

نام و نام خانوادگی : اسما قندهاری

زیر نظر استاد محترم : جناب آقای دکتر قره

شماره دانشجویی: ۴۰۰۹۳۵۷۰۴

موضوع : درس مهندسی پی



عناوین کتاب اصول مهندسی - ژئوتکنیک

فصل اول : مشخصات ژئوتکنیکی خاک

فصل دوم : شناسایی های تحت الارضی

فصل سوم : شالوده های سطحی

فصل چهارم : شالوده های مرکب

فصل پنجم : فشار جانبی خاک و دیوارهای حایل

فصل ششم : سپرها

فصل هفتم : ترانشه های مهار شده

فصل هشتم : شالوده های شمعی

فصل نهم : پایه های عمیق و شالوده های صندوقه ای

فصل دهم : احداث شالوده در روی خاک های مسئله دار

فصل یازدهم : خاک مسلح

فصل دوازدهم : اصلاح خاک

فصل سیزدهم : شالوده ماشین آلات

اصول مهندسی ژئوتکنیک

(جلد دوم)

مهندسی پی



ترجمه و تدوین:

شاپور طاهونی

(عضو هیات علمی دانشکده مهندسی امر کبیر)

GISCOM

GISCOM

(فصل اول تا فصل پنجم)

مجموعه کتاب

ژئوتکنیک

مهندسی پی چیست؟

در مهندسی، پی عنصری از **سازه** است که آن را به زمین متصل می کند و بارها را از سازه به زمین منتقل می کند. فونداسیون ها معمولاً کم عمق یا عمیق در نظر گرفته می شوند.

مهندسی پی کاربرد مکانیک خاک و مکانیک سنگ در طراحی عناصر پی سازه است.

الزامات یک پی خوب

طراحی و ساخت یک فونداسیون با عملکرد خوب باید دارای برخی الزامات اساسی باشد که نباید نادیده گرفته شوند :

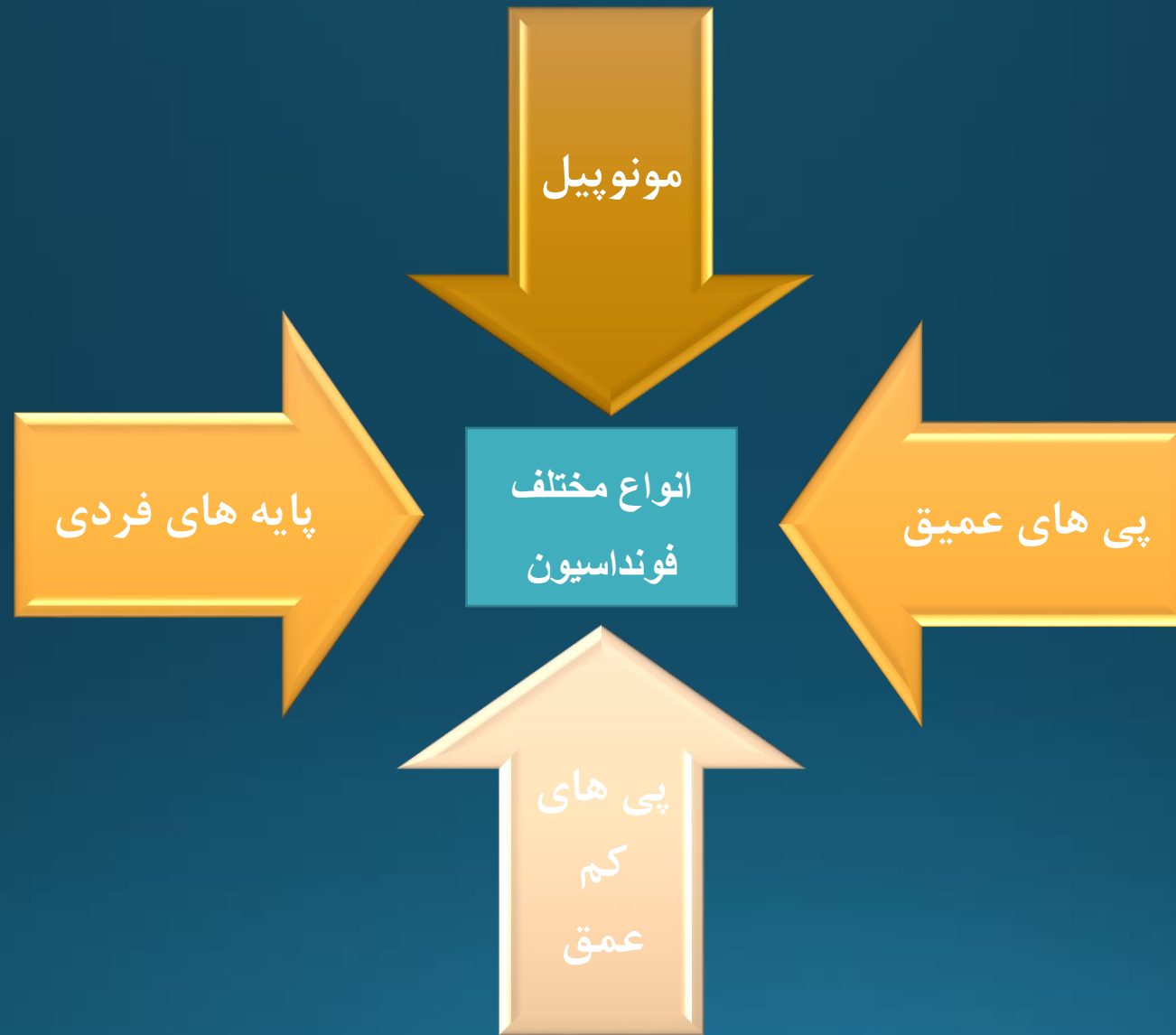
طراحی و ساخت فونداسیون به گونه ای انجام می شود که بتواند مرده ها و بارهای وارده را به خاک تحمل کند. این انتقال باید بدون ایجاد هرگونه نشست می تواند منجر به هر شکلی از مسائل پایداری سازه شود، انجام شود.

با داشتن یک پایه سفت و سخت برای فونداسیون می توان از نشست های دیفرانسیل جلوگیری کرد.

این مسائل در مناطقی که بارهای روی هم از نظر ماهیت یکنواخت نیستند، بارزتر است. بر اساس خاک و منطقه توصیه می شود که فونداسیون عمیق تری داشته باشید تا بتواند از هرگونه آسیب یا ناراحتی محافظت کند. اینها عمدتاً به دلیل مشکل انقباض و تورم ناشی از تغییرات دما ایجاد می شوند.

محل فونداسیون انتخابی باید منطقه ای باشد که تحت تأثیر آثار یا عوامل آتی قرار نگیرد.





پایه های کم عمق

پایه های کم عمق

پی های کم عمق آنهایی هستند که در نزدیکی سطح زمین کامل یافت می شوند. به طور کلی در جایی که عمق پی (Df) کمتر از عرض پایه و کمتر از ۳ متر است. اینها قوانین سختگیرانه ای نیستند، بلکه صرفاً دستورالعمل هایی هستند: اساساً، اگر بارگذاری سطح یا سایر شرایط سطح بر ظرفیت باربری فونداسیون تأثیر بگذارد، «کم عمق» است.

پایه های کم عمق

(که گاهی اوقات به آن "پای های گسترده" گفته می شود)

شامل پدها ("پای های جدا شده")، پایه های نواری و قایق ها است.



پی های کم عمق زمانی استفاده می شود که خاک های سطحی به اندازه کافی قوی و سفت باشند تا بتوانند بارهای
تحمیلی را تحمل کنند. آنها به طور کلی در خاک های ضعیف یا بسیار تراکم پذیر، مانند خاک های فشرده ضعیف،
ذغال سنگ نارس، رسوبات آبرفتی و آبرفتی اخیر و غیره نامناسب هستند.

سه نوع فونداسیون کم عمق وجود دارد:

پی های نواری

پایه های پد

پایه های رافت



پایه های پد

فونداسیون های پد برای تحمل یک بار نقطه ای منفرد مانند آن که ناشی از یک ستون سازه ای است استفاده می شود. آنها ممکن است دایره، مربع یا مستطیل باشند. آنها معمولاً از یک بلوک یا دال با ضخامت یکنواخت تشکیل شده‌اند، اما در صورتی که لازم باشد بار را از یک ستون سنگین پخش کنند، ممکن است پله‌دار یا آویزان شوند. پایه های پد معمولاً کم عمق هستند، اما می توان از پایه های پد عمیق نیز استفاده کرد.

پایه های نواری

شالوده های نواری برای تحمل یک خط بار استفاده می شود، چه به دلیل وجود دیوار باربر یا اگر یک خط ستون نیاز به تکیه گاه دارد، جایی که موقعیت ستون ها آنقدر نزدیک است که پایه های تکی پدها نامناسب هستند. پایه های قایق

پی های رافت

برای پخش بار از یک سازه در یک منطقه بزرگ، به طور معمول در کل منطقه سازه استفاده می شود. آنها زمانی استفاده می شوند که بارهای ستون یا سایر بارهای سازه ای نزدیک به هم باشند و پایه های تکی پد با هم تعامل داشته باشند.

یک پایه قایق معمولاً از یک دال بتنی تشکیل شده است که در کل منطقه بارگذاری شده گسترش می یابد. ممکن است توسط دنده ها یا تیرهای تعبیه شده در فونداسیون سفت شود.

فونداسیون رافت مزیت کاهش نشست های دیفرانسیل را دارد زیرا دال بتنی در برابر حرکات تفاضلی بین موقعیت های بارگذاری مقاومت می کند. آنها اغلب در خاک های نرم یا سست با ظرفیت باربری کم مورد نیاز هستند زیرا می توانند بارها را در یک منطقه بزرگتر پخش کنند.



آرش ۳۴۵ 

پایه های عمیق

پی های عمیق آنهایی هستند که بسیار عمیق در زیر سطح زمین نهایی یافت می شوند تا ظرفیت باربری پایه آنها تحت تأثیر شرایط سطح قرار نگیرد، این معمولاً در اعماق بیش از ۳ متر زیر سطح زمین نهایی است. آنها شامل شمع ها، پایه ها و کیسون ها و پی های جبران شده با استفاده از زیرزمین های عمیق و همچنین پایه های لایه یا نوار عمیق هستند. در صورت وجود خاک های نامناسب در نزدیکی سطح، می توان از پی های عمیق برای انتقال بارگذاری به لایه های عمیق تر و شایسته تر در عمق استفاده کرد.

شمع

آنها اعضای نسبتاً بلند و باریکی هستند که بارهای پی را از طریق لایه های خاک با ظرفیت باربری پایین به خاک عمیق تر یا لایه های سنگی با ظرفیت باربری بالا منتقل می کنند. آنها زمانی استفاده می شوند که برای ملاحظات اقتصادی، ساختمانی یا شرایط خاک، انتقال بارها به لایه هایی خارج از دسترس عملی پی های کم عمق مطلوب باشد. علاوه بر سازه های نگهدارنده، شمع ها همچنین برای مهار سازه ها در برابر نیروهای بالابرنده و کمک به سازه ها در مقاومت در برابر نیروهای جانبی و واژگونی استفاده می شوند.

اسکله

اینها پایه هایی برای حمل بار سنگین سازه ای هستند که در محل در یک گودبرداری عمیق ساخته می شوند.

کیسون ها

آنها شکلی از پی عمیق هستند که در بالای سطح زمین ساخته می شوند، سپس با حفاری یا لایروبی مواد از داخل کیسون به سطح مورد نیاز فرو می روند. کیسون به معنی سازه ای نگهدارنده و ضد آب است. شبیه یک جعبه تو خالی که آب را به بیرون پمپ میکند و محیط کاری را خشک نگه میدارد.

پایه های جبرانی

اینها پی های عمیقی هستند که در آنها تنش ناشی از گودبرداری تقریباً با تنش اعمال شده ناشی از پی متعادل می شود. بنابراین تنش خالص اعمال شده بسیار کم است. فونداسیون جبران شده معمولاً شامل یک زیرزمین عمیق است.

فونداسیون مونوپیل

یک فونداسیون تک‌پایل از یک عنصر سازه‌ای پایه منفرد، عموماً با قطر زیاد، برای تحمل تمام بارها (وزن، باد و غیره) یک سازه بزرگ بالای سطح استفاده می‌کند. تعداد زیادی از فونداسیون‌های تک‌پایل در سال‌های اخیر برای ساخت اقتصادی مزارع بادی دریایی با کف ثابت در کارگاه‌های ساخت زیردریایی در آب‌های کم عمق استفاده شده‌اند.

پایه فردی

هنگامی که پایه از یک ستون جداگانه پشتیبانی می‌کند، به آن پایه تکی گفته می‌شود. گاهی اوقات به عنوان پایه گسترده یا پایه ایزوله نام برده می‌شود. به منظور تجزیه و تحلیل، پایه ممکن است به عنوان یک صفحه یا دال صاف ساده در نظر گرفته شود. این می‌تواند در پلان مربع باشد، با بار متمرکز عمل کرده و بار را روی خاک توزیع کند. معمولاً پایه به شکل مربع، مستطیل و مدور است.





اندازه بزرگ شده پایه در قسمت پایین باعث افزایش سطح تماس بین خاک و پایه می شود. این منطقه به میزان مجاز باعث کاهش تنش خاک می شود. از خرابی یا نشست بیش از حد مفاصل جلوگیری می کند. به طور کلی انواع پایه های انفرادی پی ساده، پایه شیب دار و پایه پلکانی هستند. در مقایسه با سایر انواع پایه مقرون به صرفه است. در مواردی ارائه می شود که ظرفیت باربری خاک در اعماق کمتر خوب باشد. ساخت آن آسان است.

عموماً فونداسیون به گونه ای طراحی می شود که سه معیار اساسی به شرح زیر را برآورده کند،

- ۱) فونداسیون باید در هر دو جهت عمودی و افقی به درستی تراز شود.
- ۲) باید از خرابی ظرفیت باربری در امان باشد.
- ۳) از خطر شدید احتمالی مصون باشد.

- بارهای روی پی عبارتند از بارهای خودوزن، بارهای زنده، بارهای زلزله، فشار زمین و فشار آب.

- عوامل موثر بر عمق فونداسیون

- ضخامت لایه بالایی
- خشکی زمین
- عمق تغییر حجم
- عمق آبشستگی
- سطح آب زیرزمینی
- تاسیسات زیرزمینی
- خط املاک و سازه های مجاور
- زمین شیبدار
- پایه ها در سطوح مختلف



آهوش ۳۴۵

آهوش ۳۴۵

طراحی در مهندسی پی به تحکیم خاک و ظرفیت باربری بستگی دارد.

تحکیم خاک به فرآیند مکانیکی اطلاق می شود که طی آن خاک در پاسخ به تغییر فشار به تدریج حجم خود را تغییر می دهد. این به این دلیل اتفاق می افتد که خاک یک ماده دو فازی است که شامل دانه های خاک و سیال منفذی، معمولاً آب های زیرزمینی است. هنگامی که خاک اشباع شده از آب در معرض افزایش فشار قرار می گیرد، سفتی حجمی بالای آب در مقایسه با ماتریس خاک به این معنی است که آب در ابتدا تمام تغییرات فشار را بدون تغییر حجم جذب می کند و فشار آب منفذی اضافی ایجاد می کند. با انتشار آب از مناطق پرفشار به دلیل نشست، ماتریس خاک به تدریج تغییر فشار را می گیرد و حجم آن کاهش می یابد. بنابراین چارچوب نظری تثبیت ارتباط نزدیکی با معادله انتشار، مفهوم تنش موثر و هدایت هیدرولیکی دارد.



آموزش ۳۴۵

آموزش ۳۴۵

نتیجه گیری از موضوع مهندسی پی و فونداسیون

فونداسیون ساختمان در واقع تعدادی کارکرد را انجام می دهد. سه مورد مهم عبارتند از: تحمل بار ساختمان، لنگر انداختن آن در برابر نیروهای طبیعی مانند زلزله و جداسازی آن از رطوبت زمین. اهمیت نسبی این عملکردها با نوع زمین زیر ساختمان و طراحی ساختمان تغییر می کند. برای ساختمان های جانبی کوچکتر مانند سوله ها، فونداسیون اهمیت کمتری دارد.

فصل ۴ : شالوده های مرکب

عناوین فصل ۴ : شالوده های مرکب



انواع معمول شالوده گسترده

ظرفیت باربری

نشست نسبی شالوده گسترده

شالوده شناور

طراحی شالوده گسترده از نظر سازه ای

طراحی سازه های شالوده ای

مرکب دو ستونی

شالوده مرکب مستطیلی

به پایین‌ترین قسمت سازه که اساس و پایه یک ساختمان است و تمام وزن بنا و سازه به آن منتقل می‌شود، فونداسیون می‌گویند، این قسمت وظیفه محافظت از سازه در برابر تمام بارهای جانبی، عمودی و... دارد. در ساخت Foundation از میلگرد و بتن و یا آجر، به‌عنوان قالب بتن‌ریزی استفاده می‌شود، از این‌رو بودجه ساخت‌وساز به قیمت میلگرد و سیمان بستگی دارد. بد نیست بدانید که آجر پرمصرف‌ترین ماده در قالب‌بندی فونداسیون بوده و برای افزایش استحکام و مقاومت فونداسیون، بعد از بتن‌ریزی در جای خود باقی می‌ماند.

وظایف فونداسیون Foundation چیست؟

این پایه‌ریزی مهم از نشست ساختمان جلوگیری کرده و با توزیع و پخش نیروهای ناشی از نشست در قسمت‌های گوناگون سازه، باعث می‌شود تا نحوه نشست بخش‌های مختلف تفاوتی نداشته باشد. همچنین از واژگون شدن سازه و یا شکستگی، به‌هنگام وارد شدن بارهای جانبی و یا تخریب سازه، جلوگیری می‌کند.

پی چیست؟

به فونداسیون تکی که بار یک ستون را منتقل می‌کند، پی می‌گویند. توجه داشته باشید که شکل آن برابر با شکل ستون بوده و آن را به صورت مستقلی آرماتوربندی می‌کنند. در مرحله بعدی هر پی را به پی‌های دیگر وصل می‌کنند؛ این کار به وسیله شناژ انجام می‌شود، شناژ نیز یک واژه فرانسوی است که معنی زنجیر کردن، می‌دهد و پی‌های تکی را به هم متصل کرده و بار ستون را در کل فونداسیون تقسیم می‌کند؛ بنابراین در جواب سوال تفاوت پی و فونداسیون چیست، می‌توان گفت که Foundation از ترکیب شالوده و پی ساخته می‌شود و در حالتی که فونداسیون پی و شناژ نداشته باشد و کاملاً یکپارچه بتن‌ریزی و آرماتوربندی شود، فونداسیون و پی یکی خواهد بود.

ابعاد پی با توجه به ساختمان و سازه متفاوت بوده و با بزرگ و کوچک شدن این ابعاد، ساختار اصلی سازه تفاوت خواهد کرد. برای تعیین این ابعاد عواملی در نظر گرفته می‌شود که در زیر به برخی از آنها اشاره کرده‌ایم:

مقدار بار وارده

میزان باری که به فونداسیون وارد می‌شود، تأثیر بسیار زیادی در ابعاد پی دارد، این میزان بار با توجه به سازه، نوع مصالح، میزان مقاومت، ظرفیت باربری و نوع خاک تغییر می‌کند، در واقع این عوامل و میزان بار ناشی از نیروی جانبی و وزن، نوع شالوده و پی مناسب، نوع خاصی را برای اجرا مشخص می‌کند.

مقاومت بستر خاک

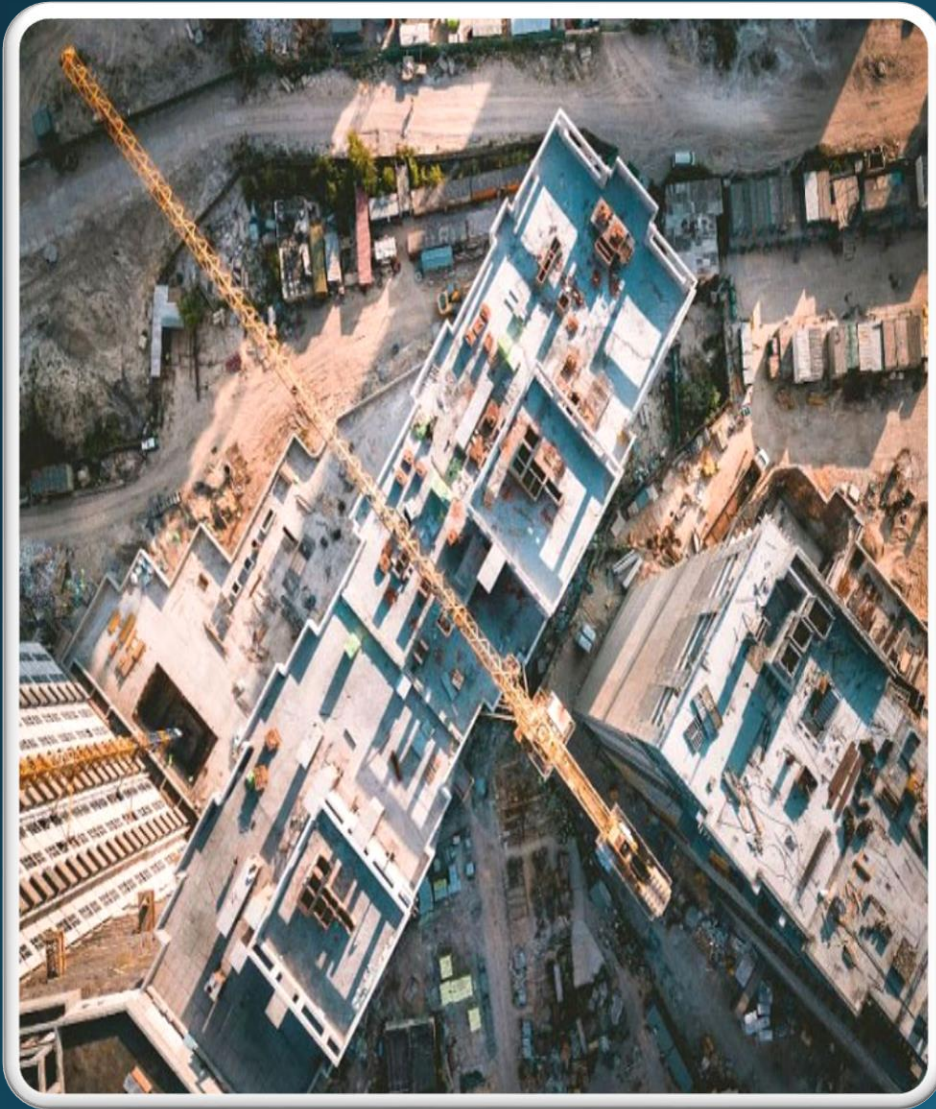
از آنجایی که خاک‌های متفاوتی مانند رس، شن، ماسه و... وجود دارد و هر کدام خواص و میزان ظرفیت متفاوتی دارند، انتخاب نوع فونداسیون و ابعاد پی به ظرفیت باربری و مقاومتی که خاک دارد، بستگی داشته و هرچه مقاومت خاک کمتر، در نتیجه ظرفیت آن برای تحمل سازه نیز کمتر شده و شالوده مستحکم و مقاوم‌تری به کار می‌برند و به این ترتیب با توجه به نوع فونداسیون ابعاد و اندازه پی نیز تعیین می‌شود.

جنس مصالح شالوده

بعد از انتخاب نوع فونداسیون نوع پی را از نظر مصالح بررسی می‌کنند، در واقع تعیین می‌شود که شالوده بایستی آجری، سنگی، فلزی و یا بتنی باشد و همچنین در مرحله بعد ابعاد پی متناسب با نوع مصالح محاسبه شده و میزان استحکام و مقاومت هر کدام مشخص می‌شود. با مشخص کردن موارد گفته شده تفاوت پی و شالوده نیز قابل درک می‌شود.



سازمان آمار و اطلاعات
۱۳۹۵



با توجه به این موضوع که شناژها می‌توانند فشاری که روی فونداسیون‌های افقی و عمودی وارد می‌شود را کم کنند، در انواع مختلفی وجود دارند که در زیر هر کدام را بررسی کرده‌ایم:

شناژ افقی: برای اتصال پی‌های فونداسیون از این شناژ استفاده می‌شود تا نیروی وارد بر سازه را تحمل کرده و بار سازه را به صورت کاملاً یکنواختی به زمین منتقل کند. شناژهای افقی می‌توانند نیروهای جانبی که بر ساختمان وارد می‌شود (مانند زلزله) را خنثی و دفع کنند.

شناژ عمودی: این شناژها به تنهایی کاربرد نداشته و با شناژهای افقی ترکیب می‌شوند. در واقع این شناژ از سمت پایین به فونداسیون و از بالا به شناژ افقی وصل شده و استحکام شالوده و مقاومت در برابر نیروی جانبی مانند زلزله را تضمین می‌کند.

شناژ مورب: در اکثر ساختمان‌ها، برای مقاوم‌سازی آن در برابر زلزله، از این شناژ استفاده می‌کنند، توجه داشته باشید که شناژ مورب را به همراه شناژ افقی به کار می‌برند تا از ساختمان در مقابل زلزله محافظت کنند.

شناژ مخفی (تای بیم): از این شناژ برای سقف تیرچه بلوک جهت افزایش مقاومت سقف در ساختمان استفاده می‌کنند. بد نیست بدانید که بایستی فاصله بین شناژهای عمودی پنج متر و شناژهای افقی با فاصله چهار متر قرار گیرند، همچنین فضای داخلی میلگردها به واسطه بتن پر شود.



شالوده چیست؟

به ترکیب پی و شناژ شالوده گفته می‌شود که دارای انواع گوناگونی است، بهتر است بدانید که در ساخت شالوده نیز همانند فونداسیون از ترکیبات بتن، آجر و میلگرد استفاده می‌شود؛ در واقع شناژها به هم وصل شده و شالوده را ایجاد می‌کنند. با استفاده از این روش، فضای خالی در فونداسیون ایجاد شده و در مصرف بتن و میلگرد صرفه‌جویی می‌شود، زیرا همان‌طور که می‌دانید قیمت آهن بسیار بالا بوده و استفاده از شالوده مقرون‌به‌صرفه‌تر است.

در زیر انواع شالوده‌ها را معرفی کرده‌ایم:

شالوده نواری: به ساده‌ترین نوع شالوده گفته می‌شود که با دو یا چند پی هم‌راستا ترکیب شده و بار ستون‌های هم‌محور را تحمل می‌کند.

شالوده شبکه‌ای: شالوده‌های نواری طولی و عرضی ترکیب شده و به وسیله شناژ به هم وصل می‌شوند. این شالوده بار ستون‌های مختلف را در طول شالوده‌های نواری تقسیم می‌کند.



برحسب نوع سازه و نوع خاک منطقه، انواع مختلف پی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که عمدتاً به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

پی‌های سطحی یا شالوده‌ها

پی‌های عمیق یا شمع‌ها

پی‌های نیمه عمیق مانند پی‌های صندوقه‌ای و پی‌های چاهی

پی‌های ویژه مانند مهارها و ستون‌های شنی

در مواردی که خاک زیر پی در عمق کم دارای مقاومت مطلوب باشد، برای انتقال بارهای سازه، از پی‌های سطحی استفاده می‌شود و این نوع پی‌ها طراحی خواهد شد.

پی‌های سطحی یا شالوده‌ها به پی‌هایی اطلاق می‌شود که در عمق کم و نزدیک سطح زمین ساخته می‌شوند.

این پی‌ها شامل: شالوده‌های منفرد، نواری و گسترده می‌باشند.

شالوده‌ها ممکن است سنگی، بتنی و یا بتن آرمه از نوع دال تنها و یا ترکیبی از تیر و دال باشند.

همچنین عملکرد شالوده‌ها ممکن است به صورت تکی یا مرکب باشد.

شالوده‌های تک یا منفرد تحت بار یک ستون قرار دارند.

از شالوده‌های مرکب وقتی استفاده می‌شود که ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های تک کافی نباشد.

انواع مختلف طراحی پی های سطحی به جهت شناخت هر یک از آنها:

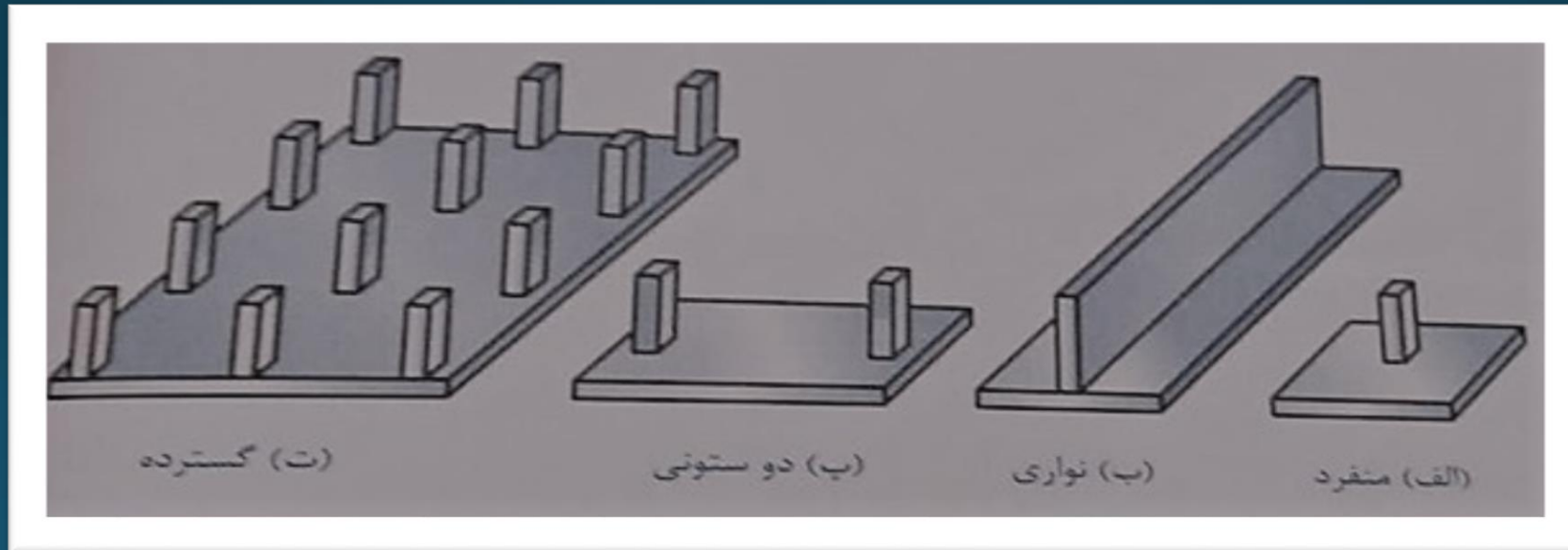
۱- پی منفرد

۲- پی نواری

۳- پی مرکب

۳.۱ دو ستونی: مستطیلی - دوزنقه‌ای - باسکولی

۳.۲ گسترده



تفاوت پی و شالوده

در فعالیتهای ساخت و ساز دانستن آن که فونداسیون، شالوده و پی در سازه چیست جزو ابتدایی ترین و مهم ترین اطلاعات است. فونداسیون یا همان FOUNDATION، به پایین ترین قسمت از یک بنا و ساختمان گفته می شود که نقش مهمی در نگهداری آن دارد. این لغت در زبان فارسی با نام شالوده نیز استفاده می شود. از لحاظ لغوی سه کلمه پی، فونداسیون و شالوده به یک مفهوم هستند اما در بخش عملی و فنی تفاوت هایی با هم دارند.

فونداسیون از ترکیب پی و شالوده ساخته شده و به کل زیربنا یک سازه گفته می شود، اما پی بخشی از فونداسیون بوده که وظیفه انتقال بار هر ستون را بر عهده می گیرد. نکته مهم دیگر در تفاوت بین این دو در آن است که پی به صورت مستقل آرماتور بندی شده و سپس با کمک شناژ به پی های دیگر متصل می شود.

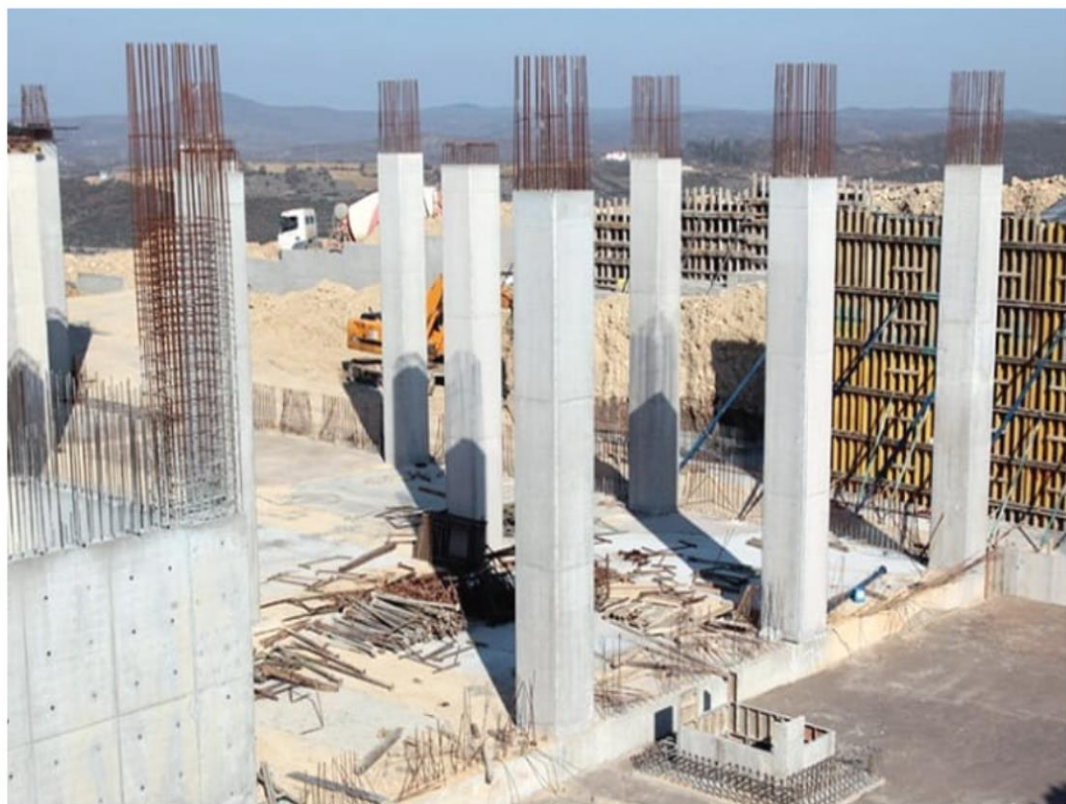


فرق شناژ با فونداسیون

شناژ بخش مقاوم کننده فونداسیون است که اجرای آن هم به صورت افقی و هم به صورت عمودی منجر به افزایش استحکام و تحمل فشار در فونداسیون و پی می شود. از شناژ برای ساخت ساختمان های خاص استفاده می شود و هر سازه ای به آن نیاز ندارد.

شالوده ساختمان چیست؟

به عمقی ترین بخش از یک سازه که وظیفه انتقال بارها چه از نوع مرده و چه از نوع زنده به خاک را دارد تا از خطرات نابودی و آسیب دیدگی به ساختمان جلوگیری کند، شالوده گویند. ابعاد این شالوده باید متناسب با مقاومت خاک و همچنین ارتفاع بنا و ... تعیین شود. هرچه بار وارده بیشتر باشد، قطر و ابعاد شالوده زیر ستون ها نیز باید بیشتر در نظر گرفته شود.



انواع شالوده



در ادامه توضیحات پیرامون آنکه فونداسیون، شالوده و پی در سازه چیست به معرفی انواع شالوده می‌پردازیم. شالوده‌ها را بر اساس جنس و نوع و محل استفاده به دسته‌های مختلفی تقسیم بندی می‌کنند. به طور عمده شالوده به دو دسته بتنی و فولادی تقسیم می‌شود.

شالوده بتنی

همان‌طور که از نام آن مشخص است این شالوده از بتن ساخته می‌شود. جنس شالوده بتنی بسیار مقاوم است و معمولاً از آن برای ساخت ساختمان‌های بلند و چند طبقه که فشار بار بیشتری متحمل‌اند استفاده می‌کنند.

شالوده فولادی

نمونه فولادی از شالوده، از فولاد ساخته می‌شود و به عنوان یک جایگزین مناسب برای شالوده بتنی قابل استفاده است. این نوع از شالوده به دلیل خصوصیات خود مانند قابلیت حمل و نقل آسان، تحمل بار بالا، اجرای سریع و کاربردهای گسترده در ساختمان‌سازی، یک گزینه بسیار مناسب است که در بسیاری از پروژه‌های ساختمانی از آن استفاده می‌شود.

همچنین شالوده را بر اساس نوع کار نیز تقسیم بندی می کنند:

شالوده کم عمق

شالوده کم عمق

این نوع از شالوده خود به سه دسته منفرد، مرکب و گسترده تقسیم بندی می شود.

شالوده دو ستونی

این نوع از شالوده برای ستون های به هم نزدیک به کار می رود و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

شالوده نواری

برای دیوار باربر یا ستون های یک ردیف، از این نوع شالوده استفاده می شود.

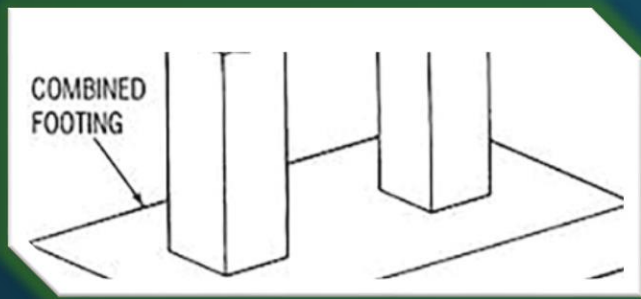
شالوده گسترده

نوع گسترده شالوده برای زمین و خاک های سست انتخاب می شود.

شالوده شبکه ای

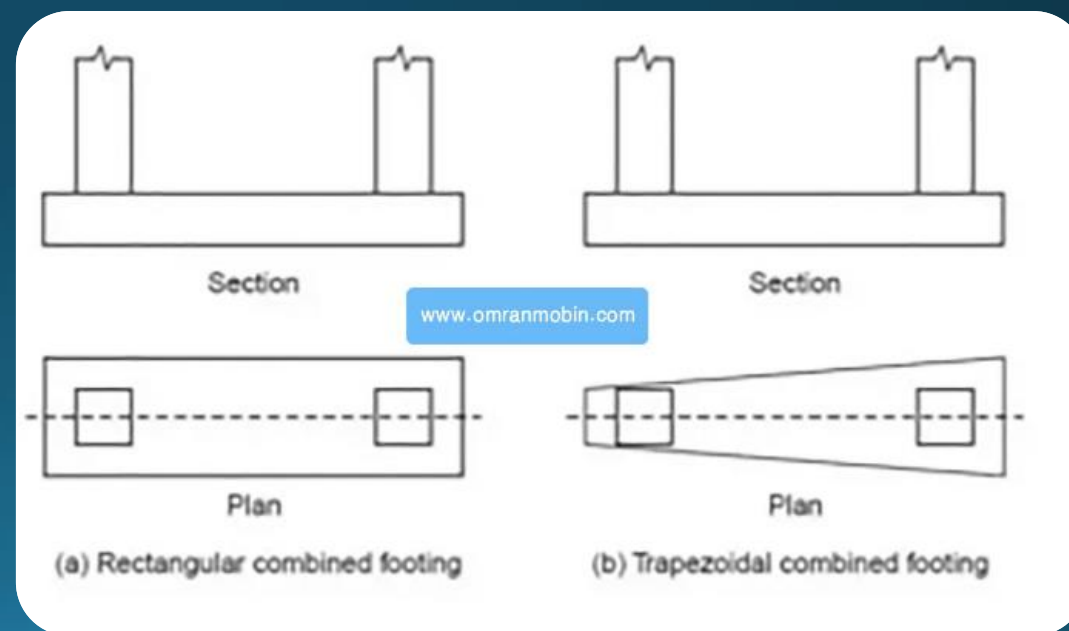
در صورتی که شالوده های نواری در زاویه نود درجه نسبت به هم قرار گیرند، می توان از شالوده شبکه استفاده کرد که یک انتخاب مقرون به صرفه است.

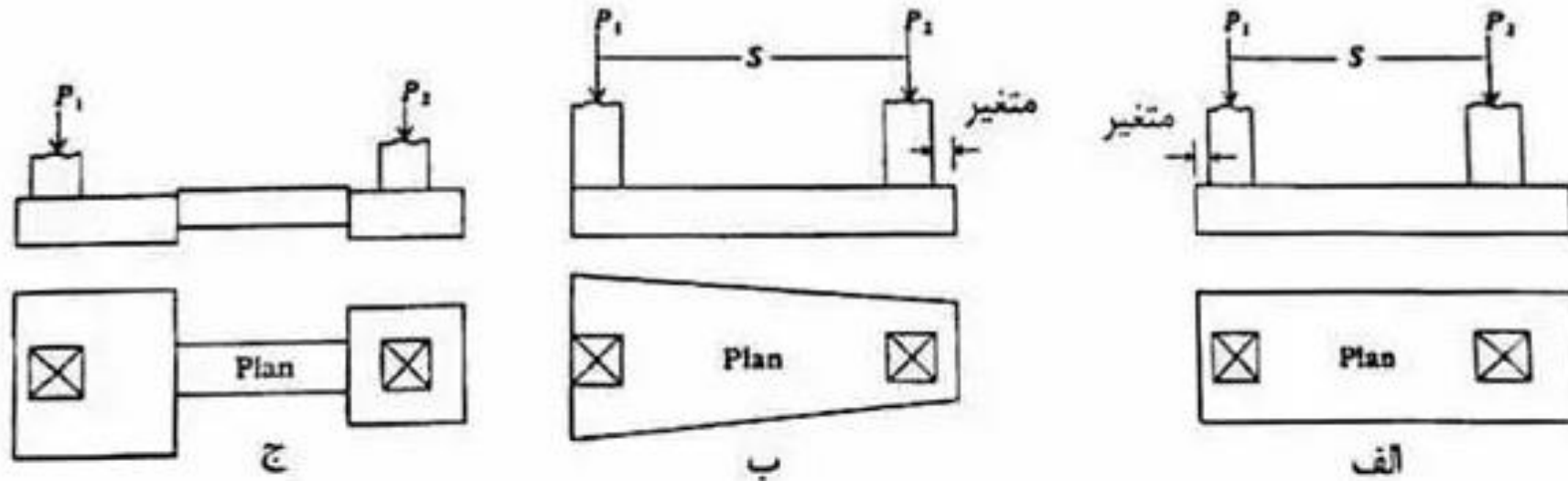




شالوده زمانی که برای دو ستون یا بیشتر از دو ستون استفاده می شود، شالوده مرکب نامیده می شود.

اکثراً شالوده مرکب به دو گروه تقسیم می شود .





انواعی از پی های مرکب، الف) پی مرکب مستطیل شکل، ب) پی مستطیل ذوزنقه ای،

ج) پی شناژدار (پی باسکولی)



این نوع از شالوده در شرایط زیر ارائه می شود:

1. هنگامی که ستون ها بسیار نزدیک به یکدیگر قرار می گیرند و شالوده های منفرد آنها همپوشانی دارند.
2. هنگامی که خاک دارای ظرفیت باربری کم است و یک منطقه بزرگ باید در زیر شالوده منفرد قرار بگیرد.
3. هنگامی که انتهای ستون در نزدیکی خط املاک قرار دارد، و امکان توسعه شالوده در سمت خط املاک وجود ندارد.

هدف اصلی استفاده از شالوده مرکب توزیع فشار یکنواخت در زیر شالوده است.

برای رسیدن به این هدف، مرکز جرم شالوده باید برابر با مرکز جرم دو ستون باشد.

اگر ستون های خارجی نزدیک تر به خط املاک، بار سنگین تری را تحمل کنند، ضروری است که از شالوده ی ذوزنقه ای برای حفظ تعادل مرکز جرم شالوده و مرکز جرم دو ستون استفاده کنیم.

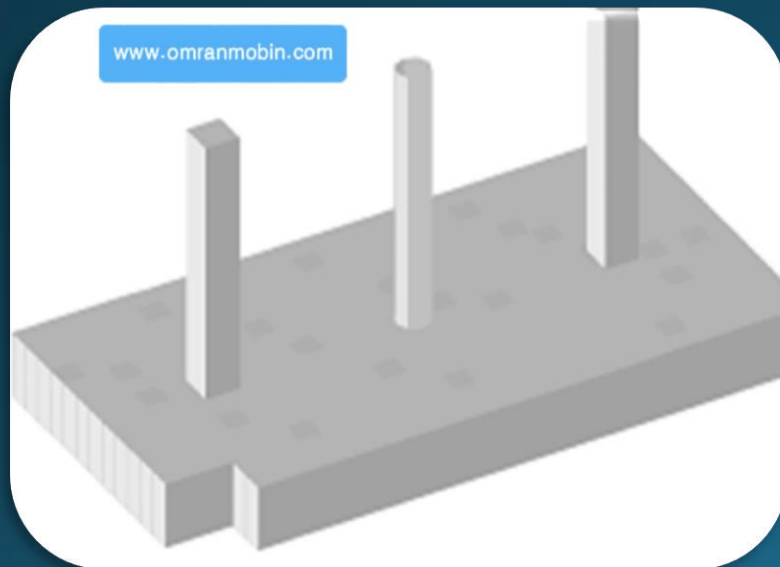
در غیر این صورت فقط شالوده مستطیل شکل ممکن است فراهم شود.

نکات اضافی زیر باید به منظور فراهم آوردن شالوده های مرکب در نظر گرفته شود:

این نوع شالوده به عنوان یک کف معکوس محسوب می شود، در حالیکه بار شالوده توسط ستون ها حمل می شود و با استفاده از واکنش یکنواخت زمین به زیر زمین منتقل میشود.

محدوده محصور شده توسط شالوده مرکب باید معادل یا بیشتر از مقداری که از تقسیم کل بار ترکیب شده به ستون ها با استفاده از ظرفیت باربری مطمئن خاک باشد.

شکل شالوده مرکب باید به گونه ای انتخاب شود که مرکز جرم آن با مرکز جرم واکنش خاک هماهنگ شود.



انواع فونداسیون

فونداسیون‌ها از جهات مختلف مانند مصالح مصرفی و شکل به دسته‌های مختلف تقسیم می‌کنند، به‌عنوان مثال از نظر شکلی به دو دسته سطحی و عمیق دسته‌بندی می‌شوند. پی‌های سطحی در سه بخش فونداسیون منفرد، فونداسیون نواری و فونداسیون گسترده وجود دارند. بهتر است بدانید که پی‌های عمیق با حفر چاه در زیر پی‌های سطحی اجرا می‌شوند. اگر بخواهید فونداسیون را از نظر مصالح مصرفی تقسیم کنیم، فونداسیون‌های سنگی، شفته‌ای، آجری و بتنی، پرکاربردترین فونداسیون در پروژه‌های امروزی به حساب می‌آید.

فونداسیون منفرد

در فونداسیون منفرد، تفاوت پی و شالوده به وضوح مشخص است، در واقع بار یک و یا دو ستون که در نزدیکی هم قرار دارند، به‌واسطه یک مقطع مستطیلی و یا مربعی قابل تحمل می‌شود. در ساختمان‌هایی که طبقات کمتری دارند، باری که از طرف سازه به آن وارد می‌شود کم است، همچنین در سازه‌های صنعتی ستون‌ها با فاصله زیادی از هم قرار دارند، به همین دلیل از پی‌های گسترده و نواری استفاده نمی‌شود و از این جهت فونداسیون منفرد خواهیم داشت که مناسب‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر است.



فونداسیون نواری

زمانی که ظرفیت باربری خاک کم است و بخش زیادی از زمین را برای پی ساختمان لازم دارید، به جای استفاده از پی‌های منفرد، پی‌های نواری را به کار می‌برید. این فونداسیون به صورت شبکه‌ای متقاطع در دو جهت ساختمان اجرا می‌شوند.

نحوه اجرای فونداسیون نواری

این فونداسیون به دو صورت اجرا می‌شود، در روش اول کل زمین را خاک‌برداری می‌کنند و از قالب‌های آجری، چوبی و یا فلزی برای مشخص کردن محل نوار فونداسیون استفاده می‌کنند و به این ترتیب بتن‌ریزی انجام می‌شود. در روش دوم به این صورت عمل می‌کنند که فقط محدوده نوارهای فونداسیون را خاک‌برداری کرده و پس از آن بتن‌ریزی و آرماتوربندی نوارها انجام می‌شود، در واقع در روش دوم خاک را به عنوان قالب در نظر می‌گیرند.



انواع فونداسیون های گسترده

در برخی شرایط، جهت تقسیم بارها و افزایش مقاومت خاک، از شالوده‌های نواری بیشتری استفاده می‌شود. ترکیب چند شالوده شبکه‌ای، باعث ایجاد فونداسیون گسترده می‌شود. بهتر است توجه داشته باشید که از فونداسیون گسترده برای ساختمان‌هایی استفاده می‌شود که متر از بسیار بالایی دارند و یا مقاومت خاک بسیار کم است. فونداسیون‌های گسترده در سه نوع ساده، تیرچه‌دار و سلولی وجود دارند. فونداسیون گسترده که با استفاده از شالوده‌های یکپارچه ساخته می‌شوند، بار دیوار و یا چند ستون را به زمین انتقال می‌دهند. نشست مجاز این فونداسیون ۸ تا ۳۰ سانتی‌متر است. جهت تقویت این فونداسیون‌ها لازم است تیرها را به طرف پایین و بالا محدود کنید. با توجه به موارد گفته شده، درک عمیقی از تفاوت پی و شالوده به دست آوریم و متوجه شدیم که از ترکیب پی و شناژ، شالوده ایجاد می‌شود.

این فونداسیون جهت موارد مختلفی استفاده می‌شود، در زیر مهم‌ترین آن‌ها را آورده‌ایم:



- A. در سازه‌های سبک که خاک‌هایی با ظرفیت باربری ضعیف دارند.
- B. در مکان‌هایی که خاک‌های متنوعی وجود دارد و توزیع بار بایستی به صورت یکنواخت باشد.
- C. در بارهای سنگین از این فونداسیون استفاده می‌شود.
- D. مکان‌هایی که احتمال نشست معدنی داشته و با نشست‌های ناهمسان وجود دارد.
- E. زمین‌هایی که مستعد تورم هستند و این فشار باعث جابه‌جایی فونداسیون منفرد می‌شود.
- F. در مواقعی مانند چاه قنات، ریزش چاه و ایجاد حفره به کار می‌رود تا از عوارض نامطلوب جلوگیری کند.
- G. در بعضی شرایط بارهای جانبی به صورت یکنواختی در روسازه پخش نشده‌اند و جابه‌جایی افقی بیش از حد مجاز را دارد، در این حالت فونداسیون گسترده یکپارچگی عمیقی ایجاد کرده و از این حالت جلوگیری می‌کند.

این فونداسیون به صورت گسترده و یا شبکه‌ای ساخته می‌شود. تفاوت مهمی که در این فونداسیون با انواع دیگر وجود دارد، تفاوت عمق آن است که حتی تا ۹ متر هم می‌رسد. این نوع فونداسیون برای پروژه‌هایی به کار می‌رود که مقاومت خاک آن‌ها پایین است. در صورتی که خاک رس باشد، عمق فونداسیون عمیق ۳ متر پایین‌تر از لایه رس استفاده می‌کنند. در خاک‌های دیگر این عمق بین ۶ تا ۹ متر متغیر است. جهت تشخیص این فونداسیون ارتفاع را بر کوچک‌ترین قسمت افقی آن تقسیم می‌کنند، اگر این مقدار کمتر از ۶ باشد، فونداسیون عمیق است.

بد نیست بدانید که این فونداسیون به واسطه یک سازه رابط (سرشمعی) به سازه اصلی وصل می‌شود و به واسطه سر شمعی، با جذب بار سازه و انتقال به لایه‌های پایین‌تر زمین باعث مقاومت سازه می‌شود، این فونداسیون در دو نوع ته باربری و اصطکاک وجود دارد. تفاوت پی و فونداسیون چیست؟

با توجه به موارد بالا می‌توان تفاوت این دو را به این صورت بیان کرد که پی به مجموعه‌ای گفته می‌شود که قسمت‌هایی از سازه و زمینی که با آن در تماس است را تشکیل می‌دهد، در حالی که فونداسیون پایین‌ترین بخش سازه بوده و در تماس با خاکی است که در زیر سازه قرار دارد.

پی، بار بین سازه و زمین را منتقل کرده و به خاک متکی است، به این صورت نیروهایی که از طرف سازه به آن وارد می‌شود را به خاک منتقل می‌کند. وظیفه فونداسیون انتقال نیروهایی است که از دیوار و ستون به آن وارد شده و به خاک منتقل می‌شود. در واقع به بیانی دیگر می‌توان گفت، پی فونداسیون و خاک زیر آن را شامل می‌شود.

تفاوت پی و فونداسیون چیست؟

با توجه به موارد بالا می‌توان تفاوت این دو را به این صورت بیان کرد که پی به مجموعه‌ای گفته می‌شود که قسمت‌هایی از سازه و زمینی که با آن در تماس است را تشکیل می‌دهد، در حالی که فونداسیون پایین‌ترین بخش سازه بوده و در تماس با خاکی است که در زیر سازه قرار دارد.

پی، بار بین سازه و زمین را منتقل کرده و به خاک متکی است، به این صورت نیروهایی که از طرف سازه به آن وارد می‌شود را به خاک منتقل می‌کند. وظیفه فونداسیون انتقال نیروهایی است که از دیوار و ستون به آن وارد شده و به خاک منتقل می‌شود. در واقع به بیانی دیگر می‌توان گفت، پی فونداسیون و خاک زیر آن را شامل می‌شود.

جمع‌بندی

در پاسخ به سوال تفاوت پی و فونداسیون چیست؟ می‌توانیم بگوییم که فونداسیون از ترکیب پی و شالوده ایجاد شده و در واقع قسمت زیرین ساختمان، محلی که سازه روی آن قرار گرفته است، شامل می‌شود. این قسمت تمام وزن قسمت‌های بالایی و بارهایی که از اطراف وارد می‌شود را تحمل کرده و نیرو را در زمین به صورت یکنواخت توزیع می‌کند. طراحی و انتخاب نوع فونداسیون بر اساس توزیع بار و نحوه انتقال نیرو انجام می‌شود.

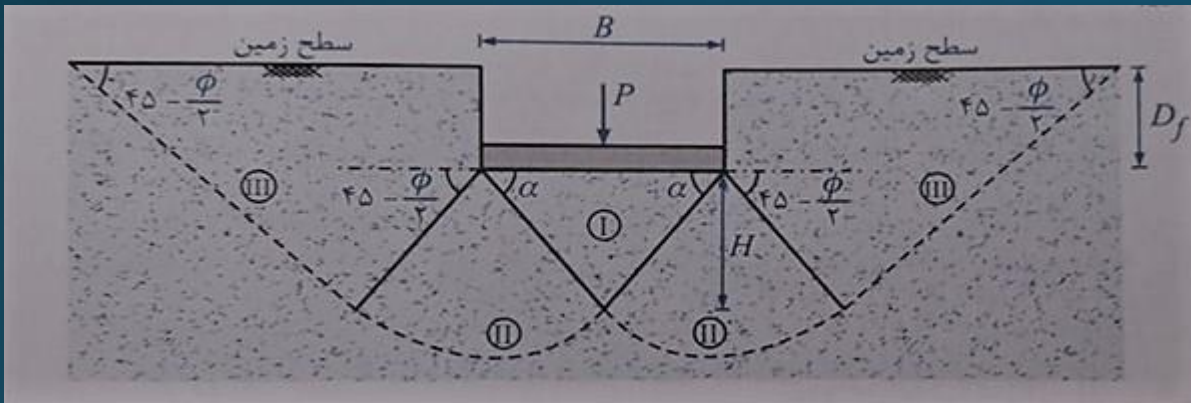
فونداسیون را از نظر شکل ظاهری به دو قسمت سطحی و عمیق تقسیم می‌کنند که هر کدام از این موارد نیز به انواع مختلف دسته‌بندی شده و در مواقع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین با توجه به نیازهای ساختمان و زمین و تمام شرایط، می‌توانید نوع مناسب را در ساخت‌وساز خود به کار ببرید. در صورت تمایل برای مشاوره با کارشناسان مهر استیل در تماس باشید.

محاسبه ظرفیت باربری در طراحی پی های سطحی

هنگامی که بار وارد بر پی افزایش می یابد تنش در برخی از نقاط خاک به حداکثر مقدار ممکن خود می رسد و دایره موهر تنش در آن نقاط بر پوش گسیختگی مماس می گردد.

لذا آن نقاط در معرض گسیختگی قرار می گیرند. با اتصال این نقاط گسیخته شده، در نهایت خاک زیر پی به گسیختگی کامل می رسد. نوع گسیختگی خاک در زیر پی تابع نوع خاک، مقاومت و تراکم خاک و نیز ابعاد پی می باشد. هر چه خاک تغییر شکل پذیری کمتری داشته باشد، گسیختگی خاک زیر پی به حالت برش کلی نزدیک تر می شود، که در بیشتر حالات عملی به آن برخورد می کنیم.

شکل زیر خطوط گسیختگی در داخل خاک را در حالت گسیختگی برشی کلی نمایش می دهد.



انواع گسیختگی‌های خاک زیر پی به سه دسته تقسیم می‌شوند:



ظرفیت باربری در واقع مقاومت برشی خاک در برابر گسیختگی برش کلی، در مجموعه‌ای از نقاط خاک زیر پی است و آن را با *qult* نمایش می‌دهند.

به عبارت دیگر *qult* بیشترین تنش است که پی می‌تواند به خاک زیرین اعمال کند، بدون آنکه خاک گسیخته شود.

در حالت کلی ظرفیت باربری پی‌ها تابع پارامترهای مکانیکی خاک، شکل و نحوه بارگذاری پی است و براساس روابط و تئوری‌های ظرفیت باربری که در ادامه تشریح خواهد شد، تعیین می‌گردد.

محققان متعددی مسأله ظرفیت باربری پی‌ها را مورد مطالعه قرار داده و با توجه به فرضیات مختلف، روابط مختلفی ارائه کرده‌اند.

البته براساس آیین‌نامه **مبحث 7 مقررات ملی ساختمان** (ویرایش ۹۲)، برای محاسبه ظرفیت باربری برای **طراحی پی های سطحی**، خاک لازم است تا از نظریه هانسن استفاده کرده و در قسمت‌هایی از آن، نظریه‌های سایر محققین را نیز به کار ببریم که در ادامه به این موضوع خواهیم پرداخت.

محاسبه ظرفیت باربری طراحی پی های سطحی با استفاده از روابط نظری محققین

اهسازی و هانسن رابطه ظرفیت باربری نهایی را برای یک پی به عرض B که در عمق Df از سطح زمین واقع شده است، به صورت زیر پیشنهاد کرده است:

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_y s_y d_y i_y g_y b_y$$

جمله اول رابطه فوق مربوط به چسبندگی خاک، جمله دوم مربوط به سربار موجود در اطراف پی و جمله سوم مربوط به هندسه پی می باشد که این سه جمله را به ترتیب ترم های چسبندگی، عمق و عرض می نامیم.

در رابطه ظرفیت باربری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- c ضریب چسبندگی خاک است که در خاک های دانه ای و نیز رس عادی تحکیم یافته (NC) برابر صفر است.

۲- q سربار مؤثر موجود در تراز کف پی در ناحیه اطراف آن می باشد که برای پی با عمق مدفون Df برابر

در رابطه ظرفیت باربری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- c ضریب چسبندگی خاک است که در خاک‌های دانه‌ای و نیز رس عادی تحکیم یافته (NC) برابر صفر است.

۲- q سربار مؤثر موجود در تراز کف پی در ناحیه اطراف آن می‌باشد که برای پی با عمق مدفون Df برابر $q = \gamma' Df$ می‌باشد.

۳- B کوچکترین بعد پی است. (در پی‌های دایره‌ای B همان قطر پی است.)

۴- ضرائب اصلی رابطه (یعنی N_c ، N_q و N_y) براساس نظریه هانسن و از روابط زیر به دست می‌آیند.

$$\phi \neq 0 \Rightarrow \begin{cases} N_q = e^{\pi \tan \phi} \times \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ N_c = (N_q - 1) \cot \phi \\ N_y = 1/5 (N_q - 1) \tan \phi \end{cases} \quad \phi = 0 \Rightarrow \begin{cases} N_c = \pi + 2 \\ N_q = 1 \\ N_y = 0 \end{cases}$$

ملاحظه می‌کنید که N_c ، N_q و N_y فقط تابعی از Φ (زاویه اصطکاک داخلی خاک) می‌باشند.

۵- ضرایب شکل (یعنی، s_q ، s_c و s_y) طبق پیشنهادات «دبیر» و به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$s_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c} \quad , \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi \quad , \quad s_y = 1 - 0/4 \frac{B}{L}$$

در این سه فرمول B و L به ترتیب ضلع‌های کوچکتر و بزرگتر پی بوده و Φ زاویه اصطکاکی داخلی خاک می‌باشد.

۶- ضرائب عمق (یعنی d_q ، d_c و d_y) طبق پیشنهادهای «هانسن» یا «ویسک» در نظر گرفته شده به زیر به دست می‌آیند:

$$d_c = \begin{cases} 0/4 & \phi = 0 \\ 1 + 0/4k & \phi \neq 0 \end{cases} \quad , \quad d_q = 1 + 2 \tan \phi \times (1 - \sin \phi)^2 k \quad , \quad d_y = 1$$

در روابط فوق k یک ضریب ثابت است که مقدار آن برابر می‌شود با:

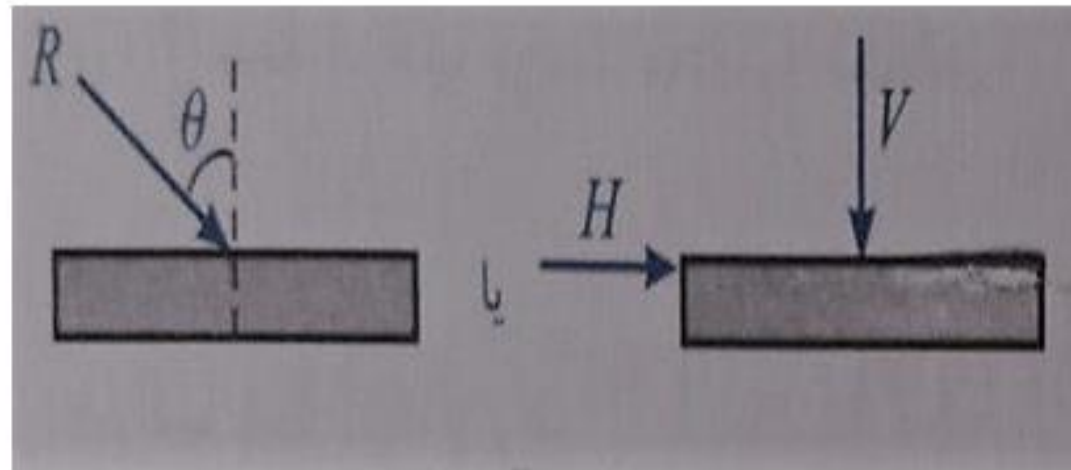
$$k = \begin{cases} \frac{D_f}{B} & \frac{D_f}{B} \leq 1 \\ \frac{\pi}{180} \tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right) & \frac{D_f}{B} > 1 \end{cases}$$

در فرمول‌های بالا، Df عمق قرارگیری پی نسبت به سطح زمین بوده که در شکل نیز نشان داده شده است.

- γ ضرائب شیب بار (یعنی i_q و i_c و i_y) طبق پیشنهادات «مایرهوف» و «وسیک» در نظر گرفته شده و به صورت زیر به دست می‌آیند.

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2, \quad i_y = \begin{cases} \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 & \phi \neq 0 \\ 0 & \phi = 0 \end{cases}$$

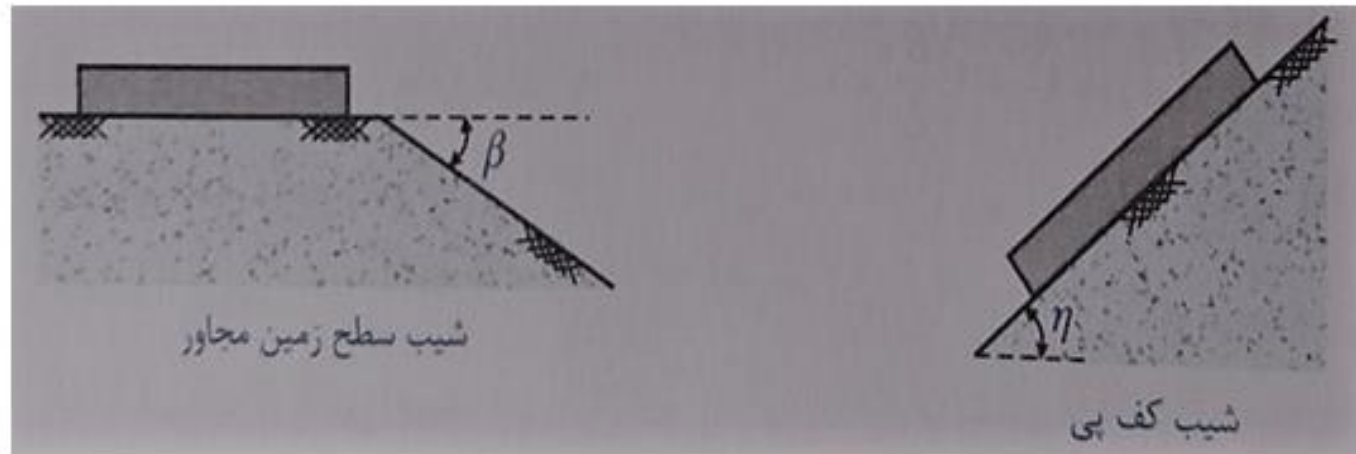
در روابط فوق θ و Φ برحسب درجه لحاظ می‌شوند که θ ، زاویه بار مایل (یا برآیند نیروهای وارد بر پی) نسبت به امتداد قائم است. (مطابق شکل زیر)



$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{H}{V}\right)$$

۸- ضرائب شیب کف پی و شیب سطح زمین مجاور از پیشنهادات «هانسن» به دست می‌آیند. ضرائب مذکور (که شامل ضرائب g و b در رابطه رو *qiltm* می‌شوند)، به صورت زیر محاسبه می‌گردند:

۸- ضرائب شیب کف پی و شیب سطح زمین مجاور از پیشنهادات «هانسن» به دست می‌آیند. ضرائب مذکور (که شامل ضرائب g و b در رابطه رو q_{ult} می‌شوند)، به صورت زیر محاسبه می‌گردند:



$$g_c = \begin{cases} \frac{\beta^\circ}{147^\circ} & \phi = 0 \\ 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ} & \phi \neq 0 \end{cases}$$

$$g_q = g_y = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

$$b_c = \begin{cases} \frac{\eta^\circ}{147^\circ} & \phi = 0 \\ 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} & \phi \neq 0 \end{cases}$$

$$b_q = e^{-2\eta \tan \phi}$$

$$b_y = e^{-2/7 \eta \tan \phi}$$

در روابط فوق g ناشی از شیب زمین مجاور پی نسبت به افق (β) و b ناشی از شیب دار بودن کف پی نسبت به افق (η) است.

همچنین زاویه‌های β و η تمامی فرمول‌ها برحسب درجه جای‌گذاری شده و تنها در روابط bq و by ، زاویه η برحسب رادیان قرار می‌گیرد.

۹- طبق بندهای ۳-۱-۳-۴-۷ و ۷-۱-۳-۴-۷ مبحث هفتم لازم است تا اثر خروج از مرکزیت بارگذاری و نیز حضور لایه آب زیرزمینی را نیز در محاسبات ظرفیت باربری پی سطحی لحاظ کنیم.

تذکر: ضرایب شکل بسته به شکل هندسی پی سطحی همواره در فرمول $qult$ حضور خواهند داشت.

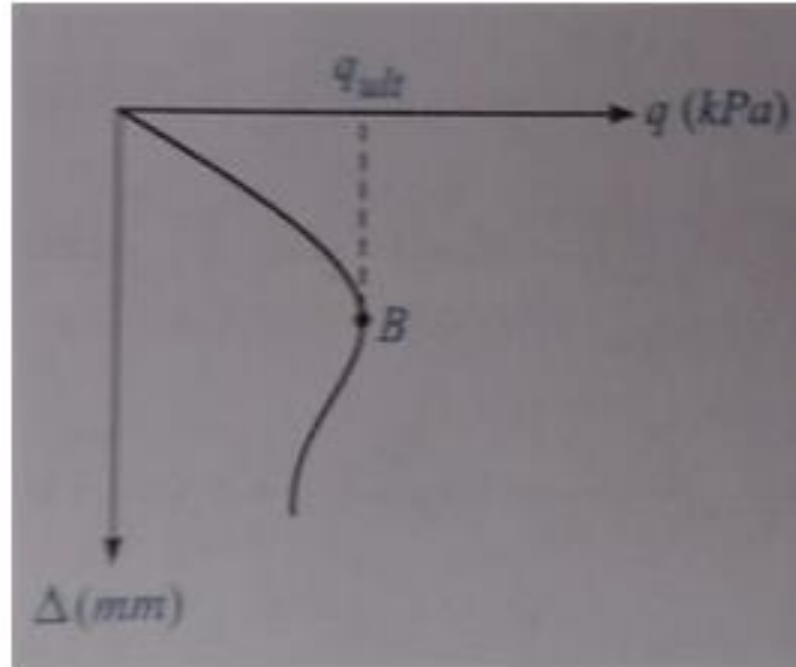
ولی در صورتی که هر یک از پدیده‌های ذکر شده در موارد ۶، ۷، ۸ و ۹ را نداشته باشیم، کفایت ضرائب مربوط به آن موضوع را در رابطه ظرفیت باربری ($qult$) برابر یک قرار دهیم.

- اگر عمق مدفون پی صفر باشد ($Df = 0$)، $dc = dq = dy = 1$ ، خواهند بود.
- اگر برآیند بارهای وارد بر پی مایل نباشد ($\theta = 0$)، $ic = iq = iy = 1$ ، خواهند بود.
- اگر زمین مجاور پی شیب دار نباشد ($\beta = 0$)، $gc = gq = gy = 1$ ، خواهند بود.
- اگر کف پی نسبت به افق شیب دار نباشد ($\eta = 0$)، $bc = bq = by = 1$ ، خواهند بود.

♦ بررسی منحنی تنش - نشست

علاوه بر رولبط نظری و تجربی ارائه شده در قسمت‌های قبلی، به منظور تعیین ظرفیت باربری یک شالوده می‌توان از نتایج آزمایش‌های میدانی نیز استفاده کرد که یکی از مهم‌ترین آنها، آزمایش بارگذاری صفحه یا *PLT* می‌باشد.

در این آزمایش با وارد کردن بار بر روی یک پی مدل شده، آن را دچار نشست می‌کنند و سپس با ثبت مقادیر تنش‌ها و نشست‌های نظیر هم، منحنی تنش - نشست را مطابق شکل مقابل ترسیم می‌کنند.



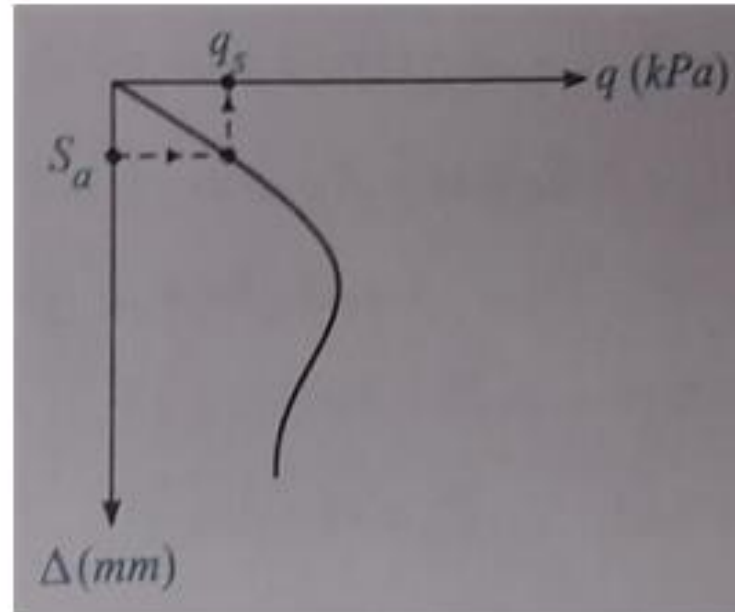
با استفاده از منحنی تنش - نشست به دست آمده از آزمایش مذکور، می‌توان دو مقدار زیر را استخراج نمود:

با استفاده از منحنی تنش - نشست به دست آمده از آزمایش مذکور، می‌توان دو مقدار زیر را استخراج نمود:

- حداکثر ظرفیت باربری خاک زیر پی بر مبنای گسیختگی برشی آن، متناظر با نقطه قرار گرفته بر روی قله نمودار (یعنی نقطه B) می‌باشد. یعنی می‌توان نوشت:

$$Q_{ult} = q_B$$

- اگر بخواهیم ملاحظات نشست پی را نیز لحاظ کنیم، کفایت تنش متناظر با نشست مجاز پی مورد نظر را به دست آوریم. بدین منظور اگر نشست مجاز پی برابر S_a باشد، با مشخص کردن این مقدار روی محور قائم منحنی، می‌توان تنش نظیر آن را که q_s نامیده می‌شود، به دست آورد.



تذکر: مقدار نشست مجاز S_a ، توسط آیین‌نامه مشخص شده است.

پی های سطحی مرکب

از شالوده‌های مرکب وقتی استفاده می‌شود که ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های تکی کافی نباشد.

انواع اصلی پی‌های مرکب عبارتند از:

• شالوده مرکب مستطیلی

• شالوده با تیر رابط باسکولی

◊ شالوده مرکب مستطیلی

شالوده مرکب دو ستونی مستطیلی در حالت کلی مطابق شکل مقابل در نظر گرفته می‌شود.

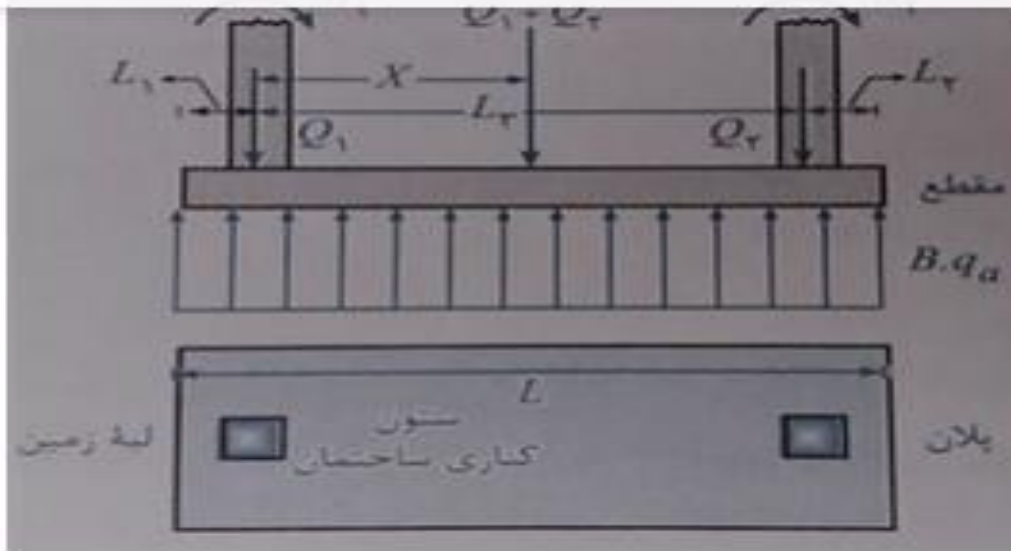
ستون‌ها تحت بارهای قائم $Q1$ و $Q2$ و لنگرهای خمشی $M1$ و $M2$ قرار دارند.

فاصله مرکز تا مرکز دو ستون نیز برابر مقدار L باشد.

به منظور حصول توزیع تنش یکنواخت در زیر شالوده، برآیند بار ستون‌ها باید از مرکز هندسی شالوده عبور کند.

بنابراین طول شالوده (L) باید طوری تعیین شود که مرکز سطح شالوده بر نقطه اثر برآیند نیروها منطبق شود.

یعنی مطابق شکل زیر، $X_c = X + L/2$ گردد.



$$\begin{cases} X = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} = \frac{Q_2 L_2 + M_1 + M_2}{Q_1 + Q_2} & \text{فاصله نقطه اثر برآیند نیروها تا مرکز ستون 1} \\ X_c = \frac{L}{2} = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{2} & \text{مرکز سطح شالوده مستطیلی} \end{cases}$$

برای آنکه نقطه اثر برآیند نیروها بر مرکز سطح شالوده‌ها منطبق گردد:

$$X_c = X + L_1$$

مقدار L_1 یعنی فاصله ستون کناری تا لبه زمین معلوم است، لذا طول L_2 را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$L_2 = L - L_1 - L_3$$

تا اینجا طول شالوده مستطیلی تعیین گردید.

اگر تنش مجاز خاک معلوم باشد، می‌توان عرض شالوده B را از رابطه زیر بدست آورد.

$$A = \frac{Q_1 + Q_2}{q_a} \Rightarrow B = \frac{A}{L}$$

♦ شالوده باسکولی

در شرایطی که یکی از ستون‌های کناری ساختمان تحت لنگرهای متمرکز سنگینی واقع شود، به جای افزایش بی‌رویه ابعاد پی، می‌توان آن را با تیر رابط به پی‌های مجاور متصل کرد.

طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، پی باسکولی به مجموعه‌ای از دو پی منفرد اطلاق می‌شود که نتیجه بارهای وارد بر یکی دارای برون محوری زیاد نسبت به مرکز پی بوده و پی‌ها با تیری صلب به یکدیگر مرتبط شده‌اند.

این تیر صلب، که بخشی از یار یکی از پی‌ها را به دیگری منتقل می‌نماید، نباید متکی بر خاک باشد.

لذا باید خاک زیر کلاف را اندکی برداشت یا آن را سست کرد تا در اثر جابجایی قائم تیر رابط، فشار خاک بر آن اثر نکند.

چنانچه این تیر رابط تحت اثر فشار خاک زیرین قرار گیرد باید طبق ضوابط مربوط به پی نواری طراحی گردد.

همچنین تیر رابط بین پی‌های باسکولی باید به اندازه کافی صلب باشد تا بتواند مانع چرخش شالوده‌های که زیر اثر بار برون محوری قرار دارد، بشود.

در صورت عدم انجام تحلیل دقیق‌تر ممان اینرسی مقطع این تیر باید حداقل برابر ممان اینرسی مقطع پی زیر اثر بار برون محور در نظر گرفته شود.

چنانچه این تیر رابط تحت اثر فشار خاک زیرین قرار گیرد باید طبق ضوابط مربوط به پی نواری طراحی گردد.

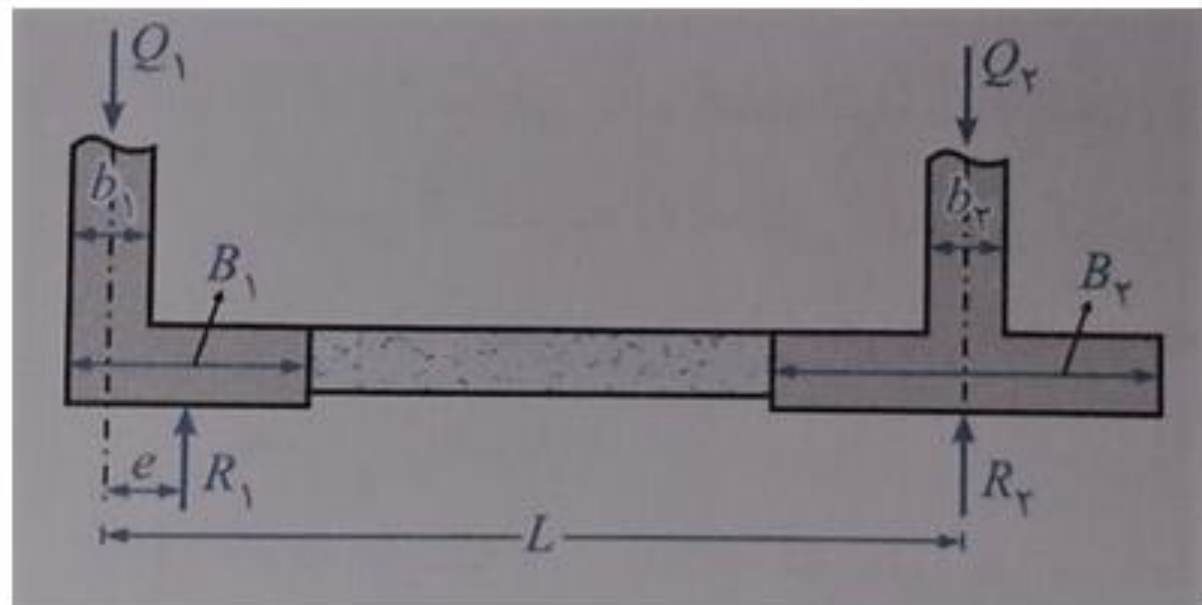
همچنین تیر رابط بین پی‌های باسکولی باید به اندازه کافی صلب باشد تا بتواند مانع چرخش شالوده‌های که زیر اثر بار برون محوری قرار دارد، بشود.

در صورت عدم انجام تحلیل دقیق‌تر ممان اینرسی مقطع این تیر باید حداقل برابر ممان اینرسی مقطع پی زیر اثر بار برون محور در نظر گرفته شود.

نکته: نقش تیر رابط به عنوان یک قطعه صلب، جلوگیری از چرخش پوها و متعادل کردن بار آنها می باشد.

این تیر باید برای خمش و برش طراحی شود.

در این حالت توزیع فشار خاک زیر پی‌ها را می‌توان یکنواخت در نظر گرفت.



ملاحظت طرفیت باربری خاک و نشست مجاز پی

الف) طرفیت باربری خاک: جهت محاسبه طرفیت باربری یک خاک می‌توان از روابط نظری محققین مختلف استفاده نمود که طبق بند ۲-۴-۷ آیین‌نامه مبحث هفتم باید از نظریه هانسن استفاده کرد.

این رابطه در بخش اول این فصل به تفصیل معرفی گردید.

لازم به ذکر است که علاوه بر روابط نظری می‌توان از آزمون‌های درجا نظیر *SPT*، *CPT*، *PMT* و ... نیز استفاده نمود.

ب) نشست مجاز پی: در بند *FFV* از مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان می‌خوانیم مقادیر نشست‌های قابل قبول در زیر انواع پی‌های قرار گرفته بر روی خاک‌های مختلف، به شرح جداول زیر می‌باشند.

جدول ۲-۴-۷ مبحث هفتم: مقادیر اولیه نشست مجاز تحت بارگذاری استاتیکی

نشست مجاز (میلیمتر)		نوع پی	خاک
یکنواخت	غیر یکنواخت		
۲۵	۲۰	منفرد و نواری	ماسه
۵۰	۲۰	شبکه‌ای و گسترده	
۶۵	۲۵	منفرد و نواری	رس
۶۵-۱۰۰	۲۵	شبکه‌ای و گسترده	

همچنین لازم است تا حداکثر مقدار دوران (چرخش) مجاز در پی طبق جدول زیر منظور گردد.

جدول ۲-۴-۷ مبحث هفتم: مقادیر مجاز چرخش

نوع ساختمان	مقادیر ماکزیمم چرخش β (رادیان)
حد خرابی سازه‌های ساختمان‌های دارای اسکلت	۰٫۰۰۰۶۷ تا ۰٫۰۰۰۴
حد ایجاد ترک در ساختمان	۰٫۰۰۰۳۳ تا ۰٫۰۰۰۲

اصول کنترل و طراحی پی‌های سطحی با روش‌های تنش مجاز و حد نهایی (حالت حدی)

برای طراحی، محاسبات و یا کنترل یک پی سطحی طبق مطالب مندرج در مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان، لازم است تا پایداری پی و خاک زیر آن را در مقابل یک سری پدیده‌ها کنترل کنیم.

مهم‌ترین این پدیده‌ها به شرح سه مورد زیر می‌باشند:

- الف) کنترل ظرفیت باربری خاک و عدم گسیختگی آن
- ب) کنترل لغزش افقی پی بر روی خاک زیرین
- ج) کنترل نشست یکنواخت و غیر یکنواخت در پی‌ها

تذکره: البته لازم است تا پی سطحی در مقابل پدیده‌های دیگری همچون از دست رفتن پایداری کلی پی، گسیختگی توأم زمین و سازه پی و گسیختگی سازه‌های ناشی از تغییر مکان پی نیز کنترل گردد.

ازتوجه شما سپاسگزاریم