مجله علمی- پژوهشی
«عمـران مـــدرس»
دوره سیزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲

# اثرات تقویت میانقاب‌های مصالح بنایی با استفاده از لایه‌ی شاتکریت و شبکه‌ی فولادی بر رفتار لرزه‌ای قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی و اجزای آن

**صادق گریوانی،[۱] علی‌اکبر آقاکوچک،[۲*] مسعود سلطانی‌محمدی[۳]**

۱- کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- استاد بخش عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- استادیار بخش عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

a_agha@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۲۴

**چکیده-** این مقاله به بررسی اثرات تقویت میانقاب‌های مصالح بنایی با استفاده از لایه شاتکریت و شبکه فولادی بر رفتار لرزه‌ای قاب‌های مرکب فولادی دارای اتصالات خورجینی می‌پردازد. برای این منظور مدل‌سازی‌های عددی در نـرم افـزار اجـزاء محـدود ABAQUS صورت پذیرفته است. ابتدا با مقایسه نتایج حاصل از مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی، درستی روش‌های انتخـاب شـده برای مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی و لایه شاتکریت و شبکه فولادی کنترل گردیده و سپس قاب‌های دو دهانـه و چهـار دهانـه فولادی دارای اتصالات خورجینی، مهاربند ضربدری و میانقاب مصالح بنایی در نرم افزار مدل شده و تأثیر تقویت میانقاب بر سختی و مقاومت نهایی قاب، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین اثرات منفی این تقویت‌ها بر روی اعضای مجاور آن (تیر، سـتون و اتصال) نیز مشخص شده است. نتایج کلی بدست آمده، حاکی از اثرات مثبت میانقاب‌های تقویت شده بر روی سختی و مقاومـت نهایی قاب مرکب و اثرات منفی این اعضاء بر روی اعضای مجاور خود (تیر، ستون و به ویژه اتصال خورجینی) می‌باشد که لزوم در نظر گرفتن این اثرات منفی و تقویت اعضای مجاور را قبل از در نظر گرفتن اثرات مثبت میانقاب‌ها گوشزد می‌نماید.

**واژگان کلیدی:** اتصال خورجینی، میانقاب مصالح بنایی، لایه شاتکریت و شبکه فولادی، سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب.

## ۱- مقدمه

ایران از نظر لرزه‌خیزی در یکی از مناطق فعال جهان قرار دارد. در سال‌هـای اخیـر بطـور متوسـط هـر ده سـال، زلزلـه‌ای بـا خسارات جانی و مالی بالا در کشورمان رخ داده اسـت. بـرای کنترل و کاهش این خسارات، در چند سال اخیر ایمن سـازی و مقاوم سازی ساختمان‌ها، تأسیسات زیربنایی و شـریان‌هـای حیـاتی مـورد توجـه جـدی قـرار گرفتـه اسـت. روش‌هـای گوناگونی برای مقاوم سازی ساختمان‌ها وجود دارد که یکی از متداول‌ترین آن‌ها در ایران، تقویت دیوارهای مصـالح بنـایی بـا استفاده از شبکه فولادی و شاتکریت است. به طور کلـی ایـن

روش چه در ساختمان‌های مصالح بنایی و چه در ساختمان‌های دارای قاب فولادی یا بتنی قابل استفاده است. در ساختمان‌های دارای قاب فولادی یا بتنی استفاده از این روش بر مبنای سهیم دانستن میانقاب‌ها (پر کننده‌ها) در تحمل نیروهای جانبی استوار است. به این صورت که میانقاب‌ها نیز به عنوان عضو سازه‌ای در نظر گرفته شده و با تقویت آن‌ها، افزایش و بهبود میزان مشارکت این اعضاء در تحمل نیروهای جانبی حاصل می‌شود.

در سال‌های اخیر تحقیقات وسیعی بر روی قاب‌های مرکب انجام شده [۱-۳] و در دستورالعمل بهسازی ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰) [۱]، صریحاً به در نظر گرفتن میانقاب‌ها به صورت المان قطری معادل با مشخصات هندسی و مصالح تعریف شده، اشاره شده است. ایده دستک معادل به جای میانقاب آجری برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط پولیاکوف مطرح شد [۲] پس از آن استافورد اسمیت [۳ و ٤] و مینستون [٥ و ٦] روش‌هایی برای ارائه خصوصیات دستک معادل میانقاب پیشنهاد دادند. در ادامه این تحقیقات و در سال های اخیر نیز مطالعات نسبتاً زیادی بر روی رفتار قاب‌های مرکب صورت پذیرفته است که البته اغلب آن‌ها بر روی اثرات میانقاب‌ها بر روی قاب‌های بتنی انجام شده است [۷-۹].

تقویت دیوار با استفاده از شاتکریت باربری نهایی دیوار تقویت شده را افزایش می‌دهد. کان [۱۰] با به کارگیری روکش شاتکریت یکطرفه به ضخامت ۹۰ میلی‌متر و انجام آزمایش کشش قطری نشان داد که باربری نهایی پانل‌های بنایی غیر مسلح تحت آزمایش ٦ تا ۲۵ برابر افزایش پیدا می‌کند. در یک تحقیق آزمایشگاهی دیگر، با انجام آزمایش استاتیکی رفت و برگشتی نشان داده شد که باربری نهایی دیوار تقویت شده با شاتکریت تا ۳ برابر افزایش پیدا می‌کند [۱۱]. علاوه بر این، استفاده از فروسیمان باعث افزایش پایداری خارج از صفحه دیوار نیز می‌شود. با هدف بررسی اثر تسلیح توسط روکش ملات مسلح در رفتار میانقاب‌های قاب فلزی، مقدم و همکاران نیز مطالعه‌ای آزمایشگاهی انجام دادند [۱۲]. به این صورت که میانقاب یک قاب فلزی را توسط شبکه میلگرد و روکشی از ملات به صورت دو طرفه تقویت کردند. بر اساس نتایج ارائه شده، سختی و مقاومت نهایی قاب، پس از تقویت به ترتیب در حدود ۳/٦ و ۲/٦ برابر شده است.

قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی و میانقاب مصالح بنایی طیف گسترده‌ای از ساختمان‌های موجود در کشور را تشکیل می‌دهد. از اینرو با توجه لرزه خیزی ایران و تأثیر میانقاب‌ها در رفتار قاب‌های ساختمانی، توجه به این نوع ساختمان‌ها و شناخت رفتار قاب‌های مرکب و اثرات متقابل قاب و میانقاب بر روی یکدیگر امری ضروری خواهد بود. گریوانی و همکاران در تحقیقی به بررسی اثرات میانقاب‌ها بر رفتار این نوع قاب‌ها و اجزای آن پرداختند[۱۳]. این تحقیق نشان داد که قرار گرفتن میانقاب‌ها در قاب‌های دارای اتصالات خورجینی می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای سختی و مقاومت نهایی قاب را افزایش دهد اما در کنار این اثرات مثبت، می‌بایست اثرات نامناسب میانقاب بر روی تیر، ستون و به ویژه اتصالات خورجینی نیز مد نظر قرار گیرد که این اثرات ممکن است منجر به خسارت این اعضاء گردد. از طرفی با توجه به ضرورت مقاوم سازی اکثر قاب‌های دارای اتصالات خورجینی در کشور ممکن است تقویت میانقاب‌های موجود به عنوان یکی از گزینه‌های بهسازی چنین قاب‌هایی مد نظر قرار گیرد، لذا ضروری است اثرات تقویت میانقاب‌ها بر روی رفتار قاب و اجزای آن مورد بررسی قرار گیرد. در مقاله حاضر برای بررسی این اثرات، از مدل‌سازی عددی نمونه‌هایی از این سازه استفاده می‌شود.

## ۲- مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی تقویت شده

نرم‌افزار اجزاء محدود ABSQUS مدل رفتاری مصالح را در دو قسمت خطی و غیرخطی شبیه‌سازی می‌کند. برای مدل‌سازی رفتار غیر خطی مصالحی همانند بتن یا مصالح بنایی سه روش وجود دارد:

- مدل ترک پخشی[1]
- مدل شکست ترد[2]
- مدل خرابی پلاستیک بتن[3]

در این تحقیق برای مدل‌سازی مصالح بنایی میانقاب، از روش درشت مدل‌سازی[4] و مدل ترک پخشی استفاده شده است. ترک‌پخشی یک روش پیوسته برای حل عددی مسائلی از مکانیک شکست است که گسستگی‌های محلی بر روی ناحیه‌ای دلخواه در طول المان محدود ترک‌خورده، پخش می‌باشد.

روش تحلیل انجام شده در این تحقیق نیز به صورت اعمال جابجایی بصورت فزاینده می‌باشد.

## ۳- اعتبار سنجی مدل‌سازی‌های انجام شده

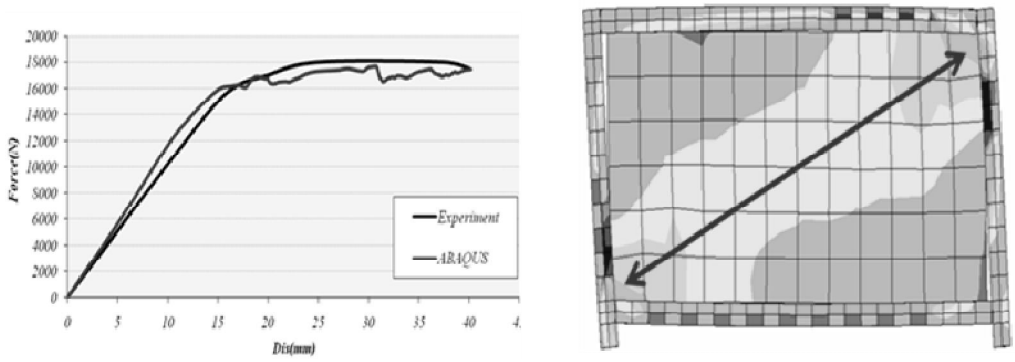
در این بخش برای بررسی صحت مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی از مقایسه نتایج تحلیل و نتایج آزمایشات انجام شده توسط مسلم و همکارانش [۱٤] در سال ۱۹۹۷ در دانشگاه ایالتی نیویورک در بوفالو، استفاده می‌شود. آنها رفتار قاب‌های دارای میانقاب مصالح بنایی را با استفاده از آزمایشات شبه- استاتیکی مورد بررسی قرار دادند. مشخصات مدل و مصالح استفاده شده در این آزمایشات در مرجع [۱٤] به تفصیل آورده شده است. در این سری از آزمایشات چندین نمونه قاب فولادی دارای میانقاب فاقد قیدهای برشی بین قاب و میانقاب در مقیاس یک- چهارم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. اعضای سازه‌ای با توجه به ضوابط مؤسسه فولاد آمریکا (AISC1989) طراحی و ساخته شده‌اند. اتصالات تیرها به ستون‌ها بصورت مفصلی و پیچی می‌باشد. فولاد استفاده شده در تمام قسمت‌ها از نوع A36 بوده و برای ساخت میانقاب، واحدهای بتنی سوراخ‌دار مورد استفاده قرار گرفته‌است.

مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی به صورت درشت مدل‌سازی و به صورت سه بعدی صورت گرفته است. المان‌های استفاده شده برای مدل‌سازی مصالح بنایی، SOLID و از نوع المان‌های شش وجهی هشت گرهی می‌باشند. توابع شکل از نوع خطی و انتگرال گیری بصورت کاهش یافته انتخاب شده است. طبق نتایج ارائه شده در آزمایشات، مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته مصالح بنایی به ترتیب ۵ و ۲۰۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است.

مدل‌سازی قاب فولادی نیز به صورت سه‌بعدی انجام گرفته است. لیکن با توجه به اینکه مقطع تیر ستون در قاب مورد بررسی، I شکل و در نتیجه دارای ضخامت‌های کم می‌باشند، مدل‌سازی مقاطع واقعی، باعث ریز شدن مش‌بندی و در نتیجه افزایش قابل توجهی در زمان محاسبات خواهد شد. بنابراین برای کاهش حجم و در نتیجه زمان محاسبات، مقاطع فولادی I شکل با مقاطع مستطیلی معادل شده‌است. تماس بین قاب و میانقاب از نوع تماس سخت[5] تعریف شده است.

پس از مدل‌سازی قاب آزمایشگاهی، و تحلیل آن چگونگی تماس قاب و میانقاب، مود خرابی میانقاب و در نهایت نمودار نیرو- جابجایی قاب مرکب، در دو حالت آزمایشگاهی و عددی با یکدیگر مقایسه گردیده است. در شکل ۱، نمودارهای نیرو- جابجایی، نحوه تشکیل دستک فشاری و نیز جداشدگی قاب و میانقاب در برخی نواحی تماس نشان داده شده است. این مقایسه نشان دهنده تطبیق نتایج حاصل از مدل‌سازی با نتایج بدست آمده از آزمایش و در نتیجه قابل قبول بودن نحوه مدل‌سازی می‌باشد.

1 Smeared Crack
2 Cracking Model for Concrete
3 Concrete Damaged Plasticity
4 Macro modeling
5 Hard Contact




**شکل (۱)** تشکیل دستک فشاری و مقایسه‌ی نمودار نیرو- جابجایی در دو حالت آزمایشگاهی و عددی

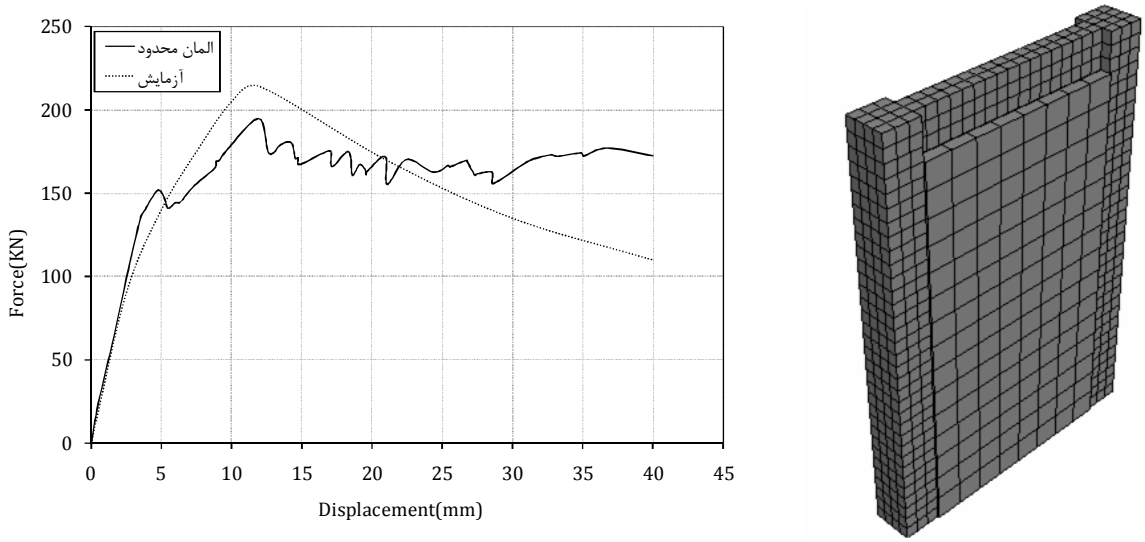
## ۳-۱- اعتبار سنجی مدل‌سازی لایه شاتکریت و شبکه فولادی

از آنجا که تحقیقات عملی زیادی بر روی بررسی رفتار قاب‌های فولادی دارای میانقاب تقویت شده با شاتکریت و شبکه فولادی صورت نگرفته است، برای کنترل صحت مدل‌سازی این لایه تقویت، از آزمایشات صورت گرفته بر روی قاب‌های فولای دارای میانقاب 3D پانل استفاده شده است. تحقیق آزمایشگاهی مورد بررسی در این بخش در مرجع ۱۵ گزارش شده است. میانقاب 3D پانل، یک پانل با ساختار ساندویچی می‌باشد که از دو لایه شاتکریت و شبکه فولادی در اطراف یک هسته پلی استایرن تشکیل گردیده است. ضخامت این هسته در آزمایش مورد بررسی، ٦٠ میلی‌متر گزارش شده است. شبکه فولادی از مفتول‌هایی با قطر ۳/۵ میلی‌متر به فاصله ۸۰ میلی‌متر از یکدیگر بر روی این لایه سبک پلی استایرن قرار داده شده و لایه شاتکریت با ضخامت ٤٠ تا ۵۰ میلی‌متر نیز با روش شاتکریت تر به وسیله پمپ باد روی این مجموعه پاشیده شده است.قاب پیرامونی این میانقاب، یک قاب یک دهانه یک طبقه فولادی دارای اتصالات تیر به ستون صلب می‌باشد. اتصال پای ستون نیز با نصب سخت کننده‌هایی صلب گردیده است. مقطع ستون‌ها 2IPE120 و مقطع تیر IPE120 می‌باشد.

در این مدل‌سازی نیز برای کاهش حجم و در نتیجه زمان محاسبات، مقاطع فولادی I شکل با مقاطع مستطیلی معادل شده‌است. برای مدل‌سازی المان‌های بتن مسلح، با توجه به مطالعاتی که برای انتخاب روش صورت پذیرفته است، از المان سه بعدی[1] بتن و قرار دادن[2] المان سطحی[3] شبکه فولادی در داخل آن استفاده شده است. تماس بین هسته پلی استایرن و لایه‌های بتنی نیز با انتخاب دو سطح تماس و گره زدن[4] آنها توسط نرم افزار برقرار شده است. این روش با توجه به آزمایشات و مدل‌سازی‌های انجام شده توسط یعقوبی‌فر و تسنیمی [١٦] برای اتصال دیوار مصالح بنایی و لایه شاتکریت نیز پیشنهاد شده است.

پس از ساخت مدل قاب آزمایشگاهی، نمودار نیرو- جابجایی قاب مرکب، در دو حالت آزمایشگاهی و عددی با یکدیگر مقایسه گردیده است. در شکل ۲ مقایسه نمودارهای نیرو- جابجایی بدست آمده از تحلیل عددی و نتایج آزمایشگاهی ارائه گردیده است که نشان دهنده تطبیق بسیار خوب نتایج در ناحیه خطی می‌باشد. اما در ناحیه غیر خطی قدری اختلاف بین منحنی ها دیده می شود که این اختلاف، در مقاومت نهایی ۱۰ درصد می‌باشد.

1- SOLID
2- Embeded
3- Surface
4- Tie




الف– مدل سه بعدی ساخته شده از قاب آزماشگاهی ب– مقایسه‌ی نمودار نیرو– جابجایی به‌دست آمده از مدل‌سازی با نتایج آزمایشگاهی

**شکل (۲)** مدل سه بعدی ساخته شده از قاب آزمایشگاهی و مقایسه‌ی نمودار نیرو– جابجایی به‌دست آمده از مدل‌سازی با نتایج آزمایشگاهی

لذا می‌توان نتیجه گرفت که روند انجام شده برای مدل-سازی لایه شاتکریت و شبکه فولادی قابل قبول بوده و می‌توان در مراحل بعد، از این روش جهت مدل‌سازی لایه تقویتی مذکور استفاده کرد.

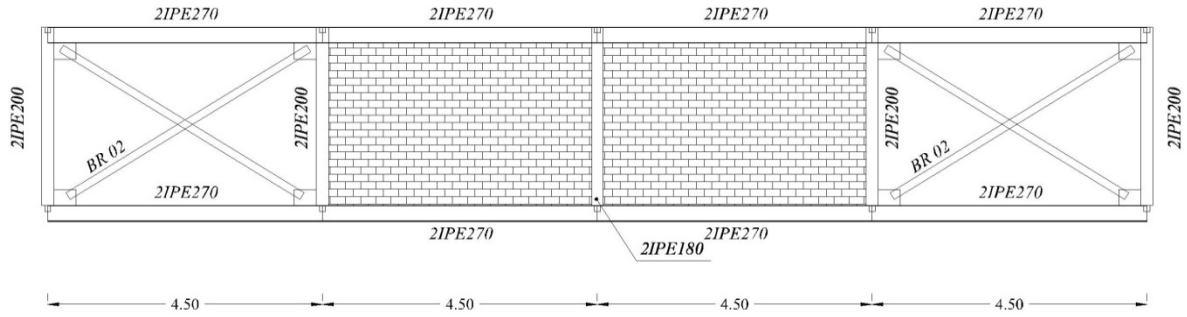
## ۴- معرفی قاب‌های مورد مطالعه

برای بدست آوردن مقاطع اولیه قاب پیرامونی فولادی، ابتدا یک قاب فولادی چهار طبقه دارای اتصال خورجینی به عنوان نمونه‌ای از قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی متداول موجود مورد بارگذاری و طراحی قرار گرفته و مقاطع تیر و ستون‌های این قاب بدست آمده است. به دلیل آنکه اتصال خورجینی بیشتر در ساختمان‌های کوتاه و متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد، قاب چهار طبقه و پنج دهانه فرض شده است. با توجه به ابعاد متعارف قاب‌های ساختمانی، طول دهانه‌ها ثابت و برابر ٤/٥ متر و ارتفاع طبقات نیز ثابت و برابر ۳/۰ متر فرض شده است. به عنوان مثال تیرهای خورجینی برای تحمل بارهای مرده و زنده به ترتیب ۷۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع به روش تنش مجاز طراحی شده‌اند و مقطع 2IPE270 برای این تیرها به دست آمده است.

پس از بدست آمدن مقاطع قاب فولادی، یک زیر مجموعه یک طبقه و دو دهانه فولادی بدون مهاربند و دارای میانقاب‌های مصالح بنایی و نیز یک زیر مجموعه یک طبقه و چهار دهانه فولادی دارای مهاربند ضربدری در دهانه‌های کناری و میانقاب مصالح بنایی در دهانه‌های میانی، از قاب جدا شده و در نرم افزار ABAQUS مدل شده است.

### ۴-۱- مشخصات مقاطع تیر وستون

در شکل ۳ مشخصات مقاطع تیر، ستون و مهاربندهای قاب چهار دهانه مدل‌سازی شده نشان داده شده است. لازم به ذکر است مشخصات قاب دو دهانه مورد مطالعه نیز همان مقاطع دو دهانه میانی قاب نشان داده شده در شکل مذکور می‌باشد. همانطور که قبلاً نیز اشاره گردید، با توجه به I شکل بودن مقاطع تیر وستون، مدل‌سازی مقاطع واقعی، باعث ریز شدن مش‌بندی و در نتیجه افزایش قابل توجهی در زمان محاسبات خواهد شد.




**شکل (۳)** مشخصات قاب پیرامونی دارای مهاربندهای ضربدری

**جدول (۱)** مشخصات در نظر گرفته شده برای اتصال

| مشخصات پیچشی | | مشخصات راستای قائم اتصال | |
|---|---|---|---|
| سختی اولیه (Ton.m/rad) | ۱۰۰۰ | سختی اولیه (Ton/m) | ۲۵۰۰۰ |
| مقاومت تسلیم (Ton.m) | ۸/۰ | مقاومت تسلیم (Ton) | ۱۶/۴۴ |
| نسبت سختی پس از تسلیم به سختی اولیه | ۰/۱ | نسبت سختی پس از تسلیم به سختی اولیه | ۰/۲ |

لذا در مدل‌سازی های انجام شده برای کاهش حجم و در نتیجه زمان محاسبات، مقاطع فولادی I شکل با مقاطع مستطیلی معادل شده‌است.

## ۴-۲- مشخصات اتصالات خورجینی و نحوه مدل‌سازی آن‌ها

اتصال خورجینی با جزئیات متداول، در دسته‌بندی اتصالات بر اساس میزان صلبیت، در دسته اتصالات نیمه‌صلب محسوب می‌شوند. تحقیقات گذشته نشان داده‌اند که موارد متعددی در مقاومت، سختی، نحوه شکست، چرخش ترک‌خوردگی و دیگر مشخصات این اتصال می‌تواند تأثیرگذار باشد که از آن جمله می‌توان به طول نبشی‌ها، شماره مقاطع تیر، شماره نبشی‌ها، مقدار جوش‌ها، کیفیت جوش‌ها، نحوه جوشکاری، حذف نبشی بالا یا کوتاه‌تر کردن بال آن، نحوه قرار گرفتن تیرها روی نبشی‌ها (فاصله هریک از تیرها تا ستون) اشاره داشت.

در جدول ۱ مشخصات در نظر گرفته شده برای اتصال خورجینی ارائه گردیده است. سختی و مقاومت پیچشی اتصال بر اساس تحقیقات انجام شده در این زمینه انتخاب گردیده است. مقاومت نهایی اتصال در راستای قائم نیز، بر اساس روابط ارائه شده در نشریه ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خورجینی (نشریه ۳۲٤) [۱۹] بدست آمده است. در خصوص سختی قائم اتصال خورجینی، تحقیقات چندانی بر روی تعیین این پارامتر وجود ندارد و تنها مرجع موجود در این زمینه مربوط به شکیب و سعادت نیا [۱۸] می‌باشد، لذا سختی اتصال در راستای قائم، با استفاده از مدل‌سازی سه بعدی و با در نظر گرفتن مشخصات اتصال (تیر IPE270 و نبشی‌های بالا و پایین L120x120x12 به طول ۲۰ سانتی‌متر)، ۲۵۰۰۰ تن بر متر در نظر گرفته شده است.

در این پژوهش برای مدل‌سازی اتصال خورجینی، تیرها به صورت یکسره مدل شده و در کنار ستون قرار داده شده‌اند. سپس دو گره، یکی در تیر و دیگری در ستون انتخاب شده و دو المان رابط بین این دو گره معرفی شده است. به یکی از این المان‌های رابط، یک فنر پیچشی و به دیگری یک فنر انتقالی برای معرفی سختی قائم اختصاص

داده شده است. مشخصات این فنرها بسته به نوع مدلی که مورد بررسی قرار گرفته است انتخاب شده است.

## ۵- بررسی اثر تقویت میانقاب‌ها بر روی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب

پس از اعتبار سنجی نحوه مدلسازی میانقاب و لایه شاتکریت و شبکه فولادی، در این بخش سعی شده است تا اثرات تقویت میانقاب بر سختی و مقاومت نهای قاب مرکب مورد بررسی قرار گیرد. قاب‌های مورد مطالعه در ابتدای بخش ٤ معرفی شد و نحوه مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی، لایه شاتکریت و شبکه فولادی و نیز قاب فولادی دارای اتصال خورجینی نیز بر اساس آنچه در بخش‌های قبل ارائه گردید انجام گرفته است.

مصالح بنایی معرفی شده به نرم افزار دارای کیفیت متوسط در نظر گرفته شده و دارای مشخصات زیر می‌باشند:

$$f'_m = 4\ MPa$$
$$E_m = 550 f'_m \Rightarrow E_m = 2200\ MPa$$
$$f_t = 0.06 f'_m$$

شبکه فولادی به صورت یک شبکه متعامد از میلگردهای به قطر ٦ میلی‌متر به نرم افزار معرفی گردیده است. تنش تسلیم و تنش نهایی میلگردهای به قطر ٦ میلی‌متر نیز بر اساس نتایج آزمایشات انجام شده توسط یعقوبی‌فر و تسنیمی [١٦] به ترتیب برابر ۲۹۰ مگاپاسکال و ۳۷۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. لایه شاتکریت نیز به ضخامت ۵۰ میلی‌متر و با مشخصاتی که در ادامه ارائه گردیده است بر روی میانقاب مصالح بنایی قرار داده شده است. مشخصات مصالح شاتکریت عبارتند از:

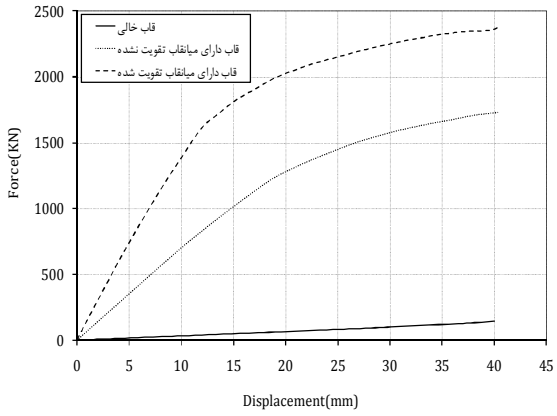
$$f'_c = 21\ MPa$$
$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.043 \times 2300^{1.5} \times \sqrt{21} = 21735\ MPa$$
$$f_t = 0.54\sqrt{f'_c} = 0.54\sqrt{21} = 2.47\ MPa$$

### ۵-۱- قاب مرکب دو دهانه بدون مهاربند

#### ۵-۱-۱- بررسی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب دارای میانقاب تقویت شده

شکل ٤ نمودار نیرو- جابجایی قاب دو دهانه فولادی دارای اتصال خورجینی برای حالت‌های بدون میانقاب، دارای میانقاب تقویت نشده به ضخامت ۲۲ سانتی‌متری (ضخامت سازه‌ای ۲۰) و دارای میانقاب تقویت شده با شاتکریت و شبکه فولادی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در تحلیل‌های انجام شده در این بخش فرض شده است که اتصال خورجینی دارای مقاومت کافی در راستای قائم می‌باشد. به عبارت دیگر محدودیت مقاومت تسلیم مندرج در جدول ۱ در این تحلیل‌ها در نظر گرفته نشده است.

لازم به ذکر است از آنجا که عرض ستون‌های قاب پیرامونی برابر با ضخامت قسمت سازه‌ای میانقاب ۲۲ سانتی‌متری می‌باشد، لذا در حالت عادی هیچ گونه تماسی بین تیرهای خورجینی و میانقاب برقرار نخواهد شد، از اینرو در محل تماس تیر به ستون یک ورق فولادی به با ابعاد 1000x200x10 میلی‌متر بین تیرها قرار داده شده است تا تماس بین تیر و میانقاب برقرار شود.



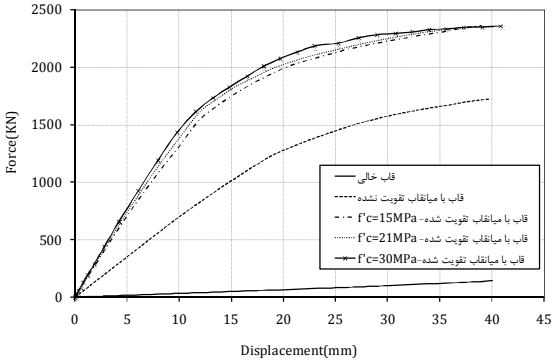

**شکل (٤)** نمودار نیرو- جابجایی قاب دارای اتصال خورجینی و حالت‌های قاب خالی و میانقاب‌های تقویت شده و نشده

شکل ٤، نشان دهنده افزایش دو برابری سختی قاب مرکب پس

از افزودن لایه تقویتی شاتکریت و شبکه فولادی روی میانقاب مصالح بنایی است. در این حالت قاب پیرامونی قبل از اینکه میانقاب تقویت شده دچار خرابی گردد دچار آسیب دیدگی شده است که این امر لزوم کنترل کفایت اعضای مجاور میانقاب تقویت شده را یادآوری می‌نماید. با این حال تقویت میانقاب مصالح بنایی به وسیله شاتکریت و شبکه فولادی مقاومت نهایی قاب مرکب را حدود ۴۰ درصد افزایش داده است.

### ۵-۱-۲- بررسی تأثیر مشخصات بتن لایه تقویت بر رفتار قاب مرکب

در این قسمت با اختصاص مشخصات ۳ نوع بتن به نرم افزار برای معرفی لایه شاتکریت ۵۰ میلی‌متری و بدست آوردن نمودار نیرو- جابجایی هر یک از این حالت‌ها، به بررسی اثر این تغییرات بر روی رفتار کلی قاب مرکب پرداخته شده است. مقاومت فشاری این ۳ نوع بتن، ۱۵، ۲۱ و ۲۸ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. سایر مشخصات این نمونه‌ها با استفاده از روابط ارائه شده در ابتدای بند ۵، بدست آمده است. اتصال خورجینی قاب پیرامونی نیز با فرض کفایت در برابر نیروهای قائم ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب در نظر گرفته شده است. شکل ۵ نمودارهای نیرو- جابجایی قاب برای ۳ حالت فوق را نشان می‌دهد.

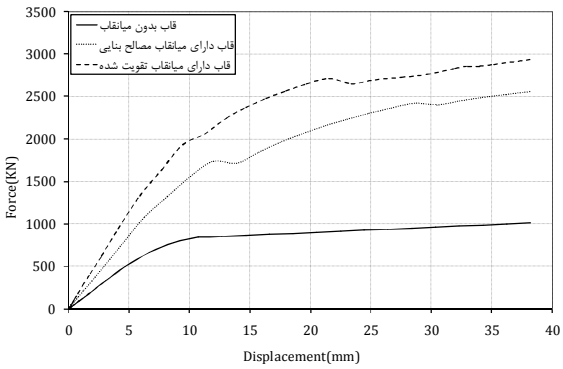



**شکل (۵)** نمودار نیرو- جابجایی برای ۳ نوع بتن

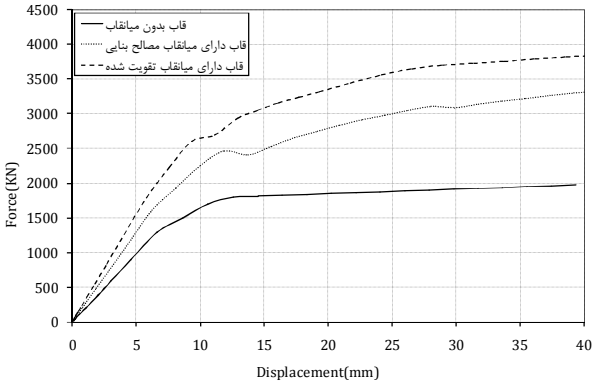
همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد، تغییراتی که در نوع بتن لایه شاتکریت اعمال شده است، تغییر چندانی در سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب ندارد. در خصوص مقاومت نهایی همانگونه که قبلاً نیز بیان گردید، از آنجا که قاب پیرامونی قبل از میانقاب تقویت شده دچار آسیب دیدگی می‌شود، تغییرات مورد بررسی در این بخش، تأثیر خاصی بر مقاومت نهایی قاب مرکب نداشته است. در ارتباط با سختی قاب مرکب نیز با توجه به تغییرات اندکی که در مدول الاستیسه بتن با افزایش مقاومت فشاری آن از ۱۵ مگاپاسکال تا ۲۸ مگاپاسکال ایجاد می‌گردد، تغییرات سختی قاب مرکب نیز نسبتاً ناچیز خواهد بود که نمودارهای نیرو- جابجایی بدست آمده نیز گویای همین مطلب می‌باشند.

## ۵-۲- قاب مرکب چهار دهانه دارای مهاربند در دهانه‌های کناری

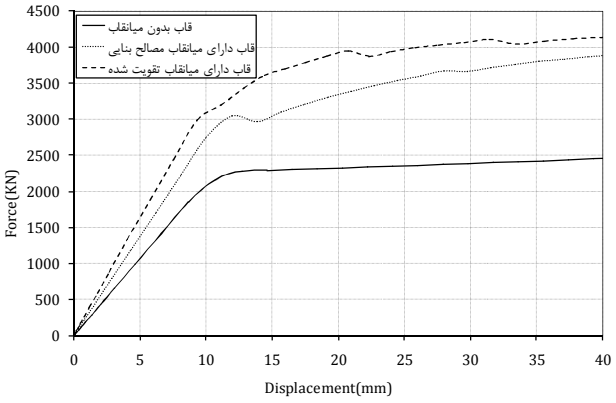
در این بخش به بررسی اثر میانقاب‌های مصالح بنایی ۳۵ سانتی‌متری بر روی رفتار قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی و مهاربند ضربدری پرداخته شده است. مهاربندهای طراحی شده بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ که در بخش‌های قبل در خصوص طراحی آنها توضیح داده شده و در شکل ۳ نیز نشان داده شده است، دارای نسبت تنش تقریباً برابر ۰/۹ می‌باشند. مقطع این مهاربند BOX 120x120x6 می‌باشد. لذا این مهاربندها به عنوان مقطع قوی و مناسب در نظر گرفته شده است. علاوه بر این مقاطع، دو نوع مقطع تک نبشی شماره ۸ و دوبل نبشی شماره ۸ نیز به ترتیب به نمایندگی از مقاطع مهاربندی ضعیف و متوسط در مدلسازی‌ها در نظر گرفته شده است تا اثر میانقاب‌های تقویت شده در رفتار کلی این ۳ نوع قاب مهاربندی بررسی شده و با یکدیگر مقایسه گردد.




الف– قاب مهاربندی ضعیف




ب– قاب مهاربندی متوسط




ج– قاب مهاربندی قوی

**شکل (٦)** نمودارهای نیرو– جابجایی قاب‌های مهاربندی در ۳ حالت مختلف

در شکل ٦ برای بررسی اثر میانقاب‌ها بر روی رفتار کلی قاب، برای هر یک از انواع قاب‌های مهاربندی، نمودار نیرو– جابجایی به صورت جداگانه در ۳ حالت بدون میانقاب، دارای میانقاب تقویت نشده و دارای میانقاب تقویت شده ارائه گردیده است.

همانطور که در نمودار نیرو– جابجایی قاب مهاربندی ضعیف در حالات مختلف دیده می‌شود (شکل ٦–الف)، میانقاب‌های مصالح بنایی تقویت شده و تقویت نشده با توجه به ضعیف بودن قاب مهاربندی خالی، اثر زیادی بر روی سختی و مقاومت نهایی این نوع قاب‌های مرکب خواهند داشت. این اثر به صورتی است که میانقاب با کیفیت مصالح متوسط حتی بدون لایه تقویت، سختی قاب مرکب مذکور را تقریباً ۱/٦۰ برابر و مقاومت نهایی را بیش از ۲/۵۰ برابر کرده است. میانقاب تقویت شده با افزودن لایه تقویت شاتکریت و شبکه فولادی بر روی آن نیز سختی را ۲/۳۰ برابر و مقاومت نهایی را نزدیک به ۳/۵۰ برابر نموده است.

مقایسه نمودارهای نیرو– جابجایی قاب‌های مهاربندی ضعیف، متوسط و قوی در حالات مختلف (بدون میانقاب و دارای میانقاب تقویت شده و نشده) نشان دهنده تأثیر گذاری نسبتاً زیاد میانقاب‌های مصالح بنایی تقویت شده و تقویت نشده بر روی سختی و مقاومت نهایی این نوع قاب‌های مرکب می‌باشد. با این تفاوت که با قوی‌تر شدن مهاربندها در قاب‌های مورد بررسی، نسبت سختی و مقاومت قاب مرکب

به قاب خالی کمتر می‌شود. در پایان بررسی‌های صورت گرفته بر روی قاب‌های دارای میانقاب با کیفیت متوسط جدول ۲ نشان دهنده نسبت سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب به قاب خالی در حالات مختلف می‌باشد.

**جدول (۲)** نسبت سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب به قاب خالی در حالات مختلف بررسی شده

| نوع قاب مهاربندی | قاب دارای میان‌قاب تقویت نشده | | قاب دارای میان‌قاب تقویت شده | |
|---|---|---|---|---|
| | نسبت سختی | نسبت مقاومت نهایی | نسبت سختی | نسبت مقاومت نهایی |
| ضعیف | ۱/۶۰ | ۲/۵۰ | ۲/۳۰ | ۳/۵۰ |
| متوسط | ۱/۳۱ | ۱/۷۵ | ۱/۷۰ | ۲/۲۰ |
| قوی | ۱/۲۵ | ۱/۶۸ | ۱/۶۰ | ۱/۹۰ |

## ۶- اثرات میانقاب‌ها بر روی اجزای قاب پیرامونی

همانطور که در بخش‌های قبل نشان داده شد، میانقاب‌های مصالح بنایی می‌تواند اثرات مثبتی بر روی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب داشته باشد و در صورت تقویت، این اثرات مثبت به خوبی افزایش می‌یابد. اما نکته‌ای که در این بخش بدان پرداخته خواهد شد و معمولاً نیز در طراحی سازه‌های جدید و یا کنترل آسیب پذیری سازه‌های موجود و یا ارائه طرح بهسازی آن‌ها مد نظر قرار نمی‌گیرد، اثرات ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب روی اعضای مجاور میانقاب (تیر، ستون و اتصالات) می باشد. لذا در ادامه به بررسی اثرات ناشی از این اندرکنش روی اعضای مذکور پرداخته شده و نتایج حاصل از مدل‌سازی‌های مربوطه ارئه می‌گردد.

### ۶-۱- ایجاد نواحی پلاستیک در تیرها و ستون‌های مجاور میانقاب

اندرکنش قاب و میانقاب در گوشه‌های فشاری باعث اعمال نیروهایی به اعضای قاب پیرامونی مجاور با میانقاب می‌گردد که می‌تواند در صورت ضعف در اعضای مذکور، منجر به آسیب دیدگی قاب مرکب گردد. در تمام مدل‌هایی که در این مقاله با فرض کفایت مقاومت اتصال در راستای قائم بررسی شد، در بخش‌هایی از قاب پیرامونی که با میانقاب در تماس است به علت نیروهای اعمالی ناشی از اندرکنش قاب ومیانقاب، ستون‌ها وارد ناحیه غیر خطی شده اند. تشکیل نواحی پلاستیک در ستون‌ها، باعث آسیب رسیدن به این اعضاء و در نتیجه کل قاب مرکب خواهد شد. بنابراین کنترل تیر و ستون‌های مجاور میانقاب در برابر نیروهای ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب امری است که حتماً باید مد نظر قرار گیرد. البته در آیین نامه‌ها و دستورالعمل‌های موجود نیز به ضرورت این کار اشاره گردیده است. به عنوان مثال دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، نشریه ۳۶۰ [۱] و نیز FEMA356 [۲۰] و ASCE41-06 [۲۴] توصیه‌های یکسانی در این خصوص ارائه داده‌اند. گریوانی وهمکاران نشان دادند که بر اساس نتایج بدست آمده از مدل‌های المان محدود، طول تماسی که از روابط ارائه شده در نشریات مذکور بدست می‌آید، در قاب‌های دارای اتصالات ساده از دقت مناسبی برخوردار است اما برای قاب دارای اتصال خورجینی با توجه به تفاوت در نحوه تماس قاب و میانقاب دارای دقت کافی نبوده و نیاز به اصلاح دارد [۱۳].

### ۶-۲- ایجاد خرابی در اتصال خورجینی مجاور میانقاب

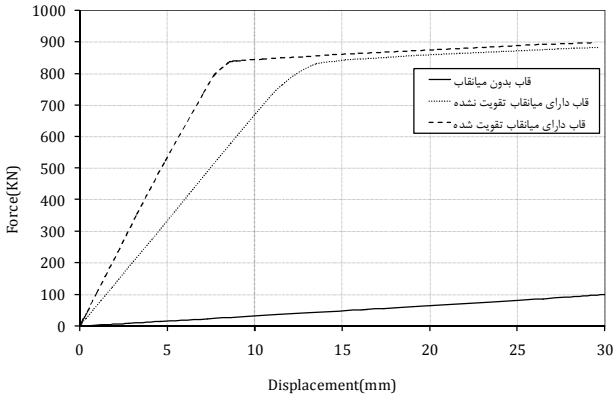
دراین بخش به بررسی کفایت اتصال خورجینی در برابر نیروهای ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب پرداخته شده است. این بررسی در دو بخش جداگانه برای مقاومت پیچشی و مقاومت در راستای قائم اتصال انجام شده و

نتایج حاصل از مدل‌سازی ارائه گردیده است. مشخصات معرفی شده به نرم افزار برای مدل سازی اتصال خورجینی در جدول ۱ ارائه گردیده است.

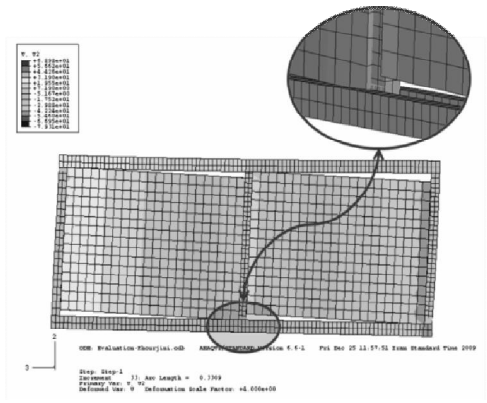
### ٦-۲-۱- بررسی کفایت مقاومت اتصال خورجینی در راستای قائم

برای بررسی کفایت مقاومت اتصال خورجینی در راستای قائم، در مدل سازی‌ها، برای اتصال تیر به ستون، در راستای قائم یک فنر غیر خطی با مشخصاتی که در جدول ۱ ارائه گردیده است، اختصاص داده شده است و سپس تحلیل فزآینده استاتیکی انجام شده و نمودار نیرو- جابجایی قاب مرکب برای ۳ حالت بدست آمده و در شکل ۷-الف ارائه گردیده است. منحنی‌های این شکل با منحنی‌های شکل ٤ قابل مقایسه هستند زیرا مشخصات قاب و میانقاب در این بررسی یکسان بوده و تنها تفاوت در کفایت و عدم کفایت اتصال در راستای قائم می‌باشد. کانتور جابجایی در راستای قائم و نحوه ایجاد خرابی اتصال در این راستا نیز در شکل ۷-ب نشان داده شده است.

بررسی رفتار قاب مرکب مدل شده دراین حالت نشان می‌دهد که با اعمال جابجایی اندک در طبقه (دریفت تقریباً ۰/۳۵ برای حالت میانقاب تقویت نشده) اتصال در راستای قائم دچار خرابی می‌گردد. این پدیده را می‌توان در نمودارهای شکل ۷ به صورت کاهش شدید سختی قاب پس از رسیدن برش طبقه به برش متناظر با مقاومت راستای قائم اتصال ( حدود F=850 KN) ملاحظه نمود. همچنین مشاهده می‌شود با افزودن لایه تقویت شاتکریت و شبکه فولادی بر روی میانقاب، جابجایی نسبی متناظر با ایجاد خرابی در راستای قائم اتصال نیز کاهش می‌باشد (در حدود ٤٠ درصد). در هر ۲ مدل ساخته شده در این بخش، اتصالات خورجینی با رسیدن نیروی برشی به مقداری نزدیک به ۸۵ تن، دچار خرابی در راستای قائم شده است. این نمودار نشان می‌دهد که در صورت حاکم شدن مود خرابی اتصال، تقویت میانقاب صرفاً باعث افزایش در سختی اولیه قاب مرکب شده و اثری بر افزایش مقاومت آن نخواهد داشت. لذا در بررسی سازه‌های فولادی دارای اتصال خورجینی موجود و نیز کنترل طرح تقویت میانقاب‌ها با استفاده از شاتکریت و شبکه فولادی، کنترل کفایت اتصال در راستای قائم امری ضروری می‌باشد که در صورت غفلت از آن، به هنگام وقوع زلزله، با ایجاد خرابی در اتصال می‌توان حتی فروریزش سقف را نیز پیش بینی کرد.



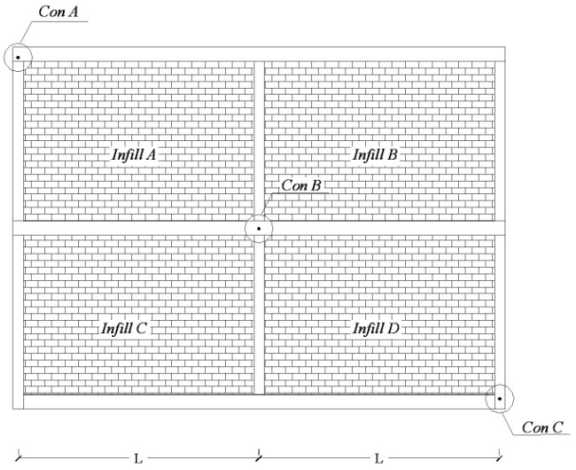

الف- نمودار نیرو- جابجایی قاب مرکب با در نظر گرفتن مقاومت نهایی اتصال در راستای قائم



ب- کانتور جابجای در راستای قائم و نحوه ایجاد خرابی اتصال در این راستا

**شکل (۷)** خرابی اتصال در راستای قائم بر اثر اعمال نیروهای ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب

البته این نگرانی در اتصالاتی که با ایجاد تغییر مکان جانبی در سازه، تحت نیروهای قائمی که یکدیگر را خنثی می‌کنند قرار می‌گیرند کمتر وجود دارد. به عنوان مثال در شکل ۸ اتصالات A و C از این لحاظ آسیب پذیرند اما اتصال B از لحاظ مقاومت اتصال در راستای قائم با خطر کمتری مواجه خواهد بود. مگر اینکه کیفیت میانقاب‌های طبقات با یکدیگر تفاوت داشته باشند (یا هر دو دیوار مذکور تقویت نگردند) و با خراب شدن میانقاب در یکی از طبقات نیروی ناشی از میانقاب سالم به اتصال وارد شده و باعث بروز خرابی در آن گردد.

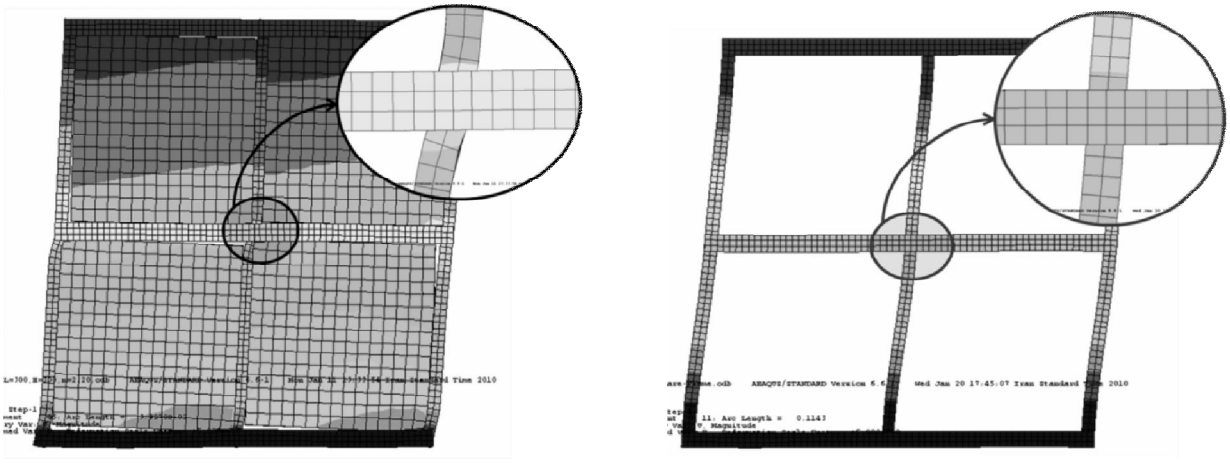



**شکل (۸)** انواع مختلف اتصال از نظر نحوه‌ی اندرکنش با میانقاب‌های موجود

### ۶-۲-۲- بررسی کفایت مقاومت پیچشی اتصال خورجینی

در این بخش به بررسی کفایت مقاومت پیچشی اتصال خورجینی هنگام اعمال بار جانبی به قاب مرکب پرداخته شده است. مدل‌سازی لازم در این بررسی با فرض کافی بودن مقاومت اتصال در راستای قائم صورت گرفته است. در بسیاری از موارد در ساختمان‌های موجود، اتصالات خورجینی مجاور میانقاب‌ها همانطور که در اتصال B شکل ۸ دیده می‌شود، در مجاورت دو میانقاب قرار دارد که نسبت به اتصال به صورت قطری قرار گرفته‌اند (میانقاب‌های A و D). بر اساس آنچه قبلاً اشاره شد، اگرچه این حالت برای رفتار اتصال در استای قائم می‌تواند مفید باشد اما با ایجاد دستک فشاری در میانقاب و اعمال نیروهای ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب به تیر و ستون، کوپل نیروهایی به اتصال اعمال خواهد شد که می‌تواند باعث چرخش زیاد اتصال و درنتیجه ایجاد خرابی در آن گردد. لذا برای بررسی اثرات میانقاب بر روی اتصال خورجینی در این حالت، مدل-های دو طبقه دو دهانه‌ای در نرم افزار ABAQUS ساخته شده است.

نسبت ارتفاع میانقاب به طول آن برابر n=1 می‌باشد. همانطور که اشاره شد افزودن میانقاب به قاب خالی می‌تواند باعث اعمال ایجاد چرخش زیادی در اتصال خورجینی شود که البته تقویت آن می تواند این اثر منفی را تشدید نیز نماید.

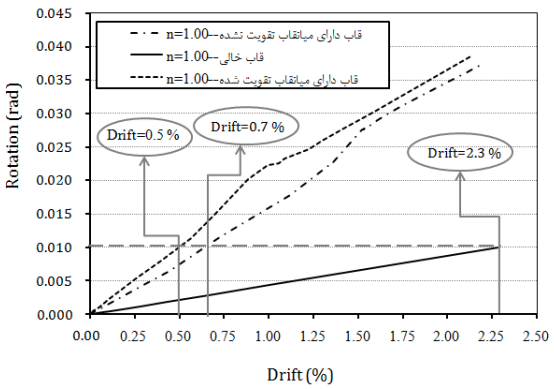


الف- بدون میانقاب ب- دارای میانقاب تقویت نشده

**شکل (۹)** تغییر شکل قاب دو طبقه‌ی دو دهانه در دو حالت دارای میانقاب و بدون میانقاب با بزرگ‌نمایی ۵

در شکل ۹ نحوه تغییر شکل قاب دو طبقه (با بزرگ نمایی ۵ برابر) برای قاب خالی و قاب دارای میانقاب تقویت نشده نشان داده شده است. در این شکل افزایش دوران اتصال خورجینی به ازای جابجایی نسبی یکسان به خوبی دیده می‌شود.

برای بررسی اثر میانقاب‌های تقویت شده و نشده بر روی چرخش اتصال خورجینی نیز نمودارهایی ارائه شده است که محور افقی آن حداکثر جابجایی نسبی طبقات مجاور اتصال و محور قائم آن میزان چرخش اتصال می‌باشد. نمودارها برای ۳ حالت قاب خالی، قاب دارای میانقاب تقویت نشده و تقویت شده بدست آمده است و تمام نمودارهای بدست آمده، در قالب یک شکل جهت مقایسه ارائه گردیده است (شکل ۱۰).




**شکل (۱۰)** نمودار چرخش اتصال- جابجایی نسبی قاب مرکب دو طبقه

بر اساس برخی تحقیقات انجام شده در خصوص اتصالات خورجینی، برای اتصالات خورجینی متداول در کشور، چرخش ۰/۰۱ رادیان حداکثر چرخش قابل تحمل این اتصال قبل از شکست و از بین رفتن مقاومت آن می‌باشد. همانطور که در شکل ۱۰ مشخص شده است، جابجایی نسبی متناظر با چرخش ۰/۰۱ رادیان در حالت قاب خالی بیش از ۳/۰ برابر قاب دارای میانقاب تقویت نشده و نزدیک به ۵/۰ برابر قاب دارای میانقاب تقویت نشده می‌باشد که این امر نشان دهنده اثر منفی اندرکنش قاب و میانقاب بر روی رفتار خمشی اتصال خورجینی می‌باشد. لذا با توجه به توضیحات فوق، لازم است در بررسی رفتار قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی موجود و نیز در صورت تقویت میانقاب‌ها، این اثرات منفی در نظر گرفته شود و در صورت نیاز اقدام به رفع آسیب پذیری اتصالات شود.

در پایان لازم به یادآوری است که نتایج عددی مستخرج شده از شکل ۱۰، برای قاب‌ها و مشخصات مصالح مورد بررسی در تحقیق حاضر می‌باشد و ممکن است برای قاب‌ها و مشخصات مصالح دیگر، جزئیات نتایج به گونه دیگری بدست آید اما ذکر این نکته ضروری است که در این مقاله سعی شده است مشخصات متنوعی برای مصالح در نظر گرفته شود تا نتایج بدست آمده با طیف وسیعی از مصالح متداول همخوانی داشته باشد. در خصوص قاب مورد مطالعه نیز مشخصات قاب با مشخصات قاب‌های خورجینی متداول همخوانی داشته و از طرف دیگر نتایج کلی بدست آمده از شکل ۱۰ (اثرات منفی تقویت میانقاب بر روی اتصال) نیز وابسته به ابعاد قاب نخواهد بود. در نهایت می‌توان گفت نتایج کلی مورد اشاره در این بخش قابل تعمیم به سایر قاب‌های خورجینی نیز خواهد بود اگرچه نتایج عددی در هر مورد متفاوت خواهد بود.

## ۷- نتیجه‌گیری

افزودن لایه تقویتی شاتکریت و شبکه فولادی روی میانقاب مصالح بنایی، سختی قاب مرکب را تقریباً ۲ برابر می‌کند اما تأثیر چندانی روی مقاومت نهایی آن ندارد. علت این امر این است که با افزایش جابجایی طبقه، قاب پیرامونی قبل از میانقاب تقویت شده دچار خرابی می‌گردد. البته این اتفاق در حالت قاب دارای میانقاب تقویت نشده هم می‌افتد اما با این تفاوت که پس از وقوع خرابی‌هایی در

قاب، میانقاب نیز دچار آسیب دیدگی می‌شود. اما پس از تقویت میانقاب با استفاده از شاتکریت و شبکه فولادی، میانقاب دیگر دچار خرابی نمی‌شود. لذا می‌توان نتیجه گرفت در صورت تقویت میانقاب‌ها در قاب مرکب، تقویت ستون‌های اطراف میانقاب‌های تقویت شده نیز امری ضروری خواهد بود که در صورت غفلت از آن، قاب پیرامونی می‌تواند دچار آسیب‌های جدی شده و به عبارتی تقویت انجام شده در افزایش مقاومت نهایی قاب مرکب بی تأثیر خواهد شد.

مقایسه نمودارهای نیرو- جابجایی قاب‌های مهاربندی ضعیف، متوسط و قوی در حالات مختلف (بدون میانقاب و دارای میانقاب تقویت شده و نشده) نشان دهنده تأثیر گذاری نسبتاً زیاد میانقاب‌های مصالح بنایی تقویت شده و تقویت نشده بر روی سختی و مقاومت نهایی این نوع قاب‌های مرکب می‌باشد. با این تفاوت که با قوی‌تر شدن مهاربندها در قاب‌های مورد بررسی، نسبت سختی و مقاومت قاب مرکب به قاب خالی کمتر می‌شود.

در بررسی سازه‌های فولادی دارای اتصال خورجینی موجود، کنترل کفایت اتصال در راستای قائم امری ضروری می‌باشد زیرا بررسی انجام شده در این تحقیق بر روی اتصالات متداول خورجینی موجود نشان دهنده عدم کفایت این اعضا در برابر نیروهای قائم ناشی از اندرکنش قاب و میانقاب تقویت شده و نشده می‌باشد. لذا در طبقات بالای ساختمان که نیروی خنثی کننده میانقاب طبقه بالا به اتصال وارد نمی‌شود، احتمال خرابی اتصال وجود دارد.

در مواردی که اتصالات خورجینی در مجاورت دو میانقاب قرار دارد که نسبت به اتصال به صورت قطری قرار گرفته‌اند، وجود میانقاب باعث افزایش چرخش اتصال خورجینی در یک مقدار ثابت از تغییر مکان نسبی طبقه شده و تقویت میانقاب‌ها موجب تشدید این امر می‌شود. لذا در صورتیکه برای اتصالات خورجینی رایج حدی برای چرخش قابل تحمل در نظر گرفته شود، وجود میانقاب و تقویت آن باعث محدودتر شدن تغییر مکان نسبی می‌شود. با توجه به توضیحات فوق، لازم است در بررسی رفتار قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی موجود و نیز تقویت میانقاب‌ها، این اثرات منفی در نظر گرفته شود و در صورت نیاز، اقدام به رفع آسیب پذیری اتصالات شود.

در مجموع با توجه به نتایجی که در این تحقیق بدست آمده است تقویت میانقاب‌های مصالح بنایی، اثرات مثبتی بر روی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب دارای اتصالات خورجینی دارند، اما از آنجا که اثرات منفی این اعضاء و نیز تقویت آن‌ها بر روی اتصالات خورجینی مجاور خود می‌تواند ایمنی جانی ساکنین را در معرض خطر قرار دهد، لازم است قبل از در نظر گرفتن هر گونه اثرات مثبت این اعضاء بر روی رفتار لرزه‌ای این نوع قاب‌های فولادی، اثرات منفی آن‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفته و تمهیداتی برای تقویت اتصال اندیشیده شود.

## ۸- مراجع

[۱] دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان های موجود (نشریه ۳۶۰)، ۱۳۸۵، انتشارات سازمان مدیریت برنامه‌ریزی کشور.

[2] Polyakov, S. V.,1960, "On the Interaction Between Masonry Filler Walls and Enclosing Frame When Loaded in the Plane of the Wall", Translations in Earthquake Engineering, Earthquake engineering Research Institute, Oakland, California, pp.36-42.

[3] Stafford Smith, B., 1966, "Behavior of Square Infilled Frames", Journal of the Structural Engineering Division, American Society of Civil Engineers, New York, pp.381-403.

[4] Stafford Smith, B., 1968, “Model Test Results of Vertical and Horizontal Loading of Infilled Frames”, ACI Structural Journal, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, pp.618-624.

[5] Mainstone, R. J., 1971, “On the Stiffness and Strength of Infilled Frames”, Current Paper CP 2/27, Building Research Station, Garston, United Kingdom, reprinted from Proceedings of Institution of Civil Engineers, 1971 Supplement (iv), Paper 7360 S, pp. 57-90.

[6] Mainstone, R. J., 1974, “Supplementary Note on the Stiffness and Strength of Infilled Frames”, Current Paper CP 13/74, Building Research Station, Garston, United Kingdom.

[7] M. Baran and T. Sevil,"Analytical and Experimental Studied on Infilled RC Frames", International Journal of the Physical Sciences, Vol.5(13), 2010.

[8] P. G. Asteris, D. J. Kakalestsis, C. Z. Chrysostomou and E. E. Smyrou, "Failure Modes of In-Filled Frames", Electronic Journal of Structural Engineering Vol.11(1), 2011.

[9] P. M. Pradhan, P. L. Pradhan, R. K. Maskey, "A Review on Partial Infilled Framess Under LAteral Loads", Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Thechnology,Vol. 8 (1), 2012.

[10] Kahn L.F,1984, Shotcrete strengthening of brick masonry walls, Con-crete Inst., Vol.6, No. 7,pp 34-40.

[11] Abrams D. P., Lynch J. M., Franklin S., 2001, Performance of Rehab-ilitated URM Shear Walls: Flexural Behavior of Piers, Technical Report (NO.03-03) for MAEC, Civil Eng. Dept. University of Illinois, USA.

[12] Moghadam H. A., Mohammadi M. Gh and Ghaemian M. (2006), "Ex-perimental and analytical investigation into crack strength determination of infilled steel frames" J. of Construct. Steel Research, vol. 118(7), pp.1-12.

[۱۳] ص گریوانی، ع ا آقاکوچک و م سلطانی محمدی، " اثر میانقاب‌های مصالح بنایی بر رفتار لرزه‌ای قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی و اجزای آن". مجله علمی پژوهشی عمران مدرس، دوره دوازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱.

[14] Mosalam., M., White., N., Gergely., P., 1997, “Static Response of Infilled Frames Using Quasi-Static Experimentation”, Journal of the Structural Engineering, pp.1462-1469.

[۱۵] ی. نصیرا، "مقاوم سازی قاب های فولادی با دیوار برشی 3D و بررسی شکل پذیری آن"، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر رهایی و دکتر کبیر، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۳.

[۱۶] أ. یعقوبی‌فر، "بررسی رفتار دیوارهای آجری تقویت شده با شبکه فولادی و پوشش بتن به روش آزمایشگاهی و تحلیلی"، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر تسنیمی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۷.

[۱۷] م. فتحی، "بررسی رفتار دینامیکی غیر خطی قاب های با اتصال خورجینی تحت نیروهای زلزله"، پایان نامه کارشناسی ارشدبه راهنمایی دکتر آقاکوچک، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷٦.

[۱۸] م. سعادت نیا، "بررسی اثر مولفه قائم زلزله بر رفتار ساختمان های فولادی با اتصالات خورجینی"، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر شکیب، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸٤.

[۱۹] ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خورجینی (نشریه ۳۲٤)، ۱۳۸۵، انتشارات سازمان مدیریت برنامه ریزی کشور.

[20] Mehrabi A. B. and Shing P. B., Schuller M. P., and Noland J. L. (1996), "Experimental evaluation of masonry-infilled RC frames." J. of Struct. Eng., 122(3), 228-237.

[۲۱] مقدم ح؛ طرح لرزه‌ای ساختمان های آجری؛ انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۳.

[22] Federal Emergency Management Agency (1998), Evaluation Of Earthquake Damaged Concrete And Masonry Wall Buildings,FEMA 306.

[23] Federal Emergency Management Agency (2000), Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings, FEMA 356.

[24] American Society of Civil Engineers (2006), Seismic Rehabilitation of Existing Buldings. ASCE/SEI 41-06.

[25] Mehmet Baran and Tugce Sevil "Analytical and experimental studies on infilled RC frames", International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(13), pp. 1981-1998, 18 October, 2010.