تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴ | تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۰۱

نشریه علمی نامه معماری و شهرسازی، ۱۵(۳۸)، ۵-۲۱
DOI: 10.30480/AUP.2022.3079.1636
نوع مقاله: پژوهشی

طراحی راهروی ایمن در برابر تخریب ناشی از زلزله در ساختمان دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران*

بهنود برمایه‌ور
استادیار گروه فناوری معماری (مدیریت پروژه و ساخت)، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران
(نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail :b.barmayehvar@art.ac.ir

علیرضا مستغنی
دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران

مسعود حسن‌زاده
کارشناس ارشد مهندسی عمران- سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده

با توجه به اهمیت شناخت آسیب‌پذیری و مقاوم‌سازی ساختمان‌های بنایی غیرمسلح در برابر زلزله در ایران، یکی از راهکارهای بهینه، ایمن‌سازی فضاها با تاکید بر سطح عملکردی جانی کاربران است. بنابراین، مساله اصلی این پژوهش عبارت‌است از طرح راهروی ایمن چیست و چگونه جان کاربران ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ‌ملی تهران را در برابر تخریب ناشی از زلزله تامین می‌کند؟ در این پژوهش کاربردی، ابتدا مشاهدات میدانی از بنا صورت گرفته‌است. سپس، مطالعات کتابخانه‌ای پیرامون ادبیات و پیشینه تحقیق اجرا شده‌است. در ادامه، واکاوی موشکافانه اسناد، مدارک و نقشه‌های ساختمان مذکور انجام شده‌است. بعد از آن، مصاحبه و مشورت با خبرگان صورت پذیرفته‌است. در نهایت، با بهره‌گیری از ظرفیت‌های روش تحلیلی-محاسباتی با تمرکز بر سناریوهای مختلف و آیین‌نامه‌ها (زلزله، بارگذاری و فولاد) و نرم‌افزارهای مربوطه (SAP2000 و...) و همچنین از طریق راهبرد مطالعه‌موردی، راهروی ایمن طراحی‌گردیده‌است. طرح راهروی ایمن، جهت فراهم‌نمودن فضایی برای پناه‌گرفتن کاربران ساختمان در زمان وقوع زلزله تا زمان رفع خطر، به‌عنوان مناسب‌ترین روش به‌لحاظ حفظ ماهیت میراث‌فرهنگی بنا درکنار رعایت محدودیت‌های اقتصادی تبیین شد. سازه فولادی طرح با ظرفیت‌های برجسته، پیکربندی خاص، قاب‌ها و اتصالات ویژه و اجزاء غیرسازه‌ای آن برمبنای قابلیت انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری با بنای تاریخی موجود طراحی شد.

کلیدواژه‌ها: راهروی ایمن، زلزله، ایمنی جانی، ساختمان بنایی

* این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی مصوب و خاتمه یافته (گواهی اختتام: نامه شماره ۴۵۹۹۱۸ مورخ ۱۳۹۹/۰۷/۲۰) در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر با عنوان «طراحی راهروی ایمن در برابر تخریب ناشی از زلزله در ساختمان دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران» است.

مقدمه

راه اساسی مقابله با زلزله، طراحی و اجرای ساختمان‌های جدید و مقاوم‌سازی و بهسازی عملکردی بناهای موجود به‌گونه‌ای است که قابلیت حفظ ایمنی جانی کاربران را داشته باشد (Coburn & Spence, 2002). بررسی عملکرد سازه‌های مختلف در زلزله گواه آن است که اگر ساختمان‌های بنایی را در یک کفه و سازه‌هایی نظیر پل، سد، ساختمان‌های فولادی و بتنی که تحت عنوان سازه‌های مهندسی عنوان می‌شوند را در کفه دیگر بگذاریم، آمار تلفات جانی و تخریب کامل بنا، تماماً به گروه اول اختصاص داشته و گروه دوم به طور نسبی آمار پایینی دارند (مقدم، ۱۳۷۳). خطرات حضور گسل‌های گوناگون و مناطق لرزه‌خیز کشور (مانند: آغاجاری، دامغان، البرز، آستارا، ترود، شمال تبریز، شاهرود، کازرون، کوه بنان کرمان و عباس‌آباد) (حسامی و همکاران، ۱۳۸۲؛ زارع و کامران زاد، ۱۳۹۳؛ Ghasemi *et al*., 2010) و خسارات زلزله‌هایی نظیر بوئین‌زهرا (۱۳۴۱)، طبس (۱۳۵۷)، رودبار و منجیل (۱۳۶۹)، چنگوره (۱۳۸۱)، بم (۱۳۸۲)، کجور (۱۳۸۳)، زرند (۱۳۸۳)، ورزقان (۱۳۹۱) و کرمانشاه (۱۳۹۶) بیانگر این واقعیت تلخ است که متأسفانه بخش قابل توجهی از ساختمان‌های موجود، از جمله بنایی غیرمسلح، در کشور مقاومت لازم در برابر زلزله‌های شدید را ندارند (امینی حسینی و همکاران، ۱۳۸۲-۱و۲؛ حسینی هاشمی و حمزهلو، ۱۳۸۳؛ عالمی و جبارزاده، ۱۳۸۱). براین اساس، به طور کلی، به منظور ایمن‌سازی این نوع ساختمان‌ها، دو راه‌حل اصلی وجود دارد: ۱) تخریب و بازسازی اصولی و مطابق ضوابط و آئین‌نامه‌ها و ۲) مقاوم‌سازی این نوع ساختمان‌ها بدون تخریب آن‌ها (مظلوم و محرابیان، ۱۳۸۵). روش اول، راه‌حل اساسی، بلند مدت و نهایی جهت حل مشکل است اما قطعاً از دیدگاه زیبایی‌شناختی و همچنین حفظ آثار تاریخی، بهره‌گیری از این روش امکان پذیر نیست. در خصوص روش دوم نظرات متعددی مطرح شده است که حتی به روش‌هایی عملی نیز برای انجام این کار منجر شده‌اند، اما استفاده گستردهای از آن در بافت‌های فرسوده مشاهده نشده است که علت آن را می‌توان پرهزینه بودن، گاهی غیرعملی بودن، طولانی بودن زمان اجرا و عدم وجود متخصص کافی عنوان کرد (مظلوم و محرابیان، ۱۳۸۵).

بنابراین، این روش‌ها به دلیل حفظ آثار تاریخی و یا هزینه بالای مقاوم‌سازی کل ساختمان کاربرد عملی نداشته و باید روش‌های کاهش تلفات موضعی مدنظر قرار گیرد. از اینرو، هدف اصلی این پژوهش، ارائه طرح راهروی ایمن در برابر تخریب ناشی از زلزله جهت تأمین ایمنی جانی کاربران (دانشجویان، اساتید، کارمندان، بازدیدکنندگان و سایرین) ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران است. در این راستا، سوال یا پرسش اصلی این پژوهش عبارت است از: طرح راهروی ایمن چیست و چگونه جان کاربران (دانشجویان، اساتید، بازدیدکنندگان و سایرین) ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران را در برابر تخریب ناشی از زلزله تامین می‌کند؟

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

از دیدگاه خطر زلزله، بافت‌های فرسوده شهری بخش‌هایی از بافت‌های شهری هستند که کیفیت‌های کالبدی و کارکردی سازه‌های آن یا از ابتدا به‌واسطه دانش ناکافی و طرح نامناسب و یا روش‌های اجرایی غلط پایین بوده و یا در طول زمان کاهش یافته یا مختل شده است (امیدعلی و همکاران، ۱۳۹۳؛ امینی حسینی، ۱۳۸۵). بسیاری از ساخت‌وسازهای کلان‌شهرها و شهرهای تاریخی ایران از جمله تهران را بافت فرسوده شهری تشکیل می‌دهند (JICA, 2004)، که اکثر ساختمان‌های آن‌ها بنایی غیرمسلح هستند و به لحاظ تاریخی از اهمیت زیادی برخوردارند (مهرنهاد و اژدر، ۱۳۸۷). ساختمان‌های بنایی (غالباً موسوم به بنایی غیرمسلح) ساختمان‌هایی هستند که با مصالح آجر، خشت، بلوك سیمانی و یا با سنگ ساخته شده و در آن‌ها

تمام و یا قسمتی از بارهای قائم و جانبی توسط دیوارهای با مصالح بنایی تحمل می‌گردد و از جمله مزایای آنها می‌توان به سهولت تولید، اقتصادی بودن، خاصیت خوب عایق بودن و نماسازی اشاره نمود. ساختمان‌های تاریخی ایران به‌عنوان مثال‌هایی از این نوع سیستم سازه‌ای قابل‌توجه هستند (طایفی نصرآبادی و رشیدی مهرآبادی، ۱۳۸۷).

آسیب‌پذیری ساختمان‌های بنایی

به طور کلی، سازه‌های مصالح بنایی در مقابل زلزله عملکرد نامناسبی از خود بروز می‌دهند که دلایل آن را می‌توان در مواردی همچون شکننده بودن مصالح و کاهش مقاومت بر اثر تکرار بارهای شدید، شکل‌پذیری پایین، وزن سنگین، سختی زیاد و در نتیجه پاسخ شدید در مقابل امواج زلزله با پریود طبیعی کوتاه و وابستگی زیاد مقاومت ساختمان به کیفیت ساخت خلاصه نمود (طایفی نصرآبادی و رشیدی مهرآبادی، ۱۳۸۷؛ مقدم، ۱۳۷۳؛ Martins & Varum, 2006; Silveira *et al*., 2012). در همین راستا، نواقص تأثیرگذار که منجر به خرابی سازه‌های بنایی طی یك زلزله میشود عبارتند از: عدم توزیع مناسب مسیر بار به علت عدم انسجام سقف با دیوارهای قائم (عدم وجود انسجام کافی بین اجزای گوناگون به علت دوخته نشدن قسمت‌ها به یکدیگر به نحو مناسب)، عدم وجود مهار درون صفحه در سقف، توزیع نامناسب بار جانبی بین دیوارهای قائم در حالت انعطاف‌پذیر بودن سقف، عدم وجود کلاف قائم، عدم وجود کلاف افقی، طول بلند دیوار و وجود بازشوهای نسبتاً بزرگ، فاصله ناکافی بین بازشوی در و پنجره، نسبت زیاد عرض به ارتفاع پنجره، اتصال ناکافی نعل درگاه به دیوار، فقدان کرسی چینی، نسبت زیاد ارتفاع به ضخامت دیوار، کیفیت پایین ملات، سنگین بودن سقف، اتصال نامناسب دیوارها به یکدیگر و... (تابش پور و فرهنگ فر، ۱۳۸۵؛ تابش پور و گل افشانی، ۱۳۸۴؛ طایفی نصرآبادی و رشیدی مهرآبادی، ۱۳۸۷؛ Dowling, 2004; Webster & Tolles, 2000).

درواقع، تحلیل رفتاری و فضایی شناخت آسیب پذیری ساختمان‌های بنایی غیرمسلح، از منظر سازه‌ای و غیر سازه‌ای، در مقابل زلزله را می‌توان در سه وضع تبیین نمود: الف) شدت زلزله از مقاومت سازه کمتر است و در این صورت سازه سختی اولیه خود را حفظ کرده، ضریب بازتاب کم بوده و نیروی زلزله برابر جرم ساختمان ضرب در شتاب زلزله است. این نیرو برای ایجاد ترک و در هم شکستن سازه کافی نیست و بنابراین ساختمان از زلزله آسیبی نمی‌بیند. ب) شدت زلزله در لحظات واپسین آن از حد مقاومت سازه فراتر می‌رود و ترک‌ها و خردشدگی‌ها آغاز می‌شود، سختی کم شده، تناوب زیاد می‌شود و درنتیجه ضریب بازتاب افزایش می‌یابد و سبب بالا رفتن نیروی زلزله می‌شود، اما چون این تحولات در لحظه‌های واپسین اتفاق می‌افتد و زلزله ادامه نمی‌یابد، سازه پایدار می‌ماند و در پایان زلزله فقط مقداری ترک و خردشدگی ملاحظه خواهد شد. ج) شدت زلزله در همان لحظه‌های آغازین از حد مقاومت سازه فراتر می‌رود و در نتیجه کاهش سختی و افزایش ضریب بازتاب، سازه در معرض نیروهای بزرگتری قرار می‌گیرد ؛ به‌گونه‌ای که خیلی زود در هم می‌شکند و با خاک یکسان می‌شود (مقدم، ۱۳۷۳). وضعیت‌های سه‌گانه فوق از یک سو تابع بزرگی زلزله‌اند و معمولاً در زلزله‌های با بزرگی بیش از ۶ ریشتر حالت (ج) اتفاق میافتد و غالباً در نواحی مرکزی زلزله ساختمان‌های آجری غیرمسلح با خاک یکسان می‌شوند و از سوی دیگر با توجه به میرایی امواج زلزله، ساختمان‌های آجری برحسب فاصله‌شان از مرکز زلزله، می‌توانند مطابق یکی از حالت‌های بالا عمل کنند (مقدم، ۱۳۷۳).

راهکارهای اصلی مقاوم‌سازی لرزه‌ای در ساختمان‌های بنایی

در هر ساختمان بنایی، پس از ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری لرزه‌ای، نواقص آن مشخص شده و سپس برای

رفع هر یک از این نواقص، می‌بایست راهکارهایی مناسب به لحاظ اجرایی و اقتصادی ارائه شود. راهکارهای مورد نظر باید به گونه‌ای متناسب با کاربری ساختمان و همچنین قسمت‌های مختلف ساختمان باشد و خواسته‌های کارفرما را نیز دربر داشته باشد. بنابراین، ارائه راهکار کلی برای تمامی این نوع از ساختمان‌ها در قالب یک الگوریتم مشخص میسر نیست و هر ساختمان روش متناسب با خود را می‌طلبد (توانایی‌فر و همکاران، ۱۳۹۳؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

برای انجام بهسازی لرزه‌ای یک ساختمان به ویژه بنایی، به‌طور مثال می‌توان عناصر موجود در سیستم سازه‌ای آن را تقویت کرد و یا المان‌های دیگری به این سیستم اضافه کرد؛ به‌طوریکه مقاومت جانبی و شکل‌پذیری ساختمان افزایش یابد. بنابراین، راهکارهای ارائه شده برای بهسازی لرزهای ساختمان‌های بنایی غیرمسلح را می‌توان به دو دسته بهسازی کلی و موضعی تقسیم کرد. در بهسازی کلی ساختمان، روش یا روش‌هایی به صورت کلان جهت ارتقای مقاومت کلی ساختمان در نظر گرفته می‌شود. برای مثال، در روش بهسازی کلی می‌توان از سیستم‌های جداساز لرزه‌ای و یا تکنیک‌هایی که باعث بالا بردن مقاومت ساختمان می‌شود بهره جست، اما در بهسازی موضعی برخی از اعضا و المان‌ها از مجموعه ساختمان به‌صورت موضعی مورد بهسازی قرار می‌گیرند (نشریه ۳۷۶، ۱۳۸۶).

راهکارهای مقاوم‌سازی ساختمان‌های بنایی برای گروه ساختمان‌های معمولی و ساختمان‌های خاص و تاریخی بر اساس اهمیت و توجیه اقتصادی و همچنین نوع منطقه و زلزله‌خیزی آن منطقه متفاوت است (عیسی لو و همکاران، ۱۳۹۵). معمولاً روش‌های مقاوم‌سازی و بهسازی برای ساختمان‌های مسکونی، استفاده از روش شبکه فولادی و شاتکریت، پشت‌بندهای بتنی و در ساختمان‌های خاص استفاده از الیاف پلیمری است (شیخ، ۱۳۸۴؛ ستارشیخی و همکاران، ۱۳۸۷؛ نجفی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Azizi *et el.*, 2016).

اتاق ایمن در ساختمان‌های قدیمی موجود در بافت‌های فرسوده قابل استفاده است. این ساختمان‌ها عموماً دارای سیستم دیوار باربر بدون کلاف‌های قائم و افقی هستند که تخریب آن‌ها در زمان وقوع زمین‌لرزه‌های ویرانگر، قطعی است (مظلوم و محرابیان، ۱۳۸۵). در این روش بخشی از ساختمان که امکان حضور ساکنان در هنگام وقوع زلزله در آن فراهم است توسط ساخت و نصب یک سازه مقاوم، ایمن‌سازی می‌شود. نقش این سازه آن است که در هنگام بروز زلزله و در زمانی که ساختمان شروع به تخریب می‌کند از ریزش آوار به داخل محدوده ایمن جلوگیری می‌نماید و درواقع یک منطقه حفاظتی جهت مراقبت از جان ساکنان ایجاد می‌کند (عبدالوهاب، ۱۳۹۳؛ مظلوم و محرابیان، ۱۳۸۵). از اینرو، با توجه به اینکه ایمن‌سازی مسیر دسترسی به فضاهای مختلف، ایده‌ای نسبتا نوین در مقابله با خطرات زلزله محسوب می‌شود، به نظر می‌رسد که طرح راهروی ایمن در فضای راهروی داخلی ساختمان بنایی تاریخی (با کاربری دانشگاهی)، تقریبا منحصربه فرد است. از میان مزایای این طرح می‌توان به قابلیت جلوگیری از تلفات جانی، کم هزینه و اقتصادی بودن، بهره‌گیری از اتصالات پیش‌ساخته و در نتیجه افزایش کیفیت ساخت و اجرا، سرعت اجرای بالا و انعطاف پذیری سازه اشاره کرد.

همچنین، لازم به ذکر است که برای بنای دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در باغ ملی، روش اجرای استحکام‌بخشی و بهسازی اساسی با سطح عملکرد بالا که با صرف هزینه و زمان بسیار زیادی همراه است، مدنظر این پژوهش نبوده و لذا نمونه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی در رابطه با اجرای طرح راهروی ایمن در ساختمان‌ها به ویژه از نوع بنایی غیرمسلح و علی‌الخصوص در بافت تاریخی و میراث فرهنگی به این صورت به نظر می‌رسد تقریبا وجود ندارد.

با مرور پژوهش‌های انجام شده و جمع بندی مباحث نظری مطرح شده در حوزه موضوع تحقیق، چارچوب

نظری، شاخص‌ها و معیارهای کارمیدانی پژوهش تبیین می‌شود. به این ترتیب، ضمن درنظرگرفتن الزامات قانونی، ضوابط و آیین نامه‌های مربوطه، ملاحظات بافت تاریخی و میراث فرهنگی، محدودیت‌های اقتصادی، ماهیت فضای محیطی و نوع و اهمیت کاربری بنا، مهمترین اجزاء یک طرح راهروی ایمن در برابر تخریب ناشی از زلزله عبارتند از: سازه مقاوم (قاب‌ها: تیرها و ستون‌ها)، اتصالات مناسب، دیواره‌ها و سقف‌ها و کف‌های متناسب‌سازی شده و فضاهای ایمن ایجاد شده.

روش شناسی تحقیق

اساسا در صورت پیش‌بینی تمهیدات لازم و رعایت اصول مربوطه، به منظور بررسی رفتار سازه‌های بنایی در شرایط زلزله، مطلوب‌ترین کار، انجام مطالعات آزمایشگاهی متعدد است (Blondet & Vargas, 1978; Varum *et al*., 2011; Silveira *et al*., 2013). اما ازآنجاکه این کار نیازمند صرف هزینه مالی و زمانی زیاد و ابزار موردنیاز کمیاب بوده، روش مقرون‌به‌صرفه‌ای نیست. به همین دلیل استفاده از روش‌های تحلیلی و محاسباتی که با هزینه اندکی قابل‌اجرا هستند روزبه‌روز در حال افزایش است. قابلیت دخالت دادن پارامترهای متنوع در این مطالعات، امکان انجام بررسی‌های گسترده و با سناریوهای مختلفی را به طراح می‌دهد.

با هدف انجام مطالعات بر اساس معیارهای مورد پذیرش جوامع مهندسی، در کشورها و مناطق مختلف، ضوابط و آیین نامه‌های متنوعی تهیه شده است. در کشور ایران، آیین نامه‌های ساختمانی مورد پذیرش در طراحی سازه مورد نظر این پژوهش شامل مقررات ملی ساختمان، آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله و نشریه‌ها و ضوابط مربوط به مقاوم‌سازی ساختمانهای موجود می‌شود. از میان مباحث مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم که مربوط به ضوابط بارگذاری بوده و مبحث دهم که مربوط به ضوابط طراحی سازه‌های فولادی است، مستقیما در طراحی سازه فولادی راهروی ایمن به کار گرفته شده‌اند. با توجه به اینکه بار جانبی مؤثر بر سازه مورد نظر زلزله است، ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ مربوط به طراحی ساختمانها در برابر زلزله (روش استاتیکی) استفاده شده است. بنابراین، پس از تعیین بارهای وارد بر ساختمان بر اساس آیین نامه‌های داخلی ذکر شده، طراحی بر اساس آیین نامه‌های خارجی معادل در محیط نرم افزارهای مربوطه صورت گرفته است. آیین نامههای خارجی مورد استفاده شامل ASCE 7-10 مربوط به بارگذاری ثقلی و زلزله و AISC 360-10 مربوط به طراحی سازههای فولادی هستند. بر این اساس، در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با استفاده از روش‌های تحلیلی کامپیوتری و با بکارگیری نرم افزار SAP2000 و نرم افزار IDEA StatiCa (برای اتصالات)، سازه‌ای با قابلیت کاهش خطرات جانی ناشی از زلزله با ساختارهای مختلف طراحی گردد. همچنین، نرم افزارهای Autocad و Revit نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

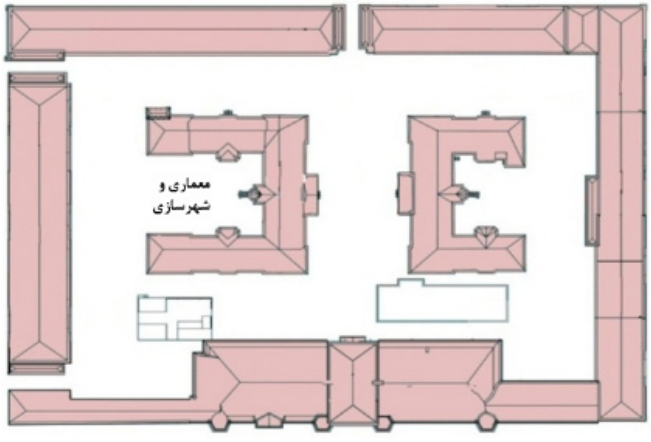
به‌طور خلاصه، در این پژوهش کاربردی، ابتدا بررسی‌های اولیه به صورت میدانی و در قالب مشاهده از بنای مورد نظر صورت گرفته است. سپس، مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی پیرامون مبانی نظری، پیشینه تحقیق و نمونه موردی انجام شده‌است. بعد از آن، مصاحبه و مشورت با خبرگان صورت پذیرفته است. در نهایت، با بهره‌گیری از ظرفیت‌های روش تحلیلی-محاسباتی و از طریق راهبرد مطالعه موردی، طرح راهروی ایمن ارائه گردیده است.

درخور ذکر است که نظر به جدید بودن و نوپابودن مفهوم راهروی ایمن به ویژه در برابر تخریب ناشی از زلزله در ساختمان‌های بنایی علیالخصوص در بافت تاریخی، در این تحقیق سعی شده‌است، در راستای صحت‌سنجی و به منظور افزایش اعتبار و دقت پژوهش از کلیه ویژگی‌ها و ظرفیت‌های روش‌شناسی مرتبط و متناسب با پژوهش حاضر بهره‌گیری شود. براین اساس، پایایی و روایی تحلیل‌ها و مدل نهایی از طریق اقدامات ذیل قابل تبیین هستند:

بررسی نظام‌مند پژوهش‌های پیشین؛ واکاوی موشکافانه اسناد، مدارک و نقشه‌های ساختمان مذکور؛ بکارگیری رویکرد مثلث‌سازی در تمام طول فرآیند تحقیق؛ استفاده از قابلیت‌های روش مورد کاوی و تحلیل کیفی محتوایی؛ بهره‌گیری از شیوه بازنگری همتا در همه مراحل پژوهش و نیز داوری متخصصان در پایان پژوهش؛ استفاده از آیین‌نامه‌های معتبر داخلی و خارجی، نرم افزارهای ممتاز بین‌المللی و روش‌های مناسب تحلیلی-محاسباتی با محوریت سناریوهای مختلف؛ مشارکت نویسندگان با تخصص‌های متنوع و تجربیات نظری و عملی گوناگون در حوزه ساخت و ساز (از جمله معماری، معماری داخلی و فناوری معماری، مهندسی عمران-سازه و زلزله و نیز مدیریت پروژه و ساخت)؛ تمرکز و تاکید بر سطح عملکردی جانی کاربران ساختمان و کاربست پیکربندی سازه طرح و اتصالات و اجزاء غیرسازه‌ای آن برمبنای قابلیت انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری با بنای موجود.

نمونه مورد مطالعه

در این پژوهش، ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر (مهم‌ترین مرکز آموزش عالی جامع تخصصی هنر در ایران)، در پردیس باغ ملی تهران، به عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل‌های ۱ و ۲). این پردیس، علاوه بر بخش‌های اداری مرکزی دانشگاه، دانشکده‌های معماری و شهرسازی، هنرهای تجسمی، حفاظت و مرمت، علوم نظری و مطالعات عالی هنر و بخش هنرهای نمایشی دانشکده سینما و تئاتر را در خود جای داده است و دانشجویانی از رشته‌ها و مقاطع تحصیلی مختلف در آن مشغول به تحصیل هستند. مجموعه آموزشی، تاریخی-میراثی و فرهنگی باغ ملی در محوطه میدان مشق واقع در قلب شهر تهران قرار دارد و مشتمل بر ساختمان‌های عمارت قزاقخانه است که بنای اصلی آن در ضلع جنوبی یادگار دوره قاجار بوده و در دوره پهلوی در امتدادهای شرقی، غربی و شمالی، به همراه دو ساختمان همسان مرکزی، توسعه یافته است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۶: ۶؛ پارسی و ولیزاده، ۱۳۸۴). این مجموعه قبل از بافت دانشگاهی، ساختاری نظامی داشته است.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی در مجموعه پردیس باغ ملی دانشگاه هنر

شکل ۲. نماهایی از ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران
منبع: برگرفته از نارنجی، ۱۳۹۸

یافته‌ها

با توجه به تعدد اتاق‌های مجموعه موردنظر و فاصله بیشتر دیواره‌های این فضاها با یکدیگر، اولا تعداد و ابعاد اعضای سازه ایمن و ثانیا مساحت فضای کلاسها در مقایسه با راهرو بسیار بیشتر بوده و این امر میتواند سبب شود که استفاده از فضای ایمن در تمامی بخش‌های مجموعه از نظر هزینه و امکان عملیاتی شدن منطقی نباشد. بنابراین، روش بهینه می‌تواند بهره‌گیری از سازه مقاوم در برابر زلزله تنها برای فضای راهرو باشد. این فضا نزدیکترین محل به اتاق‌ها بوده و بنابراین افراد می‌توانند به هنگام احساس زلزله، خود را به‌سرعت به این راهروی ایمن رسانده و بدین ترتیب تا رسیدن نیروهای امدادی و آوار برداری از روی سازه، ایمنی جانی افراد در این فضا هر چند در طبقه زیرزمین حفظ گردد.

طبق تعریف دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای سازه‌های موجود، سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود. در سوی مقابل، سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق میشود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکرده و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد (نشریه ۳۶۰، ۱۳۹۲). ساختمانهای با اهمیت خیلی زیاد از جمله بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز و تأسیسات آب و برق‌رسانی و ... ساختمان‌هایی هستند که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره برداری از آنها به طور غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود (استاندارد ملی ایران ۲۸۰۰، ۱۳۹۳). بر این اساس، با توجه به اینکه قابلیت استفاده بی‌وقفه در کاربری ساختمان مورد نظر مطرح نیست، لذا تنها تأمین ایمنی جانی افراد به هنگام وقوع زلزله اهمیت دارد. درواقع، طرح راهروی ایمن، همسو با نیازهای مقاوم‌سازی یک ساختمان تاریخی، علاوه بر اینکه میزان تغییر و دخل و تصرف در اصل ساختمان تاریخی بنا را به حداقل ممکن می‌رساند، به عنوان یک گزینه اقتصادی در تأمین ایمنی جانی افراد حاضر در ساختمان به هنگام وقوع زلزله مطرح است.

با توجه به ویژگی‌های مهم فولاد (مقاومت بالا، شکل پذیری خوب، امکان بازیافت، عملکرد مناسب در نواحی زلزله خیز و ... (Biggs, 2007; Gioncu & Mazzolani, 2002; Mazzolani & Piluso, 1996)، بافت تاریخی و

میراث فرهنگی بنا، محدودیت‌های اقتصادی و ملاحظات کاربری دانشگاهی، سازه فولادی برای طرح راهروی ایمن در مقابل خطر زلزله در نظر گرفته شده است. در این طرح یک قاب فولادی در داخل راهروی هر طبقه از این نوع ساختمان‌ها پیش‌بینی‌شده است تا پس از وقوع زلزله و تخریب ساختمان، آوار بر سر افراد فرو نریزد و و بر رو و کناره‌های این سازه جای گیرد.

ازآنجاکه راهروی ایمن طبقه همکف بر روی راهروی طبقه زیرزمین قرار گرفته است، دو فرض در بارگذاری سقف سازه راهروی ایمن طبقه زیرزمین مطرح می‌شود. در فرض اول، کف راهروی طبقه همکف انسجام خود را حفظ کرده و با حذف مسئله تخریب این بخش، عملا باری به سقف سازه راهروی ایمن وارد نمی‌شود. در فرض دوم، اتصال میان کف آجری راهروی طبقه همکف با دیواره‌های ساختمان دچار شکست شده و بدین ترتیب سقف راهروی ایمن وظیفه تحمل بار را به عهده می‌گیرد. نظر به اینکه هدف از طراحی سازه راهروی ایمن، حفظ ایمنی جانی افراد در برابر تخریب ناشی از وقوع زلزله به هنگام و مدتی پس از وقوع آن است، فرض اول مبنی بر عدم تخریب کف طبقه همکف رد شده و فرض دوم که تخریب این بخش را مد نظر قرار داده، در ادامه روند طراحی به کار گرفته شده است.

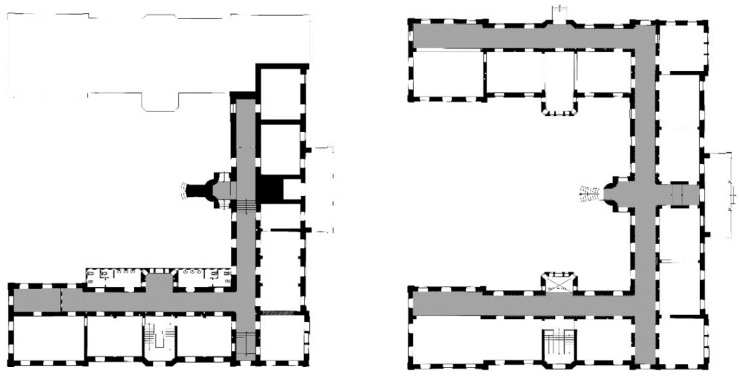
ازاینرو، افراد در راهرو مستقر شده و به سقف سازه محافظ راهروی طبقه زیرزمین بار وارد می‌نمایند. با توجه به تخریب کف راهروی طبقه همکف بار افراد مستقیما به سقف سازه راهروی ایمن وارده شده و بنابراین یکی از سه حالت زیر در اعمال بار زنده به سازه در نظر گرفته شده است:

- بیشترین جمعیت ممکن در راهروی طبقه همکف تجمع نماید. برای راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در طبقه همکف در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان مقدار در نظر گرفته شده‌است.
- تمام جمعیت فرصت دسترسی به راهروی ایمن را نیافته و بنابراین بار زنده کمتری به کف طبقه همکف وارد شود. برای این حالت فرض می‌شود بار زنده کمتری در حد که مشابه مقدار بار وارد بر اتاقها و فضاهای خصوصی است بر آن وارد می‌شود.
- تمام جمعیت فرصت دسترسی به راهروی ایمن را نیافته و بنابراین بار زنده کمتری به کف طبقه همکف وارد شود. برای این حالت نیز فرض می‌شود بار زندهای در حد که معادل حداقل بار وارد بر ساختمان در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان است بر آن وارد می‌شود.

در مجموع سه حالت بارگذاری مرده به ترتیب متناظر با سه حالت بارگذاری زنده مفروض، با فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

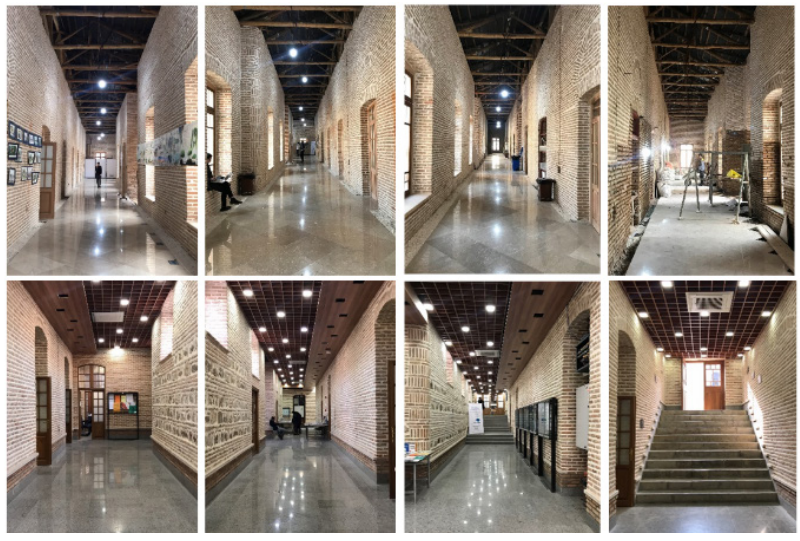
- سقف راهروی زیرزمین به طور کامل ریزش نموده و تمام بار مرده ناشی از آن بر روی سقف راهروی ایمن وارده شود: $DL = 1000\ \frac{kg}{m^2}$
- تنها بخشی از سقف راهروی زیرزمین دچار خرابی و ریزش گردد. بار مرده در این حالت سه‌چهارم حالت قبل درنظر گرفته شود: $DL = 750\frac{kg}{m^2}$
- تنها بخشی از سقف راهروی زیرزمین دچار خرابی و ریزش گردد. بار مرده در این حالت نیمی از حالت اول در نظر گرفته شود: $DL = 500\frac{kg}{m^2}$

در خصوص ساخت مدل کامپیوتری طرح، به دلیل اینکه سازه مورد نظر از قاب‌های خمشی متصل به یکدیگر به صورت تکراری تشکیل شده و سقف و دیواره‌های آن از ساندویچ پانل ساخته شده است، با تکیه بر منطق طراحی مدولار، می‌توان بخشی از سازه را مدل‌سازی و طراحی نموده و به کل مدل تعمیم داد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). از اینرو، با توجه به امکان تغییر ابعاد راهروهای ساختمان به علت تغییر ضخامت سازه‌های با مصالح بنایی در طبقات مختلف و انشعابات راهرو و خطاهای ساخت بنا، طراحی به صورت پارامتریک صورت گرفته و بر اساس اندازه‌های مختلف دهانه راهرو و ارتفاع کف تا سقف طبقه، مقاطع مورد نیاز به‌دست‌آمده است.



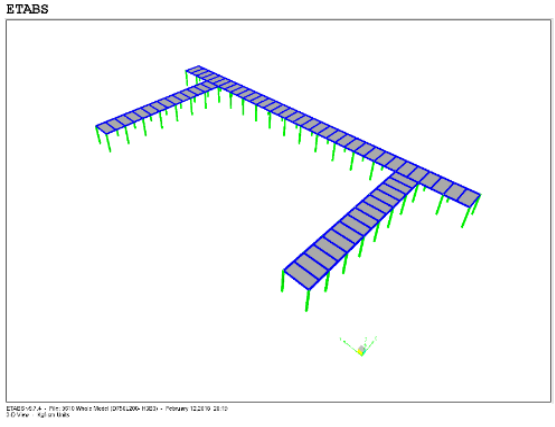
شکل ۳. جانمایی راهروهای ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی، راست:پلان طبقه همکف-چپ:پلان طبقه زیرزمین

منبع: برگرفته از نارنجی، ۱۳۹۸



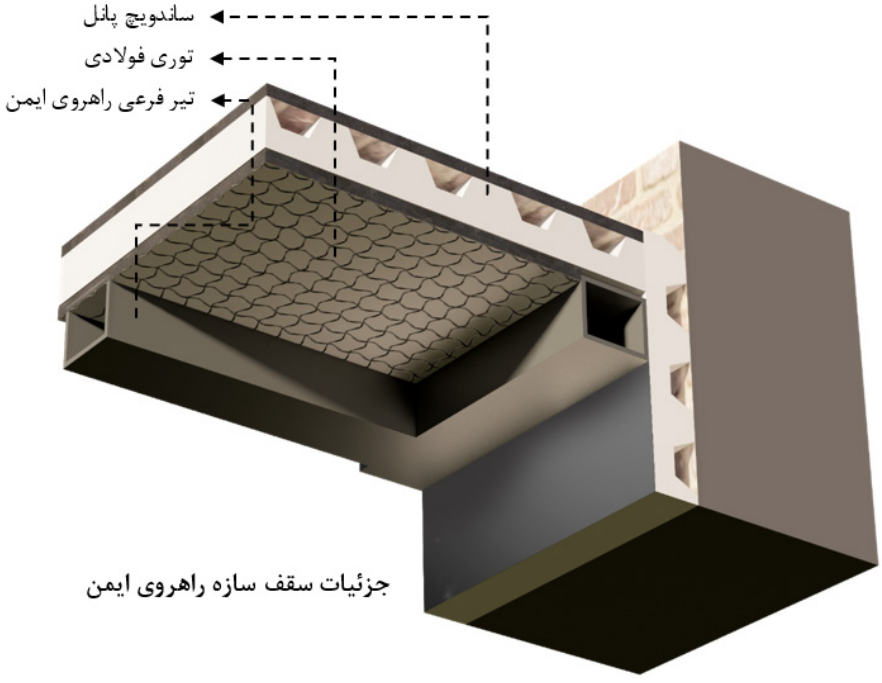
شکل ۴. تصاویر راهروهای ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی، بالا: طبقه همکف - پایین: طبقه زیرزمین

منبع: برگرفته از نارنجی، ۱۳۹۸



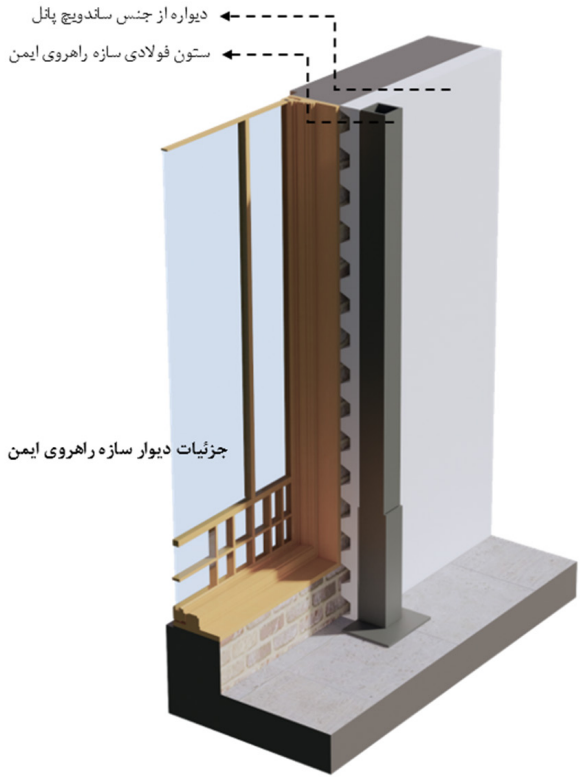
شکل ۵. هندسه سه بعدی مدل

در طرح راهروی ایمن، پوسته های ساندویچ پانل وظیفه جلوگیری از پرتاب آجر و نخاله را به سمت داخل راهرو بر عهده دارند. وقتی که زلزله موجب تخریب سقف آجری طبقه زیرزمین و چوب و آجر طبقه همکف می‌شود، این پوسته بار را هم به صورت مستقیم (انتقال بار به تیرها) و هم به صورت غیر مستقیم (انتقال بار به توری فولادی و سپس انتقال آن به تیرها در صورت تعبیه) به سازه منتقل کرده و از عبور آوار از سقف جلوگیری می‌کند. به دلیل انعطاف پذیری هسته استایروفوم ساندویچ پانل، انرژی حاصل از ضربه احتمالی آوار بر روی سقف مستهلک شده و اثر دینامیکی بارها تقلیل داده می‌شود. از سویی قرارگیری دو ورقه فولادی بر دو وجه ساندویچ پانل علاوه بر تأمین سختی و مقاومت در برابر بار، مانع عبور خاک و آوار می‌شود. به منظور افزایش مقاومت و سختی عمود بر صفحه پوسته سقف و دیواره، علاوه بر ساندویچ پانل یک شبکه توری فولادی نیز در وجه داخلی سازه قابل تعبیه است (شکل‌های ۶ و ۷).



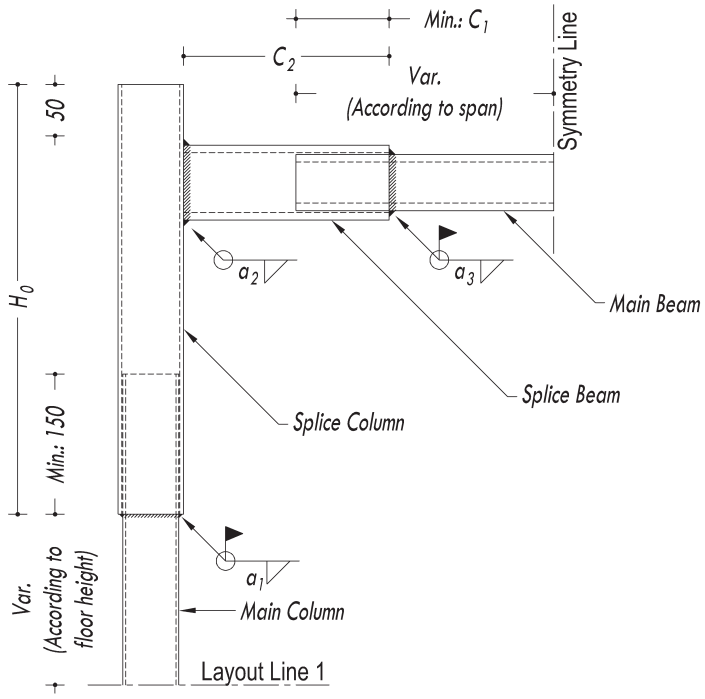
شکل ۶. جزئیات لایه‌بندی سقف سازه راهروی ایمن

بهنود برمایه‌ور
طراحی راهروی ایمن در برابر تخریب ناشی از زلزله در ساختمان
دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران



شکل ۷. جزئیات لایه‌بندی دیواره سازه راهروی ایمن

به دلیل وجود خطاهای ابعادی در ساخت و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی از یک سو و امکان وقوع تغییرشکل‌های حین بهره‌برداری در آن‌ها، طرح سازه‌ای با پیکربندی و ابعاد ثابت قابلیت انطباق مناسب با بنای موجود را نداشته و باید از طرحی انعطاف‌پذیر برای آن بهره گرفت. بنابراین در طرح راهروی ایمن، نوع اتصالات سازه به نحوی در نظر گرفته شده است که قاب‌ها به‌راحتی قابلیت تغییر اندازه در محل نصب را داشته باشند. در این طرح، اعضای سازه با مقطع قوطی فولادی به صورت تلسکوپی در محل اتصالات قابلیت تغییر طول داشته و پس از رسیدن به وضعیت مورد نظر به اتصالات جوش داده می‌شوند. این قابلیت سبب می‌شود تا امکان موقعیت‌یابی دقیق اعضا براساس وضعیت مقطع عرضی و طولی راهرو فراهم شود و بدین ترتیب از یک سو مسئله تداخل سازه با بخش‌های مختلف ساختمان راهروی موجود از قبیل درب‌های ورود و خروج کلاس‌ها، تغییر مقطع عرضی راهرو و محل اتصال راهرو به راهروی مجاور به طور کلی حذف شود و از سوی دیگر این امکان فراهم شود تا بدون نیاز به انجام عملیات نقشه برداری دقیق و تهیه نقشه چون ساخت بتوان تماس اعضای سازه را با سطح آجری راهرو به حداکثر مقدار خود رسانده و بدین‌ترتیب از وارد شدن ضربه و انرژی اضافی ناشی از پرتاب‌شدن آجر و آوار به سمت سازه ایمن جلوگیری‌کرد. همچنین، به منظور افزایش کیفیت ساخت، سازه راهروی ایمن به گونه‌ای است که جوش‌های اتصالات تیر به ستون و نیز اتصال ستون به کف ستون در کارخانه و تحت شرایط کاملا کنترل شده و قابل بازرسی صورت می‌گیرد. بدین ترتیب تنها جوشکاری اعضای تلسکوپی در محل اجرای سازه صورت گرفته و نقاط حساس اتصالات سازه تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند (شکل ۸).



شکل ۸. مقطع عرضی از اعضای فولادی سازه راهروی ایمن

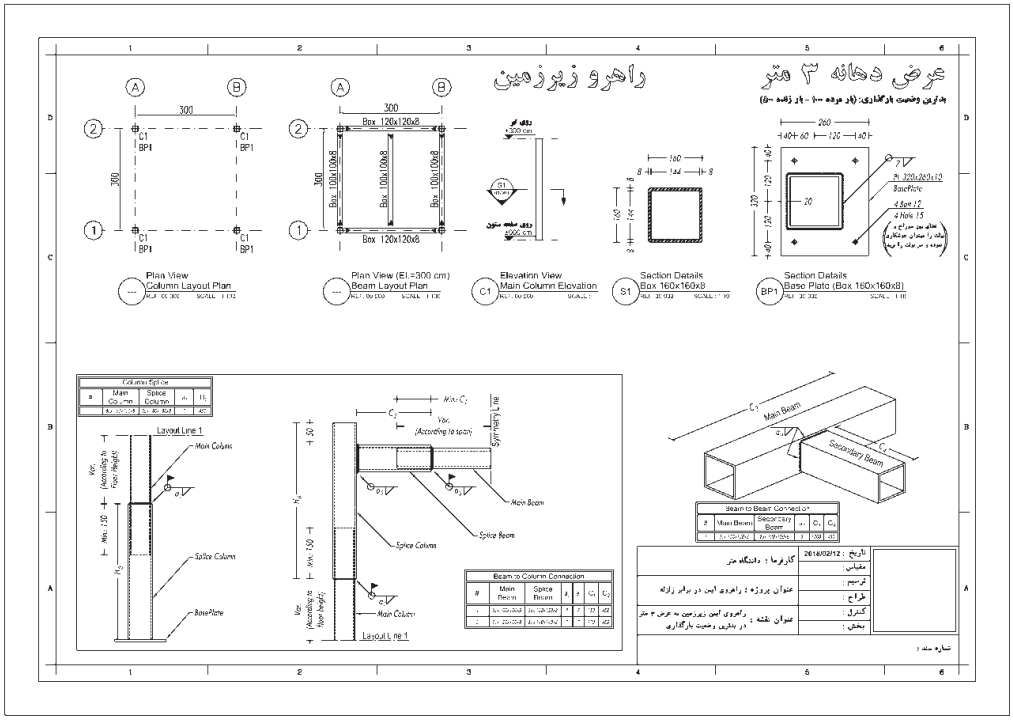
شایان ذکر است که ضمن تاکید موکد بر اصل عدم ایجاد هرگونه تغییر در فضا و نمای بیرونی ساختمان‌ها به ویژه در بافت میراث فرهنگی، به منظور توجه خاص به ابعاد کیفی (موضوعات کیفیت فضایی)، علاوه بر جنبه‌های فنی و کمی و نیز حفظ ارزش‌های تاریخی بنای معماری مورد نظر، در راستای هماهنگی، همسویی و همخوانی هرچه بیشتر طرح راهروی ایمن با سطح معماری ساختمان امکان استفاده از سبک‌های متنوع (از جمله طرح آجری)، رنگ‌های مختلف (از جمله رنگ آجری) و شیوه‌های گوناگون مرتبط با معماری داخلی در راهروهای بنا وجود دارد. همچنین، بکارگیری مواد و مصالح جدید صنعتی، که شفاف باشند و با همین کارایی بتوانند ویژگی‌های فضایی جداره‌های آجری بنا را نمایان سازند، به عنوان جایگزینی برای دیواره ساندویچ پانل دور از ذهن نبوده اما مستلزم هزینه بسیار زیادی است. به طور کلی، علاوه بر برجسته بودن ویژگی‌های کمی (فنی، مهندسی و محاسباتی) در طرح راهروی ایمن، ظرفیت‌های کیفی این طرح از جمله سازگاری با محیط، فضا و معماری ساختمان بسیار چشمگیر است. درواقع، قابلیت انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری طرح راهروی ایمن، هم به لحاظ کمی و هم به لحاظ کیفی، بسیار زیاد است.

نتیجه‌گیری

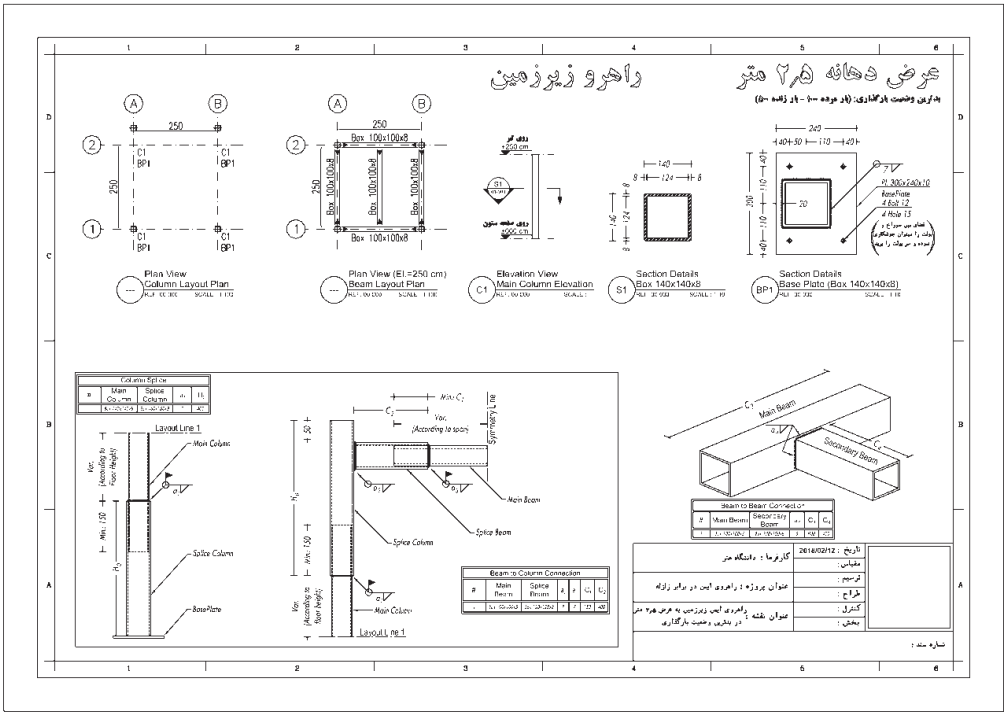
در این پژوهش تلاش شد تا با بهره‌گیری از دانش موجود در زمینه رفتار ساختمان‌های بنایی در برابر زلزله نسبت به ارائه طرحی جهت تأمین ایمنی جانی کاربران ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران در مقابل زلزله اقدام گردد. مطالعات اشاره به آسیب‌پذیری غیرقابل‌انکار ساختمان‌های بنایی در برابر پدیده زلزله داشته و اهمیت انجام چنین پژوهشی را به خوبی نشان داد. راهکارهای مختلف اصلی ایمن‌سازی ساختمان‌های بنایی ذکر شده و با توجه به شرایط و محدودیت‌ها، مقصود عملکردی حفظ

ایمنی جانی برای ساختمان در نظر گرفته شد. از اینرو، با هدف حفظ ایمنی جانی کاربران ساختمان به هنگام وقوع زلزله، استفاده از سازه‌ای فولادی جهت تأمین فضا و راهرویی ایمن برای تخلیه فوری اتاق‌های ساختمان از جمعیت و انتقال به راهروها و سپس خروج از ساختمان مطرح گردید. به منظور فراهم آوردن امکانی جهت کاهش هزینه‌های اجرایی طرح، سناریوهایی جهت در نظر گرفتن بارهای زنده و مرده وارد بر سازه راهروی ایمن در برابر زلزله در نظر گرفته شد. با استفاده از این فرضیات، تحلیل و طراحی اعضا و اتصالات سازه مورد نظر در محیط نرم‌افزارهای مربوطه و بر اساس هر سناریو انجام شد. به طور خلاصه، با توجه به محدودیت‌های مالی و عدم امکان استفاده از طرح‌های با سطح عملکرد بالاتر، با اجرای طرح راهروی ایمن، ضمن حفظ ماهیت تاریخی بنا، ایمنی جانی کاربران ساختمان تا حد بسیار زیادی تامین خواهد شد. درواقع، ارائه راهکاری بهینه و متناسب برای شکل دادن به راهروی ایمن در ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر نیازمند ارتباط مستقیم مهندسان سازه، معماری، معماری داخلی و مرمت است و آنچه در این مقاله به آن پرداخته شده بیشتر مربوط به جنبه‌های سازه‌ای بوده و برای قدم‌های بعدی تکامل پژوهش نیاز به تاثیرگذاری متخصصان دیگری که در بالا ذکر شد است.

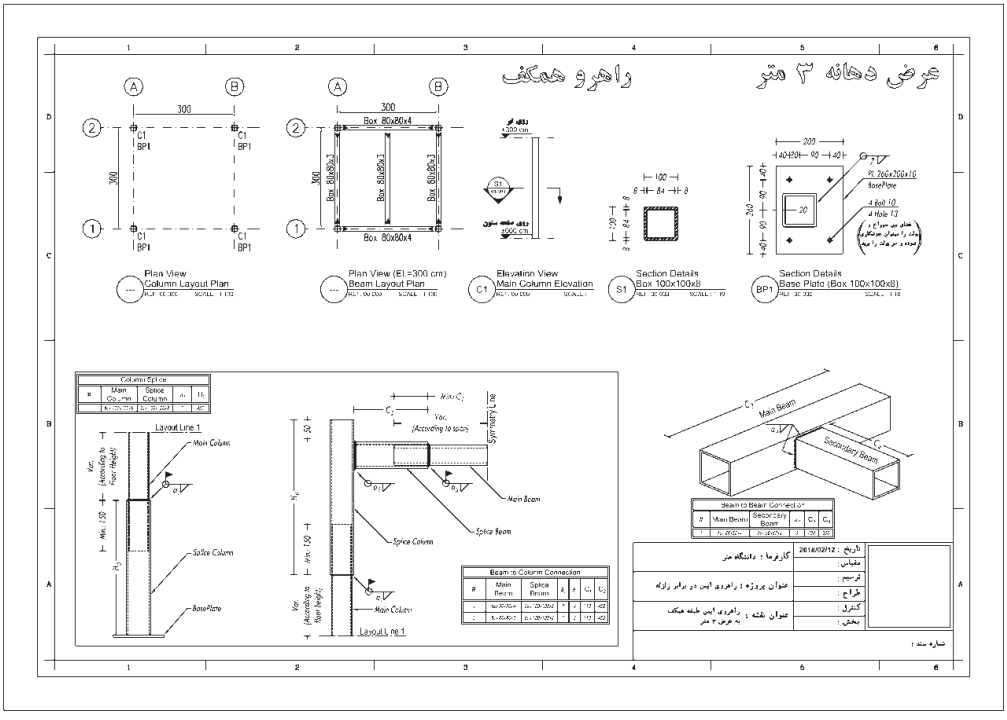
در پایان، جزئیات اجرایی طرح راهروی ایمن در قالب نقشه‌های اجرایی به شرح ذیل ارائه می‌شود (شکل ۹- الف، ب، ج، د).



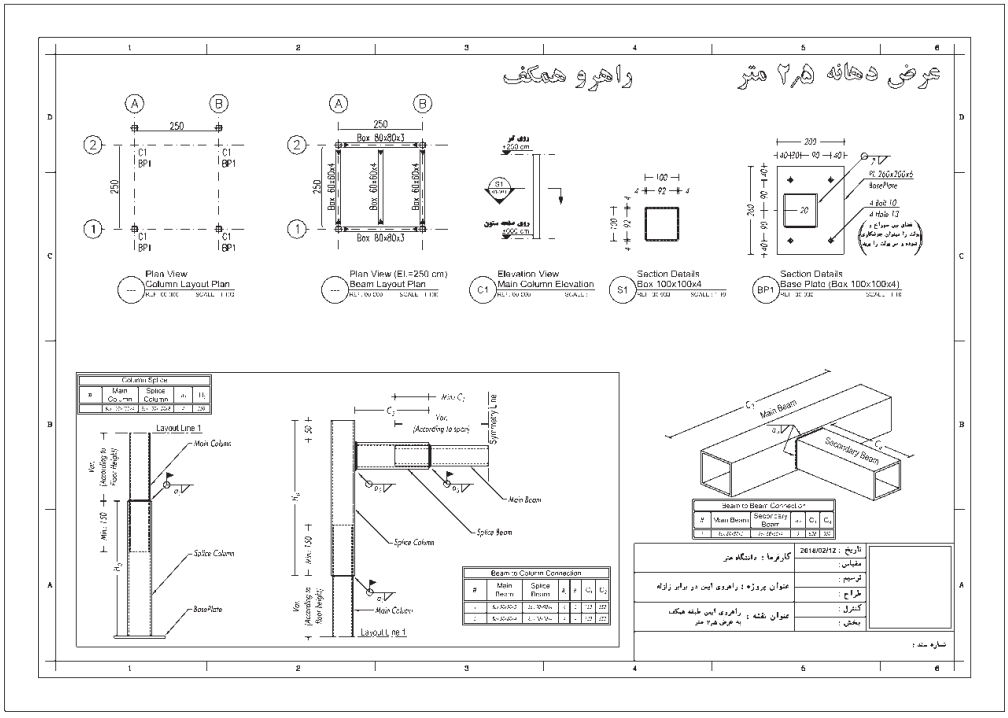
شکل ۹- الف. طرح راهروی ایمن در زیر زمین- سه متر



شکل ۹- ب. طرح راهروی ایمن در زیر زمین- دو و نیم متر



شکل ۹-ج. طرح راهروی ایمن در همکف- سه متر



شکل ۹-د. طرح راهروی ایمن در همکف- دو و نیم متر

فهرست منابع

- اکبری، علی اکبر، بذرافکن، کاوه، تهرانی، فرهاد، و سلطانزاده، حسین (۱۳۹۶). بازشناسی نگرش به زمینه در بناهای ساخته شده میدان مشق تهران در دوره پهلوی اول. فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی، ۸، ۶-۱۴.
- امیدعلی، اسماعیل، تقوایی، مسعود، و بیدرام، رسول (۱۳۹۳). بهسازی بافت‌های فرسوده شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۹ (۳)، ۱۶۵-۱۷۸.
- امینی حسینی، کامبد، و جعفری، محمدکاظم (۱۳۸۵). بررسی وضعیت خطر پذیری لرزه‌ای شهر تهران. پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله. ۱، ۱۱-۲۱.
- امینی حسینی، کامبد، مهدوی‌فر، محمدرضا، کشاورز بخشایش، محمد، و رخشنده، معصومه (۱-۱۳۸۲). گزارش فوری و مقدماتی پدیده‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک مرتبط با زلزله ۱۳۸۲/۱۰/۵ بم. تهران: پژوهشکده زلزله‌شناسی.
- امینی حسینی، کامبد، مهدوی‌فر، محمدرضا، کشاورز بخشایش، محمد، و رخشنده، معصومه (۲-۱۳۸۲). گزارش دوم گروه شناسائی مناطق زلزله زده پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (جنبه های زلزله شناسی زمین‌لرزه ۵ دی ماه ۱۳۸۲ بم، با بزرگی گشتاوری $Mw = ۶/۵$). تهران: پژوهشکده زلزله‌شناسی.
- پارسی، فرامرز، و ولیزاده، احمد (۱۳۸۴). مطالعات تاریخی میدان مشق. تهران: مهندسین مشاور باوند.
- تابش‌پور، محمدرضا، و فرهنگ‌فر، حسن (۱۳۸۵). مقاوم‌سازی لرزه‌ای سازه‌های بنایی خشتی. اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، دانشگاه یزد.
- تابش‌پور، محمدرضا، و گل افشانی، علی‌اکبر (۱۳۸۴). نکاتی مهم در آسیب‌پذیری لرزه‌ای سازه‌های آجری. دومین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- توانایی‌فر، حمید، یعقوب نژادزنگنه، سعید، حیات غیبی، سیدوحید، و بیتی، محسن (۱۳۹۳). بررسی انواع روش‌های ارزیابی لرزه‌ای سازه بنایی غیر مسلح. همایش ملی معماری، عمران و توسعه نوین شهری، تبریز، کانون ملی انجمن‌های صنفی مهندسان معمار ایران.
- حسامی، خالد، جمالی، فرشاد، و طبسی، هادی (۱۳۸۲). نقشه گسل‌های فعال ایران. تهران: گروه لرزه زمین ساخت - پژوهشکده زلزله شناسی، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری.
- حسینی هاشمی، بهرخ، و حمزه‌لو، حسین (۱۳۸۳). گزارش مقدماتی زلزله ۴ اسفند ۱۳۸۳ داهوئیه - زرند. تهران: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

- دفتر امور مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۲). مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان (ویرایش سوم). تهران: وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان.
- دفتر امور مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۲). مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی (ویرایش چهارم). تهران: وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان.
- زارع، مهدی و کامران‌زاد، فرناز (۱۳۹۳). پراکندگی لرزه‌خیزی در ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴، ۳۹-۵۸.
- ستار شیخی، غلامرضا، بخشی، حشمت‌اله، و یزدی‌نژاد، محمدمهدی (۱۳۸۷). روشی برای بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های مصالح بنایی. همایش ملی مقاوم‌سازی ایران، دانشگاه یزد.
- شیخ، عباس (۱۳۸۴). بررسی استفاده از پلیمرهای تقویت شده با الیاف در مقاوم‌سازی ساختمان‌های بنایی غیرمسلح و بناهای تاریخی. نخستین همایش ملی استحکام بخشی ساختمان‌های بنایی غیرمسلح و بناهای تاریخی. شهرداری شیراز، شیراز.
- طایفی نصرآبادی، عباسعلی، و رشیدی مهرآبادی، محمدحسین (۱۳۸۷). مقاوم‌سازی سازه‌های بنایی در مقابل زلزله. همایش ملی مقاوم‌سازی ایران، دانشگاه یزد.
- عالمی، فرامرز، و جبارزاده، محمد جواد (۱۳۸۱). خسارات وارد بر ساختمان‌های خشتی و مصالح بنایی در زمین‌لرزه اول تیر ماه ۱۳۸۱ چنگوره (آوج). تهران: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- عبدالوهاب، وحید (۱۳۹۳). ساخت اتاق ایمن در خانه‌های روستائی در راستای توسعه پایدار روستاها. سومین همایش ملی توسعه پایدار روستایی، همدان، موسسه آموزش عالی عمران و توسعه.
- عیسی‌لو، شهاب‌الدین، لطیفی، غلامرضا، و گودرزی، وحید (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی بافت منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله احتمالی با استفاده از روش "IHWP" و سیستم "GIS". فصلنامه علمی‌پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۵(۱۰۰)، ۷۳-۸۷.
- کمیته دائمی بازنگری آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (۱۳۹۳). استاندارد ملی ایران ۲۸۰۰ طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (ویرایش ۴). تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- مظلوم، موسی، و محرابیان، علی اکبر (۱۳۸۵). نصب اتاق‌های امن در ساختمان‌های بنایی برای مقابله با زلزله. اولین همایش بین‌المللی مقاوم‌سازی لرزه‌ای، تهران.
- محمدی، زینب، وطنی اسکوئی، اصغر، و حق‌اللهی، عباس (۱۳۹۳). تحلیل دینامیکی فزاینده *IDA* ساختمان‌های بنایی غیر مسلح باروش قاب معادل با استفاده از نرم‌افزار *SAP2000*. هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.
- مصطفی‌زاده، سیدحجت، زهرایی، سید مهدی، و طیبی، سعیده (۱۳۹۴). ارزیابی کیفی و کمی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیرمسلح موجود بر مبنای دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ایران. دومین همایش ملی مهندسی سازه‌ایران، تهران، انجمن علمی مهندسی سازه ایران.
- معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (۱۳۸۶). دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیرمسلح موجود، نشریه ۳۷۶. تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (۱۳۹۲). دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، نشریه ۳۶۰ (تجدید نظر اول). تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- مقدم، حسن (۱۳۷۳). طرح لرزه‌ای ساختمان‌های آجری. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.
- مهرنهاد، حمید، و اژدر، سوسن (۱۳۸۷). بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های بنایی بافت‌های فرسوده شهری در مقابل زلزله. همایش ملی مقاوم‌سازی ایران، دانشگاه یزد.
- نارنجی شکلاتی، غزل (۱۳۹۸). ساماندهی دانشکده معماری دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی: طراحی داخلی کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های چند عملکردی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته معماری داخلی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر.
- نجفی، انسیه، بهشتی، بابک، و چگینی، حمید (۱۳۹۴). بررسی رفتار دیوار مصالح بنایی کلاف‌بندی شده تحت آنالیز دینامیکی غیر خطی. اولین کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه اقتصاد شهری.
- AISC, A. (2010). *AISC 341-10, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago, IL: American Institute of Steel Construction.
- ASCE (American Society of Civil Engineers). (2010). *Minimum design loads for buildings and other structures*. Standard ASCE/SEI 7-10.

- Biggs, D. T. (2007). *Hybrid masonry structures*. In Proceedings of the Tenth North American Masonry Conference.
- Blondet, M., Vargas, J. (1978). *Investigación sobre vivienda rural*. *Report*. Division of Civil Engineering, Lima, Peru : Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Coburn, A. W., & Spence, R. J. (2002). *Earthquake protection* . Chichester : Wiley. 420
- Dowling, D. M. (2004). Adobe housing in El Salvador : Earthquake performance and seismic improvement. Special Paper 375 : *Natural Hazards in El Salvador*, 281-300.
- Ghasemi Yalgouz-Agaj, A., Ardebil, L., Karimdoust, S. (2010). Identification of Some of the Geotourism Sites in Iran. *World Applied Sciences Journal,* 11(11), 1342-1347.
- Gioncu, V., Mazzolani, F.M. 2002 : *Ductility of Seismic Resistant Steel Structures*. London : Spon Press.
- Azizi-Bondarabadi, H., Mendes, N., Lourenco, P. B., H. Sadeghi, N. (2016). Empirical seismic vulnerability analysis for masonry buildings based on school buildings survey in Iran. *Bulletin of Earthquake Engineering*.
- JICA (Japan International Cooperation Agency and Tehran Disaster Mitigation and Management Center). (2004). *The comprehensive master plan study on urban seismic disaster prevention and management for the greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran,* GE, JR, 04-039.
- Martins, T., Varum, H. (2006). Adobe's Mechanical Characterization in Ancient Constructions : The Case of Aveiro's Region .*Materials Science Forum, Trans Tech,* 514-516, 1571-1575.
- Mazzolani, F. M., & Piluso, V. (1996). An attempt of codification of semirigidity for seismic resistant steel structures. *Conference*: *Third International Workshop on In Connections in Steel Structures*, 413-422.
- Silveira, D., Varum, H., Costa, A. (2013). Influence of the testing procedures in the mechanical characterization of adobe bricks. *Constr. Build. Mater*, 40, 719-728.
- Silveira, D., Varum, H., Costa, A., Martins, T., Pereira, H., Almeida, J. (2012). Mechanical properties of adobe bricks in ancient constructions. *Construction & Building Materials,* 28, 36-44.
- Varum, H., Figueiredo, A., Silveira, D., Martins, T., Costa, A. (2011). Outputs from the research developed at the University of Aveiro regarding the mechanical characterization of existing adobe constructions in Portugal. *Informes de la Construccion*, 63(523), 127-142.
- Webster, F., Tolles. L. (2000). *Earthquake damage to historic and older adobe buildings during the 1994 Northridge, California Earthquake*. Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Architecture and Urban Planning. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوه ارجاع به این مقاله

برمایه‌ور، بهنود؛ مستغنی، علیرضا و حسن‌زاده، مسعود (۱۴۰۲). طراحی راهروی ایمن در برابر تخریب ناشی از زلزله در ساختمان دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه هنر در پردیس باغ ملی تهران، *نشریه علمی نامه معماری و شهرسازی*، ۱۵(۳۸)، ۵-۲۱.

DOI: 10.30480/AUP.2022.3079.1636

URL: http://aup.journal.art.ac.ir/article_1039.html

Received: 28 October, 2020 | Accepted: 03 April, 2021 | Published: 21 March, 2023

Journal of Architecture and Urban Planning, 15(38), 5-21

DOI: 10.30480/AUP.2022.3079.1636

Document Type: Research Paper

Designing a Safe Corridor against Earthquake Damage in Architecture and Urban Planning Faculty Building of the University of Art in Tehran Bagh-e-Melli Campus

Behnod Barmayehvar

Assistant Professor, Department of Technology of Architecture (Project and Construction Management), Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran (Corresponding Author)

Alireza Mostaghni

Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran

Masoud Hasanzadeh

Master of Science in Civil (Structural) Engineering, Faculty of Civil Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Understanding the dangers of earthquakes is essential for all types of buildings, especially masonry buildings, in order to provide the most appropriate solution to reduce damage. Therefore, the main purpose of this study is to provide a safe corridor against earthquake damage to ensure the safety of users of the Architecture and Urban Planning Faculty building of the University of Art in Tehran Bagh-e-Melli Campus. In this applied research, initially field research has been conducted in the form of observation of the building. Then, library and documentary studies have been conducted on the theoretical foundations and research background. Finally, using the capacities of the analytical-computational method and the case study strategy, a safe corridor design is presented. This study describes earthquake damage and the main methods of reducing them in masonry buildings and explains the use of safe corridor construction to provide space for building users to shelter during an earthquake until the danger is eliminated, as the most appropriate method in terms of preservation of the historical nature of the building along with observing the economic constraints of the project. In fact, the structure of the safe corridor, using steel materials and special fittings, is designed to be durable, malleable, of appropriate weight, dismantled and recycled, and suitable for historic buildings. In terms of financing, retrofitting methods with a higher level of performance should be used in a way that provides not only the safety of people's lives, but also the static of this valuable historical monument. The new simulation method of the applied element can be used to predict the behavior of the building under earthquake impact and the function of a safe corridor. This method, which has been developed specifically to simulate the failure of buildings, has a very powerful potential for studying this issue. Due to the ease and speed of the earthquake corridor design, it is recommended to use this design in all places that are prone to total or partial damage to the earthquake and where more advanced retrofitting methods can not be used due to economic constraints. Since the design of safe corridors in historic buildings is likely to be unique, it is recommended that the level of service in all historic buildings and cultural monuments be upgraded to match the level of safety (to ensure the safety of users). Due to the fact that this method is not destructive, in addition to implementing basic methods and the cost of strengthening (to achieve a higher level of performance), the safe corridor design method should be used locally or widely. In fact, a safe corridor is for the immediate evacuation of building rooms from the crowd and transferring to the corridors and then exiting the building. In short, due to financial constraints and the inability to use higher performance level designs, implementing a safe corridor design, while preserving the historical character of the building will greatly ensure the safety of building users.

Keywords: Safe corridor, earthquake, life safety, masonry building