

**(Adobe Buildings)**

ساختمانهای خشتی و سنگی در روستاهای چنگوره و آبدره واقع در مرکز زلزله ۱۰۰ درصد آسیب- دیده و تمامی آنها به تلی از خاک تبدیل شده‌اند. در بخش آوج و روستای نجف آباد که در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری مرکز زلزله واقع بوده‌اند نیز تخریب خانه‌های خشتی بین ۳۰ تا ۶۰ درصد بوده است. تصاویر (۱ تا ۶) ساختمانهای خشتی و سنگی تخریب شده و یا آسیب دیده را با برخی مدهای شکست متداول در این گونه ساختمانها نشان می‌دهد. مشکل اصلی این ساختمانها سنگینی سقفها و دیوارها می‌باشد که سبب افزایش نیروی ناشی از زلزله گردیده و کافی نبودن مقاومت برشی دیوارها با توجه به پایین بودن مقاومت خشت و ملاتهای مصرفی و عدم انسجام کافی اجزای ساختمان سبب تخریب کامل آنها شده است.



تصویر (۱): تخریب کامل خانه های خشتی در چنگوره

تجربیات به دست آمده از زلزله‌های گذشته، رفتار نامناسب و ویرانی ساختمانهای خشتی و مصالح بنایی را بر اثر زلزله نشان داده است. بررسی خسارات وارد بر این ساختمانها بر اثر رخداد زلزله اخیر چنگوره نیز شاهدهی بر این مدعاست. ساعتی پس از وقوع زلزله از شهرهای آوج، آبگرم و روستاهای نجف آباد، آبدره و چنگوره بازدید به عمل- آمد و آسیبهای وارد بر ابنیه و ساختمانهای خشتی، سنگی، مصالح بنایی غیرمسلح، مصالح بنایی دارای کلاف و مصالح بنایی نیمه فلزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست- آمده از این مطالعه حاکی از آن است که بجز ساختمانهای کلافدار که آسیب جدی ندیده‌اند سایر ساختمانهای مذکور بر حسب فاصله از کانون زلزله از ۲۰ تا ۱۰۰ درصد خسارت دیده‌اند که سنگینی سقفها و دیوارها، عدم کلاف بندی، عدم انسجام سقف و دیوار، عدم بکارگیری مصالح با کیفیت مناسب و ضعف اجرا از جمله عوامل خسارات سنگین بر آنها بوده است. زمین لرزه، ساختمانهای خشتی و مصالح بنایی، سقفهای سنگین، آسیب پذیری.

زلزله چنگوره، در مجاورت بخش آوج، در ساعت ۷:۲۸ دقیقه مورخ ۸۱/۴/۱ با بزرگای  $M_w = 6.4$  به وقوع پیوست و تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی را بر جای گذاشت. در این مقاله خسارات وارد بر ساختمانهای خشتی، مصالح بنایی غیرمسلح، مصالح بنایی دارای کلاف و مصالح بنایی نیمه فلزی بررسی و به خسارات وارد بر اجزای غیرسازه‌ای نیز اشاره شده است.



تصویر (۶): شکست در خانه خشتی با سقف به ضخامت بیش از ۵۰ سانتیمتر در آوج



تصویر (۲): شکست در محل تقاطع دیوارهای سنگی در نجف آباد، سنگها گرد گوشه با ابعاد نامتناسب بوده که به صورت نامناسب و با ملات گل روی هم چیده شده اند

### (Unreinforced Masonry Buildings)

ساختمانهای مصالح بنایی در روستاهای چنگوره و آبدره آسیبهای جدی بین ۴۰ تا ۶۰ درصد دیده‌اند؛ در حالی که در آوج و نجف آباد آسیبهای متوسط تا پایین بین ۱۰ تا ۳۰ درصد متحمل شده‌اند. تخریب و مدهای شکست ساختمانهای مصالح بنایی غیرمسلح در زلزله چنگوره به همراه علل خرابیها در تصاویر (۷ تا ۳۱) آمده است. علل اصلی تخریب ساختمانهای مصالح بنایی غیرمسلح در زلزله چنگوره عبارت بوده‌اند از:

- ۱- کافی نبودن مقاومت خارج از صفحه دیوارهای آجری، تخریب گسترده در دیوارهای عمود بر راستای زلزله راسبب شده است. علاوه بر آن، سقفهایی که بر روی این دیوارها قرار داشته‌اند، ریزش نموده، تلفات و خساراتی را به دنبال داشته‌اند.
- ۲- اغلب دیوارهای آجری هم راستای زلزله گرچه شکست قطری نموده‌اند، اما پایداری خود را حفظ کرده، سقفهای روی خود را نگه داشته‌اند. البته اگر زلزله چنگوره با طول دوام بزرگتری می‌بود (مطابق شتابنگاشت‌های ثبت شده توسط پژوهشگاه زلزله چنگوره به صورت یک شوک بوده است)، به دلیل جذب انرژی پایین دیوارهای آجری، دامنه خرابیها در دیوارهای هم راستای زلزله گسترده تر و تلفات افزونتر می‌شد؛ بنابراین استفاده از کلافهای افقی و قائم برای انسجام بیشتر ساختمان و تحمل بخشی



تصویر (۳): تخریب دیوار سنگی در آوج، ابعاد سنگها نامتناسب بوده و با ملات گل روی هم چیده شده اند



تصویر (۴): شکست در محل تقاطع دیوارهای ضخیم خشتی در آوج



تصویر (۵): تخریب جداره بیرونی ضخیم دیوار خشتی در آوج

از بارهای قائم سقف در صورت تخریب دیوارها، در کاهش خسارات مالی و جانی بسیار مؤثر می‌باشد.

۳- عدم انسجام کافی بین دیوارهای متقاطع، سبب جداشدگی دیوارها در قسمتهای ناپیوستگی شده- است. چیدن همزمان دیوارها و استفاده از پشت‌بند و یا کلاف در این محل‌ها می‌تواند از این جداشدگی جلوگیری نماید.

۴- ناپیوستگی در دیوارهای آجری به دلیل تعبیه تاقچه، بازشوه‌های بزرگ و ... بدون رعایت تمهیدات لرزه‌ای از جمله تعبیه کلاف و کاهش دهانه تاقچه و بازشو، سبب پایین آمدن مقاومت برشی دیوار و گسیختگی در این گونه دیوارها شده است.

۵- استفاده از ملاتهای نامناسب با مقاومت فشاری و کششی پایین، سبب شکست خمشی دیوارها و ایجاد ترک افقی در قسمت تحتانی دیوارها شده که ناشاقولی دیوار را به دنبال داشته است.

۶- آجرچینی نامناسب دیوارهای آجری از جمله قرارگیری بندهای قائم آجرچینی بر روی هم، خالی بودن بندهای قائم از ملات به دلیل روش آجرچینی بناهای ایرانی که آجرها را به صورت خشکه چین کنار هم قرار داده و ملات را روی آنها می‌ریزند، همچنین کم و یا زیاد بودن ضخامت بندهای افقی، عدم دوغاب‌ریزی دیوارها و مواردی از این قبیل، همه و همه سبب کاهش مقاومت برشی، لغزشی و خارج از صفحه دیوارهای آجری و گسترش گسیختگی دیوارهای آجری تحت اثر زلزله می‌گردد که تصاویر به وضوح بیانگر موارد مذکور می‌باشند.

۷- عدم رعایت لاغری مجاز برای دیوارها و پایه‌های آجری سبب کمانش و شکست آنها شده است.

۸- استفاده از مقاطع ضعیف برای نعل درگاهها و عدم اتصال مناسب آنها به اجزای سازه ای نیز خساراتی را به دنبال داشته است.

۹- استفاده از سقفهای سنگین مانند سقفهای طاق ضربی و چوبی با ضخامت زیاد که بدون رعایت تمهیدات لرزه‌ای از قبیل اجرای میلگردهای ضربردری روی

تیرآهنها، اجرای دهانه‌های غیرطویل، رعایت فاصله حدود ۸۰ سانتیمتر بین تیرآهنها و قوس مناسب ۳ تا ۴ سانتیمتر برای طاقهای آجری اجرا شده اند نه تنها کمکی به پایداری ساختمانها نموده است بلکه دو مشکل بزرگ را در مقایسه با سقفهای چوبی سبک ایجاد کرده است:

الف) با سنگین شدن سقف، نیروهای اعمالی زلزله به ساختمان به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و با توجه به عدم افزایش قابل توجه در مقاومت برشی دیوارها و نبود کلاف‌بندی، گسیختگی در دیوارها را افزایش داده است.

ب) به دنبال تخریب کلی و جزئی دیوارها و عدم وجود کلاف‌بندی، سقفهای سنگین طاق ضربی ریزش و سبب افزایش تلفات جانی شده است؛ بنابراین با در نظر گرفتن موارد ذکر شده که در تصاویر نیز مشهود است، استفاده از سقف چوبی با تمهیدات مناسب برای اتصال تیرهای چوبی به کلاف افقی روی دیوار، به دلیل سبکی این سقفها و در دسترس بودن چوب و ارزان تر بودن سقفهای چوبی نسبت به سقفهای طاق ضربی در روستاها، علاوه بر صرفه جویی در سرمایه‌های کشور، در کاهش خسارات جانی و مالی ناشی از زلزله می‌تواند بسیار مثمرتر باشد. ریزش موضعی طاقهای ضربی نیز که به دلیل قوس کم و گاهی تخت اجرا- کردن این سقفها و نیز استفاده از ملات نامناسب در اجرای آن می‌باشد، در تصاویر مشاهده می‌شود. ریزش دیوارها بر روی طاقهای آجری هم، خود عاملی بر ریزش موضعی آنها بوده است.

۱۰- استفاده از سقفهای چوبی سنگین (به دلیل کاهش نمودن مکرر بامها)، استفاده از دهانه‌های بزرگ با تیرهای چوبی با قطر پایین، همچنین عدم کلاف‌بندی و اتصال نامناسب تیرهای چوبی به کلافها، باعث شکستگی تیرهای چوبی، جدا شدگی سقف از دیوارها و ریزش قسمتهای جدا شده گردیده و خسارات موضعی و گاه کلی را در این ساختمانها سبب شده است.





تصویر (۱۱): تخریب خارج از صفحه دیوارهای عمود بر راستای زلزله و شکست قطری در دیوارهای در راستای زلزله در چنگوره



تصویر (۷): تخریب خانه های آجری غیر مسلح در آوج



تصویر (۱۲): شکست قطری دیوارهای باربر در ایستگاه هواشناسی واقع در نجف آباد آوج



تصویر (۸): تخریب خارج از صفحه دیوار آجری به همراه قسمتی از دیوارهای عمود بر آن در چنگوره



تصویر (۱۳): شکست قطری دیوارهای باربر در نجف آباد



تصویر (۹): تخریب کامل دیوارهای آجری و ریزش سقف به طور کامل در چنگوره



تصویر (۱۴): شکست قطری دیوار باربر و گسیختگی خارج از صفحه دیوار بالای پنجره در آوج



تصویر (۱۰): ترکهای مایل در دیوار آجری در یک ساختمان قدیمی در آوج



تصویر (۱۹): ترکهای افقی پای دیوار ناشی از شکست خمشی در آوج که سبب ناشاقولی شدن دیوار شده است



تصویر (۱۵): تخریب خارج از صفحه و در صفحه دیوارهای پیرامونی طبقه دوم در آوج



تصویر (۱۶): جدا شدگی دیوار ۱۰ سانتیمتری از محل تقاطع نامناسب با دیوار ۳۵ سانتیمتری و سقف در نجف آباد

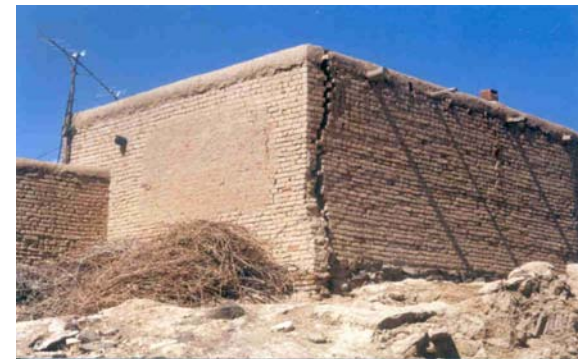
تصویر (۲۰): شکست پایه آجری از محل روی هم قرار گرفتن بندهای قائم آجرچینی در نجف آباد



تصویر (۱۷): تخریب کامل دیوار ۱۰ سانتیمتری به دلیل عدم مقاومت برشی کافی و اتصالات نامناسب با دیوار مجاور و سقف در نجف آباد



تصویر (۲۱): کمانش دیوار آجری ۲۲ سانتیمتری در آوج



تصویر (۱۸): جدا شدگی دو دیوار عمود بر هم در محل تقاطع در نجف آباد





تصویر (۲۶): تخریب دیوارها و ریزش سقف طاق ضربی در چنگوره



تصویر (۲۲): لغزش دیوار آجری در آوج



تصویر (۲۷): ریختن قسمتی از دیوار و ریزش طاق آجری در دهانه اول و عدم اتصال مناسب تیر آهن لبه به تیر آهنهای داخلی در چنگوره



تصویر (۲۳): تخریب خارج از صفحه دیوار انبار سیمان و ریزش قسمتی از سقف در آوج



تصویر (۲۸): ریزش قسمتی از سقف طاق ضربی در آوج



تصویر (۲۴): شکست در دیوار آجری در آوج، وجود نعل درگاه با تکیه گاه طولیل از ریزش سقف جلوگیری کرده است



تصویر (۲۹): شکستن تیر چوبی سقف به دلیل دهانه زیاد و قطر کم تیرهای چوبی و سنگینی سقف در نجف آباد



تصویر (۲۵): تخریب دیوارهای باربر و ریزش کامل قسمتی از سقف طاق ضربی در چنگوره، فاصله تیر آهنها بیش از ۱۲۰ سانتیمتر است



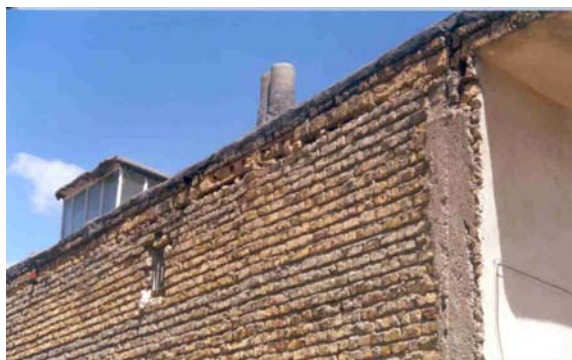
تصویر (۳۲): ترکهای جزئی در دیوار ساختمان کلاف دار پایگاه بهزیستی آوج



تصویر (۳۳): ترکهای جزئی دیوار و ریختن قسمتی از سنگهای نما در ساختمان کلاف دار پایگاه بهزیستی آوج



تصویر (۳۴): سالم ماندن خانه یک طبقه دارای شازه‌های افقی در آوج



تصویر (۳۵): عدم آسیب به ساختمان آجری دارای کلاف قائم در آوج



تصویر (۳۰): شکست در دیوار بالای در، همچنین جدا شدگی سقف و دیوار به دلیل عدم وجود تیر چوبی و اتصال نامناسب در نجف آباد



تصویر (۳۱): شکست در کنسول رستورانی در آوج به دلیل سنگینی و عدم مقاومت کافی در برابر مؤلفه قائم زلزله

۱۱- استفاده از طره‌های بلند و سنگین، نامناسب و بویژه تحت مؤلفه قائم زلزله آسیب پذیر می‌باشد. این امر خساراتی را در آوج به دنبال داشته که در تصاویر نشان داده شده است.

#### (Confined Masonry Buildings)

آسیبهای وارده بر این ساختمانها در آوج و نجف‌آباد بسیار ناچیز و در حد چند ترک جزئی در اطراف پنجره‌ها و ریزش چند سنگ نما بود. در چنگوره و آبدره ساختمان دارای کلاف مشاهده نشد. تصاویر (۳۲ تا ۳۶) برخی از ساختمانهای دارای کلاف را پس از زلزله چنگوره نشان- می‌دهد. تصاویر نشان می‌دهد که وجود کلاف بندی تا چه میزان از خسارات وارده به ساختمانهایی که کاملاً مشابه با ساختمانهای مصالح بنایی غیر مسلح و با همان ضعفها ساخته شده اما کلاف داشته‌اند می‌تواند بکاهد.





تصویر (۳۸): تخریب دیوارهای باربر در ساختمان نیمه فلزی در آبدره، تیر فولادی سقف چوبی با توجه به سبک بودن سقف چوبی مانع از ریزش سقف شده است



تصویر (۳۹): ریزش سقف طاق ضربی در ساختمان نیمه فلزی به دلیل تخریب دیوار باربر در چنگوره



تصویر (۴۰): تخریب دیوار باربر در ساختمان نیمه فلزی دو طبقه در چنگوره



تصویر (۳۶): ترک جزئی در دیوار ساختمان کلاف دار نهضت سوادآموزی در نجف آباد

ساختمانهای مصالح بنایی نیمه فلزی به ساختمانهایی اطلاق می‌شود که دارای قابهای ساده فلزی میانی (بدون مهاربندی) و دیوارهای باربر پیرامونی می‌باشند. توزیع نامناسب سختی و شکل پذیری قسمتهای آجری و فلزی (دیوار آجری دارای سختی جانبی زیاد و شکل-پذیری کم و قاب ساده فلزی دارای سختی جانبی بسیار کم و شکل پذیری متوسط می‌باشد) که سبب توزیع نامناسب نیروهای زلزله می‌گردد، ترکیبی را برای بسیاری از ساختمانهای روستایی و شهری ایجاد کرده است که رفتار لرزه‌ای مناسبی نداشته و در زلزله آوج نیز رفتار خوبی از خود نشان نداده است. آسیبهای وارده به این گونه ساختمانها در آوج ناچیز بود؛ اما در چنگوره و آبدره آسیبهای قابل ملاحظه‌ای به این ساختمانها وارد شده بود؛ به طوری که دیوارهای باربر پیرامونی دچار شکست و با تخریب شده و سقفهای سنگین این ساختمانها که اغلب طاق ضربی بوده‌اند فرو ریخته اند (تصاویر ۳۷ تا ۴۲).



تصویر (۳۷): تخریب دیوار و ریزش سقفهای طاق ضربی ساختمان نیمه فلزی در چنگوره





تصویر (۴۳): ریختن آجرهای نمای ساختمان در پنج کیلومتری چنگوره



تصویر (۴۱): شکست قطری دیوار باربر در ساختمان نیمه فلزی در آوج

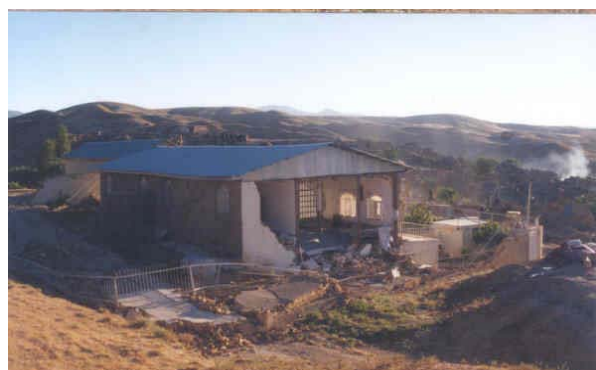


تصویر (۴۴): واژگونی دیوارهای پیرامونی حیاط در چنگوره به دلیل عدم وجود پشت بند مناسب و یا کلاف



تصویر (۴۲): تخریب دیوار باربر در ساختمان نیمه فلزی در حال ساخت در آوج، شناژ افقی فلزی روی دیوار که تیرآهنهای سقف به آن جوش شده است می‌تواند از ریزش موضعی سقف جلوگیری نماید

در این ساختمانها نیز تقریباً تمام مدهای شکست و مشکلاتی که برای ساختمانهای مصالح بنایی غیرمسلح ذکر شد وجود داشت و علاوه بر آن به دلیل استفاده گسترده‌تر از سقفهای طاق ضربی و افزایش وزن، خسارات و تلفات در این ساختمانها نیز زیاد بوده است.



تصویر (۴۵): تخریب دیوارهای غیر باربر، واژگونی دیوارهای پیرامونی حیاط در چنگوره

خسارات وارد بر اجزای غیرسازه‌ای و الحاقی ساختمانهای مختلف نیز در تصاویر (۴۳ تا ۴۸) آمده است. مشاهده می‌شود که عدم رعایت تمهیدات لرزه‌ای عناصر غیرسازه‌ای، از جمله اتصال نامناسب آجرهای نما به دیوار، عدم اجرای پشت بند و یا کلاف در دیوارهای طویل، استفاده از سردرهای سنگین با اتصال نامناسب به دیوارها، اتصال نامناسب میانقابها و دیوارهای غیرسازه‌ای به اجزای سازه‌ای، منجر به خساراتی گردیده است.



تصویر (۴۸): جدا شدگی در محل ناپیوستگی پله در آوج



تصویر (۴۶): واژگونی سر در قوسی آجری در آوج به دلیل سنگینی و عدم اتصال مناسب به دیوارها

زلزله‌ای دیگر در ایران به وقوع پیوست که علاوه بر تلفات فراوان جانی و خسارات مالی، روند زندگی بسیاری از هموطنان را تغییر داد. تصاویر ارائه شده در این مقاله بیانگر آن است که رعایت ضوابط حداقل آیین نامه‌ای و حتی کمتر از آن، رعایت برخی موارد مانند پیوستگی بین دیوارهای متعامد، اتصال مناسب دیوار و سقف، سبک بودن سقفها و مواردی از این قبیل به میزان قابل توجهی می‌تواند در کاهش خسارات زلزله مؤثر باشد. همچنین با توجه به خسارات گسترده‌ی وارده بر ساختمانهای خشتی و مصالح بنایی بدون کلاف، ارائه راهکار عملی ساخت خانه‌های روستایی ارزان و متناسب با بافت روستایی کشور و نیز مقاوم در برابر زلزله کاملاً احساس می‌شود. ►



تصویر (۴۷): شکست در محل تقاطع دیوارهای آجری عمود بر هم پیرامون حیاط ساختمان در چنگوره