

## روش وسیک در محاسبه ظرفیت باربری نوک ( $q_t$ و $q_p$ )

وسیک (۱۹۷۷) روشی برای محاسبه ظرفیت باربری نوک شمع‌ها ارائه نمود بابر است با:

$$Q_t = A_t q_t = A_t (CN_c^* + \sigma'_0 N_q^*)$$

$\sigma'_0$  = تنش نرمال متوسط زمین (مؤثر) در تراز نوک شمع که برابر است با:

$$\sigma'_0 = \left( \frac{1 + 2K_0}{3} \right) q'$$

$q'$  = تنش قائم مؤثر در تراز نوک شمع

$K_0$  = ضریب فشار جانبی خاک در حالت سکون که برابر است با:

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

همچنین مقادیر  $Nq^*$ ،  $Nc^*$  از رابط زیر بدست می‌آید:

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \sin \phi} \left\{ \exp\left[\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \tan \phi\right] \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) I_r^{\frac{1.333 \sin \phi}{1 + \sin \phi}} \right\}$$

ادامه روابط وسیع:

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \sin \phi} \left\{ \exp\left[\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \tan \phi\right] \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) I_r^{\frac{1.333 \sin \phi}{1 + \sin \phi}} \right\}$$

$$N_c^* = (N_q^* - 1) \cot \phi$$

که  $I_{rr}$  فاکتور کاهش یافته سختی می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$I_r = \frac{I_r}{1 + \xi_v I_r}$$

$\xi_v$  = کرنش حجمی متوسط در ناحیه پلاستیک زیر نوک شمع

و  $I_r$  فاکتور سختی است که از رابطه زیر بدست می آید:

$$I_r = \frac{E_s}{2(1 + \mu_s)(C + \bar{q} \tan \phi)} = \frac{G_s}{C + \bar{q} \tan \phi}$$

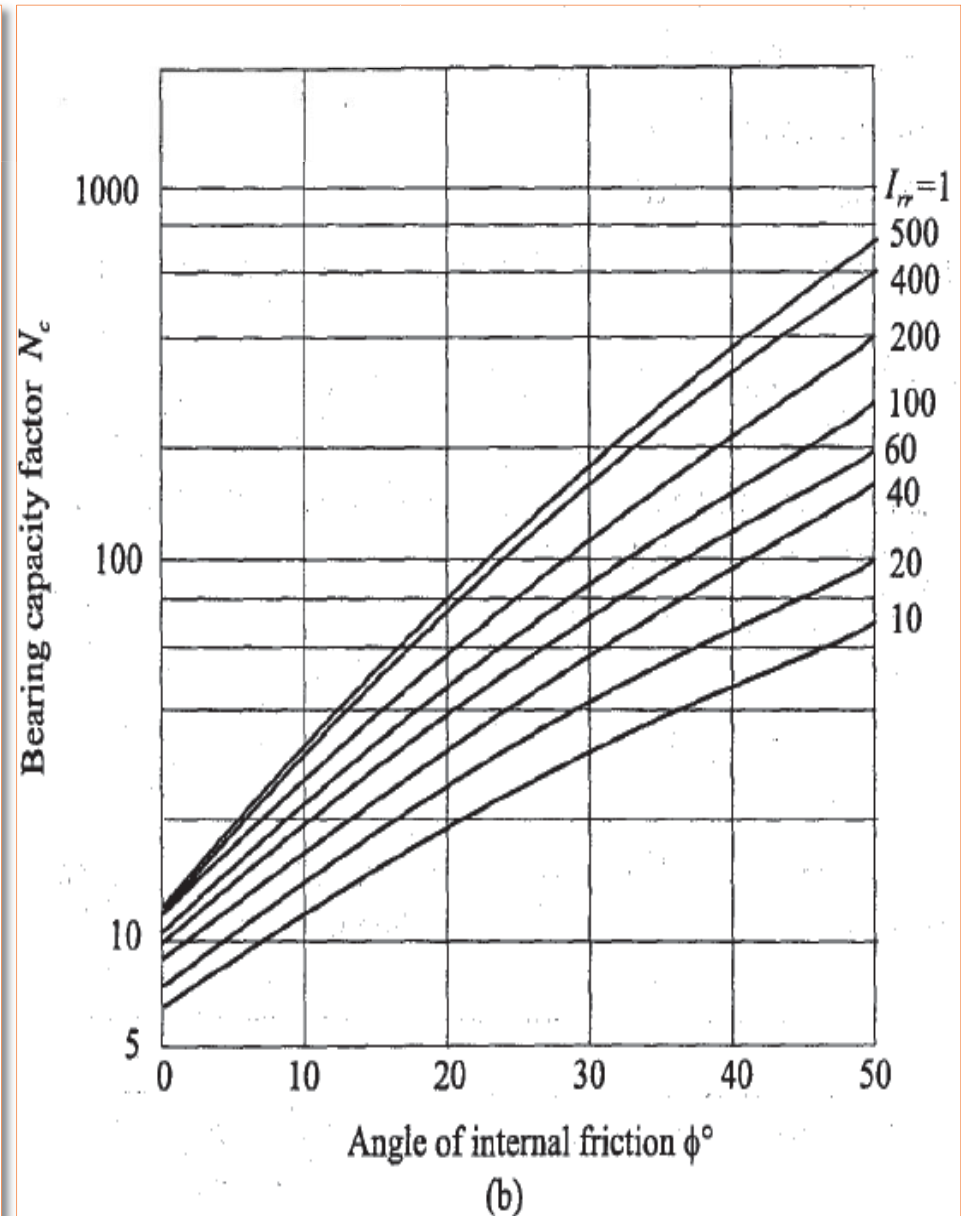
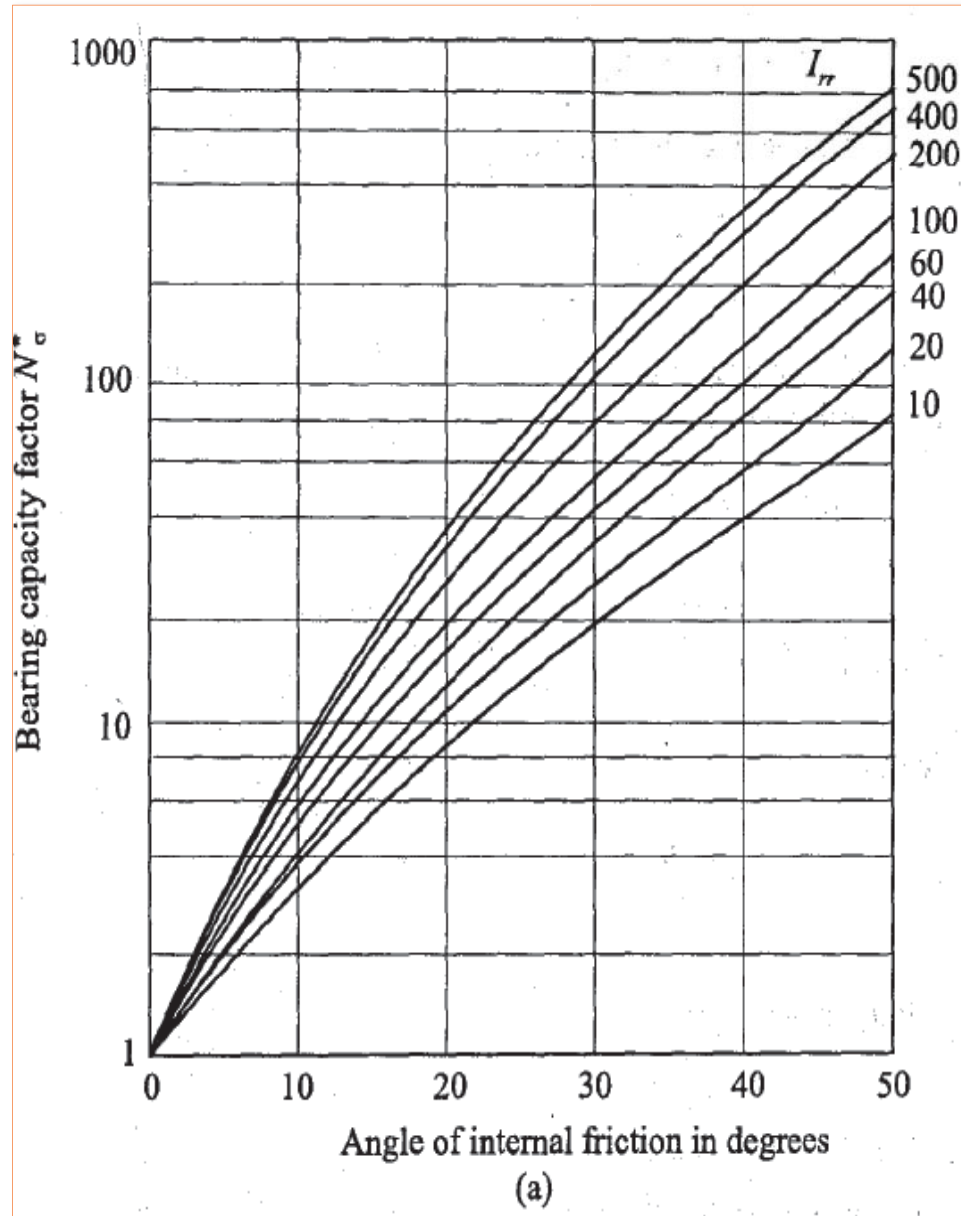
که در آن:

$E_s$  = ضریب الاستیسیته خاک (مدول یانگ)

$\mu_s$  = ضریب پواسون خاک

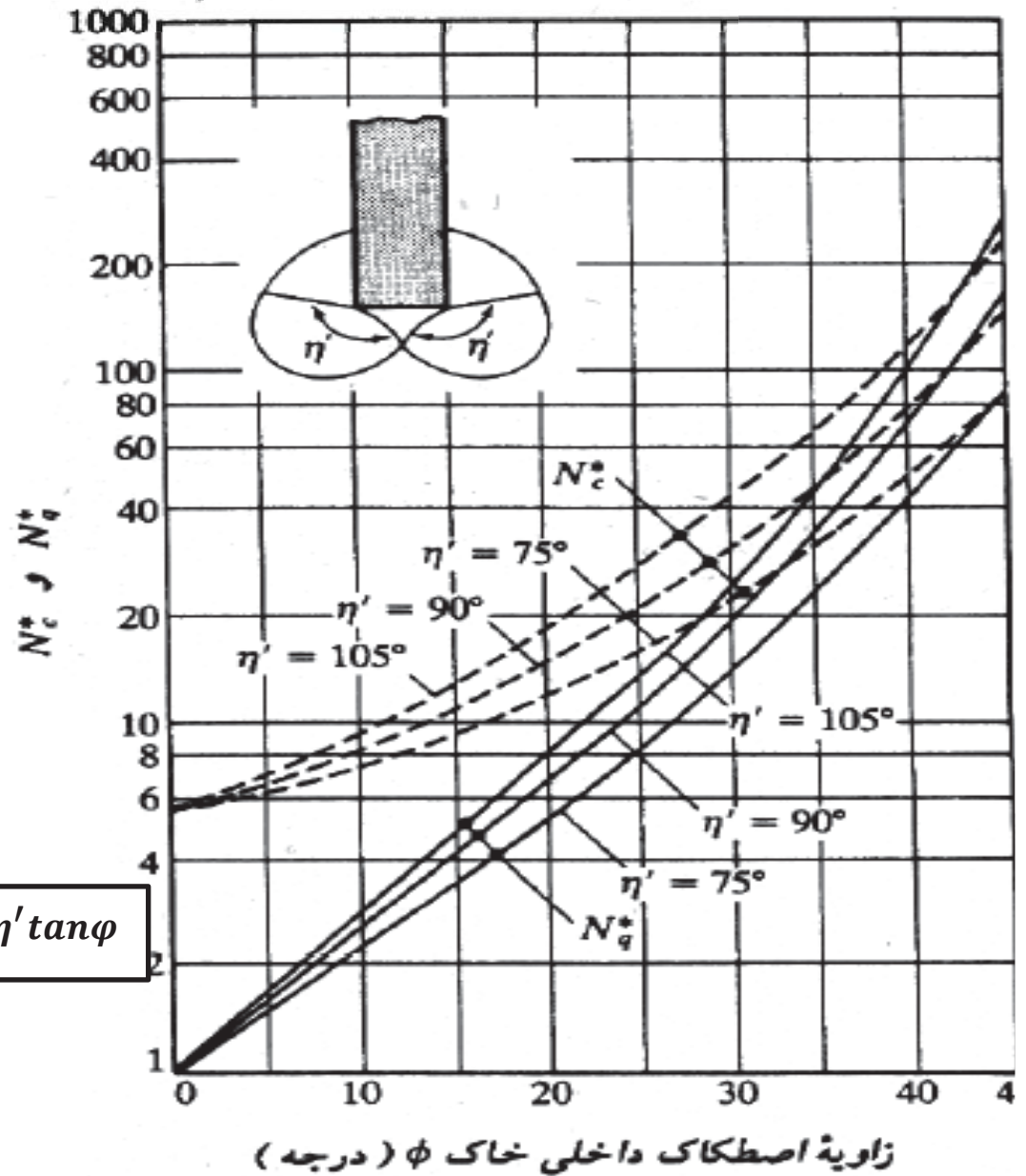
نوع خاک	$I_r$
ماسه ( $D_r = 0.5-0.8$ )	۷۵ - ۱۵۰
لای	۵۰ - ۷۵
رس	۱۵۰ - ۲۵۰

# محاسبه ضرایب روش وسیک



## روش جانبو در محاسبه ظرفیت باربری نوک ( $q_t$ و $q_p$ )

$$Q_p = A_p q_p = A_p (cN_c^* + \bar{q}N_q^*)$$



$$N_q^* = (\tan\phi + \sqrt{1 + \tan^2\phi})^2 \cdot e^{2\eta'\tan\phi}$$

## محاسبه مقاومت نوک شمع با استفاده از عدد نفوذ استاندارد

۱- روش میرهوف در محاسبه ظرفیت باربری نوک:

$$Q_p = A_p(40 N_{55}) \frac{L_b}{D} \leq A_p(380 N_{55}) \quad (KN)$$

D = قطر شمع و  $L_b$  = عمق نفوذ شمع در داخل لاه برابر اتکایی

N55 = متوسط آماری اعداد نفوذ استاندارد SPT در ناحیه حدود 8B بالای نوک شمع و 3B پائین نوک شمع

## ۲- روش ژاپنیها:

شمع کوبشی

$$\frac{q_{ult}}{N} = \frac{6L_b}{B} \leq 30$$

شمع های لوله ای ته باز

شمع حفر شده

$$q_{ult} = 10N$$

در ماسه

$$\frac{q_{ult}}{N} = 10 + \frac{4L_b}{B} \leq 30$$

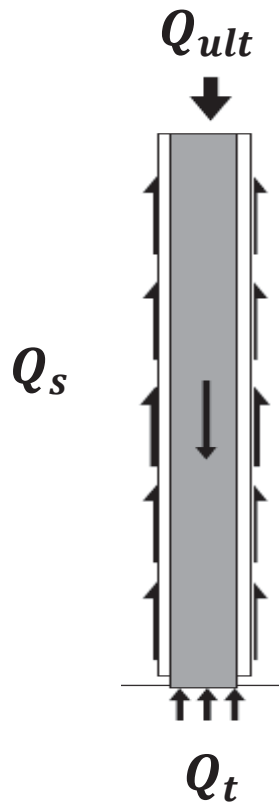
شمع های لوله ای ته بسته

$$q_{ult} = 15N$$

در ماسه شن دار

تذکر: مقادیر N بر اساس N55 می باشد

# ظرفیت باربری جداره (اصطکاک جداره) (Shaft Resistance)



مقاومت اصطکاکی:

مقاومت اصطکاکی یا جداری در واقع تنش اصطکاکی موجود بین جداره شمع و خاک اطراف در طول شمع می باشد مقدار مقاومت اصطکاکی به پارامترهایی نظیر جنس شمع ، جنس خاک اطراف، شرایط زهکشی ، روش اجرا، میزان جابجایی و ... بستگی دارد. پژوهشگران مختلف روابطی را برای محاسبه مقاومت اصطکاکی ارائه نمودند کلیه این روش ها در قسمتهای بعدی توضیح داده می شود.

## محاسبه ظرفیت باربری اصطکاکی در خاک ماسه ای ( $Q_s$ )

$$Q_s = \rho \Delta L f$$

$$f = K \sigma_v \tan \delta$$

مقادیر  $K$  با عمق متغیر است. مقادیر آن بستگی به روش اجرا و کوبیدن شمع دارد که بر پایه نتایج موجود در حال حاضر ، مقادیر متوسط قابل توصیه در اسلاید بعدی شرح داده می شود.

$\rho$  = محیط مقطع شمع

$\Delta L$  = جزء طولی از شمع که در آن  $\rho$  و  $f$  ثابت فرض شده اند

$f$  = مقاومت اصطکاکی واحد سطح در عمق  $z$

$K$  = ضریب فشار جانبی خاک

$\sigma'_v$  = تنش قائم مؤثر در عمق مورد نظر

$\delta$  = زاویه اصطکاکی بین شمع و خاک

$$\delta = 0.5 \phi \text{ تا } 0.8 \phi$$

زاویه اصطکاکی  
داخلی خاک



## مقادیر مختلف K

$$K = K_0 = 1 - \sin \varphi$$

برای شمع‌های حفاری شده و یا کوبیده شده با جت آب:

$$K = K_0$$

(حد پائین)

برای شمع‌های کوبیده شده با جابجایی کم:

$$K = 1.4K_0$$

(حد بالا)

برای شمع‌های کوبیده شده با جابجایی زیاد:

$$K = K_0$$

(حد پائین)

$$K = 1.8K_0$$

(حد بالا)

Bhusan (1982) برای شمع‌های با جابجایی زیاد روابط زیر را پیشنهاد کرده است:

$$\beta = K \tan \delta = 0.18 + 0.0065D_r$$

$$K = 0.5 + 0.008D_r$$



## محاسبه ظرفیت باربری اصطکاکی شمع در خاک رسی ( $Q_s$ )

### ۱- روش $\lambda$

این روش توسط ویجاورجی او فوش برای تعیین مقاومت جداری رس پیش تحکیم یافته ارائه گردید که مقاومت جداری از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$f_{av} = \lambda(\bar{\sigma}'_v + 2c_u)$$

$\bar{\sigma}'_v$  = تنش قائم مؤثر متوسط برای کل طول مدفون شمع

$c_u$  = مقاومت برشی زهکشی نشده متوسط (شرایط  $\phi = 0$ )

مقدار  $\lambda$  از شکل بدست می آید

- در نتیجه مقاومت اصطکاکی کل را می توان با استفاده از رابطه زیر تعیین نمود:

$$Q_s = \rho L f_{av}$$

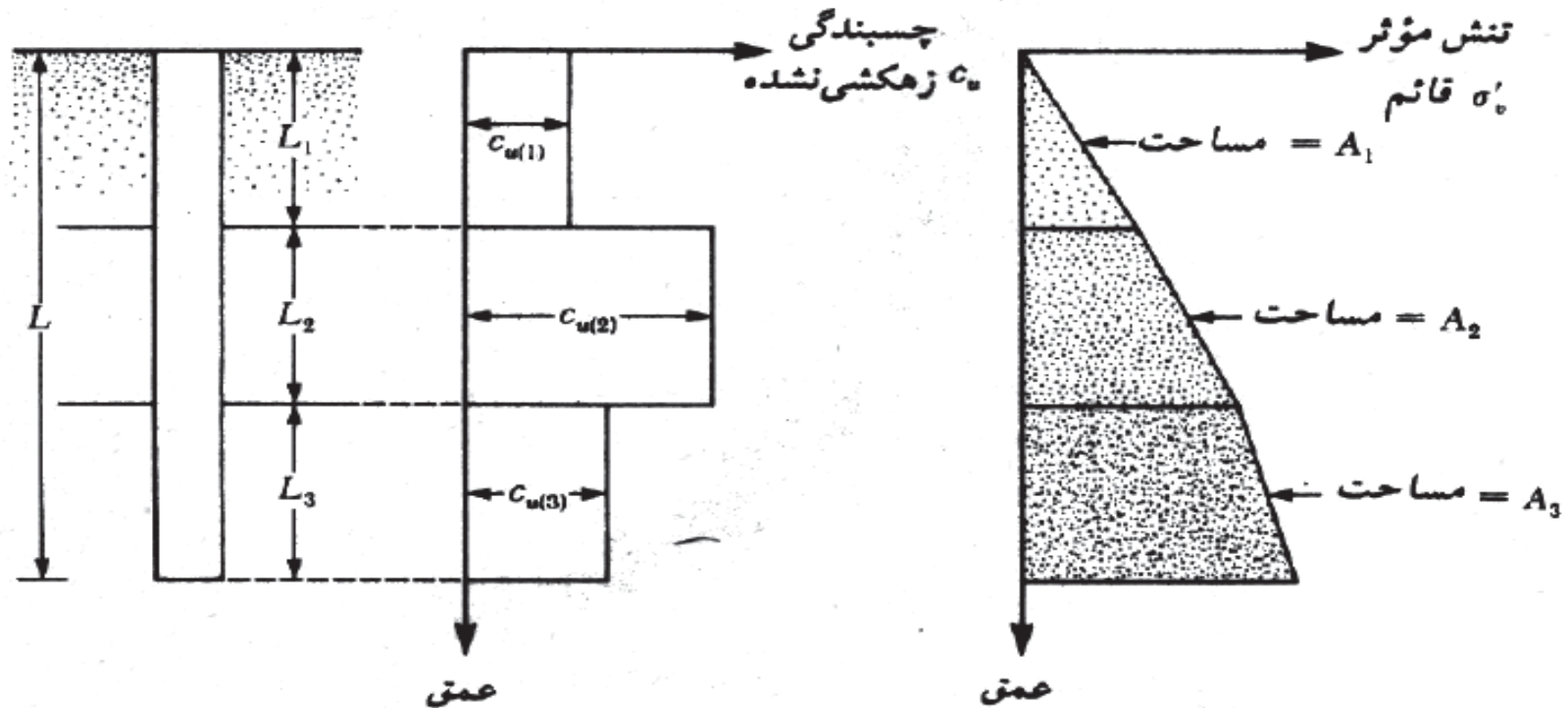
محیط شمع

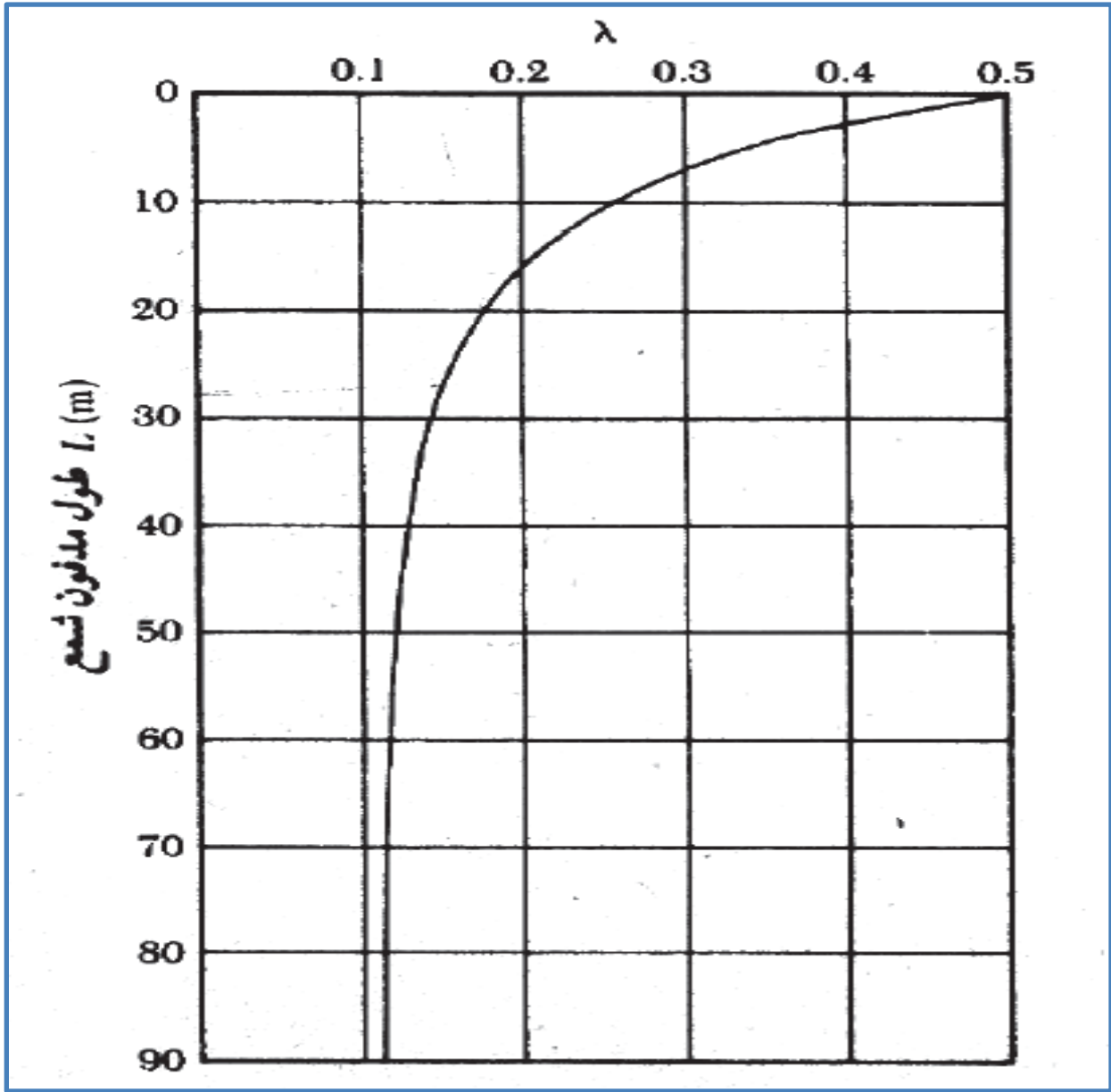
طول عمق مدفون  
شمع

در خاک های لایه ای مقاومت برشی زهکشی نشده CU و تنش موثر میانگین با ی بایستی  $\sigma_v'$  گیری همانند شکل محاسبه گردد:

$$C_u = (C_{u1}L_1 + C_{u2}L_2 + \dots) / L$$

$$\overline{\sigma_v'} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}{L}$$

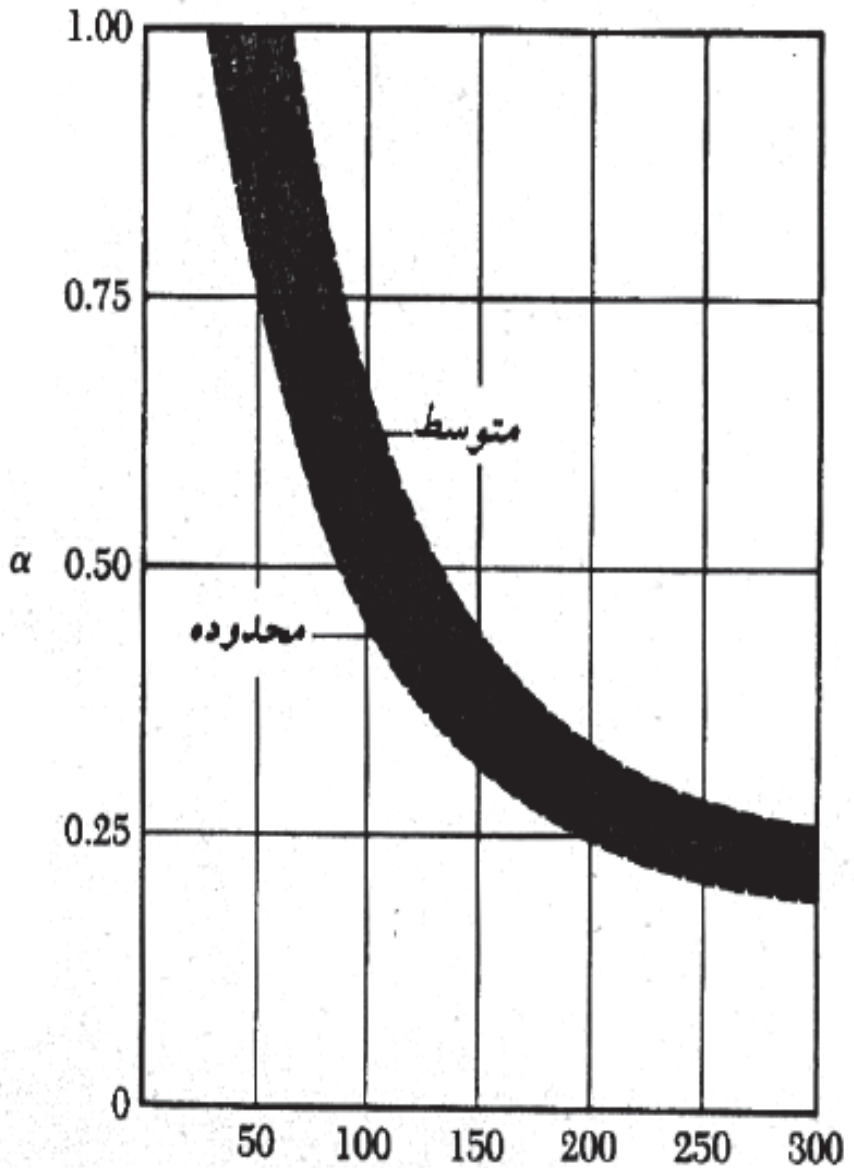




تغییرات  $\lambda$  در برابر طول مدفون شمع

## ۲- روش $\alpha$

این یک روش کلی که توسط تاملینسون برای محاسبه مقاومت جداری در رس عادی تحکیم یافته می باشد:



$$f_s = \alpha C_u$$

از شکل رویرو بدست می آید

مقاومت برشی زهکشی نشده

$$Q_s = \rho \Delta L f_s$$

محیط شمع

طول عمق مدفون شمع

تذکره ۱) اگر چند لایه بود هر لایه تک تک محاسبه سپس با یکدیگر جمع می شود

$c_u$  (kN/m<sup>2</sup>) چسبندگی زهکشی نشده

تذکره ۲) مقادیر آلفا در چسبندگی زهکشی نشده کوچکتر یا مساوی ۵۰ کیلونیوتن بر متر مربع برابر ۱ می باشد (همانند شکل)

### ۳- روش $\beta$

x وقتی که شمع ها در رس اشباع کوبیده می شوند، فشار آب حفره ای خاک اطراف شمع افزایش می یابد. فشار آب حفره ای ممکن است در رس عادی تحکیمی یافته ۴ تا ۶ برابر  $C_u$  مقاومت برشی زهکشی نشده باشد. لیکن پس از گذشت یک ماه یا بیشتر، این اضافه فشار به تدریج افزایش می یابد. بنابراین مقاومت اصطکاکی واحد سطح را می توان بر پایه پارامترهای تنش مؤثر رس در حالت بهم خورده ( $C=0$ ) بدست آورد بنابراین در هر عمق داریم:

$$f = \beta \sigma'_v$$

$\sigma'_v$  = تنش قائم مؤثر در عمق مورد نظر

$$\beta = K \tan \phi_R$$

$\phi_R$  = زاویه اصطکاک داخلی رس بهم خورده زهکشی شده

$K$  = ضریب فشار جانبی

x که مقادیر  $K$  از رابط زیر حاصل می گردد:

$$K = 1 - \sin \phi_R$$

رس NC

$$K = (1 - \sin \phi_R) \sqrt{OCR}$$

رس OC

$$Q_s = \sum \rho \Delta L f$$

x در نتیجه رابطه مقاومت اصطکاکی کل شمع از رابطه زیر حاصل می گردد:

OCR نسبت پیش تحکیمی خاک می باشد

## محاسبه مقاومت اصطکاکی در با عدد نفوذ استاندارد

۱- روش میرهوف:

$$f_{av} \left( \frac{kN}{m^2} \right) = 2N_{55}$$

شمع با جابجایی زیاد

$$f_{av} \left( \frac{kN}{m^2} \right) = N_{55}$$

شمع با جابجایی کم

$$f_{av} \left( \frac{kN}{m^2} \right) = 2N_{55}$$

برای شمع های کوبیده شده در ماسه

$$f_{av} \left( \frac{kN}{m^2} \right) = 10N_{55}$$

برای شمع های کوبیده شده در رس

$$f_{av} \left( \frac{kN}{m^2} \right) = 1N_{55}$$

برای شمع های درجاریز در ماسه

$$f_{av} \left( \frac{kN}{m^2} \right) = 5N_{55}$$

برای شمع های درجاریز در رس

۲- روش شیوئی و  
فوکوئی (۱۹۸۲):

تذکره) برای محاسبه مقاومت اصطکاکی در خاک لایه ای دانه ای با استفاده از عدد نفوذ استاندارد به این نکته توجه نمود که در خاک لایه ای هر لایه دارای یک  $N$  عدد نفوذ استاندارد می باشد که در این حالت بایستی بصورت میانگین گیری عدد نفوذ استاندارد را محاسبه و در روابط بالا جایگزاری نمود. همچنین در  $N_{55}$  تمام تصحیحات فصل اول بایستی در نظر گرفته شود

## ظرفیت باربری مجاز شمع:

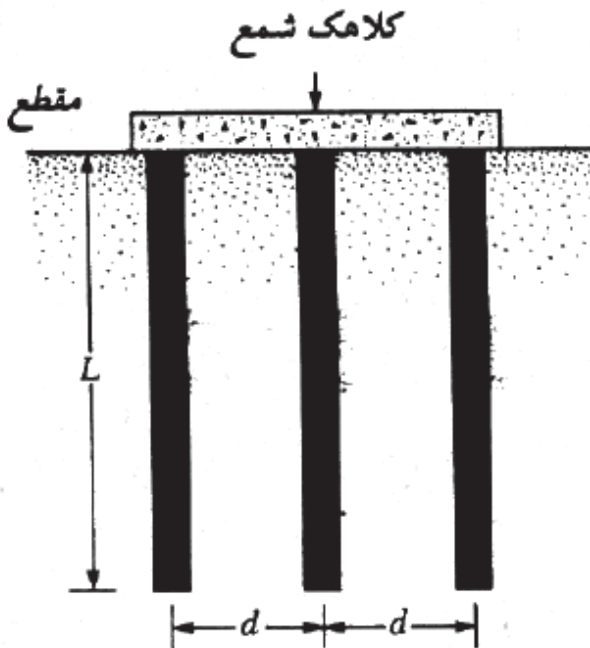
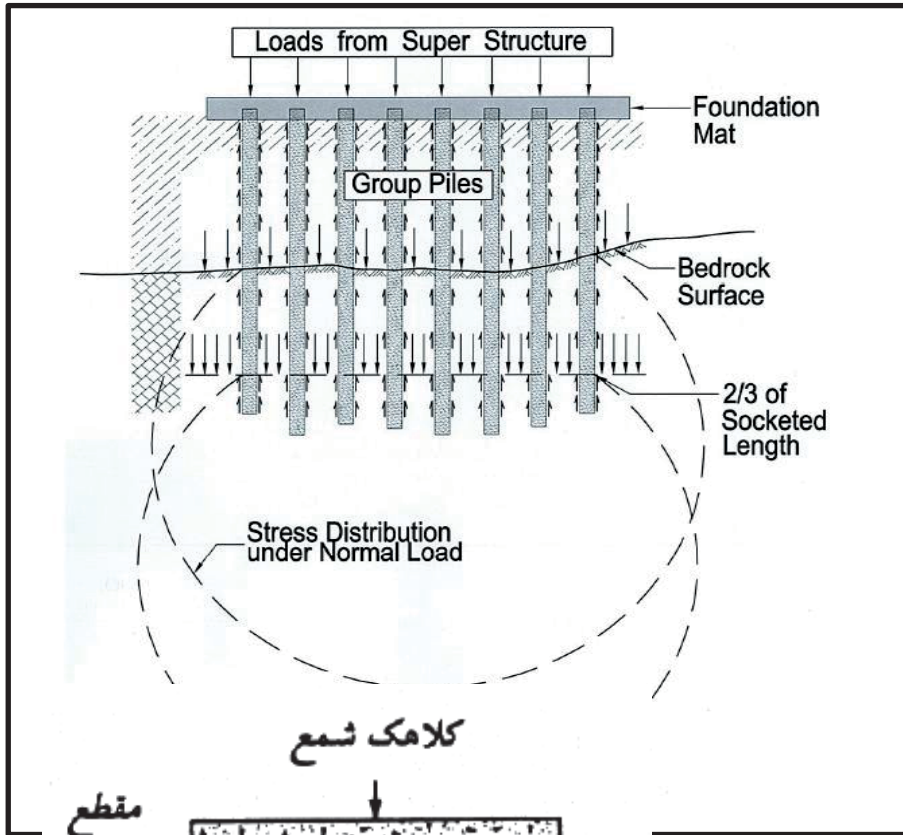
پس از تعیین ظرفیت باربری شمع با جمع ظرفیت باربری نوک و ظرفیت باربری مقاومت اصطکاکی ، با اعمال یک ضریب اطمینان مناسب، ظرفیت باربری مجاز شمع بدست می آید:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{S.F}$$

\* ضریب اطمینان معمولا حدود ۲.۵ تا ۴ در نظر گرفته می شود



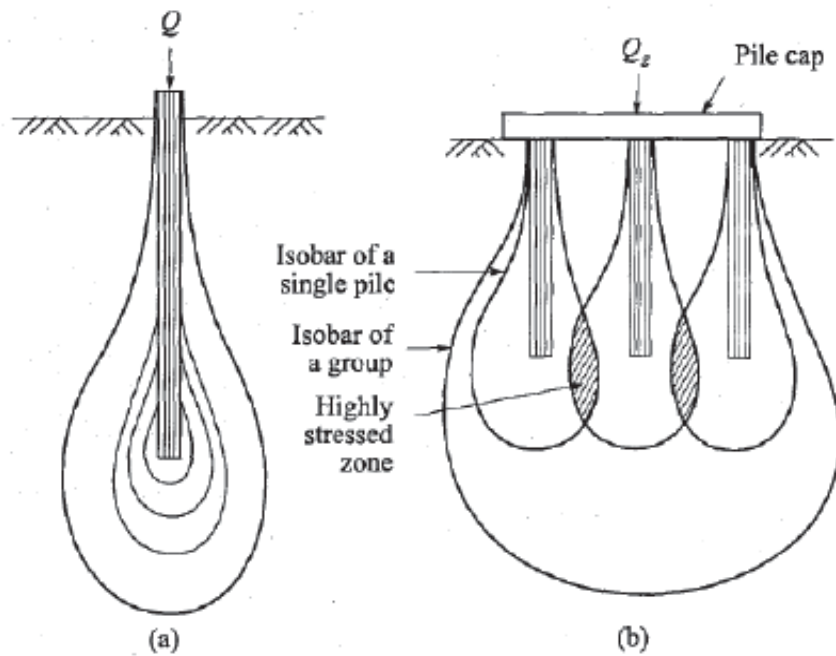
## گروه شمع



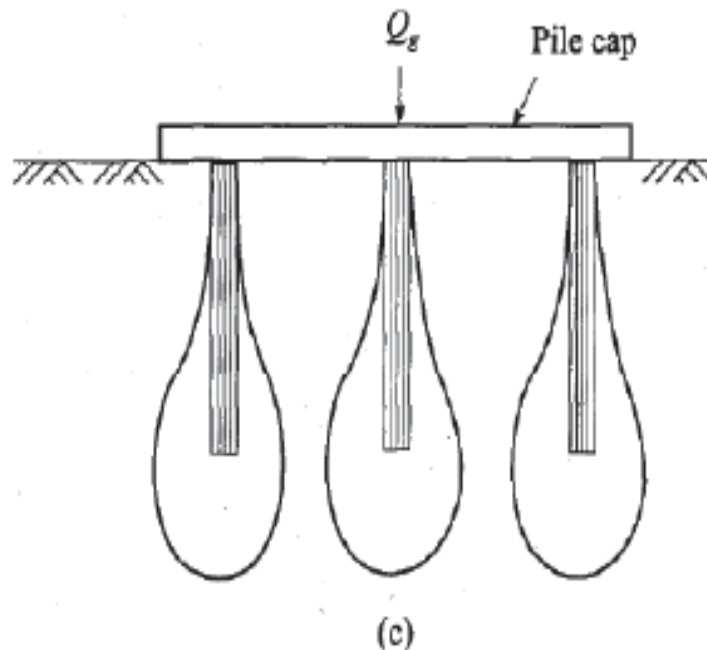
شمع ها بصورت گروهی بکار برده می شوند. در عمل بندرت شالوده ای می توان یافت که از یک شمع منفرد تشکیل شده است. بطور کلی یک گروه شمع حداقل دو یا سه شمع بکار گرفته می شود تا تحمل هرگونه کجی بار و یا برون محوری ناخواسته فراهم گردد.

آئین نامه ساختمانی شی کاگو حداقل تعداد شمع لازم برای شالوده ای ک ستونی یا یک پای سه شمع ذکر می کند.

در بالای شمع ها یک کلاهک بمنظور فراهم نمودن بستر تکیه گاهی مناسب ستون ها و توزیع بار بین شمع های گروه ساخته می شود.

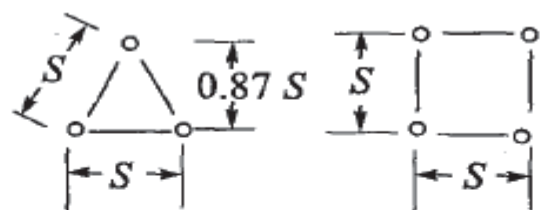


هنگامیکه چندین شمع در نزدیکی یکدیگر در یک گروه قرار می گیرند انتظار می رود که فشارهای ایجاد شده در خاک بواسطه اصطکاک جداری یا باربری نوک همانند شکل (b) همپوشانی داشته باشند. این هم پوشانی تنش ها می تواند باعث کاهش ظرفیت باربری شمع گردد. بدیهی است که همپوشانی نواحی تنش با افزایش فاصله شمع ها کاهش خواهد یافت. اما بلاط طراحی و اجرای کلاهیک شمع، فواصل بزرگ اغلب غیر عملی می باشد.



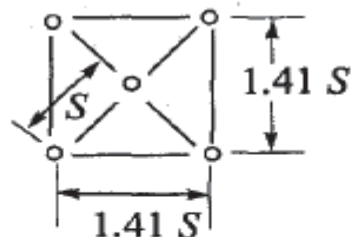
$\times$  حداقل فاصله مرکز به مرکز شمع ها بین  $2D$  تا  $3D$  ذکر شده است. ( $D$  قطر یا بعد شمع)

$\times$  فاصله بهینه برای گروه شمع تحت بار قائم  $2.5D$  تا  $3.5D$  می باشد. برای شمع هایی که بارهای جانبی و یا دینامیکی حمل می کنند معمولا فواصل بزرگتر در نظر گرفته می شود. حداکثر فاصله شمع ها در آئین نامه های ساختمانی ارائه نگردیده است اما گاهی فواصل به بزرگی  $8D$  یا  $10D$  بکار برده می شود

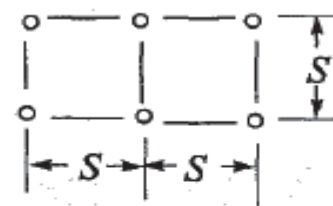


3 Pile

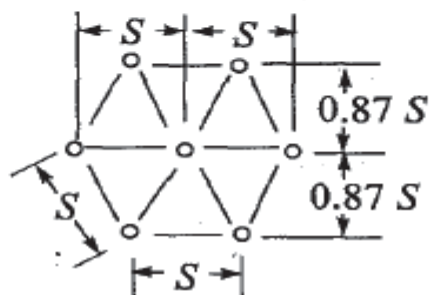
4 Pile



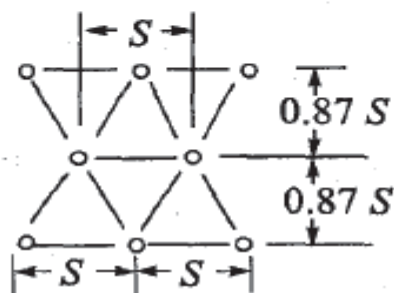
5 Pile



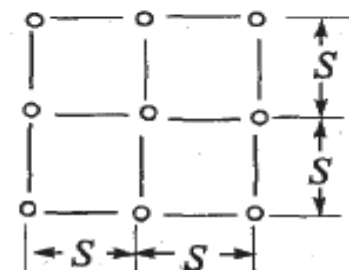
6 Pile



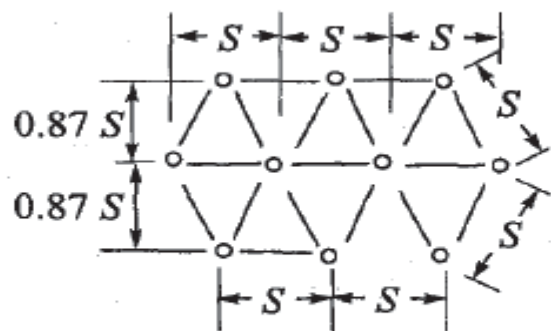
7 Pile



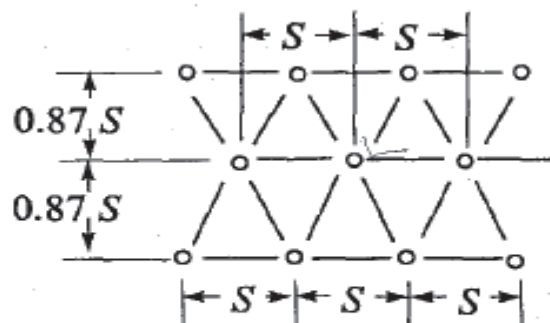
8 Pile



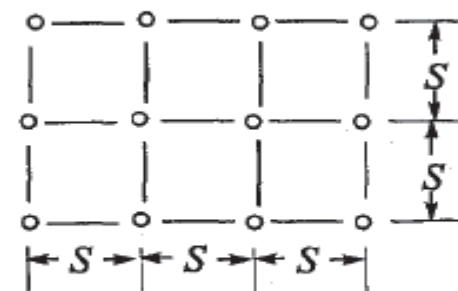
9 Pile



10 Pile



11 Pile



12 Pile

نمونه هایی از طرح گروه شمع

## بازدهی یا راندمان گروه شمع

در عمل باستی فواصل شمع ها طوری انتخاب شود که ظرفیت باربری گروه شمع نزدیک به مجموع ظرفیت باربری تک تک شمع ها باشد بازده شمع از رابطه زیر بدست می آید:

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_s}$$

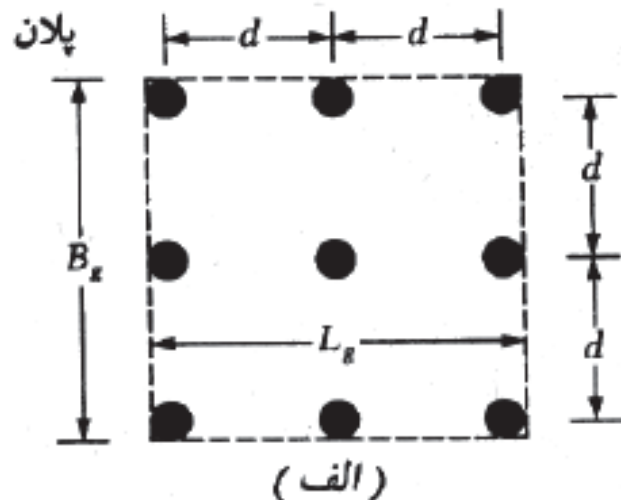
$\eta$  = راندمان گروه شمع

$Q_{g(u)}$  = ظرفیت باربری نهایی گروه شمع

$Q_s$  = ظرفیت باربری هر شمع به تنهایی بدون اثر گروه

\* بازدهی گروه شمع اصطکاکی:

شمع ها بر حسب فاصله اشان در گروه ممکن است به دو صورت رفتار نمایند: (۱) بصورت شمعهای مجزا (۲) بصورت بلوکی به ابعاد  $L_p$  و  $B_p$



تعداد شمعها در گروه =  $n_1 \times n_2$

توجه:  $L_g \geq B_g$

$$L_g = (n_1 - 1)d + 2(D/2)$$

$$B_g = (n_2 - 1)d + 2(D/2)$$

× اگر بصورت مجزا عمل کند که ظرفیت باربری تکی شمع از روایط گذشته بدست می آید سپس در تعداد شمع ها ضرب می گردد و ظرفیت باربری گروه بدست می آید.

$$Q_u \approx p L f_{av}$$

$p$  = محیط مقطع هر شمع

× اگر گروه شمع بصورت بلوکی و یکپارچه عمل نماید، ظرفیت اصطکاکی آن بصورت زیر تعریف می گردد:

$$f_{av} p_g L \approx Q_{g(u)}$$

$p_g$  = محیط مقطع بلوک  $= 2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D$

$f_{av}$  = مقاومت اصطکاکی متوسط واحد سطح

× با جایگزینی روابط بالا در ضریب بازده شمع  $\eta$  دو رابطه زیر بدست می آید:

$$\eta = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90 m n}$$

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{B}{S}\right)$$

m : تعداد ردیف  
n : تعداد شمع ها در هر ردیف

اگر فاصله مرکز به مرکز شمعهها ( $d$ ) بزرگ باشد ، مقدار  $\eta > 1$  به دست می آید. در

این حالت، شمعهها به صورت مجزا عمل می کنند. بنابراین در عمل اگر  $\eta < 1$  باشد:

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

و اگر  $\eta \geq 1$  باشد:

$$Q_{g(u)} = \sum Q_u$$

نکته ۱) برای گروه شمع کوبیده شده در ماسه با فواصل بیش از 3D بازدهی گروه شمع بزرگتر از یک می باشد لذا می توان ظرفیت گروه شمع را برابر با مجموع ظرفیت شمع های مجزا ( شامل هر دو ظرفیت جداری و اتکایی ) در نظر گرفت

نکته ۲) برای گروه شمع حفر شده در ماسه در فواصل حدود  $S=3D$  (که فاصله بهینه می باشد) ظرفیت گروه شمع را می توان برابر با  $2/3$  تا  $3/4$  مجموع ظرفیت شمع های مجزا ( شامل هر دو ظرفیت جداری و اتکایی) در نظر گرفت



## باربری گروه شمع ها در

رس

\*ظرفیت باربری (بازدهی) گروه شمع در رس را می توان به دو روش زیر برآورد نمود:

۱- مجموع ظرفیت باربری شمع های مجزا بدین صورت که ظرفیت باربری تک تک شمع ها را محاسبه نموده سپس در تعداد شمع ها ضرب می کنیم:

$$\sum Q_u = n_1 n_2 (Q_p + Q_s)$$

$$Q_p = A_p (9C_{u(p)})$$

$$Q_s = \sum \alpha \rho C_u \Delta L$$

$C_{u(p)}$  = چسبندگی زهکشی نشده رس در نوک شمع

در نتیجه:

$$\sum Q_u = n_1 \cdot n_2 [9A_p C_{u(p)} + \sum \alpha \rho C_u \Delta L]$$

۲- ظرفیت باربری نهایی بلوک شمع به ابعاد  $L_p$  و  $B_g$  و  $L_g$

$$Q_{s(g)} = \sum \rho_g C_u \Delta L = \sum 2(L_g + B_g) C_u \Delta L$$

$$N_c = 5 \left(1 + \frac{L_g}{5B_g}\right) \left(1 + \frac{B_g}{L_g}\right) \leq 9$$

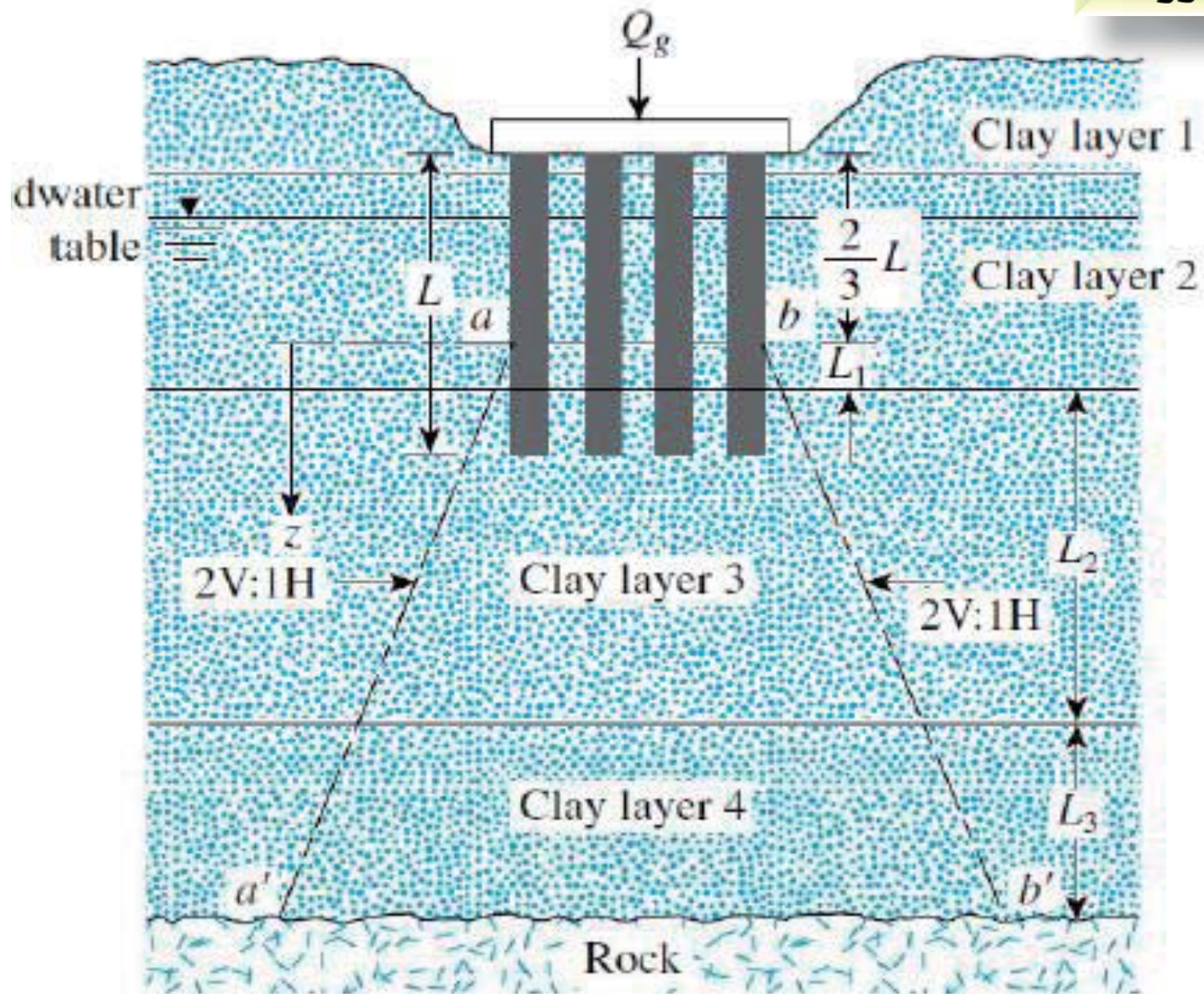
$$Q_{p(g)} = A_{pg} C_{u(p)} N_c = (L_g L_g) C_{u(p)} N_c$$

-در نتیجه ظرفیت باربری نهایی بلوک برابر است با:

$$Q_g = L_g B_g C_{u(p)} N_c + \sum 2(L_g + B_g) C_u \Delta L$$

\*دو مقدار حاصل از ظرفیت باربری تک و گروه که در قسمت های یک و دو قبلی اشاره گردید را مقایسه نموده کمترین مقدار را بعنوان ظرفیت باربری گروه شمع محاسبه می نمائیم

# نشست تحکیم گروه شمع



## گیرش خاک - Soil Set up

شمع‌هائی که به روش کوبش اجرا می‌شوند موجب تغییرات فشار آب منفذی در اطراف شمع می‌گردند. چنانچه خاک خاصیت قابلیت فشردگی در اثر برش داشته باشد، فشار آب منفذی بالا خواهد رفت. سپس این فشار اضافه شده به تدریج مستهلک خواهد شد

کاهش تدریجی فشار آب منفذی موجب افزایش ظرفیت باربری شمع نسبت به زمان می‌گردد. به این خاصیت "گیرش خاک" گفته می‌شود. در نتیجه در چنین شرایطی مقاومت شمع در انتهای کوبش (EOID) کمتر از مقاومت آن در کوبش مجدد خواهد بود.

چنانچه عکس این پدیده اتفاق افتد به آن رها شدن خاک گفته شده و در شرایطی ایجاد می‌شود که خاک در اثر برش تمایل به افزایش حجم داشته باشد.