

## مخاطرات زیست‌محیطی نخاله‌های ساختمانی ناشی از زمین‌لرزه در حاشیه

### شهر تهران

علی اصغر امیرکار دوست

عضو هیئت علمی گروه عمران، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن

#### چکیده

در صورت وقوع مخاطره زیست‌محیطی زمین‌لرزه، ساختمان‌های بتن آرمه شهر تهران علاوه بر تخریب و وارد نمودن زیان‌های جانی و مالی گسترده، تولید نخاله‌های ساختمانی وانبوه آوار را در پی خواهند داشت. دپوی این آوارها مخاطرات ثانویه بوجود خواهد آورد. در این پژوهش به تحلیل قابلیت اطمینان در ۱۱۰ ساختمان بتنی در حال اجرا در منطقه یک شهر تهران با فرض متغیر بودن مقاومت فشاری بتن و مقاومت تسلیمی میلگرد پرداخته شده است. این بررسی عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای در دو سیستم مورد استفاده متداول یعنی قاب خمشی و قاب خمشی همراه با دیوار برشی را مورد مقایسه قرار داده است. در نتایج بدست آمده از داده‌های میدانی و تست غیرمخرب (دوستار محیط‌زیست) مشخص گردید میانگین مقاومت بتن اجراشده در تیر و ستون‌های مورد مطالعه از مقاومت مشخصه کمتر است و این مورد در دیوارهای برشی اندکی بالاتر می‌باشد. نیز در تمامی میلگردهای آزمایش شده میانگین مقاومت تسلیم از مقاومت اسمی بالاتر بوده است. در خصوص عملکرد لرزه‌ای، سازه دیوار برشی دارای جابجایی کلی و نسبی کمتری از سازه قاب خمشی است. نتایج تحلیل قابلیت اعتماد نشان داد استفاده از سیستم دیوار برشی بجای قاب خمشی می‌تواند باعث کاهش بروز آسیب در اجزای غیرسازه‌ای و متعاقباً کاهش تولید نخاله‌های ساختمانی و حفظ محیط‌زیست گردد.

کلید واژه: مخاطرات زیست‌محیطی، زمین لرزه، ساختمان‌های بتن آرمه، قابلیت اطمینان، شهر تهران.

#### مقدمه

بر اساس ویرایش سوم و چهارم آیین‌نامه ۲۸۰۰ (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳)، بیشتر آسیب‌ها در اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها رخ داده است. اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها عمدتاً شامل نازک‌کاری دیوارها و سقف (اغلب ساخته شده از گچ و خاک)، اجزای نما (اغلب ساخته شده از سیمان، سنگ و آجر به همراه ملات ماسه سیمان) و پوشش کف (اغلب شامل سنگ، پوکه معدنی، سرامیک و موزائیک به همراه ملات ماسه سیمان) می‌باشد. در شکل ۱ برخی از خرابی‌های به دست آمده در اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله بجنورد (اردیبهشت ۹۶) نشان داده شده است. در شهر تهران،

زلزله یکی از مخاطرات زیست‌محیطی می‌باشد که هر ساله در ایران و سایر نقاط جهان باعث بروز خسارات فراوان مالی و جانی می‌شود. در مناطق مختلف کشورمان، گسل‌های فراوانی وجود دارد که عملاً فعال می‌باشند. خسارات بروز زلزله به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌شود. دسته اول مربوط به خسارات جانی، دسته دوم خسارات مالی و دسته سوم خسارات زیست‌محیطی می‌باشد. پس از وقوع زمین‌لرزه، اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان می‌تواند دچار آسیب شود. (مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ۱۳۹۲) ذکر این نکته ضروری است که در زلزله‌های اتفاق افتاده در کشور و ساختمان‌های احداث شده

هم‌چنین اطلاعات میدانی انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش، مطالعه میدانی براساس بررسی احتمال شکست و هم‌چنین به دست آوردن قابلیت اعتماد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان‌های بتن آرمه در شهر تهران می‌باشد که به استفاده بهینه از مصالح ساختمانی، کاهش تولید نخاله‌ها و گرد و غبار ناشی از ذرات ریز سیمان و در نتیجه محیط‌زیست پاک‌تر منجر خواهد شد. مطالعه انجام‌شده شامل ساختمان‌های بتن آرمه با سیستم باربر جانبی قاب خمشی و سیستم دوگانه (دیوار برشی به همراه قاب خمشی) است. با دانستن احتمال شکست در هر یک از ساختمان‌های موردنظر، می‌توان در مورد عملکرد هر یک تحت اثر پدیده زیست‌محیطی زلزله قضاوت کرد. بدیهی است اگر سیستم سازه‌ای دارای احتمال شکست کم‌تری باشد، پس از وقوع زلزله، لطمات کم‌تری از نظر جانی و اقتصادی و محیط‌زیستی خواهد داشت. در پژوهش پیش‌رو، پارامترهای متغیر شامل مقاومت میلگردهای مصرفی و هم‌چنین مقاومت فشاری بتن می‌باشد. نحوه توزیع احتمالاتی پارامترهای متغیر، با استفاده از اطلاعات میدانی در منطقه یک شهر تهران به دست آمده است (شکل ۲). سپس به بررسی داده‌های میدانی جمع‌آوری شده و نحوه توزیع آماری آن‌ها پرداخته شده است، نیز در مورد سازه‌های مدلسازی شده و هم‌چنین نتایج عددی به دست آمده توضیحات ارائه گردیده است. در بخش نهایی نتایج به دست آمده شرح داده شده است.

#### مواد و روش‌ها

##### اطلاعات میدانی جمع‌آوری شده

برای بررسی میزان قابلیت اطمینان سازه‌های موردنظر، داده‌های میدانی ۲۹۷۰ تست غیرمخرب از ۱۱۰ ساختمان بتن آرمه در حال اجرا در منطقه یک شهر تهران (در بازه زمانی زمستان ۱۳۹۷ تا پاییز ۱۳۹۸) به دست آمده است. امکان انجام تست غیرمخرب بر روی اجزای سازه‌ای

ساختمان‌های بتن آرمه یکی از رایج‌ترین انواع ساختمان می‌باشند. این نوع ساختمان‌ها می‌تواند با دو سیستم باربر جانبی دوگانه (دیوار برشی همراه با قاب خمشی) و یا سیستم قاب خمشی اجرا شود. هر ساله تعداد ده‌ها ساختمان بتن آرمه در حال ساخته شدن است. مصالح بکاررفته در این ساختمان‌ها علاوه بر تخریب محیط‌زیست در مرحله استخراج مواد اولیه، تولید گازهای گلخانه‌ای در مرحله فرآوری و تولید نخاله‌های ساختمانی، صدمات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد می‌کنند. بنابراین در شهر تهران سرمایه عظیم محیط‌زیستی و اقتصادی بر روی این ساختمان‌ها صرف شده است.

تاکنون مطالعات بسیاری در مورد ارزیابی قابلیت اعتماد در ساختمان‌های بتن آرمه انجام شده است (Mkrtychev et al., 2015) پژوهشی درباره‌ی تحلیل قابلیت اطمینان ساختمان‌های بتن آرمه انجام دادند. در این پژوهش اثر دفن شدن فونداسیون در خاک نیز در نظر گرفته شد (Aghababaei & Mahsuli, 2018). با استفاده از روش قابلیت اطمینان، روش‌هایی احتمالاتی برای تحلیل ریسک سازه‌ها همراه با جزئیات ارائه نمودند (Thinley & Hao, 2017). مطالعه‌ای بر روی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های ساخته شده در بوتان انجام داده‌اند. (Haeri kermani & Fadaee, 2013) بر روی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بتن آرمه مطالعه کرده‌اند (Çavdar et al. 2018). بر روی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های بتن آرمه با دیوار برشی پژوهش انجام داده‌اند. علاوه بر موارد ذکر شده، (Huang et al. 2015) بر روی سنجش قابلیت اعتماد پل‌ها با استفاده از داده‌های میدانی و تست‌های غیرمخرب تحقیق نموده‌اند (vaziryzadeh et al. 2017). در تحقیقی برای انجام تحلیل قابلیت اعتماد از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. با این حال، در زمینه ساختمان و آسیب‌های محیط‌زیستی، تا کنون تحقیقات اندکی در مورد سنجش قابلیت اعتماد با استفاده از تست‌های غیرمخرب و

پوشیده شده (که در مرحله نازک‌کاری انجام می‌شود) امکان‌پذیر نمی‌باشد لذا صرفاً ساختمان‌های در حال ساخت (اسکلت و سفت کاری) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. برای به دست آوردن مقاومت فشاری بتن از تست غیرمخرب چکش اشمیت و تست اولتراسونیک استفاده شده است. تست غیرمخرب مذکور، در روی اجزای سازه‌ای نظیر تیرها، ستون‌ها و دیوارهای برشی انجام شده است. لازم به ذکر است، این آزمایشات هیچ‌گونه تخریب و یا آلودگی محیط‌زیست نداشته و زمان انجام آزمایش‌های مذکور حداقل ۲۸ روز پس از انجام عملیات بتن‌ریزی بوده است. در جدول ۱، نتایج حاصل از تست‌های چکش اشمیت انجام‌شده ارائه گردیده است. در کلیه ساختمان‌های مورد بازدید، مقاومت مشخصه بتن (مقاومت در نظر گرفته شده برای طراحی)، ۳۵ مگاپاسکال بوده است. هم‌چنین برای یافتن نوع توزیع موردنظر، از ابزار احتمالاتی نرم‌افزار متلب استفاده گردید. از بین توزیع‌های نرمال، ویبول، نمایی، لوگ نرمال و ثابت، توزیع لوگ نرمال دارای بهترین مطابقت با مشخصات به دست آمده بود. با توجه به جدول ۱، میانگین مقاومت بتن مصرفی در تیرها و ستون‌ها، در

سازه‌های اجرا شده، از میانگین مقاومت بتن در دیوارهای برشی کم‌تر می‌باشد (مبحث ششم مقررات ملی ۱۳۹۲). هم‌چنین برای مصالح میلگرد با قطرهای مختلف، جمعاً ۲۹۰۰ تست کشش در آزمایشگاه دانشگاه علم و صنعت ایران انجام شده و توزیع‌هایی برای مقدار مقاومت تسلیم میلگرد به دست آمده است (جدول ۲). باید توجه کرد که برای میلگردهای عرضی در ایران، از میلگردهای با قطر ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر، و برای میلگردهای طولی از سایر میلگردها استفاده می‌شود. در جدول، مقاومت اسمی هر میلگرد آزمایش شده برابر با ۴۰۰ مگاپاسکال می‌باشد. در جدول مذکور دیده می‌شود که میانگین مقاومت به دست آمده برای کلیه میلگردها از مقاومت اسمی میلگرد بالاتر می‌باشد. مقاومت واقعی میلگرد ۱۰، از سایر میلگردها کم‌تر است. اگر چه این مقدار از مقاومت اسمی بالاتر است. باید توجه کرد که ضریب تغییرات مقاومت تسلیم میلگرد ۱۰، از سایر میلگردها بیشتر می‌باشد. ضریب تغییرات مقاومت این نوع میلگرد حدود ۳ برابر میلگردهای ۲۰ و ۱۸ می‌باشد. (داغی میلگردهای آزمایش شده مجدداً به چرخه تولید برگشته و محیط‌زیست را آلوده نمی‌کنند).



شکل ۱- خسارات وارد شده به اجزای غیرسازه‌ای تحت اثر زلزله در استان خراسان شمالی - بجنورد (اردیبهشت ۹۶)

الف) تخریب سفت کاری ب) تخریب نازک‌کاری



شکل ۲- مراحل انجام تست‌های غیرمخرب میدانی در ساختمان‌های در حال ساخت بتن آرمه منطقه یک تهران (پژوهش حاضر)  
الف- تست چکش اشमितس روی دیوار برشی ب- تست چکش اشमितس روی ستون ج- تست کشش میلگرد در آزمایشگاه  
د- دستگاه اولتراسونیک مورد استفاده

جدول ۱- مشخصات مقاومت فشاری بتن و نحوه توزیع احتمالاتی به دست آمده

تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده	ضریب تغییرات	میانگین (مگاپاسکال)	نوع توزیع برازش داده شده	نوع عضو سازه‌ای
990	0.278	31.8	Log-Normal	تیر
990	0.252	32.1	Log-Normal	ستون
990	0.403	35.1	Log-Normal	دیوار برشی

جدول ۲- مقاومت کششی مربوط به میلگردهای آزمایش شده

تعداد نمونه‌ها	ضریب تغییرات	میانگین مقاومت تسلیم	توزیع احتمالاتی مقاومت تسلیم	علامت اختصاری	قطر میلگرد
400	0.198	422	Log-Normal	Φ10	10
200	0.066	462	Log-Normal	Φ12	12
400	0.100	460	Log-Normal	Φ14	14
400	0.065	479	Log-Normal	Φ16	16
500	0.082	495	Log-Normal	Φ18	18
500	0.063	496	Log-Normal	Φ20	20
300	0.046	486	Log-Normal	Φ22	22
200	0.126	462	Log-Normal	Φ25	25

## مدلسازی سازه‌های موردنظر

تابع رابطه فوق، می‌تواند دارای دو مقدار صفر و یا یک باشد. اگر تابع فوق دارای مقدار صفر باشد، شکست اتفاق افتاده است و اگر تابع مذکور دارای مقدار یک باشد، شکست اتفاق نیفتاده است. هم‌چنین تابع  $g_i(x)$ ، تابع حالات حدی می‌باشد که در صورت اتفاق افتادن شکست دارای مقدار منفی و صفر و در غیر این صورت دارای مقدار مثبت می‌باشد. در نهایت احتمال شکست به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_f = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} I(x_i) \quad (2)$$

در رابطه قبل،  $N_s$  نشان‌دهنده تعداد نمونه‌ها می‌باشد. تابع حالت حدی برای شکست اجرای سازه‌ای، با استفاده از ضوابط زیر تعریف شده است:

$$g_i(x) = \max(\text{interstory drift}) - 0.02 \quad (3)$$

برای شکست اجزای غیرسازه‌ای نیز، تابع حالت حدی به صورت زیر می‌باشد:

$$g_i(x) = \max(\text{interstory drift}) - 0.005 \quad (4)$$

تابع مربوط به حالات حدی (روابط (3) و (4)) از تفاضل حداکثر جابجایی بین طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه، به دست می‌آید. به عبارتی دیگر روابط زیر می‌تواند بیان شود:

$$\text{interstory drift} = \frac{\Delta_{\max}}{h} \quad (5)$$

در رابطه فوق  $h$  ارتفاع طبقات می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که روابط مربوط به توابع حالات حدی از آیین‌نامه ۲۸۰۰ (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳) به دست آمده است.

سازه‌های مدل‌شده در این پژوهش، دو سازه شش طبقه، با مشخصات تیر و ستون طبق جدول ۳ می‌باشند. یکی از ساختمان‌های موردنظر دارای سیستم باربر جانبی قاب خمشی و دیگری دارای سیستم دوگانه بتن آرمه می‌باشد. در شکل ۳ نیز پلان سازه موردنظر نشان داده شده است.

در تحلیل سازه‌ای صورت گرفته، نوع خاک طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، خاک متراکم تا متوسط شامل شن و  $1393II$ )، از نوع ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر) بوده و ارتفاع هر طبقه ۳ متر در نظر گرفته شده است. تحلیل سازه‌ای به صورت تاریخچه زمانی (مستوفی‌نژاد ۱۳۹۸) و با توجه به نزدیکی منطقه مورد مطالعه (منطقه یک تهران) به گسل مشاء - فشم؛ از روی ساختمان مدل‌شده تحت اثر زلزله کوبه (از نوع نزدیک گسل) انجام شده است. (شکل ۴) اقتباس از: (<http://www.strongmotioncenter.org/vdc/scripts/earthquakes.plx>)

برای انجام تحلیل قابلیت اعتماد و به دست آوردن احتمال شکست، از روش نمونه‌سازی مونت کارلو استفاده شده است (Abdelouafi et al. 2011) & (Ali et al. 2018).

در روش نمونه‌سازی مذکور، بر اساس توزیع احتمالاتی هر یک از پارامترها، یک مقدار برای آن در نظر گرفته می‌شود.

در روش مونت کارلو (Rubinstein & Kroese, 2007)

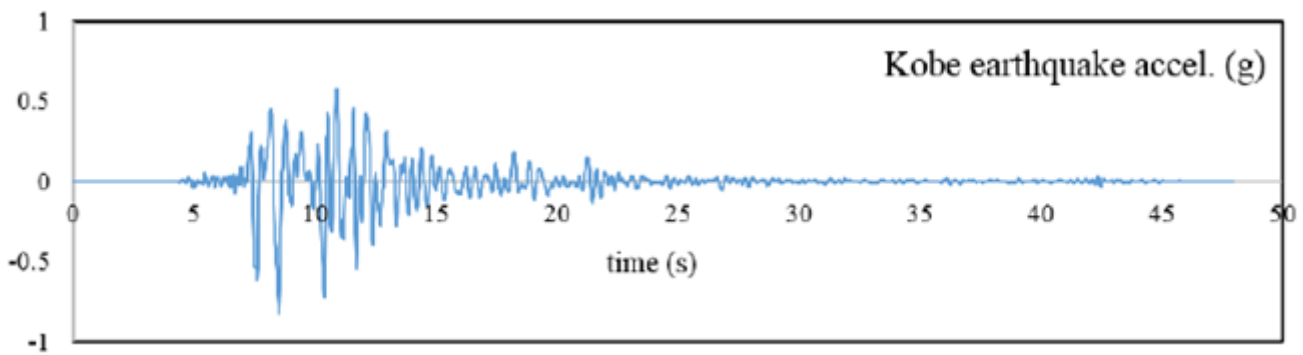
تابع بولین به صورت زیر می‌تواند تعریف شود:

رابطه (۱)

$$I(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } \bigcup_{k=1}^{N_{CS}} \bigcap_{i \in C_k} g_i(x) \leq 0 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

نوع سیستم باربر جانبی	دوره تناوب (ثانیه)	طبقات	ابعاد ستون	ابعاد تیر	درصد آرماتور ستون	ضخامت دیوار برشی
قاب خمشی	0.88	1-4	50x50	50x50	2.55%	-
		5-6	50x50	50x50	1%	-
سیستم دوگانه	0.57	1-2	50x50	40x40	2.55%	35
		3-6	50x50	40x40	1%	35

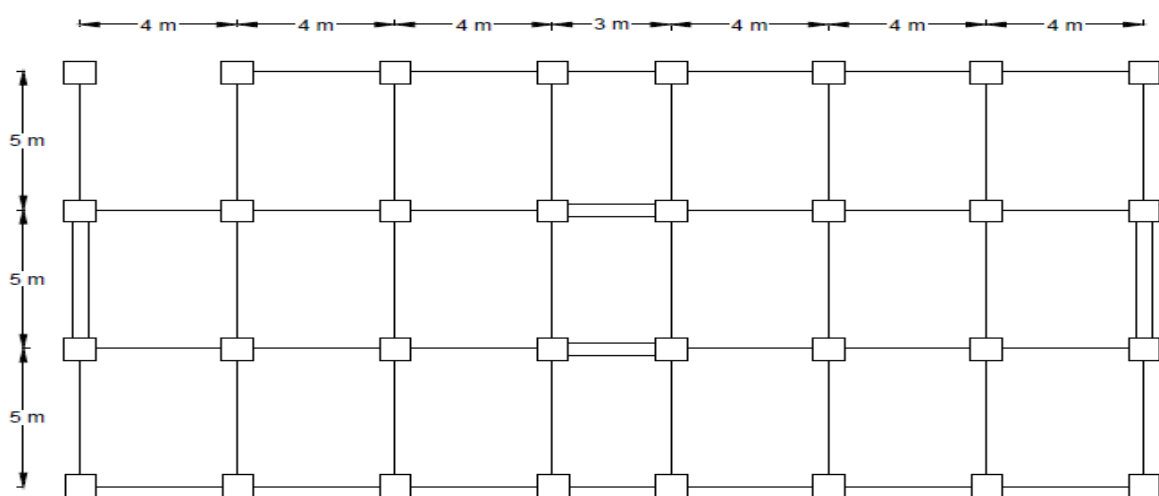
جدول ۳- مشخصات مربوط به اجزای سازه‌ای در سازه‌های شش طبقه مدل‌سازی شده (ابعاد به سانتی‌متر)



شکل ۳- نمودار شتاب نگاشت مربوط به زلزله کوبه ژاپن

### نتایج عددی

پیش از پرداختن به این قسمت، ذکر این نکته ضروری است که در علم مهندسی زلزله و سازه، مهم‌ترین پارامتر تخریبی زلزله، حداکثر شتاب زلزله می‌باشد. میزان تخریب ناشی از هر زلزله، به صورت مستقیم با مقدار حداکثر



==== Shear wall position in dual systems

شکل ۴- پلان سازه‌های مدل‌سازی شده شش طبقه

**الف) در مورد داده‌های میدانی:**

۱- در اجزای سازه‌ای تیرها؛ میانگین مقاومت به دست آمده برابر با  $31/8$  مگاپاسکال و ضریب تغییرات برابر  $0/278$  بود.

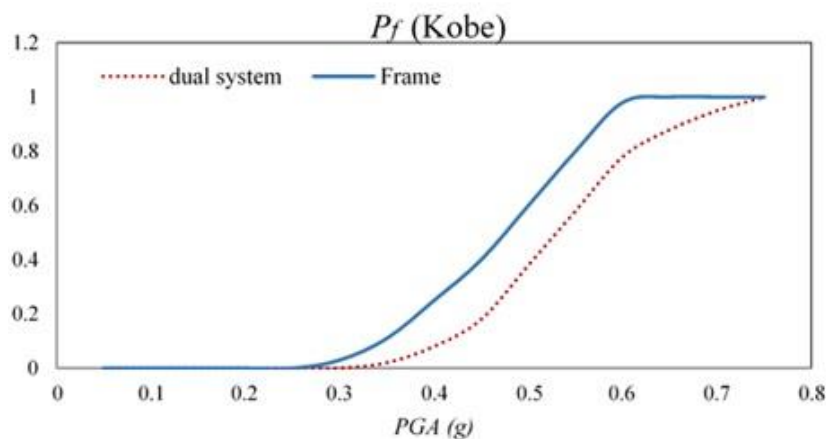
۲- در اجزای سازه‌ای ستون میانگین مقاومت به دست آمده برابر با  $32/1$  مگاپاسکال و ضریب تغییرات برابر با  $0/252$  بود.

۳- در مورد اجزای سازه‌ای دیوار برشی میانگین مقاومت به دست آمده برابر با  $35/1$  و مگاپاسکال و ضریب تغییرات برابر با  $0/403$  بود.

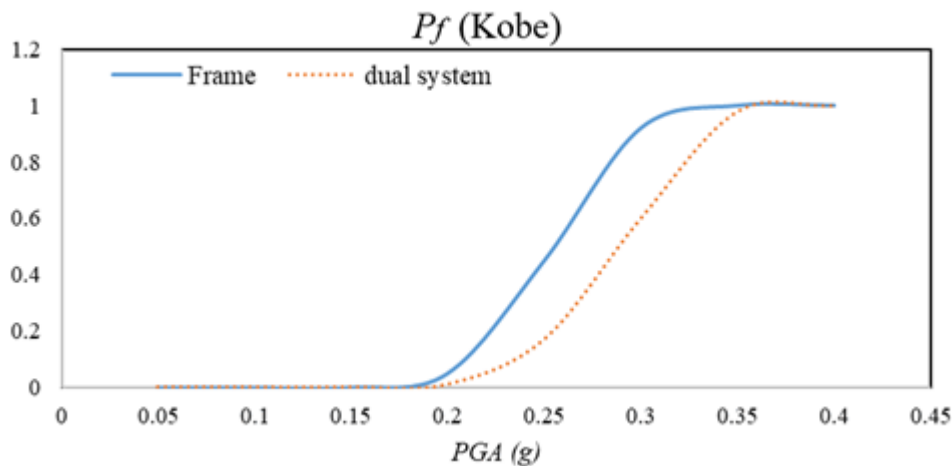
۴- با توجه به موارد فوق، یکنواختی مقاومت بتن در تیر و ستون اجرا شده به یکدیگر بسیار نزدیک می‌باشند. اما میانگین مقاومت بتن اجرا شده از مقاومت مشخصه کمتر است. اما در مورد دیوار برشی، میانگین مقاومت بتن از مقاومت مشخصه اندکی بالاتر می‌باشد. هم‌چنین یکنواختی اجرای بتن در دیوار برشی از یکنواختی اجرای بتن در تیر و ستون کم‌تر می‌باشد.

۵- مقاومت کششی میلگردها، با قطرهای مختلف با بیش از  $2900$  آزمایش کشش میلگرد به دست آمد. مقاومت اسمی میلگردها برابر با  $400$  مگاپاسکال بود. در تمامی میلگردهای آزمایش شده، میانگین مقاومت تسلیم میلگردها از مقاومت اسمی بالاتر بود. میلگرد با قطر  $10$  میلی‌متر دارای کم‌ترین میانگین مقاومت و بیشترین انحراف معیار بوده است. هم‌چنین انحراف معیار مقاومت تسلیم در همه میلگردها به جز میلگرد با قطر  $10$  میلی‌متر به یکدیگر نزدیک بوده است.

شتاب آن نسبت مستقیم دارد. بنابراین برای بیان هرچه بهتر احتمال شکست و قابلیت اعتماد، باید مقدار شتاب را مقدار ثابتی فرض نمود. برای این کار، مقدار احتمال شکست، برای هر مقدار حداکثر شتاب به طور جداگانه به دست آمده است. در شکل ۵، نمودار مربوط به احتمال شکست اجزای غیرسازه‌ای آورده شده است. در این نمودارها، سیستم دوگانه از قاب خمشی دارای عملکرد بهتری بوده است. در کلیه مقادیر شتاب زلزله، احتمال شکست در سیستم دوگانه کم‌تر می‌باشد. همانطور که دیده می‌شود، در شتاب زلزله کم‌تر از  $0/15$  شتاب گرانج، در اجزای غیرسازه‌ای احتمال شکست صفر می‌باشد. تا اینکه احتمال شکست در اجزای غیرسازه‌ای در سیستم دوگانه به  $100\%$  در شتاب حداکثر  $0/35$  می‌رسد. این مقدار در سازه با قاب خمشی در شتاب حدود  $0/3$  شتاب گرانج اتفاق می‌افتد. در شکل ۶، نمودار مربوط به احتمال شکست اجزای سازه‌ای مشاهده می‌شود. در این نمودار، باز هم سیستم دوگانه دارای عملکرد بهتری می‌باشد. لازم به ذکر است که، در آیین‌نامه مقدار شتاب مبنای طراحی در شهر تهران معادل با  $0/35$  شتاب گرانج در نظر گرفته می‌شود. همانطور که در شکل مذکور دیده می‌شود، در شتاب رکورد معادل  $0/6$  شتاب گرانج، احتمال شکست برای سیستم قاب خمشی به  $100\%$  می‌رسد. اما در سیستم دوگانه این احتمال شکست در شتاب حداکثر زلزله معادل  $0/75$  شتاب گرانج، به  $100\%$  می‌رسد. با مشاهده این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که سیستم دوگانه تحت اثر زلزله دارای عملکرد بهتری بوده است. علاوه بر این احتمال شکست اجزای سازه‌ای در شتاب معادل  $0/35$  شتاب گرانج، برای سیستم قاب خمشی در حدود  $15\%$  و برای سیستم دیوار برشی کم‌تر از  $10\%$  می‌باشد.



شکل ۵- نمودار مربوط به احتمال شکست اجزای غیرسازه‌ای در سازه‌های موردنظر



شکل ۶- نمودار مربوط به احتمال شکست اجزای سازه‌ای در سازه‌های موردنظر

ب) در مورد تحلیل تاریخچه زمانی:

۷- عملکرد لرزه‌ای دو نوع سازه دیوار برشی و قاب خمشی با یکدیگر مقایسه گردید. سازه دیوار برشی دارای جابجایی کلی و نسبی کم‌تری نسبت به سازه قاب خمشی می‌باشد. اما سازه دیوار برشی دارای جابجایی پسماند بسیار بیشتری از سازه دیوار برشی بوده است.

ج) در مورد تحلیل قابلیت اعتماد:

۸- استفاده از سیستم دیوار برشی به جای قاب خمشی، می‌تواند احتمال شکست اجزای سازه‌ای و متعاقباً تولید

۶- در خصوص مقایسه معیار طراحی تحلیل استاتیکی با تحلیل تاریخچه زمانی و طراحی عملکردی، باید گفت که سازه‌هایی که معیار طراحی آیین‌نامه ۲۸۰۰ را با استفاده از تحلیل استاتیکی ارضا می‌کنند، می‌توانند تحت اثر معیار طراحی عملکردی آیین‌نامه ۲۸۰۰ نیز ایمن بمانند. معیار طراحی عملکردی آیین‌نامه ۲۸۰۰ بر اساس تغییر شکل نسبی طبقات می‌باشد و حداکثر این مقدار ۰/۰۲ ارتفاع هر طبقه می‌باشد.



زلزله طرح، با ایمنی بسیار مناسبی می‌توانند به کار خود ادامه دهند. زیرا که احتمال شکست اجزای سازه برای زلزله‌هایی با رکورد شتاب کم‌تر از  $0.35g$  (شتاب مبنای طرح تعریف شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰) برابر با ۵٪ یا کم‌تر به دست آمد.

نخاله‌های ساختمانی را به طور محسوسی کاهش دهد، این امر ضمن استفاده بهینه از مصالح ساختمانی، موجبات تخریب کمتر و حفظ محیط‌زیست با حداقل آسیب ممکن را مهیا می‌سازد. (آسیب‌های مرحله تولید مصالح و ساخت هرچند که باید به حداقل برسند و لی اجتناب‌ناپذیرند).

۹- مقدار احتمال شکست در اجزای سازه‌ای، با تغییر شتاب حداکثر رکورد زلزله، در سیستم قاب خمشی با شیب بسیار تندی می‌تواند از صفر به یک برسد.

۱۰- مقدار احتمال شکست در اجزای سازه‌ای، با تغییر شتاب حداکثر رکورد زلزله، در سیستم دیوار برشی با شیب نسبتاً ملایمی از صفر به یک می‌رسد.

۱۱- با توجه به نتایج به دست آمده از داده‌های میدانی می‌توان گفت که سازه‌های بتن آرمه مورد مطالعه، تحت اثر

#### منابع:

-Abdelouafi, E.G., Abdellatif, K.,

Mohamed, B., Francesc, L.A., (2011), Seismic performance reliability analysis for reinforced concrete buildings. Journal of Civil Engineering and Construction Technology, 2(3): 45-53

-Aghababaei, M., Mahsuli, M., (2018),

Detailed seismic risk analysis of buildings using structural reliability methods. Probabilistic Engineering Mechanics, 53: 23-38.

-Ali, O., Bigaud, D., Riahi, H., (2018),

Seismic performance of reinforced concrete frame structures strengthened with FRP laminates using a reliability-based advanced approach. Composites Part B: Engineering, 139: 238-248.

- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، (۱۳۹۳)، "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله" (استاندارد ۲۸۰۰ ایران)، ویرایش چهارم.

- مستوفی‌نژاد، د.، (۱۳۹۸)، "سازه‌های بتن آرمه براساس روش طرح مقاومت ACI 318-14 و طراحی در حالات حدی"، ویرایش دوم، انتشارات ارکان دانش، ج ۱: ۷۴۰ ص.

-وزارت راه و شهرسازی، دفتر مقررات ملی ساختمان، (۱۳۹۲)، "مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه"، ویرایش چهارم.

-وزارت مسکن و شهرسازی، دفتر مقررات ملی ساختمان. (۱۳۹۲)، "مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان"، ویرایش سوم.

- امیرکاردوست ع.ا.، حسینی س.ع. (۱۳۹۹)، "تحلیل قابلیت اعتماد ساختمان‌های بتن آرمه در تهران" رساله دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ۲۱۵ ص.

- Mkrtycheva, O.V., Dzhinchvelashvilia, G.A., Busalovaa, M.S., (2015)**, assessing the reliability of a multi-story monolithic concrete building with a base. *Procedia Engineering* 111: 550-555.
- Rubinstein, R.Y., Kroese, D.P., (2007)**, *Simulation and the Monte Carlo Method»* (second edition). New York: John Wiley & Sons, ISBN 978-0-470-17793-8.
- Thinley, K., Hao, H., (2017)**, Seismic performance of reinforced concrete frame buildings in Bhutan based on fuzzy probability analysis. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*; 92: 604-620
- Vazirizadea, S.M., Nozhati, S., Allamehzadeh, M., (2017)**, Seismic reliability assessment of structures using artificial neural network. *Journal of Building Engineering* 11: 230-235.
- Çavdar, O., Çavdar, A., and Bayraktar, E., (2018)**, Earthquake Performance of Reinforced-Concrete Shear-Wall Structure Using Nonlinear Methods. *Journal of Performance of Constructed Facilities*; 32:1-12.
- Haeri Kermani, A., Fadaee, M.J., (2013)**, Assessment of seismic reliability of RC framed buildings using a vector-valued intensity measure. *Asian Journal of Civil Engineering*; 14:17-32.
- Huang, Q., Paolo Gardoni, P., Hurlebaus, S., (2015)**, Adaptive Reliability Analysis of Reinforced Concrete Bridges Subject to Seismic Loading Using Nondestructive Testing. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*; 1:1-14.
- <http://www.strongmotioncenter.org/vdc/scripts/earthquakes.plx#>
- Lin, K.C., Lin, C.C.J., Chen, J.Y., Chang, H.Y., (2010)**, Seismic reliability of steel framed buildings. *Structural Safety*, 32: 174-182.

# **Environmental hazards of construction debris caused by earthquakes on the outskirts of Tehran**

**Aliasghar Amir Kardoust**

Assistant professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Technical, Islamic Azad University, Rudehen Branch

## **Abstract:**

**In the event of an earthquake environmental hazard, reinforced concrete buildings in Tehran, in addition to destroying and inflicting extensive human and financial losses, will lead to the production of construction debris and mass debris. In this study, the reliability analysis in 110 concrete buildings running in area one of Tehran with the assumption of variable compressive strength of concrete and yield strength of rebar has been investigated. That is, it has compared the flexural frame and the flexural frame with the shear wall. And this is slightly higher in shear walls. Also, in all tested rebar's (environmentally friendly), the average yield strength was higher than the nominal strength. Regarding seismic performance, shear wall structure has less general and relative displacement than flexural frame structure. The results of reliability analysis showed that the use of shear wall system instead of bending frame can reduce damage to non-structural components and consequently reduce the production of construction debris and preserve the environment.**

**Keyword:** Environmental hazards, earthquakes, reinforced concrete buildings, reliability, Tehran.