

سقف های پس کشیده و 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 آنها 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 خشی) 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 خشی 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 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 تقریباً به طور اختصاصی بواسطه بار زنده ایجاد می شود.

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

۸- دهانه بزرگتر و کنسول های بلندتر: با استفاده از تکنولوژی پیش تنیدگی امکان ایجاد دهانه های بزرگتر و کنسول های بلندتر در سازه وجود دارد . محدودیتهایی که سایر روشها در پوشاندن دهانه های بزرگ با آن مواجه هستند در این سیستم منتفی است . این مزیت قابلیتهای گسترده ای را در اختیار طرح معماری قرار داده ، همچنین امکان استفاده مناسبتری از فضا را ایجاد می کند .

۹- ضخامت دال کمتر: با توجه به تحت فشار بودن بتن و وجود انحنای در کابلها ، امکان پوشاندن دهانه با ضخامت کمتر

نسبت به دالهای بتن آرمه معمولی و یا سایر سیستمهای رایج فراهم می گردد .

۱۰- حذف تیرها: از آنجایی که در این سیستم امکان حذف تیر ها و آویز ها وجود دارد ، می توان سطح زیرین تخت را در اختیار طرح معماری قرار داد . در نتیجه عبور کانالهای تاسیساتی با سهولت امکان پذیر می باشد . بعلاوه پارتیشن بندی نیز بدون محدودیت قابل اجراست .

۱۱- ارتفاع کف تا کف کمتر: با توجه به کاهش ضخامت دال و حذف آویز تیرها می توان ارتفاع کف تا کف طبقات را کاهش داد . این امر باعث کاهش ارتفاع ساختمان و کاهش مصالح مصرفی در ستون ، دیوار ، تیغه بندی ، نما و ... می گردد .

۱۲- کنترل ترک و دوام بیشتر: نیروی پیش تنیدگی باعث اعمال فشار دائمی به دال می گردد و دالها همواره تحت فشار خواهند بود . لذا ترکهای موجود در این سیستم به حداقل می رسد . کاهش ترکها باعث افزایش مقطع موثر بتن خواهد شد در حالی که در اعضای بتن آرمه معمولی بواسطه ترک خوردگی ، مقطع موثر بتن تحت بارهای بهره برداری کاهش می یابد . بعلاوه کاهش ترک مانع نفوذ مواد خورنده به بتن شده و خوردگی فولاد کمتر می شود . به عبارت دیگر دوام سازه افزایش می یابد .

۱۳- کنترل تغییر شکل: در اعضای بتن آرمه معمولی تغییر شکل با افزایش ابعاد مقطع کنترل می گردد در حالی که در سیستم پیش تنیده با افزایش کابلها و نیروی پیش تنیدگی امکان کنترل خیز وسط دهانه وجود دارد .

۱۴- بهبود عملکرد لرزه ای کاهش ارتفاع کل ساختمان: سیستمهای دال بتنی نسبت به سایر سیستمهای پوشش سقف دیافراگم یکپارچه تری تشکیل می دهند که باعث بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان می گردد . بعلاوه تحقیقات مختلف در این زمینه نشان می دهد دالهای پس کشیده با روش نچسبیده نسبت به دالهای بتن آرمه عملکرد مناسبتری هنگام وقوع زلزله داشته اند .

۱۵- کاهش ارتفاع کل ساختمان : از آنجایی که ضخامت دالها در این سیستم کاهش می یابد و امکان حذف تیر ها نیز وجود دارد ، می توان ارتفاع سازه را کاهش داد . بدین معنی که در ارتفاع ثابت می توان از تعداد طبقات بیشتری استفاده کرد . این امر بخصوص در ساختمانهای بلند مرتبه که با توجه به قوانین موجود محدودیت ارتفاع دارند ، حائز اهمیت است .

۱۶- امکان ایجاد بازشوهای بزرگ و نامنظم در سقف: با توجه به انعطاف پذیری کابلها ، امکان ایجاد بازشوهای بزرگ و نامنظم روی سقف وجود دارد . در این سیستم نیاز به تعبیه تیر اطراف بازشوها نمی باشد .

۱۷- امکان ستونگذاری نامنظم: بر خلاف سازه های بتنی معمولی که ستونگذاری معمولاً از آکس بندی منظم پیروی می کند ، در این سیستم امکان ستونگذاری بصورت نامنظم وجود دارد که در طرحهای معماری حائز اهمیت است .

۱۸- افزایش سرعت اجرا: با توجه به حذف تیرهای میانی و آرماتور بندی دالها ، زمان اجرای دال پیش تنیده بسیار کمتر از دال بتنی معمولی خواهد بود . از طرف دیگر بعد از اجرای عملیات کشش ، سقف بدون وجود قالب و شمع بندی ، خود ایستا خواهد بود و می توان قالبها را در مدت زمان کوتاهتری باز کرد . بصورت عمومی زمان اجرای یک دال پیش تنیده حدود ۳۰٪ کمتر از دال بتن آرمه معمولی می باشد .

۱۹- کاهش هزینه ها: کاهش ضخامت دال ، کاهش تعداد ستونها ، حذف تیرها و ... باعث صرفه جویی قابل توجهی در بتن و فولاد مصرفی خواهد شد . بعلاوه کاهش عملیات قالب بندی و آرماتور بندی نیز باعث کاهش هزینه های اجرایی می گردد . سرعت اجرای بیشتر نیز کاهش هزینه تجهیزات و نیروی انسانی را در پی خواهد داشت . روی هم رفته ساختمانهایی که در آنها از سیستم دال پس کشیده استفاده می شود حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد نسبت به ساختمانی بتن آرمه ارزانتر خواهد بود .

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 ی 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.

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 ۲- سیستم غیر چسبیده

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 عمل عملیات پس کشیدگی را تکمیل میکند.

۶- 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

لذا نظر به توسعه روزافزون عملیات عمرانی در کشور ، بهره گیری از فن آوریهای جدید با هدف استفاده بهینه از مصالح و نیروی انسانی و افزایش عمر ساختمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است . امروزه به علت کاربرد فراوان بتن در صنعت ساختمان ، دالهای پس کشیده به عنوان گزینه ای مناسب در اکثر ساختمانهای مسکونی ، اداری ، تجاری ، پارکینگهای طبقاتی و ... مورد استفاده قرار می گیرند.

گرد آورنده : آرش شهسواری