

سقف های مجوف (پیش تنیده)

۱- مقدمه:

در سال های اخیر استفاده از سقفهای پس کشیده در ساختمانها رشد و پیشرفت داشته است. بیشترین کاربرد آن در کشور آمریکا بوده و در کالیفرنیا این سیستم اولین انتخاب برای سقفهای بتنی است. سقفهای پس کشیده همچنین در استرالیا، هنگ کنگ، سنگاپور و اروپا نیز استفاده میشود و در انگلستان نیز به سرعت در حال افزایش است.

۲- معرفی سیستم پیش تنیده:

اگر چه سیستمهای پیش تنیدگی نیازمند دانش و نظرات فنی خاصی برای ساخت و نصب کردن می باشد ولی توضیح دادن مفهوم آن آسان است. در بشکه های چوبی قدیمی کشش ایجاد شده در حلقه های فلزی بطور مؤثری قطعات چوبی را به یکدیگر می فشارد تا مقاومت و پایداری آنرا افزایش دهد.

از دیدگاه کلی پیش تنیدگی به معنای ایجاد تنش های دائمی مخالف با تنش هایی می باشد که در اثر بارهای خدمت در سازه ایجاد خواهند شد. همانطور که میدانیم بتن در فشار بسیار قوی ولی در کشش ضعیف عمل می نماید بطوریکه یک تنش کششی اندک می تواند باعث ترک خوردگی مقطع بتنی شود. عموماً از میلگردهای فولادی در بتن بعنوان آرماتور کششی استفاده می شود تا مقدار ترک خوردگی را محدود نماید. برای روشن تر شدن موضوع یک تیر بتنی را مورد بررسی قرار می دهیم:

در یک تیر بتنی معمولی (غیر پیش تنیده) که تحت بار ثقلی قرار دارد به واسطه خمش ایجاد شده در آن، پائین مقطع (زیر تار خنثی) به کشش افتاده و در بالا فشار ایجاد می گردد. لذا از آنجا که بتن در کشش ضعیف می باشد پس از ترک خوردن بتن در مقابل تنش های کششی، فولاد موجود در زیر تار خنثی به کشش می افتد. این امر ممکن است حتی تحت اثر وزن خود تیر نیز اتفاق بیافتد.

در سیستم پیش تنیده بجای آرماتورهای معمولی از یکسری کابل (تاندون) های با مقاومت کششی بالا استفاده می شود. که این کابل ها تحت کشش زیادی قرار گرفته و در دو انتهای تیر توسط گره های مخصوص تثبیت می گردند. بدین ترتیب کابل های پیش کشیده پس از رها شدن از کشش تمایل به جمع شدن و رسیدن به حالت اولیه داشته و لذا یک نیروی فشاری زیادی در

A.R.SH.K

قسمت زیرین تار خنثی در بتن ایجاد میگردد که به تبع این نیرو در مقابل نیروی کششی که بواسطه بارهای ثقلی در بتن ایجاد می گردد قرار می گیرد. بنا براین این کابل ها مقداری از نیروهای ناشی از بارهای ثقلی را خنثی نموده و مقطع قابلیت پذیرش بارهای بیشتری را خواهد داشت.

بر حسب نوع اعمال نیرو پیش تنیدگی دو نوع سیستم پیش تنیده خواهیم داشت : الف) پیش کشیده ب) پس کشیده

الف) سیستم پیش کشیده : در این سیستم در مرحله اول فولادها تحت کشش قرار گرفته و در دو انتهای عضو توسط گیره های مخصوص کاملاً 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 تقریباً 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 وغالباً 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.

۳- مزایا و امتیازات سقف های پس کشیده :

- ۱- کاهش ارتفاع سیستم سقف سازه: وجود دال پس کشیده در سقف ها باعث کوتاه شدن و یا حذف تیرها شده و در نتیجه سبب کاهش ارتفاع طبقه و پیروی آن کاهش کل ارتفاع سازه می گردد.
- ۲- افزایش طول دهانه ها: امکان فضاهای بدون ستون و انعطاف بیشتری در معماری فراهم می کند.
- ۳- کاهش وزن سقف و مصالح مصرفی و سازه سبکتر: ابعاد ستون ها ، دیوارها و فونداسیون در این سیستم کاهش یافته و سازه سبکتری خواهیم داشت.
- ۴- انعطاف پذیری در مسیر عبور تاسیسات : حذف تیرها یا تیرچه ها در سقف های پس کشیده انعطاف پذیری را جهت عبور

تاسیسات بیشتر می نماید.

۵- قابلیت ساخت بهتر: مصالح مصرفی کمتر، جزئیات ساده تر، نبودن تیرها و در نتیجه قالب بندی و آرماتور بندی آن ها، تراکم کمتر آرماتورها همگی قابلیت ساخت بهتر را ایجاد می کنند.

۶- کنترل ترک ها و کاهش تغییر شکل ها: به دلیل اثر بالانس کابل ها (تاندون ها) سقف پس کشیده تحت تاثیر وزن خود تغییر شکل نداده و ترک خوردگی و تغییر شکل تقریبا به طور اختصاصی بواسطه بار زنده ایجاد می شود.

۷- سرعت بالای ساخت: به لحاظ اینکه در دال های پس کشیده معمولا تیرهای میانی حذف و یک دال تخت گسترده داریم لذا یکبار می توان سطوح گسترده ای را قالب بندی، اجرا و قالب برداری نمود.

۴- دامنه کاربرد سقف های پس کشیده:

۱- پارکینگ های طبقاتی: از آنجا که در سیستم دال پس کشیده فاصله ستون ها بطور قابل ملاحظه ای (دهانه ها ۱۲ متری) افزایش می یابد لذا فضای باز و مفیدی را جهت پارک و جابجایی اتومبیل ها ایجاد می نماید. همچنین با توجه به اینکه در اکثر پارکینگ های طبقاتی سقف ها به صورت نمایان (**Expose**) و بدون سقف کاذب اجرا می گردند قابلیت کاهش نفوذ پذیری و مقاوم شدن بتن در مقابل تهاجم های شیمیایی در دال های پس کشیده نیز میتواند عامل مهمی در انتخاب این سیستم برای پارکینگ های طبقاتی باشد.

۲- برج ها و ساختمان های مرتفع: با توجه به اینکه استفاده از دال های پس کشیده در سازه باعث کاهش ارتفاع طبقه می شود، لذا در یک ارتفاع ثابت می توان تعداد طبقات بیشتری را ایجاد نمود.

۳- ساختمان های تجاری و بیمارستان ها: مزایایی از قبیل فاصله زیاد ستون ها، سرعت اجرا و کاهش وزن سازه در سیستم دال های پس کشیده باعث می شوند تا این نوع سیستم گزینه مناسبی برای ساختمان های تجاری و بیمارستان ها و... باشد.

A.R.SH.K

۴- پل ها : نیاز به اجرای دهانه های بزرگ در پل ها ، جلوگیری از لرزش ، ترک خوردگی و نفوذ پذیری بتن و همچنین سرعت مناسب اجرا در سیستم های پس کشیده از جمله عواملی است که باعث شده این سیستم از مرسوم ترین روشها در ساخت پل ها باشد .

۵- انبوه سازی های مسکونی : از آنجا که در این نوع مجتمع ها در هر طبقه چندین واحد مسکونی در نظر گرفته شده و طراحی می گردد لذا فاصله زیاد ستون ها شرایط بسیار مناسبی جهت معماری واحدها مهیا می نماید بطوریکه میتوان در بیشتر موارد هر واحد را بدون قرار گیری ستون در داخل آن طراحی نمود.

۵- روشهای اجرای سیستم پس کشیده :

در زمینه اجرای سیستم پس کشیده دو روش جهت ساخت بکار می رود :

۱- سیستم چسبیده **Bonded** - ۲- سیستم غیر چسبیده **Unbonded**

۱- سیستم چسبیده : با این روش کابل های پس کشیده از میان غلاف های تخت ممتد و کوچک از جنس گالوانیزه عبور می کند که داخل غلاف ها پس از بتن ریزی و کشیده 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 یک غلاف محافظ با گریس پوشانده شده اند . پس از بتن ریزی و کسب مقاومت فشاری مشخص کابل بسادگی و با استفاده از یک جک دستی کوچک کشیده می شود که این عملیات پس کشیدگی را تکمیل میکند.

۶- شرح تصویری وسایل پیش تنیدگی :

به منظور آشنایی بهتر و درک صحیح از سیستم پس کشیده یکسری تصاویر از وسایل پیش تنیدگی در این قسمت نشان داده شده است.

کابل‌های پیش تنیدگی غلاف فلزی

ادوات پس کشیدگی

۷- نتیجه گیری :

امتیازات:

۱- استفاده از دهانه های بلند

۲- بهره گیری از سطح تخت و صاف در زیر سقف

۳- انعطاف طرح

۴- استفاده از دال های نازکتر

۵- کنترل تغییر شکل و ترک

۶- کاهش ارتفاع طبقات

۷- سازه سبکتر

۸- ساخت سریع

۹- صرفه جویی در هزینه های ساخت

۱۰- انعطاف پذیری در آینده

در سازه های بتن مسلح معمولی، اعضای بتنی از قبیل تیرو ستون و دال سقف شامل بتن و آرماتور هستند که در این اعضا، بخشی از بتن تحت نیروهای فشاری و بخش دیگر آن به همراه آرماتور، تحت نیروهای کششی قرار میگیرند. در ناحیه فشاری، بتن به خوبی نیروها را تحمل می کند اما در ناحیه کششی، ترک می خورد و عملاً کارایی خود را از دست می دهد و آرماتور به تنهایی نیروهای کششی را تحمل می نماید. در این حالت، بتن تنها نگهدارنده آرماتور است و بدون باربری به وزن سازه می افزاید.

پیش تنیدگی عبارتست از اعمال تنش فشاری دائمی قبل از اعمال بارهای بهره برداری به منظور کاهش و یا از بین بردن تنشهای کششی. تنش فشاری دائمی با قرار دادن کابل فولادی در قطعه بتنی، کشیدن و مهار کردن آن در دو طرف عضو به مقطع بتنی اعمال می شود.

در طول اعضای خمشی هم تار تحتانی در کشش قرار می گیرد (وسط دهانه) و هم تار فوقانی (روی تکیه گاه). در مقاطع پیش تنیده با جابجا کردن موقعیت کابل، مقدار و توزیع تنش فشاری قابل کنترل است.

در سازه های پیش تنیده، اعضای بتنی شامل بتن، آرماتور و کابل های پیش تنیدگی می باشند. در این اعضا، آرماتورها برای جلوگیری از ایجاد ترکهای بزرگ در بتن (که عملاً موجب شکست می شوند) و تامین الزامات حداقل مقرراتی که آیین نامه بتن ایران برای سازه های بتنی مقرر داشته است استفاده می شوند و معمولاً بعنوان قطعات باربر مورد استفاده قرار نمی گیرند. بتن در این اعضا همچنان نقش باربری فشاری را عهده دار است با این تفاوت که بطور کامل (در کل ناحیه) تحت فشار قرار می گیرد و عملاً تمام مصالح بتن بدون ایجاد ترک، نیروهای فشاری را تحمل می کند.

دلیل این امر، استفاده از کابلهای پیش تنیدگی می باشد که کابلهای پیش تنیدگی وظیفه بوجود آمدن چنین وضعیتی را عهده دار هستند. این کابلهای با ایجاد نیروی فشاری اولیه (در زمان ساخت و قبل از بهره برداری از سازه) در ناحیه کشتی بتن، موجب می شوند.

بعد از آنکه بارهای مرده (از قبیل کف سازی) و زنده (از قبیل بار وسایل و کاربران) در زمان بهره برداری از سازه بر سازه اعمال شدند، این ناحیه تحت کشش قرار نگیرد و موجب ترک بتن و از دست رفتن کارایی بتن نشود. به این ترتیب، از حداکثر ظرفیت باربری بتن استفاده می شود و ابعاد و اندازه اعضا کاهش می یابد.

مزایای معماری

- ایجاد سهولت و انعطاف پذیری در طراحی پلان و نما
- امکان ایجاد دهانه های بلندتر و وجود ستون های کمتر در سازه
- کاهش ارتفاع طبقات و کل ساختمان
- امکان ایجاد کنسول های بلندتر
- افزایش فضای مفید بهره برداری
- ایجاد فضای مناسب برای تأمین پارکینگ های بیشتر
- حذف آویز تیرها و امکان استفاده از سقف کاملاً مسطح
- قابلیت استفاده در پلان های نامنظم و منحنی شکل
- امکان ایجاد بازشوهای بزرگتر در سقف
- قابلیت استفاده از ستونهای خارج از محور
- قابلیت بیشتر عبور لوله ها و ادوات تأسیساتی

مزایای سازه ای

- افزایش دوام بتن
- کاهش ابعاد فونداسیون
- کنترل ترک خوردگی در سازه
- باربری بیشتر عضو پیش تنیده
- کنترل خیز و تغییر شکل در سازه ها
- ایمنی بالاتر سقف یکپارچه بتنی در زلزله
- کاهش وزن مرده ساختمان و مصالح مصرفی
- کاهش ارتفاع تیرها و ضخامت دال های بتنی
- امکان ساخت قطعات سبک تر بتنی پیش ساخته
- کاهش ارتعاش ناشی از بارهای ضربه ای و دینامیکی
- استفاده حداکثر و بهینه از ظرفیت مصالح بتنی و کابل ها

مزایای اقتصادی

- افزایش طول عمر مفید سازه
- کاهش فوق العاده در زمان ساخت و ساز
- امکان ایجاد طبقات بیشتر تحت یک ارتفاع مجاز
- امکان احداث پروژه های تجاری با معماری خاص
- کاهش هزینه تمامی آیتم های ارتفاعی نازک کاری
- کاهش قابل ملاحظه در مقدار آرماتور و بتن مصرفی
- کاهش قابل ملاحظه در زمان و هزینه نیروی انسانی
- افزایش سوددهی پروژه های ساختمانی بواسطه افزایش تعداد پارکینگ ها

روش های پیش تنیدگی

روش پیش کشیدگی: کابل های فولادی در قالب جایگذاری ، کشیده و مهار می شوند سپس بتن ریزی انجام می شود که در ساخت قطعات پیش ساخته (pre cast) بکار می رود .

روش پس کشیدگی: کابل های فولادی، در قالب جایگذاری می شود. پس از بتن ریزی و گیرش کافی مقاومت بتن، کابلها کشیده و با مهار بند مهار می شوند.

- سیستم های پس کشیدگی

سیستم غیر چسبنده تک رشته: منظور از غیر چسبنده بودن، عدم تماس مستقیم فولاد کابل با بتن بواسطه پوشش پلی اتیلنی آن می باشد.

سیستم چسبنده مسطح چند رشته: منظور از چسبنده بودن، تماس کابل با بتن از طریق گروت ریزی در داکت که کابل در آن محصور شده است، می باشد

سیستم چسبنده مدور چند رشته: این سیستم در پروژه های عظیم مانند پلها بکار می رود