

رفتار ساختمانهای بنایی در مقابل زلزله و روشهای تقویت آنها

احسان ثابت، مجتبی جاوید کارشناسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خج لارستان

× احسان نبوتی، کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه آزاد واحد شوشتر

×× دانیال ثابت دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

همراه: ۰۹۱۷۷۱۳۵۲۰۳ Ehsansabet60@yahoo.com

چکیده:

رفتار ساختمان های ساخته شده با مصالح بنایی در مقابله با نیروهای جانبی و چگونگی تقویت آنها در این مقاله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. علت شکست و گسیختگی این ساختمانها عمدتاً به دلیل ناکافی بودن شکل پذیری آنها می باشد و خرابی معمولاً به دلیل برش است انواع دیوارهای آجری و نحوه گسیختگی آنها در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و نکاتی که در زمان ساخت دیوارهای آجری غیر مسلح باید رعایت شود بیان گردیده و در خاتمه روشهایی برای تقویت و تسلیح ساختمانهای بنایی بصورت اجمال بیان شده است.

واژگان کلیدی: بنایی، گسیختگی، شکل پذیری، تقویت

۱-مقدمه:

ساختمان سازی با مصالح بنایی نظیر آجر یا خشت تا آغاز قرن بیستم که مصالح ساختمانی جدید مانند بتن مسلح و فولاد جای آنها را گرفت، برای ساختمانهای با ارتفاع کم تا متوسط رواج بسیار داشت. با توجه به اینکه این ساختمانها حتی در زمان وقوع زمین لرزههایی متوسط خسارتهای فراوان می دیدند لذا نامناسب بودن مصالح بنایی جهت استفاده در ساخت ساختمان بر همگان آشکار شد. امروزه آیین نامه های ساختمانی بسیاری از کشورها ساخت بنا با مصالح بنایی را ممنوع کرده اند و یا حداقل تعداد طبقات این چنین ساختمانها را به دو طبقه محدود نموده اند که در حالت اخیر نیز مسلح نمودن دیوارهای آجری ساختمان با استفاده از تیر

یا ستون‌های بتنی که درون این دیوارها قرار می‌گیرد بصورت اکید توصیه شده است. معه‌ذا به دلایل اقتصادی، سهولت تولید و ساخت، خاصیت عایق بودن خوب و نما سازی همچنان کاربرد این مصالح در ساخت ساختمان رواج دارد. به دلیل وزن بسیار زیاد و همچنین به علت آنکه دیوارهای آجری اینگونه ساختمانها در صفحه خود بسیار سخت می‌باشند لذا نیرویی که در زمان وقوع زلزله به آنها انتقال می‌یابد بسیار بزرگ می‌باشد. هنگام اعمال نیروی جانبی به سبب تردی و شکنندگی مصالح مورد استفاده، سریعاً در دیوارهای این ساختمانها ترک‌های قطری (ضربدری) ظاهر شده که نتیجه آن کاهش مقاومت ساختمان و بدنبال آن نابودی کامل بنا نتیجه خواهد شد. با نگاهی به تاریخچه زلزله‌های کشور ایران مشخص شده است که خانه‌های روستایی که در معرض زلزله‌هایی با بزرگی ۵/۵ ریشتر یا بیشتر قرار گرفته‌اند. بصورت کلی یا عمده تخریب شده‌اند.

۲- انواع ساختمانهای آجری

ساختمانهای آجری که با مصالح فشاری و ملات ساخته می‌شوند را می‌توان به چهار گروه تقسیم نمود که عبارتند از ساختمانهای آجی غیر مسلح، نیمه مسلح، مسلح و مرکب.

۳- علت شکست دیوارهای آجری

مقاومت مصالح مورد استفاده در یک ساختمان در برابر زلزله بطور کلی در رابطه با موارد ذیل می‌باشد (۱):

(۱) خاصیت جذب انرژی و تغییر شکل پلاستیک زیاد.

(۲) نسبت مقاومت به وزن.

(۳) همگن بودن.

۴) مقاومت یکسان (و البته زیاد)، حداقل در دو جهت عمود بر هم.

میزان جذب انرژی توسط مصالح در واقع شکل‌پذیری یا نرمی آنها را در مقابل با نیروهای اعمالی نشان می‌دهد. حال اگر سازه‌ای بخواهد در برابر نیروهای زلزله بصورت ارتجاعی عمل کند می‌بایست نیروهای افقی بسیار بزرگی را تحمل کند و اگر مقاومت آن کمتر از این حد باشد. ناگزیر وارد ناحیه غیر ارتجاعی خواهد گردید. حال اگر مصالح سازه (با فرض اتصالات مناسب اعضا) از شکل‌پذیری کافی برخوردار باشد، سازه می‌تواند تغییر شکل‌های تحمیل شده از سوی زلزله را تحمل کرده و پایدار بماند و اگر ساختمان فاقد شکل‌پذیری لازم باشد، در اثر جابجایی و تغییر شکل‌های ناشی از زلزله دچار ترک‌های عمیق و نهایتاً شکست و گسیختگی کامل خواهد شد. آجر از مصالحی می‌باشد که اولاً نسبت مقاومت به وزن اندکی دارد، و ثانیاً تقریباً هیچ نوع رفتار غیر ارتجاعی و خمیری از خود نشان نمی‌دهد و به همین دو دلیل مهم است که دیوارهای آجری در زمان وقوع زلزله بسیار سریع نابود می‌گردند. در کنار این دو موضوع، سختی زیاد و همچنین کیفیت نه چندان مناسب اجزا، از سایر علل عملکرد نامناسب ساختمان‌های آجری می‌باشند. سختی زیاد دیوارهای ساختمان‌های بنایی باعث می‌شود که این ساختمانها زمان تناوب کوچکی داشته و با توجه به پایین بودن زمان تناوب زلزله، احتمال پدیده تشدید در این ساختمانها در هنگام زلزله بسیار بالا است. از موارد اجرای نامناسب ساختمان‌های آجری می‌توان به شاغول نبودن دیوارها، جذب آب ملات توسط آجر (که پودر شدن ملات را در پی دارد)، روش نامناسب آجر چینی (که باعث از بین رفتن یکپارچگی دیوار می‌شود)، بی‌دقتی در پر کردن فضای بین آجرها و ترتیب نامناسب درزهای قائم اشاره کرد.

۴- نحوه خرابی دیوارهای آجری

دیوارهای آجری در صفحه خود بسیار سخت می‌باشند و لذا نیرویی که از زلزله به آنها انتقال می‌یابد بسیار زیاد می‌باشد. خرابی دیوارها معمولاً با ایجاد ترک آغاز شده و با گسترش و عریض‌تر شدن ترک‌ها، نابودی کامل دیوار که ناشی از خرابی دیوار در صفحه خود می‌باشد، صورت خواهد پذیرفت. ترک‌ها عموماً در نزدیکی بازشوها متمرکز بوده و اغلب از محل ملات‌ها ریشه می‌گیرند. اگر دیواری آجری تحت اثر نیروهای جانبی قرار بگیرد به علت تغییر مکان دیوار و رفتار شکننده آن، در پای دیوار ترک ایجاد شده و مقاومت دیوار به مقدار زیادی کاهش پیدا می‌کند و در نهایت در مقداری مشخص از تغییر مکان، مقاومت دیوار تقریباً صفر می‌گردد. حال اگر نیروی جانبی اعمال شده در این لحظه امکان انتقال به اعضای سازه‌ای دیگر را نداشته باشد گسیختگی دیوار بطور ناگهانی رخ خواهد داد. براساس مطالعات تحلیلی و نتایج حاصل از آزمایشهای گوناگون، گسیختگی در دیوارهای آجری بشدت وابسته به انرژی جذب شده توسط آن در زمان اعمال نیرو بوده و همچنین براساس ملاحظات جذب انرژی، نشان داده شده است که نیروی لازم برای خرابی یک دیوار بدلیل ناپایداری در صفحه دیوار بسیار زیاد می‌باشد و لذا خرابی دیوارها بجای ناپایداری آنها، اغلب بدلیل برش می‌باشد. اگر نیروهایی که بر دیوار اعمال می‌شود در راستای سطح دیوار و در امتداد طول آن باشند، به علت اینرسی زیاد دیوار در امتداد نیرو، دیوار مقاومت قابل توجهی از خود نشان می‌دهد. در چنین حالاتی اگر دیوار دچار گسیختگی گردد، علت آن می‌تواند به یکی از دلایل زیر و یا ترکیبی از آنها باشد:

۱) تشکیل ترکهای قطری مورب که از محل درزهای ملات گسترش می‌یابند. این ترکها به دلیل وجود

تنش‌های کششی در صفحه دیوار و در امتدادهای مایل می‌باشند.

۲) تشکیل ترکهای افقی در طول ملات به علت لغزش یا گسیختگی برسی افقی در صفحه دیوار.

۳) گسیختگی ناشی از تنش‌های کششی که در اثر خمش در دیوار بوجود آمده‌اند.

حال اگر نیروها عمود بر سطح دیوار اعمال شوند، دیوار تحت خمش قرار می‌گیرد و در آن ترک تشکیل می‌گردد. شکل و نحوه تشکیل ترکها در این حالت وابسته به نسبت ارتفاع دیوار به طول آن می‌باشد. اگر این نسبت کمتر از یک باشد ترکها حالتی افقی دارند و با افزایش این نسبت، شکلها ترکها ابتدا مورب شده و سپس بصورت قائم در دیوار ظاهر خواهند شد.

۵- طراحی و نحوه اجرای ساختمان‌های آجری غیر مسلح

استفاده از دیوارهای آجری غیرمسلح فقط در کشورهایی که لرزه خیزی پائینی دارند به رسمیت شناخته شده است. محاسبه نیروی نهایی که این دیوارها می‌توانند تحمل کنند با استفاده از روشهای انرژی معمولاً صورت می‌پذیرد. استفاده از ساختمانهای اجرای غیر مسلح در مناطق زلزله خیز توصیه نمی‌گردد. در صورت ساخت این چنین ساختمانها در مناطق زلزله خیز رعایت نکات ذیل به صورت اکید توصیه می‌گردد (۳):

- ۱) ملات مورد استفاده و آجرها با یکدیگر سازگاری داشته باشند، بطورمثال دیواری که از خشت‌های خام و ملات گل ساخته می‌شود از دیوار ساخته شده با سنگ و ملات گل قویتر می‌باشد. ملات مناسب برای دیوارهای آجری، ملات ساخته شده با یک حجم سیمان، یک حجم آهک و شش حجم ماسه است.
- ۲) ضخامت حداقل دیوارهای ساخته شده با خشت خام و آجر بترتیب ۴۰ و ۳۰ سانتیمتر و حداکثر نسبت ارتفاع آنها یا طول بدون اتکایشان به ضخامت بترتیب ۱۰ و ۲۰ می‌باشد.
- ۳) عرض کل بازشوها در دیوارهای خارجی از یک سوم طول کل دیوار بیشتر نباشد و مجموع سطح بازشوها در هر دیوار خارجی نباید از یک سوم سطح نمای دیوار بیشتر گردد.

۴) فاصله بین بازشوها بیش از ۷۵ سانتیمتر بوده و فاصله بین یک بازشو در یک دیوار با دیوار عمود بر آن و یا از گوشه ساختمان نباید از ۷۵ سانتیمتر کمتر باشد.

۵) فاصله بین بازشو در یک دیوار داخلی و دیوار مجاور آن باید از سه برابر ضخامت دیوار داخلی بیشتر باشد.

۶) از نقطه نظر فرم و شکل هندسی، مناسب است که ساختمانها مخروطی شکل یا استوانه‌ای، و با سقف‌های گنبدی باشند.

۷) دیوارهای خشتی و گلی با استفاده از حائل‌های دوزنقه‌ای باید تقویت شوند. حداقل عرض این حائرها در پایین ۵۰ سانتیمتر و در بالا ۲۰ سانتیمتر و طول آنها در پای دیوار حداقل برابر با نصف ارتفاع دیوار باشد.

۶- روشهای جلوگیری از گسیختگی دیوارهای آجری

با مسلح کردن دیوارهای آجری با میلگرد می‌توان از حالت‌های اصلی شکست آنها که بصورت خمشی یا برشی می‌باشد جلوگیری کرد. برای ممانعت از شکست خمشی دیوارهای برشی از میلگردهای قائم استفاده می‌شود. این میلگردها در کلاف زیرین دیوار مهار شده و در داخل شکافی در دیوار قرار گرفته و سپس این شکاف با ملات پر می‌شود. براساس ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران حداقل بعد شکاف در دیوار باید مساوی با، یا بزرگتر از ۶ برابر قطر میلگرد مورد استفاده باشد. به منظور مهار شکست برشی از میلگردهای افقی استفاده گردد. در این نوع شکست بخشی از دیوار بصورت افقی روی بخش دیگر دیوار حرکتی افقی خواهد داشت (۴). با استفاده از میلگردهای افقی، از این نوع حرکت ممانعت به عمل می‌آید و میلگردها در معرض نیروی کششی قرار می‌گیرند. روشی دیگر به منظور جلوگیری از شکست برشی استفاده از کلافهای افقی است که در میانه دیوار قرار داده می‌شوند. این کلافها تحت اثر ممان‌های خمشی واقع شده

و به منظور جلوگیری از شکست دیوار در برابر ممان‌های خمشی، بایستی مقاومت کافی داشته باشند. قطر معمول میلگردهای افقی ۱۰ یا ۱۲ میلیمتر است.

۷- نتیجه گیری

از جمله روشهای مقاوم سازی می‌توان بصورت اجمال به موارد ذیل اشاره کرد (۵):

۱) روکش بتن مسلح بصورت یک طرفه یا دو طرفه، در این روش شبکه‌هایی از آرماتور در یک طرف یا دو طرف دیوار آجری قرار داده می‌شود. و روی آنها یک لایه بتنی به ضخامت حدود ۴ سانتیمتر پاشیده می‌گردد.

۲) روکش بتنی همراه با تعبیه ستونهای باریک بتنی در داخل دیوار، در این روش جهت ایجاد ستون در داخل دیوار. شیارهای قائمی به ابعاد تقریبی ۱۰ سانتیمتر و به فواصل حدود ۲/۵ متر ایجاد می‌گردد که درون آنها میلگردهایی به قطر حدود ۱۰ میلیمتر قرار داده می‌شود.

۳) هسته مرکزی. در این روش در مرکز دیوارها حفره‌هایی به قطر حدود ۱۰ سانتیمتر و به فواصل حدود ۱۰۰ الی ۱۵۰ سانتیمتر ایجاد می‌گردد، درون این حفره‌ها آرماتور قرار داده شده و سپس حفره‌ها با نوعی دوغاب بتنی که دارای خاصیت انقباضی کم باشد پر می‌گردند.

۴) مهار بندی با استفاده از بادبندی قطری. در این روش با استفاده از پروفیل‌ها یا میلگردهای فولادی در دیوارها بادبندهای قطری نصب می‌گردد.

۵) مهار بندی فولادی با استفاده از نوارهای فولادی. در این روش در دو طرف شیارهایی قطری ایجاد کرده و درون آنها نوارهای فولادی قرار داده می‌شود. این نوارها در دو طرف دیوار توسط پیچ‌هایی به یکدیگر متصل می‌گردند.

۶) مهاربندی دیوار با استفاده از الیاف پلیمری. در این روش در داخل دیوار بصورت افقی یا قائم الیاف پلیمری قرار داده می شود.

باید توجه داشت که در کلیه روشهای فوق به منظور جلوگیری از پدیده لغزش یا واژگونی دیوار، اتصال دیوار به پی نیز باید تقویت گردد. در صورت تسلیح و تقویت دیوارهای آجری ساختمانهای ساخته شده با مصالح بنایی با هر یک از روشهای فوق، مقاومت دیوار در مقابله با نیروهای جانبی حدود ۳ الی ۵ برابر افزایش می یابد.

۸- مراجع

- [1] National Workshop , "Earthquake Resistant Masonry Construction" U.S. Department of Commerce , 1997.
- [2] Applied Technology Council(ATC), 'Evaluating the Seismic Resistance of Existing Buildings', ATC14, 1994.
- [3] Hendry ,A.W., Sinha, B.P., Davis, S.R., 'Load Bearing Brickwork Design', P-H, 1995.
- [4] David, K., 'Earthquake Design Practice for Building', Thomas Telford Limited , 1998.
- [5] Priestley ,M.J.N., 'Seismic Design of Masonry Structures to the New Zealand Standard NZS 4230p, Bull. N.Z. Soc. Earthquake Engng, No.2, pp.191-205, 1995.