

تحلیل حساسیت اثر بازشوی وسط دهانه در قاب پر شده از نوعی پانل نانوکامپوزیت

بر کاهش سختی

محمد رضا تابش پور

هیأت علمی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شریف، تهران، ایران tabeshpoor@sharif.edu

معصومه سبزه علی توران پشته

کارشناسی ارشد سازه، گروه عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران Sabzehali_m@yahoo.com

چکیده

در این مقاله آثار مثبت و منفی دیوارهای پرکننده از نوعی پانل کامپوزیت سبک مسلح بر رفتار لرزه‌ای قاب‌های فولادی با و بدون بازشو بررسی شده است و نتایج به دست آمده از مدل‌سازی‌ها، با نتایج بدست آمده از روش ارائه شده در آیین نامه‌های هند و نیوزیلند در مورد بازشوها مقایسه شده است. مدل‌سازی‌ها به روش اجزاء محدود انجام شده است. ابتدا با مقایسه نتایج مدل‌سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی، درستی روش انتخاب شده برای مدل‌سازی دیوار پرکننده از نوعی پانل کامپوزیت سبک مسلح چک شده است و سپس قاب‌های یک دهانه با دهانه‌های ۳ (مدل میز لرزان)، ۵ و ۶ متر با بازشوهایی 1×1 ، 1.5×1.5 ، 1×1.5 ، 1.5×1.5 متری در سه موقعیت؛ مرکز، وسط-بالا، وسط-پایین به روش المان محدود مدل‌سازی گردید و تأثیر دیوار پرکننده بر سختی قاب بررسی شد. نتایج به دست آمده گویای آثار مثبت دیوارهای پرکننده بر سختی قاب پر شده و آثار منفی بازشوها در کاهش سختی قاب پر شده می‌باشد. با مقایسه نتایج کاهش ضریب سختی در دیوارهای پرکننده دارای بازشو با آیین نامه‌های هند و نیوزیلند، مشاهده شد که، نتایج حاصل از آیین نامه‌ی هند به واقعیت نزدیکتر است.

کلمات کلیدی: برهمکنش، دیوار پرکننده، پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی (ایزی وال)، قاب فولادی، بازشو

۱. مقدمه

مطالعات گسترده‌ای بر روی رفتار دیوارهای پرکننده تحت اثر بارگذاری جانبی به هر دو صورت تجربی و تحلیلی از سال ۱۹۵۰ شده است. از جمله، برای اولین بار پولیاکوف در سال ۱۹۶۰ ایده دستک قطری معادل را برای مدل‌سازی میانقاب در قاب‌های مرکب جهت انجام تحلیل‌های سازه‌ای پیشنهاد کرد [۱]. دارانی در سال ۱۹۹۴ برای اعمال اثر بازشو با انجام آنالیزهای اجزاء محدود غیر خطی، روابطی را برای کاهش عرض دستک معادل ارائه کرد [۲]. آستریس در سال ۲۰۰۳ با استفاده از یک روش اجزا محدود برای تحلیل قاب‌های مرکب با میانقاب‌های آجری تحت بارهای جانبی، به بررسی میزان بازشوها در کاهش سختی قاب‌های میان پر پرداخت [۳]. لستوزی در سال ۲۰۰۷ یک مدل جدید قاب سطحی معادل را برای آنالیز لرزه‌ای قاب‌های ساختمانی با میانقاب‌های بنایی دارای بازشو ارائه نمود [۴] و محب‌خواه، تسنیمی و مقدم در سال ۲۰۰۹ مدلی غیر خطی برای قاب‌های فولادی با مصالح پرکننده بنایی دارای بازشو به روش المان محدود غیرخطی را ارائه دادند [۵]. جایگزینی عضو قطری معادل متداول‌ترین روش مدل‌سازی میانقاب در آیین‌نامه‌های معتبر جهان همچون FEMA273، FEMA356 و نیوزیلند می‌باشد. محمدی و نیکفر در سال ۲۰۱۳ با مقایسه نتایج آزمایشگاهی میانقاب‌ها با بازشوی مرکزی بیان کردند که فاکتور کاهش مقاومت نهایی دیوارهای پرکننده دارای بازشو بستگی به مصالح میانقابها در قاب‌های فولادی یا بتنی دارد و فاکتور کاهش سختی تحت تأثیر نوع قاب نمی‌باشد. [۶]

تعدادی از محققین به این نتیجه رسیدند که اگر بازشو در دو انتهای قطر بارگذاری شده از دیوار پرکننده بدون اتصال برشی باشد، قدرت و سختی در حدود ۷۵ تا ۸۵-۹۰٪ در مقایسه با دیوار پرکننده (بدون بازشو) مشابه آن کاهش داده می‌شود، همچنین توصیه شد که بهترین موقعیت پنجره یا درب (بازشوها) در مرکز پانل دیوار پرکننده می‌باشد.

محمدی و نیکفر (۲۰۱۳) فاکتور کاهش اثر بازشو در پانل‌های پرکننده را مطابق رابطه‌ی (۱) توصیه کردند.

$$W_{EO} = R_F \times W_e \quad (1)$$

که در آن؛ W_{EO} : عرض مؤثر دیوار پرکننده با بازشو؛ W_e : عرض مؤثر دیوار پرکننده بدون بازشو و R_F : فاکتور کاهش شایان ذکر است که فاکتور کاهش تنها برای کاهش سختی و استحکام دیوار پرکننده دارای بازشو حساب می‌شود و توزیع تنش احتمالی را نشان نمی‌دهد.

در ادامه، برخی از روابط تجربی برای فاکتور کاهش و پارامترهای آنها معرفی شده است.

تسنیمی و محب خواه

$$R_F = 1.49(A_o/A_p)^2 - 2.238(A_o/A_p) + 1 \quad \text{FOR } A_o < 0.4 A_p \quad (2)$$

آل - چار^{۱۳۰} و همکاران.

$$R_F = 0.6(A_o/A_p)^2 - 1.6(A_o/A_p) + 1 \quad \text{FOR } A_o > 0.6 A_p \quad (3)$$

جامعه مهندسی زلزله نیوزیلند

انجمن مهندسی زلزله نیوزیلند^{۱۳۱} (۲۰۰۶)، یک روش ساده بر اساس کار داو^{۱۳۲} و سه^{۱۳۳} (۱۹۸۹) توصیه کردند.

$$R_F = 1 - 1.5(L_o/L_i) \quad \text{FOR } L_o < \frac{2}{3} L_i \quad (4)$$

$$R_F \geq 0$$

که در آن L_o و L_i بترتیب حداکثر عرض بازشو و دیوار پرکننده می‌باشد.

مندل^{۱۳۴} و جین^{۱۳۵}

فرمول (۵) را برای عرض مؤثر یک دستک قطری در دیوار پرکننده با بازشوی مرکزی با قاب بتنی (RC) ارائه دادند:

$$R_F = 1 - 2.6(A_o/A_p) \quad \text{FOR } A_o < 0.4 A_p \quad (5)$$

$$(A_o/A_p)$$

آستریس^{۱۳۶}

$$R_F = 1 - 2(A_o/A_p)^{0.54} + (A_o/A_p)^{1.14} \quad \text{FOR } A_o < 0.5 A_p \quad (6)$$

که در آن A_o و A_p بترتیب سطح بازشو و سطح دیوار پرکننده می‌باشد.

مقایسه نتایج روش‌های تحلیلی ارائه شده با داده‌های تجربی نشان می‌دهد که فرمول ارائه شده توسط Al-Chaar و همکاران (۲۰۰۳) یکی از دقیق‌ترین معادلات است. به طور متوسط، این معادله دارای خطای کمتر از ۴٪ تا ۷٪ برای تخمین مقاومت و سختی بود.

محمدی و نیکفر (۲۰۱۳)

$$\text{Stiffness } R_K = 1.1859(A_o/A_p)^2 - 1.6781(A_o/A_p) + 1 \quad \text{FOR } A_o < 0.4 A_p \quad (7)$$

تغییر در عواملی مانند جنس مصالح دیوار پرکننده، ضخامت دیوار پرکننده و یا میزان بازشو در پانل دیوار پرکننده باعث تغییر در سختی و جرم سازه می‌شود در نتیجه زمان تناوب سازه تغییر خواهد کرد. دیوارهای پرکننده اساساً باعث افزایش سختی و

130 - Al-Chaar
 131 - NZSEE
 132 - Dawe
 133 - Seah
 134 - Mondal
 135 - Jain
 136 - Asteris

مقاومت قاب می‌شوند. در مدل‌سازی‌ها معمولاً نقش دیوار پرکننده را در نظر نمی‌گیرند. این امر باعث می‌شود در تحلیل‌ها، سازه انعطاف پذیرتر باشند و پریود بیشتر محاسبه می‌گردد. گاهی اوقات بدلیل ملاحظات معماری درون این دیوارهای پرکننده بازشوهایی ایجاد می‌شود که میزان و موقعیت آنها می‌تواند بر رفتار قابها اثرات متفاوتی را اعمال کند، که از جمله می‌توان به پدیده ستون کوتاه، ایجاد پیچش و ... اشاره کرد. در این تحقیق به مدل‌سازی دیوارها از نوعی پانل سبک نانو کامپوزیت سبک معدنی به روش اجزای محدود و ارزیابی تأثیر موقعیت بازشوها بر رفتار درون صفحه‌ای دیوارهای پرکننده پرداخته شده است.

۲. پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی

یکی از روشهای مناسب برای مصالح دیوار پرکننده استفاده از پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی بنام ایزی وال است. اثر دیوار پرکننده در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. ارزیابی قاب دارای دیوار پرکننده بستگی به مصالح تشکیل دهنده دیوار پرکننده و هندسه قاب و دیوار پرکننده دارد. [۷]

پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی (ایزی وال)، محصولی است تماماً معدنی و فاقد هرگونه مواد خاک پایه است و امکان بازیافت کامل را برای آیندگان ایجاد می‌نماید. ایزی وال براساس مطالعات فنی و دانش ایرانی طراحی و تولید شده است. ترکیب چندین ماده معدنی موثر بر کیفیت یکدیگر، فرآیند ویژه تولید، طراحی خط تولید و نیز ماشین‌آلات مربوطه حاصل فکر و اندیشه ایرانی بوده و هیچ بخشی از آن وارداتی نبوده و نخواهد بود. طبق نتایج آزمایشات و گواهینامه صادره از دانشکده بهداشت دانشگاه تهران، این محصول طبق استاندارد NIOSH9002، فاقد هرگونه آلودگی به الیاف آزبستی بوده و در گروه محصولات پاک و سبز دسته بندی می‌گردد. این محصول در برابر آتش مستقیم مقاوم بوده و چنانچه در یک سوی دیوار ایزی وال آتش سوزی اتفاق بیافتد، افراد در سوی دیگر آن بیش از دو ساعت زمان خواهند داشت، تا نسبت به اتخاذ تدبیری مناسب اقدام نمایند. [۸] تابش پور (۱۳۹۲) نتایج آزمایشگاهی مربوط به نوعی ماده مرکب مسلح معدنی برای ساخت دیوار باربر را ارائه می‌دهد: با توجه به نتایج آزمایشات، ترکیب این خمیره با پلاستیکهای تسلیح کننده، ماده مرکب بسیار مناسبی برای تحمل انواع نیروهای وارده به دیوار ایجاد می‌کند. مقایسه‌های اولیه نشان می‌دهد که هرچند وزن واحد مساحت دیوار تقریباً بین ۲ تا ۳ برابر کم می‌شود، ضمناً مقاومت‌ها نسبت به مصالح سنتی تقریباً ۲ برابر بیشتر است. در نتیجه می‌توان گفت که نسبت مقاومت به وزن حدود ۳ تا ۶ برابر مصالح سنتی بوده در نتیجه مطلوبیت زیادی برای استفاده در صنعت ساختمان دارد. نتایج آزمایشگاهی اولیه نشان می‌دهد که مقاومت فشاری دیوار حدود 20kg/cm^2 می‌باشد که کاملاً برای دیوار مناسب است. لازم به ذکر است که؛ فرآیند آزمایش‌ها در سه فاز متوالی انجام شده است:

- فاز اول: المانها و اجزای کوچک به عنوان بخشی از دیوار (کشش مصالح پایه، خمش، فشار، برش مصالح، برش چسب، کشش مصالح تسلیح)

- فاز دوم: قطعات بزرگ پانل (خمش عضو، برش عضو، فشار عضو)

- فاز سوم: آزمایش تمام مقیاس (خمش دیوار، برش دیوار، برش اتصال تکیه گاه به سقف، نبشی تکیه گاهی) [۹]
با توجه به سبک بودن این نوع دیوار، نسبت مقاومت به وزن آن بسیار بالاست. همچنین در انبوه سازی، سرعت اجرا از اهمیت خاصی برخوردار است. این سرعت از دو باب اهمیت دارد:

الف) جلوگیری از خواب سرمایه

ب) کاهش هزینه های پرسنلی نصب و اجرا [۹]

استفاده از فن آوری جدید با ساخت و ساز بسیار سبک وزن، نیاز به مواد کمتر، صرفه جویی سوخت در حمل و نقل مواد به محل ساختمان‌ها را می‌طلبد. که می‌توان با مونتاژ به قطعات کوچکتر و اتصالات مربوطه به این منظور دست یافت. [۱۰]
از جمله خصوصیات این پانل‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- شکل پذیری:

پانل کامپوزیت، بدلیل وجود نوعی مش توری پلاستیکی و الیاف پودری به عنوان مواد کامپوزیت در قسمت‌های بال و جان از شکل پذیری بسیار بالایی برخوردار می‌باشد.

- مقاومت کششی:

وجود مواد کامپوزیت بکاررفته در داخل پانل، مانع از جدا شدن قطعه پس از گسیختگی در اثر نیروی کششی می‌شود.

- وزن مصالح:

چگالی حجمی بسیار پایین بدلیل مجوف بودن مقطع، حمل و نقل راحت، عدم فروپاشی و عدم آوار در هنگام زلزله و نیز کاهش تلفات جانی در هنگام خرابی، از دیگر مزایای ویژه این پانل‌های کامپوزیت در مقایسه با مصالح سنتی می‌باشد.

- مقاومت فشاری:

اکثر مصالح سنتی دارای مقاومت فشاری خوبی بوده است. مطالعات و آزمایشات انجام شده حاکی از مقاومت فشاری بسیار خوب این پانل‌ها در مقایسه با مصالح سنتی بوده و می‌توان از آنها به عنوان دیوار باربر در ساختمان‌های بنایی استفاده نمود.

- مقاومت خمشی:

شکل مقطع در نظر گرفته شده برای پانل کامپوزیت مورد مطالعه به نحوی است که از ممان اینرسی بالایی برخوردار است. که این امر سبب افزایش مقاومت خمشی در مقطع خواهد شد. به منظور جلوگیری از شکست برون صفحه‌ای در این پانل‌ها و مهار مناسب به سقف از نبشی استفاده می‌شود. [۱۱]

پانل‌های ایزی‌وال در دو نوع E1 و E2 با ابعاد یکسان تولید و عرضه می‌شوند. پانل E1 دارای یک روی کاملاً صاف می‌باشد، لذا بیشتر برای دیوارهایی مناسب است که فقط یک روی آن آندود پلاستر گچ خواهد داشت و روی دیگر بواسطه کاشی، سیمان، سنگ یا سایر پوشاننده‌ها ناماسازی خواهد گردید. پانل E2 نیز همانند همان پانل پیشین بوده، با این تفاوت که هر دو روی آن کاملاً صاف و سیقل می‌باشد و برای دیوار بین اتاقها مناسب می‌باشد که بواسطه دو روی کاملاً صاف آن و نیز به جهت فرورفتگی محل نوار درزگیر، حداقل پلاستر گچ پوششی را نیاز خواهد داشت.

ابعاد پانل؛ عرض: ۴۶ سانتیمتر ضخامت: ۱۲ سانتیمتر ارتفاع: از ۲۷۰ تا ۳۳۰ سانتیمتر (سفارشی)

وزن: ۳۶ کیلوگرم بر متر مربع

وزن مخصوص: ۰,۹۲ گرم بر سانتی متر مکعب

مقاومت فشاری: ۲۰ kg/cm²

مقاومت خمشی: ۲۰۰ kg/m²

مقاومت صوتی: ۳۸ dB

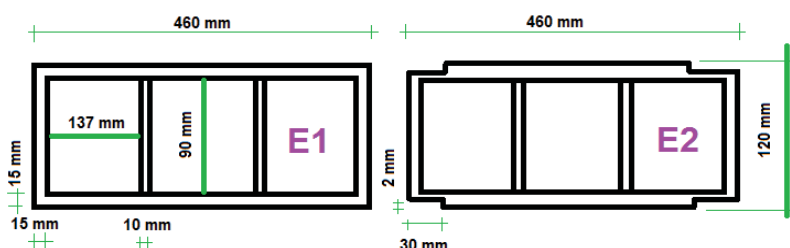
ضریب حرارتی: ۱,۱۱ W/m².k

مقاومت حرارتی: ۰,۹۰۴ W/m².k

جذب آب: ۲۲,۷ %

معرفی مزایای محصول E1 و E2: مقاوم و ایمن در برابر زلزله، سرعت اجرای بسیار بالا و سریع، سبکی بسیار زیاد وزن دیوار در سازه، امکان مدولار (پیش ساخته) و استاندارد کردن پانل‌ها، وجود کلیه مواد اولیه در کشور ایران، صرفه جویی زیاد در مصرف انرژی [۸]

ایزی وال بزودی نسل سوم پانل‌های خود را طراحی و عرضه می‌نماید که بواسطه آن گچکاری دیوار ساختمان کاملاً حذف خواهد گردید. [۸]



شکل ۱- مقطع پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی E1 و E2 [۸]

جدول ۱- مقایسه بین خصوصیات مکانیکی پانل کامپوزیت و آجر فشاری پس از انجام آزمایشات [۸]

پانل کامپوزیت مسلح	آجر	
۳۸۰۰	۵۰۰۰	مدول یانگ kg/cm^2
۵,۴	۲	مقاومت برشی kg/cm^2
۱۸	۱۲	مقاومت فشاری kg/cm^2
۴	۱/۷	مقاومت کششی kg/cm^2

۳. آزمایش‌ها

آزمایش بر روی مدل واقعی در دانشگاه شریف مورخ ۱۳۹۳/۶/۱۹ توسط شرکت بنای رسیس انجام شده است. در این تست مدل آزمایشگاهی تحت زلزله‌هایی با شتاب‌های $0.25g$ و $0.35g$ و $0.5g$ و $0.7g$ قرار گرفته است. در این آزمایش اسکلت از نوع فلزی و اتصالات تیر به ستون از نوع گیردار می‌باشد. فولاد استفاده شده در تمام قسمت‌ها از نوع A37 با تنش تسلیم 240 مگاپاسکال و مصالح بنایی از نوع پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی (ایزی‌وال) می‌باشد.



شکل ۲- (مدل میز لرزان) دیوار پرکننده راست با بازشو و نمای سیمانکاری (موازی زلزله) و دیوار پرکننده چپ با بازشوی در و پنجره (عمود بر جهت زلزله)



شکل ۳- (مدل میز لرزان) دیوار پرکننده با بازشوی مرکزی با نمای سیمانکاری (موازی زلزله)



شکل ۴- جدایی دیوار پرکننده موازی با جهت شتاب اعمالی (In Plan) تحت شتاب $0.7g$ از قاب

با انجام آزمایشات، ترک‌های بسیار جزئی در گوشه بالای دیوار و جدایی بین دیوار پرکننده و قاب از شتاب $0.35g$ در دیوار پرکننده موازی جهت شتاب اعمالی اتفاق افتاده است که با افزایش شتاب زلزله، بر میزان عمق ترک و طول جدایی دیوار پرکننده از قاب افزوده شده است.

۴. مدل سازی قاب فولادی

با توجه به اینکه در مقاطع تیر و ستون فولادی ضخامت مقطع کمتر از یک پانزدهم بزرگترین بعد عضو می‌باشد، اگر المان تیر و ستون با solid مدل سازی شود، باید در مش بندی، المانها بسیار ریز شود در نتیجه تعداد المانها بسیار زیاد خواهد شد و زمان آنالیز زیاد می‌شود. در ضمن یک المان solid خوب، باید ابعاد آن به هم نزدیک باشند. بنابراین تیر و ستون با shell مدل سازی شده است.

مدل سازی قاب فولادی با استفاده از المان‌های چهارضلعی چهارگره‌ای می‌باشد. این المانها در آباکوس بصورت S4R شناخته می‌شوند. توابع شکل انتخابی از نوع خطی و انتگرال‌گیری بصورت کاهش یافته است. مش بندی از نوع QUAD (المان چهارضلعی) و تکنیک آن Structured (مش بندی منظم با تکنیک از بالا به پایین) انتخاب شده است. ابعاد مش بندی در تیر 20mm و در ستون 50mm می‌باشد.

۵. مدل سازی دیوار پرکننده نانو کامپوزیت مسلح معدنی (ایزی وال)

دیوار پرکننده با المان solid، از نوع المان‌های سه بعدی هشت گره‌ای (C3D8R) مدل سازی شده است. توابع شکل انتخابی از نوع خطی و انتگرال‌گیری بصورت کاهش یافته است. مش بندی از نوع Hex (المان شش وجهی) و تکنیک آن Sweep (مش بندی منظم با تکنیک از بالا به پایین) با الگوریتم میانی (Medial axis)^{۱۳۷} انتخاب شده است. ابعاد مش بندی 100mm می‌باشد.

برای مدل سازی رفتار مصالح دیوار پرکننده، مدل ترک پخشی استفاده می‌گردد. در این روش برای مدل سازی رفتار ناحیه خطی، مدول الاستیسیته مصالح و برای مدل سازی رفتار غیرخطی، نمودار نیرو-جابجایی بخش غیرخطی بصورت جداول تنش کرنش معرفی می‌گردد. از طرفی این دیوار پرکننده متشکل از پانلهایی به عرض 460mm و ارتفاع سفارشی (تا زیر سقف) می‌باشد، برای اتصال پانل‌ها از چسب مخصوص استفاده می‌شود.

مشخصات مصالح جهت معرفی به نرم افزار ABAQUS عبارت است از:

جدول ۲- مشخصات فولاد و پانل دیوار پرکننده

ضریب پواسون	مدول الاستیسیته (N / mm ²)	چگالی (t / mm ²)	
0.3	210000	7.85 E -9	فولاد
0.25	380	9.2 E -10	مصالح پانل دیوار پرکننده

جدول ۴- مشخصات تنش-کرنش فولاد

کرنش پلاستیک	تنش تسلیم (مگاپاسال)
۰	۲۴۰
۰,۱۹	۳۷۰

جدول ۳- مشخصات تنش-کرنش پانل

کرنش پلاستیک	تنش تسلیم (مگاپاسال)
۰	۲
۰,۰۰۵۲۶	۲
۰,۰۱۵۷۸	۰,۲

۶. مدل سازی تماس بین قاب و دیوار پرکننده

مدل

^{۱۳۷} - هنگامیکه کاربر یک ناحیه ی پیچیده را از طریق الگوریتم محور میانی مش بندی می کند، Abaqus/CAE پارتیشن های داخلی تولید می کند که باعث ایجاد نواحی ساده تر برای مش بندی منظم شده و سپس نواحی کوچکتر پدید آمده را دانه بندی می کند.

المان تماسی، المانی است که بین دو سطح که به نحوی در ارتباط فیزیکی با یکدیگر هستند، تعریف می‌گردد و می‌توان نحوه ارتباط این دو سطح را با رفتاری که به المان تماسی نسبت داده می‌شود، تعیین نمود. در تماس بین دو سطح، یک سطح بصورت اصلی و دیگری به نام تابع تعریف می‌گردد.

المان تماسی می‌تواند بصورت تماس سطح - نقطه و یا سطح - سطح تعریف گردد. در حالت سطح - سطح، تنش های سطح تماس بعلت اینکه در این حالت، شکل لبه‌ی هر دو المان اصلی و تابع در نظر گرفته می‌شود، دقیقتر است. بنابراین در آن تحقیق نیز از این نوع تماس استفاده شده است. این نوع شبیه سازی باعث افزایش حجم محاسبات می‌گردد. ولی دارای این مزیت است که نفوذ سطح اصلی در سطح تابع را به حداقل می‌رساند.

رابطه‌ی تماسی از نوع تماس سخت تعریف می‌گردد. این رابطه کمترین نفوذ بین دو سطح را باعث می‌گردد. وقتی سطوح در تماس با یکدیگر هستند، هر فشاری بین دو سطح تماس قابل انتقال است. دو سطح تماس اگر فشار بین آنها صفر گردد، از یکدیگر جدا می‌شوند. سطوح جداگشته هنگامیکه فاصله‌ی بین آنها صفر شود، دوباره با یکدیگر تماس خواهند داشت. ضریب اصطکاک برای حالت تماسی سطح-سطح، برای سطح تماس قاب و پانل برابر با ۰٫۷ تعریف شده است.

۷. کنترل صحت مدل سازی با نتایج تئوری (دینامیک سازه و ...)

پس از اینکه مدل تحلیلی مطابق آنچه در بخش های قبل توضیح داده شد، ساخته شد، برای محاسبه سختی قاب از روش تحلیل استاتیکی خطی استفاده شده است. بدین ترتیب که نیرویی (In Plan) معادل 10000 N از چپ به راست به بالاترین نقطه قاب اعمال گردید (شکل ۵). پس از اتمام آنالیز نرم افزار، میزان جابجایی قاب (δ) محاسبه شد. با استفاده از رابطه ۲، میزان سختی قاب به ترتیب زیر محاسبه گردید:

(۱)

$$F = K \cdot \delta$$

$$\delta = 15.1176$$

$$F = 10000 \text{ N} \rightarrow K = 661 \text{ N / mm}$$

رابطه ۲ برگرفته از مبحث دینامیک سازه‌ها در مورد یک قاب با اتصالات صلب و تکیه‌گاه گیردار می‌باشد.

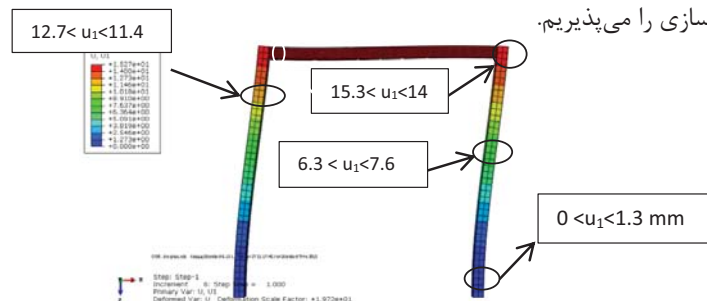
$$K = \frac{12E.I_c}{h^3} \left\{ 2 - \frac{I_c}{h} \times \frac{3 \times \left(\frac{I_b}{L} + 2 \times \frac{I_c}{h} \right)}{4 \left(\frac{I_c}{h} + \frac{I_b}{L} \right)^2 - \left(\frac{I_b}{L} \right)^2} \right\} \quad (2)$$

که در آن:

I_c : ممان اینرسی مقطع ستون I_b : ممان اینرسی مقطع تیر h : ارتفاع ستون L : طول تیر E : مدول الاستیسیته فولاد

در قاب میز لرزان هریک از پارامترها عبارتند از:

$I_b = 541 \text{ cm}^4$ $I_c = 457.73 \text{ cm}^4$ $h = 300 \text{ cm}$ $L = 276 \text{ cm}$ $E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg / cm}^2$
 مطابق رابطه ۲، مقدار k برابر با 636 N / mm محاسبه می‌شود. با توجه به نزدیک بودن این دو مقدار و داشتن خطای به میزان ۴٪، مدل سازی را می‌پذیریم.



شکل ۵- جابجایی قاب تحت اثر نیروی 10000 N

۷. مدل سازی نمونه‌های عددی

در این بخش سه قاب با دهانه‌های ۳ (مدل میز لرزان)، ۵ و ۶ متر و ارتفاع ۳ متر بررسی شده‌اند. به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر دیوارهای پرکننده، با ۳ موقعیت بازشو در ابعاد مختلف 1x1.5m ، 1.5x1.5m ، 1x1m و 1.5x1.5m مورد بررسی قرار گرفته‌اند. موقعیت قرارگیری این بازشوها در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- نمایش موقعیت بازشو



شکل ۷- انواع قاب با ارتفاع ۳ متر (الف) مدل میز لرزان (دهانه ۳ متر) (ب) قاب با دهانه ۵ متر (ج) قاب با دهانه ۶ متر

مشخصات تیر و ستون در قاب ها

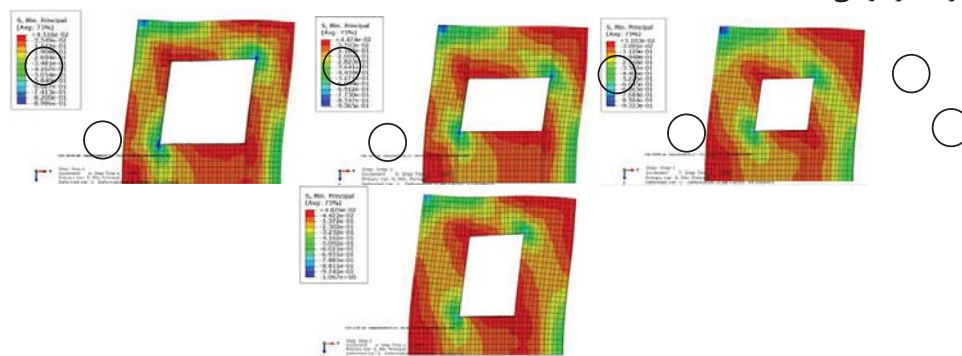
قاب مدل میز لرزان: ستون؛ 120x120x3mm + PL 140x3mm تیر؛ IPE140

قاب با دهانه ۵ متر: ستون؛ 100x200x8mm تیر؛ IPE240

قاب با دهانه ۶ متر: ستون؛ 100x200x10mm تیر؛ IPE270

۸. بررسی توزیع تنش ها و خرابی در دیوار پرکننده دارای بازشو (تحلیل نتایج)

در تصاویر تنش فشاری دیوار پرکننده در گامهای متناظر با نیروی اعمالی درون صفحه 10000 N نشان داده شده است. همانطور که در تصاویر مشاهده می‌شود، با ایجاد بازشو تغییراتی در تنشهای حاصله مشاهده می‌شود که دلیل آن تمرکز تنش در اطراف بازشو می‌باشد.







شکل ۸- توزیع تنش در دیوار پرکننده (بازشو در مرکز- مدل میز لرزان)





***مناطق مشخص شده دارای پتانسیل ترک کششی می باشد.

جدول ۵- مقایسه ضرایب λ در آیین‌نامه هند و نیوزیلند در مدل میز لرزان با بازشوی مرکزی

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	K_1 (m)	K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	λ (نیوزیلند)	λ (هند)
				قاب خالی					



			(N/mm)						
۱	قالب خالی	---	۱۰۰۰	۱۵,۱	۶۶۱	-----	-----	-----	-----
۲	قالب با پانل	---	۱۰۰۰	۴,۲	۶۶۱	-----	۲۳۶۱	-----	۱
۳	بازشو (۱x۱m)		۱۰۰۰	۶,۴	۶۶۱	-----	۱۵۶۲	-----	۰,۴۵۶۵
۴	بازشو (۱x۱,۵m)		۱۰۰۰	۷,۷	۶۶۱	-----	۱۲۹۶	-----	۰,۴۵۶۵
۵	بازشو (۱,۵x۱m)		۱۰۰۰	۷,۸	۶۶۱	-----	۱۲۸۸	-----	۰,۱۸۴۸
۶	بازشو (۱x۱,۵m)		۱۰۰۰	۹,۵	۶۶۱	-----	۱۰۴۷	-----	۰,۱۸۴۸

جدول ۶- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل میز لرزان با بازشو بالا- وسط

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	$N/m)K_1$ (m قالب خالی	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1 (N/mm)	<u>Kinfill- open</u> Kinfill	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
۱	قالب خالی	---	۱۵,۱	۶۶۱	-----	-----	---	-----	-----
۲	قالب با پانل	---	۱۰۰۰	۴,۲	۶۶۱	-----	-----	۱	۱
۳	بازشو (۱x۱m)		۱۰۰۰	۶,۳۵	۶۶۱	-----	-----	۰,۶۸۳۳	۰,۴۵۶۵
۴	بازشو (۱x۱,۵m)		۱۰۰۰	۸,۶	۶۶۱	-----	-----	۰,۵۲۴۹	۰,۴۵۶۵
۵	بازشو (۱,۵x۱m)		۱۰۰۰	۷,۱	۶۶۱	-----	-----	۰,۵۲۴۹	۰,۱۸۴۸
۶	بازشو (۱,۵x۱,۵m)		۱۰۰۰	۹,۷	۶۶۱	-----	-----	۰,۲۸۷۴	۰,۱۸۴۸

جدول ۷- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل میز لرزان با بازشو پایین- وسط

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	$N/m)K_1$ (m قالب خالی	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1 (N/mm)	<u>Kinfill- open</u> Kinfill	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
------	---------	-------------	------------------	------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------	----------------------

			(N/mm)							
۱	قاب خالی	---	۱۰۰۰	۱۵,۱	۶۶۱	-----	-----	-----	-----	-----
۲	قاب با پانل	---	۱۰۰۰	۴,۲	۶۶۱	-----	۲۳۶۱	-----	۱	۱
۳	بازشو (۱x۱m)		۱۰۰۰	۵,۱	۶۶۱	-----	۱۹۷۴	-----	۰,۶۸۳۳	۰,۷۷۲۲
۴	بازشو (۱x۱,۵m)		۱۰۰۰	۶,۱	۶۶۱	-----	۱۶۴۴	-----	۰,۵۲۴۹	۰,۵۷۸
۵	بازشو (۱,۵x۱m)		۱۰۰۰	۵,۵	۶۶۱	-----	۱۸۰۱	-----	۰,۵۲۴۹	۰,۶۷۰۹
۶	بازشو (۱,۵x۱,۵m)		۱۰۰۰	۷,۰۹	۶۶۱	-----	۱۴۱۰	-----	۰,۲۸۷۴	۰,۴۴۰۶

جدول ۸- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل قاب با دهانه ۵ متر و بازشوی مرکزی

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	K_1 (m)	K_1 (N/mm)	K_1 (N/mm)	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
۱	قاب خالی	---	۳,۶۷	۲۷۲۴	-----	-----	-----	-----
۲	قاب با پانل	---	۱,۹۱۶	۲۷۲۴	-----	۵۲۱۹,۵	-----	۱
۳	بازشو (۱x۱m)	---	۲,۱۴	۲۷۲۴	-----	۴۶۷۶	-----	۰,۶۸۵۲
۴	بازشو (۱x۱,۵m)	---	۲,۲۳	۲۷۲۴	-----	۴۴۸۶	-----	۰,۶۸۵۲
۵	بازشو (۱,۵x۱m)	---	۲,۲۸	۲۷۲۴	-----	۴۳۸۲	-----	۰,۵۲۷۸
۶	بازشو (۱,۵x۱,۵m)	---	۲,۴۰	۲۷۲۴	-----	۴۱۷۱	-----	۰,۵۲۷۸

جدول ۹- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل قاب با دهانه ۵ متر با بازشو بالا- وسط

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	K_1 (m)	K_1 (N/mm)	K_1 (N/mm)	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
۱	قاب خالی	---	۳,۶۷	۲۷۲۴	-----	-----	-----	-----
۲	قاب با پانل	---	۱,۹۱۶	۲۷۲۴	-----	۵۲۱۹,۵	-----	۱
۳	بازشو (۱x۱m)	---	۲,۱۴	۲۷۲۴	-----	۴۶۷۶	-----	۰,۶۸۵۲
۴	بازشو (۱x۱,۵m)	---	۲,۲۳	۲۷۲۴	-----	۴۴۸۶	-----	۰,۶۸۵۲
۵	بازشو (۱,۵x۱m)	---	۲,۲۸	۲۷۲۴	-----	۴۳۸۲	-----	۰,۵۲۷۸
۶	بازشو (۱,۵x۱,۵m)	---	۲,۴۰	۲۷۲۴	-----	۴۱۷۱	-----	۰,۵۲۷۸

-----	-----	-----	-----	-----	۲۷۲۴	۳,۶۷	۱۰۰۰	---	قاب خالی	۱
		--					.	-		
۱	۱	-----	۵۲۱۹,۵	-----	۲۷۲۴	۱,۹۱۶	۱۰۰۰	---	قاب با پانل	۲
		--					.	-		
۰,۶۸۵۲	۰,۸۰۹۹	۰,۷۸۵۹	-----	۴۶۸۵	۲۷۲۴	۲,۱۳	۱۰۰۰		بازشو(۱x۱m)	۳
							.			
۰,۶۸۵۲	۰,۷۱۴۹	۰,۶۲۴۸	-----	۴۲۸۳	۲۷۲۴	۲,۳۴	۱۰۰۰		بازشو(۱x۱,۵m)	۴
							.		(
۰,۵۲۷۸	۰,۷۱۴۹	۰,۷۰۸۷	-----	۴۴۹۳	۲۷۲۴	۲,۲۳	۱۰۰۰		بازشو(۱,۵x۱m)	۵
							.		(
۰,۵۲۷۸	۰,۵۷۲۳	۰,۵۲۳۱	-----	۴۰۲۹	۲۷۲۴	۲,۴۸	۱۰۰۰		بازشو(۱,۵x۱,۵m)	۶
							.		(۵	

جدول ۱۰- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل قاب با دهانه ۵ متر با بازشو پایین- وسط

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	$N/m)K_1$ (m قاب خالی	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1 (N/mm)	<u>Kinfill- open Kinfill</u>	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
۱	---	۱۰۰۰	۳,۶۷	۲۷۲۴	-----	-----	-----	-----	-----
	-	.					--		
۲	---	۱۰۰۰	۱,۹۱۶	۲۷۲۴	-----	۵۲۱۹,۵	-----	۱	۱
	-	.					--		
۳		۱۰۰۰	۲,۰۸	۲۷۲۴	-----	۴۸۱۵	-----	۰,۸۰۹۹	۰,۶۸۵۲
		.							
۴		۱۰۰۰	۲,۱۷۲	۲۷۲۴	-----	۴۶۰۴	-----	۰,۷۱۴۹	۰,۶۸۵۲
		.							
۵		۱۰۰۰	۲,۱۷۴	۲۷۲۴	-----	۴۶۰۰	-----	۰,۷۱۴۹	۰,۵۲۷۸
		.							
۶		۱۰۰۰	۲,۳۱	۲۷۲۴	-----	۴۳۳۶	-----	۰,۵۷۲۳	۰,۵۲۷۸
		.							

جدول ۱۱- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل قاب با دهانه ۶ متر و بازشوی مرکزی

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	$N/m)K_1$ (m قاب خالی	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1 (N/mm)	<u>Kinfill- open Kinfill</u>	λ (هند)	λ (نیوزیلند)

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	K_1 (N/m)	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1 (N/mm)	Kinfill- open Kinfill (N/mm)	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
۱	قاب خالی	---	۲,۴۳	۴۱۰۷	---	---	---	---	---
۲	قاب با پانل	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۷۰۵۳	---	---	۱	۱
۳	بازشو (۱x۱m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۶۳۱	---	---	۰,۷۳۶۱	۰,۸۳۸۹
۴	بازشو (۱x۱,۵m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۴۵۲	---	---	۰,۷۳۶۱	۰,۷۵۸۴
۵	بازشو (۱,۵x۱m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۳۸۱	---	---	۰,۶۰۴۲	۰,۷۵۸۴
۶	بازشو (۱,۵x۱,۵m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۱۶۶,۵	---	---	۰,۶۰۴۲	۰,۶۳۷۶

جدول ۱۲- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل قاب با دهانه ۶ متر با بازشو بالا- وسط

جدول ۱۳- مقایسه ضرایب λ در آیین نامه هند و نیوزیلند در مدل قاب با دهانه ۶ متر با بازشو پایین- وسط

مورد	شک ل	نیرو (N)	δ (mm)	K_1 (m)	Kinfill- open+ K_1 (N/mm)	Kinfill+ K_1 (N/mm)	Kinfill- open Kinfill (N/mm)	λ (هند)	λ (نیوزیلند)
۱	قاب خالی	---	۲,۴۳	۴۱۰۷	---	---	---	---	---
۲	قاب با پانل	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۷۰۵۳	---	---	۱	۱
۳	بازشو (۱x۱m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۶۳۱	---	---	۰,۷۳۶۱	۰,۸۳۸۹
۴	بازشو (۱x۱,۵m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۴۵۲	---	---	۰,۷۳۶۱	۰,۷۵۸۴
۵	بازشو (۱,۵x۱m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۳۸۱	---	---	۰,۶۰۴۲	۰,۷۵۸۴
۶	بازشو (۱,۵x۱,۵m)	---	۱,۴۱۸	۴۱۰۷	۶۱۶۶,۵	---	---	۰,۶۰۴۲	۰,۶۳۷۶

با توجه به نتایج ارائه شده در جداول ۵ تا ۱۳، با افزایش سطح بازشو میزان سختی قاب پر شده کاهش و میزان جابجایی افزایش یافته است. همچنین ملاحظه می گردد که با مقایسه ی ردیفهای ۴ و ۵ هر جدول با اینکه سطح کلی بازشو یکسان می باشد در حالت قرارگیری بازشو در:

- مرکز، با افزایش پهنای بازشو و کاهش ارتفاع، سختی اندکی بیشتر کاهش یافته است.
- وسط- بالا، با افزایش ارتفاع بازشو و کاهش پهنای، سختی اندکی بیشتر کاهش یافته است.
- وسط- پایین، در مدل میز لرزان ارتفاع بازشو تأثیر بیشتری بر کاهش سختی دارد ولی در مدل های دیگر (افزایش دهانه ی قاب) تفاوت چندانی ندارند ولی پهنای بازشو مؤثرتر است.

جدول ۱۴: پراکندگی نسبت سختی مدل عددی حول میانگین و نتایج آیین نامه های هند و نیوزیلند (مدل میز لرزان)

ابعاد بازشو	مدل	میانگین مدل	هند	نیوزیلند	واریانس حول هند	واریانس حول نیوزیلند	واریانس حول میانگین
1x1m	میز لرزان	۰,۶۱۹۱	۰,۶۸۳۳	۰,۴۵۶۵	۰,۰۳۶۳	۰,۰۵۸۶	۰,۰۳۲۱
1.5x1m	میز لرزان	۰,۴۶۴۰	۰,۵۲۴۹	۰,۱۸۴۸	۰,۰۳۸۵	۰,۱۱۲۸	۰,۰۳۴۸
1.5x1.5m	میز لرزان	۰,۳۰۸۴	۰,۲۸۷۴	۰,۱۸۴۸	۰,۰۲۰۳	۰,۰۳۵۱	۰,۰۱۹۸
1x1.5m	میز لرزان	۰,۴۸۴۲	۰,۵۲۴۹	۰,۴۵۶۵	۰,۰۳۸۹	۰,۰۳۸۰	۰,۰۳۷۲

جدول ۱۵: پراکندگی نسبت سختی مدل عددی حول میانگین و نتایج آیین نامه های هند و نیوزیلند (قاب با دهانه ۵ متر)

ابعاد بازشو	مدل	میانگین مدل	هند	نیوزیلند	واریانس حول هند	واریانس حول نیوزیلند	واریانس حول میانگین
1x1m	قاب با دهانه ۵ متر	۰,۸۰۵۰	۰,۸۰۹۹	۰,۶۸۵۲	۰,۰۳۶۴	۰,۰۵۰۷	۰,۰۳۶۳
1.5x1m	قاب با دهانه ۵ متر	۰,۷۲۴۹	۰,۷۱۴۹	۰,۵۲۷۸	۰,۰۳۴۵	۰,۰۷۳۳	۰,۰۳۴۴
1.5x1.5m	قاب با دهانه ۵ متر	۰,۶۴۱۰	۰,۵۷۲۳	۰,۵۲۷۸	۰,۰۵۴۳	۰,۰۶۲۴	۰,۰۴۹۶
1x1.5m	قاب با دهانه ۵ متر	۰,۷۳۳۱	۰,۷۱۴۹	۰,۶۸۵۲	۰,۰۵۴۱	۰,۰۵۶۱	۰,۰۵۳۸

جدول ۱۶: پراکندگی نسبت سختی مدل عددی حول میانگین و نتایج آیین نامه های هند و نیوزیلند (قاب با دهانه ۶ متر)

ابعاد بازشو	مدل	میانگین مدل	هند	نیوزیلند	واریانس حول هند	واریانس حول نیوزیلند	واریانس حول میانگین
1x1m	قاب با دهانه ۶ متر	۰,۸۴۲۹	۰,۸۳۸۹	۰,۷۳۶۱	۰,۰۲۶۷	۰,۰۳۸۱	۰,۰۲۶۷

۰,۰۲۸۷	۰,۰۵۸۱	۰,۰۲۹۰	۰,۶۰۴۲	۰,۷۵۸۴	۰,۷۷۵۷	قاب با دهانه ۶ متر	1.5x1 m
۰,۰۴۳۹	۰,۰۵۴۷	۰,۰۴۸۹	۰,۶۰۴۲	۰,۶۳۷۶	۰,۷۰۸۲	قاب با دهانه ۶ متر	1.5x1.5m
۰,۰۴۱۶	۰,۰۴۳۹	۰,۰۴۲۳	۰,۷۳۶۱	۰,۷۵۸۴	۰,۷۸۳۹	قاب با دهانه ۶ متر	1x1.5 m

با توجه به نتایج حاصل از جداول (۱۴، ۱۵ و ۱۶)، نتایج حاصل از آیین نامه هند به واقعیت نزدیکتر است. میزان واریانس حول میانگین و واریانس حول هند نمونه‌های عددی نزدیک به هم هستند.

* منظور از نسبت سختی عبارت است از سختی میانقاب با بازشو تقسیم بر سختی میانقاب بدون بازشو

* منظور از پراکندگی همان واریانس در ریاضیات می باشد.

روابط بدست آمده از نتایج مدل‌های عددی در جداول ۱۷ و ۱۸ و شکل‌های (۱۰-الف و ۱۰-ب) آورده شده است.

جدول ۱۷: مقایسه روابط بدست آمده از نتایج عددی و آیین نامه هند

موقعیت بازشو	رابطه مدل عددی	رابطه آیین نامه هند
مرکز	$\lambda = 1 - 2.94 \frac{A_0}{A_p}$	$\lambda = 1 - 2.5 \frac{A_0}{A_p}$
وسط- بالا	$\lambda = 1 - 3 \frac{A_0}{A_p}$	$\lambda = 1 - 2.5 \frac{A_0}{A_p}$
وسط- پایین	$\lambda = 0.96 - 1.84 \frac{A_0}{A_p}$	$\lambda = 1 - 2.5 \frac{A_0}{A_p}$

که در آن A_0 و A_p بترتیب سطح بازشو و سطح دیوار پرکننده می باشد.

جدول ۱۸: مقایسه روابط بدست آمده از نتایج عددی و آیین نامه نیوزیلند

موقعیت بازشو	رابطه مدل عددی	رابطه آیین نامه نیوزیلند
مرکز	$\lambda = 1.032 - 1.4 \frac{L_0}{L_i}$	$\lambda = 1 - 1.5 \frac{L_0}{L_i}$
وسط- بالا	$\lambda = 0.975 - 1.25 \frac{L_0}{L_i}$	$\lambda = 1 - 1.5 \frac{L_0}{L_i}$
وسط- پایین	$\lambda = 0.924 - 0.69 \frac{L_0}{L_i}$	$\lambda = 1 - 1.5 \frac{L_0}{L_i}$

که در آن L_0 و L_i بترتیب دهانه‌ی بازشو و دهانه‌ی دیوار پرکننده می باشد.

شکل ۱۰-الف- ضریب کاهش سختی دیوار از نوعی پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی به نسبت سطح بازشو به سطح دیوار پرکننده

شکل ۱۰-ب- ضریب کاهش سختی دیوار از نوعی پانل سبک نانو کامپوزیت مسلح معدنی به نسبت سطح بازشو به سطح دیوار پرکننده

شکل ۱۱- پراکندگی نسبت سختی مدل عددی میز لرزان حول میانگین و نتایج آیین نامه های هند و نیوزیلند

شکل ۱۲- پراکندگی نسبت سختی مدل عددی قاب با دهانه ۵ متر حول میانگین و نتایج آیین نامه های هند و نیوزیلند

شکل ۱۳- پراکندگی نسبت سختی مدل عددی قاب با دهانه ۶ متر حول میانگین و نتایج آیین نامه های هند و نیوزیلند

۹. نتیجه گیری

در این مقاله مبتنی بر محصول جدیدی به نام ایزی وال برای دیوار، برهمکنش این دیوار با و بدون بازشو با ۳ موقعیت مختلف در قاب فولادی بررسی شد و ضرورت توجه به افزایش سختی و کاهش جابجایی قاب با وجود دیوار پرکننده در طراحی ها دیده شد، همچنین موارد زیر ملاحظه گردید:

- با افزایش سطح بازشوها، به نسبت سطح بازشو، سختی افزایش کمتری یافته است و با یکسان بودن سطح بازشو در یک قاب در حالت قرارگیری بازشو در مرکز، با افزایش پهناي بازشو و کاهش ارتفاع، سختی اندکی بیشتر کاهش یافته است و در حالت قرارگیری بازشو در وسط- بالا، با افزایش ارتفاع بازشو و کاهش پهنا، سختی اندکی بیشتر کاهش یافته است و در حالت قرارگیری بازشو در وسط- پایین، در مدل میز لرزان ارتفاع تأثیر بیشتری بر کاهش سختی دارد.
- آثار مثبت دیوارهای پرکننده بر افزایش سختی قاب پر شده.
- آثار منفی بازشوها در کاهش سختی قاب پر شده.
- نزدیک بودن نتایج نمونه های عددی با نتایج حاصل از آیین نامه های هند.
- ارجح بودن قرارگیری بازشوها در یک سوم میانی دیوار پرکننده.

تشکر و قدردانی

از شرکت بنای رسیس (مبتکر و سازنده محصولات دیوار ایزی وال) به خاطر همکاری در ارائه نتایج آزمایشگاهی پانل کامپوزیت تشکر می گردد.

مراجع

- [1]. 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,.
- [2]. Darrani, A. J., (1994), "Seismic Retrofit of Flat Slab Building with masonry infills." NCEER- 94- 0004.
- [3]. Asteris, P. G., (2003), "Analysis of masonry infilled frames using a finite Element technique." Journal of Structural Engineering, ASCE , 128(3), pp 1071-1079

- [4].Lestozzi, W.W., 2007, "Experimental and Analytical Seismic Evaluation of Concrete Masonry-Infilled Steel Frame Retrofitted Using GFRP Laminates", PhD Thesis, DrexelUniv., Philadelphia
- [5]. Mohebkah , AA, AND TASNIMI, A.A, and Moghadame ,H.A,2009", Nonlinear analysis of masonry-infilled steel frames with openings using discrete element method", ASCE journal of the structural division, vol.121,no.8.pp.122-123 5.
- [6]. Majid Mohammadi¹, Farzad Nikfar², " Strength and Stiffness of Masonry Infilled Frames with Central Openings Based on Experimental Results " , American Society of Civil Engineers, 2013
۷. تابش پور، محمدرضا، (۱۳۹۲). قاب پر شده با دیوار آجری، تهران: انتشارات فدک ایستاتیس.
۸. شرکت بنای رسیس ، مبتکر و تولید کننده پانل سبک ایزی وال به صورت کامپوزیت مسلح: (<http://www.easywall.ir>)
۹. تابش پور، محمدرضا، (۱۳۹۲). امکان سنجی آزمایشگاهی نوعی پانل کامپوزیت معدنی مسلح برای کاربرد به عنوان دیوار باربر، دانشگاه سمنان، دومین کنفرانس ملی صنعت بتن.
- [10]. Ricardo Mateus, Sara Neiva, Luís Bragança, Paulo Mendonça, Mónica, "Sustainability assessment of an innovative lightweight building technology for partition walls – Comparison with conventional technologies" ,Original Research Article,Building and Environment, Volume 67, September 2013, Pages 147-159
۱۱. تابش پور، محمد رضا و موحدنیا، مهرداد، (۱۳۹۲). مقایسه نوعی پانل کامپوزیت مسلح نوین با مصالح سنتی بکاررفته در ساخت انواع ساختمانهای مسکونی و تاریخی. اولین همایش ملی مصالح ساختمان و تکنولوژیهای نوین در صنعت ساختمان"، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد.
۱۲. معاونت تحقیق و توسعه شرکت بنای رسیس، (۱۳۹۲). ایزی وال فناوری نوینی در صنعت ساختمان، تهران: انتشارات فدک ایستاتیس.
۱۳. سروش نیا، سهیل و همکاران، (۱۳۹۲). کاملترین مرجع کاربردی ABAQUS (ویژه عمران)، تهران: انتشارات نگارنده دانش.
۱۴. گریوانی، ص. (۱۳۸۸). رفتار میانقاب های بنایی در قابهای فولادی با اتصال خورجینی، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس.

Sensitivity analysis of the effect of central opening in the infilled frames of kind nanocomposite panel on reducing the stiffness

Mohammad Reza Tabeshpour

Department of mechanic, Faculty of engineering, University of sharif, Tehran, Iran, E-mail:tabeshpour@sharif.edu

Masoomeh Sabzehali Tooranposhti

Department of civil, Faculty of engineering, University of Islamic Azad, Arak, Iran, E-mail:Sabzehali_m@yahoo.com

Abstract. This research is done in order to investigate the interaction between a kind of reinforced composite panel with steel frame. In this research the negative and positive effects of infilled walls from a kind of reinforced light-weight composite panel on seismic behaviour of steel frames with opening is investigated. Results of modeling is compared with the results of presented Inian and Newziland regulations about openings. Numerical modelings is done with ABAQUS finent elements. First by Comparison numerical modeling results with experimental and analytic results, the correctness of chosen method for modeling of infilled walls from a kind of reinforced light-weight composite panel is