



کد مقاله: ۲-۱۰۲

بررسی تاثیر ابعاد تیرها و ستونها بر روی تغییر مکان طبقه

نوید سیاه پلو^۱، علیرضا حیصمی^۲، میلاد تقی پور^۳

۱- عضو هیأت علمی، جهاددانشگاهی خوزستان، n.siahpolo@gmail.com

۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، جهاددانشگاهی خوزستان

چکیده

در این پژوهش تغییر مکان حاصل از آنالیز ارتجاعی سازه، با ضریب تشدید یافته موجود در آیین نامه ۲۸۰۰ [۱] به تغییر مکان غیرخطی تبدیل شده است. هم چنین مقدار آن از حد مجاز مورد نظر آیین نامه طراحی نباید تجاوز کند. در غیر اینصورت با افزایش ابعاد تیرها، ستونها و یا هردو به ارزیابی میزان تاثیر گذاری آنها بر کاهش تغییر مکان پرداخته شده است. با مقایسه نمودن تغییر مکان کاهش یافته ناشی از تغییر ابعاد تیرها و ستونها، حالت بهینه مشخص میشود. از جمله مهمترین نتایج، در سازه های بلند مرتبه و تعداد دهانه های متفاوت، در هر دو نوع سازه فولادی و بتنی با افزایش ابعاد تیرها، تغییر مکان جانبی طبقات کاهش می یابد. هم چنین زمان تناوب مودی در سازه های فولادی نسبت به بتنی، در اثر افزایش توام مقاطع تیرها و ستونها، کاهش بیشتری خواهد داشت.

کلمات کلیدی: جابجایی نسبی طبقات، آیین نامه ۲۸۰۰، ضریب کنترل drift

۱. مقدمه

در سالهای اخیر نگرش به تغییر مکان به جای نیرو در بررسی اثرات زلزله در سازه ها مد نظر قرار گرفته است. هر چند کماکان اغلب آئین نامه های طراحی ساختمان ها در برابر زلزله تمایل به استفاده از اعمال نیرو جهت تحلیل اثرات لرزه ای بر سازه دارند، لکن همین آئین نامه ها کنترل برخی از تغییر شکل ها و تغییر مکان ها را در طرح سازه ضروری می دانند. به طور کلی می توان معیارهای چهارگانه ی آئین نامه های طراحی را به این شرح معرفی کرد:

- (۱) معیار مقاومت، با در نظر گرفتن این معیار، هر عضو سازه ای باید به تنهایی مقاومت لازم در مقابل سهم باری که به آن رسیده است را داشته باشد. به عبارت دیگر نسبت DCR^1 هر عضو باید کمتر از یک باشد.
- (۲) معیار سختی، چنانچه سازه در مقابل بارهای وارده سختی لازم را نداشته باشد، متحمل جابجایی های زیادی خواهد شد که سازه را در مقابل پدیده هایی که در ادامه به آن ها اشاره خواهد شد، آسیب پذیر میسازد. لذا لازم است کنترل تغییر مکان جانبی در سازه صورت پذیرد تا از ایجاد جابجایی های بزرگ (مخصوصاً در اعضای باربر قائم) پرهیز شود.

۳) معیار پایداری، مباحث مرتبط با کمانش اجزای سازه ای و اثرات ثانوی های که به واسطه ی عملکرد بارهای ثقلی بر ساز هی تغییر مکان یافته ایجاد میشود موسوم به $P - \Delta$ از عواملی هستند که به صورت ثانویه باعث بر هم خوردن پایداری می شود.

۴) معیار شکل پذیری، با توجه به سطح عملکردی که برای سازه در نظر گرفته می شود، سازه

می بایست شکل پذیری کافی جهت دستیابی به سطح عملکرد مورد نظر را داشته باشد. همانطور که در معیار دوم دیده می شود چنانچه سازه سختی لازم را نداشته باشد، متحمل جابجاییهای زیادی می شود. علل لزوم این جابجاییها را باید در موارد زیر جستجو نمود:

(الف) محدود نمودن خسارات وارد بر اجزای سازه ای با ورود سازه به حوزه ی عملکرد غیر ارتجاعی، عملاً با افزایش مقدار ناچیزی از نیرو، تغییر مکان های جانبی به شدت افزایش پیدا می کند. به عبارتی بهتر بعد از غیر خطی شدن رفتار سازه، تغییر مکان های جانبی مهمترین شاخص خسارت به حساب می آیند. لذا آئین نامه ها قصد دارند با محدود نمودن تغییر مکان های جانبی تا حد امکان خرابی های مذکور را بکاهند. (ب) محدود نمودن خسارات وارد بر اجزای غیر سازه ای با ایجاد تغییر مکان های جانبی، نیروهای بسیار زیادی خصوصاً به صورت برشی به اعضای غیر سازه ای نظیر میان قابها وارد میشود که کم کردن تغییر مکان های جانبی باعث کاهش این قبیل نیروها و خسارت های ناشی از آن می شود.

از آنجا که غالب طراح یهای متعارف از طریق تحلیل های خطی انجام میشود، تخمین میزان تغییر شکل و جابجایی واقعی سازه (حاصل از تحلیل های غیر خطی) از طریق یافتن ضریبی جهت تبدیل تغییر مکانهای تحلیل خطی به تغییر مکان های واقعی امکان پذیر میباشد. ضریب پیشنهادی ویرایش سوم آئین نامه ۲۸۰۰ جهت تبدیل تغییر مکانهای حاصل از آنالیز خطی به غیر خطی $0.7R$ میباشد که در آن R ضریب رفتار سازه است. در این مقاله با مدلسازی دو تیپ سازه از نوع بتنی و فولادی به میزان تاثیر گذاری کاهش تغییر مکان با افزایش ابعاد هر کدام از تیرها و ستونها پرداخته میشود که آیا تاثیر تیر بر کاهش تغییر مکان بیشتر است یا ستون [۲] و [۳].

۲. ضوابط آئین نامه ایی

در آئین نامه ی ۲۸۰۰ - ویرایش سوم - مقرر گردیده است در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طبقات لازم است جابجایی در محل مرکز جرم طبقات ملاک عمل قرار گیرد. به عبارتی دیگر تغییر مکان نسبی هر طبقه عبارت است از جابجایی کل مرکز جرم آن طبقه نسبت به جابجایی کل مرکز جرم طبقه ی تحتانی آن. در این ویرایش مقرر گردیده تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح، یا تغییر مکان جانبی نسبی غیر ارتجاعی طرح، در هر طبقه تغییر مکانی است که در صورت منظور داشتن رفتار واقعی سازه، رفتار غیر خطی، در تحلیل آن بدست می آید. در مواردی که تحلیل سازه با فرض خطی بودن آن انجام میشود، این تغییر مکان را می توان از رابطه زیر بدست آورد.

$$\Delta_M = 0.7R\Delta_W$$

رابطه ۱

که در آن Δ_M تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در طبقه، Δ_W تغییر مکان جانبی نسبی طرح در طبقه و R ضریب رفتار سازه می باشد.

حدود مجاز تغییر مکان نسبی طبقات (*drift*) به شرح جدول زیر است :

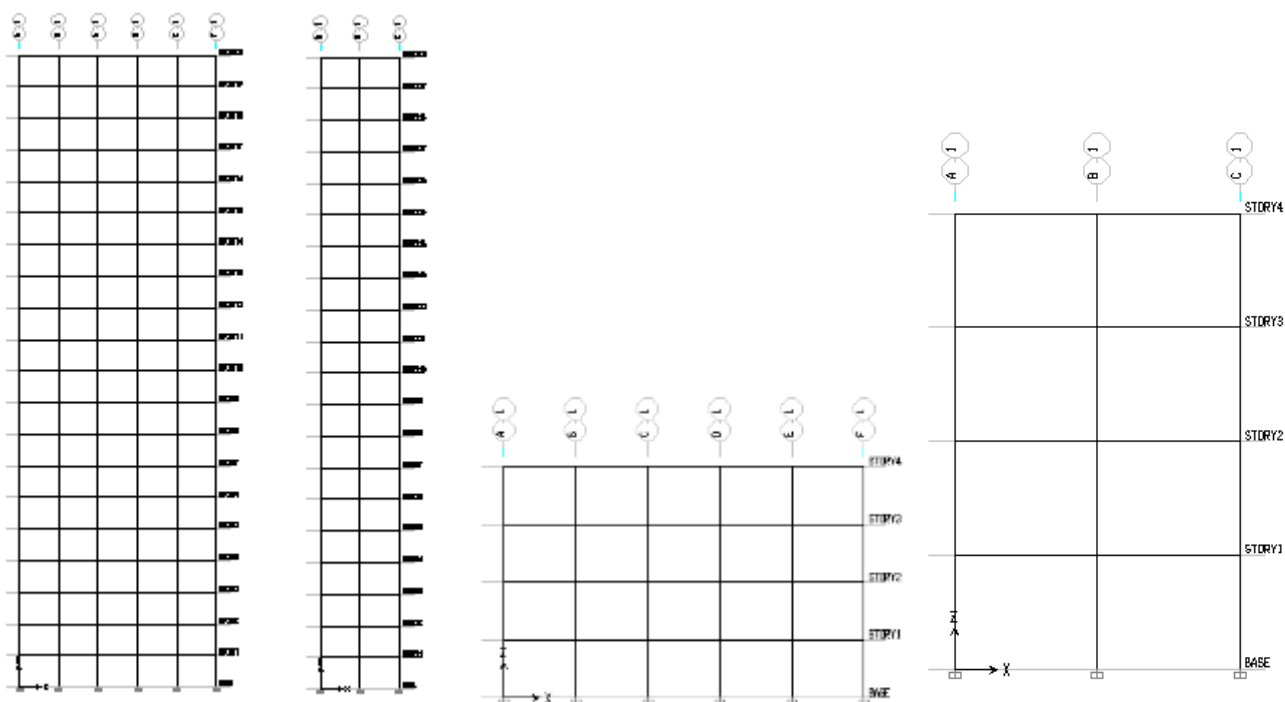
جدول ۱- حدود مجاز تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در آیین نامه ۲۸۰۰

زمان تناوب تجربی سازه	حداکثر مقدار مجاز drift
$\leq 0,7$	$0,2ch$
$\geq 0,7$	$0,2ch$

h ارتفاع طبقه مورد نظر است.

۳. مطالعه موردی

نمادوبعدی مدلسازی شده بصورت شکل ۱ میباشد.



شکل ۱- نمای مدل‌های دوبعدی ساخته شده

در این بررسی دو تیپ مدل ۲۰ و ۴ طبقه، ۲ و ۵ دهانه برای هرکدام از سازه های بتنی و فولادی مدلسازی شده که در همگی قاب خمشی فرض گردیده است. در سازه های بتنی از المانهایی استفاده گردیده که در آنها نسبت تنش بین ۰,۸ الی ۱ میباشد. همچنین در سازه های بتنی نیز تیرها و ستونهایی با شرایط زیر مدلسازی صورت گرفته شده است:

جدول ۲- شرایط تیرها و ستونهای مدلسازی سازه بتنی

تیر	ستون
$0,1 \leq \rho \leq 0,25$	$0,1 \leq \rho \leq 0,3$

ρ درصد آرماتور بکاررفته شده است.

سازه ها در این مقاله دو بعدی مدلسازی شده است. ارتفاع طبقات ۴ متر و عرض دهانه ها ۵ متر در نظر گرفته شده است. با توجه به امکان انتخاب شرایط لرزه ایی متنوع برای مدل ها ، شرایط لرزه ایی را برای شهر تهران با پهنای خطر لرزه ایی خیلی زیاد ، خاک نوع *IV* و نوع سازه را مسکونی در نظر گرفته شده است . هم چنین بار وارده بر سازه را همگی ۳۲۵۰ کیلوگرم بر متر بار مرده و ۱۲۵۰ کیلوگرم بر متر بار زنده فرض گردیده شده است . ترکیب بار گذاری استفاده شده در این مقاله برگرفته از مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان - ویرایش ۸۸- میباشد [۴]. جهت انجام آنالیز خطی سازه ها از نرم افزار *ETABS Ver:9.7.0* استفاده گردیده شده است . همچنین برای سازه های فولادی از آیین نامه *UBC97* و سازه های بتنی از *ACI318 – 99* مورد استفاده قرار گرفته شده است.

۴.مدلسازی

ابتدا برای هرکدام از سازه های بتنی و فولادی مدل های ۲۰ طبقه و ۵ طبقه تحلیل شده است . میزان تغییر مکان منحصرا برای همان نوع از سازه در نظر گرفته شده است . سپس یکبار با افزایش مقطع تیر و بار دیگر با افزایش ستون و در نهایت با افزایش هردوی آنها ، نتایج بایکدیگر مقایسه میشود . در این مقاله به بررسی نتایج تغییر مکان ، لنگر واژگونی ، وزن کل اسکلت سازه و زمان تناوب مودی حاصل از هرکدام از موارد مذکور پرداخته شده است. در پایان میزان تاثیر هریک از المانها در کاهش تغییر مکان تعیین میگردد . بعداز مقایسه تغییر مکان و دیگر پارامترها در هرکدام از سازه های بتنی و فولادی ، باردیگر همین بررسی را بین سازه های بتنی و فولادی در طبقات مشابه انجام میشود. همچنین در پایان میزان اثر بخشی بیشتر تغییر ابعاد تیرها و ستونها در بین نوع سازه نیز مورد بحث و بررسی قرار میگیرد.

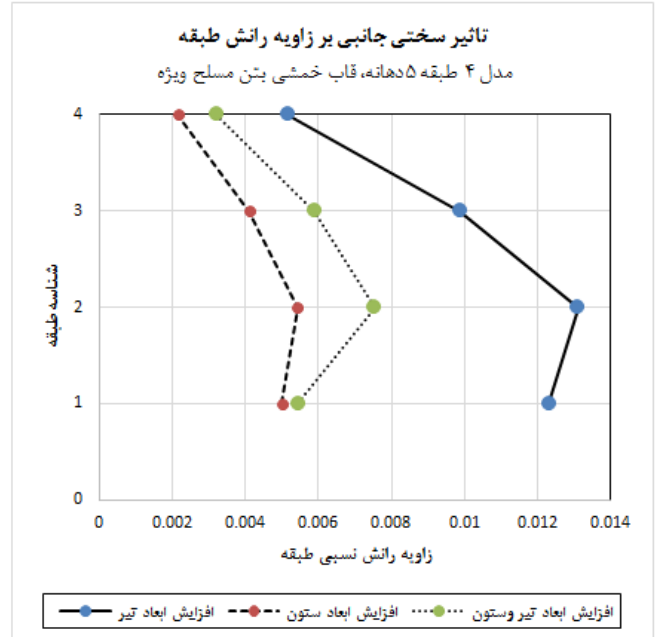
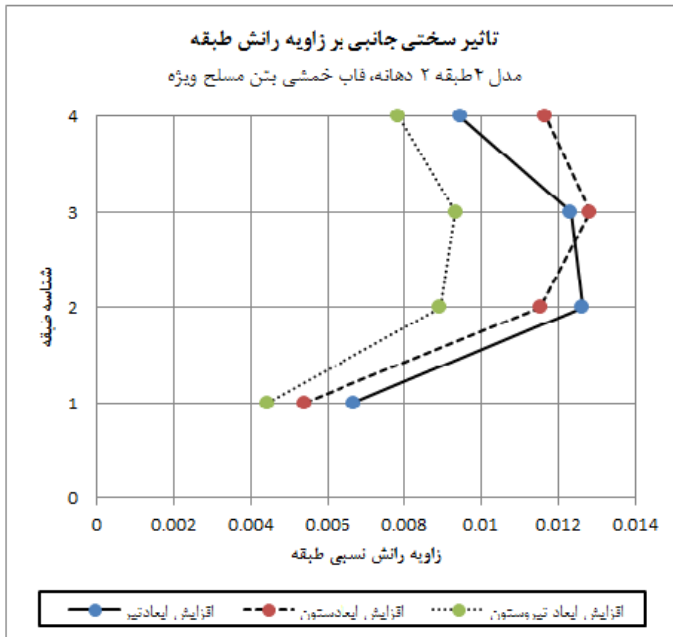
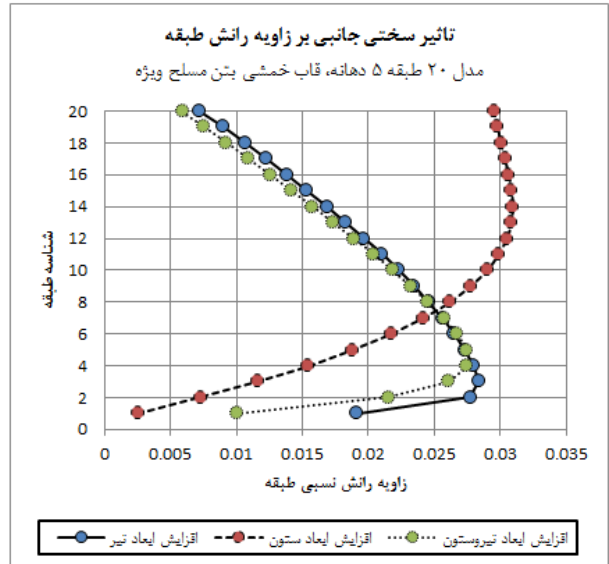
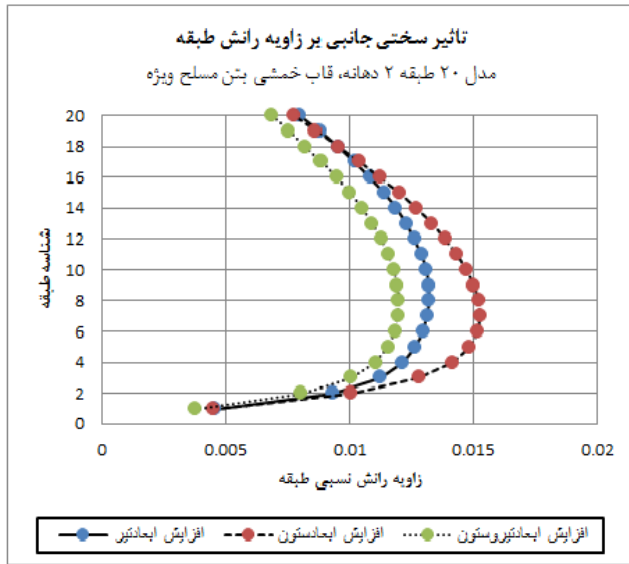
روش کار در این پژوهش بدین صورت است که با تغییر مکان حاصل از تحلیل خطی سازه ها به کمک نرم افزار *ETABS* ، با جایگذاری در رابطه ۱ ، تغییر مکان واقعی غیر ارتجاعی بدست آورده میشود. سپس با ترسیم منحنی تغییر مکان - ارتفاع در هرکدام از حتهای افزایش تیر ، ستون و هردوی آنها به بررسی نتایج پرداخته میشود. هم چنین جهت سهولت ، ماکزیمم تغییر مکان مدلها را به مقدار حداکثر مجاز آیین نامه ۲۸۰۰ که در جدول ۱ آمده ، محدود شده است .

۵.بررسی نتایج حاصله

ابتدا به بررسی نتایج حاصل از میزان تاثیر افزایش ابعاد تیرها و ستونها بر تغییر مکان پرداخته میشود . سپس به پارامترهای دیگری چون لنگر واژگونی ، زمان تناوب مودی و افزایش وزن اسکلت سازه بر اثر افزایش ابعاد تیرها و ستونها صورت گرفته شده است.

۵-۱-سازه های بتنی

نتایج حاصل از تغییر ابعاد تیرها و ستونها بر تغییر مکان مدل های ۲۰ و ۵ طبقه با دهانه های ۲ و ۵ در شکل زیر آورده شده است :



شکل ۲- منحنی تغییر مکان در سازه بتنی

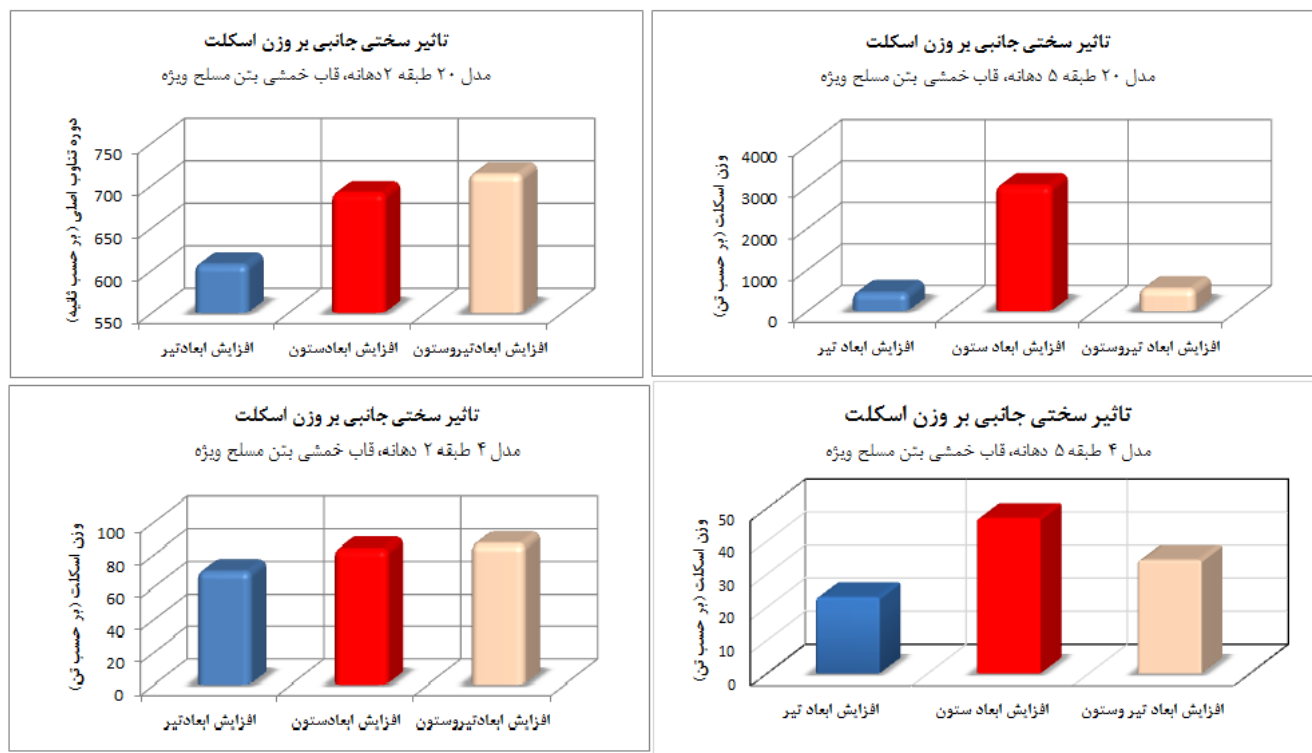
مطابق شکل فوق، در مدل ۲۰ طبقه ۵ دهانه، با افزایش ابعاد تیر مقدار تغییر مکان کاهش خواهد پیدا کرد. در عین حال با افزایش ابعاد ستون تغییر مکان افزایش پیدا کرده است. نکته قابل توجه دیگر در این مدل آنست که با افزایش توام ابعاد تیرها و ستونها، تغییر مکان طبقات نسبت به حالت افزایش ابعاد تیرها تغییر قابل توجهی نخواهد نمود. لذا بهتر آنست که جهت کاهش DRIFT طبقه تنها ابعاد تیر را افزایش داد.

در مدل ۲۰ طبقه ۲ دهانه، هم چون مدل قبل، با افزایش ابعاد تیر تغییر مکان کاهش و تاثیر افزایش ابعاد تیرها نسبت به ستونها در کاهش تغییر مکان طبقات بیشتر است. هم چنین در مدل مذکور، با افزایش توام ابعاد تیرها و ستونها تغییرات DRIFT نسبت به افزایش ابعاد تیر تفاوت چندانی ندارد.

در مدل ۴ طبقه ۵ دهانه، تنها با افزایش ابعاد مقاطع تیرها و ستونها بطور همزمان تغییر مکان کاهش پیدا کرده است. افزایش ابعاد تیرها و ستونها به تنهایی تغییر قابل توجهی در تغییر شکل طبقه ایجاد نکرده است. در مدل ۴ طبقه ۲ دهانه، برخلاف مدل‌های دیگر، با افزایش ابعاد ستونها مقدار تغییر مکان طبقه بصورت قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. همچنین با افزایش ابعاد تیرها و یا هردوی آنها (تیروستون) بصورت همزمان تاثیر قابل ملاحظه ایی در تغییر مکان طبقات نداشته است.

باتوجه به نتایج حاصل از شکل ۲ میتوان نتیجه گرفت که در اکثر موارد بجز در مدل ۴ طبقه ۲ دهانه، که میتوان آنرا جزء سازه های با ارتفاع کم و دهانه های کم اتلاق نمود، با افزایش ابعاد تیرها تغییر مکان طبقات به حد قابل توجهی کاهش پیدا خواهد کرد.

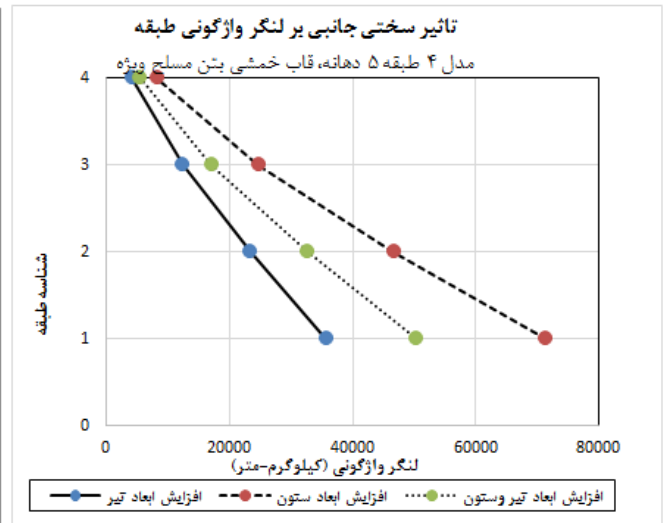
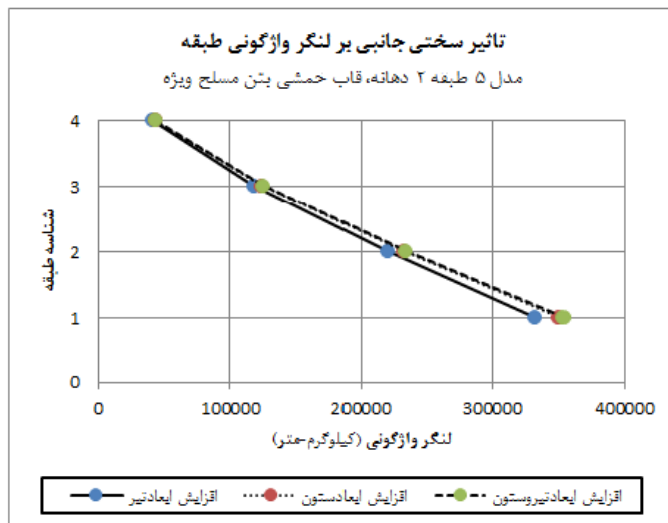
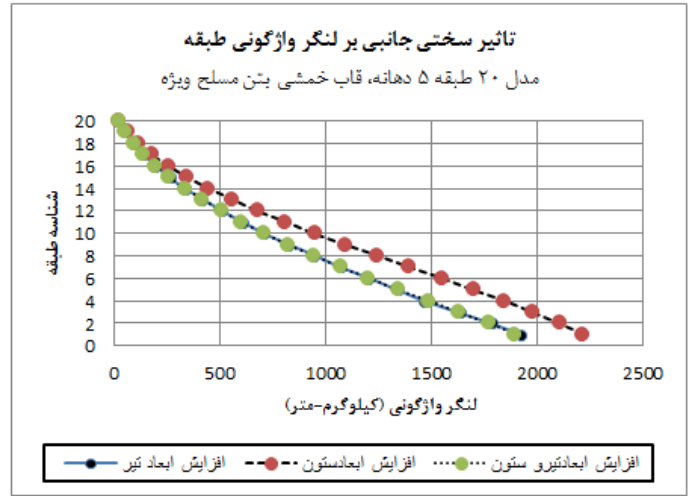
در شکل زیر وزن اسکلت بتنی را در حالت‌های مختلف افزایش ابعاد تیرها و ستونها در مدل‌های ساخته شده قرارداد شده است:



شکل ۳- وزن اسکلت سازه در سازه بتنی برحسب تن

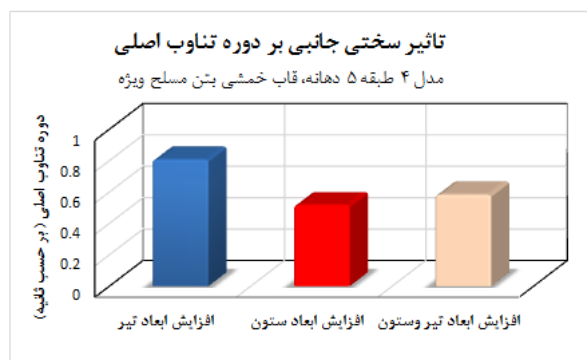
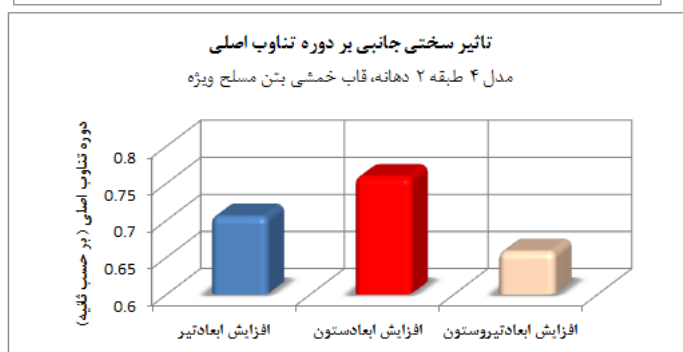
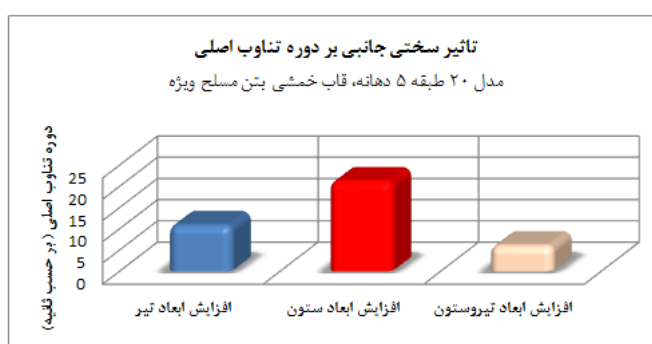
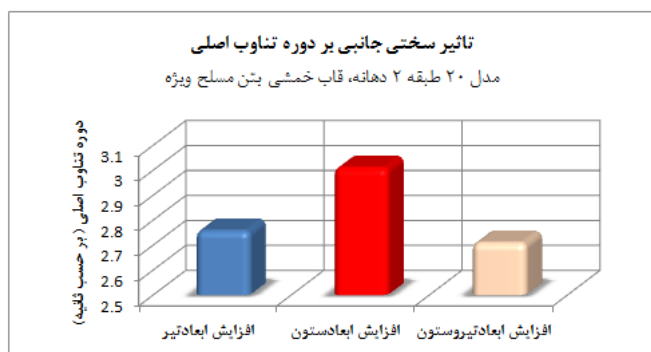
مطابق شکل ۳، برای سازه های ۲۰ طبقه، با افزایش ابعاد تیر در کاهش DRIFT طبقه، وزن اسکلت نسبت به حالت‌های دیگر کاهش چشم گیری داشته است. بنابراین میتوان با این روش (افزایش ابعاد تیر) میزان تغییر مکان طبقه را تا حد قابل قبولی کاهش داد. اما در مدل ۴ طبقه ۵ دهانه که با افزایش توام ابعاد تیرها و ستونها مطابق نتایج حاصل از شکل ۲، بیشترین کاهش تغییر مکان را داشته است، وزن اسکلت به شدت افزایش یافته و از لحاظ اقتصادی بهینه نمی باشد. هم چنین در مدل ۲ دهانه آن هم مشاهده میگردد با افزایش ابعاد ستون که باعث کاهش تغییر مکان طبقه میشد، وزن اسکلت افزایش یافته و مقرون به صرفه نمیشد. بنابراین بنظر میرسد در سازه های با ارتفاع کم، از آنجا که DRIFT قابل توجهی نخواهند داشت لذا بهتر است ابعاد مقاطع در آنها افزایش نیابد.

در شکل زیر لنگرواژگونی را در حالت‌های افزایش ابعاد مقاطع تیرها و ستونها برای مدل‌های ساخته شده ارائه داده شده است :



شکل ۴ - منحنی لنگروازگونی برای حالت‌های افزایش ابعاد مقاطع تیرها و ستونها

مطابق شکل ۴، لنگروازگونی در سه حالت مختلف تغییر محسوسی نداشته است. این بدان معنا است که لنگروازگونی وابسته به تغییر ابعاد مقاطع نمیباشد. لذا بسته به مقاطع موجود در سازه، نتایج تحلیل حاصل از آنها یکسان خواهد بود. حال نتایج تحلیل زمان تناوب مودی در شکل زیر آمده است:

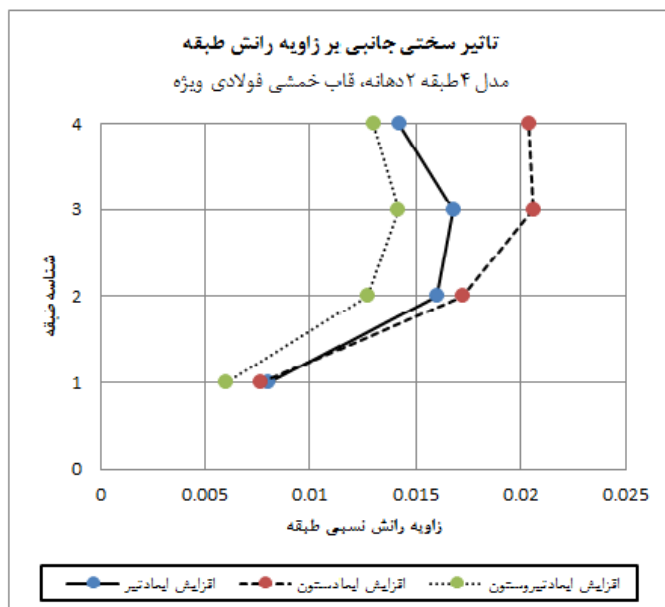
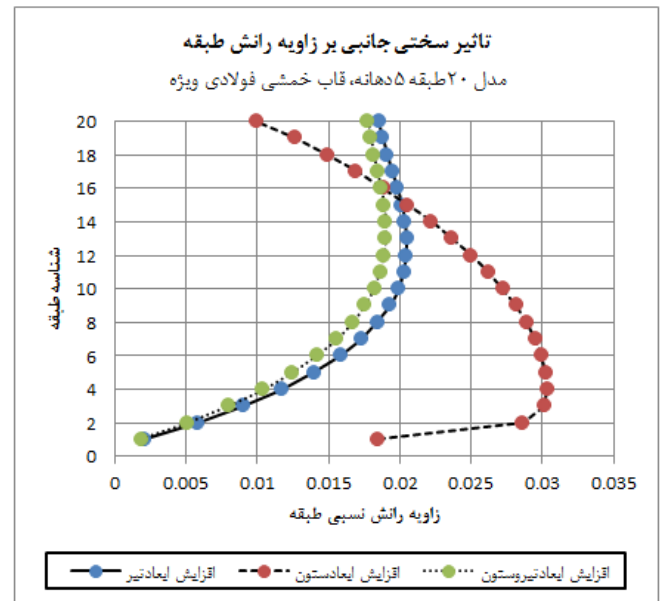
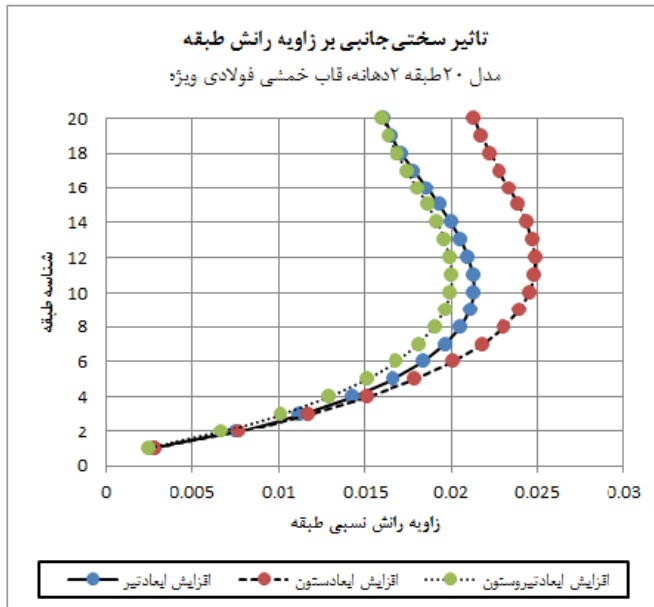


شکل ۵ - زمان تناوب مود اول

باتوجه به نتایج تحلیل در شکل ۵، برای سازه های ۲۰ طبقه، با افزایش ابعاد مقاطع تیر که باعث کاهش تغییر مکان میشد، زمان تناوب مودی کاهش یافته است. این حالت برای زلزله های نزدیک گسل که یکی از مشخصه های آن دارای پرپود نسبت بلند میباشد، مناسب است. هم چنین در مدل ۴ طبقه ۵ دهانه که با افزایش توام ابعاد تیرو ستون تغییر مکان طبقات کاهش می یافت، زمان تناوب در حد قابل توجهی کاهش یافته است. در مدل ۲ دهانه آن نیز با افزایش ابعاد مقاطع ستونها زمان تناوب کاهش یافته و از این لحاظ مناسب میباشد. اما همانطور که قبلا ذکر شد، در این مدل (۴ طبقه ۲ دهانه)، با افزایش ابعاد ستون وزن سازه افزایش یافته و مقرون به صرفه نخواهد بود.

۲-۵ سازه های فولادی

ابتدا منحنی تغییر مکان طبقه را برای حالت های مختلف بررسی میشود:



شکل ۶ - منحنی تغییر مکان در سازه فولادی

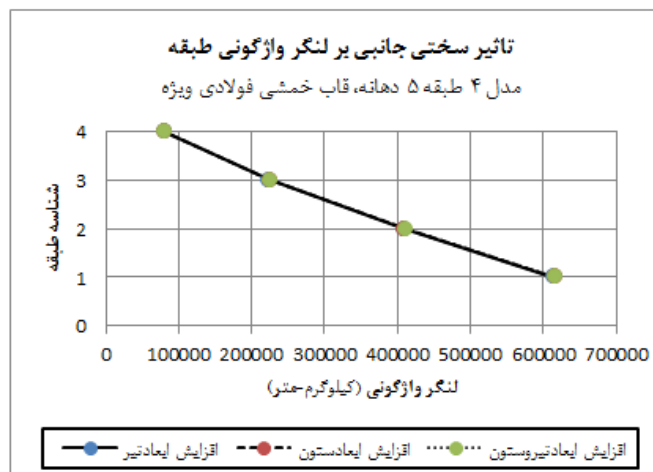
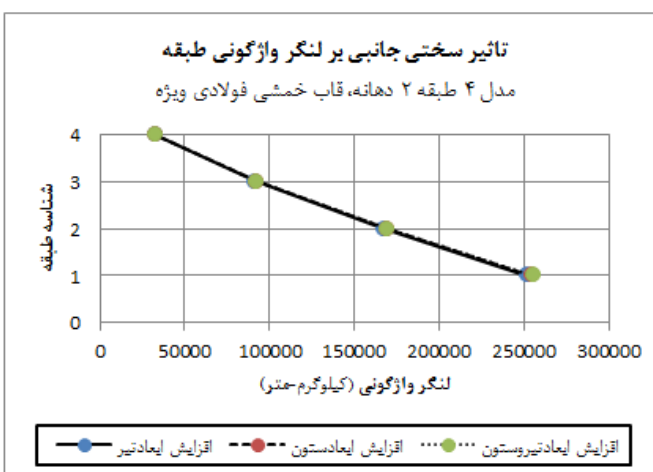
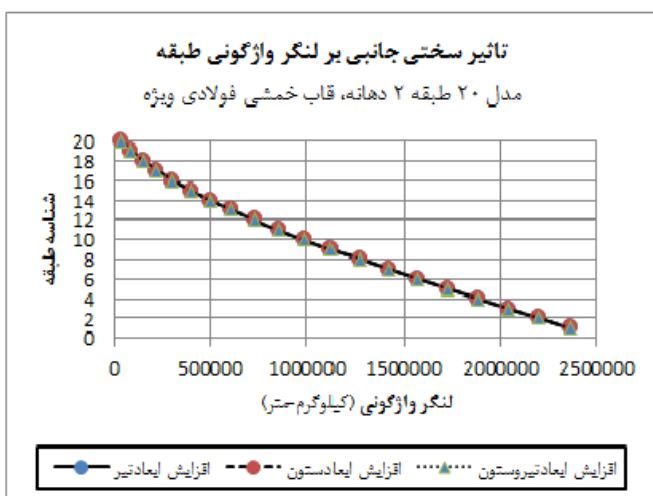
مطابق شکل ۶، در سازه های فولادی بر خلاف سازه های بتنی بدون استئنا در تمامی مدلها با افزایش ابعاد تیرها تغییر مکان طبقات کاهش یافته است. هم چنین با افزایش توام ابعاد تیرها و ستونها، DRIFT طبقات بطور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. حال این نتایج را با دیگر پارامترهای مذکور بررسی و در صورت مساعد بودن نتایج میتوان با افزایش ابعاد مقطع تغییر مکان طبقات را کاهش داد .
وزن اسکلت سازه در مدلهای مختلف بصورت زیر خواهد بود :



شکل ۷- وزن اسکلت سازه فولادی

مطابق نتایج، در سازه ۲۰ طبقه ۵ دهانه، با افزایش شماره تیر در کاهش تغییر مکان جانبی طبقات، وزن سازه به شدت افزایش می یابد. لذا در سازه های بلند با دهانه های زیاد افزایش مقاطع در کاهش DRIFT طبقات مقرونه به صرفه نمیباشد. اما در سایر مدلها هم چون سازه ۲۰ طبقه ۲ دهانه و دو مدل ۴ طبقه، با افزایش شماره مقاطع تیرها وزن سازه تغییر نکرده و از این لحاظ مقرون به صرفه خواهد بود. هم چنین لازم به ذکر است که با کاهش وزن سازه، سازه از نظر عملکرد لرزه ای در حالت مناسبی خواهد بود و نیروی تراز پایه کمتری به آن وارد خواهد شد.

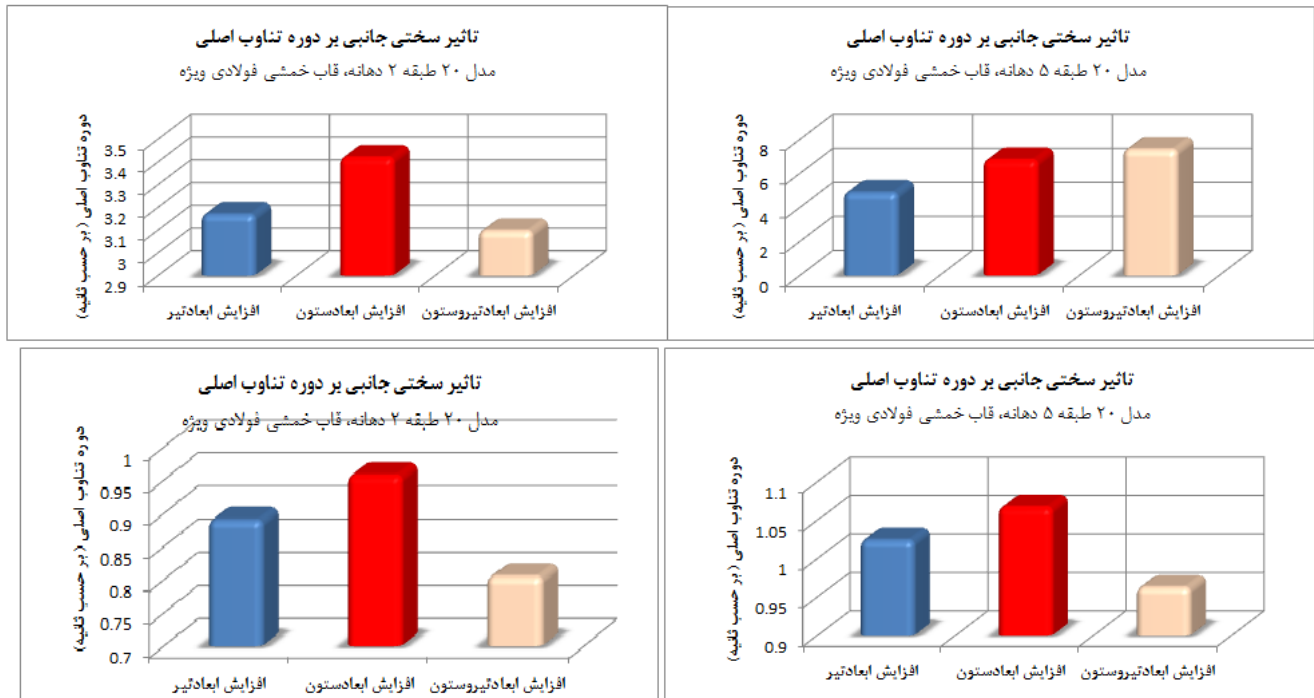
منحنی لنگروازگونی برای مدل های سازه فولادی به شکل زیر خواهد بود :



شکل ۸ - منحنی لنگر واژگونی سازه های فولادی

طبق نتایج فوق، در سازه های فولادی نیز هم چون سازه های بتنی لنگر واژگونی برای افزایش مقاطع تیرها و ستونها یکسان بوده و وابسته به افزایش مقاطع نمیباشد. لذا بنظر میرسد بطور کلی لنگر واژگونی بر اساس چیدمان مقاطع تیرها و ستونها بدست می آید. صرفاً با افزایش شماره مقاطع تیرها یا ستونها تغییر نخواهد کرد.

در پایان منحنی زمان تناوبی برای مود اول در شکل زیر نمایش داده شده است :



شکل ۹ - زمان تناوب مود اول

طبق شکل ۹، برخلاف سازه های بتنی با افزایش مقاطع تیرها، زمان تناوب مودی برای تمامی مدلها کاهش یافته است. لذا از نظر زلزله های نزدیک گسل بسیار مناسب خواهد بود. در صورت افزایش مقاطع تیروستون بصورت توام، علاوه بر کاهش قابل توجه تغییر مکان جانبی طبقات، زمان تناوب مودی نسبت بحالت افزایش تنها مقاطع تیرها کمتر خواهد شد. لذا از نظر عملکرد لرزه ایی در زلزله های نزدیک گسل بهتر خواهد بود.

۶. نتیجه گیری

* در سازه های بلند مرتبه و تعداد دهانه های متفاوت، در هر دو نوع سازه فولادی و بتنی با افزایش ابعاد تیرها، تغییر مکان جانبی طبقات کاهش می یابد.

* در سازه های فولادی، افزایش توام مقاطع تیروستون، نسبت به سازه های بتنی تاثیر بیشتری در کاهش DRIFT خواهد داشت.

* زمان تناوب مودی در سازه های فولادی نسبت به بتنی، در اثر افزایش توام مقاطع تیروستونها، کاهش بیشتری خواهد داشت.

* سازه های با ارتفاع کم، در سازه بتنی با افزایش توام تیرها و ستونها و در فولادی تنها با افزایش تیرها تغییر مکان جانبی طبقات کاهش پیدا خواهد کرد. البته لازم به ذکر است که در سازه های فولادی در صورت افزایش توام تیروستونها عملکرد بهتری در کاهش DRIFT طبقات خواهد داشت.

* زمان تناوب مودی در سازه های کم ارتفاع نیز برای سازه های بتنی با افزایش مقاطع تیرها نسبت بحالت افزایش توام تیروستون بیشتر خواهد بود. لذا برای کاهش تغییر مکان طبقات، بهتراست مقاطع رابصورت همزمان افزایش داد.

* وزن سازه برای مدل‌های با ارتفاع زیاد در سازه‌های بتنی در اثر کاهش DRIFT ناشی از افزایش ابعاد تیرها، کاهش پیدا خواهد کرد. در حالیکه در سازه فولادی بجز در مورد دهانه‌های زیاد، همین امر صادق خواهد بود.

* در سازه‌های کم ارتفاع، وزن سازه در اثر تنها افزایش ابعاد تیرها در کاهش DRIFT، برای هر دو نوع سازه بتنی و فولادی کمترین مقدار خواهد بود.

* لنگر واژگونی برای تمامی سازه‌ها با ارتفاع و تعداد دهانه‌های متفاوت و در هر دو نوع بتنی و فولادی، با افزایش ابعاد تیرها و ستونها تغییر نخواهد کرد.

۷. مراجع

- [۱] آئین نامه ی طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ - ویرایش سوم ۸۴
- [2] Yu-Yuan lin and Eduardo Miranda, (2009), "Evaluation of equivalent linear methods for estimating target displacements of existing structures," Eng Struct 48, pp 1121-1133
- [3] Jorge Ruiz-Garcia and Eduardo Miranda, (2008), "Probabilistic estimation of residual drift demands for seismic assessment of multi-story framed buildings," Eng Struct 45, pp 1151-1163

[۴] مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان - ویرایش ۸۸

[۵] مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان - ویرایش ۸۸

[۶] مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان - ویرایش ۸۸