

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی  
امیرکبیر

دانشکده مهندسی  
عمران و  
محیط زیست

# بتن پیش تنیده

دکتر علیرضا رهایی

عضو شورای مقررات ملی ساختمان و  
کمیته تدوین آیین نامه بتن ایران

# مزایای مصالح بتن آرمه

- دوام
- فراوانی اجزای تشکیل دهنده
- شکل پذیری
- مقاومت در برابر آتش سوزی
- عدم بروز ناپایداری الاستیک
- هزینه محدود تولید

# معایب مصالح بتن آرمه

➤ مقاومت کششی

➤ زمان اجرا

# تلاش محققان

➤ بهبود مقاومت کششی یا ایجاد فشار در مصالح  
✓ عدم موفقیت به علت کاربرد مصالح معمولی

➤ جکسون ( ۱۸۸۶ ) و دورینگ ( ۱۸۸۱ )

✓ پیش تنیدگی با مصالح معمولی

❖ افت ها ← عدم کارائی

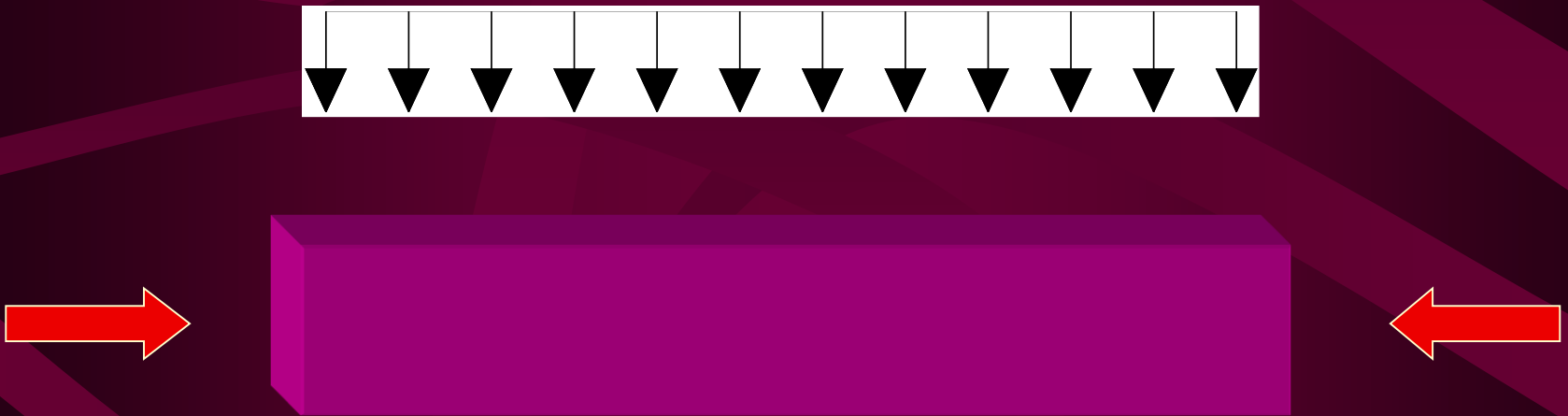
➤ سال ۱۹۲۸ ← ساخت بتن پیش تنیده با مصالح با کیفیت  
و با مقاومت بالا

# پیش تنیدگی

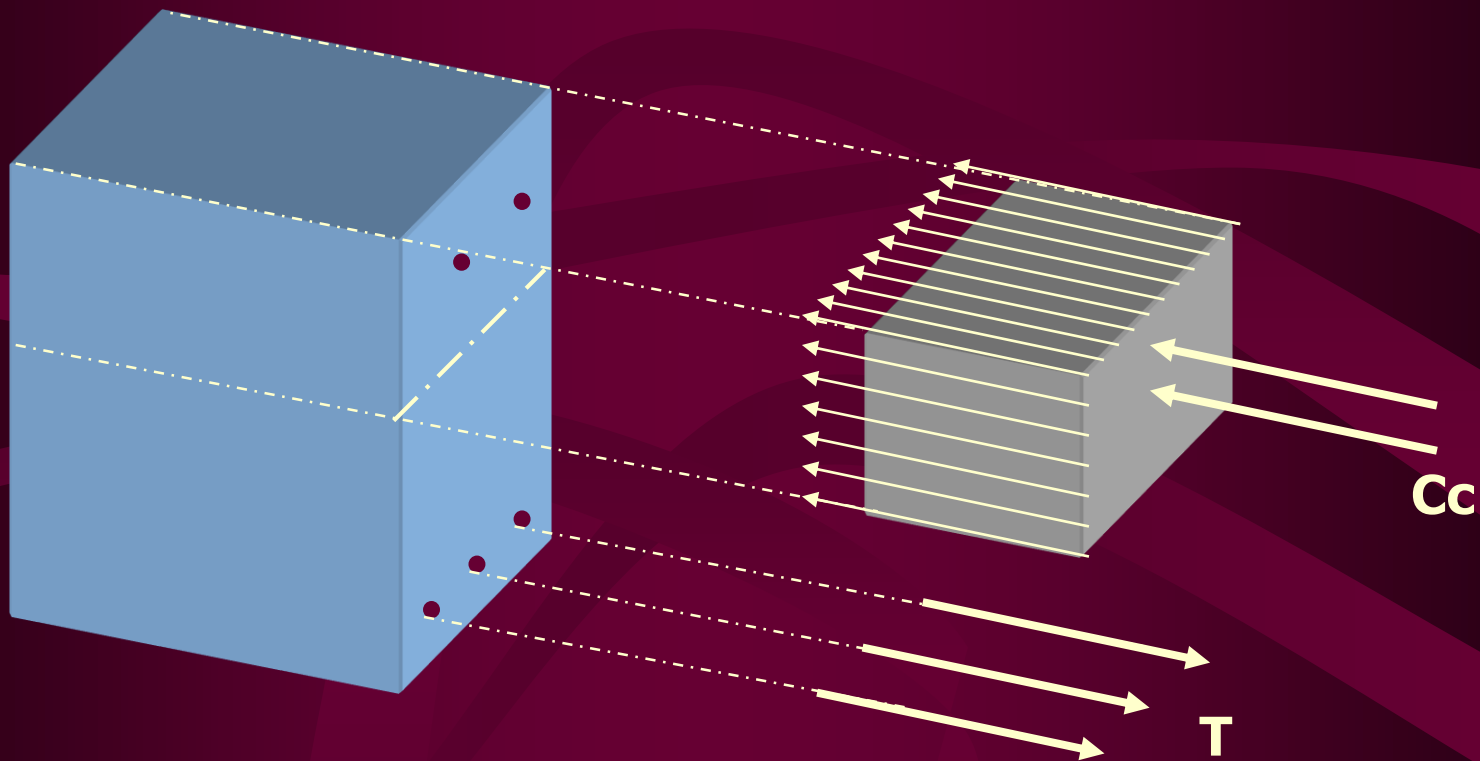
ایجاد یک فشار مصنوعی در مقاطع بتنی به طوری که تنشهای حاصله با تنش های حالت بهره برداری تنش های قابل قبولی برای مصالح بتنی بدهد .

# پیش تنیدگی

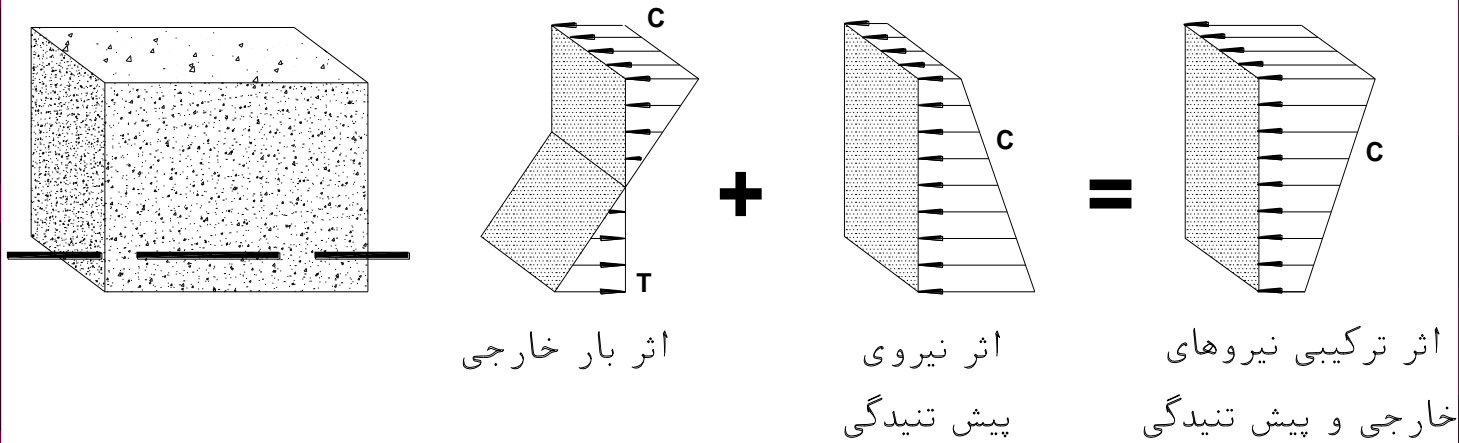
اعمال نیروهایی به سازه، علاوه بر بارهایی که سازه برای تحمل آنها طراحی می شود، به منظور افزایش ظرفیت باربری سازه



# توزیع تنش در مقطع بتن مسلح

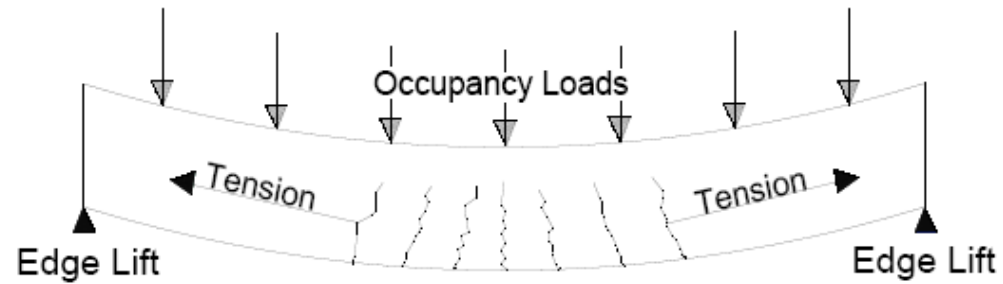


# اثر ترکیبی نیروهای خارجی و پیش تنیدگی

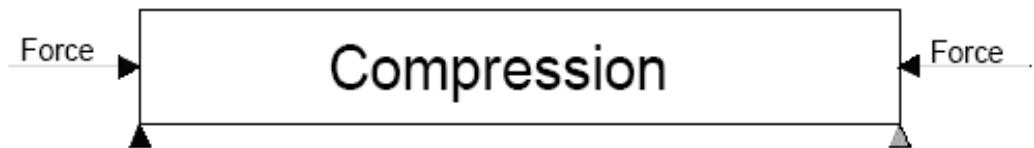




## How Prestressing Works The Basics



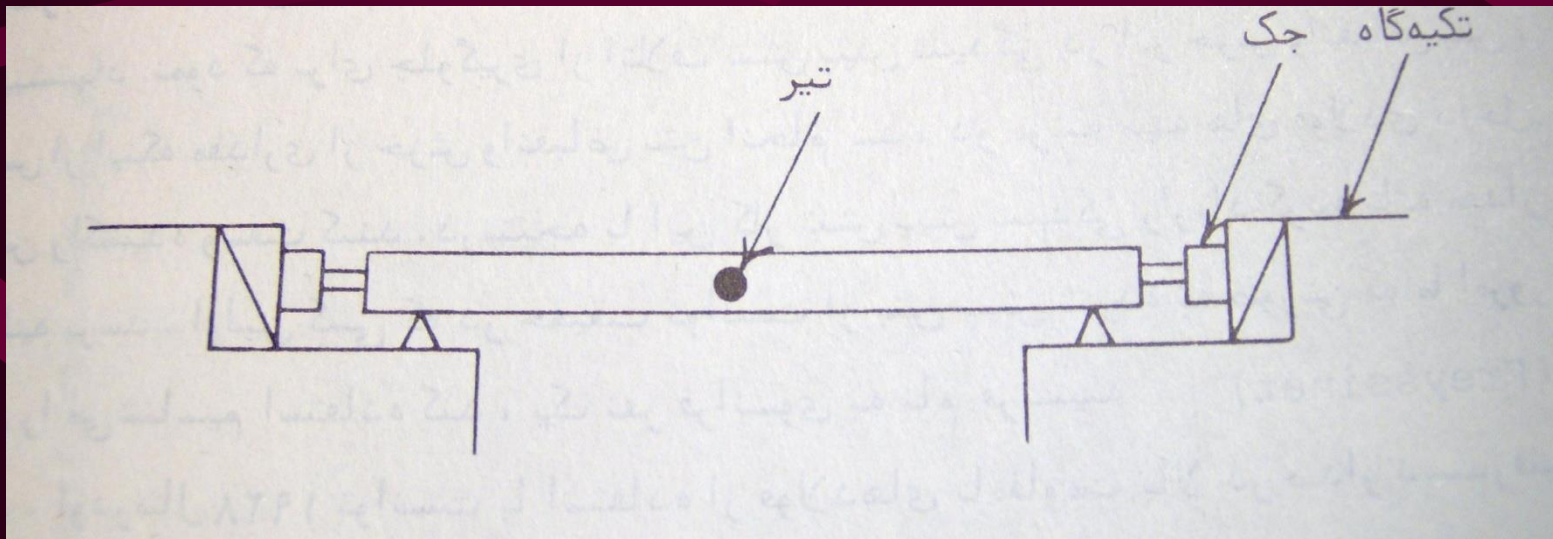
$$f_t = Mc / I \text{ or } M/S_b$$



$$f_t = M/S_b - (P/A)$$

# روش های مکانیکی

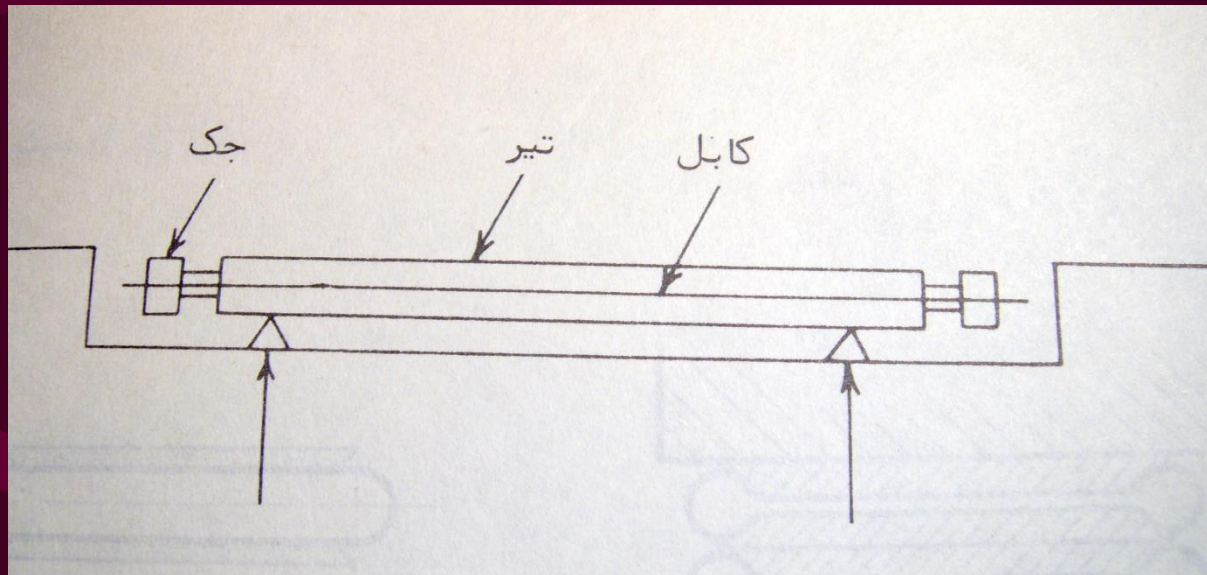
۱. ساده ترین روش فشرده ساختن یک تیر، به وسیله یک یا دو جک در مقابل دو تکیه گاه است این روش در بعضی از پروژه های بزرگ به کار میرود. در این روش پس از فشرده ساختن تیر به وسیله جک با قراردادن پلیت بین تیر و تکیه گاه جلوی برگشت تیر را به حالت اولیه گرفته سپس جک ها را آزاد میکنند.



# روش های مکانیکی

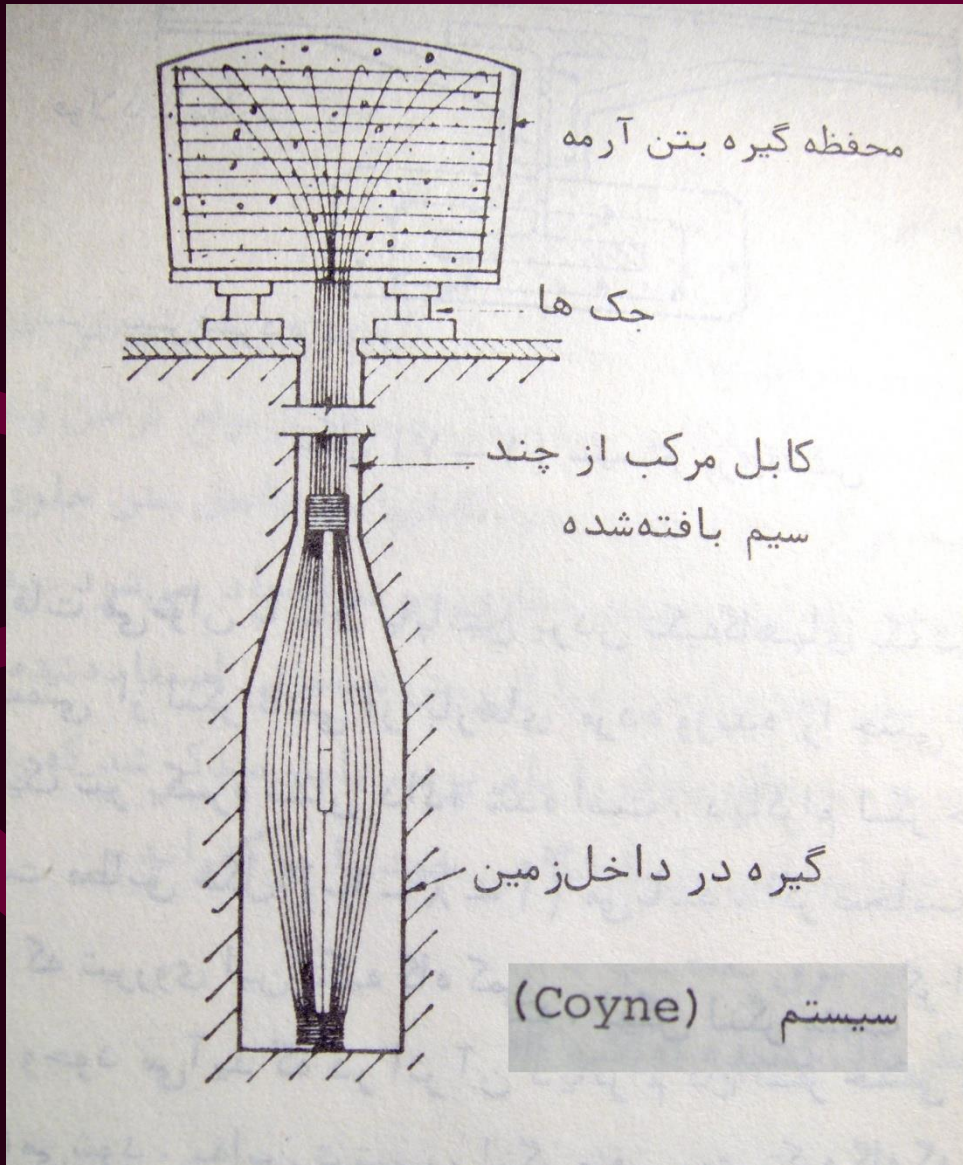
۳. روش دیگر این است که دو جک را با کابل هایی به هم متصل کنیم کابل ها میتوانند داخل یا خارج بتن قرار گیرند ولی معمولا در داخل مجراهایی که از قبل در داخل بتن تعبیه شده قرار میگیرد. بعد از وارد کردن نیروی لازم کابل ها را توسط گیره هایی که داخل و یا خارج بتن کار گذارده میشود به تیر گیر میدهند و سپس جک ها را آزاد میکنند.

در این سیستم بر خلاف سیستم قبلی نیروی پیش تنیدگی با حرکت نسبی تکیه گاه تغییر نکرده و مستقل از آن میباشد.



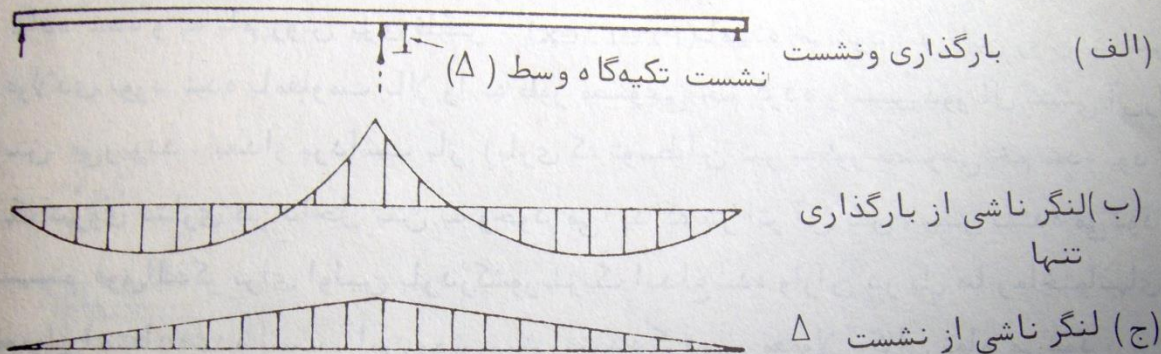
# روش های مکانیکی

➤ روش (COYNE)

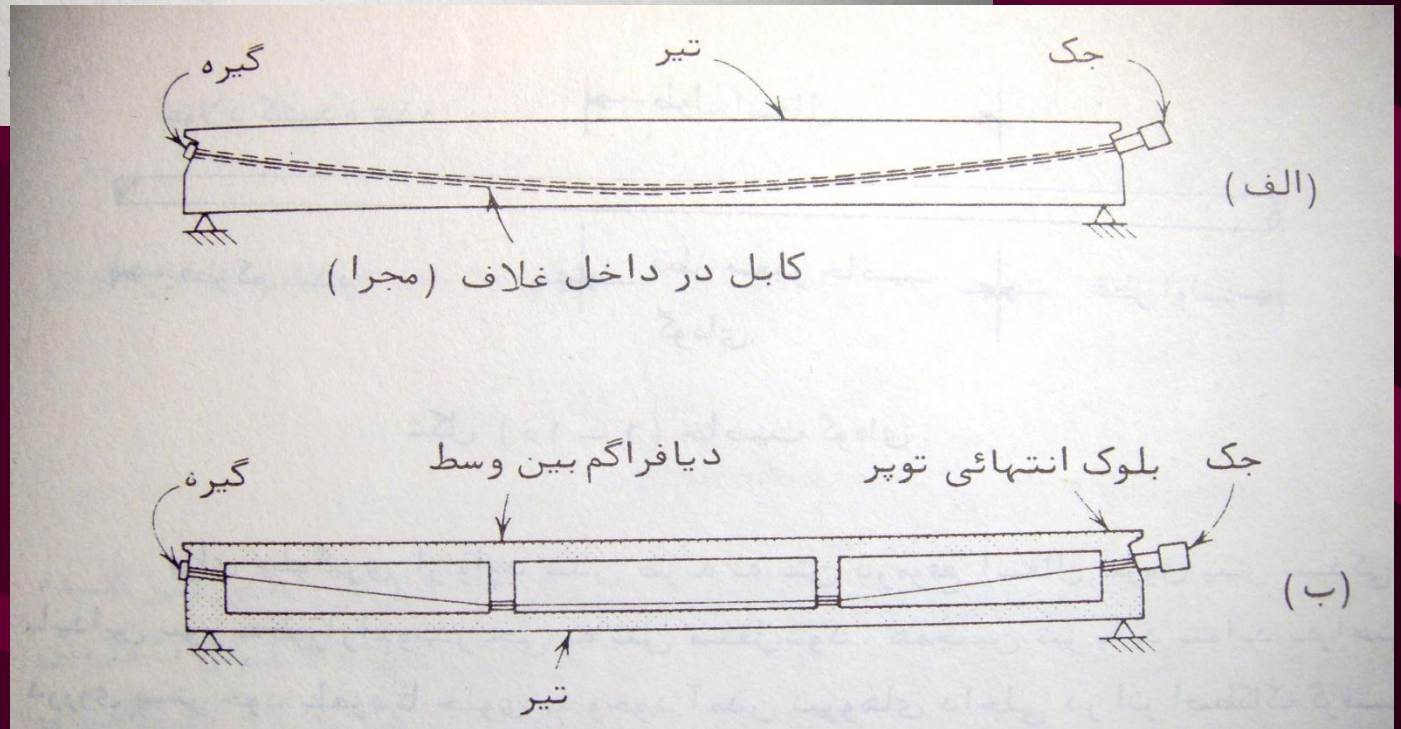
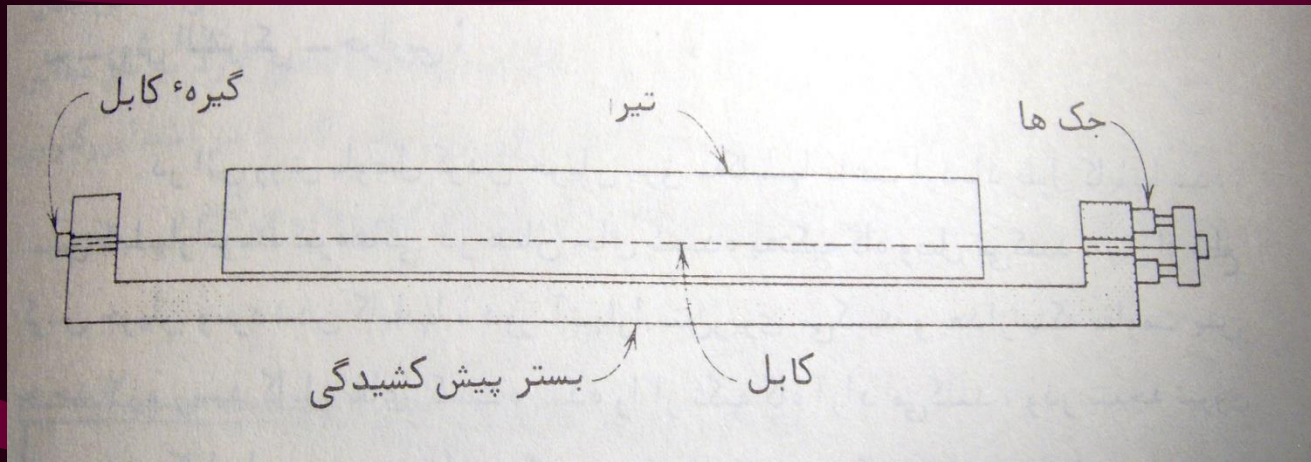


# روش های مکانیکی

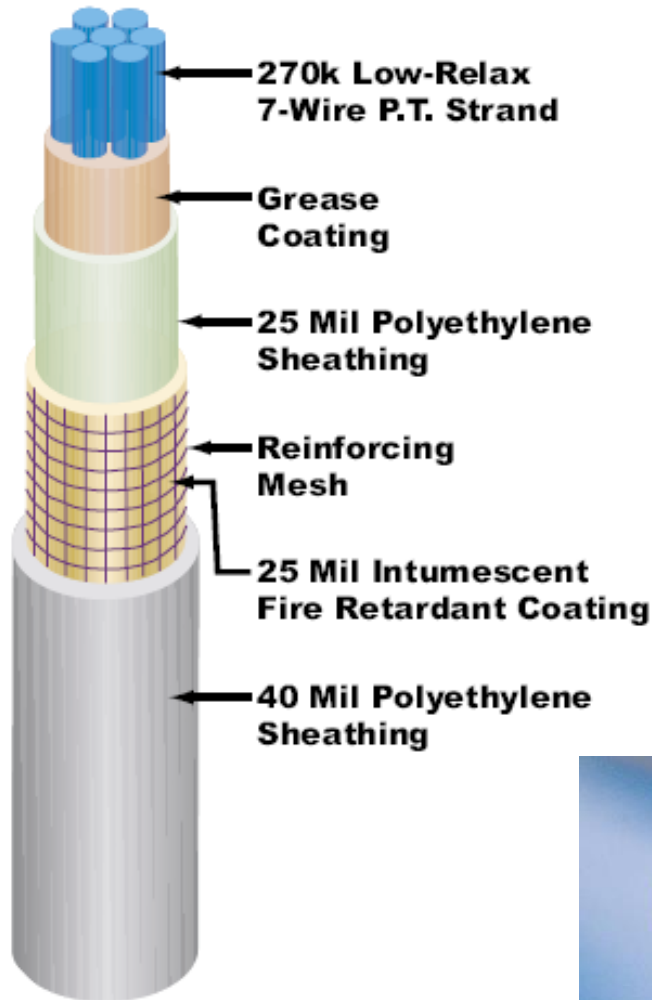
۷. گاهی اوقات نیز میتوان با بالا و پایین بردن تکیه گاه های یک تیر یکسره لنگرهایی ایجاد کرد که قسمتی از لنگر ناشی از بارهای مرده و زنده را خنثی کند.



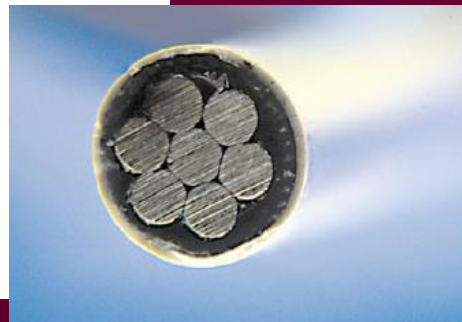
# انواع بتن پیش تنیده



# کابل آماده مخصوص پس کشیدگی



بعضی از کارخانه ها کابل هایی تولید میکنند که در داخل لوله های پلاستیک پر از گریس قرار دارد این نوع کابل ها را میتوان مستقیما داخل بتن کار گذاشت و بعد از بتن ریزی کابل ها را کشید



# انواع پیش تنیدگی

پیش تنیدگی شیمیایی

✓ استفاده از سیمان منبسط شونده

پیش تنیدگی الکتریکی

✓ انتقال جریان برق به آرماتورها ، انبساط آنها ، قطع برق و اعمال نیرو به بتن

پیش تنیدگی مکانیکی

✓ استفاده از کابل فولادی و گیره و جک ، کشش کابل ها با جک و مهار کردن کابل ها



# روشهاي پيش تنيدگي

Pre-Tensioned

پيش کشيدگي



Post-  
Tensioned

پس کشيدگي



# روش های متداول

➤ پیش تنیدگی مکانیکی :

✓ روش پیش کشیدگی ← کشیدن کابل ها قبل از بتن ریزی

✓ روش پس کشیدگی ← کشیدن کابل ها بعد از بتن ریزی

# تفاوت بتن پس کشیده و پیش کشیده

## پیش کشیده

قطعات در کارخانه ساخته میشوند (یا در پای کار) هزینه سرمایه گذاری پایین جهت پیش تنیدگی

کابل ها در مسیر مستقیم هستند و نگه داشتن آن در مسیر منحنی نیاز به تجهیزات مخصوص دارد

کل نیرو صرف پیش تنیدگی میشود

روش های ساده تری وجود دارد

## پس کشیده

قطعات در پای کار ساخته میشوند هزینه سرمایه گذاری بالا جهت پیش تنیدگی

تنظیم کابل ها بر روی هر مسیر منحنی دلخواه بدون نیاز به وسایل مخصوص

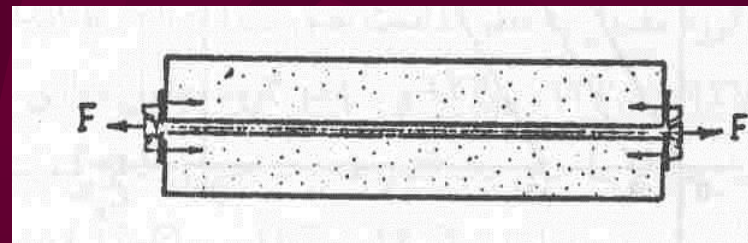
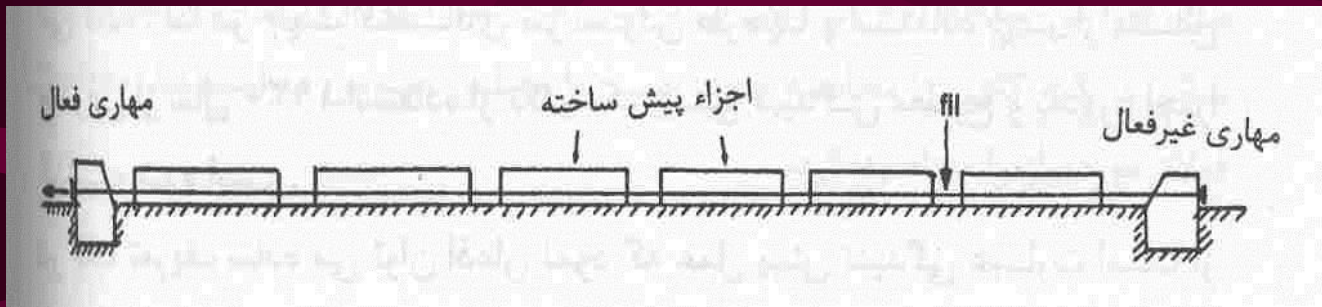
مقداری نیروی پیش تنیدگی در اثر اصطکاک کابل با غلاف هدر میرود

سیستم های مختلف جک و گیره ثبت شده است و ساخت آنها نیاز به تجهیزات پیچیده دارد

## روشهای اجرایی

پیش کشیدگی

پس کشیدگی





2007/08/21



2007/08/21



2007/08/21



2007/08/21





2007/08/21



2007/08/21



2007/08/21



2007/08/21



2007/08/21

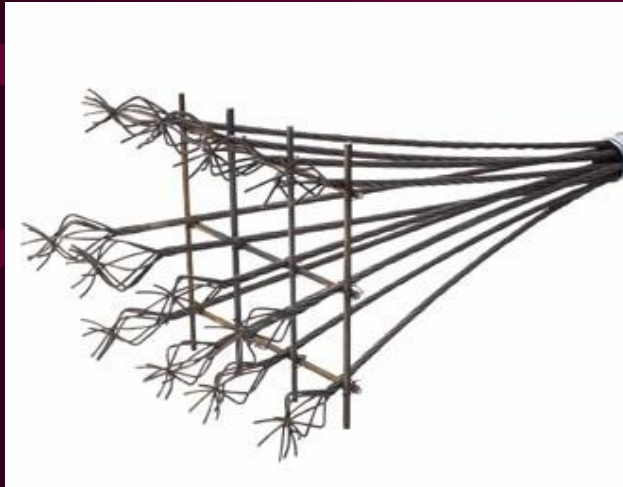


2007/08/21

# ادوات و تجهیزات پس کشیدگی

## 1. کابل

که در قطرهای مختلف و اغلب به صورت تابیده وجود دارد.



کابل مورد استفاده این شرکت از 7 رشته تابیده شده با مقاومت نهایی

1400-2200MPa

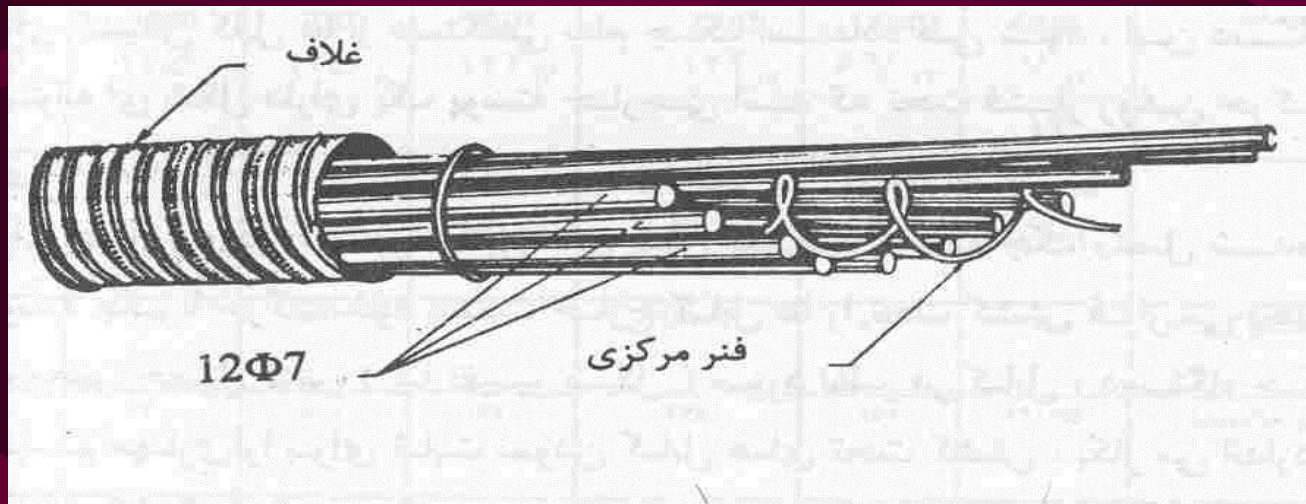
و قطر 5/0 تشکیل شده است.

## انواع فولادهای پیش تنیدگی

تك مقتول

گروه مفتول

غلاف ها



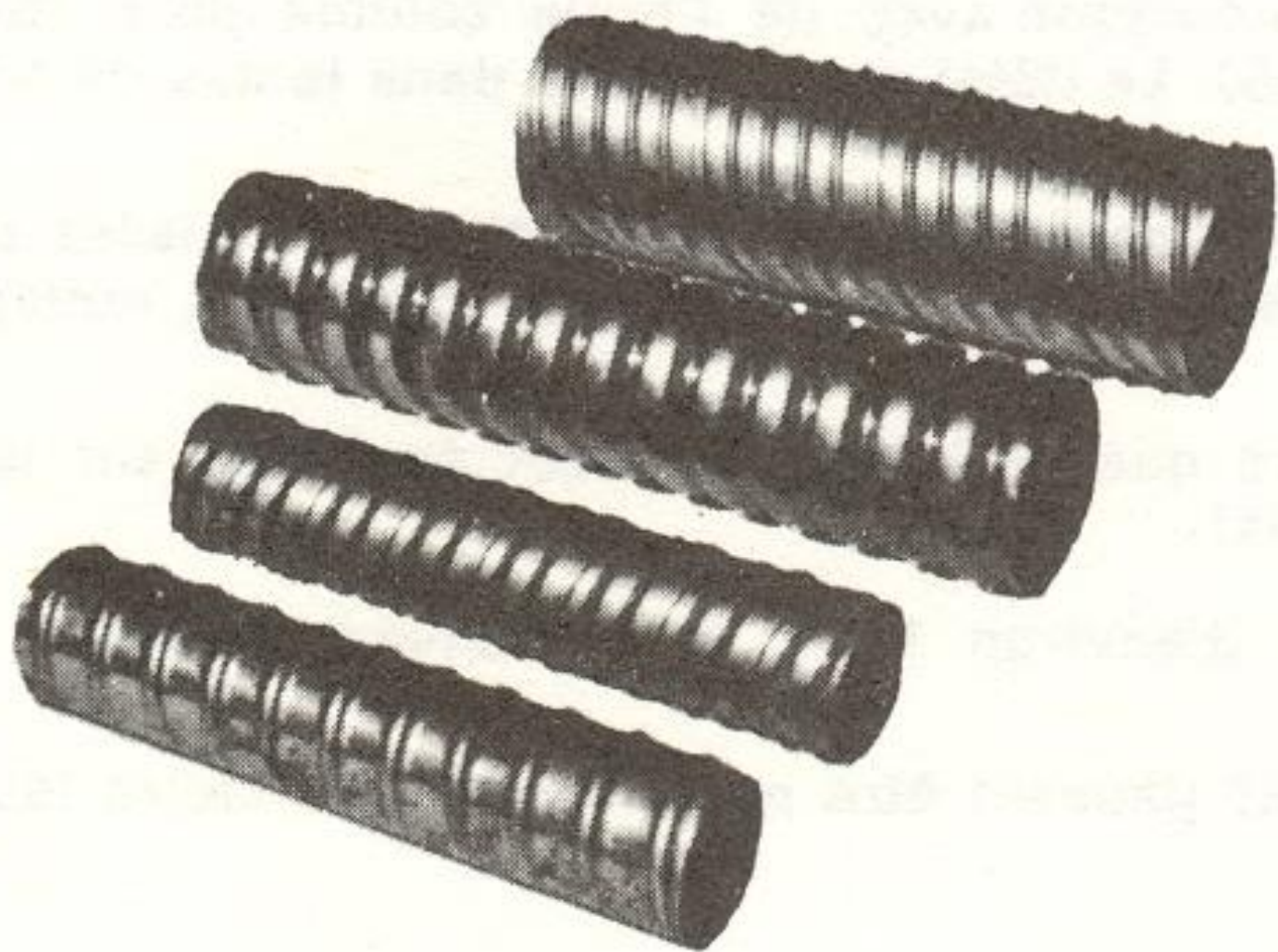


## 2. غلاف

از جنس فولاد ضد زنگ پلاستیک  
یا آلومینیوم با سطح مقطع  
بیضی برای دالها و دایره معمولا  
برای تیرها است.



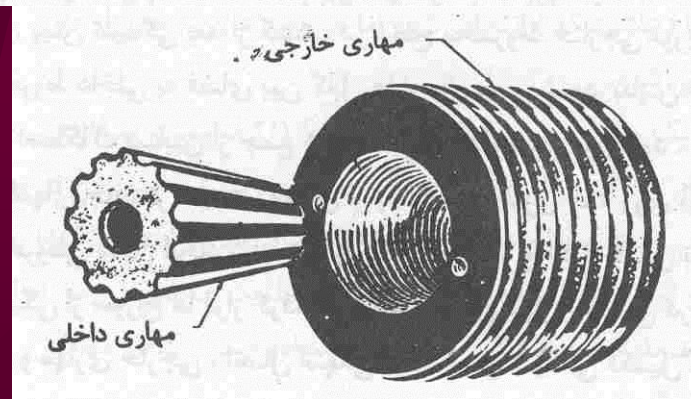
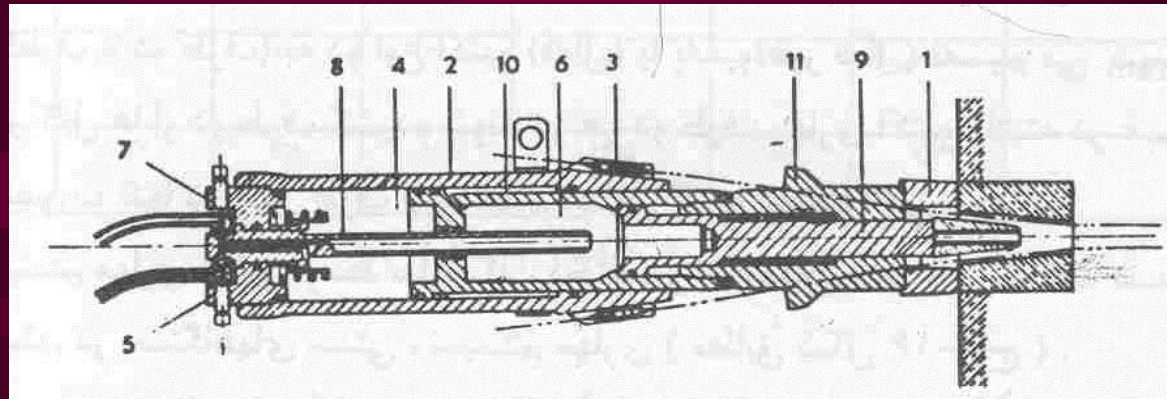
سطح آن مضرس است  
و کابلها داخل آن قرار  
میگیرند.



# کشش فولادهای پیش تنیدگی

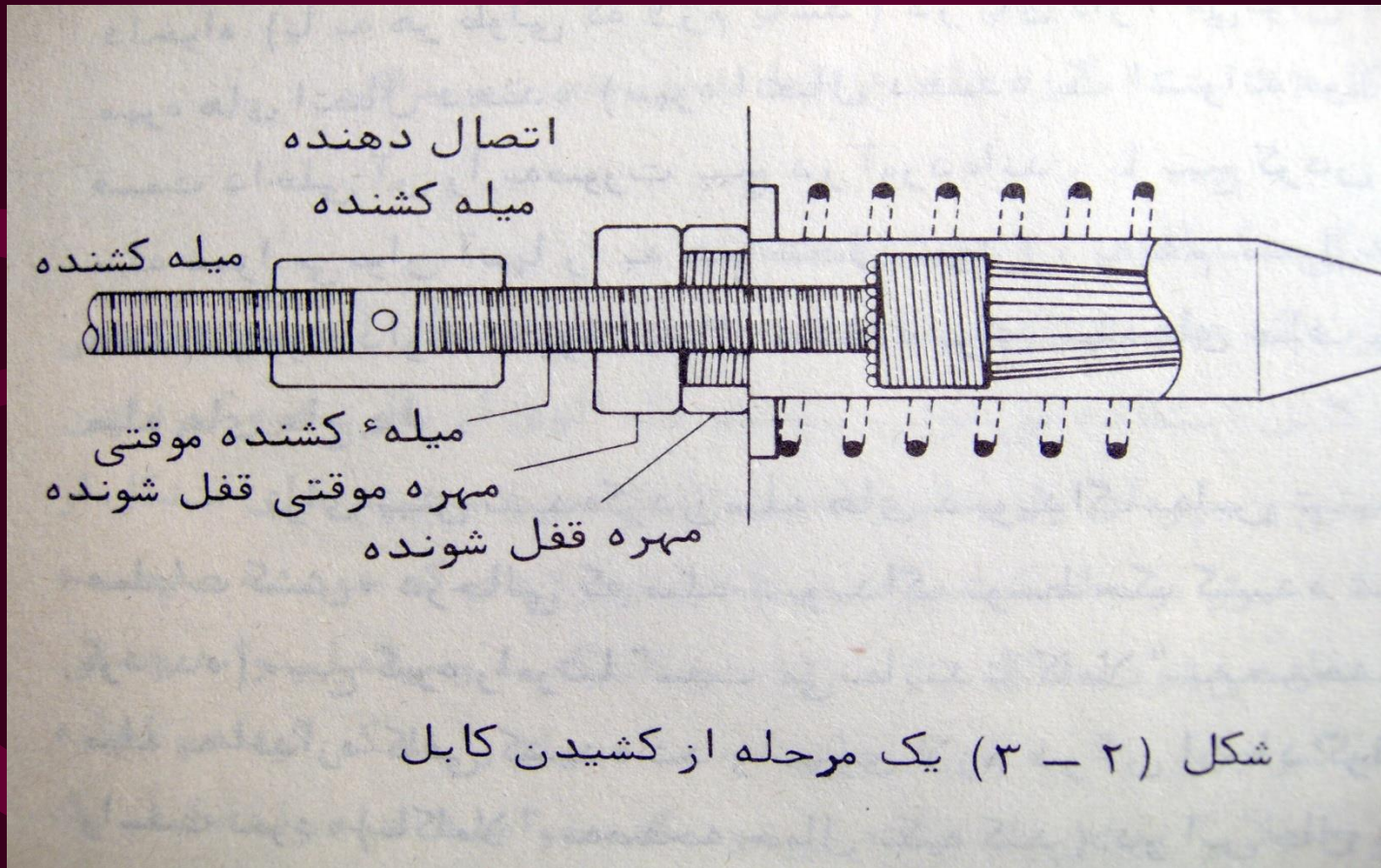
گیره ها

تزریق



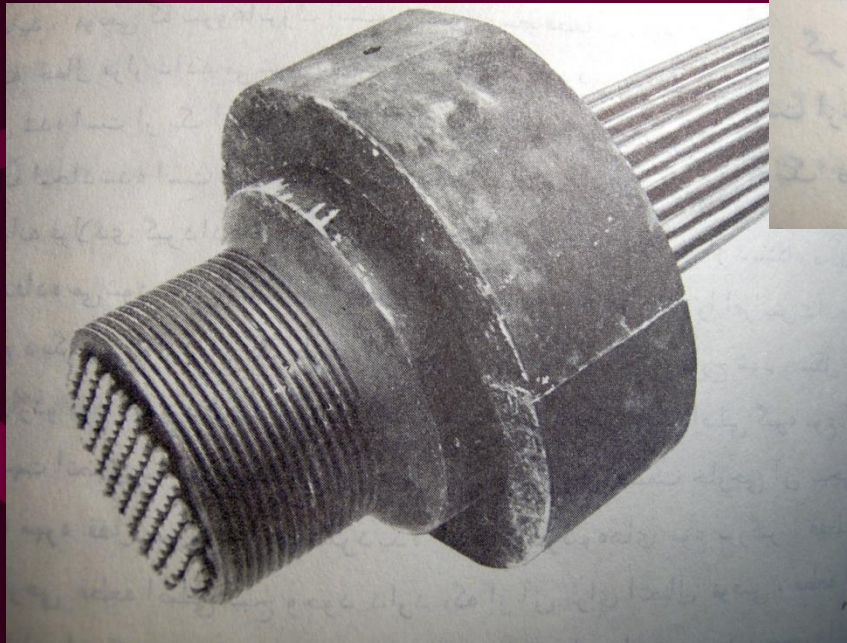
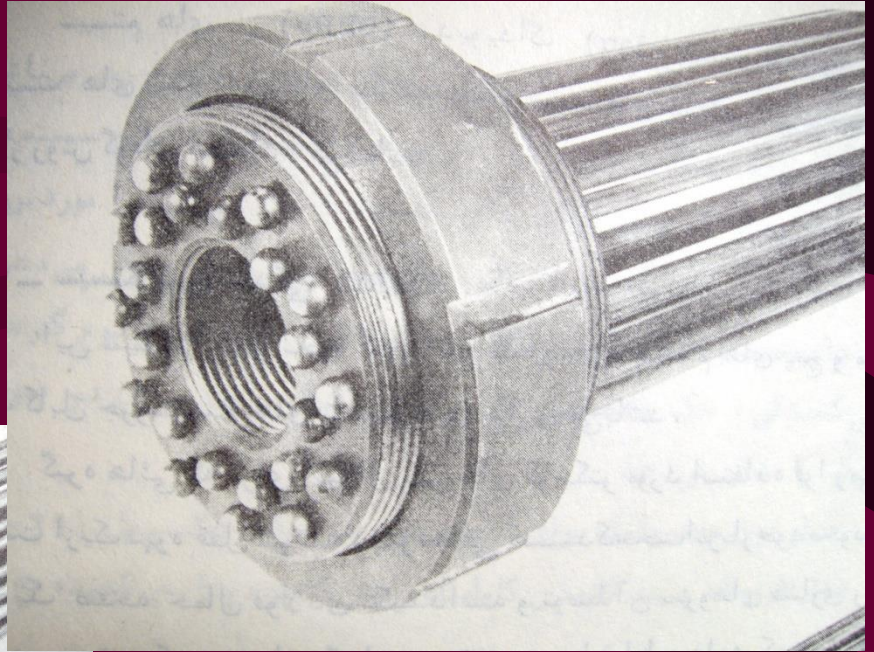
# ۱. سیستم پس کشیدگی (BBRV)

این سیستم از نظر بستن کابل پیچ و مهره ای و از نظر وضعیت کابل جزء سیستم با کابل های موازی میباشد



# ۱. سیستم پس کشیدگی (BBRV)

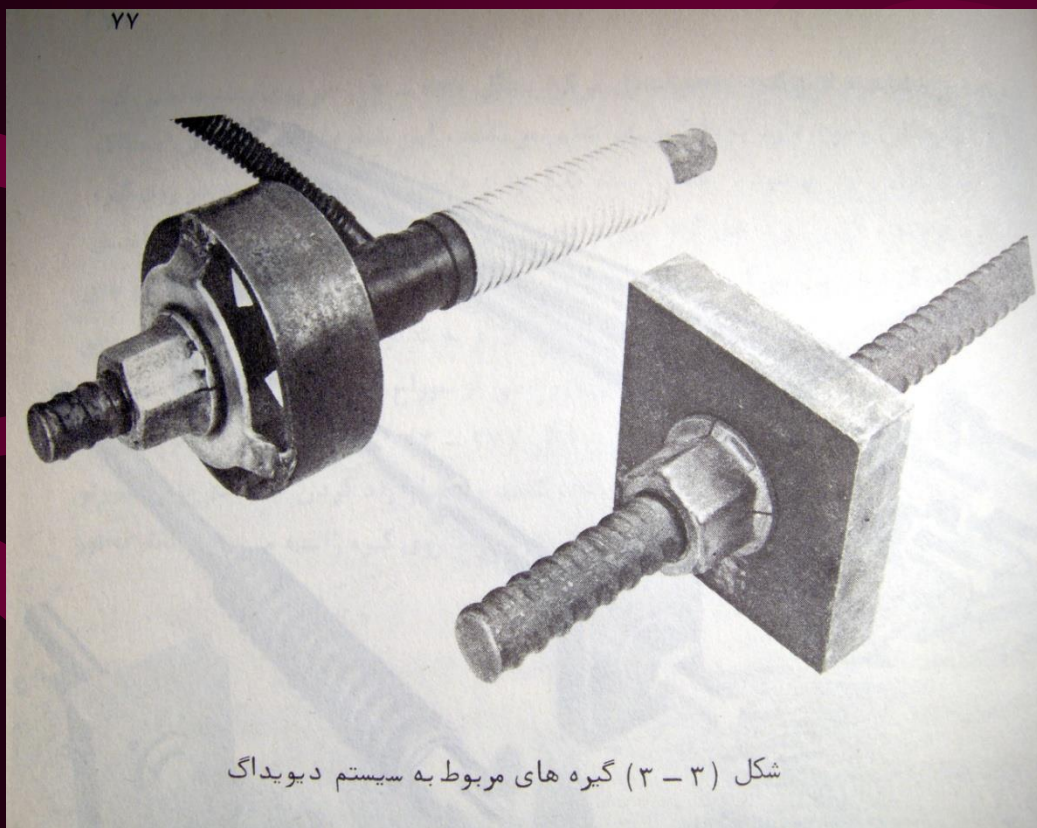
➤ سیم ها باید خاصیت  
دگمه شدن داشته باشند  
(سیم نوع BA آمریکایی)



➤ برای کشیدن میله اتصال  
دهنده را به گیره پیچ میکنند

## ۲. سیستم پس کشیدگی دیویداگ (Dividag)

این سیستم از نظر بستن کابل پیچ و مهره ای و از نظر وضعیت کابل جزء سیستم متشکل از میله های آلیاژدار میباشد



شکل (۳-۳) گیره های مربوط به سیستم دیویداگ

- ✓ میله های صاف را همیشه به صورت تکی میکشند
- ✓ میله های عاج دار را معمولا به صورت تک میکشند
- ✓ ولی بعضا به صورت گروهی نیز کشیده میشوند

دو نوع فولاد

- ✓ آلیاژ زیاد (high alloy)
- ✓ آلیاژ کم (low alloy)

- ✓ برای کشیدن اتصال دهنده را به سر میله پیچ میکنند
- ✓ سر میله های صاف را به صورت دندانه دار در می آورند

گیره نوع صفحه صلب و زنگوله ای (Bell type)

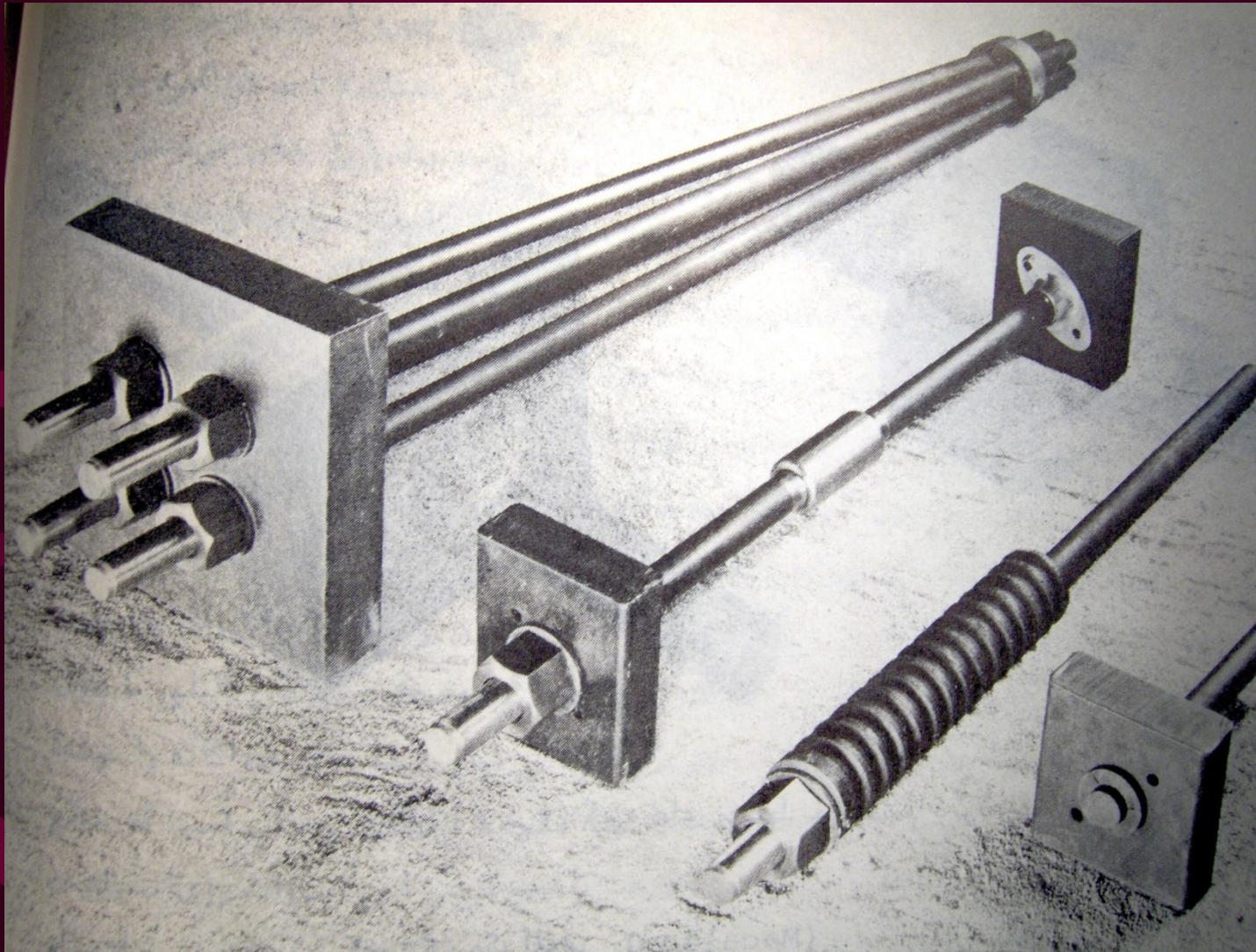
## ۳. سیستم پس کشیدگی مک الوی (Macalloy)

➤ این سیستم از نظر بستن کابل پیچ و مهره ای و از نظر وضعیت کابل جزء سیستم متشکل از میله های آلیاژدار میباشد

➤ نیرو توسط یک مهره به واشر فولادی که خود به صفحه حمال تکیه دارد به بتن منتقل میشود و یا توسط گیره کور (گیره ای که میله را محکم گرفته و اجازه حرکت به آن نمیدهد و معمولا موقعی استفاده میشود که بخواهند میله را فقط از یک طرف بکشند، واضح است که از طرف گیره کور میله را نمیتوان کشید)

➤ این میله ها را همیشه به صورت تکی میکشند ولی میتوان کابل ها را به صورت ۱ تا ۴ میله تنظیم کرد

## ۳. سیستم پس کشیدگی مک الوی (Macalloy)

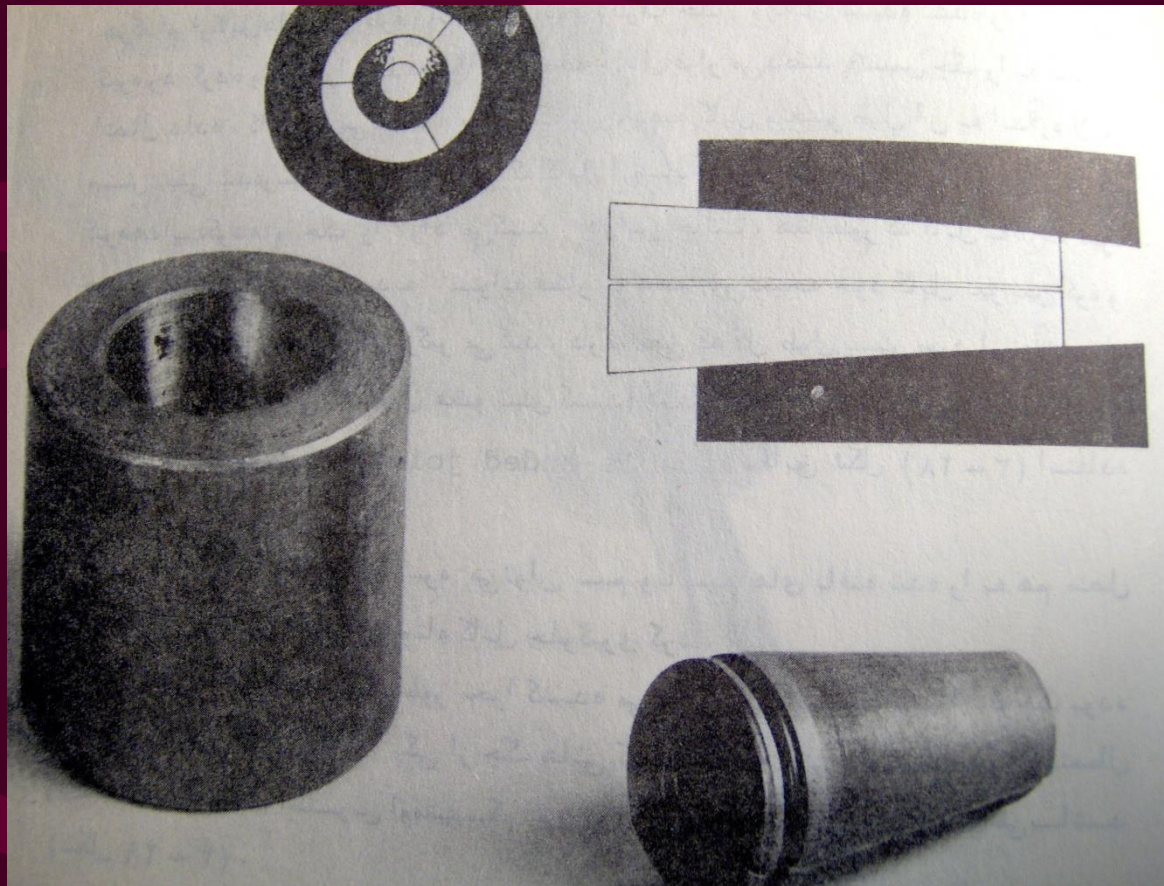


گیره مک الوی برای کابل های ۱ و ۴ میله

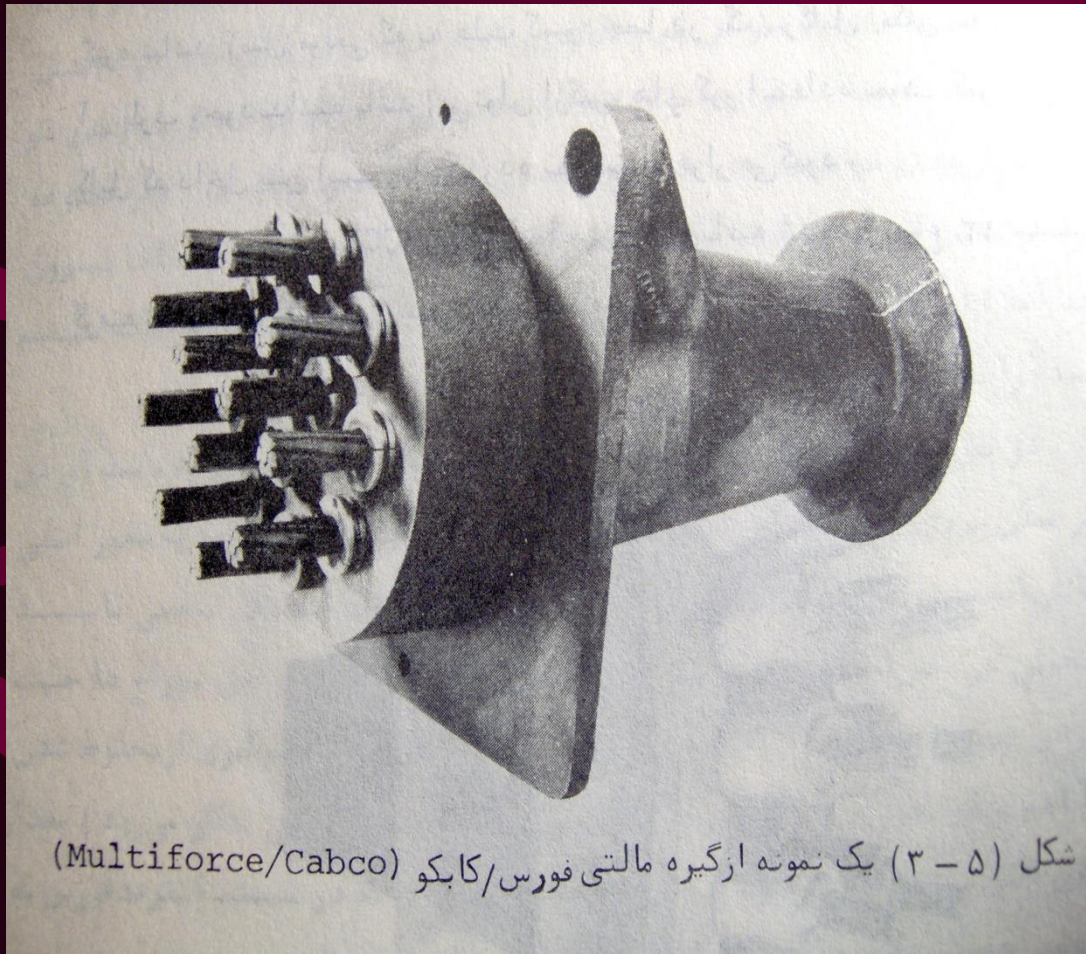


## ۴. سیستم پس کشیدگی (CCL)

☞ CCI سه سیستم اصلی دارد که در تمام آنها از سیم های بافته شده استفاده میشود و سیستم گیر داری آنها گوه ای میباشد



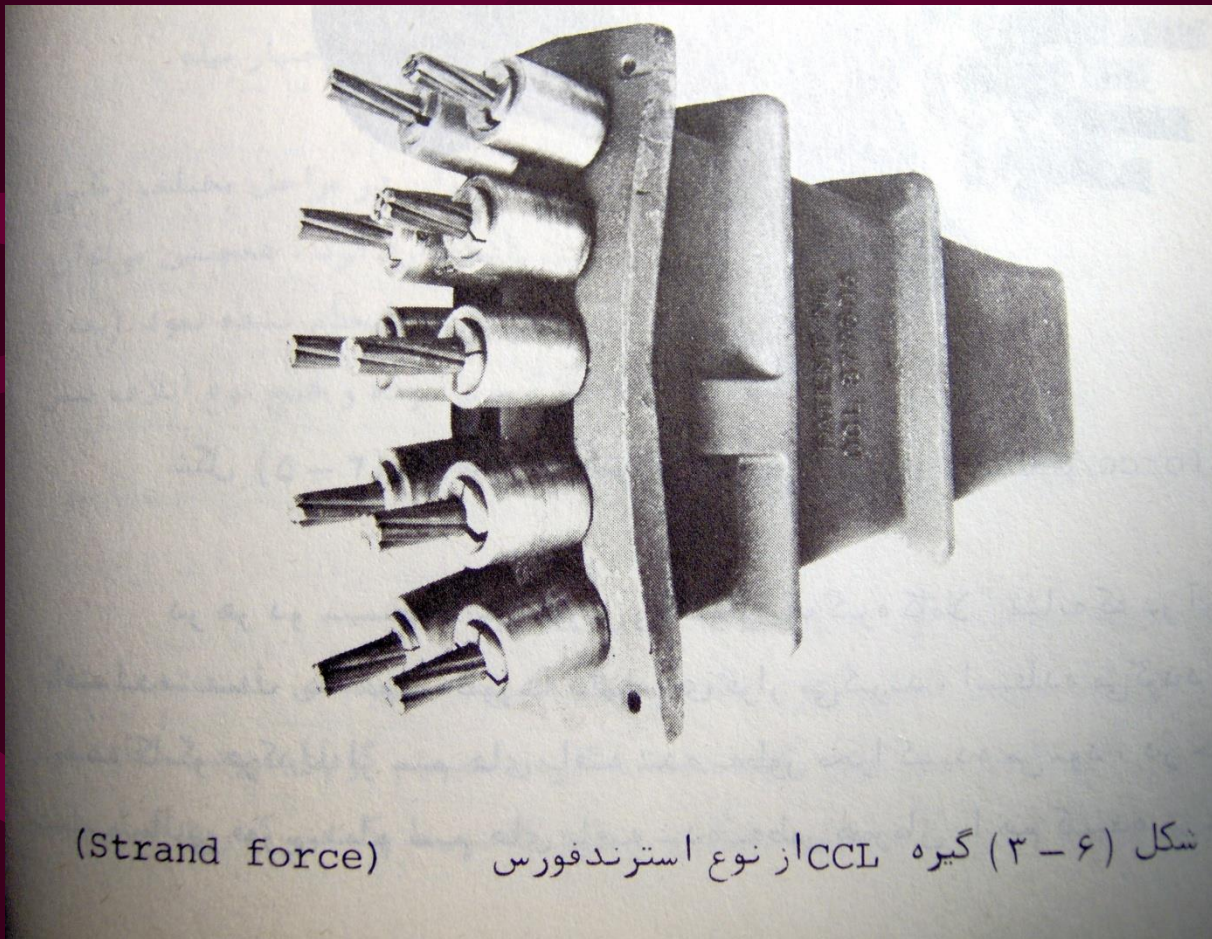
## ۴. سیستم پس کشیدگی (CCL)



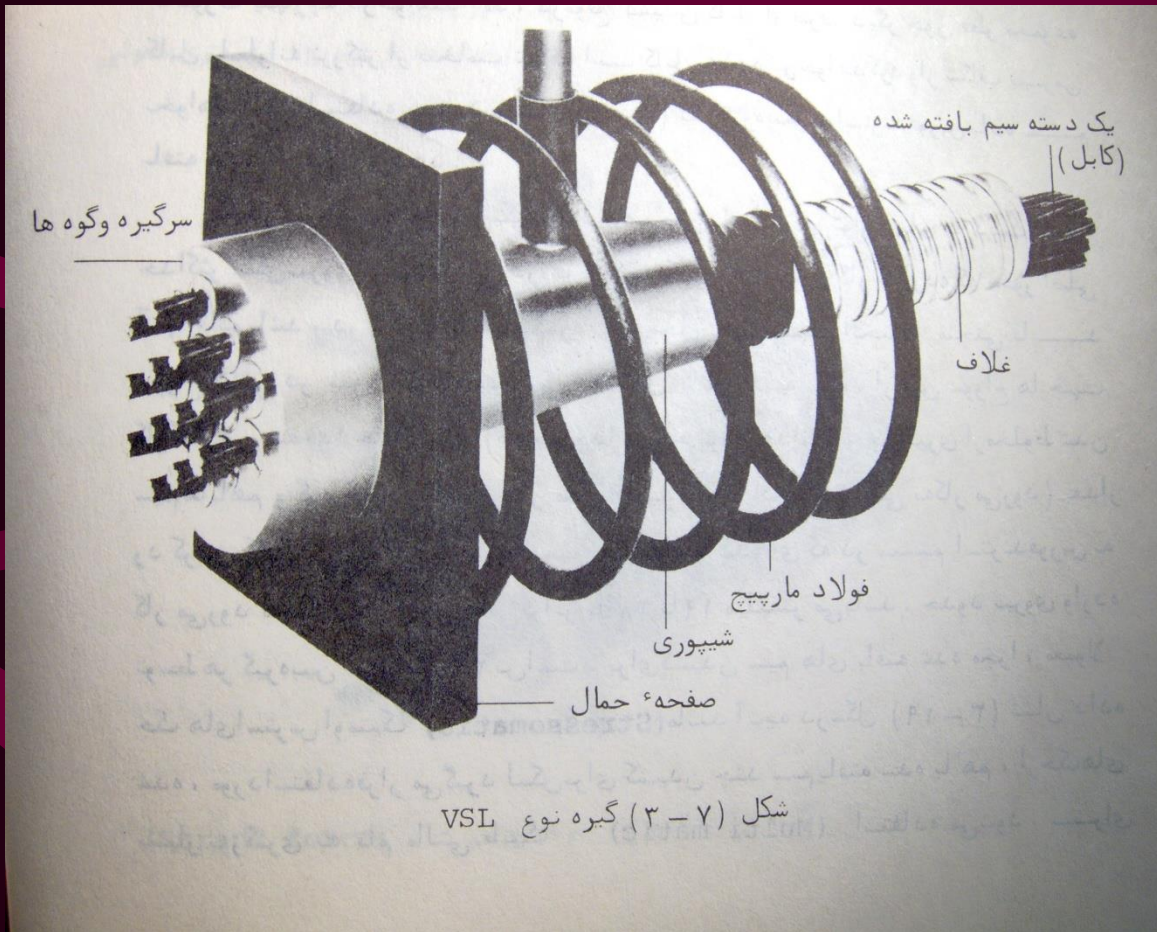
- ✓ در سیستم کابکو هر سیم مجزا کشیده میشود
- ✓ در مالتی فورس سیم ها همزمان کشیده میشوند
- ✓ گوه های هر سیم مجزا هستند

## ۴. سیستم پس کشیدگی (CCL)

سیم ها به صورت خطی در یک یا دو ستون قرار میگیرند و به طور مجزا کشیده میشوند



# ۵. سیستم پس کشیدگی (VSL) or (Losinger)

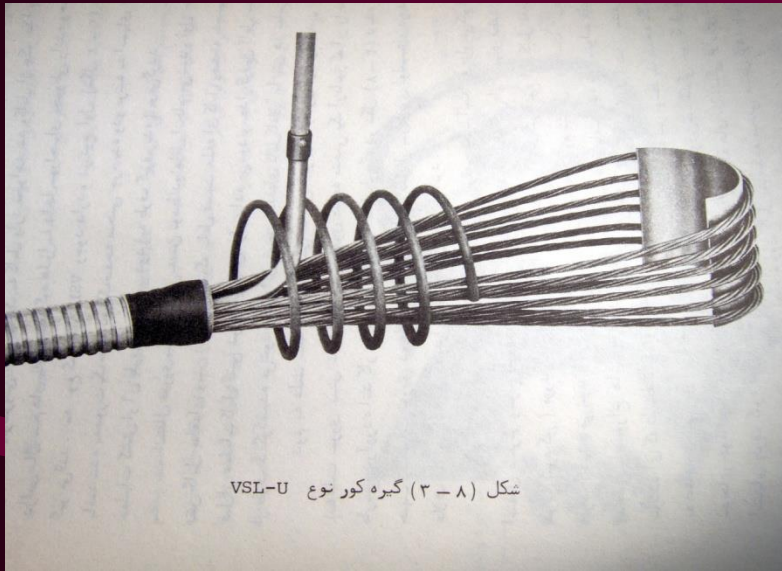


❖ گیره های (VSL) از نوع گوه ای است

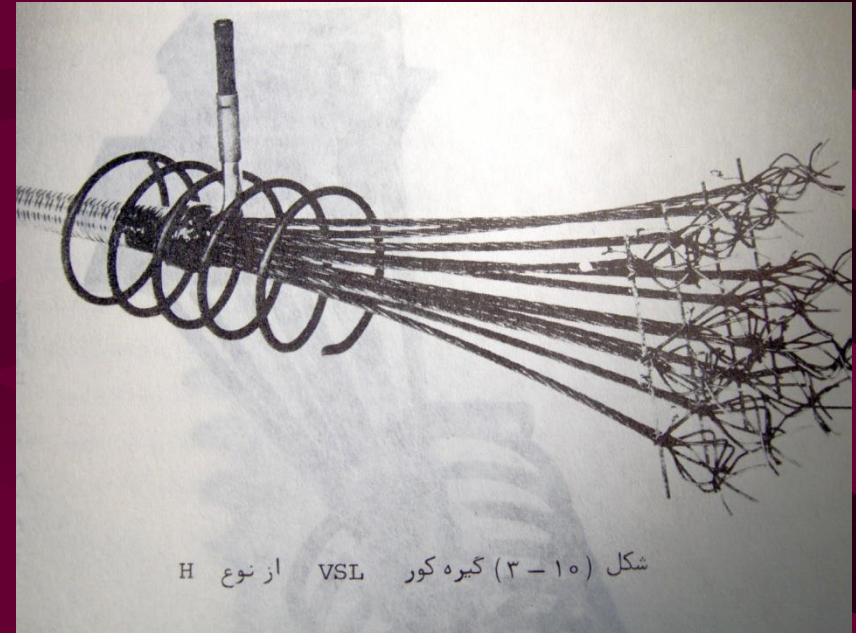
❖ تمام سیم ها با هم و به طور همزمان کشیده میشوند

# ۵. سیستم پس کشیدگی (VSL) or (Losinger)

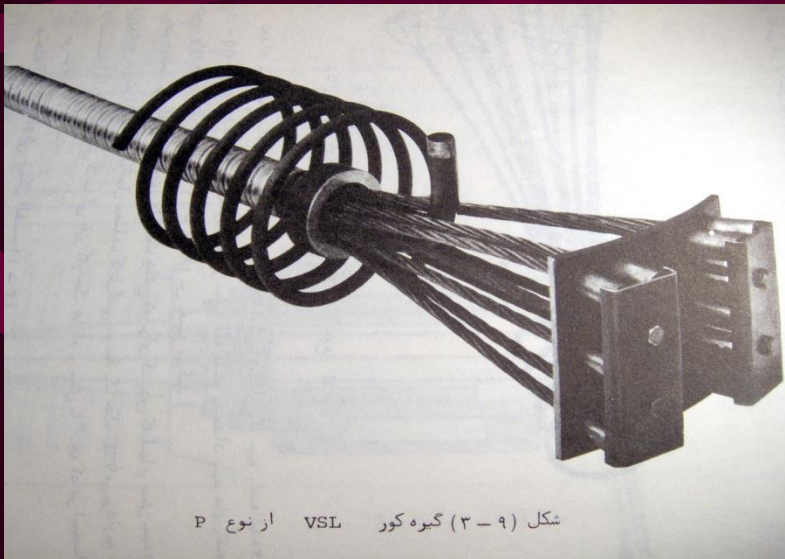
انواع گیره کور در سیستم (VSL)



شکل (۸-۳) گیره کور نوع VSL-U

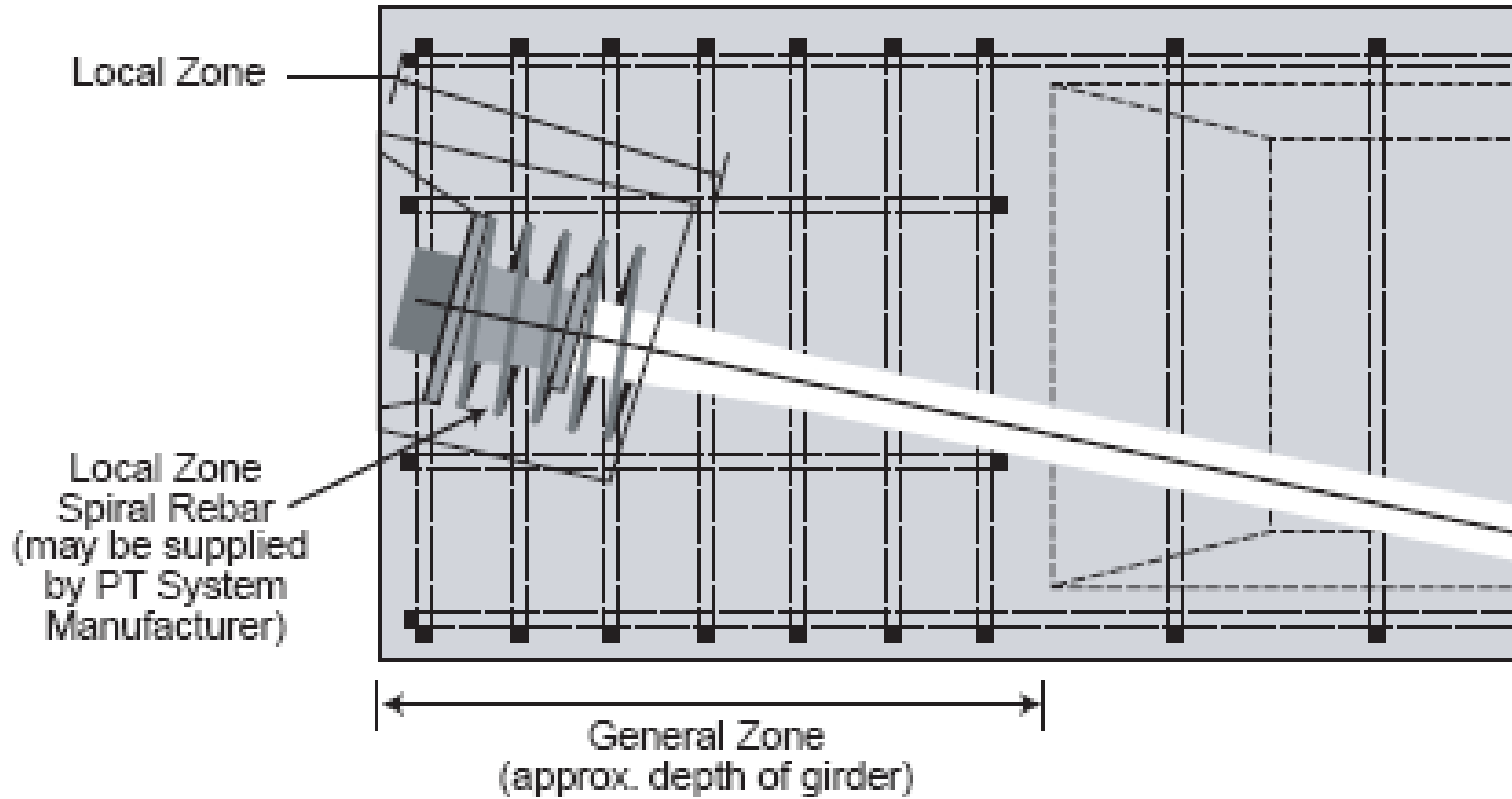


شکل (۱۰-۳) گیره کور VSL از نوع H

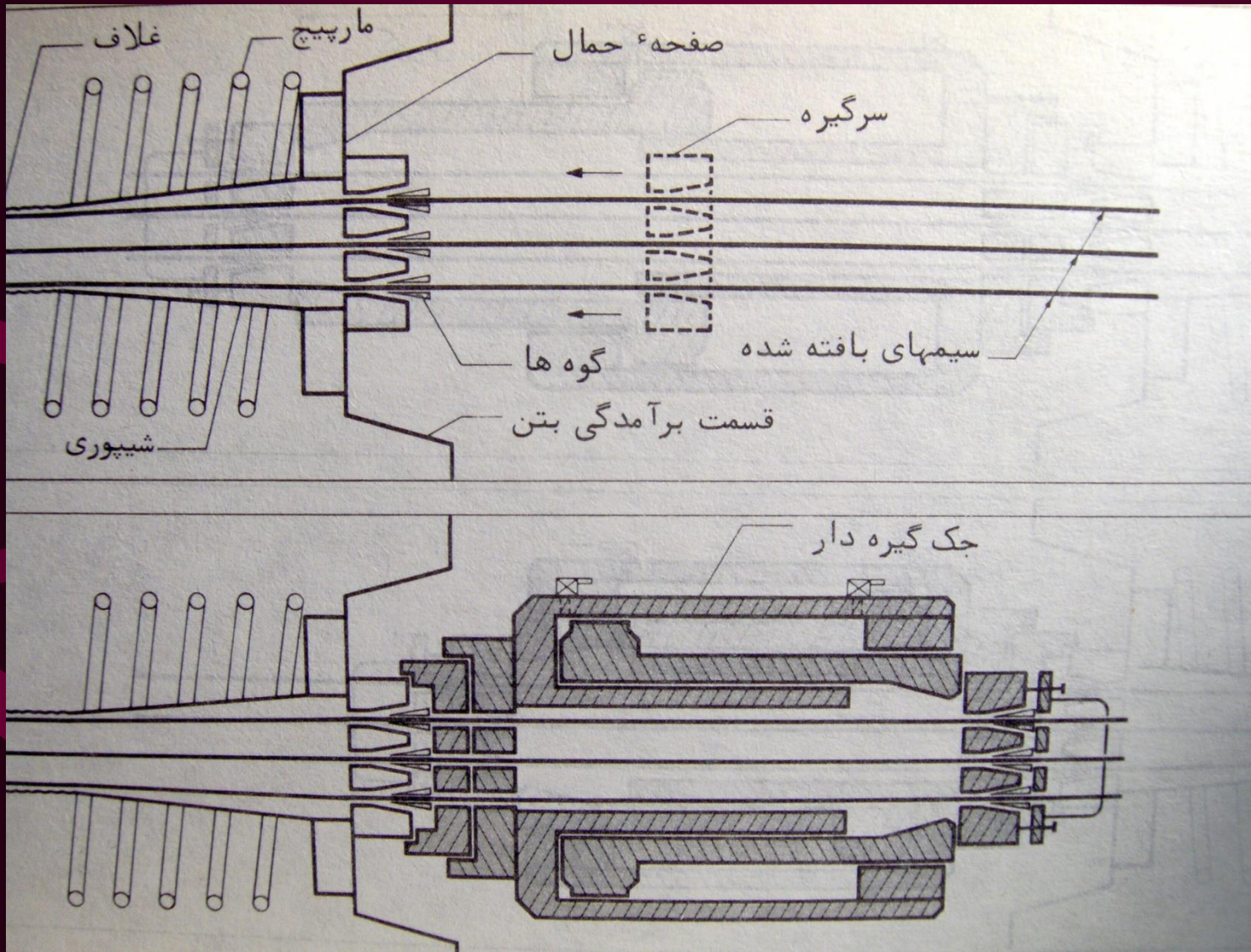


شکل (۹-۳) گیره کور VSL از نوع P

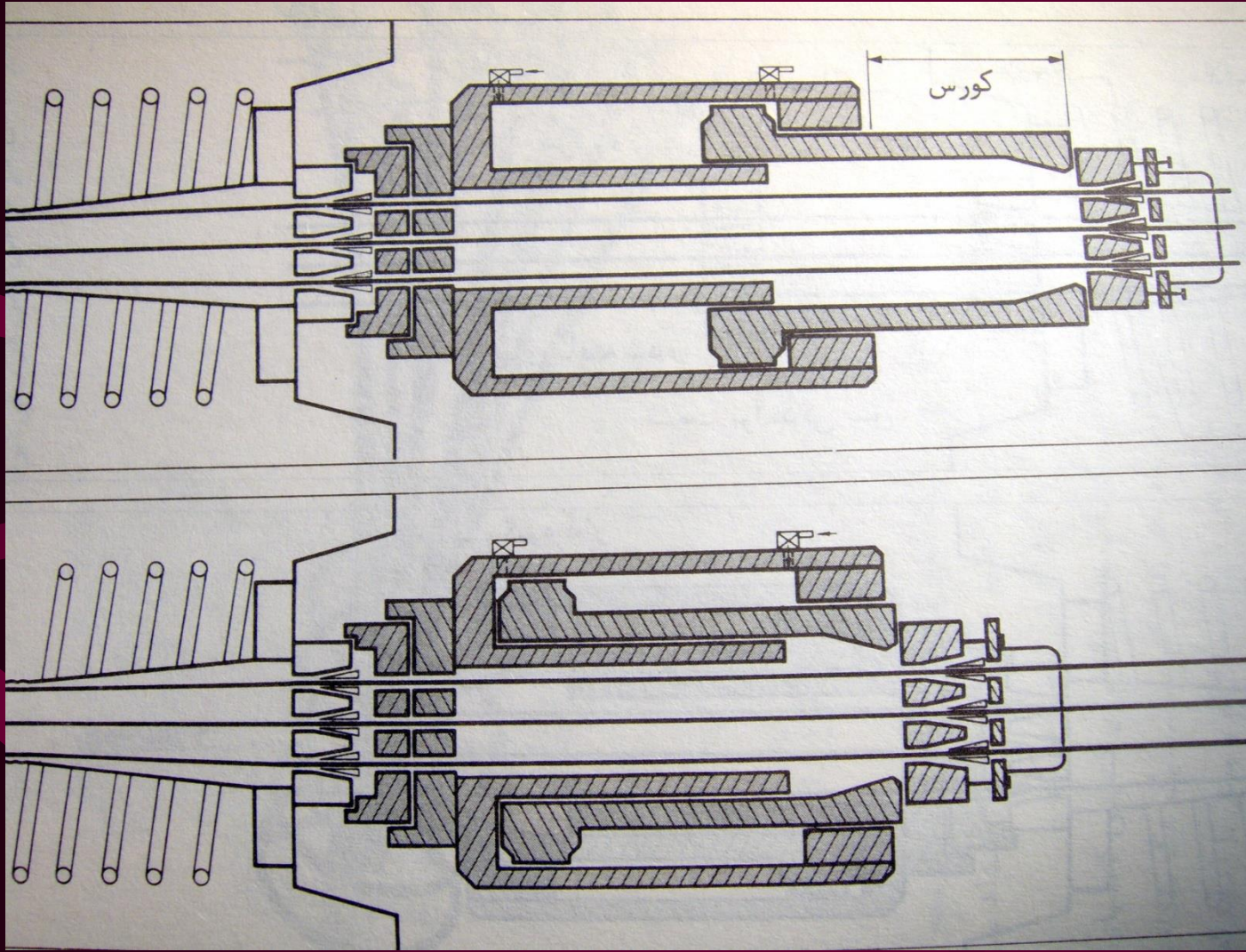
# ۵. سیستم پس کشیدگی (VSL) or (Losing)



# ۵. سیستم پس کشیدگی (VSL) or (Losinger)



# ۵. سیستم پس کشیدگی (VSL) or (Losinger)

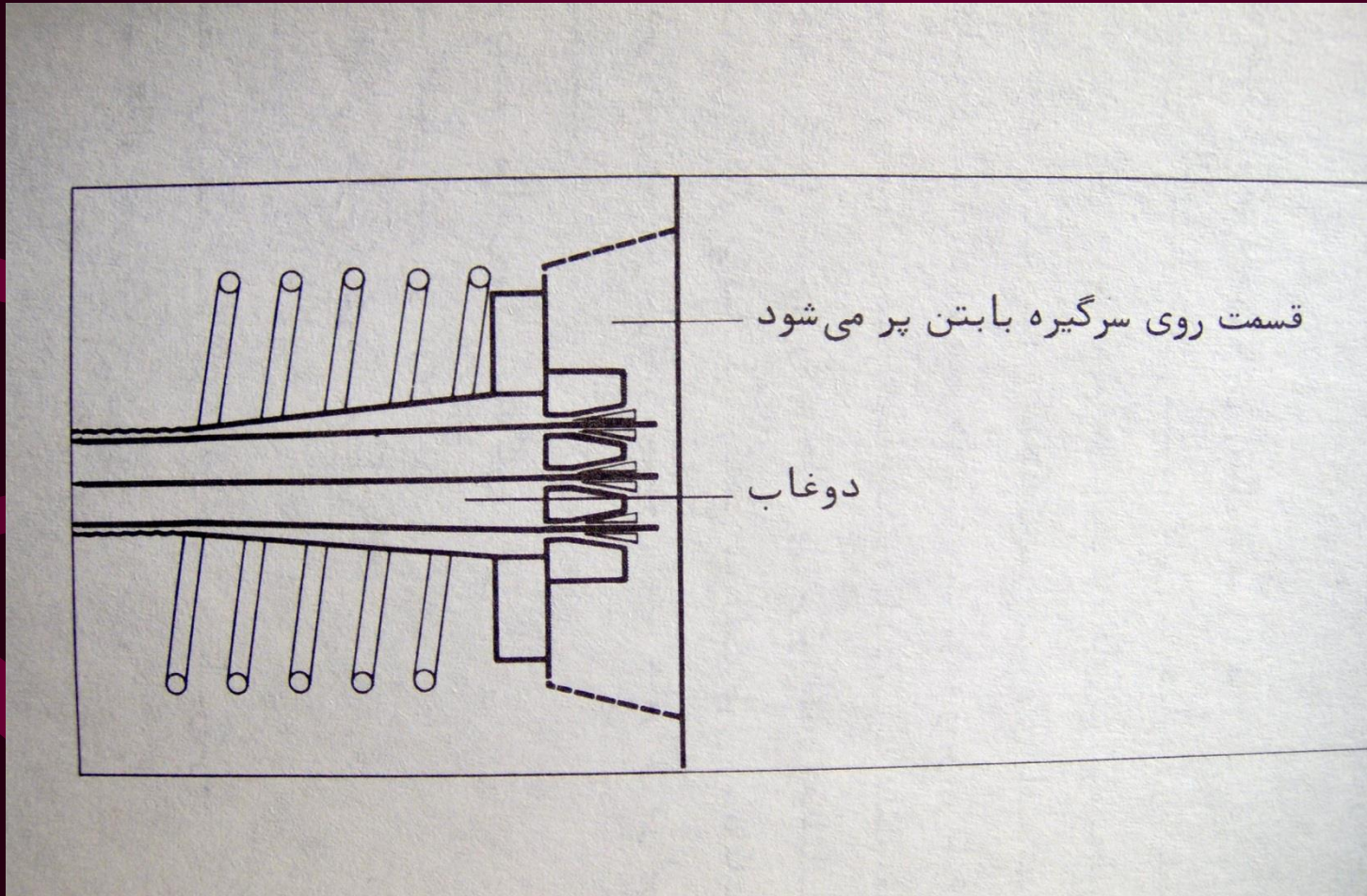


← 3

← 4

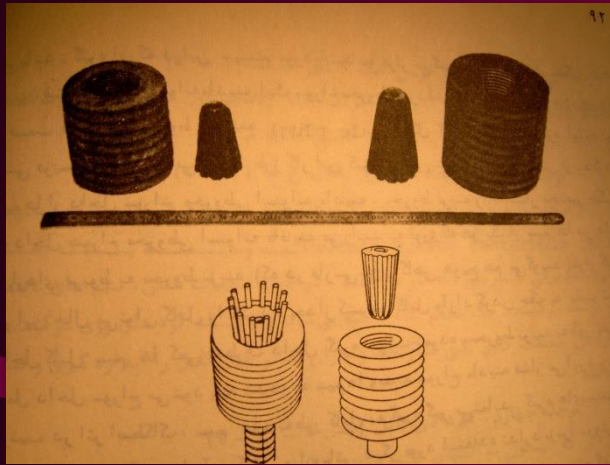


# ۵. سیستم پس کشیدگی (VSL) or (Losinger)



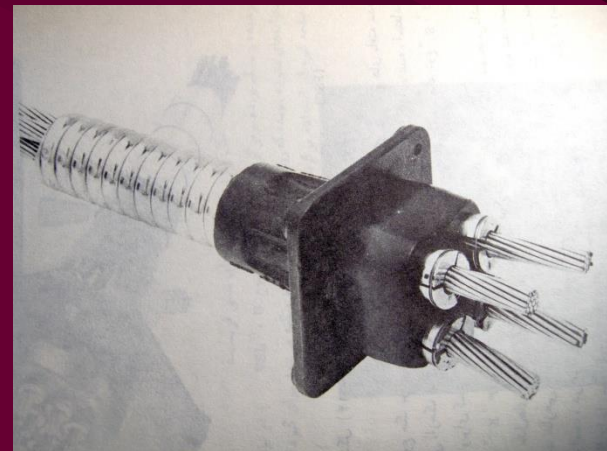
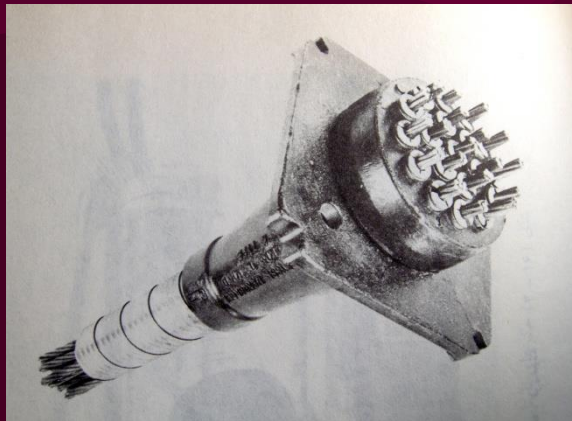
← 5

# ۶. سیستم پس کشیدگی (PSC) یا فریسینه (Freyssinet)



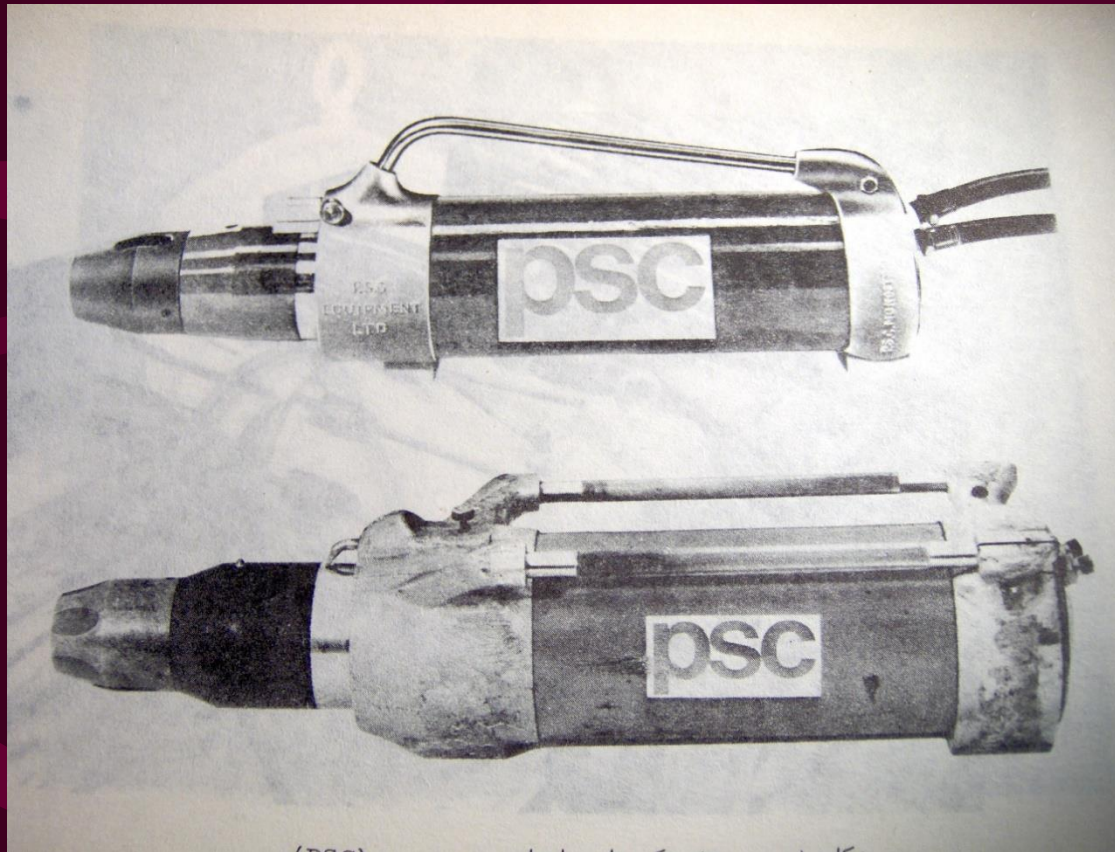
گیره هایی شبیه سیستمهای (VSL) و (CCL) علاوه بر گیره های خود دارد

زاویه خروج سیم ها واگرا است



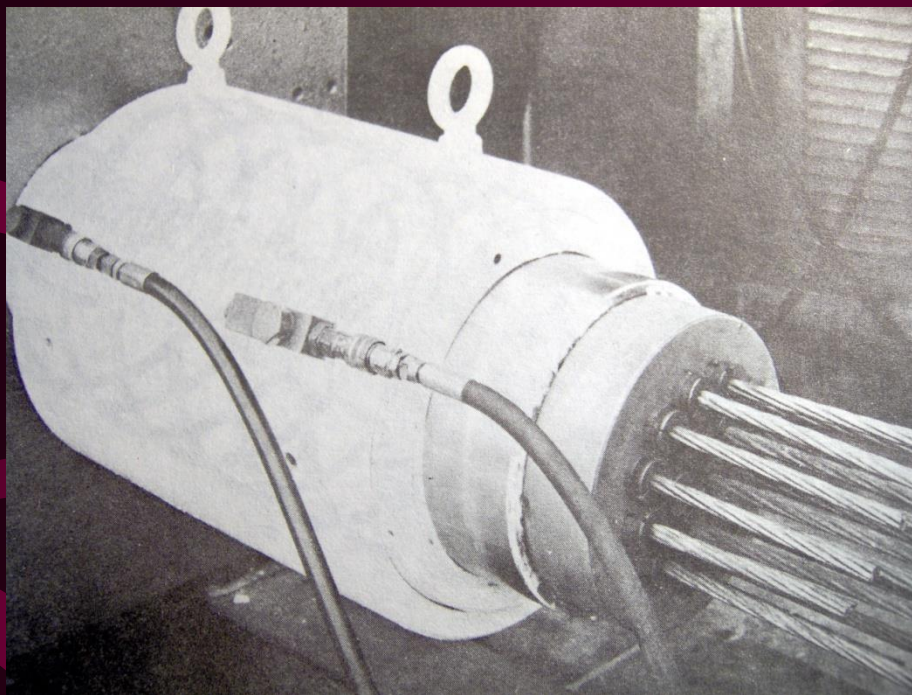
# ۶. سیستم پس کشیدگی (PSC) یا فریسینه (Freyssinet)

برای کشیدن سیم های بافته شده به صورت تکی از جک تایتان استفاده میشود

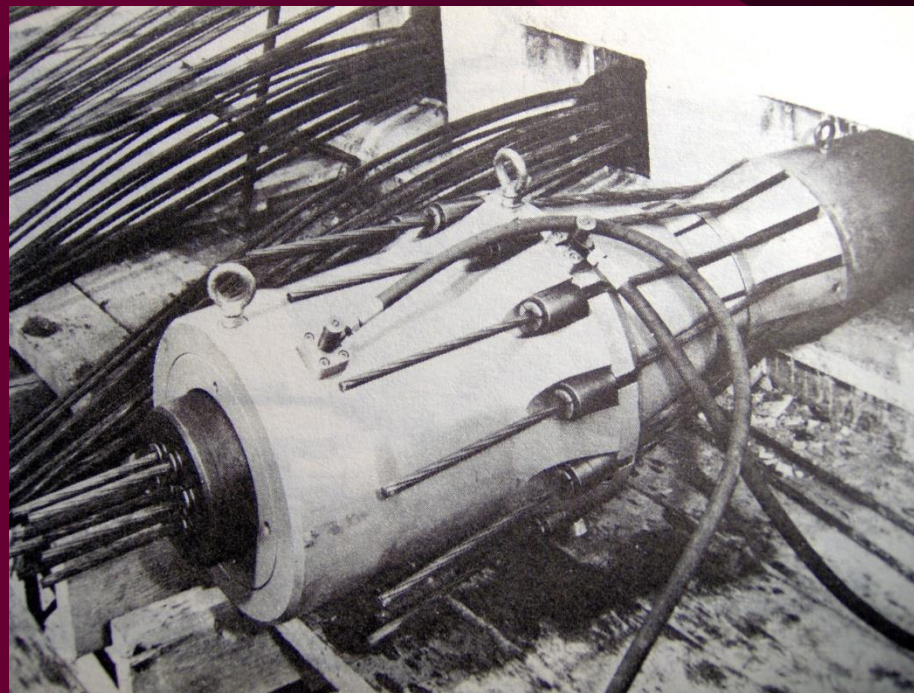


# ۶. سیستم پس کشیدگی (PSC) یا فریسینه (Freyssinet)

برای کشیدن سیم های بافته شده به صورت چند تایی جک های نوع **S**؛ **T**؛ **K** استفاده میشود



← مدل **K** برای وارد کردن نیروهای بزرگ



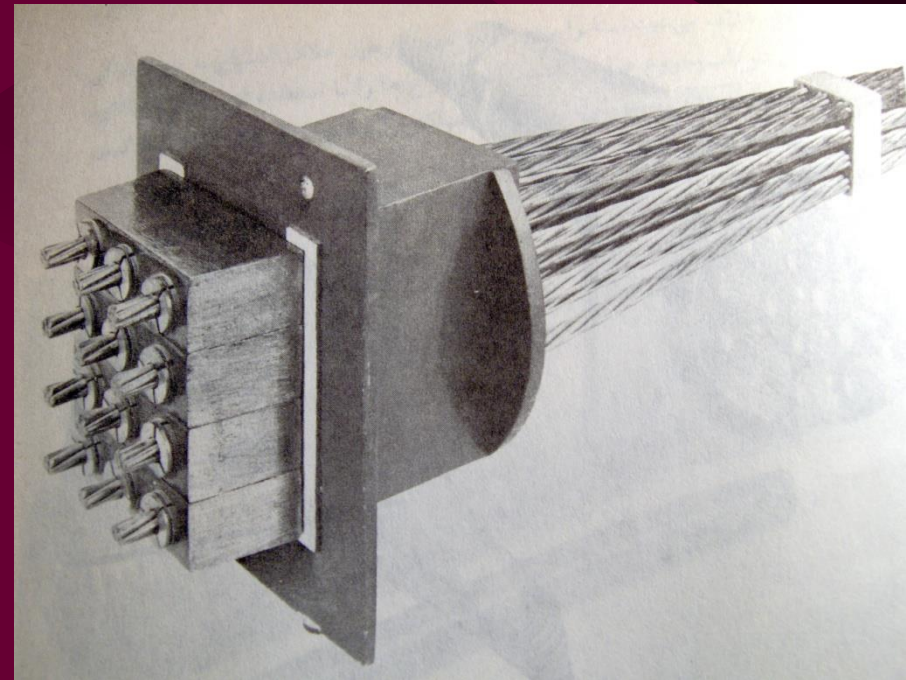
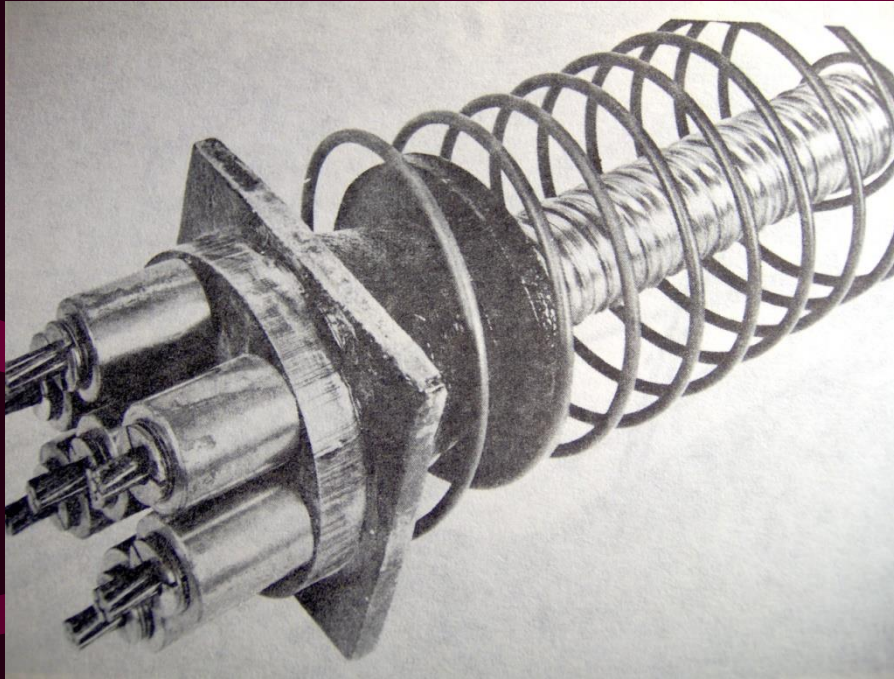
→ مدل **S** و **T** برای وارد کردن نیروهای کوچک و متوسط

# ۷. سیستم پس کشیدگی (SCD)

دو نوع سیستم گیره

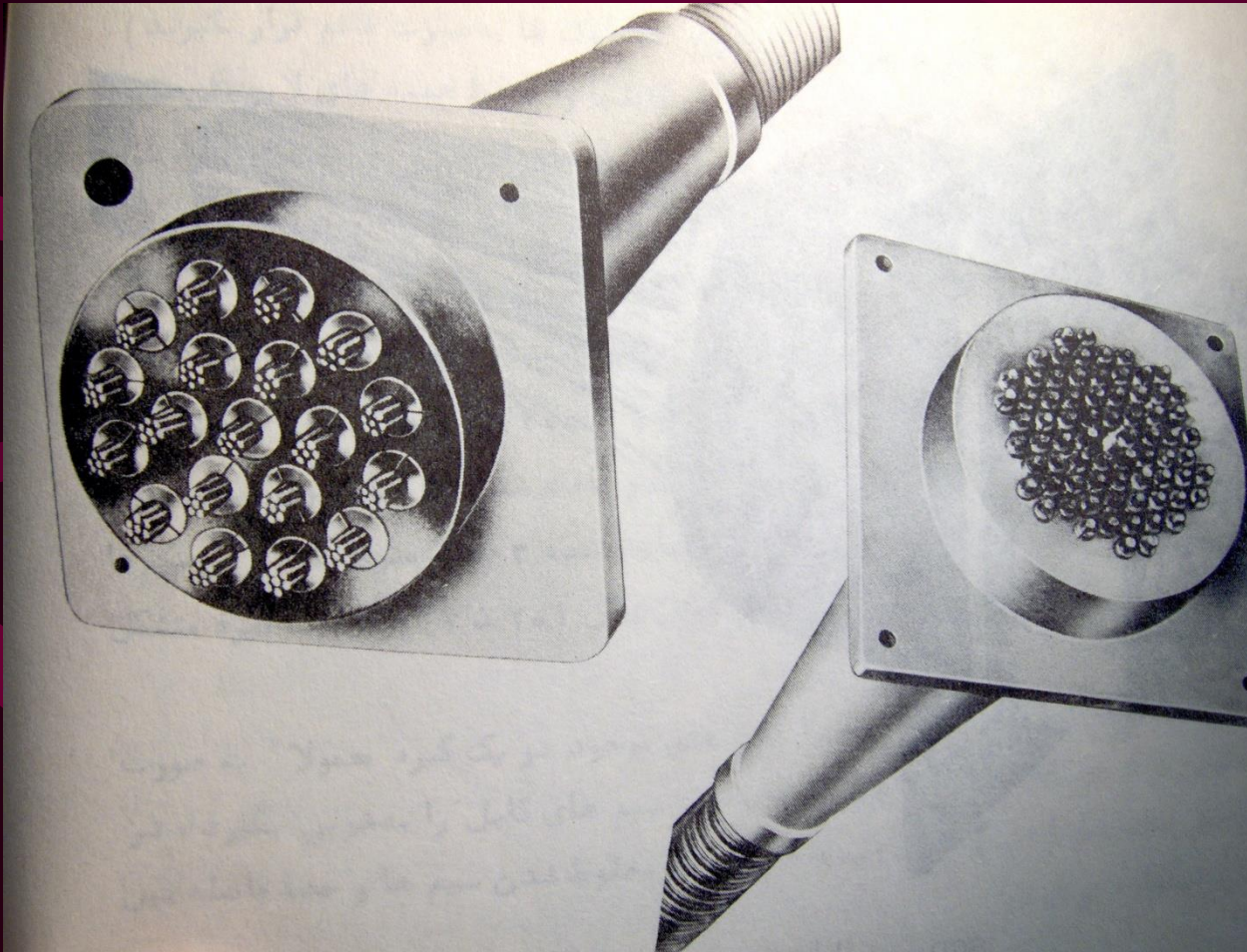
۱. دایره ای

۲. مربع مستطیلی



# ۱. سیستم پس کشیدگی استرانگ هولد (Stronghold)

سر سیم ها به صورت دکمه یا گوه‌ای میباشد



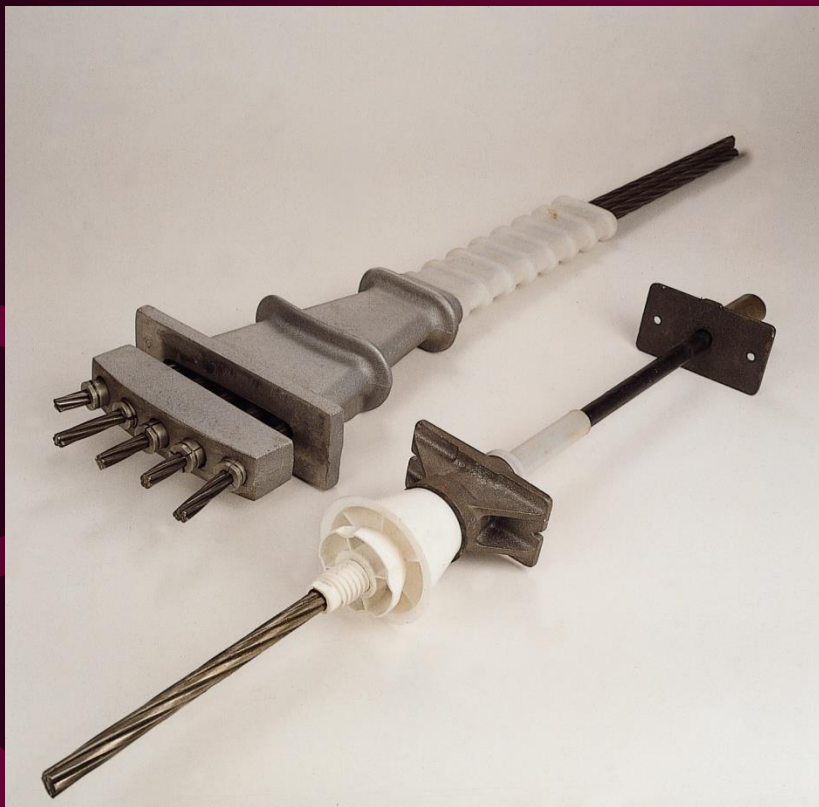
### 3. مهارهاي انتهايي

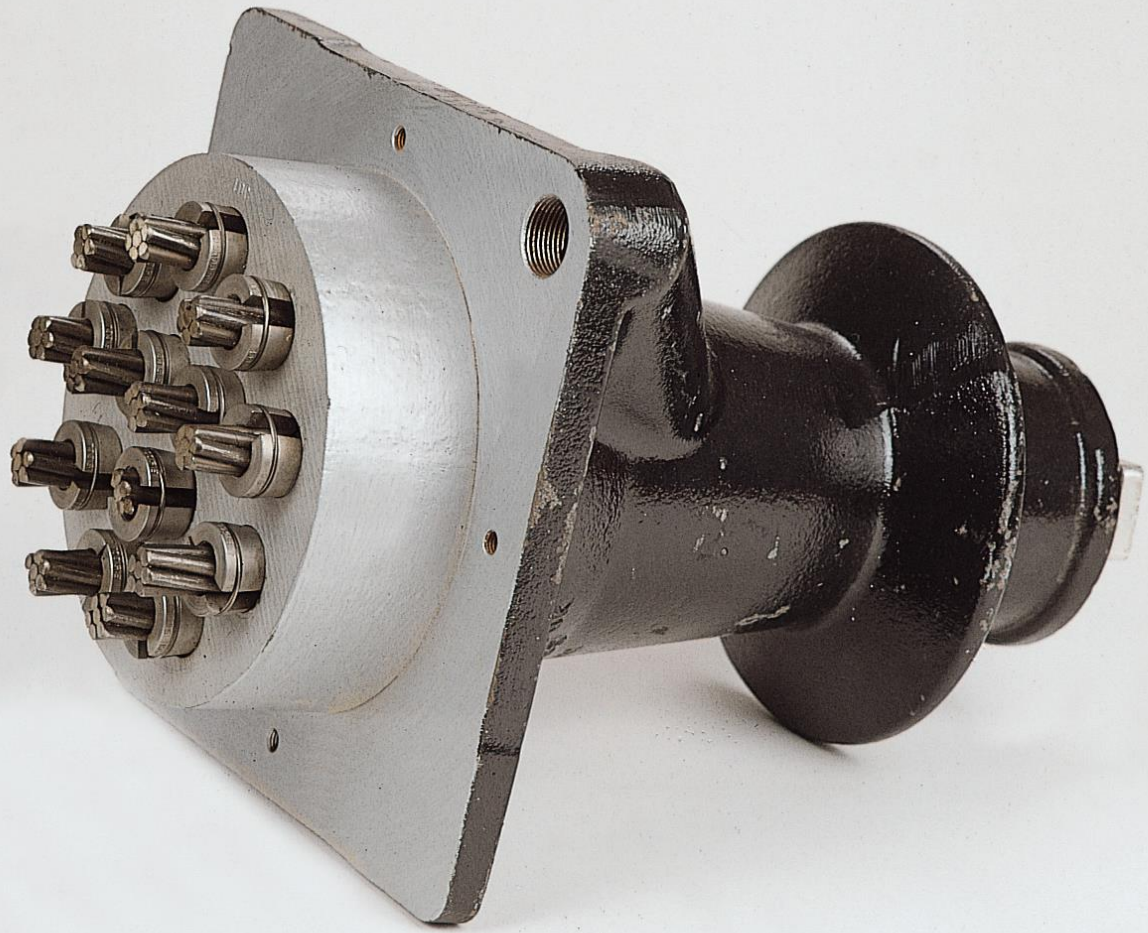
براي نگهداشتن كابلها در حالت  
كشيده و انتقال نيروي آنها به  
بتن به كارمي روند. شامل

➤ گوه

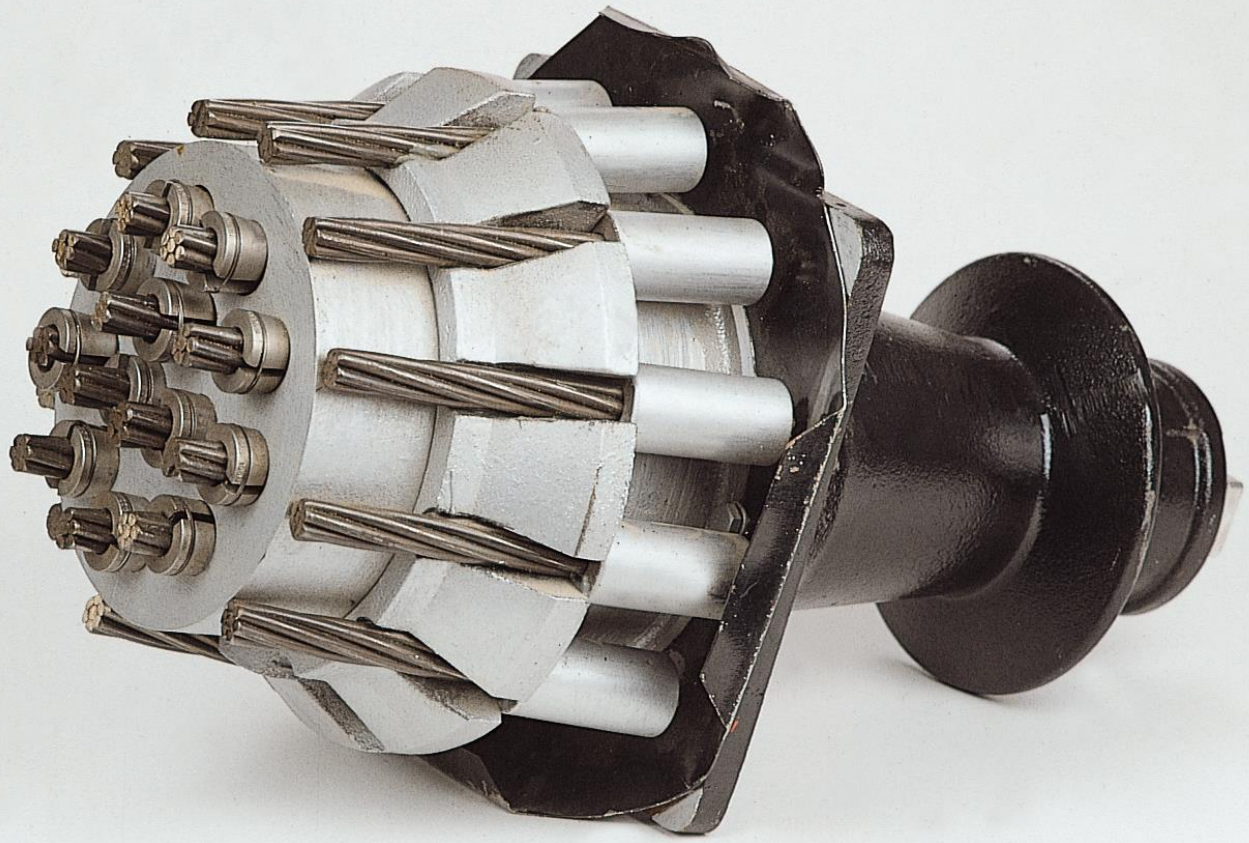
➤ شپوري Anchorage

➤ Bearing plate

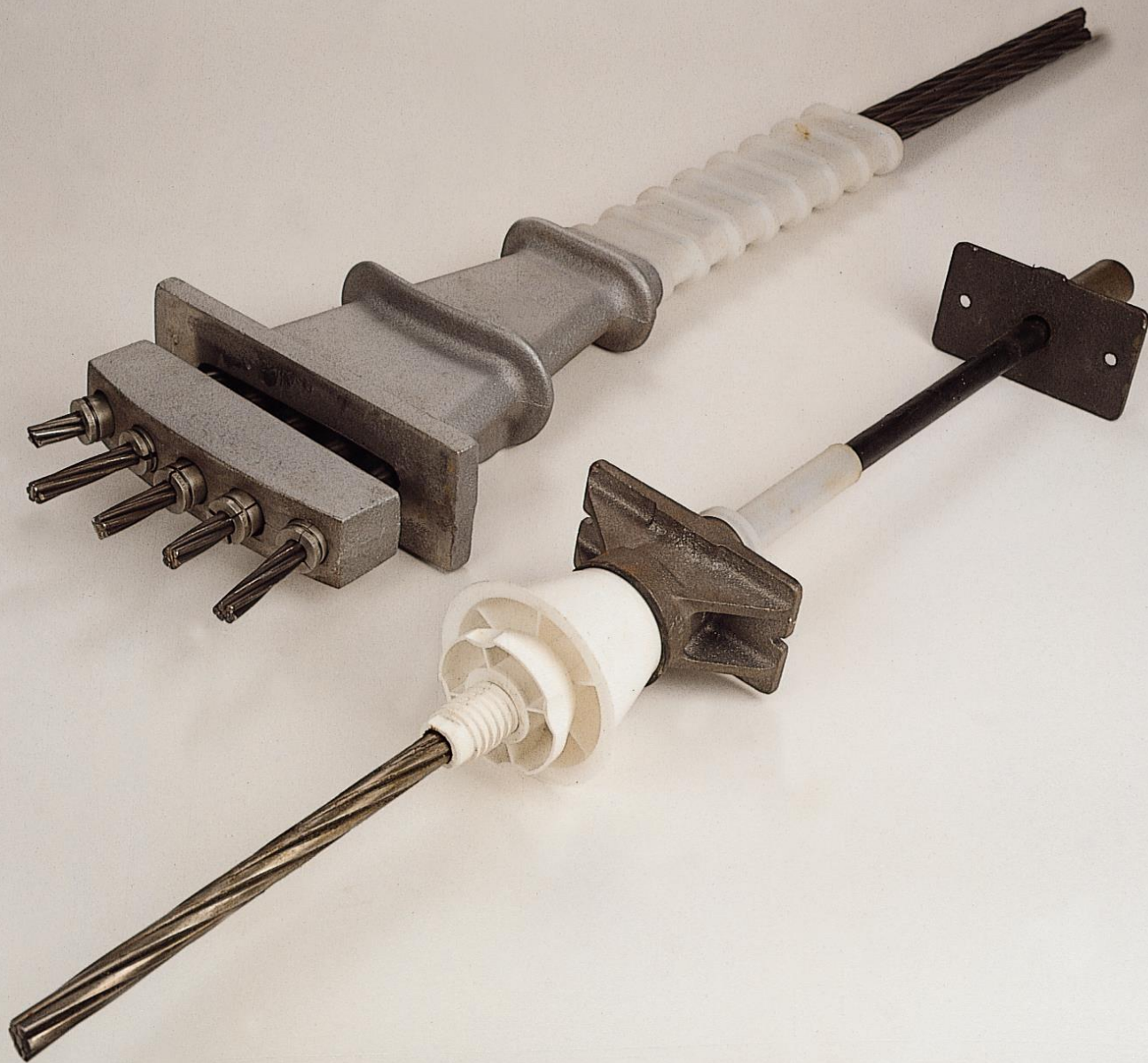










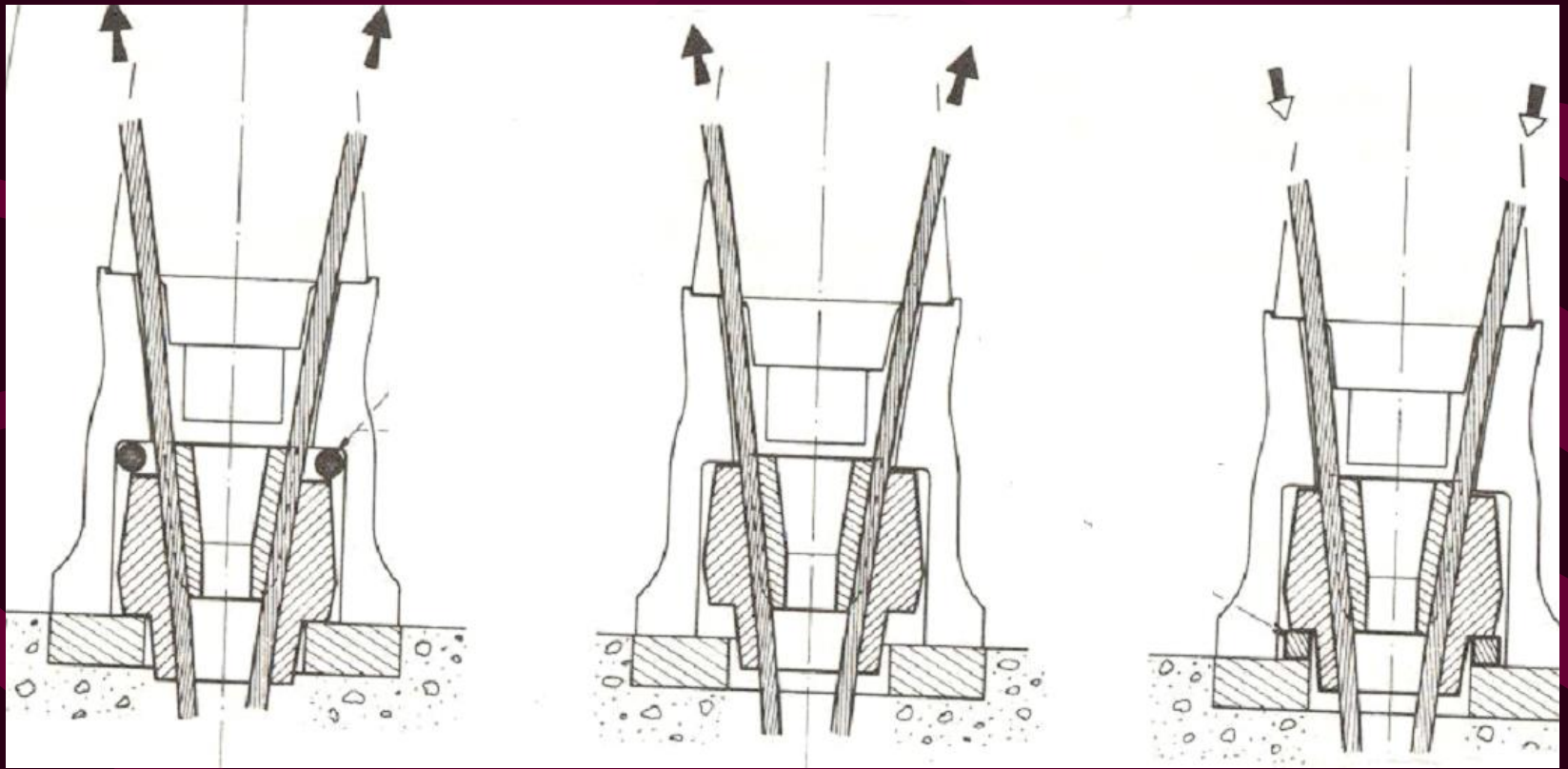


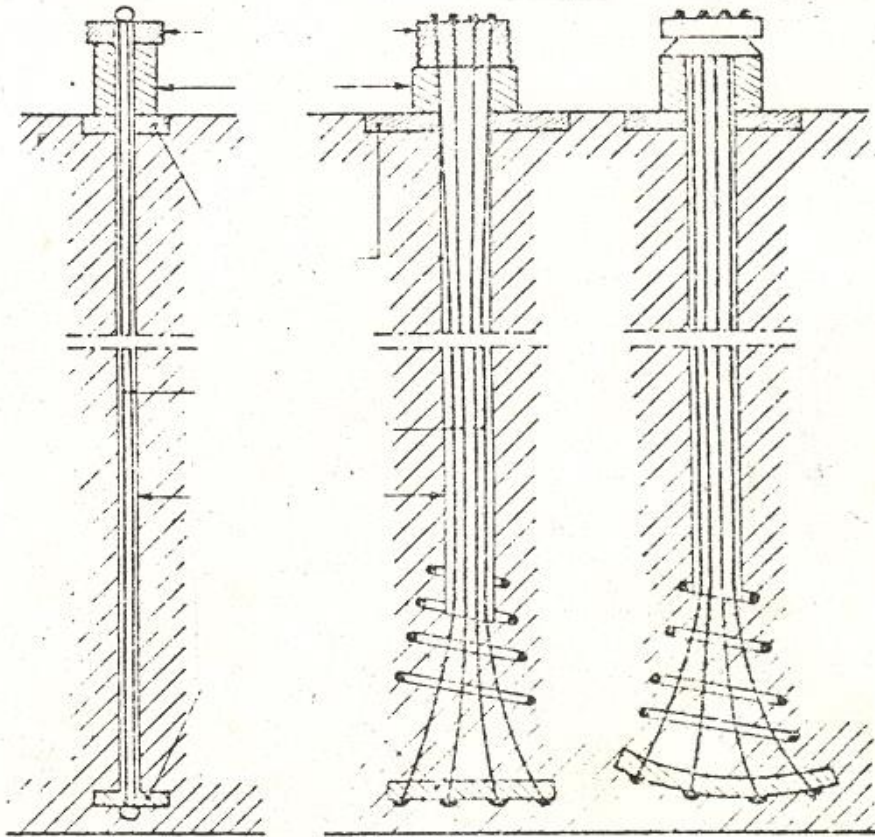
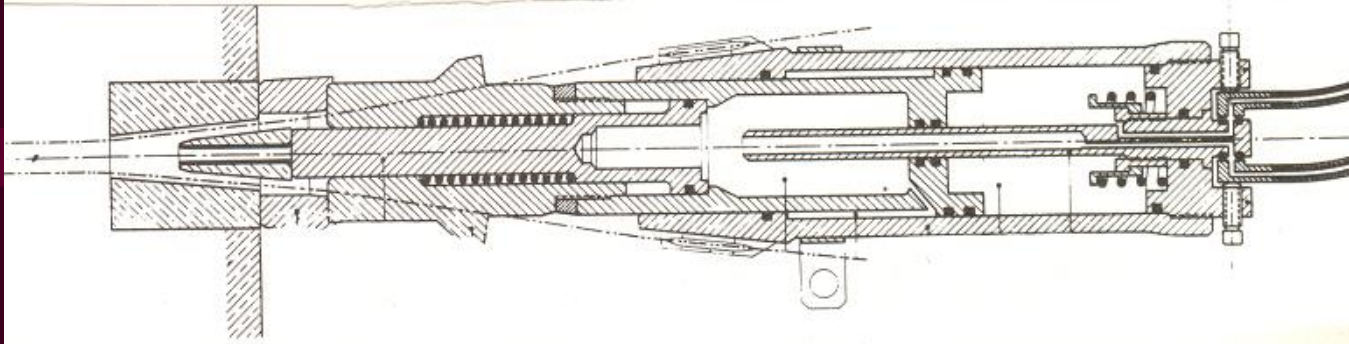


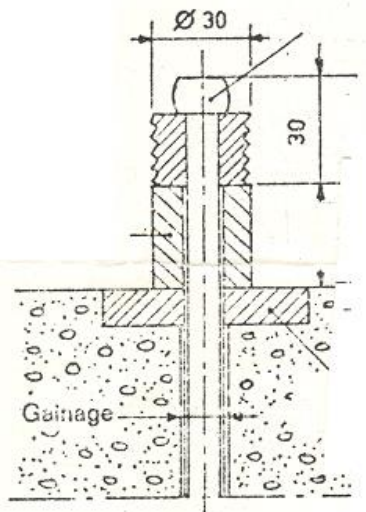
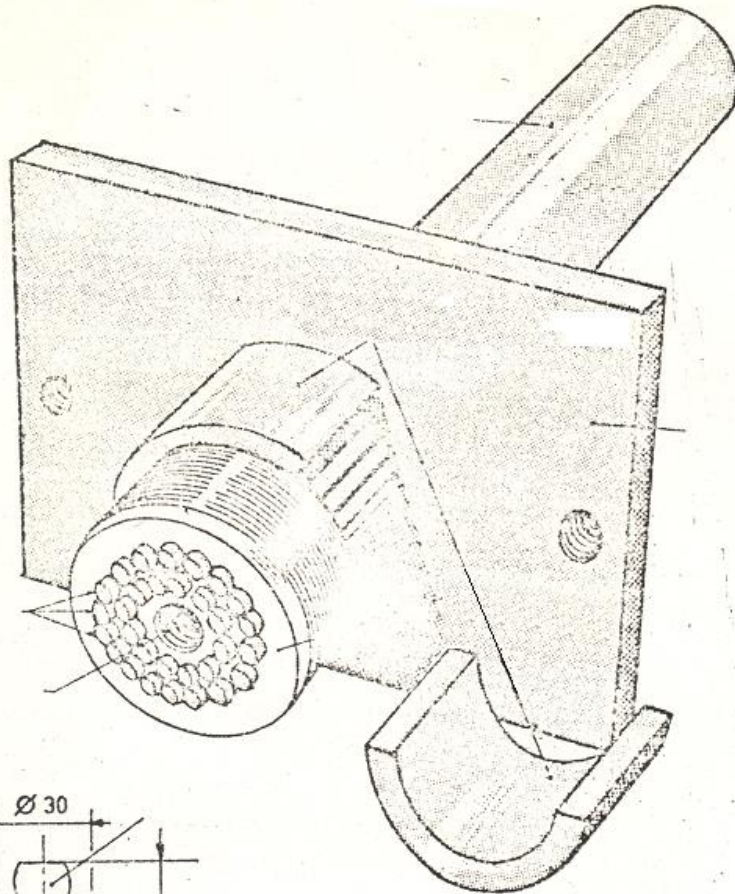
## 5. جک

در انواع مختلف وجود دارد.  
جک مورد استفاده  
از نوع هیدرولیکی و  
برقی است و 5/1 متر طول  
دارد. ظرفیت آن یک کابل است.

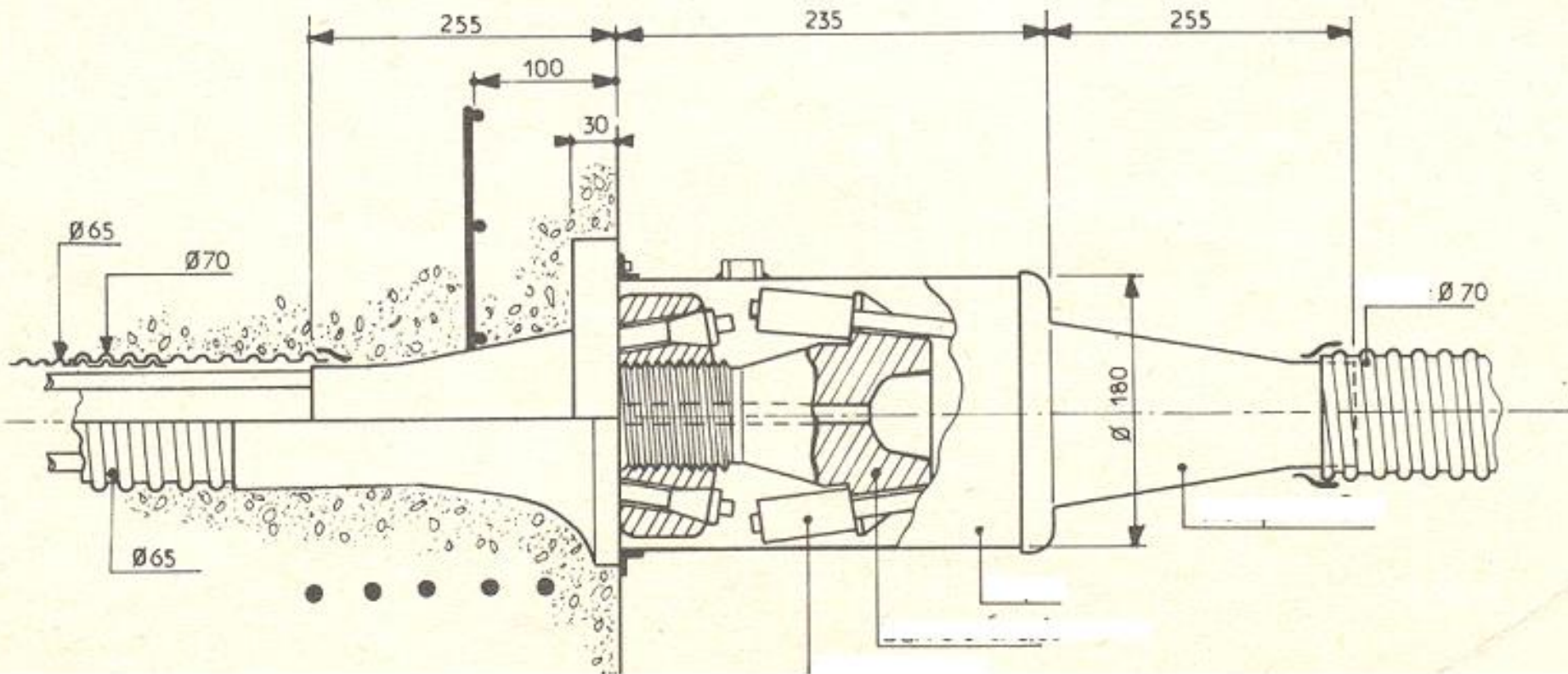


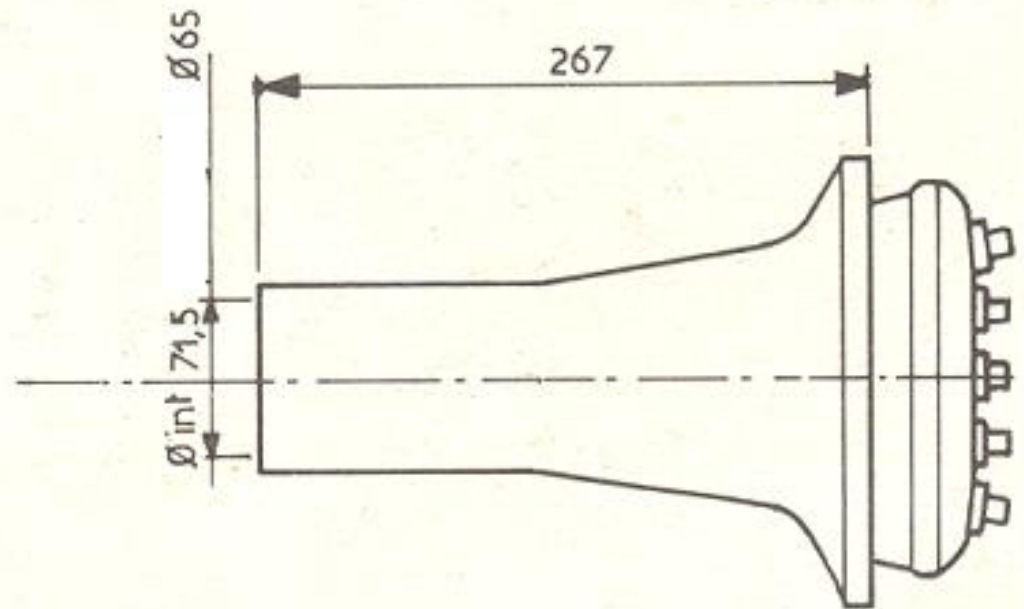
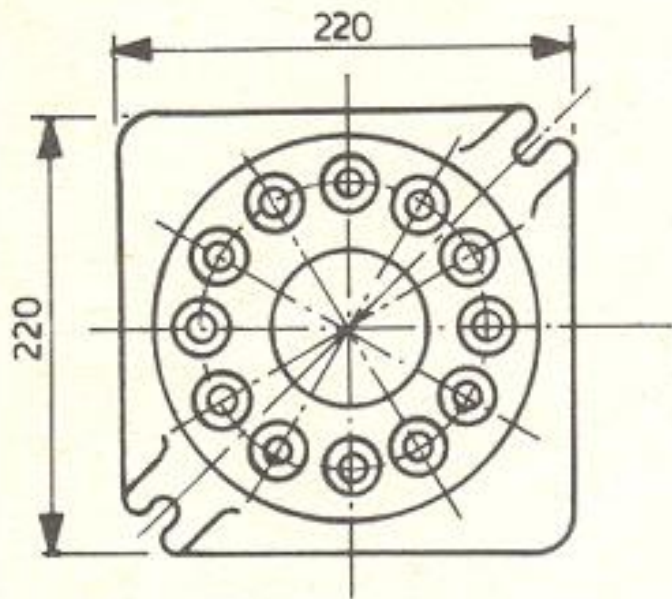
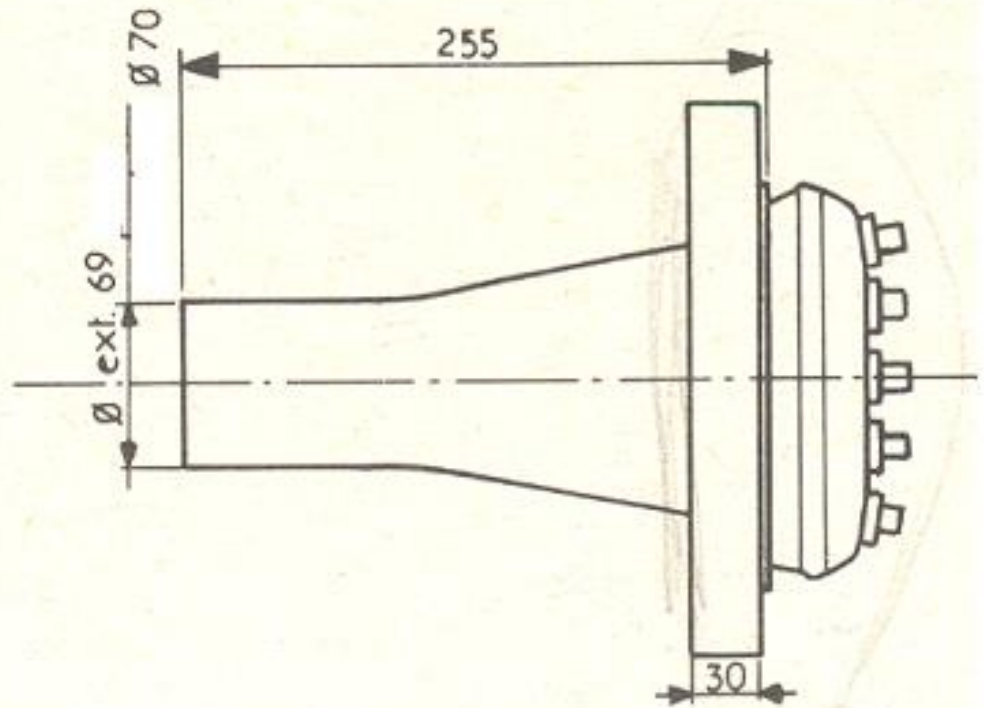
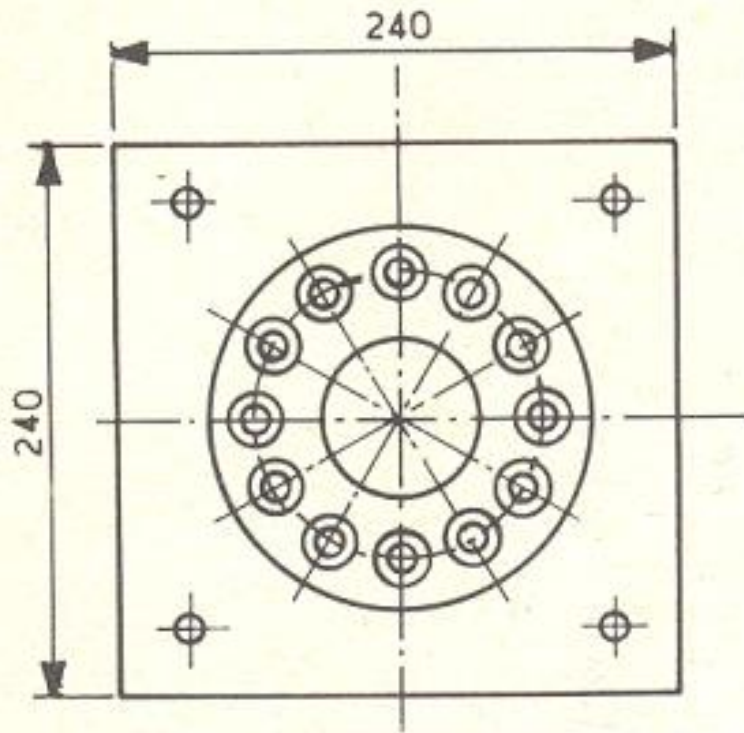


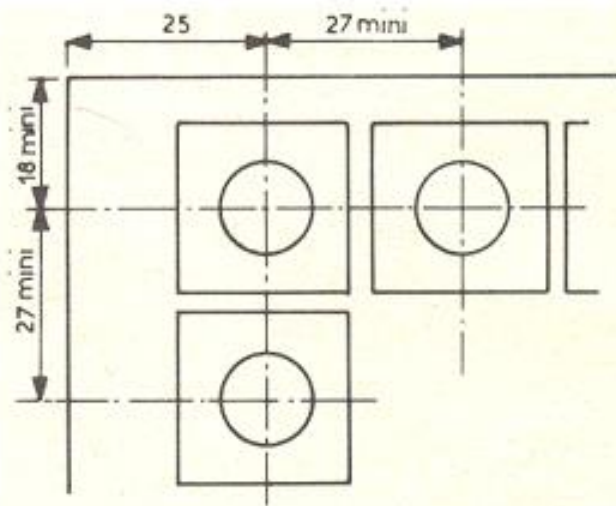
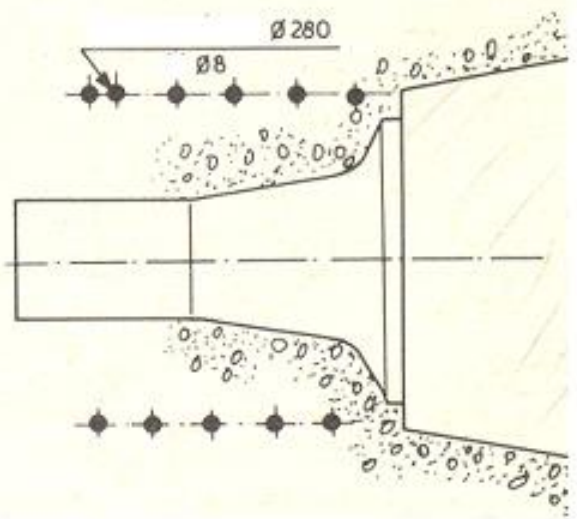
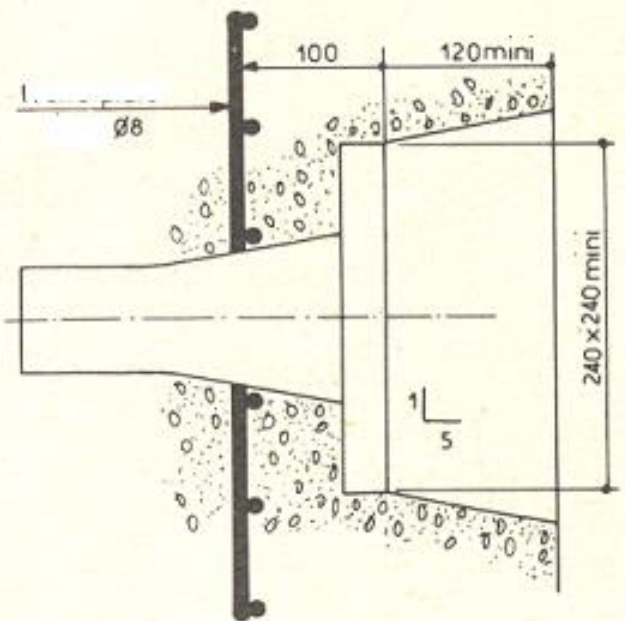














## 4. گروت

از آب سیمان و ماده منبسط شونده  
و گاهی ماسه تشکیل شده.

بعد از کشش کابلها با پمپ

مخصوص از طریق گروت ونت در

غلاف تزریق می شود.

چسبندگی بین کابل و بتن

تامین می شود.



# تجهيزات ريختن دوغاب



Digital Volumeter



Void Volume Measurement



Grout Pump



Vacuum Grout Injection

Figure 4.2 – Vacuum Grouting Equipment

# مشخصات مصالح مصرفی

بتن

فولادهای پیش تنیدگی

مشخصات	۱ Ø <sub>۸</sub>	۱ Ø <sub>۱۲</sub>	۱ T <sub>۱۳</sub>	۱ T <sub>۱۰</sub>
سطح مقطع $mm^2$	۵۰۳	۱۱۳	۹۴	۱۴۰
نیروی کششی ماکزیمم (KN)	۷۵	۱۴۰	۱۴۰	۲۱۰
تنش کششی ماکزیمم (MPa)	۱۴۹۰	۱۲۴۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰

## مراحل ساخت قطعه پیش کشیده

- 1- قالب بندی قطعات پیش ساخته
- 2- نصب کابل‌های پیش تنیدگی
- 3- کشیدن کابلها به میزان مورد نظر
- 4- بتن ریزی در قالب
- 5- عمل آوری بتن و رساندن آن به مقاومت مورد نظر
- 6- قطع کابلها و باز کردن قالب



# ویژگیهای پیش کشیدگی

- استفاده در قطعات پیش ساخته
- نیاز به قالبهای مخصوص و بستهای محکم
- نیاز به کارخانه و انبار و تجهیزات ساخت و حمل
- کنترل کیفیت کارخانه ای
- انتقال نیرو تنها از طریق چسبندگی بین کابل و بتن
- وجود درز بین قطعات

# پس کشیدگی

انتقال تمام نیروی کابلها به بتن با کمک ابزارانتهایی



امکان استفاده از هر نوع قالب عادی



عدم نیاز به کارخانه و تجهیزات حمل سنگین



امکان اجرای پلانهای معماری متنوع



عدم وجود درز در بتن



# انواع سیستم‌های پس کشیده

Bonded

چسبیده ➤

Unbonded

غیر چسبیده ➤

## سیستم چسبیده

پر کردن غلافها با دوغاب گروت پس از کشیدن کابلها

هر غلاف 3 تا 5 کابل را پوشش می دهد.

## سیستم غیر چسبیده

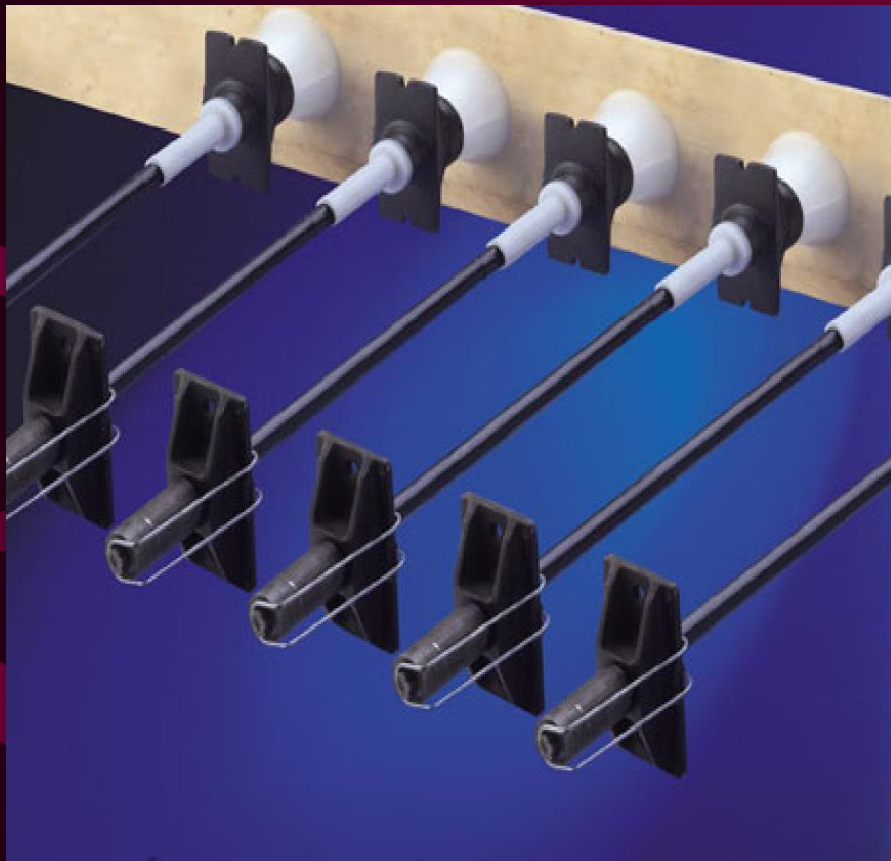
غلافها با گروت پر نمی شود.

معمولا هر غلاف تنها یک کابل را پوشش می دهد.

# سیستم غیر چسبیده

## مزایا

- ❖ امکان تعویض کابلها در صورت خوردگی
- ❖ امکان بازرسی جهت تعمیر و نگهداری در صورت استفاده خارجی
- ❖ ظاهر شدن علائم هشداردهنده قبل از خرابی در صورت اشکال
- ❖ مقرون به صرفه بودن در ساخت دالهای سقف
- ❖ دستیابی به بیشترین خروج از مرکزیت با قرار دادن کابلها نزدیک به سطح خارجی بتن
- ❖ سرعت بالایی ساخت به دلیل عدم تزریق دوغاب



## معایب

زمان بر بودن نصب آنها ❁

عدم وجود چسبندگی بین کابل و ❁

فولاد و در نتیجه عدم عملکرد

یکپارچه در هنگام زلزله.

ایمپنی کمتر آنها (قطع آنها) ❁

# مزایای پس کشیدگی



➤ معماری

➤ سازه ای

➤ اقتصادی

➤ مزایای ویژه