

بررسی ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف در اتصالات از پیش تأییدشده جوشی در قاب‌های خمشی فولادی با شکل‌پذیری متوسط

محمدعلی کافی^{۱*}، پیام طریقی^۲

۱- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

چکیده

گسیختگی ستون‌ها عموماً منجر به ایجاد مکانیزم طبقه نرم و فروریختگی کل سازه می‌شود، همچنین به علت وجود نیروی محوری ستون‌ها، تسلیم ستون‌ها در اثر برش و خمش، افت مقاومت بیشتری نسبت به تسلیم تیرها ایجاد می‌کند. از این رو آیین‌نامه‌های طراحی الزام می‌دارند تا در کلیه گره‌های اتصالات خمشی تیر به ستون در قاب‌های فولادی با شکل‌پذیری ویژه ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف کنترل گردد. در این مطالعه به بررسی ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف در اتصالات خمشی از پیش تأییدشده جوشی شامل اتصال تیر با سطح مقطع کاهش‌یافته، اتصال با ورق‌های روسری و زیر سری و اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی در قاب خمشی فولادی با شکل‌پذیری متوسط پرداخته شده است. نتایج مطالعات نشان داد که عدم رعایت ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف بر روی عملکرد اتصالات مطرح‌شده تأثیرگذار بوده و موجب گردیده است که مفصل پلاستیک در ستون تشکیل شود و همچنین باعث کاهش جذب انرژی، سختی و ظرفیت باربری اتصالات شده است. در نتیجه پیشنهاد شده است که برای عملکرد هر چه بهتر اتصالات خمشی از پیش تأییدشده جوشی در قاب‌های خمشی فولادی با شکل‌پذیری متوسط و همچنین افزایش سطح اطمینان این نوع از اتصالات، رابطه ستون قوی تیر ضعیف کنترل گردد.

کلمات کلیدی: طبقه نرم، ستون قوی - تیر ضعیف، شکل‌پذیری متوسط، اتصالات خمشی، جذب انرژی، سختی، ظرفیت باربری.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:			
10.22065/jsce.2017.89781.1240	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
doi: 10.22065/jsce.2017.89781.1240	۱۳۹۷/۱۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۸/۰۲	۱۳۹۶/۰۸/۰۲	۱۳۹۶/۰۷/۲۵	۱۳۹۶/۰۳/۲۹
محمدعلی کافی			*نویسنده مسئول:		
mkafi@semnan.ac.ir			پست الکترونیکی:		

Evaluation of Using Strong Column-Weak Beam Requirements in Prequalified Welded Connections in Intermediate Steel Moment Frame

Mohammad Ali Kafi ^{1*}, Payam Tarighi ²

1- Associate Prof, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

1- 2- M.Sc. Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

ABSTRACT

Beams are generally used to face bending force and columns are used to face axial load. as the seismic load comes parallelly with respect to earth surface. so the column faces the load perpendicularly which is very risky for the column. after that load gets distributed to all the beams. for this reason columns must be strong to make the structure more earth quake resistant. Generally column failure is reason of soft story and collapse of structure Also, because of the axial load yield of columns in shear and moment forces cause loss of strength more than beams and other elements. Structural design codes have a requirement for strength column and weak beam in all joints of special moment connection. In this research strength column and weak beam in prequalified moment connection like reduced beam section (RBS), cover plate connection (WFP) and the welded unreinforced flange-welded web (WUF-W) connection in intermediate moment frames studied. Results shown that ignore strong column and weak beam requirements effect function of the connection and cues to plastic hinge formed in a column. This is effect reduce energy abortion, stiffness and bearing capacity of connections. so as a result it was suggested that for better performance prequalified welded connections in intermediate steel moment frame controlled strong columns weak beams requirements.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Received: 19/06/2017

Revised: 17/10/2017

Accepted: 24/10/2017

Keywords:

*Soft story ,
Strong column-weak beam,
Intermediate ductility,
Moment connection,
Energy abortion ,
Stiffness,
Bearing capacity*

doi: 10.22065/jsce.2017.89781.1240

*Corresponding author: Mohammad Ali Kafi

Email address : mkafi@semnan.ac.ir

۱- مقدمه

در ساختمان‌هایی که در آن‌ها از سیستم قاب خمشی برای مقابله با بار جانبی زلزله استفاده می‌شود، طراحی به نحوی صورت می‌گیرد که تا حد امکان ستون‌ها دیرتر از تیرها دچار خرابی شوند. این توصیه مهم در تمام آیین‌نامه‌های لرزه‌ای دیده می‌شود، اصطلاحاً به ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف معروف است. به عبارت دیگر این ضابطه بیان می‌کند که انهدام ستون‌های یک سازه به مراتب خطرناک‌تر از خرابی تیرهای آن می‌باشد [۱]. خرابی‌هایی که در هنگام وقوع زلزله در یک سازه رخ می‌دهد را در یک نگاه کلی می‌توان در دودسته زیر دسته‌بندی کرد:

۱- خرابی‌های موضعی: این نوع از خرابی‌ها در صورتی که در قسمتی از سازه ایجاد شود، باعث خرابی کلی سازه نشده و تأثیر خود را تنها در قسمت محدودی از سازه نشان می‌دهد.

۲- خرابی‌های پیش‌رونده: این نوع از خرابی‌ها در صورتی که در قسمتی از سازه رخ دهند، معمولاً با سرعت زیادی در سازه توسعه پیدا کرده و در نهایت باعث خرابی کلی سازه می‌شوند.

در قاعده ستون قوی - تیر ضعیف، عملاً به دنبال آن هستیم که خرابی‌های سازه در هنگام زلزله عمدتاً در تیرها ایجاد شود، زیرا ستون رکن اصلی سازه محسوب شده و عامل اصلی انتقال بار سازه به پی است، به همین دلیل خرابی ستون یک خرابی پیش‌رونده محسوب شده و در نهایت به خرابی کل سازه منجر می‌شود. در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان کنترل این ضابطه در قاب‌های خمشی ویژه الزامی بوده است، اما لزومی به در نظر گرفتن آن در قاب‌های خمشی متوسط وجود ندارد [۲]. مبحث دهم بیان می‌دارد که در کلیه اتصالات خمشی تیر به ستون در قاب‌های خمشی ویژه نسبت مجموع لنگرهای خمشی ستون‌های بالا و پایین گره اتصال در امتداد موردنظر به مجموع تصاویر لنگرهای خمشی تیرها در گره اتصال نسبت به راستای موردنظر می‌بایست از یک بزرگ‌تر باشد. عدم توجه به رعایت این ضابطه موجب ایجاد طبقه نرم در سازه می‌گردد. تصاویری از طبقه نرم بعد از وقوع زلزله در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: مثال‌هایی از تشکیل مفصل پلاستیک در ستون و ایجاد طبقه نرم در طبقه همکف بعد از وقوع زلزله [۱]

در آیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای سازه‌های فولادی و بتنی کشورهای مختلف به منظور جلوگیری از تشکیل مفصل پلاستیک در ستون روابط مختلفی مطرح گردیده است [۳-۸]. به عنوان مثال در آیین‌نامه طرح لرزه‌ای سازه‌های فولادی آمریکا [3] AISC 341-10 رابطه (۱) برای این منظور در نظر گرفته شده است.

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1 \quad (1)$$

که در آن $\sum M_{pc}^*$ مجموع لنگرهای خمشی ستون‌های بالا و پایین گره اتصال در امتداد موردنظر و $\sum M_{pb}^*$ مجموع تصاویر لنگرهای خمشی تیرها در گره اتصال نسبت به امتداد موردنظر می‌باشد. رابطه مطرح‌شده در این آیین‌نامه کاملاً مشابه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان می‌باشد [۲]. همچنین رابطه (۲) که در آیین‌نامه بتن آمریکا [4] ACI 318-14 مطرح گردیده است به شرح زیر می‌باشد:

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} \sum M_{nb} \quad (2)$$

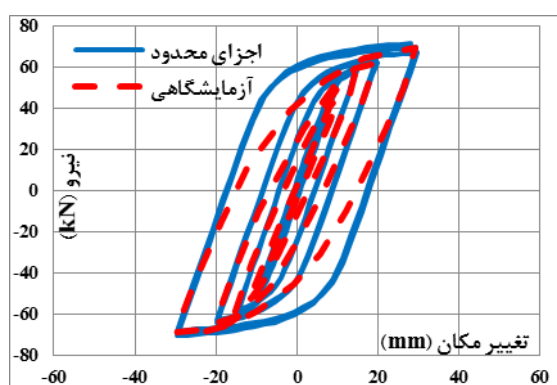
که در آن $\sum M_{nc}$ مجموع لنگرهای مقاوم خمشی ستون‌ها در بالا و پایین اتصال است که در بر اتصال محاسبه‌شده باشند و $\sum M_{nb}$ مجموع لنگرهای خمشی مقاوم تیرها در دو سمت اتصال است که در بر اتصال محاسبه‌شده باشند. رابطه مطرح‌شده در این آیین‌نامه کاملاً مشابه مبحث نهم مقررات ملی ساختمان می‌باشد [۵].

در مطالعات بسیاری به خطرات ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک در ستون و ایجاد طبقه نرم در هنگام وقوع زلزله اشاره شده است [۹-۱۹]. همچنین در هریک از این مطالعات تلاش شده است تا راهکاری به منظور مقاوم‌سازی طبقه نرم مطرح گردد، که در اینجا به برخی از این موارد اشاره شده است. استفاده از فناوری نوین هسته قوی [۹-۱۰]، استفاده از سیستم‌های کنترلی فعال (میراگرها) [۱۱-۱۳]، اضافه کردن قاب‌های فولادی در نواحی نرم ساختمان که از لحاظ معماری امکان ایجاد دیوار وجود ندارد [۱۴-۱۵]، استفاده از ستون‌های کامپوزیت [۱۶-۱۷]، استفاده از مهاربندهای [۱۸-۱۹].

مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان رعایت ضابطه ستون قوی-تیر ضعیف صرفاً در قاب‌های خمشی با شکل‌پذیری ویژه الزام داشته و رعایت آن در قاب‌های خمشی با شکل‌پذیری متوسط مطرح نگردیده است. که این امر ممکن است موجب کاهش سطح اطمینان پایداری سازه شده و امنیت ساکنین را به مخاطره بیندازد. به همین منظور در این مطالعه به بررسی الزام ضابطه ستون قوی-تیر ضعیف در هر یک از اتصالات گیردار از پیش تأییدشده جوشی شامل اتصال تیر با سطح مقطع کاهش‌یافته (RBS)، اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W) و اتصال همراه با ورق‌های روسری و زیر سری (WFP) در قاب خمشی فولادی با شکل‌پذیری متوسط، به منظور جلوگیری از وقوع طبقه نرم پرداخته‌شده و با تغییر در مقدار مجاز این ضابطه به بررسی تأثیر آن در عملکرد اتصالات مطرح‌شده در فوق تحت بارگذاری چرخه‌ای پرداخته‌شده است.

۲- صحت سنجی

برای صحت سنجی از مدل آزمایشگاهی Kulkarni و همکاران [۲۰] که به منظور مقایسه اتصال تیر با سطح مقطع کاهش‌یافته و بدون سطح مقطع کاهش‌یافته انجام‌شده، استفاده گردیده است. اتصال نمونه آزمایشگاهی تیر با سطح مقطع کاهش‌یافته در نرم‌افزار اجزای محدود آباکوس مدل‌سازی شده و نتایج آن با نتایج آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گرفته است (شکل ۲). همچنین در شکل ۳ تصاویری از پیکربندی آزمایش و نمونه تیر با سطح مقطع کاهش‌یافته نمایش داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج آزمایشگاهی و عددی دارای مطابقت قابل قبولی می‌باشد. همچنین میزان خطا بین مدل عددی و آزمایشگاهی برابر ۷ درصد می‌باشد.



شکل ۲: مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی Kulkarni و همکاران [۲۰]

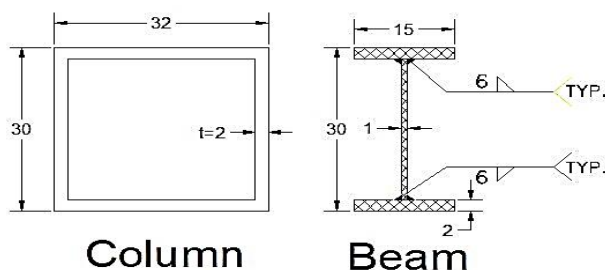


شکل ۳: تصاویری از پیکربندی مدل آزمایشگاهی اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته و مدل سازی نرم افزاری آن [۲۰]

نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته به مراتب بهتر از عملکرد اتصال بدون آن بوده و هیچ گونه شکستگی در جوش اتصال تیر به ستون مشاهده نگردیده است. این در حالی است که در اتصال بدون سطح مقطع کاهش یافته، شکستگی در جوش اتصال تیر به ستون رخ داده است. همچنین عدم نیاز به ورق های پیوستگی و مضاعف در چشمه اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته موجب کاهش هزینه های ساخت نسبت به اتصالات فاقد سطح مقطع کاهش یافته گردیده است.

۳- طراحی نمونه ها

نمونه های مورد مطالعه مقاله، از یک ساختمان آموزشی و در دست اجرای دانشگاه سمنان انتخاب شده است. این ساختمان دارای ۳ طبقه بوده است. طول آن ۶۰ متر و عرض ساختمان برابر ۲۳ متر می باشد. همچنین سیستم باربر جانبی آن در هر دو طرف قاب خمشی متوسط می باشد. مقاطع تیر و ستون در شکل ۴ نمایش داده شده است. طول ستون برابر ۳۷۵ سانتیمتر و طول تیر برابر ۳۰۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

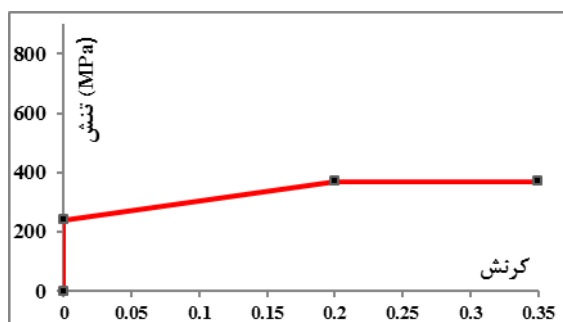


شکل ۴: مقاطع تیر و ستون (ابعاد مقطع سانتیمتر و ابعاد جوش بر حسب میلی متر می باشد)

همچنین در طراحی نمونه ها از نوع فولاد ST37 مطابق با جدول ۱ استفاده شده است. نمودار تنش- کرنش آن در شکل ۵ نمایش داده شده است.

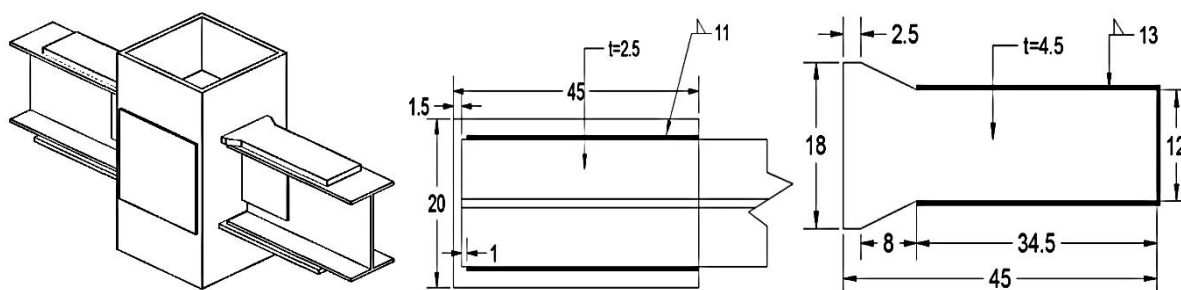
جدول ۱: مشخصات مکانیکی مصالح

نمونه	Fy (MPa)	Fu (MPa)	E (MPa)	v
ST37	۲۴۰	۳۷۰	۲۱۰۰۰۰	۰/۳

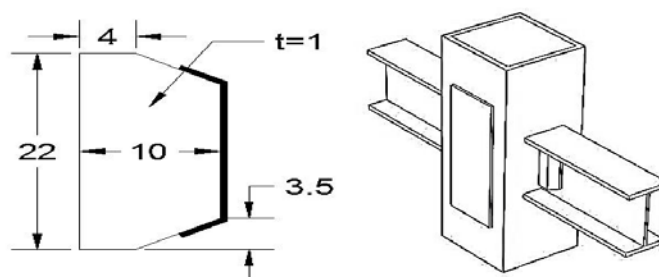


شکل ۵: نمودار تنش کرنش فولاد ST37

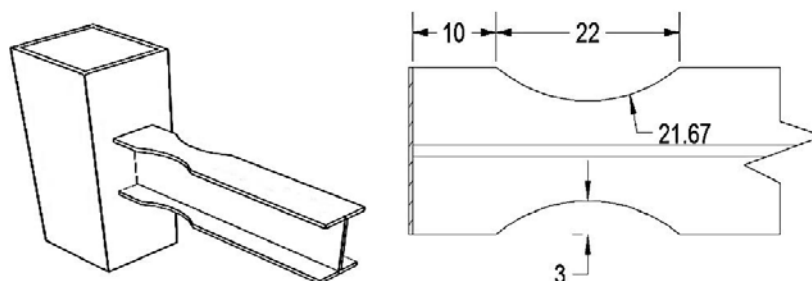
در شکل‌های ۶ تا ۹ جزئیات اتصال با ورق روسری و زیر سری (WFP)، اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W) و اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته (RBS) آورده شده است. ضخامت ورق‌های پیوستگی در اتصالات WFP، WUF-W و RBS به ترتیب برابر ۴/۵، ۲/۵ و ۲/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. تمامی اتصالات فوق بر اساس آیین‌نامه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی شده است [۲].



شکل ۶: اتصال با ورق روسری و زیر سری (ابعاد سانتیمتر)



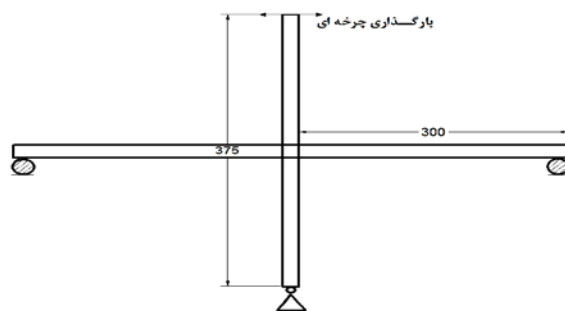
شکل ۷: اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (ابعاد سانتیمتر)



شکل ۸: اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته (ابعاد سانتیمتر)

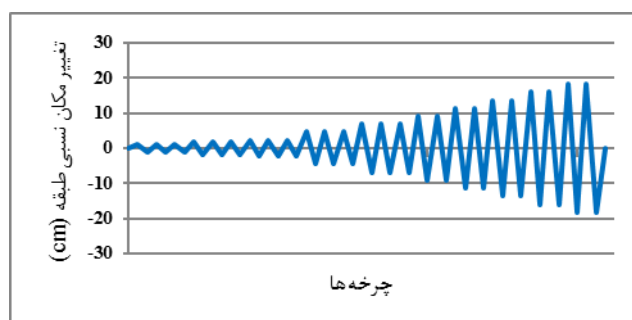
برای تحلیل اتصالات از نرم‌افزار اجزای محدود آباکوس ۱-۱۰، ۶ با قابلیت در نظر گرفتن اثرات غیرخطی هندسی و مصالح استفاده شده است [۲۱]. برای طراحی تیر و ستون، المان پوسته‌ای ۴ گره‌ای و برای اعضای اتصال از المان توپر ۸ گره‌ای مورد استفاده قرار گرفته است.

طبق ضوابط ارائه شده در FEMA-355D [۲۲] در مورد شرایط تکیه گاهی طرح ریز سازه اتصال دوطرفه، انتهای تحتانی ستون روی تکیه گاه مفصلی و انتهای آزاد تیر روی تکیه گاه غلطکی قرار داده شده است (شکل ۹). برای جلوگیری از وقوع کماتش پیچشی- جانبی تیر، مهار جانبی برای بال فوقانی تیر، با فرض وجود دال بتنی، به صورت سراسری و برای بال تحتانی نقاطی از تیر در فاصله بین انتهای ناحیه حفاظت شده تا نصف عمق تیر بعداز آن و نقاطی در ابتدای تیر مهار شده است. لازم به ذکر است که جوش ها در نرم افزار مدل سازی نشده اند و رفتار آن ها توسط امکانات نرم افزار شبیه سازی شده است.



شکل ۹: شرایط تکیه گاهی و ابعاد تیر و ستون

بارگذاری توسط اعمال تغییر مکان چرخه ای، طبق الگوی بارگذاری آیین نامه ATC-24 در انتهای تیر، انجام شده است [۲۳]. الگوی بارگذاری در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.



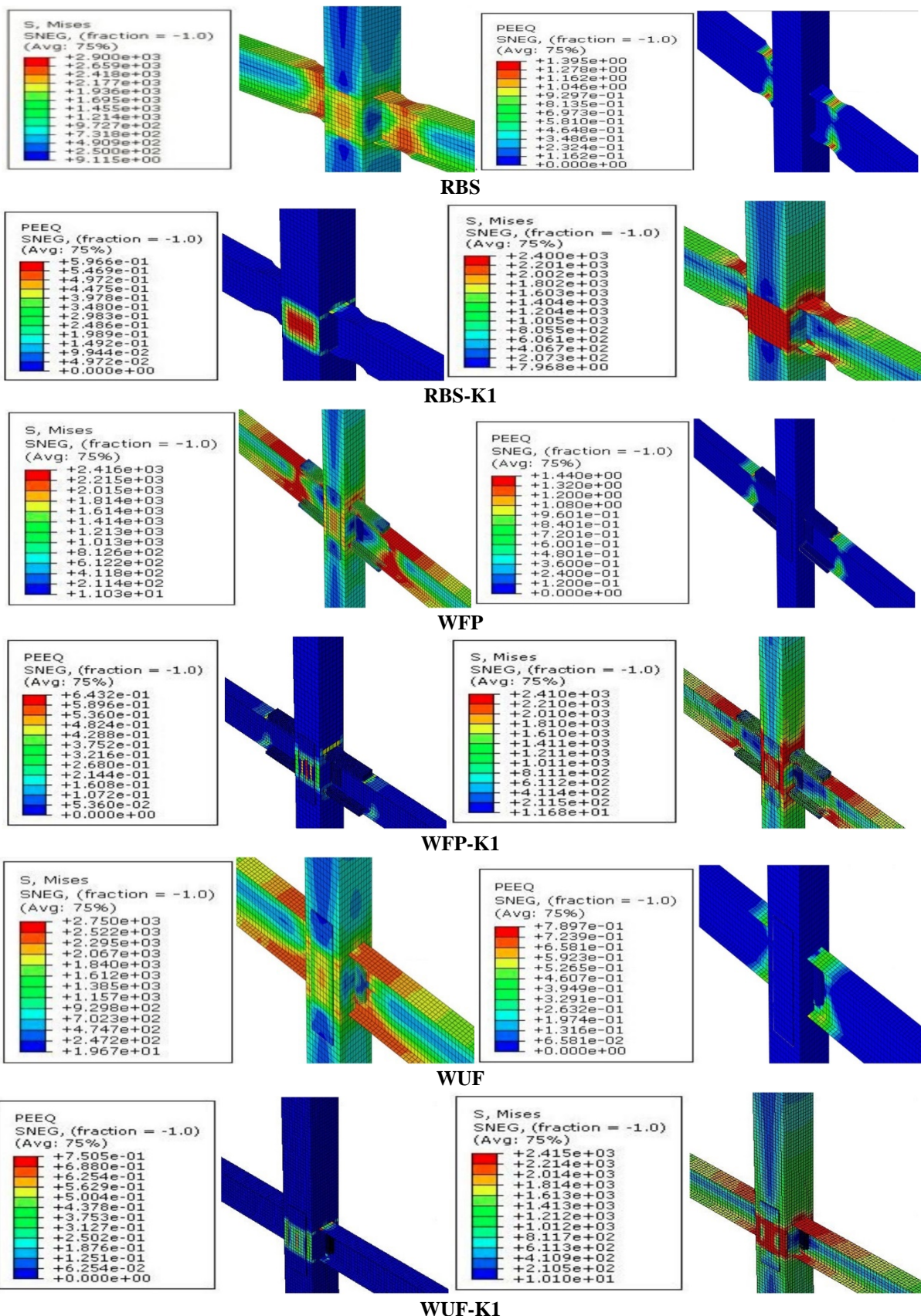
شکل ۱۰: الگوی بارگذاری چرخه ای آیین نامه ATC-24 [۲۳]

۴- نتایج تحلیل چرخه ای اتصالات

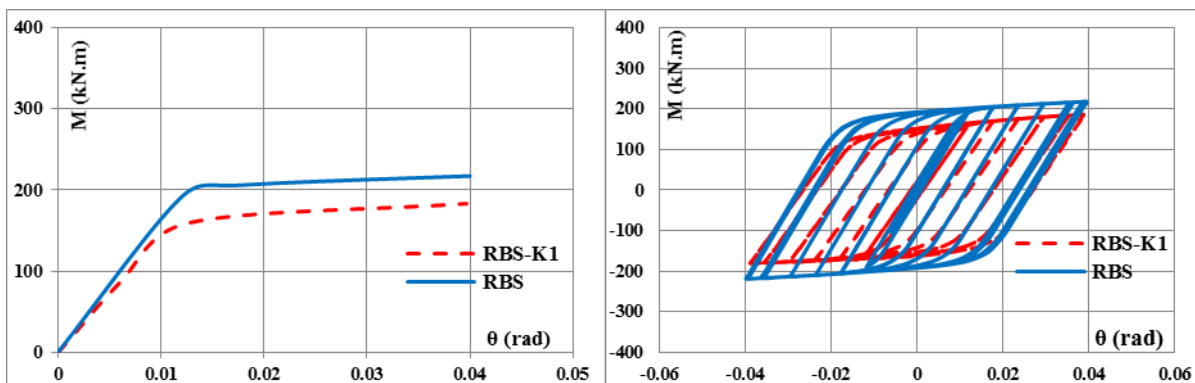
در این قسمت از مطالعه قصد داریم هر یک از اتصالات از پیش تأیید شده جوشی مطرح شده در قسمت قبل را با نسبت های مختلف ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف در نرم افزار مدل سازی کرده و رفتار آن ها را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دهیم. برای تغییر نسبت های ضابطه مطرح شده در فوق از تغییر ضخامت ستون باکس استفاده شده است. در جدول ۲ اتصالات مورد نظر نمایش داده شده است. همچنین K1 که در پسوند نام اتصالات آورده شده است بیانگر نسبت مجموع لنگرهای ستون به تیر کوچک تر از یک می باشد. همچنین در شکل ۱۱ توزیع تنش فون مایسز و کرنش پلاستیک معادل (PEEQ) برای تمامی اتصالات مطرح شده در جدول ۲ نمایش داده شده است. همچنین در شکل ۱۲ نمودارهای چرخه ای لنگر دوران و همچنین نمودارهای پوش آن ها برای هر یک از اتصالات مطرح شده، رسم گردیده و در جدول ۳ مقایسه ای بین جذب انرژی، سختی و ظرفیت باربری آن ها صورت پذیرفته است. لازم به ذکر است که بار محوری ستون در این مطالعه برابر ۳۰ درصد ظرفیت نهایی محوری ستون در نظر گرفته شده که در مدل های تحلیلی از اعمال آن صرف نظر شده است.

جدول ۲: معرفی اتصالات با نسبت‌های مختلف برای ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف

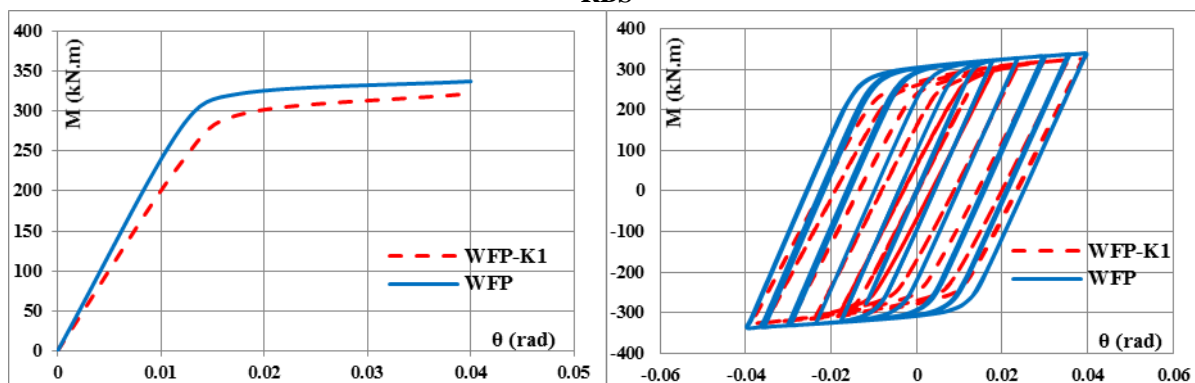
نام اتصال	t_c (cm)	A (cm ²)	Z (cm ³)	$P_{uc} / \phi P_n$	ΣM_{pc} (ton.m)	ΣM_{pb} (ton.m)	$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$
RBS-K1	1.20	143.00	1634.50	0.30	60.32	73.06	0.89
RBS	2.00	232.00	2584.00	0.30	110.00	73.06	1.42
WFP-K1	1.30	154.40	1759.10	0.30	66.90	83.80	0.83
WFP	2.00	232.00	2584.00	0.30	110.00	83.80	1.24
WUF-K1	1.20	143.00	1634.50	0.30	60.32	71.22	0.90
WUF	2.00	232.00	2584.00	0.30	110.00	71.22	1.46



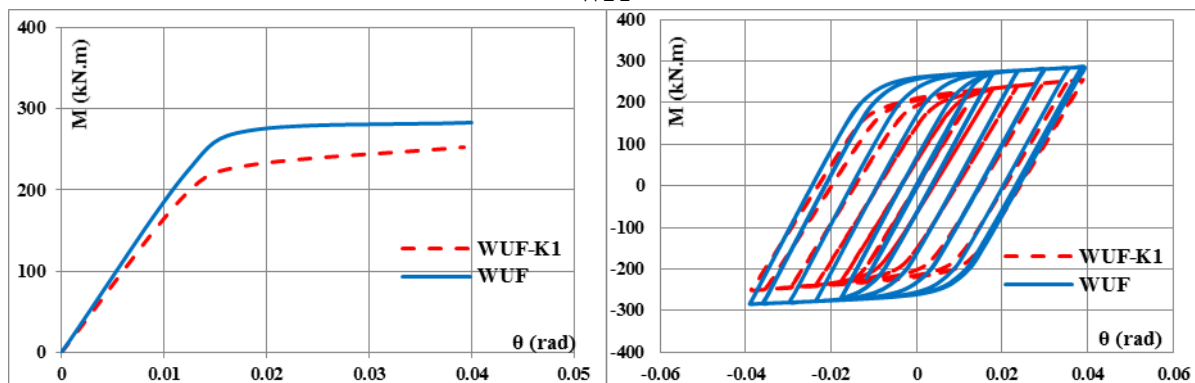
شکل ۱۱: توزیع کرنش پلاستیک معادل برای اتصالات مطرح شده



RBS



WFP



WUF

شکل ۱۲: نمودار چرخه‌های لنگر- دوران و پوش اتصالات

جدول ۳: مقایسه اتصالات از لحاظ جذب انرژی، سختی و ظرفیت باربری

اتصال	جذب انرژی (درصد)	سختی (درصد)	ظرفیت باربری (درصد)
$\frac{RBS - K1}{RBS}$	۱۷/۲۵ - کاهش	۹/۸۲ - کاهش	۱۵/۵۱ - کاهش
$\frac{WFP - K1}{WFP}$	۱۰/۰۰ - کاهش	۱۴/۸۷ - کاهش	۴/۸۲ - کاهش
$\frac{WUF - K1}{WUF}$	۱۴/۷۶ - کاهش	۱۱/۹۴ - کاهش	۹/۶۰ - کاهش

همان طور که از توزیع کرنش پلاستیک معادل و تنش فون مایسز مطابق با شکل ۱۱ مشخص است، عدم رعایت ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف در اتصالات مطرح شده در این مطالعه، منجر به تشکیل مفصل پلاستیک در ستون شده است. این در حالی است که در اتصالاتی که ضابطه فوق برقرار است، مفصل پلاستیک در تیر تشکیل شده و تنش های فون مایسز در چشمه اتصال در محدوده الاستیک باقی مانده است. همچنین با توجه به شکل ۱۲ مشخص است که عدم رعایت این ضابطه بر روی سختی، ظرفیت باربری و جذب انرژی اتصالات مطرح شده تأثیر گذار بوده و موجب کاهش هر یک از آنها گردیده است. به عنوان مثال در اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته عدم رعایت این ضابطه منجر به کاهش جذب انرژی به میزان ۱۷/۲۵ درصد نسبت به اتصالاتی که ضابطه ستون قوی تیر ضعیف در آن رعایت گردیده، شده است. در نتیجه پیشنهاد می گردد تا این ضابطه برای قاب های خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط نیز رعایت شده تا از تشکیل مفصل پلاستیک در ستون جلوگیری به عمل آمده و سطح اطمینان اتصالات از پیش تأیید شده جوشی افزایش یابد. لازم به ذکر است که برای دستیابی به یک نتیجه کلی و الزام این ضابطه برای قاب های خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط و مطرح شدن آن در آیین نامه های طراحی، نیاز به انجام مطالعات عددی و آزمایشگاهی بیشتری می باشد.

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه به بررسی الزام ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف در هر یک از اتصالات گیردار از پیش تأیید شده جوشی شامل اتصال تیر با سطح مقطع کاهش یافته (RBS)، اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W) و اتصال همراه با ورق های روسری و زیر سری (WFP) در قاب خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط به منظور جلوگیری از وقوع طبقه نرم پرداخته شده و با تغییر در مقدار مجاز این ضابطه به بررسی تأثیر آن در عملکرد اتصالات مطرح شده در فوق تحت بارگذاری چرخه ای پرداخته شده است. نتایج این مطالعه به شرح زیر است:

۱- مفصل پلاستیک در اتصالاتی که ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف در آنها رعایت شده بود در داخل تیر تشکیل شده و ستون در حالت الاستیک باقی مانده است.

۲- در اتصالاتی که به ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف توجهی نشده است، مفصل پلاستیک در ستون و در بر اتصال تشکیل شده و اتصال از لحاظ جذب انرژی، سختی و ظرفیت باربری در سطح پایین تری نسبت به اتصالاتی که در آنها این ضابطه برقرار گردیده، قرار گرفته است.

۳- پیشنهاد می گردد به منظور دستیابی به یک اتصال گیردار با سطح اطمینان بالا در قاب های خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط ضابطه ستون قوی - تیر ضعیف کنترل گردد تا از تشکیل مفصل پلاستیک در ستون ها و ایجاد طبقه نرم جلوگیری به عمل آید.

۴- مطرح نمودن یک نتیجه کلی در این موضوع و ذکر آن در آیین نامه های طراحی، نیازمند مطالعات بیشتر عددی و آزمایشگاهی می باشد.

مراجع

- [1] Heydari, M. and Ahangar, M. (2016). Magnification of code 2800. Tehran: Serie omran, 84.
- [2] Code 10 (2012). Design and Construction Provisions For Structural Steel Buildings. Tehran: Toseh iran, 241-256.
- [3] AISC 341-10 (2010). Seismic Provisions For Structural Steel Buildings. Chicago: Illinois.
- [4] ACI 318-14 (2014). Building code requirements for structural concrete. Farmington Hill.
- [5] Code 9 (2012). Design and Construction Provisions For Structural Reinforced Concrete Buildings. Tehran: Toseh iran, 333.
- [6] Euro code 8 (2004), Design of Structures for Earthquake Resistance-Part1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Bruxelles.
- [7] GB50011-2010 (2010). Chinese Code for seismic design of buildings. Beijing.
- [8] Turkish Earthquake Code (TEC-2007) (2007). Regulations on structures constructed in disaster regions Ministry of Public Works and Settlement. Ankara.
- [9] Sanchez-Zamora, F., Sanchez, J., Qu, B., Pollino, M., and Mosqueda, G. (2014). Mitigation of Soft-Story Failures in Multi-Story Steel Concentrically Braced Frames through Implementation of Stiff Rocking Cores. In: Structures Congress, 2073-2083.

- [10]Qu, B., Sanchez-Zamora, F., Pollino, M. (2014). Mitigation of inter-story drift concentration in multi-story steel Concentrically Braced Frames through implementation of Rocking Cores. Eng. Struct, [online] 70(), 208-217. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.03.032>
- [11]Hessabi, R. and Mercan, O. (2015). Application of Gyro-Mass Dampers to Mitigate the Seismic Failure in Soft First Story Buildings. In: Structures Congress, 2032-2043.
- [12]Chen, Y. Q. and Constantinou, M. C. (1992). Use of Teflon Sliders in a Modification of the Concept of Soft First Storey. Eng. Struct, [online] 6(2), 97-105. Available at: [https://doi.org/10.1016/0950-0618\(92\)90058-7](https://doi.org/10.1016/0950-0618(92)90058-7)
- [13]Benavent-Climent, A. and Mota-Páez, S. (2017). Earthquake retrofitting of R/C frames with soft first story using hysteretic dampers: Energy-based design method and evaluation. Eng. Struct, [online] 137, 19-32. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.01.053>
- [14]Burnett, C. and McEntee, P. (2009). Manufactured Pre-Engineered Moment Resisting Frames Used in Soft-Story Building Retrofits of Light-Framed Construction. In: Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures. California: ASCE, 343-349.
- [15]Porter, K. and Cobeen, K. (2012). Informing a Retrofit Ordinance: A Soft-Story Case Study. In: Structures Congress, Chicago: ASCE, 1802-1813.
- [16]Plumier, A., Doneux, C., Stoychev, L. and Demarcot, T. (2005). Mitigation of Soft Story Failures of R.C. Structures Under Earthquake by Encased Steel Profiles. Advances in Steel Structures, 2, 1193-1198.
- [17]Ranjan Sahoo, D. C. and Rai, D. (2013). Design and evaluation of seismic strengthening techniques for reinforced concrete frames with soft ground story. Eng. Struct, [online] 56, 1933-1944. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.08.018>
- [18]Gershfeld, M., Chadwell, C., van de Lindt, J., Pang, W., Ziaei, E., Amini, M., Gordon, S. and Jennings, E. (2014). Distributed Knee-Braced (DKB) System as a Complete or Supplemental Retrofit of Soft-story Wood-frame Buildings. In: Structures Congress, Boston: ASCE, 2863-2874.
- [19]Agha Beigi, H., Christopoulos, C., Sullivan, T. and Michele Calvi, G. (2014). Gapped-Inclined Braces for Seismic Retrofit of Soft-Story Buildings. J. Struct. Eng., [online] 140(11), 1-11. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001006](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001006)
- [20]Kulkarni, S. and Vesmawala, G. (2014). Study of steel moment connection with and without reduced beam section. Case Studies in Structural Engineering, [online]1, 26-31. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.csse.2014.04.001>
- [21]Hibbit, Karlsson, Sorenso (2010). ABAQUS Theory Manual. Pawtucket.
- [22]FEMA-355D (2000). State of the art report on connection performance. California: Federal Emergency Management Agency.
- [23]ATC-24 (1992). Guidelines for Cyclic Seismic Testing of Components of Steel Structures for Buildings. Redwood City: Applied Technology Council.