

سازه های خشت و گلی



بررسی رفتار سازه های مختلف با پایداری ابنیه خشتی در اثر بار دینامیکی ناشی از زلزله

ایمان الیاسیان، دانشجوی دکترای عمران سازه eiman.elyasian@gmail.com

چکیده:

در زلزله های مختلف شاهد آن بوده ایم که رفتار سازه ها تابع شاخصه های متعددی بوده است که از آن جمله نوع مصالح به کار رفته در آنها می باشد. از جمله مصالحی که رفتار و نحوه بررسی رفتار آنها حین زلزله از اهمیت خاصی برخوردار است مصالح خشتی می باشد در این مقاله سعی شده است با بررسی نمونه وار و مقطعی نوع رفتار ارائه گردد. تا در هنگام برآورد سنجی آسیب پذیری لرزه ای عمق خسارت و نحوه بروز آسیب به صورت مناسب ارائه گردد.

کلید واژه ها: زلزله، ساختمان، خشتی، مقاوم سازی، بم

۱- مقدمه:

با توجه به اینکه تعداد زیادی از منازل مسکونی و شماری از مدارس موجود در شهر بم و نواحی اطراف آن از نوع خشتی می باشند از طرفی استفاده این تپ از خانه ها در مناطق مرکزی و جنوب شرقی ایران متداول می باشد لذا در اینجا به صورت تشریحی و تحلیلی به بررسی عملکرد این نوع سازه ها در برابر بارهای ثقلی و جانبی پرداخته شده و راه حل هایی جهت بهبود عملکرد آنها در برابر بارهای وارده، به ویژه بارهای جانبی ارائه می شود. از سوی دیگر شمار زیادی از ابنیه تاریخی کشور ما از خشت و گل ساخته شده اند که مصون ماندن آنها از گزند حوادث نیز

از اهمیت ویژه‌های برخوردار است لذا با توجه به لرزه خیزی زیاد اکثر مناطق ایران، هنگام مرمت آنها می‌بایست تمهیداتی جهت پایداری این بناها در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله به کار بست تا به سرنوشت ارگک بم دچار نشوند. در این راستا با افزودن المان‌ها مقاوم به سازه اصلی بدون اینکه بافت سنتی آن دچار مشکل گردد سعی خواهد شد که تا حد ممکن شکل پذیری بنا افزایش یافته و پیوستگی آن حفظ شود.

۲- زلزله بم:

زلزله‌های که در صبحگاه 5 دی ماه 1382 در شهر بم و نواحی اطراف آن به وقوع پیوست باعث تخریبات گسترده و مرگ 6 درجه در مقیاس ریشتر گزارش شده است، لذا این زلزله در رده عده زیادی از ساکنین منطقه گردید. بزرگی این زلزله 5 زلزله‌های بسیار شدید قرار نمی‌گیرد اما خسارات و تلفات گسترده ناشی از آن حاکی از عدم مقاومت سازه‌های موجود در شهر بم در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله می‌باشد.

۳- سازه‌های بافتهای مسکونی در ایران:

ساختمانهای موجود شهری کشور از لحاظ سیستم سازه‌های به سه دسته تقسیم میشوند که عبارتند از:

- ساختمانهای با اسکلت فولادی

- ساختمانهای با اسکلت بتنی

- ساختمانهای بنایی شامل:

الف- بنایی بدون کلاف بندی

ب- بنایی با کلاف بندی

پ- خشتی گلی با سطح بام مسطح، با سقف قوسی یا گنبدی عرقچینی

۱-۳- ساختمانهای با اسکلت فولادی:

شماری از ساختمانهای مسکونی، اداری، تجاری و اماکن عمومی شهری و نواحی اطراف آن که در بیست سال گذشته احداث شده اند دارای اسکلت فولادی می‌باشند.

عمده‌ترین عوامل عدم مقاومت این نوع از ساختمانها در برابر زلزله عبارت بودند از: عدم اجرای سیستم مهاربندی جانبی و یا اجرای نامناسب آنها و بخصوص اتصالات آنها، در بسیاری از موارد به خصوص در ساختمانهای تجاری مسکونی به دلیل عدم اجرای بادبند در طبقه همکف و در ضلعی از آنکه باز شوها قرار گرفته اند، این طبقه هنگام وقوع زلزله بصورت یک طبقه نرم عمل نموده و تخریبات عمده ای در آن صورت گرفته بود. همچنین عدم توجه به ابعاد و کیفیت جوش اجرا شده در محل اتصالات که نمونه های بارز آن گسیختگی اتصال بست های افقی ستونهای مرکب و گسیختگی اتصال بادبندها میباشند و استفاده از اتصال خورجینی جهت اتصال شاهتیرها به ستونها نیز موجب آسیب پذیری این نوع از سازه ها در برابر زلزله شده بود.

۳-۲- ساختمانهای با اسکلت بتنی:

تعداد محدودی از ساختمانهای شهر بم دارای اسکلت بتنی بودند که اکثر آنها به دلیل عدم توجه به نکات فنی دچار آسیبهای زیادی شده اند. علل تخریبات صورت گرفته در این ساختمانها عبارتند از: عدم اجرای تعداد خاموت کافی آرماتور برشی در محل اتصال تیر به ستون و در بر آن و شکست برشی اتصالات و کماتش آرماتورهای طولی ستون در این محل هنگام وقوع زلزله، عدم رعایت طول وصله و خم آرماتورهای طولی، اجرای بتن با کیفیت بسیار پایین به عنوان مثال عدم توجه به دانهبندی و خروج شیره بتن به علت عدم اجرای قالببندی مناسب و استفاده از مصالح نامرغوب نظیر خرده آجر و قلوه سنگ در بتن.

۳-۳- ساختمانهای بنایی:

۳-۳-۱- ساختمانهای بنایی بدون کلافبندی:

در شهر بم ونواحی اطراف آن تعداد زیادی از ساختمانهای مسکونی از نوع بنایی بدون هرگونه کلاف بندی و با سقف طاق ضربی می باشند. سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی از دیوارهای این ساختمانها تشکیل شده و چنانچه مقدار دیوار نسبی ساختمان رعایت شده و اتصال دیوارهای عمود بر هم نیز به خوبی اجرا گردیده و از میلگردهای مهارتی جهت اتصال تیرهای عرضی به سقف استفاده شده است، ساختمان از عملکرد مناسبی برخوردار بوده است و فرو نریخته است علیرغم اینکه ترکهای قطری در دیوارها ایجاد شده است.

۳-۲-۳- ساختمانهای بنایی با کلاف بندی:

برخی از ساختمانهای بنایی که در آنها کلاف های افقی و قائم اجرا شده است و در حین اجرا نیز نکات فنی رعایت گردیده آسیبهایی کمی دیده و پس از وقوع زلزله پا برجا مانده اند. در حالیکه در بسیاری از این تپ ساختمان ها، کلاف بندی بطور ناقص اجرا شده است و فقط به اجرای شناژهای افقی اکتفا گردیده است. در نتیجه هنگام وقوع زلزله ساختمان از عملکرد مناسبی برخوردار نبوده و دچار آسیب کلی شده است که نمونه بارز آن ساختمان بیمارستان امام خمینی میباشد.

۳-۳-۳- ساختمانهای خشتی گلی:

امروز تعداد زیادی از خانه مسکونی گلی در بسیاری از نقاط دنیا وجود دارند که عمر آنها به قرنها می رسد. بشر دریافت که ساختمانهایی از این نوع در مناطقی قرار گرفته اند که عاری از بارندگی زیاد بوده اند. در نواحی کویری و گرم خشک ایران اجرای ساختمان با خشت و گل که ارزاترین مصالح موجود در محل می باشند از قدیم معمول بوده است. با توجه به اینکه شمار زیادی از منازل مسکونی و برخی از مدارس و ابنیه موجود در شهر بم و نواحی اطراف آن از نوع خشتی گلی بودند و در زلزله اخیر شاهد عملکردهای متفاوتی از اینگونه بناها بودیم در حالی که برخی از آنها نسبتاً سالم مانده بودند شمار دیگری کاملاً تخریب شده بودند لذا در این مقاله به بررسی نحوه عملکرد این نوع از سازه ها در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله پرداخته و راهکارهایی جهت مقاوم سازی آنها ارائه خواهد شد.

۴- انواع خانه های گلی:

سه نوع اصلی از خانه های گلی عبارتند از (1) : خشت، (2) خاک کوبیده و (3) بلوکهای فشرده.

دو روش دیگر که می توانند به کار روند روشهای چینه و ترکه بافی و اندود هستند ولی با این دو روش نمیتوان خانههای خوبی را ساخت.

خشت: دیوارهای ساخته شده از خشت، از رایجترین نوع دیوارسازی و یکی از قدیمیترین شکل خانه

سازی با گل می باشند. مزیت اصلی خشت بر سایر روشها این است که ساده ترین روش بوده و با حداقل مهارت می توان به طور رضایت بخشی خانه سازی کرد. به همین دلیل خانه سازی با این روش از قدیم در نواحی گرم و خشک ایران متداول بوده و تا کنون ادامه داشته است.

خاک کوبیده: در این روش دیوارهای پیوسته با کوبیدن و شکل دادن خاک نمناک در داخل قالبهای محکم چوبی ساخته می شوند، هنگامی که قسمتی از دیوار تمام شد قالبها به سمت بالا حرکت داده شده و جریان مزبور تا تکمیل دیوار تکرار می شود. عمل کوبیدن ممکن است با دست یا تخماق بادی انجام شود، ولی در هر دو حالت، خاک باید به حدی کوبیده شود که متراکم و کاملاً محکم گردد. با توجه به اینکه برای ساختن قالبهای چوبی می بایست دقت و پول صرف کرد و مهارت به خرج داد. از سوی دیگر اجرای ساختمان با خاک کوبیده ساده نیست لذا این روش در کشور ما مرسوم نبوده و بیشتر در کشورهای آمریکای لاتین کاربرد دارد.

بلوکهای خاکی فشرده: اخیراً چند نوع ماشین ساده و ارزان قیمت جهت پرس کردن خاک و ساختن بلوک ساخته شده اند. این بلوکها مزایای بسیاری دارند. به طور تقریبی استقامت و دوام خاک کوبیده را دارند، دیوارها را به همان سهولت دیوارهای خشتی می توان اجرا کرد، دیوارهای ساخته شده به این روش ظاهر بسیار خوشایندی دارند.

۵- اثر زلزله بر ساختمانهای خشتی گلی شهر بم:

یکی از علل تخریب و متلاشی شدن بناهای خشتی وجود زلزله های شدید می باشد که بلافاصله و به طور ناگهانی بر پیکر و قامت بنا ارتعاش پدید آورده و در اثر امواجی که به وجود می آید دیوارها را حرکت داده و سبب غیر شاقولی شدن آنها می گردد. اثر کنش و واکنش امواج زلزله، دیوارهای مت قابل را به سرعت رانش داده و به دلیل فقدان هرگونه اتصال و کلاف بندی در بین نعل در گاهها و پوششهای طاق با اسکلت بنا، ابتدا طاق فرو می ریزد، سپس قوسهای نعل در گاه که در جهت ارتعاشات زلزله واقع شده اند در اثر رانش دیوارها شکسته و فرو می ریزند. از لحاظ سازه ای در این ساختمانها دیوارها به عنوان عناصر قائم باربر به راحتی از مصالح خشتی ساخته شده اند و برای پوشش سقف ها از آنجائیکه مقاومت کششی خشت در حد ناچیزی

میباشد و چوب کافی نیز در محل وجود ندارد، طاق و یا گنبدی کردن سقف تنها راه حل استفاده از این مصالح می توانسته باشد لذا فرم سازه های خشتی ترکیبی از دیوار و پوششهای طاقی و گنبدی بوده است.

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه ، مردم که تابستانهای بسیار گرمی را تجربه می کردند قطور کردن دیوارها و سقفها را تنها راه حل برای در امان ماندن از گرما می دانستند. بطور کلی ساختمانهای خشتی در یک طبقه از تراز سطح زمین ساخته می شدند اما بعضی از ساختمانها دارای زیرزمینهایی نیز بوده اند. اجرای گاه گلهای متوالی در طول سالیان بر ضخامت سقفها نیز می افزود لذا در این نوع از ابنیه ضخامت دیوارها در حدود 60 الی 70 سانتیمتر وضخامت سقف تا 80 سانتیمتر را میتوان شاهد بود. با توجه به اینکه مردم منطقه در طول سالیان دراز زلزله را تجربه نکرده بودند لذا ابنیه خشتی موجود تنها جهت باربری قائم ساخته شده و علیرغم مقاومت کافی این خانه ها در مقابل بارهای ثقلی هنگام ساخت آنها تمهیداتی جهت مقابله با بارهای جانبی ناشی از زلزله اندیشیده نشده بود. از سوی دیگر با توجه به دج بودن زمین این ناحیه و فقدان سنگ لاشه یا مصالح مناسب و کم هزینه در محل، دیوارها فاقد پی مناسبی بودند. اصولاً در شهر بم و نواحی اطراف از قدیم اجرای فونداسیون برای ابنیه مرسوم نبوده و حتی فقدان فونداسیون مناسب باعث تخریب برخی از ابنیه تازه ساز موجود مانند ستونهای بتنی شبستان امام زاده زید و ستونهای فلزی شبستان امام زاده حسین بن علی گردیده است. این نقص نیز مزید بر علت شده باعث تضعیف هرچه بیشتر عملکرد این سازه ها در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله شده است. از نظر مهندسی زلزله دو اصل اساسی طراحی لرزه ای سازهها یعنی (1) پیوستگی و (2) شکلپذیری، به طور کامل در این ساختمانها ن ادیده گرفته شده است و با سنگین کردن ساختمان نیروی ناشی از زلزله نیز بطور قابل توجهی بالا رفته است. در عمل قطور کردن دیوارها به باربری جانبی این نوع سازه ها کمک کرده است ولی از سوی دیگر پر کردن بین طاقها و گنبدها با مصالح سنگین گلی و یا اجرای بچه طاقها جهت رسیدن به سطح بام مسطح موجب سنگین تر شدن سقف و وارد آمدن بار متمرکز در محل اتصال بچه طاقها به طاقهای اصلی و در نتیجه تخریب این نوع سقف ها شده است. اما برخی از ساختمانها که دارای سقف گنبدی

سبک و پلان نزدیک به مربع بوده و حداقل دیوار نسبی در آنها رعایت شده و دیوارهای پیرامونی شان از انسجام نسبی برخوردار بوده اند علیرغم ایجاد ترکهای متعدد در سقف و دیوارها، آوار نشده اند. نمونه های مح دودی که بطور نسبی توانسته اند سالم بمانند دارای سقف سبک گنبدی شکل متکی به تکیهگاههای مناسب و کافی یا سقفهای گهوارهای با کشهای فولادی بوده اند. همچنین تغییراتی که در طول زمان و توسط اشخاص ناوارد به عمل آمده از قبیل کم کردن ضخامت دیوارها و حذف برخی از دیوارهای پشت بند، استفاده از مصالح ناهمگون مانند استفاده از ملات ماسه سیمان برای تقویت دیوارهای خشتی و پروفیلهای فولادی در تماس مستقیم با خشت، موجب تضعیف این نوع سازهها و سهولت تخریب آنها شده است.

۶- تقویت بناهای خشتی در برابر زلزله:

جهت بهبود عملکرد بناهای خشتی در مقابل زلزله در مرحله نخست می بایست مشخصات گل مصرفی را اصلاح کرد به طوری که خاک از انقباض و تورم مصون مانده، استحکام آن افزایش یافته و تاحدی آبنندی شود. به این منظور از مواد تثبیت کننده مانند: ماسه، سیمان پرتلند، آهک، ترکیب آهک و سیمان، قیر، گاه، ترکیب خاکستر کوره و آهک، سیلیکات سدیم، خاکستر چوب، رزینها، پهن گاو و ملاسها می توان استفاده کرد. با توجه به نوع خاک محل این مواد به نسبتهای مناسب به خاک اضافه شده و از آن جهت ساخت خشت و گل بهره برد. به منظور افزایش پیوستگی و شکل پذیری ابنیه خشتی هنگام ساخت می بایست موارد رعایت گردد:

۶-۱- توجه به زیرسازی:

حتماً می بایست دیوارها بر روی پی مناسب ساخته شوند.

۶-۲- توجه به کارکرد مناسب چسب ملات:

بدیهی است اگر گرد و غبار نشسته بر روی سطوح خشتی کاملاً گرفته شود و در موقع کار با پارچه خیس کف مال و مرطوب گردد، سپس با ملات ورزیده با ضربه زدن به کار رود، اسکلت خشتی به صورت قامتی یک پارچه به وجود می آید. به علت ترکیب اجزاء و ضخامت دیوارهای خشتی بنا دارای مقاومتی ویژه می گردد. اتکا و درگیری عضوها در یکدیگر سبب می شود که اینگونه بناها تا حدی در برابر زلزله های خفیف مقاوم باشند.

۶-۳- محل باز شو پنجره ها و درب ها:

در بندها و پنجره ها کلاف دیوارهای خشتی را از همدیگر جدا می سازند به علت استفاده از پوشش قوسی به عنوان نعل درگاه فقط استقرار پای طاق بر روی نبشی های دربند می باشد. این مکان محل انتقال نیرو از قوس به سطح پا کار خواهد بود. چنانچه در زیر قوس و یا در دل قوس **تنگ قوس** به کار رود کلاف مقاومی بین قوس و نعل درگاه و دیوارهای پا کار پدید می آید. این روش حرکت دیوار و طاق را از هر جهت به شکل لولا میسر ساخته و مانع از تخریب قوس هنگام وقوع زلزله میشود.

۶-۴- لزوم توجه به کلاف بندی:

جهت افزایش استحکام بنا می بایست پوشش گنبدی و دیوارهای بنای خشتی کلاف بندی شوند. برای این منظور در تقاطع دیوارها و همچنین در قسمتهای میانی آنها چوبهای عمودی شاخص کار گذارده می شود. ارتفاع چوبها تا غلت دور پوشش مرتفع انتخاب می شود سپس در چهار طرف عمل کلاف کشی انجام شده و به عضوهای عمودی میخ می گردد. حال اگر کلاف بندی مذکور با کشهای کوچک تحت زاویه 45 درجه به یکدیگر وصل شوند اتصالات کاملتر خواهد بود. چنانچه کلاف بندی مذکور در قسمت های میانی نیز تکرار گردد، طاق کاملاً با اسکلت خشتی بنا درگیر می شود. استفاده از این شیوه در قدیم معمول بوده و در گنبد سلطانیه در سطح وسیع به کار رفته است.

۶-۵- دیوار پشت بند:

در بناهای خشتی و همچنین گلی مستحکم، ساختن دیوار پشت بند و یا پشت واره امریست معمول که اجرای آن به صورت قائم و یا مورب انجام می گردد. ساختن دیوارهای پشتواره همراه با رج چینی بنا به صورت رج به رج انجام می شود تا قفل و بست در اسکلت ب نا به وجود آید. این سرپایه ها بیشتر در محل تقاطع دیوار ساخته شده و معمولاً تقاطع آنها به صورت (+) میباشد، چنانچه پشتواره ها به این شکل ساخته شوند بنا را از هر طرف مقاوم ساخته و در دیوارهای پیش آمده متقاطع سبب افزایش مقاومت در مقابل نیروی رانشی زلزله خواهد شد.

۶-۶- یکپارچگی بناها:

اگر شکل بنا طوری باشد که فضاها به یکدیگر تکیه داشته باشند مجموعه فضاها همراه با دیوارهای ضخیم در مقابل زلزله مقاومت بیشتری خواهند داشت. از این رو در بناهای خشتی و گلین حاشیه کویر اجرای طاقهای تو یزه در بین دو دیوار کوچه ها و گذرگاهها امریست بسیار اصولی که با کلاف کردن دیوارهای خارجی، حتی عبور گاههای اجتماعی را به یکدیگر کلاف کامل کرده تا مجموعه بناها هنگام زلزله مقاوم باشند.

۷- مرمت بناهای خشتی:

در مرمت ابنیه خشتی تاریخی می بایست موارد فوق مورد توجه قرار گیرد.

۸- مراجع:

۱- بررسی تحلیلی زمین لرزه ویرانگر بم با تأکید بر عملکرد ساختمانهای خشتی، دکتر حسن افشین، مرکز تحقیقات زلزله دانشگاه صنعتی سهند*، دکتر محمد رضا چناقلو، مرکز تحقیقات زلزله دانشگاه صنعتی سهند، مهندس داریوش حسینی، ۱۳۸۵

۲- افشین، حسن. "بررسی تحلیلی زمین لرزه 5 دی 82 بم"، مرکز تحقیقات زلزله دانشگاه صنعتی سهند، انتشارات شایسته تبریز، 1383

۳- تابش حسین. "استفاده از خاک در خانه سازی"، مرکز نشر دانشگاهی، 1366

۴- زمشیدی حسین. "معماری ایران اجرای ساختمان با مصالح سنتی". انتشارات آزاده. 1382

راهکارهای بهسازی و مقاوم سازی ابنیه خاصی نظیر بناهای ارزشمند قدیمی

چکیده:

ساختمانهای تاریخی و باستانی میراث گرانبه ملتها می باشند که از گذشته های دور تا کنون به بشریت در راستای پیشرفت بهتر و بهتر الهام داده اند. یادگیری از معماری گذشته و ساختارهای گذشته می تواند ارتباطی گسترده بین نسلهای حال و گذشته ایجاد نماید. در این مقاله با بررسی راهکارهای بهسازی و مقاوم سازی بناهای تاریخی سعی شده است در این راستا گامهای بزرگی برداشته شود.

کلمات کلیدی: راهکارهای بهسازی، مقاوم سازی، ابنیه خاص، بناهای ارزشمند قدیمی

۱- مقدمه:

زمین لرزه ویرانگر 5 دی ماه 1382 در شهر تاریخی و کویری بم موجب بروز تلفات انسانی، ویرانی و خسارات عظیم به میراث فرهنگی گردید، شاید این حادثه مانند یک شوک عظیم بیش از پیش کارشناسان و دست اندرکاران را به فکر راهکارهایی جهت کاهش خسارات احتمالی در هنگام زلزله علی الخصوص در بناهای تاریخی فرورد و از آن تاریخ تاکنون در نقاط و سازمان های مختلف کارهایی صورت گرفته است. در این مقوله هدف اصلی پیشنهاد مسیری است در جهت تقلیل آسیبها.

با بازرسی قبلی و مقاوم سازی ساده نقاط ضعف می توان تا حد قابل ملاحظه ای از آسیبها کاست. اما نکته اینجاست که شناخت این نقاط ضعف و رفتار خاص بناها در شرایط بحرانی در بناهای تاریخی بدون شناخت کامل اثر امکان پذیر نیست. هدف از این مقاله ارزیابی آسیب پذیری و روشهای طرح تقویت و مقاوم سازی آثار ارزنده تاریخی است. در این رابطه مطالعات گسترده ای بشرح زیر در خصوص کلیسای نیکیتا یکی از کلیساهای دوره بیزانس (قرون 9 تا 14 میلادی) انجام می شود. شایان ذکر است که مقاوم سازی آثار تاریخی باید بگونه ای باشد که دواصل مهم مداخله کمتر به جهت حفظ ارزش های تاریخی و عمر طولانی به جهت یک ارثیه گرانبها برای نسل های آینده را مدنظر داشته باشد.

1- مطالعات ژئوتکنیکی در خصوص محل اثر

2- ساخت یک مدل آزمایشی با اشل حدود 1:3 و با مصالح محل اثر

3- آزمایش مدل تحت میز لرزان زلزله و بررسی آسیب پذیری مدل و مکانیسم شکست با وارد کردن شتاب زلزله های شناخته شده بزرگ دنیا

4- مقاوم سازی مدل براساس نتایج آزمایشات

5- آزمایش مدل مقاوم شده تحت میز لرزان زلزله

6- تحلیل کامپیوتری دو مدل مقاوم شده و مدل اصلی

7- مقایسه نتایج حاصل از تحلیل و آزمایش

8- تعیین یک متد مشخص جهت مقاوم سازی کلیساهای مشابه

نهایتاً مشخص می شود که با بکارگیری مصالح شکل پذیر مانند فولاد و ایجاد انسجام در محل اتصالات و یکپارچگی در سازه می توان انواع مکانیسم های شکست را به هنگام زلزله های شدید کنترل نمود. ما در سرزمینی زندگی می کنیم که در طول تاریخ خود شاهد حوادث گوناگونی بوده است حوادث طبیعی و غیرطبیعی که در طی سالها بر این مرز و بوم گذشته و گذشتگان ما همواره سعی در مقابله با آن را داشته اند. زمین لرزه جزو طبیعت و ذات این سرزمین است پس باید آنرا شناخت و با آن زندگی کرد و آنرا از محدودیت به یک امکان تبدیل کرد خصلتی که مردم ما در تمام طول تاریخ پربارشان به آن شهرت داشته اند. در این مجموعه سعی گردید بخش کوچکی از فعالیتهای دفتر اجرایی طرح پردیسان که در زمینه مقاوم سازی بناهای تاریخی صورت گرفته عرضه شود و راهکارها و اقداماتی که در زمینه مقاوم سازی بناهای تاریخی پروژه هایی از قبیل پردیس شهرستانک - پردیس آرشام بم و پردیس ماکو انجام شده مورد نقد و بررسی قرار گرفته و نقاط ضعف و قوت آن بیان گردیده است. در این مجموعه نحوه برخورد با دو تیپ از بناهای تاریخی شامل بناهای خشتی - گلی و سنگی مورد بررسی قرار گرفته است. و بکارگیری اصول سنتی در ساخت مجدد این بناها و استفاده از تکنولوژی جدید مورد نقد قرار گرفته است. نحوه اجراء کلاف کشی در بناهای تاریخی و محدودیت های موجود در این گونه بناها مورد توجه قرار گرفته که گاهاً منجر به این می شود که عملاً هیچ گونه اقدام موثری در زمینه مقاوم سازی بناها نمی توان انجام داد. ارزشهای معماری و تزئینات وابسته به معماری بناهای تاریخی همان اندازه که چشم نواز و زیبا می باشند بعنوان یک عامل بازدارنده در امر مقاوم سازی عمل می کنند. با این حال نبایستی فراموش نمود اصل اصلی در کنار تداوم حیات بناهای تاریخی حفظ جان انسانها می باشد.

در نهایت براساس تجربیات و مطالعات نگارنده یکسری از عواملی که موجب تخریب بناهای تاریخی در مقابله با زلزله می شود ارائه گردیده است. که چنانچه در رفع آن اقدام شود. تاحدی ضامن پایداری بناهای تاریخی خواهد شد. امید است آنچه ارائه گردیده بتواند در جهت پیشرفت دانش مقاوم سازی در بناهای تاریخی قدمی هر چند کوچک محسوب گردد.

کشور ما از کشورهایی است که دارای آثار تاریخی فراوان می باشد. موقعیت اقلیمی آن شرایطی را فراهم نموده که گونه های مختلفی از معماری با توجه به مصالح بومی در آن شکل گرفته است. با توجه به وسعت گسترده سطح کویر در کشور بدیهی است که بخش زیادی از آثار ما را بناهای خشتی تشکیل می دهند، بر اساس مطالعات انجام شده قدمت این آثار گاهاً به بیش از هزار سال می رسد. مانند مجموعه زیگوات چغازنبیل، تپه سیلیک کاشان یا مجموعه خشتی ارگ بم کرمان.

سازگاری متناسب، اقتصادی بودن، سهولت و سرعت در تهیه از جمله پارامترهایی است که در این نوع مصالح (خشت) را در منطقه کویر فرا نموده است. در دوره و عصر ما نیز با توجه به تغییراتی که در روند زندگی اجتماعی رخ داده است و پیشرفتهای چشمگیری که در عصر تکنولوژی صورت پذیرفته هنوز هم خشت می تواند به عنوان یک مصالح مورد اعتماد در برخی از نقاط کشور بکار رود و بناهای خشتی بهترین کارایی را داشته باشند. لذا شایسته است ما که دارای این ثروت عظیم ملی هستیم با برنامه ریزی صحیح ضمن بکارگیری مجدد پتانسیل های نهفته در این مجموعه این سرمایه های ملی را حفظ نموده و در راستای زندگی امروز و کاربردهای جدید از آنها استفاده نمائیم، اقدام در جهت حفاظت، مرمت و احیاء بناهای خشتی می تواند اولین قدم در جهت معرفی صحیح پتانسیل های نهفته در این مجموعه باشد. لذا در این تحقیق پس از بررسی گوناگون نمونه های بلوک و دیوار و در نهایت سازه خشتی مورد نظر و شناخت نقاط ضعف سازه در مقابل اعمال بار زلزله طرح مرمتی و پایدار سازی سازه خشتی مطابق با پتانسیل های موجود محلی پیشنهاد شده

مقاوم سازی بناهای تاریخی و ضرورت ها:

ضرورت مقاوم سازی ابنیه تاریخی در برابر زلزله آسیب پذیری میراث فرهنگی کشور در مقابل زلزله، توجه خاص به بهسازی لرزه ای این ابنیه را ضروری می سازد. در سالهای اخیر، مقاوم سازی بناهای تاریخی مد نظر قرار گرفته است. لیکن دقت بیشتر در برنامه ریزها و کاربرد روشهای مناسب در برابر زلزله کمک خواهد نمود در اینجا به بیان اجمالی مشکلات و راهکارهای بهسازی لرزه ای بناهای تاریخی پرداخته شده است که امید می رود برای دست

اندر کاران مرمت این بناها بسیار مفید باشد. جوامع پیشرفته با پیش بینی مخاطرات احتمالی زمین لرزه و تدوین آیین نامه و ضوابط خاص برای بهبود ساخت و ساز و کنترل اجرای آن، تا حدودی ایمنی لازم شهرهای خود را تامین کرده اند. این جوامع با برنامه ریزی صحیح و تعیین وظایف سازمانهای مختلف و مسئولان مربوطه، با گذار از مرحله نگرانی حفظ جان و سلامت مردم در مواقع خطر، حفظ و نگهداری از منابع ملی و سرمایه های فرهنگی را در برنامه خود قرار داده اند. در این مرحله، حفظ و صیانت آن بخش از ثروتهای ملی که تخریب آنها به هیچ وجه قابل جبران نیست اهمیت خاصی دارد و در صدر برنامه های دولتهای آنها قرار گرفته است. میراث فرهنگی به چه مانده از گذشته از جمله این ثروتهاست که از دست رفتن آنها، هویت ملی افتخارات فرهنگی، تاریخی و قومی را محو خواهد کرد. ایران نیز یکی از ملل دیرینه با هزاران بنای به جا مانده از گذشته های دور می باشد که نه تنها بیانگر هویت ملی مردم این کشورند، بلکه بسیاری از آنها افتخارات فرهنگی بین المللی بوده و ثبت آثار جهانی رسیده یا خواهند رسید. با توجه به مطالعات علمی و شواهد تاریخی، وقوع پدیده های طبیعی نظیر زمین لرزه در ایران بسیار محتمل می باشد. از این رو، توجه به این گونه ابنیه و یافتن روشهایی برای کاهش آثار زمین لرزه بر آنها باید در اولویت برنامه مقاوم سازی ابنیه و شهرهای زلزله خیز کشور قرار گیرد. در این راستا، ارزیابی نجارب دیگران در این زمینه و کاربرد صحیح آن می تواند گامی مثبت در راستای حفظ و حراست از این بناها باشد. در سال های اخیر مطالعه حرکت های زمین و تکنیکی نشان داده است که خشکی های زمین به صفحه هائی چسبیده اند که به آرامی بر روی زیر لایه زمین که ماگمای مذاب است حرکت می کنند. مناطق زلزله خیز که در آنجاها زمین لرزه بسیار رخ می دهد در محل برخورد صفحه هائی که در جهت های مختلف حرکت می کنند واقع شده اند. صفحه ها می خواهند که به هم قفل شوند از این رو حرکت نسبی آنها در صورت آزاد شدن آنی انرژی انباشته شده ای که باعث جنبش شدید زمین می شود صورت می پذیرد. تکان های لرزه ای زمین از سه طریق موج های اولیه مستقیم، موجهای ثانویه و حرکت امواج سطحی موج های ریلی وارد می شود. لرزش زمین که در پی این تکانها می آید در سه بعد ساختمان: ارتفاع، طول و عرض باعث

حرکت‌های دینامیکی می‌شود. بارگذاری‌ها و انرژی ورودی به جرم و سختی ساختمان وابسته‌اند. توانائی یک ساختمان تاریخی در جذب انرژی ورودی، به‌طوریکه آسیب نبیند، عامل تصمیم‌گیری مهمی است. همچنین می‌توان نتیجه‌گرفت‌علل اصلی ویرانی‌ها، جابجائی‌های زمین و نیروهای اینرسی ناشی از شتاب زمین می‌باشد در نتیجه عوامل مؤثر بر کارکرد زلزله بر روی یک ساختمان تاریخی عبارتند از: جرم ساختمان، سختی ساختمان، دوره تناوب ارتعاش، ظرفیت میراکننده‌گی یا توانائی جذب انرژی، حد‌های پایداری، هندسه ساختاری پیوستگی ساختاری و توزیع جرم و مقاومت با کمی شناخت درخصوص بناهای تاریخی می‌توان نتیجه‌گرفت که از نظر فرم سازه‌ای و نحوه اجرا از یک اصل و استاندارد پیروی نمی‌کنند از اینرو بحث شناخت پیش می‌آید. این شناخت را می‌توان اینچنین تعریف کرد: بازشناسی بناهای تاریخی به منظور بازشناسی مقاومتی یعنی شناخت بناها و یا المان‌هایی که به تقویت نیاز دارند. و این امکان ندارد مگر با تحلیل و بررسی حاصل از شناخت دقیق در نتیجه شناخت نقاط ضعف و این همان چیزی است که ما بدنبال آن هستیم بنابر آن چه گفته شد اهمیت شناخت بناهای تاریخی مطرح می‌گردد. زمین لرزه‌ها فقط ضعف پنهان ساختمان را آشکار می‌کنند که این نقاط ضعف مگر با شناخت پیشینه بنا تحلیل‌ها، گمانه‌زنی‌ها و غیره مشخص نمی‌شود. توجه به آن چه گفته شد و با توجه به این که بازشناسی و مقاوم‌سازی حاصل از شناخت دقیق نقاط ضعف و آسیب‌پذیر برای کلیه بناهای تاریخی با توجه به مسائل اقتصادی و امکاناتی و همچنین زمانبر بودن آن‌ها و دیگر محدودیت‌ها امکان‌پذیر نیست بحث ما به سه قسمت زیر تقسیم می‌گردد:

1 اقدامات بازدارنده پیش از زلزله 2 تقویت بناهای تاریخی 3 اقدامات مرمتی پس از زلزله مقاوم‌سازی ساختمان‌های تاریخی درمقابل زلزله بستگی به: الف - زلزله‌های گذشته‌ای است که ساختمان درمقابل آنها قرار گرفته و ب - حرکت زمینی که درآینده به ساختمان اثر می‌گذارد دارد. بدیهی است که به کارگیری مصالح جدید و متدهای طراحی نوین نیز همیشه کارساز می‌باشد. به همین دلیل مرمت و مقاوم‌سازی آثار تاریخی با هدف حفظ وصیانت آنها بستگی به منطقه‌ای که آن آثار در آن جا قرار گرفته است دارد. لذا باید مطالعات دقیق

در خصوص زلزله شناسی منطقه شامل شرایط و موقعیت خاک ، خصوصیات دینامیکی سازه ، مقاومت و تغییر شکل مصالح به کار رفته در ساختمان و پاسخ ساختمان به زلزله نمود. جهت رعایت موارد اقتصادی باید مطالعات در قالب خسارت های احتمالی ساختمان (تعیین تابع خسارت) در زلزله های آینده انجام شود. سایر ویژگی های طبیعی وامکانات حدی برای اهداف رسیدن به مقاومت بالا و قبول تغییر شکل در ساختمان های تاریخی نیز بستگی به مشخصات خصوصی و نحوه بهره برداری و نگه داری از آنها دارد.

درس آموخته های گذشته:

رخ داد پند آموز زمین لرزه ی پنجم دی ماه یک هزار و سیصد و هشتاد و دو بم و آسیب های فراوانی که به همراه داشت بار دیگر به ما یادآور شد که نباید فراموش کنیم که در سرزمینی زندگی می کنیم که حفاظت، بارور کردن و بهره مند شدن از نعمت های بی کران خدادادی فرهنگی و طبیعی آن هوشیاری و تلاش می طلبد. شکرانه نعمت های خدادادی درهوشیارانه و عالمانه بهره مند شدن از آن است. سرزمین ما بسان همیشه، ذخایر خود را در برابر دانایی و فرزندی ارزانی می دارد. و در برابر نابخردی، بی دانشی و بیهودگرایی پوشانده می ماند. سرزمین ما ایران است که باید آنرا در تمام ابعاد شناخت و با تمام سرفرازی در آن زندگی کرد. زمین لرزه جزو طبیعت و ذات آنست باید آنرا شناخت با آن زندگی کرد و آنرا از محدودیت به یک امکان تبدیل کرد. خصلتی که مردم ما در تمام طول تاریخ پربارشان به آن شهرت داشته اند. آنچه که به محضر شما خوانندگان گرامی عرضه می شود خلاصه ای است از فعالیتهای انجام شده در دفتر طرح پردیسان در راستای مقاوم سازی بناهای تاریخی که در مناطق مختلف کشور صورت پذیرفته و بعضا تاثیرات زلزله های اخیر (بم) نیز بر آن تجربه شده است.

مراجع:

-چن زایتی، دانشکده ی عمران، دانشگاه هیهای، مؤسسه فن آوری شازو، چین www.soil-water.com

-مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن-آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله -ویرایش دوم ۱۳۷۶

- عشقی، ساسان (۱۳۸۲)، گزارش نهایی پروژه تحقیقی بررسی خرابی ساختمانها و مدیریت آواربرداری در زلزله های بزرگ، تهران، موسسه علمی کاربردی هلال، آذرماه ۱۳۸۲

National Building Code of Britain , Standard NO 1243

National Building Code of India Standards Institution

Earthquake Damaged Buildings: An Overview of heavy debris and Victim Extrication, FEMA 158/ September 1988

Post-earthquake solid waste management strategy (for the City of Vancouver and the surrounding area) Wojtarowicz, Margaret, Atwater, James WGiorgio

Croci-The conservation and structural restoration of Architectural Heritage Earthquake Engineering Research, 'Loma PRIETA Collection, University of

California", Berkeley- Earthquake Engineering Research institute (2004),

'Northridge Earthquake of January 17,2003 reconnaissance report',

Earthquake Spectra, Supplement C to Volume 11

EQE International (1995). The January, 2003 Kobe earthquake; An EQE Summary Report, April

Richardson.G.N & Feger.A & Lee. K.L, "Seismic testing of reinforced earth walls", journal of geotechnical engineering, Div. ASCE 103 (1), 1977, pp. 1-17.

Wilkins.M.L., "Fundamental methods Hydrodynamics", Journal of Methods in computational physics, Vol.3, 1964, pp. 211-263.

Biggs.j.M., "Introduction to structural Dynamics

Liquefaction Mitigation in Silty Soils Using Composite Stone Columns and Dynamic Compaction, by Thevachandran Shenthana, Rafeek G. Nashed,

Sabanayagam Thevanayagam and Geoffrey R. Martin

INVESTIGATION OF PERFORMANCE AND EFFECTIVENESS OF GROUND IMPROVEMENT USING VIBRO-DENSIFICATION, by

Balasingam Muhunthan and Rafik Itani

Department of Civil and Environmental Engineering Washington State University Pullman, WA 99164-4870

Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test, J. DAVID ROGERS Department of Geological Sciences

& Engineering, 125 McNutt Hall, University of Missouri–Rolla, Rolla, MO 65409-0230

Vibro Replacement Soil Improvement Works for two LNG-Tanks at the Hazira Terminal, India, keller company

FIELD-BASED LIQUEFACTION EVALUATION PROCEDURES , I. M. Idriss , University of California at Davis

Au, S. K. 2001. "Fundamental study of compensation grouting in clay." PhD thesis, University of Cambridge, U.K.

Buchet, G., Soga, K., Gui, M. W., Bolton, M. D., and Hamelin, J. P. 1999. "COSMUS; New methods for compensation grouting." *Proc., Association Francaise des Travaux en Souterrain (AFTES) International Conference UNDERGROUND WORKS—Ambitions and Realities, October 25–28*, 131–137.

Drammer, G. J. E., Travaes, P. D., and Drooff, E. R. 1994. "Settlement protection works for new St. Clair river rail tunnel." *Can. Tunnelling*, 291–302.

Drooff, E. R., Travaes, P. D., and Forbes, J. 1995. "Soil fracture grouting to remediate settlement due to soft ground tunnelling." *Proc., Rapid Excavation and Tunnelling Conf., Society for Mining Metallurgy and Exploration, San Francisco*, 21–40.

Essler, R. D., Drooff, E. R., and Falk, E. 2000. "Compensation grouting, concept, theory, and practice." *Geotechnical Special Publication No. 104, American Society of Civil Engineers*, 1–15.

Harris, D. I., Pooley, A. J., Menkiti, C. O., and Stephenson, J. A. 1996. "Construction of low level tunnels below Waterloo Station with compensation grouting for Jubilee line extension." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, R. J. Mair and R. N. Taylor, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 361–366.

Harris, D. I., Mair, R. J., Burland, J. B., and Standing, J. R. 1999. "Compensation grouting to control tilt of Big Ben Clock Tower." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 225–232.

Ikeda, S., Saito, T., Huang, Y., and Mori, A. 1996. "Settlement of store-houses during the passage of two parallel shields through." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, R. J. Mair and R. N. Taylor, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 367–372.

Komiya, K., Soga, K., Akagi, H., Jafari, M. R., and Bolton, M. D. 2001. "Soil consolidation associated with grouting during shield tunnelling in soft clayey ground." *Geotechnique*, 51(10), 835–847.

La Fonta, J. 1998. "Puerto Rico real-time control of compensation grouting with the cyclops system." *Geotech. News*, 17(2), 27–32.

Mair, R. J., and Hight, D. W. 1994. "Compensation grouting." *World Tunnelling*, November, 361–367.

McKinley, J. D. 1994. "Grouted ground anchors and the soil mechanics aspects of cement grouting." *PhD thesis, University of Cambridge, U.K.*

- Osborne, N., Murry, K., Chegini, A., and Harris, D. I. 1997. "Construction of Waterloo Station upper level tunnels, Jubilee line extension project." *Proc., Tunnelling 97, Institution of Mining and Metallurgy, London*, 639–662.
- Pototschnik, M. J. 1992. "Settlement reduction of soil fracture grouting." *Proc., Conf., Soil Grouting, Soil improvement and Geosynthetics, ASCE, 1*, 398–409.
- Schweiger, H. F., and Falk, E. 1998. "Reduction of settlement by compensation grouting numerical studies and experience from Lisbon underground." *Proc., The World Tunnel Congress '98 on Tunnel and Metropolises, Sao Paulo, April*, A. Negro and A. A. Ferreira, eds., Vol. 2, 1047–1052.
- Shirlaw, J. N. 1990. "Ground treatment by injection in Hong Kong with special reference to the construction of the Hong Kong mass transit railway." *MSc thesis, University of Bristol*.
- Shirlaw, J. N., Dazhi, W., Ganeshan, V., and Hoe, C. S. 1999. "A compensation grouting trial in Singapore marine clay." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 149–154.
- Soga, K., et al. 1999. "Development of compensation grouting modelling and control system." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 425–430.
- Sugiyama, T., et al. 1999. "Compensation grouting at the Docklands Light Lewisham Extension project." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 319–324

مقاوم سازی بافت‌های فرسوده و تاریخی

چکیده:

بافت‌های تاریخی و فرسوده در شهرهائی نظیر تهران و اصفهان و حتی واحدودی شهرهای مشهد و تبریز در بافت‌های جدید شهری گم شده اند و بیشترین اهمیت شهری نیز به مناطق تازه ساز داده می شود. میراث فرهنگی نیز به خاطر گستردگی این بافتها و پراکندگی آن نمی تواند به طور بایسته به آنها رسیدگی نماید. در این مقاله سعی شده به تداخل بافت‌های تاریخی و فرسوده

و سیاستها و راهکارهای مورد نیاز جهت بهسازی آنها ارائه گردد. در ایران که از نظر آثار باستانی جزو رتبه های نخستین میان کشورهای جهان قرار دارد حفظ و نگهداری از میراث فرهنگی از اهمیت بالایی برخوردار است. زمین لرزه ویرانگر بم موجب بروز تلفات انسانی، ویرانی و خسارات عظیم به میراث فرهنگی گردید، شاید این حادثه مانند یک شوک عظیم بیش از پیش کارشناسان و دست اندرکاران را به فکر راهکارهایی جهت کاهش خسارات احتمالی در هنگام زلزله علی الخصوص در بناهای تاریخی فروبرد و از آن تاریخ تاکنون در نقاط و سازمان های مختلف کارهایی صورت گرفته است. در این مقوله هدف اصلی پیشنهاد مسیری است در جهت تقلیل آسیبها است. در یک جمله می توان اینطور بیان نمود که با بازرسی قبلی و مقاوم سازی ساده نقاط ضعف می توان تا حد قابل ملاحظه های از آسیبها کاست. شناخت نقاط عملکرد بناهای تاریخی در هنگام وقوع زلزله بدون شناخت کامل بنا ممکن نیست. با توجه به اهمیت بافتهای تاریخی و خطر زائی بافتهای فرسوده در مواقع بروز بحران بجاست که اتخاذ سیاستهای مدون امر بهسازی این بافتها به سرعت صورت پذیرد.

کلمات کلیدی: بافتهای تاریخی، بهسازی، مقاوم سازی، بافتهای فرسوده، میراث فرهنگی

۱- مقدمه:

بافتهای تاریخی و فرسوده در شهرهایی نظیر تهران و اصفهان و حتی واحددی شهرهای مشهد و تبریز در بافتهای جدید شهری گم شده اند و بیشترین اهمیت شهری نیز به مناطق تازه ساز داده می شود. میراث فرهنگی نیز به خاطر گستردگی این بافتها و پراکندگی آن نمی تواند به طور بایسته به آنها رسیدگی نماید. در این مقاله سعی شده به تداخل بافتهای تاریخی و فرسوده و سیاستها و راهکارهای مورد نیاز جهت بهسازی آنها ارائه گردد. با توجه به اهمیت بافتهای تاریخی و خطر زائی بافتهای فرسوده در مواقع بروز بحران بجاست که اتخاذ سیاستهای مدون امر بهسازی این بافتها به سرعت صورت پذیرد.

بازشناسی بنا های تاریخی به منظور بازشناسی مقاومتی یعنی شناخت بناها و یا المان های که به تقویت نیاز دارند و این امکان ندارد مگر با تحلیل و بررسی حاصل از شناخت دقیق

در نتیجه شناخت نقاط ضعف و این همان چیزی است که ما بدنبال آن هستیم بنابر آن چه گفته شد اهمیت شناخت بناهای تاریخی مطرح می گردد. زمین لرزه ها فقط ضعف پنهان ساختمان را آشکار می کنند که این نقاط ضعف مگر با شناخت پیشینه بنا تحلیل ها، گمانه زنی ها و غیره مشخص نمی شود.

توجه به آن چه گفته شد و با توجه به این که بازشناسی و مقاوم سازی حاصل از شناخت دقیق نقاط ضعف و آسیب پذیر برای کلیه بناهای تاریخی با توجه به مسائل اقتصادی و امکاناتی و همچنین زمانبر بودن آن ها و دیگر محدودی آنها امکان پذیر نیست بحث ما به سه قسمت زیر تقسیم می گردد:

- اقدامات بازدارنده پیش از زلزله
- تقویت بناهای تاریخی
- اقدامات مرمتی بعد از زلزله
- اقدامات بازدارنده قبل از زلزله

ایمنی عمومی مهمترین موضوعی است که در یک مقوله زمین لرزه باید مورد توجه قرار گیرد و تا به وسیله آن بهائی را که در یک حادثه باید هزینه کرد کمینه کرد. تجربه نشان داده ریختن دیوارها و سقف ها و شکستن شیشه ها بدترین خطرات اند. بنابراین تقویت این عناصر در الوی ت باید قرار گیرند به عنوان مثال استفاده از شیشه های نشکن و دوجداره همچنین موضوعی که اقدامات ایمنی برای آن دارای اهمیت ویژه ای است مسئله آتش سوزی است که باید با استناد بر قوانین و استانداردهای ایمنی راهکارهایی را برای جلوگیری از آتش سوزی در هر بنا ایجاد کرد. در ساختمان های عمومی و موزه ها فهرست برداری و شماره گذاری تمام آثار فرهنگی همچنین مستند نگاری ها بسیار سودمند می باشد. همچنین ایجاد فضاهای امن در منطقه و مجموعه های تاریخی می تواند بسیار سودمند باشد. اگر ساختمان بر سر ساکنان خراب شود باید شانسی برای نجات وجود داشته باشد ایمنی عمومی را م ی توان با آمادگی قبلی برای بلایای طبیعی افزایش داد.

۲- مقاوم سازی بافتهای فرسوده و تاریخی:

تداخل بافت‌های تاریخی و فرسوده و نحوه دخالت در آنها مدتهاست که مورد بحث مدیران سازمان میراث فرهنگی و شرکتهای مختلف عمران و بهسازی است. در این میان بی‌توجهی به ارزش‌های کالبدی، تاریخی و هویتی برخی بافت‌ها از سوی برخی شرکت‌های مداخله‌کننده در امر نوسازی و بهسازی همچنین تعلل سازمان میراث فرهنگی و گردشگری در تعیین محدوده‌های تاریخی و تدوین ضوابط و سیاست‌های جدید در نحوه مداخله در آنها، بیش از پیش این عناصر ارزشمند را در انزوای فرو برده است. تعلل سازمان میراث فرهنگی در این امر موجب بروز اتفاقاتی نظیر آنچه در اصفهان و برای خانه صفوی بروز کرد می‌شود. همچنین برخورد اجباری از سوی این سازمان با مردم برای حفظ خانه‌ها و بناهای تاریخی خود به شکل موزه‌ای موجب برخورد قهری آنان می‌شود. در حال حاضر برای بافت فرسوده ۳۶ شهر طرح نوسازی و بهسازی تهیه شده که پس از ابلاغ به شهرداری‌ها این مناطق، اجرایی و در ادامه این پروژه‌ها پس از انجام به عنوان الگوی دیگر پروژه‌های تجمیع و نوسازی در نظر گرفته می‌شوند. پیش از این موضع وزارت مسکن درباره بافت‌های قدیمی و فرسوده منحصر به مرکز شهرها بود که با تغییر این دیدگاه، بحث بافت‌های فرسوده در ابعاد گسترده‌تری مورد بحث قرار می‌گیرد.

در صورت امکان باید وزن بالای ساختمان‌ها را کاهش داد بس‌ت‌ها و شمع‌ها باید در مکانهای مهم استوار باشند و آن‌هایی که به مرکز ثقل سازه نزدیکتر هستند احتمالاً به خاطر اهمیت تیرک‌های افقی اتصال کف نسبت به دیوار موثرتر هستند. مقاومت احتمالاً با افزایش شمع‌ها بر روی زمین مقاوم شده و تحکیم یافته افزایش می‌یابد. سیستم‌های سازه‌ای نباید با هم مخلوط شوند چون درز بین مصالح مسائل یک‌بودن (وحدت) عکس‌العمل‌های آن‌ها را در زمین لرزه به وجود می‌آورد. بررسی زمین لرزه نشان می‌دهد که اتصال دیوارها به هم در گوشه‌ها، همچنین اتصال سقف‌ها و کف‌ها به دیوارها اهمیت حیاتی دارند. جاگذاری عناصر مقاوم کششی با چند درصد از پیش‌تندگی که المان‌ها را به هم گیر داده مقاومت بیشتری را در برابر زمین لرزه برای ساختن‌های تاریخی به دست می‌دهد. همچنین اگر کابل‌های پیش‌تندیده قطری که از بالا به

پائین اتصال برقرار می کنند در خاک یا آجرهای گلی موجود باشند مقاومت آن ها را در برابر نیروهای دینامیکی بی شتر می کنند، سازه های سقف باید شامل بست های قطری باشند، مانند کاربرد تیرها در دیوارهای بخش زیر شیروانی ساختمانها که معمول است. استفاده از آهن کشی در قسمت هائی از بنا که به صورت خطی و مستقیم عمل می کند و نیاز به مهار نیروهای جانبی دارد، کلاف کشی در بخش هائی که نیروهای جانبی در پیرامون عنصری از بنا عمل می کنند مانند گنبد ها، مهاربندی در ساختمان هائی که مصالح اصلی بنا نیروی ایستائی خود را از دست داده اند و لازم باشد که در وضعیت خود ب ه صورت معلق یا کششی تثبیت گردند که در این حالت آهن پیش تنیده بیشترین کارائی را دارد. دوخت و دوز در قسمت هائی که زمانی به علت عواملی ترک خورده اند و هم اینک عامل مخل خنثی شده است و بنا تثبیت شده با توجه به نوع مصالح و شیوه ساخت. این موارد مختصری بودند از هزاران راه پیشنهادی جهت تقویت بناهای تاریخی اما آن چه با توجه به راه حل های بالا و با توجه به تکنولوژی ساخت بناهای امروزه می توان نتیجه گرفت این است که در طراحی ساختمان های جدید مسئله صلبیت و پیوستگی اهمیت ویژه ای دارد و در بناهای تاریخی بچشم نمی خورد. هماهنگی المان های مختلف سازه ای و وجود جانشین های ساختاری، به قسمی که اگر یک بخش عمل نکرد جانشین آن عمل کند این مختصر ما را هدایت می کند به سمت تئوری صلبیت خاص در بناهای تاریخی و آن عبارت است از شناخت کامل بنا و تقویت کلیه المان ها به قسمی که به صورت یکپارچه u1593 عمل کنند. این روش که نسبت به بقیه راه کارها از ضریب اطمینان بالاتری برخوردار است لزومی برای بالا بردن سختی المانی خاص برای عمل و انتقال نیروی جانبی نمی بیند بلکه بیشترین تأکید خود را بر یکپارچگی کلیه المان ها م ی دهد. در دیگر رو شهای مقاوم سازی مشاهده شده است که یک ساختمان می تواند چند شک شدید را تحمل کند ام □ ارتعاش دراز مدت ویران کننده است ولی در حالت صلب آن چه خطرناک است شوک اولیه است ام □ ارتعاش دراز مدت دیگر نمی تواند تأثیر چندانی بر سازه داشته باشد.

در تئوری صلبیت مطرح می شود که اگر هرچه جسم صلب تر باشد و بر روی مکان هائی با دوره تناوب زیاد واقع باشد مانند خا مه‌ای نرم عم‌قدار، دوره تناوب ارتعاش آن کمتر خواهد ماند و سال متر خواهد ماند. ام آن چه در اینجا مطرح می شود چگونگی رسیدن به این حالت صلبیت است، خوشبختانه امروزه با کمک از تکنولوژی روز رسیدن به صلبیت و یکپارچگی در مصالح مختلف امکان پذیرتر از قبل شده است. اما این کار با شناخت نوع مصالح و نحوه اجرا در هر بنا به صورت جداگانه ای طراحی می گردد. نکته جالب این که ایجاد یکپارچگی در بعضی از معماری های سنتی کشورما از دیرباز مطرح بوده و تا به امروز نیز خوب عمل نموده اند از آن جمله می توان استفاده از تیرچوبی با جیرین در ماسوله در دیواره ای خشتی جهت یکپارچه نمودن دیوارها و یا استفاده از زگالی یا نثار در گیلان در دیوارهای کاهگلی جهت یکپارچه نمودن و انتقال نیروهای جانبی به تیرها و ستون ها را عنوان نمود.

۳- تمایز بافتهای تاریخی و فرسوده:

از بافت های قدیمی الزاما مفهوم ارزشمند و تاریخی استنباط نمی شود. بخش هایی از بافت های قدیمی ارزشمند هستند و گاهی در حد تک بنا معرفی می شوند. روش مداخله در ساختار تاریخی حفاظتی که در آن موفولوژی و ساختار بافت مورد توجه است و نوسازی در آن باید با رعایت الگوهای ویژه ای انجام شود در غیر این صورت هویت های تاریخی و ارزشمند شهرها از بین می رود. به دنبال تصمیماتی که در برنامه های پنج ساله سوم و چهارم گرفته شد، دولت موظف به نوسازی و احیا بافت های فرسوده شهری طی اجرای این دو برنامه شد. پیش از این تصمیم تصویری از حدود، مساحت و ابعاد این موضوع وجود نداشت. با تخمین های چندان دقیق مساحت بافت فرسوده ۱۴ هزار هکتار برآورد شد، البته در این زمان بیشتر توجهات به بافت مرکزی معطوف بود. اما به دنبال مطالعات انجام شده از سوی سازمان عمران و بهسازی شهری براساس قانون بودجه سال ۸۴ (بند ب تبصره ۶)، تاکنون ۳۶ هزار هکتار بافت فرسوده فقط در ۵۰ شهر آن هم بدون احتساب معابر و فضاهای باز ثبت شده است. این موضوع با تصوراتی که از قبل داشتیم، متفاوت است.

۴- شاخصه های اولویت بهسازی:

دو پارامتر در تعیین این اولویت‌ها در نظر گرفته می‌شود. وسعت و ابعاد بافت فرسوده به نسبت کل بافت شهری و جمعیت بافت فرسوده به نسبت جمعیت کل بافت همچنین وضعیت لرزه‌خیزی منطقه فاکتورهای اصلی در انتخاب این شهرها هستند. لرزه‌خیزی مناطق مختلف برپایه مطالعات پهنه‌بندی زلزله که توسط سازمان زمین‌شناسی انجام شده به مناطق بسیار پرخطر، پرخطر، متوسط و کم‌خطر تقسیم‌بندی می‌شود. بر همین پایه برای تعدادی از شهرهای واجد شرایط طرح تفصیلی ویژه تهیه و تصویب شد. طرح‌های ویژه تهیه شده در ابعاد مختلفی و با توجه به ضوابط مقررات لازم برای تضمین نوسازی و بهسازی بافت‌های یاد شده اجرایی می‌شوند.

۵- ساکنین بافتهای تاریخی:

بسیاری از افراد ساکن در این بافت‌ها تمایلی به مشارکت در نوسازی و بهسازی محل زندگی خود ندارند. ایجاد انگیزه در ساکنان این مناطق برای شرکت در این امر، هدف اصلی ماست به همین منظور تسهیلات ویژه‌ای در این خصوص در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال استفاده از اعتبارات فاینانس از طریق اوراق مشارکت یا استفاده از بخشودگی‌ها و تسهیلات مصوب در چارچوب قانون. به همین منظور سرمایه‌گذاران بخش خصوصی می‌توانند با ساخت‌وساز در این مناطق از بخشودگی ۵۰ درصدی عوارض توسط شهرداری‌ها و شوراهای مناطق یاد شده بهره‌مند شوند و در حقیقت عاملی برای ایجاد انگیزه برای حضور مردم و سرمایه‌گذاری بیشتر در بافت‌های فرسوده باشند. بخش دیگر این تسهیلات حفظ امتیاز برخورداران از زیرساخت‌های در اختیار مردم است. یعنی تخریب و نوسازی بنا امتیاز داشتن زیرساخت‌ها را از ساکنان آن نمی‌گیرد. بلکه هر منطقه‌ای که محدوده آن تعیین شده و به تصویب کمیسیون ماده پنج رسیده باشد، مشمول این تسهیلات می‌شود. برای بسیاری از این محدوده‌های تعیین شده توسط کمیسیون ماده پنج به منظور تجمیع و نوسازی وام‌هایی با بخشودگی بهره بانکی به شکل یارانه و در قالب ردیف مشخصی در نظر گرفته می‌شود. البته نباید از نظر دور داشت که ابعاد این قضیه بسیار گسترده و پیچیده است و باید با توجه به آمار

جدید در مصوبات جدید همچنین اعتبارات و یارانه‌های در نظر گرفته شده، تجدیدنظر شود. تاکنون علاوه بر ۳۶ هزار هکتار بافت فرسوده موجود در مناطق رسمی چیزی در حدود ۶۰ هزار هکتار بافت فرسوده نیز در مناطق حاشیه‌نشین وجود دارد.

۶- گستردگی بافتهای فرسوده:

طبق آمار به دست آمده می‌توان گفت حدود ۱۰۰ هزار هکتار بافت فرسوده طی مطالعات اخیر شناسایی و ثبت شده‌اند و اگر شهرهای کوچک باقی مانده را نیز در نظر بگیریم چیزی نزدیک ۱۵۰ هزار هکتار بافت فرسوده در کشور وجود دارد. اگر تراکم ناخالص جمعیت در این نوع بافت‌ها را براساس مطالعات اخیر، ۸۰ نفر در هر هکتار در نظر بگیریم، ۱۲ میلیون نفر در چنین بافت‌هایی ساکن هستند. حال با توجه به اینکه آمار تهدید زلزله و آسیب‌های قهری در کشور ما بالاست، می‌توان تصور کرد در صورت بروز چنین پدیده‌هایی چه فجایع جبران‌ناپذیری بروز می‌کند.

۷- تشابه بافتهای تاریخی و فرسوده:

تداخل بافت‌های تاریخی و فرسوده موضوع بسیار مهمی است. در شناسایی‌های اولیه که انجام شده، سعی کرده‌ایم تا جایی که امکان دارد محدوده این بافت‌ها را از یکدیگر تفکیک کنیم چرا که شیوه‌های مداخل در هر کدام از این بافت‌ها متفاوت است. بافت فرسوده‌ای که فاقد ارزش حفاظتی است و هیچ گونه هویتی از نظر شهرسازی و معماری ندارند با تجمیع پلاک‌ها، نوسازی و بهسازی می‌شوند. بالطبع پیشنهاد ما مبنی بر بلندمرتبه‌سازی است تا فضاهای باز شهری، خدمات و تاسیسات در آنها ایجاد شود. اما دخالت در بافت‌های تاریخی به گونه‌ای دیگر است و در واقع ضوابط و دانش حفاظتی و مرمتی در آنها به اجرا در می‌آید.

۸- نقش میراث فرهنگی:

تعامل سازمان میراث فرهنگی در مشخص کردن محدوده‌های تاریخی تهدیدی برای این بافت‌های واجد ارزش محسوب می‌شود. نگاه موزه‌ای به این بناها و بافت‌ها نتیجه‌ای جز فرسودگی بیشتر در پی ندارد. سازمان میراث فرهنگی در امر نوسازی و بهسازی بافت‌های تاریخی باید منافع مردم را مورد توجه قرار داده و راه‌حل‌های اجرایی و تحقق‌پذیر پیشنهاد

کند که هم این سازمان به اهداف حفاظتی خود برسد و هم مردم بتوانند در خانه‌های نوسازی شده و خانه‌هایی که پاسخگوی زندگی امروز است زندگی کنند.

این شرکت تصدی‌گری نیست و در واقع وزارت مسکن نقش هدایتی، نظارتی، تدوین ضوابط و مقررات و ایجاد بسترهای قانونی لازم را برعهده دارد. اگر به شرکت عمران در مواردی خاص مداخلاتی دراد صرفاً قصد الگوسازی دارد. وسعت بافت‌ها فرسوده و تاریخی ایران قابل توجه است، اما سابقه پرداختن به این موضوع چندان طولانی نیست و حتی از کشورها ب در حال توسعه نیز عقب مانده‌ایم.

۹- تهران و پیچیدگی موضوع:

در تهران نزدیک به پنج هزار هکتار بافت فرسوده وجود دارد و به دلیل اهمیت این شهر تهیه طرح ویژه تفصیلی برای بافت فرسوده آن ضروری است. هر کدام از مناطق شهرداری‌های به اندازه یک شهر وسعت دارند. شرکت عمران و بهسازی با کمک این شهرداری‌ها و استفاده از نظر آنان می‌تواند طرح ویژه تفصیلی تعریف کند. این طرح پس از تهیه توسط شهرداری‌ها در اختیار دستگاه اجرایی قرار می‌گیرد و با توجه به وسعتی که این بافت‌ها دارند نوسازی آن به تنهایی با دخالت دولت امکان‌پذیر نیست و اقدام دولت بدون فرهنگ سازی و دعوت مردم برای مشارکت منجر به جا به جایی جمعیت و افزایش حاشیه نشینی و در بسیاری از موارد موجب از هم گسیختگی تعاملات اجتماعی شود.

۱۰- اقدامات پس از زلزله

در پی یک زمین لرزه، شک انسانی بزرگی روی می‌دهد. سردرگمی ناشی از این حادثه خطرات اضافه‌ای را برای آثار فرهنگی ایجاد می‌کند. آتش سوزی امری شایع است. بازرسی سریع خرابی‌ها ضروری است. المان‌های خطرناک باید ایمن شوند. برای این کار به معمارانی با قضاوت مهندسی صحیح و دانش فرهنگی گسترده نیاز است. هرآنچه می‌توان با گذاشتن تیرک و الوار چوبی مانع فروریختن شد باید حفظ شود، چراکه معمولاً پس لرزه رخ می‌دهد. پس از یک لرزه لازم است که با یک موسسه حفاظتی معماری مشورت شود تا این موسسه راهنمایی‌های خود را در اختیار سازمان

متولی نجات قرار دهد و از تخریب غیر ضروری بازمانده های اموال فرهنگی جلوگیری شود، همچنین توجه به آثار ثانویه لرزه ها مانند زمین لغزش ها شکستگی ی راه ها، خرابی پل ها، سیل ها و حرکات زمین همراه با تغییر سطح آبهای زیرزمینی و جریان آنها نیز م ی توانند ویرانگر باشند. داربست های فلزی قابل تنظیم با الوارهای آماده بر سرعت کار می افزاید، ایجاد سقف های موقت برای حفظ اشیاء با ارزش ضروری است. آثار هنری که بخشی از ساختمان های تاریخی اند به طور اضطراری باید در مقابل عوامل مخرب و همچنین از نظر ساز های حفاظت شوند.

منابع

- دوازده درس مرمت وزارت مسکن و شهرسازی سازمان ملی زمین و مسکن، ۱۳۸۲،
غلامحسین معماریان - معماری مسکونی ایرانی گون هشناسی بروننگرا، ۱۳۸۴،
بیانیه و توصیه های کارگاه بین المللی بم اول اردیبهشت ۱۳۸۳ ایران بم
“اصول مهندسی پی پی سازی پیشرفته”؛ دکتر علیرضا رهایی.
“دینامیک خاک”؛ دکتر سید مجدالدین میرحسینی
“بررسی اثرات توپوگرافی بر پاسخ لرزه ای آبفت”؛ پروژه کارشناسی ارشد خاک و پی،
محمد رضا دهقانی، دانشگاه صنعتی شریف، دیماه ۱۳۷۵.

References

- Giorgio Croci-The conservation and structural restoration of Architectural Heritage*
Earthquake Engineering Research, 'Loma PRIETA Collection, University of California', Berkeley- Earthquake Engineering Research institute (2004), 'Northridge Earthquake of January 17,2003 reconnaissance report', Earthquake Spectra, Supplement C to Volume 11 EQE International (1995). The January, 2003 Kobe earthquake; An EQE Summary Report, April
Buchet, G., Soga, K., Gui, M. W., Bolton, M. D., and Hamelin, J. P. 1999.
“COSMUS; New methods for compensation grouting.” Proc., Association Francaise des Travaux en Souterrain (AFTES) International Conference UNDERGROUND WORKS—Ambitions and Realities, October 25–28, 131–137.

Drammer, G. J. E., Travaes, P. D., and Drooff, E. R. 1994. "Settlement protection works for new St. Clair river rail tunnel." *Can. Tunnelling*, 291–302.

Drooff, E. R., Travaes, P. D., and Forbes, J. 1995. "Soil fracture grouting to remediate settlement due to soft ground tunnelling." *Proc., Rapid Excavation and Tunnelling Conf., Society for Mining Metallurgy and Exploration, San Francisco*, 21

Essler, R. D., Drooff, E. R., and Falk, E. 2000. "Compensation grouting, concept, theory, and practice." *Geotechnical Special Publication No. 104, American Society of Civil Engineers*, 1–15.

Harris, D. I., Pooley, A. J., Menkiti, C. O., and Stephenson, J. A. 1996. "Construction of low level tunnels below Waterloo Station with compensation grouting for Jubilee line extension." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, R. J. Mair and R. N. Taylor, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 361–366.

Harris, D. I., Mair, R. J., Burland, J. B., and Standing, J. R. 1999. "Compensation grouting to control tilt of Big Ben Clock Tower." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 225–232.

Ikeda, S., Saito, T., Huang, Y., and Mori, A. 1996. "Settlement of storehouses during the passage of two parallel shields through." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, R. J. Mair and R. N. Taylor, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 367–372.

Komiya, K., Soga, K., Akagi, H., Jafari, M. R., and Bolton, M. D. 2001. "Soil consolidation associated with grouting during shield tunnelling in soft clayey ground." *Geotechnique*, 5110, 835–847.

La Fonta, J. 1998. "Puerto Rico real-time control of compensation grouting with the cyclops system." *Geotech. News*, 172, 27–32.

Mair, R. J., and Hight, D. W. 1994. "Compensation grouting." *World Tunnelling*, November, 361–367.

McKinley, J. D. 1994. "Grouted ground anchors and the soil mechanics aspects of cement grouting." PhD thesis, University of Cambridge, U.K.

Osborne, N., Murry, K., Chegini, A., and Harris, D. I. 1997. "Construction of Waterloo Station upper level tunnels, Jubilee line extension project." *Proc., Tunnelling 97, Institution of Mining and Metallurgy, London*, 639–662.

Pototschnik, M. J. 1992. "Settlement reduction of soil fracture grouting." *Proc., Conf., Soil Grouting, Soil improvement and Geosynthetics, ASCE*, 1, 398–409.

Schweiger, H. F., and Falk, E. 1998. "Reduction of settlement by compensation grouting numerical studies and experience from Lisbon underground." *Proc., The World Tunnel Congress '98 on Tunnel and Metropolises, Sao Paulo, April*, A. Negro and A. A. Ferreira, eds., Vol. 2, 1047–1052.

Shirlaw, J. N, Dazhi, W., Ganeshan, V., and Hoe, C. S. 1999. "A compensation grouting trial in Singapore marine clay." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 149–154.

Soga, K., et al. 1999. "Development of compensation grouting modelling and control system." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 425–430.

Sugiyama, T., et al. 1999. "Compensation grouting at the Docklands Light Lewisham Extension project." *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, O. Kusakabe, K. Fujita, and Y. Miyazaki, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 319–324.

Earthquake Damaged Buildings: An Overview of heavy debris and Victim Extrication, FEMA 158/ September 1988



بررسی تحلیلی زمین لرزه ویرانگر بم با تأکید بر عملکرد ساختمانهای خشتی
چکیده

زلزله‌های که در صبحگاه 5 دی ماه 1382 در شهر بم و نواحی اطراف آن به وقوع پیوست باعث تخریبات گسترده و مرگ 6درجه در مقیاس ریشتر گزارش شده است، لذا

این زلزله در رده / عدهٔ زیادی از ساکنین منطقه گردید . بزرگی این زلزله 5 زلزله‌های بسیار شدید قرار نمی‌گیرد اما خسارات و تلفات گسترده ناشی از آن حاکی از عدم مقاومت سازه‌های موجود در شهر بم در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله می‌باشد. با توجه به اینکه تعداد زیادی از منازل مسکونی و شماری از مدارس موجود در شهر بم و نواحی اطراف آن از نوع خشتی می‌باشند از طرفی استفاده این تپ از خانه‌ها در مناطق مرکزی و جنوب شرقی ایران متداول می‌باشد لذا در اینجا به صورت تشریحی و تحلیلی به بررسی عملکرد این نوع سازه‌ها در برابر بارهای ثقلی و جانبی پرداخته شده و راه‌حل‌هایی جهت بهبود عملکرد آنها در برابر بارهای وارده، به ویژه بارهای جانبی ارائه می‌شود. از سوی دیگر شمار زیادی از ابنیه تاریخی کشور ما از خشت و گل ساخته شده‌اند که مصون ماندن آنها از گزند حوادث نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است

لذا با توجه به لرزه‌خیزی زیاد اکثر مناطق ایران، هنگام مرمت آنها می‌بایست تمهیداتی جهت پایداری این بناها در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله به کار بست تا به سرنوشت ارگ بم دچار نشوند . در این راستا با افزودن المان‌ها مقاوم به سازه اصلی بدون اینکه بافت سنتی آن دچار مشکل گردد سعی خواهد شد که تا حد ممکن شکل پذیری بنا افزایش یافته و پیوستگی آن حفظ شود.

کلید واژه‌ها: زلزله، ساختمان، خشتی، مقاوم سازی، بم

1-مقدمه

ساختمانهای موجود در شهر بم از لحاظ سیستم سازه‌ای به سه دسته تقسیم میشوند که عبارتند از:

1-1- ساختمانهای با اسکلت فولادی

2-1- ساختمانهای با اسکلت بتنی

3-1- ساختمانهای بنایی شامل:

الف (بنایی بدون کلاف بندی

ب (بنایی با کلاف بندی

پ (خشتی گلی) با سطح بام مسطح ، با سقف قوسی یا گنبدی عرقچینی

1-1- ساختمانهای با اسکلت فولادی : شماری از ساختمانهای مسکونی، اداری، تجاری و اماکن عمومی شهر بم و نواحی اطراف آن که در بیست سال گذشته احداث شده اند دارای اسکلت فولادی می باشند. عمدهترین عوامل عدم مقاومت این نوع از ساختمانها در برابر زلزله عبارت بودند از : عدم اجرای سیستم مهاربندی جانبی و یا اجرای نامناسب آنها و بخصوص اتصالات آنها ، در بسیاری از موارد به خصوص در ساختمانهای تجاری مسکونی به دلیل عدم اجرای بادبند در طبقه همکف و در ضلعی از آنکه باز شوها قرار گرفته اند، این طبقه هنگام وقوع زلزله بصورت یک طبقه نرم عمل نموده و تخریبات عمده ای در آن صورت گرفته بود . همچنین عدم توجه به ابعاد و کیفیت جوش اجرا شده در محل اتصالات که نمونه های بارز آن گسیختگی اتصال بست های افقی ستونهای مرکب و گسیختگی اتصال بادبندها میباشند و استفاده از اتصال خورجینی جهت اتصال شاهتیر ها به ستونها نیز موجب آسیب پذیری این نوع از سازه ها در برابر زلزله شده بود.

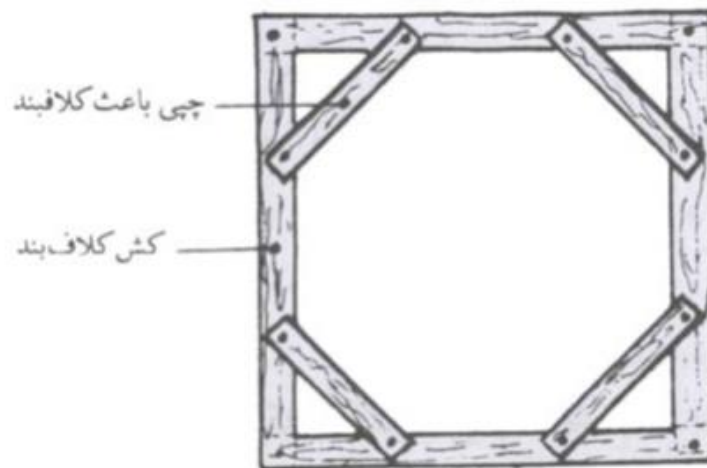
1-2- ساختمانهای با اسکلت بتنی : تعداد محدودی از ساختمانهای شهر بم دارای اسکلت بتنی بودند که اکثر آنها به دلیل عدم توجه به نکات فنی دچار آسیبهای زیادی شده اند . علل تخریبات صورت گرفته در این ساختمانها عبارتند از : عدم اجرای تعداد خاموت کافی (آرماتور برشی) در محل اتصال تیر به ستون و در بر آن و شکست برشی اتصالات و کمانش آرماتورهای طولی ستون در این محل هنگام وقوع زلزله، عدم رعایت طول وصله و خم آرماتورهای طولی ، اجرای بتن با کیفیت بسیار پایین به عنوان مثال عدم توجه به دانهبندی و خروج شیره بتن به علت عدم اجرای قالببندی مناسب و استفاده از مصالح نامرغوب نظیر خرده آجر و قلوه سنگ در بتن .

1-3- ساختمانهای بنایی

الف (ساختمانهای بنایی بدون کلافبندی :در شهر بم ونواحی اطراف آن تعداد زیادی از ساختمانهای

مسکونی از نوع بنایی بدون هرگونه کلاف بندی و با سقف طاق ضربی می باشند .سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی از دیوارهای این ساختمانها تشکیل شده و چنانچه مقدار دیوار نسبی ساختمان رعایت شده و اتصال دیوارهای عمود بر هم نیز به خوبی اجرا گردیده و از میلگردهای مهاری جهت اتصال تیر های عرضی به سقف استفاده شده است، ساختمان از عملکرد مناسبی برخوردار بوده است و فرو نریخته است علیرغم اینکه ترکهای قطری در دیوارها ایجاد شده است .

ب (ساختمانهای بنایی با کلاف بندی :برخی از ساختمانهای بنایی که در آنها کلاف های افقی و قائم اجرا شده است و در حین اجرا نیز نکات فنی رعایت گردیده آسیبهای کمی دیده و پس از وقوع زلزله پا برجا مانده اند .در حالیکه در بسیاری از این تپ ساختمان ها، کلافبندی بطور ناقص اجرا شده است و فقط به اجرای شناژهای افقی اکتفا گردیده است . در نتیجه هنگام وقوع زلزله ساختمان از عملکرد مناسبی برخوردار نبوده و دچار آسیب کلی شده است که نمونه بارز آن ساختمان بیمارستان امام خمینی میباشد .



پ (ساختمانهای خشتی گلی : امروز تعداد زیادی از خانه مسکونی گلی در بسیاری از نقاط دنیا وجود

دارند که عمر آنها به قرنها می رسد .بشر دریافت که ساختمانهایی از این نوع در مناطقی قرار گرفته اند که عاری از بارندگی زیاد بوده اند .در نواحی کویری و گرم خشک ایران اجرای ساختمان با خشت و گل کهارزانترین مصالح موجود در محل می باشند از

قدیم معمول بوده است . با توجه به اینکه شمار زیادی از منازل مسکونی و برخی از مدارس و ابنیه موجود در شهر بم و نواحی اطراف آن از نوع خشتی گلی بودند در زلزله اخیر شاهد عملکردهای متفاوتی از اینگونه بناها بودیم در حالی که برخی از آنها نسبتاً سالم مانده بودند شمار دیگری کاملاً تخریب شده بودند لذا در این مقاله به بررسی نحوه عملکرد این نوع از سازه ها در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله پرداخته و راهکارهایی جهت مقاوم سازی آنها ارائه خواهد شد.

2-انواع خانههای گلی

سه نوع اصلی از خانه های گلی عبارتند از (1) :خشت، (2) خاک کوبیده و (3) بلوکهای فشرده.

دو روش دیگر که می توانند به کار روند روشهای چینه و ترکه بافی و اندود هستند ولی با این دو روش نمیتوان خانه های خوبی را ساخت.

خشت : دیوارهای ساخته شده از خشت، از رایجترین نوع دیوارسازی و یکی از قدیمیترین شکل خانه

سازی با گل می باشند .مزیت اصلی خشت بر سایر روشها این است که ساده ترین روش بوده و با حداقل مهارت می توان به طور رضایت بخشی خانه سازی کرد . به همین دلیل خانه سازی با این روش از قدیم درنواحی گرم و خشک ایران متداول بوده و تا کنون ادامه داشته است .

خاک کوبیده : در این روش دیوارهای پیوسته با کوبیدن و شکل دادن خاک نمناک در داخل قالبهای

محکم چوبی ساخته می شوند، هنگامی که قسمتی از دیوار تمام شد قالبها به سمت بالا حرکت داده شده و جریان مزبور تا تکمیل دیوار تکرار می شود .عمل کوبیدن ممکن است با دست یا تخماق بادی انجامشود، ولی در هر دو حالت، خاک باید به حدی کوبیده شود که متراکم و کاملاً محکم گردد . با توجه به اینکه برای ساختن قالبهای چوبی می بایست دقت و پول صرف کرد و مهارت به خرج داد . از سوی دیگر اجرای

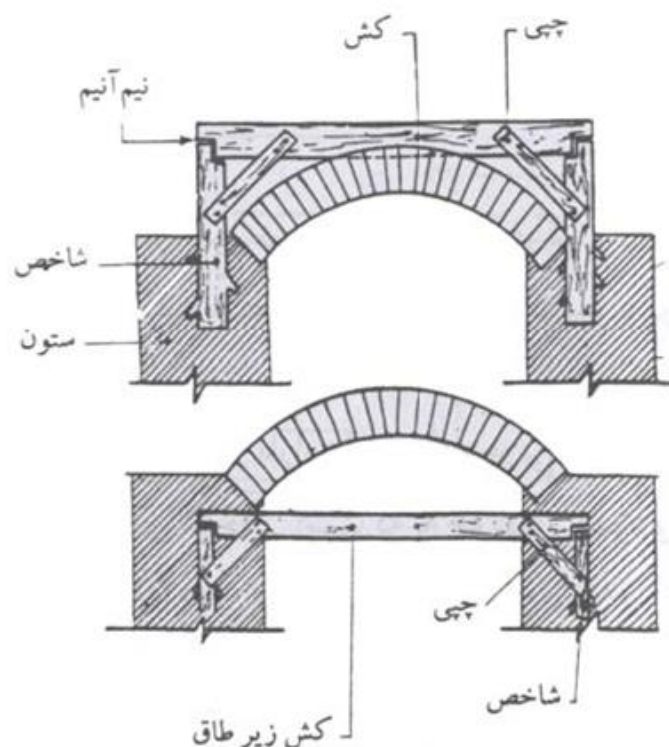
ساختمان با خاک کوبیده ساده نیست لذا این روش در کشور ما مرسوم نبوده و بیشتر در کشورهای آمریکای لاتین کاربرد دارد.

بلوکهای خاکی فشرده: اخیراً چند نوع ماشین ساده و ارزان قیمت جهت پرس کردن خاک و ساختن بلوک ساخته شده اند. این بلوکها مزایای بسیاری دارند. به طور تقریبی استقامت و دوام خاک کوبیده را دارند، دیوارها را به همان سهولت دیوارهای خشتی می توان اجرا کرد، دیوارهای ساخته شده به این روش ظاهر بسیار خوشایندی دارند.

3- اثر زلزله بر ساختمانهای خشتی گلی شهر بم

یکی از علل تخریب و متلاشی شدن بناهای خشتی وجود زلزله های شدید می باشد که بلافاصله و به طور ناگهانی بر پیکر و قامت بنا ارتعاش پدید آورده و در اثر امواجی که به وجود می آید دیوارها را حرکت داده و سبب غیر شاقولی شدن آنها می گردد. اثر کنش و واکنش امواج زلزله، دیوارهای مت قابل را به سرعت رانش داده و به دلیل فقدان هرگونه اتصال و کلاف بندی در بین نعل درگاهها و پوششهای طاق با اسکلت بنا، ابتدا طاق فرو می ریزد، سپس قوسهای نعل درگاه که در جهت ارتعاشات زلزله واقع شده اند در اثر رانش دیوارها شکسته و فرو میریزند.

از لحاظ سازه ای در این ساختمانها دیوارها به عنوان عناصر قائم باربر به راحتی از مصالح خشتی ساخته شدهاند و برای پوشش سقف ها از آنجائیکه مقاومت کششی خشت در حد ناچیزی میباشد و چوب کافی نیز در محل وجود ندارد، طاق و یا گنبدی کردن سقف تنها راه حل استفاده از این مصالح می توانسته باشد لذا فرم سازه های خشتی ترکیبی از دیوار و پوششهای طاقی و گنبدی بوده است. فرم معماری معمول ساختمانهای خشتی منطقه بم مطابق شکل 2 میباشد.



با توجه به شرایط اقلیمی منطقه ، مردم که تابستانهای بسیار گرمی را تجربه می کردند بطور کردن دیوارها و س قفها را تنها راه حل برای در امان ماندن از گرما می دانستند . بطور کلی ساختمانهای خشتی در یک طبقه از تراز سطح زمین ساخته می شدند اما بعضی از ساختمانها دارای زیرزمینهایی نیز بوده اند . اجرای گاه گلهای متوالی در طول سالیان بر ضخامت سقفها نیز می افزود لذا در این نوع از ابنیه ضخامت دیوارها در حدود 60الی 70 سانتیمتر وضخامت سقف تا 80 سانتیمتر را میتوان شاهد بود. با توجه به اینکه مردم منطقه در طول سالیان دراز زلزله را تجربه نکرده بودند لذا ابنیه خشتی موجود تنها جهت باربری قائم ساخته شده و علیرغم مقاومت کافی این خانه ها در مقابل بارهای ثقلی هنگام ساخت آنها تمهیداتی جهت مقابله با بارهای جانبی ناشی از زلزله اندیشیده نشده بود. از سوی دیگر با توجه به دج بودن زمین این ناحیه و فقدان سنگ لاشه یا مصالح مناسب و کم هزینه درمحل، دیوارها فاقد پی مناسبی بودند . اصولاً در شهر بم و نواحی اطراف از قدیم اجرای فونداسیون برای ابنیه مرسوم نبوده و حتی فقدان فونداسیون مناسب باعث تخریب برخی از ابنیه تازه ساز موجود مانند ستونهای بتنی شبستان امام زاده زید) ع (

و ستونهای فلزی شبستان امام زاده حسین بن علی) ع (گردیده است . این نقص نیز مزید بر علت شده باعث تضعیف هرچه بیشتر عملکرد این سازه ها در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله شده است .

از نظر مهندسی زلزله دو اصل اساسی طراحی لرزه ای سازهها یعنی (1) پیوستگی و (2) شکلپذیری، بطور کامل در این ساختمانها ن ادیده گرفته شده است و با سنگین کردن ساختمان نیروی ناشی از زلزله نیز بطور قابل توجهی بالا رفته است . در عمل قطور کردن دیوارها به باربری جانبی این نوع سازه ها کمک کرده است ولی از سوی دیگر پر کردن بین طاقها و گنبدها با مصالح سنگین گلی و یا اجرای بچه طاقها جهت رسیدن به سطح بام مسطح موجب سنگین تر شدن سقف و وارد آمدن بار متمرکز در محل اتصال بچه طاقها به طاقهای اصلی و در نتیجه تخریب این نوع سقف ها شده است . اما برخی از ساختمانها که دارای سقف گنبدی سبک و پلان نزدیک به مربع بوده و حداقل دیوار نسبی در آنها رعایت شده و دیوارهای پیرامونی شان از انسجام نسبی برخوردار بوده اند علیرغم ایجاد ترکهای متعدد در سقف و دیوارها، آوار نشده اند . نمونه های مح دودی که بطور نسبی توانسته اند سالم بمانند دارای سقف سبک گنبدی شکل متکی به تکیهگاههای مناسب و کافی یا سقفهای گهوارهای با کشهای فولادی بوده اند . از عملکرد مناسبی برخوردار بوده و دچار تخریب کلی نشده است . همچنین تغییراتی که در طول زمان و توسط اشخاص ناوارد به عمل آمده از قبیل کم کردن ضخامت دیوارها و حذف برخی از دیوارهای پشت بند، استفاده از مصالح ناهمگون مانند استفاده از ملات ماسه سیمان برای ت قویت دیوارهای خشتی و پروفیلهای فولادی در تماس مستقیم با خشت، موجب ت تضعیف این نوع سازهها و سهولت تخریب آنها شده است .

4- تقویت بناهای خشتی در برابر زلزله

جهت بهبود عملکرد بناهای خشتی در مقابل زلزله در مرحله نخست می بایست مشخصات گل مصرفی را اصلاح کرد به طوری که خاک از انقباض و تورم مصون مانده، استحکام آن افزایش یافته و تاحدی آبنبدی شود . به این منظور از مواد تثبیت کننده مانند : ماسه،

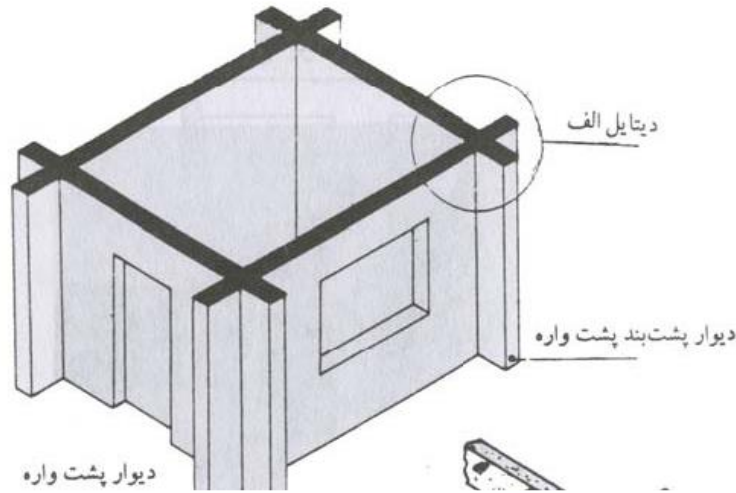
سیمان پرتلند، آهک، ترکیب آهک و سیمان، قیر، گاه، ترکیب خاکستر کوره و آهک، سیلیکات سدیم، خاکستر چوب، رزینها، پهن گاو و ملاسها می توان استفاده کرد . با توجه به نوع خاک محل این مواد به نسبت‌های مناسب به خاک اضافه شده و از آن جهت ساخت خشت و گل بهره برد.

به منظور افزایش پیوستگی و شکل پذیری ابنیه خشتی هنگام ساخت میبایست موارد رعایت گردد:

4-1- حتماً میبایست دیوارها بر روی پی مناسب ساخته شوند.

4-2- بدیهی است اگر گرد و غبار نشسته بر روی سطوح خشتی کاملاً گرفته شود و در موقع کار با پارچه خیس کف مال و مرطوب گردد، سپس با ملات ورزیده با ضربه زدن به کار رود، اسکلت خشتی به صورت قامتی یک پارچه به وجود می آید . به علت ترکیب اجزاء و ضخامت دیوارهای خشتی ب نا دارای مقاومتی ویژه می گردد . اتکا و درگیری اعضا در یکدیگر سبب می شود که اینگونه بناها تا حدی در برابر زلزله‌های خفیف مقاوم باشند.

4-3- در بندها و پنجره ها کلاف دیوارهای خشتی را از همدیگر جدا می سازند به علت استفاده از پوشش قوسی به عنوان نعل درگاه فقط استقرار پای طاق بر روی نبشی های دربند می باشد . این مکان محل انتقال نیرو از قوس به سطح پا کار خواهد بود . چنانچه در زیر قوس و یا در دل قوس **تنگ قوس** به کار رود کلاف مقاومی بین قوس و نعل درگاه و دیوارهای پا کار پدید می آید . این روش حرکت دیوار و طاق را (از هر جهت به شکل لولا میسر ساخته و مانع از تخریب قوس هنگام وقوع زلزله میشود)



4-4- جهت افزایش استحکام بنا می بایست پوشش گنبدی و دیوارهای بنای خشتی

کلاف بندی شوند

برای این منظور در تقاطع دیوارها و همچنین در قسمتهای میانی آنها چوبهای عمودی (شاخص)

کارگزارده می شود. ارتفاع چوبها تا غلت دور پوشش مرتفع انتخاب می شود سپس در چهار طرف عمل کلاف کشی انجام شده و به عضوهای عمودی میخ می گردد. حال اگر کلاف بندی مذکور با کشهای (کوچک تحت زاویه 45 درجه به یکدیگر وصل شوند اتصالات کاملتر خواهد بود)

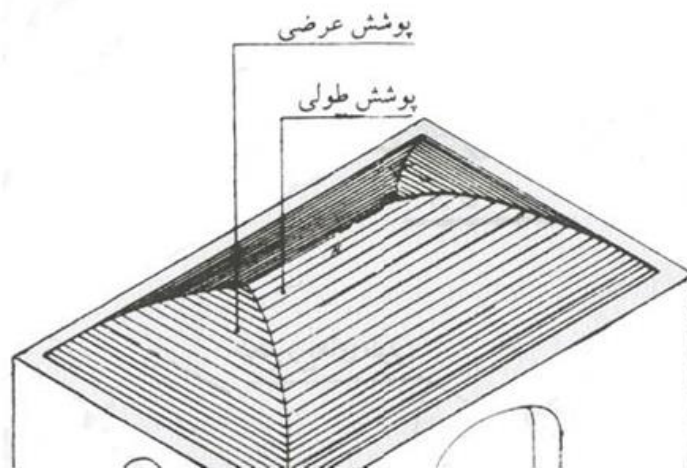
چنانچه کلاف بندی مذکور در قسمتهای میانی نیز تکرار گردد، طاق کاملاً با اسکلت خشتی بنا درگیر

میشود. استفاده از این شیوه در قدیم معمول بوده و در گنبد سلطانیه در سطح وسیع به کار رفته است.

4-4- در بناهای خشتی و همچنین گلی مستحکم، ساختن دیوار پشت بند و یا پشت واره امریست معمولکه اجرای آن به صورت قائم و یا مورب انجام می گردد. ساختن

دیوارهای پشتواره همراه با رج چینی بنابه صورت رج به رج انجام می شود تا قفل و بست در اسکلت بنا به وجود آید. این سرپایه ها بیشتر در محلتقاطع دیوار ساخته شده و معمولاً تقاطع آنها به صورت (+) میباشد، چنانچه پشتواره ها به این شکل ساخته شوند بنا

را از هر طرف مقاوم ساخته و در دیوارهای پیش آمده متقاطع سبب افزایش مقاومت درمقابل نیروی رانشی زلزله خواهد شد.



4-5- اگر شکل بنا طوری طوری باشد که فضاها به یکدیگر تکیه داشته باشند مجموعه فضاها همراه با

دیوارهای ضخیم در مقابل زلزله مقاومت بیشتری خواهند داشت . از این رو در بناهای خشتی و گلین

حاشیه کویر اجرای طاقهای تو یزه در بین دو دیوار کوچه ها و گذرگاهها امریست بسیار اصولی که با

کلاف کردن دیوارهای خارجی، حتی عبورگاههای اجتماعی را به یکدیگر کلاف کامل کرده تا

مجموعه بناها هنگام زلزله مقاوم باشند.

4-6- در مرمت ابنیه خشتی تاریخی میبایست موارد فوق مورد توجه قرار گیرد.

5- فهرست مراجع

1- افشین، حسن " . بررسی تحلیلی زمین لرزه 5 دی 82 بم " ، مرکز تحقیقات زلزله دانشگاه صنعتی سهند،

انتشارات شایسته تبریز، 1383

2- تابش حسین " . استفاده از خاک در خانه سازی " ، مرکز نشر دانشگاهی، 1366

3- زمرشیدی حسین " . معماری ایران اجرای ساختمان با مصالح سنتی . " انتشارات آزاده 1382 .

یک روش کامل برای تقویت ساختمانهای خشتی ضد زلزله در ایران

محمد رضا عدل پرور، عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت و سرپرست
دانشکده مهندسی دانشگاه قم adlparvar_m@yahoo.com

ژوبین معتمد، عضو گروه مدیریت تحقیقات مهندسی زلزله، موسسه مهندسین
سازه، لندن

j.motamed@westminster.ac.uk

علیرضا جهانپور، دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
Jahanpour@modares.ac.ir

چکیده

درصد بالایی از مکانهای مسکونی در ایران را ساختمانهای خشتی تشکیل می‌دهند. این ساختمانهای کم ارتفاع به علت داشتن سیستم سازه ای سنتی قادر به انتقال بارهای جانبی، به خصوص بارهای ایجاد شده به وسیله زلزله های حوزه نزدیک (Near Field) که موج قائم در این زلزله ها غالب می باشد، نیستند. نمونه بارز آن ساختمانهای خشتی موجود در شهرستان بهم بود که در زلزله دلخراش سال ۲۰۰۳، به طور کامل ویران شدند. در این مقاله روشی کاملاً عملی ارائه شده است تا این ساختمانها در برابر زلزله مقاوم شوند. در این روش از تورهای پلاستیکی به عنوان تقویت لرزه ای ساختمانهای خشتی استفاده شده است. مقدار متوسطی از تقویت های توری پلاستیکی برای جلوگیری از تخریب کامل یا ناقص ساختمان

های خشتی حتی در طی زلزله های شدید می تواند استفاده شود. توری پلاستیکی استفاده شده در این پروژه سازگار با دیوارهای خشتی می باشد و در مدلهای متنوعی در آزمایشگاه همراه با دیوارهای خشتی مورد آزمایش قرار گرفته اند. آنها حتی برای میزان بالایی از شدت لرزه ای با دیوار یکپارچه عمل می کنند و نتایج آزمایشها نشان داد که قرار دادن توری در محلهای بحرانی می تواند برای جلوگیری از تخریب کافی باشد.

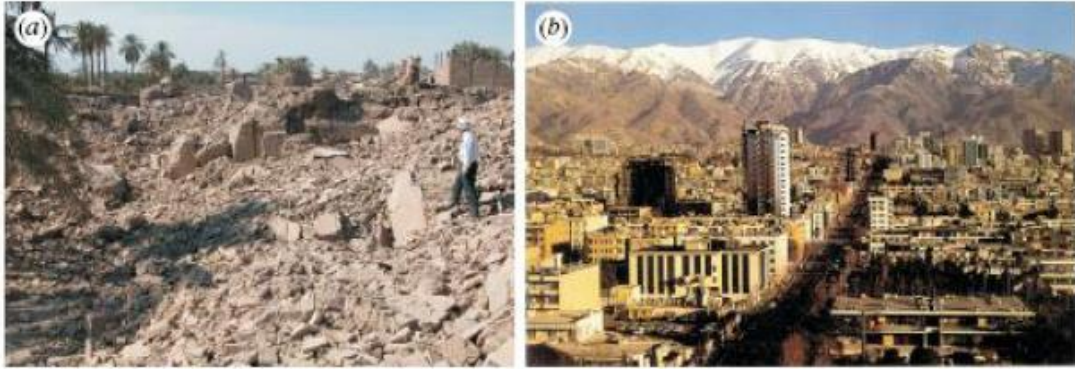
واژه های کلیدی: ساختمانهای خشتی، مقاوم سازی، آسیب پذیری

۱- مقدمه:

دلایل و مثالهای فراوانی می توان آورد که قرن ها زندگی صحرائی و روش زندگی همراه با زلزله در ایران را توضیح می دهد. گسلهای زلزله و وضعیت جغرافیای حاصل از آنها، بیشترین علت برای موقعیت سکونتگاه ها، منابع آبی کشت و کار و بعضی از مصالح ساختمانی می باشند. گاهی اوقات زلزله، گسل ها را تکان داده و دهکده ها ویران می شوند، اما زمان بازگشت زلزله برای یک گسل مشخص احتمالاً هزاران سال می باشد و بعید است که در حافظه انسان بگنجد. زلزله های ویرانگر با تعداد مرگ و میر بالا به علت سبک طراحی و آسیب پذیری ساختمان های محلی در نزدیکی محل وقوع زلزله می باشند. در زلزله طبرس در سال ۱۹۷۸ بیشتر از ۵۰ درصد جمعیت کشته شدند (۱۱۰۰۰ نفر از ۱۳۰۰۰) و در زلزله بم در سال ۲۰۰۳ این رقم تقریباً ۳۰ درصد بود. با این وجود، چون این مناطق محل سکونت بودند، دوباره بازسازی شدند. در گذشته جمعیت های روستائی در مکان هایی که آب، موجود و کشاورزی ممکن بود، مستقر می شدند و در زلزله های مکرر با شدت $M_w = 6-7$ به طور عادی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نفر کشته می شدند. مثال جدیدتر زلزله زرنند در فوریه ۲۰۰۵ به شدت $M_w = 6/4$ است که دو دهکده را ویران کرد و ۵۰۰ کشته بر جای گذاشت. مشکل این است که دهکده ها به سرعت بزرگ می شوند، در حالی که کیفیت ساخت به صورت آسیب پذیر باقی مانده است. با وجود آنکه ممکن است ساختمان ها از خشتی به آپارتمان های بلوکی چند طبقه تبدیل شده باشند، میزان مرگ و میر زیاد به طور هولناکی باقی مانده است. به عنوان مثال می توان به دهکده سفیدآبه (۶ کشته در ۱۹۷۸) که یک شهر روستائی بزرگ از طبرس می باشد (۱۱۰۰۰ کشته در ۱۹۷۸) و (۲۰۰۰ کشته در دهکده های دیگر در میان کویر) یا شهر کوچک بم (با ۴۰۰۰۰ کشته در ۲۰۰۳، شکل ۱a) یا رودبار (با ۴۰۰۰۰

کشته در ۱۹۹۰) یا شهر تهران که امروزه ۱۰-۱۲ میلیون نفر جمعیت دارد (شکل ۱b)، اشاره کرد. البته مورد تهران می‌تواند آموزنده باشد. تهران بر روی کوهپایه‌های کوه البرز واقع شده است (شکل ۱b). مکانی که به وسیله حرکت گسل‌های رانشی فعال بالا آمده است، همچنین چندین گسل فعال دیگر در نزدیکی آن واقع شده است. در زمان گذشته این منطقه به عنوان مکانی نسبتاً کوچک برای راه اصلی بازرگانی استفاده می‌شد.

تهران قدیم در زلزله احتمالاً $M_{\bar{w}} = 7$ در قرن ۴ قبل از میلاد، سالهای ۸۵۵، ۹۸۵، ۱۱۷۷، ۱۸۳۰) باشد. اما تعداد کشته‌ها از استاندارد جهانی امروز احتمالاً بسیار کمتر، شاید ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ نفر بوده باشد. تهران، امروز شهر بزرگی است که به سرعت رشد کرده است. در قرن ۲۰ زمانی که تهران شهر کوچکی بود، شهر تبریز (شکل ۱b) بزرگ‌تر و آبادتر بود و اهمیت بیشتری به عنوان مرکز راه بازرگانی داشت. تبریز توسط یک زلزله بزرگ در گسل نزدیکش در سال ۱۷۲۱ کاملاً ویران شد (بیش از ۴۰۰۰ کشته) و ۱۷۸۰ (بیش از ۵۰۰۰ کشته) در زمانی که جمعیت تنها بخش کوچکی از جمعیت امروز بود. این پیام روشن است که هیچ علامتی که جمعیت متمرکز شهرهای بزرگ ایران به کاهش مرگ و میر زلزله کمک کند، وجود ندارد. خیلی از شهرهای بزرگ در نزدیکی کوهپایه‌ها و گسل‌ها قرار گرفته‌اند در جایی که کشاورزی ممکن و در برابر زلزله نیز آسیب پذیر می‌باشند. در چنین زلزله‌های که در گذشته چند صد نفر یا ۱۰۰۰ نفر را می‌کشت حالا ده‌ها یا صدها هزار نفر یا شاید بیشتر را می‌کشد. این موقعیت شبیه کمربند زلزله مدیترانه‌ای در مرکز شرق آسیا می‌باشد.



شکل ۱- (a) تصویری از ناحیه قدیمی سازبیم که در زلزله سال ۲۰۰۳ ویران شد. در این قسمت از شهر ساختمانها از مصالح خستی ساخته شده بودند و به طور کامل ویران شدند. (b) تصویری از کلان شهر تهران بر دامنه البرز که توسط گسلهای فعال محاصره شده است. این شهر حدود ۱۰ تا ۱۲ میلیون نفر جمعیت دارد.

۲- آسیب پذیری زلزله در ایران:

ارتباط بین چگونگی و محل زندگی مردم با زلزله، در ایران شگرف می باشد. شرایط جغرافیایی ایجاد شده، حاصل حرکت گسلها در زلزله می باشد و این در اثر بهم خوردگی مداوم بین صفحات اروپا و افریقا و عربستان و هند می باشد. مناطقی بزرگ از این سرزمین، پست و بی آب و علف و دارای صحراهای نامساعد یا فلاتهای بلند و مرتفع می باشند. به علت اینکه محل آنها روی مسیرهای تجاری است، جزء مکانهای مهم و استراتژیک به شمار می روند و نزدیک منابع آبی قرار گرفته اند. خیلی از آنها در زلزله های گذشته وقتی جمعیت آنها نسبتاً کم بود، ویران شدند. اما حالا شهرهای خیلی بزرگ و آسیب پذیری شده اند (جدول ۱ را ببینید).

جدول ۱- زلزله های به وجود آمده در ایران در ۱۰۰۰ سال گذشته با بیش از ۱۰۰۰۰

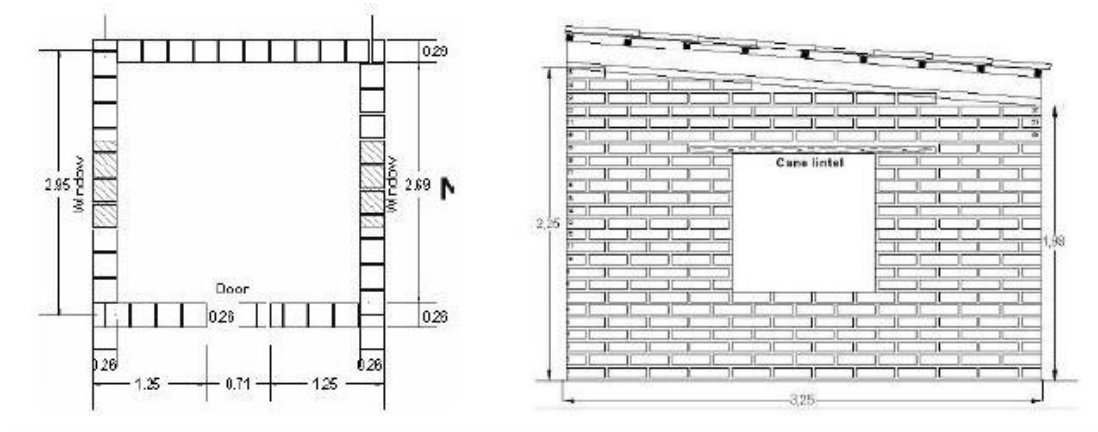
کشته

	date	dead	lat.	long.	place	
1008	04	27	16 000	34.6	47.4	Dinevar
1042	11	04	40 000	38.1	46.3	Tabriz
1336	10	21	25 000	34.7	59.7	Khwaf
1405	11	23	30 000	36.5	59.0	Nishapur
1641	02	05	13 000	37.9	46.1	Tabriz
1667	11	18	12 000	37.2	57.5	Shirvan
1721	04	26	40 000	37.9	46.7	southeast Tabriz
1780	01	08	50 000	38.2	46.0	Tabriz
1824	06	25	20 000	29.8	52.4	Shiraz
1893	11	17	15 000	37.0	58.4	Quchan
1962	09	01	12 000	35.6	49.8	Buyin Zara
1968	08	31	12 000	34.0	59.0	Dasht-e-Bayaz
1978	09	16	20 000	33.3	57.4	Tabas
1990	06	20	40 000	37.0	49.2	Rudbar
2003	12	26	40 000	29.0	58.3	Bam

۳- قوی سازی مناطق زلزله خیز در ایران:

از شرح جزئیات بالا ارتباط بین مسیر گسل و وقوع زلزله احتمالی را می توان فهمید. تشخیص این دهکدها برای دولت ضروری است. این دهکدها به طور تقریبی در ۵ کیلومتری مسیر گسل - ها، جایی که قنات آغاز شده اند، قرار دارند. بعد از شناسایی کردن این مناطق باید به اهالی آنجا آموزش و بودجه کافی داده شود. خیلی از سکونتگاه های روستایی امکان داشتن کارگرهای حرفه ای و تکنسین را ندارند و خانه های خود را به کمک بناهای آموزش ندیده می سازند، بیشتر این خانه ها مشکل جدی ساختاری دارند. آن ها بر روی زمینهای معیوب ساخته شده اند و در برابر زلزله آسیب پذیر هستند. یک پروژه تحقیقاتی در سال ۲۰۰۱ در دانشگاه کاتولیک در پرو برای مطالعه شکل ساختمان های بنایی غیر رسمی در بخشهایی که ریسک زلزله خیزی بالای دارند، شروع شده است. مقاصد این پروژه بررسی تعداد خانه های بنایی محصور شده در چندین شهر پرو که در مناطق زلزله خیز قرار داشتند و برای سنجیدن و تعیین مشکل اصلی ساختاری و معماری آن ها و ارزیابی خطر آسیب پذیری مناطق زلزله خیز می باشد. وقتی این اطلاعات بدست بیاید می توانند برای گسترش دستورالعمل های تکنیکی ساختمان های بنایی محصور شده ضد زلزله در مناطق زلزله خیز استفاده شود و معیارها می تواند در یک کتاب که بیشتر می تواند مورد توجه بناهای غیر رسمی قرار گیرد، منتشر شود. اطلاعات کتاب های موجود در مورد هر مرحله

از روش ایجاد توضیحات فراوان با زبان ساده می‌باشد و امید است که این کتاب‌ها بتواند به سازندگان خانه در کشورهای در حال توسعه جهت ساختن خانه‌های بنایی محصور شده کمک کند. با حمایت انستیتوی تحقیقاتی مهندسی زلزله این کتاب به انگلیسی ترجمه شده و در وب-سایت دایره المعارف جهان موجود است (www.word-housing.net). ترجمه کردن این کتاب به فارسی و پخش چندین هزار کپی از آن در همه روستاهای ایران و بخصوص دهکده‌هایی که در ۵ کیلومتری از چشمه قنات‌ها قرار دارند، می‌تواند گام مفیدی باشد. محققان در دانشگاه کاتولیک پرو تلاش کرده اند تا روش‌هایی برای ارتقای عملکرد زلزله ای بناهای خشتی با ارتقای تکنیک های تقویتی ارزان قیمت با استفاده از مصالح صنعتی پیدا کنند. این مقاله نتایج برنامه تجربی که در دانشگاه PUCP در کشور پرو انجام شده است را توضیح می‌دهد که هدف اصلی آن پیدا کردن راه‌هایی است که از مقدار کمی توری پلاستیکی بعنوان تقویت لرزه‌ای ساختمان‌های خشتی استفاده شود. پروژه ای که در این مقاله توضیح داده شده شامل آزمایش لرزه ای ۵ ساختمان خشتی (مدل) با مقیاس (واقعی) کامل با استفاده از میز لرزه ای یک راستایی دانشگاه (PUCP) می‌باشد. مدل های خشتی دارای ابعاد نشان داده شده در شکل ۲ بودند.



شکل ۲- پلان و نمای مدل‌های خشتی (ابعاد به متر)

مدل های خشتی شامل چهار دیوار به طول ۳/۲۱ متر، ارتفاع متفاوت و ضخامت ۲۶ سانتی متر بودند. دیوار های طولی (موازی با جهت لرزش) شامل باز شدگی های مرکزی (پنجره) بودند.

دیوار عرضی جلویی دارای باز شدگی جهت درب بود و دیوار بلندتر پشتی دارای هیچ گونه بازشدگی نبود.

در سایت های ساختمانی توری های پلاستیکی مقرون به صرفه معمولاً به عنوان حفاظ (فنس) نرم استفاده می شوند. مقادیر مقاومت کششی آنها نیروی در واحد عرض در ۲٪ کشیدگی بوده و در جهت قوی توری می باشد. برآورد قیمت تقویتی (مسلح کردن) به صورت دلار آمریکا در هر متر مربع از مساحت پلان مدل در زیر داده شده است (۱۰/۳ متر مربع) و فقط شامل قیمت مصالحی که به کار رفته است، می باشد (توری - سیم های پلاستیکی - میخ):

مدل های خانه خشتی آزمایش شده اند و مشخصات توری پلاستیکی به صورت زیر است:

- نسبت میزان تقویت: ۵۰٪

- مقاومت مش: $1/4 \text{ kN/m}^2$

- نوع توری: توری پلاستیک نرم

- قیمت مش: $0/5 \text{ (US \$/m}^2\text{)}$

- قیمت تقویتی: $4 \text{ (US \$/m}^2\text{)}$

در همه مدل ها از روش های سنتی ساخت استفاده شده است. ساختمان های خشتی آسیب پذیر در برابر زلزله در پرو به صورت بلوک های خشتی بود که از خاک، شن درشت دانه و گاه با نسبت ۵:۱:۱ ساخته شده بودند. اندازه آنها $250 * 250 * 65 \text{ mm}$ بود و بوسیله ملات گل ساخته شده از خاک، شن، درشت دانه و گاه با نسبت ۳:۱:۱ متصل می شوند. نمونه ساخته شده بر روی فونداسیونی از بتن مسلح به صورت یک تیر حلقه ای قرار گرفت که دارای مهار برای اتصال نمونه به میز لرزه بود و همچنین از آن به عنوان یک محافظ هنگام حمل مدل ساختمانی از حیاط به آزمایشگاه استفاده شد.

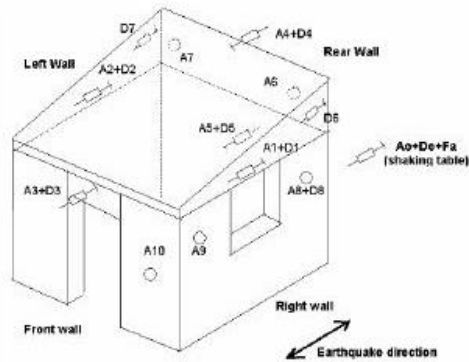
سقف از تیرهای چوبی تشکیل شده بود که بر روی همه نمونه ها قرار داده شد، طوری که بار سقف را به دیوارهای طولی بدهد. تیرچه های چوبی از کاشی های سیمانی پوشیده شد. هر نمونه آزمایشگاهی 140 kN وزن داشت. پنجره ها و نعل درگاه های انعطاف پذیر از نی ساخته شده بودند که دارای تیر چوبی نیز بودند. نعل درگاه ها، جهت جلوگیری از شکست هایی که

در تست های قبلی دیده شده بود که دلیل آن، تاثیر تعل در گاه های سخت چوبی بر دیوارهای خشتی بود، انعطاف پذیر ساخته شدند.

برای ساخت مدل ها، بناهایی با سابقه در ساخت مدل های خشتی استخدام شدند که بلوک های خشتی را بر روی هم سوار کنند. تقویت های تهیه شده شامل باندهایی از توری پلاستیک بود که به هر دو طرف دیوارها با سیم های پلاستیکی که از میان دیوار به هم متصل بودند، بسته شده بود. شکل ۳ دو مدل تحت ساخت را نشان می دهد. ریسمان های پلاستیکی که از داخل دیوارها رفته اند در این شکل مشخص است. دستگاه شامل شتاب نگار و مبدل تغییر مکانی بود (LVDT) که تغییرات فشار را به (نسبت نیرو) اعمال می کرد و شتاب و تغییر مکان نیز هم زمان ضبط می شد (شکل ۴). میز لرزه ای ۴*۴ متر در دانشگاه (PUCP) یک دستگاه بر اساس تغییر مکان کنترل شده می باشد. تغییر مکان ۳۰ ثانیه ای استفاده شده در این پروژه از شتاب ثبت شده طی زلزله (huaraz) در سال ۱۹۷۰ تولید شده بود هر مدل منوط به نتایج حرکت میز با زیاد کردن دامنه بود. نمونه در معرض ۳ حرکت پیاپی قرار گرفت (فازهای آزمایش)، که با حداکثر تغییر مکان های $D=C, 80s$ و 130 mm تعیین می شد. این حرکت ها، زلزله هایی با شدت کم، متوسط و شدید را نشان می داد. مبدل های تغییر مکان قبل از فازهای آزمایشی شدید نهایی، برای جلوگیری از آسیب بر اثر تخریب نمونه بیرون کشیده می شدند.



شکل ۳- ساخت مدل های خشتی



شکل ۴- نصب تجهیزات اندازه گیری روی مدل

۴- نتایج آزمایش:

شکل ۵ مدل تقویت نشده ساختمان های خشتی را قبل از آزمایش نشان می دهد. در طی فاز یک آزمایش (۳۰ mm) ترک های قطری در هر دو طرف دیوار های طولی ظاهر شد و تیرهای چوبی نگهدارنده سقف از دیوار جدا شدند. در فاز ۲ (۸۰ mm) ترک های عمودی قابل توجهی در کنج های دیوارهای عرضی ظاهر شد که در طی فاز ۳ (شکل ۶) تخریب شدند.



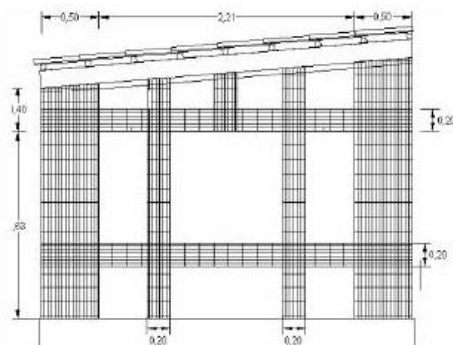
۵- مدل تقویت نشده قبل از



شکل ۶- مدل تقویت نشده بعد از آزمایش شکل
آزمایش

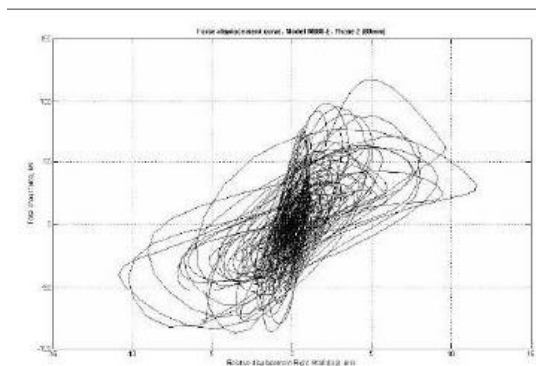
این نوع از شکست مجسم کننده سازه های خشتی معمول می باشد. تعداد کمی از ترک ها دیوار را به چند قسمت تقسیم می کند که بعدا به صورت جداگانه می افتد. تصمیم گرفته شد

که توری های پلاستیکی ارزانتر مطالعه شوند که معمولا به عنوان توری های ایمنی نرم در سایت های ساختمانی استفاده می شوند. دیوار سمت چپ کاملا پوشیده شده و دیوار سمت راست قسمتی از آن پوشیده شده همانطور که در شکل ۷ ملاحظه می کنید.



شکل ۷- آرایش تقویت ها و مدل تمام شده

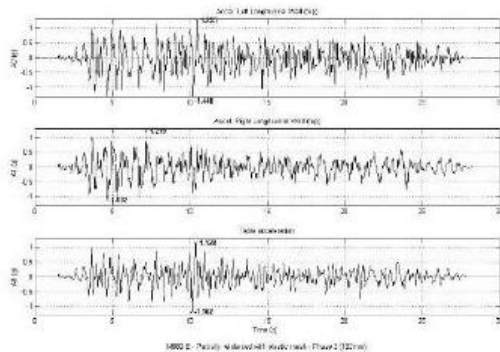
تقریبا ۸۰٪ دیوار بدین ترتیب تقویت شد. در طی فاز اول (۳۰ mm) نمونه رفتار الاستیکی از خود نشان داد و عملا به صورت ترک نخورده باقی ماند. مقداری لرزش در پایه های دوارها مشاهده شد. در فاز ۲ (۸۰ mm) ترکهای قطری در کنار پنجره های هر دو دیوار توری شروع شد (شکل ۸).



شکل ۸- رفتار لرزه ای مدل تا فاز ۲

همچنین مقداری از روکش گلی جدا شد. دیوارهای عرضی همچنین ترکهای قابل توجهی نشان دادند ولی تخریب نشدند. در فاز ۳ نمونه تخریب قابل توجهی را متحمل شد (دیوار سمت چپ کاملا تقویت شده) دارای ترک های زیاد و یکنواخت بود دیوار سمت راست (نیمه تقویت

شده) دارای تعداد کمتر ترک ها ولی ترکهای بزرگتری بود که عملاً به قطعات متعددی شکسته بود که با هم بوسیله توری پلاستیکی نگه داشته شده بودند (شکل ۹) توری تغییر حالت داده بود و در نقاط متعددی شکسته بود که نشان دهنده این بود که مقدار به کار رفته شده به اندازه حداقل مورد نیاز بوده است.



شکل ۹- رفتار لرزه ای مدل تا فاز ۳

۵- نتیجه گیری:

مقدار متوسطی از تقویت های توری پلاستیکی که به صورت ماهرانه قرار داده شده اند می تواند برای جلوگیری از تخریب کامل یا ناقص ساختمان های خشتی حتی در طی زلزله های شدید استفاده شود. توری باید در هر دو طرف دیوار قرار داده شود و محکم از میان دو دیوار به هم متصل باشد. توری پلاستیکی استفاده شده در این پروژه سازگار با دیوارهای خشتی بود. آنها حتی برای میزان بالایی از شدت لرزه ای با دیوار یکپارچه عمل می کردند. بهتر است توری تقویتی با نمای گلی پوشیده شود. پوشش گلی مقاومت کششی اولیه و سختی دیوارها را زیاد می کند. توری بعد از اینکه دیوارها ترک می خورند شروع به کار می کند. نمای گلی همچنین توری پلاستیکی را از امواج ماورای بنفش محافظت می کند. لازم نیست که دیوارها کاملاً توسط توری پلاستیکی پوشیده شوند. با وجود این مقدار بهینه و محل قرار دادن توری پلاستیکی باید بررسی شود. مشخص شد که قرار دادن توری در محل های بحرانی برای جلوگیری از تخریب می تواند کافی باشد.

۹- فهرست منابع و ماخذ

[1] Ambraseys, N. & Jackson, J. 1981 Earthquake hazard and vulnerability in the eastern

- Mediterranean. Disasters* 5, 355–368.
- [2] Ambraseys, N. N. & Melville, C. P. 1982 *A history of Persian earthquakes*, p. 219. New York, NY: Cambridge University Press.
- [3] Berberian, M. 1976 *Contribution to the seismotectonics of Iran (part II)*. Report no. 39, Geological Survey of Iran.
- [4] Berberian, M. & Yeats, R. S. 1999 *Patterns of historical earthquakes rupture in the Iranian plateau*. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 89, 120–139.
- [5] Berberian, M., Jackson, J. A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M. M. & Priestley, K. 2000 *The 1994 Sefidabeh earthquakes in eastern Iran: blind thrusting and bedding-plane slip on a growing anticline, and active tectonics of the Sistan suture zone*. *Geophys. J. Int.* 142, 283–299. (doi:10.1046/j.1365-246x.2000.00158.x)
- [6] Bilham, R. 1995 *Global fatalities from earthquakes in the past 2000 years: prognosis for the next 30*. In *Reduction and predictability of natural disasters* (ed. J. Rundle, F. Klein & D. Turcotte) *Santa Fe Institute Studies in the sciences of complexity*, vol. XXV, pp. 19–31. Reading, MA: Addison Wesley.
- [7] Bilham, R. 1998 *Earthquakes and urban development*. *Nature* 336, 625–626. (doi:10.1038/336625a0)
- [8] Bilham, R. 2004 *Urban earthquake fatalities: a safer world, or worse to come?* *Seismol. Res. Lett.* 75, 706–712.
- [9] Engdahl, E. R., van der Hilst, R. & Buland, R. 1998 *Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination*. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 3, 722–743.
- [10] Funning, G. J., Parsons, B. E., Wright, T. J., Jackson, J. A. & Fielding, E. J. 2005 *Surface displacements and source parameters of the 2003 Bam (Iran) earthquake from Envisat advanced synthetic aperture radar imagery*. *J. Geophys. Res.* 110, B09406. (doi:10.1029/2004JB003338)
- [11] Jackson, J. “Fatal attraction: living with earthquakes, the growth of villages into megacities, and earthquake vulnerability in the modern world”. *Bullard Laboratories, University of Cambridge, Cambridge*
- [12] Blondet M, Ginocchio F, Marsh C, Ottazzi G, Villa Garcia G, Yep J. 1988. *Shaking Table Test of Improved Adobe Masonry Houses*. 9th World Conference on Earthquake Engineering. Tokyo-Kyoto, Japan.
- [13] Tolles L, Kimbro E, Webster F, and Ginell F. 2000. *Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures: Final Report of the Getty Seismic Adobe Project*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

مقاوم سازی بناهای تاریخی با استفاده از روش تقویت لایه های

اتصال

چکیده:

کشور ما از جمله کشورهایی است که دارای آثار تاریخی فراوان می باشد. این بناهای تاریخی بلحاظ فرهنگی، هنری و زیبا شناسی از اهمیت بالایی برخوردارند. این بناها هویت فرهنگی گذشتگان را در خود

حفظ کرده اند و عامل تحکیم وحدت ملی نیز می باشند و همچنین عامل مهمی جهت جذب توریست و گسترش این صنعت در کشور هستند. این آثار پر ارزش در دوره های گذشته مورد تهدید پدیده های طبیعی به ویژه زلزله قرار گرفته، بعضا آسیب دیده و یا از بین رفته اند. برای حفظ این بناها ضرورت دارد این آثار در مقابل پدیده های طبیعی مانند زلزله مقاوم سازی شوند. روشهای زیادی برای مقاوم سازی بناهای تاریخی وجود دارد. اما در این تحقیق روش تقویت لایه های اتصال معرفی می گردد.

کلمات کلیدی: مقاوم سازی، بناهای تاریخی، لایه های اتصال

مقدمه:

بناهای تاریخی بلحاظ پیچیدگی ساختار، تعیین وضعیت ایمنی بنا و ارتقاء آن نیاز به کارهای ریشه ای و بنیادی دارد. تاکنون در زمینه مقاوم سازی بناهای تاریخی در برابر زلزله، در سطح کشور کار انجام یافته و تصمیمات سازماندهی شده ای صورت نگرفته است. آنچه در زمینه مقاوم سازی بناهای تاریخی صورت گرفته روشهای سنتی تقویت این بناها از قبیل کلاف کشی و استفاده از پشتبند و غیره می باشد که این روشها وضعیت ایمنی این بناها را در برابر زلزله جهت رسیدن به حالت مطلوب ارتقای چندانی نمی - بخشد. اغلب طرحهای حفاظت بناهای تاریخی ایران جنبه مرمت داشته که این روند چندان منطقی به نظر نمی رسد چرا که مرمت یک بنای تاریخی زمانی معنا پیدا می کند که از بقای بنا تحت اثر بارهای محتمل به آن (از جمله زلزله) مطمئن شده باشیم.

روشهای زیادی جهت مقاوم سازی بناهای تاریخی وجود دارد که می توان به روشهای زیر اشاره کرد: استفاده از تاندونهای پیشتنیده، استفاده از آماتورهای فولادی، استفاده از مصالح ترکیبی، استفاده از پروفیلهای فولادی، تعویض مصالح و تقویت بنا بوسیله تزریق مصالح جدید، ایجاد سیستمهای الحاقی باربر در بنا، مهار کل بنا، استفاده از سیستم کرسی بندی، استفاده از سیستم جداساز لرزه ای و غیره. اما در این تحقیق روش تقویت لایه های اتصال که یک روش جدید می باشد و بیشتر در کشورهای اروپایی استفاده می شود معرفی می گردد.

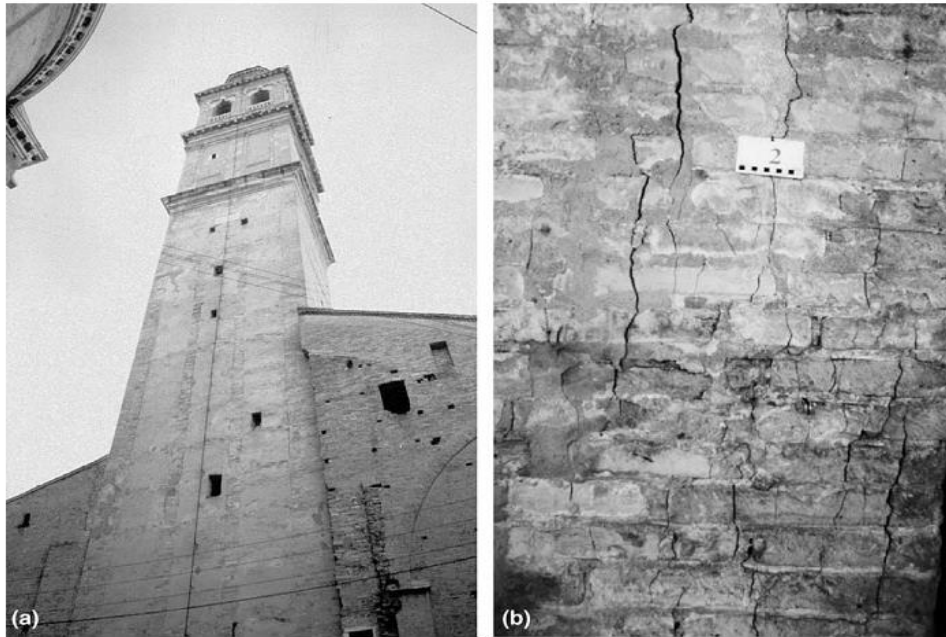
بناهای تاریخی بلحاظ آسیب پذیری و رفتار

زلزله ناشی از حرکات صفحات پوسته زمین است که معمولا در امتداد ترکها یا گسلها رخ می دهد، اگر در طراحی یا ساخت یک ساختمان اثرات این حرکات منظور نشده باشند خسارت سازه ای محتمل خواهد بود و می تواند منجر به خرابی کلی سازه و همراه با تهدید زندگی مردم گردد. بناهای تاریخی در این ملاحظه آسیب پذیرترند. این بناها منطقا بایستی در برابر زلزله های شدیدتری در مقایسه با زلزله های محتمل برای ساختمانهای معمولی که عموما برای طول عمر کمتری طراحی می شوند، مقاوم باشند. در این رابطه و جهت

مقاوم سازی این بناها اطلاعاتی درباره چگونگی تاثیر زلزله روی بناهای تاریخی و شیوه حفظ بنا و روشهای مقاوم سازی لرزه- ای آن مورد نیاز است.

۱- نحوه خسارت پذیری بناهای تاریخی

خسارت زلزله روی بیشتر بناهای تاریخی ناشی از تغییر شکل پذیری ناچیز و انعطاف پذیری کم بنا و ضعف اتصالات سازه ای بین دیوارها و سقف ها همراه با وزن بالای جرم مصالح تاریخی می باشد. نوع بنا به لحاظ مصالح تشکیل دهنده بر خسارت پذیری اجزاء بناهای تاریخی اثر می گذارد. در بناهای تاریخی آجری معمولا الگوی ترکها از درز ملات بین آجرها پیروی می کنند. شکلهای (۲و۱) در بناهای تاریخی سنگی از آنجایی که سنگها از مصالح و در ابعاد مختلفی تهیه شده اند، در هنگام زلزله در اغلب موارد سنگها به سمت خارج هل داده می شود و باعث فرو پاشی اجزاء بنا می شود. بناهای تاریخی خشتی مقاومت خیلی ضعیفی در فعالیت های لرزه ای از خود نشان می دهند. بنابراین شناخت سیستم سازه ای بنای تاریخی و نواحی ضعف آن برای مقاوم سازی لرزه ای ضروری است.



شکل (۱): برج تاریخی گیوستینا در پادووا ایتالیا و نمونه ترکهای ایجاد شده در این برج



شکل (۲): نمای شماتیک از نمونه ترکهای ایجاد شده در بناهای تاریخی آجری

از جمله موارد دیگری که بر خسارت پذیری اجزاء بناهای تاریخی اثر می گذارد فرم بنای تاریخی می باشد. بطور معمول بناهای دایره-ای، مربعی و مستطیلی در زلزله بعلت هندسه متقارن آنها مقاومت بیشتری نشان می دهند. در مجموع ساختمانهای انعطاف پذیری که سیستم سازه ای شکل پذیر و طرحی منظم داشته باشند رفتار مناسبی در طول زلزله خواهند داشت. ساختمانهای نامنظم با بازشوهای بزرگ و متعدد مستعد خسارت سازه ای عمده در برابر زلزله می باشند.

عامل دیگر در ایجاد خسارت در بناهای تاریخی، مجاورت دو بنای چسبیده به هم است که در اثر حرکات ناهماهنگ هر یک از بناها خسارت لرزه ای بر روی سازه های محتمل خواهد بود. بستر خاکی بنا و شرایط ژئوتکنیکی خاک نیز در تولید خسارت به سازه در اثر زلزله می تواند سهمیم باشد. نرمی خاک، تشدید در حرکت زمین را سبب می شود و به واسطه آن خسارت را افزایش می دهد. همچنین احتمال رانش در لرزشهای زمین را به همراه خواهد داشت.

وجود مسئله نشست در خاک نیز می تواند به سبب ایجاد تنشهای اضافی در سازه در کاستن از مقاومت بنا در مقابل زلزله موثر باشد.

۲- آسیب پذیری اجزاء تشکیل دهنده بناهای تاریخی

نحوه اتصال اجزاء تشکیل دهنده یک بنای تاریخی در ایجاد و نحوه خسارت در اعضاء سازه ای بنا بسیار مهم می باشد. در واقع چگونگی قیود سازه ای این اعضاء و حرکات ایجاد کنند خسارت در آنها و تغییر شکل‌های اعضاء مربوط به آن بایستی مورد توجه قرار گیرند تا بتوان مقاوم سازی مجموعه سازه را با استفاده از روش‌های موجود مقاوم سازی اعضاء سازه ای مجزا، بررسی نمود. اجزای تشکیل دهنده بناهای تاریخی ایران شامل دیوارها، ستونها، جزرها، پایه ها، سقفهای چوبی، انواع طاقها، قوسها، گنبد‌ها، راه پله ها، مناره ، گلدسته و... می باشد.

۳- بررسی شرایط موجود بناهایی تاریخی

بیشتر خسارتی که در طول یک زلزله اتفاق می افتد مستقیماً مربوط به شرایط موجود بناهای تاریخی و چگونگی حفاظت از آنها می- باشد. اگر زلزله ها و یا تحریکات دیگر اتصالات سازه ای را ضعیف کرده باشند و یا اگر مصالح بخاطر رطوبت، موربانه و غیره تضعیف شده باشند ظرفیت سازه ای برای مقاومت در برابر زلزله کاهش می یابد. بعنوان مثال در ساختمانهای بنایی درز ملات خراب شده می- تواند مقاومت اجزاء سازه ای را ضعیف کند. حفاظتی که بطور مداوم نفوذ رطوبت و فرسایش مصالح را کاهش دهد ضرورت دارد زیرا اثرات خسارت اغلب جمع شونده بوده کاهش عمده ای را سبب می شوند.

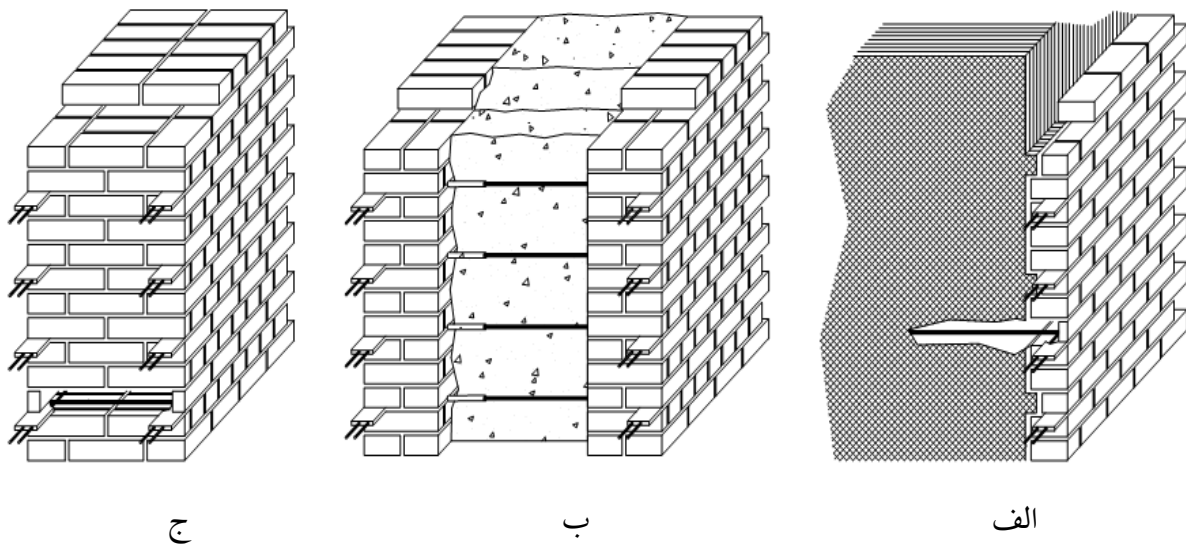
۴- تحلیل سازه ای بناهای تاریخی

برای رسیدن به قضاوتی مناسب روی تراز ایمنی یک بنای تاریخی تحلیل‌های مستقیم و تحقیقات تاریخی در کنار تحلیل‌های سازه ای باید انجام پذیرد. در تحلیل بناهای تاریخی با مسائل پیچیده ای از قبیل رفتار مصالح قدیمی، اثرات بار گذاریهای تاریخی بر روی بنا مانند زلزله ها، نشست خاکها، تغییر شکل‌های دائمی و وجود ترکها در بنا و غیره سرو کار داریم. معمولاً تحلیل‌های پیچیده در مراحل اولیه بررسی یک بنا لازم نیست و برآورد مقاومت بنای مذکور و اضافه مقاومت ناشی از روشهای پیشنهادی برای مقاوم سازی بنا از طریق روشهای ساده- تری نیز امکان پذیر است.

روش تقویت لایه های اتصال برای مقاوم سازی بناهای تاریخی

این روش برای اولین بار توسط دانشگاه پلی تکنیک میلان و دانشگاه پادووا در ایتالیا جهت مقاوم سازی بناهای تاریخی آجری مورد بررسی قرار گرفت. این روش که در واقع تکنیکی است جهت تقویت لایه اتصال دیوارهای بناهای تاریخی، باعث جلوگیری از ایجاد ترک و گسترش ترکها در سطح دیوارهای بناهای تاریخی می شود. این روش نسبت به روش اصلاح خواص مکانیکی مصالح بنایی در بناهای تاریخی روش مناسب تری می باشد. این روش انبساط در دیوار را کاهش می دهد و در نتیجه از گسترش ترکها در دیوارهای

آجری جلوگیری می کند. این روش بیشتر برای دیوارهایی مورد استفاده قرار می گیرد که دارد خط سیر منظم می باشند مانند دیوارهای آجری و دیوارهای که با سنگ لاشه بنا شده اند. معمولاً چندین ماده تقویتی (فولاد زنگ نزن، ورقه ها یا میله های FRP) و انواع مختلف از ملاتها (آهک هیدرولیکی، سیمان پایه ملاتی، مواد مصنوعی ویژه) در این تکنیک مورد استفاده قرار می گیرد. در این تکنیک ابتدا ملات قدیمی برداشته شده و میلگردهای فولادی بین لایه های اتصال قرار می گیرد و سپس مواد بند کشی مجدد برای پوشاندن میلگردها و همچنین برای پر کردن لایه اتصال استفاده می شود. شکل (۳) نمونه هایی از دیوارهایی که از روش تقویت لایه های اتصال در آنها استفاده شده است را نشان می دهد.



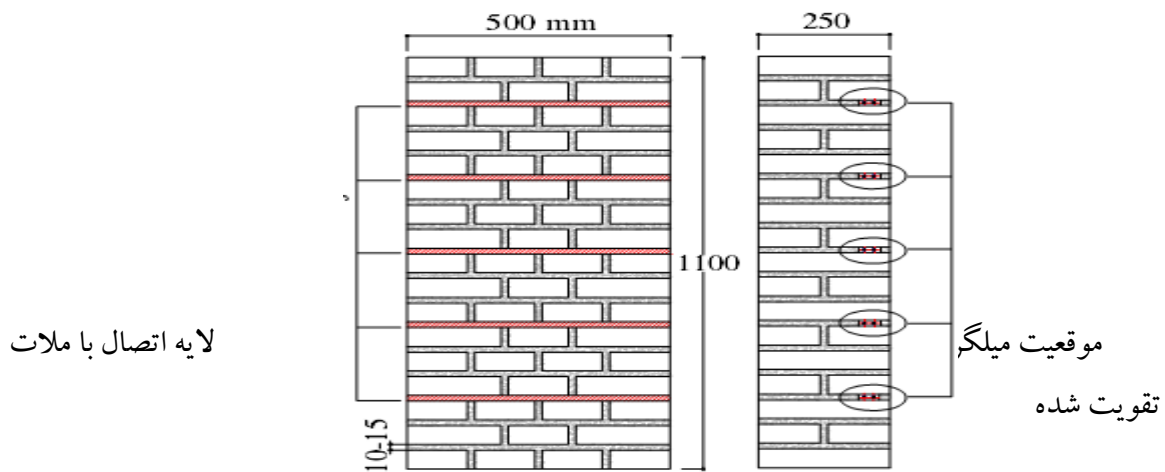
شکل (۳): نمونه ای از کاربرد تکنیک تقویت لایه های اتصال در دیوارهای مصالح بنایی آجری الف- دیوار چند لایه با پوسته خارجی ب- دیوار چند لایه ج- دیوار دو لایه این روش برای مقاوم سازی دیوارهای لاغر بیشترین تاثیر را دارد و نکته مهم این است که در چنین دیوارهایی حتما باید در دو طرف دیوار از این روش استفاده کرد و بوسیله آرماتورهای میانی آرماتورهای دو طرف را به همدیگر وصل کرد. هدف اصلی استفاده از این تکنیک جلوگیری از انبساط دیوار در هنگام ریزش می باشد. اما تاثیرات دیگری هم دارد مثلاً در مورد دیوارهای چند لایه وجود گره- های آرماتور در دو طرف دیوار باعث جلوگیری از جداسازی خارج از محور لایه های خارجی می شود. همچنین این تکنیک باعث کنترل ترکهای ناشی از نشست های مختلف از جمله نشستهای گرمایی یا نشستهای ناشی از رطوبت می شود. در کاربرد این روش باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- ۱- آماده سازی مقدماتی اتصالات
- ۲- انتخاب مواد تقویتی (نوع آرماتور یا مواد تقویتی دیگر مثل FRP) و همچنین میزان مواد تقویتی
- ۳- انتخاب نوع ملات بند کشی مجدد
- ۴- زیبا سازی ظاهر ساختمان

شرح روش تقویت لایه های اتصال

همانطور که گفته شد تکنیک تقویت لایه های اتصال بر اساس جایگذاری میلگردهای فولادی یا مواد تقویتی دیگر در لایه های اتصال و سپس استفاده از مواد بند کشی مجدد در لایه های اتصال می باشد. که مراحل استفاده از این تکنیک بصورت زیر می باشد:

- ۱- جدا کردن پلاستر یا هر مواد دیگری که بر روی مصالح اصلی وجود دارد و بررسی کردن مصالح اصلی
- ۲- برداشتن ملاتهای قدیمی لایه اتصال با استفاده از ابزارهای مناسب. معمولا عمق ملات برداشته شده بین ۵۰ تا ۸۰ میلی متر می باشد تا مواد تقویتی براحتی قابل جایگزینی باشد.
- ۳- پاک کردن هرگونه خاک یا پودر سنگ که بر روی مصالح و همچنین در محل ملات قدیمی وجود دارد. معمولا برای پاک کردن این مواد از آب یا هوا بسته به نوع مواد استفاده می کنند.
- ۴- قرار دادن ملات جدید به اندازه کافی در محل اتصال. ملات های جدید معمولا از آهک هیدرولیکی ساخته شده اند و برای سازگاری بهتر (شیمیایی، فیزیکی، مکانیکی) با لایه موجود می توان از مواد افزودنی ویژه استفاده کرد. (موادی که دارای خواص ویژه برای خنثی کردن افت حجمی در ضمن جذب آب می باشند). شکل (۴)

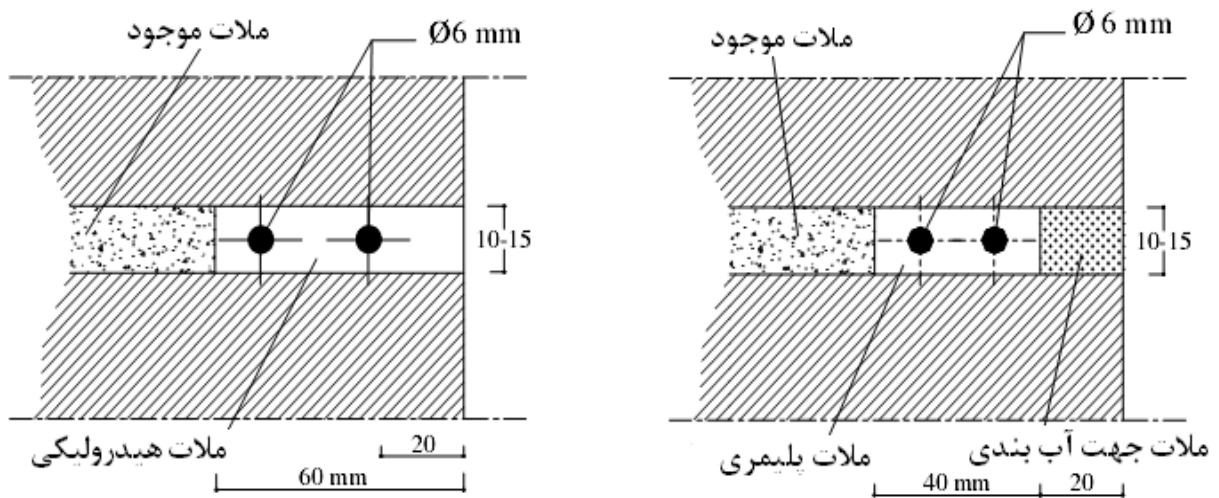


شکل (۴): نمای شماتیک یک دیوار بنای تاریخی که چگونگی قرار گیری میلگردها و ملات بند کشی مجدد را نشان می دهد.

۵- جایگذاری مواد تقویتی. برای جایگذاری مواد تقویتی از میلگردهای فولادی یا پلیتهای زنگ نزن یا ورقه های FRP می توان استفاده کرد. اگر از میلگردهای فولادی استفاده می شود باید کاملا سند بلاست شوند و سطح تماس آنها باید کاملا تمیز باشد. به علت ضخامت کم لایه اتصال (بین ۱۰ تا ۱۵ میلی متر) معمولا در این روش از میلگردهای با قطر کمتر استفاده می شود. قطر میلگردهای استفاده شده بین ۴ تا ۶ میلی متر می باشد.

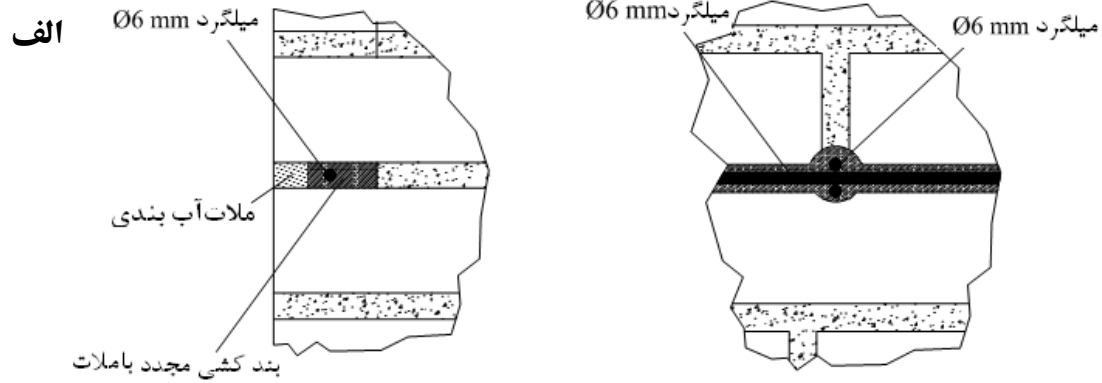
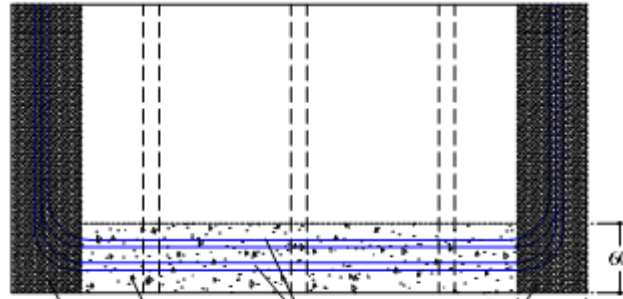
۶- قرار دادن لایه دوم ملات به اندازه کافی بطوریکه که روی میلگرد اول را پوشاند و سپس گذاشتن میلگرد دوم اگر لازم باشد و سپس لایه بعدی ملات بطوریکه روی میلگرد دوم را پوشاند.

۷- لایه انتهایی مواد بند کشی مجدد (ملات) باید ضخامتی در حدود ۱۵ تا ۲۰ میلی متر داشته باشد. برای اینکه اتصال بخوبی آب بندی شود و ظاهر بنا نیز شکل طبیعی خود را بدست آورد. (شکل ۵) نکته ای که در طی این مراحل باید در نظر گرفته شود این است که در هر مرحله (برداشتن ملات قدیمی، تمیز کاری، جایگذاری مواد تقویتی) باید مراقبت کافی از بنای تاریخی بعمل آورد.



شکل (۵): جزییات لایه اتصال تقویت شده و انواع ملاتهای استفاده شده

همانطور که در قسمت های قبلی گفته شد آرماتورهای تقویتی باید بوسیله آرماتورهای میانی در دو طرف دیوار به هم وصل شوند. شکل (۶) جزئیات اتصال آرماتورهای میانی به آرماتورهای تقویتی را نشان می دهد.



ب

شکل (۶): الف- آرماتورهای میانی ب- جزئیات اتصال آرماتورهای میانی به آرماتورهای تقویتی
 شکل (۷) چگونگی جایگذاری آرماتورهای تقویتی و آرماتورهای میانی و نحوه اتصال آنها را در بناهای تاریخی آجری نشان



شکل (۷): (a) - جایگذاری آرماتورهای تقویتی (b) - جایگذاری آرماتورهای میانی (c) - محل اتصال بعد از بند کشی مجدد (d) - نمای نهایی

نتیجه گیری

بناهای تاریخی بلحاظ فرهنگی، هنری و زیبا شناسی از اهمیت بالایی برخوردارند. این بناها هویت فرهنگی گذشتگان را در خود حفظ کرده اند و عامل تحکیم وحدت ملی نیز می باشند و همچنین عامل مهمی جهت جذب توریست و گسترش این صنعت در کشور هستند. تاکنون در زمینه مقاوم سازی بناهای تاریخی در برابر زلزله، در سطح کشور کار انجام یافته و تصمیمات سازماندهی شده ای صورت نگرفته است. اغلب طرحهای حفاظت بناهای تاریخی ایران جنبه مرمت داشته که این روند چندان منطقی به نظر نمی رسد چرا که مرمت یک بنای تاریخی زمانی معنا پیدا می کند که از بقای بنا تحت اثر بارهای محتمل به آن (از جمله زلزله) مطمئن شده باشیم.

روش تقویت لایه های اتصال بر اساس جایگذاری میلگردهای فولادی در بستر زیر کار ملاتهای اتصال در بناهای تاریخی و در ساختمانهایی با مصالح بنایی استفاده می شود. این روش معمولاً برای ساختمانهایی به کار برده می شود که دارای رگه های منظم باشند مانند بناهای تاریخی آجری و سنگ لاشه. معمولاً چندین ماده تقویتی (فولاد زنگ نزن، ورقه ها یا میله های FRP) و انواع مختلف از ملاتها (آهک هیدرولیکی، سیمان پایه ملاتی، مواد مصنوعی ویژه) در این تکنیک مورد استفاده قرار می گیرد.

در این تکنیک ابتدا ملات قدیمی برداشته شده و میلگردهای فولادی بین لایه های اتصال قرار می گیرد و سپس مواد بند کشی مجدد برای پوشاندن میلگردها و همچنین برای پر کردن لایه اتصال استفاده می شود. این روش بدلیل در دسترس بودن مصالح مورد نیاز و همچنین اقتصادی بودن و از همه مهمتر آسان بودن آن برای مقاوم سازی بناهای تاریخی پیشنهاد می شود.

منابع:

- ۱- حسین مشکی، "ارائه فرایند مقاوم سازی لرزه ای بناهای تاریخی"، پایان نامه، ۱۳۸۱
- ۲- گروه فنی حفظ احیاء سازمان میراث فرهنگی کشور، "فهرست آثار باستانی ایران"، مرکز اطلاعات و آمار سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۷۹
- ۳- مهدی نکویی، "آسیب پذیری و نحوه مقاوم سازی ساختمان شاه نعمت الله ولی ماهان"، پایان نامه،

۱۳۸۶

- 4- Maria Rosa Valluzzi, Luigia Binda, Claudio Modena. Mechanical behaviour of historic masonry structures strengthened by bed joints structural repointing, 2005.
- 5- Bento R, Lopez M, Cardoso R. Seismic evaluation of old masonry buildings. Part I: Method description and application to a case-study, 2005.