

# به نام خداوند جان و خرد

سازمان نظام مهندسی استان گیلان

# (( مروری بر پی های عمیق ))

**\*\* تهیه و تنظیم :**

**مهندس خدابنده**

**\*\* با همکاری :**

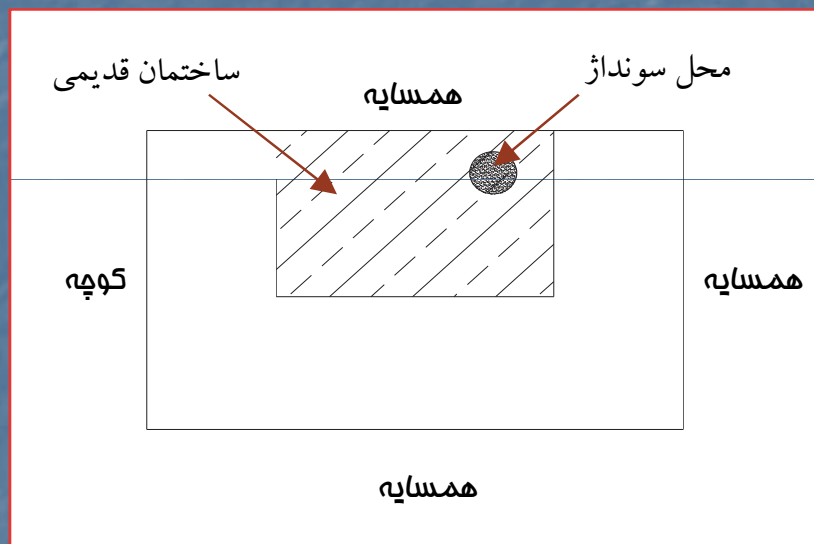
**مهندس پیکرنگار**

## \* بخش اول \*

(( استفاده از چاهک (شمع کوتاه) در پی های سطحی))

## \* مراحل خاکبرداری (پی کنی):

- ۱- برداشت خاک تا عمق ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر
- ۲- پی قدیمی برداشته شود
- ۳- در ابتدای عملیات خاکبرداری حتما حضور داشته باشیم:



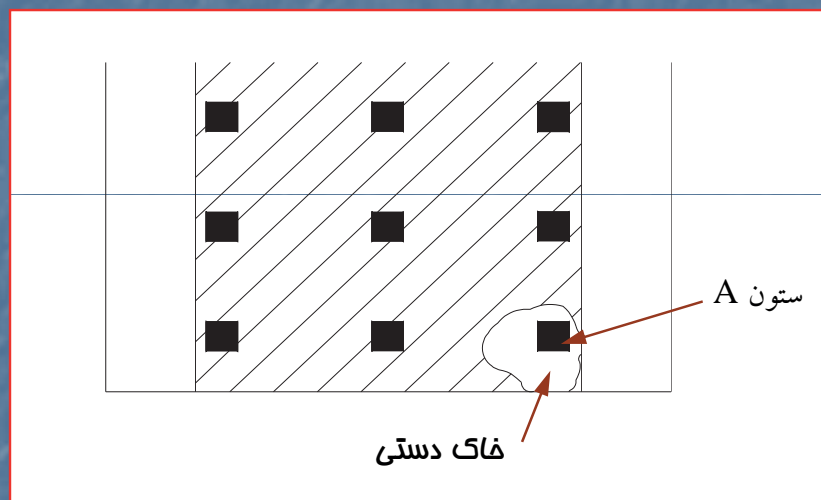
- سونداژ در محل ساختمان قدیمی و نگاه کردن به بستر زیر پی ساختمان
- دادن دستور مناسب با توجه به مشاهدات فوق در خصوص ادامه خاکبرداری

- ۴- در بعضی از نقاط خاک دستی می باشد. قبل از مگر ریزی، خاک دستی برداشته شود و با مصالح مرغوب جایگزین شود.
- ۵- در پایان عملیات خاکبرداری در محل حضور داشته باشیم.



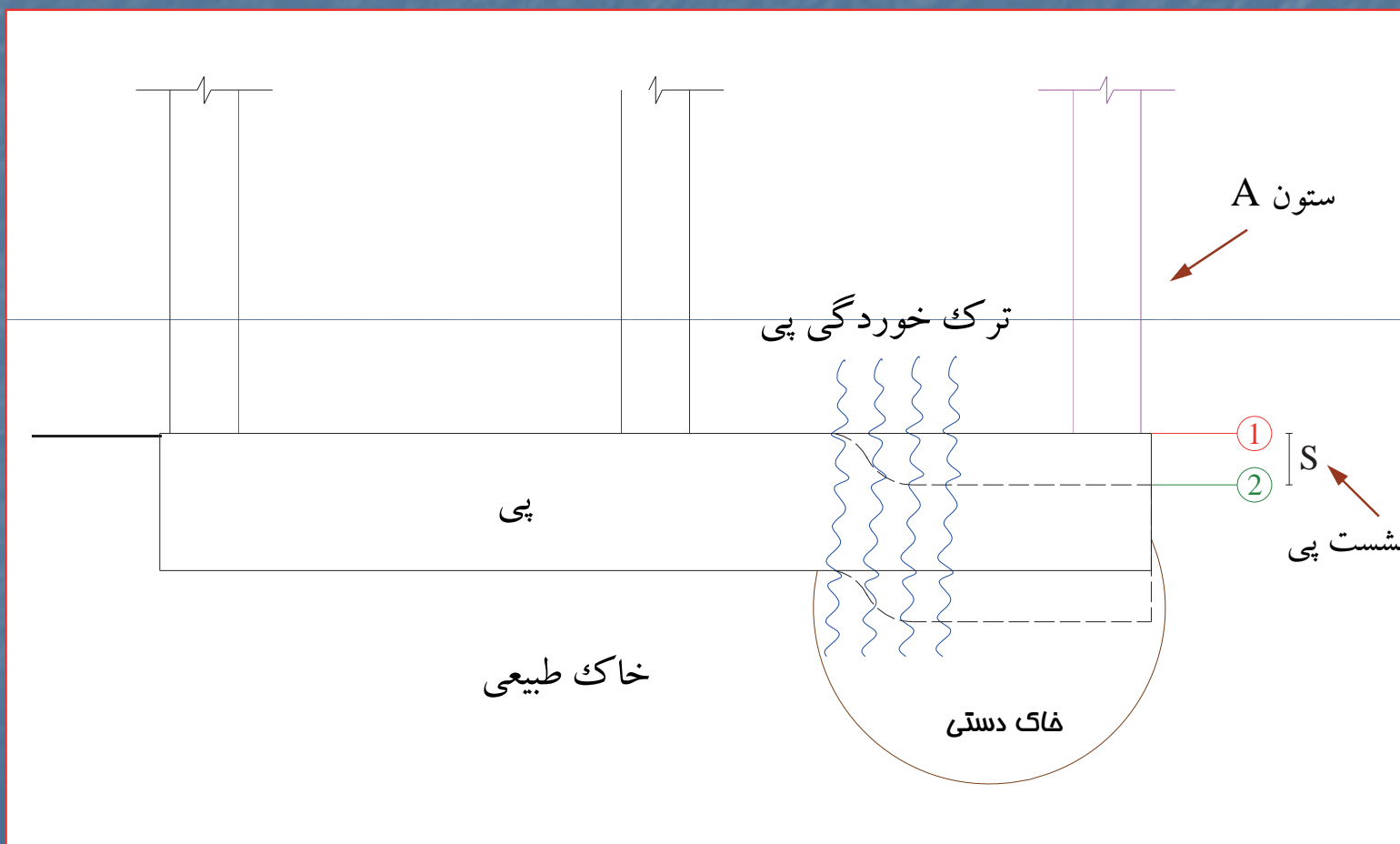
## \* خاک دستی :

- خاک دستی یکنواخت نبوده، دارای تراکم یکسان نیست و نفوذ پذیری ثابتی ندارد.
- کل سازه دچار نشست نامتقارن شده و باعث ترک خوردن دیوارها، کف و ... می گردد.

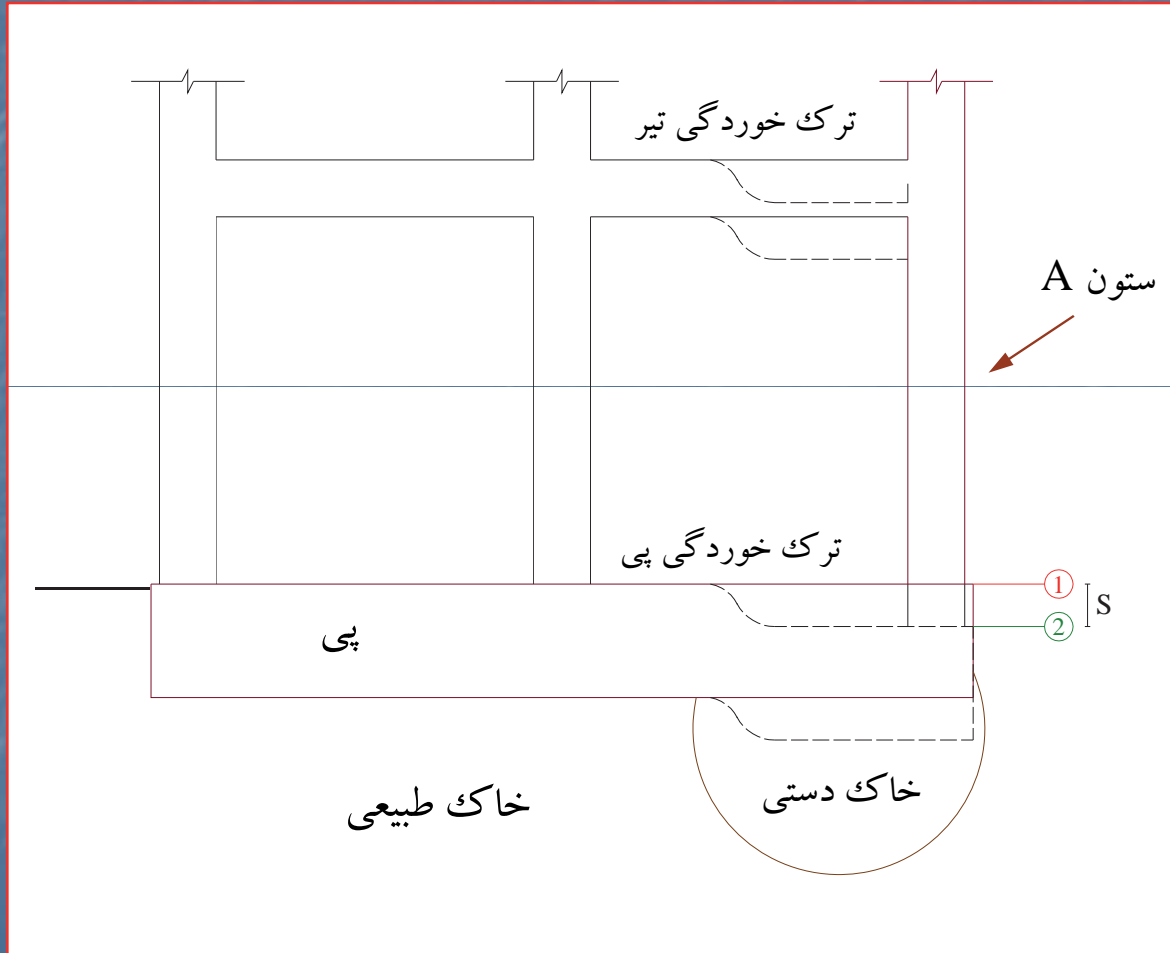


- خاک اطراف ستون A، خاک دستی بوده، لذا دارای مقاومت کمتری از خاک اطراف می باشد، در نتیجه ستون A نشست بیشتری نسبت به بقیه ستون ها خواهد داشت.
- کل سازه دچار نشست نامتقارن شده و باعث ترک خوردن دیوارها، کف و ... می گردد.

- وجود خاک دستی در زیر ستون A ، موجب نشست موضعی پی در این ناحیه می شود.

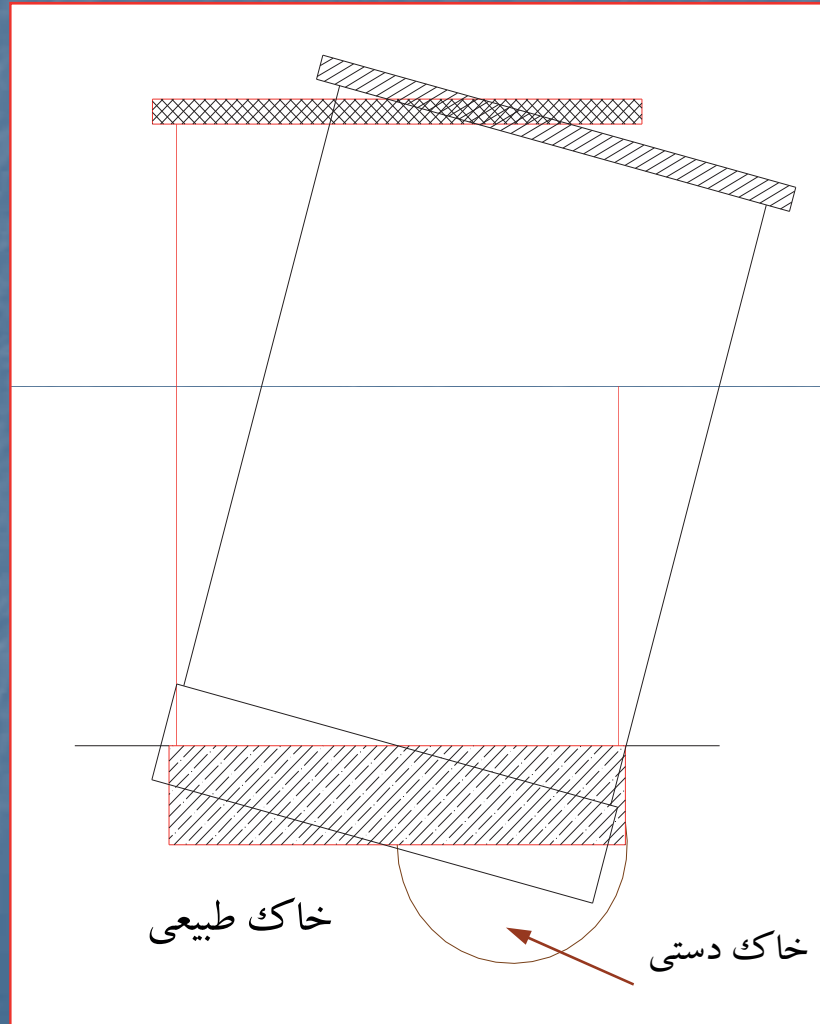


- تیر ، دال ، پی و هر المانی که به ستون A متصل هستند ، دچار ترک خوردگی می گردند.



## مرور بر پی های عمیق- قسمت اول

- اگر محدوده خاک دستی زیاد باشد، ممکن است که کل ساختمان کج شود و کارایی خود را از دست بدهد.

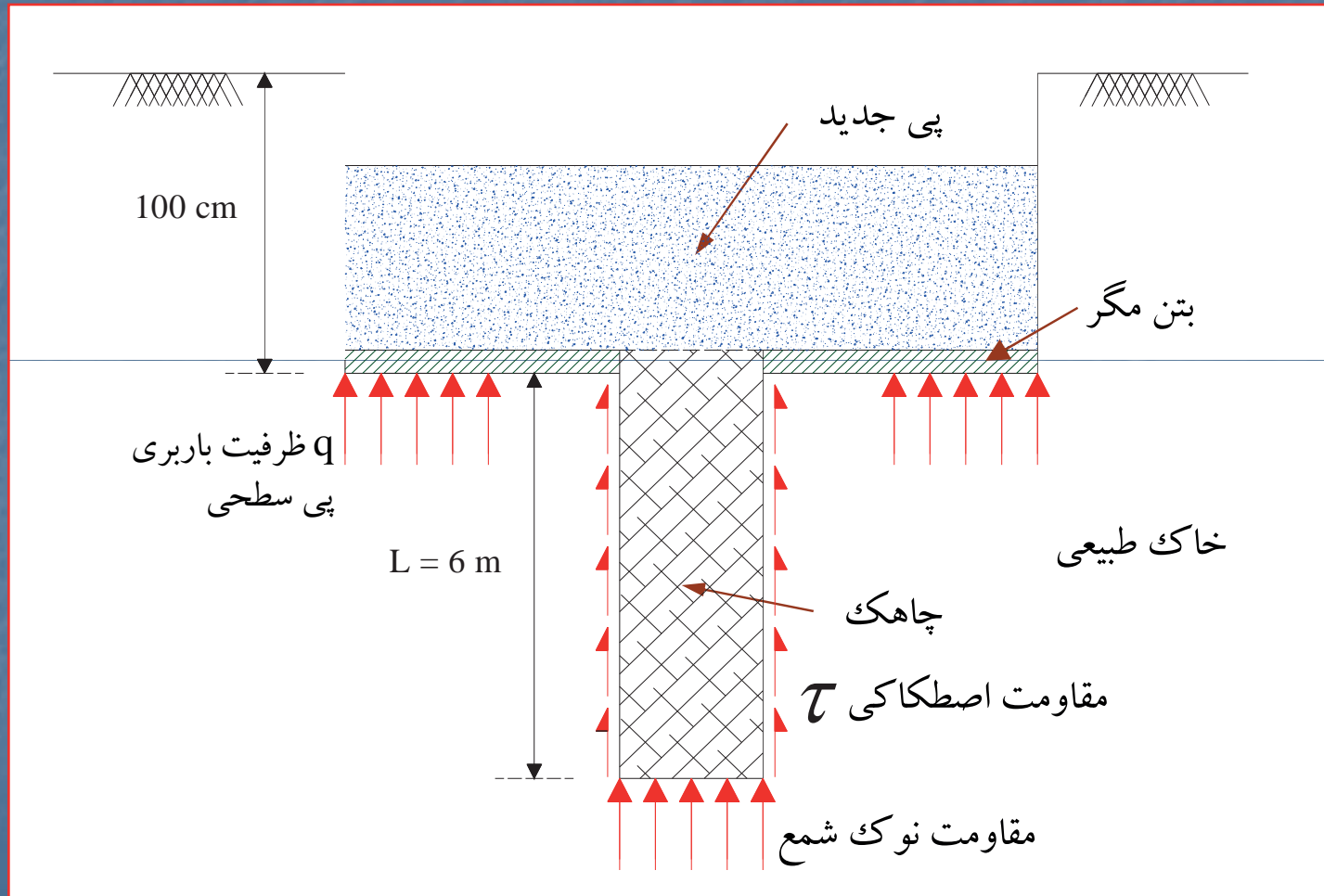




## \* مزایای چاهک (شمع کوتاه) :

- ۱- انتقال بار سازه از سطح زمین به عمق
- ۲- افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی
- ۳- کاهش فوق العاده نشست زیر ستونها یا پی ها
- ۴- کاهش آسیب دیدگی پی های مجاور یا سازه های مجاور
- ۵- انتقال نیروی Uplift یا نیروی کششی محل بادبندی و دیوار برشی
- ۶- استفاده از چاهک در محلهایی که عمق خاک دستی زیاد است. ( مانند محل خیابان نواب، پشت داروخانه شبانه روزی )

\*\*\* انتقال بار سازه از سطح زمین به عمق:



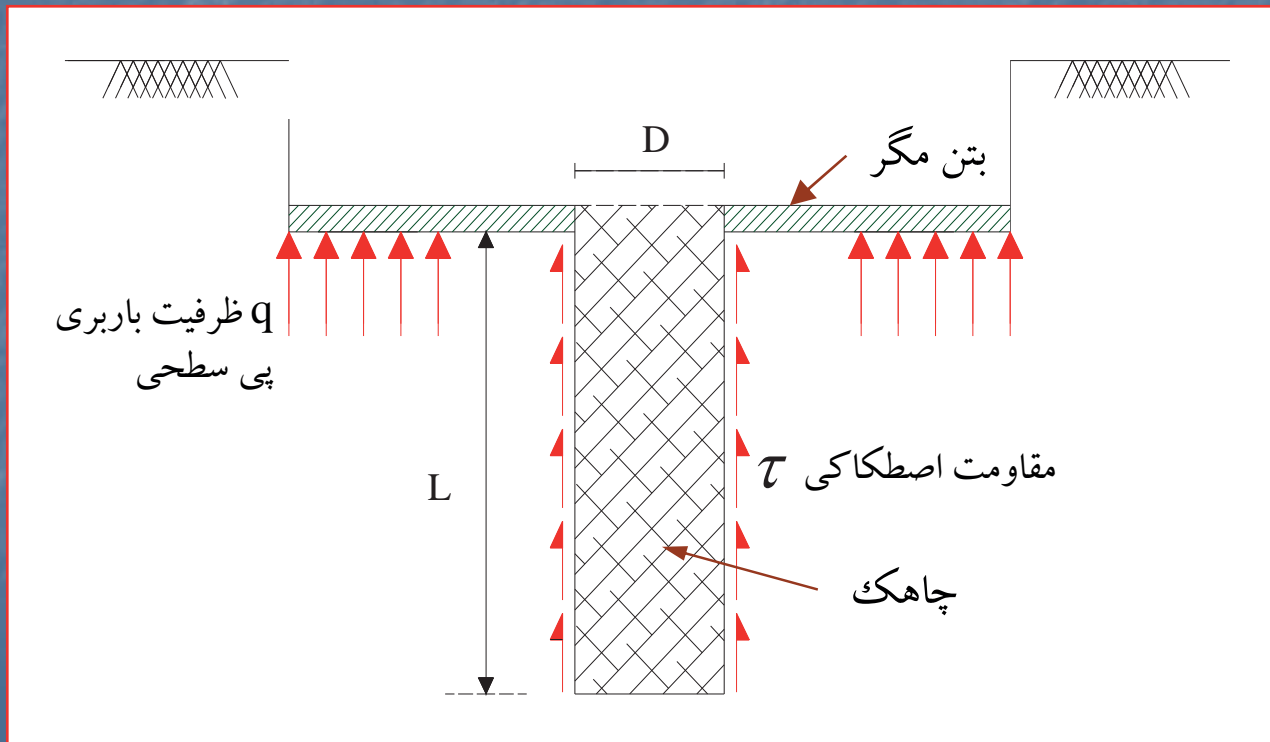
**\* مزایای چاهک (شمع کوتاه) :**

- ۱- انتقال بار سازه از سطح زمین به عمق
- ۲- افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی
- ۳- کاهش فوق العاده نشست زیر ستونها یا پی ها
- ۴- کاهش آسیب دیدگی پی های مجاور یا سازه های مجاور
- ۵- انتقال نیروی Uplift یا نیروی کششی محل بادبندی و دیوار برشی
- ۶- استفاده از چاهک در محلهایی که عمق خاک دستی زیاد است. ( مانند محل خیابان نواب، پشت داروخانه شبانه روزی )

## \*\*\* افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی :

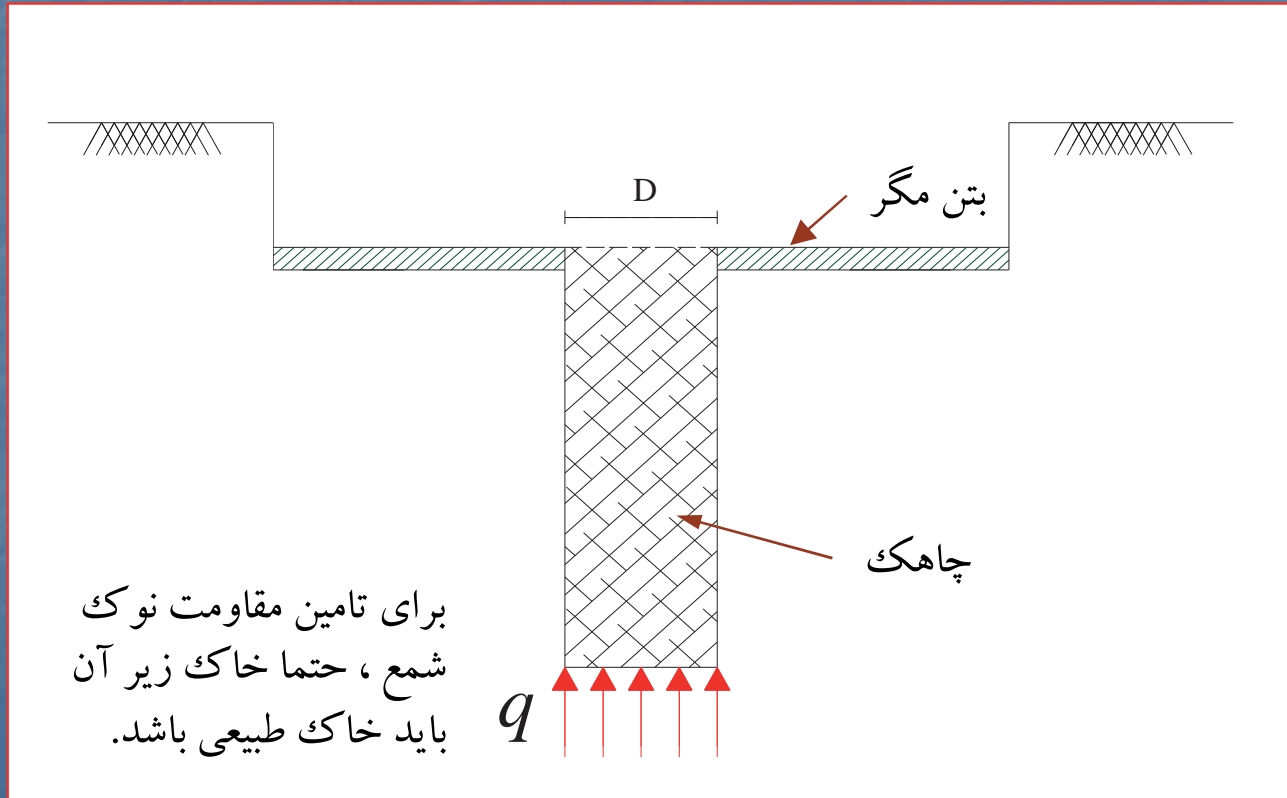
-- هر چقدر طول چاهک و قطر آن بزرگتر باشد، ( سطح جانبی بیشتر ) مقاومت اصطکاکی بیشتر می شود.

$$F = \tau \times (\pi \times D \times L)$$



-- هر چقدر قطر چاهک بزرگتر باشد ، ( سطح مقطع بیشتر ) مقاومت نوک شمع بیشتر می شود.

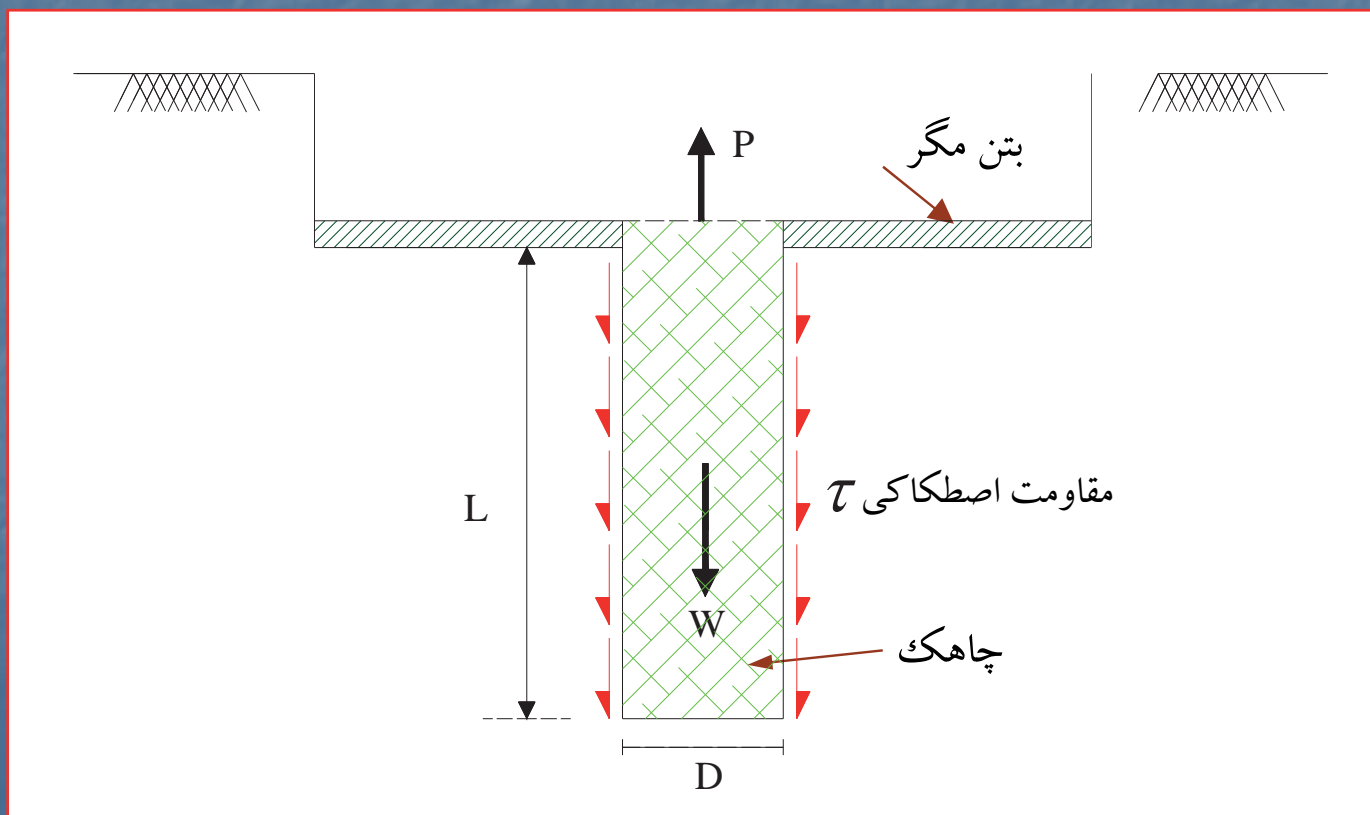
$$F = q \times \left( \pi \times \frac{D^2}{4} \right)$$





-- اگر نیروی وارد بر شمع ، کششی باشد در اینصورت دیگر مقاومت نوک شمع وجود نداشته و فقط مقاومت اصطکاکی و وزن شمع ، مقاومت را تامین می نمایند.

$$P = W + \tau \times (\pi \times D \times L)$$



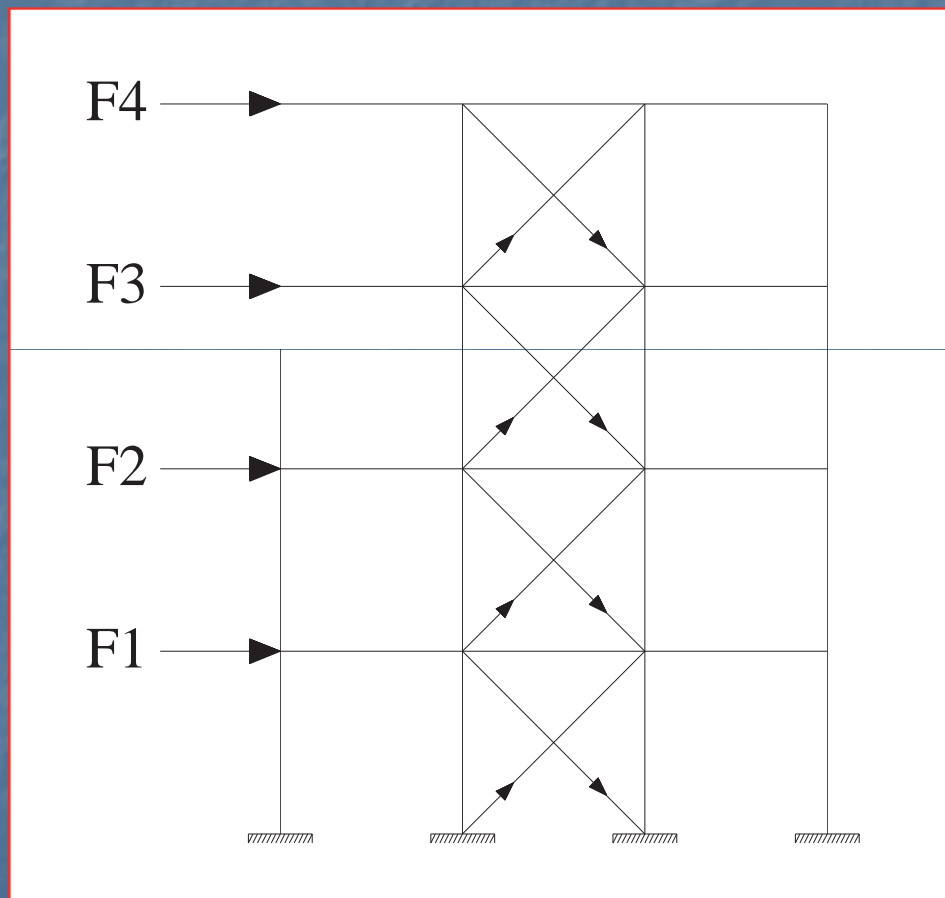
## \* مزایای چاهک (شمع کوتاه) :

- ۱- انتقال بار سازه از سطح زمین به عمق
- ۲- افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی
- ۳- کاهش فوق العاده نشست زیر ستونها یا پی ها
- ۴- کاهش آسیب دیدگی پی های مجاور یا سازه های مجاور
- ۵- انتقال نیروی Uplift یا نیروی کششی محل بادبندی و دیوار برشی
- ۶- استفاده از چاهک در محلهایی که عمق خاک دستی زیاد است. ( مانند محل خیابان نواب، پشت داروخانه شبانه روزی )

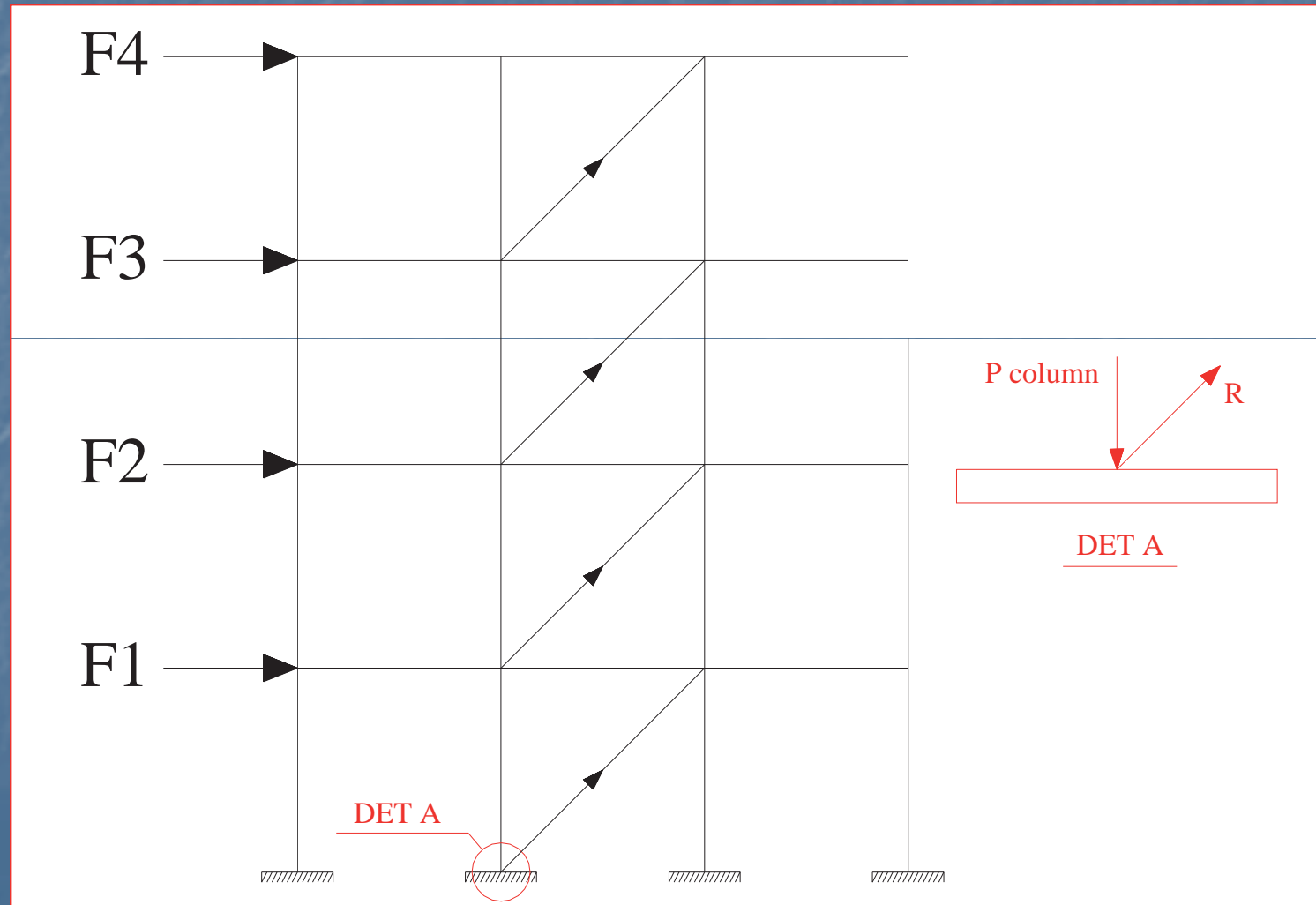
**\* مزایای چاهک (شمع کوتاه) :**

- ۱- انتقال بار سازه از سطح زمین به عمق
- ۲- افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی
- ۳- کاهش فوق العاده نشست زیر ستونها یا پی ها
- ۴- کاهش آسیب دیدگی پی های مجاور یا سازه های مجاور
- ۵- انتقال نیروی Uplift یا نیروی کششی محل بادبندی و دیوار برشی
- ۶- استفاده از چاهک در محلهایی که عمق خاک دستی زیاد است. ( مانند محل خیابان نواب، پشت داروخانه شبانه روزی )

\*\*\* انتقال نیروی Uplift یا نیروی کششی محل بادبندی :

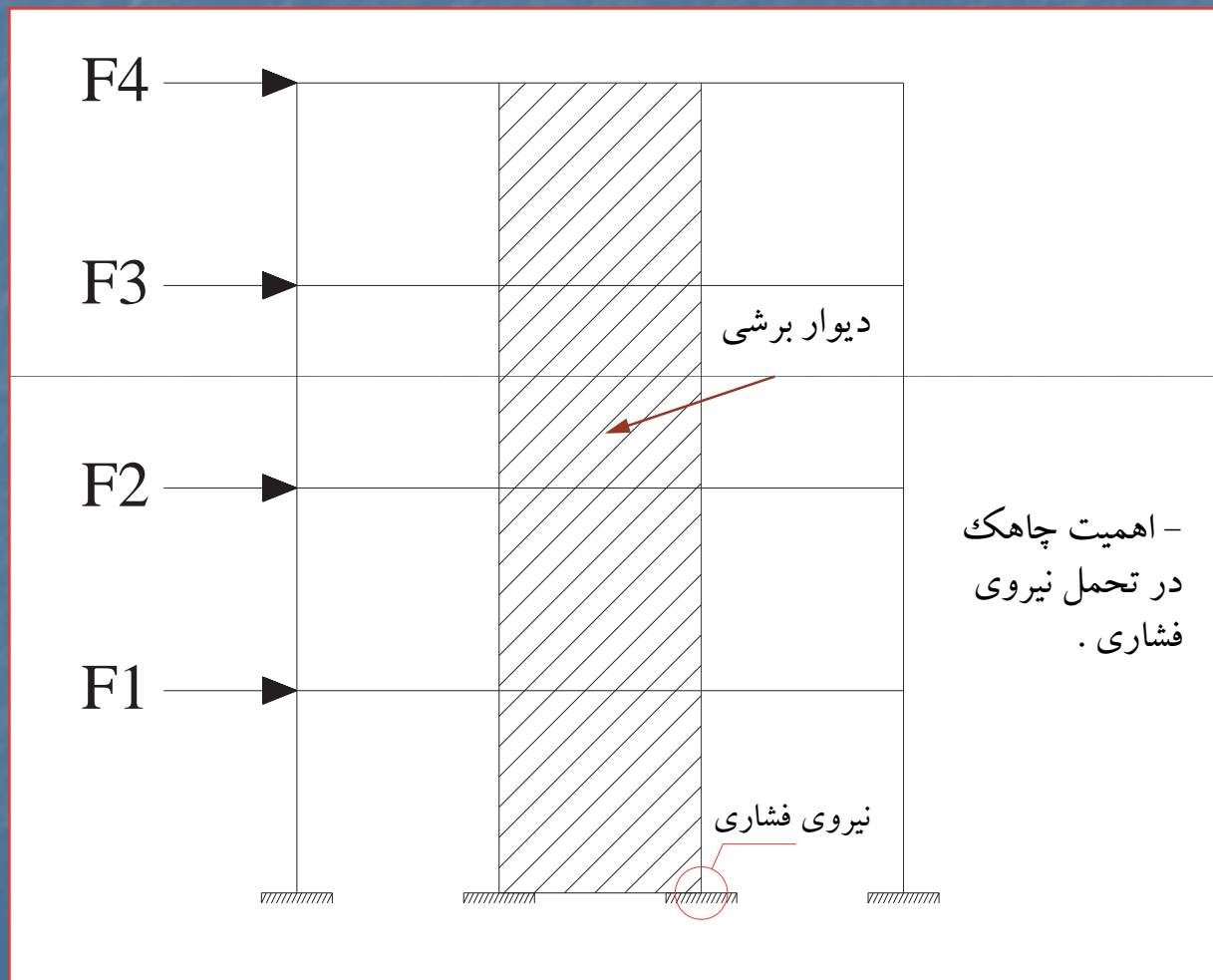


-- حذف عضو فشاری در تحلیل بادبند





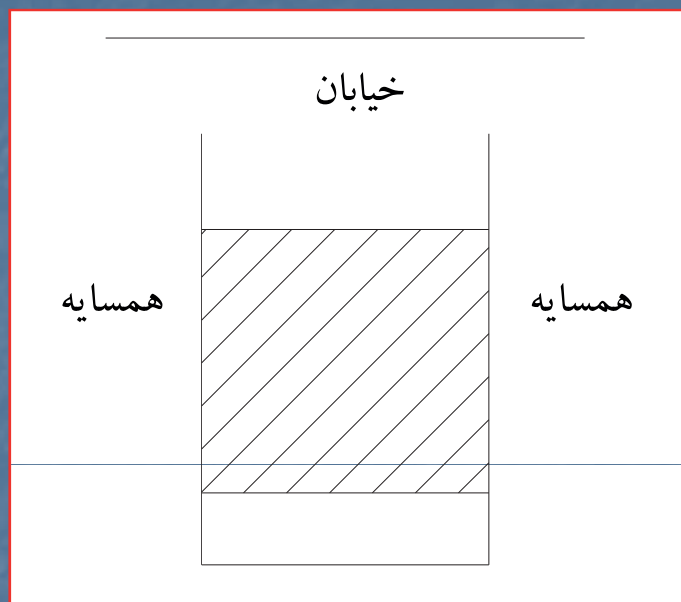
## \*\*\* انتقال نیروی محل دیوار برشی :



**\* مزایای چاهک (شمع کوتاه) :**

- ۱- انتقال بار سازه از سطح زمین به عمق
- ۲- افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی
- ۳- کاهش فوق العاده نشست زیر ستونها یا پی ها
- ۴- کاهش آسیب دیدگی پی های مجاور یا سازه های مجاور
- ۵- انتقال نیروی Uplift یا نیروی کششی محل بادبندی و دیوار برشی
- ۶- استفاده از چاهک در محلهایی که عمق خاک دستی زیاد است. ( مانند محل خیابان نواب، پشت داروخانه شبانه روزی )

\*\*\* استفاده از چاهک در محلهایی که عمق خاک دستی زیاد است :



-- برای تعیین عمق استقرار پی ، وضعیت پی سازی همسایه تعیین کننده می باشد :

الف) اگر همسایه خاکبرداری را تا عمق مناسب انجام داده و بستر را اصلاح نموده است ، در این حالت چون عمق استقرار پی همسایه پایین می باشد ما نیز می توانیم خاکبرداری را تا عمق مناسب انجام دهیم.

ب) اگر پی همسایه در سطح زمین وجود داشته باشد، در اینصورت خاکبرداری تا اعماق پایین توصیه نمی شود و مناسبترین گزینه ، استفاده از چاهک می باشد.

-- اگر پی همسایه در سطح زمین وجود داشته باشد و بخواهیم عمق زیادی را خاکبرداری کنیم:

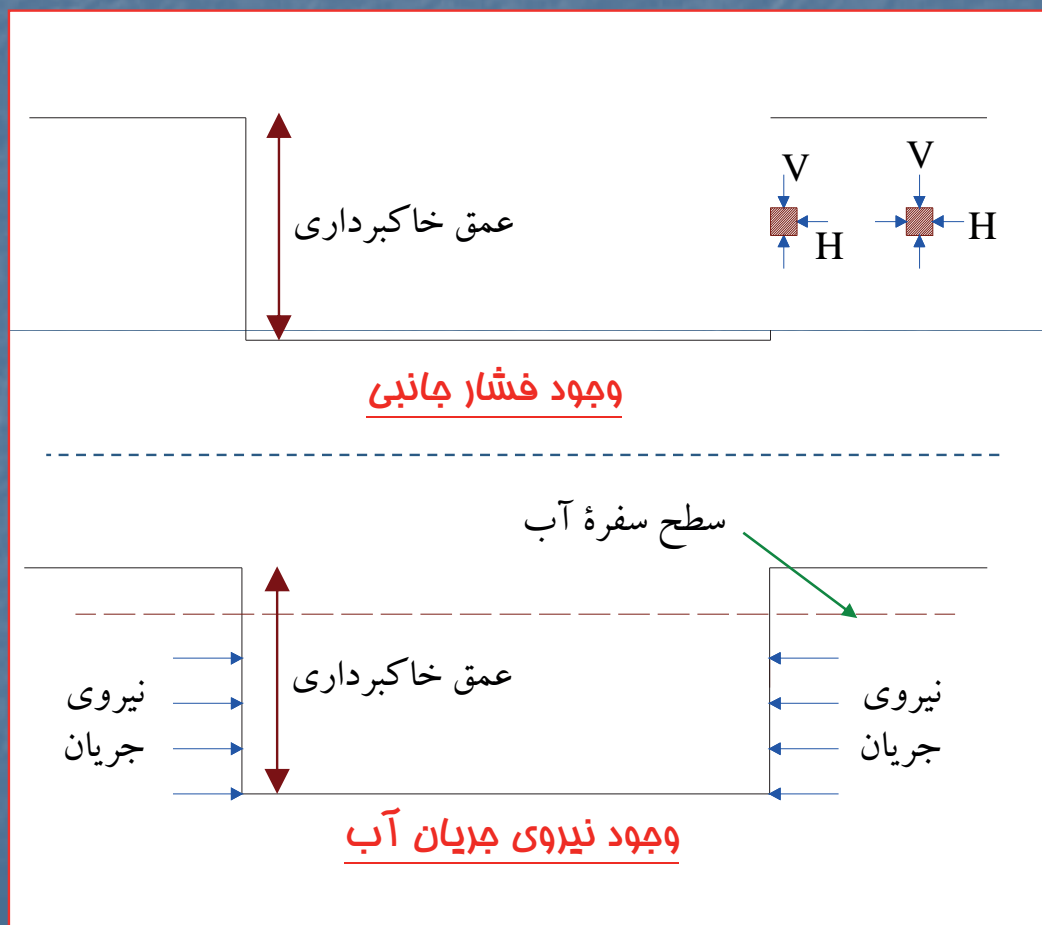
(۱) وجود فشار جانبی خاک

(۲) وجود نیروی جریان آب

باعث ریزش دیواره و بروز

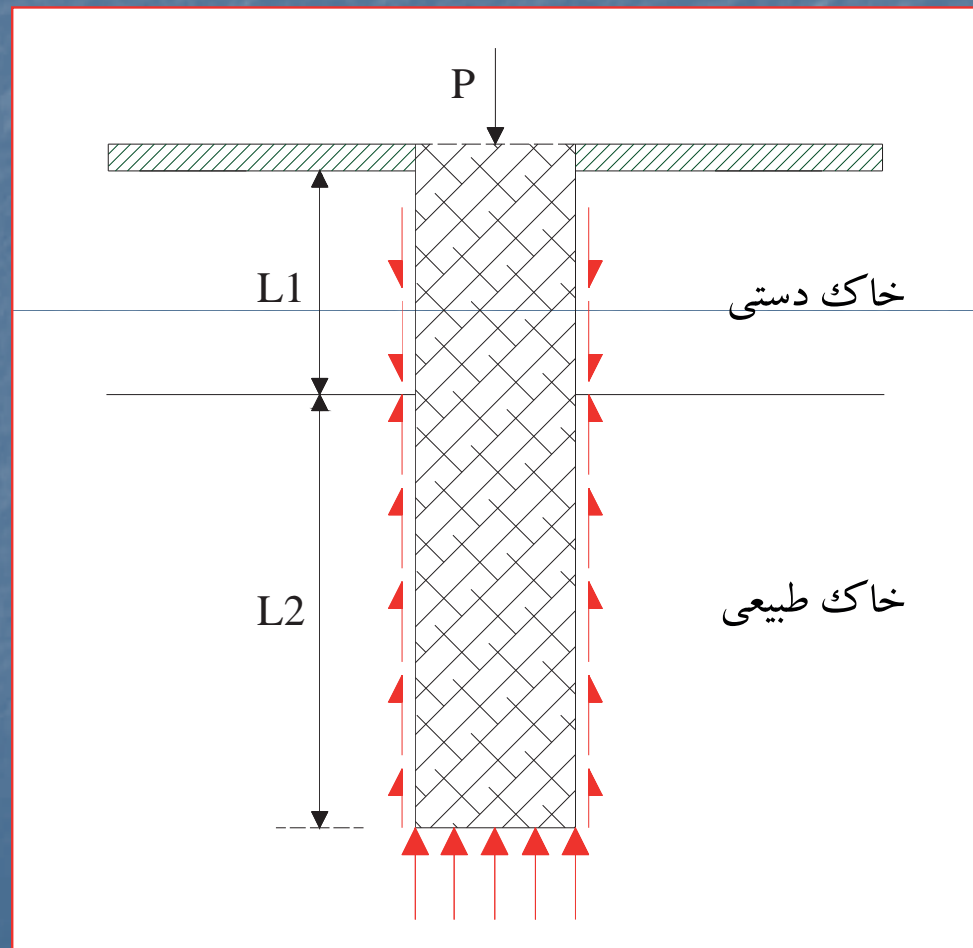
مشکل برای پی همسایه

می گردد.



## مرور بر پی های عمیق-قسمت اول

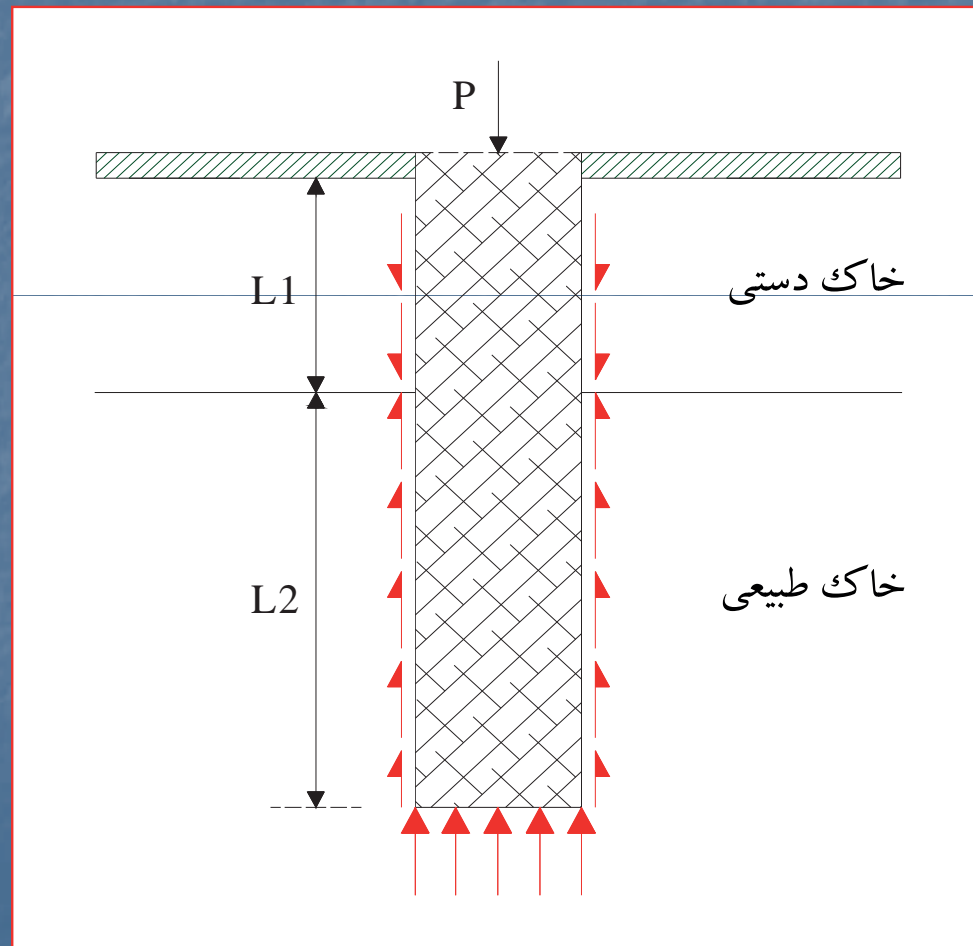
- برای تامین مقاومت اصطکاکی ، در عمق خاک طبیعی  $L2$  ، بتن با خاک جداره در گیر می باشد.
- برای جلوگیری از بوجود آمدن اصطکاک منفی ، در عمق خاک دستی  $L1$  ، بتن توسط یک پوسته محافظ از خاک جداره جدا می گردد. ( استفاده از لوله سیمانی یا پلاستیک به عنوان پوسته محافظ )





## -- اصطکاک منفی :

نشست لایه خاک دستی  $L1$  بیشتر از نشست مجموعه شمع می باشد ، لذا هنگام وقوع نشست ، وزن لایه خاک دستی به شمع آویز می شود که به این پدیده اصطکاک منفی گفته می شود.



## \* مراحل اجرای درست چاهک (شمع کوتاه) در زیر پی ها :

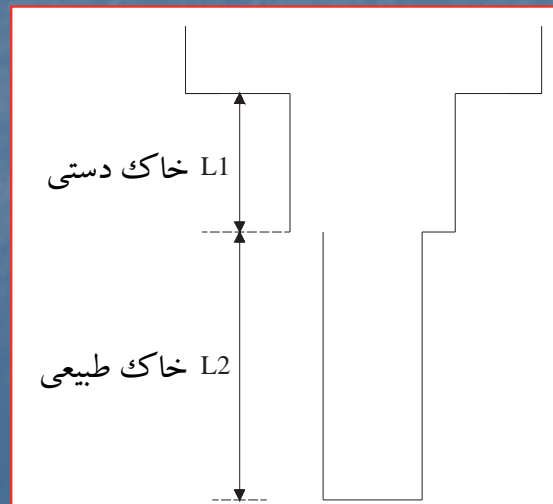
- ۱- خاکبرداری توسط مقنی
- ۲- پمپاژ آب داخل چاهک به بیرون
- ۳- آماده کردن سبد میله گرد چاهک از قبل
- ۴- جاگذاری سبد میله گرد در چاهک
- ۵- بتن ریزی داخل چاهک تا تراز مگر

توجه : توصیه می شود فاصله زمانی بین حفاری چاهک و میله گرد گذاری و بتن ریزی به حداقل برسد.

\* روشهای اجرای پاهک در مملهایی که عمق خاک دستی زیاد است (مانند محل خیابان نواب ، پشت داروخانه گلزار):

- ۱- عمق خاک دستی یا زباله ۲ تا ۳ متر می باشد.
- ۲- محدودیت همسایه معمولا مانع خاکبرداری کامل می شود.
- ۳- بنابراین خاکبرداری به عمق ۳ متر، سازه های اطراف را دچار مشکل می کند. خصوصا باعث جابجایی پی و آسیب دیدگی کف سازی همکف و طبقات می شود.
- ۴- محدوده خاک طبیعی، بدون لوله سیمانی و در محدوده خاک دستی از لوله سیمانی استفاده شود.

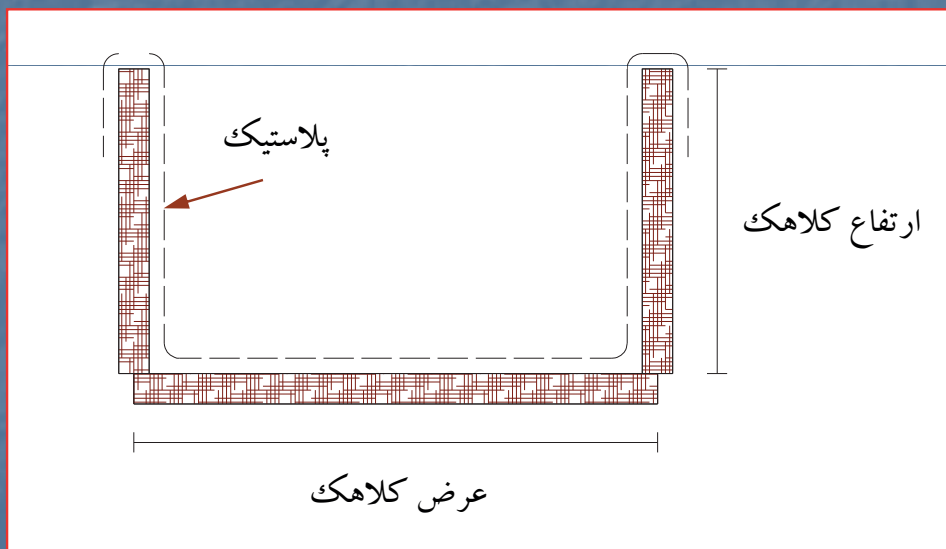
۵- ...



۵- استفاده از پی رادیه یا پی نواری متعامد به عنوان کلاهک سرشمع ها ، برای جلوگیری از جابجایی نسبی سرشمع ها.

۶- میله گرد گذاری - بتن ریزی چاهک .

۷- قالب بندی کلاهک سرشمع ها - استفاده از روکش پلاستیکی جهت کاهش نیروی اصطکاک در محدوده خاک دستی.

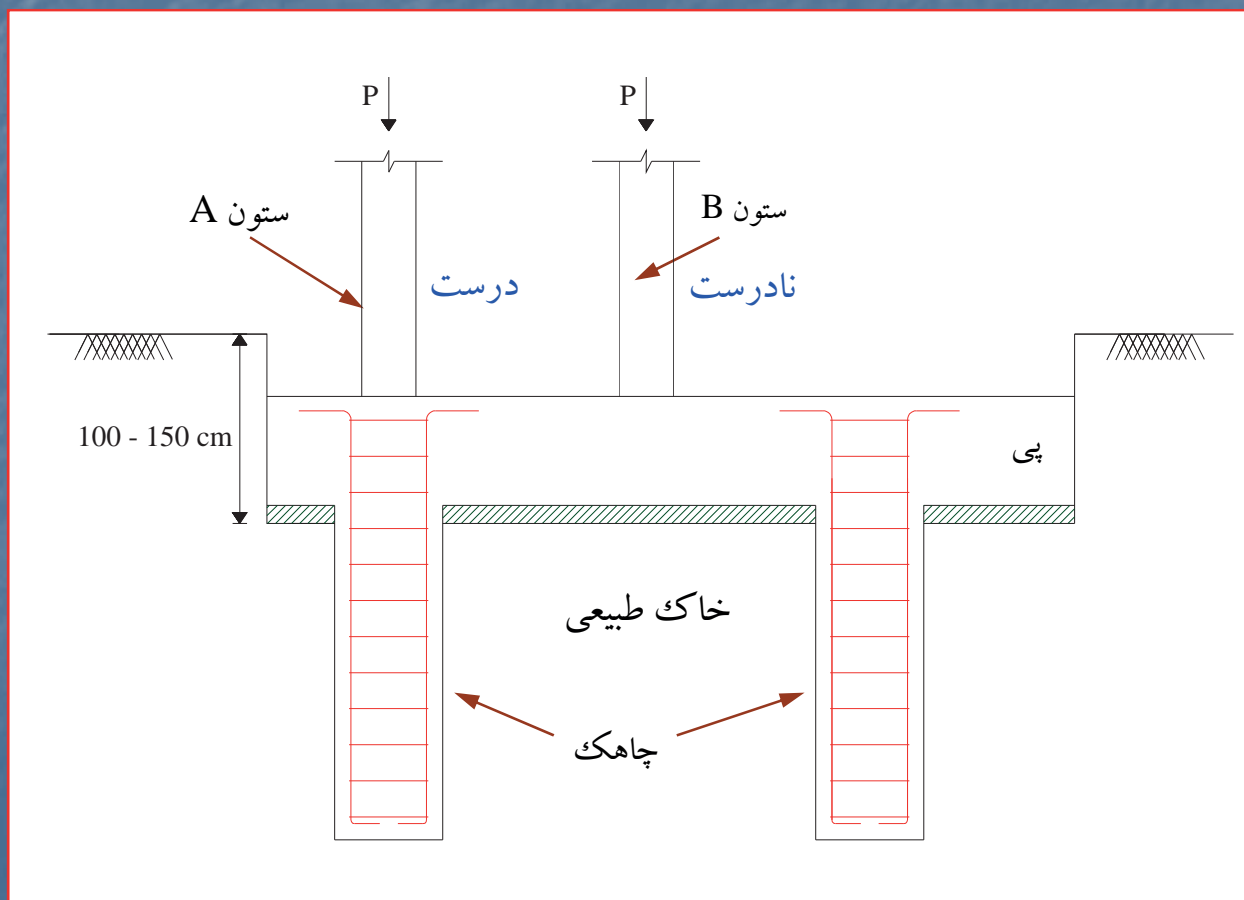


۸- میله گرد گذاری و بتن ریزی کلاهک.

-- قرارگیری چاهک درست در زیر ستون ها:

&& محل ستون A مناسب می باشد. ( درست بر روی چاهک )

&& محل ستون B نامناسب می باشد. ( انتقال بار با واسطه )



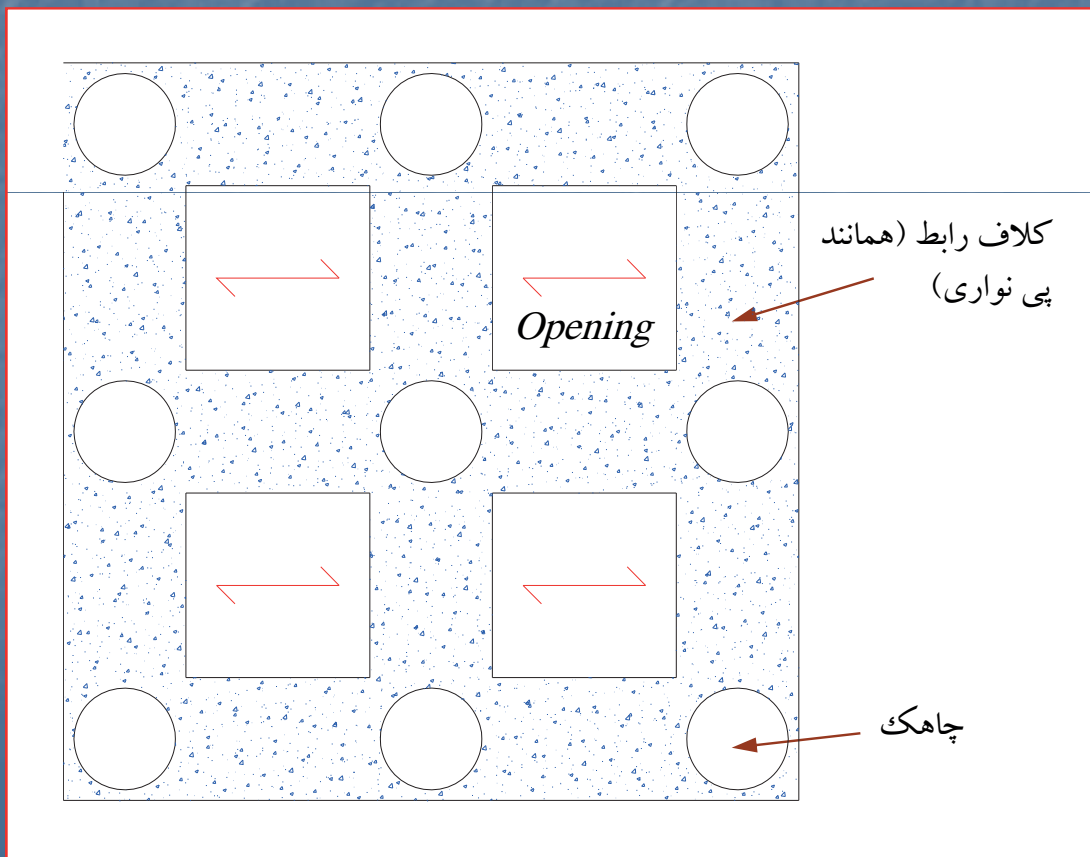


-- اتصال چاهک ها به یکدیگر : ( هدف: جلوگیری از جابه جایی سرشمع ها )

۱- اتصال سرشمع ها به یکدیگر توسط پی رادیه ( مشکل این روش ، زیاد شدن وزن پی می باشد )

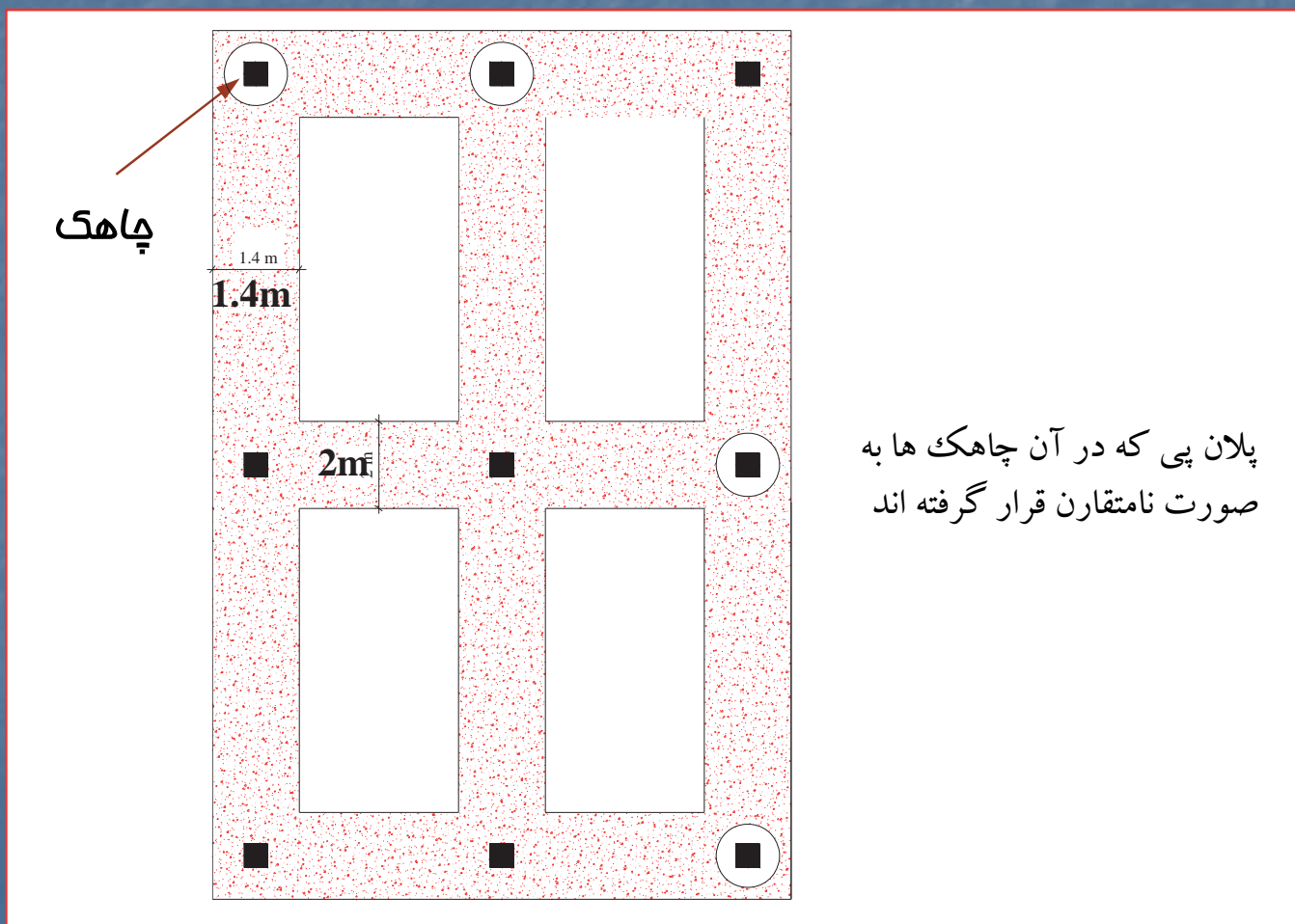
۲- اتصال سرشمع ها به یکدیگر توسط کلاف رابط ( کلاهک سرشمع ها )

-- تیرچه گذاری جهت جلوگیری از نشست همکف (نشست *Opening* ها) و تحمل بارهایی مانند بار کف سازی و بار پارکینگ و ...



\* ایرادهای وارد بر پی هایی که هم اکنون از چاهک استفاده می کنند \*

۱- اجرا چاهک در پلان بصورت نامتقارن زیر ستونها



\* اگر چاهک‌ها بصورت نامتقارن در پلان قرار گیرند ، باعث :

۱- نشست نامتقارن در پی و ستونها ، تحت بارگذاری دراز مدت

۲- افزایش نیروی وارد بر محل گره تیر و ستون

۳- ترک خوردگی سازه با گذشت زمان ناشی از نشست دراز مدت

۲- خروج از مرکزیت زیاد بین چاهک و ستون

۳- در بارگذاری کوتاه مدت زیر بعضی از ستونها اجرا می‌شود و زیر بعضی از ستونها اجرا نمی‌شود:

\* بارگذاری سازه :

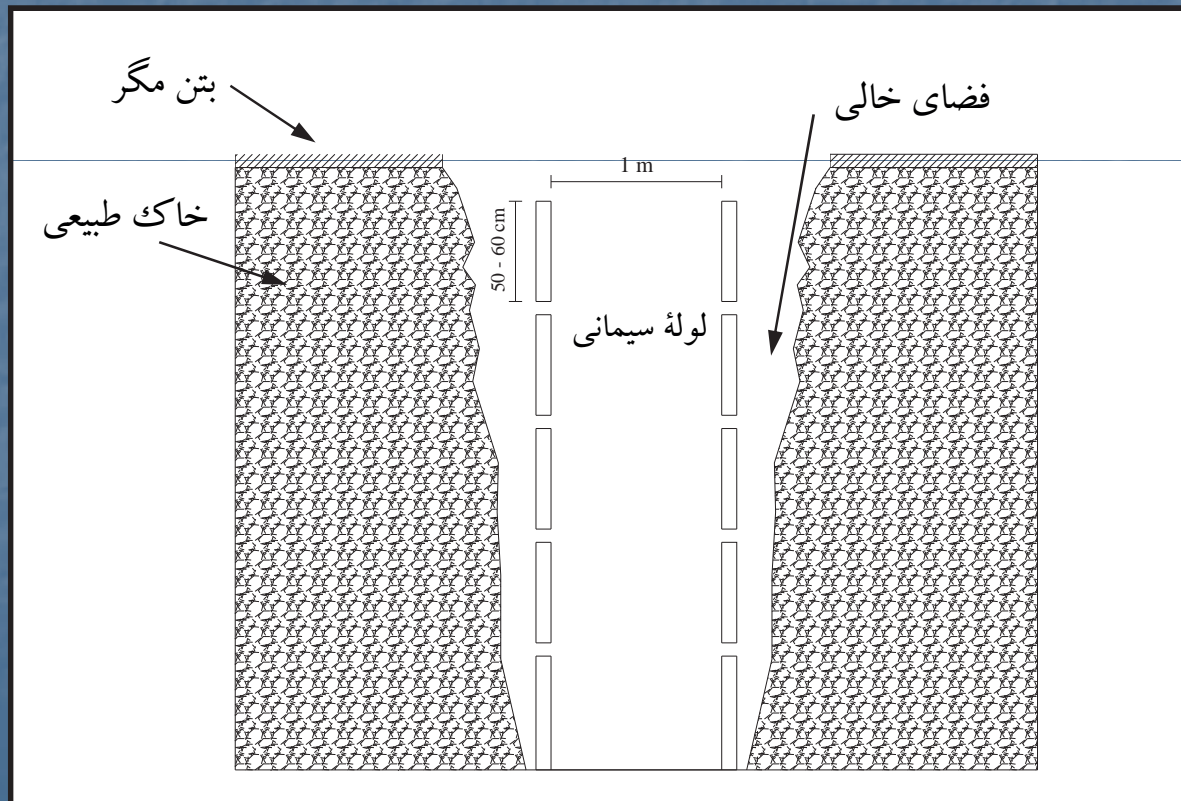
۱- کوتاه مدت، مانند زلزله }  
 ۲- دراز مدت ، مانند بار مرده و زنده سازه }

-- معمولاً تحت بارگذاری کوتاه مدت در خیلی از سازه‌ها در محل بادبندی یا دیوار برشی نیاز به چاهک می‌باشد. در حالیکه تحت این بارگذاری تعدادی از ستونها نیاز به چاهک ندارند، همین امر باعث اشتباه خیلی از مهندسان می‌گردد.

-- بنابراین ستونهایی که چاهک دارند تحت بارگذاری درازمدت نشست نمی‌کنند اما برعکس، ستونهای بدون چاهک نشست درازمدت قابل توجه خواهند داشت که این اختلاف نشست، باعث ترک خوردگی المان‌های اصلی سازه می‌شود.

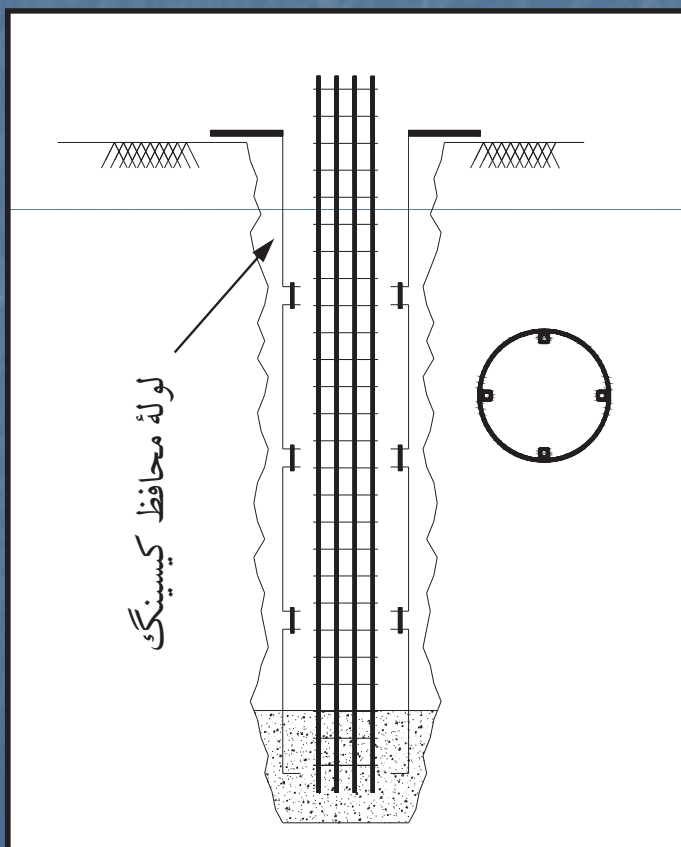
۴- حین حفاری از لوله سیمانی استفاده می شود و در محل چاهک لوله سیمانی باقی می ماند. ( یعنی حذف کامل مقاومت اصطکاکی )

۵- وجود فضای خالی بین لوله سیمانی و خاک طبیعی باعث سست شدن خاک اطراف و کاهش ظرفیت باربری پی سطحی می شود:



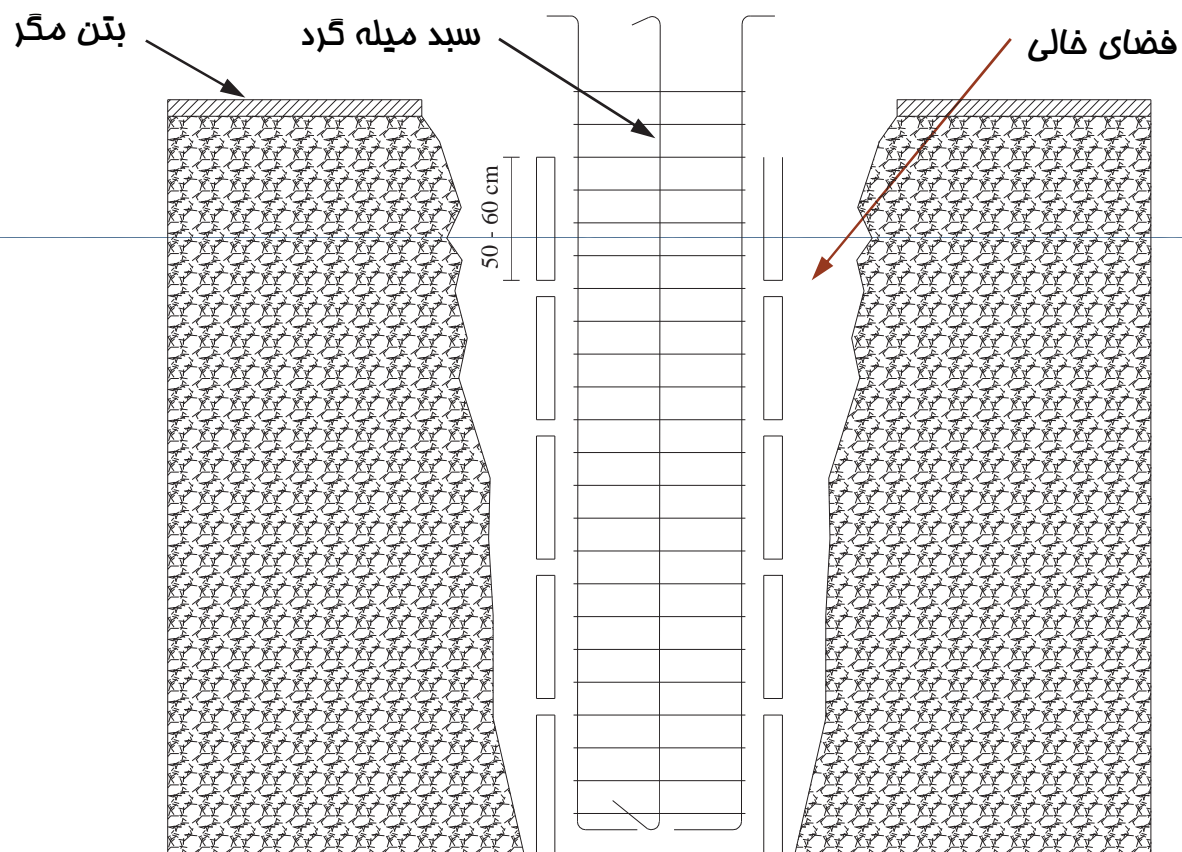


۶- فاصله زمانی زیاد بین حفاری و بتن ریزی چاهک و پمپاژ مکرر ، تخریب اطراف چاهک را به همراه خواهد داشت. - رسوب گذاری ته چاهک و کاهش مقاومت نوک شمع  
۷- در صورت ریزش ، استفاده از لوله فلزی کیسینگ الزامی است :



- ضخامت کیسینگ برای کارهای دستی 2 mm
- ضخامت کیسینگ برای پی های عمیق 1 cm
- برای متصل کردن قطعات کیسینگ به یکدیگر حداقل ۴ پیچ لازم است.
- برای جلوگیری از جدا شدن قطعات از یکدیگر ، در محل پیچ از لچکی استفاده می شود.
- طول قطعات کیسینگ حدود ۸۰ سانتیمتر می باشد.

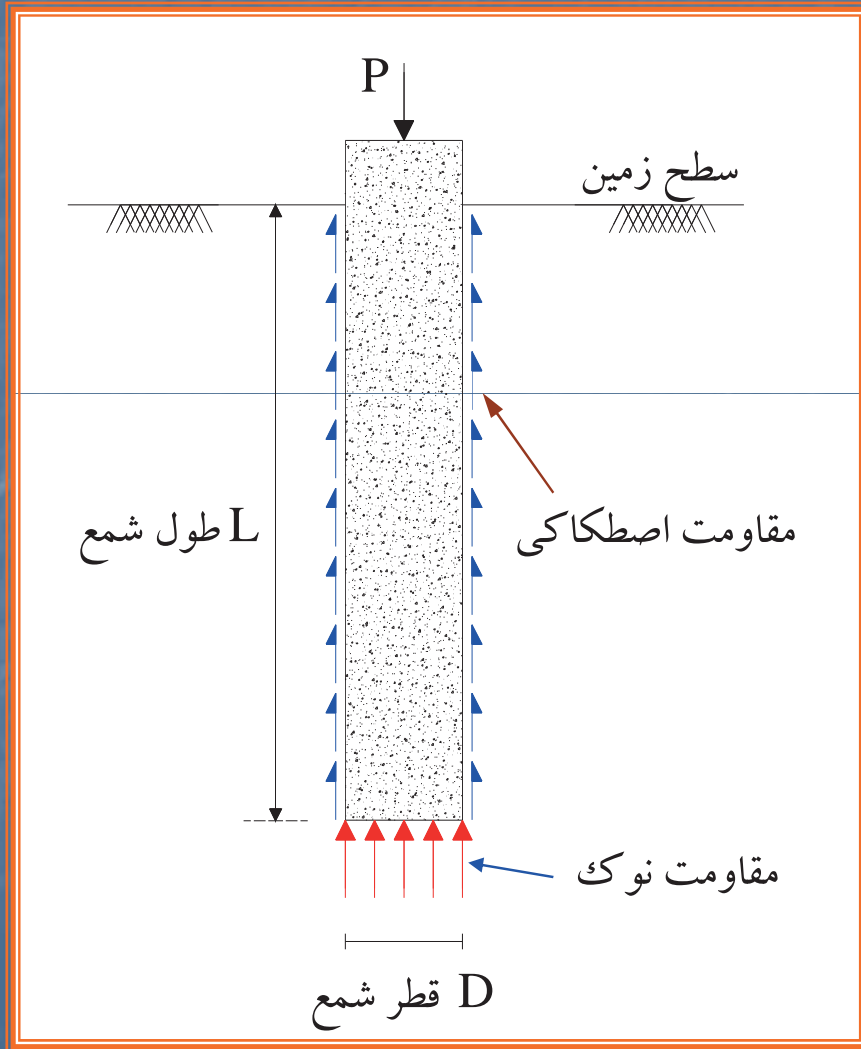
۸- در صورت استفاده از لوله سیمانی توجه شود که به سرعت پشت لوله هم به همراه شمع با بتن پر شود تا در گیری اصطکاکی افزایش یابد و فرسایش پشت لوله محدود شود:



## \* بخش دوم \*

(( پی‌های عمیق ))

-- تعریف شمع: ستونهایی در دل زمین که بار حاصل از سازه را به روشهای زیر به خاک زیرین منتقل می نماید.



-- روشهای انتقال:

- a- مقاومت نوک ( انتهای )
- b- مقاومت اصطکاکی
- c- ترکیب مقاومت نوک و مقاومت اصطکاکی



-- دسته بندی شمع ها از نظر مصالح تشکیل دهنده :

۱- چوبی: روش اجرا پیش ساخته با شمع کوب در دل خاک قرار دارد.

۲- بتنی :

A- پیش ساخته

B- درجا : ←

الف ( حفاری ، میله گذاری ، بتن ریزی

ب ) شمع کوبی با فلز ، خارج کردن فلز ، میله گرد گذاری ، بتن ریزی

۳- فلزی: معمولا پیش ساخته ، با شمع کوب



-- دسته بندی شمع ها از نظر روش اجرا :

**۱- شمع های پیش ساخته :** معمولا توسط دستگاه شمع کوب در دل زمین فرو برده می شوند و اجرا می گردند.

**۲- شمع های درجا :** معمولا به روش حفاری ، میله گرد گذاری و سپس بتن ریزی در دل زمین اجرا می شوند.

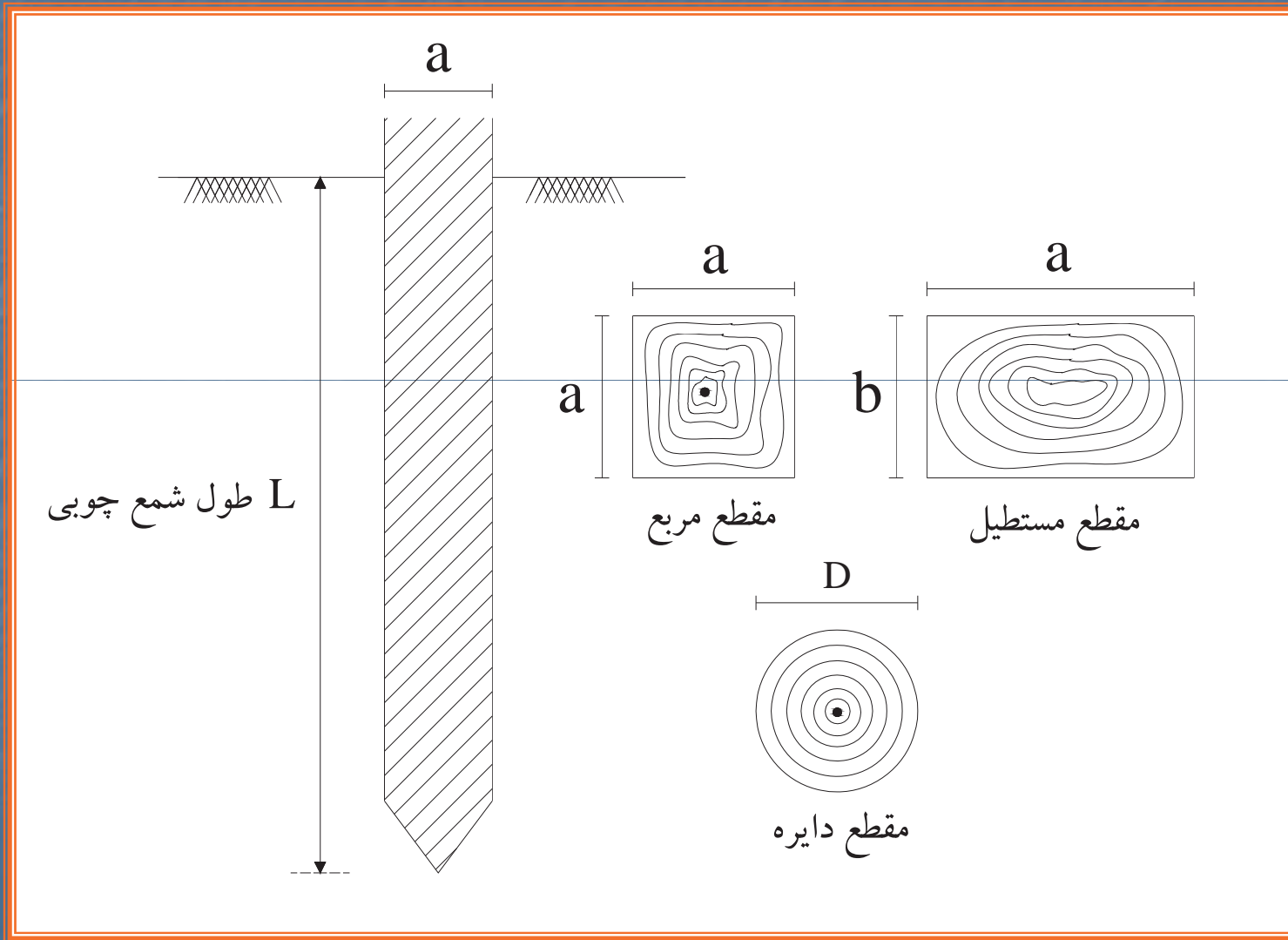
**\*\* مزایای شمع چوبی:**

- ارزان بودن
- سهولت دسترسی
- در زمانهای قدیم عدم شناخت مصالح دیگر به راحتی شکل داده می‌شود.

**\*\* معایب شمع چوبی:**

- باربری کم و مقاومت مجاز پایین چوب
- پوسیدگی در دل زمین
- محدود بودن ابعاد و اندازه و طول و مقطع
- لهیدگی سر و ته شمع حین کوبش

\*\*\* مقطع شمع‌های چوبی :



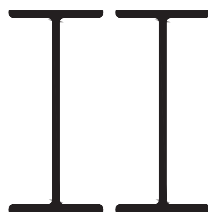
\*\* شمع های فولادی پیش ساخته :

مقاطع این شمع ها معمولا بصورت زیر می باشد :

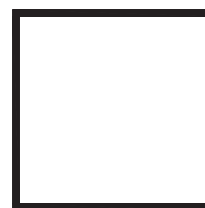


پروفیل سه تایی

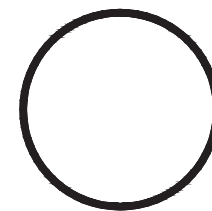
IPE یا IPB



تیر آهن دابل

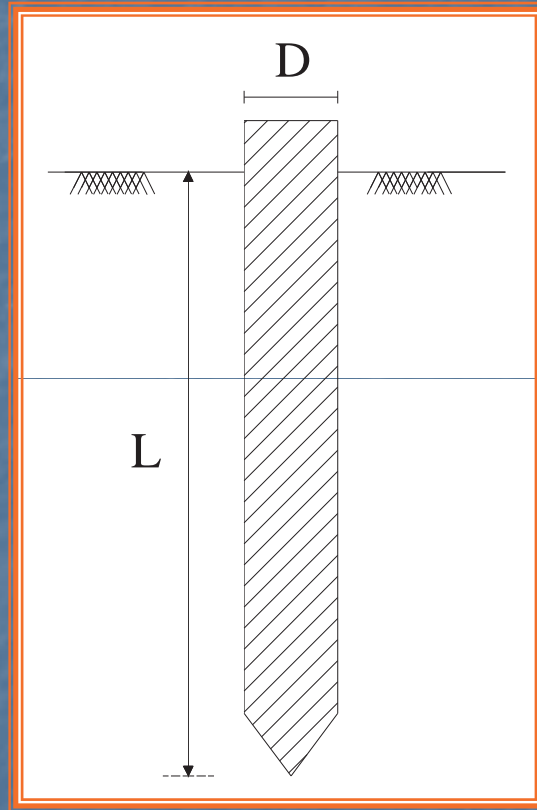


قوطی مربع یا مستطیل



لوله ای (استوانه توخالی)

- نوک شمع ها معمولا بصورت مخروط ساخته می شود تا ظرفیت باربری شمع افزایش یابد.



- این شمع ها توسط شمع کوب در دل خاک قرار داده می شود.



**\*\* مزایای شمع‌های فولادی پیش‌ساخته :**

- سرعت اجرایی زیاد
- مقاومت بالای این گونه مصالح (فولاد)
- طولی نمودن شمع در حین اجرا
- سهولت حمل و نقل
- سبک بودن پروفیل ( در مقایسه با بتن )
- عدم لهیدگی یا لهیدگی کم فولاد در مقابل فرورفتن ( سر و ته شمع ها )

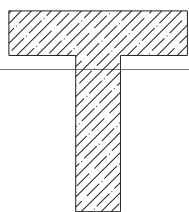
**\*\* معایب شمع‌های فولادی پیش‌ساخته :**

- سرعت خوردگی با توجه به شرایط سولفاته بودن منطقه
- هزینه بالا نسبت به بتن ( غیر اقتصادی بودن )
- ایجاد سر و صدا و ارتعاش
- مشکلات اجتماعی در مناطق مسکونی

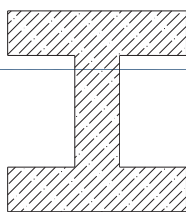
\*\* شمع های بتنی :

( A ) شمع های پیش ساخته:

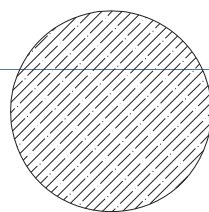
مقطع شمع های پیش ساخته بتنی:



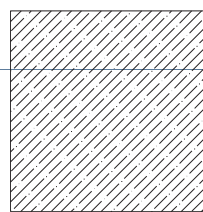
شکل T



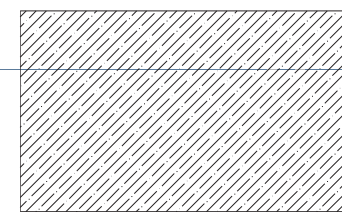
شکل I



دایره



مربع



مستطیل

-- ابتدا این شمع ها با قطر و طول مناسب ساخته و پس از اینکه به مقاومت مشخصه رسید در محل پروژه در دل زمین کوبیده می شود.

## \*\* مزایا شمع های بتنی پیش ساخته:

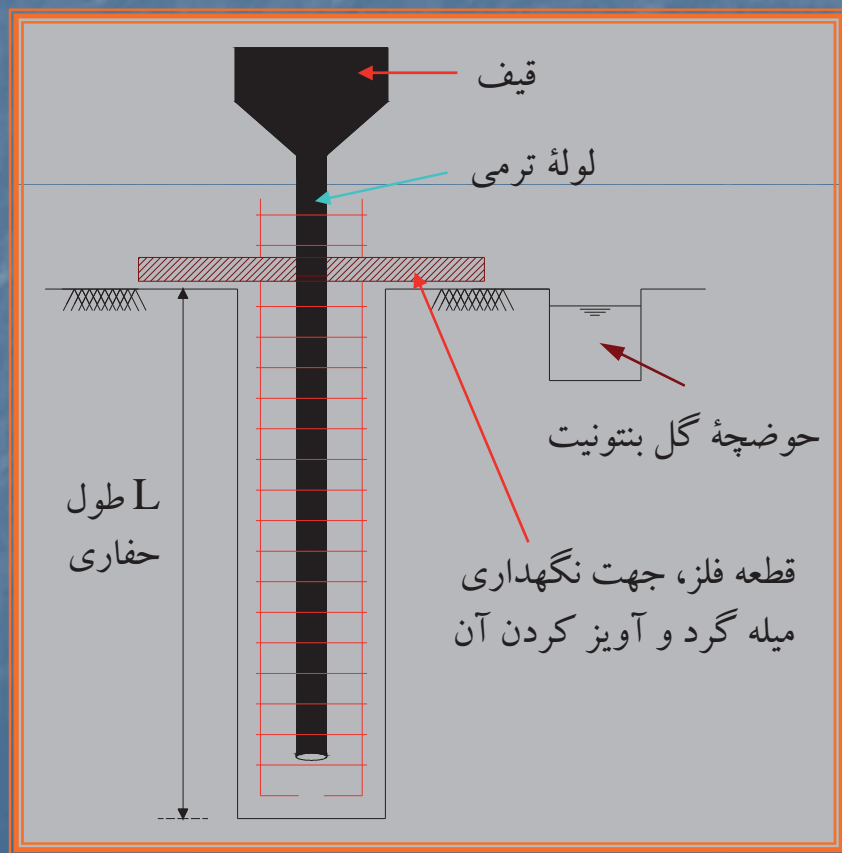
- سرعت و سهولت در اجرا
- کیفیت خوب این گونه شمع ها به دلیل اینکه در کارگاه تولید می شوند. ( کلیه کنترل های لازم در کیفیت بتن انجام می پذیرد )
- اقتصادی بودن آن با توجه به شرایط کشور ما

## \*\* معایب شمع های بتنی پیش ساخته :

- مقاومت کم در مقایسه با شمع فولادی
- محدودیت در ابعاد و اندازه (قطر و طول)
- مقاومت کل کمتر به دلیل محدودیت ابعاد با توجه به نوع شمع ریزی
- مشکلات کوبش با توجه به ابعاد و اندازه (طول و مقطع) و نوع خاک
- ایجاد سر و صدا و ارتعاش زیاد در حین کوبش

**B) شمع ریزی :****B - 1 : روش اجرا عبارت است از :**

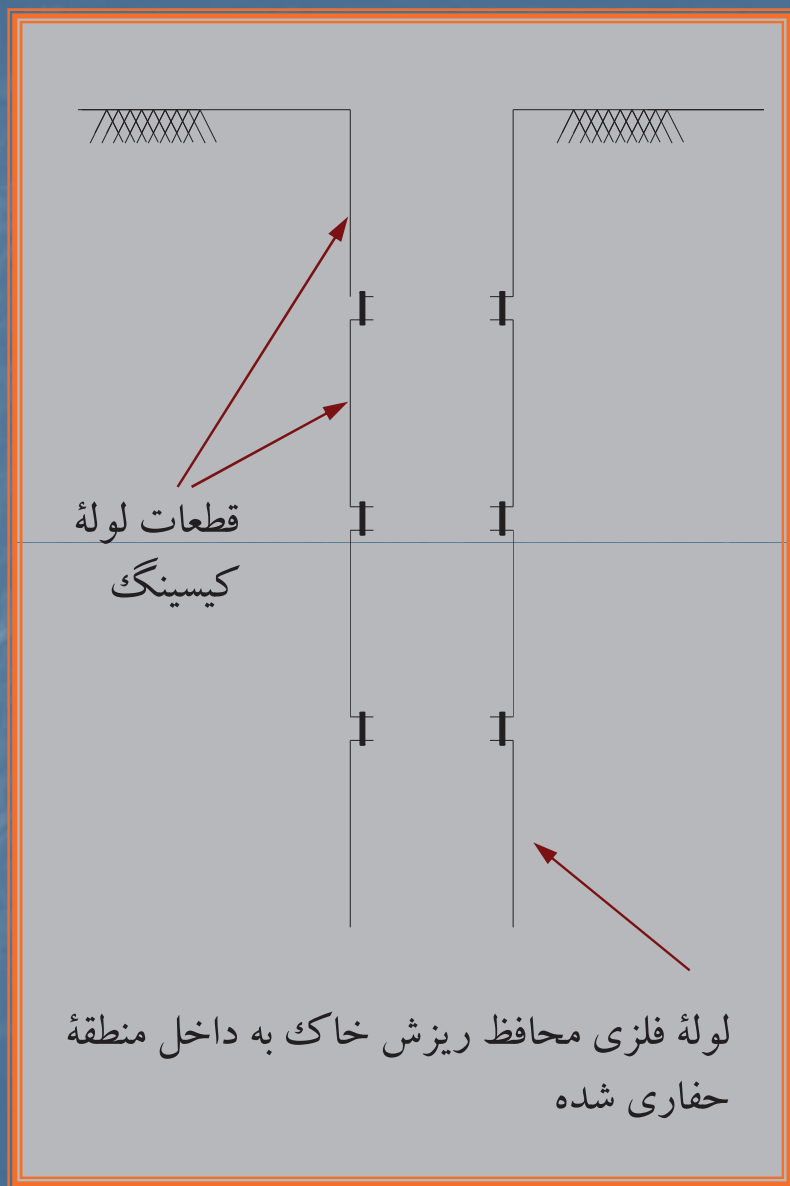
ابتدا حفاری بوسیله دستگاه حفاری انجام می شود و غالبا در حین حفاری از گل بنتونیت استفاده می شود و سپس میله گرد گذاری و در نهایت بتن ریزی انجام می گیرد، تا شمع به روش درجا در دل زمین ساخته می شود.



-- منطقه حفاری شده پر از گل بنتونیت می باشد.

-- حرکت گل بنتونیت به داخل شمع یا بصورت ثقلی و یا معمولا با پمپ انجام می شود.





-- میله گرد توسط جرثقیل داخل منطقه حفاری شده قرار داده می شود.

-- جاگذاری لوله ترمی و قیف جهت بتن ریزی

-- بتن آماده در داخل قیف و سپس توسط لوله ترمی به ته گمانه منتقل می شود.

-- در طول اجرا بتن ریزی تا پایان هر چاه ، نباید لوله ترمی از بتن خارج شود.

-- استفاده از لوله محافظ (کپسینگ) در حین حفاری بر حسب سست بودن لایه ها و یا ریزشی بودن لایه ها استفاده می شود.



## \*\*\* معایب روش حفاری با گل بنتونیت:

۱- در حین حفاری معمولاً گل بنتونیت در فضای خالی ذرات خاک نفوذ می‌کند، بنابراین پس از بتن‌ریزی بجای اینکه شمع با خاک طبیعی در تماس باشد، لایه‌ای از گل بنتونیت بین بتن و ذرات خاک به عنوان حائل قرار گرفته است. در نتیجه مقاومت اصطکاکی را کاهش می‌دهد.

۲- رسوب‌گذاری گل بنتونیت در حین اجرا باعث می‌شود نوک شمع با خاک طبیعی در تماس نباشد و این امر باعث کاهش مقاومت انتهایی شمع‌ها می‌گردد.

۳- پایین بودن کیفیت بتن در این روش (به دلیل اینکه گل بنتونیت معمولاً در حین بتن‌ریزی باعث کاهش کیفیت و در نهایت باعث کاهش مقاومت بتن می‌شود، در حالیکه در روش پیش‌ساخته کیفیت اجرای بتن بسیار بالا می‌باشد زیرا در کارگاه، تحت کنترل ساخته می‌شود.)

۴- آغشته شدن میله گرد به گل بنتونیت و وجود یک غشای بین میله گرد و بتن

## \*\* مزایای استفاده از گل بنتونیت:

- ۱- حفظ پایداری جدار حفاری شده. (از ریزش جدار به داخل منطقه حفاری شده جلوگیری می کند و قسمتی از فشار جانبی حذف شده حین حفاری را جبران می کند).
- ۲- سهولت در اجرا و حرکت مته و خنک کردن سر مته را به همراه خواهد داشت.

**\*\* مزایای روش B-1 :**

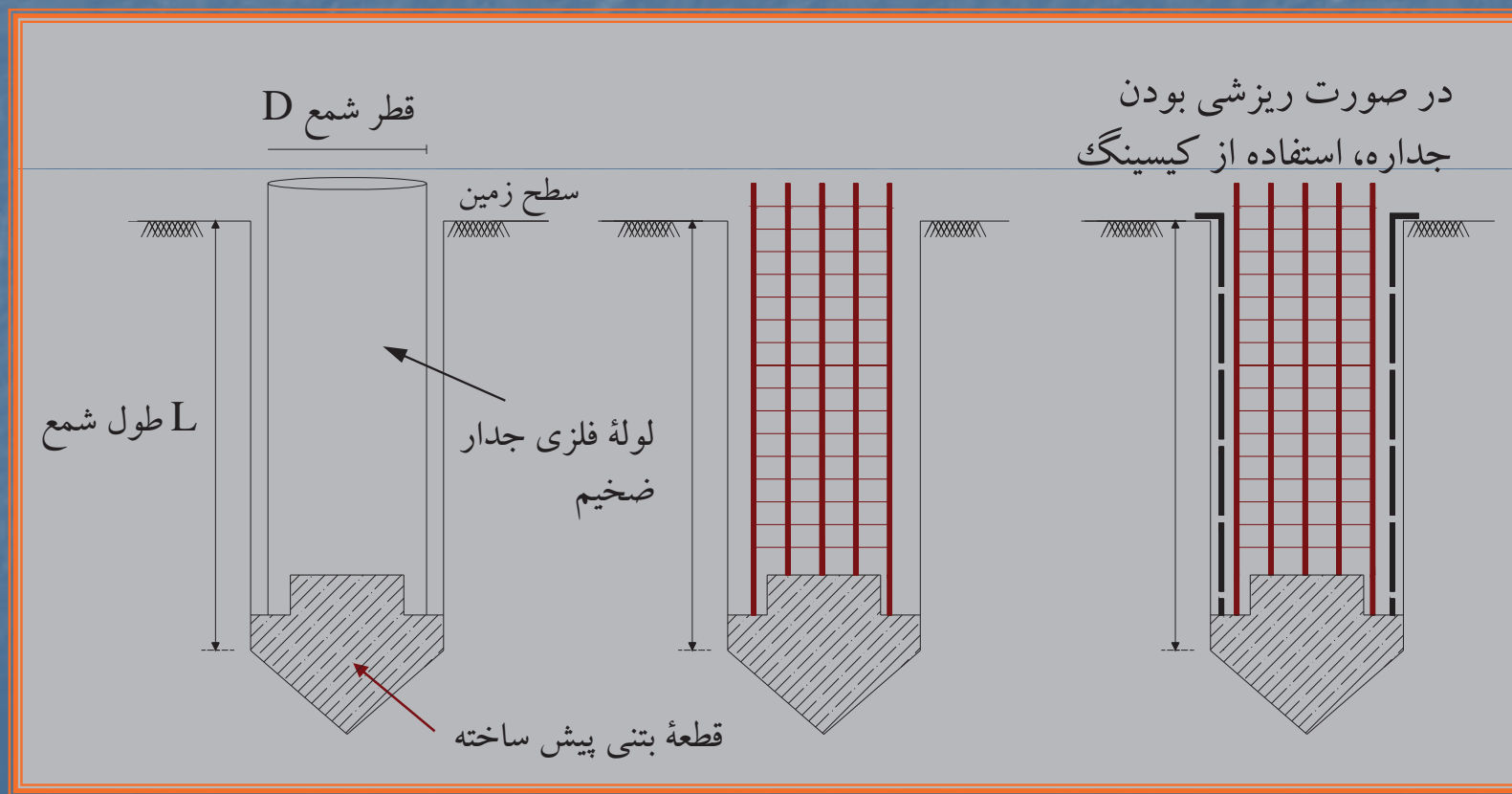
- معمولا محدودیت قطر و طول شمع وجود ندارد.
- ظرفیت باربری زیاد شمع به دلیل ابعاد بزرگ قطر و طول
- مشکلات اجتماعی شامل ایجاد سر و صدا و ارتعاش را به همراه ندارد.
- در مناطق شهری و مسکونی بسیار مناسب است.
- اقتصادی بودن آن به دلیل بتنی بودن آن.

**\*\* معایب روش B-1 :**

- کیفیت نامناسب بتن ریزی در حین اجرا
- سختی اجرا و مشکلات اجرایی حین حفاری (ریزش جداره)
- کیفیت نامناسب میله گرد پس از جاگذاری در گل بنتونیت (آغشته شدن میله گرد به گل بنتونیت و کاهش درگیری میله گرد با بتن)

## 2 - B : روش اجرا عبارت است از :

ابتدا لوله استوانه ای توخالی با چکش در دل خاک قرار داده می شود و سپس لوله از محل خارج و به دنبال آن میله گرد گذاری و سپس بتن ریزی انجام می شود. اصطلاحاً این روش را روش فرانکی Franki گویند.





-- لوله فلزی با ضخامت زیاد که معمولاً بصورت مکرر استفاده می شود.

-- بلوک (قطعه) بتنی پیش ساخته حین خارج کردن لوله استوانه ای در دل زمین باقی می ماند.

-- در صورت سست بودن لایه ها معمولاً قبل از خارج کردن لوله فلزی از زمین ابتدا لوله محافظ (کیسینگ) را جاسازی نموده و سپس لوله فلزی را خارج و از آن برای شمع های دیگر استفاده می کنند.

-- سبد میله گرد در داخل شمع جاسازی می شود.

-- بتن ریزی داخل شمع و پر کردن شمع . در هر مرحله لوله کیسینگ و ترمی را کم کم از داخل شمع خارج می کنند.



## \*\* مزایای روش B-2 :

- سرعت و سهولت در اجرا
- کیفیت نسبتاً خوب بتن ریزی
- کیفیت خوب جاگذاری میله گردهای شمع
- اقتصادی بودن آن به دلیل بتنی بودن آن

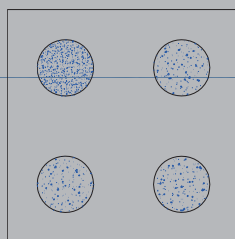
## \*\* معایب روش B-2 :

- محدودیت در ابعاد و اندازه و قطر و طول شمع
  - انرژی کوبشی بالا مورد نیاز است
  - ایجاد سروصدا و ارتعاش
  - ایجاد مشکلات اجتماعی در مناطق مسکونی و شهری
  - ظرفیت باربری کل به دلیل محدودیت قطر و طول کاهش می‌یابد.
- ( بنابراین برای بارهای سنگین می‌بایست بجای یک شمع نوع B-1 از چند شمع نوع B-2 استفاده شود. )

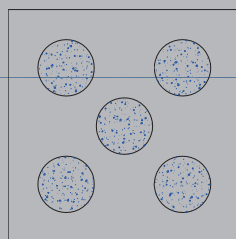
## \*\* گروه شمع‌ها

در صورت استفاده از چند شمع برای انتقال بار یک پایه یا ستون اصطلاحاً به این مجموعه گروه شمع گویند.

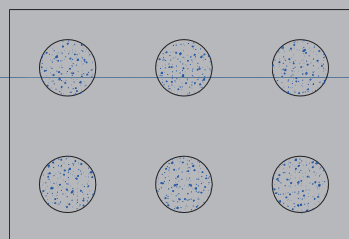
گروه شمع‌های معمول مطابق شکل زیر می‌باشد:



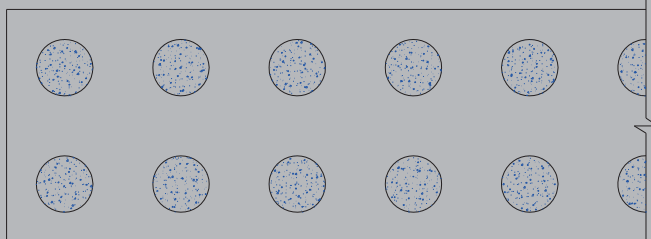
گروه ۴ تایی



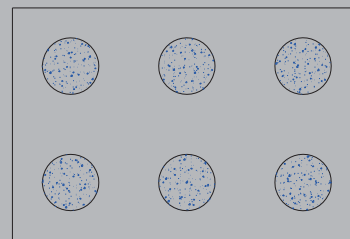
گروه ۵ تایی



گروه ۶ تایی



دو ردیفه برای دیوارهای حائل



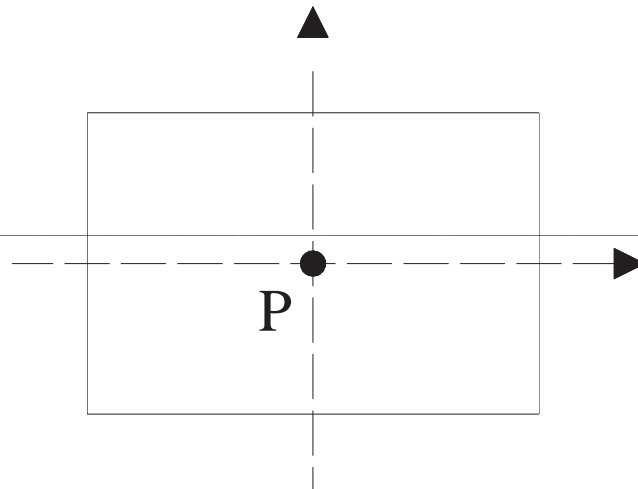
گروه ۹ تایی

\*\*\* توزیع نیرو بین شمع‌ها :

- ۱- روش مقاومت مصالح
- ۲- روش نوکتود برای توزیع بار بین شمع‌ها
- ۳- روش سه بعدی جهت توزیع نیرو بین شمع‌ها

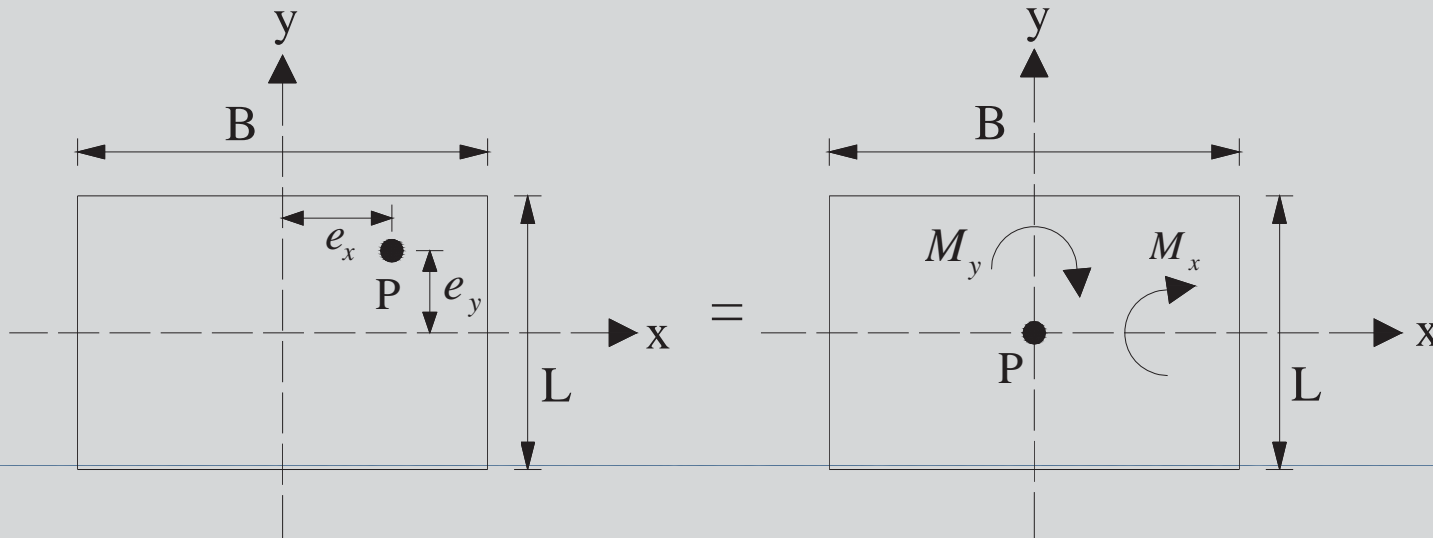
## \*\* روش مقاومت مصالح \*\*

۱- حالت اول : بار وارد بر مرکز هندسی صفحه مقاومت مصالح



-- اگر بار  $P$  بر مرکز هندسی صفحه وارد شود ، تنش در تمام نقاط صفحه برابر  $\sigma = \frac{P}{A}$  می باشد.

## ۲- حالت دوم : بار با خروج از مرکزیت



$$M_x = P \cdot e_y$$

$$M_y = P \cdot e_x$$

$$\sigma = \frac{P_T}{A_T} \pm \frac{M_x}{I_x} \cdot y_i \pm \frac{M_y}{I_y} \cdot x_i$$

$$A_T = B \times L$$

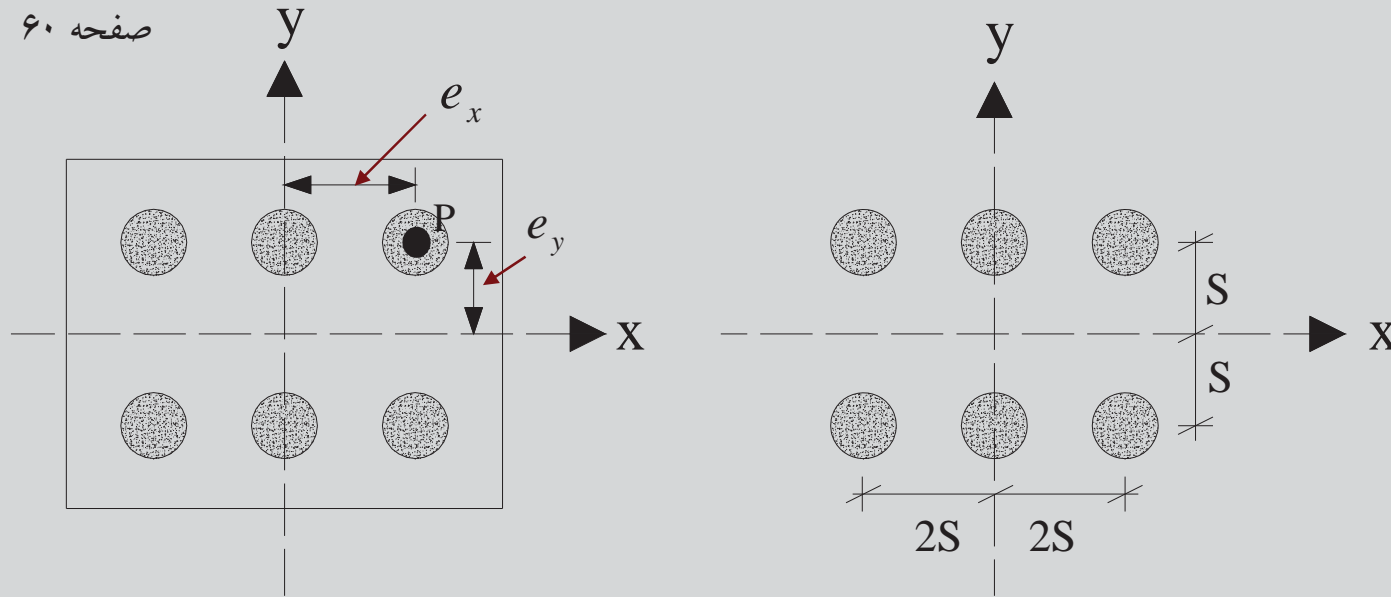
$$I_y = \frac{1}{12} LB^3, \quad I_x = \frac{1}{12} BL^3$$



## \*\*\* گروه شمع‌ها \*\*\*

### -- شرایط خروج از مرکزیت :

- ۱- ستون نسبت به مرکز شمع‌ها اجرا نشده باشد.
- ۲- اتصال ستون یا پایه به کلاهک گیردار باشد، لذا لنگر ایجاد می‌شود.
- ۳- ترکیب شرایط ۱ و ۲، یعنی ستون یا پایه در مرکز هندسی گروه شمع‌ها قرار نگرفته و همچنین اتصال ستون یا پایه گیردار باشد.



$$\sigma = \frac{P_T}{A_T} \pm \frac{M_x}{I_x} \cdot y_i \pm \frac{M_y}{I_y} \cdot x_i$$

$I_x, I_y$  ممان اینرسی مقطع شمع ها

$$I_x = I_{x_0} + Ad^2$$

چون  $I_{x_0}$  در مقایسه با  $Ad^2$  کوچک است از  $I_{x_0}$  صرف نظر می کنیم.

$$I_x = Ad^2$$

$$I_x = 6 \times (A_{p_i} \times S^2)$$

$$I_y = 4 \times (A_{p_i} \times (2S)^2)$$

$$\sigma = \frac{P_T}{A_T} \pm \frac{M_X}{I_X} \cdot y_i \pm \frac{M_Y}{I_Y} \cdot x_i$$

تنش وارد بر هر شمع

$$A_T = A_{P_i} \times n$$

$$P_i = \sigma_i \times A_{P_i}$$

$n$ : تعداد شمع‌ها

$A_{P_i}$ : سطح مقطع هر شمع

$P_T$ : نیروی کل وارد بر شمع

$M_X$ : لنگر کل وارد بر کلاهک سرشمع‌ها حول محور  $X$ ‌ها

$M_Y$ : لنگر کل وارد بر کلاهک سرشمع‌ها حول محور  $Y$ ‌ها

$x_i, y_i$ : موقعیت شمع  $i$ ام نسبت به مرکز سطح کل شمع‌ها

$I_X = \sum A_{P_i} \cdot y_i^2$  ممان اینرسی سطح مقطع شمع‌ها نسبت به محور  $X$ ‌ها

$I_Y = \sum A_{P_i} \cdot x_i^2$  ممان اینرسی سطح مقطع شمع‌ها نسبت به محور  $Y$ ‌ها

روش مقاومت مصالح معمولاً برای گروه شمع‌هایی استفاده می‌شود که همه شمع‌ها قائم باشند. در صورت وجود نیروی افقی معمولاً به نسبت مساوی بین شمع‌ها پخش می‌شود.

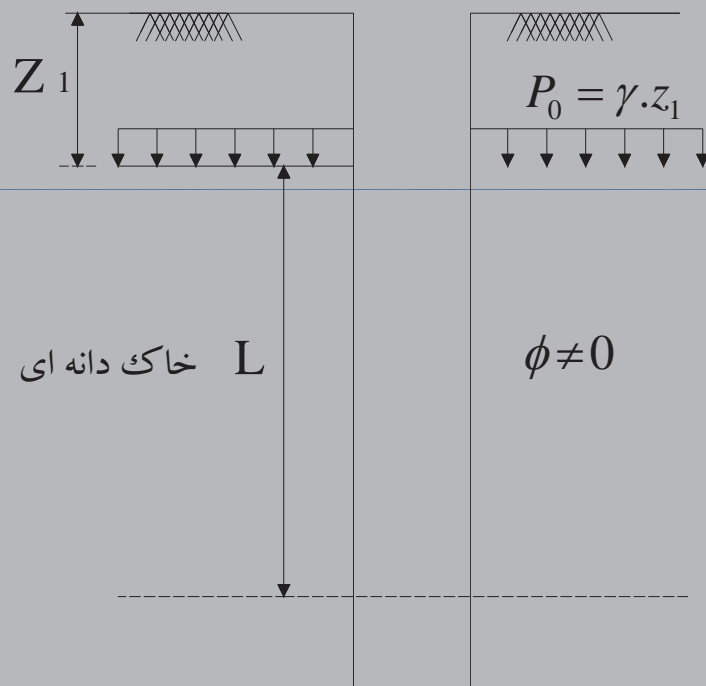
**\*\* هدف از اجرای کلاhek سرشمع ها:**

۱- کلاhek وظیفه انتقال بار حاصل از سازه را به شمع ها دارد.  
(توزیع نیرو از ستون به شمع ها)

۲- از جابجایی نسبی سرشمع ها جلوگیری می نماید.

## \*\* تعیین مقاومت اصطکاکی برای شمع ها \*\*

\*\* خاک دانه ای :



$$F_f = K_p \tan \phi \Omega L (P_0 + 0.5 \gamma' . L)$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$F_f = \alpha K_p \tan \phi \Omega L (P_0 + 0.5 \gamma' . L)$$

$$\alpha = 0.15 \longleftarrow \text{شمع ریزی}$$

$$\alpha = 0.5 - 0.7 \longleftarrow \text{شمع کوبی}$$



## \*\* زمین های چسبنده (خاک رسی) :

## الف - خاک چسبنده عادی تمکیم یافته :

$$F_f = \frac{100 + C^2}{100 + 7C^2} C \Omega L \quad \text{شمع ریزی} \quad \leftarrow \quad \text{ton, m}$$

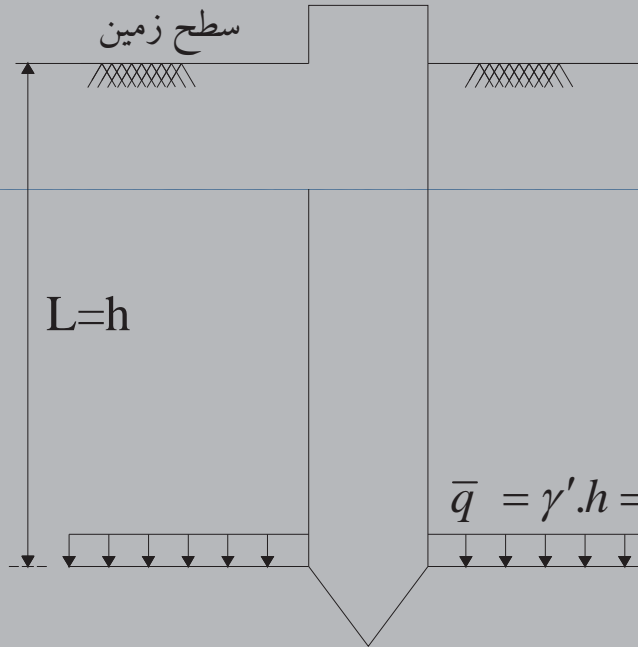
$$F_f = 0.65 C \Omega L \quad \leftarrow \quad \text{شمع کوبی}$$

## ب - خاک چسبنده پیش تمکیم یافته :

$$F_f = 0.5 C \Omega L \quad \leftarrow \quad \text{شمع ریزی}$$

$$F_f = 0.4 C \Omega L \quad \leftarrow \quad \text{شمع کوبی}$$

## \*\* تعیین مقاومت نوک برای شمع ها \*\*

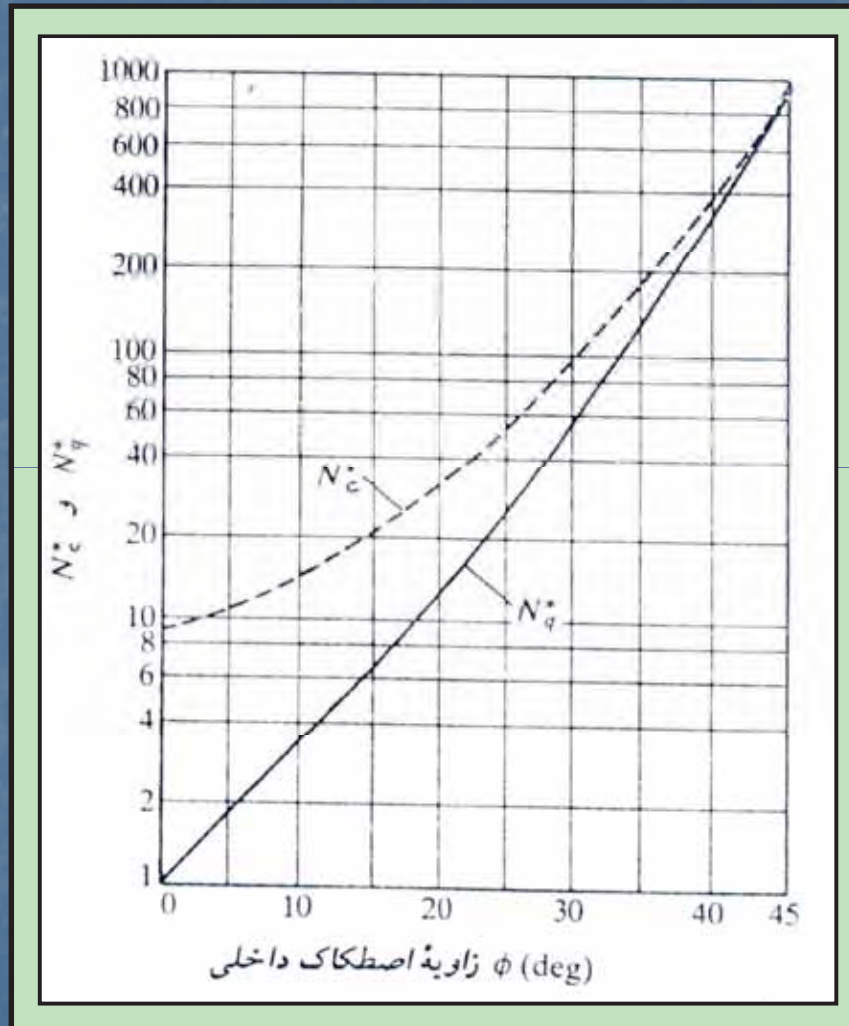


$$P_P = \pi r^2 (1.3 C N_C + \bar{q} \cdot N_q) , \quad \bar{q} = \gamma' \cdot h$$

نمودار  $N_C, N_q$  بر حسب  $\phi$  در صفحه بعد مشاهده میشود.

-- ضریب اطمینان در مقابل نوک  $SF=3$  می باشد.

$$P_a = \frac{P_P}{S.F = 3} \text{ مقاومت نهایی مجاز نوک}$$



$$P_a = \frac{P_P}{S.F. = 3} + \frac{P_f}{S.F. = 2} \geq P \text{ حاصل از تحلیل مجاز کل شمع}$$

### \*\* روش طراحی :

ابتدا یک طول و قطر بر اساس شرایط موجود، حدس زده می شود و بر اساس این طول و قطر،  $P_P, P_f$  را بدست می آوریم و در نهایت مقدار  $P_a$  نیروی مجاز کل شمع را از فرمول بالا حساب می کنیم. سپس این نیرو را با  $P$  حاصل از تحلیل مقایسه می نماییم.

Pa مجاز کل شمع	P حاصل از تحلیل
150 ton	250 ton
350 ton	250 ton
260 ton	250 ton

← غیر قابل قبول (افزایش طول و قطر)

← قابل قبول ولی غیر اقتصادی

← قابل قبول

## جدول شماره ۱

نوع شمع	$\phi_a$	K فای غیرمتراکم	K فای متراکم
فلزی	$\phi \geq 20$ 20	0.5	1.0
پیش ساخته بتنی با جدار زبر	$\frac{3}{4}\phi$	1.0	2.0
پیش ساخته بتنی با جدار صاف	$\frac{3}{4}\phi$	0.5	1.0
شمع درجا	$\frac{3}{4}\phi$	0.5	0.5



جدول شماره ۲

$S.P.T (N)$	درجه تراکم
4	تراکم خیلی کم
4-10	تراکم کم
10-30	تراکم متوسط
30-50	متراکم
> 50	خیلی متراکم

$$\tau_f = \sigma'_h \cdot \tan \phi_a$$

$$\sigma'_h = \sigma'_v \cdot h$$

$\phi_a$ : زاویه اصطکاک بین شمع و خاک

مقدار  $K$  از جداول شماره ۱ و ۲ بدست می آید. ←  $\tau_f = K \sigma'_v \cdot \tan \phi_a$

-- ضریب اطمینان در مقابل نوک  $SF=3$  می باشد.

$$\tau_a = \frac{\tau_f}{S.F = 2}, \quad F_{fa} = \tau_a \cdot \pi \cdot D \cdot L$$

نیروی اصطکاکی مجاز + نیروی نوک مجاز  $P_a =$  نیروی مجاز شمع

$$P_a = \frac{P_P}{S.F = 3} + \frac{F_f}{S.F = 2}$$

نیروی مجاز کل

**مثال:** یک شمع بتنی در دل خاک به طول 18 m و قطر 0.5 m قرار دارد. خاک غیر متراکم و با جدار زبر می باشد. مطلوب است نیروی مجاز کل این شمع؟

$$P = P_p + P_f$$

$$P_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1.3CN_c + \bar{q} \cdot N_q)$$

با توجه به گراف  $C=0 \rightarrow N_q=23$  جمله اول صفر می شود.

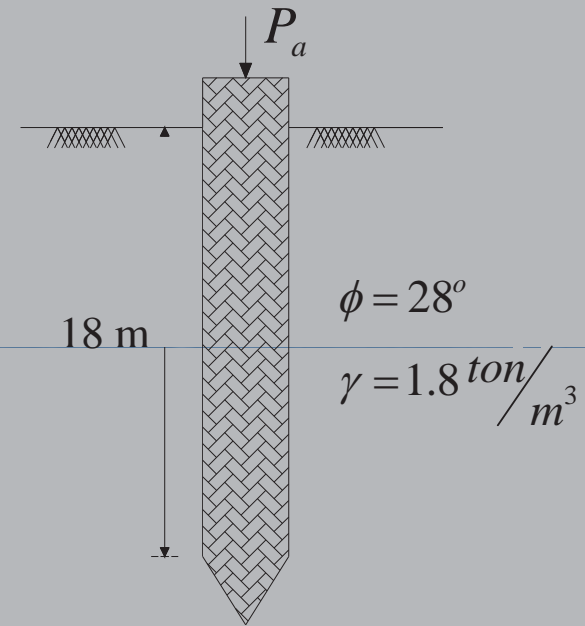
$$P_p = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} (1.8 \times 18 \times 23) \Rightarrow P_p = 146.32 \text{ ton}$$

$$P_f = \pi \cdot D \cdot L \cdot K \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi_a$$

$$P_f = \pi \times 0.5 \times 18 \times \left( 1 \times 1.8 \times \frac{18}{2} \tan \left( \frac{3}{4} \times 28^\circ \right) \right)$$

$$P_f = 175.74 \text{ ton}$$

$$P_a = \frac{P_p}{3} + \frac{P_f}{2} = \frac{146.32}{3} + \frac{175.74}{2} = 136.64 \text{ ton}$$



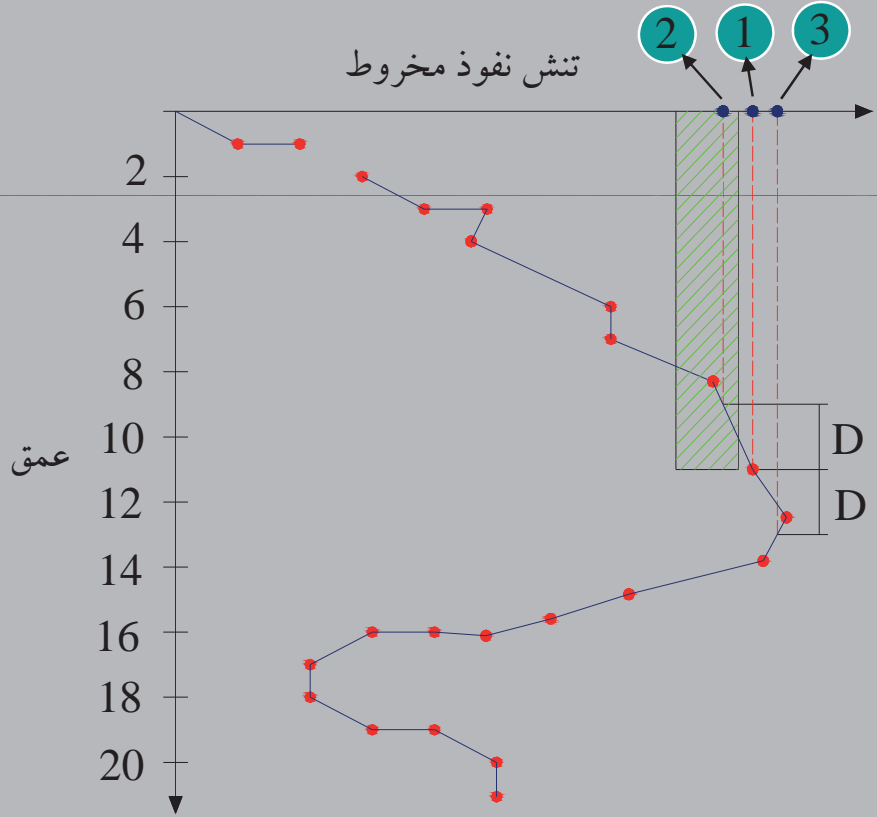
## \*\* استفاده از نتایج پنترومتر (C.P.T) نفوذ مخروط \*\*

$$q_u = \frac{R_{p1} + R_{p2} + R_{p3}}{3} = R_{pm} \dots\dots\dots q_a = \frac{q_u}{S.F. = 3}$$

الف ( مقاومت انتهایی (نوک) شمع :

$R_{pm}$  میانگین تنش C.P.T در سه نقطه

( سه نقطه را در نوک شمع ، یک قطر بالاتر و یک قطر پایین تر از نوک شمع در نظر می گیریم . )



D قطر شمع

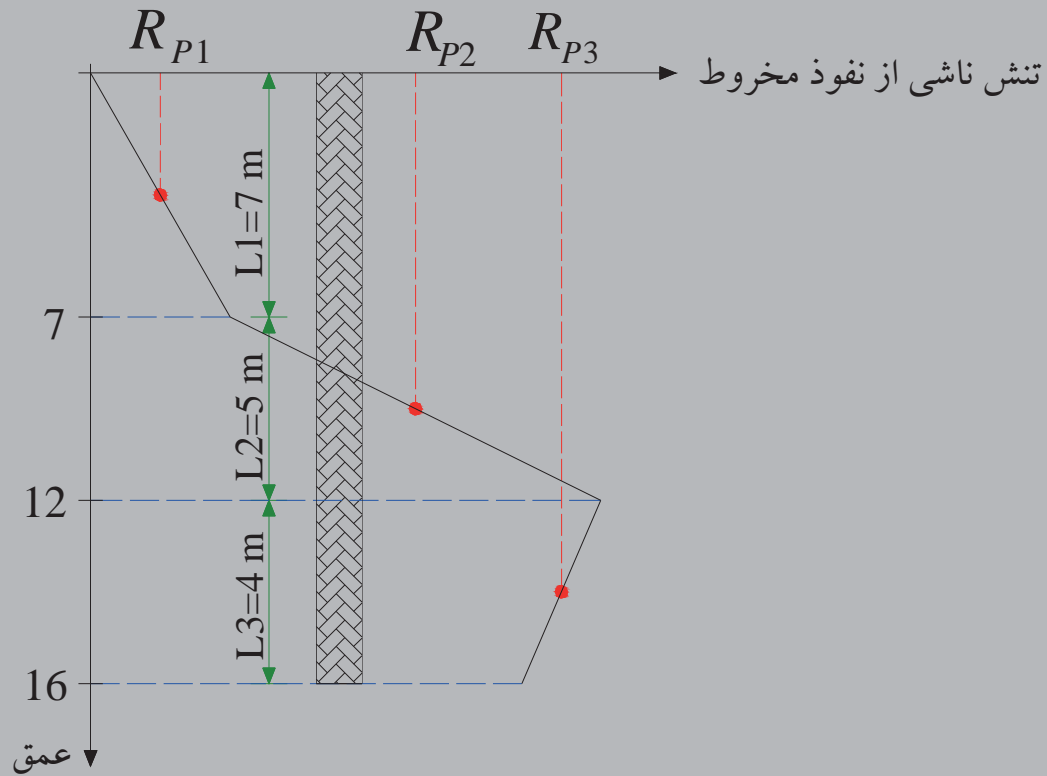
← نتایج C.P.T

نوع خاک	نهایی $\tau_f$	$\tau_a$ مجاز
رسی	$R_p/50$	$R_p/100$
ماسه ای ، دانه ای	$R_p/100$	$R_p/200$

ب) مقاومت اصطکاکی یا جانبی شمع :

$$F_f = \sum_{i=1}^n \tau_{fi} \cdot L_i \cdot \Omega$$

$$F_f = \tau_{f1} \cdot L_1 \cdot \Omega + \tau_{f2} \cdot L_2 \cdot \Omega + \dots + \tau_{fn} \cdot L_n \cdot \Omega$$





## \*\* تاثیر شمع‌ها نسبت به یکدیگر در گروه شمع‌ها \*\*

-- بررسی کاهش ظرفیت باربری شمع‌ها در گروه شمع نسبت به حالت شمع منفرد:

کاهش ظرفیت نداریم.  $E_g > 1 \Rightarrow$  ضریب گروه

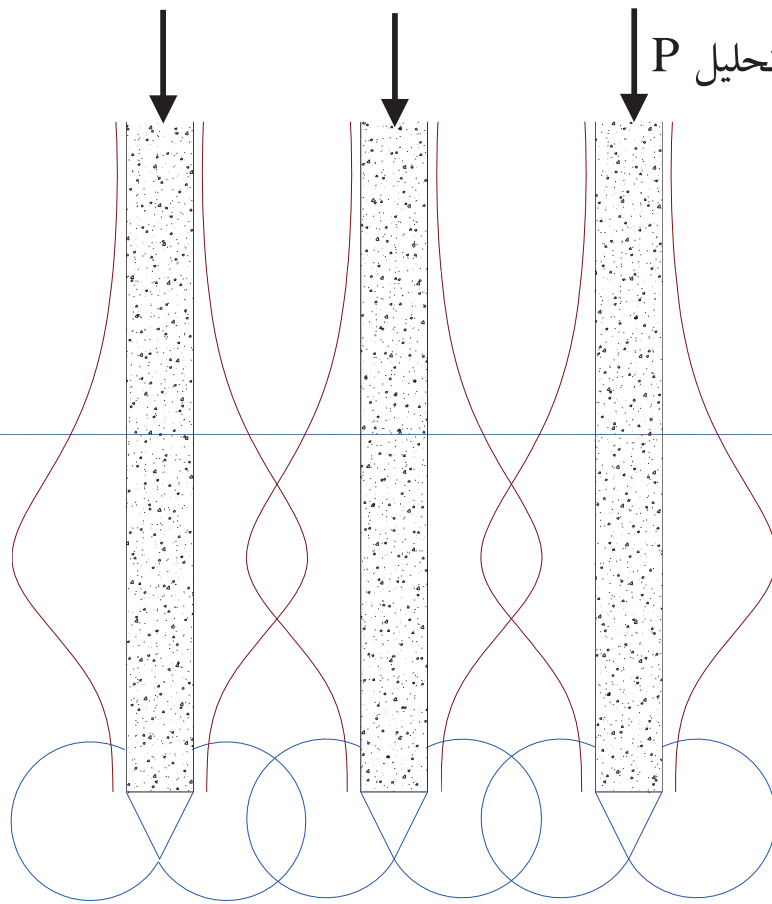
کاهش ظرفیت داریم.  $E_g < 1 \Rightarrow$

$$E_g = \frac{\text{نیروی اصطکاکی شمع واحد مجازی که پیرامون آن پیرامون گروه شمع باشد.}}{\text{مجموع نیروی اصطکاکی هر یک از شمع‌ها}}$$

-- کاهش ظرفیت ناشی از تداخل تنش اصطکاکی می‌باشد.

-- در تمام آئین‌نامه‌ها کاهش ظرفیت در مورد تداخل تنش اصطکاکی بیان شده است و صحبتی در مورد تداخل تنش نوک به میان نیامده است.

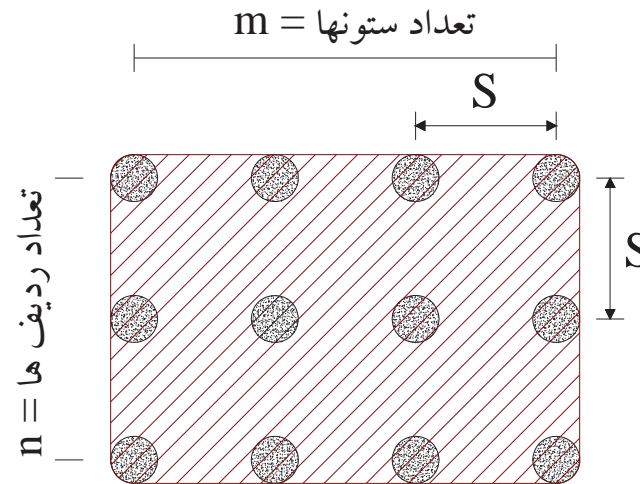
-- دلیل:



$$P \text{ حاصل از تحلیل } \leq \frac{P_P}{3} + \frac{F_f}{2}$$

زمانی که جاب گسیختگی نوک تشکیل ، شمع داخل خاک فرو می رود و چون در این صورت دیگر شمع کار کرد خود را از دست می دهد ، تداخل تنش نوک اهمیتی ندارد.

$$Eg = \frac{F_f \text{ گروه شمع مجازی}}{\sum F_f \text{ شمع منفرد}}$$



تعیین صورت کسر :

$$F_f = \tau_f \times \Omega \times L_f \quad \text{نیروی اصطکاکی گروه شمع مجازی}$$

قطر شمع  $D$

$$\Omega = ((m-1)s + (n-1)s) \times 2 + 8 \times \frac{D}{2}$$

$$\Omega = 2(m+n-2)s + 4D$$

$$F_f = \Omega \cdot \tau_f \cdot L_f \quad \text{نیروی اصطکاکی مجاز}$$

تعیین مخرج کسر :

$$F_f = \pi . D . f . L_f$$

نیروی اصطکاکی یک شمع منفرد

$$= m . n$$

تعداد شمع‌ها

$$\sum F_f = \pi . D . \tau_f . L_f . m . n$$

جمع نیروی اصطکاکی همه شمع‌های منفرد

در نتیجه :

$$E_g = \frac{\Omega . \tau_f . L_f}{\pi . D . \tau_f . L_f . m . n}$$

$$E_g = \frac{2(m + n - 2)S + 4D}{m . n . \pi . D}$$

## \*\* روش آقای فلد \*\*

الف



ب



- **شمع الف**: از دو طرف با شمع‌های مجاور  
خطر تداخل تنش را دارد.



ج



- **شمع ب**: از سه طرف با شمع‌های مجاور  
خطر تداخل تنش را دارد.



- **شمع د**: از چهار طرف با شمع‌های مجاور  
خطر تداخل تنش را دارد.





## مروری بر پی‌های عمیق-قسمت اول

-- ظرفیت باربری شمع الف برابر است با ظرفیت باربری شمع منفرد ، مشروط به اینکه به اندازه  $\frac{n}{16}$  از ظرفیت باربری آن کسر شده باشد.

n : تعداد شمع های مجاور

n=3 برای شمع الف

n=5 برای شمع ب

n=8 برای شمع ج

ظرفیت باربری شمع منفرد  $\times 0.81 = \left(1 - \frac{3}{16}\right)$  ظرفیت باربری شمع منفرد = ظرفیت باربری شمع الف

ظرفیت باربری شمع منفرد  $\times 0.69 = \left(1 - \frac{5}{16}\right)$  ظرفیت باربری شمع منفرد = ظرفیت باربری شمع ب

ظرفیت باربری شمع منفرد  $\times 0.50 = \left(1 - \frac{8}{16}\right)$  ظرفیت باربری شمع منفرد = ظرفیت باربری شمع ج

-- بنابراین در شمع‌های نوع (ج) حدود 50% کاهش ظرفیت باربری را به‌مراه خواهد داشت.

-- توجه :

بطور کلی ضریب کاهش ظرفیت باربری یا تداخل تنش فقط در خصوص ظرفیت باربری اصطکاکی می‌باشد و نه مقاومت نوک. بنابراین این ضرایب فقط به مقاومت اصطکاکی اعمال می‌شود.

\*\*\* محاسبه ظرفیت باربری شمع های پیش ساخته مین کوپیدن :

۱- رابطه هلندی:

$$P_a = \frac{m^2 \cdot h}{e(m+W)} \times \frac{1}{S.F.}$$

$m$ : وزن چکش بر حسب  $KN$

$W$ : وزن شمع بر حسب  $KN$

$h$ : ارتفاع سقوط بر حسب  $m$

$e$ : مقدار فرورفت به ازاء هر ضربه بر حسب  $m$

$S.F.$ : ضریب اطمینان که معمولاً برابر ۶ در نظر گرفته می شود.

-- توجه:

مقدار  $e$  معمولاً میانگین نشست به ازاء چند ضربه (حدوداً ۱۰ ضربه) در مراحل پایانی کار اندازه گیری می شود.

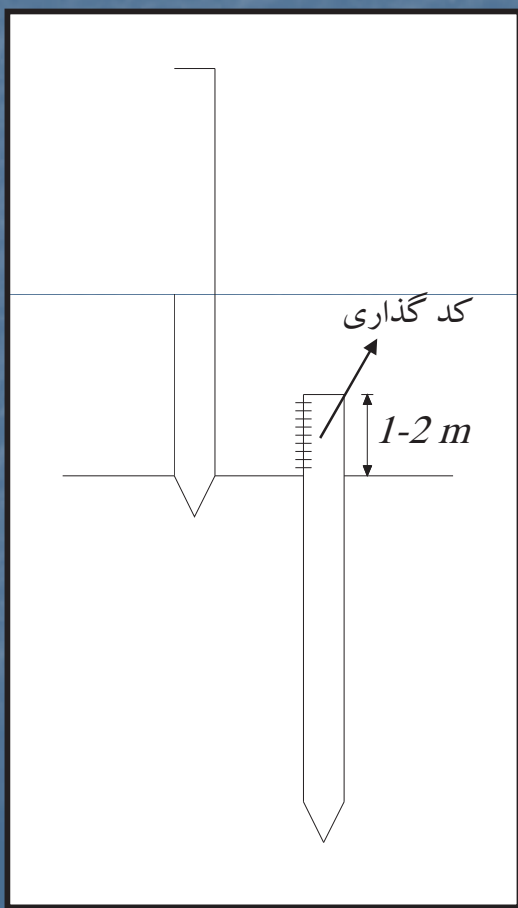
### \* تعیین مقدار فرو رفت e \*

-- روش کار : در موقع شمع کوبی زمانی که به ۱ تا ۲ متر انتهای شمع رسیدیم ، چند ضربه وارد می کنیم (مثلا ۲۰ ضربه) و به ازای این تعداد ضربات مقدار فرورفت شمع را اندازه می گیریم. (مثلا ۴۰ سانتیمتر)

$$e_1 = \frac{40}{20} = 2 \text{ cm}$$

این عمل را چند بار تکرار می کنیم و مقدار فرورفت را برابر میانگین اعداد بدست آمده در نظر می گیریم :

$$e_{ave} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$





۲- رابطهٔ جامعهٔ مهندسی آمریکا:

$$P_a = \frac{E}{6(e + 0.25)}$$

$E = m.h.k$  : مقدار انرژی وارده

$m$  : وزن چکش بر حسب  $kg$

$h$  : ارتفاع سقوط بر حسب  $cm$

$k$  : ضریب راندمان چکش که بین 0.75 تا 1 قرار دارد.

$e$  : مقدار فرورفت در قسمت انتهایی شمع بر حسب  $cm$

عدد  $b$  ضریب اطمینان می باشد.



۳- رابطه آمریکایی :

$$P_a = \frac{1.25 e_n E_n}{e + 0.1} \times \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p}$$

$W_r$  : وزن چکش

$W_p$  : وزن شمع

$e$  : مقدار فرورفت به ازاء هر ضربه

$e_n$  : راندمان چکش (بر حسب نوع چکش)

$n$  : ضریب برجهنگی (ضریب بازگشت) بر حسب نوع شمع و کلاهک سرشمع

$E_n$  : انرژی حاصل از چکش

ضریب n	نوع شمع
0.25	شمع‌های چوبی
0.32	شمع فلزی با کلاهک چوبی
0.50	شمع فلزی یا بتنی با کلاهک فلزی
0.40	شمع بتنی بدون کلاهک فلزی

$e_n$	نوع چکش
0.75 - 1	چکش با سقوط آزاد
0.85 - 1	چکش دو ضربه‌ای
0.8 - 1	چکش دیزلی

جدول ۸-۴ - مشخصات شمعیهای بخار و هوای فشرده

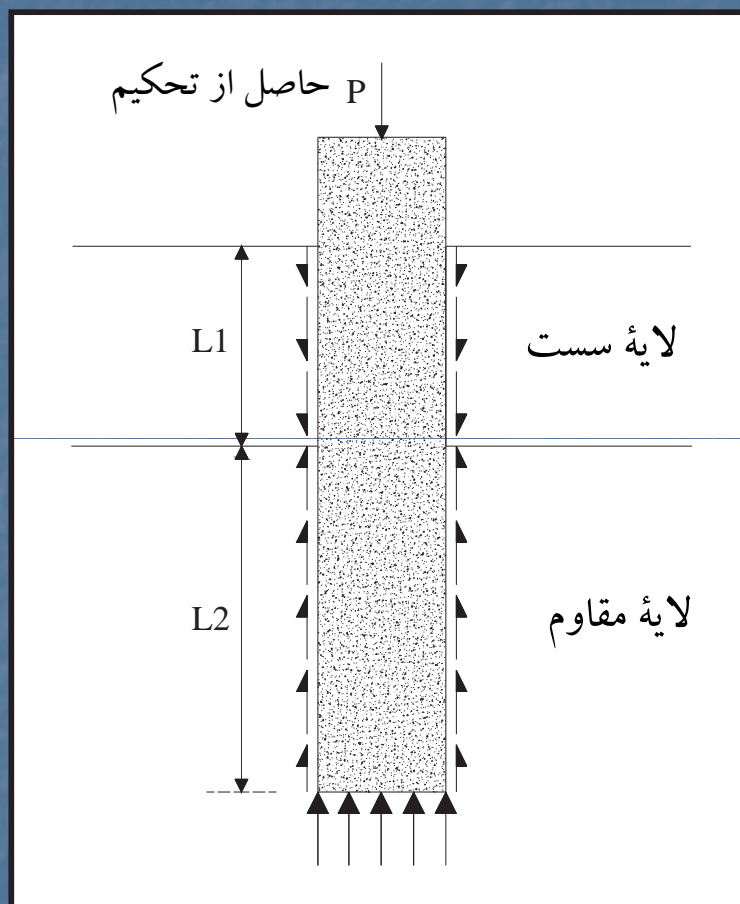
کارخانه سازنده	شماره مدل	نوع شمعی	انرژی		ضربه در دقیقه	وزن چکش	
			kN-m	kip-ft		kN	kip
V	3100	Single acting	406.8	300	58	448.8	100
V	540	Single acting	271.2	200	48	181.9	40.9
V	060	Single acting	244.1	180	62	266.9	60
MKT	OS-60	Single acting	244.1	180	55	266.9	60
V	040	Single acting	162.7	120	60	177.9	40
V	400C	Differential	153.9	113.3	100	177.9	40
R	8-0	Single acting	110.2	81.25	35	111.2	25
MKT	S-20	Single acting	81.4	60	60	89	20
R	5-0	Single acting	77.2	56.9	44	77.8	17.3
V	200-C	Differential	68.1	50.2	98	89	20
R	190-C	Differential	66.1	48.75	95-105	66.7	15
MKT	S-14	Single acting	50.9	37.5	60	62.3	14
V	140C	Differential	48.8	36	103	62.3	14
V	08	Single acting	35.3	26	50	35.6	8
MKT	S-8	Single acting	35.3	26	55	35.6	8
MKT	11B3	Double acting	26.1	19.2	95	22.2	5
MKT	C-5	Double acting	31.7	16.0	110	22.2	5
V	30-C	Double acting	9.9	7.3	133	11.3	3

\* V--Vulcan Iron Works, Florida  
 MKT--McKiernan-Terry, New Jersey  
 R--Raymond International, Inc., Texas

جدول ۸-۷ - مشخصات شمعیهای دیزل

کارخانه سازنده	مدل	انرژی		ضربه در دقیقه	وزن بیستون	
		kN-m	kip-ft		kN	kip
K	K150	379.7	280	45-60	147.2	33.1
M	MB70	191.2-86	141-63.4	38-60	70.5	15.84
K	K-60	143.2	105.6	42-60	58.7	13.2
K	K-45	123.5	91.1	39-60	44.0	9.9
M	M-43	113.9-51.3	84-37.8	40-60	42.1	9.46
K	K-35	96	70.8	39-60	34.3	7.7
MKT	DE70B	85.4-57	63-42	40-50	31.1	7.0
K	K-25	68.8	50.7	39-60	24.5	5.51
V	N-46	44.1	32.55	50-60	17.6	3.96
L	520	35.7	26.3	80-84	22.6	5.07
M	M-14S	35.3-16.1	26-11.88	42-60	13.2	2.97
V	N-33	33.4	24.6	50-60	13.3	3.0
L	440	24.7	18.2	86-90	17.8	4.0
MKT	DE20	24.4-16.3	18.0-12.0	40-50	8.9	2.0
MKT	DE-10	11.9	8.8	40-50	4.9	1.1
L	180	11.0	8.1	90-95	7.7	1.73

\* V--Vulcan Iron Works, Florida  
 M--Mitsubishi International Corporation  
 MKT--McKiernan-Terry, New Jersey  
 L--Link Belt, Cedar Rapids, Iowa  
 K--Kobe Diesel



### -- اصطکاک منفی:

اگر میزان نشست خاک اطراف، از نشست شمع بیشتر باشد، اصطکاک بوجود آمده را اصطلاحاً اصطکاک منفی نامگذاری می کنیم.

بنابراین نیروی ناشی از اصطکاک منفی به بار حاصل از سازه اضافه می شود و ظرفیت باربری شمع را کاهش می دهد.



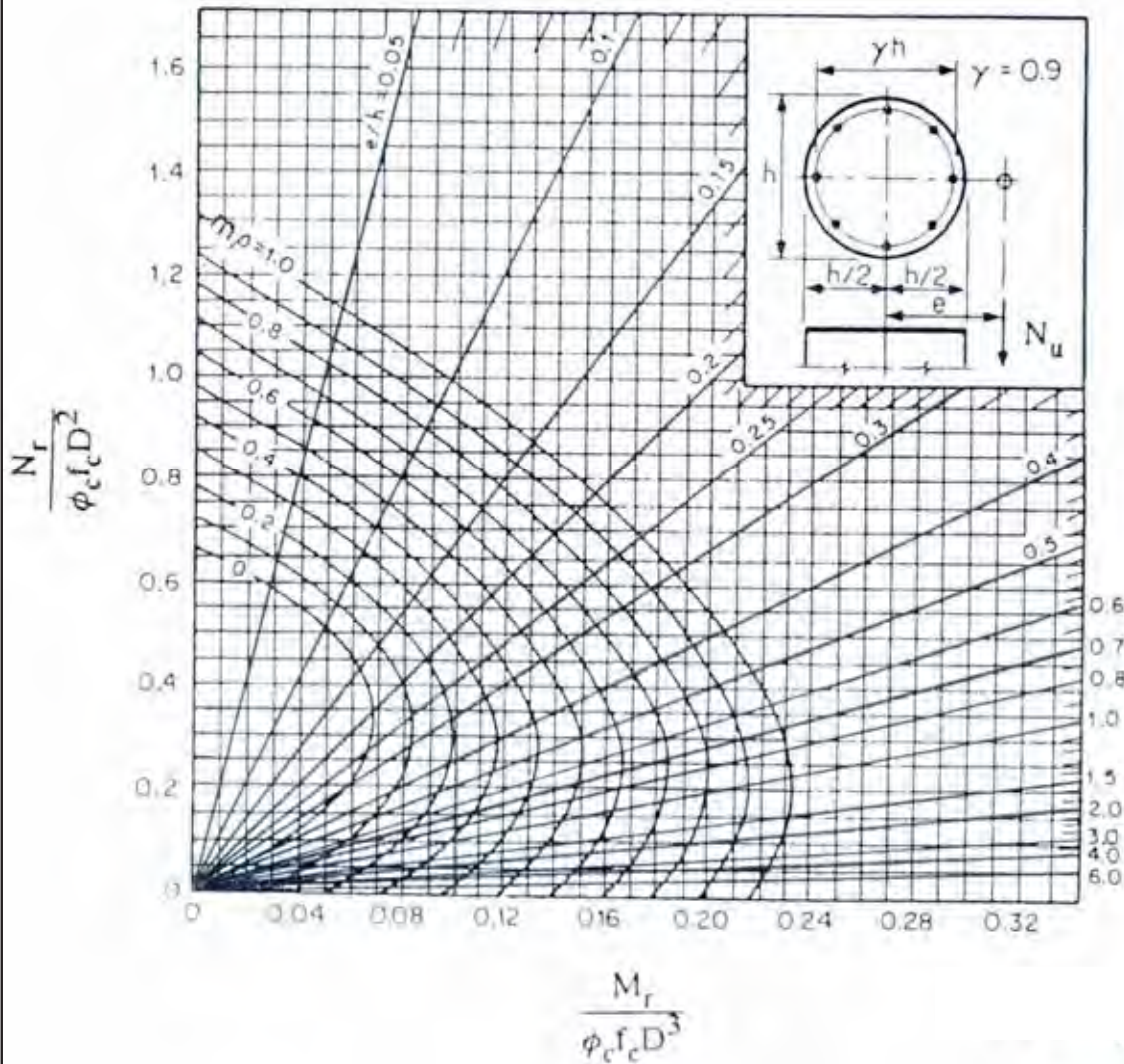
-- عوامل موثر:

۱- نشست لایه‌ها تحت وزن خود و وجود سربار اضافی

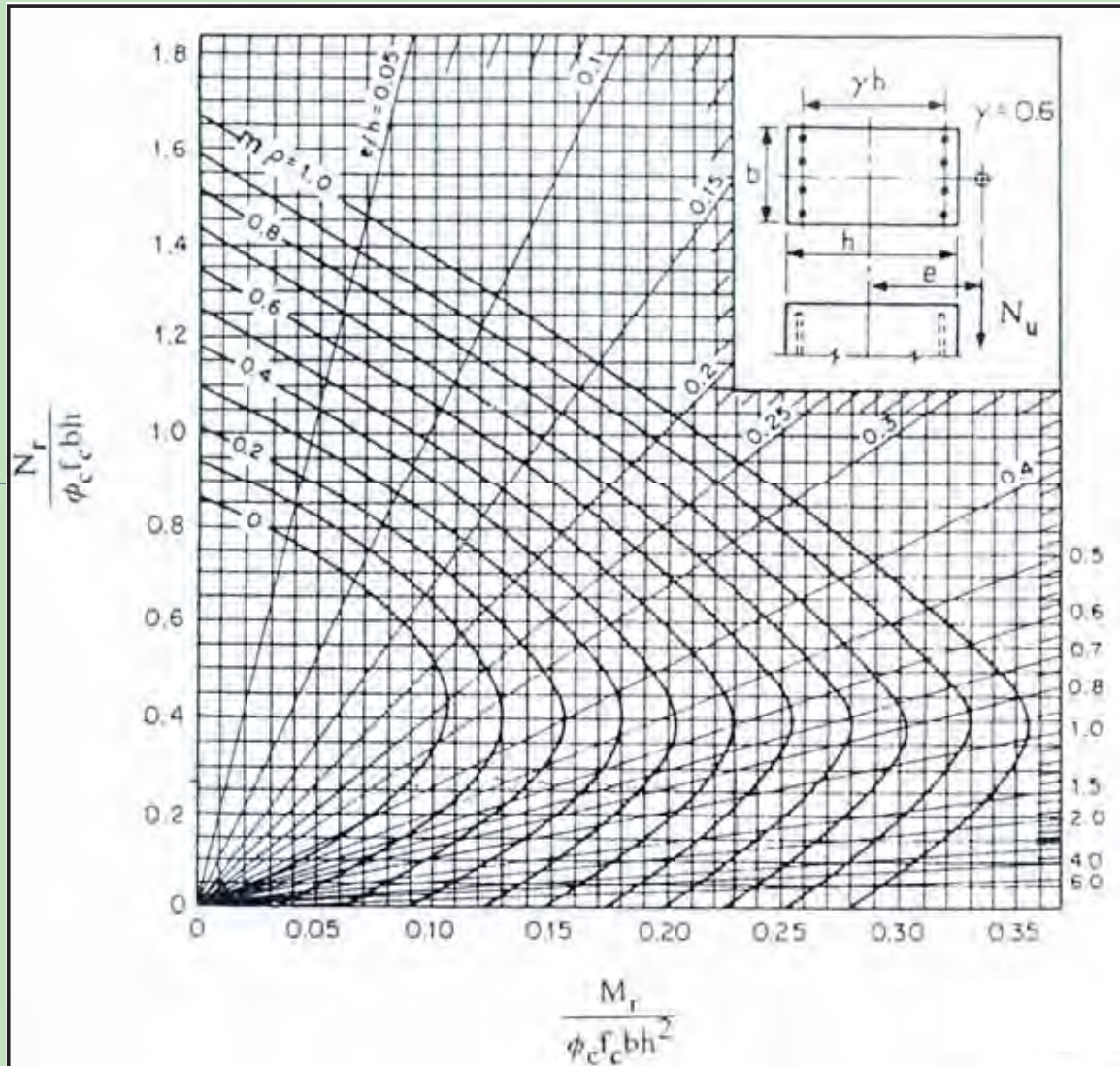
۲- تغییرات سطح سفره آب و بالا آمدن آن باعث تشدید در اصطکاک منفی می‌شود.



-- طراحی مقطع فشاری (ستونها و شمع‌ها) --

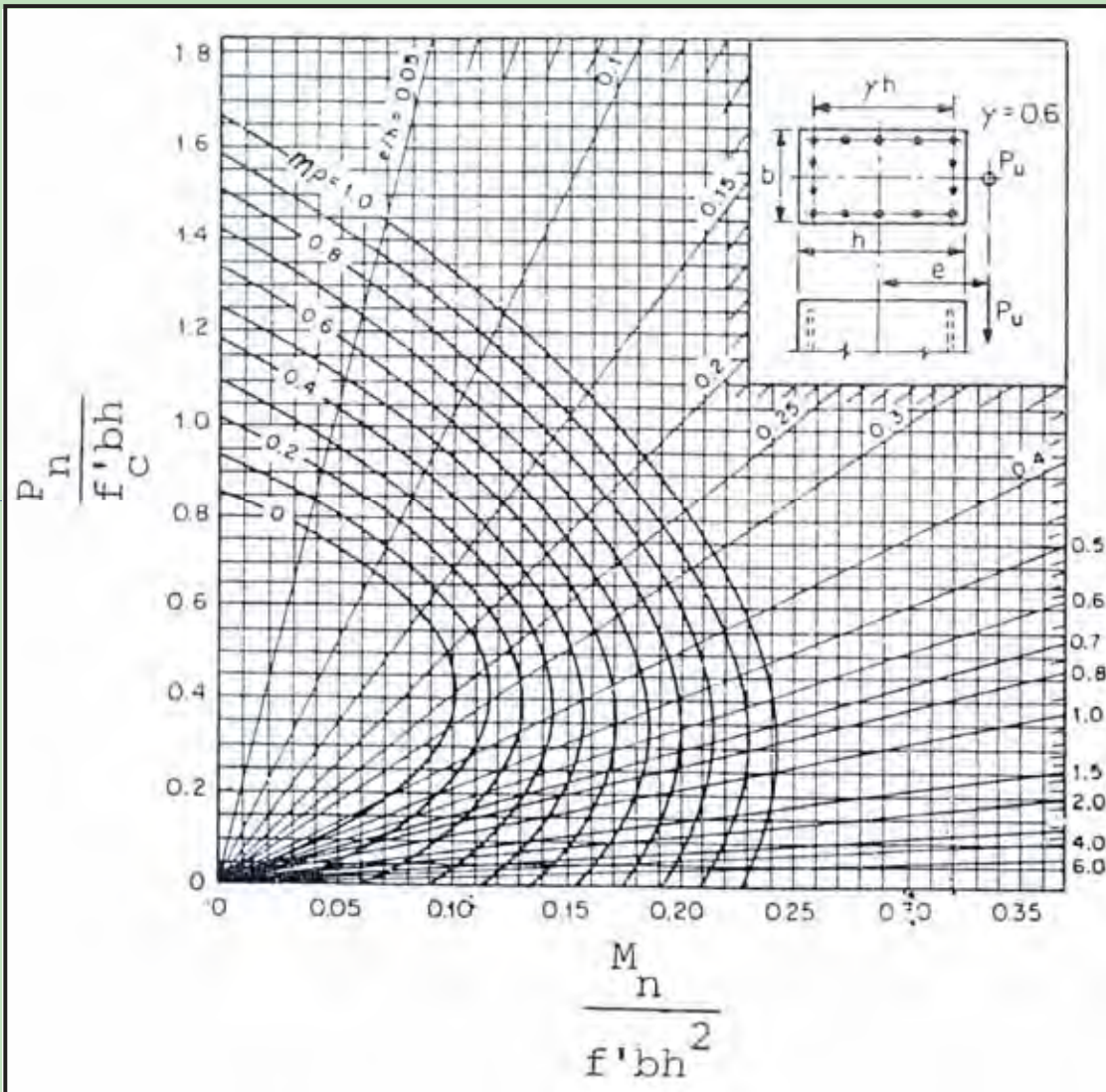


-- آئین نامه آبا :

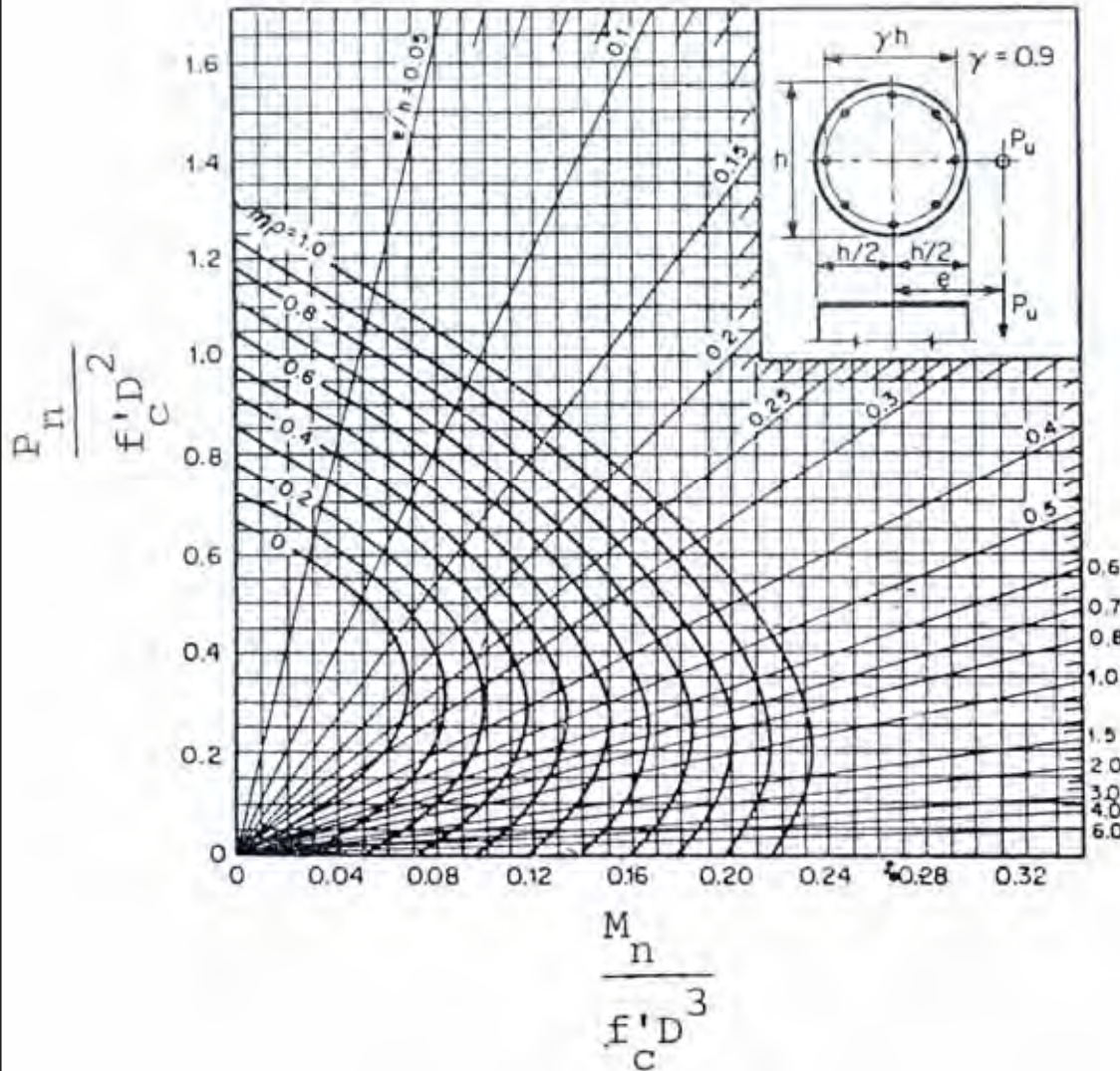


-- آئین نامه آبا :





-- آئین نامه ACI :



-- آئین نامه ACI :



## \* بخش سوم \*

۱- آزمایش S.P.T

۲- آزمایش C.P.T

۳- آزمایش پره برشی

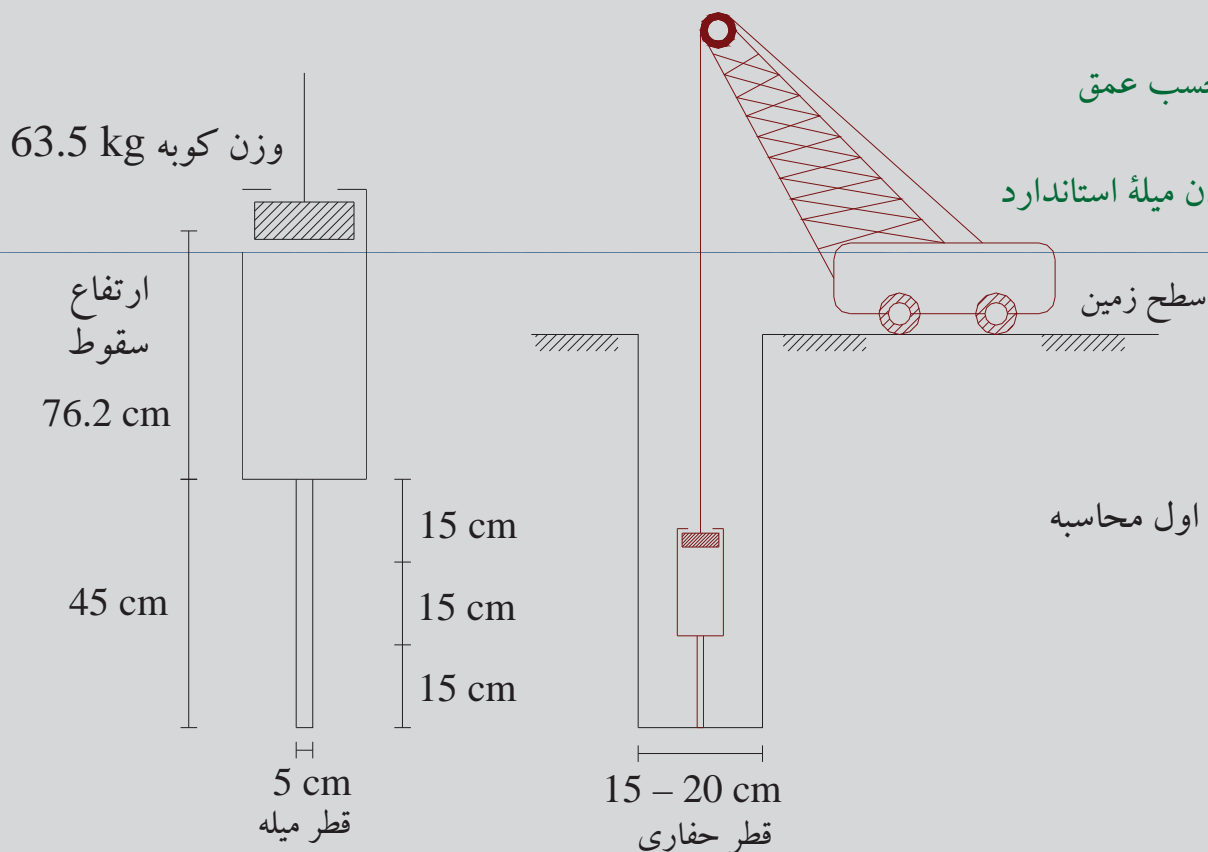
## آزمایش نفوذ استاندارد : *S.P.T*

-- مراحل کار و انجام آزمایش:

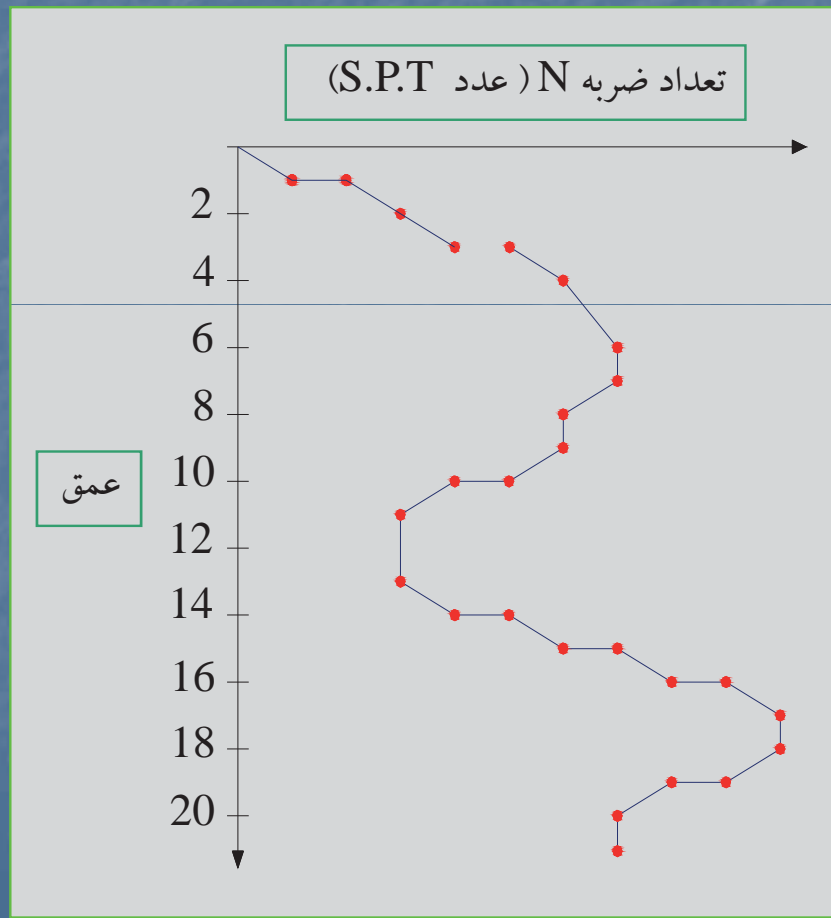
- ۱- حفاری توسط دستگاه
- ۲- انجام آزمایش در اعماق مختلف
- ۳- ترسیم منحنی تعداد ضربه  $N$  بر حسب عمق

$N$  : تعداد ضربات لازم برای فرو بردن میله استاندارد به عمق 30 cm می باشد.

-- تعداد ضربات لازم برای 15 cm اول محاسبه نمی شود.



-- هر چقدر تعداد ضربه بیشتر باشد بیانگر مقاومت بیشتر لایه می باشد. بنابراین کیفیت لایه ها و درجه مرغوبیت لایه ها را از نظر مقاومتی به ما می دهد.



**- مزایا :**

- ۱- در هر عمقی قابل انجام می باشد.
- ۲- این آزمایش، یک آزمایش صحرایی می باشد.

**- معایب :**

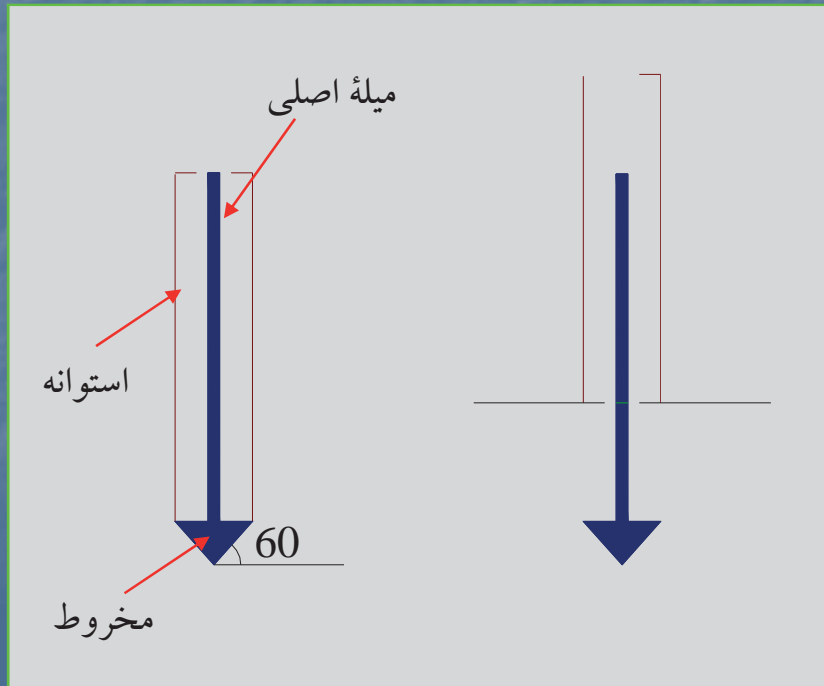
- ۱- اگر در مسیر عبور میله، سنگ دانه با قطر بزرگتر از  $5\text{ cm}$  قرار گیرد، مقاومت کاذب می دهد.
- ۲- بالا بودن سطح سفره آب مقداری ضربه کاذب را نشان خواهد داد.

-- لازم به ذکر است نمونه های خاک بدست آمده از حفاری، دانه بندی و طبقه بندی می شود و خاک کاملاً طبقه بندی می شود.

-- **توجه :** حتی از نتایج *S.P.T* استفاده می کنند و عمق استقرار پی عمیق (شمع) را مشخص می کند یعنی نوک شمع را سعی می کنند در یک لایه مقاوم قرار دهند.

## \* آزمایش نفوذ مخروط : C.P.T

- انواع آزمایش C.P.T :
- ۱- با انتهای ثابت : مخروط و استوانه به یکدیگر جوش خورده است.
  - ۲- با انتهای متحرک : مخروط و استوانه می توانند حرکت مستقل داشته باشند.



-- امروزه بیشتر از نوع دوم استفاده می شود.

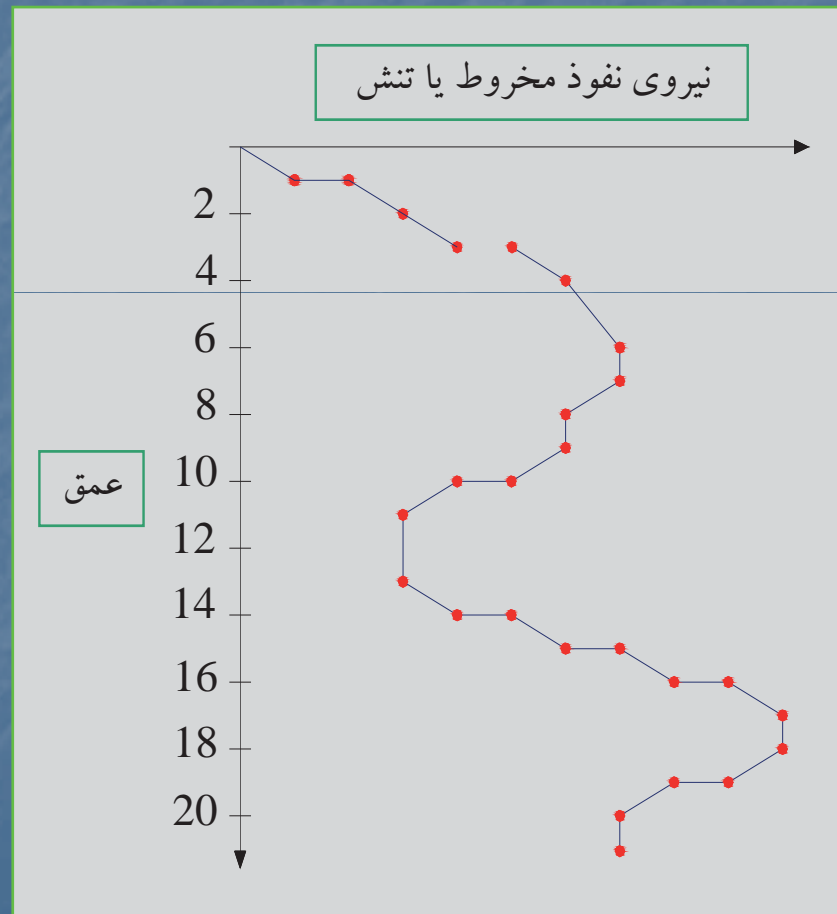
-- با فرو بردن مخروط در دل خاک میزان نیروی لازم را اندازه گیری می کنند و در نهایت منحنی نیرو یا تنش بر حسب عمق ترسیم می شود.



## مرورای بر پی های عمیق-قسمت اول

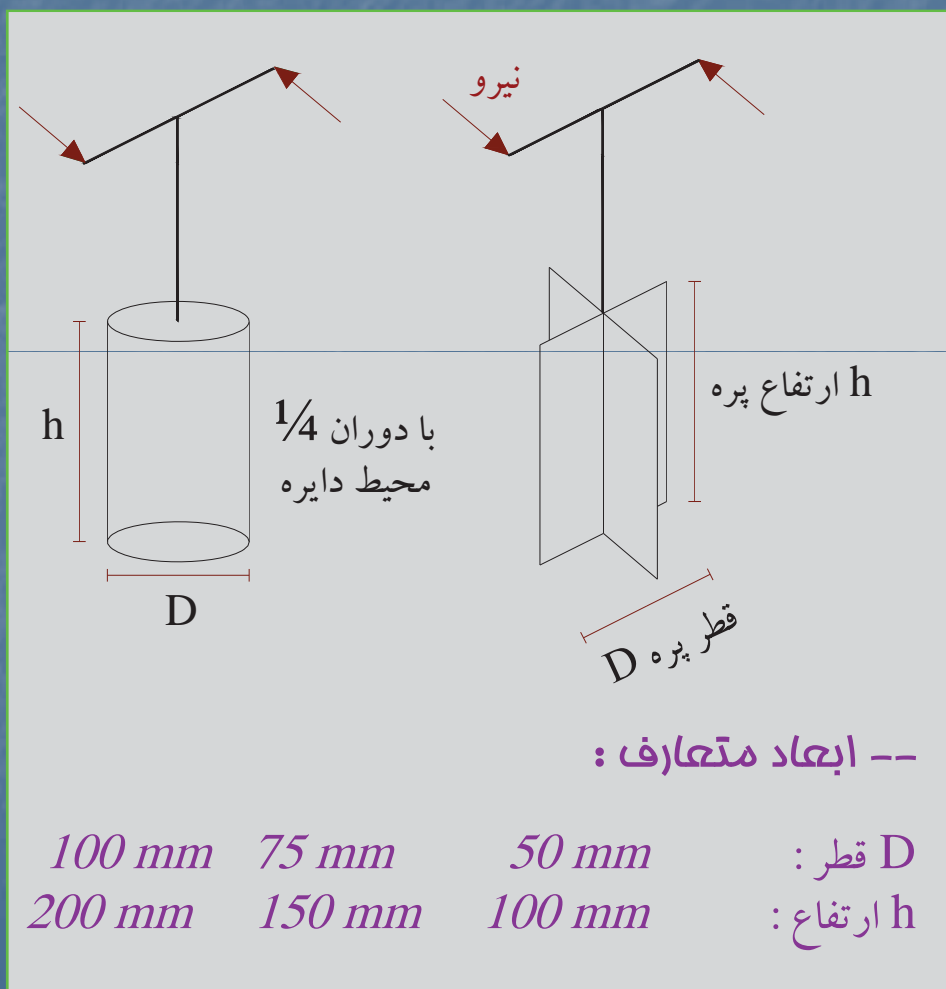
-- نیروی زیاد در هر لایه بیانگر مقاومت خوب خاک می باشد.

-- از نتایج این آزمایش مستقیماً برای طراحی شمع ها استفاده می کنند. ( چون نوک مخروط دقیقاً مانند نوک شمع عمل می کند.)



## \* آزمایش پره برشی (برش نگار) :

-- برای تعیین مقاومت چسبندگی خاک در صحرا انجام می شود.



$T_1$  : کوپل نیروی لازم برای سطح جانبی استوانه

$T_2$  : کوپل نیروی لازم برای قاعده بالا و پایین استوانه

$T = T_1 + 2T_2$       T لنگر پیچشی کل

$$T_1 = (2 \pi r h) C_u \times r = 8 \pi r^3 C_u$$

$$T_2 = \frac{2}{3} \pi r^3 C_u$$

$$\Rightarrow T = 8 \pi r^3 C_u + 2 \times \frac{2}{3} \pi r^3 C_u = \frac{28}{3} \pi r^3 C_u$$

$$\Rightarrow \boxed{C_u = \frac{3}{28} \times \frac{T}{\pi r^3}} \quad \text{مقاومت چسبندگی خاک}$$



\* بخش چهارم :

دیوارهای حائل صلب

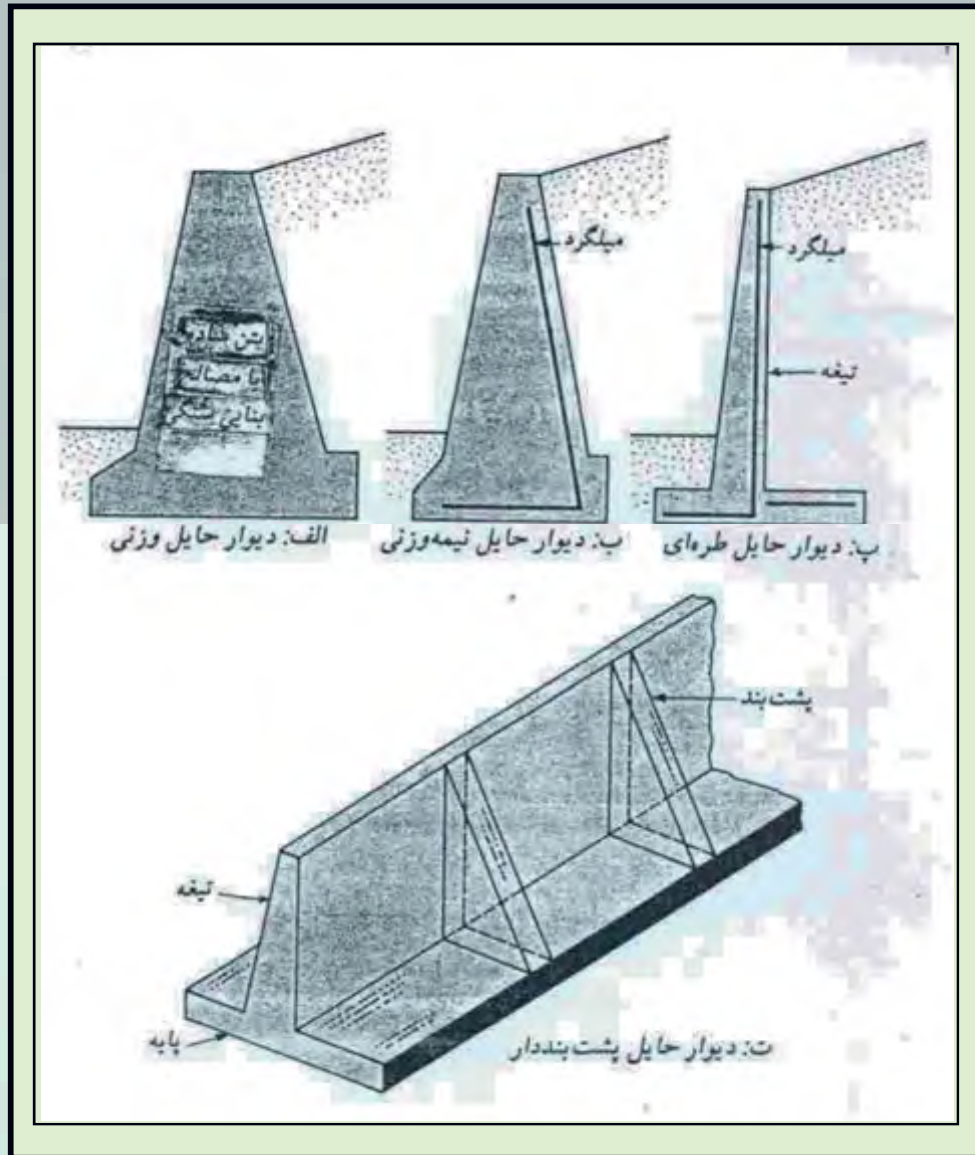


## - انواع دیوارهای حائل صلب :

-- دیوارهای حائل را بر حسب نوع مصالح تشکیل دهنده و المانهای مقاوم به سه دسته تقسیم می کنند :

- ۱- دیوارهای حائل وزنی (ثقلی)
- ۲- دیوار حائل بتن مسلح (کانتیلور)
- ۳- دیوار حائل بتن مسلح پشت بند دار







## ۱- دیوار هائل وزنی :

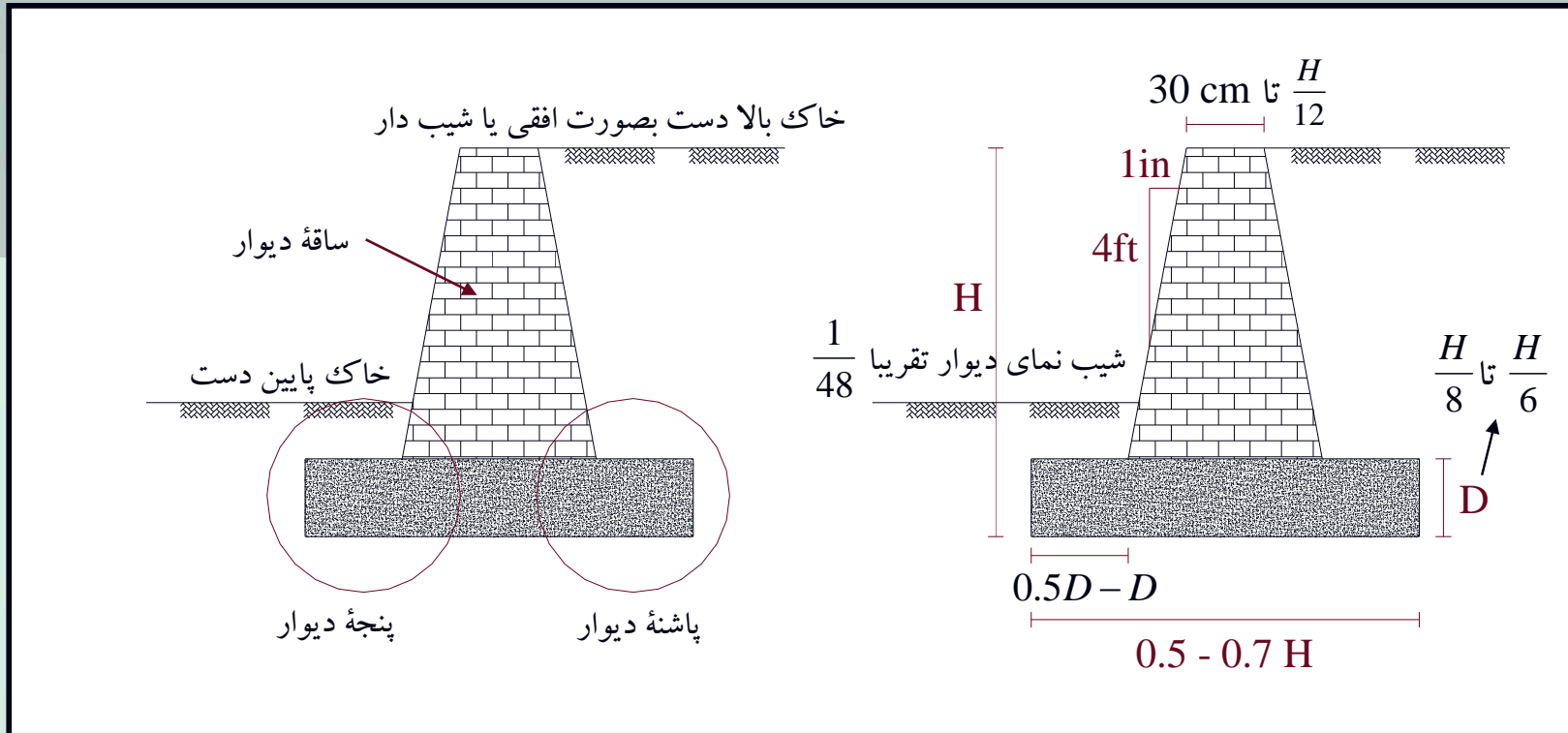
- این دیوارها معمولا از مصالح سنگی ، آجری یا بتن غیر مسلح ساخته می شوند و فقط نیروی ناشی از وزن دیوار، عامل مقاوم در مقابل واژگونی و لغزش می باشد. به همین دلیل به آنها ، دیوار وزنی گفته می شود.

- این دیوارها تا ارتفاع ۱۰-۱۲ متر هم ساخته می شوند ولی برای ارتفاع زیاد معمولا :

- غیر اقتصادی هستند.
- فضای زیادی را اشغال می کنند.
- به دلیل حجم زیاد ، سرعت اجرا را کاهش می دهند.



## - مقاطع و ابعاد متعارف دیوار مائل وزنی :

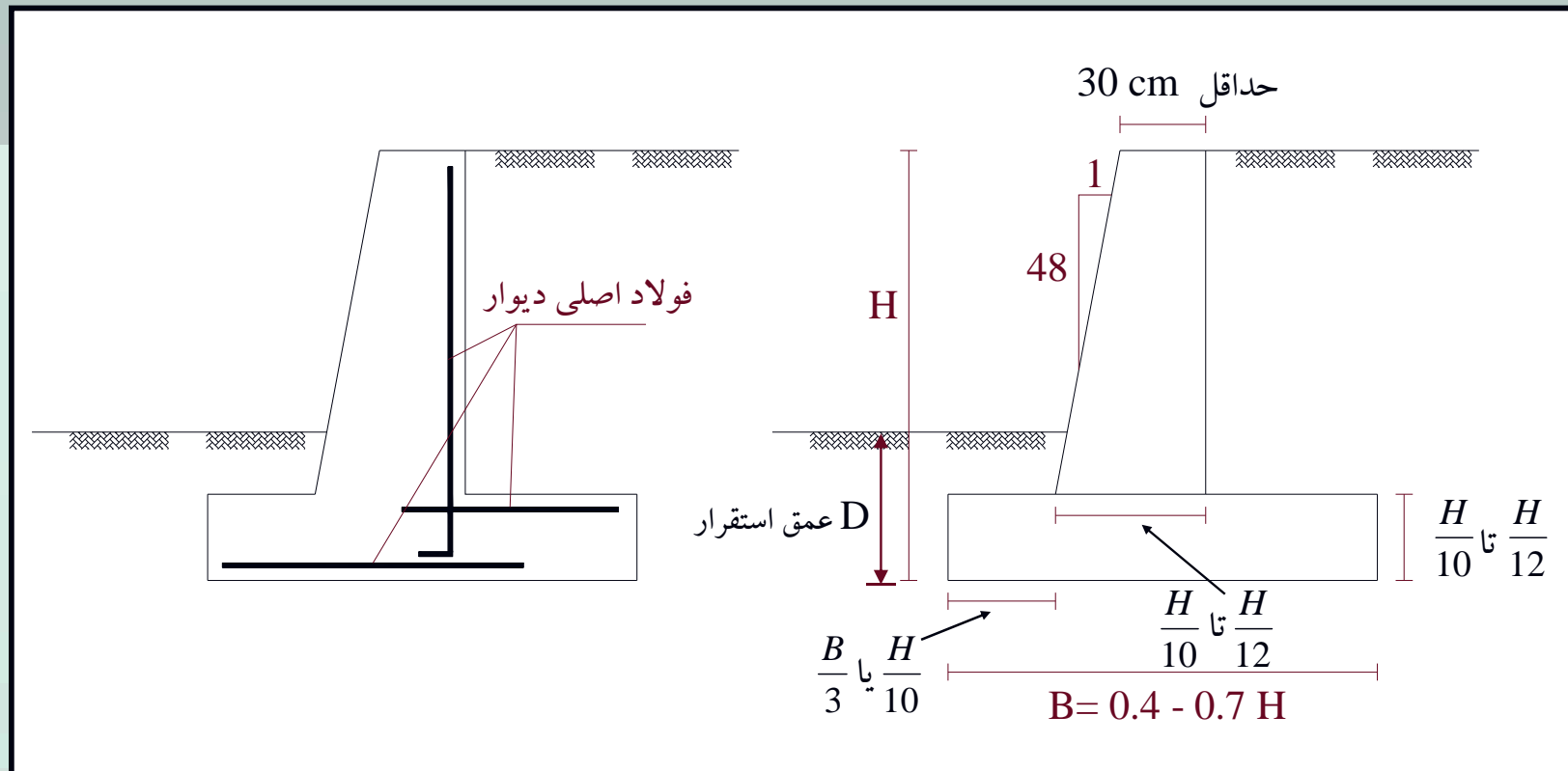




## ۲- دیوار مائل بتن مسلح (کانتیلور):

- معمولا برای ارتفاع زیاد جهت کاهش حجم مصالح مصرفی از یکطرف و سرعت اجرا و فضای اشغالی کمتر از طرف دیگر، از این نوع دیوار استفاده می‌کنند.

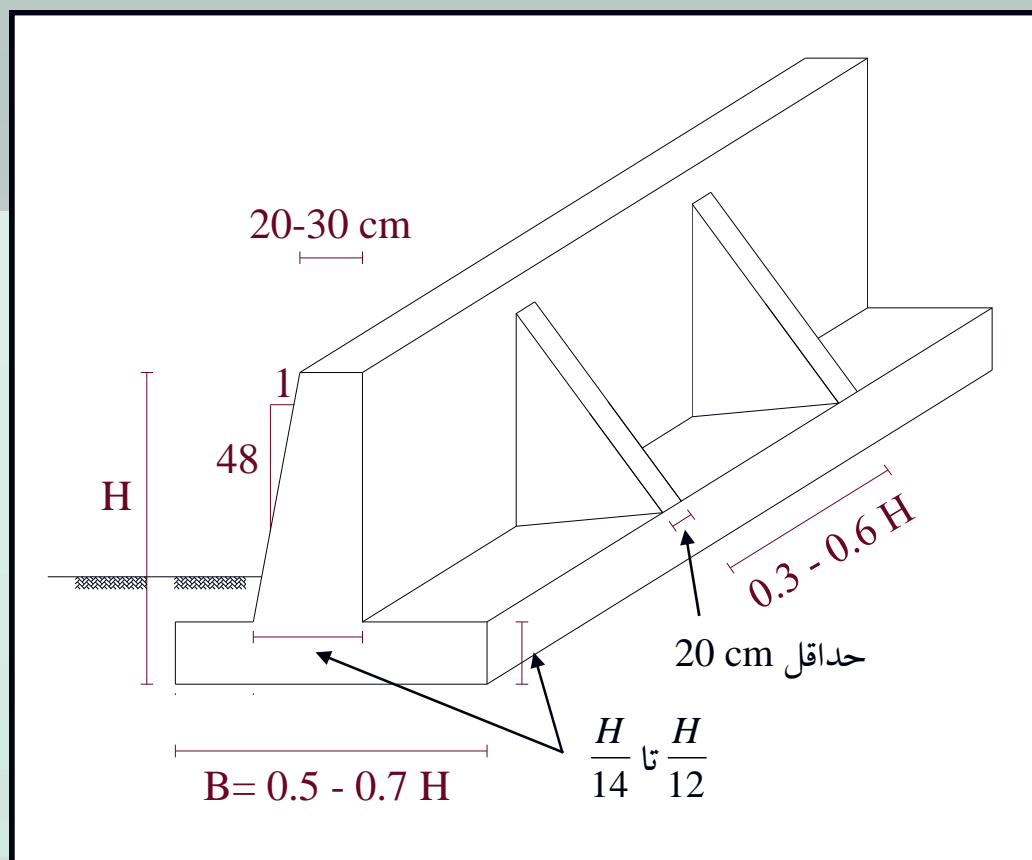
- مقطع و ابعاد متعارف دیوار مائل بتن مسلح:





### ۳- دیوار حائل پشت بند دار :

- معمولا وقتی ارتفاع زیاد می شود دیوار حائل بتن مسلح به تنهایی جوابگو نمی باشد، بنابراین به دلیل طول طره زیاد تغییر شکل رأس دیوار ناشی از فشار اکتیو خاک افزایش می یابد، در نتیجه از مدل پشت بند دار به عنوان عامل مقاوم یا سخت کننده یا پشت بند استفاده می کنند.



-- این نوع دیوار حائل معمولا برای سد سازی هم استفاده می شود. (مانند سد منجیل)





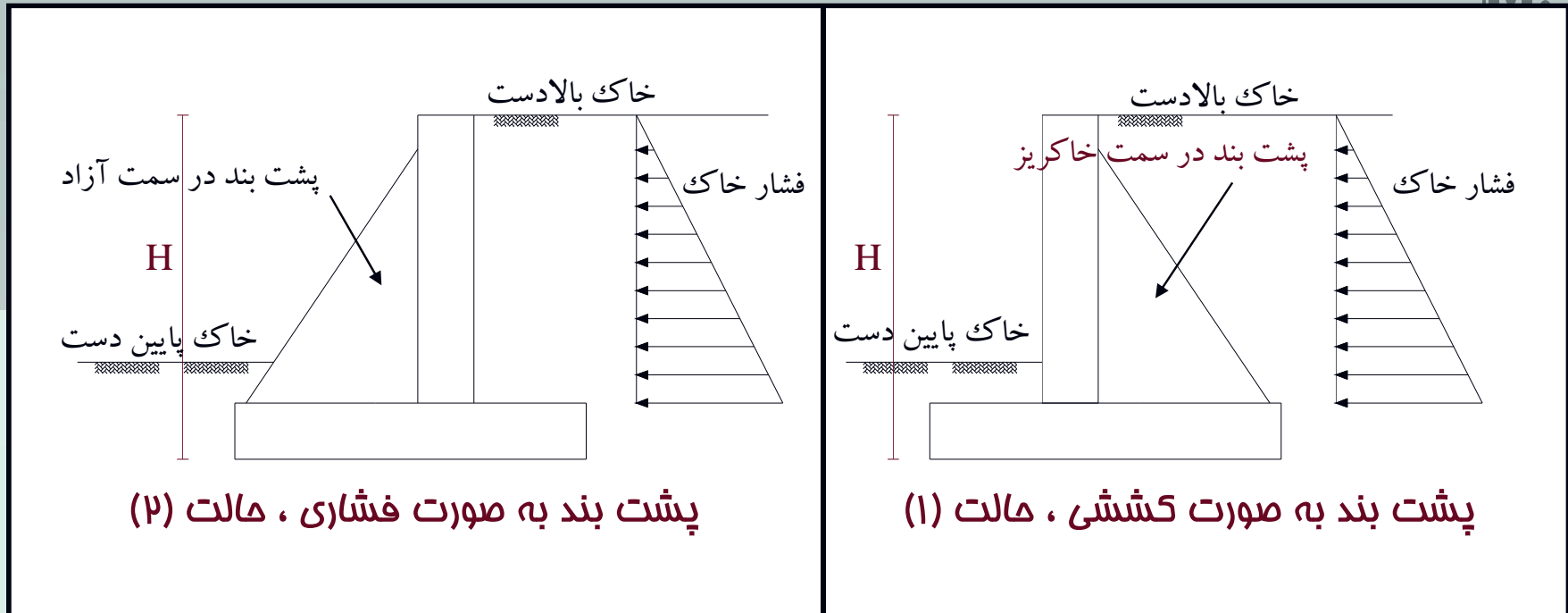
**\* پشت بند در دیوار مائل می تواند :**

- ۱- در سمت خاکریز (داخل خاکریز) اجراء شود.
- ۲- در سمت آزاد دیوار اجرا شود.

-- در حالت ۱ پشت بند یا سخت کننده بصورت کششی عمل می کند.

-- در حالت ۲ پشت بند یا سخت کننده بصورت فشاری عمل می کند.

**توجه :** با توجه به اینکه پشت بند از جنس بتن مسلح می باشد ، معمولا در حالت ۲ به دلیل فشاری بودن و استفاده از مقاومت فشاری بتن اقتصادی می باشد.





## \* انواع درز دیوارهای حائل :

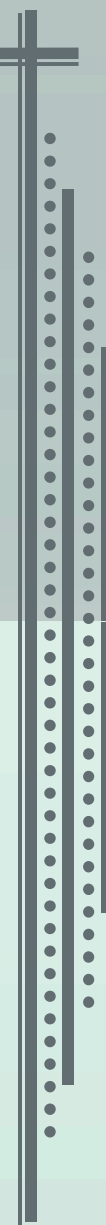
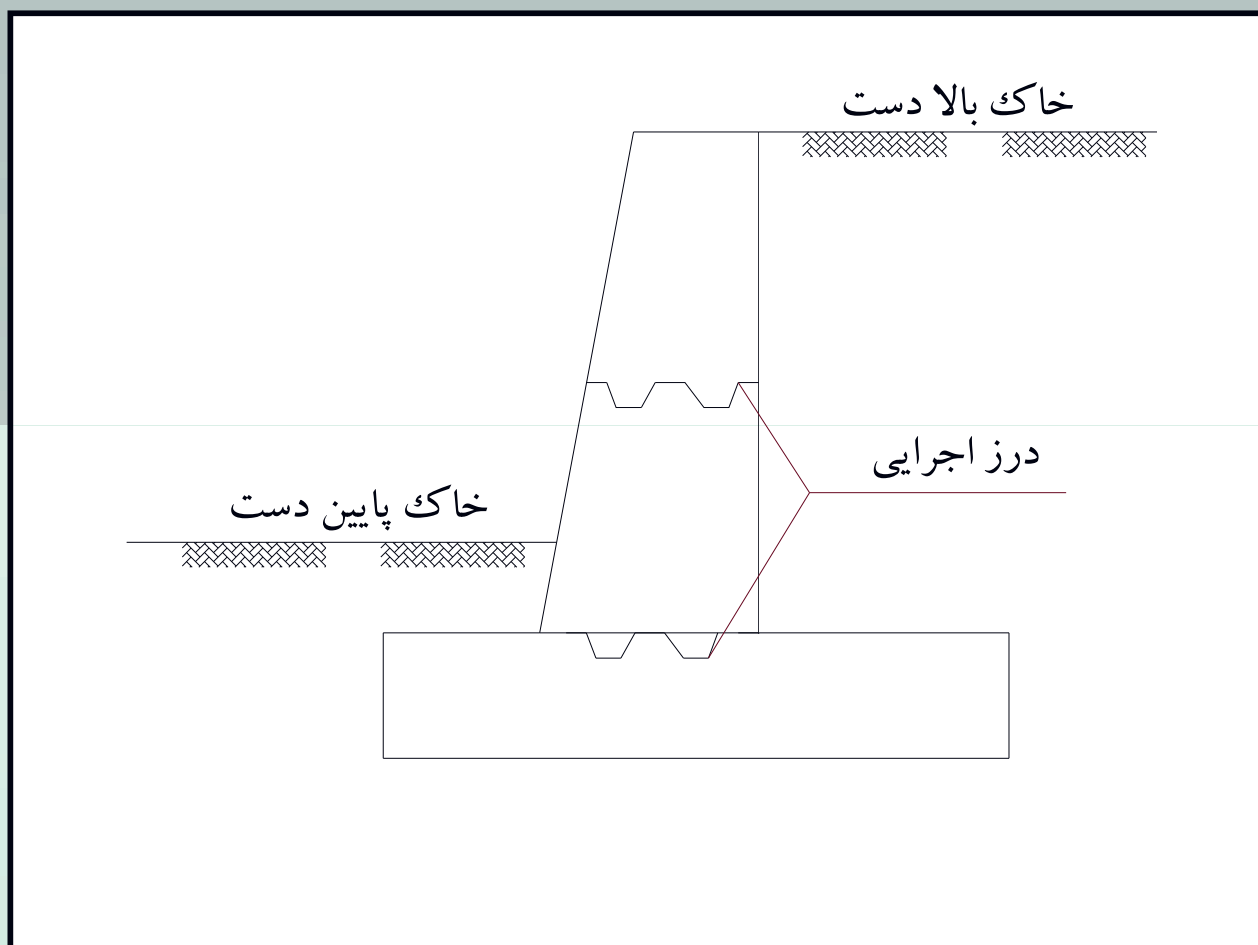
### الف) درزهای اجرایی :

- معمولا دیوارهای حائل دارای ارتفاع زیاد و طول زیاد می باشد لذا به ندرت می توان سازه ای را بصورت یکپارچه و یکجا اجراء نمود. بنابراین :

a) درز اجرایی بصورت افقی برای قطع بتن ریزی در ارتفاع  
b) درز اجرایی بصورت عمودی برای قطع بتن ریزی در طول

- در درزهای اجرایی عمودی یا افقی میله گردها ممتد هستند.

- در درزهای اجرایی عمودی یا افقی جهت افزایش درگیری بتن قدیم و جدید سطح بتن بایستی ناهموار یا بصورت پله ای اجراء گردد.





### ب) درز انقباضی :

- این درز معمولا برای کنترل آثار حرارتی در دیوارها بکار گرفته می شود.

### - در این نوع درزها :

- تمام یا قسمتی از میله گردها ممتد می باشد.
- بتن در محل درز صاف و صیقلی قطع می شود.

-- و عملا شرایطی فراهم می شود که پیوستگی بتن قدیم و جدید به حداقل رسیده تا در صورت ایجاد ترک ناشی از انقباض ، محل مناسب برای ایجاد ترک بصورت منظم باشد.

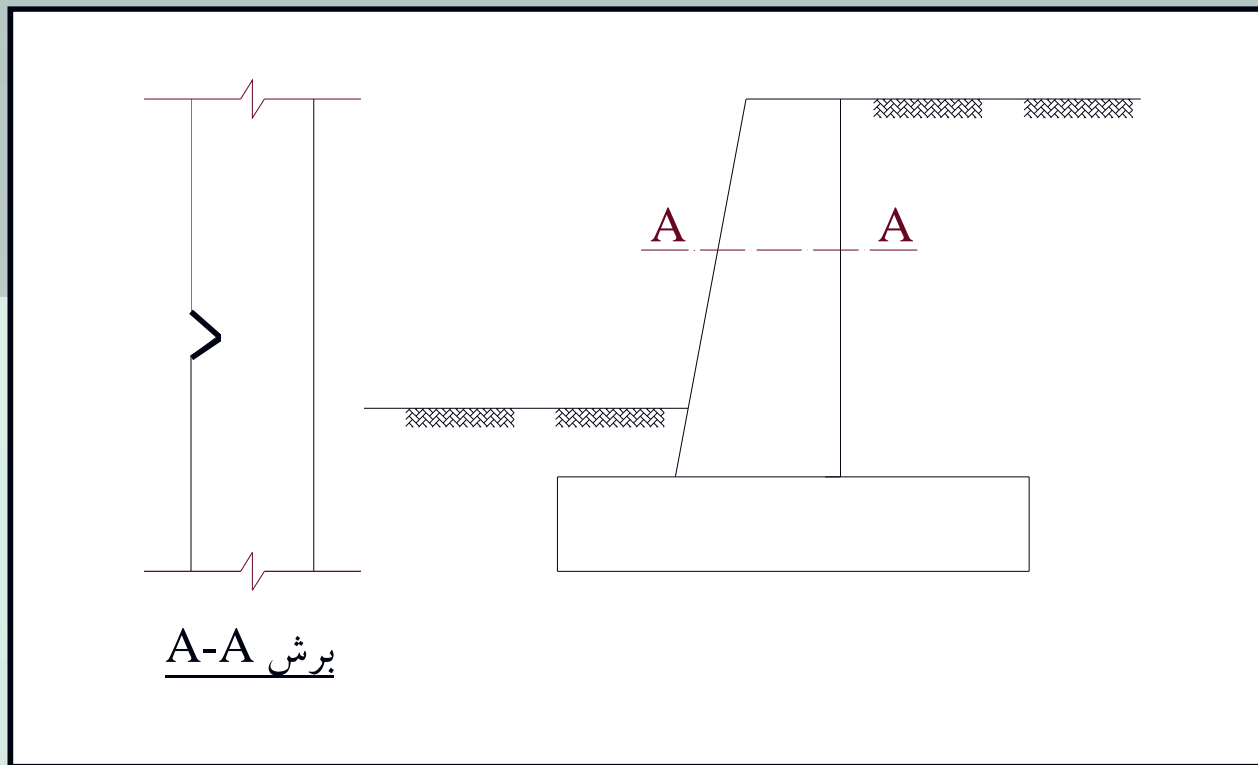
-- درزهای انقباضی معمولا در فواصل ۷ تا ۱۰ متر در طول دیوار اجراء می شود.

-- درزهای انقباضی غالبا در محل درزهای اجرایی در طول دیوار انتخاب می شود.





-- برای حفظ زیبایی دیوار معمولاً شیاری در محل درز ایجاد می‌شود تا ترک احتمالی در دیوار گم شود.



مقطع دیوار و ایجاد شیار با نبشی



### ج) درز انبساطی :

-- از درزهایی که برای کنترل آثار حرارتی در دیوارهای حائل به کار گرفته می شود، درز انبساطی می باشد.

-- هدف استفاده از درز انبساطی کاهش تنش ناشی از ازدیاد طول قطعه می باشد.

### \* در این نوع درز :

- دو قطعه جدید و قدیم در محل درز کاملاً از هم جدا می باشند.
- تمامی میله گردهای طول دیوار قطع می شوند.
- این درز در پی و ساقه دیوار دو قطعه کاملاً از هم جدا اجراء می شود.



- فاصله بین دو قطعه برابر است با :

$$\Delta = \alpha . \Delta T . L \quad , \quad \alpha = 11 \times 10^{-6}$$

$\alpha$  : ضریب انبساط حرارتی بتن مسلح

$\Delta T$  : اختلاف درجه حرارت بین گرمترین و سردترین روزهای سال

L : فاصله بین دو درز انبساطی (معمولا ۳۰ تا ۳۵ متر)

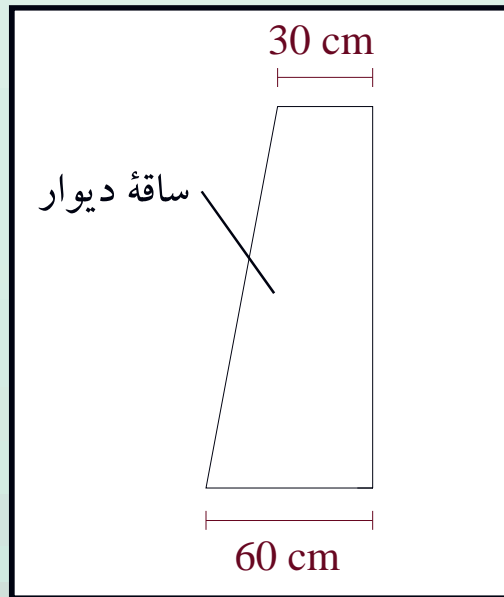


## I) میله گردهای حرارتی در دیوار مائل :

- علاوه بر میله گردهای محاسباتی لازم است میله گردهایی به منظور کنترل آثار ناشی از حرارت و افت (جمع شدگی) بتن تعبیه شود.

- بر اساس آیین نامه ACI میله گردهای افقی می بایست ۲۵٪ درصد سطح مقطع دیوار در نظر گرفته شود.

- اگر مبنای محاسبات را ضخامت متوسط دیوار در نظر بگیریم ، خواهیم داشت :



$$\text{ضخامت متوسط} = \frac{60 + 30}{2} = 45 \text{ cm}$$

$$\text{حرارتی } A_s = \frac{0.25}{100} \times bh = 0.0025 \times 100 \times 45 = 11.25 \text{ cm}^2$$

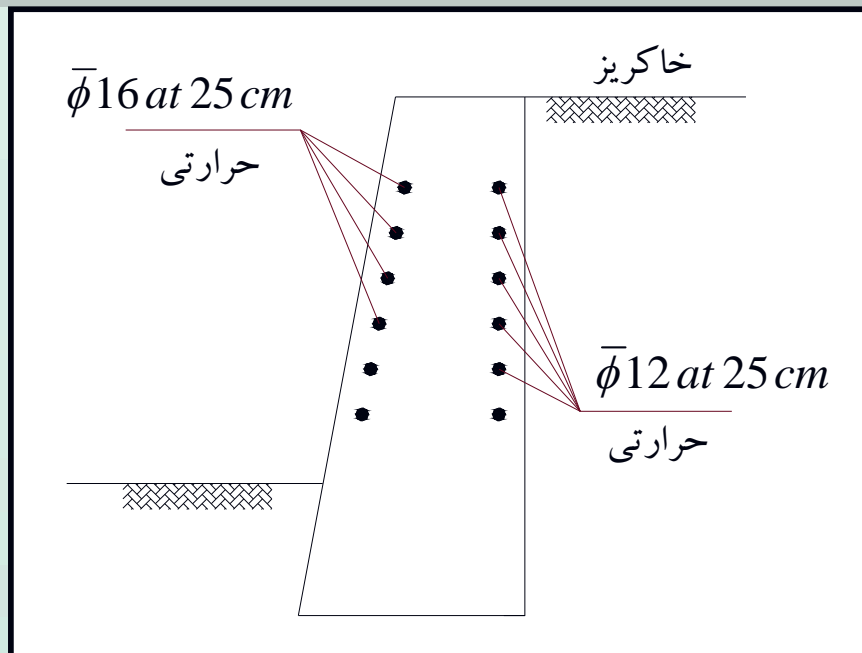
برای ۱ متر ارتفاع دیوار



**توجه:** سمت جلوی ساقه دیوار در معرض بیشتر تغییرات دما قرار دارد، لذا توصیه می شود  $\frac{2}{3}$  میله گردهای فوق در سمت جلو و  $\frac{1}{3}$  باقی مانده در سمت پشت ساقه دیوار (مجاور خاک) قرار داده شود.

$$\frac{2}{3} A_s = \frac{2}{3} \times 11.25 \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}^2 \quad (\bar{\phi}16 \text{ at } 25 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 8.04 \text{ cm}^2)$$

$$\frac{1}{3} A_s = \frac{1}{3} \times 11.25 \text{ cm} = 3.75 \text{ cm}^2 \quad (\bar{\phi}12 \text{ at } 25 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 4.52 \text{ cm}^2)$$







## II) میله گردهای مرارتی قائم در ساقه دیوار :

-- به طور کلی با توجه به انتهای آزاد ساقه دیوار حائل (بصورت طره) آثار حرارتی در امتداد قائم دیوار به شدت امتداد طولی آن نیست. لذا آیین نامه ACI مقدار میله گردهای حرارتی را برای امتداد قائم مساوی ۱۵/۰ درصد سطح مقطع بتن در نظر می گیرد.

-- **توجه:** ضخامت موثر برای محاسبه میله گردهای هر طرف مساوی نصف ضخامت دیوار و در صورتیکه ضخامت متوسط دیوار بزرگتر از ۵۰ سانتیمتر باشد، ضخامت موثر برای محاسبه میله گردهای هر طرف، حداکثر مساوی ۲۵ سانتیمتر منظور می شود.



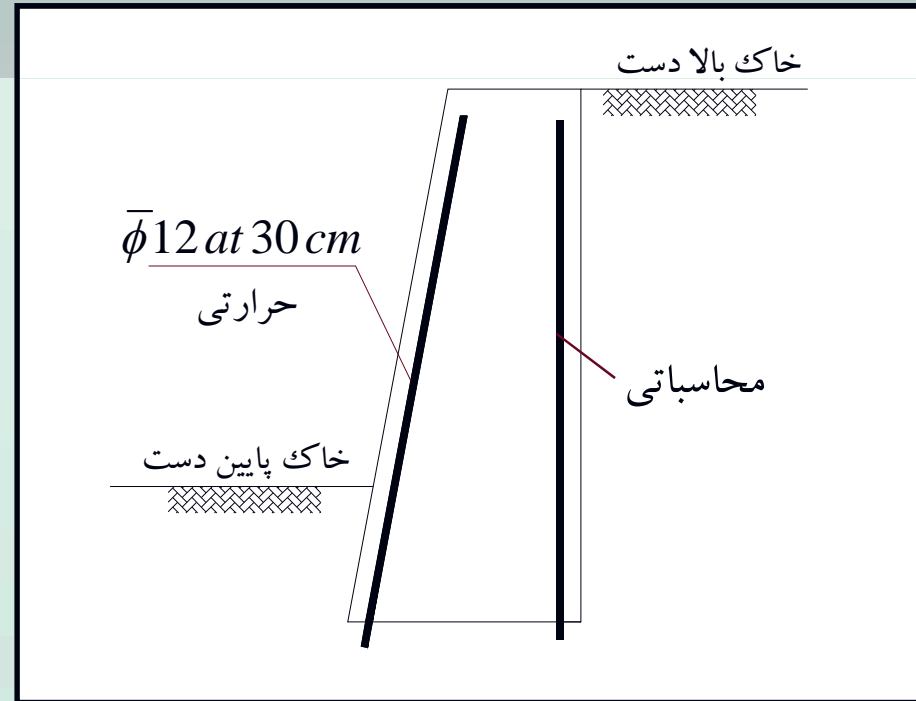
$$\text{ضخامت متوسط} = \frac{30 + 70}{2} = 50 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} \times 50 = 25 \text{ cm}$$

$$\text{حداقل میله گرد} = \frac{0.15}{100} \times 25 \times 100 = 3.75 \text{ cm}^2 \Rightarrow (\bar{\phi}12 \text{ at } 30 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 3.77 \text{ cm}^2)$$

حرارتی در جهت  
قائم در سمت آزاد

**توجه:** در سمت مجاور خاک،  
میله گردهای محاسباتی حاکم  
می باشد.





### III) میله گردهای حرارتی طولی پی در قسمت پاشنه و پنجه :

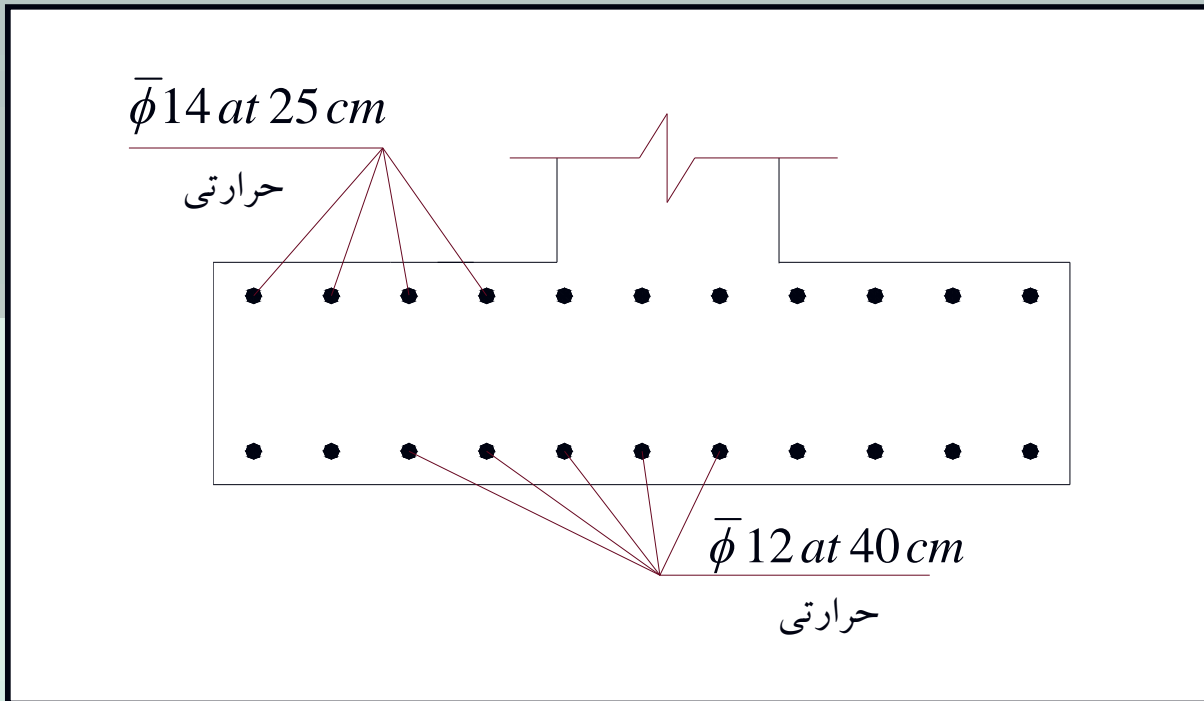
-- ضخامت موثر برای محاسبه میله گردهای حداقل قسمت فوقانی در صورتیکه ضخامت پی کمتر از ۵۰ سانتیمتر باشد، مساوی نصف ضخامت ، و در صورتیکه ضخامت پی بزرگتر از ۵۰ سانتیمتر باشد حداکثر مساوی ۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته می شود.

-- برای میله گردهای قسمت تحتانی که در مجاورت با خاک می باشد (زیر پی، قسمت پاشنه و پنجه) ضخامت موثر حداکثر ۱۰ سانتیمتر می باشد. (آیین نامه BS 5337)

$$60\text{cm} > 50\text{cm} \Rightarrow \text{ارتفاع موثر برای میله گرد حرارتی} = 25\text{ cm}$$

$$\text{سطح مقطع میله گردهای حرارتی فوقانی} = \frac{0.25}{100} \times 25 \times 100 = 6.25\text{cm}^2 \quad (\bar{\phi}14\text{at}25\text{cm} \Rightarrow A_s = 6.2\text{cm}^2)$$

$$\text{سطح مقطع میله گردهای حرارتی تحتانی} = \frac{0.25}{100} \times 10 \times 100 = 2.5\text{cm}^2 \quad (\bar{\phi}12\text{at}40\text{cm} \Rightarrow A_s = 2.83\text{cm}^2)$$



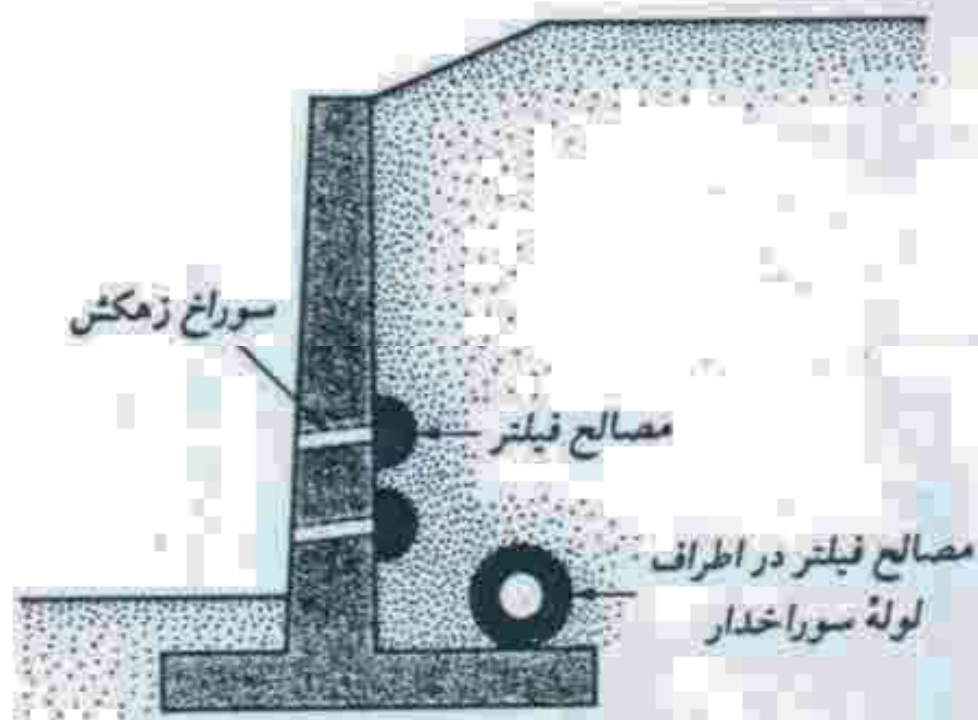


## \* زهکشی خاکریز پشت دیوار های مائل :

-- به دلیل بارشهای جوی و یا جریان آبهای سطحی ، و یا نوسان سطح آب رودخانه در سیلاب ، مصالح خاکریز پشت دیوار ممکن است اشباع شود. اشباع شدن خاک پشت دیوار باعث افزایش فشار محرک (اکتیو) دیوار خواهد شد. بنابراین جهت کاهش فشار پشت دیوار استفاده از لوله های زهکش (سوراخ های زهکش) به صورت عمود بر ساقه دیوار در فواصل مناسب در جهت ارتفاعی دیوار و یا در طول دیوار الزامی است.

-- معمولا قطر سوراخ زهکشی حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر می باشد.

-- همچنین برای جلوگیری از فرسایش خاک پشت خاکریز و مسدود کردن سوراخ زهکشی لازم است در اطراف لوله (سوراخ) زهکشی از مصالح فیلتر استفاده شود.



- تمهیدات زهکشی در پشت دیوار حایل





\* محاسبه نیروهای وارد بر دیوار مائل :

-- نیروی وارد بر دیوار مائل :

ضریب تبدیل فشار  $K_a$

۱- فشار اکتیو (محرک):

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

ضریب تبدیل فشار  $K_p$

۲- فشار پسیو (مقاوم):

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$



\* روش محاسبه نیروهای وارد بر دیوار هائل :

-- تئوری فشار وارد بر دیوار :

۱- روش رانکین :

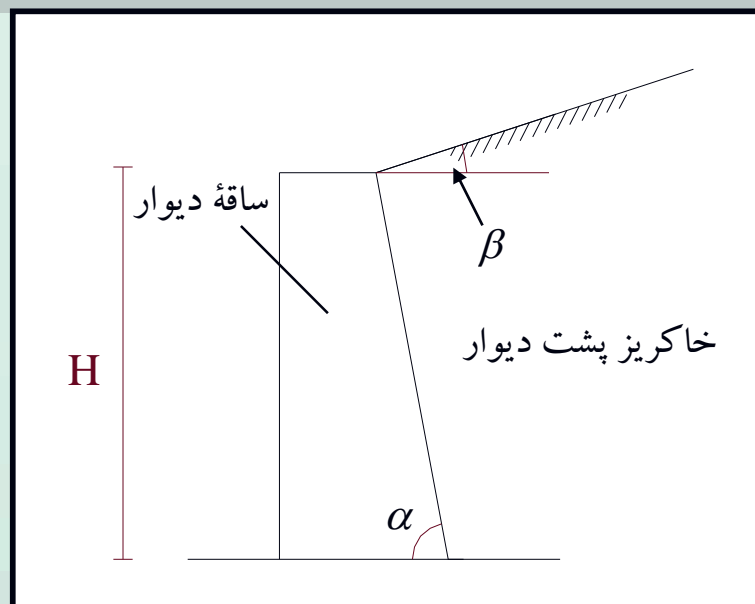
\* فرضیات :

- دیوار در سمت خاکریز عمودی در نظر گرفته شده است.  $\alpha = 90^\circ$
- از اصطکاک بین خاک و دیوار صرف نظر شده است.  $\delta = 0$



## ۲- روش کلمب :

- \* فرضیات :
- زاویه دیوار در سمت خاکریز برابر  $\alpha$
  - شیب خاکریز برابر  $\beta$
  - اصطکاک بین خاک و دیوار برابر  $\delta$





## ۱- روش رانکین برای محاسبه فشار خاک :

$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \times \left( \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right) K_a$$

$K_a$

- اگر  $\beta = 0$  یعنی شیب خاکریز افقی باشد :

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \Rightarrow P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \times \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$



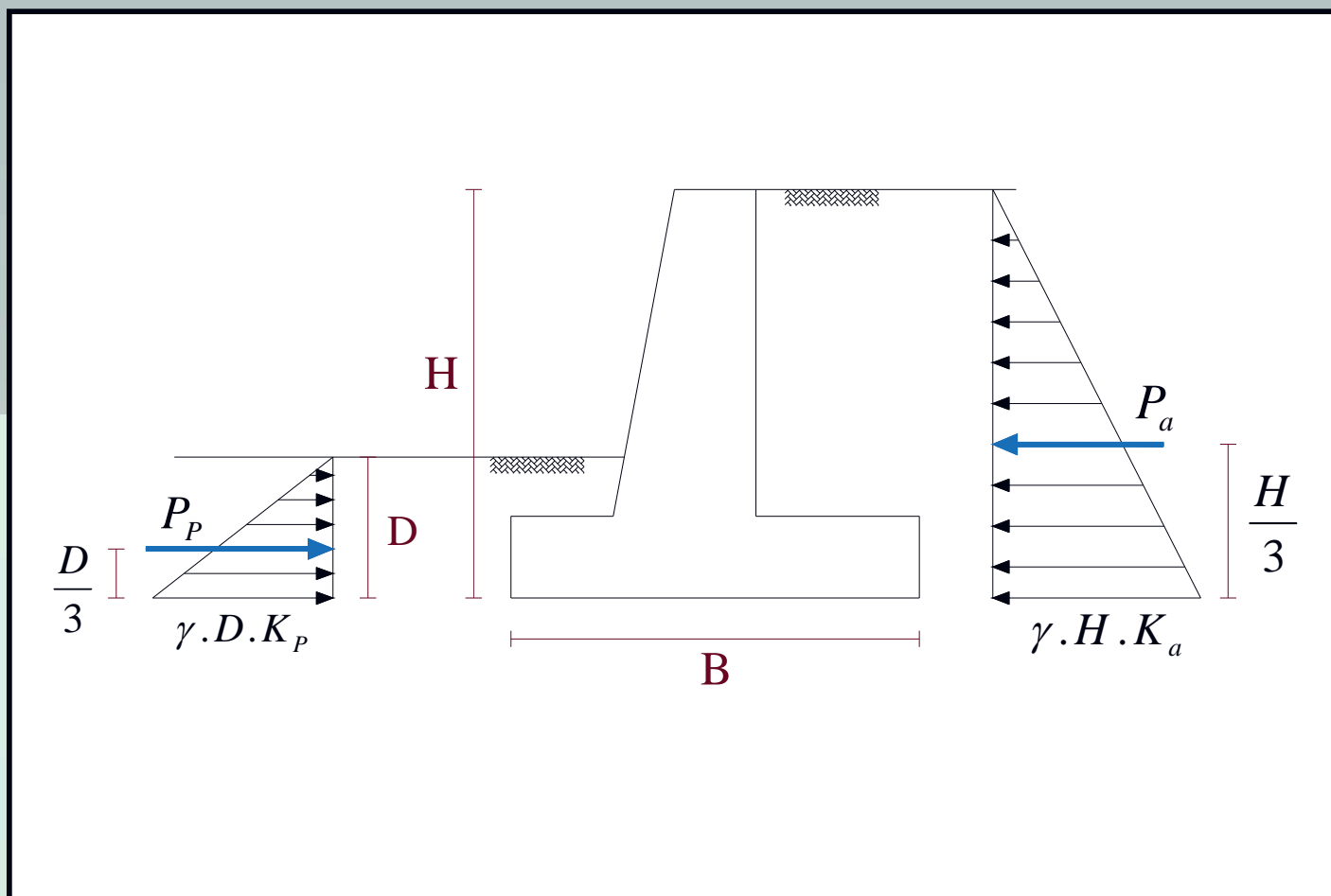
$$P_p = \frac{\gamma \cdot D^2}{2} \times \left( \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right) K_p$$

- اگر  $\beta = 0$  یعنی شیب خاکریز افقی باشد:

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \Rightarrow P_p = \frac{\gamma \cdot D^2}{2} \times \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

-- فشار اکتیو: حالتی که خاک به طرف دیوار حرکت می کند ، فشار بوجود آمده اصطلاحاً اکتیو (فعال) گفته می شود.

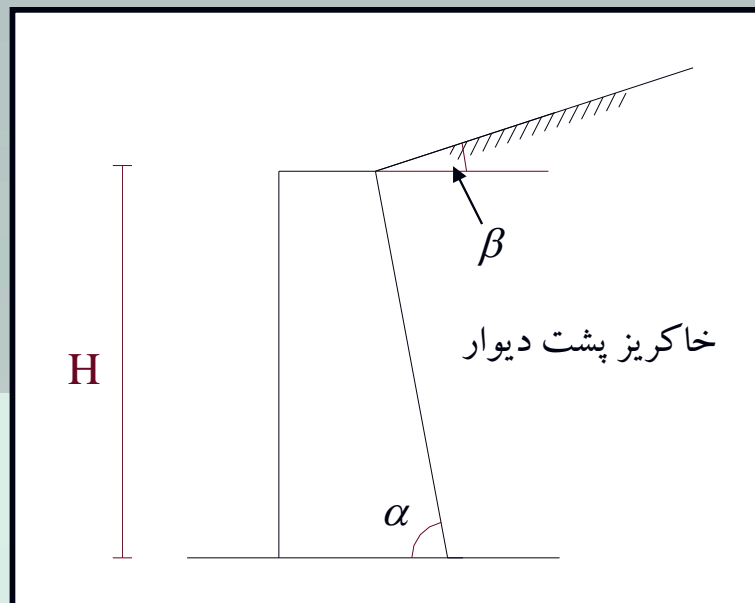
-- فشار پاسیو: حالتی که دیوار به طرف خاک حرکت می کند ، فشار بوجود آمده اصطلاحاً پاسیو (مقاوم) گفته می شود.







## ۲- روش کلمب برای محاسبه فشار خاک :



- زاویه دیوار در سمت خاکریز برابر  $\alpha$
- شیب خاکریز برابر  $\beta$
- اصطکاک بین خاک و دیوار برابر  $\delta$



$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \times \left[ \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2} \right]$$

$K_a$

اگر:  $\alpha = 90^\circ$  دیوار سمت خاکریز عمودی باشد.  
 $\delta = 0$  از اصطکاک بین خاک و دیوار صرف نظر شود.  
 $\beta = 0$  خاکریز پشت دیوار افقی باشد.

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \Rightarrow P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \times \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$



$$P_p = \frac{\gamma \cdot D^2}{2} \times \left[ \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2} \right]$$

$K_p$

اگر:  $\alpha = 90^\circ$  دیوار سمت خاکریز عمودی باشد.  
 $\delta = 0$  از اصطکاک بین خاک و دیوار صرف نظر شود.  
 $\beta = 0$  خاکریز پشت دیوار افقی باشد.

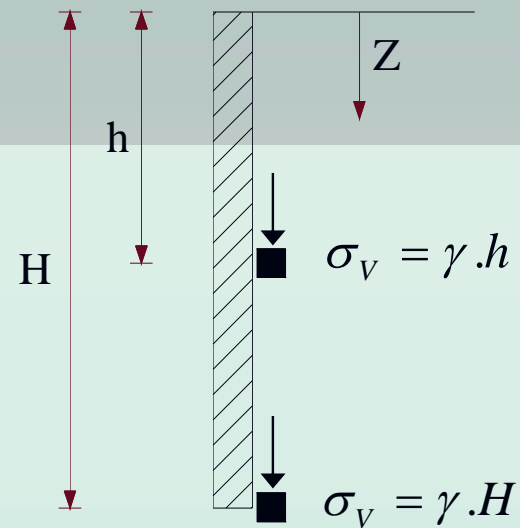
$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \Rightarrow P_p = \frac{\gamma \cdot D^2}{2} \times \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$



## \* توزیع فشار اکتیو و پسیو بر روی دیوار هائل :

-- اگر خاک اصطکاکی باشد :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_a = \sigma_v \cdot K_a \\ \sigma_p = \sigma_v \cdot K_p \end{array} \right.$$



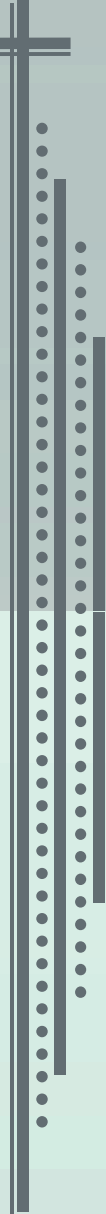
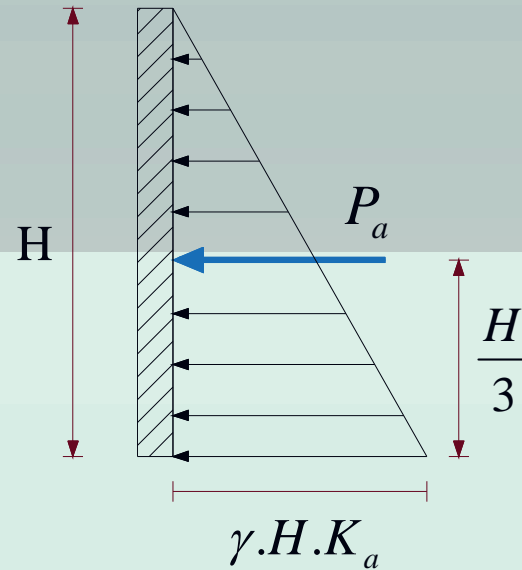


فشار وارد

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_a = \gamma \cdot H \cdot K_a \\ \sigma_p = \gamma \cdot H \cdot K_p \end{array} \right.$$

نیروی اکتیو و پاسیو

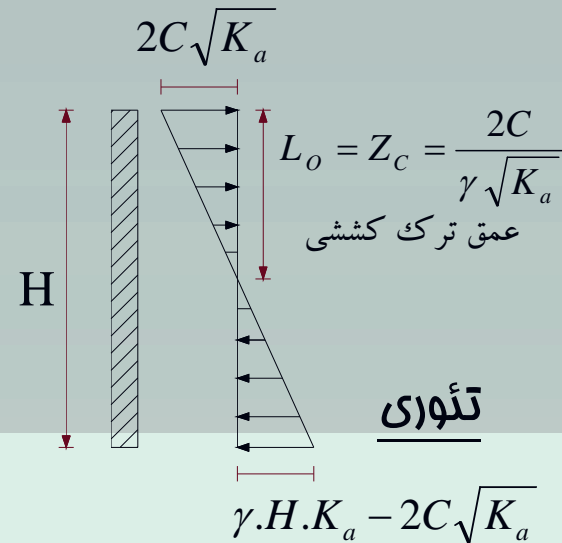
$$\left\{ \begin{array}{l} P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} K_a \\ P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} K_p \end{array} \right.$$





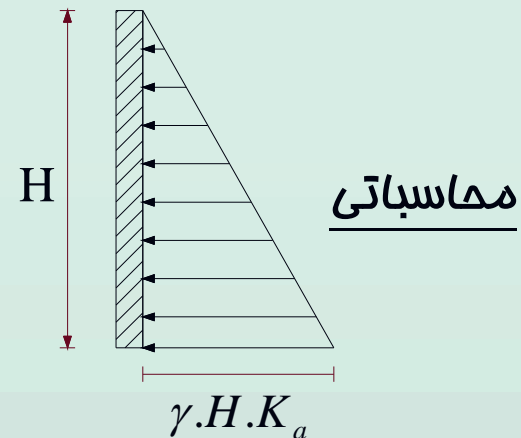
-- اگر خاک چسبنده اصطکاکی باشد :

$$\begin{cases} \sigma_a = \sigma_V \cdot K_a - 2C\sqrt{K_a} \\ \sigma_p = \sigma_V \cdot K_p + 2C\sqrt{K_p} \end{cases}$$



تنش اکتیو و پاسیو

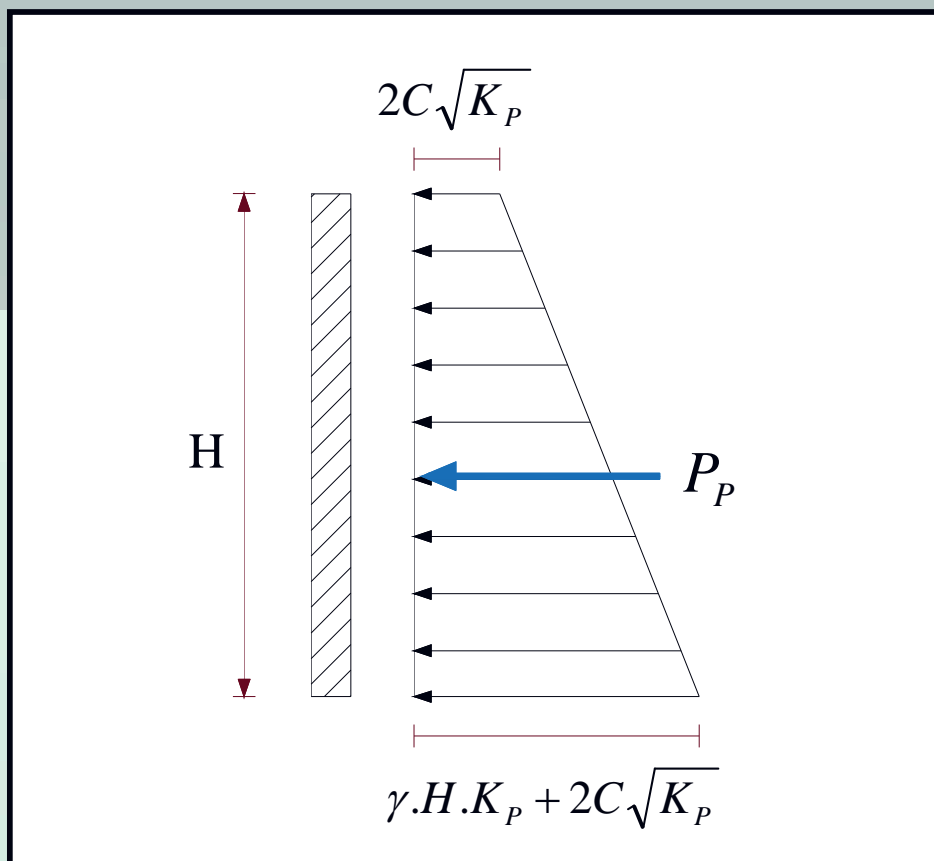
$$\begin{cases} \sigma_a = \gamma \cdot H \cdot K_a - 2C\sqrt{K_a} \\ \sigma_p = \gamma \cdot H \cdot K_p + 2C\sqrt{K_p} \end{cases}$$

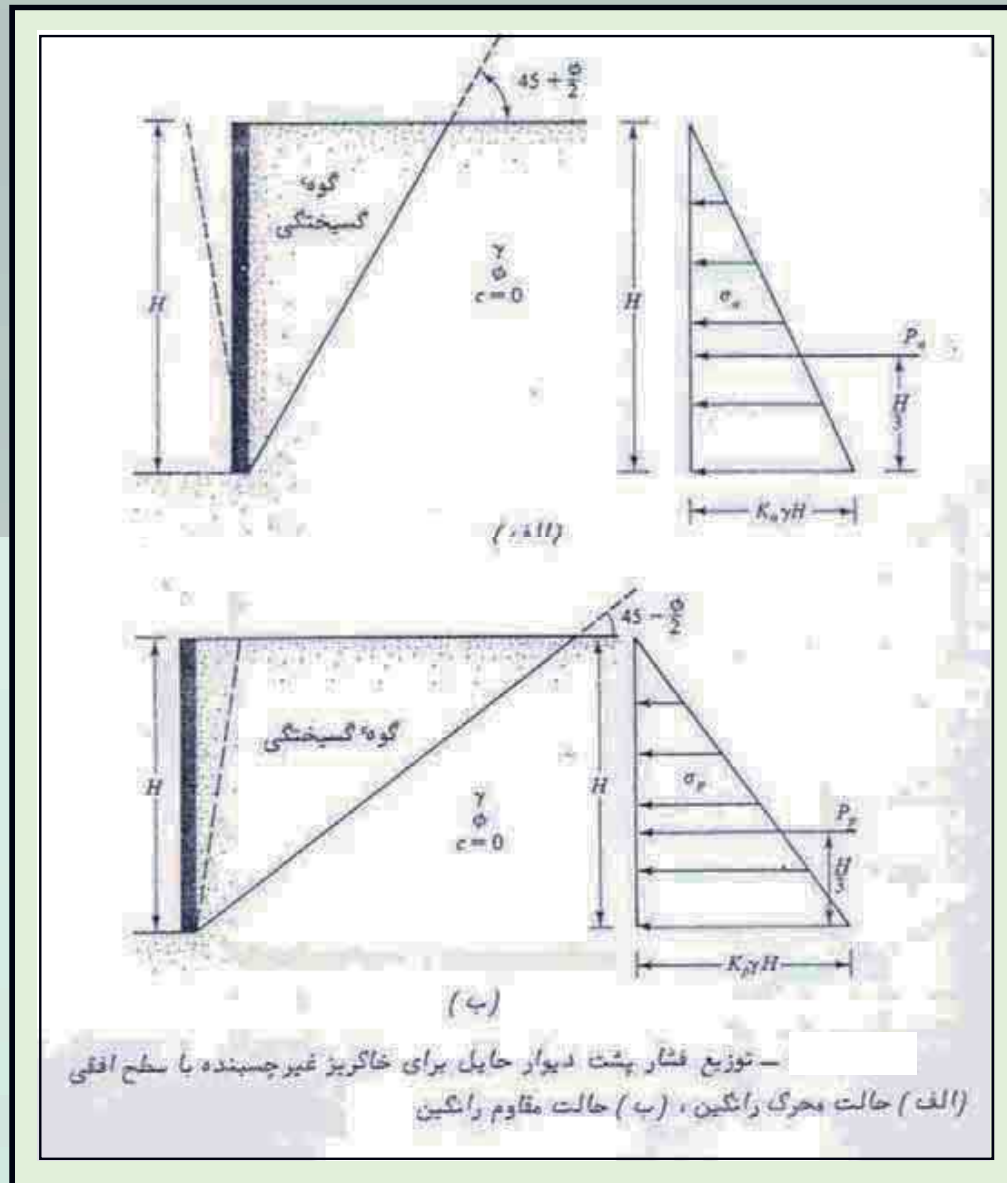


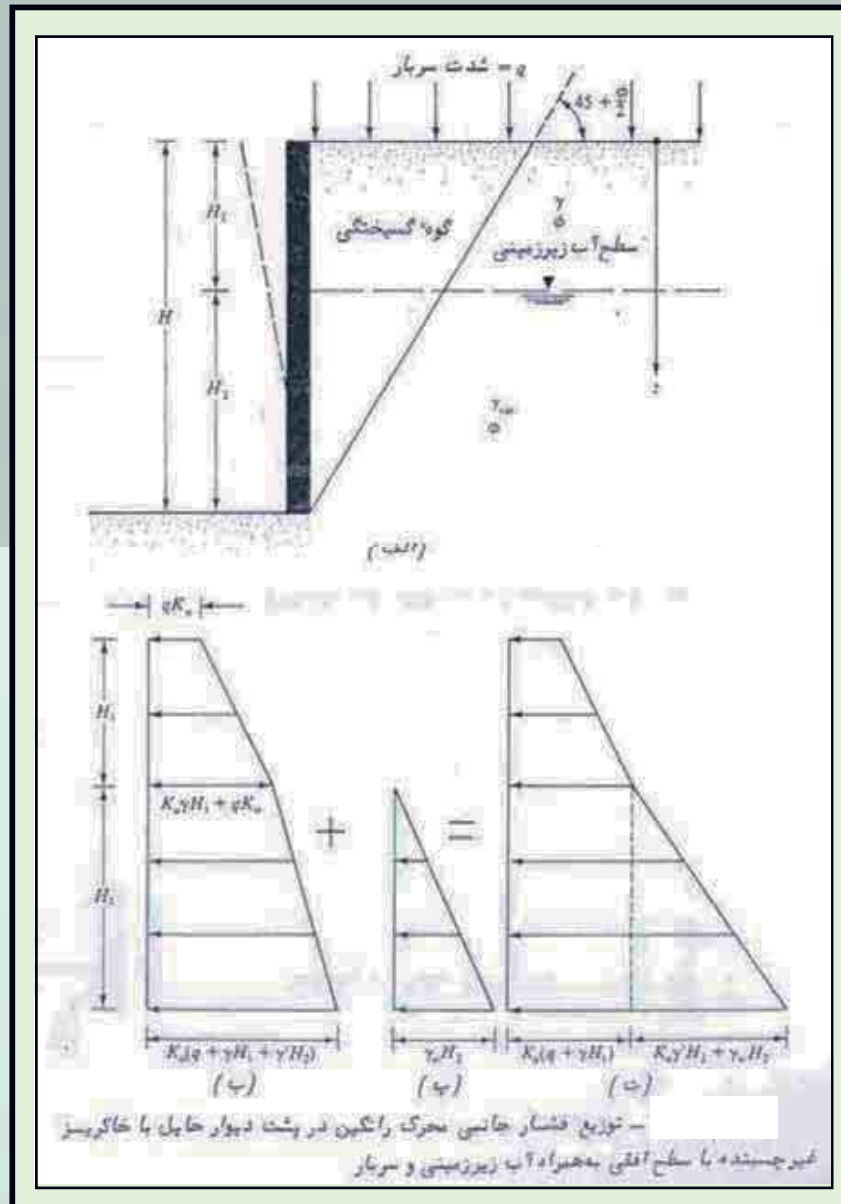


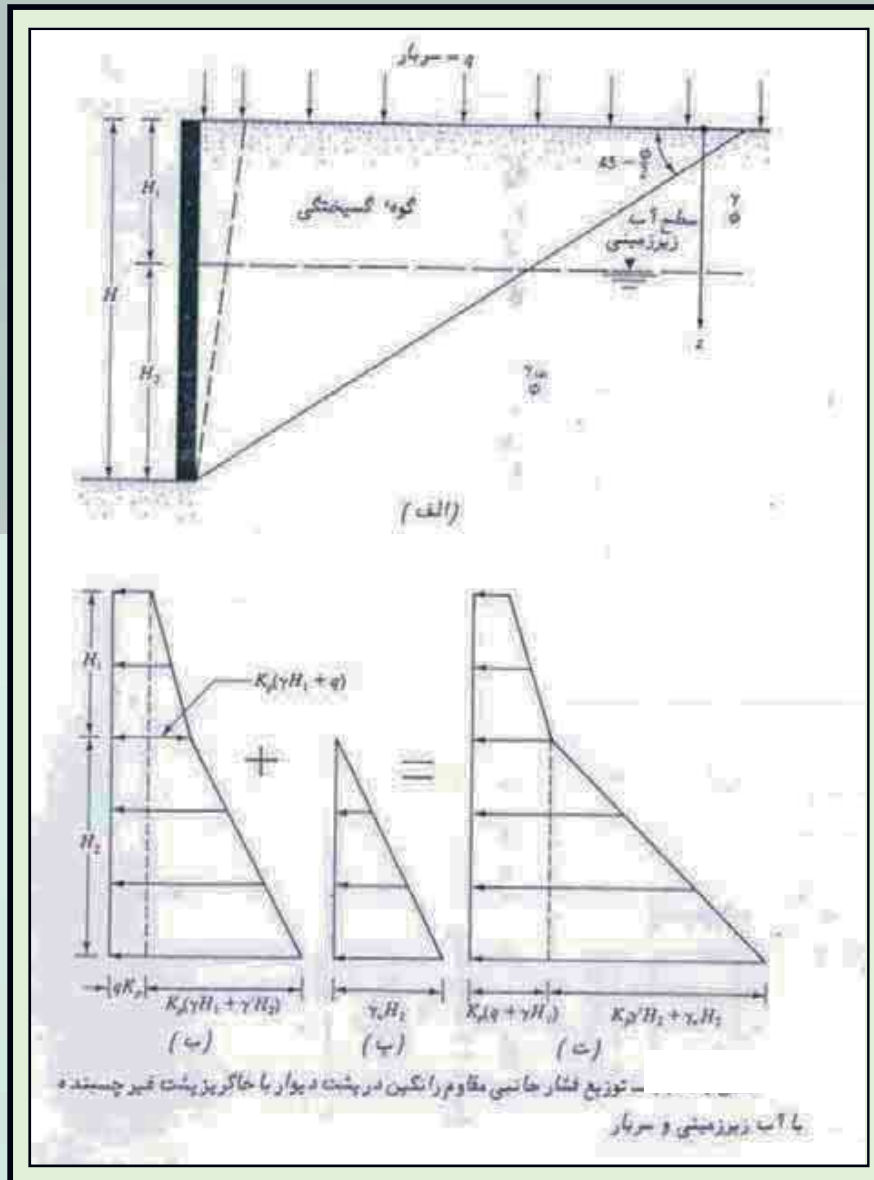


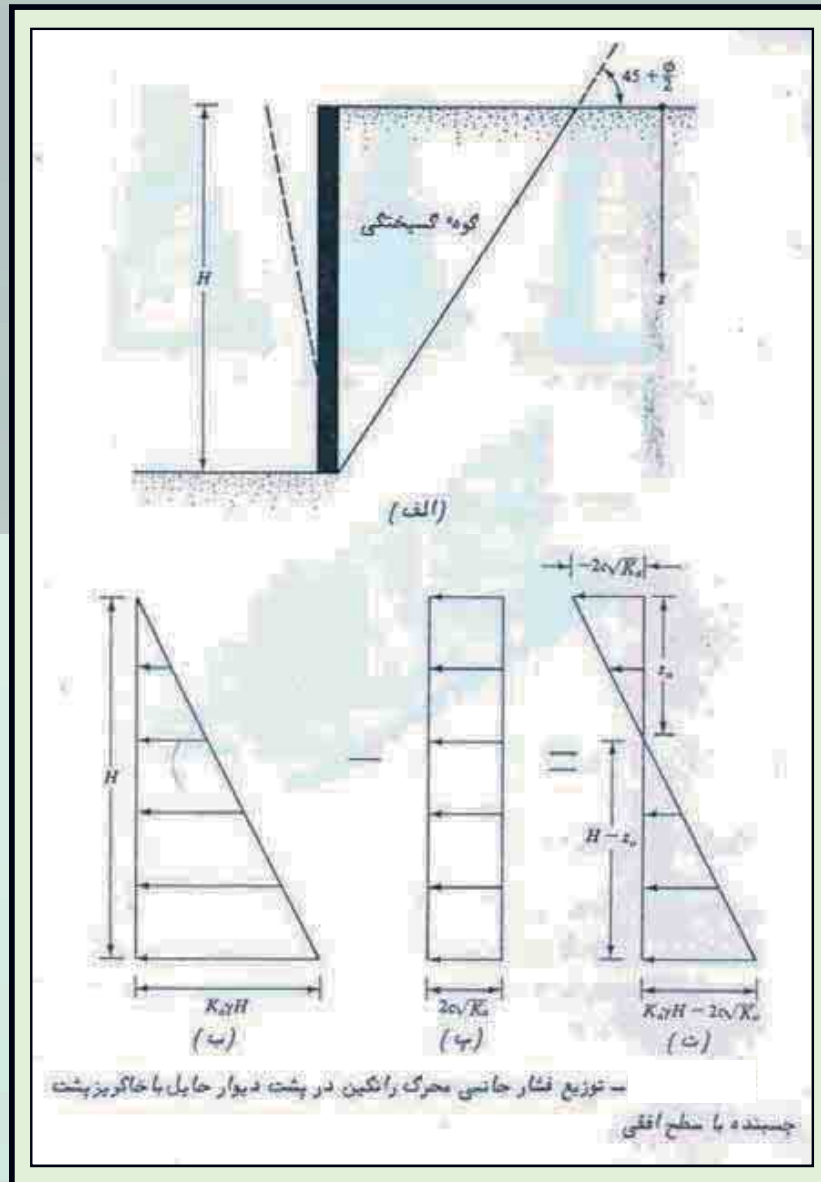
## توزیع فشار پاسیو در خاک چسبنده اصطکایی







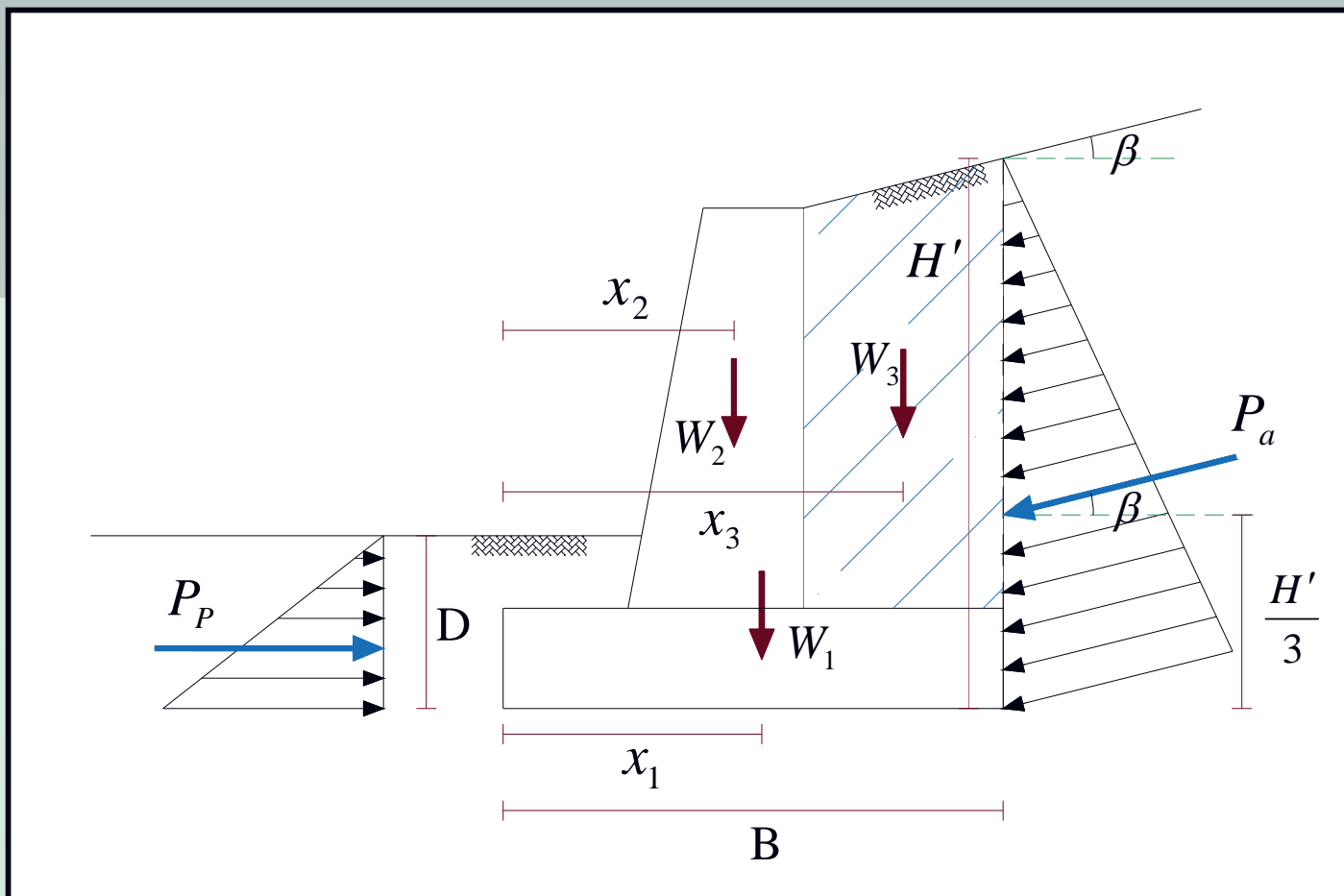






## \*\*\* کنترل پایداری دیوارهای حائل :

۱- کنترل پایداری در مقابل واژگونی :







$$\text{لنگر مقاوم} \quad M_r = W_1 \times x_1 + W_2 \times x_2 + W_3 \times x_3$$

$$\text{لنگر واژگونی} \quad M_o = Pa \times \frac{H'}{3}$$

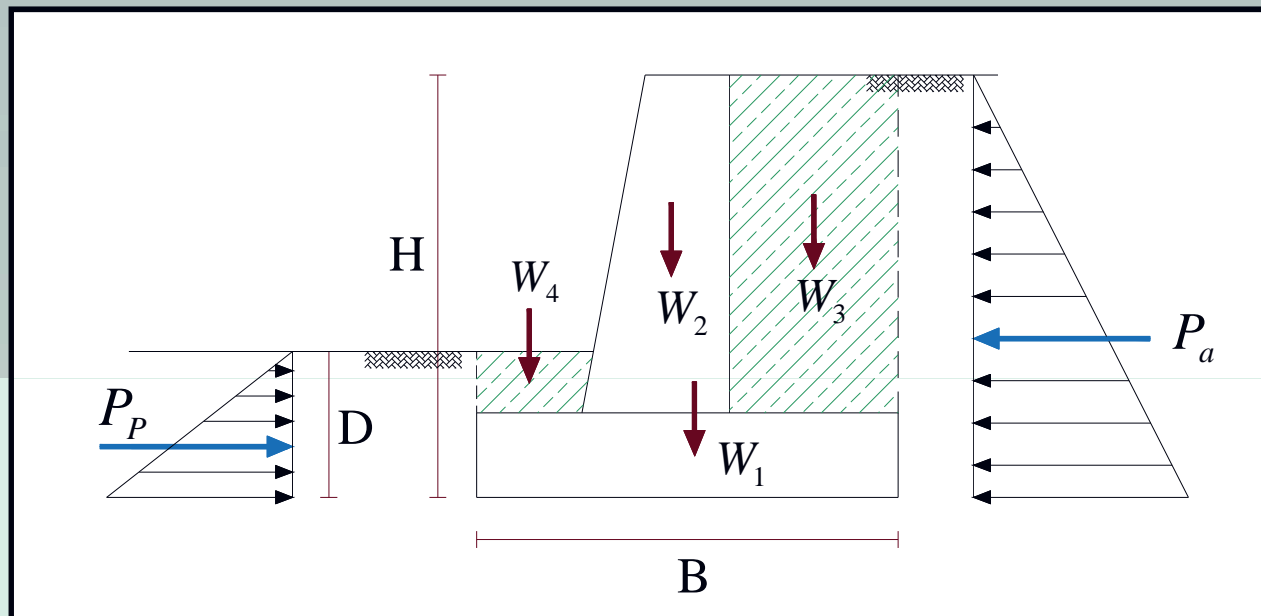
$$\text{ضریب اطمینان در مقابل واژگونی} \quad F.S. = \frac{M_r}{M_o} \geq 1.75$$

-- در صورت تامین نشدن ضریب اطمینان لازم است عوامل مقاوم افزایش داده شود:

- اگر عرض پی B افزایش داده شود، وزن خاک  $W_3$  بزرگ می شود.
- اگر ابعاد مقطع دیوار افزایش داده شود،  $W_1$  ،  $W_3$  بزرگ می شوند.



## ۲- کنترل پایداری در مقابل لغزش :



خاک زیر پی  $C, \phi$  داشته باشد.

$$\mu = \tan \phi' \quad \phi' = \frac{2}{3} \phi \quad C' = \frac{2}{3} C$$



$$R_V = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

برآیند نیروی عمودی بر کف پی

$$F_r = P_p + C' \times (B \times 1) + R_V \cdot \mu$$

نیروی مقاوم در مقابل لغزش

$$= P_p + \frac{2}{3} C \times B + (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \cdot \tan \frac{2}{3} \phi$$

$$F_s = P_a$$

نیروی لغزش

$$F.S. = \frac{F_r}{F_o} = \frac{P_p + \frac{2}{3} C \cdot B + (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \cdot \tan \frac{2}{3} \phi}{P_a} \geq 1.5$$

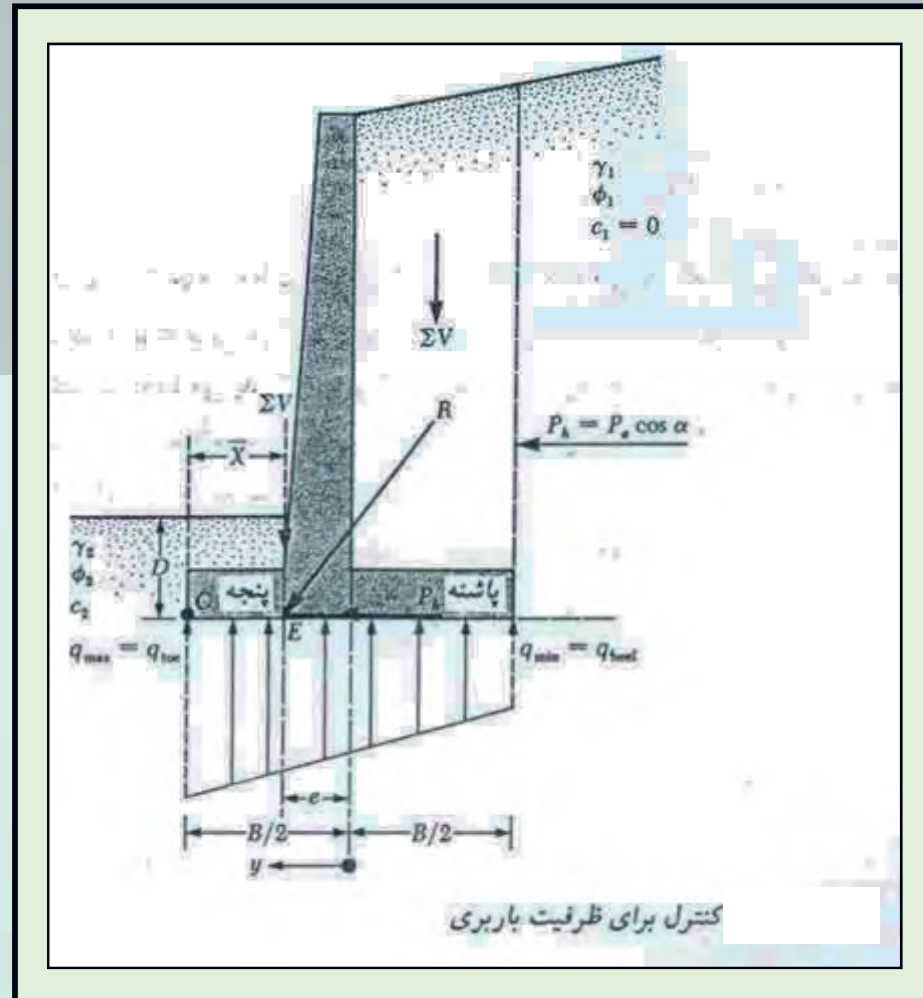
ضریب اطمینان در مقابل لغزش

در صورتیکه ضریب اطمینان جوابگو نباشد لازم است :

- |       |   |                                |
|-------|---|--------------------------------|
| عم اف | } | - عرض دیوار B افزایش داده شود. |
|       |   | - ابعاد مقطع دیوار بزرگتر شود. |
| عم اف | } | - ق لیسایش دانتفرشتر D ود ، چ  |
|       |   | - بیشتر از دارک زیر K          |
|       |   | ون سد                          |
|       |   | رعت اف P <sub>a</sub>          |
|       |   | زایش P <sub>a</sub>            |



### ۳- کنترل ظرفیت باربری مجاز خاک زیر پی :





$$q_{\max} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad q_{\min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$\sum V$ : وزن خاک و وزن پی

$e$ : خروج از مرکزیت نسبت به مرکز پی

$B$ : عرض پی دیوار حائل

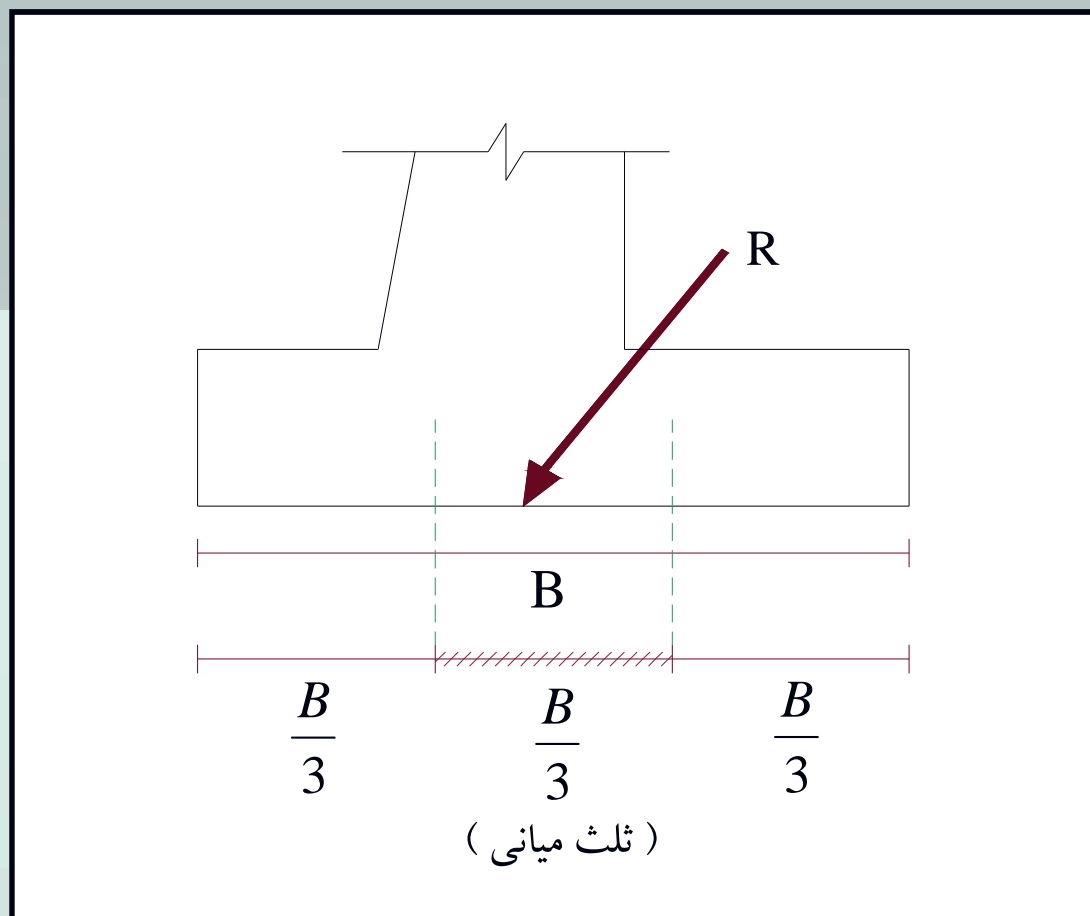
$$F.S. = \frac{q_u}{q_{\max}} \geq 3 \quad \text{ضریب اطمینان}$$

$q_u$ : با استفاده از روابط ظرفیت باربری به روش ترزاقی، مایر هوف، هانسن بدست می آید. به عنوان نمونه برای پی نواری طبق روش ترزاقی داریم:

$$q_{ult} = CN_c + \bar{q}.N_q + 0.5.\gamma.B.N_\gamma$$



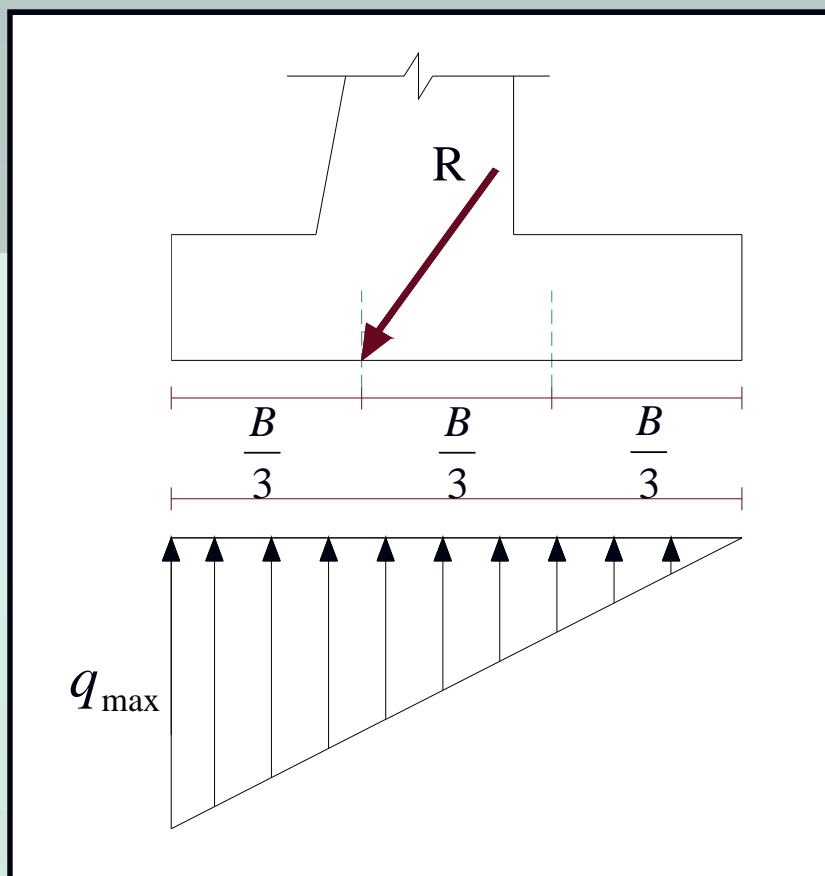
۴- کنترل برآیند در ثلث میانی :







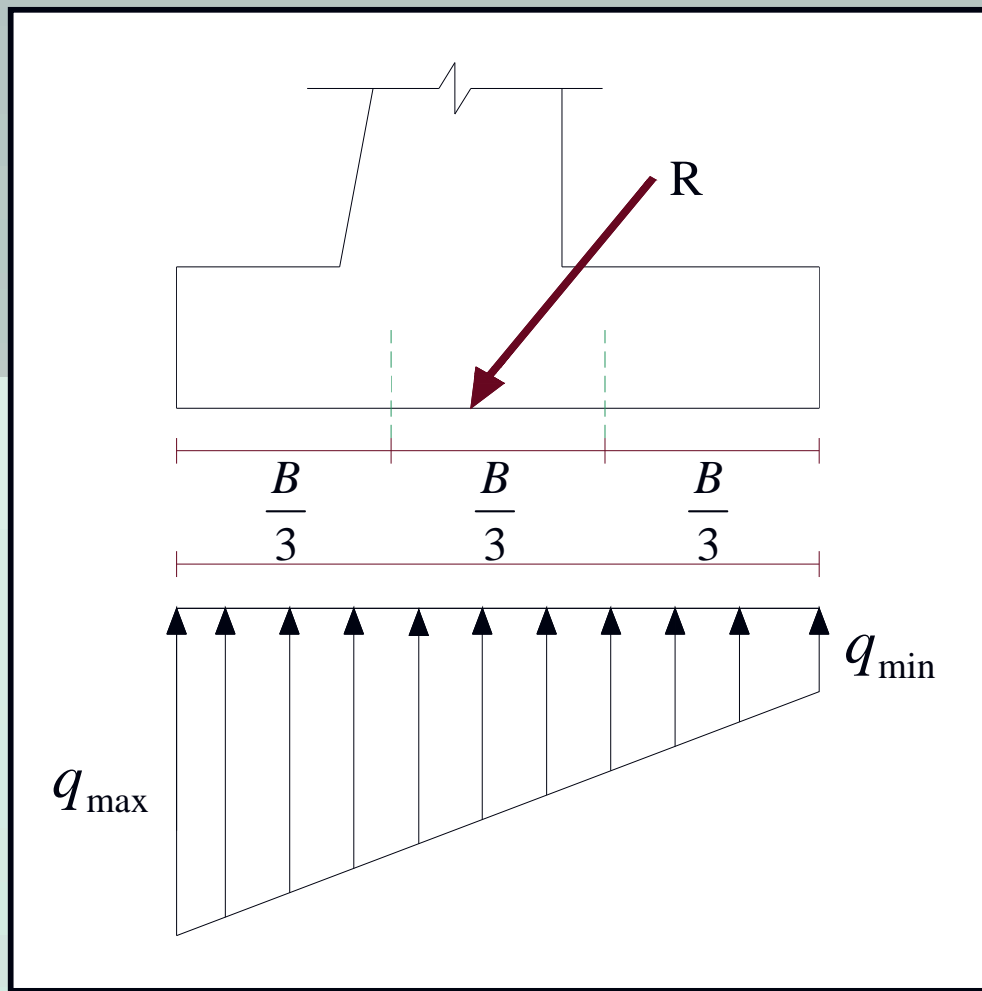
\* اگر برآیند دقیقا در  $\frac{B}{3}$  قرار گیرد ، توزیع تنش زیر پی مطابق شکل زیر می باشد.



توزیع تنش زیر دیوار



\* اگر برآیند داخل ثلث میانی قرار گیرد ، توزیع تنش زیر پی مطابق شکل زیر می باشد.

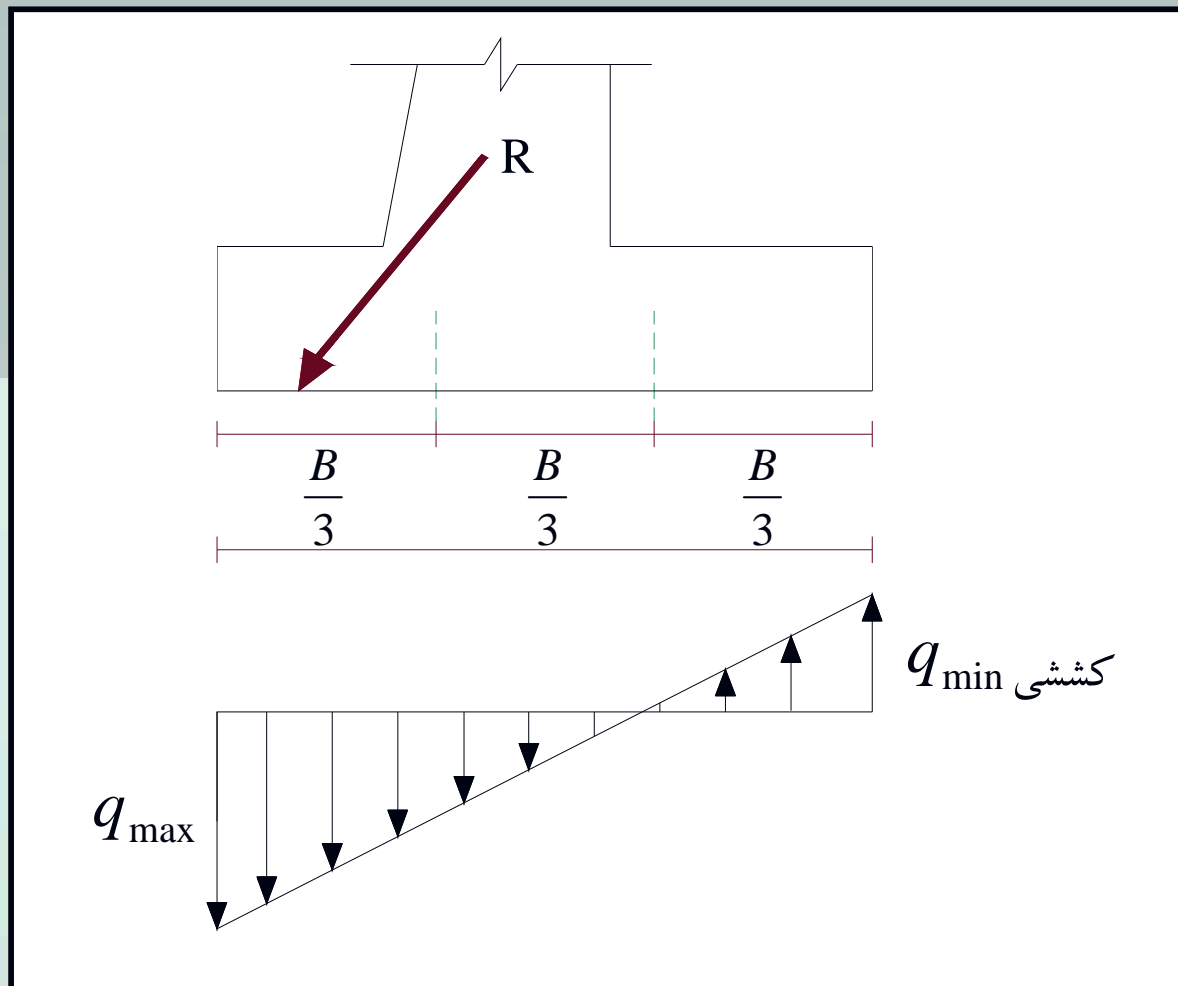


توزیع تنش زیر دیوار

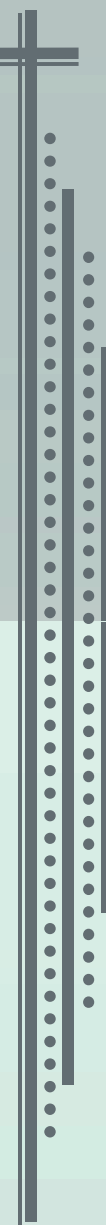




\* اگر برآیند در خارج از ثلث میانی قرار گیرد، توزیع تنش زیر پی مطابق شکل زیر می باشد.

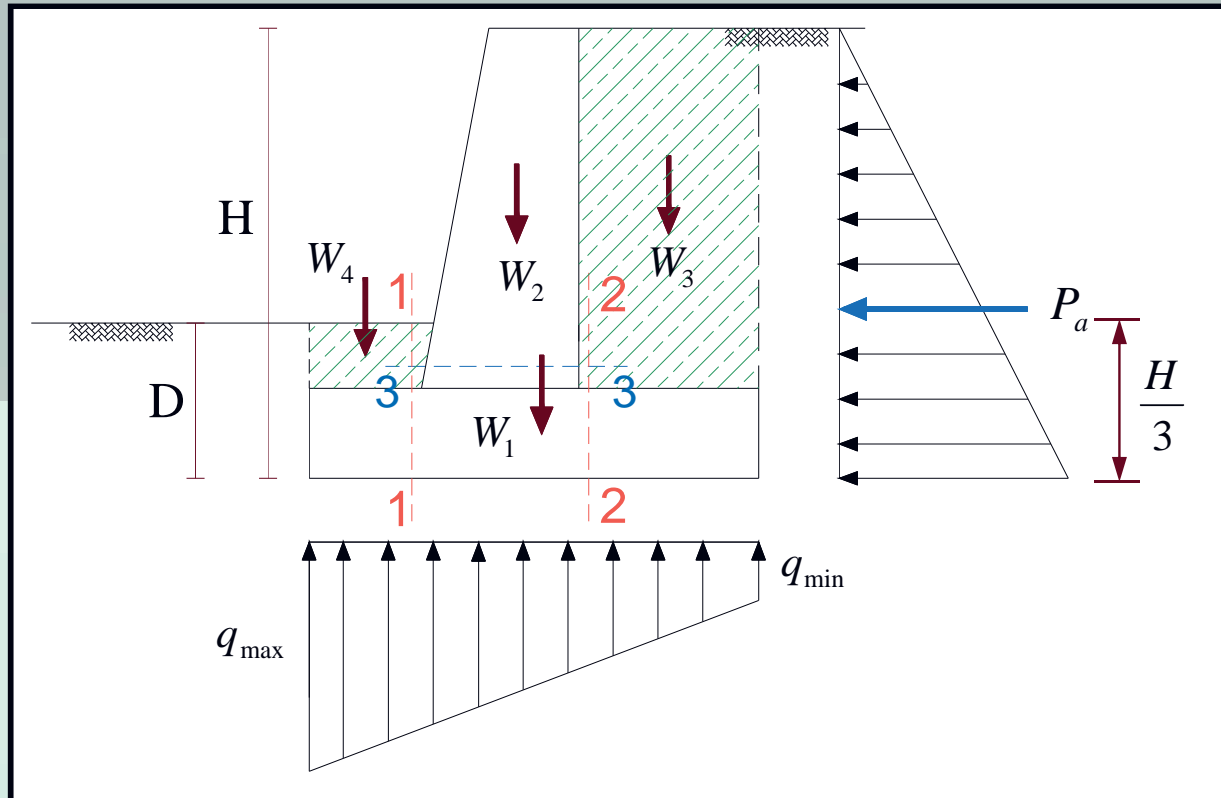


توزیع تنش زیر  
دیوار





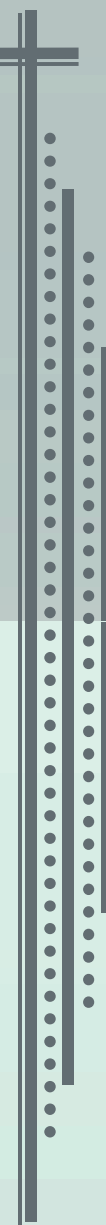
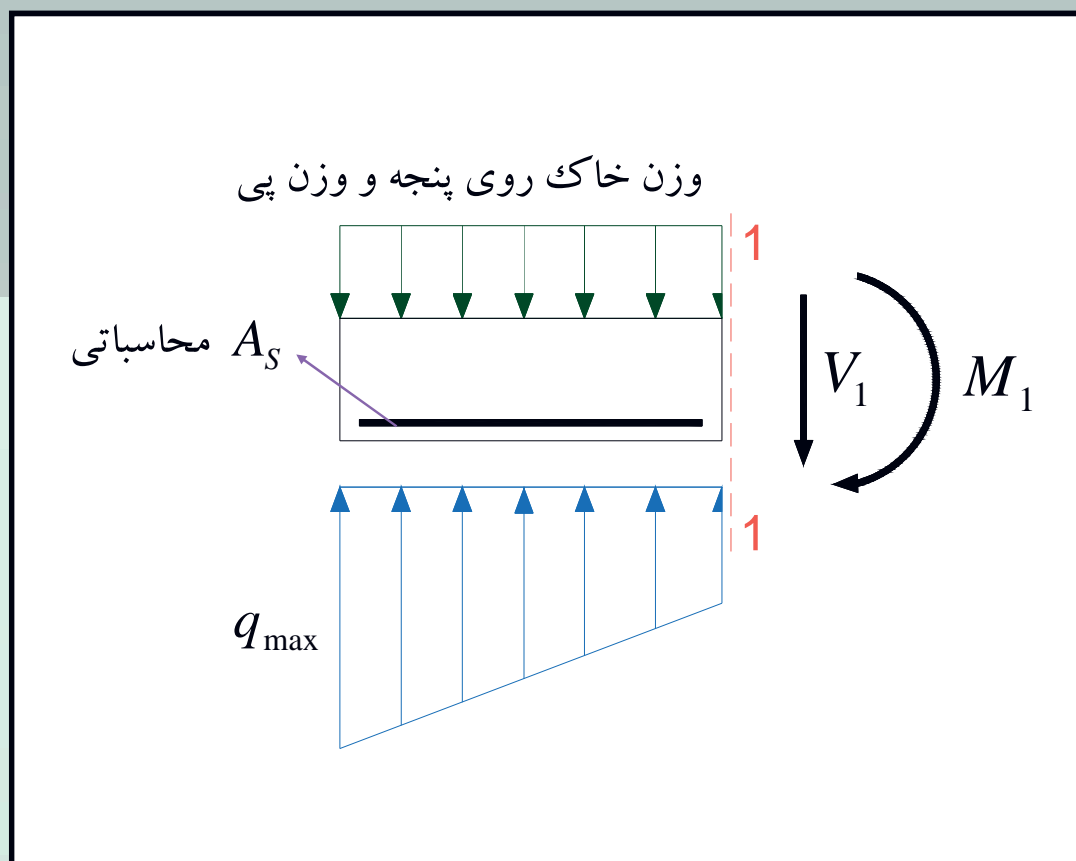
\* محاسبه نیروی داخلی دیوار بتن مسلح جهت طراحی :



- \* مقاطع بحرانی لنگر خمشی در پنجه ، برش ۱-۱
- \* مقاطع بحرانی لنگر خمشی در پاشنه ، برش ۲-۲
- \* مقاطع بحرانی لنگر خمشی در ساقه ، برش ۳-۳

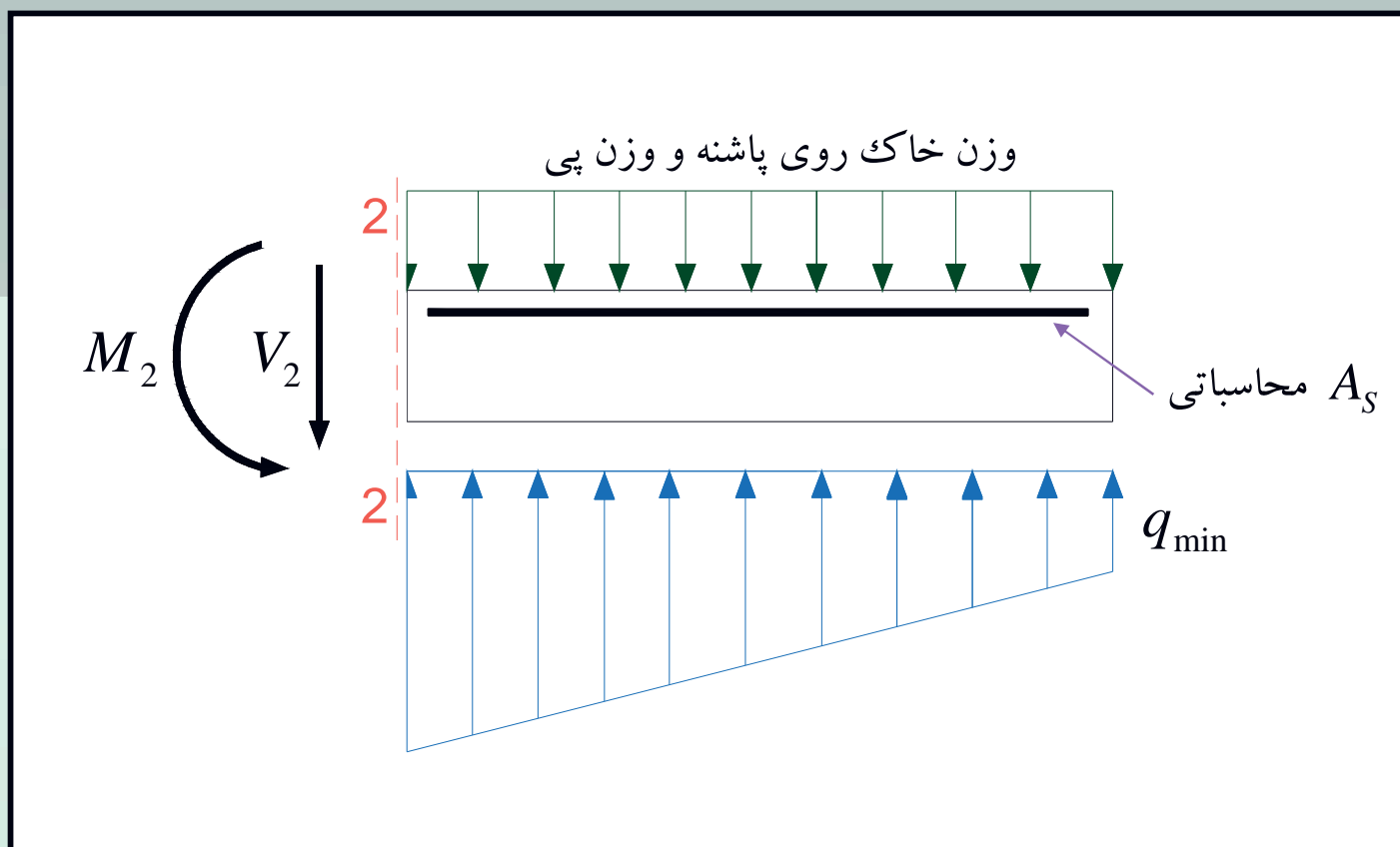


## دیواره آزاد قسمت پنجه





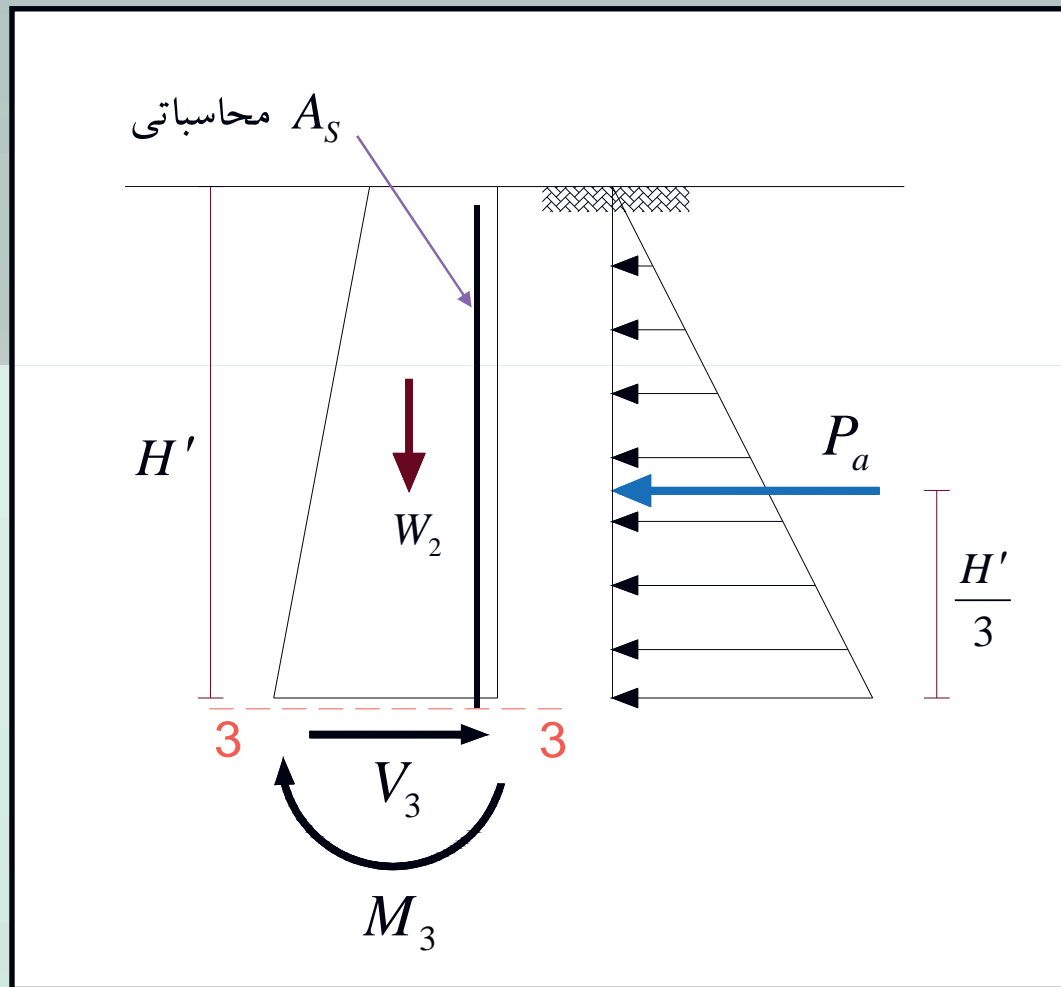
## دیاگرا آزاد قسمت پاشنه





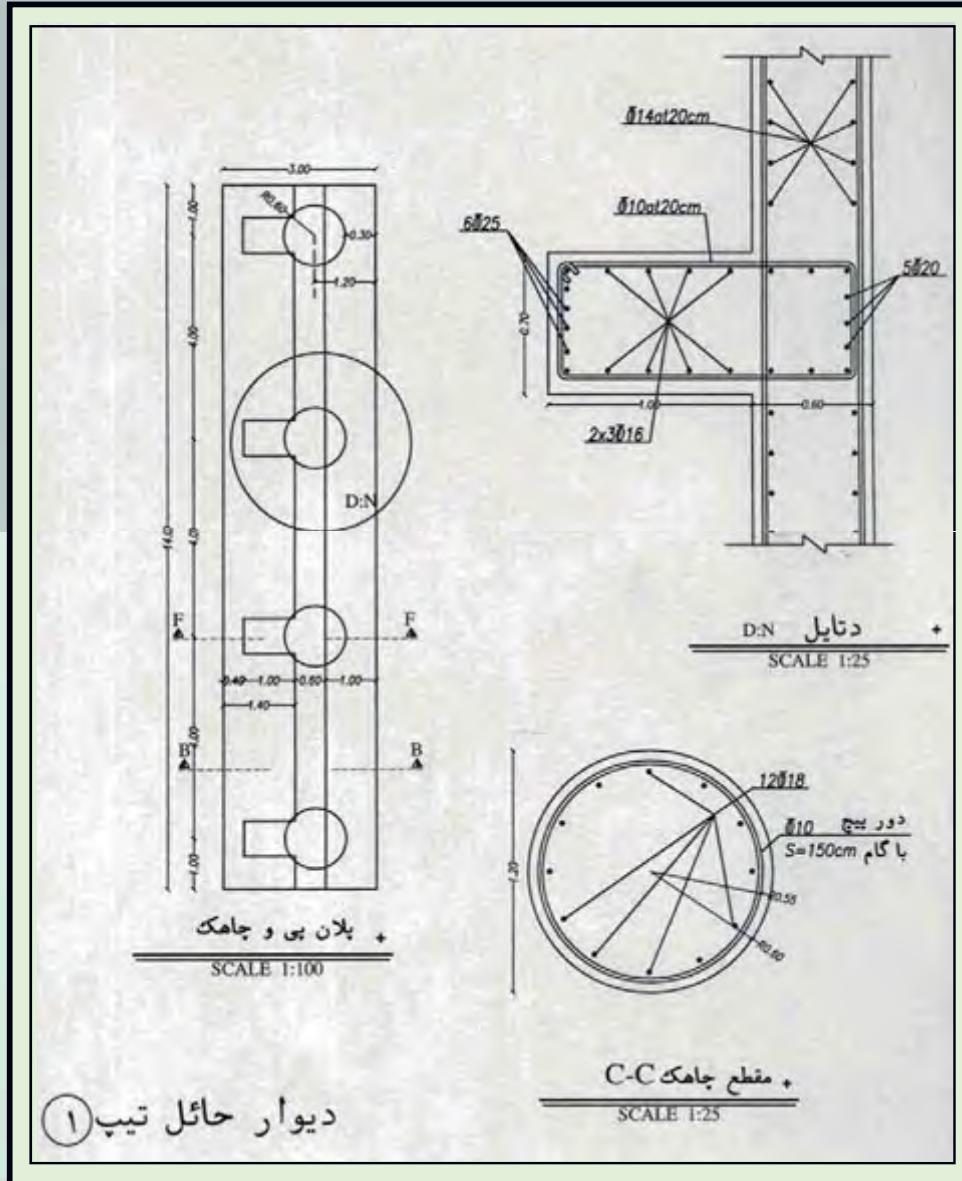


## دیواره آزاد قسمت ساقه دیوار



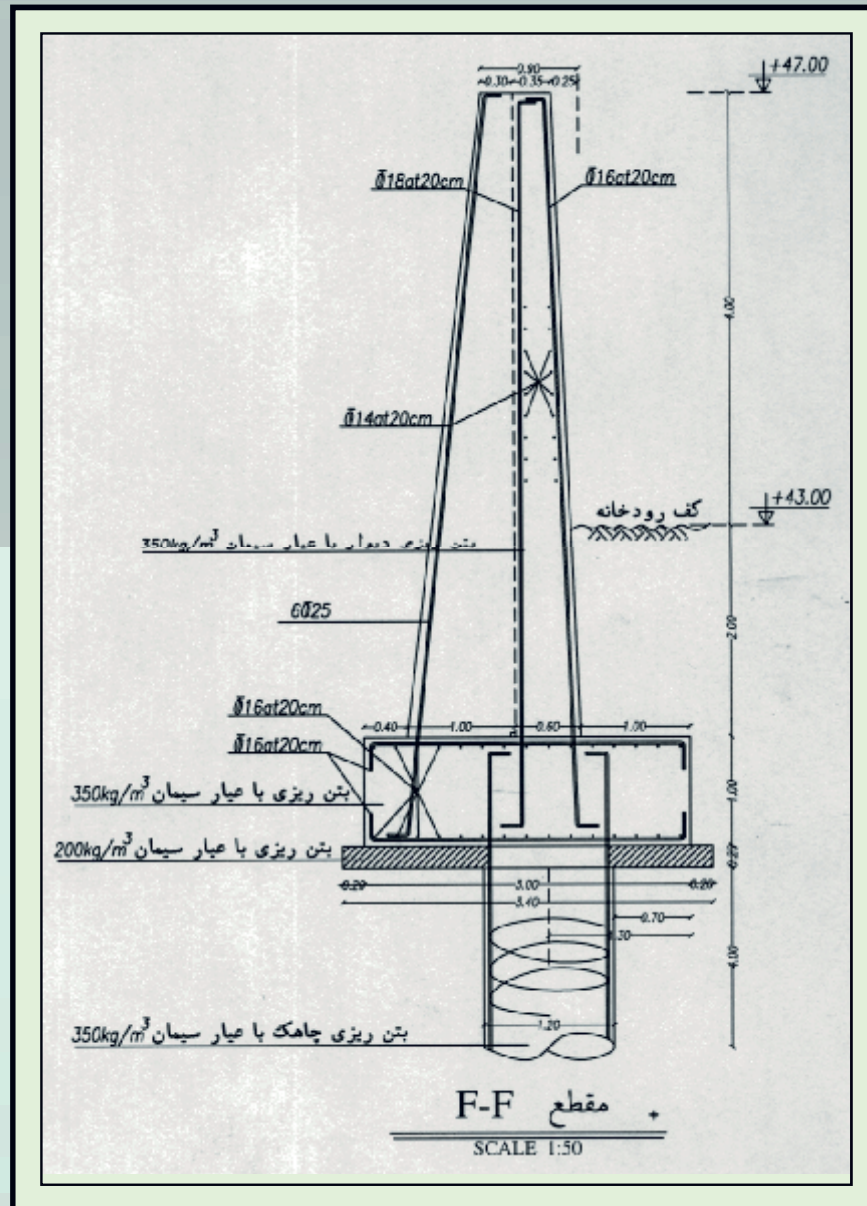


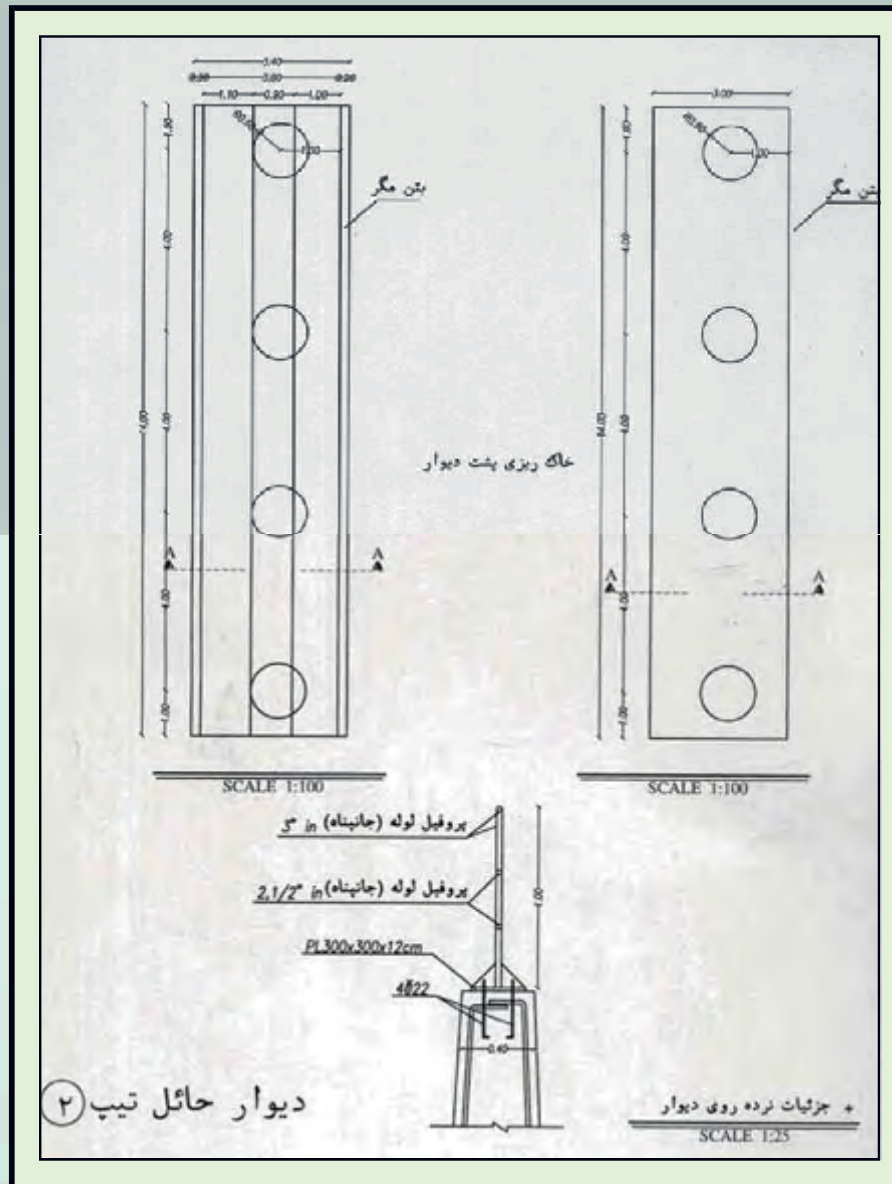
## نقشه‌ها و جزئیات دیوار حائل



دیوار حائل تیپ ۱



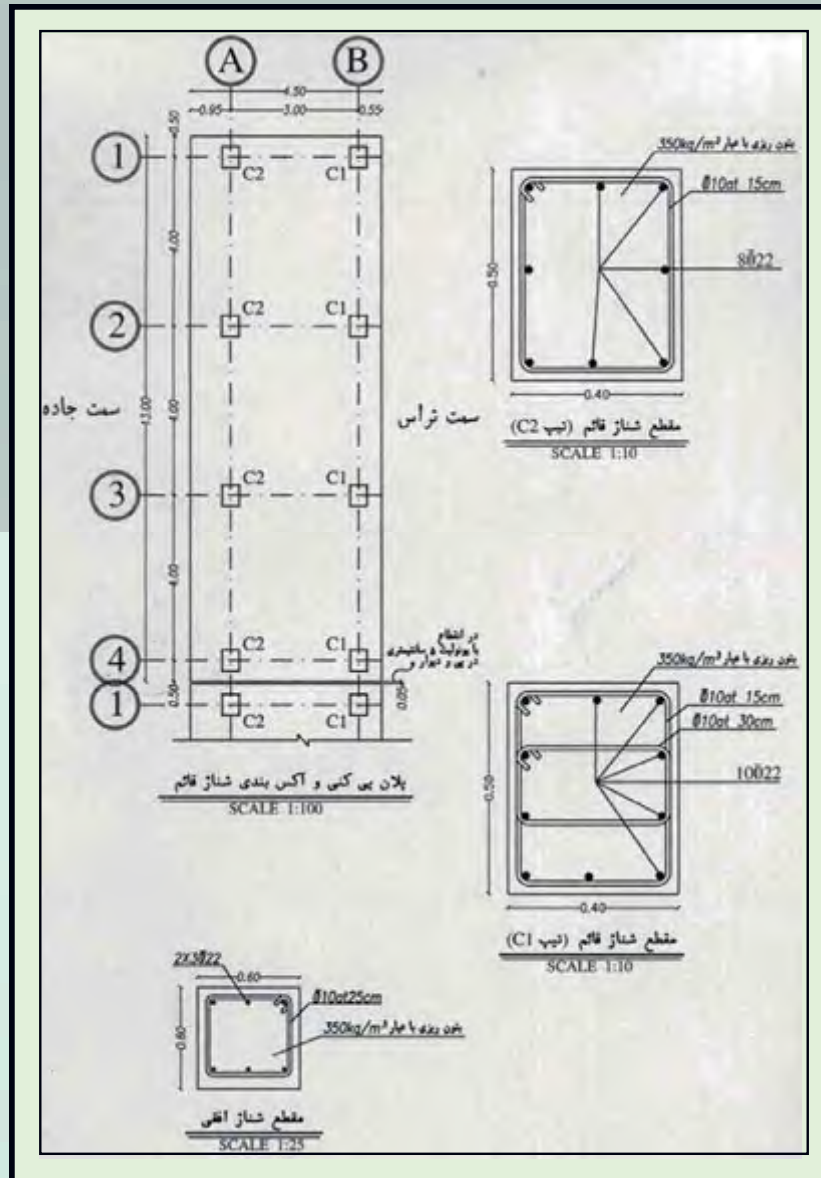


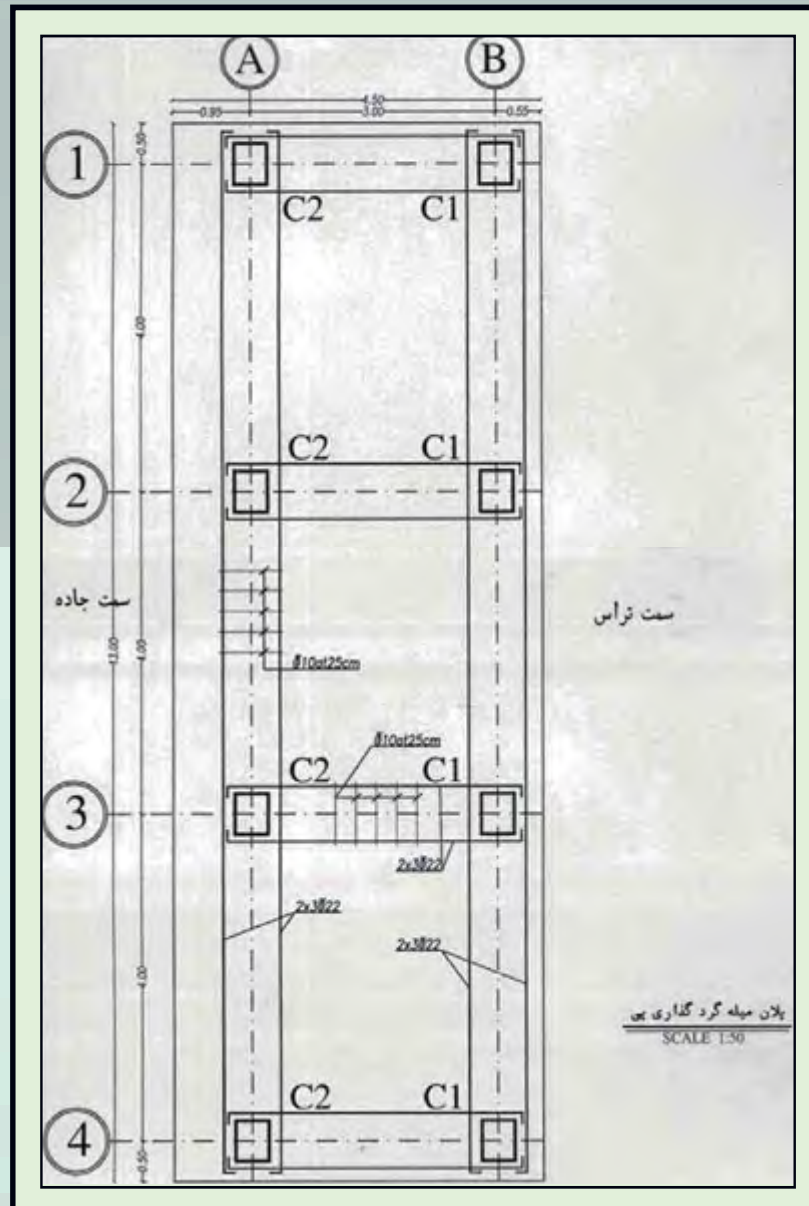


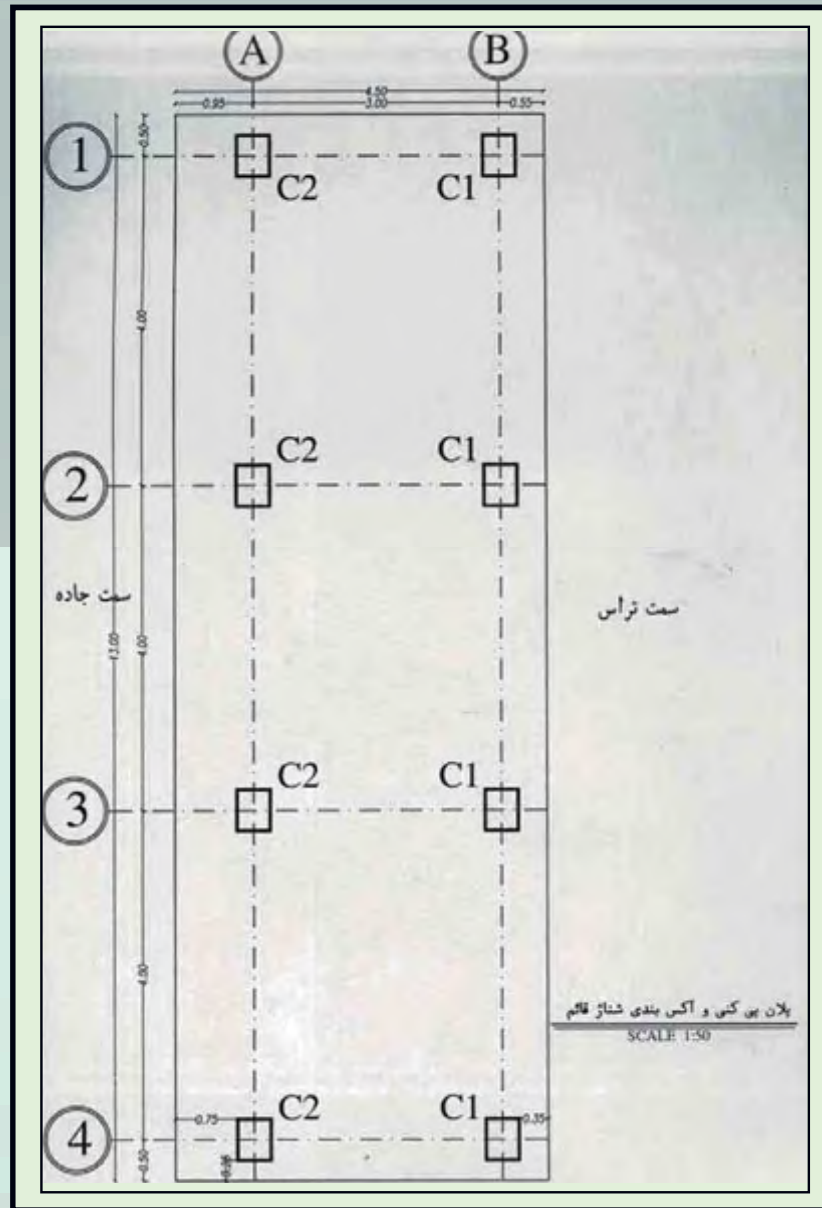


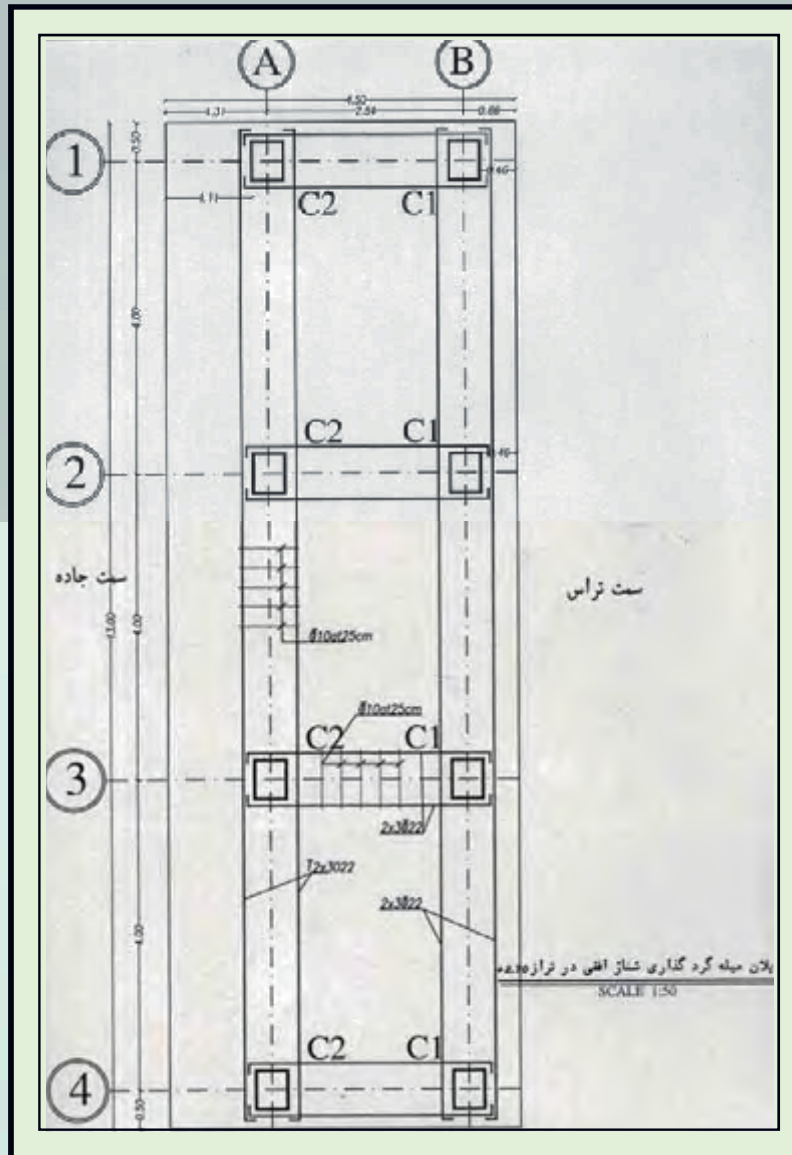


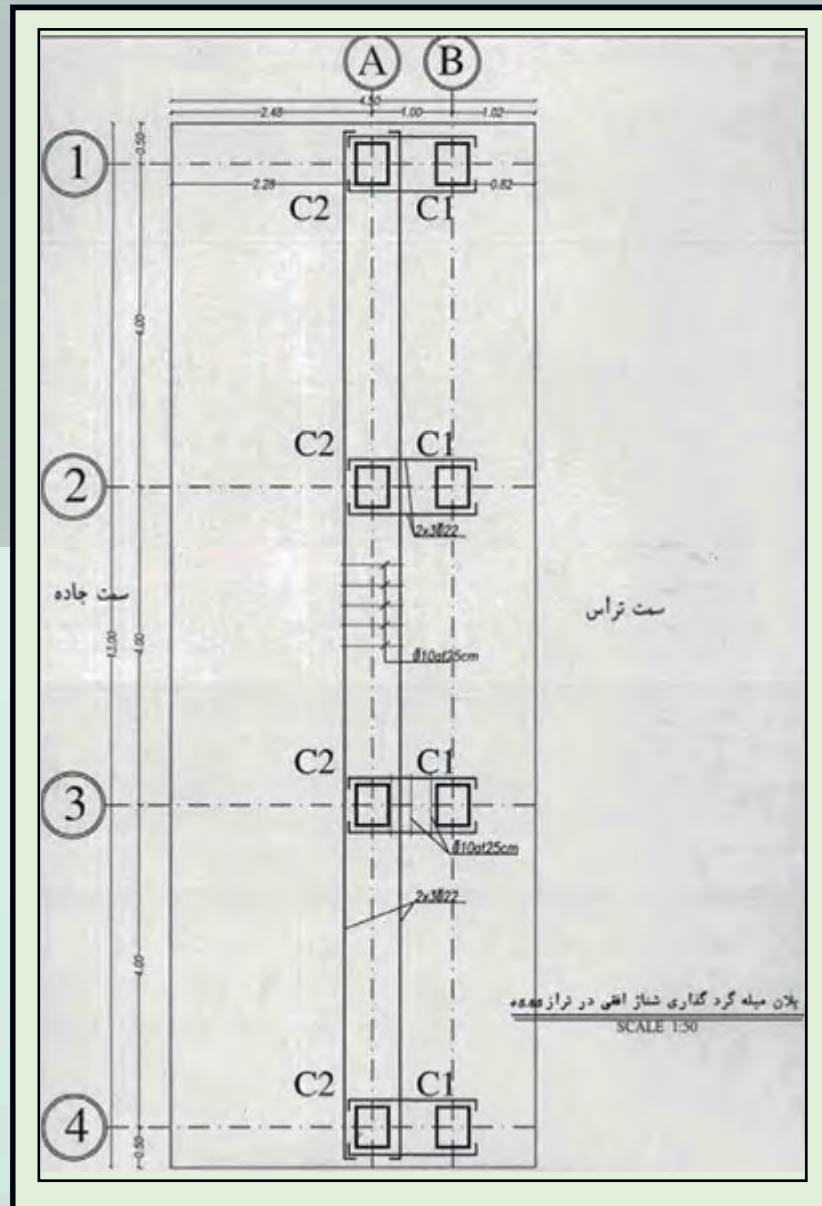


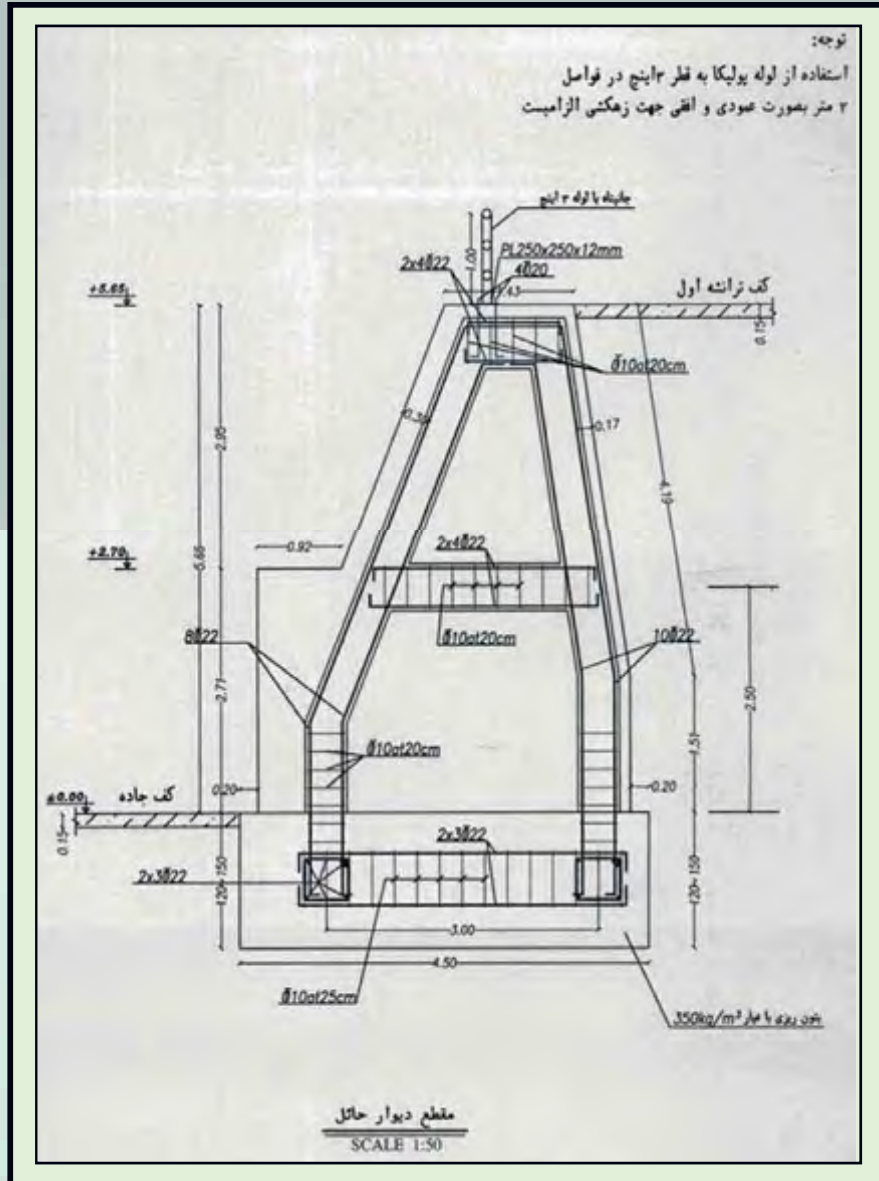








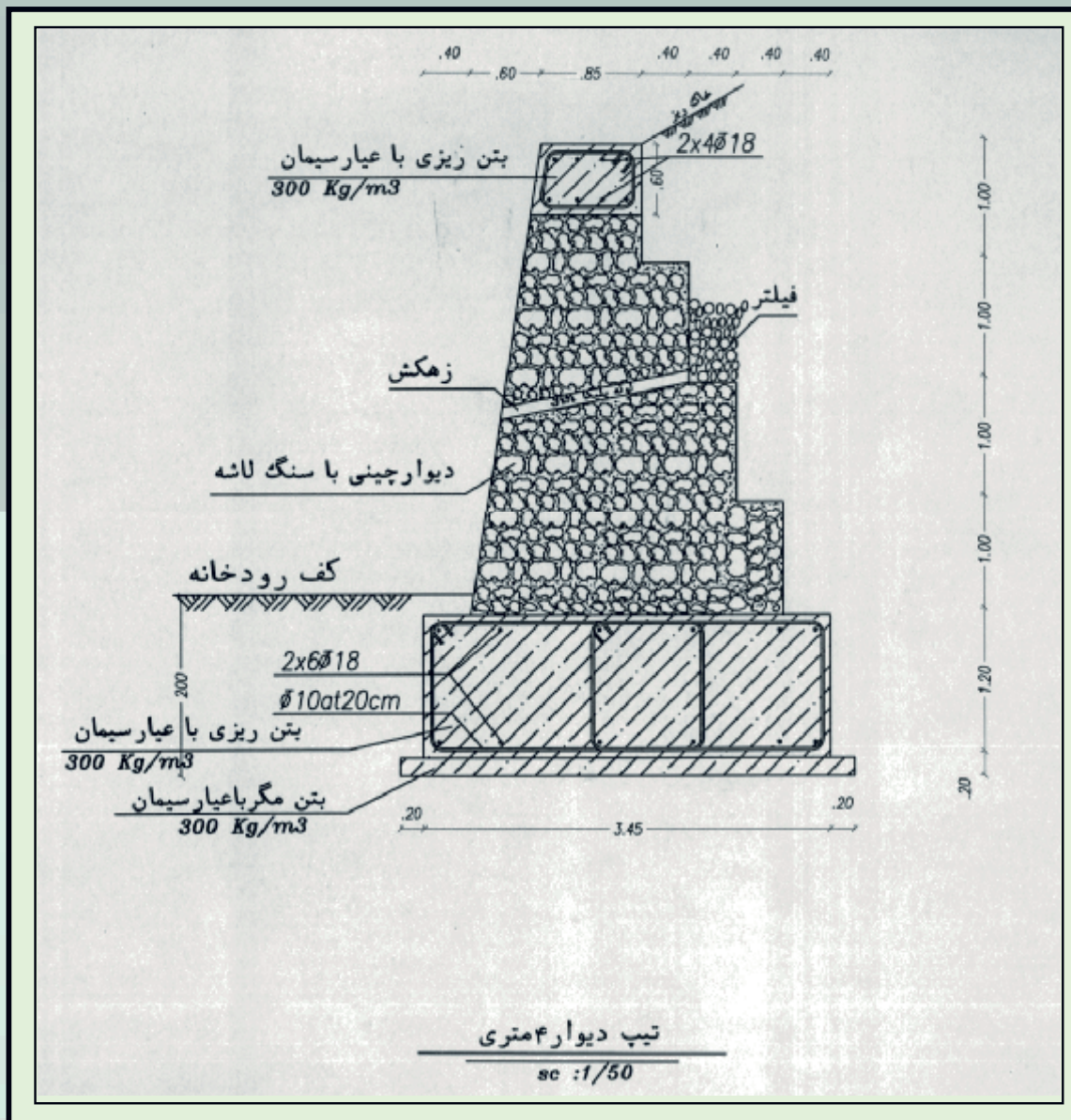


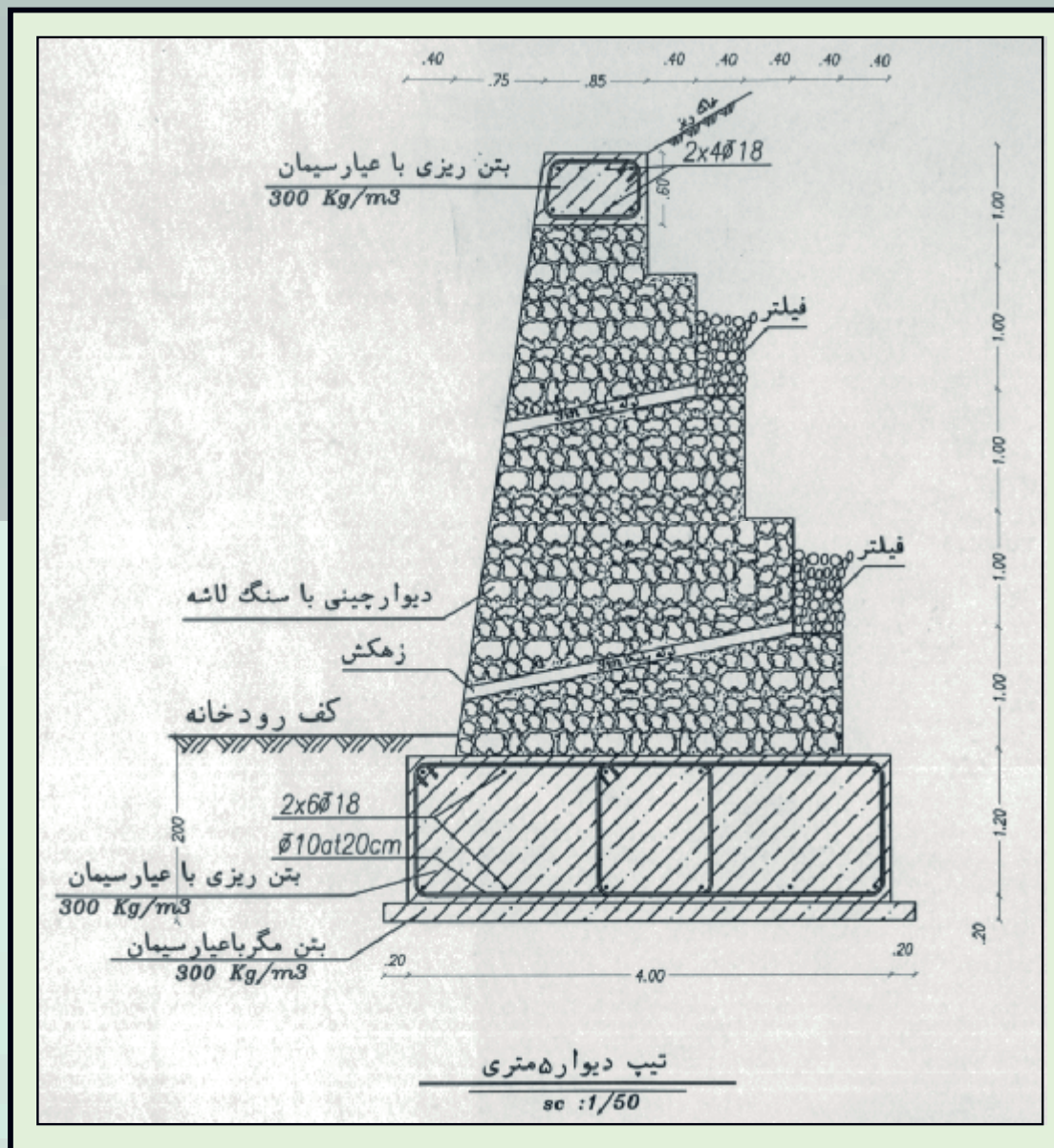




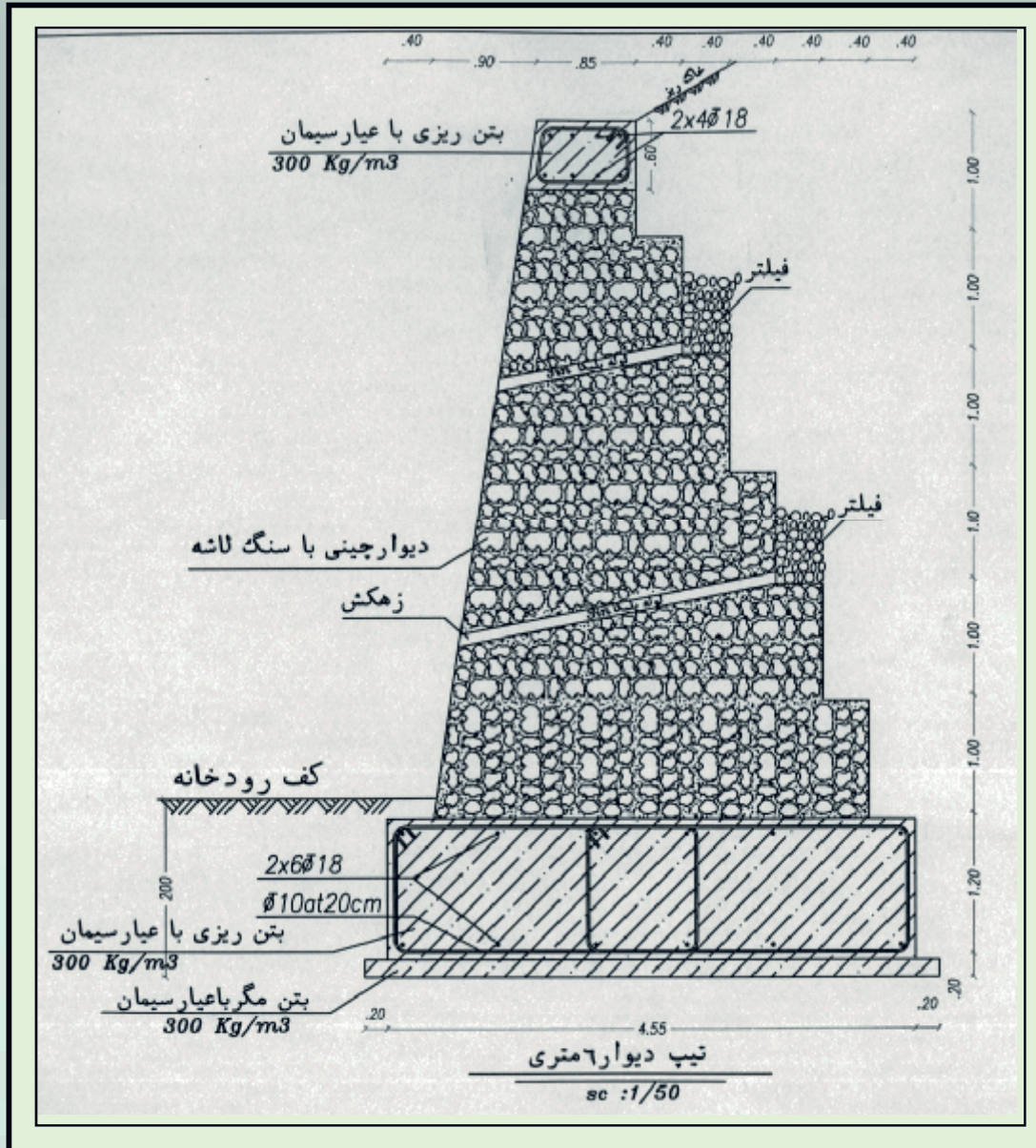


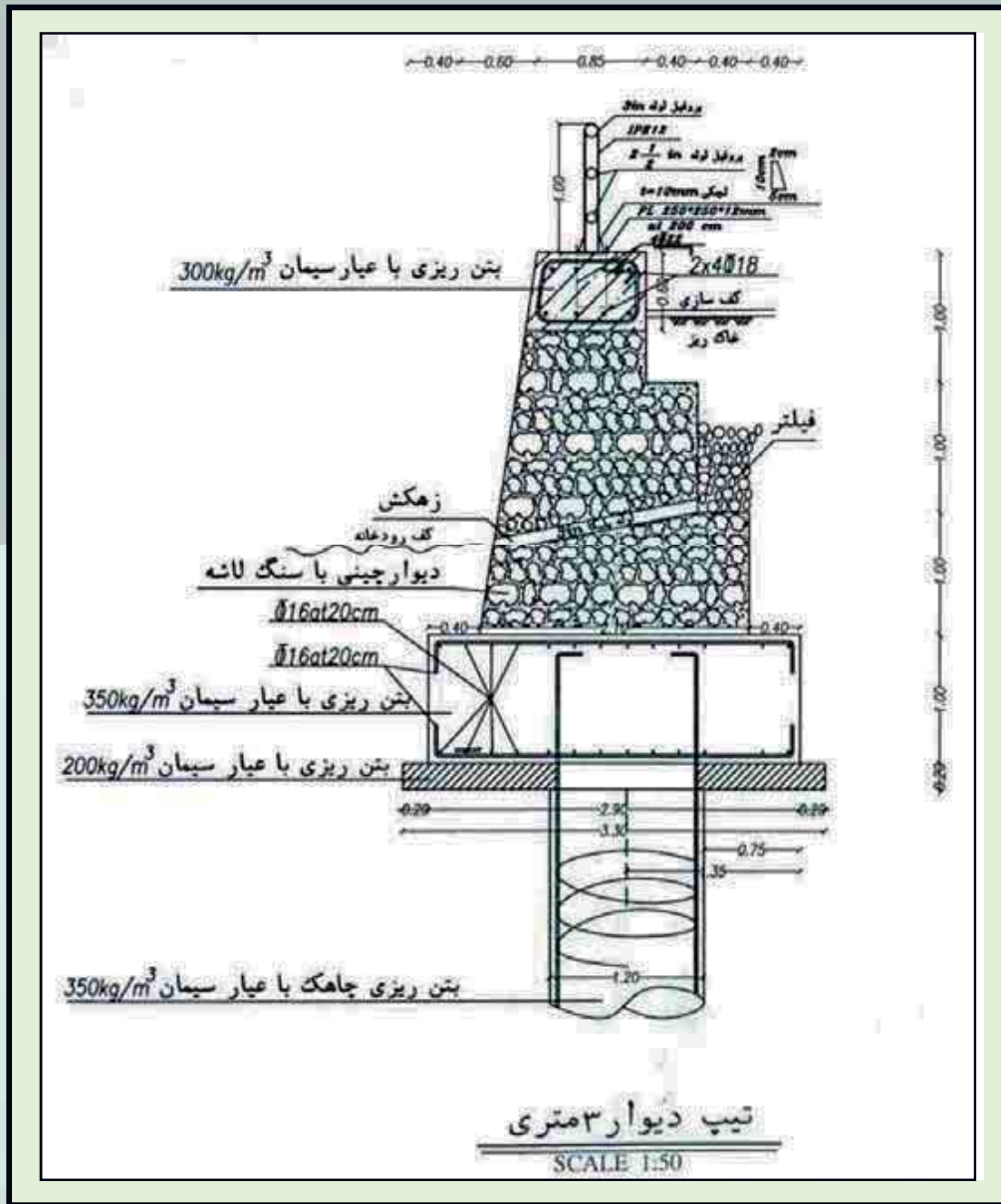
















## \* بخش پنجم :

دیوارهای حائل انعطاف پذیر



## \* دیوارهای حائل انعطاف پذیر (سپر) Sheet Piles :

سپرهای نوعی دیوار حائل هستند که اغلب برای احداث دیوار در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند :

- دیوارهای ساحلی
- ساخت اسکله برای بارگیری و باراندازی کشتی ها
- سازه های موقت
- جلوگیری از فشار خاک در ترانشه ها
- احداث سد موقت یا دائم
- گودبرداری و جلوگیری از فرسایش خاک
- اجرای شمع و حفاری
- زیر سدها به عنوان دیواره نفوذناپذیر





\* تقسیم بندی سپرها بر حسب نوع مصالح تشکیل دهنده :

۱- سپرهای چوبی

۲- سپرهای بتنی :

الف : بتنی پیش ساخته

ب : بتنی درجا

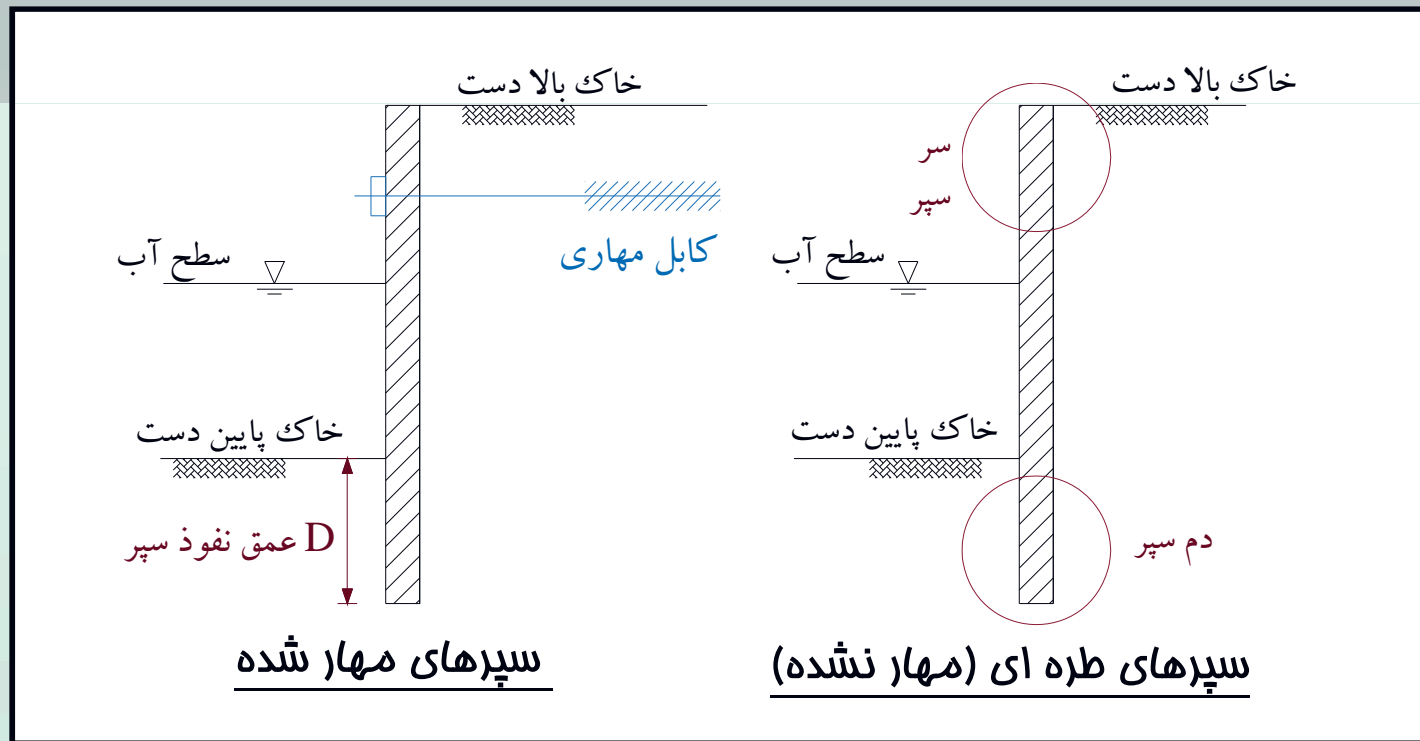
۳- سپرهای فلزی



## \* تقسیم بندی سپرها با توجه به سیستم مهاري :

۱- سپرهای طره ای (مهار نشده)

۲- سپرهای مهار شده





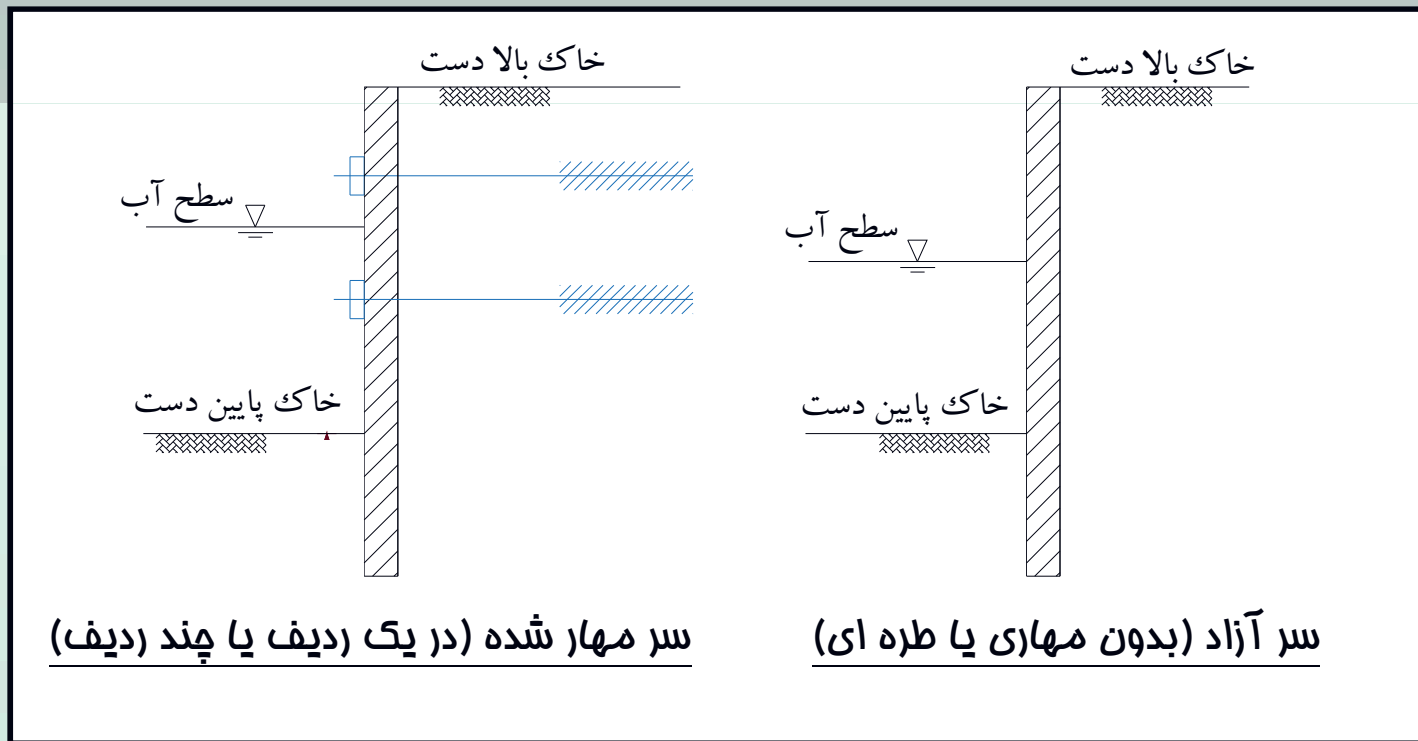
\* تکیه گاه دم سپر از نظر تحلیلی :

- مفصلی
- نیمه گیردار
- گیردار



## \* تکیه گاه سر سپر از نظر تحلیلی :

- ۱- سر آزاد (بدون مهار یا طره ای)
- ۲- سر مهار شده (در یک ردیف یا چند ردیف)





## توجه :

- اگر سپر با سر آزاد باشد جهت پایداری می بایست دم سپر حتما گیردار باشد.
- اگر سر سپر مهار شده باشد بسته به اینکه در چند ردیف مهار شده ، درجه نامعینی افزایش می یابد.
- اگر پای سپر (دم سپر) مفصلی باشد ، حداقل یک ردیف مهار شده جهت پایداری مورد نیاز است.

## - درجه گیرداری دم سپر تابع :

- ۱- عمق نفوذ در خاک پایین دست
- ۲- جنس خاک پایین دست سپر

- نتیجه اینکه هرچقدر عمق نفوذ سپر کمتر و خاک پایین دست سست باشد ، اتصال دم سپر از نوع مفصلی می باشد.
- همچنین هر چقدر عمق نفوذ سپر بیشتر و خاک پایین دست مقاوم تر باشد اتصال دم سپر به سمت گیرداری کامل پیش می رود.

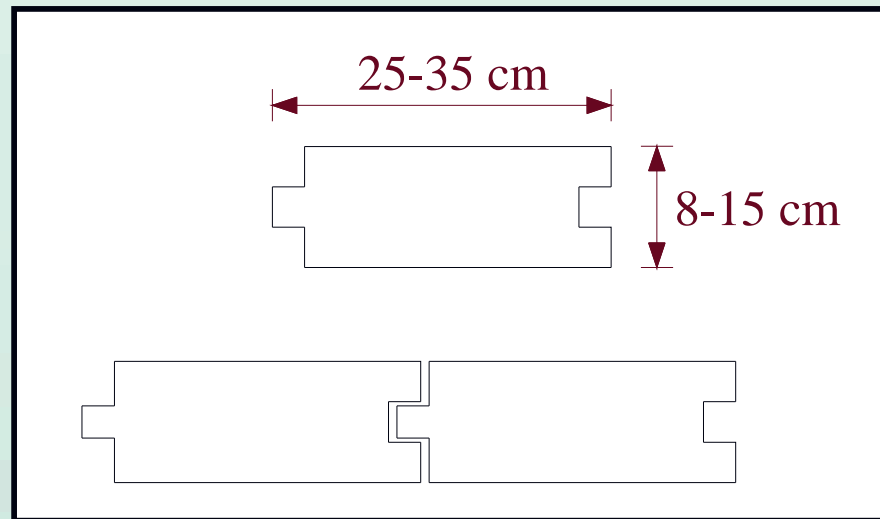


## \* سپرهای چوبی :

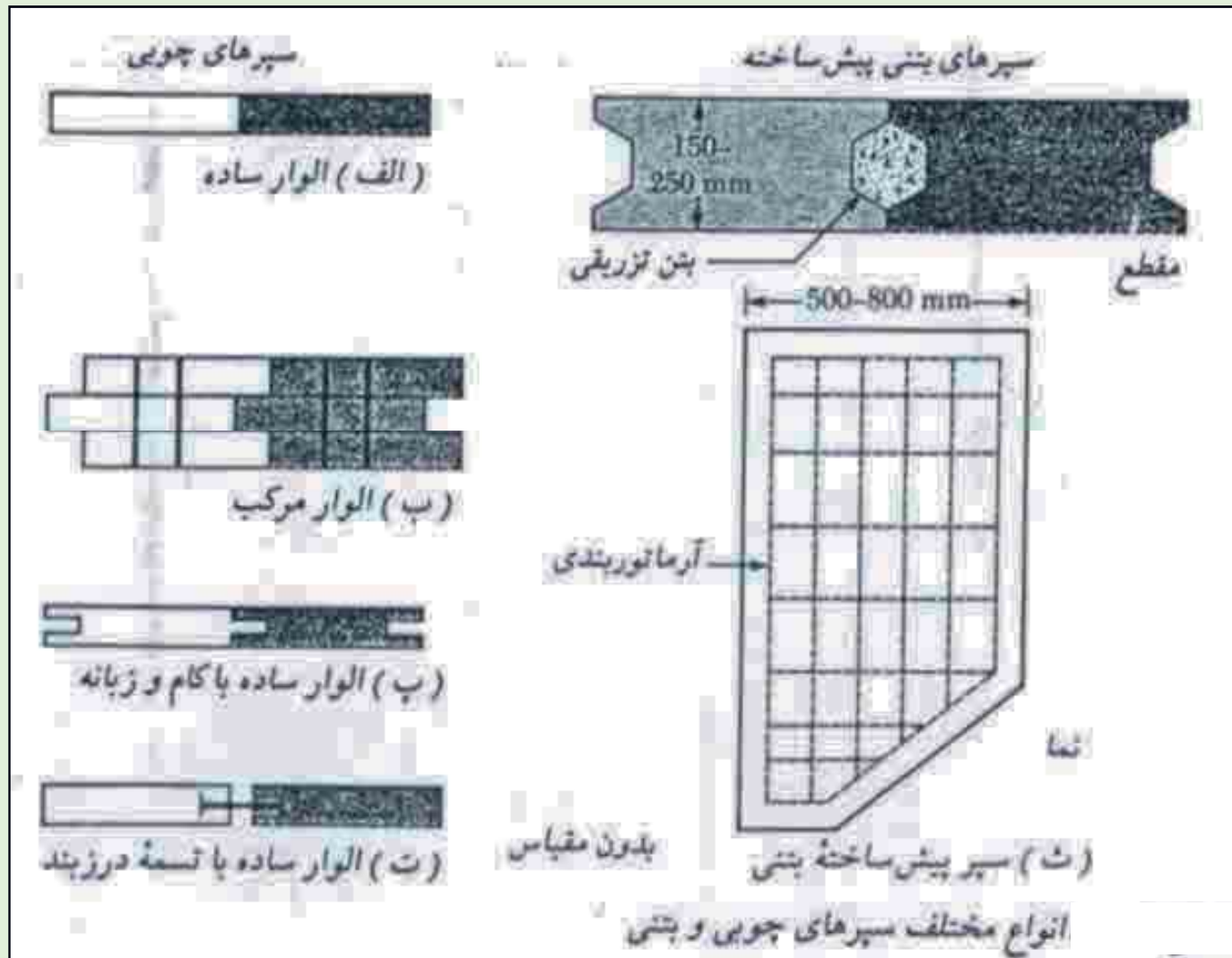
- ابعاد مقطع سپرهای چوبی :

8-15 cm	- ضخامت	}
25-35 cm	- عرض	
15-20 cm	- طول	

-- قطعات بصورت کام و زبانه اجرا می شود تا براحتی در یکدیگر قفل و بست شوند.









### \* معایب سپرهای چوبی :

- لهیدگی سروته سپرها
- ظرفیت باربری کم
- فاسد شدن چوب در شرایط بد آب و هوایی
- عمر مفید کم در مقایسه با بتن و فولاد

### \* مزایای سپرهای چوبی :

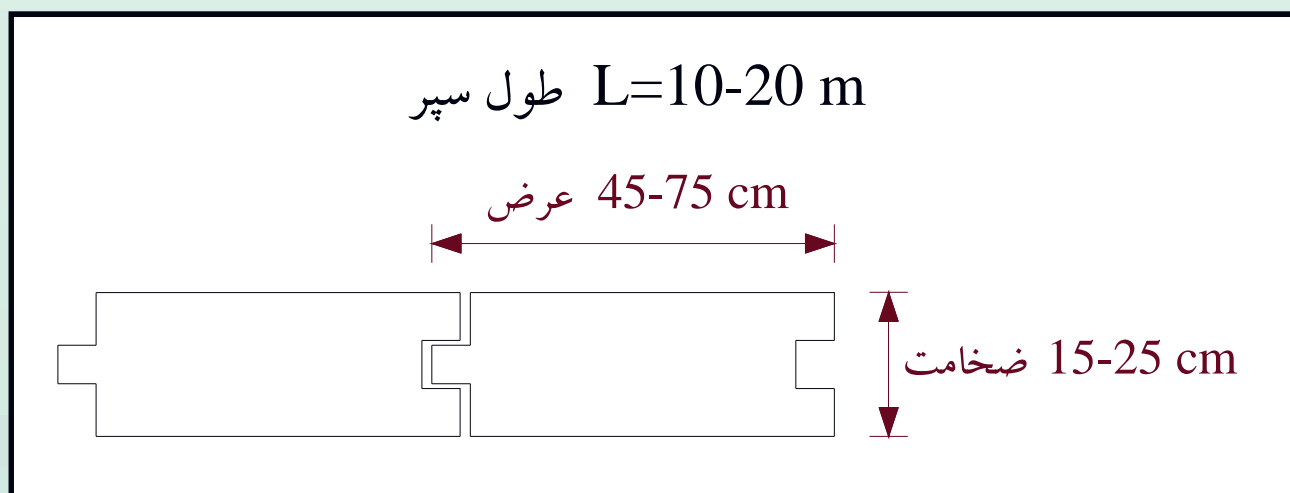
- ارزان بودن
- سهولت دسترسی به چوب
- با وسایل و امکانات قدیم قابل اجرا بود



## \* سپر های بتنی :

- ۱- پیش ساخته
- ۲- درجا (حفاری ، میله گرد گذاری ، بتن ریزی)

## -- مقاطع پیش ساخته :





## \* مزایای سپر پیش ساخته بتنی :

- ارزان بودن
- مقاوم بودن در مقابل خوردگی
- ظرفیت باربری بیشتر نسبت به چوب
- سرعت اجرا
- سهولت اجرا
- کیفیت خوب بتن به دلیل پیش ساختگی
- عمر مفید زیاد



## \* معایب سپرهای پیش ساخته بتنی :

- مشکلات حمل و نقل
- محدودیت ابعاد و اندازه
- انرژی کوبشی زیاد در اجرا
- شکننده بودن سر و ته سپرهای بتنی
- ایجاد سر و صدا و ارتعاش
- مشکلات اجتماعی
- در مناطق شهری قابل استفاده نمی باشد.



-- سپرهای بتنی نوع درجا به روش حفاری کلیه مزایا و معایب شمع ریزی با گل بنتونیت را دارد.

### \*\*\* مزایا :

- معمولا محدودیت ابعاد وجود ندارد.
- ظرفیت باربری زیاد سپر به دلیل ابعاد بزرگ ضخامت و طول
- مشکلات اجتماعی شامل ایجاد سر و صدا و ارتعاش را به همراه ندارد.
- در مناطق شهری و مسکونی بسیار مناسب است.
- اقتصادی بودن آن به دلیل بتنی بودن آن.

### \*\*\* معایب :

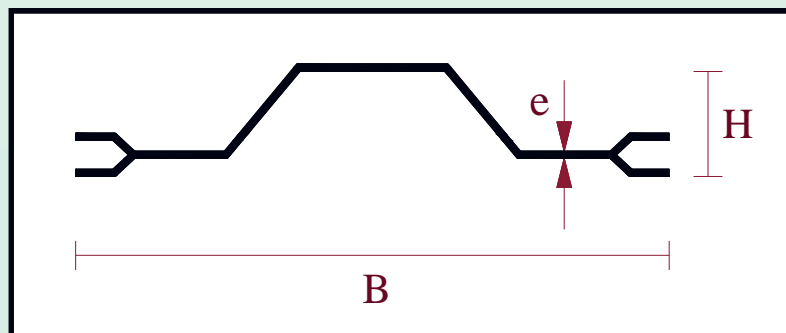
- کیفیت نامناسب بتن ریزی در حین اجرا
- سختی اجرا و مشکلات اجرایی حین حفاری ( ریزش جداره )
- کیفیت نامناسب میله گرد پس از جاگذاری در گل بنتونیت ( آغشته شدن میله گرد به گل بنتونیت و کاهش درگیری میله گرد با بتن )





## \* سپرهای فلزی :

-- با ابداع سپرهای فلزی شاید نقطه عطفی در دیوارهای حائل انعطاف پذیر بوجود آمد. به دلیل مزایای زیاد سپرهای فلزی در مقایسه با معایب آن امروزه بیشتر از سپرهای فلزی استفاده می کنند.









$e : 5-20 \text{ mm}$

$H : 80-450 \text{ mm}$

$B : 365-500 \text{ mm}$

سپر نوع لارسن



نام تیغ	هندسه	فاصله گزیندن (mm)	اساس مقطع		مکان ایترسی		توضیحات
			mm <sup>4</sup> /m	in. <sup>4</sup> /ft	mm <sup>4</sup> /m	in. <sup>4</sup> /ft	
PMA-22		498.48	$29.00 \times 10^4$	5.4	$18.70 \times 10^6$	13.7	قابل قفل و بست یا خوردن
PSA-28		406.4	$13.43 \times 10^4$	2.5	$6.14 \times 10^6$	4.5	قابل قفل و بست یا خوردن
PSA-23		406.4	$12.89 \times 10^4$	2.4	$5.6 \times 10^6$	4.1	قابل قفل و بست یا خوردن
PSX-32		419.1	$12.89 \times 10^4$	2.4	$5.05 \times 10^6$	3.7	قابل قفل و بست یا خوردن
PS-32		381	$10.20 \times 10^4$	1.9	$3.96 \times 10^6$	2.9	قابل قفل و بست یا خوردن
PS-28		381	$10.20 \times 10^4$	1.9	$3.82 \times 10^6$	2.8	قابل قفل و بست یا خوردن



نام تیغه	هندسه	فاصله کوبیدن (mm)	اساس مقطع		ممان اینرسی		توضیحات
			mm <sup>3</sup> /m	in. <sup>3</sup> /ft	mm <sup>4</sup> /m	in. <sup>4</sup> /ft	
PZ-38		457.2	$251.32 \times 10^4$	46.8	$383.29 \times 10^6$	280.8	قابل قفل و بست با خوردش و تیغه‌های PSA-23 or PSA-28
PZ-32		533.4	$205.67 \times 10^4$	38.3	$300.85 \times 10^6$	220.4	قابل قفل و بست با خوردش و تیغه‌های PSA-23 or PSA-28
PZ-27		457.2	$162.17 \times 10^4$	30.2	$251.43 \times 10^6$	184.2	قابل قفل و بست با خوردش و تیغه‌های PSA-23 or PSA-28
PDA-27		406.4	$57.48 \times 10^4$	10.7	$54.33 \times 10^6$	39.8	قابل قفل و بست با خوردش



## \* مزایای سپرهای فلزی :

- سبک بودن به دلیل ضخامت کم
- سهولت حمل و نقل
- انرژی کوبشی بسیار کم به دلیل ضخامت کم
- امکان طویل کردن در حین اجرا
- ظرفیت باربری زیاد به دلیل فولادی بودن آن
- امکان استفاده مکرر
- سهولت و سرعت اجرا



## \* معایب سپرهای فلزی :

- امکان خوردگی در مناطقی که درجهٔ سولفاته بالا باشد، وجود دارد
- تغییر شکل پذیری زیاد به دلیل ضخامت کم
- ممکن است غیر اقتصادی باشد



## \* مراحل اجرایی دیوارهای حائل با سیستم سپر کوبی :

### -- روش اجرا :

- ۱- دیوار خاکریزی شده ← سپرها در سمت آب کوبیده می شود و پشت آن خاکریز می شود
- ۲- دیوار لایروبی شده ← سپرها در سمت خاک کوبیده شده و جلوی آن لایروبی می شود

- تراز زمین در جلوی دیوار (سمت آب) به تراز یا خط لایروبی معروف است.

- خاک مورد استفاده برای خاکریز پشت دیوار ، معمولا دانه ای است.

- خاکی که دم سپر در آن کوبیده شده و قرار می گیرد ممکن است دانه ای (اصطکاکی) یا چسبنده (رسی) باشد.



## \* مراحل اجرای دیوار خاکریزی شده :

گام ۱ - لایروبی خاک موجود در جلو و پشت دیوار پیشنهادی

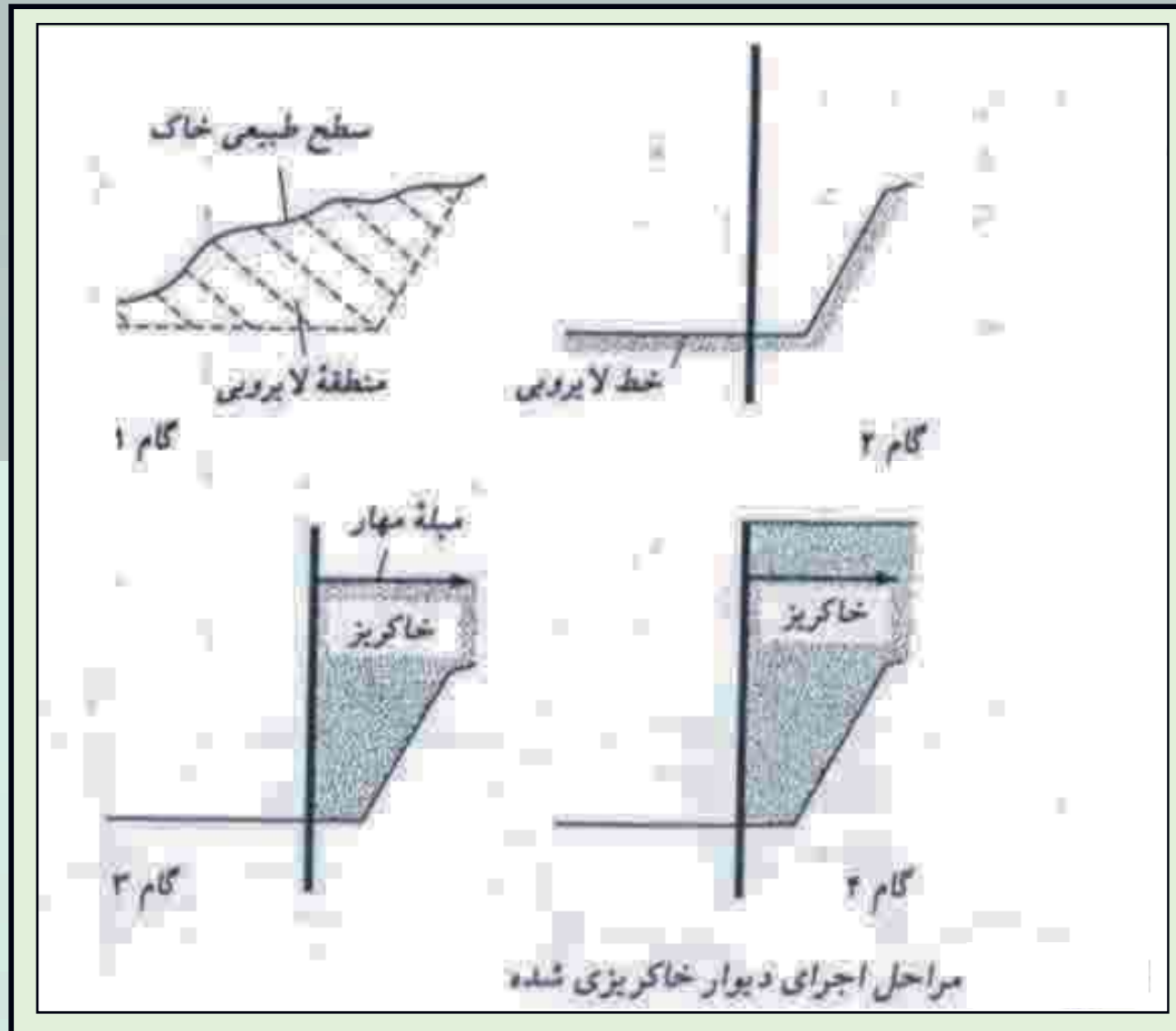
گام ۲ - کوبیدن سپرها در طول مورد نیاز

گام ۳ - خاکریزی تا تراز مهار دیوار و نصب سیستم مهار

گام ۴ - تکمیل خاکریزی تا بالای دیوار

**توجه :** برای سپرهای طره ای گام ۳ لازم نیست.



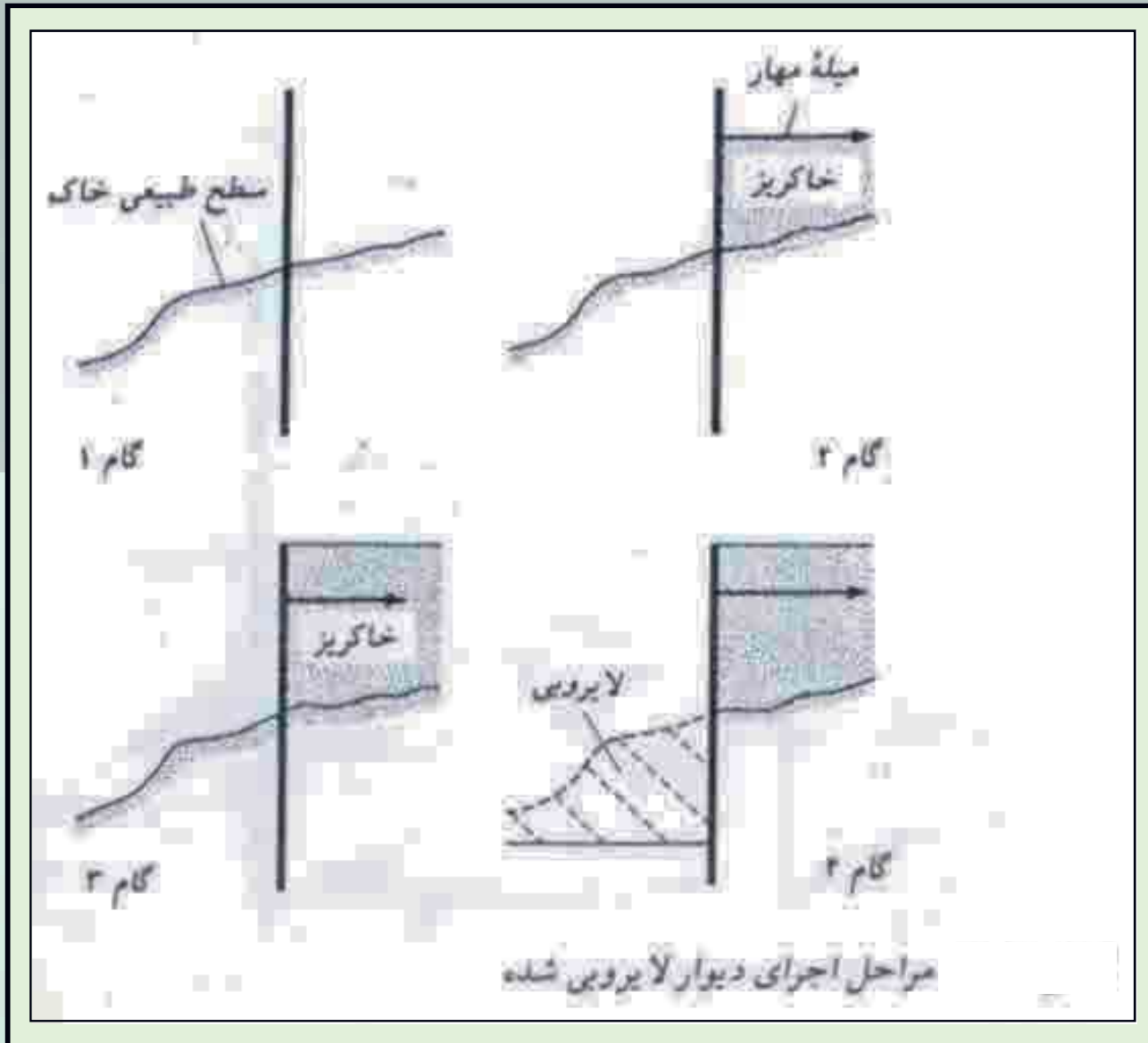




## \* مراحل اجرای دیوار لایروبی شده :

- گام ۱ - کوبیدن سپرها
- گام ۲ - خاکریزی تا تراز مهار و نصب سیستم مهار
- گام ۳ - خاکریزی تا بالای دیوار
- گام ۴ - لایروبی جلوی دیوار

**توجه :** برای دیوار حائل طره ای (بدون مهار) گام ۲ لازم نیست.

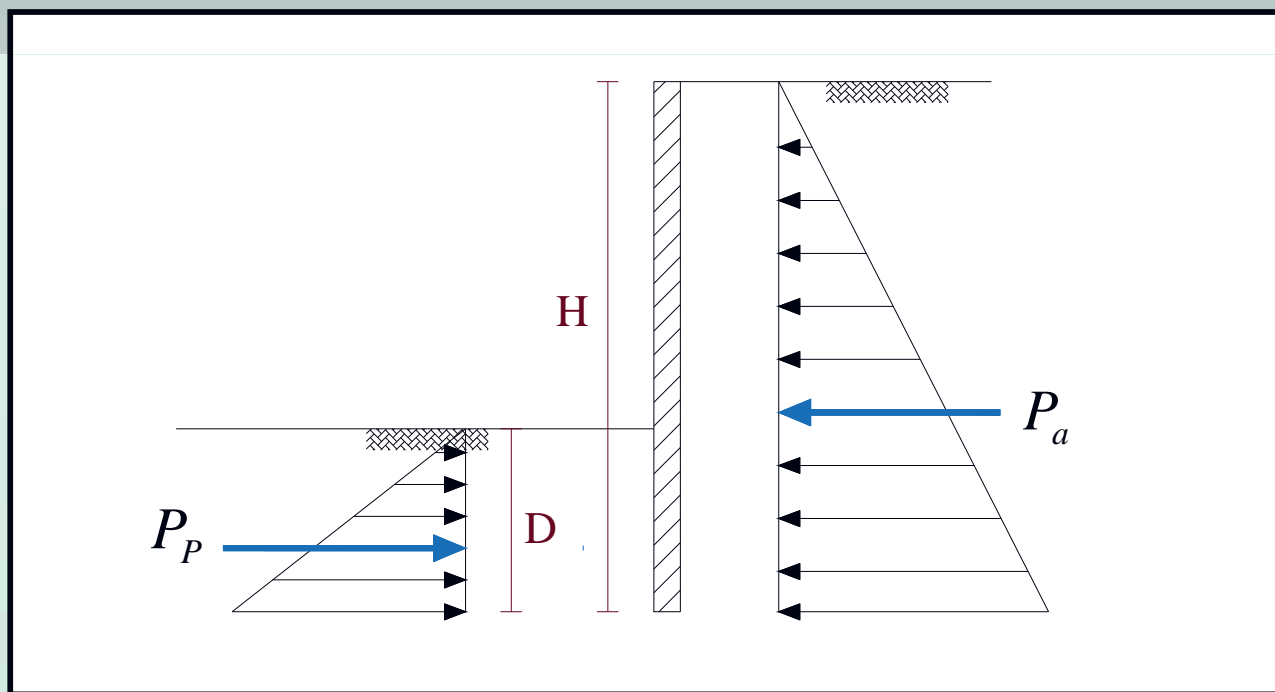




## \* محاسبه فشار وارد بر سپرها :

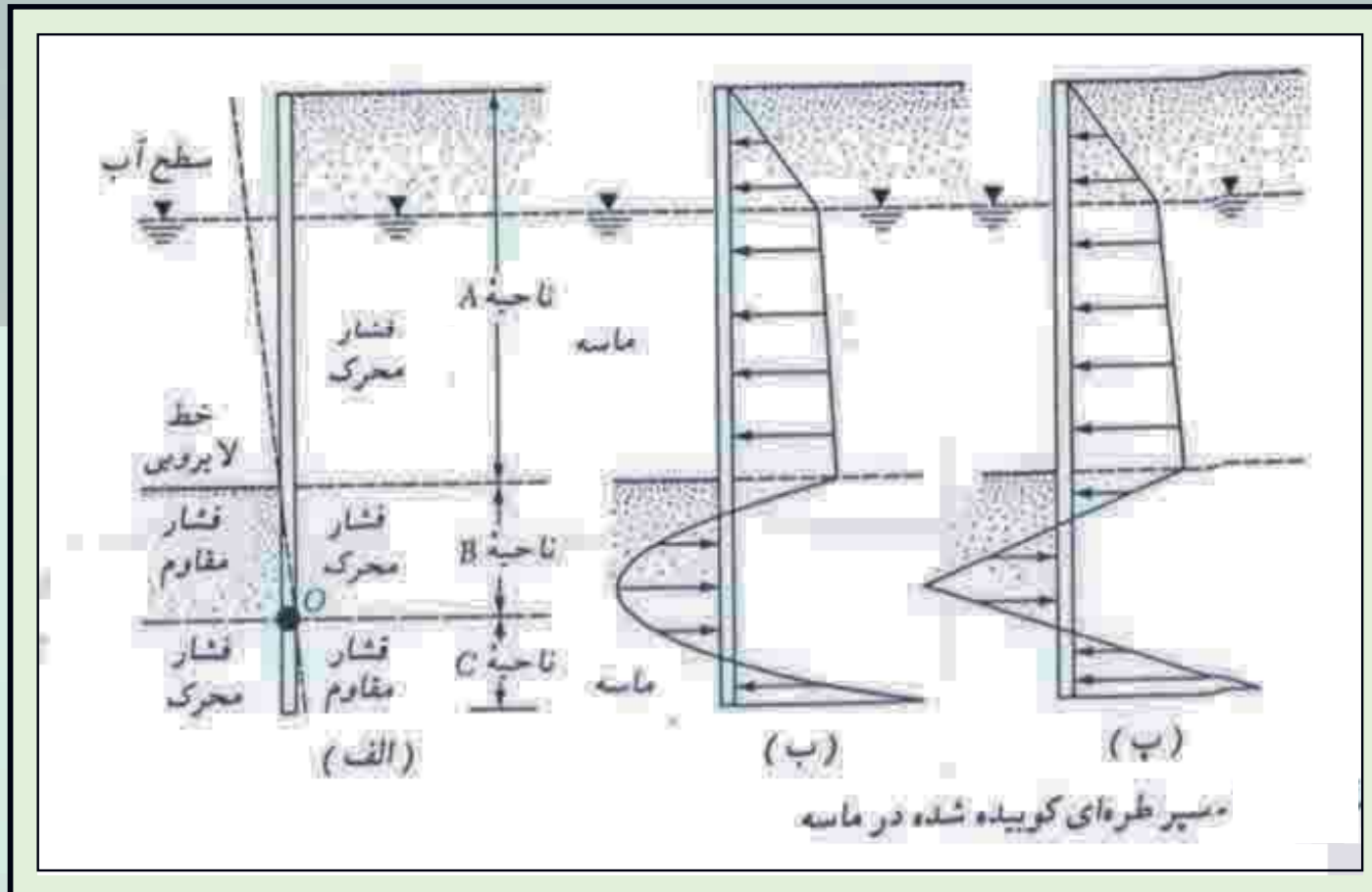
-- با توجه به اینکه سپرها بصورت عمودی اجرا می شوند و سطح سپرها صاف و صیقلی می باشد ، بهتر است از تئوری رانکین برای محاسبه فشار استفاده شود.

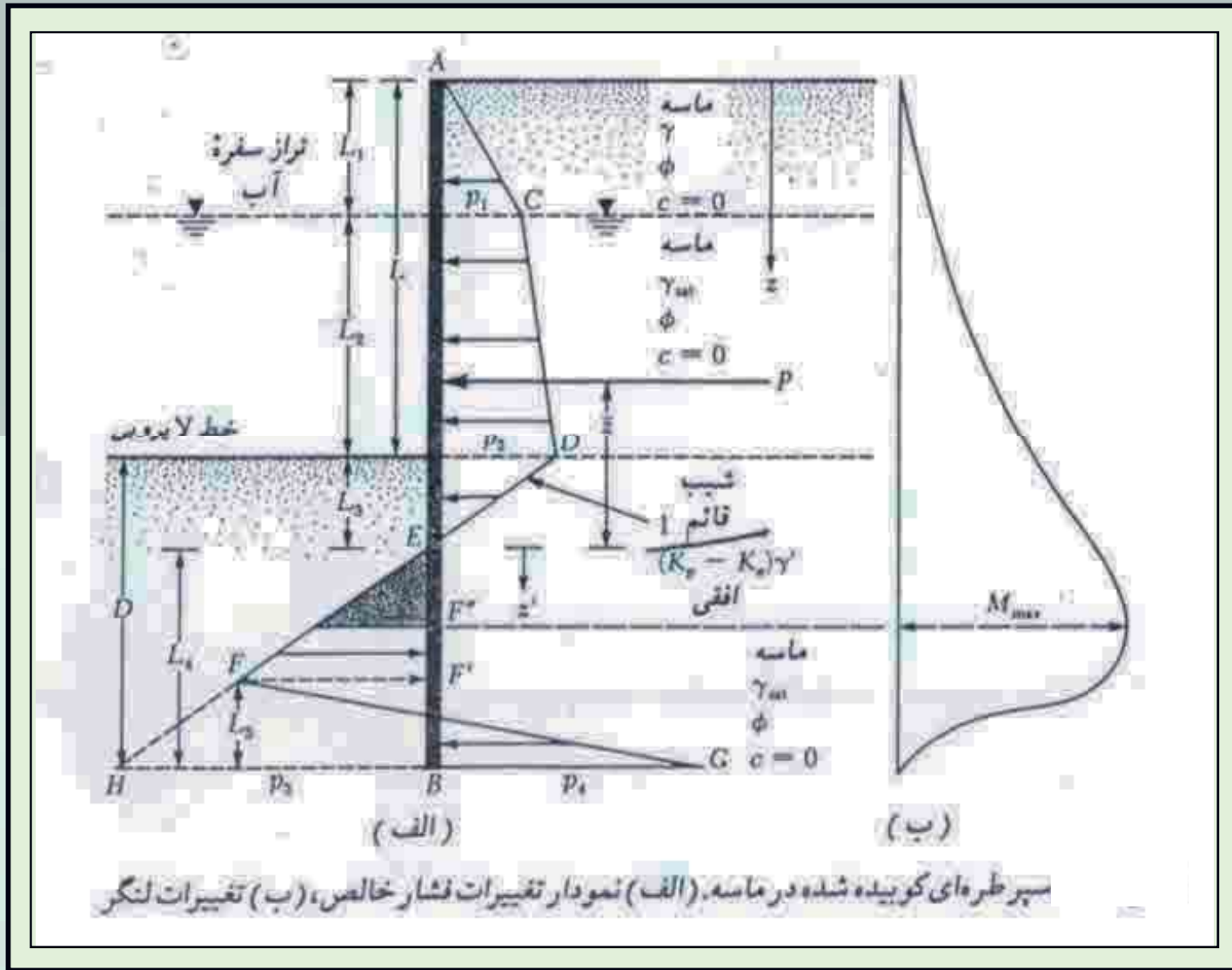
توزیع فشار پشت سپر به صورت کلاسیک شده ، مطابق شکل زیر می باشد :





توزیع فشار پشت دیواره سپر در خاک دانه ای ، مطابق شکل زیر می باشد :







-- با توجه به توزیع فشار پشت سپر در خاک دانه ای :

$$P_1 = \gamma.L_1.K_a$$

$$P_2 = (\gamma.L_3 + \gamma'.L_2).K_a \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$P_3 = L_4(K_P - K_a)\gamma'$$

به ازای فشار خالص صفر محاسبه شده است.

$$L_3 = \frac{P_2}{\gamma'(K_P - K_a)}$$

$$L_4 = D - L$$

$$P_5 = (\gamma.L_1 + \gamma'.L_2).K_P + \gamma'L_3(K_P - K_a)$$

$$L_5 = \frac{P_3.L_4 - 2P}{P_3 + P_4}$$





-- محاسبه لنگر ماکزیمم :  $M_{\max}$

$$P = \frac{1}{2}(Z')^2(K_p - K_a) \cdot \gamma'$$

$$Z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}}$$

لنگر ماکزیمم در محل برش صفر روی می دهد.

$$M_{\max} = P(\bar{Z} - Z') - \left[ \frac{1}{2} \gamma' \cdot Z'^2 (K_p - K_a) \right] \frac{1}{3} Z'$$

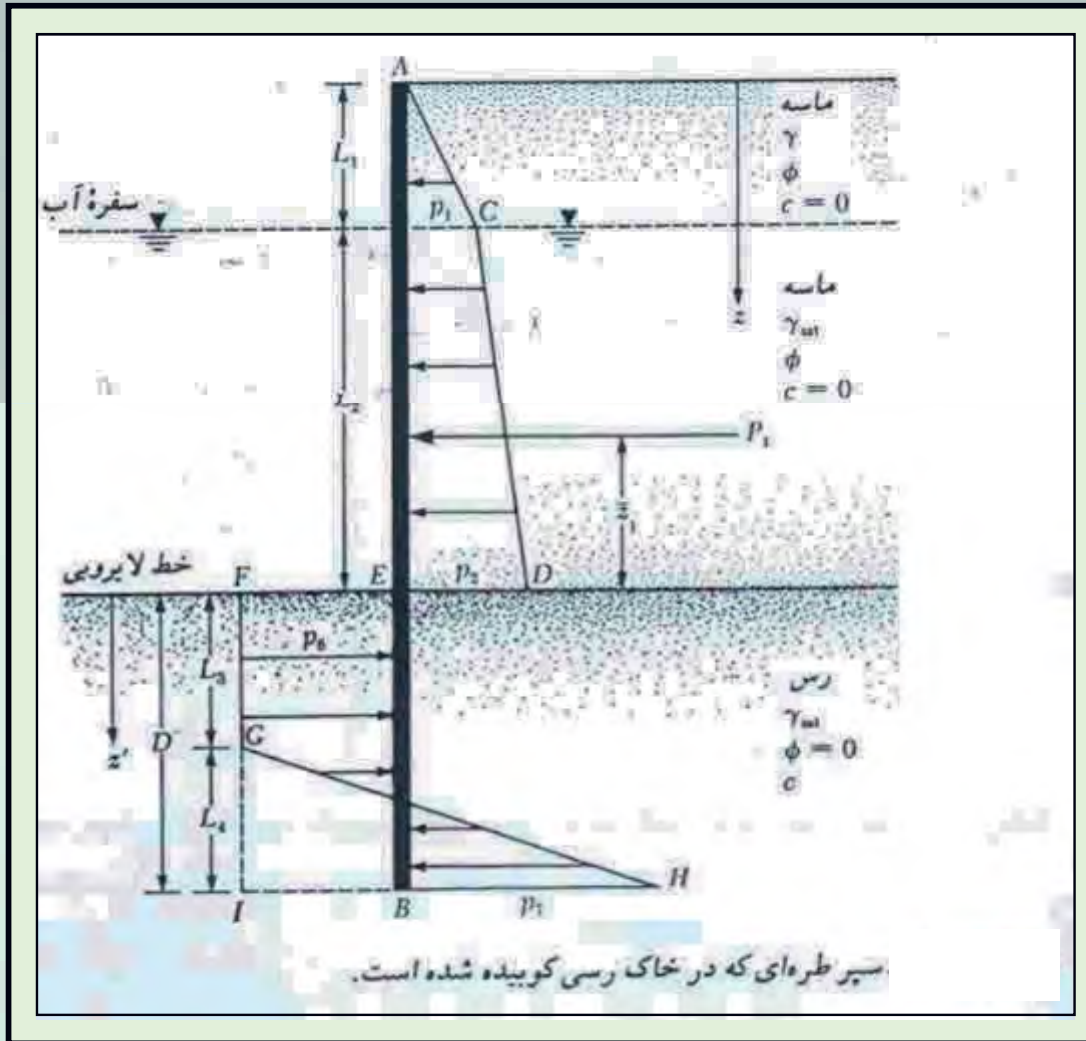
مدول مقطع مورد نیاز S یا W :

$$S = W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{all}}$$

تنش مجاز خمشی سپر :  $\sigma_{all}$



## -- سپرهای کوبیده شده در خاک های رسی :





$$P_P = \gamma_{sat} (Z - L_1 - L_2) K_P + 2C \sqrt{K_P}$$

$$P_6 = P_P - P_a = 4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)$$

در پایین ترین نقطه سپر فشار مقاوم و اکتیو برابر است با:

$$P_P = (\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat} D) + 2C$$

$$P_a = \gamma_{sat} + D - 2C$$

$$P_7 = P_P - P_a = 4C + (\gamma L_1 + \gamma' L_2)$$

$$L_4 = \frac{D[4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - P_1}{4C}$$



با نوشتن معادله تعادل لنگر  $\sum M_B = 0$  بدست می آید:

$$P_1(D - \bar{Z}_1) - [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] \frac{D^2}{2} + \frac{1}{2} L_4 (8C) \left(\frac{L_4}{3}\right) = 0$$

$\bar{Z}_1$ : فاصله مرکز فشار سطح ACDE از تراز خط لایروبی می باشد.

-- با ترکیب دو رابطه قبلی ، داریم:

$$D^2 [4C - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - 2DP_1 - \frac{P_1(P_1 + 12C\bar{Z}_1)}{(\gamma L_1 + \gamma' L_2) + 2C} = 0$$

با استفاده از معادله درجه عمق نفوذ تئوریک D در لایه رسی بدست می آید.



-- محاسبه لنگر خمشی ماکزیمم :  $M_{\max}$

$$Z' = \frac{P_1 \text{ نیرو}}{P_6 \text{ فشار}}$$

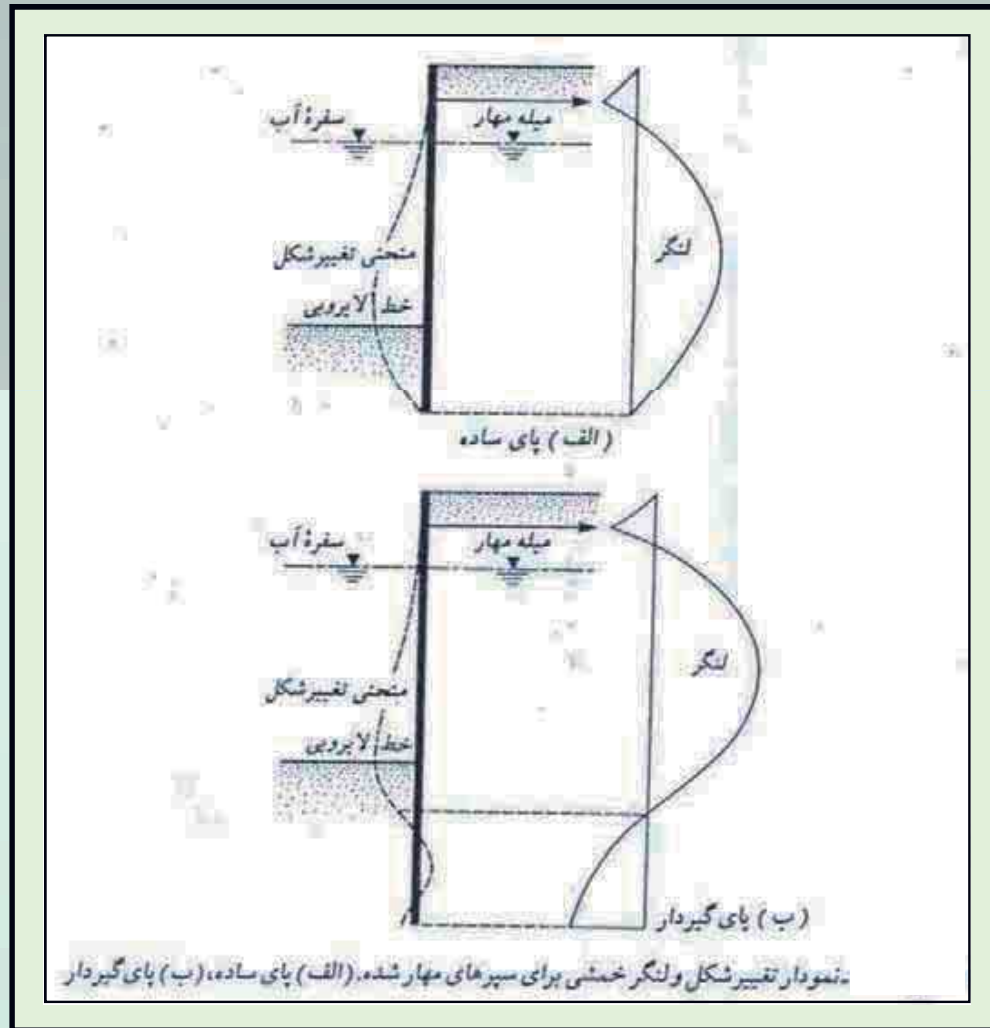
لنگر ماکزیمم در محل برش صفر روی می دهد.

$$M_{\max} = P_1(Z' + \bar{Z}_1) - \frac{P_6 Z'^2}{2}$$

$$S = W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{all}} \text{ مدول مقطع}$$

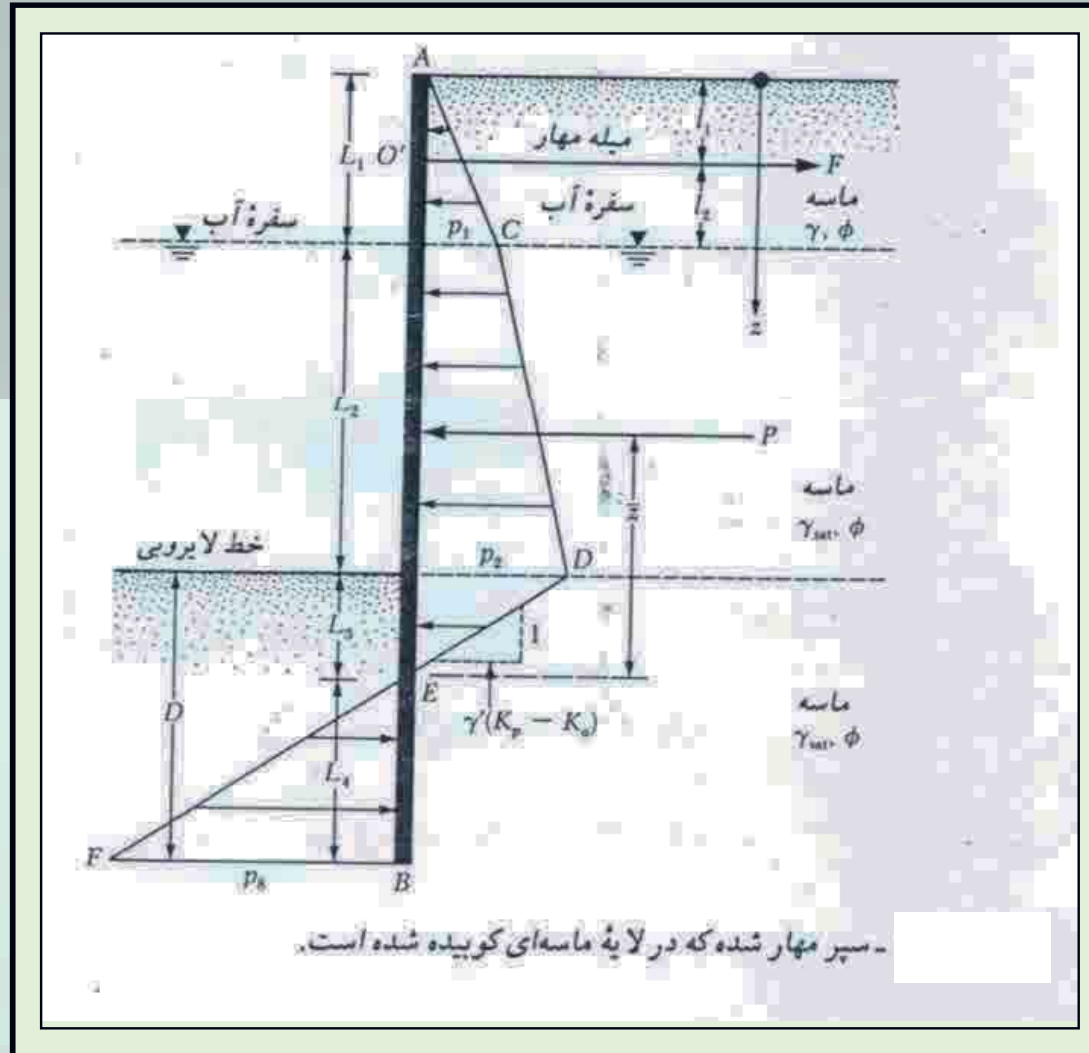


## -- سپرهای مهار شده در خاک دانه ای :





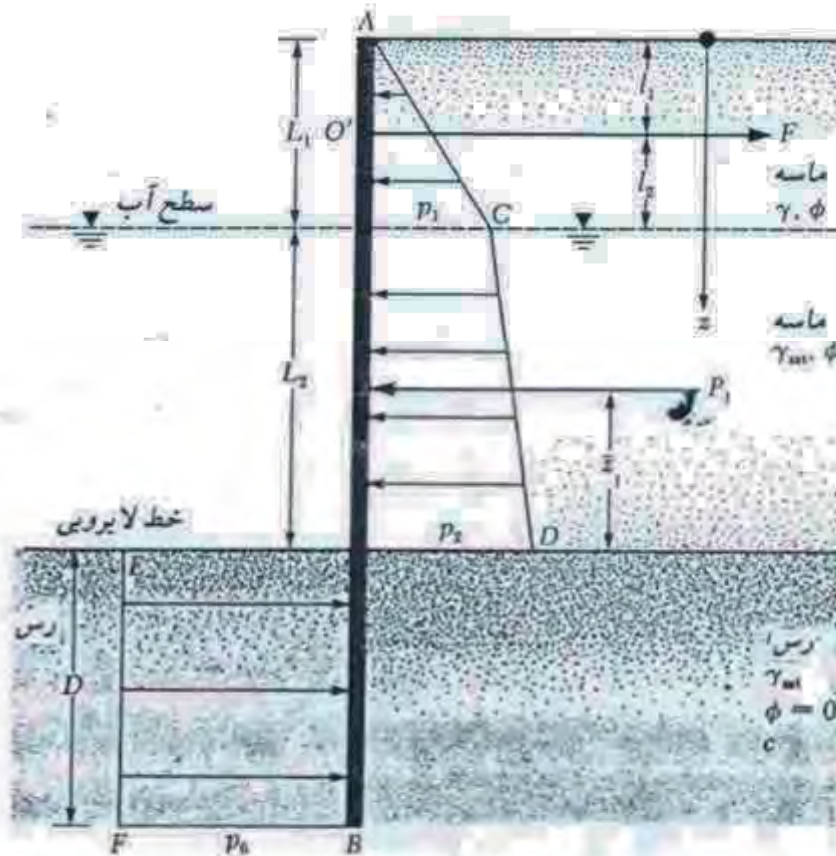
## -- سپرهای مهار شده در خاک دانه ای :







## -- سپرهای مهار شده در خاک چسبنده :



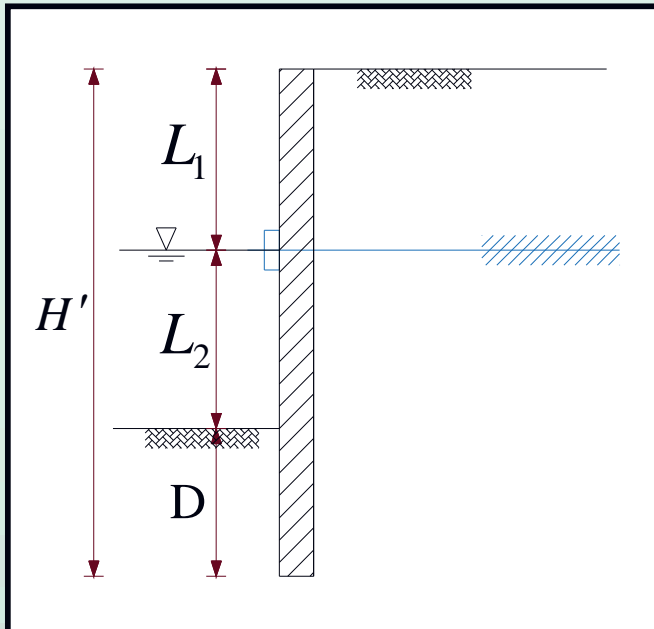
- سپر مهار شده با پای مفصلی که در لایه رسی کوبیده شده است.



### \* کاهش لنگر برای سپرهای مهارشده :

-- سپرها معمولاً انعطاف پذیر هستند، به علت این انعطاف پذیری ، دارای تغییر مکان جانبی می باشند. این تغییر مکان جانبی باعث بازتوزیع فشار جانبی می شود که نتیجه آن کاهش لنگر خمشی حداکثر  $M_{max}$  نسبت به نتایج محاسباتی می باشد.

$$H' = L_1 + L_2 + D$$



$$\rho = 10.91 \times 10^{-7} \left( \frac{H'^4}{EI} \right)$$

انعطاف پذیری نسبی سپر

$H'$  : بر حسب متر

E : مدول الاستیسیته سپر  $MN/m^2$

I : ممان اینرسی سپر (واحد طول سپر)  $m^3/m$



$M_{max}$ : لنگر تئوریک حداکثر

$M_d$ : لنگر طرح

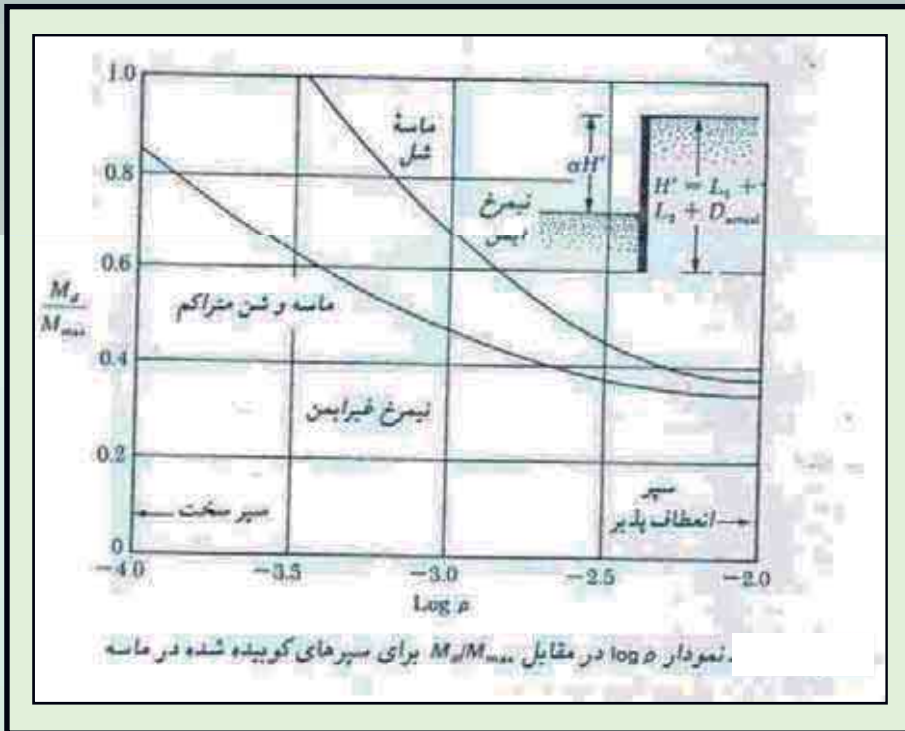
\* در سیستم غیر متریک :

$$\rho = \frac{H'^4}{EI} \text{ انعطاف پذیری نسبی سپر}$$

$H'$ : بر حسب ft

$E$ : مدول الاستیسیته سپر  $lb/in^2$

$I$ : ممان اینرسی سپر (واحد طول سپر)  $in^4$





## \* انواع مهار در سپرها :

-- در این قسمت سعی می شود روش های محاسبه نیروی مهار بر واحد طول دیوار و همچنین روش های اجرایی مهار سپرها ارائه شود.

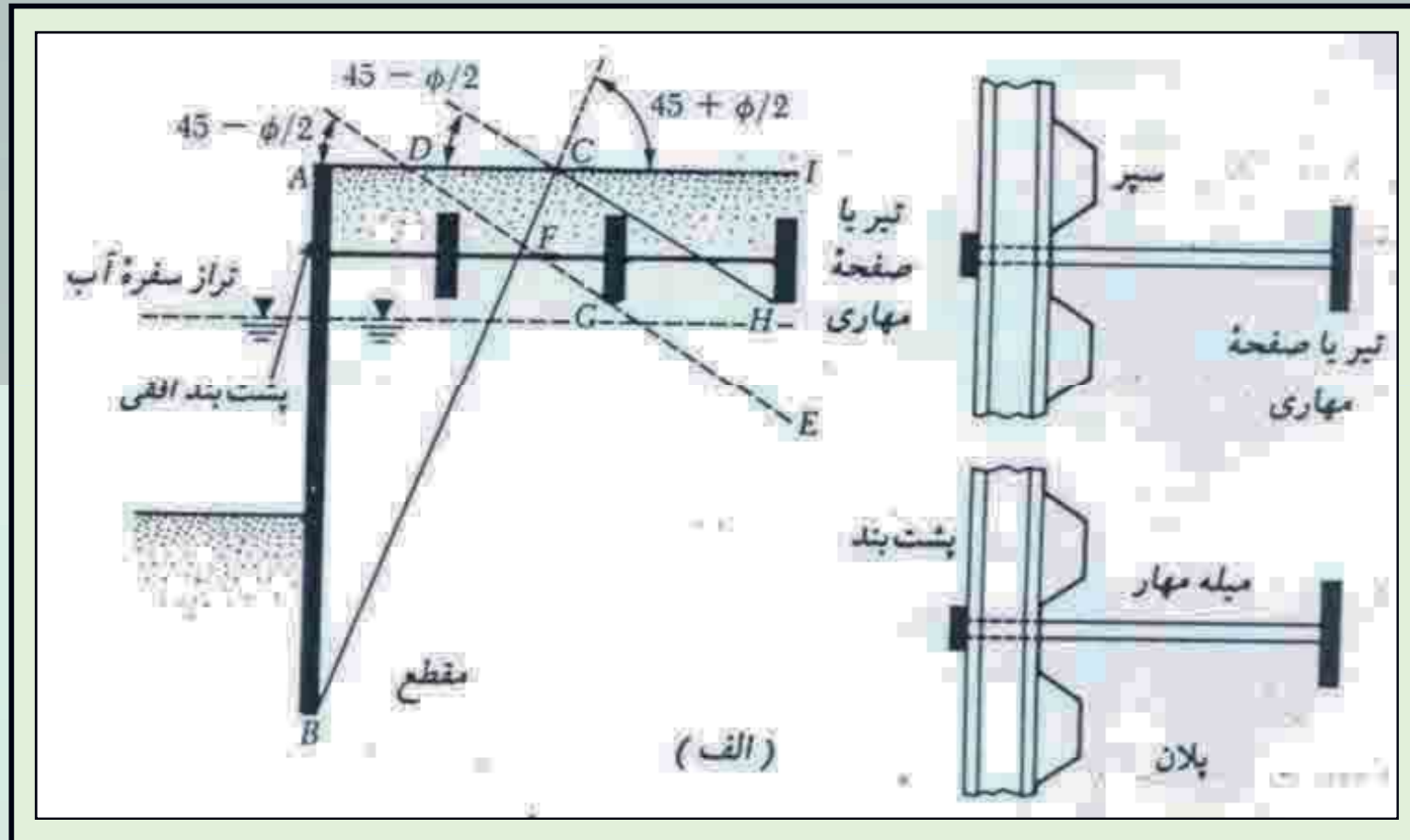
### انواع مختلف مهار در سپرهای مهار شده :

- ۱- تیرها و صفحات مهاری
- ۲- میله مهارها با انتهای تزریق شده (میله مهار کور شده)
- ۳- شمع های مهاری قائم
- ۴- تیرهای مهاری با شمع های مایل



## ۱- تیرها و صفحات مهاري :

- براي صفحات يا تيرهاي مهاري معمولاً از قطعات پيش ساخته بتني استفاده مي شود.
- مهارها توسط ميله مهار به سپر وصل مي شوند.
- براي اتصال ميله مهارها به سپر، يك پشت بند افقي در جلو و يا پشت سپر قرار داده مي شود.
- پشت بند تكيه مناسب براي سپرها مي باشد.
- پشت بند ، سختي سپر را افزايش مي دهد و معمولاً باعث توزيع نيروي مهار در طول سپر مي شود.
- پشت بند از لهيدگي سپر به دليل تمرکز نيروي مهار جلوگيري مي کند.
- پشت بند از جابجايي نسبي هر يك از قطعات سپرها نسبت به يكديگر جلوگيري مي کند.

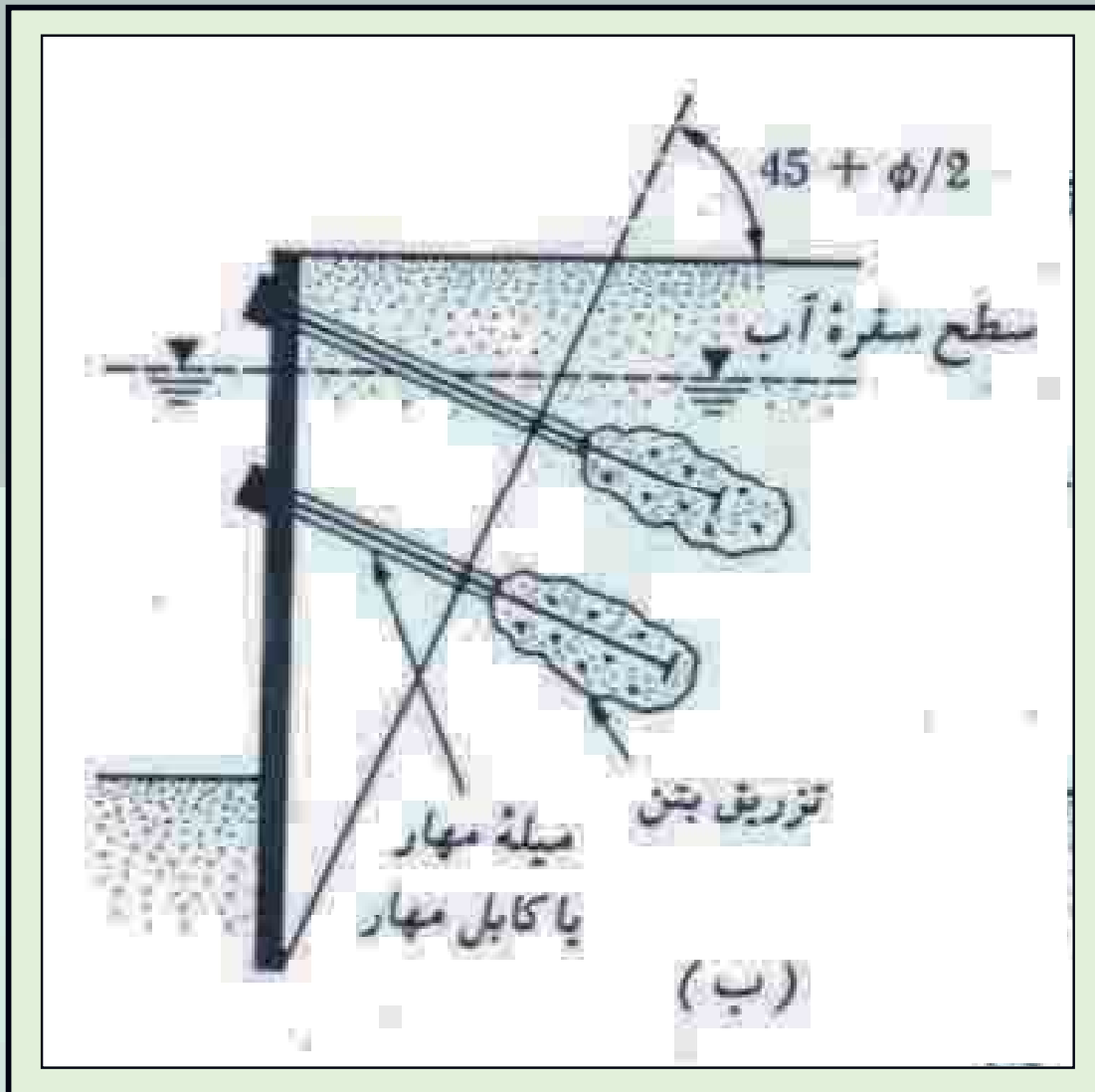




## ۲- مهار با انتهای تزریق شده :

- ابتدا سوراخی افقی در خاک حفر می شود.
- کابل مهاری با میله مهار در سوراخ جاسازی می شود.
- انتهای کابل تزریق می شود.
- محدوده تزریق می بایست به دور از گوه اکتیو رانکین باشد.
- معمولاً کابلها از نوع فولاد پر مقاومت که در کارهای پیش تنیده استفاده می شود، می باشند.

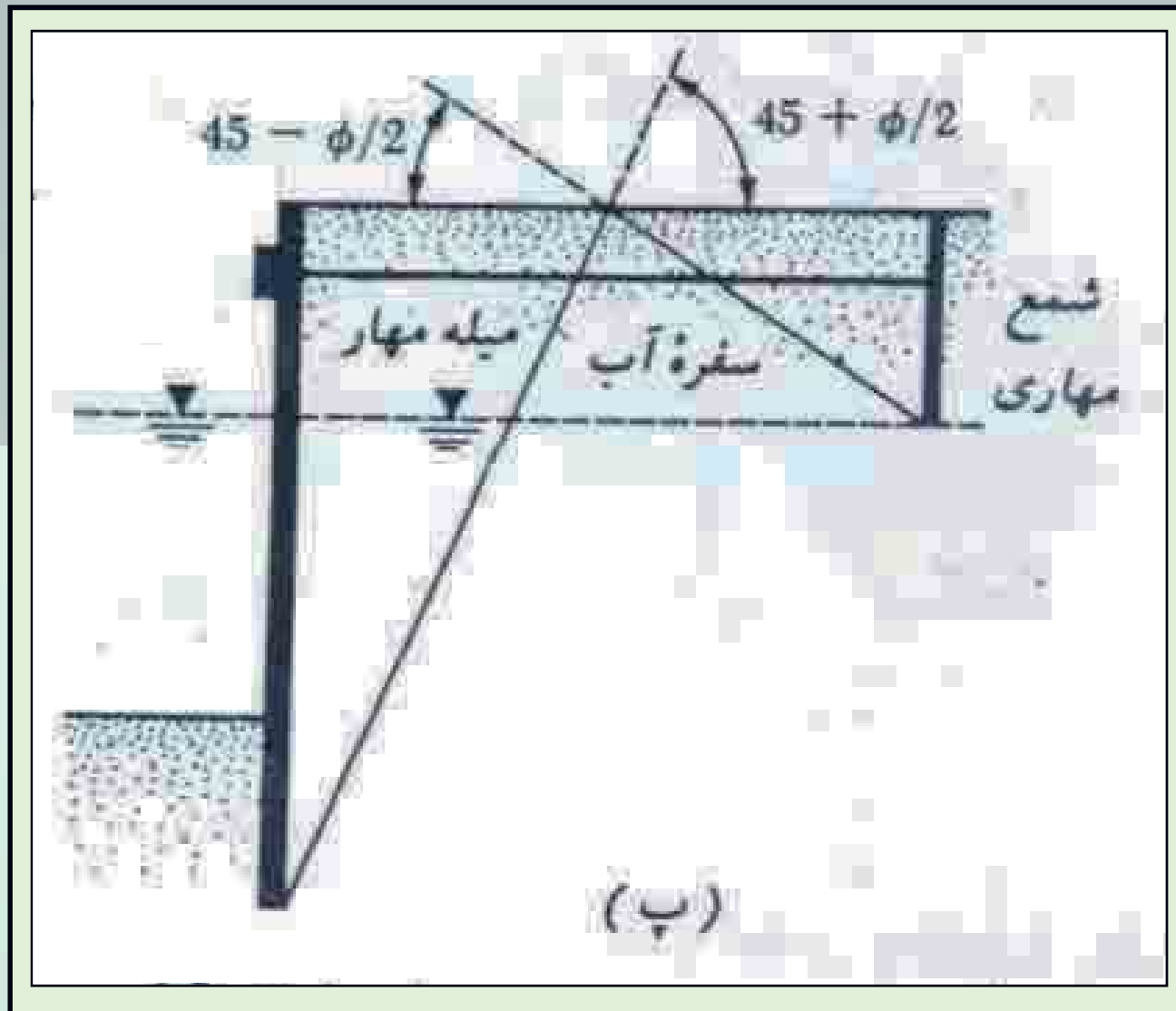


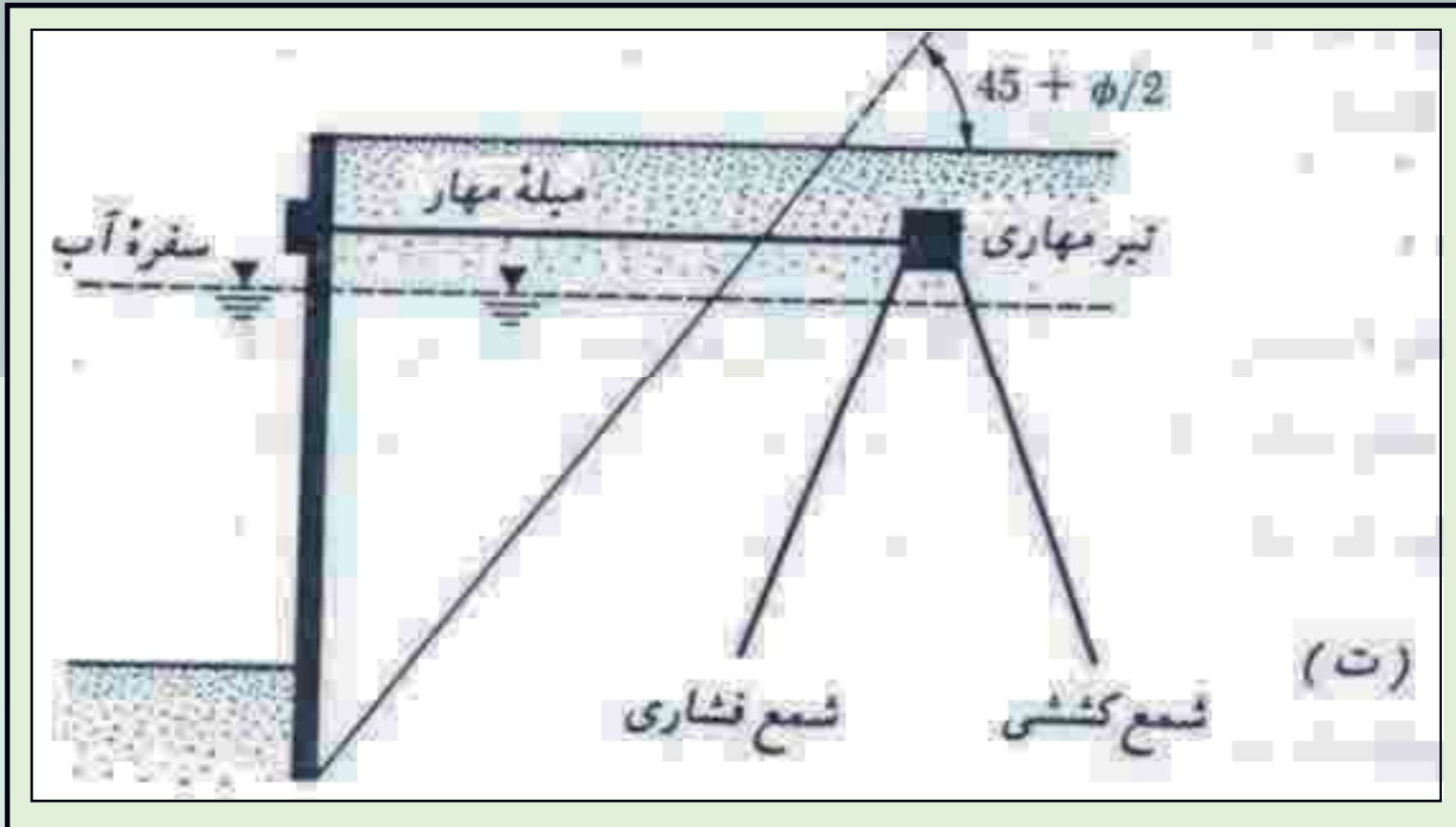




## ۱۳۰۴ - شمع های مهاری قائم و شمع های مایل و تیرهای مهاری :

- در محدوده خارج از گوه رانکین شمع عمودی یا مایل اجرا می شود.
- حفاری افقی یا شیار مناسب ایجاد می شود.
- کابلها یا مهاری از یکطرف به شمع و از طرف دیگر به سپر متصل می شود.
- در تمامی موارد فوق پشت بند در سپرها استفاده می شود.







## \* نصب مهارها - محاسبه مقاومت نهایی صفحات و تیرهای مهاری :

-- محل مناسب نصب انواع مهار در شکل قبلی نشان داده شده است. به عنوان نمونه اگر صفحه مهار در شکل الف داخل گوه ABC قرار گیرد ، هیچگونه مقاومت پاسیو از خود نشان نمی دهد، بنابراین هیچگونه کارایی نخواهد داشت.

### محاسبه مقاومت نهایی صفحه :

اگر صفحه مهاری در خاک های دانه ای در نزدیکی سطح زمین قرار داده شود.

$$\frac{H}{h} \leq 1.5 - 2 \quad P_u = B (P_p - P_a)$$

$P_u$  : ظرفیت نهایی مهار

$B$  : طول قطعه پیش ساخته (بعد قطعه در امتداد طول دیوار)

$P_p, P_a$  : نیروی محرک و مقاوم رانکین برای واحد طول مهار

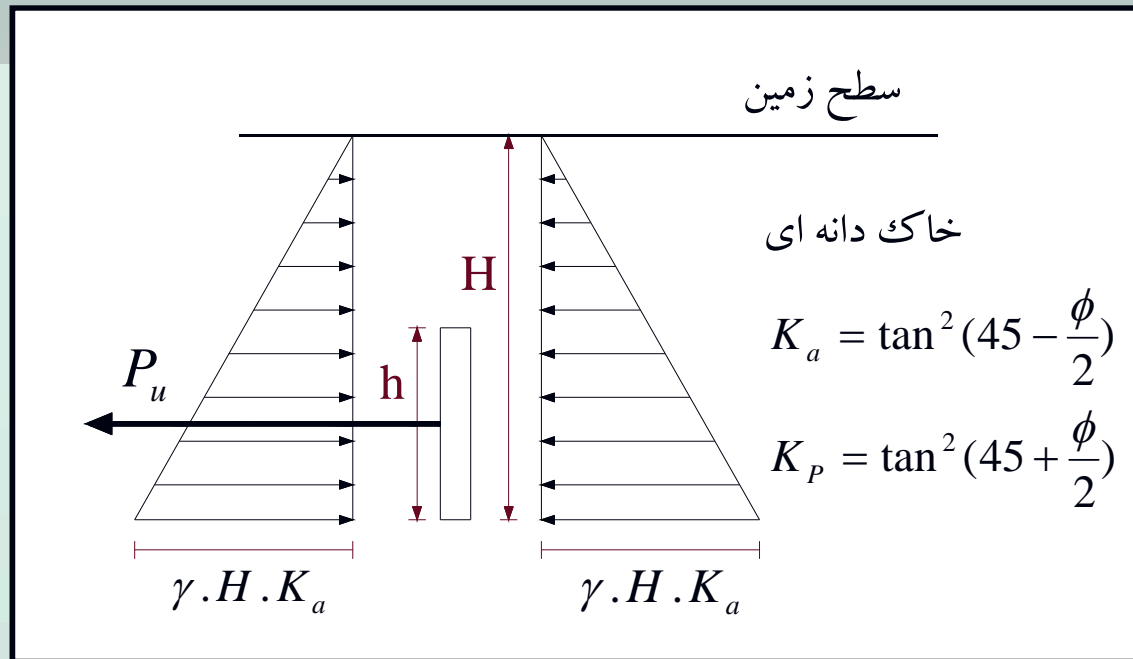
$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \times \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{و} \quad P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \times \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$



آقای Teny رابطه زیر را برای تعیین مقاومت نهایی صفحه مهاری ارائه داد:

$$P_u = B(P_p - P_a) + \frac{1}{3} K_o \gamma (\sqrt{K_p} + \sqrt{K_a}) H^3 \tan \phi$$

برای  $\frac{H}{h} \leq 1.5 - 2$   $K_o \approx 0.4$ : ضریب فشار خاک در حالت سکون



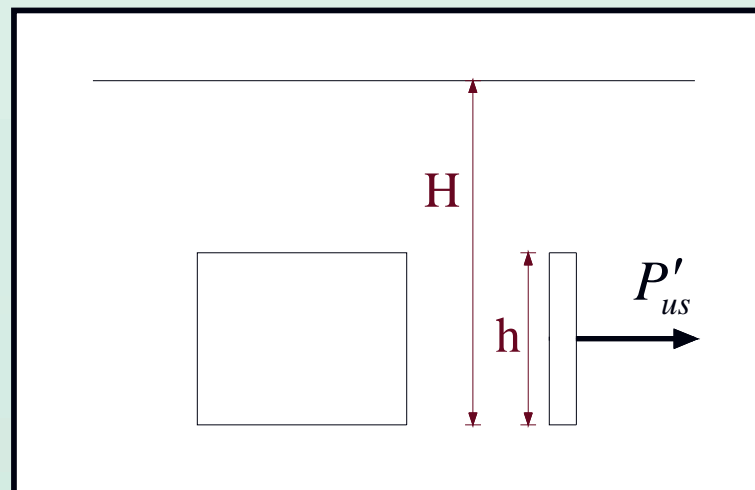


### \* حالت واقعی نصب صفحه مهاری :

-- در عمل معمولاً در فواصل معلوم  $S'$  صفحه مهاری جدا از هم نصب می شود. مقاومت نهایی  $P_u$  هر مهار برابر است با

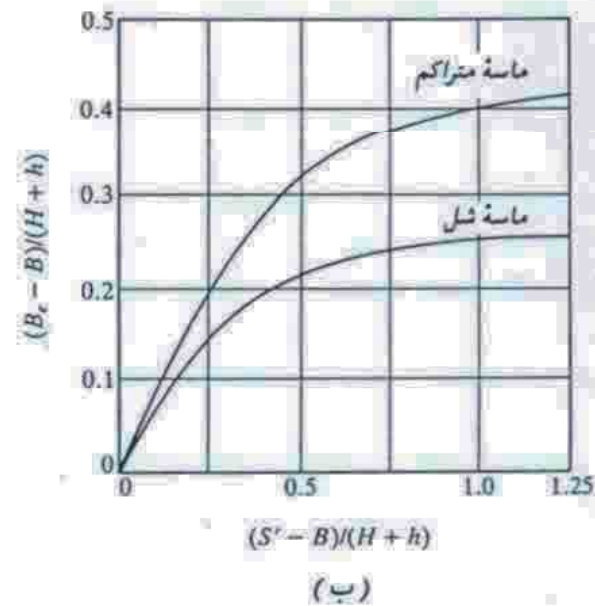
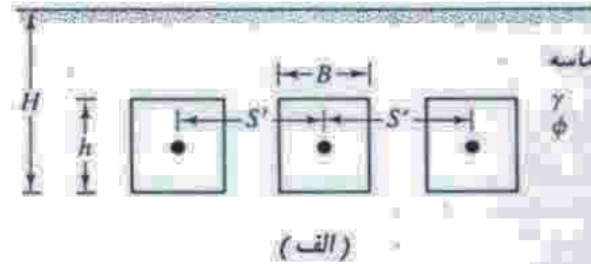
$$P_u = P'_{us} \cdot B_e$$

$B_e$  : طول معادل



حالت نواری برای مهار صفحه قائم





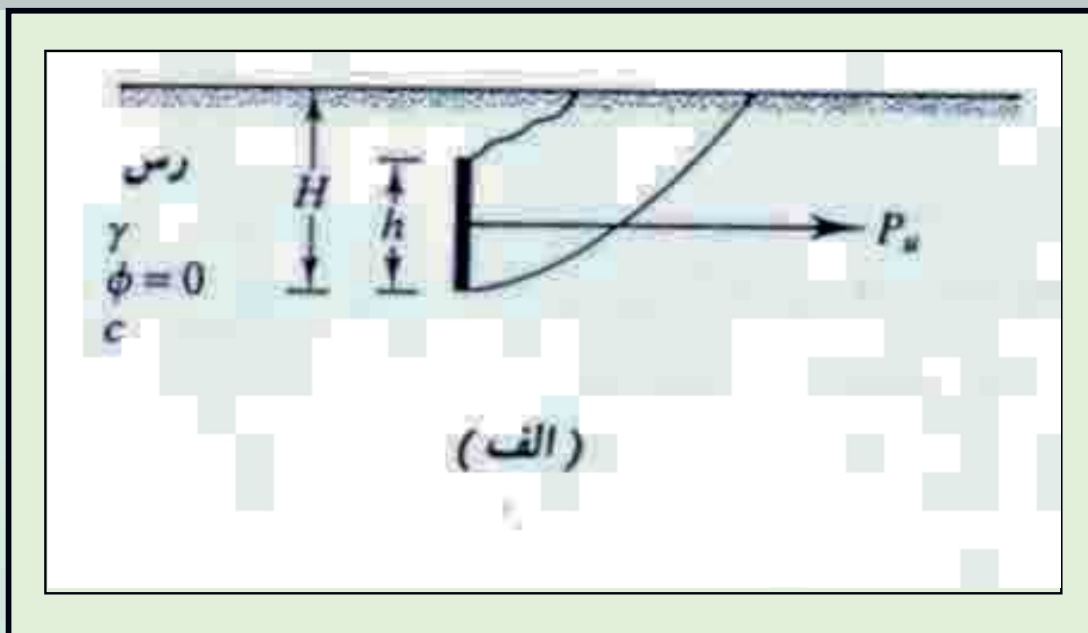
(الف) حالت واقعی نصب مهارها، (ب) تغییرات  $(B_u - B)/(H + h)$  در مقابل  
بر پایه تحلیل اوسن و استرومن  $(S' - B)/(H + h)$



\* مقاومت نهایی صفحات و تیرهای مهاری در خاک چسبنده رسی ( $\phi = 0$ )

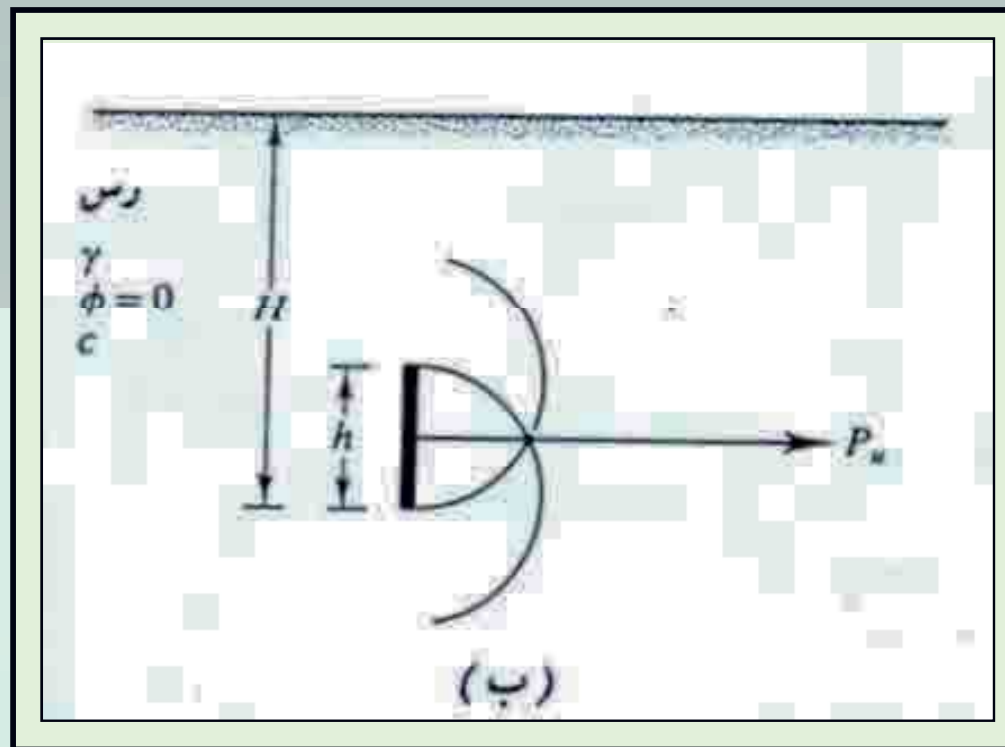
- وقتی صفحه مهاری با ابعاد  $h \times B$  در عمق  $H$  مدفون است، سطح گسیختگی در شکل الف نشان داده شده که سطح گسیختگی تا سطح خاک توسعه می یابد.

این حالت وقتی رخ می دهد که نسبت  $\frac{H}{h}$  نسبتا کوچک باشد.





- ولی برای مقادیر  $\frac{H}{h}$  بزرگتر، در بار نهایی، گسیختگی برشی موضعی رخ می‌دهد.



گسیختگی برشی خاک در مقابل صفحه‌مهاری، زمانی که  $\frac{H}{h} \geq \left(\frac{H}{h}\right)_{cr}$



- مقدار بحرانی  $\frac{H}{h}$  که در آن گسیختگی برشی کل به گسیختگی برشی موضعی تبدیل می شود، از رابطه زیر بدست می آید:

$$\left(\frac{H}{h}\right)_{cr-S} = 4.5 + 2.9 \times 10^{-3} C \leq 7 \quad C \text{ بر حسب } \frac{lb}{ft^2}$$

$$\frac{B}{h} = 1 \quad \text{مهار مربع}$$

---


$$\left(\frac{H}{h}\right)_{cr-R} = \left(\frac{H}{h}\right)_{cr-S} \left[0.9 + 0.1\left(\frac{B}{h}\right)\right] \leq 1.3\left(\frac{H}{h}\right)_{cr-S}$$

$$\frac{B}{h} \geq 1 \quad \text{مهار مستطیل}$$



برای مهار مربع  $\left(\frac{H}{h}\right) \geq \left(\frac{H}{h}\right)_{cr-S}$  ← مقاومت نهایی مهار

$$P_u = 9 \cdot h^2 \cdot C$$

برای مهار مستطیل  $\frac{H}{h} \geq \left(\frac{H}{h}\right)_{cr-R}$  ← مقاومت نهایی مهار

$$P_u = B \cdot h \cdot C \left(7.425 + 1.575 \frac{h}{B}\right)$$

برای مهار مربع یا مستطیل:  $\frac{H}{h} \leq \left(\frac{H}{h}\right)_{cr}$  مقاومت نهایی  $P_u$  از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{\frac{H/h}{\left(\frac{H}{h}\right)_{cr}}}{\frac{P_u / CBh}{7.425 + 1.575(h/B)}} = 0.41 + 0.59 \left( \frac{H/h}{\left(\frac{H}{h}\right)_{cr}} \right)$$



## \* ضریب اطمینان برای تیرها و صفحات مهاری :

مقاومت مجاز هر صفحه مهاری  $P_{all}$  از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$P_{all} = \frac{P_u}{F.S. = 2} \quad \text{معمولا } F.S.=2$$

## \* فواصل صفحات مهاری :

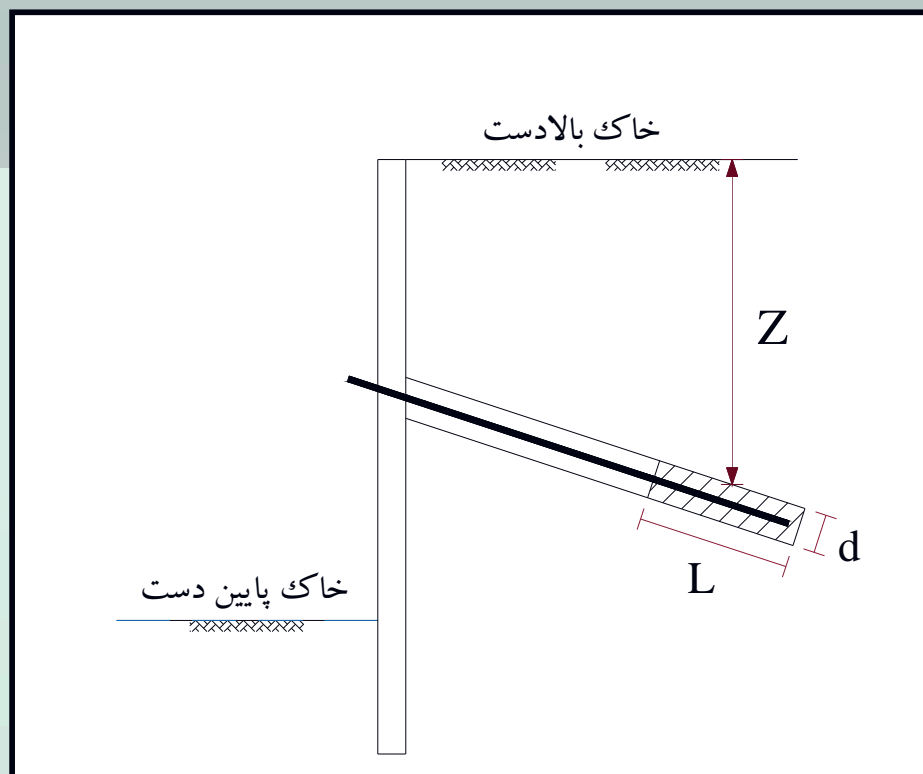
فواصل مرکز به مرکز صفحات مهاری  $S'$  ، از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$S' = \frac{P_{all}}{F} \quad F: \text{نیروی وارد بر واحد طول سپر}$$



## \* مقاومت نهایی میله مهارها با انتهای تزریق شده (کور شده):

مقاومت نهایی یک میله مهار با انتهای تزریق شده، با توجه به شکل برابر است با:







-- در خاک دانه ای :

$$P_u = \pi \cdot d \cdot L \cdot \sigma'_v \cdot K \cdot \tan \phi$$

$\sigma'_v$  : تنش موثر متوسط

d : قطر حفاری (تزریق)

L : طول تزریق در خاک (به دور از گوه گسیختگی رانکین)

K : اگر عمل تزریق تحت فشار انجام شود  $K = K_o$  در غیر اینصورت  $K = K_a$  می باشد.



## -- در خاک چسبنده (رسی)

$$P_u = \pi \cdot d \cdot L \cdot C_a$$

$$C_a = \frac{2}{3} C_u$$

$C_u$  : مقاومت چسبندگی زهکشی نشده

-- مقاومت مجاز میله مهار با انتهای تزریق معمولاً با ضریب اطمینانی بر مقاومت نهایی بدست می آید. F.S.=1.5-2