

ارزیابی ضریب اصلاح معیار پذیرش میانقاب‌ها در حالت خطی با قاب پیرامونی فولادی و بتنی، بر پایه نتایج آزمایشگاهی

مجید محمدی

دانشیار، پژوهشکده سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
Mohammadi@iiees.ac.ir

آران ناصرپور

دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
aran.naserpour@gmail.com

کلید واژه‌ها: میانقاب‌های بتنی و فولادی، پارامتر m منحنی پوش و منحنی تقاطع، سختی میانقاب به قاب

چکیده

در این پژوهش به ارزیابی مقادیر ضریب اصلاحی m برای میانقاب‌های بنایی، بر پایه داده‌های آزمایشگاهی پرداخته شده است. بدین منظور، داده‌های آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی براساس نوع مصالح و نوع قاب پیرامونی دسته‌بندی شده‌اند و مقادیر m برای هر یک از آن‌ها محاسبه شده است. در این پژوهش علاوه بر استفاده از داده‌های ایده‌آل شده منحنی تقاطع (backbone) که در راهنمای بهسازی چون ASCE 41-06 توصیه شده است، از داده‌های ایده‌آل شده پوش منحنی نیز در راستای ارزیابی تفاوت مقادیر آن در محاسبه پارامتر m استفاده شده است. مقادیر ضریب اصلاحی ذکرشده برای هر دو ربع اول و سوم (ناحیه مثبت و منفی) محاسبه و مقایسه شده است. در این مقاله نشان داده شده است که مقادیر m محاسبه شده در ربع اول و سوم و نیز مقادیر m محاسبه شده از داده‌های منحنی ایده‌آل شده تقاطع و پوش به طور کامل با یکدیگر متفاوت است. این مقاله نشان داد که مقادیر m محاسبه شده از داده‌های منحنی پوش محافظه کارانه تر بوده و به طور معمول کمتر از مقادیر داده‌های منحنی تقاطع است. علاوه بر این مقادیر m بر اساس نوع قاب و مصالح مورد استفاده برای میانقاب‌های غیرمسلح بنایی طبقه‌بندی و ارائه شده است.

مقدمه

میانقاب‌ها معمولاً به دلایل معماری در سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالت کلی استفاده از میانقاب‌ها همواره در جهت اطمینان نبوده و ممکن است سبب خرابی‌های موضعی در تیرها، ستون‌های پیرامونی و یا اتصالات گردند. فقدان شکل‌پذیری مناسب از بزرگترین نقص‌های میانقاب‌ها می‌باشد. بنابراین، تعدادی از میانقاب‌های جدید با شکل‌پذیری بیشتر در سال‌های اخیر پیشنهاد شده‌اند. برخلاف نسل جدید میانقاب‌ها با شکل‌پذیری بالا، میانقاب‌ها در محیط‌های شهری بیش از ۱۵ سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً از مصالح بنایی رایج در ساخت آن‌ها استفاده می‌شود. اکثر طراحان در بخش مدلسازی و تحلیل از این المان‌ها صرف‌نظر می‌کنند. دلیل این امر نداشتن ظرفیت تغییرشکل زیاد، امکان جداشدن این المانها از سازه در اثر زلزله‌ها و انتقال سهم باربری آن‌ها به سیستم اصلی، پس از فروریزش و از همه مهم‌تر، پیچیدگی مدلسازی آن‌ها می‌باشد. اما نکته قابل‌تأملی که وجود دارد این است که بدلیل سختی درون صفحه قابل ملاحظه میانقاب‌ها، لحاظ نکردن آن‌ها می‌تواند منجر به برآورد ناصحیح از تقاضاهای نیرویی، بر روی المان‌های سیستم باربر اصلی و یا تقاضای تغییر مکانی سازه گردد. Moghaddam and Dowling (1987)

یکی از راه‌های مقاوم‌سازی ساختمان در برابر زلزله، استفاده از میانقاب و یا تقویت میانقاب‌های موجود است که این امر باعث افزایش مقاومت و میرایی ساختمان می‌گردد. راهنمای بهسازی چون FEMA356، ASCE 41-06 و... بخش جداگانه‌ای را برای بررسی و ارزیابی میانقاب‌ها در خود جای داده‌اند. این راهنما‌ها در روش‌های خطی ضریبی را تحت عنوان m که مبین قابلیت شکل‌پذیری اجزا می‌باشد، به عنوان ضریب اصلاح مورد استفاده در معیار پذیرش اعضا و اجزای کنترل‌شونده توسط تغییر شکل در نظر می‌گیرند. (FEMA356, ASCE 41-06)

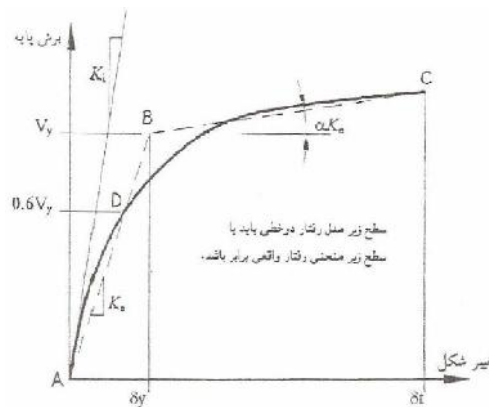
در این پژوهش سعی بر آن است که بر پایه پژوهش‌های آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی، به بررسی مقادیر پارامتر m پرداخته و اثرات و



نحوه تاثیر پارامتر های گوناگون بر مقدار m را ارزیابی نماییم. همچنین در این مقاله به بررسی استفاده از روش رایج راهنماهای بهسازی برای استفاده از داده های رفتاری سیکلی (استفاده از منحنی تقاطع backbone) در محاسبه این پارامتر پرداخته و نیز از روش استفاده از داده های پوش منحنی بار-تغییر مکان در محاسبه این پارامتر استفاده شده است. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از داده های آزمایشگاهی، برای این پارامتر برحسب نوع مصالح و قاب پیرامونی، دامنه ای از مقادیر پیشنهاد شده است.

روند محاسبه پارامتر m

پارامتر m بیان کننده شکل پذیری المان های تغییرشکل کنترل می باشد که برابر ضریبی از نسبت شکل پذیری است که با توجه به هر سطح عملکرد، ضریب کاهش خاصی با توجه به مقادیر ارائه شده در راهنماهای بهسازی چون ASCE 41-06 برای محاسبه آن در نظر گرفته می شود. مطابق راهنماهای گوناگون ارزیابی سازه های موجود، پارامتر m می تواند از روی داده های منحنی تقاطع (backbone) ایده آل شده بار-تغییر مکان نمونه ها تحت رفتار چرخه ای (هیستریزس) در ربع اول و سوم بدست آید. منحنی تقاطع از تقاطع اولین سیکل منحنی چرخه ای برای تغییر مکان گام i ام با دومین سیکل منحنی با گام تغییر مکانی $(i-1)$ ام برای تمامی گام ها می باشد. برای ایده آل سازی منحنی بار-تغییر مکان میانقاب ها، مدل رفتار میانقاب ها به صورت دوخطی در نظر گرفته می شود. مدل رفتار ایده آل شده به روش ترسیمی و با دوخط AB و BC تقریب زده می شود. (شکل ۱). نقطه تقاطع دو خط باید به گونه ای باشد که سطح زیر و بالای منحنی تقاطع تقریباً با یکدیگر برابر باشند و بعلاوه خط AB باید منحنی تقاطع را در 0.6 طول قطع کند. (ASCE 41-06)



شکل ۱: مدل ایده آل شده منحنی بار-تغییر مکان

در حالت کلی برای محاسبه پارامتر m ، علاوه بر استفاده از داده های ایده آل شده منحنی تقاطع بار-تغییر مکان، می توان از پوش داده های منحنی ایده آل شده بار-تغییر مکان بهره جست. در بسیاری از نمونه های آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی، داده های منحنی تقاطع بار-تغییر مکان موجود نیست، که در نتیجه استفاده از داده های پوش ایده آل شده منحنی بار-تغییر مکان می تواند داده های ارزشمندی را بدست دهد. (FEMA-P695)

مقدار پارامتر m در میانقاب ها

در راهنما های بهسازی چون ASCE 41-06 و FEMA 356 و... جدولی برای محاسبه پارامتر m میانقاب ها وجود دارد. این جدول براساس مقدار نسبت ارتفاع به طول میانقاب (l/h) و همچنین نسبت مقاومت برشی قاب به مقاومت برشی مورد انتظار میانقاب (β) طبقه بندی شده است. در جدول ۱ و ۲ مقادیر m میانقاب های گوناگون با قاب پیرامونی فولادی و بتنی آورده شده است.

آنالیز حساسیت پارامتر m در میانقاب ها

در این بخش پارامتر m نمونه های میانقابی، با قاب مشابه خالی (بدون میانقاب) مقایسه شده است. همانطور که در جدول ۱ قابل ملاحظه است، برای نمونه کاکالتسیس (۲۰۰۸) میانگین پارامتر m نمونه های میانقابی S و IS هم برای داده های منحنی پوش و هم برای داده های منحنی تقاطع به ترتیب کوچکتر و بزرگتر از قاب خالی است. برای نمونه پارسا و سروقد مقدم (۲۰۰۸) و همچنین نمونه پاگلیسی (۲۰۰۸) میانقاب سبب افزایش مقادیر m نسبت به قاب خالی شده است. برای نمونه میسیر (۲۰۱۲) پارامتر m بدست آمده از داده های منحنی تقاطع بزرگتر و m بدست آمده از داده های منحنی پوش کوچکتر از قاب خالی بوده است. بنابراین با توجه به این تحقیقات آزمایشگاهی نمی توان یک نتیجه کلی در مورد تاثیر میانقاب ها بر پارامتر m قاب های پیرامونی آن ها گرفت.

نسبت ارتفاع به طول میانقاب

مطابق ASCE 41-06 مقدار پارامتر m میانقاب ها به نسبت (l/h) آن ها نیز وابسته است. با توجه به جدول ۸-۷ این راهنما، پانل های میانقابی به سه دسته با (l/h) ۰/۵، ۱ و ۲ طبقه بندی شده اند. در واقع با توجه به این راهنما میانقاب ها با نسبت (l/h) بالاتر، مقدار m بیشتری نیز خواهند داشت. تقریباً تمامی نمونه های جداول ۱ و ۲ دارای نسبت l/h بین ۰/۵ تا ۱ هستند، بجز نمونه ۱۱ و ۱۲ از پژوهش محرایی (۱۹۹۶) که دارای نسبت l/h برابر ۰/۴۸ است. با توجه به جدول ۱ و ۲ یک رابطه منطقی بین l/h و پارامتر m نمی توان یافت. با توجه به نتایج بدست آمده بنظر می رسد روند انتخابی برای آیین نامه با دسته بندی l/h ها روند مناسبی بنظر نمی رسد.

جدول ۱: مقادیر پارامتر m محاسبه شده از داده های آزمایشگاهی در قاب های بتنی

Reference No.	Infill type	Specimen	h/l	Standard method			Envelope Based method		
				1 st quadrant	4 th quadrant	Average	1 st quadrant	4 th quadrant	Average
Parsa and Sarvghad (2008)	Bare frame	Fig. 4	0.81	1.24	1.51	1.38	1.12	1.52	1.32
	Clay Brick	Fig. 5		2.06	1.92	1.99	2.33	2.23	2.28
	perforated brick	Fig. 6		2.17	1.76	1.97	2.35	1.79	2.07
Sevil and Canbay (2010)	Clay Brick	REFB	0.58	6.47	3.79	5.13	5.8	5.85	5.825
Altin et al. 2010)	Clay tile	Spec. 1	0.58	4.12	2.46	3.29	4.08	2.06	3.07
Puglisi et al.(2008)	Bare frame	Fig 8(a)	1	2.35	2.38	2.37	2.19	2.53	2.36
	Clay tile	Fig. 8(c)		4.08	3.24	3.66	3.95	3.37	3.66
Calvi and Bolognini (2001)	Clay Brick	Non reinforced	0.65	Not available			3.7	2.1	2.9
		W 6mm		Not available			4.5	1.7	3.1
		W 5mm		Not available			1.4	1.4	1.4
Yanaz et al.(2004)	Clay Brick	Pattern 1	0.63	Not available			3.4	6.7	5
Kakaletsis and Karayannis (2008)	Bare frame	B	0.67	3.69	4.02	3.86	2.74	2	2.37
	Clay Brick	S		1.4	3.1	2.3	1.4	1.1	1.6
		IS		4.2	4.6	4.4	3.8	3.7	3.8
Misir et al.(2012)	Bare frame	BaF	0.63	2.2	2.16	2.18	4.7	2.81	3.76
	Clay Brick	SBF		1.5	2.3	2	4.2	4	4.1
Mehrabi et al.(1996)	Concrete block	Spec.4	0.67	6.63	3.26	4.95	5.46	1.99	3.73
		Spec.5		7.23	5.92	6.58	4.10	-	-
		Spec.6		4.68	2.26	3.47	1.72	3.05	2.39
		Spec.7		5.67	3.01	4.34	5.3	2.99	4.15
	Concrete block	Spec.11	0.48	3.52	2.93	3.23	3.57	2.52	3.05
		Spec.12		4.64	2.88	3.76	3.75	2.63	3.19

جدول ۲: مقادیر پارامتر m محاسبه شده از داده های آزمایشگاهی در قاب های فولادی

Reference	Infill type	Specimen	h/l	Standard method			Envelope Based method		
				1 st quadrant	4 th quadrant	Average	1 st quadrant	4 th quadrant	Average
Mohammadi (2007)	Clay Brick	MM	0.7	7.14	4.46	5.8	4.78	2.90	3.84
Tasnimi and Mohebkhah(2011)	Clay Brick	SW	0.8	2.03	4.77	3.4	1.60	3.51	2.56
Flanagan and Bennett (1999)	Clay tile	17-pull	0.82	6.93	3.52	5.23	6.19	3.27	4.73
El-dakhkhni et al.(2004)	Concrete block	SP-2	0.81	4	2.5	3.5	4.4	2.7	3.6
Imran and Aryanto (2009)	Clay brick	Model 2	1	2.16	2.47	2.32	2.89	2.16	2.53
	AAC	Model 1		1.98	1.89	1.94	5.73	3.59	4.66
Gavrilovic and Sendova (1992)	Bare masonry	M1	0.75	2.69	2.46	2.58	2.86	1.59	2.23
		M2		2.78	3.77	3.28	2.58	4.5	3.54
		M3		2.51	2.46	2.49	3.84	3.12	3.48
		M4		1.26	4.4	2.83	1.4	6.33	3.87
		M5		5.63	2	3.82	8.2	1.52	4.86
Markulak et al. (2013)	AAC	OY-2	0.75	2.3	4.45	3.38	4.1	2.28	3.19
	Clay tile	OG-1		2	2.7	2.4	2	2.9	2.5
Kaltakci et al.(2008)	Bare frame	N110	2	Not available			1.38	2.8	2.1
		N110	1				1.5	1	1.25
		N110	0.5				1.74	2.5	2.12
	Brick infill	N111	2	Not available			2.73	1.66	2.2
		N111	1				1.3	1.2	1.25
		N111	0.5				1.0	1.1	1.05

بررسی مقادیر پارامتر m پیشنهادی راهنمای ASCE 41-06

با توجه به راهنمای ASCE 41-06 مقدار پارامتر m باید براساس داده های منحنی تقاطع ایده آل شده محاسبه گردد و برای هر دو ربع اول و سوم تنها یک مقدار پیشنهاد می گردد. بنابراین، برای هر نمونه دو مقدار m قابل محاسبه است. (در هر دو ربع اول و سوم و با داده های ایده آل شده منحنی تقاطع)

در این روش بنظر می رسد که :

- در اولین و سومین ربع، از روی داده های منحنی تقاطع ایده ال شده، مقادیر m مشابهی محاسبه خواهد شد.
- در منحنی تقاطع ایده آل شده، در بارگذاری چرخه ای، مقدار m محافظه کارانه تری قابل محاسبه است.
- میانقاب ها با قاب های فولادی و بتنی مقادیر m یکسانی دارند و تنها این پارامتر به l/h و () وابسته است.

با توجه به نتایج بدست آمده از داده های آزمایشگاهی در جدول ۱ و ۲ صحت تمام این فرضیات در هاله ای از ابهام قرار دارد. بعلاوه مقادیر m در نظر گرفته شده بین ۶ تا ۸ برای سطوح عملکردی LS (برای $S \geq 1.3$) غیر منطقی بنظر می رسد؛ زیرا این مقادیر، در حدود پارامترهای m پیشنهادی برای المان های شکل پذیری چون المان های قاب خمشی فولادی است که این فرض با ماهیت ترد میانقاب های غیرمسلح بنایی مطابقت ندارد.



مقادیر پیشنهادی پارامتر m برای میانقاب ها

نتایج جداول ۱ و ۲ در جدول ۳ خلاصه شده است. میانگین محاسبه شده برای پارامتر m (برای ربع اول و سوم منحنی بار- تغییر مکان) نشان دهنده تفاوت نمونه ها براساس نوع قاب پیرامونی آن هاست.

مطابق جدول ۳، برای میانقاب های با قاب پیرامونی فولادی و بتنی، میانگین پارامتر m محاسبه شده با منحنی تقاطع، بزرگتر از مقدار بدست آمده از داده های پوش است. بنابراین برای داشتن مقادیر m محافظه کارانه تر، استفاده از پارامتر m داده های پوش پیشنهاد می گردد. جدول ۳ نشان می دهد که مقادیر m میانقاب ها با قاب بتنی بزرگتر از مقادیر m میانقاب های فولادی است. به طور خلاصه و برپایه نتایج جدول ۳ پیشنهاد می شود مقادیر m برای نمونه های آجری ۳/۲ و سفالی ۲/۳ در نظر گرفته شود. با توجه به جداول ۱ و ۲ میانقاب ها با مصالح AAC مقادیر m بیشتری از میانقاب های سفالی دارند. بنابراین برای این میانقاب ها همانند میانقاب های سفالی مقدار ۲/۳۳ پیشنهاد می گردد.

جدول ۳: میانگین مقادیر m محاسبه شده از نمونه های آزمایشگاهی بر حسب نوع قاب پیرامونی

	Brick masonry			Clay tile			All specimens		
	standard method	envelop method	entire	standard method	envelop method	entire	standard method	envelop method	entire
Steel frame	3.61	<u>3.20</u>	3.405	3.79	<u>2.33</u>	2.75	3.66	2.77	3.13
Concrete frame	3.86	3.36	3.59	3.48	3.37	3.42	3.82	3.36	3.57

نتیجه گیری

- در این پژوهش به ارزیابی مقادیر ضریب اصلاحی m برای میانقاب های بتنی، بر پایه داده های آزمایشگاهی پرداخته شده است. در این پژوهش علاوه بر استفاده از داده های ایده آل شده منحنی تقاطع (backbone) که در راهنمای بهسازی چون ASCE 41-06 توصیه شده است، از داده های ایده آل شده پوش منحنی نیز در راستای ارزیابی تفاوت مقادیر آن در محاسبه پارامتر m استفاده شده است. مقادیر ضریب اصلاحی ذکر شده برای هر دو ربع اول و سوم (ناحیه مثبت و منفی) محاسبه و مقایسه شده است. با توجه به این پژوهش نتایج زیر قابل ارائه می باشد:
- ۱- مقادیر ارائه شده مطابق روش استاندارد (روش استفاده از داده های منحنی تقاطع) عموماً محافظه کارانه نبوده و مقادیر محاسبه شده از روی داده های پوش بیشتر در راستای اطمینان است.
- ۲- مقادیر m محاسبه شده در ربع اول و سوم در منحنی بار- تغییر مکان میانقاب ها با یکدیگر متفاوت بوده و مقادیر ناحیه اول معمولاً m بزرگتری را به دست می دهد.
- ۳- نتایج بدست آمده ارتباطی بین مقادیر m قاب های بدون میانقاب (خالی) و m میانقاب ها با قاب فولادی و بتنی و نیز بین نسبت طول به ارتفاع دیوار و m نشان نمی دهد.
- ۴- میانقاب ها با قاب پیرامونی بتنی بنظر شکل پذیری بیشتری از میانقاب ها با قاب های پیرامونی فولادی دارند. زیرا میانگین ارائه شده برای میانقاب ها با قاب پیرامونی بتنی بزرگتر از مقادیر m میانقاب ها با قاب فولادی است.
- ۵- به نظر می رسد می توان برای میانقاب های بتنی مقدار m را برای مصالح آجری و سفالی به ترتیب برابر ۳/۲ و ۲/۳۳ در نظر گرفت.
- ۶- میانگین پارامتر m (میانگین هر ۴ مقدار محاسبه شده در هر ربع با توجه به داده های ایده آل شده منحنی پوش و منحنی تقاطع) برای نمونه های AAC برابر ۳/۳ است.

فهرست مراجع

ASCE SEI 41-06 (2007) *Seismic rehabilitation of existing buildings*, ASCE standard, published by the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia;

Altın S., Anıl O., Koprman Y. and Belgin C. (2010), "Strengthening masonry infill walls with reinforced plaster", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures and Buildings.

Calvi, G.M. and Bolognini, D.(2001). " Seismic response of reinforced concrete frames infilled with weakly reinforced masonry panels." J. Earthquake Eng., 5(2), 153-185.



- Crisafulli F.J. and Carr A.J. and Park R. (2000), "Capacity Design of Infilled Frame Structures", 12th World Conference on Earthquake Engineering.
- El-Dakhkhni, W.W. , Hamid, A.A. and Elgaaly, M.(2004). "Seismic retrofit of concrete-masonry-infilled steel frames with glass fiber-reinforced polymer laminates." J. Struct. Eng., 130(9), 1343–1352.
- FEMA 356, (2000), Prestandard for the Seismic Rehabilitation of buildings. FEMA 356.s.1: Federal Emergency Management Agency, Second Draft, March 22.
- Flanagan, R. D., and Benette, R. M (1999). "In plane behavior of structural clay tile infilled frame." J. Struct. Eng., 125(6), 0590–0599.
- Gavrilovic, P. and Sendova, V.(1992). "Experimental and analytical studies of infill walls in reinforced concrete structures." Earthquake Engineering, Tenth World Conference, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 060 5
- Imran, I. and Aryanto, A.(2009). "Behavior of Reinforced Concrete Frames In-Filled with Lightweight Materials Under Seismic Loads." Civil Engineering Dimension 12(1) - 1410-9530
- Kakaletsis, D. J. and Karayannis, C. G. (2008). "Influence of masonry strength and openings on infilled R/C frames under cycling loading." J. Earthquake Eng., 12(2), 197–221.
- Kaltakci, M.Y., Koken, A., Korkmaz, H.H. (2008). "An experimental study on the behavior of infilled steel frames under reversed-cycling loading" Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering, Shiraz University Vol. 32, No. B2, pp 157-160
- Khan, L.F. and Hanson, R.D.(1977). "Reinforced concrete shear walls for a seismic strengthening. Proc. 6th world Conf. on Earthquake Eng., New Dehli, Vol.III, pp.2499-2504.
- Markulak, D. and Radi , I., Sigmund,V. (2013). "Cyclic testing of single bay steel frames with various type of masonry infill." J. Eng. Struct., volume (51).
- Mehrabi, A.B., Shing, P.B., Schuller, M.P. and Noland, J.L.(1996). "Experimental evaluation of masonry- infilled RC frame" J. Struct. Eng., 122(3), 0228–0237.
- Misir, I. Serkan, Ozcelik, O., Girgin, S. C., Kahraman, S. (2012). "Experimental work on seismic behavior of various types of masonry infilled RC frames. Structural engineering & mechanics 01/2012; 44(6):763-774.
- Moghaddam, HA, and Dowling, PJ (1987). "The state-of-the-art in infilled frames." ESEE Res. Rep. No. 87-2, Civil Engineering Dept., Imperial College of Science and Technology, London.
- Mohammadi M. and Mohammadi-Ghazi R. (2011), "A New Infilled Steel Frame with Engineering Properties", Institution of Civil Engineering (ICE).
- Parsa, F. and Sarvghadmoghadam, A. (2008). "Experimental Study on Masonry Infill Panles" Journal of Civil and Surveying of Engineering, University of Tehran, College of Engineering. Vol. (42), No. 6.
- Puglisi, M. Uzcategui, M. Flórez-López, J. (2008), "Modeling of masonry of infilled frames, Part I: The plastic concentrator", Journal of Engineering Structures, Vol. 31, pp. 113-118
- Sevil T., Canbay E. (2010). " Seismic Strengthening of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames with Steel Fiber Reinforcement", Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, July 25-29, Toronto, Ontario, Canada, Paper No 1733
- Tasnimi, AA and Mohebkah, A (2011). "Investigation on the behavior of brick-infilled steel frames with openings, experimental and analytical approaches." Eng. Struct., 33(3), 968–980.
- Yáñez, F., Astroza, M., Holmberg, A and Ogaz, O. (2004). "Behavior of confined masonry shear walls with large openings." Proc., 13th World Conf. on Earthquake Engineering (13WCEE), Vancouver, BC, Canada.

