ارزیابی لرزه‌ای سازه‌های مسکونی با استفاده از دستورالعمل ۲۰۱۵ فما[1] و بررسی تغییرات آن نسبت به دستورالعمل ۲۰۰۲

(مطالعهٔ موردی: بلوار فردوس تهران)

مهناز خردمند[1]، محمود جمعه‌پور[2]

نویسندهٔ مسئول: کارشناس ارشد شهرسازی، دانشکدهٔ علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

Email:Kheradmand.Mahnaz@yahoo.com

۲. استاد گروه برنامه‌ریزی اجتماعی، دانشکدهٔ علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

دریافت: ۹۷/۹/۲۲ پذیرش:۹۷/۱۱/۲۹

چکیده

مقدمه: تخریب ساختمان‌های مسکونی در زمان زلزله می‌تواند موجب تلفات و صدمات جانی بالا شود. از این‌رو، ارزیابی لرزه‌ای آنها قبل از وقوع زلزله حائز اهمیت است. سازمان مدیریت اضطرار فدرال[2] (فما) در جدیدترین دستورالعمل خود با رویکردی محافظه‌کارانه شیوه‌ای ارائه کرده که می‌توان در کمترین زمان، برآورد کلی از وضعیت سازه‌ها به دست آورد.

روش: در این مطالعهٔ کاربردی، ضمن بررسی تغییرات ایجاد شده در فرم ارزیابی جدید فما و مقایسهٔ آن با نسخهٔ پیشین به ارزیابی سازه‌های مسکونی محلهٔ فردوس واقع در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران پرداخته شد.

یافته‌ها: در دستورالعمل جدید فما، چک‌لیست‌های محدودهٔ خطر زلزله به پنج دسته تقسیم می‌شوند. برای ارزیابی سازه، از عواملی نظیر نوع ساختمان، نبود تقارن در ارتفاع شدید و متوسط، نبود تقارن پلان، سال ساخت و نوع خاک استفاده می‌شود. تعداد ۸۱۶ سازه انتخاب شد که ۵۵۷ سازه ساخته شده در سالیان اخیر امتیاز قابل قبول کسب کردند و تعداد اندکی امتیاز زیر حد نصاب به دست آوردند. ۲۵۹ سازه قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح نیز همگی امتیاز زیر حد نصاب را کسب کردند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش، احتمال آسیب‌پذیری تعداد زیادی از سازه‌ها در زمان زلزله وجود دارد که پراکندگی آنها در برخی نقاط محله بیشتر است. همچنین لزوم بازسازی یا مقاوم‌سازی سازه‌های با خطر بالا و مشورت با متخصصان سازه برای اطمینان از اجرای صحیح و مقاومت سازه‌های با امتیاز قابل قبول نیز وجود دارد.

کلمات کلیدی: سازه‌های مسکونی، زلزله، آسیب‌پذیری، ارزیابی بصری سریع، دستورالعمل ۲۰۱۵ فما ، شهر تهران

[1] FEMA P-154(2015)
[2] Federal Emergency Management Agency (FEMA)

مقدمه

بسیاری از مناطق شهری در معرض خطر زلزله هستند و در دهه‌های اخیر، تلفات و صدمات جانی بسیاری ناشی از تخریب کالبدی ساختمان‌ها متعاقب زلزله‌های متوسط و شدید بوده است. [۱]

به همین دلیل آسیب‌پذیری ساختمان‌ها یکی از پارامترهای مهم ارزشیابی پتانسیل خسارت زلزله در بافت‌های شهری است. [۲]

تجربه زلزله‌های پیشین نشان داده است که بیشتر تلفات و خسارات زلزله ناشی از صدمه به هر دو ساختمان‌های مهندسی و غیر مهندسی است. بنابراین ارزشیابی و بررسی ساختمان‌های موجود قبل از وقوع زلزله حائز اهمیت است. [۳]

اهمیت توجه به اقدامات کاهش خطر به حدی است که در کنفرانس جهانی کاهش بلایا در سندای [1]ژاپن در سال ۲۰۱۵، چارچوبی برای سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ فراهم آمد. هدف از چارچوب سندای ایجاد تاب آوری در سطح ملّی و محلی برای کاهش خطر مبتنی بر درک همه جانبه خطر بلایا با تأکید بر ارتقای یک رویکرد استراتژیک و نظام‌مند برای کاهش آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات است. [۴]

ایران در مکانی پرخطر به لحاظ زمین‌شناختی و جغرافیایی قرار گرفته است. [۵]

تهران در ناحیه‌ای لرزه‌خیز در قسمتی از کمربند آلپ–هیمالیا است که با چند گسل فعال احاطه و در طول تاریخ زلزله‌های مخربی تجربه کرده است. [۶]

پژوهش‌های متعدد، احتمال رویداد زمین لرزه‌ای با بزرگای بالای ۷ ریشتر را همواره تأکید کرده‌اند. این عوامل و عواملی نظیر ساخت‌وساز در نواحی پرخطر، بی‌توجهی به توزیع متناسب ساختمان‌ها و وجود ناهمگونی در ساختار شهر در افزایش مرگ و میر ناشی از بلایا موثرند. این مسأله نشانگر آن است که این شهر نیازمند برنامه‌هایی در زمینه افزایش امنیت شهر به لحاظ خطر زلزله است. [۷]

یکی از شیوه‌های موجود برای ارزیابی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استفاده از فرم ارزیابی بصری سریع آژانس مدیریت اضطرار فدرال (RVS[2]) است. این شیوه که در سال ۱۹۹۸ با عنوان دستورالعمل فما ۱۵۴ عرضه شد، امکان ارزشیابی تعداد زیادی از ساختمان‌ها را با سرعت و کمترین هزینه از خارج ساختمان فراهم کرد. سال ۲۰۰۲، دستورالعمل فما ۱۵۴ به عنوان ویرایش دوم به‌روزرسانی شد. در سومین ویرایش در ۲۰۱۵ همچون نسخه‌های پیشین بر شناسایی، دسته‌بندی و غربال‌گری ساختمان‌های در معرض مخاطره تأکید شده است. اگر چه برخی بخش‌های آن بدون تغییر نسبت به قبل باقی ماند، اما چندین تغییر اصلی در آن به وجود آمد و برای ارزشیابی سازه‌ها رویکرد محافظه‌کارانه و سختگیرانه‌تری را در پیش گرفت.

به طور کلی با استفاده از روش ارزیابی بصری سریع می‌توان ساختمان‌های غربالگری شده را در دو دسته طبقه‌بندی کرد: ۱) آن ساختمان‌هایی که انتظار می‌رود اجرای لرزه‌ای قابل قبول داشته باشند؛ ۲) آن دسته ساختمان‌هایی که ممکن است به لحاظ لرزه‌ای مخاطره‌آمیز باشند و باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند.

[1] Sendai

[2] Rapid Visual Screening

برای ساختمان‌ها، امتیاز ۲ به عنوان امتیاز نهایی و قابل قبول پیشنهاد می‌شود که امتیاز بالاتر یعنی احتمال فروریزی سازه کمتر است. سازه‌های با امتیاز نهایی کمتر از این میزان، باید توسط متخصصان طراحی لرزه‌ای بررسی شوند. [۸]

با استفاده از فرم ارزیابی سریع بصری جدید فما، می‌توان سازه‌های موجود را به سرعت و سهولت ارزیابی و به صورت کلی نقاط آسیب‌پذیر آن‌ها را با دقت و حساسیت بیشتری نسبت به نسخه قبل شناسایی کرد.

در قسمتی از مطالعه‌ای که توسط خردمند و همکاران (۲۰۱۸)، برای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای کالبدی محله انجام شد، با استفاده از این فرم به ارزیابی سازه‌ای کاربری‌های حساس محله پرداخته شد. [۹] با اینحال با توجه به کاربردی بودن این فرم، پژوهش حاضر با رویکردی متفاوت، ضمن بررسی و شرح تغییرات ایجاد شده در فرم ارزیابی بصری جدید فما در مقایسه با فرم پیشین، به ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌های مسکونی محلهٔ فردوس واقع در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران با استفاده از فرم جدید مذکور می‌پردازد.

منطقهٔ ۵ شهرداری تهران بر اساس مطالعات انجام شده توسط کارشناسان ایرانی و ژاپنی «جایکا» به دلیل کیفیت ساخت‌وسازها، برخورداری از شبکهٔ حرکتی مناسب و وجود فضاهای باز وسیع در سطح منطقه در گروه مناطق با خطرپذیری نسبتاً پایین طبقه‌بندی شده است. [۱۰]

با توجه به اینکه کاربری غالب این محله، مسکونی است و در سالیان اخیر ساخت‌وساز بسیاری در آن انجام شده است و اینکه از آخرین مطالعات انجام شده بیش از یک دهه می‌گذرد، نیاز به انجام مطالعه مجدد و به روزرسانی اطلاعات وجود دارد. در این خصوص پژوهش حاضر در پی پاسخ به پرسش‌های زیر می‌باشد:

۱.تغییرات ایجاد شده در فرم جدید ارزیابی سریع بصری فما در سال ۲۰۱۵ چه هستند؟

۲.حدود تفاوت در امتیازات هر یک از عوامل نسخه جدید فرم ارزیابی بصری سریع نسبت به فرم پیشین چه میزان است؟

۳. وضعیت آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های مسکونی محلهٔ مورد مطالعه با توجه به رویکرد نسخهٔ جدید فرم ارزیابی سریع چگونه است؟

روش تحقیق

این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و روش انجام آن تطبیقی است. جامعهٔ مورد مطالعه نیز واحدهای مسکونی محلهٔ فردوس است که از بین آن‌ها تعداد ۸۱۶ واحد انتخاب شد که در مسیر ۱۴ خیابان این محله قرار دارند. در این پژوهش برای ارزیابی مقاومت سازه‌های مسکونی از تکنیک ارزیابی بصری سریع استفاده شد که از روش‌های ارزیابی کیفی است و به شیوهٔ امتیازبندی با هدف تشخیص و ارزیابی وضعیت ساختمان‌های قدیمی به کار می‌رود که به طور مناسب در برابر نیروی زلزله ایستادگی ندارند، ساختمان‌هایی که در زمین‌های ضعیف با خاک سست بنا شده‌اند و ساختمان‌هایی که ویژگی اجرایی آنها به گونه‌ای است که به طور مناسب در برابر زلزله واکنش ندارند. [۸]

برای انتخاب فرم ارزیابی مناسب برای تهران، نیاز به یافتن میزان شتاب ثقل در جهت افقی (g)[1] است که از حاصل‌ضرب شتاب مبنا و ضریب بازتاب به دست

[1] g= acceleration of gravity in horizontal direction

می‌آید. از این طریق می‌توان پاسخ شتاب طیفی (دورهٔ کوتاه یا ۰/۲ ثانیه) و همچنین پاسخ شتاب طیفی (دورهٔ طولانی یا ۱/۰ ثانیه) را به‌دست آورد. مطابق آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، تهران در پهنهٔ خطر نسبی بالای زلزله قرار دارد. نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل برای پهنه‌های با خطر لرزه‌ای بسیار بالا ۰/۳۵gاست. ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوهٔ پاسخ ساختمان به حرکت زمین باتوجه به نوع آن است. نوع خاک محدودهٔ مورد مطالعه طبق مطالعات جایکا از نوع متراکم یا نوع ۲ بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ است. مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰، میزان ضریب بازتاب خاک نوع ۲ در محدودهٔ با خطر زیاد و خیلی زیاد برای پاسخ شتاب طیفی دورهٔ کوتاه یا ۰/۲ ثانیه ۲/۵ و برای دورهٔ طولانی یا ۱ ثانیه ۱/۲۵است. [۱۱] عدد به دست آمده از حاصل‌ضرب نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل (۰/۳۵) در هر یک از اعداد مربوط به ضریب بازتاب‌ها برای دورهٔ کوتاه ۰/۸۷۵g و برای دورهٔ طولانی ۰/۴۳۷g است. با قرار دادن این اعداد در جدول ۱ از بین محدوده با خطر متوسط به بالا و محدودهٔ با خطر بالا، طبق نظر کارشناسان و همچنین اتخاذ رویکرد محافظه‌کارانه، محدودهٔ خطر لرزه‌ای بالا انتخاب و از چک‌لیست مربوط به خطر بالا استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق برای به‌دست‌آوردن امتیاز نهایی شامل نوع سازه (برای محاسبه امتیاز پایه که برای هر نوع سازه در فرم ارزیابی بصری سریع تعیین شده است)، وجود بی‌نظمی شدید و متوسط در ارتفاع، وجود بی‌نظمی در پلان ساختمان، سال مبنا، سال ساخت ساختمان و نوع خاک می‌باشند. تعیین نوع سازه با استفاده از مشاهده، پرسش از ساکنان و متخصصان سازه انجام شد. سال مبنا، مطابق قوانین سازمان پیشگیری و مدیریت بحران ۱۳۸۰ در نظر گرفته می‌شود. [۱۲] سازه‌های مهندسی که از این سال به بعد ساخته شده‌اند، با توجه به نوع اسکلت، امتیاز تعیین شده در فرم ارزیابی سریع را دریافت می‌نمایند و سازه‌هایی که قبل از اجرای آیین‌نامه ساختمان ساخته شده باشند، امتیاز منفی مربوط به سال ساخت ساختمان به آنها تعلق می‌گیرد.

امتیاز نهایی، مجموع امتیازات به دست آمده در هر مرحله می‌باشد که حد نصاب قابل قبول برای مقاومت سازه S>۲ بوده است. امتیاز کمتر از آن به این معناست که احتمالا سازه، پایداری لازم را در برابر زلزله نخواهد داشت. همچنین در صورت وجود هر نوع تردید در بی‌نظمی در ارتفاع یا پلان یا اشکال در هر یک از سایر مؤلفه‌ها، حتی در صورت کسب امتیاز نهایی قابل قبول، لازم است هر چه سریع‌تر با متخصصان امر مشورت شود و در صورت نیاز مقاوم سازی صورت بگیرد. [۸]

لازم به ذکر است برای تعیین نوع سازه در مواردی که امکان تعیین نوع آن وجود نداشت، امتیاز نهایی برای هر دو نوع سازه مورد تردید انجام شد. در نهایت نتایج به دست آمده از انواع سازه‌ها به تفصیل بحث و تحلیل شد.

جدول ۱: تعیین میزان خطر لرزه‌ای محدوده (مأخذ: دستورالعمل ۲۰۱۵ فما)

خطر لرزه‌ای محدوده	پاسخ شتاب طیفی Ss (دورهٔ کوتاه یا ۰/۲ ثانیه)	پاسخ شتاب طیفی S1 (دورهٔ طولانی یا ۱/۰ ثانیه)
پایین	کمتر از g ۰/۲۵۰	کمتر از g ۰/۱۰۰
متوسط	بیشتر یا مساوی g ۰/۲۵۰ و کمتر از g ۰/۵۰۰	بیشتر یا مساوی g ۰/۱۰۰ و کمتر از g ۰/۲۰۰
متوسط به بالا	بیشتر یا مساوی g ۰/۵۰۰ و کمتر از g ۰/۱۰۰۰	بیشتر یا مساوی g ۰/۲۰۰ و کمتر از g ۰/۴۰۰
بالا	بیشتر یا مساوی g ۰/۱۰۰۰ و کمتر از g ۱/۵۰۰	بیشتر یا مساوی g ۰/۴۰۰ و کمتر از g ۰/۶۰۰
خیلی بالا	بیشتر یا مساوی با g ۱/۵	بیشتر یا مساوی با g ۰/۶۰۰

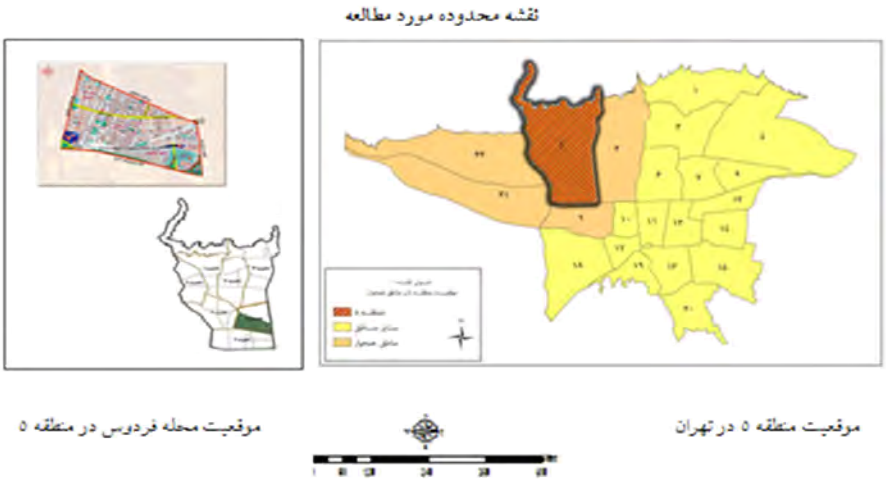
جدول ۲: مقایسه تغییرات فرم ارزیابی سریع دستورالعمل ۲۰۱۵ فما با نسخه‌های پیشین

دستورالعمل ۲۰۰۲ فما			دستورالعمل ۲۰۱۵ فما			حدود اختلاف عوامل در فرم دستورالعمل ۲۰۱۵ فما نسبت به نسخهٔ قبل		
نوع سازه	S2	S5	C1	نوع سازه	S2	S5	C1	S2	S5	C1
امتیاز پایه	۳	۲	۲/۵	امتیاز پایه	۲	۱/۷	۱/۵	۳۳/۳درصد	۱۵ درصد	۴۰ درصد
تعداد طبقات (بین ۴ تا ۷)	۰/۴	۰/۴	۰/۴	—	—	—	—	عامل تعداد طبقه در نسخه جدید حذف شده است.		
تعداد طبقات بیش از(۷)	۰/۸	۰/۸	۰/۶	—	—	—	—			
عدم تقارن در ارتفاع	−۱/۵	−۱	−۱/۵	عدم تقارن عمودی شدید	−۱	−۰/۸	−۰/۹	این عامل در فرم جدید به دو دسته شدید و متوسط تقسیم شده است و هر یک شامل مؤلفه‌های مختلفی می‌باشد.		
				عدم تقارن عمودی متوسط	−۰/۶	−۰/۵	−۰/۵			
عدم تقارن پلان	−۰/۵	−۰/۵	−۰/۵	عدم تقارن پلان	−۰/۷	−۰/۶	−۰/۶	۴۰ درصد	۲۰درصد	۲۰ درصد
سال ساخت (قبل اجرای آیین‌نامه)	−۰/۸	−۰/۲	−۱/۲	سال ساخت (قبل اجرای آیین‌نامه)	−۰/۶	−۰/۲	−۰/۴	۲۵ درصد	بدون تغییر	۶۶/۶ درصد
سال مبنا	۱/۴	N/A	۱/۴	سال مبنا	۱/۴	N/A	۱/۹	بدون تغییر	N/A	۳۵/۷ درصد
نوع خاکC	−۰/۴	−۰/۴	−۰/۴	نوع خاکA یا B	۰/۶	۰/۵	۰/۴	تعداد طبقات سازه در محدوده‌های دارای خاک نوع (E)، اهمیت دارد. و سازه‌های بنا شده بر زمین‌های خاک سست در دو دسته یک تا سه طبقه و بیش از سه طبقه تقسیم می‌شوند که هر یک امتیاز منفی خاص خود را دارند.		
نوع خاک D	−۰/۶	−۰/۴	−۰/۶	نوع خاک E بین (۱-۳ طبقه)	−۰/۴	−۰/۴	۰			
نوع خاک E	−۱/۲	−۰/۸	−۱/۲	نوع خاک E >۳ طبقه	−۰/۶	−۰/۴	−۰/۵			
—				امتیاز حداقل	۰/۵	۰/۵	۰/۳			

جدول ۳: نتایج ارزیابی سازه‌های مسکونی محلهٔ فردوس

نوع سازه	تعداد	عدم تقارن عمودی	عدم تقارن پلان								عدم تقارن عمودی و پلان نامتقارن
		بیرون زدگی از پلان[1]	عدم هماهنگی سطح سقف یا طبقات[2]	طبقه نرم: فضای پارکینگ	طبقه نرم: وجود بازشو	شکل	وجود سیستم غیرموازی[3]				
C1	۵۱۰		۲۲۸			۳	۳۵	۴۳	۲۲	—	۱۲
S5	۲۵۹		۵			۶	۱	۳۶	۸	—	۲
DNK	۴۷		۴				۱	—	۵	۱۲	۱	۲

[1] out-of-plan setback
[2] split-level
[3] non-parallel system



تصویر ۱: موقعیت منطقهٔ ۵ و محلهٔ فردوس

یافته‌ها

الف-ویژگی‌های محدودهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ ۵ با مساحت بیش از ۵۲۸۷ هکتار در محدودهٔ شمال‌غربی تهران قرار دارد که از شمال به دامنه‌های جنوبی البرز (تراز ۱۸۰۰ از مسیل فرحزاد تا ده حصارک و تراز ۱۶۰۰ از ده یاد شده تا مسیل کن) از جنوب به جادهٔ مخصوص تهران-کرج، از غرب به درهٔ مسیل کن و از شرق به درهٔ مسیل فرحزاد و بزرگراه‌های اشرفی اصفهانی و محمدعلی جناح محدود می‌گردد. از نظر لرزه‌خیزی در محدودهٔ با شدت تخریب نسبتاً بالاست. دو گسل حصارک و باغ فیض در داخل محدوده و گسل اصلی شمال تهران از منتهی‌الیه شمالی منطقه گذر می‌کند. [۱۳]

محلهٔ فردوس واقع در ناحیهٔ ۵ منطقهٔ ۵ شهرداری تهران، با مساحت ۳۱۷ هکتار و جمعیت ۶۸۲۰۰ نفر، از شمال به بزرگراه آیت الله کاشانی، از جنوب به آزاد راه تهران- کرج، از شرق به بزرگراه محمدعلی جناح و از غرب به بزرگراه شهید ستاری (نور) محدود می‌شود. [۱۴] میانگین ارتفاع محدوده از سطح دریا ۱۲۷۰ متر با شیب ملایم بین ۲ تا ۴ درصد و شیب عمدتاً شمال به جنوب است. [۱۵]

زمین‌های اطراف بلوار فردوس (درمحدودهٔ نزدیک به فلکه دوم آریاشهر) جزء اولین قسمت‌هایی بود که اواخر دههٔ ۵۰ آباد شد و عملکردهای محله‌ای در آنها استقرار یافته و نیز جزء اولین محورهایی است که در پهنهٔ غربی شناخته است. [۱۴] (تصویر ۱)

ب- بررسی تغییرات ایجاد شده در دستورالعمل ۲۰۱۵ فما

فرم‌های ارزیابی سریع پیشین، در سه دسته مربوط به منطقه لرزه‌ای با خطر کم، متوسط و بالا طبقه‌بندی می‌شدند. در دستورالعمل جدید، با توجه به رویکرد محتاطانه آن، مناطق به پنج دسته خطر کم، متوسط، متوسط به بالا، بالا و خیلی بالا طبقه‌بندی می‌شوند. در فرم‌های ارزیابی پیشین برای به دست آوردن امتیاز نهایی از عواملی نظیر امتیاز پایه، تعداد طبقات ساختمان، نبود تقارن عمودی، نبود تقارن در پلان سازه، نوع خاک و سال ساخت سازه استفاده می‌شد. در فرم شمارهٔ ۱ جدید فمای ۲۰۱۵ که مربوط به ارزیابی لرزه‌ای سازه است برای کسب امتیاز نهایی،

شاخص‌های مورد نیاز شامل امتیاز پایه، نبود تقارن عمودی شدید، نبود تقارن عمودی متوسط، نبود تقارن پلان، سال ساخت ساختمان، سال مبنا و نوع خاک می‌باشند. در این فرم، عامل حداقل امتیاز (S_{MIN}) نیز اضافه شده است. به این دلیل که ممکن است به دلیل تأثیر چند عامل بر هم، امتیاز نهایی سازه عدد منفی به دست آید که به معنای احتمال فروریزی سازه بیش از صددرصد است که این امر غیرممکن است. بنابراین در صورتی که امتیاز نهایی کمتر از میزان حداقل باشد، امتیاز حداقل مبنا می‌باشد. [۸]

اهم تغییرات ایجاد شده در دستورالعمل جدید و درصد تفاوت تغییرات هر یک از عوامل فرم جدید در مقایسه با دستورالعمل قبل در جدول ۲ آورده شده است. لازم به توضیح است که این تغییرات در ارتباط با سه نوع سازهٔ قاب خمشی بتنی (C1)، قاب فولادی با میان قاب غیر مسلح (S5) و قاب فولادی دارای مهاربند (S2) بررسی شدند که در محدودهٔ مورد مطالعه در این پژوهش وجود داشتند.

ج –ارزیابی سازه‌ای واحدهای مسکونی محله مورد مطالعه: حدود ۸۱۶ ساختمان مسکونی در محلهٔ فردوس ارزیابی شدند. ساختمان‌های مسکونی این محله عمدتاً ۲، ۳، ۴ و ۵ طبقه هستند. برای ارزیابی شرایط کالبدی از فرم ارزیابی سریع دستورالعمل ۲۰۱۵ فما استفاده شد. سازه‌های مسکونی موجود در مسیر ۱۴ خیابان محله ارزیابی شدند. اطلاعات مورد نیاز برای تعیین امتیاز نهایی شامل نوع سازه، تقارن پلان، وجود بی‌نظمی شدید و متوسط در ارتفاع، سال ساخت و نوع خاک می‌باشد. سازه‌های مسکونی این محله از سه نوع می‌باشند: الف) قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح که حدودا بیش از ۳۰ سال از عمر آن‌ها می‌گذرد؛ ب) قاب خمشی بتنی که در سالیان اخیر ساخته شده‌اند؛ ج) دسته‌ای از سازه‌ها که هر چند امکان تعیین نوع دقیق آن‌ها میسر نبود، اما به نظر می‌رسید می‌توانند از نوع قاب مهاربندی فولادی یا قاب خمشی بتنی باشند. نوع خاک محدوده طبق مطالعات جایکا از نوع متراکم است. [۱۰]

بر طبق راهنمای موجود در دستورالعمل آژانس مدیریت اضطرار فدرال در صورتی که امکان تعیین دقیق نوع سازه نباشد، لازم است محاسبه امتیاز برای هر دو نوع سازه مورد تردید انجام گیرد و تفاوت امتیازات به دست آمده تحلیل شود. (جدول ۳)

بحث

نتایج حاصل از پژوهش حاضر در دو دسته میزان تفاوت امتیازات اختصاص یافته به هر یک از عوامل فرم ارزیابی بصری سریع جدید و نسخه پیشین آن و همچنین نتایج ارزیابی حدود ۸۱۶ ساختمان مسکونی در محلهٔ فردوس قابل بحث می‌باشد.

الف) میزان تفاوت امتیازات عوامل فرم ارزیابی بصری سریع جدید نسبت به فرم پیشین

امتیاز پایهٔ اختصاص یافته به سازه نوع S2، ۳۳/۳ درصد، سازه نوع S5، ۱۵ درصد و C1، ۴۰ درصد کاهش یافته و عامل تعداد طبقات امتیاز ندارد. عامل نبود تقارن در ارتفاع به دو زیردستهٔ نبود تقارن عمودی شدید و نبود تقارن عمودی متوسط تفسیم شده است. امتیاز منفی عامل تقارن پلان، در سازه نوع S2، به میزان ۴۰ درصد بیشترین و S5 و C1،

به یک اندازه به میزان ۲۰ درصد افزایش داشته است. امتیاز منفی مربوط به سازه‌هایی که قبل از اجرای آیین‌نامه ساختمانی ساخته شده‌اند، در سازه‌های نوع S2، ۲۵ درصد کاهش، S5 بدون تغییر و C1، ۶۶/۶ درصد کاهش داشته است. امتیاز سال مبنا فقط در سازهٔ نوع C1، به میزان ۳۵/۷ درصد تغییر افزایشی داشته و در نوع دیگر بدون تغییر بوده است.

در نسخه جدید ارزیابی بصری سریع در صورتی که خاک محدوده از نوع سخت (D) یا متراکم (C) باشد، امتیازی به آن تعلق نمی‌گیرد. درحالیکه در نسخهٔ پیشین برای خاک سنگی سخت (A) و متوسط (B) امتیازی منظور نمی‌شد و امتیاز منفی مربوط به خاک سست (E) کاهش یافته است. ضمن اینکه تعداد طبقات در محدوده‌های دارای خاک نوع (E) اهمیت دارد به گونه‌ای که سازه‌های بنا شده بر زمین‌های خاک سست در دو دسته یک تا سه طبقه و بیش از سه طبقه تقسیم می‌شوند که هریک امتیاز منفی خاص خود را دارند. عامل امتیاز حداقل در فرم‌های قبلی نبود. این امتیاز زمانی لحاظ می‌گردد که امتیاز نهایی به دست آمده مربوط به سازه مورد ارزیابی کمتر از امتیاز حداقل یا منفی باشد که در این صورت عدد مربوط به امتیاز حداقل ملاک است.

ب- نتایج ارزیابی سازه‌های مسکونی محدودهٔ مورد مطالعه

ب-۱.ساختمان‌های قاب خمشی بتنی (C1):

حدود ۶۲/۵ درصد از سازه‌های مورد بررسی از این نوع می‌باشند. از بین آن‌ها ۴۴/۷ درصد دارای عدم تقارن در ارتفاع به شکل خروج از پلان می‌باشند. این نوع عدم تقارن زمانی است که سیستم مقاومت نیروی لرزه‌ای در یک طبقه به طور عمودی هم‌راستا با سیستم مقاومت نیروی لرزه‌ای طبقات بالاتر نیست و بر مبنای دیوارهای بیرونی تشخیص داده می‌شود. اگر چه دیوارهای خارجی ساختمان ممکن است به طور صحیح نشانگر قرارگیری عناصر نیروی مقاوم لرزه‌ای نباشد، اما اگر در بود و نبود تقارن تردید هست، باید فرض را بر بودن آن گذاشت که از نوع نبود تقارن شدید در نظر گرفته می‌شود.

حدود ۰/۵۸ درصد از سازه‌های بتنی نامتقارن در ارتفاع به شکل عدم تراز قسمت‌های فوقانی می‌باشند. این شرایط زمانی است که طبقه یا سقف در یک قسمت از ساختمان هماهنگ با طبقه یا ساختمان در قسمت دیگر نیست. این عدم تقارن از نوع متوسط است. حدود ۶/۸ درصد ساختمان‌ها طبقه نرم در فضای پارکینگ دارند. در این بی نظمی، استحکام یک طبقه کمتر از طبقات فوقانی به دلیل وجود دیوار کمتر یا ستون کمتر است. در صورت وجود تردید هر یک از شرایط، بهتر است رویکرد محافظه‌کارانه داشت و فرض را بر وجود آن گذاشت. لازم به ذکر است تعداد مذکور در جدول ۲ مربوط به ساختمان‌هایی بود که فضای پارکینگ از بیرون ساختمان قابل مشاهده بود. به نظر می‌رسید بسیاری از سازه‌ها، طبقه نرم در فضای پارکینگ دارند که از بیرون قابل مشاهده نیست. این نوع بی نظمی، از نوع عدم تقارن در ارتفاع شدید است.

حدود ۸/۴ درصد از ساختمان‌های بتنی مورد مطالعه، کاربری مختلط دارند به‌طوری‌که در طبقه زیرین کاربری تجاری و چند طبقه مسکونی بالای آن است. این امر موجب می‌شود، یکی از طبقات، دیوار یا

ستون کمتری از طبقات بالاتر داشته باشد. در این شرایط به علت وجود بازشوهای بیشتر در یک سمت از ساختمان، عدم تقارن عمودی از نوع شدید ایجاد شده است. حدود ۴/۳ درصد ساختمان‌ها عدم تقارن پلان ناشی از نوع شکل سازه دارند و ۲/۳ درصد از سازه‌های بتنی مورد مطالعه هر دو عدم تقارن عمودی و عدم تقارن پلان را دارند.

سازه‌های قاب خمشی بتنی بدون عدم تقارن، با تقارن عمودی شدید، تقارن عمودی متوسط و عدم تقارن امتیاز بالای ۲/۵ کسب می‌کنند. آن دسته از سازه‌های بتنی که هر دو عدم تقارن پلان و عدم تقارن عمودی را دارند و ۲/۳ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند با کسب امتیاز ۱/۹ آسیب‌پذیر خواهند بود.

ب-۲.سازه‌های قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح (S5): این سازه‌ها که از سازه‌های قدیمی محله محسوب می‌شوند و بیش از ۳۰ سال از عمر آن‌ها می‌گذرد حدود ۳۱/۷ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. از این بین، ۱/۹ درصد دارای عدم تقارن شدید به صورت خروج از پلان، ۲/۳۱ درصد عدم تقارن متوسط به صورت عدم تراز سطح طبقه می‌باشند. یک سازه دارای طبقه نرم به دلیل وجود پارکینگ و۱۳/۸درصد وجود بازشو در طبقه زیرین در کاربری‌های مختلط تجاری و مسکونی می‌باشند. حدود ۳/۰۸ درصد دارای عدم تقارن پلان می‌باشند. همچنین ۲ سازه دارای هر دو نوع عدم تقارن پلان و عدم تقارن عمودی می‌باشند.

سازه‌های قاب فولادی با میان قاب غیر مسلح امتیازات۱/۵، ۰/۷، ۱ و ۰/۹ را کسب کردند که همگی کمتر از ۲ می‌باشند. لازم به ذکر است آن دسته از این نوع سازه‌ها که دارای هر دو عدم تقارن پلان و عمودی هستند و ۲ مورد از آن‌ها در محله وجود دارد، امتیاز ۰/۱ را کسب می‌کند که کمتر از امتیاز حداقل می‌باشد. در نتیجه امتیاز ۰/۵ برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. این نوع سازه در همه خیابان‌های محله وجود دارند، اما پراکندگی آن‌ها در محدودهٔ خیابان‌های باقری، بلوار فردوس، رامین جنوبی و شمالی، وفاآذر شمالی و جنوبی، تقدیری، اعتمادیان، ظرافتی و عقیل بیشتر می‌باشد.

ب-۳.سازه‌های نا مشخص (DNK): این نوع سازه‌ها که ۵/۷ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند، اغلب در سالیان اخیر ساخته شده اند. تشخیص دقیق نوع سازه از بیرون ساختمان امکان پذیر نبود، اما به نظر می‌رسید می‌توانند از نوع فلزی با مهاربند فولادی (S2) یا بتنی (C1) باشند. لذا محاسبه امتیاز برای هر دو نوع سازه انجام گرفت. ۸/۵ درصد آن‌ها عدم تقارن شدید به صورت خروج از پلان دارند و یک مورد عدم تقارن متوسط به صورت عدم تراز در طبقه می‌باشند. ۱۰/۶ درصد آنها به دلیل وجود کاربری تجاری در طبقه زیرین طبقه نرم به صورت بازشو دارند. ۲۵/۵درصد با پلان نامتقارن به دلیل شکل سازه و یک مورد به دلیل وجود سیستم ناموازی هستند. عدم تقارن پلان به صورت سیستم ناموازی اشاره به وضعیتی دارد که دیوارهای دو سطح مجاور ساختمان در گوشه خیابان زاویه ۹۰ درجه ندارند و پلان حالتی شبیه سه گوش دارد و موجب آسیب‌پذیری ساختمان در زلزله و افزایش پتانسیل تخریب می شود. دو

ساختمان نیز هر دو عدم تقارن عمودی و پلان را دارند. در این نوع سازه‌ها، امتیاز نهایی برای هر دو نوع بتنی نوع یک و فلزی نوع دو محاسبه شد و در هر صورت امتیاز بیش از ۲/۵ کسب کردند به جز آن دسته از سازه‌هایی که هر دو نوع عدم تقارن پلان و عمودی داشتند و ۲ مورد که در محدودهٔ مورد مطالعه بود که اگر از نوع فلزی با مهاربند باشند امتیاز ۲/۶ و در صورتی که از نوع قاب خمشی بتنی باشند امتیاز ۱/۹ کسب می‌کنند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه که با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌های مسکونی محلهٔ فردوس با استفاده از دستورالعمل ۲۰۱۵ فما صورت گرفت، سعی بر آن بود که ضمن معرفی و بحث پیرامون نکات جدید و مهم در فرم جدید شمارهٔ یک دستورالعمل فما به ارزیابی کلی سازه‌ها پرداخته شود و مواردی مشخص شوند که ممکن است در زمان زلزله موجب آسیب‌پذیری سازه‌ها شود.

اهم نتایج این پژوهش شامل موارد زیر است:

۱.در فرم جدید ارزیابی سریع بصری ۲۰۱۵ فما تقسیم‌بندی محدودهٔ لرزه‌ای در پنج دسته خطر کم، متوسط، متوسط به بالا، بالا و خیلی بالا صورت گرفته که طبق این پژوهش، تهران در محدودهٔ خطر بالاست. همچنین در این فرم، برای ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌ها از شاخص‌هایی نظیر امتیاز پایه، نبود تقارن شدید و متوسط در ارتفاع، نبود تقارن پلان، سال ساخت ساختمان و نوع خاک استفاده شد. این نوع تغییرات در تقسیم‌بندی مناطق، مؤلفه‌ها و امتیازات هریک از آن ها و توجه بیشتر به جزییات، بیانگر درپیش‌گرفتن رویکرد محتاطانه و محافظه‌کارانه‌تر در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌هاست.

۲. در بین سازه‌های مسکونی محله مورد مطالعه، انواع قدیمی با بیش از ۳۰ سال عمر از نوع قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح هستند که همگی در برابر زلزله آسیب‌پذیرند.

۳. ساخت سازه‌های بتنی بیش از انواع دیگر سازه‌ها در این محله رایج است. بر اساس مشاهدات در پیمایش میدانی، بسیاری از سازه‌های در حال ساخت نیز از نوع بتنی بودند. ۱۲سازه بتنی با کسب امتیاز کمتر از ۲ می‌تواند متحمل خسارت بیشتری در زمان وقوع زلزله شوند. لازم به ذکر است، هرچند اکثریت آن‌ها امتیاز بیش از ۲/۵ را کسب کردند، اما به دلیل نبود شناسنامهٔ فنّی ساختمانی در ایران، لزوم بازنگری و ارزیابی آن دسته از سازه‌های فاقد تقارن عمودی و پلان توسط متخصصان سازه اکیداً توصیه می‌شود.

۴. برای برنامه‌ریزی مناسب برای آمادگی و مقابله با بحران زلزله، وجود نقشه‌های پایهٔ دقیق برای تهیه نقشه‌های خطر توسط مهندسان مشاور معماری و شهرسازی در زمان تهیهٔ طرح‌های توسعهٔ شهری، بسیار ضروری است، زیرا نقشه‌های پایه موجود به لحاظ مشخص‌کردن تعداد واقعی پارسل‌ها در هر بلوک شهری از دقت لازم برخوردار نیستند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از جناب آقای دکتر نعمت حسنی، ریاست محترم مرکز مطالعات بحران‌های طبیعی برای راهنمایی‌های ارزندهٔ ایشان ابراز می‌دارند.

References

1. Senouci, A, Bard, P, Farsi, M, et all. Robustness and uncertainties of seismic damage estimates at urban scale: a methodological comparison on the example of the city of Oran (Algeria). Bultain of earthquake engineering. 2013; 11: 1191-1215.
2. Amini Hosseini, K, Hosseini, M, Jaffari, M.K and Hosseinioon, S. Recognition of vulnerable urban fabric in earthquake zones: A case study of the Tehran metropolitan area. JSEE. 2009; 10: 175-187.
3. Paribadi, K.S, Kusumastuti, D, Rildova. Learning from recent Indonesian earthquakes: An overview to improve structural performance. The fourth world conference on earthquake engineering. Beijing, China. 2008.
4. Sendai framework for disaster risk reduction (2015-2030). A/ conf.224/crp.1. 2015.
5. Saremi, H, Ebrahimpour M, Saeedi, M. Analysis of reduction process of urban open space in process of cities development with emphasis on crisis management in Tehran metro police. Journal of sustainable development, published by Canadian center of science and education. 2012; 5: 130-140.
6. Hosseini M, Amini Hosseini K. Recent development in earthquake risk management plans and program in Tehran. The 14th world conference on earthquake engineering. Beijing, China. 2008.
7. Habib F. The role of urban form in earthquake vulnerability reduction. First edition. Tehran: Science and research branch Islamic Azad university.2011.[In Persian]
8. ATC(P-154). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook. Third edition. Prepared by the applied technology council for the Federal Emergency Management Agency. FEMA P 154. Washington, DC. 2015.
9. Kheradmand M. & Others. Physical seismic vulnerability assessment of neighborhood emphasizing on critical land uses. International Journal of Structural Integrity.2018 http://doi.org/10.1108/IJSI-03-2018-0019
10. JICA & CEST. The study on seismic micro zoning of the greater Tehran area in the Islamic republic of Iran, Tehran manicipulity.2000.
11. Seismic building design regulation. Research center of network, housing and urban development. . Fourth edition. Z253. 2014 [In Persian]
12. Hosseini M. Disaster management. Tehran: Nashrshar press. Online available at; http://tdmmo.teran.ir/ 2008.[in Persian]
13. ATC (154). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook, 2nd ed. Prepared by the applied technology council for the Federal Emergency Management Agency. FEMA 154. Washington, DC, 2002.
14. Sharmand consultant engineers. Development paradigm of fifth Region of Tehran. The center for studies and planning of Tehran. 2004 [In Persian]
15. The development strategy document of Neighborhood. 5th Region of Tehran Municipality.2009 [In Persian]

ارزیابی لرزه‌ای سازه‌های مسکونی با استفاده از دستورالعمل ۲۰۱۵ فما[1] و بررسی تغییرات آن نسبت به دستورالعمل ۲۰۰۲

(مطالعهٔ موردی: بلوار فردوس تهران)

مهناز خردمند[1]، محمود جمعه‌پور[2]

نویسندهٔ مسئول: کارشناس ارشد شهرسازی، دانشکدهٔ علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

Email:Kheradmand.Mahnaz@yahoo.com

۲. استاد گروه برنامه‌ریزی اجتماعی، دانشکدهٔ علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

دریافت: ۹۷/۹/۲۲ پذیرش:۹۷/۱۱/۲۹

چکیده

مقدمه: تخریب ساختمان‌های مسکونی در زمان زلزله می‌تواند موجب تلفات و صدمات جانی بالا شود. از این‌رو، ارزیابی لرزه‌ای آنها قبل از وقوع زلزله حائز اهمیت است. سازمان مدیریت اضطرار فدرال[2] (فما) در جدیدترین دستورالعمل خود با رویکردی محافظه‌کارانه شیوه‌ای ارائه کرده که می‌توان در کمترین زمان، برآورد کلی از وضعیت سازه‌ها به دست آورد.

روش: در این مطالعهٔ کاربردی، ضمن بررسی تغییرات ایجاد شده در فرم ارزیابی جدید فما و مقایسهٔ آن با نسخهٔ پیشین به ارزیابی سازه‌های مسکونی محلهٔ فردوس واقع در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران پرداخته شد.

یافته‌ها: در دستورالعمل جدید فما، چک‌لیست‌های محدودهٔ خطر زلزله به پنج دسته تقسیم می‌شوند. برای ارزیابی سازه، از عواملی نظیر نوع ساختمان، نبود تقارن در ارتفاع شدید و متوسط، نبود تقارن پلان، سال ساخت و نوع خاک استفاده می‌شود. تعداد ۸۱۶ سازه انتخاب شد که ۵۵۷ سازه ساخته شده در سالیان اخیر امتیاز قابل قبول کسب کردند و تعداد اندکی امتیاز زیر حد نصاب به دست آوردند. ۲۵۹ سازه قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح نیز همگی امتیاز زیر حد نصاب را کسب کردند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش، احتمال آسیب‌پذیری تعداد زیادی از سازه‌ها در زمان زلزله وجود دارد که پراکندگی آنها در برخی نقاط محله بیشتر است. همچنین لزوم بازسازی یا مقاوم‌سازی سازه‌های با خطر بالا و مشورت با متخصصان سازه برای اطمینان از اجرای صحیح و مقاومت سازه‌های با امتیاز قابل قبول نیز وجود دارد.

کلمات کلیدی: سازه‌های مسکونی، زلزله، آسیب‌پذیری، ارزیابی بصری سریع، دستورالعمل ۲۰۱۵ فما ، شهر تهران

[1] FEMA P-154(2015)
[2] Federal Emergency Management Agency (FEMA)

مقدمه

بسیاری از مناطق شهری در معرض خطر زلزله هستند و در دهه‌های اخیر، تلفات و صدمات جانی بسیاری ناشی از تخریب کالبدی ساختمان‌ها متعاقب زلزله‌های متوسط و شدید بوده است. [۱]

به همین دلیل آسیب‌پذیری ساختمان‌ها یکی از پارامترهای مهم ارزشیابی پتانسیل خسارت زلزله در بافت‌های شهری است. [۲]

تجربه زلزله‌های پیشین نشان داده است که بیشتر تلفات و خسارات زلزله ناشی از صدمه به هر دو ساختمان‌های مهندسی و غیر مهندسی است. بنابراین ارزشیابی و بررسی ساختمان‌های موجود قبل از وقوع زلزله حائز اهمیت است. [۳]

اهمیت توجه به اقدامات کاهش خطر به حدی است که در کنفرانس جهانی کاهش بلایا در سندای [1]ژاپن در سال ۲۰۱۵، چارچوبی برای سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ فراهم آمد. هدف از چارچوب سندای ایجاد تاب آوری در سطح ملّی و محلی برای کاهش خطر مبتنی بر درک همه جانبه خطر بلایا با تأکید بر ارتقای یک رویکرد استراتژیک و نظام‌مند برای کاهش آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات است. [۴]

ایران در مکانی پرخطر به لحاظ زمین‌شناختی و جغرافیایی قرار گرفته است. [۵]

تهران در ناحیه‌ای لرزه‌خیز در قسمتی از کمربند آلپ–هیمالیا است که با چند گسل فعال احاطه و در طول تاریخ زلزله‌های مخربی تجربه کرده است. [۶]

پژوهش‌های متعدد، احتمال رویداد زمین لرزه‌ای با بزرگای بالای ۷ ریشتر را همواره تأکید کرده‌اند. این عوامل و عواملی نظیر ساخت‌وساز در نواحی پرخطر، بی‌توجهی به توزیع متناسب ساختمان‌ها و وجود ناهمگونی در ساختار شهر در افزایش مرگ و میر ناشی از بلایا موثرند. این مسأله نشانگر آن است که این شهر نیازمند برنامه‌هایی در زمینه افزایش امنیت شهر به لحاظ خطر زلزله است. [۷]

یکی از شیوه‌های موجود برای ارزیابی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استفاده از فرم ارزیابی بصری سریع آژانس مدیریت اضطرار فدرال (RVS[2]) است. این شیوه که در سال ۱۹۹۸ با عنوان دستورالعمل فما ۱۵۴ عرضه شد، امکان ارزشیابی تعداد زیادی از ساختمان‌ها را با سرعت و کمترین هزینه از خارج ساختمان فراهم کرد. سال ۲۰۰۲، دستورالعمل فما ۱۵۴ به عنوان ویرایش دوم به‌روزرسانی شد. در سومین ویرایش در ۲۰۱۵ همچون نسخه‌های پیشین بر شناسایی، دسته‌بندی و غربال‌گری ساختمان‌های در معرض مخاطره تأکید شده است. اگر چه برخی بخش‌های آن بدون تغییر نسبت به قبل باقی ماند، اما چندین تغییر اصلی در آن به وجود آمد و برای ارزشیابی سازه‌ها رویکرد محافظه‌کارانه و سختگیرانه‌تری را در پیش گرفت.

به طور کلی با استفاده از روش ارزیابی بصری سریع می‌توان ساختمان‌های غربالگری شده را در دو دسته طبقه‌بندی کرد: ۱) آن ساختمان‌هایی که انتظار می‌رود اجرای لرزه‌ای قابل قبول داشته باشند؛ ۲) آن دسته ساختمان‌هایی که ممکن است به لحاظ لرزه‌ای مخاطره‌آمیز باشند و باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند.

[1] Sendai

[2] Rapid Visual Screening

برای ساختمان‌ها، امتیاز ۲ به عنوان امتیاز نهایی و قابل قبول پیشنهاد می‌شود که امتیاز بالاتر یعنی احتمال فروریزی سازه کمتر است. سازه‌های با امتیاز نهایی کمتر از این میزان، باید توسط متخصصان طراحی لرزه‌ای بررسی شوند. [۸]

با استفاده از فرم ارزیابی سریع بصری جدید فما، می‌توان سازه‌های موجود را به سرعت و سهولت ارزیابی و به صورت کلی نقاط آسیب‌پذیر آن‌ها را با دقت و حساسیت بیشتری نسبت به نسخه قبل شناسایی کرد.

در قسمتی از مطالعه‌ای که توسط خردمند و همکاران (۲۰۱۸)، برای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای کالبدی محله انجام شد، با استفاده از این فرم به ارزیابی سازه‌ای کاربری‌های حساس محله پرداخته شد. [۹] با اینحال با توجه به کاربردی بودن این فرم، پژوهش حاضر با رویکردی متفاوت، ضمن بررسی و شرح تغییرات ایجاد شده در فرم ارزیابی بصری جدید فما در مقایسه با فرم پیشین، به ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌های مسکونی محلهٔ فردوس واقع در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران با استفاده از فرم جدید مذکور می‌پردازد.

منطقهٔ ۵ شهرداری تهران بر اساس مطالعات انجام شده توسط کارشناسان ایرانی و ژاپنی «جایکا» به دلیل کیفیت ساخت‌وسازها، برخورداری از شبکهٔ حرکتی مناسب و وجود فضاهای باز وسیع در سطح منطقه در گروه مناطق با خطرپذیری نسبتاً پایین طبقه‌بندی شده است. [۱۰]

با توجه به اینکه کاربری غالب این محله، مسکونی است و در سالیان اخیر ساخت‌وساز بسیاری در آن انجام شده است و اینکه از آخرین مطالعات انجام شده بیش از یک دهه می‌گذرد، نیاز به انجام مطالعه مجدد و به روزرسانی اطلاعات وجود دارد. در این خصوص پژوهش حاضر در پی پاسخ به پرسش‌های زیر می‌باشد:

۱.تغییرات ایجاد شده در فرم جدید ارزیابی سریع بصری فما در سال ۲۰۱۵ چه هستند؟

۲.حدود تفاوت در امتیازات هر یک از عوامل نسخه جدید فرم ارزیابی بصری سریع نسبت به فرم پیشین چه میزان است؟

۳. وضعیت آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های مسکونی محلهٔ مورد مطالعه با توجه به رویکرد نسخهٔ جدید فرم ارزیابی سریع چگونه است؟

روش تحقیق

این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و روش انجام آن تطبیقی است. جامعهٔ مورد مطالعه نیز واحدهای مسکونی محلهٔ فردوس است که از بین آن‌ها تعداد ۸۱۶ واحد انتخاب شد که در مسیر ۱۴ خیابان این محله قرار دارند. در این پژوهش برای ارزیابی مقاومت سازه‌های مسکونی از تکنیک ارزیابی بصری سریع استفاده شد که از روش‌های ارزیابی کیفی است و به شیوهٔ امتیازبندی با هدف تشخیص و ارزیابی وضعیت ساختمان‌های قدیمی به کار می‌رود که به طور مناسب در برابر نیروی زلزله ایستادگی ندارند، ساختمان‌هایی که در زمین‌های ضعیف با خاک سست بنا شده‌اند و ساختمان‌هایی که ویژگی اجرایی آنها به گونه‌ای است که به طور مناسب در برابر زلزله واکنش ندارند. [۸]

برای انتخاب فرم ارزیابی مناسب برای تهران، نیاز به یافتن میزان شتاب ثقل در جهت افقی (g)[1] است که از حاصل‌ضرب شتاب مبنا و ضریب بازتاب به دست

[1] g= acceleration of gravity in horizontal direction

می‌آید. از این طریق می‌توان پاسخ شتاب طیفی (دورهٔ کوتاه یا ۰/۲ ثانیه) و همچنین پاسخ شتاب طیفی (دورهٔ طولانی یا ۱/۰ ثانیه) را به‌دست آورد. مطابق آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، تهران در پهنهٔ خطر نسبی بالای زلزله قرار دارد. نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل برای پهنه‌های با خطر لرزه‌ای بسیار بالا ۰/۳۵gاست. ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوهٔ پاسخ ساختمان به حرکت زمین باتوجه به نوع آن است. نوع خاک محدودهٔ مورد مطالعه طبق مطالعات جایکا از نوع متراکم یا نوع ۲ بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ است. مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰، میزان ضریب بازتاب خاک نوع ۲ در محدودهٔ با خطر زیاد و خیلی زیاد برای پاسخ شتاب طیفی دورهٔ کوتاه یا ۰/۲ ثانیه ۲/۵ و برای دورهٔ طولانی یا ۱ ثانیه ۱/۲۵است. [۱۱] عدد به دست آمده از حاصل‌ضرب نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل (۰/۳۵) در هر یک از اعداد مربوط به ضریب بازتاب‌ها برای دورهٔ کوتاه ۰/۸۷۵g و برای دورهٔ طولانی ۰/۴۳۷g است. با قرار دادن این اعداد در جدول ۱ از بین محدوده با خطر متوسط به بالا و محدودهٔ با خطر بالا، طبق نظر کارشناسان و همچنین اتخاذ رویکرد محافظه‌کارانه، محدودهٔ خطر لرزه‌ای بالا انتخاب و از چک‌لیست مربوط به خطر بالا استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق برای به‌دست‌آوردن امتیاز نهایی شامل نوع سازه (برای محاسبه امتیاز پایه که برای هر نوع سازه در فرم ارزیابی بصری سریع تعیین شده است)، وجود بی‌نظمی شدید و متوسط در ارتفاع، وجود بی‌نظمی در پلان ساختمان، سال مبنا، سال ساخت ساختمان و نوع خاک می‌باشند. تعیین نوع سازه با استفاده از مشاهده، پرسش از ساکنان و متخصصان سازه انجام شد. سال مبنا، مطابق قوانین سازمان پیشگیری و مدیریت بحران ۱۳۸۰ در نظر گرفته می‌شود. [۱۲] سازه‌های مهندسی که از این سال به بعد ساخته شده‌اند، با توجه به نوع اسکلت، امتیاز تعیین شده در فرم ارزیابی سریع را دریافت می‌نمایند و سازه‌هایی که قبل از اجرای آیین‌نامه ساختمان ساخته شده باشند، امتیاز منفی مربوط به سال ساخت ساختمان به آنها تعلق می‌گیرد.

امتیاز نهایی، مجموع امتیازات به دست آمده در هر مرحله می‌باشد که حد نصاب قابل قبول برای مقاومت سازه S>۲ بوده است. امتیاز کمتر از آن به این معناست که احتمالا سازه، پایداری لازم را در برابر زلزله نخواهد داشت. همچنین در صورت وجود هر نوع تردید در بی‌نظمی در ارتفاع یا پلان یا اشکال در هر یک از سایر مؤلفه‌ها، حتی در صورت کسب امتیاز نهایی قابل قبول، لازم است هر چه سریع‌تر با متخصصان امر مشورت شود و در صورت نیاز مقاوم سازی صورت بگیرد. [۸]

لازم به ذکر است برای تعیین نوع سازه در مواردی که امکان تعیین نوع آن وجود نداشت، امتیاز نهایی برای هر دو نوع سازه مورد تردید انجام شد. در نهایت نتایج به دست آمده از انواع سازه‌ها به تفصیل بحث و تحلیل شد.

جدول ۱: تعیین میزان خطر لرزه‌ای محدوده (مأخذ: دستورالعمل ۲۰۱۵ فما)

خطر لرزه‌ای محدوده	پاسخ شتاب طیفی Ss (دورهٔ کوتاه یا ۰/۲ ثانیه)	پاسخ شتاب طیفی S1 (دورهٔ طولانی یا ۱/۰ ثانیه)
پایین	کمتر از g ۰/۲۵۰	کمتر از g ۰/۱۰۰
متوسط	بیشتر یا مساوی g ۰/۲۵۰ و کمتر از g ۰/۵۰۰	بیشتر یا مساوی g ۰/۱۰۰ و کمتر از g ۰/۲۰۰
متوسط به بالا	بیشتر یا مساوی g ۰/۵۰۰ و کمتر از g ۰/۱۰۰۰	بیشتر یا مساوی g ۰/۲۰۰ و کمتر از g ۰/۴۰۰
بالا	بیشتر یا مساوی g ۰/۱۰۰۰ و کمتر از g ۱/۵۰۰	بیشتر یا مساوی g ۰/۴۰۰ و کمتر از g ۰/۶۰۰
خیلی بالا	بیشتر یا مساوی با g ۱/۵	بیشتر یا مساوی با g ۰/۶۰۰

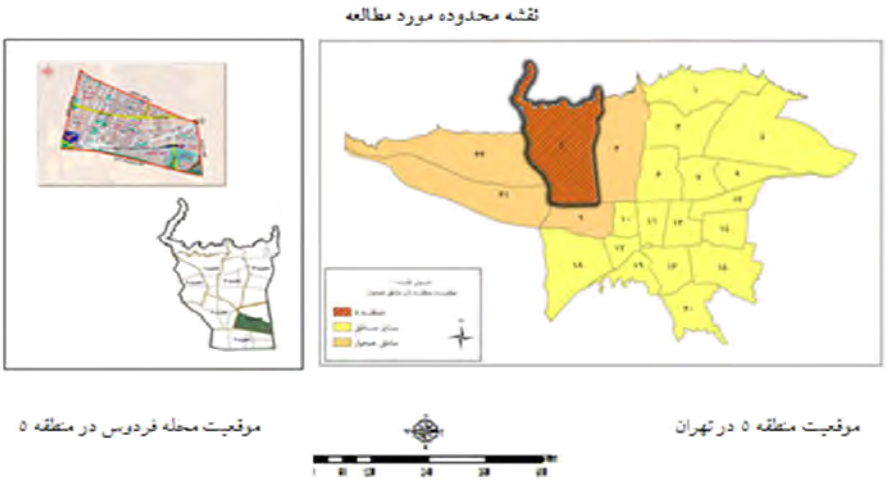
جدول ۲: مقایسه تغییرات فرم ارزیابی سریع دستورالعمل ۲۰۱۵ فما با نسخه‌های پیشین

دستورالعمل ۲۰۰۲ فما			دستورالعمل ۲۰۱۵ فما			حدود اختلاف عوامل در فرم دستورالعمل ۲۰۱۵ فما نسبت به نسخهٔ قبل		
نوع سازه	S2	S5	C1	نوع سازه	S2	S5	C1	S2	S5	C1
امتیاز پایه	۳	۲	۲/۵	امتیاز پایه	۲	۱/۷	۱/۵	۳۳/۳درصد	۱۵ درصد	۴۰ درصد
تعداد طبقات (بین ۴ تا ۷)	۰/۴	۰/۴	۰/۴	—	—	—	—	عامل تعداد طبقه در نسخه جدید حذف شده است.		
تعداد طبقات بیش از(۷)	۰/۸	۰/۸	۰/۶	—	—	—	—			
عدم تقارن در ارتفاع	−۱/۵	−۱	−۱/۵	عدم تقارن عمودی شدید	−۱	−۰/۸	−۰/۹	این عامل در فرم جدید به دو دسته شدید و متوسط تقسیم شده است و هر یک شامل مؤلفه‌های مختلفی می‌باشد.		
				عدم تقارن عمودی متوسط	−۰/۶	−۰/۵	−۰/۵			
عدم تقارن پلان	−۰/۵	−۰/۵	−۰/۵	عدم تقارن پلان	−۰/۷	−۰/۶	−۰/۶	۴۰ درصد	۲۰درصد	۲۰ درصد
سال ساخت (قبل اجرای آیین‌نامه)	−۰/۸	−۰/۲	−۱/۲	سال ساخت (قبل اجرای آیین‌نامه)	−۰/۶	−۰/۲	−۰/۴	۲۵ درصد	بدون تغییر	۶۶/۶ درصد
سال مبنا	۱/۴	N/A	۱/۴	سال مبنا	۱/۴	N/A	۱/۹	بدون تغییر	N/A	۳۵/۷ درصد
نوع خاکC	−۰/۴	−۰/۴	−۰/۴	نوع خاکA یا B	۰/۶	۰/۵	۰/۴	تعداد طبقات سازه در محدوده‌های دارای خاک نوع (E)، اهمیت دارد. و سازه‌های بنا شده بر زمین‌های خاک سست در دو دسته یک تا سه طبقه و بیش از سه طبقه تقسیم می‌شوند که هر یک امتیاز منفی خاص خود را دارند.		
نوع خاک D	−۰/۶	−۰/۴	−۰/۶	نوع خاک E بین (۱-۳ طبقه)	−۰/۴	−۰/۴	۰			
نوع خاک E	−۱/۲	−۰/۸	−۱/۲	نوع خاک E >۳ طبقه	−۰/۶	−۰/۴	−۰/۵			
—				امتیاز حداقل	۰/۵	۰/۵	۰/۳			

جدول ۳: نتایج ارزیابی سازه‌های مسکونی محلهٔ فردوس

نوع سازه	تعداد	عدم تقارن عمودی	عدم تقارن پلان								عدم تقارن عمودی و پلان نامتقارن
		بیرون زدگی از پلان[1]	عدم هماهنگی سطح سقف یا طبقات[2]	طبقه نرم: فضای پارکینگ	طبقه نرم: وجود بازشو	شکل	وجود سیستم غیرموازی[3]				
C1	۵۱۰		۲۲۸			۳	۳۵	۴۳	۲۲	—	۱۲
S5	۲۵۹		۵			۶	۱	۳۶	۸	—	۲
DNK	۴۷		۴				۱	—	۵	۱۲	۱	۲

[1] out-of-plan setback
[2] split-level
[3] non-parallel system



تصویر ۱: موقعیت منطقهٔ ۵ و محلهٔ فردوس

یافته‌ها

الف-ویژگی‌های محدودهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ ۵ با مساحت بیش از ۵۲۸۷ هکتار در محدودهٔ شمال‌غربی تهران قرار دارد که از شمال به دامنه‌های جنوبی البرز (تراز ۱۸۰۰ از مسیل فرحزاد تا ده حصارک و تراز ۱۶۰۰ از ده یاد شده تا مسیل کن) از جنوب به جادهٔ مخصوص تهران-کرج، از غرب به درهٔ مسیل کن و از شرق به درهٔ مسیل فرحزاد و بزرگراه‌های اشرفی اصفهانی و محمدعلی جناح محدود می‌گردد. از نظر لرزه‌خیزی در محدودهٔ با شدت تخریب نسبتاً بالاست. دو گسل حصارک و باغ فیض در داخل محدوده و گسل اصلی شمال تهران از منتهی‌الیه شمالی منطقه گذر می‌کند. [۱۳]

محلهٔ فردوس واقع در ناحیهٔ ۵ منطقهٔ ۵ شهرداری تهران، با مساحت ۳۱۷ هکتار و جمعیت ۶۸۲۰۰ نفر، از شمال به بزرگراه آیت الله کاشانی، از جنوب به آزاد راه تهران- کرج، از شرق به بزرگراه محمدعلی جناح و از غرب به بزرگراه شهید ستاری (نور) محدود می‌شود. [۱۴] میانگین ارتفاع محدوده از سطح دریا ۱۲۷۰ متر با شیب ملایم بین ۲ تا ۴ درصد و شیب عمدتاً شمال به جنوب است. [۱۵]

زمین‌های اطراف بلوار فردوس (درمحدودهٔ نزدیک به فلکه دوم آریاشهر) جزء اولین قسمت‌هایی بود که اواخر دههٔ ۵۰ آباد شد و عملکردهای محله‌ای در آنها استقرار یافته و نیز جزء اولین محورهایی است که در پهنهٔ غربی شناخته است. [۱۴] (تصویر ۱)

ب- بررسی تغییرات ایجاد شده در دستورالعمل ۲۰۱۵ فما

فرم‌های ارزیابی سریع پیشین، در سه دسته مربوط به منطقه لرزه‌ای با خطر کم، متوسط و بالا طبقه‌بندی می‌شدند. در دستورالعمل جدید، با توجه به رویکرد محتاطانه آن، مناطق به پنج دسته خطر کم، متوسط، متوسط به بالا، بالا و خیلی بالا طبقه‌بندی می‌شوند. در فرم‌های ارزیابی پیشین برای به دست آوردن امتیاز نهایی از عواملی نظیر امتیاز پایه، تعداد طبقات ساختمان، نبود تقارن عمودی، نبود تقارن در پلان سازه، نوع خاک و سال ساخت سازه استفاده می‌شد. در فرم شمارهٔ ۱ جدید فمای ۲۰۱۵ که مربوط به ارزیابی لرزه‌ای سازه است برای کسب امتیاز نهایی،

شاخص‌های مورد نیاز شامل امتیاز پایه، نبود تقارن عمودی شدید، نبود تقارن عمودی متوسط، نبود تقارن پلان، سال ساخت ساختمان، سال مبنا و نوع خاک می‌باشند. در این فرم، عامل حداقل امتیاز (S_{MIN}) نیز اضافه شده است. به این دلیل که ممکن است به دلیل تأثیر چند عامل بر هم، امتیاز نهایی سازه عدد منفی به دست آید که به معنای احتمال فروریزی سازه بیش از صددرصد است که این امر غیرممکن است. بنابراین در صورتی که امتیاز نهایی کمتر از میزان حداقل باشد، امتیاز حداقل مبنا می‌باشد. [۸]

اهم تغییرات ایجاد شده در دستورالعمل جدید و درصد تفاوت تغییرات هر یک از عوامل فرم جدید در مقایسه با دستورالعمل قبل در جدول ۲ آورده شده است. لازم به توضیح است که این تغییرات در ارتباط با سه نوع سازهٔ قاب خمشی بتنی (C1)، قاب فولادی با میان قاب غیر مسلح (S5) و قاب فولادی دارای مهاربند (S2) بررسی شدند که در محدودهٔ مورد مطالعه در این پژوهش وجود داشتند.

ج –ارزیابی سازه‌ای واحدهای مسکونی محله مورد مطالعه: حدود ۸۱۶ ساختمان مسکونی در محلهٔ فردوس ارزیابی شدند. ساختمان‌های مسکونی این محله عمدتاً ۲، ۳، ۴ و ۵ طبقه هستند. برای ارزیابی شرایط کالبدی از فرم ارزیابی سریع دستورالعمل ۲۰۱۵ فما استفاده شد. سازه‌های مسکونی موجود در مسیر ۱۴ خیابان محله ارزیابی شدند. اطلاعات مورد نیاز برای تعیین امتیاز نهایی شامل نوع سازه، تقارن پلان، وجود بی‌نظمی شدید و متوسط در ارتفاع، سال ساخت و نوع خاک می‌باشد. سازه‌های مسکونی این محله از سه نوع می‌باشند: الف) قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح که حدودا بیش از ۳۰ سال از عمر آن‌ها می‌گذرد؛ ب) قاب خمشی بتنی که در سالیان اخیر ساخته شده‌اند؛ ج) دسته‌ای از سازه‌ها که هر چند امکان تعیین نوع دقیق آن‌ها میسر نبود، اما به نظر می‌رسید می‌توانند از نوع قاب مهاربندی فولادی یا قاب خمشی بتنی باشند. نوع خاک محدوده طبق مطالعات جایکا از نوع متراکم است. [۱۰]

بر طبق راهنمای موجود در دستورالعمل آژانس مدیریت اضطرار فدرال در صورتی که امکان تعیین دقیق نوع سازه نباشد، لازم است محاسبه امتیاز برای هر دو نوع سازه مورد تردید انجام گیرد و تفاوت امتیازات به دست آمده تحلیل شود. (جدول ۳)

بحث

نتایج حاصل از پژوهش حاضر در دو دسته میزان تفاوت امتیازات اختصاص یافته به هر یک از عوامل فرم ارزیابی بصری سریع جدید و نسخه پیشین آن و همچنین نتایج ارزیابی حدود ۸۱۶ ساختمان مسکونی در محلهٔ فردوس قابل بحث می‌باشد.

الف) میزان تفاوت امتیازات عوامل فرم ارزیابی بصری سریع جدید نسبت به فرم پیشین

امتیاز پایهٔ اختصاص یافته به سازه نوع S2، ۳۳/۳ درصد، سازه نوع S5، ۱۵ درصد و C1، ۴۰ درصد کاهش یافته و عامل تعداد طبقات امتیاز ندارد. عامل نبود تقارن در ارتفاع به دو زیردستهٔ نبود تقارن عمودی شدید و نبود تقارن عمودی متوسط تفسیم شده است. امتیاز منفی عامل تقارن پلان، در سازه نوع S2، به میزان ۴۰ درصد بیشترین و S5 و C1،

به یک اندازه به میزان ۲۰ درصد افزایش داشته است. امتیاز منفی مربوط به سازه‌هایی که قبل از اجرای آیین‌نامه ساختمانی ساخته شده‌اند، در سازه‌های نوع S2، ۲۵ درصد کاهش، S5 بدون تغییر و C1، ۶۶/۶ درصد کاهش داشته است. امتیاز سال مبنا فقط در سازهٔ نوع C1، به میزان ۳۵/۷ درصد تغییر افزایشی داشته و در نوع دیگر بدون تغییر بوده است.

در نسخه جدید ارزیابی بصری سریع در صورتی که خاک محدوده از نوع سخت (D) یا متراکم (C) باشد، امتیازی به آن تعلق نمی‌گیرد. درحالیکه در نسخهٔ پیشین برای خاک سنگی سخت (A) و متوسط (B) امتیازی منظور نمی‌شد و امتیاز منفی مربوط به خاک سست (E) کاهش یافته است. ضمن اینکه تعداد طبقات در محدوده‌های دارای خاک نوع (E) اهمیت دارد به گونه‌ای که سازه‌های بنا شده بر زمین‌های خاک سست در دو دسته یک تا سه طبقه و بیش از سه طبقه تقسیم می‌شوند که هریک امتیاز منفی خاص خود را دارند. عامل امتیاز حداقل در فرم‌های قبلی نبود. این امتیاز زمانی لحاظ می‌گردد که امتیاز نهایی به دست آمده مربوط به سازه مورد ارزیابی کمتر از امتیاز حداقل یا منفی باشد که در این صورت عدد مربوط به امتیاز حداقل ملاک است.

ب- نتایج ارزیابی سازه‌های مسکونی محدودهٔ مورد مطالعه

ب-۱.ساختمان‌های قاب خمشی بتنی (C1):

حدود ۶۲/۵ درصد از سازه‌های مورد بررسی از این نوع می‌باشند. از بین آن‌ها ۴۴/۷ درصد دارای عدم تقارن در ارتفاع به شکل خروج از پلان می‌باشند. این نوع عدم تقارن زمانی است که سیستم مقاومت نیروی لرزه‌ای در یک طبقه به طور عمودی هم‌راستا با سیستم مقاومت نیروی لرزه‌ای طبقات بالاتر نیست و بر مبنای دیوارهای بیرونی تشخیص داده می‌شود. اگر چه دیوارهای خارجی ساختمان ممکن است به طور صحیح نشانگر قرارگیری عناصر نیروی مقاوم لرزه‌ای نباشد، اما اگر در بود و نبود تقارن تردید هست، باید فرض را بر بودن آن گذاشت که از نوع نبود تقارن شدید در نظر گرفته می‌شود.

حدود ۰/۵۸ درصد از سازه‌های بتنی نامتقارن در ارتفاع به شکل عدم تراز قسمت‌های فوقانی می‌باشند. این شرایط زمانی است که طبقه یا سقف در یک قسمت از ساختمان هماهنگ با طبقه یا ساختمان در قسمت دیگر نیست. این عدم تقارن از نوع متوسط است. حدود ۶/۸ درصد ساختمان‌ها طبقه نرم در فضای پارکینگ دارند. در این بی نظمی، استحکام یک طبقه کمتر از طبقات فوقانی به دلیل وجود دیوار کمتر یا ستون کمتر است. در صورت وجود تردید هر یک از شرایط، بهتر است رویکرد محافظه‌کارانه داشت و فرض را بر وجود آن گذاشت. لازم به ذکر است تعداد مذکور در جدول ۲ مربوط به ساختمان‌هایی بود که فضای پارکینگ از بیرون ساختمان قابل مشاهده بود. به نظر می‌رسید بسیاری از سازه‌ها، طبقه نرم در فضای پارکینگ دارند که از بیرون قابل مشاهده نیست. این نوع بی نظمی، از نوع عدم تقارن در ارتفاع شدید است.

حدود ۸/۴ درصد از ساختمان‌های بتنی مورد مطالعه، کاربری مختلط دارند به‌طوری‌که در طبقه زیرین کاربری تجاری و چند طبقه مسکونی بالای آن است. این امر موجب می‌شود، یکی از طبقات، دیوار یا

ستون کمتری از طبقات بالاتر داشته باشد. در این شرایط به علت وجود بازشوهای بیشتر در یک سمت از ساختمان، عدم تقارن عمودی از نوع شدید ایجاد شده است. حدود ۴/۳ درصد ساختمان‌ها عدم تقارن پلان ناشی از نوع شکل سازه دارند و ۲/۳ درصد از سازه‌های بتنی مورد مطالعه هر دو عدم تقارن عمودی و عدم تقارن پلان را دارند.

سازه‌های قاب خمشی بتنی بدون عدم تقارن، با تقارن عمودی شدید، تقارن عمودی متوسط و عدم تقارن امتیاز بالای ۲/۵ کسب می‌کنند. آن دسته از سازه‌های بتنی که هر دو عدم تقارن پلان و عدم تقارن عمودی را دارند و ۲/۳ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند با کسب امتیاز ۱/۹ آسیب‌پذیر خواهند بود.

ب-۲.سازه‌های قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح (S5): این سازه‌ها که از سازه‌های قدیمی محله محسوب می‌شوند و بیش از ۳۰ سال از عمر آن‌ها می‌گذرد حدود ۳۱/۷ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. از این بین، ۱/۹ درصد دارای عدم تقارن شدید به صورت خروج از پلان، ۲/۳۱ درصد عدم تقارن متوسط به صورت عدم تراز سطح طبقه می‌باشند. یک سازه دارای طبقه نرم به دلیل وجود پارکینگ و۱۳/۸درصد وجود بازشو در طبقه زیرین در کاربری‌های مختلط تجاری و مسکونی می‌باشند. حدود ۳/۰۸ درصد دارای عدم تقارن پلان می‌باشند. همچنین ۲ سازه دارای هر دو نوع عدم تقارن پلان و عدم تقارن عمودی می‌باشند.

سازه‌های قاب فولادی با میان قاب غیر مسلح امتیازات۱/۵، ۰/۷، ۱ و ۰/۹ را کسب کردند که همگی کمتر از ۲ می‌باشند. لازم به ذکر است آن دسته از این نوع سازه‌ها که دارای هر دو عدم تقارن پلان و عمودی هستند و ۲ مورد از آن‌ها در محله وجود دارد، امتیاز ۰/۱ را کسب می‌کند که کمتر از امتیاز حداقل می‌باشد. در نتیجه امتیاز ۰/۵ برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. این نوع سازه در همه خیابان‌های محله وجود دارند، اما پراکندگی آن‌ها در محدودهٔ خیابان‌های باقری، بلوار فردوس، رامین جنوبی و شمالی، وفاآذر شمالی و جنوبی، تقدیری، اعتمادیان، ظرافتی و عقیل بیشتر می‌باشد.

ب-۳.سازه‌های نا مشخص (DNK): این نوع سازه‌ها که ۵/۷ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند، اغلب در سالیان اخیر ساخته شده اند. تشخیص دقیق نوع سازه از بیرون ساختمان امکان پذیر نبود، اما به نظر می‌رسید می‌توانند از نوع فلزی با مهاربند فولادی (S2) یا بتنی (C1) باشند. لذا محاسبه امتیاز برای هر دو نوع سازه انجام گرفت. ۸/۵ درصد آن‌ها عدم تقارن شدید به صورت خروج از پلان دارند و یک مورد عدم تقارن متوسط به صورت عدم تراز در طبقه می‌باشند. ۱۰/۶ درصد آنها به دلیل وجود کاربری تجاری در طبقه زیرین طبقه نرم به صورت بازشو دارند. ۲۵/۵درصد با پلان نامتقارن به دلیل شکل سازه و یک مورد به دلیل وجود سیستم ناموازی هستند. عدم تقارن پلان به صورت سیستم ناموازی اشاره به وضعیتی دارد که دیوارهای دو سطح مجاور ساختمان در گوشه خیابان زاویه ۹۰ درجه ندارند و پلان حالتی شبیه سه گوش دارد و موجب آسیب‌پذیری ساختمان در زلزله و افزایش پتانسیل تخریب می شود. دو

ساختمان نیز هر دو عدم تقارن عمودی و پلان را دارند. در این نوع سازه‌ها، امتیاز نهایی برای هر دو نوع بتنی نوع یک و فلزی نوع دو محاسبه شد و در هر صورت امتیاز بیش از ۲/۵ کسب کردند به جز آن دسته از سازه‌هایی که هر دو نوع عدم تقارن پلان و عمودی داشتند و ۲ مورد که در محدودهٔ مورد مطالعه بود که اگر از نوع فلزی با مهاربند باشند امتیاز ۲/۶ و در صورتی که از نوع قاب خمشی بتنی باشند امتیاز ۱/۹ کسب می‌کنند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه که با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌های مسکونی محلهٔ فردوس با استفاده از دستورالعمل ۲۰۱۵ فما صورت گرفت، سعی بر آن بود که ضمن معرفی و بحث پیرامون نکات جدید و مهم در فرم جدید شمارهٔ یک دستورالعمل فما به ارزیابی کلی سازه‌ها پرداخته شود و مواردی مشخص شوند که ممکن است در زمان زلزله موجب آسیب‌پذیری سازه‌ها شود.

اهم نتایج این پژوهش شامل موارد زیر است:

۱.در فرم جدید ارزیابی سریع بصری ۲۰۱۵ فما تقسیم‌بندی محدودهٔ لرزه‌ای در پنج دسته خطر کم، متوسط، متوسط به بالا، بالا و خیلی بالا صورت گرفته که طبق این پژوهش، تهران در محدودهٔ خطر بالاست. همچنین در این فرم، برای ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌ها از شاخص‌هایی نظیر امتیاز پایه، نبود تقارن شدید و متوسط در ارتفاع، نبود تقارن پلان، سال ساخت ساختمان و نوع خاک استفاده شد. این نوع تغییرات در تقسیم‌بندی مناطق، مؤلفه‌ها و امتیازات هریک از آن ها و توجه بیشتر به جزییات، بیانگر درپیش‌گرفتن رویکرد محتاطانه و محافظه‌کارانه‌تر در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌هاست.

۲. در بین سازه‌های مسکونی محله مورد مطالعه، انواع قدیمی با بیش از ۳۰ سال عمر از نوع قاب فولادی با میان قاب غیرمسلح هستند که همگی در برابر زلزله آسیب‌پذیرند.

۳. ساخت سازه‌های بتنی بیش از انواع دیگر سازه‌ها در این محله رایج است. بر اساس مشاهدات در پیمایش میدانی، بسیاری از سازه‌های در حال ساخت نیز از نوع بتنی بودند. ۱۲سازه بتنی با کسب امتیاز کمتر از ۲ می‌تواند متحمل خسارت بیشتری در زمان وقوع زلزله شوند. لازم به ذکر است، هرچند اکثریت آن‌ها امتیاز بیش از ۲/۵ را کسب کردند، اما به دلیل نبود شناسنامهٔ فنّی ساختمانی در ایران، لزوم بازنگری و ارزیابی آن دسته از سازه‌های فاقد تقارن عمودی و پلان توسط متخصصان سازه اکیداً توصیه می‌شود.

۴. برای برنامه‌ریزی مناسب برای آمادگی و مقابله با بحران زلزله، وجود نقشه‌های پایهٔ دقیق برای تهیه نقشه‌های خطر توسط مهندسان مشاور معماری و شهرسازی در زمان تهیهٔ طرح‌های توسعهٔ شهری، بسیار ضروری است، زیرا نقشه‌های پایه موجود به لحاظ مشخص‌کردن تعداد واقعی پارسل‌ها در هر بلوک شهری از دقت لازم برخوردار نیستند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از جناب آقای دکتر نعمت حسنی، ریاست محترم مرکز مطالعات بحران‌های طبیعی برای راهنمایی‌های ارزندهٔ ایشان ابراز می‌دارند.

References

1. Senouci, A, Bard, P, Farsi, M, et all. Robustness and uncertainties of seismic damage estimates at urban scale: a methodological comparison on the example of the city of Oran (Algeria). Bultain of earthquake engineering. 2013; 11: 1191-1215.
2. Amini Hosseini, K, Hosseini, M, Jaffari, M.K and Hosseinioon, S. Recognition of vulnerable urban fabric in earthquake zones: A case study of the Tehran metropolitan area. JSEE. 2009; 10: 175-187.
3. Paribadi, K.S, Kusumastuti, D, Rildova. Learning from recent Indonesian earthquakes: An overview to improve structural performance. The fourth world conference on earthquake engineering. Beijing, China. 2008.
4. Sendai framework for disaster risk reduction (2015-2030). A/ conf.224/crp.1. 2015.
5. Saremi, H, Ebrahimpour M, Saeedi, M. Analysis of reduction process of urban open space in process of cities development with emphasis on crisis management in Tehran metro police. Journal of sustainable development, published by Canadian center of science and education. 2012; 5: 130-140.
6. Hosseini M, Amini Hosseini K. Recent development in earthquake risk management plans and program in Tehran. The 14th world conference on earthquake engineering. Beijing, China. 2008.
7. Habib F. The role of urban form in earthquake vulnerability reduction. First edition. Tehran: Science and research branch Islamic Azad university.2011.[In Persian]
8. ATC(P-154). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook. Third edition. Prepared by the applied technology council for the Federal Emergency Management Agency. FEMA P 154. Washington, DC. 2015.
9. Kheradmand M. & Others. Physical seismic vulnerability assessment of neighborhood emphasizing on critical land uses. International Journal of Structural Integrity.2018 http://doi.org/10.1108/IJSI-03-2018-0019
10. JICA & CEST. The study on seismic micro zoning of the greater Tehran area in the Islamic republic of Iran, Tehran manicipulity.2000.
11. Seismic building design regulation. Research center of network, housing and urban development. . Fourth edition. Z253. 2014 [In Persian]
12. Hosseini M. Disaster management. Tehran: Nashrshar press. Online available at; http://tdmmo.teran.ir/ 2008.[in Persian]
13. ATC (154). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook, 2nd ed. Prepared by the applied technology council for the Federal Emergency Management Agency. FEMA 154. Washington, DC, 2002.
14. Sharmand consultant engineers. Development paradigm of fifth Region of Tehran. The center for studies and planning of Tehran. 2004 [In Persian]
15. The development strategy document of Neighborhood. 5th Region of Tehran Municipality.2009 [In Persian]

Seismic assessment of residential structures using FEMA P-154 guideline and investigating changes in comparison to FEMA 2002

(case study: Ferdows Blvd of Tehran city)

Corresponding author: Mahnaz Kheradmand, MA in urban planning, Faculty of social science, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
Email:kheradmand.mahnaz@yahoo.com
Mahmoud Jomehpour, Professor, Faculty of social science, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Received: December 13, 2018 **Accepted:** February 18, 2019

Abstract

Background: Residential buildings are highly vulnerable to earthquakes and their destruction can cause many casualties and injuries. Hence, seismic assessment of buildings is necessary prior to earthquake which one of the methods is Rapid-Visual-Screening (RVS). Federal Emergency Management Agency (FEMA) in its most recent guideline has presented some changes in the data collection form with a conservative approach for seismic assessment of buildings.

Method: In this applied research, changes made in the data collection form of RVS, were identified and compared to the previous version. Using this form, seismic assessment of residential buildings of Ferdows neighborhood in 5th region of Tehran city was performed.

Findings: In the new version of FEMA, the data collection form for seismicity region is classified into five categories. Some factors such as building type, severe and moderate vertical irregularities, plan irregularity, built year, and soil type have been used to determine the final score. Among 816 selected buildings, 557 newly built buildings have achieved acceptable score and some of them got less than cut-off score. All 259 steel (URM) buildings in this neighborhood are vulnerable to earthquake.

Conclusion: The results of this research showed that many newly built buildings should be further evaluated by a design professional experienced in seismic design in order to determine whether they are seismically hazardous. Reconstruction or strengthening of steel (URM) buildings is necessary as soon as possible.

Keywords: residential buildings, earthquake, vulnerability, RVS, FEMA P-154 guideline, Tehran city