چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران
دانشکدهٔ مهندسی عمران - دانشگاه تهران
۱۷-۱۹ اردیبهشت ۱۳۸۷

بررسی و ارزیابی ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ به منظور طرح لرزه ای ساختمانهای بتنی با سیستم دوگانه و شکل پذیری زیاد به روش طیف ظرفیت

منصور قلعه نوی
استادیار دانشکده مهندسی عمران،دانشگاه سیستان و بلوچستان،زاهدان[1]
عبدالرضا سروقد مقدم
استادیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله،تهران[2]
احسان تبوزاده
کارشناس ارشد سازه،دانشگاه سیستان و بلوچستان[3]

چکیده :

پیشگیری از وقوع یا کاهش تلفات جانی و مالی ناشی از زمین لرزه درکشور ما ایران با توجه به لرزه خیز بودن آن از اهمیت خاصی برخوردار است.یکی از فعالیتهایی که امروزه در موسسات تحقیقاتی صورت می گیرد، بررسی و بازبینی ضوابط آیین نامه های طراحی و بارگذاری لرزه ای، به منظور پاسخ گویی آنها به سطوح عملکردی مورد نظر در ساختمانهای طرح شده براساس شیوه قدیمی طراحی به روش نیرو می باشد، با توجه به اینکه تقریبا همه ساختمانهای موجود در کشور ما به نوعی شامل این دسته هستند، این موضوع حائز اهمیت می باشد. در مقاله مورد نظر سعی بر این است که از دیدگاه روش طرح براساس عملکرد،به بررسی سطوح عملکردی ساختمانهای بتن آرمه با سیستم دو گانه و شکل پذیری زیاد که بر مبنای ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و۵۱۹ بارگذاری و با استفاده از آیین نامه بتن ایران(آبا) طراحی شده اند پرداخته شود.که برای دستیابی به این هدف از تحلیل استاتیکی غیر خطی با استفاده از نرم افزار IDARC و روش طیف ظرفیت برای تعیین نقطه عملکردی نمونه قابهای مورد بررسی استفاده شده و پس از کنترل معیارهای پذیرش کل سازه و عناصر سازه ای در صورت کفایت عملکردی ضوابط آیین نامه و استاندارد موجود به ارزیابی و کنترل برخی از ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و تاثیر آنها بر سطوح عملکردی پرداخته شده که در زیر به این موارد اشاره می کنیم.
از جمله ضوابط مورد بررسی اثر بند ۱-۹-۴-پ استاندارد۲۸۰۰ است که به این موضوع اشاره دارد« قاب های خمشی در سیستم دوگانه باید مستقلا قادربه تحمل حداقل ۲۵٪ نیروی جانبی باشند» و همچنین مقایسه اثر بند های ۲-۵-۶ از استاندارد ۲۸۰۰ و بند ۹-۱۰-۸-۳ از مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان که به مقدار ترک خوردگی مقاطع در قابهای مهار شده اشاره می کند .در نتیجه، بررسی نقطه عملکرد قابهای مورد مطالعه نشان می دهد که در صورت طراحی ساختمانها بر اساس آیین نامه آبا و رعایت ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و به شرط آنکه در اجرا نیز دقت کافی به عمل آید،آیین نامه های مذکور به میزان قابل توجهی در جهت اطمینان بوده و انتظارات عملکردی آیین نامه ۲۸۰۰ تامین می شود.

کلید واژه ها :

طراحی بر اساس عملکرد ، روش طیف ظرفیت ، تحلیل استاتیکی غیر خطی ، تراز عملکرد ساختمان

Group: Earthquake Eng. Paper Code: 371

1. Ghalehnovi@yahoo.com
2.Moghadam@iiees.ac.ir
3. Ehsan_tabouzadeh@yahoo.com-09163151434

بررسی و ارزیابی ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ به منظور طرح لرزه ای ساختمانهای بتنی با سیستم دوگانه و شکل پذیری زیاد به روش طیف ظرفیت

منصور قلعه نوی[۱]، عبدالرضا سروقد مقدم[۲]، احسان تبوزاده[۳]

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران،دانشگاه سیستان و بلوچستان،زاهدان

۲- استادیار، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله،تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد،دانشگاه سیستان و بلوچستان،عضو باشگاه پژوهشگران جوان،زاهدان

Ehsan_tabouzadeh@yahoo.com

خلاصه

در این مقاله ساختمان های بتنی با سیستم دوگانه و شکل پذیری زیاد، با استفاده از استاندارد ۲۸۰۰ و آئین نامه بتن ایران «آبا» و همچنین مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، بارگذاری، تحلیل و طراحی شده اند، سپس رفتار و سطوح عملکرد قابهای دو بعدی بدست آمده از این ساختمان ها با استفاده از روش طیف ظرفیت مورد ارزیابی قرار گرفته است. هدف این مقاله مقایسه استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در مورد ضابطه اثر ترک خوردگی مقطع می باشد. نتایج حاصله نشانگر آن هستند که سازه های طرح شده طبق آئین نامه بتن ایران «آبا» و استاندارد ۲۸۰۰ نسبت به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، از نظر دستورالعمل ATC 40 از ایمنی لرزه ایی بهتری برخوردارند و سطوح عملکرد مورد نظر استاندارد ۲۸۰۰ یعنی ایمنی جانی را برآورده می کنند.

کلمات کلیدی: سیستم دوگانه، روش طیف ظرفیت، ترک خوردگی مقطع، سطوح عملکرد ساختمان

مقدمه:

با ورود به هزاره جدید، شناخت و معرفی شرایط بحرانی جهت گسترش فاکتورهای طراحی جدید و پیشرفته تر، احتیاج به مطالعه بیشتری دارد. در این زمینه، بیشترین تاکید در گسترش ظراحی بر اساس عملکرد خواهد بود، که شامل حرکت زمین و مطالعات جدید و تجربی و تحلیلی می باشد. این مفاهیم جدید، ضوابط و معیارهای جدید آئین نامه های ساختمانی را نسبت به نسخه های قدیمی دگرگون ساخته است. در آئین نامه های جدید با توجه به عملکردی که از عناصر سازه ای و غیرسازه ای یک بنا انتظار می رود سازه طراحی می شود. به عنوان مثال در آئین نامه FEMA و ATC اهداف عملکردی شامل جلوگیری از تخریب کامل، مصونیت جانی، استقرار فوری و قابل کار بودن پس از زلزله را در بر می گیرد. پس از تشخیص سطح عملکرد مورد نظر ساختمان نوبت به تعیین هدف عملکردی می رسد که با توجه به سطوح عملکرد ساختمان و سطح خطر زلزله یکی از اهداف عملکردی برگزیده می شود که این خود بستگی به اهمیت ساختمان و درخواست کاربران و کار فرمایان دارد. بر این اساس در این تحقیق سعی شده در جهت تداوم این مطالعات و بررسی و بازبینی ضوابط ارائه شده در آئین نامه های ایران جهت تحلیل و طراحی ساختمان ها، با استفاده از روش های نوین به کنترل برخی از ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و مباحث مقررات ملی بپردازیم. در این مقاله ساختمان های بتنی با سیستم دو گانه و شکل پذیری زیاد در تعداد طبقات ۴، ۱۰، ۱۵ و تعداد دهانه های ۳، ۵، ۸ در نظر گرفته شد و بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و با لحاظ مقادیر مقطع ترک خورده بتن (سختی موثر) مربوط به هرآئین نامه تحلیل وطراحی شده اند وسطح عملکرد آنها تعیین و با هم مقایسه شده است.

تشریح روش تحلیل استاتیکی غیر خطی

همانطور که ذکر شد روش طیف ظرفیت بر مبنای تحلیل استاتیکی غیر خطی (Pushover) استوار است. در این روش تحلیل که به صورت مرحله به مرحله انجام می شود در هرگام مقداری از نیرو و یا تغییر مکان نهایی بر روی سازه اعمال می شود و در مقاطع مختلف اعضاء مقادیر تغییر شکل کنترل می شوند و پس از مراجعه به منحنی نیرو- تغییر مکان عضو یا دیاگرام تنش- کرنش مصالح مقادیر سختی اصلاح شده و مرحله بعدی تحلیل براساس ماتریس سختی جدید انجام می گردد. بدین ترتیب یک منحنی نیرو- تغییر مکان افزایشی برای هر یک از نقاط سازه حاصل می شود که معمولاً برای

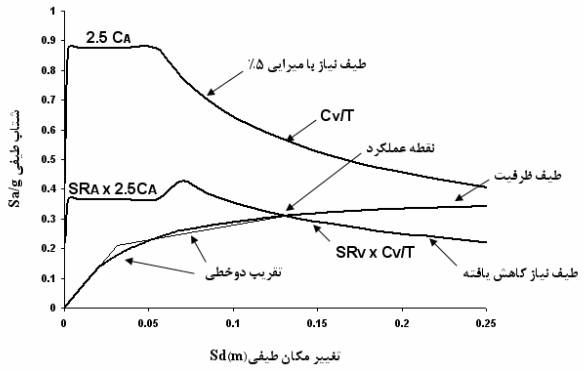
۱- عضو هیات علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان (Ghalehnovi@eng.usb.ac.ir)

۲- عضو هیات علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی(Moghadam@iiees.ac.ir)

یک سازه ساختمانی منحنی برش پایه- تغییر مکان بام ملاک عمل قرار می گیرد [۱]. این تحلیل مرحله ای تا رسیدن یک یا چند مقطع از سازه به حد انهدام (با حفظ حاشیه ی ایمنی مناسب) می تواند ادامه یابد.

روش طیف ظرفیت

در روش طیف ظرفیت به منحنی حاصل از تحلیل Pushover، منحنی ظرفیت سازه گفته می شود و منحنی نیاز لرزه ای سازه با توجه به وضعیت غیر ارتجاعی سازه تهیه می گردد. در آئین نامه های فعلی منحنی نیاز الاستیک سازه ها ارائه می شود. در حالیکه در ناحیه غیر ارتجاعی به علت افزایش میرایی سازه که ناشی از میرایی هیسترتیک می باشد نیاز لرزه ای سازه کاهش می یابد. مقادیر کاهش نیاز لرزه ای در آئین نامه ATC 40 توسط دو ضریب کاهنده SR_A وSR_V اعمال می شوند. مسلماً مقدار این ضرایب به وضعیت سازه و مقدار پیشرفت آن در ناحیه غیر ارتجاعی بستگی خواهد داشت. پس از تهیه منحنی های نیاز و ظرفیت تشریح شده، برای استفاده از روش طیف ظرفیت باید این دو منحنی به یک فرمت مشترک تبدیل شده و با انطباق آنها نقطه عملکرد محاسبه گردد. فرمت مشترک انتخاب شده برای این دو منحنی، فرمت ADRS (طیف پاسخ شتاب- تغییر مکان) می باشد.
مرحله بعد کاهش طیف نیاز با توجه به میرایی موثر سازه می باشد. یکی از تکنیک های روش طیف ظرفیت معادل کردن میرایی هیسترزیس سازه با میرایی ویسکوز می باشد. این معادل سازی نخستین بار توسط چوپرا [۲] مطرح گردید. به این ترتیب میرایی ویسکوز معادل که شامل میرایی اولیه سازه (معمولاً ۵ درصد) و میرایی هیسترزیس می باشد قابل محاسبه است. حال با داشتن میرایی موثر می توان با استفاده از روابطی که توسط نیومارک و هال [۳] ارائه شده است، ضرایب کاهش طیفی را محاسبه کرد. برای ناحیه شتاب ثابت طیف الاستیک ضریب کاهنده SR_A و برای ناحیه سرعت ثابت طیف الاستیک ضریب کاهنده SR_V مطرح شده است. با ضرب ضرایب فوق در طیف الاستیک طراحی طیف نیاز کاهش یافته حاصل می شود. هم اکنون با داشتن طیف نیاز و طیف ظرفیت با انطباق آنها می توان با یک سعی و خطای ساده نقطه عملکرد را محاسبه کرد. روند کار بدین ترتیب است که یک نقطه فرضی برای نقطه عملکرد روی طیف ظرفیت فرض شده و با توجه به میرایی موثر که با استفاده از مساحت محصور منحنی ظرفیت قابل محاسبه است ضرایب کاهش طیف نیاز محاسبه می شوند و این ضرایب کاهش در طیف نیاز الاستیک اثر داده می شوند تا طیف نیاز کاهش یافته حاصل شود. در طیف نیاز کاهش داده شده با داشتن پریود سازه مختصات (S_d , S_a) متناظر محاسبه می شود. در صورتیکه نقطه به دست آمده منطبق بر نقطه فرض شده باشد، نقطه فرض شده صحیح و نقطه عملکرد واقعی سازه است. در غیر این صورت با نقطه جدید مراحل فوق تکرار می شوند و این سیکل تا همگرایی ادامه خواهد یافت. در شکل (۱) نمونه ای از مراحل انجام این عملیات نشان داده شده است.



شکل(۱) نمونه ای از انطباق طیف ظرفیت و نیاز برای تعیین نقطه عملکرد

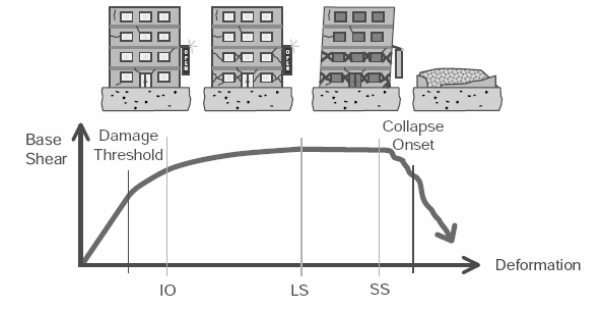
سطوح عملکرد تعریف شده توسط ATC 40

هدف عملکردی را می توان تراز مطلوب و مورد نیاز، عملکرد لرزه ای سازه در قبال تراز مشخصی از خطر زلزله دانست. بعبارت دیگر با ترکیب یک تراز عملکرد ساختمان و یک تراز زمین لرزه یک هدف عملکردی شکل می گیرد. تراز عملکرد را می توان بر اساس مقادیر مجاز و یا قابل قبول آسیب سازه ای یا غیرسازه ای تعریف نمود. تراز عملکرد ساختمان با ترکیب یک تراز عملکرد سازه ای و یک تراز عملکرد غیرسازه ای تعیین می شود. از بین تراز های عملکردی چهار تراز عملکرد ساختمان زیر متداول هستند.

۱- کارایی، (Operational): آسیب های سازه ای و غیر سازه ای بسیار جزئی و به سادگی قابل تعمیر هستند. مهمترین مسئله برقراری بی وقفه سرویس های ضروری مثل آب، برق، حمل ونقل و ارتباط آنهاست. بدین منظور باید سیستم های جایگزین فوری تامین شده باشد.

۲- قابلیت استفاده بی وقفه، (Immediate Occupancy): فضای ساختمان و سیستم ها قابل استفاده می مانند اما لزوماً پیوستگی ارائه خدمات تامین نمی گردد، همچنین لوازم داخلی ساختمان ممکن است آسیب جزئی ببینند، این تراز عملکرد پر استفاده ترین معیار در طراحی تسهیلات ضروری است.

۳- ایمنی جانی، (Life Safety): احتمال آسیب جانی از نظر خرابی سازه ای و یا سقوط اجزای غیر سازه ای بسیار کم است البته وسایل چیده شده در ساختمان ممکن است موجب خطراتی از قبیل آتش سوزی شود.
۴- پایداری سازه، (Structural Stability): سازه تحت بار قائم پایدار می ماند اما هیچ تضمینی برای پایداری سازه در پس لرزه های قوی وجود ندارد. در این تراز احتمال آسیب جانی ناشی از سقوط اجزای غیر سازه ای و یا خرابی اجزای سازه ای وجود دارد.



شکل(۲) ترازهای عملکردی ساختمان و تخریب سازه ایی معادل هر تراز

کنترل اهداف عملکردی

پس از بدست آوردن نقطه عملکرد سازه لازم است اهداف عملکردی مورد نظر سازه کنترل گردد. کنترل عملکرد سازه در دو مرحله انجام می گیرد. ابتدا محدودیت های کلی روی تغییر مکان سازه مربوط به هدف عملکردی مورد نظر کنترل می گردد و پس از آن اجزای سازه یک به یک بر اساس معیارهای پذیرش مربوطه کنترل می شود. بطور مثال در جدول(۱) به برخی از این محدودیت ها در رابطه با تغییر مکان جانبی نسبی طبقات ساختمانهای بتنی اشاره شده است.

جدول(۱) محدودیت های تغییر مکان جانبی

تراز عملکرد	قابلیت استفاده بی وقفه	آسیب محدود	ایمنی جانی	پایداری سازه
تغییر شکل نسبی کل طبقه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	$V_i/3p_i$
تغییر شکل نسبی غیر خطی	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵ -۰/۰۱۵	بدون محدودیت	بدون محدودیت

V_iبرش طبقه و P_i مجموع بار محوری ستون ها طبقه i است

تعیین سختی مقاطع در تحلیل خطی

در سازه های متعارف بتن مسلح که معمولا دارای درجات نا معینی استاتیکی بالای می باشند، توزیع نیروهای داخلی در اعضای سازه به نسبت ضریب سختی اعضا و یا به عبارت دیگر سختی نسبی اعضا صورت می پذیرد. بنابراین برای محاسبه نیروهای وارده به عضو به منظور رعایت ملاحظات طراحی آن شامل مقاوت نهایی و محدودیت تغییر شکل در حالت حد بهره برداری و حد نهایی نیاز می باشد تا مقدار ضریب سختی اختصاص داده شده به هر عضو نزدیکی قابل قبولی با عملکرد واقعی سازه داشته باشد. بدین منظور در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده بنحو مناسب محاسبه گردد. این سختی باید به کمک روشهای متداول معتبر، با در نظر گرفتن اثرات سختی های محوری، برشی و خمشی محاسبه گردد. تراز تغییر شکلی که در اعضا بخاطر بار ثقلی و جانبی ایجاد می شود نیز باید در محاسبه سختی ملحوظ گردد. حال اگر پاسخهای سازه برای طراحی، به کمک روشهای خطی تعیین شوند سختی موثر قطعه برابر با سختی سکانت نقطه تسلیم قطعه است. بعبارت دیگر سختی موثر قطعه برابر است با شیب خطی در منحنی نیرو - تغییر مکان که مبدا را به نقطه تسلیم وصل می نماید. در صورتیکه با تحلیل بتوان نشان داد که استفاده از سختی های بیشتر با توجه به سطح بارهای طراحی امکان پذیر است می توان از این مقادیر استفاده کرد. در مواردی که نتوان سختی را به روش فوق محاسبه نمود می توان برای محاسبه سختی های موثر از مقادیر پیشنهادی آئین نامه ها استفاده نمود.

مقادیر سختی های موثر پیشنهادی آئین نامه های موجود :[۵]و[۶]

از جمله آئین نامه های موجود که برای تحلیل و طراحی سازه ها مورد استفاده قرار می گیرند، شامل استاندارد ۲۸۰۰ که سختی موثر آئین نامه بتن ایران «آبا» را پیشنهاد می کند و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان « طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه» می باشند. هر کدام از این آئین نامه ها مقادیری را برای تعیین سختی موثر و لحاظ اثر ترک خوردگی مقطع ارائه داده اند که به قرار زیر می باشند :
۱- استاندارد۲۸۰۰ و آئین نامه بتن ایران «آبا»

در تحلیل سازه ها برای منظور نمودن اثر ترک خوردگی در سختی خمشی و پیچشی، می توان سختی تیرها و ستونها را بترتیب برابر ۰/۳۵ و ۰/۷ سختی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود. سختی دیوارها می تواند در صورتیکه مقطع ترک خورده باشد ۰/۳۵ و در غیر اینصورت ۰/۷ سختی مقطع کل منظور گردد. در تمامی اجزا سطح مقطع مساوی سطح مقطع کل است. فرضهای در نظر گرفته شده در تمامی مراحل تحلیل یکسان می باشند.

۲- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

اثر ترک خوردگی با توجه به تغییر شکلهای محوری و خمشی و آثار دراز مدت باید محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک خوردگی می توان:

- در قابهای مهار نشده سختی تیرها و ستونها را به ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۷ سختی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- در قابهای مهار شده سختی تیرها و ستونها را به ترتیب معادل ۰/۵ و ۱ برابر سختی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.

سختی دیوارها نیز مشابه تیرها نسبت به مقطع ترک خورده در حالتهای مهار نشده محاسبه می شود.

سختی های موثر فرض شده در تحقیق :

در این تحقیق به منظور کنترل ضوابط آئین نامه های طراحی به بررسی مقدار سختی موثر پیشنهادی آئین نامه ها و اثر این پارامتر بر روی سطوح عملکردی قابهای مورد نظر پرداخته شده است. به این منظور هشت قاب بتنی با سیستم دوگانه و شکل پذیری زیاد را بر اساس سختی موثر پیشنهادی هر آئین نامه تحلیل نموده و با توجه به نتایج تحلیل، این قابها طراحی شده اند و نتایج نهایی طراحی برای تحلیل استاتیکی غیر خطی و تعیین سطح عملکرد، مورد استفاده قرار گرفته اند. سختی موثر بر اساس نوع سیستم و کنترل مهار شدگی قاب، به قرار زیر در نظر گرفته شده است:

سختی های موثر فرض شده بر اساس استاندارد۲۸۰۰ وآئین نامه «آبا» :

سختی تیرها E_cI_g ۰/۳۵ وستونها E_cI_g ۰/۷وسختی دیوارهادرصورتیکه مقطع ترک خورده باشد E_cI_g ۰/۳۵

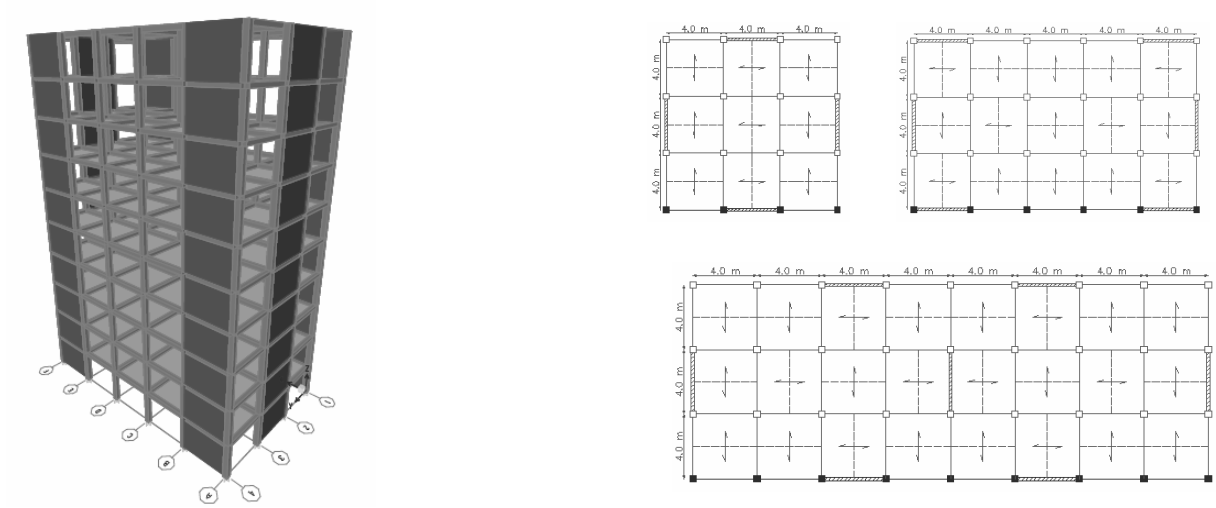
سختی های موثر فرض شده بر اساس مبحث نهم :

سختی تیرها E_cI_g ۰/۵و ستونها E_cI_g و سختی دیوارها E_cI_g ۰/۳۵

E_cI_g معرف سختی مقطع ترک نخورده می باشد.

تعیین سطح عملکرد ساختمان های مورد مطالعه

در این مقاله هشت مدل ساختمان بتنی با سیستم دوگانه و شکل پذیری زیاد در تعداد طبقات ۴ ، ۱۰ و ۱۵ مورد مطالعه قرار گرفته که بر اساس ضوابط استاندارد۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بارگذاری شده است. قابها بر اساس مقادیر فرض شده مقطع ترک خورده که به آنها اشاره شد تحلیل خطی شده اند. نرم افزار مورد استفاده برای تحلیل های خطی ETABS 2000 می باشد. پلان طبقات برای سازه ها دارای ابعاد ۳X۳ و ۵X۳ و ۸X۳ با دهانه های ۴ متر و ارتفاع ۳ متر در طبقات می باشد. این ساختمان ها با استفاده از برنامه های تهیه شده برای طراحی بر اساس آئین نامه آبا و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان طراحی گردیده اند. نیروی جانبی زلزله مطابق استاندارد ۲۸۰۰ با در نظر گرفتن ضریب اهمیت واحد، شتاب مبنای طرح A=۰/۳۵g برای پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد و ضریب رفتار R=۱۱ برای قابهای بتنی و دیوار برشی با شکل پذیری زیاد و زمین نوع Π بدست آمده است. در این تحقیق از ترکیب بار مرده و ۲۰٪ بار زنده برای بارهای ثقلی بر اساس توصیه استاندارد ۲۸۰۰ استفاده شده است. همچنین توزیع بار جانبی را نیز با توجه به مشخصات دینامیکی سازه ها ($T<1$) بر اساس ATC 40، توزیع متناسب با شکل مود اول در نظر گرفته شد. شکل (۳) پلان تیرریزی و موقعیت قرار گیری دیوار برشی در پلان و قابهای مورد بررسی را نشان می دهد.



شکل(۳) پلان تیرریزی و موقعیت قرار گیری دیوار برشی در پلان ساختمان های مورد بررسی

برای تعیین نقطه عملکرد ساختمان ابتدا منحنی ظرفیت قابها با تحلیل استاتیکی غیر خطی Pushover تعیین می گردد که بدین منظور در این مقاله از نرم افزار IDARC2D استفاده شده است.[۷]

بررسی معیارهای پذیرش کلی

در این قسمت تغییر مکان نسبی جانبی طبقه بام در نقطه عملکرد ساختمان ها برای هر دو حالت مورد بررسی، در جدول(۲) و(۳) نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که در تمام حالتها، تغییر مکان های نسبی جانبی سازه از مقادیر مجاز مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانبی که در جدول (۱) معرفی گردید کمتر است.

جدول (۲) تغییر مکان نسبی جانبی طبقه بام در نقطه عملکرد قاب ها با سختی موثر فرض شده بر اساس استاندارد۲۸۰۰

ساختمان های مورد بررسی	قابلیت استفاده بی وقفه	آسیب محدود	ایمنی جانی	پایداری سازه	تغییر شکل نسبی کل طبقه در نقطه عملکرد	کنترل نهایی
۴ طبقه و۳ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰۶۶۲	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۳ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۲۹۰۶	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵ طبقه و۳ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۳۴۲۱	قابلیت استفاده بی وقفه
۴ طبقه و۵ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰۵۸	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۵ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۴۴۲۵	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵ طبقه و۵ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۴۳۲۷	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۸ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۶۴۴۴	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵ طبقه و۸ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۵۹۱۴	قابلیت استفاده بی وقفه

جدول (۳) تغییر مکان نسبی جانبی طبقه بام در نقطه عملکرد قاب ها با سختی موثر فرض شده بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

ساختمان های مورد بررسی	قابلیت استفاده بی وقفه	آسیب محدود	ایمنی جانی	پایداری سازه	تغییر شکل نسبی کل طبقه در نقطه عملکرد	کنترل نهایی
۴ طبقه و۳ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۹	۰/۰۰۵۹۴	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۳ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۲۷۵۹	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵ طبقه و۳ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۳۸۳۹	قابلیت استفاده بی وقفه
۴ طبقه و۵ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰۵۲۵	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۵ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۴۳۹۴	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵ طبقه و۵ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۴۶۷۸	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۸ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۶۱۰۶	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵ طبقه و۸ دهانه	۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۶۲۳۸	قابلیت استفاده بی وقفه

بررسی معیارهای پذیرش اجزاء

به منظور ارزیابی عملکرد اجزاء، دوران غیر ارتجاعی مفاصل پلاستیک که توسط برنامه IDARC 2D محاسبه شده را با مقادیر حدی مربوط به سطح عملکرد مورد نظر (ایمنی جانی) که از جداول موجود در دستورالعمل ATC 40 با توجه به نیرو های طراحی و مشخصات هندسی مقاطع بدست می آید مورد مقایسه قرار می گیرد. بررسی میزان دوران حداکثر المانهای بحرانی که در تیرها بودند نشان می دهد که دوران های غیر ارتجاعی ایجاد شده در مفاصل پلاستیک، در حالتی که مقادیر مقطع ترک خوردگی بر اساس **بر اساس** استاندارد۲۸۰۰در نظر گرفته شود، در مقدار حدی مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی بوده است. مقدار دوران در نقطه عملکرد در ساختمان های چهار طبقه با تعداد دهانه ۳X۳ و ۵X۳ از مقدار دوران مربوط به سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه نیز کمتر بوده است. جدول (۴) ارزیابی دوران های مفاصل پلاستیک در تیرها را نشان می دهد. ارزیابی ها نشان می دهد که ساختمان های مورد مطالعه توانسته اند شرایط سطح عملکرد ایمنی جانبی در زلزله طرح را احراز کنند.[۷]

در جدول (۴) محدودیتهای دوران مفاصل پلاستیک و دوران پلاستیک المان های بحرانی
در قاب ها با سختی موثر فرض شده بر اساس استاندارد۲۸۰۰

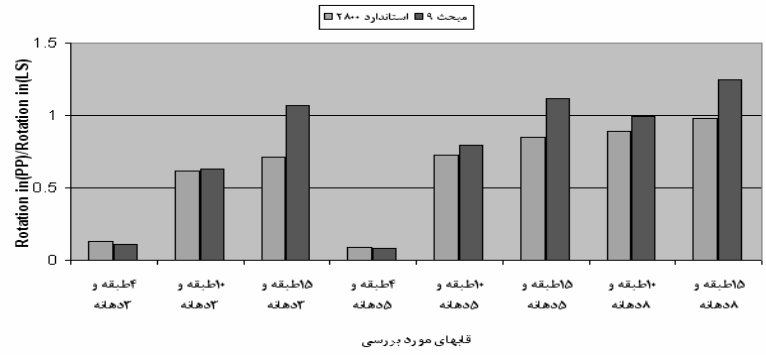
ساختمان های مورد بررسی	المان بحرانی	قابلیت استفاده بی وقفه	ایمنی جانی	پایداری سازه	دوران پلاستیک در نقطه عملکرد(rad)	کنترل نهایی
۴ طبقه و۳ دهانه	BEAM 3	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸۶	۰/۰۲۴۳	۰/۰۰۲۳۶	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۳ دهانه	BEAM 3	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶۲	۰/۰۲۳۱	۰/۰۱	ایمنی جانی
۱۵ طبقه و۳ دهانه	BEAM 13	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶۶	۰/۰۲۳۳	۰/۰۱۱۸	ایمنی جانی
۴ طبقه و۵ دهانه	BEAM 6	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸۷	۰/۰۲۴۳	۰/۰۰۱۷۱	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۵ دهانه	BEAM 6	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۳۶	۰/۰۱۲۴	ایمنی جانی
۱۵ طبقه و۵ دهانه	BEAM 18	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵۱	۰/۰۲۲۵	۰/۰۱۲۸	ایمنی جانی
۱۰ طبقه و۸ دهانه	BEAM 20	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	ایمنی جانی
۱۵ طبقه و۸ دهانه	BEAM 44	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷۵	۰/۰۲۳۷	۰/۰۱۷۱	ایمنی جانی

میزان دوران حداکثر المانهای بحرانی در حالتی که مقادیر مقطع ترک خوردگی بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود، برای قابهای ۴ و ۱۰ طبقه در تعداد دهانه های مختلف در مقدار حدی مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی بوده است. مقدار دوران در نقطه عملکرد در ساختمان های چهار طبقه با تعداد دهانه ۳X۳ و ۵X۳ از مقدار دوران مربوط به سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه نیز کمتر بوده است. سطح عملکرد قابهای ۱۵ طبقه در تعداد دهانه های مختلف درمحدوده پایداری سازه بوده و مقدار حدی مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی را جوابگو نبوده اند. جدول (۵) ارزیابی دوران های مفاصل پلاستیک در تیرها را نشان می دهد. ارزیابی ها نشان می دهد که کلیه ساختمان های مورد مطالعه نتوانسته اند شرایط سطح عملکرد ایمنی جانبی در زلزله طرح را احراز کنند.

در جدول (۵) محدودیتهای دوران مفاصل پلاستیک و دوران پلاستیک المان های بحرانی
در قاب ها با سختی موثر فرض شده بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

ساختمان های مورد بررسی	المان بحرانی	قابلیت استفاده بی وقفه	ایمنی جانی	پایداری سازه	دوران پلاستیک در نقطه عملکرد(rad)	کنترل نهایی
۴ طبقه و۳ دهانه	BEAM 3	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷۹	۰/۰۲۳۹	۰/۰۰۱۹۶	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۳ دهانه	BEAM 3	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵۹	۰/۰۲۲۹	۰/۰۱۰۱	ایمنی جانی
۱۵ طبقه و۳ دهانه	BEAM 11	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳۷	۰/۰۲۱۸	۰/۰۱۴۷	پایداری سازه
۴ طبقه و۵ دهانه	BEAM 6	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱۵۵	قابلیت استفاده بی وقفه
۱۰ طبقه و۵ دهانه	BEAM 6	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶۷	۰/۰۲۳۳	۰/۰۱۳۳	ایمنی جانی
۱۵ طبقه و۵ دهانه	BEAM 24	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴۵	۰/۰۲۲۲	۰/۰۱۶۲	پایداری سازه
۱۰ طبقه و۸ دهانه	BEAM 20	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷۱	۰/۰۲۳۵	۰/۰۱۷	ایمنی جانی
۱۵ طبقه و۸ دهانه	BEAM 26	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵۳	۰/۰۲۲۶	۰/۰۱۹۱	پایداری سازه

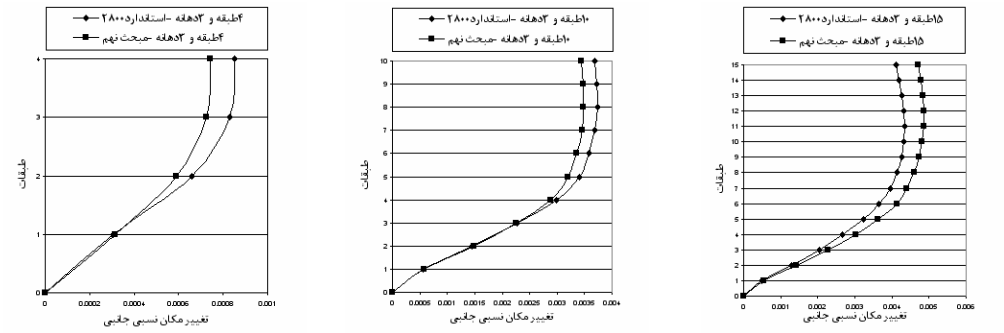
با توجه به اینکه سطح عملکرد مطلوب استاندارد ۲۸۰۰ تامین ایمنی جانی می باشد به منظور مقایسه عملکرد قابهای مورد نظر در ناحیه آسیب محدود (حد بین قابلیت استفاده بی وقفه و ایمنی جانی)، به بررسی نسبت دوران مفصل پلاستیک المان بحرانی در نقطه عملکرد به دوران مفصل پلاستیک المان بحرانی در سطح ایمنی جانی در قابهای مورد بررسی پرداخته شد. با توجه به شکل(۴) قابهای تحلیل و طرح شده بر اساس ضوابط ترک خوردگی استاندارد ۲۸۰۰ و آئین نامه بتن ایران آبا دارای عملکرد مطلوبتری در ناحیه آسیب محدود می باشند. همان طور که در شکل(۴) قابل مشاهده است، قابهای ۱۵ طبقه با دهانه های مختلف تحلیل شده بر اساس مبحث نهم دارای نسبت دوران پلاستیک در نقطه عملکرد به دوران پلاستیک در سطح ایمنی جانی بالای ۱ می باشند که نشانگر تجاوز عملکرد آنها از سطح عملکرد ایمنی جانی است.



شکل(۴) نسبت دوران پلاستیک در نقطه عملکرد به دوران پلاستیک در سطح عملکرد ایمنی جانی

بررسی تغییر مکان نسبی جانبی

همانطورکه مشاهده شد تیرهای قابهای ۱۵ طبقه تحلیل شده بر اساس فرضیات مقطع ترک خورده مبحث نهم جوابگوی سطح عملکرد ایمنی جانی نبودند. در شکل (۵) تغییر مکان نسبی جانبی قابهای ۴ ، ۱۰ و ۱۵ طبقه با ۳ دهانه نشان داده شده است. قابل مشاهده است که تغییر مکان نسبی جانبی قابهای ۴ و ۱۰ طبقه تحلیل شده بر مبنای مقطع ترک خوردگی مبحث نهم کمتر از قابهای تحلیل شده بر مبنای مقطع ترک خوردگی **بر اساس** استاندارد۲۸۰۰ بوده و تغییر مکان نسبی جانبی قابهای ۱۵ طبقه تحلیل شده بر مبنای مقطع ترک خوردگی مبحث نهم بیشتر از قابهای تحلیل شده بر مبنای فرضیات مقطع ترک خورده **بر اساس** استاندارد۲۸۰۰ می باشد. از این رو به نظر می رسد، به دلیل اینکه در قابهای ۴ و ۱۰ طبقه، ابعاد مقاطع تیرها در دو حالت مورد بررسی در طبقات تغییر نکرده و به واسطه کاهش درصد ترک خوردگی مقطع در ضوابط مبحث نهم، میزان سختی این قابها افزایش یافته و در نتیجه مطابق شکل میزان تغییر شکل نسبی جانبی آنها کاهش می یابد که میزان دوره تناوب آنها که در شکل(۶) نشان داده شده، این نکته را تایید می کند. در قابهای بلند ۱۵ طبقه تحلیل شده بر مبنای مقطع ترک خوردگی مبحث نهم، به دلیل کاهش درصد ترک خوردگی مقاطع و افزایش سختی قاب خمشی سیستم دوگانه، در طبقات فوقانی ابعاد تیرها کاهش یافته، در نتیجه رفتار ضعیف تری نسب به قابهای تحلیل شده بر مبنای مقطع ترک خوردگی استاندارد۲۸۰۰ در ناحیه غیر ارتجاعی نشان می دهند. تغییر مکان نسبی جانبی برای ساختمان ۱۵ طبقه در شکل (۵) و مقدار دوره تناوب آن در شکل (۶) نشان دهنده این مطلب می باشد. شایان ذکر است که در تمامی قابها با تعداد دهانه های ۵ و ۸ هم این مسئله مشاهده شده است.[۷]



شکل(۵) تغییر مکان نسبی جانبی در نقطه عملکرد قابهای ۳ دهانه

شکل(۶) دوره تناوب قابهای ۳ دهانه با تعداد طبقات ۴ ، ۱۰ و ۱۵

نتیجه گیری:

در این مقاله به ارزیابی کمی ترک خوردگی مقطع که به منظور تعیین سختی موثر مقاطع بتنی در تحلیل های خطی توسط آئین نامه های موجود پیشنهاد شده است پرداخته شد. به این منظور ۸ قاب بتنی در ارتفاع و عرض های مختلف انتخاب شد. جهت بررسی مورد نظر قابها را برای دو نوع از مقادیر ترک خوردگی که در مقاله ذکر شده تحلیل و مورد طراحی قرار دادیم. به منظور ارزیابی عملکردی و رفتار این قابها از روش طیف ظرفیت که بر مبنای تحلیل pushover استوار است استفاده شد و مشاهده گردید که تمامی قابهای مورد نظر توانسته اند معیارهای پذیرش کلی مورد نظر دستوالعمل ATC 40 را احراز نمایند . به منظور تامین اهداف عملکردی باید معیار پذیرش اجزاء یعنی میزان دوران مفاصل خمیری در المانهای بحرانی نیز در محدوده ارائه شده توسط دستوالعمل ATC 40 باشد. بر این اساس میزان دوران پلاستیک تیرها در نقطه عملکرد محاسبه شد و با توجه به مشخصات هندسی مقاطع و بارهای طراحی، حدود عملکردی پیشنهادی تعیین و سطح عملکرد قابها مشخص گردید. نتایج حاصله نشان داد که تمامی قابهای تحلیل و طرح شده بر اساس استاندارد۲۸۰۰ توانسته اند سطح عملکرد ایمنی جانی در سطح خطر لرزه ای ۱ را تامین کنند. میزان دوران حداکثر المانهای بحرانی در حالتی که مقادیر مقطع ترک خوردگی بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود، برای قابهای ۴ و ۱۰ طبقه در تعداد دهانه های مختلف در مقادیر حدی مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی بوده ولی در قابهای ۱۵ طبقه در تعداد دهانه های مختلف درمحدوده پایداری سازه بوده و مقدار حدی مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی را جوابگو نبوده اند. البته نتایج نشان می دهند که دوران پلاستیک المان بحرانی قاب ۱۰ طبقه با ۸ دهانه نیز بسیار نزدیک به حد نهایی دوران در محدوده ایمنی جانی می باشد یعنی با افزایش دهانه عملکرد این قابها تقلیل می یابد.

مراجع

[1] Applied Technology Council (ATC), “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building”, Final Submittal of SSC 96-01 (Proposition 122), ATC 40, Redwood City, California, 1996

[2] Chopra, Anil K,”Dynamics of Structures”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1995

[3] Newmark, N. M, and W. J. Hall, “Earthquake Spectra and Design”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, 1982

[۴] کمیته تدوین آئین نامه بتن ایران،"آئین نامه بتن ایران«آبا»"، معاونت امور فنی دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۲

[۵] کمیته دائمی بازنگری آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، "آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله-ویرایش سوم"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴

[۶] دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان،"طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه-مبحث نهم"وزارت مسکن و شهرسازی، شهریورماه ۱۳۸۵

[۷] تبوزاده، احسان، "کنترل استاندارد ۲۸۰۰ در سازه های بتنی با سیستم دوگانه و شکل پذیری زیاد بر مبنای روش طیف ظرفیت"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زمستان ۱۳۸۶