

نحوه بهبود بخشی به عملکرد لرزه‌ای در ساختمانهای مذهبی

محسن وفامهر

عضو هیات علمی و پژوهشگر معماری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران

Dr.vafamehr@gmail.com

چکیده:

ایران به عنوان یکی از کشورهای زلزله خیز در جهان مطرح می‌باشد. با وجود این واقعیت متاسفانه بخش عظیمی از مساجد کشور بر اساس ضوابط فنی استوار نیستند. این در حالی است که ساختمان مساجد به عنوان یک سرمایه، هویت و فرهنگ ملی و مذهبی در کشور باید محسوب شود. استحکام و مقاوم سازی ساخت و سازها در کشور باید در برنامه ریزی و سیاست گذاریهای کلان مسئولان اجرایی از اولویت ویژه برخوردار باشد.

بعد از زلزله بم و فجایعی که برای مردم این منطقه پیش آمد، مجدداً بحث مقاوم سازی سخن روز همه مسئولین و حتی مردم شده است. عده ای مقاوم سازی را به عنوان «ساخت مقاوم ساختمانهای نوساز» مطرح نموده اند و عده ای دیگر بحث «تعمیر، مرمت و مقاوم سازی ساختمانهای قدیمی» را مد نظر دارند. ولی نکته‌ی نگران کننده این است که متاسفانه حتی بعد از وقوع زلزله‌های اخیر، هنوز ساختمانهای خصوصی، عمومی، آموزشی و دولتی در حال احداث است که کلیه ضوابط محاسباتی برای مقاوم سازی در برابر زلزله به طور اصولی و صحیح اجرا نمی‌شود.

به هر حال مسئله مقاوم سازی در هر دو زمینه یاد شده (چه ساختمانهای قدیم یا بافت‌های فرسوده و چه ساختمانهای جدید و نو ساز) مطرح می‌باشد. در این میان ساختمانهای عمومی از اولویت و اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. چون در گروه ساختمانهای درجه یک بوده و تعداد کار بر آنها بسیار زیاد است. ساختمان مساجد علاوه بر درجه اهمیت به لحاظ عمومی بودن با توجه به معیارها و ارزشهای دینی و مذهبی که دارند در درجه بالایی از اهمیت قرار داشته و در بحث مقاوم سازی جایگاه ویژه ای دارند.

رویکرد این مقاله بهینه سازی لرزه‌ای و راهکارهای ایمن سازی ساختمان مساجد کشور می‌باشد.

وازگان کلیدی: بهینه سازی، ایمن سازی، لرزه‌ای، مقاوم سازی، فن آوری، مصالح

کاهش خسارات ناشی از زلزله در ساختمانها از دو جنبه قابل بررسی است. یکی توجه به مسئله ایمنی در ساختمانهای مساجد در حال احداث است که با اینکه در شرایط کنونی امری بدیهی و اجتناب ناپذیر تلقی می‌شود ولی کاستی‌ها و نواقص شدیدی در این زمینه وجود دارد و در عمل فاصله زیادی با استانداردهای جهانی داریم. از سوی دیگر چون بخش زیادی از ساختمانهای مساجد در حال احداث از نوع اسکلت فلزی

است که اینمی آنها بیش از هر چیز به کیفیت جوش کاریها بستگی دارد ، یکی از مهمترین علل عدم رعایت موازین فنی و اصول ایمنی در ساخت و سازهای جدید ، نبود کارگران ماهر و آموزش دیده می باشد . لازم است نظارت کافی بر رعایت استانداردها در ساخت و سازهای جدید صورت گیرد زیرا هر گونه مسامحه در نظرات و عدم رعایت استانداردهای ساخت و جوشکاری موجب اضافه شدن بر اینووه ساختمانهای غیر استاندارد خواهد شد .

مسئله بعدی بهسازی لرزه ای (مقاوم سازی) یا هم آهنگ سازی ساختمانهای مساجد موجود است که در سالهای اخیر در دستور کار دولت هم قرار گرفته است .

با توجه به مراحل بهسازی لرزه ای که در فصول مختلف دستور العمل پژوهشکده زلزله شناسی نشان داده شده^۱ ، مراحل بهسازی لرزه ای ساختمان مساجد را به چهار مرحله زیر تقسیم میکنیم :

- **مراحله اول:** این مرحله مربوط به اولویت بندی ساختمانهای مساجد است که باید با توجه به معیارهای موجود ساختمان مساجد را برای بهسازی با اولویت دسته بندی کنیم .

- **مراحله دوم:** قبل از هر گونه اقدام به بهسازی لرزه ای ، باید ویژگیهای ساختمان مسجد مورد نظر به طور دقیق بررسی شود . ویژگیهای ساختمان شامل مشخصات اجزای معماری ، اجزای سازه ای ، میزان خطرهای لرزه ای و ژئوتکنیکی ساختگاه و نتایج ناشی از ارزیابی مقدماتی لرزه ای است . سپس باید به جمع آوری اطلاعات ساختمان مسجد مورد نظر پرداخته شود ، اطلاعات شامل پیکر بندی ، سیستم سازه ای ، مشخصات مصالح ، ساختمانهای مجاور و ساختگاه خواهد بود . پس از جمع آوری اطلاعات در وضعیت موجود برای سطح عملکرد انتخابی ، نیاز یا عدم نیاز ساختمان به بهسازی مشخص خواهد شد .

- **مراحله سوم:** در صورتی که ساختمان مسجد موجود با توجه به سطح عملکردی که دارد از نظر سازه ای مناسب تشخیص داده نشد ، باید بهسازی شود . در این مرحله باید گزینه های مناسب راهکارهای بهسازی انتخاب شود و بهترین گزینه با توجه به ملاحظات اقتصادی و اجرایی انتخاب شود .

- **مراحله چهارم:** پس از تصویب طرح بهسازی و تهیه نقشه های اجرایی ، مرحله اقدام فرا خواهد رسید

مراحله اول:

در خصوص مقاوم سازی ساختمانهای مساجد موجود باید سازماندهی لازم صورت گیرد و اولویت بندی خاصی لحاظ شود ، در حال حاضر بسیاری از ساختمان مساجد موجود ، ارزش و قابلیت مقاوم سازی را ندارند . بنابراین باید اولویت را به ساختمان مساجدی داد که قابلیت مقاوم سازی و صرف هزینه را دارند . می توانیم مساجد موجود در کشور را که در دستور کار مقاوم سازی قرار می گیرند به دو دسته تقسیم کنیم : دسته اول مساجدی هستند که در حکم شناسنامه ملی کشور محسوب می شوند و علاوه بر ارزشمند بودن خود ساختمان مسجد ، ارزش تاریخی و ملی نیز دارند . این دسته غالبا در دسته بناهای خشتی قدیمی قرار می گیرند .

«موضوع مقاوم سازی بناهای تاریخی و همچنین بناهای خشتی قدیمی در جهان تازه است . به این دلیل که ما کمتر می توانیم در یک بنای تاریخی دخل و تصرف کنیم ، حتی اگر شیوه های جدیدی هم برای مقاوم سازی یک بنا وجود داشته باشد ، نمی توان یک بنا را تخریب و در برابر زلزله مقاوم کرد »

۱ . نشریه پژوهشکده زلزله شناسی و مهندسی زلزله - سال پنجم - شماره دوم - تابستان ۸۱

با توجه به اینکه ساختمان مساجد کشور اغلب عموماً از یک طبقه بیشتر تجاوز نمی‌کند و اکثر آنها که جدید الاحادث می‌باشند با استفاده از آجر ساخته شده اند و ساختمانهای آجری، که یکی از پر تعدادترین نوع ساختمانها در کشور می‌باشد و زمینه آسیب‌پذیری بیشتری دارند که زلزله‌های پیشین مovid این نکته می‌باشد. در این مقاله بیشترین تاکید را بر «بهینه سازی لرزه‌ای مساجد با ساختمانهای آجری» قرار می‌دهیم.

مرحله دوم:

ویژگیها و رفتار ساختمانهای آجری در برابر زلزله

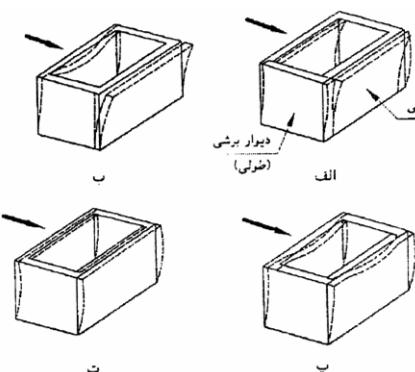
بنای مساجد با مصالح آجری که بیشترین تعداد در سطح کشور بوده و هم اکنون از آنها استفاده می‌شود و دارای کاربری هستند اکثراً کوتاه و یک طبقه یا حد اکثر دو طبقه می‌باشند. سقف آنها آجری با طاق قوسی، طاق ضربی، چوبی و تیر آهن با فرم تخت می‌باشد. در ساختمانهای مساجد آجری بارهای ثقلی توسط دیوارهای باربر تحمل شده و به پی منتقل می‌گردد. این مساجد اغلب فاقد عنصر مقاوم لرزه‌ای خاصی می‌باشند و عموماً به واسطه شکل نامناسب سازه‌ای، ضعف مصالح و نحوه نامناسب اجرا در برابر زلزله ضعیف هستند.

توزیع نیروی زلزله در ساختمانهای آجری بدین صورت است که نیروهای اینرسی ناشی از حرکت زمین به هنگام زمین لرزه به جرم ساختمان وارد می‌گردند. در این ساختمانها جرم در سقف و دیوارها متمرکز است. دیوارها به دو دسته عرضی و برشی تقسیم می‌گردند.

دیوارهایی که در جهت اعمال نیروی زمین لرزه قرار دارند دیوارهای طولی (برشی) و دیوارهایی که عمود بر جهت نیرو قرار گرفته اند عرضی نامیده می‌شوند. در مکانیسم توزیع نیروهای جانبی بین اجزای ساختمان آجری، نکته قابل توجه این است که این مکانیسم هنگامی بوجود می‌آید که سقف از انسجام و یکپارچگی لازم برای تحمل و انتقال نیروهای خود و نیروهای وارد از طرف دیگر اجزا برخوردار باشد. سقف‌های تیرچه بلوك، دال بتونی و حتی طاق ضربی که صلابت برشی کافی داشته باشند از این ویژگی برخوردارند. بر این اساس دیوارهای طولی (برشی) تحت تاثیر لنگر خمشی و نیروی برشی در ون صفحه‌ای و دیوارهای عرضی تحت تاثیر نیروهای خارج

از صفحه قرار می‌گیرد. در ساختمانهای آجری کلاف دار، کلافها نقش

دور گیری دیوار و سقف‌ها را دارند و باعث انسجام و یکپارچگی سیستم سقف و دیوارها می‌گردند. علاوه بر آن، بهبود اتصال مصالح بنایی با شالوده، پایداری دیوارهای بنایی لاغر، افزایش مقاومت و شکل پذیری دیوارهای بنایی و کاهش خطر فروپاشی دیوارهای خسارت دیده یا ریزش سقف را موجب می‌شود. چگونگی توزیع نیروهای زمین لرزه در ساختمان آجری در حالت‌های مختلف همراه با نقش کلافها و صلابت سقف در شکل زیر نشان داده شده است.^۲



الف و ب: دیوارهای سازه‌ای به یکدیگر بسته نشده اند.

پ: دیوارهای سازه‌ای با کلاف به هم بسته شده اند.

ت: دیوارهای سازه‌ای با دال بتونی صلب در سقف به یکدیگر بسته شده اند

نواقص متدال در ساختمانهای آجری

مطالعه گزارش زمین لرزه‌های گذشته و جمع‌بندی خساراتی که بر ساختمانهای آجری وارد شده اند مovid آن است که این ساختمانها عموماً دارای نواقص مشابهی هستند که در جدول صفحه بعد به آن اشاره شده است.

^۲. نشریه پژوهشکده زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله – سال ششم – شماره دوم – تابستان ۱۱

نقاط ضعف متدالول در ساختمانهای آجری^۳

اجزا	نقاط ضعف ساختمانهای آجری غیر مسلح
مصالح	۱- پایین بودن مقاومت و قدرت چسبندگی ملات ۲- کافی نبودن مقاومت برشی ساختمان ۳- ناتوانی ساختمان در حفظ انسجام هنگام ارتعاش ۴- عدم وجود سیستم مقاوم کمکی مانند کلاف ۵- نامنظمی در پلان ۶- نامنظمی در ارتفاع ۷- عدم وجود بپ مناسب ۸- عدم وجود فالصله کافی با ساختمان
سیستم سازه ای ساختمان	۱- کامل نبودن مسیر بار ۲- ناتوانی ساختمان در حفظ انسجام هنگام ارتعاش ۳- نادرست جگد واحد های بنایی ۴- زیاد بودن نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار ۵- طول زیاد دیواره مهار نشده ۶- تراکم دیوار به واسطه وجود بازشوهای بزرگ ۷- نزدیکی بازشوها به انتهای دیوار ۸- استفاده از روش هشت گیر در اجرای دیوارها ۹- قرار داشتن تیرهای دال به صورت مستقیم بر روی دیوار ۱۰- عدم مهارت مناسب نیروی راش ناشی از سقفهای قوسی در بالای دیوارهای باربر ۱۱- عبور لوله و دودکش از درون دیوار
دیوارهای باربر	۱- عدم انسجام یکنواختی دال ۲- زیاد بودن وزن دال ۳- کافی نبودن طول تکیه گاهی تیرهای سقف ۴- وجود بازشو در دال ۵- بالا بودن نسبت طول دهانه به عرض دال
اتصالات اعضای سازه ای	۱- نامناسب بودن اتصال بین دیوارهای متقاطع ۲- نامناسب بودن اتصال بین دیوارهای باربر و دال ها
سیستم کمکی کلاف	۱- عدم استفاده از کلاف قائم و کلاف افقی در تراز پی ۲- کافی نبودن تعداد و فواصل کلافهای ابعاد و میلگرد گذاری ۳- صفحه مصالح بتی کلاف ۴- در گیر نبودن میلگرددهای کلاف و کافی نبودن طول همپوشانی آنها در اتصالات ۵- انفصل در کلاف به واسطه اجرای بازشوهای بلند و یا وجود نیم طبقه
اعضای غیر سازه ای	۱- اتصال ضعف و نامناسب بین نما و دیوار ۲- وزن زیاد و عدم کفايت لاغری و مقاومت ۳- عدم پایداری جان پناهها و دودکشها

مرحله سوم:

راه کارهای بهسازی لرزه ای به صورت پیشنهادی^۴ با هدف افزایش مقاومت ، افزایش سختی ، افزایش شکل پذیری و یا کاهش نیروی زلزله به کمک یکی و یا ترکیبی از چندین روش انجام می گیرد که به آنها اشاره می شود :

۱- اصلاح موضعی اجزای سازه با عملکرد نامناسب در زلزله

هنگامیکه پس از ارزیابی لرزه ای و بررسی معیارهای پذیرش اجزای سازه ظرفیت کافی برای تحمل نیروها و تغییر شکل ها را ندارند ، اصلاح موضعی اجزا به عنوان یک راهکار مناسب بهسازی برای رساندن ساختمان به سطح عملکرد مورد انتظار چه از نظر مقاومت و چه سختی می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

۲- حذف یا کاهش بی نظمی در ساختمان موجود

هر گاه نتیجه ارزیابی لرزه ای بیانگر آن باشد که وجود بی نظمی در ساختمان مانع پاسخ گویی ساختمان به سطح عملکرد مورد انتظار است و در صورت حذف یا کاهش بی نظمی اجزای ساختمان ، ظرفیت کافی را چه از نظر مقاومت و چه از نظر سختی برای آن سطح از عملکرد برآورد نمی نماید ، در این حالت استفاده از روش ذکر شده یک روش موثر برای بهسازی خواهد بود .(که حتی المقدور از روشهای جایگزین استفاده خواهد شد).

^۳ . نشریه پژوهشکده زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله - سال ششم - شماره دوم - تابستان ۱۱

^۴ . نشریه پژوهشکده زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله - سال پنجم - شماره دوم - تابستان ۱۱

نامنظمی در ساختمان ممکن است به دلیل ناپیوستگی در اجزای باربر جانبی ایجاد شود . در این موارد ، با تغییر در سیستم باربر جانبی و ایجاد پیوستگی ممکن است بتوان از نامنظمی ساختمان کاست . البته این راهکار در بعضی ساختمانها (بناهای تاریخی) ممکن است امکان پذیر نباشد.

اصلاح و یا کاهش بی نظمی در ساختمانهایی که دارای طبقه نرم یا ضعیف میباشد را می توان با اضافه کردن مهار بندی در این طبقات برای متناسب نمودن سختی جانبی طبقات ذکر شده با سایر طبقات تامین نمود . در مورد نامنظمیهای پیچشی نیز اضافه نمودن اجزای بار بر جانبی به منظور کاهش فاصله مرکز جرم و مرکز سختی می تواند موثر در کاهش این نامنظمی باشد (اعم از روش های مکانیکی ، صنعتی و یا ساختمانی)

۳-تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه

هر گاه بر اثر ارز یابی لرزه ای مشخص شود که ساختمان برای سطح عملکرد مورد نظر ، سختی لازم را ندارد اضافه نمودن مهار بندها یا دیوارهای برشی می تواند روش موثری برای رفع این نقص محسوب گردد .

۴- تامین مقاومت لازم برای کل سازه

در مواردی که اکثربت اجزای سازه معیارهای پذیرش مربوط به سطح عملکرد مورد انتظار ساختمان را جوابگو نمی باشند ، لازم است برا ئی کل ساختمان ، سیستم باربر جانبی با ظرفیت کافی ایجاد نمود .

۵- کاهش جرم ساختمان

هنگامی که پس از ارزیابی لرزه ای مشخص شود که ساختمان سختی جانبی کافی و یا اکثربت اجزا ، مقاومت کافی برای سطح عملکرد انتخابی را ندارد ، استفاده از روش کاهش جرم به عنوان یک روشن موثر به کار گرفته شود .

۶- به کار گیری سیستمهای جداساز لرزه ای

هر گاه نتیجه ای ارزیابی لرزه ای مبین عدم کفايت سختی و مقاومت برای سطح عملکرد انتخابی باشد و یا حفاظت از تجهیزات مهم و اجزای غیر سازه ای ساختمان مدنظر باشد ، استفاده از سیستم جداساز لرزه ای به عنوان راهکار بهسازی مناسب خواهد بود .

۷- بکار گیری سیستمهای غیر فعال اتلاف انرژی

در مواردی که ارزیابی لرزه ای ساختمان بیانگر ناکافی بودن سختی جانبی ساختمان برای سطح عملکرد انتخابی باشد ، با تعییه اجزای جاذب انرژی در سازه می توان تغییر شکلهای ساختمان را محدود ساخت .

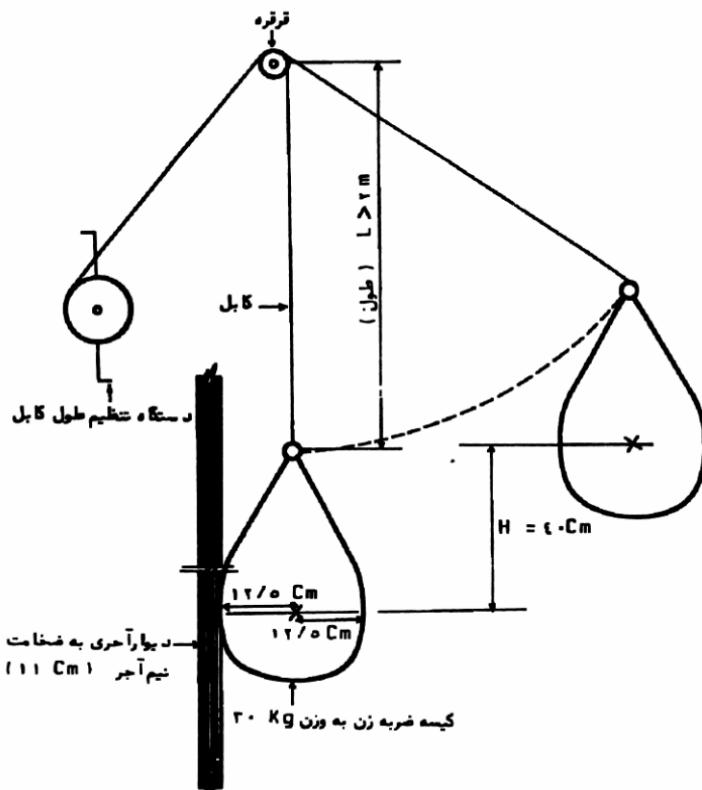
اینک به ارائه جزئیات اجرایی چند راهکار اجرایی که در ساختمانهای آجری قابل استفاده است، می پردازیم:

الف - دوغاب ماسه سیمان برای دیوارهای آجری^۵

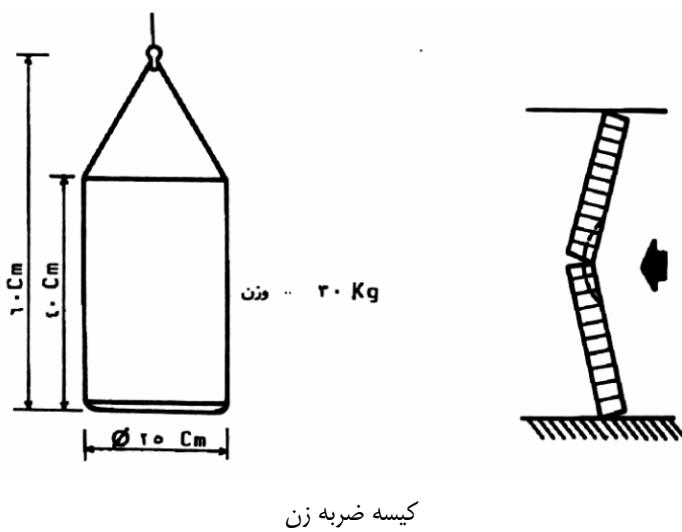
در صورتی که دیوارهای آجری فاقدانود داخلی یا اندود خارجی باشند، به منظور ارتقاء مقاومت جانبی دیوار میتوان پس از سند بلاست نمودن سطوح دیوار با استفاده از دوغاب سیمان و ذرات ریز دانه سیریس با روش شات کریت تمام بندهای برشی دیوار را تقویت نموده و مقاومت جانبی دیوارها که عموما برابر بوده و وزن سقف یا طبقات را تحمل می نمایند افزایش داد زیرا این کار بر اساس آزمایشات انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در سال ۱۳۶۴ تا ۲۵٪ می تواند مقاومت جانبی دیوار را افزایش دهد که در بهینه سازی لرزه ای مفید میباشد .

^۵. مجموعه سخنرانیهای سمینار آموزشی اثرات زلزله در ساختمانهای متعارف- شماره ۶۷- تیر ۸۴ - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

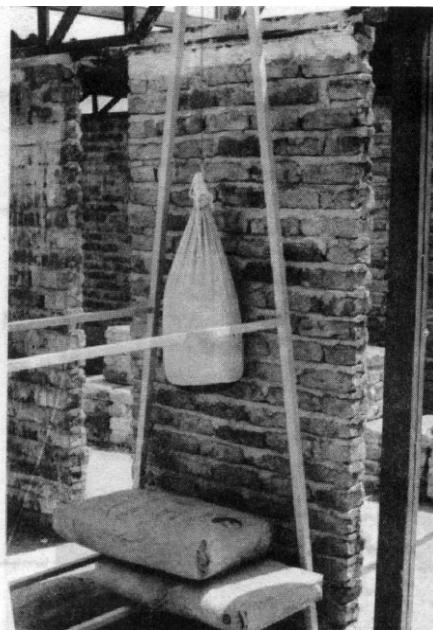
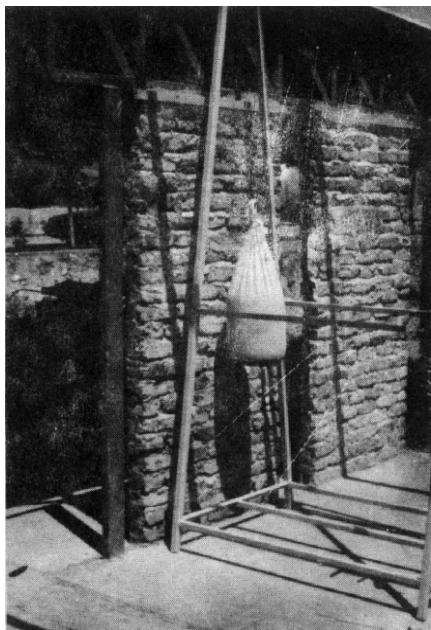
ضمنا در صورتی که قبیل از اندود ماسه سیمان روی دیوار از شبکه های مش پیش ساخته با چشمته ۵ سانتی متری استفاده شود ایستایی و مقاومت برشی دیوار نیز افزایش می یابد و در تقویت پیوند های آجری دیوار موثر می باشد.



شمای دستگاه اندازه گیری
مقاومت ضربه ای دیوارهای آجری

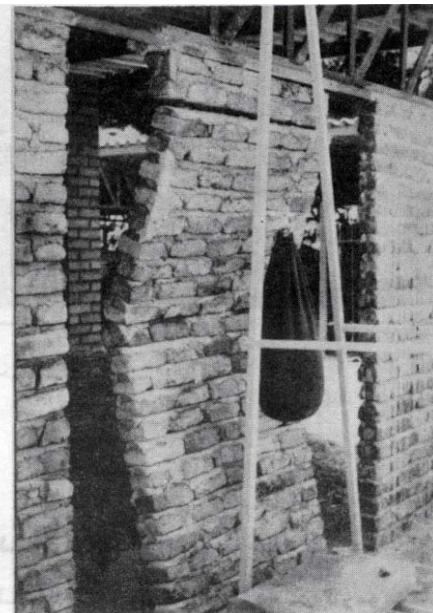


کیسه ضربه زن



قرار دادن دستگاه اندازه گیری مقاومت در مقابل دیوار

اولین ضربه واردہ به دیوار آجری مورد آزمایش^۷



تأثیر ضربه های واردہ بر دیوار آجری مورد آزمایش

تأثیر نهایی ضربه های واردہ بر دیوار آجری مورد آزمایش

در آزمایش تأثیر دوغاب ماسه و سیمان

^۷. مجموعه سخنرانیهای سمینار آموزشی اثرات زلزله در ساختمانهای متعارف- شماره ۶۷ - تیر ۱۴۰۰ - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

ب - روش بسته بندی از خارج بنا (کلاف بندی سیستم)

در صورتی که ساختمان مساجد به محیط خارجی ساختمان قابل دسترس باشند و طرح تقویت به یکی از دو روش رایج فلزی یا بتونی قطعی شده باشد، می توان از جداره های خارجی ساختمان بنا بر موقعیت بی آنکه تخریبی صورت گیرد یا کالبد شکافی در دیوارها انجام شود نسبت به تعییه ستونهای متکی بر فونداسیونهای نواری در پیرامون محیط خارجی ساختمان مسجد اقدام کرد و چون اکثرها یک طبقه با ارتفاع زیاد می باشند به صورت قاب، تا روی بام ، ستونها را ادامه داد و از روی سقف نیز طرح تقویت پوتها ، یا پلهای حمال و اصلی را به صورت مضاعف انجام داد. بدیهی است که مکان یابی ستونهای سیستم کلاف ساختمان یا Cover از خارج فضای خود می تواند مبنای برای نما سازی به صورت طاق و قوس کاذب یا حقیقی ، به صورت پوسته نما یا گوشته سازه ای به عنوان کمربند محیطی علاوه بر تقویت سازه ای فرمهای معماری با پوشش نماهای آجری یا کاشی کاری و ترکیبی به اتمام کار نائل گردد.

ج - روش بسته بندی از داخل بنا (کلاف بندی سیستم)

در صورتی که امکان دسترسی به بنا فقط از داخل میسر باشد می توان این مساجد را به دو گروه تقسیم نمود:

گروه اول :

بناهایی که فاقد کاشیکاری های نفیس یا اثر هنری و معماری در داخل بنا باشند. در این روش هم اقدامات انجام شده خارجی بنا می تواند از داخل بنا انجام گردد. اما این بار باید قسمتهایی از جرز و دیوار اصلی در مسیر ستون ها از کف تا سقف برش خورده و محلی برای تعییه ستون بتونی یا فلزی در میانه دیوار به صورت شکاف خارج شود اما در ادامه باید ستونها به بالای سقف هدایت گشته و از روی سقف اصلی نسبت به تعییه تیرهای حمال و کلاف در میان ستونهای جدید اقدام شود تا کاملاً قفل و بست شده و یکپارچه گردد .

گروه دوم :

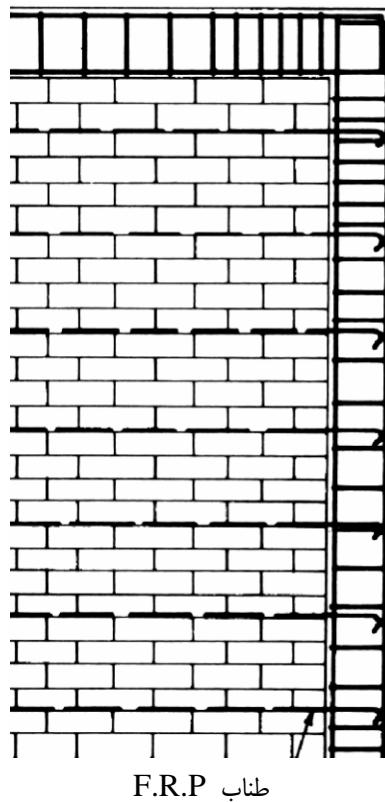
در صورتی که بنا از کاشی کاریهای نفیس یا گچبری های هنری و ... پوشیده شده باشد حتی المقدور لازم است در مکانهای ضروری برای تعییه ستونهای سازه ای حتماً مدل سازی و الگو برداری از گچ بریها و کاشیکاریها انجام شود و هر گونه اقدام هنری برای ترمیم ، مرمت و تکمیل نازک کاری بنا با تمهدات ویژه به عمل آمده و سپس نسبت به اجرای دیتیل قبلی اقدام گردد .(تعییه ستون در داخل جرز های آجری) نکته حائز اهمیت محاسبات دقیق جرم و حجم سازه برای طرح مقاطع سازه ای اعم از بتونی یا فلزی است ، که همواره باید مدنظر بوده و جزیيات اجرایی آن دقیقاً رعایت گردد ، به ویژه ابعاد جوش ، طول جوش و کنترل جوش بارو ش تست غیر مخرب (ری ایکس) و در صورتیکه از سازه بتونی استفاده می شود رعایت اختلاط بتون و طرح اختلاط و درصد آب به سیمان و نیز اصول آرماتوربندی در مقاطع و اتصالات دقیقاً مبتنی بر اصول فنی استوار باشد .

د - روش مهار بندی با F.R.P

این روش برای بناهای با ارزش و حاوی معماری نفیس و آثار هنری بدیع پیشنهاد می شود که تقریباً از همه روشهای قبلی در حفظ آثار هنرمندانه مساجد بیشتر مورد تأکید قرار می گیرد .

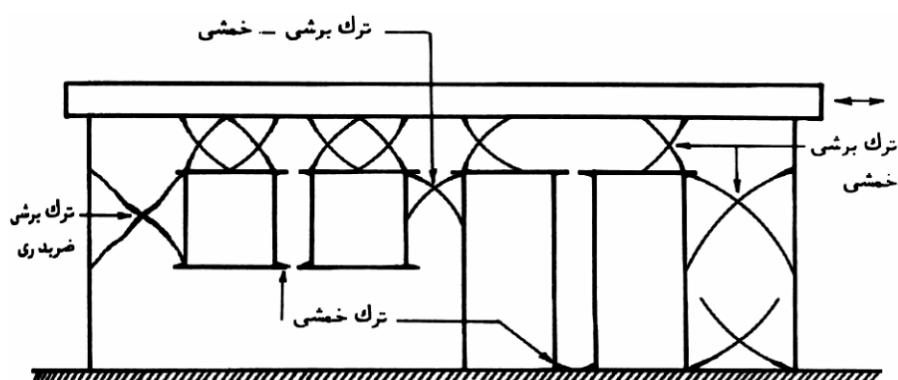
در این روش از طناب های F.R.P می توان در نقاط ضعف سازه و مسیرهای از پیش تعیین شده ، با ایجاد شیارهای ظریف و بر مبنای هندسه معین که طرح معماری را چندان متاثر نسازد ، استفاده نمود و پس از ایجاد شیارهای لازم با قطر و عمق مناسب نسبت به شستشوی داخل شیار و عاری کردن آن از هر گونه گرد و غبار ، از چسب مخصوص و نصب طنابها ی F.R.P استفاده نمود که سیستم، کلاف نمودن عمودی و افقی

ساختمان مساجد را می تواند با ظرافت و دقت بهعده بگیرد .و در شرایطی که نما سازیهای هنرمندانه به وفور نباشد ، می توان از لایه های عریض اما ظریف و در چند میلیمتر ضخامت به صورت کاور ، روی بدنه ها – ستونها – دیوارها و حتی زیر سقفها نیز استفاده نمود. همچنین در استفاده از F.R.P پیرامون قاب پنجره ها ، درها و نعل درگاهها به صورت پیوسته و اساسا در امتداد روی تمام پنجره ها و درها به صورت سرتاسری علاوه بر زیر سقف و به موازات آن اقدام نمود.

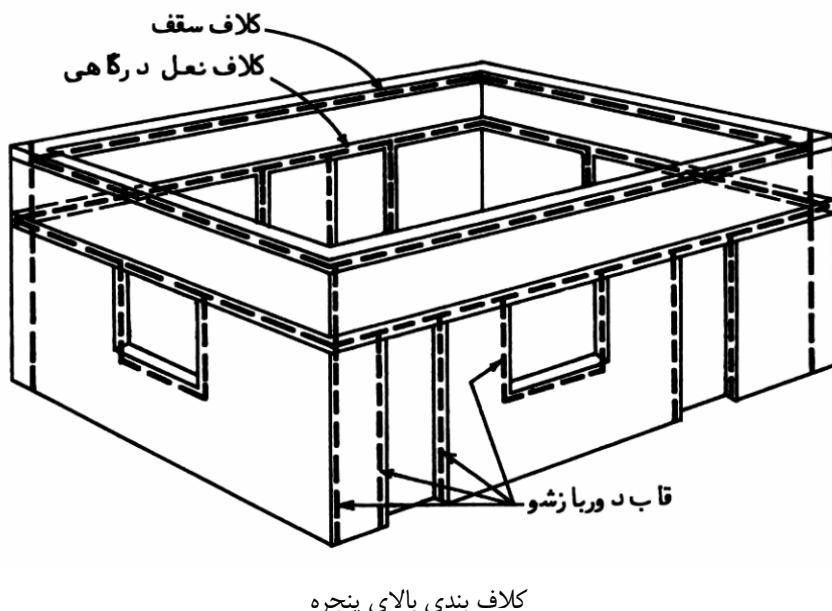


۴- مهاربندی پای دیوارهای و فونداسیون :

برای تقویت و یکپارچه سازی کف ها و دیوارها عموما میتوان از شناز بتنی از داخل و خارج فضا و برحسب ضرورت و نیاز در طرفيین دیوارها به صورت کلاف مضاعف، محیط و دیوار پیرامونی مسجد را شناز بندی نمود (آرماتور بندی + بتن ریزی) او الحالات لازم در ستونهای میانی یا دیوارهای میانی برای اجرای اتصالات بیشتر و ایجاد کلافی محکمتر بهره گرفت.

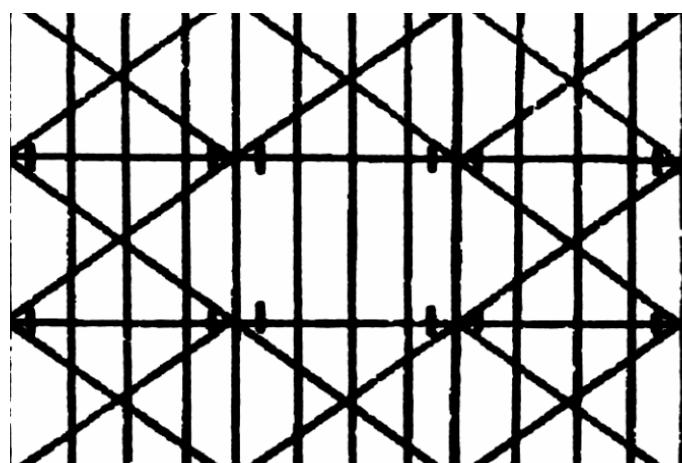


نحوه ترک خوردن دیوار با عناصری با
نسبتهای طول به عرض مختلف در اثر برش ناشی از زلزله



و - ایجاد دیافراگم صلب سقف:

اجرای سیستم بادبندی و سقفهای طاق ضربی با نیم رخ های فولادی نمایان می تواند از داخل شبستان مساجد صورت گیرد. اما با توجه به اینکه یک عنصر نمایان و تاثیر گذار در فضای داخلی و معماری مساجد می باشد ، باید حتما مقاومت سازه ای آن پس از طرح و محاسبه مهندسین محترم سازه با نظر مهندسین معماری فرم بندی و از نیم رخ ها و پروفیلهای طراحی شده و در ترکیب بندی و کمپوزیونی زیبا از زیر سقف به اجرا در آید تا باد بندی سقف در جهت ایجاد یک دیافراگم صلب که نقش اساسی در توزیع نیروی واردہ بر سقف و سپس به دیوارها، جرزا و ستونها دارد به صورت یکپارچه مورد توزیع تنش واقع شود . در صورتی که امکان اجرای بادبندی با طرح یا فرم خاص معمارانه وجود نداشته باشد یا نظرات مهندسین معمار و محاسب را تامین ننماید می توان از هر نوع نیم رخ مناسب استفاده نموده و در انتهایا با طرحی همگون نسبت به اجرای سقف کاذب ، متناسب با فضای شبستان اقدام نمود.



مهار بندی سقف برای حالتی که نیروهای واردہ زیاد و یا ابعاد سقف زیاد باشد.

ز - تمهیدات گوشه های قائم ساختمان مساجد

همواره گوشه های قائم در اثر فشار صفحات برشی متعامد، میتواند منجر به برش عمیق و شکست دیوار گردد. در صورتی که معماری داخلی فضای شبستان چندان متاثر نمی گردد میتوان با ایجاد لچکی و اجرای پنج در کنج های قائم و مسلح ساختن دیوار قدیم در محل تقاطع ۹۰ درجه با اجرای دیوار پنج و الحاق آن دو با آرماتور گذاری و یا نصب تیر آهن نسبت به تحکیم کنج های ۹۰ درجه و تبدیل آن به دو کنج ۴۵ درجه اقدام نمود و در صورتی که این عمل از خارج بنا عملی باشد، نسبت به دوخت و دوز سیستم کلاف در محل ۹۰ درجه با مسلح نمودن توسط آرماتور یا نبشی تقویتی و اجرای اتصال به تداوم دیوار در راستای متعامد اقدام نمود.



خراب شدن گوشه ساختمان و باقی ماندن سقف بعلت وجود کلاف بتن آرمه



شکست در فاصله بین دو پنجره

منابع:

- ۱ نشریه پژوهشکده زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله - سال ششم-شماره دوم-تابستان ۸۲
- ۲ نشریه پژوهشکده زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله - سال ششم-شماره سوم و چهارم-پاییز و زمستان ۸۲
- ۳ مجموعه سخنرانی‌های سمینار آموزشی اثرات زلزله در ساختمانهای متعارف-شماره ۶۷-تیر ماه ۶۵-مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- ۴ نشریه پژوهشکده زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله - سال پنجم - شماره دوم - تابستان ۸۱
- ۵ دفتر تدوین استانداردها و معیارها "دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود"، تهران-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور-۱۳۸۱-
- ۶ ناطقی الهی، فریبرز؛ معتمدی، مهرتاش. "طراحی و اجرای ساختمانهای بنایی مقاوم در برابر زمین لرزه" تهران-انتشارات نوپردازان
- ۷ معتمدی، مهرتاش و همکاران "خسارات واردہ بر ساختمانهای خشتی و مصالح بنایی در زمین لرزه اول تیر ماه چنگوره-پژوهشکده زلزله شناسی