



## اثر میانقابهای آجری بر رفتار لرزه ای قاب های فولادی دارای اتصال خورجینی

نازنین بنی شفیع<sup>۱</sup>، علی اکبر آقاچوچک<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد مهندسی زلزله دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲. استاد بخش مهندسی عمران دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس تهران

[Nazaninb81@gmail.com](mailto:Nazaninb81@gmail.com)

### خلاصه

آیین نامه ها و دستورالعمل های موجود که عمدتاً برگرفته از دستورالعمل هایی چون FEMA می باشد، با توجه به ساخت و سازهای سنتی ایران، به طور کامل پاسخگوی نیازهای مهندسیین ایرانی نمی باشد. از جمله این موارد، ساختمان های دارای قابهای فولادی با اتصالات خورجینی می باشد که روند مشخصی به طور صریح برای مقاوم سازی آنها در دستورالعمل ها وجود ندارد. استفاده از راهکار پیشنهاد شده برای در نظر گرفتن میانقاب بصورت المان قطری با مشخصاتی که امروزه در دستورالعمل بهسازی ایران به طور صریح بدان اشاره شده است، در قاب های دارای اتصال خورجینی به دلیل انعطاف پذیر بودن اتصال، مورد ابهام است. در این تحقیق آثار میانقاب بر قاب محیطی بدست آمده از مدل سازی اجزای محدود با جواب های بدست آمده از روش پیشنهادی دستورالعمل بهسازی که بعلت عدم وجود روابط مشخص برای اتصال خورجینی، تا کنون برای این اتصال نیز مورد استفاده قرار می گرفته است، مقایسه گردیده است. بدین منظور ساختمان های نمونه ای با رعایت ضوابط موجود در آیین نامه ۲۸۰۰ مورد آنالیز و طراحی قرار گرفته و سپس زیرمجموعه هایی از قاب های آنها با رعایت شرایط محیطی در نرم افزار اجزای محدود ABAQUS مدل شده و اثرات وجود میانقاب بر قاب پیرامونی مورد بررسی قرار گرفته است. برای اطمینان از صحت نتایج بدست آمده، ابتدا قابی مشابه آزمایشات مسلم و همکارانش در سال ۱۹۹۷ در کالیفرنیا، مدل سازی شده و میانقابی با همان مشخصات داده شده در این سری آزمایشات به آن اضافه شده و جوابهای بدست آمده از تحلیل اجزای محدود با مقادیر بدست آمده از آزمایش، مورد مقایسه قرار گرفته است. با توجه به تطابق قابل قبول نتایج، این روش مدلسازی برای آنالیز یک قاب دو دهانه فولادی دارای اتصال خورجینی مورد استفاده قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: میانقاب مصالح آجری، اتصال خورجینی، تحلیل فزاینده استاتیکی

### مقدمه

به علت فراوانی استفاده از میانقاب ها در ساختمان های متداول، مطالعه اثر میانقاب بر رفتار سازه در هنگام زلزله یک موضوع کاربردی و مهم می باشد. سیستم ترکیبی قاب و میانقاب را قاب مرکب می نامند. تجربه های مربوط به زلزله های گوناگون نشان می دهد که میانقاب ها تأثیر بسیار مهمی در رفتار سازه ها در برابر زلزله دارند. هرچند وجود میانقاب ها باعث افزایش سختی کل سازه می شوند، اما این اثر آنها همواره جنبه مثبت ندارد. در سال های اخیر تحقیقات وسیعی بر روی قاب های مرکب انجام شده و در آیین نامه بهسازی ایران صریحاً به در نظر گرفتن میانقاب ها به صورت المان قطری معادل با مشخصات هندسی و مصالح تعریف شده، اشاره شده است. ایده میله معادل به جای میانقاب آجری برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط پولیاکوف مطرح شد. [۱]. پس از آن استافورد اسمیت [۲ و ۳] و مینستون [۴ و ۵] روش هایی برای ارائه خصوصیات میله معادل میانقاب پیشنهاد دادند. صانعی نژاد و هابز [۶] در سال ۱۹۹۵ روش جدیدی را برای آنالیز قاب های مرکب فولادی دارای میانقاب آجری یا بتنی در برابر بارهای درون صفحه ای ارائه نمودند. این روش برای هر دو نوع رفتار ارتجاعی و خمیری قاب های مرکب با در نظر گرفتن شکل پذیری محدود مصالح میانقاب ها معتبر می باشد. روش پیشنهادی مقاومت و سختی میانقاب و همچنین ظرفیت باربری تا ایجاد ترک قطری را محاسبه می کند. تحقیقات بر روی آثار مختلف میانقاب به صورت عملی و تئوری ادامه دارد.

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی عمران

<sup>۲</sup> استاد بخش مهندسی عمران

با توجه به ساخت و سازهای مرسوم در کشور ما آنچه حائز اهمیت می باشد تطابق نتایج این تحقیقات با روش های ساخت و مصالح مورد استفاده در ایران می باشد. از جمله، چنین ساده سازی در مورد قاب های فولادی دارای اتصال خورجینی به علت انعطاف پذیری اتصال مورد ابهام است. یک روش مناسب برای بررسی اثر میانقاب ها بر سازه های فولادی دارای اتصال خورجینی، انجام تحلیل فزاینده بر روی این سازه ها می باشد.

## اتصال خورجینی

اتصال خورجینی در ساختمان های فولادی متشکل از دو نبشی برای اتصال تیر به ستون، در بالا و پائین هرکدام از تیرها بوده که برای پرهیز از جوش بالاسری معمولاً نبشی پائین بزرگتر از بال تیر آهن و نبشی بالا کوچکتر از بال تیر آهن انتخاب می گردد. علاوه بر این در این اتصال تیرها در محل اتصال قطع نشده و به صورت یکسره ادامه می یابد و از نظر سهولت اجرا و افزایش باربری در مقابل بارهای ثقلی مزیت قابل ملاحظه ای دارا می باشند. اتصال خورجینی با جزئیات متداول، در دسته بندی اتصالات بر اساس میزان صلبیت، در دسته اتصالات نیمه صلب محسوب می شوند آنچه حائز اهمیت است، اینست که موارد متعددی در مقاومت، سختی، نحوه شکست، چرخش ترک خوردگی و دیگر مشخصات این اتصال می تواند تأثیرگذار باشد. طول نبشی ها: در نتایج آزمایش های مزروعی-مصطفایی [۷] دیده می شود با دو برابر شدن طول نبشی ها مقدار لنگر نهایی و لنگر متناظر با هر چرخش  $2/3$  تا  $2/5$  برابر گردیده است، شماره مقاطع نبشی، شماره نبشی ها، نوع تقویت بکار رفته برای این اتصال و مشخصات تقویت های بکار رفته، مقدار جوش ها، کیفیت جوش ها، نحوه جوشکاری، حذف نبشی بالا یا کوتاه تر کردن بال آن، نحوه قرار گرفتن تیرها روی نبشی ها (فاصله هر یک از تیرها تا ستون و احیاناً زاویه آنها با ستون)

در آزمایشات کرمی و مقدم [۸] سختی اولیه این نمونه ها برابر  $1800$  تن متر بر رادیان اندازه گیری شده و اتصال در چرخش  $0.35$  رادیان به لنگر نهایی  $7/4$  تن متر می رسد. رفتار این نمونه تا محدوده لنگر  $3$  تن متر خطی است. مشاهده می شود که با استفاده از ورق های بالا و پائین و ورق های جان، سختی اولیه بیش از  $70$  درصد و مقاومت نهایی حدود  $25$  درصد افزایش می یابد. نمودارهای بدست آمده توسط طاحونی و فرجودی [۹] نشان می دهد که اتصالات خورجینی بنا بر جزئیات خود دارای  $25$  تا  $80$  درصد گیرداری می باشند فروغی، زاهدی و برخوردار [۱۰] میزان این گیرداری را حدود  $90$  درصد بر آورد کردند. فتحی و آقاچوک [۱۱] نشان دادند که در صورت تأمین سختی بالاتر از  $1000$  تن متر بر رادیان، رفتار سازه حساسیت چندانی به میزان سختی اتصال ندارد. متأسفانه تحقیقات چندانی بر روی سختی قائم اتصال خورجینی وجود ندارد و بنابراین از تنها مرجع موجود در این زمینه که مربوط به شکیب و سعادت نیا [۱۲] می باشد، استفاده شده است. با توجه به تحقیقات موجود برای ادامه کار از مشخصات زیر برای اتصال خورجینی استفاده شده است:

-مشخصات پیچشی:

سختی اولیه:  $1000 \text{ ton.m/rad}$ ، مقاومت تسلیم:  $5.2 \text{ ton.m}$ ، نسبت شیب خط دوم به شیب خط اول:  $0.1$

-خواص قائم اتصال خورجینی:

سختی اولیه:  $30000 \text{ ton/m}$ ، مقاومت تسلیم:  $6 \text{ ton}$ ، نسبت شیب خط دوم به شیب خط اول:  $0.2$

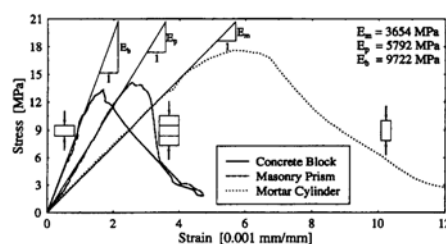
## میانقاب مصالح بنایی

هدف از این تحقیق درک مناسب از رفتار میانقاب آجری دارای قاب فولادی اتصال خورجینی می باشد. از آنجایی که تا کنون کار عملی بر روی این میانقاب ها صورت نگرفته است، در اینجا از مورد مشابه با قاب فولادی دارای اتصال ساده که توسط مسلم و همکارانش [۱۳] در سال ۱۹۹۷ در دانشگاه برکلی مورد آزمایش قرار گرفته، استفاده شده است. پس از کنترل درستی نتایج تحلیل با نتایج آزمایشگاهی، سعی شده است تا شبیه سازی مناسبی از رفتار این نوع میانقاب ها ارائه گردد. ویژگی مصالح مورد استفاده با توجه به این آزمایشات انتخاب گردیده و به شرح زیر است:

ویژگی های فیزیکی و هندسی مدل واحدهای مصالح بنایی از روی آنچه در  $ASTM C-140$  داده شده است، برداشته شده است. خصوصیات مشخص شده شامل سطح میانگین خالص و نا خالص، وزن واحد حجم، نشانه رطوبت و جذب آب می باشد.

$6$  واحد بصورت رندوم از میان  $100$  بلوک انتخاب شده و عرض، ارتفاع و طول آنها در نقاط میانه و انتهای سطوح مجاور مورد اندازه گیری قرار گرفته است. پس از محاسبات، سطح ناخالص  $47.74$  سانتیمتر مربع بدست می آید که سهم سطح خالص آن  $25.16$  سانتیمتر مربع می باشد به عبارتی میزان قسمت جامد  $53\%$  می باشد. سطح میانگین رویه  $14.84$  سانتیمتر مربع با درصد رویه سطحی  $31\%$  می باشد.

مشخصات ترکیب ملات و آجر (دیوار آجری) در آزمایشات بصورت شکل ۱ می باشد.



شکل ۱: مقایسه رفتار تنش-کرنش دیوار آجری و مواد تشکیل دهنده آن



## روش مدل‌سازی و آنالیز

با توجه به اینکه یکی از اهداف مدل‌سازی بررسی اثر ضخامت دیوار می‌باشد، از ابتدا مدل‌سازی به صورت سه بعدی انجام شده است. از طرفی مدل‌سازی مقاطع بصورت آنچه در واقعیت می‌باشد، باعث ریزتر شدن مش بندی و در نتیجه افزایش قابل توجهی در زمان محاسبات خواهد شد. بنابراین برای کاهش حجم و در نتیجه زمان محاسبات، مقاطع I شکل با مقاطع مستطیلی معادل شده است. برای حصول اطمینان از میزان سختی قاب با روش مقاطع معادل مستطیلی و مقاطع واقعی I، ابتدا یک قاب فولادی دارای اتصالات خورجینی با مقاطع I شکل و فرض اتصال مفصلی پای ستون‌ها در حالت دو بعدی مدل شده است. سپس مقاطع معادل مستطیلی با مساوی قرار دادن طول و عرض مستطیل به ترتیب با ارتفاع مقطع I شکل و عرض بال آن و سختی خمشی مقاطع I شکل و مستطیلی بدست آمده و قاب یک دهانه با شرایط محیطی مشابه قبل مدل شده است. در جدول شماره ۱ مشخصات مقاطع معادل بدست آمده از این روش آورده شده است

مقاطع مشخصات مقاطع در نرم افزار ABAQUS			مشخصات واقعی			نوع مقطع
مقاومت نهایی (مگاپاسکال)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	مشخصات هندسی (میلیمتر)	۲IPE۲۲۰	PL۲۵۰*۱۰	a۱=۱۸۰	C۲
۸۳،۶۷	۵۲۳۰۳،۰۷	۲۴۳ x ۲۶۰				
۸۸،۱۳	۶۱۳۳۹،۸۹	۱۸۶ x ۱۸۰	۲IPE۱۶۰	PL۱۵۰*۱۰	a۱=۱۵۰	C۳
۵۸،۷۲	۷۱۷۳۶،۰۱	۲۱۴ x ۲۷۰	۲IPE۲۷۰			B۱

جدول ۱: مشخصات مقاطع واقعی قاب نمونه دارای اتصال خورجینی و مقاطع معادل برای تحلیل ۳ بعدی

نرم افزار ABSQUS مدل رفتاری مصالح را در دو قسمت خطی و غیرخطی شبیه سازی می‌کند. برای مدل‌سازی رفتار غیر خطی مصالحی همانند بتن یا مصالح بنایی ۳ روش وجود دارد.

- مدل ترک پخشی ۳
- مدل شکست ترد ۴
- مدل خرابی پلاستیک بتن ۵

در ادامه با توجه به اینکه در این تحقیق روش ترک پخشی مورد استفاده قرار گرفته است، این روش بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. ترک پخشی یک روش پیوسته برای حل عددی مسائلی از مکانیک شکست است که گسستگی‌های محلی بر روی ناحیه‌ای دلخواه در طول المان محدود ترک خورده، پخش می‌باشد (مدل پخشی). بنابراین، کرنش ترک می‌تواند به عنوان تابعی از جابجایی نسبی صفحه ترک و بعضی پارامترهای طولی که فرض می‌گردد جابجایی نسبی از آن باشد، بیان شود. معرفی چنین طول مشخصه‌ای اجازه مدل‌سازی مصالح ترک خورده بصورت روابط تنش و کرنش را می‌دهد. روش ترک پخشی به عنوان روش توانمندی برای حل مسائل خرابی و شکست شناخته شده است. از زمان کشف روش پخشی توسط راشید<sup>۶</sup>، توسط دانشمندان متعددی بازنگری و تکمیل گشته است. گسترش چشمگیر این روش توسط هیلبرگ و همکارانش<sup>۷</sup> صورت یافته است. در این روش فرض می‌گردد که ترک مهمترین جنبه رفتار باشد و پیدایش ترک و رفتار پس از ترک، حاکم بر مدل می‌باشد. ترک خوردگی وقتی رخ می‌دهد که تنش به یک سطح شکست به نام "صفحه تشخیص ترک" برسد. وقتی که ترکی رخ می‌دهد، جهت آن برای محاسبات بعدی ذخیره می‌گردد. جهت ترک احتمالی بعدی در این نقطه در جهت عمود بر راستای ترک قبل محدود می‌شود. ترک‌ها غیر قابل حذف هستند به عبارت دیگر آنها برای ادامه محاسبات باقی می‌مانند (البته ممکن است باز یا بسته گردند). پیدایش ترک‌ها بر روی سختی مصالح و تنش مربوط به نقطه پیدایش ترک اثر می‌گذارند. رفتار پس از فروپاشی برای کرنش مستقیم در راستای ترک با نرم شدگی کششی شناخته می‌شود که اجازه مدل کردن نرم شدگی کرنشی را برای مصالح ترک خورده می‌دهد. این رفتار می‌تواند توسط دو معیار رابطه تنش-کرنش پس از شکست و یا با بکارگیری معیار انرژی شکست تعریف گردد. روش آنالیز به صورت اعمال جابجایی بصورت فزاینده می‌باشد.

<sup>۳</sup> Concrete Smeared

<sup>۴</sup> Cracking Model for Concrete

<sup>۵</sup> Concrete Damaged Plasticity

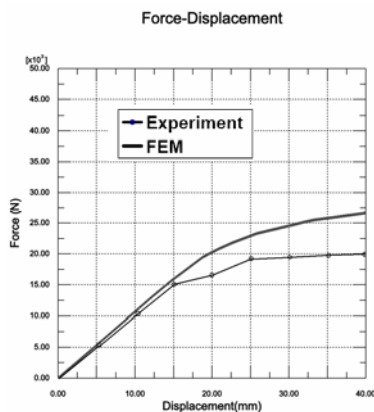
<sup>۶</sup> Rashid

<sup>۷</sup> Hillerborg et al

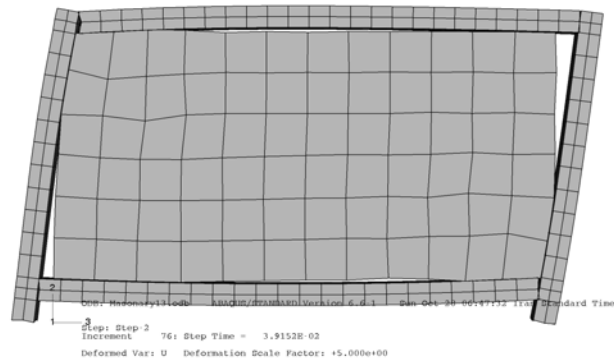
در این مطالعه ۲ نوع قاب مورد بررسی قرار گرفته است: قاب تک دهانه دارای اتصال ساده مشابه قاب آزمایش شده توسط مسلم و همکارانش در دانشگاه برکلی کالیفرنیا- قاب های دو دهانه دارای اتصال خورجینی. نتایج این تحلیل در بخش های بعدی تشریح می گردد.

### نتایج عددی

نتیجه تحلیل قاب های ساخته شده در نرم افزار اجزای محدود ABAQUS به صورت زیر می باشد. شکل ۲ قاب ساده مدل شده را نشان می دهد که مشخصات آن مطابق مدل آزمایش شده توسط مسلم و همکارانش [۱۳] می باشد. همانطور که در شکل نمایان است، میانقاب در امتداد قطر فشاری به قاب فشرده شده در حالیکه هیچگونه تداخل و هم پوشانی بین المان های قاب و میانقاب وجود ندارد و در امتداد قطر کششی از آن جدا گشته است. چنین تغییر مکانی که کاملاً منطبق بر آنچه در آزمایش دیده می شود است، از طرفی مویده ایده میله قطری معادل ارائه شده در آیین نامه ها و از طرفی نشانگر رفتار درست المان contact مورد استفاده در مدلسازی می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشخص می باشد، تطابق بسیار خوبی در ناحیه خطی بین دو نمودار می باشد. در ناحیه غیر خطی اختلاف حدود ۲۰٪ است که قابل قبول می باشد.

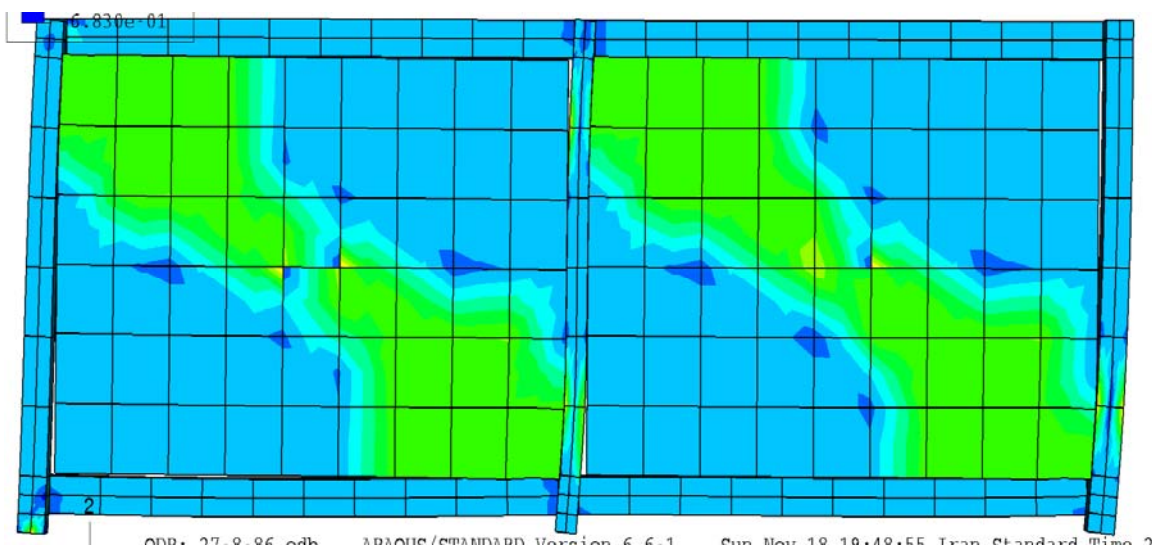


شکل ۳: مقایسه نتایج تحلیل قاب ساده با مورد مشابه آزمایش شده توسط مسلم و همکاران



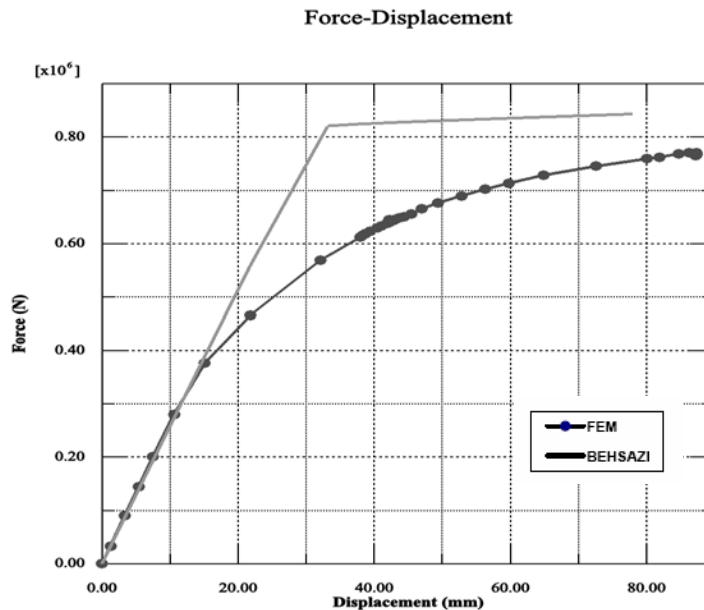
شکل ۲: شمای کلی قاب دارای اتصال ساده

در ادامه کار با توجه به مشابهت قابل قبول نتایج تحلیل و آزمایش برای قاب فولادی دارای اتصال ساده، روند مشابهی برای مدلسازی قاب فولادی دارای اتصال خورجینی مورد استفاده قرار گرفته است. شکل ۴ قاب مورد تحلیل را نشان می دهد. همانطور که قبلاً در قاب دارای اتصال ساده مشاهده شده، در این مورد نیز فشرده گی قاب و میانقاب به یکدیگر در امتداد قطر فشاری و جدادگی آنها از هم در امتداد قطر کششی مشهود است. لیکن میزان جدادگی در این حالت قدری کمتر است. از طرفی کانتور تنش های رسم شده در شکل کاملاً نشانگر عملکرد میانقاب بصورت یک نوار قطری می باشد.



شکل ۴: شمای کلی قاب دارای اتصال خورجینی

منحنی نیرو-جابجایی این مدل بصورت شکل ۵ است. تغییر مکان جانبی ماکزیمم قبل از گسیختگی قاب مرکب ۸۵ میلیمتر می باشد.

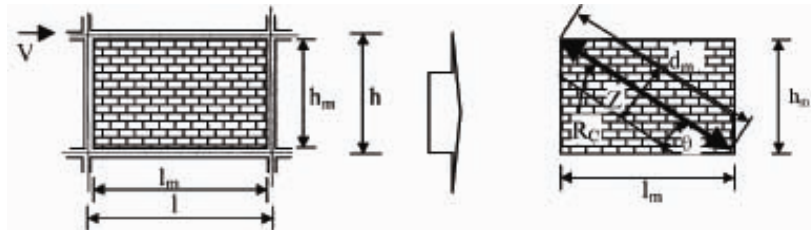


شکل ۵: مقایسه روش پیشنهادی دستورالعمل با روش اجزای محدود

### مقایسه نتایج با روش پیشنهادی آئین نامه

در دستورالعمل بهسازی ایران، میانقاب به عنوان پانلی تعریف می‌شود که بطور جزئی یا کامل دهانه‌ای از یک قاب فولادی یا بتنی را پوشانده و توسط تیرها و ستون‌ها احاطه شده است. [۱۴]

همچنین بیان می‌گردد که سختی ارتجاعی درون صفحه یک پانل از میانقاب مصالح بنایی غیر مسلح قبل از ترک خوردگی را باید با بکارگیری یک دستک قطری فشاری معادل به عرض  $a$  طبق معادله زیر به حساب آورد. ضخامت و ضریب ارتجاعی دستک فشاری معادل باید با میانقاب مربوطه یکسان باشد. که در آن:



شکل ۶: روش پیشنهادی آئین نامه

(۱)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{10E_{me}t_{inf} \sin 2\theta}{E_{fe}I_{col}h_{inf}}}$$

(۲)

$$a = 0,254 [\lambda_1 h_{col}]^{-0,4} r_{inf}$$

(۳)

$$Q = A_{ni}f_{vie}$$

$I_{col}$ : لنگر انرسی ستون  
 $t_{inf}$ : ضخامت پانل میانقاب  
 $r_{inf}$ : طول قطری پانل میانقاب  
 $\varphi$ : زاویه ای که تانژانت آن برابر ارتفاع به طول میانقاب می باشد.  
 $A_{ni}$ : سطح مقطع افقی خالص بین دو رج مجاور پانل میانقاب

$h_{col}$ : ارتفاع مرکز تا مرکز ستون  
 $h_{inf}$ : ارتفاع پانل میانقاب  
 $E_{fe}$ : ضریب ارتجاعی مصالح قاب  
 $E_{me}$ : ضریب ارتجاعی مصالح بنایی  
 $F_{vic}$ : مقاومت برشی مورد انتظار میانقاب مصالح بنایی



همانطور که گفته شد چنین روشی برای در نظر گرفتن میانقاب ها بعلت شکل خاص اتصال تیر و ستون به یکدیگر، مورد ابهام می باشد. بنابر این در ادامه یک نمونه از مقایسه رفتار قاب مرکب تحلیل شده توسط روش اجزای محدود با قاب دارای المان قطری جایگزین میانقاب، آورده شده است. مشخصات مورد استفاده برای این المان مطابق روابط داده شده بصورت زیر بدست می آید.

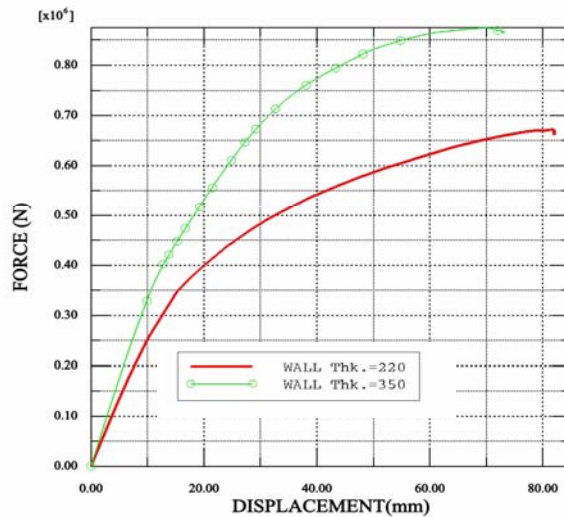
ضخامت المان قطری:	۲۲ سانتیمتر
عرض المان قطری:	۶۵ سانتیمتر
مقاومت نهایی المان قطری:	۸ نیوتن بر میلیمتر مربع

همانطور که از شکل ۵ که در بخش قبل آورده شده است، مشخص می باشد، مشخصات این قید در ناحیه خطی برای اتصال خورجینی نیز قابل استفاده می باشد. در ناحیه غیر خطی تفاوت بین دو روش مربوط به. مود شکست حاکم بر دیوار می باشد که در اینجا از نوع خوردشدگی گوشه است.

### بررسی اثر ضخامت میانقاب بر رفتار قاب مرکب

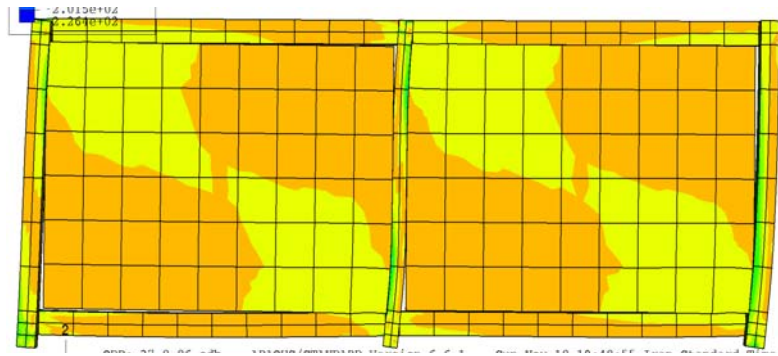
با توجه به روابط ارائه شده توسط دستورالعمل برای مشخصات خطی و غیر خطی المان قطری، مشاهده می شود که اثر ضخامت در ناحیه خطی و غیر خطی بصورت مستقیم می باشد. به عبارت دیگر با توجه به رابطه ارائه شده، سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب با دو برابر شدن ضخامت میانقاب آن، دو برابر خواهد شد. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می شود، برای بررسی صحت این فرض نتایج تحلیل قاب دارای اتصال خورجینی با دو ضخامت دیوار ۳۵ سانتیمتری و ۲۲ سانتیمتری با هم مقایسه گردیده است. با افزایش ۶۰ درصدی ضخامت دیوار، مقاومت نهایی تنها حدود ۳۰ درصد افزایش یافته است که این میزان نصف برآورد آیین نامه می باشد. در ناحیه خطی نمودار ۶۰ درصد افزایش ضخامت دیوار باعث ۳۰ درصد افزایش در سختی شده است که این میزان نیز متفاوت از آنچه برای قاب های معمولی برآورد می شود، می باشد. چنین تفاوتی به شکل خاص محصور شدگی میانقاب درون قاب مربوط می باشد. زیرا چنانچه قبلاً گفته شد، در این نوع خاص اتصال، تیر ها و ستون هم مرکز نمی باشند و قسمتی از مقطع دیوار که در تماس یا ستون می باشد، در بالا و پایین میانقاب تماسی با تیر نداشته و تنها محدود به کف سازه می باشد که سختی به مراتب کمتر از تیر دارد.

#### FORCE-DISPLACEMENT



شکل ۷: نمودار نیرو-جابجایی قاب دارای اتصال خورجینی با میانقاب

از طرفی بررسی کانتورهای تنش در شکل ۸ نشان می دهد که تنش قابل توجهی در نواحی اتصال در قاب به وجود آمده است. به عبارت دیگر دستک ایجاد شده در میانقاب به قاب پیرامون خود نیرو وارد کرده و قاب را در این نواحی وارد محدوده غیر خطی می سازد. چنین توزیع تنشی در قاب های ضعیف تر باعث گسیخته شدن زودتر قاب قبل از میانقاب خواهد شد. این امر در قاب های طبقات بالایی ساختمان ها که دارای دیوار ۳۵ سانتیمتری باشند، محتمل است.



شکل ۸: شکل گیری کانتور تنش

### خلاصه و جمع بندی

قاب مرکب دارای اتصال ساده مدلسازی شده نتایج تحلیل با نتایج آزمایشگاهی موجود مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد برای این نوع قاب در قسمت خطی و غیرخطی تطابق خوبی بین تحلیل و آزمایش وجود دارد. متعاقباً مشخصات المان contact بین قاب و دیوار و مشخصات مصالح میانقاب این قاب برای مدلسازی قاب های دارای اتصال خورجینی مورد استفاده قرار گرفته است. قاب مرکب خورجینی با دیوار به ضخامت ۳۵ و ۲۲ سانتیمتر مورد تحلیل قرار گرفته است. سپس قاب های مشابهی با جایگزین کردن میانقاب با المان قطری پیشنهاد آیین نامه بهسازی ایران ساخته شده و نتایج تحلیل آنها با تحلیل به روش اجزای محدود مقایسه شده است. همانطور که پیشتر بدان اشاره شد، روابط آیین نامه برای قسمت خطی و غیر خطی المان قطری برای استفاده در قاب های دارای اتصال خورجینی نیاز به اصلاح دارد. از سوی دیگر رابطه مستقیم بین ضخامت و سختی و مقاومت نهایی المان میانقاب که روابط آیین نامه گویای آن می باشند در اتصال خورجینی قابل مشاهده نیست.

### مراجع

1. Polyakov, S. V., ۱۹۶۰, "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.۳۶-۴۲
2. Stafford Smith, B., ۱۹۶۶, "Behavior of Square Infilled Frames", Journal of the Structural Engineering Division, American Society of Civil Engineers, New York, pp.۳۸۱-۴۰۳.
3. Stafford Smith, B., ۱۹۶۸, "Model Test Results of Vertical and Horizontal Loading of Infilled Frames", ACI Structural Journal, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, pp.۶۱۸-۶۲۴.
4. Mainstone, R. J., ۱۹۷۱, "On the Stiffness and Strength of Infilled Frames", Current Paper CP ۲/۲۷, Building Research Station, Garston, United Kingdom, reprinted from Proceedings of Institution of Civil Engineers, ۱۹۷۱ Supplement (iv), Paper ۷۳۶۰ S, pp. ۵۷-۹۰.
5. Mainstone, R. J., ۱۹۷۴, "Supplementary Note on the Stiffness and Strength of Infilled Frames", Current Paper CP ۱۳/۷۴, Building Research Station, Garston, United Kingdom.
6. Saneinejad A. and Hobbs B., ۱۹۹۵, "Inelastic design of infilled frames.", Journal of the Structural Engineering, ۱۲۱(۴), ۶۳۴-۶۵۰.
۷. مزروعی و مصطفایی، "بررسی تجربی رفتار برشی اتصالات خورجینی متداول و تقویت شده"، اولین کنفرانس علمی- تخصصی مهندسان راه و ساختمان ایران، تهران، مهرماه ۱۳۷۸
۸. کرمی و مقدم، "مطالعات انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن"، تهران، ۱۳۷۰
۹. طاحونی و فرجودی، "گزارش مطالعات صلبیت اتصال خورجینی"، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۷۱
۱۰. فروغی، زاهدی و برخورداری، "بررسی اتصالات خورجینی گیردار و فرمول بندی حاکم بر آنها"، چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، اردیبهشت ۱۳۷۶
۱۱. آقاچوک و فتحی، "بررسی رفتار دینامیکی غیر خطی قاب های با اتصال خورجینی تحت نیروهای زلزله"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶



۱۲. شکیب و سعادت نیا، "بررسی اثر مولفه قائم زلزله بر رفتار ساختمان های فولادی با اتصالات خورجینی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۴

۱۳. Mosalam., M., White., N., Gergely., P., ۱۹۹۷, "Static Response of Infilled Frames Using Quasi-Static Experimentation", Journal of the Structural Engineering, pp.۱۴۶۲-۱۴۶۹

۱۴. "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود"، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، خردادماه ۱۳۸۱