت تبدیل نمود و با فرض این که حداکثر تنش برشی ایجاد شده توسط این شتاب نگاشت τ_{max} می‌باشد در این صورت مقدار معادل تنش برشی یکنواخت سیکلی آن رامعادل $\beta.\tau_{max}$ در نظر می‌گیریم. به بیان دیگر اثر یک شتاب نگاشت نامنظم بر یک توده خاک معین از نظر تئوری باید مساوی اثر یک تنش سیکلی یکنواخت (هارمونیک) با تعداد N سیکل و دامنه معادل $\beta.\tau_{max}$ باشد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که مقدار β مبنا را می‌توان حدود ۰/۶۵ در نظر گرفت.

آرایه دسته بندی شتاب بر حسب PGA	تعداد در بالای محور x	تعداد در پایین محور x	ضریب اثر از گراف بالا	تعداد سیکل معادل بالای محور x	تعداد سیکل معادل پایین محور x
1		1	3	---	3
0.95				---	---
0.9				---	---
0.85	1		2.05	2.05	---
0.8		2	1.70	---	3.4
0.75		1	1.3	---	1.3

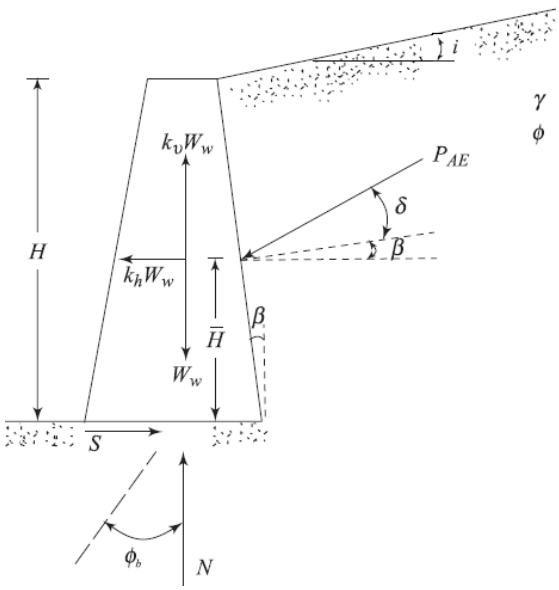
0.7	1		1.1	1.1	---
0.65	2		1	2	---
0.6				---	---
0.55				---	---
0.5		1	0.18	---	0.18
جمع				**5.15**	**7.88**

تعداد سیکل معادل میانگین تعداد سیکل معادل بالا و پایین است بنابراین:

$$N = \frac{5.15 + 7.88}{2} = 6.5$$

سوال ۳-دیوار وزنی به ارتفاع ۴.۵ متر و مشخصات زیر در نظر بگیرید.

$$\gamma=17.5\,\mathrm{kN/m^3},\ \varphi=30^\circ, \varphi_b=27^\circ,\ \beta=3^\circ,\quad i=4^\circ,\quad \delta=\frac{2}{3}\varphi,$$



مطلوبست تعیین:

الف) مقدار نیروی محرک لرزه ای را از روش *Mononobe-Okabe* با فرض $k_h=0.24,\ k_v=0.11$ ؟

ب) محل اثر نیروی محرک لرزه ای وقتی دیوار حول پنجه دوران کند. (از روش Seed and Whitman (1969) استفاده کنید).

ج) محل اثر نیروی محرک لرزه ای وقتی دیوار حرکت انتقالی داشته باشد. (از روش Sherif, Ishibashi, and Lee (1982) استفاده کنید).

د) وزن مورد نیاز دیوار در سه حالت استاتیکی و زلزله بدون جابجایی و زلزله با جابجایی ۳ سانتی متر(ضریب اطمینان در مقابل لغزش را ۱.۵ بگیرید).

$$A_a=A_v=0.175$$

ه) تعیین نیروی اضافی دینامیکی ناشی از آب در حالتی که دیوار جابجایی نداشته باشد و سطح آب در ارتفاع ۳ متری بالای کف دیوار باشد؟**۵.۵ نمره**

حل الف)

$$\tan\theta=\frac{k_h}{1-k_v}=\frac{0.24}{1-0.11}\Rightarrow\theta=0.2634\,\mathrm{rad}=15.09^\circ$$

$$K_{AE}=\frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos(\theta)\cos^2(\beta)\cos(\delta+\theta+\beta)\left(1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\theta+\beta)\cos(i-\beta)}}\right)^2}=0.6185$$

$$P_{AE}=\frac{1}{2}\gamma H^2(1-k_v)K_{AE}=97.539\,\mathrm{kN/m}$$

حل ب)

$$K_A=\frac{\cos^2(\phi-\beta)}{\cos(\theta)\cos^2(\beta)\cos(\delta+\beta)\left(1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-i)}{\cos(\delta+\beta)\cos(i-\beta)}}\right)^2}=0.336$$

$$P_A=\frac{1}{2}\gamma H^2(1)K_A=59.56\,\mathrm{kN/m}$$

$$\bar{H}=\frac{0.3\bar{3}HP_A+(0.6\times H)\Delta P_{AE}}{P_{AE}}=1.97\,\mathrm{m},$$

حل ج)

$$\bar{H} = \frac{0.42 \times H \times P_A + (0.48 \times H)\Delta P_{AE}}{P_{AE}} = 2.0 \text{ m}$$

حل د)

حالت استاتیکی:

$$CI = \frac{\cos(\delta+\beta) - \sin(\delta+\beta)\tan(\phi_b)}{\tan(\phi_b)} = 1.416$$

$$W = \text{SF} \times \frac{1}{2}\gamma H^2 K_A \times CI = 126.485 \text{kN/m},$$

حالت زلزله بدون جابجایی:

$$CI_E = \frac{\cos(\delta+\beta) - \sin(\delta+\beta)\tan(\phi_b)}{(1-k_v)\{\tan(\phi_b) - \tan(\theta)\}} = 3.379$$

$$W_w = \text{SF} \times \frac{1}{2}\gamma H^2 (1-k_v) K_{AE} \times CI_E = 494.43 \text{kN/m}$$

حالت زلزله با جابجایی محدود:

$$k_h = A_a \left(\frac{5.08 A_v^2}{A_a \times d(\text{mm})} \right)^{0.25} = 0.0726$$

$$\tan\theta = \frac{k_h}{1-k_v} = \frac{0.0557}{1-0.11} = 0.0814 \text{rad} = 4.665^\circ$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos(\theta)\cos^2(\beta)\cos(\delta+\theta+\beta)\left(1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\theta+\beta)\cos(i-\beta)}}\right)^2} = 0.399$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2}\gamma H^2 (1-k_v) K_{AE} = 62.895 \text{kN/m}$$

$$CI_E = \frac{\cos(\delta+\beta) - \sin(\delta+\beta)\tan(\phi_b)}{(1-k_v)\{\tan(\phi_b) - \tan(\theta)\}} = 1.894$$

$$W_w = \text{SF} \times \frac{1}{2}\gamma H^2 (1-k_v) K_{AE} \times CI_E = 178.7 \text{kN/m}$$

حل ه)

$$P_w = 0.9914 k_h \gamma_w h^2 = 21.0 \text{kN/m}$$

سوال ۴- گزارش ژئوتکنیکی از نتاج آزمایش CPT در مکانی از شهرستان بابلسر به شرح زیر است. اگر خاک سایت از نوع **ماسه ای با ۱۰ درصد ریزدانه** به ارتفاع $h_s = 13.5\mathbf{m}$ باشد و همچنین سفره آب زیرزمینی در عمق $h_w = 1.5\mathbf{m}$ باشد مطلوبست الف) تعیین عمق و ضخامت قسمتی از ماسه برای یک زلزله با شدت $M_w = 7.5$ ریشتر و شتاب ماکزیمم سطح زمین $0.18g$ که در آن عمق پتانسیل روانگرائی بالایی دارد. (γ وزن واحد حجم مرطوب ماسه تا عمق $1.5\mathbf{m}$ برابر $17.5\ \mathrm{kN/m^3}$ بوده و از عمق $1.5\mathbf{m}$ به پایین برابر $19.8\ \mathrm{kN/m^3}$ می باشد.) **۶.۵ نمره**

$a_{\max}/g$	C_D	$h(\mathrm{m})$	$q_c\left(\mathrm{kg/cm^2}\right)$
0.18	1	0	--
0.19	0.99	1.5	24
0.20	0.98	3	32
0.205	0.97	4.5	40
0.21	0.96	6	52
0.22	0.95	7.5	60
0.225	0.94	9	72
0.23	0.90	10.5	80
0.24	0.85	12	88
0.25	0.81	13.5	100

حل)

تعیین تنش برشی متوسط دراعماق مختلف ماسه از رابطه‌ی:

$$\tau_{avg} = 0.65 \times C_D \left(\frac{\gamma h}{g}\right) a_{\max}$$

این همان تنش برشی ماکزیمم ناشی از زلزله می باشد.

$h(\mathrm{m})$	C_D	$a_{\max}/g$	$\gamma.h\left(\mathrm{kN/m^2}\right)$	$\tau_{avg}\left(\mathrm{kN/m^2}\right)$
0	1	0.18	0	0
1.5	0.99	0.19	26.25	3.209456
3	0.98	0.20	55.5	7.0707
4.5	0.97	0.205	84.75	10.95415
6	0.96	0.21	114	14.93856
7.5	0.95	0.22	143.25	19.46051
9	0.94	0.225	172.5	23.71444
10.5	0.90	0.23	201.75	27.14546
12	0.85	0.24	231	30.6306
13.5	0.81	0.25	260.25	34.25541

تنش‌هایی که موجب روانگرائی می‌شود بر حسب نتایج آزمایش *CPT* به‌صورت زیر تعیین می‌گردد.

با داشـــتن نتایج آزمایش نفوذ مخروط می توان با کمک رابطه زیر عدد SPT اصلاح شده(N') را بدست آورد::

$$q_c' = C_N q_c, \quad C_N = 9.78\sqrt{\frac{1}{\sigma_v'}}, \quad N' = \frac{q_c'}{4}$$

با توجه به عدد SPT اصلاح شده و جدول روبرو (به کمک بزرگای زلزله و درصد ریزدانه) می توان نسبت تنش برشی روانگراکننده به تنش موثر را با کمک درونیابی تعیین کرد که در جدول زیر آورده شده است.

$$\sigma_v' = \sum \gamma_i' h_i$$

Percent of fines, F	N'	Lower bound of $(\tau_h/\sigma_v)_{\text{field}}$ for which liquefaction is likely ($M = 7.5$)
≤5	5	0.055
	10	0.115
	15	0.170
	20	0.220
	25	0.295
	30	0.500
10	5	0.098
	10	0.160
	15	0.225
	20	0.295
	25	0.500
35	5	0.130
	10	0.185
	15	0.260
	20	0.400

برای محاسبه مقادیر مختلف تنش برشی که موجب روانگرایی می‌شود جدول زیر تنظیم می‌شود:

$h(\text{m})$	C_D	$a_{\max}/g$	$q_c\left(\text{kg/cm}^2\right)$	$\sigma'_v\left(\text{kN/m}^2\right)$	$\gamma.h\left(\text{kN/m}^2\right)$	C_N	$q_c'\left(\text{kg/cm}^2\right)$	N'	$(\tau_h/\sigma_v')_{(\text{field})}$	$\tau_{h(\text{field})}$	$\tau_{avg}\left(\text{kN/m}^2\right)$
0	1	0.18	--	0	0	---	---		0		0
1.5	0.99	0.19	24	26.25	26.25	1.91	45.81265	11.45316	0.179	4.69875	3.209456
3	0.98	0.20	32	40.785	55.5	1.53	49.0048	12.2512	0.189	7.708365	7.0707
4.5	0.97	0.205	40	55.32	84.75	1.31	52.59661	13.14915	0.2	11.064	10.95415
6	0.96	0.21	52	69.855	114	1.17	60.8476	15.2119	0.228	15.92694	14.93856
7.5	0.95	0.22	60	84.39	143.25	1.06	63.87701	15.96925	0.239	20.16921	19.46051
9	0.94	0.225	72	98.925	172.5	0.98	70.79757	17.69939	0.263	26.01728	23.71444
10.5	0.90	0.23	80	113.46	201.75	0.92	73.45265	18.36316	0.272	30.86112	27.14546
12	0.85	0.24	88	127.995	231	0.86	76.07203	19.01801	0.281	35.9666	30.6306
13.5	0.81	0.25	100	142.53	260.25	0.82	81.9192	20.4798	0.314672	44.8502	34.25541

$h(\text{m})$	$(\tau_h)_{(\text{field})}$	$\tau_{avg}\left(\text{kN/m}^2\right)$	احتمال پتانسیل روانگرایی
0	--	0	ندارد

1.5	4.69875	3.209456	ندارد
3	7.708365	7.0707	ندارد
4.5	11.064	10.95415	ندارد
6	15.92694	14.93856	ندارد
7.5	20.16921	19.46051	ندارد
9	26.01728	23.71444	ندارد
10.5	30.86112	27.14546	ندارد
12	35.9666	30.6306	ندارد
13.5	44.8502	34.25541	ندارد

تهیه و تنظیم: **علی عسگری**، عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران،

دانشکده مهندسی و فناوری، دانشگاه مازندران

فرمول‌ها، نمودارها و جداول احتمالی مورد نیاز:

$$q_{uS} = c'N_{cS}d_cS_c + \gamma' D_f N_{qS} d_q S_q + \frac{1}{2}\gamma' B N_{\gamma S} d_\gamma S_\gamma, \quad \text{Static conditions}$$

$$q_{uE} = c'N_{cE}d_cS_c + \gamma' D_f N_{qE} d_q S_q + \frac{1}{2}\gamma' B N_{\gamma E} d_\gamma S_\gamma, \quad \text{Earthquake conditions}$$

$$N_{qS} = e^{\pi \tan[\varphi']} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right), \; N_{cS} = \left(N_{qS} - 1\right)\cot\left(\varphi'\right), \; N_{\gamma S} = 2\left(N_{qS} + 1\right)\tan\left(\varphi'\right),$$

$$d_\gamma = 1, \; d_c = 1 + 0.4K, \; d_q = 1 + 2\tan\varphi\left(1 - \sin\varphi\right)^2 K,$$

$$K = \begin{cases} \dfrac{D_f}{B} & \dfrac{D_f}{B} \le 1 \\ \tan^{-1}\left(\dfrac{D_f}{B}\right) & \dfrac{D_f}{B} > 1 \end{cases} \qquad \tan\theta = \frac{k_h}{1 - k_v}, \qquad S_{Eq}\left(\text{m}\right) = 0.174\frac{V^2}{Ag}\left[\frac{k_h^*}{A}\right]^{-4} \tan\alpha_{AE}$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L} \ge 0.6, \; S_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi', \; S_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

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

$$P_{AE}=\frac{1}{2}\gamma H^2(1-k_v)K_{AE},\quad CI_E=\frac{\cos(\delta+\beta)-\sin(\delta+\beta)\tan(\phi_b)}{(1-k_v)\{\tan(\phi_b)-\tan(\theta)\}}$$

$$k_h=A_a\left(\frac{5.08A_v^2}{A_a\times d(\text{mm})}\right)^{0.25},\quad W_w=\frac{1}{2}\gamma H^2(1-k_v)K_{AE}\times CI_E,$$

$$\bar{H}=\frac{0.42P_A+(0.48\times H)\Delta P_{AE}}{P_{AE}},$$

$$\bar{H}=\frac{0.3\bar{3}HP_A+(0.6\times H)\Delta P_{AE}}{P_{AE}},$$

$$P_w=0.9914k_h\gamma_w h^2$$

$$\tau_{\max[\text{modified}]}=C_D\left(\frac{\gamma h}{g}\right)a_{\max}$$

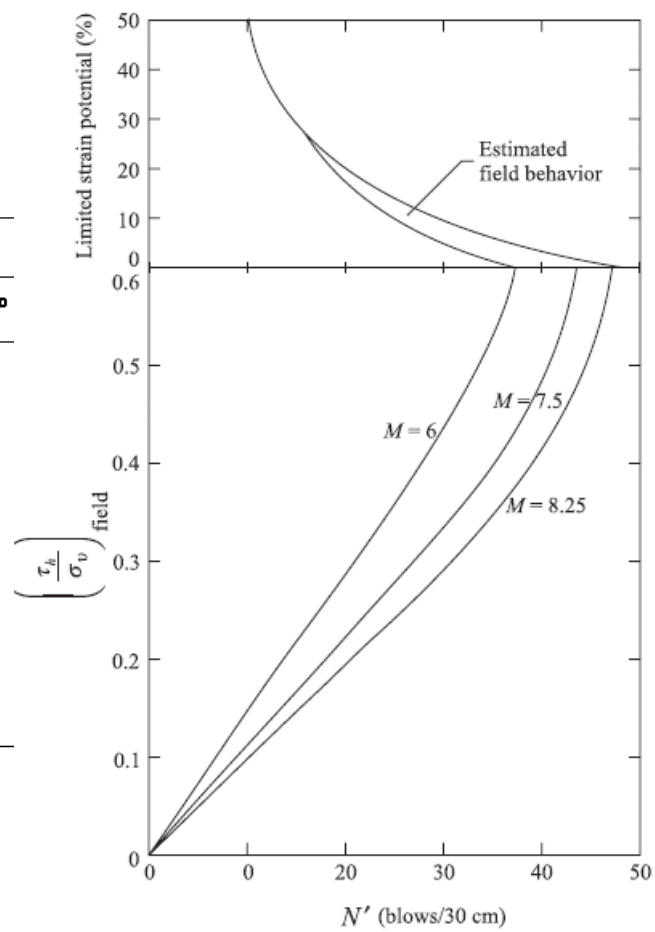
$$\tau_{avg}=0.65\times\tau_{\max[\text{modified}]}$$

$$\tau_{h(\text{field})\left[R_{D[2]}\right]}=\sigma_v\alpha\beta\left(\frac{1/2\sigma_d}{\sigma_3}\right)_{triax,\left[R_{D[1]}\right]}\cdot\frac{R_{D[2]}}{R_{D[1]}},$$

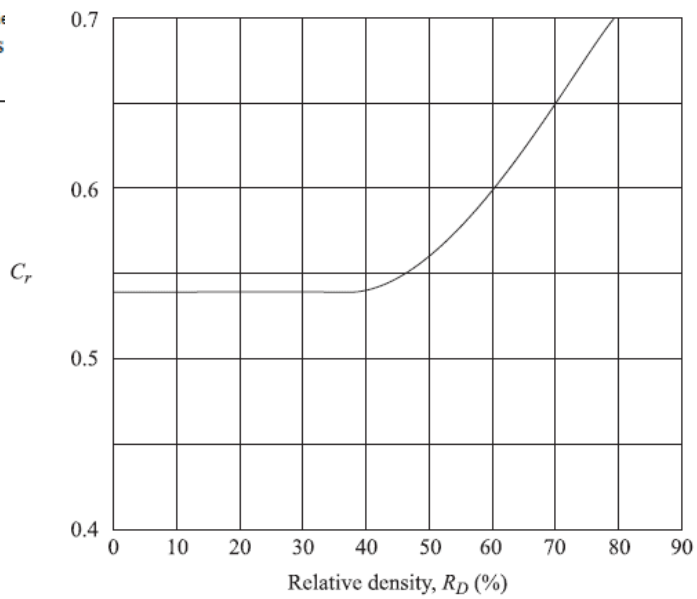
$$C_r=\alpha\beta$$

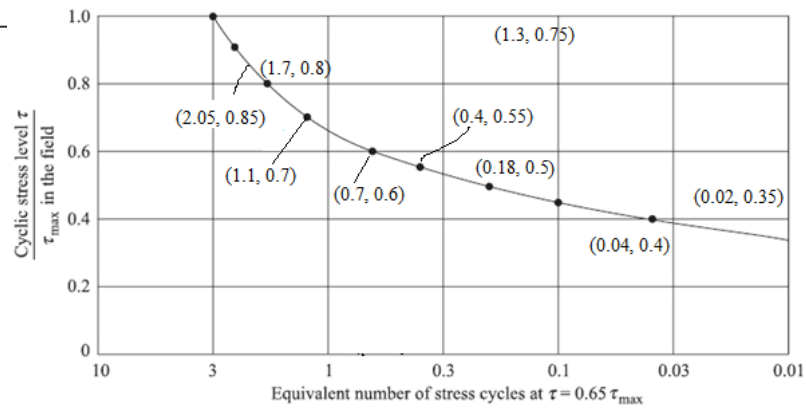
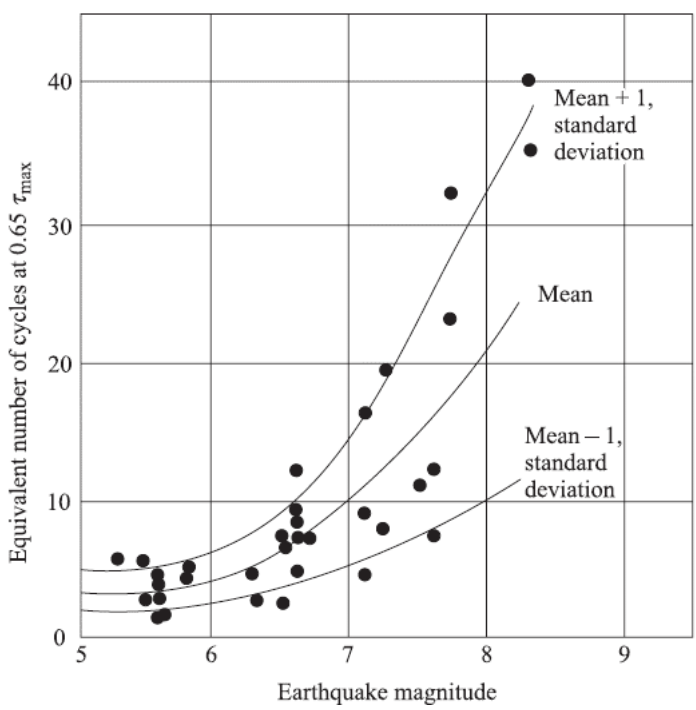
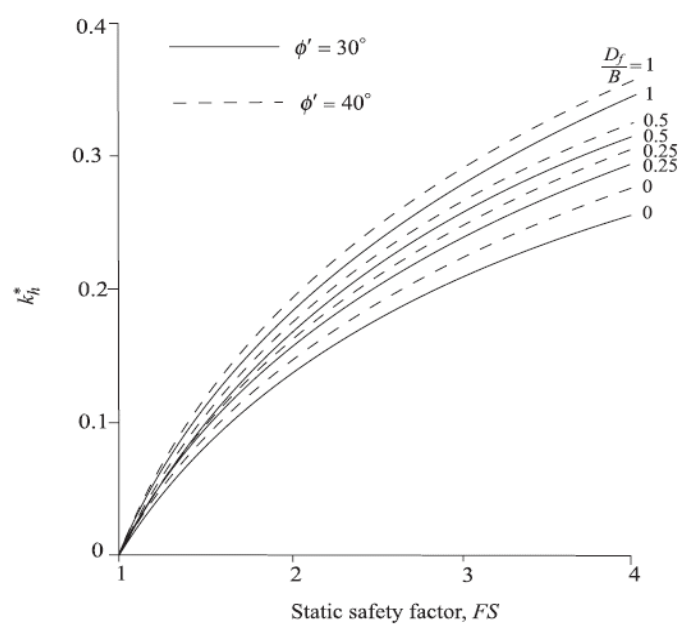
Acceleration Intensity $\tan\theta=\frac{k_h}{1-k_v}$	Ratios of Seismic to Static Bearing-Capacity Factors		
	N_{qE}/N_{qS}	$N_{\gamma E}/N_{\gamma S}$	N_{cE}/N_{cS}
0	1.00	1.00	1.00
0.0807	0.78	0.65	0.77
0.176	0.60	0.40	0.57
0.268	0.44	0.23	0.41
0.364	0.31	0.11	0.27
0.466	0.19	0.04	0.14
0.577	0.06	0.00	0.00

	$\tan\alpha_{AE}$			
k_h^*	$\phi'=20°$	$\phi'=25°$	$\phi'=30°$	$\phi'=35°$
0.05	1.10	1.24	1.39	1.57
0.10	0.97	1.13	1.26	1.44
0.15	0.82	1.00	1.15	1.32
0.20	0.71	0.87	1.02	1.18
0.25	0.56	0.74	0.92	1.06
0.30		0.61	0.77	0.94
0.35		0.47	0.66	0.84
0.40		0.32	0.55	0.73
0.45			0.42	0.63
0.50			0.27	0.50
0.55				0.44
0.60				0.32



Percent of fines, F	N'	Lower bound of $(\tau_h/\sigma_v)_{fie}$ for which liquefaction is likely ($M = 7.5$)
≤5	5	0.055
	10	0.115
	15	0.170
	20	0.220
	25	0.295
	30	0.500
10	5	0.098
	10	0.160
	15	0.225
	20	0.295
	25	0.500
35	5	0.130
	10	0.185
	15	0.260
	20	0.400



$$C_N = 9.78\sqrt{\frac{1}{\sigma'_v(\text{kPa})}},$$

$$N' = \frac{C_N q_c\left(\text{kg/cm}^2\right)}{4}(\text{rounded off})$$