



مطالعات آزمایشگاهی در تأثیر ضخامت ورق پوشش بر مقاومت نهایی و ضریب رفتار دیوار فولادی نازک با مهاربند یک طرفه

دکتر محمدرضا جواهری تفتی¹، دکتر حمیدرضا رونق²، محمد موحد اصل³

1- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تفت، گروه عمران، تفت، ایران

javaheri@taftiau.ac.ir

2- دانشیار، دانشگاه کوئزلند، استرالیا

hamidronagh@gmail.com

3- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تفت، گروه عمران، تفت، ایران

mo_movahhedi@yahoo.com

چکیده

مقاطع سرد نورد شده در صنعت ساخت و ساز کشورهای مختلف جهان کاربرد زیادی یافته اند. سیستم LSF در سالهای اخیر به شکل گسترده و به عنوان یکی از انواع تولید صنعتی ساختمان ها به کار گرفته شده است. بازنگری متون نشان داده است اگر چه دیوارهای CFS جدید نیستند و سالها به عنوان مولفه های غیرسازه ای استفاده شده اند، امروزه کاربردشان به عنوان چارچوب های سازه ای باربر نسبتاً جدید است. برای ارزیابی مشخصات لرزه ای این قاب ها، 2 قاب CFS با مقیاس کامل تحت بار گذاری چرخه ای روش B استاندارد ASTM-E2126-07 قرار گرفت. پارامترهای مورد بررسی در این مطالعات شامل حلقه های هیستریزس و مود خرابی نمونه ها می باشد. نتایج این مطالعات نشان می دهد که نسبت به افزایش ضخامت ورق دیوار برشی با تقویت اعضای سازه ای می توانیم نتیجه مطلوب تری از رفتار لرزه ای قاب های CFS مشاهده کنیم.

واژگان کلیدی: قاب CFS، حلقه های هیستریزس.

1. مقدمه

نیاز شدید به افزایش بهره وری در بخش ساختمان کشور این واقعیت را آشکار کرده است که استفاده از سیستم های سنتی در امر ساخت و ساز جوابگوی نیاز جامعه نبوده و استفاده از فناوری های نوین در این بخش اجتناب ناپذیر است. در این میان سیستم های ساختمانی با پتانسیل های تولید صنعتی و پیش ساختگی می توانند نیازهای کمی و کیفی صنعت ساختمان را برآورده کنند یکی از این سیستم ها، سیستم قاب سبک فولادی است که نه تنها امکان تولید صنعتی و پیش ساختگی آنها وجود دارد، بلکه به علت سبک موجود سیستم در هنگام زمین لرزه، آسیب پذیری ساختمان ها را به حداقل می رساند. [1]. دیوارهای برشی یکی از اجزای اصلی و مقاوم در برابر بارهای جانبی مخصوصاً زلزله اند که به طور وسیع در ساختمان های کوتاه مرتبه و میان مرتبه که فلزی مورد استفاده قرار می گیرند. هر پانل دیوار برشی از یک قاب فولادی با مقاطع فولادی سرد



نورد شده تشکیل شده است که تیرکها ستونک های قاب به وسیله پیچ های خودکار یا پرچ به یکدیگر متصل شده اند و پوششی از مصالح چوبی یا ورق فولادی نازک بر روی قاب پیچ شده یا چسبانده می شود. برای طراحی سازه های سرد نورد شده تعیین میزان مقاومت جانبی دیوارها برشی اهمیت بسزایی دارد. برای تعیین مقاومت جانبی پانلهای دیوار برشی به دلیل رفتار نسبتاً پیچیده پانل، اکثراً از آزمایشات تمام مقیاس استفاده می شود که مؤسسه آهن و فولاد آمریکا [2] بر اساس این آزمایشات مقادیر مقاومت چند نوع دیوار برشی استاندارد را ارائه می دهد.

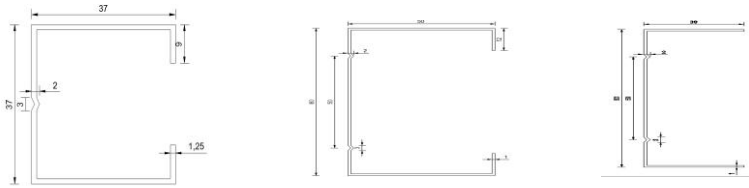
2. برنامه آزمایش

برای ارزیابی مشخصات لرزه ای قاب های سرد نورد شده، 6 قاب CFS با مقیاس کامل، شامل 2 نمونه مستقل تحت بارگذاری چرخه ای قرار گرفتند. مشخصات کامل نمونه ها در جدول 1 آمده است. همچنین ابعاد و نحوه قرار گیری مقاطع در شکل 1 و 2 آمده است. برای اطمینان از دقت نتایج حاصله، از هر قاب 3 نمونه ساخته و مورد مطالعات آزمایشگاهی قرار گرفت. در این مطالعه اثر تقویت اعضای سازه ای روی روی ضریب رفتار و مقاومت نهایی نمونه ها مورد توجه قرار گرفته است. این نمونه ها بین دو جک هیدرولیکی فیکس شده و جابجایی رفت و برگشتی مطابق روش B استاندارد ASTM-E212607 [6] به تراک پایینی قاب وارد شد.

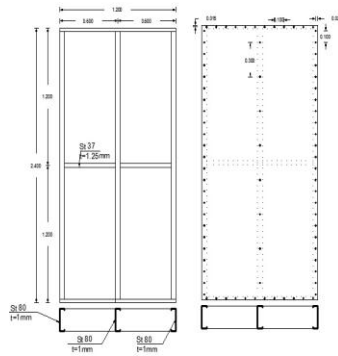
جدول (1): مشخصات نمونه ها

قاب	مشخصات
A	استاد کناری تک استاد میانی تک فاصله پیچ های استاد کناری 100 میلی متر فاصله پیچ های استاد میانی 300 میلی متر پوشش دیوار برشی به صورت یکطرفه و با ضخامت 0.5 میلیمتر
B	استاد کناری تک استاد میانی تک فاصله پیچ های استاد کناری 100 میلی متر فاصله پیچ های استاد میانی 300 میلی متر پوشش ورق به صورت یک طرفه و با ضخامت 0.7 میلی متر

نمای کلی جک های هیدرولیکی و نحوه قرار گیری قاب ها بین جک ها در شکل 3 آمده است.



شکل (1): جزئیات ابعاد المان های قاب (میلی متر) رانر، استاد، ناگین



شکل (2): نحوه قرار گیری مقاطع



شکل (3): نمای کلی جک های هیدرولیکی و نحوه قرار گیری قاب ها بین جک ها

3. مشخصات مصالح

مشخصات مکانیکی تمامی اعضای قاب شامل تراک های پایینی و بالایی، استاد و ناگین یکسان می باشد. که این مشخصات در جدول 2 آمده است. اما اعضای دارای مقاطع مختلف می باشند. جزئیات ابعاد مقاطع در شکل 1 آمده است. هم چنین نمونه ها دارای پوششی از جنس گالوانیزه با ضخامت 0/5 و 0/7 می باشند. مشخصات مکانیکی این ورق ها در جدول 3 و 4 آمده است.

جدول(2): مشخصات مکانیکی اعضای قاب

NO	Property	Value
1	Nominal Thickness	1.0 mm
2	Yield Stress, Fy	174.82 Mpa
3	Yield Strain	0.25%

NO	Property	Value
4	Ultimate Stress, Fu	350.22 Mpa
5	Ultimate Strain	2.75%
6	Fu/Fy	2

جدول(3): مشخصات مکانیکی ورق 0/7

NO	Property	Value
1	Nominal Thickness	0.7 mm
2	Yield Stress, Fy	280Mpa
3	Yield Strain	0.007%

NO	Property	Value
4	Ultimate Stress, Fu	296.82Mpa
5	Ultimate Strain	2.25%
6	Fu/Fy	1.06

NO	Property	Value
1	Nominal Thickness	0.5 mm
2	Yield Stress, Fy	191.88Mpa
3	Yield Strain	0.075%

NO	Property	Value
4	Ultimate Stress, Fu	384.96Mpa
5	Ultimate Strain	2.17%
6	Fu/Fy	2

جدول(4): مشخصات مکانیکی ورق 0/5

4. اتصالات

تمامی اعضای قاب به یکدیگر توسط پیچ های مته سر خود متصل شدند. مشخصات پیچ های اتصال ورق های دیوار برشی به قاب نیز مشابه پیچ های اتصال اعضای قاب می باشد. برای اتصال قاب به جک هیدرولیکی از 4 عدد Hold down به طول 200 میلی متر در ابتدا و انتهای استاد های کناری استفاده شده است.

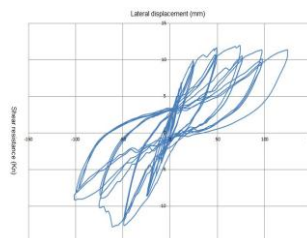
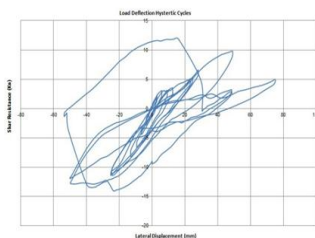
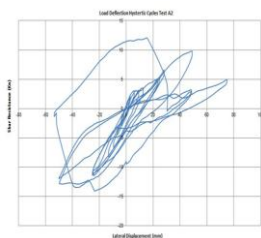
5. نتایج آزمایش

5-1. نمونه A

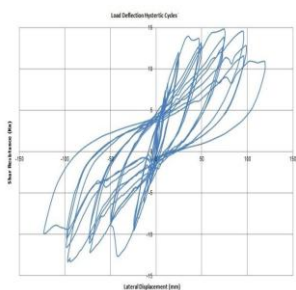
- 1- تا سیکل 24 کلیه کمانش ها الاستیک بوده و هیچگونه کمانش پلاستیک در ورق قاب مشاهده نگردید.
- 2- اولین کمانش پلاستیک در سیکل اول 48+ در هر 3 قاب مشاهده گردید.
- 3- بیرون زدگی پیچ اتصال ورق به استاد میانی، در قسمت وسط مشاهده گردید.
- 4- کمانش و لهیدگی استاد کناری در قسمت بالا در زیر HoldDown بوجود آمده است.
- 5- در ناگین خرابی شدیدی مشاهده نشده است.

5-2. نمونه B

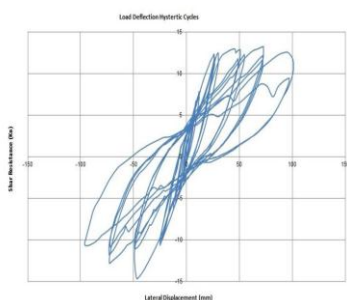
- 1- تا جابجایی 24 تمامی کمانش های بوجود آمده در قاب الاستیک می باشد.
 - 2- در جابجایی 48+ کمانش های پلاستیک در ورق مشاهده شده است.
 - 3- در جابجایی 72 کمانش های پلاستیک استاد کناری اتفاق افتاده است.
 - 4- در جابجایی های بالا در سیکل های 96 بیرون زدگی بیشتر در پیچ های اتصال ورق به استاد مشاهده شده است.
- عملکرد جانبی چرخه ای همه نمونه ها در پیوست E ارائه شده است. برای نمونه منحنی هیستریزس تست E1 در زیر نشان داده شده است.
- عملکرد جانبی چرخه ای همه نمونه ها در شکل زیر نشان داده شده است:



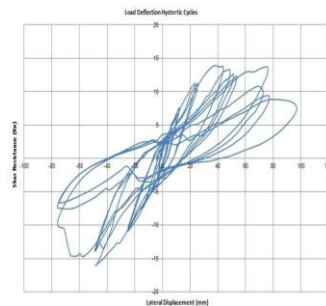
A3



A2



A1

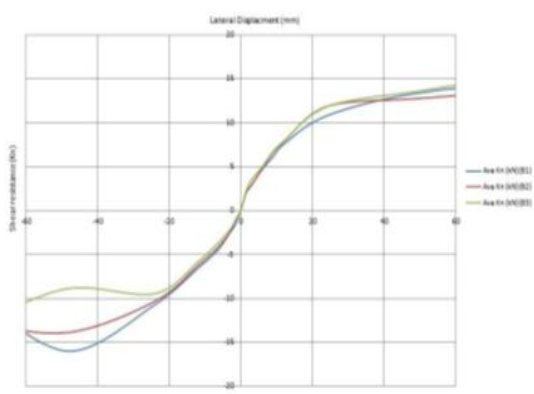


B3

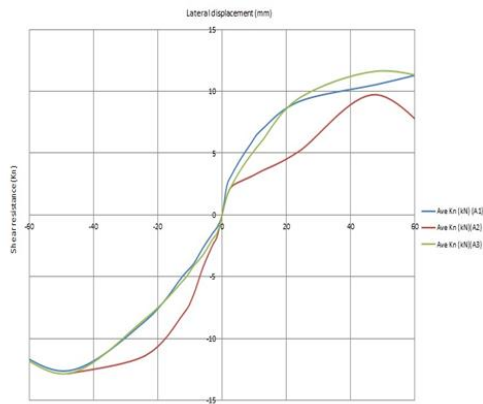
B2

B1

در نمودارهای زیر، منحنی پوش گسیختگی برای هر دو نمونه با احتساب جایجایی مجاز هر طبقه که در قبل بطور کامل شرح داده شده است از وصل کردن نقاط ماکزیمم نیرو در هر سیکل بارگذاری هم در رفت و هم در بازگشت ترسیم شده است.



پوش B



پوش A

نتایج ظرفیت باربری جانبی نهایی نمونه های بررسی شده در جدول (5) آمده است.

جدول (5): نتایج ظرفیت باربری جانبی نهایی نمونه ها

قالب	شماره تست	ماکزیمم مثبت	جابجایی	ماکزیمم منفی	جابجایی	بار نهایی
A	1	11/98	73/80	-12/81	-61/21	11/98
	2	11/89	16/10	-14/04	-23/52	11/89
	3	12/45	53/27	-12/85	-48/42	12/45
B	1	15/43	45/00	-17/27	-96/35	15/43
	2	14/23	47/59	-18/92	-71/12	14/23
	3	14/56	89/49	-16/07	-72/62	14/56

6. ارزیابی فاکتور R

برای محاسبه ضریب رفتار از منحنی پوش نمونه ها استفاده می شود. ابتدا منحنی دو خطی ایده آل با توجه به روش ارائه شده در FEMA 356 [3] محاسبه و ترسیم گردید. در گام دوم ضریب کاهش شکل پذیری محاسبه گردید. V_e بر اساس اصل تساوی انرژی و V_y با استفاده از منحنی ایده آل دو خطی قابل محاسبه است. در گام سوم مقاومت افزون Ω_0 محاسبه می گردد. برای محاسبه V_s از اصل اولین نقطه تسلیم بارز (First significant yield point) استفاده گردید. این نقطه با مشخص کردن نقطه ای روی منحنی پوش که پاسخ سازه شروع به انحراف بارز از پاسخ الاستیک سازه می دگند تعیین می شود [54].

$$D_i = \frac{d_{li} - d_{ci}}{d_{c,max}} \quad (1)$$

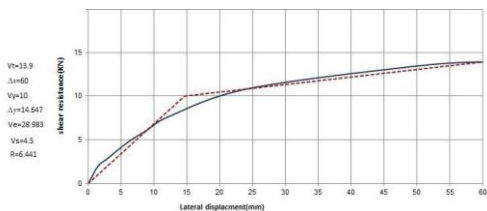
D_i : میزان انحراف منحنی پوش از خط مستقیم برازش شده مربوط به نقطه ی $\dot{\Delta}m$.

d_{li} : میزان تغییر مکان نقطه $\dot{\Delta}m$ روی خط مستقیم.

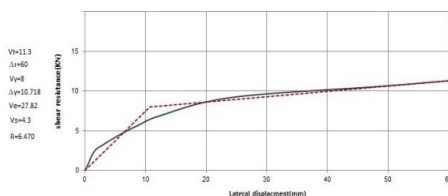
d_{ci} : میزان تغییر مکان نقطه $\dot{\Delta}m$ روی منحنی پوش.

$d_{c,max}$: میزان تغییر مکان ماکزیمم دیوار.

با محاسبه مقدار V_s مقادیر Ω و R تعیین می گردد. این مقادیر به همراه سایر پارامترهای مورد نیاز دیگر برای سه نمونه بررسی شده در جدول؟ نشان داده شده است. در ادامه نمودار دو خطی ایده آل برای دو نمونه آورده شده است.



نمودار دوخطی ایده آل تست A1



نمودار دوخطی ایده آل تست B1

AVRAGE	R	Ω	R_d	V_s	V_e	V_y	موقعیت تست	شماره تست	قاب
5/970	6/470	1/860	3/478	4/30	27/82	8/00	مثبت	1	A
	5/417	3/450	1/570	3/70	20/04	12/76	منفی		
	4/696	4/311	1/089	2/65	12/45	11/43	مثبت	2	
	6/329	2/494	2/538	4/05	25/63	10/10	منفی		
	6/250	2/908	2/149	3/55	22/19	10/33	مثبت	3	
	6/656	3/984	1/857	3/08	20/50	11/04	منفی		
7/804	8/062	4/260	1/892	2/75	22/17	11/715	مثبت	1	B
	7/289	2/741	2/659	1/35	9/84	3/70	منفی		
	7/419	4/556	1/628	2/65	19/66	12/073	مثبت	2	
	8/118	2/986	2/719	3/47	28/168	10/36	منفی		
	7/656	2/553	2/999	3/60	27/56	9/19	مثبت	3	
	8/284	3/673	2/255	2/75	22/78	10/10	منفی		

جدول (6) : ضریب

رفتار بدست آمده از نمونه ها

7. خلاصه و نتیجه گیری:

- 1- بالاترین ضریب رفتار بدست آمده به طور میانگین برابر با $7/804$ می باشد که مربوط به دیوار B است که دارای استاد های کناری و میانی تک همراه با پوشش یک طرفه با ضخامت $0/7$ میلی متر می باشد.
- 2- بالاترین مقاومت نهایی بدست آمده به طور میانگین برابر با $15/43$ کیلونیوتن می باشد که مربوط به دیوار B است که دارای استاد کناری و میانی تک همراه با پوشش یک طرفه به ضخامت $0/7$ می باشد.
- 4- استفاده از اتصالات HOLD DOWN تراز نیروهای بوجود آمده در دیوار را در حدود 12 درصد افزایش می دهد.
- 5- ضعیف ترین قسمت مشاهده شده دراستاد زیر اتصال HOLD DOWN بوده است و در دیوارها اولین بیرون زدگی پیچ مشاهده شده، پیچ اتصال ورق پوشش در وسط دیوار می باشد.
- 6- با محاسبات ضرایب رفتار حالت های مختلف در این پژوهش، به این نتیجه می رسیم که ضرایب رفتار توصیه شده در استاندارد AISI و FEMA برای سیستم های مهاربندی با پوشش ورق های فولادی ($R = 6/5$) مناسب در نظر گرفته شده است.

فهرست منابع:



- 1- Miranda E, Bertero VV. Evaluation of strength reduction factors for earthquakeresistant design. Earthquake Spectra. 1994;10:357
- 2- 2- AISI. Standard for cold- formed steel framed- lateral desing. washington, D.C. : American Iran and steel Instiuted.
- 3- FEMA-356. Pre standard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. USA: Building Seismic Safety Council; 2000.
- 4- Uang C-M. Establishing R (or R_w) and C_d factors for building seismic provisions. Journal of Structural Engineering. 1991;117:19-28.
- 5- Zeynalian , M . Ronagh , H . R.. ‘ ‘ A numerical study an seismic characteristics of knee-braced cold- formed steel shear walls ‘ ‘ school of ciril Engineering, the university of Queenshand0 2011.
- 6- E 2126-07A- standard test method for cyclic(revesed) Load test for shear resistance of walls for buildings. Usa2007 .p. 13.