



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

عملکرد لرزه ای اتصال RBS آکاردئونی / وب (آکاردئونی / جان تیر)

چکیده

در این تحقیق، نوع جدیدی از اتصال تیرهای کاهش یافته، (RBS، AW-RBS، Accordion Web RBS)، ارائه شده است. اتصالات RBS معمولاً به عنوان اتصالات دارای عرض لبه کاهش یافته در یک ناحیه محدود در نزدیکی سطح ستون شناخته می‌شوند. با وجود این، AW-RBS حضور شبکه را در قدرت گشتاور کاهش داده و یک بخش کاهش یافته در تیر ایجاد می‌گردد. در AW-RBS، شبکه مسطح با صفحات موجی (صفحات موجی L شکل استفاده شده در اینجا) در محل مورد انتظار لولای شکل پذیر تیر جایگزین شده است. در حالی که شبکه موجی دارای قدرت کافی برشی است، قدرت گشتاور ارائه شده آن و سفتی خمشی ناچیز هستند. دو نمونه نسبتاً یکسان شامل اتصالات AW-RBS توسط بارگذاری چرخه‌ای آزمایش شده‌اند. هر دو نمونه حداقل 8٪ تغییر موقعیت را بدون از دست دادن قدرت قابل توجهی نشان می‌دهند، که بیشتر از نیازهای فعلی برای تأیید اتصال در فریم‌های گشتاور ویژه است. اثر آکوردئونی شبکه موجدار و عملکرد چرخه‌ای اتصال با نتایج تحلیلی تأیید شده است. بر اساس نتایج تحلیلی و تجربی، چرخش‌های غیر الاستیک اتصال عمدتاً توسط چرخش معتبر و شکل‌پذیر در منطقه کاهش یافته بیشتر از صفحات اتصال یا زون پانل ایجاد شده است.

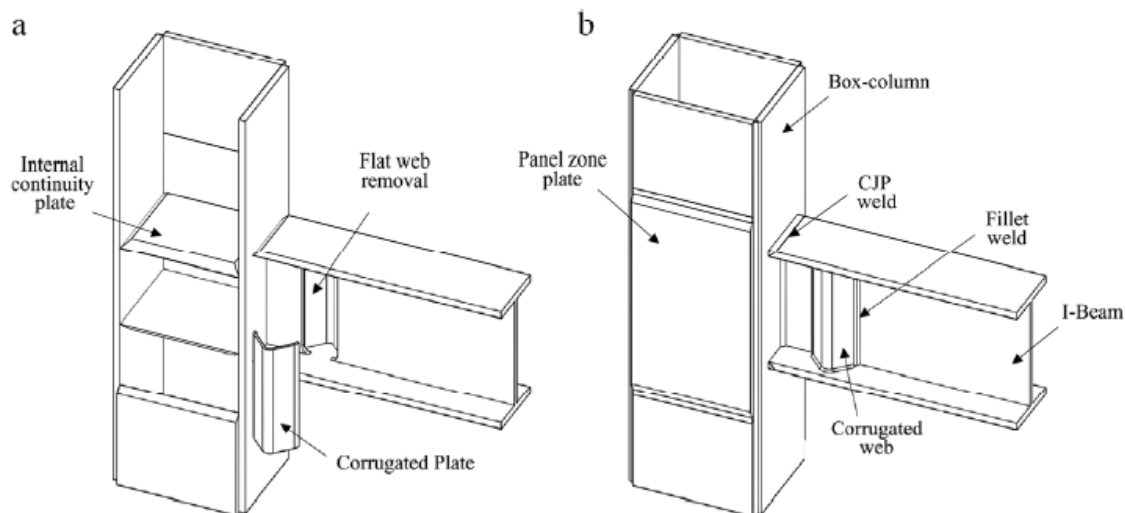
کلید واژه ها: اتصال RBS، شبکه موجدار، بارگذاری سیکلی (چرخه‌ای)، فریم گشتاور ویژه، اثر آکوردئونی، چرخش غیرکشسان

1. مقدمه

اتصالات گشتاوری کاهش یافته (RBS) یکی از مقرون به صرفه‌ترین و عملی‌ترین اتصالات مورد تأیید در میان انواع اتصالات post-Northridge است. اتصالات RBS براساس یک مفهوم جدید به نام «ضعیف شدگی» ایجاد شده است. با این مفهوم، قدرت خمشی تیر در مجاورت سطح ستون با کاهش بخش تیر، در مقایسه با سایر بخش‌های مجاور، کاهش می‌یابد و این باعث می‌شود تا یک لولای پلاستیکی در محل کاهش یافته تشکیل شود. موقعیت لولای پلاستیکی آسیب‌پذیری شکستگی جوش‌های نفوذ کامل اتصالات تیر-ستون (CJP) را کاهش می‌دهد و بنابراین ظرفیت تغییر شکل ناپذیری اتصال بهبود پیدا می‌کند. یک نوع متعارف اتصال گشتاوری RBS توسط تراشه لبه ایجاد

شده است و به عنوان یک اتصال "Dogbone" شناخته می‌شود که اولین بار در یک پروژه تحقیقاتی ارائه گردید. این طرح توسط Arbed (تولید کننده فولاد در لوکزامبورگ) بر اساس نظریه Plumier (1) به منظور فراهم آوردن زونهای اتلاف انرژی برای سازه‌ها مورد حمایت واقع شد. با این حال، اتصال به طور معمول تا زمان ارائه برنامه‌های SAC برای کاهش خطرات زلزله در سازه فریم فولادی مورد استفاده قرار نگرفت.

SAC نتایج 45 آزمایش اتصال RBS که پس از زلزله نورتریج انجام شده است، را گزارش نموده است (2). متغیرهای اصلی در این آزمایش‌ها شکل برش لبه (برش مستقیم، برش مخروطی یا برش شعاعی)، عمق ستون‌ها و تیرها و اتصال به وب هستند. با توجه به نتایج، برش شعاعی اتصال RBS رفتار موفقیت آمیزی نشان داد؛ رفتار اتصال به عمق تیر بستگی دارد؛ ارتباطات پیچیده و جوش داده شده رفتارهای نسبتاً مشابهی داشتند. برنامه فاز SAC II، شامل 17 آزمایش بزرگ مقیاس، به منظور بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌های اقتصادی اتصالات RBS برنامه ریزی شده بود (2). دستاورد اصلی این آزمایش‌ها مربوط به ارزیابی ناپایداری‌های تیر مانند کمانش محلی شبکه و لبه و کمانش جانبی - پیچشی بود. چنین ناپایداری‌هایی موجب تخریب در قدرت اتصال در تقاضاهای چرخش بزرگ می‌گردد. علاوه بر برنامه های SAC، تحقیقات دیگری نیز در رابطه با اتصال RBS دنبال شد. چی و اوانگ و همکاران (3، 4) به صورت آزمایشگاهی رفتار چرخه‌ای اتصالات گشتاوری RBS با ستون‌های عمیق دارای لبه‌های وسیع مورد مطالعه قرار گرفت و روش طراحی لرزه‌ای پیشنهاد کرد. در تحقیقات مشابه، رفتار لرزه‌ای اتصالات گشتاوری RBS به صورت ستون‌های عمیق توسط ژانگ و ریکلس (5 و 6) با توجه به اثر کاشی کف کامپوزیت مورد مطالعه قرار گرفت. اثر استحکام استحکام زون پانل و روش اتصال تیر بر روی عملکرد لرزه‌ای اتصالات RBS به صورت گسترده توسط لی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (7). این نتایج، رفتار ضعیف یک اتصال وب پیچیده را در مقایسه با یک اتصال جوش داده شده نشان داد. در همین حال، یک معیار برای رسیدن منطقه پانل تعادل پیشنهاد شده است که ظرفیت چرخش پلاستیکی را افزایش می‌دهد. ناکشیمیا و همکاران (8)، به صورت تحلیلی و عددی، ناپایداری جانبی - پیچشی و اثرات حرکات جانبی تیرهای فولادی گسترده‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای بررسی کردند. علاوه بر این، یک مطالعه آماری، در خصوص بی‌ثباتی چرخه‌ای اتصالات گشتاور فولاد با بخش تیر کاهش یافته، توسط یووانگ و فن ارائه شده است (9).



شکل 1. اتصال ارائه شده: (a): مونتاژ بخش فرعی؛ (b) پیکربندی

Shen و همکاران (10)، Kittsteanphun و همکاران (11) و Jin and El-Tawil (12) مطالعات تحلیلی را در مورد عملکرد لرزه‌ای فریم‌های گشتاوری فولاد مقاوم شامل اتصالات RBS انجام دادند. نتایج تایید کرده است که فریم‌های RBS می‌توانند از لحاظ اقتصادی عملکرد لرزه‌ای مناسب در مناطق با خطر لرزه‌ای بالا ارائه دهند. علاوه بر اتصالات، برخی از جزئیات کاهنده برای اتصالات RBS ارائه شده است که برخی از آنها به شرح زیر هستند:

1- حفاری مجموعه‌ای از سوراخ‌ها روی لبه‌های تیر به منظور کاهش لبه‌ها نسبت به ظرفیت گشتاوری تیر (1، 13).

2- ایجاد حفرات یا سوراخ‌های بزرگ در شبکه تیر جهت حذف حضور شبکه در گشتاور. ریزه کاری این بخش، اتصال شبکه کاهش یافته نامیده شده است (14).

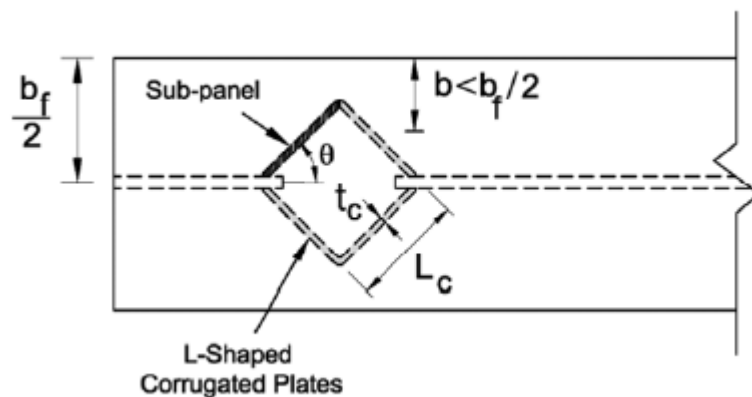
3- کاهش عمق شبکه تیر در یک ناحیه محدود به منظور کاهش فاصله بین لبه‌ها، و در نتیجه، کاهش قدرت خمشی تیر. اتصال ایجاد شده ریزه کاری گوه‌ای نامیده می‌شود (15).

همزمان با اتصالات RBS ساخته شده که در بالا ذکر شد، یک اتصال RBS جدید برای فریم‌های مقاوم گشتاور فولاد در این مقاله ارائه شده است. در اتصال ارائه شده، بخش تیر توسط صفحات موجی به جای شبکه مسطح در محل مورد انتظار لولای شکل پذیر تیر در مجاورت اتصال تیر-ستون کاهش یافته است. در اینجا، یک روش طراحی برای اتصال ارائه شده بر اساس رفتار مورد انتظار لولای شکل پذیر با یک شبکه موجی و نیز پیشنهادات کلی شرط لرزه‌ای AISC ارائه شده است (16). علاوه بر این، یک برنامه آزمایشگاهی با توجه به دو نمونه طراحی شده نسبتاً

یکسان به منظور بررسی رفتار لرزه‌ای و پاسخ سیکلی اتصال جدید ارائه شده اجرا شده است. در این مورد، اتصال به صورت تحلیلی برای صحت سنجی عملکرد اتصال و درک کامل رفتار لرزه‌ای آن مورد مطالعه قرار گرفته است.

2. اتصال ارائه شده: AW-RBS

نصب و پیکربندی اتصال ارائه شده در شکل 1 توضیح داده شده است. همانطوریکه در شکل نشان داده شده است، شبکه تیر، با یک بخش، در یک زون محدود نزدیک وجه ستونی حذف شده و توسط صفحات موجی، به ویژه صفحات چین خورده L شکل به کار رفته در این مطالعه، جایگزین شده است. تیر توسط اتصالات CJP به منظور ایجاد اتصال صلب با ظرفیت کامل به وجه ستونی متصل شده است. با توجه به رفتار آکوردیونی شبکه موجی، انتظار می‌رود که حضور شبکه تیر در قدرت گشتاور خمشی در داخلی ناحیه موجی ناچیز باشد. از این رو، یک بخش کاهش یافته ایجاد شده و شبکه موجی برای تأمین ظرفیت برشی مناسب قابل طراحی خواهد بود.



شکل 2. عرض نامحدود لبه تیر در بخش موجی اتصال ارائه شده.

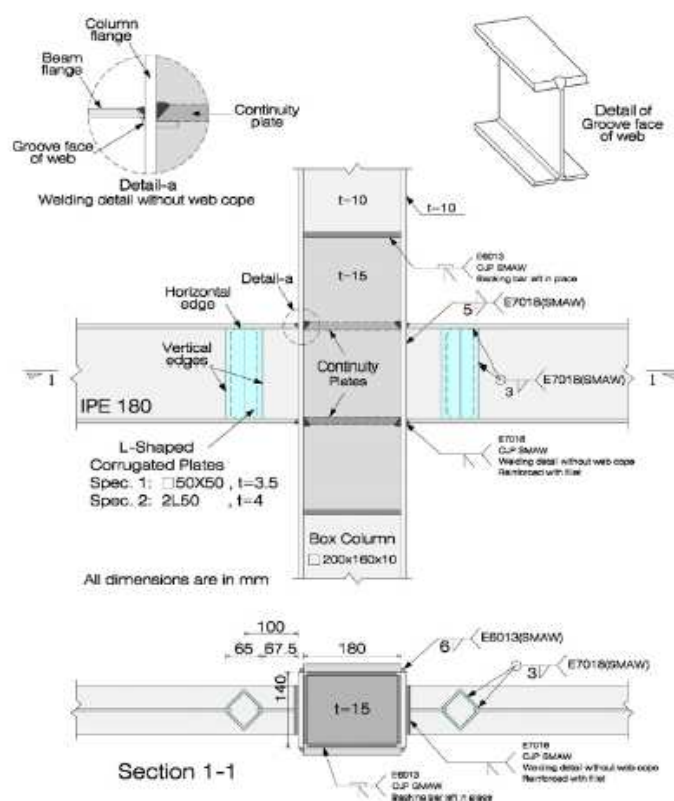
یک ناحیه محدود کاهش یافته در مجاورت اتصالات CJP، نیاز لولای شکل پذیر را کاهش می‌دهد. این واقعیت با مفهوم ضعیف شدگی کاملاً مطابقت دارد. اتصال ارائه شده در این مطالعه فرض شده است که در دسته اتصال کاهش یافته قرار دارد. این اتصال، اتصال آکوردین-وب RBS و به اختصار AW-RBS نامیده می‌شود.

در این اتصال، شبکه موجی در ناحیه لولای شکل پذیر به دلیل سختی بزرگتر خارج از صفحه شبکه موجی در اطراف محور طولی تیر و همچنین وضعیت پایداری لبه ناشی از نسبت کوچکتر عرض به ضخامت، شرایط پایداری شبکه را بهبود می‌دهد که در شکل 2 نشان داده شده است. علاوه بر این، می‌توان انتظار داشت که تمامی خصوصیات ذاتی

تیرهای شبکه موجی در ناحیه کاهش یافته کاربرد دارند.

در تیرهای شبکه موجی، صفحات نازک به دلیل شبکه‌های موجی بدون نیاز به سفت کننده‌های عمودی می‌توانند به کار روند. بنابراین، هزینه ساخت تیر به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و عمر فرسودگی آن بهبود یافته است. تحقیقات متعددی در مورد جنبه‌های مختلف تیرهای شبکه موجی صورت گرفته و نتایج قابل توجه به شرح زیر به دست آمده است (17-19):

- به دلیل اثر آکوردیون شبکه ناشی از سفتی محوری پایین آن در کشیدگی و انقباض، شبکه موجی ارائه شده کاربرد ناچیزی در ظرفیت انتقال گشتاوری تیر دارد. ظرفیت گشتاوری تیر نهایی تنها مبتنی بر تنش تسلیم لبه خواهد بود.
- هیچ واکنشی بین رفتار خمشی و برشی تیرها با شبکه فولادی موجی وجود ندارد. شبکه تنها قدرت برشی را ایجاد می‌کند که توسط سه نوع کمانش کنترل می‌گردد: کمانش محلی، کمانش کلی و برهم کنش.
- عمر فرسودگی سازه‌های صفحه‌ای با شبکه‌های موجی به طور متوسط در حدود 40 درصد بیشتر از سازه‌های صفحه‌ای سفت شده معمول است که دارای سفت کننده بود و چهار مرتبه ضخامت شبکه را از لبه تنش قطع کرده‌اند.



شکل 3. جزئیات اتصال نمونه‌های آزمایش 1 و 2

- مقاومت سازه‌ها به همراه شبکه موجی با کمانش پیش‌خمش جانبی در حدود 25 درصد (به طور متوسط) بیشتر از سازه‌های صفحه‌ای با شبکه‌های سنتی و کمانش جانبی می‌باشد. با توجه به خصوصیات ذکر شده، انتظار می‌رود که پایداری و شکل‌پذیری تیر در ناحیه لولایی شکل پذیر بهبود یافته و در نتیجه رفتار لرزه‌ای قابل قبول به دست آید. با وجود این، این موضوع باید آزمایش شود زیرا اتصال ارائه شده به صورت محلی شبکه را با آکوردین دو برابر جایگزین کرده، یک بخش عمودی بسته ایجاد کرده که ممکن است انعطاف بسیار کمتری نسبت به شبکه آکوردیونی کلاسیک داشته باشد.

3 برنامه آزمایشگاهی

رفتار اتصالات، تحت شرایط بارگیری چرخه‌ای، به صورت دقیق توسط ابزارهای تحلیلی قابل پیش بینی نیست. از این رو، مجموعه‌ای از تست‌های آزمایشگاهی به منظور بررسی رفتار اتصالات گشتاوری AW-RBS و تشخیص مسایل پتانسیل و نیز تأیید نتایج تحلیلی انجام می‌گیرد.

3-1- نمونه‌های آزمایش

در این مطالعه، دو نمونه با مقیاس $2/3$ ، تقریباً یکسان، شامل اتصالات شبکه آکوردیونی RBS، به منظور آزمایش طراحی شده‌اند. نمونه‌ها شامل مونتاژ قسمت‌های فرعی اتصال داخلی صلیبی شکل با تیرهای موجود در سطوح مقابل ستون، مبتنی بر AISC هستند (16). مونتاژ قسمت‌های فرعی از محل‌های اتصال فریم‌های گشتاوری استخراج شده که تحت بارگیری جانبی منحرف شده‌اند. در فریم‌های گشتاوری، نقاط رانش در نزدیکی فاصله میانی تیرها و ارتفاع میانی ستون‌ها ایجاد شده‌گشتاورند. با این فرض، نقاط رانش فریم‌های گشتاوری به صورت پایانه‌های تیرهای مونتاژ شده و ستون‌های دارای تکیه گاه‌های لولادار در نظر گرفته شده‌اند.

توزین نمونه‌ها توسط حداکثر ظرفیت بار و تکانه محرک کنترل شده است. نمونه‌ها با معیار تیر ضعیف ستون قوی دلخواه به منظور تضمین مکانیسم شکل‌پذیری تیر طراحی شده‌اند. با دلیل به اینکه معمولاً ستون‌های جعبه‌ای برای فریم‌های گشتاوری رفت و برگشت در ایران به کار می‌روند و با توجه به سفتی پیش‌خشی بزرگ و قدرت این ستون‌ها، یک بخش جعبه‌ای جهت حذف بی ثباتی‌های مربوطه و حالت گسیختگی و نیز تمرکز بیشتر روی رفتار اتصال انتخاب شده است.

در این مطالعه، برای ساخت اتصالات AW-RBS، شبکه‌های تیر از طریق مشعل‌های دستی برداشته شده و توسط سازه‌های دستی و به زمین متصل شده‌اند. دو بخش L شکل، با تقسیم قطری بخش جعبه‌ای سرد آماده شده و در نمونه 1 و دو بخش زاویه‌ای داغ استاندارد نمونه 2 به عنوان شبکه‌های موجی به کار رفته است. جزئیات اتصال AW-RBS در دو نمونه در شکل 3 نشان داده شده است. نمونه‌ها توسط یک سازنده تجاری ساخته شده‌اند. جزئیات اتصال بدون پوشش شبکه در نظر گرفته شده که در شکل 3 به صورت جزئی نشان داده شده است (20). لبه‌های تیر از طریق اتصال شیاری CJP از پیش تعیین شده بدون میل گرد اصلی با معبر ریشه‌ای و نوار تقویت کننده به سطح ستون متصل شده‌اند.

جدول 1. خصوصیات مکانیکی کوپن‌های فولادی

Test Specimen	Member	Coupon	Yield strength (Mpa)	Tensile strength (Mpa)	Elongation (%)
1 & 2	Beam (IPE 180)	Web	391.0	495.8	25.0
1 & 2	Beam (IPE 180)	Flange	316.5	446.3	27.0
1 & 2	Column (Built-up 200 × 160 × 10)	Web & Flange Plates	253.0	370.0	41.0
1 & 2	Column (Built-up 200 × 160 × 10)	Panel zone & continuity plates	244.2	374.3	30.1
1	Corrugated plate (Cold-formed 50 × 50 × 3.5)	Side	406.0	449.0	18.0
2	Corrugated plate (Hot-rolled L50 × 50 × 4)	Leg	289.8	422.1	28.4

فواصل اتصالات به منظور کیفیت اتصال صدا انتخاب شده و پس از اتصال برداشته شده‌اند. اتصالات شیاری CJP بین صفحات اتصال و جعبه-ستون به کار رفته‌اند در حالی که میل گردهای اصلی در محل باقی مانده‌اند. شبکه‌های تیر در هر دو نمونه از طریق اتصال نواری به سطح ستون متصل شده‌اند. لازم به ذکر است که انجام اتصال نواری شبکه تیر به سطح ستون در اتصالات میدان به دلیل قدرت تحمل مناسب مشکل به نظر می‌رسد. تمام اتصالات شیاری به لحاظ فراصوتی بررسی شده و تمام اتصالات نواری به صورت بصری از طریق دستگاه کنترل معتبر تست شده‌اند. تیرها، ستون‌ها، صفحات اتصال و صفحات موجی همگی از نوع فولاد A36 با تنش تسلیم جزئی 240 مگاپاسکال هستند. خصوصیات مکانیکی کوپن‌های فولاد که از صفحات و بخش‌های مختلف نمونه به دست آمده‌اند، در جدول 1 متناسب با استاندارد ASTM A370 آزمایش تنشی فولاد آورده شده است.

2-3- فرایند طراحی اتصالات AW-RBS

روش طراحی اتصالات AW-RBS مبتنی بر شرایط لرزه‌ای AISC می‌باشد (16). پارامترهای طراحی هندسی عبارتند از فاصله از سطح ستون تا مبدأ (پارامتر a) و فاصله تا مرکز ناحیه موجی (پارامتر e)، که در شکل 4 نشان داده شده‌اند. این پارامترهای طراحی متناسب با استانداردهای AISC برای اتصالات RBS برش شعاع در به دست

آوردن مقادیر آزمایشی محسوس انتخاب شده‌اند (21). بر این اساس، فاصله تا ناحیه کاهش یافته (a) برابر با 50 تا 75 درصد عرض لبه تیر (b_f) است و طول ناحیه کاهش یافته (b) 65 تا 85 درصد عمق تیر (d_b) می‌باشد. محدوده قابل قبول پارامترهای a و $e = a + b/2$ بر اساس مقادیر بالا به صورت زیر هستند:

$$0.5b_f \leq a \leq 0.75b_f \quad (1)$$

$$(0.5b_f + 0.325d_b) \leq e \leq (0.75b_f + 0.425d_b). \quad (2)$$

بر طبق معادلات (1) و (2)، پارامترهای a و e در دو نمونه به ترتیب 67.5 و 100 میلیمتر هستند.

در سطح ستون، حداکثر گشتاور باید کوچکتر از گشتاور شکل پذیر تیر باشد تا اینکه امکان شکستگی در اتصال شیار لبه تیر یا گرمای پیرامون تأثیرگذار بر ناحیه محدود گردد. همانطوریکه در شکل 4 نشان داده شده است، حداکثر میزان گشتاور در سطح ستون (M_f) توسط نمایش حداکثر گشتاور مورد انتظار (M_{AW-RBS}) در مرکز ناحیه کاهش یافته تا سطح ستون به صورت زیر محاسبه شده است:

$$M_f = M_{AW-RBS}(L + e)/L \quad (3)$$

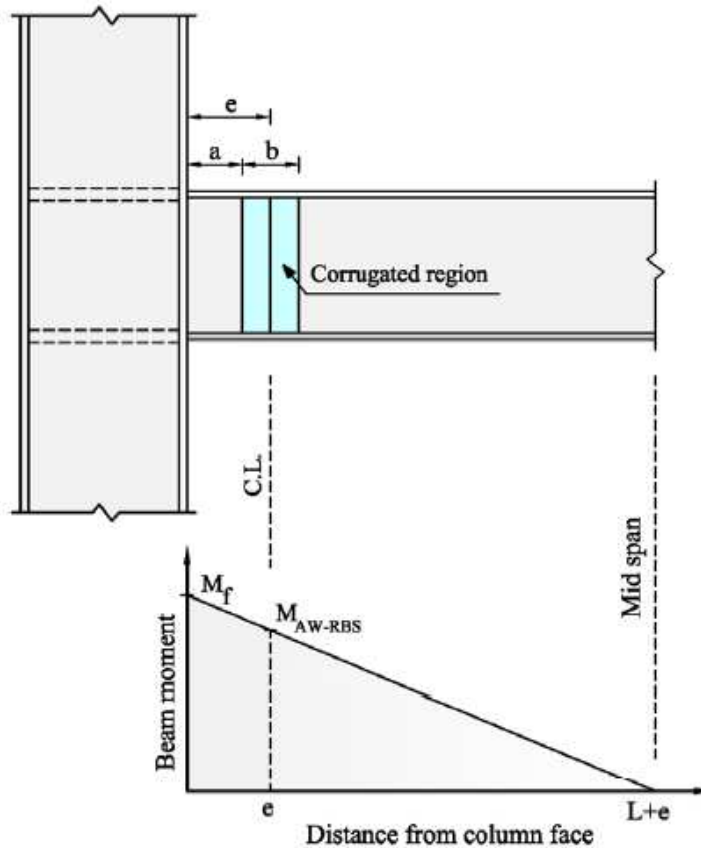
که در آن، L فاصله از مرکز ناحیه کاهش یافته تا نقطه خمش در دیاگرام گشتاور می‌باشد. حداکثر گشتاور مورد انتظار در مرکز ناحیه کاهش یافته با در نظر گرفتن سخت شدگی استرین به صورت زیر می‌باشد:

$$M_{AW-RBS} = 1.1Z_{AW-RBS}F_{ye} \quad (4)$$

که در آن، Z_{AW-RBS} مدول بخش شکل پذیر ناحیه موجدار است. این مدول به دلیل اثر آکوردیونی شبکه موجدار فقط در روی لبه‌ها محاسبه شده است و برابر با $b_f(d_b - t_f)$ می‌باشد، که در آن t_f ضخامت لبه است. قدرت تسلیم مورد انتظار، F_{ye} برابر است با: $R_y F_y$ ؛ در اینجا اختلاف بین قدرت تسلیم ویژه (F_y) و قدرت تسلیم مورد انتظار می‌باشد. R_y اشکال ساختاری رول داغ فولاد 1.5 A36 و مطابق با استاندارد AISC است (16). علاوه بر این، ضریب 1.1 قدرت اتصال پیک شامل سخت شدگی کرنش و انواع پارامترهای دیگر قدرت بیشینه را توضیح می‌دهد که در AISC ارائه شده است (16).

نسبت گشتاور به ظرفیت گشتاور شکل پذیر مورد انتظار در سطح ستون بخش تیر کاهش نیافته ($M_f/Z_b F_{ye}$) باید کمتر از 1 باشد تا اینکه آسیب پذیری شکستگی در اتصال شیار لبه تیر کاهش یابد؛ در اینجا Z_b مدول پلاستیک (شکل پذیر) بخش کاهش نیافته است. توصیه می‌شود در طراحی عملی اتصالات شعاع RBS این مقدار 0.9 باشد

(22). شرایط کد دار ضروری دیگر- مانند ظرفیت تنش، زون پنل، صفحات اتصال و الزامات ستون قوی تیر ضعیف باید در خصوص لولای شکل پذیر کنترل شوند. در این مطالعه، نمونه‌های آزمایش با اجرای روش طراحی پیشنهادی طراحی شده‌اند. تنش تسلیم مورد انتظار (F_{ye}) بر اساس تنش تسلیم جزئی 240 مگاپاسکال و فاکتور $1.5 R_y$ محاسبه شده است. جزئیات محاسبات طراحی دو نمونه مورد آزمایش در جدول 2 فهرست شده‌اند.



شکل 4. گرا دیان گشتاوری خمشی برای بارگیری لرزه‌ای

از آنجایی که شرایط موجود در قدرت برشی و پایداری شبکه‌ها در ناحیه موجی تغییر پیدا کرده‌اند، فرمول‌بندی معمول ارائه شده در AISC (16) در تنش شبکه کاربرد ندارد. از این رو، ظرفیت برشی و پایداری باید نسبت به رفتار برشی صفحات موجی مجدداً بررسی شوند.

جدول 2. محاسبات طراحی برای آزمایش نمونه‌ها

Test Specimen	$Z_{AW-RBS} (m^3 \times 10^{-6})$	$Z_b (m^3 \times 10^{-6})$	$M_{AW-RBS} (kN m)$	$M_f (kN m)$	$\frac{M_f}{Z_b f_y}$	$V_f (kN)$	$\frac{V_f}{0.64wF_y}$	$V_{pc} (kN)$	$R_u (kN)$	$\frac{V_{pc}}{R_u}$	$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pc}^*}$
1 & 2	125	166	49.59	53.0	0.89	34.3	0.25	616.5	762.8	0.81	0.56

برش در سطح ستون: $V_f = M_f / (L + e)$ محدوده شبکه در بخش کاهش نیافته: A_w

میزان برش زون پنل: $V_{pc} = 2M_f / (d_b - t_f)$

ظرفیت برشی زون پنل: $R_v = 0.6F_y d_c t_p$ که در آن d_c عمق ستون و t_p ضخامت زون پنل در هر دو شبکه می‌باشد.

گشتاور خمشی در تیر و ستون در محل تقاطع خطوط مرکزی تیر و ستون: M_{pb}^* and M_{pc}^* .

گسیختگی موجدار عمدتاً توسط کمانش برشی برهم کنش بین کمانش محلی و کلی کنترل می‌شود (23). معادله

(5) که توسط درایور و همکاران (24) جهت پیش بینی قدرت برشی جزئی شبکه‌های موجدار (t_n) ارائه شده است،

برای ارزیابی قدرت حد پایینی گسیختگی کمانش برهم کنش به صورت زیر به کار می‌رود:

$$\tau_n = \sqrt{\frac{(\tau_{\sigma,L} \cdot \tau_{\sigma,G})^2}{\tau_{\sigma,L}^2 + \tau_{\sigma,G}^2}} \quad (5)$$

که در آن، $\tau_{\sigma,L}$ و $\tau_{\sigma,G}$ به ترتیب تنش کمانش برشی محلی و کلی هستند. بر اساس مقدار تنش کمانش

برشی محلی و کلی می‌توانند از نوع کشسان یا غیرکشسان باشند. در صورتی که تنش کمانش الاستیک کمتر از 80٪

تنش تسلیم برشی باشد، رفتار نمونه توسط کمانش الاستیک کنترل شده و $\tau_{\sigma,i}$ در معادله (5)، الاستیک در نظر

گرفته می‌شود. در غیر اینصورت، کمانش غیرکشسان وجود خواهد داشت و تنش کمانش در معادله (5) به صورت زیر

محاسبه می‌گردد (17):

$$\tau_{\sigma,i} = \sqrt{0.8\tau_y \tau_{\sigma,i}^E} \leq \tau_y, \quad i = L, G. \quad (6)$$

تنش تسلیم برشی بر اساس معیار تسلیم وُن مایس برابر است با:

$$\tau_y = F_y / \sqrt{3}. \quad (7)$$

تنش کمانش الاستیکی شبکه موجدار در کمانش محلی و کلی می‌تواند بر اساس تئوری پایداری صفحه محاسبه

گردد. ساب- پنل‌های شبکه موجی (شکل 2) همدیگر را در امتداد لبه‌های عمودی آنها تقویت کرده و لبه‌های تیر،

لبه‌های افقی را تقویت می‌کنند (شکل 3). از این رو، تنش کمانش محلی برش الاستیک در یک ساب- پنل برابر است

با (17):

$$\tau_{\sigma,L}^E = k_s \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)(L_c/t_c)^2} \quad (8)$$

که در آن

ضریب کمانش برشی محلی = k_s ، تابع h_w/t_c و شرایط مرزی ساب- پنل

ارتفاع شبکه = h_w

ضخامت هر صفحه موجدار = t_c

نسبت پواسون = ν

مدول یانگ = E

عرض ساب- پنل (شکل 2) = L_c

کمانش کلی هر یک از صفحات موجدار L شکل به صورت قراردادی می‌تواند بر اساس فرمول کمانش صفحات عمودی تنش محاسبه گردد، با فرض این که هر صفحه L شکل توسط صفحه دیگر در امتداد لبه عمودی و توسط لبه‌های تیر در امتداد بالا و پایین لبه‌ها تقویت می‌گردد. بر اساس مطالعه سید احمد (25)، کمانش کلی برشی الاستیک در شبکه موجدار زیگزاگی توسط معادلات 9 تا 11 محاسبه می‌گردد:

$$\tau_{cr,G}^E = k_g \frac{(D_y D_x^3)^{1/4}}{h_w^2 t_c} \quad (9)$$

$$D_x = \cos \theta \left(\frac{E t_c^3}{12} \right) \quad (10)$$

$$D_y = \frac{E}{d} \left(\frac{t_c (d \tan \theta)^3}{12 \sin \theta} \right) \quad (11)$$

که در آن

ضریب کمانش برشی کلی، عمدتاً به شرایط مرزی بالا و پایین شبکه بستگی دارد = k_g

استحکامات خمشی صفحات عمودی = D_x & D_y ؛ $d = L_c \cos \theta$ ؛

زاویه موجدار، که در شکل 2 مشخص شده است = θ

پارامترهای L_c/t_c و h_w/t_c باید تعیین شوند با فرض این که $\tau_{cr,L} = \tau_y$ and $\tau_{cr,G} = \tau_y$ تا اینکه از کمانش محلی و کلی در داخل ناحیه موجدار جلوگیری و حداکثر قدرت برشی در شبکه موجی فراهم گردد. به این ترتیب، پارامترهای L_c/t_c و h_w/t_c به صورت زیر در می‌آیند:

$$\frac{L_c}{t_c} \leq 2.586 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (13)$$

$$\frac{h_w}{t_c} \leq \sqrt{2.58 \frac{E}{F_y} \left(\frac{L_c}{t_c}\right)^{1.5}} \quad (14)$$

لازم به ذکر است که مقادیر k_s و k_g به طور قراردادی انتخاب شده‌اند (25). بر طبق معادله (5) حداکثر ظرفیت ظاهری شبکه موجدار با استفاده از فرمول زیر و در نظر گرفتن حدهای ذکر شده در بالا محاسبه می‌شوند و تسلیم برشی در کمانش محلی و کلی را تضمین می‌کنند:

$$\tau_n^{\max} = \frac{\tau_y}{\sqrt{2}} \quad (15)$$

بر طبق معادله (15)، ضخامت شبکه موجی (ضخامت هر یک از صفحات موجی) باید حداقل $t_w/\sqrt{2}$ باشد تا اینکه دارای قدرت برشی یکسانی در داخل و خارج ناحیه موجدار باشد؛ در اینجا، t_w ضخامت شبکه مسطح است. طراحی برشی شبکه موجدار برای هر دو نمونه به طور خلاصه در جدول 3 آمده است.

جدول 3. طراحی برش صفحات موجی

Test Specimen	V_{corr} (kN)	τ_{corr} (MPa)	$\frac{L_c}{t_c} / 2.586 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$\frac{h_w}{t_c} / \sqrt{2.58 \frac{E}{F_y} \left(\frac{L_c}{t_c}\right)^{1.5}}$	τ_n (Mpa)	τ_{corr} / τ_n
1	33.7	29.3	0.19	0.14	99.9	0.29
2	33.7	25.7	0.17	0.13	99.9	0.26

میزان برش در مرکز محدوده موجدار: $V_{corr} = M_f/L$

تنش برشی صفحات موجدار: $\tau_{corr} = V_{corr} / (2A_{corr})$

ناحیه برش هر یک از صفحات موجدار L شکل: $A_{corr} = (d_b - 2t_f) \times t_c$

3-3- تنظیمات آزمایش

در این مطالعه، آزمایشات در آزمایشگاه ساختاری دانشگاه تهران انجام شده است. تنظیمات آزمایش به منظور فراهم نمودن شرایط مرزی مورد انتظار برای بخش‌های دستگامی طراحی شده است. مبنای ستون از طریق اتصال لولایی به طبقه قوی پیوند داده شده است و پایانه‌های تیر توسط پایانه‌های قابل تطبیق به همراه قابلیت جابجایی جانبی تقویت شده تا اینکه شرایط مرزی استوانه برقرار شود.

یک محرک هیدرولیک با ظرفیت 100 کیلونیوتن و تکانه بیشتر و کمتر از 200 میلیمتر به منظور به کارگیری تغییرات افقی چرخه‌ای در بالای ستون استفاده شده است. دو بخش انتهایی محرک محرک به نمونه و توسط پرز و گلوله دارای چرخش آزاد به فریم سخت متصل شده است تا اینکه شرط مرزی پایانه محدود شبیه سازی گردد. تکیه گاه‌های جانبی توسط به کار گیری دو فریم بیرونی برای هر تیر فراهم شده است و تکیه گاه دیگر نزدیک نقطه بارگذاری برای ستون است که برای تغییرات خارج از صفحه نمونه، کماتش جانبی- پیچشی تیرها، چرخش ستون و ناپایداری‌های محلی در نقطه بارگذاری به کار رفته است. پیکربندی تنظیمات آزمایش و ابعاد کلی نمونه‌ها در شکل 5 نشان داده شده است.



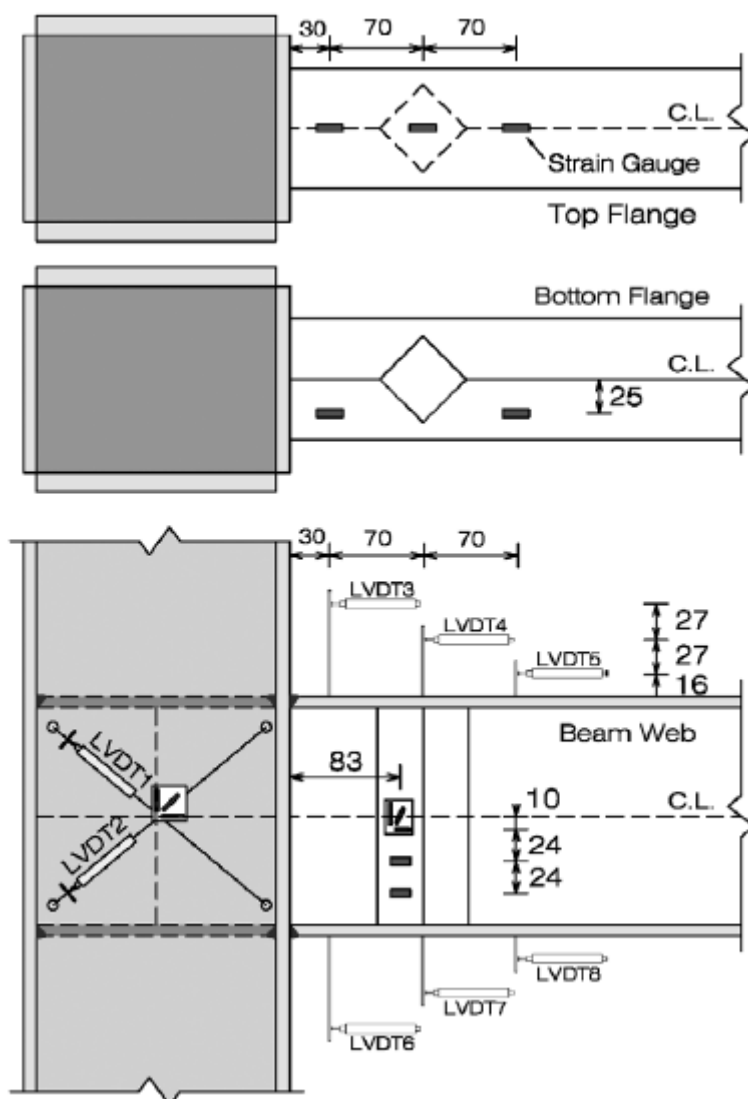
شکل 5. پیکربندی تنظیمات آزمایش و ابعاد کلی نمونه‌ها (تصویر آزمایش نمونه 1)

4-3- زمان بارگذاری، روش آزمایش و تجهیزات دستگاہی

در این مطالعه، نمونه‌ها توسط اعمال تغییرات چرخه‌ای نیمه استاتیک ویژه در بخش لرزه‌ای AISC مورد آزمایش قرار گرفته‌اند (16). زاویه رانش طبقه کل از طریق تقسیم تغییرات اعمال شده بر روی ارتفاع ستون محاسبه شده است. زمان بارگذاری به صورت شش چرخه، هر کدام از زوایای رانش طبقه کل به ترتیب 0.375، 0.5 و 0.75 درصد بوده است. چهار چرخه بعدی در زاویه رانش 1 درصد بودند که با دو چرخه با افزایش متوالی درصد رانش ادامه یافته است (یعنی، 2، 3، 4 و ... درصد). آزمایشات چرخه‌ای به منظور نمایش بهتر پاسخ‌های نمونه‌ها و نیز دگرشکل‌ی‌های آنها در طول بارگذاری، با سرعت پایین انجام شده‌اند.

هر نمونه مجهز به LVDT ها و گیج‌های کرنش شده است. شش LVDT برای نمایش چرخه لولای پلاستیکی و دو نوع مایل دیگر برای ثبت دگرشکلی‌های برشی زون پنل به کار رفته‌اند. چندین گیج کرنشی به منظور اندازه‌گیری زمان کرنش‌ها در نمونه‌ها بر روی لبه تیر، شبکه تیر، صفحات موجدار و زون پنل قرار گرفته است. طرحی از تجهیزات دستگاہی در شکل 6 نشان داده شده است.

تغییرات افقی محرک توسط مبدل تغییرات داخلی آن و نیز یک LVDT خارجی اندازه‌گیری شده است. بارهای به کار رفته توسط سلول بار نصب شده بین محرک و نمونه اندازه‌گیری شده که در شکل 5 نشان داده شده است. از LVDT ها ارسال شده و گیج‌های کرنش توسط یک نگاربرداری دیجیتال ثبت شده‌اند.



شکل 6. موقعیت گیج‌های کرنش متصل شده و LVDT های نصب شده روی نمونه‌ها (تمام ابعاد بر حسب میلیمتر

هستند)

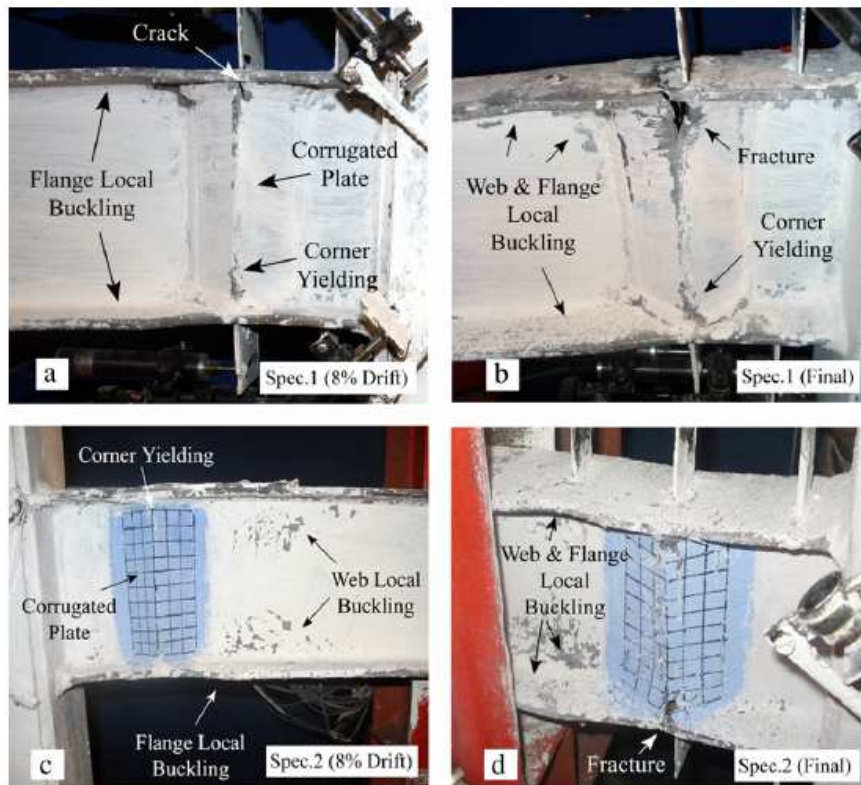
4. نتایج آزمایشگاهی

رفتارهای لرزه‌ای محلی و کلی در این مطالعه از طریق مشاهدات آزمایش و همچنین آنالیزهای ثبت دستگاهی نشان داده شده است. این بررسی‌ها جهت تایید عملکرد اتصال AW-RBS و روش طراحی ارائه شده به کار رفته‌اند.

1-4-1- مشاهدات آزمایش

1-1-4-1- مشاهدات نمونه آزمایشی 1

نخستین تسلیم به دست آمده از نمونه آزمایشی 1 پس از ورقه‌ای شدن دوغاب لبه‌های دو تیر در مرکز ناحیه موجدار در طول اولین چرخه از چرخه‌های رانش طبقه 1.5 درصد به نمایش در آمد. تسلیم بعد از چرخه‌های طبقه‌ای 3 درصد بسیار واضح بود. این نتیجه در کل ناحیه کاهش یافته در طول رانش طبقه 3 درصد وجود داشت در حالی که علامتی از این وضعیت در شبکه موجدار و تیر در خارج از ناحیه کاهش یافته مشاهده نشد. لبه حاصل به سمت سطح ستون و انتهای تیر در طول اولین چرخه رانش طبقه 4 درصد گسترش پیدا کرد؛ ورقه‌ای شدن جزئی دوغاب در نزدیکی جوش‌های CJP در چرخه دوم مشاهده شد. الگوهای تسلیم در طول چرخه‌های رانش طبقه 5 و 6 درصد نیز ادامه داشتند؛ این الگو بیشتر به سمت کناره‌های ناحیه موجدار گسترش داشته و در بخش بیرونی ناحیه موجدار نزدیک به سطح ستون تقریباً واضح‌تر بود. علاوه بر این، ورقه‌ای شدن جزئی دوغاب در گوشه شبکه موجدار در نزدیکی لبه چپ تیر مشاهده شد. در این مطالعه، یک کماتش جزئی لبه قبل از ناحیه موجدار در هر دو تیر در ادامه اولین چرخه رانش طبقه 7 درصد شروع شده و با آغاز کماتش شبکه تیر ادامه داشت اگرچه دامنه‌های آن بسیار کوچک بودند. دامنه کماتش در اولین چرخه رانش طبقه 8 درصد و در طول دومین چرخه افزایش یافت. این وضعیت در گوشه‌های شبکه موجدار به سمت عمق تیر در هر دو طرف کناره‌های نمونه و خط اتصال صفحات موجدار تا شبکه مسطح گسترش پیدا کرد. علاوه بر این، ترک‌ها در جوش‌های نواری در هر کدام از گوشه‌های شبکه موجدار تیر سمت چپ پدیدار شدند، متعاقباً، ترک‌های چرخه‌ای ضعیف اندک در فلز بستر گوشه‌های شبکه تشکیل شدند که در شکل 7 (a) نشان داده شده است. این ترک‌ها در داخل صفحه موجی به سمت پایین گسترش پیدا کرده و در طول چرخه اول رانش طبقه 9 درصد گسترش بیشتری پیدا کردند. در نهایت، همانطوریکه در شکل 7 (b) نشان داده شده است، آزمایش به علت وجود شکستگی‌ها در شبکه و لبه بالای تیر سمت چپ به پایان رسید.



شکل 7. نمونه آزمایشی 1. (a): رانش طبقه 8 درصد (اولین چرخه)؛ (b) در پایان (رانش طبقه 9 درصد). نمونه

آزمایشی 2. (c): رانش طبقه 8 درصد (چرخه آخر)؛ (d): در پایان (رانش طبقه 9 درصد)

2-1-4- مشاهده‌ات آزمایش نمونه 2

در طول اولین چرخه رانش طبقه 1.5 درصد، تسلیم در لبه‌های تیر پس از ورقه‌ای شدن جزئی در داخل ناحیه موجدار آغاز شده و به سمت ناحیه کاملاً کاهش یافته در انتهای رانش طبقه‌ای 2 درصد گسترش پیدا کرده است. در طول چرخه‌های رانش طبقه‌ای 3 درصد، وضعیت موجود در ناحیه کاهش یافته به صورت تسلیم اندک بیرون از ناحیه کاهش یافته نزدیک سطح ستون و همچنین قبل از ناحیه کاهش یافته ادامه داشته است. در طول چرخه‌های رانش طبقه‌ای 4 و 5 درصد، روند تسلیم لبه‌های تیر در حدود 25 سانتیمتر از سطح ستون به سمت تیر و قبل از ناحیه موجدار و سپس تا حدودی به سمت شبکه مسطح گسترش پیدا کرده است. در چرخه آخر رانش طبقه‌ای 5 درصد، وضعیت موجود کاملاً به مجاورت جوش‌های CJP کشیده شده است. در اولین چرخه رانش طبقه‌ای 6 درصد، ورقه‌ای شدن جزئی در گوشه شبکه موجدار نزدیک لبه تیر آشکار شده است. در طول چرخه‌های رانش طبقه‌ای 6 درصد، کمانش محلی لبه بیرون از ناحیه موجدار آغاز شده است؛ که در مرحله بعد با کمانش محلی شبکه در هر دو تیر ادامه پیدا کرده است هر چند که دامنه کمان‌ها بسیار کوچک هستند. در انتهای چرخه‌های رانش طبقه‌ای 8 درصد، دامنه-

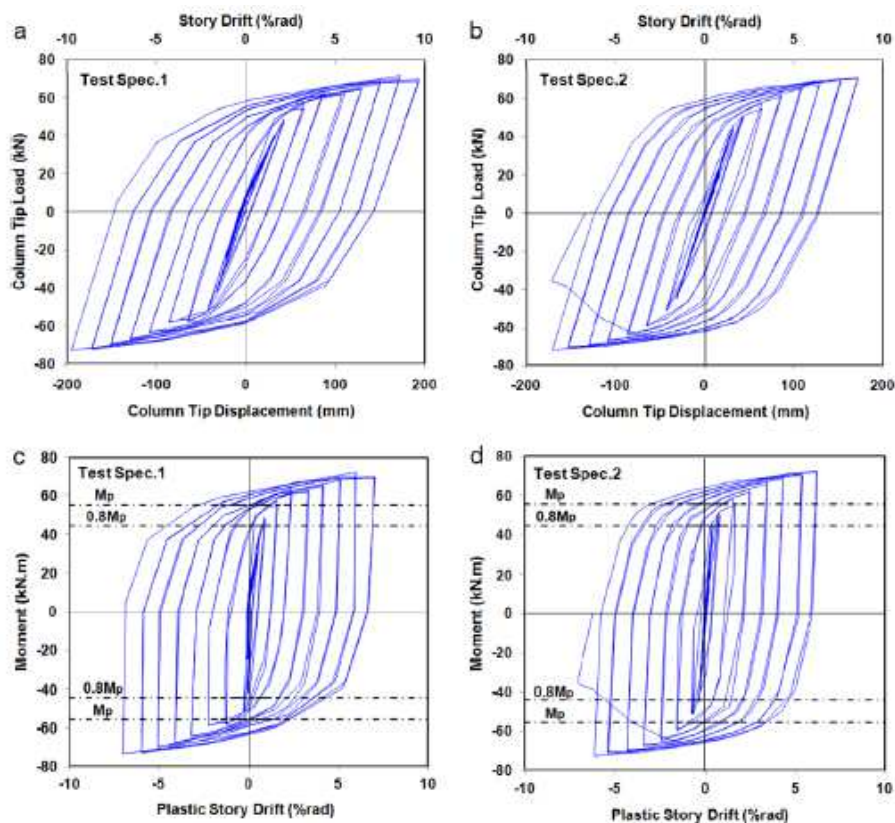
های کمان‌های لبه و شبکه به حالت عریض درآمده و لبه بالای تیر سمت راست به صورت جانبی جابجا شده است در حالی که تحت فشارش می‌باشد. علاوه بر این، الگوی تسلیم تا عریض شدن شبکه تیر در مجاورت سطح ستون ادامه پیدا کرده است که در شکل 7 (c) نشان داده شده است.

در اولین چرخه رانش 9 درصد، کمان‌های لبه و شبکه به سرعت رشد کرده و تغییرات جانبی لبه عریض‌تر شده است. در طول دومین چرخه، ترک در داخل جوش‌های نواری در گوشه‌های صفحات موجدار نزدیک به لبه پایینی تیر سمت چپ ایجاد شده است. این وضعیت به گوشه‌های صفحات موجی در عمق تیر رسیده است و نیز در امتداد خط اتصال صفحات موجی تا شبکه مسطح ادامه یافته است. آزمایش با چرخه‌های طبقه‌ای 9 درصد به منظور بررسی حالت‌های گسیختگی ناشی از لامیناسیون تکانه محرک ادامه پیدا کرده است. در چرخه اول، ترک‌های ضعیف چرخه‌های اندک در گوشه‌های فلز بستر شبکه موجدار تشکیل شده و در دومین چرخه در عرض لبه پایینی تیر انتشار پیدا کرده‌اند. ترک‌ها منجر به شکستگی شکل‌پذیر گردیده و آزمایش بلافاصله در این نقطه به پایان رسیده که در شکل 7 (d) نشان داده شده است.

4-2- بررسی رفتار کلی

بار اضافی ستون در برابر جابجایی اضافی ستون و رانش طبقه‌ای کل هر دو نمونه در شکل 8 () و () نشان داده شده است. رانش طبقه‌ای کل از طریق تقسیم جابجایی اضافی ستون بر فاصله از قاعده ستون تا خط مرکزی محرک قابل محاسبه است. هر دو نمونه رفتار کاملاً باثبات و غیرکشسان نشان داده و ظرفیت‌های اتلاف انرژی مطلوب در طول آزمایش مشخص می‌باشد. عملکرد اتصال بسیار فراتر از الزامات لرزه‌ای AISC است زیرا تنها یک تخریب جزئی در طول چرخه‌های آخر بارگذاری مشاهده شده که ناشی از کمان‌های لبه تیر و شبکه می‌باشد. لازم به ذکر است که این شرایط حداکثر تخریب 20 درصد قدرت را تا زمانی که 4 درصد کل رانش طبقه‌ای را برای ارتصال فریم‌های مقاوم در برابر گشتاور ویژه لحاظ می‌کند، پذیرفته است (16). اتصال پیشنهادی همچنین معیارهای FEMA-350 را به عنوان نمونه‌های آزمون مقاوم در برابر رانش طبقه‌ای 9 درصد ارائه می‌کند. معیارهای ذکر شده نیازمند چرخش کلی 4 درصد رانش طبقه‌ای قبل از هر گونه تخریب قدرت قابل ملاحظه و رانش طبقه‌ای 6 درصد قبل از دست رفتن مقاومت کلی می‌باشند (14). گشتاور در سطح ستون در برابر چرخش پلاستیکی کل نمونه‌ها در شکل 8 (c) و (d) نشان داده شده است. بر اساس این اشکال، حداقل 7 درصد از چرخش پلاستیکی کل توسط نمونه‌هایی ایجاد شده

است که هیچ تخریب قدرت قابل ملاحظه‌ای ندارند. این موضوع بیش از دو بار نیاز به رانش طبقه‌ای پلاستیکی 3 درصد برای فریم‌های گشتاور ویژه در نسخه قبلی شرایط لرزه‌ای AISC دارد (26).



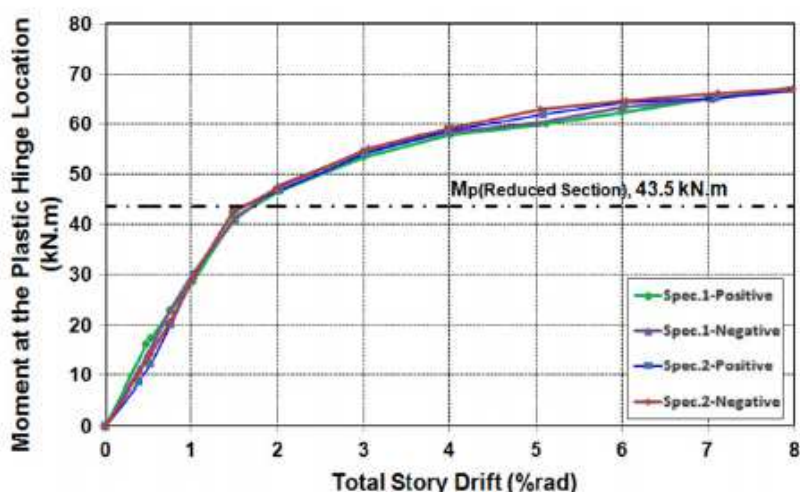
شکل 8. (a) و (b): بار در مقابل تغییرات بالای ستون (و زاویه رانش طبقه)؛ (c) و (d): گشتاور سطح ستون در برابر

چرخش پلاستیک

3-4- بررسی رفتار لولای شکل پذیر

میزان بازدهی اتصال ارائه شده در کاهش ظرفیت گشتاور پلاستیکی تیر با استفاده از نتایج آزمایش بررسی شده است. منحنی کوه پشته گشتاور تیر در محل لولای پلاستیک (ناحیه کاهیده) در طول چرخه‌های آزمایش برای دو نمونه در شکل 9 نشان داده شده است. بر اساس منحنی‌های کوه پشته، گشتاور پلاستیکی در ناحیه کاهیده در حدود 43.5 کیلونیوتن متر تخمین زده شده است. بر اساس مدول پلاستیکی تیر (Z_b) و مقادیر مشخص تنش تسلیم واقعی در لبه و شبکه، گشتاور پلاستیکی بخش کامل تیر در حدود 55.6 کیلونیوتن متر است (همانطوریکه در جدول 1 گزارش شده است). در حالی که نسبت Z_{AW-RBS} به Z_b برابر با 0.75 است، نسبت بخش کاهیده به گشتاور کامل پلاستیکی 0.78 است. این اختلاف مربوط به تأثیر شبکه موجی بر روی مدول پلاستیکی ناحیه کاهیده می‌باشد. از

این رو، حضور شبکه در ظرفیت گشتاور پلاستیک به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است که ناشی از اثر آکوردیونی ضخامت موجی و لولای پلاستیک تشکیل شده در ناحیه کاهیده تیر دور از سطح ستون می‌باشد. علاوه بر این، گشتاور پلاستیک بخش کاهیده به طور منطقی در ناحیه موجدار توسط روش طراحی شده تخمین زده شده است. گسترش ناحیه کاهیده و تمرکز کرنش‌های پلاستیک در این بخش توسط آزمایشات مشاهده شده و توسط گیج‌های کرنش نصب شده ثبت شده‌اند. شکل 10 پوشش نیمرخ عمودی کرنش محوری در لولای پلاستیک شبکه موجی و لبه تیر در دو نمونه را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، کرنش‌های لبه بالا جایگزین کرنش‌های پایین در مرکز ناحیه کاهیده شده‌اند، با فرض اینکه بالا و پایین کرنش‌های لبه تقریباً برابر باشد. همانطوریکه در شکل دیده می‌شود، تنش محور در امتداد محور تیر شبکه موجدار به دلیل اثرات محلی لبه‌های تیر در مقایسه با کرنش‌های مورد انتظار لبه در نواحی شبکه نزدیک به لبه تیر، ناچیز می‌باشد.



شکل 9. منحنی کوه پشته گشتاور تیر در محل لولای شکل پذیر (ناحیه کاهیده)

با در نظر گرفتن مشاهدات، رفتار کلی دو نمونه تقریباً مشابه بوده است. با این وجود، بخش موجی سرد به کار رفته در نمونه آزمایشی 1 نسبت به بخش زاویه‌ای غلتشی - گرم در نمونه آزمایشی 2، رفتار شکننده‌تری در نزدیکی گوشه‌ها نشان داده است. در بخش‌های سرد، ماده تقریباً شکل ناپذیر است به طوری که کرنش پلاستیکی باقیمانده بالایی را در طول سرد بودن در اطراف گوشه‌ها تحمل می‌کنند. علاوه بر این، در ناحیه موجدار، آغاز تشکیل ترک‌های ضعیف چرخه‌ای اندک، به دلیل چرخش‌های پلاستیکی بزرگ در گوشه‌ها، با میزان شکل پذیری بالا سریعتر خواهد بود. از این رو انتظار می‌رود که ماده بخش سرد دارای شکل پذیری پایین‌تری باشد، همانطوریکه در آزمایشات مشاهده شد.

تشکیل لولای پلاستیک در بخش کاهیده همچنین به وسیله نیمرخ کرنش طولی در امتداد لبه بالای تیر قابل نمایش است که در شکل 11 نشان داده شده است.

4-4- بررسی رفتار زون پنل

دگرشکلی برشی زون پنل با استفاده از LVDT های مایل خارجی و گیج کرنش انشعابی اندازه گیری شد، که بر روی مرکز منطقه پنل قرار دارد، همانطور که در شکل 6 نشان داده شده است. نتایج تغییر شکل های مورب درون زون پنل به قسمت رانش طبقه پانل تبدیل شده است. حداکثر رانش طبقه ایجاد شده توسط تغییر شکل زون پنل ایجاد شده بود، در نمونه های آزمایشی 1 و 2 به ترتیب 0.42٪ و 0.35٪ می باشد. حداکثر میانگین تغییر شکل برشی درون ناحیه پنل تخمین زده شده است که دو برابر کرنش برشی تسلیم زون پنل است. علاوه بر این، مقادیر پوششی از کرنش نرمالیز شده Von Mises که از اندازه گیری های گیج کرنش محاسبه شده است نشان می دهد که حد تسلیم در زون پنل در ابتدا در انتهای رانش طبقه 2٪ آغاز شده است و مقدار کرنش نرمالیز شده Von Mises در حدود 2.5 در رانش طبقه 6٪ می باشد.

نتایج بالا از گیج انشعابی دارای مطابقت نزدیک با تغییر شکل برشی پنل بوده که توسط LVDT های قطری به دسم می آیند. از آنجایی که هیچ نوع بی ثباتی یا ورقه ای از دوغاب در زون پنل هر دو نمونه در مرحله نهایی بارگیری چرخه ای مشاهده نشده، فرض می کنیم رفتار متعادل زون پنل مناسب و قابل اعتماد است.

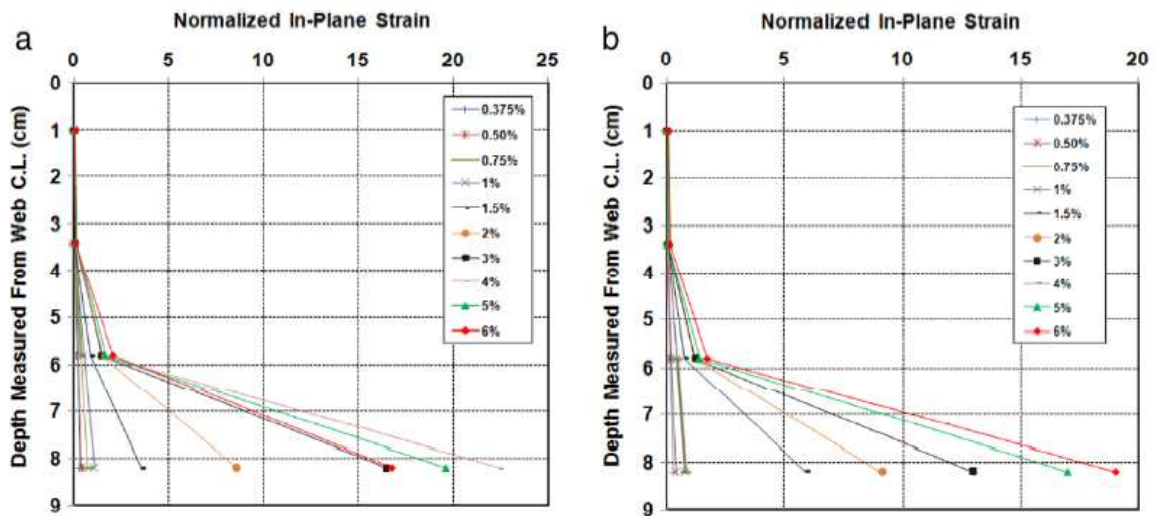
5- بررسی تحلیلی رفتار اتصال

رفتار چرخه اتصال، بعد از کالیبره شدن توسط نتایج آزمایشگاهی به منظور درک بهتر رفتار لرزه ای شرایط ارائه شده جدید، به صورت عددی بررسی شده است. پاسخ چرخه ای، الگوی پلاستیسیته، رفتار ناحیه کاهش یافته و سایر اجزای اتصال آنالیز شده و با نتایج آزمایش مقایسه شده است.

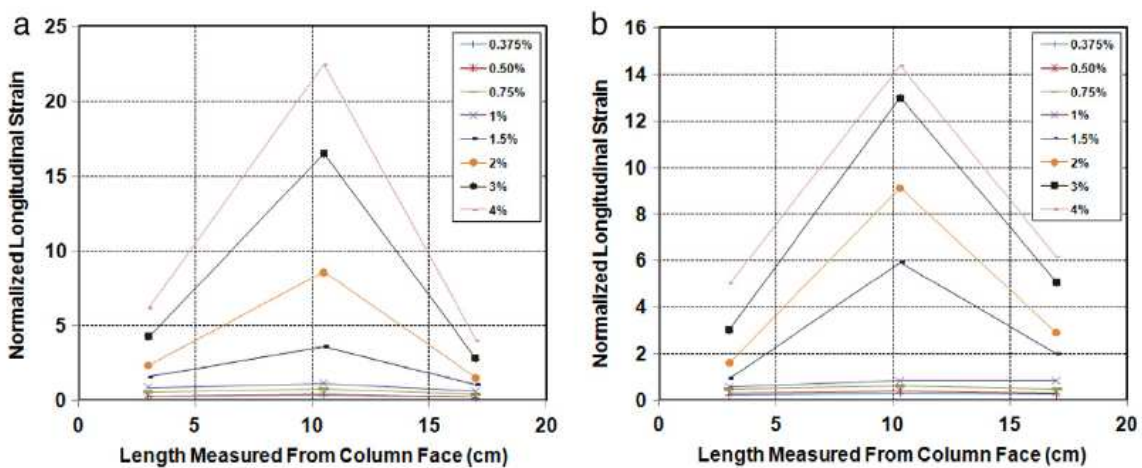
5-1- مدل سازی عنصری محدود (متناهی)

هر دو نمونه با هدف کلی توسط برنامه عنصری محدود ANSYS در سه بعد مدل شده اند (27). در این خصوص، عناصر لایه ای در مدل سازی به منظور دستیابی به مدل محاسباتی کارآمدتر به کار رفته اند. شکل هندسی مدل های عنصر محدود شامل اندازه بخش عضو، تمام ابعاد و شرایط مرزی به عنوان شرایط پیش فرض در برنامه آزمایشگاهی و دستگاه به کار رفته در نظر گرفته شده اند. در اینجا، یک عنصر لایه ای دارای چهارگره (عنصر SHELL43) با

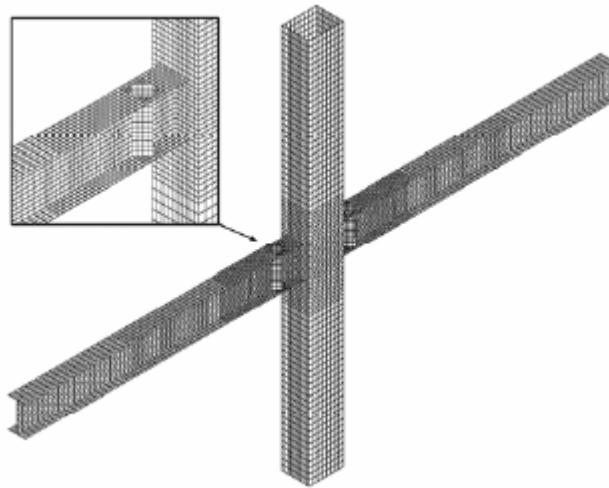
الاستیسیته، انحراف زیاد و قابلیت کرنش بالا استفاده شده است. یک مش نسبتاً ریزتر در این روش بر اساس شیب استرس شدید در اطراف منطقه موجدار در تیر و اطراف زون پنل در ستون استفاده شد. در حالی که فرض بر این بود که قطعات متصل شده به وسیله جوش به طور کامل متصل می‌شوند، هیچ کدام از جوش‌های جامد نفوذ کامل و جوش‌های فلزی به طور صریح مدلسازی نمی‌شوند. علاوه بر این، ستون به صورت جانبی در قاعده و در نقطه بارگیری تقویت می‌شود. نمای کلی مدل عنصری محدود برای نمونه آزمایشی 1 در شکل 12 نشان داده شده است.



شکل 10. پوشش نیمرخ قائم کرنش محوری در ناحیه موجدار: (a) نمونه آزمایشی 1 (b): نمونه آزمایشی 2



شکل 11. نیمرخ کرنش طولی نرمالیزه شده در امتداد لبه بالای تیر: (a) نمونه آزمایشی 1 (b): نمونه آزمایشی 2
 کرنش‌ها به دلیل نقص گیج کرنش پس از رانش طبقه 4 درصد نشان داده نشده‌اند.



شکل 12. مدل عنصر محدود نمونه آزمایشی 1

2-5- آنالیز عنصری متناهی (محدود)

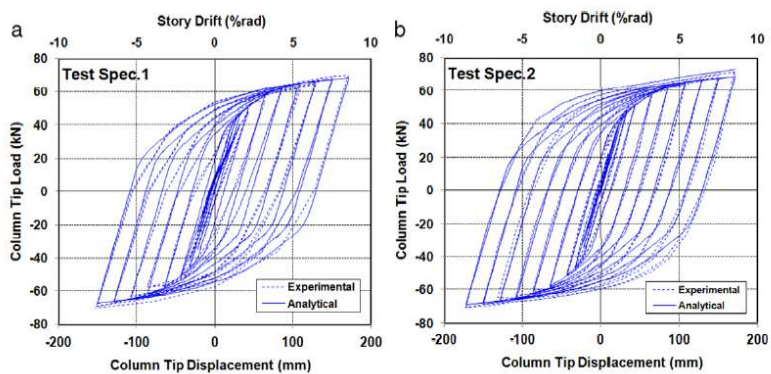
با توجه به غیر خطی‌های هندسی که در مدل انتظار می‌رود، یک نقص هندسی بر روی مش با توزیع مشابه اولین بردار ویژه ایجاد می‌شود که حاصل تجزیه و تحلیل کماتش ویژه از اتصال است. یک منحنی تنش- کرنش سه خطی برای نشان دادن خواص مواد به کار رفته است. معیار تسلیم Von Mises و قانون سخت شدگی سینماتیک برای بررسی رفتار پلاستیسیته انتخاب شدند. قدرت تسلیم (F_{y0}) و قدرت نهایی (F_{U0}) مواد به عنوان نتایج آزمون کوپن کششی در نظر گرفته شده که به صورت خلاصه در جدول 1 آورده شده‌اند. مدول الاستیسیته یانگ، مدول تانژانت و نسبت پواسون به ترتیب به ترتیب 203 Gpa، 0.03 مدول یانگ و 0.3 به ترتیب برای تمام مواد آنلیز شده بود. جابجایی چرخه‌ای با افزایش دامنه، شبیه پروتکل بارگیری آزمایشگاهی، به نوبه خود به بالای ستون تحمیل شد. چرخه‌های با دامنه‌های کمتر از رانش طبقه 1٪ به علت رفتار الاستیکی مدل حذف شدند.

3-5- نتایج عنصری محدود

پاسخ‌های چرخه‌ای نمونه‌ها به صورت تحلیلی پیش بینی و با نتایج آزمایشگاهی دو نمونه مقایسه شدند، که در شکل 13 نشان داده شده است.

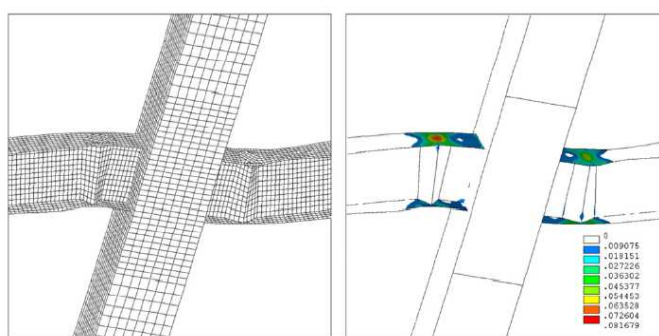
شکل تغییر یافته و توزیع کرنش پلاستیک در مدل نمونه آزمایشی 1 در شکل 14 در رانش طبقه 6٪ نشان داده شده است.

نیمرخ قائم تنش‌های طولی در ناحیه موجدار در شکل 15 نشان داده شده است.

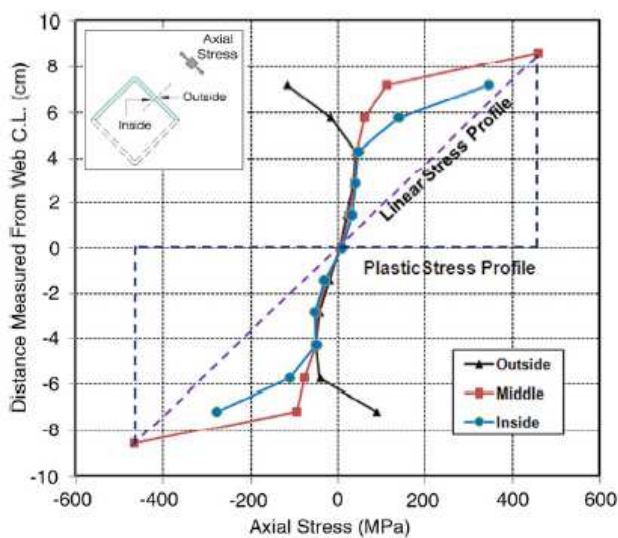


شکل 13. مقایسه پاسخ‌های چرخه‌ای آزمایشگاهی در برابر نتایج چرخه‌ای عنصر محدود: (a) نمونه آزمایشی 1 (b):

نمونه آزمایشی 2



شکل 14. شکل تغییر یافته و توزیع کرنش پلاستیک ون مایس در نمونه آزمایشی در رانش طبقه 6٪.



شکل 15. نیمرخ قائم تنش‌های گرهی محوری در ناحیه موجدار در نمونه آزمایشی 1 در رانش طبقه 6٪.

6. نتایج

در این مطالعه، نوع جدیدی از اتصال RBS، AW-RBS، که از طریق کاهش حضور شبکه در قدرت گشتاور بخش ایجاد شده، ارائه گردیده است. بر اساس نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی دو نمونه تقریباً مشابه، لولای پلاستیکی در ناحیه کاهش یافته تشکیل شده است و بازه گسترده‌ای که در این ناحیه اتفاق می‌افتد، از سطح ستون فاصله دارد. عدم وجود اتلاف مقاومت قابل توجه در زاویه رانش طبقه بیش از 8 درصد در تست‌های چرخه‌ای نشان می‌دهد که ظرفیت چرخش غیرخطی اتصال پیشنهادی بیش از نیاز فعلی برای اتصالات واجد شرایط در فریم‌های گشتاور ویژه است. علاوه بر این، نتایج تجربی و تحلیلی به شرح زیر در مطالعه انجام شده به دست آمده است:

- اتصال می‌تواند تقاضای کرنش پلاستیک در نزدیکی جوش‌های CJP را کاهش دهد و به طور موثر کرنش‌های پلاستیک را در ناحیه کاهش یافته متمرکز کند. بر این اساس، در آزمایشات انجام شده، هیچ شکستی در ناحیه لولای پلاستیکی مشاهده نشد.
- بر طبق نتایج تجربی، ظرفیت لولای پلاستیکی را می‌توان در منطقه موجدار با توجه به لبه‌های تیر به تنهایی تخمین زده و حضور شبکه تیر در ظرفیت لولای پلاستیکی به دلیل رفتار آکوردئونی شبکه ناچیز است.
- زمانی که رخداد باندهای لبه توسط صفحات موجدار به تاخیر می‌افتد، رفتار لولای پلاستیکی قابل اعتماد و پایدار به دست می‌آید.
- صفحات موجدار سرد تشکیل شده که در ناحیه لولای پلاستیکی به کار می‌روند، دارای ظرفیت شکل پذیری پایین هستند و از این رو پیشنهاد می‌شود که جایگزین‌های داغ‌گلتشی (رول) استفاده شوند.
- با توجه به نتایج تجربی و تحلیلی، چرخش‌های ناکشسانی عمدتاً توسط چرخش لولای پلاستیک معتبر و شکل پذیر اتصال در مقایسه با موارد ارائه شده توسط تغییر شکل صفحات اتصال یا تغییر شکل زون پنل، به دست می‌آید.
- با وجود عملکرد لرزه‌ای قابل قبول اتصال طراحی شده، نتایج ممکن است لزوماً به تیرهای عمیق‌تر که اغلب در سازه‌های فریم گشتاور کاربرد دارند، برون‌یابی شوند. بنابراین، تحقیقات بیشتری برای شناسایی رفتارهای اتصال در اندازه‌های مختلف تیرها و ستون‌ها و همچنین انواع مختلفی از مناطق موجدار مورد نیاز است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی