



انتظام و اصالت طرح حلقه واسطه بین طرح، محاسبه و اجرای طرحهای ساختمانی

دکتر مهدی قالیبافیان
دانشیار دانشکده فنی دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله پس از اشاره به برداشتهای غیر واقع بینانه که در مورد زلزله و مقولات مربوط به آن وجود دارد، مشخصه‌های هندسی، مکانیکی و دینامیکی سازه ساختمانیها، که تأمین ایمنی را در برابر زلزله تسهیل می‌نمایند، تحت عنوان «معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی» شرح داده شده‌اند.

۱- مقدمه

اگر بخواهیم درست حق مطلب را ادا کرده باشیم باید انتظام و اصالت طرح را «حلقه‌ای که باید واسطه بین طرح، محاسبه و اجرا باشد» بنامیم. به این معنی که طراحان باید معیارهای انتظام و اصالت را در تهیه طرح ملحوظ کنند و مجری باید چنان طرح را اجرا نماید که حاصل تفکر طراحان عینیت پیدا کند.

حدود هفده سال پیش، که در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن با عده‌ای از همکاران جلساتی برای تهیه استاندارد ۲۸۰۰ داشتیم، برای اولین بار به ذهنم خطور کرد که سیاهه‌ای از معیارهای انتظام طرح تهیه نمایم. در اولین قدمها متوجه شدم که آنچه در آئین نامه‌ها و مدارک فنی درج شده، بطور عمده معیارهای عدم انتظام و مشخصه‌هایی را شامل می‌شود که دلالت بر غیر منظم بودن سازه و ساختمان دارند و برای دستیابی به معیارهای انتظام و مشخصه‌هایی که گویای نظم ساختمان و سازه باشند، باید تغییراتی در آنها داده شود.

کار جمع آوری و نظم دادن به مطالب آغاز شد و نتایج حاصل، برای اولین بار، طی یک سخنرانی در نخستین کنفرانس علمی سازمان نظام مهندسی استان خراسان، در ۲۳ آذر سال ۱۳۷۲ ارائه گردیدند. متن سخنرانی در مهر سال ۱۳۷۳ در شماره دوم نشریه «آگهینامه» به چاپ رسید.

از آن پس کمیت و کیفیت مطالب بتدریج ارتقا یافته و بمناسبت‌های مختلف، طی مقالاتی چاپ و منتشر

گردیدند و هر بار، یکی دو نکته جدید درباره انتظام و اصالت طرحها، مورد بحث قرار گرفته و به مطالب قبلی افزوده شدند ولی کار جستجو، تکمیل و تنقیح مطالب، قطع نشد.

ضمن این جستجوها، برای من مشخص گردید که زلزله، خرابیهای ناشی از زلزله، تأمین ایمنی در برابر زلزله و بطور کلی تقریباً تمام مقولات مربوط به زلزله، زمینه هائی هستند که درباره آنها برداشتهای متفاوت، اغلب غیر واقع بینانه و گاه متناقض وجود دارد.

در این مقاله کوشش شده است که برخی از این برداشتها مورد اشاره قرار گرفته و آخرین سیاهه تکمیل و تدوین شده «معیارهای انتظام و اصالت طرح» ارائه گردد.

۲- برداشتهای غیر واقع بینانه درباره زلزله

۱-۲- اولین برخورد غیر واقع بینانه با زلزله، مربوط به ماهیت زلزله است که زلزله را بنوعی «بلای طبیعی» و «فاجعه» تلقی می کنیم، در حالیکه زمینلرزه هم مانند گرم شدن هوا در تابستان و سرد شدن آن در زمستان، پدیده ای کاملاً طبیعی و اجتناب ناپذیر است و یاد کردن از آن به عنوان «بلا»، «فاجعه» و امثال آن، نادرست و گمراه کننده می باشد.

حتی باید گفت که زلزله سبب آزاد شدن تلاشها و تنشهای انباشته شده در پوسته زمین می شود و برای کره خاکی ما سالمساز است. اگر ما بارش برف در زمستان را نپذیریم، سقف ساختمانها را برای تحمل سربار برف محاسبه نکنیم و ساختمانی در اثر ریزش برف آسیب بیند یا حتی فرو بریزد، گناه از بارش برف نیست، این قصور ماست که سبب خرابی شده است. به همین روال، اگر حدوث زلزله و نیروهای ناشی از آن را نادیده بگیریم و ساختمانی را برای تحمل لرزشهای زلزله و بارها و تبعات آن طراحی نکنیم، پیشاپیش، خرابی آن ساختمان را در موقع وقوع زلزله پذیرفته ایم.

در واقع فرقی که بین سربار برف و بار زلزله وجود دارد این است که دوره بازگشت زمستان کوتاه است و زمان شروع و ختم و قانونمندیهای زمستان را می شناسیم ولی به دلیل کمتر بودن توالی و تکرار زلزله و پیچیده تر بودن این پدیده، که در گوشه ای کوچک از کائنات رخ می دهد و علی رغم کوچکی مثل خود کائنات پیچیده است، قوانین و ضوابط حاکم بر آن را بطور کامل نمی شناسیم و هنوز در اذهان عمومی، تلقی صحیح و فراگیری از زلزله ایجاد نشده است.

باید ترتیبی اتخاذ شود که آموزشهای لازم به مردم داده شوند بطوریکه، طبیعی، بدیهی و اجتناب ناپذیر بودن

وقوع زلزله در اذهان، جا بیفتد.

۲-۲- دومین قضاوت اشتباه‌آمیز، نسبت دادن همه خرابیها به این پدیده طبیعی است بدون توجه به اینکه زلزله‌ای که مثلاً در ژاپن تلفاتش به تعداد انگلستان دست نمی‌رسد، در کشور ما بی دریغ کشتار می‌کند.

باید توجه داشت که این زلزله نیست که فاجعه است و سبب فروریختن بناها و از بین رفتن جان و مال انسانها می‌شود، بلکه آنچه فاجعه است ایمن نبودن فضاهای زیست و کار ما است و ایمن نبودن، خود مستقیماً نتیجه طراحی، محاسبه و اجرای نامناسب است.

در واقع با متوجه کردن تقصیر به سمت زلزله، ما آگاهانه یا ناخودآگاه، کوشش می‌کنیم خود را تبرئه کنیم، می‌گوئیم «دیوار بلند است» تا «کوتاه بودن قدم خود را توجیه کنیم».

۳-۲- سومین خطائی که حتی در مجامع مهندسی مطرح می‌شود، دل خوش کردن به پیش بینی زلزله است. بطور بدیهی، پیش بینی زلزله مستلزم شناخت همه جانبه تری از زمین و تغییر و تحولات آن است و از لحاظ تعمیق و پیشرفت علم زمین‌شناسی، قدمی به جلو محسوب می‌شود ولی مشکل خرابیهای ناشی از زلزله را حل نمی‌کند. گیرم که بتوانیم شدت، زمان و مکان وقوع زلزله را بدقت پیش بینی نماییم. چه می‌توانیم بکنیم؟ اگر ساختمانها را بدو نامناسب ساخته باشیم، زلزله چه با خبر قبلی حادث شود و چه بدون خبر اتفاق بیفتد، ساخته‌هایمان را تخریب خواهد کرد و در بهترین شرایط فقط تلفات جانی آنی کاهش خواهند یافت و بخشی از اموال منقول نجات داده خواهند شد ولی معلوم نیست نجات یافتگان از زلزله در دریائی از نخاله و آوار، بدون امکانات زیستی و تأسیسات زیربنائی، چه خواهند کرد. اما اگر خوب ساخته باشیم، ساختمانهایمان زلزله را از سرگذراننده و با کمی بهسازی یا حتی بدون آن قابل بهره برداری مجدد خواهند بود.

کسانی که به مقوله پیش بینی زلزله پربها می‌دهند، معمولاً مسئله زلزله را با مسائل هواشناسی مقایسه می‌نمایند و معتقدند همانطور که جوامع انسانی از پیش بینی وضع هوا بهره می‌گیرند، می‌توانند از پیش بینی وقوع زلزله نیز بهره‌مند شوند. بخشی از این مقایسه قابل پذیرش و بخشی دیگر قابل تأمل است. اگرچه اغلب اطلاعاتی را که سازمانهای مربوطه از وضع هوا ارائه می‌دهند می‌توان با آسانی مورد بهره برداری قرار داد ولی اگر بنائی را در مسیله بزرگ ساخته باشیم، وقتی سیل جاری شود، چه با اطلاع و چه بدون اطلاع، آن را خواهد برد. ساختمانهایی که متناسب با ایمنی مورد نیاز در برابر زلزله ساخته نشده باشند، حالت همان بنای ساخته شده در مسیل را دارند.

۴-۲- چهارمین خطا این است که تأمین ایمنی در برابر زلزله را جدی نمی‌گیریم و هنوز فرهنگ جلوگیری از صدمات،

آسیبهای جانی و تلفات زلزله در جامعه فراگیر نشده است. خانه‌ای اجاره می‌کنیم، یا می‌خریم، یا حتی می‌سازیم و معمولاً به مسئله ایمنی در برابر زلزله توجهی شایسته نداریم و اغلب کم بودن امکانات مالی را دستاویز قرار می‌دهیم که فقط بخشی از واقعیت را در بردارد. تجربه نشان داده است که پس از هر زلزله، بدون اینکه تغییری در امکانات مالی رخ داده باشد، توجهی بیشتر به ایمنی در برابر زلزله می‌شود ولی پس از مدتی آنها از آسیاب می‌افتند و توجه به ایمنی در برابر زلزله به فراموشی سپرده می‌شود.

به نظر من حتی اگر امروز کسانی بدون توجه به نتایج سوء اجتماعی و اقتصادی و بدون داشتن صلاحیت حرفه‌ای به ساخت و ساز اقدام می‌کنند و دام مرگ می‌گسترانند، مسئله زلزله را جدی نگرفته‌اند و به دلیل نازل بودن سطح فرهنگ فنی، به کراهت عمل خود واقف نیستند. اغلب این افراد، حتی بازای مبالغ سنگین حاضر نخواهند شد انسانی را بکشند، اما توجه ندارند که بازای ندانم کاری خود و عدم رعایت اصول فنی در ساخت و ساز، نه تنها انسانهای بسیاری را به کام مرگ می‌فرستند، بلکه بخشی از ثروت ملی کشور را هم تباہ می‌سازند.

۵-۲- برداشت غیر واقع بینانه پنجم اینکه، وقتی صحبت از تأمین ایمنی در برابر زلزله می‌شود، آن را مطلق تلقی می‌کنیم و آنقدر مسئله را گسترده در نظر می‌گیریم که دور از دسترس جلوه می‌کند، در حالیکه، منظور از تأمین ایمنی در برابر زلزله این نیست که چنان ساختمانهایی بسازیم که در هیچ زلزله‌ای، هیچ آسیبی به آنها نرسد، بلکه منظور این است که متناسب با شدت زلزله، ساختمان و سازه آن آسیبهائی کوچک یا بزرگ بینند ولی، مگر بطور استثنائی، فرو نریزند و به این ترتیب، لطمات، آسیبهای جانی و تلفات ناشی از وقوع زلزله، با صرف وقت، انرژی و هزینه‌ای مناسب، به حداقل کاهش داده شوند.

۶-۲- ششمین برداشت از مقولات مربوط به زلزله، که امروزه غیر واقع بینانه و نارسا بودن آن روز به روز بیشتر روشن می‌شود، این است که تأمین ایمنی سازه ساختمانها در برابر نیروهای زلزله را به قیاس به آنچه در برابر بارهای قائم انجام می‌شود، با افزایش مقاومت اجزا و قطعات ساختمانی یعنی مقاوم سازی، قابل وصول می‌پنداریم. در حالیکه امروزه، از سوئی تجارب حاصل از زلزله‌ها و بررسیهای دیدمائی (نظری) و آزمایشگاهی نشان داده‌اند که نیروهای زلزله بر حسب ماهیت بانبروهای قائم متفاوتند و برخلاف بارهای قائم که مقدارشان ثابت یا دارای تغییرات بطیء و اغلب استاتیک و درازمدتند، نیروهای زلزله متغیر، نوسانی، دینامیک و زودگذرند و در واقع، حاصل از انرژی حرکتی القا شده به ساختمان در اثر حرکات زمین می‌باشند، لذا رفتار سازه در برابر نیروهای قائم و در برابر نیروهای زلزله یکسان نخواهد بود.

از سوئی دیگر، با توجه به عدم یقینهای بسیار در تعیین نیروهای زلزله، تأمین مقاومت قطعات سازه‌ای در برابر این نیروها (طراحی برای مقاومت) بر خلاف بارهای قائم، راه حلی مناسب برای تأمین ایمنی در برابر زلزله نیست زیرا مشکل بتوان مقاومت اجزای سازه‌ای را در مقابل نیروهائی که پوسته زمین را می‌شکافند تأمین کرد. و باید ترتیبی اتخاذ نمود که انرژی حرکتی بنحوی مناسب و بدون بروز نارسائی غیر متعارف در ساختمان، جذب و مستهلک گردد (طراحی برای ظرفیت).

تأمین مقاومت قطعات سازه‌ای با پذیرش باقی ماندن تغییر شکلها در محدوده ارتجاعی صورت می‌گیرد، که در این محدوده، تغییر شکلها با نیروها متناسب می‌باشند و عملاً طراحی تابع تنها عامل «نیرو» است. اما اگر منظور جذب و اتلاف «انرژی» حرکتی باشد و تغییر شکلهای فراررتجاعی را مجاز بدانیم، نظر به اینکه این تغییر شکلها مستقل از نیرو می‌باشند، طراحی به جای یک عامل «نیرو» تابع دو عامل «نیرو» و «تغییر شکل» خواهد بود و طراح می‌تواند برای جذب مقداری معین انرژی، نیرو را زیاد و تغییر شکل را کم یا بالعکس تغییر شکل را زیاد و نیرو را کم کند و دستش برای ابداع باز خواهد بود. به استناد این طرز تلقی است که امروزه آئین نامه اجازه می‌دهند در برابر زلزله معین (زلزله طرح)، نیروی وارد به یک ساختمان بدون تغییر دادن ابعاد قطعات سازه‌ای و فقط بازای تأمین «شکل پذیری» کاهش داده شوند. به عبارت دیگر با پذیرش پدیدار شدن خرابی در بنا در زلزله‌های شدید، اجازه می‌دهند که طراح خرابیها را به صورت کنترل شده و موضعی، در نقاطی متمرکز نماید که هم ساختمان فرو نریزد و هم پس از زلزله، این خرابیها با صرف وقت و هزینه‌ای معقول و منطقی قابل تعمیر باشند.

۷-۲- هفتمین نقطه نظر غیر واقع بینانه، تلقی نادرست از هزینه های تأمین ایمنی در برابر زلزله و اغراق آمیز جلوه دادن آنها است. اولاً این هزینه‌ها را «هزینه اضافی» وانمود می‌کنیم، ثانیاً مقدار هزینه را گاه ۲۵ درصد یا بیشتر ذکر می‌نمائیم.

«اضافی» تلقی کردن هزینه‌های تأمین ایمنی در برابر زلزله، که بطور مستقیم نشأت گرفته از همان تلقی غیر واقع بینانه‌ای است که زلزله را یک «بلا طبیعی» به حساب می‌آورد، درست نظیر آن است که به جای «هزینه شالوده» بگوئیم «هزینه اضافی شالوده» یا به جای «هزینه تأمین ایمنی و ایستایی» ساختمان در زیر بارهای مرده و سربارها بگوئیم «هزینه اضافی تأمین ایمنی و ایستایی». هزینه تأمین ایمنی در برابر زلزله، همانند تأمین ایمنی در برابر سایر بارها، نه تنها اضافی نیست، بلکه به دلیل پاسخگوئی به یکی از نیازهای غریزی انسان، یعنی احساس امنیت در محل زیست و کار خود، یکی از ضروری‌ترین هزینه‌ها است.

از آن گذشته، با توجه به اینکه تأمین ایمنی ساختمان در برابر زلزله، بطور عمده سازه ساختمان را تحت تأثیر قرار داده و تقویت بخشهایی از آن را سبب می شود و هزینه سازه در ساختمانهای متعارف، بدون در نظر گرفتن زلزله، بین ۲۵ تا ۳۵ درصد کل هزینه ها است، نمی توان پذیرفت که تقویت بخشهایی از سازه، هزینه های سازه را به ۵۰ تا ۶۰ درصد افزایش دهد.

حتی از چند سال به این طرف، باستناد تجربیات حاصل از طراحی ساختمانها در برابر زلزله، این نظر مطرح شده است که اگر از لحظه شروع طراحی ساختمان، به تأمین ایمنی آن در برابر زلزله توجه داشته و ضوابط و «معیارهای انتظام و اصالت طرح» را مراعات کنیم، در محدوده هزینه های تأمین ایمنی در برابر بارها و سربارهای قائم و نیروی جانبی باد، می توان ایمنی در برابر زلزله را هم تأمین کرد. مطابق این نظر، اگر در موردی هزینه های لازم برای تأمین ایمنی در برابر زلزله، از محدوده هزینه های مربوط به ایمنی تحت اثر بارهای قائم و بار جانبی باد تجاوز کند، باید جستجو کرد و دید که در کجا از معیارهای انتظام و اصالت عدول کرده ایم. به عبارت دیگر افزایش هزینه های تأمین ایمنی در برابر زلزله، شاخصی است که نمایانگر عدول از معیارهای انتظام و اصالت است و طبعاً هر چه هزینه های ایمن سازی در برابر زلزله بیشتر شود، حاکی از عدول بیشتر از این معیارها، افزایش آسیب پذیری سازه و کاهش «قابلیت اعتماد» راه حلهای اختیار شده برای تأمین ایمنی در برابر زلزله خواهد بود.

در واقع اگر معیارهای انتظام و اصالت طرح، بطور کامل در طراحی ساختمانی رعایت شده باشند، می توان سازه آن را برای مقاومت در برابر بارهای قائم و نیروی جانبی باد محاسبه نمود و برای جذب و اتلاف انرژی حرکتی ناشی از زلزله، به جای «طراحی به مقاومت» که با فرض محدود بودن تغییر شکلها به تغییر شکلهای ارتجاعی صورت می گیرد، به «طراحی برای ظرفیت» مبادرت نمود و امکان احراز تغییر شکلهای فرا ارتجاعی را، در قطعاتی که باید انرژی زلزله را گرفته و مستهلک کنند، یعنی در قطعات «اتلافگر» فراهم کرد، به این ترتیب هزینه لازم برای تأمین ایمنی ساختمان در برابر زلزله، به هزینه های جزئی تأمین شکل پذیری قطعات اتلافگر محدود می شود.

۸-۲. برخورد اشتباه آمیز هشتم، که نه تنها در کشورها بلکه تقریباً در تمام کشورها جاری و ساری است، این است که به پیروی از پژوهشها، که بطور عمده در مورد ساختمانهای مهندسی سازه، برجها، آسمانخراشها و بطور کلی سازه های مستحکم، در صورت می گیرند، تأمین ایمنی در برابر زلزله را هم به این نوع بناها منحصر می کنند و آنچه از ضابطه و مقررات نوشته می شود، مربوط به این نوع ساختمانها و درصدی کم از

جمعیت کشور است که از رفاهی نسبی برخوردارند و در چنین فضاهائی کار و زندگی می‌کنند و در اغلب کشورها، افتخار نیمه مرفه و غیر مرفه که در زیر سرپناههای ناامن زندگی می‌کنند، به فراموشی سپرده می‌شوند. ساختمانهای خشت و گلی و قلوه سنگی با ملات گل، به صورتی که امروزه در کشورمان ساخته شده و در مناطق روستائی بطور فراگیر مورد بهره برداری قرار داده می‌شوند، به دلیل عدم انسجام، نداشتن یکپارچگی و سنگین بودن، بیشترین آسیب پذیری را در برابر زلزله دارند و بیشترین درصد تلفات جانی را سبب می‌شوند و در واقع نوعی دام مرگند که بطور ادواری، قسمتی از نیروی مولد کشور را، که این همه به آن نیازمندیم، از بین می‌برند.

با عنایت به اینکه هنوز در سطح کشور امکان عینی برای جلوگیری و منع از ساختن و بهره برداری کردن از این نوع سرپناهها وجود ندارد و حدود ۴۰ درصد نیروی مولد کشور در زیر چنین سرپناههای مسکن و مأوا دارند، باید هر چه زودتر برای تأمین ایمنی نسبی آنها در برابر زلزله تدبیری اندیشید، ضوابطی قابل اعمال تدوین نمود و به موقع اجرا گذاشت.

ایمن سازی ساختمانهای روستائی ضرورتی است بدیهی و انجام این کار، برنامه‌ای مطالعه شده و راه‌حلهائی ویژه می‌طلبد. یکی از راه‌حلهائی که از چند دهه پیش مطرح است و در واقع به ترجیح بند، گفته‌های عده‌ای از کارشناسان تبدیل شده است، این است که به جای انتظار کشیدن برای وقوع زلزله و «امداد رسانی»، متعاقب آن، قبل از وقوع زلزله به روستاها برویم و با خود یاری روستائیان و دادن آموزش، کمکهای فنی و مصالح رایگان به آنان، سرپناههای روستائی را برای روستائیان و انعام و احشامشان، بطور نسبی ایمن نمائیم.

۹-۲- نهمین تلقی دور از واقعیت این است که هر وقت صحبت از تهیه طرح یک ساختمان مقاوم در برابر زلزله می‌شود، اولین تصویری که در اذهان پدیدار می‌گردد، بنائی دارای سازه‌ای مقاوم و حساب شده است و هنوز این باور وجود دارد که مهندس محاسب باید بتنهائی رأساً امر تحقق بخشیدن به این مهم را عهده دار شود. این برداشت بخشی از واقعیت را در بردارد و نه همه آن را.

اگر توجه کنیم که حدود سه چهارم هزینه‌های ساختمان به اجزای غیر سازه‌ای و اقلام تأسیساتی تعلق می‌گیرد، که مهندس محاسب نقشی در طراحی آنها ندارد و بخش اعظم لطمات وارد به ساختمانها، آسیبهای جانی و تلفات ناشی از زلزله، به این اجزا و اقلام مربوط می‌شوند، می‌توانیم به غیر واقعی بودن باور فوق پی ببریم.

۱۰-۲- بالاخره دهمین برداشت معیوب از تأمین ایمنی در برابر زلزله این است که حتی در مجامع مهندسی این

تصور وجود دارد که با محاسبات پیچیده می‌توان ایمنی هر ساختمانی را در برابر زلزله تأمین کرد. در اینکه برای طراحی سازه‌ها در برابر زلزله، انجام محاسبات ضرورت دارد و متناسب با وضع سازه، ممکن است محاسبات ساده یا پیچیده باشند، شکی نیست ولی در این هم تردیدی وجود ندارد که آنچه توسط مهندسان طراحی و ساخته می‌شود باید علاوه بر توجیه فنی، توجیه منطقی و اقتصادی هم داشته باشد و قابل انجام بودن آن، نه بطور مطلق، بلکه با طرز تلقی و عرف معمول مهندسی، تعبیر و تفسیر گردد.

تجارب زلزله‌های گذشته نشان می‌دهند ساختمانهایی که از ویژگیهای هندسی، مکانیکی و دینامیکی مشخصی برخوردارند، در موقع زلزله رفتاری مناسبتر نشان می‌دهند و کمتر از زلزله آسیب می‌بینند. به عبارت دیگر، این تجارب حاکی از آنند که محاسبه به تنهایی قادر نیست تمام جزئیات بازتاب ساختمان را در برابر زلزله نشان دهد. در واقع محاسبات فنی تنها تصویری کلی از بازتاب ساختمان را در برابر زلزله ارائه می‌دهند و تمهیداتی دیگر لازمند تا ایمنی ساختمان را به حد مطلوب برسانند. این تمهیدات که تحت عنوان «معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی» شناخته می‌شوند، در ادامه مطلب توضیح داده خواهند شد.

۳- معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی

معیارهای انتظام و اصالت طرح، تبعات عدم رعایت آنها، مسئولیت طراحان در قبال هر یک از این معیارها در جدول زیر رده بندی شده‌اند.

در این جدول، به منظور تسهیل امر ارزیابی نقش مهندس معمار، مهندس تاسیسات و مهندس محاسب در باره انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت، در هر مورد، به هر یک از طراحان که مسئولیت بررسی و اتخاذ تصمیم نهایی دارد، سه امتیاز (سه ستاره)، به هر طراح که در بررسی و اتخاذ تصمیم نقش اصلی دارد ولی تصمیم گیرنده نهایی نیست، دو امتیاز (دو ستاره) و به طراحی که فقط نقش همفکری و مشورت دارد، یک امتیاز (یک ستاره) داده شده است. از جمع کردن امتیازهای داده شد به طراحان مختلف نتیجه می‌شود که کل امتیاز مهندس معمار ۱۱۹، کل امتیاز مهندس تاسیسات برابر ۳۴ و جمع امتیازهای مهندس محاسب ۱۲۲ می‌باشد.

تهیه این جدول، همانطور که در ابتدای این نوشته اشاره شد، در حدود هفده سال پیش آغاز شده و اولین جدول ارائه شده، نشانگر مسئولیت بیشتر مهندس معمار در تأمین ایمنی ساختمان در برابر زلزله بود. جدولی که در زیر ارائه می‌شود، نسبت به اولین جدول، تغییر بسیار کرده و مفاهیم مندرج در آن تکمیل و تدقیق

شده‌اند. گرچه طی ده سال اخیر دگرگونیهای بسیار در آئین نامه‌های طراحی ساختمانها در برابر زلزله پدید آمده و وظایفی جدید بر وظائف مهندس محاسب افزوده شده‌اند و وظیفه‌ای جدید، مگر بطور جنبی برای مهندس معمار تعیین نگردیده است، معذک، بطوریکه جدول نشان می‌دهد، هنوز مهندس معمار به همان اندازه مهندس محاسب در تأمین سلامت و ایمنی ساختمانها در برابر زلزله نقش دارد.

نکته دیگری که در مورد این جدول قابل ذکر است اینکه، بسته بمورد بخشی یا همه مفاهیم مندرج در جدول، بفرآخور حال، از یک ساختمان یک طبقه گرفته تا برجها و آسمانخراشها، قابلیت کاربرد دارند.

۴- اثر تعیین کننده اجرا بر ایمنی ساختمانها در برابر زلزله

مطلبی که نباید نادیده گرفته شود، اثر تعیین کننده اجرا بر ایمنی ساختمانها در برابر بارهای وارده، بویژه بارهای زلزله است.

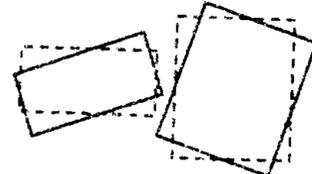
نباید تصور کرد که با طرح و محاسبه سازه یک ساختمان، حتی با رعایت کامل معیارهای انتظام و اصالت، می‌توان به ایمنی مورد انتظار در برابر زلزله دست یافت. صرفنظر از عدم یقینهایی که در مورد شناخت مشخصه‌های زلزله در هر ساختگاه وجود دارد، اثر زلزله بطور کلی اثری فراگیر است که بمثابه آزمایشی همه جانبه، تمام عوامل مؤثر بر ایمنی را، از تعامل و برهمکنش خاک - سازه گرفته تا مشخصه‌های دینامیکی سازه محک می‌زند و علاوه بر خطاهای احتمالی طرح و محاسبه، خطاها و نارسائیهای اجرایی را هم بر ملا می‌سازد. عدم رعایت اصول فنی و ضوابط اجرایی، بطوری قابل ملاحظه، مقاومت و شکل پذیری، یعنی ایستائی و قابلیت جذب و اتلاف انرژی سازه را کاهش می‌دهند و تمهیداتی را که طراح و محاسب فکر و پیش بینی کرده‌اند، خنثی می‌سازند.

متأسفانه در کشور ما، اگر چه برای مهندسان طراح و محاسب ساخت و سازهای شهری مقرراتی وضع و ترویج شده و کم یا بیش رعایت می‌شوند ولی برای اجراکنندگان ساختمانهای شهری بخش خصوصی، اعم از کوچک یا بزرگ، هیچ ضابطه‌ای وجود ندارد و این بی ضابطگی سبب شده است که افرادی سودجو ولی بدون صلاحیت حرفه‌ای، وارد عرصه ساخت و سازهای شهری شوند و آسیب پذیری شهرهای کشور را در برابر زلزله افزایش دهند.

معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی

نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					مسطح	تصمیمات	مطابق
اول: مربوط به هندسه کلی ساختمان	۱-۱ ساده بودن در پلان و در ارتفاع	نداشتن بیرون زدگی در محیط پلان، محدب بودن پلان بطوریکه خط واسط بین هر دو نقطه پلان، محیط پلان را قطع نکند.	در محیطهای تغییر ابعاد و هندسه سازه، تحت اثر بارهای دینامیکی زلزله، تنشهای بزرگ موضعی پدیدار می شوند که ارزیابی آنها مشکل و پرهزینه است.	مسئولیت تصمیم گیری تنها با مهندس معمار است.	***	-	-
	۲-۱ متقارن بودن پلان حتی المقدور		عدم تقارن قابل ملاحظه در پلان به تشدید نوسانات پیچشی حول محور قائم منجر می شود.	مسئولیت تصمیم گیری با مهندس معمار است.	***	-	-
	۳-۱ تقسیم شدن پلانهای نامنظم (H) به پلانهای ساده (L, T, U, Y) با درزهای جدایی	نوسانات پیچشی چنین ساختمانهایی ممکن است بصورتی غیر قابل تصور خطرناک باشد. تقسیم آنها با درزهای جدایی بطوریکه حجم عمومی هر قسمت از ساختمان به مکعب، مکعب مستطیل، منشور یا استوانه نزدیکتر شود، ضروری است.	بانهای ساختمان در موقع زلزله بازتابهایی متفاوت با بازتاب مجموعه از خود نشان میدهند و اثر توأم این بازتابها به تمرکز نیرو در گوشه های تفرقه منجر می شود.	مسئولیت تصمیم گیری با مهندس معمار است و در موقع لزوم، مهندس محاسب با وی همفکری می کند.	***	-	*
	۴-۱ نزدیک بودن ابعاد پلان به یکدیگر	تقسیم کردن پلانهای طولی، با درز به پلانهای با ابعاد مناسب.	باگر شکل پلان ساده ولی طول آن خیلی بیشتر از عرض باشد، امکان بیشتری دارد که دو انتهای بنا در آن واحد تحت حرکات متفاوت ناشی از زلزله قرار گیرند و تنشهای بیش بینی نشانه در مقاطع سازه پدید آورند.	مسئولیت تصمیم گیری با مهندس معمار است و در موقع لزوم، مهندس محاسب با وی همفکری می کند.	***	-	*
	۵-۱ معقول بودن نسبت ارتفاع به عرض	بطوریکه تناسب ابعاد و هماهنگی هندسی تامین گردد. ساختمان در ارتفاع کشیده و بلند نباشد و نسبت ارتفاع به کوچکترین بعد پلان از حدود ۳ تجاوز نکند.	ساختمانهای باریک و بلند خطر واژگونی بیشتری قرار دارند.	مسئولیت تصمیم گیری با مهندس معمار است.	***	-	-
	۶-۱ مسطح و بدون شکستگی بودن درزهای جدایی	عرض درز باید متناسب با ارتفاع ساختمان و بیش از یک صدم آن باشد. عرض درز بین اجزای سازه ای اصلی متنقله گیری می شود.	هرگونه برآمدگی و فرورفتگی در صفحه درز، مانع نوسان مستقل بلوکهای طرفین درز شده و در موقع زلزله خرد میشود.	مسئله درزها و عرض آنها حتی فراتر از مسئولیت طراحان، به مسائل شهری، قیمت زمین و ... مربوط می شود. اما در چهارچوب طرح، مهندس محاسب با توجه به اختلاف ارتفاع، موقعیت و رقوم کفها، شدت بارهای بهره برداری و بطور کلی هرگونه هماهنگی و دوگانگی در مشخصات هندسی یا مکانیکی و دینامیکی، موقعیت درزها را چنان تعیین می کند که در بخشهای واقع در بین هر دو درز، دوگانگی وجود نداشته باشد. در این مورد نقش مهندس معمار بسیار اساسی است زیرا می تواند با حکم و اصلاح طرح معماری، دستیابی به طرحی مناسب را تسهیل کند.	***	-	***
	۷-۱ کافی بودن فاصله دو بلوک طرفین درز برای احتراز از تهنه زدن آنها به یکدیگر	در صورتیکه دو بلوک به عنوان بنایی واحد مورد بهره برداری قرار خواهند گرفت و با یکدیگر ارتباط خواهد داشت، باید اضلاع باربر اصلی آنها با یکدیگر فاصله داشته باشند و حد فاصل با قطعات ضعیف پوشانده شود. بطوریکه بهره برداری مورد نظر تامین شده و در صورت وقوع زلزله، فقط قطعات ضعیف در اثر نیروهای زلزله خرد شده، بخشی از انرژی زلزله را جذب و تلف کرده و پس از زلزله به راحتی قابل بازسازی باشند. در محاسبه فاصله درز علاوه بر تغییر مکانهای انتقالی باید تغییر مکانهای پیچشی را هم در نظر گرفت.	در صورت کم بودن فاصله درز، دو بلوک در موقع زلزله به یکدیگر تهنه می زنند و اجرای سازه ای واقع در محل درز در اثر ضربه آسیب می بیند.		***	-	***



معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی

نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					معمار	تاسیسات	محاسب
ادامه مربوط به مهندسی کلی ساختمان	۸-۱ تغییر نکردن ناگهانی ابعاد پلان در ارتفاع	از افزایش ابعاد پلان در ارتفاع اجتناب شود و جمع شدن پلان با حفظ تقارن و بتدریج صورت گیرد. بطوریکه نسبت ابعاد افقی در یک امتداد به بعد نظیر، از طبقه ای به طبقه دیگر بین ۱/۲ تا ۱/۴ باشد.	تغییر ناگهانی ابعاد پلان از طبقه ای به طبقه دیگر باعث بروز تمرکز نیروهای زیاد در محل تغییر می شود و اگر تغییر پلان به صورت نامتقارن انجام شود، سبب بروز لنگر بیجوشی حول محور قائم می گردد.	مسئولیت تصمیم گیری، با مهندس معمار است.	***	-	-
	۹-۱ نداشتن طبقه با ارتفاع مضاعف	حذف کف یک طبقه بطور سراسری ممکن است به منظورهای بهره برداری ویژه (سالن اجتماعات، رستوران، ...) با نیازهای تاسیساتی صورت گیرد.	دو برابر شدن ارتفاع طبقه به کاهش سختی و ایجاد وضعی شیبه طبقه نرم منجر می شود	تصمیم گیری در این مورد با مهندس معمار و گاهی به درخواست مهندس تاسیسات است. مهندس محاسب باید توجهات آن را در محاسبه منظور نماید.	***	*	**
	۱۰-۱ استقرار برج (یا برجهای) پله و آسانسور و معابر قائم تاسیساتی در محل مناسب	بسیوی که تقارن پلان را مختل نکند.	اگر برجهای پله و آسانسور در جایی قرار گیرند که سختی بخشی از بنا بطور نامتقارن اضافه شود، ساختمان در موقع زلزله دچار بیجوشی حول محور قائم می شود و احتمال آسیب دیدنش افزایش می یابد.	تصمیم گیری در مورد محل پله و برج آسانسور و جای معابر قائم مورد درخواست مهندس تاسیسات با مهندس معمار است. که در صورت نیاز، با مهندس محاسب نیز مشورت می کند.	***	**	*
دوم: مربوط به بارها	۱-۲ توزیع متعادل جرم در پلان	بسیوی که تقارن و توازن مکانیکی برقرار باشد.	توزیع نامتعادل جرم در پلان به پدیدار شدن نیروهای نامتعادل اینرسی و ایجاد لنگر بیجوشی حول محور قائم و تغییر مکتبهای متفاوت در دو تنهای پلان ساختمان می شود و احتمال بروز خرابی را افزایش می دهد.	مهندس معمار در موقع توزیع فضاها در پلان با توجه به شدت سربارها تصمیم گیری می کند و در صورت لزوم با مهندس محاسب مشورت می نماید.	***	-	*
	۲-۲ توزیع متعادل و متناسب جرم در ارتفاع	بطوریکه مرکز ثقل مجموعه با هر چه ممکن است پایین تر باشد.	عدم یکپارختی توزیع جرم در ارتفاع سازه یک ناپیوستگی عمده است و سبب ایجاد مناطق حساس میگردد که در آنها تمرکز تلاش و نیرو پدیدار شده و احتمال تمرکز تنش و گسیختگی را افزایش می دهد.	مهندس معمار در موقع توزیع فضاها در ارتفاع، با توجه به شدت سربارها، تصمیم گیری می کند. مهندس تاسیسات در مورد موقعیت موتورخانه و تجهیزات سنگین تصمیم می گیرد و معمولاً مهندس محاسب در صورت لزوم با ایشان همفکری می نماید.	***	***	*
	۱-۳ سبک بودن مصالح و کم بودن جرم بنا		سنگین بودن مصالح، مستقیماً باعث افزایش نیروهای اینرسی ناشی از زلزله می شود.	مهندس معمار و مهندس محاسب مسئولیت مشترک دارند. انتخاب مصالح قطعات غیر سازه ای مسئولیت مهندس معمار است و مهندس محاسب در مورد پیکر بندی و مصالح سازه ساختمان تصمیم گیری می کند.	***	-	***
مربوط به مصالح	۲-۳ مقاوم بودن و ترد و شکننده نبودن مصالح (نظیر آجرهای سفال و تیغه های کچی)	مصالح بر حسب ماهیت شکننده نباشند، با با تمهیدات ویژه، تردی آنها مهار شود (مانند قرار دادن آرماتور در داخل بتن).	مصالح ترد قابلیت تعطف لازم را نداشته و در اثر تغییر مکتبها و تغییر شکلهای ناشی از زلزله، در هم شکسته و آسینها و تلفات را سبب می شوند.	در مورد مصالح سازه ای مسئولیت با مهندس محاسب، در مورد اقلام تاسیساتی مسئولیت با مهندس تاسیسات و در مورد مصالح غیر سازه ای مسئولیت با مهندس معمار است.	***	***	***

معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی

نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

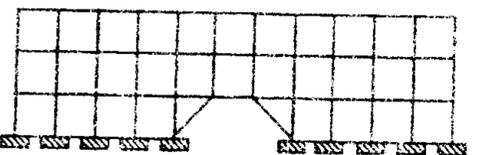
گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندسان		
					معماری	تاسیسات	مکانس
چهارم : مربوط به پیکربندی سیستم باربر	۴-۱ ساده بودن سیستم سازه ای ، متقارن و منظم بودن پیکر بندی و زیاد متفاوت نبودن ابعاد چشمه ها	سازه دارای محور بندی ساده متعامد و بالنسبه متقارن بوده تیرها و ستونها بکسره باشند. محور تیرها و ستونها تغییر نکرده و در یک صفحه قرار داشته باشند. عرض مقطع تیرها و ستونها نزدیک به هم بوده و مناطق آنها بطور ناگهانی تغییر نکنند. حتی المقدور ابعاد چشمه های مجاور بیشتر از ۳۰ درصد با هم تفاوت نداشته باشند.	سندسازی، تحلیل طراحی و تهیه جزئیات اجرایی سازه های پیچیده با عدم بینهای بیشتری همراه است و پیش بینی رفتار این سازه ها در موقع زلزله کمتر قابل اعتماد است.	مهندس معمار مسئول تعیین ابعاد فضاها است. مهندس محاسب باید ضمن حکم و اصلاح ابعاد چشمه ها با نظر مهندس معمار، تا آنجا که مقدور است از کاربرد سازه های پیچیده اجتناب کند.	***	-	***
	۴-۲ هم امتداد و در محازات هم بودن اجزای سازه ای قائم (ستونها و دیوارها)	بطوریکه انتقال بار اجزای قائم از یک طبقه به طبقه دیگر با واسطه اجزای افقی صورت نگیرد.	در امتداد و در محازات هم نبودن اجزای قائم سبب می شود که نزول بار به طور مستقیم صورت نگرفته نیرو تغییر مسیر بدهد و به کدام اجزای افقی منتقل شود. در محلی که نیرو تغییر مسیر می دهد، تمرکز تنش ایجاد شده و مناطق حساس آسیب پذیر به وجود می آیند که احتمال آسیب دیدن آنها در موقع زلزله زیاد است.	انتخاب تصمیم در مورد موقعیت اعضا باربر قائم مسئولیت مهندس معمار است ولی مهندس محاسب باید مسئله را بررسی و اظهار نظر کند و در تعیین ابعاد تقطعات به این شرط توجه داشته باشد.	***	-	***
	۴-۳ کم یا زیاد نشدن تعداد ستونها در طبقات	بطوریکه مسیر نزول بار هر چه ممکن است کوتاهتر و فاقد تغییر امتدادهای ناگهانی باشد	زیاد و کم شدن ستونها سبب می شود که بار با واسطه تقطعات خمشي به شالوده منتقل شود و به دفعات مسیرش تغییر نماید و مناطق حساس آسیب پذیر به وجود بیآورد.	موقعیت ستونها معمولاً توسط مهندس معمار مشخص می شود ولی در طرح و محاسبه سازه مهندس محاسب باید رعایت این شرط را بکند.	***	-	***
	۴-۴ دارا بودن اجزا و عناصر مقاوم در برابر نیروهای جانبی در هر دو امتداد طولی و عرضی (بادبند، دیوار برشی) حتی المقدور به صورت متقارن ، (اگر شرایط اجازه دهند)	حرکت افقی زلزله دارای دو مولفه است و ساختمان باید در هر امتدادی بتواند نیروهای حاصل از این حرکت را تحمل کند. لذا اجزا و عناصر قائم باید چنان توزیع شوند که در دو امتداد عمود بر هم، ساختمان قادر به تحمل نیروهای ناشی از زلزله باشد و سختی اجزا در این دو امتداد هم باید چنان باشد که تغییر مکانهای افقی زیاد نتواند به دلیل اثرهای تئوی سازه برای ناپایدار نمایند در هر حال تغییر مکان جانبی هیچ یک از طبقات نباید از ۱/۵ درصد تغییر مکان جانبی طبقه بالا یا پایین خود بیشتر شود. ساختمانهای دارای اجزا و عناصر غیر متعامد مقاوم در برابر زلزله که نسبت به در محور اصلی قرینه نباشند نامنظم تلقی می شوند زیرا رفتار آنها در امتدادهای مختلف متفاوت خواهد بود.	عدم تقارن اجزا و عناصر مقاوم، اثری مشابه اثر عدم تقارن هندسی داونند.	تعیین موقعیت اجزاء و عناصر مقاوم در برابر نیروهای جانبی زلزله به عهده مهندس محاسب است ولی مهندس معمار باید با توجه به حیاتی بودن امر، موقعیت و فضای لازم را در طرح پیش بینی نماید و با گردشگر و عملکرد ساختمان هماهنگ سازد.	***	-	***
	۴-۵ نداشتن شکستگی در صفحه دیوارهای برشی و بادبندها		در محل شکستگی، در بخش واسطه بین دو قسمت دیوار، برشهای زیاد و مراحم پدیدار می شوند. در محل شکستگی صفحه بادبندها، اجزای واسطه بین ستونهای میانی دو بادبند، تحت برش و پیچش زیاد قرار می گیرند.		***	-	***

معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی
نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					معمار	تعمیرات	مهندس
ادامه مربوط به پیکربندی سیستم باربر	۶-۴ داشتن دیوارهایی که از روی شالوده تا بام ادامه دارند و پشت بندهای سراسری در پیرامون بنا، در صورتیکه شرایط و سایر ضوابط اجازه دهند.	تعداد مقطع افقی دیوارها و پشت بندها را می توان بتدریج در ارتفاع کم کرد.	یکسره نبودن دیوارها از بالا تا شالوده سب میشود که در محل قطع دیوار، مقاومت و سختی پیچشی مجموعه سازه کاهش یابد و مناطق آسیب پذیر ایجاد گردند.	موقعیت دیوارها را مهندس معمار تعیین می کند ولی مهندس محاسب می تواند وضع دیوارها را بررسی و حتی المقدور با این شرط هماهنگ سازد.	***	-	***
	۷-۴ کم نبودن تراکم سازه ای پلان (یعنی کم نبودن نسبت سطح مقطع افقی اجزای سازه ای قائم به مساحت کل پلان)	کم بودن تعداد اجزای قائم و کوچک بودن بیش از حد مقطع عرضی آنها (یعنی کافی بودن تعداد و مقطع اعضای قائم برای نزول بار)	ظریف بودن اجزای قائم از سونی به افزایش تنش در مقاطع آنها در اثر سونی دیگر به کاهش سختی منجر می شود.	مسئولیت تصمیم گیری در مورد تعداد اعضا با مهندس معمار و اظهار نظر در مورد کافی بودن اعضای در نظر گرفته شده و تعیین ابعاد آنها مسئولیت مهندس محاسب است.	***	-	***
	۸-۴ تغییر نکردن ناگهانی تراکم سازه ای پلان از طبقه ای به طبقه دیگر		تغییر ناگهانی تراکم سازه ای پلان، سبب تغییر مسیر ناگهانی نیروها می شود. تغییر مسیر نیروها به ایجاد تنش سه بعدی و تمرکز تنش در محل تغییر منجر می گردد که احتمال آسیب دیدن رادار موقع زلزله افزایش می دهد.	تغییر تراکم سازه ای ممکن است ناشی از تصمیم مهندس معمار درباره زیاد یا کم کردن ابعاد اجزای قائم یا حاصل تصمیم مهندس محاسب باشد.	***	-	***
	۹-۴ انسجام و همبستگی عناصر و اجزای قائم به کمک کلافها و کفهای مناسب	منظور از کف مناسب کفی است که در صفحه خود قادر باشد اجزا و عناصر مقاوم را به یکدیگر ببندد بطوریکه اجزای قائم نتوانند مستقل از هم کار کنند. توانمند نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را جمع کرده و به اجزا و عناصر مقاوم منتقل نماید. علاوه سختی کف نباید نسبت به طبقه بعدی بیش از ۵٪ در حد تغییر کند.	اگر اجزا و عناصر مقاوم به یکدیگر پیوستگی مکانیکی نداشته باشند بطور محض از یکدیگر کار کنند. امکان باز تقسیم نیروها و تلاشها را خواهند داشت و به هم دیگر کمک نخواهند کرد.	تامین انسجام و همبستگی مسئولیت مشترک همه طراحان است. باید نیازهای سمارتی از نظر ابعاد و روابط فضاهای، نیزه های نامیستی به ویژه در مورد بازشوهای لازم برای عبور کلافها و توله ها و ضرورتهای سازه ای دایرین در اختیار داشتن فضاهای لازم برای اجزا و قطعات سازه ای چنان با هم تلفیق شوند که ناپیوستگی در پیکربندی به وجود نیاید و بارهای قائم بتوانند بطور مستقیم به شالوده منتقل و نیروهای جانبی زلزله بدون اشکال جذب و مستهلک شوند.	***	***	***
	۱۰-۴ نداشتن بازشوهای بزرگ یا نزدیک به لبه، در دیوارهای باربر		بازشوهای بزرگ دیوار باربر را تضعیف می کنند و بازشوهای نزدیک به لبه علاوه بر کم کردن سختی، احتمال آسیب دیدن دیوار را در موقع زلزله افزایش می دهند.		***	***	***
	۱۱-۴ نداشتن بازشوهای بزرگ در کفها بویژه در محل اتصال به اجزا و عناصر مقاوم در برابر زلزله	بطوریکه کف بتواند نقش نامبر کننده همبستگی و یکپارچگی را بخوبی ایفا کند.	بازشوهای بزرگ در کفها سختی کف را کاست و عملکرد دیوارگسی آن و توزیع نیروهای جانبی زلزله را بین عناصر مقاوم مستقل می نمایند و ایجاد پیچش حول محور قائم می کنند و ممکن است سهم برخی از عناصر مقاوم از نیروهای زلزله زیادتر شده و به آنها آسیب برسد.		***	***	***

معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی
نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تباهات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					مهندس	تعمیرات	معماری
ادامه مربوط به یکپارچندی سیستم باربر	۱۲-۴_ نداشتن شکستگی در صفحه کفها	همه رقوم بوده تیرهای منتهی به یک گرمگاه.	اجزا و عناصر واقع در مرز تغییر رقوم کفها در رقومهای متفاوت تحت اثر نیروهای افقی قرار گرفته و آسیب می بینند.	ایجاد شکستگی در کفها طبق نظر مهندس معمار صورت می گیرد و معمولا این حالت وقتی اتفاق می افتد که قسمتی از کفها در محاذات یا گرد مبانی پله ها باشد.	***	-	-
	۱۲-۴_ همخوانی ابعاد قطعات منتهی به یک گرمگاه	بطوریکه خطوط نیرو و محور معلوم از گرمگاه رد شوند و در گوشه ها، تمرکز تنش ایجاد نشود.	اگر تمهیدات لازم مثلا ایجاد ماهیچه در گرمگاه به عمل نیامده و تغییر مسیر تدریجی خطوط نیرو را ميسر نسازد، تمرکز تنش ایجاد شده و آسیب پذیری افزوده می شود.	مشاوره کردن ابعاد منتهی به یک گرمه مسئولیت مهندس محاسب است.	***	-	-
	۱۴-۴_ نبودن طره های بزرگ در ساختمان	طره های بزرگ به دلیل ایجاد عدم تقارن مقطوع، بویژه طره هایی که بار زیاد دارند، به مرتبه قائم شتاب زلزله بسیار حساسند و مستعد خرابیهای بارگمی را سبب شوند حرکت طره های بالا و پایین یک طرفه در خلاف جهت یکدیگر ایجاد لاشهایی قابل ملاحظه در اجزای مجاور می کنند.	مستولیت تصمیم گیری با مهندس معمار است ولی مهندس محاسب باید در مورد سلامت سازه ای اعلام نظر کند.	مستولیت تصمیم گیری با مهندس معمار است ولی مهندس محاسب باید در مورد سلامت سازه ای اعلام نظر کند.	***	-	-
پنجم : مربوط به عملکرد سازه ای سیستم باربر	۵-۱_ یکنواختی سیستم سازه ای و تامین کوتاهترین مسیر برای توزیع نیروهای اینرسی ناشی از زلزله بین عناصر مقاوم	بطوریکه نحوه نزول بار چه بطور موضعی و چه بطور فراگیر تغییر نکند. یکنواختی با توزیع مناسب اجزای قائم تحقق می یابد. یکنواختی سیستم سازه ای کوتاهترین و مستقیم ترین مسیر توزیع نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را فراهم می سازد. در صورت لزوم باید با استفاده از درزهای جوش یکنواختی رفتار سیستم سازه ای را تامین نمود. یکپارچندی یا تنهه متقارن ساختمان و بلان متقارن متوازن بدینترین راه حل تامین یکنواختی است.	اگر سیستم سازه ای یکنواخت نباشد نیروهای اینرسی حاصل از شتاب گرفتن جرمهای پراکنده در ساختمان به سستی که منتهی به تخریبی دارد متناوب شده و باعث ایجاد پدیده حواله مسیر قائم می شوند.	مسئولیت پیش بینی اجزای قائم برای نزول بار مهندس معمار است و مهندس محاسب باید توجه به جرمهای پیش بینی شده سازه ای یکنواختی برای ساختمان طرح او محاسب نماید.	***	-	-
	۵-۲_ یکنواختی نوع سازه	بسی گوشه ای بتن آرمه، گوشه ای فولادی و گوشه ای با مصالح سانی، گوشه ای با پوشش سبک و گوشه ای با پوشش سنگین باشد.	اگر نوع سازه یکنواخت نباشد و سازه با مصالح متفاوتی ساخته شده باشد، به دلیل تفاوت بودن مشخصه های مکانیکی بویژه ضریب تغییر شکل آنها، رفتار بخشهای مختلف سازه با یکدیگر هماهنگ نخواهد بود و باعث بروز تشنه های موضعی در فصل مشترکها و آسیب پذیری سازه خواهد شد.	تعیین نوع سازه به عهده مهندس محاسب است ولی در قسمتهای نما دار باید نظر مهندس معمار خرابیها شود.	***	-	-
	۵-۳_ تامین کوتاهترین مسیر برای نزول بارهای قائم	بطوریکه انتقال بارهای قائم به شالوده حتی المقدور سراسر است، مستقیم و شاقولی باشد.	اگر بزرگها مستقیم به طرف شالوده حرکت نکنند و خطوط نیرو تغییر جهت داده و به کمک اجزای افقی به سمت شالوده بیایند علاوه بر تمرکز تنش در محلهای تغییر مسیر، آسیب پذیری اجرایی افقی را هم سبب خواهد شد.	مهندس محاسب مسئولیت تعیین مسیر جهت نزول بار را در محدوده پیش بینی شده توسط مهندس معمار عهده دار می باشد.	***	-	-



معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی
نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					مسئول	تسهیل	مختص
ادامه مربوط به عملکرد سازه ای سیستم باربر	۴-۵_ دارا بودن پیوندهای اضافی	به منظور تامین امکان رفتار شکل پذیر در تشکیل مصلهای خمیری.	سازه های منبسط دارای پیوند اضافی نیستند و با از بین رفتن یک پیوند، تبدیل به مکتوم می شوند. امکان ایجاد مناطق و مصلهای خمیری در این سازه ها وجود ندارد و نمی توان از آنها انتظار رفتار شکل پذیر داشت. پیوندهای اضافی نیز تقسیم تلاشها را میسر ساخته و جلد و اتلاف انرژی زلزله را تسهیل می کنند.	مهندس محاسب مسئولیت اصلی را در اسنورد به عهد دارد و در صورت نیاز با مهندس معمار مشورت می کند.	*	-	***
	۵-۵_ وجود نداشتن طبقه یا طبقات نرم		طبقه نرم سبب تمرکز تغییر مکان جانبی در آن طبقه و تمرکز شداید، نیروها در اتصالات بالا و پایین طبقه می گردد و می تواند به اعطیات شدید و حتی خرابی منجر شود.	تصمیم گیری در این مورد با مهندس معمار است. مهندس تاسیسات می تواند خواستار چنین طبقه ای باشد ولی در هر صورت مهندس محاسب باید راه حل مناسب را برای احتراز از برسی بیش از حد جستجو و اعمال کند.	***	**	**
	۶-۵_ عدم تجمع اجزا و عناصر و اجزای مقاوم در برابر زلزله در قسمتهای محدود از پلان	بطوریکه خط دفاعی محدود و موضعی در برابر زلزله نداشته باشیم و اجزا و عناصر مقاوم خط دفاعی گسترده و فراگیر ایجاد نمایند.	تجمع عناصر مقاوم در یک بخش محدود نیروهای زلزله را به آن بخش متراجه می کند و احتمال تمرکز نیرو و بروز اعطیات موضعی را افزایش می دهد.	مهندس محاسب در مورد موقعیت عناصر مقاوم می محاسب باید به تامین این شرط توجه داشته باشد و طرح و تعدیل لازم را در طرح معماری به عمل آورد.	***	**	***
	۷-۵_ توزیع متناسب عناصر مقاوم در پلان با توجه به توازن و تقارن مکانیکی (انتظام پیچشی)	بطوریکه مرکز جرم سازه با مرکز سختی آن نزدیکتر باشد و فاصله مرکز جرم و مرکز سختی در هر طبقه از ۱۰ تا ۱۰ درصد بزرگترین بعد مقطع در آن طبقه تجاوز نکند.	عدم تناسب توزیع جرم و عناصر مقاوم با یکدیگر باعث افزایش اعطیات مرکز جرم و مرکز سختی و در نتیجه افزایش لشکر پیچشی ناشی از زلزله می شود.	مهندس محاسب در مورد موقعیت عناصر مقاوم می گیرد و مهندس معمار با وی همکاری می کند. اگر این عناصر را برگر دشتکار و عمادکرد ساختمان بررسی می نماید.	**	-	***
	۸-۵_ استقرار عناصر مقاوم در برابر نیروهای جانبی، حتی المقدور در محیط پلان	شکل نهایی استقرار این عناصر در محیط پلان سیستم اولیه ای (TUBE SYSTEM) است.	هر چه عناصر مقاوم در برابر زلزله به سمت مرکز پلان کشیده شوند، مقاومت و سختی پیچشی کمتر و آسیب پذیری ساختمان بیشتر می شود.	انتخاب تصمیم در این مورد مسئولیت مشترک مهندس معمار و مهندس محاسب است در واقع مهندس محاسب با علامت تصمیم خود یعنی بر استقرار عناصر مقاوم در محیط پلان، از مهندس معمار می خواهد که مستند را از لحاظ عملکرد معماری بررسی و حتی المقدور در طرح ملحوظ نماید.	***	**	***
	۹-۵_ تغییر نکردن ناگهانی سختی عناصر مقاوم در برابر زلزله، یک یا بیشترین مکتومی است که رفتار سازه را مشروط می سازد و بروز نیروهای تمرکز در محل تغییر را سبب می شود.	به عنوان مثال، سقف نشدن ناگهانی سیستم باربردی یا دیوار برشگیر یا کم با زیاد شدن قابل ملاحظه ارتفاع یک طبقه.	تغییر ناگهانی سختی اجزا و عناصر مقاوم در برابر زلزله، یک یا بیشترین مکتومی است که رفتار سازه را مشروط می سازد و بروز نیروهای تمرکز در محل تغییر را سبب می شود.	مسئولیت اتخاذ تصمیم قطعی با مهندس محاسب است. مهندس معمار با ایجاد محدودیت در تعداد بیشترین بازشدها و معیار تاسیساتی، آزادی عمل وی را محدود می سازد. مهندس تاسیسات در مورد معیار تاسیساتی مشورت می شود.	***	*	**

معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی
نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					معماری	تاسیسات	سازه
ادامه مربوط به عملکرد سازه ای سیستم باربر	۵-۱۰- نداشتن طبقه ضعیف و تغییر نکردن ناگهانی مقاومت برشی عناصر مقاوم از طبقه ای به طبقه دیگر (انتظام برشی)	طبقه ضعیف با طبقه ای گت می شود که مجموعه ظرفیت برشی اجزا و عناصر مقاوم موجود در آن طبقه از ۸۰ درصد ظرفیت برشی اجزا و عناصر مقاوم موجود در طبقه بالای خود کمتر باشد. تغییر نکردن ناگهانی ظرفیت برشی یعنی به عنوان مثال حذف شدن ناگهانی دیوار برشگیر یا تغییر نکردن قابل ملاحظه مقطع عرضی اجزای قائم در طبقه ای به طبقه دیگر بطوریکه ظرفیت برشی هر یک از آنها بیش از ۱۰ درصد تغییر نماید.	بخش عمده رفتار فرا از نخاس ساختمان در موقع زلزله در طبقه ضعیف متمرکز شده و الگوی تغییر مکان جاتی متعادل طبقات را در موقع زلزله تغییر می دهد. بخش عمده تغییر مکان جاتی در سازهات طبقه مرور صورت گرفته و به آسیبهای شدید حتی نابابنداری و خرابی منجر می شود.	مسئولیت تعیین ابعاد اجزا و عناصر برشگیر و مهندس محاسب به عهده دارد ولی در مورد جایگیری آنها نظر مهندس معمار را ملحوظ میکند.	*	*	*
	۵-۱۱- نزدیک به هم بودن ظرفیت تغییر شکل عناصر مقاوم در برابر زلزله	بطوریکه بتواند تا آخرین مرحله با هم همکاری نماید و برخی از آنها زودتر از سایرین دچار خرابی شوند.	اگر محدوده تغییر مکان جاتی بدون گسیختگی دو عضو مقاوم در برابر نیروهای جاتی با هم متفاوت باشد، عضوی که محدوده کوچکی در دورد زودتر به حد خرابی می رسد عضو دیگر سده بار جذب و اتلاف نیروهای زلزله می شود و به سرعت رو به خرابی می رود.	مسئولیت تامین این شرط با مهندس محاسب است. لازم است نظر مهندس معمار درباره ابعاد طرح عناصر ملحوظ شود.	*	*	*
ششم : مربوط به شالوده	۶-۱- استقرار شالوده در عمق مناسب و حتی المقدور عمیقتر	فرا بردن ریشه در داخل زمین آسبه چندین (هرچه ساختمان بیشتر در داخل زمین باشد اختلاف فرزی زلزله در فصل مشترک خاک و سازه بیشتر و سهم بار تاب ارتعاشی سازه کمتر خواهد بود.	هر چه عمق شالوده کمتر شود میراثی کششی خاک کمتر و سهم بار تاب ارتعاشی سازه بیشتر می شود.	تصمیم گیری در مورد تعداد و عمق زیر سازه منظور عمده طبق نظر مهندس تاسیسات در پروژهها با مهندس معمار و اتخاذ تصمیم در مورد عمق شالوده با مهندس محاسب است.	*	*	*
	۶-۲- سنگین بودن شالوده حتی المقدور		هر چه شالوده سبکتر شود مرکز ثقل ساختمان بالاتر میرود و پایداری مجموعه کمتر می شود.	نوع و ابعاد شالوده را مهندس محاسب تعیین میکند.	*	*	*
	۶-۳- پاشنه دار بودن شالوده ساختمانهای بلند تا آنجا که میسر باشد	وزن خاک روی پاشنه شالوده به ثبیت شالوده در زمین و پایداری مجموع ساختمان کمک می نماید.	کوچک کردن یا حذف پاشنه های شالوده ساختمان را از قسمت با تمام کمک وزن خاک به پایداری مجموعه محروم میکند.	در مورد شکل شالوده مهندس محاسب تصمیم می گیرد.	*	*	*
	۶-۴- یکنواخت بودن سیستم شالوده و عدم استفاده پراکنده و در هم از شالوده سطحی و عمیق	جلد کردن قسمتهای سبکی بر شالوده های دارای سیستم های متفاوت با درزهای جاتی مناسب که در شالوده هم ادامه داشته باشند راه حلی منطقی است.	بظر به اینکه سیستمهای مختلف شالوده رفتارهای متفاوت با یکدیگر دارند، در صورت استقرار ساختمان روی سیستمهای مختلف، رفتار آن قابل پیش بینی نخواهد بود و در صورت مشترک دو سیستم شالوده ششها و در نتیجه تلاطمهای نامناسب به وجود خواهد آمد.	در مورد استفاده از انواع مختلف شالوده مهندس محاسب تصمیم می گیرد.	*	*	*
	۶-۵- دار بودن پیوستگی در شالوده	لازمه تامین این نظر قبل از هر چیز استقرار شالوده ها در عمقی مشخص است تا بتوان آنها را با کلافهای مناسب به یکدیگر متصل نمود تا شالوده در روساز در اثر زلزله بتلیه یک واحد در حرکت در آید.	اگر بخشهای شالوده به هم پیوسته باشند، بطور مستقل و با هماهنگی حرکت کرده و باعث بروز نشستهای مخرب در روسازه خواهد شد.	تصمیم گیری در این مورد با مهندس محاسب است.	*	*	*

معیارهای انتظام و اصالت طرحهای ساختمانی
نقش طراحان در تامین انطباق طرح با معیارهای انتظام و اصالت

گروه معیارها	معیارها	شرح معیارها	تبعات عدم رعایت معیارها	شرح مسئولیتها	میزان نقش مهندس		
					معماری	تاسیسات	مکانس
هفتم : تربوط به عناصر غیر سازه ای و ملحقات و تجهیزات منصوب	۱-۷ روشن بودن تکلیف عناصر غیر سازه ای و ملحقات	بویژه دیوارها و تیرها که غامضترین ملحقات می باشند و باید تکلیف آنها روشن باشد که به سازه بسته شده اند و با آن در تحمل بارهای جانبی همکاری می کنند یا خیر	اگر نحوه استقرار عناصر غیرسازه ای بر روی سازه و چگونگی اتصال آنها به سازه مشخص نباشد بدیهی است که نمی توان اثر آنها را بر رفتار دینامیکی سازه در موقع زلزله بررسی کرد و تبعات لازم را اعمال نمود	مهندس معمار در مورد اقلام معماری مهندس تاسیسات در مورد اقلام تاسیساتی و مهندس محاسب در مورد جزئیات اجرایی تمام اقلام تصمیم گیری میکنند. اتخاذ تصمیم نهایی مسئولیت مشترک همه طراحان است.	****	****	****
	۲-۷ پایدار بودن ملحقات و تجهیزات منصوب از جمله قطعات نما تیرها و جداگرها، اقلام تاسیساتی، لوله های آب و فاضلاب و.....	بطوریکه در موقع زلزله فرو نیفتند یا در هم نشکنند. دیوارهای میانقابی، سختی قابها را افزوده و از تغییر شکلهای جانبی می کاهد، باری اگر نامتقارن باشد باید پایدار شدن پیشتر حول محور قائم می شوند. کمانهای قائم دیوار میانقابی آسیب می رساند.	بخشی عمده از آسیب ها، خسارات و حتی قطعات جانبی از حرکت کردن و در هم شکستن و فروریختن ملحقات، بویژه دیوارها و قطعات نما نتیجه می شود.	سوءتعبیت ملحقات، تجهیزات و اوله کنشها و... را مهندس معمار و مهندس تاسیسات تعیین میکنند. تامین پایداری آنها بطور عمده به مهندس محاسب مربوط می شود.	****	**	**
	۳-۷ نداشتن ملحقات نامتقارن بویژه دیوارهای میانقابی پیوسته با قاب	یکی از متداولترین موارد توزیع نامتعادل جرم در ارتفاع توزیع دیوارها عنود نامنظم و متفاوت از طبقه ای به طبقه دیگر است.	محل اتصال ملحقات سنگین نظیر دودکش، مخزن، آب، هوا ساز و نظایر آنها به ساختمان نقطه ضعفی مناسب برای آغاز آسیبها در موقع زلزله است. عدم تقارن این ضعف را تشدید می نماید.	مسئولیت مشترک مهندس معمار و مهندس تاسیسات است. مهندس تاسیسات مسئله را از نظر تاسیساتی بررسی و اعلام نیاز می کند و مهندس معمار این نیاز را تامین می کند در صورت لزوم، مهندس محاسب با آنان همکاری می نماید و در مورد نحوه تامین ایستایی دیوارها تصمیم می گیرد و در صورت لزوم مهندس معمار و مهندس تاسیسات همکاری می نمایند.	****	****	****
	۴-۷ توزیع متعادل ملحقات بویژه دیوارهای میانقابی در ارتفاع	یکی از متداولترین موارد توزیع نامتعادل جرم در ارتفاع توزیع دیوارها عنود نامنظم و متفاوت از طبقه ای به طبقه دیگر است.	موضوع توزیع نامناسب جرم در ارتفاع است و همان اثر را دارد.	مهندس محاسب وظیفه اصلی در تامین این شرط را به عهده دارد و در صورت نیاز به مهندس معمار مشورت می کند.	****	****	****
هشتم : معیارهای مجموع	۱-۸ کافی بودن سختی مجموعه	کم بودن سختی جانبی به تغییر مکانهای جانبی زیاد را این تغییر مکانها به آسیب دیدن اجزای غیر سازه ای و تشدید اثر ثانوی بارهای قائم (P-Δ) منجر می شود	معمولا سازه های فاقد "توسندی" (ROBUSTNESS) در پهنه احساس این بودن به وجود نمی آورند و تحت اثر هر عامل دینامیکی شروع به لرزش کرده و معیارهای بهره برداری را کم یا بیش از دست می دهند.	مهندس محاسب وظیفه اصلی در تامین این شرط را به عهده دارد و در صورت نیاز به مهندس معمار مشورت می کند.	****	*	*
	۲-۸ دارا بودن ((توسندی))، ظریف نبودن بیش از حد اجزای باربر قائم و شالوده	بطوریکه در مورد یکبارگی و استوار بودن اتکالی مجموعه ببار روی زمین تردینی احساس شود.	معمولا سازه های فاقد "توسندی" (ROBUSTNESS) در پهنه احساس این بودن به وجود نمی آورند و تحت اثر هر عامل دینامیکی شروع به لرزش کرده و معیارهای بهره برداری را کم یا بیش از دست می دهند.	مهندس محاسب وظیفه اصلی در تامین این شرط را به عهده دارد و در صورت نیاز به مهندس معمار مشورت می کند.	****	*	*