



جلسه چهل و هفتم

- ✓ کنترل تنش خاک زیر فونداسیون
- ✓ راهکارهای جواب گرفتن از تنش خاک زیرپی
- ✓ مفاهیم و طراحی شمع زیر فونداسیون

کنترل تنش خاک زیرفونداسیون



انواع حالات تنش مجاز خاک (q_{all})

$$q_u = 3 \times 3 = 9 \frac{kg}{cm^2}$$

✓ بر اساس معیار نشست $q_{all} = 1.5 \frac{kg}{cm^2}$

$$\frac{9}{2} = 4.5 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{all} = 3 \frac{kg}{cm^2}$$

ضریب اطمینان 2 (شرایط لرزه‌ای)
ضریب اطمینان 3 (بارهای ثقلی)

✓ بر اساس معیار گسیختگی

جدول ۷-۴-۴ حداقل ضرایب اطمینان به روش تنش مجاز در شرایط استاتیکی (پی منفرد-نواری)

تراوش		برشی				نوع گسیختگی
فشار رو به بالا	رگاب	پایداری کلی	واژگونی	ظرفیت باربری	لغزش	
۱/۵	۴	۱/۵	۲	۳	۱/۵	ضریب اطمینان

جدول ۷-۴-۷ حداقل ضرایب اطمینان به روش تنش مجاز در شرایط لرزه‌ای

پایداری کلی	واژگونی	ظرفیت باربری	لغزش	نوع گسیختگی
۱/۲	۱/۵	۲	۱/۲	ضریب اطمینان



کنترل تنش خاک زیرفونداسیون



جمع بندی ✓

$$(SOIL - GRAV)_{\text{متوسط}} < (q_{all} \text{ معیار نشست})$$

$$(SOIL - GRAV)_{\text{حداکثر}} < (q_{all} \text{ معیار گسیختگی})_3 \text{ با ضریب اطمینان}$$

$$(SOIL - SEISMIC)_{\text{حداکثر}} < (q_{all} \text{ معیار گسیختگی})_2 \text{ با ضریب اطمینان}$$

✓ ترکیب بارهای ثقلی **Soil - Gravity**

✓ ترکیب بارهای لرزه‌ای **Soil - Seismic**

۷-۴-۵-۱-۹ در پی‌های انعطاف پذیر چنانچه ظرفیت باربری مجاز از **معیار نشست** به دست آمده باشد نیازی به کنترل نقطه به نقطه تنش نیست و طراحی را می‌توان بر اساس تنش موثر متوسط کمتر از ظرفیت باربری مجاز انجام داد.



عدم جواب دادن تنش وارده به خاک

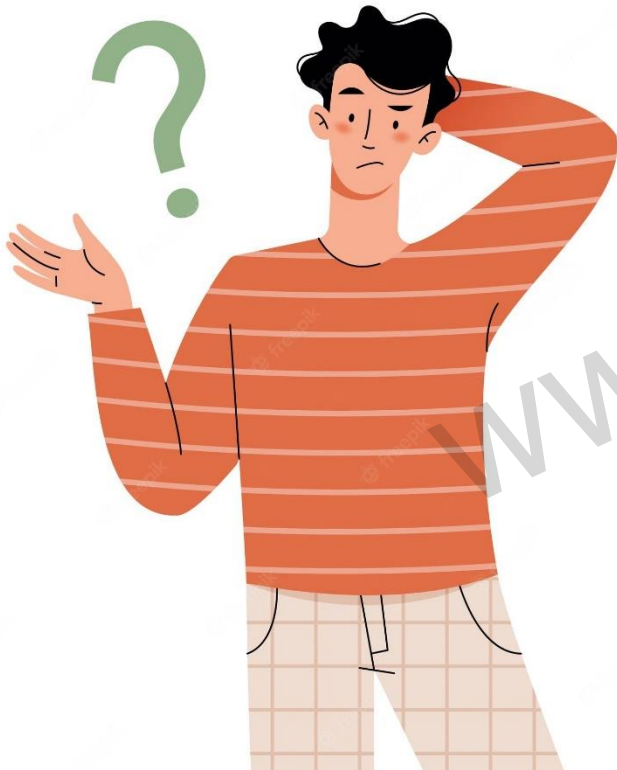


✓ تماس با آزمایشگاه خاک و محاسبه دقیق تر نتایج خاک

✓ افزایش سطح فونداسیون (عرض نوارها در پی نواری)

✓ افزایش ارتفاع فونداسیون (تأثیر کمی داره)

✓ استفاده از شمع زیر فونداسیون



معرفی شمع و برخی از کاربردهای آن



انتقال بار به لایه‌های با مقاومت بالاتر در خاک



خاک ضعیف (عدم جواب‌دهی تنش وارده به خاک)



نیروی آپلیفت و کشش در فونداسیون



جواب گرفتن از کنترل برش پانچ



اجرای فونداسیون سازه‌های بلند مرتبه و سنگین



لزومی به اجرای شمع فقط زیر ستون نیست



مراحل اجرای شمع بتنی درجاریز



Fully Cased Drilling with Rotary Drive



حفاری
چاه

غلاف گذاری و سپس
جاگذاری شبکه آرماتور

بتن ریزی
داخل شمع

بیرون کشیدن
غلاف فولادی

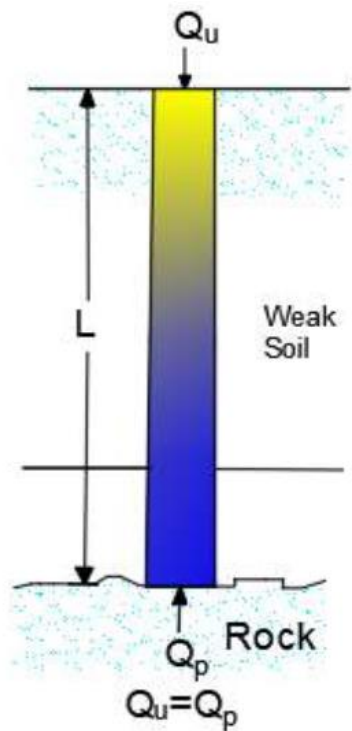


مطالعات تکمیلی در خصوص شمع‌ها



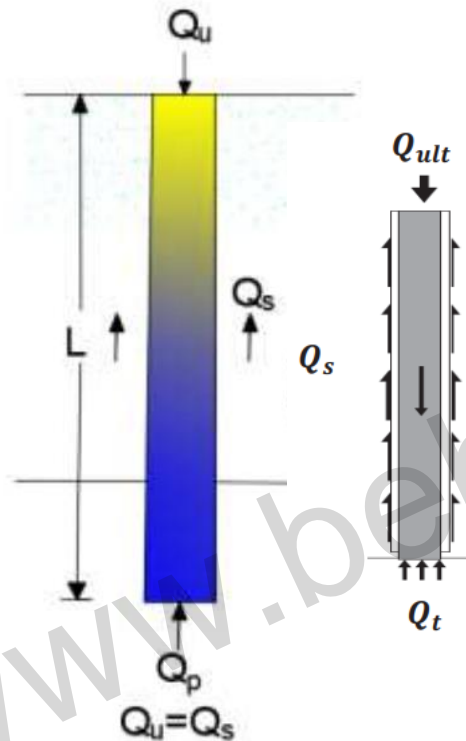
نحوه اجرا	نوع شمع	مزایا	محدودیت‌ها
شمع‌های درجاریز	بدون غلاف فولادی	<ul style="list-style-type: none"> - باشند در مقابل پوسیدگی مقاومند - سهولت حمل و نقل - امکان اجرای قطرهای بزرگ و نوک پافیلی یا زنگوله‌ای (در خاکهای چسبنده سخت) - امکان بازرسی چشمی از تنوع و جنس لایه‌های خاک در حین حفاری - راحتی اجرا در خاکهای چسبنده سخت - هزینه اولیه نسبتاً پایین 	<ul style="list-style-type: none"> - خوردگی در بالای تراز آب - کاهش ظرفیت باربری بعد از وصله - در صورت عدم تراکم و کنترل مناسب بتن‌ریزی در مقابل عوامل مهاجم آسیب‌پذیر است. - مشکل وصله بعد از بتن‌ریزی - ریزش جدار حفاری در خاکهای غیر چسبنده - نیاز به استفاده از گل حفاری در زمین‌های خیلی نرم یا شل و تبعات زیست‌محیطی آن
	با غلاف فولادی	<ul style="list-style-type: none"> - در این نوع شمع علاوه بر مزایای نوع قبل، کیفیت اجرایی شمع افزایش می‌یابد 	<ul style="list-style-type: none"> - مشکل وصله بعد از بتن‌ریزی در صورت قطع بتن‌ریزی - غلاف نازک در حین کوبش در خاکهای غیرچسبنده یا نصب با چکش لرزه‌ای ممکن است صدمه ببیند - در خاکهای ریزشی در حین بیرون کشیدن غلاف، سطح بتن دچار افت می‌شود که مرتبط با ریزش خاک پشت غلاف است

انواع عملکرد شمع‌های بتنی درجا



اتکایی

$$Q_P = A_p q_p = A_p (c N_c^* + q' N_q^*)$$

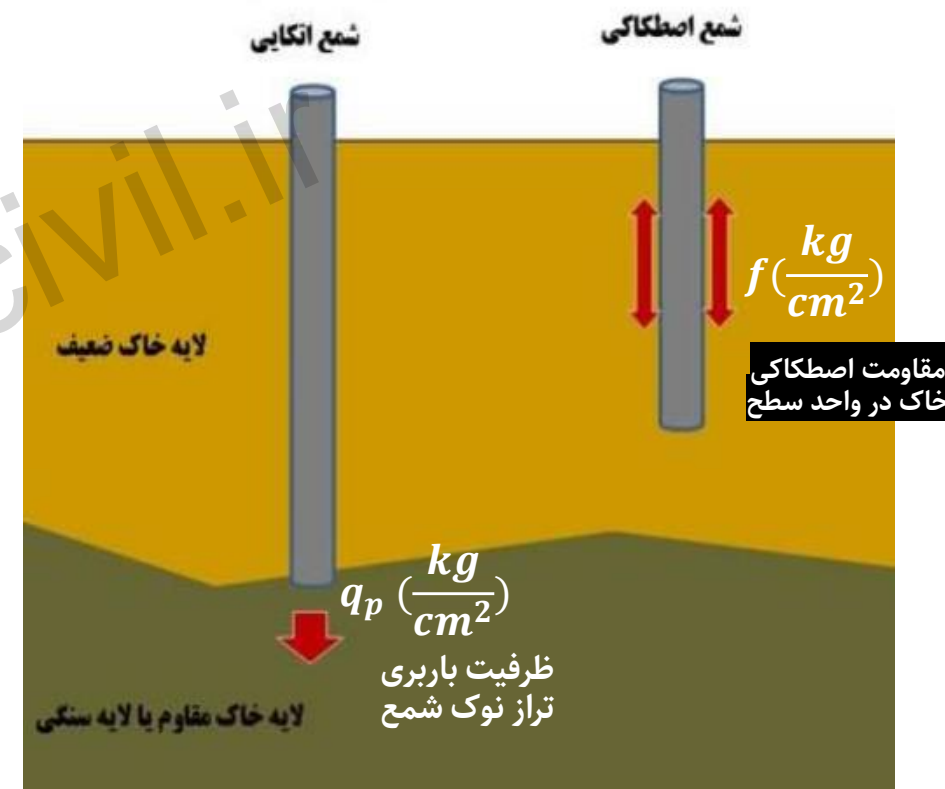


اصطکاکی

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

هر دو عملکرد

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

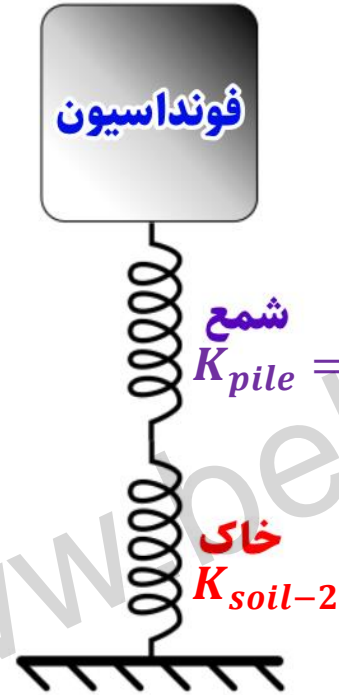


مفهوم سختی شمع زیر فونداسیون

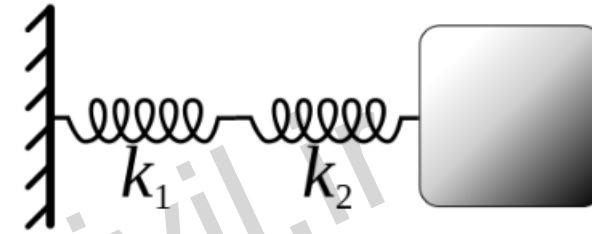


سختی
خاک زیر شمع

$$K_{pile} = \frac{E_c A_p}{L_p}$$



$$k_{eq} \cong K_{soil-2}$$



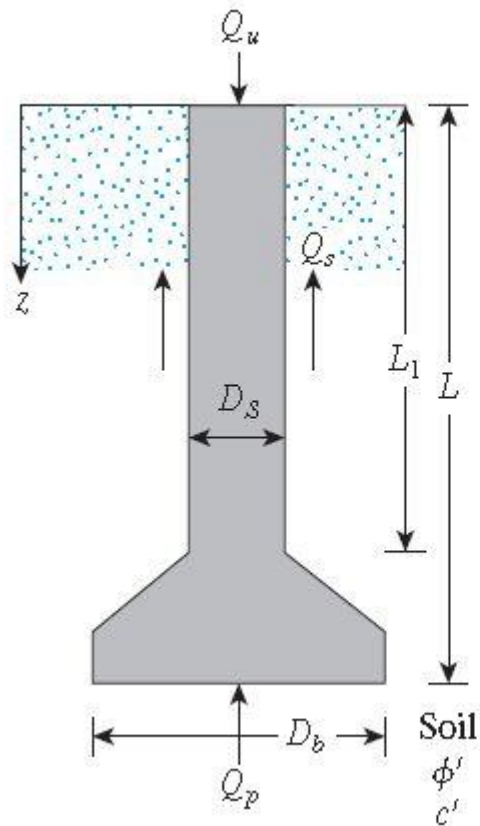
$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$\frac{1}{\infty} = 0$

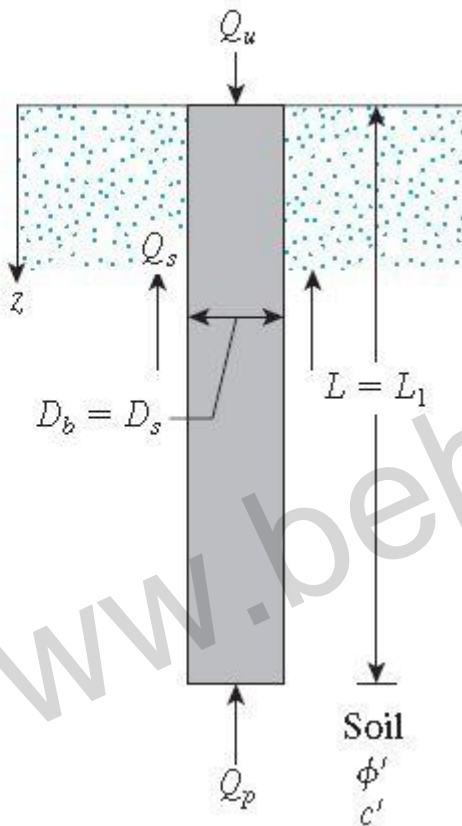
$$\frac{1}{K_{eq}} = \frac{1}{K_{pile}} + \frac{1}{K_{soil}} \rightarrow K_{eq} = \frac{K_{pile} \times K_{soil}}{K_{pile} + K_{soil}}$$



مقاومت نوک شمع و سختی خاک زیر شمع



شمع کششی



شمع فشاری

سختی سطحی
خاک زیر شمع

$$K_{soil-2} = 5 \frac{kg}{cm^3}$$

سختی نقطه‌ای
معادل شمع (فنر)

$$K_{eq} = \frac{\pi(100)^2}{4} \times 5 \frac{kg}{cm^3}$$

$$K_{eq} = 39250 \frac{kg}{cm} \quad K_{pile} = 2,217,000 \frac{kg}{cm}$$

$$K_{eq} = 38500 \frac{kg}{cm}$$

دقیق



آرماتورگذاری شمع‌ها



جدول ۹-۲۰-۵ حداقل آرماتور در شمع‌های درجا ریخته‌ی بدون غلاف

حداقل آرماتور	سازه با شکل پذیری کم - هر نوع خاک	سازه با شکل پذیری متوسط و زیاد - زمین نوع I و II و III	سازه با شکل پذیری متوسط و زیاد - زمین نوع IV
حداقل درصد آرماتورهای طولی (حداقل تعداد میلگرد)	0.0025	0.0050	0.0050
حداقل تعداد میلگردها بر اساس بند ۲-۶-۱۲-۹	حداقل تعداد میلگردها بر اساس بند ۲-۶-۱۲-۹	حداقل تعداد میلگردها بر اساس بند ۲-۶-۱۲-۹	حداقل تعداد میلگردها بر اساس بند ۲-۶-۱۲-۹

تعداد ۶ میلگرد شمع دایره‌ای

$$\sum A_{st} = 0.005 \times A_{pile} \quad \text{شمع به قطر امتر}$$

$$\sum A_{st} = 39.25 \text{ cm}^2 \quad (13\emptyset 20)$$



آرماتورهای طولی و عرضی شمع بتنی



ارتفاع شمع که نیاز به آرماتورگذاری طولی دارد $\max(\frac{H}{2}, 3m, 3D, H_m)$ (13Ø20) ✓

ارتفاع شمع که نیاز به آرماتورگذاری عرضی ویژه دارد (3D) ✓

سایز میلگردهای عرضی شمع (دورپیچ‌ها) } تا قطر ۰.۵ متر Ø10
بیش از قطر ۰.۵ متر Ø14 ✓

دورپیچ ناحیه بحرانی

(Ø14@10 cm)

دورپیچ سایر نواحی

(Ø14@20 cm)

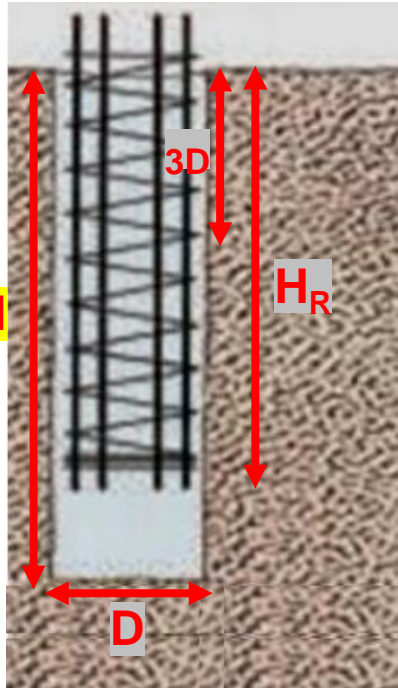
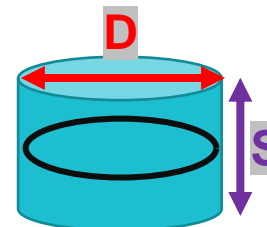
$$S \leq \min(\frac{D}{4}, 6d_b(S420), 5d_b(S520), 100 \text{ mm}) = 100 \text{ mm}$$

$$\rho_s \geq 0.06 \frac{f_c}{f_y}$$

$$\rho_s = \frac{\pi D A_s}{\frac{\pi D^2}{4} \times S} \geq 0.06 \frac{f_c}{f_y} \Rightarrow S \leq 136 \text{ mm}$$

$$D = 1000 \text{ mm}$$

$$A_s = 153 \text{ mm}^2$$



آرماتورگذاری شمع در ناحیه بحرانی

