Archive of SID

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 می شود. 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. دراین تحقیق با یک پلان مشابه ساختمانهایی با ارتفاع‌های مختلف (سه، پنج و هشت طبقه) در سه نوع خاک متفاوت (براساس آیین‌نامه۲۸۰۰) مدلسازی شد. برای هر حالت، سازه بدون میانقاب، با میانقاب مصالح بنایی و با میانقاب 3D Panel مدلسازی شد. همچنین تحلیل در حالت استاتیکی ودینامیکی 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.

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

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه در ساختمانهای شهری از دیوارها با مصالح بنایی غیر مسلح جهت پرکردن فضای بین قابها استفاده می‌شود که این دیوارها را میانقاب[4]می‌نامند. با اینکه میانقاب‌ها به عنوان اجزای غیر سازه‌ای در نظر گرفته می شوند، اما تحت تأثیر تحرکات ناشی از زلزله، با قابهای اطراف خود اندرکنش به وجود می‌آوردند 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 پانل 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 پانل 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 با 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 پژوهش ها 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 می شود. 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 نامتقارن 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 واثرات 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].

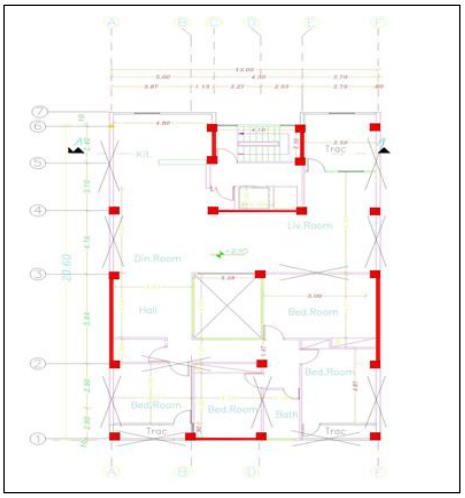
مدلسازی

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 پانل 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 سقفها 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 Etabs9.7.2 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].

4Infill

www.SID.ir



شکل ۱- پلان معماری ساختمان

جدول ۱ – المانهای سازه

ابعاد تیر و ستون				
ابعاد تیر ها	تعدادو قطرمیلگرد	ابعاد ستون	طبقه	ردیف
۴۵ × ۵۰	۱۶ – ۲۰	۵۰ × ۵۰	۱ – ۳	۱
۴۵ × ۴۵	۱۷– ۲۰	۴۵ × ۴۵	۴ – ۶	۲
۳۵ × ۳۵	۱۸– ۲۰	۳۵ × ۳۵	۷ – ۸	۳

مدلسازی میانقاب‌های مصالح بنایی

میانقاب‌های مصالح بنایی مطابق با بند ۷–۸–۲ نشریه ۳۶۰ بصورت المانهای دو سر مفصل در نرم‌افزار 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)

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

(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 انتظارمصالح قاب kg/ cm^2

E_{inf} : ضریب ارتجاعی مورد انتظارمصالح 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.

λ_1 : 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 ۶۰ kg/cm^2، در شرایط متوسط از ۴۰kg /cm^2 و در شرایط بد از ۲۰kg/cm^2 کمتر باشد. بنابراین در تحقیق حاضر شرایط متوسط ملاک عمل بوده و مقاومت فشاری مصالح بنایی در میانقاب ۴۰ kg /cm^2 لحاظ گردید [۱۴].

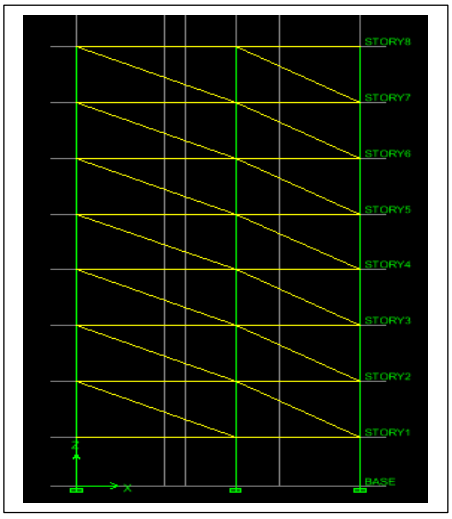
مدول الاستیسیته مصالح بنایی

طبق بند۲–۲–۲ نشریه ۳۷۶ مقدار مدول الاستیسیته، ۵۵۰ برابر مقاومت فشاری مورد انتظار در نظرگرفته می‌شود.

$$E_{me} = 550 f_{em} \qquad (۳)$$

$$E_{me} = 550 f_{em} \rightarrow E_{me} = 550 * 40 = 22000 \qquad (۴)$$

در شکل شماره ۲ تصویری از مدلسازی میانقاب مصالح 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 دولایه ورق محدود شده است. پانلهای سه بعدی ساندویچی متشکل از یک لایه عایق پلی استایرین 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

www.SID.ir

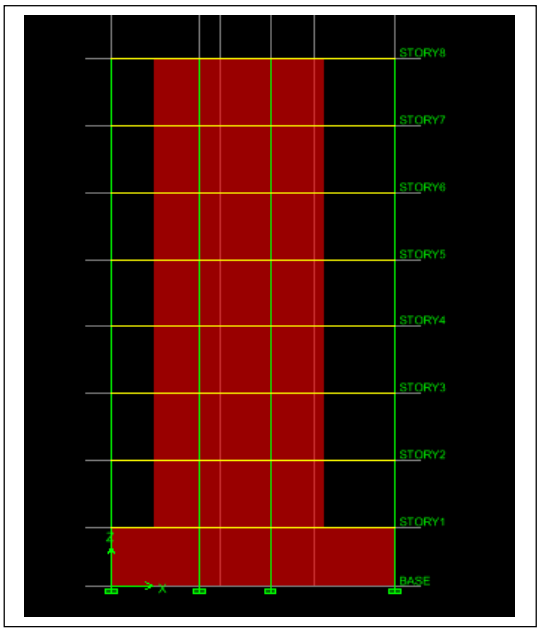
Archive of SID

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، آبا، 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 با 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 $fc'= ۲۴۰ \ Kg/cm^2$ 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

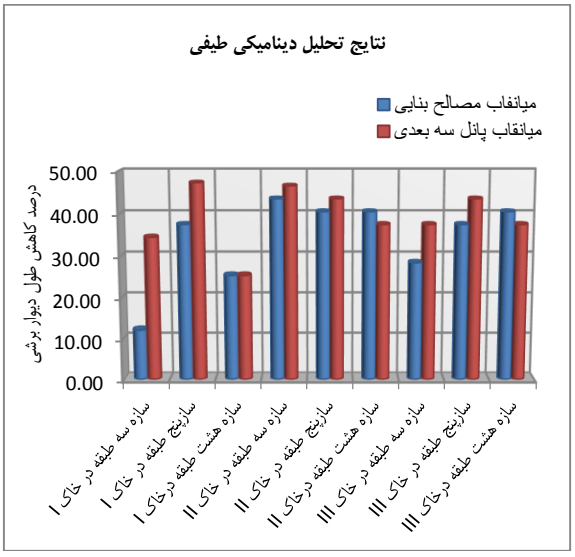
کاهش طول دیوار برشی

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-F2 کاهش داده شد. این روند کاهش طول دیوار برشی تا مرزی که مقاطع سازه‌ای (تیرها وستونها) در نرم‌افزار 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

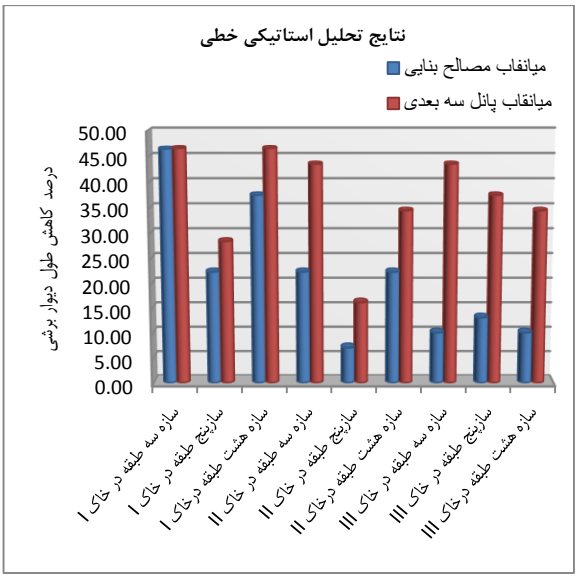
ر مدلهای دارای
برشی بیشتر از
مدلهای مشابه در مدلهای دارای میانقابهای مصالح بنایی می‌باشد. در شکل شماره ۴ نتایج تحلیل دینامیکی طیفی اثر میانقاب مصالح بنایی و میانقاب پانل سه بعدی بر کاهش طول دیوار برشی را نشان می‌دهد. شکل شماره ۵ نیز همین مقاسیه را با تحلیل استاتیکی نشان می‌دهد.



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

www.SID.ir

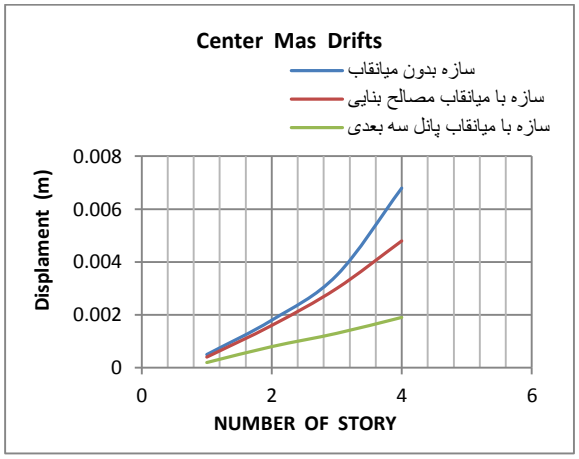
Archive of SID



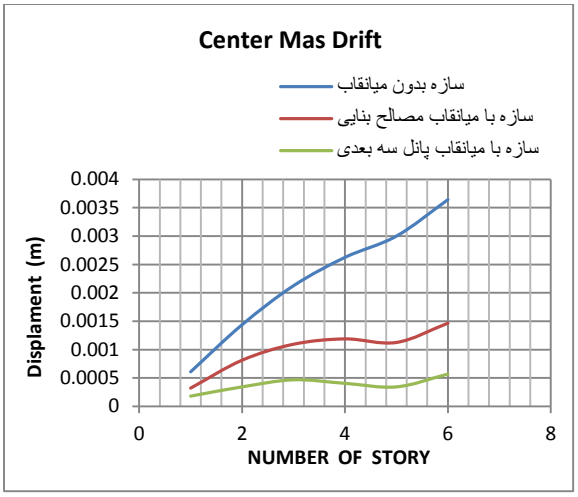
شکل ۵- نتایج تحلیل استاتیکی اثر میانقاب بر کاهش طول دیوار برشی

تغییر مکان نسبی طبقات (دریفت طبقات)

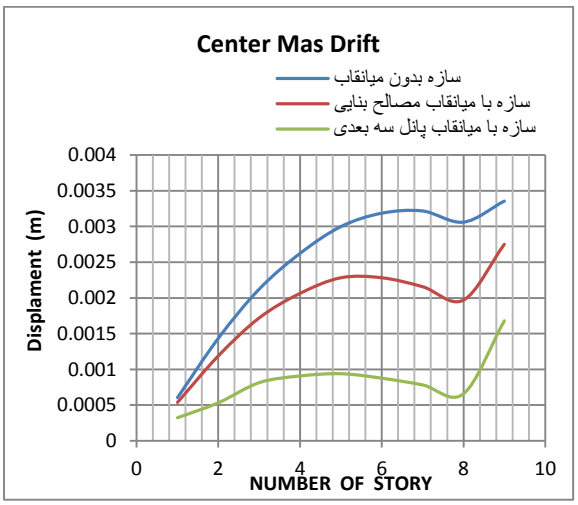
در شکل‌های شماره ۶ تا ۸ تغییر مکان نسبی طبقات در ساختمانهای سه، پنج و هشت طبقه در خاک نوع III، تحت نیروی جانبی EX آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار عددی دریفت در ساختمان هشت طبقه بدون میانقاب، سپس ساختمان با میانقاب مصالح بنایی وکمترین مقدار برای ساختمان با میانقاب پانل سه بعدی به دست آمده است که به ترتیب برابرند با (۰/۰۲۲۶۲، ۰/۰۰۲۷۵، ۰/۰۰۱۳۹). همچنین برای ساختمان پنج طبقه بدون میانقاب و ساختمان‌های با میانقاب مصالح بنایی و با میانقاب پانل سه بعدی، بیشترین مقدار عددی دریفت 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 دریفت به ترتیب برابر با (۰/۰۰۶۵، ۰/۰۰۴۵ و ۰/۰۰۲) می باشد.



شکل ۶- نمودار دریفت سه طبقه



شکل ۷- نمودار دریفت پنج طبقه



شکل ۸- نمودار دریفت 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 بکارفته 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 و۴ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

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	۴۳۶۸
	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 برکاهش مقاطع تیر و ستون

ساختمان هشت طبقه در خاک نوع III بعد از طراحی سازه، میانقابهای موجود درشکل ۱ که با علات ضربدر مشخص شده‌اند، بصورت میانقاب پانل سه بعدی مدل سازی شدند و بعد از برر سی 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 نبا شند (ن سبت تنش موجود در اع ضای سازه بی شتر از حد مجاز گردد) یا ا صلاحاً در نرم‌افزار ETABS این المان به رنگ قرمز ن شان 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 محورهای ۲ و ۳ در جدول شماره ۵ و۶ نشان داده است.

جدول۵– کاهش ابعاد ستونها و میل‌گرد

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

جدول ۶ – کاهش ابعاد تیرها و میل‌گرد

مقایسه سازه قبل وبعد اثر میانقاب پانل سه بعدی		سازه با میانقاب پانل سه بغدی	سازه بدون میانقاب	طبقه	نام تیر	محور
درصد کاهش میلگرد	درصد کاهش ابعاد المان	ابعاد تیر وتعداد میگرد	ابعاد تیر وتعداد میگرد			
۳۰/۸	۲۲/۲	۴۰ × ۴۰ ۹/۲	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۳	۱–۳	A-D و D-F	۳
۳۲/۳	۲۲/۲	۴۰ × ۴۰ ۹/۲	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۴		
۳۲/۳	۲۲/۲	۴۰ × ۴۰ ۹/۲	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۵		
۳۲/۳	۲۲/۲	۳۵ × ۳۵ ۹/۲	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۶		
۳۲/۳	۲۲/۲	۳۵ × ۳۵ ۹/۲	۴۵ × ۳۵ ۱۳/۶	۷		
۳۳/۸	۲۲/۲	۳۵ × ۳۵ ۸.۲	۴۵ × ۳۵ ۱۲.۴	۸		

www.SID.ir

Archive of SID

۴/۶	۲۲/۲	۴۰ × ۴۰ ۶.۱	۴۵ × ۳۵ ۶.۴	۱	A-D	۲
-۷/۱	۲۲/۲	۴۰ × ۴۰ ۹.۸	۴۵ × ۳۵ ۹.۱۵	۲-۳		
۱/۰۱	۲۲/۲	۴۵ × ۴۵ ۹.۸	۴۵ × ۳۵ ۹.۹	۴	و	
۳/۴	۲۲/۲	۴۰ × ۴۰ ۹.۸	۴۵ × ۳۵ ۱۰.۲	۵		
۳/۷	۲۲/۲	۳۵ × ۳۵ ۹.۸	۴۵ × ۳۵ ۱۰.۲	۶	D-F	
۳/۷	۲۲/۲	۳۵ × ۳۵ ۹.۸	۴۵ × ۳۵ ۱۰.۲	۷		
۳/۰	۲۲/۲	۳۵ × ۳۵ ۸.۲	۴۵ × ۳۵ ۸.۴۶	۸		
۱۵/۹۰	۲۲/۲۲	**میانگین**				

برآورد ریالی

با در نظر گرفتن اثر هر یک از میانقاب‌ها برکاهش مقاطع تیر و ستون در مدلها، مقادیر ریالی با بهره‌گیری از فهرست بهای ابنیه سال ۱۳۹۸ محاسبه و مقایسه شد. بعضی از مقادیر به صورت ستاره‌دار 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 درهر متر مربع ۱/۵ برابر بیشتر از اجرای میانقاب مصالح بنایی می‌باشد. همچنین روابط زیر میانگین کاهش ۱۵ در صدی میلگرد و بتن در تیرها و ستون‌های سازه را نشان می‌دهد [۱۶].

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

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

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 می‌دهد که با تأثیر ۱۵ در صدی 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 می‌باشد.

جدول ۷– مقایسه برآورد ریالی دیوار پانل سه بعدی ودیوار 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 ۱۸۰۳۱۸ 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
تهیه پانل سه بعدی با فوم ۶ سانتی متر وبتن ۸ سانتی متر	مترمربع	۲۹۷,۰۰۰	۱	۲۹۷,۰۰۰
بنایی با بلوک سیمانی توخالی کف پر به ضخامت حدود ۱۰ سانتیمتر و ملات ماسه سیمان ۱:۵.	مترمربع	۲۳۷,۵۰۰	۱	۲۳۷,۵۰۰
اندود سیمانی به ضخامت حدود ۲ سانتیمتر، روی سطوح قایم، با ملات ماسه سیمان ۱:۴.	مترمربع	۱۲۲,۵۰۰	۱	۱۲۲,۵۰۰
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 واجرای میلگرد ۱۲تا ۱۸ میلیمتر	کیلوگرم	۴۵,۶۰۰	۲۲,۳۱۱	۱,۰۱۷,۳۸۱,۶۰۰
تهیه واجرای بتن ۲۵ مگاپاسگال	مترمکعب	۱,۷۷۶,۰۰۰	۳۲۷.۲۵	۵۸۱,۱۹۶,۰۰۰
جمع کل هزینه اجرای اسکلت				۱,۵۹۸,۵۷۷,۶۰۰
مقدار ریالی ۱۵درصد کاهش هزینه اسکلت بر اثر استفاده از دیوار پانل سه بعدی				۲۳۹,۷۸۶,۶۴۰
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 ومصالح بنایی در کل ساختمان هشت طبقه				۲۲۵,۶۰۳,۹۵۲
میزان افزایش هزینه کل ساختمان براثر استفاده دیوار پانل سه بعدی درساختمان هشت طبقه				۱۴,۱۸۲,۶۸۸

نتایج

۱– هرچه روند کاهش تعداد طبقات کمتر باشد، نسبت کاهش طول دیوار برشی مورد نیاز در کلیه مدلها بیشتر می‌شود.

۲– در خاکهای نوع III نتایج تحلیل به یکدیگر نزدیک می‌باشد.

۳– نتایج در تحلیل دینامیکی طیفی به هم نزدیکتر می‌باشد، اما در تحلیل استاتیکی خطی در مدلهای ساختمان هشت طبقه مقدار به همدیگر نزدیک نمی‌باشند.

۴– بیشترین کاهش طول دیوار برشی اعم از سازه با میانقاب پانل سه بعدی و سازه با میانقاب مصالح بنایی در ساختمان سه طبقه می‌باشد.

۵– اجرای میانقاب پانل سه بعدی در ساختمان اسکلت بتنی باعث کاهش ۲۲ درصدی در ابعاد ستونها و کاهش ۸ درصدی در کاهش ابعاد تیرها می‌شود.

۶– استفاده از میانقاب پانل سه بعدی باعث کاهش وزن ۱۵/۹ درصدی میلگردها در تیرها و ۸/۱۲ درصدی در ستون‌ها می‌شود.

۷– کاهش وزن میلگرد و بتن در اسکلت ساختان باعث کم شدن وزن کلی سازه می شود که این امر سبب کم شدن برش پایه ساختمان خواهد داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

۸- اســتفاده از میانقاب پانل ســه 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 درمیانقاب 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 می شوند و رفتار بهتری در زلزله از خود نشان می‌دهند.

منابع:

[۱] اقبالیان، م، عابدی، ک، بررسی رفتار دیوارهای برشی فولادی بدون سخت‌کننده در سازه‌های بلند، مجله دانشکده فنی، جلد ۳۵، شماره ۳، بهار۱۳۸۷، ۱-۴.

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

[۳] وطن‌چیان 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، پاییز۱۳۹۲، ۶-۱.

[۸] مرکز تحقیقات راه، مسکن وشهرسازی، آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش۴) ، تهران،۱۳۹۳، ۱۷-۷۳.

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

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

[۱۱] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امورفنی، نشریه شماره۱۲۰، آئین نامه بتن ایران (آبا)، تدوین معیار ها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، چاپ هفتم ۱۳۷۹،۳۸۲-۴۲۰.

[۱۲] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور معاونت امورفنی، نشریه شماره۳۶۰، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، تدوین معیارها وکاهش 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 امورفنی، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، نشریه شماره ۳۷۶، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، چاپ هفتم ۱۳۸۶،۱۰-۱۳.

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir