

# طراحی یک اتصال تیر به ستون با قابلیت ساخت نیمه صنعتی

## برای ساختمانهای فلزی متداول در ایران

منصور ضیایی فر  
محمد جواد جبارزاده

### مقدمه

جزئیات اتصال فولادی نیمه صنعتی مورد آزمایش در تصویر ۱ نشان داده شده است. در این نمونه عرض بال از محل تکیه‌گاه به سمت بیرون متغیر بوده و بطور خطی کاهش می‌یابد. همچنین از ارتفاع متغیر در  $\frac{2}{3}$  ابتدایی جان استفاده شده است. این امر علاوه بر کاهش تنش در جوشهای اتصال قطعه به ستون، عامل مناسبی در هدایت مفصل پلاستیک به محل موردنظر (فاصله ۴۰ سانتی‌متری از تکیه‌گاه) و دور از اتصالات جوشی قطعه است. اتصال بالهای نمونه به ستون (ستون در این آزمایش IPB300 با ورقهای پیوستگی با ضخامت ۱ cm در نظر گرفته شده است) به صورت جوش نفوذی کامل صورت می‌گیرد. به منظور جوشکاری مناسب قبلاً لبه‌های ورقهای بال قطعه آماده شده‌اند. همچنین برای انتقال برش جان از سه پیچ در جان قطعه و به کمک ورق اتصالی که به ستون IPB جوش شده است استفاده شده است. از طرف دیگر اتصال قطعه اتصال به تیر میانی که از پروفیل IPE240 می‌باشد توسط سه بخش مجزا تأمین شده است. اتصال جوشی بال بالائی، بال پائینی و اتصال پیچی - جوشی جان.



تصویر (۱): نمای کلی مونتاژ اتصال ستون IPB، نمونه اتصال و تیر میانی IPE

### ۱- آماده‌سازی نمونه برای آزمایش

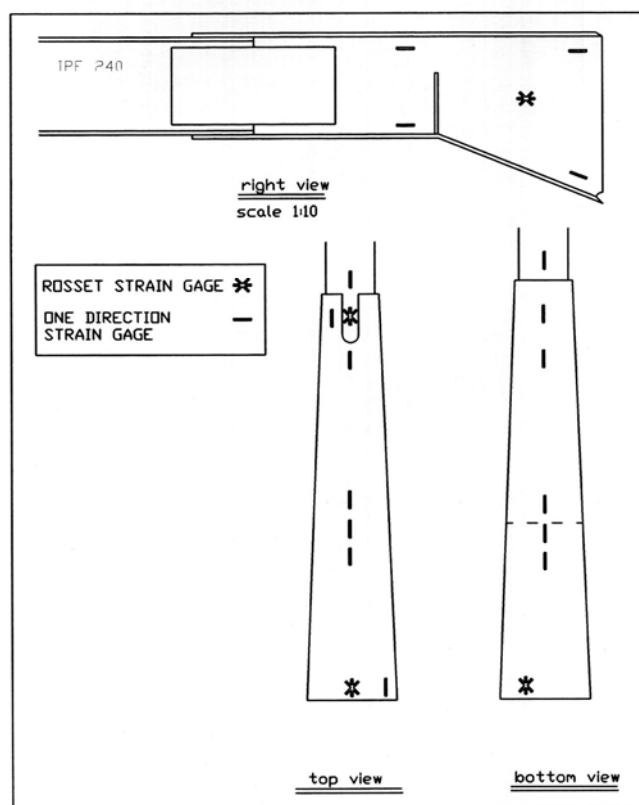
آماده‌سازی نمونه برای آزمایش مشتمل بر ۵ مرحله کلی زیر بوده است:

- مرحله اول قرار دادن نمونه با اتصال تیر میانی به صورت قائم در داخل قاب عکس‌العمل است. این عمل توسط جراثقال دستی موجود در آزمایشگاه صورت گرفت. به کمک پیچ، دیواره ستون IPB300 به تیر کف قاب عکس‌العمل که قبلاً با اندازه‌گیری فاصله آنها و تهیه شابلن بر روی بال IPB300 محل پیچها توسط مته مغناطیسی سوراخ شده بود محکم شد. نمای کلی نمونه پس از جای‌گیری به صورت قائم و قبل از اتصال جک در تصویر ۲ نشان داده شده است.



تصویر (۲): نمای جانبی قبل از اتصال به جک و قرارگیری به حالت قائم

- مرحله دوم آماده‌سازی نمونه، تعیین محل کرنش‌سنجها و نصب آنها بر روی نمونه است. محل کرنش‌سنجها با توجه به موقعیت‌هایی که در نمونه‌های تحلیلی، بحرانی یا حساس تشخیص داده شده‌اند و همچنین موقعیت‌هایی که بررسی میزان کرنشها برای شناسایی عملکرد انتقال نیرو در نمونه موردنظر بوده است، تعیین شده‌اند. محل کرنش‌سنجها در تصویر ۳ به صورت شماتیک نشان داده شده است.
- در مرحله سوم از دوغاب آهکی که از الک ۱۰۰ گذرانده شده است، برای سفید کردن نمونه استفاده شده است. دوغاب زدن نمونه عامل مؤثری در نمایش کرنش‌های ایجاد شده در سطح فولاد است. قبل از دوغاب زدن نمونه لازم بود که روغن ریزی ناشی از دستگاه سوراخ‌کاری توسط تینر پاک شود که برای این منظور از تینر ۱۰۰۰۰ استفاده شد. در تصویر ۴ نمونه پس از دوغاب زدن نشان داده است.
- مرحله چهارم شامل کنترل صحت عملکرد کرنش‌سنجها قبل از آزمایش است که این عمل توسط متخصصین آزمایشگاه صورت گرفت.
- در مرحله آخر بخش انتهایی تیر میانی یا IPE به جک متصل می‌شود. اتصال جک به کمک چهار بولت ۴۰ سانتی‌متری و ورقهای اتصال پرکننده میانی صورت می‌گیرد. بولتها بین ورق انتهایی جک هیدرولیکی و ورق مشابیه آن در طرف دیگر تیر بسته می‌شوند (تصویر ۵).



تصویر (۳): نقشه موقعیتهایی که از کرنش سنج استفاده شده است



تصویر (۴): نمای چپ نمونه آزمایشی پس از دوغاب زدن



تصویر (۵): نحوه اتصال جک به نمونه

## ۲- نامین تکیه‌گاه جانبی

برای جلوگیری از پیچش نمونه از روش تنظیم آزمایش جدیدی استفاده شد که در تصویر ۶ نمایی از آن نشان داده شده است. در این روش تکیه‌گاه جانبی با استفاده از یک ستون از پروفیل IPE۳۰۰ و یک پانتوگراف فولادی که در چهار گره خود دارای مفصل است و به نقطه فوقانی نمونه تحت آزمایش متصل است تأمین می‌گردد. به این ترتیب نمونه امکان تغییر مکان جانبی نداشته اما در جهت اعمال نیرو آزاد است.

برای تقویت تکیه‌گاه جانبی ساخته شده در برابر چرخش نمونه، از دو بازوی IPE در دو طرف متوازی الاضلاع و روی ضلع متصل به ستون فلزی نگهدارنده استفاده شده است. در تصویر ۶ چگونگی نصب این بازوها دیده می‌شود.

برای ایجاد قید جانبی و پیچشی در نصف ارتفاع نمونه از دو تسمه فلزی به صورت دو بازوی جانبی که بالهای ستون نگهدارنده جانبی را به بالهای نمونه وصل می‌نمودند استفاده گردید. برای کاهش لاغری این تسمه‌ها در برابر نیروهای فشاری حین آزمایش دو تسمه عمودی در بخش میانی آنها جوش داده شده بود. در تصویر ۷ نحوه نصب و محل تسمه‌ها نشان داده شده است.





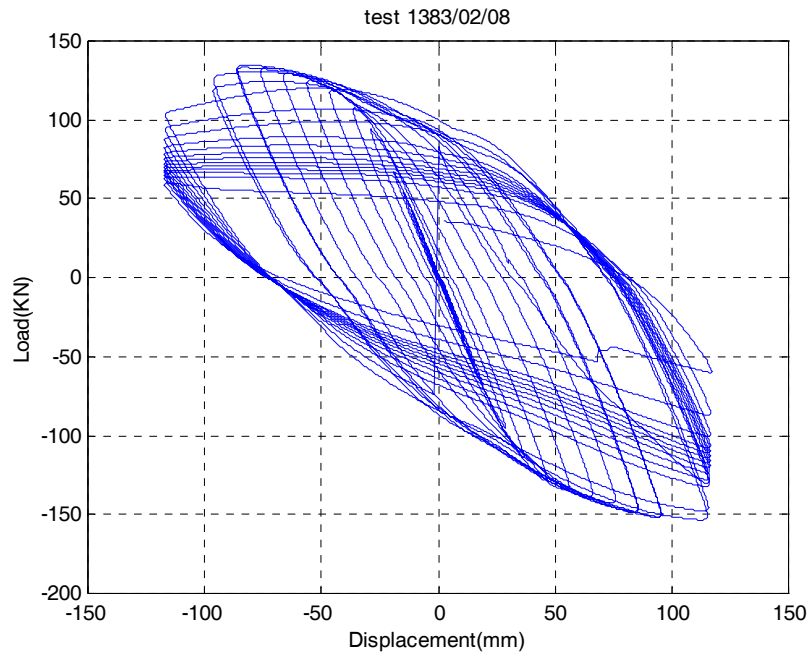
تصویر (۶): تأمین تکیه‌گاه جانبی با پانتوگراف فولادی



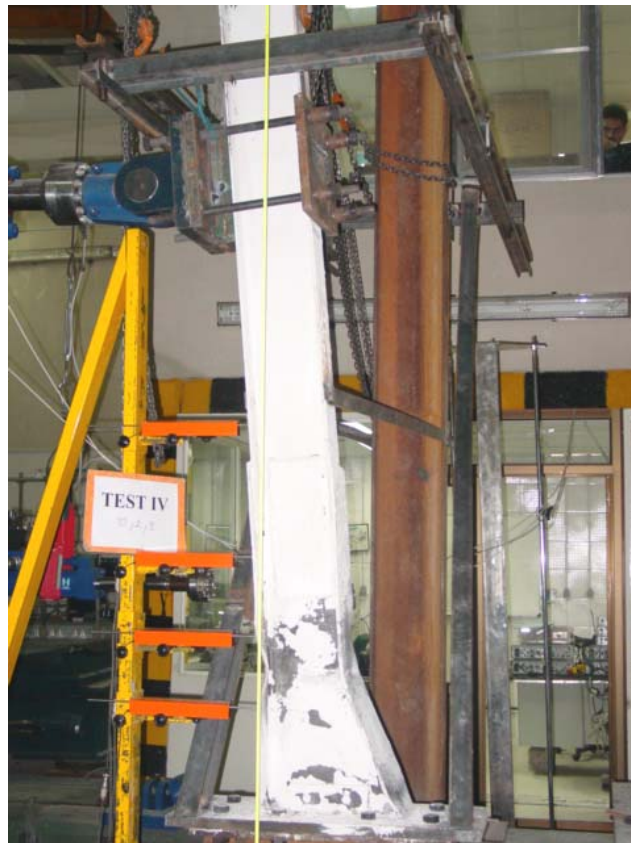
تصویر (۷) محل نصب تسمه ها ملاحظه می شود

### ۳- نتایج آزمایش

در مجموع چهار نمونه از این نوع اتصال مورد آزمایش قرار گرفت که تنها نتایج آزمایش چهارم ارائه می‌شود. بارگذاری جانبی با استفاده از جک هیدرولیک ۵۰ تن به صورت جابجایی رفت و برگشتی صورت گرفته و دامنه سیکل‌های بارگذاری از تغییر مکان محدوده ارتجاعی تیر آغاز و افزایش داده شده است. بطوریکه در دامنه‌های بالا، هر سیکل دو بار تکرار شده تا نهایتاً بیشترین دامنه بارگذاری تا ۱۳ سیکل ادامه داده شده است. در تصویر ۸ منحنی نیرو - تغییر مکان اتصال نشان داده شده است. نمودار بدست آمده بیانگر رفتاری شکل پذیر و پایا است که زوال ناچیزی در مقاومت عضو حین آزمایش به وجود آمده است. در تصویر ۹ نمای تغییر شکل یافته نمونه پس از پایان آزمایش نشان داده شده است. انحراف عضو از بخش تغییر ارتفاع جان قطعه اتصال به خوبی ملاحظه می‌شود. برای درک بهتر تغییر شکلها از خط تراز زرد کمک گرفته شده است. محل تلاقی خط تراز و امتداد بال قطعه اتصال مکانی است که مفصل پلاستیک در نمونه ایجاد شده است. جایی که انتظار می‌رفت این مفصل تشکیل گردد. در تصاویر ۱۰ و ۱۱ نماهای مختلف نمونه پس از آزمایش نشان داده شده است.



تصویر (۸): نمودار نیرو نسبت به جابجایی جک هیدرولیک



تصویر (۹): الگوی تغییر شکل پس از آزمایش - نقطه تلاقی خط تراز زرد رنگ با لبه بال قطعه اتصال محل تشکیل مفصل پلاستیک است. توزیع کرنشهای بزرگ در این ناحیه نیز گویای این مطلب هستند





تصویر(۱۰): تغییر شکلهای دو طرف جان



تصویر(۱۱): تغییر شکل بال زیرین. شکل گیری تورفتگی در بال در اثر کرنشهای پلاستیک ایجاد شده در این ناحیه ملاحظه می شود.