



ویژگی های مرتبط با کالبد و مصالح در ساختمان های مهم شهری از دیدگاه پایداری در برابر زلزله

سپیده شاهی آشتیانی^۱، نیلوفر نیکقدم^۲، محمود حسینی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ایران.
(sepideh.shahi.a@gmail.com)

۲- استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
(n_nikghadam@azad.ac.ir)

۳- دانشیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران.
(hosseini@iiees.ac.ir)

چکیده

سابقه ی زلزله شدید در شهر تهران، وجود گسل های متعددی در اطراف و داخل این شهر، تخریب ساختمان های مهم شهری، قطع شریان های حیاتی پس از زلزله، عملی نبودن استفاده از نیروهای امدادی خود شهر، پس از وقوع زلزله و نهایتاً امداد دیر هنگام در زمان پس از زلزله از سوی شهرهای مجاور از جمله مشکلات و نگرانی های بسیار جدی است که بسیاری از کلان شهرها از جمله تهران با آن مواجه است. مراکز تحقیقاتی کشور، با پژوهش ها و اطلاعات جدید مهندسی در زمینه های مهندسی سازه و زلزله و در اختیار داشتن شبکه ی شتاب نگاری، آزمایشگاه های مجهز سازه، مصالح ساختمانی و غیره تاکنون توانسته است داده های لازم را برای طراحی ساختمان ها در برابر زلزله و مقاوم سازی آن ها ایجاد کرده و برای بهبود وضعیت ساخت و ساز در اختیار جامعه ی مهندسی قرار بدهد، اما این تلاش کافی به نظر نمی رسد. در همین راستا، این مقاله با مطرح کردن شرایط اضطراری به وجود آمده در زمان پس از زلزله برای ساختمان هایی که قبلاً استفاده بودند آن ها در آن زمان از اهمیت خاصی برخوردار است و وقفه در بهره برداری از آن های به طور مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می شود، مانند بیمارستان ها، درمانگاه ها، آتش نشانی و به طور کلی تمام ساختمان هایی که استفاده از آن ها در نجات و امداد مؤثر است، کالبد و سازه ی مناسب برای طراحی این گونه ساختمان ها معرفی می کند. پژوهش ارائه شده دارای هدفی کاربردی و راهبرد آن در مرحله ی تحلیل و استنتاج کیفی است. گردآوری داده ها به صورت مطالعه کتابخانه ای است و در انتها، نتیجه در قالب یک جدول ارائه شده است. این پژوهش در پی پاسخ به این سؤالات است که الزامات کالبدی و سازه ای در ساختمان های مهم شهری در کلان شهرهایی مانند تهران چیست؟ و مصالح مناسب این ساختمان ها چه ویژگی هایی باید داشته باشند؟ اهم نتایج نشان می دهد که از نظر کالبدی، سازه ی ساختمان های مهم شهری الزاماً باید بر اساس عوامل مؤثر بر شدت نیروهای زلزله و فرم مقاوم در برابر زلزله طراحی و هم چنین دارای ویژگی هایی در فرم کالبدی پلان، توزیع یکنواخت جرم در کل حجم و ارتفاع و نیز وزن کم باشد.

واژگان کلیدی: زلزله، ویژگی کالبدی، ویژگی سازه ای، ساختمان های مهم شهری، تهران.



۱- مقدمه

اکثر کلان‌شهرهای ایران و مراکز استان‌ها، از جمله تهران، در مناطق با خطر زلزله زیاد یا بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. وقوع زلزله‌های ویرانگر بویین‌زهره در سال ۱۳۴۲، طبس در سال ۱۳۵۷، منجیل-رودبار در سال ۱۳۶۹ و بم در سال ۱۳۸۲ نیز مؤید این موضوع است که هیچ جای کشور ایران از خطر زلزله در امان نیست (استوار ایزدخواه و حسینی، ۱۳۸۸، ۱۰۵). تجربه‌ی حاصل از زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد که بسیاری از ساختمان‌های مهم شهری که باید پس از زلزله اقدامات لازم جهت امداد رسانی را انجام دهند، به دلیل کالبد و سازه نامناسب تخریب شده‌اند.

این مقاله با بررسی شرایط اضطراری به وجود آمده در زمان پس از زلزله برای ساختمان‌های مهم شهری، کالبد و سازه‌ی مناسب برای طراحی این گونه ساختمان‌ها در شهر تهران، به عنوان مهم‌ترین کلان‌شهر ایران پرداخته‌است. ویژگی‌های معماری خاص این ساختمان‌ها، عملکردهای آن را تسهیل می‌کند و هم‌چنین مشخصات سازه‌ای آن به صورت کاملاً امن و کاربردی مکانی را برای استفاده در زمان پس از زلزله ارائه می‌دهد. این مقاله با تحلیل و استنتاج داده‌ها، در پی پاسخ به این پرسش‌ها است که الزامات کالبدی و سازه‌ای برای ساختمان‌های مهم در کلان‌شهرهایی مانند تهران چیست؟ مصالح مناسب این ساختمان‌ها، چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟

۲- روش تحقیق

این مقاله از حیث منطق، استقرایی بوده و از حیث هدف، توسعه‌ای و کاربردی است و هدف آن توسعه دانش کاربردی در زمینه‌ی تدوین برنامه‌ای برای پس از زلزله و اقداماتی که در خصوص ساختمان‌های مهم شهری مورد بررسی قرار داد. این پژوهش بر اساس چگونگی به دست آوردن داده‌های مورد نیاز و از نظر روش انجام آن در زمره تحقیقات توصیفی قرار می‌گیرد زیرا هدف آن توصیف شرایط حاکم بر سناریوپردازی رویکرد فوق‌فعال مدیریت شرایط اضطرار و ارائه‌ی الزامات و راهکارهای توسعه آن است. روش پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی از نوع تحلیل محتواست و تحلیل محتوا در پی برجسته‌سازی محورهای یک موضوع و متن با هدف تحلیل و توصیف و ارائه واقعیت‌ها است. ابزار تحقیق (روش گردآوری اطلاعات) در این تحقیق به صورت مطالعه کتب مرجع، مراجعه به کتابخانه‌های مرجع و برداشت اطلاعات آماری، تهیه پرسش‌نامه، بررسی مقالات و پایان‌نامه‌های مربوطه است (دانایی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۳، ۲۱۳).

۳- عوامل تاثیر گذار در این پژوهش

علی‌رغم پیشرفت‌های شگرف در فناوری و دستیابی به ناممکن‌های قرون گذشته، انسان هنوز در برابر حوادث غیرمترقبه طبیعی چون زلزله، که از مخرب‌ترین حوادث طبیعی است، درمانده است و گاه در معرض تلفات و خسارات مالی فراوان قرار می‌گیرد. کشورهای دنیا کم‌وبیش با حادثه مواجه هستند و ایران نیز از جمله کشورهای زلزله‌خیز جهان است که مجموعه‌ای از چند خرده صفحه کوچک محدود که در بین اوراسیا در شمال و صفحه عربستان در جنوب، در حرکت است. حرکت رو به شمال صفحه عربستان با سرعت بیش از ۳۰ میلی‌متر در سال سبب بازشدگی دریای سرخ در جنوب آن و فشردگی یادشده سبب چین‌خوردگی ایران گردیده و آن را در معرض تنش دائمی قرار داده‌است که عامل اصلی بیشتر زمین‌لرزه‌های ایران است (آرین، ۱۳۸۲، ۷) از ۴۰ نوع بلایای طبیعی شناخته‌شده در جهان، ۳۱ نوع در ایران به دلیل شرایط خاص جغرافیایی اتفاق می‌افتد. بر اساس آمارهای موجود طی ۹۰ سال گذشته در ایران ۱۲۰۰۰۰ نفر بر اثر بلایای طبیعی جان



کانون سراسری انجمن های صنفی مهندسان معماران ایران
همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در هزاره سوم
تهران - تیر ماه ۹۴

خود را از دست داده‌اند (شاهرضایی و گازرپور، ۱۳۸۱، ۳۹۷) قرار گرفتن ایران در بین ۱۰ کشور حادثه‌خیز جهان، وقوع ۳۰ مورد از ۴۱ حادثه‌ی طبیعی شناخته‌شده‌ی جهان در آن و به‌ویژه اختصاص داشتن حدود شش درصد از تلفات انسانی ناشی از وقوع بلایای طبیعی جهان به ایران در مقایسه با سهم یک درصدی آن از جمعیت کره‌ی زمین (گوها-ساپیر و همکاران، ۲۰۰۴، ۲). بررسی مناطق آسیب‌دیده‌ی کشور به‌ویژه در مناطق زلزله‌زده نشان می‌دهد بروز مشکلات اجتماعی مردم این مناطق یکی از چالش‌های عمده در زمان امدادرسانی و بازسازی است. عمق شدت آسیب‌های اجتماعی به‌حدی است که حتی تا پایان عمر یک نسل باقی‌مانده و قابل ترمیم و التیام نیست. آنچه در مناطق بحران‌زده در اولین نظر به چشم می‌آید، نابسامانی و برهم‌ریختگی اکثر ارگان جامعه در محیط زندگی مردم است. روال عادی زندگی به‌هم‌ریخته و به همین سبب مناسبات جدیدی در جامعه ایجاد می‌شود (زارع، ۱۳۹۰، ۸۱).

کلان‌شهر تهران، مرکز سیاسی، اقتصادی، اجتماعی جمهوری اسلامی ایران است. این شهر در حال گسترش است، اما این گسترش به‌صورت قانون‌مند و برنامه‌ریزی‌شده، نبوده‌است بلکه گسترشی ناهماهنگ، ناموزون و بی‌رویه‌ای دارد. رفع این معضل نیز همانند دیگر معضلات، برنامه‌ریزی دقیق و هماهنگی در اجرا را می‌طلبد (زمانی، ۱۳۹۰، ۱۰۱). براساس بررسی‌های صورت گرفته می‌توان چنین گفت که احتمال وقوع زلزله در کلان‌شهر تهران با بزرگی بیش از ۷ ریشتر ۷۰٪ است، ویرانی ۷۰٪ از سازه‌ها و ساختمان‌های شهر تهران، از کارافتادن شبکه‌های برق، آب، گاز و مخابرات تلفاتی در حدود یک و نیم میلیون نفر و چهار میلیون مجروح در ساعات اولیه (مجیدی، ۱۳۹۳، ۵۲) از دید گروه مطالعاتی جایکا (۲۰۰۰) تخریب زمین‌لرزه در تهران فقط منحصر به گسل‌ها نبوده بلکه عوامل مؤثر دیگری در افزایش شدت لرزه‌خیزی و تخریب وجود داشت. این عوامل عبارت‌اند از بالا بودن سطح آب زیرزمینی و آبرفتی بودن خاک در بخش‌های جنوب و مرکز شهر تهران (شهانقی، ۱۳۹۱، ۲۸۶). در این شرایط معمار باید در مرحله طراحی مفهومی، ملاحظات سازه‌ای و در نتیجه مسائل لرزه‌ای را مدنظر قرار دهد. تنها به کمک چنین داده‌های ورودی مهندسی زود هنگامی، می‌توان به خروجی دست یافت که در آن، برنامه‌ریزی عملکردها، سازه و تاسیسات، تلفیق شده و از برنامه و ایده معماری حمایت کنند (گلابچی، ۱۳۹۰، ۱۱۱).

بر طبق آیین‌نامه‌ی طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ساختمان‌ها بر حسب اهمیت به چهار گروه ساختمان‌هایی با اهمیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم تقسیم می‌شوند، در این گروه ساختمان‌هایی قرار دارند که قابل‌استفاده بودن آن‌ها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره‌برداری از آن‌ها به‌طور مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود، مانند بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، آتش‌نشانی، مراکز تاسیسات و آبرسانی، نیروگاه‌ها، تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به‌طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آن‌ها در نجات و امداد مؤثر است (استاندارد زلزله، ۱۳۹۳، ۶ - ۷) و با توجه به جدول شماره (۱)، استاندارد ۲۸۰۰، تهران در خطر نسبی خیلی زیاد زلزله قرار گرفته‌است، لذا بررسی مسائل سازه‌ای برای این پروژه که در شهر تهران قرار دارد ضروری است.

جدول (۱) - درجه‌بندی خطر نسبی زلزله شهرها و نقاط مهم ایران (استاندارد ۲۸۰۰، ۷۰)

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط
۱۴	تهران	تهران	*		کم



ساختمان‌های مهم شهری باید دارای ویژگی‌های معماری و سازه‌ای خاص همراه با مصالح مناسب باشد که در زمان پس از زلزله بدون خرابی پابرجا بماند. لذا در این مقاله به بررسی عوامل مؤثر بر شدت زلزله، الزامات کالبدی و مصالح به کاررفته در این ساختمان‌ها پرداخته شده است.

۳-۱- عوامل مؤثر بر شدت نیروهای زلزله

عوامل مؤثر بر شدت نیروهای زلزله به وزن ساختمان، زمان تناوب طبیعی، میرایی، طیف واکنش و شکل پذیری بستگی دارد که در ادامه به توضیح مختصری درباره‌ی هر کدام پرداخته شده است:

الف - وزن ساختمان: بین وزن جسم و نیروی اینرسی برای یک میزان شتاب خاص رابطه مستقیمی وجود دارد؛ بنابراین در مناطق زلزله‌خیز، ساختمان‌های سبک آسیب‌پذیری کم‌تری نسبت به ساختمان‌های سنگین‌تر دارند. بدین منظور می‌توان به‌جای دیوارهای داخلی با مصالح بنایی، از تیغه‌های چوبی یا چارچوب فولادی سبک استفاده نمود.

ب- زمان تناوب طبیعی^۱: به مدت زمان انجام یک نوسان کامل می‌گویند که به ارتفاع، وزن و نوع سیستم سازه‌ای ساختمان بستگی دارد و ارتفاع ساختمان بیش‌ترین تأثیر را دارد به طوری که هر چه ساختمان بلندتر باشد، زمان تناوب ارتعاش طولانی‌تر خواهد بود. در ارتباط با وزن ساختمان، هر چه ساختمان سنگین‌تر باشد، زمان تناوب ارتعاش طبیعی آن نیز بیش‌تر خواهد بود. نوع سیستم سازه‌ای با انعطاف‌پذیری بیش‌تر و سختی کم‌تر، زمان تناوب طولانی‌تری خواهد داشت.

پ- میرایی: یکی از ویژگی‌های دینامیکی ساختمان میرا کردن انرژی زلزله است که از طریق کم‌شدن دامنه‌ی نوسان به وسیله‌ی اثرات اصطکاک داخلی بین اجزای ساختمان موجب می‌شود. میزان میرا شدن انرژی در یک ساختمان، به مصالح به کاررفته برای سیستم سازه‌ای، اجزا و جزئیات اجرایی ساختمان، بستگی دارد. به‌طور مثال میرایی ساختمان‌های چوبی بیش‌تر از سازه‌های بتنی و سازه‌های بتن مسلح بیش از سازه‌های فولادی است. میرایی، سبب جذب انرژی‌های زلزله شده و احتمال بروز تشدید در ساختمان یا انباشتگی تجمعی نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را کاهش می‌دهد که برای ساختمان بسیار مفید است.

ت- طیف واکنش (طیف بازتاب): با یک سنجش کمی زمان تناوب ارتعاش و میرایی یک بنا، بر واکنش آن نسبت به زمین‌لرزه را نشان می‌دهد.

ث- شکل‌پذیری: شکل‌پذیری درست در نقطه‌ی مقابل شکنندگی است. مصالح شکننده مانند شیشه یا بتن، هنگامی که تحت کشش قرار می‌گیرد، به‌طور ناگهانی به حد ارتجاعی خود رسیده و گسیخته می‌شود. مصالح شکل‌پذیر نظیر فولاد، ابتدا به حد ارتجاعی خود رسیده و پس از آن شروع به تغییر شکل‌های خمیری (پلاستیک) می‌کنند. این نوع مصالح، با افزایش نیرو، از خود مقاومت نشان می‌دهند تا این‌که در اثر تغییر طول‌های زیاد گسیخته شوند. شکل‌پذیری، یکی از مطلوب‌ترین کیفیت‌های سازه‌ای برای ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله است. اگر شدت ارتعاش‌های ناشی از زمین‌لرزه، از مقاومت اعضای شکننده (که می‌تواند یک تیر یا یک ستون باشد) فراتر رود، عضو یادشده، ناگهان گسیخته شده و به احتمال قوی منجر به فرو ریختن ساختمان خواهد شد؛ اما چنان‌چه اعضا، شکل‌پذیر باشند، مصالح آن‌ها به تسلیم رسیده و رفتار خمیری از خود به نمایش می‌گذارند و تغییر شکل‌های به نسبت بزرگی را تحمل می‌کنند. طی فرایند تغییر شکل خمیری، یک عضو شکل‌پذیر، انرژی‌های لرزه‌ای را به‌خود جذب می‌کند که این رفتار برای ساختمان بسیار سودمند است، چراکه

۱- Natural period of vibration



در غیر این صورت، ساختمان شتاب فزاینده‌ای را تجربه خواهد کرد؛ بنابراین، می‌توان گفت که شکل‌پذیری، سطح میرایی مؤثر ساختمان را افزایش می‌دهد (گلابچی، ۱۳۹۰، ۳۲-۲۴).

۲-۲- الزامات کالبدی ساختمان‌های مهم شهری

به‌طور کلی دو روش سازه‌ای صلب و نرم، برای ساخت سازه‌ای مقاوم در برابر زلزله موجود است که در سازه‌ی صلب، پارامتر طراحی تغییر شکل‌های جانبی سازه تحت اثرات زلزله است. به‌طوری‌که سازه به‌قدری صلب ساخته می‌شود که کلیه انرژی را جذب می‌نماید و بایستی با انتخاب اجزا بسیار مقاوم، توانایی جذب انرژی را به سازه داد. از سویی دیگر در سازه نرم، پارامتر انعطاف‌پذیری سازه در برابر حرکات رفت و برگشتی که ناشی از خاصیت خمیری آن است مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین‌صورت که سازه، انرژی را با حرکات نوسانی و درصد میرایی آزاد می‌کند (حسینی، ۱۳۹۱، ۲).

با توجه به استاندارد ۲۸۰۰، گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب شکل به دو گروه منظم و نامنظم دسته‌بندی می‌شوند؛ که نظم ساختمان‌ها در پلان و ارتفاع می‌تواند باشد. منظم بودن در پلان دارای ویژگی‌های زیر است:

- پلان ساختمان دارای شکل متقارن و یا به‌طور تقریبی متقارن نسبت به محورهای اصلی ساختمان که به‌طور معمول عناصر مقاوم در برابر زلزله، در امتداد آن‌ها قرار دارند، باشد. هم‌چنین، در صورت وجود فرورفتگی یا پیش‌آمدگی در پلان، اندازه آن در هر امتداد از ۲۵ درصد بعد خارجی ساختمان در آن امتداد تجاوز ننماید؛

- در هر طبقه فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر نباشد؛

- تغییرات ناگهانی در سختی دیافراگم هر طبقه نسبت به طبقات مجاور از ۵۰ درصد بیشتر نبوده و مجموع سطوح بازو در آن از ۵۰ درصد سطح دیافراگم تجاوز ننماید؛

- در مسیر انتقال نیروی جانبی به زمین، انقطاعی مانند تغییر صفحه اجزای باربر جانبی در طبقات وجود نداشته باشد؛

- در هر طبقه حداکثر تغییر مکان نسبی در انتهای ساختمان، با احتساب پیچش تصادفی، بیشتر از ۲۰ درصد با متوسط تغییر مکان نسبی دو انتهای ساختمان در آن طبقه اختلاف نداشته باشد.

پلان ساختمان به‌طور کلی، باید واجد خصوصیات زیر باشد: طول ساختمان از سه برابر عرض آن تجاوز ننماید، نسبت به هر دو محور اصلی قرینه و یا نزدیک به قرینه باشد و پیش‌آمدگی‌ها و پس‌رفتگی‌های نامناسب نداشته باشد.

منظم بودن در ارتفاع شامل خصوصیات زیر است:

- توزیع جرم در ارتفاع ساختمان، به‌طور تقریبی یکنواخت باشد به‌طوری‌که جرم هیچ طبقه‌ای، به‌استثنای بام و خرپشته بام نسبت به جرم طبقه زیر خود بیشتر از ۵۰ درصد تغییر نداشته باشد؛

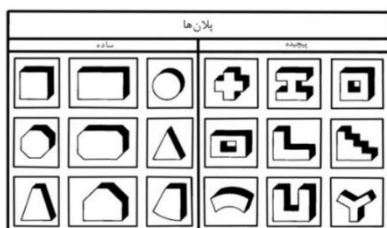
- سختی جانبی در هیچ طبقه‌ای کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی سه طبقه روی خود نباشد. طبقه‌ای که سختی جانبی آن کمتر از محدوده‌ی عنوان‌شده در این بند باشد، انعطاف‌پذیر تلقی شده و طبقه نرم نامیده می‌شود؛

- مقاومت جانبی هیچ طبقه‌ای کمتر از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود نباشد. مقاومت هر طبقه برابر با مجموع مقاومت جانبی کلیه اجزای مقاومی است که برش طبقه را در جهت موردنظر تحمل می‌نمایند. طبقه‌ای که مقاومت جانبی آن کمتر از حدود عنوان‌شده در این بند باشد، ضعیف تلقی شده و طبقه ضعیف نامیده می‌شود.

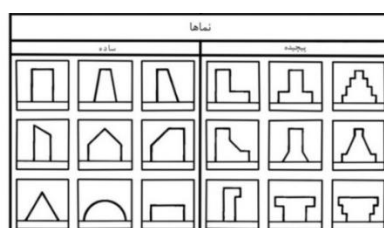


کانون سراسری انجمن های صنفی مهندسان معمار ایران
 همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در هزاره سوم
 تهران - تیر ماه ۹۴

ساختمان های نامنظم: به ساختمان هایی اطلاق می شود که فاقد ویژگی های ساختمان های منظم باشد. در سه شکل (۱)، (۲) و (۳)، فرم های مقاوم در برابر زلزله به صورت پلان و نما نمایش داده شده است. همان طور که مشخص است فرم های ساده هندسی در پلان همانند مربع، مستطیل و دایره و مثلث به صورت کامل و یا از کنار پخ خورده در اولویت هستند. در فرم های پیچیده، ترکیب این احجام و استفاده از درز انقطاع و انبساط مناسب به پایداری سازه های کمک می کند.



شکل (۲) - پلان ساده و پیچیده
 اقتباس از (حسینی، ۱۳۹۱)



شکل (۱) - نمای ساده و پیچیده
 اقتباس از (حسینی، ۱۳۹۱)

در شکل (۳)، در ماتریسی چگونگی استفاده از تصاویر قبلی آمده است که با هر پلان و نما چگونه، فرمی

پایدار حاصل می شود.

ماتریس شکل ساختمان		
پلان / نمای جانبی	پلان ساده	پلان پیچیده
نمای ساده		
نمای پیچیده		

شکل (۳) - ماتریس متشکل از چهار شکل پایه در طراحی ساختمان
 اقتباس از (حسینی، ۱۳۹۱)

۳-۳- سازه و مصالح مناسب برای ساختمان های مهم شهری

در این قسمت به بررسی سازه و مصالح مناسب برای این مرکز پرداخته شده است.

۳-۳-۱- سازه

الف- سازه بتنی با دیوار برشی: استفاده از دیوار برشی بتنی برای تأمین مقاومت در برابر نیروهای جانبی در ساختمان ها است که در این روش تمامی نیروی جانبی توسط دیوار برشی بتن مسلح تحمل می شود (گلابچی، ۱۳۸۹، ۳۹). چنانچه تیر و ستون های سازه بتنی قابلیت تحمل بارهای ثقلی را داشته اما تحت بارهای لرزه ای آسیب پذیر باشد اضافه نمودن دیوار برشی باعث جذب نیروی جانبی لرزه ای توسط این دیوارها شده و از اعمال نیروها و تغییر شکل های لرزه ای به تیرها و ستون ها جلوگیری می نماید. در نتیجه اضافه نمودن تنها دو یا چهار



دیوار برشی باعث کاهش آسیب پذیری تمامی تیرها و ستون ها می گردد (مهندسان مشاور سازه های بلند پایه^۱). از معایب این سیستم، می توان به وزن زیاد سازه آن اشاره کرد که به دلیل همین وزن زیاد، برای ساختمان های مهم شهری، مناسب نیست.

ب- سیستم پانل های سه بُعدی^۲: این سیستم از یک لایه عایق پلی استایرن منبسط شده^۳ در وسط و دو شبکه فلزی در طرفین، ساخته شده است که به وسیله های مفتول های فلزی (وادارهای برشی) به هم متصل شده اند و پس از نصب، بتن بر روی شبکه های فلزی پاشیده می شود^۴. عناصر اصلی در این سیستم پانل های دیواری و سقفی هستند و هیچ گونه عضو باربر خطی مانند تیر و ستون وجود ندارد (گلابچی، ۱۳۸۹، ۲۲۲). از مزایای این روش می توان به کاهش نسبی هزینه های اجرا، کاهش نیروی انسانی مورد نیاز، عدم اتلاف مصالح، عدم تنوع ماشین آلات مورد نیاز، کاهش زمان اجرا، امکان کنترل کیفیت بهتر، وابستگی کمتر زمان اجرا به شرایط جوی، تعداد محدود تجهیزات نصب، ساختار یکپارچه و مطمئن و اجرای هم زمان تاسیسات با سفت کاری اشاره نمود. از مهم ترین ویژگی های این سازه که برای طراحی این گونه ساختمان ها بسیار مهم است، صرفه جویی در مصرف انرژی با ایجاد عایق حرارتی و وزن نهایی آن ها از دیوار معمولی کمتر است و در صورت اجرای صحیح، یکپارچگی و مقاومت بسیار خوبی در برابر زلزله دارند. هنگام وقوع زلزله به طور معمول بیشترین صدمات جانی ناشی از ریزش سقف و دیوارهاست، اما در این سیستم به علت پیوستگی اجزای سازه، خطر ریزش به حداقل می رسد. در طراحی سازه ای این سیستم باید ضوابط طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه (مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) و سایر مقررات ملی ساختمان و آیین نامه های معتبر رعایت گردد (همان، ۲۳۱-۲۳۲).

۳-۳-۲- سقف

الف- سیستم وافل (تیرهای مشبک): از نوع سقف های دال دو طرفه بتنی است که در زلزله بهتر عمل می کند و این نوع سقف نیروی زلزله را بهتر به دیوارهای برشی منتقل می کند. اندازه ستون های یک طبقه $۲۵*۲۵$ سانتی متر و در ساختمان های دو و سه طبقه $۳۵*۳۵$ سانتی متر در نظر گرفته شده است. به ازای حدود هر ۳۰ متر طول، یک درز انقطاع در نظر گرفته شده است که این درزها تا روی فونداسیون ادامه دارند (برزگری نائینی، ۱۳۸۴، ۱۱۸).

ب- سیستم پانل گچی: روش اجرای سقف در سیستم پانل های سه بُعدی می تواند یکی از روش های سقف پانلی یا سقف غیر پانلی (مانند تیرچه بلوک، تیرهای با جان باز و یا دال بتنی) باشد. لازم است نصب پانل های سقف پیش از اتمام بتن پاشی دیوارها انجام شود و در محل اتصال به دیوارها، شناژ افقی تعبیه شود. همچنین در وسط دهانه باید خیز منفی به مقدار $۱/۲۰۰$ طول دهانه پیش بینی شود. فاصله ی حداکثر بین شمع ها در طول تیرچه های واقع شده بین پانل های سقف $۱/۵$ متر است (گلابچی، ۱۳۸۹، ۲۳۸).

۳-۳-۳- دیوار داخلی و خارجی

الف- سیستم های ساخت و ساز خشک^۵: ساختارهای سبک و مقاوم در برابر زلزله ای هستند که از ترکیب پانل های گچی (پانل های سیمانی) و پروفیل های سبک فولادی گالوانیزه ساخته می شوند. به منظور سبک شدن هر چه بیشتر بناها، از سیستم ساخت و ساز خشک استفاده شده است (همان، ۱۱۸).

۱- www.whstruc.com

۲- ۳D Sandeich Panels

۳- Extended Poly Styrene (EPS)

۴- Shotcrete

۵- Dry Wall



ب- سیستم پانل گچی: این سیستم از یک لایه عایق پلی استایرن منبسط شده در وسط و دو شبکه‌ی فلزی در طرفین ساخته شده است که به وسیله‌ی مفتول‌های فلزی (وادارهای برشی) به هم متصل شده‌اند؛ که در زمان نصب باید یک پانل در گوشه‌ترین نقطه دیوار خارجی به عنوان پانل مبنا نصب و شاقول شود. در محل اتصال دو دیوار عمود بر هم، میلگردهای اتصال U شکل باید طوری چسبیده و عمود بر هم قرار گیرند تا تشکیل خاموت بسته داده و پس از بتن ریزی در محل تقاطع عملکرد کلاف قایم داشته باشد.

۳-۳-۴- پنجره

الف- پلی کربنات^۱: سخت‌ترین ماده شفاف است که به عنوان گزینه‌ای مناسب به جای شیشه در بخش‌های مختلف ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مزایای آن می‌توان به تنوع ساختاری و تنوع رنگ این ورق، شفافیت و ضربه پذیری و مقاوم بودن وزن ورق پلی کربنات علاوه بر عدم تحمیل وزن اضافه به سازه موجود که خود عامل بسیار مهم در مورد مقاومت در برابر زلزله نیز است، عدم تبادل حرارتی و در نتیجه کاهش هزینه انرژی در فصول مختلف، عایق صوتی و نشکن بودن، درب‌های شیشه‌ای و پنجره‌ها همیشه نقاط ضعف ساختمان به خصوص در مورد رخداد زلزله است که با استفاده از این ورق هم از خطرات شکستگی می‌توان جلوگیری نمود و هم با توجه به وزن سبک ورق پلی کربنات از میزان وزن آوار احتمالی نیز کاسته می‌گردد، اشاره کرد^۲.

ب- شیشه لمینیت: این شیشه‌ها نسبت به شیشه‌های معمولی از ضریب ایمنی بیشتری برخوردار است. شیشه معمولی در اثر شکست به قطعات درشت و برنده خرد شده که می‌توانند منجر به خسارات جانی و مالی عظیم گردد. شیشه‌های سکوریت در مقایسه با شیشه‌های معمولی وضعیت بهتری دارند. این شیشه‌ها در اثر شکست به قطعات ریز و غیر برنده خرد می‌شوند که هیچ‌گونه خطر جانی ندارند و در زمان زلزله خطر کمتری نسبت به شیشه‌های معمولی دارد.

۳-۳-۴- فونداسیون

الف- جداساز لرزه‌ای: سیستم جداساز لرزه‌ای روش جدید برای کاهش تغییر مکان نسبی و شتاب طبقه‌ای است به طوری که این سیستم با جذب و اتلاف بخشی از انرژی ورودی ناشی از زمین لرزه از زمان تناوب‌های حاوی انرژی زلزله فاصله گرفته و از عمل تشدید جلوگیری می‌کند. به طور کلی جدا کردن بخش یا کل سازه را از زمین به منظور کاهش پاسخ زلزله جداسازی لرزه‌ای می‌گویند. بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها با چند روش و هدف در نظر گرفته می‌شوند که عمده آن‌ها عبارت‌اند از: افزایش ظرفیت سازه به لحاظ سختی و مقاومت و شکل پذیری، کاهش جرم سازه و کاهش نیاز لرزه‌ای با استفاده از سیستم جداگر و اتلاف کننده انرژی (سرمینتی، ۱۳۸۵). طراحان و متخصصین این نوع سیستم بهسازی تلاش می‌کنند به طرق ممکن ساختمان را از جنبش‌های زمین لرزه‌ای جدا نمایند. افزایش سختی و تأمین مقاومت جانبی، موجب ازدیاد هزینه مقاوم سازی می‌شود و اثرات آن در به هم خوردن معماری ناشی از بهسازی بسیار شدید خواهد بود. هدف اصلی در مقاوم سازی با افزایش سختی جانبی است که می‌تواند سبب ایجاد شتاب‌های بسیار زیاد در طبقات سخت و تغییر مکان‌های جانبی بزرگی در طبقات نرم سازه شود (آندرسن، ۱۹۸۹، ۴۷۰-۴۷۳). به طوری که این دو عامل علاوه بر مشکلات اجرای مقاوم سازی می‌توانند در عملکرد اجزای سازه‌ای و محتویات آن نیز ایجاد اشکال کند. هدف اصلی در این روش، جلوگیری از انتقال سیستم نیروی زلزله از پی به سازه است در نتیجه بهره‌گیری از جداساز لرزه‌ای که سازه روی خود را از بخش زیرین خود جدا می‌کند می‌تواند مؤثر باشد (همان، ۴۸). هم‌چنین هدف طراحی سیستم‌های جداگر لرزه‌ای به طور معمول برای کاهش هزینه سازه نیست، بلکه هدف کنترل خسارت

۱- Polycarbonate

۲- گروه مهندسی و بازرگانی پیشگامان صنعت ایران www.bpsico.ir



وارد به سازه و محتویات آن است. این روش به طور تقریبی یک ایده قدیمی است، به طوری که در برخی بناهای تاریخی نظیر پاسارگاد و بعضی از بناهای سنتی شمال کشور نیز به نوعی مشاهده شده است که در چندین سال اخیر به منظور کاهش تلفات و خسارات در ساختمان هایی با درجه اهمیت زیاد و خیلی زیاد استفاده می شود. در این سیستم با جذب و اتلاف بخشی از انرژی ورودی ناشی از زمین لرزه، از زمان تناوب های حاوی انرژی زلزله دور گردیده و از عمل تشدید جلوگیری می کند.

۴- یافته ها و بحث

در این قسمت ابتدا سازه و مصالح مناسب بر اساس عوامل مؤثر بر زلزله انتخاب می شود و در ادامه به بررسی الزامات کالبدی ساختمان های مهم شهری پرداخته شده است.

۴-۱- انتخاب سازه و مصالح مناسب بر اساس عوامل مؤثر بر زلزله

با توجه به آثار و پیامدهایی هم چون تلفات و فاجعه های انسانی که یک زلزله می تواند به بار آورد؛ این بحران می تواند خسارات اقتصادی و لطمات اجتماعی بر جای بگذارد، به طوری که آثار سوء آن حتی تا سال ها باقی بماند، بنابراین باید برنامه ریزی های دقیق و هوشمندانه تری در مقابله با این بلا طبیعی صورت گیرد. با بررسی عوامل مؤثر بر شدت نیروهای زلزله که شامل وزن ساختمان، زمان تناوب طبیعی، میرایی، طیف واکنش و شکل پذیری است، نتایج زیر حاصل شد که در جدول (۲) به اختصار توضیح داده شده است:

در مقابل وزن ساختمان، نحوه صحیح اجرا، آشنایی معماران با مصالح سبک ساختمانی مطرح شد که سبک سازی هم می تواند در انتخاب مصالح تشکیل دهنده قرار گیرد، هم در نحوه ساختاری اجرا و سیستم های ساختمانی. در سبک سازی سازه های ساختمان، می توان به مصالح و مقاطع سازه ای سبک اشاره کرد که استفاده از مصالح سبک و مقاوم مانند فولاد که از مهم ترین خصوصیات آن نسبت مقاومت به وزن بالا است و در مقایسه با بتن معمولی سبک تر است. در رابطه با بتن، با تغییر اختلاط و سنگ دانه ها، امروزه بتن سبک نیز تولید شده است اما برای ساختمان های مهم شهری، سازه های فلزی که وزن پایین تری دارد انتخاب مناسبی است که با مواد ضد حریق روی سازه فلزی پوشانده می شود. سبک سازی در عناصر سازه ای و غیر سازه ای ساختمان می تواند صورت بگیرد که در کاهش وزن عناصر ساختمان از جمله دیوارها، سقف ها و پوشش های نما مؤثر باشد. به طور کلی می توان گفت که اصلی ترین هدف سبک سازی در ساختمان ها کاهش نیروهای داده به ساختمان در هنگام وقوع زلزله است؛ که مفهوم سبک سازی به دو صورت می تواند باشد، استفاده از مصالح سبک به جای مصالح سنگین و سنتی در ساخت و ساز و طراحی بهینه سیستم سازه ای ساختمان بدون در نظر گرفتن وزن مصالح.

در رابطه با زمان تناوب طبیعی که ارتفاع ساختمان یکی از عوامل مؤثر بر آن است و زمان تناوب با ارتفاع ارتباط مستقیم دارد، در نتیجه ارتفاع ساختمان های مهم در طبقات یک، دو و در نهایت سه طبقه تعریف می شود. نوع سیستم سازه ای این گونه ساختمان ها، با توجه به این که سازه از نوع قاب خمشی، به طور معمول انعطاف پذیرتر از سازه های دیوار برشی است در نتیجه سازه قاب خمشی خرابایی که سیستم سازه ای قابی است که برای سازه های با عرض دهانه به طور نسبی زیاد مورد استفاده قرار می گیرد، بهره گرفته شده است. این سیستم قابی، نسبت به سازه های قاب خمشی ساده، سختی جانبی بالاتر و به نسبت وزن کمتری را فراهم می کند. این سازه های قاب خمشی خرابایی ویژه، نیز به دلیل این که سازه های مجهز به این سیستم، قادر به مقاومت در برابر حوادث لرزه ای بزرگ است، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است.

در زمینه میرایی و طیف واکنش از سیستم جداساز لرزه ای استفاده شده است که یک روش مناسب برای کاهش تأثیر زلزله بر سازه ها است که موجب کاهش تغییر مکان نسبی و شتاب طبقه ای می گردد. جداساز لرزه ای



کانون سراسری انجمن های صنفی مهندسان معماران ایران
 همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در هزاره سوم
 تهران - تیر ماه ۹۴

به عنوان یک روش کنترل غیرفعال برای کاهش پاسخ سازه‌ها در برابر زلزله در نظر گرفته می‌شوند. به طور کلی جدا کردن بخشی از سازه یا کل آن از زمین به منظور کاهش پاسخ زلزله را جداسازی لرزه‌ای گفته می‌شود. در این روش، نشیمن‌های جداساز در تراز از سیستم و نزدیک به پی، قرار می‌گیرند که این وسیله، عامل جداسازی بخش فوقانی از پایه زیرین می‌شود. سیستم جداگر با متمرکز کردن تغییر مکان‌های فاصله در تراز جداسازی شده، انعطاف‌پذیری مورد نیاز سازه را فراهم ساخته که سبب می‌شود ساختمان تا حد زیادی از مولفه‌های افقی حرکت زمین جدا می‌سازد. در این شرایط سیستمی به وجود می‌آید که فرکانس آن بسیار کوچک‌تر از فرکانس غالب زمین لرزه است که ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد، استفاده از این جداسازها الزامی است.

جدول (۲) - عوامل مؤثر بر شدت نیروهای زلزله

عوامل	توضیح	راه حل پیشنهادی
وزن ساختمان	ساختمان سبک آسیب‌پذیری کم‌تری نسبت به ساختمان سنگین‌تر	سبک‌سازی، نظیر تیغه‌های چوبی یا چارچوب فولادی سبک
زمان تناوب طبیعی	ارتفاع ساختمان	ارتفاع ساختمان‌ها در طبقات یک، دو و در نهایت سه طبقه
	وزن ساختمان	هر چه ساختمان بلندتر، زمان تناوب ارتعاش طولانی‌تر
	نوع سیستم سازه‌ای	هر چه ساختمان سنگین‌تر، زمان تناوب ارتعاش طبیعی بیش‌تر
میرایی	مصلح به کاررفته برای سیستم سازه‌ای	سازه قاب خمشی خرابایی
	مصلح استفاده شده برای بقیه‌ی ساختمان	
	جزئیات اجرایی ساختمان	
طیف واکنش	با سنجش کمی زمان تناوب ارتعاش و میرایی یک بنا، بر واکنش آن نسبت به زمین لرزه را نشان می‌دهد	استفاده از سیستم جداساز لرزه‌ای
شکل‌پذیری	استفاده از مصالح شکل‌پذیر	نظیر فولاد

۲-۴- الزامات کالبدی

فرم‌های معماری مقاوم در برابر زلزله و خصوصیات هر کدام ذکر شد؛ که در جدول (۳)، خلاصه‌ای از آن آمده است، ساختمان منظم در پلان و ارتفاع برای این‌گونه ساختمان‌ها انتخاب شد.

جدول (۳) - فرم معماری مقاوم در برابر زلزله

ساختمان‌های منظم	در پلان	نسبت به هر دو محور اصلی قرینه و یا نزدیک به قرینه
	در ارتفاع	طول ساختمان از سه برابر عرض
پیش‌آمدگی‌ها و پس‌رفتگی‌های نامناسب نداشته		
توزیع جرم به طور تقریبی یکنواخت		
سختی جانبی در هیچ طبقه‌ای کمتر از ۷۰ درصد سختی مقاومت جانبی هیچ طبقه‌ای کمتر از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود نباشد		
ساختمان‌های نامنظم	فاقد ویژگی‌های ساختمان‌های منظم	

در مبحث فرم‌های مقاوم در برابر زلزله، دو فرم ساده که همان استفاده از اشکال اصلی هندسی مانند مربع، مستطیل، مثلث و دایره است بررسی شد که می‌تواند به صورت کامل و یا از کنار پخ خورده باشد و فرم پیچیده که ترکیب این اجسام با هم و استفاده از درز انقطاع است. در جدول (۴)، خلاصه‌ای از این مطالب ذکر شده است که هر کدام از این شکل‌ها برای این‌گونه ساختمان‌ها می‌تواند انتخاب شود.



جدول (۴) - فرم معماری مقاوم در برابر زلزله

مربع کامل یا از کنار پخ خورده	فرم ساده
مستطیل کامل یا از کنار پخ خورده	
دایره کامل یا از کنار پخ خورده	
مثلث کامل یا از کنار پخ خورده	
ترکیب احجام ساده + درز انقطاع	فرم پیچیده

۵- نتیجه

مطالعات انجام شده نشان داد که با ارائه الگویی مدون و قابل دسترس همراه با فرم معماری مقاوم و انتخاب سازه و مصالح مناسب برای ساختمان‌های مهم شهری که پس از زلزله پابرجا و مستحکم باقی می‌ماند و با امداد رسانی به موقع به افراد محل، میزان خسارت جانی را کاهش می‌دهد. با توجه به ویژگی‌های مختلف سازه‌های این گونه ساختمان‌ها که در بخش قبلی این مقاله مورد بحث قرار گرفت، علاوه بر ویژگی‌های کلی یک ساختمان با هر یک از عملکردهای ذکر شده، چندین مشخصه معماری دیگر مربوط به ساختمان ویژه که در مناطق لرزه خیز واقع شده را باید داشته باشد که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

- دارای فرم مقاوم در برابر زلزله؛
- دارای ارتفاع کم (حداکثر سه طبقه)، یکی از ویژگی‌های مهم این ساختمان‌ها کم ارتفاع بودن آن‌ها است به این دلیل که در زمان پس از زلزله آسانسور نباید مورد استفاده قرار گیرد؛
- داشتن سازه، مصالح و نمای بسیار سبک؛
- داشتن پارتیشن‌های جداشدنی به طوری که فضاهای تقسیم بتوانند به راحتی با توجه به کاربرد مورد نیاز تغییر کنند و از این طریق فضاها قابلیت انعطاف پذیری و تطبیق پذیری فراهم می‌شود؛
- با بررسی تمام داده‌ها و پردازش آن‌ها، در ارتباط با سازه و مصالح مناسب، موارد زیر در قالب جدول (۵) پیشنهاد می‌شود:

جدول (۵) - سازه و مصالح انتخاب شده

سیستم پانل‌های سه بعدی	سازه
سازه فلزی همراه با اجرای پوشش ضد حریق روی اسکلت سازه	
سیستم وافل (تیرهای مشبک)	سقف
پانل گچی	
ورق‌های پلی کربنات	پنجره
شیشه‌های سکوریت	
پانل گچی	دیوار داخلی و خارجی
بتنی همراه با جداساز لرزه‌ای	فونداسیون

در انتها می‌توان خاطر نشان کرد که این مقاله، تنها یک مطالعه‌ی مقدماتی، همراه با ارائه توضیحات در خصوص ساختمان‌های مهم شهری در کلان‌شهری همانند تهران است که با توجه به مشکلاتی که در زمان پس از زلزله برای شهر تهران اتفاق خواهد افتاد، باید در آینده برنامه‌ریزی در این خصوص صورت گیرد. در همین راستا پیشنهاد می‌شود که در خصوص انتخاب سایت مناسب برای احداث این ساختمان‌ها در کلیه مناطق تهران مطالعاتی صورت گیرد.



منابع و مراجع

- [۱] آرین، مهران؛ ایران و دلایل زمین‌شناختی زمین‌لرزه، ماهنامه شهرداری‌ها، ویژه‌نامه شماره ۱۲، ۷.
- [۲] آندرسن، جیمز؛ کریستوفر آرنولد و دیگران؛ (۱۹۸۹). طراحی سازه‌های زلزله، ترجمه: علی شریفی، رسول میرقادر و فرزاد نعیم، نشر دانشگاهی، چاپ دوم.
- [۳] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، چاپ دهم، ۱۳۸۴.
- [۴] استوار ایزدخواه، یاسمین؛ حسینی، محمود؛ (۱۳۸۸). مطالعات به‌کارگیری امکانات مراکز خودامدادی محله برای کاهش پایدار خطرپذیری در برابر زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- [۵] برزگری نائینی، فائزه؛ (۱۳۸۴). پارک زلزله، مرکزی برای فردای زلزله، پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز؛ استاد راهنما: دکتر رضا بهبهانی، استاد مشاور: ویدا نوروزبوازجانی.
- [۶] حسینی، م. جزوه درسی، قطب علمی فناوری معماری دانشگاه تهران، ۱۳۹۱
- [۷] دانایی‌فرد، حسن؛ الوانی، سیدمهدی؛ آذر، عادل؛ روش‌شناسی پژوهش کیفی در مدیریت، رویکرد جامع، تهران، صفار، ۱۳۸۳.
- [۸] زارع، مهدی. درس‌هایی از زلزله‌های ایران در سه دهه اخیر با تاکید بر چالش‌های اجتماعی، فصل‌نامه دانش مدیریت بحران، نشریه علمی - تخصصی سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۰.
- [۹] زمانی، زهره. معضل تخلفات ساختمانی در پایتخت با تاکید بر شناسایی عوامل مؤثر در آن، فصل‌نامه دانش مدیریت بحران، نشریه علمی - تخصصی سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۰.
- [۱۰] سرمتینی، احسان؛ (۱۳۸۵). پاسخ لرزه‌ای پل‌ها با جداگر الاستومری روی پایه‌ها در پل‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- [۱۱] شاه‌رضایی، عبدالرضا؛ گازرپور، فرشته؛ نقش و جایگاه سازمان‌های غیردولتی در ارائه خدمات عام‌المنفعه و بشردوستانه در دنیای امروز با تاکید بر ارائه خدمات امداد و نجات، اولین همایش علمی تحقیقی مدیریت امداد و نجات؛ ۱۳۸۱.
- [۱۲] شهنقی، کامران؛ صادقی، منا؛ حیدری، مجید. شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای پیشگیری از بروز بحران‌های ناشی از زلزله در شهر تهران با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی، فصل‌نامه دانش مدیریت بحران، نشریه علمی - تخصصی سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، دوره‌ی دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۱.
- [۱۳] گلابچی، محمود؛ (۱۳۹۰). طراحی لرزه‌ای برای معماران، مقابله‌ای هوشمندانه با زلزله، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۴] گلابچی، محمود؛ (۱۳۸۹). فناوری‌های نوین ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
- [۱۵] مجیدی، د. شناخت آسیب‌پذیری شهر تهران در برابر زلزله، فصلنامه صنعت مقاومت‌سازی و بهسازی، ۱۳۹۳.
- [۱۶] Chen, L. Ch, Liu, Y.Ch, and Chan, K.Ch; (۲۰۰۶). Integrated Community- Based Disaster Management Program in Taiwan: A Case Study of Shang-An village, Natural Hazard, Vol. ۳۷,
- [۱۷] Guha-Sapir, D., Hargitt, D., & Hoyois, P. Thirty years of natural disasters ۱۹۷۴-۲۰۰۳: The numbers. Brussels, Belgium: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, University of Louvain Presses, ۲۰۰۴.
- [۱۸] Hosseini, M; Creating Multi-Purpose Complex with Special Architectural and structural Design for Community- Based Disaster Risk Management in Large Cities, Proceedings of the First Conference of Structure and Architecture, Faculty of Architecture, University of Tehran, ۲۰-۲۱ May ۲۰۰۷.