Archive of SID

4th. International Congress on Civil Engineering , Architecture and Urban Development
27-29 December 2016, Shahid Beheshti University , Tehran , Iran

ضریب رفتار سیستم ترکیبی قاب خمشی بتنی و دیوار برشی بتنی بازشودار با شکل پذیری متوسط با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه

فرهاد عباس گندمکار[1*]، نگار صمیمی فرد[2]

۱- استادیار، گروه عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، Farhad@iauahvaz.ac.ir

۲- کارشناس ارشد سازه، گروه عمران، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان، اهواز، ایران، negarfard70@yahoo.com

چکیده

هدف اصلی از تحقیق حاضر محاسبه ضریب رفتار سیستم ترکیبی شامل قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی بازشودار با شکل پذیری متوسط می باشد. جهت این امر تاثیر سه پارامتر مختلف از جمله: درصد بازشو در دیوار برشی، ارتفاع سازه و نوع خاک اعم از سخت و یا نرم (در چهار حالت مطابق تقسیم بندی آیین نامه ۲۸۰۰) بر تغییر ضریب رفتار سیستم مورد مطالعه بررسی گردید. جهت رسیدن به نتایج تحقیق از روش عددی اجزای محدود با انجام آنالیز استاتیکی غیر خطی استفاده شد. نتایج تحقیق نشان دادند که افزایش درصد بازشو در دیوار برشی باعث کاهش ضریب رفتار سیستم مورد مطالعه به میزان متوسط ۱۱/۷۰ درصد می گردد. همچنین افزایش تعداد طبقات سیستم مورد نظر باعث کاهش ضریب رفتار به میزان متوسط ۲۴/۴۲ درصد گردید. در نهایت مقایسه ضریب رفتار سیستم مورد مطالعه در پنج حالت از خاک اعم از خاک سخت و یا نرم (چهار نوع خاک ارائه شده در آیین نامه ۲۸۰۰) نشان داد که ضریب رفتار سیستم مورد مطالعه می تواند بطور متوسط تا ۳۰/۹۸ درصد با تغییر نوع خاک تغییر کند. نتایج تحقیق می توانند جهت استفاده طراحان سیستم مورد مطالعه مفید واقع گردند.

واژه‌های کلیدی: ضریب رفتار، قاب خمشی بتنی، دیوار برشی بازشودار، شکل پذیری متوسط، روش اجزا محدود، روش استاتیکی غیر خطی.

۱- مقدمه

اصلی‌ترین نیازهای لرزه ای – غیر ارتجاعی هر سازه در برابر زلزله های شدید می توانند مقاومت، سختی و شکل‌پذیری باشند[۱]. برای محاسبه و تعیین نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها در برابر زلزله‌های شدید، انجام تحلیل غیرارتجاعی ضروری است. از آنجایی که تحلیل غیرارتجاعی سازه‌ها و سپس طراحی آنها موضوع پیچیده و وقت‌گیری است، لذا اکثر آیین نامه‌ها تحلیل و طراحی ارتجاعی را با اعمال شرایطی، جایگزین تحلیل و طراحی غیرارتجاعی می کنند. از جمله این جایگزینی استفاده از ضریب رفتار می باشد که طراح را از انجام تحلیل غیرارتجاعی بی‌نیاز می‌کند[۲]. از سوی دیگر، درنظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه در هر آنالیز و یا طراحی آن لازم می باشد که این موضوع باعث می شود رفتار واقعی سازه و در نتیجه آنالیز و طراحی واقعی آن حاصل گردد. این در صورتی است که در نظر گرفتن این پدیده پیچیده و مهم و تاثیر آن بر ضریب رفتار قاب های ساختمانی در آیین نامه ها لحاظ نگردیده است.

مطالعه بر ضریب رفتار انواع ساختمان ها و قاب های فلزی و بتنی از دیرباز مورد توجه محققین بوده است. در این خصوص مین باشی و همکاران در سال ۱۳۹۰ به بررسی ضریب رفتار قاب های طبقاتی بتن مسلح مهاربندی شده با مهار ضربدری توسط تحلیل پوش آور پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ضریب رفتار قاب های کوتاه (تا ارتفاع ۱۰ متر) را می توان در

www.SID.ir

Archive of SID

جهت اطمینان همان مقدار ضریب رفتار قاب های صلب بتنی متوسط موجود در آیین نامه ۲۸۰۰ یعنی عدد ۷، در نظر گرفت، ولی با افزایش ارتفاع این قاب ها مقدار ضریب رفتار به شدت کاهش پیدا میکند[۳]. همچنین در سال ۱۳۹۰ زرقانی و همکاران ضریب رفتار را برای سیستم قاب بتنی تقویت شده با مهاربند فولادی واگرا بررسی کردند[۴]. در مطالعه ای دیگر گرامی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به بررسی ضریب رفتار ساختمان های بتن آرمه با مهاربند فولادی ضربدری و زانویی و تاثیر پارامترهای موثر بر مقادیر ضریب رفتار آنها پرداختند[۵]. در سال ۱۳۹۱ چیگویی و رهگذر به بررسی ضریب رفتار قاب های ترکیبی فولادی- بتنی به روش آنالیز پوش آور تطبیقی پرداختند. آنها به صورت میانگین با استفاده از روش مذکور، ضریب رفتار را برای قاب های ترکیبی یا دوگانه ۷/۲۲ بیان کردند و اظهار داشتند که با توجه به نتایج حاصل از ضریب رفتار و تفاوت ضرایب در ارتفاع به نظر می رسد بهتر است ضریب رفتار با توجه به ارتفاع ساختمان مشخص شود[۲]. علاوه بر این در سال ۱۳۹۲ حبیبی و قاسم فام به ارزیابی ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ در تعیین ضریب رفتار قابهای خمشی بتن مسلح دارای نامنظمی در ارتفاع پرداختند. مقایسه ضریب رفتار حاصل شده با ضریب رفتار ارائه شده در آیین نامه ۲۸۰۰ نشان داد که ضابطه ی آیین نامه در تعیین ضریب رفتار قابهای بتن مسلح نامنظم در خلاف جهت اطمینان می باشد و نیاز به بازنگری و اصلاح دارد[۶]. در مطالعه ای دیگر حجازی و رئیسی در سال ۱۳۹۳ به بررسی تاثیر ارتفاع قاب و سختی جنس زمین بر ضریب رفتار سازه های قاب خمشی بتنی با دیوار برشی جفت و تیرهای مزدوج فلزی پرداختند و بیان داشتند که افزایش ارتفاع در سازه هایی که در آنها از تیرهای مزدوج استفاده شده است می تواند عامل کاهنده ای بر ضریب رفتار تلقی شود[۷]. در سال ۱۳۹۴ حبیبی و غلامی در مطالعه ای به ارزیابی ضریب رفتار قاب های خمشی بتن مسلح با تحلیل استاتیکی غیر خطی پرداختند[۸]. همچنین در سال ۱۳۹۴ نوراله پور و دلنواز به تعیین ضریب رفتار برای ترکیب قاب بتنی و قاب فلزی ساده با مهاربند هم محور پرداخته و مقدار آن را برابر ۵/۴۸ بدست آوردند[۹]. به علاوه در سال ۱۳۹۴ هاشمی و همکاران به مقایسه ی ضریب رفتار سیستم قاب خمشی بتن مسلح و ساختمان دارای سقف حبابدار پرداختند[۱۰]. علاوه بر این Chaulagain و همکاران در سال ۲۰۱۴ بر تعیین ضریب رفتار ساختمان های بتن مسلح در منطقه Kathmandu پرداختند. آنها دریافتند که مقدار ضریب رفتار بستگی بسیار زیادی به نسبت ظرفیت مقاومت ستون به تیر دارد[۱۱] . بالاخره Mahmoudi و همکاران در سال ۲۰۱۶ ضریب رفتار سازه های دیوار برشی بتنی کوپل شده را برای نسبت های مختلف طول به عمق تیرهای رابط بدست آورد [۱۲].

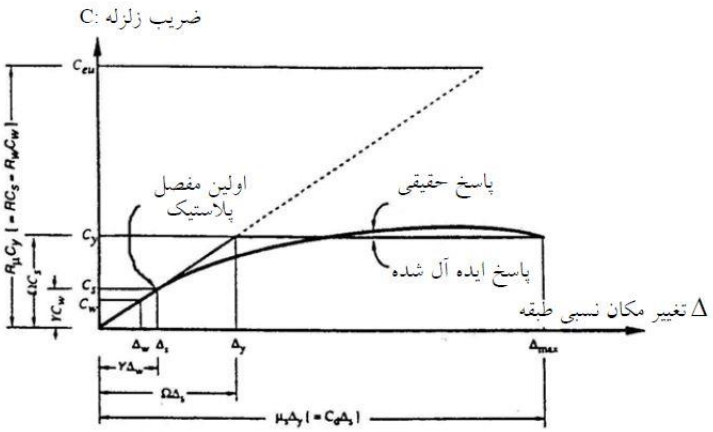
استفاده از سیستم ترکیبی شامل قاب خمشی بتنی به همراه دیوار برشی بتنی به عنوان یک سازه معمول در کشورمان همواره مورد توجه طراحان بوده است. از طرفی استفاده از بازشو از ملزومات هر ساختمان می باشد که ممکن است در پلان معماری دقیقا در محل دیوار برشی واقع گردد. با توجه به اهمیت بررسی رفتار واقعی انواع قاب های ساختمانی و همچنین عدم انجام مطالعه بر محاسبه ضریب رفتار قاب های ترکیبی خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی بازشودار از یک طرف و تعیین رفتار واقعی آن از جمله لحاظ نمودن اثرات اندرکنش خاک و سازه از طرف دیگر، لذا هدف اصلی تحقیق حاضر محاسبه ضریب مذکور جهت قاب اشاره شده با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه می باشد. جهت حصول هدف اصلی تحقیق، تاثیر سه پارامتر مهم بر تغییر ضریب رفتار سازه مورد مطالعه بررسی می گردد: ۱) درصد بازشو در دیوار برشی، ۲) ارتفاع ساختمان و ۳) سختی (عدم فرض اندرکنش خاک و سازه) و نرمی خاک (فرض اندرکنش خاک و سازه باتوجه به تیپ بندی آیین نامه ۲۸۰۰ ایران).

۲- روش تحقیق

رفتار کلی یک سازه تحت بارگذاری استاتیکی با افزایش تدریجی به قرار شکل ۱ می باشد:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱: پاسخ کلی سازه (ضریب برش پایه-تغییر مکان جانبی) [۱۳]

باتوجه به شکل مذکور جهت طراحی یک قاب ساختمانی به روش تنش مجاز، ضریب رفتار به قرار رابطه ۱ حاصل می گردد[۱۳]:

$$R = R_s . R_\mu . Y \qquad (۱)$$

در این رابطه ضریب اضافه مقاومت سازه (R_S) طبق رابطه ۲ محاسبه می گردد :

$$R_S = \frac{C_y}{C_s} \qquad (۲)$$

در رابطه ۲، C_y حد جاری شدن واقعی و C_s حد اولین جاری شدن محسوس می باشد. جهت محاسبه R_μ (ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری) که در رابطه ۱ به آن اشاره شده است، محققان مختلفی پیشنهاداتی ارائه دادند که از جمله آنها روابط ارائه شده توسط Newmark و Hall در سال ۱۹۸۲[۱۴] می باشند. شایان ذکر است که روابط Newmark و Hall [۱۴] جهت محاسبه ضریب رفتار سازه مورد مطالعه متکی بر بستر سخت استفاده می شوند. علت این امر این است که روابط ارائه شده توسط محققین مذکور هیچ ارتباطی به جنس زمین ندارند و نتایج مستثنی از جنس زمین بدست می آیند. این روابط در ذیل (روابط ۳) ارائه شده اند:

$$R_\mu = \mu \qquad T \geq 0.5 \ sec$$

$$R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} \qquad T < 0.5 \ sec \qquad (۳)$$

در این روابط T پریود ارتعاش طبیعی سازه یک درجه آزاد بر حسب ثانیه و μ ضریب شکل پذیری در سازه است که به قرار رابطه ۴ محاسبه می گردد:

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y} \qquad (۴)$$

در رابطه فوق Δ_{max} تغییرمکان مربوط به باری است که سازه می تواند بدون از دست دادن مقاومت خود به طور قابل توجه تحمل نماید. همچنین Δ_y تغییر مکان در حد تسلیم آن است. از طرفی روابط Newmark و Hall در سال ۱۹۹۴ توسط Miranda و Bertero (رابطه ۵) [۱۵] توسعه داده شدند. این توسعه در جهت فرض اعمال تاثیر نوع زمین بر نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری بود. این روابط جهت زمین های صخره ای، رسوبی و نرم با استفاده از ۱۲۴ نگاشت حرکت زمین توسعه داده شده اند.

$$R_\mu = \frac{\mu-1}{\phi} + 1 \quad (۵)$$

که ϕ در این رابطه برای زمین های سنگی:

$$\phi = 1 + \frac{1}{10T-\mu T} - \frac{1}{2T} e^{-15(\ln(T)-0.6)^2} \quad (۶)$$

و برای زمین های رسوبی:

$$\phi = 1 + \frac{1}{12T-\mu T} - \frac{2}{5T} e^{-2(\ln(T)-0.2)^2} \quad (۷)$$

و برای زمین های با خاک نرم:

$$\phi = 1 + \frac{T_g}{3T} - \frac{3T_g}{4T} e^{-2(\ln(T/T_g)-0.35)^2} \quad (۸)$$

در این روابط T پریود ارتعاش طبیعی سازه و T_g زمان تناوب غالب زلزله می باشد[۱۵]. لازم به توضیح است که در این تحقیق برای زمین نوع I از رابطه ۶، برای زمین نوع II از رابطه ۷ و برای زمین نوع III (با زمان تناوب غالب خاک معادل ۰/۷ ثانیه [۱۹]) و زمین نوع IV (با زمان تناوب غالب خاک ۱ ثانیه[۱۹]) از رابطه ۸ استفاده شده است.

آخرین پارامتر ارائه شده در رابطه ۱، Y می باشد که ضریب تنش مجاز نامیده می شود که بنابر توصیه Uang [۱۶] مقدار آن بین ۱/۴ تا ۱/۵ فرض می گردد.

در تحقیق حاضر ابتدا با استفاده از نرم افزار اجزا محدود ETABS [۱۷] نسبت به آنالیز و طراحی قاب مورد مطالعه تحت بارهای توصیه شده توسط مقررات ملی ساختمان ایران، شامل مباحث ششم[۱۸] و آیین نامه ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم)[۱۹] پرداخته شد. پس از آگاهی محقق از ابعاد مقاطع قاب مورد مطالعه و از آنجایی که از یک طرف آنالیز استاتیکی غیرخطی یک روش کارآمد در ارزیابی لرزه ای سازه ها می باشد و از طرف دیگر آنالیز دینامیکی غیرخطی یک روش وقت گیر بوده و همواره نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد[۱۳]، لذا قاب های طراحی شده فوق الذکر (توسط ETABS)، توسط نرم افزار اجزا محدود ABAQUS [۲۰] مورد آنالیز استاتیکی غیر خطی قرار گرفتند. خروجی موردنیاز از آنالیز مذکور همانند شکل ۱ می باشد که مستقیما در اخذ پارامترهای مورد نیاز محاسبه ضریب رفتار قاب مورد مطالعه استفاده گردیده است. جهت تعیین پارامترهای رابطه ۰۱، از نمودار ضریب برش پایه-تغییر مکان جانبی می بایست یک منحنی معادل دو خطی استخراج گردد. خط اول منحنی مذکور می بایست به گونه ای رسم شود که بر قسمت ابتدایی منحنی پوش مماس باشد. همچنین جهت رسم خط دوم از نقطه انتهایی منحنی پوش (نقطه هدف و انهدام سازه) خطی رسم گردیده به طوریکه سطح زیر این دو خط با سطح زیر منحنی پوش سازه یکسان گردد[۱۳]. در تحقیق حاضر ابتدا منحنی ضریب برش پایه-تغییر مکان حاصل شده و سپس با توجه به دستورالعمل فوق الاشاره نسبت به دوخطه کردن آن اقدام و سپس پارامترهای موردنیاز محاسبه ضریب رفتار حاصل می گردند.

۳- مدل سازه ای

مدل سازه ای مورد مطالعه در این تحقیق شامل ترکیب قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی بازشودار با شکل پذیری متوسط می باشد که مجموعه آنها بر یک پی گسترده قرار دارند. از طرفی جهت بررسی اثر خاک بر نتایج تحقیق، فرض گردید که زمین تا عمق ۳۰ متر از سطح آن از جنس خاک نرم (یکی از چهار نوع زمین استاندارد ۲۸۰۰) می باشد و از عمق ۳۰ متر به پایین سنگ بستر می باشد. در صورت عدم فرض خاک نرم، لایه فوق الذکر حذف می گردد. در شکل ۲ سیستم مورد مطالعه به صورت شماتیک جهت ساختمان ۸ طبقه نمایش داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

الف) بدون در نظرگرفتن اندرکنش خاک و سازه ب) با در نظرگرفتن اندرکنش خاک و سازه

شکل ۲: سیستم کلی خاک-سازه برای قاب ۸ طبقه

۴- مدل کامپیوتری

جهت مدلسازی سیستم مورد مطالعه در این تحقیق، تیرها و ستون های قاب توسط المان B31 در نرم افزار ABAQUS مدلسازی گردیدند. همچنین جهت مدلسازی دیوارهای برشی و پی گسترده از المان پوسته S4R استفاده گردید. از طرفی به منظور مدلسازی خاک زیر سازه، این محیط به دو ناحیه نزدیک و دور تقسیم گردید. ناحیه نزدیک شامل ناحیه محدوده خاک زیر سازه تا عمق ۳۰ متر و ناحیه دور یک صفحه نیمه بی نهایت در زیر لایه ۳۰ متری خاک می باشد. ناحیه نزدیک خاک با المان کرنش مستوی CPE8 مدلسازی گردید. همچنین به منظور مدل نمودن ناحیه نیمه بینهایت خاک (محیط دور) از المان فنر استفاده گردید. جهت محاسبه سختی فنر در دو حالت افقی و قائم از روابط توصیه شده توسط Barkan به نقل از نائینی[۲۲] استفاده گردید.

۵- نتایج تحقیق

۵-۱- مدل های مورد مطالعه

مدلهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل ۳۴ مدل به قرار جدول ۱ می باشند. لازم به توضیح است که این مدل ها به گونه ای تهیه گردیده اند که نتایج کلی تحقیق مطابق با ریز اهداف آن حاصل گردند. ریزاهداف مذکور در بخش مقدمه ارائه شده اند. جهت تعیین اثر اندازه بازشو بر نتایج تحقیق، سه حالت مختلف جهت بازشو فرض گردید. در این سه حالت اندازه مساحت بازشو به میزان ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد از مساحت کل دیوار برشی محصور بین دو ستون و دو تیر طبقات انتخاب گردید. از طرفی جهت برآورد اثر ارتفاع سازه مورد مطالعه بر نتایج تحقیق، تعداد سه ساختمان با طبقات ۴، ۸و ۱۶ فرض گردید. همچنین جهت مطالعه تاثیراندرکنش خاک و سازه بر نتایج تحقیق، پنج حالت مختلف بررسی گردید. حالت اول مربوط به زمین سخت بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه بود. حالت دوم، سوم، چهارم و پنجم مربوط به ارزیابی اثرات مذکور با فرض وجود خاک شماره یک، دو، سه و چهار آیین نامه ۲۸۰۰ در زیر ساختمان های مورد مطالعه بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مشخصات مدل های مورد مطالعه

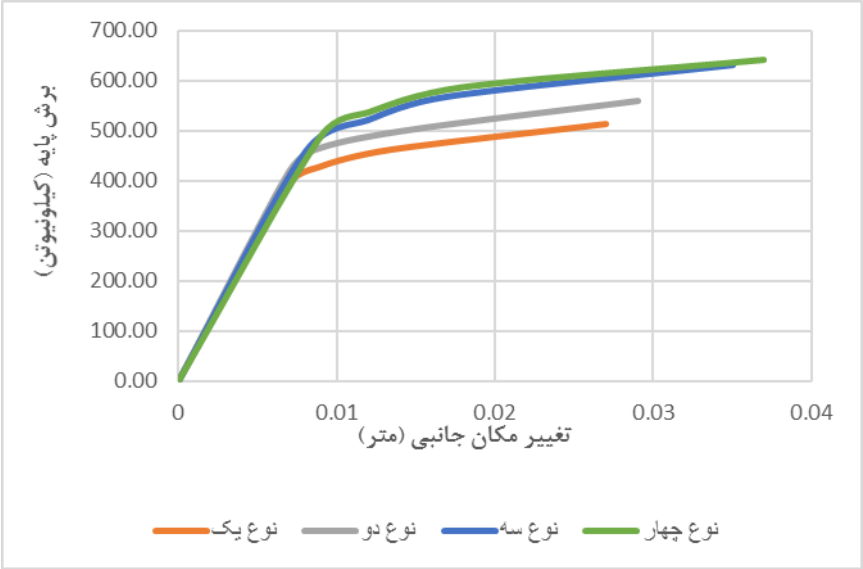
ردیف	تعداد طبقه	تعداد دهانه	ارتفاع هر طبقه (متر)	عرض هر دهانه (متر)	ارتفاع کل مدل (متر)	درصد مساحت بازشو	نوع خاک
۱	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۵۰	بدون در نظر گرفتن خاک
۲	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۵۰	I
۳	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۵۰	II
۴	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۲۵	III
۵	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۵۰	
۶	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۷۵	
۷	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۲۵	IV
۸	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۵۰	
۹	۴	۳	۳/۲	۴	۱۲/۸	۷۵	
۱۰	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۲۵	بدون در نظر گرفتن خاک
۱۱	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۵۰	
۱۲	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۷۵	
۱۳	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۲۵	I
۱۴	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۵۰	
۱۵	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۷۵	
۱۶	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۲۵	II
۱۷	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۵۰	
۱۸	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۷۵	
۱۹	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۲۵	III
۲۰	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۵۰	
۲۱	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۷۵	
۲۲	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۲۵	IV
۲۳	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۵۰	
۲۴	۸	۳	۳/۲	۴	۲۵/۶	۷۵	
۲۵	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۵۰	بدون در نظر گرفتن خاک
۲۶	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۵۰	I
۲۷	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۵۰	II
۲۹	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۲۵	III
۳۰	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۵۰	
۳۱	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۷۵	
۳۲	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۲۵	IV
۳۳	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۵۰	
۳۴	۱۶	۳	۳/۲	۴	۵۱/۲	۷۵	

www.SID.ir

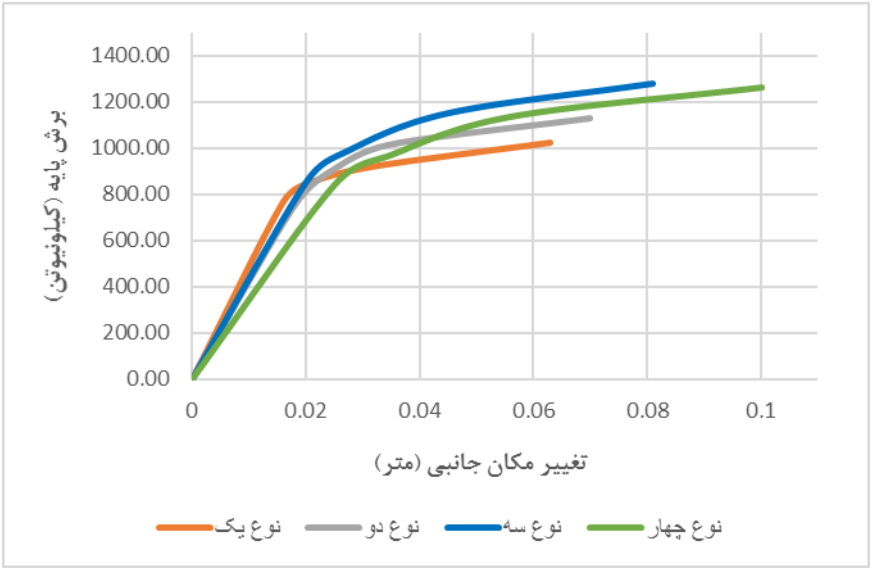
Archive of SID

۵-۲- استخراج نتایج

مطابق ریز اهداف بیان شده در این تحقیق، مدل های مورد مطالعه (جدول ۱) تحت آنالیز استاتیکی غیرخطی قرار گرفته و نمودار برش پایه-تغییر مکان آن ها بدست آمد. بعلت تعداد بالای مدلهای آنالیز شده، لذا منحنی برش-تغییر مکان بعضی از مدلها در شکل های ۳ تا ۵ نمایش داده شده اند. این شکل ها جهت هر سه ساختمان ۴، ۸ و۱۶ طبقه جهت هر چهار نوع خاک نرم در صورتی ترسیم شده است که که سطح بازشو ۵۰ درصد سطح دیوار برشی باشد.



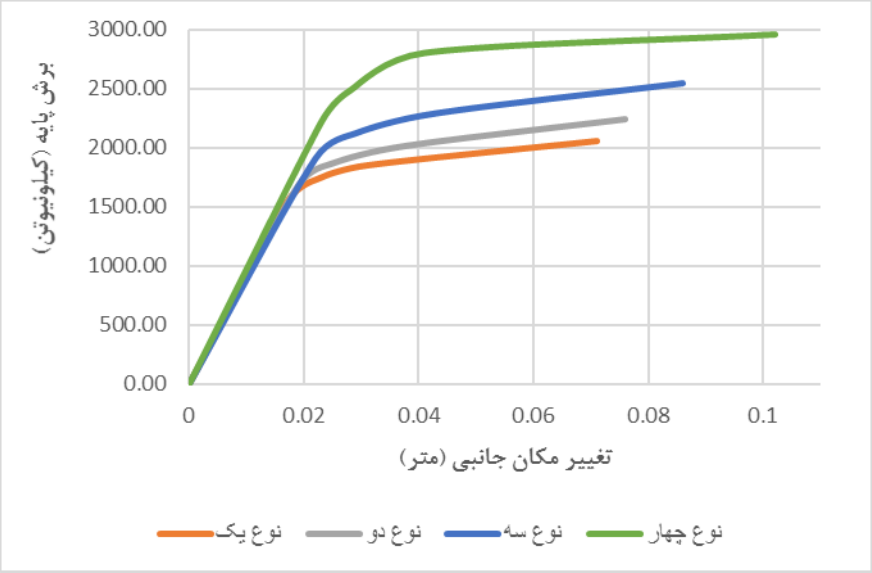
شکل ۳ : منحنی بار- تغییر مکان آنالیز استاتیکی غیرخطی قاب ۴ طبقه در چهار نوع خاک



شکل ۴: منحنی بار- تغییر مکان آنالیز استاتیکی غیرخطی قاب ۸ طبقه در چهار نوع خاک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: منحنی بار- تغییر مکان آنالیز استاتیکی غیرخطی قاب ۱۶ طبقه در چهار نوع خاک

جدول ۲، ضریب رفتار سیستم مورد مطالعه را جهت حالت های مختلف گفته شده با توجه به ریز اهداف تحقیق نشان می دهد.

جدول ۲: نتایج ضریب رفتار مدل های مورد مطالعه

وضعیت خاک	درصد بازشو از دیوار	ساختمان (طبقه)		
		چهار	هشت	شانزده
خاک سخت بدون اندرکنش	۲۵	-	۶/۷۸	-
	۵۰	۷/۵۷	۶/۵۱	۵/۴۳
	۷۵	-	۶/۰۲	-
خاک شماره I	۲۵	-	۶/۴۳	-
	۵۰	۷/۶۱	۶/۲۱	۵/۴۵
	۷۵	-	۵/۷۶	-
خاک شماره II	۲۵	-	۶/۹۷	-
	۵۰	۷/۱۴	۶/۷	۵/۵۷
	۷۵	-	۶/۲۳	-
خاک شماره III	۲۵	۷/۷۷	۷/۳۵	۵/۶۳
	۵۰	۷/۴۶	۷/۰۷	۵/۴۳
	۷۵	۶/۸۷	۶/۶۱	۵/۱۱
خاک شماره IV	۲۵	۵/۱۱	۴/۸۵	۴/۵۲
	۵۰	۴/۸۵	۴/۶۵	۴/۲۸
	۷۵	۴/۳۷	۴/۲۴	۳/۹۴

www.SID.ir

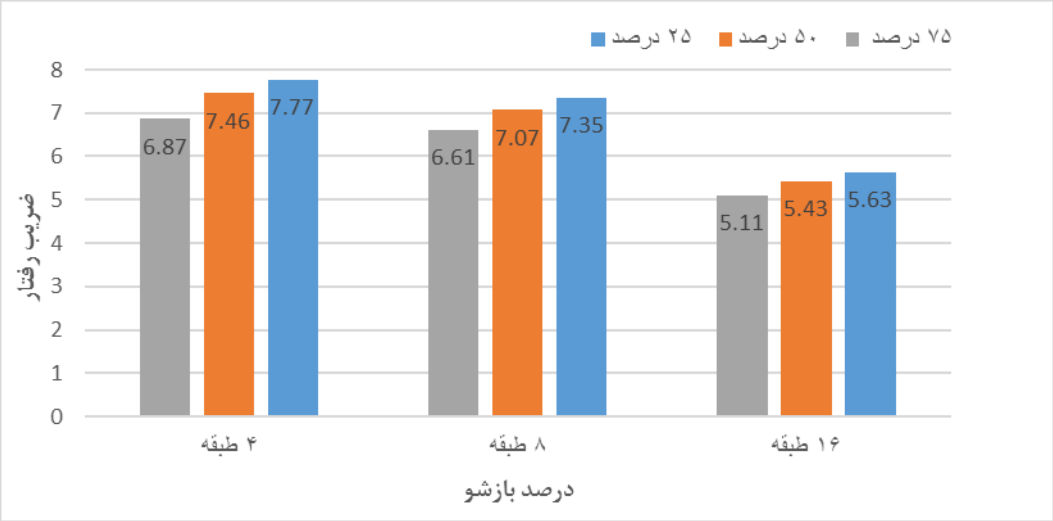
Archive of SID

۵-۳- بررسی و تفسیر نتایج تحقیق

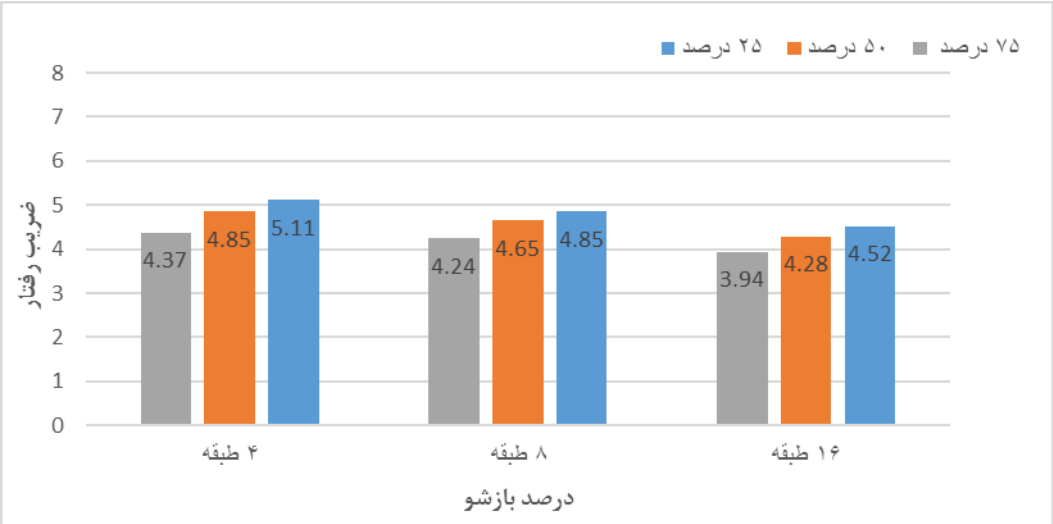
در این بخش به بررسی وتفسیر نتایج تحقیق در خصوص تاثیر پارامترهای مورد نظر ریز اهداف تحقیق بر تغییر ضریب رفتار سازه مورد مطالعه به شرح ذیل پرداخته شده است.

۵-۳-۱- تاثیر درصد بازشو در دیوار برشی

با توجه به نتایج تحقیق که در جدول ۲ ارائه شده است و جهت خاک شماره سه و چهار و همچنین تمام ساختمان های مورد مطالعه، تغییرات ضریب رفتار را با توجه به درصد بازشو از دیوار برشی می توان به قرار نمودار های ۶ و ۷ نمایش داد.



شکل ۶: ضریب رفتار سازه جهت سه تیپ ساختمان جهت سه تیپ درصد بازشو جهت خاک شماره III

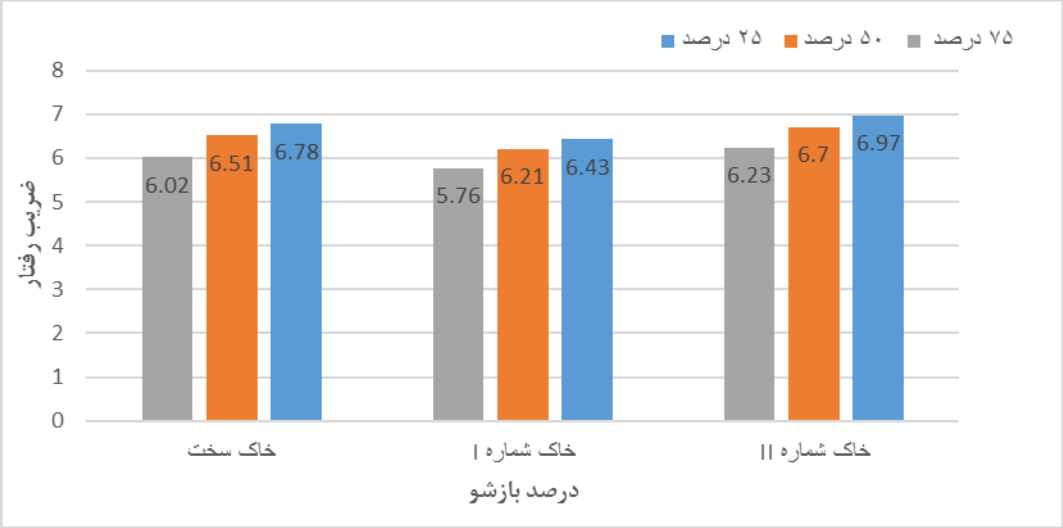


شکل ۷: ضریب رفتار سازه جهت سه تیپ ساختمان جهت سه تیپ درصد بازشو جهت خاک شماره IV

همچنین جهت ساختمان ۸ طبقه و برای سه حالت خاک سخت، شماره یک و دو، تغییرات ضریب رفتار با درصد بازشو به قرار نمودار ۸ می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸: ضریب رفتار سازه جهت ساختمان ۸ طبقه جهت سه تیپ خاک با توجه به تغییرات درصد بازشو

نتایج نشان می دهند که افزایش درصد بازشو در دیوار برشی باعث کاهش ضریب رفتار می گردد. این کاهش در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳: درصد کاهش ضریب رفتار ساختمان های مورد مطالعه با افزایش درصد بازشو

نوع خاک	ساختمان ۴ طبقه		ساختمان ۸ طبقه		ساختمان ۱۶ طبقه	
	حالت I	حالت II	حالت I	حالت II	حالت I	حالت II
سخت	-	-	۴/۱۳	۷/۳۸	-	-
خاک شماره I	-	-	۳/۴۲	۷/۲۴	-	-
خاک شماره II	-	-	۳/۸۷	۷/۰۱	-	-
خاک شماره III	۳/۹۹	۷/۹۱	۳/۸۱	۶/۵۱	۳/۵۵	۵/۹۹
خاک شماره IV	۵/۱۹	۹/۹۰	۴/۱۲	۸/۸۲	۵/۳۱	۷/۹۴

توضیح : حالت I) افزایش درصد بازشو از ۲۵ درصد به ۵۰ درصد، حالت II) افزایش درصد بازشو از ۵۰ درصد به ۷۵ درصد.

این تغییرات نشان می دهند که جهت انواع خاک ها در صورت افزایش درصد بازشو از ۲۵ درصد به ۵۰ درصد و همچنین از ۵۰ درصد به ۷۵ درصد، ضریب رفتار سیستم بطور متوسط به ترتیب ۴/۵۴ درصد و ۸/۹۱ درصد جهت ساختمان ۴ طبقه، ۳/۸۷ درصد و ۷/۳۹ درصد جهت ساختمان ۸ طبقه و بالاخره ۴/۴۳ درصد و ۶/۹۷ درصد جهت ساختمان ۱۶ طبقه، کاهش می یابد. درصورتی که کاهش ضریب رفتار را در اثر افزایش سطح بازشو از ۲۵ درصد به ۷۵ درصد با توجه به جدول ۳ محاسبه نمائیم، نتایج نشان می دهند که این افزایش باعث کاهش ضریب رفتار به طور متوسط ۱۳/۰۳ درصد، ۱۰/۹۸ درصد و ۱۱/۰۸ درصد به ترتیب جهت ساختمان های ۴، ۸ و ۱۶ طبقه می شود.

شایان ذکر است که طبق آیین نامه ۲۸۰۰، قاب خمشی بتنی متوسط دارای ضریب رفتار ۵ است. از طرفی در سیستم دوگانه قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی متوسط ضریب رفتار ۶ بیان شده است[۱۹]. این اعداد نشان می دهند که در صورت استفاده از دیوار برشی، ضریب رفتار ۲۰ درصد افزایش می یابد. لذا درصد تغییر ضریب رفتار با سطح بازشو منطق مناسب نتایج این تحقیق را نشان می دهند. این در حالیست که با توجه به نتایج تحقیق حاضر (جدول ۲) استناد به اعداد آیین نامه ۲۸۰۰ و درونیابی آن جهت برآورد ضریب رفتار باعث طرح غیر اقتصادی و یا نا ایمن می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۳-۲- تاثیر تعداد طبقات

نتایج تحقیق نشان می دهند که متوسط ضریب رفتار جهت ساختمان های مورد مطالعه با توجه به نوع خاک و درصد بازشو (در دیوار برشی) به میزان ۶/۵۲، ۶/۱۵۸ و ۵/۰۴ به ترتیب جهت ساختمان ۴ طبقه، ۸ طبقه و ۱۶ طبقه بدست آمد. این در حالیست که حداکثر و حداقل ضریب رفتار جهت ساختمان های مورد مطالعه با توجه به شرایط خاک و با فرض ۵۰ درصد بازشو در دیوار برشی، به ترتیب ۷/۶۱ و ۴/۸۵ جهت ساختمان ۴ طبقه، ۷/۰۷ و ۴/۶۵ جهت ساختمان ۸ طبقه و همچنین ۵/۵۷ و ۴/۲۸ جهت ساختمان ۱۶ طبقه بدست آمد. همانگونه که بیان شد آیین نامه ۲۸۰۰[۱۹] ضریب رفتار قاب خمشی بتنی متوسط را ۵ و همین قاب همراه با دیوار برشی متوسط را ۶ ارائه می دهد. لذا با توجه به نتایج تحقیق، ضریب رفتار متوسط ساختمان ۴ طبقه و ۸ طبقه، علیرغم داشتن بازشو، بیشتر از پیشنهاد آیین نامه۲۸۰۰[۱۹] است که این موضوع نشان دهنده غیر اقتصادی بودن پیشنهاد آیین نامه مذکور است. این درحالیست که جهت ساختمان ۱۶ طبقه متوسط ضریب رفتار۵/۰۴ بدست آمد که در حد سازه قاب خمشی بتنی می باشد. این موضوع نشان می دهد که در ساختمان های بلند اثر بازشو موثرتر بوده و فرض آیین نامه در اخذ ضریب رفتار آنها (درونیابی و یافتن عددی بین ۵ و ۶) حرکت در جهت عدم اطمینان طراحی بشمار می رود.

۵-۳-۳- تاثیر سختی و نرم خاک

نتایج تحقیق نشان دادند که خاک زیر پی ساختمان تاثیر به سزایی بر تغییر ضریب رفتار سازه مورد مطالعه دارد، به گونه ای که جهت ساختمان ۴ طبقه متوسط ضریب رفتار جهت خاک سخت، شماره I، II، III و IV به ترتیب مقادیر ۷/۵۷، ۷/۶۱، ۷/۱۴، ۷/۳۷ و ۴/۷۸ محاسبه گردید. این اعداد جهت ساختمان ۸ طبقه به ترتیب ۶/۴۳، ۶/۱۳، ۶/۶۳، ۷/۰۱ و ۴/۵۸ و جهت ساختمان ۱۶ طبقه به ترتیب ۵/۴۳، ۵/۴۵، ۵/۵۷، ۵/۳۹ و ۴/۲۵ بدست آمدند. نتایج تغییرات ضریب رفتار نشان می دهند که جهت ساختمان های ۴ و ۸ طبقه (به جز خاک شماره IV) آیین نامه ۲۸۰۰ [۱۹] و استفاده از آن باعث طرح غیر اقتصادی ساختمان های مذکور می گردند. این درحالیست که جهت ساختمان ۱۶ طبقه اعداد آیین نامه قابل استفاده می باشند، هرچند جهت خاک شماره IV در هر سه ساختمان استفاده از ضرایب آیین نامه (عددی بین ۵ تا ۶) نشان از طرح غیر ایمن آنها می دهد.

۶- نتیجه گیری کلی

همانگونه که بیان گردید هدف اصلی از انجام این تحقیق محاسبه ضریب رفتار سیستم ترکیبی شامل قاب خمشی بتنی همراه با دیوار برشی بتنی بازشودار با شکل پذیری متوسط می باشد. نتایج تحقیق نشان دادند که با تغییر درصد بازشو در دیوار برشی، ضریب رفتار سیستم حداکثر تا ۱۳/۰۳ درصد، ۱۰/۹۸ درصد و ۱۱/۰۸ درصد به ترتیب جهت ساختمان های ۴، ۸ و ۱۶ طبقه تغییر می کند. همچنین نتایج حاصله نشان از تاثیر زیاد ارتفاع سازه بر ضریب رفتار آن دارد، به گونه ای که درصورت تغییر تعداد طبقه از ۴ به ۸ و از ۸ به ۱۶ ، ضریب رفتار به ترتیب ۵/۵۵ درصد و ۱۸/۱۵ درصد کاهش می یابد. در نهایت نتایج نشان دادند که تغییر نوع خاک زیر پی از حالت سخت به نرم (طبق پنج حالت بررسی شده) می تواند ضریب رفتار سیستم را بطور متوسط تا ۳۰/۹۸ درصد تغییر دهد. بطور کلی نتایج تحقیق نشان دادند که جهت سیستم ساختمانی مورد مطالعه با توجه به درصد بازشو در دیوار برشی، ارتفاع ساختمان و نوع خاک، ضرایب رفتار متفاوتی حاصل می گردد که استفاده از ضرایب مذکور باعث آنالیز و طراحی دقیق سازه می گردد. این دقت هم در جهت تامین ایمنی و هم در جهت تامین اقتصاد سازه می باشد. موضوع اخیر در آیین نامه ۲۸۰۰[۱۹] بطور کامل لحاظ نگردیده است، لذا پیشنهاد اکید می گردد تا در آیین نامه ۲۸۰۰[۱۹] ضرایب رفتار هر سیستم ساختمانی تابع ارتفاع و نوع خاک زیر آن به صورت منفک ارائه گردند.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[۱] تسنیمی، ع، معصومی، ع، محاسبه ضریب رفتار قابهای خمشی بتن مسلح، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸.

[۲] چیگویی، ع، رهگذر، م، ع، بررسی ضریب رفتار و رفتار لرزهای(APA) قابهای ترکیبی فولادی بتنی به روش آنالیز پوش آور تطبیقی، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۹۱.

[۳] مین باشی، م، گرامی، م، سیاه پلو، ن، گیوه چی، م، بررسی ضریب رفتار قاب های طبقاتی بتن مسلح مهاربندی شده با مهار ضربدری توسط تحلیل پوش آور، دومین کنفرانس ملی سازه و فولاد، ۱۳۹۰.

[۴] حمزه زرقانی، ف، حبیبی پور، ر، سلطانی زاده اتابکی، ا، بررسی ضریب رفتار قاب بتنی تقویت شده با مهاربند فولادی واگرا، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۹۰.

[۵] گرامی، م، لطفی، م، سیاه پلو، ن، بررسی ضریب رفتار ساختمان های بتن آرمه با مهاربندفولادی ضربدری و زانویی شکل، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن، ۱۳۹۱.

[۶] حبیبی، ع، قاسم فام، م، ارزیابی ضریب رفتار قابهای خمشی بتن مسلح نامنظم در ارتفاع، طراحی شده بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰، پنجمین کنفرانس ملی بتن ایران، ۱۳۹۲.

[۷] حجازی، م، رئیسی، ع، محاسبه ضریب رفتار سازه برای های قاب خمشی بتنی با دیوار برشی جفت وتیرهای مزدوج فلزی و مقایسه آن با سازه برشی های قاب خمشی بتنی با دیوار، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد، ۱۳۹۳.

[۸] حبیبی، ع، غلامی، ر، ارزیابی دقت تحلیل استاتیکی غیر خطی در تعیین ضریب رفتار قاب های خمشی بتن مسلح، نشریه مهندسی سازه و ساخت،۱۳۹۴.

[۹] نواله پور، ف، دلنواز، ع، تعیین ضریب رفتار ترکیب قاب بتنی و قاب فلزی ساده با مهاربند هم محور، دومین کنفرانس ملی زلزله، ۱۳۹۴.

[۱۰] هاشمی، س،ش، واقفی، م، سعادت، س،ع، مقایسه ی ضریب رفتار سیستم قاب خمشی بتن مسلح و ساختمان دارای سقف حبابدار، دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،۱۳۹۴.

[11] Chaulagain, H., Rodrigues, H., Spacone, E., Guragain, R., Response reduction factor of irregular RC buildings in Kathmandu valley. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Vol:13, No:3. 2014.

[12] Mahmoudi, M., Mortazavi, S.M.R., Ajdari, S., The Effect of Spandrel Beam's Specification on Response Modification Factor of Concrete Coupled Shear Walls, Civil Engineering Infrastructures Journal, 2016.

[۱۳] گرامی، م، کابلی، س،ع، رضایی فر، ا، تخمین ضریب رفتار قاب های خمشی فولادی مهاربندی شده با پانل های سه بعدی، نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد، ۱۳۸۷.

[14] Newmark, N.M., Hall, W.J., Earthquake Spectra and Design, Earthquake Engineering Res. Inst., El cerrito, Calif., 1982.

[15] Miranda, E., Bertero, V., Evaluation of Strength Reduction Factor for Earthquake Resistant Design, Earthquake Spectra, 1994.

[16] Uang, C., Establishing R (or Rw) and Cd Factors for Building Seismic Provisions , January, ASCE (Journal of Structural Engineering),Vol:117, 1991.

[17] Computers and Structures, Inc. ETABS, version 15.0.0.1221, Computers and Structures, Structural Analysis Program, Inc.,Berkeley, CA., USA, 2015.

[۱۸] مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث ششم (بارهای وارد بر ساختمان)، ویرایش سوم، وزارت مسکن و شهرسازی،۱۳۹۲.

[۱۹] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.

www.SID.ir

Archive of SID

[20] ABAQUS Analysis User's Manual Version 6.12.

[21] BS 8110 Part 1. 1997. Code for practice for design of composite slabs with profiled steel sheeting. Structural use of concrete. British Standards Institution.

[۲۲] نائینی، س،ا، دینامیک خاک (ترجمه Braja.M.DAS)، انتشارات دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، تهران، ایران، ۱۳۷۵.

www.SID.ir