



تأثیر دیوار صلب بر عملکرد تیر با اتصال مفصلی تحت بار رفت و برگشتی جانبی

یحیی یزدیانی^۱، هاشم شریعتمدار^۲

۱- دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشگاه فردوسی مشهد

shariatmadar@um.ac.ir

خلاصه

یکی از روش‌های مرسوم در اجرای دیوارهای جداکننده که در قاب قرار گرفته باشد مهار بالای دیوار به زیر تیر است. یعنی رج آخر دیوار با فشار و ملات کافی به زیر تیر مهار می‌شود. به این مهار شدن سبب ایجاد اندرکنش بین دیوار و تیر و در نتیجه تغییر رفتار قاب می‌شود. به طور کلی ب اگر قاب و دیوار قرار گرفته در آن به یکدیگر متصل باشند میان قاب گفته می‌شود. و به رفتار مرکب قاب سازه ای و دیوار پرکننده ی متصل به آن «اثر میان-قاب» گفته می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی رفتار قاب و تنش بین دیوار و تیر ساده در زمانی که دیوار با فاصله از ستون‌ها قرار گرفته است می‌باشد. برای بررسی این موضوع در آزمایشگاه سازه یک قاب فلزی دارای دیوار آجری تقویت شده در زیر تیر ساخته شده و تحت بارهای رفت برگشتی تست شده است. اتصالات تیر از نوع مفصلی است. و برای آنکه دیوار روی رفتار ستون‌ها تأثیر نگذارد از دو طرف با فاصله از ستون‌ها اجرا شده است. نتایج حاکی از آن است که مهار دیوار و تیر در قاب ساده به علت محدود کردن تغییر شکل‌های تیر و اندرکنش آن با دیوار سبب ایجاد تنش زیادی شده که می‌تواند سبب تخریب دیوار و یا تیر از محل اتصالات شود. بنابراین توصیه می‌گردد در قاب‌ها برای مهار دیوار از روش‌های دیگر استفاده شود تا اندرکنش بین دیوار و تیر سبب ایجاد تنش و خرابی نشود.

کلمات کلیدی: اندرکنش دیوار و تیر ساده، میان قاب، دیوار بنایی تقویت شده

۱. مقدمه

دیوارهای جداکننده به منظور جداسازی فضاهای ساختمان به کار می‌روند و جزو دیوارهای غیر سازه ای (غیر بابر) محسوب می‌شوند. وزن این دیوارها یا مستقیماً به وسیله شالوده یا با واسطه کف‌ها توسط ستون‌ها تحمل می‌شود. [۱] این جزء به نسبت محل قرارگیری در ساختمان به سه دسته میان قاب، تیغه جداکننده، دیوار پشتیبان‌نما تقسیم می‌شود. میان قاب‌ها دیوارهای جداکننده ای هستند که داخل قاب سازه قرار گرفته اند. آن دسته از دیوارهای جداکننده مورد استفاده در سازه که داخل قاب سازه قرار ندارند تیغه جداکننده نامیده می‌شوند. به تیغه‌های جداکننده قرار گرفته در اطراف سازه دیوار پشتیبان‌نما گفته می‌شود.

دیوارهای جداکننده میان قاب با توجه به اتصال یا عدم اتصال به قاب پیرامونی به دو دسته تقسیم می‌شود. اگر به قاب پیرامونی خود متصل نشده باشد «درون-قاب» و در صورت اتصال به قاب پیرامونی «میان-قاب» نامیده می‌شود. دیوارهای میان قاب با توجه به اتصال به سازه و درگیری آن در هنگام بارهای رفت و برگشتی مانند زلزله با سازه دچار اندرکنش می‌شود. که به رفتار مرکب قاب سازه ای و دیوار پرکننده ی متصل به آن «اثر میان-قاب» گفته می‌شود. یکی از عواملی که در زلزله‌های ایران سبب خسارات جانی و مالی زیادی شده است ریزش و آسیب جدی دیواره‌های جداکننده ای که در قاب‌های سازه قرار دارند بوده است. تاکنون تحقیقات زیادی جهت بررسی تأثیر میان قاب در رفتار سازه انجام شده است. و ضمن این تحقیقات تأثیر پارامترهایی مانند تأثیر جنس مصالح دیوار [۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۱۵]، تأثیر روش‌های مختلف تقویت و طراحی دیوار [۲،۹،۱۳]، تأثیر نیروی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد

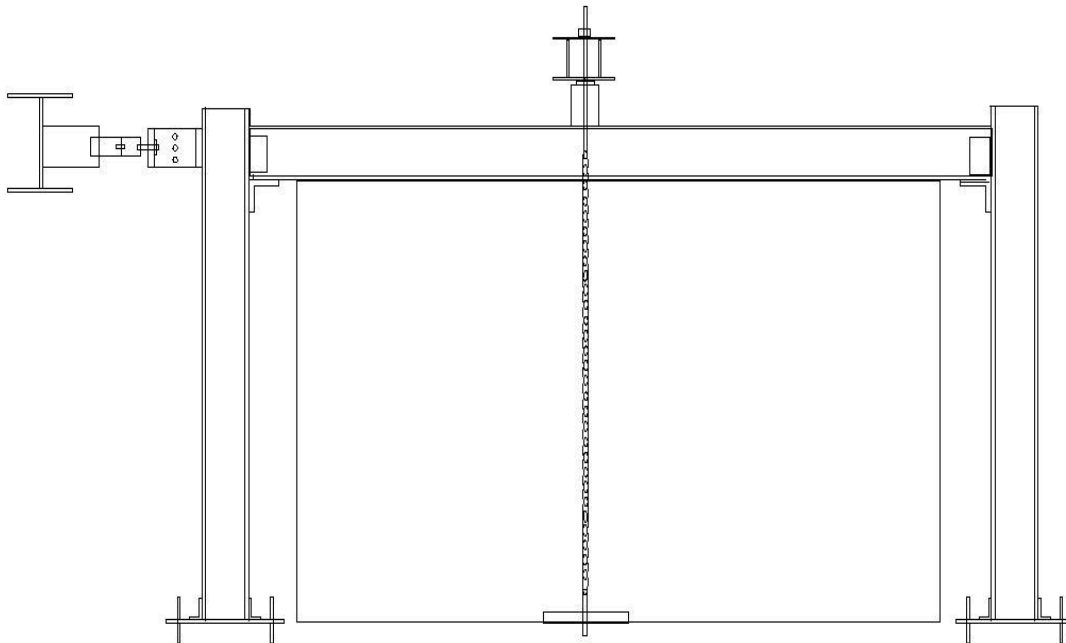
^۲ استاد گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

برون صفحه ای [۱۰،۱۱] و تاثیر کیفیت ساخت [۱۲] بر رفتار میان قاب بررسی شده است. همچنین تاکنون روش هایی برای مهار دیوار به نحوی که ایجاد اندرکنش نشود ارائه شده است [۱۴].

یکی از روش های مرسوم برای مهار دیوار جداکننده که در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان [۱]، نیز ذکر شده است مهار شدن دیوار در زیر پوشش سقف است. که در دیوارهای قرار گرفته در قاب ها به زیر تیر مهار می‌شود. یعنی رج آخر دیوار با فشار و ملات کافی به زیر تیر مهار می‌شود. در این تحقیق در آزمایشگاه سازه، اندرکنش ایجاد شده بین دیوار بنایی تقویت شده با قاب فلزی در زمانی که دیوار در زیر تیر با اتصال مفصلی مهار شده است و با ستون ها فاصله دارد را تحت بار رفت و برگشتی مورد آزمایش قرار شده است. هدف از این آزمایش بررسی رفتار قاب و تنش دیوار و تیر ساده در زمانی که دیوار با فاصله از ستون ها قرار گرفته است می‌باشد.

۲. معرفی مدل آزمایشگاهی

مدل آزمایشگاهی ساخته شده در آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی مشهد قاب فلزی با دهانه ۳ متر و ارتفاع ۱٫۸ متر و اتصال تیر به ستون به صورت ساده اجرا شده است. مقطع تیر مورد استفاده IPE160 و ستون از مقطع تیر ورق استفاده شده است، در جدول ۱ مشخصات تیر و ستون ها آورده شده است. نمونه ساخته شده در آزمایشگاه به صورت شماتیک در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق شکل ۱، قسمت پایین جک دستی بر روی تیر قرار گرفته و برای اینکه امکان اعمال بار فراهم باشد بالای آن نیز مهار شده است. برای این منظور در بالای جک یک مقطع دوپل IPE در جهت عمود بر راستای قاب قرار داده شده که دو طرف آن با زنجیر و پیچ به کف آزمایشگاه متصل شده است. نیروی قائم متمرکز ۵ تن توسط جک دستی به تیر وارد شده است.



شکل ۱- نمونه ساخته شده در آزمایشگاه به صورت شماتیک

جدول ۱- مشخصات ستون

نام مقطع	بال ستون (mm)	جان ستون (mm)
ستون تیرورق	۳۰۰*۲۱	۲۰۰*۲۱

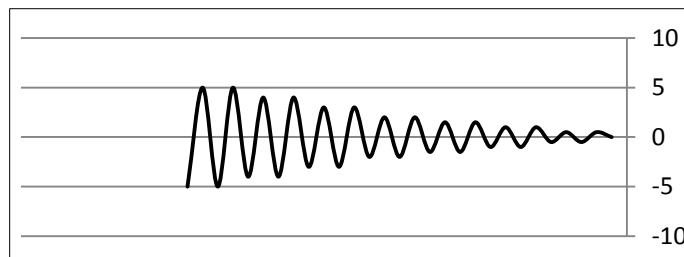
جدول ۲- مشخصات تیر

نام مقطع	بال تیر (mm)	جان تیر (mm)
IPE160	۸۲*۷,۴	۱۴۵*۵

بارگذاری رفت و برگشتی جانبی توسط جک هیدرولیکی در آزمایشگاه مطابق جدول ۳ و شکل ۲ به سازه وارد شده است.

جدول ۳ الگوی بارگذاری

ردیف	تغییر مکان نسبی (%)	تغییر مکان نسبی (CM)	تعداد سیکل
۱	۰,۲۷	۰,۵	۲
۲	۰,۵۵	۱	۲
۳	۰,۸۳	۱,۵	۲
۴	۱	۲	۲
۵	۱,۶	۳	۲
۶	۲,۲	۴	۲
۷	۲,۷۷	۵	۲
۸	۳,۰۵	۵,۵	۲

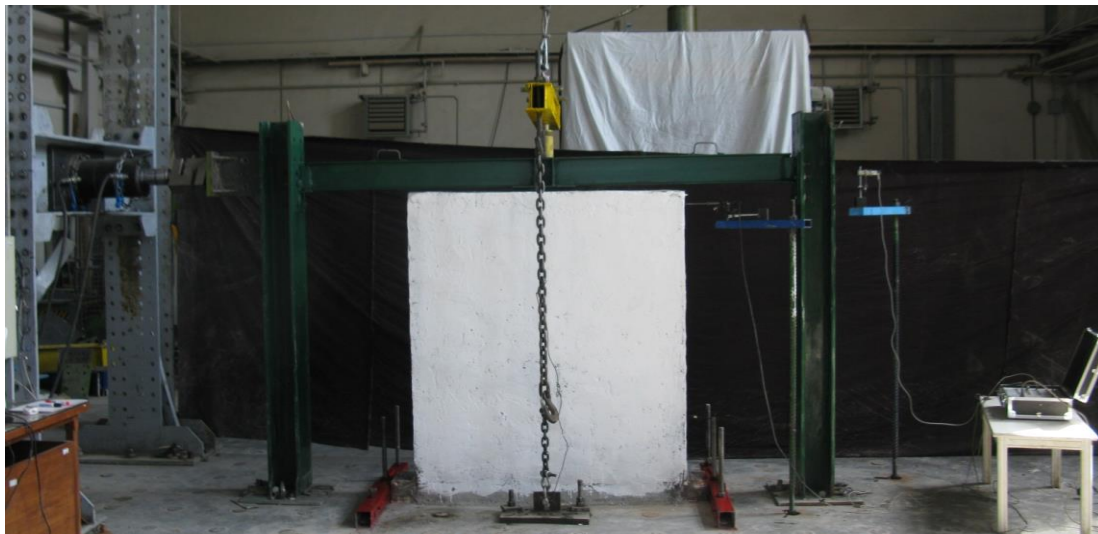


شکل ۲- منحنی الگوی بارگذاری جانبی (cm)

دیوار بنایی با فاصله از ستون‌ها ساخته شده تا از اندرکنش دیوار و ستون‌ها جلوگیری شود. دیوار بنایی با آجر فشاری با عرض ۲۰ سانتی متر اجرا شده و جهت تقویت دیوار در دو طرف آن توری فلزی با چشمه‌های ۱۰ سانتی متر و مفتول ۴ میلیمتر قرار داده شده؛ روی توری فلزی سیمان کاری با ضخامت سه سانتی متر انجام شده است. به علت فاصله زیاد دیوار از ستون‌ها برای جلوگیری از حرکت دیوار کمربند به کف آزمایشگاه مهار شده است. در شکل ۳. مراحل اجرای دیوار نشان داده شده است. و نمونه اجرا شده کامل در آزمایشگاه در شکل ۴. نشان داده شده است.



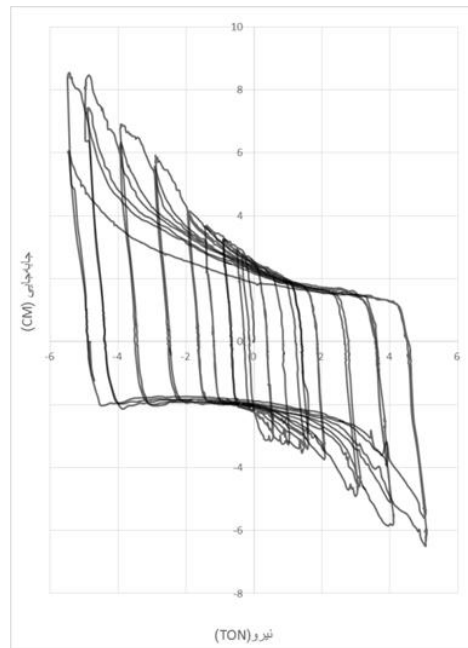
شکل ۳- مراحل اجرا و تقویت دیوار بنایی در آزمایشگاه سازه



شکل ۳- نمونه ساخته شده در آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی مشهد

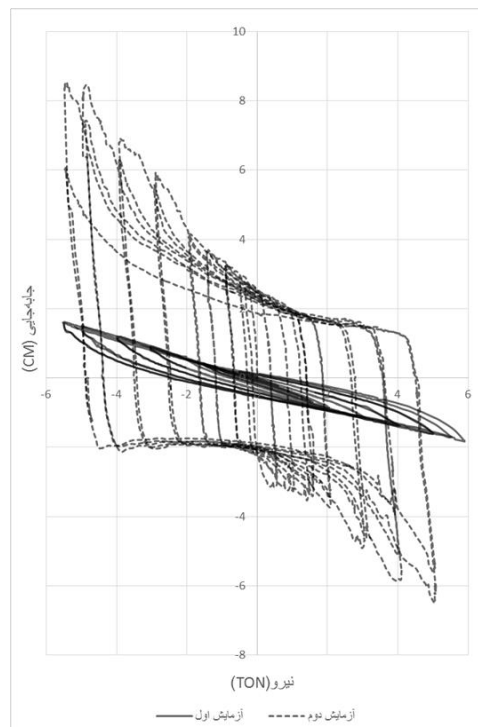
۳. نتایج آزمایشگاهی

قاب شرح داده شده در بخش قبل در آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شده و توسط جک هیدرولیکی در دو حالت تحت بار جانبی مطابق بارگذاری شکل ۲، قرار گرفته است. در نمونه اول دیوار در قاب اجرا نشده و قاب فلزی ساده به تنهایی تحت بارگذاری جانبی قرار گرفته است. در نمونه دوم دیوار بنایی تقویت شده در قاب ساخته شده و به زیر توسط ملات و آجر فشاری مهار شده است. بار قائم قاب مورد آزمایش به میزان ۵ تن توسط جک دستی به صورت متمرکز به تیر وارد شده است. منحنی نیرو-جابجایی حاصل از نمونه دوم در شکل ۵، نشان داده شده است.



شکل ۵- نمودار نیرو جابه‌جایی نمونه دوم

در شکل ۶. منحنی‌های حاصل از آزمایش نمونه اول و نمونه دوم با یکدیگر مقایسه شده است. در نمونه دوم اندرکنش تیر و دیوار سبب افزایش سختی قاب شده و سختی قاب ساده را ۴٫۵ برابر افزایش داده است. دیوار به علت سختی زیاد جابه‌جایی قائم تیر با اتصال ساده را محدود کرده است و تنش حاصل از اندرکنش تیر با دیوار سبب گسیختگی اتصال تیر در دریفت ۳٪ شده است. که اتصال گسیخته شده در شکل ۷. نشان داده شده است. همچنین دیوار در طی آزمایش بدون آسیب و ترک باقی ماند.



شکل ۶- مقایسه منحنی‌های نیرو-جابه‌جایی نمونه اول (قاب فلزی بدون دیوار) و نمونه دوم (قاب فلزی با دیوار)



شکل ۷- گسیختگی اتصال مفصلی تیر ساده در دررفت سه درصد

۴. نتیجه‌گیری

تغییر شکل های تیر ساده به علت مهار شدن بالای دیوار به زیر تیر توسط دیوار محدود شده است. و این محدودیت سبب ایجاد تنش می‌شود. در آزمایش انجام شده این تنش‌ها در دررفت ۳٪ سبب تخریب اتصال شده است. آزمایش انجام شده نشان می‌دهد.

۱- در میان قاب‌ها اگر دیوار با ستون‌ها دارای فاصله باشد و میان عملکرد ستون و قاب اندکشی وجود نداشته باشد. اندرکنش تیر و دیوار خود میزان قابل توجهی است.

۲- مقاومت دیوار در آزمایش انجام شده به علت تقویتی که روی دیوار اعمال شده مقدار بالایی می‌باشد. و بخش ضعیف‌تر سیستم میان قاب اتصالات تیر است. به همین علت تخریب در بخش اتصالات تیر رخ داده است. ولی در سازه‌های مرسوم دیوار جداکننده قرار گرفته در قاب از مقاومت کمتری برخوردار است و تنش ایجاد شده در آزمایش سبب تخریب دیوار می‌شود. بر اساس نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود دیوارهای جداکننده قرار گرفته در قاب‌ها به تیر مهار نشده؛ و از روش‌های دیگر جهت مهار دیوار استفاده شود.

۵. مراجع

۱. مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان
۲. مقدم، حسن، محمدی قاضی محله، مجید و خلیلی جهرمی، کیان (۱۳۸۹) بررسی کارایی میانقاب مرکب برای تقویت لرزه‌های ساختمان. گزارش تحقیقاتی شماره گک-۵۵۵، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
۳. شاهنظری، محمدرضا (۱۳۷۶) بررسی رفتار قاب‌های فولادی دربرگیرنده دیوارهای بنایی تحت تأثیر بارهای جانبی در تراز سقف. پایاننامه دکتری در رشته مهندسی سازه، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
۴. پارسا، فرزاد و سروقد مقدم، عبدالرضا (۱۳۸۷) بررسی آزمایشگاهی عملکرد میانقاب‌های مصالح بنایی در قاب‌های بتنی. نشریه دانشکده فنی.

5. Kakaletsis, D.J. and Karayannis, C.G. (2008) " Influence of masonry strength and openings on infilled R/C frames under cycling loading. " Journal of Earthquake Engineering, 12(2), 197- 221.



6. Penna, A., Magenes, G., Calvi, G., and Costa, A. (2008) " Seismic Performance of AAC Infill and Bearing Walls with Different Reinforcement Solutions ". 14th International Brick and Block Masonry Conference.
7. Mowrtage, W. and Karadogan, F. (2009) " Behavior of Single-Story Lightweight Panel Building under Lateral Loads ". Journal of Earthquake Engineering, 13, 100-107.
8. Lee, T., Kato, M., Matsumiya, T., Suita, K., and Nakashima, M. (2007) " Seismic performance evaluation of non-structural components: Drywall partitions ". Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 36(3), 367-382.
9. Paulo, M.F., Pereira, M.F., Ferreira, J.E., and Lourenço, P.B. (2011) " Behavior of masonry infill panels in RC frames subjected to in plane and out of plane loads ". 7th International Conference AMCM, Krak w, Poland.
10. Tu, Y.H., Chuang, T.H., Liu, P.M., and Yang, Y.S. (2010) " Out-of-plane shaking table tests on unreinforced masonry panels in RC frames ". Engineering Structures, 32, 3925-3935.
11. Ming, L., Yun, Ch., and Xiaowei, L. (2011) " Shaking table test on out-of-plane stability of infill masonry wall ". Transactions of Tianjin University, 17(2), 125-131.
12. Maheri, M.R., Motielahi, F., and Najafgholipour, M.A. (2011) " The influence of mortar head joints on the in-plane and out-of-plane seismic strength of brick masonry walls ". Iranian Journal of Science and Technology Transactions of Civil and Environmental Engineering, 35(C1), 63-79.
13. Preti, M., & Bolis, V. (2017). Masonry infill construction and retrofit technique for the infill-frame interaction mitigation: Test results. Engineering Structures, 132, 597-608.
۱۴. بنان, محمدرضا و بنان, محمودرضا, (۱۳۹۷), کاهش مخاطرات لرزه‌های ناشی از دیوار در ساختمان (معرفی سیستم لغزان و ادار قائم-مهار افقی), اولین کنفرانس ملی نقش مهندسی عمران در کاهش مخاطرات, کرمانشاه
15. Dautaj, A. D., Kadiri, Q., & Kabashi, N. (2018). Experimental study on the contribution of masonry infill in the behavior of RC frame under seismic loading. Engineering Structures, 165, 27-37