گودبرداری و سازه نگهبان

گردآورنده :

مرتضی قندی

کارشناسی مهندسی عمران

مرتضی قندی

رضی قندی

فهرست مطالب :

چکیده ....

فصل اول : گودبرداری و سازه نگهبان

۱-۱ گودبرداری

۱-۲ مراحل اداری اجرای گودبرداری

۱-۳ نکات ایمنی در گودبرداری

۱-٤ خطرات خاکبرداری ساختمان چیست؟

۱-٥ مراحل اجرایی گود برداری :

۱-٦ وظیفه ی مهندس ناظر در اجرای گود برداری و سازه نگهبان

۱-۷ سازه نگهبان

۱-۸ انواع سازه نگهبان

۱-۹ سازه نگهبان خرپایی

۱-۱۰ مراحل اجرای سازه نگهبان خرپایی

۱-۱۱ دلایل انتخاب سازه نگهبان خرپایی

۱-۱۲ تجهیزات مورد نیاز سازه نگهبان خرپایی

۱-۱۳ مراحل اجرای سازه نگهبان خرپایی

۱-۱٤ نکات مهم سازه نگهبان خرپایی

مرتضی قندی

چکیده :

با توجه به توسعه شهرها و افزایش تراکم جمعیت، ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه در شهرها بسیار افزایش یافته است. در اکثر موارد، این ساخت و سازها نیاز به گودبرداری و ایجاد ترانشه های قائم دارد که در مناطق پرتراکم شهری با مشکلات مختلفی همراه خواهد بود. بنابراین، گودبرداری، طراحی و اجرای سازه‌های نگهبان نیازمند مطالعات و بررسی‌های دقیق بر پایه شرایط محیطی، روش اجرا، شرایط همجواری‌ها و هندسه گودبرداری است.

گودبرداری به عنوان یک کار پیچیده و خطرناک در مهندسی، به ویژه در گودهای با عمق زیاد، نیازمند بررسی‌های همه جانبه، دقت و نظارت و در نهایت صرف وقت و هزینه قابل ملاحظه‌ای است تا جان و مال مردم از خطرات احتمالی حفظ شود. به همین دلیل، باید با اهمیت بسیاری به مرحله گودبرداری در ساخت ساختمان‌ها توجه کرد تا مشکلات احتمالی در آینده به حداقل رسیده و ساختمان‌ها با ایمنی کامل و بدون نقص ساخته شوند.

همچنین با توجه به ضرورت اجرای سازه نگهبان در گودبرداری ها ؛ مراحل طراحی، اجرا و نظارت بر آن بایستی با دقت بالا انجام شود. در بین سازه های نگهبان در مناطق شهری سازه نگهبان خرپایی در گودهای کم عمق طرفدار بیشتری دارد. لذا در این دوره کارآموزی به بررسی این سازه نگهبان پرداخته ام.

فصل اول :

۱-۱ گود برداری :

گودبرداری به هرگونه حفاری و خاکبرداری در تراز پایین‌تر از ســـطح طبیعی زمین یا در تراز پایین تر از زیر پی ساختمان های مجاور اطلاق می‌شود. گودبرداری در واقع همان عملیات خاکبرداری با عمق بیشتر است. عموما گودبرداری عمیق در مناطق شـهری و جهت تأمین امکانات رفاهی سـاختمان مانند پارکینگ، اسـتخر، سالن اجتماعات و ... انجام می گردد .گودبرداری یکی از حساس ترین مراحل ساخت و ساز یک بنا محسوب شده و لازم است که با دقت و مهارت و دانش کافی انجام پذیرد .

۱-۱-۱ مراحل گودبرداری :

- **نمونه برداری از خاک**

نخستین مرحله گودبرداری نمونه برداری از خاک و تست کیفیت و میزان تراکم آن است.

- **آزمایش خاک و اهمیت آن**

آزمایش خاک به گام هایی گفته می شود که برای بررسی مقاومت و رفتار آن انجام می‌شود. از نظر مهندسی بررسی می‌شود تا مطمئن شوند که مقاومت لازم برای نگه داری سازه را دارد یا خیر. در نهایت هر ساختمانی وزنش را به خاک منتقل می‌کند از این رو این آزمایش برای مهندسین و کارفرمایان اهمیت زیادی دارد. زلزله های اخیر و نیز افزایش جمعیت باعث شده است که مهندسین بیش از گذشته به **آزمایش خاک** توجه کنند. به کمک **آزمایش خاک** اطلاعاتی از جمله توان و سختی خاک زیر ساختمان، اندرکش خاک، پروفیل زمین، شناخت نا پایداری ها و عواقب ناشی از حوادث طبیعی مانند زلزله به دست می‌آید.

تیپ خاک

به کمک **آزمایش خاک** تیپ مشخص می‌شود، مبحث تیپ در مقررات ملی ساختمان شامل طبقه بندی زیر است:

- **تیپ ۱ :**تیپ ۱ کیفیت بسیار خوبی دارد. تیپ یک حاوی دانه های درشت متراکم بسیار سخت و سنگ است به همین جهت این نوع کیفیت بسیار خوبی دارد.
- **تیپ ۲ :**تیپ ۲ نسبت به تیپ ۱ کیفیت کمتری دارد و تقریبا می‌توان گفت که از نظر کیفیت خوب است. تیپ ۲ در رده خاک درشت دانه به همراه ریزدانه رسی قرار می‌گیرد. می‌توان گفت اکثر مناطق تهران خاک تیپ ۲ دارند.
- **تیپ ۳ :**تیپ ۳ جزو خاک های ریزدانه رسی به همراه درشت دانه است. این تیپ کیفیت متوسطی دارد.
- **تیپ ۴ :**این تیپ در رده خاک های ریزدانه رسی خالص قرار دارد و جزو کیفیت های ضعیف است.

- **طراحی چهارچوب ساختمان**

در گام بعدی خطوط مرزی و طراحی کلی چهارچوب ساختمان بر زمین مورد نظر صورت خواهد گرفت. این مرز گودبرداری را مشخص می کند.

- **تعیین طول، عرض و عمق گودبرداری**

در مرحله سوم باید طول، عرض و عمق گودبرداری به درستی تعیین شود و دیگر مراحل عملیاتی دقیق مطابق با این طول، عرض و عمق صورت خواهد گرفت.

- **خط کشی با پودر گچ**

با پودر گچ، روی زمین خطوط لازم کشیده شده و دو تا چهار نقطه از خاک برای بررسی های لازم، گزینش می شوند.

- **ایجاد سازه نگهبان**

در گودبرداری محدود که ساختمان هایی در مجاورت محل گودبرداری داریم، در اکثر مواقع لازم است که حتما سازه نگهبان (بسته به شرایط و ابعاد گود و میزان عمق آن، نوع سازه نگهبان و روش پیاده سازی آن، تعیین خواهد شد.) تعبیه شود.

- **شروع گودبرداری**

اکنون نوبت به شروع گودبرداری می رسد و بسته به تشخیص مهندسان، گودبرداری به وسیله تجهیزات لازم آغاز خواهد شد. با برداشتن هر مرحله از خاک، لازم است که تخلیه آن در فاصله منطقی از گود صورت بگیرد، زیرا در غیر این صورت بیم آن وجود دارد که با وزش باد شدید یا بارش باران، خاک شسته شده و دوباره به سمت گود روان شود. از این جهت ایده آل ترین حالت تخلیه خاک به طور کامل از محل است، اما از آن جایی که در فاز عملیاتی چنین چیزی ممکن نیست و هزینه بیشتری ایجاد می کند؛ غالبا خاک را در فاصله قلبل قبول از محل گود قرار داده و به یک باره یا در صورت وسعت زیاد در چند نوبت، از محل گودبرداری خارج می کنند.

۲-۱ مراحل اداری اجرای گودبرداری

- پس از دریافت پروانه ساختمان می‌بایست ابتدا با مراجعه به شهرداری نسبت به دریافت فرم مجوز گودبرداری اقدام نمود
- مراجعه به اداره گاز منطقه جهت قطع انشعاب گاز ساختمان -
- تکمیل فرم و به تأیید رساندن مهندس ناظر و مهندس مجری ساختمان -
- دریافت معرفی به سازمان نظام‌مهندسی جهت تأیید
- دریافت تأیید سازمان نظام‌مهندسی نسبت به نقشه‌های ساختمان و سازه نگهبان گود
- دریافت مجوز نهایی گودبرداری

توجه نمایید که حداقل باید ۷۲ ساعت قبل از خاکبرداری، انجام عملیات خاکبرداری به مراجع مربوطه گزارش داده‌شده و پیمانکار نیز باید صلاحیت اجرای کار را از مراجع مربوطه داشته باشد. در ضمن مالک باید مجوز شروع به کار را نیز داشته باشد.

۳-۱ نکات ایمنی در گودبرداری

- بازرسی محل گودبرداری
- بررسی شرایط آب و هوایی
- دور نگه داشتن لودرها، بیل مکانیکی و سایر تجهیزات سنگین را از لبه‌های محل گودبرداری
- توجه به تاسیسات زیرزمینی
- از وسایل محافظ مناسب مثل سازه‌های نگهبان استفاده کنید.
- داشتن فاصله ایمن از لبه های گود توسط کارگران

- انجام بازرسی‌های منظم توسط چک لیست

۱-۴ خطرات خاکبرداری ساختمان چیست؟

- متداول‌ترین خطرات مرتبط با حفاری شامل این موارد می‌باشد:
- فروپاشی جداره‌های گود در حین خاکبرداری
- سقوط مواد روی کارگران
- سقوط افراد و یا وسایل نقلیه
- ریزش سازه‌های اطراف
- خطر برق گرفتگی، انفجار، نشت گاز و یا آسیب به خدمات زیرزمینی.

۱-۵ - مراحل اجرایی گود برداری :

۱-۵-۱ بررسی شرایط خاک :

- قبل از شروع گودبرداری باید نوع خاک را در محل بررسی کرده و پس از آن آخرین حفاری در آن مناطق را بررسی نماییم. نوع خاک با توجه به تیپ های مختلف خاک از آزمایش های گمانه زنی حاصل میشود. برای یگ گودبرداری اصولی، قبل از آغاز عملیات گودبرداری، باید جنس زمین و نوع خاک مشخص شود. توصیه می‌شود قبل از آغاز عملیات گودبرداری، آزمایش‌های مکانیک خاک را انجام دهید. آزمایش مکانیک خاک، می‌تواند مشخصات خاک، عمق خاک دستی و سطح آب‌های زیرزمینی را مشخص می‌کند. مقاومت مجاز خاک و نوع پی، نیاز به سازه نگهبان و نوع آن و نکات ایمنی گودبرداری نیز بر اساس همین آزمایش تعیین می‌شود.

وجود خاک های دستی در محل گودبرداری نشانه ای از خطرناک بودن محل گودبرداری است.
برای شناخت خاک های دستی به موارد ذیل توجه می کنیم :

- وجود زباله هایی چون پلاستیک و پارچه و غیره در خاک
- وجود نخاله های ساختمانی از قبیل آجر و گچ وموزاییک در خاک
- سست بودن و ریزشی بودن خاک محل (بررسی این مورد بدین صورت است که خاک دارای تراکم و فشردگی کافی نبوده ؛ در خاکهای بکر با توجه به تراکم خاک جای ناخن بیل مکانیکی روی محل گود باقی میماند. اما خاکهای دستی به راحتی حفاری شده)
- در عملیات گودبرداری جنس زمین به ۵ نوع تقسیم می‌شود:
- **زمین دستی** :هر گونه زمین نرم که به کمک بیل و سایر ابزار دستی، بتوان آن را گودبرداری کرد.
- **زمین لجنی** :تشکیل شده از خاک ریزدانه مانند رس.
- **زمین کلنگی** :گودبرداری با خاک و بیل انجام می‌شود و از ۲ دسته قبل سخت‌تر است.

- **زمین دج** :مرغوب‌ترین نوع زمین برای ساختمان‌سازی که از دانه‌های شن و خاک متراکم تشکیل شده است.
- **زمین سنگی** :زمینی سخت و یک‌پارچه سنگی که حتماً برای گودبرداری باید از ماشین‌آلات استفاده کرد.
-

جدول ۲-۳ طبقه‌بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف لایه‌بندی زمین	پارامترها		
		$\overline{v}_s(m/s)$	$\overline{N}_{1(60)}$	$\overline{C}_u(kPa)$
I	**سنگ و شبه سنگ**،شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیارمحکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	>۷۵۰	-	-
II	**خاک خیلی متراکم یا سنگ سست**، شامل- شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به‌تدریج بهبود یابد. سنگ‌های آذرین و رسوبی سست، مانند توف ویا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	۳۷۵ -۷۵۰	>۵۰	>۲۵۰
III	**خاک متراکم تا متوسط** ، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	۱۷۵ -۳۷۵	۱۵-۵۰	۷۰-۲۵۰
IV	**خاک متوسط تا نرم**، لایه‌های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	<۱۷۵	<۱۵	<۷۰

تصویر شماره ۲- خاک دستی در محل گود برداری

۲-۵-۱ بررسی وجود تاسیسات زیرزمین :

این عمل جهت بررسی خطرات پنهان همچون کانال های آب زیرزمینی ؛ قنات ها ؛ تاسیسات زیر زمینی انجام می شود. شاید به‌جرئت بتوان گفت هیچ مسئله‌ای به‌اندازه وجود آب نمی‌تولند موجب اخلال در یک پروژه گودبرداری شود. این مسئله می‌تواند موجب کاهش ظرفیت باربری سطحی، تخریب پیشانی خاکی گود، عدم تمایل پیمانکاران در انتخاب روش شمع‌زنی و افزایش زمان و هزینه خواهد شد.

برای انجام زهکشی و آب‌بندی در گودبرداری از روش‌هایی مانند قیرگونی یا ایزوگام استفاده می‌شد؛ اما باتوجه‌به اینکه این متریال در برابر شرایط محیط آسیب‌پذیر است و عملکرد آن در طولانی‌مدت چندان قابل‌اطمینان نیست، امروزه روش‌های دیگری مورداستفاده قرار می‌گیرند که از جمله روشهای سیستم های زهکشی گودها و سازه های زیر زمینی، با توجه به میزان دبی آب ورودی و شرایط خاص هر پروژه برای کنترل مطلوب جریان آب، طراحی و اجرا می گردد.تاکنون روش های مختلفی برای کنترل آب در گودبرداری ها و سازه های زیر زمینی ارائه شده است که هر یک برای شرایط خاصی موثر خواهند بود. با این حال معیارهایی برای انتخاب بهترین روش وجود دارد که می‌توان گفت شرایط محیطی پروژه،توپوگرافی منطقه، نفوذپذیری خاک و جنس آن، نوع آب ورودی (فاضلاب یا آب زیز زمینی) مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد.

تصویر شماره ۲- سیستم زهکشی کف گود و زیر فونداسیون

۳-۵-۱ پایش و کنترل گود برداری:

مطابق با مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان گودهای با خطر زیاد بایستی در طی عملیات گودبرداری مورد پایش و کنترل قرار گیرند.

این پایش شامل بررسی مداوم رفتار سازه های مجاور و دیواره گود است که با هدف تامین ایمنی گود؛ ارزیابی رفتار سازه های موجود در حین و پس از گودبرداری انجام میشود.

هنگامی که گودبرداری برای انجام یک پروژه عمرانی صورت می‌پذیرد، ممکن است تغییراتی در دیواره‌های گود یا زمین‌های اطراف صورت پذیرد و در برخی موارد، ممکن است این تغییرات منجر به ریزش و بروز مشکل برای نیروی انسانی، سازه و تجهیزات پروژه شود. با توجه‌به احتمال وقوع چنین اتفاقاتی، پیش از گودبرداری می‌بایست رفتارسنجی گود و محاسبات مهندسی صورت پذیرد تا بتوان با استفاده از این اطلاعات، پایدارسازی گود را انجام داد و از بروز چنین خساراتی جلوگیری به عمل آورد. در واقع به فرایند کسب اطلاعات و انجام محاسبات در مورد میزان تغییر مکانی دیوارهای گود، پایش گود یا مانیتورینگ می‌گویند.

پایش چشمی، پایش با استفاده از روش ژئودتیک و پایش با استفاده از ابزار دقیق، روش‌های پایش گود هستند.

پایش چشمی :

به روشی از پایش گود اطلاق می‌شود که در آن، به شکل دوره‌ای و منظم از نواحی اطراف پروژه و گود مانند دیواره‌های مجاور، ساختمان، خیابان و... بازدید می‌شود و در صورت مشاهده ترک یا تغییر وضعیت، این مسئله به شکل فیلم و عکس گزارش می‌شود. در صورتی که در هر دوره بازدید، عکس و فیلم از نواحی مختلف تهیه شود، روند تغییرات قابل‌بررسی خواهد بود و از این نظر پایش چشمی می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود.

پایش با استفاده از ابزار دقیق:

در این روش، با نصب و تجهیزات و ابزار دقیق، میزان تغییر مکان و جابه‌جایی در زمین‌های اطراف گود مورد محاسبه قرار می‌گیرد؛ به این شکل که این تجهیزات به شکل منظم و پیوسته اطلاعات دیواره‌های گود را ثبت می‌کنند و با استفاده از این نتایج و مقایسه دوره‌های مختلف داده‌برداری، می‌توان تغییرات جابه‌جایی گود را تشخیص داد. کرنش‌سنج و انحراف سنج از جمله تجهیزات ابزار دقیق هستند که در این روش برای پایش گود به کار می‌روند.

۱-۶ وظیفه ی مهندسین ناظر در اجرای گود برداری و سازه نگهبان:

مهم ترین نکته ای که مهندسین ناظر حتما باید به آن توجه نمایند، شناسایی ترک های ایجاد شده در خاک و کنترل کردن افزایش عرض ترک ها است.

یکی از نشانه های فرار خاک از زیر سازه این می باشد که به تدریج خاک گسیخته می گردد و یک دفعه خاک گسیخته نخواهد شد. منظور از گسیختگی خاک، به وجود آمده ترک ها و افزایش عرض آن ها به همراه پوسته پوسته شدن خاک می باشد.

۴ وظیفه مشترک و مهم ناظر سازه و معماری در عملیات گودبرداری :

-ابلاغ دستور کار گودبرداری

پس از اتمام عملیات تخریب و رسیدن به کد ±۰.۰۰ ، مهندسین ناظر **سازه** و **معماری** و همچنین **نقشه برداری** (متناسب با حیطه ی مسئولیت و وظایف خود) باید قبل از شروع عملیات گودبرداری، یک دستورکار گودبرداری به مالک، مجری و یا سازنده ابلاغ نماید.

در زیر یک نمونه دستور کار گودبرداری را مشاهده میکنید:

دستور کار گودبرداری

جناب آقای .....مالک/نماینده مالک/مجری/سازنده، ساختمان به شماره پرونده ..... به آدرس .....با توجه به آنکه در حال حاضر مشغول به شروع عملیات گودبرداری ساختمان مذکور می باشید، بدین وسیله اینجانب .....مهندس ناظر ساختمان جنابعالی، دستورکار زیر را در مورخه ..... به شما ابلاغ می نمایم:

۱- شروع هرگونه عملیات ساختمانی به موجب بند ۳-۴-۱۴ مبحث دوم مقررات ملی ساختمان، منوط به عقد قرارداد با مجری ذیصلاح، تهیه صورت جلسه تحویل زمین و ابلاغ آن به ناظر می باشد. مالک موظف است از مجری ذیصلاح و دارای صلاحیت فنی در تمام مراحل کار گودبرداری استفاده نماید. همچنین مجری می بایست افراد داری صلاحیت فنی را به کار گمارد و با آن ها قرارداد رسمی تنظیم نماید.

۲- استفاده از کارگران زیر ۱۸ سال و بالای ۶۲ سال و اتباع بیگانه (بدون مجوز کار) در کارگاه ساختمانی ممنوع می باشد.

۳- کلیه ی کارگران گودبرداری باید به کلاه ایمنی با پوشش ناحیه گردن و ماسک پلاستیکی که تمام صورت و ناحیه چانه را پوشش دهد و دستکش و همچنین مجهز به ژاکت ضد ضربه باشند، این ژاکت باید به طور مناسب تا ناحیه ران کارگران را پوشش و امکان حرکت آزاد وی را فراهم نماید.

۴- مالک و مجری موظف هستند تا ۷۲ ساعت قبل از عملیات گودبرداری، شروع این عمل را به مهندس ناظر کتباً اعلام نمایند.

۵- درصورتی که محل انجام عملیات گودبرداری به ایستگاه های اصلی خدمات عمومی نظیر آتشنشانی نزدیک باشد، باید برای جلوگیری از وقفه در سرویس رسانی و امداد و نجات، به این سازمان ها اطلاع رسانی کامل انجام گردد.

۶- پیمانکار موظف است ایام و ساعت کاری کارگاه را رعایت نموده و ترتیبی اتخاذ نماید تا سر و صدای اجرای عملیات باعث مزاحمت همسایگان نگردد.

۷- کلیه ی انشعابات آب، برق و گاز ساختمان قبل از عملیات گودبرداری باید قطع گردد و یا در صورت لزوم سالم سازی، محدود و نگهداری شود به طوری که راه های دسترسی به آن‌ها و شیر آتش نشانی محفوظ بماند و هماهنگی های لازم با سازمان های مربوطه انجام شود.

۸- لازم است موقعیت تاسیسات زیرزمینی جهت انجام مرحله گودبرداری شناسایی گردند.

۹- مجری موظف است مطابق نقشه های مصوب کلیه ی عملیات ساختمانی از جمله گودبرداری و سازه نگهبان را اجرا نماید و در صورت هرگونه ایراد و نقص در نقشه ها کتبا موضوع را به اطلاع ناظر پروژه برساند.

۱۰- مهندس مجری موظف است هرگاه در ارتباط با نحوه اجرای عملیات ساختمانی ایراداتی مشاهده نماید که احتمال خطر وقوع حادثه را در بر داشته باشد به مهندس ناظر جهت اعلام به مراجع ذیصلاح ابلاغ کتبی نماید.

۱۱- مهندس مجری موظف است در حین یا بعد از عملیات گودبرداری در صورت مشاهده هرگونه تغییر رنگ خاک و اثرات نم در دیواره ها، حتماً به مهندس ناظر و کارفرما جهت اعلام به مراجع ذیصلاح و ارائه راهکار، ابلاغ کتبی نماید.

۱۲- حداقل یک هفته قبل از شروع عملیات گودبرداری می بایست ساکنین ساختمان های مجاور محل گود، با هشدارهای ایمنی مورد نیاز و تخلیه آن ها در صورت احساس خطر ریزش توجیه شوند.

در مورخه ..... اصل دستورکار (شامل .... بند) به اینجانب ..... ابلاغ، تفهیم و تحویل گردید.

ضمناً به شما تاکید می شود موارد فوق الذکر را رعایت نموده و در غیر این صورت مسئولیت عواقب خسارت های جانی و مالی حادث شده بر عهده شما خواهد بود.

نام و نام خانوادگی، امضا، تاریخ و اثرانگشت: مالک/نماینده مالک/مجری

مهر و امضا و تاریخ: مهندس ناظر

تصویر شماره ۳- ریزش گود

۱-۷ سازه نگهبان

۱-۷-۱ سازه نگهبان چیست؟

سازه نگهبان سازه‌ای است که به منظور پایدارسازی دیواره‌های محل گودبرداری و جلوگیری از پیامدهای ریزش آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجرای سازه های نگهبان، از فعالیت های بسیار مهم در ساخت انواع ساختمان (مسکونی، تجاری، عمومی)، سد، پل، راه (خاکریز)، کانال، تونل و غیره به شمار می رود.

جهت انتخاب طرح مناسب پایدارسازی گود و انتخاب سازه نگهبان مناسب، ابتدا جمع بندی مناسبی با توجه به گزارشات ژئوتکنیک و بررسی‌های محلی انجام میگیرد. سپس با بررسی فنی گزینه های پایدارسازی گود و مقایسه آنها از نظر فنی، اقتصادی، اجرایی گزینه برتر انتخاب می شود. همچنین با توجه به اینکه ممکن است خاکبرداری در مجاور ساختمان‌ها انجام گیرد علاوه بر تامین پایداری، کنترل تغییر شکل های حادث شده در سازه های مجاور نیز از اهمیت زیادی برخوردار است.

فشارهایی که بر دیوار گود وارد می شوند عبارتند از:

- رانش خاک
- سرباره های ناشی از ساختمان همسایه
- معابر مجاور
- خاک لبه گود

۸-۱ انواع سازه نگهبان

به طور کلی انواع سازه نگهبان شامل موارد زیر است:

۱. سازه نگهبان خرپایی
۲. سازه نگهبان مهار متقابل
۳. سازه نگهبان نیلینگ
٤. سازه نگهبان انکراژ
٥. سپرکوبی
٦. شمع کوبی
۷. سازه نگهبان دیوار دیافراگمی

۹-۱ سازه نگهبان خرپایی :

سازه نگهبان خرپایی به‌عنوان یک روش پایدارسازی گود متداول برای گودهای کم‌عمق و در موارد محدودی با عمق متوسط شناخته می‌شود. این سازه از نیم‌رخ‌های فولادی با هدف کاهش خطرات و افزایش پایداری سازه، برای تحمل بار جانبی خاک در دیواره‌های گود استفاده می‌کند.

این نیم‌رخ‌ها با تکیه به دیواره‌های گود، از ریزش خاک سربار جلوگیری کرده و گود را ایمن می‌سازند.

این سازه‌ها، از چندین قسمت مختلف تشکیل شده که پس از طراحی سازه، این اجزا در کنار یکدیگر قرار گرفته تا سازه نگهبان به‌درستی عمل کند.

۱۰-۱ مراحل اجرای سازه نگهبان خرپایی

۱- حفر چاه هایی به قطر مشخص در مجاورت دیواره گود

۲- آرماتور بندی درون شمع

۳- اجرای عضو قائم خرپا

مرتضی قندی

۴- بتن ریزی پی

۵- خاکبرداری با شیب ایمن جداره گود

۶- اجرای فونداسیون پای عضو مایل (به شکل مربع)

۷- اجرای عضو مایل خرپا و اتصال آن از یک طرف به عضو قائم و از طرف دیگر به ورق کف ستون بالای فونداسیون

۸- اجرای عضو افقی خرپا با برداشت مرحله ای از خاک در سراسر امتداد دیواره

۹- شناژ بندی فونداسیون و مهاربندی بین دو خرپای مجاور به صورت یک در میان جهت تامین صلبیت جانبی سیستم

۱۱- ۱ دلایل انتخاب سازه نگهبان خرپایی :

- مناسب برای گودهای با عمق کم
- عدم ورود به حریم ملک همسایه و در نتیجه عدم نیاز به کسب مجوز از همسایه‌ها
- اجرای نسبتاً آسان نسبت به سایر روش‌های پایدارسازی گود
- قابلیت انعطاف در اجرا در گودبرداری‌های کم عمق
- امکان بازیافت اعضای خرپا و در نتیجه صرفه جویی در هزینه مصالح
- عدم نیاز به تجهیزات پیچیده و نیروهای متخصص
- سرعت اجرای نسبتاً بالا
- مناسب گودبرداری شهری و کم عمق

-از مهمترین محدودیت‌های سازه نگهبان خرپایی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اشغال بخشی از فضای داخل گود و ایجاد محدودیت در تردد افراد و ماشین آلات خاکبرداری
- عدم امکان استفاده برای گود عمیق
- امکان تداخل خرپاها بویژه در کنج‌های مقعر
- نیاز به خاکبردار دستی در بعضی نقاط بدلیل فضای کاری محدود

۱۲-۱ -تجهیزات مورد نیاز سازه نگهبان خرپایی :

این سازه نگهبان از اجزا و عناصر مختلفی تشکیل شده که هرکدام وظایف خاصی در ایجاد پایداری و ایمنی گودبرداری بر عهده دارند. این اجزا عبارت‌اند از:

ریشه عضو قائم: (Vertical Member Root)

این بخش در تماس مستقیم با دیواره گود قرار گرفته و وظیفه اصلی آن انتقال بارهای جانبی از دیواره به عضو قائم است.

عضو قائم :(Vertical Member)

عضو قائم نیز به نیم‌رخ فولادی معروف است و در امتداد دیواره گود قرار می‌گیرد. این عضو بارهای جانبی ناشی از فشار خاک را تحمل کرده و از ریزش خاک به داخل گود جلوگیری می‌کند.

فونداسیون عضو مایل :(Inclined Member Foundation)

فونداسیون عضو مایل مسئولیت پایه‌گذاری و حمایت از عضو مایل را بر عهده دارد. این بخش در تماس با خاک بستر قرار گرفته و از جابجایی ناشی از بارهای عمودی و افقی جلوگیری می‌کند.

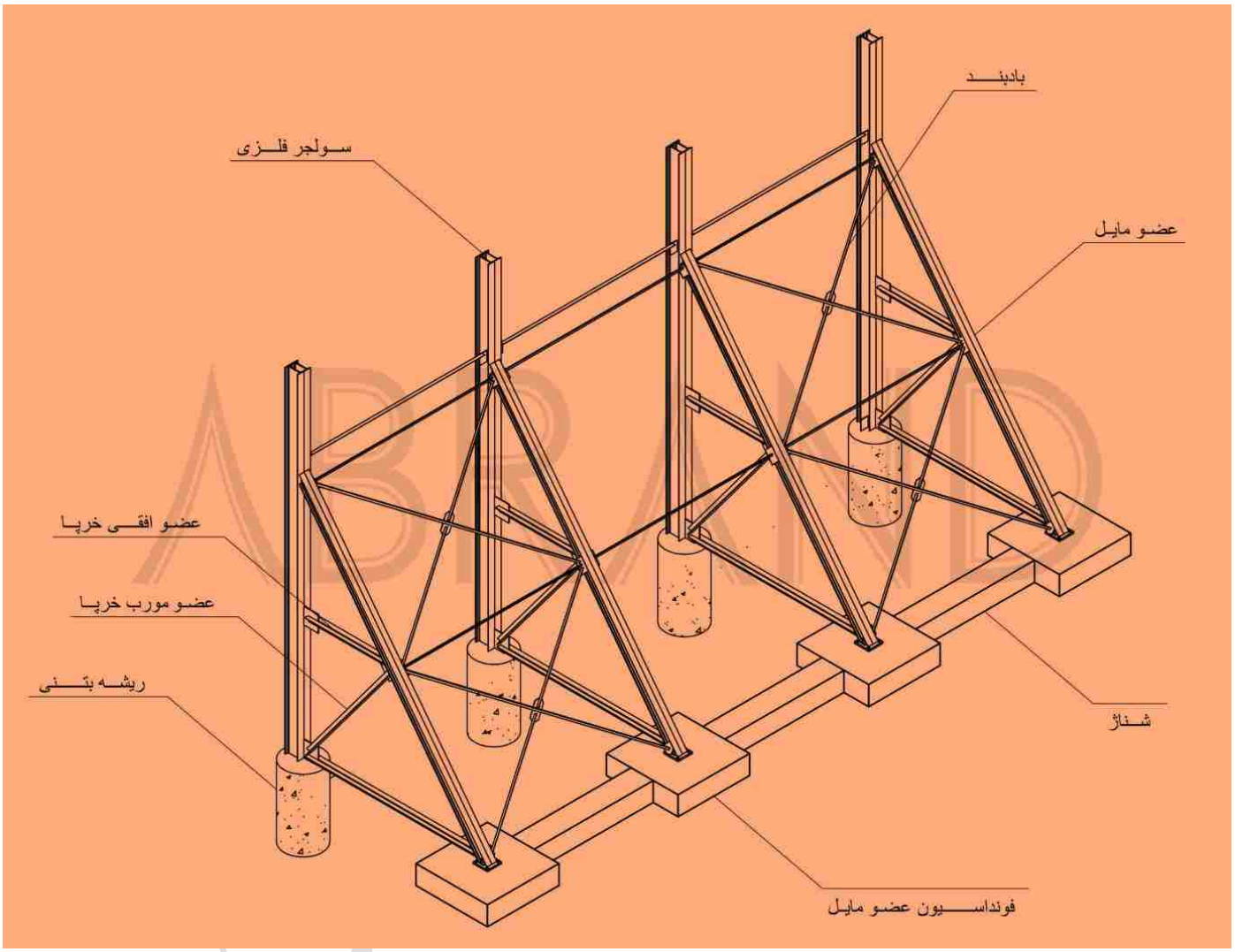
عضو مایل :(Inclined Member)

عضو مایل یا نیم‌رخ مایل، بر روی عضو قائم قرار می‌گیرد و در شیب مشخصی نسبت به دیوار گود قرار دارد. این عضو بارهای جانبی را به عضو قائم منتقل کرده و در حفاظت از پایداری دیواره گود نقش دارد.

اعضای افقی و قطری (اعضای مهاربندی):

این اعضا عبارت‌اند از اجزایی که به‌صورت افقی یا قطری از عضو قائم به دیواره گود متصل می‌شوند. آن‌ها بارهای جانبی را به تمام اعضای دیگر سازه منتقل کرده و به تقویت و پایداری کل سازه نگهبان کمک می‌کنند.

با ترکیب صحیح این اجزا و انتخاب مواد مناسب، سازه نگهبان خرپایی به‌طور کامل عملکرد خود را انجام می‌دهد. درعین‌حال، اجرای این سازه نسبت به روش‌های دیگر پایدارسازی، ساده‌تر، اقتصادی‌تر و سریع‌تر خواهد بود؛ اما توجه به شرایط محیطی، طراحی دقیق و استفاده از دانش مهندسی در اجرای این سازه همچنان بسیار حیاتی است.



تصویر شماره ۴- اعضای سازه نگهبان خرپایی

۱۳-۱ -مراحل اجرای سازه نگهبان خرپایی :

- **مرحله ۱ : طراحی نقشه سازه نگهبان**

در این مرحله نقشه سازه نگهبان بر اساس اطلاعات حاصله از آزمایشهای ژئوتکنیک خاک و بر مبنای عمق گود ، توسط مهندس محاسب طراحی میشود. امروزه طراحی سازه نگهبان می‌تواند به دو روش اصلی انجام شود:

طراحی با استفاده از جداول محاسباتی: در این روش، طراحی سازه نگهبان با استفاده از جداول محاسباتی و فرمول‌های استاندارد انجام می‌شود. عواملی مانند عمق گود، ارتفاع سرباز، ویژگی‌های خاک ازجمله چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی و ویژگی‌های مقطع سازه موردبررسی قرار می‌گیرند. با استفاده از این اطلاعات، مهندسین می‌توانند مقدار مناسبی برای پارامترهای سازه نگهبان را محاسبه کرده که به ایمنی و پایداری سازه کمک کند.

نوع خاک	نام خاک در طبقه بندی USCS	مقدار چسبندگی (kPa)
سیلت با پلاستیسیته کم (در حالت متراکم)	ML	67
سیلت با پلاستیسیته کم (در حالت اشباع و متراکم)	ML	9
رس با پلاستیسیته کم	CL	4
رس با پلاستیسیته کم (در حالت متراکم)	CL	86
رس با پلاستیسیته کم (در حالت اشباع و متراکم)	CL	13
ترکیب رس و سیلت با پلاستیسیته کم (در حالت متراکم)	ML-CL	65
ترکیب رس و سیلت با پلاستیسیته کم (در حالت اشباع و متراکم)	ML-CL	22
خاک آلی با پلاستیسیته کم	OL	5
سیلت با پلاستیسیته زیاد (در حالت متراکم)	MH	10
سیلت با پلاستیسیته زیاد (در حالت اشباع و متراکم)	MH	72
سیلت با پلاستیسیته زیاد	MH	20
رس با پلاستیسیته زیاد	CH	25
رس با پلاستیسیته زیاد (در حالت متراکم)	CH	103
رس با پلاستیسیته زیاد (در حالت اشباع و متراکم)	CH	11
خاک آلی با پلاستیسیته زیاد	OH	10

نوع خاک	نام خاک در طبقه بندی USCS	زاویه اصطکاک داخلی خاک [°]		
		مینیمم	ماکزیمم	مقدار مشخص
شن خوب دانه بندی شده (شن ماسه دار بدون ریزدانه یا با ریزدانه کم)	GW	33	40	-
شن بد دانه بندی شده (شن ماسه دار بدون ریزدانه یا با ریزدانه کم)	GP	32	44	-
شن ماسه دار (با وضعیت تراکمی سست)	(GW,GP)	-	-	35
شن ماسه دار (با وضعیت تراکمی متراکم)	(GW,GP)	-	-	50
شن سیلت دار	GM	30	40	-
شن رس دار	GC	28	35	-
ماسه خوب دانه بندی شده (ماسه شن دار بدون ریزدانه یا با ریزدانه کم)	SW	33	43	-
ماسه شسته خوب دانه بندی شده (در حالت متراکم شده)	SW	-	-	38
ماسه خوب دانه بندی شده (با دانه های گوشه دار در حالت تراکمی سست)	(SW)	-	-	33
ماسه خوب دانه بندی شده (با دانه های گوشه دار در حالت تراکمی متراکم)	(SW)	-	-	45
ماسه بد دانه بندی شده (ماسه شن دار بدون ریزدانه یا با ریزدانه کم)	SP	30	39	-
ماسه شسته بد دانه بندی شده (در حالت متراکم شده)	SP	-	-	37

مراحل طراحی سازه نگهبان خرپایی:

الف – بارگذاری:

بارهای وارده به سازه های نگهبان در واقع همان فشار ناشی از رانش خاک است. فشار ناشی از خاک ممکن است همراه با سربار کنار گود ناشی از دپوی خاک یا فشار سربار ناشی از ساختمان موجود کنار گود باشد. فشار خاک در سه حالت محرک (اکتیو)؛ حالت مقاوم (پسیو) و حالت سکون میباشد.

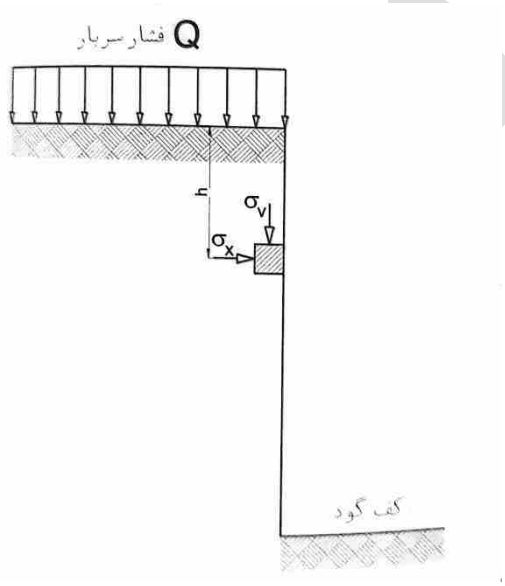
در طراحی سازه های نگهبان همانند دیوارهای حائل معمولا نیروی رانشی خاک را بر مبنای نیروی محرک محاسبه می کنند.

طراحی بر مبنای نظریه رانکلین :

۱- دیوار حائل عمودی در نظر گرفته شده است.
۲- از اصطکاک خاک با دیواره صرفنظر شده است.
۳- خاکریز پشت دیوار افقی در نظر گرفته شده است

$\sigma_x = (\gamma h + Q)k_a - 2C\sqrt{k_a}$.

$\sigma_v = (\gamma h + Q)$



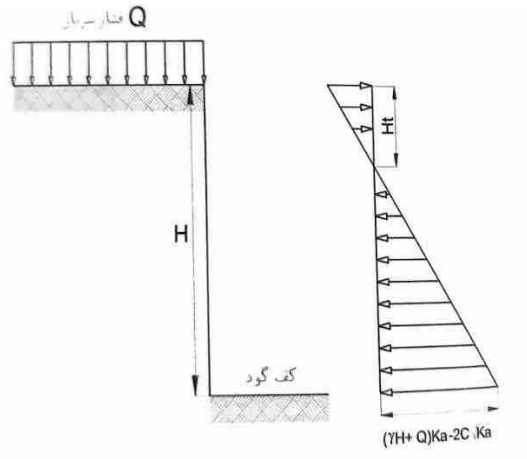
Q: سربار گسترده (نیروی بر واحد سطح زمین کنار گود)
σ_x :تنش افقی وارد بر المان خاک (تن بر متر مربع)
C: مقاومت چسبندگی خاک (تن بر متر مربع)
$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$ ضریب فشار اکتیو
σ_v :تنش عمودی

اگر منحنی توزیع فشار بر حسب همان فرمول . $\sigma_x = (\gamma h + Q)k_a - 2C\sqrt{k_a}$ رسم کنیم؛ دو حالت ممکن است اتفاق بیافتد :

$2C > Q\sqrt{k_a}$ در این حالت تا یک عمق معینی فشار خاک منفی است و سپس فشار خاک مثبت می شود. این عمق را اصطلاحا عمق ترک کششی می نامند. H_tیعنی در این عمق $\sigma_{x=0}$ می باشد.

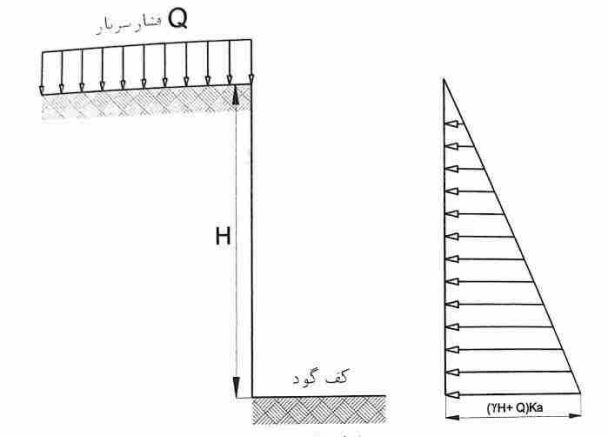
$$\sigma_x = (\gamma H + Q)k_a - 2C\sqrt{k_a}$$

$$h = H_t\ ,\ \ \sigma_x = 0\ \rightarrow\ H_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}} - \frac{Q}{\gamma}$$

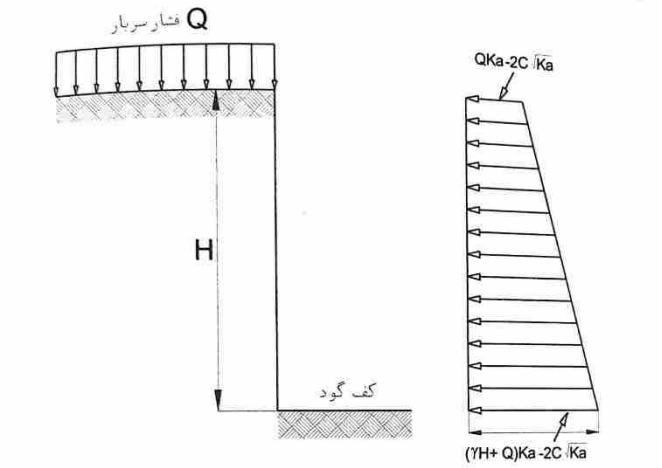


توجه : توصیه می شود با توجه به شرایط خاک مناطق مرطوب و بالا بودن سطح سفره آب فشار خاک را برای محاسبات مطابق شکل زیر در نظر بگیریم:

برای حالتی که : $2C \geq Q\sqrt{Ka}$



ب: $2C < Q\sqrt{k_a}$: در این حالت توزیع فشار به صورت ذوزنقه می باشد.



نیروی وارد بر هر یک از خرپاها :

اگر فاصله بین خرپاها را در پلان با L نشان دهیم داریم :

$$w_x = \sigma_{x^*} L$$

σ_x : فشار خاک در هر عمق h

w_x : شدت بار وارد بر واحد طول خرپا

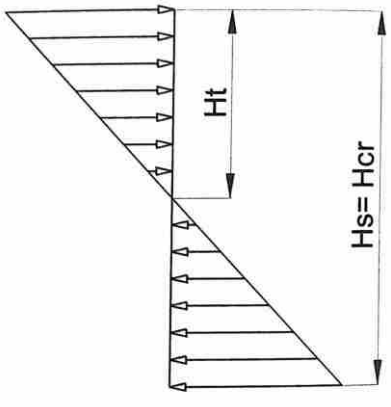
L : فاصله بین دو خرپای مجاور بر حسب متر m

$$\sigma_x = (\gamma H + Q)Ka - 2C\sqrt{Ka}$$
$$w_x = \left[(\gamma H + Q)Ka - 2C\sqrt{Ka}\right]L$$

عمق پایداری گود :

عمق پایدار گود H_s معمولا دو برابر عمق ترک کششی H_t در نظر گرفته میشود.

$$H_s = 2H_t$$



بنابراین از نظر تئوری با اعمال ضریب اطمینان F.S خواهیم داشت :

$$H_S = [\frac{۴C}{\gamma\sqrt{Ka}} - \frac{۲Q}{\gamma}] \times \frac{1}{F.S.}$$

برای محاسبه عمق پایدار گود سازه های با ضریب اطمینان F.S=2.67 رابطه فوق به صورت زیر ساده میشود:

$$H_s = \frac{۱/۵C}{\gamma\sqrt{Ka}} - \frac{۰/۷۵Q}{\gamma}$$

اگر عمق گود کمتر از عمق پایدار گود باشد نیازی به اجرای سازه نگهبان نمی باشد.

طراحی شمع برای تحمل نیروی کشش :

حداکثر نیروی کششی که شمع میتواند تحمل نماید برابر است با :

$$T_u = P_f + w$$

T_u : مقدار نیروی کششی حداکثر یک شمع

P_f : نیروی اصطکاکی در شمع

w : وزن شمع

محاسبه نیروی اصطکاکی P_f در شمع :

$$P_f = Af_f$$

$A = \pi \cdot D \cdot L_P$ سطح جانبی شمع

$$f_f = \alpha \cdot c + K \cdot \sigma_v \cdot tan\,\delta$$

f_f : تنش چسبندگی بین خاک و شمع بر حسب $\frac{ton}{m^2}$

$\propto$: ضریبی که معمولا برابر 1 میباشد.

C : مقاومت چسبندگی بر حسب $\frac{ton}{m^2}$

$\sigma_v = \gamma \cdot L_P$: فشار قائم موثر بر جدار شمع در عمق مورد نظر بر حسب $\frac{ton}{m^2}$

K : ضریب فشار جانبی خاک که بین $k_a < k < K_p$ که این ضریب معمولا با توجه به موقتی بودن سازه نگهبان برابر 1.75 در نظر گرفته میشود.

δ : زاویه اصطکاک بین خاک و بتن شمع که معمولا برابر φ اختیار میشود.

در نتیجه :

$$P_f = (C + 1{,}75\gamma L_p \tan\varphi)(\pi . D_P).(L_P)$$

محاسبه وزن شمع W در شمع های بدون پاشنه :

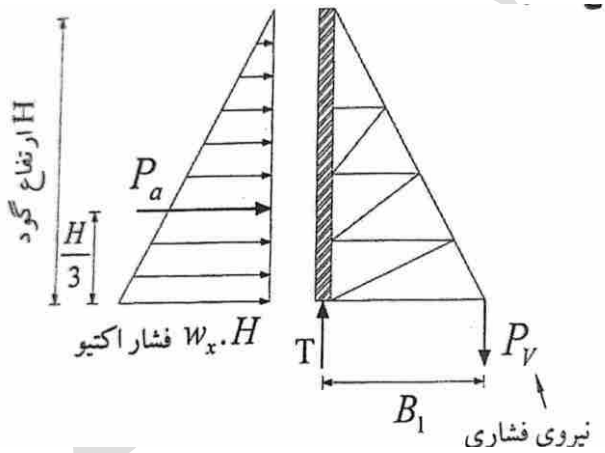
$$w = \gamma_c . \frac{\pi D^2}{4} . L_P$$

γ_c : وزن واحد حجم بتن بر حسب $\frac{ton}{m^3}$

L_P . : طول شمع بر حسب متر

D : قطر شمع که معمولا 0.8 تا 1 متر میباشد.

محاسبه نیروی کششی عضو قائم خرپا :



نیروی کششی وارد بر شمع برابر است با :

$$T = [(\gamma H + Q)k_a - 2C\sqrt{k_a}]\frac{L.H^2}{6B_1}$$

طراحی تخته های چوبی و حفاظ خاک بین دو خرپا :

فشار جانبی با توجه به معادلات فوق برابر $\sigma_x = (\gamma h + Q)k_a - 2c \cdot \sqrt{k_a}$ میباشد.

اگر t ضخامت تخته و b عرض تخته و L فاصله بین دو خرپا باشد داریم :

شدت بار وارد بر تخته : $q = \sigma_x b$

حداکثر لنگر ناشی از این بار : $M_{max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{\sigma_x b L^2}{8}$

مدول مقطع در برابر خمش : $s = w = \frac{bt^2}{6}$

حداکثر تنش ناشی از خمش در تخته :

$$\sigma = \frac{M_{max}}{w} = \frac{3\sigma_x L^2}{4t^2}$$

تنش مجاز چوب حداکثر برابر است با : 70 kg/cm2

$$\frac{3\sigma_x L^2}{4t^2} \leq 700\ ton/m^2 \rightarrow t^2 \geq \frac{3}{2800}\sigma_x L^2$$

$$\boldsymbol{\sigma_x = [(\gamma h + Q)tan^2(45 \quad - \frac{\varphi}{2}) - 2c\,tan(45 - \frac{\varphi}{2})]}$$

$$\boldsymbol{t_{min} = \frac{L}{30.55}\sqrt{[(\gamma h + Q)tan^2(45 - \frac{\varphi}{2}) - 2C\,tan(45 - \frac{\varphi}{2})]}}$$

در جهت اطمینان $2c\,tan(45 - \frac{\varphi}{2}) = 0$ در نظر گرفته میشود.

h : عمق مورد بررسی برای محاسبه ضخامت تخته نسبت به سطح زمین

توجه : با توجه به عمق گود فشار جانبی افزایش میابد در نتیجه ضخامت تخته هم افزایش میابد.

Q : سربار وارد بر بالای گود بر حسب تن بر متر مربع

L : فاصله بین خرپا بر حسب متر

t_{min} : حداقل ضخامت تخته لازم در عمق h بر حسب متر

γ : وزن واحد حجم خاک بر حسب تن بر متر مکعب

منحنی های کمک طراحی سازه های نگهبان :

h : ارتفاع گود

- در صورتی که جداره گود در مجاورت یک ساختمان باشد ارتفاع گود را از زیر شالوده مجاور تا زیر شالوده ساختمان در دست احداث در نظر میگیریم

Q : سربار مجاور گود که ناشی از عوامل زیر میباشد:

- توقف یا تردد وسایل نقلیه در معابر مجاور
- مصالح و تجهیزات قرار داده شده در زمین های مجاور

- بارهای زنده و مرده ناشی از ساختمان های مجاور (معمولا حدود ۱ تن بر متر مربع برای هر طبقه از ساختمان)

L : فاصله بین خرپاها

- نحوه چیدمان خرپاها معمولا به گونه ای است که فونداسیون ساختمانهای اصلی در دست احداث بین این خرپاها قرار گیرد. حدود مناسب و متعارف L بین 2.5 تا 5 متر است.

C : مقاومت چسبندگی خاک

φ : زاویه اصطکاک داخلی خاک

γ : وزن واحد حجم خاک

مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترهای طراحی در منحنی های کمک طراحی :

۱- ارتفاع گود یا سازه H ..... 4m, 7m , 10 m
۲- فاصله بین خرپاها L ..... 3m , 4 m
۳- سربار کنار گود Q ..... 0 – 2 – 4 – 6 ton/m2

توجه : در صورتی که مقادیر Q و L و H در پروژه مورد نظر بین دو تا از اعداد نظیر در فوق قرار گیرد از منحنی های مربوط به عدد بزرگتر در جهت اطمینان استفاده میکنیم . در غیر این صورت باید از مبانی محاسباتی سازه نگهبان استفاده نماییم.

نمودارهای کمک طراحی و نحوه استفاده از آنها :

۱- نمودار های تعیین نوع سازه نگهبان
۲- نمودار های تعیین ابعاد پی در پلان B_f
۳- نمودار های تعیین نوع طول شمع L_p

بخش اول : نمودارهای انتخاب نوع سازه نگهبان

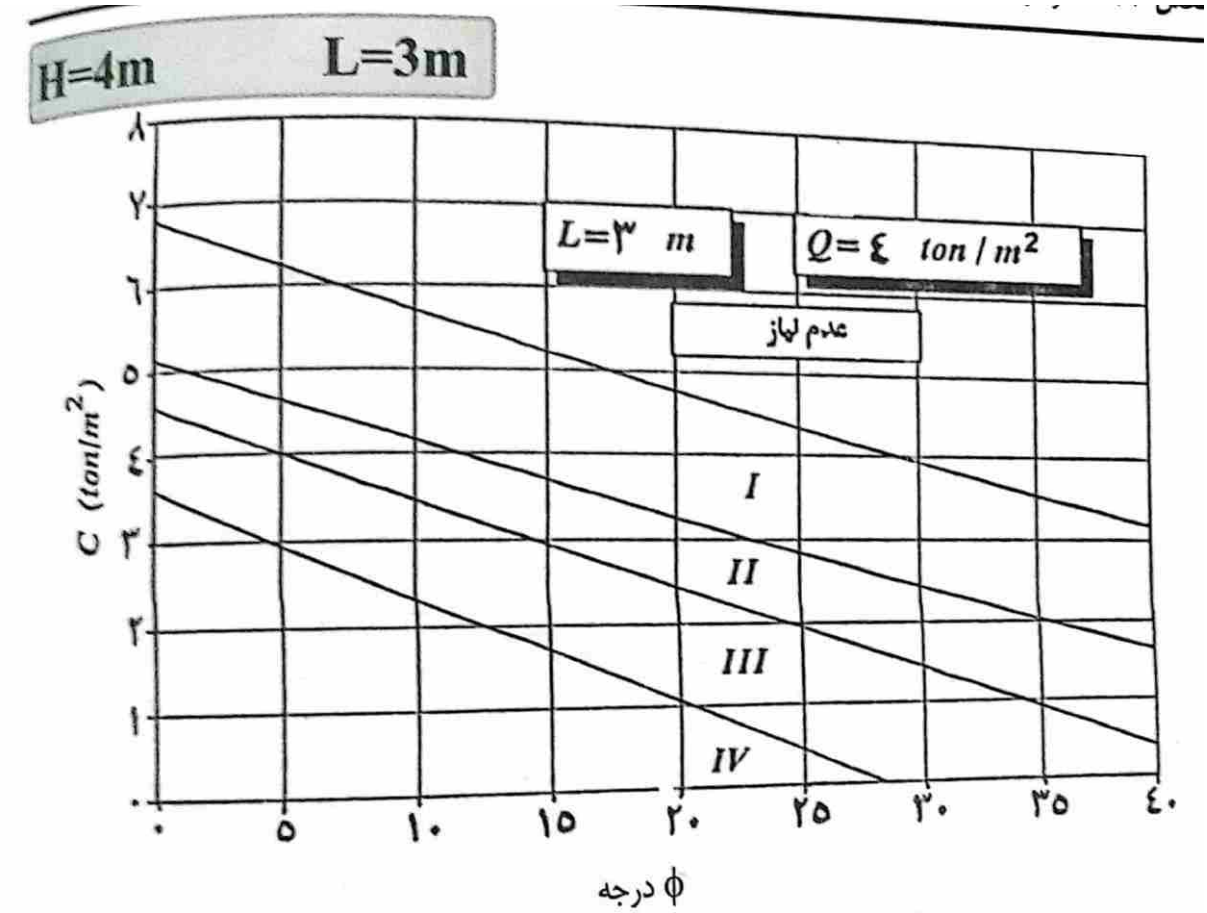
برای یک گود به عمق معین نوع سازه نگهبان به عوامل زیر بستگی دارد :

- جنس خاک γ, φ , c
- سربار وارد بر کنار گود Q
- فاصله خرپاها از یکدیگر L

نقشه های ارائه شده برای عمق های گود H برابر 4m و 7m و 10m در سه نوع I , II , III میباشند.

نحوه استفاده از نمودارهای انتخاب نوع سازه نگهبان :

۱- بسته به مقادیر H و L و Q در طرح مورد نظر، نمودار مربوط به آن را انتخاب میکنیم.



۲- φ را بر روی محور افقی و C را بر روی محور قائم مشخص می کنیم. به ازای φ معلوم و C معلوم در جهت قائم و افق حرکت می کنیم تا همدیگر را در یک نقطه قطع کنند.

۳- اگر این نقطه در یکی از نواحی I , II , III قرار گرفت سازه I , II , III را انتخاب میکنیم. اگر نقطه مزبور در ناحیه عدم نیاز قرار گرفت معنای آن این است که گود پایدار است و نیازی به سازه نگهبان ندارد.

٤- در صورتی که نقطه مزبور در ناحیه IV قرار گرفت ، نشان دهنده آن است که خاک بسیار ضعیف است و منحنی و نقشه های ارائه شده برای پاسخگویی به شرایط موجود کافی نیستند. بنابراین نوع سازه نگهبان ، سازه نگهبان خاص میباشد که بایستی بر اساس روش طراحی در مطالب ذکر شده بخش طراحی ، طراحی شود.

بخش دوم : نمودار تعیین ابعاد پی در پلان

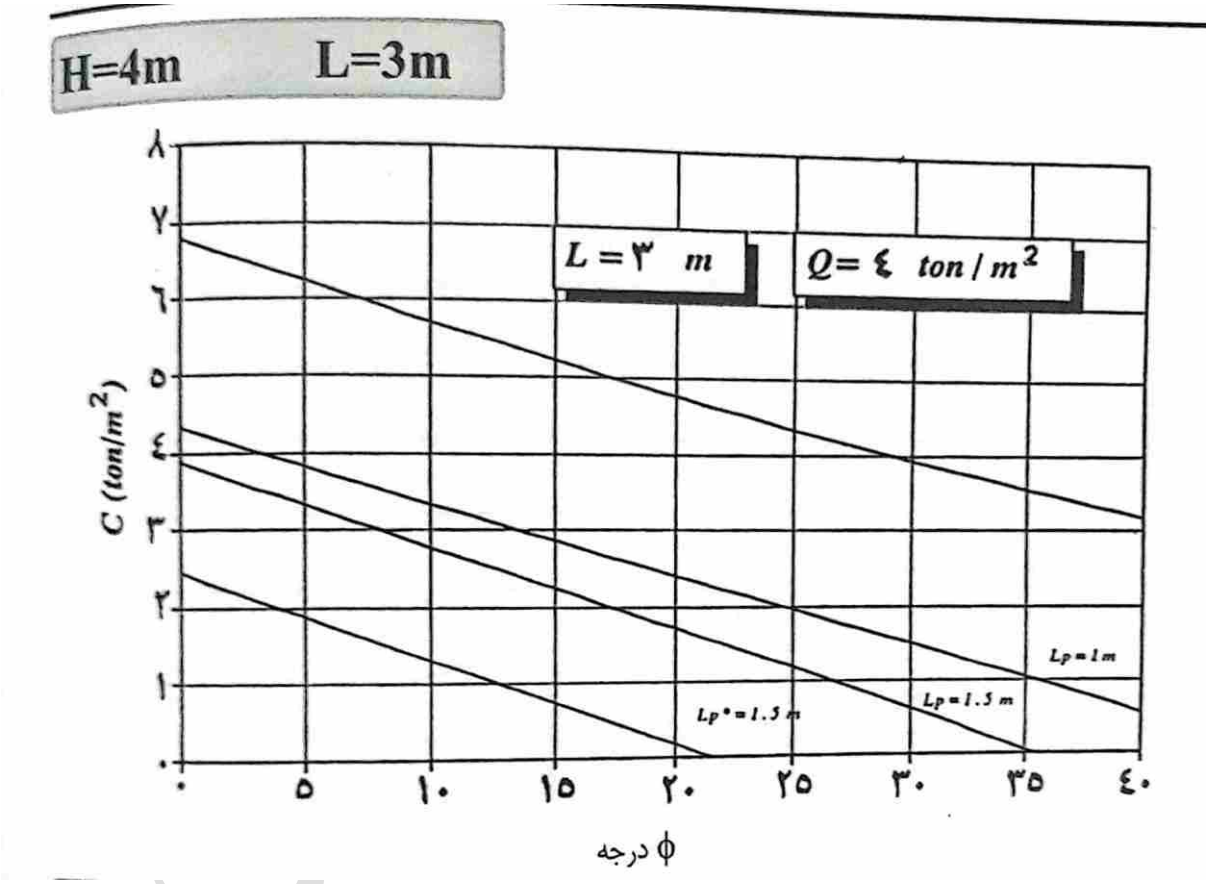
این نمودار برای مقادیر مختلف H و L و Q آورده شده است و ابعاد پی در پای عضو مایل خرپا در پلان به صورت مربعی و به ابعاد B_f می باشد.

۴ خط در صفحه دیده میشود که از بالا به پایین عبارتند از :

- خط اول ، مربوط به عدم نیاز به سازه نگهبان است.
- خط دوم ، مقدار $B_f = 0.8m$ حداقل ابعاد پی
- خط سوم ، مقدار $B_f = 1.5\ m$ حداقل ابعاد پی
- خط چهارم ، نیز مرزی را نشان می دهد که پایین تر از آن ، همان ناحیه IV است که قبلا در نمودار تعیین نوع سازه نگهبان ، سازه نگهبان خاص را نشان میدهد.

نحوه استفاده از نمودار تعیین نوع پی در پلان :

۱- بسته به مقادیر H و L و Q نمودار مربوطه را انتخاب میکنیم.



۲- به ازای φ و C معلوم در جهت قائم و افق حرکت کرده تا همدیگر را در یک نقطه قطع نمایند. معمولا اگر بر روی هر خط قرار گرفت ، ابعاد B_f روی همان خط، ابعاد پی خواهد بود.

اگر بین دو خط افتاد با درونیابی خطی، B_f پی بدست می آید.

$$B_f = (B_f)_1 + \frac{L_1}{L_1 + L_2}[(B_f) - (B_f)_1]$$

۳- اگر نقطه مزبور در پایین خط چهارم قرار گرفت، همانند ناحیه IV نمودارهای تعیین نوع سازه نگهبان، نمودارهای ارائه شده برای تعیین نوع سازه نگهبان کافی نبوده و نباید از آنها استفاده شود. بنابراین بایستی مطالعات خاصی را برای این امر در صورت دهیم.

نمودار تعیین نوع و طول شمع و نحوه استفاده از آنها

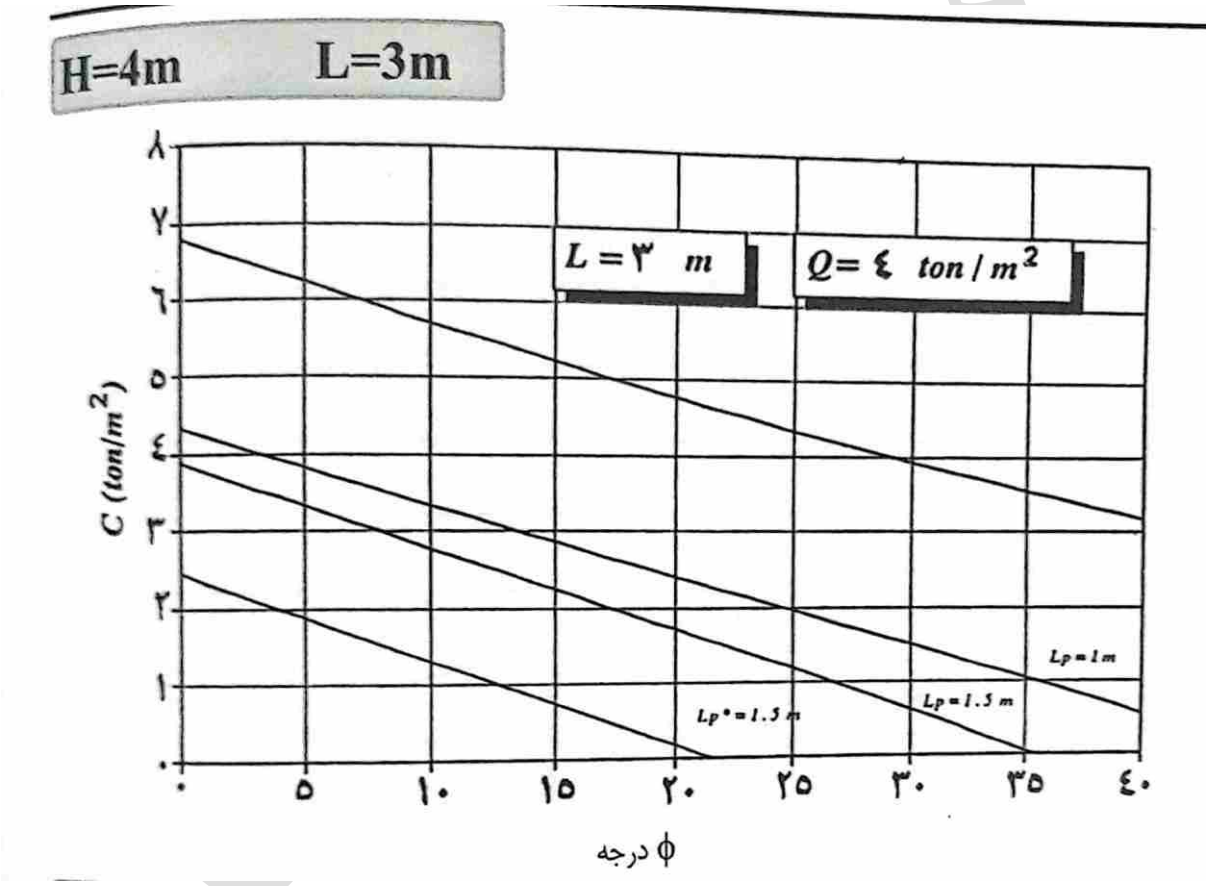
این نمودارها برای مقادیر مختلف H و L و Q ارائه شده است.

شمع ها به دو صورت زیر در نظر گرفته می شوند:

- بدون پاشنه با L_p
- پاشنه در با L_{p^*}

نحوه استفاده از نمودار تعیین نوع و طول شمع

۱- با توجه به مقادیر Q,L,H نمودار مربوطه را انتخاب می کنیم.



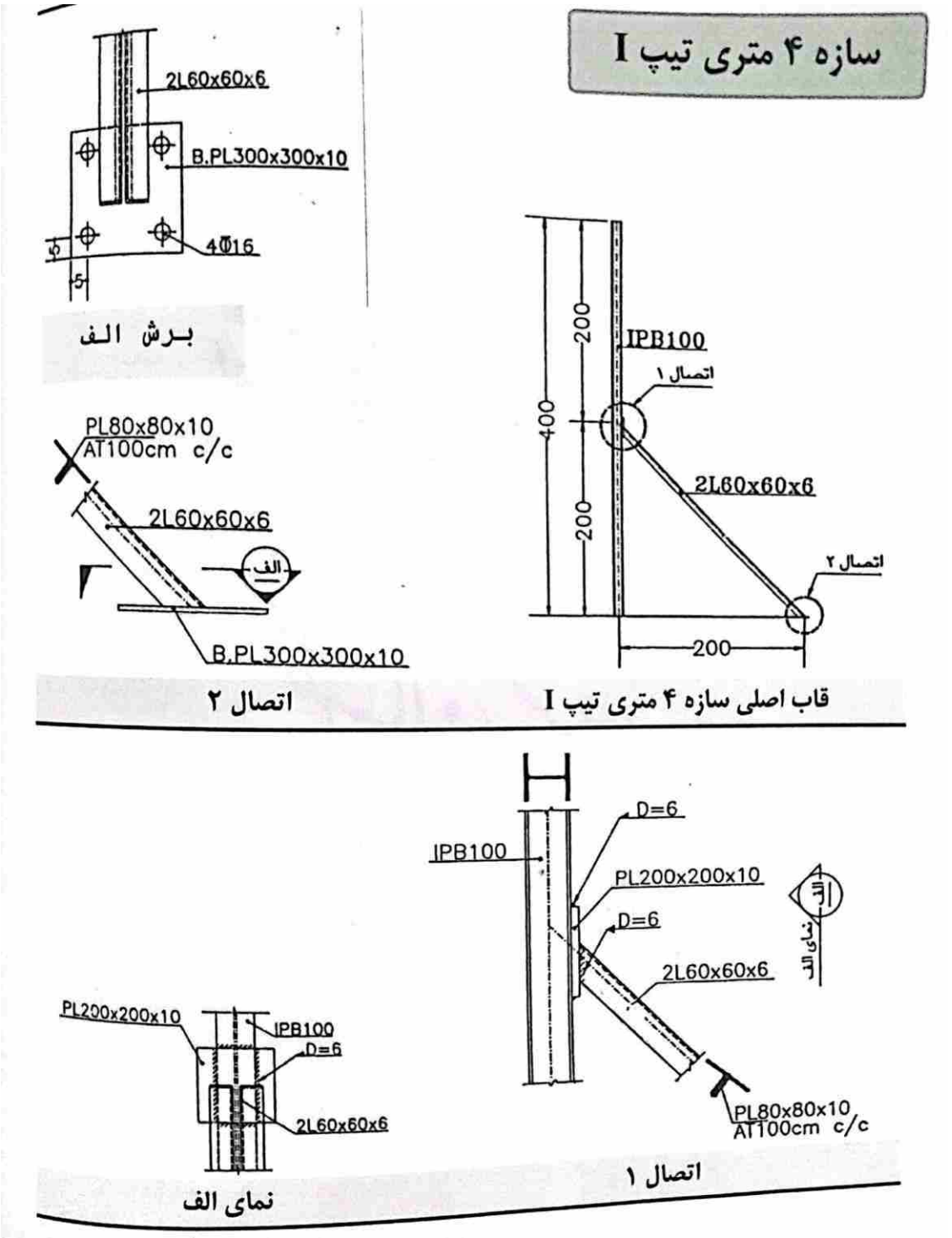
۲- φ را بر روی محور افقی و C را بر روی محور قائم مشخص می کنیم. به ازای φ معلوم و C معلوم در جهت قائم و افق حرکت می کنیم تا همدیگر را در یک نقطه قطع کنند.

۳- اگر نقطه تلاقی بر روی هر یک از خطوط L_p یا L_{p^*} بدست آید، ابعاد روی آن خط همان طول شمع خواهد شد. اگر نقطه تلاقی بین دو خط قرار گیرد از روش درونیابی خطی استفاده می نماییم.

$$L_p = (L_p)_1 + \frac{L_1}{L_1 + L_2}[(L_p) - (L_p)_1]$$

۴- البته می توان به جای $L_{p^*} = 2$ از $L_p = 3$ استفاده نمود.

نقشه های سازه نگهبان خرپایی:



نقشه های تکمیلی سازه نگهبان خرپایی:

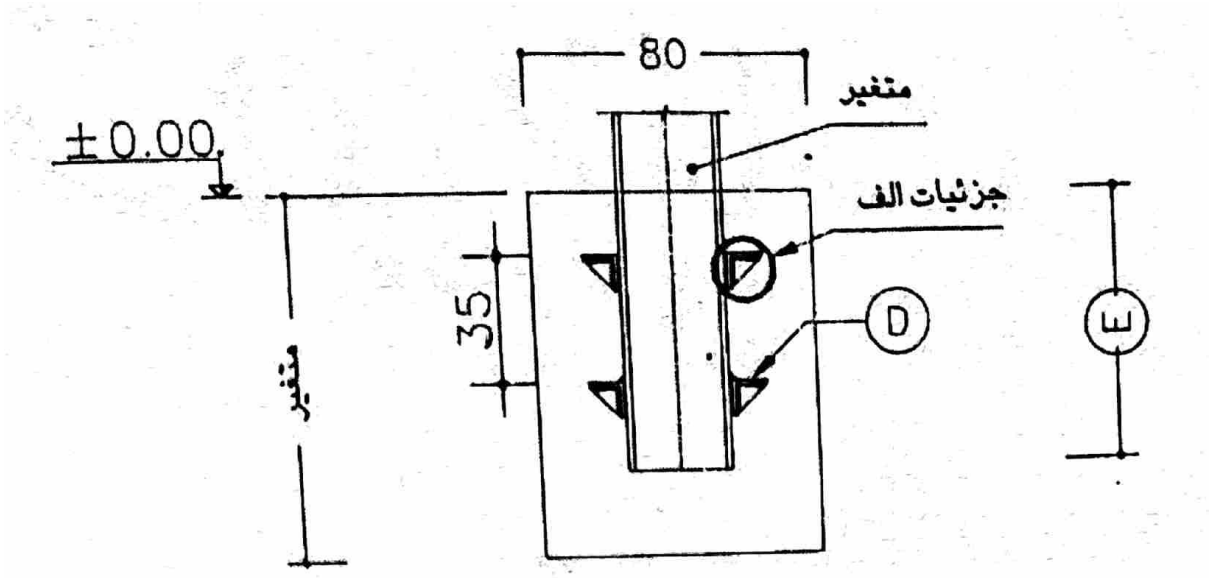
در این قسمت نقشه ها و جزئیات تکمیلی سازه های نگهبان زیر ارائه میشود:

۱- شمع ها و نحوه اتصال اعضای قائم به آنها
۲- فونداسیون
۳- شناژ ها
٤- مهاربندی ها

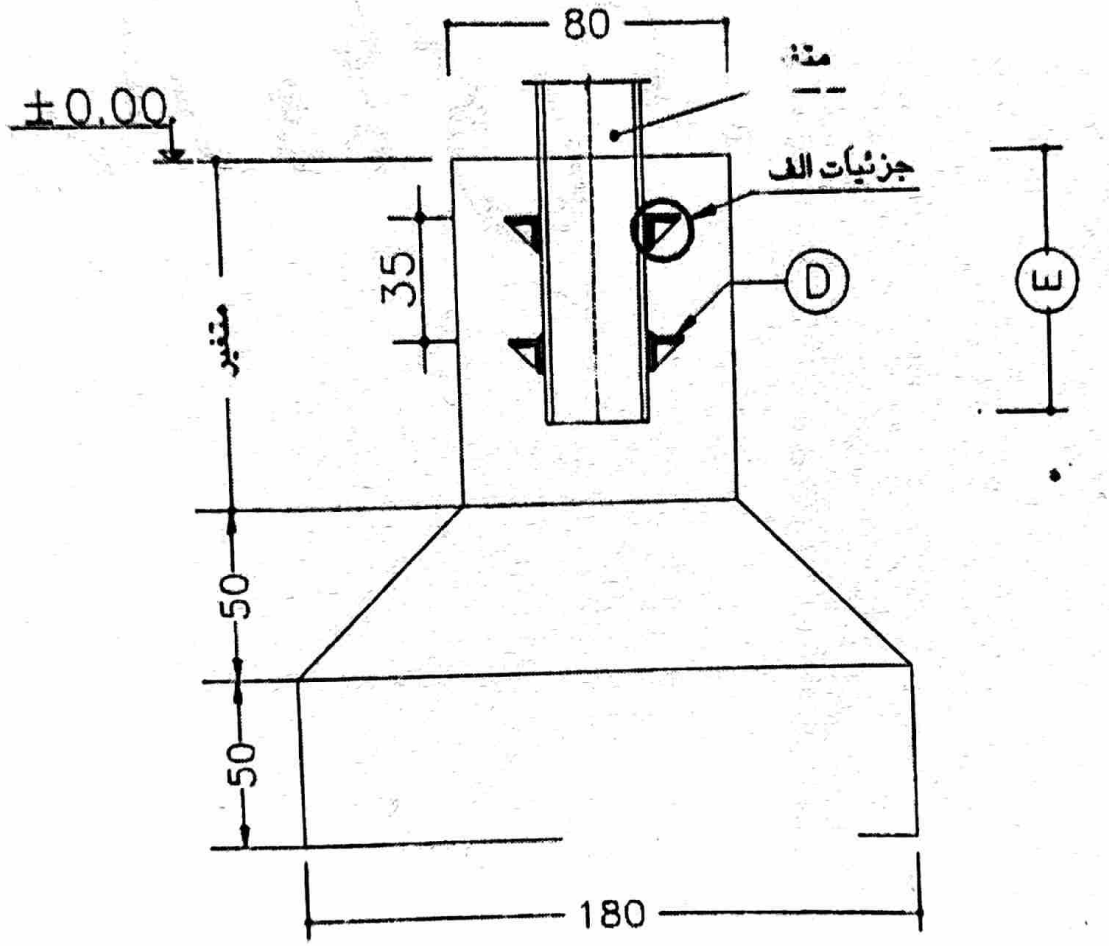
در این نقشه ها برخی از مقادیر و اندازه ها تحت عنوان متغییر درج شده است که در یک سازه نگهبان خاص باید به جای آنها مقادیر محاسبه شده آنها را قرار دهیم. بر روی نقشه ها به جای مقادیر، مشخصات با علائم E,D,C,B,A نوشته شده که این مقادیر از جدول زیر استخراج و به جای علائم مزبور در نقشه ها نوشته میشود.

مشخصات تکمیلی شمع ها، پی‌ها و اعضای مهاری

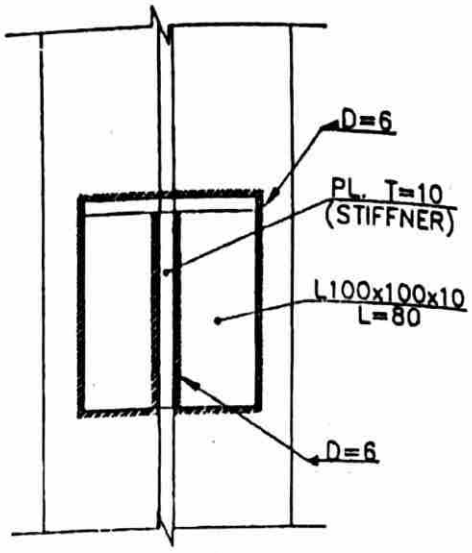
نوع سازه نگهبان		میلگرد طولی شمع	ضخامت پی	قطعات مهر بندی اعضای مایل و قائم	قطعات مهاری عضو مایل در داخل شمع	حداقل طول گیرداری عضو قائم
ارتفاع گود	نوع سازه	(A)	(B) mm	(C)	(D)	(E) mm
۴m	I	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۶۰\times۶۰\times۶$	$۲L۶۰\times۶۰\times۶(L=۱۰۰)$	۶۰۰
	II	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۶۰\times۶۰\times۶$	$۲L۶۰\times۶۰\times۶(L=۱۰۰)$	۶۰۰
	III	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۶۰\times۶۰\times۶$	$۲L۶۰\times۶۰\times۶(L=۱۲۰)$	۶۰۰
۷m	I	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۸۰\times۸۰\times۸$	$۲L۶۰\times۶۰\times۶(L=۱۰۰)$	۸۰۰
	II	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۸۰\times۸۰\times۸$	$۲L۸۰\times۸۰\times۸(L=۱۰۰)$	۸۰۰
	III	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۸۰\times۸۰\times۸$	$۲\times۲L۱۰۰\times۱۰۰\times۱۰(L=۱۰۰)$	۱۰۰۰
۱۰m	I	۸ϕ۱۶	۴۰۰	$L۱۰۰\times۱۰۰\times۱۰$	$۲L۸۰\times۸۰\times۸(L=۱۰۰)$	۱۰۰۰
	II	۱۲ϕ۲۵	۴۰۰	$L۱۰۰\times۱۰۰\times۱۰$	$۲\times۲L۱۰۰\times۱۰۰\times۱۰(L=۱۶۰)$	۱۰۰۰
	III	۱۲ϕ۲۵	۴۰۰	$L۱۰۰\times۱۰۰\times۱۰$	$۲\times۲L۸۰\times۸۰\times۸(L=۲۴۰)$	۱۲۰۰
۱۳m	I	۱۲ϕ۲۵	۵۰۰	$L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲$	$۲\times۲L۸۰\times۸۰\times۸(L=۱۰۰)$	۱۲۰۰
	II	۱۲ϕ۲۵	۵۰۰	$L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲$	$۲\times۲L۱۰۰\times۱۰۰\times۱۰(L=۱۵۰)$	۱۲۰۰
	III	۱۲ϕ۲۵	۵۰۰	$L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲$	$۲\times۲L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲(L=۲۴۰)$	۱۲۰۰
۱۶m	I	۱۲ϕ۳۲	۵۰۰	$L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲$	$۲\times۲L۸۰\times۸۰\times۸(L=۱۶۰)$	۱۵۰۰
	II	۱۲ϕ۳۲	۵۰۰	$L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲$	$۲\times۲L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲(L=۲۰۰)$	۱۵۰۰
	III	۱۲ϕ۳۲	۵۰۰	$L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲$	$۳\times۲L۱۲۰\times۱۲۰\times۱۲(L=۱۵۰)$	۲۰۰۰



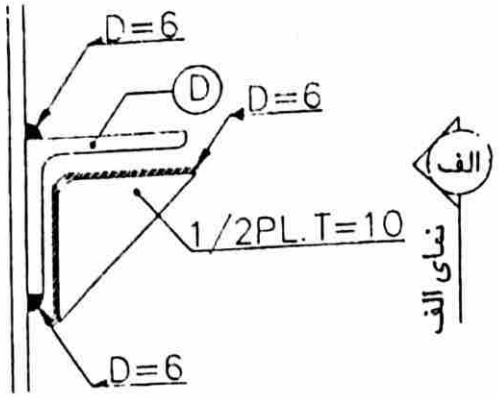
جزئیات اتصال عضو قائم به شمع (شمع بدون پاشنه)



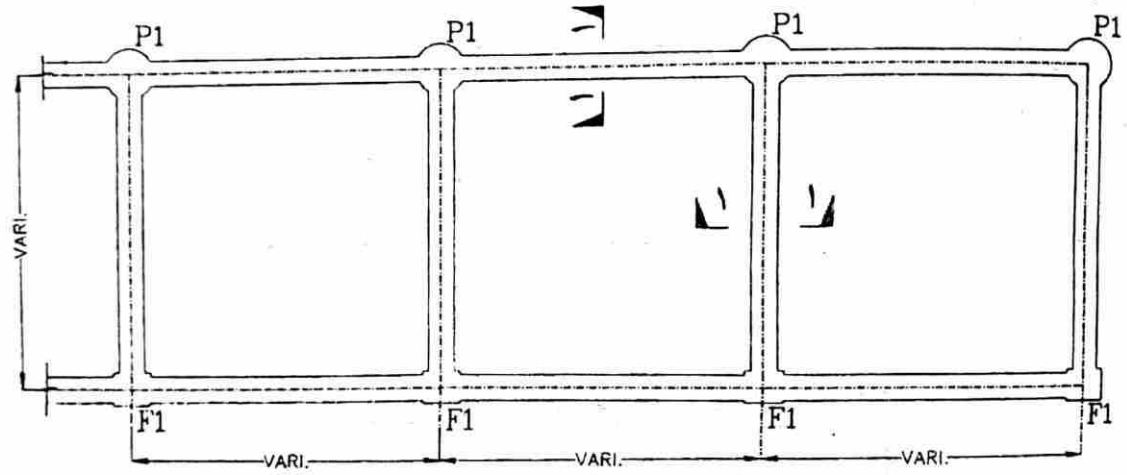
جزئیات اتصال عضو قائم به شمع (شمع با پاشنه)



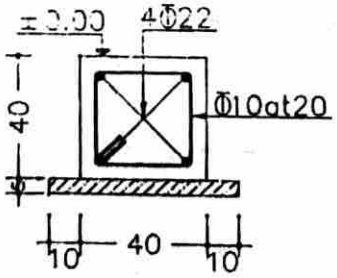
نمای الف



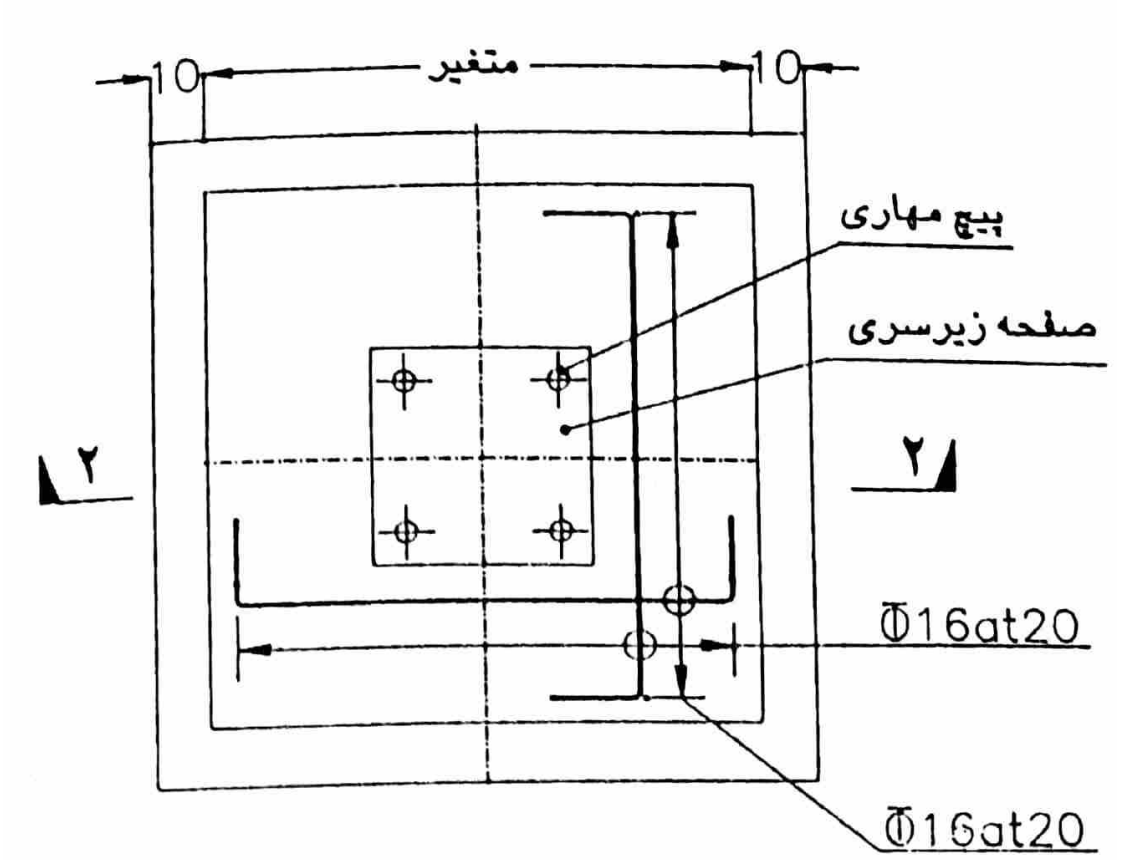
جزئیات الف



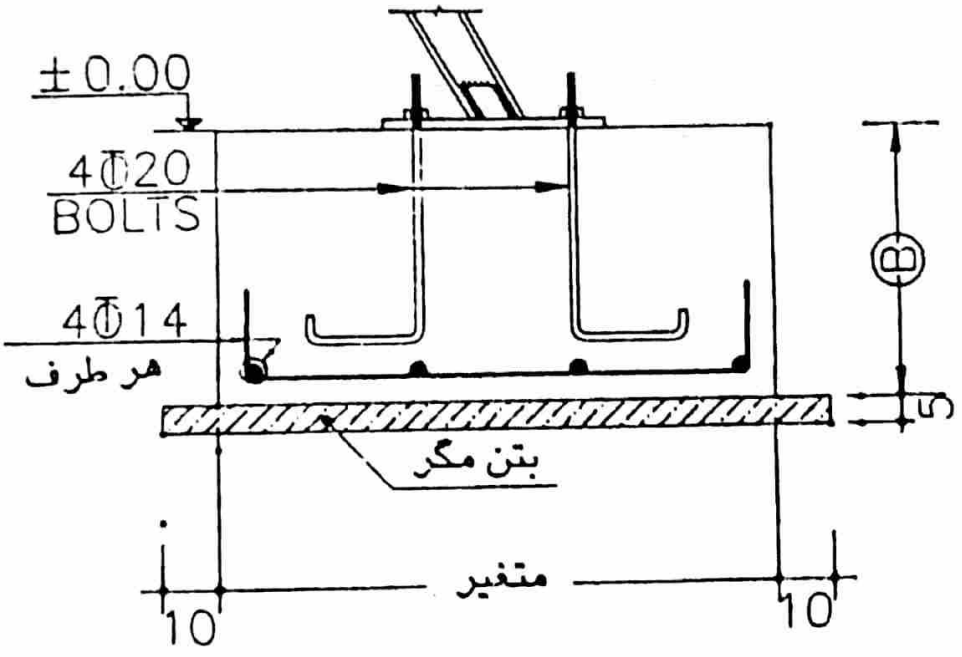
پلان پی



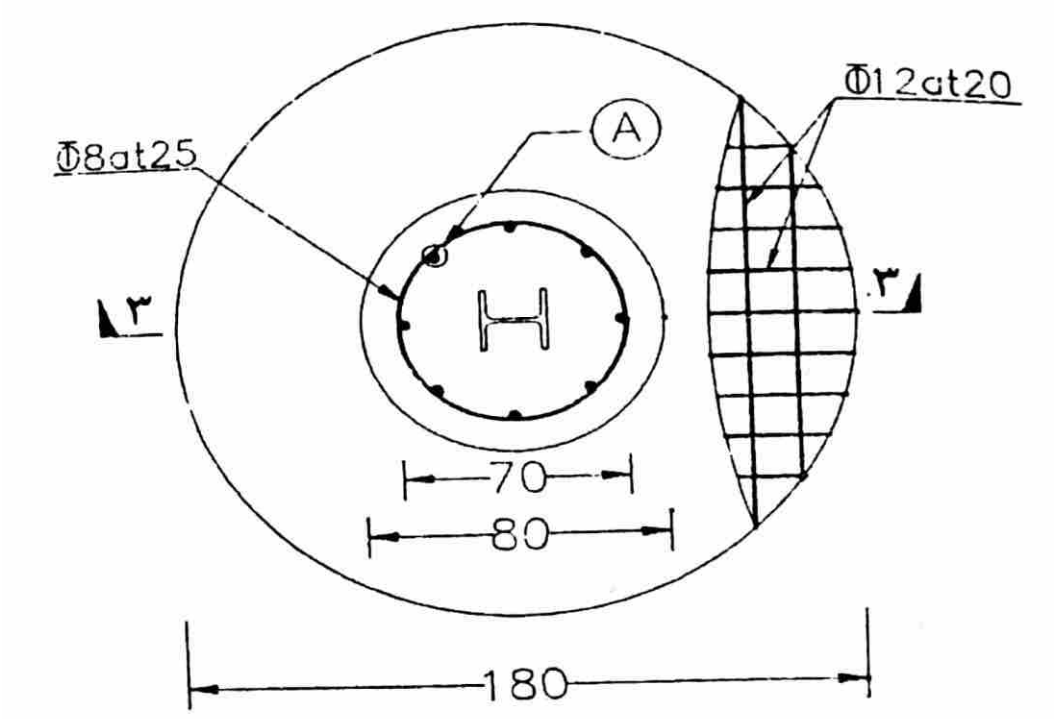
برش ۱-۱


10
متغیر
10
پیچ مهاری
صفحه زیرسری
۲
۲
Φ16at20
Φ16at20

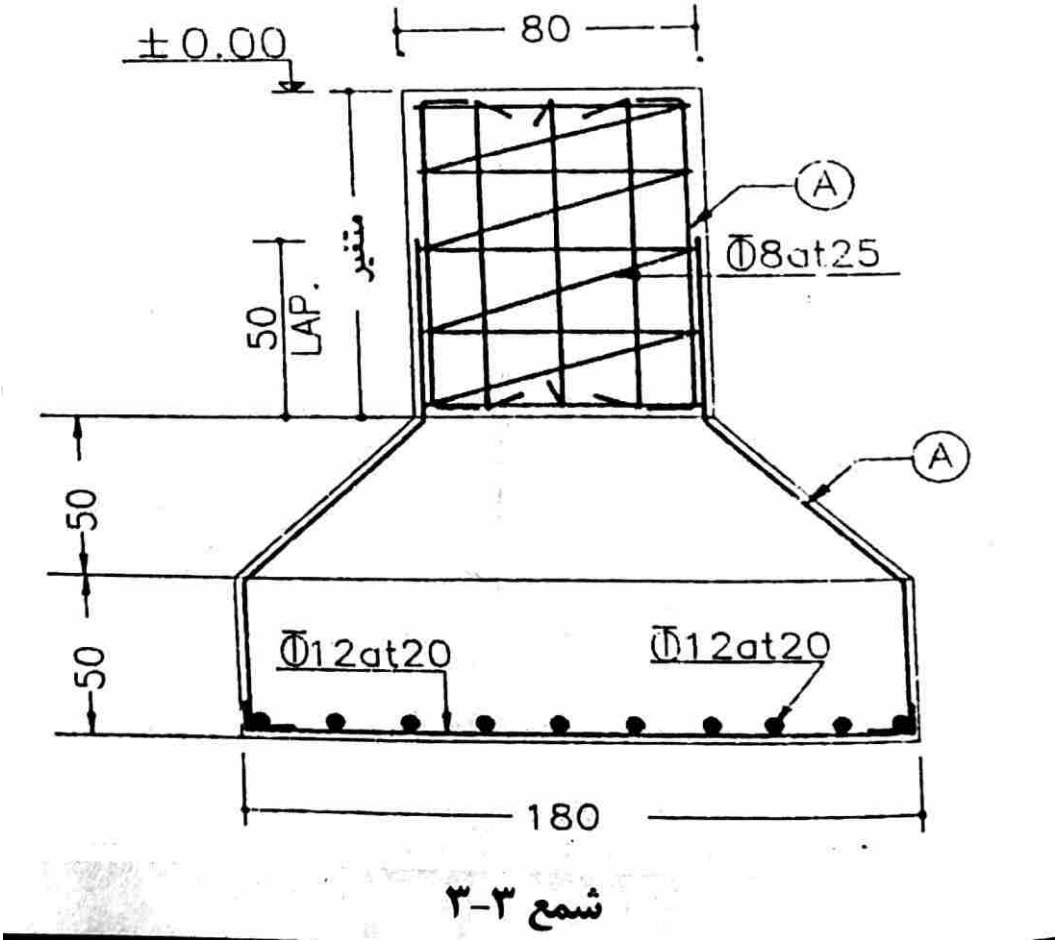
پی F۱


±0.00
4Φ20
BOLTS
4Φ14
هر طرف
B
S
بتن مگر
متغیر
10
10

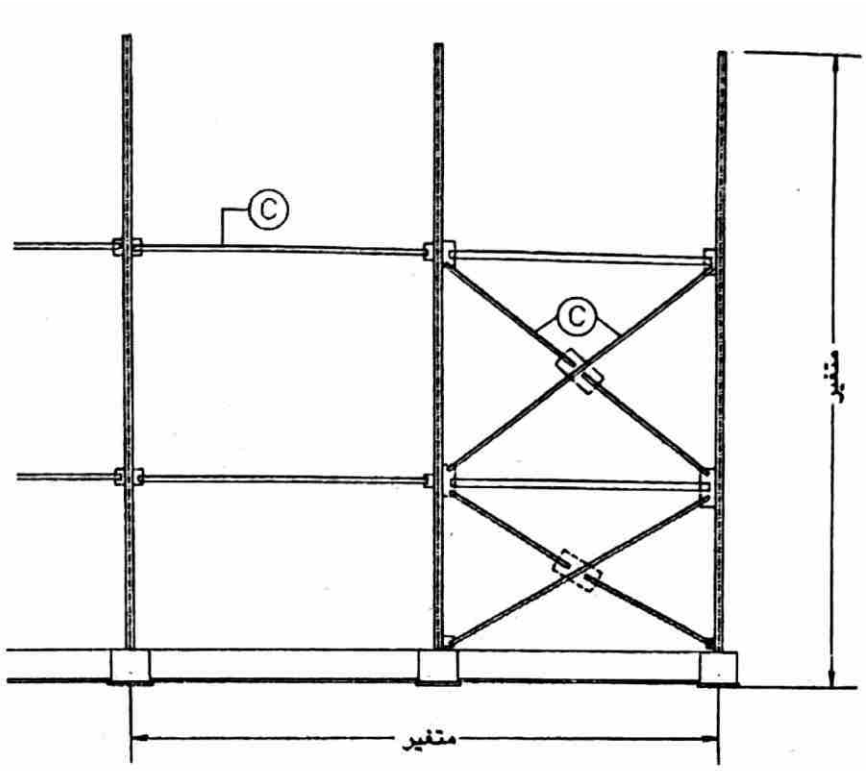
برش ۲-۲


Φ12at20
Φ8at25
A
٣
٣
70
80
180

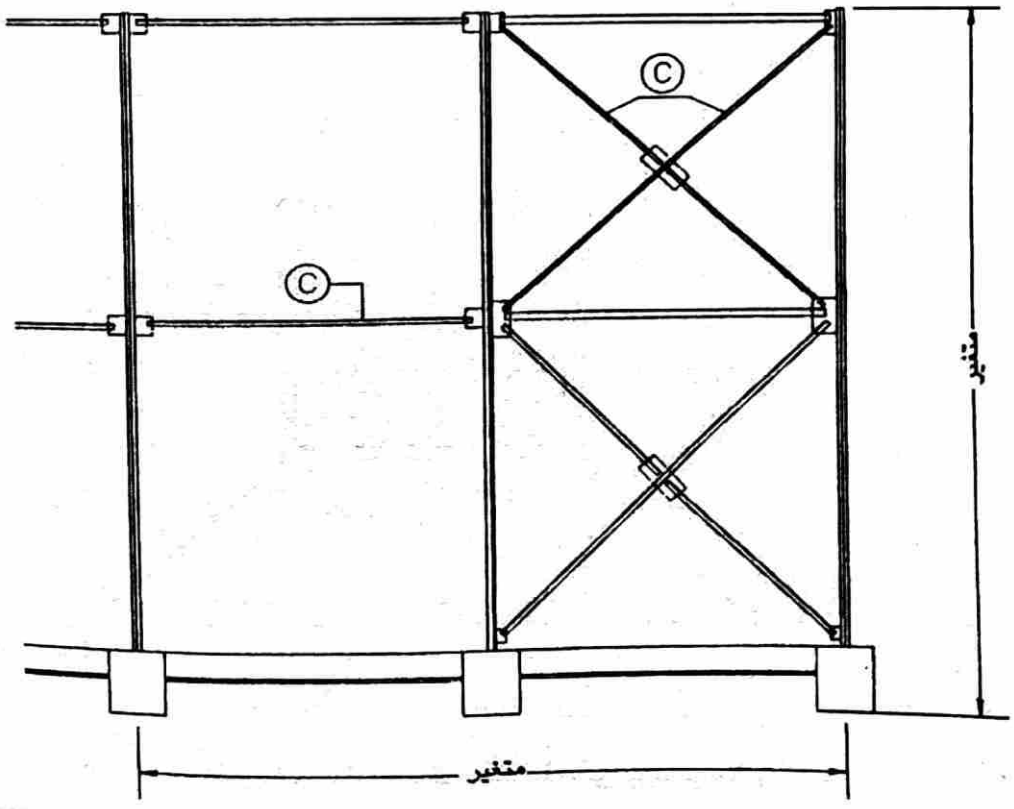
شمع P١


±0.00
80
متغير
50
LAP.
A
Φ8at25
A
50
50
Φ12at20
Φ12at20
180

شمع ٣-٣



مهاربندی اعضای مایل



مهاربندی اعضای مایل

مثال طراحی سازه نگهبان :

برای احداث یک ساختمان نیاز به گودبرداری به عمق ۷ متر است. اطراف زمین هیچ سازه ای وجود ندارد. بنابراین Q=0 می باشد. مطلوب است طراحی سازه نگهبان مورد نیاز مشخصات خاک منطقه به قرار زیر است:

$\varphi = 34^{\circ}$

C=0.4 kg/cm^2

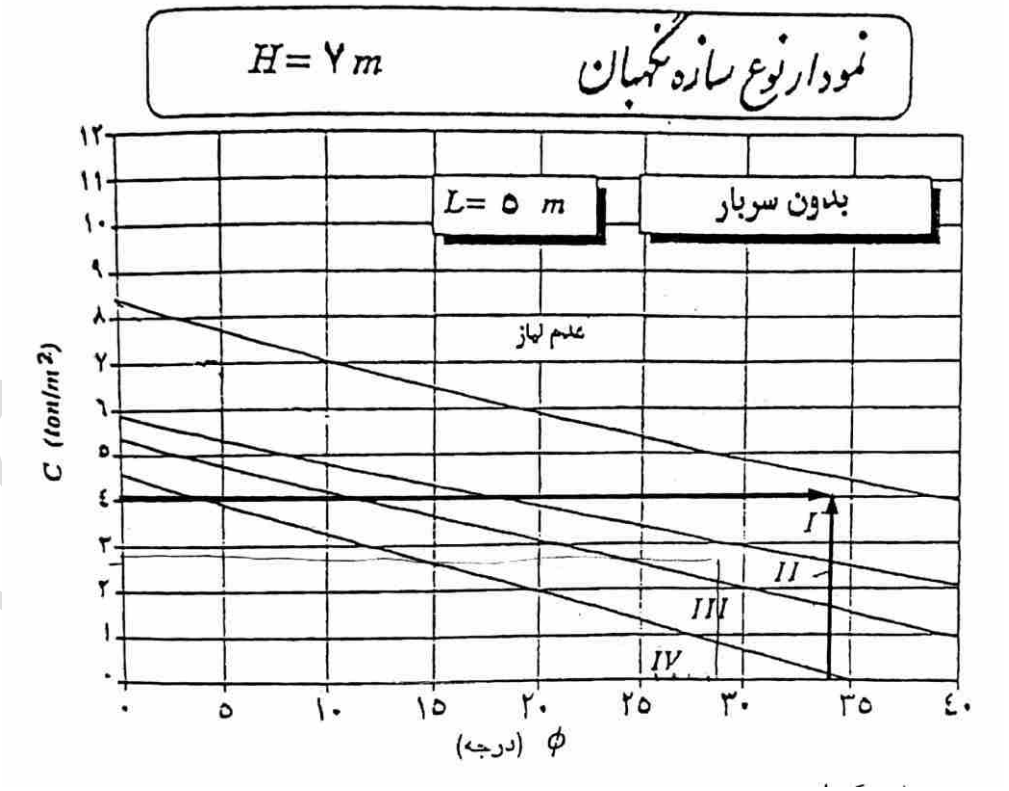
فرض میکنیم فاصله خرپا L=5m در نظر گرفته شود.

- **تعیین نوع سازه نگهبان:**

داده های طراحی :

H=7m , L=5m , Q=0 , C=4 $^{ton}/_{m^2}$, $\varphi = 34^{\circ}$

با توجه به داده های طراحی نوع سازه نگهبان را می توان از روی نمودار شکل زیر مشخص نمود:

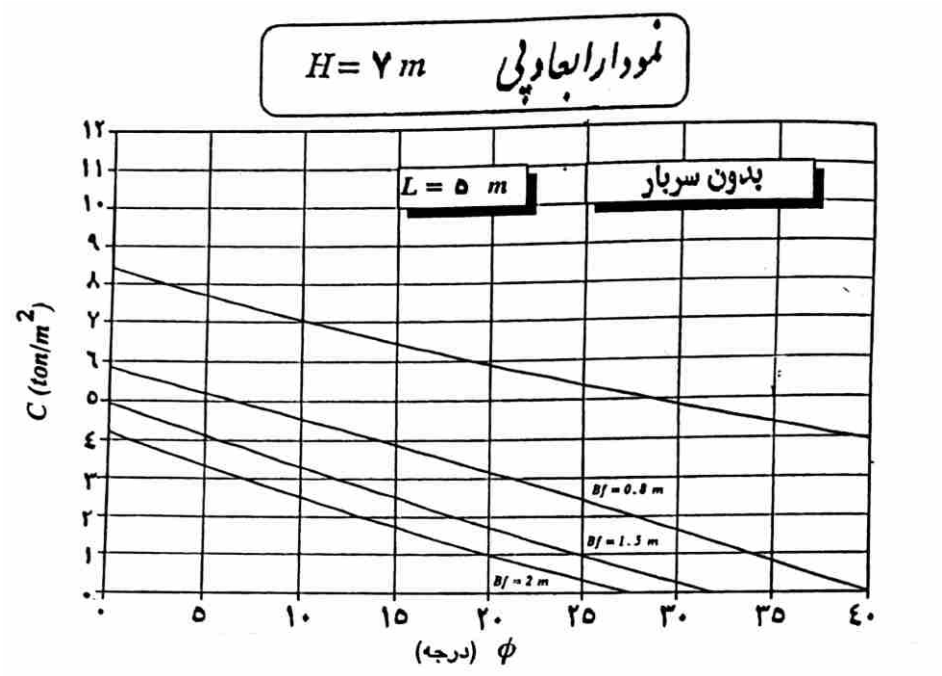


همان طوری که در نمودار مشاهده می کنید محل تلاقی دو مقدار $\varphi = 34^{\circ}$ و C=4 $^{ton}/_{m^2}$ به وسیله دو پیکان نشان داده شده است که نوع سازه نگهبان را نوع I را مشخص میکند.

- **تعیین ابعاد پی :**

داده های طراحی :

H=7m , L=5m , Q=0 , C=4 $^{ton}/_{m^2}$, $\varphi = 34^{\circ}$

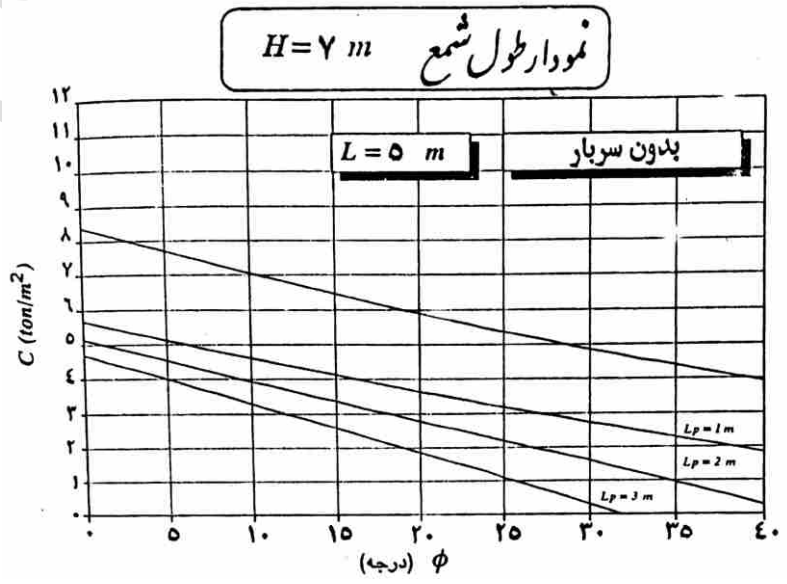


با توجه به نمودار ابعاد پی 0.8 متر خواهد بود. $B_f = 0.8\,m$

- **تعیین طول شمع :**

داده های طراحی :

H=7m , L=5m , Q=0 , C=4 $^{ton}/_{m^2}$, $\varphi = 34^{\circ}$



با توجه به نمودار طول شمع ۱ متر خواهد بود. $L_p = 1\ m$

- **تعیین پارامترهای A-B-C-D-E**

برای سازه نگهبان ۷ متری تیپ I از جدول زیر استفاده می شود.

نوع سازه نگهبان		میلگرد طولی شمع	ضخامت پی	قطعات مهار بندی اعضای مایل و قائم	قطعات مهاری عضو مایل در داخل شمع	حداقل طول گیرداری عضو قائم
ارتفاع گود	نوع سازه	(A)	(B) mm	(C)	(D)	(E) mm
۷m	I	۸ϕ۱۶	۴۰۰	L۸۰×۸۰×۸	۲L۶۰×۶۰×۶(L=۱۰۰)	۸۰۰
	II	۸ϕ۱۶	۴۰۰	L۸۰×۸۰×۸	۲L۸۰×۸۰×۸(L=۱۰۰)	۸۰۰
	III	۸ϕ۱۶	۴۰۰	L۸۰×۸۰×۸	۲×۲L۱۰۰×۱۰۰×۱۰(L=۱۰۰)	۱۰۰۰

طراحی با استفاده از نرم‌افزارهای اجزای محدود: در این روش، از نرم‌افزارهای اجزای محدود مهندسی معکوس برای طراحی سازه نگهبان خرپایی استفاده می‌شود. این نرم‌افزارها به مهندسین اجازه می‌دهند تا با وارد کردن ویژگی‌های مختلف مانند خواص مکانیکی خاک و مواد سازه، ارتفاع سازه و شرایط بارگذاری، سازه نگهبان را شبیه‌سازی کنند و نتایج دقیقی از رفتار سازه در شرایط مختلف به دست آورند. این روش دقیق‌تر است و به مهندسان امکان می‌دهد تا اصلاحات لازم را در طراحی اعمال نمایند.

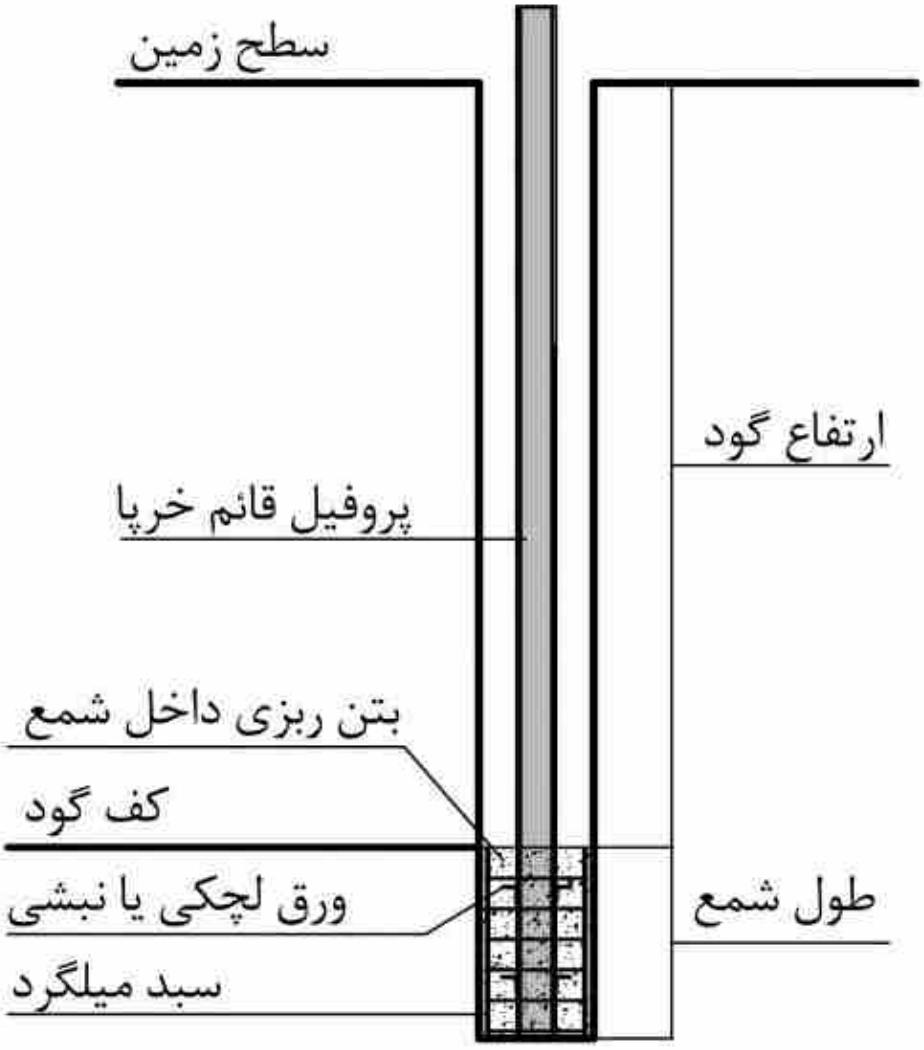
مرحله ۲: حفاری چاه

پس از نهایی شدن طرح و نقشه‌ها، حفاری چاهک‌هایی به منظور قراردادن سولجرهای عمودی (اعضای قائم) است. این مرحله قبل از شروع گودبرداری صورت می‌گیرد. این چاهک‌ها در لبه دیواره ملک مجاور حفر می‌شوند

.در پروژهای شهری و کوچک این چاهک ها عموما بوسیله دست حفاری میشود . با توجه به این امر که بایستی این چاهک بوسیله نیروی انسانی حفر شود حداقل قطر چاهک برابر با ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته میشود که یک نفر بتواند داخل آن به راحتی حفر چاه را انجام دهد. **عمق چاهک برابر است با عمق گودبرداری همراه با طول ریشه شمع‌ها**.

بطور معمول طول ریشه حدود ۲۰٪ از عمق گود خواهد بود که بتن ریزی در آن صورت میگیرد و قطر آن نیز نباید از ۸۰ سانتی متر کمتر باشد تا بتوان به راحتی نیمرخ‌های فلزی را در آن قرار داد و ریشه آن را بتن ریزی کرد.

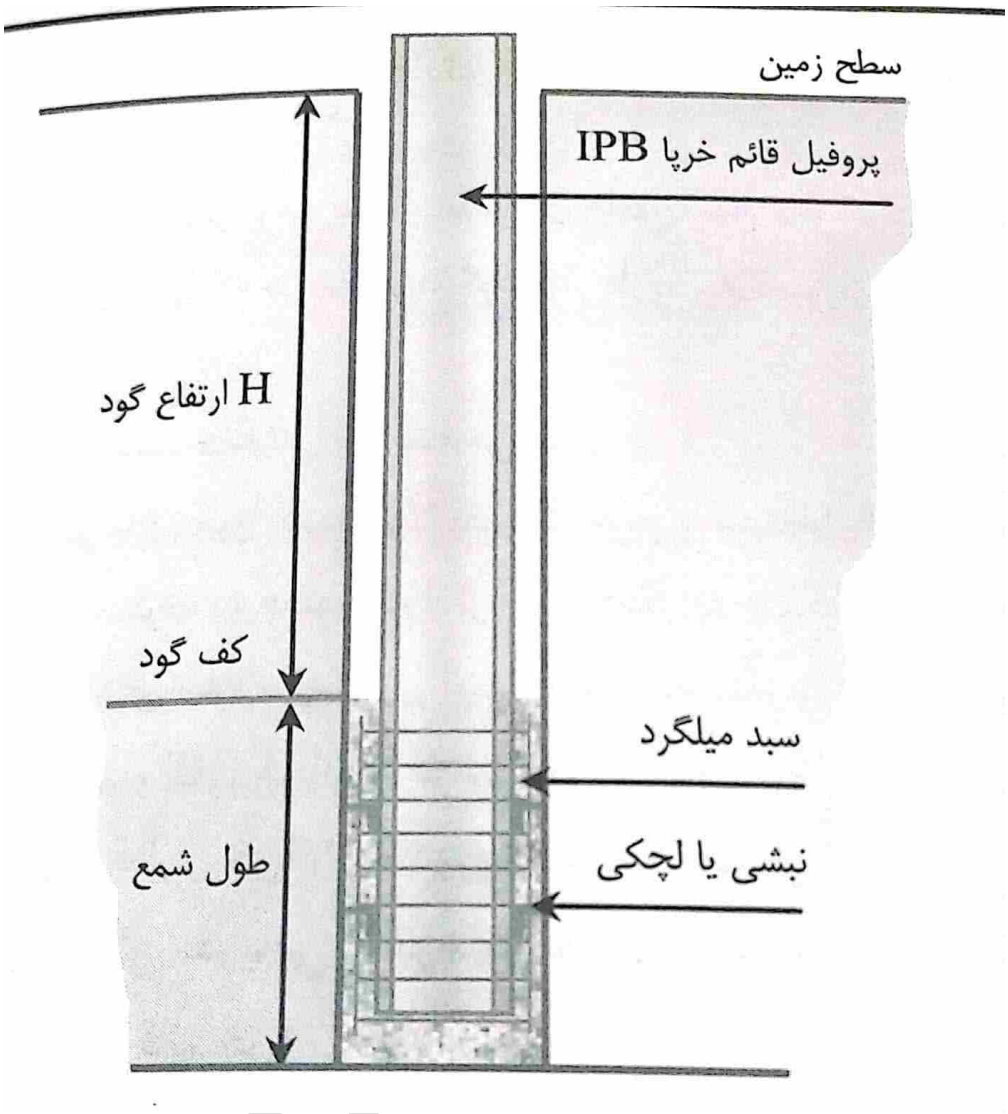
تصویر شماره ۵- حفاری چاه اعضای قائم



مرحله ۳ : ساخت و اجرای شمع

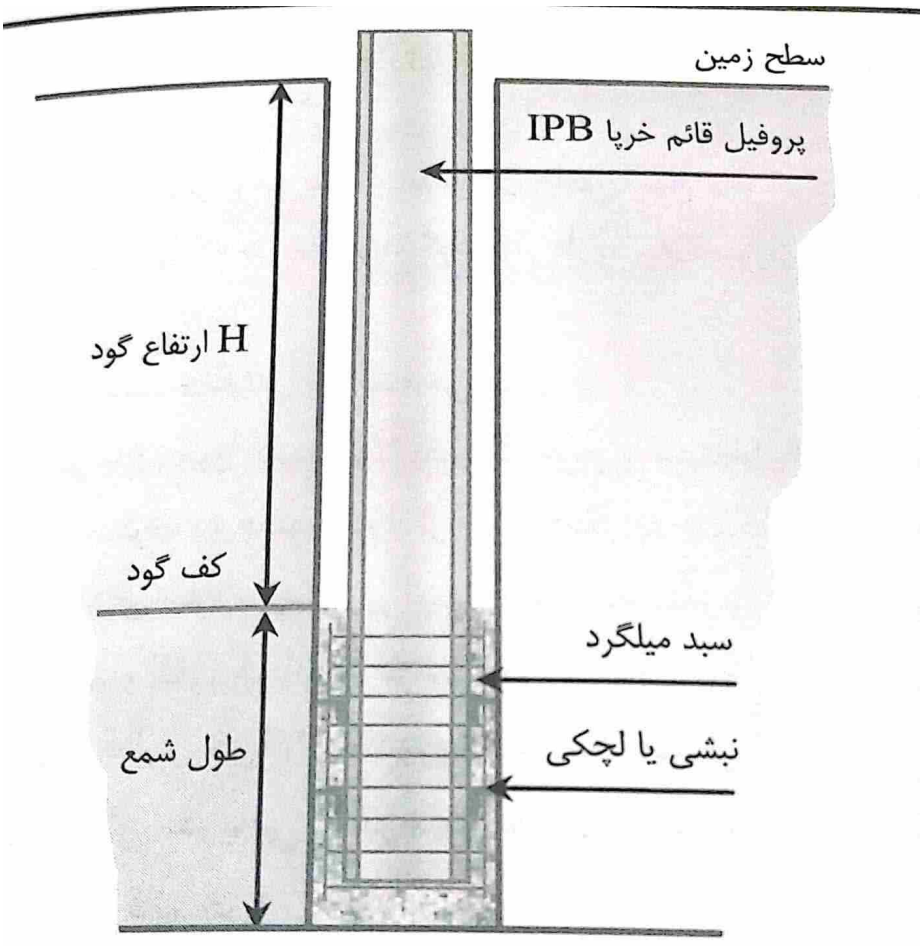
برای اجرای شمع بایستی از سبد میلگرد بافته شده همراه با دورپیچ استفاده کرد. جهت ساخت شمع با استفاده از قالب هایی مدور؛ میلگرد طولی آن و میگرد دور پیچ آن بوسیله جوشکاری اجرا میکنند. نصب اسپیسر برای ایجاد فاصله بین سبد میلگرد و دیواره چاه ضروری میباشد. این اسپیسرها نقش ایجاد کاور مناسب برای میلگردها را دارند که برای جلوگیری از زنگ زدگی آرماتورها میباشد.

پس از تکمیل بافت سبد؛ این سبد بوسیله جرثقیل داخل چاه حفر شده برای اعضای قائم انداخته میشود.

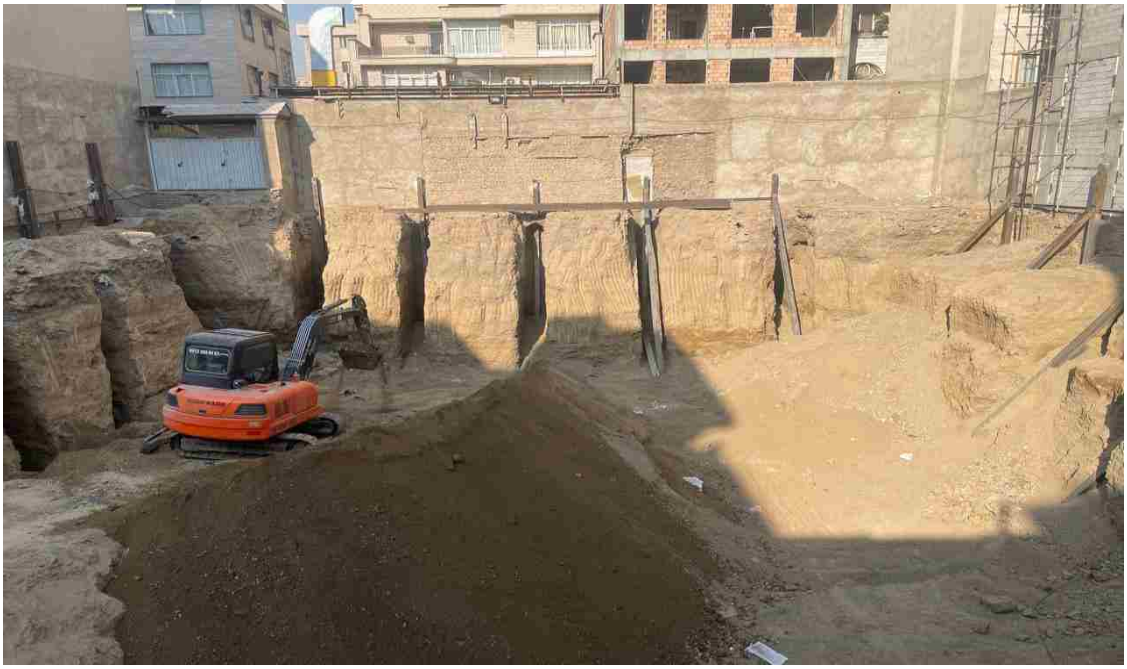


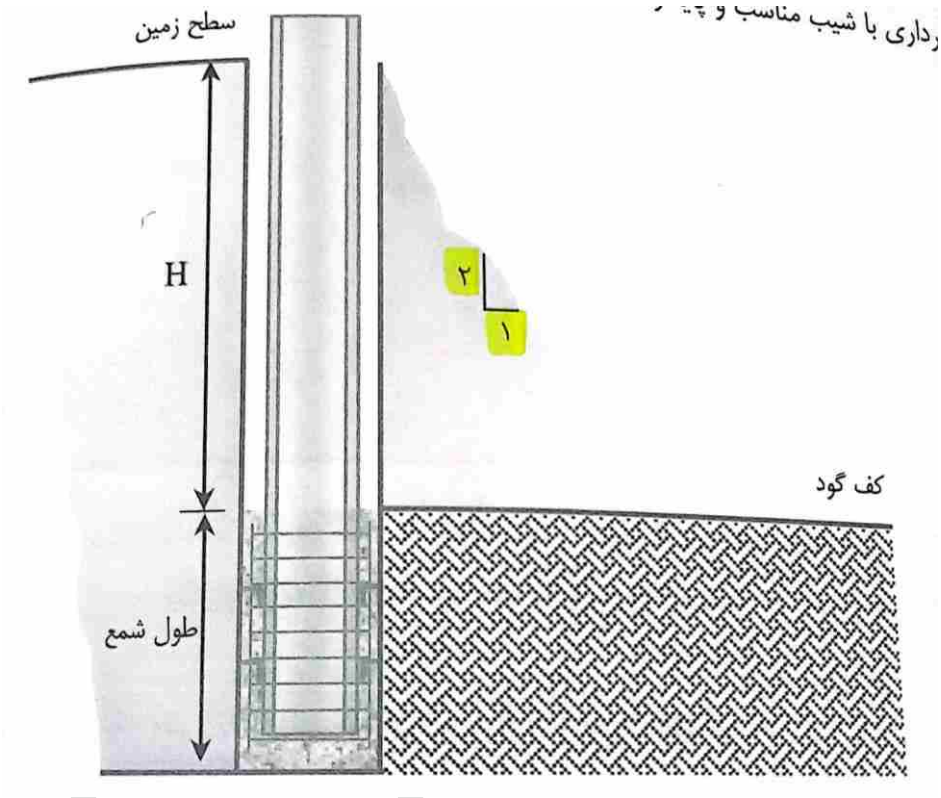
- **مرحله ۴ : اجرای اعضای قائم**

پس از حفر چاهک‌ها و نصب سبد های میلگرد؛ نوبت به اجرای سولجرهای عمودی میرسد. مقاطع استفاده شده برای این سولجرها عموماً دوبل نیمرخ IPE است که میتوان برای گیرداری بیشتر و عملکرد یک دست تر با ریشه شمع‌ها و همچنین جهت انتقال نیروی کششی در بتن ؛ چند ردیف برشگیر یا ناودانی در پایین شمع‌ها به جان آن جوش داده شود. باید در نظر داشت که سولجرها تا حد ممکن به دیوار ملک مجاور تکیه داده باشند تا تغییرشکل‌های ملک مجاور به حداقل برسد و درصورتی که فضای خالی وجود داشته باشد، با مصالح مناسب پر شود.



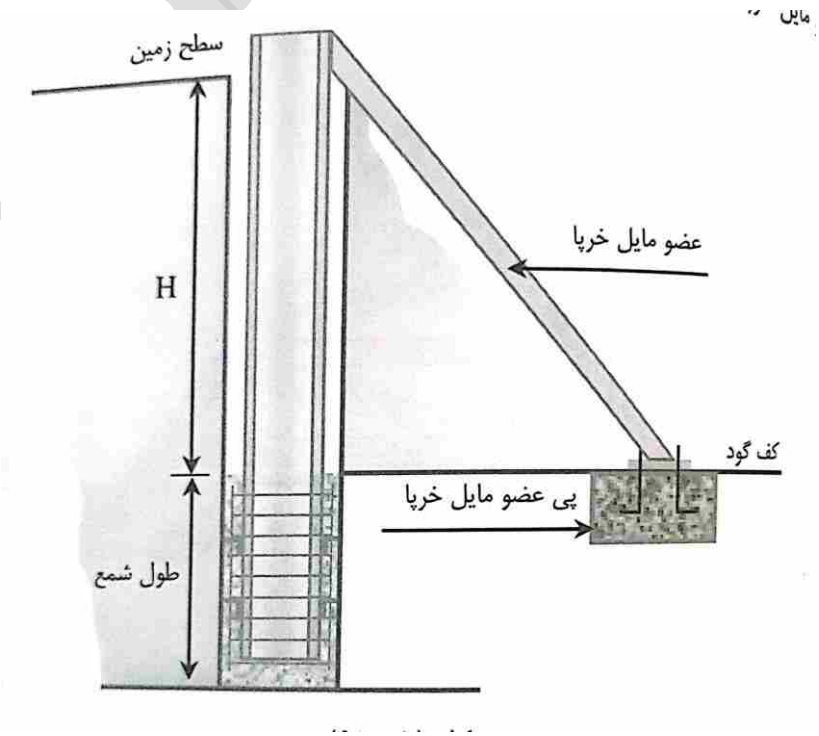
- **مرحله ۵- خاکبرداری** :در این مرحله، خاکبرداری عموماً با شیب ۱ به ۲ تا تراز کف گود انجام می‌شود به گونه‌ای که بتوان در مراحل بعدی فونداسیون عضو مایل را اجرا کرد. باید توجه داشت که شیب خاکبرداری به گونه‌ای باشد که تا زمانیکه سایر اعضای خرپا اجرا شود پایدار بماند.





مرحله ۶: اجرای فونداسیون و نصب عضو مایل

- فونداسیون عضو مایل بصورت مربعی میباشد و زیر تراز کف گود اجرا میشود . سپس اجرای عضو مایل به گونه‌ای که بوسیله صفحه ستون روی فونداسیون خود قرار گیرد و از بالا به



عضو قائم جوش شود. به جهت آنکه مجموعه خرپاها عملکرد یکپارچه داشته باشند فونداسیون هر یک از خر پاها بوسیله شناژ به یکدیگر متصل می‌شوند.

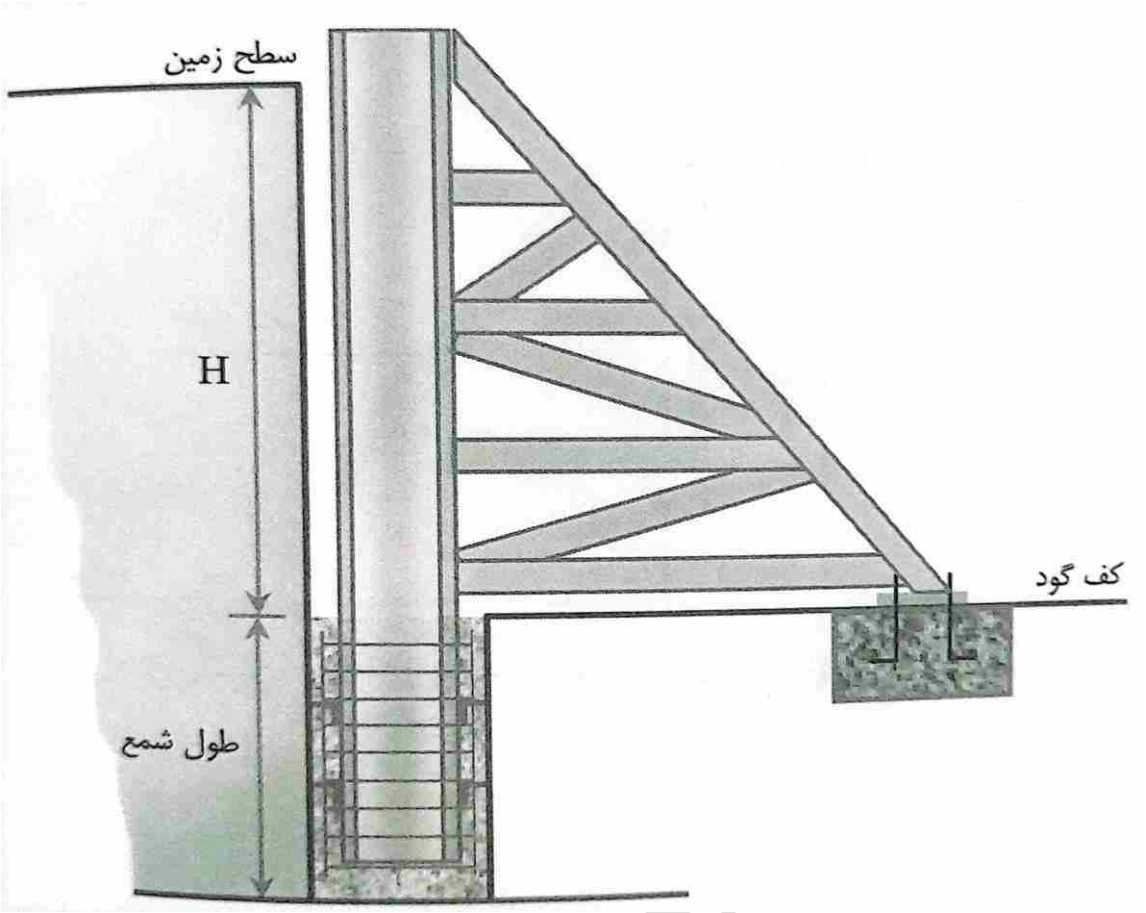
- **مرحله ۷- نصب اعضای افقی و خاکبرداری**

بعد از اجرای عضو قائم و مایل خر پا نوبت به تکمیل مرحله‌ای اعضای افقی و مورب می‌رسد. ابتدا تا تراز اولین عضو افقی خاکبرداری صورت می‌گیرد و سپس این عضو به اعضای مایل و قائم جوش داده می‌شود. باید توجه داشت که جهت عملکرد یکدست سازه نگهبان خرپایی بین عضوهای قائم بوسیله مش و شاتکریت پوشانده می‌شود. مراحل فوق به ترتیب انجام شده تا به تراز کف گود رسیده و کلیه اعضای سازه نگهبان تکمیل گردد

هدف اصلی از این بادبندها عملکرد یکپارچه خرپاها و ممانعت از کمانش خارج از صفحه اعضای مایل می‌باشد

..

HYUNDAI



۱-۱۴ نکات مهم سازه نگهبان خرپایی

- سازه نگهبان خرپایی باید قبل از این که کف گود به تراز موردنظر برسد، اجرا شود. تاخیر در اجرای سازه نگهبان در بسیاری از موارد باعث ریزش خاک دیواره‌ها بر اثر نیروی رانشی خواهد شد.
- فراموش نکنید که استفاده از این روش پایدارسازی برای خاک‌هایی با چسبندگی کم، موثر نیست و در این شرایط باید روش‌های دیگری را به این منظور مورد استفاده قرار داد.
- هنگام اجرای سازه نگهبان، شناسایی تَرک‌های موجود را از خاطر نبرید.
- بی‌دقتی در برقراری اتصالات سازه نگهبان، عواقب جبران‌ناپذیری را به همراه دارد؛ بنابراین با استفاده از صفحات فلزیِ با ابعاد مناسب در روند جوشکاری، نسبت به گسستن سازه بر اثر فشار پیشگیری کنید.
- با پاشیدن دوغاب بر روی ترانشه‌ها، ایجاد تَرک یا حرکت لایه‌ها را با دقت بیشتری تحت‌نظر داشته باشید.

- عضو قائم سازه نگهبان خرپایی باید حتما در تماس با سازه مجاور یا خاک آن باشد. عدم رعایت این نکته بسیار مهم، ایمنی را در طرح شما از بین خواهد برد و سازه نگهبان در این شرایط، اثر حفاظتی خود را کاملا از دست خواهد داد.

- موقعیت خرپاها را با توجه به موقعیت قرارگیری ستون‌های سازه مجاور تعیین کنید تا این دو، موقعیتی یکسان داشته باشند.
- در صورتی که عملیات گودبرداری در مجاورت یا سطح زیرین سفره‌های زیرزمینی انجام می‌گیرد، به منظور تامین ایمنی، روند زهکشی و خشک‌سازی را پشت سر بگذارید.
- رده و عیار بتن را حتما با توجه به طراحی سازه نگهبان خرپایی مشخص کنید تا بتن، قادر به اجرای وظایف حفاظتی خود باشد.
- در شرایطی که دیواره‌های گود از خاک ضعیفی برخوردار هستند، فاصله بین سازه‌های نگهبان را با روش‌هایی مثل بتن‌پاشی (شات کریت) ایمن کنید.
- به منظور افزایش ایمنی بهتر است که در فاصله بینِ پی مجاور و شمع عضو قائم، از شناژ افقی بهره برده شود.

۷- زمان برداشتن سازه نگهبان

با احداث بخش‌هایی از سازه دائم که توانایی مهار نیروی جانبی دیواره ها را دارند، شما میتوانید نسبت به برچیدن سازه نگهبان گود اقدام کنید. معمولا دیواره‌های حائل یا قاب‌های سازه پس از احداث می‌توانند جایگزین سازه نگهبان شوند؛ البته در صورتی که شما قصد جایگزینی بخشی از سازه دائم با سازه نگهبان خرپایی را داشته باشید، به عنوان طراح باید قاب یا دیوار حائل را طوری طراحی کنید تا این سازه‌ها قادر به دفع فشار دیواره‌های گود باشند.

توجه داشته باشید که اگر عضو قائم یا عمودیِ سازه نگهبان، در مسیر اجرای دیواره‌های حائل، پی و شناژ قرار گرفته باشد، شما می‌توانید آرماتور این اعضا را به منظور جلوگیری از برخورد با عضو قائم، از طرفین این عضو عبور دهید. البته در برخی از موارد که ملاحضات قانونی این اجازه را در اختیار شما قرار می‌دهد؛ می‌توانید با وارد کردن گود به خاک سازه‌های مجاور، فضای بیشتری را برای این عملیات فراهم کنید.

در مواردی که قاب‌های دائمی، قادر به مهار بار رانشی دیواره‌ها هستند، شما باید پس از اجرای قاب‌ها، پشت آن‌ها را با استفاده از بتن ضعیف پر کنید. رعایت این نکته به شما اجازه می‌دهد تا سازه نگهبان را باز کرده و روند اجرای دیواره‌های حائل را آغاز کنید.

مزایا و معایب روش سازه نگهبان خرپایی

معایب:

- سرعت اجرا در مقایسه با روشهای پیشرفته تر نسبتا کمتر است.
-
- در گودهای تا عمق ۱۰ متر مقرون به صرفه بوده و در گودهای با عمق بیشتر، بهتر است از سایر روش‌ها و یا به صورت ترکیبی برای پایدارسازی دیواره‌های گود استفاده شود.
- اعضای مایل آن داخل گود را اشغال کرده و قدرت مانور از اکیپ‌های اجرایی گرفته می‌شود.
- بخشی از عرض فنداسیون توسط اعضای قائم اشغال شده و بعضاً مجبور به برش میلگردهای طولی فنداسیون می‌شویم.

مزایا:

- برای تمامی گودهای واقع در مناطق شهری مناسب است.

- از نظر اجرا در شرایط مختلف قابلیت انعطاف زیادی دارد و امکان استفاده مجدد از خرپا وجود دارد.
- اجرای آن ساده است و به تخصص و دستگاه های خاص نیاز ندارد.

مرتضی فندی

پایان