

رفتار لرزهای قابهای خمشی با تیرهای با مقطع کاهش یافته

امین قلیزاد^{ا*}، مهدی سعدآبادی فراهانی^۲

۱– دانشیار، مهندسی عمران، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ۲– فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ^{*} اردبیل، صندوق پستی ۱۳۹۲/۱۹۹۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۷) (تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۷)

چکیدہ

بعد از زلزله نورثریج اتصال با مقطع کاهش یافته جهت بهبود عملکرد اتصالات پیشنهاد گردید. در ویرایش اخیر مبحث دهم مقررات ملی، تشکیل مفاصل پلاستیک انتهای تیرها در خارج از محدوده اتصال به ستون ملزم گردیده است. استفاده از تیر با مقطع کاهش یافته راهکار موثری برای این منظور می باشد. در این تحقیق جزئیات جدیدی برای این اتصال که شامل ترکیبی از حالت جان کاهش یافته و جان موجدار می باشد پیشنهاد و ضمن مقایسه با گزینه های دیگر مدلی برای توصیف رفتار این اتصال جدید تهیه می شود. برای این منظور از نتایج تحلیل مدل اتصال به روش اجزای محدود استفاده شده است. سپس ساختمان فولادی با سیستم قاب خمشی ویژه در حضور تیر با مقطع کاهش یافته طرح و با استفاده از نرم افزار تحلیل غیر خطی در محدوده غیرار تجاعی تحلیل و رفتار کلی سازه با جزئیات اتصال جدید و معمولی بررسی می شود که شامل بررسی شکل پذیری و تعیین ضریب رفتار می باشد. تحلیل موضعی اتصالات، افزایش ۹ درصدی ظرفیت چرخش پلاستیک در صورت استفاده همزمان از جان موجدار و کاهش یافته را نشان می دهد هرچند افزایش در رفتار قابهای فولادی مدل شده با چنین اتصالی چندان قابل توجه نبوده است.

> **واژگان کلیدی** تیر با مقطع کاهش یافته، تحلیل غیر ارتجاعی، شکل پذیری، ضریب رفتار

Seismic Behavior of Steel Moment Frames with Reduced Beam Sections

A. Gholizad, M. Sadabadi Farahani

Abstract

After Northridge earthquake reduced beam sections were suggested to improve connections performance. A new detail has been evaluated for reduced beam sections that includes a combination of two previously investigated models; reduced web section and accordion web section. According to comparison with other models through finite element analysis, it was found that the stresses and plastic strains have been more effectively reduced in the beam to column connection region of the combined detail and up to 9%. Increase in plastic rotation capacity may be achieved without a noticeable loss in strength. According to performed nonlinear static analyses results for well-designed 5, 10 and 15 story steel buildings with special moment resistant frame system, the amount of plastic drift capacity using the reduced beam sections slightly increases and this increase is more in connections with accordion web and accordion web together with reduced web sections respectively. Pushover curves indicate that the reduced beam sections has little effect on the linear part of the curves but increasing drifts, added strength is reduced. The rate of decrease for two connections with accordion web sections and accordion web with reduced web is more. Average rates of behavior factors 11.38 and 11.73 and 11.88 have respectively been obtained for moment resistant frames with reduced beam sections. It can be said that the average rates of behavior factor for frames that are designed based on the behavior factor of 8 has been considerably increased.

Keywords

Reduced beam Section, Non-elastic analysis, Ductility, Behavior factor



قبل از زلزله نورتریج ٔ قابهای فولادی مقاوم در برابر خمش با اتصالات جوشی متداول بودند. در این قابهای خمشی از پیچ برای اتصال جان تیرها و از جوش نفوذی کامل برای اتصال بال آنها استفاده میشد. در این زلزله قابهای خمشی فولادی متحمل شکستهای ترد غیر منتظرهای در ناحیهی اتصال تیر با ستون شدند. بعد از زلزله نورتریج، تحقیقات گستردهای در این خصوص سازماندهی شد. هدف از این تحقیقات یافتن علتی برای عملکرد ضعیف و نامناسب اتصالات خمشی فولادی در زلزله نورتريج و دستيابي به جزئيات اتصال جديد و يا اصلاح شده بود. بعد از سالها تحقیق روشهایی برای بهبود عملکرد این نوع اتصالات پیشنهاد داده شد که اکثر آنها را می توان در دو دسته روشهای تقویت اتصال با استفاده از ماهیچه، لچکی، ورق پوششی و... یا روشهای دور کردن مفصل پلاستیک از ستون و چشمه اتصال و کشاندن آن به درون تیر جای داد که اتصال تیر با مقطع کاهش یافته ٔ بر مبنای روش دوم عمل می کند. جزئیات چنین اتصالی در ابتدا با کاهش موضعی مقطع بال پیشنهاد گردید. مطالعات آزمایشگاهی چنین اتصالی بهبود کلی رفتار و افزایش ظرفیت شکلپذیری در آن را نشان داده است [۱]. بدیهی است که کارایی تیر کاهش یافته در درست طرح کردن آن است که خود تابعی از محل و مقدار کاهش سطح مقطع میباشد. مطالعات آزمایشگاهی گسترده بر روی اتصال با بال کاهش یافته، نشان میدهد که با استفاده از این اتصال می توان به زاویه چرخش بزرگتر از ۰/۰٤ رادیان که چندین برابر بزرگتر از میانگین چرخش پلاستیک در روش قدیمی اتصال است دست یافت [۲]. Chen و همکارانش بر مبنای مطالعات انجام شدهی خود، در رابطه با ابعاد و محل این اتصال پیشنهاداتی را نیز مطرح نمودند [۲]. تحقیقات عددی زیادی به منظور تکمیل این کارهای آزمایشگاهی صورت گرفتهاست. Zekioglu و همکارانش با انجام تحلیل المان محدود غیرخطی مدل برش متغیر RBS نشان داد که برخی از این اتصالات در سطوح کرنشی پایین تری نسبت اتصالات معمولی به چرخش پلاستیک هدف میرسند [۳]. تحلیلهای بیشتر نشان داد که اتصال می تواند کرنش های پلاستیک یکنواخت را در ناحيه كاهش مقطع توليد كند. Engelhardt و Sabol تحليل المان محدود را برای برش شعاعی RBS انجام دادند [٤]. آنها نیز مانند مطالعه Zekioglu و همکارانش دریافتن که تیر با مقطع کاهش داده شده می تواند انباشتگی کرنشی را در ناحیهی بحرانی اتصال

کاهش دهد [۳]. Shen و همکارانش در سال ۲۰۰۰ به بررسی عملكرد قاب فولادي همراه با اتصال RBS پرداختند [٥]. به دليل معایب این مدل از اتصال کاهش یافته مانند کاهش پایداری کلی تیر و کمانش پیچشی–جانبی در آن، در سالهای بعد از آن انواع دیگر این اتصال همانند اتصال با جان کاهش یافته و اتصال آکاردئونی مطرح گردیدند. هندسه اتصال با جان کاهش یافته در ابتدا در سال ۲۰۰۰ توسط Mark Amos [7] به صورت برداشتن قسمتی از جان به شکل یک بازشوی دایرهای در جان و سپس در سال ۲۰۰۵ توسط Wilkinson و همکارانش [۷] به صورت تیری که یک مقطع گوه شکل از جان آن برداشته شده و بال دوباره به آن متصل گردیده بود پیشنهاد گردید. از مزایای این اتصال جديد نسبت به اتصال با بال كاهش يافته اين است كه این اتصال حالت پلاستیک بهتری داشته و فشردگی بیشتری پیدا میکند. تستهای آزمایشگاهی نشان میدهند که این اتصال قادر به چرخش پلاستیکی بیش از ۰/۰۵ رادیان میباشد بدون این که هیچ کاهش قابل ملاحظهای در قابلیت اتلاف انرژی آن به وجود بيايد. همچنين به دليل سختي پيچشي قابل توجه تير، مقطع مقاومت بیشتری در مقابل کمانش پیچشی جانبی از خود نشان می دهد. Lee و همکارانش در سال ۲۰۰۷ برای بدست آوردن جابجایی جانبی در یک قاب فولادی با RBS از مقطع معادل با عرض ثابت استفاده کرد و با مساوی قرار دادن تغییر شکلهای انتهایی در تیر مقدار عرض ثابت معادل را بدست آورد سپس با در نظر گرفتن تغییر شکل جانبی ناشی از تیر، ستون و چشمهی اتصال رابطهای برای تغییر شکل جانبی ارائه داد. او با در نظر گرفتن مقادیر مختلفی برای طول تیر و ستون نتیجه گرفت RBS تغيير شكل الاستيك سازه را تا ١٠٪ افزايش ميدهد [٨]. Kassegne در سال ۲۰۰۷ یک ماتریس سختی سه بعدی را برای تیر RBS ارائه کرد. وی با استفاده از قضیهی کار مجازی توانست رابطهای بین بارهای گرهای و تغییر شکلهای گرهای ارائه کند [۹]. Yang و همکارانش بر اساس تحلیلهای عددی، یک مدل غیرخطی برای مدلسازی تیرهای دارای بازشو در جان ارائه نموده و بر پایه همین مدل، برخی از تستهای آزمایشگاهی را مجدداً به صورت عددی مدلسازی کرده و مورد تحليل قرار دادند [١٠]. با توجه به همخواني كامل بين نتايج عددی و نتایج آزمایشگاهی، صحت مدل ارائه شده تایید شده است. مدل پیشنهادی عبارت است از یک مفصل پلاستیک بالقوه در محل بازشو که پارامترهای نمودار لنگر-دوران آن بر اساس تحلیلهای عددی و مطالعات آزمایشگاهی تعیین میشود. نوع



جدیدی از اتصال RBS با عنوان اتصال با جان موجدار AW-RBS در ناحیه مفصل پلاستیک، با بکارگیری ورق موجدار در ناحیه مفصل پلاستیک تیر توسط Mirghaderi و همکارانش پیشنهاد شده است [۱۱]. مشابه اتصال RBS متعارف، از ایده کاهش مقاومت خمشی مقطع در ناحیه ضعیف شده تیر استفاده گردیده است. در اتصال پیشنهادی جان صاف تیر در محدوده مشخصی از تیر با ورقهای موجدار جایگزین می شود، به علت شکل هندسی و رفتار آکاردئونی ورقهای موجدار، مفصل پلاستیک در ناحیه پیش بینی شده اتصال AW-RBS تشکیل می گردد. منحنی رفتار هیسترزیس نمونههای آزمایشگاهی قابلیت جذب انرژی بالای این اتصال را مشخص میکند و نمونهها توانایی تحمل ۰/۰۸ رادیان چرخش بدون افت مقاومت قابل ملاحظه را نشان دادهاند؛ این امر درحالی است که تحمل چرخش ۰/۰٤ رادیان جهت کسب صلاحیت برای استفاده در قابهای خمشی ویژه کفایت میکند. همچنین مطالعات عددی با استفاده از روش اجزا محدود برروی نمونههای آزمایشگاهی اتصال AW-RBS انجام شده و نتایج مطالعات عددی تاثیر رفتار آکاردئونی جان موجدار قرار گرفته در ناحیه مفصل پلاستیک تیر و همچنین عملکرد چرخهای اتصال را تایید میکند. ارائه جزئيات جديد براى اتصال تير با مقطع كاهش يافته همچنان ادامه دارد، Rahnavard و همکارانش با پیشنهاد حفرههای متعدد با اندازههای مختلف در بال تیر اثر این نوع کاهش مقطع را در مدل اجزای محدود و تحت بار چرخهای مطالعه نمودند [۱۲].

در این مقاله ابتدا به بررسی نتایج تحلیل تنش و کرنش در مدل اجزای محدود اتصال تیر با مقطع کاهش یافته پرداخته شده است و نتایج حاصل از مطالعات عددی حاضر مشخص کردهاست که عمده چرخش پلاستیک اتصال پیشنهادی ناشی از چرخش شکلپذیر و پایدار مفصل پلاستیک تشکیل شده در تیر می باشد و سایر اجزای اتصال اعم از چشمه اتصال و ورق های اتصال مشارکت کمی دارند. در نهایت به کمک تحلیل عددی رفتار کلی و موضعی اتصال AW-RBS در مقایسه با اتصال RBS متعارف و اتصال تقویت نشده مطالعه گردیده که نتایج نشان می دهد در اتصال پیشنهادی در مقایسه با اتصال RBS متعارف، جان موجدار قرار گرفته در ناحیه تضعیف شده باعث افزايش پايدارى مفصل پلاستيک طي تغييرشکلهاي غيرخطي می گردد. همچنین با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی قابهای پنج، ده و پانزده طبقه تحت بار جانبی فزاینده، به مطالعه اثرات جزئیات متفاوت کاهش مقطع تیر در سختی، مقاومت و ضرایب شکل و رفتار قابها پرداخته شده است.

۲- طراحی اتصال کاهش یافته

در این تحقیق از جزئیات مربوط به اتصال تیر به بر ستون صرفنظر می گردد و طراحی عضو، به یافتن پارامترهای هندسی لازم برای طراحی عضو کاهش یافته محدود می شود. برای طراحی اتصال RBS متعارف از ضوابط آئین نامه AISC استفاده شده [۱۳] و در طراحی اتصال RBS با جان آکاردئونی رویه ارائه شده توسط Imanpour و همکارانش [۱٤] نیز مورد استفاده قرار گرفته است. شمای کلی سه نوع از اتصال کاهش یافته به همراه پارامترهای آن در شکل (۱) نشان داده شده است. مراحل کلی طراحی هر سه اتصال یکسان بوده و تنها در تعیین اساس مقطع قسمت کاهش یافته تیر متفاوت می باشند. این مراحل عبارتند از:

 $0.5B_f \le a \le -1$ انتخاب ابعاد هندسی طبق حدود $a \le -1$ $0.1B_f \le c \le 0.25B_f$ ، $0.65D \le b \le 0.85D$ ، $0.75B_f$ همچنین در اتصال آکاردئونی و اتصال آکاردئونی باجان کاهش یافته که پیشنهاد این تحقیق میباشد این حدود به صورت یافته که پیشنهاد این تحقیق میباشد این حدود به صورت یافته که میشنهاد این تحقیق میباشد این حدود به صورت یافته که میشنهاد این تحقیق میباشد این حدود به صورت یافته تیر میباشند که در شکل (۱) تعریف شدهاند.

۲- محاسبه مقطع پلاستیک کاهش یافته برای هر کدام از اتصالات با بال کاهش یافته، آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته به ترتیب به صورت روابط زیر:

$$Z_e = Z_b - 2ct_{bf}(D - t_{bf}) \tag{1}$$

 $Z_{AW-RBS} = Z_{flange} - (1 - SDF) Z_{web}^{flat}$ (Y)

$$SDF = 1 - \frac{2\left(\frac{L_c}{t_f}\right)^2}{\left(\frac{L_f}{t_f}\right)tan\theta} \tag{(7)}$$

$$Z_{flange} = B_f t_f (D - t_f) \tag{(1)}$$

$$Z_{web}^{flat} = t_w \frac{(D - 2t_f)^2}{4} \tag{(b)}$$

رابطه (۱) برای مقطع با بال کاهش یافته و روابط (۲) تا (۵) برای تیر آکاردئونی و تیر آکاردئونی با جان کاهش یافته به کار میرود تنها با این تفاوت که در آکاردئونی با جان کاهش یافته میزان کاهش در جان را از ارتفاع مقطع تیر کم میکنیم. در روابط بالا _gZ و Z_{AW-RBS} اساس مقطع تیر در مرکز قسمت کاهش یافته، _dZ اساس مقطع تیر کامل، *D* ارتفاع سطح مقطع تیر ، t_{bf} ضخامت بال تیر، SDF ضریب کاهش مدول پلاستیک مقطع سهم جان، _tJ طول قسمت کاهش یافته تیر، *t*

۳– محاسبه ممان پلاستیک در مرکز قسمت کاهش یافته طبق رابطه (۱) که در این رابطه *M_{pr} م*مان پلاستیک در مرکز قسمت کاهش یافته، C_{pr} ضریب افزایش مقاومت به دلیل سخت شدگی کرنش برابر با ۱/۱۵ پر *R* نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم حداقل برابر با ۱/۱ و *F*y تنش تسلیم می باشند.

$$M_{pr} = C_{pr} R_y Z_e F_y \tag{(7)}$$

 ٤- محاسبه لنگر خمشی در انتهای تیر و در بر ستون، با فرض ایجاد مفصل پلاستیک در وسط قسمت کاهش یافته و وجود بار ثقلی روی تیر مطابق روابط (۷) تا (۹) و پارامترهای

$$M_f = V_{RBS}S_h + M_{pr} + \frac{wS_h^2}{2} \tag{(V)}$$

$$V_{RBS} = \frac{wL'}{2} + \frac{2M_{pr}}{L'} \tag{A}$$

$$V_u = V_{RBS} + wS_h \tag{9}$$

$$M_{pe} = R_y Z_b F_y \tag{1.1}$$

$$M_f \le \phi_d \, M_{pe} \tag{(11)}$$



شکل ۱- پارامترهای هندسی اتصال با بال کاهش یافته، آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته



شکل ۲- نمودار جسم آزاد برای محاسبه ممان خمشی بزرگتر در انتهای تیر

۳- مطالعه عددی با استفاده از نرم افزار اجزای محدود

در این قسمت پس از طراحی اتصال AW-RBS همراه با جان کاهش یافته با استفاده از نرم افزار تحلیل اجزای محدود، رفتار اتصال خمشی آن تحت بار یک طرفه مقایسه شده و با انواع دیگر اتصالات مقطع کاهش یافته مقایسه می گردد. بدین منظور یک زیر سازه از قاب خمشی فولادی شامل اتصال، دو نصف دهانه تیر و دو نصف ارتفاع ستون برای هر کدام از اتصالات با

مقطع کاهش یافته، مدلسازی شد و متناسب با تغییر شکل جانبی زیر قاب در سازه اصلی، نیرو و شرایط مرزی روی آنها اعمال گردید. برای مدلسازی زیر قاب اتصال پیشنهادی و مبنا از المان پوسته ۱۸۱ نرمافزار ANSYS استفاده شده است. المان پوسته ۱۸۱، برای تحلیل پوستههای نازک یا نسبتا ضخیم مناسب می باشد. زیر قاب مورد نظر از گره میانی یک قاب خمشی که به شکل یک صلیب می باشد و شامل گره اتصال و دو نصف دهانه



مقاومت حد نهایی مصالح بر اساس نتایج آزمایشهای کشش کوپنهای فولادی اجزای مختلف نمونهها که در جدول (۱) آمده است به مدلهای اجزای محدود معرفی می گردد. در این مدلها مدول الاستیسیته فولاد برابر E = 7.0 GPa و نسبت پواسون $\pi/. = v$ برای کلیه مصالح فرض شد. مشخصات این فولاد به صورت سه خطی و با در نظر گرفتن شیب v. vدر ناحیه سخت شدگی منحنی تنش-کرنش، در نرم افزار معرفی شده است.

برای مطالعه رفتار اتصالات تحت بار یک طرفه بار وارده به نوک بالای ستون به صورت بارگذاری تغییرمکانی یک طرفه اعمال میشود. بارگذاری به صورت یک طرفه تا رسیدن به زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۹٪ ادامه مییابد. بنابراین چون ارتفاع طبقه ۲۱۵ سانتیمتر میباشد، پس تغییر مکان افقی به میزان ۱۹/۳۵ سانتیمتر در جهت مثبت z به نوک بالای ستون اعمال میشود.



شکل ۳- هندسه، شرایط مرزی و مهار جانبی زیر قاب انتخابی

تیر و دو نصف ارتفاع ستون می باشد. در شکل (۳) هندسه، شرایط مرزی و مهار جانبی زیر قاب انتخابی برای مدلسازی اجزا محدود مشاهده می شود. در زیر قاب انتخابی جهت بررسی اتصالات مربوطه طول دهانه تير ۳/۲۹ متر و ارتفاع ستون ۲/۱۵ متر انتخاب گردید. هم چنین پروفیل تیر IPE180 و پروفیل ستون ۱۸۰×۱۸۰×Box ۲۰۰ انتخاب گردید. در مدل اجزای محدود زیر قاب فرض شده است که بال های تیر و جان تیر با جوش نفوذی کامل به ستون متصل است. بنابراین در محل اتصال تیر به ستون، جوش مدلسازی نشده است. در ضمن جوش اتصال جان موج دار به بالها و جان تير هم در مدلسازی لحاظ نگردیده است. در انتهای هر کدام از نصف تیرها، تکیه گاه غلطکی قرار دارد و در پایین ستون تکیه گاه مفصلی اعمال میشود. در دو انتهای هر کدام از تیرها و بالا و پايين ستون هم مهار جانبي قرار دارد. براي شبيه سازي مهار جانبی روی بالهای تیر و ستون از تکیه گاه غلطکی که درجه آزادی تغییر مکان عمود بر صفحه را محدود میکند، استفاده شده است. بنابراین با توجه به شکل (۳) در انتهای هر کدام از نصف تیرها، فقط درجه آزادی U(z) و Rot(x در پایین ستون تنها درجه آزادی (Rot(x باز است. نوک بالای ستون هم می تواند آزادانه در جهت z حرکت کند. مشابه مدل آزمایشگاهی آزمایش هایی که انگلهارت و همکارانش در سال ۱۹۹۹ انجام دادند در مدل اجزا محدود این پایان نامه اثر دال بتنی کف در مدلسازی لحاظ نگردیده است. مصالح استفاده شده برای مدلسازی تیر و ستون و جان موجدار ، از نوع فولاد A36 با تنش تسليم اسمي ٢٤٠ مگاپاسكال ميباشد. تنش تسليم و

			6	
کرنش نهایی (%)	تنش نهایی (MPa)	تنش تسليم (MPa)	موقعيت مصالح	عضو
٢٥	٤٠٠	۳	جان و بال	تير
۲.	0 • •	٤٠٠	صفحه موجدار	تير
٢٥	٤٠٠	۳	صفحات ۱۰ میلیمتری جان و بال	ستون

صفحات ۱۵ میلیمتری کناری و سخت کننده

جدول ۱- مشخصات مصالح در مدل های اجزای محدود

مشخصات هندسی قسمت کاهش یافته در اتصال با بال مشخصات هندسی قسمت کاهش یافته در اتصال با بال b = 100 mm a = 10/0 mm a = 10/9 mm c = 10/9 mm c = 10/9 mm c = 10/9 mm c = 10/9 mm b = 10 mm c = 10 mm a = 170 mm b = 10 mm a = 170 mm a = 170 mm c = 10 mm c = 10 mm c = 10 mm

در شکل (٤) و (۵) توزیع تنش فون میسز و توزیع کرنش در زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۹٪ برای هر چهار اتصال مورد مطالعه آورده شده است، با توجه به این شکلها مشخص میشود که مقادیر تنش و کرنش پلاستیک در اتصال تقویت نشده بر خلاف سه اتصال دیگر، در بر ستون و در ناحیه جوش نفوذی بال تیر بیشینه است. همچنین مشاهده می شود که در

٤٠٠

۳..



ستون

نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد ۸۵/

۲٥

سال پانزدهم ــ شمارهی بیست و دوم ــ پاییز و زمستان ۹۶

اتصال آکاردئونی همراه با جان کاهش یافته نسبت به اتصال آکاردئونی و اتصال RBS متعارف، تنشها و کرنشهای پلاستیک به صورت موثرتری در ناحیه تضعیف شده تیر متمرکز شدهاند، این در حالی است که مقادیر تنشها و کرنشهای پلاستیک در اتصال RBS متعارف و اتصال آکاردئونی نسبت به اتصال آکاردئونی با جان کاهش یافته در طول بیشتری توزیع شده است. که بیانگر مزیت اتصال اکاردئونی با جان کاهش یافته نسبت به دو اتصال دیگر میباشد. در شکل (٦) نمودار برش

پایه نرمال شده به تغییر مکان نسبی طبقه برای چهار اتصال مورد مطالعه مشاهده می شود. با توجه به این شکل مشخص می شود که اتصال آکاردئونی با جان کاهش یافته نیز همانند دو اتصال RBS متعارف و اتصال آکاردئونی تقاضای لنگر را در بر ستون کاهش می دهد و در عین حال این اتصال نسبت به سه اتصال دیگر دارای رفتار غیر خطی پایدارتری بوده و تا زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۹٪، افت قابل ملاحظهای نداشته است.







501E+08









شکل ٦- بار داخلي نسبت به تغییر مکان نسبي طبقه براي اتصالات مورد بررسي

٤- طراحی مدلهای مورد استفاده در تحلیل غیرخطی جهت به دست آوردن منحنیهای پوش آور و تعیین ضریب رفتار اتصالات کاهش یافته از سه مدل ٥، ١٠ و ١٥ طبقه استفاده میکنیم که مشخصات و ابعاد آنها در شکل (٧) مشخص

گردیده است. ساختمان مورد نظر دارای کاربری مسکونی است. سازه در محلی با خطر لرزهای شدید قرار دارد و بر روی بستری از خاک نوع c احداث شده است. سیستمهای باربر جانبی ساختمان فوق از یک طرف قاب خمشی و از سوی دیگر قاب



پنج طبقه						
رن	ستو	بە ت				
خارجى	داخلى	فير	طبعہ			
W14X145	W14X159	W21X50	١			
W14X145	W14X159	W21X50	٢			
W14X132	W14X145	W21X44	٣			
W14X132	W14X145	W21X44	٤			
W14X132	W14X132	W21X44				
	ه طبقه	د	-			
رن	ستو		- 1			
خارجى	داخلى	ىير	طبقه			
W14X159	W14X283	W24X84	١			
W14X159	W14X257	W24X84	۲			
W14X145	W14X233	W24X76	٣			
W14X145	W14X211	W24X76	٤			
W14X132	W14X193	W24X62	٥			
W14X132	W14X176	W24X62	٦			
W14X82	W14X159	W21X50	V			
W14X82	W14X145	W21X50	٨			
W14X68	W14X132	W21X44	٩			
W14X68	W14X82	W21X44	۱.			
	رده طبقه	پانز				
خارجى	داخلى	تير	طبقه			
W14X257	W14X342	W24X103	١			
W14X257	W14X342	W24X103	٢			
W14X211	W14X311	W24X103	٣			
W14X211	W14X311	W24X94	٤			
W14X193	W14X283	W24X94	٥			
W14X193	W14X283	W24X94	٦			
W14X176	W14X257	W24X84	٧			
W14X176	W14X257	W24X84	٨			
W14X159	W14X233	W24X84	٩			
W14X159	W14X233	W24X76	۱.			
W14X145	W14X211	W24X76	11			
W14X145	W14X211	W24X76	١٢			
W14X132	W14X193	W24X62	١٣			
W14X132	W14X193	W24X62	١٤			
W14X132	W14X159	W24X62	10			

جدول ۲- مشخصات اعضای تیر و ستون

مهاربندی شده است. جهت تیرچهریزی به گونهای است که قابهای خمشی نصف بار تیرچهها را میبرند. بار مرده طبقات ٤٣٠٠ N/m² و بار زنده طبقات برابر ۲۰۰۰ N/m² درنظر گرفته میشود. تحلیل و طراحی سازه با نرم افزار Sap2000 صورت مى گيرد. نوع سازه قاب خمشي ويژه انتخاب شد. ميبايست اثر افزایش بارها به دلیل تغییر شکلهای جانبی در تحلیل و طراحی سازه در نظر گرفته شود. نتایج طراحی و مقاطع اعضای قاب در جدول (۲) نشان داده شده است. بنابراین برای در نظر گرفتن تغییر شکلهای جانبی سازه, روش تحلیل طول موثر با در نظر گرفتن اثرات مرتبه دوم در تحلیل سازه انتخاب شد و تحلیل سازه با در نظر گرفتن اثرات P - A انجام شده است. برای لحاظ اثر قائم زلزله, مقدار Sps در پیش فرض برنامه اصلاح شد. از $P-\Delta$ آنجایی که بایستی اثر تغییر مکانهای جانبی ناشی از اثر در طراحی سازه لحاظ گردد به این منظور برای طراحی قاب خمشی، از دو قاب با اتصالات مفصلی در طرفین قاب خمشی استفاده می شود و وزن باقیمانده سازه را به صورت بارهای متمرکز به گرههای دو قاب اعمال میکنیم. این دو قاب با وارد کردن نیروی محوری از طریق تیرهای خود به طبقات سازه, اثر میکنند و در نهایت تحلیل سازه $P-\Delta$ با در نظر گرفتن اثرات A − P انجام میشود.



شکل ۷- پلان و نمای قاب خمشی ساختمان ۵، ۱۰و ۱۵طبقه

٥- روابط مدلسازى

در این تحقیق اعضای قاب خمشی فولادی به سه دسته تقسیم بندی می گردند. تیرها: اعضایی هستند که بار را از تیر چهها و سقف می گیرند و به ستونها منتقل می کنند. این اعضا به طور کلی تحت نیروهای برشی و خمشی هستند و به دلیل فرض صلبیت سقف از اثر نیروهای محوری در آنها صرفنظر می گردد. در طراحی و مدلسازی تیرهای قاب خمشی معمولاً از اثر برش صرفنظر می گردد و اثر خمشی عامل تعیین کنندهای

نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۷۹

یافته صورت می گیرد. در این تحقیق به منظور مدل کردن قسمت کاهشی موجود در تیر با مقطع کاهش یافته یک فنر در مرکز ناحیه کاهش یافته قرار میگیرد و سایر قسمتها به صورت عضو با مقطع كامل مدل مي شود. تير كاملاً خصوصيات ارتجاعی دارد و فنر علاوه بر خاصیت ارتجاعی که باید رفتار تیر RBS را در ناحیه ارتجاعی مدل کند، دارای ناحیه غیر ارتجاعی نیز میباشد. رفتار تیر RBS در محدوده غیر ارتجاعی نیز با فنر موجود در مرکز قسمت کاهش یافته مدل گردد. در شکل (۸) نحوه معادلسازی تیر RBS با تیر مقطع کامل و فنر نشان داده شده است. در این تحقیق برای یافتن رفتار مفصل RBS، ابتدا تیر RBS و تیر با مفصل RBS را تحت بارگذاری شکل (۹)، قرار می گیرد. و سپس فرض می گردد که بتوان رفتار هر عضو را مطابق شکل (۱۰) مدل کرد. در شکل (۱۰) مشاهده می گردد که رفتار تیر RBS با نمودار دو خطی تقریب زده شد و همچنین رفتار تیر با مقطع کامل ارتجاعی فرض گردید و اثرات حاصل از کاهش مقطع عضو و همچنین رفتار غیر ارتجاعی عضو در مفصل RBS لحاظ شده است. مطابق شکل (۱۰) پنج پارامتر در مدلسازی استفاده می گردد. *K_{RBS}* معادل سختی تیر RBS در ناحیه ارتجاعی تحت بارگذاری نشان داده شده در شکل (۹) و معادل سختی تیر RBS در ناحیه غیرارتجاعی تحت آن K^p_{RBS} بارگذاری، K_{FULL} مبین سختی تیر با مقطع کامل تحت بارگذاری مذکور، KRBS معرف سختی مفصل فرضی RBS در ناحیه ارتجاعی، K^P_{RBShinge} نشان دهنده سختی مفصل فرضی RBS در ناحیه غیرارتجاعی می باشند. در این تحقیق برای یافتن اثر RBS در رفتار الاستیک تیر از تحقیقی که Kassegne انجام داده است [۹]، استفاده میشود. وی در سال ۲۰۰۶ تحقیقی در مورد رفتار سه بعدی تیر با RBS انجام داد. برای یافتن سختی تیر RBS در ناحیه غیر ارتجاعی به دلیل عدم وجود رابطهای دقیق درحالت غير ارتجاعي از تحليل به كمك نرم افزار اجزاء محدود ANSYS استفاده گردید. برای یافتن سختی تیر RBS در ناحیه غیر ارتجاعی رفتار تیر با RBS مورد تحلیل اجزاء محدود قرار می گیرد. برای تحلیل از بارگذاری شکل (۹) استفاده می شود سپس نتایج بدست آمده به صورت نمودار $\theta - M$ رسم میگردد و نمودار فوق به صورت دو خطی تقریب زده می شود. سپس با

است و همچنین قسمت کاهش یافته در نزدیک ناحیهای با

تقاضای حداکثری نیرو (دو انتهای تیر) قرار دارد. بنابراین

می توان گفت که قسمت کاهش یافته دارای اثر اصلی در تغییر

شکلهای غیر ارتجاعی است. بنابراین در این تحقیق فرض

می گردد که تغییر شکلهای غیرارتجاعی، تنها در ناحیه کاهش

در مدلسازی آنها به شمار میرود. ستونها: اعضایی هستند که بار را از تیرها میگیرند و در نهایت به پی منقل میکنند. این اعضا می توانند تحت اثر تمام نیروهای موجود، که یک عضو می تواند تحمل کند، قرار گیرند. ولی از میان آنها تنها نیروهای محوری و خمشی عامل اصلی در مدلسازی اعضا هستند. چشمه اتصال: ناحیه پانلی برخورد تیر به ستون را چشمه اتصال می گویند. این عضو لنگر خمشی را از تیر در بر ستون می گیرد و به صورت زوج نیروهای برشی به ستون منتقل میکند. در طراحی و مدل سازی این عضو، نیروهای برشی تاثیر اصلی را دارند و در حالت وجود نیروهای محوری بزرگ در ستون، اثر مشترک نیروی محوری و برشی در نظر گرفته می شود. تیرها معمولاً تحت نیروهای برشی و خمشی هستند. در این تحقیق اثر خمش در مدلسازی تعیین کننده است و از اندرکنش برش و خمش صرفنظر می شود. در ابتدا روابط مربوط به تیر با مقطع کامل بررسی شده و سپس به روابط مدلسازی تیر با مقطع کاهش یافته می پردازیم. رفتار تیر به دو ناحیه ارتجاعی و غیر ارتجاعی تقسیم میشود و هر قسمت جداگانه بررسی می شود. مدلسازی تیر در ناحیه ارتجاعی، با فرضیات موجود در تحلیل سازهها انجام می شود. روابط مدل سازی تیر در محدوده ارتجاعی به صورت روابط (۱۲) و (۱۳) است. در این روابط Ke A_{v} سختی قسمت ارتجاعی، L_{e} طولی از تیر بین ستونها، مساحت جان تير، α ضريب تاثير برش مي باشند.

$$K_e = \frac{M}{\theta} = \frac{6EI}{L_e} \cdot \frac{1}{\alpha} \tag{11}$$

$$\propto = \left(1 + 24(1+\nu)\frac{I}{A_{\nu}L^2}\right) \tag{17}$$

رفتار تیر در ناحیه غیر ارتجاعی ناشی از اثرات سخت شدگی کرنش است. برای تاثیر اثرات پلاستیسیته در محاسبات از مفاصل پلاستیک در دو انتهای ستون استفاده میشود. فرض می شود مفاصل پلاستیک در دو انتهای تیر و در بر ستون قرار گیرند. معمولاً سختی تیر در ناحیه غیر ارتجاعی به صورت ضریبی از سختی ارتجاعی بیان میشود. در نشریات موجود در مدل سازی های غیر خطی، سختی ناحیه غیر ارتجاعی ۳ تا ٥ درصد سختی قسمت ارتجاعی گذارش شده است. در این تحقیق برای دقت بیشتر در مقایسه بین تیر کاهش یافته وتیر بدون کاهش، از نرم افزار اجزا محدود انسیس استفاده می گردد و سختی تیر در این ناحیه معلوم میگردد. به منظور مدلسازی تیر RBS فرض میکنیم تیر از دو قسمت تیر با مقطع کامل و تیر با مقطع كاهش یافته تشکیل شدهاست. از آنجایی که قسمت كاهش یافته دارای ظرفیت كمتری نسبت به قسمت مقطع كامل

استفاده از قضیه کار مجازی سختی مفصل فرضی RBS به صورت زیر نتیجه می شوند.

$$K_{RBShinge} = \left(\frac{\eta^2}{1-\xi}\right) K_{RBS};$$

$$\eta = \frac{L - 2S_h}{L} \cdot \xi = \frac{K_{RBS}}{K_{FULL}}$$
(12)

$$K^{P}_{RBShinge} = \left(\frac{\eta^{2}}{1-\xi^{P}}\right) K^{P}_{RBS}; \quad \xi^{P} = \frac{K^{P}_{RBS}}{K_{FULL}} \tag{10}$$

در نرم افزار تحلیل غیر خطی Perform 3D بین هر دو گره بايستي يک جزء تعريف کرد. در اين نرم افزار ساختن المانها جداگانه صورت می گیرد و در نهایت در قسمت ساخت اجزاء آنها با یکدیگر ترکیب می شوند. برای در نظر گرفتن اثر سختی عضو در ناحیه چشمه اتصال، این نرم افزار المانی به نام EndZone را معرفي ميكند طول اين المان به صورت پيشفرض برابر نصف عمق تیر یا ستون است و سختی آن ۱۰ برابر سختی عضو است. در این تحقیق نیز از این المان در ابتدا و انتهای اجزاء استفاده می شود. در شکل (۱۱) جزء تیر کاهش یافته نشان داده شده است. برای مدلسازی ستونها از المان FEMAColumn استفاده می شود. المان های FEMA دارای مطابقت با رفتار اعضای معرفی شده در نشریه FEMA هستند. این المانها دارای یک قسمت ارتجاعی به همراه یک مفصل صلب پلاستیک در انتهای آن است شکل (۱۲). طول این المان بایستی نصف طول تیر در نظر گرفته شود. نرم افزار رفتار ترکیبی مفصل و قسمت ارتجاعی را در نظر میگیرد و رفتار نهایی المان را مدل می کند. در شکل (۱۲) این المان نشان داده شده است. برای ستون ها از مفصل P-M-M با γ=۱/٤ و α =۲ و استفاده می شود. در شکل (۱۳) نیز یک قاب یک طبقه $\beta = 1/1$ به همراه المانهای آن نشان داده شده است در این قاب از

المانهای FEMA و EndZone استفاده شده است. پرفرم برای مدلسازی چشمه اتصال از روابط پیشنهادی Krawinkler استفاده میکند [۱۵]. نحوه مدلسازی چشمه اتصال در نرم افزار به صورت شکل (۱٤) است. مطابق شکل نرم افزار به جای استفاده از فنر برشی از فنر پیچشی استفاده میکند [۱۳]. بنابراین مقادیر ظرفیت برشی در مدل Krawinkler را در عمق تیر ضرب میکند و رفتار فنر پیچشی را طبق آن محاسبه میکند. دقت استفاده از روابط Krawinkler برای این منظور توسط nl و استفاده از روابط تعار گرفته است [۱۷]. ضخامت ورق استفاده شده در چشمه اتصال برابر مجموع ضخامت جان ستون طبقه پایین و ضخامت ورق مضاعف میباشد. برای اختصاص ضخامت ورق مضاعف از نتایج تحلیل لرزهای استفاده شده لحاظ شده است.



شکل ۸– مدل سازی تیر RBS با تیر مقطع کامل و فنر





شکل ۱۰– رفتار هر عضو در مدلسازی



سال پانزدهم ــ شمارهی بیست و دوم ــ پاییز و زمستان ۹۶



شکل ۱۳ – قاب یک طبقه به همراه المانها



شکل ۱۲ مدل چشمه اتصال در نرم افزار

۲- تحلیل های استانیکی غیر خطی بار جانبی فزایده

به منظور دریافت پاسخ سازه در یک زلزله احتمالی، علاوه بر مدلسازی دقیق اعضای سازه، می بایست بارگذاری سازه نیز تا حد بالایی مشابه با خصوصیات زلزله محتمل باشد. در این تحقیق به منظور بررسی پاسخ سازه به زلزله، از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی استفاده می شود. برای قاب ٥ طبقه، الگوی بارگذاری آیین نامه از گروه اول انتخاب می شود و برای قاب ١ و ١٥ طبقه، الگوی بارگذاری به دست آمده از تحلیل طیفی از گروه اول انتخاب می شود. برای تحلیل طیفی قابهای ١٠ و ٥



پاسخ شتاب مشابه طیف ASCE-7 در میرایی ۵٪ انتخاب شد. تاثیر $\Delta - P$ برای تحلیل لحاظ شدهاست و در نهایت ضرایب شکل بارگذاری جانبی متناسب با توزیع برش در طبقات به دست آمد. در شکلهای (۱۵)، (۱۲) و (۱۷) منحنیهای پوش اور به ترتیب برای قابهای ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود RBS تاثیر کمی در قسمت خطی نمودارها دارد ولی در دریفتهای بزرگ اضافه مقاومت سازه را کاهش می دهد. جدول (۳) به ترتیب محاسبه تغییر مکانهای هدف را برای قابهای ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه را نشان

شایان ذکر است که اثرات افت سختی و مقاومت و همچنین کمانش اعضا که در بارگذاری چرخهای اتفاق میافتد در این تحلیل قابل ملاحظه نیست.

همانطور که مشاهده می گردد با افزایش طبقات و همچنان حضور اتصال RBS و آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته، پریود موثر افزایش یافته و متناسب با آن شتاب طیفی کاهش می یابد. مقدار تغییر مکان هدف در حضور اتصال اندکی افزایش می یابد که میزان این افزایش در حضور اتصال آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته به ترتیب بیشتر است. در ضمن تغییر مکانهای هدف برای بارگذاری جانبی مطابق با آیین نامه یا تحلیل طیفی مقدار بیشتری نسبت به بارگذاری یکنواخت دارد.

۷- ضریب رفتار

آیین نامههای طراحی نیروهای لرزمای برای طراحی خطی ساختمان را از یک طیف خطی که وابسته به پریود طبیعی ساختمان و شرایط خاک محل احداث ساختمان است به دست میآورند و برای لحاظ کردن اثر رفتار غیر خطی و اتلاف انرژی در اثر رفتار هیستریزیس، میرایی و اثر اضافه مقاومت سازه، نیروی مذکور را به وسیله ضریب رفتار به نیروی طراحی تبدیل است و آن عبارت است از محاسبه ضریان نیرو یا انرژی است که می گنند. اساس تمام روشهای محاسبه ضریب رفتار یکسان است و آن عبارت است از محاسبه میزان نیرو یا انرژی است که میشود تا زمانی که اولین مفصل پلاستیک در آن تشکیل جذب می کند. از میان روشهای مختلفی که برای محاسبه ضریب رفتار ذکر شده است، روش Uang [۸] دارای مبانی سادهتر و سهولت بیشتری است که در این تحقیق نیز از این

()	ابجایی نسبی هدف (٪	?		المرابع المرابع
قاب ١٥ طبقه	قاب ۱۰ طبقه	قاب ٥ طبقه	نوع بار کداری جانبی	
١/٢٠٣	1/017	1/90.	بدون RBS	بارگذاري يکنواخت
1/227	١/٥٦٩	۲/•٤٨	با RBS	
1/229	1/0/1	۲/۰ ۵۷	آكاردئونى	
1/72.	1/097	۲/۰۷۲	آکاردئونی با جان کاهش یافته	
1/771	١/٧٠٩	۲/• ٤٦	بدون RBS	بارگذاری آئیننامه
1/292	١/٧٦٥	٢/١٥٤	با RBS	
١/٣٠٤	1/771	Y/10V	آكاردئوني	
١/٣٢٠	1/V9V	۲/۱۷.	آکاردئونی با جان کاهش یافته	

جدول ٣- تغيير مكان هدف قاب

منحنى ظرفيت به صورت يک نمودار دوخطي کليه مشخصات مربوط به رفتار سازه از آن استخراج می گردد. ضریب رفتارسازه ضریبی است که عملکرد غیر ارتجاعی سازه را در بر دارد و نشانگر مقاومت ینهان سازه در مرحله غیر ارتجاعی است. به همين دليل مقاومت مورد نياز سازه از تقسيم مقاومت مورد نياز در حالت كاملاً ارتجاعي برضريب فوق محاسبه ميگردد. ضریب رفتار یا ضریب کاهش نیرو به عنوان ضریبی که در برگیرنده عملکرد غیر ارتجاعی سازهها در برابر زلزلههای شدید میباشد، به پارامترهایی نظیر ضریب شکل پذیری، زمان تناوب اصلی سازه، ضریب میرایی سازه، مشخصات خاک، مشخصات زلزله، رفتار بار-تغييرشكل، ضريب مقاومت افزون، مشاركت مودهای بالا و ضریب اطمینان طراحی بستگی دارد. در شکل (۱۸) رفتار کلی سازه نشان داده شده است. با توجه به شکل (۱۸) مقدار مقاومت الاستیک مورد نیاز که بر حسب ضریب برش پایه C_{eu} تعریف شده است، به شرح زیر بیان مى شود:

$$C_{eu} = \frac{V_e}{W} \tag{11}$$

 V_e حداکثر برش پایه در صورتی است که سازه کاملا در محدوده الاستیک باقی بماند. که در این رابطه WC_y وزن موثر و به دلیل وجود شکل پذیری سازهها، یک سازه اقتصادی میتواند به صورتی طراحی گردد که مقدار حداکثر مقاومت واقعی WC_y را داشته باشد و در این حالت تغییر مکان حداکثر قاب با Δ_{max} بیان می گردد. آیین نامهها بر اساس فلسفه طراحی ذکر شده به طراح اجازه میدهند که برای مقاصد طراحی نیروی حد v_2 را به مقدار c_3 که بیان کننده مقاومت سازه در موقع تشکیل اولین مفصل پلاستیک در سازه است کاهش دهند. این حد شامل نیرویی میشود که در آیین نامههای طراحی مانند AC، استفاده













شکل ۱۷- منحنی پوش اور برای قاب ۱۵ طبقه

میشود. در آیین نامههایی که روش طراحی بر اساس تنش مجاز است مثل ASD-AISC و آیین نامه UBC مقدار مجددا کاهش داده میشود تا به حد بارهای سرویس برسد. ضریب شکل پذیری در سازه به صورت زیر تعریف میگردد.

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y} \tag{1V}$$

به دلیل وجود شکل پذیری، سازه قابلیت اتلاف انرژی هیستریزیس را دارا می باشد. بنابراین نیروی الاستیک سازه می تواند به و سیله ضریبی به نام ضریب کاهش نیرو در اثر شکل پذیری و یا ضریب شکل پذیری _R تا حد مقاومت جاری شدن C_y کاهش داده شود.

$$R_{\mu} = \frac{C_{eu}}{C_{y}} \tag{1A}$$

بین نیروی ایین نامهای طراحی برای حالت تنش مجاز و طراحی در حد نهایی اختلاف وجود دارد که با ضریب تنش مجاز Y بیان میشود. در واقع با اعمال این ضریب ، نیروی طراحی مجاز C_W از نیروی حد اولین جاری شدن C_S به دست میآید. که در آن Y بین ۱/٤ تا ۱/۵ میباشد.

$$C_W = \frac{C_S}{Y} \tag{19}$$

با توجه به منحنی رفتار کلی سازه مقدار کلی ضریب رفتار طراحی در روش حالات حدی و روش طراحی تنش مجاز

به صورت زير به دست مي أيد.

$$R = \frac{C_{eu}}{C_S} = \frac{C_{eu}}{C_y} \times \frac{C_y}{C_S} = R_\mu \times R_S \tag{(1.1)}$$

$$R = \frac{C_{eu}}{C_W} = \frac{C_{eu}}{C_y} \cdot \frac{C_y}{C_S} \cdot \frac{C_S}{C_W} = R_\mu \cdot R_S Y \tag{(11)}$$

یافتن رابطهای بین $\mu - S$ و $R - \mu$ برای سیستمهای یک درجه آزادی در سالهای اخیر بسیار مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. از جمله این روابط می توان به روابط Newmark و Krawinkler ،[۱۹] و رابطه Miranda و Miranda و Bertero [۲۱] اشاره کرد. در جدول (٤) مقادیر ضریب رفتار برای دو حالت بارگذاری یکنواخت و آیین نامه نشان داده شده است. برای اتصال RBS متعارف و آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته متوسط مقادیر ضریب رفتار به ترتیب برابر است با ۱۱/۳۸ و ۱۱/۸۷ و ۱۱/۷۷. با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که میانگین ضریب رفتار به دست آمده برای قابهایی که المان RBS آنها بر اساس برش طبقات ناشی از ضریب رفتار ۸ طراحی شده اند، در حد قابل قبولی افزایش یافته است که این افزایش در اتصال آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته نسبت به اتصال RBS متعارف بیشتر است. در ضمن متوسط مقادیر یاد شده مربوط به مدلهای یاد شده میباشد و متوسط گیری کلی نیاز به افزایش تعداد مدلها دارد.

جدول ٤- مقادير ضريب رفتار به دست آمده

تعداد		مقدار ضريب	رفتار با بارگذاری	ى يكنواخت	مقدار ضريب ر	رفتار با بارگذاری	طيفى آئيننامه
طبقات قاب	نوع كاهس مفطع	نيومارك	كراوينكلر	ميراندا	نيومارك	كراوينكلر	ميراندا
0	بال كاهش يافته	11/•	۱۲/۸	۱۳/۳	11/2	۱۳/۱	۱۳/۸
	آكاردئوني	11/V	۱۳/٦	١٤/٣	۱۲/۳	١٤/٢	١٤/٨
	آکاردئونی با جان کاهش یافته	۱۳/۱	۱٥/٣	۱٥/٧	۱۳/۳	10/7	١٦/٠
)	بال كاهش يافته	۱۰/۳	17/1	11/1	۱۰/٤	17/•	11/7
	آكاردئوني	11/٣	۱۳/٥	17/1	۱۰/۸	۱۲/٥	11/٦
	آکاردئونی با جان کاهش یافته	۱۰/۸	17/V	۱۲/۹	۱۰/۱	11/٦	۱•/۸
10	بال كاهش يافته	٨/٢	٩/٣	٨/٤	٨/٩	۱۰/۱	٩/٠
	آكاردئوني	٨/٥	٩/٦	A/V	٨/٩	۱۰/۱	٩/٠
	آکاردئونی با جان کاهش یافته	٨/ •	٩/٠	٨/١	٨/١	٩/٢	٨/٣



این افزایش در حضور اتصال آکاردئونی و آکاردونی با جان کاهش یافته به ترتیب بیشتر است.در ضمن تغییر مکان های هدف برای بارگذاری جانبی مطابق با آیین نامه یا تحلیل طیفی مقدار بیشتری نسبت به بارگذاری یکنواخت دارد.

۹- مراجع

- El-Tawil, S.h. and Jina, J. (2005), "Seismic Performance of Steel Frames with Reduced Beam Section Connections", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 61, No. 4, pp. 453-471.
- [2] Chen, S.J., Yeh, C.H. and Chu, J.M. (1996), "Ductile Steel Beam-to-Column Connections for Seismic Resistance", Journal of Structural Engineering ASCE, Vol. 122, No. 11, pp. 1292-1299.
- [3] Zekioglu, A., Mozaffarian, H. and Uang C.M. (1997), "Moment Frame Connection Development and Testing for the City of Hope National Medical Center", Building to Last-Proceedings of Structures Congress XV, ASCE, Portland.
- [4] Engelhardt, M.D. and Sabol, T.A. (1997), "Seismic-Resistant Steel Moment Connections: Developments since the 1994 Northridge Earthquake", Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 1, No. 1, pp. 68-77.
- [5] Shen, J., Kitjasateanphun, T. and Srivanich, W. (2000), "Seismic Performance of Steel Moment Frames with Reduced Beam Sections", Engineering Structures, Vol. 22, No. 8, pp. 968-983.
- [6] Aschheim, M.A. (2000), "Moment-Resistant Structures, Sustainers and Method of Resisting Episodic Loads", United States Patent, No. 6, 012, 256; Urbana: Illinoise.
- [7] Wilkinson, S., Hurdman, G. and Crowther, A. (2005), "A Moment Resisting Connection for Earthquake Resistant Structures", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 62, No. 3, pp. 295-302.
- [8] Lee, CH.H. and Kim, J.H. (2007), "A Simplified Analytical Story Drift Evaluation of Steel Moment Frames with Radius-Cut Reduced Beam Section", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 63, No. 4, pp. 564-570.
- [9] Kassegne, S.K. (2007), "Development of a Closed-Form 3-D RBS Beam Finite Element and Associated Case Studies", Engineering Structures, Vol. 29, No. 7, pp. 1580-1595.
- [10] Yang, Q., Li, B. and Yang, N. (2009), "Aseismic Behaviors of Steel Moment Resisting Frames with Opening in Beam Web", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 65, No. 6, pp. 1323-1336.
- [11] Mirghaderi, S.R., Torabian, S. and Imanpour, A. (2010), "Seismic Performance of the Accordion-Web RBS Connection", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 66, No. 2, pp. 277-288.
- [12] Rahnavard, R., Hassanipour, A. and Siahpolo, N. (2015), "Analytical Study on New Types of Reduced Beam Section Moment Connections Affecting Cyclic Behavior", Case Studies in Structural Engineering, Vol. 3, pp. 33-51.
- [13] AISC 358-10, (2010), Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications, ANSI.
- [14] Imanpour, A., Mirghaderi, S.R., Keshavarzi, F. and Khafaf, B. (2007), "Seismic Design Procedure and Detailing of New Reduced Beam Section Moment Connection With Corrugated Web in Beam Plastic Hinge Zone", International Earthquake Symposium.
- [15] Krawinkler, H. and Mohasseb, S. (1987), "Effects on Panel Zone Deformations on Seismic Response", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 8, pp. 233-250.



۸- نتیجه گیری

در اتصال آکاردئونی همراه با جان کاهش یافته نسبت به اتصال آکاردئونی و اتصال RBS متعارف، تنشرها و کرنشهای یلاستیک به صورت موثرتری در ناحیه تضعیف شده تیر متمرکز شدهاند، این در حالی است که مقادیر تنش ها و کرنش های پلاستیک در اتصال RBS متعارف و اتصال آکاردئونی نسبت به اتصال آکاردئونی با جان کاهش یافته در طول بیشتری توزیع شده است که بیانگر مزیت اتصال اکاردئونی با جان کاهش یافته نسبت به دو اتصال دیگر میباشد. با بررسی نمودار برش پایه نرمال شده به تغییر مکان نسبی طبقه مشخص می شود که اتصال آکاردئونی با جان کاهش یافته نیز همانند دو اتصال RBS متعارف و اتصال آکاردئونی تقاضای لنگر را در محل اتصال به ستون کاهش می دهد و در عین حال این اتصال نسبت به سه اتصال دیگر دارای رفتار غیر خطی پایدارتری بوده و تا زاویه تغيير مكان نسبى طبقه ٩٪، افت قابل ملاحظه اى نداشته است. منحنی های پوش اور نشان می دهد که RBS تاثیر کمی در قسمت خطی منحنیها دارد ولی با افزایش دریفتها، کاهش اضافه مقاومت سازه قابل توجه است. اتصال RBS باعث افزایش تقاضای تغییرشکلی در مفاصل تیرها می گردد. نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی نشان میدهد افزایش ضریب رفتار در اتصال آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته نسبت به اتصال RBS متعارف بیشتر است. با حضور اتصال RBS و آکاردئونی و آکاردئونی با جان کاهش یافته، پریود موثر افزایش یافته و متناسب با آن شتاب طیفی کاهش می یابد.مقدار تغییر مکان هدف در حضور اتصال RBS اندکی افزایش می یابد که میزان

1555

Downloaded from journalisss.ir on 2024-04-26

- [19] Newmark, N. M., Hall, W. J., (1982), "Earthquake Spectra and Design Monograph", Earthquake Engineering Research Institute Berkeley, California
- [20] Krawinkler, H. and Nassar, A.A. (1992), "Seismic Design Based on Ductility and Cumulative Damage Demands and Capacities", Journal of Engineering Structures, Elsevier Applied Science, New York.
- [21] Miranda, E. and Bertero, V.V. (1994), "Evaluation of Strength Reduction Factors for Earthquake-Resistance Design", Journal of Engineering Structures, Elsevier Applied Science, New York, Vol. 2, No. 10, pp. 357-379.
- [16] Downs, W.M. (2002), "Modeling and Behavior of the Beam/Column Joint Region of Steel Moment Resisting Frames", M.Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [17] Jin, J. and El-Tawil, S. (2005), "Seismic Performance of Steel Frames with Reduced Beam Section Connections", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 61, No. 4, pp. 453-471.
- [18] Uang, C.M. (1991), "Establishing R (or Rw (and Cd Factors for Building Seismic Provisions." Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.117, No 10, P.19-28.

پی نوشت

¹ Northridge 1994 Earthquake

² Reduced Beam Section (RBS)

