

## افزایش استفاده از فولاد در پروژه‌های چند کاربره

Michael E.Liu نایب رئیس موسسه معماران آمریکا (AIA) می‌گوید: «فولاد ویژگی‌های سودمند مشخصی از نظر اقتصادی و دوام پذیری دارد».



Jayshree Shah عضو موسسه AIA دارای مدرک LEED AP BD+C از موسسه ساختمان‌های فولادی آمریکا (AISC) می‌گوید: «در سایه تعدادی از اختراعات کلیدی، فولاد نقش بیشتری را در ساختمان‌های مسکونی بلند مرتبه، خانه سالمندان و خانه‌های دانشجویی و توسعه‌های بلندتر با استفاده ترکیبی بازی می‌کند». Michael Johnson عضو AIA، مؤسس و مدیر شرکت Carrier Johnson+Culture می‌گوید: روش‌های سازه‌ای جدیدی که از فولاد استفاده می‌کنند، ارتفاع کف طبقه زیرین تا کف طبقه فوقانی را کاهش داده می‌دهند. به این صورت دال بتنی به ضخامت ۸ تا ۸٫۵ اینچ نزدیک‌تر می‌شود. این موضوع باعث شده که از روش ساخت و ساز فولادی استقبال بیشتری شود و ساختمان‌های مسکونی منفعت بیشتری را از این طریق کسب کنند.

یک روش سازه‌ای جدید، روشی هیبریدی است که در آن هسته‌های بتنی درجا ریخته شده مقاومت جانبی را تأمین می‌کنند و بقیه قسمت‌های سازه با فولاد سازه‌ای ساخته می‌شوند. Tom Schultz عضو بخش NCARB از موسسه AIA و مدیر ارشد پروژه در تیم معماری می‌گوید: «تعدادی از پروژه‌ها به قاب‌های فولادی و کف‌های دارای قطعات پیش ساخته تغییر یافته‌اند که در آن‌ها قطعات بر روی بال تحتانی تیرها سوار شده‌اند».

او می‌گوید، این کار می‌تواند عمق مجموعه کف تا سقف را کاهش داده و در برخی موارد ارتفاعات کف طبقه زیرین تا کف طبقه فوقانی را کاهش دهد. بسیاری از این گونه سیستم‌ها بسته به شکل تیرهای فولادی مدنظر مالک، نیاز به فاصله کمتر بین ستون‌ها دارد. Schultz این سیستم‌ها را برای استفاده‌های مسکونی و کاربری هتل پیشنهاد می‌کند اما لزوماً استفاده از آن‌ها را برای ساختمان‌های اداری یا پزشکی توصیه نمی‌کند.

Michael E.Liu عضو بخش NCARB موسسه AIA و نایب رئیس / مدیر تیم معماری می‌گوید: «فولاد ویژگی‌های سودمند مشخصی از نظر اقتصادی و دوام پذیری دارد». او می‌گوید با وجود اینکه بتن به حدود نصف انرژی درونی فولاد نیاز دارد، اما عموماً

تجزیه پذیری را که فولاد ارائه می‌دهد، تأمین نمی‌کند. یک سازه بتنی از یک سازه فولادی معادل خود ممکن است وزن بسیار بیشتری داشته باشد که هزینه‌های فونداسیون را افزایش داده و در برخی موارد نیاز به اجرای شمع‌ها، پی‌های صندوقچه‌ای، پی‌های گسترده، یا دیگر پی‌های عمیق خواهد داشت که در واقع یک معادله انرژی درونی نامطلوبی را ایجاد خواهد کرد.

Dan Kaplan عضو FAIA, LEED AP می‌گوید: «به طور کلی برای پروژه‌های بلند مرتبه مسکونی، انگیزه استفاده از سیستم‌های فولادی به دلیل شرایط دهانه‌های طولانی‌تر و شرایط پیچیده استفاده ترکیبی که در این پروژه‌ها ارائه می‌شود، افزایش می‌یابد.» در برج ۳۵XV منهن که یک مدرسه در تراز پایه خود دارد، طراحی کنسول و دهانه‌های طولانی‌تر برای زمین بسکتبال مدرسه و دیگر اتاق‌های بزرگ الزامی بود. Kaplan می‌گوید فولاد طول دهانه‌ها را افزایش و تعداد ستون‌ها را کاهش داد و عمق ساخت کمتری را برای طبقات مدرسه و طبقات دارای دیگر امکانات، تأمین کرد.



گروه Harman (SE) پنل‌های دیوار باربر فولادی را با کف‌های تیرچه کامپوزیت ترکیب کردند. این کار، هشت طبقه و ۶۸۰۰۰ فوت مربع به مساحت قاب اصلی بتنی اضافه کرد.

قابل توجه‌ترین راهکارهای جدید ساخت که توسط فولاد ارائه می‌شود، عبارت‌اند از:

- سیستم‌های کف نازک، مانند قطعات هسته‌ای توخالی پیش ساخته که بر روی تیرهای فولادی با ملات پرکننده قرار می‌گیرند؛ سطح پایینی قطعه غال با به صورت نمایان یا سقف تمام شده استفاده می‌شود.
- عرشه‌های کامپوزیتی با دهانه طولانی، راهکار اقتصادی دیگر برای کف و سقف که کنترل صدا را با استفاده از یک عرشه فولادی کف به عنوان قالب دائمی بتن ارائه می‌دهد.

- تیرهای درون دیوار، یک سیستم قاب بندی که در آن شاه تیرها به صورتی تراز بندی شده‌اند که در راستای خطوط داخلی پارتیشن بندی قرار گیرند که در جهت نگهداری دیوارها خدمت کرده و غالباً در پیوستگی با سیستم کف نازک استفاده می‌شوند.

- دیوارهای برشی ورق فولادی، یک سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی برای طراحی مقاوم لرزه‌ای؛ ساخت سریع و سرهم بندی سبک تر و نازک تری را نسبت به دیوارهای برشی بتن مسلح پیشنهاد می‌دهد.

- مجموعه‌های خرپایی شطرنجی که در ساخت چندطبقه و بلندمرتبه مفید هستند؛ خرپاهای یک طبقه می‌توانند به اندازه دو ردیف ستون خارجی دهانه داشته باشند که فضاهای بدون ستون وسیعی را برای لابی‌ها، استخرها، سالن‌های اجتماعات و سالن‌های رقص ایجاد می‌کند.

- سیستم‌های قاب مهاربندی شده مشابه طراحی خرپا؛ اعضای آن همچون دهانه‌های قطری در هر دو صورت کشش و فشار برای مقاومت در برابر نیروهای باد و زلزله عمل می‌کنند.

### کاهش ضخامت به واسطه سطوح صاف کف نازک

گروه معماری Schultz بیان می‌کند که سیستم ترکیبی قاب فولادی و قطعات بتنی کف به طور فزاینده برای پروژه‌های مسکونی و بیمارستانی پنج یا شش طبقه و بیشتر در حال استفاده می‌باشند. این سیستم‌ها، سیستم‌های از نوع کف نازک نامیده می‌شوند چراکه دال‌های کف می‌توانند عمقی به کوچکی ۱۰ اینچ داشته باشند.

سیستم سازه‌ای سبک استفاده شده در برج ۲۸ طبقه City Point Tower One، شامل یک شاه تیر فولادی داخلی با مقطعی به صورت جان باز و دال‌های هسته‌ای توخالی پیش ساخته پس کشیده می‌باشد که به وسیله ملات سیمانی به یکدیگر اتصال یافته‌اند. ساختمان آپارتمانی ۲۲۵,۰۰۰ فوت مربعی، دال‌های هسته‌ای توخالی پیش ساخته با ۱۰ اینچ ضخامت دارد که ارتفاعات کف تا کف کمی را به همراه سیستمی اشتعال ناپذیر و ساختاری تمام شده صاف برای سقف‌های آماده ساخت ارائه می‌دهد. این ساختمان توسط معماران SLCE و مهندسان مشاور DeSimone (SE) طراحی شده و توسط گروه BFC با همکاری سازنده فولاد Breton ساخته شده است. تکنولوژی‌های شاه تیر- دال سیستم قاب فولادی را ارائه دادند که حدود ۱۶۰ ساختمان مطابق با شاه تیر- دال Dan Fisher, Jr ساخته شده است.

در مرکز شهر Winnipeg، ساختمان ۲۱ طبقه شیشه‌ای Skylofts از عرشه کامپوزیت و ستون‌های فولادی برای سیستم کف نازک استفاده کرده است که نیاز به هیچ ضد آتش اضافه‌ای ندارد. این ساختمان لوکس که با شیشه احاطه شده است، ۵۸۰,۰۰۰ فوت مربع مساحت دارد و توسط Stantec طراحی شده و از تیرهای فولادی محیطی که با استفاده از کنسول‌های مدولار به ستون‌ها متصل شده است، بهره جسته است. این کنسول‌ها در کارخانه به ستون‌های فولادی جوش داده شده‌اند تا نصب را راحت کرده و اتصالات تیر-ستونی که از نظر ظاهری جذاب هستند را به وجود آورند. این سیستم عمق سازه‌ای هر طبقه را تا ۱۶ اینچ کاهش داده

که به توسعه دهنده آن، Urban Capital، اجازه می‌دهد که دوطبقه و ۱۹۹ واحد بیشتر نسبت به تکنولوژی ساخت معمول اضافه نماید.

Shah AISC می‌گوید سیستم‌های کف نازک کمک می‌کند که قالب بندی و تجهیزات بتنی از سایت پروژه حذف شود. این‌گونه سیستم‌ها گاهی اوقات نیاز به محافظت در برابر آتش برای تیرهای فولادی را مرتفع می‌کنند. گروه‌های درگیر در پروژه غالباً می‌توانند بیش از یک طبقه در روز را بسازند.



۲۳ High Line مشرف به پارک مشهور نیویورک قرار گرفته است. طراحان از تیرهای فولادی داخل دیوار برای حداکثر کردن مساحت قابل استفاده کف در ساختمان ۱۴ طبقه استفاده کردند.

### استفاده از فولاد، دهانه‌های طولانی‌تر

عرشه‌های کامپوزیت با دهانه‌های بزرگ فرصت طراحی با ستون‌های کمتر یا قاب متوسط را ارائه می‌دهند. این عرشه‌ها می‌توانند تا ۳۵ فوت افزایش یافته و عمق‌های کف ۱۰ تا ۱۲ اینچ را داشته باشند. در طول ساخت، عرشه فلزی به عنوان قالب برای بتن درجا ریخته شده، دو برابر می‌شود که به صورت مؤثری به عنوان عنصری مقاوم در برابر آتش نیز عمل می‌کند. عرشه‌ها زمانی که نصب شدند معیار دقیق برای جداسازی ضربه‌ای، ارتعاش کف و آکوستیک را که برای پروژه‌های مسکونی ضروری است، به دست می‌آورند.

مقاطع عرشه از پیش ساخته شده نیز می‌توانند سرعت ساخت را افزایش دهند. این مجموعه‌ها می‌توانند سطح صافی را برای لایه نهایی گچ کاری سقف ارائه دهند. آن‌ها نسبت به سازه‌های بتنی معادل، وزن کمتری دارند.

### ضریب عملکرد جدید آتش در کارها

راهکارهای جدید در طراحی‌های هیبریدی و محافظت در برابر آتش در سازه‌های فولادی چندطبقه از جمله سیستم‌های فولادی-چوبی، تمرکز کار انجمن ساختمان‌های فولادی آمریکا بوده است. رئیس AISC، Charles Carter می‌گوید که این انجمن با آزمایشگاه‌های متعهد بر روی ضریب کلی که قابل کاربرد برای محافظت در برابر آتش در ساختمان‌های فولادی باشد، کار کرده است. در اغلب شرایط، ضریب مقاومت در برابر آتش در UL D۹۸۲ ضخامت کاربردهای محافظ آتش را به یک دوم کاهش داده است.

این مشاهده بدین معنی است که ضخامت محافظ آتش می‌تواند در تمام این کاربردها در UL D۹۸۲ ثابت باشد بنابراین ضخامت آن در بسیاری از شرایط کاهش پیدا می‌کند.

تحقیق جدید ممکن است برای هیبریدها و کامپوزیت‌های فولادی بیشتر راهگشا باشد. AISC با Skidmore, Owings & Merrill، بر روی یک طرح آزمایشی از ترکیب کف سازه‌ای پانل چوبی با یک قاب فولادی همکاری می‌کند. اگر موفق باشد، فولاد را برای پروژه‌های چند طبقه به خصوص به علت فواید مربوط به دهانه بلند آن، کاهش وزن سیستم کف و جنبه‌های لرزه‌ای تبدیل به مصالحی حیاتی می‌کند.

طرح هیبریدی جدید، تیرها و ستون‌های فولادی را با الوارهایی که به صورت عرضی لایه لایه شده‌اند (CLT) برای ساخت کف در ساختمان‌های بلندمرتبه چندگانه ترکیب می‌کند. سیستم حاصل با سیستم‌های صفحه مسطح بتن مسلح با استفاده از تیرهای فولادی نامتقارن که در حال حاضر بازار ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه را کنترل می‌کند، رقابت خواهد کرد.

سیستم آزمایشی اصلی که طراحی را با استفاده از یک دال بتنی برای پذیرش مجموعه‌های پانل کف CLT اصلاح می‌کند، در حال حاضر در فاز مفهومی است. در ادامه آن فاز آزمایشی برای نشان دادن ویژگی‌های عملکردی آن انجام خواهد شد. Carter می‌گوید این پانل‌ها نیاز به تحقیق فراوانی دارند. او می‌گوید هدف این است که خود این پانل‌ها به صورت نمایان درآیند که در حال حاضر در آیین‌نامه‌ها این کار مجاز نیست.

هدف دیگر، کاهش وزن است. این پانل‌ها به اندازه یک سوم قطعات هسته‌ای توخالی رایج وزن دارند اما دارای دهانه‌ای برابر می‌باشند. همچنین این روش نیاز به شمع زنی را حذف کرده و پتانسیل تغییر مکان طولانی مدت را کاهش می‌دهند.

Martin R. Williams، مدیر توسعه طراحی سیستم‌های ساختمان هزاره جدید می‌گوید: عرشه‌های کامپوزیتی با دهانه بزرگ می‌توانند دهانه‌هایی تا ۱۲۰۰ فوت مربع و طول دهانه‌های مفید تا ۳۶ فوت را در اختیار گذارند. پروفیل کوتاه این سیستم‌ها گاهی اوقات سقف‌های بلندتر و طبقات بیشتری را در اختیار قرار می‌دهد. مساحت‌های ستون‌ها ممکن است به اندازه نصف ستون‌های بتنی مسلح معادل کاهش یابند که ۲٪ مساحت کف بیشتری را تأمین می‌کنند.

این منافع برای معمار ODA و توسعه دهنده املاک Adam America، گروه Naveh Shuster و گروه Horizon که ساختمان ۱۲ طبقه خیابان ۱۰۰ Norfolk را در شهر نیویورک ساختند، اهمیت زیادی داشت. صفحات کف که ساختاری سبک داشتند، مساحت قابل استفاده‌ای را برای ساکنان، بدون اضافه کردن هزینه‌های فونداسیون یا تعداد ستون‌ها به وجود آوردند. عرشه‌های کف پروفیل‌های کوتاهی دارند که تصور نمای کاملاً شیشه‌ای را به وجود می‌آورد ضمن اینکه ارتفاعات سقف را حداکثر می‌کند. اعضای قطری قاب مهاربندی شده برای تحمل بار جانبی در نمای شیشه‌ای دیده می‌شوند. Williams می‌گوید با این سیستم‌های سازه‌ای می‌توانید به طور کارآمدی بازار بتن مسطح را متحول کنید، لذا فراورده‌های فولادی با دهانه‌های بزرگ گام به گام به صورت پیش ساخته توسعه می‌یابند.

سیستم ساخت فولاد سبک مجموعه‌های فونداسیونی مورد نیاز برای خاک‌های ضعیف را ساده می‌سازد. قاب‌های قائم ساخته شده در کارگاه که تا ارتفاع ۸ طبقه پیش ساخته می‌شوند، خصوصیت صفحات خمشی را دارند که پنل‌های کف سبک را نگهداری می‌کنند، این قاب‌ها معمولاً توسط لایه نازکی از بتن حمایت می‌شوند.

AISC Shah می‌گوید که این قاب نردبانی پیش ساخته با اتصالات و عرشه‌های کامپوزیت راه حلی مفید برای نواحی با لرزش بالا و ساختمان‌های با چهار تا هشت طبقه می‌باشد با این حال می‌تواند بلندتر نیز باشد که حداکثر دهانه‌های ۲۴ فوت را نیز خواهد داشت. پروژه‌های اخیر که از این سیستم استفاده می‌کنند ساختمان چهار طبقه در خیابان ۱۲۲۱ Harrison و ساختمان هفت طبقه لوکس در خیابان ۱۸۴۰ که هر دو در سانفرانسیسکو قرار دارند، می‌باشند.

### توسعه مهاربندی

کاهش نیاز به ستون‌های داخلی منفعت دیگری است که فولاد برای سرعت ساخت، سادگی و مساحت کف بهینه تأمین می‌کند. سازه‌هایی با مهار خرابایی که حدود ۵۰ سال پیش توسعه یافتند، خرپاهای تمام دهانه و تمام ارتفاع را به کار می‌گیرند که هر یک به خط ستونی اتصال دارد. این روش بارهای جانبی را به صورت زیگزاگی در می‌آورد و به سازه‌ها تا ارتفاع ۳۰ طبقه اجازه ساخت می‌دهد تا به صورت کارآمدی از پس هر دو بارهای جانبی و قائم برآید؛ بالاتر از آن ارتفاع دیوارهای برشی پیرامونی، قاب‌های خمشی، یا هسته‌های مهاربندی شده قاب را می‌توان برای کنترل بارهای جانبی بزرگ‌تر استفاده کرد.

یکی از پروژه‌های اخیر مهار خرابایی ساختمان‌های دولتی Macallen، در جنوب بوستون است که یک بلوک ۱۴۰ واحدی با بال‌های پیرامونی است که محل‌های خرپا را مشخص می‌کنند. این ساختمان که توسط دفتر طراحی DA شده، جوایز زیادی را به خاطر شکل مبتکرانه آن دریافت کرده است.

یکی دیگر از روش‌ها که غالباً همراه با عرشه کامپوزیت دهانه بزرگ به کار می‌رود، سیستم تیر درون دیوار می‌باشد که دلیل نام گذاری آن، استفاده از شاه‌تیرهای فولادی هم‌تراز با دیوارهای انتهایی یا پارتیشن‌های راهرو (هر دو) است که غالباً همراه با قطعات بتنی است که تمام عرض واحدهای مسکونی یا اتاق‌های هتل را پوشش می‌دهد. AISC Shah می‌گوید که عمق کف سازه‌ای تنها

۸ اینچ است و تمامی شاه تیرهای داخلی با دیوارهای راهرو محاط شده‌اند. تیر داخل دیوار، ارتفاعات کف تا کف کم و برپایی سریع را ممکن می‌سازد.

در میان پروژه‌های بلند که از تیرهای درون دیوار استفاده کرده‌اند، خوابگاه دانشجویی DePaul، High Line ۲۳ با ارتفاع چهارده طبقه در شهر نیویورک است.

یک روش جدید سازه‌ای دیگر را می‌توان در سیستم‌های ساختمانی مدولار کالبدی جستجو کرد که سیستم‌های فولادی را به قاب‌هایی که شامل تیرهای بال پهن، ستون‌های جعبه‌ای پرشده با بتن، یا ستون‌های مقطع سازه‌ای توخالی (HSS) به همراه اتصالات ثقلی محیطی و اتصالات قاب خمشی معمولی (OMF) یا قاب خمشی ویژه (SMF) هستند، کاهش می‌دهد (توجه شود که OMF ها برای نواحی با لرزش اندک مناسب‌ترند؛ SMF ها در نواحی با لرزش بالا ترجیح داده می‌شوند).

این باکس‌های مدولار از ابزارهای BIM، رباتیک و تکنولوژی‌های انطباق CNC استفاده می‌کنند. Kelly Luttrell، مؤسس و معاون ConXTech که یک تأمین کننده فعال سیستم سازه‌ای است می‌گوید: این سازه‌ها می‌توانند دو تا پنج برابر سریع‌تر از سازه‌های فولادی معمول برپا شوند و به هیچ دیوار برشی یا مهاربندی هم نیاز ندارند. همین امر باعث می‌شود سیستم قابی بسیار مرتب و ساده باشد. این سیستم‌ها به شما این امکان را می‌دهند که دیوارها و پنجره‌ها را در هر مکانی که مایل هستید، قرار دهید و ارتفاعات بیشتری نسبت به قاب چوبی داشته باشید بدون اینکه هزینه‌های اضافی بتن را متحمل شده باشید.

Michael Johnson از شرکت Carrier Johnson می‌گوید: با وجود اینکه کاربردهای سیستم فولادی پیش ساخته می‌تواند محدود به ارتفاع مشخصی باشد اما منافع برای این سطح طبقه بزرگ و اشغال فضایی با حجم بالا، ایده آل است. اتصالات بولت شده آن بادوام بوده و از نظر لرزه‌ای مقاوم می‌باشند.



ساختمان Macallen در بوستون جنوبی، از یک ساختار خرابای مهاربندی شده استفاده کرد.

## کارآمد برای هسته

Gensler (معمار) و Nabih Youssef و دستیاران (SE) تغییر جدیدی را در قاب فولادی رایج در هتل و محل‌های اقامت ۵۶ طبقه در لس‌آنجلس ایجاد کردند. آن‌ها دیوارهای برشی ورق فولادی را به جای دیوارهای برشی بتنی سنتی به کار گرفتند. این دیوارها مساحت داخلی ساختمان را افزایش دادند و نیاز به قاب‌های خمشی پیرامونی را که جلوی منظره برج را می‌گرفتند، حذف کردند.

رئیس جدید Charles J. Carter, AISC مهندس سازه و دارای مدرک Ph.D می‌گوید که این روش می‌تواند منافع کاری وسیعی را در اختیار قرار دهد که مشابه استفاده از ورق‌های فولادی به جای طراحی رایج هسته بتنی برای ساخت هسته سازه است. در مورد لس‌آنجلس که بیش از هزار هتل و ۲۲۴ واحد مسکونی لوکس دارد، استفاده از دیوارهای برشی ورق فولادی با استفاده از کم کردن بودجه ساخت تا حد میلیون‌ها و افزایش سرعت تکمیل تا حد چندین ماه معتبر شمرده شده است.

با این حال سیستم فولادی دیگری وجود دارد که قطعات باربر پنبلی را با شاه‌تیرهای فولادی با جان باز و عرشه‌های کامپوزیت ترکیب می‌کند. Fred Hartmann که یک تولیدکننده پانل دیواری تأیید شده توسط AISC است، می‌گوید: برخی از این سیستم‌ها بیشتر از لوله‌گذاری HSS به جای قاب فولاد سرد نورد شده معمول (CFS) استفاده می‌کنند تا سیستم‌های باربر پانلی دیوار فولادی را برای ساختمان‌های تا ۱۰ طبقه تأمین کنند. دیوارهای باربر امکان ایجاد دهانه‌های طولانی‌تر را می‌دهند. زمانی که این دیوارها با شاه‌تیرهای فولادی با جان باز و عرشه‌های کامپوزیت استفاده شوند، می‌توانند به طور متمایزی بادوام باشند. آن‌ها همچنین می‌توانند با صفحات گچی ترکیب شوند تا میزان مقاومت در برابر آتش را تا چهار ساعت را ارائه نمایند.

Kaplan می‌گوید به طور کلی هرچه عضو فولادی ضخیم‌تر باشد پوشش نازک‌تری مورد نیاز می‌باشد زیرا فولاد مقاومت ذاتی در برابر آتش دارد که با افزایش اندازه عضو فولادی افزایش می‌یابد.

مترجم: علی برزگر

منبع:

<http://www.bdcnetwork.com/aia-course-steel-rise-multifamily-and-taller-mixed-use-projects>