

مقایسه رفتار قاب‌های میانبر تحت بارگذاری‌های گسترده و متمرکز

مجید محمدی

دانشیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
M.Mohammadigh@IIEES.ac.ir

کاوه فرجی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
kfaraji@knu.ac.ir

سید محمد متولی امامی

دانشجوی دکتری، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
sm.emami@iiees.ac.ir

نادر فنائی

دانشیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
nader_fanaie@knu.ac.ir

کلید واژه‌ها: تحقیقات آزمایشگاهی، ساختمان بنایی، قاب‌های فلزی میان‌بر، بارگذاری جانبی متمرکز، بارگذاری جانبی گسترده

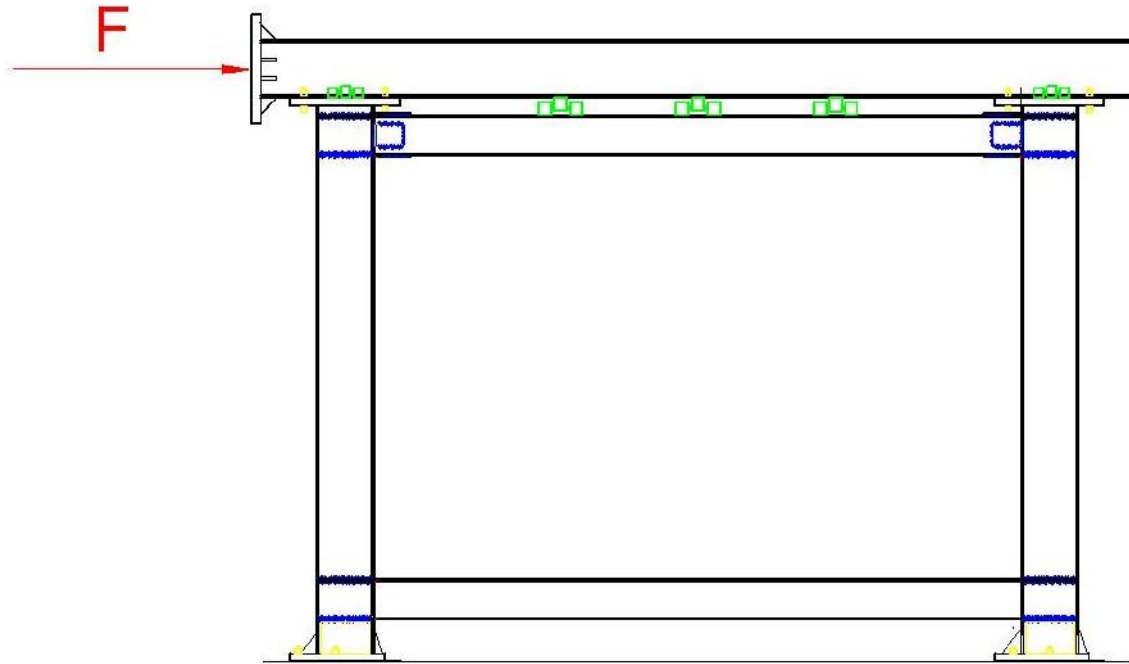
چکیده

در این تحقیق، اثر انواع بارگذاری بر روی رفتار قاب‌های فلزی میانبر مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور، یک نمونه آزمایشگاهی که در آن بار جانبی به صورت گسترده در طول تیر فوقانی توزیع شده است مورد مطالعه قرار گرفته است. مدل تحلیلی که در آن بار گسترده به تیر وارد می‌شود توسط مدل آزمایشگاهی متولی امامی و محمدی (۲۰۱۴) صحت‌سنجی شده است. مدلسازی تحلیلی نمونه در دو حالت بار متمرکز و گسترده انجام شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تنش‌های داخلی به وجود آمده در دیوارهای میانقاب و نحوه شکست نمونه‌ها متفاوت است. می‌توان گفت، در مدلی که بار جانبی متمرکز وارد شده است، توزیع تنش باعث بروز مد خردشدگی گوشه در میانقاب می‌شود، اما مد شکست در مدل دیگری متفاوت است.

مقدمه

در اکثر مطالعات آزمایشگاهی بر روی میانقاب‌ها مانند کارهای محرابی (۱۹۹۶)، مقدم (۲۰۰۴)، محمدی (۲۰۱۱)، یک بار متمرکز به ستون در محاذات اتصال تیر بالایی به ستون در قاب وارد می‌شود. در این حالت، فرض می‌شود که این بارگذاری بار جانبی زلزله را شبیه‌سازی می‌کند؛ اما در حقیقت، بار جانبی ناشی از زلزله که به جرم طبقه وارد می‌شود به علت مدفون بودن تیر بالایی در دال کف، در تمام طول تیر توزیع می‌شود. در واقع می‌توان گفت، آن چه در شرایط واقعی اتفاق می‌افتد با اکثر آزمایشات موجود در ادبیات فنی، متفاوت است. در این مقاله به بررسی تفاوت نتایج حاصل از نحوه اعمال بارگذاری جانبی به صورت یکنواخت بر تیر بالایی و متمرکز بر ستون در محل اتصال با تیر پرداخته شده است. برای این منظور یک نمونه به صورتی که در شکل (۱) نشان داده شده است مورد آزمایش قرار گرفته است. در این نمونه بار جانبی به صورت گسترده به تیر فوقانی قاب اعمال شده است. سپس این نمونه ریز مدلسازی شده و در آن اثر نوع بارگذاری پس از صحت‌سنجی مدل انجام شده است.

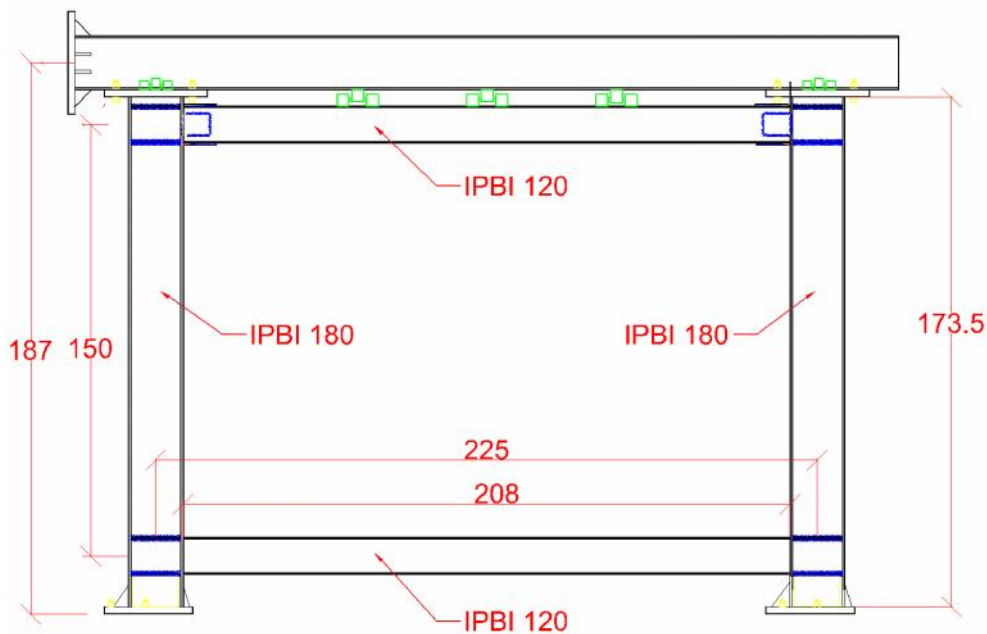




شکل ۱: شکل شماتیک آزمایش با بار گسترده جانبی یکنواخت بر تیر بالایی

نمونه آزمایشگاهی

نمونه آزمایشگاهی که در شکل (۲) نشان داده شده، شامل یک قاب فولادی است که مقطع تیرها و ستون‌ها به ترتیب IPB180 و IPB120 بوده است که تمامی اتصالات آن گیردار می‌باشند. (شکل ۲) این قاب مدل طبقه اول از یک ساختمان ۴ طبقه می‌باشد که با مقیاس ۰/۶۶ ساخته شده است. ساختمان مزبور بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران طراحی شده است. میانقاب آجری است که شامل آجر به ابعاد ۱۹۶×۸۵×۶۵ میلیمتر و ملات به ضخامت ۱ سانتیمتر می‌باشد.



شکل ۲: طرح قاب فولادی

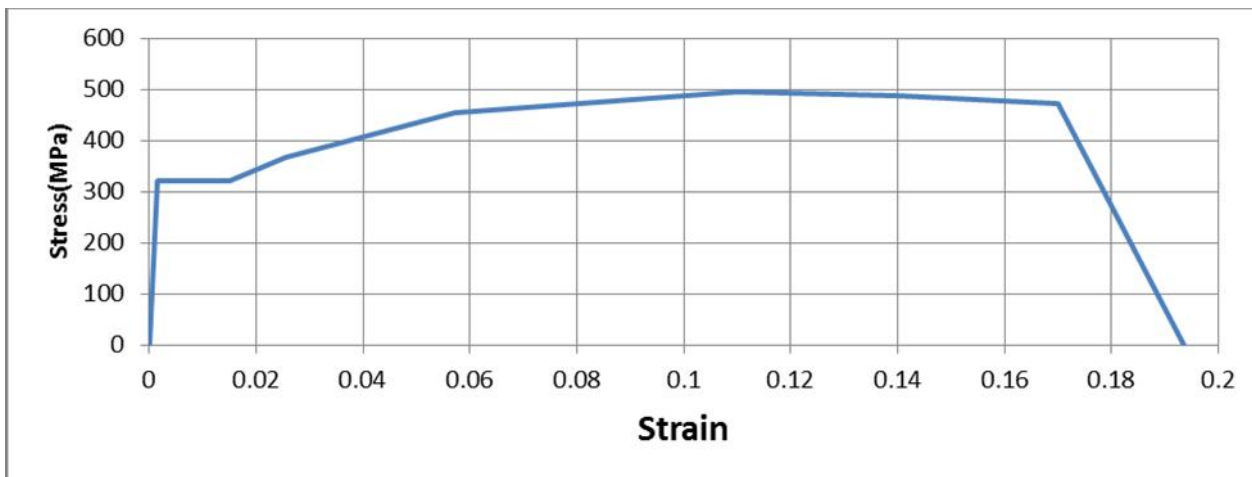
مشخصات مصالح

خواص مصالح میانقاب با استفاده از نمونه آجرکاری شامل سه آجر و دو لایه ملات تعیین گردیده که در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱: خصوصیات مکانیکی نمونه آجرکاری

ضریب پواسون	چگالی	ضریب اصطکاک	چسبندگی	مقاومت فشاری	مدول الاستیسیته
0.2	1812 Kg/m ³	0.85	0.2 KPa	12 MPa	2.2 GPa

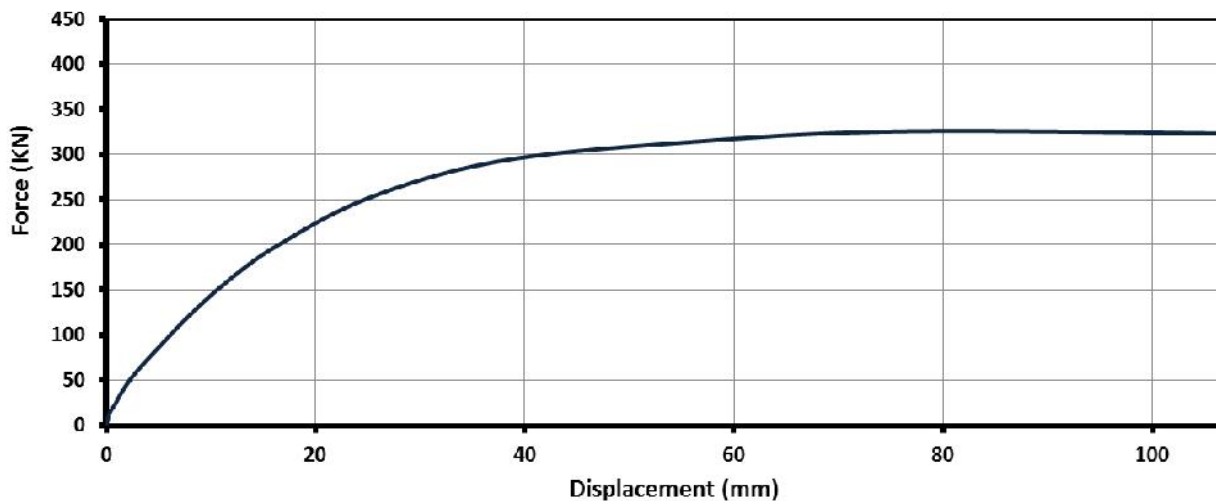
آزمایش انجام شد روی نمونه‌های استاندارد جدا شده از جان مقاطع فولادی نشان می‌دهد که مصالح قاب دارای مدول الاستیسیته ۲.۲ GPa و تنش تسلیم ۱۲ MPa می‌باشند. نمودار تنش- کرنش فولاد در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳: منحنی تنش- کرنش فولاد برای یک نمونه کششی

تشریح رفتار نمونه آزمایشگاهی

مدل آزمایشگاهی تحت بار چرخه‌ای قرار گرفته است. معادله نیرو- تغییر مکان در شکل (۴) قابل مشاهده است. همچنین شکست نمونه به صورت دو ترک مایل با زاویه تقریباً ۶۰ درجه است که از قطرهای فشاری آغاز می‌گردد، نحوه شکست نمونه و ترک‌ها در شکل (۵) آمده است.



شکل ۴: نتایج پاسخ نیرو- تغییر مکان حاصل از مدل اجزاء محدود و آزمایشگاهی

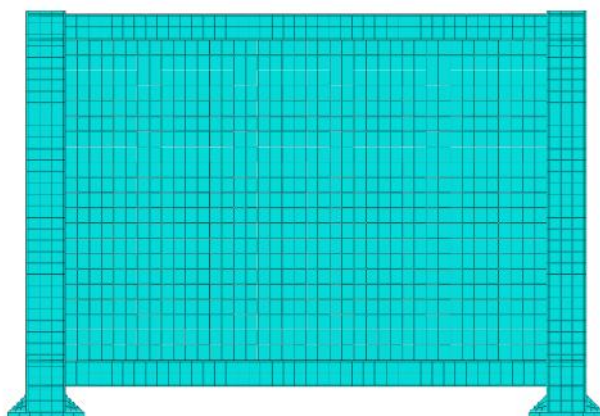




شکل ۵: بخش ترک‌ها در مدل آزمایشگاهی در دررفت ۷٪

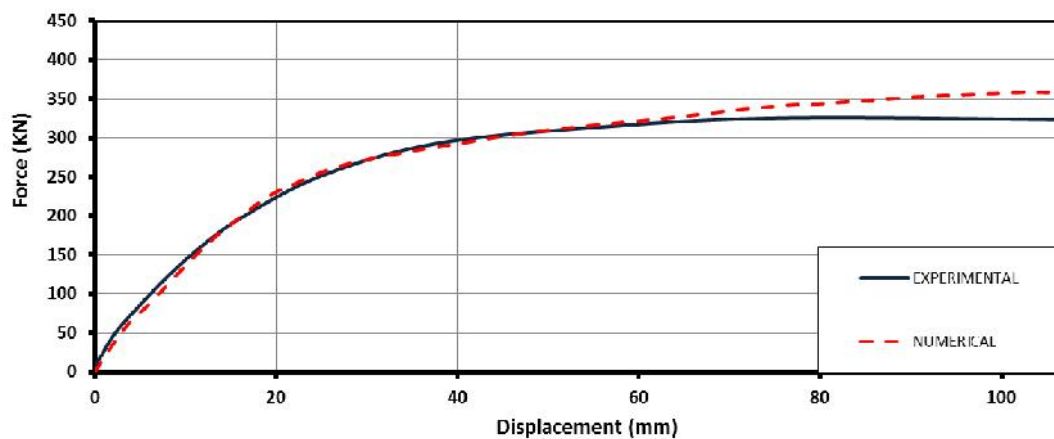
مدل اجزای محدود قاب میانپیر

برای مدل سازی اجزای محدود دیوار از روش ریز مدلسازی استفاده شده است که برای این کار از نرم افزار ABAQUS استفاده گردیده است. برای مش بندی از المان ۸ گره ای مکعبی شکل با تابع شکل درجه ۱ استفاده شده است. (شکل ۶) همچنین خصوصیات مصالح قاب، میانقاب و اتصال بین آجرها مطابق جدول (۱) و شکل (۳) اعمال شده است. برای در نظر گیری تماس بین قاب و میانقاب از المان تماسی چسبنده و با ضریب اصطکاک ۰.۳ بهره گرفته شده است. آجرها به صورت مجزا مدل می‌شوند و از مدلسازی لایه ملات صرف نظر می‌گردد و در عوض نصف ضخامت ملات به لایه آجرهای مجاور داده می‌شود. در این روش آجرها به یکدیگر به وسیله رفتار چسبندگی و اصطکاکی متصل می‌شوند و در نتیجه قابلیت نشان دادن مسیر گسیختگی بین آجرها را دارا می‌باشند. برای تحلیل از آنالیز غیر خطی استفاده گردیده است.

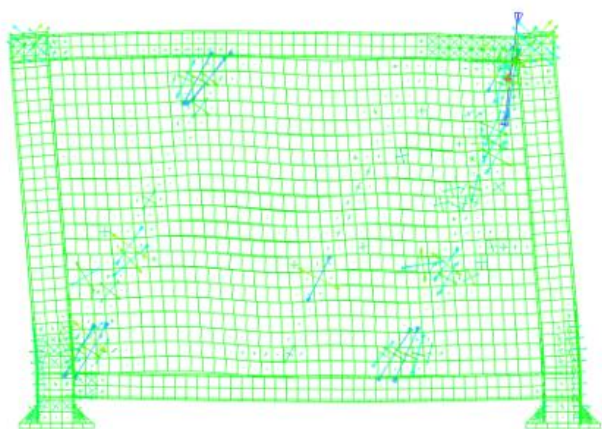


شکل ۶: مدل اجزا محدود و نحوه مش بندی آن

در شکل (۷) نمودار نیرو- تغییر مکان حاصل از مدل اجزاء محدود با آنچه از آزمایش به دست آمده مقایسه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد ریز مدلسازی به خوبی توانسته رفتار نمونه مورد نظر را تخمین بزند به طوری که تا جابجایی ۶۰ میلی‌متر معادل دررفت ۴٪ کاملاً بر هم منطبق‌اند. بیشتر بودن مقاومت بعد از دررفت ۴٪ نمونه تحلیلی به واسطه بارهای چرخه‌ای وارد شده بر نمونه آزمایشگاهی قابل توجیه است. ضمن اینکه مد شکست حاصل از تحلیل هماهنگی بسیار خوبی با آزمایش دارد و هر دو نشان می‌دهند که ترک‌هایی با زاویه حدود ۶۰ که از کنج‌های فشاری میانقاب عبور می‌کنند ایجاد می‌شود (شکل ۸).

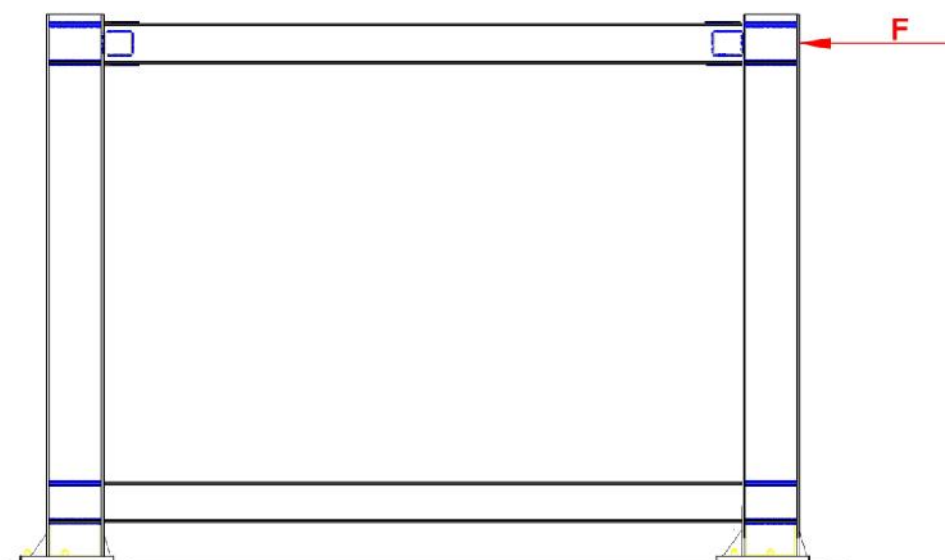


شکل ۷: نتایج پاسخ نیرو-تغییر مکان حاصل از مدل اجزا محدود و آزمایشگاهی



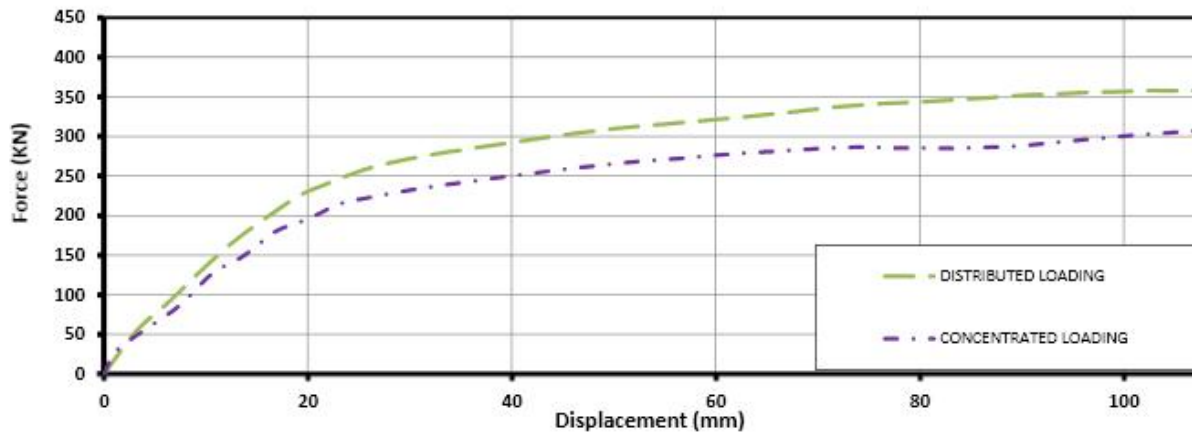
شکل ۸: مقایسه پخش ترک‌ها در مدل تحلیلی و آزمایشگاهی

پس از تأیید نتایج مدل تحلیلی با بار گسترده باگذاری را به صورت متمرکز بر ستون و محل اتصال ستون و تیر وارد می‌کنیم (شکل ۹) و نتایج حاصل از آن را با باگذاری جانبی گسترده بر روی تیر بالایی مقایسه می‌کنیم:



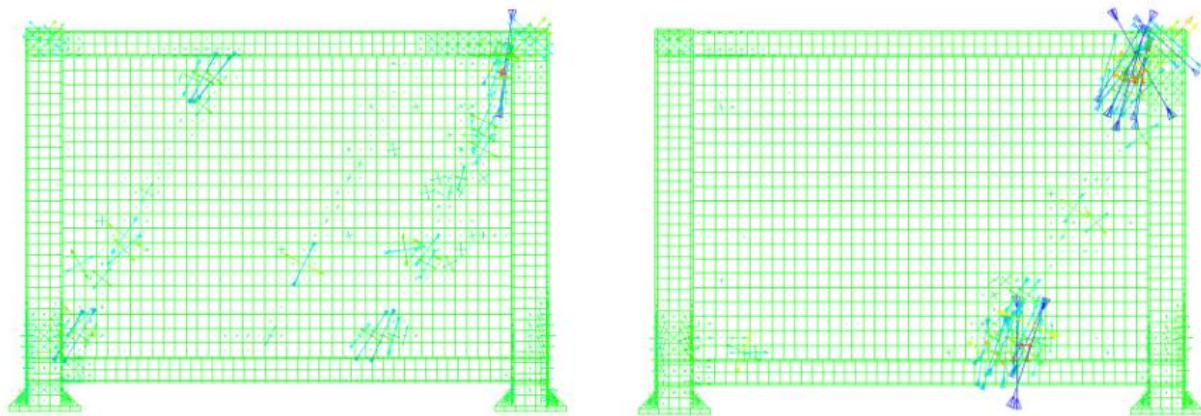
شکل ۹: نحوه اعمال بارگذاری متمرکز بر ستون در محل اتصال ستون با تیر بالایی





شکل ۱۰: نتایج پاسخ نیرو-تغییر مکان حاصل از مدل اجزا محدود با بارگذاری گسترده و متمرکز

همانطور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود مقاومت حاصل از بارگذاری گسترده بیشتر از مقاومت با بارگذاری متمرکز است به صورتی که در جابجایی ۱۰۰ میلی‌متر معادل دریفت ۷ درصد، مقاومت حاصل از بارگذاری گسترده ۲۰٪ بیشتر از بارگذاری متمرکز خواهد بود.



ب) بارگذاری گسترده

الف) بارگذاری متمرکز

شکل ۱۱: مقایسه پخش ترک‌ها در مدل تحلیلی و آزمایشگاهی

در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود که مدل تحلیلی با بارگذاری متمرکز از یک خط شکست برخوردار است (ترک‌های مایل در گوشه‌ای که بار متمرکز وارد گردیده) در حالی که در بارگذاری گسترده دو خط مایل شکست در سمت راست و چپ میانقاب قابل مشاهده است. همانگونه که در بسیاری از آزمایش‌های موجود در ادبیات فنی ذکر شده است و در شکل (۱۱-الف) مشاهده می‌شود مود شکست غالب در زمانی که بارگذاری به صورت متمرکز اعمال می‌شود شکست گوشه می‌باشد که در آن مصالح میانقاب در کنج فشاری دچار خردشدگی می‌شوند. با این وجود در نمونه‌ای که در آن بار جانبی به صورت واقعی‌تر و به شکل یکنواخت به تیر بالایی وارد شده است این مد شکست مشاهده نمی‌گردد و خردشدگی‌ها در دو راستای مورب و به صورت گسترده روی دیوار دیده می‌شود که این رویداد هم در آزمایش (شکل ۵) و هم در تحلیل (شکل ۸) به خوبی مشاهده می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه مقایسه نتایج حاصل از بارگذاری گسترده و متمرکز جانبی درمی‌یابیم که بارگذاری گسترده دارای مقاومت بیشتر به واسطه‌ی پخش بهتر نیروها در میانقاب است. همچنین همانطور که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود قاب میانپیر با بارگذاری گسترده از چند مسیر انتقال نیرو برخوردار است در حالی که در نمونه با بار متمرکز، تمرکز تنش در محل وارد شدن بار اتفاق افتاده است. در نتیجه به واسطه به واقعیت نزدیکتر بودن بارگذاری جانبی گسترده بر قاب میانپیر در هنگام زلزله و قابل ملاحظه بودن اختلاف نتایج آن با بارگذاری متمرکز، استفاده از بارگذاری گسترده نتایج منطبق‌تری از مقاومت و نحوه شکست قاب میانپیر به دست می‌دهد.

قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و در قالب تحقیق شماره ۷۳۸۶ انجام شده است که بدین وسیله از این پژوهشگاه قدردانی می‌گردد.

مراجع

آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) (۱۳۸۴) ویرایش سوم، ایران

Mehrabi A, Benson Shing P, Schuller M and Noland J (1996) Experimental Evaluation of Masonry-Infilled RC Frames, *J. Struct. Eng.*, 122(3): 228–237

Moghaddam H (2004) Lateral Load Behavior of Masonry Infilled Steel Frames with Repair and Retrofit, *J. Struct. Eng.*, 130(1): 56–63

Mohammadi M, Akrami V and Mohammadi-Ghazi R (2011) Methods to Improve Infilled Frame Ductility, *J. Struct. Eng.*, 137(6): 646–653

Motovali Emami SM (2014) Effect of lateral load, number of bays and connection rigidity of the frame on the seismic behavior of infilled frames, PhD Proposal, IIEES

