بررسی فناوری سوپر فریم در ساختمان سازی

سیستم های ساختمانی، کیفیت مصالح، عناصر معماری و سازه ای، خصوصا با ویژگی مقاومت در برابر زلزله در ساختمان های بزرگ، طی دهه ها و سال های اخیر پیشرفت بسیاری داشته اند. یکی از سیستم هایی که حدود چهل سال قبل برای احداث ساختمان های بلند مطرح شده، سازه های سوپرفریم (Super Frame) یا سازه با هسته مرکزی است که پیوسته در حال تکامل بوده و در سال های آینده، سهم ویژه ای در بلندمرتبه سازی و مقاوم بودن این ساختمان ها در برابر زمین لرزه خواهد داشت.

اهمیت سوپرفریم در ساخت و ساز

ساختمان مسکونی از نظر اسکلت نه تنها باید در برابر نیروهای زلزله، مقاوم باشد بلکه باید دارای دوام لازم در مدت زمان پیش بینی شده برای بهره برداری از آن نیز باشد. هر چند به خاطر مسائل اقتصادی، میتوان برای بخش هایی از ساختمان، از مصالح سبک استفاده کرد اما واقعیت این است که اسکلت با کارکردهای موثر، غالبا وزن زیادی از ساختمان را به خود اختصاص میدهد.

با افزایش ارتفاع و نیروهای حاصل از زلزله، مقاطع باربر ساختمان، بسیار بزرگ شده و تکان های ناشی از نیروی زلزله در طبقات فوقانی تشدید می شود. برای پیشگیری از این تهدید، روش احداث ساختمان به صورت سوپر فریم به عنوان یکی از فناوری های نوین در عرصه ساخت و ساز ژاپن اجرا شده و به دلیل انطباق آن با ظرفیت های موجود داخل کشور و نیز مزیت های اقتصادی و فنی آن، در تبریز نیز اجرا شده است.

تکنیک های احداث سازه های سوپرفریم

تکنولوژی سوپرفریم ، جدیدترین تکنولوژی ژاپنی برای احداث ساختمان های بلند مرتبه است که پس از زلزله سال ۱۹۹۵ توسعه پیدا کرد. این روش احداث ساختمان، چهار تکنیک را شامل می شود که قبلا به طور جداگانه در ژاپن برای ساخت برخی ساختمان ها از آنها استفاده شده است. این تکنیک ها عبارتند از:

- **بتن مقاومت بالا :(HIRC)** بتن با مقاومت زیاد، بتنی است که با سنگدانه های معمولی ساخته شده و مقاومت فشاری آن بیش از ٤٠ مگاپاسکال است در حالی که مقاومت بتن معمولی بین ۲۱ تا ٤٠ مگاپاسکال است.
- **قطعات پیش ساخته بتنی :(R-PC)** مزیت این فناوری که محصول ژاپن است، عدم محدودیت در پلان و ارتفاع ساختمان است و برای سازه های مختلف با هرنوع کاربري قابل استفاده است. با توليد داخلي، اجزای اتصالات، ميلگردهاي پرمقاومت، بتن هاي كارگاهي با مقاومت بالا و پانل های سراميكي مخصوص نما در ایران، به طور کامل بومي شده می باشد. در این روش ساخت، اتصال قطعات اصلي به صورت تزريقي (NMB) انجام می گیرد.
- **پس کشیدگی در کف های با دهانه بزرگ :**اگر فولاد پیش تنیدگی را بعد از گرفتن و سفت شدن بتن بکشند و بتن تحت تنش دائمی قرار بگیرد، اصطلاحا بتن را پس کشیده (پیش تنیده) می نامند که به اشتباه، پس تنیده نیز نامیده می شود. در این رابطه، اعمال نیروهایی به سازه علاوه بر بارهایی که سازه برای تحمل آنها طراحی می شود به منظور افزایش ظرفیت باربری سازه را «پیش تنیدگی» یا «پس کشیدگی» می گویند. نیروی پیش تنیدگی توسط گیره های دو انتهای سازه، از کابل به بتن منتقل می شود. فولاد پیش تنیدگی نباید قبل از کشیدن به بتن چسبیده باشد، در غیر این صورت امکان کشیدن آن وجود ندارد.
- **استفاده از میراگرهای ویسکوز مقاوم :(Hi-Dampers)** میراگرهای ویسکوز یکی از سیستم های کنترل غیرفعال است که در محل مهاربندی جانمایی شده و بخشی از انرژی لرزه ای ورودی به سازه را جذب کرده و سبب می شود تقاضای استهلاک انرژی روی المان های سازه کاهش یابد و خرابی سازه به حداقل برسد. سازه های متعارف، انرژی را از طریق تسلیم شدن یا گسیختگی مصالح ساختمان جذب می کنند.

در سازه سوپر فریم نیروهای زلزله به جای انتقال به اجزای سازه ای آن در هر طبقه، به یک ابرسازه اصلی مشتمل بر یک هسته مرکزی، چهار سوپر بیم (تیرهای بزرگ) در بالا، دو ستون در هر وجه ساختمان و سیستم ترمزکننده میراگرها منتقل می شود. این امر، نه تنها موجب تقلیل نیروی زلزله می شود، بلکه ایمنی بالای سازه ساختمان را تضمین می کند.

فناوری پلان آزاد در سوپرفریم

تکنولوژی پلان آزاد، به عنوان یک فناوری پیشرفته، قابلیت انعطاف پذیری در معماری را در ساختمان سوپرفریم داده ایجاد می کند. با استفاده از این فناوری، با توجه به اجرای سقف های تخت (بدون تیر) و تعداد اندک ستون در داخل ساختمان، امکان تقسیم یک طبقه کامل از یک واحد تا یازده واحد بدون هیچگونه محدودیت، عملی است. علاوه بر آن، تغییر در پلان نیز بدون محدودیت، امکان پذیر است.

اجزای اصلی سازه سوپرفریم

با تشریح اسکلت یک ساختمان اجرا شده، به روش سوپرفریم، میتوان به نحوه کارکرد آن پی برد. در این رابطه، شش جزء اصلی سازه سوپرفریم عبارتند از:

سوپروال :دیوار برشی مرکزی، هسته اصلی باربر نیروهای قائم خصوصا نیروهای زلزله است که با مقطع I شکل اجرا می شود. این دیوار برشی، از بخش پایین بر روی فونداسیون قرار گرفته و در بخش بالای خود به سوپربیم منتهی می شود. سوپروال به صورت بتن درجا، اجرا می گردد که بتن آن در بخش های پایین بتن با مقاومت بالا می باشد. با توجه به شکل پذیری ساختمان، مقاومت بتن سوپروال از ٦٠ نیوتن بر میلیمتر مربع در بالای فونداسیون به مرور به مقدار ٣٦ نیوتن بر میلیمتر مربع در بخش بالایی آن کاهش می یابد.

ستون های اتصالی :در سوپرفریم، در هر یک از نماهای ساختمان دو ستون اتصالی، جمعا به تعداد هشت عدد، اجرا می شود. این ستون ها که بزرگترین مقطع یا ستون (مقطع ۱/۱ در ۱/۱ متر) را در ساختمان دارند، به دلیل قرار گرفتن در نمای ساختمان، فضای داخلی را اشغال نمی کنند. وظیفه اصلی این ستون ها، انتقال نیروی زلزله از بالای ساختمان بر روی پِی است.

میراگرها (لوازم جذب انرژی :(لوازم جذب انرژی مانند یک کمک فنر بسیار بزرگ عمل می کنند. آنها رفتار ساختمان را کنترل کرده و سطح تنش ها را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش میدهند. در ساختمان سوپرفریم با ارتفاع ۳۳ طبقه، تعداد ۳۲ عدد از آنها که چهار عدد بر روی هر ستون اتصالی قرار می گیرد، نصب می شود. با این روش، هنگام وقوع زلزله، نیروهای حاصل از زلزله بر دیافراگم های هر طبقه اثر کرده و به سوپروال منتقل می شود. سوپروال با جذب نیروها، تغییر مکان ها را به بالاترین نقطه ساختمان منتقل می کند. تغییر مکان ها به چهار عدد سوپربیم که در بالای سوپروال قرار می گیرند، منتقل شده و از طریق آنها به میراگرها منتقل می شوند. این لوازم جذب انرژی، هم به صورت فشاری و هم به صورت کششی عمل کرده و نیروهای زلزله را پس از کاهش دادن بر روی ستون های اتصالی، منتقل می کنند. نیروها سپس از طریق ستون های اتصالی به صورت قائم بر روی پی منتقل می شوند.

سوپربیم :در بالاترین بخش اسکلت ساختمان، چهار عدد تیر با مقطع بزرگ (۱/۰۰ در ٤/۰۰) بر بالای سوپروال قرار می گیرند که تغییر مکان های آن را به میراگرها منتقل می کنند. این تیرها کارکرد بسیار حساسی را هنگام وقوع زلزله یا برخورد یک شیء خارجی به ساختمان از خود نشان میدهند.

ستون های ساده :ساختمان با سوپرفریم، فری پلان (Free Plan) نیز نامیده می شود. بر این اساس، به دلیل مسطح بودن کف ها و عدم وجود ستون های میانی زیاد و اینکه تنها یک ستون میانی در یک کاشانه ۲۳۵ متر مربع وجود دارد، میتوان هر نوع پلان دلخواه را در هر طبقه پیاده کرد. تکنیک سوپرفریم، نه تنها از منظر سازه، آخرین دستاورد است بلکه از نظر معماری، نیز بر آخرین دستاوردها و تطبیق سلیقه ها با ذائقه استفاده کنندگان، تمرکز دارد.

دیافراگم :تمام کف سازی ها به صورت دال دیافراگمی اجرا شده و تنها یک تیر میانی از تقاطع دال ها در دو تراز با اختلاف ۳۰ سانتیمتر شکل می گیرد. این کف ها به صورت کاملا مشخص نیروهای زلزله طبقات را به سوپروال منتقل

می کنند. این نوع کف ها مزیت زیادی دارد زیرا عدم وجود تیرهای با ارتفاع زیاد، ارتفاع در پلان را افزایش می دهد و سقف ها برای اجرای تاسیسات، مزاحمتی ایجاد نکرده و ساختمان را برای شرایط فری پلان مهیا می کند.

در طراحی سقف ها، به صورت دال نیز دو سطح با اختلاف ۳۰ سانتیمتر لحاظ شده است. بخش های داخلی که سرویس ها، آشپزخانه و... بر روی آن است، ۳۰ سانتی متر پایین تر از کف اتاق ها و سایر قسمت ها اجرا می شوند. از این بخش، خطوط لوله آب و فاضلاب و گز واحدها عبور داده می شود و با اجرای کف کاذب در موقع اضطراری میتوان از داخل هر واحد به لوله ها دست یافت. همچنین خطوط برق، تلفن و تهویه مطبوع در زیر سقف ها به آن متصل می شوند و یک سقف کاذب کم وزن، روی آنها را می پوشاند.

ساخت اولین سازه سوپرفریم در ایران

ساخت اولین سازه سوپر فریم یا ابرسازه کشور، به برج مرکز تجارت جهانی تبریز اختصاص دارد که به دلیل ویژگی های متفاوت با سایر ساختمان ها، اخذ تاییدیه فنی آن با تاخیر مواجه شد اما به دلیل تجربه شرکت سرمایه گذار در ژاپن و تجربیات فنی و اجرایی در ساختمان مشابه در توکیو، عملیات اجرایی سازه و نمای این سوپرفریم، به مرحله نهایی رسید. برج مرکز تجارت جهانی تبریز، دارای یک هسته H شکل مرکزی است که نیروهای زلزله را به ابزارهای مکانیکی میراگر انرژی منتقل می کند. این ساختمان دارای ۳۲ دستگاه میراگر انرژی زلزله، نصب شده در بالای ساختمان و داخل گنبد است. با وجود آن دستگاه ها، شدت زلزله در بالای این ساختمان، یک دهم شدت زلزله در سطح زمین یا پی آن است. سوپرفریم های توکیو و تبریز، در مقابل بزرگترین زلزله های احتمالی در این دو شهر، بدون آسیب، مقاوم است.