مدیریت بهسازی و مقاوم‌سازی ساختمان‌های بنایی غیرمسلح در شهرستان بویراحمد

کامران جهانبازی جهان‌آباد *

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۱۲/۱۲

چکیده:

متاسفانه همه ساله شاهد زمین لرزه‌هایی در نقاط مختلف میهنمان هستیم؛ که ضمن وارد آوردن خسارات مالی و جانی، گاه منتهی به فاجعه‌هایی بسیار ناگوار و فراموش ناشدنی می‌گردد. قرار گرفتن کشور در منطقه‌ای با بافت‌های ناپایدار و امکان حدوث زمین لرزه‌های شدید، سبب پدید آمدن ضایعات فراوان گردیده است.

در حال حاضر ساختمان‌های ساخته شده با مصالح بنایی درصد بالایی از ساختمان های موجود یا در حال احداث در کشور ما را تشکیل می‌دهند. با توجه به اینکه در هنگام زمین لرزه بیشتر خرابیها مربوط به این ساختمان‌ها می باشد لذا در این مقاله با بررسی‌های تجربی انجام گرفته و همچنین بررسی رفتار متداول مربوط به این ساختمانها (شامل رفتار دیوارهای باربر بعنوان اصلی ترین عنصر باربر ساختمان بنایی و اینکه در هنگام زلزله چگونه دچار شکست می‌شود، جلوگیری از رفتار ترد دیوارها با کمک قاب ها بصورت اندرکنش قاب و میانقاب و استفاده از خواص مطلوب قاب‌های مرکب در بارهای لرزه‌ای و سادگی طرح) نقاط ضعف و قوت مطرح و روش‌های مقاوم‌سازی مشخص گردیده است.

در پایان یکصد واحد ساختمان بنایی غیر مسلح در شهرستان بویراحمد را مطابق با نشریه ۳۷۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی مورد ارزیابی آسیب پذیری تفصیلی قرار داده که در این ارزیابی ۱۷درصد نیازمند بهسازی و ۱درصد نیازمند تخریب و بازسازی تشخیص داده شده اند. با شناخت نقاط ضعف هر سازه راه‌هایی برای بهسازی و مقاوم‌سازی این ساختمان ها ارائه گردیده و امید است این مقاله راهنمایی باشد برای جلوگیری از اجرای این نقاط ضعف در ساختمان‌هایی که در حال احداث می‌باشند.

مقدمه

وقوع زمین لرزه‌های متعدد در ایران و تحقیقات زمین‌شناسی انجام شده در مورد گسل‌های موجود همگی مؤید این مطلب است که ما در منطقه لرزه خیزی زندگی می‌کنیم. از آنجا که بیشتر خرابی‌ها در هنگام زلزله، ناشی از اجرای بد و کم توجهی به ساخت و ساز ایمن می‌باشد و بیشترین آمار تلفات و خسارات مربوط به ساختمان‌های بنایی می‌باشد. لذاضرورت توجه به امر مقاوم سازی این ساختمان‌ها بیش از پیش مسجل می‌شود. ساختمان‌های بنایی به دو دسته

* دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت

غیرمسلح و مسلح تقسیم‌بندی می‌شوند که با توجه به موضوع مقاله، ساختمان‌های غیر مسلح مورد بررسی قرار می‌گیرند. ساختمان‌های غیر مسلح نیز براساس نوع سیستم مقاوم در برابر بارهای ثقلی و لرزه‌ای به دو دسته ساختمان‌های مصالح بنایی سنتی و کلاف دار تقسیم می‌شوند.

از آنجا که بیشتر خرابی‌ها در هنگام زلزله، ناشی از اجرای بد و کم توجهی به ساخت و ساز ایمن می‌باشد و بیشترین آمار تلفات و خسارات مربوط به ساختمان‌های بنایی می‌باشد. لذا ضرورت توجه به امر مقاوم‌سازی این ساختمان‌ها بیش از پیش مسجل می‌شود

عملکرد ساختمان‌های آجری بدون کلاف در مقابل زلزله

با توجه به مباحث مطروحه ضعف اساسی ساختمان‌های آجری در مقابل زلزله کمبود مقاومت نیست بلکه کمبود نرمی (شکل پذیری) است. میزان خسارت سازه‌های نرم تا حدودی تابع بزرگی زلزله است و در مورد سازه‌های نرم در زلزله ای بسیار مخرب با شدت بیش از ۷ ریشتر، در ناحیه مرکزی زلزله بیش‌ترین آسیب مشاهده می‌شود و از مرکز که دور می‌شویم به تدریج از شدت آسیب کاسته می‌شود در حالی که در مورد ساختمان‌های آجری چنین نیست و از منطقه‌ای که ساختمان‌ها کاملا فرو ریخته است ناگهان به منطقه‌ای با ساختمان‌های نسبتا سرپا می‌رسیم. رفتار یک ساختمان آجری را در مقابل زلزله می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد.

الف) شدت زلزله از مقاومت سازه کمتر است و در این صورت سازه سختی اولیه خود را حفظ کرده، ضریب بازتاب کم می‌باشد و نیروی زلزله برابر جرم ساختمان ضرب در شتاب زلزله است. این نیرو برای ایجاد ترک و در هم شکستن سازه کافی نیست و بنابراین ساختمان از زلزله آسیبی نمی‌بیند.

با توجه به مباحث مطروحه ضعف اساسی ساختمان‌های آجری در مقابل زلزله کمبود مقاومت نیست بلکه کمبود نرمی (شکل پذیری) است. میزان خسارت سازه‌های نرم تا حدودی تابع بزرگی زلزله است

ب) شدت زلزله در لحظات واپسین آن از حد مقاومت سازه فراتر می‌رود و ترک‌ها و خردشدگی‌ها آغاز می‌شود. سختی کم شده، تناوب زیاد می‌شود و در نتیجه ضریب بازتاب افزایش می‌یابد و سبب بالا رفتن نیروی زلزله می‌شود. اما چون این تحولات در لحظه‌های واپسین اتفاق می‌افتد و زلزله ادامه نمی‌یابد، سازه پایدار می‌ماند و در پایان زلزله فقط مقداری ترک و خرد شدگی ملاحظه خواهد شد.

ج) شدت زلزله در همان لحظه‌های آغازین از حد مقاومت سازه فراتر می‌رود و در نتیجه کاهش سختی و افزایش ضریب بازتاب، سازه در معرض نیروهای بزرگ‌تری قرار می‌گیرد به گونه‌ای که خیلی زود در هم می‌شکند و با خاک یکسان می‌شود.

مراحل سه گانه فوق از یک سو تابع بزرگی زلزله‌اند و معمولاً در زلزله‌های با بزرگی بیش از ٦ ریشتر حالت (ج) اتفاق می‌افتد و غالباً در نواحی

مرکزی زلزله ساختمان‌های آجری با خاک یکسان می‌شود و از سوی دیگر با توجه به میرایی امواج زلزله، ساختمان‌های آجری بر حسب فاصله شان از مرکز زلزله، می‌توانند مطابق یکی از حالات بالا عمل کنند. برای تقویت ساختمان‌های بنایی در برابر زلزله روشهای مختلفی وجود دارد از جمله این روش‌ها، تسلیح و کلاف بندی است. اما از آنجا که روش تسلیح برای بهسازی غیر عملی است و پرهزینه است، روش کلاف بندی که از مزایای آن افزایش شکل پذیری، افزایش انسجام و ایجاد خط دوم دفاعی است را توصیه می‌کنیم.

ساختمان‌های مصالح بنایی سنتی

ساختمانهایی هستند که بدون انجام محاسبات و بکاربردن ضوابط مهندسی و بصورت سنتی ساخته می‌شوند. سقف این ساختمان‌ها ممکن است، آجری، قوسی، طاق ضربی، چوبی و غیره باشد که عملکرد آن می‌تواند صلب یا انعطاف پذیر در نظر گرفته شود. این ساختمان‌ها عناصر مقاوم لرزه ای خاصی نداشته و عموماً به واسطه شکل نامناسب سازه‌ای، ضعف مصالح و اجرای نامناسب در مقابل زلزله مقاومت چندانی نداشته و ضعیف عمل می کنند. لذا توصیه می‌کنیم که اجازه ساخت و ساز به این ساختمان‌ها داده نشود.

ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف‌دار

ساختمان‌هایی هستند که بدون انجام محاسبات ولی با رعایت ضوابط مهندسی ساخته می‌شوند و در اجرای آنها برخی اصول طراحی مقاوم لرزه‌ای از جمله استفاده از عناصر مقاوم یا حداقل کلاف افقی رعایت شده است.

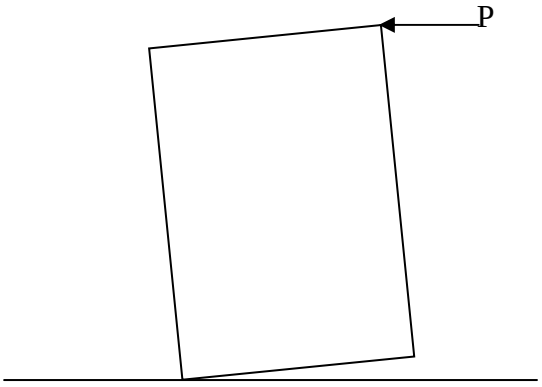
در نتیجه رفتار آنها در برابر زلزله مناسب‌تر از ساختمان‌های مصالح بنایی سنتی است. مبنای اجرای این ساختمان‌ها، ضوابط آیین نامه‌های طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران و یا مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان می‌باشد. سقف این ساختمان‌ها ممکن است طاق ضربی، تیرچه بلوک و غیره باشد که عملکرد آن می‌تواند صلب یا انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شود.

بررسی رفتار ساختمان‌های بنایی

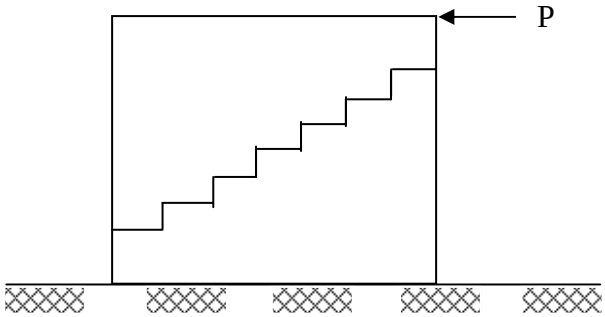
در بررسی این ساختمانها اولین گام آشنایی با رفتار آنها می‌باشد. در ساختمان‌های بنایی معمولاً مقاومت کششی عناصر تشکیل دهنده سیستم خیلی پایین‌تر از مقاومت فشاری آن است و باید با استفاده از مهارها و دیگر اجزای مناسب به افزایش پایداری مبادرت شود. در طراحی ساختمان‌های متعارف مسئله یکپارچگی در کنار پایداری و مقاومت از اهمیت لازم برخوردار است. دیوارها و حتی دیوارهای باربر تنها بر اثر وزن زیاد خراب نمی‌گردد بلکه تحت اثر تلاش‌های جانبی، کمانش و افزایش نسبت ارتفاع به ضخامت، خطر خرابی در آنها افزایش می‌یابد. در اثر برخی مسائل مانند انحراف مرکز نیرو از مرکز هندسی دیوار یا وجود برخی نامنظمی‌ها در دیوار (از نظر هندسه یا مصالح)، امکان مدل‌سازی اینگونه رفتارها با معادلات ساده معمولاً خیلی مشکل است. در این زمینه روابط تجربی که بر اساس تجارب ناشی از زلزله‌های رخ داده به دست آمده اند، نقش اصلی را در طراحی و اجرای این گونه دیوارها دارا هستند.

شکست دیوارهای برشی: اصلی‌ترین عنصر لرزه بر هر ساختمان غیر مسلح دیوارهای برشی است که سرانجام باید بار افقی حاصل از کلیه اجزای دیگر را به زمین منتقل کند. این دیوارها به دو گروه دیوارهای

عرضی (عمود بر جهت زلزله) و دیوارهـای برشـی (در جهت زلزله) تقسیم‌بندی می‌شوند. دیـوار برشـی تحـت تأثیر نیروهای جانبی به دو حالت شکست خواهد داشت (خمشی و برشی) شکل ۱.



الف: شکست خمشی (پایه‌های باریک)



ب: شکست برشی (پایه های پهن)

شکل (۱) حالت های شکست

شکست خمشی با تلو خوردن دیـوار همـراه شـده، پنجه و پاشنه آن در معرض خرد شدن قـرار مـی‌گیـرد. شکست برشی با ترک های اریب همراه است و به سبب دو طرفه بودن نیروهای زلزله این تـرک‌هـا بـه صـورت ضربدر ظاهر می‌شوند.

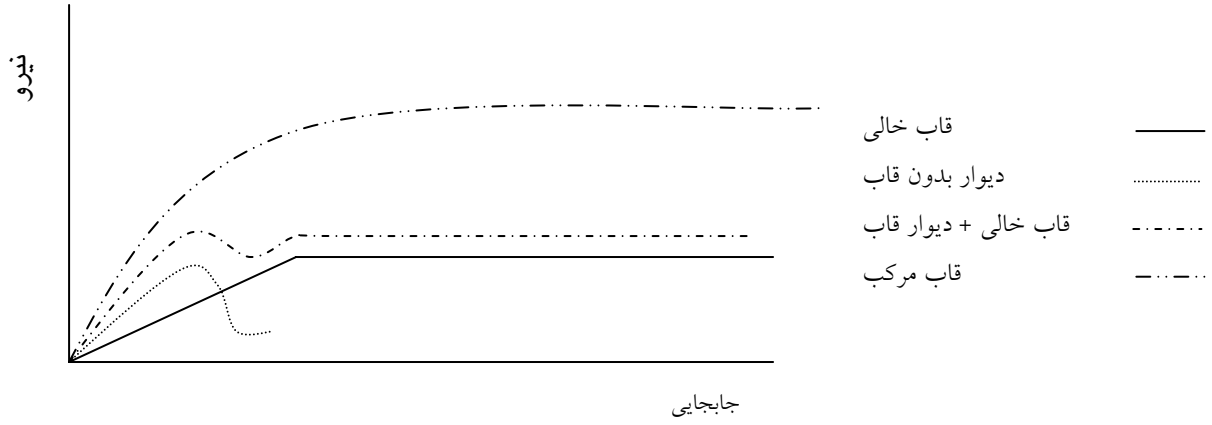
شکست دیوارهای عرضی: دیوارهای عرضی ماننـد دال تختی هستند که بر چهار تکیه گـاه قـرار گرفتـه‌انـد (زمین، سقف، دو دیوار برشی عمود بر صفحه دیـوار) که بر اثر نیروهای زلزله، تحت خمـش قـرار گرفتـه و خطـوطی مـشابه خطـوط تـسلیم در آنهـا بـه وجـود می‌آید. اگر اتصال دیوار خمـشی ودیوارهـای متعامـد خوب نباشد در حین زلزله دیوارهـای متعامـد از هـم جدا می‌شوند.

اندرکنش قاب و میانقاب

قاب مرکب را می تـوان جمـع دو عنـصر قـاب و دیوار دانست. اگر نمودارهای نیرو – جابجایی را برای قـاب خـالی و دیـوار بـدون قـاب در یـک دسـتگاه مختصات رسم کرده، با هم جمع کنیم نمودار حاصـل به هیچ وجه بر نمودار مربوط به قاب مرکـب منطبـق نیست و نمودار قاب مرکب رفتار به مراتب بهتـری از مجموع رفتار قاب و دیوار دارد. خاصیت فـوق نـشان می‌دهد که بین قاب و دیوار انـدرکنش وجـود دارد و به همین سبب مجموعه ایـن دو را مرکـب مـی‌نـامیم. درست مانند بتن مسلح که خواصش از جمع فـولاد و بتن به دست نمی‌آید بلکه می‌باید به صورت محیطـی مرکب مورد مطالعه قرار گیـرد. شـکل (۲) مقایـسه‌ای است بین رفتار دیوار، قاب خالی و قاب مرکب.

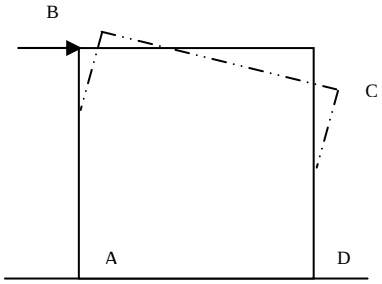
تبدیل کنش خمشی به کنش خرپایی

شاید ساده‌ترین توضیحی که برای رفتار قاب‌هـای مرکب بتوان یافـت تبـدیل کـنش خمـشی بـه کـنش خرپایی باشد. در قاب خالی تحـت نیروهـای جـانبی، کنش خمشی پدید می‌آید که بـه کمـک تغییـر شـکل خمشی اعضای قاب، نیروهای برشی ناشی از زلزله را می گیرد. به هنگام تغییر شکل خمشی قاب، نقطه‌های C و D به هم نزدیک و A و B از هم دور می‌شوند.



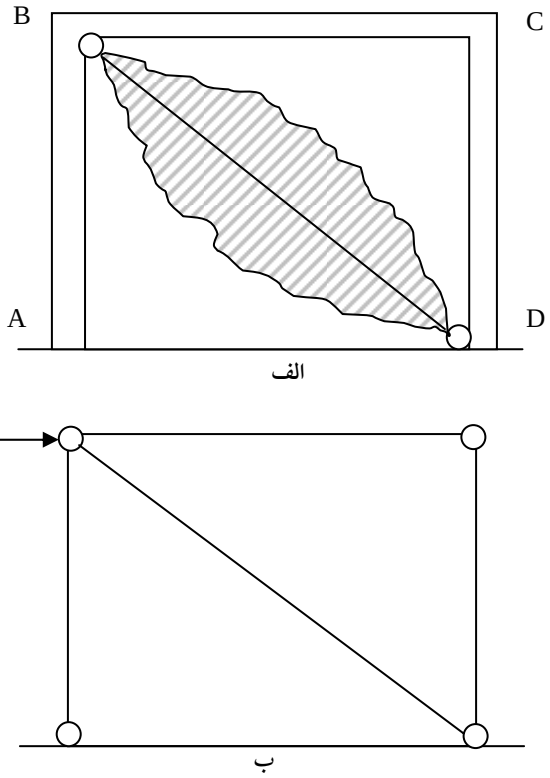
شکل (۲) مقایسه خواص قاب مرکب با مجموع خاصیت های قاب و میانقاب

(شکل۳) و هیچ مانعی در راه دور شدن و نزدیک شدن این نقاط وجود ندارد. از سوی دیگر دیوار بدون قاب تحت نیروهای جانبی همانند تیر طره‌ای خم می‌شود و خط AB در شکل (۳) بلندتر می‌شود، سرانجام چون مقاومت کششی آجر چینی ناچیز است دیوار در نقطه A ترک خورده و مقاومت خود را از دست می‌دهد.



شکل (۳) دیوار تحت بار جانبی خمیده شده، در نقطه A ترک می خورد

حال اگر دیوار را در داخل قاب قرار دهیم وجود دیوار مانع نزدیک شدن نقطه B به D می‌شود و مانند قیدی فشاری عمل می‌کند. در این حالت جابجایی افقی بسیار کمتر از سابق شده، اعضای قاب مجالی برای کنش خمشی نمی‌یابند و بخش عمده انرژی کشسان به صورت تغییر شکل محوری اعضای قاب و قید



شکل (٤) قاب مرکب با کنش خرپایی در مقابل نیروهای جانبی مقاومت می کند

فشاری یعنی دیوار ذخیره می شود. بنابراین رفتار قاب مرکب از این نظر بسیار مشابه رفتار خرپای شکل (٤-ب) است و به همین سبب این نوع رفتار را کنش خرپایی می نامیم.

باید توجه داشت که اگر چه به سبب صلبیت، اتصال‌های قاب به شکل (٤- الف) است اما به سادگی می‌توان از مدل (٤-ب) استفاده کرد، زیرا به دلیل کوچکی جابجایی افقی، عملاً تغییر شکل خمشی اعضا قابل اغماض است از سوی دیگر وجود قاب سبب می‌شود که نقطه‌های A , B نتوانند از هم دور شوند و در نتیجه جلوی ترک کششی دیوار در نقطه A گرفته می‌شود. پس ملاحظه می‌شود که وقتی دیوار داخل قاب قرار می‌گیرد رفتار قاب و دیوار هر دو عوض می شود و بهبود می‌یابد. به دلیل همین اندرکنش است که خواص قاب مرکب از حالت ساده به مرکب تبدیل شده، بنابراین قاب مرکب نامیده می‌شود.

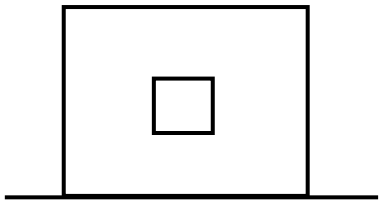
ضریب رفتار قاب‌های مرکب

روش کلاف بندی یکی از روش‌های تقویت ساختمان بنایی در برابر زلزله است. با اضافه کردن سیستم کلاف بندی به ساختمان بنایی غیر مسلح سنتی، این ساختمان ها به ساختمان بنایی کلاف دار تبدیل می‌شود و ضریب رفتار اینگونه ساختمان‌ها بنا به پیشنهاد آقای دکتر مقدم برابر ۲/۸ بیان می‌شود.

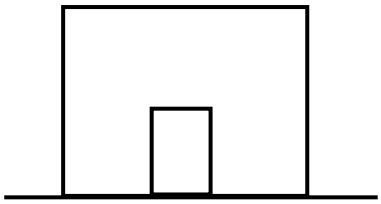
افزایش شکل پذیری ساختمان، افزایش انسجام سازه و ایجاد خط دوم دفاعی را می‌توان از مزایای این روش دانست.

محاسبه مقاومت و سختی میانقاب‌های بازشودار

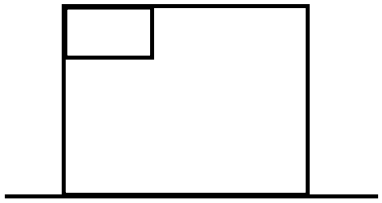
تا آنجا که تحقیقات و جستجوهای نگارنده نشان می‌دهد روشی برای محاسبه میانقاب‌های بازشودار وجود ندارد. مگر آنکه مقاومت با رابطه‌هایی تجربی و



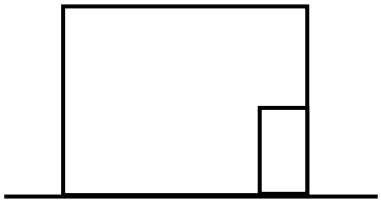
الف) پنجره در مرکز میانقاب



ب) درگاه در وسط میانقاب



ج) پنجره در کنج میانقاب



د) درگاه در کنار میانقاب

شکل (۵) انواع بازشوها

کاملاً تقریبی تخمین زده شوند. در این روش چهار نوع بازشو در نظر گرفته می‌شود که در شکل (۵) نشان داده شده است.

با توجه به نتایجی که در آزمایش‌های انجام شده روی میانقاب‌های بازشودار به دست آمده رابطه‌های تجربی-تقریبی زیر پیشنهاد شده است. سعی شده است که این رابطه‌ها حتی‌المقدور در جهت اطمینان باشند. ضمنا باید توجه داشت که آنها ماهیتی تقریبی و سرانگشتی دارند و بی‌شک می‌توان با پژوهش‌های ژرف‌تر رابطه‌های دقیق‌تری را به دست آورد، اما در نبود رابطه‌های دقیق، استفاده از رابطه‌های زیر می‌تواند موجب تسهیل در تحلیل قاب‌های مرکب شود.

$$V' = (1-C)V \qquad (۱)$$

V' مقاومت میانقاب با بازشوهای نوع (الف) (ب) است.

$$V' = (1-C)V/2 \qquad (۲)$$

V' مقاومت میانقاب با بازشوهای نوع (ج) (د) است. پارامتر C به مساحت بازشو بستگی دارد و برابراست با:

$$C = \sqrt[4]{A'/A} \qquad (۳)$$

V مقاومت قاب مرکب بدون بازشو ، A´ مساحت بازشو و A مساحت میانقاب است.

نتیجه‌گیری در مورد بازشوها

بر اساس تحقیقاتی که درباره تاثیر بازشوها بر خواص قاب‌های مرکب انجام شده است. می‌توان نتایج زیر را گرفت:

۱- موقعیت استقرار بازشو از تاثیر بسزایی برخوردار است، در کنج فشاری بیشترین و در کنج کششی کمترین تاثیر را داراست.

۲- بدلیل متناوب بودن نیروهای زلزله بهتر است بازشو حتی الامکان در وسط قرار گیرد.

۳- هر قدر سطح بازشو بزرگ‌تر باشد تاثیر آن بیشتر است.

٤- اگر بازشو در کنج باشد تاثیرش بر سختی بیش از مقاومت است. بر عکس اگر در وسط میانقاب باشد بر سختی تاثیر چندانی ندارد و بیشترین کاهش در مقاومت ترک قطری رخ می‌دهد و مقاومت نهایی به میزان کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

۵- وجود اتصال‌های برشی بین قاب و میانقاب می‌تواند از شدت تاثیر کاهنده بازشو بکاهد.

سقف

نکته حائز اهمیت در ساختمان‌های بنایی انسجام و یکپارچگی لازم سقف برای تحمل و انتقال نیروهای خود و دیگر اجزا می باشد. یعنی صلبیت برشی کافی داشته باشد. سقف‌های تیرچه بلوک، دال بتنی (در صورت وجود) و حتی طاق ضربی با تمهیدات لازم از این ویژگی برخوردارند، ولی سقف سبک شیروانی این گونه نبوده و به طور مناسب نمی‌توانند بارهای وارد بر دیوارهای عرضی را به دیوارهای برشی در قالب توزیع بر اساس سختی منتقل نمایند و نکته دیگر اتصال بین سقف و دیوارها و دیوارها با یکدیگر است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

با توجه به اینکه در ساختمان‌های بنایی کلافدار بیشتر از سقف تیرچه و بلوک استفاده می‌شود. این نوع سقف‌ها را بررسی می‌کنیم.

اجزاء تشکیل دهنده سقف

۱- تیرچه

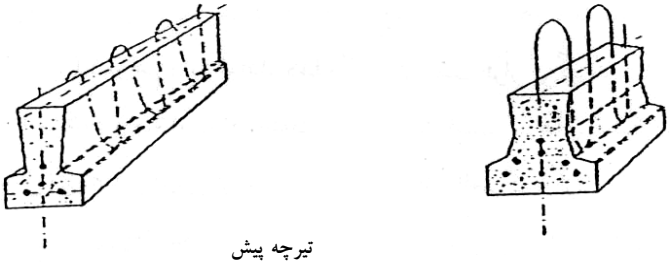
۲- بلوک

۳- میلگرد حرارتی

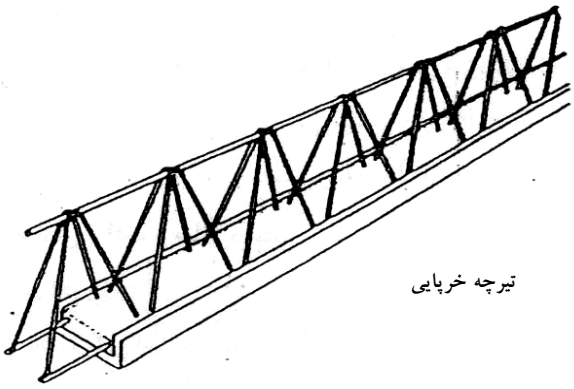
٤- بتن پوششی یا درجا

۱-تیرچه: عضو پیش ساخته‌ای است، متشکل از بتن و فولاد با مقطع تقریبی T که در دو نوع تیرچه خرپایی و تیرچه پیش تنیده تولید می‌شود و در دو مرحله تحت اثر نیرو قرار می‌گیرند.

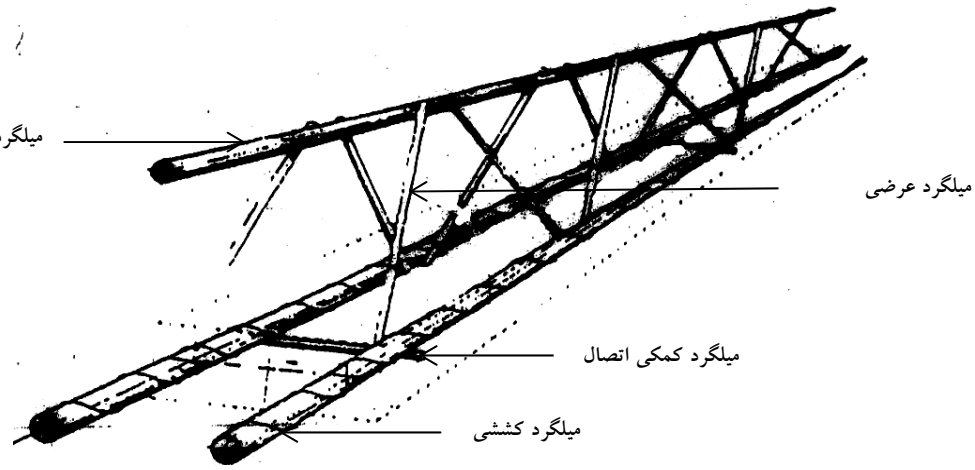
الف)مرحله اول باربری: تیرچه در این مرحله باید قادر به تحمل بار ناشی از وزن خود در حمل و نقل و همچنین تحمل وزن مرده سقف (وزن تیرچه،



تیرچه پیش



تیرچه خرپایی



شکل (٦) انواع تیرچه و اجزای تشکیل دهنده آن

بلوک و بتن پوششی) بین تکیه گاههای موقت (شمع بندیها) در زمان اجرای سقف باشد.

نکته حائز اهمیت در ساختمان‌های بنایی انسجام و یکپارچگی لازم سقف برای تحمل و انتقال نیروهای خود و دیگر اجزا می‌باشد. یعنی صلبیت برشی کافی داشته باشد

ب) مرحله دو باربری: این مرحله در تیرچه پس از حصول مقاومت بتن پوشش فرا می‌رسد که شمع‌ها برداشته شده و تیرچه به عنوان عضو کششی مقطع تیر T تحمل نیرو می‌نماید.

اجزاء تشکیل دهنده تیرچه عبارتند از:

عضو کششی: میلگردهای زیرین به عنوان عضو کششی تیرچه باید قادر به تحمل نیروی کششی ناشی از وزن مرده سقف و همچنین ناشی از عضو کششی تیر T باشد.

میلگردهای عرضی: همانند عضو مورب خرپا عمل می‌کنند و به کمک اعضای کششی و بالایی، ایستایی لازم را جهت تحمل وزن خود تیرچه و وزن مرده سقف و همچنین پیوستگی لازم بین میلگرد کششی خرپا، و بتن پوششی را تامین می‌کنند و مقابله با نیروی برشی تیر T به وسیله میگردهای عرضی انجام می‌گیرد.

میلگرد بالایی: باعث تشکیل یک خرپا به کمک عضوهای کششی و میلگردهای عرضی می گردد و به کمک دیگر اعضای خرپا وزن تیرچه و همچنین وزن مرده سقف را در هنگام قالب بندی و بتن ریزی پیش از به مقاومت رسیدن بتن پوشش تحمل می کند.

میلگرد کمکی اتصال: به منظور مهار کردن میلگردهای کششی و حفظ فاصله بین آنها و امکان استقرار بیش از دو میلگرد کششی در پاشنه تیرچه بکار برده می شود و در فاصله ٤٠ تا ١٠٠ سانتیمتری از یکدیگر نصب می شوند.

بتن پاشنه تیرچه پیش‌ساخته: برای تامین تکیه گاه بلوک‌ها و نیز برای پرهیز از قالب بندی قسمت زیرین جان تیر T در موقع اجرا بتن پاشنه در کارخانه ریخته می‌شود.

۲- بلوک: برای پر کردن محل‌های خالی بین تیرچه از بلوکهای توخالی استفاده می شود که جنس آنها از سفال یا بتن و حتی پلاستیک و یونولیت است و علاوه بر خاصیت پرکنندگی فضای خالی در حکم قالب برای بتن پوششی می‌باشند.

۳- میلگردهای افت و حرارتی: جهت مقابله با تنش‌های متفرقه در بتن پوششی و به منظور جذب تنش‌های ناشی از افت و تغییر حرارت، میلگردهایی در دو جهت عمود بر هم و در قسمت بالایی تیر نواری T و روی بلوک ها نصب می‌گردند، که میلگرد افت و حرارتی نامیده می‌شوند.

٤- بتن پوششی (بتن درجا): قسمتی از تیر مرکب است که در محل کارگاه پس از جایگذاری تیرچه‌ها و بلوک‌ها بتن‌ریزی می‌گردد و پس از حصول مقاومت لازم به کمک عضو کششی بار وارد بر سقف را تحمل می‌کند.

مطالعات انجام شده بر روی ١٠٠ واحد ساختمان بنایی غیر مسلح در شهرستان بویراحمد نشان دهنده آن بوده که ۱۸درصد این ساختمان ها آسیب پذیر بوده که کار مطالعه بر روی این ساختمانها با توجه به جدول ارزیابی آسیب‌پذیری تفصیلی بدست آمده از

نشریه ۳۷۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی صورت گرفته است.

از نظر تجربی و مطالعاتی که در این تحقیق صورت پذیرفت، برخورد با نوع آسیب پذیری سازه می‌باشد که بسیار حائز اهمیت است و آسیب پذیری این سازه‌ها عبارتند از:

۱. آسیب پذیری مربوط به کلاف ها
۲. آسیب پذیری مربوط به اتصالات
۳. آسیب پذیری مربوط به بازشوها
٤. آسیب پذیری مربوط به لوله و دودکش درون دیوار باربر
۵. آسیب پذیری مربوط به سقف

با توجه به تجربیات نگارنده و دستورالعمل‌های موجود راهکارهایی را برای هر نوع خرابی ارائه نموده که در زیر به آنها اشاره شده است.

– **آسیب پذیری کلاف‌ها:** با توجه به تحقیقات انجام گرفته متوجه شده‌ایم که بناهایی که کار اجرا را به صورت تجربی آموخته‌اند در هنگام اجرای کلافها از نسبت شن به ماسه ۱به ۲ استفاده می کنند و این کار را جهت تسهیل کار خویش و شکل پذیرتر بودن بتن و همچنین استفاده نکردن از ویبره انجام می دهند که به مقدار بسیار زیادی مقاومت کلاف را پایین می‌آورند. لذا ساختمان هایی که دارای ضعف هایی مانند اختلاط نامناسب، انجام ندادن ویبراسیون و عمل آوردن ناقص می باشند اگر مقاومت آنها کمتر از ۱۵۰ kg/cm^2 باشد. آسیب پذیر بوده و نیازمند بهسازی می باشند. (شکل۷– الف) یکی دیگر از عواملی که باعث آسیب پذیر شدن کلافها می‌باشد انفصال در سیستم کلاف می باشد که جهت اجرای راه پله بین کلاف قائم را خالی گذاشته‌اند. (شکل ۷– ب)

الف: مصالح نامناسب

ب: انفصال کلاف

شکل (۷) آسیب پذیری مربوط به کلاف‌ها

در هنگام اجرای کلاف، ناظرین فنی به هیچ وجه نباید اجازه اجرای انفصال در سیستم کلاف بندی را بدهند ولی اگر بدلیل عدم آگاهی مجریان در هنگام اجرا در کلاف‌های ساختمان انفصال ایجاد شده باشد. برای مقاوم سازی این ساختمانها باید محل انفصال را با بتن پر کرده و مانند کلاف هایی که دارای مصالح نامناسب باشند تقویت گردند.

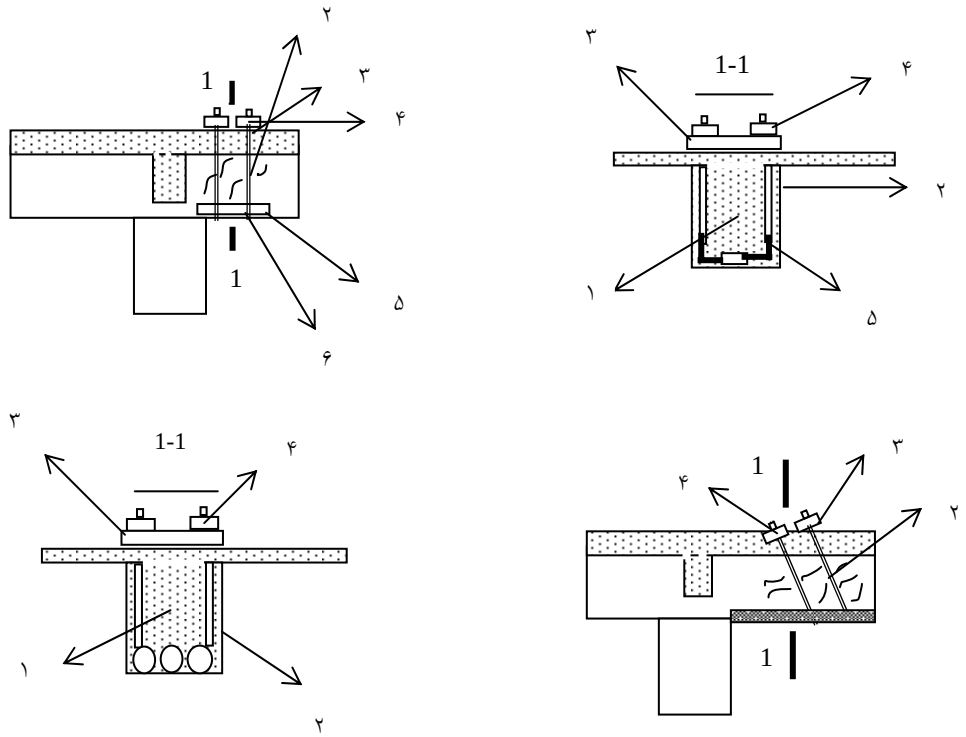
جهت بهسازی و مقاوم سازی این کلاف ها، راهکارهای زیر ارائه می‌شود:

۱. استفاده از پوشش فلزی (ژاکت فلزی)
۲. استفاده از تور سیمی
۳. استفاده از FRP

استفاده از پوشش فلزی

در این روش تیرها و ستونها را ورق پوش می‌کنند و بدین طریق علاوه بر افزایش ممان اینرسی تیر و ستون از مقاومت کششی مناسب فولاد جهت افزایش مقاومت سازه استفاده می‌نمایند. همچنین بدین طریق باربری قائم و شکل‌پذیری سازه نیز بالا می‌رود.

در این روش مسئله اصلی ایجاد اتصال مناسب و یکپارچگی بین عضو بتنی و ورق‌های فولادی می‌باشد. برای تامین این پیوستگی می‌توان از چسب اپوکسی و یا بولت‌هایی که یک سرشان در سوراخ تعبیه شده در بتن (که به کمک چسب و یا شیره بتن محکم شده است) و سر دیگرشان به کمک جوش و یا پیچ به ورق متصل شده است استفاده نمود. در این روش باید در مورد ابعاد ورق و محل اتصال آنها دقت لازم را به کار برد تا انتقال تنش‌ها به صورت مطلوب و مناسب انجام شود. البته به علت عدم امکان عبور قطعات فلزی از سقف و ناپیوستگی آنها ظرفیت باربریلرزه‌ای سازه خیلی بالا نمی‌رود.



شکل (۸) تقویت تیرها بوسیله ورق‌های فولادی

۱. تیر موجود ۲. طوقه فولادی ۳. ورق فولادی ٤. مهره ۵. پروفیل نبشی ٦. جوش

در شکل (۸) نمونه‌ای از تقویت تیرها و ستون ها به کمک ورقهای فولادی آمده است.

استفاده از تور سیمی

در این حالت تور سیمی را به دور ستون می‌پیچند وسپس روی آن را با پوششی از بتن می‌پوشانند. تور سیمی باید کاملا به دور ستون پیچیده شده و همپوشانی زیادی داشته باشد. این روش در ستونها، شکل پذیری ستون را بالا می‌برد اما چون تور سیمی، به دلیل وجود اتصالات از سقف نمی‌گذرد مقاومت سازه چندان افزایش نمی‌یابد.

استفاده از مواد پلیمری (FRP)

امروزه استفاده از ژاکت‌های پلیمری به دلیل خواص فوق العاده آن نظیر مقاومت و سختی بالا، وزن اندک، مقاومت در برابر خوردگی، ناهمسانگرد بودن این مواد و طراحی بهینه، نصب آسان و سریع، هماهنگی بامعماری سازه، کارایی اجرایی خوب، انعطاف پذیری بیشتر در طراحی، هزینه کل کمتر (شامل زمان، مصالح و اجرا) نسبت به ورق های فولادی، انجام تقویت در زمان استفاده از سازه، عدم تغییرات قابل توجه در سختی اعضای سازه در حالت تقویت برشی و دوام بیشتر اعضای دورپیچ شده مورد توجه قرار گرفته است.

در حقیقت شرط رسیدن به شکل پذیری کافی در تیرها و ستون‌ها آن است که اتصال از مقاومت و شکل پذیری کافی در تحمل بارهای نهایی تیر و ستون برخوردار باشد.

در این روش سطح بتن را کاملا صاف و هموار نموده، سپس چسب اپوکسی را روی سطح بتن و الیاف تقویت کننده پلیمری می‌زنیم تا اشباع شود. سپس FRP را روی بتن چسبانده و توسط غلطک هوای آن را خارج می کنیم تا کاملا به سطح بتن بچسبد. باید دقت شود که سطوح FRP با هم اورلب شوند تا سازه در محل های اورلب نشده ضعیف نشود. چسب اپوکسی از رزین و هاردنر تشکیل شده که به نسبت دو به یک با هم ترکیب می شوند و در نهایت یک لایه ملات تعمیری نیز برروی آن می‌کشیم.

در محل‌های اتصال تیر به ستون FRP را در دو جهت قرار می‌دهیم.

در حقیقت شرط رسیدن به شکل پذیری کافی در تیرها و ستون‌ها آن است که اتصال از مقاومت و شکل پذیری کافی در تحمل بارهای نهایی تیر و ستون برخوردار باشد

- آسیب‌پذیری مربوط به اتصالات

اتصالات که شامل اتصال دیوار و کلاف، اتصال بین دیوارهای باربر متقاطع، اتصالات بین دیوارهای باربر و سقف و اتصال بین تیغه ها و دیوارهای باربر می باشد. (شکل ۹)

اتصالات دیوار و کلاف را در هنگام اجرا می‌توان با استفاده از روش هشتگیر و همچنین با استفاده از شاخکهایی به طول ۸۰ سانتیمتر در فواصل ۵۰ سانتیمتر که در دیوار و کلاف قرار گرفته‌اند برطرف نمود.

اتصال بین دیوارهای باربر متقاطع را می توان با ایجاد یک کلاف قائم بین دو دیوار و یا استفاده از شاخک‌هایی به طول ۱۰۰ سانتیمتر در فواصل ۵۰ سانتیمتر در محل تقاطع دو دیوار تقویت کرد و به هیچ وجه نباید از روش هشتگیر در اتصال بین

دیوارهای بار متقاطع استفاده کرد، چون خود ایـن روش باعث ضعف در محل تقاطع می‌شود.

۹-الف: آسیب پذیری مربوط به اتصال دیوار و کلاف

۹-ب: آسیب پذیری بواسطه اتصال نامناسب دیوارهای باربر متقاطع

۹-ج: آسیب پذیری بواسطه اتصالات نامناسب در سقف

شکل ۹: آسیب پذیری مربوط به اتصالات

اتصالات بین دیوارهای باربر و سقف را مـی‌تـوان با بتن‌ریزی تیرچه‌ها و کلاف به طور همزمان برطـرف نمود.

اتصال بین تیغه‌ها و دیوارهای باربر را می‌تـوان بـا اجرا بصورت همزمان و یا لاریز و یا بصورت هشتگیر و یـا اسـتفاده از شـاخک تقویـت کـرد و مـانع از آسیب پذیری آن شد.

ولی اگر مـوارد صـورت گرفتـه در بـالا در سـازه رعایت نشده باشد اتـصال آسـیب پـذیر بـوده و بایـد تقویت گردد. لذا این اتصالات را بایـد بـا اسـتفاده از بست‌های مهاری مناسب کـه در فواصـل حـداکثر ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر قـرار مـی‌گیرنـد و یـا اسـتفاده از مقاطع فولادی مانند نبشی و یا قفل و بست‌های فلزی دیگر تقویت نمود.

- **آسیب پذیری مربوط به بازشوها:** اگر در هنگام اجرای بازشوها مقررات مربوط به آیین نامه ۲۸۰۰ در مورد فاصله بازشوها از انتهای دیوار، سطح بازشـوها، طول بازشوها، فاصله بازشوها و ابعاد بازشوها رعایت گردد، دیوار آسیب‌پذیر نمی باشد و در غیر اینصورت دیوار آسیب پذیر بوده و نیازمنـد بهـسازی مـی‌باشـد. (شکل ۱۰)

شکل ۱۰: آسیب پذیری بواسطه عدم رعایت استاندارد بازشوها

برای بهسازی می توان متناسب با نوع نقص نسبت به اصلاح آن بوسیله دیوار چینی اقدام کرد. واضح است که این دیوار چینی بایستی از اتصال مناسبی با دیوار قبلی برخوردار باشد. همچنین در صورت نیاز می توان اطراف بازشو را کلاف بندی کرد. این کلاف ها می‌بایست با کلاف‌های اصلی ساختمان اتصال مناسبی داشته باشد.

- آسیب پذیری مربوط به لوله و دودکش درون دیوار باربر: یکی از عواملی که باعث آسیب ساختمانهای بنایی شده استفاده از عبور لوله دودکش در دیوار می‌باشد که باعث ضعیف شدن دیوار و همچنین با توجه به اینکه بالای دیوارهای حمال کلاف اجرا می‌شود این لوله باعث انفصال در سیستم کلاف هم می‌شود. (شکل۱۱) که ما راهکار زیر را برای این مشکل با توجه به تجربیات

شکل۱۱: آسیب پذیری بواسطه انفصال در سیستم کلاف و لوله و دودکش درون دیوار باربر

نگارنده و دستورالعمل‌های موجود ارائه می‌دهیم. برای رفع انفصال دیوار در اطراف محل انفصال کلاف تعبیه شود، به گونه‌ای که این کلاف به نحو مناسبی به کلاف‌های افقی بالا و پایین متصل شود.

در اطراف محل عبور لوله یا دودکش ورق‌هایی فولادی که بوسیله مهارهایی به یکدیگر متصل شوند، تعبیه گردد.

برای تقویت کلافی که لوله دودکش از آن عبور کرده می‌توان در محل انفصال با نصب ورق‌های فولادی با طول، عرض و ضخامت مناسب در دو طرف کلاف این نقص را برطرف نمود. همچنین می‌توان با عبور لوله از محلی خارج از کلاف و پر کردن لوله قدیمی با بتن و در صورت نیاز تعبیه آرماتور، این نقص را برطرف نمود.

- آسیب پذیری سقف: وزن سقف یکی از مهمترین عوامل آسیب پذیری است. چون نیروی لرزه‌ای وارد به ساختمان مستقیما به این عامل بستگی دارد. در هنگام اجرای سقف افزایش وزن ساختمان بواسطه افزایش ضخامت ساختمان می‌باشد و این افزایش ضخامت به واسطه استفاده از شناژهای افقی با خاموت بیش از ۲۶ سانتیمتر یا بواسطه استفاده مکرر از لایه‌های ضخیم برای آب بندی و یا کفسازی می‌باشد. (شکل۱۲)

چنانچه سقف به دلیل زیاد بودن وزن آسیب پذیر تلقی شود، می‌توان لایه های کف سازی موجود را برداشت و پس از رسیدن به اجزای سازه‌ای سقف (آجر، چوب و یا فولاد) یک لایه جدید از مصالح سبک و با حداقل ضخامت ممکن، روی سقف اجرا گردد.

شکل ۱۲: آسیب پذیری بواسطه وزن زیاد سقف

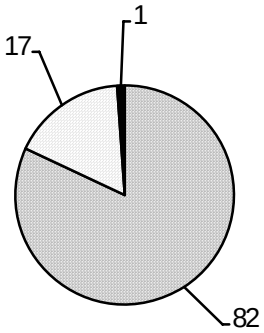
یک روش دیگر که می توان وزن سقف را کاهش داد استفاده از فیبر به جای بلوک سیمانی می باشد که وزن سقف را حدود ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. (شکل ۱۳)

شکل ۱۳: استفاده از فیبر جهت کاهش وزن سقف

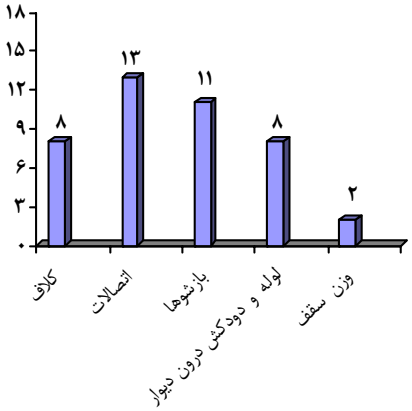
در این مقاله بعد از بررسی های صورت گرفته با توجه به جدول ارزیابی کیفی تفصیلی که همان ارزیابی آسیب پذیری سازه های موجود می باشد ، یکصد واحد مسکونی بنایی غیر مسلح را در شهرستان بویراحمد مورد ارزیابی کیفی سریع جهت اولویت بندی قرار داده و ساختمان‌های مذکور را با توجه به احتمال آسیب پذیری از بیشتر به کمتر مرتب کرده و مورد ارزیابی کیفی تفصیلی قرار داده‌ایم که مشخص گردید ۸۲ درصد

یک روش دیگر که می‌توان وزن سقف را کاهش داد استفاده از فیبر به جای بلوک سیمانی می‌باشد که وزن سقف را حدود ۲۰ درصد کاهش می‌دهد

این ساختمان‌ها آسیب پذیر نبوده، ۱۷درصد نیازمند بهسازی و ۱درصد نیز نیازمند تخریب و بازسازی می باشد. عمده عیب‌های مربوط به ساختمان‌های بنایی غیر مسلح، مورد ارزیابی قرار گرفته و در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱: ارزیابی کیفی تفصیلی یکصد واحد مسکونی بنایی غیرمسلح



نمودار۲: نقص های متداول ساختمان های بنایی غیر مسلح آسیب پذیر

لذا با توجه به نقص های موجود راهکارهایی جهت بهسازی و مقاوم سازی این ساختمان ها ارائه گردیده است.

فهرست منابع

۱- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود (نشریه ۳۷٦)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۱۳۸٦.

۲- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم، ۱۳۸٤.

۳- مقدم، ح، طرح لرزه‌ای ساختمان‌های آجری، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۳.

٤- وزارت مسکن و شهرسازی، دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، ۱۳۸۵.

۵- وزارت مسکن و شهرسازی، مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸٤.

٦- جهانبازی جهان آباد، ک، پایان نامه کارشناسی ارشد، مدیریت بهسازی و مقاوم‌سازی ساختمان‌های بنایی غیر مسلح در شهرستان بویراحمد، ۱۳۸۷.

7- Federal Emergency Management Agency; (1999); Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonary Wall Building –Basic Procedures Manual, FEMA 306.

8- Moghaddam, H.A., Seismic Behaviour of brick Infilled Frames, phD Thesis, Civil Eng Dept, Imperial College London.

9- Pieper, K, 1971, Shear Testes on walls, Proc of 2TH Intn. Brick Masonary Conf. Stoke-on-Trent, UK, pp, 140-3