

اتصالات نیمه صلب در سازه‌های فولادی

تئوری، طراحی و نرم‌افزار

مولفین

سی. فائلا، وی. پیلوسو، جی. ریزانو

ترجمه

رضا رؤفی - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

فرهاد بهنام‌فر - عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان



نشر علم عمران

www.elme-omran.com

Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن کتاب‌های

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	: فائلا، چيرو، Faella, C. (Ciro)
عنوان و نام پديدآور	: اتصالات نيمه صلب در سازه‌هاي فولادي: تئوري، طراحي و نرم‌افزار/ مولفين سي. فائلا، وي. پيلوسو، جي. ريزانو؛ ترجمه رضا رؤفي، فرهاد بهنام‌فر.
مشخصات نشر	: تهران، علم عمران: ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهري	: ۵۵۹ ص.
شابک	: ۱۹۹۰۰۰۰ ريال: 978-600-5176-38-4
وضعيت فهرست نويسي	: فيبا
موضوع	: ساختمانهاي فلزي—اتصال‌ها Building, iron and steel, joints
شناسه افزوده	: پيلوسو وينچتسو، ريتسانيو جيانويتاريو
شناسه افزوده	: رؤفي، رضا، ۱۳۵۵-، مترجم، بهنام‌فر، فرهاد، ۱۳۴۴-، مترجم
رده بندي کنگره	: TA۶۸۴
رده بندي ديويي	: ۶۲۴/۱۸۲۱
شماره کتابشناسي ملي	: ۸۴۳۹۲۹۰



اتصالات نيمه صلب در سازه‌هاي فولادي

مولفين: سي. فائلا، وي. پيلوسو، جي. ريزانو
ترجمه: رضا رؤفي - فرهاد بهنام‌فر

چاپ اول	تابستان ۱۴۰۰
چاپ	پرستش
تعداد و قطع صفحات	۵۵۹ صفحه و زيري
شمارگان	۲۰۰
بهاي كتاب	۱۹۹۰۰۰۰ ريال
شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۷۶-۳۸-۴	ISBN 978-600-5176-38-4

نشر علم عمران: تهران، يوسف آباد، خيابان جهان‌آرا، بين خيابانهاي ۱۶ و ۱۸، پلاک ۳۳، طبقه دوم، واحد ۱۱

تلفن: ۳۱-۸۸۳۵۳۹۳۰-۳۱ دورنگار: ۸۸۳۵۳۹۳۲

حقوق چاپ و نشر براي نشر علم عمران محفوظ است.

فهرست مطالب

مقدمه

اختصارات

فصل ۱: رفتار قاب‌های نیمه صلب

- ۱-۱ مقدمه ۱
- ۲-۱ دسته بندی قاب‌ها ۳
- ۳-۱ اثر رفتار گره بر پاسخ قاب مهاربندی نشده ۸
- ۱-۳-۱ مدل ساده شده ۸
- ۲-۳-۱ زمان تناوب ارتعاش ۱۰
- ۳-۳-۱ حساسیت قاب به اثرات مرتبه دوم ۱۱
- ۴-۳-۱ رفتار غیرارتجاعی ۱۲
- ۴-۱ اثر رفتار گره بر پاسخ قاب مهاربندی شده ۱۹
- ۵-۱ دسته بندی گره‌ها ۲۳
- ۶-۱ مراجع ۳۸

فصل ۲: مدل‌سازی رفتار گره

- ۱-۲ مقدمه ۴۱
- ۲-۲ روش‌های مدل‌سازی رفتار دورانی ۴۴
- ۳-۲ بیان ریاضی منحنی لنگر-دوران ۴۸
- ۱-۳-۲ کلیات ۴۸
- ۲-۳-۲ فرمول‌بندی مبتنی بر سختی، مقاومت و ضریب شکل ۵۰
- ۳-۳-۲ برازش منحنی با تحلیل رگرسیون ۶۰
- ۴-۲ روش‌های پیش‌بینی منحنی‌های لنگر-دوران ۶۲
- ۱-۴-۲ کلیات ۶۲

۶۳	۲-۴-۲ مدل‌های تجربی
۷۳	۳-۴-۲ مدل‌های تحلیلی
۷۹	۴-۴-۲ مدل‌های مکانیکی
۸۴	۵-۴-۲ تحلیل اجزا محدود
۸۵	۶-۴-۲ بررسی‌های آزمایشگاهی
۸۶	۵-۲ مراجع
	فصل ۳: اتصالات جوشی
۹۱	۱-۳ مقدمه
۹۵	۲-۳ جان ستون در برش
۱۰۵	۳-۳ جان ستون در فشار
۱۰۵	۱-۳-۳ مقاومت لهیدگی
۱۰۹	۲-۳-۳ مقاومت کمانش
۱۱۳	۳-۳-۳ سختی اولیه
۱۱۳	۴-۳ جان ستون در کشش
۱۱۳	۱-۴-۳ مقاومت
۱۱۵	۲-۴-۳ سختی اولیه
۱۱۵	۵-۳ ملاحظات در خصوص اندرکنش تنش‌های موضعی
۱۲۱	۶-۳ بال ستون در خمش
۱۲۴	۷-۳ بال و جان تیر در فشار
۱۲۵	۸-۳ مقایسه با اطلاعات آزمایشگاهی
۱۲۹	۹-۳ اثر سخت‌شدگی کرنش
۱۳۶	۱۰-۳ مثال‌های حل شده
۱۳۶	۱-۱۰-۳ گره خارجی سخت نشده
۱۴۰	۲-۱۰-۳ گره خارجی سخت شده

۱۴۲ ۱۱-۳ مراجع

فصل ۴: مؤلفه اصلی اتصالات پیچی

۱۴۵ ۱-۴ مقدمه

۱۴۸ ۲-۴ مقاومت محوری سپری‌های پیچی

۱۴۸ ۱-۲-۴ روابط اصلی

۱۵۴ ۲-۲-۴ اثر اندرکنش لنگر-برش

۱۶۰ ۳-۴ سختی محوری سپری‌های پیچی

۱۶۰ ۱-۳-۴ مبانی پایه

۱۶۴ ۲-۳-۴ تشریح نمونه‌ها و ابزارهای آزمایش

۱۶۸ ۳-۳-۴ نتایج آزمایشگاهی

۱۷۲ ۴-۳-۴ پیش‌بینی سختی محوری سپری‌های پیش‌بارگذاری نشده

۱۷۷ ۵-۳-۴ پیش‌بینی سختی محوری سپری‌های پیش‌بارگذاری شده

۱۸۳ ۴-۴ مراجع

فصل ۵: اتصالات پیچی با ورق انتهایی

۱۸۵ ۱-۵ مقدمه

۱۹۰ ۲-۵ پیش‌بینی مقاومت خمشی

۱۹۰ ۱-۲-۵ جان ستون در برش

۱۹۰ ۲-۲-۵ جان ستون در فشار

۱۹۰ ۳-۲-۵ بال ستون در خمش

۱۹۵ ۴-۲-۵ ورق انتهایی در خمش

۱۹۷ ۵-۲-۵ جان ستون در کشش

۱۹۸ ۶-۲-۵ جان تیر در فشار

۱۹۸ ۷-۲-۵ جان تیر در کشش

۱۹۸ ۸-۲-۵ روش محاسبه مقاومت خمشی گره

۲۰۲	۹-۲-۵ مقایسه با نتایج آزمایشگاهی
۲۰۴	۳-۵ پیش بینی سختی دورانی اولیه
۲۰۴	۱-۳-۵ کلیات
۲۰۴	۲-۳-۵ جان ستون در برش
۲۰۴	۳-۳-۵ جان ستون در فشار
۲۰۵	۴-۳-۵ جان ستون در کشش
۲۰۶	۵-۳-۵ بال ستون در خمش و ورق انتهایی در خمش
۲۰۸	۶-۳-۵ ردیف پیچ در کشش
۲۰۹	۷-۳-۵ مقایسه با نتایج آزمایشگاهی
۲۱۳	۸-۳-۵ اثر پیش بارگذاری
۲۱۴	۴-۵ منحنی لنگر-دوران
۲۲۰	۵-۵ مثال‌های حل شده
۲۲۰	۱-۵-۵ خصوصیات هندسی و مکانیکی
۲۲۱	۲-۵-۵ سختی دورانی اولیه
۲۲۷	۳-۵-۵ مقاومت خمشی
۲۳۵	۶-۵ مراجع
	فصل ۶: اتصالات پیچی با نبشی
۲۳۷	۱-۶ مقدمه
۲۳۸	۲-۶ پیش‌بینی مقاومت خمشی
۲۳۸	۱-۲-۶ شناسایی مؤلفه
۲۴۱	۲-۲-۶ جان ستون در برش
۲۴۱	۳-۲-۶ جان ستون در فشار
۲۴۱	۴-۲-۶ جان ستون در کشش و بال ستون در خمش
۲۴۱	۵-۲-۶ نبشی بالا در خمش

۲۵۰	۶-۲-۶ نبشی‌های جان در خمش
۲۵۸	۶-۲-۷ پیچ‌ها در کشش
۲۵۸	۶-۲-۸ پیچ‌ها در برش
۲۵۹	۶-۲-۹ ورق‌ها در لهیدگی
۲۵۹	۶-۲-۱۰ ورق در کشش
۲۶۰	۶-۲-۱۱ ورق در فشار
۲۶۱	۶-۲-۱۲ جان تیر در کشش
۲۶۱	۶-۲-۱۳ بال و جان تیر در فشار
۲۶۱	۶-۳ گام‌های عملیاتی
۲۶۳	۶-۴ مقایسه با داده‌های آزمایشگاهی
۲۶۹	۶-۵ روش ساده شده
۲۷۰	۶-۶ پیش‌بینی سختی دورانی
۲۷۰	۶-۱-۱ شناسایی منابع تغییر شکل
۲۷۴	۶-۶-۲ جان ستون در برش
۲۷۴	۶-۶-۳ جان ستون در فشار
۲۷۵	۶-۶-۴ جان ستون در کشش
۲۷۵	۶-۶-۵ بال ستون در خمش
۲۷۶	۶-۶-۶ ردیف پیچ در کشش
۲۷۷	۶-۶-۷ نبشی در خمش
۲۷۹	۶-۶-۸ پیچ‌ها در برش
۲۷۹	۶-۶-۹ ورق در لهیدگی
۲۸۰	۶-۶-۱۰ اثر پیش بارگذاری
۲۸۱	۶-۶-۱۱ مقایسه با اطلاعات آزمایشگاهی
۲۸۴	۶-۷ مثال حل شده

۲۸۴	۱-۷-۶ مقاومت خمشی
۲۹۹	۲-۷-۶ سختی دورانی
۳۰۷	۸-۶ مراجع
	فصل ۷: JMRC- برنامه کامپیوتری برای تعیین منحنی لنگر- دوران گره
۳۰۹	۱-۷ انواع گره‌های بررسی شده
۳۱۰	۲-۷ تشریح اطلاعات ورودی
۳۱۰	۱-۲-۷ کلیات
۳۱۱	۲-۲-۷ داده‌های اصلی گره
۳۱۹	۳-۲-۷ داده‌های مربوط به المان‌های متصل کننده اتصالات جوشی
	۴-۲-۷ داده‌های مربوط به المان‌های متصل کننده در اتصالات با ورق
۳۱۹	انتهایی
۳۲۰	۵-۲-۷ داده‌های مربوط به المان‌های متصل کننده در اتصالات با نبشی
۳۲۳	۳-۷ مثال‌هایی از فایل‌های داده‌های ورودی
۳۲۳	۱-۳-۷ اتصالات جوشی
۳۲۴	۲-۳-۷ اتصالات با ورق انتهایی
۳۲۴	۳-۳-۷ اتصالات با نبشی
۳۲۵	۴-۷ روابط منتخب
۳۳۱	۵-۷ مراجع
	فصل ۸: طراحی اتصالات با ورق انتهایی امتداد یافته برای قاب‌های مهاربندی
۳۳۳	۱-۸ مقدمه
۳۳۶	۲-۸ رفتار و طراحی اتصالات با ورق انتهایی
۳۳۶	۱-۲-۸ تحلیل پارامتری
۳۳۹	۲-۲-۸ رابطه مقاومت خمشی با سختی دورانی

۳۴۴	۳-۲-۸ رابطه ضخامت ورق انتهایی در برابر سختی دورانی
۳۵۱	۴-۲-۸ ابزار طراحی
۳۵۷	۳-۸ روش طراحی برای قاب‌های مهاربندی
۳۵۷	۱-۳-۸ الزامات طراحی
۳۵۹	۲-۳-۸ الگوریتم طراحی
۳۶۱	۴-۸ کاربردها
۳۶۵	۵-۸ مراجع
	فصل ۹: شکل پذیری اتصالات
۳۶۷	۱-۹ مقدمه
۳۶۹	۲-۹ ظرفیت دوران غیرارتجاعی سیستم تیر-گره
۳۷۵	۳-۹ اتصالات جوشی
۳۷۸	۴-۹ اتصالات پیچی
۳۷۸	۱-۴-۹ کلیات
۳۷۹	۲-۴-۹ مبانی رویکرد نظری
۳۸۰	۳-۴-۹ رابطه ساختاری حاکم بر مصالح
۳۸۲	۴-۴-۹ رابطه لنگر-انحنای
۳۸۴	۵-۴-۹ مودهای انهدام
۳۸۵	۶-۴-۹ جابجایی غیرارتجاعی نهایی برای سازوکار نوع-۱
۳۸۷	۷-۴-۹ جابجایی غیرارتجاعی نهایی برای سازوکار نوع-۲
۳۹۶	۸-۴-۹ جابجایی غیرارتجاعی نهایی برای سازوکار نوع-۳
۳۹۷	۹-۴-۹ تغییر شکل غیرارتجاعی پیچ
۳۹۸	۱۰-۴-۹ تعیین منحنی نیرو-تغییر مکان
۴۰۷	۱۱-۴-۹ مقایسه با شواهد آزمایشگاهی
۴۱۰	۵-۹ پارامترهای تاثیر گذار بر شکل پذیری

- ۴۱۳ ۶-۹ دوران غیرارتجاعی نهایی اتصالات با نبشی
- ۴۱۹ ۷-۹ دوران غیرارتجاعی نهایی اتصالات با ورق انتهایی
- ۴۲۲ ۸-۹ مراجع

فصل ۱۰: رفتار چرخه‌ای گره‌های تیر-ستون

- ۴۲۵ ۱-۱۰ مقدمه
- ۴۲۸ ۲-۱۰ شواهد آزمایشگاهی
- ۴۴۰ ۳-۱۰ خستگی با چرخه کم
- ۴۵۶ ۴-۱۰ مدل‌سازی پاسخ چرخه‌ای
- ۴۵۶ ۱-۴-۱۰ دسته بندی مدل‌ها
- ۴۵۷ ۲-۴-۱۰ مدل‌های ریاضی
- ۴۶۳ ۳-۴-۱۰ مدل‌های مکانیکی
- ۴۶۹ ۴-۴-۱۰ رفتار چرخه‌ای سپری‌های پیچی
- ۴۷۵ ۵-۱۰ مراجع

فصل ۱۱: طراحی لرزه‌ای قاب‌های نیمه‌صلب

- ۴۷۹ ۱-۱۱ مقدمه
- ۴۸۴ ۲-۱۱ طراحی اتصال و چشمه اتصال
- ۴۸۴ ۱-۲-۱۱ طراحی اتصال
- ۴۸۶ ۲-۲-۱۱ طراحی چشمه اتصال
- ۴۸۹ ۳-۱۱ طراحی غیرارتجاعی مرتبه دوم قاب‌های خمشی
- ۴۸۹ ۱-۳-۱۱ پیش زمینه طرح ظرفیت
- ۴۹۲ ۲-۳-۱۱ موقعیت مفاصل غیرارتجاعی
- ۴۹۶ ۳-۳-۱۱ اختصارات
- ۴۹۸ ۴-۳-۱۱ منحنی‌های تعادل سازوکار
- ۵۰۰ ۵-۳-۱۱ سازوکار نوع کلی

۵۰۱	۱۱-۳-۶ سازوکارهای نوع-۱
۵۰۱	۱۱-۳-۷ سازوکارهای نوع-۲
۵۰۲	۱۱-۳-۸ سازوکارهای نوع-۳
۵۰۲	۱۱-۳-۹ شرایط طراحی برای کنترل مود انهدام
۵۰۳	۱۱-۳-۱۰ شرایط اجتناب از سازوکارهای نوع-۱
۵۰۶	۱۱-۳-۱۱ شرایط اجتناب از سازوکارهای نوع-۲
۵۰۸	۱۱-۳-۱۲ شرایط اجتناب از سازوکارهای نوع-۳
۵۰۹	۱۱-۳-۱۳ شرایط فنی
۵۰۹	۱۱-۳-۱۴ ارزیابی بار محوری در ستون‌ها در حالت فروریزش
۵۱۰	۱۱-۳-۱۵ الگوریتم طراحی
۵۱۳	۱۱-۴ اثر گره‌های تیر-ستون
۵۱۳	۱۱-۴-۱ نکات مقدماتی
۵۱۴	۱۱-۴-۲ ارزیابی سختی دورانی گره
۵۱۶	۱۱-۴-۳ بررسی الزامات بهره‌برداری
۵۱۸	۱۱-۴-۴ روش طراحی
۵۲۳	۱۱-۵ تحلیل پارامتریک
۵۲۵	۱۱-۶ تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی
۵۲۸	۱۱-۷ مراجع

مقدمه

اگرچه مفهوم نیمه‌صلبیت سال‌ها پیش معرفی شده، سازه‌های فولادی معمولاً با فرض مفصلی یا صلب بودن گره‌های تیر به ستون طراحی می‌شوند. این فرضیات، ساده‌سازی قابل توجهی در تحلیل و طراحی سازه ایجاد می‌نماید ولی با این کار رفتار واقعی گره‌ها نادیده گرفته می‌شود. مزایای اقتصادی و سازه‌ای گره‌های نیمه‌صلب به‌خوبی شناخته شده و در خصوص کاربرد آن‌ها در قاب‌های مهاربندی مطالب بسیار نوشته شده است. با وجود این، اتصالات مزبور به ندرت توسط طراحان مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا اغلب اتصالات نیمه‌صلب دارای رفتار غیرخطی شدیدی هستند. بنابراین، تحلیل و طراحی قاب‌ها با استفاده از این اتصالات مشکل و طاقت‌فرسا خواهد بود. در حقیقت، مساله طراحی با در نظر گرفتن رفتار دورانی اتصال تیر به ستون پیچیده‌تر خواهد شد.

در خصوص طراحی سازه مبتنی بر تحلیل ارتجاعی کلی آن، بهره‌برداری مؤثر از نیمه-صلبیت اتصالات به روش‌های طراحی طاقت‌فرسایی نیاز خواهد داشت. درحقیقت، نیروهای داخلی که اعضا و گره‌ها باید تحمل نمایند به سختی دورانی گره وابسته اند که به نوبه خود، بر مقاومت خمشی قابل تامین توسط گره‌ها تاثیر می‌گذارد. در نتیجه تلاش بسیاری به‌منظور دستیابی به یک جواب اقتصادی و ایمن در نتیجه حل مسئله طراحی مورد نیاز است.

مشکلات قابل توجهی نیز هنگام استفاده از روش‌های پیشرفته تحلیل سازه در فرایند طراحی بوجود می‌آید. در حقیقت، این تحلیل‌ها به بیان دقیق ریاضی منحنی لنگر-دوران گره-های تیر-ستون، که می‌تواند نتیجه یک مدل تحلیلی، مکانیکی، اجزا محدودی یا بررسی آزمایشگاهی باشد نیاز دارند.

علیرغم رویکردهای متفاوتی که برای پیش بینی رفتار گره‌های تیر-ستون در قاب‌های ساختمانی ممکن است انتخاب گردد، گسترش روش‌هایی با هدف پیش بینی پاسخ دورانی گره برپایه آگاهی از خصوصیات هندسی و مکانیکی آن‌ها توجه خاصی به خود جلب نموده است، زیرا به‌طور مؤثر امکان در نظر گرفتن رفتار دورانی گره در طراحی معمول روزمره را فراهم می‌نمایند.

به‌دلایل فوق، برای فراهم نمودن امکان بکارگیری گسترده‌تر اتصالات نیمه‌صلب، در این کتاب ایجاد منبع جامعی از اطلاعات در خصوص اتصالات تیر به ستون با تمرکز بر پیش‌بینی رفتار دورانی آن‌ها از طریق روش مؤلفه برپایه خصوصیات هندسی و مکانیکی اتصالات، مورد

هدف قرار گرفته است. مثال‌های عددی گسترده کاربرد عملی پس زمینه نظری مربوطه را روشن می‌نماید.

این امر هدف فصول ۳، ۵ و ۶ است. این فصلها به ترتیب به پیش‌بینی منحنی لنگر-دوران اتصالات کاملاً جوشی، اتصالات پیچی با ورق انتهایی و اتصالات با نبشی اختصاص داده شده است. با اینکه این فصول به‌طور قابل توجهی مبتنی بر یوروکد ۳ هستند که اولین بار روش مؤلفه را برای پیش‌بینی رفتار دورانی گره‌های تیر-ستون مدون نمود، مهم است تاکید گردد که مدل‌سازی مؤلفه‌های منفرد گره نه تنها در خصوص روابط پیشنهاد شده توسط یوروکد ۳، بلکه در مورد روابط جایگزین که اساساً توسط مؤلفین این کتاب پیشنهاد شده، ارائه شده است. با هدف مدل‌سازی دقیق پاسخ دورانی گره، بکارگیری برخی از این روابط جایگزین پیشنهاد گردیده است. در نتیجه، تفسیر مؤلفین از رویکرد مؤلفه در یک برنامه رایانه‌ای با عنوان JMRC^۱ برای پیش‌بینی منحنی لنگر-دوران گره به پیوست این کتاب ارائه شده است. نتایج حاصل از بکارگیری برنامه JMRC، با یوروکد ۳ و همچنین مشاهدات آزمایشگاهی مقایسه گردیده است. این نیز مشهود خواهد بود که هدف از مثال‌های ارائه شده در این کتاب اثبات اینکه رویکرد مؤلفه قابل بکارگیری با محاسبات دستی نیز هست نمی‌باشد، بلکه به جای آن هدف درک بهتر این رویکرد است. حال با ورود به هزاره سوم و اینکه پیشرفت‌ها و پتانسیل‌های تحلیل و طراحی سازه مبتنی بر رایانه هرچه بیشتر در طراحی معمول روزمره استفاده می‌شود، محتوای این کتاب را می‌توان یک روند فرعی برای مدل‌سازی رفتار گره در چارچوب روش‌های پیشرفته تحلیل سازه تفسیر نمود.

علاوه بر این، کتاب حاضر خلاصه توسعه آخرین پیشرفت‌های آزمایشگاهی و نظری شناخت رفتار و طراحی اتصالات نیمه‌صلب را ارائه می‌دهد. بر اساس این اطلاعات، معیارهای طراحی قاب‌های مهاربندی شده و مهاربندی نشده ارائه شده است. مقایسه‌هایی نیز در خصوص روندهای طراحی معمول در ایالات متحده و اروپا به عمل آمده است. این منبع گسترده اطلاعات و آگاهی از اثر رفتار دورانی گره بر پاسخ ارتجاعی و غیرارتجاعی سازه‌ها می‌تواند برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی، محققین، افراد حرفه‌ای و نشریات بعدی سازه‌های فولادی مفید باشد.

به‌طور خاص، فصل ۱ به اثر رفتار دورانی گره بر پاسخ سازه‌های قاب‌های مهاربندی شده و مهاربندی نشده مرتبط است. آگاهی بخشی در خصوص این اثر به‌عنوان نقطه شروع دسته‌بندی گره‌های تیر-ستون ارائه می‌گردد. فصل ۲ خلاصه پیشرفت‌های اخیر مربوط به رویکردهای

¹ Joint Moment Rotation Curve

ارائه شده در ادبیات فنی برای پیش‌بینی منحنی لنگر-دوران گره و بیان مکانیکی آن را ارائه می‌دهد.

در ارتباط با تعیین منحنی لنگر-دوران گره‌های تیر-ستون، در فصل ۳ رویکرد مؤلفه از دیدگاه عملیاتی معرفی شده است که به اتصالات کاملاً جوشی می‌پردازد. فصل ۴ به‌طور کامل به سپری‌های پیچی، یعنی مهم‌ترین مؤلفه اتصالات پیچی اختصاص دارد. در این فصل، نتایج یک برنامه جامع آزمایشگاهی در ارتباط با سختی اتصالات پیچی ارائه شده است. توجه زیادی نیز در این فصل بر اثر پیش‌بارگذاری پیچ متمرکز شده که در یوروکد ۳ مدون نشده است. بنابراین، این فصل مرجع مهمی برای مطالعه رفتار دورانی اتصالات پیچی با ورق انتهایی و اتصالات با نبشی است که همان‌طور که ذکر شد، به‌ترتیب در فصول ۵ و ۶ به آن‌ها پرداخته شده است. به‌طور خاص، فصل ۶ همچنین شامل اتصالات با نبشی بالا، نشیمن و جان است که در یوروکد ۳ مورد ملاحظه قرار نگرفته است. فصل ۷ اساساً راهنمای کاربر برای برنامه رایانه-ای JMRC می‌باشد.

در ارتباط با طراحی قاب‌های نیمه‌صلب، در فصل ۸ به طراحی قاب‌های مهاربندی پرداخته شده است. به‌طور ویژه، برای اتصالات با ورق انتهایی، مطالب کمک طراحی برای راهنمایی طراح تا تعیین کامل جزئیات اتصال ارائه شده است. این راهنمایی هم در قالب روابط تجربی، بر اساس شبیه‌سازی‌های عددی انجام شده با برنامه رایانه‌ای JMRC با مرتبط نمودن مقاومت و سختی اتصال به پارامترهای هندسی و مکانیکی آن و هم در قالب ابزارهای سریع طراحی برای کاربرد فوری ارائه شده‌اند. ابزارهای طراحی مزبور در قالب روش طراحی قاب‌های مهاربندی شده مورد استفاده قرار گرفته‌اند که نوآوری آن قابلیت برای راهنمایی طراح در تعیین جزئیات اتصال می‌باشد.

فصل ۹ خلاقانه‌ترین بخش این کتاب است: این فصل در حقیقت اولین تلاش برای فراهم نمودن یک رویکرد نظری برای تعیین ظرفیت دوران غیرارتجاعی گره‌های تیر-ستون را ارائه می‌دهد. به‌طور خاص، در اینجا تلاش بسیاری برای تحلیل ظرفیت دوران غیرارتجاعی زوج سپری‌های پیچی صرف شده است. مدل نظری پیشنهادی به‌طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته و قابلیت اطمینان آن از طریق مقایسه با نتایج آزمایشگاهی با احتساب تمامی نکات لازم برای پیش‌بینی دقیق ظرفیت دوران غیرارتجاعی، روشن می‌شود.

رفتار چرخه‌ای گره‌های تیر-ستون در فصل ۱۰ به همراه مدل‌های اساسی ریاضی و مکانیکی موجود در ادبیات فنی برای پیش‌بینی آن ارائه شده است. در این فصل توجه خاصی معطوف به سپری‌های پیچی شده است و بررسی‌های آزمایشگاهی جدیدی در آن ارائه شده‌اند.

سرانجام، فصل ۱۱ به طراحی لرزه‌ای قاب‌های نیمه‌صلب اختصاص داده شده است. به‌طور ویژه، روش طراحی مستدلی با هدف کنترل مود انهدام یعنی توسعه سازوکار فروریزش از نوع کلی ارائه شده است. روش طراحی ارائه شده بیانگر تعمیم روش پیشنهادی توسط اف.ام. مازولانی و وی پیلوسو^۱ برای قاب‌های صلب است که در ارتباط با اتصالات با مقاومت نسبی، تحقق تمام الزامات بهره‌برداری در آن گنجانده شده است. در این خصوص از مشارکت پروفیسور اف.ام. مازولانی از دانشگاه فدریکو II ناپل^۲ قدردانی می‌گردد. در حقیقت، اکثر مطالب ارائه شده در بخش ۱۱-۴ اساساً تکرار کار ارائه شده توسط مازولانی و پیلوسو در زمینه کنترل مود انهدام می‌باشد.

به عنوان موضوع آخر ولی با اهمیت، مؤلفین مایل به قدردانی از پروفیسور وای فا چن^۳ هستند که با پیشنهاد تهیه این کتاب در زمره مجموعه «جهت‌گیری‌های جدید در مهندسی عمران»، آن را ارتقا دادند.

¹ F.M. Mazzolani and V. Piluso

² Federico II University of Naples

³ W.F. Chen

اختصارات

حروف کوچک

ضخامت گلوی جوش، پارامتر منحنی خستگی با چرخه کم	a
پارامتر منحنی خستگی با چرخه کم براساس دامنه تغییر مکان کل	a'
ضخامت گلوی جوش بال تیر به بال ستون	a_b
ضخامت گلوی جوش جان به بال ستون	a_c
عرض المان ورق فشاری، عرض هندسی یک سپری، پارامتر منحنی خستگی با چرخه کم براساس دامنه تغییر مکان غیرارتجاعی	b
پارامتر منحنی خستگی با چرخه کم براساس دامنه تغییر مکان کل	b'
عرض بال‌های ستون	b_c
عرض مؤثر	b_{eff}
عرض مؤثر جان تیر در کشش	$b_{eff.bwt}$
عرض مؤثر بال ستون در خمش	$b_{eff.cfb}$
عرض مؤثر جان ستون در فشار	$b_{eff.cwc}$
عرض مؤثر جان ستون در کشش	$b_{eff.cwt}$
عرض مؤثر ورق انتهایی	$b_{eff.ep}$
عرض مؤثر نبشی بالا	$b_{eff.ta}$
عرض مؤثر نبشی جان	$b_{eff.wa}$
عرض مؤثر جوش	$b_{eff.w}$
عرض مؤثر برای الگوی دایره‌ای تسلیم	$b_{eff.1}$
عرض مؤثر برای الگوی غیردایره‌ای تسلیم	$b_{eff.2}$
عرض مؤثر برای الگوی تیری تسلیم	$b_{eff.3}$
عرض مؤثر برای محاسبه سختی	b'_{eff}
عرض ورق انتهایی	b_{ep}
عرض بال‌ها	b_f
عرض بال‌های ستون	b_{fc}

عرض نبشی نشیمن	b_{sa}
عرض نبشی بالا	b_{ta}
فاصله بین محور پیچ و جان سپری، زوال	d
قطر پیچ	d_b
قطر سرپیچ	d_h
مقدار حدی زوال	d_{lim}
قطر سوراخ	d_o
قطر مقاوم پیچ	d_r
فاصله بین خطوط وسط ضخامت ورق‌های پیوستگی	d_s
عمق جان تیر، قطر واشر، قطر مهره یا سر پیچ	d_w
عمق خالص جان تیر	d_{wb}
عمق خالص جان ستون	d_{wc}
فاصله	e
تابع لایوزلی و چندلر	f
تنش برشی طراحی پیچ‌ها	f_{sv}
تنش نهایی	f_u
تنش نهایی پیچ‌ها	f_{ub}
تنش برشی طراحی مصالح جوش	f_{vw}
تنش تسلیم	f_y
تنش تسلیم بال‌های تیر	$f_{y.bf}$
تنش تسلیم ورق‌های پشت بند	$f_{y.bp}$
تنش تسلیم جان تیر	$f_{y.bw}$
تنش تسلیم بال‌های ستون	$f_{y.cf}$
تنش تسلیم جان ستون	$f_{y.cw}$
تنش تسلیم ورق انتهایی	$f_{y.ep}$
تنش تسلیم سخت کننده‌های قطری	f_{ys}

تابع لایوزلی و چندلر، شکاف بین جان تیر و بال ستون	g
ارتفاع میان طبقه‌ای، طول ستون	h
ارتفاع (عمق) مقطع تیر	h_b
ارتفاع (عمق) مقطع ستون	h_c
ارتفاع مقطع آرمانی با دو بال	h_e
فاصله بین ردیف پیچ i و مرکز فشار	h_i
بازوی اهرم	h_t
فاصله بین وجه بیرونی بال ستون و پنجه ماهیچه جان	k
ضریب مربوط به اندرکنش تنش در جان ستون در فشار	k_{cwc}
فاصله بین مفاصل غیرارتجاعی در یک بال با ضخامت کم سپری‌های پیچی	m
مقاومت خمشی بدون بعد گره تیر-ستون	\bar{m}
لنگر خمشی بر طول واحد	m_x
لنگر خمشی بر طول واحد	m_y
فاصله بین محور پیچ و نیروی اهرمی	n
تعداد پیچ‌ها	n_b
تعداد مقاطع پیچ تحت برش	n_s
گام پیچ‌ها	p
بار یکنواخت قائم	q
بار یکنواخت زنده	q_k
بار یکنواخت کل	q_t
شعاع ماهیچه اتصال جان به بال	r
شعاع ماهیچه اتصال جان به بال ستون	r_c
شعاع ماهیچه ساق‌های نبشی نشیمن	r_{sa}
شعاع ماهیچه ساق‌های نبشی بالا	r_{ta}
تنش کمانش بدون بعد، اضافه مقاومت خمشی تیر در اثر سخت شدگی کرنش	s
ضخامت	t

ضخامت ورق‌های پشت بند	t_{bp}
ضخامت ورق انتهایی	t_{ep}
ضخامت بال	t_f
ضخامت بال‌های تیر	t_{fb}
ضخامت بال‌های ستون	t_{fc}
ضخامت بال پایین	t_{fl}
ضخامت بال بالا	t_{fu}
ضخامت سر پیچ	t_h
ضخامت مهره پیچ	t_n
ضخامت ورق	t_p
ضخامت چشمه اتصال	t_{pz}
ضخامت نبشی پایین	t_{sa}
ضخامت نبشی بالا	t_{ta}
ضخامت جان	t_w
ضخامت جان نبشی	t_{wa}
ضخامت جان تیر	t_{wb}
ضخامت جان ستون	t_{wc}
ضخامت واشر	t_{wh}
نیروی برشی غیرارتجاعی بر واحد طول	v
محور	z

حروف بزرگ

بردار نیروهای داخلی یک گره تیر-ستون	A
مساحت	A
مساحت بدنه پیچ	A_b
مساحت ستون	A_c
مساحت سخت کننده قطری	A_{ds}

A_f	مساحت مقطع عرضی حداقل در گسیختگی
A_r	مساحت مقاوم پیچ
A_{vc}	مساحت مقاوم برشی ستون
A_0	مساحت اولیه نمونه
B	نیروی محوری در پیچ‌ها، پارامتر منحنی خستگی با چرخه کم
B_{Rd}	مقاومت محوری طراحی پیچ‌ها
B_u	مقاومت محوری نهایی پیچ‌ها
C	ثابت وابسته به خصوصیات مصالح
D	بردار جابجایی‌های کلی گره تیر-ستون
D	آسیب کامل
E	ظرفیت اتلاف انرژی تحت بارهای چرخه‌ای
E_{cc}	ظرفیت اتلاف انرژی تحت بارهای چرخه‌ای
E_h	ضریب سخت شدگی کرنش
E_u	ضریب منحنی تنش حقیقی در برابر کرنش طبیعی پس از حداکثر نقطه بار
E_0	اتلاف انرژی متناظر با تغییرشکل مشخص تحت بار یکطرفه
F	نیرو
$F_{bfc.Rd}$	مقاومت طراحی بال تیر در فشار
$F_{bwt.Rd}$	مقاومت طراحی جان تیر در کشش
F_{cfb}	نیروی منتقل شده توسط بال ستون در خمش
$F_{cfb.Rd}$	مقاومت طراحی بال ستون در خمش
F_{cr}	بار بحرانی ارتجاعی جان ستون در فشار
$F_{cwc.Rd}$	مقاومت طراحی جان ستون در فشار (لهیدگی)
$F'_{cwc.Rd}$	مقاومت طراحی کمانش جان ستون در فشار
$F_{cws.Rd}$	مقاومت طراحی جان ستون در برش
$F_{cwt.Rd}$	مقاومت طراحی جان ستون در کشش
$F_{epb.Rd}$	مقاومت طراحی ورق انتهایی در خمش
F_h	نیروی متناظر با آغاز سخت شدگی کرنش
F_m	نیروی متناظر با حصول تنش حقیقی نهایی f_u
F_p	مقاومت غیرارتجاعی

مقاومت طراحی نبشی نشیمن در خمش	$F_{sab.Rd}$
مقاومت طراحی نبشی نشیمن در فشار	$F_{sac.Rd}$
مقاومت طراحی نبشی بالا در خمش	$F_{ta.Rd}$
مقاومت طراحی نبشی بالا در لهیدگی	$F_{tab.Rd}$
مقاومت طراحی بال کششی تیر در لهیدگی	$F_{tbfb.Rd}$
مقاومت طراحی جان تیر در لهیدگی	$F_{bwb.Rd}$
مقاومت طراحی نبشی‌های جان در خمش	$F_{wa.Rd}$
مقاومت طراحی نبشی‌های جان در لهیدگی	$F_{wab.Rd}$
مقاومت طراحی ورق نبشی جان در کشش	$F_{wat.Rd}$
مقاومت نهایی	F_u
مقاومت نهایی سپری پیچی برای سازوکار نوع-۱	$F_{u.1}$
مقاومت نهایی سپری پیچی برای سازوکار نوع-۲	$F_{u.2}$
مقاومت طراحی پیچ‌ها در برش	$F_{v.Rd}$
مقاومت طراحی پیچ‌های نبشی نشیمن در برش	$F_{v.sa.Rd}$
مقاومت طراحی پیچ‌های نبشی بالا در برش	$F_{v.ta.Rd}$
مقاومت طراحی پیچ‌های نبشی جان در برش	$F_{v.wa.Rd}$
مقاومت طراحی جوش	$F_{w.Rd}$
مقاومت طراحی نبشی جان در لهیدگی	$F_{wab.Rd}$
نیروی جانبی اولین تسلیم، مقاومت اولین تسلیم	F_y
نیروی جانبی اولین تسلیم یک زیرمجموعه نیمه‌صلب	F_{yk}
نیروی جانبی اولین تسلیم یک زیرمجموعه صلب	$F_{y\infty}$
مقاومت طراحی سپری پیچی در سازوکار نوع-۱	$F_{1.Rd}$
مقاومت طراحی سپری پیچی در سازوکار نوع-۲	$F_{2.Rd}$
مقاومت طراحی سپری پیچی در سازوکار نوع-۳	$F_{3.Rd}$
ضریب الاستیسیته مماسی، بار دائمی	G
فاصله بین نقاط لنگر صفر دو ستون متوالی	H
نیروهای افقی مدل کننده اثرات معایب هندسی	I
ممان اینرسی تیر	I_b
ممان اینرسی ستون	I_c

ممان اینرسی مقطع ایده آل دارای دو بال	I_e
ممان اینرسی بال های ستون	I_{fc}
ماتریس سختی گره تیر-ستون	K
مقدار بدون بعد سختی دورانی اولیه یک گره تیر-ستون	\bar{K}
مقدار بدون بعد سختی دورانی وتری یک گره تیر-ستون	\bar{K}_{sec}
سختی محوری یک ردیف پیچ	K_b
سختی المان فنر مدل کننده بال تیر در لهدگی	K_{bfb}
سختی محوری پیچ های پیش بارگذاری شده	K_{bp}
سختی المان فنر مدل کننده پیچ ها در برش	K_{bs}
سختی المان فنر مدل کننده پیچ ها در کشش	K_{bt}
سختی المان فنر مدل کننده جان تیر در لهدگی	K_{bwb}
سختی المان فنر مدل کننده بال ستون در خمش	K_{cfb}
سختی المان فنر مدل کننده جان ستون در فشار	K_{cwc}
سختی المان فنر مدل کننده جان ستون در برش	K_{cws}
سختی پس از تسلیم المان فنر مدل کننده جان ستون در برش	$K_{cws.p}$
سختی المان فنر مدل کننده جان ستون در کشش	K_{cwt}
سختی المان فنر مدل کننده ورق انتهایی در خمش	K_{epb}
سختی مربوط به ناحیه سخت شدگی	K_h
سختی جانبی یک زیرمجموعه، سختی المان سپری پایینی در سپری پیچی	K_l
سختی جانبی زیرمجموعه نیمه صلب	K_{lk}
سختی جانبی زیرمجموعه صلب	$K_{l\infty}$
سختی محوری سپری پیچی	K_0
مقدار محاسباتی سختی محوری سپری پیچی	$K_{0,c}$
مقدار آزمایشگاهی سختی محوری سپری پیچی	$K_{0,exp}$
سختی ناشی از جدا شدگی ورق های متصل شده	K_p
سختی المان فنری مدل کننده نبشی نشیمن در لهدگی	K_{sab}
سختی معادل کلی ردیف های پیچ در کشش	K_t
سختی المان فنری مدل کننده نبشی بالا در خمش	K_{ta}
سختی المان فنری مدل کننده نبشی بالا در لهدگی	K_{tab}

سختی المان سپری بالایی یک سپری پیچی	K_u
سختی المان فنی مدل کننده جان نبشی درخمش	K_{wa}
سختی المان فنی مدل کننده جان نبشی در لهیدگی	K_{wab}
سختی دورانی اولیه یک گره تیر-ستون	K_φ
مقدار محاسباتی سختی دورانی گره	$K_{\varphi.c}$
مقدار آزمایشگاهی سختی دورانی گره	$K_{\varphi.exp}$
سختی دورانی وتری متناظر با $M_{p.exp}$ یا $M_{j.Rd}$	$K_{\varphi.sec}$
سختی محوری سپری های پیچی با پیش بارگذاری کامل (تراز پیش بارگذاری 80% پیچ)	K_1
مقدار محاسباتی سختی محوری سپری پیچی با پیش بارگذاری کامل	$K_{1.c}$
مقدار آزمایشگاهی سختی محوری سپری پیچی با پیش بارگذاری کامل	$K_{1.exp}$
سختی محوری یک سپری پیچی برای تراز میانی پیش بارگذاری پیچ	K_η
دهانه تیر	L
طول طره معادل وقتی که شرایط نهایی فرا نرسیده است	L'
طول قراردادی پیچ	L_b
طول سخت کننده قطری	L_d
فاصله بین نقطه لنگر صفر و مفصل غیرارتجاعی، طول معادل تیر	L_e
فاصله بین نقطه لنگر صفر و مفصل غیرارتجاعی در زمان وقوع شرایط نهایی	L_u
طول نبشی جان	L_{wa}
طول بخش ارتجاعی طره معادل	L_y
لنگر خمشی	M
لنگر خمشی تیر	M_b
مقاومت خمشی طراحی مقطع تیر	$M_{b.Rd}$
مقاومت خمشی طراحی ورق های پشت بند	$M_{bp.Rd}$
مقاومت خمشی طراحی ورق انتهایی	$M_{ep.Rd}$
مقاومت خمشی طراحی بال های ستون	$M_{fc.Rd}$
مقاومت خمشی طراحی بال ها	$M_{f.Rd}$
لنگر خمشی متناظر با آغاز سخت شدگی کرنش	M_h
لنگر خمشی متناظر با χ_m	M_m
مقاومت خمشی نهایی یک گره تیر-ستون	$M_{j.u}$

مقاومت خمشی طراحی یک گره تیر-ستون	$M_{j,Rd}$
لنگر غیرارتجاعی تیر	M_{pb}
مقدار آزمایشگاهی مقاومت خمشی غیرارتجاعی گره	$M_{p,exp}$
لنگر پیچشی	M_t
لنگر نهایی	M_u
لنگر خمشی متناظر با اولین تسلیم	M_y
نیروی محوری	N
بار بحرانی ارتجاعی	N_{cr}
بار بحرانی ارتجاعی یک زیرمجموعه نیمه صلب	$N_{cr,k}$
بار بحرانی ارتجاعی یک زیرمجموعه صلب	$N_{cr,\infty}$
تعداد واگشت‌های انهدام	N_{rf}
نیروی منتقل شده توسط بال تیر	P_{bf}
نیروی اهرمی، بار زنده	Q
ظرفیت دوران غیرارتجاعی یک عضو	R
بخش پایدار ظرفیت دورانی یک عضو	R_{st}
نیروی برشی منتقل شده توسط انتهای تیر	S
زمان تناوب ارتعاش	T
زمان تناوب ارتعاش قاب نیمه صلب	T_k
زمان تناوب ارتعاش قاب صلب	T_∞
نیروی برشی	V
نیروی برشی در ستون	V_c
نیروی برشی در جان ستون	V_{cw}
مقاومت طراحی جان ستون در برش	$V_{cwc,Rd}$
مقاومت اولین تسلیم چشمه اتصال	V_y
مقاومت غیرارتجاعی چشمه اتصال، نیروی برشی در چشمه اتصال	V_p
اساس مقطع غیرارتجاعی	Z

حروف یونانی

α	زوایه گسترش نیروی پیچ، نسبت m و d_b
β	ضریب مرتبط با نیروی داخلی چشمه اتصال، نسبت سختی خمشی بال به سختی محوری پیچ
β_{Rd}	پارامتر کنترل کننده نوع سازوکار غیرارتجاعی سپری پیچی
β_u	پارامتر کنترل کننده نوع سازوکار فروریزش سپری پیچی در ارتباط با شرایط نهایی
β_w	ضریب همبستگی برای تنش برشی طراحی یک جوش
χ	انحنای
χ_h	انحنای متناظر با شروع سخت شدگی
χ_m	انحنای متناظر با ϵ_m
χ_u	انحنای نهایی
χ_y	انحنای متناظر با اولین تسلیم
χ_ξ	انحنای متناظر با توسعه لنگر خمشی مساوی با ξ برابر مقدار نهایی
χ_1	تابع لایوزلی و چندلر
χ_2	تابع لایوزلی و چندلر
ξ	ضریبی برای در نظر گرفتن توزیع تنش غیریکنواخت در چشمه اتصال، ضریب مربوط به لنگر خمشی در یک مقطع پیش از وقوع شرایط نهایی
δ	جابجایی افقی قاب، جابجایی
δ_b	افزایش طول پیچ
δ_h	جابجایی متناظر با آغاز سخت شدگی کرنش
δ_m	جابجایی متناظر با فرارسیدن تنش حقیقی نهایی f_u
δ_p	جابجایی غیرارتجاعی نهایی
δ_u	جابجایی نهایی
δ_y	جابجایی اولین تسلیم
ϵ	کرنش طبیعی یا لگاریتمی
ϵ_h	کرنش متناظر با آغاز سخت شدگی
ϵ_m	کرنش متناظر با بیشینه بار
ϵ_n	کرنش عمودی
ϵ_y	کرنش متناظر با اولین تسلیم
ϵ_u	کرنش نهایی

کرنش نرمال شده متناظر با آغاز سخت شدگی	$\bar{\epsilon}_h$
کرنش نرمال شده متناظر با حداکثر بار	$\bar{\epsilon}_m$
کرنش نهایی نرمال شده	$\bar{\epsilon}_u$
پارامتر تغییرشکل پذیری دورانی گره	η
تراز پیش بارگذاری پیچ	η_p
پارامتر شکل پذیری گره تیر-ستون	η_R
تغییرشکل پذیری دورانی وتری گره‌های تیر-ستون	η_{sec}
تغییرشکل خمشی کلی (دورانی) گره تیر-ستون	ϕ
دوران غیرارتجاعی نهایی گره تیر-ستون	$\phi_{p,j}$
ظرفیت دوران غیرارتجاعی گره تیر-ستون	ϕ_{pu}
دوران بدون بعد گره تیر-ستون	$\bar{\phi}$
ضریب مقاومت	ϕ
ضریب پایداری	γ
ضریب پایداری یک قاب نیمه صلب	γ_k
تغییرشکل برشی غیرارتجاعی چشمه اتصال	γ_p
تغییرشکل برشی چشمه اتصال متناظر با اولین تسلیم	γ_y
ضریب ایمنی جزئی مصالح پایه	γ_{M_0}
ضریب ایمنی جزئی مصالح جوش	γ_{M_w}
ضریب پایداری قاب صلب	γ_{∞}
نسبت بین m و n	λ
لاغری بدون بعد	$\bar{\lambda}$
پارامتر لاغری بال	λ_f
لاغری ورق	λ_p
پارامتر لاغری جان	λ_w
شکل پذیری کلی	μ
شکل پذیری کلی یک قاب نیمه صلب	μ_k
شکل پذیری کلی یک قاب صلب	μ_{∞}
ضریب احتساب اثر پیش بارگذاری پیچ	ψ
ضریب مربوط به موقعیت خط تسلیم	ψ_1

نسبت پواسون	ν
تغییر شکل برشی کلی گره تیر-ستون (محور قوی)	ν_x
تغییر شکل برشی کلی گره تیر-ستون (محور ضعیف)	ν_y
تغییر شکل محوری کلی گره تیر-ستون	ν_z
ضریب مربوط به اندرکنش برش-فشار در جان ستون در فشار	ρ
تنش عمودی	σ
تنش ایده آل	σ_{id}
تنش عمودی افقی	σ_0
تنش عمودی قائم	σ_v
تنش عمودی در جهت x	σ_x
تنش عمودی در جهت y	σ_y
دوران، دوران یک نقطه گرهی قاب، دوران انتهای تیر	θ
دوران غیرارتجاعی متناظر با کمانش موضعی	θ_m
دوران غیرارتجاعی نهایی	θ_p
دوران غیرارتجاعی انتهای تیر	θ_{pb}
ظرفیت دوران غیرارتجاعی انتهای تیر	θ_{pu}
دوران غیرارتجاعی مقطع در هنگامی که شرایط نهایی رخ داده	θ_{p1}
دوران غیرارتجاعی مقطع در هنگامی که شرایط نهایی رخ نداده	θ_{p2}
دوران نهایی یک انتهای تیر	θ_u
دوران در اولین تسلیم یک انتهای تیر	θ_y
ظرفیت دوران غیرارتجاعی سیستم تیر-گره	θ_{pu}
پارامتر بدون بعد	τ
مقدار تنش مماسی اولین تسلیم جان ستون	$\tau_{y.cw}$
نسبت سختی خمشی تیر-ستون، ضریب تصحیح	ξ
مقاومت برشی طراحی اضافی چشمه اتصال در اثر اجزای سخت کننده	$\Delta V_{cws.Rd}$

زیروندها

بال تیر در فشار	bfc
جان تیر در کشش	bwt

بال ستون در کشش	<i>cfb</i>
جان ستون در فشار	<i>cwc</i>
جان ستون در برش	<i>cws</i>
جان ستون در کشش	<i>cwt</i>
ورق انتهایی در خمش	<i>epb</i>
نبشی نشیمن در خمش	<i>sa</i>
نبشی نشیمن در لهیدگی	<i>sab</i>
نبشی بالا در خمش	<i>ta</i>
نبشی بالا در لهیدگی	<i>tab</i>
نبشی جان در خمش	<i>wa</i>
نبشی جان در لهیدگی	<i>wab</i>
مقاومت طراحی	<i>Rd</i>
نیروی طراحی	<i>Sd</i>

رفتار قاب‌های نیمه‌صلب

۱-۱ مقدمه

معمولاً رفتار واقعی گره‌ها در طراحی قاب‌های فولادی در نظر گرفته نمی‌شود. در حقیقت، تحلیل سازه‌ای قاب‌های فولادی، عموماً با فرض برآورده شدن شرایط ایده‌آل قیدی مفصلی یا گیردار انجام می‌گیرد. به این ترتیب محاسبات تا حدودی ساده‌تر شده، ولی مدل سازه قادر به انعکاس پاسخ واقعی نیست.

اطلاعات آزمایشگاهی موجود (گاوردان^۱، ۱۹۸۳؛ نیدرکات^۲، ۱۹۸۵؛ چن و کیشی^۳، ۱۹۸۶؛ ویناند^۴، ۱۹۹۲) نشان می‌دهد که از یک طرف اتصالاتی که معمولاً مفصلی فرض می‌شوند، سختی دورانی و مقاومت نسبتاً قابل توجهی از خود نشان می‌دهند و از طرف دیگر اتصالاتی که صلب در نظر گرفته می‌شوند می‌توانند دچار تغییر شکل‌های خمشی شوند.

این ویژگی‌های رفتاری به شدت پاسخ قاب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در واقع، در قاب‌های اسماً مفصلی، سختی واقعی گره باعث توزیع مناسب‌تر لنگرهای خمشی در تیرها می‌شود درحالی‌که قابلیت تغییر شکل پذیری واقعی گره در قاب‌های اسماً صلب، به‌طور منفی بر حساسیت قاب به اثرات مرتبه دوم تأثیر می‌گذارد.

¹ Goverdan

² Nethercot

³ Chen and Kishi

⁴ Weinand