

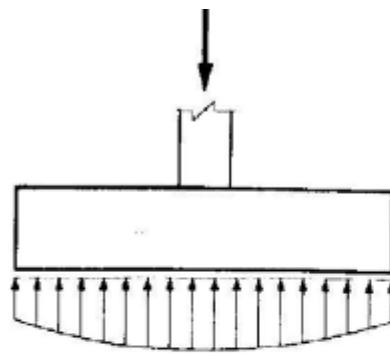
دانشگاه آزاد اسلامی - واحد خوراسگان

درس: تحلیل و طراحی پی‌ها

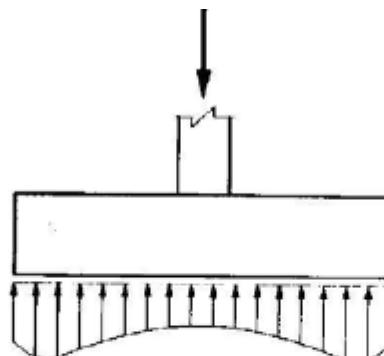
۳- طراحی پی

توسط: حسین هاشمی فشارکی

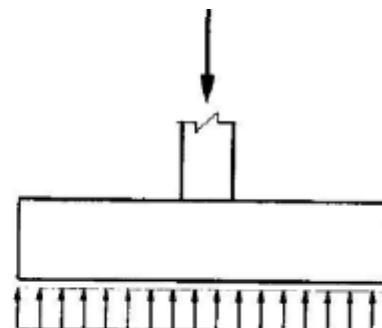
توزيع تنش خاک در زیر پی و تعیین تنش حداکثر:



الف) خاک مasse‌ای؛



ب) خاک رسی؛



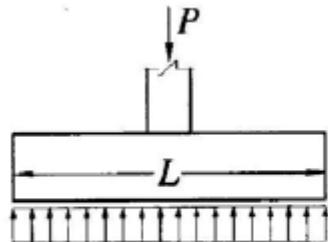
ج) توزیع تنش متوسط خطی

توزيع تنش در خاک زیر یک پی صلب

معمولاً به سبب سهولت در ارزیابی و محاسبات و ثانیاً به دلیل پیچیدگی در ترسیم توزیع واقعی فشار و همچنین تاثیر کم غیر یکنواختی بر مقادیر لنگر و برش در پی از توزیع فشار یکنواخت و خطی در زیرپی استفاده می شود.

توزيع نش خاک زیر پی تحت بارگذاری های مختلف :

الف) تحمت با رسمی خالص (اعمال شده در مرکز پی) :

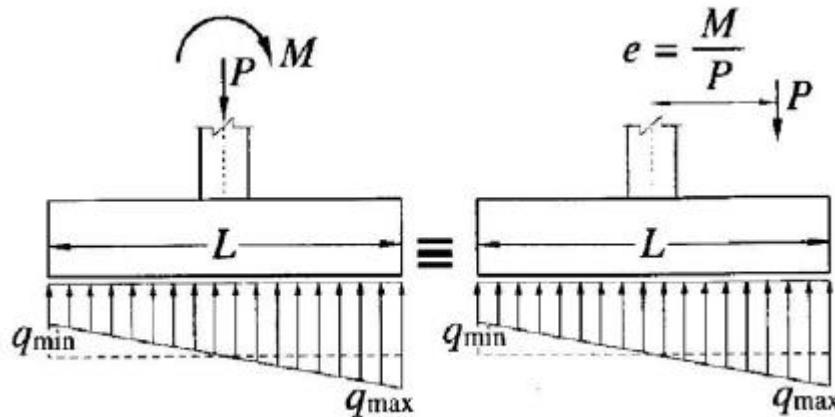


$$q = \frac{P}{A} = \frac{P}{B \cdot L}$$

$$q = \frac{P}{A}$$

به ترتیب عرض و طول پی می باشند L, B

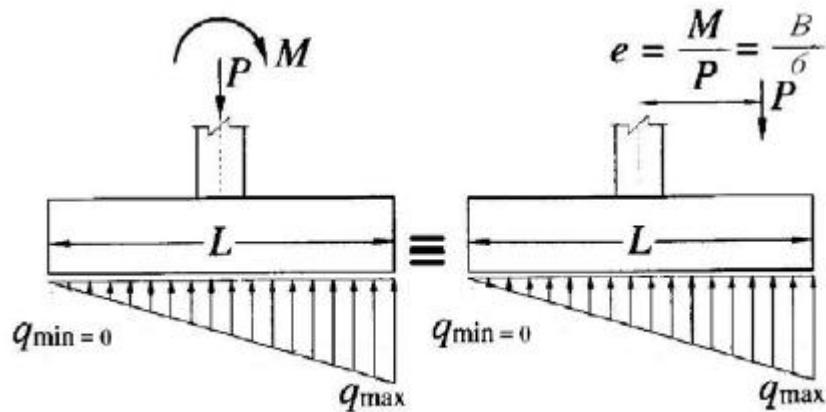
ب) تحمت با رسمی ولنگ فمشی یا تحمت با رسمی خالص با خروج از مرکزیت $e < \frac{B}{6}$



$$q_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} = \frac{P}{BL} + \frac{M(B/2)}{\frac{1}{12}LB^3} = \frac{P}{LB} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{Mc}{I} = \frac{P}{BL} - \frac{M(B/2)}{\frac{1}{12}LB^3} = \frac{P}{LB} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

اگر $e = \frac{B}{6}$ باشد توزیع تنش در زیر بی مثلثی می شود:

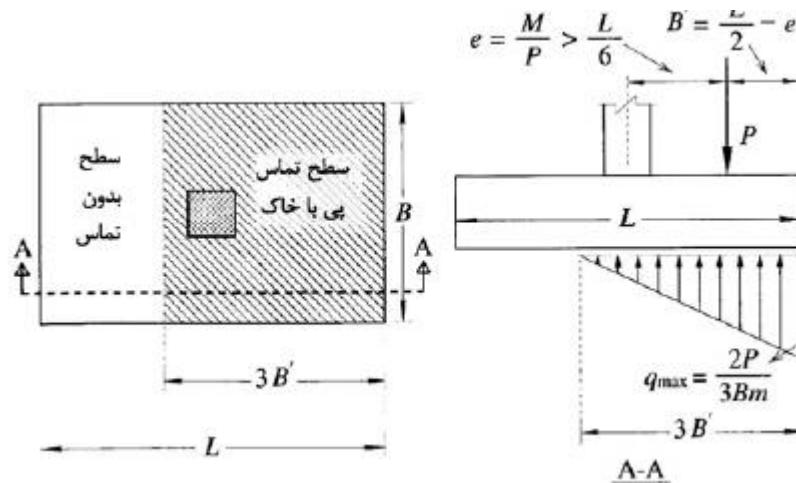


$$ج) تهت بار ممودی و لنگر فمشی یا بار ممودی با فروج از مرکزیت \quad e > \frac{B}{6}$$

در واقع در این حالت قسمتی از سطح کف پی به صورت جزیی از روی خاک جدا شده و توزیع تنش خاک

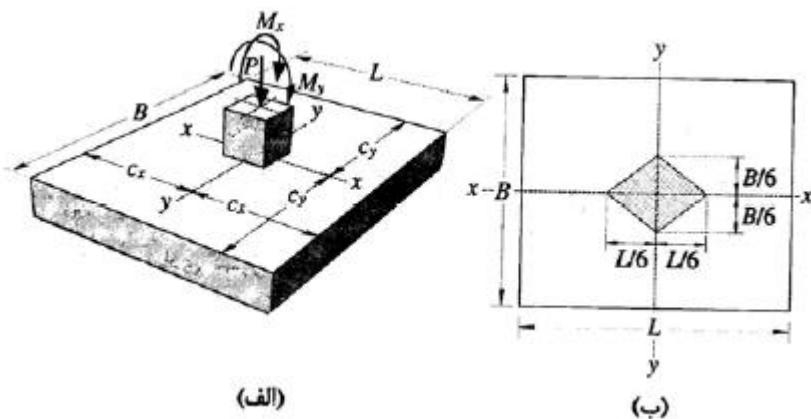
در زیر پی بصورت مثلثی و فقط در قسمتی از سطح پی خواهد بود.

$$e = \frac{M}{P} > \frac{B}{6}$$



د) تحمیل مخصوصی و لذگر خمی دو طرفه :

$$e_x = \frac{M_y}{P} \leq \frac{L}{6} \quad , \quad e_y = \frac{M_x}{P} \leq \frac{B}{6}$$



$$q_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{M_y c_x}{I_y} + \frac{M_x c_y}{I_x} = \frac{P}{LB} \left(1 + \frac{6e_x}{L} + \frac{6e_y}{B} \right)$$

$$q_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{M_y c_x}{I_y} - \frac{M_x c_y}{I_x} = \frac{P}{LB} \left(1 - \frac{6e_x}{L} - \frac{6e_y}{B} \right)$$

تعیین ابعاد کف پی:

در حالتی که بار محوری

$$q_{\max} = \frac{P_D + P_L}{A} \leq q_{net} \Rightarrow A = \frac{P_D + P_L}{q_{net}}$$

$$q_{net} = \frac{P_D + P_L + (P_W \text{ or } P_E)}{A} \leq 1.33q_{net}$$

$$A \geq \frac{P_D + P_L + (P_W \text{ or } P_E)}{1.33q_{net}} = \frac{0.75(P_D + P_L + (P_W \text{ or } P_E))}{q_{net}}$$

در حالتی که بار محوری همراه با خروج از مرکزیت

$$\text{IF: } e \leq \frac{B}{6} \Rightarrow q_{\max} = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad e = \frac{M}{P}$$

$$\text{IF: } e > \frac{B}{6} \Rightarrow q_{\max} = \frac{2P}{3BB'} = \frac{2P}{3B\left(\frac{B}{2} - e\right)}$$

تعیین ضخامت پی:

ضخامت پی بر اساس کنترل برش یکطرفه و دو طرفه در پی تعیین می شود.

تحت بارهای قائم

$$q_u = \frac{1.25P_D + 1.5L}{A}$$

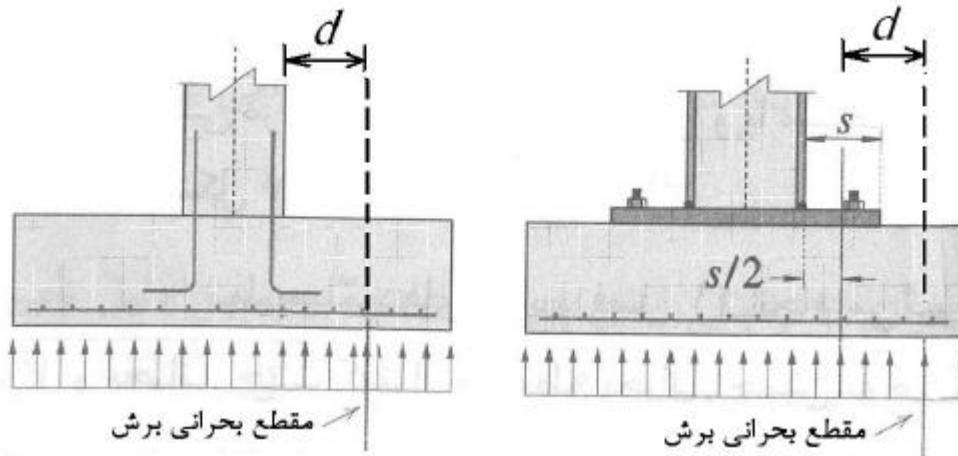
تحت بار قائم و جانبی

$$q_u = \frac{1.0P_D + 1.2P_L \pm 1.2(P_E \text{ or } P_W)}{A}$$

$$q_u = \frac{0.9P_D \pm 1.2(P_E \text{ or } P_W)}{A}$$

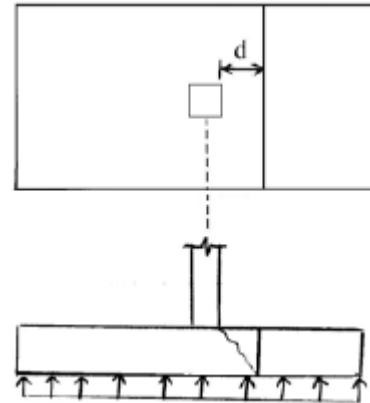
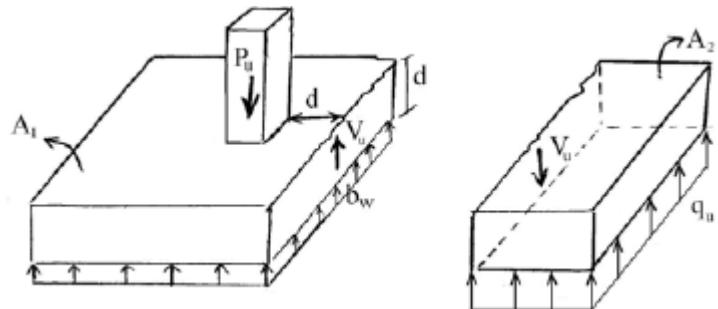
ضخامت پی اصولاً طوری تعیین می شود که ظرفیت برشی بتن مقطع جهت تحمل برش حداکثر در پی کافی بوده و نیازی به استفاده از میلگردهای برشی نباشد.

برش یکطرفه(برش تیری-برش خمی):



برش یکطرفه‌ی بحرانی در پی به فاصله‌ی

d از محلهای تعیین شده در نظر گرفته می شود.



$$V_u = q_u A_2$$

$$V_C = 0.2\phi\sqrt{f_c}b_w d$$

$$V_U \leq V_C$$

برش دو طرفه(منگنه ای، برش سوراخ کنده، پانچینگ):

مقطع بحرانی برای برش دو طرفه به فاصله $\frac{d}{2}$ از برستون است.

$$V_c = \min \begin{cases} (1 + \frac{2}{\beta_c})(0.2\phi_c \sqrt{f'_c}) b_s d \\ 2(0.2\phi_c \sqrt{f'_c}) b_s d \\ (\frac{\alpha_s d}{b_s} + 1)(0.2\phi_c \sqrt{f'_c}) b_s d \end{cases}$$

$$b_s = 2(c_1 + c_2 + 2d)$$

در رابطه ای فوق:

f'_c : مقاومت فشاری بتن N/mm^2 یا MPa

ϕ_c : ضریب جزئی ایمنی بتن برابر با 0.6

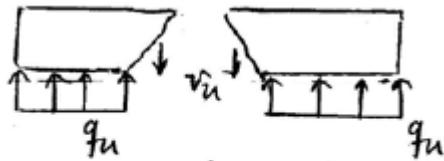
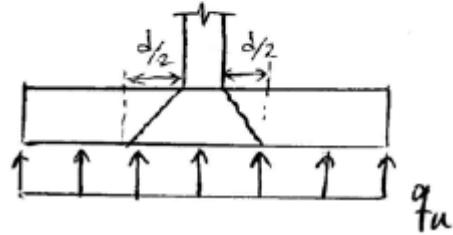
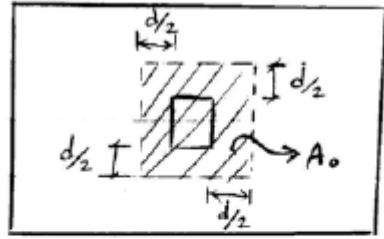
b_s : محیط مقطع بحرانی برش منگنه ای mm

c_1, c_2 : ابعاد ستون

$\beta_c = \frac{L}{B}$: نسبت طول به عرض مقطع ستون mm

B : عرض(ضلع کوچک ستون) L : طول(ضلع بزرگ ستون)

α_s : برای ستونهای واقع در وسط = ۴۰ درجه برای ستونهای واقع در گوش = ۳۰



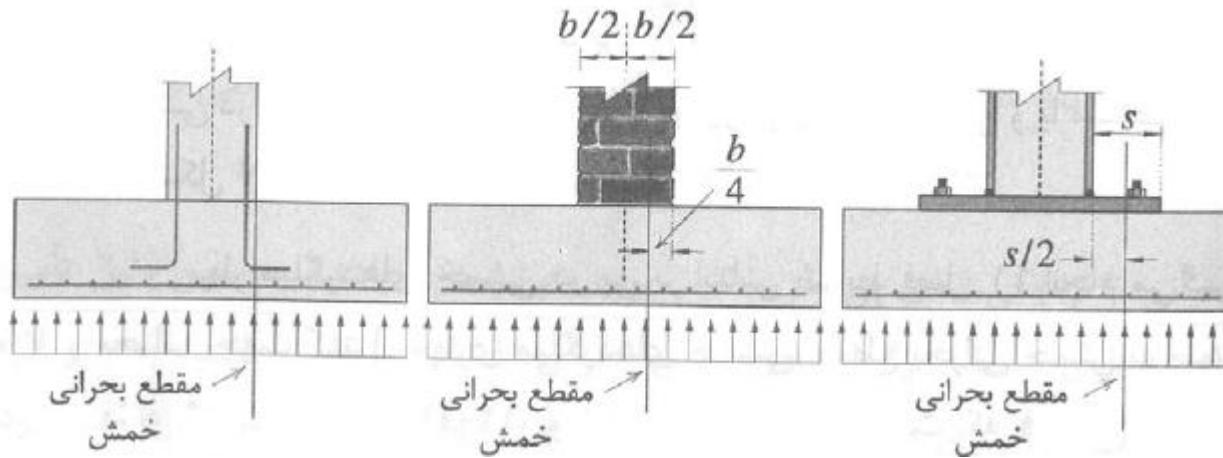
$$v_u = q_u (A - A_0)$$

$$V_U \leq V_C$$

طبق آیین نامه بنی ایران حداقل ضخامت شالوده واقع بر خاک نباید کمتر از 25cm و حداقل
ضخامت شالوده واقع بر شمع نباید کمتر از 40cm اختیار شود.

طراحی میلگرد های خمثی:

مقطع بحرانی خمث

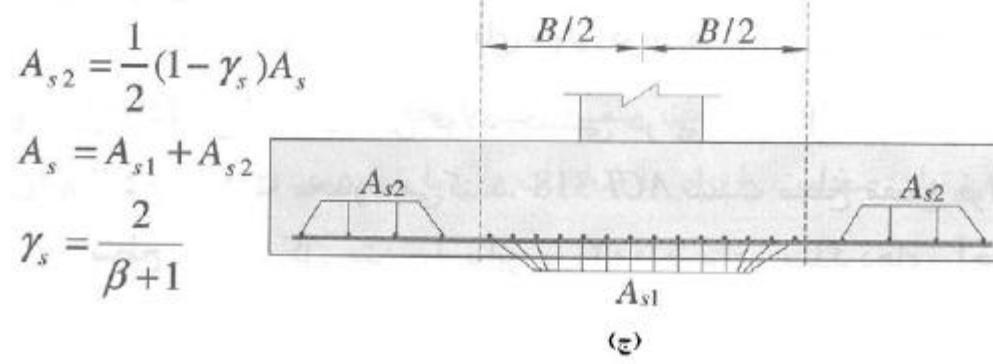
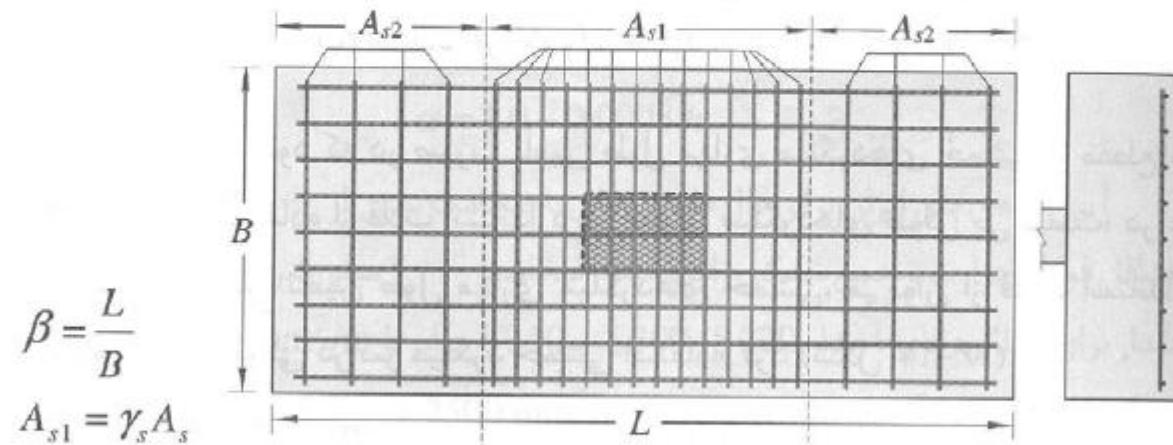
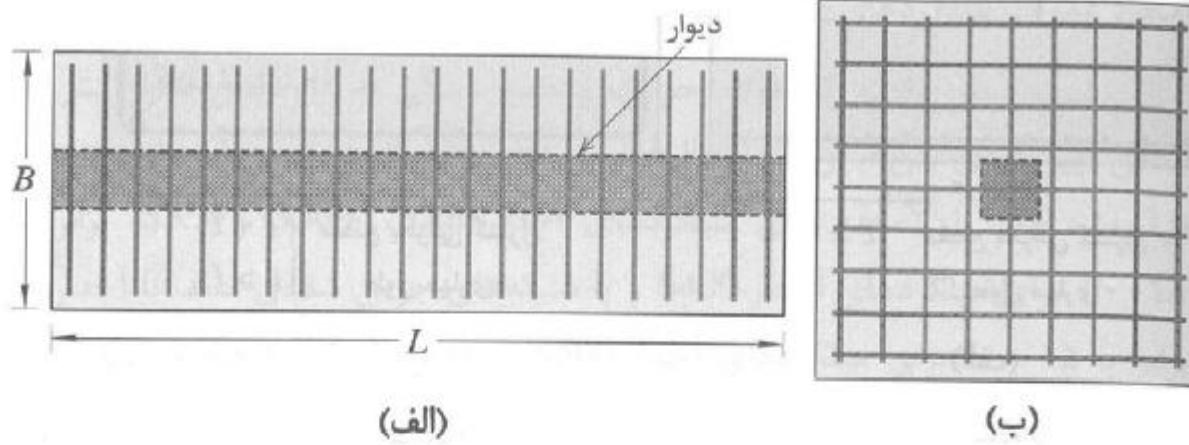


توزیع آرماتورهای خمثی در پی:

در یک پی مربعی معمولاً فولادهای خمثی در هر دو جهت متعامد یکسان در نظر گرفته می‌شود، اما در یک پی مستطیلی محاسبات خمثی در هر راستا بطور جداگانه انجام می‌گیرد.

الف) میلگردهای جهت بلند به صورت یکنواخت در سراسر عرض پی توزیع می‌شوند.

ب) برای میلگردهای جهت کوتاه، اگر سطح مقطع محاسبه شده برای کل میلگردها A_p باشد، قسمتی از کل میلگردها برابر با γA_p به صورت یکنواخت در عرض نوار برابر با طول کوتاه پی و بطور متقارن نسبت به خط مرکزی ستون یا پایه توزیع می‌شود. باقیمانده میلگردهای مورد نیاز به میزان $(\gamma - 1) A_p$ باید بطور یکنواخت و در خارج از عرض نوار میانی توزیع شوند:



محدودیت فولادهای طولی در پی ها :

میلگردهای موجود در امتداد میلگردهای خمشی (شامل میلگردهای فوقانی و تحتانی) نباید کمتر از مقدار فولاد حرارت و جمع شدگی باشد.

همچنین در دالها و پی هایی که میلگردهای خمشی فقط در یک راستا مورد نیاز است باید در امتداد عمود بر میلگردهای خمشی نیز فولاد حرارت و جمع شدگی در پی تعییه شود.

نسبت سطح مقطع کل فولاد حرارت و جمع شدگی (میلگردهای افت و حرارت) به کل سطح مقطع بر اساس آیین نامه آبا به شرح زیر می باشد:

الف) برای پی های با ضخامت $h \leq 100cm$

$\rho = 0.002$ اگر میلگرد آجدار S350,S300,S220 باشد :

$\rho = 0.0018$ اگر میلگرد آجدار S400 و یا شبکه جوش شده باشد :

$\rho = 0.0015$ اگر میلگرد آجدار S500 و یا بالاتر باشد :

ب) برای پی های با ضخامت $100 < h \leq 200cm$: مقادیر فوق برای هر نوع میلگرد ضربرد α

$(\alpha = 1.3 - 0.3h)$ می شود (m) بر حسب h

ت) برای پی های با ضخامت :

(برابر مقدار آرماتور لازم برای دال به ضخامت $h = 200cm$ تعیین می گردد)

$A_{s_{min}} = 2800 \frac{mm^2}{m}$ اگر میلگرد S350,S300,S220 باشد:

$A_{s_{min}} = 2500 \frac{mm^2}{m}$ اگر میلگرد S400 و یا شبکه جوش شده باشد:

$A_{s_{min}} = 2100 \frac{mm^2}{m}$ اگر میلگرد S500 و بالاتر باشد:

بر اساس آبا ، فولاد افت و حرارت برای دالها و شالوده ها به ضخامت کمتر یا مساوی $100cm$ ، می تواند فقط در یک وجه دال یا شالوده قرار داده شود.

آیین نامه بتن ایران در بند (۱۷-۵-۱) قید می کند که در شالوده های منفرد ، گستره و باسکولی (به جز تیر رابط) ، حداقل درصد فولاد خمشی نباید کمتر از کل مقدار فولاد افت و حرارت باشد.

۲-۵-۱۷-۹- در پی های نواری مقدار نسبت آرماتور کششی نباید کمتر از ۲۵/۰ اختیار شود، مگر آنکه آرماتور بکار رفته به اندازه یک سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمی تواند کمتر از ۱۵/۰ اختیار گردد.

نکات مهم:

حداقل میلگرد در شالوده ها 10ϕ می باشد.

حداقل فاصله محور تا محور میلگردها در شالوده $10cm$ می باشد.

حداکثر فاصله محور تا محور میلگردها در شالوده $35cm$ می باشد.

۷-۱۷-۹- کلافهای رابط بین پی‌ها

۱-۷-۱۷-۹- پی‌های جدا از هم در یک سازه باید در دو امتداد ترجیحاً عمود بر هم، به وسیله کلافهای رابط به هم متصل شوند، به طوری که کلافها مانع حرکت دو پی نسبت به هم گردند. در سازه‌های یک طبقه که دارای دهانه بزرگ هستند مانند سازه‌های ساختمان‌های صنعتی، آشیانه‌ها و غیره که در آنها پی‌ها دارای عمق استقرار و پایداری کافی در برابر نیروهای جانبی هستند، از پیش‌بینی کلاف در امتداد دهانه قاب می‌توان صرفنظر کرد. در این پی‌ها خاکریز اطراف پی باید بعداً به خوبی کوبیده و متراکم شود.

۲-۷-۱۷-۹- کلافهای رابط بین پی‌ها باید برای نیروی کششی معادل ده درصد بزرگترین نیروی محوری نهایی وارد به ستون‌های طرفین خود طراحی شوند.

۳-۷-۱۷-۹- ابعاد مقطع کلاف رابط باید متناسب با ابعاد پی و حداقل ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود، به گونه‌ای که سطح فوقانی آن با فونداسیون یکسان باشد.

۴-۷-۱۷-۹- تعداد میلگردهای طولی کلافها باید حداقل چهار عدد آرماتور با قطر ۱۴ میلیمتر باشد. این میلگردها باید توسط میلگردهای عرضی به قطر حداقل ۸ میلیمتر و با فواصل حداقل ۲۵۰ میلیمتر از یکدیگر گرفته شوند.

۵-۷-۱۷-۹- میلگردهای طولی کلافها باید در پی‌ها میانی ممتد باشند و در پی‌های کناری از محاذات بر ستون مهار شوند.

طراحی پی مركب

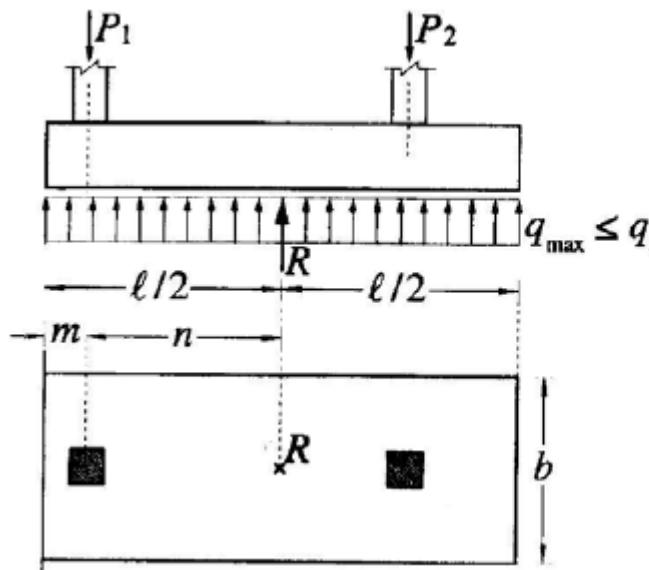
Combined footing

ابعاد پی مركب :

مثلا برای پی مستطیلی اگر توزيع تنش در زیر پی به طور يکنواخت باشد بر آيند تنش خاک ($R = P_1 + P_2$)

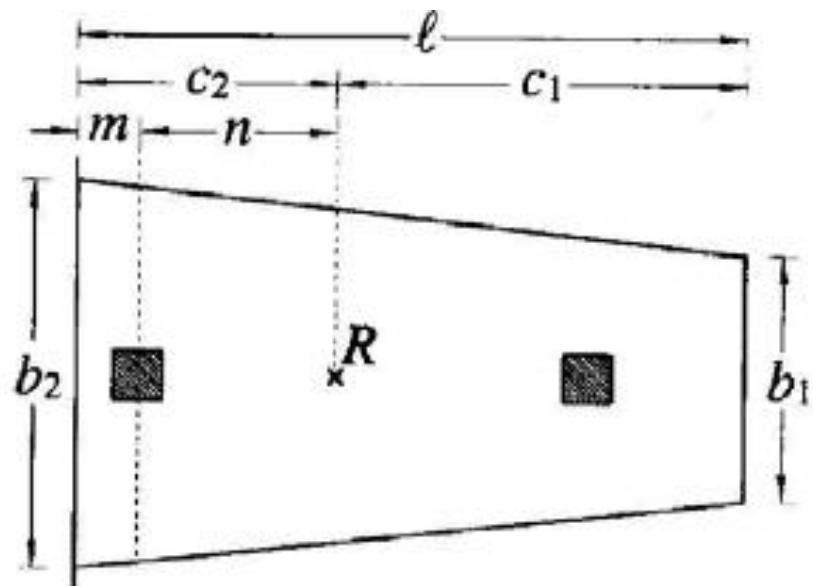
$$\sum M_1 = 0 \Rightarrow P_2 \times c = R \times n \quad \Rightarrow \quad n = \frac{P_2 \cdot c}{R} \quad \text{از مرکز سطح کف پی می گذرد.}$$

$$\frac{\ell}{2} = (m + n) \quad \Rightarrow \quad \ell = 2(m + n) \quad , \quad \ell \times b = \frac{R}{q_a} \quad \Rightarrow \quad b = \frac{R}{q_a \times \ell}$$



$$\ell = 2(m + n)$$

$$b = \frac{R}{q_a \ell}$$



$$(b_1 + b_2) = \frac{2R}{q_a \ell} \quad \frac{b_2}{b_1} = \frac{3(n+m) - \ell}{2\ell - 3(n+m)}$$

$$c_1 = \frac{\ell(b_1 + 2b_2)}{3(b_1 + b_2)} \quad c_2 = \frac{\ell(2b_1 + b_2)}{3(b_1 + b_2)}$$

For $P_1 > P_2 \rightarrow b_1 > b_2$

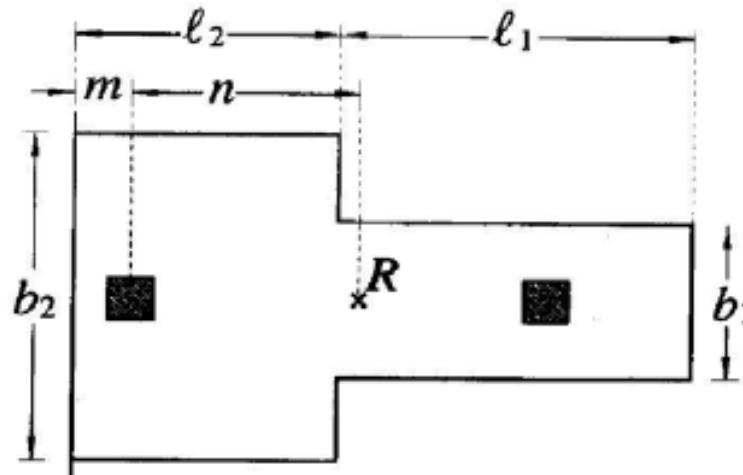
$$b_1 = \frac{6R}{\ell^2 q_a} \left(n + m - \frac{\ell}{3} \right)$$

$$b_2 = \frac{2R}{q_a \ell} - b_1$$

For $P_1 < P_2 \rightarrow b_1 < b_2$

$$b_1 = \frac{6R}{\ell^2 q_a} \left(\frac{2}{3} \ell - n - m \right)$$

$$b_2 = \frac{2R}{q_a \ell} - b_1$$



For $P_1 < P_2$

$$b_1 = \frac{R}{q_a} \times \left[\frac{2(n+m) - \ell_2}{\ell_1(\ell_1 + \ell_2)} \right]$$

$$b_2 = \frac{R}{\ell_2 q_a} - \frac{\ell_1 b_1}{\ell_2}; \quad \ell_1 b_1 + \ell_2 b_2 = \frac{R}{q_a}$$

طراحی میلگرد ها در پی مرکب:

طراحی میلگرد های خمثی در جهت طولی بر اساس نمودار تغییرات لنگر خمثی در طول پی انجام می گردد. و فونداسیون مشابه تیر بتنی تحت خمث طراحی می گردد.

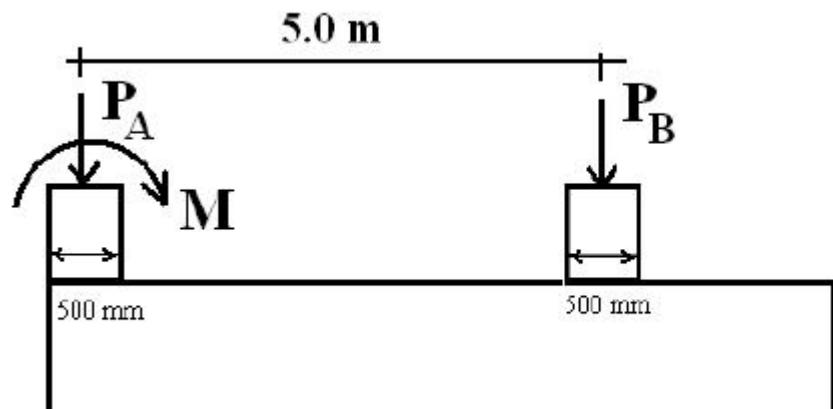
از طرفی در جهت کوتاه پی و در محدوده اطراف هر ستون ، فرض می گردد که بار هر ستون در عرض نوار معادل عرض ستون به علاوه عمق موثر Δ در هر طرف منتقل می شود . بر این اساس تنش خاک در عرض نوار ذکر شده محاسبه می شود و بر مبنای آن لنگر خمثی حداکثر در جهت کوتاه پی در بر ستون به ازای عرض نوار معادل تعیین می گردد . بدین ترتیب میلگرد های خمثی لازم در جهت کوتاه پی مرکب در وجه پایین پی و در محدوده Δ عرض نوار معادل در پیرامون هر ستون تعییه می شود.

جهت انتقال بارهای قائم ستون کناری A واقع در حیریم قانونی زمین و ستون میانی B زمین ، از یک پی مرکب با پلان مستطیلی استفاده می شود . بار های مرده و زنده این ستون به شرح زیر است:

$$A: \quad P_D = 750\text{KN} , \quad P_L = 500\text{KN} , \quad M_D = 220\text{KN.m} , \quad M_L = 160\text{KN.m}$$

$$B: \quad P_D = 160\text{KN} , \quad P_L = 1100\text{KN}$$

قطع ستون A برابر $300*500\text{ mm}$ (بعد بزرگ ستون در راستای طولی پی قرار دارد) و مقطع ستون B برابر $500*500\text{mm}$ می باشد. تنش مجاز خالص خاک در زیر پی $f'_c = 25\text{ Mpa}$ ، $q_{net} = 200\text{Kpa}$ ، $f_y = 400\text{Mpa}$ فرض می شود . مطلوب است طراحی کامل پی .



در مثال ملاحظه می شود که فاصله محور ستون کناری A از لبه پی $m=250\text{mm}$ است. فاصله نقطه اثر بار برایند R از محور ستون کناری (n) بصورت زیر تعیین می شود:

$$P_A = 750 + 500 = 1250\text{KN} , \quad M_A = 220 + 160 = 380\text{KN}$$

$$P_B = 1600 + 1100 = 2700\text{KN}$$

$$R = 1250 + 2700 = 3950\text{KN}$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R \times n = P_B \times 0.5 + M_A \Rightarrow n = \frac{2700 \times 5 + 380}{3950} = 3.514 \text{ m}$$

$$l = 2(m + n) = 2(250 + 3514) = 7528\text{mm} \Rightarrow \text{USE } l = 7500\text{mm}$$

تعیین عرض پی :

$$\frac{R}{b \times l} = q_a \Rightarrow b = \frac{R}{q_a \times l} = \frac{3950}{200 \times 7.5} = 2.633\text{m} \Rightarrow b = 2633\text{mm}$$

$$l \times b = 7.5 \times 2.6\text{m}$$

ابعاد پی مرکب

$$P_{uA} = (1.25 * 750) + (1.5 * 500) = 1687.5 \text{ KN}$$

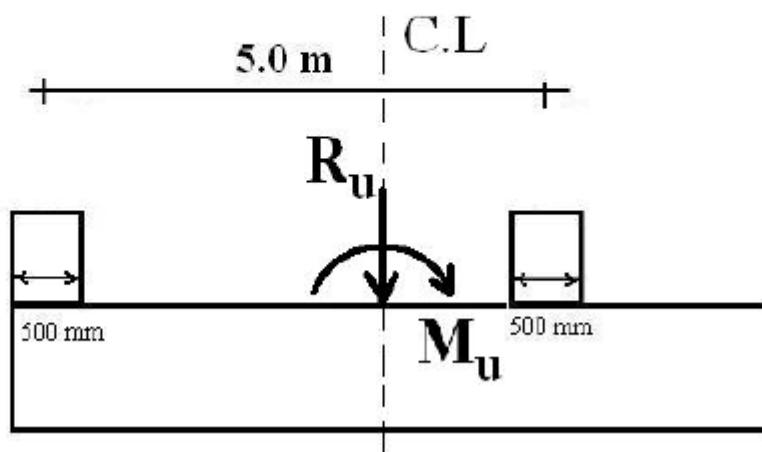
$$M_{uA} = (1.25 * 226) + (1.5 * 160) = 515 \text{ KN}$$

$$P_{uB} = (1.25 * 1600) + (1.5 * 1100) = 3650 \text{ KN}$$

با توجه به اینکه ابعاد و محل قرارگیری نیروی بارهای بر اساس بارهای بدون ضریب محاسبه می شود با ضریبدار کردن بارها باعث جابجایی محل اثر بردار برایند می گردد. با انتقال بارها با ضریب به مرکز سطح پی خواهیم داشت :

$$R_u = P_{uA} + P_{uB} = 1687.5 + 3650 = 5337.5 \text{ KN}$$

$$M_u = -1687.5\left(\frac{7.5}{2} - \frac{0.5}{2}\right) + 515 + 3650\left(\frac{7.5}{2} - 2.25\right) = 83.75 \text{ KN.m}$$



$$e = \frac{M}{P} = \frac{83.75}{5337.5} = 0.016 \text{ m}$$

مقدار خروج از مرکزیت نسبت به C.L. :

لذا توزیع تنش نهایی خاک

$$q_{ult} = \frac{R_u}{l \times b} = \frac{5337.5 \times 10^3 N}{7500 \times 2600} = 0.274 Mpa$$

برای ترسیم نمودار لنگر خمی و نیروی برشی تنش نهایی زیر پی را به صورت بار خطی لحاظ می کنیم.

$$W_u = q_{ult} \times b = 0.274 \times 2600 = 712.4 \frac{N}{mm} \quad (\frac{KN}{m})$$

کنترل برش یکطرفه:

بیشترین برش یکطرفه‌ی طراحی به فاصله d از وجه سمت چپ ستون B به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V_u = 3650 - [712.4(2.5 + d)]$$

$$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 0.2 * 0.6 \sqrt{25} * 2600 * d = 1560d$$

$$\text{باشد } V_u = V_c \Rightarrow 3650 - [712.4 * (2.5 * 10^3 + d)] = 1560d$$

$$\Rightarrow d = 823mm \Rightarrow USE : d = 825mm, h = 900mm$$

کنترل برش دو طرفه:

برش دو طرفه پیرامون ستون B :

$$V_u = P_{uB} - q_u(c_1 + d)(c_2 + d) = 3650 * 10^3 - (0.274)(500 + 825)^2 = 3167 * 10^3 N$$

$$V_C = 2(0.2\phi_c \sqrt{f'_c})b.d = 2(0.2 * 0.6 * \sqrt{25})(4824)(706) = 478.4 * 10^3 N$$

$$b_0 = 2(c_1 + c_2 + 2d) = 2(500 + 500 + 2(706)) = 4824mm$$

$$V_u \leq V_c \Rightarrow 3167 * 10^3 \leq 4489 * 10^3 \quad O.K.$$

$$V_u = P_{uA} - q_u(c_1 + \frac{d}{2})(c_2 + d) = 1687.5 * 10^3 - 0.274(500 + \frac{825}{2})(300 + 825) = 1534.8 * 10^3 N$$

کنترل برش دو طرفه پیرامون ستون : A

$$V_u = P_{u4} - q_u(c_1 + \frac{d}{2})(c_2 + d) = 1687.5 * 10^3 - 0.274(500 + \frac{825}{2})(300 + 825) = 1534.8 * 10^3 N$$

$$A_C = (2b_1 + b_2)d = (2 * 853 + 1006)706 = 1914672 mm^2$$

$$v_{u,\max} = \frac{1534.8 * 10^3}{1914672}$$

$$v_c = \frac{V_c}{b_0 d} = \min \begin{cases} \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right)(0.2\phi_c \sqrt{f'_c}) = 1.32 Mpa \\ 2(0.2\phi_c \sqrt{f'_c}) = 1.2 Mpa \Rightarrow O.K. \\ \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 1\right)(0.2\phi_c \sqrt{f'_c}) = 5.28 \end{cases}$$

تنش برشی قابل تحمل بتن در برش پانچینگ:

$$b_0 = 2b_1 + b_2 = 2712$$

$$v_c > v_{u,\max} \quad O.K$$

پس ضفایمت انتخاب شده برش پانچینگ را نیز جوابگوست.

طراحی میلگردهای خمشی:

با توجه به نمودار لنگر خمشی ترسیم شده برای حداکثر مقدار لنگر خمشی منفی و مثبت میلگرد مورد نیاز مقطع طراحی می کنیم.

$$M_{\max}^- = -1077.7 \text{ KN.m} \quad b_w = 2600 \text{ mm} \quad d = 825 \text{ mm} \quad f'_c = 25 \text{ Mpa} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

لنگر خمشی منفی

$$m = \frac{\phi_s f_y}{0.85 \phi_c f'_c} = \frac{0.85 * 400}{0.85 * 0.6 * 25} = 26.67$$

$$R = \frac{Mu}{bd^2} = \frac{1077.7 * 10^6}{2600 * (706)^2} = 0.83$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{\phi_s f_y}} \right\} = \frac{1}{26.67} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(26.67) * .083}{0.85 * 400}} \right\} = 0.0025$$

$$\Rightarrow A_s = \rho.b.d = 0.0025 * 2600 * 706 = 4589 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{s,\min} = 0.0018 * 2600 * 900 = 3744 \text{ mm}^2 \rightarrow O.K. \quad \text{میلگرد S400 می باشد}$$

USE 18 $\bar{\phi}$ 18 Top @ 15cm C/C

لنگر خمی مثبت

$$M_{\max}^+ = 1888.3 \text{ KN.m} \quad b_w = 2600 \text{ mm} \quad d = 706 \text{ mm} \quad f'_c = 25 \text{ Mpa} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{\phi_s f_y}{0.85 \phi_c f'_c} = 26.67 \quad R = \frac{Mu}{bd^2} = \frac{1888.3 * 10^6}{2600 * (706)^2} = 1.45$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{\phi_s f_y}} \right\} = 0.0045$$

$$\Rightarrow A_s = 0.0045 * 2600 * 706 = 8332.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = 0.0018 * 2600 * 800 = 3744 \text{ mm}^2 \rightarrow O.K.$$

$\rightarrow USE : 27\bar{\phi} 20 \text{ Bot @ } 10 \text{ cm } C/C$

طراحی میلگرد های خمشی در جهت عرضی پی:

در جهت عرضی فرض می شود که بار ستون در عرض نواری معادل عرض ستون بعلاوه ای عمق موثر پی

در هر جهت منتقل می شود . بدین ترتیب میلگرد های عرضی پی در محدوده ای ستون های A و B به صورت زیر طراحی می شود:

-عرض نوار در محدوده ستون A :

$$L' = 500 + 825 = 1325 \text{ mm}$$

$$q_{uA} = \frac{P_{uA}}{bL'} = \frac{1687.5 * 10^3}{2600 * 1206} = 0.24 \text{ Mpa}$$

$$M_{\max} = (0.54 * 1206) \left[\frac{\left(\frac{(2600 - 300)}{2} \right)^2}{2} \right] = 430.63 * 10^6 \text{ N.mm}$$

$$\begin{cases} M_u = 430.63 * 10^6 \text{ N.mm} \\ b_w = 1206 \text{ mm} \\ d = 706 \text{ mm} \\ f'_c = 25 \text{ Mpa} \\ f_y = 400 \text{ Mpa} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \rho = 0.0022$$

$$\Rightarrow A_s = 0.0022 * 1206 * 706 = 1857 \text{ mm}^2$$

USE : 10 $\bar{\phi}$ 16 @ 15 Cm C/C

عرض نوار در محدوده ستون : B

$$L'_B = 500 + 2(706) = 1912 \text{ mm}$$

$$q_u = \frac{3650 * 10^3}{2600 * 1912} = 0.73 \text{ MPa}$$

$$M_{\max} = [0.73 * 1912] * \left[\frac{\left(\frac{(2600 - 500)}{2} \right)^2}{2} \right] = 769.4 * 10^6 \text{ N.mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} M_{u\max} = 769.4 * 10^6 \text{ N.mm} \\ b_w = 1912 \text{ mm} \\ d = 706 \text{ mm} \\ f'_c = 25 \text{ MPa} \\ f_y = 400 \text{ MPa} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = 0.0024 \rightarrow A_s = 0.0024 * 1912 * 706 = 3314 \text{ mm}^2$$

USE : 17 $\bar{\phi}$ 16 @ 10 Cm C/C