

ارزیابی روش‌های تخمین تغییر مکان جانبی واقعی ساختمان‌های بتنی در برابر زلزله

موسی محمودی صاحبی

استادیار گروه عمران، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

m.mahmoudi@srttu.edu

(دریافت مقاله: آبان ۱۳۸۷، دریافت پذیرش: تیر ۱۳۸۹)

چکیده- در طراحی لرزه ای سازه‌ها، محاسبه‌ی تغییر مکان جانبی بیشینه‌ی سازه‌ها اهمیت زیادی دارد. آئین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، تغییر مکان جانبی بیشینه‌ی سازه‌ها را در برابر زلزله‌های شدید، با ضرب تغییر مکان جانبی نظیر طراحی آن‌ها، در ضریبی به نام ضریب بزرگنمایی تغییر مکان تعیین می‌کند. هدف اصلی این مقاله، بررسی ضریب بزرگنمایی تغییر مکان پیشنهادی در آئین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای و تعیین نسبت آن به مقدار ضریب رفتار است. برای رسیدن به این هدف از دو روش استفاده شده است. در روش اول که برای تمامی انواع سازه‌ها کاربرد دارد، نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و ضریب رفتار مستقیماً تعیین شد. در روش دوم که فقط برای قاب‌های خمشی بتن مسلح تحقیق شده است، هر یک از ضرایب بزرگنمایی تغییر مکان و رفتار به طور جداگانه محاسبه شده و سپس، نسبت آن‌ها تعیین شده است. نتایج حاصل از هر دو روش حاکی از این مطلب است که مقدار نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و ضریب رفتار در آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، کوچک‌تر از مقادیر واقعی است و بهتر است در مورد آن‌ها تجدید نظر قرار شود.

کلید واژگان: تغییر مکان جانبی بیشینه، ضریب بزرگنمایی تغییر مکان، ضریب رفتار، زمان تناوب اصلی، زلزله‌های شدید و ضریب شکل پذیری.

۱- مقدمه

به دلایل اقتصادی، آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای اجازه می‌دهند تا سازه‌ها با تحمل تغییر شکل‌های غیر ارتجاعی، قسمت اعظم انرژی ناشی از زلزله‌های شدید را جذب کنند. به همین دلیل، مقاومت ارتجاعی مورد نیاز سازه‌ها، همواره کم‌تر از مقاومت مورد نیاز حالتی است که سازه‌ها

کاملاً در حالت ارتجاعی باقی بمانند. برای پرهیز از انجام تحلیل غیرخطی، مقاومت جانبی ارتجاعی مورد نیاز سازه‌ها، از تقسیم مقاومت مورد نیاز در حالت کاملاً ارتجاعی، به ضریب رفتار R به دست می‌آید و سازه تنها برای این سطح از نیرو، تحلیل و طراحی می‌شود. بنابر این تغییر مکان جانبی محاسبه شده از تحلیل خطی، تحت

نیروی جانبی کاهش یافته، تغییر مکان جانبی واقعی سازه نخواهد بود و تنها شامل تغییر مکان ارتجاعی است. در صورتی که برای مقاصد مختلف طراحی، محاسبه تغییر مکان جانبی واقعی سازه ها، شامل قسمت ارتجاعی و قسمت غیر ارتجاعی ضروری است. برخی از این مقاصد عبارتند از: محاسبه درز انقطاع دو سازه ی مجاور، برای جلوگیری از ضربه ی آن ها به یکدیگر در هنگام زلزله، تعیین اثرات ناشی از پدیده ی $P-\Delta$ و تعیین تغییر مکان نسبی دو طبقه ی مجاور برای کنترل خرابی های احتمالی در اجزای غیر سازه ی آن ها [۱]. استاندارد ۲۸۰۰ [۲] و دیگر آیین نامه های طراحی لرزه ای نظیر NEHRP [۳] و IBC [۴]، بیشینه ی تغییر مکان جانبی طبقات و یا بام سازه ها را که در هنگام زلزله های شدید به وجود می آیند، بدون نیاز به تحلیل غیر خطی، با ضرب تغییر مکان ارتجاعی ناشی از تحلیل خطی در ضریبی که به ضرب بزرگنمایی تغییر مکان (C_d) معروف است تعیین می کنند. (رابطه ی ۱):

$$\Delta_{\max} = \Delta_e \times C_d \quad (1)$$

در رابطه ی (۱) $\Delta_{\max}$ ، تغییر مکان بیشینه ی جانبی واقعی سازه (شامل قسمت ارتجاعی و قسمت غیر-ارتجاعی) و Δ_e ، تغییر مکان جانبی ارتجاعی است که از تحلیل خطی محاسبه می شود. C_d ، ضریب بزرگنمایی تغییر مکان است.

ضریب بزرگنمایی تغییر مکان، در تحقیقات مختلفی بررسی شده است. یوانگ^۱ و عروف^۲ در سال ۱۹۹۴، تأثیر زمان تناوب ساختمان، زمان تناوب حاکم زلزله، نوع ساز-وکار خرابی و ضریب مقاومت افزون ساختمان را بر ضریب بزرگنمایی تغییر مکان بررسی کردند [۱]. در سال

۲۰۰۶، محمودی نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و ضریب رفتار ساختمان ها را مستقل از نوع عملکرد آن ها ارزیابی کرد [۵]. در سال ۱۳۸۶ محمودی روشی پیشنهاد کرد که براساس آن به کمک ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و ضریب رفتار، می توان ساختمان ها را بر اساس عملکرد مورد انتظار آن ها طراحی کرد. در این روش برای ضریب بزرگنمایی تغییر مکان ساختمان های با قاب خمشی بتن مسلح، در هر یک از حالت های عملکردی، مقادیری پیشنهاد شد [۶].

در استاندارد ۲۸۰۰ [۲]، بیشینه ی تغییر مکان جانبی طبقات برای تمامی سازه ها از حاصل ضرب مقادیر تغییر مکان حاصل از تحلیل خطی در ضریب $0.7R$ به دست می آید که R ضریب رفتار سازه هاست. یعنی در استاندارد ۲۸۰۰ مقدار ضریب بزرگنمایی تغییر مکان برابر $0.7R$ است. در آیین نامه ی طراحی لرزه ای NEHRP [۳]، مقادیر ضریب بزرگنمایی تغییر مکان با دقت بیشتری ارائه شده است و برای هر یک از سیستم های سازه ای، یک ضریب بزرگنمایی تغییر مکان مجزا، مشابه ضریب رفتار، پیشنهاد می شود. در آیین نامه ی IBC [۴] نیز مشابه آیین نامه ی NEHRP، ضرایب بزرگنمایی تغییر مکان به صورت مجزا برای هر یک از سیستم های سازه ای پیشنهاد شده است.

هدف از این تحقیق، بررسی مقادیر پیشنهادی برای ضریب بزرگنمایی تغییر مکان در آیین نامه های ذکر شده در بالا است. با توجه به وابستگی ضریب بزرگنمایی تغییر مکان C_d به ضریب رفتار R در آیین نامه ها، به-خصوص استاندارد ۲۸۰۰، در این تحقیق نیز همین ایده دنبال شده و نسبت این دو ضریب ارزیابی شده است. برای تعیین نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار، دو روش انتخاب شد. در روش اول که یک روش

1 . Uang
2 . Maarouf

در تحقیقات گذشته نشان داده شده است که ضریب رفتار R و ضریب بزرگنمایی تغییر مکان C_d به وسیله روابط ۵، ۶ و ۷ بیان می‌شوند [۱]:

$$R = R_\mu \times R_s \text{ یا } R = R_\mu \times R_s \times Y \quad (5)$$

$$C_d = \mu \times R_s \text{ یا } C_d = \mu \times R_s \times Y \quad (6)$$

$$Y = C_s / C_w \quad (7)$$

روابطی که دارای ضریب Y است، مربوط به آیین‌نامه‌هایی است که در آن‌ها طراحی سازه‌ها با اعمال ضریب اطمینان انجام می‌شود. C_w ، ضریب برش پایه‌ی مربوط به نیروی طراحی زلزله، با اعمال ضریب اطمینان است. درحالی‌که C_s ، ضریب برش پایه مربوط به نیروی طراحی زلزله، بدون اعمال ضریب اطمینان است. با استفاده از روابط ۵ و ۶ می‌توان نسبت ضرائب C_d و R را مطابق رابطه ۸ تعیین کرد.

$$\frac{C_d}{R} = \frac{\mu \times R_s}{R_\mu \times R_s} = \frac{\mu}{R_\mu} \quad (8)$$

یا

$$\frac{C_d}{R} = \frac{\mu \times R_s \times Y}{R_\mu \times R_s \times Y} = \frac{\mu}{R_\mu}$$

رابطه‌ی ۸ نشان می‌دهد که نسبت C_d / R برای هر دو روش طراحی (اعمال ضریب اطمینان و یا عدم اعمال آن) یکسان است پس در همه‌ی حالت‌ها می‌توان به جای بررسی نسبت C_d / R از نسبت μ / R_μ استفاده کرد.

۲-۱- تعیین نسبت ضریب شکل پذیری به ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری

با فرض این‌که ضریب شکل پذیری یک متغیر مستقل است، ضریب رفتار ناشی از شکل‌پذیری را می‌توان بر-حسب آن به‌دست آورد. روابط متعددی، برای تعیین

کلی است و برای تمامی سیستم‌ها قابل استفاده است، نسبت ضرائب بزرگنمایی تغییر مکان و رفتار، مستقیماً تعیین شده است ولی در روش دوم که تنها برای قاب‌های خمشی بتن مسلح انجام شده است، مقادیر ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و ضریب رفتار به طور جداگانه تعیین شده و سپس نسبت آن‌ها محاسبه شده است.

۲- روش اول: بررسی مستقیم نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار

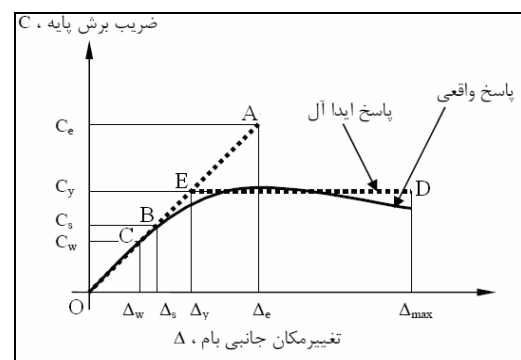
شکل ۱ منحنی‌های پوش پاسخ کلی واقعی و پاسخ ارتجاعی-خمیری ایده‌آل شده‌ی یک سازه را نشان می‌دهد که سه کمیت زیر بر اساس آن تعریف می‌شود (روابط ۲، ۳ و ۴):

$$\mu = \Delta_{\max} / \Delta_y \quad (2)$$

$$R_\mu = C_e / C_y \quad (3)$$

$$R_s = C_y / C_s \quad (4)$$

μ ضریب شکل‌پذیری سیستم، R_μ ضریب رفتار ناشی از شکل‌پذیری، R_s ضریب مقاومت افزون، Δ_y تغییر مکان تسلیم سیستم، C_e نسبت برش پایه نظیر رفتار ارتجاعی کامل، C_y نسبت برش پایه‌ی نظیر تسلیم و C_s نسبت برش پایه‌ی نظیر اولین تسلیم است.



شکل ۱ پاسخ کلی سازه‌ها در برابر زلزله‌های شدید

ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری پیشنهاد شده است، که از آن جمله می توان به رابطه ی نیومارک- هال [۷]، رابطه ی ریدل [۸]، رابطه ی نصر-کراوینکلر [۹] و رابطه ی میراندا [۱۰] اشاره کرد.

در مرجع [۱۱] نتایج حاصل از روابط پیشنهادی نیومارک هال، ریدل، نصر-کراوینکلر و میراندا برای محاسبه R_{μ} با مقادیر واقعی توسط نگارنده تعیین و مقایسه شد. نتایج نشان داد که هیچ یک از روابط بالا به تنهایی قادر نیست با دقت قابل قبول تمامی محدوده های زمان تناوب و ضریب شکل پذیری را پوشش دهد. به همین دلیل در این تحقیق از همه ی روابط پیشنهادی استفاده شده و پوش آن ها برای نتیجه گیری مد نظر قرار گرفته است.

با استفاده از روابط بالا، نسبت μ به R_{μ} برحسب μ (ضریب شکل پذیری) و T (زمان تناوب اصلی سازه) قابل محاسبه می باشد. در شکل های ۲ تا ۵ مقادیر مربوط به μ / R_{μ} ، نشان داده شده است. در تمامی شکل ها، منظور از FRF^۱ ضریب رفتار کلی سازه و منظور از DAF^۲ ضریب بزرگنمایی تغییر مکان است. علامات اختصاری MIRA, RIDD, KRA, NEW در شکل ها، به ترتیب بیان کننده نتایج حاصل از روابط نیومارک- هال [۷]، ریدل [۸]، نصر-کراوینکلر [۹] و میراندا [۱۰] است.

شکل ۲، نسبت C_d / R را بر حسب زمان تناوب اصلی سیستم، در حالتی که ضریب شکل پذیری سیستم معادل ۳ است، نشان می دهد. در این شکل محور افقی بیان کننده ی زمان تناوب و محور قائم نشان دهنده ی نسبت μ به R_{μ} و یا نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار است. از شکل ۲ می توان نتیجه

گرفت که کم ترین مقدار برای μ / R_{μ} یا C_d / R تقریباً برابر ۰/۸ است که از رابطه ی میراندا، حاصل شده است. بیشینه ی مقدار برای نسبت بالا برابر ۱/۷۵ است که مربوط به روابط میراندا، نصر-کراوینکلر است. نسبت C_d / R در زمان تناوب های پایین، دارای مقادیر بالاست و وقتی زمان تناوب سازه افزایش می یابد این نسبت به سمت یک میل می کند.

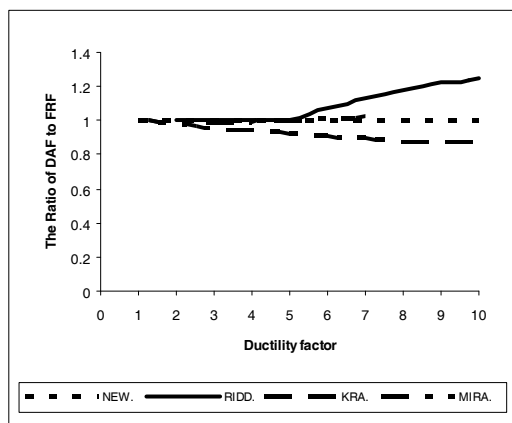
تغییرات نسبت C_d / R بر حسب زمان تناوب اصلی سیستم، برای ضرایب شکل پذیری ۴، در شکل ۳ رسم شده است. حداقل مقدار این نسبت تقریباً برابر ۰/۸ است. هم چنین مقدار بیشینه ی آن، با افزایش ضریب شکل پذیری افزایش پیدا می کند. نسبت C_d / R وقتی که زمان تناوب از ۰/۷ ثانیه کوچک تر باشد همواره از یک بزرگ تر خواهد بود.

شکل ۴ تغییرات نسبت C_d / R را بر حسب ضریب شکل پذیری برای زمان تناوب اصلی ۰/۳ ثانیه نشان می دهد. در این شکل، محور افقی بیان کننده ی ضریب شکل پذیری μ و محور قائم نشان دهنده نسبت μ به R_{μ} و یا نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار C_d / R است. با توجه به شکل می توان گفت این نسبت شدیداً به ضریب شکل پذیری وابسته است. هم چنین مشخص است که برای زمان تناوب ۰/۳ ثانیه، نسبت C_d / R همواره مساوی یا بزرگ تر از یک خواهد بود.

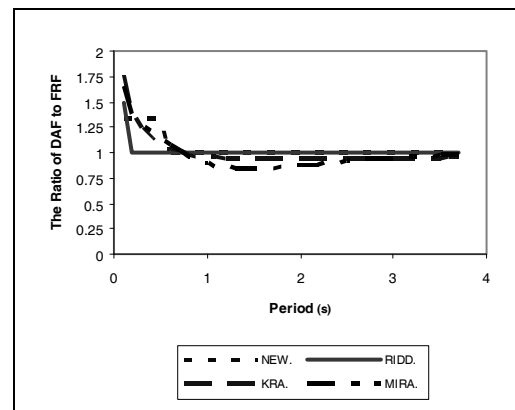
شکل ۵ رابطه ی بین نسبت C_d / R و ضریب شکل پذیری را برای زمان تناوب ۴ ثانیه نشان می دهد. کمینه ی مقدار نسبت C_d / R برابر ۰/۸۵ است. بیشینه ی مقدار این نسبت با افزایش ضریب شکل پذیری افزایش می یابد ولی مقدار آن با افزایش زمان تناوب اصلی T کاهش می یابد.

1 . Force Reduction Factors

2 . Deflection Amplification Factors



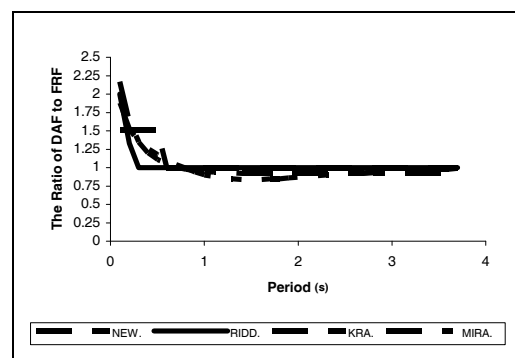
شکل ۵ تغییرات نسبت DAF/FRF در برابر ضریب شکل پذیری سیستم برای زمان تناوب اصلی = ۴ ثانیه



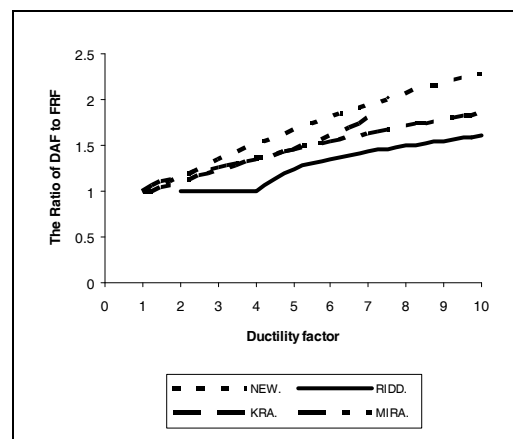
شکل ۲ تغییرات نسبت DAF/FRF برحسب زمان تناوب اصلی سیستم برای ضریب شکل پذیری ۳

۳- روش دوم: بررسی ضریب بزرگنمایی تغییرمکان، ضریب رفتار و نسبت آن‌ها

در این روش به جای محاسبه‌ی مستقیم نسبت ضریب بزرگنمایی تغییرمکان به ضریب رفتار، نخست مقادیر هر یک از ضرایب تعیین شده و سپس نسبت آن‌ها محاسبه می‌شود. در مرجع [۶] مقادیر هر یک از ضرایب بالا، برای قاب-های خمشی بتن مسلح یک تا پانزده طبقه همراه با روش محاسبه‌ی آن‌ها ارائه شده است. قاب‌ها همگی دارای سه دهانه با طول ۴ متر و ارتفاع طبقه‌ی ۳ متر است. تمامی ساختمان‌ها بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ بارگذاری و بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌ی ACI318 طراحی شده‌اند. ضرایب شکل‌پذیری کلی سازه‌ها، با استفاده از روابطی که توسط نگارنده در مرجع [۶] پیشنهاد شده است (روابط ۹ تا ۱۲)، محاسبه شد. در این روابط ابتدا ظرفیت شکل‌پذیری اعضا (تیرها و ستون‌ها) تعیین می‌شود و سپس به کمک روابط مربوطه، ظرفیت شکل‌پذیری کلی سازه بر حسب ظرفیت شکل‌پذیری اعضا (به‌صورت جداگانه برای تیرها و ستون‌ها) محاسبه می‌شود. کم‌ترین مقدار به‌دست آمده از روابط (۱۰)



شکل ۳ تغییرات نسبت DAF/FRF برحسب زمان تناوب اصلی سیستم برای ضریب شکل پذیری ۴



شکل ۴ تغییرات نسبت DAF/FRF در برابر ضریب شکل‌پذیری سیستم برای زمان تناوب اصلی = ۳/۱۰ ثانیه

جدول ۲ ضریب بزرگنمایی تغییر مکان، ضریب رفتار و نسبت آنها

تعداد طبقات	ضریب رفتار (R)	ضریب بزرگنمایی تغییر مکان (C_d)	C_d/R
۱	۳/۹	۵/۰۵	۱/۲۹
۲	۵/۰۵	۶/۴۸	۱/۲۸
۳	۳/۹۴	۴/۳۵	۱/۱۰
۴	۵/۳۲	۵/۷۳	۱/۲۹
۵	۴/۴۱	۴/۵۷	۱/۰۳
۶	۴/۶۱	۴/۶۸	۱/۰۱
۸	۴/۴۴	۴/۴۰	۰/۹۹
۱۰	۴/۴۹	۴/۴۲	۰/۹۸
۱۵	۵/۲۳	۴/۹۷	۰/۹۵

همان گونه که از جدول ۲ نتیجه می شود، برای قاب های با زمان تناوب کم تر از ۰/۵ ثانیه، نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار، بزرگ تر از یک و برای قاب های با زمان تناوب بیش تر از ۰/۵ ثانیه، این نسبت در محدوده ی یک قرار دارد.

۴- بررسی نتایج

در روش اول، نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار برای محدوده ی وسیعی از زمان تناوب (۰/۱ تا ۴ ثانیه) و ضریب شکل پذیری (۲ تا ۸) بررسی شد. ولی در روش دوم، بررسی برای محدوده ی کوچک تری از زمان تناوب (بین ۰/۱۶ تا ۱/۲۲ ثانیه) و ضریب شکل-پذیری (۲/۲۴ تا ۳/۱۹) انجام شد.

با توجه به نتایج حاصل از دو روش اشاره شده در قسمت های قبل می توان ادعا کرد که نسبت ضریب بزرگنمایی تغییر مکان به ضریب رفتار برای ساختمان هایی که زمان تناوب آنها از ۰/۵ ثانیه کم تر است، از یک

و (۱۲) به عنوان ظرفیت شکل پذیری قاب در نظر گرفته می شود.

الف - رابطه ی شکل پذیری تیرها با شکل پذیری کلی قاب

$$\mu_g = a_b(\mu_{lb} - 1.4) + 1 \quad (9)$$

$$a_b = 0.21 + \frac{2.4}{N} - \frac{1.13}{N^2} \quad (10)$$

ب - رابطه ی شکل پذیری ستون ها با شکل پذیری کلی قاب

$$\mu_g = a_c(\mu_{lc} - 1.4) + 1 \quad (11)$$

$$a_c = 0.085 + \frac{0.57}{N} \quad (12)$$

μ_g ، ظرفیت شکل پذیری کلی سازه، μ_{lb} و μ_{lc} به ترتیب ظرفیت شکل پذیری تیر و ستون بحرانی و N تعداد طبقات ساختمان است.

در جدول ۱، مقادیر ضریب شکل پذیری کلی قاب ها که با استفاده از روابط بالا برای قاب های یک تا پانزده طبقه تعیین شده، ارائه شده است. در جدول ۲، مقادیر ضریب بزرگ-نمایی تغییر مکان و ضریب رفتار که با استفاده از روابط ۵ و ۶ برای این قاب ها محاسبه شده همراه با نسبت آنها نشان داده شده است [۶].

جدول ۱ ضرایب شکل پذیری کلی قاب ها

تعداد طبقات	شکل پذیری کلی
۱	۲/۲۴
۲	۳/۱۹
۳	۲/۲۹
۴	۲/۸۶
۵	۲/۳۳
۶	۲/۴۷
۸	۲/۴۲
۱۰	۲/۴۵
۱۵	۲/۸۲

زمان تناوب اصلی سیستم افزایش می‌یابد. نسبت C_d / R برای سازه‌های شکل‌پذیر و همچنین سازه‌های با زمان تناوب اصلی کم‌تر از ۰/۵ ثانیه، بیش‌تر از یک است و در بعضی از حالات نزدیک به ۲/۲۵ است. نتایجی که با استفاده از روش دوم حاصل شد، نشان می‌دهد که نسبت C_d / R برای ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی بیش‌تر از ۰/۵ ثانیه بسیار به یک نزدیک است. ولی برای ساختمان‌هایی که زمان تناوب اصلی آنها کم‌تر از ۰/۵ ثانیه است از یک بیش‌تر است.

با توجه به مقادیر حاصل از دو روش به نظر می‌رسد، ضریب بزرگنمایی تغییرمکان پیشنهادی C_d در آیین‌نامه‌ها، دست‌پایین بوده و بهتر است افزایش یابد. این اصلاح برای سازه‌های شکل‌پذیر و یا دارای زمان تناوب‌های اصلی پائین به مراتب بیشتر احساس می‌شود. به همین دلیل بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهاد می‌شود، مقدار ضریب بزرگنمایی تغییرمکان سازه‌ها، برای ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی بزرگ‌تر از ۰/۵ ثانیه، برابر ضریب رفتار و برای ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی کوچک‌تر یا مساوی ۰/۵ ثانیه، ۱/۲ برابر ضریب رفتار در نظر گرفته شود.

۶- مراجع

- [1] Uang C. and Maarouf A.; "Deflection amplification factor for seismic design provision"; Structural Engineering Journal, 120(8), 1994, 2423-2436.
- [۲] آیین‌نامه‌ی طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۳)؛ انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴.
- [3] EHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Building, Washington, D.C., Bldg. Seismic Safety Council, 1994.

بزرگ‌تر خواهد بود ولی برای زمان تناوب‌های بزرگ‌تر، این نسبت برابر یک است.

آیین‌نامه‌های NEHRP و IBC برای قاب‌های خمشی عددی بین ۰/۷ تا ۰/۹ را به عنوان نسبت ضریب بزرگنمایی تغییرمکان به ضریب رفتار پیشنهاد می‌کنند و استاندارد ۲۸۰۰ برای تمامی ساختمان‌ها عدد ۰/۷ را ارائه می‌کند. بدین ترتیب می‌توان ادعا کرد که مقادیر آیین‌نامه‌ای قابل اطمینان نیست.

با توجه به موارد بالا، رابطه‌ی ۹ به عنوان مقدار ضریب بزرگنمایی تغییرمکان بر حسب ضریب رفتار، با توجه به مقدار زمان تناوب اصلی سازه پیشنهاد می‌شود.

$$\begin{cases} 1.2R & T \leq 0.5 \text{ Sec} \\ R & T > 0.5 \text{ Sec} \end{cases} \quad (9)$$

یعنی مقدار ضریب بزرگنمایی تغییرمکان سازه‌ها، برای ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی بزرگ‌تر از ۰/۵ ثانیه، برابر ضریب رفتار و برای ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی کوچک‌تر یا مساوی ۰/۵ ثانیه، ۱/۲ برابر ضریب رفتار در نظر گرفته می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

این مقاله بر ارزیابی ضریب بزرگنمایی تغییرمکان متمرکز شده است. در بخش‌های قبل، در مورد روش تعیین ضرایب بزرگنمایی تغییرمکان C_d و رفتار R و همچنین محاسبه نسبت آنها C_d / R بحث شد و نتایج حاصل به دو روش ارائه شد.

نتایجی که با استفاده از روش اول به دست آمده است، نشان می‌دهد که کمینه مقدار برای نسبت ضریب بزرگنمایی تغییرمکان C_d و ضریب رفتار R برابر ۰/۸ است. این مقدار با افزایش ضریب شکل‌پذیری و کاهش

- [8] Riddell R. Hidalgo P. and Cruz E.; "Response Modification Factors for Earthquake Resistant Design of Short Period Buildings"; Earthquake Spectra, 5(3), 1989, 571-589.
- [9] Nassar A., Osteraas J. and Krawinkler H.; "Seismic Design Based on Strength and Ductility Demands"; Proceeding of the Earthquake Engineering Tenth World Conference, Balkema, Rotterdam, 1992: 5861-5866.
- [10] Miranda E. "Site-dependent Strength-Reduction Factors"; Structural Engineering Journal; 1993; 119(12): 3503-3519.
- [۱۱] محمودی صاحبی موسی؛ "اثر زمان تناوب و مقاومت افزون بر نیاز لرزه ای- غیر ارتجاعی قاب های خمشی بتن مسلح"، رساله ی دکتری، رشته ی مهندسی سازه، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۷.
- [4] International Building Code (IBC); International Code Council; 2006.
- [5] Mahmoudi M.; "Performance Based Design Using Force Reduction and Displacement Amplification Factors for RCMRF", First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology; Geneva, Switzerland, 3-8 September 2006.
- [۶] محمودی صاحبی موسی؛ "ارزیابی اولیه ی قاب های خمشی بتن مسلح با هدف های طراحی بر اساس عملکرد"؛ مجله ی فناوری و آموزش؛ سال اول، جلد اول، شماره ۳، بهار ۱۳۸۶، ص ۹۹-۱۰۶.
- [7] Newmark, N. M., and Hall W. J.; Earthquake Spectra and design; Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, 1982.