

## بررسی تأثیرات اندازه فاصله اولین سوراخ روی بال تیر از بر ستون در رفتار لرزه‌ای اتصال DFC

محسن علی بخشی\*، کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، بروجرد، ایران

روح اله احمدی جزنی، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق، تهران، ایران  
محمد سهیل قبادی، عضو هیأت علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، قزوین، ایران  
پیمان شادمان حیدری، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق، تهران، ایران  
مهدی امری، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران  
\*mohsen.Alibakhshi2011@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۰۷/۱۸

### چکیده:

اتصالات کاهش یافته در مقطع تیر به عنوان اتصالات شکل پذیر در قاب‌های خمشی ویژه شناخته می‌شوند. نمونه‌ای از اتصال مقطع کاهش یافته تیر که در آیین‌نامه‌های معتبر ساختمانی معرفی شده اتصال با کاهش مقطع بال تیر به وسیله برش شعاعی (RBS) می‌باشد. به منظور کاهش هزینه ساخت و همچنین اجرای ساده‌تر این نوع اتصال روش جدیدی بر مبنای ایجاد سوراخ‌های در بال تیر (DFC) به جای برش بال پیشنهاد شده است. در این پژوهش تأثیر فاصله اولین سوراخ روی بال تیر از بر ستون که به منظور کاهش مقطع ایجاد شده در رفتار لرزه‌ای اتصال DFC مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مطالعه نشان می‌دهد که فاصله اولین سوراخ از بر ستون در بازه مکانی که بر اساس نسبتی از عرض بال تیر به میزان  $(0.45 - 0.7 b_f)$  می‌باشد، رفتار شکل‌پذیر اتصال DFC را تأمین می‌نماید.

**کلید واژگان:** اتصال DFC، اتصال مقطع کاهش یافته، قاب خمشی ویژه، رفتار لرزه‌ای

### ۱- مقدمه

در زلزله نورتریج ۱۹۹۴ و کوبه ۱۹۹۵ اتصالات قاب‌های خمشی بر خلاف انتظاری که از آنها می‌رفت، دچار صدمات شکننده‌ای شدند [۲]. پس از آن مطالعات مختلفی جهت بهبود دادن رفتار لرزه‌ای اتصالات قاب‌های خمشی صورت پذیرفت [۳]. تعدادی از این اتصالات بهبود یافته که از نظر اطمینان در آزمایشات مختلف مورد تأیید قرار گرفته بودند در آزمایشات FEMA پیشنهاد شده‌اند [۴]. پس از زلزله نورتریج دو استراتژی جهت بهبود رفتار لرزه‌ای اتصالات و

دستیابی به درجات بالاتری از انعطاف پذیری و همچنین اطمینان از عملکرد آنها مطرح شد که عبارت است از:

- ۱- دیده‌گاه قوی کردن اتصال
- ۲- دیده‌گاه تضعیف تیر اتصال

دیده‌گاه قوی کردن اتصال به منظور دور کردن مفصل پلاستیک از بر اتصال می‌باشد. این روش باعث بالا رفتن هزینه ساخت، افزایش فرآیند جوشکاری و همچنین افزایش مقاومت و سختی اتصال می‌شود [۵]. روش دیگری که به منظور دور کردن مفصل پلاستیک از بر

- ۱- توانایی لازم جهت رسیدن به تغییر شکل‌های نسبی معادل  $0.04$  رادیان جهت چرخش اتصال تیر به ستون را داشته باشد.
- ۲- مقاومت خمشی اتصال در بر ستون در چرخش  $0.04$  رادیان حداکثر ۲۰ درصد نسبت به لنگر پلاستیک اسمی کاهش داشته باشد.

### ۳- طراحی مقطع کاهش یافته

در مدل‌های استفاده شده در این مقاله از کاهش مقطع به میزان ۴۰ درصد عرض بال در بیشترین کاهش مقطع بهره گرفته شده است. به مفهوم دیگر قطر بزرگترین سوراخ در بال برابر با  $0.2b_f$  می‌باشد. همچنین فاصله میان سوراخ‌ها از یکدیگر برابر ۱۸ سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

### ۴- طراحی چشمه اتصال

تحقیقات گذشته نشان داده‌اند که چشمه اتصال ضعیف باعث ایجاد شکست در جوش نفوذی خواهد شد [۱]. بر همین اساس چشمه اتصال نمونه‌ها در حالت قوی طراحی شده است. برای کنترل حالت قوی از نسبت  $V_{pz}/V_y$  مورد استفاده در FEMA بهره گرفته شده است. یعنی به منظور حالت قوی نسبت  $V_{pz}/V_y = 0.7$  مورد استفاده قرار گرفته که در این نسبت  $V_y$ ،  $V_{pz}$  به ترتیب از معادلات (۱) و (۲) بدست می‌آیند [۱۸].

$$V_y = 0.55F_{yc} d_c t_{wc} \quad (1)$$

$$V_{pz} = \frac{\sum M_f}{d_b} \left( \frac{L}{L-d_c} \right) \left( \frac{h-d_b}{h} \right) \quad (2)$$

که در این روابط

$h$ : ارتفاع ستون

$d_b$ : ارتفاع مقطع تیر (یا فاصله ورق‌های اتصال بال‌های تیر به ستون)

$d_c$ : عمق مقطع ستون در جهت برش وارده

$L$ : طول تیر

$t_{wc}$ : ضخامت جان مقطع ستون به همراه ورق تقویت

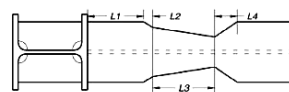
$F_{yc}$ : تنش تسلیم ستون

### ۵- شاخص‌های خسارت

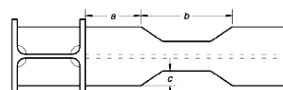
شاخص‌های خسارت شامل شاخص فشار (PI)، شاخص میسر (MI)، شاخص کرنش پلاستیک معادل (PEEQI)، شاخص سه محوری (TI) و شاخص گسیختگی (RI) می‌باشند که توسط آقای El-Tawil

ستون ایجاد معایب گفته شده در قسمت قبل روش کاهش مقطع تیر اتصال می‌باشد. روش‌های گوناگونی جهت کاهش مقطع تیر اتصال وجود دارد. از جمله روش‌های کاهش مقطع می‌توان به روش بریدن قسمتی از بال تیر (RBS) و همچنین ایجاد سوراخ‌های در بال تیر (DFC) اشاره نمود [۶،۷ و ۸].

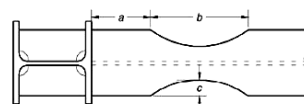
روش بریدن قسمتی از بال تیر اولین بار توسط plumier در سال ۱۹۹۰ میلادی پیشنهاد شده است [۹]. برای برش در بال تیر الگوی گوناگونی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به برش ثابت، برش مخروطی و برش شعاعی همانند شکل (۱) اشاره نمود [۱۰].



Tapered Cut RBS Section



Straight Cut RBS Section



Radius Cut RBS Section

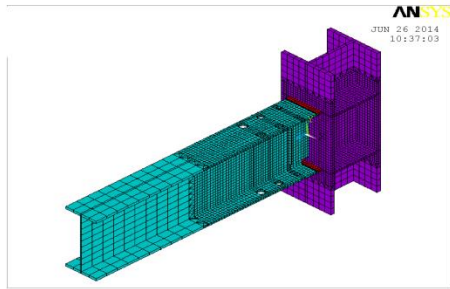
### شکل ۱- انواع روش بریدن بال تیر [۹]

به منظور کاهش هزینه‌های ساخت و همچنین اجرای ساده‌تر در اتصالات RBS یانگ و پوپوف پیشنهاد دادن جهت کاهش مقطع تیر از سوراخ‌های در بال تیر بهره‌گیری شود [۱۱]. مطالعات متعدد نشان دادند که استفاده از سوراخ‌های با قطر برابر نمی‌تواند ضوابط قاب‌های خمشی ویژه را برآورده نماید [۱۲ و ۱۳]. در مطالعات بعد روش جدیدی که بر مبنای ایجاد سوراخ‌های با قطر نابرابر و دارای چیدمان خاص سوراخ‌ها بود، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعات نشان داد که این نوع اتصالات توانایی برآورده ساختن شرایط قاب‌های خمشی را دارا می‌باشند [۱۴، ۱۵ و ۱۶].

در این پژوهش اثرات اندازه فاصله اولین سوراخ روی بال تیر اتصال (Drilled Flange Connection) DFC که از سوراخ‌های با قطر نابرابر و چیدمان سوراخ‌های از کوچک به بزرگ تشکیل شده است را بر روی رفتار لرزه‌ای اتصال DFC مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهیم.

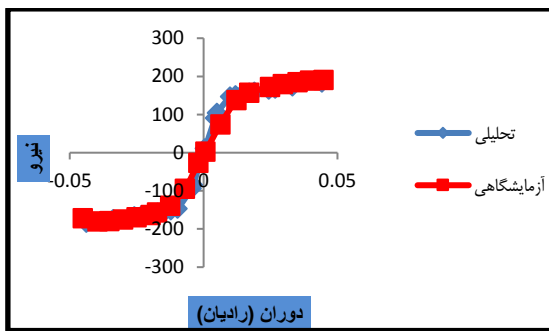
### ۲- طرح اتصالات خمشی

اتصالات خمشی ویژه بر اساس آیین‌نامه AISC بر اساس آیین‌نامه آمریکا اتصالاتی جزء قاب‌های خمشی ویژه قلمداد می‌شوند که نیازهای زیر را برآورده سازند [۱۷].



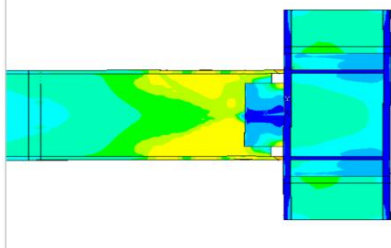
شکل ۳- نحوه مدل سازی و مش بندی مدل اجزاء محدود

همان طوری که از شکل (۴) مشاهده می شود نتایج بدست آمده از تحلیل عددی با نتایج آزمایش از انطباق خوبی برخوردار می باشند.



شکل ۴- پوشش منحنی لرزه‌ای

همچنین مکان ایجاد مفصل پلاستیک با توجه به شکل (۵) برای هر دو نمونه آزمایشگاهی و تحلیلی در ناحیه مقطع کاهش یافته صورت پذیرفته است.



شکل ۵- ناحیه ایجاد مفصل پلاستیک

پیشنهاد شده‌اند شاخص‌های مذکور از روابط (۳) تا (۷) بدست می‌آیند [۱۹].

$$PI = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} \quad (۳)$$

$$MI = \frac{\sigma_v}{\sigma_y} \quad (۴)$$

$$PEEQI = \frac{PEEQ}{\epsilon_y} \quad (۵)$$

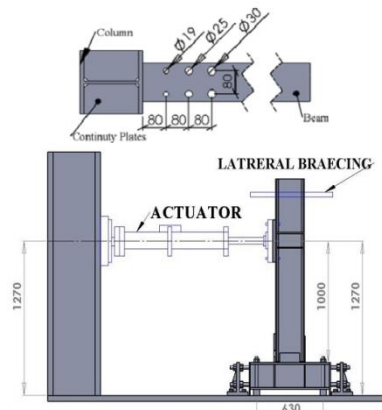
$$TI = \frac{\sigma_m}{\sigma_v} \quad (۶)$$

$$RI = \frac{PEEQ}{\exp(-1.5 \frac{\sigma_m}{\sigma_v})} \quad (۷)$$

در این روابط تنش هیدرواستاتیکی ( $\sigma_m$ )، تنش تسلیم ( $\sigma_y$ )، کرنش پلاستیک معادل (PEEQ) در نرم افزار ANSYS، کرنش تسلیم ( $\epsilon_y$ ) و تنش میسز ( $\sigma_v$ ) می‌باشند.

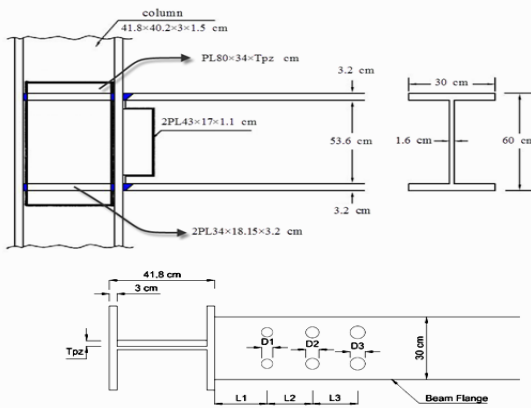
### ۶- صحت سنجی مدل

جهت انجام صحت سنجی مدل پیشنهادی اتصال با بال سوراخ شده از مدل آزمایشگاهی که توسط دکتر وتر و همکاران در پژوهشگاه بین المللی زلزله مورد آزمایش قرار گرفته است [۱۶]، استفاده شده است شکل (۲). برای این منظور مدل آزمایش شده در آزمایشگاه را به وسیله نرم افزار انسیس مدل سازی و مورد تحلیل قرار داده‌ایم. شکل (۳)



شکل ۲- مدل آزمایشگاهی ونحوه انجام آن

می‌توان سوراخ را بر روی بال تیر ایجاد نمود، ساخته شده و نمونه‌های بعدی با افزایش فاصله نسبت به نمونه قبلی خود ایجاد شده است. افزایش میزان فاصله اولین سوراخ از بر اتصال تا مقادیر بیشتر از عرض بال تیر ادامه یافته است. در شکل (۷) هندسه نمونه‌ها و در جدول (۳) جزئیات هر نمونه را که صورت دقیق مشخص شده را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۷- هندسه کلی اتصال

جدول ۳- جزئیات نمونه‌های اتصال

اتصال	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	L <sub>3</sub> cm	D <sub>1</sub> cm	D <sub>2</sub> cm	D <sub>3</sub> cm	T <sub>pz</sub> cm
DFC 1	6	18	18	4.5	5.25	6	1.05
DFC 2	9	18	18	4.5	5.25	6	1.05
DFC 3	15	18	18	4.5	5.25	6	1.05
DFC 4	21	18	18	4.5	5.25	6	1.05
DFC 5	27	18	18	4.5	5.25	6	1.05
DFC 6	33	18	18	4.5	5.25	6	1.05

#### ۹- مصالح به کار رفته در نمونه‌ها

مصالح به کار رفته برای تیر و ستون نمونه‌ها به ترتیب از دو نوع فولاد St 37 و SM 490 YA می‌باشند که در جدول (۴) مشخصات مربوط به این مصالح آورده شده است.

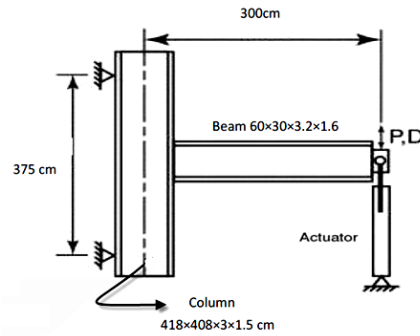
مدول الاستیسیته  $E = 2.1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  و ضریب پواسون  $\nu = 0.3$  برای مصالح به کار رفته در مدل‌ها استفاده شده است. همچنین برای مدل سازی جوش از مشخصات الکتروود E 7018 استفاده شده است.

جدول ۴- مشخصات مصالح

نوع فولاد	مقاومت حد تسلیم $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	مقاومت حد نهایی $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
St 37	۲۴۰۰	۳۶۰۰
SM 490 YA	۳۶۰۰	۶۰۰۰

#### ۷- هندسه کلی نمونه‌ها

در زیر سازه‌ای شامل یک گره از اتصال کناری یک قاب خمشی ویژه که متشکل از دو ارتفاع نیم ستون بالا و پایین و تیری به طول نصف دهانه قاب مطابق شکل (۶) مدل سازی شده است. تمام نمونه‌های مورد بررسی از ستون با مقطع H و تیر با مقطع I شکل با مشخصات جداول (۱) و (۲) می‌باشند.



شکل ۶- هندسه کلی نمونه‌ها

جدول ۱- مشخصات ستون نمونه‌ها

ارتفاع کلی جان	41.8 cm
ضخامت جان	1.5 cm
عرض بال ستون	40.2 cm
ضخامت بال ستون	3 cm
ممان اینرسی حول محور قوی	$98000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^4}$
اساس مقطع حول محور قوی	$4690 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
اساس مقطع پلاستیک	$5230 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
مساحت	$299.1 \text{ cm}^2$

جدول ۲- مشخصات تیر نمونه‌ها

ارتفاع کلی تیر	60 cm
ضخامت جان	1.6 cm
عرض بال تیر	30 cm
ضخامت بال تیر	3.2 cm
ممان اینرسی حول محور قوی	$177000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^4}$
اساس مقطع حول محور قوی	$5890 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
اساس مقطع پلاستیک	$6640 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
مساحت	$279.2 \text{ cm}^2$

#### ۸- معرفی پارامتر مورد بررسی

برای ارزیابی میزان فاصله اولین سوراخ روی بال تیر از بر ستون تعداد ۶ نمونه در نظر گرفته شده است. نمونه اول از حداقل مقدار که

### ۱۰- بارگذاری نمونه‌ها

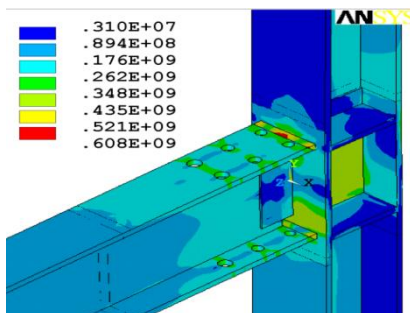
بارگذاری انجام شده بر روی نمونه‌ها بر اساس پروتکل بارگذاری AISC 2005 که در جدول (۵) قابل مشاهده است، انجام گرفته است. همان طور که مشاهده می‌شود بارگذاری بر اساس بارهای رفت و برگشتی بر اساس تغییر مکان سر تیر انجام می‌پذیرد.

جدول ۴-۱۵ - بارگذاری

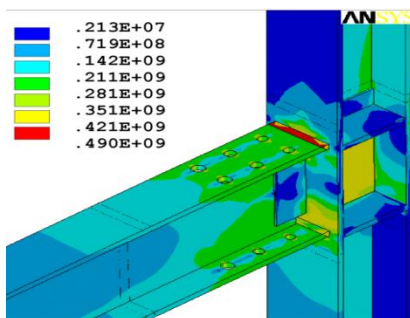
تعداد سیکل‌ها	زاویه چرخش (رادیان)	تغییر مکان cm
۶ سیکل	$\theta = 0.00375 \text{ rad}$	1.125
۶ سیکل	$\theta = 0.005 \text{ rad}$	1.5
۶ سیکل	$\theta = 0.0075 \text{ rad}$	2.25
۴ سیکل	$\theta = 0.01 \text{ rad}$	3
۲ سیکل	$\theta = 0.015 \text{ rad}$	4.5
۲ سیکل	$\theta = 0.02 \text{ rad}$	6
۲ سیکل	$\theta = 0.03 \text{ rad}$	9
۴ سیکل	$\theta = 0.04 \text{ rad}$	12
۲ سیکل	$\theta = 0.05 \text{ rad}$	15

### ۱۳- بررسی نتایج بدست آمده

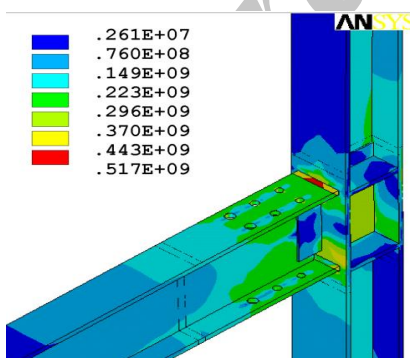
در قاب‌های خمشی ویژه تیرها به عنوان اعضاء جاذب انرژی لرزه‌ای محسوب می‌گردند. تیرها وظیفه جذب انرژی را با استفاده از رفتار غیرخطی در محل مفصل پلاستیک انجام می‌دهند. در اشکال (۹) تا (۱۴) کانتورهای تنش ون مسیز و کرنش پلاستیک معادل تعدادی از نمونه‌ها تحت بارگذاری چرخه‌ای در نقطه جابجایی ۱۲ سانتیمتر (۰/۰۴ رادیان) را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۹- تنش معادل ون مسیز نمونه DFC 1



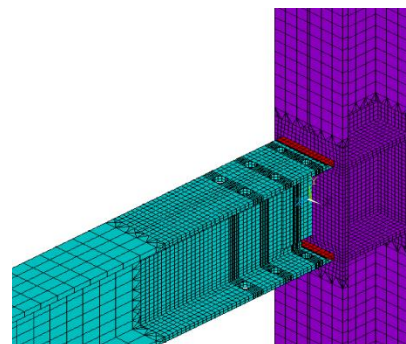
شکل ۱۰- تنش معادل ون مسیز نمونه DFC 3



شکل ۱۱- تنش معادل ون مسیز نمونه DFC 4

### ۱۱- مدل سازی اجزاء محدود

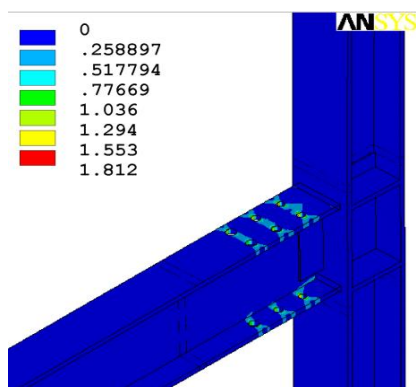
برای بررسی اتصال به روش اجزاء محدود از نرم افزار ANSYS استفاده شده است. این نرم افزار قادر به در نظر گرفتن تغییر شکل‌های بزرگ غیر خطی در حالت تحلیل سه بعدی است [۲۰]. برای مدل سازی نمونه‌ها از المان حجمی Solid 45 بهره گرفته شده است. جهت مش بندی نمونه‌ها از مش بندی متناسب و منظم Hex به نحوی که در نواحی حساس اتصال از ابعاد مش کوچکتری استفاده شده است نحوه مدل سازی و مش بندی انجام شده نمونه‌ها در شکل (۸) مشخص شده است.



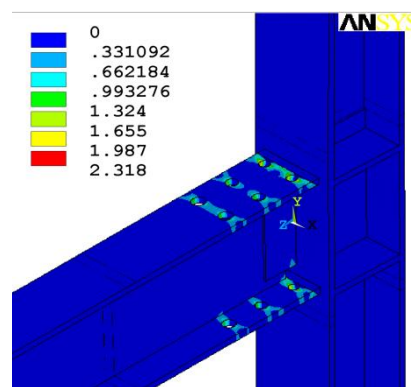
شکل ۸- نمونه اتصال مش بندی شده

### ۱۲- آنالیز

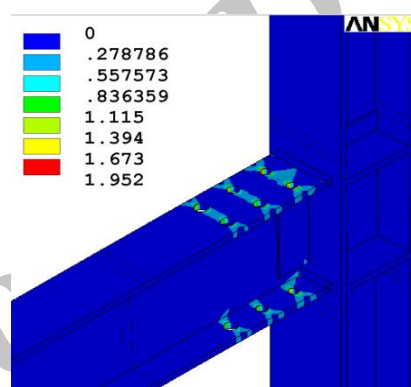
آنالیز انجام شده بر روی نمونه‌ها از نوع آنالیز استاتیکی غیرخطی و با لحاظ نمودن تغییر شکل‌های بزرگ بر اساس معیار ون مسیز صورت گرفته است. زمان آنالیز برای هر هریک از نمونه‌ها در حدود ۳ ساعت بوده است.



شکل ۱۴- کرنش پلاستیک معادل نمونه DFC 4



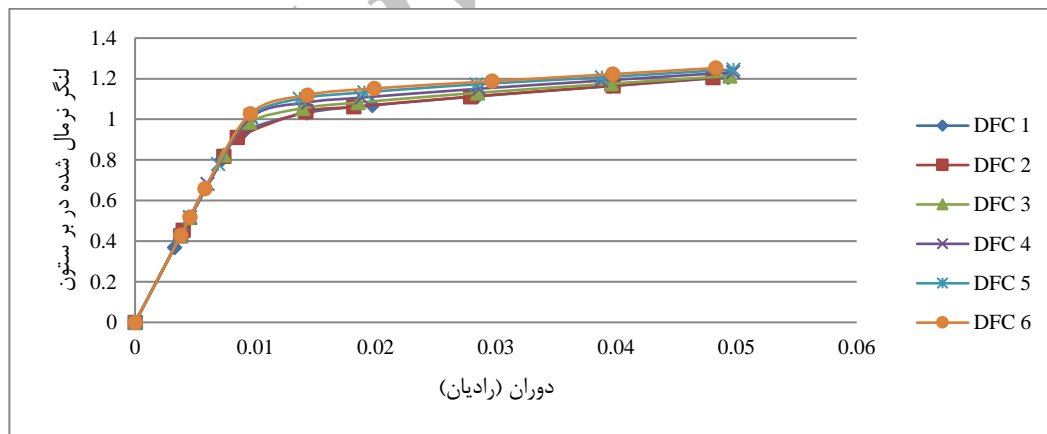
شکل ۱۲- کرنش پلاستیک معادل نمونه DFC 1



شکل ۱۳- کرنش پلاستیک معادل نمونه DFC 3

#### ۱۴- مقایسه منحنی‌های هیستریزس بدست آمده

به منظور مقایسه نمودارهای هیستریزس ابتدا آنها را به نمودارهای ساده شده پوش تبدیل شده است، سپس مقایسه‌ای میان پوش منحنی‌های لرزه‌ای نمونه‌ها با هم صورت پذیرفته است. در شکل (۱۵) مقایسه پوش منحنی‌های پاسخ لرزه‌ای برای نمونه‌ها نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۵- پوش منحنی‌های پاسخ لرزه‌ای نمونه‌ها

نتیجه مقایسه این نمودارها که افزایش فاصله از بر اتصال در آنها متغیر بوده است، نشان داد که افزایش فاصله اولین سوراخ از بر اتصال باعث افزایش میزان جذب لنگر نهایی نرمال شده می‌شود. پس بنابراین بهتر است به منظور جذب بیشتر انرژی از میزان فاصله بیشتری در ناحیه میان اولین سوراخ تا بر اتصال مورد استفاده قرار گیرد. تنها نکته مهم

همان‌طور که در شکل (۱۵) مشاهده می‌شود مقدار لنگر نرمال شده هر یک از نمودارها در زاویه  $0.04$  رادیان برای هر یک از نمونه‌ها به ترتیب برابر با  $(DFC1=1.165414)$ ،  $(DFC2=1.166217)$ ،  $(DFC3=1.176602)$ ،  $(DFC4=1.198333)$ ،  $(DFC5=1.214938)$  و  $(DFC6=1.227769)$  می‌باشد.

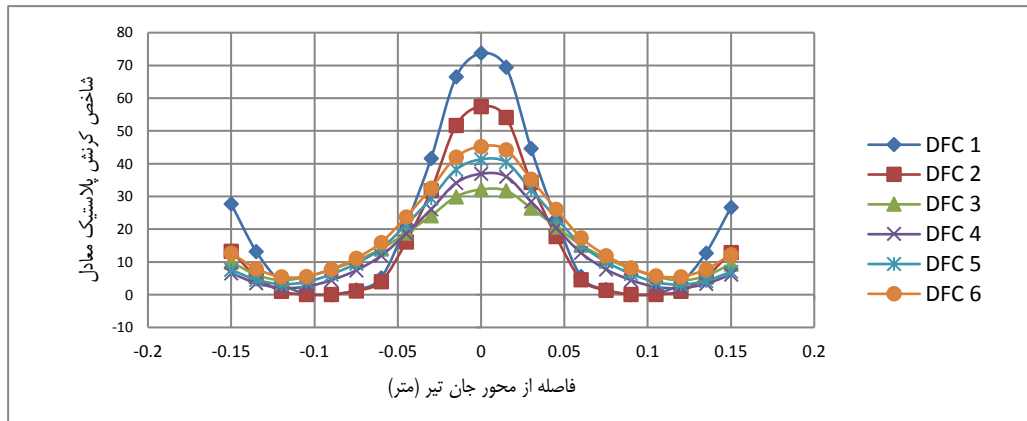


شده در جوش و جلوگیری از شکست آن می‌باشد. در این قسمت از پژوهش ما به بررسی دو شاخص از شاخص‌های خسارت که به ترتیب شامل شاخص کرنش پلاستیک معادل (PEEQI) و شاخص گسیختگی (RI) می‌باشند، می‌پردازیم. نتیجه این بررسی اثرات میزان فاصله اولین سوراخ از بر اتصال DFC را بر روی میزان کاهش شاخص‌های خسارت در جوش نفوذی مشخص می‌نماید.

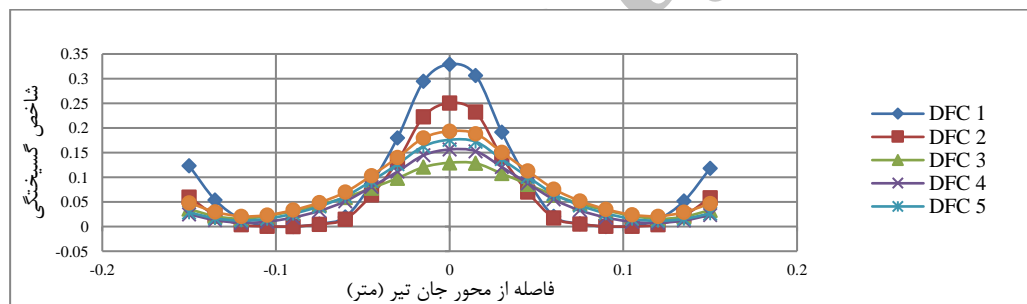
در این افزایش فاصله اطمینان از آسیب ندیدن جوش نفوذی اتصال تیر به ستون می‌باشد؛ در ادامه به بررسی جوش نفوذی اتصال می‌پردازیم.

### ۱۵- مقایسه میزان شاخص‌های خسارت جوش نفوذی

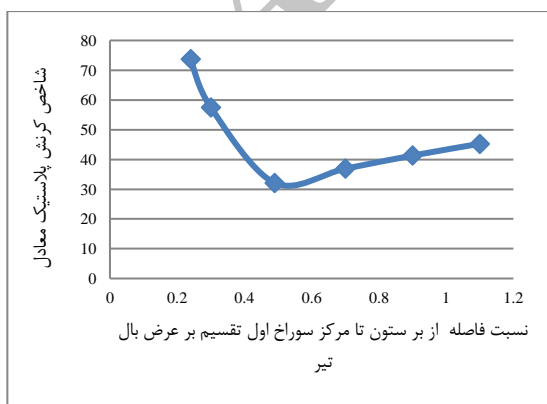
در زلزله‌های گذشته بیشترین شکست اتصال در ناحیه جوش نفوذی تیر به ستون رخ داده است. بنابراین روش‌های که جهت بهبود رفتار اتصال صورت پذیرفته است، به منظور کاهش تنش‌های ایجاد



شکل ۱۶- نمودار شاخص کرنش پلاستیک معادل برای نمونه‌ها



شکل ۱۷- نمودار شاخص گسیختگی برای نمونه‌ها



شکل ۱۸- مقایسه نمودار شاخص کرنش پلاستیک معادل جوش نفوذی در وسط تیر

همان طوری که از اشکال شاخص‌های خسارت در جوش نفوذی مشخص است با افزایش فاصله اولین سوراخ از بر اتصال میزان شاخص‌ها ابتدا شروع به کاهش و در نهایت از یک میزان فاصله به بعد دوباره میزان شاخص‌ها خسارت شروع به افزایش می‌نمایند. افزایش شاخص‌های خسارت باعث افزایش پتانسیل شکست ترد در ناحیه جوش نفوذی اتصال و در نتیجه شکست اتصال خواهد شد. به منظور ارزیابی دقیق‌تر اثرات فاصله اولین سوراخ از بر اتصال در میزان شاخص‌های خسارت بررسی شده، دو ناحیه وسط و گوشه جوش نفوذی اتصال تیر به ستون که از آسیب پذیری بیشتری نسبت به بقیه نقاط برخوردار هستند را در نمودارهای که بر اساس نسبت عرض بال تیر مرتب شده، مورد مقایسه قرار می‌دهیم.

شکل‌ها مشاهده می‌شود می‌توان بر اساس نسبتی از عرض بال تیر بدست آورد. بازه بدست آمده به منظور فاصله اولین سوراخ از بر ستون دارای مقادیر  $(0.45 - 0.7 b_f)$  می‌باشد.

### ۱۶- نتیجه گیری

اتصال با مقطع کاهش یافته توسط سوراخ DFC که از سوراخ های با قطر متغیر و چیدمان کوچک به بزرگ ساخته شده است؛ توانایی رسیدن به چرخش تا  $0.04$  رادیان را بدون کاهش مقاومت، دارا می‌باشد. بنابراین می‌توان این اتصال را در قاب خمشی ویژه مورد استفاده قرار داد.

بررسی‌های انجام شده بر روی میزان فاصله‌ای که باید اولین سوراخ از بر اتصال داشته باشد نشان می‌دهند که هر چه میزان فاصله اولین سوراخ از بر اتصال افزایش یابد به همان میزان مقدار لنگر نرمال شده نهایی افزایش می‌یابد. در صورتی که بررسی‌های صورت گرفته بر روی شاخص‌های خسارت جوش نفوذی نشان می‌دهد که نزدیکی بیش اندازه یا دوری خیلی زیاد از بر اتصال باعث بالا رفتن مقادیر شاخص‌های خسارت و احتمال شکست ترد در اتصال می‌باشد. و تنها در بازه خاصی از بر اتصال می‌توان به طور هم زمان هر دو عامل اثر گذار بر رفتار اتصال یعنی بالا بردن میزان جذب لنگر و کاهش میزان شاخص‌های خسارت را بدست آورد. بازه اشاره شده را می‌توان بر اساس مقادیری از عرض بال تیر تعیین نمود که این بازه پس از بررسی‌های انجام شده به میزان  $(0.45 - 0.7 b_f)$  تعیین شده است.

### ۱۷- مراجع:

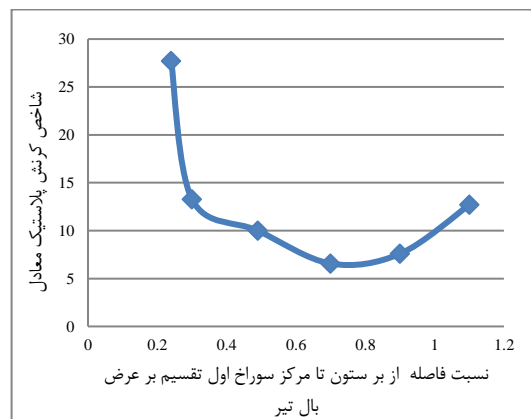
[۱]- دیلمی، ا. بررسی تاثیر ناحیه چشمه ستون روی ناپایداری تیر با اتصالات RBS به کمک آزمایشات تناوبی روی پاره سازه‌های فولادی، گزارش تحقیقاتی ۵۶۴، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۸۹

[2]- Federal Emergency Management Agency (FEMA). " Experimental Investigation of Steel Beam to Column Subassemblies", FEMA -1996-01 .Part 1. 1996

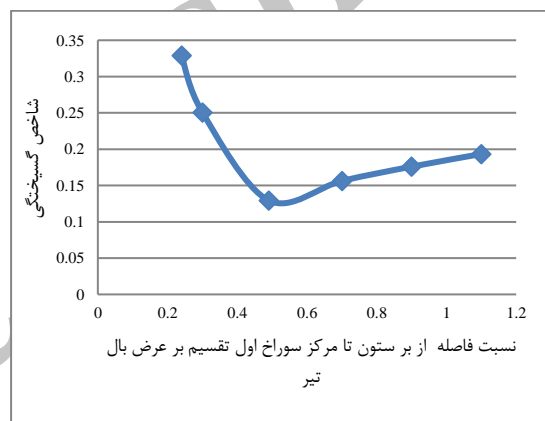
[3]- FEMA -353., "Recommended Specifications and Quality Assurance Guidelines for Steel Moment Frame Construction for Seismic Applications", Prepared by SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency , Washington, DC , 2000

[4]- FEMA- 350, "Recommended Seismic Design Criteria for New Steel moment - Frame Buildings" , Prepared by SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency , Washington, DC , 2000

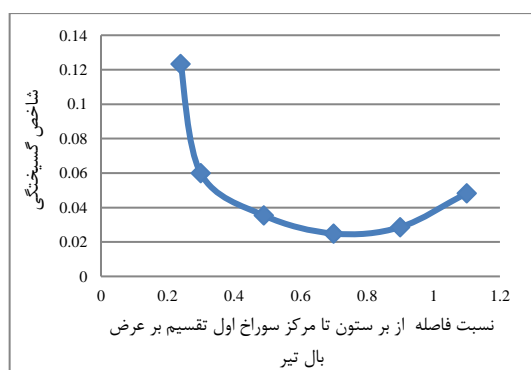
[5]- Jamasbi, H., mardookhpour .A.R., and Sanaei ., "Cyclic Behavior of Double I-beams RBS Connections ", 6th International Conference on seismology and Earthquake Engineering ,2011



شکل ۱۹- مقایسه نمودار شاخص کرنش پلاستیک معادل جوش نفوذی در گوشه تیر



شکل ۲۰- مقایسه نمودار شاخص گسیختگی جوش نفوذی در وسط تیر



شکل ۲۱- مقایسه نمودار شاخص گسیختگی جوش نفوذی در گوشه تیر

از بررسی اشکال (۱۸) تا (۲۱) که مربوط به مقایسه شاخص‌های خسارت نمونه‌ها می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که بهبود شاخص‌های خسارت جوش نفوذی برای پارامتر فاصله اولین سوراخ از بر اتصال در یک بازه مکانی خاصی صورت می‌گیرد. این بازه را همان طور که در



- [16]- Vetr .M.GH., Miri .M. , Haddad. A., " Seismic Behavior of a New Reduced Beam Section Connection by Drilled Holes Arrangement (RBS\_DHA) on the Beam Flanges through Experimental Studies", 15 World Conference on Earthquake Engineering (WCEE) , 2012
- [17]- American Institute of Steel Construction (AISC). " Seismic Specification for Structural Steel Buildings" Chicago . IL. (2005)
- [18]- FEMA -355 D. ," State of Art Report on Connection Performance " , Prepared by the SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency , Washington ,September , 2000
- [19]- El-Tawil ,S., Mikesell . T.,Vidarsson. E., and Kunnath. SK .," Strength and ductility of FR Welded-bolted Connection" ,SAC Report 98-1. sacramento ,calif ., SAC Joint Venture 1998.
- [20]- ANSYS/Multiphysics Version 12, ANSYS, Inc., Canonsburg
- [6]- Chen, S.J. ,"A Simple and Effective Retrofit Method for Steel Beam to Column Connections", Seventh US Japan Workshop on the Improvement Structural Design and Construction Practices , Applied Technology Council , Redwood City, California 1996
- [7]- Engelhardt, M.D., Winneberger, T., Zekany, A.J., and Potyraj, T.J.," The Dogbone Connection : Part 11 " , Modern Steel Construction , Vol 36, No.1 ., American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois , 1996
- [8]- American Institute of Steel Construction (AISC). " Seismic Provisions for Structural Steel Buildings" Chicago . IL. (2005)
- [9] Plumier, A., " New Idea for Safe Structure in Seismic Zones " , IABSE Symposium , Brussels , Belgium , 1990
- [10]- FEMA 351, " Recommended Seismic Evaluation and Upgrade Criteria for Existing Welded Steel moment Frame Buildings", Washington ,DC , 2001
- [11]- Uang. C. M. , Yu. Q., Noel. S .and Gross.J., " Cyclic Testing of Steel moment Connection Rehabilitated with RBS or Welded Haunch" J Struct Eng ASCE 126(1) 67-78 , 2000
- [12]- Jiaru . Q., Haiqum . Y., Feng . Y., Hai .D., Jianhua .L., and Yueming . L., " Experimental Study on full- Scale Steel Beam to Column moment Connections" , Earthquake Engineering and Engineering Vibration , December , 2005
- [13]- Tsai K.C., and Chen .C.Y.," Performance of Ductile Steel Beam - Column Moment Connections" , Eleventh World Conference on Earthquake Engineering ,ISBN. 0 .08 , 1996
- [14]- Sang .Ju L.EE , Sang. E. H. , Sam Y. N. , Sung. W. S.," Deformation Capacity of Reduced Beam Section Moment Connection by Staggered Holes" , Proceedings of the International Conference on Sustainable Building Asia, Seoul, Korea, 27-29 June 2007
- [15]- Farrokhi. H., Danesh. F., Eshghi. S., "A modified moment resisting connection for ductile steel frames (Numerical and experimental investigation)" Journal of Constructional Steel Research 65 (2009) 2040–2049

## Study on the Effect of the First Hole Distance of Beam Flange from Column Face on the Seismic Behavior of Drilled Flange Connection (DFC)

Mohsen Ali Bakhshi

Master of Science in Civil Engineering- Structure, Islamic Azad University, Boroujerd Branch, Boroujerd, Iran

Rohollah Ahmadi Jazani

Assistant Professor, Islamic Azad University, East Tehran Branch, Tehran, Iran

Mohammad Sohail Ghobadi

Assistant Professor, Imam Khomeini International University, Ghazvin, Iran

Peyman shadman heydari

Assistant Professor, Islamic Azad University, East Tehran Branch, Tehran, Iran

Mehdi Amri

Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, Iran

### ABSTRACT:

Beam to column welded connection with radius cut on beam flange is known as rigid connection that provides acceptable ductility for Special Moment Resisting Frame (SMRF). In order to decrease the cost of construction and to provide an easy-to-construct structure, the new method is available for reducing the beam section based on drilling on beam flange, known as Drilled Flange connection (DFC). In this research, the effects of distance between first rows of holes from the column face on the seismic performance of DFC are studied for a specific configuration of the holes. Based on the results, the above-mentioned distance should be limited to 0.45 to 0.7 of beam flange width to provide acceptable ductility for DFC.

**Keywords:** Drilled flange connection (DFC), Reduced beam section, Special Moment Resisting Frame (SMRF), Seismic behavior.