صدای سازه و فولاد

فصلنامه تخصصی انجمن سازه‌های فولادی ایران

شماره ششم | پاییز و زمستان ۱۴۰۴

در این شماره از فصلنامه

- سخن مدیر مسئول
- قلم سردبیر
- گزارشی از انجمن سازه‌های فولادی ایران
- مصاحبه با متخصصین حوزه سازه‌های فولادی
- صدای فولاد در گره
- مباحثه فولادی
- خلاصه مقاله کاربردی نشریه علمی سازه و فولاد
- پرسش و پاسخ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان
- کوئیز فولادی

بسم الله الرحمن الرحیم

۶

فصلنامه تخصصی
انجمن سازه‌های فولادی ایران

صدای سازه و فولاد

| شماره ششم
پاییز و زمستان ۱۴۰۴

فهرست

- سخن مدیر مسئول | ۴
- قلم سردبیر | ۵
- گزارشی از انجمن سازه‌های فولادی ایران | ۶
- مصاحبه با متخصصین حوزه سازه‌های فولادی | ۹
- صدای فولاد در گره | ۱۲
- مباحثه فولادی | ۱۶
- خلاصه مقاله کاربردی نشریه علمی سازه و فولاد | ۱۸
- پرسش و پاسخ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان | ۲۲
- کوئیز فولادی | ۲۵

صاحب امتیاز
انجمن سازه‌های فولادی ایران

مدیر مسئول
دکتر سیامک ایپکچی

سردبیر
دکتر سید علی رضوی طباطبائی

مدیر داخلی
مهندس نیما لطفی

اعضای کمیته تدوین
مهندس نیما لطفی
مهندس ارسلان رضائی‌راد
مهندس حمیدرضا محمدی

گرافیک
نشرآنلاین (Nashreonline.com)

info@isss.ir
۰۲۱۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ | ۰۹۰۱۹۹۴۳۳۰۱
تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، معاونت آموزش و توسعه فناوری، انجمن سازه‌های فولادی ایران

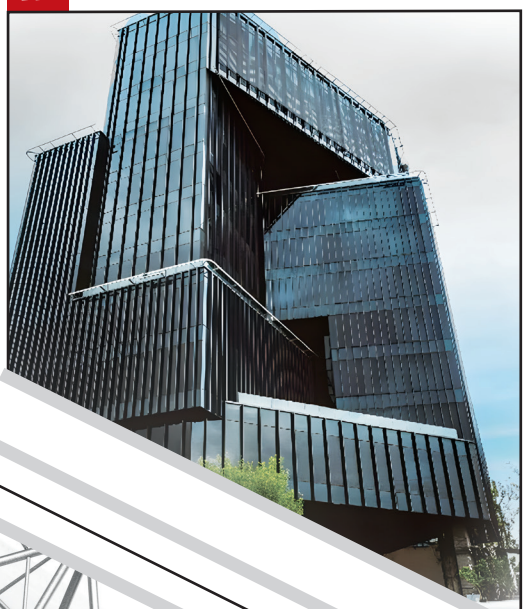
در نسخه PDF این فصلنامه، می‌توانید با کلیک بر روی هر عنوان فهرست به صفحه مورد نظر منتقل شوید، همچنین با کلیک بر روی شماره صفحات به فهرست باز می‌گردید. در بین متن نیز لینک‌هایی وجود دارند که آیکون کلیک کنار آن‌ها قرار گرفته است که با کلیک روی این نوع متن‌ها به صفحات مورد نظر منتقل خواهید شد.

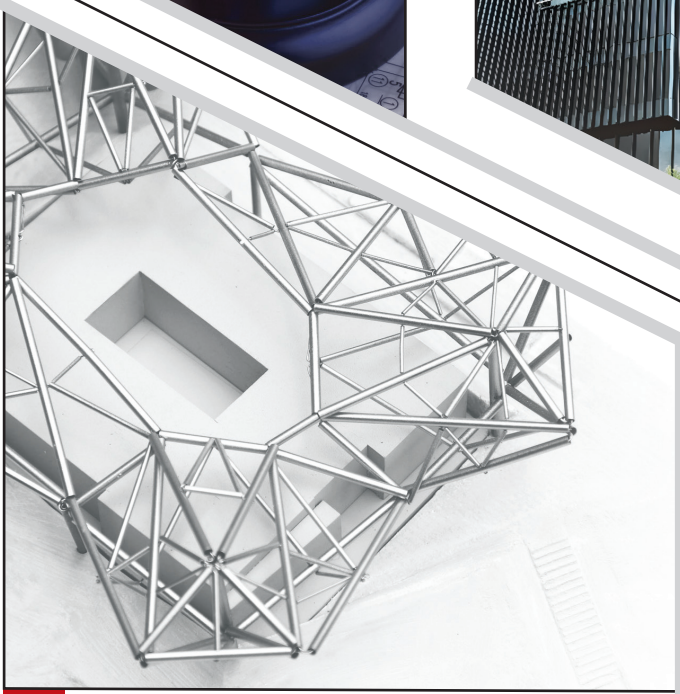
۹
مصاحبه با متخصصین حوزه سازه‌های فولادی

۱۸
خلاصه مقاله کاربردی نشریه علمی سازه و فولاد

۱۲
صدای فولاد در گره

۲۲
پرسش و پاسخ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان





دکتر سیامک اپیکچی

سخن مدیر مسئول

به نام خدا

انتشار ششمین شماره فصلنامه سازه و فولاد، فرصتی است برای بازنگری در مسیری که طی کرده‌ایم و بازتعریف مسئولیتی که در قبال آینده این صنعت بر عهده داریم. سازه‌های فولادی امروز دیگر تنها یک گزینه در میان سیستم‌های سازه‌ای نیستند؛ آن‌ها به بخشی جدایی‌ناپذیر از توسعه زیرساختی کشور تبدیل شده‌اند و کیفیت عملکرد آن‌ها، مستقیماً با ایمنی، دوام و بهره‌وری پروژه‌های ملی گره خورده است. صنعت فولاد و سازه‌های فولادی در ایران ظرفیت‌های ارزشمندی در اختیار دارد؛ از نیروی انسانی متخصص و متعهد گرفته تا کارخانجات مجهز و تجربه‌های اجرایی گسترده. با این حال، چالش‌هایی همچون نوسانات اقتصادی، لزوم به‌روزرسانی استانداردها، ارتقای کیفیت نظارت و ضرورت صنعتی‌سازی واقعی، همچنان پیشِ روی ما قرار دارد. عبور از این چالش‌ها، نیازمند نگاه راهبردی، هم‌افزایی میان ارکان مختلف صنعت و تقویت پیوند دانشگاه و اجراست.

در همین راستا، از این شماره به بعد، فصلنامه با نام جدید «صدای سازه و فولاد» منتشر خواهد شد. این تغییر نام، صرفاً یک تحول ظاهری نیست، بلکه بازتاب رویکردی تازه در مسیر اطلاع‌رسانی و هم‌افزایی جامعه مهندسی کشور است و بیانگر نگاه گسترده‌تر انجمن به نقش رسانه‌ای خود در حوزه سازه‌های فولادی ایران می‌باشد.

هدف ما آن است که «صدای سازه و فولاد» تنها یک فصلنامه دوره‌ای نباشد، بلکه به رسانه‌ای پویا و در دسترس برای جامعه تخصصی تبدیل شود؛ رسانه‌ای که صدای کنفرانس سازه و فولاد، نشریه علمی سازه و فولاد و بازتاب‌دهنده هر اتفاق مهم و اثرگذار در حوزه فولاد و سازه‌های فلزی کشور باشد. ما می‌خواهیم این بستر، حلقه اتصال رویدادهای علمی، دستاوردهای پژوهشی، تجربه‌های صنعتی و دغدغه‌های حرفه‌ای فعالان این عرصه باشد. باور داریم که توسعه صنعت سازه‌های فولادی، نیازمند جریان مداوم تبادل دانش و تجربه است. «صدای سازه و فولاد» تلاش خواهد کرد این جریان را تقویت کند و با انتشار سریع‌تر و گسترده‌تر محتوا، امکان مشارکت فعال‌تر جامعه مهندسی را فراهم آورد.

از تمامی استادان، پژوهشگران، مهندسان طراح، مجریان و صنعتگران دعوت می‌کنم با مشارکت در این رسانه تخصصی، ما را در تحقق این هدف یاری دهند. آینده صنعت سازه‌های فولادی ایران، در گرو مسئولیت‌پذیری جمعی و تعهد حرفه‌ای همه ماست.

امید آن داریم که این گام تازه، افق‌های روشن‌تری برای تعامل علمی، ارتقای کیفیت ساخت و تقویت جایگاه سازه‌های فولادی در کشور رقم بزنند.

سیامک اپیکچی

مدیر مسئول فصلنامه تخصصی صدای سازه و فولاد

پاییز و زمستان ۱۴۰۴

دکتر سید علی
رضوی طباطبائی

قلم سردبیر

به نام خدا

با انتشار ششمین شماره فصلنامه صدای سازه و فولاد، تلاش کرده‌ایم همچنان بر رسالت اصلی این مجموعه پایبند بمانیم؛ رسالتی که فراتر از انتشار مطالب تخصصی صِرف است و بر ایجاد بستری پویا برای طرح مباحث فنی روز، نقد چالش‌های اجرایی و انعکاس تجربه‌های ارزشمند جامعه مهندسی سازه‌های فولادی کشور تأکید دارد. هدف ما آن است که این رسانه، صدای جریان علمی و حرفه‌ای این حوزه باشد و پیوندی مؤثر میان دانش، تجربه و اجرا برقرار سازد.

در سال‌های اخیر، سرعت تحولات در حوزه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی به شکل محسوسی افزایش یافته است. آیین‌نامه‌ها به‌روز می‌شوند، فناوری‌های نوین وارد فرآیندهای طراحی و ساخت می‌گردند و سطح انتظار کارفرمایان از کیفیت، ایمنی و زمان اجرا بیش از گذشته ارتقا یافته است. در چنین شرایطی، نقش یک رسانه تخصصی صرفاً انتقال اطلاعات نیست؛ بلکه ایجاد بستری برای تحلیل عمیق‌تر مسائل، طرح پرسش‌های راهبردی و تقویت فرهنگ گفت‌وگو و هم‌اندیشی میان ارکان مختلف این صنعت است.

در این شماره نیز کوشیده‌ایم ترکیبی متوازن از مباحث آیین‌نامه‌ای، موضوعات کاربردی، گزارش رویدادهای تخصصی و گفت‌وگو با چهره‌های اثرگذار صنعت را ارائه دهیم. تلاش ما بر آن بوده است که هر خواننده، چه در جایگاه دانشجو و چه به عنوان مهندس با تجربه، بتواند نکته‌ای کاربردی، دیدگاهی تازه یا انگیزه‌ای برای تعمیق دانش و بازنگری در تجربه‌های حرفه‌ای خود بیابد.

این مجموعه زمانی زنده و اثرگذار خواهد ماند که بازتاب‌دهنده دغدغه‌های واقعی جامعه مهندسی باشد. از این رو، از تمامی همکاران ارجمند دعوت می‌کنم با ارسال یادداشت‌های فنی، دیدگاه‌های تحلیلی و طرح مسائل چالش‌برانگیز اجرایی، در پویایی و غنای شماره‌های آینده سهیم باشند و ما را در تقویت این جریان علمی یاری دهند.

امیدوارم این شماره نیز بتواند سهمی در تقویت نگاه حرفه‌ای، ارتقای کیفیت طراحی و اجرا، و گسترش فرهنگ مهندسی مسئولانه در کشور داشته باشد و گامی دیگر در جهت هم‌افزایی میان دانش و صنعت سازه‌های فولادی بردارد.

سید علی رضوی طباطبائی
سردبیر فصلنامه تخصصی صدای سازه و فولاد
پاییز و زمستان ۱۴۰۴

مهندس نیما لطفی

گزارشی از انجمن سازه‌های فولادی ایران

در شرایط پویای صنعت ساخت‌وساز و تغییرات مستمر محیط حرفه‌ای، توسعه مهارت‌های مدیریتی، فنی و سازمانی به ضرورتی انکارناپذیر برای جامعه مهندسی بدل شده است. انجمن سازه‌های فولادی ایران در سال ۱۴۰۴ با همین رویکرد، تمرکز خود را بر توانمندسازی سرمایه انسانی، گسترش آموزش‌های کاربردی، مستندسازی دانش تخصصی و تقویت ارتباط میان دانشگاه و صنعت قرارداد.

گزارش حاضر، مروری است بر اهم اقدامات و برنامه‌های اجرایی انجمن در سال جاری که توسط دبیرخانه و در چارچوب مسئولیت حرفه‌ای آن در قبال شفافیت عملکرد و اطلاع‌رسانی به اعضای محترم تنظیم شده است. امید است مجموعه این فعالیت‌ها، در مسیر ارتقای دانش تخصصی و رشد پایدار صنعت سازه‌های فولادی کشور مؤثر واقع شود.

برگزاری مجمع عمومی عادی بطور فوق‌العاده سالیانه

یکی از رویدادهای مهم سال جاری، برگزاری مجمع عمومی عادی بطور فوق‌العاده سالیانه انجمن بود که با حضور اعضای پیوسته، نماینده وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و جمعی از اساتید و فعالان حوزه سازه‌های فولادی برگزار شد. در این مجمع، هشتمین دوره انتخابات هیئت مدیره و بازرسان انجمن برگزار گردید و اعضای منتخب معرفی شدند که نتایج رسمی انتخابات و ترکیب هیئت مدیره جدید، مطابق گزارش دبیرخانه انجمن اعلام گردید.

برگزاری منظم و شفاف این فرآیند، نشان‌دهنده پویایی ساختار صنفی و مشارکت فعال اعضای انجمن در تصمیم‌سازی‌های کلان آن است.

انتشار ویدئوهای آموزشی کارگاه‌ها و کنفرانس‌ها

در راستای گسترش دسترسی جامعه مهندسی کشور به محتوای تخصصی، انجمن در سال ۱۴۰۴ اقدام به انتشار نسخه آفلاین ویدئویی مجموعه‌ای از کارگاه‌های تخصصی و سخنرانی‌های علمی نمود.

کارگاه‌های **دوازدهمین و سیزدهمین دوره کنفرانس سازه و فولاد** مجموعه‌ای از مباحث روز صنعت را پوشش دادند؛ از جمله ارتقای عملکرد لرزه‌ای سازه‌های فولادی،

ایمنی در برابر حریق و تحلیل سناریوهای ترکیبی بارگذاری، طراحی و اجرای اتصالات و سیستم‌های سازه‌ای، فناوری‌های نوین و مصالح پیشرفته، طراحی پل‌های فولادی و کابل‌ایستا و نیز ابعاد حقوقی و مدیریتی پروژه‌های عمرانی. همچنین سری **کارگاه‌های آموزشی، کاربردی و تخصصی مرداد ماه ۱۴۰۳** با تمرکز بر طراحی و اجرای اتصالات پیچی و خمشی، ضوابط طراحی لرزه‌ای قاب‌های فولادی، الزامات ساخت و بازرسی سازه‌های فولادی،اصول طراحی پل‌های کابلی،ملاحظات مهندسی فولاد و جوش در زلزله، پوشش‌های مقاوم به خوردگی و چالش‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود برگزار و ارائه گردید. افزون بر این، **سلسله کارگاه‌های تخصصی آموزشی مردادماه ۱۴۰۱** با محوریت تغییرات ویرایش پنجم مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، طراحی لرزه‌ای سیستم‌های مختلف فولادی، اتصالات نوین پای ستون، دیوارهای برشی مختلط، سازه‌های سردنورد، الزامات اجرایی اتصالات و بررسی چالش‌های صنعتی در طراحی، ساخت و نصب سازه‌های فلزی به‌صورت مستند در اختیار علاقه‌مندان قرار گرفت.

انتشار نشریه علمی سازه و فولاد

در حوزه تولید و انتشار دانش علمی، نشریه علمی سازه و فولاد نیز با تداوم انتشار منظم خود، شماره‌های ۴۷، ۴۸، ۴۹ و ۵۰ از دوره نوزدهم را منتشر نمود. فایل کتابچه این شماره‌ها از طریق وبسایت رسمی نشریه در دسترس پژوهشگران، اساتید و علاقه‌مندان قرار گرفته

است و امکان دریافت و بهره‌مندی از محتوای علمی آن‌ها فراهم می‌باشد. همزمان با انتشار این شماره‌ها، جلد نشریه نیز با هدف ارتقای هویت بصری و همگام‌سازی با استانداردهای نوین نشر علمی بازطراحی و رونمایی شد. طراحی جدید، رویکردی مدرن‌تر، منسجم‌تر و هماهنگ‌تر با ماهیت تخصصی نشریه دارد و گامی در جهت تقویت ارتباط مؤثرتر با جامعه علمی و صنعتی کشور به‌شمار می‌رود.

علاوه بر این، وبسایت نشریه نیز به نسخه جدید با طراحی به‌روز و کاربرپسند ارتقا یافت. در این به‌روزرسانی، ضمن تغییر ساختار بصری و بهبود تجربه کاربری، دسترسی سریع‌تر به مقالات و آرشیو نشریه، امکان استفاده دو زبانه (فارسی و انگلیسی)، به‌روزرسانی اهداف و زمینه‌های تخصصی نشریه و همچنین به‌روزرسانی اعضای هیئت تحریریه و ارکان نشریه فراهم گردید. در راستای تقویت حضور رسانه‌ای نشریه، صفحه رسمی لینکدین آن نیز راه‌اندازی شد و اطلاعیه‌های انتشار مقالات علاوه بر وبسایت، از طریق کانال تلگرام و صفحه لینکدین نشریه منتشر می‌شود.

مجموع این اقدامات، نشان‌دهنده حرکت هدفمند نشریه علمی سازه و فولاد در مسیر ارتقای کیفیت علمی، بهبود فرآیند انتشار و توسعه تعاملات پژوهشی در سطح ملی و بین‌المللی است.

تشکیل کمیته‌های تخصصی جدید

در سال ۱۴۰۴، ساختار کمیته‌های تخصصی انجمن با رویکردی نوین و با تغییرات قابل توجه بازآرایی شد. هدف از این بازنگری، تمرکز بیشتر بر موضوعات کلیدی صنعت سازه‌های فولادی، ارتقای کیفیت تصمیم‌سازی‌های تخصصی و فراهم‌سازی بستر مشارکت گسترده‌تر اعضا در فعالیت‌های علمی و اجرایی است. فرآیند عضوگیری در این کمیته‌ها آغاز شده و به‌زودی فعالیت رسمی آن‌ها در حوزه‌های تخصصی مرتبط با طراحی، اجرا، استانداردسازی، آموزش و پژوهش شروع خواهد شد.

فعالیت در فضای مجازی و انتشار منابع تخصصی

انجمن سازه‌های فولادی ایران در راستای توسعه ارتباطات تخصصی و تسهیل دسترسی جامعه مهندسی به منابع علمی، در فضای مجازی از جمله کانال تلگرام و صفحه رسمی لینکدین فعالیت مستمر دارد. در این بسترها آیین‌نامه‌ها، فایل‌های تخصصی، مقالات علمی-کاربردی، منابع و نشریات تخصصی بین‌المللی و سایر مستندات فنی مرتبط با حوزه سازه‌های فولادی به‌صورت منظم منتشر و اطلاع‌رسانی می‌شود.

در سال جاری، کانال تلگرام انجمن با عبور از مرز ۱۰ هزار عضو، به یکی از پایگاه‌های فعال تبادل دانش و اطلاع‌رسانی تخصصی در این حوزه تبدیل گردید که بیانگر استقبال و اعتماد جامعه علمی و حرفه‌ای کشور به فعالیت‌های انجمن است.

جمع‌بندی

دبیرخانه انجمن سازه‌های فولادی ایران در سال ۱۴۰۴ تلاش نمود با رویکردی نظام‌مند، آموزش‌محور و آینده‌نگر، زمینه ارتقای دانش حرفه‌ای، انتقال تجربه و توسعه تعاملات تخصصی را فراهم سازد. باور ما بر این است که رشد پایدار صنعت فولاد، در گرو سرمایه‌گذاری مستمر بر آموزش، استانداردسازی، تقویت ساختارهای تخصصی و مشارکت فعال اعضای انجمن است.

این گزارش به‌عنوان بخشی از مسئولیت دبیرخانه در قبال شفافیت عملکرد و پاسخگویی حرفه‌ای ارائه می‌شود و مسیر پیش‌رو با مشارکت اعضای گرامی، در قالب کمیته‌های تخصصی جدید و برنامه‌های توسعه‌ای آتی، با جدیت دنبال خواهد شد.

مهندس شاپور طاحونی

مصاحبه با متخصصین حوزه سازه‌های فولادی

مهندس شاپور طاحونی

نظر به تجربه پربار شما در زمینه تدریس دروس مرتبط با مباحث عمرانی، چالش‌های اصلی در زمینه آموزش و تربیت نیروی مهندسی در حوزه سازه‌های فولادی چیست و چه راهکارهایی برای ارتقای دانش فنی پیشنهاد می‌کنید؟

تربیت نیروی انسانی در حوزهٔ سازه‌های فولادی باید به‌صورت هم‌زمان و هماهنگ در چند مسیر انجام شود:

۱. انجام پژوهش‌های تحصیلات تکمیلی در حوزهٔ روابط نظری و آزمایش‌های تحقیقاتی، به‌ویژه در زمینهٔ اتصالات و جوش

۲. آموزش مهندسان سازه در زمینهٔ طراحی و مسائل اجرایی

۳. تربیت تکنسین‌ها، کارگران و جوشکاران ماهر در حوزه‌هایی مانند برش، مونتاژ، نصب، جوشکاری و پیچ‌کاری

در حال حاضر، بخش عمدهٔ فعالیت مراکز آموزشی بر محور مورد دوم متمرکز است. دانش موجود در حوزهٔ نخست عمدتاً وارداتی است و آموزش‌های مربوط به بخش سوم نیز غالباً به‌صورت استاد-شاگردی و کارگاهی انجام می‌شود؛ در حالی‌که لازم است این آموزش‌ها به‌صورت نظام‌مند در دبیرستان‌های کار و دانش و مراکز آموزشی وابسته به وزارت کار برنامه‌ریزی و اجرا گردد.

با توجه به تجربیات شما در تألیف کتاب‌های تخصصی، به نظر شما یک مرجع آموزشی مناسب برای دانشجویان و مهندسین حوزه عمرانی باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد تا هم از نظر علمی غنی باشد و هم در عمل کاربردی باشد؟

یک کتاب درسی باید شامل محورهای زیر باشد:

۱. آموزش مبانی نظری به‌صورت منسجم و کاربردی

۲. آموزش آیین‌نامه‌های طراحی موجود

۳. تبیین نکات اجرایی و الزامات آیین‌نامه‌ای در عمل

۴. ارائه مثال‌های متنوع طراحی برای درک بهتر مفاهیم

۵. گنجاندن تمرین‌ها و مسائل پایان فصل به‌گونه‌ای که حل آن‌ها زمینه‌ساز ورود به فرآیند طراحی باشد.

۶. توجه ویژه به سیستم‌های سازه‌ای ساختمانی، مباحث بارگذاری و انجام پروژه‌های طراحی نزدیک به شرایط واقعی.

پیشنهاد شما برای دانشجویان در مورد تحصیل در مقاطع تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) چیست؟ تحصیل متناوب دو مقطع پیوسته آیا همواره تصمیم درستی است؟

پیچیدگی آیین‌نامه‌های طراحی امروزی ایجاب می‌نماید مهندسینی که قصد ورود به حوزهٔ طراحی سازه‌های فولادی را دارند، حداقل دارای مدرک کارشناسی ارشد

در زمینه سازه و یا زلزله باشند. در ادامه، کسب تجربه در مهندسین مشاور نیز بسیار ضروری است تا به مرور زمان نگرش ذهنی مهندس به تکامل برسد. شرکت در دوره‌های کوتاه مدت، مشارکت در انجمن‌های علمی و سمینارها، آشنایی با مسائل کنترل کیفیت، مشخصات فنی، قوانین حقوقی نیز مواردی می‌باشند که باید مهندس برای تکامل ذهنیت خود در کنار کار حرفه‌ای به آن‌ها توجه داشته باشد.

شرکت در دوره تحصیلات تکمیلی دکتری به مهندسینی توصیه می‌شود که به فعالیت‌های پژوهشی و آموزشی علاقه‌مند هستند.

به نظر شما وضعیت فعلی صنعت سازه‌های فولادی در ایران چگونه است و چه چالش‌های عمده‌ای در این حوزه وجود دارد؟ پژوهشگران و صنعتگران هرکدام به چه نحوی می توانند در راستای برطرف کردن این چالش‌ها موثر باشند؟

امروزه در زمینه تولید صنعتی سازه‌های فولادی پیشرفت‌های بسیار خوبی در کشور صورت پذیرفته است، به‌طوری‌که در منطقه در این زمینه پیشرو هستیم. توجه به مشخصات فنی، کنترل کیفیت، استفاده از ابزار و ماشین‌آلات به‌روز، چالش‌های عمده‌ای هستند که در این زمینه لازم است به آن‌ها توجه بیشتری شود.

در مورد چالش برانگیزترین پروژه‌ای که تابحال با آن روبرو بوده اید مختصراً نکاتی بفرمایید.

تمام پروژه‌ها چالش‌های خاص خود را دارند که بی‌توجهی به آن‌ها می‌تواند موجب بروز نقص‌ها و کاستی‌هایی در روند اجرا شود. این چالش‌ها از شروع طراحی آغاز شده و تا زمان تحویل پروژه ادامه دارد. با این حال، مهم‌ترین چالش در این فرآیند، مسائل مربوط به کنترل کیفی در طراحی و اجرا، حفظ مشخصات فنی و الزامات آیین‌نامه‌ای و نیز کنترل کیفی عملیات جوش و اتصالات پیچی در مراحل تولید و نصب مربوط می‌شود.

جدیدترین فناوری‌ها و روش‌های ساخت و اجرای سازه‌های فولادی در جهان چیست و ایران چقدر با این فناوری‌ها همگام است؟

اختلاف عمدهٔ ما با کشورهای پیشرفته، کمبود ماشین‌آلات به‌روز است. پیمانکاران خارجی در این حوزه از امکانات گسترده‌تری برخوردارند، اما به‌دلیل تحریم‌های اعمال‌شده علیه ایران، در استفاده از خطوط تولید پیشرفته، سیستم‌های نوین جوشکاری و جرثقیل‌های سنگین نسبت به آن‌ها با محدودیت‌هایی مواجه هستیم. با این حال، شرکت‌هایی در ایران فعالیت می‌کنند که توانسته‌اند در این زمینه همگام با فناوری‌های روز دنیا حرکت کنند.

آیا استفاده از هوش مصنوعی و فناوری‌های دیجیتال در طراحی و اجرای سازه‌های فولادی ایران جایگاهی دارد؟

در زمینهٔ هوش مصنوعی اطلاعات کافی ندارم؛ با این حال در حوزهٔ فناوری‌های دیجیتال، شرکت‌هایی در ایران فعالیت می‌کنند که دستگاه‌های برش و سوراخ‌کاری آن‌ها به نقشه‌های شاپ متصل است. با وجود این، همچنان دانش و تجربهٔ مهندسان و اندوخته‌های حرفه‌ای آنان را نسبت به فناوری‌های دیجیتال نوین ارجح می‌دانم.

صنعت فولاد تا چه میزان می‌تواند در راستای توسعه پایدار و کاهش اثرات زیست‌محیطی گام بردارد؟

بزرگ‌ترین چالش زیست‌محیطی صنعت فولاد به فرآیند تولید آن بازمی‌گردد؛ فرآیندی که با آلودگی هوا، انتشار گازهای مضر به اتمسفر و نیز مصرف قابل‌توجه آب برای خنک‌سازی خطوط تولید همراه است. در سایر مراحل ساخت و نصب اسکلت فولادی، چالش عمده‌ای از نظر زیست‌محیطی وجود ندارد. استفاده از فیلترهای غبارگیر و همچنین بازیافت و استفادهٔ مجدد از آب مصرفی می‌تواند اثرات منفی زیست‌محیطی را تا حد زیادی کاهش دهد.

با توجه به وضعیت موجود کشور و نوسانات قیمت فولاد، چه راهکارهایی برای کاهش هزینه‌ها در صنعت ساخت‌وساز فولادی پیشنهاد می‌کنید؟

قیمت پایهٔ فولاد، دستمزدها و هزینه‌های انرژی عملاً به شرایط اقتصاد کلان کشور و جهان وابسته است و مهندسان سازه در این حوزه نقش تعیین‌کننده‌ای ندارند. با این حال، می‌توان با افزایش دقت در طراحی و انتخاب سیستم‌های سازه‌ای مناسب، میزان مصرف فولاد در ساختمان را کاهش داد و با برنامه‌ریزی اجرایی صحیح، فرآیند تولید و نصب اسکلت فولادی را از نظر اقتصادی بهینه کرد.

متأسفانه برخی از اساتیدی که در تدوین و توسعهٔ آیین‌نامه‌های طراحی نقش دارند، تمرکز خود را بیشتر بر افزایش نیروهای طراحی (به‌ویژه در حوزهٔ زلزله) معطوف کرده‌اند، در حالی‌که به مسائل کنترل کیفیت توجه کمتری می‌شود. افزایش سخت‌گیری در رعایت مشخصات فنی در اجرا و بهره‌گیری از تیم‌های حرفه‌ای در طراحی می‌تواند به کاهش مصرف فولاد در ساختمان منجر شود. برخی ضوابط طراحی نیز بدون پشتوانهٔ علمی کافی موجب افزایش مصرف فولاد می‌شوند؛ به‌گونه‌ای که با صرف زمان و دقت فراوان تلاش می‌کنیم نسبت تنش تیرها و ستون‌ها را در محدوده‌های بالای ۰/۸۵ یا ۰/۹ حفظ کنیم، اما گاهی ضابطه‌ای مانند «ستون قوی-تیر ضعیف» عملاً نتایج تحلیل و طراحی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. این پرسش مطرح است که آیا در یک سیستم مهاربندی‌شده نیز الزام به اعمال چنین ضابطه‌ای ضرورت دارد؟ به نظر می‌رسد این موضوع نیازمند توجه و بازنگری دقیق‌تر در آیین‌نامه‌ها باشد.

چه اقداماتی برای تحول این صنعت و افزایش صادرات و رقابت‌پذیری سازه‌های فولادی ایران در بازارهای بین‌المللی لازم است؟

کشور ما در زمینهٔ طراحی و ساخت سازه‌های فولادی جایگاه برجسته‌ای در منطقه دارد و برخی کشورهای رقیب مانند ترکیه و کشورهای عربی، حتی با بهره‌گیری از پیمانکاران خارجی، همچنان فاصلهٔ قابل‌توجهی با توان فنی مهندسان داخلی دارند. شرکت‌های ایرانی از ظرفیت لازم برای حضور در رقابت‌های بین‌المللی برخوردارند، اما مسائل سیاسی و تحریم‌ها موانع جدی در این مسیر ایجاد کرده است. در چنین شرایطی، حمایت هدفمند دولت از شرکت‌های خصوصی می‌تواند نقش مهمی در توسعهٔ فعالیت‌های برون‌مرزی و ارتقای جایگاه صنعت ایفا کند.

از نظر جنابعالی جایگاه انجمن‌های علمی و صنفی در رشد و ارتقای صنعت سازه‌های فولادی چقدر می‌تواند موثر باشد؟

تجربیات بین‌المللی نشان می‌دهد که حضور انجمن‌های علمی مردم‌نهاد نقش بسزایی در رشد صنعت ساختمان دارد. این انجمن‌ها می‌توانند در ارتقای دانش نظری و اجرایی، یاری‌گر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی باشند و در تدوین آیین‌نامه‌ها و مشخصات فنی نیز به مراکز تحقیقاتی دولتی کمک کنند. برگزاری منظم سمینارها، فراهم‌سازی بستر تبادل اطلاعات علمی و فنی و نیز اجرای وبینارهای تخصصی می‌تواند به افزایش سطح آگاهی مهندسان شاغل در صنعت، به‌ویژه افرادی که ارتباط آن‌ها با فضای دانشگاهی کمرنگ شده است، کمک قابل‌توجهی نماید. با این حال، یکی از چالش‌های اصلی این انجمن‌ها تأمین منابع مالی است که لازم است به‌صورت مؤثر از سوی صنعت پشتیبانی شود. ایجاد ارتباطی منسجم میان این انجمن‌ها و صنایع تولیدیِ برخوردار از توان مالی مناسب می‌تواند در حل این مسئله بسیار راهگشا باشد.

صدای فولاد در گره

در قلب چشم‌انداز شهری مدرن، پروژه «میـکا ناتس» (MIKA Knots) نمادی از نوآوری، کاربری چندگانه و طراحی معمارانه پویا تلقی شده که به عنوان یک پروژه شاخص توسط گروه ساختمانی میکا بنا شده است. در صدای فولاد این شماره از فصلنامه به بررسی ویژگی‌های شاخص این پروژه پرداخته می‌شود. این پروژه نه تنها به‌عنوان یک فضای اداری-تجاری مطرح است، بلکه به دلیل وجود پل طویل و کنسول های قابل توجه با ساختاری خاص و نقش‌آفرینی بصری، درست مثل گره‌ای میان فضاها، تجربه‌ای منحصربه‌فرد برای کاربران خلق می‌کند.

گره فولاد و بتن

یکی از اصلی ترین عواملی که پروژه میکا ناتس را از منظر مهندسی سازه به یکی از پیچیده‌ترین پروژه‌ها تبدیل می‌کند، استقرار یک سازه فولادی بر روی سازه بتن آرمه است. علت این تغییر مصالح و سیستم سازه‌ای، هندسه بسیار پیچیده طبقات فوقانی است که اجرای آن به صورت بتنی عملاً امکان پذیر نبود. افزون بر این، در بخش فولادی پروژه پلی با هندسه‌ای نامنظم و مساحت کف حدود ۴۲۵ مترمربع در چهار طبقه طراحی شده که بیشترین دهانه آن به ۲۷ متر می‌رسد و در یکی از وجوهِ خود، دارای بخشی کنسولی به مساحت حدود ۱۳۰ مترمربع با حداکثر طول ۹ متر از ستون است؛ هندسه‌ای که از نظر سازه‌ای پیچیدگی بالایی داشته و فرآیند طراحی و اجرا را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد. از سوی دیگر، با توجه به گره ترافیکی شهری و با هدف تأمین پارکینگ کافی، در این ساختمان ۲۰ طبقه، ۹ طبقه منفی با عمق گود حدود ۳۰ متر در نظر گرفته شده است؛ بر همین اساس سازه تا تراز مثبت ۳۵ متر به صورت بتن‌آرمه و از این تراز به بالا (چهار طبقه فوقانی) به صورت فولادی با اتصالات پیچی طراحی و اجرا شده است. سیستم سازه‌ای پروژه شامل قاب خمشی بتن آرمه ویژه در بخش پایینی و قاب خمشی فولادی ویژه در طبقات فوقانی بوده و با توجه به تمامی این چالش‌ها، کل سازه تحت تحلیل‌ها و طراحی‌های دینامیکی دقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

در این پروژه، انتخاب سیستم فولادی برای طبقات فوقانی تصمیمی کاملاً منطقی و اجتناب ناپذیر بود، زیرا اولاً اجرای قالب‌بندی برای پل طویل و با هندسه نامنظم پروژه عملاً ممکن نبود؛ حجم خالی بزرگی که در میانه ساختمان وجود دارد و مسیرهای غیرخطی پل، هیچ امکان مناسبی برای نصب داربست، قالب‌بندی و بتن‌ریزی یکپارچه باقی نمی‌گذاشت و اجرای پل بتنی را از لحاظ فنی و ایمنی غیرقابل انجام می‌کرد. ثانیاً هندسه آزاد و پیچیده پروژه، شامل پل با طول آزاد ۲۷ متر و کنسول عمیق با بیشینه طول ۹ متر، تنها با سازه فولادی قابل اجرا بود؛ زیرا فولاد امکان برش کاری دقیق، تولید قطعات در ابعاد کنترل شده، نصب مرحله‌ای با تاورکرین و هماهنگی کامل با شکست‌ها و تغییر ترازهای معماری را فراهم می‌کرد؛ مزایایی که در سیستم بتنی کنترل آن بسیار دشوار و در برخی موارد غیرممکن است.

علاوه بر این، طرح سازه نیازمند استفاده از اتصالات مفصلی در برخی نقاط برای جلوگیری از ایجاد خمش‌های ناخواسته بود؛ کاری که در سازه بتنی با محدودیت‌های شدید طراحی و اجرایی و کنترل‌پذیری پایین با صعوبت همراه است؛ اما در سازه فولادی بصورت کاملاً دقیق، مطمئن و قابل اعتماد اجرایی است. مجموع این عوامل نشان می‌دهد که فولادی شدن سازه فوقانی نه تنها یک انتخاب برتر، بلکه تنها راه حل منطقی برای تحقق فرم پیچیده، عملکرد مطمئن و اجرای ایمن پروژه میکا ناتس بوده است.

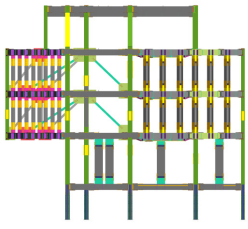
در طبقه‌ای که سازه بتنی و فولادی به یکدیگر می‌رسند، یک طبقه انتقالی طراحی شده تا پیوستگی و هماهنگی کامل میان این دو سیستم سازه‌ای برقرار شود. برای دستیابی به این هدف، ستون‌هایی مختلط با هسته فولادی و به‌صورت صلیبی، متشکل از دو مقطع بال‌پهن متعامد انتخاب شده و هر ستون با استفاده از ۴۱۶ عدد برش‌گیر، انتقال نیرو میان فولاد و بتن را تضمین می‌کند. همچنین هسته فولادی این ستون‌ها در بخش فوقانی به مقطع قوطی شکل تغییرفرم داده و با بهره‌گیری از جوش نفوذی به مقاطع بالاتر متصل شده است.

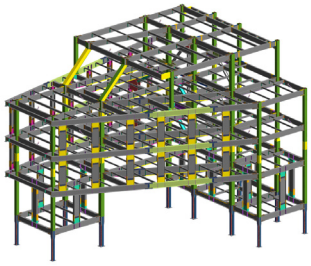
در همان نگاه اول، حجم پروژه میکا ناتس مخاطب را با خطوط شکسته و لایه‌لایه خود درگیر می‌کند؛ حجم‌هایی

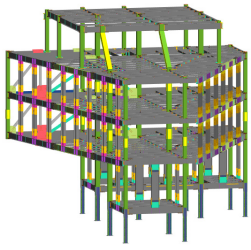
که آزادانه در ارتفاع جابه‌جا شده و باعث شده‌اند پوسته ساختمان همچون توده‌ای سیال در حال حرکت به‌نظر برسد. این آزادی فرم، به‌طور طبیعی چالش‌هایی جدی برای طراحی سازه تبدیل شد، زیرا هر شکست هندسی، عقب‌نشینی و گشودگی در نما باید توسط شبکه‌ای منظم از ستون‌ها و تیرها پشتیبانی می‌شد؛ شبکه‌ای که هنگام برخورد با این تغییرات فرمی، نمی‌توانست همان الگوی معمول و تکراری پروژه‌های متداول را ادامه دهد.

وجود پلی با هندسه نامنظم و با بیشینه طول آزاد ۲۷ متر و کمترین طول آزاد ۱۴ متر، بر فراز فضایی باز عبور هوا را فراهم کرده و یک فضای عمومی مناسب در ارتفاع ایجاد نموده، توجه برانگیز است. این فضای خارق‌العاده عملاً یک فضای خالی در میانه هندسه ساختمان است و پیچیدگی‌های فراوانی دارد؛ به‌نحوی که علاوه بر پل، در یک وجه ساختمان، در بیشینه طول ۹ متر به‌صورت کنسولی عظیم و با شکل یک شکستگی، از سازه بیرون زده و جلوه‌ای خاص ایجاد کرده است. چنین پیچیدگی‌های هندسی، روند طراحی و اجرا را به‌شکل چشمگیری دشوار کرده است.

در خصوص اجرای پل پروژه، چند روش مختلف اجرایی به صورت اولیه مورد بررسی قرار گرفت. نخستین راهکار، ساخت کامل پل روی زمین و سپس بالابردن آن بود؛ اما با توجه به هندسه پیچیده و گره‌مانند ساختمان و هندسه نامنظم پل، هیچ مسیر مستقیم و مناسبی برای جک‌گذاری و حرکت سازه به سمت بالا از روی زمین وجود نداشت و این گزینه عملاً کنار گذاشته شد. گزینه دوم، استفاده از جرثقیل‌های سنگین برای نصب پل بود، اما به‌دلیل گره ترافیکی شدید در محدوده پروژه و عدم امکان مسدود کردن مسیرهای اصلی، این روش نیز غیرممکن بود. در نهایت تصمیم گرفته شد که پل به مجموعه‌ای از المان‌های کوچک‌تر تقسیم شود تا تاورکرین بتواند قطعات را به‌صورت مرحله‌ای جابجا و نصب کند. این روش مستلزم دقت بسیار بالا در طراحی، مدلسازی و تهیه ترسیمات شاپ و تولید قطعات بود، زیرا کوچک‌ترین خطا در ابعاد یا محل اتصال می‌توانست مانع از تطابق دقیق قطعات، استقرار صحیح اتصالات و نهایتاً نصب موفق سازه شود. همانطور که پیشتر نیز اشاره شد، در کنار این پل، کنسول بزرگی با طول ۹ متر قرار دارد که خود نمونه‌ای دیگر از چالش‌های مهندسی پروژه به‌شمار می‌رود. این کنسول عملاً بخشی از سیستم باربر پل محسوب می‌شود و انتقال بار آن به سازه اصلی، به پیچیدگی طراحی و اجرای پل می‌افزاید. این بخش از سازه باید وزن سه طبقه قرارگرفته بر روی آن را تحمل کرده و هم‌زمان در برابر بارهای دینامیکی زلزله و باد مطابق مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ عملکردی پایدار و قابل‌اعتماد ارائه دهد؛ از این

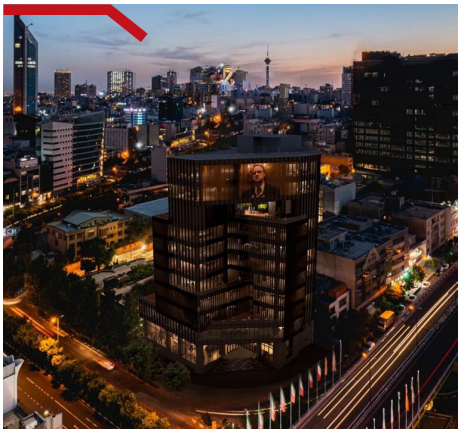






رو تحلیل‌های دینامیکی برای اطمینان از رفتار سیستم انجام شد. برای تأمین پایداری پل و کنسول، شبکه‌ای از ستون‌های آویز کششی و مهاربندهای خرپایی در بخش کنسول و پل تعبیه شده تا بارها را به ستون‌ها و طبقات پایین منتقل کنند. همچنین ستون‌هایی با اتصالات گیردار روی شاه‌تیرهای اصلی قرار داده شده‌اند تا بار طبقات واقع بر پل و کنسول را به شاه‌تیرها و از آن‌جا به ستون‌ها و نهایتاً به سازه اصلی منتقل کنند. این اتصالات صلب در پای ستون‌ها، جابجایی طبقات فوقانی را کنترل کرده و اطمینان می‌بخشند که سازه تحت بارهای دینامیکی نیز رفتاری پایدار و قابل اعتماد داشته باشد.

در پروژه میکا ناتس، پیچیدگی‌های معماری، سازه‌ای و اجرایی، این طرح را به یکی از چالش‌برانگیزترین پروژه‌های اخیر تبدیل کرده است؛ جایی که کوچک‌ترین انحراف می‌توانست زنجیره‌ای از خطاهای جبران‌ناپذیر ایجاد کند. از همین‌رو، نظام کنترل کیفیت با رویکردی سخت‌گیرانه و با حداقل رواداری در تمامی مراحل از طراحی تا اجرا پیاده‌سازی شد. هر جزئیات، هر اتصال و هر المان اجرایی با دقتی مضاعف بررسی شد تا اطمینان حاصل شود که نتیجه نهایی نه‌تنها مطابق استانداردها، بلکه هم‌تراز با فلسفه کمال‌گرایانه پروژه میکا ناتس باشد. تمام این عناصر در نهایت به خلق ساختمانی منجر شده‌اند که فراتر از یک پروژه معمولی است. میکا ناتس نتیجه مجموعه‌ای از تصمیمات هوشمندانه است؛ تصمیماتی که بین فرم آزاد و ساختار منطقی تعادل ایجاد کرده‌اند. در این پروژه، مهندسان نه‌تنها باید پاسخگوی



الزامات ایمنی، باربری و پایداری می‌بودند، بلکه باید این پاسخ‌ها را در قالب چارچوبی ارائه می‌دادند که دائماً از نظم کلاسیک فاصله می‌گرفت. همین تضاد میان نظم سازه‌ای و آزادی معماری، میکا ناتس را به پروژه‌ای تبدیل کرده که مطالعه آن برای هر مهندس و معمار جذاب و آموزنده است.

«میکا ناتس» ساختمانی است در قلب شهر که مسیرها و جریان‌های شهری را در خود جمع می‌کند و مانند گره‌ای شهری، نقطه‌ای از هم‌پیچیدگی‌ها و اتصال‌هاست. حجم ساختمان با پیچ و تاب‌هایش شبیه یک گره در فضا دیده می‌شود و ستون‌های مختلط، ترکیب فولاد و بتن را به ساختاری یکپارچه تبدیل کرده‌اند. میکا ناتس نمونه‌ای است از هماهنگی معماری و مهندسی سازه، جایی که زیبایی و عملکرد در کنار هم قرار گرفته است.

مباحثه فولادی

در این بخش گزیده‌ای از مسائل و سوالات پرتکرار حوزه سازه‌های فولادی در قالب مباحثه برای مهندسین محاسب و طراحان پرداخته خواهد شد؛ منابع مورد استفاده در این مباحثه، مطابق با ضوابط AISC خواهد بود.

طراحی جوش جان اتصال خمشی (گیردار) با ورق انتهایی[1]

پرسش: راهنمای۳۹ طراحی AISC[2] در خصوص اتصالات خمشی با ورق انتهایی به این موضوع اشاره دارد که جوش‌های اتصال جان تیر به ورق انتهایی می‌بایست به صورت مجزا و جداگانه برای دو حالت زیر کنترل شوند:

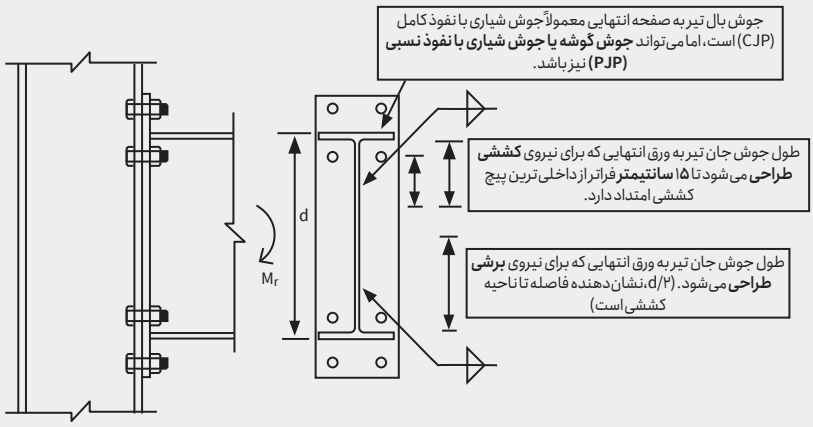
۱.گسیختگی کششی[3] در ناحیه اطراف سوراخ‌های پیچ‌های کششی (که تا فاصله ۱۵ سانتی‌متر فراتر از سوراخ‌های پیچ‌های کششی امتداد می‌یابند).

۲. برش برای سایر بخش‌های جوش جان به ورق انتهایی؛

در بخش جان تیر واقع در ناحیه اطراف پیچ‌های کششی، این پرسش مطرح می‌شود که چرا نیروی تقاضا[4] بر اساس رابطه Mu/(d-tf) محاسبه می‌گردد، درحالی که بال تیر پیش‌تر بر اساس همین مقدار Mu/(d-tf) طراحی شده است. آیا این امر به معنای محاسبه مضاعف و دوباره شماری بار و در نتیجه محافظه‌کارانه بودن بیش از حد طراحی نیست؟

1. End-Plate Moment Connection
2. American Institute of Steel Construction
3. Tension Rupture
4. Demand

پاسخ:



مثیو ایثرتون[5] استاد دانشگاه ویرجینیاتک در ارائه خود با عنوان "طراحی اتصالات خمشی با ورق انتهایی و با استفاده از راهنمای طراحی ۳۹" بیان می‌کند: به دلیل توزیع به شدت غیرخطی تنش‌ها، این کنترل‌ها نه تنها محافظه‌کارانه نیستند، بلکه ضروری می‌باشند. (راهنمای طراحی ۳۹ به صورت رایگان از آدرس Aisc.org/dg قابل دانلود می‌باشد.)

جوش اتصال جان تیر به ورق انتهایی به دو ناحیه تقسیم شده و هر دو ناحیه به‌صورت مستقل طراحی می‌شوند (همانگونه که در شکل فوق نشان داده شده است). تمرکز این بحث بر روی ناحیه کششی است که در آن به جوش در مجاورت پیچ‌های کششی متصل به جان اشاره دارد. ناحیه کششی جان تا فاصله ۱۵ سانتی‌متر فراتر از آخرین پیچ کششی امتداد می یابد. این جوش با نیروی بال محاسبه شده (که در بالا به آن اشاره شد) و با در نظر گرفتن توزیع واقعی بار در پیچ های مجاور، طراحی می‌شود. با این حال، آیین‌نامه اجازه نمی‌دهد که ظرفیت طراحی این جوش کمتر از ۶۰٪ مقاومت کششی جان در ناحیه کششی (بر اساس LRFD) در نظر گرفته شود. در این روش فرض می‌شود که تمام نیروی پیچ‌های مجاور جان از طریق بخش مشخصی از جوش، از جان تیر به ورق انتهایی منتقل می‌شود.

راهنمای طراحی با رویکرد ساده‌سازی و خلاصه‌سازی مفاهیم طراحی و کنترل‌های حالت حدی، پروسه طراحی منسجمی را ارائه داده است. روند پیشنهادی اتصالات خمشی با ورق انتهایی در ۱۵ وضعیت مختلف از طریق آزمایش‌های تجربی مورد تأیید قرار گرفته‌اند. همچنین روش طراحی جوش اتصال تیر به ورق انتهایی مستقل از ضخامت ورق انتهایی بوده و برای هر دو حالت ورق نازک و ضخیم یکسان می‌باشد. طراحی جوش بال تیر به ورق انتهایی بر مبنای نیروی بال حاصل از خمش مورد نیاز انجام می‌شود و این نیرو نباید کمتر از ۶۰٪ مقاومت کششی بال بر اساس روش LRFD باشد.

(برگرفته از یادداشت ملیسا گرادچی[6])

5. Matthew Eatherton
6. Melissa Gradechi, SE, PE

خلاصه مقاله کاربردی نشریه علمی سازه و فولاد

مدل‌سازی اجزای محدود آسیب لرزه‌ای رمپ پله فولادی با روش جداسازی ستونک فشاری

نویسندگان: شکیبا کمالی، احسان دهقانی، سیدمحمد چاوشی

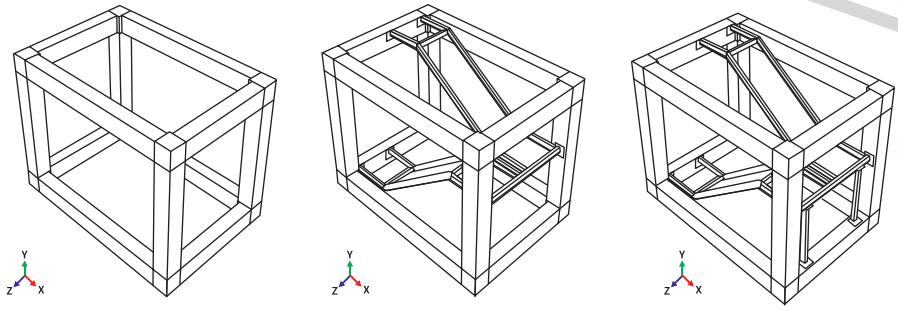
مقدمه

پله‌ها از حیاتی‌ترین اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها هستند که وظیفه تخلیه ایمن ساکنان را در هنگام وقوع زلزله بر عهده دارند. با این حال، در طراحی‌های متداول، اغلب اندرکنش لرزه‌ای پله با سازه اصلی نادیده گرفته می‌شود. این امر باعث می‌شود پله به عنوان یک مهاربند ناخواسته عمل کرده و با تمرکز تنش در نواحی بحرانی، دچار آسیب شود که در نهایت می‌تواند منجر به مسدود شدن مسیر خروج اضطراری گردد. این پژوهش با هدف بررسی آسیب لرزه‌ای رمپ پله فولادی دوطرفه در قاب خمشی بتن‌آرمه و ارزیابی کارایی روش جداسازی با «ستونک فشاری» برای حفظ عملکرد آن انجام شده است. تحقیقات گذشته نشان می‌دهند که راه پله‌ها اولین بخش‌هایی از سازه هستند که در آن‌ها مفاصل پلاستیک شکل می‌گیرد. بررسی زلزله‌های گذشته مانند زلزله سرپل ذهاب نشان داده است که دستگاه‌های پله به دلیل عملکرد مهاربندی، دچار شکست در ستون‌های کوتاه و جداشدگی از سازه اصلی می‌شوند. محققان راهکارهای مختلفی مانند اتصالات لغزنده، آویزهای کششی و سیستم‌های جداساز لاستیکی را پیشنهاد داده‌اند. نوآوری پژوهش حاضر در تمرکز بر روش جداسازی با ستونک فشاری در تراز میان‌طبقه است.

روش تحقیق و مدل‌سازی عددی

در این مطالعه از نرم‌افزار ABAQUS برای تحلیل اجزای محدود استفاده شد. یک قاب خمشی بتن‌آرمه یک‌طبقه در سه حالت مدل‌سازی گردید:

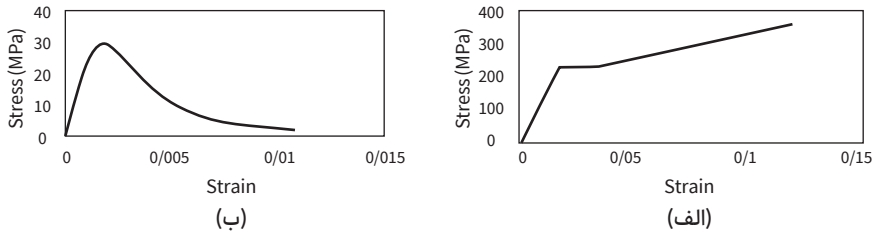
- مدل قاب مرجع (RCF-NS) شامل قاب خمشی بتن‌آرمه یک‌طبقه بدون دستگاه پله که به‌عنوان مدل مبنا برای مقایسه در نظر گرفته شد.
- مدل پله متصل (RCF-SC-DR) شامل قاب خمشی بتن‌آرمه همراه با دستگاه پله فولادی متصل به ستون‌ها به‌صورت مستقیم و یکپارچه، که اتصال تیر میان‌طبقه از طریق نبشی و ورق‌های انتظار مدفون در بتن تأمین شده است.
- مدل پله جداسازی‌شده (DSS-CP) در این مدل دستگاه پله با استفاده از ستونک‌های فشاری در تراز میان‌طبقه از قاب جدا شده و یک درز جداسازی ۳ سانتی‌متری برای کاهش اندرکنش میان قاب و پله لحاظ گردید. در شکل ۱ هر سه مدل ساخته شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۱. مدل‌های ساخته شده در نرم‌افزار

مشخصات مصالح و المان‌ها

- **بتن:** از مدل پلاستیسیته آسیب‌دیده بتن (CDP) استفاده شد تا ترک‌خوردگی کششی و خردشدگی فشاری شبیه‌سازی شود. شکل ۲ (الف) نمودار تنش-کرنش بتن استفاده شده را نمایش می‌دهد.
- **فولاد:** برای میلگردها مدل الاستو-پلاستیک ایده‌آل و برای اعضای پله فولاد (St37) مدل الاستوپلاستیک با سخت‌شوندگی کرنشی لحاظ گردید. شکل ۲ (ب) نمودار تنش-کرنش فولاد استفاده شده را نمایش می‌دهد.
- **المان‌ها:** برای اجزای بتنی و فولادی از المان‌های سه‌بعدی هشت‌گرهی (C3D8R) استفاده شده است.



شکل ۲. نمودار تنش-کرنش مصالح استفاده شده: الف) بتن، ب) فولادی

صحت‌سنجی مدل‌سازی

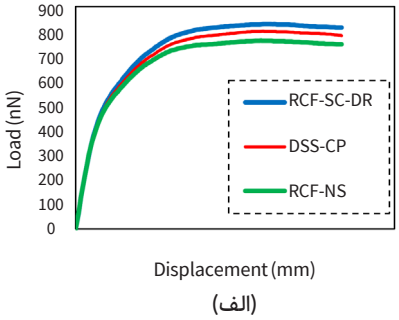
به‌منظور اعتبارسنجی روش مدل‌سازی، نتایج عددی با داده‌های آزمایشگاهی مقالات معتبر مقایسه شد. بدین منظور، یک تیر فولادی بر اساس پژوهش هان و همکاران و یک تیر بتن‌آرمه مطابق تحقیق بن‌سعود و همکاران در نرم‌افزار ABAQUS مدل‌سازی گردید. مقایسه منحنی‌های نیرو-تغییرمکان نشان داد نتایج عددی در هر دو مدل تطابق بسیار خوبی با داده‌های آزمایشگاهی داشته و دقت رویکرد مدل‌سازی در شبیه‌سازی رفتار غیرخطی اجزای فولادی و بتنی را تأیید می‌کند.

تحلیل نتایج

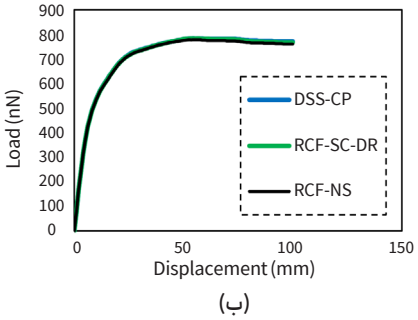
تحلیل استاتیکی غیرخطی

تحلیل‌ها در دو بخش استاتیکی غیرخطی (Pushover) و تاریخچه زمانی (تحت زلزله‌های منجیل، السنترو و طبس) انجام شد.

- **راستای عمود بر پله (Z):** رفتار هر سه مدل تقریباً یکسان بود که نشان می‌دهد پله در راستای عرضی تأثیر چندانی بر پاسخ سازه ندارد. شکل ۳ (الف) نمودار نیرو-تغییرمکان در راستای Z را نمایش می‌دهد.
- **راستای موازی با پله (X):** در مدل متصل، مقاومت نهایی و سختی ۸/۷٪ نسبت به قاب مرجع افزایش یافت که نشان‌دهنده مشارکت ناخواسته پله در باربری جانبی است. در مقابل، مدل جداسازی شده با ستونک، این افزایش را به کمتر از ۵٪ محدود کرد. در شکل ۳ (ب) نمودار نیرو-تغییرمکان در راستای X نمایش داده شده است.



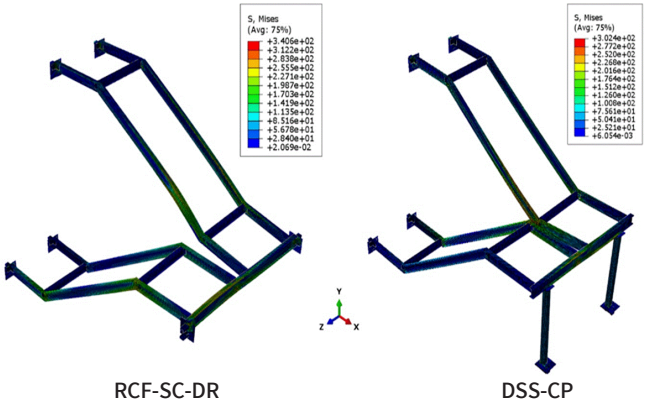
(الف)



(ب)

شکل ۳. نمودار نیرو-تغییرمکان: الف) راستای Z، ب) راستای X

- **مدل متصل:** تمرکز تنش در محل شکستگی شمشیری‌ها و اتصالات مشاهده شد. کرنش پلاستیک در این نواحی به ۰/۰۴۱ رسید که ۳۵ برابر کرنش تسلیم است.
- **مدل جداسازی شده:** با استفاده از ستونک فشاری، بخش‌های عمده دستگاه پله در محدوده الاستیک باقی ماندند و کرنش پلاستیک ۳۴٪ نسبت به حالت متصل کاهش یافت. ستونک‌های جداساز خود تحت تنش پایینی در حدود ۱۰۰ مگاپاسکال قرار گرفتند که بسیار کمتر از حد تسلیم است. کانتور تنش دستگاه پله متصل و جداسازی شده در شکل ۴، نمایش داده شده است.



شکل ۴. کانتور تنش مجموعه دستگاه پله فولادی مدل برحسب MPa

تحلیل تاریخچه‌زمانی

در این پژوهش، تحلیل تاریخچه زمانی با رکوردهای زلزله منجیل، السنترو و طبس انجام شد و نتایج منحنی‌های هیسترزیس نشان داد میزان استهلاک انرژی به نوع رکورد زلزله وابسته است. به‌طوری که مدل دارای ستونک فشاری در رکورد السنترو حدود ۵٪ انرژی بیشتری مستهلک کرد، اما در رکوردهای منجیل و طبس، مدل متصل به‌ترتیب حدود ۷ و ۱۱٪ اتلاف انرژی بیشتری نشان داد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش ثابت کرد که روش جداسازی با ستونک فشاری راهکاری مؤثر برای بهبود دوام لرزه‌ای پله‌های فولادی است. نتایج کلیدی عبارتند از:

۱. اتصال مستقیم دستگاه پله به قاب اصلی موجب عملکرد آن به‌صورت مهاربند ناخواسته شده و با وجود افزایش محدود مقاومت نهایی و سختی سازه در راستای موازی پله، سبب تمرکز تنش و ایجاد تغییرشکل‌های غیرالاستیک و آسیب‌های دائمی در اجزای پله می‌شود، هرچند این آسیب‌ها مانع بهره‌برداری آنی از دستگاه پله نمی‌گردند.

۲. استفاده از روش جداسازی با ستونک فشاری مشارکت جانبی ناخواسته دستگاه پله را به حداقل رسانده و ضمن حفظ رفتار الاستیک اجزای کلیدی، عملکرد مؤثری در کاهش آسیب لرزه‌ای دستگاه پله نشان می‌دهد.

۳. به‌طور کلی، حضور دستگاه پله فولادی تأثیر محسوسی بر رفتار کلی قاب خمشی بتنی ندارد و هدف اصلی جداسازی لرزه‌ای آن، نه بهبود عملکرد کلی سازه، بلکه کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ایمنی عملکردی خود دستگاه پله است.

پرسش و پاسخ از مبحث دهم
مقررات ملی ساختمان

سوال۱) تفاوت مهار جانبی دو بال تیر با مهار پیچشی نقطه‌ای چیست؟

جزئیات اجرایی از انواع مهار جانبی بال تیر در سازه‌های فولادی را نیز ارائه نمایید.

پاسخ: قبل از پاسخ به سوال فوق اول تعریف مهار جانبی در مبحث دهم را مرور کنیم:

L_b-فاصلهٔ بین دو مقطع از طول عضو که در آن مقاطع از تغییر مکان جانبی بال فشاری یا از پیچش کل مقطع جلوگیری شده است. در این بخش برای اختصار و سادگی، فاصلهٔ بین دو تکیه‌گاه جانبی متوالی به عنوان طول مهار نشدهٔ عضو نامیده می‌شود.

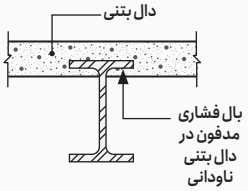
مبحث دهم ۱۰-۶-۲-۸-۱
صفحه ۲۶۶

۱۰-۳-۲-۸-۱ مهارهای جانبی در اعضای با شکل‌پذیری متوسط

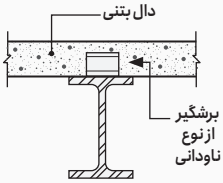
الف) تیرهای فولادی تنها

تیرهای فولادی با شکل‌پذیری متوسط باید الزامات زیر را برآورده نمایید:

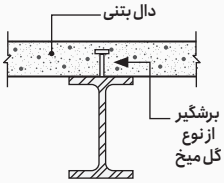
۱. هر دو بال تیر باید به صورت جانبی یا مقطع تیر از طریق مهار پیچشی نقطه‌ای مهار شود.



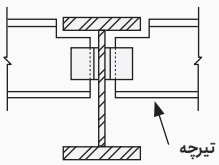
الف) بال فشاری مدفون در دال بتنی



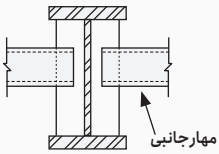
ب) بال فشاری متصل به دال بتنی از طریق برشگیر



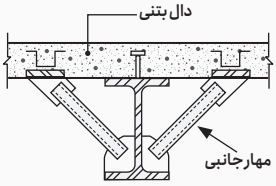
پ) بال فشاری متصل به دال بتنی از طریق برشگیر



ت) مهار جانبی تیر از طریق تیرهای فرعی (تیرچه‌ها)

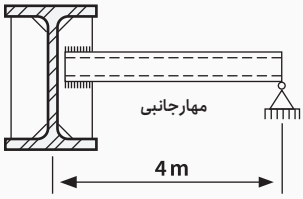


ث) مهار جانبی و اتصال آن‌ها از طریق سخت‌کننده‌های عرضی به هر دو بال تیر



ج) مهار جانبی بال تحتانی از طریق مهار جانبی مورب و متصل به دال بتنی

پیوست شماره شش آیین‌نامهٔ AISC 360) همچنین مطابق آیین‌نامهٔ AISC 360 مهارهای جانبی تیرها باید به بال فشاری تیر نزدیک باشند، مگر در مورد اعضای خمشی طره‌ای که تعبیهٔ یک مهار انتهایی نزدیک به بال کششی کفایت می‌کند. همچنین در صورت استفاده از مهار جانبی در محل نقطهٔ عطف، مهار جانبی باید از حرکت جانبی هر دو بال کششی و فشاری جلوگیری نماید.



الف) مهارهای جانبی نسبی تیرها

مطابق آیین‌نامهٔ AISC 360 حداقل مقاومت مورد نیاز و حداقل سختی لازم مهارهای جانبی نسبی در تیرها در راستای عمود بر محور طولی تیر باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

LRFD	ASD
$P_{ub} = 0.01\left(\frac{M_u C_d}{h_0}\right)$	$P_{ab} = 0.01\left(\frac{M_u C_d}{h_0}\right)$
$\phi = 0.75$	$\Omega = 2.00$
$\beta_{br} = \frac{1}{\phi}\left(\frac{4M_u C_d}{L_{br} h_0}\right)$	$\beta_{br} = \Omega\left(\frac{4M_a C_d}{L_{br} h_0}\right)$

ب) مهارهای جانبی نقطه‌ای تیرها

مطابق آیین‌نامهٔ AISC360 حداقل مقاومت مورد نیاز و حداقل سختی لازم مهارهای جانبی نقطه‌ای در تیرها در امتداد عمود بر محور طولی تیر باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

LRFD	ASD
$P_{ub} = 0.01\left(\frac{M_u C_d}{h_0}\right)$	$P_{ab} = 0.02\left(\frac{M_u C_d}{h_0}\right)$
$\phi = 0.75$	$\Omega = 2.00$
$\beta_{br} = \frac{1}{\phi}\left(\frac{10M_u C_d}{L_{br} h_0}\right)$	$\beta_{br} = \Omega\left(\frac{10M_a C_d}{L_{br} h_0}\right)$

چون مهارهای جانبی به یک تکیه‌گاه ثابت متصل هستند، از این رو در دسته‌بندی مهارهای جانبی نقطه‌ای قرار می‌گیرند.

پ) مهارهای پیچشی در تیرها

نوع دیگری از مهارهای جانبی تیرها، مهارهای پیچشی است. مهارهای پیچشی می‌توانند به صورت پیوسته یا نقطه‌ای و در هر موقعیتی از مقطع تیر قرار داده شوند و لزومی به تعبیهٔ آن‌ها در نزدیکی بال فشاری نیست. مطابق آیین‌نامهٔ AISC 360 اتصال مهارهای پیچشی به تیر باید دارای حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز و سختی دورانی لازم به شرح زیر باشند:

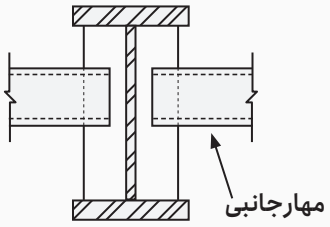
$$M_{ub} = 0.02M_u$$

$$\beta_{Tb} = \frac{\beta_T}{\left(1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}}\right)}$$

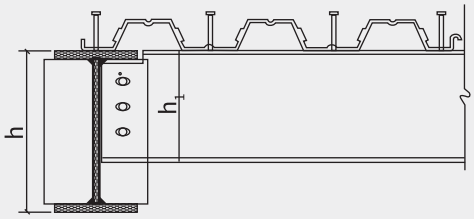
که در آن:

$$\beta_T = \frac{1}{\phi}\left(\frac{2.4L}{nEI_{yeff}}\right)\left(\frac{M_u}{c_b}\right)^2$$

$$\beta_T = \frac{3.3E}{h_0}\left(\frac{1.5h_0 t_w^3}{12} + \frac{t_{st} b_s^3}{12}\right)$$



سوال۲) با توجه به اتصال نشان داده شده در شکل، نسبت h_1 به h چقدر باشد تا تیر فرعی برای تیر اصلی در قاب خمشی متوسط یا ویژه مهار جانبی محسوب شود؟



پاسخ: در آیین‌نامه‌ها برای این مورد الزام خاصی ارائه نشده است. در هر حال باید یکی از شرایط مهار جانبی تیرها و مهار پیچشی را داشته باشد تا بتوان آن را به عنوان مهار جانبی در نظر گرفت. در سوال ۱ شرایط هر دو نوع جانبی ارائه شد و از تکرار آن در اینجا خودداری می‌شود.

سوال۳) وصله مستقیم ستون‌ها یکی از روش‌های بسیار کارآمد و اقتصادی در سازه‌های فولادی می‌باشد. در AISC341-16 بند E6.3e اتصال PJP با یک‌سری محدودیت قابل قبول می‌باشد. چرا در مبحث دهم این نوع جوش‌ها باید CJP باشد. (چرا این‌قدر سخت‌گیرانه؟)

پاسخ: هرچند اعضای کمیتهٔ تخصصی مبحث دهم مقررات ملی ساختمان از این موضوع آگاه بودند لیکن در ویرایش فعلی تشخیص دادند به وصلهٔ ستون‌ها اهمیت بیشتری بدهند. در نتیجه با توجه به کیفیت جوش‌های شیاری به کار رفته در ارتفاع ساختمان، مطابق این ویرایش فقط استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل مجاز است. (اعمال کاهش ۱۵٪ برای نفوذ در هیچ شرایطی مجاز نیست).

مبحث دهم صفحه ۳۰۸

۱۰-۳-۳-۳-۱۱ وصلهٔ ستون‌ها

وصلهٔ ستون‌ها باید الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱۲ را تأمین نمایند. وصلهٔ غیر مستقیم ستون‌ها می‌تواند از نوع جوشی یا پیچی باشد. در هر حال مقاومت خمشی مورد نیاز وصله‌های غیرمستقیم نباید از $R_y M_{p\,min}/a_s$ و مقاومت برشی مورد نیاز آن‌ها نباید از $(\Sigma R_y M_p)/(a_s H_c)$ کمتر در نظر گرفته شود.

کوئیز فولادی

سؤالات کوئیز فصلنامه پاییز و زمستان ۱۴۰۴

با سؤالات چالش برانگیز در هر شماره از فصلنامه تخصصی صدای سازه و فولاد، دانش و تسلط خود را در این حوزه محک بزنید. پاسخ تحلیلی سؤالات، در شماره بعدی فصلنامه منتشر خواهد شد. شما می‌توانید پاسخ‌های خود را با عنوان ایمیل Quiz-Fall & Winter 1404 به نشانی info@isss.ir ارسال نمایید. اسامی عزیزانی که به تمامی سوالات پاسخ صحیح دهند، در شماره آتی اعلام خواهد.

سوال ۱) عضو مختلط تحت خمش مثبت

در یک تیر مختلط فولادی-بتنی با عملکرد مختلط کامل، اگر محور خنثی داخل دال بتنی قرار گیرد، کدام گزینه در تعیین مقاومت خمشی اسمی صحیح است؟

الف) کل مقطع فولادی به تنش تسلیم می‌رسد و بتن در کشش نیز مشارکت دارد.

ب) بتن فقط تا کرنش ۰/۰۰۳ در فشار در نظر گرفته شده و فولاد کششی تسلیم فرض می‌شود.

پ) تنش بتن به صورت خطی تا عمق مقطع توزیع می‌شود بدون محدودیت کرنش.

ت) نیازی به کنترل برش افقی نیست.

سوال ۲) پایداری عضو فشاری مختلط

در ستون مختلط پرشده با بتن (CFST)، افزایش مقاومت کمانشی نسبت به ستون فولادی مشابه عمدتاً ناشی از کدام مکانیزم است؟

الف) افزایش مدول الاستیسیته مؤثر مقطع

ب) کاهش ضریب طول مؤثر K

پ) جلوگیری از کمانش موضعی جداره فولادی و افزایش سختی فشاری مقطع

ت) حذف اثرات P-Δ

سوال ۳) تحلیل مرتبه دوم

طبق مبانی طراحی مبحث دهم، در صورت استفاده از تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدیدیافته، اثرات کدام پدیده باید لحاظ شود؟

الف) فقط اثر P-δ عضو

ب) هر دو اثر P-δ و P-Δ

پ) فقط اثر P-Δ کل سازه

ت) هیچ‌کدام در صورت طراحی به روش ASD

سوال ۴) رفتار لرزه‌ای قاب مهاربندی واگرا

در قاب مهاربندی واگرا (EBF)، ناحیه‌ای که باید رفتار شکل‌پذیر و غیرالاستیک را تأمین کند کدام است؟

الف) ستون‌ها
ب) تیر خارج از ناحیه پیوند
پ) مهاربندها
ت) تیر پیوند

سوال ۵) مقطع غیر فشرده

در یک تیر فولادی با مقطع غیر فشرده، مقاومت خمشی اسمی چگونه تعیین می‌شود؟

الف) برابر Mp (لنگر پلاستیک کامل)
ب) کمتر از Mp و محدود به تنش تسلیم در تار فشاری قبل از کمانش موضعی
پ) فقط بر اساس مدول پلاستیک مقطع
ت) مستقل از نسبت پهنا به ضخامت اجزا

سوال ۶) اتصال لغزش بحرانی

در اتصال اصطکاکی (Slip-Critical)، معیار طراحی در حالت حدی بهره‌برداری کدام است؟

الف) مقاومت برشی پیچ
ب) جلوگیری از لغزش بین سطوح تماس
پ) مقاومت اتکایی سوراخ
ت) مقاومت کششی پیچ

سوال ۷) طراحی ظرفیتی لرزه‌ای

در طراحی اعضای غیرشکل‌پذیر مجاور ناحیه تسلیم، نیروهای طراحی باید بر اساس کدام مقدار تعیین شوند؟

الف) نیروهای حاصل از تحلیل الاستیک با بارهای طرح
ب) نیروهای محدود به ظرفیت عضو شکل‌پذیر
پ) نیروهای کاهش‌یافته با ضریب رفتار R
ت) نیروهای بهره‌برداری

طراحی سوال با شما

شما می‌توانید سؤالات خود را در رابطه با تغییرات ابعاد فنی مبحث دهم مقررات ملی (ویرایش پنجم-۱۴۰۱) به نشانی info@isss.ir ارسال نمایید.

فصلنامه تخصصی

صدای سازه و فولاد

انجمن سازه‌های فولادی ایران

www.isss.ir

تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، معاونت آموزش و توسعه فناوری، انجمن سازه‌های فولادی ایران