

بررسی اثر میانقاب‌ها بر کاهش طول دیوار برشی و کاهش هزینه ساختمان

سید محمود سیدی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران - سازه، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
علی سلیقه زاده*

عضو هیأت علمی، گروه مهندسی عمران - سازه، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

a_salighehzadeh@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۰۶/۲۷

چکیده

میانقاب باعث افزایش سختی قاب اطراف خود می‌شود. قابی که با میانقاب پر شده، نسبت به قابهای مشابه که بدون میانقاب می‌باشند، نیروی جانبی بیشتری را جذب می‌کند. این امر سبب می‌شود تا علاوه بر سختی، مقاومت، زمان تناوب، نیروهای داخلی و سایر خصوصیات، قاب دارای میانقاب تفاوت پیدا کند و بعد از سیکل‌های اول بارگذاری جانبی و با شکست ترد میانقاب، این نیرو به قاب منتقل شده و باعث گسیختگی و از هم‌پاشیدگی قاب شود. در این تحقیق با یک پلان مشابه ساختمانهایی با ارتفاع‌های مختلف (سه، پنج و هشت طبقه) در سه نوع خاک متفاوت (براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰) مدل‌سازی شد. برای هر حالت، سازه بدون میانقاب، با میانقاب مصالح بنایی و با میانقاب 3D Panel مدل‌سازی شد. همچنین تحلیل در حالت استاتیکی و دینامیکی طیفی با استفاده از نرم‌افزار ETABS انجام پذیرفت و تأثیر استفاده از میانقاب بر کاهش طول دیوار برشی و کاهش هزینه بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهند که هرچه طبقات کمتر باشد، روند کاهش طول دیوار برشی بیشتر می‌باشد و این موضوع در ساختمان سه طبقه بیشتر است. همچنین با استفاده از میانقاب پانل سه بعدی، ابعاد المانهای تیر و ستون و مقدار میلگرد کاهش می‌یابد.

کلیدواژه‌گان: میانقاب، پانل سه بعدی، 3D Panel، میانقاب مصالح بنایی، کاهش هزینه.

مقدمه

امروزه در ساختمانهای شهری از دیوارها با مصالح بنایی غیر مسلح جهت پرکردن فضای بین قابها استفاده می‌شود که این دیوارها را میانقاب می‌نامند. با اینکه میانقابها به عنوان اجزای غیر سازه‌ای در نظر گرفته می‌شوند، اما تحت تأثیر تحرکات ناشی از زلزله، با قابهای اطراف خود اندرکنش به وجود می‌آورند که باعث اعمال نیروهای زیاد درون و برون صفحه‌ای به میانقاب می‌شود.

اقبالیان و عابدی (۱۳۷۸) در تحقیق خود رفتار دیوارهای برشی فولادی بدون سخت‌کننده در سازه‌های بلند را در نرم‌افزار ANSYS به روش تحلیل غیر خطی مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که در طراحی دیوار برشی فولادی تمامی ظرفیت ورق برای مقابله با برش لحاظ می‌گردد و برای مقابله با خمش آن صرف نظر می‌شود، سازه‌های بلند به دلیل ارتفاع زیاد سازه علاوه بر نیروهای برشی، نیروهای خمشی قابل توجهی در دیوارهای برشی بوجود می‌آورند و به دلیل نادیده گرفتن خمش ورق، ناپایداری خمشی در دیوار بوجود می‌آید و باعث خرابی ترد در سازه می‌شود به این دلیل روش‌های موجود طراحی دیوارهای برشی در سازه‌های بلند نا کارآمد می‌باشد [۱].

صالحی یانه سری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیق خود روی روش‌های مختلف مدلسازی میانقاب بر عملکرد لرزه‌ای قابهای بتنی، اثر میانقاب مصالح بنایی در رفتار قاب‌های بتنی را بصورت سه عدد المان دو سر مفصل قطری و همچنین یک المان دو سر مفصل قطری مدلسازی کردند (روش تک المان، روش پیشنهادی دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای می‌باشد) و نتیجه گرفتند که مدلسازی بصورت یک المان دو سر مفصل در اکثر موارد نتایج محافظه کارانه‌تری نسبت به مدلسازی بصورت سه عدد المان دو سر مفصل را نشان می‌دهد [۲].

وطن چیان یزدی و همکاران (۱۳۹۰) رفتار دیوارهای پیش‌ساخته سبک سه بعدی را با دیوار برشی بتنی تحت بارهای رفت و برگشتی در نرم‌افزار ABAQUS بصورت دو لایه بتنی یکپارچه با حذف برشگیرها به روش تحلیل غیر خطی مدلسازی و تحلیل نمودند و همچنین با افزایش ارتفاع دیوارها پائل سه بعدی نسبت به دیوارهای برشی مشابه متوجه شدند که ظرفیت آنها به مقدار ثابتی میل می‌کند و می‌توان بجای تحلیل و طراحی سازه‌ای تقریباً پیچیده دیوار پائل سه بعدی آنها بصورت دیوار برشی مشابه تحلیل و طراحی نمود [۳].

مستوی و همکاران (۱۳۹۴) میزان آسیب‌پذیری ساختمان بتنی با سیستم قاب خمشی و دیوار برشی با میانقاب و بدون میانقاب و زلزله بار افزون را در نرم‌افزار ETABS با سه حالت دیوار مصالح بنایی با کیفیت و شرایط مختلف مدلسازی کردند. نتایج نشان داد که وجود میانقاب در سیستم باربر جانبی سازه‌ای با ارتفاع کم مفید خواهد شد و همچنین اندرکنش بین قاب و میانقابها، در سازه‌های بلند باعث افزایش جذب نیروی زلزله می‌شود و این افزایش باعث انتقال نیرو از تیرها به ستون و در نهایت به پی خواهد بود که برای سازه مطلوب نخواهد بود [۴].

تی (۲۰۱۶) بر اساس پژوهش‌ها و مطالعات تحلیلی و تجربی، مشاهدات میدانی پس از زلزله در منطقه‌ای در بخارست رومانی و با بررسی رفتار لرزه‌ای سازه‌های اسکلت بتنی با میانقاب مصالح بنایی بیان می‌کند که اگر میانقاب از نوع مصالح بنایی متصل به قاب باشد، باعث افزایش سختی و مقاومت و رفتار متفاوت چرخه‌ای نسبت به قابهای بدون میانقاب می‌شود. همچنین حضور میانقاب باعث افزایش مقاومت و برش پایه سازه و کاهش تغییر شکل کلی سازه می‌شود [۵]. رمبابو و همکاران (۲۰۱۷) عملکرد لرزه‌ای سه مدل قاب (بدون میانقاب، قاب پر شده از میانقاب مصالح بنایی و قابی که نصف آن با میانقاب پر شده است) را در نرم‌افزار OPENSEES بصورت میکرو مدل‌سازی کردند و با استفاده از تحلیل پوش‌آور مدل‌ها را تحلیل نمودند. نتایج نشان داد که میانقابها تأثیر قابل توجهی در رفتار کلی سازه دارند و باعث ایجاد توزیع نامتوازن در سازه و در قابهایی که نصف آنها از میانقاب پر شده می‌شوند. همچنین قابهای پر شده از میانقاب نیروی بیشتری را جذب می‌کنند [۶].

گریوانی و همکاران (۱۳۹۲) اثرات تقویت میانقابهای مصالح بنایی با استفاده از لایه شاتکریت و شبکه فولادی، بر سختی و مقاومت نهایی قاب را در نرم‌افزار اجزاء محدود مدلسازی کردند و با نتایج حاصل از مدل‌های آزمایشگاهی مقایسه نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اثرات مثبت میانقابهای تقویت شده بر سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب و اثرات منفی این اعضاء بر روی اعضای مجاور خود (تیر، ستون و به ویژه اتصال خورجینی) می‌باشد. همچنین وجود میانقاب باعث افزایش چرخش اتصال خورجینی در یک مقدار ثابت از تغییر مکان نسبی طبقه و تقویت میانقابها موجب تشدید آن می‌شود [۷].

مدلسازی

در این تحقیق به بررسی اثر میانقابی در ساختمان‌های دارای اسکلت بتنی همراه با دیوار برشی پرداخته شده است. به این منظور، یک ساختمان مسکونی با پلان معماری و ستون گذاری ثابت، در سه، پنج و هشت طبقه با کاربری مسکونی در نظر گرفته شده است. این ساختمانها در سه حالت بدون میانقاب، قاب همراه با میانقاب مصالح بنایی و قاب همراه با میانقاب پائل سه بعدی مدلسازی شده‌اند. هر یک از مدل‌ها در هر یک از انواع زمینهای نوع I، II و III در منطقه با خطر نسبی زلزله خیلی زیاد مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۸].

در کلیه مدلها طبقه همکف پارکینگ با ارتفاع ۲/۵ متر و دیگر طبقات با ارتفاع ۳/۲ متر می‌باشد و سقفا در تمامی مدلها از نوع تیرچه و بلوک با اختصاص دیافراگم صلب می‌باشد. بارهای وارده مطابق با مباحث مختلف مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شده است و برای طراحی از آیین‌نامه بتن ایران، آبا، استفاده شده است. جهت تحلیل مدلها از نرم‌افزار Etabs 9.7.2 و از دو روش تحلیل دینامیکی طیفی و تحلیل استاتیکی خطی استفاده شده است. شکل ۱ پلان سازه و جدول ۱ ابعاد المانهای سازه‌ای را نشان می‌دهد [۹]، [۱۰] و [۱۱].

۱: ضریبی که برای محاسبه عرض معادل دستک فشاری پانل به کار می‌رود.

مقاومت فشاری مصالح بنایی

طبق بند ۲-۲-۱ نشریه ۳۷۶، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای بنایی غیر مسلح موجود، کرانه پایین مقاومت مصالح بنایی در شرایط خوب نباید از 40 kg/cm^2 در شرایط متوسط از 60 kg/cm^2 و در شرایط بد از 20 kg/cm^2 کمتر باشد. بنابراین در تحقیق حاضر شرایط متوسط ملاک عمل بوده و مقاومت فشاری مصالح بنایی در میانقاب 40 kg/cm^2 لحاظ گردید [۱۴].

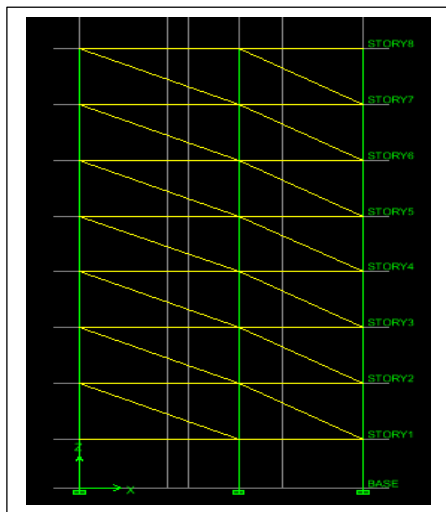
مدول الاستیسیته مصالح بنایی

طبق بند ۲-۲-۲ نشریه ۳۷۶ مقدار مدول الاستیسیته، 550 برابر مقاومت فشاری مورد انتظار در نظر گرفته می‌شود.

$$E_{me} = 550f_{em} \quad (3)$$

$$E_{me} = 550f_{em} \rightarrow E_{me} = 550 * 40 = 22000 \quad (4)$$

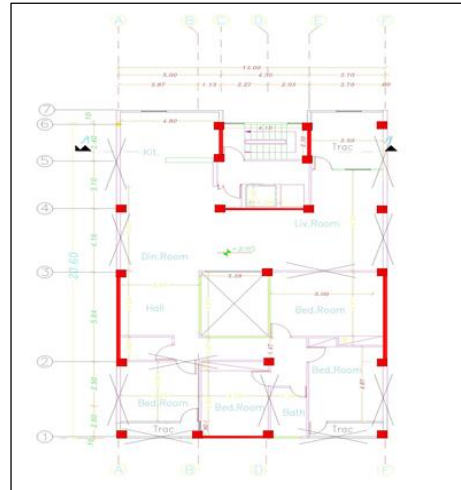
در شکل شماره ۲ تصویری از مدلسازی میانقاب بنایی آورده شده است.



شکل ۲- مدلسازی میانقاب مصالح بنایی

مدلسازی میانقاب‌های پانل سه بعدی

پانل سه بعدی یا ساندویچ پنل یک لایه عایق فشرده است که از دو طرف به دو لایه ورق محدود شده است. پانلهای سه بعدی ساندویچی متشکل از یک لایه عایق پلی استایرن در وسط و دو لایه شبکه جوش شده در دو طرف بوده که شبکه‌های جوش شده به وسیله میلگردهای برشگیر قطری به یکدیگر متصل شده و در نهایت یک شبکه سه بعدی تشکیل می‌دهند. پانلها ابتدا در محل اجرای ساختمان روی پی طوری نصب می‌شوند که آرماتورهای انتظار موجود روی پی‌ها در قسمت داخلی شبکه‌های جوش شده قرار گیرند و به شبکه متصل شوند. سپس دو طرف آن به ضخامت ۴ تا ۵ سانتیمتر



شکل ۱- پلان معماری ساختمان

جدول ۱- ابعاد تیر و ستون

ابعاد تیر و ستون				
ردیف	طبقه	ابعاد ستون	تعداد و قطر میلگرد	ابعاد تیرها
۱	۱-۳	۵۰ × ۵۰	۲۰-۱۶	۵۰ × ۴۵
۲	۴-۶	۴۵ × ۴۵	۲۰-۱۷	۴۵ × ۴۵
۳	۷-۸	۳۵ × ۳۵	۲۰-۱۸	۳۵ × ۳۵

مدلسازی میانقاب‌های مصالح بنایی

میانقاب‌های مصالح بنایی مطابق با بند ۷-۸-۲ نشریه ۳۶۰ بصورت المانهای دو سر مصل در نرم افزار ETABS مدلسازی شد. در این مدلسازی ضخامت المان برابر با ضخامت میانقاب در نظر گرفته شد و عرض آن از روابط زیر بدست آورده شد [۱۲] و [۱۳]:

(۱)

$$a = 0.254 [\lambda_1 h_{col}]^{-0.4} r_{inf}$$

(۲)

$$\lambda_1 = \left[\frac{10E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{0.25}$$

h_{col} : ارتفاع مرکز تا مرکز ستون cm

h_{inf} : ارتفاع پانل میان قاب cm

E_{me} : ضریب ارتجاعی مورد انتظار مصالح قاب kg/cm^2

E_{inf} : ضریب ارتجاعی مورد انتظار مصالح میانقاب kg/cm^2

I_{col} : لنگر اینرسی ستون cm^4

r_{inf} : طول قطری پانل میان قاب cm

t_{inf} : ضخامت پانل میان قاب و دستک فشاری معادل cm

θ : زاویه‌ای که تانژانت آن برابر ضریب تناسب پانل (نسبت ارتفاع به طول) می‌باشد.

تیرها وستونها) در نرم افزار قرمز رنگ شود (نسبت تنش موجود در اعضای سازه بیشتر از حد مجاز گردد) ادامه داده شد و تحلیل‌ها انجام گردید. مقادیر عددی این کاهش طول دیوار برشی برای کلیه مدلها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

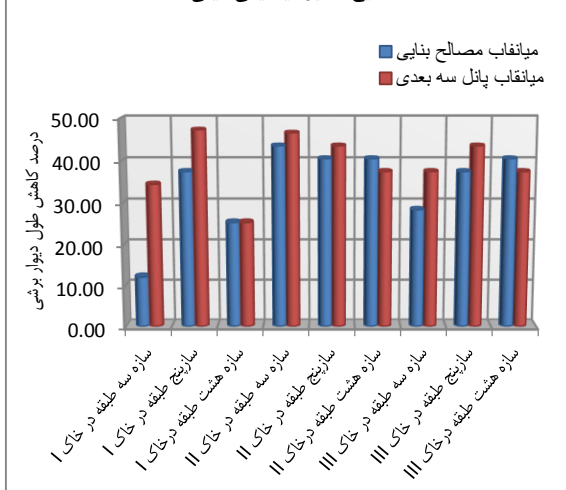
جدول ۲- مقادیر کاهش طول دیوار برشی

نوع تحلیل	نوع خاک	تعداد طبقات	مقدار کاهش طول دیوار برشی در سازه با میانقاب مصالح بنایی	مقدار کاهش طول دیوار برشی در سازه با میانقاب پانل سه بعدی
دینامیکی طیفی	I	۸	۴/۱۸	۴/۱۸
		۵	۷/۱۸	۸/۸
		۳	۲	۵/۶۸
	II	۸	۶/۶۸	۶/۱۸
		۵	۶/۶۸	۷/۱۸
		۳	۸/۱۸	۸/۶۸
	III	۸	۶/۶۸	۶/۱۸
		۵	۸/۱۸	۹/۱۸
		۳	۴/۶۸	۶/۱۸
استاتیکی خطی	I	۸	۸/۱۸	۹/۶۸
		۵	۳/۶۸	۴/۶۸
		۳	۸/۶۶	۹/۶۸
	II	۸	۳/۶۸	۵/۶۸
		۵	۱/۱۸	۲/۶۸
		۳	۸/۶۸	۸/۱۸
	III	۸	۱/۶۸	۵/۶۸
		۵	۲/۱۸	۹/۱۸
		۳	۷/۶۸	۸/۱۸

تر مدل‌های دارای برشی بیشتر از

مدل‌های مشابه در مدل‌های دارای میانقابهای مصالح بنایی می‌باشد. در شکل شماره ۴ نتایج تحلیل دینامیکی طیفی اثر میانقاب مصالح بنایی و میانقاب پانل سه بعدی بر کاهش طول دیوار برشی را نشان می‌دهد. شکل شماره ۵ نیز همین مقایسه را با تحلیل استاتیکی نشان می‌دهد.

نتایج تحلیل دینامیکی طیفی



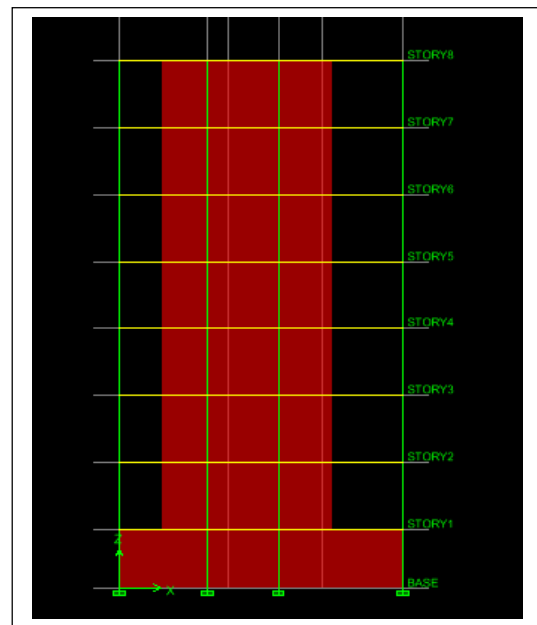
شکل ۴- نتایج تحلیل دینامیکی اثر میانقاب بر کاهش طول دیوار برشی

بتن پاشی به روش شاتکریت انجام می‌شود و به این ترتیب یک عضو بتن مسلح یک پارچه تشکیل می‌گردد.

اصول تحلیل سیستم‌های کامل پانلی و اجزای پانلی سیستم‌های مختلط پانلی و روش‌های مدل‌سازی آن‌ها مطابق با بند ۱۰-۳ آیین نامه بتن ایران، آباء می‌باشد. مطابق با بند ۱-۲-۸-۷، مدلسازی تحلیلی دیوارهای پانلی می‌تواند مبتنی بر روش اجزای محدود و با استفاده از المانهای ایزوپارامتریک غشایی انجام شود. برای دیوارهای پانلی دارای بازشو لازم است شبکه‌بندی المان‌های دیوار پانلی به نحوی باشد که بتواند رفتار واقعی دیوار پانلی با بازشو را از نظر نیروهای داخلی و تغییر شکل‌های نسبی تأمین نماید [۱۵].

در مدل کردن پانل‌های سه بعدی، نوع مصالح پانل از نوع other مدول الاستیسیته متوسط ۰/۵۵ مدول الاستیسیته بتن (طبق نشریه شماره ۳۸۵، دستورالعمل ساخت و طراحی پانل سه بعدی) و به ضخامت ۸ سانتیمتر بتن (۴ سانتیمتر در هر طرف فوم مش‌دار) و مقاومت بتن $f_c' = 240 \text{ Kg/cm}^2$ انتخاب شده است.

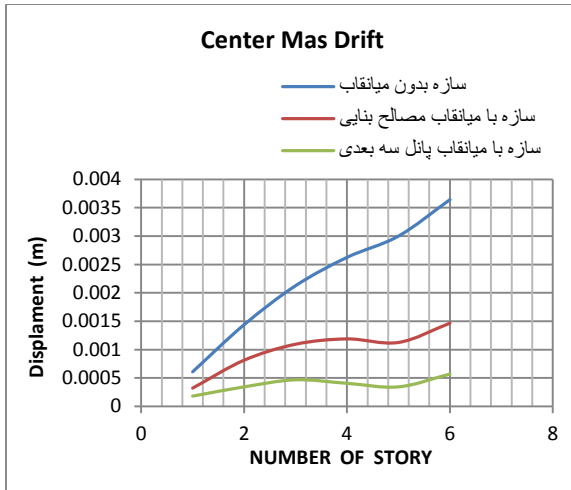
در شکل شماره ۳ تصویری از مدلسازی میانقاب پانل سه بعدی در ساختمان هشت طبقه آورده شده است.



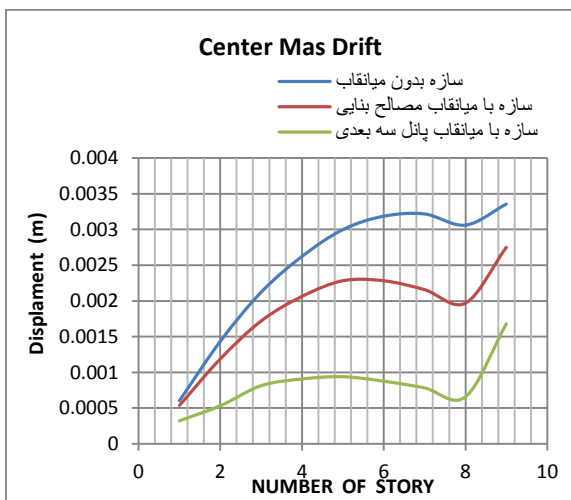
شکل ۳- مدلسازی میانقاب پانل سه بعدی

کاهش طول دیوار برشی

پس از تحلیل و طراحی سازه با طبقات متفاوت (سه، پنج و هشت طبقه) در انواع خاک‌های مورد اشاره در آیین نامه ۲۸۰۰، کلیه محلهایی که با علامت ضربدر در شکل شماره ۱ مشخص شده است، در مدل‌هایی جداگانه، بصورت میانقاب پانل سه بعدی و همچنین میانقاب مصالح بنایی، با روش‌هایی که در مباحث قبلی به آنها اشاره شده است بطور جداگانه مدلسازی و تحلیل شدند، سپس در تمامی مدل‌ها طول دیوار برشی در راستای محور Y بین قاب A2-A3 و F2 کاهش داده شد. این روند کاهش طول دیوار برشی تا مرزی که مقاطع سازه‌ای



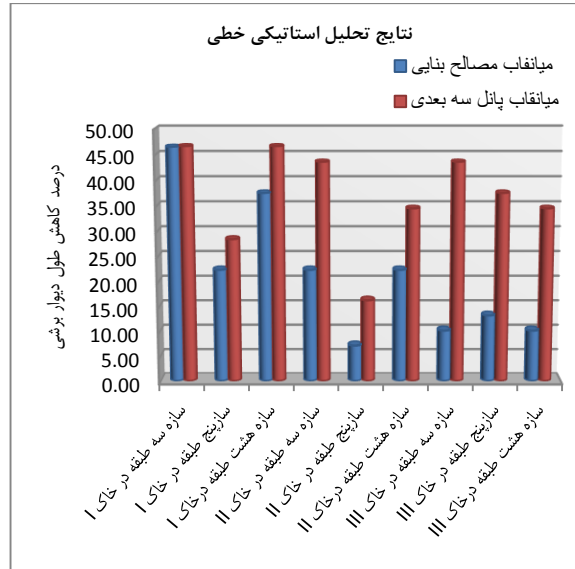
شکل ۷- نمودار دررفت پنج طبقه



شکل ۸- نمودار دررفت هشت طبقه

مقدار بتن و میلگرد تیر وستون‌ها

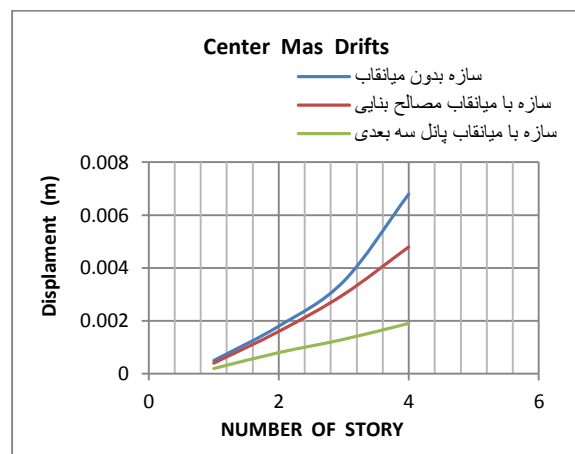
با فرض اینکه میانقاب پانل سه بعدی اثر چندانی بر ضخامت و میلگرد سقف تیرچه بلوک ندارد، ضخامت و مقدار میلگرد بکاررفته در سقف سازه، قبل و بعد از مدلسازی میانقاب پانل سه بعدی ثابت فرض شده است. به این ترتیب تأثیر میانقاب پانل سه بعدی فقط باعث کاهش ابعاد در تیرها و ستونها شده است. مقادیر بتن و میلگرد در تیر و ستون‌های سازه بدون میانقاب در جدول‌های شماره ۳ و ۴ نشان داده شده است.



شکل ۵- نتایج تحلیل استاتیکی اثر میانقاب بر کاهش طول دیوار برشی

تغییر مکان نسبی طبقات (دررفت طبقات)

در شکل‌های شماره ۶ تا ۸ تغییر مکان نسبی طبقات در ساختمانهای سه، پنج و هشت طبقه در خاک نوع III، تحت نیروی جانبی EX آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار عددی دررفت در ساختمان هشت طبقه بدون میانقاب، سپس ساختمان با میانقاب مصالح بنایی و کمترین مقدار برای ساختمان با میانقاب پانل سه بعدی به دست آمده است که به ترتیب برابرند با (۰/۰۲۲۶۲)، (۰/۰۲۷۵، ۰/۰۱۳۹)، همچنین برای ساختمان پنج طبقه بدون میانقاب و ساختمان‌های با میانقاب مصالح بنایی و با میانقاب پانل سه بعدی، بیشترین مقدار عددی دررفت به ترتیب برابرند با (۰/۰۰۳۵)، (۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۰۵)، در ساختمان سه طبقه بدون میانقاب و ساختمان با میانقاب مصالح بنایی و ساختمان با میانقاب پانل سه بعدی، بیشترین مقدار عددی دررفت به ترتیب برابر با (۰/۰۰۶۵، ۰/۰۰۴۵ و ۰/۰۰۲) می‌باشد.



شکل ۶- نمودار دررفت سه طبقه

جدول ۳- حجم بتن مصرفی در تیر و ستون سازه ۸ طبقه بدون میانقاب

نام المان	طبقه	تعداد ستون/تیر* تعداد طبقات	ارتفاع /طول	ابعاد	جمع
ستون	۱-۱	۱۸ × ۱	۲/۸	۵۰ × ۵۰	۱۲/۶
	۲-۳	۱۸ × ۲	۳/۲	۵۰ × ۵۰	۲۸/۸
	۴-۶	۱۸ × ۳	۳/۲	۴۵ × ۴۵	۴۳/۲
	۷-۸	۱۸ × ۲	۳/۲	۳۵ × ۳۵	۲۸/۸
تیر	۱-۱	۱ × ۱	۱۴۰	۵۰ × ۴۵	۳۱/۵۰
	۲-۳	۱ × ۲	۱۴۰	۵۰ × ۴۵	۶۳/۰۰
	۴-۶	۱ × ۳	۱۴۰	۴۵ × ۴۵	۸۵/۰۵
	۷-۸	۱ × ۲	۱۴۰	۳۵ × ۳۵	۳۴/۳۰
جمع کل (متر مکعب)					۳۲۷/۲۵

جدول ۴- وزن میلگرد مصرفی در تیر و ستون سازه ۸ طبقه بدون میانقاب

نام المان	طبقه	تعداد ستون/تیر* تعداد طبقات	ارتفاع /طول	قطر* تعداد میلگرد	جمع
ستون	۱-۱	۱۸ × ۱	۲/۸	۲۰-۱۶	۱۵۹۲
	۲-۳	۱۸ × ۲	۳/۲	۲۰-۱۶	۳۶۴۰
	۴-۶	۱۸ × ۳	۳/۲	۱۶-۱۶	۴۲۶۸
	۷-۸	۱۸ × ۲	۳/۲	۱۲-۱۶	۲۱۸۴
تیر	۱-۱	۱ × ۱	۱۴۰	۶-۱۸	۱۶۸۰
	۲-۳	۱ × ۲	۱۴۰	۶-۱۶	۲۶۵۴
	۴-۶	۱ × ۳	۱۴۰	۶-۱۶	۳۹۸۱
	۷-۸	۱ × ۲	۱۴۰	۶-۱۶	۲۲۱۲
جمع کل (کیلو گرم)					۲۲۳۱۱

بررسی اثر میانقاب بر کاهش مقاطع تیر و ستون

ساختمان هشت طبقه در خاک نوع III بعد از طراحی سازه، میانقابهای موجود در شکل ۱ که با علالت ضربدر مشخص شده‌اند، بصورت میانقاب پانل سه بعدی مدل سازی شدند و بعد از بررسی اثر میانقابی آنها در سازه، اقدام به کاهش ابعاد تیرها و ستونها و میلگردهای این المانهای سازه‌ای تا مرزی که این المانها دیگر قادر به تحمل بارهای وارد نیا شد (نسبت تنش موجود در اعضای سازه بیشتر از حد مجاز گردد) یا اصلاحاً در نرم افزار ETABS این المان به رنگ قرمز نشان داده شوند را طراحی نموده و این مقاطع را با مقاطع مدل قبلی خود که بدون میانقاب می‌باشد مقایسه نموده که بعنوان مثال مقادیر عددی محوره‌های ۲ و ۳ در جدول شماره ۵ و ۶ نشان داده است.

جدول ۵- کاهش ابعاد ستونها و میلگرد

محور	نام ستون	طبقه	سازه یا میانقاب پانل سه بعدی		مقایسه سازه قبل و بعد اثر میانقاب پانل سه بعدی	
			ابعاد ستون و تعداد میلگرد	ابعاد ستون و تعداد میلگرد	درصد کاهش ابعاد المان	درصد کاهش میلگرد
۳	A3	۱-۲	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۲۰	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۱۱/۱	۳۶/۰۰
		۳-۷	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۱۶	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۱۱/۱	-
		۸-۸	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	-	-
	D3	۱-۵	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	۱۲/۵	۲۵/۰۰
		۶-۸	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	-	-
	F3	۱-۸	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	۱۲/۵	-
۲	A2	۱-۲	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۲۰	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۱۱/۱	۳۶/۰۰
		۳-۸	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۱۶	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۱۱/۱	-
	D2	۱-۲	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۲۰	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۱۶	-	۳۶/۰۰
		۳-۵	۴۵ × ۴۵ ۱۶-۱۶	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۱۱/۱	-
		۶-۸	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	۱۲/۵	۲۵/۰۰
	F2	۱-۴	۴۰ × ۴۰ ۱۶-۱۶	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	۱۲/۵	۲۵/۰۰
۵-۸		۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	۳۵ × ۳۵ ۱۲-۱۶	-	-	
میانگین					۸/۱۲	۱۴/۰۸

جدول ۶- کاهش ابعاد تیرها و میلگرد

محور	نام تیر	طبقه	سازه یا میانقاب پانل سه بعدی		مقایسه سازه قبل و بعد اثر میانقاب پانل سه بعدی	
			ابعاد تیر و تعداد میلگرد	ابعاد تیر و تعداد میلگرد	درصد کاهش ابعاد المان	درصد کاهش میلگرد
۳	A-D	۱-۳	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۳	۴۰ × ۴۰ ۹/۲	۲۲/۲	۳۰/۸
		۴	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۴۰ × ۴۰ ۹/۲	۲۲/۲	۳۲/۳
		۵	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۴۰ × ۴۰ ۹/۲	۲۲/۲	۳۲/۳
	D-F	۶	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۳۵ × ۳۵ ۹/۲	۲۲/۲	۳۲/۳
		۷	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۳۵ × ۳۵ ۹/۲	۲۲/۲	۳۲/۳
		۸	۴۵ × ۳۵ ۱۲/۴	۳۵ × ۳۵ ۸/۲	۲۲/۲	۳۳/۸

۲۹۷,۰۰۰	۱	۲۹۷,۰۰۰	مترمربع	تهیه پانل سه بعدی با فوم ۶ سانتی متر و بتن ۸ سانتی متر
۲۳۷,۵۰۰	۱	۲۳۷,۵۰۰	مترمربع	بنایی با بلوک سیمانی توخالی کف پر به ضخامت حدود ۱۰ سانتیمتر و ملات ماسه سیمان ۱:۵.
۱۲۲,۵۰۰	۱	۱۲۲,۵۰۰	مترمربع	اندود سیمانی به ضخامت حدود ۲ سانتیمتر، روی سطوح قائم، با ملات ماسه سیمان ۱:۴.
هزینه اجرای دیوار پانل سه بعدی (ریال) ۵۴۱,۸۸۰				
هزینه اجرای دیوار پانل مصالح بنایی (ریال) ۳۶۰,۰۰۰				

جدول ۸- برآورد هزینه کل اسکلت

شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)
تهیه و اجرای میلگرد ۱۸ تا ۱۲ میلیمتر	کیلوگرم	۴۵۶۰۰	۲۲,۳۱۱	۱۰,۱۷,۳۸۱,۶۰۰
تهیه و اجرای بتن مگاپاسگال ۲۵	مترمکعب	۱,۷۷۶,۰۰۰	۳۲۷,۲۵	۵۸۱,۱۹۶,۰۰۰
جمع کل هزینه اجرای اسکلت ۱۵,۹۸,۵۷۷,۶۰۰				
مقدار ریالی ۱۵ درصد کاهش هزینه اسکلت بر اثر استفاده از دیوار پانل سه بعدی ۳۳۹,۷۸۶,۶۴۰				
هزینه اجرای کل دیوار پانل سه بعدی	مترمربع	۵۴۱,۸۸۰	۲/۸ × ۴۴۳	۶۷۲,۱۴۷,۹۵۲
هزینه اجرای کل دیوار پانل مصالح بنایی	مترمربع	۳۶۰,۰۰۰	۲/۸ × ۴۴۴	۴۴۶,۵۴۴,۰۰۰
اختلاف کاهش هزینه اجرای دیوار پانل سه بعدی و مصالح بنایی در کل ساختمان هشت طبقه ۲۲۵,۶۰۳,۹۵۲				
میزان افزایش هزینه کل ساختمان بر اثر استفاده دیوار پانل سه بعدی در ساختمان هشت طبقه ۱۴,۱۸۲,۶۸۸				

نتایج

- هر چه روند کاهش تعداد طبقات کمتر باشد، نسبت کاهش طول دیوار برشی مورد نیاز در کلیه مدلها بیشتر می شود.
- در خاکهای نوع III نتایج تحلیل به یکدیگر نزدیک می باشد.
- نتایج در تحلیل دینامیکی طیفی به هم نزدیکتر می باشد، اما در تحلیل استاتیکی خطی در مدلهای ساختمان هشت طبقه مقدار به همدیگر نزدیک نمی باشند.
- بیشترین کاهش طول دیوار برشی اعم از سازه با میانقاب پانل سه بعدی و سازه با میانقاب مصالح بنایی در ساختمان سه طبقه می باشد.
- اجرای میانقاب پانل سه بعدی در ساختمان اسکلت بتنی باعث کاهش ۲۲ درصدی در ابعاد ستونها و کاهش ۸ درصدی در کاهش ابعاد تیرها می شود.
- استفاده از میانقاب پانل سه بعدی باعث کاهش وزن ۱۵/۹ درصدی میلگردها در تیرها و ۸/۱۲ درصدی در ستونها می شود.
- کاهش وزن میلگرد و بتن در اسکلت ساختمان باعث کم شدن وزن کلی سازه می شود که این امر سبب کم شدن برش پایه ساختمان خواهد داشت.

A-D	۱	۴۵ × ۳۵	۴۰ × ۴۰	۲۲/۲	۴/۶
		۶,۴	۶,۱		
و	۲-۳	۴۵ × ۳۵	۴۰ × ۴۰	۲۲/۲	-۷/۱
	۴	۴۵ × ۳۵	۴۵ × ۴۵	۲۲/۲	۱/۰,۱
D-F	۵	۴۵ × ۳۵	۴۰ × ۴۰	۲۲/۲	۳/۴
	۶	۴۵ × ۳۵	۳۵ × ۳۵	۲۲/۲	۳/۷
۲	۷	۴۵ × ۳۵	۳۵ × ۳۵	۲۲/۲	۳/۷
	۸	۴۵ × ۳۵	۳۵ × ۳۵	۲۲/۲	۳/۰
میانگین				۲۲/۲۲	۱۵/۹۰

برآورد ریالی

با در نظر گرفتن اثر هر یک از میانقابها بر کاهش مقاطع تیر و ستون در مدلها، مقادیر ریالی با بهره گیری از فهرست بهای ابنیه سال ۱۳۹۸ محاسبه و مقایسه شد. بعضی از مقادیر به صورت ستاره دار و با استعلام از کارخانه سازنده در نظر گرفته شدند. در جدول شماره ۷ برآورد ریالی دیوار پانل سه بعدی و دیوار مصالح بنایی نمایش داده شده است. با توجه به مقایسه انجام شده بین این دو دیوار هزینه اجرای دیوار پانل سه بعدی در هر متر مربع ۱/۵ برابر بیشتر از اجرای میانقاب مصالح بنایی می باشد. همچنین روابط زیر میانگین کاهش ۱۵ در صدی میلگرد و بتن در تیرها و ستونها سازه را نشان می دهد [۱۶].

$$(۵) \quad \text{میانگین کاهش بتن در سازه} = \frac{22.22 + 8.12}{2} = 15.17$$

$$(۶) \quad \text{میانگین مقدار میلگرد بتن در سازه} = \frac{15.9 + 14.08}{2} = 14.97$$

جدول شماره ۸ مقادیر ریالی هزینه اجرای اسکلت ساختمان و هزینه اجرای کل میانقابهای پانل سه بعدی و میانقاب مصالح بنایی را در ساختمان هشت طبقه نشان می دهد که با تأثیر ۱۵ درصدی کاهش وزن میلگرد و بتن در اثر استفاده میانقاب پانل سه بعدی در اسکلت ساختمان مقدار هزینه اسکلت ساختمان با میانقاب پانل سه بعدی ۶ درصد بیشتر از اجرای همان اسکلت با میانقاب مصالح بنایی می باشد.

جدول ۷- مقایسه برآورد ریالی دیوار پانل سه بعدی و دیوار مصالح بنایی

شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)
تهیه و اجرای بتن به عیار ۳۵۰ کیلوگرم سیمان با روش پاششی با دستگاه	مترمربع	۵۹,۴۰۰	۱	۵۹,۴۰۰
اضافه بها به ردیف های ۱۸-۳۱۸ برای ضخامت های بیش از سه سانتیمتر	مترمربع	۴۳,۰۰۰	۳	۱۲۹,۰۰۰
تهیه شبکه میلگرد پیش جوش ساخته شده (مش) از میلگرد ساده	کیلوگرم	۷۰,۶۰۰	۰,۸	۵۶,۴۸۰

[۱۲] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور معاونت امور فنی، نشریه شماره ۳۶۰، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، زمستان ۱۳۸۵، ۲۲۴-۲۲۷.

[13] FEMA 356, November 2000, PRESTANDARD AND COMMENTARY FO, 304-299.

[۱۴] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، نشریه شماره ۳۷۶، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، چاپ هفتم ۱۰، ۱۳۸۶-۱۳.

[۱۵] معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، نشریه شماره ۳۸۵، دستورالعمل طراحی، ساخت و اجرای سیستم‌های پانل پیش ساخته سبک سه بعدی، معاونت امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، زمستان ۱۳۹۱، ۵۵-۶۰.

[۱۶] سازمان برنامه و بودجه کشور، فهرست بهای واحد پایه رشته ابنیه، ۱۳۹۸، ۴۷-۵۲.

۸- استفاده از میانقاب پانل سه بعدی باعث افزایش هزینه کل در اجرای ساختمان می‌شود.

۹- استفاده از میلگردهای انتظار جهت اتصال میانقاب پانل سه بعدی به اسکلت نسبت به اجرای وال پست جهت این اتصال در میانقاب مصالح بنایی راحت تر و زمان کمتر نیاز دارد.

۱۰- میانقابهای پانل سه بعدی به دلیل استفاده از میلگردهای انتظار و شبکه مش بکار رفته در این دیوارها، مانع از هم گسیختگی و از هم پاشیدگی نسبت به میانقاب مصالح بنایی می‌شوند و رفتار بهتری در زلزله از خود نشان می‌دهند.

منابع:

[۱] اقبالیان، م، عابدی، ک، بررسی رفتار دیوارهای برشی فولادی بدون سخت کننده در سازه‌های بلند، مجله دانشکده فنی، جلد ۳۵، شماره ۳، بهار ۱۳۸۷، ۱-۴.

[۲] صالحی یانه سری، م و همکاران، بررسی تأثیر رو شهای مختلف مدلسازی میانقاب بر عملکرد لرزه‌ای قاب‌های خمشی بتنی، مجله مدل سازی در مهندسی، شماره بیستم، بهار ۱۳۸۹، ۱-۴.

[۳] وطن چیان یزدی، م، حاجی کاظمی، ح، بررسی رفتار پانلهای پیش ساخته سبک سه بعدی بتنی تحت اثر بارهای جانبی رفت و برگشتی، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، اردیبهشت ۱۳۹۰، ۷-۲.

[۴] مستوری، م و همکاران، ارزیابی اثرات میانقاب بر روی عملکرد لرزه‌ای سازه، اولین همایش ملی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، خرداد ۱۳۹۴، ۳-۶.

[5] Tei, L., The Seismic Behaviour Of Reinforced Concrete Frame Structures With Infill Masonry In The Bucharest Area Ovidiu Bolea, Energy Procedia 85, (2016) , pp 60- 76.

[6] Romanbabu, M.O., Sugumara, R., Sahoob, D.R., A comparative study of seismic performance of RC frames with masonry infills, Procedia Engineering 173 , 2017, pp 84-91 .

[۷] گریوانی، ص و همکاران، اثرات تقویت میانقاب‌های مصالح بنایی با استفاده از لایه شاتکریت و شبکه‌ی فولادی بر رفتار لرزه‌ای قاب های فولادی دارای اتصالات خورجینی و اجزای آن، مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۲، ۱-۶.

[۸] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴)، تهران، ۱۳۹۳، ۱۷-۷۳.

[۹] معاونت مسکن و ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

[۱۰] معاونت مسکن و ساختمان، وزارت راه و شهر سازی، مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، بارهای وارده بر ساختمان، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

[۱۱] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، نشریه شماره ۱۲۰، آیین نامه بتن ایران (آبا)، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، چاپ هفتم ۳۸۲، ۱۳۷۹-۴۲۰.

Investigation of the Effect of Infills on Reducing the Length of the Shear Wall and Construction Cost

Seyed Mahmoud Seyedi

Department of Civil Engineering- Structure, Shoushtar Branch, Islamic Azad University,
Shoushtar, Iran

Ali SalighehZadeh*

Department of Civil Engineering- Structure, Shoushtar Branch, Islamic Azad University,
Shoushtar, Iran

a_salighehzadeh@yahoo.com*

Abstract:

Infills increase the stiffness of their surrounding frame. As a result, infilled frames attract more lateral loads compared to similar frames without infill. Subsequently, infilled frames differ from frames without infills in terms of internal forces and other properties, in addition to stiffness, strength, and period. And after the first cycles of lateral loading and after brittle fracture of infills, these forces are transferred to the frame and cause fracture and crushing of the frame. Furthermore, the asymmetric distribution of infills in the plan increases the distance between the center of stiffness and the center of mass and induces torsion in the structure. In this study, buildings with the same floor plan and different heights (three, five and eight stories) and three different soil types (based on 2800 code) are modeled. For every case, the structure was modeled as a frame without infill, masonry infilled frame and 3D panel infilled frame. Besides, static and spectral dynamic analyses were carried out using ETABS software and the effect of infill on reducing the length of the shear wall and construction cost was examined. Results revealed that the smaller floors, the greater shear wall length reduction trend and this is more in the three-story building. It also reduces the dimensions of the beam and column elements and the amount of rebar by using a 3D panel.

Keywords: Infill, 3D Panel, Masonry infilled frame, Cost reduction