

به نام خدا

" راهکارهای ترمیم و بهسازی فنداسیون "

استاد مربوطه: دکتر مدندوست

دانشجو: امیر اسدپور

## مقدمه

بدیهی ست ، هیچ چیز در جهان ابدی نیست و عمر مفیدی دارد که در اثر مرور زمان یا عللی دیگر، فروپایگی پیدا می کند. ساخته های دست بشر از جمله ساختمانها ، مصالح و فرآورده های ساختمانی هم از این قاعده کلی مستثنی نیستند . عمر مفید ساختمانها به عوامل متعدد از جمله کیفیت طرح ، کیفیت اجرا ، که خود تابع کیفیت مصالح و کیفیت کاربرد آنها است ، شرایط محیطی ، کیفیت بهره برداری و بلاخره نگهداری بستگی دارد. هر چند با طراحی خوب و متناسب با شرایط محیطی ، با اجرای خوب و بهره برداری و نگهداری صحیح می توان عمر مفید ساختمان را طولانی تر کرد ولی در نهایت از عوارض پیری و فرسودگی گریزی نیست . به عبارت دیگر نمی توان چیزی ساخت که فروپایگی نکند . ولی می توان با رعایت نکات فنی ، آهنگ و دامنه تضعیف سازه را کاهش داد. با گذشت زمان بتدریج ویژگی های ساختمان تقلیل یافته و حاشیه ایمنی آن باریکتر می شود و وقتی این ویژگی ها به سطح وظیفه رسید و از آن تنزل کرد، عمر مفید ساختمان به پایان می رسد و ساختمان از حیز کاربری خارج میشود. لذا برای به تعویق انداختن مواردی که باعث تضعیف سازه می شوند و همچنین طولانی تر کردن عمر مفید آن ، متوسل به بهسازی هایی می شویم که از لحاظ مقابله با اثر فرساینده زمان يك ضرورت است.

## تعریف بهسازی

بهسازی در در صنعت ساختمان به مفهوم احیاء یا افزودن قابلیت بهره برداری ساختمان و افزایش طول عمر مفید آن است . و یا بهسازی به مجموعه تعهدات و عملیاتی گفته می شود که قابلیت انجام وظیفه یا وظایفی را در ساختمان ایجاد می کنند که در وضع موجود قادر به انجام تمام و کمال آنها نیست.

## گستره بهسازی

گستره بهسازی و حجم و دامنه عملیات ، یعنی میزان دخالت و در وضع موجود ساختمان ، بسته به نوع و میزان نارسائی ، که بهسازی به منظور جبران آن صورت می گیرد متغیر است و ممکن است از ساده ترین و کمترین دخالت ، به سمت پیچیده ترین و بیشترین دخالت به شرح زیر رده بندی شود:

### 1-ترمیم :

به منظور رفع نارسائی های کوچک غیر سازه ای که به طور عمده به ظاهر کار مربوط می شود و به تأمین پایائی ساختمان کمک می کند.

### 2-تعمیر :

به منظور رفع نارسائی سازه ای و بازگرداندن قطعه به وضع قبل از بروز نارسائی انجام می شود .

### 3-بازسازی :

به منظور تخریب و ساختن مجدد قسمتهای آسیب دیده با همان مشخصات سابق ولی با حذف نقاط ضعف می باشد.

### 4-جایگزینی :

به منظور جدا کردن و برداشتن قطعه آسیب دیده و قرار دادن قطعه ای سالم و مشابه به جای آن است.

**خطاها و عواملی که باعث پدیدار شدن ضعف و نارسایی در ساختمانها می شود عبارتند از:**

**الف : خطاهای طراحی:**

- 1- دقت نا کافی در مطالعات اولیه و نادیده گرفتن واقعیتها در این مرحله ناشی از بی تجربگی یا سهل انگاری
- 2- عدم توجه کافی به معیارهای مورد نیاز طرح
- 3- خطا در آنالیز طرح و محاسبات مربوطه
- 4- خطا در تهیه نقشه ها
- 5- خطا در تهیه مشخصات فنی و اجرایی
- 6- ارزیابی نادرست اثر تغییرات دما، عوامل جوی و غیره

**ب: خطاهای اجرایی و نظارت بر اجرا**

- 1- انتخاب نا مناسب مصالح
- 2- انتخاب نا مناسب تجهیزات
- 3- انتخاب نا مناسب نیروی نظارتی
- 4- انتخاب نا مناسب نیروی انسانی برای تهیه مصالح و تجهیزات
- 5- عدم توجه به کنترل کیفیت
- 6- انتخاب نا مناسب نیروهای اجرایی از نظر تخصص
- 7- انتخاب نامناسب روش اجرا و اجرای کار بدون برنامه
- 8- اظهار نظرهای غیر کارشناسی در حین اجرای کار و الزام به اجرای آنها

ج: اثر عامل زمان و عوامل محیطی شامل پیر شدن مصالح و تغییر و تحول مشخصه های آنها در طول زمان

د: خطاهای اتفاقی و عامل های استثنائی مانند سیل ، زلزله، لغزش زمین و غیره

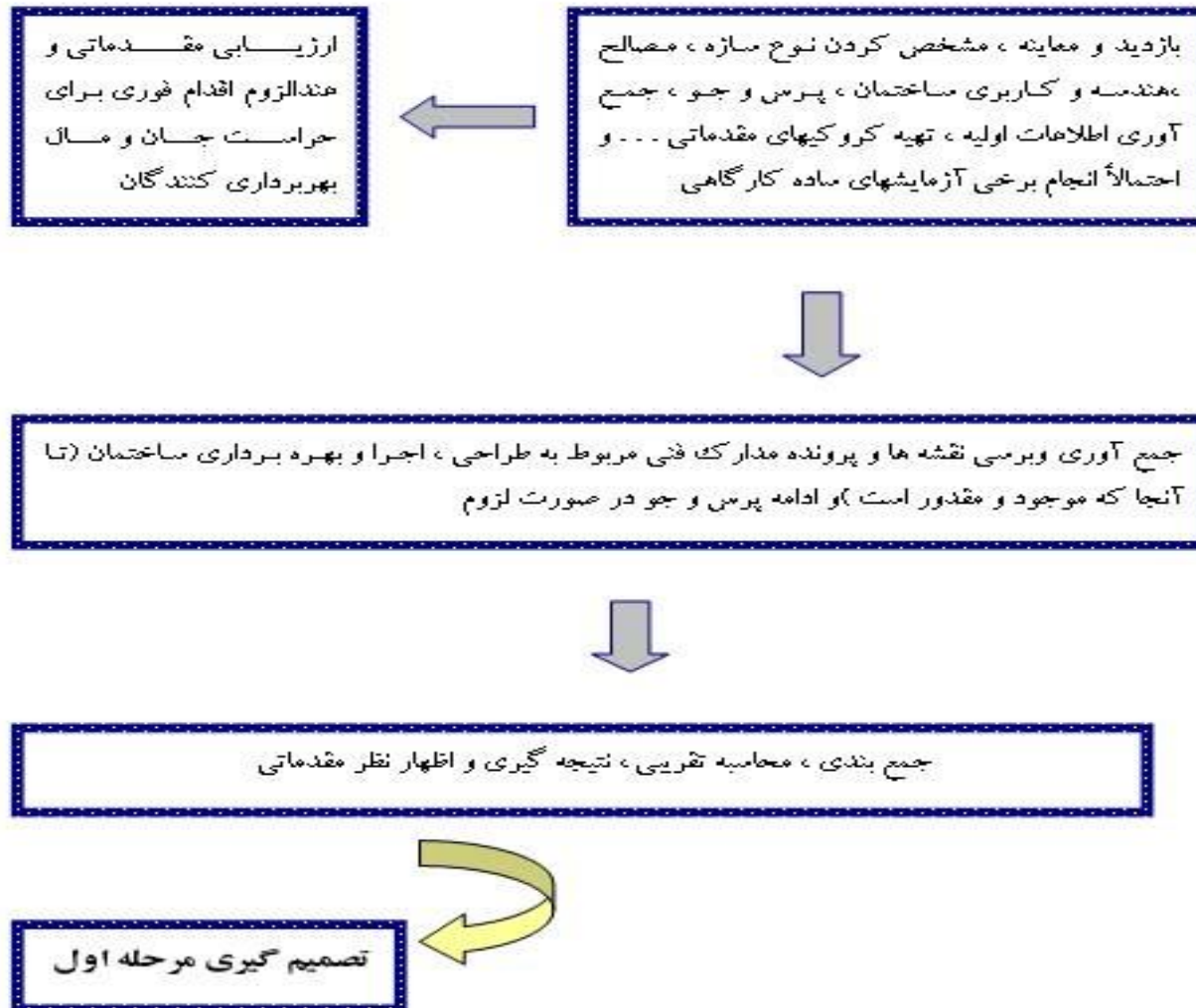
ه: خطاهای مربوط به تغییر و تحول شرایط محیط نسبت به دوره طرح و اجرای آن مانند بالا آمدن سطح آبهای زیرزمینی

و : خطاهای بهره برداری و نگهداری

- 1- بهره برداری غلط و رعایت نکردن ضوابط مربوطه
- 2- عدم استفاده از نیروهای متخصص ماهر و با تجربه در امر مهم نگهداری
- 3- توجیه نبودن نیروهای بهره برداری کننده
- 4- تغییر نوع بهره برداری بدون بررسی امکان و عواقب آن
- 5- بارگذاری خارج از عرف ساختمان و افزایش بار بدون تغییرات لازم
- 6- عدم نگهداری و بازرسی به موقع ساختمان و تاسیسات
- 7- پشت گوش انداختن و دیر دست بکار شدن برای بهسازی پس از احساس نیاز به بهسازی
- 8- عدم وجود اعتبار در موقع نیاز

# مراحل مختلف عملیات بهسازی

## ۱- مرحله اقدامات اولیه



## ۲-مرحله تقویم و تشخیص

تکمیل و تدفیق کروکیها و اطلاعات در مورد ساختمان و زمین ساختگاه آن ، انجام آزمایشهای ضروری و مشخص کردن هر چه دقیقتر اینکه در چه زمینی ، چه ساختمانی با چه مصالحی و با چه کیفیتی ساخته شده است.



برداشت و طبقه بندی نارسائیه‌ها و تعیین گستره آنها و معلوم کردن اینکه چه نارسائیهائی پدیدار شده اند و گستره آنها در چه حد است.



بررسی و مشخص کردن علل بروز نارسائیه‌ها ریشه یابی نارسائیه‌ها و "آمییب شناسی"



ارزیابی هر چه دقیقتر باقیمانده مقاومت سازه و قابلیت عملکردی ساختمان در وضع موجود و پس از بهسازی احتمالی ، تقویم ، ساختمان با توجه به مجموع اطلاعات جمع آوری شده .

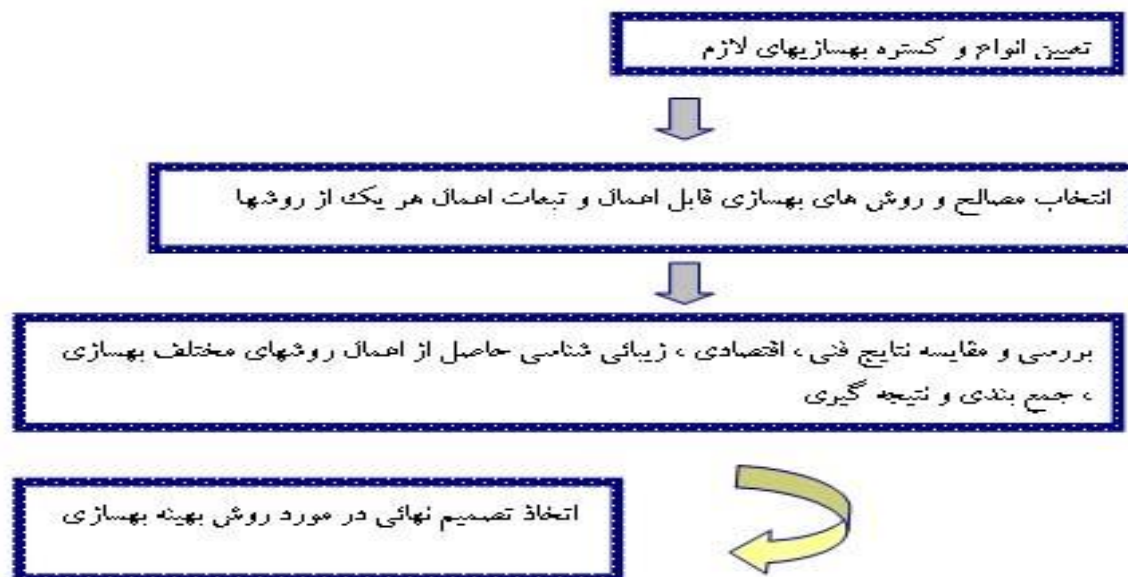


جمع بندی و نتیجه گیری نیمه نهائی و اظهار نظر در مورد علل فرو پایدگی و وخامت امر : "تشخیص"



تجدید نظر در تصمیمات مرحله اول و اتخاذ تصمیم در مورد ضرورت و فوریت بهسازی

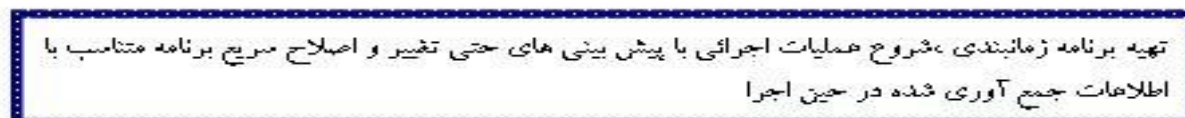
### ۳-مرحله چاره جوئی



### ۴-مرحله باز طراحی



### ۵-مرحله درمان





## تعريف فنداسيون

فنداسيون قسمتي از سازه است که وظیفه آن ایستایی سازه و انتقال بارهاي وارده بر ساختمان به خاک زیر آن ، مي باشد. از این رو نقش فنداسيون در ایمني ساختمان بسیار حائز اهمیت است.

به طورکلي فنداسيون ها با توجه به نوع خاک ،میزان و نوع بارهاي وارده به سازه ، به دو دسته تقسیم مي شوند:

1 -پي هاي سطحي                      2 - پي هاي عميق

پي هاي سطحي را مي توان به سه گروه تقسیم کرد:

الف )پي هاي نواري                      ب ) پي هاي منفرد                      ج ) پي هاي مرکب  
د) پي هاي باسکولي

پي هاي عميق را مي توان به دو گروه تقسیم کرد:

الف) شمع هاي منفرد                      ب) شمع هاي گروهی

## موارد آسیب پذیری فنداسیون:

- 1- وجود نیروی کششی بلند کننده
- 2- عدم کفایت ظرفیت خمشی یا برشی مقطع پی
- 3- تهاجم مواد شیمیایی مضر موجود در خاک و آب زیرزمینی به بتن پی
- 4- عدم کفایت مقاومت جانبی برای تحمل نیروهای جانبی وارد بر پی
- 5- وجود نیروی فشاری یا کششی بیش از ظرفیت سازه ای در شمع ها
- 6- وقوع تنش فشاری بیش از ظرفیت باربری در زیر پی
- 7- وجود نیروی فشاری یا کششی بیش از ظرفیت ژئوتکنیکی سازه ای در شمع ها
- 8- وجود نشست های زیاد و غیرقابل قبول در پی
- 9- وجود پتانسیل روانگرایی و تورم در خاک زیر پی
- 10- عدم پایداری سازه پی مخصوصاً برای ساختمان هایی که بر روی زمینهای شیبدار احداث شده اند.

## مشکلات مقاوم سازي فنداسيون

علاوه بر هزینه بالاي بهسازي پي ها، اين کار در زمان بهره برداري از ساختمان ، بسيار مشکل است.

در هنگام مقاوم سازي فنداسيون ها، با مشکلات زیر روبرو مي شويم:

- 1- لزوم تخلیه کلیه و يا قسمتي از فضاهاي طبقه همکف يا زیرزمین
- 2- تخریب دال کف زمین در داخل ساختمان و سنگ فرش هاي بيروني
- 3- فضاي بسيار محدود در طول عمليات مقاوم سازي به علت وجود پایه ها و تکیه گاه هاي موقتي
- 4- ارتفاع محدود براي تجهيز ساختمان
- 5- صدا و لرزش هاي ساختمان

## انواع راهکارهای رفع عیوب فنداسیون

برای رفع موارد عیوب پی ها می توان از راهکارهای مختلفی به صورت مجزا و یا در ترکیب با یکدیگر استفاده نمود ؛ به طور کلی تعمیر و تقویت پی ها را می توان به کمک یکی از روشهای زیر انجام داد:

- 1- تقویت سازه ی پی های موجود (بهسازی سازه ای)
- 2- تقویت سازه ی خاک (بهسازی ژئوتکنیکی)
- 3- کاهش بار وارد بر فنداسیون از طریق سبک کردن ساختمان

## 1 - بهسازی سازه ای شامل موارد زیر می باشد:

افزایش ابعاد پی  
افزودن شناژ به پی موجود  
تقویت خمشی و برشی پی با کابل های پیش تنیده  
افزایش مقاومت شمع های موجود

## 2 - بهسازی ژئوتکنیکی با استفاده از آیتم های زیر قابل اجراست:

تزریق مواد تثبیت کننده خاک  
ریزشمع ها  
احداث شمع

## راهکارهای بهسازی سازه ای

### الف ( افزایش ابعاد فنداسیون

با افزایش ابعاد پی، می توان سطح تماس بر پی را، افزایش داد و از تنشهای اعمالی بر پی کاست. که این اقدام منجر به افزایش ظرفیت باربری پی میشود. همچنین با افزایش ابعاد و به دنبال آن کاهش تنش موجود در پی، نشست های پی خاک نیز کاهش می یابد.

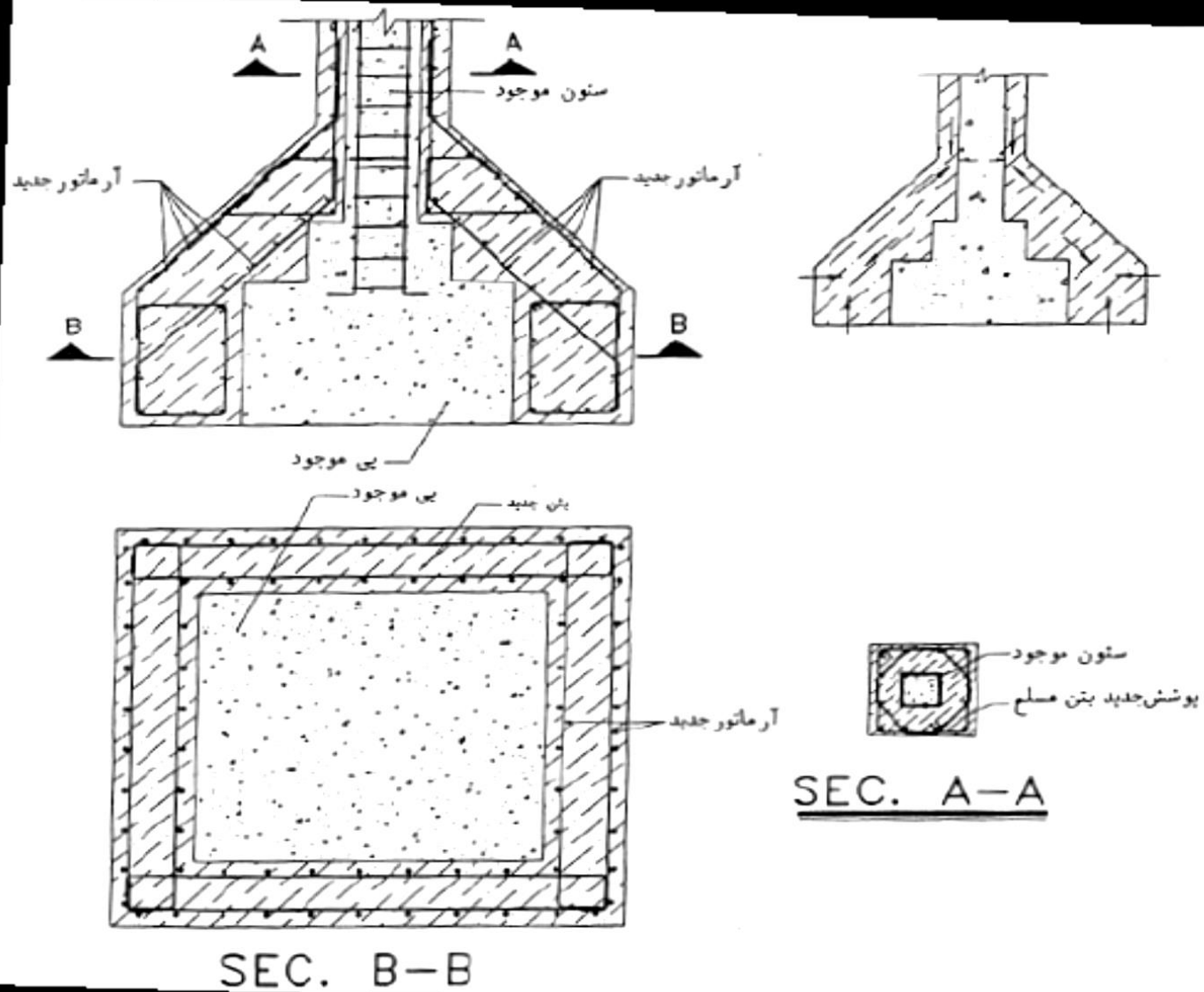
در شکلهای زیر نمونه های از این روش نشان داده شده است.

1- افزایش ابعاد پی و ستون متصل به آن

2- افزایش ابعاد پی به تنهایی

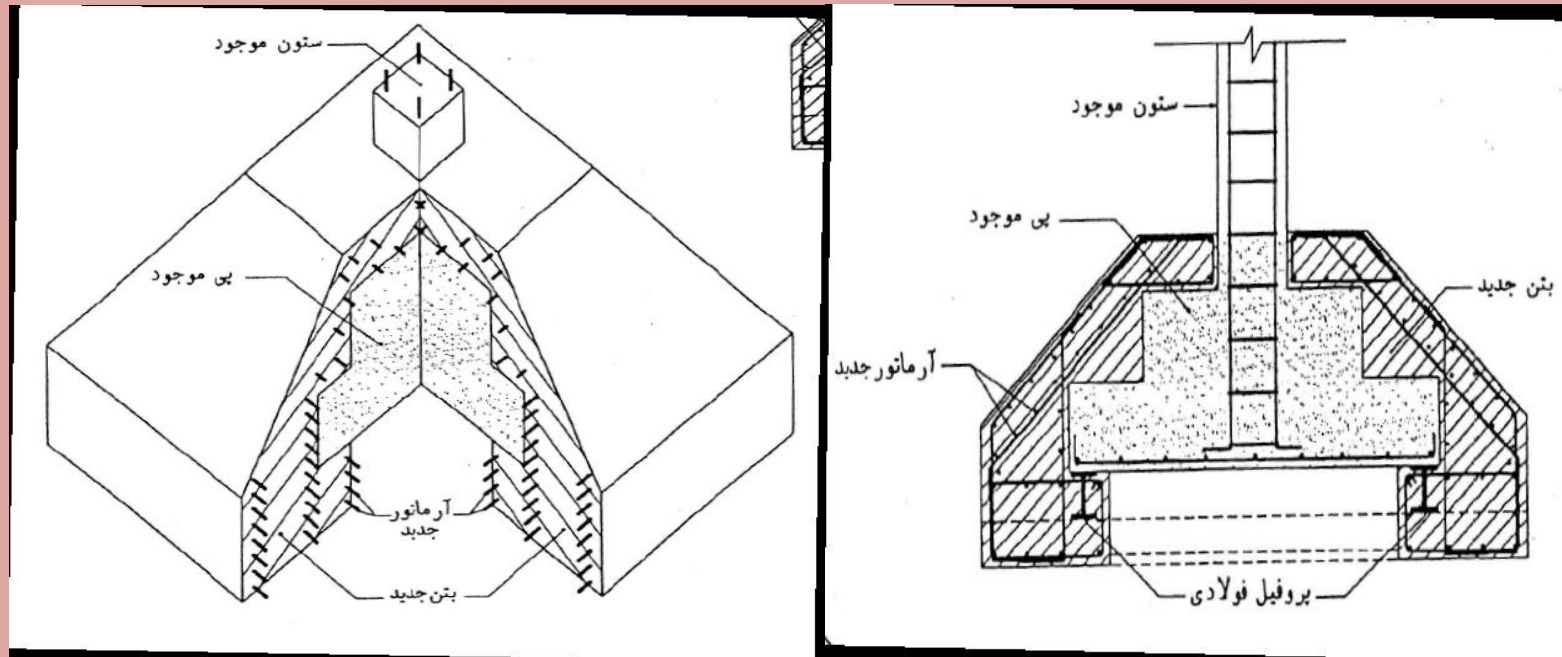


بدلیل بتن ریزی نا مرغوب و اضافه کردن آب زیاد به تراک میکسر به هنگام بتن ریزی و عدم کنترل آن موجب گردید تا مقاومت بتن کاهش شدیدی پیدا کرده و در نتیجه فونداسیون این پروژه دچار اشکال گردد. با توجه به نتایج آزمایشات بعمل آمده که مبنی بر مقاومت پایین بتن می باشد نسبت به مقاوم سازی اقدام گردید. در این روش با افزایش ظرفیت باربری سطح پی با تعریض نمودن نوارهای طولی اقدام گردید. مهمترین مسئله تامین مقاومت برشی ما بین لایه های بتن قدیم و جدید می بود، که با کاشت میلگرد و ایجاد برشگیرهایی تامین گردید.





در شرایط مقاوم سازی شالوده و ستون، مطابق شکل برای افزایش مقاومت شالوده موجود باید ابعاد قسمت زیرین شالوده را افزایش داد. در این روش فشار خاک اضافه شده باید به صورت یکنواخت به شالوده اعمال گردد. کمر بند محیطی شالوده باید بار قسمت های فوقانی سازه را به خاک زیر آن منتقل نماید. در این حالت باید به دنبال پیوستگی کامل بین روکش بتنی و بتن شالوده باشیم که این امر با تمیز و زخمی کردن سطح بتن قدیم و یا استفاده از اتصالات مکانیکی به صورت میخچه امکان پذیر است. در حالتی که تنها ابعاد شالوده افزایش پیدا کرده و ستون مقاوم سازی نشده باشد، بار اعمالی به قسمت های تقویت شده باید مستقیماً به شالوده موجود منتقل گردد. این امر با استفاده از پاشنه یکپارچه ای که در محیط و زیر شالوده موجود قرار گرفته، محقق می گردد. در این راستا از آرماتورگذاری مناسبی باید در پاشنه مورد استفاده قرار گیرد.



## مراحل اجرایی افزایش ابعاد فنداسیون به شرح زیر می باشد:

- 1- خالی کردن اطراف شالوده از تراز روی آن تا تراز زیر بتن مگر به اندازه عرضی بیشتر از عرض مورد نیاز مقاوم سازی
- 2- زخمی کردن سطح بتن در بالا و وجوه عمودی پی برای گیرداری با بتن جدید
- 3- ایجاد سوراخ های افقی در اطراف شالوده برای کاشت شاخك (میخچه) در صورت لزوم
- 4- اجرای بتن مگر اضافی در ناحیه افزایش ابعاد
- 5- تمیز کردن سطوح تماس پی برای اجرای چسب پلیمری بر روی سطوح نمایان شده پی
- 6- اجرای آرماتورهای اضافی برای بتن مسلح جدید مطابق نقشه های اجرایی
- 7- اجرای بتن جدید
- 8- جدا کردن قالب ها و مراقبت از پی با پوشاندن سطح بتن با گونی های خیس
- 9- مقاوم سازی ستون (در صورت لزوم)
- 10- پر کردن مجدد پی ترجیحاً با خاك های درشت دانه در لایه های مختلفی که کاملاً متراکم شده باشند.
- 11- کامل کردن کف و سنگ فرش روی شالوده

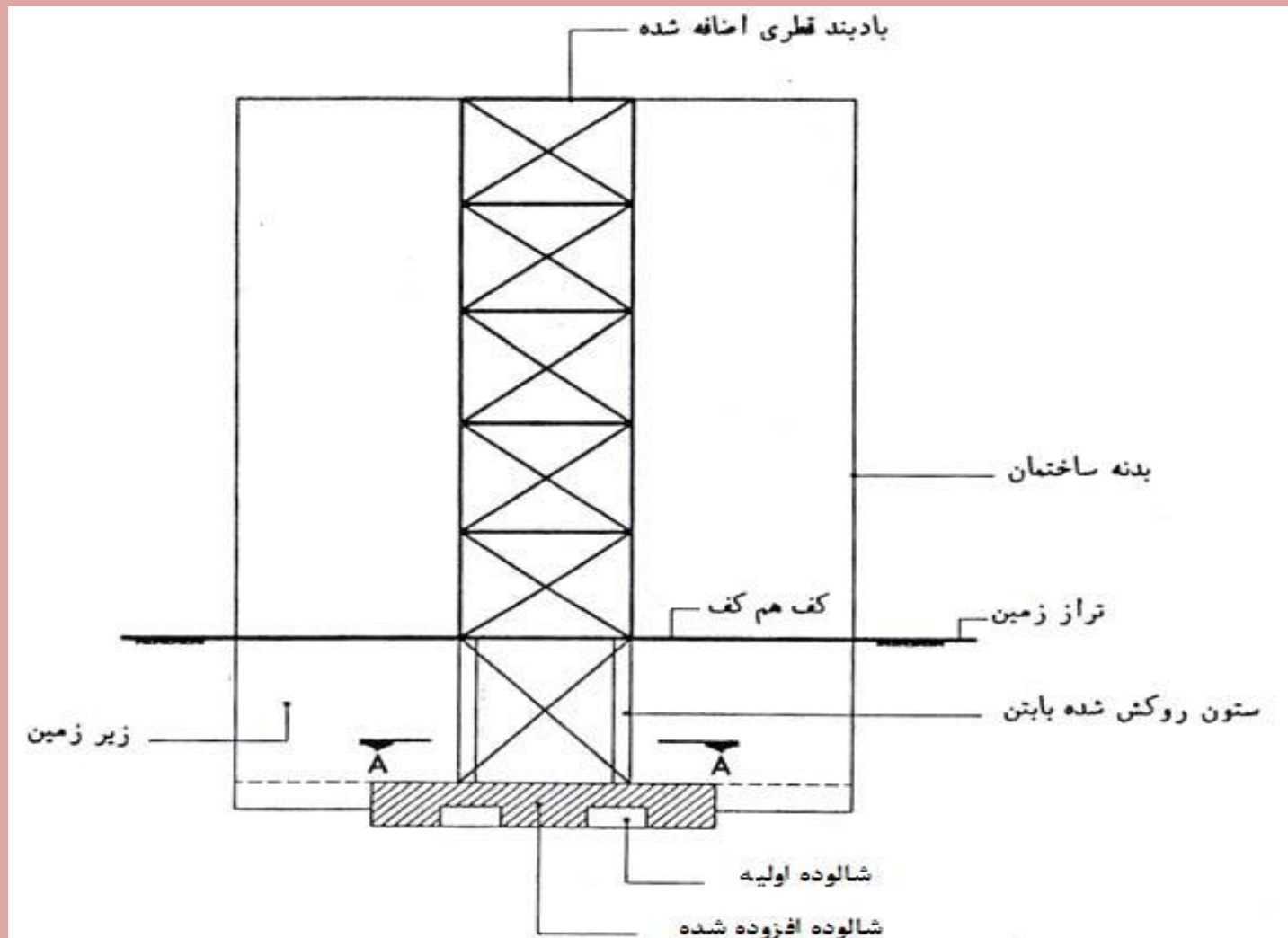
## ب ( افزودن شناژ به پی ها

یکی از راهکارهای بهسازی پی در برابر لغزش، به هم بستن پی ها و ایجاد مشارکت کلیه فنداسیون در تحمل بارهای جانبی می باشد. به همین منظور از شناژ برای بستن پی ها استفاده می گردد.

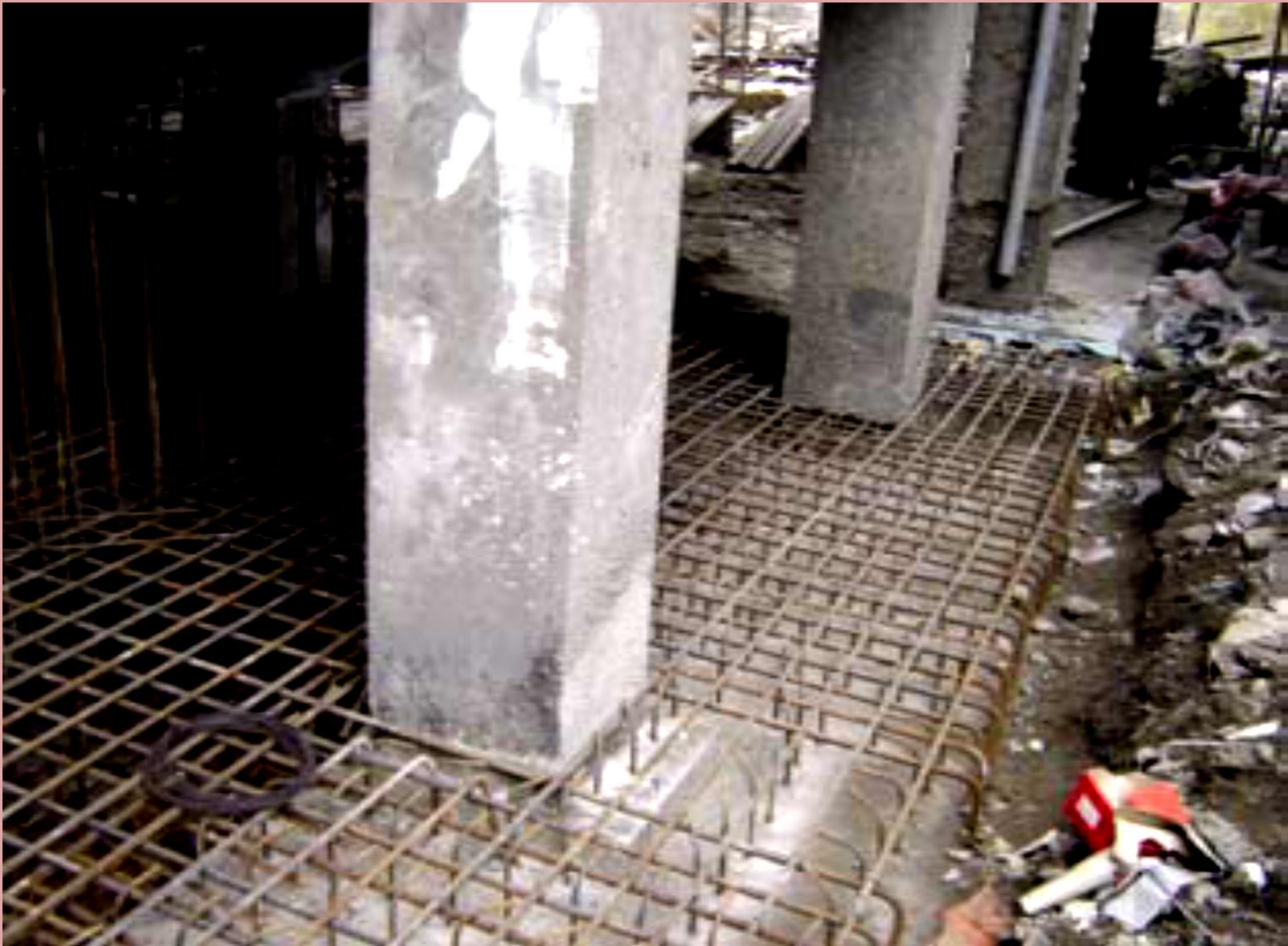


## ج ( یکپارچه سازی شالوده

این نوع بهسازی معمولاً در مواردی مورد توجه قرار می گیرد که بادی بند یا دیوار برشی جدید بین دو ستون احداث شود. در این نوع بهسازی علاوه بر افزایش ظرفیت برشی و خمشی شالوده، مقاومت جانبی برای تحمل نیروهای جانبی وارد بر شالوده نیز افزایش می یابد. (شکل زیر)

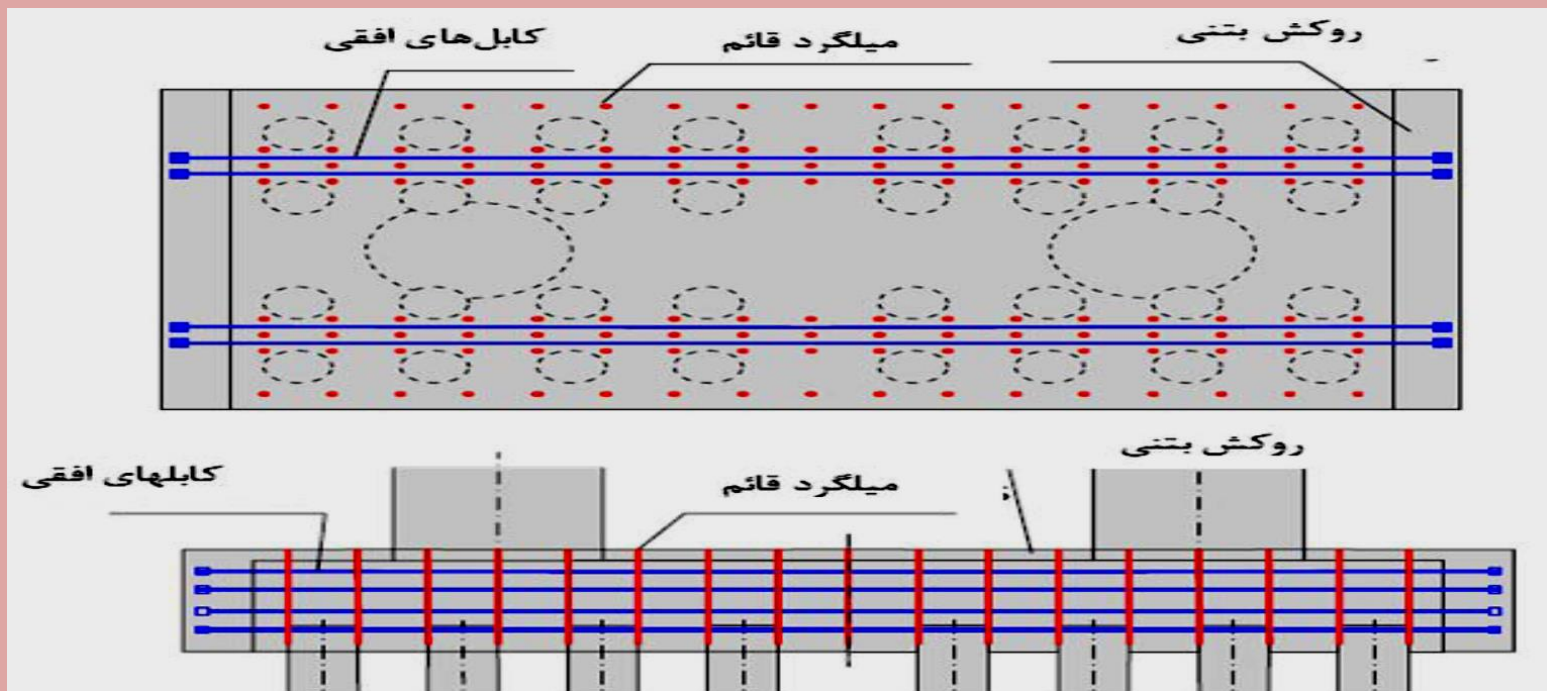






## د ( بهسازی فنداسیون با کابل های پیش تنیده

یکی از راهکارهای بهسازی و افزایش ظرفیت خمشی و برشی شالوده، اعمال نیروی پیش تنیدگی به مقطع می باشد. معمولاً وقتی افزایش عمق شالوده از بالا به دلیل معماری ممکن نباشد، ظرفیت خمشی مثبت و منفی مقطع را می توان با عبور کابل های پیش تنیده، در حفره های تعبیه شده سراسری در طول شالوده یا در بتن جدید روی وجوه آن و پیش تنیده کردن آنها، افزایش داد. نیروهای پیش تنیدگی فوق در دو امتداد عمودی و افقی به شالوده اعمال می شوند. نیروهای پیش تنیدگی قائم باعث افزایش ظرفیت برشی و نیروهای پیش تنیدگی افقی باعث افزایش ظرفیت برشی و خمشی به طور همزمان می شوند. پیش تنیدگی افقی بوسیله کابلها و مفتولهای متداول و پیش تنیدگی قائم با استفاده از مصالح FRP صورت می گیرد. (شکل زیر)



## ه ( افزایش مقاومت شمع هاي موجود

در ساختمانهاي احداث شده برروي شمع، شمع ها ممکن است نتوانند به صورت مناسبی در برابر بارهاي جانبي مقاومت کنند؛ همچنين شمع ها ممکن است در محل اتصال به سر شمع دچار مشکل شده باشند.

### نحوه افزایش مقاومت شمع به شرح زیر است:

1-کندن زمین تا سطحي که خرابي شمع مشهود باشد.

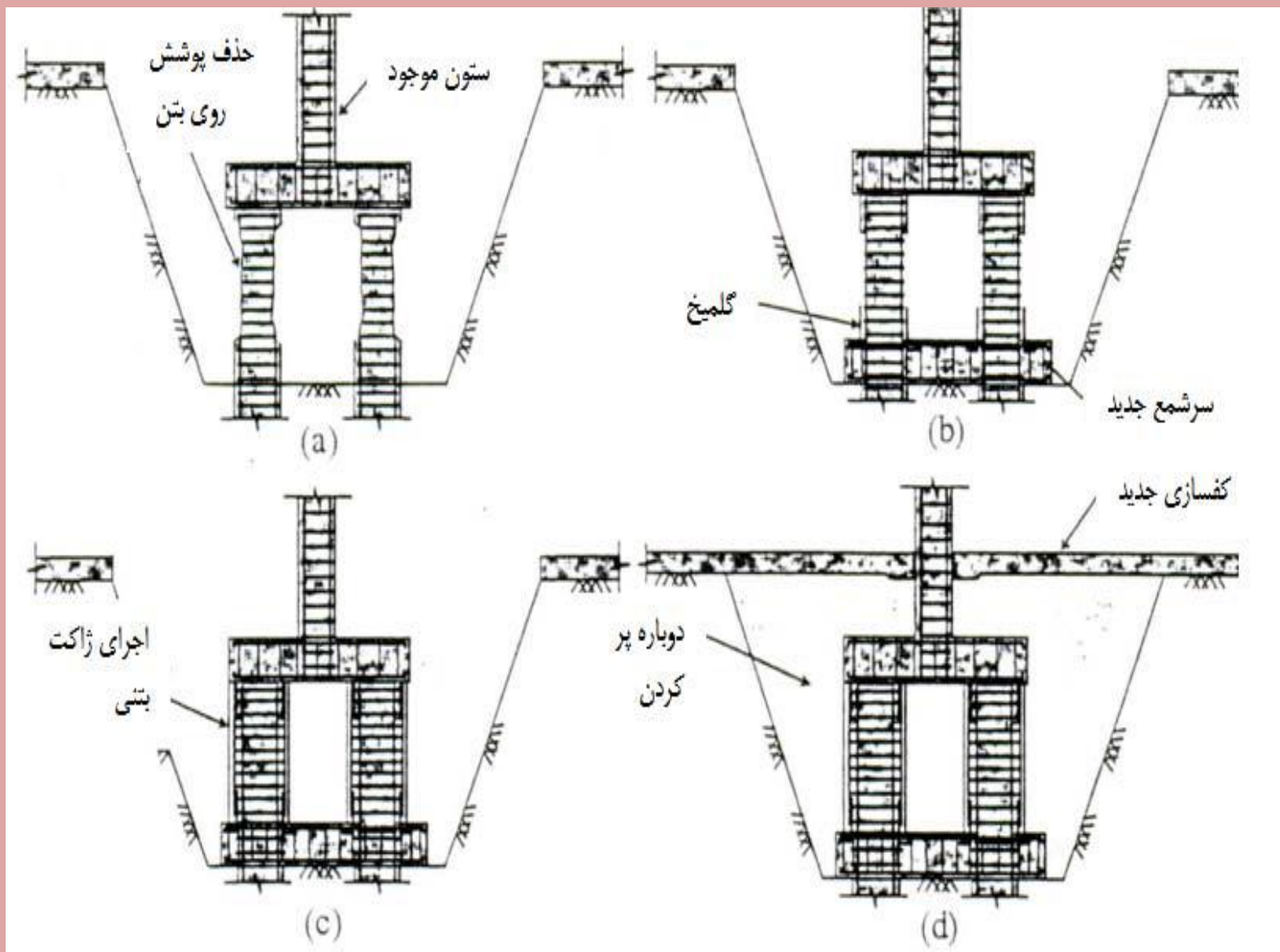
2-لایه برداري ازسطح شمع تا قسمت هاي داخلي آن به شکلي که خرابي و خوردگی کاملاً ازسطح شمع برداشته شود.

3- کلاهی در زیر آن باید اجرا شود تا از پیوستگی آرماتورهاي اضافي با شمع موجود اطمینان حاصل شود.

4-اجرای آرماتورهاي دور شمع و بتن دور آن که بر اساس محاسبات، طراحی شده باشد.

5-پرکردن مجدد پی با خاک دانه ای متراکم

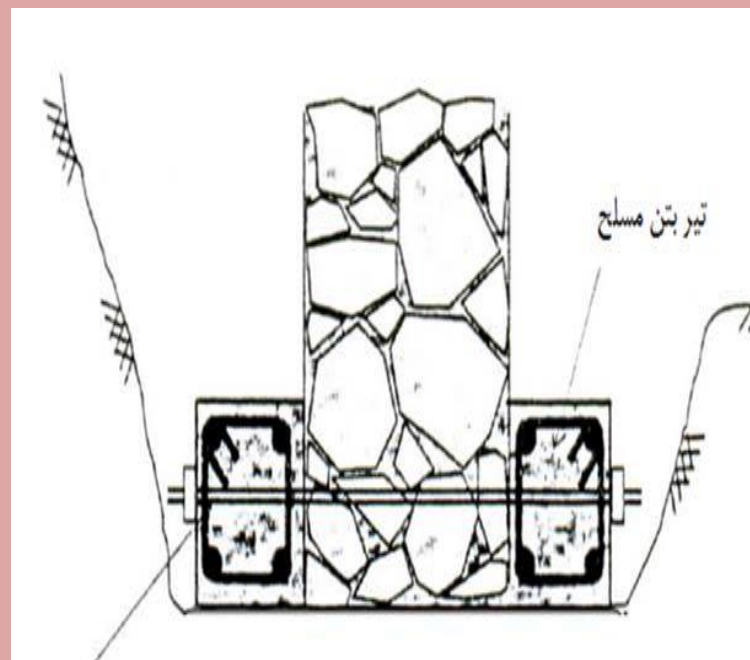
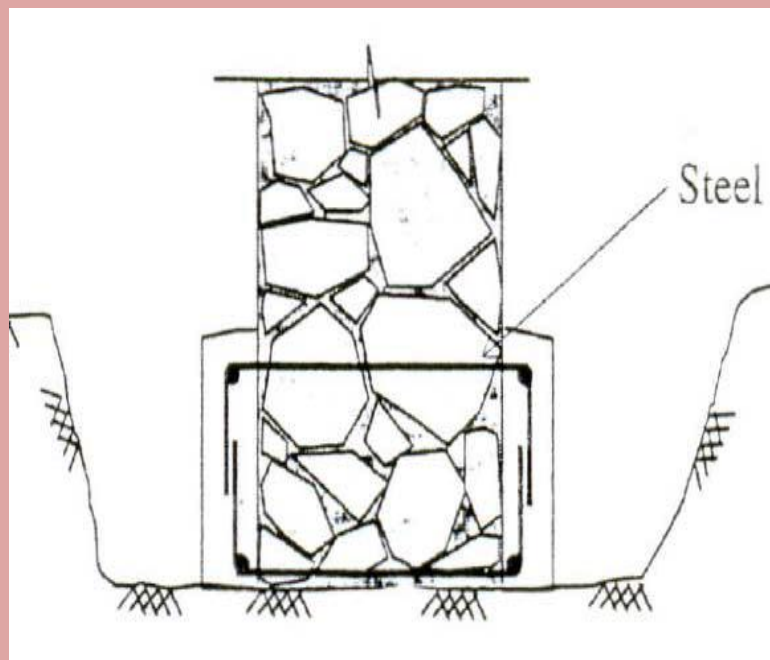
6- اجرای کف

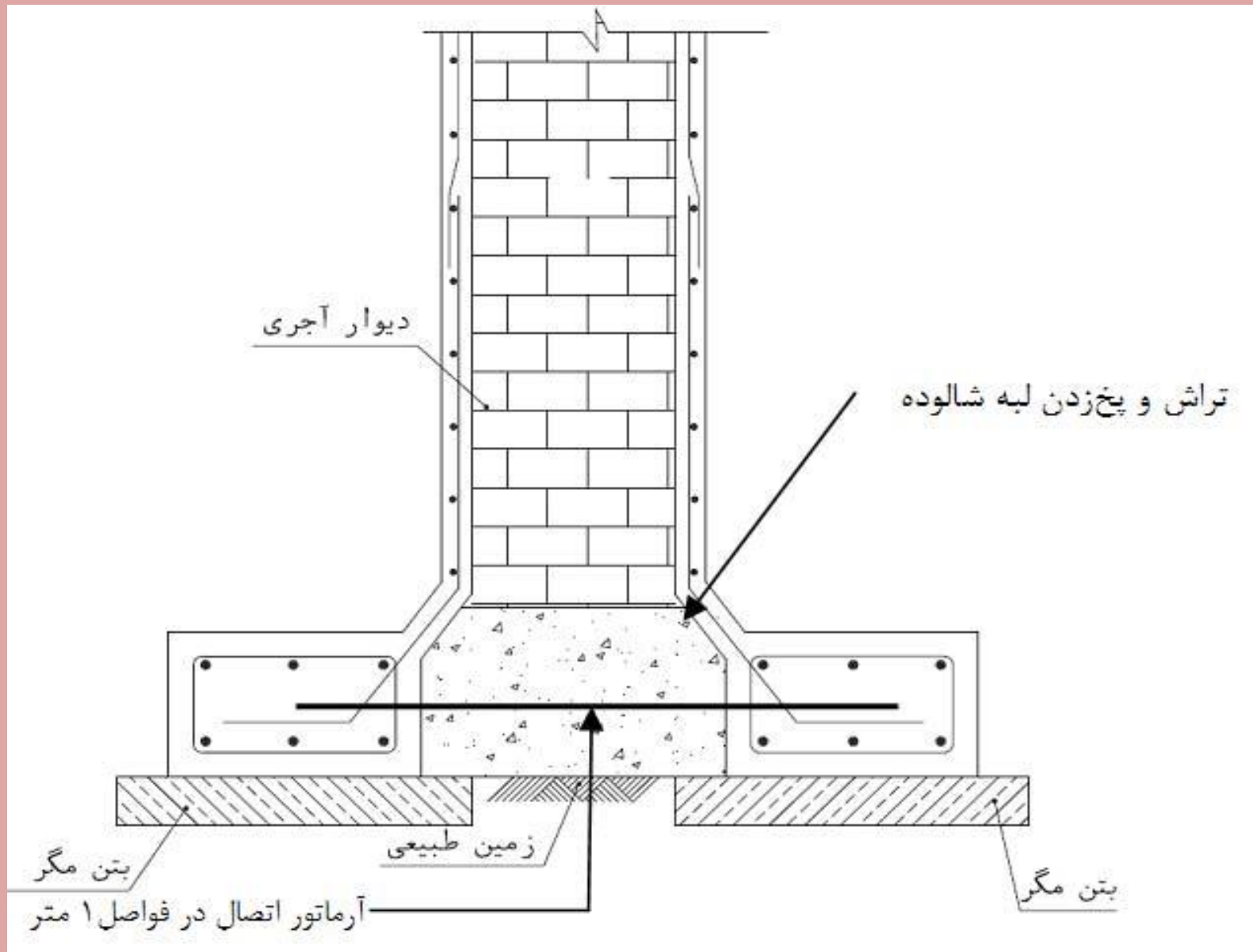




## تقویت شالوده های بنایی

شالوده های بنایی را می توان با اضافه نمودن عرض آنها به کمک آرماتور و بتن مقاوم سازی نمود . در ابتدا، با خالی کردن خاک اطراف دیوار، دو سمت آن نمایان می گردد. سوراخ هایی در فاصله 0/5 تا 1 متر ایجاد می شود. داخل سوراخ ها آرماتور قرار داده و پس از پاک کردن تمام مصالح ضعیف، رویه دیوار را با بتن می پوشانند. بجای بتن معمولی از شاتکریت نیز می توان استفاده نمود. پوشش بتن میلگردها نیز باید حداقل 40 میلیمتری باشد تا از خوردگی میلگردها جلوگیری شود. روش دیگر برای مقاوم سازی شالوده های سنگ قلوه ای استفاده از تیرهای بتن مسلح در دو سمت دیوار می باشد که در فواصلی معین به یکدیگر بسته میشوند. در مواردی که بنا به دلایلی دیوار بنایی با روش بتن پاشی تقویت شده باشد و شالوده نیز نیاز به تقویت داشته باشد مطابق شکل می توان با همین روش شالوده را تقویت نمود.





# راهکارهای بهسازی ژئوتکنیکی

در روش بهسازی ژئوتکنیکی سعی بر افزایش باربری زمین زیر شالوده به کمک بهبود شرایط خاک و یا انتقال نیرو یا اضافه نیروی شالوده به لایه های تحتانی، بدون افزایش ابعاد هندسی شالوده میباشد.

## الف) بهبود شرایط خاک با استفاده از تزریق مواد افزودنی

این روش، اختلاط خاک با مواد افزودنی از قبیل سیمان، آهک و ... به روش تزریق است. هدف از اختلاط خاک، دست یابی به پارامترهای ژئوتکنیکی اصلاح شده از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت برشی و یا نفوذپذیری است. اختلاط خاک برای محدود کردن و یا ثابت نمودن مواد شیمیایی مضر در خاک نیز کاربرد دارد. معمولاً سیمان بصورت دوغاب (ترکیب با آب) با خاک مخلوط می شود. هر چند امکان استفاده از سیمان بصورت خشک نیز مقدور است، برحسب نوع خاک حجم دوغاب بین 20 تا 30 درصد حجم خاک انتخاب می شود. مواد افزودنی شامل سیمان، خاکستر آتشفشانی، سرباره کوره، آهک، سایر مواد شیمیایی می شوند.

ساخت دوغاب طبق مراحل زیر انجام می شود:

- 1- سیستم اختلاط مرکزی، با میکسرهای دور بالا برای اختلاط
- 2- محل ذخیره موقت دوغاب همراه با همزن های دور پایین
- 3- سیستم پمپاژ

## ب) اجرای ریز شمع (Micro Pile)

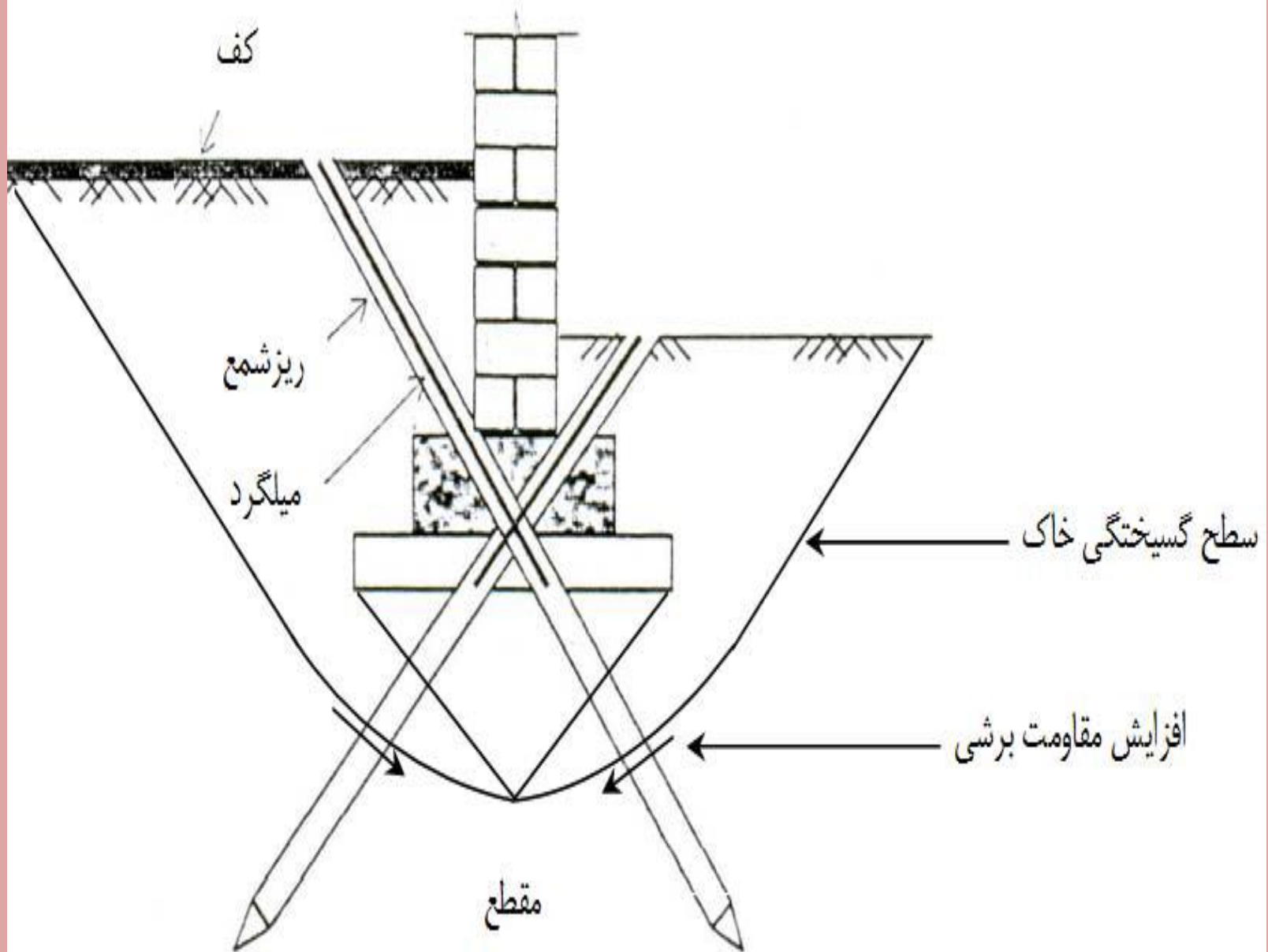
میکروپایل ها ، شمع هایی با قطر 100 تا 200 میلیمتر هستند که می توانند به صورت عمودی یا مایل در اطراف و جسم شالوده ایجاد شوند. در صورتیکه به علت محدودیت های فضایی در نزدیکی شالوده موجود نتوان از شمع برای افزایش ظرفیت باربری پی استفاده نمود می توان از ریز شمع ها به جای شمع استفاده کرد. با اجرای ریز شمع ها بدلیل نفوذ دوغاب سیمن در خاک، خواص مکانیکی خاک بهبود یافته و ظرفیت باربری آن افزایش می یابد. همچنین ریزشمع ها در عمقی بیشتر از عمق شالوده نفوذ کرده و بارها را به عمقی بیشتر منتقل می کنند.

### مزایای سیستم میکروپایل

- 1- اقتصادی تر بودن، نسبت به سایر روش های بهسازی خاک در اکثر مواقع.
- 2- سرعت بالای اجرا نسبت به شمع های کوبشی.
- 3- امکان جانمایی مجدد میکروپایل بعد از ساخت در صورت تغییرات احتمالی در پروژه.
- 4- تحمل بارهای افقی و قائم علاوه بر بهسازی خاک.
- 5- قابلیت انجام گیری آزمایشات مقاومتی در محل.
- 6- تامین سیستمی سازه ای با حداقل نشست.
- 7- مناسب جهت استفاده در پی سازه ها در محیط های شهری.
- 8- قابلیت اجرا در زمین های محدود.

## روش اجرای ریزشمع مشتمل بر 4 مرحله حفاری، لوله کوبی، تزریق و تسلیح به شرح زیر است:

- 1- قراردادن یا کوبش لوله های مشبك فولادي به قطر 150 تا 200 میلیمتر در محل گمانه های حفاری شده . در این راستا ابتدا لوله نوك تيزي کوبیده شده و سپس لوله های متوالي به آن متصل شده و کوبیده می شوند . در صورتیکه در ازاي 30 ضربه متوالي لوله کوب، نفوذ لوله بیش از 10 سانتیمتر نباشد، عملیات متوقف می شود . لوله های ریز شمع دارای سوراخهای به قطر حدود 8 تا 10 میلیمتر هستند . در صورت انجام حفاری، کوبیدن لوله لازم نیست و لوله ها درون سوراخ حفاری شده فرو برده می شوند.
- 2 - اطراف لوله های مشبك با سنگدانه های شني به قطر حدود 10 میلیمتر بعنوان يك لایه فیلتر پر میشود.
- 3- قراردادن آرماتور لازم بصورت میلگرد تك یا گروهی.
- 4- درپوش گذاری ( فلنج ) جهت تامین اتصال مناسب بین ریز شمع و بتن شالوده .
- 5- انجام تزریق دوغاب سیمان تحت فشار : فشار تزریق در مراحل مختلف تزریق، در اعماق مختلف و متناسب با جنس زمین و شرایط ژئوتکنیکی پی متغیر بوده و به حداکثر 10 اتمسفر محدود می گردد .نسبت آب به سیمان در محدوده 0/5 تا 1/5 و مقدار سیمان مصرفی معمولاً حدود 100 کیلوگرم به ازاء هر متر ریز شمع است .

















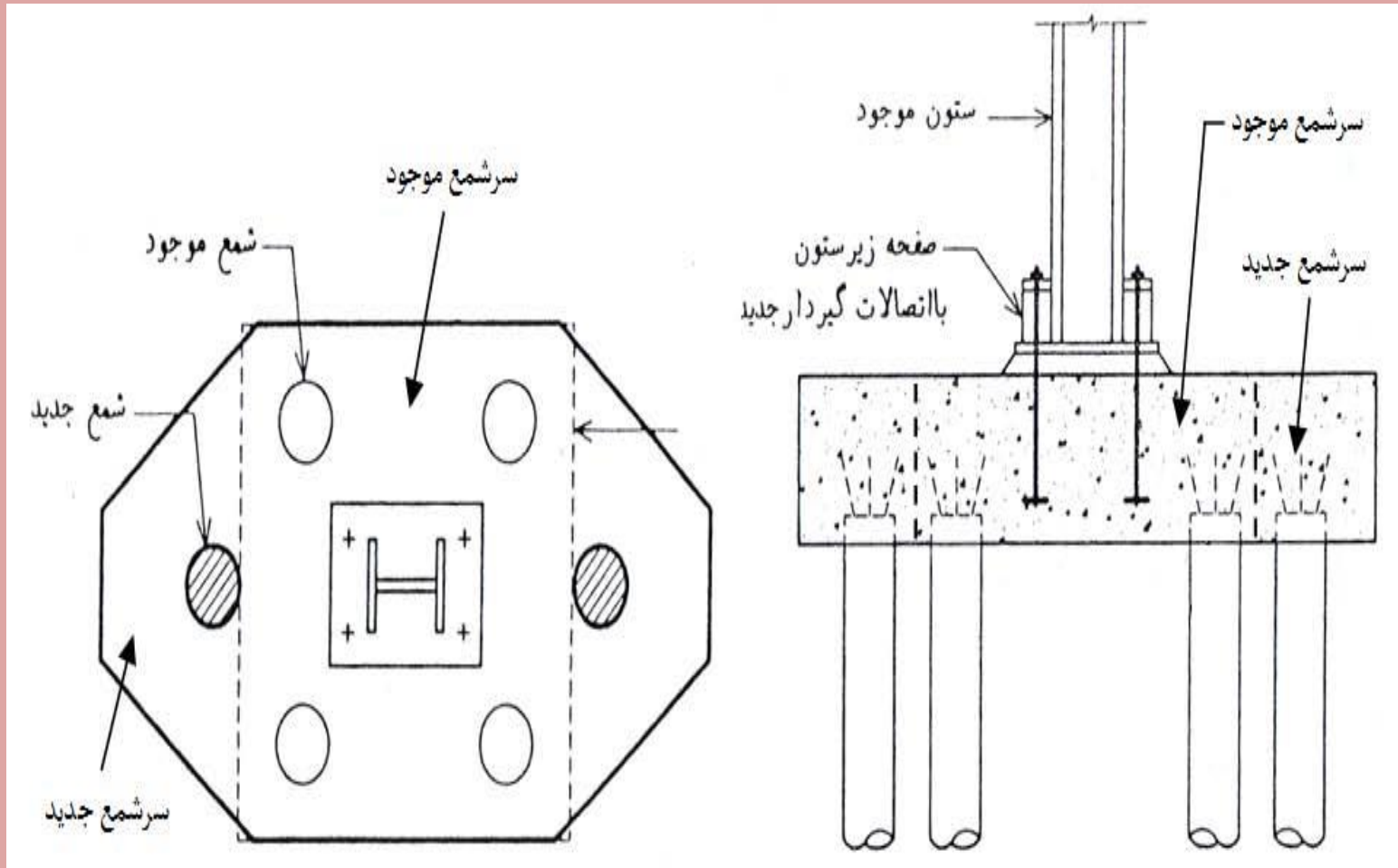






## ج ( احداث شمع ها

به منظور افزایش ظرفیت باربري ژئوتکنیکی و سازه اي شمع هاي موجود ، مي توان با احداث شمع هاي جديد و اتصال آنها به سرشمع موجود، به ظرفیت فشاري، کششي و خمشي گروه شمع موجود اضافه نمود.



## مراحل اجرای شمع زیر فنداسیون:

- 1- کندن پیرامون پی از روی زمین تا قسمت زیرین پی
- 2- حفاری و آرماتورگذاری و بتن ریزی شمع تا تراز زیر پی
- 3- آرماتورگذاری تیر سرشمع
- 4- قالب بندی دیواره های قائم سرشمع
- 5- بتن ریزی سرشمع و عمل آوری آن
- 6- پرکردن قسمت های کنده شد با خاک فشرده دانه ای
- 7- اجرای کف و سنگ فرشهای اطراف دیوار



## کاهش بار وارده بر فنداسیون از طریق سبک کردن ساختمان

یکی از راه های کم کردن وزن سازه جایگزین کردن پانل های سه بعدی (3D Panel).

ویژگیات	پانل سه بعدی 11سانتی با عایق 6سانتی	دیوار سفالی 20سانتی	دیوار آجری 22سانتی
وزن	20-25 کیلو گرم بر متر مربع	240 کیلو گرم بر متر مربع	280 کیلو گرم بر متر مربع

## منابع:

روش ها و شیوه های بهسازی فنداسیون- (نشریه 524 نظام فنی اجرایی)  
مقاوم سازی فنداسیون به روش شمع های درجا - (حسن نگهدار، دانشگاه علم و صنعت)  
روش های ترمیم سازه - (مجتبی اصغری، دانشگاه شهید باهنر کرمان )  
میکروپایل ها و نقش آن در بهسازی فنداسیون - (مهدی کیوانفر، دانشگاه شهید باهنر کرمان)  
میکرو شمع ها - (محمد امجدزاده، دانشگاه شهید چمران)  
راهکارهای مقاوم سازی و بهسازی خاک و فنداسیون- (ایمان الیاسیان، مهندسین مشاور)