

مطالعه سهم تاثیر مصالح بنایی، شبکه آرماتور و لایه بتنی در سطوح مختلف

تغییر شکل چرخه‌ای دیوار بنایی مسلح شده با شاتکریت

الهه‌السادات هاشمی^۱، عبدالرضا سروقدمقدم^{۲*}، نادر خواجه احمد عطاری^۳، سید امیرحسین هاشمی^۴

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۲- دانشیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

۳- استادیار، پژوهشگاه ساختمان و مسکن مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

چکیده

در ساختمان‌های بنایی، اعضای سازه‌ای اصلی که با نیروهای جانبی مقابله می‌کنند، دیوارها هستند. از مسائل مهم در طرح بهسازی، شناسایی موثرترین روش بهبود در سطوح تغییر مکان‌های مختلف، می‌باشد. به همین منظور در این مطالعه با مینا قراردادن نتایج آزمایشگاهی ۱۲ نمونه دیوار غیرمسلح و تقویت شده تحت بار چرخه‌ای، و براساس مقادیر بهینه پارامترها برای بهترین کالیبراسیون نتایج مدلسازی با نتایج آزمایشگاهی موجود؛ در گام یک، با تغییر در مشخصات دیوارهای غیرمسلح و مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه و دو طرفه، برای هریک از مصالح تشکیل دهنده دیوارهای مورد بررسی، مقداری به عنوان سهم آن مصالح در سه سطح تغییر مکانی: تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان نهایی ارائه شده است (مقادیر محاسباتی). در گام دوم با تغییر ضخامت لایه مصالح بنایی در دیوارهای آجری غیرمسلح و تغییر ضخامت لایه مصالح بنایی، لایه مصالح بتنی، قطر میلگردها و فاصله شبکه میلگردها، در دیوار آجری مسلح شده یکطرفه و دو طرفه، مقادیر تحلیلی حاصل از نرم افزار (مقادیر تحلیلی) استخراج شده است. در نهایت در گام سوم مقادیر محاسباتی پیشنهاد شده در گام یک با مقادیر تحلیلی استخراج شده در گام دو مقایسه شده است. در دیوارهای غیرمسلح، مقادیر محاسباتی برای سهم مقاومت مصالح بنایی از مقاومت کل دیوار در سه سطح تغییر مکانی مورد مطالعه در حدود ۹۷٪ تخمین زده شده است. در دیوارهای مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه و دو طرفه، در سطوح تغییر مکان تسلیم و تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر، بیشترین سهم را بتن و در سطح تغییر مکان نهایی در دیوار با بتن پاشی یک طرفه بیشترین سهم از آن مصالح بنایی و در دیوار با بتن پاشی دو طرفه بیشترین سهم را میلگردها دارند. میانگین خطای مقادیر محاسباتی نسبت به مقادیر تحلیلی حاصل از گام دو در دیوارهای مورد مطالعه در حدود ۷/۵٪ بدست آمده است.

کلمات کلیدی: دیوار غیرمسلح، سطوح تغییر شکلی، لایه بتنی، شبکه آرماتور، شاتکریت.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	10.22065/JSCE.2017.69697.1016	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	http://dx.doi.org/10.22065/jsce.2017.69697.1016	۱۳۹۷/۵/۳۰	۱۳۹۶/۳/۲۴	۱۳۹۶/۳/۲۴	۱۳۹۵/۱۲/۷	۱۳۹۵/۹/۲۲
				عبدالرضا سروقدمقدم	*نویسنده مسئول:	
				moghadam@iiees.ir	پست الکترونیکی:	

Study the relative contribution of materials, reinforcement and concrete layers at different levels of cyclic deformation of masonry walls reinforced with shotcrete

Elahesadat Hashemi¹, Abdolreza Sarvghad Moghadam^{*2}, Nader Khajeh Ahmad Attari³, Seyed Amirhossein Hashemi⁴

1- PhD student, Department of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

2- Associate professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Structural Engineering, Building & Housing Research Center, Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Qazvin branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

ABSTRACT

In masonry buildings, walls are the main structural members that deal with lateral forces. The important point in seismic retrofitting projects is identify the most effective method of improving in various levels of displacement. Therefore, in this study based on laboratory results, 12 reinforced and unreinforced walls are subjected to cyclic load, and based on the optimum values for the calibration parameters modeling results with available experimental results, in first step, with change in the specification of reinforced and unreinforced walls, An estimate of the contribution of each component in the improvement of three displacement levels, displacement in the yield point, displacement corresponding to the maximum resistance and the final displacement is made. In the second step, with change in the thickness of the layer masonry materials in unreinforced brick walls and, with change in the thickness of the masonry, concrete, diameter rebar and the distance between the bars, in reinforced brick wall, analytical values are determined. Finally, in the third step the amounts proposed in first step is compared with the amounts extracted in step two that have been derived analytically. In unreinforced walls computing values for the share of masonry materials resistance in three levels of displacement is estimated at around 97%. In reinforced and unreinforced walls the most share in resistance in displacement of the yield point and displacement corresponding to the maximum resistance was for concrete. In the final displacement limit in one way reinforced walls, the most share is for resistance has for masonry material and in two way reinforced walls, the most share is for resistance has for reinforcement. Average computing error of the analytical values obtained from step two in the walls was, about 7.5% is obtained.

ARTICLE INFO

Received: 12/12/2016

Revised: 25/02/2017

Accepted: 14/06/2017

Keywords:

*Unreinforced wall
Levels of deformation
Concrete layer
Network reinforcement
shotcrete*

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/JSCE.2017.69697.1016

*Corresponding author: Abdolreza Sarvghad Moghadam

Email address: moghadam@iiees.ir

۱- مقدمه

بسیاری از ساختمان‌های موجود در سراسر جهان از جمله در ایران؛ ساختمان‌های بنایی می‌باشند که تعداد قابل شماری از آن‌ها را بیمارستان‌ها، مدارس و ساختمان‌های مسکونی تشکیل می‌دهند [۱]. تجربه زلزله‌های گذشته آسیب‌پذیری شدید این نوع از ساختمان‌ها را در برابر بارهای لرزه‌ای نشان داده است، که این مسئله نشانه‌ای از نیاز فوری این نوع از ساختمان‌ها به مقاوم‌سازی است [۲]. ساختمان‌های بنایی به علت در دسترس بودن مصالح مورد نیاز آن در تمامی مناطق کشور و نیز ارزان بودن در مقایسه با سایر ساختمان‌ها، مقاومت نسبتاً خوبی در برابر آتش داشته و برای آلودگی‌های صوتی و حرارت عایق مناسبی است. ساختمان‌های بنایی در مقابل نیروهای دینامیکی، میرایی بیشتری نسبت به ساختمان‌های فولادی و بتن مسلح دارند. به عبارت دیگر مقدار تخفیف انرژی مخرب زلزله به علت میرایی در این گونه بناها بیشتر می‌باشد [۲]. بنابراین با طراحی و ساخت و یا با استفاده از روش‌های مقاوم‌سازی مناسب می‌توان از این ساختمان‌ها به طور مطلوبی استفاده نمود.

به دلیل پیچیده و ناشناخته بودن رفتار ساختمان‌های بنایی و نیز عدم وجود اطلاعات فنی کافی، استاندارد ۲۸۰۰ در طراحی این سازه‌ها برخوردار از تجویزی داشته و رفتار سازه در زمان طراحی به روشنی مشخص نمی‌باشد [۱]. از طرفی به دلیل کاربری بسیار مهم این ساختمان‌ها به دلیل در دسترس بودن و همچنین ارزان بودن مصالح این نوع از ساختمان‌ها، آسیب و ویرانی آن‌ها به هنگام وقوع زلزله می‌تواند مرگ بسیاری از انسان‌ها را به همراه داشته باشد. بنابراین از مهمترین مسائل امروزه جامعه مهندسی، ارزیابی لرزه‌ای این نوع سازه‌ها و در صورت نیاز تقویت آن‌ها در برابر زلزله‌های محتمل است [۲]. در ساختمان‌های بنایی، اعضای سازه‌ای اصلی که با نیروهای جانبی مقابله می‌کنند، دیوارها هستند. این دیوارها در صفحه خود سختی و مقاومت بالایی دارند و عملکرد اصلی آن‌ها در این صفحه صورت می‌گیرد و به پایداری ساختمان کمک می‌کنند [۳]. با توجه به اهمیت این اعضا تحقیق حاضر بر روی آن‌ها متمرکز شده است. یکی از مسائل مهم برای مهندسی در طرح بهینه بهسازی آن است که، در سطوح تغییرمکان مختلف، عامل با بیشترین اثر در افزایش مقاومت را بشناسند. به همین منظور در این مطالعه با مبنا قرار دادن نتایج آزمایشگاهی ۱۲ نمونه دیوار غیرمسلح و تقویت شده تحت بار چرخه‌ای، و براساس مقادیر بهینه پارامترها برای بهترین کالیبراسیون نتایج مدل‌سازی با نتایج آزمایشگاهی موجود [۴]، در ابتدا سهم مقاومت هر یک از مصالح تشکیل دهنده دیوارها، نسبت به مقاومت کل دیوار در سه سطح تغییرمکان تسلیم، تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییرمکان متناظر با مقاومت نهایی در دو نمونه دیوار آجری غیرمسلح، سه نمونه دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه و سه نمونه دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی دوطرفه بررسی شده است. با توجه به نتایج، برای هر یک از مصالح مقداری به عنوان سهم آن مصالح در هر یک از سه سطح تغییرمکان-های مذکور پیشنهاد شده است. سپس با تغییر ضخامت لایه مصالح بنایی در دیوارهای آجری غیرمسلح و تغییر ضخامت لایه مصالح بنایی، لایه مصالح بتنی، قطر میلگردها و فاصله شبکه میلگردها، در دیوار آجری مسلح شده یکطرفه و دوطرفه، مقادیر تحلیلی حاصل از نرم‌افزار با مقادیر پیشنهاد شده در بخش اول مقایسه شده است.

پیشینه تحقیقات بر روی ساختمان‌های آجری به اندازه سازه‌های بتن مسلح و فولادی قدمت ندارد و طرح و محاسبه آن‌ها تنها در سه - چهار دهه اخیر پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته است. آنچه در ذیل آمده است، مختصری از نتایج مطالعات محققان در قرن بیستم و قرن حاضر است [۲]. در سال ۱۹۸۸، شینگ و همکارانش تعداد ۲۲ دیواربنایی برشی مسلح را با هدف دستیابی به روابط تجربی یا نیمه تجربی برای محاسبه مقاومت و شکل‌پذیری مورد مطالعه قرار دادند [۵]. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که برای تعیین مقاومت خمشی دیوارهای برشی ضخیم می‌توان از تئوری ساده خمش استفاده کرد، همچنین با افزایش تنش قائم، شکل‌پذیری خمشی دیوار به شدت کاهش می‌یابد.

در سال ۱۹۹۰ لاری و هریس مطالعه بسیار جامعی بر روی دیوارهای برشی بنایی ساخته شده با بلوک انجام دادند. این پژوهشگران تعداد ۹ عدد دیوار در مقیاس ۱:۳ و با ابعاد ۶۱*۶۱ سانتیمتر را مورد آزمایش قرار دادند. این دیوارهای مقیاس شده، دیوارهایی با ابعاد ۱۸۳*۱۸۳ سانتیمتر بودند که در سال ۱۹۸۸ توسط (شینگ و همکارانش) در دانشگاه کلرادو مورد مطالعه قرار گرفته بود. هدف آن‌ها از این مطالعه مقایسه نتایج مدل مقیاس شده با نتایج آزمایش در مقیاس کامل عنوان گردید [۶]. نتایج کلی بدست آمده از این تحقیق چنین عنوان شده است:

شکست دیوارهای بنایی در دو مود خمشی یا برشی صورت می‌گیرد. مقادیر بار جانبی که باعث ایجاد اولین ترک قطری بزرگ در دیوار می‌شود، تقریباً ثابت است. مقاومت خمشی و برشی دیوارها با افزایش مقدار فولادهای قائم افزایش می‌یابد. افزایش مقدار فولادهای قائم نحوه شکست برشی دیوارها را بهبود می‌بخشد؛ اما شکل‌پذیری دیوار را کاهش می‌دهد. افزایش درصد فولاد افقی مود شکست دیوار را از حالت گسیختگی برشی ترد به گسیختگی خمشی شکل‌پذیر تغییر می‌دهد، به طوری که اضافه کردن درصد مناسبی فولاد افقی از ایجاد ترک قطری ناشی از کشش شده و شکست برشی اتفاق نمی‌افتد. چنانچه شناخت کاملی از مصالح بنایی و فولادهای مصرفی در دیوار وجود داشته باشد، می‌توان مقاومت خمشی را تا حد بسیار خوبی تخمین زد. آئین‌نامه‌های ACI318-86, UBC1988 نتایج محافظه‌کارانه‌ای برای مقاومت برشی دیوار ارائه می‌دهند. در حد نهایی بین نتایج آزمایش دیوار مقیاس‌شده و دیوار مقیاس کامل، تطابق خوبی وجود دارد [۶].

در سال ۱۹۹۱ مگنز و کالوی مطالعه‌ای آزمایشگاهی بر روی دیوارهای آجری انجام دادند. در این پژوهش پنج عدد دیوار آجری در مقیاس کامل تحت بار ثقلی و جانبی رفت و برگشت مورد آزمایش قرار گرفت. هدف از انتخاب نمونه بررسی اثر نسبت ارتفاع به طول روی مقاومت برشی دیوار بود. البته اهداف دیگری نیز همانند رابطه‌ای جهت برآورد و تخمین مقاومت دیوارهای برشی بنایی و همچنین بررسی مدل‌های شکست دیوار مد نظر قرار گرفته بود [۷]. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در یک بار ثقلی ثابت برای دیوارهای باریک با نسبت ارتفاع به طول برابر با ۲ مقدار مقاومت برشی مشاهده‌شده کمتر از مقاومت برشی دیوارهای مشابه با نسبت ارتفاع به طول ۱/۳۴ می‌باشد. همچنین مشاهده گردید که مودهای شکست برشی دیوار بدین صورت اتفاق می‌افتد که ابتدا در بارهای جانبی کم، شکست‌هایی در وسط دیوار و در بین لایه‌های آجرکاری ایجاد می‌گردد و با افزایش مقدار بار جانبی شکست‌های جدید در آجرهای دیوار نمایان می‌گردد.

در سال ۱۹۹۴ جان کلووسکی و همکارانش مطالعه بر روی دیوارهای آجری غیرمسلح انجام داده و روابطی تئوری برای محاسبه حداکثر بار جانبی درون صفحه‌ی قابل تحمل توسط این دیوارها ارائه کردند [۸].

در سال ۱۹۹۵ یوشی مورا و همکارانش اثر آرماتورهای افقی و قائم را بر روی رفتار لرزه‌ای دیوارهای بنایی کلاف بندی‌شده بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که فولادهای قائم و افقی نقش بسیار مهمی را در بالابردن مقاومت جانبی و شکل‌پذیری دیوارهای بنایی به عهده دارند، از طرفی این فولادها باعث خواهند شد در بارهای جانبی شکست برشی دیوار که غالباً ترد و شکننده است، صورت نپذیرد [۹].

در سال ۱۹۹۸ مگنز دیوارهای برشی آجری مسلح را تحت بارهای رفت و برگشتی درون صفحه‌ای مورد آزمایش قرار داد. هدف از این مطالعه بررسی مقاومت، شکل‌پذیری و توزیع انرژی در دیوار بنایی بود [۱۰].

در سال ۱۹۹۹ امجد براساس آزمایش بر روی نمونه‌های ماسه‌ای مدول الاستیسیته ملات ماسه‌ای را تخمین زد و یک رابطه برای مدول الاستیسیته ملات ماسه‌ای براساس مقاومت فشاری ملات ارائه کرد [۱۱].

در سال ۲۰۰۰ تسنیمی و همکارانش ضوابط موجود در فصل سوم آئین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) را مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش که در دو شاخه آزمایشگاهی و تئوری صورت پذیرفت، دو ساختمان آجری دو طبقه غیرمسلح و کلاف‌بندی شده در مقیاس ۱:۲ و بر مبنای توصیه‌های آئین‌نامه ساخته شد. این ساختمان‌ها تحت بار ثقلی ثابت و بار جانبی رفت و برگشتی آزمایش شدند. به موازات کار آزمایشگاهی صورت گرفته، مدلسازی کامپیوتری این ساختمان‌ها با استفاده از نرم افزار ANSYS انجام شد و نهایتاً تحلیل دقیقی بر روی نتایج آزمایشگاهی و آنالیز کامپیوتری صورت گرفت [۱۱].

در سال ۲۰۰۳ سیدریس و همکارانش رابطه‌ای بین مقاومت فشاری بتن و مدول الاستیسیته و همچنین رابطه‌ای بین مدول الاستیسیته و نسبت پواسون، با استفاده از روابط جذب آب سیمان ارائه کردند [۱۳].

در سال ۲۰۰۴ خدر و همکارانش براساس مطالعات آزمایشگاهی بر روی مشخصات سازه‌ای سنگدانه‌های طبیعی و بازسازی شده‌ی به کار رفته در ملات، رابطه‌ای برای مدول الاستیسیته برحسب مقاومت فشاری ملات ارائه کردند [۱۴].

در سال ۲۰۰۷ همت و همکارانش روابطی ساده برای بدست آوردن مدول الاستیسیته آجر، ملات و مصالح بنایی ارائه نمودند. همچنین براساس مطالعات آزمایشگاهی منحنی تنش - کرنش غیرخطی برای آجر، ملات و مصالح بنایی پیشنهاد نمودند [۱۵].

در سال ۲۰۰۷ غیائی و همکارانش مشخصات ارتجاعی دیوار تقویت شده با پوشش بتن مسلح و نیز دیوار تقویت نشده که در امر ارزیابی آسیب پذیری با روش های خطی مورد استفاده می باشد؛ را ارائه نمودند [۱].

در سال ۲۰۱۱ کلالی و کبیر با استفاده از مدلسازی ماکرو برآوردی از مشخصات خطی (سختی اولیه) و غیرخطی (مقاومت نهایی) انجام داده اند [۳]. در سال ۲۰۱۲ غیائی و همکارانش مدل ساده ای شده ای برای آنالیز دیوارهای برشی غیرمسلح تحت بارگذاری ترکیبی محوری، برشی و خمشی ارائه کردند [۱۶].

در ریز مدلسازی آجرها، ملات و سطح بین آجر و ملات به صورت مجزا مدل می شود و بازشدگی و لغزش در سطح ملات شبیه سازی می گردد. این روش برای سازه های کوچک با توجه به حالات به شدت ناهمگن تنش ها و کرنش ها مناسب می باشد. هدف اصلی از ریز مدلسازی آن است که رفتار مصالح بنایی با آگاهی از خواص هر جز و سطح، به دقت مورد بررسی قرار گیرد [۱۷]. این روش اولین بار توسط پیچ [۱۸] مورد استفاده قرار گرفت و پس از آن نیز محققانی همچون لورنسو [۱۹]، گام های بسیار موثری در جهت پیشرفت این نوع مدلسازی برداشته اند و روش های مختلفی همچون روش اجزای محدود برای آن پیشنهاد شده است.

۲- نحوه مدل سازی دیوارها

۲-۱- مشخصات دیوارهای مورد بررسی

در این مطالعه از نتایج آزمایشگاهی ۱۲ نمونه دیوار غیرمسلح و تقویت شده تحت بار چرخه ای، که توسط دانشگاه تهران انجام گرفته است [۲۰]، به منظور بررسی درستی نتایج حاصل از مدلسازی استفاده شده است. لازم به ذکر است که در این مطالعه برای مدلسازی و انجام آنالیزها از نرم افزار SAP2000 استفاده شده است. مشخصات این دیوارها در جدول ۱ آورده شده است.

در شماره گذاری نمونه ها URMW بیانگر Unreinforced Masonry Wall می باشد [۲۰]. شماره گذاری دیوارهای آجری مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه و دوطرفه با علائم اختصاری زیر انجام شده است.

E: مقاوم سازی شده

M: مصالح بنایی

W: دیوار

اولین عدد: (از ۱ تا ۳) شماره دیوار مرجع

دومین عدد: (از ۱ تا ۲) تعداد وجوه بتن پاشی شده

MM: مش به صورت شبکه پیش ساخته

MR: مش به صورت شبکه آرماتور

سومین عدد: (از ۱ تا ۱۲) شماره نمونه

لازم به ذکر است، از آن جا که نمونه ها در آزمایشگاه در مقیاس ۱:۲ ساخته شده است در مدلسازی نیز از این مقیاس استفاده شده است.

۲-۲- پارامترهای اصلی در مدل سازی

غالباً در دفاتر مهندسی از نرم افزارهایی برای تحلیل و طراحی استفاده می شود که هر چند قابلیت مدل سازی اعضای بتنی و فولادی را دارند ولی فاقد قابلیت مدل سازی اعضای مصالح بنایی هستند. تدوین روالی برای مدل سازی دیوارهای مصالح بنایی در این گونه نرم افزارها می تواند به تحلیل و طراحی سازگار متشکل از این اعضا منجر شود.

پارامترهای اصلی که رفتار چرخه ای دیوار مصالح بنایی را در نرم افزار با نتایج آزمایشگاهی کنترل می نماید به شرح زیر است:

بهترین تطبیق با منحنی های چرخه ای حاصل از آزمایشات دیوارهای آجری غیر مسلح وقتی بدست می آید که، در مدل کامپیوتری رفتار مصالح بنایی "ایزوتروپیک"، نوع چرخه هیستریزیس مصالح بنایی از نوع "ناکدا"، نوع مقطع "شل" (لایه ای)، زاویه المان مصالح بنایی 45° ، با لحاظ اثر بار مرده و اعمال ضرایب دراگر- پراگر در نظر گرفته شود.

بهترین تطبیق منحنی های چرخه ای حاصل از نتایج تحلیلی با نتایج بدست آمده از آزمایشات دیوارهای آجری تقویت شده با بتن پاشی یک طرفه وقتی حاصل می شود که، رفتار مصالح بنایی و بتنی "ایزوتروپیک"، رفتار میلگرد "تک محوری"، نوع چرخه هیستریزیس مصالح بنایی و بتنی از نوع "ناکدا" و در مورد میلگردها از نوع "کینماتیک" در نظر گرفته شود. باید نوع مقطع برای هر سه نوع مصالح شل با زاویه 45° برای مصالح بنایی، زاویه 0° برای مصالح بتنی و زاویه های 0° و 90° برای لایه های میلگرد افقی و قائم باشد. علاوه بر این، منحنی رفتار تنش - کرنش بتن "متقارن" در نظر گرفته می شود. اثر بار مرده و تاثیر ضرایب دراگر - پراگر برای مصالح بنایی و بتنی نیز، منظور می گردد.

بهترین تطبیق منحنی های چرخه ای حاصل از نتایج تحلیلی با آزمایشات تقویت شده با بتن پاشی دو طرفه نیز در مشخصات مصالح مطابق دیوارهای آجری تقویت شده با بتن پاشی یک طرفه حاصل می گردد. طبعاً در این حالت مشخصات برای دو لایه بتن، دو لایه آرماتور افقی و دو لایه آرماتور قائم استفاده شده است.

۳- سهم مقاومت هر یک از مصالح نسبت به مقاومت کل دیوار

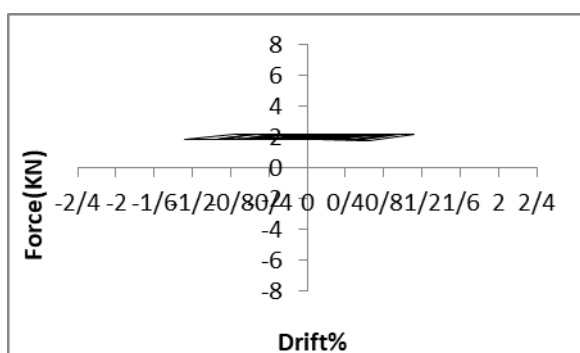
در این قسمت به بررسی سهم مقاومت لایه مصالح بنایی در دیوار آجری غیر مسلح، دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه و دوطرفه، در سه سطح تغییر مکانی تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی پرداخته شده است.

۳-۱- دیوار آجری غیر مسلح

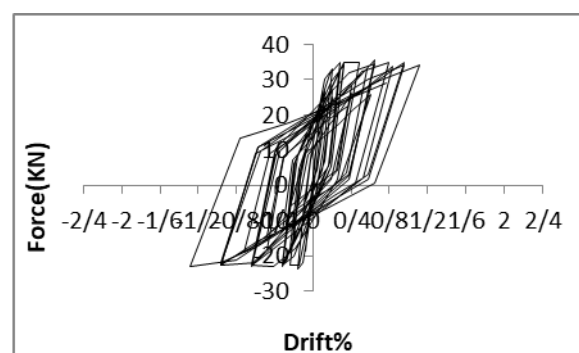
برای این منظور با تغییر منحنی رفتاری مصالح بنایی و به صفر رساندن تنش این لایه در تغییر مکان های خیلی کم عملاً این لایه از مدل سازی حذف شده است. نتایج مربوط به دو دیوار آجری غیر مسلح URMW1 در اشکال ۱ و ۲ آورده شده است. شکل ۱، منحنی رفتاری دیوارهای آجری غیر مسلح URMW1 را نشان می دهد. در شکل ۲، لایه مصالح بنایی با تغییر منحنی رفتاری حذف شده است. به منظور به دست آوردن سهم مصالح بنایی در تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی، ابتدا باید این تغییر مکان ها و مقاومت متناظر با آن ها در دیوارهای مرجع تعیین شود، سپس مقادیر این مقاومت ها از مقادیر مقاومت در تغییر مکان های مذکور در نمودارهای مربوط به حذف مصالح بنایی کاسته می شود. مقادیر بدست آمده، سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان های مذکور نسبت به مقاومت کل دیوار خواهد بود. در جدول ۱ جزئیات مربوط به این دیوارها آورده شده است. همانطور که در جدول ۲ دیده می شود، بیش از ۹۰٪ مقاومت دیوار، در سه تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی به مقاومت مصالح بنایی در این تغییر مکان ها اختصاص دارد. اثر وجود بار مرده روی این دیوارها را در باقیمانده مقاومت می توان مشاهده کرد.

جدول ۱: مشخصات دیوارهای مورد بررسی [۲۰]

نمونه	طول (mm)	مضخمت (mm)	ارتفاع (mm)	مقاومت برشی ملات (Mpa)	تنش محوری (Mpa)	مقاومت فشاری ملات (Mpa)	نوع مش	ابعاد چشمه (mm * mm)	قطر آرماتور (mm)	متوسط ضخامت بتن پاشی	مقاومت فشاری بتن (Mpa)
URMW1	۲۷۰۰	۱۶۰	۱۳۵۰	۰/۲	۰/۱	۸	-	-	-	-	-
URMW2	۱۹۰۰	۱۰۵	۱۳۶۰	۰/۲۲	۰/۱	۸/۴	-	-	-	-	-
URMW3	۱۲۵۰	۱۶۰	۱۳۴۰	۰/۲۱	۰/۱۵	۷/۵	-	-	-	-	-
EMW11MM-4	۲۷۰۰	۱۶۰	۱۳۷۰	۰/۲۱	۰/۱	۹	شبكة فنسی	۲۵*۲۵	۱/۵	۲۷	۲۱/۶۳
EMW21MM-5	۱۹۰۰	۱۱۰	۱۳۷۰	۰/۲	۰/۱	۹/۶	شبكة فنسی	۲۵*۲۵	۱/۵	۲۹	۱۷/۵۵
EMW21MR-6	۱۹۰۵	۱۱۰	۱۳۶۰	۰/۲۲	۰/۱	۱۰	شبكة آرماتور	۷۵*۷۵	۳	۲۹	۲۶/۹۵
EMW31MR-7	۱۲۵۰	۱۶۰	۱۳۷۰	۰/۲۲	۰/۱۵	۱۱	شبكة آرماتور	۷۵*۷۵	۳	۲۸/۵	۲۳/۳۱
EMW31MR-8	۱۲۵۰	۱۶۰	۱۳۷۰	۰/۲	۰/۱۵	۹/۶	شبكة آرماتور	۷۵*۷۵	۳	۲۵	۲۴/۱۰
EMW22MM-9	۱۹۰۰	۱۱۰	۱۳۷۰	۰/۲	۰/۱	۱۱	شبكة آرماتور	۷۵*۷۵	۵/۵	۲۵	۲۰/۷۲
EMW32MM-10	۱۲۵۰	۱۱۰	۱۳۷۰	۰/۲	۰/۱۵	۹/۶	شبكة آرماتور	۷۵*۷۵	۵/۵	۲۵	۲۴/۲۷
EMW12MR-11	۲۷۰۰	۱۶۰	۱۳۶۰	۰/۲۲	۰/۱	۱۰	شبكة آرماتور	۱۵۰*۱۵۰	۵/۵	۲۵	۲۸/۶۴
EMW12MR-12	۲۷۰۰	۱۶۰	۱۳۷۰	۰/۲۱	۰/۱	۱۰	شبكة آرماتور	۳۰۰*۳۰۰	۵/۵	۲۵	۲۱/۸۵



شکل ۲: حذف مصالح بنایی در دیوار آجری غیر مسلح URMW1.



شکل ۱: دیوار آجری غیر مسلح URMW1.

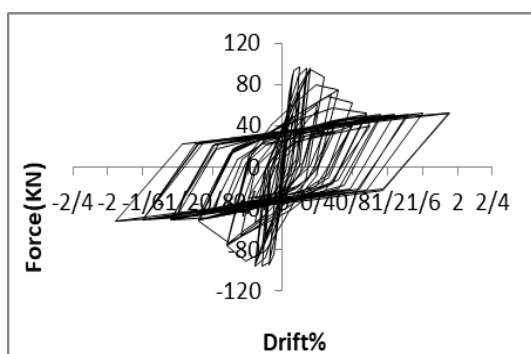
۳-۲- دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه

در این بخش برای بدست آوردن هر یک از مصالح به کار برده شده در این نوع از دیوارها سه دیوار EMW11MM-4 و EMW21MM-5 و EMW11MR-6 بررسی شده است. لازم به ذکر است که قبل از حذف مصالح، منحنی نیرو - تغییر مکان نسبی یک دیوار به عنوان منحنی مرجع انتخاب شده است؛ تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی برای آن‌ها مشخص شده است، سپس تغییرات روی آن دیوار مرجع انجام گرفته است و مقاومت مربوط به حذف مصالح در تغییر مکان‌های مذکور نسبت به مقاومت دیوار مرجع در همان تغییر مکان‌ها سنجیده شده است. در هر یک از آن‌ها با توجه به نوع مقطع به ترتیب لایه میلگرد افقی، لایه میلگرد قائم، لایه مصالح بتنی و همچنین لایه مصالح بنایی نیز با تغییر در منحنی رفتاری، حذف شده‌اند. به عنوان نمونه در اشکال ۳ تا ۷ مراحل حذف مصالح به کاررفته در دیوار EMW11MM-4 نشان داده شده است.

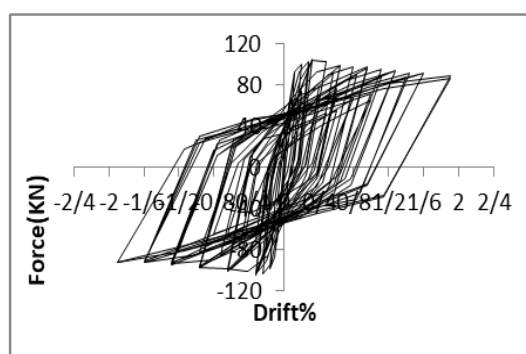
جدول ۲: تغییر مکان، مقاومت، سختی اولیه و سهم مقاومت و سختی اولیه مصالح بنایی نسبت به مقاومت کل دیوار در دیوارهای آجری

URMW2	URMW1	دیوار مشخصه
۰/۰۴	۰/۱۲۸	تغییر مکان نسبی تسلیم.٪
۰/۰۵۶	۰/۶۴	تغییر مکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر.٪
۱/۱۲	۱/۱۲	تغییر مکان نسبی نهایی.٪
۱۶/۵۶	۳۰/۲۱	مقاومت تسلیم (KN)
۲۰/۵۶	۳۵/۵۱	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۸/۸۲	۳۴/۲۲	مقاومت نهایی (KN)
۲۹/۵۷	۱۶/۸۵	سختی اولیه (KN/mm)
۱۶/۵۱	۲۸/۱۹	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نسبی تسلیم (KN)
۹۹	۹۳	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نسبی تسلیم.٪
۲۰/۱۵	۳۲/۴۱	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۹۹	۹۵	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر.٪
۱۸/۷۷	۳۱/۸۶	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نسبی نهایی (KN)
۹۹	۹۳	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نسبی نهایی.٪
۲۹/۴۸	۱۵/۷۳	سهم سختی اولیه مصالح بنایی (KN/mm)
۹۹	۹۵	سهم سختی اولیه مصالح بنایی.٪

به منظور به دست آوردن سهم مصالح در تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی، ابتدا باید این تغییر مکان‌ها و مقاومت متناظر با آن‌ها در دیوارهای مرجع تعیین شود، سپس مقادیر این مقاومت‌ها از مقادیر مقاومت در تغییر مکان‌های مذکور در نمودارهای مربوط به حذف مصالح کاسته می‌شود. مقادیر بدست آمده سهم مقاومت مصالح در تغییر مکان‌های مورد نظر نسبت به مقاومت کل دیوار خواهد بود. در جدول ۳ جزئیات مربوط به دیوارهای EMW11MM-4 و EMW21MM-5 و EMW11MR-6 آورده شده است.



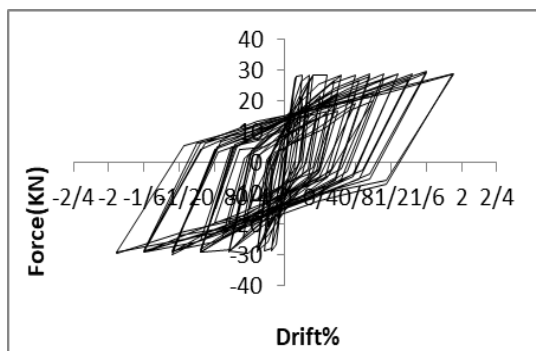
شکل ۴: حذف لایه میلگرد افقی.



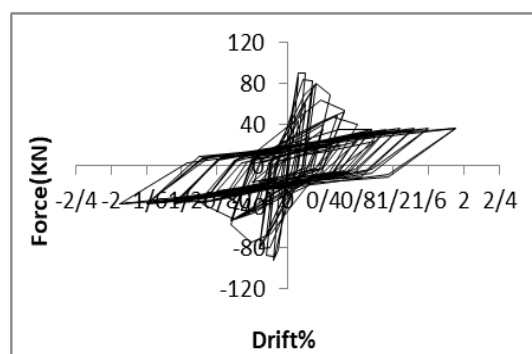
شکل ۳: دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه.

جدول ۳: سهم مقاومت مصالح و سختی اولیه نسبت به مقاومت و سختی اولیه کل دیوار و سختی اولیه در دیوارهای آجری مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه

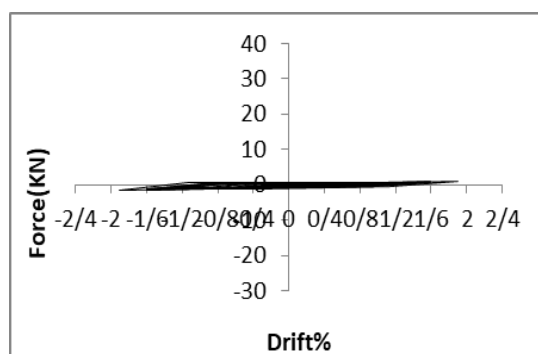
EMW11MR-6	EMW21MM-5	EMW11MM-4	دیوار مشخصه
۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۱۲	تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۰/۱۲	۰/۲	۰/۳۲	تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱/۹	۱/۹	۱/۹	تغییرمکان نسبی نهایی٪
۶۲/۳۷	۵۰/۵۶	۹۲/۰۱	مقاومت تسلیم (KN)
۷۰/۷۷	۵۸/۴۹	۱۰۴/۵۸	مقاومت تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۲۷/۰۴	۳۳/۴۱	۸۸/۹۵۸	مقاومت نهایی (KN)
۷۹/۵۵	۶۴/۴۸	۵۴/۷۶	سختی اولیه (KN/mm)
۱/۷۴	۱/۷	۲/۰۵	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۲/۷	۳/۳	۲/۲	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۳/۴۲	۶/۸۹	۹/۴۳	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۴/۸	۱۱/۷۷	۹/۰۱	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۳/۴۶	۶/۷۳	۳۶/۶۸	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۱۲/۷	۲۰	۴۱/۲۳	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۱/۷۴	۲/۰۶	۳/۰۶	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۲/۷	۴	۳/۳	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۳/۸۷	۶/۹۸	۱۴/۸۶	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۵/۴	۱۱/۹	۱۴/۲	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۳/۴۵۸	۶/۷۸	۱۵/۵۳	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۱۲/۷	۲۰	۱۷/۴	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۳۸/۳۳	۲۶/۲۳	۵۹/۱۶	سهم مقاومت مصالح بتنی در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۶۱/۴	۵۱/۸۷	۶۴/۲۹	سهم مقاومت مصالح بتنی در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۴۴/۶۷	۲۵/۹۸	۵۱/۸۸	سهم مقاومت مصالح بتنی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۶۳/۱۱	۴۴/۴۱	۴۹/۶	سهم مقاومت مصالح بتنی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۰/۹۵۲	۰/۷۳	۷/۷۲۹	سهم مقاومت مصالح بتنی در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۳/۵	۲/۱	۸/۶	سهم مقاومت مصالح بتنی در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۱۹/۱۷	۱۹/۱۷	۲۷/۶۳	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۳۰/۷	۳۷/۹	۳۰	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۱۷/۴۱	۱۷/۵	۲۸/۱۷	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۲۴/۶	۲۹/۹	۲۶/۹	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱۷/۷۶	۱۷/۴۷	۲۸/۱۷	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۶۵/۶۸	۵۲/۲۸	۳۱/۶	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۲/۲۲	۲/۱۶۸	۱/۲۲	سهم میلگرد افقی در سختی اولیه (KN/mm)
۲/۷	۳/۳	۲/۲	سهم میلگرد افقی در سختی اولیه٪
۲/۲۲	۲/۶۳	۱/۸۲	سهم میلگرد قائم در سختی اولیه (KN/mm)
۲/۷	۴	۳/۳	سهم میلگرد قائم در سختی اولیه٪
۴۸/۸۹	۲۹/۶۳	۳۵/۲۱	سهم مصالح بتنی در سختی اولیه (KN/mm)
۶۱/۴	۵۱/۸۷	۶۴/۲۹	سهم مصالح بتنی در سختی اولیه٪
۲۴/۴۵	۲۴/۴۵	۱۶/۴۵	سهم مصالح بنایی در سختی اولیه (KN/mm)
۳۰/۷	۳۷/۹	۳۰	سهم مصالح بنایی در سختی اولیه٪



شکل ۶: حذف لایه بتن در دیوار.



شکل ۵: حذف لایه میلگرد قائم در دیوار.



شکل ۷: حذف لایه مصالح بنایی.

۳-۳- دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی دو طرفه

در این بخش برای بدست آوردن سهم مقاومت هر یک از مصالح به کار برده شده در این نوع از دیوارها، سه دیوار EMW22MM-9 و EMW12MM-11 و EMW12MR-12 بررسی شده است. لازم به ذکر است که قبل از حذف مصالح، منحنی نیرو-تغییر مکان نسبی یک دیوار به عنوان منحنی مرجع انتخاب شده است؛ سپس تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی برای آن‌ها مشخص شده است، در ادامه تغییرات روی آن دیوار مرجع انجام گرفته است و مقاومت مربوط به حذف مصالح در تغییر مکان‌های مذکور نسبت به مقاومت دیوار مرجع در همان تغییر مکان‌ها سنجیده شده است. در هر یک از آن‌ها با توجه به نوع مقطع به ترتیب یک لایه میلگرد افقی، یک لایه میلگرد قائم، لایه میلگرد افقی دوم، لایه میلگرد قائم دوم، یک لایه مصالح بتنی، لایه مصالح بتنی دوم و همچنین لایه مصالح بنایی نیز با تغییر در منحنی رفتاری، حذف شده‌اند.

به منظور به دست آوردن سهم مصالح در تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی، ابتدا باید این تغییر مکان‌ها و مقاومت متناظر با آن‌ها در دیوارهای مرجع تعیین شود، سپس مقادیر این مقاومت‌ها از مقادیر مقاومت در تغییر مکان‌های مذکور در نمودارهای مربوط به حذف مصالح کاسته می‌شود. مقادیر بدست آمده سهم مقاومت مصالح در تغییر مکان‌های مورد نظر نسبت به مقاومت کل دیوار خواهد بود. در جدول ۴ جزئیات مربوط به دیوارهای EMW22MM-9 و EMW12MM-11 و EMW12MR-12 آورده شده است.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، جمع سهم مقاومت دیوار برای مصالح مختلف در سه تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان متناظر با مقاومت نهایی، کمتر از ۱۰۰٪ خواهد شد. باقیمانده مقاومت اثر وجود بار مرده روی این دیوارها را نشان می‌دهد.

در جدول ۲ و ۳ و ۴ علاوه بر تعیین سهم مقاومت برای هر یک از مصالح، سهم سختی اولیه نیز برای هر یک از مصالح تعیین شده است. بدیهی است از آنجا که در همه موارد مقاومت تسلیم در سطح تغییرمکان تسلیم بررسی شده است درصد سهم سختی اولیه مصالح، نسبت به سختی اولیه کل دیوار با درصد سهم مقاومت در تغییرمکان تسلیم برای هر یک از مصالح برابر باشد.

جدول ۴: سهم مقاومت مصالح و سختی اولیه نسبت به مقاومت و سختی اولیه کل دیوار و سختی اولیه در دیوارهای آجری مسلح شده با بتن پاشی دوطرفه

EMW12MR-12	EMW12MM-11	EMW22MM-9	دیوار مشخصه
۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۲	تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۰/۱۲۸	۰/۲۸	۰/۲	تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱/۹	۱/۹	۱/۹	تغییرمکان نسبی نهایی٪
۱۲۲/۱۵۹	۲۰۰/۰۹۵	۱۴۰/۱۹۲	مقاومت تسلیم (KN)
۱۵۴/۹۳	۲۰۶/۹۶	۱۵۰/۶۷	مقاومت تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۶۹/۴۷	۹۳/۶	۹۰/۶۲	مقاومت نهایی (KN)
۱۰۹/۰۷	۱۱۹/۱	۸۳/۴۴	سختی اولیه (KN/mm)
۳/۳۰۵	۱۰/۲۳	۱۶/۵۶	سهم مقاومت یک لایه میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۲/۷	۵/۱۱	۱۱/۸۱	سهم مقاومت یک لایه میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۵/۶۲	۱۱/۳۹	۱۶/۵۶	سهم مقاومت یک لایه میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۳/۶۲	۵/۵۵	۱۰/۹۹	سهم مقاومت یک لایه میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۶/۰۶	۱۲/۰۱	۱۶/۷	سهم مقاومت یک لایه میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۸/۷۲	۱۲/۸	۱۸/۴	سهم مقاومت یک لایه میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۳/۶۶۵	۱۱/۷۶	۱۶/۵۵	سهم مقاومت یک لایه میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۳	۵/۸۷	۱۱/۸	سهم مقاومت یک لایه میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۵/۸۴	۱۲/۱۲	۱۶/۵۹	سهم مقاومت یک لایه میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۳/۷	۵/۸۵	۱۱/۰۱	سهم مقاومت یک لایه میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۵/۹۱	۱۱/۵۸	۱۶/۷۴	سهم مقاومت یک لایه میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۸/۵	۱۲/۳۷	۱۸/۴۷	سهم مقاومت یک لایه میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۳/۰۹	۹/۰۳	۱۶/۵۵	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۲/۵۲	۴/۵۱	۱۱/۸	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۵/۷۳	۱۰/۵۱	۱۶/۵۶	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۳/۶۹	۵/۰۷	۱۰/۹۹	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۵/۹۵	۱۱/۹۴	۱۶/۶۹	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۸/۵	۱۲/۷۵	۱۸/۴۱	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد افقی در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۳/۵۸۳	۱۰/۷۵	۱۶/۵۹	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۲/۹۳	۵/۳۷	۱۱/۸۳	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۵/۸۳	۱۱/۴۴	۱۶/۶۱	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۳/۵۶	۵/۵۲	۱۱/۰۲	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۵/۸۸	۱۱/۸۶	۱۶/۷۴	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۸/۴۶	۱۲/۶۷	۱۸/۴۷	سهم مقاومت لایه دوم میلگرد قائم در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۴۴/۵۱	۶۶/۲	۲۹/۷۳	سهم مقاومت یک لایه بتن در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۳۶/۴۳	۳۳/۰۸	۲۱/۲	سهم مقاومت یک لایه بتن در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۴۳/۷۴	۶۶/۶۷	۳۴/۲۸	سهم مقاومت یک لایه بتن در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۲۸/۲۳	۳۲/۲۱	۲۲/۷۵	سهم مقاومت یک لایه بتن در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱۵/۰۵	۱۴/۳	۴/۲۶	سهم مقاومت یک لایه بتن در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۲۱/۶۶	۱۵/۰۹	۴/۷	سهم مقاومت یک لایه بتن در تغییرمکان نسبی نهایی٪
۴۳/۷۳	۶۴/۳۴	۲۵/۳۶	سهم مقاومت لایه دوم بتن در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۳۵/۷۹	۳۲/۱۵	۱۸/۰۸	سهم مقاومت لایه دوم بتن در تغییرمکان نسبی تسلیم٪
۶۰/۱۴	۶۶/۸	۳۱/۱۶	سهم مقاومت لایه دوم بتن در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۳۸/۸۱	۳۲/۲۷	۲۰/۶۸	سهم مقاومت لایه دوم بتن در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر٪

جدول ۴: سهم مقاومت مصالح و سختی اولیه نسبت به مقاومت و سختی اولیه کل دیوار و سختی اولیه در دیوارهای آجری مسلح شده با بتن پاشی دوطرفه

EMW12MR-12	EMW12MM-11	EMW22MM-9	دیوار مشخصه
۱/۵	۲/۷۷	۰/۳۲	سهم مقاومت لایه دوم بتن در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۲/۱۵	۲/۹	۰/۳۵	سهم مقاومت لایه دوم بتن در تغییرمکان نسبی نهایی/.
۲۸/۱۳	۲۷/۶۳	۱۷/۴۷	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی تسلیم (KN)
۲۳/۰۲	۱۳/۸	۱۲/۴۶	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی تسلیم/.
۲۷/۶۴	۲۷/۶۴	۱۴/۴۷	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۷/۸۴	۱۳/۳۵	۹/۶	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی متناظر با مقاومت حداکثر/.
۲۸/۱۷	۲۸/۱۷	۱۷/۴۴	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی نهایی (KN)
۴۰/۵۴	۳۰/۰۹	۱۹/۲۴	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییرمکان نسبی نهایی/.
۸۳/۴۴	۲/۹۵	۶/۰۹	سهم یک لایه میلگرد افقی در سختی اولیه (KN/mm)
۲/۷	۵/۱۱	۱۱/۸۱	سهم یک لایه میلگرد افقی در سختی اولیه /.
۷	۳/۲۷۲	۷	سهم لایه دوم میلگرد افقی در سختی اولیه (KN/mm)
۲/۵۲	۴/۵۱	۱۱/۸	سهم لایه دوم میلگرد افقی در سختی اولیه/.
۲/۷۵	۵/۳۷۵	۹/۸۵	سهم یک لایه میلگرد قائم در سختی اولیه (KN/mm)
۳	۵/۸۷	۱۱/۸	سهم یک لایه میلگرد قائم در سختی اولیه /.
۳/۱۹	۶/۵۹	۹/۸۷۵	سهم لایه دوم میلگرد قائم در سختی اولیه (KN/mm)
۲/۹۳	۵/۳۷	۱۱/۸۳	سهم لایه دوم میلگرد قائم در سختی اولیه/.
۳۹/۷۴	۳۹/۴	۱۷/۶۹	سهم یک لایه بتن در سختی اولیه (KN/mm)
۳۶/۴۳	۳۳/۰۸	۲۱/۲	سهم یک لایه بتن در سختی اولیه/.
۳۹/۰۲	۳۸/۲۹	۱۵/۰۹	سهم لایه دوم بتن در سختی اولیه (KN/mm)
۳۵/۷۹	۳۲/۱۵	۱۸/۰۸	سهم لایه دوم بتن در سختی اولیه/.
۲۵/۱۱	۱۶/۴۴	۱۰/۳۹	سهم مصالح بنایی در سختی اولیه (KN/mm)
۲۳/۰۲	۱۳/۸	۱۲/۴۶	سهم مصالح بنایی در سختی اولیه/.

۳-۴- مقادیر پیشنهادی مقاومت مصالح به کاررفته در دیوارهای غیرمسلح و مسلح شده

در جداول ۲ و ۳ و ۴ سهم مقاومت هر یک از مصالح استفاده شده، نسبت به مقاومت کل دیوار در سه تغییر مکان تسلیم، تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییرمکان متناظر با مقاومت نهایی به ترتیب در دو نمونه دیوار آجری غیر مسلح، سه نمونه دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه و سه نمونه دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی دوطرفه آورده شده است. در جداول ۵ و ۶ و ۷ مقادیری براساس میانگین گیری مقادیر مربوطه در جداول ۲ و ۳ و ۴ برای سهم هر یک از مصالح در هر یک از سه دیوار آجری غیرمسلح، دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه و دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی دوطرفه پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است، از آنجا که همه دیوارهای مورد بررسی دیوارهایی کوتاه محسوب می‌شوند؛ این مقادیر پیشنهادی برای دیوارهای کوتاه کاربرد خواهد داشت.

لازم به توضیح است، از آن جا که در دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه و دوطرفه درصد سهم سختی اولیه مصالح، نسبت به سختی اولیه کل دیوار با درصد سهم مقاومت در تغییرمکان تسلیم برای هر یک از مصالح برابر می‌باشد، بنابراین مقادیری که به عنوان سهم سختی اولیه مصالح به کار رفته در دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه و دوطرفه کوتاه نسبت به سختی اولیه دیوار، با سهم مقاومت هر یک از مصالح در تغییرمکان تسلیم برابر می‌باشد. بدین منظور از تکرار سهم سختی اولیه مصالح در جداول ۵ و ۶ و ۷ اجتناب شده است.

جدول ۵: مقدار پیشنهادی مقاومت مصالح به کار رفته در دیوار آجری غیر مسلح کوتاه نسبت به مقاومت کل دیوار

مقدار پیشنهاد شده	مشخصه
۹۷	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان تسلیم٪
۹۶/۵	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۹۶	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نهایی٪

جدول ۶: مقدار پیشنهادی مقاومت مصالح به کار رفته در دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه کوتاه نسبت به مقاومت کل دیوار

مقدار پیشنهاد شده	مشخصه
۲/۷۳	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییر مکان تسلیم٪
۸/۵۲	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۲۴/۶۴	سهم مقاومت میلگرد افقی در تغییر مکان نهایی٪
۳/۳۳	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییر مکان تسلیم٪
۱۰/۵	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱۶/۷	سهم مقاومت میلگرد قائم در تغییر مکان نهایی٪
۵۹/۱۸	سهم مقاومت بتن در تغییر مکان تسلیم٪
۵۲/۳۷	سهم مقاومت بتن در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۴/۷۳	سهم مقاومت بتن در تغییر مکان نهایی٪
۳۲/۸۶	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان تسلیم٪
۲۷/۱۳	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۴۹/۸۵	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نهایی٪

جدول ۷: مقدار پیشنهادی مقاومت مصالح به کار رفته در دیوار آجری مسلح شده با بتن پاشی دو طرفه کوتاه نسبت به مقاومت کل دیوار

مقدار پیشنهاد شده	مشخصه
۶/۵۴	سهم مقاومت هر لایه میلگرد افقی در تغییر مکان تسلیم٪
۶/۷۲	سهم مقاومت هر لایه میلگرد افقی در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱۳/۳	سهم مقاومت هر لایه میلگرد افقی در تغییر مکان نهایی٪
۶/۸۹	سهم مقاومت هر لایه میلگرد قائم در تغییر مکان تسلیم٪
۶/۸۵	سهم مقاومت هر لایه میلگرد قائم در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱۳/۱۱	سهم مقاومت هر لایه میلگرد قائم در تغییر مکان نهایی٪
۳۰/۲۳	سهم مقاومت هر لایه بتن در تغییر مکان تسلیم٪
۲۷/۷۳	سهم مقاومت هر لایه بتن در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۱۳/۶۱	سهم مقاومت هر لایه بتن در تغییر مکان نهایی٪
۱۶/۴۲	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان تسلیم٪
۱۳/۵۹	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر٪
۲۹/۹۵	سهم مقاومت مصالح بنایی در تغییر مکان نهایی٪

۴- تاثیر تغییر مشخصات مصالح بر مقاومت دیوار

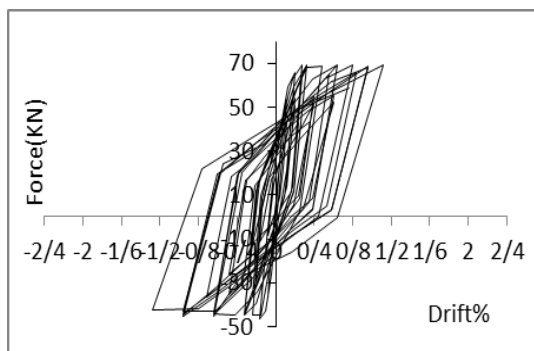
در این بخش به بررسی تاثیر تغییر ضخامت لایه مصالح بنایی به میزان دو برابر مقدار اولیه، در دو دیوار آجری غیر مسلح و تغییر ضخامت لایه مصالح بنایی، لایه مصالح بتنی، قطر میلگردها و فاصله شبکه میلگردها، در دیوارهای آجری مسلح شده یکطرفه و دو طرفه پرداخته شده است. به عنوان مثال با دو برابر کردن ضخامت لایه مصالح بنایی در دیوار آجری غیر مسلح، با توجه به مقادیر پیشنهادی جدول ۵، سهم مصالح بنایی در سه سطح تغییر شکلی محاسبه شده و در ستون "محاسباتی" آورده شده است. حال این دیوارها در نرم افزار تحلیل شده و سهم مصالح بنایی در سه سطح تغییر شکلی که این بار توسط نتایج تحلیلی بدست آمده، در ستون "تحلیلی" گزارش شده است. با توجه به مقادیر این دو ستون درصد خطای مقادیر پیشنهادی محاسبه شده است.

جدول ۸: تاثیر تغییر مشخصات مصالح در دیوارهای آجری غیر مسلح

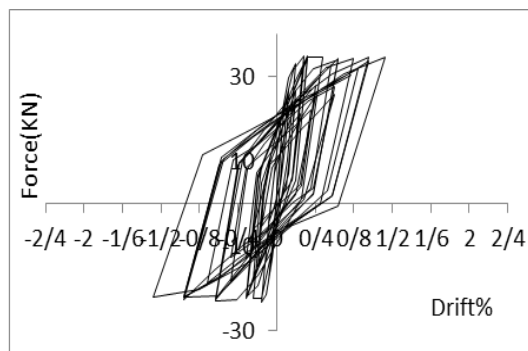
URMW2			URMW1			دیوار مشخصه
درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	
دو برابر شدن ضخامت لایه مصالح بنایی						
۱۰/۷	۳۱/۱۳	۳۴/۴۹	۲	۵۹/۵۵	۵۸/۳۴	مقاومت تسلیم (KN)
۱/۷	۴۱/۱۱	۴۰/۳۸	۰/۹۱	۶۹/۰۱	۶۸/۳۸	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱/۸۸	۳۷/۵۹	۳۶/۸۸	۱/۹۸	۶۹	۶۷/۶۳	مقاومت نهایی (KN)

جدول ۹: تاثیر تغییر مشخصات مصالح در دیوارهای آجری مسلح شده با بتن پاشی یک طرفه

EMW21MR-6			EMW21MM-5			EMW11MM-4			دیوار مشخصه
درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	
دو برابر شدن ضخامت لایه مصالح بنایی									
۰/۱۸	۸۰/۶۸	۸۰/۵۳	۱۶/۴	۶۸/۰۹	۶۳/۷	۳/۲	۱۲۲/۶۷	۱۱۸/۷۱	مقاومت تسلیم (KN)
۳	۰۵/۱۸	۹۲/۳۷	۸/۹	۷۹/۰۴	۷۲	۱۳/۱۳	۱۳۶/۲۷	۱۱۸/۳۸	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۶	۵۱/۹۴	۴۳/۶	۱۳/۹	۵۳/۳۳	۴۵/۸۹	۱۶/۴	۹۷/۵۲	۸۱/۴۷	مقاومت نهایی (KN)
دو برابر شدن ضخامت لایه بتنی									
۴/۴	۹۸/۸۷	۹۴/۴۹	۱/۸	۷۴/۹	۷۶/۳۲	۲	۱۳۹/۳	۱۴۲/۲۲	مقاومت تسلیم (KN)
۵/۸	۱۱۷/۶۲	۱۱۰/۷۱	۰/۳	۸۶/۵۶	۸۶/۳	۳/۹	۱۳۶/۴۹	۱۴۱/۸۸	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۰/۰۹۸	۳۰/۵	۳۰/۴۷	۱/۸	۳۱/۴۸	۳۲/۰۷	۰/۶۸	۵۶/۴۵	۵۶/۹۴	مقاومت نهایی (KN)
دو برابر شدن قطر میلگرد									
۲/۱	۶۰/۹۴	۶۲/۲۷	۸/۷	۵۳/۵۸	۴۹/۲۵	۹	۱۰۰/۰۸	۹۱/۷۸	مقاومت تسلیم (KN)
۱۰/۹	۸۷/۴۶	۷۸/۸۵	۱۱/۸	۶۸/۷۲	۶۱/۴۶	۱۴	۱۱۵/۲۳	۱۰۱/۰۵	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۲۱/۳۹	۴۴/۳	۳۶/۲۷	۳۳	۵۰/۲۴	۳۸/۱۷	۲۷	۸۶/۳۱	۶۷/۷۶	مقاومت نهایی (KN)
EMW21MR-6			EMW21MM-5			EMW11MM-4			دیوار مشخصه
درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	
نصف شدن فاصله شبکه میلگرد									
۱/۰۷	۶۱/۶	۶۲/۲۷	۴	۴۷	۴۹	۲/۳	۹۴/۷۹	۹۱/۷۸	مقاومت تسلیم (KN)
۴/۱۵	۷۵/۵۷	۷۸/۸۵	۱۱/۱۱	۵۴/۶۳	۶۱/۴۶	۲/۵	۱۰۳/۵۸	۱۰۱/۰۵	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۴/۳۷	۳۱/۰۴	۳۶/۲۵	۲۹/۵	۲۷/۲۵	۳۸/۷	۲/۲	۶۹/۲۷	۶۷/۷۶	مقاومت نهایی (KN)



شکل ۹: تاثیر دو برابر شدن ضخامت لایه مصالح بنایی URMW1.



شکل ۸: دیوار آجری غیر مسلح URMW1.

جدول ۱۰: تاثیر تغییر مشخصات مصالح در دیوارهای آجری مسلح شده با بتن پاشی دو طرفه

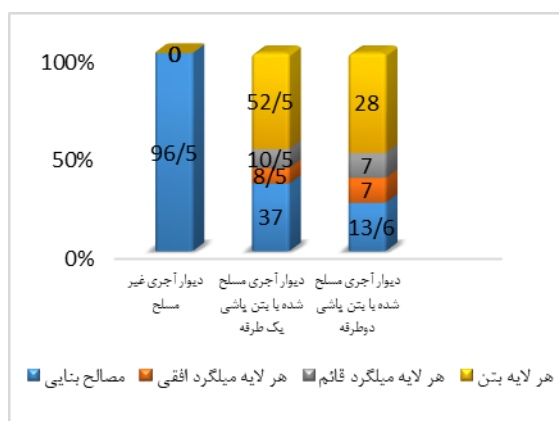
EMW12MR-12		EMW12MR-11		EMW22MR-9		دیوار			
درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	درصد خطا	تحلیلی	محاسباتی	مشخصه
دو برابر شدن ضخامت لایه مصالح بنایی									
۳/۷۳	۱۳۷/۶۱	۱۳۲/۶۶	۲/۴۱	۲۱۰/۶	۲۰۵/۶۳	۴	۱۳۰/۲۵	۱۲۴/۸۴	مقاومت تسلیم (KN)
۱۰/۷	۱۷۸/۲۵	۱۶۰/۹۵	۵/۱	۲۱۶/۸	۲۰۶/۲۵	۵/۲	۱۴۰/۷۶	۱۳۳/۷۱	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۵/۲۹	۱۳۰/۷۹	۱۱۳/۴۴	۲۳/۴	۱۱۴/۹	۹۳/۰۹	۴۷/۹	۸۰/۷۳	۵۴/۵۷	مقاومت نهایی (KN)
دو برابر شدن ضخامت یک لایه بتن									
۴	۱۵۵/۵۳	۱۴۸/۳۹	۳	۲۳۷/۳۳	۲۳۰/۲۵	۴	۱۳۳	۱۳۹/۶۵	مقاومت تسلیم (KN)
۳/۵	۱۸۷/۳۶	۱۸۰/۹۹	۴	۲۴۲/۹	۲۳۱/۹۳	۰/۹	۱۴۹	۱۵۰/۳۶	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۴/۱	۱۰۳/۳۳	۹۹/۱۸	۹/۳	۷۳/۷۶	۸۱/۳۹	۱۱/۵	۵۷/۷	۶۵/۲	مقاومت نهایی (KN)
دو برابر شدن ضخامت دو لایه بتن									
۸/۸	۱۹۷	۱۸۱/۰۶	۶/۰۸	۲۹۷/۷۵	۲۸۰/۶۶	۲۳/۷	۱۵۸	۲۰۷/۲۴	مقاومت تسلیم (KN)
۳/۷	۲۳۲/۶۴	۲۲۴/۳۲	۵/۶	۳۰۳/۴۱	۲۸۷/۱۳	۱۹/۱	۱۷۹	۲۲۱/۳۴	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۸/۵	۱۱۹/۴۶	۱۰۰/۷۵	۱۳/۶	۷۶	۸۸	۱۲/۴	۵۸	۶۶/۲۳	مقاومت نهایی (KN)
دو برابر شدن قطر میلگرد									
۶/۴	۱۲۰/۱۹	۱۲۸/۵۴	۴	۲۰۹/۱۱	۱۹۹/۲۵	۷۰/۷	۲۰۶/۶	۱۲۰/۹۷	مقاومت تسلیم (KN)
۴/۸	۱۵۲/۸	۱۶۰/۵۴	۶/۳	۲۱۸/۷۳	۲۰۵/۷۳	۶۲/۸	۲۱۷/۱۷	۱۳۳/۳۷	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۰/۲۱	۹۹/۱۷	۱۱۰/۴۵	۳۷	۶۰/۶۶	۹۶/۹۶	۱۱۷	۱۵۷/۶۲	۷۲/۶	مقاومت نهایی (KN)
نصف شدن فاصله شبکه میلگرد									
۲/۸۷	۱۳۲/۲۴	۱۲۸/۵۴	۱۶/۴	۲۳۱/۴۲	۱۹۹/۲۵	۱۶	۱۴۰/۳۵	۱۲۰/۹۷	مقاومت تسلیم (KN)
۹/۱	۱۷۵/۲۱	۱۶۰/۵۴	۱۹/۵	۲۴۶	۲۰۵/۷۳	۱۳	۱۵۰/۸۴	۱۳۳/۳۷	مقاومت تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر (KN)
۱۱/۶۸	۱۲۳/۳۶	۱۱۰/۴۵	۴۷/۲۴	۱۴۲/۸	۹۶/۹۶	۲۵	۹۰/۷۸	۷۲/۶	مقاومت نهایی (KN)

این فرآیند به عنوان نمونه برای دیوار آجری غیر مسلح URMW1 در شکل ۸ و ۹ نشان داده شده است. مقادیر تحلیلی حاصل از نرم افزار با مقادیر پیشنهاد شده در جداول ۸ و ۹ و ۱۰ مقایسه شده است.

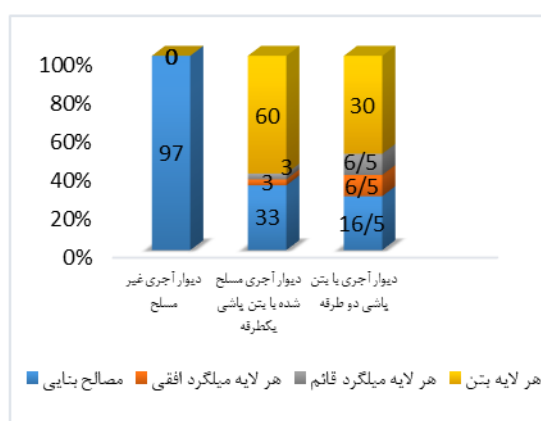
۵- نتایج و بحث

در این مطالعه با تغییر در مشخصات دیوارهای غیر مسلح و مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه و دو طرفه برآوردی از سهم هر کدام از اجزای تشکیل دهنده روش های بهسازی در سطوح تغییر مکان سه گانه، تغییر مکان تسلیم، تغییر مکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییر مکان نهایی انجام گرفته است.

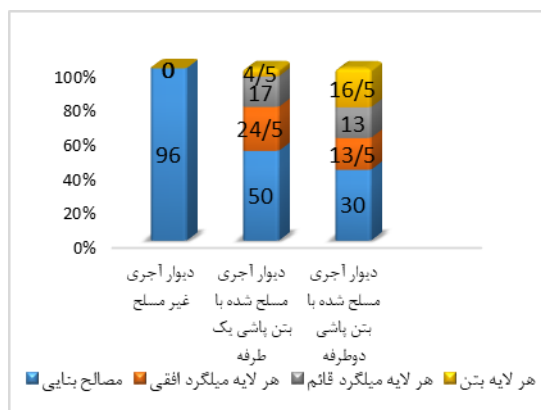
در مورد دیوارهای غیرمسلح طبعاً در هر سه سطح تغییرمکان تسلیم، تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییرمکان نهایی تقریباً تمام مقاومت دیوار (حدود ۹۷٪) ناشی از مقاومت مصالح بنایی است. البته بارثقلی هم در حد کمی حدود (۳٪) در افزایش مقاومت دیوار موثر است. در دیوارهای تقویت شده با بتن پاشی یکطرفه، در تغییرمکان تسلیم بیشترین سهم را بتن (۶۰٪)، در تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر بیشترین سهم را بتن (۵۰٪) ولی در تغییر مکان نهایی بیشترین سهم را مصالح بنایی (۵۰٪) دارد. سهم میلگردها در این سه سطح تغییرمکانی به ترتیب برابر با ۵٪، ۲۰٪ و ۴۰٪ می باشد. در دیوارهای تقویت شده با بتن پاشی دو طرفه، در تغییرمکان تسلیم بیشترین سهم را بتن (۶۰٪)، در تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر بیشترین سهم را بتن (۵۵٪) ولی در تغییر مکان نهایی بیشترین سهم را میلگرد (۵۵٪) دارد. سهم مصالح بنایی در این سه سطح تغییرمکانی به ترتیب برابر با ۱۵٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ می باشد. شکل ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ خلاصه ای از برآورد سهم هر کدام از اجزای تشکیل دهنده روش های بهسازی در سطوح تغییرمکان سه گانه، تغییرمکان تسلیم، تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییرمکان نهایی می باشد.



شکل ۱۱: سهم مقاومت در تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر.



شکل ۱۰: سهم مقاومت در تغییرمکان تسلیم.



شکل ۱۲: سهم مقاومت در سطح تغییرمکان نهایی.

با توجه به جدول ۵، ۶ و ۷ می توان سهم هر یک از اجزای تشکیل دهنده دیوارها را نسبت به مقاومت کل دیوار بدست آورد. بنابراین اگر مشخصات هر یک از اجزای تشکیل دهنده دیوارها تغییر کند باید بتوان مقادیری را برای مقاومت هر جز پیش بینی کرد.

جدول ۸ مربوط به مقایسه مقادیر تحلیلی و محاسباتی دیوارهای آجری غیرمسلح می باشد. با دو برابر کردن ضخامت مصالح بنایی در دیوارهای آجری غیرمسلح و با توجه به مقادیر پیشنهادی در جدول ۵، مقدار مقاومت لایه مصالح بنایی نسبت به مقاومت کل دیوار محاسبه شده و در ستون "محاسباتی" این جدول گزارش شده است. از سوی دیگر، دیواری که ضخامت لایه مصالح بنایی در آن تغییر یافته بود، با توجه به پارامترهای مذکور در بخش ۲-۲، در نرم افزار مدلسازی و آنالیز شده و مقاومت مربوط به لایه مصالح بنایی در ستون "تحلیلی" آورده شده است. میانگین درصد خطای مقادیر محاسباتی و تحلیلی در سه سطح تغییرمکانی مورد مطالعه، برابر ۳/۲٪ می باشد.

روند فوق برای هر یک از اجزای تشکیل دهنده دیوارهای مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه و دو طرفه تکرار شده است و مقادیر "محاسباتی" و "تحلیلی" و درصد خطای این دو مقدار به ترتیب در جدول ۹ و ۱۰ آورده شده است.

میانگین درصد خطای مربوط به دیوارهای مسلح شده با بتن پاشی یکطرفه برای دو برابر شدن ضخامت لایه مصالح بنایی، دو برابر شدن ضخامت لایه بتنی، دو برابر شدن قطر میلگردها و نصف شدن فاصله شبکه آرماتورها، در سطوح تغییرمکان سه گانه به ترتیب برابر ۰.۹٪، ۰.۲٪، ۱.۳٪ و ۰.۸٪ می باشد.

میانگین درصد خطای مربوط به دیوارهای مسلح شده با بتن پاشی دوطرفه برای دو برابر شدن ضخامت لایه مصالح بنایی، دو برابر شدن ضخامت یک لایه بتنی، دو برابر شدن ضخامت یک لایه بتنی، دو برابر شدن قطر میلگردها و نصف شدن فاصله شبکه آرماتورها، در سطوح تغییرمکان سه گانه به ترتیب برابر ۱.۰٪، ۰.۵٪، ۱.۲٪، ۱.۱۸/۵٪ و ۰.۱۴٪ می باشد.

۶- نتیجه گیری

یکی از مسائل مهم برای مهندسين در طرح بهینه بهسازی آن است که در سطوح تغییرمکان مختلف عامل با بیشترین اثر در افزایش مقاومت را بشناسند. در این بند عامل موثر در سطوح تغییرمکان سه گانه ی تغییرمکان تسلیم، تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییرمکان نهایی شناسایی و جمع بندی شده است.

- در مورد دیوارهای غیرمسلح طبعا در هر سه سطح تغییرمکان تسلیم، تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر و تغییرمکان نهایی تقریبا تمام مقاومت دیوار (حدود ۰.۹۷٪) ناشی از مقاومت مصالح بنایی است. البته بارثقلی هم در حد کمی حدود (۰.۳٪) در افزایش مقاومت دیوار موثر است.

- در مورد دیوارهای تقویت شده با بتن پاشی یکطرفه، در تغییر مکان تسلیم بیشترین سهم را بتن (۰.۶۰٪)، در تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر بیشترین سهم را بتن (۰.۵۰٪) ولی در تغییر مکان نهایی بیشترین سهم را مصالح بنایی (۰.۵۰٪) دارد. سهم میلگرد ها در این سه سطح تغییرمکانی به ترتیب برابر با ۰.۵٪، ۰.۲۰٪ و ۰.۴۰٪ می باشد.

- در مورد دیوارهای تقویت شده با بتن پاشی دو طرفه، در تغییر مکان تسلیم بیشترین سهم را بتن (۰.۶۰٪)، در تغییرمکان متناظر با مقاومت حداکثر بیشترین سهم را بتن (۰.۵۵٪) ولی در تغییر مکان نهایی بیشترین سهم را میلگرد (۰.۵۵٪) دارد. سهم مصالح بنایی در این سه سطح تغییرمکانی به ترتیب برابر با ۰.۱۵٪، ۰.۱۵٪ و ۰.۲۰٪ می باشد.

با بدست آوردن میانگین خطای مقادیر محاسباتی پیشنهاد شده برای هر یک از اجزای تشکیل دهنده دیوارهای مورد مطالعه در این تحقیق مشخص می شود که بیشترین مقدار خطا در دیوارهای تقویت شده با بتن پاشی یکطرفه و دوطرفه زمانی رخ می دهد که قطر میلگردها دو برابر شود. وجود خطا در نتایج تحلیلی امری اجتناب ناپذیر است، چراکه هم در کارهای آزمایشگاهی به هنگام برپایی دستگاهها و ساخت نمونه ها خطا وجود دارد و هم در روش مدلسازی از فرضیات ساده کننده به منظور رسیدن به روشی جامع در امر مدلسازی استفاده شده است. از جمله این فرضیات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بارگذاری چرخه‌ای اعمال شده به مدل‌ها براساس تغییرمکان تسلیم دیوارها تعریف شده است. این در حالی است که بنا به گزارش آزمایشگاهی تغییرمکان تسلیم همه‌ی دیوارها حدود ۰/۱۸٪ است. در این مطالعه نیز به منظور ساده کردن روش مدلسازی با در نظرگرفتن تغییرمکان تسلیم ۰/۱۶٪ برای تمامی دیوارها در چرخه بارگذاری در نظرگرفته شده است، که این موضوع خود می‌تواند دلیلی برای بروز خطا در نتایج تحلیلی باشد.
 - مقادیری که به عنوان مقاومت و تغییرمکان تسلیم، مقاومت حداکثر و تغییرمکان نظیر آن، مقاومت و تغییر مکان نهایی برای گزارش آزمایشگاهی در جداول آورده شده است بر مبنای منحنی سه خطی ایده آل برای پوش رفتار چرخه‌ای دیوارهاست؛ این در حالی است که مقادیر مذکور در نتایج تحلیلی به طور دقیق محاسبه شده‌اند.
- عوامل مختلف دیگری نیز مانند، در نظرگرفتن دیافراگم صلب، نحوه اعمال بار، مشخصات مصالح در مدل نرم افزاری و همچنین خطاهای اجرا و... باعث بروز خطا خواهند شد.

مراجع

- [1] Ghiassi, B., Soltani Mohamadi, M. and Tasnimi, A.A. (2011). Linear Homogenization and Mechanical Characterization of Strengthened Masonry Elements with Concrete Overlay. *Journal of civil and surveying engineering*, Volume 45 (Issue 4), Page(s) 455-466. (in Persian)
- [2] Improvement Network brick walls with steel and concrete lining. (2011) Tehran: (Poly Copy) (in Persian)
- [3] Kalali, A. and Kabir, M.Z. (2011). Out-of-Plane Performance Based on Homogenization & Micromechanics Approach. *Journal of civil and surveying engineering*, Volume 45(Issue 2), Page(s) 203-217. (in Persian)
- [4] Hashemi, E.S. (2013). *Numerical investigation of the behaviour of masonry walls reinforced with shotcrete*. Master's degree in earthquake engineering. Road, Housing & Urban Development Research Center, Institute of Building and Housing.
- [5] Shing, P. B., M. Schullar, and V. S. Hoskere. (1990). Strength and Ductility of Reinforced Masonry Shear Walls. *Fifth North American Masonry Conference*.
- [6] Larbi, A., and H. G. Harris. (2013). Seismic Performance of Low Aspect Ratio Reinforced Block Masonry Shear Walls. *Proceeding of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, Vol. 2.
- [7] Magense, G., and Calvi, G.M. (1992). Cyclic Behavior of Brick Masonry Wall. *Proceeding of the 10th WCEE*, Madrid-Spain, Page 3517-3522.
- [8] Jankulosvki, E., and Parsanejad, S. (1995). Earthquake Resistance of Unreinforced Clay Brick Masonry Wall. *Proceeding of the Second International Conference of Seismology and Earthquake Engineering*, Tehran, Iran.
- [9] Yoshimura, K., and et al. (1996). Effect of Vertical and Horizontal Wall Reinforcements of Seismic Behavior of Confined Masonry Walls. *Proceeding of the 11th WCEE*, Mexico, Paper No. 191.
- [10] Magenes, G. (1996). In-Plane Cycle Testing on Reinforced Masonry Shear Wall. *Proceeding of the 11th European Conference on Earthquake Engineering*, Rotterdam.
- [11] Amjad, M. A. (1996) Elasticity and Shrinkage of Cement Sand Mortar Produced in Riyadh. *JKAU:Eng. Sci*, Vol. 11, Page. 91-105.
- [12] Tasnimi, A.A. (2006). *Behaviour of confined and non - confined masonry brick buildings*. Institute of natural disasters. Tehran, Iran. (in Persian)
- [13] Sideris, K. K., Manita, P. (2004). Estimation of Ultimate Modulus of Elasticity and Poisson Ratio of Normal of Concrete. *Cement & Concrete Composites*, Page 623-631.
- [14] Kheder, G. F., and Al-Windawi, S. A. (2005). Variation in Mechanical Properties of Natural and Recycled Aggregate Concrete as Related to the Strength of their Building Mortar. *Materials and Structures*, Page. 701-709.
- [15] Hemant, B., and et al. (2007). Stress-Strain Characteristic of Clay Brick Masonry under Uniaxial Compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, Page 728-739.
- [16] Ghiassi, B., Soltani, M. M., Tasnimi, A. A. (2012). A Simplified Model for Analysis of Unreinforced Masonry Shear Walls under Axial, Shear and Flexural Loading. *Engineering Structure, Science Direct*, Vol.42, Page 396-409.
- [17] Iranian resources and engineering management, IREMCO. (2010). *Experiences and lessons learned on seismic rehabilitation*. Elmoadab press, Tehran, Iran. (in Persian)
- [18] Page A. W. (1978). Finite Element Model for Masonry. *Journal of structural division*, Vol. 104, No. 8, Page 1267-1285.
- [19] Lourenco P.B., Rots G. (1997). Multisurface Interface Model for Analysis of Masonry Structures. *Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 123, No. 7, Page 660-668.
- [20] Final reports 20 samples brick wall. Tehran University, Tehran. (in Persian)