

بررسی رفتار دینامیکی قاب مهاربندی شده فولادی همگرا با عضو شکل پذیر رینگ فولادی

افشین کلانتری^۱؛ فرشاد علی زاده^۲؛

چکیده

در این مطالعه سیزده نمونه رینگ فولادی در نرم افزار ANSYS (V12) مدل سازی و با استفاده از آیین نامه ۲۴-ATC تحت بارگذاری و تحلیل استاتیکی غیر خطی قرار گرفته اند. سپس ظرفیت باربری و تغییر قطر تسلیم و نهایی رینگ ها محاسبه شدند. یک قاب فولادی هم محور یک طبقه یک دهانه با استفاده از آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم ایران به کمک نرم افزار ETABS (V9.5) با روش استاتیکی معادل تحلیل و طراحی شد. سپس با محاسبه بار بحرانی کمانش مهاربند، رینگ فولادی مناسب انتخاب گردید. با استفاده از نرم افزار SAP2000 (V12) قاب حاوی رینگ فولادی مدل سازی و با استفاده از هفت شتاب نگاشت حوزه دور، تحت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی قرار گرفت. از مطالعه تحلیلی رینگ ها مشخص شد که افزایش پهنا و ضخامت رینگ، موجب افزایش ظرفیت باربری و همچنین افزایش قطر رینگ باعث کاهش ظرفیت باربری رینگ می شود. استفاده از رینگ فولادی در قاب فولادی همگرا، موجب کاهش برش پایه و سختی موثر سازه و افزایش زمان تناوب و جابه جایی سازه می گردد.

کلمات کلیدی: رینگ فولادی، قاب فولادی همگرا، تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی، شتاب نگاشت حوزه دور، تحلیل استاتیکی غیر خطی، ظرفیت باربری، سختی موثر

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۷/۳۰

^۱دانشیار، دانشگاه علوم و تحقیقات واحد تهران و پژوهشگاه بین المللی زلزله، دانشکده فنی و مهندسی،

a.kalantari@iiees.ac.ir

^۲نویسنده مسئول، دانشجوی رشته مهندسی زلزله، دانشگاه علوم و تحقیقات واحد تهران، دانشکده فنی و

مهندسی، alizadeh.farshad@yahoo.com

۱- مقدمه

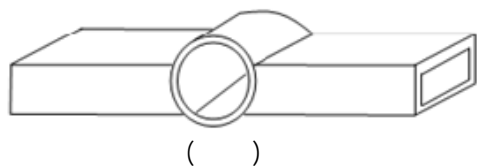
درک رفتار المان درون قاب، مقایسه ای بین قاب با مهاربند قطری و قاب خمشی انجام دادند. همچنین در سال ۱۳۸۷ آقایان عباس نیا، وتر و کافی مطالعات آزمایشگاهی و تئوری خود را بر روی حلقه فولادی شکل پذیر انجام دادند [۳]. آزمایشات انجام شده بر روی حلقه های جوش شده با صفحات اتصال مختلف، شکل پذیری زیاد و عملکرد خوب آن ها را نشان داده است. در سال ۱۳۸۸ عباس نیا و مژگانی به بررسی رفتار مهاربند با عضو شکل پذیر حلقه های متحدالمرکز پرداختند [۵]. در آغاز این

استفاده از دمپرها در سازه های همگرای فولادی باعث افزایش شکل پذیری، جابه جایی و همچنین کاهش برش پایه سازه می گردد. دمپرها قادر هستند انرژی وارد شده به سازه را، به نحو مطلوبی مستهلک نمایند.

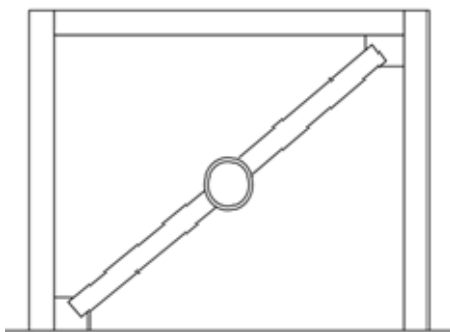
در سال ۱۳۸۵ عباس نیا و بهکام راد مطالعات خود را بر روی مهاربند با عضو شکل پذیر قوطی شکل آغاز کرده و بر روی آن آزمایشات علمی انجام دادند [۲]. آن ها برای

پایه و سختی موثر سازه را به ترتیب $2/4$ و $12/6$ برابر کاهش و زمان تناوب و جابه جایی سازه را به ترتیب $2/65$ و $6/03$ برابر افزایش دهد.

در این مطالعه فرض شده است که رینگ فولادی در قسمت میانی مهاربند همگرا نصب می شود. شکل (۱-الف) نحوه اتصال رینگ فولادی به مهاربند قاب را نشان می دهد. عملکرد رینگ فولادی در کشش و فشار به عنوان ابزاری برای مستهلک کردن انرژی تحت مطالعه عددی قرار گرفته است. مهاربند و اتصال آن به رینگ فولادی در شکل (۱-ب) نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل (۱): محل نصب و اتصال رینگ به مهاربند

رینگ فولادی از کماتش مهاربند جلوگیری می نماید و در زلزله های شدید با رفتار شکل پذیری که از خود نشان می دهد باعث می گردد اعضای دیگر قاب سالم بمانند.

۲- مشخصات مصالح و ابعاد رینگ های فولادی

مشخصات فولاد ST37 استفاده شده برای میراگر، به صورت نمودار دوخطی در شکل (۲) نشان داده شده است. پارامترهای فولاد در همه تحلیل ها به صورت

$$E_1 = 2 \times 10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{و} \quad E_1 = 60000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

در نظر گرفته شده است. تنش تسلیم و نهایی فولاد به ترتیب

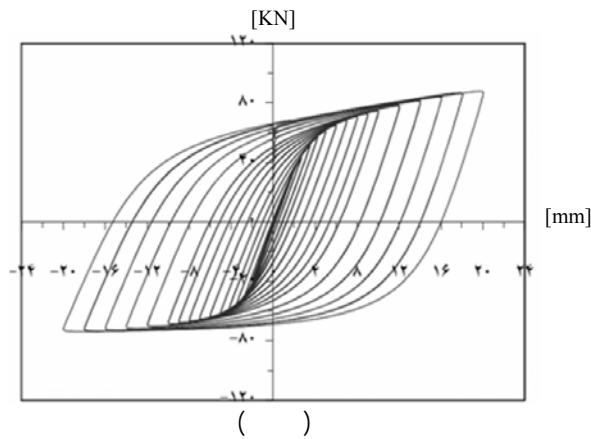
$$F_y = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{و} \quad F_u = 3700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

پارامترهای تاثیر گذار در ظرفیت باربری رینگ های فولادی مانند تغییر ضخامت (t)، قطر داخلی (d) و پهنا

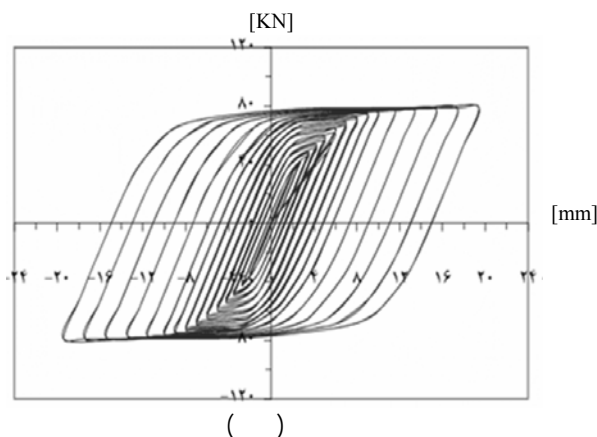
مطالعه دو روش اتصال حلقه های متحد المركز مورد بررسی قرار گرفت. برای هرکدام از روش های اتصال دو حلقه، المان در نرم افزار ANSYS مدل شد. از مقایسه نتایج مشخص شد که در مدل پیشنهادی، اگر حلقه بزرگ تر به صورت دو نیم حلقه ساخته شود، منحنی هیستریز پهن تری خواهیم داشت و در نتیجه میزان جذب انرژی افزایش می یابد. عباس نیا و بهشتی در سال ۱۳۸۷ مطالعات تئوری خود را بر روی عضو حلقوی با ورق های فولادی انجام دادند و مشخص شد که هرچه ضخامت ورق های اتصال بیشتر شود، ظرفیت المان نیز افزایش می یابد [۱]. همچنین آن ها به بررسی مهاربند با فیوز محوری پرداختند و تاثیر میزان طول آزاد ورق ها را بر عملکرد فیوز محوری بررسی کردند. عباس نیا و محمد حسینی در سال ۱۳۸۸ مطالعات تئوری خود را بر روی مهاربند با عضو شکل پذیر قوطی شکل نوین انجام دادند [۴]. آن ها مشاهده کردند که تقویت عضو شکل پذیر موجب جذب انرژی زیاد و شکل پذیری بالا می شود.

تا کنون رفتار دینامیکی غیر خطی قاب فولادی همگرای حاوی رینگ فولادی مورد بررسی قرار نگرفته است که در این مطالعه به بررسی آن می پردازیم. اما قبل از آن باید اطلاعات غیر خطی رینگ ها محاسبه و مشخص گردد. به این منظور اطلاعات رفتار مکانیکی رینگ های فولادی با استفاده از مدل سازی در نرم افزار ANSYS استخراج گردیده است. برای این هدف از المان solid۱۸۵ در نرم افزار ANSYS استفاده شده است. در حین محاسبات، روند بارگذاری مطابق با آیین نامه ۲۴-ATC انجام گرفته است. ضخامت، پهنا و قطر حلقه فولادی به عنوان متغیرهای ابعادی المان در نظر گرفته شده اند. در این مطالعه ویژگی های مکانیکی المان از قبیل سختی اولیه، سختی ثانویه، تغییر شکل در زمان تسلیم، نیروهای تسلیم و نهایی برای دو حالت کشش و فشار محاسبه شده اند. سپس با استفاده از آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم) ایران یک قاب دو بعدی هم محور فولادی طراحی می گردد و با استفاده از هفت شتاب نگاشت حوزه دور، سازه تحت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی قرار میگیرد. سپس رینگ مناسب با نمره پروفیل مهاربند انتخاب می شود و قاب دارای رینگ فولادی، تحت هفت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی قرار می گیرد و مشخص شد که استفاده از رینگ فولادی می تواند برش

مقطع مهاربند به صورت قوطی فرض شده است. بنابراین محل اتصال رینگ به مهاربند به صورت چهار ضلعی می‌باشد و بارگذاری بر روی آن انجام می‌شود. یک بعد نشان داده شده در شکل (۵) در همه تحلیل ها ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.



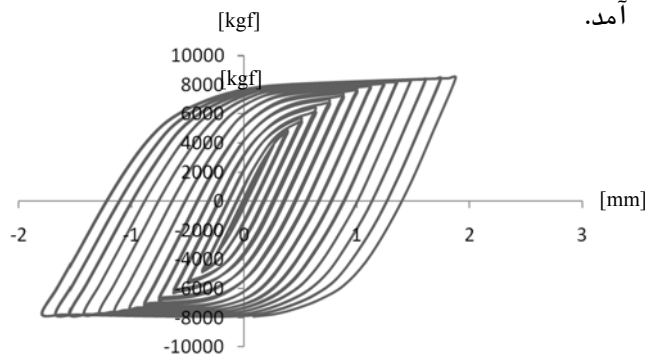
(۳)



(۴)

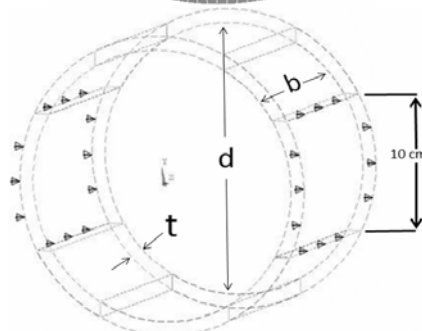
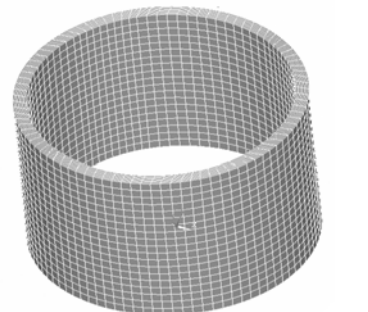
شکل (۶): (۶-الف) نمودار نیرو - تغییر قطر رینگ، از تحلیل ANSYS (۶-ب) نمودار آزمایشگاهی رینگ فولادی [۳]

همچنین در این مطالعه رینگ فولادی، در نرم افزار ANSYS (V12) مدل و تحلیل شد و همان نتایج به دست آمد.



شکل (۷): نمودار هیستریزیس نیرو- تغییر قطر رینگ به دست آمده از ANSYS (V12)

یک نمونه از تنش VON MISES رینگ فولادی در تنش نهایی $3700 \frac{kg}{cm^2}$ در شکل (۸) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۸) مشخص شد که تنش در قسمت داخل رینگ و در محل اتصال به مهاربند حداکثر است و این حالت در تمام رینگ های مورد مطالعه مشاهده شد.



شکل (۵): مش بندی و محل بارگذاری رینگ فولادی

در تحلیل نمونه‌ها، از تحلیل استاتیکی غیرخطی با در نظر گرفتن تغییر شکل‌های هندسی غیرخطی بزرگ استفاده شده است.

۴- تایید صحت تحلیل‌های غیر خطی رینگ‌های فولادی

برای تایید روند تحلیل‌های رینگ‌های فولادی از مطالعه " بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی تاثیر حلقه فولادی بر شکل پذیری مهاربندهای هم محور" دکتر کافی که در سال ۱۳۸۷ انجام شده است، استفاده گردید [۳]. در این مطالعه از یک رینگ فولادی از جنس CT۲۰ با ضخامت ۱.۲ سانتیمتر و قطر داخلی ۱۰ سانتیمتر و پهنای ۲۲ سانتیمتر استفاده شده است. رینگ های فولادی با المان solid۸۲ در نرم افزار ANSYS مدل شده‌اند و مطابق با آیین نامه ATC-۲۴ تحت بارگذاری قرار گرفته‌اند. ظرفیت باربری و تغییر قطر نهایی رینگ فولادی به ترتیب ۷.۸۹ تن و ۱.۹۶ سانتیمتر به دست آمده‌اند. نمودارهای آزمایشگاهی و تحلیلی رینگ فولادی در شکل (۶) نشان داده شده‌اند.

به عنوان نمونه دو عدد از نمودارهای هیستریزیس نیرو - تغییر قطر رینگ فولادی در شکل (۹) آورده شده است. نمودارهای هیستریزیس نشان می دهند که رینگ فولادی می تواند به عنوان یک عضو شکل پذیر مناسب برای قاب با مهاربند هم محور مورد استفاده قرار بگیرد.

بنابراین رینگ های فولادی از نواحی اتصال به مهاربند گسیخته می شوند. در شکل (۸) محل گسیختگی رینگ فولادی نشان داده شده است. تغییر شکل و نیروی نهایی رینگ های فولادی در حالت تسلیم و نهایی محاسبه شده اند. این نتایج در جدول های (۳) و (۴) آورده شده اند.

جدول (۴): نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی رینگ های فولادی

	(kgf)	(kgf)
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.

جدول (۳): نتایج تحلیل استاتیکی خطی رینگ های فولادی

	(kgf)	(kgf)
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.

	(mm)	(mm)
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.

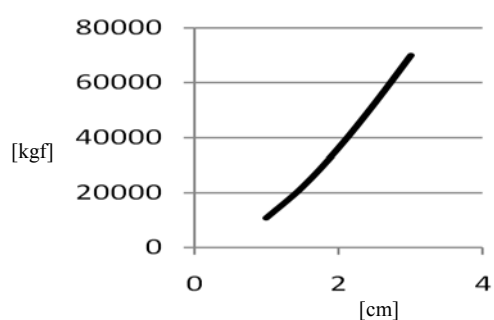
	(mm)	(mm)
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t . b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.
d t b	.	.

۵- هفت شتاب نگاشت حوزه دور برای خاک

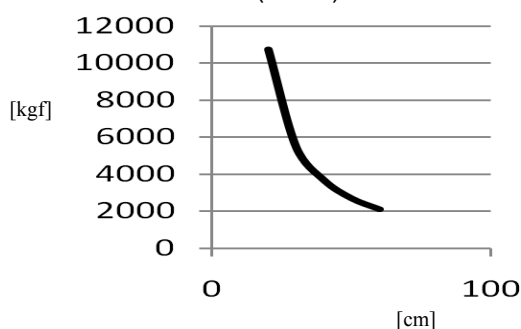
نوع II

برای تحلیل‌های دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی از هفت شتاب نگاشت حوزه دور برای خاک نوع II استفاده شده است. تمام شتاب نگاشت‌ها از پایگاه [۸] PEER انتخاب شده‌اند. شتاب نگاشت‌ها در جدول (۵) نشان داده شده‌اند.

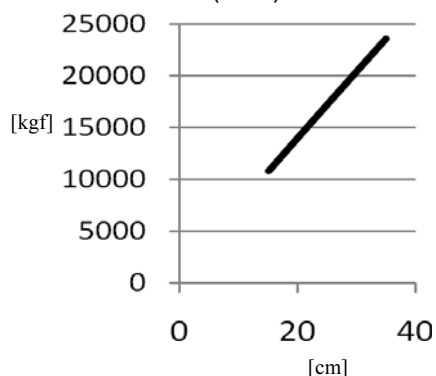
شتاب نگاشت‌ها را به ۰.۳۵g همپایه کرده و از آن‌ها متوسط گرفته ایم. طیف پاسخ متوسط شتاب نگاشت‌های هم پایه شده با طیف پاسخ آیین نامه ایران مقایسه می‌شود که در شکل‌های (۱۱) و (۱۲) نشان داده شده‌اند.



()

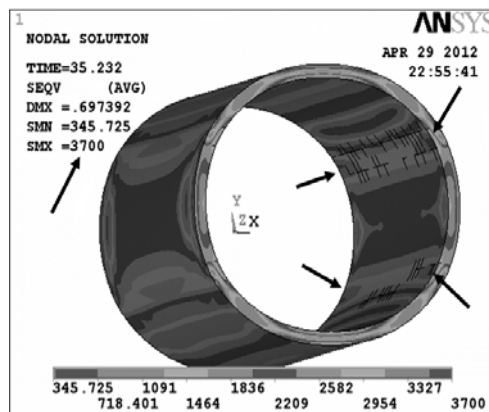


()

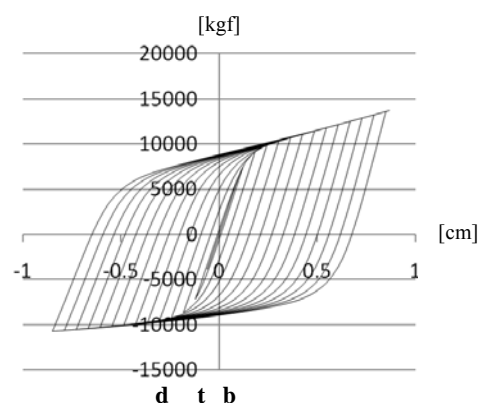


()

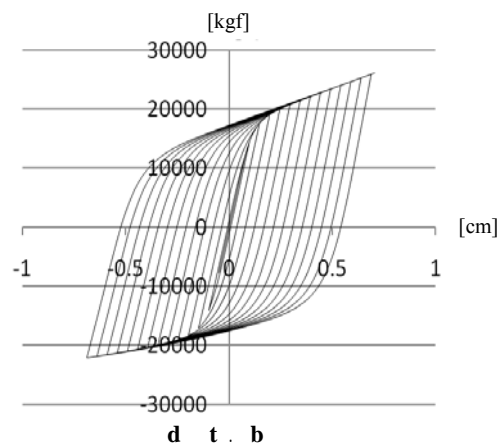
شکل (۱۰): نمودار تغییر نیروی رینگ در مقابل (۱۰-الف) تغییر ضخامت (۱۰-ب) تغییر قطر داخلی (۱۰-پ) تغییر پهنا رینگ



شکل (۸): حداکثر تنش VON MISES و محل گسیختگی رینگ فولادی



d t b



d t . b

()

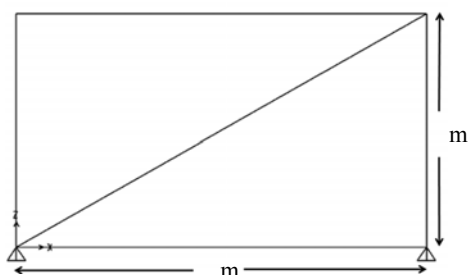
مطابق نمودارهای بالا، با افزایش ضخامت و پهنا رینگ و همچنین با کاهش قطر داخلی، ظرفیت باربری رینگ فولادی افزایش می‌یابد.

جدول (۶) : ضرایب مقیاس

Tabas	.
Loma prieta	.
Chi - Chi	.
Northridge	.
San Fernando	.
Landers	.
Kobe	.

۶- طراحی و تحلیل قاب هم محور فولادی

بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش سوم) ایران [۹] یک قاب هم محور فولادی دو بعدی را با استفاده از روش استاتیکی معادل و به کمک نرم افزار ETABS(۷۹.۵) تحلیل و طراحی کرده ایم. بار مرده و زنده وارد بر سازه را به ترتیب $۶۵۰ \frac{kg.f}{m^2}$ و $۱۵۰ \frac{kg.f}{m^2}$ در نظر گرفته ایم. ابعاد قاب هم محور فولادی در شکل (۱۳) آورده شده است. جزئیات به منظور طراحی قاب فولادی در جدول (۷) آورده شده است



شکل (۱۳) : ابعاد قاب هم محور فولادی

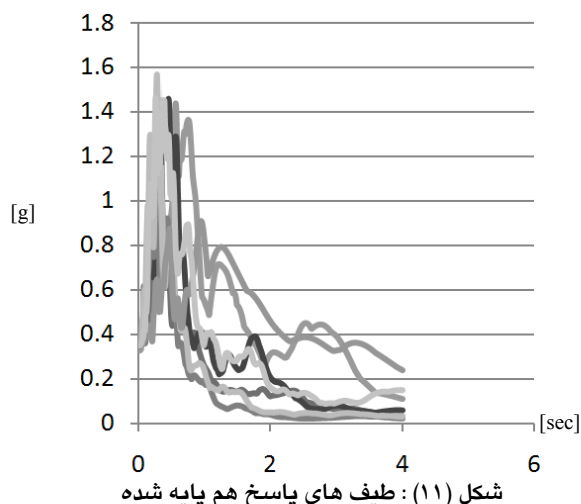
جدول (۷) : جزئیات برای طراحی قاب فولادی

	I=
	A= .
II	B= .
	R=
	C= .
	T= . (sec)
	V= . (ton)

جزئیات اعضای قاب فولادی طراحی شده در جدول (۸) آورده شده است.

جدول (۸) : اعضای قاب فولادی طراحی شده

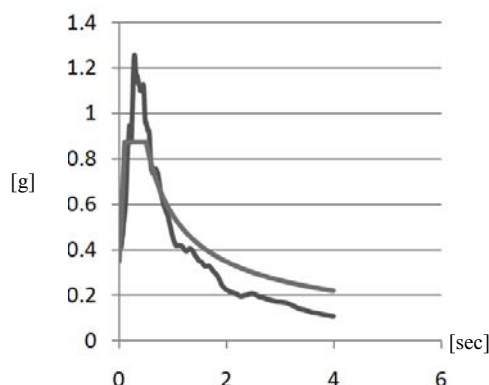
	IPE
	IPE
	L ×



شکل (۱۱) : طیف های پاسخ هم پایه شده

جدول (۵) : شتاب نگاشت ها [۸]

II				
Tabas	(km)	(M)	(g)	
Loma prieta				Kashmar
Chi - Chi				Berkeley LBL
Northridge				CHY
San Fernando				Newpoth Bch-Newp & Coast
Landers				Wrightwood Park Dr
Kobe				FortIrwin



شکل (۱۲) : طیف پاسخ متوسط و طیف آیین نامه ۲۸۰۰ ایران

ضرایب مقیاس شتاب نگاشت های هم پایه شده در جدول (۶) نشان داده شده است.

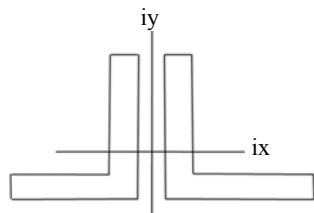
() :

مهاربند می‌گردد. رینگ فولادی مناسب برای پروفیل مهاربند فولادی (mm) $2L70 \times 9$ ، رینگ $d30 \times t1 \times b15$ می‌باشد که مشخصات مکانیکی آن در جدول (۱۰) آمده است. بار بحرانی کمانش مهاربند به کمک رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$I_{\min} = I_x = 52.6 \times 2 = 105.2 \text{ cm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6 \times 105.2}{582.1^2} \times 10^{-3} = 6.11 \text{ ton}$$

(۱)

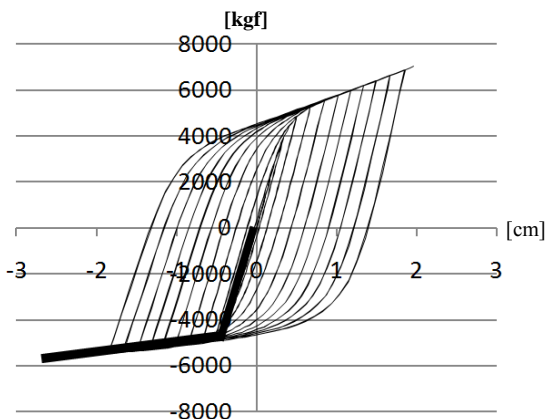


شکل (۱۴): مقطع پروفیل مهاربند

جدول (۱۰): مشخصات رینگ فولادی مناسب

رینگ فولادی مناسب	تغییر قطر نهایی فشاری (cm)	تغییر قطر نهایی کششی (cm)	ظرفیت فشاری نهایی (ton)	ظرفیت کششی نهایی (ton)
$d30 \times t1 \times b15$	۶.۳۶	۵.۲	۱.۷۱	۱.۷

قاب مهاربند هم محور فولادی حاوی رینگ $d30 \times t1 \times b15$ را در نرم افزار (۷۱۲) SAP۲۰۰۰ با المان PLACTIC WEN به طول ۳۳ سانتیمتر مدل می‌نماییم. مشخصات المان [۱۰] PLACTIC WEN در جدول (۱۱) آورده شده است.



شکل (۱۵): برآورد نمودار المان پلاستیک ون از روی نمودار هیستریزیس رینگ $d30 \times t1 \times b15$

	(ton)	(ton)
Tabas	.	.
Loma prieta	.	.
Chi - Chi	.	.
Northridge	.	.
San Fernando	.	.
Landers	.	.
Kobe	.	.
	.	.

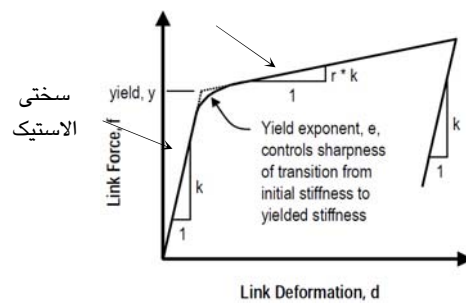
	(mm)	(mm)
Tabas	.	.
Loma prieta	.	.
Chi - Chi	.	.
Northridge	.	.
San Fernando	.	.
Landers	.	.
Kobe	.	.
	.	.

	(T_{eff}) (sec)	(T_{eff}) (sec)
Tabas	.	.
Loma prieta	.	.
Chi - Chi	.	.
Northridge	.	.
San Fernando	.	.
Landers	.	.
Kobe	.	.
	.	.

قاب هم محور فولادی طراحی شده را با استفاده از نرم افزار (۷۱۲) SAP۲۰۰۰ تحت هفت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی قرار می‌دهیم. نتایج به دست آمده از این تحلیل‌ها در جدول (۹) آورده شده است.

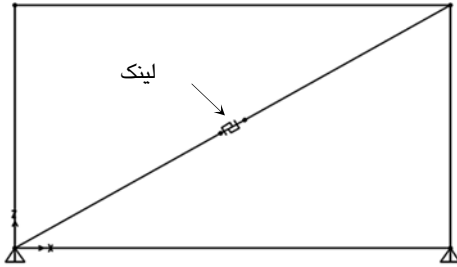
زمان تناوب موثر سازه از فرمول $T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ محاسبه می‌شود (جرم کل = m). زمان تناوب مد اول سازه در همه تحلیل‌ها ۰.۰۸۶ ثانیه به دست آمد. با توجه به بار بحرانی کمانش مهاربند فولادی، از رینگ فولادی استفاده می‌شود که ظرفیت باربری آن کمتر از بار کمانش بحرانی مهاربند باشد، زیرا این انتخاب مانع از کمانش

سختی پلاستیک



شکل (۱۶): مشخصات نموداری المان پلاستیک ون

تاریخچه زمانی غیر خطی ۰.۲۳ ثانیه به دست آمده است. مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران برای سازه های با زمان تناوب کمتر از ۰.۷ ثانیه، حداکثر جابه جایی نسبی طبقه باید کمتر از ۰.۰۲۵ ارتفاع طبقه باشد (ارتفاع طبقه = ۳۰۰ cm). متوسط جابه جایی نسبی طبقه سازه تحلیل شده ۱.۲۴۸ سانتیمتر می باشد.



شکل (۱۷): محل قرارگیری المان لینک در قاب

(۲) $cm \leq \dots \times \dots = \dots cm \Rightarrow ok$
نیروهای نهایی و تغییر طول فشاری نهایی المان لینک در همه تحلیل های دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی در جدول (۱۳) آورده شده است.

جدول (۱۳): نیروها و تغییر طول نهایی المان لینک

	(ton)	(cm)
Tabas	.	.
Loma prieta	.	.
Chi - Chi	.	.
Northridge	.	.
San Fernando	.	.
Landers	.	.
Kobe	.	.
	.	.

با توجه به جدول (۱۳) در همه تحلیل ها، متوسط نیروی نهایی و جابه جایی نهایی المان لینک کمتر از نیروی نهایی رینگ فولادی (۵.۲ تن) و تغییر قطر نهایی رینگ (۱.۷ سانتیمتر) است. برای مثال نمودار برش پایه - جابه جایی سازه و نمودار هیستریزس رینگ فولادی به دست آمده از تحلیل نرم افزار ANSYS با دیاگرام هیستریزس لینک معادل رینگ از نرم افزار SAP تحت زلزله chi-chi در شکل (۱۸) با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته است. همچنین نمودار انرژی میرا شده سازه حاوی رینگ فولادی نیز در شکل (۱۸) نشان داده شده است. مقدار انرژی مستهلک شده سازه تحت هفت شتاب نگاشت در جدول (۱۴) نشان داده شده است.

جدول (۱۱): مشخصات المان PLACTIC WEN

$= K_e$	$\frac{kgf}{cm}$
$= K_p$	$\frac{kgf}{cm}$
$e =$	
$R = \frac{K_p}{K_e}$	

جدول (۱۲): نتایج تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی برای قاب مهاربندی هم محور فولادی حاوی رینگ $d30 \ t1 \ b1$

	(ton)	(cm)	$\frac{ton.t}{mm}$	(sec)
Tabas	/	/	/	/
Loma prieta	/	/	/	/
Chi - Chi	/	/	/	/
Northridge	/	/	/	/
San Fernando	/	/	/	/
Landers	/	/	/	/
Kobe	/	/	/	/
	/	/	/	/

ظرفیت کششی رینگ فولادی کمتر از ظرفیت فشاری آن است بنابراین در محاسبات از ظرفیت کششی رینگ استفاده شده است.

قاب مهاربندی هم محور فولادی حاوی رینگ $d30 \ t1 \ b15$ را تحت هفت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی قرار داده ایم که نتایج آن در جدول (۱۲) آورده شده است. زمان تناوب مد اول سازه در همه تحلیل های دینامیکی

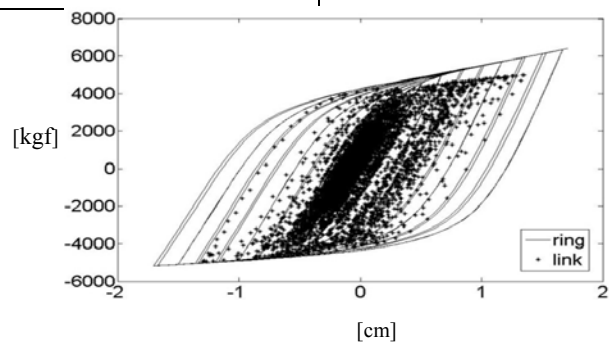
جدول (۱۴): مقدار انرژی مستهلک شده سازه

(jol)	
Tabas	
Loma prieta	
Chi - Chi	
Northridge	
San Fernando	
Landers	
Kobe	

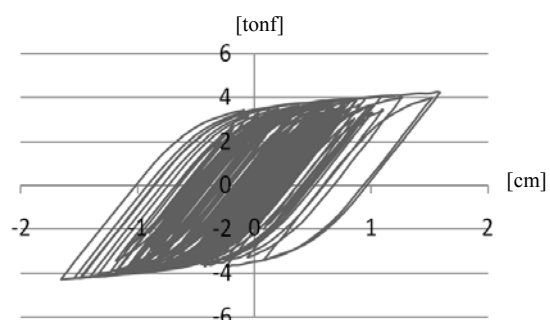
گسیخته می‌شوند. ظرفیت نهایی رینگ‌ها با پهنا و قطر رینگ رابطه مستقیم و با ضخامت رینگ رابطه عکس دارند. ظرفیت نهایی رینگ‌ها در فشار اندکی کمتر از ظرفیت نهایی در حالت کششی است. مطابق با تحلیل‌های دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی، رینگ فولادی می‌تواند برش پایه و سختی موثر سازه را به میزان ۲.۴ و ۱۲.۶ برابر کاهش دهد و همچنین استفاده از رینگ در قاب هم محور فولادی می‌تواند زمان تناوب اصلی و زمان موثر و جابه جایی سازه را به ترتیب به میزان ۲.۶۵، ۳.۶۶ و ۶.۰۳ برابر افزایش دهد.

۸- منابع

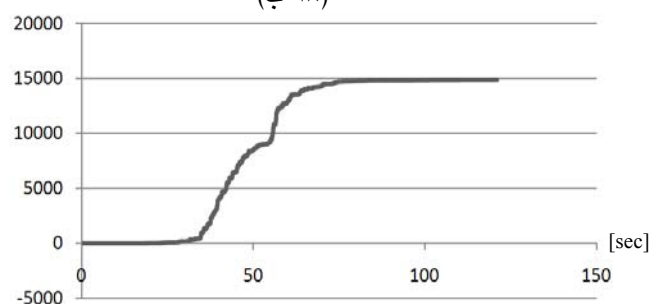
- [۱] بهشتی، ع.ر، ۱۳۸۷، "مطالعه افزایش ظرفیت باربری عضو حلقوی شکل پذیر در مهاربند های هم مرکز"، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته عمران گرایش سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۲] بهکام راد، ک، ۱۳۸۵، "مطالعه امکان سنجی استفاده از المان خمشی افزایش جذب انرژی و شکل پذیری بادبندهای هم محور"، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته عمران گرایش سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۳] کافی، محمد علی، شهریور ۱۳۸۷، "بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی تاثیر حلقه فولادی بر شکل پذیری مهاربند های هم محور"، پایان نامه دکتر، رشته مهندسی سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۴] محمد حسینی، آرش، خرداد ۱۳۸۸، "بررسی بهبود رفتار لرزه ای مهاربند های هم محور با استفاده از المان خمشی شکل پذیر نوین" پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته عمران گرایش سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۵] مزگانی، آرش، بهار ۱۳۸۸، "بررسی رفتار اعضای حلقوی متحد المركز شکل پذیر در مهاربند های هم محور" پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته عمران گرایش سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۶] ANSYS Software (V.۱۲), Element Reference, Help, Element Solid ۱۸۵.
- [۷] Guidelines for Cyclic Seismic Testing Of Components of Steel Structures, ATC-۲۴.
- [۸] <http://peer.berkeley.edu/>
- [۹] Iranian Coode Of Practice For Seismic Resistant Design Of Buildings, Standard No.۲۸۰۰-۰۵ (۳rd Edition).
- [۱۰] Sap۲۰۰۰ (V۱۲), Manuals, Analysis Verification, Links, Exampel ۶-۰۰۸, Link, (Link-Plastic Wen Link).



شکل (۱۸-الف)



شکل (۱۸-ب)



شکل (۱۸-پ)

شکل (۱۸): (۱۸-الف)، نمودار هیستریزیس رینگ و المان لینک، (۱۸-ب)، نمودار برش- پایه جابه جایی سازه (۱۸-پ) نمودار استهلاک انرژی سازه تحت زلزله chi - chi

۷- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان از رینگ فولادی به عنوان فیوز در مهاربند همگرا استفاده نمود. تمام رینگ‌ها در ظرفیت نهایی خودشان از قسمت داخل