سیویلرن

مرجع طراحی و محاسبات ساختمان

# ورکشاپ دالهای پیش تنیده

ارائه ای از مهندس امین خواجه

۳۱ شهریورماه ۹۴

www.Civilearn.com

# فهرست مطالب

- مفهوم پیش تنیدگی
- مزایای پیش تنیدگی
- مصالح بتن پیش تنیده

و لزوم استفاده از بتن و فولاد با مقاومت بالا

- مروری بر انواع روشهای پیش تنیدگی
- ادوات پیش تنیدگی

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

## - مقدمه

در سالیان اخیر استفاده از دالهای پیش تنیده در کشور عزیزمان رشد و توسعه فراوانی داشته است. با این وجود مراجع محدودی در اختیار مهندسین طراح قرار دارد. حتی مبحث نهم مقررات ملی عینا نشریه ۲۵۰ که ضوابط بسیار قدیمی و نا مشخصی دارد را برای این سیستم معرفی نموده که عملا کاربردی ندارد.

به هر جهت بهترین مرجع در حال حاضر آیین نامه بتن امریکا و گزارش های ارایه شده توسط استاندارد بریتانیا می باشد. بنابراین با توجه به توسعه روز افزون و لزوم بکارگیری فن آوری های نوین در راستای استفاده بهینه از مصالح و نیروی انسانی با هدف افزایش عمر مفید ساختمان ها ، ضرورت فراهم نمودن بستری مناسب برای آموزش مهندسین طراح بیش از پیش احساس می شود.

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng . Atila Amini

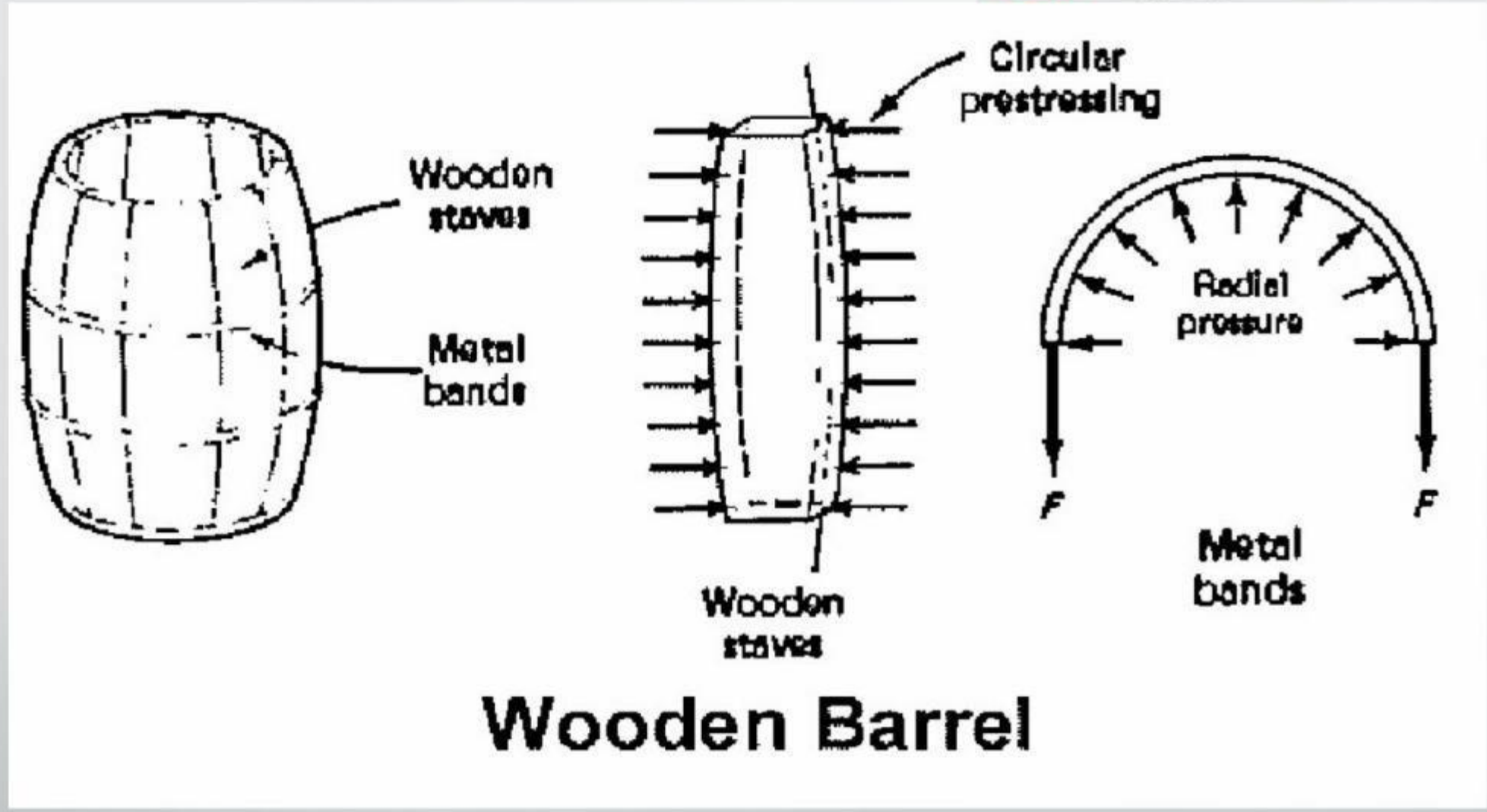
# مفهوم پیش تنیدگی

یك مثال معروف برای تعریف پیش تنیدگی بشکه های چوبی قدیمی و تسمه های فلزی که به دور آن کشیده شده می باشد. تنش کششی ناشی از فشارسیال درون بشکه ،پیش تنیده کردن عضو محسوب میشود

که این فشار سبب ایجاد نیروی کششی در تسمه ها ودر نتیجه اعمال نیروی پیش تنیدگی به بشکه و کاهش تنش کششی در چوب می گردد.

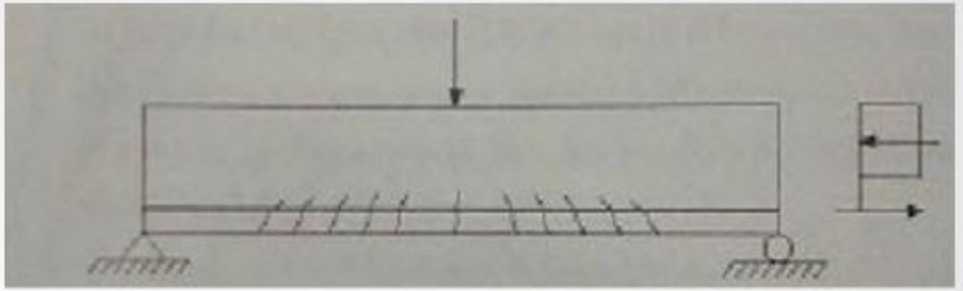
در حقیقت عضو زمانی که تنش های دائمی مخالف با تنش موجود در مقطع ایجاد شود پیش تنیده شده است.

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini




Wooden Barrel

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini



فرض کنید یك تیر بتنی معمولی که تحت اثر وزن خود و بارهای ثقلی قرار دارد به واسطه تلاش های ایجاد شده در آن محدوده زیر تار خنثی به کشش افتاده و قسمت بالای آن تحت فشار قرار می گیرد.

می دانیم که بتن به تنهایی قادر به تحمل تنش فشاری بوده اما در کشش ضعیف می باشد و در منطقه تحت کشش ترك خورده و تنش کششی به فولاد منتقل می شود. بدین ترتیب از قابلیت حمل نیروی فشاری توسط بتن در کل مقطع استفاده نمیشود. در این حالت بتن ناحیه کششی تنها نقش نگهدارنده آرماتور را به عهده داشته و بدون باربری به وزن سازه می افزاید.

اگر در دو انتهای تیر مفروض بتوان یك نیروی فشاری دارد کرد طوری که تنش کششی حاصل از بارهای وارده را خنثی کند در آن صورت عضو به طور دائم تحت فشار قرار می گیرد و از قابلیت حمل نیروی فشاری توسط بتن استفاده بهینه میشود ، از طرفی با توجه به حذف تنش کششی و قرار گیری در فشار نیاز به میلگرد در این عضو بتنی مشابه یك عضو بتنی معمولی منتفی می شود. ضمن آنکه رفتار عضو بهبود یافته ، ظرافت طرح بیشتر شده ، ترك های کششی حذف و تغییر شکل ها کم میشود.

# ✓ مزایای پیش تنیدگی

مزایای سازه ای

- نیروی پیش تنیدگی سبب کاهش تغییر شکل عضو میشود. چرا که برای محاسبات تغییر شکل با توجه به اینکه تمام مقطع در فشار قرار میگیرد از مقطع کل $I_g$ استفاده میشود بجای مقطع ترک خورده $I_c$ .
- بتن پیش تنیده به دلیل ظرافت طرح و حذف ترکهای کششی از ظاهر بهتری در مقایسه با بتن آرمه برخوردار می باشد.
- بتن پیش تنیده به دلیل رفتار ارتجاعی و حذف ترکهای کششی از مقاومت برشی و پیچشی بهتری در مقایسه با بتن آرمه برخوردار می باشد.
- استفاده حداکثر و بهینه از ظرفیت مصالح بتنی و کابلها
- باربری بیشتر عضو پیش تنیده با هندسه مشابه نسبت به بتن معمولی
- کاهش ارتفاع تیرها و ضخامت دال بتنی و در نتیجه کاهش وزن مرده ساختمان و مصالح مصرفی
- کنترل خیز و ترک خوردگی

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

## ✓مزایای اقتصادی

- کاهش قابل ملاحظه در مقدار آرماتور و بتن مصرفی
- کاهش قابل ملاحظه در زمان اجرا و هزینه نیروی انسانی بخاطر کاهش مقدار نفر-ساعت به واسطه کاهش مقدار مصالح
- کاهش هزینه تمامی آیتم های ارتفاعی نازک کاری و مصالح تاسیسات به دلیل کاهش ارتفاع طبقات
- با توجه به کاهش ارتفاع طبقات، امکان ایجاد طبقات بیشتر تحت یک ارتفاع مجاز
- کاهش زمان ساخت و ساز
- امکان ایجاد پروژه های تجاری و یا حتی مسکونی خاص جهت جذب مشتری

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

## ✓ مزایای معماری

- ایجاد سهولت و انعطاف پذیری در طراحی معماری
- امکان در نظر گرفتن دهانه های بلندتر و در نتیجه ستونهای کمتر
- امکان ایجاد کنسولهای بلندتر
- افزایش فضای مفید بهره برداری در ساختمان
- ایجاد فضای مناسب برای تامین پارکینگ ها
- حذف آویز تیرها و امکان استفاده از سقف کاملا مسطح
- قابلیت استفاده در پلانهای نامنظم و منحنی شکل
- امکان ایجاد بازشوهای بزرگتر در سقف
- قابلیت بیشتر عبور لوله ها و ادوات تاسیساتی

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

# مصالح بتن پیش تنیده

وزن مخصوص مصالح بتنی $25\ KN/m^3$ با ضریب پواسون ۰.۲ در نظر گرفته می شود. مقاومت فشاری بتن های مورد استفاده در اعضای پیش تنیده در محدوده ۳۰ تا ۵۵ مگاپاسکال می باشد. با توجه به هزینه ساخت بتن های با مقاومت بالا که به صورت تصاعدی افزایش می یابد، معمولا یک مقدار مناسب مقاومت بتن مقرون به صرفه است. در کشور ما رده بتن مورد استفاده در اعضای پیش تنیده C30 می باشد.

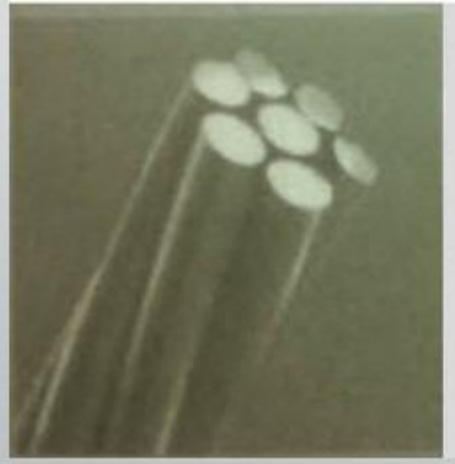
برای میلگردهای اصلی از رده فولاد S400 استفاده میشود که تنش تسلیم و نهایی این فولاد به ترتیب ۴۰۰ و ۵۰۰ مگاپاسکال فرض میشود. مدول ارتجاعی فولاد Gpa ۲۰۰ با ضریب پواسون ۰.۳ است.

معمولترین مصالح بکار رفته در ساخت کابلهای پیش تنیدگی ازنوع ASTM A416 از گروه Gr.270 با مقاومت نهایی ۱۸۶۰ مگاپاسکال و تنش جاری شدن آن ۰.۸۵ تنش نهایی می باشد.

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng . Atila Amini

متداولترین نوع کابلهای پیش تنیدگی از سیستم های بافته شده تشکیل شده که به آن Strand گفته میشود. این کابلها از سیمهای سرد کشیده شده ، تشکیل شده اند که به دلیل قطر کم سیمها به هم بافته میشوند تا سطح مقطع بیشتری حاصل گردد. سیمهای بافته شده استاندارد متشکل از ۷ سیم سرد کشیده شده می باشند که یک سیم با قطر کمی بزرگتر در وسط و شش سیم دور آن قرار میگیرد. قطر رایج کابلها ۰,۵ و ۰,۶ اینچ می باشد و مساحت موثر برای آنها به ترتیب برابر ۹۸ و ۱۵۰ میلیمتر مربع در نظر گرفته می شود. شایان ذکر است که قطر سیم بافته شده یا همان استرندها تقریبی است و سطح مقطع واقعی آن که همان سطح مقطع موثر است کمتر میباشد.

کابل تکی به استرند موسوم است و به مجموعه ای ازین کابلهای تکی که در کنار هم قرار میگیرند Tendon میگویند.



الف- یک کابل پیش‌تنیدگی، Strand

ب- مجموعه‌ای از کابل‌های پیش‌تنیدگی، Tendon

# بررسی لزوم استفاده از بتن و فولاد با مقاومت بالا

در روشهای ابتدایی، پیش تنیده کردن بتن با کشیدن میلگرد داخل آن و بتن ریزی روی میلگرد تحت کشش انجام میشد. پس از گیرش اولیه بتن و رها کردن میلگرد، نیروی وارده از میلگرد به عضو بتنی سبب پیش تنیده شدن آن میگردید اما پس از گذشت زمان، نیروی پیش تنیدگی از بین میرفت و عضو پیش تنیده تبدیل به یک عضو بتن آرمه معمولی میشد. بدین ترتیب تلاشهای اولیه برای پیش تنیده کردن بتن با چنین شرایطی ناموفق بودند.

دلیل اول در این عدم موفقیت، نادیده گرفتن اثرات اتلاف تنش ها خصوصا ناشی از جمع شدگی (shrinkage) و خزش بتن (creep) و دلیل دوم استفاده از فولاد معمولی بود که هر دو در ارتباط مستقیم با یکدیگرند.

با توجه به مقاومت پائین فولاد معمولی و عدم امکان اعمال مقدار زیادی نیروی پیش تنیدگی، اثرات انقباض ناشی از جمع شدگی و خزش بتن پس از مدت زمان کوتاهی سبب از بین رفتن کل نیروی پیش تنیدگی اولیه میشد.

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

مطالعات نشان داد که با استفاده از فولاد معمولی و فقط در اثر جمع شدگی بتن ۷۱ درصد پیش تنیدگی اولیه تلف میشود. حال اگر اتلاف تنش در اثر خزش بتن که د ر مدت زمان بیشتری اتفاق می افتد نیز به جمع شدگی بتن اضافه شود در آن صورت کل پیش تنیدگی اولیه از بین میرود و عضو پیش تنیده به یک عضو بتن آرمه معمولی تبدیل میشود.

بنابراین نتیجه گیری میشود که فولاد معمولی جوابگوی پیش تنیده کردن اعضای بتنی نمی باشد در حالیکه اگر از فولاد با مقاومت بالا استفاده شود تنها مقدار ۱۳ درصد از تنش اولیه با همان شرایط قبلی تلف میشود که بسیار ناچیز بوده و نیروی پیش تنیدگی موثر قادر به پیش تنیده کردن عضو می باشد. نتیجه گیری دیگر از این بحث لزوم استفاده از بتن با مقاومت بالا می باشد چرا که با توجه به استفاده از فولاد با مقاومت بالا و نیروی پیش تنیدگی زیادی که به عضو وارد میشود لازم است بتن با مقاومت بالا نیز استفاده شود تا ابعاد مناسبی برای مقطع جوابگوی تنشهای وارده باشد.

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng . Atila Amini

اصولا یکی از مزایای بتن پیش تنیده استفاده از بتن و فولاد با مقاومت بالا در ترکیب با یکدیگر می باشد.

حال چنانچه فولاد با مقاومت بالا در یک سازه بتن آرمه معمولی استفاده شود، درآن صورت لازم است کرنش یا تغییر شکل زیادی در عضو ایجاد شود تا فولاد با مقاومت بالا بکار بیفتد که کرنش و تغییر شکل بیشتر به معنای ترک خوردگی بیشتر است در حالیکه اگر همین عضو پیش تنیده شود با کشیدن فولاد با مقاومت بالا و حذف کرنش اولیه آن، بدون نیاز به کرنش یا تغییر شکل زیاد از مقاومت بالای فولاد استفاده میشود.

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

# استرند – Strand:

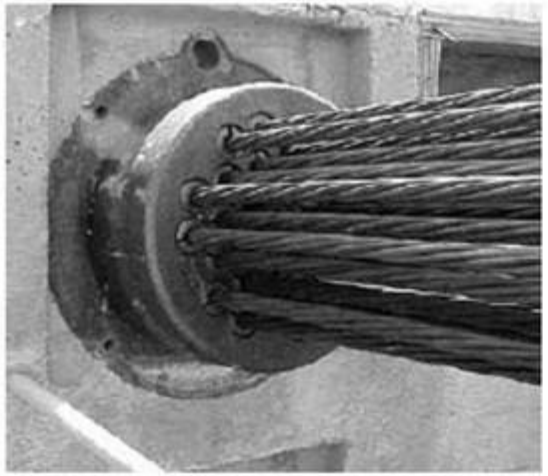
**استاندارد استرند ها:**

1. ASTM A416/416M-10
(9.53mm, 12.70mm & 15.24mm)

2. BS 5896:1980 AMD No.1
(9.3mm, 12.5mm, 12.9mm &15.7mm)

# سیستم چند رشته ای Multi Strand:

سیستم چند رشته ای متناسب پروژه های عمرانی است که متشکل از ۱ تا ۴۸ رشته استرند با ضخامت های متفاوت از 12.7mm تا 15.2mm قطر می باشند. سیستم چند رشته ای تا 10,000کیلو نیوتن ( 1,000 تن) بار را تحمل می کند. استرند ها توسط پمپ های کشش به طور همزمان با هم کشیده می شوند که با عث انتقال نیرو کشش به طور مساوی در دال و تیر ها می شوند.



# انواع روشهای پیش تنیدگی

- الف) پیش کشیده  ب) پس کشیده

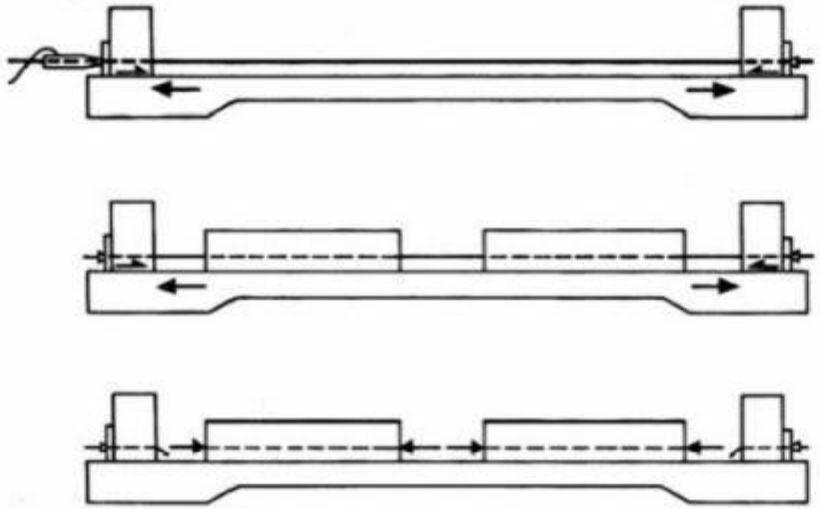
الف) سیستم پیش کشیده : در این سیستم در مرحله اول فولادها تحت کشش قرارگرفته ودر دو

انتهای عضو توسط گیره های مخصوص کاملا گیر داده می شوند. در مرحله دوم عضو مورد نظر بتن ریزی می شود و سپس بتن عمل آورده می شود و به مقاومت کافی می رسد و در مرحله سوم فولاد های پیش تنیدگی در دو انتهای تیر بریده شده و نیروی پیش تنیدگی بصورت یک نیروی فشاری بر عضو اعمال میشود. فولاد های پیش تنیدگی به دو صورت فولاد با مسیر مستقیم یا فولاد با مسیر شکسته می باشد. اجرای مسیر با منحنی پیوسته برای کارهای پیش کشیده تقریبا امکان پذیر نیست.

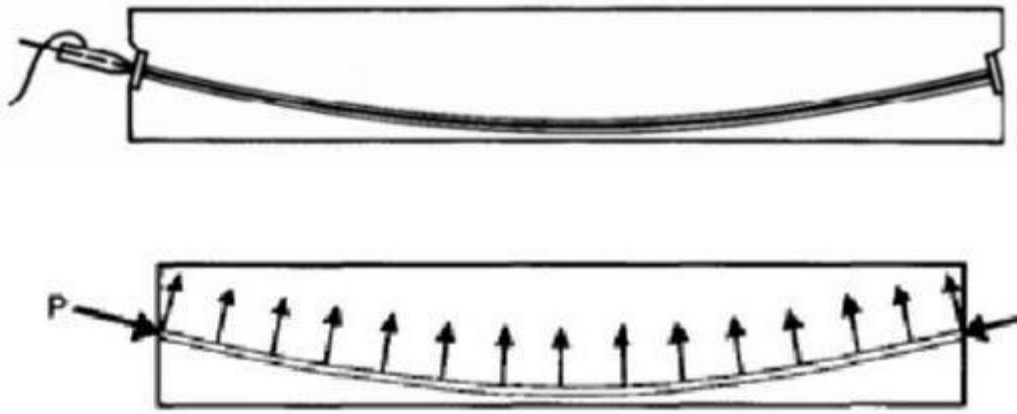
ب) سیستم پس کشیده : در این سیستم در مسیر عبور فولادهای پیش تنیدگی ، غلافی تو خالی در بتن تعبیه می گردد سپس کابل ها از درون غلاف ها عبور داده شده بطوریکه دو سر آن از غلاف بیرون بوده و عملیات بتن ریزی انجام می شود وغالبا قبل از بتن ریزی دو ورق صفحه فشار جایگذاری می شود. بعد از اینکه بتن به مقاومت مورد نظر رسید فولادهای پیش تنیدگی توسط جک هایی که به صفحه فشار تکیه می نمایند کشیده می شوند.

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng . Atila Amini

## پیش کشیدگی



## پس کشیدگی




www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Arila Amini

# روشهای اجرای سیستم پس کشیده :

۱- سیستم چسبیده ۲- سیستم غیر چسبیده

۱ ) **سیستم چسبیده :** با این روش کابل های پس کشیده از میان غلاف های تخت ممتد وکوچك از جنس گالوانیزه عبور می کند که داخل غلاف ها پس از بتن ریزی وکشیده شدن کابل ها با دوغاب پر می شود.

۲ ) **سیستم غیر چسبیده :** در این سیستم کابل با دوغاب تزریق نمی شود و می تواند آزادانه و مستقل از بتن حرکت کند. اغلب کابل ها در یك غلاف محافظ با گریس پوشانده شده اند . پس از بتن ریزی وکسب مقاومت فشاری مشخص کابل بسادگی و با استفاده از یك جك دستی کوچك کشیده می شود که این عمل عملیات پس کشیدگی را تکمیل میکند.

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng . Atila Amini

سیویلرن

## سیستمهای پس کشیدگی

۱- چسبیده BOUNDED

۲- غیر چسبیده UNBOUNDED

## تاندون های چسبیده و غیر چسبیده

۱- تاندون های چسبیده

الف : عملکرد گروت

- تامین یک محیط پیوسته برای استرند و داکت
- افزایش مقاومت در برابر خوردگی
- تامین محیط نارسانا برای خوردگی

ب : عملکرد داکت

- حفظ مسیری برای استرندها در مدت زمان ساخت
- انتقال نیرو از گروت به بتن
- عملکرد به عنوان یک مقاومت اضافه در برابر نفوذ رطوبت و مواد شیمیایی

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

سیویلرن

۲- تاندون های غیر چسبیده

الف : عملکرد روکش پلاستیکی

به عنوان شکننده برای تامین انعطاف کابلها

جلوگیری از خسارت های مکانیکی

تشکیل یک مانع در برابر رطوبت و مواد شیمیایی

ب : عملکرد پوشش گریس

کاهش اصطکاک در راستای کاهش اتلاف تنش ها

ایجاد مقاومت اضافه در برابر خوردگی

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

سیویلرن

# مقایسه سیستم های چسبیده و نچسبیده

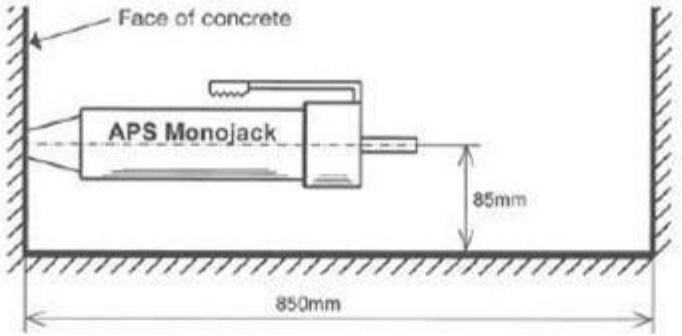
مزایای تاندون های غیر چسبیده
نصب سریعتر
بی نیاز از گروت
تنش های پیش تنیدگی کمتر
امکان اعمال خروج از مرکزیت بیشتر

معایب تاندون های چسبیده
هزینه مصالح بیشتر
خرابی های مکانیکی بیشتر در تاندون ها

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

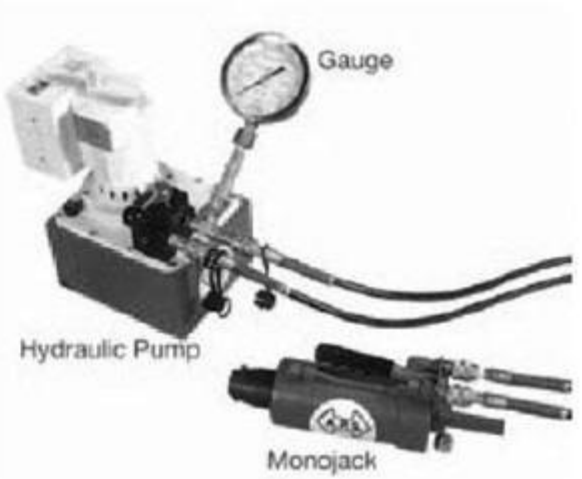
# تجهیزات پس کشیدگی و پیش تنیدگی :

Mono jack



Monojack

پمپ هیدرولیکی



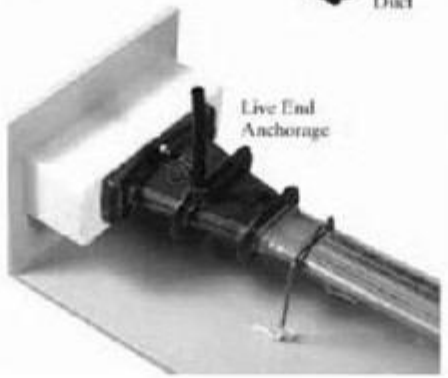

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng . Atila Amini

# قطعات سیستم پیوسته Bonded:

قطعات سیستم پیوسته Bonded:

- Strand
- Flat Anchor
- Block Wedge
- Wedge
- Duct
- Support Chairs
- Grout Hose

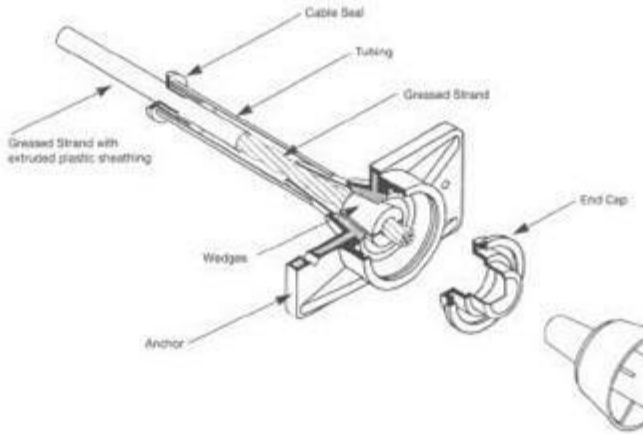
Bonded Assembly
Produced in Australia by APP, used in constructions world-wide.

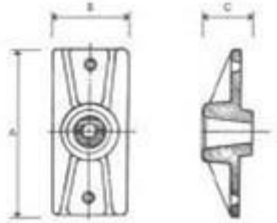


www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

# قطعات سیستم نا پیوسته Un Bonded:

- Anchor
- Wedge
- Greased Strand
- Tubing
- Cable Seal
- End Cap
- Plastic Sheathing



ANCHORAGE DETAIL

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

# مونتاژ سیستم پیوسته Bonded

## Life End
انتهای باز

## Dead End
انتهای بسته

www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

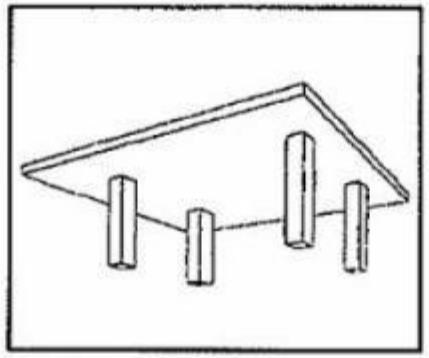
# Post- Tension Slab Scheme

| SPAN (IN m) | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FLAT SLAB | ▨ | ▨ | ▨ | | | | | | | | | | | |
| FLAT SLAB WITH DROP PANEL | | | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | | | | | | |
| WAFFLE SLAB | | | | | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | |
| BEND BEAM AND SLAB | | | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | | | | | |
| RIBBED SLAB | | | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | ▨ | |

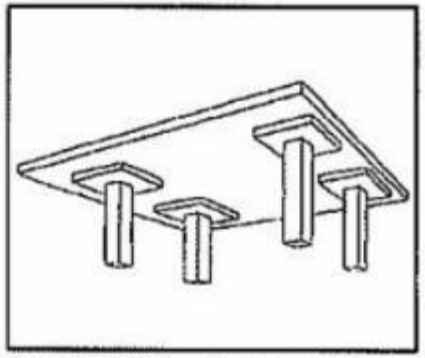
www.CivilEarn.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin : Eng. Atila Amini

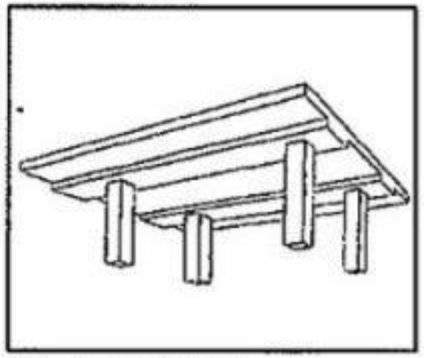
# Typical Two-Way Spanning Floors



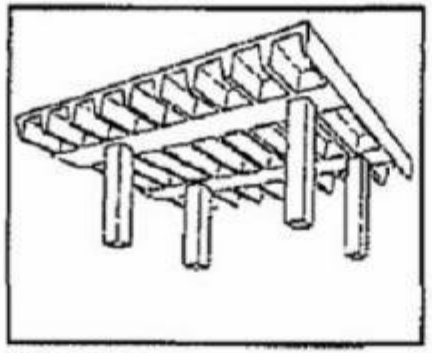
Solid flat slab



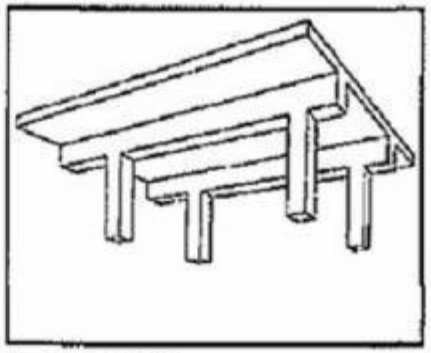
Solid flat slab with drop panel



Broad beam flat slab

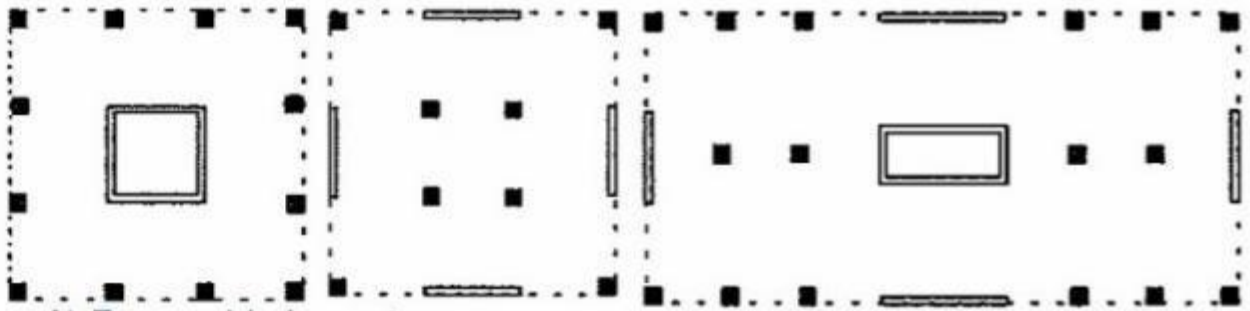


Ribbed slab

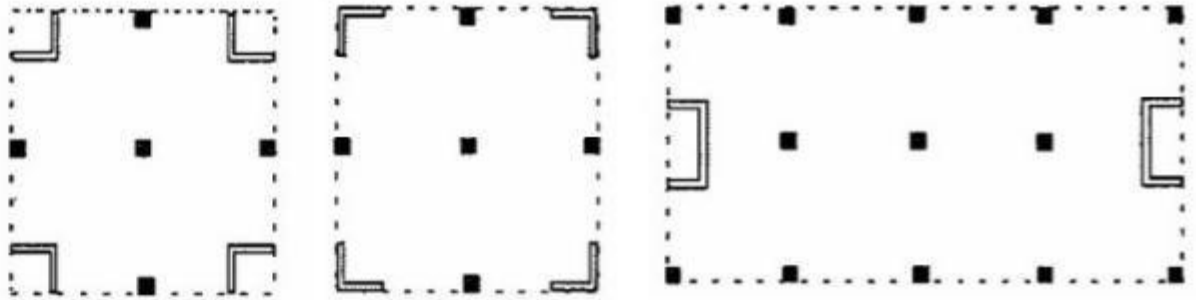


Beam and slab

# Layout of shear walls to reduce loss of Prestress and Cracking Effect



A) Favourable Layout



B) Unfavourable Layout

www.CivilEARN.com
Building Design and Computation Reference
By admin: Eng. Atila Amini

# سپاس از توجهتون

سیویلرن
مرجع طراحی و محاسبات ساختمان
www.Civilearn.com

**بازنشر رایگان این اثر در صورت ذکر نام مولف و گروه آموزشی سیویلرن بلا مانع است.**
**هر گونه سوء استفاده مادی و معنوی از این اثر پیگرد قانونی خواهد داشت.**

www.Civilearn.com

مرجع تخصصی طراحی و محاسبات ساختمان