مدیریت شهری
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018
۱۷۳-۱۸۸
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۴/۲۸

تحلیل اثر زلزله بر سازه‌های بلند شهری با تاکید بر تحلیل دینامیکی پوسته‌های صاف

داوود پوریان* –گروه مهندسی عمران، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و ضرورت توسعه مناطق شهری، چگونگی مقابله با بلایای طبیعی، یکی از نگرانی‌های مهم جوامع شهری می‌باشد. رشد شهری در حال تغییر مستمر از شرایط زیست انسان بر زمین است. بررسی میزان آسیب‌ها و صدمات ناشی از زلزله در شهرها در بسیاری از موارد نشان داده است، درصد بالایی از صدمات به طور مستقیم و یا غیرمستقیم به وضعیت نامطلوب برنامه‌ریزی و شناسایی و کاهش خطرات شهری مربوط می‌شده است. در واقع می‌توان گفت علل عمده آسیب‌ها و تلفات ناشی از زلزله را علاوه بر بی توجهی و سهل انگاری در رعایت استانداردهای ایمنی سازه‌ها، در فقدان اصول، برنامه‌ها و طرح‌های شهرسازی مناسب نیز می‌بایست جستجو کرد. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی دینامیکی غیرخطی رفتار پوسته بتنی صاف تحت اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک گسل می‌باشد. بدین منظور از سه مدل با ضخامت ۵، ۷٫۵ و ۱۰ سانتی متر به جهت ارزیابی تاثیر ضخامت، آرایش و نوع میلگردها و همچنین فواصل وقوع مکانی زلزله طراحی شده است. همچنین جهت بررسی کارایی و شکل‌پذیری آنها در هر مرحله پس از انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی از نوع صریح روی مدل‌ها به مقایسه خروجی‌های نرم افزار ABAQUS v6.13-1 پرداخته شده است. مصالح بتن معرفی شده دارای خواص پلاستیک و همچنین از نوع شیوع ترک‌خوردگی در بتن می‌باشد و از مسئله سازه‌ای تحلیل غیرخطی دینامیکی ضمنی، که درآن سختی سازه پوسته‌ای با تغییرشکل تغییر می‌کند، به‌کار گرفته شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشانگر این موضوع است که تغییر مکان سازه‌های پوسته‌ای با ضخامت کم در زلزله‌های حوزه دور بیشتر از زلزله‌های حوزه نزدیک بوده و همچنین تحت رکوردی که فاصله آن مابین این دو است نیز مقداری نسبتاً زیاد و حتی بیشتر از تغییر مکان حاصل از رکوردهای حوزه دور داراست و سازه‌های پوسته‌ای در هنگام مواجه شدن با بارهایی با ماهیت نزدیک به بارهای ضربه‌ای تغییر مکان قابل توجهی را تجربه نمی‌کنند ولی در صورتی که بار رفت و برگشتی به‌طور مداوم و با مدت زمان بالا ادامه یابد به‌جهت چرخه‌های مداوم و ایجاد پدیده تشدید در مصالح تشکیل‌دهنده آن‌ها منجر به تغییر مکان نهایی بالا و خرابی این نوع سازه ها خواهد شد.

واژگان کلیدی: زلزله شهری، تاب‌آوری، سازه پوسته مسطح، تحلیل دینامیکی غیرخطی، تاریخچه زمانی، رکورد لرزه ای.

Earthquake effect analysis on high urban structures with emphasis on dynamic analysis

Abstract

Due to increasing the population and the necessity of developing urban areas, how to deal with natural disasters is one of the major concerns of urban communities. Urban growth is continually changing from living conditions on Earth. the damage and damage caused by the earthquake in cities in many cases showed that a high percentage of injuries were directly or indirectly related to the undesirable condition of planning and detection and reduction of urban risks. Indeed, it can be said that major causes of damage and damage due to earthquake safety should also be sought in the lack of principles, programs and city planning projects. The main purpose of this study is nonlinear dynamic evaluation of the behavior of the concrete shell under the influence of distance and near fault. for this purpose, three models are designed with thickness of 5, 7.5 and 10 cm in order to evaluate the effect of the thickness, arrangement and type of reinforcing bars as well as seismic intervals. In order to evaluate their efficiency in each stage after the nonlinear dynamic analysis, the explicit form on the models is determined using abacus software. the introduced concrete materials have plastic properties as well as the type of crack propagation in concrete, and it is applied to the structural problem of implicit dynamic analysis, where the stiffness of the shell structure changes with deformations. the results of this study indicate that changing the location of the shell structures with low thickness in the region is more than that of the near - field earthquake and the shell structures will not experience significant spatial changes when they encounter the near nature of shock loads, but in the case of continuous rotation and escalation phenomena in the building materials, it will result in changes in the final location and failure of these structures.

keywords: urban earthquake, planar shell structure, nonlinear dynamic analysis, time history, seismic record

* این مقاله از رساله دکتری نگارنده استخراج گردیده است.

نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۳۴۵۴۶۵۳، رایانامه: poor.davod@yahoo.com

مقدمه

کشور ایران از کشورهای حادثه‌خیز دنیاست که به‌طور میانگین هر هفته یک‌بار زلزله بالای ۳ ریشتر را تجربه می‌کند. نگاهی به آمار زلزله در ایران نشان می‌دهد که در صدسال اخیر حدود ٤٠ زمین‌لرزه به بزرگی ٦/٥ ریشتر رخ‌داده است؛ یعنی به‌طور متوسط هر ٢/٥ سال یک‌بار یک زلزله شدید رخ می‌دهد. بسیاری از پدیده‌ها که انسان و زندگی او را چه به صورت مثبت یا منفی تحت تأثیر قرار می‌دهند همزاد بشر است و هنگامی که زیست بشر از فردی به جمعی تبدیل وضعیت پیدا می‌کند این پدیده‌ها پیچیده‌تر و آثار و تبعات آن از گستره بیشتری برخوردار می‌شوند. بحران‌ها نیز از قاعده فوق مستثنا نیستند؛ زیرا هنگامی آثار مخرب‌ترین بحران جلوه‌گر می‌شود که پیامدهای آن، زندگی عادی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. چه‌بسیار بحران‌هایی اعم از طبیعی یا غیرطبیعی ممکن است در اقصی نقاط جهان رخ دهد که شدت و آثار مخرب و فوق‌العاده‌ای داشته باشد. لیکن به دلیل عدم تعامل و برخورد مستقیم آن با فرایند زندگی بشر، حتی در افکار عمومی مطرح نشود. لذا چنین به نظر می‌رسد که در مدیریت بحران انسان باید محور و کانون تمامی سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات در مراحل مختلف قبل، حین و بعد از بحران قرار گیرد (طبرسا، ١٣٨٣، ص ٥٤). بلایای طبیعی، حقایقی از زندگی هستند که عمدتاً کنترل وقوع آن‌ها از عهدهٔ بشر خارج است. (حمیدی، ١٣٧١، ص ١٢). با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و ضرورت توسعه مناطق شهری، چگونگی مقابله با بلایای طبیعی، مجموعه اقداماتی را در چارچوب برنامه‌ریزی شهری می‌طلبد. در این میان زلزله یکی از اصلی ترین خطرهای طبیعی است که دست‌کم ٣٥ کشور را در سال تحت تاثیر قرار می‌دهد و برای کاهش آسیب پذیری شهرها در برابر آن، کارآمدترین سطح برنامه‌ریزی می‌بایست مورد ملاحظه قرار گیرد. غالباً تحقیقات به عمل آمده در مورد کاهش خسارات ناشی از زلزله حول محور روش‌های ساخت و ساز واحدهای ساختمانی جهت افزایش مقاومت بنا در برابر زلزله بوده است که این تنها نیمی از جنبه‌های آمادگی در برابر با زلزله است (قاسمی، ١٣٨١، ص ٧٦). در سطح بین‌المللی، در سال ١٩٩٠ اقدامات موازی چندی با نام «دهه بین‌المللی کاهش سوانح طبیعی» (IDNDR) به منظور ایجاد چارچوبی برای کاهش خطرات بحران شروع شد. در سال ١٩٩٤، کنفرانس جهانی کاهش بحران‌های طبیعی در یوکوهامای ژاپن برگزار شد و به عنوان اولین کنفرانس جهانی سازمان ملل بود که به طور خاص، کاهش خطر مخاطرات و اهمیت ابعاد اجتماعی آسیب‌پذیری را مطرح می‌کرد. تا پایان دهه IDNDR، ابعاد انسانی کاهش خطر، مورد توجه و تمرکز در سطوح بین‌المللی قرار گرفت که این امر باعث ایجاد تفکری جدید به جای تفکر مهندسی که قبلاً حکم‌فرما بود شد (SDR, 2005: 1). این موضوع نشان می‌دهد ایمن سازی شهرها و سکونتگاه‌های انسانی در برابر خطرات زلزله را باید در سطوحی فراتر از مقاوم سازی بناها جستجو نمود و یکی از این سطوح، شهرسازی است. فرم شهر، بافت شهر، تراکم‌های شهری (ساختمانی، جمعیتی)، تاسیسات و زیرساخت‌های شهری، شبکه‌های ارتباطی شهر، کاربری زمین شهری از جمله عوامل موثر و تعیین‌کننده در نحوه رفتار شهر در برابر زلزله می‌باشند. در میان این عوامل، برنامه ریزی بهینه کاربری زمین‌های شهری نقش مهمی در کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله دارد (موسوی، ١٣٨٤، ص ١٨). داده‌های جهانی نشان‌دهنده این واقعیت است که در طی دو دهه اخیر مخاطرات طبیعی با تکرار زیادی نسبت به گذشته به وقوع پیوسته و اثرات مخرب بیشتری را به همراه خود داشته است. به همین دلیل شناسایی مراحل ارائه پاسخ به آن‌ها اهمیت زیادی دارد و توجه به‌تقویت و ارتقای آن در سطوح مختلف ضروری است (Battista & Baas, 2004). یکی از مرگبارترین مخاطرات، زلزله است. البته زلزله به خودی خود در یک شهر یا سکونتگاه باعث بروز فاجعه انسانی نمی‌شود. بلکه هنگامی وقوع یک پدیده مانند زلزله در آن منجر به بروز خطر و فاجعه می‌شود که ساختارهای طبیعی و انسانی موجود، زمینه را بر بحران‌زایی و فاجعه تمهید نماید (پورمحمدی و مصیب‌زاده، ١٣٨٧، ص ١٢٢). از سویی دیگر، پوسته، سازه ای نازک مشابه طاق‌های سنتی به صورت منحنی یا مسطح میباشد که در برابر کشش، فشار و برش مقاومت میکند و تنها تفاوت آن با طاق در تحمل نیروهای کششی میباشد. ساختمان‌های پوسته ای یکی از عالی ترین انواع سازه‌ها به‌شمار میروند. بسیاری از فرم‌های ساختمان‌های طبیعی مانند جمجمه، تخم‌ها و

بسیاری از محافظان اندام‌های جانوری دارای اشکال پوسته‌ای هستند. مخازن آب و گاز، سیلو ها، سدهای قوسی، بدنه هواپیما و کشتی و خودرو از جمله موارد استعمال متعدد ساختمان‌های پوسته‌ای هستند. اغلب پوسته‌ها از بتن مسلح ساخته شده اند، همچنین از تخته چند لایی، فلز پلاستیک‌های شیشه ای مسلح هم استفاده می‌شود. ضمن آن که پوسته‌ها در طبیعت از متنوع ترین فرم‌هایی هستند که در دنیای فیزیکی اطراف ما یافت می‌شوند. واژه پوسته تداعی کننده اشکال موجود در طبیعت مانند تخم پرندگان، پوسته نرم تنان می‌باشد. از دهه ۱۹۲۰ تاکنون، بتن مسلح با میلگردهای فولادی به عنوان ماده ساختمانی مناسب در اجرای انواع ساختمان به کار می‌رود. هر چند بتن مسلح در مقایسه با مصالحی مانند فولاد وزن زیادی دارد، اما برای عناصری از ساختمان مانند تیرها، دال ها، دیوارها، پوسته‌ها و حتی خرپاها همواره یکی از بهترین مصالح محسوب می‌شود. سازه‌های پوسته ای، یکی از جذاب ترین انواع سازه‌ها هستند که در بیشتر موارد با استفاده از بتن مسلح ساخته می‌شوند. این لغت یک نمود ذهنی با دو ویژگی ویژه را مجسم می‌سازد: ۱. پوسته‌ها محکم و منحنی شکل اندژغ ۲. سطوح صاف و مسطح هرگز در بهترین حالت (یک سلول یا جعبه)، نمی‌توانند یک پوسته را تشکیل دهند. [۳]

یک ورق کاغذ، به طور عادی در دست خم می‌شود و حتی توانایی تحمل وزن خود را هم ندارد، اما اگر به قسمت میانی کاغذ اندکی فشار وارد شود، به طوری که گوشه‌های آن کمی رو به بالا خم شوند، این فرم علاوه بر وزن خود، مقداری بار اضافی را نیز تحمل می‌کند. این افزایش ظرفیت تحمل بار توسط سازه، به دلیل استفاده از فرم مناسب است. انحنای رو به بالا، سختی و ظرفیت تحمل بار کاغذ را افزایش می‌دهد، زیرا این فرم موجب می‌شود مقداری از مصالح دور از مرکز ثقل جسم قرار بگیرد، بنابراین با خم کردن ورق کاغذ مقاومت خمشی جسم افزایش می‌یابد. [۱] همانند سایر المان‌های سازه‌ای در پوسته‌ها نیز سه محور اصلی وجود دارد، یکی از محورهای این سیستم عمود بر پوسته و دو محور دیگر مماس به منحنی‌هایی فضایی مربوط به امتداد هاس اصلی انحنا میباشد. علاوه بر نیروهای برشی، لنگرهای خمشی و پیچشی، میدان نیروهای غشایی هم در سیستم‌های پوسته‌ای کارآمد هستند[۲]. سازه‌های پوسته ای طوری طراحی شده اند تا به سهولت در برابر تغییر در دوره زندگی خود پاسخ دهند. مزایای چنین رویکردی در طراحی قابل ملاحظه است، چنین طرحی قابلیت استفاده برای مدت زمان بیشتری را داراست. از طرفی همیشه این سوال مطرح است که چگونه از فرم سازه ای می‌توان به جزییات معماری دست یافت؟ سازه‌های پوسته ای دارای قابلیت فرم پذیری و انعطاف مطلوبی است که از خصوصیت این نوع سازه است. علاوه بر تامین پایایی ساختمان می‌تواند از جنبه ی معماری نیز کاربردی واقع شود. انعطاف از فرم خارجی می‌تواند به تزیینات و معماری داخلی امتداد پیدا کرده و صداقت کالبدی و معنایی را بازگو نماید. در واقع سازه‌های پوسته ای فراتر از پوشش عمل می‌کند و به صورت هم‌زمان در سه حیطه سازه، معماری و معماری داخلی پیوستگی به وجود می‌آورند. بتن مسلح از مصالح متداول این سازه می‌باشد. همچنین از مواد نوین فیبر کربن، فیبر شیشه ای بتن مسلح (GFRC) و فیبر شیشهای پلی استر (GFRP) استفاده می‌شود[٤].

مبانی نظری تحقیق

شهر، ساختمان و آسیب‌پذیری

مدیریت بحران به مجموعه اقدام‌هایی اطلاق می‌شود که قبل از وقوع، در حین وقوع و بعد از وقوع سانحه، جهت کاهش هرچه بیشتر آثار و عوارض آن انجام می‌گیرد (عبدالهی، ۱۳۸۲، ص ٦۰). همچنین مدیریت بحران را می‌توان برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری، هماهنگی، کنترل و پشتیبانی تعریف کرد. از مهم‌ترین وظایف مدیریت بحران، کاهش آثار سوء بحران، آمادگی و بهبود اوضاع قبل از وقوع بحران است (Rat-tien,1990: 44). رشد شهری باعث ایجاد تسهیلات زیادی می‌شود ولی در عین حال عوامل بحران زا هم بیشتر شده و تسهیلات محیطی تبدیل به ضرر می‌شود (Nakabayashi, 1994: 225). از ابتدای ضرورت توجه به مدیریت بحران در برابر مخاطرات تا کنون رویکردهای متعددی با توجه به شرایط موجود مطرح گردیده است که در جدول شماره ۱ به صورت اجمالی به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد:

جدول ۱. برخی از رویکردهای مهم مدیریت بحران؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق.

ردیف	رویکرد	شرح
۱	**رویکرد امداد سوانح**	مطابق این رویکرد تا قبل از نیمه دهه ۱۹۸۰ میلادی توجه عمده برنامه‌های مدیریت بحران در زمینه بازسازی و مقاوم‌سازی کالبدی، صرفاً بر جنبه‌های فیزیکی بناها معطوف بود و تمام فعالیت‌های مربوطه در سطوح مختلف بحران از سوی دولت و نهادهای حمایت‌گر انجام می‌گرفت (فلاحی، ۱۳۸۳، ص ۱۳).
۲	**رویکرد اقتضایی (ضربتی اضطرابی)**	زمانی که مسائل و مشکلات غیرمترقبه حادث می‌شود و یا زمانی که سیاستمداران و برنامه‌ریزان در تعیین اهداف و ارائه روش‌ها و پیشنهادها دچار ابهام می‌شوند، استفاده از برنامه‌ریزی اقتضایی و اضطراری در سطح کوچک به شکل کاربردی بهترین راه‌حل برای بهبود اوضاع وخیم به شمار می‌آید (مصیب‌زاده، ۱۳۸۲، صص ۵۵-۴۵).
۳	**رویکرد سیستم شناور (جزیره‌ای)**	سه اصل اساسی این رویکرد: ۱- توان محدود دولت در ارائه خدمات در لحظات اولیه وقوع بحران زلزله، ۲- توان بالا و بالقوه جامعه مدنی با توجه تخصص‌های مختلف افراد جامعه، ۳- توان تکمیل بخش خصوصی در یاری رساندن به دولت که می‌تواند با افراد و تجهیزات خود در زمان وقوع زلزله و کنترل بحران مؤثر واقع شود. بنابراین رکن اصلی مدیریت شناور، «آحاد مردم ساکن در مجتمع‌های زیستی» است (پورمحمدی و مصیب‌زاده، ۱۳۸۷، ص ۱۳۲).
۴	**رویکرد زیستی - فیزیکی**	این رویکرد در قرن بیستم مطرح شد و در ردیف رویکردهای پوزیتویستی و فن‌گرا قرار می‌گیرد (Trondheim, 2002, 40). رویکرد مذکور بر طبیعت خطر فیزیکی، شیوه‌ی استقرار جوامع در معرض آن و در نتیجه عواقب آن برای واحد در معرض خطر، بر حسب «درجه آسیب محتمل» و «ایده‌های زیان فیزیکی» تمرکز می‌کند، یعنی بیشتر روی مخاطرات طبیعی، زوال محیط زیستی فیزیکی و آثار و زیان‌های مالی و جانی حاصل از آن‌ها بر ساکنان توجه می‌کند. در واقع می‌توان گفت که محصول نهایی این رویکرد فقط برآوردهای عددی آسیب‌پذیری است (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۷، ص ۳۶).
۵	**رویکرد ساختار اجتماعی**	این رویکرد با شناسایی و تمرکز بر سیستم و توانایی آن در رسیدگی و واکنش در برابر محرک بر «ساخت اجتماعی آسیب‌پذیری» یعنی وضعیتی ریشه‌دار در فرایندهای تاریخی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی که توانایی رسیدگی به بحران‌ها و پاسخ کافی به آنها را محدود می‌کند، دلالت دارد. این رویکرد به جای تأکید صرف بر علل کالبدی و ظاهری، بر علل عمیق‌تر ساختاری آسیب‌پذیری تمرکز می‌کند. در واقع این رویکرد آسیب‌پذیری را به ابعاد اجتماعی - اقتصادی و نهادی محدود می‌کند و از ابعاد فیزیکی غفلت می‌کند (Weichselgartner, 2001: 85).
۶	**رویکرد ترکیبی**	مطابق این رویکرد، در مجموع دو سطح از شناخت و پیشرفت در مفهوم و تحلیل آسیب‌پذیری، قابل تمایز است: ۱- رویکرد یکپارچه: سعی دارد که عوامل و ابعاد مختلف آسیب‌پذیری را به صورت توأم و هماهنگ مورد ملاحظه قرار دهد؛ ۲- رویکرد پایداری: طبق این رویکرد موضوع و نظریه پایداری، کانون تحلیل آسیب‌پذیری را به روش‌های مختلف توسعه داده و از نو هدایت می‌کند (Suvit Yodmani, 2001: 3).
۷	**رویکرد اقتصاد سیاسی**	در این رویکرد آسیب‌پذیری نتیجه خطرخیزی نیست، بلکه نتیجه فرایندهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است و مخاطره یک وضعیت نهایی است که از این فرایندها ناشی می‌شود (احدنژاد، ۱۳۸۸، ص ۸۲).

در حوزه‌های شهری، اثرات زیانبار معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی، شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد شهری است. حوادث انسانی نیز یکی از ابعاد بحران است که این امر به خصوص در مناطقی که از جمعیت زیادی برخوردار بوده و دارای بافت فشرده ای می‌باشند بیشتر می‌شود. از همان لحظه‌ای که بحران ایجاد می‌شود باید تصمیم‌های عمده و مهمی را اتخاذ کرد. در مواجهه با بحران، اولین کار لازم و حیاتی، دسته بندی حقایق و واقعیت‌هاست. این که چه چیزی رخ داده است چه اقداماتی در مقابل آن باید انجام گیرد و آینده چگونه خواهد بود. بحران‌ها منشا گوناگونی داشته و عوامل متعددی در وقوع آنها نقش دارند. بنابراین برای کنترل آنها نیز طرحها و راههای متفاوتی باید اجرا گردد (تن‌برگ، ۱۳۷۳، صص ۴۰-۳۵). برنامه ریزی و طراحی شهری باید کاربری‌های شهری را به صورتی جانمایی کند که این کاربری‌ها اولاً به صورت سکونتگاه‌های ایمن در

برابر زلزله عمل نماید، ثانیاً شرایط لازم را برای اجرای هر چه بهتر طرح مدیریت بحران تسهیل نماید. چرا که اثرات زیانبار حادث شده بر اثر زلزله معمولاً شامل آسیبهای کالبدی، اختلالات عملکردی و تلفات جانی می‌باشد و لازم است تا جهت کاهش خطرات، آسیب‌ها و فراهم نمودن زمینه ی ایجاد آمادگی‌های لازم در مردم جهت رویارویی با این گونه بلایا برنامه ریزی و اقدام نمود (موسوی، ۱۳۸٤، ص ۲۰).

بافت و آسیب پذیری از زلزله

واکنش هر نوع بافت شهری در هنگام وقوع زلزله در قابلیت‌های گریز و پناه گیری ساکنان، در امکانات کمک رسانی، در چگونگی پاکسازی و بازسازی و حتی اسکان موقت، دخالت مستقیم دارد. دامنه ی تاثیر این ویژگیها در طراحی ساختمان بلکه در طراحی شهری و در مدیریت بحران نیز گسترده شده و حائز اهمیت است. در ارزیابی و قطعه بندی اراضی، شکل هندسی قطعه (منظم یا نامنظم)، مساحت قطعه و ابعاد و اندازه ی قطعه، تناسبات طول و عرض قطعه در رابطه با کاربری زمین و نوع مالکیت (اختصاصی یا مشاع) ملاک سنجش قرار می‌گیرد. مشخصات ساخت و ساز درون هر قطعه زمین، شاخص دیگر در ارزیابی قطعه بندی طراحی بافت خواهد بود. الگوی ترکیب فضاهای باز و بسته و نسبت سطح ساخته شده به فضای باز، مهمترین ملاک کارآیی و سنجش خواهد بود. از طرفی تعداد واحدهای ساختمانی مجزای درون هر قطعه و نوع محصوریت آن به علت تخریب ساختمان در فضای باز در میزان آسیب پذیری موثر است (حمیدی، ۱۳۷۱، ص ۱۹۰). شکل، اندازه و چگونگی ترکیب کوچکترین اجزای تشکیل دهنده ی شهر، بافت شهری را مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری به هنگام وقوع زلزله، مقاومت خاصی در برابر زلزله دارد. به عنوان مثال: «بافت منظم مقاومت بیشتری در برابر زلزله نسبت به بافت نامنظم دارد.» همین طور درجه ی ایمنی بافت گسسته در برابر خطرات زلزله بیش از درجه ی ایمنی بافت پیوسته است (احمدی، ۱۳۷٦، ص ٦٥).

جدول ۲. ارزیابی مختلف قطعه بندی هنگام و بعد از وقوع زلزله – ماخذ: حمیدی، ۱۳۷۱، ص ۲۲۲

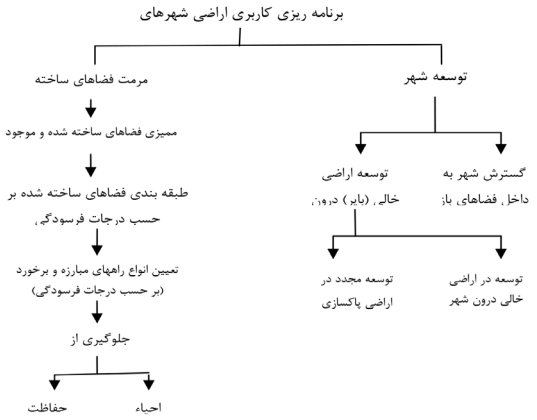
الگوی قطعه بندی	وضعیت از نظر آسیب پذیری
منظم، مربع یا مستطیل	احتمال نظم بیشتر در فرم ساختمانها و آسیب پذیری کمتر به دلیل باقی ماندن فضای باز مفید و کارایی بیشتر در پناه گرفتن و اسکان موقت
مربع چند ضلعی (زوایای منفرجه و حاده)	تاثیر در بی نظمی فرم ساختمان و احتمال آسیب پذیری بیشتر، خرد شدن فضای باز و غیر قابل استفاده بودن برای گریز، پناه، امداد و اسکان
نامنظم (اشکال ترکیبی)	موثر در بی نظمی ساختمانها و افزایش ضریب آسیب پذیری، بی نظمی و خرد شدن فضای باز قطعه و لذا کارایی در پناه گرفتن، امداد رساندن در اسکان موقت

جدول ۳. رابطه نسبت سطوح ساخته شده به کل قطعه و درجه آسیب پذیری – ماخذ: حمیدی، ۱۳۷۱، ص ۲۲۲

اندازه (نسبت سطح ساخته شده کل قطعه به درصد)	درجه آسیب پذیری
$100 > A > 50$	زیاد
$100 > A > 25$	متوسط
$100 > A > 0$	کم

کاربری شهری و آسیب پذیری زلزله

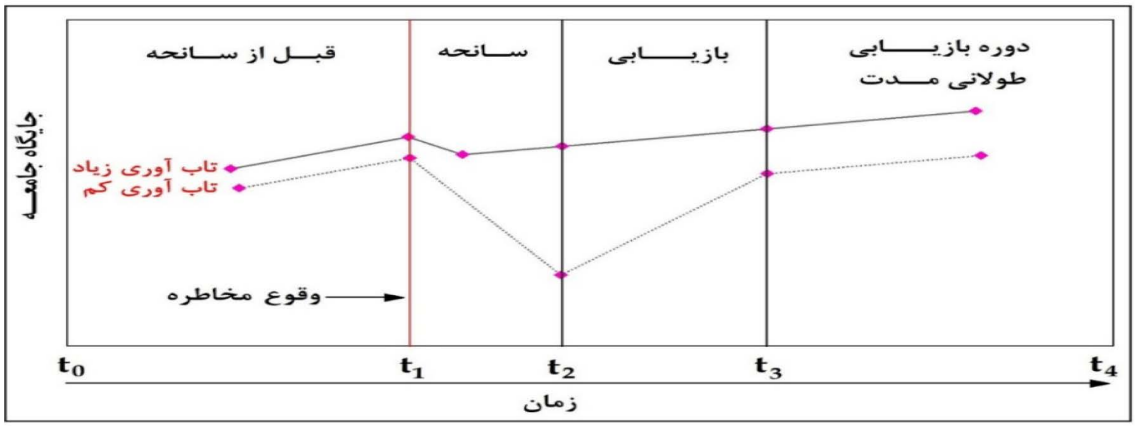
وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب زمین‌های شهری، شبکه ارتباطی ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های شهری بالا، وضعیت بد استقرار تاسیسات زیربنایی شهر، و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیبهای وارده به شهر در برابر زلزله دارند؛ بنابراین آنچه که پدیده زلزله را در شهرها به یک فاجعه تبدیل می‌کند در بسیاری موارد، وضعیت شهرسازی نامناسب است. هر گاه در تعیین کاربری زمینهای شهری، همجواریهای ناسازگار در کنار یکدیگر قرار داده نشوند امکان تخلیه سریع فراهم می‌گردد. اگر کاربریها در شهرها به گونه ای توزیع شوند که سبب عدم تمرکز گردند می‌توان انتظار داشت آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله تا حد زیادی کاهش یابد.



رویکرد تاب‌آوری

ترویج این مفهوم به عنوان رویکرد، به ماهیت مراحل مدیریت بحران برمی‌گردد. از زمان تصویب چارچوب قانونی طرح هیوگو در راهبرد بین‌المللی کاهش سوانح سازمان ملل متحد (UNISDR)، هدف و فرایند برنامه‌ریزی برای تقلیل خطرهای ناشی از مخاطرات، جدای از کاهش آسیب‌پذیری، به نحو بارزی به افزایش و بهبود تاب‌آوری در جوامع معطوف شد (رفیعیان و همکاران به نقل از Mayunga, 2007: 1). به دنبال آن ایجاد جوامع تاب‌آور به وسیله روش‌هایی مانند یکپارچگی در دیدگاه‌های کاهش آسیب‌پذیری، افزایش ظرفیت محلی برای ایجاد تاب‌آوری و یکپارچه کردن کاهش خطر با طراحی و اجرای آمادگی اضطراری، واکنش، بازتوانی و برنامه‌های بازسازی دنبال شد (رفیعیان و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۲۱). تبیین رابطه تاب‌آوری در برابر مخاطرات در واقع نحوه‌ی تأثیرگذاری ظرفیت‌های اجتماعی، اقتصادی، نهادی، سیاسی و اجرایی جوامع در افزایش تاب‌آوری و شناخت ابعاد تاب‌آوری در اجتماع است. همچنین باید توجه داشت که تبیین رابطه‌ی تاب‌آوری در برابر مخاطرات و کاهش اثرات آن، با توجه به نتایجی که در بر خواهد داشت و تأکیدی که این تحلیل بر بعد تاب‌آوری دارد از اهمیت بالایی برخوردار است. در واقع هدف از این رویکرد، کاهش آسیب‌پذیری جوامع و تقویت توانایی‌های مردم برای مقابله با خطرات ناشی از وقوع مخاطرات است. تاب‌آوری به مسائل مرتبط با جوامع، سیستم‌هایی که این جوامع را حمایت می‌نمایند و عملکردهای مختلف آن در محیط‌های فیزیکی، اقتصادی و طبیعی می‌پردازد. شهرت این کلمه به عنوان یک چارچوب، به مفهومی برمی‌گردد که به راحتی می‌تواند با تمامی مراحل و بخش‌های مخاطرات و مدیریت بحران ارتباط پیدا کند (رضایی، ۱۳۹۲، ص ۲۸). تاب‌آوری به دو دلیل مهم است. اول این که، چون آسیب‌پذیری سیستم‌های اجتماعی و فناوری شده به طور کامل قابل پیش‌بینی نیست (Foster, 1997). دوم این که، مردم و دارایی‌ها در شهرهای تاب‌آور باید در مواجه با حوادث بهتر از مکان‌ها و جوامعی که کمتر انطباق پذیر هستند، عمل کنند (Bolin and Stanford, 1998). یکی از مزایای برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری شهرها این است که نیازی به تمرکز بر روی الگوی خاص فرم شهری، یا توسعه شهری نیست. این انعطاف‌پذیری این اجازه را می‌دهد که با توجه به شرایط منحصربه‌فرد شهرها و برنامه‌های توسعه، قدرت جوابگویی و توانایی انطباق وجود داشته باشد. این موضوع موجب می‌شود که خلاقیت فکری برای اندیشیدن به راه‌های گوناگون کسب تاب‌آوری ایجاد شود، بدون این که در چارچوب خاصی محدود شود (صالحی

نمودار ۱. مسیر دو جامعه با تاب‌آوری کم و زیاد در مواجه با مخاطرات؛ ماخذ: به نقل از Zhang, 2006



و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۱۰۲). بنابراین، جامعه تاب‌آور، باید به گونه‌ای سازمان‌دهی شود که اثرات مخاطرات در آن پایین بوده و فرایند بازیابی سریع باشد. در همین ارتباط نمودار زیر نشان دهنده آن است که جامعه‌ای با تاب‌آوری بالا، اغلب، اثرات سانحه را تا حد کمتری تجربه می‌کند؛ درحالی‌که جامعه‌ای با تاب‌آوری کم، اثرات بارزتری از سانحه را تجربه کرده و بنابراین، بیشتر آسیب می‌بینند. بنابراین جامعه‌ای با تاب‌آوری کمتر زمان بیشتری را برای بازگشت به ساختار عادی نیاز دارد.

ساختمان و سازه های شهری

معادلات حاکم بر پوسته‌های صاف

در مسائل دوبعدی مکانیک جامدات، رفتار حرکت پیوسته صفحه توسط معادلات تعادلی کاوشی حاکم برآن تعریف می شود :[۹]

$$\rho\frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2}=\frac{\partial N_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial N_{xy}}{\partial y}+P_x$$
$$\rho\frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2}=\frac{\partial N_{yy}}{\partial y}+\frac{\partial N_{xy}}{\partial x}+P_y$$

(۱)

که در آنها $\bar{u}=(u_x,u_y)^T$ بردار جابجایی و $N=(N_{xx},N_{yy},N_{xy})^T$ بردار تنش است و عوامل Py و Px مولفه‌های نیروهای بدنه ای و ρ چگالی جسم است. با فرض خطی بودن رابطه تنش $N=(N_{xx},N_{yy},N_{xy})^T$ و کرنش $\varepsilon=(\varepsilon_{xx},\varepsilon_{yy},\varepsilon_{xy})^T$ روابط همسازی تنش و تغییرشکل، این معادلات به صورت تابعی از مولفه های بردارتغییرمکان $\bar{u}=(u_x,u_y)^T$ به دست می آیند که در جهت های x و y معادلات براساس دو مجهول u_x ,u_y به صورت رابطه (۲) نوشته می شوند:

(۲)

$$\rho\frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2}=\frac{\partial}{\partial x}\left(C_1\frac{\partial u_x}{\partial x}+C_2\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial y}C_3\left(\frac{\partial u_x}{\partial y}+\frac{\partial u_y}{\partial x}\right)+P_x$$
$$\rho\frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2}=\frac{\partial}{\partial x}C_3\left(\frac{\partial u_x}{\partial y}+\frac{\partial u_y}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(C_2\frac{\partial u_x}{\partial x}+C_1\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)+P_y$$

که در آنها ضرایب ثابت معادلات به صورت رابطه (۳) معرفی می‌شوند:

$$C_1=\frac{E}{(1-\upsilon^2)}\ ,\quad C_2=\frac{E\upsilon}{(1-\upsilon^2)}\ ,\quad C_3=\frac{E}{2(1+\upsilon)}\qquad(۳)$$

و در آن E ثابت کشسانی یانگ و ν ضریب کرنش جانبی پوآسون است.

گسسته سازی

برای به دست آوردن شکل گسسته معادلات حاکم بر صفحات در راستای i عبارت (٤) استفاده می‌شود:

$$\rho\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}=\frac{\partial N_{ij}}{\partial x_i}+P_i\qquad(j=1,2)\qquad(٤)$$

که در آن تنش های صفحه ای عبارتنداز:

$$N_{11}=\left(C_1\frac{\partial u_x}{\partial x}+C_2\frac{\partial u_y}{\partial y}\right),\quad N_{12}=C_3\left(\frac{\partial u_x}{\partial y}+\frac{\partial u_y}{\partial x}\right)$$
$$N_{21}=C_3\left(\frac{\partial u_x}{\partial y}+\frac{\partial u_y}{\partial x}\right),\quad N_{22}=\left(C_2\frac{\partial u_x}{\partial x}+C_1\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)\qquad(٥)$$

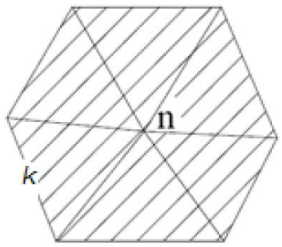
با به کارگیری روش باقیمانده های وزندار، پس از ضرب تابع وزنی w در معادلات (۶) وانتگرالگیری آن در زیرحوزه محاسباتی Ω شکل ۱، میتوان نوشت

$$\int_\Omega \omega.\rho\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}d\Omega=[\omega.\bar{F}_i]_\gamma-\int_\Omega(\bar{F}_i.\bar{\nabla}\omega)d\Omega+\int_\Omega\omega P_i\,d\Omega\qquad(٦)$$

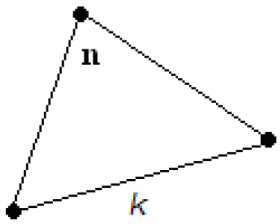
که در آن بردار تنش در راستای i به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\bar{F}_i=N_{i1}\hat{i}+N_{i2}\hat{j}\qquad(۷)$$

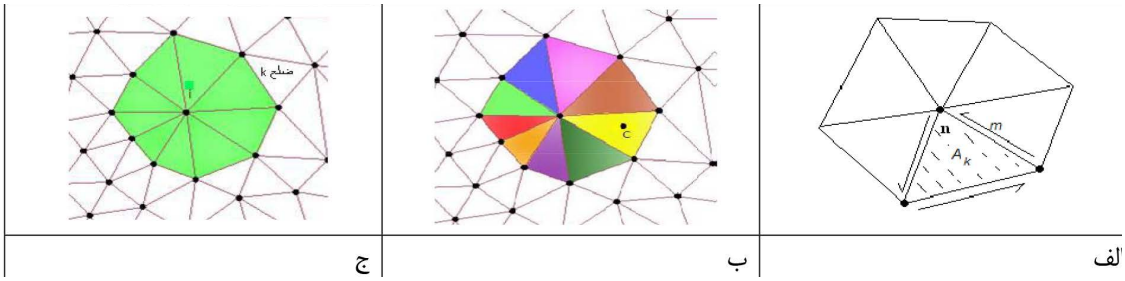
با توجه به روش گالرکین، تابع وزنی w میتواند برابر با تابع درونیابی خطی ϕ انتخاب شود. این تابع برای یک المان مثلثی)با سه وجه(، در محل گره موردنظر n مقدار واحد و در سایر گره‌ها k مقدار صفر به خود می گیرد (شکل ۲).



شکل ۱. منطقه محاسباتی با مساحت Ω_n



شکل ۲. یک المان مثلثی خطی



شکل ۳. حجم کنترل های مورد استفاده در شبکه مثلثی بیساختار الف- المان مثلثی با مساحت مقادیر مشتقات جابجایی)کرنش(در مراکز المان **ب- حجم کنترل فرعی محاسبه** Ak ج- حجم کنترل اصلی برای محاسبه مقادیر جابجایی در نقاط گرهی (رئوس المان).

بنابراین مجموع جمله $[\omega.\bar{F}_i]_\gamma$ در مرز محاسباتی برابر با صفر است. همچنین طرف راست معادله (۷) به صورت رابطه (۸) گسسته سازی مشو د:

$$\int_\Omega (\bar{F}_i.\bar{\nabla}\phi)\, d\Omega \approx -\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{N}(\tilde{F}_i\bar{\Delta l})_k \qquad (۸)$$

$$\int_\Omega \phi P_i\, d\Omega \approx \frac{\Omega_n}{3} P_i \qquad (۹)$$

عبارت سمت چپ برروی یک المان مثلثی خطی و گسسته سازی مشتق زمانی به کمک روش تفاضل محدودعبارت است از:

$$\int_\Omega \phi.\rho\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} d\Omega = \rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left(\int_\Omega \phi u\ \ d\Omega\right) \approx \rho\frac{\Omega_i}{3}\left(\frac{u_i^{t+\Delta t} - 2u_i^t + u_i^{t-\Delta t}}{\Delta t^2}\right) \qquad (۱۰)$$

بنابراین شکل گسسته نهایی معادله (۱۰) به صورت رابطه (۱۱) به دست می‌آید:

$$\left(\frac{u_i^{t+\Delta t} - 2u_i^t + u_i^{t-\Delta t}}{(\Delta t)^2}\right)_n = \frac{3}{2\rho\Omega_n}\sum_{k=1}^{N}(\tilde{N}_{i1}\Delta y\ \ - \tilde{N}_{i2}\Delta x\ )_k + \frac{3}{\rho\Omega_n}(P_i\frac{\Omega_n}{3}) \qquad (۱۱)$$

با توجه به اینکه بردار i نمایانگر جهت x و بردار j نشان دهنده جهت y است، تنش‌های و به صورت رابطه (۱۲) محاسبه می‌شوند:

$$\tilde{N}_{xx} = \left\{C_1\frac{\partial u_x}{\partial x} + C_2\frac{\partial u_y}{\partial y}\right\} \approx \left\{\frac{1}{A_k}\sum_{m=1}^{3}(C_1 u_x\Delta y - C_2 u_y\Delta x)_m\right\} \qquad (۱۲)$$

$$\tilde{N}_{xy} = \tilde{N}_{yx} = \left\{C_3\left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x}\right)\right\} \approx \left\{\frac{1}{A_k}\sum_{m=1}^{3}(C_3 u_x\Delta y - C_3 u_y\Delta x)_m\right\}$$

$$\tilde{N}_{yy} = \left\{C_2\frac{\partial u_x}{\partial x} + C_1\frac{\partial u_y}{\partial y}\right\} \approx \left\{\frac{1}{A_k}\sum_{m=1}^{3}(C_2 u_x\Delta y - C_1 u_y\Delta x)_m\right\}$$

که Ak در شکل ۳-الف مساحت المان مثلثی با سه وجه است. در حقیقت همانگونه که در شکل (٤-ب) دیده میشود در ابتدا مقادیر N_{i1} و N_{i2} در مرکز هر سلول که با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده است به دست آمده و در پایان در راس حجم کنترل تیره شده در شکل(٤- ج)، تغییر مکانهای u_x و u_y محاسبه می‌شوند.

مدل سازی نمونه ها

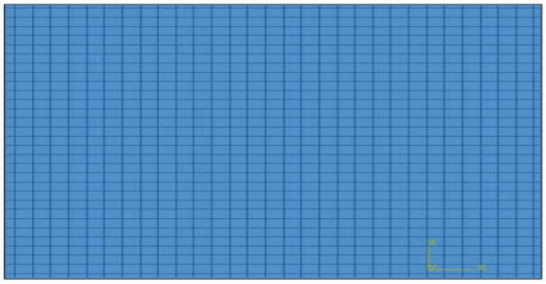
در پژوهش حاضر، به منظور بررسی تحلیل دینامیکی غیرخطی رفتار پوسته بتنی صاف تحت اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک گسل از روش حل حجم محدود صریح (بدون نیاز به عملیات ماتریسی) که براساس برخی ایده های اساسی روشهای المان محدود برای شبکه بی ساختار مثلثی پایه گذاری شده است، استفاده شده است. برای ارزیابی نتایج طرح عددی توسعه داده شده تحلیل دوبعدی، وضعیت تعادلی روی نمونه هایی از صفحات تحت تنشهای صفحه ای انجام شده و نتایج برای تنش و تغییرشکل این صفحه با حل تحلیلی و عددی گزارش شده در مقالات مرجع مقایسه شده اند. جهت بررسی کارایی و شکل‌پذیری پوسته‌های مسطح بتنی در هر مرحله پس از انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی از نوع صریح روی مدل‌ها به مقایسه خروجی‌های نرم افزار پرداخته شده است . جداول ۱ مشخصات المان‌های پوسته ای بتنی صاف را به همراه میلگردهای عرضی و طولی به کار رفته در

جدول ۴. مشخصات دیوار ها و میلگردهای سازه های پوسته ای ۹ طبقه مورد بررسی

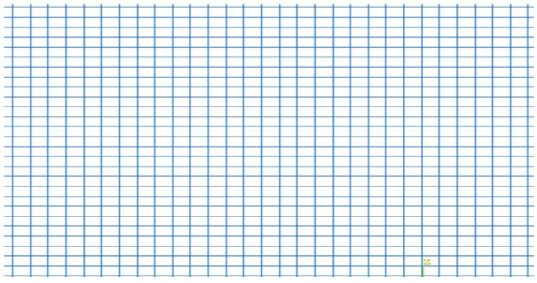
ابعاد پوسته	ضخامت پوسته	ضخامت بع بعد پوسته	میلگرد طولی	میلگرد عرضی
۶ متر در ۶ متر	۵ Cm	۰,۰۸۳۳	Ø ۱۰	Ø ۱۰
۶ متر در ۶ متر	۷,۵ Cm	۰,۰۱۲۵	Ø ۱۰	Ø ۱۰
۶ متر در ۶ متر	۱۰ Cm	۰,۰۱۶۶	Ø ۱۰	Ø ۱۰

آن‌ها را نشان می‌دهند و شکل ٤ پلان سازه پوسته ای مسطح مدل شده در برنامه ABAQUS و شکل ٥ میلگردهای به کار رفته برای تقویت پوسته‌های بتنی را نشان می‌دهد. در تمامی مدل‌ها برای صرفه جویی در زمان و کاهش حجم مدلسازی به جهت شرایط تقارن دوطرفه، یک چهارم مدل صفحه پوسته ای بتنی مدل شده و از ٣ حالت ضخامت با مقادیر ٥، ٧,٥، ١٠ سانتی متر؛ برای مدل سازی استفاده شده است.

تحلیل سازه در دو گام انجام می پذیرد. در گام اول نیروی وزن پوسته بتنی به صورت ثقلی و تحت آنالیز استاتیکی به پوسته مسطح بتنی اعمال میشود و در گام دوم رکورد زلزله با گام زمانی ٠,٠٢ ثانیه در یک تحلیل از نوع Dynamic/ Impelecit به سازه اعمال میگردد و از المان ٨ گرهی سه بعدی از نوع C٣D٨R و استاندارد و خطی استفاده گردید که از خانواده ٣D stress و hex می‌باشند. مصالح بتنی در نظر گرفته شده دارای خواص پلاستیک و همچنین اثرات ترک خوردگی از نوع شیوع ترک خوردگی در بتن[1] بوده و ضرایب شکست نیز در مدلسازی آن لحاظ شده و خواص کششی بتن با اعمال ضریب ٠,٠٠٠٥ در نرم افزار معرفی گردیده است . همچنین برای معرفی مصالح فولاد نیز با معرفی وزن واحد حجم ٠,٠٠٨ به آن و مقدار ضریب ارتجاعی ٢٠٠٠٠٠٠ و نیز ضریب پوآسون ٠,٣ استفاده شده است.



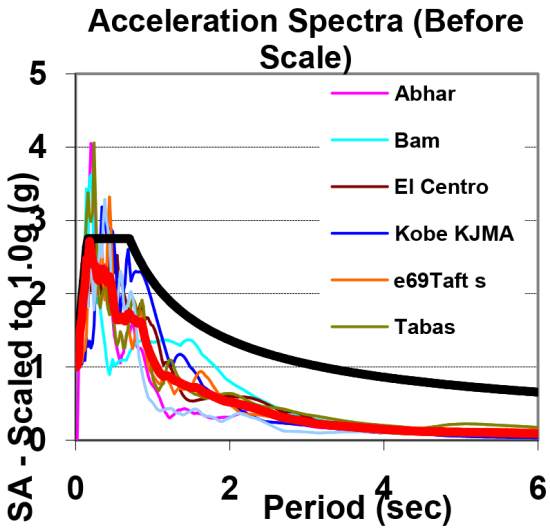
شکل ۴. پلان سازه های پوسته ای مورد بررسی و محل قرار گیری آرماتورها در آن



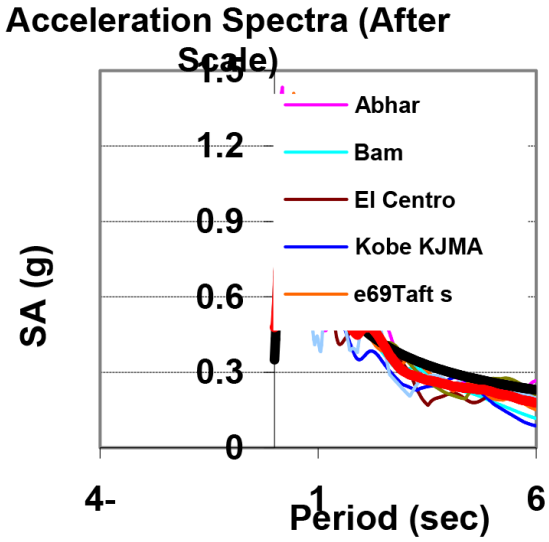
شکل ۵. میلگردهای به کار رفته برای تقویت پوسته های بتنی

1. Concrete smeared cracking

به منظور بررسی رفتار لرزه ای سازه‌های پوسته ای مورد تحلیل از سه رکورد زلزله ابهر، طبس و تفت استفاده گردیده است که رکورد طبس نماینده ای از زلزله حوزه نزدیک، رکورد ابهر نماینده ای از رکورد حوزه دور و رکورد تفت نماینده ای از فاصله مابین این دو می‌باشد که برای افزایش کیفت و دقت تحقیق و نیز حد مقایسه ای بین عملکرد حوزه نزدیک و دور به کار رفته است. شکل‌های ٦ و ٧ طیف رکوردهای مورد استفاده در تحقیق با دو حالت مقیاس شده و مقیاس نشده، نشان می‌دهند.



شکل ۶. طیف رکورد های مورد استفاده (مقیاس نشده)



شکل ۷. طیف رکورد های مورد استفاده (مقیاس شده)

همچنین با توجه به این موضوع که از المان shell برای مدل سازی استفاده گردیده و اثر سخت‌شدگی را به صورت ترکیبی۲ اعمال نموده شده است. نرم افزار آباکوس از روش انرژی واپیچش یا همان معیار فون میسز۳ استفاده می‌کند. طبق این تئوری، شکست هنگامی رخ می‌دهد که انرژی واپیچشی برای هر المان دلخواه مساوی یا بزرگتر از انرژی واپیچش برای تست کشش یا فشار نمونه از همان ماده باشد. به عبارت دیگر واماندگی در قطعه زمانی رخ می‌دهد که باشد.

طبق تعریف تنش موثر فون‌میسز و تنش تسلیم ماده نامیده می‌شوند و در یک بارگذاری سه بعدی به صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$\left[\frac{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}{2}\right]^{1/2} \geq \sigma_y \qquad (۱۳)$$

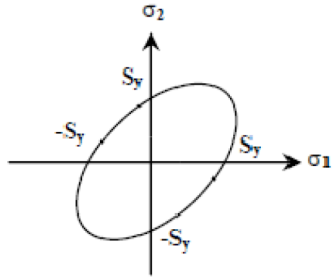
(۱٤)

$$\sigma_f=\frac{\sqrt{۲}}{۲}[(\sigma_x-\sigma_y)^۲+(\sigma_x-\sigma_z)^۲+(\sigma_y-\sigma_z)^۲+۶(\tau_{xy}^۲+\tau_{xz}^۲+\tau_{yz}^۲)]^{\frac{۱}{۲}}$$

که در آن تنش‌های نرمال اصلی و تنش‌های برشی در سه جهت می‌باشند. در حالت بارگذاری دو بعدی (صفحه ای) بر قطعه (حالتی که)، تنش فون میسز یا همان تنش موثر به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\sigma_f=(\sigma_x^۲-\sigma_x\sigma_y+\sigma_y^۲+۳\tau_{xy}^۲)^{\frac{۱}{۲}} \qquad (۱۵)$$

برای حالت مسائل صفحه ای فضای طراحی به صورت شکل می‌باشد:



$$n=\frac{S_y}{\sigma_f}\begin{cases} n>۱ \Rightarrow \text{قطعه وامانده نمی‌شود} \\ n<۱ \Rightarrow \text{قطعه وامانده می‌شود} \end{cases}$$

شکل ۱. شماتیک فضای طراحی به روش انرژی واپیچش[۱۰]

2. Combined
3. Von Mises

نتایج

نتایج حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی پوسته‌ها

شکل‌های ۹ تا ۱۱ نشانگر تغییر مکان سازه پوسته ای مسطح در مقابل زمان برای سه رکورد ابهر، طبس و تفت بوده و شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ تغییرمکان ایجاد شده در میلگردهای تقویت و پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت و تنش ایجاد شده در میلگردهای تقویت و پوسته بتنی را نشان می‌دهند.

توزیع شتاب در سازه‌های پوسته ای

شکل‌های ۱۶ تا ۱۷ میزان شتاب در مقابل زمان برای سازه‌های پوسته ای تحت رکورد زلزله ابهر، طبس و تفت را نشان می‌دهند. با توجه به این اشکال می‌توان گفت که تاثیر خاک خیلی نرم، پدیده تشدید را در سازه‌های پوسته ای محتمل تر می‌کند. ولی در خاک‌های صخره ای احتمال وقوع آن کمتر خواهد بود و چون در این پژوهش خاک در نظر گرفته شده از نوع خاک نرم می‌باشد، شتاب در مقابل زمان برای سازه‌های پوسته ای در حوزه پریود کوتاه با مقادیر شتاب با حوزه متوسط نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. همچنین اشکال ۲۰ تا ۲۱ شتاب ایجاد شده در پوسته بتنی در میلگردهای تقویت با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت را نشان می‌دهند.

سرعت ایجاد شده در سازه‌های پوسته ای

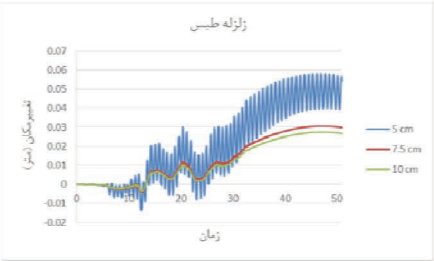
شکل‌های ۲۱ تا ۲۳ سرعت در مقابل زمان برای سازه‌های پوسته ای تحت رکورد زلزله‌های مورد نظر و شکل ۲۴ و ۲۵ سرعت ایجاد شده در پوسته بتنی و میلگردهای تقویتی پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت را نشان می‌دهند. از این اشکال می‌توان نتیجه گرفت که در سازه‌های پوسته ایی واقع شده روی خاک نرم، چنانچه ضخامت پوسته مسطح کم باشد زلزله‌های حوزه دور و متوسط تاثیر چندانی روی آن‌ها ندارند ولی در زلزله‌های حوزه نزدیک سرعت بسیار بالایی به سازه پوسته ای اعمال می‌شود.

توزیع کرنش در سازه پوسته ای

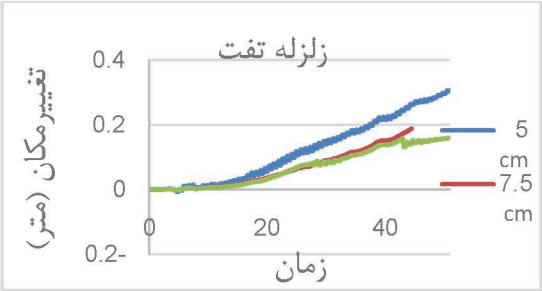
در پژوهش حاضر مدل سه بعدی طراح شده تحت تنش‌های ≥ ≥ 0 قرار می‌گیرد و دیواره بتنی که برای مدل کردن آن از المان پوسته ای SHELL استفاده شده است تحت بار دچار یک ناهمگنی به صورت کاهش ضخامت که به صورت تابع سینوسی از ضخامت همگن تعریف شده می‌باشد قرار می‌گیرد. شکل ۲۶- کرنش ایجاد شده در میلگردهای تقویت، پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت را نشان می‌دهد.

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018

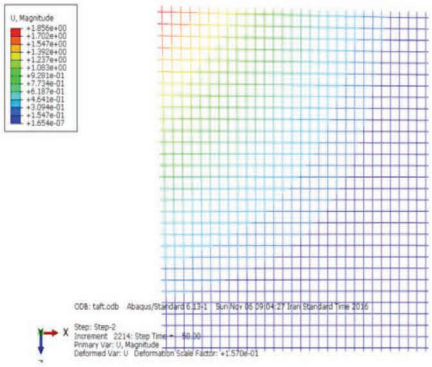
شکل ۸. تغییرمکان در مقابل زمان برای سازه های پوسته‌ای تحت رکورد زلزله ابهر



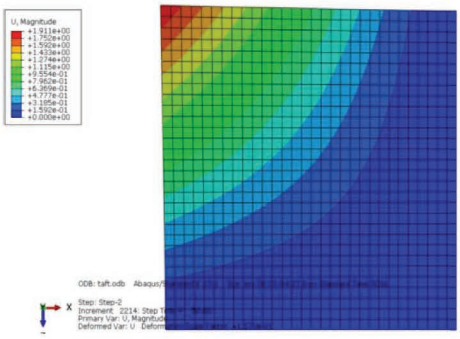
شکل ۹. تغییرمکان در مقابل زمان برای سازه های پوسته‌ای رکورد زلزله طبس



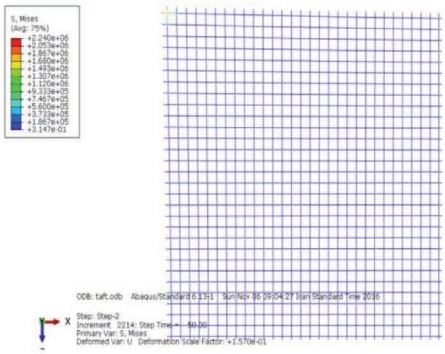
شکل ۱۰. تغییرمکان در مقابل زمان برای سازه های پوسته‌ای تحت رکورد زلزله تفت



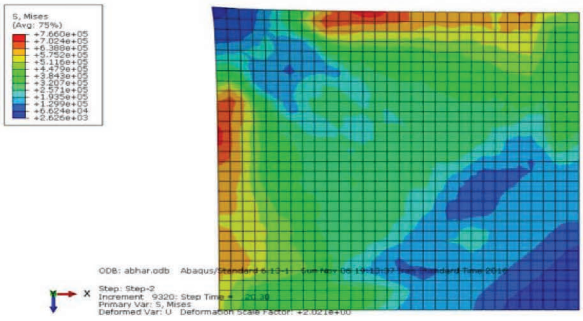
شکل ۱۱. تغییرمکان ایجاد شده در میلگردهای تقویت، پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت



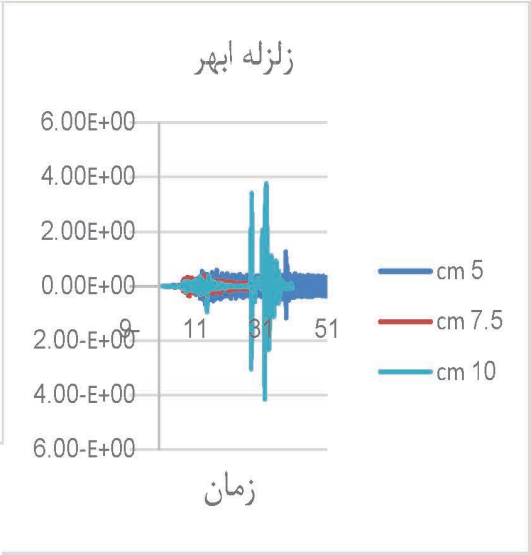
شکل ۱۲. تغییرمکان ایجاد شده در پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت



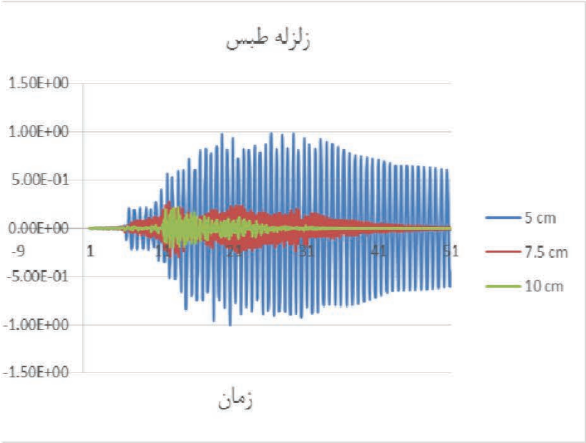
شکل ۱۳. تنش ایجاد شده در میلگردهای تقویت، پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت



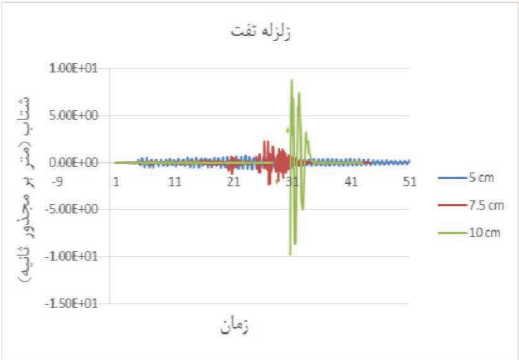
شکل ۱۴. تنش ایجاد شده در بتن، پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله ابهر



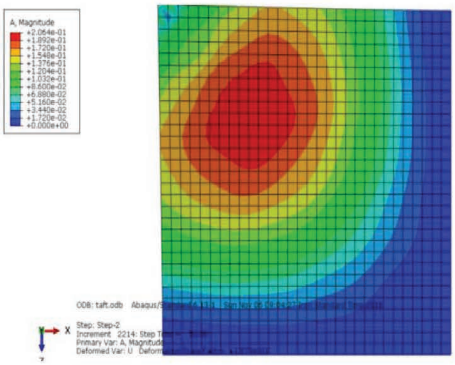
شکل ۱۵. شتاب در مقابل زمان برای سازه های پوسته ای تحت رکورد زلزله ابهر



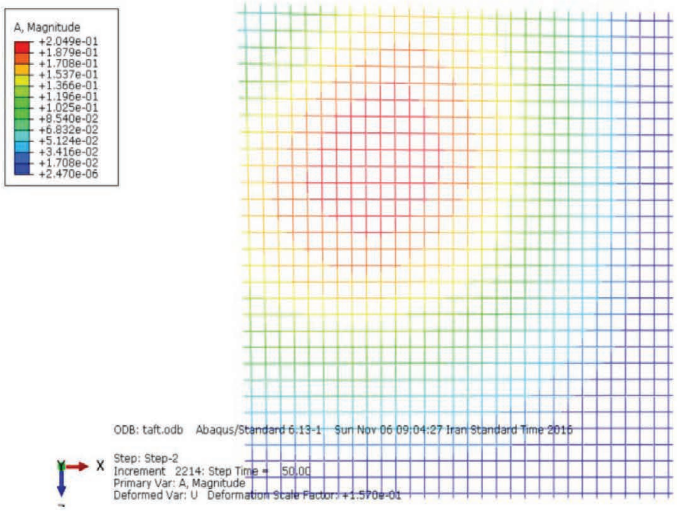
شکل ۱۶. شتاب در مقابل زمان برای سازه های پوسته ای تحت رکورد زلزله طبس



شکل ۱۷. شتاب در مقابل زمان برای سازه های پوسته ای تحت رکورد زلزله تفت

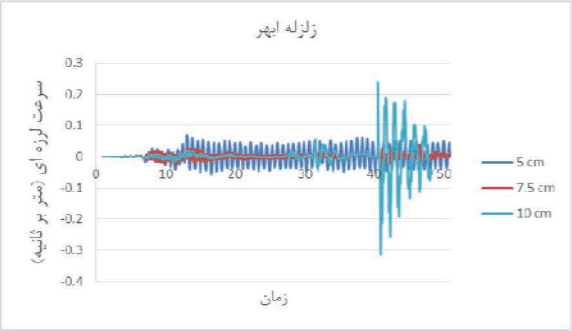


شکل ۱۸. شتاب ایجاد شده در پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت

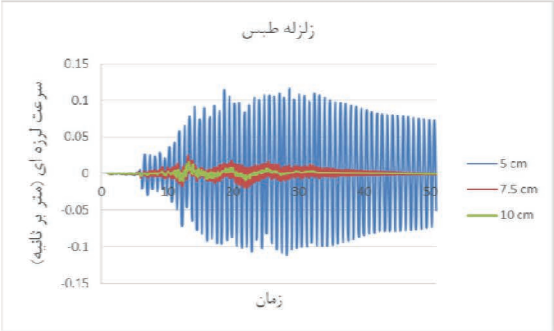


شکل ۱۹. شتاب ایجاد شده در میلگردهای تقویت، پوسته بتنی با ضخامت ۵ cm تحت زلزله تفت

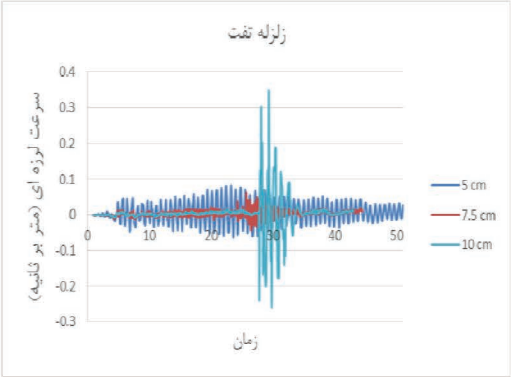
مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018



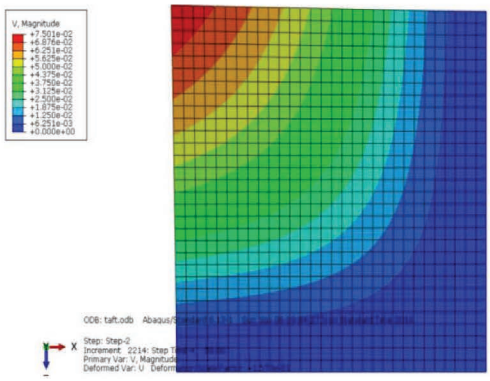
شکل ۲۰. سرعت در مقابل زمان برای سازه های پوسته ای تحت رکورد زلزله ابهر



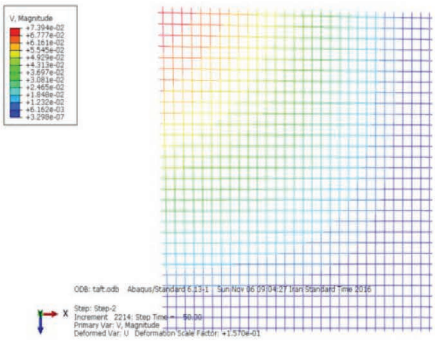
شکل ۲۱. سرعت در مقابل زمان برای سازه های پوسته ای تحت رکورد زلزله طبس



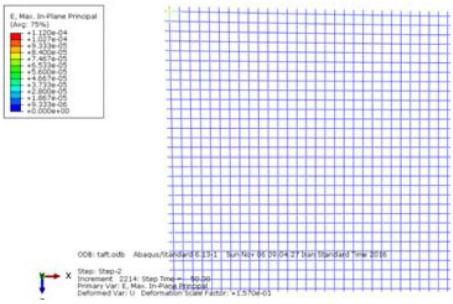
شکل ۲۲. سرعت در مقابل زمان برای سازه های پوسته ای تحت رکورد زلزله تفت



شکل ۲۳. سرعت ایجاد شده در پوسته بتنی با ضخامت cm ۵ تحت زلزله تفت



شکل ۲۴. سرعت ایجاد شده در میلگردهای تقویت، پوسته بتنی با ضخامت cm ۵ تحت زلزله تفت



شکل ۲۵. کرنش ایجاد شده در میلگردهای تقویت، پوسته بتنی با ضخامت cm ۵ تحت زلزله تفت

نتیجه گیری و جمعبندی

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق می‌توان عنوان کرد با پوسته بتنی صاف در خاک‌های نرم تحت اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک گسل رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند بطوریکه اگر حوزه پریود کوتاه باشد، زلزله‌های حوزه نزدیک تاثیر چندانی روی آن‌ها نمی گذارند. اما در زلزله‌های متوسط و دور وقوع پدیده تشدید در سازه بیشتر از زلزله‌های نزدیک است. همچنین در خاک‌های نرم اثر فاصله از گسل در حوزه متوسط نیز محسوس است و بر روی رفتار دینامیکی سازه‌ها و سرعت رکوردهای زلزله تاثیر چشمگیری دارند به طوری که رکوردهای حوزه نزدیک سرعت زیادی دارند و در زلزله‌های حوزه نزدیک روی سازه‌های دارای مقدار پریود متوسط شاهد آسیب‌های لرزه ای شدید به سازه‌های پوسته ای خواهیم بود. بنابراین سازه‌های پوسته ای با ضخامت متوسط باید به شکلی طراحی شوند که جذب انرژی ، مقاومت و انعطاف پذیری بالایی داشته باشند که در سازه‌های پوسته ای بتنی و به ویژه در صفحات مسطح این دو مقوله باهم در تضاد هستند و در نتیجه استفاده از این سازه‌های پوسته ای با ضخامت متوسط توصیه نمی شود. ولی در این پژوهش مشخص گردید سیستم سازه‌های پوسته ای با ضخامت زیاد (در این بررسی ۱۰ سانتی متر) در بسترهای خاک نرم (نوع سوم طبق آیین نامه ۲۸۰۰) مناسب هستند. برای زلزله‌های حوزه دور هرچه ضخامت سازه‌های پوسته ای مسطح بیشتر باشد؛ پدیده تشدید احتمال وقوع بیشتری دارند و برای سازه‌های پوسته ای مسطح با ضخامت کم این پدیده احتمال وقوع کم تری دارد. در رکوردهای حوزه نزدیک انرژی بالاست و از طرف دیگر در حوزه نزدیک مدت زمان اعمال بار به سازه کم است، باید توجه نمود که برای زلزله‌های مشابه با فاصله دور هرچه مدت زمان بیشتر باشد انرژی اعمالی به سازه بیشتر خواهد بود ولی در رکوردهای حوزه نزدیک این گونه نیست زیرا هم دامنه‌ها زیاد و هم فرکانس‌ها نزدیک هستند و میزان انرژی زیاد است. با این تفاسیر رکوردهای حوزه دور سرعت پایین و رکوردهای حوزه نزدیک سرعت زیادی دارند. بنابراین سازه‌های پوسته ای با ضخامت متوسط برای زلزله‌های حوزه نزدیک نیاز به طراحی بسیار حساسی دارند. PGA در حوزه پریود کوتاه اثر خود را نشان می‌دهد و در حوزه‌های پریود متوسط و بلند نسبتاً تاثیر گذار نیست به همین روی استفاده از سازه‌های پوسته ای مسطح با ضخامت بالا در مناطق با PGA بالا خطرناک است.

منابع و ماخذ

۱. گلابچی، تقی‌زاده، (۱۳۹۰) پوسته‌ها و سازه‌های ورق تا شده، دانشگاه تهران،

۲. گلابچی، محمود؛ مظاهریان، حامد (۱۳۹۲) فناوری‌های نوین ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران

۳. تن برگ، دیویدونیه (۱۳۷۳) «مدیریت بحران »؛ چاپ اول، علی ذوالفقاریان، تهران: انتشارات حدیث.

٤. حبیب، فرح (۱۳۷۱) نقش فرم شهر در به حداقل رساندن خطرات ناشی از زلزله؛ مجموعه مقابلات اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری؛ تهران: دفتر مطالعات و برنامه ریزی شهرتهران

۵. حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱) «ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب پذیری مسکن»؛ مجموعه مقالات سمینار سیاست‌های توسعه مسکن در ایران، تهران.

٦. عبداللهی، مجید (۱۳۸۰) «مدیریت بحران در نواحی شهری»؛ تهران: انتشارات انوار.

۷. موسوی، سید فاطمه (۱۳۸٤) تمهیدات شهرسازی به منظور کاهش آسیب پذیری شهر در برابر زلزله نمونه مطالعه شهر چالوس»؛ پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد.

۸. احدنژادروشتی، محسن، (۱۳۸۸) مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی: شهر زنجان، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران.

۹. پورمحمدی، محمدرضا؛ و مصیب‌زاده، علی، (۱۳۸۷) آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امدادرسانی آنها، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۱٤٤-۱۱۷.

۱۰. جایکا، (۱۳۸۰) گزارش ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ، شهرداری تهران، مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ.

۱۱. جمعیت حلال احمر جمهوری اسلامی ایران، (۱۳۹۱. بلایای طبیعی، پیام هلال، شماره ۱٤۷.

۱۲. حکمت نیا، حسن و موسوی، میرنجف (۱۳۹۰) کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهرو ناحیه‌ای، چاپ دوم، انتشارات علم نوین.
۱۳. خاکی، غلامرضا، (۱۳۹۰) روش تحقیق با رویکرد به پایان نامه نویسی، تهران، انتشارات بازتاب، چاپ نهم.
۱٤. رضایی، محمدرضا، (۱۳۸۹) تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله)؛ مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری.
۱۵. رضایی، محمدرضا، (۱۳۹۲) ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی. مطالعه موردی: زلزله‌ی محله‌های شهر تهران، فصلنامه مدیریت بحران، شماره سوم، صص ۳۸-۲۷.
۱٦. رفیعیان، مجتبی؛ رضایی، محمدرضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزکار، اکبر و شایان، سیاوش (۱۳۹۰) تبیین مفهومی تاب‌آوری و شاخص‌سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع محور (CBDM)، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره پانزدهم، شماره ٤، ٤۱ - ۱۹.
۱۷. صالحی، اسماعیل؛ آقابابایی، محمدتقی؛ سرمدی، هاجر؛ و فرزادبهتاش، محمدرضا (۱۳۹۰) بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت، محیط شناسی، سال ۳۷، شماره ۵۹، صص ۱۱۲-۹۹.
۱۸. عبدالهی، مجید، (۱۳۸۲) مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها.
۱۹. فلاحی، علیرضا، (۱۳۸۳) نقش خود امدادی محله‌ای در مدیریت سوانح شهری (با شعار هر خانوار یک امدادگر)، مقاله ارائه شده در همایش علمی کاربردی توسعه محله‌ای چشم‌انداز توسعه شهر تهران، تهران، شهرداری تهران.
۲۰. مصیب‌زاده، علی، (۱۳۸۲) تئوری‌های برنامه‌ریزی، فصلنامه تخصصی مسکن و انقلاب، شماره ۱۰٤.
۲۱. کریمی محمد سعید، ذولقدر ناصر (۱۳۷۹) بررسی عددی پدیده جهش کرنش در رفتار اتصالات نیمه گیردار با ورق انتهایی، ششمین کنگره ملی مهندسی
22. Rattien, S. (1990). *The Role of Mediain Hazard Mitigation & Disaster Management*, Disaster Press, vol. ۱.
23. Suvit Yodmani, 2001, "*Disaster Risk Management and Vulnerability Reduction*" Asian Development Bank, Manila, 5-9.
24. Trondheim R.J.; *Reducing disaster vulnerability through local knowledge and capacity*: *The case of earthquake prone rural communities in India and Nepal*; Dr.ing Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture and Fine Art Department of Town and Regional Planning, July 2002.
25. UN/ISDR. 2005. *Hyogo framework for* 2005-2015: *Building the resilience of the nations and communities to disasters*. www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-docs/ Hyogo-framework action- English .pdf, accessed, January 04, 2007.
26. Weichselgartner, J., & Kelman, L., 2014, *Geographies of resilience*: *Challenges and opportunities of a descriptive concept*, Progress in Human Geography, Pp. 1-19.
27. Zhang, Y. 2006. "*Modeling single family housing recovery after hurricane Andrew in Miami-Dade County*, *Florida*". A PhD dissertation, College Station, TX: Texas A&M University.
28. Brush, D., Almroth, B., Buckling of Bars, Plates, and Shells, Mcgraw-Hill, New York, 1982.
29. Rekach, V.G., Static Theory of

32. Jayaprithika, S.K. Sekar, Stress-strain characteristics and flexural behaviour of reinforced Eco-friendly coconut shell concrete, Construction and Building Materials 117 (2016) 244-250.
33. Antonio Tomás, Pascual Martí, Shape and size optimisation of concrete shells, Engineering Structures 32 (2010) 1650_1658.
34. S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, "Theory of Elasticity", McGraw-Hill, New York, 1982.

Thin-Walled Structures, Mir Publishers, Moscow, 1978
30. A. Zingoni , K.Mudend,V.French,B. Mokhothu, Buckling strength of thin-shell concrete arch dams, Thin-Walled Structures 64 (2013) 94-102.
31. Diederik Veenendaal , Philippe Block, Design process for prototype concrete shells using a hybrid cable-net and fabric formwork, Engineering Structures 75 (2014) 39-50.