

### چکیده

میانقاب، دیواری است که در داخل و در تماس کامل با قاب اجرا می‌شود و سختی و مقاومت آن را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. در آیین‌نامه‌های بهسازی لرزه‌ای توصیه شده پس از بررسی کفایت اعضا و اتصالات قاب برای تحمل نیروهای حاصل از کنش میانقابی، وجود میانقاب با یک دستک فشاری قطری مدل‌سازی گردد. در مورد میانقاب‌های دارای بازشو نیز رویه مشابهی به کار گرفته می‌شود و در آیین‌نامه‌های بهسازی استفاده از ظرفیت آنها مجاز دانسته شده است. این در حالی است که برای مدل‌سازی آنها در سازه لازم است علاوه بر ارائه مدل ریاضی، مقدار ضریب اصلاح (m) ارائه گردد که در حال حاضر پیشنهادی برای هریک از این موارد وجود ندارد. بنابراین در این تحقیق تلاش شده است که مقدار ضریب اصلاح بر اساس کارهای آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی ارائه گردد. برای این منظور، مقدار این ضریب برای نمونه‌های دارای بازشو و همچنین نمونه‌های مشابه توپر محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. در انتها، نشان داده شده است که ضریب اصلاح m برای میانقاب‌های دارای بازشو را می‌توان برابر با مقدار متناظر میانقاب فاقد بازشو در نظر گرفت. در ادامه ضریب اصلاح میانقاب‌های توپر مورد توجه قرار گرفت. عوامل مؤثر بر ضریب اصلاح این گونه میانقاب‌ها بررسی و نشان داده شد که ضریب اصلاح این گونه میانقاب‌ها فقط تابع جنس میانقاب و قاب پیرامون آن است و به‌رغم پیشنهاد آیین‌نامه‌ها، به نسبت بعدی و نسبت مقاومت قاب به میانقاب وابسته نیست. در ادامه مقادیری برای ضریب m میانقاب توپر بر حسب جنس قاب و میانقاب پیشنهاد شد.

**واژگان کلیدی:** ضریب اصلاح<sup>۱</sup>، منحنی پشتواره<sup>۲</sup>، منحنی پوش<sup>۳</sup>، میانقاب‌های دارای بازشو، قاب میان‌پر.

## ضریب اصلاح m برای میانقاب‌های با و بدون بازشو بر اساس اطلاعات آزمایشگاهی

مجید محمدی (نویسنده مسئول)

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

علیرضا سرمایه‌خواه

کارشناس ارشد عمران گرایش سازه، مؤسسه آموزش عالی آیندگان، تنکابن، ایران

### ۱- مقدمه

عضو سازه‌ای منظور شده‌اند. با وجود اینکه در پروژه‌های بهسازی لرزه‌ای تلاش می‌شود از ظرفیت همه اعضای لرزه‌بر از جمله میانقاب‌ها استفاده شود ولی هنوز ابهامات زیادی در این آیین‌نامه‌ها در مورد میانقاب‌ها و به‌خصوص میانقاب‌های دارای بازشو وجود دارد. از جمله این که نحوه دقیق مدل‌سازی و مقدار ضریب اصلاح برای چنین میانقاب‌هایی ارائه نشده است. لازم به یادآوری است که ضریب اصلاح m برای بررسی کفایت میانقاب در روش خطی استاتیکی به کار می‌رود و تابعی از شکل‌پذیری میانقاب و سطح عملکرد مورد انتظار است. نحوه دستیابی به این ضریب از نتایج

میانقاب دیواری است که توسط تیرها و ستون‌ها احاطه شده است. میانقاب‌های ساخته شده از مصالح آجر، سفال، بتن هوادار و بلوک سیمانی به‌وفور در ساختمان‌های میان‌مرتبه و بلندمرتبه به کار گرفته می‌شوند [۱]. این اعضا معمولاً در مراحل تحلیل و طراحی فقط به‌عنوان بار وارد به سازه منظور می‌شوند و اثرات سازه‌ای آنها که موجب افزایش قابل ملاحظه سختی و مقاومت قاب و تغییر تلاش اعضا و اتصالات می‌شود در نظر گرفته نمی‌شوند.

به‌رغم آیین‌نامه‌های طراحی سازه، در دستورالعمل و آیین‌نامه‌های بهسازی توجه ویژه‌ای به میانقاب‌ها شده و این اعضا به‌عنوان یک

در محاسبه سختی و مقاومت به کار می‌رود) با یک ضریب کاهش  $R_1$  که در بخش‌های بعدی و در قالب رابطه (۴) تشریح می‌گردد، در نظر گرفته می‌شود.

### ۳- تعریف ضریب اصلاح $m$

برای بهسازی ساختمان‌های موجود، ممکن است یک سیستم سازه‌ای جدید مانند میانقاب بنایی به سازه اضافه و یا قسمتی از سازه بازسازی شود، ضمن این که شکل‌پذیری همه اعضای سازه یکسان نیست. بنابراین استفاده از یک ضریب کاهش ( $R$ ) برای همه اعضای ساختمان چالش‌برانگیز است. برای حل این مشکل، در طراحی بر مبنای عملکرد که در آیین‌نامه ASCE 41 [۲-۳] به کار گرفته شده است، هر یک از اعضای ساختمان که کنترل شونده توسط تغییر مکان هستند می‌توانند ضریب اصلاح متفاوتی داشته باشند. این ضریب بیش از هر چیز تابع شکل‌پذیری آن عضو در بارگذاری مورد نظر است. در طراحی‌های بر اساس نیرو که بیشتر در آیین‌نامه‌های طراحی سازه‌های جدید به کار گرفته می‌شوند، نیروهای لرزه‌ای وارد به کل اعضای ساختمان بر ضریب  $R$  تقسیم می‌شوند ولی در طراحی بر اساس عملکرد، مقدار ظرفیت مورد انتظار هر یک از اعضا در ضریب اصلاح  $m$  ضرب و سپس با نیروهای لرزه‌ای مقایسه می‌شوند، به بیان دیگر رابطه زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

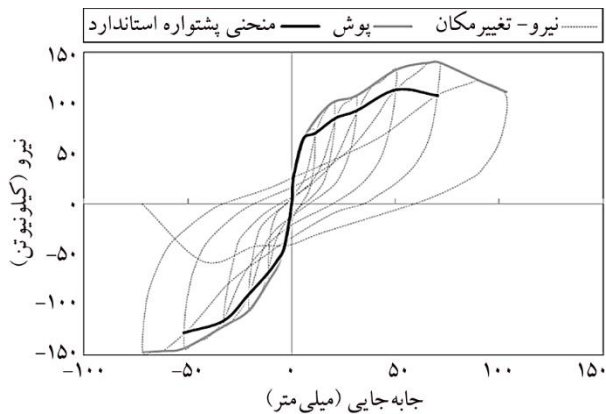
$$Q_g + Q_E \leq m k Q_{CE} \quad (1)$$

که در آن  $Q_g$  تلاش‌های ناشی از بارهای ثقلی و  $Q_E$  تلاش‌های ناشی از نیروی زلزله است. ضریب اصلاح  $m$  بر اساس رفتار غیرخطی عضو به دست می‌آید و  $k$  ضریب آگاهی از جزئیات و مشخصات سازه و  $Q_{CE}$  ظرفیت مورد انتظار عضو است که با توجه به تمامی تلاش‌هایی که هم‌زمان بر عضو وارد می‌شود تعیین می‌گردد. ضریب اصلاح  $m$  در میانقاب، برای سطوح عملکرد استفاده بی‌وقفه<sup>۴</sup> و ایمنی جانی<sup>۵</sup> ارائه شده است ولی از ظرفیت دیوار برای سطح عملکرد آستانه فروریزش<sup>۶</sup> نباید استفاده نمود.

آزمایشگاهی در بخش‌های بعدی به تفصیل بیان خواهد شد. در این تحقیق تلاش شده که مقدار ضریب اصلاح بر اساس نتایج آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی برای میانقاب‌های دارای بازشو در مقایسه با میانقاب‌های مشابه کاملاً توپر محاسبه و با یکدیگر مقایسه گردند. ضمناً صحت این فرض دستورالعمل‌های بهسازی، از جمله نشریه ۳۶۰ [۱] یا ASCE-41 [۲-۳]، در این که مقدار ضریب اصلاح، تابعی از نسبت بعدی و مقاومت نسبی قاب به میانقاب است بررسی شده است. ضمناً در آیین‌نامه‌های ASCE41-06 [۲] و ASCE41-13 [۳] به ترتیب منحنی‌های پشتواره و پوش برای محاسبه ضریب اصلاح  $m$  ارائه شده است که در این تحقیق به بررسی و مقایسه مقدار ضریب اصلاح  $m$  حاصل از آنها برای میانقاب پرداخته شده است. در این راستا میانقاب‌های ساخته شده از مصالح آجر، سفال، بلوک سیمانی و بتن هوادار مورد توجه قرار گرفته‌اند و انواع دیگر دیوارها که بر اساس برخی آیین‌نامه‌ها [۱] میانقاب محسوب نمی‌شوند (ساخته شده از سنگ، شیشه و غیره) در نظر گرفته نشده‌اند.

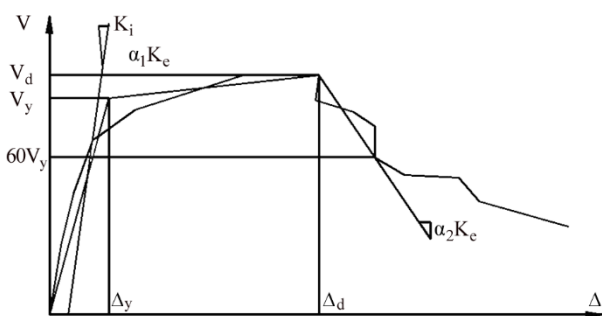
### ۲- میانقاب و اثر بازشو بر آن

قاب‌های میان‌پر به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش سختی و مقاومت و همچنین تغییر در شکل‌پذیری سازه نسبت به سازه بدون میانقاب شده و در نتیجه موجب تغییر در پاسخ لرزه‌ای این گونه سازه‌ها می‌شوند. البته قاب باید کفایت لازم برای تبدیل دیوار به میانقاب را طبق شرایط ASCE 41 [۲-۳] و دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها، نشریه ۳۶۰ [۱] داشته باشد. بسیاری از دیوارهای موجود در سازه دارای بازشوی در یا پنجره هستند. وجود بازشو در میانقاب در برخی موارد باعث افزایش و در موارد دیگر باعث کاهش شکل‌پذیری می‌گردد [۴]. بنابراین تأثیر وجود بازشو بر مقدار ضریب اصلاح میانقاب در برخی موارد افزایش و در برخی موارد کاهشدهنده است، هرچند که اثر آن بر سختی و مقاومت همواره کاهشدهنده است و هر چه ابعاد آن بزرگ‌تر و به گوشه‌ها نزدیک‌تر باشد اثر کاهشدهنده مزبور بیشتر خواهد شد [۵-۸]. میانقاب به وسیله یک المان فشاری قطری مدل‌سازی می‌شود و در صورتی که دارای بازشو باشد، عرض معادل آن (که مستقیماً



شکل (۲): منحنی پشتواره و پوش نمونه آزمایشگاهی MM موجود در مرجع [۹].

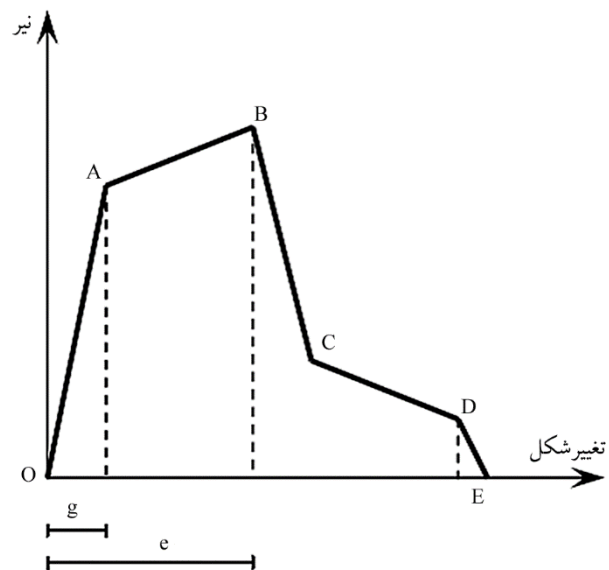
پس از به دست آوردن منحنی پشتواره و پوش باید آنها را با یک منحنی چندخطی معادل نمود که روش ایده‌آل برای آنها کاملاً مشابه است. نحوه به دست آوردن مدل ایده‌آل چندخطی که در شکل (۳) نشان داده شده، بدین صورت است که شیب قسمت اول مدل باید به صورتی باشد که در  $0.6V_y$  منحنی نیرو-تغییر مکان مورد نظر را قطع کند. در مدل چندخطی شده باید دقت شود که  $V_y$  بزرگ‌تر از بیشینه برش پایه در منحنی رفتار غیرخطی نشود. خط دوم با شیب مثبت  $\alpha_1 K_e$  با استفاده از نقطه  $(V_d, \Delta_d)$  و نقطه تقاطع با خط اول  $(V_y, \Delta_y)$  چنان ترسیم شود که سطح زیر مدل رفتار دو خطی برابر سطح زیر منحنی رفتار غیرخطی تا نقطه  $(V_d, \Delta_d)$  باشد.  $(V_d, \Delta_d)$  نقطه‌ای روی منحنی نیرو-تغییر مکان در تغییر مکان هدف یا تغییر مکان متناظر با حداکثر نیروی برشی است. خط سوم با شیب منفی و با استفاده از نقاط  $(V_d, \Delta_d)$  و نقطه‌ای که در آن نیروی برشی برابر با  $0.6V_y$  است ترسیم می‌شود.



شکل (۳): منحنی ایده‌آل شده نیرو تغییر مکان [۱].

#### ۴- چگونگی محاسبه ضریب اصلاح $m$

با توجه به دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود نشریه شماره ۳۶۰ [۱]، هنگام به کارگیری روش‌های خطی، میانقاب‌های مصالح بنایی کنترل شونده توسط تغییر شکل در نظر گرفته می‌شوند. رفتار چنین عضوی در شکل (۱) نشان داده شده است؛ رفتار میانقاب در قسمت اول منحنی (قسمت از O تا A) افزایش خطی و در قسمت دوم خمیری است و سپس در قسمت سوم (از B تا C)، مقاومت عضو به شدت کاهش می‌یابد.



شکل (۱): منحنی رفتار عضو شکل پذیر [۱].

در آیین‌نامه‌های ASCE41-06 [۲] و ASCE41-13 [۳] دو روش متفاوت برای محاسبه ضریب اصلاح  $m$  ارائه شده است که اولی از منحنی نیرو تغییر مکان پشتواره<sup>۷</sup> و دومی از منحنی پوش<sup>۸</sup> استفاده می‌کند. هردوی این منحنی‌ها از منحنی هیستریزس<sup>۹</sup> به دست می‌آیند که در آن هر سیکل بارگذاری دو یا چند بار آزمایش شده است. برای منحنی پشتواره، محل‌های برخورد منحنی سیکل اول متناظر جابه‌جایی  $i$ - $m$  با منحنی سیکل دوم متناظر جابه‌جایی  $i-1$ - $m$  با یک منحنی به یکدیگر متصل می‌گردد که نمونه‌ای از آن در شکل (۲) نشان داده شده است. برای منحنی پوش نقاط بالاترین جابه‌جایی سیکل‌های نخست هر جابه‌جایی به یکدیگر وصل می‌شود.

ضوابط بهسازی تلاش می‌شود از ظرفیت همه اعضا استفاده و تأثیر آنها بر تلاش سایر اعضا و رفتار کلی سازه لحاظ گردد. برای محاسبه ضریب اصلاح میانقاب‌های دارای بازشو یا باید نتایج تعداد زیادی آزمایش یافت یا اینکه رابطه‌ای بین ضریب اصلاح میانقاب دارای بازشو با ضریب اصلاح میانقاب مشابه فاقد بازشو پیدا کرد. از آنجا که در ادبیات فنی تعداد زیادی آزمایش روی میانقاب‌های توپر انجام و مقدار ضریب اصلاح چنین اعضایی در برخی آیین‌نامه‌ها از جمله نشریه ۳۶۰ و ASCE-41 ذکر شده در این قسمت تلاش می‌شود ضریب اصلاح  $m$  میانقاب‌های دارای بازشو بر حسب ضریب  $m$  میانقاب‌های مشابه کاملاً توپر به دست آید و رابطه‌ای بین آن با نسبت مساحت بازشو به مساحت کل یا ضریب کاهش  $R$  که از رابطه (۴) به دست می‌آید برقرار گردد.

در این تحقیق از میانقاب‌هایی که بازشوی آنها در ۲۰ درصد گوشه قرار دارد صرف نظر شده است، زیرا قرار گرفتن بازشو در ۲۰ درصد انتهایی طول و ارتفاع میانقاب رفتار آن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد و چنین میانقاب‌هایی را نمی‌توان به‌عنوان میانقاب سازه‌ای منظور نمود [۱۰].

وجود بازشو در میانقاب سبب کاهش سختی و مقاومت آن می‌گردد. بر اساس تحقیقات گذشته [۴]، اثر بازشو در کاهش سختی و مقاومت میانقاب با یک ضریب کاهش لحاظ می‌گردد که نمونه‌ای از آن در رابطه (۴) ذکر شده است [۱۱].

$$R = 0.6 \left( \frac{A_{\text{opening}}}{A_{\text{panel}}} \right)^2 - 1.6 \left( \frac{A_{\text{opening}}}{A_{\text{panel}}} \right) + 1 \quad (4)$$

که در آن  $A_{\text{panel}}$  و  $A_{\text{opening}}$  مقدار سطح بازشو و سطح کل پانل می‌باشد.

در جدول (۱) مقادیر ضریب اصلاح  $m$  بر اساس روشی که در بند ۴ این تحقیق بیان شد، به ترتیب برای ربع‌های اول و سوم منحنی‌های پشتواره و پوش برای سطح عملکرد ایمنی جانی محاسبه و نام نمونه نیز همان نام موجود در مرجع اصلی استفاده شده است. در ستون  $\frac{m_{\text{opening}}}{m_{\text{solid}}}$  مقدار نسبت ضریب اصلاح  $m$  میانقاب دارای بازشو به ضریب اصلاح  $m$  میانقاب مشابه توپر (فاقد

برای محاسبه ضریب اصلاح، می‌توان منحنی پشتواره و پوش را برای هر یک از ربع‌های اول و سوم به دست آورد و سپس ضریب مزبور را برای هر یک از این ربع‌ها محاسبه نمود [۲-۳]، بنابراین برای هر نمونه می‌توان دو مقدار برای ضریب اصلاح به دست آورد.

همان‌گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، پس از ایده آل شدن منحنی، نمودار رفتاری شبیه شکل (۱) به دست می‌آید که در آن تغییر شکل مربوط به هر جزء در سطح عملکرد ایمنی جانی برابر ۷۵ درصد و در سطح عملکرد استفاده بی‌وقفه برابر ۶۷ درصد تغییر مکان متناظر نقطه  $B$  در نظر گرفته می‌شود. حال ضریب اصلاح  $m$  از روابط زیر برای هر سطح عملکرد به دست می‌آید که متناسب با نسبت تغییر مکان نهایی به تغییر مکان تسلیم است. لازم به ذکر است بر اساس آیین‌نامه یک ضریب ۰/۷۵ نیز برای در نظرگیری اثر شیب خط دوم منحنی‌های مورد بررسی نیز در محاسبه  $m$  باید منظور نمود که در این روابط در نظر گرفته شده است.

$$m_{LS} = 0.75 \times 0.75 \times \frac{\Delta_d}{\Delta_y} \quad (2)$$

$$m_{IO} = 0.67 \times 0.75 \times \frac{\Delta_d}{\Delta_y} \quad (3)$$

که در آن  $\Delta_d$  تغییر مکان متناظر با بیشینه برش پایه و  $\Delta_y$  تغییر مکان در برش تسلیم است.

در این تحقیق برای تعیین ضریب اصلاح، برنامه‌ای در محیط نرم‌افزار متلب<sup>۱۰</sup> نوشته شده است تا با گرفتن نقاط مختلف منحنی هیستریزاس آزمایش‌ها، منحنی پوش و پشتواره، منحنی‌های ایده آل و در نهایت ضریب مزبور را محاسبه نماید.

## ۵- بررسی ارتباط ضریب اصلاح $m$ میانقاب‌های دارای بازشو با میانقاب‌های فاقد بازشو

در مراجع [۱-۳] مقدار ضریب اصلاح  $m$  برای میانقاب‌های توپر به صورت تابعی از نسبت بعدی و نسبت مقاومت قاب به میانقاب ارائه شده موجود است ولی برای میانقاب‌های دارای بازشو مقداری ارائه نشده، این در حالی است که در

مشابه توپر در برخی نمونه‌ها بیشتر و در برخی دیگر کمتر از واحد شده که نشان می‌دهد شکل‌پذیری نمونه‌های دارای بازشو در بعضی بیشتر و در برخی کمتر از نمونه مشابه توپر بوده است. همان‌گونه که از نتایج جدول (۱) مشاهده می‌گردد نه تنها مقدار ضریب اصلاح حاصل از منحنی هیستریزس ربع اول و ربع

بازشو و دارای قاب و میانقاب با همان مصالح و ابعاد) نشان داده شده است. مقدار  $x$  و  $y$  به ترتیب فاصله افقی و قائم مرکز بازشو و مقدار  $l$  و  $h$  به ترتیب طول و ارتفاع میانقاب و  $R$  مقداری است که از رابطه (۴) به دست می‌آید. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نسبت ضریب اصلاح میانقاب دارای بازشو به ضریب اصلاح میانقاب

جدول (۱): ضریب اصلاح  $m$  برای سطح عملکرد ایمنی جانی محاسبه شده در منحنی پشتواره و پوش، به همراه سایر پارامترهای میانقاب دارای بازشو.

$\frac{m_{opening}}{m_{solid}}$				ضریب اصلاح				R	$\frac{A_{opening}}{A_{infil}}$	y/h	x/l	نام نمونه	شماره مرجع
ربع سوم		ربع اول		ربع سوم		ربع اول							
پشتواره	$\sigma_3$	پشتواره	$\sigma_3$	پشتواره	$\sigma_3$	پشتواره	$\sigma_3$						
۱/۱۳۱۹	۰/۹۹۵۸	۰/۹۶	۰/۸۶۹۵	۶/۲۵	۵/۳۵	۵/۰۷	۳/۷۴	۰/۷۰۴	۰/۲۰۸	۰/۶	۰/۵	IDO2	[۱۰]
۰/۷۶۱۱	۰/۹۷۴	۰/۷۴۹۱	۱/۲۸۲۶	۴/۲	۵/۲۳	۳/۹۶	۵/۵۲	۰/۸۳۹	۰/۱۰۴	۰/۳۷	۰/۵	IWO2	[۱۰]
۲/۳۲۵۲	۱/۸۸۸۹	۰/۵۹۲۳	۰/۲۸۰۳	۶/۱۳	۵/۱۲	۱/۵۸	۱/۳	۰/۶۹۱	۰/۲۰۹	۰/۵۸	۰/۸۳	DX1	[۱۲]
۱/۲۰۰۵	۱/۰۶۸۹	۰/۵۵۹	۰/۴۵۶۲	۳/۱۶	۲/۹	۱/۴۹	۲/۱۲	۰/۶۹۱	۰/۲۰۹	۰/۵۸	۰/۶۷	DX2	[۱۲]
۱/۶۳۱۶	۱/۵۲۵۴	۱/۱۵۱۹	۰/۶۷۴۴	۴/۳	۴/۱۳	۳/۰۸	۳/۱۳	۰/۸۴۱	۰/۱۰۳	۰/۳۷	۰/۸۳	WX1	[۱۲]
۲/۱۰۶۷	۱/۳۱۱۶	۱/۰۶۹۷	۰/۵۱۴۵	۵/۵۵	۳/۵۵	۲/۸۶	۲/۳۹	۰/۸۴۱	۰/۱۰۳	۰/۳۷	۰/۶۷	WX2	[۱۲]
۱/۰۲۴۶	۰/۷۰۴۹	۰/۵۷۳۳	۰/۴۷۳	۲/۷	۱/۹۱	۱/۵۳	۲/۲	۰/۸۴۱	۰/۱۰۳	۰/۳۷	۰/۵	WO2	[۱۰]
۱/۰۲۲۶	۰/۹۱۲۴	۰/۸۳۳۵	۰/۵۶۴۸	۲/۷	۲/۴۷	۲/۲۳	۲/۶۲	۰/۷۶۵	۰/۱۵۶	۰/۳۷	۰/۵	WO3	[۱۳]
۱/۳۸۱۵	۱/۱۴۱۲	۱/۱۱۵۵	۰/۵۰۳۷	۳/۶۴	۳/۰۹۳	۲/۹۸	۲/۳۴	۰/۶۹۳	۰/۲۰۸	۰/۳۷	۰/۵	WO4	[۱۳]
۰/۹۴۵۲	۰/۸۸۱۳	۰/۹۴۳۳	۰/۵۵۸۵	۲/۴۹	۲/۳۹	۲/۵۲	۲/۵۹	۰/۶۹۲	۰/۲۰۸	۰/۵۸	۰/۵	DO2	[۱۰]
۱/۲۶۵۶	۱/۱۱۹	۱/۰۶۲۳	۰/۴۸۸۱	۳/۳۴	۳/۰۳	۲/۸۴	۲/۲۷	۰/۵۵۹	۰/۳۱۲	۰/۵۸	۰/۵	DO3	[۱۳]
۱/۴۹۷۴	۰/۹۶۳۱	۱/۴۴۳۷	۰/۸۰۳۴	۳/۹۴	۲/۶۱	۳/۸۵	۳/۷۳	۰/۴۳۸	۰/۴۱۶	۰/۵۸	۰/۵	DO4	[۱۳]
۰/۶۰۴۴	۰/۶۹	۲/۲۲۶۹	۱/۶۱۹۳	۳/۲۸	۲/۸	۴/۸	۳/۱۵	۰/۹۰۴	۰/۰۶۱	۰/۵	۰/۵	PW1	[۱۴]
۰/۹۷۴۴	۰/۹۹۴۶	۰/۹۵۹۳	۰/۹۸۵۵	۵/۲۹	۴/۰۳	۲/۰۷	۱/۹۲	۰/۷۹۱	۰/۱۳۷	۰/۳۹	۰/۵	PW2	[۱۴]
۰/۹۵۵	۰/۷۳۹۹	۱/۱۶۷۲	۱/۰۱۲۹	۵/۱۸	۳/۰	۲/۵۲	۱/۹۷	۰/۷۳۶	۰/۱۷۷	۰/۵۶	۰/۵	PW3	[۱۴]
۰/۵۱۴۶	۰/۶۱۶۱	۱/۰۷۶۹	۱/۰۱۳۷	۲/۷۹	۲/۵	۲/۳۲	۱/۹۷	۰/۶۳۸	۰/۲۴۹	۰/۶	۰/۵	PW4	[۱۴]
منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۱/۱۶۱۳	منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۰/۹۶۱۶	منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۱/۹۶	منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۲/۱۲	۰/۷۹۵	۰/۱۳۵	۰/۶۵	۰/۵	Type1-1	[۱۵]
	۱/۱۰۶۱		۱/۰۴۶۷		۱/۸۶		۳/۳۱	۰/۸۰۵	۰/۱۲۸	۰/۳۳	۰/۵	Type2-1	[۱۵]
	۱/۰۸۶۹		۱/۵۱۴۳		۱/۸۳		۳/۳۴	۰/۷۹۵	۰/۱۳۵	۰/۶۵	۰/۷۴	Type3-1	[۱۵]
	۱/۱۶۲۹		۲/۸۷۸۱		۱/۹۶		۶/۳۴	۰/۸۰۵	۰/۱۲۸	۰/۳۳	۰/۷۸	Type4-1	[۱۵]
منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۱/۳۴۳۱	منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۱/۳۴۳۱	منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۱/۳۴	منحنی هیستریزس و پشتواره در مقاله موجود نیست.	۱/۳۴	۰/۶۸۸	۰/۲۱۲	۰/۵۸	۰/۵	WC3	[۱۶]
	۱/۱۸۹۹		۱/۱۹		۰/۶۸۸		۰/۲۱۲	۰/۵۸	۰/۳۱	WC5	[۱۶]		
	۱/۳۲۱۸		۱/۳۲		۰/۶۸۸		۰/۲۱۲	۰/۵۸	۰/۵	WD5	[۱۶]		
	۱/۱۲۰۶		۱/۱۲		۰/۶۸۸		۰/۲۱۲	۰/۵۸	۰/۶۹	WC6	[۱۶]		

سوم کاملاً متفاوت است ضمن این که منحنی پشتواره و پوش هم در ادامه به مقایسه ضریب اصلاح  $m$  با هر یک از پارامترهای مندرج در جدول‌های (۱) و (۲) پرداخته می‌شود. کمیت‌های جدول (۱) به نتایج متفاوتی منجر می‌شوند.

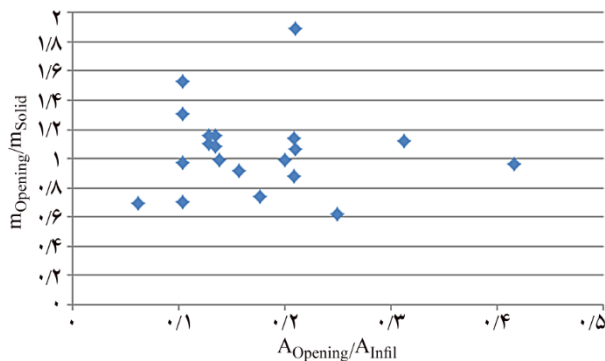
جدول (۲): ضریب اصلاح  $m$  محاسبه شده برای ربع اول و سوم منحنی‌های پوش و پشتواره.

$\lambda_1$ (سختی نسبی)	$h/l$ (نسبت بعدی)	ضریب اصلاح به دست آمده از منحنی پوش			ضریب اصلاح به دست آمده از منحنی پشتواره			نام نمونه	شماره مرجع
		میانگین	ربع سوم	ربع اول	میانگین	ربع سوم	ربع اول		
۰/۰۱۹	۰/۶۶	۳/۶۸	۲/۷۱	۴/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۳	۲/۶۷	S	[۱۰]
۰/۰۲۷	۰/۶۶	۴/۸۴	۵/۳۷	۴/۳	۵/۴	۵/۵۲	۵/۲۵	IS	[۱۰]
۰/۰۳۱	۰/۸	۳/۰	۴/۰۶	۱/۹۴	۳/۷۹	۵/۴۳	۲/۱۵	SW	[۱۴]
-	۰/۷۲	۱/۹۴	۱/۶۸	۲/۲	-	-	-	Type 2-3	[۱۵]
۰/۰۲۷	۰/۶۷	۳/۹۵	۳/۶۱	۴/۲۹	۴/۹۱	۳/۷۲	۶/۱	4	[۱۷]
۰/۰۳۰	۰/۶۷	۴/۸۲	۶/۳۶	۳/۲۸	۵/۲۵	۷/۳۵	۳/۶۹	5	[۱۷]
۰/۰۲۴	۰/۶۷	۲/۵	۲/۷۶	۲/۲۳	۲/۶	۲/۶۲	۲/۵۹	6	[۱۷]
۰/۰۲۵	۰/۶۷	۳/۴	۳/۴۹	۳/۱۶	۴/۳۱	۴/۸۹	۳/۷۳	7	[۱۷]
۰/۰۲۷	۰/۴۸	۴/۸	۶/۵۶	۳/۰۳	۴/۴۴	۵/۸۵	۳/۰۲	11	[۱۷]
۰/۰۲۸	۰/۴۸	۳/۴۳	۳/۴۹	۳/۳۸	۳/۶۳	۵/۱	۲/۱۶	12	[۱۷]
-	۱	۱/۵۲	۱/۴	۱/۶۶	۲/۱	۲/۱۳	۱/۹۷	1	[۱۸]
-	۱	۲/۸۵	۲/۷۹	۲/۹۱	۲/۳۵	۲/۰۵	۲/۶۵	2	[۱۸]
-	۰/۵۸	۴/۹۸	۵/۹۵	۴/۰۱	۵/۲۵	۴/۸۹	۵/۶	refb	[۱۹]
۰/۰۴۱	۰/۵۸	۲/۹۶	۲/۱۸	۳/۷۴	۳/۱۳	۱/۱۶	۵/۱	spec.1	[۲۰]
-	۰/۶۲	۶/۶	۴/۲۴	۸/۹۷	-	-	-	lbf-1st cycle	[۲۱]
-	۰/۶۲	۳/۶۱	۲/۷۲	۴/۵۱	-	-	-	sbf-1st cycle	[۲۱]
۰/۰۲۲	۰/۷	۴/۹۵	۳/۱۳	۶/۷۷	۶/۳۸	۵/۲۲	۷/۵۴	mm	[۹]
۰/۰۲۲	۰/۷	۲/۵۸	۲/۰۲	۳/۱۳	۶/۴۵	۶/۰۵	۶/۸۵	mr-1	[۹]
۰/۰۲۲	۰/۷	۲/۷۷	۲/۴۹	۳/۰۴	۲/۷۷	۲/۳۷	۳/۱۷	mr-2	[۹]
۰/۰۲۲	۰/۷	۲/۵	۲/۱	۲/۹	۲/۰۷	۲/۰	۲/۱۴	mr-3	[۹]
-	۱	۱/۱۳	۱/۰۷	۱/۱۹	-	-	-	n1111-h1	[۲۲]
-	۲	۲/۵	۲/۴۶	۲/۵۴	-	-	-	n1111-h0.5	[۲۲]
-	۰/۵	۱/۳۵	۱/۳۶	۱/۳۳	-	-	-	n1111-h2	[۲۲]
-	۲	۲/۳۲	۲/۰	۲/۶۴	-	-	-	n1121-h0.5	[۲۲]
-	۱	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۷	-	-	-	n1121-h1	[۲۲]
-	۰/۵	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۹	-	-	-	n1121-h2	[۲۲]
۰/۰۱۷	۰/۶۵	۵/۲۶	۳/۱	۷/۴۳	۴/۵۷	۳/۱	۶/۰۳	frame.17	[۲۳]
-	۰/۸۱	۲/۱	۲/۲۳	۱/۹۷	۲/۰۹	۲/۲۱	۱/۹۷	fig.5	[۲۴]
-	۰/۸۱	۲/۲۲	۱/۹۵	۲/۵	۲/۰۲	۱/۷۳	۲/۳۲	fig.6	[۲۴]
-	۱	۳/۶۹	۳/۲۷	۴/۱۲	۳/۲۷	۲/۴۷	۴/۰۸	C	[۲۵]

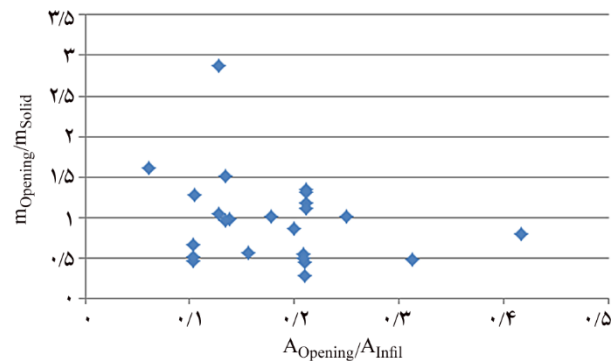
در جدول بالا علامت "-" به این معنی است که منحنی موردنظر در مرجع ارائه نشده است.

ندارد؛ از طرفی میانگین نسبت  $\frac{m_{opening}}{m_{solid}}$  چه برای ربع اول و چه برای ربع سوم منحنی هیستریزیس ایده آل شده برای هر یک از منحنی‌های پوش و پشتواره به عدد یک نزدیک است. بنابراین به صورت میانگین می‌توان ضریب اصلاح  $m$  میانقاب دارای بازشو را برابر با میانقاب مشابه فاقد بازشو در نظر گرفت.

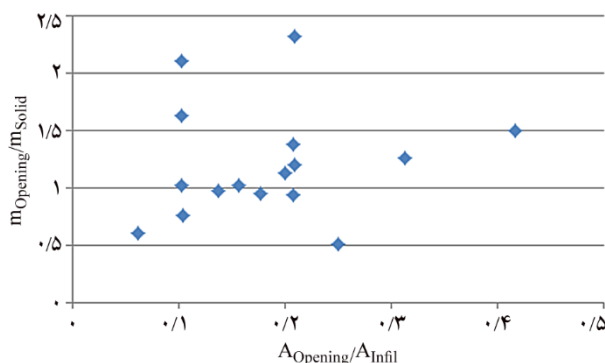
به شکل دیگری در شکل‌های (۴) تا (۷) آمده‌اند؛ در این شکل‌ها رابطه مقدار  $\frac{m_{opening}}{m_{solid}}$  ربع اول و ربع سوم با  $\frac{A_{opening}}{A_{infil}}$  به ترتیب برای منحنی‌های پوش و پشتواره و شکل‌های (۶) و (۷) رابطه این مقدار را با ضریب کاهش  $R$  نشان می‌دهد؛ پراکندگی داده‌ها نشان می‌دهد که  $\frac{m_{opening}}{m_{solid}}$  هیچ رابطه‌ای با  $\frac{A_{opening}}{A_{infil}}$  و همچنین ضریب کاهش  $R$



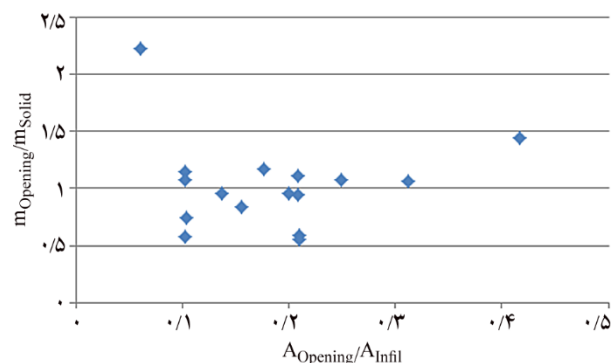
(ب) ربع سوم منحنی هیستریزیس



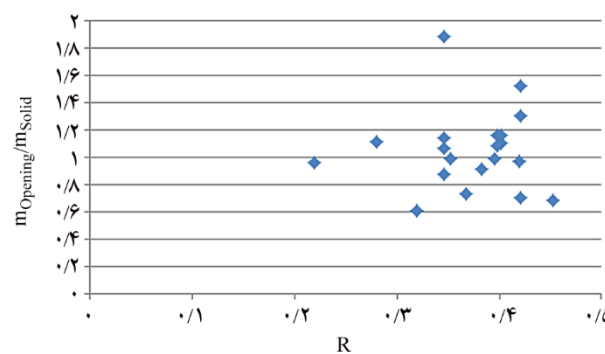
(الف) ربع اول منحنی هیستریزیس

 شکل (۴): رابطه نسبت ضریب اصلاح  $\left(\frac{m_{opening}}{m_{solid}}\right)$  به دست آمده از منحنی پوش با نسبت بازشو  $\left(\frac{A_{opening}}{A_{infil}}\right)$ .


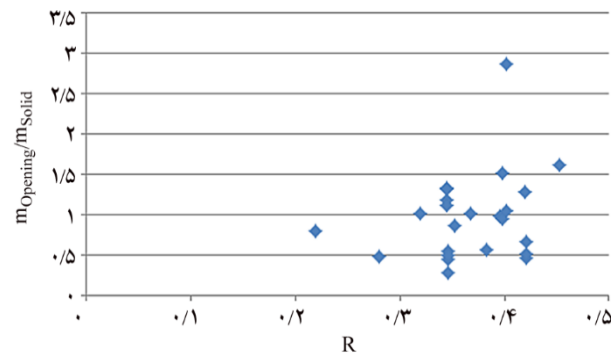
(ب) ربع سوم منحنی هیستریزیس



(الف) ربع اول منحنی هیستریزیس

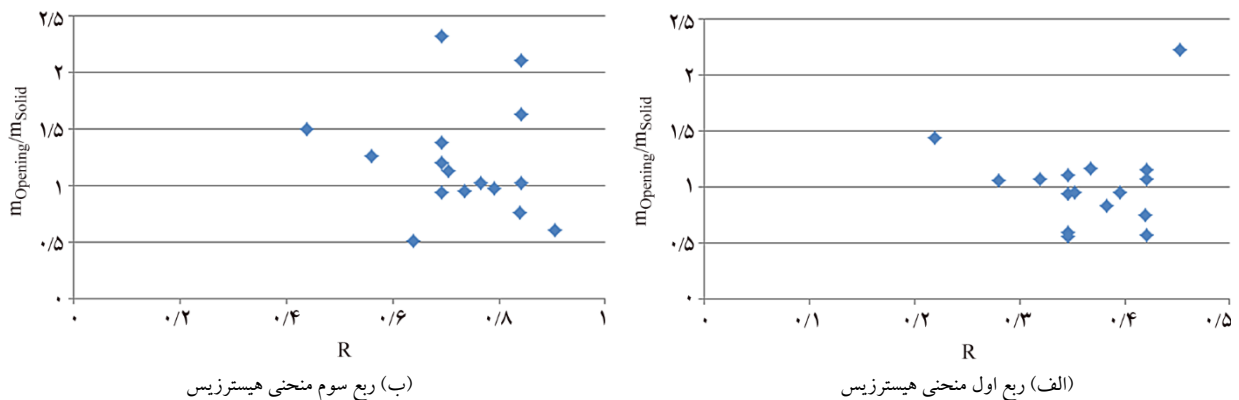
 شکل (۵): رابطه  $\left(\frac{m_{opening}}{m_{solid}}\right)$  به دست آمده از منحنی پشتواره با  $\left(\frac{A_{opening}}{A_{infil}}\right)$ .


(ب) ربع سوم منحنی هیستریزیس



(الف) ربع اول منحنی هیستریزیس

 شکل (۶): رابطه  $\left(\frac{m_{opening}}{m_{solid}}\right)$  به دست آمده از منحنی پوش با ضریب کاهش  $R$ .



شکل (۷): رابطه  $\left(\frac{m_{\text{Opening}}}{m_{\text{Solid}}}\right)$  به دست آمده از منحنی پشتواره با ضریب کاهش  $R$ .

برای این کار ابتدا تلاش شد تا حد امکان همه نمونه‌های میانقاب که در مقالات مختلف وجود دارد و منحنی نیرو-تغییر مکان آنها ذکر شده جمع‌آوری شود سپس مقدار ضریب اصلاح هر یک، بر اساس روشی که در بند ۴ این تحقیق بیان گردید، محاسبه شود. ستون اول و دوم جدول به ترتیب مرجع مورد استفاده و نام نمونه آزمایش شده که منحنی رفتاری آن ملاک محاسبه ضریب اصلاح قرار گرفته ذکر شده‌اند. سپس در ستون‌های بعدی ضریب اصلاح حاصل از منحنی پشتواره و پوش به تفکیک برای ربع‌های اول و سوم منحنی نیرو-تغییر مکان نمونه‌ها محاسبه و نشان داده شده است. در ستون‌های آخر نیز نسبت بعدی (نسبت ارتفاع به طول نمونه) و سختی نسبی  $(\lambda_i)$  که بر اساس رابطه (۵) محاسبه شده ارائه گردیده است.

خلاصه این جدول در شکل‌های (۸) تا (۱۱) نشان داده شده است: شکل (۸) رابطه ضریب  $m$  حاصل از منحنی پوش را با سختی نسبی قاب به میانقاب  $(\lambda_1)$  نشان می‌دهد که نمودارهای الف و ب این شکل مربوط به ربع اول و سوم و نمودار ج میانگین مقادیر حاصل از این دو ربع است. شکل (۹) همین رابطه را برای ضریب  $m$  حاصل از منحنی پشتواره نشان می‌دهد. در شکل (۹) و شکل‌های بعدی به منظور تلخیص از ارائه مقادیر به دست آمده برای هر یک از ربع‌های اول و سوم احتراز و تنها مقدار میانگین این دو ربع نشان داده شده است. دو شکل (۸) و (۹) نشان می‌دهند که ضریب اصلاح رابطه خاصی با سختی نسبی قاب به میانقاب ندارد. از این رو می‌توان به این نکته نیز پی برد که ضریب

## ۶- بررسی عوامل مؤثر بر مقدار ضریب اصلاح $m$ در میانقاب‌های فاقد بازشو

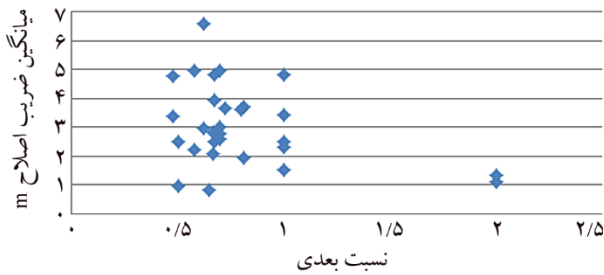
در قسمت قبل به بررسی رابطه بین ضریب اصلاح  $m$  میانقاب دارای بازشو با میانقاب مشابه توپر پرداخته و نشان داده شد که می‌توان ضریب اصلاح  $m$  میانقاب دارای بازشو را برابر ضریب اصلاح میانقاب مشابه فاقد بازشو دانست. در این قسمت به بررسی دقیق‌تر ضریب اصلاح  $m$  میانقاب فاقد بازشو و صحت پیش‌فرض آیین‌نامه‌ها [۱-۳] در مرتبط دانستن مقدار آن با سختی نسبی قاب به میانقاب  $(\lambda_i)$  و نسبت بعدی (نسبت ارتفاع میانقاب به طول آن که به ترتیب با  $h$  و  $l$  نشان داده می‌شوند) پرداخته می‌شود. سختی نسبی قاب به میانقاب از رابطه (۵) به دست می‌آید [۲]:

$$\lambda_1 = \left[ \frac{E_{me} \times t_{inf} \times \sin(2\theta)}{4E_{fe} \times I_{col} \times h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

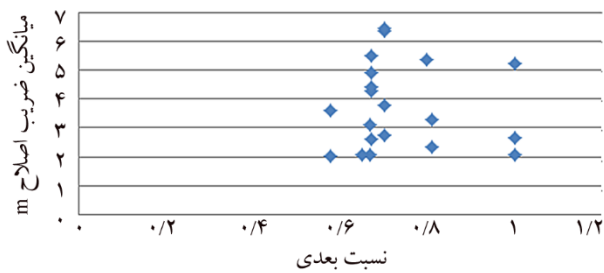
که در آن  $h_{col}$  ارتفاع ستون تا مرکز تیر برحسب متر و  $h_{inf}$  ارتفاع میانقاب برحسب متر است.  $E_{me}$  و  $E_{fe}$  به ترتیب مدول الاستیسیته مصالح قاب و مصالح دیوار برحسب پاسکال است.  $I_{col}$  ممان اینرسی ستون برحسب  $m^4$ ،  $r_{inf}$  طول قطری پانل برحسب متر،  $t_{inf}$  ضخامت دیوار برحسب متر،  $F_{me}$  مقاومت فشاری مصالح دیوار برحسب پاسکال و  $\theta$  زاویه قطر میانقاب با افق است.

مقدار ضریب اصلاح محاسبه شده برای نمونه‌های جمع‌آوری شده میانقاب در ادبیات فنی برای ربع‌های اول و سوم هر دو منحنی پوش و پشتواره به همراه برخی مشخصات آنها از جمله نسبت بعدی و سختی نسبی قاب به میانقاب در جدول (۲) آمده است.





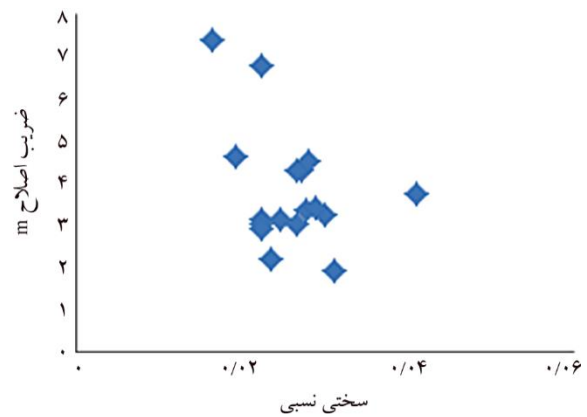
شکل (۱۰): رابطه مقدار میانگین ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از ربع اول و سوم منحنی پوش با نسبت بعدی.



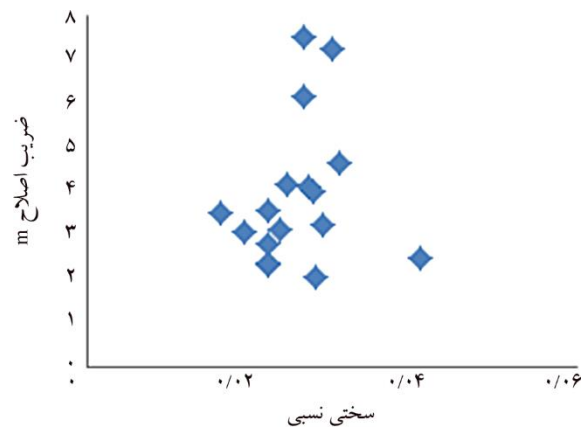
شکل (۱۱): رابطه مقدار میانگین ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از ربع اول و سوم منحنی پشتواره با نسبت بعدی.

اصلاح با نسبت مقاومت قاب به میانقاب (که در آیین‌نامه‌ها با  $\beta$  نشان داده می‌شود) نیز رابطه خاصی ندارد زیرا مقاومت نسبی و سختی نسبی قاب به میانقاب با هم مرتبط هستند (مقاومت نسبی قاب به میانقاب به مقاومت مصالح قاب نسبت به مصالح میانقاب و ابعاد مقطع قاب نسبت به ابعاد میانقاب بستگی دارد که اولی با نسبت بین مدل الاستیسیته قاب به مدل الاستیسیته میانقاب که در رابطه (۵) آمده کاملاً مرتبط است ضمن این‌که در صورت این رابطه ضخامت میانقاب و در مخرج آن ممان اینرسی مقطع ستون آمده که کاملاً تابع ابعاد مقطع می‌باشد).

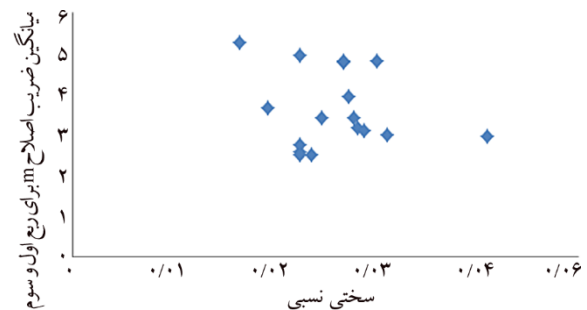
بر اساس داده‌های موجود در جدول (۲)، میانگین و انحراف معیار ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از منحنی پوش برای تمام نمونه‌های فاقد بازشو به ترتیب برابر با  $3/47$  و  $1/11$  و این مقادیر که از منحنی پشتواره به‌دست آمده به ترتیب برابر  $3/79$  و  $1/45$  است؛ مقدار ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از دو منحنی پوش و پشتواره اختلاف اندکی با یکدیگر دارند، البته مقدار حاصل از منحنی پوش اندکی کوچک‌تر از دیگری است و انحراف معیار کمتری نیز دارد و لذا در جهت اطمینان است. به عبارت دیگر



الف) ربع اول منحنی هیستریز

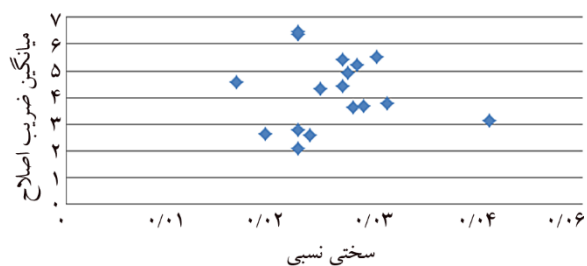


ب) ربع سوم منحنی هیستریز



پ) رابطه میانگین ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از ربع اول و سوم منحنی پوش با سختی نسبی

شکل (۸): رابطه مقدار ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از منحنی پوش با سختی نسبی.



شکل (۹): رابطه مقدار میانگین ضریب اصلاح  $m$  به‌دست آمده از ربع اول و سوم منحنی پشتواره با سختی نسبی.

قاب و میانقاب دسته‌بندی شده‌اند که جدول (۴) میانقاب درون قاب بتنی و جدول (۵) میانقاب درون قاب فولادی را در بر دارد. در این جدول‌ها انحراف معیار و میانگین مقدار ضریب اصلاح  $m$  به صورت جداگانه برای هر نوع قاب و میانقاب محاسبه و ارائه شده است. با وجود تعداد کم نمونه‌های هر دسته کاملاً مشخص است که ضریب اصلاح  $m$  به جنس مصالح قاب و میانقاب بستگی دارد و تعیین دقیق تر مقدار آن برای هر نوع مصالح نیازمند وجود نمونه‌های آزمایشگاهی بیشتر است. به‌طور خلاصه بر اساس بانک اطلاعاتی جمع‌آوری شده از کارهای آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی که در جدول‌های (۴) و (۵) به ترتیب برای میانقاب درون قاب‌های بتنی و فولادی خلاصه شده‌اند می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که مقدار ضریب اصلاح  $m$  به نسبت بعدی و سختی نسبی قاب به میانقاب بستگی ندارد و تنها تابع جنس قاب و میانقاب است، بنابراین و بنا بر بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق، پیشنهاد می‌شود برای میانقاب‌های از جنس آجر رسی<sup>۱۱</sup>، آجر رسی سوراخ‌دار<sup>۱۲</sup> و آجر سفالی<sup>۱۳</sup> که در داخل قاب فولادی اجرا شده‌اند مقدار ضریب اصلاح به ترتیب برابر ۳/۵، ۱/۵ و ۴/۵ در نظر گرفته شود. اگر این میانقاب‌ها درون قاب بتنی اجرا شده بودند به‌جای این اعداد باید مقادیر ۲، ۳/۵ و ۳ در نظر گرفته شوند. برای میانقاب‌های از جنس بلوک سیمانی<sup>۱۴</sup> و بلوک سیمانی توپر<sup>۱۵</sup> که در داخل قاب بتنی اجرا شده‌اند ضریب اصلاح  $m$  به ترتیب برابر با ۳ و ۴ در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که با توجه به تعداد نه‌چندان زیاد نمونه‌های هر دسته، تعیین مقدار دقیق‌تر ضریب اصلاح برای هر نوع مصالح نیازمند وجود تعداد نمونه‌های آزمایشگاهی بیشتر است.

نسخه ۲۰۱۳ آیین‌نامه ASCE-41 در استفاده از منحنی پوش به‌جای منحنی پشتواره (که در نسخه ۲۰۰۷ آن پیشنهاد شده بود) برای میانقاب به مقادیر محافظه‌کارانه تری منجر می‌شود و لذا در جهت اطمینان است.

شکل‌های (۱۰) و (۱۱) رابطه ضریب اصلاح را با نسبت بعدی، به ترتیب برای منحنی پوش و پشتواره نشان می‌دهد. به‌طور خلاصه و بر اساس شکل‌های مزبور، پراکنندگی نتایج و عدم وجود نظم خاص بین داده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که برخلاف آنچه در آیین‌نامه‌ها فرض و در جدول (۳) نشان داده شده [۲-۳]، ضریب اصلاح  $m$  میانقاب‌های توپر رابطه خاصی با مقاومت نسبی و نسبت بعدی میانقاب ندارد. ادامه سعی می‌شود مقادیر جدیدی برای این منظور پیشنهاد گردد.

جدول (۳): ضرایب  $m$  برای میانقاب مصالح بنایی در روش استاتیکی خطی به نقل از نشریه ۳۶۰ | ۱ و آیین‌نامه ASCE-41 [۲-۳].

ضریب اصلاح $m$		$\frac{L_{inf}}{H_{inf}}$	$\beta = \frac{V_{fire}}{V_{ine}}$
LS	IO		
۴/۰	۱/۰	۰/۵	$\beta < 0.7$
۳/۵	۱/۰	۱/۰	
۳/۰	۱/۰	۲/۰	
۶/۰	۱/۵	۰/۵	$0.7 \leq \beta < 1.3$
۵/۲	۱/۲	۱/۰	
۴/۵	۱/۰	۲/۰	
۸/۰	۱/۵	۰/۵	$\beta \geq 1.3$
۷/۰	۱/۲	۱/۰	
۶/۰	۱/۰	۲/۰	

در جدول‌های (۴) و (۵)، نمونه‌های مورد بررسی در این تحقیق که قبلاً نتایج هر یک در جدول (۲) ارائه شده بودند، برحسب جنس

جدول (۴): مقدار پیشنهادی ضریب اصلاح  $m$  برای قاب بتنی.

ضریب اصلاح $m$ به‌دست آمده از منحنی پشتواره			ضریب اصلاح $m$ به‌دست آمده از منحنی پوش			جنس میانقاب
میانگین	انحراف معیار	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	تعداد نمونه	
۳/۵	۱/۶۳	۲	۳	۱/۰۲	۲	بلوک سیمانی
۴	۰/۷۸	۴	۴	۰/۸	۴	بلوک سیمانی توپر
۲	۰/۲۸	۳	۲/۵	۰/۹۶	۳	آجر رسی
۳/۵	۱/۶۲	۳	۳/۵	۱/۳۸	۳	آجر رسی سوراخ‌دار
۳	-	۱	۳	۰/۴۶	۲	آجر سفالی

جدول (۵): مقدار پیشنهادی ضریب اصلاح m برای قاب فولادی.

ضریب اصلاح m به دست آمده از منحنی پشتواره			ضریب اصلاح m به دست آمده از منحنی پوش			جنس میانقاب
میانگین کل	انحراف معیار	تعداد نمونه	میانگین کل	انحراف معیار	تعداد نمونه	
۵	۱/۸۳	۲	۳/۵	۱/۳۸	۲	آجر رسی
۴/۵	-	۱	۱/۵	۰/۷۴	۳	آجر رسی سوراخ‌دار
-	-	-	۵	-	۱	آجر سفالی

## ۷- نتیجه گیری

به جای این اعداد باید مقادیر ۲، ۳/۵ و ۳ در نظر گرفته شوند؛ و پیشنهاد می‌شود برای میانقاب‌های از جنس بلوک سیمانی و بلوک سیمانی توپر که در داخل قاب بتنی اجرا شده‌اند ضریب اصلاح به ترتیب برابر با ۳ و ۴ در نظر گرفته شود. نسبت ضریب اصلاح میانقاب دارای بازشو بر ضریب اصلاح میانقاب فاقد بازشو با هیچ کدام از کمیت‌های با نسبت مساحت بازشو به مساحت کل میانقاب و ضریب کاهشده اثر بازشو (ضریب R در رابطه ۴) رابطه خاصی ندارد. با توجه به این که مقدار میانگین این نسبت برای همه نمونه‌های مورد بررسی، بسیار به عدد یک نزدیک است می‌توان ضریب اصلاح میانقاب دارای بازشو را برابر ضریب اصلاح میانقاب مشابه فاقد بازشو فرض کرد.

## مراجع

- Office of Deputy for Strategic Supervision Department of Technical Affairs (2014) *Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings*. No. 360, (in persian).
- ASCE/SEI Seismic Rehabilitation Standards Committee (2007) *Seismic rehabilitation of existing buildings* (ASCE/SEI 41-06). American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- ASCE/SEI Seismic Rehabilitation Standards Committee (2013) *Seismic rehabilitation of existing buildings* (ASCE/SEI 41-13). American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- Mohammadi, M. (2017) *Influences of Infills on Building Structures*, Sharif University Press (in Persian).
- Holmes, M. (1961) Steel frames with brickwork and concrete infilling. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, **19**(4), 473-478.

در این تحقیق محاسبه مقدار ضریب اصلاح m برای میانقاب‌های دارای بازشو مورد مطالعه قرار گرفته است. در این راستا نمونه‌های آزمایش شده مربوط به میانقاب از مقالات و پژوهش‌های معتبر جمع‌آوری و ضریب اصلاح m برای آنها محاسبه شده است. سپس ضریب اصلاح m برای میانقاب‌های فاقد بازشو مورد بررسی قرار گرفته است که در دستورالعمل‌های بهسازی، مقدار این ضریب برای میانقاب‌های توپر به صورت تابعی از نسبت بعدی و نسبت مقاومت قاب به میانقاب ارائه شده است. بنابراین در ادامه این تحقیق بر اساس بانک اطلاعاتی نمونه‌های آزمایشگاهی موجود در ادبیات فنی ارتباط مقدار ضریب m با این دو کمیت بررسی شده است که بر اساس آن می‌توان نتایج زیر را اتخاذ نمود:

- استفاده از منحنی پوش که در نسخه جدید ASCE-41 برای تعیین ضریب اصلاح به کار گرفته شده، نسبت به منحنی پشتواره که در نسخه‌های قبلی استفاده می‌شد، در نمونه‌های آزمایشگاهی میانقاب، به میانگین و انحراف معیار کمتری منجر می‌شود و بنابراین در جهت اطمینان است.
- برخلاف آنچه در حال حاضر در ASCE-41 آمده، ضریب اصلاح میانقاب‌های توپر تابع هیچ کدام از عوامل سختی نسبی قاب به میانقاب ( $\lambda_1$ ) و نسبت بعدی ( $h/l$ ) نیست بلکه بیش از هر چیز، تابع جنس قاب و میانقاب است؛ پیشنهاد می‌شود برای میانقاب‌های از جنس آجر رسی، آجر رسی سوراخ‌دار و آجر سفالی که در داخل قاب فولادی اجرا شده‌اند مقدار ضریب اصلاح به ترتیب برابر ۳/۵، ۱/۵ و ۴/۵ در نظر گرفته شود. اگر این میانقاب‌ها درون قاب بتنی اجرا شده بودند

- Noland, J.L. (1996) Experimental evaluation of masonry-infilled RC frames. *Journal of Structural Engineering*, **122**(3), 228-237.
18. Imran, I. and Aryanto, A. (2009) Behavior of reinforced concrete frames in-filled with lightweight materials under seismic loads. *Civil Engineering Dimension*, **11**(2), 69-77.
19. Sevil, T. and Canbay, E. (2010) Seismic strengthening of masonry infilled reinforced concrete frames with steel fiber reinforcement. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> US National and 10<sup>th</sup> Canadian Conference on Earthquake Engineering*.
20. Altın, S., Anıl, Ö., Koprman, Y., and Belgin, Ç. (2010) Strengthening masonry infill walls with reinforced plaster. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*, **163**(5), 331-342.
21. Misir, I.S., Ozcelik, O., Girgin, S.C., and Kahraman, S. (2012) Experimental work on seismic behavior of various types of masonry infilled RC frames. *Structural Engineering and Mechanics*. **44**(6), 763-774.
22. Kaltakci, M.Y., Koken, A., and Korkmaz, H.H. (2008) An experimental study on the behavior of infilled steel frames under reversed-cycling loading. *Iranian Journal of Science and Technology*, **32**(B2), 157.
23. Flanagan, R.D. and Bennett, R.M. (1999) Bidirectional behavior of structural clay tile infilled frames. *Journal of Structural Engineering*, **125**(3), 236-244.
24. Parsa, F. and Moghadam, A.S. (2008) *Experimental Investigation of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frame*. 681-690.
25. Puglisi, M., Uzcategui, M., and Flórez-López, J. (2009) Modeling of masonry of infilled frames, Part I: The plastic concentrator. *Engineering Structures*. **31**(1), 113-118.
6. Mallick, D. and Garg, R. (1971) Effect of openings on the lateral stiffness of infilled frames. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, **49**(2), 193-209.
7. Mosalam, K.M., White, R.N., and Gergely, P. (1997) Static response of infilled frames using quasi-static experimentation. *Journal of Structural Engineering*, **123**(11), 1462-4169.
8. Polyakov, S. and Cairns, G. (1956) *Masonry in Framed Buildings*.
9. Ghazimahalleh, M.M. (2007) Stiffness and damping of infilled steel frames. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*. **160**(2), 105-118.
10. Kakaletsis, D. and Karayannis, C. (2008) Influence of masonry strength and openings on infilled R/C frames under cycling loading. *Journal of Earthquake Engineering*, **12**(2), 197-221.
11. Al-Chaar, G. (2002) *Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures*. DTIC Document.
12. Kakaletsis, D. and Karayannis, C. (2007) Experimental investigation of infilled R/C frames with eccentric openings. *Structural Engineering and Mechanics*. **26**(3), 231-250.
13. Kakaletsis, D.J. and Karayannis, C.G. (2009) Experimental investigation of infilled reinforced concrete frames with openings. *ACI Structural Journal*, **106**(2), 132.
14. Tasnimi, A. and Mohebkah, A. (2011) Investigation on the behavior of brick-infilled steel frames with openings, experimental and analytical approaches. *Engineering Structures*, **33**(3), 968-980.
15. Sigmund, V. and Penava, D. (2012) Experimental study of masonry infilled R/C frames with opening. *15<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*.
16. Dawe, J. and Seah, C. (1989) Behaviour of masonry infilled steel frames. *Canadian Journal of Civil Engineering*, **16**(6), 865-876.
17. Mehrabi, A.B., Shing, P.B., Schuller, M. P., and

#### واژه‌نامه

Modification Factor	۱- ضریب اصلاح
Back bone Curve	۲- منحنی پشتواره

D Envelope Curve	۳- منحنی پوش
Immediate Occupancy (IO)	۴- سطح عملکرد استفاده بی وقفه
Life Safety (LS)	۵- سطح عملکرد ایمنی جانی
Collapse Prevention (CP)	۶- سطح عملکرد آستانه فرو ریزش
Backbone	۷- پشتواره
Envelope	۸- پوش
Hysteresis Curve	۹- منحنی هیستریزیس
MATLAB	۱۰- نرم‌افزار متلب
Clay Brick	۱۱- آجر رسی
Hollow Brick	۱۲- آجر رسی سوراخ‌دار
Hollow Tile	۱۳- سفال آجر سفالی
Hollow Block	۱۴- بلوک سیمانی سوراخ‌دار
Solid Block	۱۵- بلوک سیمانی توپر

## Modification Factor of Solid and Perforated Infill Panels Based on Experimental Results

Majid Mohammadi<sup>1\*</sup> and Alireza Sarmayekhah<sup>2</sup>

1. Associate Professor, Structural Engineering Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran, \*Corresponding Author, email: m.mohammadigh@iiees.ac.ir  
M.Sc. Student, Ayandegan College, Tonekabon, Iran

The infills are walls which are in full contact with surrounding frame elements. They considerably increase the stiffness and strength. It is recommended in many rehabilitation codes and guidelines to model each infill by an equivalent compression-only strut element. However, before modeling infills in the structures, adequacy of the surrounding elements and connections should be checked for the infill forces. The same procedure is proposed for perforated infill panels, the infill with large opening such as door or window. Therefore, in rehabilitation projects, the capacity of infills, both solid and perforated, can be applied against seismic loads. However, a modification factor, shown by  $m$  in many codes or guidelines such as ASCE-41 or FEMA-356, is required. The  $m$ -factors of solid infill panels have already been calculated through experimental test results and listed in the guidelines. Despite,  $m$ -factors of perforated infills have not been determined yet.

The main subject of this paper is to calculate  $m$ -factors of perforated infill panels, based on the experimental test results of the literature and comparing them with those of similar solid infills. It is shown that  $m$ -factor of a perforated infill can be assumed almost the same value of similar solid infill panel. Regarding the importance of solid infills'  $m$ -factors, they are focused. For this, many experimental test results of solid infills are reported herein and their  $m$ -factors are calculated. It has been shown that this factor depends only on infill material and, despite FEMA-356 or ASCE-41 suggestions; it is independent of infill aspect ratio or the ratio of the frame to the infill strengths. Eventually,  $m$ -factors of some infills with different materials are suggested; the  $m$ -factors of infills with clay bricks, clay hollow bricks and hollow tiles are 2, 3.5 and 3, respectively. For infills made of concrete blocks, the  $m$ -factor is 3 for hollow blocks and 4 for solid blocks.

**Keywords:** Modification Factor, Backbone Curve, Push-Over, Perforated Infills, Solid Infills.