

پی های ساختمانی: پی به آن قسمت از سازه اطلاق می شود که مسئولیت بار های وارد بر ساختمان به زمین بر عهده ی اوست. پی معمولا جزء اعضای درجه یک در ساختمان محسوب می شود. پی ها به دو دسته تقسیم می شوند.

۱. پی های سطحی

۲. پی های عمیق

برای پی های سطحی نسبت $\frac{D}{B} < 4$ است. پی های سطحی به پی های گفته می شود که در سطح قرار گرفته و به آن دسترسی داریم. در صورتی که نسبت عمق پی به عرض پی کمتر از ۴ باشد به آن پی سطحی می گوئیم.

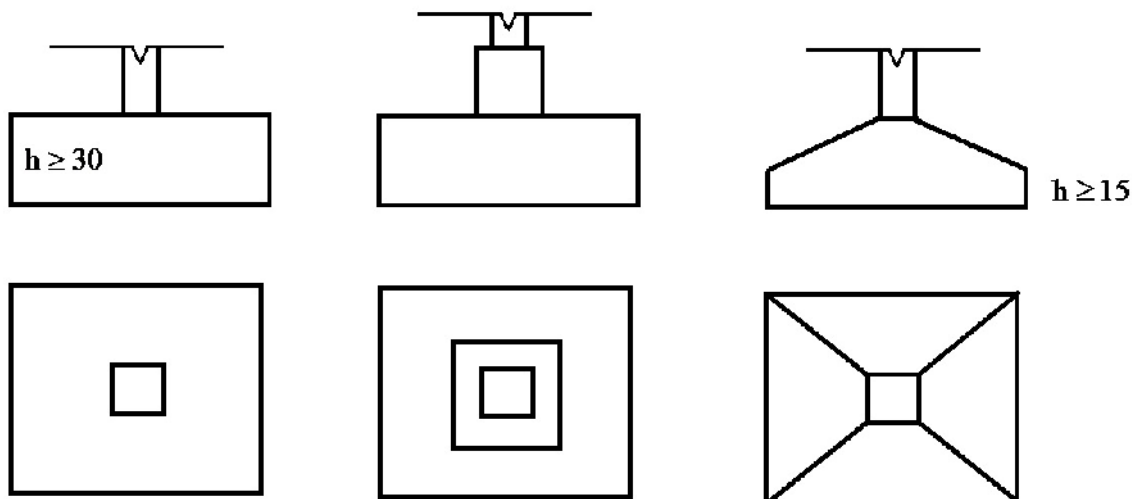
اصول و ضوابطی که در طراحی پی های سطحی باید رعایت شود:

۱. ابعدا طوری انتخاب شود که گسیختگی برشی در زیر پی رخ ندهد.
۲. ابعاد و نوع پی به طوری انتخاب شود که نشست بیش از مقدار مجاز در خاک رخ ندهد.
۳. در انتخاب ضخامت پی و شفته ریزی آن عمق یخبندان در نظر گرفته شود.
۴. ضخامت پی طوری انتخاب شود که برش یک طرفه و دو طرفه در پی اتفاق نیفتد.
۵. آرماتور پی طوری انتخاب شود که گسیختگی خمشی در پی ایجاد نشود.

انواع پی های سطحی:

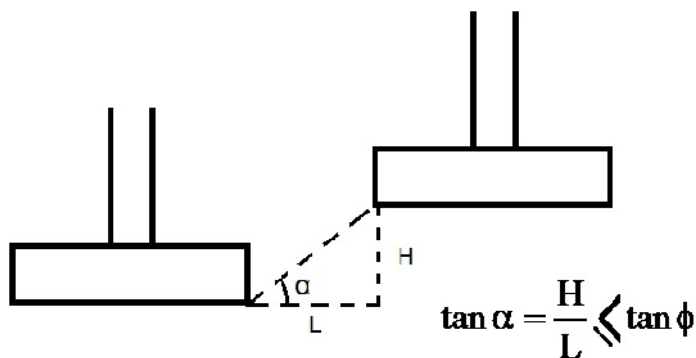
۱. پی نواری
۲. پی مرکب
۳. پی رادیه گسترده
۴. پی های خاص
۵. پی منفرد

✓ پی های منفرد به پی هایی گفته می شود که بصورت مجزا و مستقل بار وارده از یک ستون یا یک دیوار را تحمل کرده و به زمین منتقل می کنند. این پی ها بوسیله کلاف های بتنی یا شناژ به همدیگه متصل می باشند.



ضوابط آیین نامه در مورد پی های منفرد:

۱. ارتفاع پی های منفرد در محل تلاقی با ستون یا صفحه زیر ستون نباید از ۳۰ سانتیمتر و در لبه از ۱۵ سانتیمتر کمتر اختیار شود.
۲. چنانچه وضع بارگذاری طوری باشد که نیروها از مرکز ثقل پی نگذرد، باید ابعاد پی به نحوی انتخاب شود که در دورترین نقطه حداکثر تنش بر زمین از ۱.۲ برابر تنش مجاز خاک تجاوز نکند.
۳. اگر توزیع تنش در زیر شالوده طوری باشد که در قسمتی از آن تنش در خاک به صفر برسد، طول این قسمت در هیچ جهت نباید از یک چهارم بعد شالوده در آن جهت تجاوز کند.
۴. چنانچه پی های مجاور هم در ترازهای مختلف قرار گرفته باشد، باید اختلاف رقوم به اندازه ای اختیار شود که رابطه زیر برقرار شود $\tan \alpha = \frac{H}{L} \leq \tan \phi$ در غیر اینصورت باید اثر پی بالاتر بر روی پی پایین تر بدلیل وجود نیروی محور در شناژ منظور شود که در این حالت نیاز به آرماتورهای زیادی دارد.



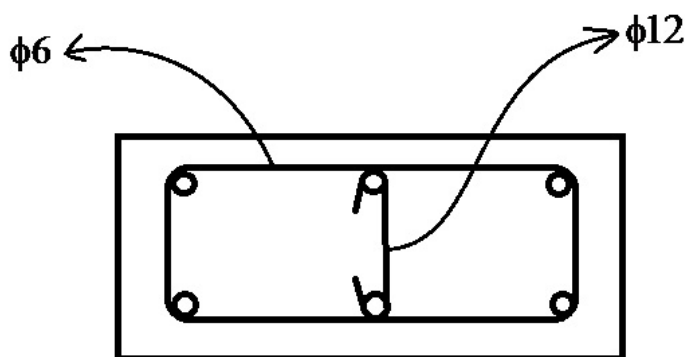
۵. پی های منفرد تا ارتفاع ۴۰ سانتیمتر را باید بصورت یک پله ای تا ارتفاع ۱.۲۵ متری را دو پله ای و از ارتفاع ۱.۲۵ متر به بالا بصورت چند پله ای در بیاوریم. منتها ابعاد پله باید طوری باشد که توزیع تنش تحت زاویه ۴۵ درجه در داخل بتن قرار گیرد.

نکته: در صورتی که در زیر ستون از پایه روی پی (پد استال) استفاده شده باشد، رعایت محدودیت توزیع تنش لازم نیست.

۶. نسبت بعد بزرگ پی منفرد به بعد کوچک آن نباید از ۳ بیشتر اختیار شود.
۷. پی های منفرد باید در دو جهت بوسیله کلاف یا شناژ بتن آرمه به یکدیگر مرتبط شوند.
۸. فاصله آرماتور هایی که در پی بکار می روند نباید از ۱۰ سانتی متر کمتر و حداقل قطر آن ها $\phi 10$ می باشد.

ظوابط آیین نامه در مورد شناژ ها:

۱. شناژ یا کلاف بتن آرمه باید قادر باشد ۱۰ درصد بزرگترین نیروی وارد بر پی های طرفین را بصورت کششی تامین کند.
۲. حداقل ارتفاع شناژ ۳۰ سانتیمتر و حداقل فولاد طولی که در آن گذاشته می شود $4 \times \phi 12$ هست.
۳. حداکثر فاصله تنگ خاموت ۲۵ سانتیمتر خواهد بود که حداقل قطر آن $\phi 6$ است.
۴. حداقل فاصله سطح خارجی آرماتور های زیرین پی از روی بتن مگر، ۳ سانتیمتر و در صورتی که از ریختن بتن مگر صرف نظر شده باشد، این فاصله حداقل ۶ سانتیمتر است.
۵. در مورد شناژ هایی که عرض آن ها از ۴۰ سانتیمتر بیشتر باشد، باید تعداد شاخه های خاموت بیش از ۲ باشد.



مشخصات شناژ های زیر دیوار:

۱. در صورتی که شناژ ها به عنوان پی زیر دیوار نیز استفاده شوند، عرض شناژ برابر با عرض دیوار بعلاوه ۵ الی ۱۰ سانتیمتر خواهد بود.
۲. در صورتی که شناژ بعنوان پی زیر دیوار باشد، بار دیوار روی شناژ باید در نظر گرفته شود. یعنی زیر شناژ ممکن است شفته ریزی یا سنگ چینی گردد.

۳. در صورتی که دیوار همکف ۱۰ سانتیمتری باشد، کرسی چینی باید ۲۰ سانتیمتر و عرض شناژ حداقل ۳۰ سانتیمتر باشد.

مثال: مطابق شکل، نیروی قائم وارد بر ستون های طرفین شناژ داده شده است. ابعاد و میلگرد های شناژ را طراحی کنید. ساختمان ۶ طبقه است و دیوار ۳۰ سانتیمتر بر روی آن قرار دارد.

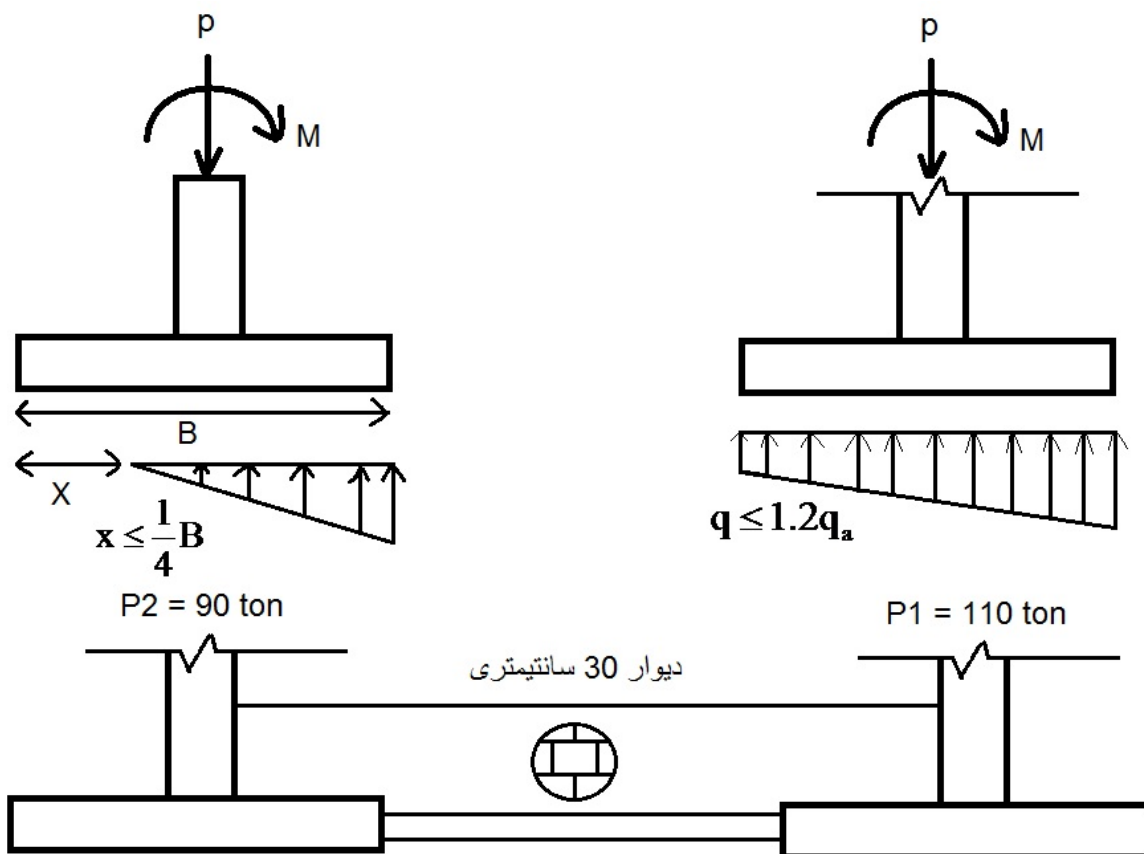
$$F_y = 3000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ با } A2 \text{ میلگرد از نوع}$$

انواع میلگرد ها :

A1: میلگرد نرم با $F_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ و $F_u = 3600 \text{ Kg/cm}^2$ باشد

A2: میلگرد نیمه سخت (عاج دار) که $F_y = 3000 \text{ Kg/cm}^2$ و $F_u = 5000 \text{ Kg/cm}^2$

A3: میلگرد سخت (عاجدار و خشک) که $F_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$ و $F_u = 6000 \text{ Kg/cm}^2$



چون دیوار ۳۰ سانتیمتری است، پس عرض شناژ ۴۰ سانتیمتر و از ۶ عدد میلگرد استفاده می شود.

$$T = 10\% \Rightarrow P_{\max} = 10\% \times 110 = 11 \text{ ton}$$

$$F_t = 0.6 \times F_y = 0.6 \times 3000 = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$T' = \frac{11}{6} = 1.83 \text{ ton هر میلگرد}$$

$$\text{سطح مقطع لازم برای هر میلگرد} = A = \frac{1.83 \times 1000}{1800} = 1.016 \text{ cm}^2$$

$$1.016 = \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d = 1.14 \text{ cm}$$

USE 6φ12

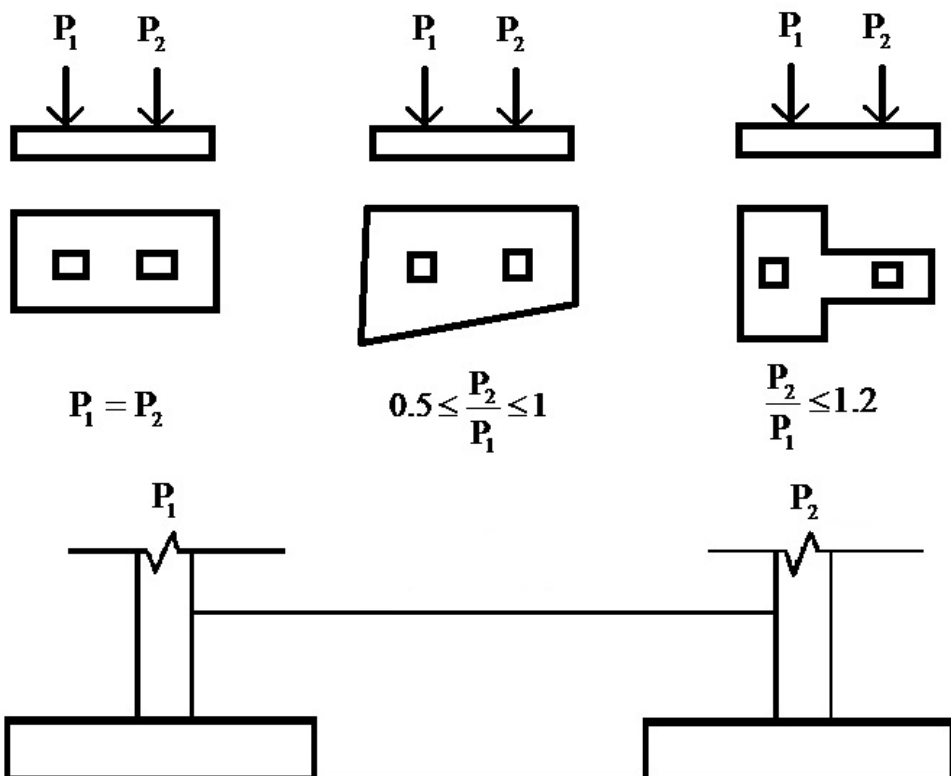
پی های مرکب: پی هایی هستند که بار دو ستون را تحمل می کنند. در مواردی که ستون ها طوری به هم نزدیکند که پی های منفرد برای آن ها عملاً در یکدیگر تداخل می کند و یا در مواردی که یکی از ستون ها در لبه حریم زمین قرار گرفته باشد، از پی دو ستونه استفاده می شود.

شکل های هندسی پی های مرکب:

۱. در صورتی که بار دو ستون تقریباً برابر باشد، شکل پی مرکب، مستطیلی خواهد بود.

۲. در صورتی که نسبت بار های دو ستون $0.5 \leq \frac{P_2}{P_1} \leq 1$ باشد، شکل پی دوزنقه ای خواهد بود.

۳. در صورتی که نسبت بار های دو ستون $\frac{P_2}{P_1} \leq 1.2$ باشد، شکل پی پلکانی خواهد بود.



نکته: تفاوت بین پی مرکب و پی منفرد این است که پی مرکب دارای دو شبکه آرماتور در بالا و پایین است و توسط خرج، این دو شبکه بر روی هم قرار می گیرند.

شرایط پی باسکولی:

۱. تیر رابط باید نسبتاً صلب باشد تا از دوران پی خارجی جلوگیری کند. یعنی $\frac{I_b}{I_f} \cong 2$

۲. تیر رابط نباید با خاک تماس داشته باشد.

۳. پی زیر ستون ها باید برای تنش های مجاز یکسان طراحی گردد.

پی های نواری: دو دسته هستند

۱. پی های زیر دیوار

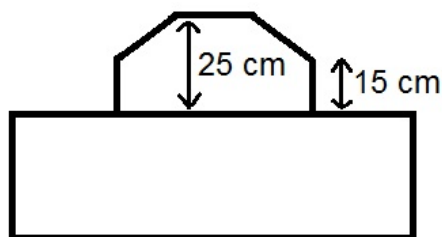
۲. پی های یکسره زیر ستون ها

ضوابط آیین نامه در مورد پی های نواری:

۱. مقطع عرضی پی های نواری ممکن است بصورت مستطیل و یا بصورت پاشنه دار نظیر L یا T برعکس طرح شود.

۲. ضخامت پاشنه باید طوری اختیار شود که برش توسط بتن جذب گردد و جز در موارد استثنایی برای جذب برش از فولاد استفاده شود.

۳. ضخامت پاشنه در محل طلاقی با جان تیر نباید از ۲۵ سانتیمتر و در انتها نباید از ۱۵ سانتیمتر کمتر باشد.



۴. کلیه محدودیت هایی که در مورد تیر ها وجود دارد، در مورد پی های یکسره رعایت شود.

۵. حداقل قطر تنگ یا خاموت در پی های نواری $\phi 8$ است.

۶. حداقل کاور از سطح خارجی آرماتور های اصلی ۳ سانتیمتر است.

۷. آرماتور های پاشنه باید با آرماتور های تقسیم کافی به یکدیگر بسته شود. حداقل قطر آرماتور های تقسیم $\phi 8$ و حداکثر فاصله آن ها از هم ۲۵ سانتیمتر است.

۸. پی نواری با بار ستون کم میتواند بصورت میلگرد های طولی و خاموت اجرا شود.

نکته: در صورتی که عرض پی نواری زیاد باشد، می توان در زیر ستون از آرماتور های عرضی در طولی به اندازه عرض پی نواری بهره جست. همچنین اگر بار ستون زیاد باشد، بهتر است از آرماتور های طولی و عرضی بصورت دو شبکه اجرا نمود.

نکته: در ساختمان هایی که نیروی اضافی (شلاقی) در آن ها حاکم است، مانند ساختمان های بیشتر از ۶ طبقه با قاب خمشی بهتر است از پی نواری به جای پی منفرد استفاده کرد.

پی گسترده : عبارتند از دال بزرگی است که سطح مشترک ستون یا ستون ها با خاک می باشد، رادیه می تواند تمام زمین قابل پی سازی و یا قسمتی از آن باشد. همچنین رادیه می تواند پی یک سیلو و یا یک مخزن و یا دودکشی بلند و یا ساختمان بلند باشد. در ساختمان های بلند، ابعاد پی به قدری بزرگ می شوند که پی ها در هم ادغام شده، و لزوم استفاده از پی های رادیه را می طلبد. از مزایای آنها این است که نشست های موضعی نخواهیم داشت و هزینه قالب بندی کاهش می یابد.

این پی ها دو دسته هستند.

۱. پی های رادیه با تیر

۲. پی های رادیه بدون تیر

ضوابط آیین نامه:

۱. حداقل ضخامت دال پی گسترده بدون تیر ۳۰ سانتیمتر و با تیر ۲۰ سانتیمتر است.

۲. ضوابط حاکم بر پی های گسترده، ضوابط حاکم بر دال ها و تیر های بتنی است. دقت شود پی های گسترده همانند پی های مرکب دارای یک شبکه آرماتور در پایین و یکی شبکه در بالا می باشند که این دو شبکه توسط خرج روی هم سوار می شوند. همچنین دقت شود که در برج ها و ساختمان های بلند، فقط پی های رادیه جوابگو نبوده (از نظر تنش مجاز خاک) و استفاده از پی رادیه با شمع توصیه می شود.

اختلاط بتن:

اختلاط بتن با دست به هیچ وجه مجاز نیست بجز در موارد کم اهمیت و خاص، آن هم با شرایط زیر:

۱. حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت باید ۳۰۰ لیتر باشد.
۲. برای تهیه بتن ابتدا روی یک سطح صاف و تمیز و غیر قابل نفوذ، شن را بصورت یکنواخت ریخته و سپس بر روی آن ماسه را بصورت یکنواخت اضافه کرده و در ادامه بر روی آن ها سیمان هم ریخته و این مخلوط خشک باید حداقل سه بار زیر و رو شود.
۳. پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج اضافه و بطور یکنواخت مخلوط می شود تا بتن همگنی بدست آید.
۴. بتن ساخته شده با دست باید حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.

در صورتی که در مرحله حساسی بتونیر خراب شود، مثل ستون بتنی که نصف بتن ریخته شده و نصف دیگر باید ریخته شود. در این صورت با بالا بردن ۱۰ درصد عیار سیمان، میتوان بتن ریزی را با کمک اختلاط دستی کامل کرد.

اختلاط بتن با وسایل مکانیکی:

بسته به حجم بتنی که میخواهیم تولید کنیم، به ترتیب از وسایل زیر کمک میگیریم:

۱. بتونیر های برقی و گازوئیلی یا بنزینی
 ۲. تراک میکسر ها
 ۳. بچینگ یا بتون ساز ها
- بتونیر: بطور عمود برای تولید بتن به حجم های ۱۰۰ الی ۸۵۰ لیتری استفاده می شوند. در استفاده از بتونیر به نکات زیر دقت شود.

۱. برای اینکه عمر دستگاه زیاد شود، کمتر از ظرفیت اسمی آن استفاده کنیم.
۲. برای اینکه بتن یکنوخت باشد، و دانه های بتن در ته آن جمع نشود، باید دیگ بتونیر را به طرف جلو شیب داد ۵ درجه.
۳. زمان اختلاط بتونیر حداقل ۱.۵ دقیقه با سرعت ۶ تا ۱۸ در دقیقه خواهد بود.

۴. ده درصد آب قبل از ورود مصالح دیگ ریخته می شود، بقیه آب حین ورود مصالح، و ۱۵ درصد بقیه آب بعد از وارد شدن کلیه مصالح، داخل دیگ ریخته می شود.

۵. بعد از هر روز بتن ریزی، بتونیر بوسیله شن خالی و آب مخلوط شده و به بیرون ریخته شود. مقدار تولید بتونیر از رابطه زیر بدست می آید.

$$P = \frac{60 \times V \times E}{T} \quad (\text{m}^3/\text{hr})$$

V: حجم عملی

T: سیکل کار بتونیر بر حسب دقیقه

E: راندمان کار

P: تولید ساعتی بتونیر

مثال: برای بتن ریزی یک سقف تیرچه بلوک در یک ساختمان فلزی به متراژ ۷۰۰ متر مربع از یک بتونیر به ظرفیت ۶۵۰ لیتر که هر بار ۴۰۰ لیتر بتن تولید می کند، و راندمان کار ۸۰ درصد و سیکل کار ۸ دقیقه می باشد، با فرض اینکه هر متر مربع سقف ۱۲ سانتیمتر مربع بتن می برد، مدت روز لازم جهت بتن ریزی را حساب کنید.

$$P = \frac{60 \times V \times E}{T} \quad (\text{m}^3/\text{hr})$$

حجم بتن لازم $84 \text{m}^3 = 0.12 \times 800$

$$P = \frac{60 \times 0.4 \times 0.8}{8} = 2.4 \quad (\text{m}^3/\text{hr})$$

$$P_t = 2.4 \times 8 = 19.2 \quad (\text{m}^3/\text{day})$$

$$\Rightarrow \frac{84}{19.2} \approx 5 \text{days}$$

قطعات فشاری یا ستون ها:

در ساختمان های بتنی ستون ها با مقاطع مختلف ساخته می شوند که متداول ترین آن ها مربع، مستطیل، چند ضلعی و دایره می باشد. در هر حال ابعاد شکل مقطع و میزان آرماتور بوسیله مهندس محاسب و طراح تعیین می گردد که مستلزم رعایت ضوابط آیین نامه به شرح زیر می باشد.

(۱) عرض مقطع ستون نباید از ۲۰ سانتیمتر (مقطع مستطیلی) و سطح مقطع آن از ۶۰۰ سانتیمتر مربع کمتر باشد. در صورت استفاده از مقطع مربعی حداقل ابعاد ۲۵ در ۲۵ سانتیمتر خواهد بود. این ضابطه شامل شناژ های قائم و اعضایی که باربر نیستند، مثل ستون های کنار پلره ها نمی باشد.

(۲) در مورد مقاطع به شکل I و T و L می توان کوچکترین بعد هر قسمت از مقطع را تا ۱۵ سانتیمتر پایین آورد. مشروط بر اینکه از یک پنجم بعد بزرگتر همان قسمت کمتر نباشد.

(۳) آرماتور های طولی و عرضی ستون ها باید طوری به هم بسته شوند که حین بتن ریزی جابجا نشوند.

(۴) حداقل قطر آرماتور طولی ۱۴ میلیمتر است.

(۵) مقدار آرماتور طولی نباید از ۰.۰۰۸ کمتر و از ۴ درصد بیشتر شود. در موارد استثنایی که خصوصاً از نظر جا دادن و تراکم نمودن بتن اشکالی نداشته باشد، می توان تا ۶ درصد بالا برد.

(۶) در ستون هایی که لنگر نیز تحمل می کنند، حداقل آرماتور در انتهای منطقه کشش یا کم فشار نباید از 0.025 مقطع کمتر باشد.

(۷) در مواردی که سطح مقطع ستون بزرگتر از مقطع لازم باشد، در محاسبه حداقل فولاد می توان 0.005 را بکار برد.

(۸) توزیع آرماتور در مقطع باید حد المقذور بصورت متقارن باشد تا امکان اشتباه اجرایی به حداقل برسد. و همچنین توزیع آرماتور ها در منقطه باید طوری صورت گیرد که از آرماتور حداکثر استفاده به عمل آید.

(۹) نسبت طول به عرض مقطع ستون (مستطیلی ۴ است) و فاصله دو آرماتور طولی مجاور نباید از عرض مقطع بیشتر باشد.

(۱۰) فاصله آزاد بین آرماتور های طولی نباید از ۳۵ سانتیمتر بیشتر شود

(۱۱) حداقل تعداد آرماتور طولی در مقاطع دایره ۶ عدد و در چند ضلعی به تعداد گوشه ها میباشد.

۱۲) در محل وصله آرماتور ها طول پوشش باید برابر طول محاری باشد(حداقل ۴۰ برابر قطر آرماتور).

۱۳) در ستون ها با مقطع مربع و مستطیل، آرماتور های طولی حداقل یک در میان در گوشه یک تنگ یا خاموت که زاویه داخل آن از ۱۳۵ درجه بیشتر نباشد، قرار گیرد، یا بوسیله قلاب ها که به همین منظور پیش بینی شده اند، نگهداری شود. چنانچه فاصله آرماتور های طولی از ۱۵ سانتیمتر بیشتر باشد، هر یک از آرماتور ها در گوشه ی یک تنگ یا خاموت قرار گیرد.

۱۴) انتهای تنگ ها یا خاموت ها به قلاب ختم شود و دو سر آن در داخل هسته ستون قرار گیرند. (خم ۹۰ درجه مجاز نیست).

۱۵) فاصله خاموت ها نباید از هیچ یک از مقادیر زیر تجاوز کند.

✓ ۱۶ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی

✓ ۴۸ برابر قطر خاموت

✓ کوچکترین قطر ستون

✓ ۳۰۰ میلیمتر

این فاصله در یک ششم پایین و بالای طول آزاد ستون و در محل وصله آرماتور های طولی، به دو سوم مقادیر فوق کاهش میابد.

۱۶) حداقل پوشش بتن روی آرماور ها نباید از ۲.۵ سانتیمتر کمتر باشد.

۱۷) در مواردی که ابعاد ستون فوقانی کاهش یابد، مطابق یکی از موارد زیر باید اجرا شود.