

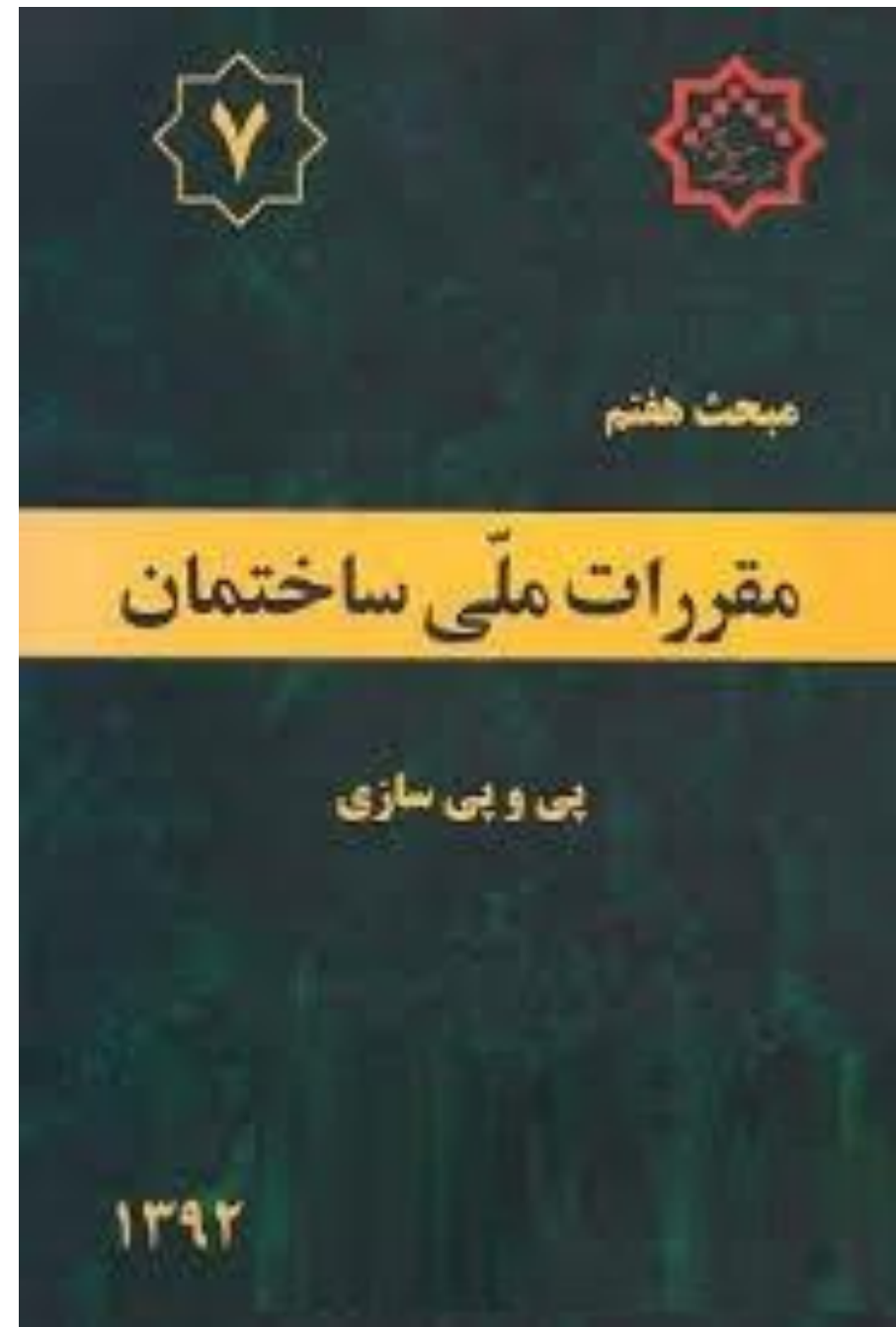
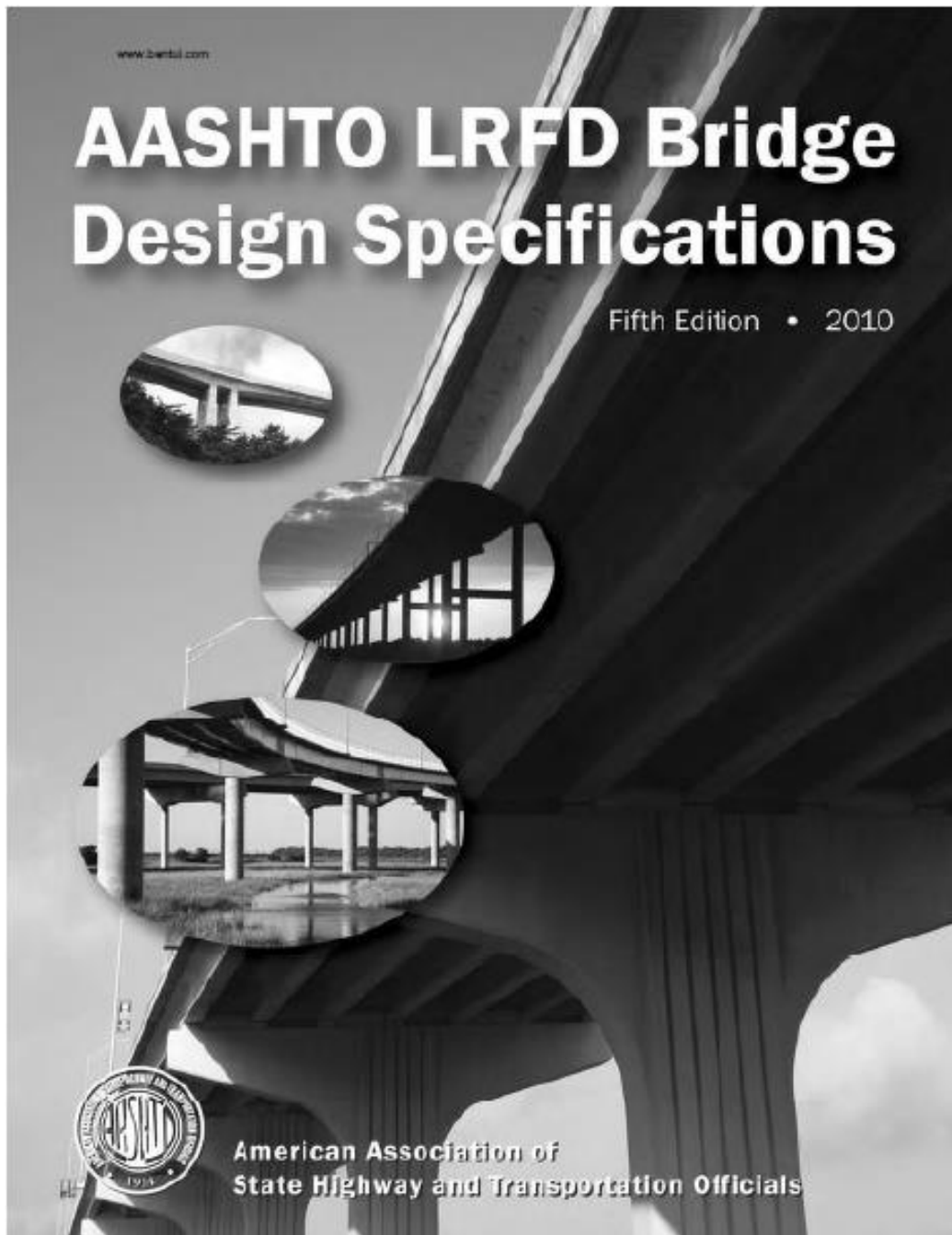


رابطی مقدم

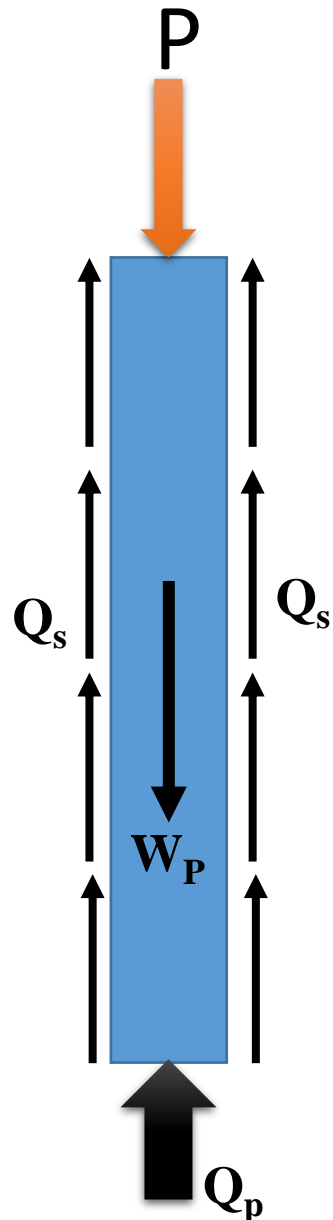
مهندسی پی

پی های عمیق (شمع ها) Deep Foundations (Piles)

بخش دوم: ظرفیت باربری شمع ها



ظرفیت باربری فشاری شمع



P : بار فشاری وارد بر شمع

Q_s : مقاومت اصطکاکی جدار

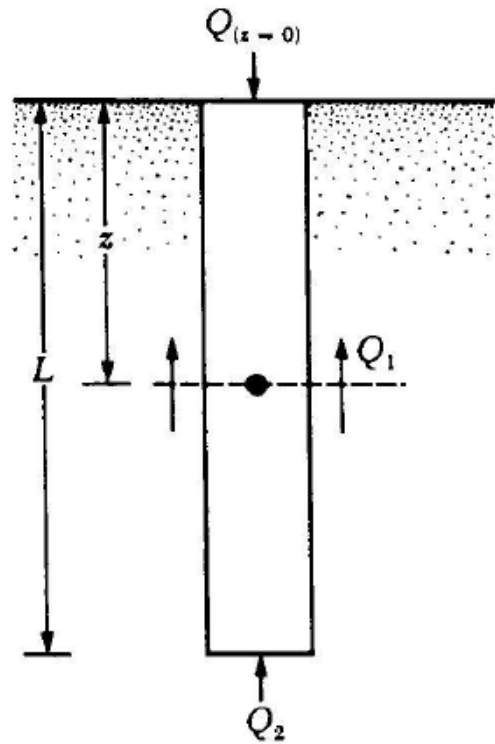
Q_p : مقاومت فشاری نوک شمع

W_p : وزن سازه ای شمع

در محاسبه ظرفیت باربری شمع ها بجز شمع ها با قطر بزرگتر از 1^m و طولی بزرگتر از 8^m
لذا وزن شمع در محاسبه ظرفیت باربری (ظرفیت باربری) اثر ندارد (معمولاً در محاسبه ظرفیت باربری شمع ها وزن شمع را در نظر نمی گیرند)

ظرفیت باربری فشاری شمع

اگر بار (Q) در سطح زمین بتدریج افزایش یابد، وقتی که تغییر مکان نسبی بین شمع و خاک به حدود ۵ تا ۱۰ میلیمتر برسد، بدون توجه به اندازه و طول L شمع، حداکثر مقاومت اصطکاکی در جدار شمع به وجود می آید. لیکن حداکثر مقاومت نوک شمع $Q_2 = Q_p$ ، وقتی به وجود می آید که نوک شمع به اندازه ۱۰ تا ۲۵ درصد عرض (یا قطر) شمع حرکت کرده باشد. حد پایین برای شمعهای کوبیده شده و حد بالا برای شمعهای حفاری شده می باشد.

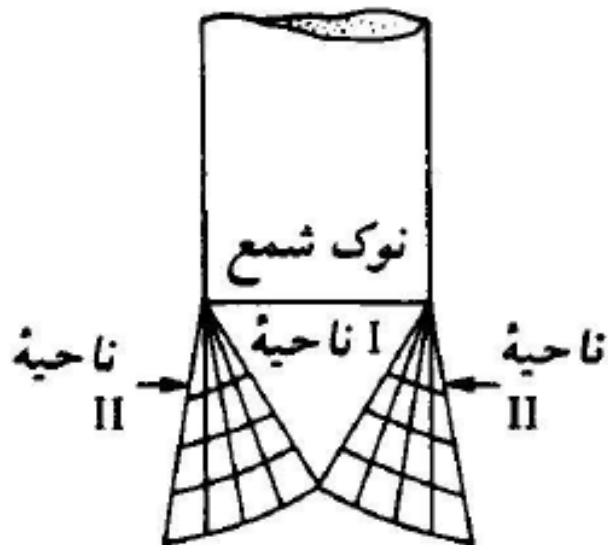


مقاومت اصطکاکی جدار Q_s یا نیروی اصطکاکی واحد سطح $f(z)$

در یک تغییر مکان نسبی به مراتب کوچکتری در مقایسه با مقاومت نوک Q_p به وجود می آید.

ظرفیت باربری فشاری شمع

در بار نهایی، سطوح گسیختگی خاک در نوک شمع به علت گسیختگی برشی ناشی از Q_p ، مطابق شکل زیر می باشد. توجه شود که شالوده های شمعی، شالوده های عمیق هستند و شکست برشی خاک در مود سوراخ کننده می باشد. این بدان معنی است که یک ناحیه مثلثی (ناحیه I) در نوک شمع شکل می گیرد و این ناحیه بدون ایجاد هر گونه سطح لغزش قابل مشاهده، به سمت پایین فرو می رود. در ماسه متراکم و رس سفت ممکن است ناحیه برشی شعاعی (ناحیه II) به طور ناقص تشکیل شود.



ظرفیت باربری فشاری شمع

ظرفیت باربری نهایی شمع را می توان مجموع ظرفیت باربری نوک شمع و ظرفیت باربری اصطکاک جدار شمع در نظر گرفت :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

که در آن:

Q_u - ظرفیت باربری نهایی شمع Q_p - ظرفیت باربری نوک شمع

Q_s - ظرفیت باربری اصطکاکی جدار شمع

مطالعات متعددی برای تعیین مقادیر Q_p و Q_s انجام شده است. در ادامه تعدادی از روابط معتبر در این زمینه مورد بررسی قرار می گیرد.

ظرفیت باربری نهایی نوک Q_p

ظرفیت باربری نهایی واحد سطح شالوده های سطحی قبلا مورد بحث قرار گرفت. طبق رابطه مایر هوف :

$$q_u = cN_c S_c d_c + qN_q S_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

ضرایب موجود در رابطه فوق، ضرایب شکل و عمق می باشند

با توجه به روابط فوق، ظرفیت باربری نهایی را می توان در شکل عمومی به شکل زیر نوشت:

$$q_u = cN_c^* + qN_q^* + \gamma B N_\gamma^*$$

که در آن N_c^* , N_q^* , N_γ^* ضرایب ظرفیت باربری هستند که در برگیرنده ضرایب شکل و عمق می باشند.

ظرفیت باربری نهایی نوک Q_p

هر چند شمعها شالوده های عمیق هستند، لیکن ظرفیت باربری نوک آنها را می توان با رابطه ای شبیه به رابطه بالا تعیین کرد. البته N_c^*, N_q^*, N_γ^* تغییر می یابند. با توجه به اینکه در اینجا عرض شمع با حرف D نشان داده شده، با جایگزین کردن آن به جای حرف B در رابطه به دست می آید:

$$q_u = q_p = cN_c^* + qN_q^* + \gamma DN_\gamma^*$$

از آنجایی که عرض D شمع نسبتاً کوچک است، از جمله γDN_γ^* در رابطه فوق می توان صرفنظر کرد. بنابراین ظرفیت باربری نهایی واحد سطح نوک به صورت زیر خلاصه می شود:

$$q_p = cN_c^* + q'N_q^*$$

توجه شود که در رابطه فوق برای تأکید در استفاده از تنش موثر قائم، به جای q از q' استفاده شده است.

ظرفیت باربری نهایی نوک Q_p

ظرفیت باربری نوک شمع به صورت زیر در می آید:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (cN_c^* + q'N_q^*)$$

که در آن:

c = چسبندگی خاکی که نوک شمع بر آن متکی است.

A_p = سطح مقطع نوک شمع

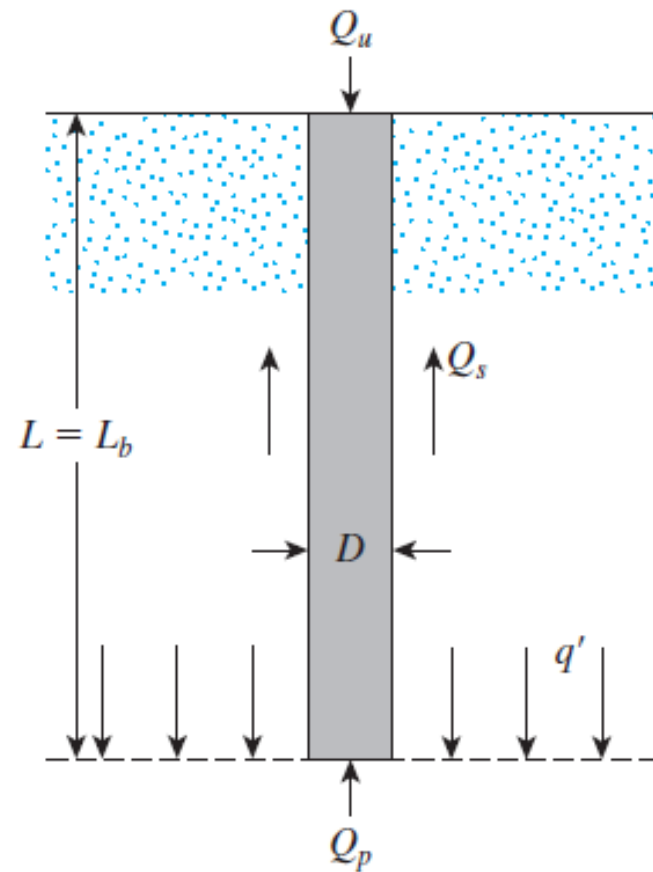
q' = تنش موثر قائم در تراز نوک شمع

q_p = ظرفیت باربری نهایی واحد سطح نوک

(N_c^*, N_q^*) = ضرایب ظرفیت باربری

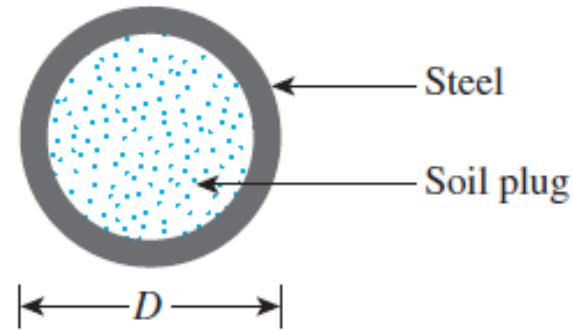
برای تعیین ضرایب باربری (N_c^*, N_q^*) روشهای متعددی شامل روش مایرهوف و روش جانبو وجود دارد که در ادامه به تشریح آنها پرداخته می شود.

ظرفیت باربری نهایی نوک Q_p

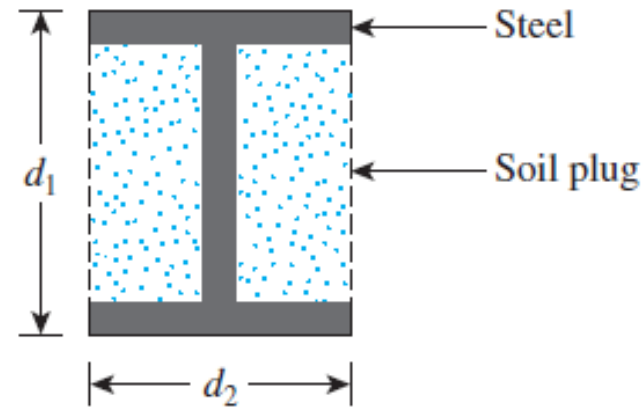


L = length of embedment
 L_b = length of embedment in bearing stratum

(a)



(b) Open-Ended Pipe Pile Section



(c) H-Pile Section

(Note: A_p = area of steel + soil plug)

ظرفیت باربری نهایی نوک Q_p

در هنگام کوبش شمع در نوک در داخل دریا خاک راضی شود و در اصطلاحات داخل شود

بیشتر از مقدار نوک نوک خاک گیر می کنند که در این حالت اصطلاحاً می گویند شمع پدک شده

پدک (Plug) (چراغ) ارتفاع برافتنده

مقدار نوک - مقدار است اصطلاحات داخل

نقطه اضماع شمع

وزن خاک

مقدار اصطلاحات داخل

خاک

مقدار نوک

گاهی اوقات به وسیله صفحات فلز پدک مصنوعی ایجاد کنند.

نکته: اگر خواسته باشیم جمع بصورت گشتی عمل کنند تا برآورد پدک مصنوعی ایجاد شود.

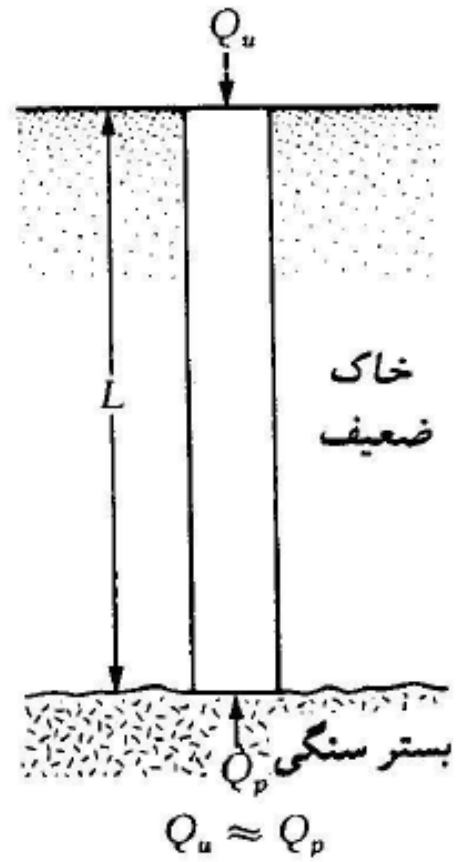
نور

روش میرهوف برای محاسبه Q_p

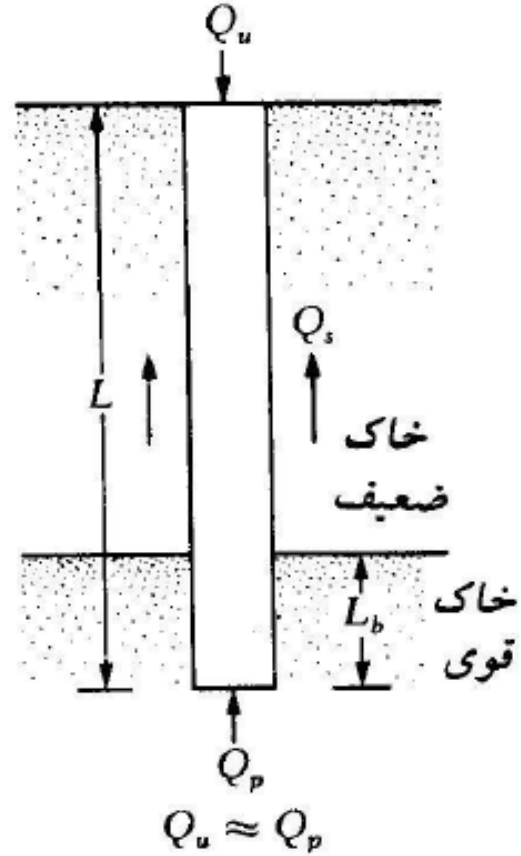
ظرفیت باربری نوک (q_p) یک شمع کوبیده شده در لایه ماسه ای، با عمق فرو رفته شمع در لایه باربر افزایش پیدا می کند و در نسبت عمق $L_b / D = (L_b / D)_{cr}$ به مقدار حداکثر می رسد. توجه شود که در یک خاک همگن (که سنگ بستر در عمق خیلی زیاد باشد)، L_b مساوی طول واقعی مدفون شمع یعنی L می باشد (شکل پایین - ج). لیکن در شکل ب شمع فقط به اندازه L_b که کوچکتر از L می باشد، در لایه باربر نفوذ کرده است. بعد از نسبت بحرانی طول مدفون، $(L_b / D)_{cr}$ ، مقدار (q_p) ثابت می ماند (به عبارت دیگر $q_p = q_1$). این مسئله در نمودار شکل صفحه بعد برای خاک همگن (یعنی $L = L_b$) نشان داده شده است.

روش میرهوف برای محاسبه Q_p

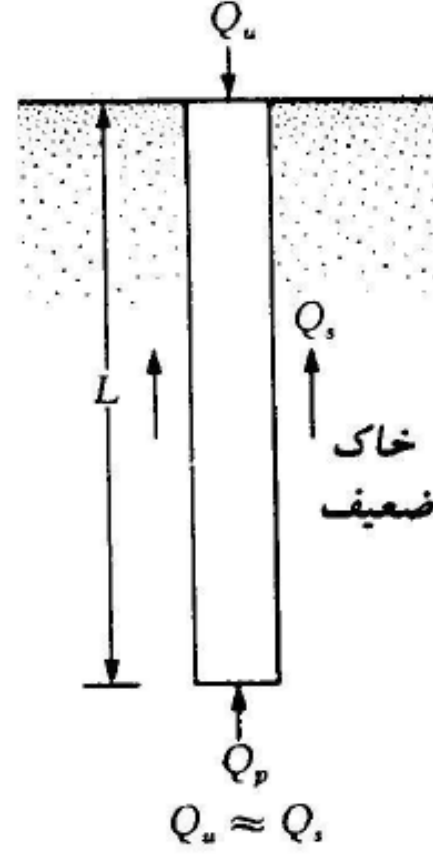
طول نفوذ در لایه باربر $L_b =$



(الف)

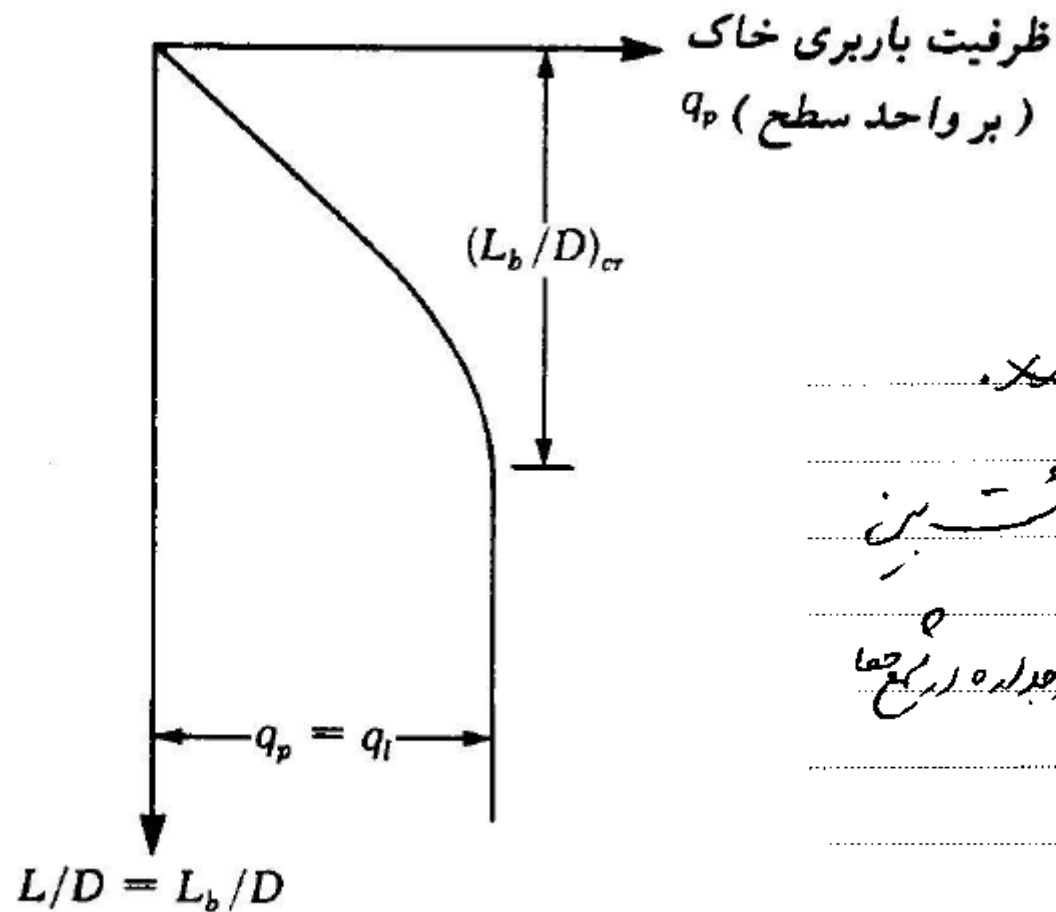


(ب)



(ج)

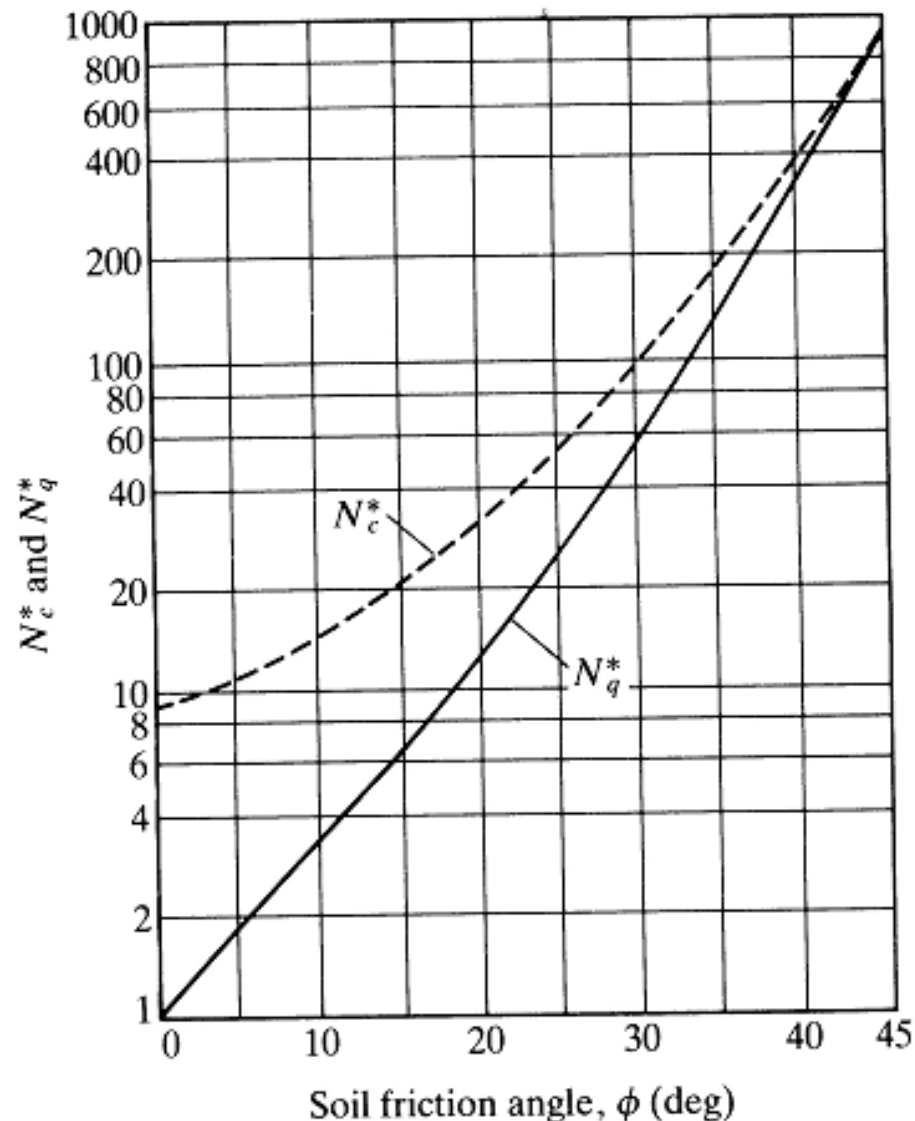
روش میرهوف برای محاسبه Q_p



علت این موضوع واسطه پدیده قوس زدگی یا Arching است.
 در عمق پائین در شمع‌هایی، سدها و همچنین علت عدم ایجاد افتد تغییر مکان بافت بین
 شمع و خاک در اعماق پائین که باشد (به منظور هیچ عامل تداوم نوک در حد در شمع
 بافتی در افتد تغییر مکان با تغییر مکان نبی بین شمع و خاک ایجاد گردد.)

روش میرهوف برای محاسبه Q_p

در شکل زیر تغییرات حداکثر مقادیر (N_c^*, N_q^*) با زاویه اصطکاک داخلی ϕ نشان داده شده است.



تغییرات حداکثر مقادیر N_c^* و N_q^* با زاویه اصطکاک داخلی ϕ

روش میرهوف برای محاسبه Q_p

رابطه مایرهوف برای شمعها در خاک ماسه ای

در خاک ماسه ای که $c = 0$ است، رابطه مایرهوف به صورت زیر ساده می شود:

$$Q_p = A_p q_p = A_p q' N_q^*$$

N_q^* از نمودار شکل بالا تعیین می شود.

لیکن Q_p نباید از مقدار حدی $A_p q_l$ تجاوز کند. بنابراین:

$$Q_p = A_p q' N_q^* \leq A_p q_l$$

مقدار حدی ظرفیت باربری نوک را می توان به صورت رابطه زیر نوشت:

که در آن:

$$q_l (kN / m^2) = 50 N_q^* \tan \phi$$

ϕ = زاویه اصطکاک داخلی لایه باربر

روش میرهوف برای محاسبه Q_p

رابطه مایرهوف برای شمعها در خاک رسی

برای شمعها در رس اشباع در شرایط زهکشی نشده ($\phi = 0$)، ظرفیت باربری نوک به صورت زیر در می آید:

$$Q_p = N_c^* c_u A_p = 9c_u A_p$$

که در آن c_u : چسبندگی زهکشی نشده خاک واقع در زیر نوک شمع
برای خاکهای رسی در وضعیت زهکشی شده که برای آنها هر دو پارامتر c و ϕ (بر پایه تنشهای موثر) وجود دارد،
ظرفیت باربری نوک با استفاده از رابطه عمومی $Q_p = A_p q_p = A_p (cN_c^* + q'N_q^*)$ تعیین می گردد.

روش جانبو برای محاسبه Q_p Janbu

جانبو (۱۹۷۶) رابطه زیر را برای محاسبه ظرفیت باربری نوک Q_p پیشنهاد کرده است:

$$Q_p = A_p (cN_c^* + q'N_q^*)$$

مشاهده می شود که رابطه بالا مشابه رابطه مایرهوف می باشد. با این تفاوت که ضرایب ظرفیت باربری N_c^* و N_q^* با فرض سطوح گسیختگی مطابق شکل زیر در خاک اطراف نوک شمع، محاسبه می شوند. ضرایب ظرفیت باربری را می توان از روابط زیر محاسبه نمود:

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

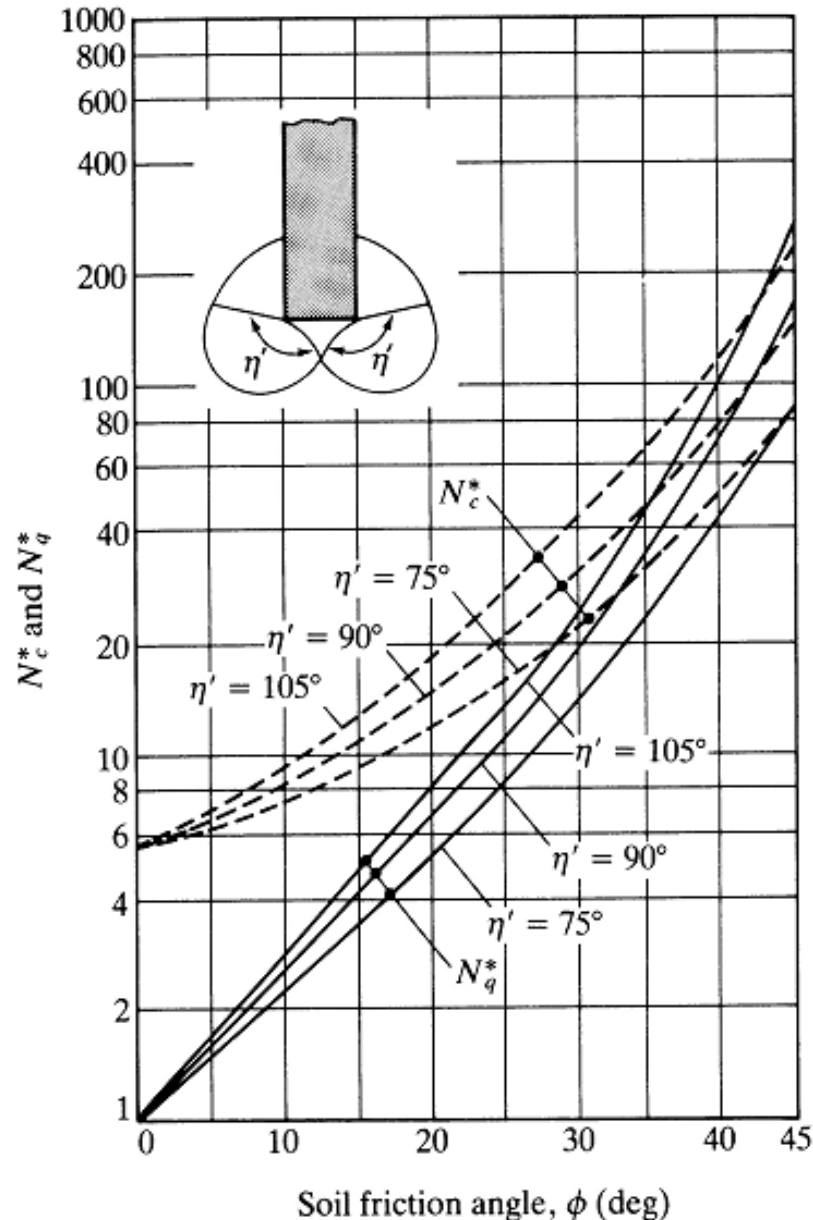
زاویه η' در شکل زیر تعریف شده است.

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

روش جانبی برای محاسبه Q_p

ضرایب ظرفیت باربری جانبی

در شکل زیر نمودار تغییرات N_c^* و N_q^* بر حسب ϕ و η' ارائه شده است. مقدار η' از ۷۰ درجه در رس نرم تا ۱۰۵ درجه در ماسه متراکم تغییر می کند.



ظرفیت باربری نهایی نوک Q_p

بدون توجه به روشهای تئوریک ارائه شده برای محاسبه Q_p ، باید به خاطر سپرده شود که مقدار کامل مقاومت نوک وقتی قابل حصول است که نوک شمع به اندازه ۱۰ تا ۲۵ درصد عرض شمع نشست کرده باشد. این مسئله در مورد خاکهای ماسه ای تعیین کننده می باشد.

مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی یا جلدی شمع به صورت زیر تعریف می شود:

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

p = محیط مقطع شمع

ΔL = جزء طولی از شمع که در آن p و f ثابت فرض شده اند

f = مقاومت اصطکاکی واحد سطح در عمق z

مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی در ماسه

مقاومت اصطکاکی واحد سطح در هر عمق دلخواه شمع طبق رابطه زیر تعریف می شود:

$$f = K \sigma'_v \tan \delta$$

K = ضریب فشار جانبی خاک

σ'_v = تنش قائم موثر در عمق مورد نظر

δ = زاویه اصطکاک بین شمع و خاک

مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی در ماسه

مقدار K با عمق متغیر است. مقدار آن تقریباً مساوی ضریب فشار مقاوم رانکین K_p در بالای شمع و کمتر از ضریب فشار خاک در حالت سکون K_0 در نوک شمع می باشد. مقدار آن بستگی به روش اجرا و کوبیدن شمع دارد. بر پایه نتایج موجود در حال حاضر، مقادیر متوسط قابل توصیه برای K به شرح زیر می باشند:

برای شمعهای حفاری شده و یا امدات شده با بت آب:

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

برای شمعهای کوبیده شده با جا به جا کم:

$$K = K_0 \quad (\text{حد پایین})$$

$$K = 1.4K_0 \quad (\text{حد بالا})$$

برای شمعهای کوبیده شده با جا به جایی زیاد :

$$K = K_0 \quad (\text{حد پایین})$$

$$K = 1.8K_0 \quad (\text{حد بالا})$$

مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی در ماسه

$$f = K \sigma'_v \tan \delta$$

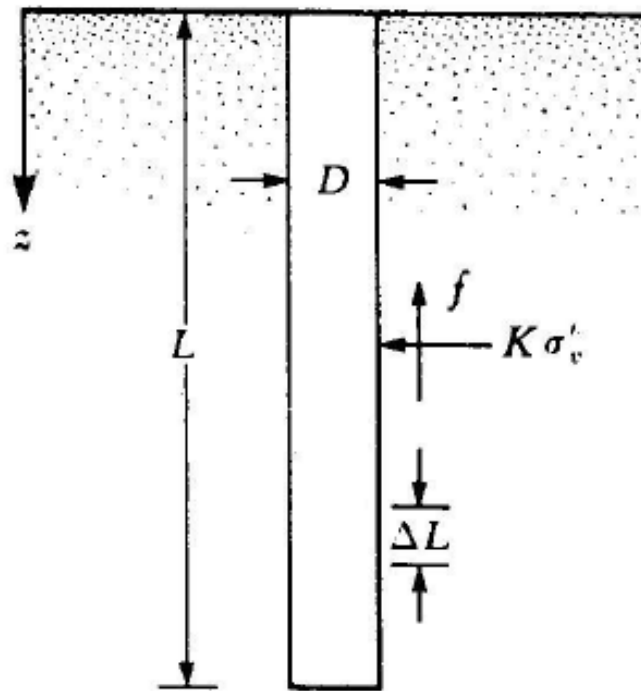
تنش قائم موثر σ'_v برای استفاده در رابطه f با عمق شمع افزایش پیدا کرده و در عمقی در حدود ۱۵ تا ۲۰ برابر قطر شمع به مقدار حدی حداکثر خود می رسد و از آنجا به بعد ثابت می ماند. این مسئله در شکل بعد نشان داده شده است. این طول بحرانی L' ، بستگی به عوامل متعددی نظیر زاویه اصطکاک داخلی و قابلیت فشرده‌گی و تراکم نسبی دارد. به صورت محافظه کارانه آن را می توان مساوی مقدار زیر در نظر گرفت:

$$L' = 15D$$

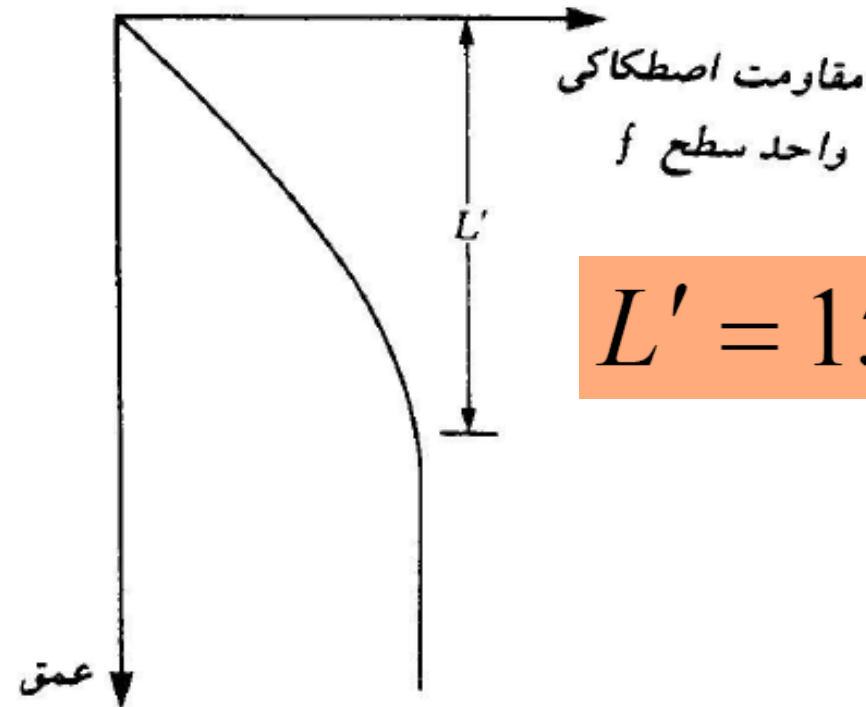
تحقیقات مختلف مقدار δ را بین 0.5ϕ تا 0.8ϕ نشان می دهد. در انتخاب مقدار آن، قضاوت مهندسی لازم است.

مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی در ماسه



(الف)



(ب)

$$L' = 15D$$

مقاومت اصطکاکی واحد سطح برای شمع در ماسه

مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی (یا جلدی) در خاکهای رسی

برای تعیین مقاومت اصطکاکی (یا جلدی) واحد سطح جانبی شمع در خاکهای رسی روشهای متعددی مانند روش λ روش α و روش β توصیه شده است که در ادامه به توضیح هر یک می پردازیم:

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش لاند λ

این روش توسط ویجاورجیا، و فوش در سال ۱۹۷۲ پیشنهاد شد. در این روش فرض می شود که مقدار جا به جایی خاک به علت کوبیدن شمع، ایجاد فشار جانبی مقاوم در هر عمق می نماید و مقدار مقاومت جلدی متوسط واحد سطح جانبی با استفاده از رابطه زیر قابل تعیین است.

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

در رابطه فوق:

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

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

مقاومت اصطکاکی Q_s

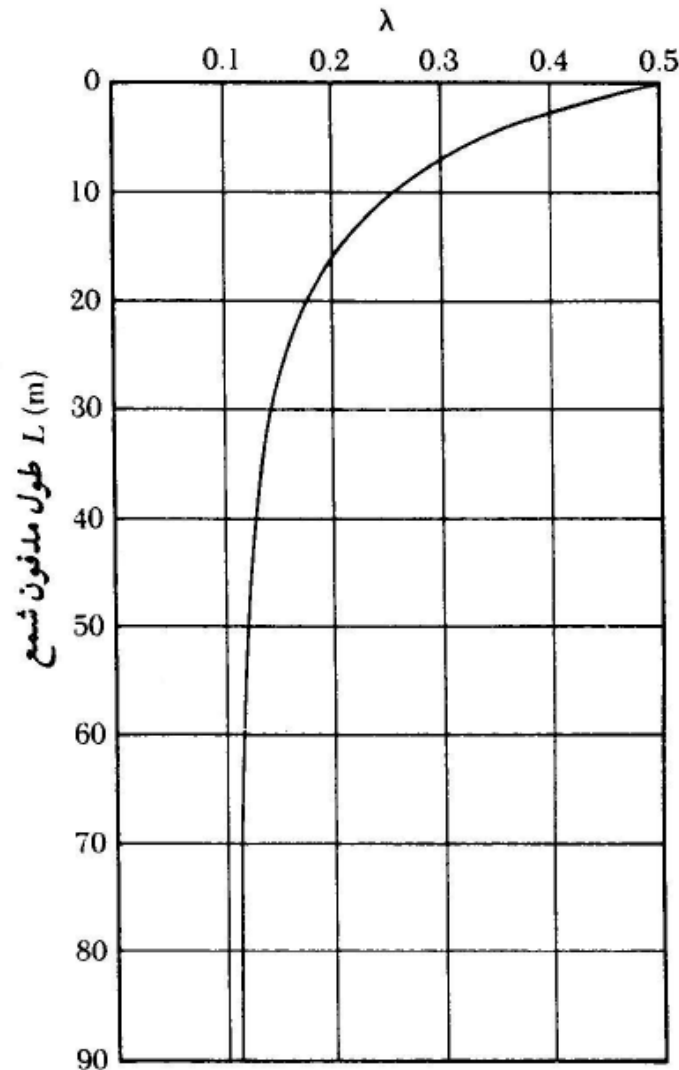
تعیین مقاومت اصطکاکی به روش لاندا λ

مقدار λ بر حسب عمق نفوذ شمع تغییر می کند (مطابق شکل) در نتیجه مقاومت اصطکاکی کل را می توان با استفاده از رابطه زیر تعیین نمود:

$$Q_s = pLf_{av}$$

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش لاندن λ



تغییرات λ بر حسب طول مدفون شمع

Table 9.9 Variation of λ with Pile Embedment Length, L

Embedment length, L (m)	λ
0	0.5
5	0.336
10	0.245
15	0.200
20	0.173
25	0.150
30	0.136
35	0.132
40	0.127
50	0.118
60	0.113
70	0.110
80	0.110
90	0.110

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش لاندا λ

در خاکهای لایه بندی شده، تعیین مقادیر c_u و $\bar{\sigma}'_v$ باید با دقت توأم باشد. این مسئله را می توان با توجه به شکل بعد تشریح کرد. طبق قسمت ب شکل ، مقدار متوسط c_u برابر است با:

$$\bar{c}_u = \frac{(c_{u(1)}L_1 + c_{u(2)}L_2 + \dots)}{L}$$

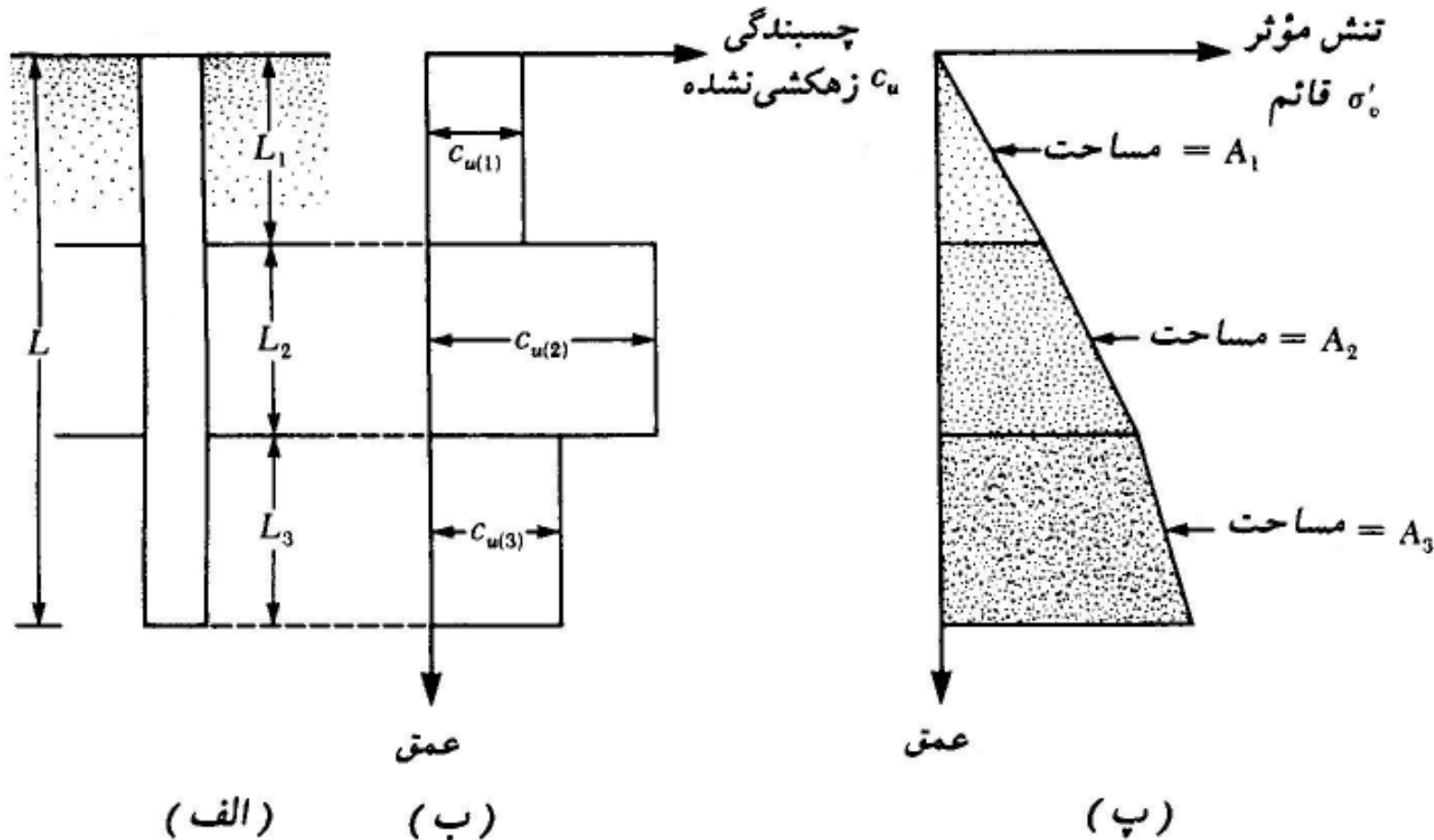
قسمت پ شکل نیز تغییرات تنش موثر را با عمق نشان می دهد. مقدار تنش قائم موثر متوسطه برابر است با:

$$\bar{\sigma}'_v = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}{L}$$

که در آن A_1, A_2, A_3, \dots مساحت‌های زیر نمودار تنش قائم موثر می باشند.

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش لاندا λ



کاربرد روش λ در خاکهای لایه بندی شده

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش آلفا α

رس در حالت زهکشی نشده (کوتاه مدت)

طبق روش α که توسط تاملینسون پیشنهاد شده است، مقاومت جلدی واحد سطح جانبی در خاکهای رسی طبق رابطه زیر قابل بیان است:

$$f = \alpha \cdot C_u$$

که در آن:

α = ضریب چسبندگی تجربی

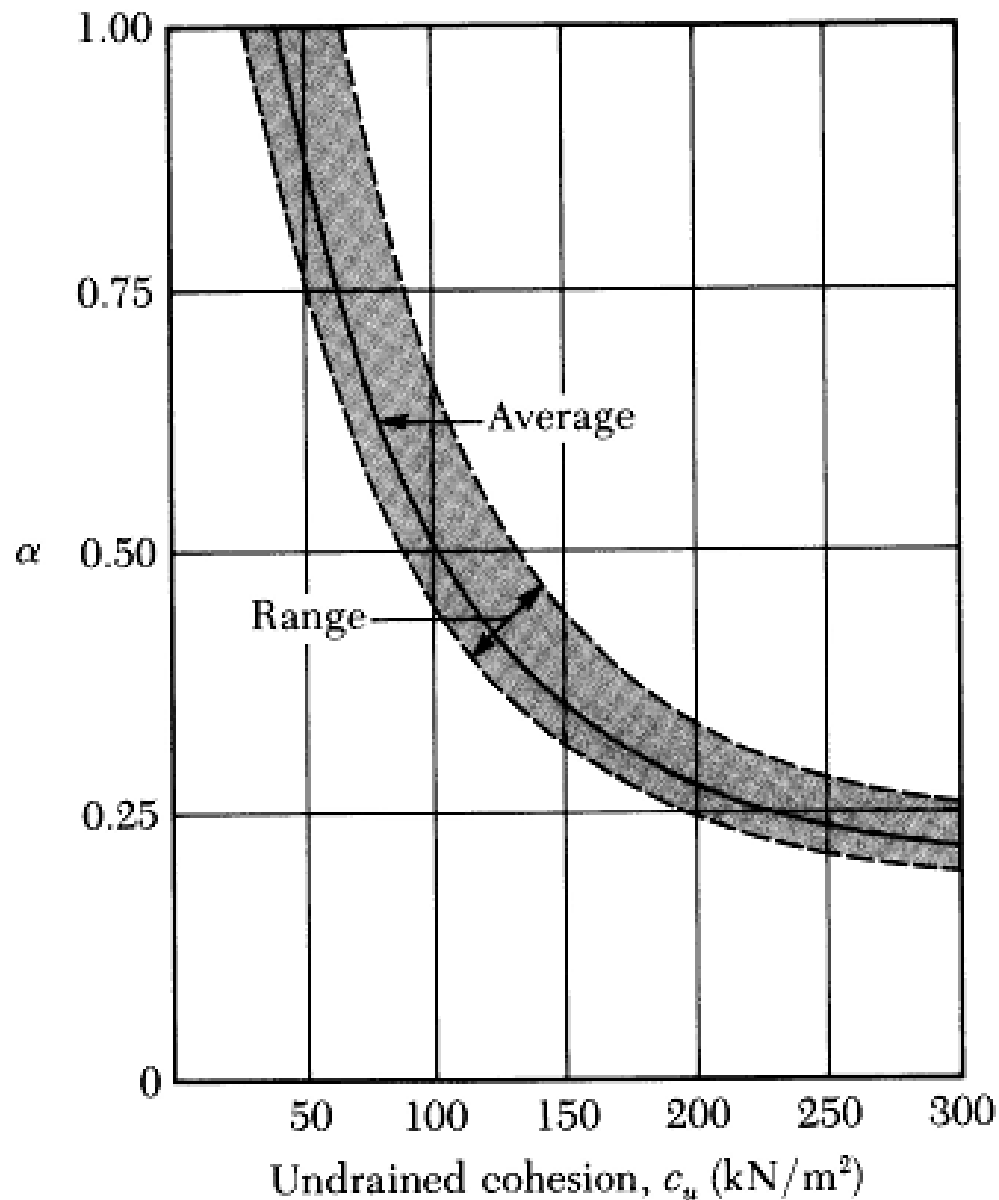
C_u : مقاومت چسبندگی رس در حالت زهکشی نشده

در شکل زیر تغییرات تقریبی α نشان داده شده است. توجه شود که برای خاک رس عادی تحکیم یافته با C_u کوچکتر یا مساوی حدود ۵۰ کیلو نیوتن بر متر مربع، مقدار α مساوی ۱ است.

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش آلفا α

تغییرات α با چسبندگی زهکشی نشده رس



مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش آلفا α

طبق تعریف، مقاومت جلدی کل برابر خواهد بود با :

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L = \sum \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$$

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش بتا β رس در حالت زهکشی شده (دراز مدت)

وقتی که شمعها در رس اشباع کوبیده می شوند، فشار آب حفره ای خاک در اطراف شمع افزایش می یابد. فشار آب حفره ای در رس عادی تحکیم یافته ممکن است ۴ تا ۶ برابر c_u باشد. لیکن پس از گذشت یک ماه یا بیشتر، این اضافه فشار به تدریج زایل می شود. بنابراین مقاومت اصطکاکی واحد سطح شمع را می توان بر پایه پارامترهای تنش موثر رس در حالت بهم خورده (یعنی $c = 0$) به دست آورد. بنابراین در هر عمق داریم:

$$f = \beta \sigma'_v \quad \sigma'_v = \text{تنش قائم موثر در عمق مورد نظر}$$

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

$$\beta = K \tan \phi_R \quad K = \text{ضریب فشار جانبی}$$

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش بتا β

رس در حالت زهکشی شده (دراز مدت)

مقدار K را به صورت محافظه کارانه می توان ضریب فشار خاک در حال سکون در نظر گرفت یا:

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

(برای رس عادی تمکیم یافته)

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

(برای رس پیش تمکیم یافته)

در رابطه فوق، OCR نسبت اضافه تحکیم می باشد.

مقاومت اصطکاکی Q_s

تعیین مقاومت اصطکاکی به روش بتا β

رس در حالت زهکشی شده (دراز مدت)

با ترکیب روابط فوق برای رس عادی تحکیم یافته خواهیم داشت:

$$f = (1 - \sin \phi_R) \tan \phi_R \sigma'_v$$

و برای رس اضافه تحکیم یافته:

$$f = (1 - \sin \phi_R) \tan \phi_R \sqrt{OCR} \sigma'_v$$

بعد از تعیین f ، مقاومت اصطکاکی کل از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L$$

ظرفیت باربری مجاز شمع

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

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

$$Q_{all} = \text{ظرفیت باربری مجاز شمع}$$

$$FS = \text{ضریب اطمینان}$$

مقدار ضریب اطمینان بر حسب عدم قطعیت‌های موجود در محاسبه ظرفیت باربری نهایی بین ۲/۵ تا ۴ می باشد.

ظرفیت باربری مجاز شمع

جدول ۷-۶-۱ حداقل ضریب اطمینان شمع در شرایط استاتیکی (روش تنش مجاز)

نوع بار اعمالی	روش تعیین ظرفیت باربری	ضریب اطمینان (F.S.)
فشاری/کششی	فقط روش تحلیلی	کوبشی
		درجاریز
	آزمایش نفوذ مخروط	
	آزمایش بارگذاری استاتیکی (فشاری/کششی)	
	آزمایش بارگذاری دینامیکی	
جانبی	فقط روش تحلیلی	
	آزمایش استاتیک (جانبی)	

مبحث ۷

ظرفیت باربری مجاز شمع

۱. مقدار ضریب ایمنی در همه ظرفیت باربری شمع برابر است با (1.3udhu)
 ۲. اگر از ۲ ترمیم شده است. ولی ترمیم آئین نامه آئین است که ضریب ایمنی در
 هر حالت کمتر از ۲ می باشد. آئین نامه ایمنی (BS) عددی بین ۲ تا ۳ را تعیین نموده است
 کتاب شمع نام نسبی عددی بین ۲ تا ۴ را پیشنهاد می کند. بعد از طی هر قیود وقت در پروفیل و رنگ
 خاک و پارامترها را با هم مقایسه می کنیم که آن را با بارگذاری شمع واقعی در محل این بارگذاری
 در تراز ضریب ایمنی مورد نظر، اقصای ۲ تا ۳ کافی دارد.

ظرفیت باربری مجاز شمع

۵، مقاومت نزدیک شمع در تیر مکان نشست در هر متر ۸ تا ۱۰ درصد قطر شمع برای شمع های
کوچک و ۳۰٪ برای قطر شمع های بزرگ در برابر منقبض شدن کامل نزدیک شمع ایستاده
در برابر منقبض شدن شمع است. اصطلاحاً شمع در برابر تیر مکان در هر متر ۲ تا ۱۰٪
در برابر تیر مکان لازم برای منقبض شدن شمع است. کامل نزدیک در هر متر ۱۰٪
مکان لازم برای مقاومت جدار است. بنابراین در جدول مراجع توصیه شده است که از ۲

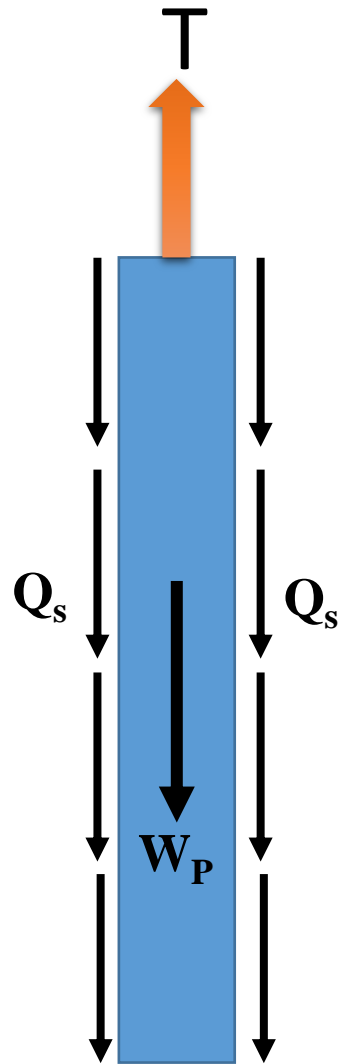
ظرفیت باربری مجاز شمع

ظرفیت باربری شمع سے باہر کی طرف اٹھانے والے دھارے سے انتہائی ہوتا ہے۔

$$Q_{all} = \frac{Q_f}{F_{s1}} + \frac{Q_b}{F_{s2}}$$

Case	Factor of safety
1. On total capacity	2.5
2. On shaft resistance	1.5
3. On base resistance	3.0

ظرفیت باربری کششی شمع (Pullout Resistance)



T : کشش اعمالی به شمع

Q_s : مقاومت اصطکاکی جدار

W_p : وزن سازه ای شمع

ظرفیت باربری کششی شمع

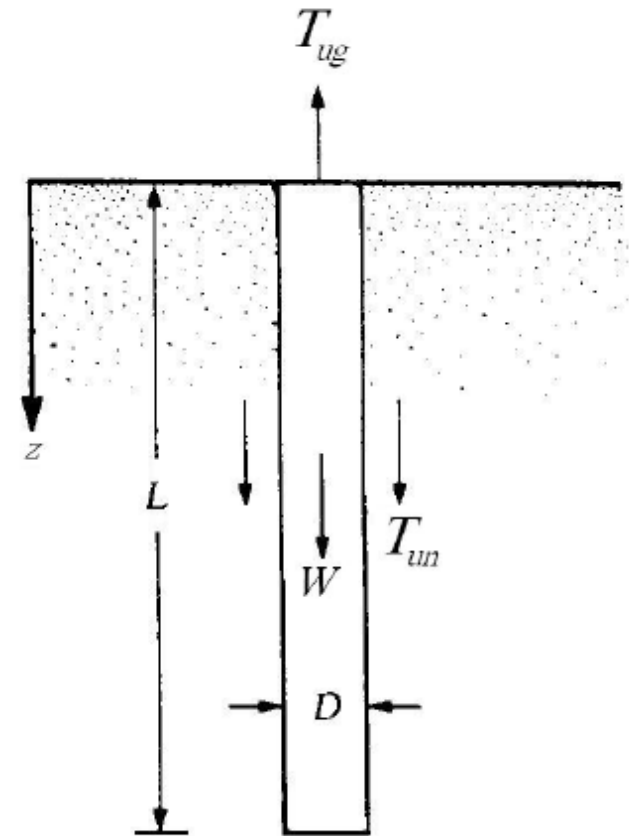
در عمل موارد متعددی وجود دارد که شمعها تحت نیروی کششی قرار می گیرند. مقاومت کششی نهایی شمعها به نحو چشمگیری مورد توجه محققین نبوده است. مقاومت نهایی کلی شمع تحت نیروی کششی را می توان طبق رابطه زیر نوشت :

$$T_{ug} = T_{un} + W$$

T_{ug} = ظرفیت کششی نهایی کلی شمع

T_{un} = ظرفیت کششی نهایی خالص شمع

W = وزن موثر شمع



D = قطر یا عرض شمع

ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای رسی

ظرفیت کششی نهایی خالص شمعهای کوبیده شده در رس اشباع، توسط دس و سیلی (۱۹۸۲) مورد مطالعه قرار گرفته است. طبق این مطالعه، ظرفیت کششی نهایی خالص شمعها از رابطه زیر به دست می آید:

که در آن:

L = طول شمع

α' = ضریب چسبندگی در سطح تماس خاک - شمع

p = محیط مقطع شمع

C_u = چسبندگی زهکشی نشده رس

$$T_{un} = L.p.\alpha'.C_u$$

ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای رسی

$$T_{un} = L.p.\alpha'.C_u$$

برای شمعهای بتنی درجا ریز :

$$\alpha' = 0.9 - 0.00625 c_u$$
$$\alpha' = 0.4$$

(برای $c_u \leq 80kN / m^2$)

(برای $c_u > 80kN / m^2$)

و

برای شمعهای لوله ای:

$$\alpha' = 0.715 - 0.0191 c_u$$
$$\alpha' = 0.2$$

(برای $c_u \leq 27kN / m^2$)

(برای $c_u > 27kN / m^2$)

و

ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای ماسه ای

وقتی که شمع در خاک دانه ای ($c = 0$) کوبیده می شود، ظرفیت کششی نهایی خالص را می توان از رابطه زیر تعیین کرد:

$$T_{un} = \int_0^L (f_u p) dz$$

f_u = مقاومت اصطکاکی واحد سطح جانبی شمع در حین کشش

p = محیط سطح مقطع شمع

تغییرات f_u معمولاً مطابق شکل زیر قسمت الف می باشد که مقدار آن در ابتدا تا $z = L_{cr}$ افزایش پیدا کرده و بعد از آن ثابت می ماند. برای $z \leq L_{cr}$ داریم:

K_u = ضریب برکنش

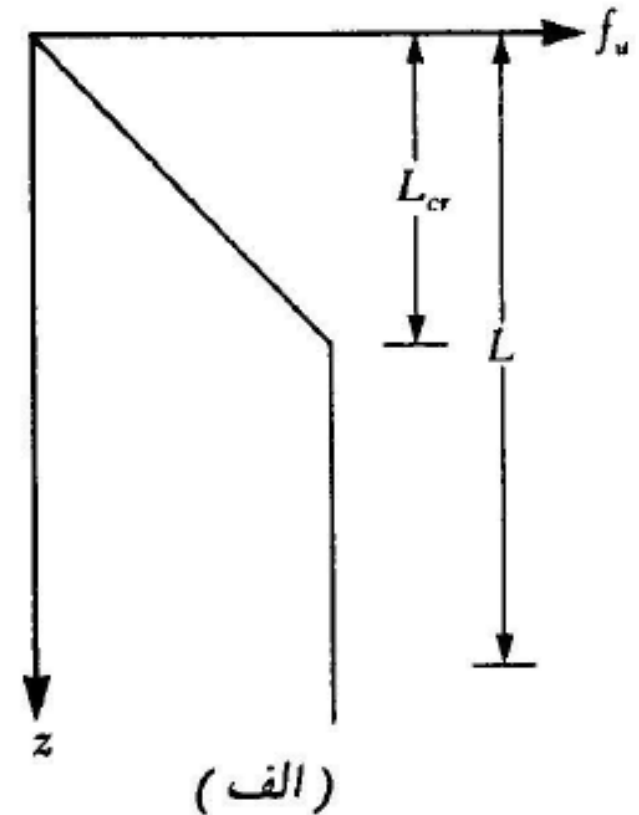
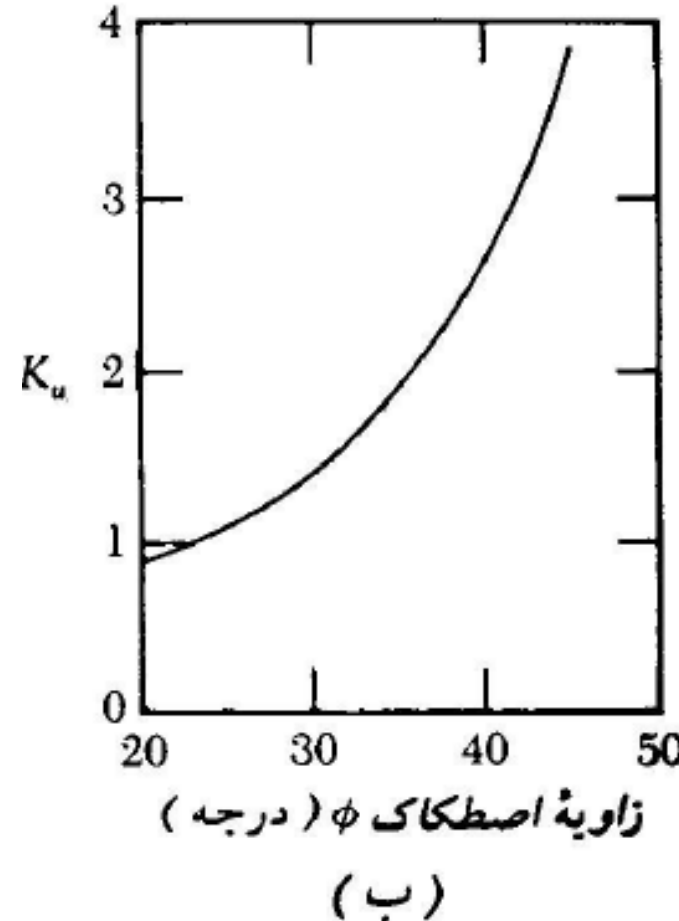
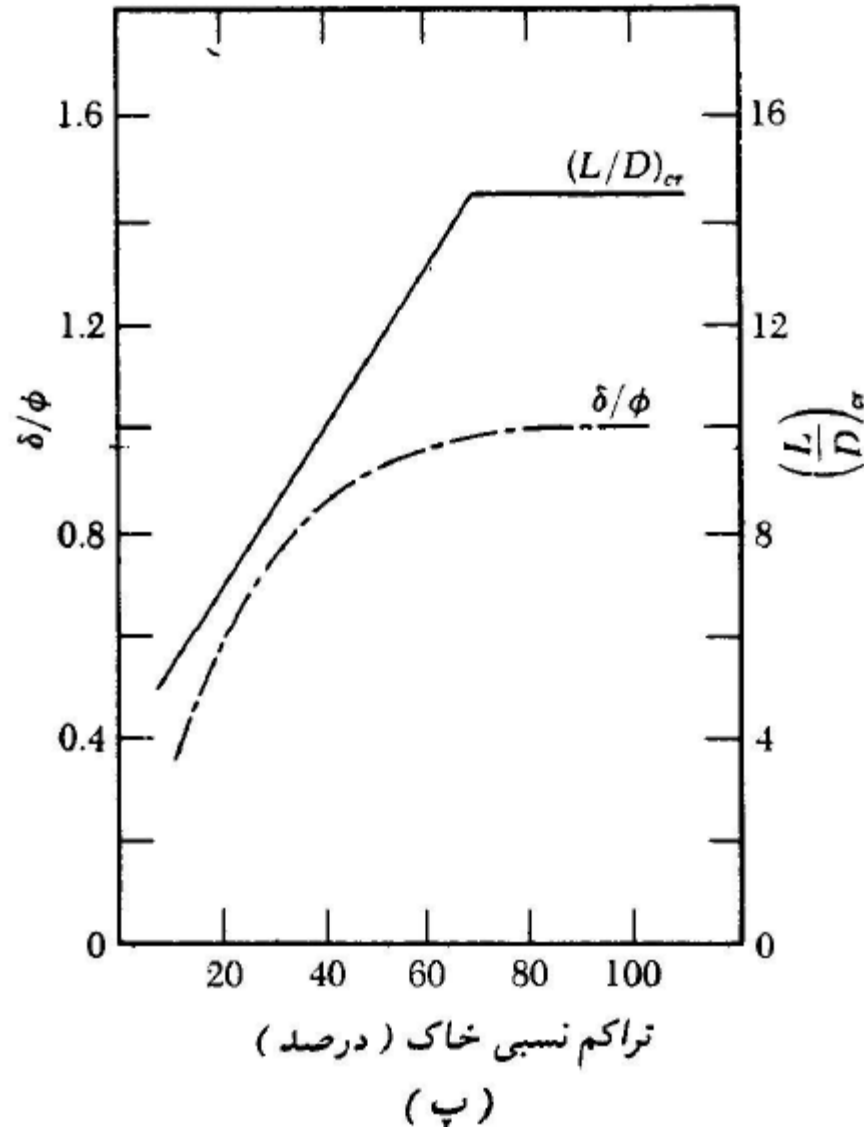
$$f_u = K_u \sigma'_v \tan \delta$$

σ'_v = تنش قائم موثر در عمق z δ = ضریب اصطکاک خاک - شمع

ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای ماسه ای

(الف) تغییرات f_u در عمق، (ب) ضریب برکنش K_u ،



ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای ماسه ای

تغییرات ضریب برکنش با زاویه اصطکاک خاک ϕ در شکل (قسمت ب) نشان داده شده است. برپایه تحقیقات انجام شده، به نظر می رسد که مقادیر L_{cr} و δ بستگی به تراکم نسبی خاک دارند در قسمت پ شکل طبیعت تقریبی این تغییرات بر حسب تراکم نسبی خاک نشان داده شده است. برای محاسبه ظرفیت کششی نهایی خالص شمعها، روش زیر پیشنهاد می شود:

تراکم نسبی خاک را تعیین کرده و با استفاده از قسمت پ شکل ، مقدار L_{cr} را به دست آورید.
اگر طول شمع L ، کوچکتر و یا مساوی L_{cr} باشد، خواهیم داشت:

$$T_{un} = p \int_0^L f_u dz = p \int_0^L (\sigma'_v K_u \tan \delta) dz$$

ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای ماسه ای

در خاک های خشک، $\sigma'_v = \gamma z$ می باشد (γ وزن مخصوص خاک است)، در نتیجه:

$$T_{un} = p \int_0^L (\sigma'_v K_u \tan \delta) dz = p \int_0^L \gamma z K_u \tan \delta dz = \frac{1}{2} p \gamma L^2 K_u \tan \delta$$

مقادیر K_u و δ را می توان از قسمت ب و پ شکل به دست آورد.

برای حالتی که در آن $L > L_{cr}$ است:

$$\begin{aligned} T_{un} &= p \int_0^L f_u dz = p \left[\int_0^{L_{cr}} f_u dz + \int_{L_{cr}}^L f_u dz \right] \\ &= p \left\{ \int_0^{L_{cr}} [\sigma'_v K_u \tan \delta] dz + \int_0^L [\sigma'_{v(at \ z=L_{cr})} K_u \tan \delta] dz \right\} \end{aligned}$$

ظرفیت باربری کششی شمع

ظرفیت کششی شمعها در خاکهای ماسه ای

در خاک خشک، رابطه بالا به صورت زیر ساده میشود:

$$T_{um} = \frac{1}{2} p \gamma L_{cr}^2 K_u \tan \delta + p \gamma L_{cr} K_u \tan \delta (L - L_{cr})$$

مقادیر K_u و δ را می توان از قسمت های ب و پ شکل به دست آورد.

برای تعیین ظرفیت کششی مجاز شمع، باید ضریب اطمینانی مساوی ۲ تا ۳ بر ظرفیت کششی نهایی کلی شمع اعمال شود:

$$T_{u(all)} = \frac{T_{ug}}{FS}$$

$$T_{u(all)} = \text{ظرفیت کششی مجاز}$$