



## بررسی تحلیلی عملکرد لرزه ای یک اتصال صلب جدید قابل اجرا توسط ناودانی

\* فرزانه قلمزن اصفهانی<sup>۱</sup>، نادر فنائی<sup>۲</sup>

### چکیده

یکی از روشهای اجرای اتصال صلب خمشی در قابهای خمشی فلزی، استفاده از لچکی در کنار ورقهای پوششی می باشد که علاوه بر انتقال برش و نیروی محوری ناشی از لنگر خمشی از تیر به ستون، موجب افزایش صلبیت اتصال می گردد. در این مقاله یک اتصال صلب خمشی جدید با تغییر لچکی های بیرونی و جایگزینی آن ها با پروفیل ناودانی معرفی شده است و با شبیه سازی اتصال با اتصالات صلب اجرا شده با لچکی، نحوه طراحی این نوع اتصال تشریح شده است. پس از طراحی یک نمونه اتصال صلب با استفاده از ناودانی، برای آن منحنی هیستریزیس رسم شده و انرژی تلف شده محاسبه شده و همچنین چرخش چشمه اتصال نیز بدست آمده است. با توجه به نتایج به دست آمده، این اتصال جدید با حداقل افت مقاومت و سختی در سیکل های انتهایی بارگذاری، چرخش ۰/۰۶ رادیان را تحمل نموده و همچنین با جذب انرژی بالا، عملکرد بسیار خوبی را در بارگذاری چرخه ای نشان داده است. همچنین تأثیر طول ورق های بالا سری و پایین سری در منحنی هیستریزیس هر دو نوع اتصال صلب ساخته شده با استفاده از لچکی و ناودانی بررسی شده و نتیجه شده است که با افزایش طول ورق های پوششی، لنگر حداکثر منحنی هیستریزیس و مقدار انرژی تلف شده و چرخش چشمه اتصال افزایش می یابند.

### کلمات کلیدی

اتصال صلب، ناودانی، منحنی هیستریزیس، چشمه اتصال، ورق پوششی

\*۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، f.galamzan@gmail.com

۲. عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، fanaie@kntu.ac.ir



## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

### ۱ - مقدمه

در بیشتر اتصالات های خمشی پیشنهاد شده بعد از زلزله نورث ریچ برای رسیدن به چرخش های پلاستیک بزرگتر بدون شکست اتصال، تقویت اتصال همراه با بهبود جوشکاری انجام می شود. تقویت اتصال این مزیت را داراست که موقعیت مفصل پلاستیک از بر ستون به سمت دهانه تیر منتقل می گردد. از جمله راهبردهای تقویت اتصال می توان به استفاده از ورق های پوششی، استفاده از ورق های لچکی، اتصال ماهیچه ای و تقویت تیر به وسیله ورق های کناری اشاره کرد [۱].

طراحی اتصالات تیر به ستون براساس ظرفیت تیر می باشد و در آن اتصالات برای نیروهای متناظر با ظرفیت تیر طراحی می شوند. همچنین، روند مرسوم برای طراحی المان های اتصال در اتصالات خمشی \_ برشی تیر به ستون براساس تئوری ساده شده تیر خمشی می باشد که در آن فرض می شود لنگر انتهای تیر تنها از طریق بال های تیر و برش از طریق جان تیر منتقل می شود. تحقیقات اخیر [۶-۲] نشان داده است که فرضیات طراحی بالا واقع بینانه نیستند. مشخص شده است که مدل همانندی خرابایی می تواند برای ارائه جریان نیروها نزدیک منطقه اتصال استفاده شود [۷]، همچنین مطالعات اجزاء محدود نشان داده است که فرض توزیع تنش اولر برنولی نزدیک منطقه اتصال عملی نیست و در نزدیکی منطقه اتصال به دلیل تمرکز تنش در نقطه اتصال بال های تیر به ستون، برش تیر به سمت بال های تیر منحرف می شود.

در این مقاله با استفاده از نرم افزار ABAQUS [۸] رفتار هیستریزس اتصال با استفاده از لچکی و همچنین اتصالاتی که در آن به جای لچکی های بیرونی از ناودانی استفاده شده، بررسی شده است. تأثیر طول ورق های پوششی در رفتار هیستریزس این نوع اتصالات بررسی شده و مقدار انرژی تلف شده توسط اتصال و مقدار چرخش چشمه اتصال محاسبه شده است. همچنین روند طراحی اتصال با استفاده از ناودانی ارائه شده است.

### ۲- طراحی اتصال

#### الف- عکس العمل های اتصال

لنگر محتمل ماکزیمم  $M_{pr}$  که به وسیله اتصال منتقل می شود، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$M_{pr} = C_{pr} R_y M_p \quad (1)$$

در رابطه فوق  $C_{pr} = (F_y + F_u)/2F_y$  و  $R_y$  فاکتور اضافه مقاومت است که در FEMA350 [۹] داده شده است و  $M_p = F_y Z_b$  می باشد. طول ورق پوششی،  $l_c$  برابر نصف عمق تیر  $(\frac{d_b}{2})$  در نظر گرفته می شود. طول  $L_0$ ، با فرض اینکه مفصل پلاستیک در انتهای تیر در فاصله نصف ارتفاع تیر از انتهای منطقه اتصال تقویت شده تشکیل شود با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید که در آن  $L$  فاصله بین مرکز ستون ها در دو انتهای تیر است و  $d_c$  ارتفاع کل ستون می باشد. برای به دست آوردن ماکزیمم نیروی برشی محتمل روی اتصال،  $V_{pr}$ ، از رابطه (۳) استفاده می شود. نیروی برشی عمودی،  $V_d$  و نیروی کششی افقی،  $T_d$  برای نیمه بالایی اتصال با استفاده از روابط (۴) و (۵) محاسبه می شود.

$$L_0 = L - \left( \frac{d_c}{2} + l_c + \frac{d_b}{2} + l_c + \frac{d_c}{2} \right) \quad (2)$$

$$V_{pr} = 2M_{pr}/L_0 \quad (3)$$



## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

$$V_d = V_{pr}/2 \quad (4)$$

$$T_d = (M_{pr}/d_b) + (V_{pr}/2) \quad (5)$$

دومین ترم در رابطه (۵) به علت افزایش لنگر است که نتیجه انتقال مفصل پلاستیک از وجه ستون به درون تیر است. این نیروها بر اساس مدل خرابایی به دست می آید و فرض می شود که برش تیر به ستون، توسط بال های تیر و نه جان آن منتقل می شود [۶]. با توجه به این تحقیق [۶] ورق های پوششی و ورق های لچکی طراحی شده اند.

### ب- طراحی ناودانی

با فرض اینکه برش با استفاده از ناودانی به ستون منتقل می شود، برش در ناودانی با استفاده از رابطه (۶) به دست می آید. جوش گوشه بین ناودانی و ورق پوششی تحت ترکیب برش و کشش با استفاده از روابط (۷) و (۸) محاسبه می شود.

$$V_{ch} = V_d \quad (6)$$

$$T_{whch} = V_{rp} \quad (7)$$

$$V_{whch} = T_{ch} = T_d - T_f - T_{cp} \quad (8)$$

مساحت جوش گوشه بین ورق پوششی و ناودانی با استفاده از رابطه (۹) با توجه به نیروهای به دست آمده در روابط (۷) و (۸) محاسبه می شود. برای ضخامت بال ناودانی ( $t_{ch}$ ) یک مقدار در نظر گرفته می شود. اندازه جوش گوشه بین ناودانی و ورق پوششی،  $t_{whch}$  برابر ضخامت بال ناودانی است. طول این جوش گوشه با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه می شود. طول ناودانی در صورتی که کل ناودانی با دو خط جوش به ورق پوششی متصل شود برابر طول جوش گوشه و در صورتی که هر بال ناودانی به وسیله دو خط جوش به ورق پوششی متصل شود برابر نصف طول این جوش در نظر گرفته می شود. نیروی کششی افقی برای هر ناودانی با استفاده از رابطه (۸) محاسبه می شود. مساحت ناودانی که ترکیب برش و کشش را به ستون انتقال می دهد با استفاده از رابطه (۱۱) با توجه به نیروهای به دست آمده در روابط (۶) و (۸) محاسبه می شود.

$$A_{whch} = \sqrt{(T_{whch}^2 + 3V_{whch}^2)}/F_y^2 \quad (9)$$

$$l_{whch} = A_{whch}/(t_{whch}/\sqrt{2}) \quad (10)$$

$$A_{ch} = (T_{ch}^2 + 3V_{ch}^2)/F_y^2 \quad (11)$$

با توجه به مساحت به دست آمده می توان از ناودانی آماده استفاده کرد. در صورتی که ناودانی های موجود مساحت مورد نیاز را ارضا نکند باید ناودانی ساخته شود. برای ضخامت جان ناودانی یک مقدار فرض می شود ( $t_{chw}$ ) و حداکثر عرض ناودانی برابر ( $b_{ch} = b_{cp} - 2t_{chw}$ ) در نظر گرفته می شود و ارتفاع ناودانی با استفاده از رابطه (۱۲) محاسبه می شود.

$$h_{ch} = (A_{ch} - (b_{ch} - 2t_{chw}) \times t_{chw})/t_{ch} \quad (12)$$

در تحقیق حاضر از ناودانی آماده شماره ۸۰ که مشخصات آن در جدول (۱) ارائه شده، استفاده گردیده است. برای اندازه های واقعی ورق های پوششی و ناودانی، ظرفیت ها به دست می آید. ظرفیت اتصال که در مقابل لنگر خارجی مقاومت می کند باید از تقاضای لنگری که شامل اثر افزایش لنگر است، بیشتر باشد، برای این منظور باید رابطه (۱۳) برقرار باشد.

$$(T_{ch} + T_{cp} + T_f)(d_b + t_{cp}) \geq M_{pr} + V_{pr}(l_c + l_t) \quad (13)$$



## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

### ۳- مشخصات اتصالات مدل شده در نرم افزار

مطالعه تحلیلی تحقیق حاضر با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS [۸] انجام گرفته است و تغییر شکل ها و کرنش های بزرگ به همراه رفتار غیر خطی مصالح در حالت سه بعدی اعمال گردیده است. برای مدل سازی تیر و ستون از المان پوسته ای چهار گره ای S4R و برای مدل سازی ورق های پیوستگی و المان های اتصال از جمله لچکی، ورق های پوششی و ناودانی از المان حجمی هشت گره ای C3D8R استفاده شده است و در منطقه اتصال اندازه مش کوچکتر شده است. در تحقیق حاضر از مقطع  $W12 \times 58$  برای تیر و از مقطع  $W18 \times 114$  برای ستون استفاده شده است. برای مقاطع فولادی به کار رفته در این تحقیق از فولاد ASTM A36 استفاده شده و مشخصات تیر و ستون مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. مدول الاستیسیته فولاد  $2 \times 10^5$  مگا پاسکال و نسبت پواسون برابر  $0.3$  در نظر گرفته شده است.

جدول (۱): مشخصات تیر و ستون و ناودانی (کلیه مقادیر به میلیمتر)

مقطع	h	$b_f$	$t_f$	$t_w$
ستون ( $W 18 \times 114$ )	469	301	25	15
تیر ( $W12 \times 58$ )	310	254	16	9
ناودانی	80	45	8	6

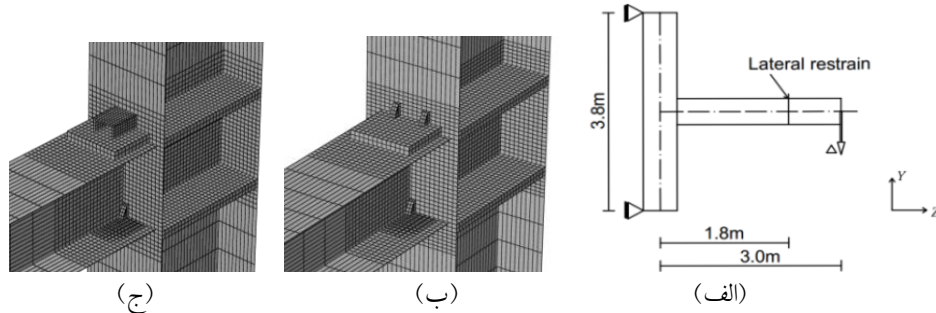
هندس و شرایط تکیه گاهی اتصالات مدل شده در نرم افزار در شکل (۱-الف) نشان داده شده است. مش بندی اتصال نیز در شکل (۱-ب) و (۱-ج) نشان داده شده است. در جدول (۲) مشخصات المان های اتصال نمونه های مدل شده در نرم افزار ارائه شده است.

جدول (۲): مشخصات المان های اتصال مدل شده (کلیه مقادیر به میلیمتر)

مدل ها	ورق های پوششی			لچکی			ناودانی
	طول	عرض	ضخامت	طول	ارتفاع	ضخامت	طول
RIB CP0/5d <sub>b</sub>	155	190	30	25	40	16	-
RIB CP0/75d <sub>b</sub>	230	190	30	25	40	16	-
RIB CPd <sub>b</sub>	310	190	30	25	40	16	-
CH50 CP0/5d <sub>b</sub>	155	190	30	-	-	-	50
CH50 CP0/75d <sub>b</sub>	230	190	30	-	-	-	50
CH50 CPd <sub>b</sub>	310	190	30	-	-	-	50
CH100 CP0/5d <sub>b</sub>	155	190	30	-	-	-	100
CH100 CP0/75d <sub>b</sub>	230	190	30	-	-	-	100
CH100 CPd <sub>b</sub>	310	190	30	-	-	-	100



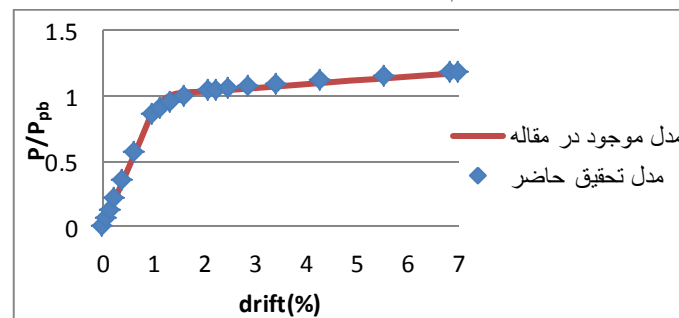
## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه



شکل (۱). (الف) مجموعه اتصال در نظر گرفته شده (ب) جزئیات مش بندی اتصال تقویت شده توسط لچکی (پ) جزئیات مش بندی اتصال تقویت شده توسط ناودانی

### ۴- صحت سنجی مدل

برای کنترل صحت پاسخ های حاصل از مدل سازی اجزاء محدود، یکی از مدل های اتصال موجود حاصل از تحقیقات دکتر آرلکار و مورتی [6] در نرم افزار آباکوس مدل سازی شده و منحنی پوش آن به دست آمده است. در منحنی های به دست آمده بار عرضی تیر نسبت به بار متناظر با ظرفیت پلاستیک مقطع تیر که برابر با  $P_{pb} = M_{pb} / \left( L - \left( \frac{d_c}{2} + l_c \right) \right)$  می باشد، نرمال شده است. در این رابطه  $L$  فاصله بین خط مرکزی ستون و انتهای تیر و  $M_{pb}$  ظرفیت پلاستیک مقطع تیر می باشد. با توجه به شکل (۲)، نتایج منحنی پوش حاصل شده از مدل سازی با منحنی پوش موجود در مقاله به خوبی مطابقت دارد. این مقایسه صحت پاسخ های حاصل از مدل سازی انجام شده در تحقیق حاضر را نشان می دهد.



شکل (۲). منحنی پوش به دست آمده برای صحت سنجی مدل

### ۵- رفتار نمونه های مدل شده

در تمامی نمونه های اتصال از ورق های پیوستگی و ورق های مضاعف با ضخامت به ترتیب برابر ضخامت ورق های پوششی و ضخامت برابر نصف ضخامت جان استفاده شده است. نمونه های اتصال مدل شده تحت پروتکل بارگذاری چرخه ای آیین نامه AISC [10] قرار گرفته اند و منحنی هیستریزس لنگر- دوران آنها به دست آمده است. در منحنی های هیستریزس به دست آمده محور قائم نسبت به لنگر پلاستیک تیر نرمال شده است.

طی بارگذاری چرخه ای نمونه ها، اولین نشانه تسلیم در زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۰/۷۵ درصد با جاری شدن المان های بال تیر در منطقه بلافاصله بعد از ورق های پوششی آشکار شده و در سیکل های بارگذاری بعدی در بال تیر و جان آن



## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

گسترش می یابد. در زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۱/۵ درصد، کمانش موضعی در بال تیر اتفاق می افتد. با ادامه روند بارگذاری در زاویه تغییر مکان نسبی ۵ درصد، کمانش پیچشی جانبی مشاهده می شود. با پیشرفت بارگذاری در زاویه تغییر مکان نسبی ۶ درصد، کمانش جان همراه با افزایش کمانش موضعی بال و کمانش پیچشی جانبی اتفاق می افتد. با توجه به کانتورهای تنش و کرنش پلاستیک به دست آمده، در طول بارگذاری، چشمه اتصال الاستیک باقی می ماند و همانطور که در جدول (۳) مشخص شده است به اندازه کمی از چرخش اتصال را به خود اختصاص می دهد. در المان های اتصال از جمله ورق های پوششی، ورق های لچکی داخلی، ورق های لچکی خارجی و یا ناودانی، کمانش و یا تسلیم اتفاق نمی افتد.

جدول (۳): لنگر حداکثر، انرژی کل و چرخش چشمه اتصال در اتصالات مدل شده

مدل ها	لنگر حداکثر (KN.m)	انرژی (KJ)	چرخش چشمه اتصال ( $\times 10^{-3}rad$ )
RIB CP0/5d <sub>b</sub>	467/57	86152	1/4713
RIB CP0/75d <sub>b</sub>	480/21	92231	1/4970
RIB CPd <sub>b</sub>	498/39	98619	1/5550
CH50 CP0/5d <sub>b</sub>	465/74	81487	1/4594
CH50 CP0/75d <sub>b</sub>	480/93	98845	1/4910
CH50 CPd <sub>b</sub>	499/36	99342	1/5494
CH100 CP0/5d <sub>b</sub>	464/47	83591	1/4480
CH100 CP0/75d <sub>b</sub>	479/46	97825	1/4650
CH100 CPd <sub>b</sub>	496/68	109819	1/5180

جدول (۴): درصد لنگر حداکثر، انرژی کل و چرخش چشمه اتصال نسبت به اتصال با ورق های پوششی برابر نصف ارتفاع تیر

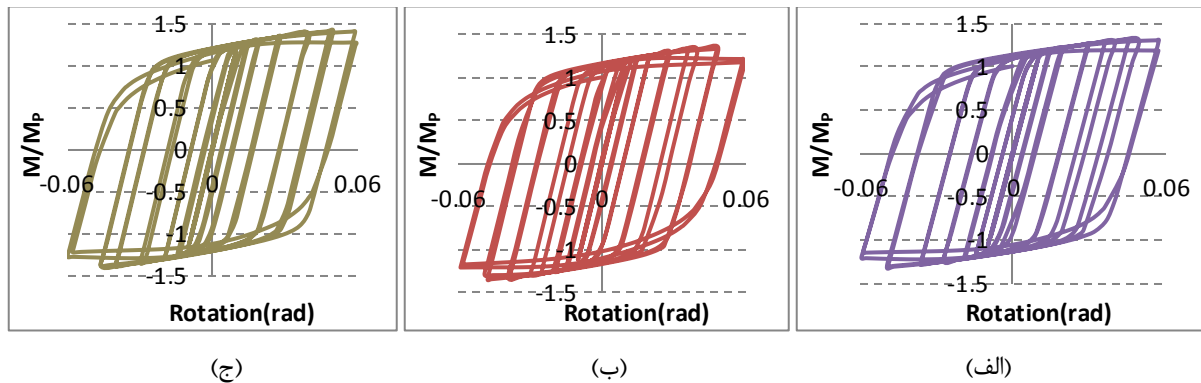
مدل ها	درصد لنگر حداکثر	درصد چرخش نسبی چشمه اتصال	درصد انرژی تلف شده
RIB CP0/5d <sub>b</sub>	0	0	0
RIB CP0/75d <sub>b</sub>	2/70	1/75	7/06
RIB CPd <sub>b</sub>	6/59	5/69	14/47
CH50 CP0/5d <sub>b</sub>	0	0	0
CH50 CP0/75d <sub>b</sub>	3/26	2/17	21/30
CH50 CPd <sub>b</sub>	7/22	6/17	21/91
CH100 CP0/5d <sub>b</sub>	0	0	0
CH100 CP0/75d <sub>b</sub>	3/23	1/17	17/03
CH100 CPd <sub>b</sub>	6/94	4/83	31/38

همانطور که انتظار می رفت در تمامی نمونه ها مفصل پلاستیک در تیر و بعد از منطقه تقویت شده اتصال یعنی بعد از ورق های پوششی تشکیل شده و نمونه های اتصال مدل شده عملکرد مناسبی را در بارگذاری لرزه ای از خود نشان دادند. این



## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اتصال با رسیدن به دوران پلاستیک حداقل  $0.06$  رادیان و افت مقاومتی کمتر از ۲۰ درصد، ضوابط آیین نامه AISC برای اتصال خمشی ویژه [۱۰] را ارضاء می کند که این امر قابلیت شکل پذیری بالای این اتصال را نشان می دهد.



شکل (۳). منحنی های هیستریزس به دست آمده از نمونه های اتصال تقویت شده توسط ناودانی با طول ۵۰ میلیمتر الف) طول ورق های پوششی برابر نصف ارتفاع تیر ب) طول ورق های پوششی برابر  $0.75$  ارتفاع تیر پ) طول ورق های پوششی برابر ارتفاع تیر

### ۶- تأثیر طول ورق های پوششی

برای بررسی تأثیر طول ورق های پوششی بر لنگر حداکثر منحنی هیستریزس اتصالات، انرژی تلف شده توسط اتصال و همچنین چرخش چشمه اتصال، سه مقدار برای طول این ورق هادر نظر گرفته شد (نصف ارتفاع تیر،  $0.75$  ارتفاع تیر و ارتفاع تیر) که با توجه به مشابه بودن منحنی های هیستریزس، برای نمونه منحنی هیستریزس اتصال تقویت شده توسط ناودانی به طول ۵۰ میلیمتر در شکل (۳) و نتایج به دست آمده در جداول (۳) و (۴) ارائه شده است. با توجه به جدول (۴) دیده می شود که با افزایش طول ورق های پوششی، درصد انرژی تلف شده توسط اتصال، لنگر حداکثر به دست آمده از منحنی هیستریزس و درصد چرخش اتصال نسبت به هنگامی که از ورق های پوششی با طول نصف ارتفاع تیر استفاده می شود، افزایش می یابد.

### ۷- نتیجه گیری

در این مقاله برای بررسی تأثیر طول ورق های پوششی بر روی عملکرد لرزه ای اتصال تقویت شده توسط لچکی، سه نمونه اتصال با طولهای متفاوت ورق های پوششی، برابر نصف ارتفاع تیر،  $0.75$  ارتفاع تیر و ارتفاع تیر تحت اثر بارگذاری چرخه ای قرار داده شد. همچنین یک اتصال جدید با جایگزینی لچکی های بیرونی با ناودانی ارائه شد و برای این نوع اتصال نیز تأثیر طول ورق های پوششی بر روی عملکرد لرزه ای اتصال همانند اتصال تقویت شده توسط لچکی بررسی گردید و نتایج زیر حاصل گردید:

(۱) اتصال تقویت شده توسط لچکی در محدوده شبیه سازی شده زاویه تغییر مکان نسبی  $6\%$  طبقه را بر اساس الگوی



## چهارمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و چهارمین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه



- بارگذاری آیین نامه AISC بدون افت مقاومت قابل توجه تحمل کرده است.
- (۲) برای اتصال های تقویت شده توسط لچکی با افزایش طول ورق های پوششی، لنگر حداکثر منحنی هیستریزیس، چرخش چشمه اتصال و همچنین انرژی تلف شده توسط اتصال افزایش می یابد.
- (۳) اتصال تقویت شده توسط ناودانی نیز زاویه تغییر مکان نسبی ۶٪ را تحت الگوی بارگذاری داده شده در آیین نامه AISC بدون افت مقاومت قابل توجه تحمل کرده است و در نتیجه ضوابط این آیین نامه برای قاب های خمشی ویژه را ارضاء می کند. همچنین این نوع اتصال نسبت به اتصال تقویت شده توسط لچکی چرخش کمتری به چشمه اتصال تحمیل می کند.
- (۴) برای اتصال های تقویت شده توسط ناودانی نیز با افزایش طول ورق های پوششی، لنگر حداکثر منحنی هیستریزیس، چرخش چشمه اتصال و همچنین انرژی تلف شده توسط اتصال افزایش می یابد.

### مراجع

- [1] Michael D. Engelhardt., "Reinforcing of steel moment connections with cover plates : benefits and limitations," Engineering Structures, Vol. 20, Nos 4-6, pp. 510-520, 1998.
- [2] Goel, S. C., Stojadinović, B., and Lee, K.-H., "Truss analogy for steel moment connections," Eng. J., 342, 43-53, 1997.
- [3] Lee, K. H., Goel, S. C., and Stojadiovic, B., "Boundary effects in welded steel moment connections," Proc., 6th U.S. National Conf. on Earthquake Engineering, 1998.
- [4] Lee, K. H., Goel, S. C., and Stojadiovic, B. "Boundary effects in steel moment connections," Paper No. 1098, Proc., 12th World Conf. on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 2000.
- [5] Goel, S.C, Lee, K.H and Stojadinovic, B., "Design of Welded Steel Moment Connections Using Truss Analogy," Engineering Journal, First Quarter, University of Utah Interlibrary Loan, 2000.
- [6] Arlekar, J .N, Murty, C. V. R., "Improved Truss Model for Design of Welded Steel Moment-Resisting Frame Connections," Journal of Structural Engineering © ASCE/MARCH 2004.
- [7] Goel, S. C., Stojadinovic, B., and Lee, H. K., "A new look at steel moment connections," Rep. No. UMCEE 96-19, The Univ. of Michigan College of Engineering, 1996.
- [8] ABAQUS/PRE V6.11. User manual. Hibbit, Karlsson and Sorensen Inc., 2011.
- [9] Federal Emergency Management Agency (FEMA). Recommended seismic design criteria for new steel moment frame building. Reports FEMA350, Washington, D. C. June, 2000.
- [10] AISC/ANSI 341-10. Seismic provisions for structural steel buildings. Chicago (IL): American Institute of Steel Construction, Inc.; 2010.