روش های مقاوم سازی و بهسازی سازه های بنایی و خشتی در برابر زلزله

عباسعلی طایفی نصرآبادی[i]، محمد حسین رشیدی مهرآبادی[ii]

چکیده

استفاده از مصالح بنایی و خشتی در اجرای ساختمان‌ها از قرون گذشته در ایران رواج داشته است و تا کنون در بسیاری از شهرها و تقریبا اکثر مناطق روستایی و مناطق گرم و خشک ساختمان‌های بنایی و خشتی قسمت اعظم ساختمان‌های این مناطق را شامل می‌شوند. با توجه به آسیب پذیر بودن این ساختمان‌ها در طی زلزله‌های گذشته و قرار گرفتن بسیاری روستاها در نواحی لرزه خیز، اهمیت مطالعه رفتار و عملکرد این نوع ساختمان ها در برابر زلزله به شکل آشکار مشخص است. در این مقاله روش‌های بررسی آسیب پذیری این سازه‌ها موجود در کشور و روش‌های مقاوم سازی و بهسازی این نوع سازه‌ها بیان می‌شود.

کلمات کلیدی: **سازه‌های بنایی، سازه های خشتی، مقاوم سازی، بهسازی، نواحی لرزه خیز**

[i] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین- دانشکده مهندسی عمران – معماری :Abbasalitayefi@yahoo.com

[ii] دانشجوی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران – معماری، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین Hossein_hakim@yahoo.com

۱- مقدمه

از آنجا که سازه‌های غیر مسلح بیشترین پتانسیل خرابی در زلزله را داشته و نیز دارای مکانیزم‌های متعدد شکست می‌باشند، و نیز با توجه با وجود عدم قطعیت‌های فراوان در پارامترهای موجود در این نوع سازه، باید مطالعه آسیب پذیری این سازه‌ها با آگاهی مناسبی از این پارامترها و در نظر گرفتن بیشترین مودهای محتمل برای شکست سازه باشد. همچنین اغلب سازه هایی که دارای اهمیت تاریخی می‌باشند، با استفاده از مصالح بنایی و خشتی ساخته شده‌اند. این نوع سازه‌ها معمولا در برابر زلزله دارای ضعف‌های عمده‌ای می‌باشند. شناخت این ضعف‌ها مقدمه‌ای بر انتخاب روشی مناسب برای مقاوم سازی آنها می‌باشد. عمدتاً ساختمان های واقع در مناطق روستایی ایران در مناطق کویری و گرم وخشک را ساختمان های خشتی و گلی تشکیل می دهد که به دلیل سقف های سنگین این گونه ساختمان ها، و در پی آن افزایش شتاب زلزله، همچنین عدم یکپارچگی کافی سقف ها با دیوارها و نا مشخص بودن اتصال اجزای سازه ای به یکدیگر، این گونه ساختمان ها عموماً با خسارات جدی مواجه هستند. همچنین نامشخص بودن اجزای سازه ای و نوع مصالح مصرف شده از یک سو و عدم تطابق

Archive of SID
www.SID.ir

ساختمان های موجود با کلاسیک سازه ای نظیر قاب های گیردار و غیره از سوی دیگر، تخمین مقاومت لرزه ای این ساختمان ها را بسیار دشوار می کند. بر اساس آمار، ۷۰ درصد از واحد های مسکونی موجود با این نوع مصالح در کشور، بی دوام و کم دوام هستند که در هنگام زلزله، ساکنان ساختمان حتی مهلتی برای فرار و خارج شدن از ساختمان را نیز بدست نمی آورند [۱] . اما تنها نمی توان با در نظر گرفتن مقاومت کم خشت در مقابل زلزله از احداث بناهای خشتی خودداری نمود و در حقیقت می توان راه حل های مناسبی را جهت استحکام بخشی و حفظ و نگهداری آنها تعیین نمود. علاوه بر این متناسب بودن خشت با اقلیم منطقه گرم و خشک، اقتصادی بودن، سهولت و سرعت آن از جمله پارامترهایی هستند که کاربرد این نوع مصالح را در مناطق کویری و گرم و خشک فراگیر نموده است [۲] .

از آنجا که سازه‌های آجری بیشترین پتانسیل خرابی در زلزله را داشته و نیز دارای مکانیزم‌های متعدد شکست می‌باشند و بسیاری از ساخت و سازهای کلان شهرها و شهرهای تاریخی ایران را بافت فرسوده شهری تشکیل می دهند که در این بافت های فرسوده اکثر ساختمان های بنایی غیر مسلح هستند که به لحاظ تاریخی از اهمیت زیادی برخوردار هستند[۳] و مطالعاتی که توسط پژهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و شهرداری تهران در مورد وضعیت آسیب پذیری ساختمان تهران انجام شده است، نشان می دهد که تقریباً ۷۰ درصد ساختمان های پایتخت مصالح بنایی هستند. همچنین بیش از ۷۵ درصد مدارس کشور را ساختمان های بنایی تشکیل می دهد. این آمار خود لزوم توجه ویژه به مقاوم سازی و بهسازی این گونه ساختمان ها را می رساند. این نوع سازه‌ها معمولا در برابر زلزله دارای ضعف‌های عمده‌ای می‌باشند، شناخت این ضعف‌ها مقدمه‌ای بر انتخاب روشی مناسب برای مقاوم سازی آنها می‌باشد. مهمترین عامل پایداری در سازه‌های آجری، وجود انسجام کافی و مناسب بین اجزای گوناگون آن می‌باشد. این انسجام باعث تکمیل شدن مسیر انتقال بار شده و در صورتی که اجزای مختلف سازه از نظر مقاومت دارای شرایط مناسبی باشند، سازه در هنگام زلزله ایمن خواهد ماند. برای انسجام ساختمان آجری باید تمامی قسمت‌ها به یکدیگر به نحو مناسبی دوخته شوند. وجود اتصال مناسب بین سقف و دیوارهای قائم علاوه بر ایجاد امکان انتقال بار سقف به دیوارها، باعث جلوگیری از شکست خارج از صفحه دیوارها نیز می‌شود [۲].

۲- اهمیت ساختمان‌های با مصالح بنایی و خشتی در کشور

منظور از ساختمان‌های با مصالح بنایی،ساختمان هایی است که با آجر، بلوک سیمانی و یا با سنگ ساخته شوند و در آنها تمام و یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهای با مصالح بنایی تحمل می‌گردد. بنابراین ساختمان هایی که در آن قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارها یا مصالح بنایی و قسمتی از آن توسط عناصر فلزی و یا بتن آرمه تحمل شود نیز در ردیف ساختمان‌های با مصالح بنایی محسوب می‌شوند و لذا مقررات مربوط به آیین نامه ۲۸۰۰ در مورد اینگونه ساختمان‌های مختلط نیز باید رعایت گردد. ساختمان‌های با مصالح بنایی به دلیل سهولت تولید، اقتصادی بودن، خاصیت خوب عایق بودن و نماسازی، در مناطق زیادی از کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختمان سازی با مصالح بنایی تا شروع قرن بیستم که مصالح ساختمانی نظیر بتن مسلح و فولاد جای آن را گرفت به عنوان عمده سیستم سازه‌ای برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه تا متوسط رواج داشت.

دلایل عملکرد رفتار نا مناسب سازه‌های مصالح بنایی در مقابل زلزله را می‌توان در مواردی هم چون شکننده بودن مصالح و کاهش مقاومت بر اثر تکرار بارهای شدید، وزن سنگین، سختی زیاد و در نتیجه پاسخ شدید در مقابل امواج زلزله با پریود طبیعی کوتاه و وابستگی زیاد مقاومت ساختمان به کیفیت ساخت خلاصه نمود.

اعضا سازه‌ای مقاوم در مقابل بارهای قائم ثقلی و بارهای جانبی ناشی از زلزله در ساختمان‌های بنایی بدون اسکلت، دیوارهای باربر- برشگیر بنایی هستند که در ایران غالباً از نوع بنایی موسوم به غیر مسلح می‌باشند. در آیین نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰)، برای تقویت

Archive of SID
www.SID.ir

ساختمان‌های بنایی استفاده از کلاف بندی‌های بتن آرمه افقی و قائم در نقاط زلزله در اطراف دیوارها الزام گردیده است[٤] .

در تحقیقات بسیاری از کشورهای زلزله خیز نشان داده است همچنین وجود کلاف بتن آرمه، مقاومت و پایداری دیوارهای بنایی را در برابر زلزله بسیار بالا می‌برد[٢] .

زلزله یکی از عواملی است که در طول تاریخ باعث تخریب و متلاشی شدن بناهای تاریخی و روستایی که از خشت ساخته شده اند، شده است. به طوری که در پیکر بنا حرکت ارتعاشی را به وجود آورده و در اثر تغییر مکانهای ایجاد شده، دیوارها حرکت کرده و باعث غیر شاقولی شدن آنها می گردد.

بحث مقاوم سازی سازه های خشتی در مقابل زلزله نیز بحثی است که هر چند ممکن است دور از ذهن بنماید، ولی بحثی است که در محافل علمی مطرح است. منتها به دلیل پیچیدگی های خاص مساله و فراگیری کمتر آن، بحث جدیدتری نسبت به مساله مقاوم سازی سایر انواع ساختمان ها است، و در مجموع با زحمات و هزینه بیشتر، توفیق و درجه اطمینان کمتری عاید می گردد، ولی خصوصاً در کشور ایران با داشتن انبوهی از بناهای خشتی ارزشمند که یادگار نیاکان ما و میراث فرهنگی ملتی بزرگ است، مسلماً اهمیت پرداختن به این موضوع، کمتر از اهمیت پرداختن به سایر زمینه های مقاوم سازی به نظر نمی رسد[٥] .

ساختمان های خشتی با وزن بسیار زیاد، مقاومت کم و رفتارهای آسیب پذیری و شکننده صدمات و زیان های قابل توجهی به خود دیده اند رفتار بناهای خشتی هنگام زلزله تابع شرایط مختلفی است به این ترتیب که الگوی رایج تخریب بناهای خشتی هنگام زلزله با ایجاد ترک های عمودی در محل اتصال سقف به دیوارها آغاز شده و به سرعت گسترده می شوند تا آن که دیوارها را از سقف جدا می کنند، بعد از این جدایی دیوار فرو ریخته و به دنبال آن سقف تخریب می گردد.

اثر رفت و برگشتی زلزله، دیوارهای متقابل را به سرعت رانش داده و عدم هیچ گونه اتصال و کلاف بندی باعث تخریب بنا می شود . از این رو در این مورد با تدابیری خاص می توان تا حد امکان بناهای خشتی را در مقابل خطر زلزله نیز مقاوم کرد[٧و٦].

٣- انواع نواقص موجود در این نوع سازه ها

عدم توزیع مناسب مسیر بار در ساختمان های بنایی به علت عدم انسجام سقف به دیوارهای قائم، عدم وجود مهاربند ضربدری در سقف، توزیع نامناسب بار جانبی بین دیوارهای قائم در حالت انعطاف پذیر بودن سقف، وجود تاثیر نسبتاً مهم پیچش در حالت سقف صلب (پس از مهاربندی سقف)، عدم وجود کلاف قائم، عدم وجود کلاف افقی، طول بلند دیوار، وجود بازشوهای نسبتا بزرگ، عدم عین ساخت بودن نقشه‌ها می‌تواند از علل اصلی شکست سازه‌های آجری باشد [٨] .

اشکالات کلی و تاثیر گذار که منجر به خرابی سازه های خشتی طی یک زلزله می شود به شرح زیر است[٧] :

١- فقدان کلاف افقی.
٢- اتصال ناکافی نعل درگاه به دیوار.
٣- بازشوهای بزرگ.
٤- فاصله ناکافی بین بازشوی در و پنجره.
٥- فقدان کرسی چینی.
٦- عرض پنجره نسبت به ارتفاع آن زیاد است.
٧- ضخامت دیوار نسبت به ارتفاع آن بسیار کم است.
٨- کیفیت ملات بسیار پایین است، درزهای قائم به صورت کامل پر نشده است و بندهای افقی نیز بیش از اندازه ضخیم می باشند(بیشتر از ١٥ میلیمتر).
٩- سقف بسیار سنگین است.
١٠-دیوارها به نحو مناسب به یکدیگر متصل نشده اند.

٣-١ توزیع بار قائم در یک جهت در ساختمان های بنایی

مسئله دیگری که باید به آن توجه کرد این است که در بررسی نحوه شکست لغزشی دیوارها مشاهده است که مقاومت برشی یک دیوار بنایی غیر مسلح ناشی از دو

Archive of SID
www.SID.ir

عامل چسبندگی ملات به آجر و اصطکاک بین رگه‌های آجر و ملات می‌باشد. صرف نظر از نوع ملات و آجر کاری بکار رفته عموماً به علت تغییر شکل‌های نسبی جانبی زیاد طبقات و یا تغییر شکل جانبی کل ساختمان در زلزله‌های شدید و متوسط چسبندگی آجرها در خط ملات در نقاط بحرانی، غالباً شکسته می‌شود و فقط اصطکاک بین رگه‌ها روی یکدیگر است. بسته به نوع آجر و ملات ضریب اصطکاک رگه‌ها روی یکدیگر توسط پژوهشگران مختلف بین ۰/۱۵ تا ۰/۸ ذکر شده است. بار قائم وارد بر دیوار نیز برابر وزن خود دیوار و قسمتی از وزن سقف‌های متکی بر دیوار می‌باشد. بنابراین فقط دیوارهای باربری که وزن سقف متکی بر خود را تحمل می‌کنند می‌توانند مقاومت برشی نهایی (پس از ترک خوردگی) قابل توجهی داشته باشند و دیوار نسبی غیر باربر مقاومت برشی کمی دارند و اگر زلزله شدیدی به خصوص در جهت دیوارهای غیر باربر رخ دهد قطعاً ساختمان‌ها صلبیت و مقاومت چندانی نخواهد داشت[٤] .

۳-۲ تمایل به ایجاد بازشوهای بسیار بزرگ و غیر ضروری در دیوارهای باربر - برش گیر در ساختمان های بنایی

در معماری معاصر ایران که از ابتدای قرن هجری شمسی فعلی متداول شده است، مخصوصاً پس از جنگ جهانی دوم، حرکتی به سوی تعبیه پنجره‌های بسیار بزرگ در معماری متداول و بازاری ایران صورت گرفته است که این موضوع مخصوصاً ساختمان‌های ساخته شده توسط افراد آموزش ندیده بدون رعایت نکات معماری و مهندسی به وضوح دیده می‌شود. در چنین ساخت و سازهایی نه تنها استانداردهای جدید و مورد قبول معماری و مهندسی زیر پا گذاشته شده اند، بلکه استانداردهای سنتی که در معماری قدیم ایران متداول بوده نیز غالباً رعایت نگردیده اند.

وجود بازشوهای بزرگ سراسری غالباً به مقدار زیادی ساختمان‌های بنایی را در زلزله آسیب پذیر می‌کند و مخصوصاً در جهت دیوارهای غیر باربر که درصد دیوار نسبی کم می‌باشد این خطر بسیار زیادتر است. استفاده از بازشوهای زیاد در یک دیوار سبب می‌شود که عملکرد یک دیوار از حالت یک صفحه به عملکرد چند ستون قاب نیمه صلب تبدیل شود، که از سختی دیوار به اندازه قابل توجهی می‌کاهد. وقتی عملکرد دیوار به عملکرد چند ستونی قاب نیمه صلب تبدیل شود، ستون‌ها تحت خروج از مرکزیت‌های سازه‌ای قائم و جانبی ترک خورده و از مقطع موثر و سختی ستون‌ها کاسته می‌شود. همچنین تغییر جهت نیروهای جانبی وارده (نیروهای رفت و برگشت زلزله) سبب می‌گردد که در نقاط ماکزیمم خمش ستون که در مرحله قبل دچار ترک خوردگی شده، مفصل پلاستیک شکل شود و در سیکل‌های متوالی زلزله سازه به سمت شکست و ناپایداری سوق پیدا کند. لذا این موضوع باید به طور جدی مورد بررسی قرار گرفته و این نقیصه بر طرف گردد[۲].

٤- مودهای شکست دیوار آجری

مودهای شکست یک دیوار آجری مجزا به دو گروه عمده شکست درون صفحه‌ای و شکست برون صفحه‌ای تقسیم می‌شود[۲] .

در حالت شکست درون صفحه‌ای که دیوار تحت بار قائم زیاد بوده و نسبت ارتفاع به طول دیوار کمتر از واحد باشد، مود شکست برشی رخ می‌دهد. همچنین اگر نسبت ارتفاع به طول بزرگتر از واحد باشد(تقریبا بربر ۲) و مقدار بار قائم بسیار زیاد باشد، باز هم امکان شکست برشی وجود دارد. در صورتی که مقاومت برشی دیوار، اندک بوده و بار جانبی در مقایسه با بار قائم، بزرگ باشد، شکست برشی - لغزشی رخ خواهد داد. در این حالت معمولاً نسبت ارتفاع به طول دیوار کمتر از ۱/۵ به ۱ و در حدود ۱ به ۱ می‌باشد. در صورتی که مقاومت برشی دیوار به اندازه کافی باشد و نسبت ارتفاع به طول ستون در حدود ۲ به ۱ باشد، آنگاه شکست خمشی رخ می‌دهد. اگر مقدار بار قائم اندک باشد، در صورت کم بودن مقاومت برشی نیز شکست خمشی اتفاق می‌افتد.

در حالت شکست برون صفحه‌ای راستای تنش کششی منجر به شکست و موازی درزهای افقی آجرها باشد، ترک قائم در ارتفاع دیوار به وجود می‌آید. این شکست معمولاً هنگامی رخ می‌دهد که طول دیوار بزرگ باشد. اگر راستای تنش کششی منجر به شکست، عمود بر درزهای

Archive of SID
www.SID.ir

افقی آجرها باشد، ترک افقی در میانه دیوار به وجود می‌آید. این شکست معمولاً هنگامی رخ می‌دهد که ارتفاع دیوار بزرگ باشد[۹].

۵- راهکارهای مقاوم سازی لرزه ای رایج در ساختمان های بنایی

راهکارهای مقاوم سازی ساختمان های بنایی برای گروه ساختمان های معمولی و ساختمان های خاص و تاریخی بر اساس اهمیت و توجیه اقتصادی و همچنین نوع منطقه و زلزله خیزی آن منطقه متفاوت است. معمولاً روش های مقاوم سازی و بهسازی برای ساختمان های مسکونی استفاده از شبکه فولادی و شاتکریت و یا پشت بند بتنی و در ساختمان های خاص استفاده از الیاف پلیمری است[۱۰].

۵-۱ روش شبکه فولادی و شاتکریت

در این روش ابتدا تاسیسات و نازک کاری دیوارها تا رسیدن به سطح آجر تخریب و جمع می گردد به نحوی که سطح دیوار عاری از مصالحی مانند گچ و مواد مضر برای بتن باشد. کف سازی پای دیوارها نیز تا رسیدن به کلاف زیر دیوار (فونداسیون) جمع آوری می گردد. سپس میلگرد هایی با فواصل مشخص و معین در فونداسیون قرار داده شده و مش بندی روی دیوار صورت می پذیرد. پس از آن عملیات بتن پاشی با ضخامت حداقل ۳ سانتیمتر انجام می پذیرد و مجدداً نازک کاری و تاسیسات روی دیوارها اجرا می شود. عمده مزایا و معایب عبارتند از[۱۰] :

مزایا:

- روش شناخته شده و قابل اجرا بر روی دیوارهای بنایی می باشد.
- اجرای آسان و بدون نیاز به نیروی انسانی متخصص
- ضعف عملکرد خارج از صفحه دیوارها را بر طرف می کند.
- تغییراتی در معماری ساختمان ایجاد نمی کند.
- توزیع تقریبا یکنواخت سختی در ساختمان.
- عدم نیاز به صلبیت دیافراگم است.
- استفاده از پتانسیل باربری جانبی موجو سازه.
- فضای کمی را زیر بنای ساختمان را اشغال می کند.

معایب :

- تخریب نازک کاری و ممکن است به ملات و مقاومت برشی دیوارها آسیب برساند.
- ایجان نخاله ساختمانی زیاد است.
- نازک کاری دیوارها باید به طور کامل بر چیده شود.
- به علت تخریب و اجرای مجدد نازک کاری، زمان اجرا طولانی می شود.
- نیاز به جزئیات اجرایی دقیق برای اتصال دیوارها به سقف و کف طبقه و یا عبور آرماتورها از تراز طبقه است.
- عدم امکان بهره برداری از ساختمان حین اجرای عملیات بهسازی.
- تاسیسات برق و مکانیک ساختمان باید جمع آوری و مجدداً اجرا شود که اغلب تاسیسات قابل استفاده مجدد در ساختمن نمی باشد.
- نیاز به تجهیزات خاص برای اجرای عملیات بتن پاشی دارد.

۵-۲ روش استفاده از پشت بندهای بتنی

در این روش در محل تقاطع دیوارهای طولی و عرضی و همچنین محل شناژهای قائم که به طور معمول به صورت متقارن و منظم در ساختمان وجود دارند، یک پشت بند بتن آرمی تعبیه می شود. ضخامت این پشت بند ها به طور معمول بین ۳۵ تا ۵۰ سانتیمتر قرار می دهند. عمده مزایا و معایب این روش به صورت زیر است[۱۰]:

مزایا:

- عدم نیاز به تخریب و اجرای مجدد نازک کاری در داخل ساختمان.
- امکان بهرهبرداری از ساختمان حین اجرای عملیات بهسازی.
- توزیع سختی در ساختمان و عدم نیاز به تقویت های خاص دیافراگم .
- عدم تغییر در معماری داخلی ساختمان.

Archive of SID

www.SID.ir

- ایجاد معماری هماهنگ در نمای ساختمان با آرایش مناسب پشت بندها.

معایب:

- نیاز به اجرای فونداسیون جدید.
- اشغال فضای اطراف ساختمان و تغییر در نمای ساختمان.
- جذب نیروی قابل توجه به دلیل سختی زیاد و رفتار طره ای و نیاز به اجرای شمع زیر فونداسیون در پشت بندهای بتنی.
- نیاز به فضای باز در اطراف ساختمان جهت اجرای عملیات بهسازی.

۵-۳ روش استفاده از الیاف پلیمری

در این روش مشابه روش ٦-١ نازک کاری دیوارها بر داشته شده و به جای شبکه فولادی از شبکه الیاف پلیمری استفاده می گردد. بنابراین مزایا و معایب این روش نیز مشابه با روش ٦-١ می باشد و تنها تفاوت، هزینه بیشتر به دلیل وجود شبکه پلیمری به جای شبکه فولادی است ولی سهولت و سرعت اجرا در این روش زیاد است[۱۰].

۶- افزایش مقاومت بناهای خشتی در مقابل زلزله

به علت در دسترس بودن و ارزان تر بودن خشت، ساخت بناهای خشتی در نواحی گرم و خشک به خصوص در مناطقی که دارای ریسک بالای زلزله و قدرت اقتصادی کم هستند ادامه پیدا خواهد کرد. به طور کلی شیوه های تقویت بناهای خشتی در مقابل زلزله را می توان به صورت زیر بیان کرد[۲] :

۶-۱ فرم سازه

تجربه نشان داده که شکل هندسی یک ساختمان مهمترین عامل در پایداری آن در مقابل زمین لرزه با حرکات شدید است نمونه های متعددی از انهدام یا خسارات عمده در ساختمانها وجود دارد که ناشی از عدم رعایت اصول شکل هندسی در طراحی سازه ها و ساختمانها باشد. این امر در ساختمانهای خشتی بسیار حائز اهمیت می باشد از اینرو در طرح و اجرای ساختمانهای مناطق زلزله خیز بایستی سعی نمود حد الامکان پلان ساختمان به شکل ساده و متقارن در دو امتداد عمود بر هم و بدون پیش آمدگی و پس رفتگی زیاد بوده و از ایجاد تغییرات نا متقارن پلان در ارتفاع نیز احتراز نمود. در صورت نامتقارن بودن ساختمان یا وجود پیش آمدگی و پس رفتگی بیش از حد باید با ایجاد درز انقطاع ساختمان را به قطعات مناسب تر تقسیم نمود.

۶-۲ یکپارچگی و انسجام سازه

کلیه عناصر باربر ساختمان بایستی بنحو مناسبی بهم پیوسته باشند تا در هنگام زلزله عناصر مختلف از یکدیگر جدا نشده و ساختمان بطور یکپارچه عمل کند. در این راستا در ساختمانهای خشتی علاوه بر کلاف بندی ساختمان با مصالح مناسب و تامین یکپارچگی دیوارها بایستی سقف نیز با مصالح مناسب و بنحوی ساخته شود که در برابر نیروهای زلزله اولا از تکیه گاه خود جدا نشود. ثانیا انسجام و استحکام خود را حفظ نماید.

۶-۳ توسعه تکنولوژی های ساختمان

استحکام بخشی بناهای موجود با استفاده از مصالح تقویتی مختلفی آزمایش شده است، که از آن جمله می توان به آرماتورهای افقی و عمودی، تخته های چوبی، مش های به هم متصل شده و غیره نام برد. در زلزله ای که در سال ۲۰۰۱ در پرو رخ داد، ساختمانهای خشتی که با شبکه مش تقویت شده بودند در هنگام زلزله هیچ گونه صدمه و خسارتی ندیدند. در صورتی که قسمتهای صدمه دیده به علت عدم تقویت آن از استحکام کافی برخوردار نبوده و از چندین ناحیه فرو ریختند[۱۱و ۲۱] .

٦-٤ استفاده از آرماتورهای افقی و عمودی

آرماتورها می توانند قابلیت انبساط و شکل پذیری را در مصالح ایجاد کنند که این آرماتورها عبارتند از: بامبو، نی، نیشکر، درخت مو، الوارهای چوبی، مفتول ها، سیم خاردار و یا میله های فلزی. آرماتور عمودی به اتصال دیوارها به پی و کلاف ها کمک می کنند و نیروهای خمشی و برشی را مهار می کنند. آرماتورهای افقی به

Archive of SID
www.SID.ir

انتقال نیروهای خمشی و برشی در دیوارهای متقاطع به دیوارهای برشی کمک کرده و به علاوه باعث جلوگیری از تنش های برشی بین دیوارهای مجاور و گسترش ترک عمودی می شوند[٦و٥و٣].

آرماتورهای افقی و عمودی باید به همدیگر و دیگر عناصر سازه ای (پی، خاموت، سقف) متصل باشند. این الصاقات را به وجود می آورد که عملکرد منسجع تری را بدنبال دارد.

در ساختن ابنیه خشتی معمولا خشت های گلی به همراه مصالح دیگری به کار می روند تا به این ترتیب نقاط ضعف این مصالح بر طرف شود. از جمله این مواد و مصالح می توان به موارد زیر اشاره کرد[٣و١]:

چوب: این ماده به منظور افزایش مقاومت کششی و خمشی در انبیه خشتی به کار می رود.

حصیر: افزودن حصیرهایی که از برگ درخت خرما ساخته شده اند توزیع یکواخت تنش های فشاری در سازه های سنگین می شوند.

نکته قابل ذکر در انتخاب جنس کلاف ها آن است که اساساً خشت قابلیت اتصال خوبی به فولاد یا بتن را ندارد و به همین دلیل استفاده از کلافهای بتنی یا فولادی و آرماتور برای اتصال اندامهای تزیینی هنگام زلزله آسیب های مخربی را بر بنا باقی خواهد گذاشت.

۶-۵ کیفیت ساخت بلوک های خشتی

از فاکتور های کلیدی که در کیفیت ساخت بلوک های خشتی تاثیری دو چندان دارد می توان به خصوصیات مواد ترکیبی اشاره نمود که تاثیرات بسیار زیادی را در استحکام بناهای خشتی دارند که از آن جمله می توان به خاک رس و مواد افزودنی اشاره نمود:

خاک رس : به عنوان یک ماده اصلی ساخت خشت به شمار می رود که هم استحکام آن را فراهم می کند و هم نقش مواد پرکننده را ایفا می کند و همچنین به منظور کاهش ترکها به کار می رود. خاک رس چون در ترکیب با آب آن را جذب می کند تا سیراب شود و پس از آن در سطح های بیرونی خود شروع به خشک شدن می کند در نتیجه میزان آب موجود در خشت تغییر می کند و این امر، دو نوع دگرگونی را در پی دارد[١]:

- مقاومت آن در برابر پدیده های بیرونی
- میزان انرژی ذخیره در آن

مواد افزودنی : خاک رس مرغوب با کاه و خرده سنگ تهیه می شود. وجود کاه باعث اتصال دانه های خاک به یکدیگر شده و خرده سنگ مقاومت فشاری خشت را زیاد می کند تا خشت در زیر بارهای فشاری بنا، تاب فشاری بیشتری را تحمل کند. در واقع همانند بتن آرماتور دانه های رس و ماسه را به هم نگه می دارد و مانع از ترک خوردن آن ها می شود. : شن درشت هم در ترکیب با خاک رس، ترکهای کوچک ملات که ناشی از منقبض شدن آن در هنگام خشک شدن است را کنترل می کند. گاهی اوقات برای مقاوم کردن خشت به آن گرد آهک هم اضافه می کنند.

۶-۶ استفاده از دیوارهای پشت بند و کلاف

در بناهای خشتی ساختن دیوار پشت بند امری است معمول که اجرای آن به صورت قائم و یا مورب انجام می گردد. ساختن این دیواره ها به صورت رج به رج انجام می شود تا پیوند و اصطلاحاً ((قفل و بست)) در اسکلت بنا به وجود آید.

دیواره های پشت بند معمولاً در محل تقاطع دیوار و به شکل بعلاوه ساخته می شوند که بنا را از هر طرف مقاوم ساخته و سبب افزایش مقاومت در مقابل نیروی رانش و زلزله خواهد شد.

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[٧و٦و١].

۷- رفتار و خصوصیات سقف ها

نوع و چگونگی ساخت سقف ها در ساختمان بسیار حائز اهمیت است، به دلیل سقف های سنگین این گونه ساختمان ها در پی آن افزایش شتاب زلزله باعث تخریب ساختمان می شود و یا عدم انسجام کافی بین سقف و دیوار باعث ریزش سقف در حین زلزله می شود.

سقف‌های ساختمان که تحمل کننده بارهای ثقلی می‌باشند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای افقی

Archive of SID

www.SID.ir

زلزله را به عناصر قائم باربر جانبی (دیوارهای بنایی) بر عهده دارند. این سقف‌ها باید همانند یک دیافراگم صلب عمل نموده و در برابر تغییر شکل‌های افقی ایجاد شده در میان صفحه خود دارای مقاومت و سختی کافی باشند. همچنین باید سقف‌ها برای تلاش‌های برشی و خمشی ایجاد شده در میان صفحه خود زیر اثر بارهای جانبی زلزله طراحی گردند. اگر اصول فوق در طراحی سقف رعایت گردد، در آن صورت می‌توان سقف ساختمان را یک دیافراگم صلب فرض نمود و در این حالت توزیع نیروی برشی طبقه، بین عناصر قائم مقاوم در برابر زلزله به نسبت سختی آنها صورت می‌گیرد در غیر این صورت سقف ساختمان یک دیافراگم انعطاف پذیر بوده و توزیع نیروی برشی بین عناصر قائم در برابر زلزله با توجه به تغییر شکل‌های ایجاد شده در آن محاسبه می‌شود.

در دیافراگم هایی که دارای پلان نسبتاً منظم بوده و فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک به هم باشند، می‌توان دیافراگم را به صورت یک تیر تیغه‌ای (تیر ورق) در نظر گرفت که بر روی تکیه گاه هایی که همان اجزا قائم باربر جانبی می‌باشند (دیوارهای آجری) واقع شده است. جان این تیر ورق صفحه افقی دیافراگم و بال‌های آن اجزاء لبه‌ای دیافراگم می‌باشند. باید توجه داشت که در محاسبه تغییر شکل‌های این تیر ورق عمیق، علاوه بر اثر تغییر شکل‌های خمشی، اثر تغییر شکل‌های برشی نیز در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه تغییر شکل‌های دیافراگم، نیروی وارده بر دیافراگم در هر طبقه بر اساس آیین نامه زلزله ایران از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۱] :

$$F_i = \frac{W_i}{\sum_{j=i}^{n} W_i} \times V_i \qquad (۱)$$

در این رابطه F_i نیروی جانبی زلزله وارد بر دیافراگم در تراز i، V_i برش زلزله در طبقه i (جمع نیروی زلزله در تراز مورد نظر و ترازهای بالاتر از آن)، W_i وزن دیافراگم و اجزاء متصل بر آن در طبقه i ، $\sum W_j$ جمع وزن دیافراگم‌ها در تراز مورد نظر و ترازهای بالاتر از آن می‌باشد. اگر حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در دیافراگم زیر اثر نیروی جانبی موثر بر آن کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم را صلب فرض نموده و در غیر این صورت دیافراگم انعطاف پذیر می‌باشد.

سقف‌های سنتی ساخته شده از چوب با پوشش کاهگل اندود یا ساخته شده از تیر آهن همراه با طاق آجری (طاق ضربی) بدلیل نداشتن انسجام و سختی کافی معمولاً شرایط ایجاد یک دیافراگم صلب را ارضا ننموده و به صورت انعطاف پذیر می‌باشند در این حالت نیروی جانبی زلزله به نسبت سختی بین دیوارهای برشی آجری تقسیم نمی گردد و سهم هر دیوار با توجه به تغییر شکل‌های دیافراگم بدست می‌آید. در ساختمان‌های بنایی یک طبقه با دیوارهای آجری طویل سختی دیوارها زیاد بوده و آنها را می‌توان به عنوان تکیه گاه‌های صلب جهت دیافراگم فرض نمود در این صورت دیافراگم به صورت یک تیر عمیق ممتد که از روی چند تکیه گاه صلب عبور می‌نماید مدل می‌گردد، در این حالت می‌توان با تقریب نسبتاً مناسبی، عکس العمل‌های تکیه گاهی را از روی سطح بارگیر هر تکیه گاه (نصف دهانه از هر طرف) بدست آورد[۲و۱۱].

۷-۱ راهکارهای عملی بهسازی سقف‌های سنتی

در این قسمت راهکارهای عملی بهسازی و تقویت سقف‌های چوبی و طاق ضربی ارائه گردیده است که با بکار گیری آنها می‌توان بطور نسبی مقاومت و سختی سقف‌ها را افزایش داده و صلبیت آنها را در مقابل نیروی جانبی زلزله بالا برد. بهسازی سقف‌ها به طور کلی با در نظر گرفتن اصول اصلی زیر صورت می‌گیرد[۲] :

۱. کاهش وزن سقف و حذف اجسام سنگین از روی سقف.
۲. افزایش انسجام و یکپارچگی و صلبیت سقف.
۳. حذف بازشوهای بزرگ و تقویت اطراف بازشوها.
٤. اتصال مناسب سقف به دیوار و افزایش طول تکیه گاهی تیرها.

با توجه به اصول کلی فوق راهکارهای عملی بهسازی سقف‌ها را می‌توان بطور خلاصه مطابق زیر بیان نمود.

۷-۱-۱ سقف‌های چوبی

الف) کاهش وزن سقف: در این سقف‌ها برای آب بندی کردن سقف از اندود کاهگل با ضخامت نسبتاً زیاد استفاده می‌شود و معمولاً برای عایق کاری مجدد، بر

Archive of SID
www.SID.ir

روی لایه‌های قبلی یک لایه جدید کاهگل اجرا می‌گردد که باعث افزایش وزن سقف می‌گردد. برای کاهش وزن سقف می‌توان یکی از راهکارهای زیر را استفاده نمود[۲].

– ابتدا خاک و کاهگل روی سقف حذف گردیده و پس از اجرای یک صفحه چوبی بر روی تیرهای اصلی سقف، بر روی سطح صاف ایجاد شده از یک لایه ایزوگام یا مشمایی پلاستیکی جهت عایق کاری و آب بندی استفاده گردد و سپس توسط یک لایه نازک کاهگل شیب بندی و حفاظت از ایزوگام صورت گیرد.

– مطابق بند بالا پس از حذف خاک روی سقف و اجرای تخته بر روی تیرها می‌توان از سطح ایجاد شده بعنوان قالب بندی استفاده نمود و بر روی آن یک لایه نازک بتن مسلح در (حدود ۵ سانتیمتر) که به دیوارها نیز اتصال می‌یابد اجرا نمود که این بتن علاوه بر افزایش صلبیت سقف نقش آب بندی را نیز داشته و بر روی آن امکان اجرای ایزوگام نیز وجود دارد.

ب) افزایش انسجام، یکپارچگی و صلبیت سقف: سقف‌های چوبی اصولاً از نوع دیافراگم‌های انعطاف پذیر بوده و دارای انسجام کافی نیستند اما در هر صورت برای افزایش انسجام و صلبیت سقف می‌توان یکی از راهکارهای زیر را استفاده نمود:

– روی تیر چوبی سقف، تخته هایی با ضخامت حداقل یک سانتیمتر به صورت کاملاً به هم چسبیده در یک لایه یا دو لایه عمود بر هم اجرا نبود، در صورت نیاز می‌توان در وجه پایین سقف و در زیر تیرهای چوبی نیز این کار را انجام داد.

توسط تخته الوارهای بلند به عرض حداقل ۱۰ سانتیمتر و ضخامت ۲ تا ۳ سانتیمتر ابتدا و انتهای تیر چوبی در زیر و روی سقف به هم متصل گردند و علاوه بر آن تخته‌های دیگری به صورت ضربدری (از یک گوشه سقف به گوشه مقابل) از زیر و رو تیرها را به هم متصل نماید.

– اجرای دال بتن مسلح بر روی تیرهای چوبی پس از حذف خاک و کاهگل موجود و ایجاد اتصال مناسب بین دیوارهای آجری و دال بتنی جدید که در این حالت سقف چوبی موجود نقش قالب را برای دال بتن بازی می‌کند و باربری و صلبیت اصلی مربوطه به دال بتنی جدید می‌باشد.

ج) حذف بازشوهای بزرگ و تقویت اطراف بازشوها: وجود بازشوهای بزرگ و نزدیک به هم باعث کاهش شدید صلبیت سقف می‌گردد و انسجام و یکپارچگی سقف را از بین می‌برد و همچنین وجود بازشوهای بزرگ در مجاورت دیوارهای سازه‌ای باعث می‌گردد که انتقال بارها از دیافراگم سقف به دیوارها به خوبی انجام نشود. بنابراین باید بازشوهای اضافی حذف گردیده و از ایجاد بازشوهای نزدیک به هم خودداری نمود و اطراف بازشوهای موجود را توسط تیرهای چوبی اضافی تقویت کرد[۱۱] .

د) اتصال مناسب سقف به دیوار و افزایش طول تکیه گاهی تیرها: یکی از علل خرابی سقف ها، نداشتن طول تکیه گاهی کافی یا عدم اتصال مناسب سقف به دیوارها می‌باشد که باعث سقوط سقف از روی دیوار می‌گردد. با اعمال راهکارهای زیر می‌توان این مسئله را تا مقدار زیادی حل نمود[۱۱] :

– تیرهای اصلی سقف در امتداد طول دیوار به یک تکیه گاه چوبی یکسره متصل گردند و در روی دیوارها نیز به وسیله چهارچوب چوبی افقی مهار گردند.

– تیرهای اصلی سقف در تمام ضخامت دیوار دارای تکیه گاه بوده و حتی الامکان با طولی معادل حداقل ۳۰ سانتیمتر و حداکثر ۶۰ سانتیمتر به صورت طره از روی دیوار ادامه یابند.

– اتصال سقف چوبی به دیوارها توسط مهارهای فولادی صورت می‌گیرد. در این حالت تیرهای اصلی سقف به تسمه‌های فولادی میخ یا پیچ می‌گردند و این تسمه‌ها پس از عبور از ضخامت دیوار در پشت دیوار توسط پیچ به صفحات فلزی دیگری مهار می‌شوند.

– اتصال تیرهای سقف به دیوار توسط پروفیل‌های ناودانی صورت می‌گیرد. در این حالت از سمت داخل و خارج دیوار دو عدد پروفیل ناودانی دقیقاً در زیر تراز سقف و چسبیده به دیوار اجرا می‌گردند این دو پروفیل که در دو طرف دیوار قرار دارند در فواصل مناسب به هم چسبیده به دیوار اجرا می‌گردند این دو پروفیل که در دو

Archive of SID
www.SID.ir

طرف دیوار قرار دارند در فواصل مناسب به هم پیچ می‌شوند و از بالا نیز به تیرهای چوبی سقف توسط طوقه‌های فلزی و پیچ متصل می‌گردند. در این حالت ناودانی‌ها نقش کلاف افقی روی دیوار را بازی می‌کنند.

۲-۱-۷ سقف‌های طاق ضربی

الف) کاهش سربار سقف: در این نوع سقف به دلیل قوس دار بودن طاق آجری معمولاً مصالح زیادی بر روی سقف جهت کف سازی و مسطح کردن آن بکار می‌رود که در ساختمان‌های سنتی معمولاً خاک، آجر، ماسه یا مصالح سنگین دیگر جهت این کار استفاده می‌گردند که حد این مصالح و جایگزینی مصالح سبک نظیر پوکه صنعتی یا معدنی و یا فوم بتن می‌توان وزن کف را کاهش داد. همچنین در طبقه بام با جایگزینی مصالح سنتی شیب بندی با مصالح سبک و با حذف قیر گونی و آسفالت و جایگزینی آن توسط ایزوگام می‌توان وزن بام را کاهش داد[۱۳] .

ب) افزایش انسجام سقف: انسجام و صلبیت سقف‌های طاق ضربی بیش از سقف‌های چوبی می‌باشد اما باز نمی توان آنها را به عنوان یک دیافراگم کاملاً صلب فرض نمود. جهت افزایش یکپارچگی و صلبیت سقف‌های طاق ضربی می‌توان راهکارهای زیر استفاده نمود[۱۱] :

– تیر آهن‌های اصلی سقف در فواصل حداکثر ۲ متری توسط تیر آهن‌های عرضی عمود بر تیرهای اصلی به یکدیگر متصل شوند.

– تیر آهن‌ها توسط میلگرد یا تسمه فولادی بصورت ضربدری به یکدیگر بسته شوند. تیر آهن انتهایی سقف توسط تسمه یا میلگرد به تیر آهن کناری خود مهار گردد.

– برای افزایش صلبیت سقف می‌توان روی سقف طاق ضربی بتن مسلح به ضخامت حداقل ۵ سانتیمتر اجرا نمود در این حالت بهتر است تیر آهن‌های سقف نیز توسط اتصال برشی مناسب به بتن جدید متصل گردند.

– می توان برای مهار کردن برش ناشی از قوس‌های طاق ضربی در زیر سقف در فواصل یک چهارم دهانه از یک عدد میلگرد یا تسمه پیوسته استفاده نمود که این تسمه به زیر کلیه تیر آهن‌ها جوش خورده و پس از عبور از دیوار تکیه گاهی در پشت دیوار توسط یک صفحه انتهایی مهار می‌گردد.

ج) اتصال مناسب سقف به دیوار : با راهکارهای زیر در سقف‌های طاق ضربی می‌توان اتصال سقف به دیوار را تامین نمود:

– در صورت موجود بودن کلاف افقی در روی دیوارها، تیر آهن به نحو مناسب به کلاف متصل گردند. طول تکیه گاهی تیر آهن‌های سقف حداقل معادل ارتفاع تیر یا ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

– در دیوارهای فاقد کلاف فوقانی با استفاده از پروفیل ناودانی در بالا و پایین تیرهای طاق ضربی و چسبیده به دیوار تکیه گاهی، کلاف افقی در تراز سقف اجرا می‌گردد که این ناودانی‌ها به تیر آهن سقف جوش یا پیچ شده و از طریق پیچ‌های بلند در فواصل مناسب به دیوارها نیز مهار می‌گردند. می‌توان به جای پروفیل ناودانی از پروفیل نبشی نیز استفاده نمود.

۸- بهسازی و مقاوم سازی سازه های تاریخی با FRP

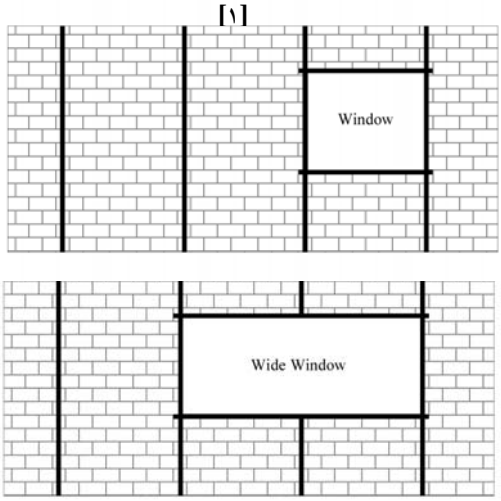
مواد جدید مانند FRP برای مواردی که کمبود استحکام در بناهای تاریخی وجود دارد مناسب ترند. مصالح FRP بسته به نوع الیاف مورد استفاده در آن بسیار گران می باشند و تنها برای سازه های تاریخی و ساختمان های با ارزش فرهنگی زیاد کاربرد دارند زیرا این مصالح فرم و هندسه ساختمان را تغییر نمی دهند و کمترین اثر را بر زیبایی سازه های تاریخی دارند و استحکام کل سازه را افزایش می دهند. [۱۲]

این مواد به خصوص برای مقاوم سازی لرزه ای کاربرد دارند زیرا به اعضای اضافه شدن مقدار ناچیزی جرم، مقاومت و سختی سازه به مقدار زیادی افزایش می یابد. لذا پوشش کامل دیوارهای بناهای خشتی و گلی توسط FRP، قرار دادن نوارهای FRP در طول محیط بازشوهای پنجره ها و همچنین متناوباً به شکل عمودی در طول دیوار است که می تواند سودمند واقع شود. این روش برای بهبود رفتار خارج از صفحه تست شده است که مقاومت و

Archive of SID
www.SID.ir

شکل پذیری تا ۵ برابر افزایش داده است. هدف از این نوع مقاوم سازی این است که نوارها از تمرکز تنش در گوشه های پنجره که باعث تولید ترک می باشد جلوگیری کند و همچنین رفتار را از یک المان میان دو تکیه گاه جانبی به چند المان میان تکیه گاهی قائم تغییر می دهد. مهار سازی در شکل ۱ نشان داده شده است[۱].

شکل (۱) – نمونه ای از مقاوم سازی دیوارهای بنایی در محل بازشو [۱]



۹- تعیین تنش های مجاز

یکی از قسمت های مهم در ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های آجری، تعیین میزان تنش های مجاز برای کار طراحی و تعیین مقاومت موجود برای ارزیابی لرزه ای سازه موجود می باشد[۸].

۹-۱ تنش مجاز فشاری

با توجه به بند ((پ ٤-۱-۱)) استاندارد ۵۱۹ تنش مجاز فشاری در دیوارهای بار بر آجری، بر حسب نوع ملات مصرفی برابر با کسری از مقاومت فشاری آجر در نظر گرفته می شود[۲و۸]:

$$f_{cb} = mf'_{cb} \qquad (۲)$$

که در آن f_{cb} = تنش مجاز فشاری در دیوار، f'_{cb} = حداقل مقاومت فشاری آجر، m = ضریب وابسته به ملات، از جدول (پ ٤-۱) استاندارد ۵۱۹ برابر. به عنوان مثال برای حالتی که مقاومت فشاری آجر برابر ۸۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد و با فرض m =۰/۱۲ که متناظر برای نسبت ارتفاع به ضخامت مساوی ۹ می باشد، آنگاه مقاومت فشاری برابر ۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بدست می آید.

۹-۲ تنش مجاز کششی (ناشی از خمش)

مطابق ضوابط بند ((٤-۱٤-۲)) از پیش نویس در مواردی که تنش کششی به بند های افقی عمود باشد، این تنش نباید از ۰/۷۵ Kg/cm^2 تجاوز نماید و مواردی که تنش کششی، عمود بر بندهای قائم باشد این تنش نباید از ۱/۵ Kg/cm^2 تجاوز نماید. مقادیر فوق به عنوان حداقل مقاومت در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته اند. همچنین مطابق بند ((۷-٦-۱-۳-۳)) دستور العمل بهسازی، برای تعیین مقاومت کششی می توان از تبصره ((۱)) بند ((۲-٦)) استاندارد ۲۸۰۰ استفاده کرد که در آنجا می توان مقاومت کششی را ۱۵ درصد مقاومت فشاری استاندارد ۵۱۹ در نظر گرفت. بدین ترتیب مقاومت کششی برای حالتی که مقاومت فشاری برابر ۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد، برابر است با[۲و۸]:

$$\text{مقاومت کششی} = \tau_t = 0.15 \times 10 = 1.5 \, kg/cm^2 \qquad (۳)$$

۹-۳ تنش مجاز برشی

تنش برشی مجاز بستگی به مقاومت و درجه بندی آجر ندارد، بلکه وابسته به خصوصیات ملات است. با توجه به حداقل ملات مورد انتظار و ضوابط بند(٤-۱۵-۱) پیش نویس، میزان تنش برشی مجاز به صورت زیر می باشد[۸]:

$$V_a = 0.3 + 0.1\sigma_D \qquad (٤)$$

σ_D تنش فشاری قائم، ناشی از بارهای مرده (در ارتفاع مورد نظر از دیوار) می باشد. برای محاسبه σ_D کل بار مرده را بر سطح مقطع دیوارهای باربر تقسیم می نماییم. با دقت در جدول ((۱-۷)) از پیش استاندارد FEMA-336 می توان دریافت که مقادیر تنش های مجاز از رابطه فوق با توجه به شرایط اجرایی در کشور ایران، مناسب می باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

۹- ٤ مدول الاستیسیته

مقدار مدول الاستیسیته بر اساس توصیه پیش استاندارد FEMA-356 از رابطه زیر به دست می آید[۸].

$$E_m = 550 f_{cb} \qquad (۵)$$

با فرض $f_{cb} = 10^{kg/cm^2}$ آنگاه مقدار مدول الاستیسیته برابر است با :

$$E_m = 550 \times 10 = 5500^{kg/cm^2} \qquad (٦)$$

۹-۵ نیروی برشی ساختمان

بر اساس ضابطه بند ((۷-٦-۱-۲-۲)) دستور العمل بهسازی، برش پایه ساختمان V در هر یک از امتدادهای اصلی ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد[۲و۸]:

$$V = 0.33AIW \qquad (۷)$$

که در آن V برابر نیروی برش پایه، A برابر شتاب مبنای طرح، I برابر ضریب اهمیت ساختمان و W برابر مجموع بار مرده و ۲۰ درصد بار زنده می باشد.

۱۰- نتیجه

کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای زلزله خیز جهان در طی سالیان گذشته همواره در معرض زلزله‌های ویران کننده قرار داشته است. شرایط طبیعی زمین ساختاری ایران از نقطه نظر استعداد وقوع زلزله‌های مخرب ایجاب می‌کند که مسئله مصون سازی جامعه از هر لحاظ در مقابل آثار زلزله به طور جدی در دستور کار قرار گیرد و به ویژه استانداردهای ساختمان سازی مقاوم در مقابل زلزله به طور جدی رعایت گردیده و اجرا گردد. طراحی نا مناسب، عدم توجه کافی به اصول و ضوابط اجرایی و تعمیر و نگهداری، عدم استفاده ار مصالح مناسب و کافی، آسیب پذیری ساختمان‌ها را افزایش داده است و از طرفی از عمر مفید آنها کاسته است در مقاله حاضر با بررسی‌های انجام شده نقاط ضعف اجرای دیوارها و در ساختمانهای آجری و خشتی، عدم استفاده از مصالح مناسب، نقاط ضعف سقف‌های ساختمان‌های بنایی و خشتی و پیروی نکردن از آیین نامه ایران در مورد ساختمان‌های بنایی و تاثیر منفی آنها هنگام بروز زلزله به عنوان علل اصلی تخریب این نوع سازه شده است و افزایش انسجام کل سازه به کارگیری روش‌های چون اتکاء بیشتر سقف‌ها به دیوارها و توزیع مناسب سختی و مقاومت در پلان و ارتفاع به عنوان روش‌های افزایش مقاومت این نوع سازه‌ها پیشنهاد شده است.

۱۱- مراجع

[۱] میر گذار لنگرودی، میر علیمحمد; میر گذار لنگرودی، سیده صدیقه; کنف گورابی، اکبر رجبی;"**مقاوم ساز ساختمان های خشتی و گلی در مقابل زلزله**"، همایش ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷.

[۲] طایفی نصرآبادی، عباسعلی; رشیدی مهرآبادی، محمد حسین; "**مقاوم سازی سازه های بنایی در مقابل زلزله**"، همایش ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷.

[۳] مهرنهاد، حمید; اژدر، سوسن; "**بررسی آسیب پذیری ساختمان های بنایی بافت های فرسوده شهری در مقابل زلزله**"، همایش ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷.

[٤] نیک منش، م. ر; "**مقاوم سازی لرزه‌ای دیوار حمال (باربر) در ساختمان‌های بنایی**"، اولین همایش بین المللی مقاوم سازی لرزه ای، ۱۳۸۵.

[۵] فروغی، محمد; "**مقاوم سازی ساختمان های خشتی موجود و یا نوسازی این گونه ساختمان ها**"، همایش ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷.

[٦] شاه محمدی، پریسا، "**مقاوم سازی بناهای خشتی در مقابل زلزله**"، نخستین همایش ملی استحکام بخشی ساختمان های بنایی غیر مسلح و بناهای تاریخی، شیراز، شهرداری شیراز، ۱۳۸٤.

[۷] تابش پور، م.ر; فرهنگ فر، ح.; "**مقاوم سازی لرزه ای سازه های بنایی خشتی**"، اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، یزد، دانشگاه یزد، ۱۳۸۵.

[۸] تابش‌پور، م.ر; "**روشهای کلی مقاوم سازی ساختمان‌های آجری غیر مسلح**"، اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت

Archive of SID

www.SID.ir

تاریخی، یزد، دانشگاه یزد، ۱۳۸۵.

[۹] تابش پور،م; گل افشانی، ع . ا; **"نکاتی مهم در آسیب پذیری لرزه ای سازه های آجری"**، دومین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، اردیبهشت ۱۳۸٤.

[۱۰] ستار شیخی، غلامرضا; بخشی، حشمت اله; یزدی نژاد، محمد مهدی; **"روشی برای بهسازی لرزه ای ساختمان های مصالح بنایی"**، همایش ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷.

[۱۱] هادیان‌فرد، م.ع; **"بررسی و رفتار سقف‌های سنتی در ساختمان‌های بنایی و ارائه روش‌های عملی بهسازی لرزه ای"**، اولین کنفرانس ملی بهسازی و مقاوم سازی ایران.

[۱۲] شیخ، عباس; **" بررسی استفاده از پلیمرهای تقویت شده با الیاف در مقاوم سازی ساختمان های بنایی غیر مسلح و بناهای تاریخی"**، نخستین همایش ملی استحکام بخشی ساختمان های بنایی غیر مسلح و بناهای تاریخی، شهرداری شیراز، شیراز، ۱۳۸٤.

[۱۳] Jagadish, K.S.; Raghunath, S.; Nanjunda Rao, K. S; *" Behavior of masonry structures during the Bhuj earthquake of January 2001"* Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci.), No.3, pp.431-440, September (2003).

Archive of SID

www.SID.ir