Archive of SID

Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(1):35-45

Role of Architects in the Seismic Performance of Conventional Medium-rise Buildings by Using the Experiences of Past Earthquakes

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Noorifard A.* *PhD,*
Mehdizadeh Saraj F.[1] *PhD*

How to cite this article
Noorifard A, Mehdizadeh Saraj F, Role of Architects in the Seismic Performance of Conventional Medium-rise Buildings by Using the Experiences of Past Earthquakes. Naqshejahan- Basic studies and New Technolog-ies of Architecture and Planning. 2018;8(1):35-45.

ABSTRACT

Aims From the beginning of the modernism, when architects began to use the aesthetic characteristics of steel and concrete structures in the building, new seismic configuration problems appeared; despite the existence of seismic codes, sometimes safety level in buildings is not achieved due to lack of attention in design and implementation. The aim of this study was to evaluate the role of architects in the seismic performance of conventional medium-rise buildings by using the experiences of past earthquakes.

Information & Methods In the present empirical study, regarding the broad view approach of the research, an experimental laboratory was used by observing damages of RC and steel structure buildings in past earthquakes. All the analytical data in 5 areas, including soil and site conditions, geometry and configuration of architecture, geometry and configuration of structure, architectural details, and structural details were adapted with the process of study, design, and implementation through logical argumentation method. Finally, all potential damages were set as a basic control matrix for use by architects.

Findings According to the 5-part spectral model, unlike the initial impression that only the structural engineer is responsible for seismic resistant design of RC and steel structure buildings, and contrary to the view of some other researchers who consider that the role of architects is limited to the basic design of buildings form, architects play a decisive role on a wide range of factors affecting the seismic performance of buildings in the study, design, and implementation process.

Conclusion Architects play a decisive role on a wide range of factors affecting the seismic performance of buildings in the study, design, and implementation process. Therefore, the most optimal seismic resistant building can only be achieved through assigning responsibility and collaboration between engineers from the beginning of studies to the end of implementation.

Keywords Earthquake; Architecture; Damage; Conventional Medium-rise Buildings; Design; Implementation

*Architecture Technology Department, Architecture Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran
[1]Architecture Department, Architecture & Environmental Design Faculty, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

Correspondence
Address: Architecture Faculty, University of Tehran, Enghelab Street, Tehran, Iran. Postal Code: 1417466191
Phone: +98 (21) 66409696
Fax: -
azadeh.noorifard@ut.ac.ir

Article History
Received: February 20, 2018
Accepted: May 15, 2018
ePublished: June 19, 2018

CITATION LINKS

[1] Seismic issues in ... [2] Failures of masonry and concrete buildings during ... [3] Seismic issues in the design process ... [4] Vulnerability Reduction in Architectural Design ... [5] Performance-based seismic design of nonstructural building ... [6] Evaluation of structural irregularities based on ... [7] Re-characterization of architectural style of reinforced ... [8] Commonly encountered seismic design ... [9] The role of training seismic design in architecture ... [10] Stable architecture against ... [11] Empirical estimates of ... [12] Modeling the effect of embankment dam ... [13] Evaluation of liquefaction potential in mazandaran ... [14] An evaluation on liquefaction ... [15] Preventing irregularity effects of infills ... [16] Performance of reinforced concrete buildings during the ... [17] What is to be learned from damage and failure of reinforced ... [18] Learning from earthquakes, The Mw 7.1 ... [19] Analyzing the state of seismic consideration ... [20] Assessing the damage of steel ... [21] Preventing undesirable seismic behaviour ... [22] Effects of nonstructural brick infills on an indonesian ... [23] Behavior of masonry in the Northridge (US) and Tecoma´n–Colima (Mexico) ... [24] On the nonstructural elements and their behavior in the Bam ... [25] Preliminary report of Bam earthquake ... [26] Bam and its earthquake ... [27] Seismic performance analysis and design suggestion for frame ... [28] Earthquake resistant design for ... [29] Reactions of steel structures against earthquakes, inspection of steel structures with a view to ... [30] Performance of reinforced concrete buildings during the ... [31] Seismic performance evaluation of buildings in 17nd of August 1999 Izmit ... [32] Assessing the Behavior of Reinforced Concrete ... [33] Learning from earthquakes performance ...

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

www.SID.ir

Archive of SID

نقش معماران بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف با بهره‌گیری از تجارب زلزله‌های گذشته

آزاده نوری‌فرد* PhD
گروه تکنولوژی معماری، دانشکده معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران
فاطمه مهدی‌زاده‌سراج PhD
گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده
اهداف: از آغاز دوران مدرنیسم هنگامی که معماران، بهره‌گیری زیبایی‌شناسانه از اسکلت‌های فلزی و بتنی در ساختمان را آغاز نمودند، مشکلات پیکربندی لرزه‌ای جدیدی نیز بروز کرد؛ علی‌رغم وجود آیین‌نامه‌های لرزه‌ای، بسیاری از مواقع سطح ایمنی مورد نظر در ساختمان‌ها به‌دلیل کم‌توجهی در طراحی و اجرا حاصل نمی‌شود. هدف مطالعه حاضر بررسی میزان نقش معماران بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف با بهره‌گیری از تجارب زلزله‌های گذشته بود.
اطلاعات و روش‌ها: در مطالعه تجربی حاضر با توجه به رویکرد پهنانگر تحقیق، از طریق مشاهده خسارات وارد بر ساختمان‌های اسکلت بتنی و فلزی در زلزله‌های گذشته به‌نوعی از یک آزمایشگاه استفاده شد. داده‌های تحلیلی در پنج حوزه شامل بستر و ساختگاه، هندسه و فرم معماری، هندسه و فرم سازه، جزئیات عناصر معماری، جزئیات عناصر سازه‌ای از طریق روش استدلال منطقی با فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا تطبیق داده شده و نهایتاً کلیه آسیب‌های بالقوه به‌صورت یک ماتریس کنترلی پایه برای استفاده معماران تنظیم شد.
یافته‌ها: طبق مدل طیفی پنج‌قسمتی برخلاف تصور اولیه که در ساختمان‌های اسکلت فلزی و بتنی تمام مسئولیت طراحی ساختمان در برابر زلزله به عهده مهندسین سازه بوده و همچنین برخلاف نظر برخی دیگر از محققان که نقش معماران را در حد طراحی اولیه فرم بنا می‌دانند، معماران نقش تعیین‌کننده‌ای بر طیف وسیعی از عوامل موثر در عملکرد لرزه‌ای ساختمان در فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا به عهده داشتند.
نتیجه‌گیری: معماران نقش تعیین‌کننده‌ای بر طیف وسیعی از عوامل موثر در عملکرد لرزه‌ای ساختمان در فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا به عهده دارند.
کلیدواژه‌ها: زلزله، معماری، خسارت، ساختمان میان‌مرتبه متعارف، طراحی، اجرا

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰٦/۲۱
*نویسنده مسئول: azadeh.noorifard@ut.ac.ir

مقدمه

از آغاز دوران مدرنیسم هنگامی که معماران، بهره‌گیری زیبایی‌شناسانه از اسکلت‌های فلزی و بتنی در ساختمان را آغاز نمودند، مشکلات پیکربندی لرزه‌ای جدیدی نیز به وجود آمد، تعدادی از ویژگی‌های سبک بین‌المللی مانند قرارگیری ساختمان‌ها روی پیلوت، پلان آزاد و محدودکردن دیوارهای باربر داخلی منجر به تضعیف عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌ها شد[1]. در حال حاضر در کشورهای در حال توسعه با خطر لرزه‌خیزی زیاد، در کنار پروژه‌های ساختمانی که در آنها آخرین پیشرفت‌های مقاومت لرزه‌ای به خدمت گرفته شده، ساختمان‌های مهندسی‌ساز و غیرمهندسی‌سازی وجود دارد که فاقد مقاومت لرزه‌ای کافی هستند. در واقع علی‌رغم وجود آیین‌نامه‌های لرزه‌ای، در بسیاری مواقع سطح ایمنی مورد نظر به‌دلیل کمبود توجه در طراحی و فاز اجرا حاصل نمی‌شود[2].
در این میان عده‌ای معتقدند رابطه‌ای قوی بین طراحی معماری یک ساختمان و ایمنی آن در برابر زلزله وجود دارد[3, 4]. اهمیت همکاری نزدیک بین معماران و مهندسان سازه زمان زیادی است که شناخته شده است و در ایالات متحده و اروپا عمل می‌شود[5].
عده‌ای معماران را مسئول تامین ایمنی لرزه‌ای پایه طرح دانسته و عده دیگر معتقدند برای دستیابی به ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله لازم است معماران از مراحل اولیه طراحی در عملکرد لرزه‌ای ساختمان مشارکت کنند[6]. در مقابل بخش بزرگی از معماران هنوز به این حقیقت واقف نیستند که تصمیمات آنها مهم‌ترین عامل در عملکرد لرزه‌ای ساختمان است[7] و خطاهای طراحی معماری اثرات منفی روی رفتار سازه‌ای ساختمان در برابر زلزله دارد[8]. اگر معماران فرم نامطلوبی برای ساختمان طراحی کنند، طراحی ساختمانی مقاوم در برابر زلزله برای مهندسین سازه بسیار مشکل می‌شود[9].
در حال حاضر با توجه به تفکیک وظایف معماران و مهندسین سازه در روند طراحی و اجرا، تمام مسئولیت پایداری ساختمان در برابر نیروهای جانبی به عهده مهندسین سازه است در حالی که بسیاری از تصمیمات اساسی و تاثیرگذار در پایداری لرزه‌ای ساختمان از جمله هندسه و فرم ساختمان، مصالح و جزئیات اجزای ساختمان و تکنولوژی‌های مورد استفاده بدون توجه به اهمیت مسایل مذکور در پایداری لرزه‌ای ساختمان توسط معماران اخذ شده و مهندسین سازه نیز عمدتاً نقش خود را در حد طراحی مقاطع و اتصالات عناصر سازه‌ای کاهش داده‌اند. بنابراین بسیاری از عوامل تاثیرگذار در عملکرد لرزه‌ای ساختمان مغفول مانده و اغلب کسی عهده‌دار این مسئولیت نیست. محققان متعددی بر تاثیر فرم معماری بر پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌ها اشاره کرده‌اند، اما در اکثر موارد مسئولیت معماران در مراحل اولیه طراحی زمانی که تصمیمات مربوط به هندسه پلان اخذ می‌شود، در نظر گرفته شده است.
در مطالعه حاضر با هدف شناسایی نقاط ضعف ساختمان‌ها در زلزله و میزان نقش معماران در این رابطه سعی شد از طریق مطالعه و حوزه‌بندی خسارات وارد بر ساختمان‌ها در زلزله‌های گذشته و تطبیق این حوزه‌ها با فرآیند مطالعه، طراحی و اجرای ساختمان کاستی‌های موجود شناسایی و میزان مسئولیت معماران در هر زمینه مشخص شود.

خسارات وارد بر ساختمان در زلزله

کلیه خسارات وارد بر ساختمان‌ها در زلزله‌های گذشته، در پنج حوزه شامل بستر و ساختگاه، هندسه و فرم معماری، هندسه و فرم سازه، جزئیات عناصر معماری و جزئیات عناصر سازه‌ای قابل تقسیم‌بندی است. اهمیت سه حوزه اول تنها در فاز مطالعه و طراحی و دو حوزه آخر هم در فاز طراحی و هم در فاز اجرا است. در مطالعه حاضر کلیه خسارات وارد بر ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف در زلزله‌های گذشته در حوزه‌های فوق تجزیه و تحلیل و در هر مرحله میزان و اهمیت نقش معماران مشخص شد. با عنایت به این که بررسی جامع در هر حوزه، خود موضوع مقاله‌ای مجزا است، در مطالعه حاضر تلاش شد در راستای هدف اصلی مطالعه، به کلیه موارد تاثیرگذار اشاره و یکی از مهم‌ترین موارد با جزئیات بیشتری تحلیل شود.

بستر و ساختگاه

بسیاری از خسارات وارد بر ساختمان‌ها در زلزله به‌دلیل کمبود مقاومت، اشکالات طراحی و اجرای ساختمان نیست بلکه به‌دلیل خسارات وارد بر بستر ساختمان در زلزله است. شناسایی این موارد اصولاً در فاز مطالعات امکان‌سنجی و مطالعات اولیه پروژه صورت گرفته و تحلیل دقیق این آثار در حوزه زمین‌شناسی و مهندسی ژئوتکنیک است، لکن با توجه به این که اساساً فاز مطالعات با محوریت و مدیریت معماران انجام می‌شود و معماران یکی از اعضای اصلی تیم تصمیم‌گیرنده در خصوص سایت پروژه هستند،

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین توجه معماران به این موارد و اخذ مشاوره‌های فنی از متخصصان در این زمینه بسیار راه‌گشا خواهد بود.

بخشی از خسارات ناشی از بستر ساختمان به‌دلیل بی‌توجهی به جنس خاک محل است، چنانچه زمان تناوب ساختمان با زمان تناوب سایت یکسان باشد، در زلزله پدیده رزونانس به وجود می‌آید[10, 11]. ساختمان‌های بلند با زمان تناوب بلند، در خاک‌های نرم دچار آسیب بیشتری نسبت به زمین‌های سخت می‌شوند، در مقابل ساختمان‌های بنایی با زمان تناوب کوتاه در زمین‌های سخت بیش از زمین‌های نرم دچار آسیب می‌شوند. توجه به این موضوع از جمله مواردی است که بر طراحی فرم، تناسبات و ترکیب حجمی ساختمان در مراحل طراحی معماری بسیار تاثیرگذار است. بر این اساس نقش معماران در مرحله مطالعات امکان‌سنجی و بررسی بستر و ساختگاه کم می‌ابشد.

یکی از مهم‌ترین پدیده‌های مربوط به بستر ساختمان در زلزله، پدیده روان‌گرایی است. در این پدیده لایه‌های ماسه‌ای اشباع به‌علت حرکت زلزله مقاومت برشی خود را از دست داده و مانند گل مایع رفتار می‌کنند[12-14]. این پدیده می‌تواند موجب نشست پی‌ها، کج‌شدن، فرورفتن و واژگونی ساختمان، گسیختگی شیب‌ها، خاکریزها، سدها، جوشش ماسه از لابه‌لای منافذ به سطح زمین و تورم در خاک‌های ناپایدار شود. از دیگر خسارات وارد بر بستر و ساختگاه که منجر به آسیب‌دیدن ساختمان‌ها در زلزله می‌شود به مواردی مانند نشست‌های بزرگ، گسلش، زمین‌لغزش و سنگ‌ریزش می‌توان اشاره کرد. اهمیت برخی از موارد مانند گسلش به اندازه‌ای است که در این موارد انتخاب زمین دیگری برای پروژه الزامی می‌شود، لکن برای برخی موارد از جمله روان‌گرایی یا نشست‌های بزرگ می‌توان در طراحی تفصیلی سازه تمهیداتی با صرف هزینه‌های بیشتر پیش‌بینی کرد.

هندسه و فرم معماری

بخش قابل ملاحظه‌ای از خسارات وارد بر ساختمان‌ها در زلزله ناشی از فرم و هندسه طرح معماری و به تبع آن سازه ساختمان است. اساساً مسئولیت اصلی پیکره‌بندی ساختمان در هر دو امتداد به عهده معماران بوده و تصمیمات موثر در این زمینه در مرحله طراحی پایه معماری اخذ می‌شود، بنابراین چنانچه در این مرحله از طراحی بدون توجه به ملاحظات لرزه‌ای، هندسه طرح معماری و سپس هندسه عناصر سازه‌ای تعیین شود، دستیابی به ساختمانی که هم از نظر طرح معماری و هم از نظر عملکرد لرزه‌ای مطلوب و هزینه‌های اجرایی آن نیز بهینه باشد عملاً امکان‌پذیر نخواهد بود. بر این اساس می‌توان گفت معماران مسئولیت کاملی در تعیین هندسه و فرم ساختمان به عهده دارند.

در ادامه این بخش، ملاحظات مربوط به هندسه و فرم طرح، شامل پیکره‌بندی در دو صفحه افق و قائم مورد بررسی قرار گرفت.

خسارات ناشی از پیکره‌بندی در صفحه افق

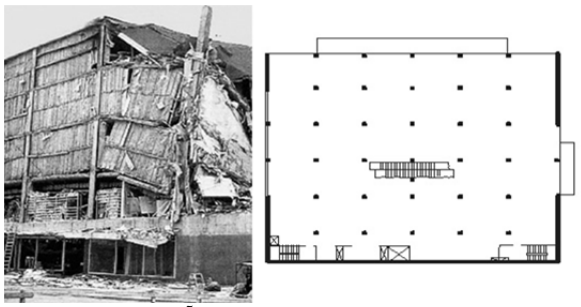
فرم پلان اثری تعیین‌کننده در پایداری ساختمان زمان زلزله دارد. بسیاری از آسیب‌های وارده در زلزله‌های گذشته به‌دلیل عدم توزیع یکنواخت سختی، عدم رعایت سادگی، نظم و عدم رعایت تناسبات در پلان بوده است.

عدم توزیع یکنواخت سختی: از دیدگاه تحلیل سازه نیروی زلزله به مرکز جرم طبقات وارد می‌شود و نیروی مقاوم سازه در برابر زلزله در مرکز سختی سیستم مهاری جانبی اثر می‌کند و چنانچه این دو مرکز در ساختمان بر یکدیگر منطبق نباشند علاوه بر حرکت جانبی زلزله حرکت پیچشی نیز به آن افزوده خواهد شد که آثار مخرب زیادی به‌دنبال خواهد داشت[8, 15]. مساله بسیار مهم در این زمینه این است که استفاده از پلان‌های متقارن تضمین‌کننده سلامت ساختمان در برابر آثار پیچشی نبوده و تقارن در توزیع سازه مهاری، دیوارها، راه‌پله، آسانسورها و سایر عناصر با سختی جانبی قابل ملاحظه نیز برای دستیابی به این امر لازم و ضروری است. از جمله مواردی که در مرحله طراحی پایه معماری تعیین و در زلزله‌های گذشته موجب پیچش ساختمان‌های متقارن شده است، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) وجود یک هسته خارج از مرکز خیلی‌سخت مانند پله‌ها و آسانسورها

۲) ایجاد ساختمان‌های سه‌طرفه در بلوک‌های شمالی شهری (شکل ۱) و ساختمان‌های دوطرفه در نبش خیابان‌ها به‌دلیل مقررات شهرسازی و مسایل نورگیری[16]

۳) توزیع نامتقارن بارهای زنده در ساختمان به‌ویژه تاسیسات حجیم و سنگین



شکل ۱) تخریب ساختمان جی.سی.پنی در زلزله ۱۹۶۴ آلاسکا در اثر پیچش ناشی از چیدمان دیوارها[1]

عدم رعایت سادگی و نظم: بسیاری از اشکال زاویه‌دار مانند پلان‌های L، T، U، Z، H، I، Y و + شکل که به دلایل مختلفی از جمله سازمان‌دهی فضایی، سطوح نورگیر و تهویه طبیعی در معماری بسیار متداول هستند، علی‌رغم تقارن شکلی، در زلزله رفتار خوبی نشان نمی‌دهند. بال‌های این نوع اشکال بسته به جهت نیروی زلزله نسبت به ساختمان، سختی متفاوتی داشته و در نتیجه حرکات مختلفی را از خود بروز می‌دهند. همچنین به‌دلیل تمرکز تنش در کنج‌ها و اختلاف رفتار بال‌های متعامد در زلزله همواره در محل تقاطع بال‌ها، ساختمان دچار خسارت شده[1, 17] و حتی ممکن است تعدادی از بال‌ها واژگون شود. این شکل‌ها به اشکال مقعر یا نامنظم معروف هستند.

عدم رعایت تناسبات: اهمیت رعایت تناسبات پلان در سه زمینه زیر است، در هر مورد چنانچه این تناسبات از مقدار مشخصی کمتر باشد، اختلال قابل توجهی در رفتار لرزه‌ای ساختمان به وجود نخواهد آمد. با توجه به این که ارایه ضوابط مطرح در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای معتبر دنیا و تحقیقات صورت‌گرفته در این زمینه خود موضوع مقاله‌ای مجزا است، در این قسمت فقط به موارد موثر زیر اشاره شد:

۱) تناسبات کلی پلان

۲) تناسبات بین ابعاد پیشامدگی‌ها با ابعاد پلان

۳) تناسبات بین ابعاد بازشوها با ابعاد پلان

خسارات ناشی از پیکره‌بندی در صفحه قائم: فرم ساختمان در امتداد قائم نیز اثری تعیین‌کننده در پایداری ساختمان زمان زلزله

www.SID.ir

Archive of SID

دارد. علت بسیاری از آسیب‌های وارده در زلزله‌های گذشته به‌دلیل عدم توزیع یکنواخت سختی، عدم رعایت سادگی و نظم و عدم رعایت تناسبات قائم بوده است.

عدم توزیع یکنواخت سختی: علت بسیاری از خسارات سنگین در زلزله‌های گذشته که اغلب به فروپاشی کامل ساختمان منجر شده است، عدم توجه به توزیع یکنواخت سختی در ارتفاع بوده که موجب ایجاد پدیده‌ای به نام طبقه نرم شده است. در برخی از ساختمان‌ها اغلب در طبقه همکف به‌دلیل طرح معماری و کیفیت فضایی، تغییرات قابل توجه در سیستم‌های مقاوم جانبی در مقایسه با سایر طبقات اجتناب‌ناپذیر است. به این ترتیب بخش زیادی از کل تغییر مکان جانبی ساختمان متوجه این طبقه شده و نهایتاً منجر به تمرکز تنش‌ها در اتصالات طبقه بعدی می‌شود (شکل ۲) [1, 17].

شکل ۲) ایجاد طبقه نرم در بیمارستان الیوویو در زلزله ۱۹۷۱ سان‌فرناندو در اثر حذف دیوارهای برشی طبقه همکف[1]

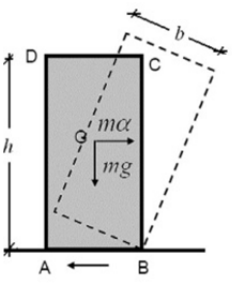
عدم رعایت سادگی و نظم: ایجاد هر گونه عقب‌رفتگی، پیش‌آمدگی و بریدگی در ارتفاع ساختمان، حرکات ارتعاشی عمده‌ای در زلزله ایجاد می‌کند. این امر از جمله مواردی است که در طراحی حجم کلی ساختمان در مرحله طراحی پایه معماری باید مد نظر قرار گیرد.

عدم رعایت تناسبات: اهمیت رعایت تناسبات قائم ساختمان در مرحله طراحی پایه معماری در سه زمینه زیر است، همانند موارد مندرج در بخش تناسبات پلان، چنانچه این تناسبات از مقدار مشخصی کمتر باشد، اختلال قابل توجهی در رفتار لرزه‌ای ساختمان به وجود نخواهد آمد.

۱) نسبت بین ارتفاع و بعد کوچک‌تر پلان برای کنترل لنگر واژگونی (شکل ۳) [17]

۲) نسبت‌های ابعادی دیوارها و سایر عناصر قائم

۳) نسبت بین ابعاد بازشوها با ابعاد دیوارها



شکل ۳) واژگونی ساختمان[17]

هندسه و فرم سازه: در بیان اهمیت فرم و هندسه سازه لازم است اشاره شود ساختمان‌های با فرم نامطلوب در زلزله دچار آسیب خواهند شد، حتی اگر عناصر سازه‌ای ساختمان به‌صورت مجزا کمبودی از نظر مقاومت لرزه‌ای نداشته باشند. بخش عمده هندسه و طرح سازه تابع هندسه و طرح معماری است. البته در برخی موارد از جمله توزیع یکنواخت سختی در پلان و ارتفاع که هر دو عامل در زلزله‌های گذشته موجب بروز خسارات قابل ملاحظه در ساختمان‌ها شده‌اند، نقش مهندسین سازه پررنگ‌تر از معماران است، به‌عبارتی با یک طرح معماری ثابت امکان ارایه طرح‌های مختلفی در بخش سازه وجود دارد به‌نحوی که موجب وقوع پدیده پیچش یا طبقه نرم در زلزله شود.

اساساً سازمان‌دهی فضایی ساختمان، عامل اصلی در ترکیب‌بندی عناصر سازه‌ای است، لکن مشارکت معماران در طراحی سازه تنها محدود به تصمیم‌گیری در ارتباط با فرم نبوده و تعیین ابعاد اولیه عناصر سازه‌ای نیز جزء مسئولیت‌های معماران است.

بر این اساس معماران در تعیین هندسه و فرم سازه، مسئولیت زیادی دارند. با عنایت به موارد فوق و برای جلوگیری از موارد ذکرشده در بخش هندسه و فرم معماری در ادامه تنها به بررسی چهار مورد موثر در زمینه هندسه و فرم سازه پرداخته شد.

۱) عدم توزیع یکنواخت سختی در پلان: لازم است مهندسین سازه تلاش کنند تا سختی عناصر سازه‌ای را به‌صورت همسان توزیع کنند. مساله بسیار مهم در این زمینه این است که استفاده از پلان‌های متقارن تضمین‌کننده سلامت ساختمان در برابر آثار پیچش نبوده و تقارن در توزیع سازه مهاری جانبی و سایر عناصر با سختی بالا نیز ضروری است. از جمله مواردی که در مرحله طراحی پایه سازه تعیین و در زلزله‌های گذشته موجب پیچش ساختمان‌های متقارن شده است به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

۱) مهار سازه قرینه توسط دیوارهای برشی یا مهاربندی‌های غیرقرینه

۲) تغییر در سختی ستون‌های ساختمان‌های واقع در شیب

۲) عدم توزیع یکنواخت سختی در ارتفاع: علت اصلی وقوع پدیده طبقه نرم،کاهش سختی عناصر سازه‌ای یک طبقه در مقایسه با طبقات مجاور است. اگرچه علت اصلی وقوع طبقه نرم، کیفیت فضایی مورد نظر در طرح معماری است، لکن کاهش سختی سازه به دلایل زیر رخ می‌دهد:

۱) حذف تعدادی از ستون‌ها[1]

۲) ارتفاع بلندتر ستون‌ها

۳) حذف مهاربندی‌ها یا دیوارهای برشی

۴) حذف میانقاب‌ها و دیوارها[1]

۳) عدم تداوم عناصر سازه‌ای قائم: نیروهای زلزله که در طبقات مختلف یک ساختمان وارد می‌شوند تمایل دارند از کوتاه‌ترین مسیر به سمت زمین بروند، در صورتی که دیوارهای برشی، مهاربندی‌ها، ستون‌ها و دیوارهای باربر روی یکدیگر قرار نداشته باشند به‌دلیل تمرکز تنش در زلزله آسیب می‌بینند[1]. اگر چه بنیان اصلی این مورد نیز در طراحی معماری گذارده می‌شود، لکن مهندسین سازه در طراحی هندسه و فرم سیستم سازه‌ای باید تمهیدات مورد نیاز از جمله جابه‌جایی موقعیت عناصر سازه‌ای قائم و تیرهای اتصال قوی‌تر را پیش‌بینی کنند.

۴) خسارات ناشی از عدم پیش‌بینی درز انقطاع: علی‌رغم تمام مطالبی که در مورد سادگی، نظم و تقارن ساختمان در پلان و ارتفاع گفته شد، مواردی وجود دارد که به دلایل عملکردی،

www.SID.ir

Archive of SID

زیبایی‌شناسی و ضوابط شهرسازی استفاده از فرم‌های نامنظم اجتناب‌ناپذیر است. در این مواقع با استفاده از درز انقطاع، قطعاتی از ساختمان که رفتارهای ناهمگن دارند از هم جدا شده و به یک شکل نامنظم به چند شکل ساده و مقاوم در برابر زلزله تبدیل می‌شود. بسیاری از خسارات وارده در زلزله‌های گذشته به‌دلیل عدم پیش‌بینی درز انقطاع یا عدم کفایت عرض درز بین ساختمان‌های مجاور بوده است (شکل ۴).

شکل ۴) آسیب ناشی از ضربه ساختمان مجاور، زلزله ۲۰۱۱ وان ترکیه[18]

جزئیات عناصر معماری

اجزای غیرسازه‌ای معماری، عناصری هستند که در مسیر اولیه انتقال بار نبوده و جزئی از سیستم مقاوم لرزه‌ای به شمار نمی‌روند[19]. لکن در بسیاری از موارد که خسارات عناصر سازه‌ای در زلزله اندک بوده است، عناصر معماری بسیار آسیب دیده‌اند[19]. خسارت وارد بر عناصر غیرسازه‌ای گاه تنها موجب آسیب‌دیدن این عناصر و سایر عناصر غیرسازه‌ای می‌شود، گاهی موجب تلفات جانی شده و گاهی از طریق مداخله در رفتار عناصر سازه‌ای موجب آسیب‌دیدن سازه یا فروپاشی آن می‌شوند. بنابراین آسیب این عناصر در زلزله خطرات جانی، مالی و خطراتی برای عملکرد و کارآیی ساختمان را به‌همراه دارد، این امر در خصوص ساختمان‌های مهم مانند مراکز آتش‌نشانی، بیمارستان‌ها و مراکز مخابراتی اهمیت بالایی دارد[19]. البته لازم به ذکر است در برخی موارد عناصر معماری به‌ویژه دیوارها به کمک سازه آمده و موجب پابرجاماندن ساختمان شده‌اند[18, 20-22]. دو اقدام اصلی برای کاهش خسارات وارد بر عناصر غیرسازه‌ای شامل محدودکردن تغییر شکل سازه و پیش‌بینی عناصر مهاری در برابر نیروهای جانبی وارد بر آنها است[19]. علاوه بر این لازم است وزن این عناصر نیز بررسی شود، زیرا بخش اعظم بارهای وارد بر سازه که مبنای تعیین نیروهای زلزله است ناشی از مصالح به‌کاررفته در اجزا و عناصر معماری ساختمان است.

در ارتباط با مسئولیت طراحی عناصر غیرسازه‌ای، نه‌تنها معماران مسئولیت اولیه در طراحی عناصر معماری را به عهده دارند، بلکه در طراحی سایر عناصر غیرسازه‌ای از جمله عناصر الکتریکی، مکانیکی، لوله‌کشی، مخابراتی و مبلمان نیز عهده‌دار مسئولیت حمایت‌کننده و بعضاً مسئولیت اولیه هستند[5]. خسارات وارد بر عناصر غیرسازه‌ای در زلزله هم به‌دلیل نقص در طراحی اجزا و هم به‌دلیل نقص در اجرا است. در خصوص ساخت‌وسازهای متعارف که اغلب بدون نقشه‌های تفصیلی معماری اجرا می‌شوند، تسلط ناظر و مجری بر عوامل تاثیرگذار در رفتار لرزه‌ای مطلوب اجزای معماری و انتخاب مصالح سبک از اهمیت بالایی برخوردار بوده و این نقش در ساختمان‌های متعارف می‌تواند به عهده مهندس معمار یا مهندس سازه به‌عنوان مجری کار باشد. بنابراین معماران در مرحله طراحی تفصیلی و اجرای عناصر معماری مسئولیت کاملی دارند. در ادامه عمده خسارات وارد بر عناصر غیرسازه‌ای معماری در ۵ گروه اصلی زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۱) دیوارهای خارجی و تیغه‌های داخلی

الف) شکست ستون یا دیوار در محل اتصال در اثر تمرکز نیرو بین دیوار و ستون[21]

ب) ترک‌خوردگی درون‌صفحه‌ای دیوار در اثر ضعف ذاتی و عدم یکپارچگی اجزای دیوار[23, 24]

ج) فروپاشی خارج از صفحه دیوار در اثر نسبت کم ضخامت به ارتفاع یا ضعف اتصال بین دیوار و سازه[23, 24] (شکل ۵)

شکل ۵) فروپاشی خارج از صفحه‌ای دیوار؛ زلزله ۱۳۸۲ بم[25]

۲) نماها

الف) فروریختن سنگ‌های پلاک به‌دلیل عدم استفاده از پیچ و رول‌پلاک یا اسکوپ (شکل ۶) [25]

ب) فروریختن نماهای آجری به‌دلیل ضعیف‌بودن و عدم چسبندگی ملات به دیوار پشت[25]

ج) ایجاد قطعات بزرگ آوار در اثر چسبندگی قطعات نما به یکدیگر و کمبود چسبندگی ملات با دیوار پشت[24]

شکل ۶) فروریختن سنگ‌های پلاک به‌دلیل عدم استفاده از پیچ و رول پلاک یا اسکوپ[25]

www.SID.ir

Archive of SID

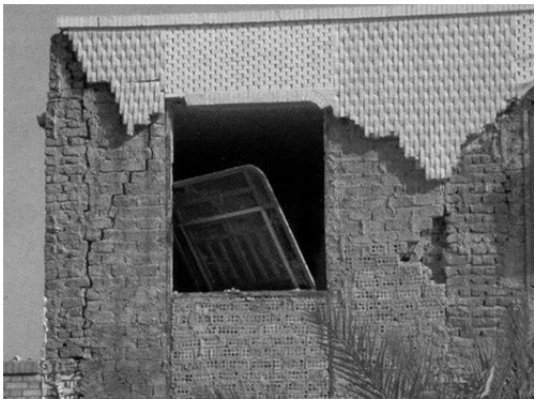
۳) درها و پنجره‌ها

الف) فروریختگی خارج از صفحه‌ای[24, 25] (شکل ۷)

ب) فروپاشی در اثر تغییرشکل زیاد دیوارها[24, 25]

ج) فروریختن دیوار فوقانی در اثر بیرون‌افتادن پنجره‌های فاقد نعل درگاه مجزا[24]

د) مسدودشدن راه‌های فرار در اثر تغییر شکل درها



شکل ۷) فروریختن خارج از صفحه پنجره؛ زلزله ۱۳۸۲ بم[26]

۴) پلکان‌ها

الف) اهمیت بالا از لحاظ راه نجات ساکنین پس از زلزله، علی‌رغم کم‌توجهی طراحان و مجریان[27]

ب) خسارات وارد بر پله‌ها به سه صورت کلی خسارت پله، خسارت دیوارهای پیرامون یا هر دو (شکل ۸)

شکل ۸) خسارت وارده به دیوار و سازه پله؛ زلزله ۲۰۱۱ وان ترکیه[18]

۵) سقف‌های کاذب

الف) بازشدگی و شکست قلاب آویزها[28] (شکل ۹)

ب) ترک‌خوردگی سطح اندودشده یا جداشدن و فروریختن تایل‌های گچی[28]

شکل ۹) فروریختن پنل‌های سقف کاذب؛ زلزله ۱۳۸۲ بم[24]

جزئیات عناصر سازه‌ای

مشابه عناصر معماری، خسارات ناشی از عناصر سازه‌ای که منجر به بروز خسارت در زلزله می‌شود هم به‌دلیل نقص در طراحی اجزا و هم به‌دلیل نقص در اجرا بوده است. البته لازم به ذکر است در خصوص ساخت‌وسازهای متعارف که اغلب از نقشه‌های تفصیلی دقیق و کاملی برخوردار نیستند، تسلط ناظر و مجری بر عوامل تاثیرگذار در رفتار لرزه‌ای مطلوب اجزای سازه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است و این نقش در ساختمان‌های متعارف هم می‌تواند به عهده مهندس معمار و هم به عهده مهندس سازه باشد. با توجه به این که معمار تقریباً در فاز دو طراحی سازه نقش موثری نداشته لکن چنانچه مسئول نظارت و اجرا باشد، نقش موثری در فاز سه سازه به عهده خواهد داشت، بنابراین معماران در مرحله طراحی تفصیلی سازه مسئولیتی نداشته اما در مرحله اجرا مسئولیت کامل دارند.

با توجه به محدوده موضوع مطالعه حاضر از موارد مربوط به جزئیات طراحی تفصیلی سازه که معماران نقشی در این زمینه ایفا نمی‌کنند، صرف نظر شد و در ادامه تمرکز اصلی بحث بر مشکلات اجرایی رایج در ساختمان‌های اسکلت بتنی و اسکلت فلزی بود. بسیاری از موارد از جمله ضعف اتصالات و جزئیات آرماتوربندی بین طراحی تفصیلی و اجرای سازه مشترک است.

خسارات وارد بر عناصر سازه‌ای ساختمان‌های بتنی: چنانچه شکست سازه‌های بتنی به‌دلیل عدم تامین مقاومت برشی لازم توسط ستون‌ها و دیوارهای برشی در هر طبقه نباشد، علل اصلی خسارات وارده بر آنها به یکی از چهار علت زیر خواهد بود.

۱) کیفیت نامناسب بتن: کیفیت پائین بتن به‌دلیل عدم توجه به دانه‌بندی مناسب، عدم پاکیزگی مصالح سنگی، عدم رعایت طرح اختلاط، عدم انجام ویبره در حین عملیات بتن‌ریزی، عدم مراقبت مناسب از بتن با توجه به شرایط جوی است[17, 29, 30]. اهمیت این موضوع به‌حدی است که در مواردی علی‌رغم استفاده از آرماتور کافی، شکست ناشی از کیفیت بد بتن رخ داده است[25, 31-32].

۲) عدم رعایت الزامات آرماتوربندی

الف) شکست ستون‌ها و تیرها در اثر فاصله زیاد خاموت‌ها (شکل ۱۰) [16, 17, 31, 32]

ب) شکست ستون به‌دلیل استفاده از قلاب ۹۰ درجه به جای ۱۳۵ درجه یا کوتاه‌بودن امتداد قلاب‌ها[16, 17, 31, 32]

ج) شکست ستون به‌دلیل عدم رعایت طول وصله و استفاده از وصله در ناحیه بحرانی بالای دال سقف‌ها یا فونداسیون‌ها[16, 17]

د) شکست ستون به‌دلیل کمانش آرماتورهای طولی[16, 17]

www.SID.ir

Archive of SID

ذ) شکست اتصال تیر به ستون به‌دلیل خاموت‌های ناکافی [16, 17, 25, 31]

ر) شکست در ناحیه اتصال تیر به ستون به‌دلیل عدم مهار کافی میلگردها[16, 17]

شکل ۱۰) شکست به‌دلیل فواصل زیادی خاموت‌ها در ستون[17]

۳) عدم رعایت تناسبات

الف) شکست برشی ستون‌های محیطی کوتاه‌شده در اثر عمل متقابل دیوارها[16, 17, 21, 32, 33]

ب) ایجاد شکست در ستون و دیوارهای اطراف به‌دلیل بتن‌ریزی همزمان دیوار و ستون (شکل ۱۱) [33]

ج) شکست در اثر پدیده ستون ضعیف- تیر قوی[17, 31]

شکل ۱۱) شکست ستون و دیوارهای مجاور به دلیل بتن ریزی همزمان؛ زلزله ۲۰۱۱ توهوکو ژاپن[33]

۴) مداخله تاسیسات

الف) عبور لوله‌های تاسیساتی از تیرها و ستون‌ها

ب) ایجاد بازشوهای تاسیساتی در تیرها یا ستون‌ها برای تهویه[33]

خسارات وارد بر عناصر سازه‌ای ساختمان‌های فلزی

در سازه‌های فلزی نیز چنانچه فروریختن ساختمان به‌دلیل عدم وجود اجزای باربر جانبی یا کافی‌نبودن مقاومت برشی ساختمان یا عدم تقارن مهاربندی‌ها نباشد علل اصلی خسارات وارده بر آنها به یکی از چهار علت زیر خواهد بود:

۱) کمانش عضو

الف) کمانش موضعی ستون‌های مشبک به‌دلیل فاصله زیاد بست‌های افقی[25]

ب) کمانش جانبی پیچشی تیر و ستون

ج) کمانش درون‌صفحه‌ای یا برون‌صفحه‌ای بادبندهای لاغر[25, 29] (شکل ۱۲)

شکل ۱۲) کمانش پیچشی جانبی در محل تقاطع مهاربندی: زلزله ۲۰۱۱ توهوکو ژاپن[33]

۲) ضعف در اتصالات بین اعضا

الف) شکست جوش به‌دلیل عدم کفایت طول موثر و ساق جوش در مقایسه با ضخامت قطعات مورد اتصال[29]

ب) شکست به‌دلیل نفوذ ناقص و عدم امتزاج مناسب فلز پایه و فلز جوش[29]

ج) شکست در اثر استفاده از میلگرد به‌عنوان پرکننده در محل جوشکاری[29]

د) شکست اتصال تیر به ستون به‌دلیل عدم کفایت ابعاد نبشی، یا عدم استفاده از سخت‌کننده در نبشی‌های اتصال[25, 29, 26]

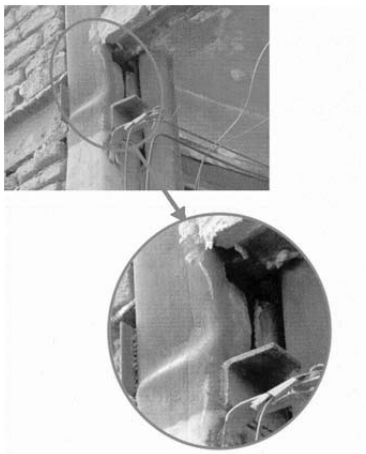
ه) شکست در ورق اتصال مهاربندی به‌دلیل حرکت برون‌صفحه‌ای ناشی از عدم استفاده از ورق‌های سخت‌کننده[33]

۳) قطع بی‌مورد عضو و ضعف اتصال

الف) شکست ستون‌ها به‌دلیل عبور تیر از داخل ستون (شکل ۱۳) [26]

ب) شکست به‌دلیل عدم یکپارچگی، قطع بی‌مورد و اتصالات ناقص عضو [29]

ج) گسیختگی برشی و تغییر شکل ورق جان در اطراف سوراخ‌های تیرهای لانه‌زنبوری[25]



شکل ۱۳) شکست ستون به‌دلیل سوراخ‌کردن آن برای عبور تیر؛ زلزله ۱۳۸۲ بم[26]

۴) ضعف فونداسیون

الف) ضعف فونداسیون اغلب به‌صورت لغزش و دررفتن بولت‌های اتصال صفحه زیر ستون به پی[25]

www.SID.ir

Archive of SID

ب) بلندشدگی پی در قاب‌های بادبندی‌شده به‌دلیل نیروهای رو به بالای زیاد در زمان زلزله[33]

اطلاعات و روش‌ها

در مطالعه تجربی حاضر با مشاهده خسارات وارد بر ساختمان‌های اسکلت بتنی و فلزی در زلزله‌های گذشته به‌نوعی از یک آزمایشگاه با مقیاس یک به یک استفاده شد.

این روش در مقایسه با روش‌های مدل‌سازی کامپیوتری یا آزمایشگاهی هیچ گونه محدودیتی نداشت و با توجه به رویکرد مطالعه که یک رویکرد پهنانگر به‌معنی شناسایی کلیه عوامل تاثیرگذار در خرابی ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف است، بسیار راه‌گشا خواهد بود. داده‌های اصلی مقاله از خسارات وارد بر ساختمان‌ها در زلزله‌های ۱۳۵۷ طبس، ۱۳۶۹ رودبار- منجیل، ۱۳۸۱ چنگوره (آوج)، ۱۳۸۲ بم، ۱۹۲۵ سانتاباربارا، ۱۹۶۰ شیلی، ۱۹۶۴ آنکوریج‌آلاسکا، ۱۹۶۸ تاکاچی‌اوکی ژاپن، ۱۹۷۱ سان‌فرناندو، ۱۹۷۷ بخارست، ۱۹۸۰ الاصنام، ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی، ۱۹۸۶ پالم اسپرینگ کالیفرنیا، ۱۹۸۶ کالاماتای یونان، ۱۹۸۹ لوماپیریتا کالیفرنیا، ۱۹۹۵ کوبه ژاپن، ۱۹۹۹ ایزمیت ترکیه، ۲۰۰۷ سوماترای اندونزی، ۲۰۱۱ توهوکوی ژاپن و ۲۰۱۱ وان ترکیه حاصل شد.

پس از بررسی و آسیب‌شناسی خسارات وارده در مرحله بعدی سعی شد با استفاده از روش استدلال منطقی کلیه اطلاعات حاصل از تحلیل داده‌ها و دانسته‌های پراکنده موجود در یک ساختار منسجم با فرآیند رایج در مطالعه، طراحی و احداث ساختمان‌های متداول تطبیق داده شود و نهایتاً یک ماتریس پایه برای کنترل عوامل موثر بر عملکرد لرزه‌ای در فرآیند مطالعات، طراحی و اجرای ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف برای استفاده معماران تنظیم شد.

میزان نقش معماران در فرآیند مطالعه، طراحی و اجرای ساختمان‌های متعارف مقاوم در برابر زلزله در مدل طیفی پنج‌قسمتی ارایه شد (شکل ۱۴).

شکل ۱۴) مدل نمایش‌دهنده نقش معماران در فرآیند طراحی و اجرای ساختمان‌های متعارف مقاوم در برابر زلزله با استفاده از طیف خاکستری رنگ؛ افزایش تیرگی سطوح به‌معنی نقش موثرتر و مسئولیت بیشتر معماران است (نگارندگان).

در این مدل فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا به‌صورت یک فلش نمایش داده شد که به چهار بخش در امتداد طول و دو بخش در امتداد عرض تقسیم شد.

با توجه به این که پژوهش حاضر در ارتباط با ساختمان‌های متعارف بود، شکل ۱۴ در بخش مطالعات و اجرا به‌صورت یکپارچه و در بخش طراحی پایه و تفصیلی به تفکیک معماری و سازه ترسیم شد. همچنین فواصل خط‌چین جداکننده فاز دو و سه به‌دلیل اجرای همزمان، بیشتر از خط‌چین جداکننده مراحل قبلی در نظر گرفته شد. این مدل با استفاده از طیف‌های رنگ خاکستری به‌صورت پنج‌قسمتی تنظیم شد، رنگ‌های تیره‌تر در هر بخش به‌معنی مسئولیت بیشتر و نقش موثرتر معماران در آن مرحله بود.

یافته‌ها

مسئولیت معماران در مرحله مطالعات امکان‌سنجی و بررسی بستر و ساختگاه کم، در مرحله طراحی پایه، تفصیلی و اجرای معماری کامل، در مرحله طراحی پایه سازه زیاد و در مرحله اجرای سازه نیز کامل و در تنها مرحله‌ای که معماران مسئولیتی بر عهده ندارند مرحله طراحی تفصیلی سازه بود.

طبق مدل در مجموع معماران نقش تعیین‌کننده‌ای بر طیف وسیعی از عوامل موثر در عملکرد لرزه‌ای ساختمان در فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا به عهده دارند.

نتایج مطالعات حاضر در شکل ۱۵ به‌صورت یک ماتریس کنترلی پایه شامل دو ستون، حوزه مسئولیت معماران و مهندسین سازه و چهار ردیف فاز صفر تا فاز سه تنظیم شد. در این ماتریس در مرحله مطالعات فاز صفر، بستر و ساختگاه از لحاظ وقوع ۶ پدیده مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج مربوط به رزونانس بر طراحی فرم بنا در صفحه قائم تاثیرگذار بود. در صورتی که احتمال وقوع سه پدیده گسلش، زمین‌لغزش و سنگ‌ریزش در سایت پروژه وجود داشته باشد، بهتر است محل دیگری برای احداث انتخاب شود. در خصوص دو پدیده روان‌گرایی و نشست‌های بزرگ نیز لازم است تمهیداتی در مرحله فاز دو سازه مد نظر قرار گیرد.

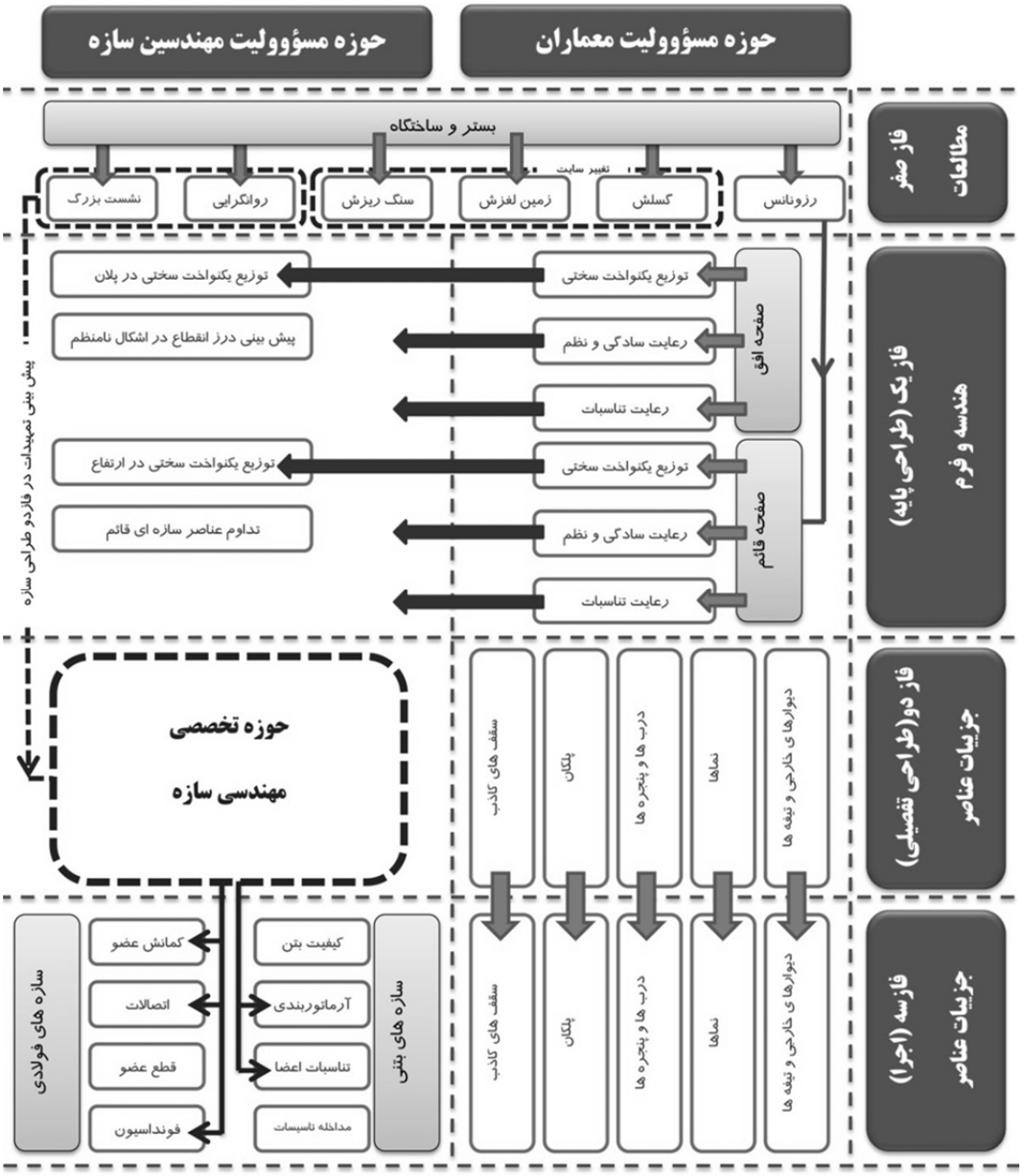
در مرحله طراحی فاز یک معماری، توجه به سه عامل توزیع یکنواخت سختی، رعایت سادگی و نظم و رعایت تناسبات در دو صفحه افق و قائم باید مد نظر قرار گیرد. دو مورد توزیع یکنواخت سختی در پلان و ارتفاع به‌صورت مستقیم بر موارد مشابه در طراحی پایه سازه تاثیرگذار هستند و سایر عوامل به‌صورت ضمنی نقش تعیین‌کننده‌ای بر هندسه و فرم سازه در مرحله طراحی پایه سازه دارند.

دو مورد پیش‌بینی درز انقطاع در خصوص فرم‌های نامنظم معماری و توجه به تداوم عناصر سازه‌ای نیز از مواردی هستند که در طراحی پایه سازه مورد توجه قرار گرفته و در ارتباط مستقیم با طرح معماری هستند.

در خصوص فاز دو و سه معماری که در ساخت‌وسازهای متداول اغلب به‌صورت همزمان انجام می‌شود، توجه به عملکرد لرزه‌ای دیوارهای خارجی و داخلی، نماها، درب‌ها و پنجره‌ها، پلکان و سقف‌های کاذب اهمیت بالایی دارند. با توجه به این که در طراحی تفصیلی سازه، مهندسین معمار نقشی بر عهده ندارند، این بخش از ماتریس به مهندسین سازه ارجاع شده است. لکن با توجه به این که در ساخت‌وسازهای متداول مسئولیت اجرا و نظارت در هر دو بخش معماری و سازه می‌تواند به عهده مهندس معمار یا مهندس سازه قرار گیرد، عوامل موثر در بخش اجرای عناصر سازه‌ای به تفکیک سازه‌های بتنی و فولادی شامل کیفیت بتن، آرماتوربندی، تناسبات اعضا و مداخله تاسیسات در سازه در ارتباط با سازه‌های بتنی و کمانش عضو، اتصالات، قطع عضو و فونداسیون در خصوص سازه‌های فولادی مورد ملاحظه قرار گرفته است. لازم به ذکر است بخشی از عوامل موثر در اجرای عناصر سازه‌ای از جمله آرماتوربندی، تناسبات اعضای بتنی، کمانش، اتصالات اعضای فولادی و فونداسیون در ارتباط مستقیم با فاز دو سازه بودند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۵) ماتریس پایه برای کنترل عوامل موثر بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف در فرآیند مطالعات، طراحی و اجرا برای معماران (نگارندگان)

بحث

هدف مطالعه حاضر بررسی میزان نقش معماران بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های میان‌مرتبه متعارف با بهره‌گیری از تجارب زلزله‌های گذشته بود

علل اصلی خسارات وارد بر ساختمان به‌دلیل نقص در یکی از پنج حوزه بستر و ساختگاه، هندسه و فرم معماری، هندسه و فرم سازه، جزئیات عناصر معماری، جزئیات عناصر سازه‌ای است. اهمیت سه حوزه اول در فاز مطالعه و طراحی پایه و دو حوزه آخر هم در فاز طراحی تفصیلی و هم در فاز اجرا است. معماران به‌صورت مستقیم در هندسه و فرم معماری، انتخاب مصالح، تکنولوژی‌های ساخت و اجرا دخیل هستند و به‌صورت غیرمستقیم از طریق طرح معماری، بر هندسه و طرح سازه، و از طریق مصالح انتخابی و جزئیات اجرایی بر میزان نیروهای وارده و نوع تحلیل سازه تاثیرگذارند. حتی سیستم سازه‌ای و ابعاد اولیه سازه هر ساختمان در ابتدا توسط معمار و براساس نیازهای طراحی معماری انتخاب شده و سپس در مراحل بعدی مهندس سازه به طراحی آن می‌پردازد.

براساس مطالعات حاضر کلیه عوامل تاثیرگذار بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان در مراحل مختلف مطالعه، طراحی و اجرا به‌صورت یک ماتریس کنترلی پایه برای استفاده معماران در مناطق با خطر زلزله بالا تنظیم شد. این ماتریس به‌عنوان یک ماتریس اصلی، کل فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا را در برداشت، لکن بررسی تفصیلی هر یک از خانه‌ها متکی بر دانش فنی طراح، مجری و ضوابط مندرج در آیین‌نامه‌ها خواهد بود. این ماتریس می‌تواند پایه‌ای برای تحقیقات بعدی باشد به‌نحوی که با استفاده از ماتریس‌های تکمیلی برای هر یک از خانه‌ها، کنترل‌های دقیق‌تری در فرآیند طراحی و اجرای ساختمان قابل اعمال باشد.

نتیجه‌گیری

برخلاف تصور اولیه که در ساختمان‌های اسکلت فلزی و بتنی تمام مسئولیت طراحی ساختمان در برابر زلزله به عهده مهندسین سازه است و همچنین برخلاف نظر برخی دیگر از محققان که نقش معماران را در حد طراحی اولیه فرم بنا می‌دانند، معماران نقش

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین‌کننده‌ای بر طیف وسیعی از عوامل موثر در عملکرد لرزه‌ای ساختمان در فرآیند مطالعه، طراحی و اجرا به عهده دارند. بنابراین تنها از طریق تعیین مسئولیت‌ها، مشارکت و تعامل بین مهندسین از آغاز مطالعات تا پایان اجرای ساختمان است که می‌توان به بهینه‌ترین ساختمان مقاوم در برابر زلزله دست یافت.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.
تاییدیه‌اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.
تعارض منافع: بین نویسندگان هیچ گونه تعارض منافعی وجود ندارد.
سهم نویسندگان: آزاده نوری‌فرد (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۷۰%)؛ فاطمه مهدی‌زاده سراج (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۳۰%)
منابع مالی: مطالعه حاضر منابع مالی ندارد.

منابع

1- Arnold C. Seismic issues in architectural design. In: Arnold C, Bolt B, Dreger D, Elsesser E, Elsesser R, Holmes W, et al. Risk management series: Designing for earthquakes -a manual for architects. Washington D.C.: FEMA; 2006.
2- Celep Z, Erken A, Taskin B, Ilki A. Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovanclar and Palu (Elazıg) Earthquakes in Turkey. Eng Fail Anal. 2011;18(3):868-89.
3- Mehdizadeh Saradj F. Seismic issues in the design process the role of architect in seismic safety issues in the design process. Int J Archit Urban Plan. 2008;19(6):9-20.
4- Mousavi H. Vulnerability Reduction in Architectural Design with Performance Based Seismic Design Approach. Hoviatshahr. 2010;4(7):53-60.
5- Filiatrault A, Sullivan T. Performance-based seismic design of nonstructural building components: The next frontier of earthquake engineering. Earthq Eng Eng Vib. 2014;13(1):17-46.
6- Inan T, Korkmaz K. Evaluation of structural irregularities based on architectural design considerations in Turkey. Struc Surv. 2011;29(4):303-19.
7- Toker S, Ünay AI. Re-characterization of architectural style of reinforced concrete building facades by exterior seismic strengthening. Build Environ. 2006;41(12):1952-60.
8- Özmen C, Ünay AI. Commonly encountered seismic design faults due to the architectural design of residential buildings in Turkey. Build Environ. 2007;42(3):1406-16.
9- Mousavi K. The role of training seismic design in architecture on reducing vulnerability of buildings against earthquakes. Honar-sou. 2011;1(1):80-93. [Persian]
10- Noorifard A, Farzian M. Stable architecture against earthquake: Design of a middle school in Tehran. Honar-Ha-Ye-Ziba. 2009;36:37-48. [Persian]
11- Gallipoli MR, Mucciarelli M, Šket-Motnikar B, Zupančić P, Gosar A, Prevolnik S, et al. Empirical estimates of dynamic parameters on a large set of European buildings. Bull Earthq Eng. 2010;8(3):593-607.
12- Mahin Roosta R, Naghiloo R. Modeling the effect of embankment dam construction on the liquefaction potential of alluvial foundation. Civ Eng Sharif. 2013;28-2(4):53-64. [Persian]
13- Moa Abasi H, Jamshidi Chenari R. Evaluation of liquefaction potential in mazandaran province using in-situ test data with review of ishihara criterion. Civ Engin Sharif. 2013;28-2(4):127-35. [Persian]
14- Asgari F, Kasaei M. An evaluation on liquefaction potential of a part of South-East of Tehran City. J Coll Eng. 2003;37(2):257-68.
15- Noorifard A, Tabeshpour MR, Saradj F. M. Preventing irregularity effects of infills through modifying architectural drawings. Architecture Civil Engineering Environment. 2016; 9(2):77-92.
16- Sezen H, Whittaker AS, Elwood KJ, Mosalam KM. Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey. Eng Struct. 2003;25(1):103-14.
17- Arslan MH, Korkmaz HH. What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey?. Eng Fail Anal. 2007;14(1):1-22.
18- Alaluf R, Hernandez R, Dönmez C, İrfanoğlu A. Learning from earthquakes, The Mw 7.1 Erciş-Van, Turkey earthquake of october 23, 2011 [Internet]. Okland: Earthquake Engineering Research Institute; 2012.[cited 2012 December 20]. Available from: https://dokument.tips/documents/van-turkey-eq-report.html.
19- Mahdavinejad MJ, Bemanian M, Abolvardi Gh, Elhamian SMM. Analyzing the state of seismic consideration of architectural non-structural components (ANSCs) in design process (based on IBC). Int Disaster Resil Built Environ. 2012;3(2):133-47.
20- Jabbarzadeh MJ, Motamedi M, Alami F, Hatami M. Assessing the damage of steel structures in 22nd of June 2002 earthquake occurred in Changureh. Res Bull Seismol Earthq Eng, 5th Year. 2002;5(1):33-40. [Persian]
21- Noorifard A, Saradj FM, Tabeshpour MR. Preventing undesirable seismic behaviour of infill walls in design process. Urban Archit Constr. 2017;8(1):57-80.
22- Sanada Y, Konishi D, Swezinwin M. Effects of nonstructural brick infills on an indonesian earthquake-damaged building. Proc Eng. 2011;14:2077-85.
23- Klingner RE. Behavior of masonry in the Northridge (US) and Tecoma´n–Colima (Mexico) earthquakes: Lessons learned, and changes in US design provisions. Constr Build Mater. 2006;20(4):209-19.
24- Hosseini M. On the nonstructural elements and their behavior in the Bam, Iran earthquake of december 26, 2003. J Seismol Earthq Eng. 2004;5(4):169-96.
25- Eshghi S, Zare M, Naser Asadi K, Seyed Razaghi, Noorali Ahari, Motamedi M. Preliminary report of Bam earthquake (26 December 2003) [Internet] Tehran; International Institute of Earthquake Engineering and Seismology; 2003 [cited 2012 November 10]. Available from: https://goo.gl/jmHqpj. [Persian]
26- Building and Housing Research Center. Bam and its earthquake teach us. Tehran: Buil Hous Res Cent; 2002. [Persian]
27- Feng Y, Wu X, Xiong Y, Li C, Yang W. Seismic performance analysis and design suggestion for frame buildings with cast-in-place staircases. Earthq Eng Eng Vib. 2013 Jun 1;12(2):209-19.
28- Dowrick, DJ. Earthquake resistant design for engineers and architects. 2nd Edition. New York: Wiley; 1987.
29- Iran Standard and Quality Inspection Co. Reactions of steel structures against earthquakes, inspection of steel structures with a view to international standards and

www.SID.ir

Archive of SID

evaluation of Bam earthquake. Tehran: Sabzan Press; 2005. [Persian]

30- Dogangün A. Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. Eng Struc. 2004;26(6):841-56.

31- Danesh F. Seismic performance evaluation of buildings in 17nd of August 1999 Izmit, Turkey Earthquake. Res Bull Seismol Earthq Eng. 1999;(4):43-33. [Persian]

32- Hosseini Hashemi B. Assessing the Behavior of Reinforced Concrete Elements and Fittings in 17nd of August 1999 Izmit, Turkey Earthquake. Research Bulletin of Seismology and Earthquake Engineering, 1999;(4):44-61. [Persian]

33- Wallace J. Learning from earthquakes performance of engineered structures in the Mw 9.0 Tohoku, Japan earthquake of march 11, 2011. EERI Special Earthquake Report. 2012 Jan.

www.SID.ir