

انتظام و اصالت طرح

حلقه واسط بین طرح ، محاسبه و اجرای طرحهای ساختمانی

نوشته :

دکتر مهدی قالبیافان

عضو هیئت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران

مدیر فنی شرکت مهندسان مشاورسانو

چکیده

در این مقاله پس از اشاره به برداشتهای غیر واقع بینانه که در مورد زلزله و مقولات مربوط به آن وجود دارد، مشخصه های هندسی ، مکانیکی و دینامیکی سازه ساختمانیها ، که تامین ایمنی را در برابر زلزله تسهیل می نمایند، تحت عنوان " معیارهای انتظام و اصالت طرح های ساختمانی " شرح داده شده اند ، این معیارها ، که دستاورد پیگیری و پژوهشی دراز مدت می باشند ، باید توسط پژوهندگان دیگر تدقیق ، تکمیل و اصلاح شوند.

۱- مقدمه

اگر بخواهیم درست حق مطلب را ادا کرده باشیم باید انتظام و اصالت طرح را " حلقه ای که باید واسط 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 عده ای از همکاران جلساتی برای تهیه استاندارد ۲۸۰۰ داشتیم ، برای اولین بار به ذهنم خطور کرد که سیاهه ای از معیارهای انتظام طرح تهیه نمایم . در اولین قدمها متوجه شدم که آنچه در آئین نامه ها و مدارک فنی درج شده ، بطور عمده معیارهای " عدم انتظام " و مشخصه هائی را شامل می شود که دلالت بر غیر منظم بودن سازه و ساختمان دارند و برای دستیابی به معیارهای انتظام و مشخصه هائی 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 " آگاهینامه " 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 دونکته جدید در باره 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، تامین ایمنی در برابر زلزله و بطور کلی تقریباً تمام مقولات مربوط به زلزله، زمینه‌هایی 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

۲-۱- اولین برخورد غیر واقع بینانه با زلزله، مربوط به ماهیت زلزله است که زلزله را بنوعی "بلائی طبیعی" و "فاجعه" تلقی می‌کنیم، در حالیکه زمینلرزه هم مانند گرم شدن هوا در تابستان و سرد شدن آن در زمستان، پدیده‌ای کاملاً طبیعی و اجتناب ناپذیر است و یاد کردن از آن به عنوان "بلا"، "فاجعه" و امثال آن، نادرست و گمراه کننده می‌باشد.

حتی باید گفت که زلزله سبب آزاد شدن تلاشها و تنشهای انباشته شده در پوسته زمین می‌شود 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 ببیند 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.

درواقع 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 می‌شناسیم ولی به دلیل کمتر بودن توالی و تکرار زلزله و پیچیده تر بودن این پدیده، که در گوشه‌ای کوچک از کائنات رخ می‌دهد و علی‌رغم کوچکی مثل خود کائنات پیچیده است، قوانین و ضوابط حاکم بر آن را بطور کامل نمی‌شناسیم 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 اشتباه آمیز، نسبت دادن همه خرابیها به این پدیده طبیعی است بدون توجه به اینکه زلزله‌ای که مثلاً در ژاپن تلفاتش به تعداد انگشتان دست نمی‌رسد، در کشور ما بی‌دریغ کشتار می‌کند.

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

درواقع با توجه کردن تقصیر به سمت زلزله، ما آگاهانه یا ناخودآگاه، کوشش می کنیم خود را تبرئه کنیم، می گوئیم "دیوار بلند است" تا "کوتاه بودن قد" خود را توجیه کنیم.

۲-۳- سومین خطائی که حتی در مجامع مهندسی مطرح می شود، 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 ازلحاظ عمیق و پیشرفت علم زمین شناسی، قدمی به جلو محسوب می شود ولی مشکل خرابیهای ناشی از زلزله را حل نمی کند. گیرم که بتوانیم شدت، زمان و مکان وقوع زلزله را بدقت پیش بینی نمائیم. چه می توانیم بکنیم؟ اگر ساختمانها را بد و نامناسب ساخته باشیم، زلزله چه با خبر قبلی حادث شود و چه بدون خبر اتفاق بیفتد، ساخته هایمان 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 تاسیسات زیربنائی، چه خواهند کرد. اما اگر خوب ساخته باشیم، ساختمانهایمان زلزله را از سر گذرانده و با کمی بهسازی یا حتی بدون آن قابل بهره برداری مجدد خواهند بود. کسانی که به مقوله پیش بینی زلزله پر بها می دهند، معمولاً مسئله زلزله را بامسائل هواشناسی مقایسه می نمایند و معتقدند همانطور که جوامع انسانی از پیش بینی وضع هوا بهره می گیرند، می توانند از پیش بینی وقوع زلزله نیز بهره مند شوند. بخشی از این مقایسه قابل پذیرش و بخشی دیگر قابل تامل است. اگر چه اغلب اطلاعاتی را که سازمانهای مربوطه از وضع هوا ارائه می دهند می توان به 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 مسیله را دارند.

۲-۴- چهارمین خطا این است که تامین ایمنی در برابر زلزله را جدی نمی گیریم و هنوز فرهنگ جلوگیری از صدمات، آسیبهای جانی و تلفات زلزله، در جامعه فراگیر نشده است. خانه ای اجاره می کنیم، یا می خریم، یا حتی می سازیم و معمولاً به مسئله ایمنی در برابر زلزله توجهی شایسته نداریم و اغلب کم بودن امکانات مالی را دستاویز قرار می دهیم که فقط بخشی از واقعیت را در بر دارد. 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 می شود ولی پس از مدتی آنها از آسیاب می افتند و توجه به ایمنی در برابر زلزله به فراموشی سپرده می شود.

به نظر من حتی اگر امروز کسانی بدون توجه به نتایج سوء اجتماعی و اقتصادی و بدون داشتن صلاحیت حرفه ای به ساخت و ساز اقدام می کنند و دام مرگ می گسترانند ، مسئله زلزله را جدی نگرفته اند و به دلیل نازل بودن سطح فرهنگ فنی ، به وخامت و کراهت عمل خود واقف نیستند .اغلب این افراد، حتی بازاری مبالغ سنگین حاضر نخواهند شد انسانی را بکشند ، اما توجه ندارند که بازاری ندانم کاری خود و عدم رعایت اصول فنی در ساخت و ساز ، نه تنها انسانهای بسیاری را به کام مرگ می فرستند ، بلکه بخشی از ثروت ملی کشور را هم تباه می سازند.

۲-۵- برداشت غیر واقع بینانه پنجم اینکه ، وقتی صحبت از تامین ایمنی در برابر زلزله می شود ، آن را مطلق تلقی می کنیم و آنقدر مسئله را گسترده در نظر می گیریم که دوران دسترس جلوه می کند ، در حالیکه ، منظور از تامین ایمنی در برابر زلزله این نیست که چنان ساختمانهایی بسازیم که در هیچ زلزله ای ، هیچ آسیبی به آنها نرسد، بلکه منظور این است که متناسب با مقدورات ، دامنه خطر را کم کنیم بطوریکه متناسب با شدت زلزله ، ساختمان و سازه آن آسیبهایی کوچک یا بزرگ ببینند ولی ، مگر بطور استثنائی ، فرو نریزند و به این ترتیب ، لطمات ، آسیبهای جانی و تلفات ناشی از وقوع زلزله ، با صرف وقت ، انرژی و هزینه ای مناسب به حداقل کاهش داده شوند.

۲-۶- ششمین برداشت از مقولات مربوط به زلزله ، که امروزه غیر واقع بینانه و نارسا بودن آن روز به روز بیشتر روشن می شود، این است که تامین ایمنی سازه ساختمانها در برابر نیروهای زلزله را به قیاس به آنچه در برابر بارهای قائم انجام می شود ، با افزایش مقاومت اجزا و قطعات ساختمانی یعنی "مقاوم سازی" قابل وصول می پنداریم ، در حالیکه امروزه ، از سوئی تجارب حاصل از زلزله ها و بررسیهای دیدمانی (نظری) و آزمایشگاهی نشان داده اند که نیروهای زلزله بر حسب ماهیت با نیروهای قائم متفاوتند و برخلاف بارهای قائم که مقدار شان ثابت یا دارای تغییرات بطیء و اغلب استاتیکی و دراز مدتند ، نیروهای زلزله متغیر ، نوسانی ، دینامیک و زودگذرند و درواقع ، حاصل از انرژی حرکتی القا شده به ساختمان در اثر حرکات زمین می باشند، 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 ، تامین مقاومت قطعات سازه ای در برابر این نیروها (طراحی برای مقاومت) بر خلاف بارهای قائم ، راه حلی مناسب برای تامین ایمنی در برابر زلزله نیست زیرا مشکل بتوان مقاومت اجزای سازه ای را در مقابل نیروهایی که پوسته زمین را می شکافند تامین 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). به عبارت دیگر ، به جاری "مقاوم سازی" باید به "ایمن سازی" مبادرت نمود.

"مقاوم سازی" یعنی تامین مقاومت قطعات سازه ای، با پذیرش باقی ماندن تغییر شکلها در محدوده ارتجاعی صورت می گیرد، که در این محدوده، تغییر شکلها با نیروها متناسب می باشند و عملاً" طراحی تابع تنها عامل "نیرو" است. اما اگر منظور جذب و اتلاف "انرژی" حرکتی یعنی "ایمن سازی" باشد و تغییر شکلهای فرا ارتجاعی را مجاز بدانیم، نظر به اینکه این تغییر شکلها مستقل از نیرو می باشند، طراحی به جای یک عامل "نیرو" تابع دو عامل "نیرو" و "تغییر شکل" خواهد بود و طراح می تواند 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 می دهند در برابر زلزله معین (زلزله طرح)، نیروی وارد به یک ساختمان بدون تغییر دادن ابعاد قطعات سازه ای و فقط بازای تامین "شکل پذیری" کاهش داده شوند. به عبارت دیگر با پذیرش پدیدار شدن خرابی در بنا در زلزله های شدید، اجازه می دهند که طراح خرابیها را به صورت کنترل شده و موضعی، در نقاطی متمرکز نماید که هم ساختمان فرونریزد و هم پس از زلزله، این خرابیها با صرف وقت و هزینه ای معقول و منطقی قابل تعمیر باشند.

۲-۷- هفتمین نقطه نظر غیر واقع بینانه، تلقی نادرست از هزینه های تامین ایمنی در برابر زلزله و اغراق آمیز جلوه دادن آنها است. اولاً" این هزینه هارا "هزینه اضافی" وانمود می کنیم، ثانیاً" مقدار هزینه را گاه ۲۵ درصد یا بیشتر ذکر می نمائیم.

"اضافی" تلقی کردن هزینه های تامین ایمنی در برابر زلزله، که بطور مستقیم نشأت گرفته از همان تلقی غیر واقع بینانه ای است که زلزله را یک "بلائی طبیعی" به حساب می آورد، درست نظیر آن است که به جای "هزینه شالوده" بگوئیم "هزینه اضافی شالوده" یا به جای "هزینه تامین ایمنی و ایستائی" ساختمان در زیر بارهای مرده و سربارها بگوئیم "هزینه اضافی تامین ایمنی و ایستائی" هزینه تامین ایمنی در برابر زلزله، همانند تامین 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 ضروری ترین هزینه ها است.

از آن گذشته، باتوجه به اینکه تامین ایمنی ساختمان در برابر زلزله، بطور عمده سازه ساختمان را تحت تاثیر 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 تامین ایمنی آن در برابر زلزله توجه داشته و ضوابط و "معیارهای انتظام و اصالت طرح" را مراعات کنیم، در محدوده هزینه های تامین ایمنی در برابر بارها و سربارهای

قائم و نیروی جانبی باد، می توان ایمنی در برابر زلزله را هم تامین کرد. مطابق این نظر، اگر در موردی هزینه های لازم برای تامین 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 تامین ایمنی در برابر زلزله، شاخصی است که نمایانگر عدول از معیارهای انتظام و اصالت است و طبعاً هرچه 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 حل های اختیار شده برای تامین ایمنی در برابر زلزله خواهد بود.

درواقع 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 تغییرشکلها به تغییر شکل های ارتجاعی صورت می گیرد، به "طراحی برای ظرفیت" مبادرت نمود و امکان احراز تغییرشکل های فرار 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 تامین ایمنی ساختمان در برابر زلزله، به هزینه های جزئی تامین شکل پذیری قطعات اتلافگر محدود می شود.

۲-۸- برخورد اشتباه آمیز هشتم، که نه تنها در کشور بلکه تقریباً در تمام کشورها جاری و ساری است، این است که به پیروی از پژوهشها، که بطور عمده در مورد ساختمانهای مهندسی ساز، برجها، آسمانخراشها و بطور کلی سازه های مستحدمات مهم صورت می گیرند، تامین 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 زندگی می کنند و در اغلب کشورها، اقبال نیمه مرفه و غیر مرفه که در زیر سرپناههای ناامن زندگی می کنند، به فراموشی سپرده می شوند.

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 می شوند، به دلیل عدم انسجام، نداشتن یکپارچگی و سنگین بودن، بیشترین آسیب پذیری را در برابر زلزله دارند و بیشترین درصد تلفات جانی را سبب می شوند و در واقع نوعی دام مرگند که بطور ادواری، قسمتی از نیروی مولد کشور را، که این همه به آن نیازمندیم، از بین می برند.

با عنایت به اینکه هنوز در سطح کشور امکان عینی برای جلوگیری و منع از ساختن و بهره برداری کردن از این نوع سرپناها وجود ندارد و حدود ۴۰ درصد نیروی مولد کشور در زیر چنین سرپناهائی مسکن و ماوا

دارند، باید هر چه زودتر برای تامین 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، برنامه ای مطالعه شده و راه حل‌هایی ویژه می‌طلبد. یکی از راه حل‌هایی که از چند دهه پیش مطرح است و در واقع به "توجیح 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 خودیاری روستائیان و دادن آموزش، کمک‌های فنی و مصالح رایگان به آنان، سرپناهی روستائی را برای روستائیان و انعام و احشامشان، بطور نسبی ایمن نمائیم.

۲-۹- نهمین تلقی دور از واقعیت این است که هر وقت صحبت از تهیه طرح یک ساختمان مقاوم در برابر زلزله می‌شود، اولین تصویری که درآذهان پدیدار می‌گردد، بنائی دارای سازه ای مقاوم و حساب شده است و هنوز این باور وجود دارد که مهندس محاسب باید بتنهائی و راساً 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 سازه ای و اقلام تاسیساتی 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.

۲-۱۰- بالاخره دهمین برداشت معیوب از تامین 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 تامین کرد.

دراینکه 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 دراین 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، درموقع زلزله رفتاری مناسبتر نشان می‌دهند و کمتر از زلزله آسیب می‌بینند. به عبارت دیگر، این تجارب حاکی از آنند که محاسبه به تنهائی قادر نیست تمام جزئیات بازتاب ساختمان را در برابر زلزله نشان دهد. درواقع 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 واصلت طرحهای ساختمانی

" معیارهای انتظام واصلت طرح " به مشخصه هائی اطلاق می شوند که تامین ایمنی ساختمان وسازه را در برابر زلزله تسهیل می کنند. این مشخصه ها ، بطور کلی در "یکنواختی" ، "تقارن" و "پیوستگی" همه جانبه سازه و ساختمان خلاصه می شوند ، بطوریکه :

- ساختمان و سازه آن حتی المقدور ساده وسبک باشند.
- نیروهای قائم بطور مستقیم از کوتاهترین مسیرها به شالوده برسند.
- نیروهای زلزله بطور مستقیم واز کوتاهترین مسیرها بین عناصرمقاوم دربرابر نیروهای جانبی توزیع شوند.
- به دلیل تغییرات ناگهانی در هندسه ومسیر حرکت نیروها ، تمرکز تنش در مقاطع سازه ایجاد نشود.
- به دلیل عدم توازن ، زمینه پیچش حول محور قائم فراهم نگردد.
- پیوندهای اجزاء وقطعات سازه و ساختمان در حدی باشند که در صورت آسیب دیدن بعضی از آنها ، انتقال بارها و نیروهای وارد به سازه ، از مسیرهای دیگر به زمین میسر باشد.

بر مبنای این مشخصه های کلی ، معیارهای انتظام و اصلت طرح ، تبعات عدم رعایت آنها ، مسئولیت طراحان در قبال هر یک از این معیارها در جدول زیر رده بندی شده اند .

دراین جدول ، به منظور تسهیل امر ارزیابی نقش مهندس معمار ، مهندس تاسیسات و مهندس محاسب درباره انطباق طرح بامعیارهای انتظام و اصلت ، در هر مورد ، به هر یک از طراحان که مسئولیت بررسی و اتخاذ تصمیم نهائی دارد، سه امتیاز(سه ستاره) ، به هر طراح که در بررسی واتخاذ تصمیم نقش اصلی دارد ولی تصمیم گیرنده نهائی نیست ، دوامتیاز (دو ستاره) و به طراحی که فقط نقش همفکری ومشورت دارد ، یک امتیاز (یک ستاره) داده شده است . از جمع کردن امتیازهای داده شد به طراحان مختلف نتیجه می شود که کل امتیاز مهندس معمار ۱۱۹ ، کل امتیاز مهندس تاسیسات برابر ۳۴ و جمع امتیازهای مهندس محاسب ۱۲۲ می باشد.

تهیه این جدول ، همانطور که در ابتدای این نوشته اشاره شد، در حدود هفده سال پیش آغاز شده واولین جدول ارائه شده ، نشانگر مسئولیت بیشتر مهندس معمار در تامین ایمنی ساختمان در برابر زلزله بود. جدولی که در زیر ارائه می شود ، نسبت به اولین جدول ، تغییر بسیار کرده ومفاهیم مندرج در آن تکمیل وتدقیق شده اند. گرچه طی ده سال اخیردگرگونیهای بسیار در آئین نامه های طراحی ساختمانها دربرابرزلزله پدید آمده ووظایفی جدید بر وظائف مهندس محاسب افزوده شده اند ووظیفه ای جدید ، مگر بطور جنبی برای مهندس معمار تعیین نگردیده است ، مع ذلک ، بطوریکه جدول نشان می دهد، هنوز مهندس معمار به همان اندازه مهندس محاسب در تامین سلامت وایمنی ساختمانها در برابر زلزله نقش دارد.

نکته دیگری که در مورد این جدول قابل ذکر است اینکه ، بسته بمورد، بخشی یا همه مفاهیم مندرج درجدول ، بفرابخور 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 ، می توان به ایمنی مورد انتظار در برابر زلزله دست یافت . صرفنظر از عدم یقینهایی که درمورد شناخت مشخصه های زلزله در هر ساختگاه وجود دارد، اثر زلزله بطور کلی اثری فراگیر است که بمثابة آزمایشی همه جانبه ، تمام عوامل موثر بر ایمنی را ، از تعامل و برهمکنش خاک - سازه گرفته تا مشخصه های دینامیکی سازه محک می زند و علاوه بر خطاهای احتمالی طرح و محاسبه ، خطاها و نارسائیهای اجرایی را هم بر ملا می سازد. 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 می دهند و تمهیداتی را که طراح و محاسب فکر و پیش بینی کرده اند ، خنثی می سازند.

متأسفانه در کشور ما ، اگر چه برای مهندسان طراح و محاسب ساخت و سازه های شهری مقرراتی وضع و ترویج شده و کم یا بیش رعایت می شوند ولی برای اجرا کنندگان ساختمانهای شهری بخش خصوصی ، اعم از کوچک یا بزرگ ، هیچ ضابطه ای وجود ندارد و این بی ضابطگی سبب شده است که افرادی سودجو ولی بدون صلاحیت حرفه ای ، وارد عرصه ساخت وسازهای شهری شوند و آسیب پذیری شهرهای کشور را در برابر زلزله افزایش دهند.