نشریه هنرهای زیبا • شماره ۳۰ • تابستان ۱۳۸۶

علل عدم پایداری ساختمان‌های مسکونی روستایی در برابر زلزله و ارائه الگوی ساخت بر اساس امکانات و توانایی‌های محلی (مطالعه موردی: روستاهای زرند کرمان)

دکتر محمود گلابچی*[۱] ، مهندس مجتبی طیبات[۲]

[۱] دانشیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۴/۳ ، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۵/۱۲/۲۶)

چکیده:

ریشه اصلی مشکلات ساخت و صدمات قابل توجه ناشی از زلزله در شهر ها و روستاهای کشور، عدم آگاهی از روش های صحیح اجرای ساختمان ها می‌باشد، اما تنگناهای مالی نیز امکان اجرای چنین روش‌هایی را محدودتر می سازند. مشکلات مالی در روستاهای کشور که متحمل خسارت بالایی در زلزله‌ها می‌شوند، اجازه ساخت و سازهای مطابق با آیین نامه های اجرای ساختمان‌های مقاوم را نمی‌دهد. ضروری است روش‌های اجرایی آسان‌تر و ارزان‌تری که علاوه بر مقاومت کافی در برابر زلزله، با اقتصاد مردم روستاها و سطح توانایی تکنولوژیکی- اجرایی آنها متناسب باشد، جایگزین روش‌های پیشین شود. هرچند هم‌اکنون، سازمان‌های دولتی مشغول ساخت و ساز برای زلزله زدگان بم و روستاهای اطراف می‌باشند، ولی در سال های آتی که مردم، خود باید به انجام این امر بپردازند، مجدداً همان مشکلات قبلی بروز خواهد کرد. بنابراین برای کاهش صدمات ناشی از زلزله ارائه و آموزش یک روش مقاوم و مطابق با اقتصاد این قشر از اجتماع امری اجتناب ناپذیر وحتی ضروری است. این مقاله به بررسی این سوال می‌پردازد که برای ساختن ساختمان در مناطق زلزله زده مانند زرند، باید روش‌های موجود را مورد بازبینی قرار داد، یا باید به تغییر اساسی درروش های ساخت پرداخت و در صورت ضرورت این تغییر چگونه می توان با توجه به ویژگی های اقلیمی، اقتصادی و اجرایی چنین مناطقی، روش هایی متناسب با توانایی های محلی و امکانات این مناطق ارائه داد.

واژه های کلیدی:

زلزله، مسکن روستایی، ساخت و ساز، زرند، دیوار مسلح، سقف سبک.

* نویسنده مسئول: تلفن: ۶۶۴۰۹۶۹۶-۰۲۱ ، نمابر: ۶۶۴۶۱۵۰۴-۰۲۱ ، E-mail: Golabchi@ut.ac.ir

۱- مقدمه

در ساعت ۵:۵۵:۲۱ بامداد روز سه شنبه ۳ اسفند ۱۳۸۳ (۲۲ فوریه ۲۰۰۵)، در منطقه‌ای با موقعیت جغرافیایی ۳۰/۷۲۶N و ۵۶/۸۱۷E در عمق ۱۰ کیلومتری زمین، زلزله‌ای به بزرگی ۶/۴ درجه در مقیاس ریشتر رخ داد (سایت لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۸۳). زرند کرمان و روستاهای اطراف آن به شدت لرزیدند و حادثه‌ای تکراری با عواقبی مشابه حوادث قبل به وقوع پیوست و برای مدتی "صدها کشته و بی‌خانمان" تیتر اول روزنامه‌ها و اخبار شد و پس از آن ... دیگر هیچ ... .

زلزله نمودی از قدرت عظیم طبیعت است که در اثر جابجایی نسبی صفحات عظیم تکتونیکی تشکیل دهنده پوسته جامد کره زمین (Plate Tectonics) و آزاد شدن انرژی پس از بروز گسیختگی در محل درگیری صفحات تکتونیکی به وقوع می‌پیوندد. گرچه وقوع زلزله در ایران امری اجتناب ناپذیر است، اما این مسئله به معنی تکرار عواقب زلزله‌های پیشین در زلزله‌های بعد نمی‌باشد. امروزه روش‌های بسیاری برای ایمن‌سازی ساختمان در برابر زلزله ارائه شده است که با توجه به نوع ساختمان و محل اجرای آن می‌توان از آنها برای تامین پایداری ساختمان در برابر زلزله استفاده کرد. بدیهی است رعایت مقررات مقاوم سازی افزایش هزینه‌های ساخت را در پی خواهد داشت. بررسی ها و پژوهش های متعدد در این زمینه نشان می دهد از مهم ترین عواملی که باعث ساخت و سازهای غیراصولی در مناطق مختلف کشور می‌شود، مشکلات اقتصادی (بیات، ۱۳۸۲، ۳۶-۴۱)،(ثقفی، ۱۳۸۳، ۴۳- ۵۲) و افزایش هزینه ناشی اجرای روش‌های مقاوم در برابر زلزله و مشکلات تامین آن برای اقشار ضعیف اجتماع می‌باشد که باعث اجرا نشدن ضوابط مقاوم سازی و آیین نامه‌های مربوطه در اجرای ساختمان ها می‌شود (ثقفی، ۱۳۷۸، ۶۲- ۷۲)، (گلابچی، ۱۳۷۸، ۱۱۹- ۱۳۱). این مقاله ضمن بررسی این موضوع در مناطق کم درآمد (روستاها) و تجزیه و تحلیل عوامل موثر، راهکارهایی جهت ارتقاء این وضعیت ارائه می‌نماید.

۲- ساختار مقاله

در این مقاله، ابتدا وضعیت لرزه خیزی ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس با تحقیقات میدانی به بررسی تاثیرات زلزله زرند کرمان بر ساختمان های واقع در منطقه وقوع زلزله پرداخته می‌شود و با اولویت بندی قسمت‌های مختلف ساختمان، دیوار و سقف به عنوان بخش های بحرانی ساختمان در زمان وقوع زلزله مورد بررسی دقیق تر قرار می‌گیرند. سپس با استفاده از نتایج مطالعات پیشین و بررسی ویژگی های منطقه مورد نظر، نقاط قوت روش های ساخت و ساختمان های اجرا شده (جهت دستیابی به نتایج لازم برای ارائه روش های مناسب و قابل اجرا در منطقه)، مورد بحث قرار می‌گیرند.

مطالعات گسترده و بررسی طرح های اجرا شده پس از زلزله‌های متعدد نشان دهنده این حقیقت است که حتی بهترین طرح های ممکن اگر با وضعیت اقتصادی مردم سازگار نباشد مثمر ثمر نخواهند بود. در بخش‌های بعدی مقاله، روش های ساختمانی مورد استفاده در مناطق زلزله زده تشریح می‌گردند و از لحاظ فنی و اقتصادی بررسی می‌شوند. سپس با بررسی نحوه تاثیر نیروهای جانبی بر ساختمان های مذکور و عدم پایداری ساختمان های متداول در برابر آن، ضمن جمع بندی بررسی‌های انجام شده در مورد کیفیت اجرای ساختمان های آسیب دیده در برابر زلزله، ضرورت تغییر اساسی در روش ها ی متداول ساخت و نیز نحوه اجرای ساختمان های مقاومی که با توجه به شرایط اجرایی و اقتصادی مناطق زلزله خیز قابل اجرا باشند بیان می‌شود. در پایان راه حل های عملی و قابل اجرا برای ساختن ساختمان های مقاوم در برابر زلزله با توجه به امکانات محلی و توانایی های اقتصادی منطقه و مردم، ارائه می شود.

۳- عوامل موثر در عدم پایداری ساختمان‌ها در برابر زلزله در ایران[1]

کشور ایران به‌دلیل قرارگرفتن بر روی کمربند زلزله آلپ - هیمالیا، یکی از پنج کشور لرزه خیز دنیا به شمار می‌رود (ناطق الهی، ۱۳۷۱). ۱۷/۶٪ زلزله‌های مخرب دنیا در ایران رخ می‌دهند(بیات، ۱۳۸۲، ۳۶-۴۱). در مناطق واقع بین رشته کوه های البرز و زاگرس، تناوب وقوع زلزله کمتر است، لذا وقوع زلزله‌های بزرگ و مخرب را در هیچ جای آن نمی‌توان دور از انتظار

دانست(معماری، ۱۳۷۲، ۳۱). آمار و احتمالات مهندسی نشان می‌دهد به طور متوسط هر چهار سال یکبار در ایران یک زلزله شدید رخ می‌دهد که پیامد آن، تخریب ٪۹۷ واحدهای روستایی و آسیب کلی ٪۷۹ واحدهای شهری در منطقه وقوع زلزله خواهد بود(بیات، ۱۳۸۲، ۳۶-۴۱).

آمار هایی از زلزله‌های مخرب اخیر کشور (معماری، ۱۳۷۲، ۱۷) شامل:

بخش قیر فارس	سال ۵۱	۶/۹ ریشتر	۵۰۰۰ کشته
منجیل گیلان	سال ۶۹	۷/۳ ریشتر	۳۷۰۰۰ کشته
بم کرمان	سال ۸۲	۶/۸ ریشتر	۲۵۰۰۰ کشته

نشان دهنده آن است که ساختمان های روستایی آسیب پذیرترین ساختمان ها می‌باشند که نه تنها زلزله‌های شدید بلکه زلزله‌های ضعیف هم بر آنها تاثیر تخریبی فراوانی دارند. جدول شماره (۱) بررسی تطبیقی وضعیت ساخت و سازهای چند دهه گذشته (از سال ۵۵) را نشان می‌دهد (بیات، ۱۳۸۲، ۳۶-۴۱).

چنانکه مشاهده می‌شود در طی یک دهه (۶۵-۷۵) تعداد ساختمان های اسکلت فولادی یا بتنی از ٪۳/۳ به ٪۱۴/۴ افزایش پیدا کرده است. این در حالیست که تعداد ساختمان های ساخته شده با مصالح بنایی از ٪۳۰/۹ به ٪۱۸ کاهش یافته است. یعنی در طی ۱۰ سال، ٪۱۱/۱ به میزان سازه‌های با مقاومت بالا افزوده شده است و ٪۱۲/۹ از میزان سازه‌های غیر مقاوم کاسته شده است. در واحدهای روستایی، متوسط سالانه افزایش ساخت با مصالح با مقاومت بالا ٪۱/۸ و کاهش ساخت با مصالح غیر مقاوم ٪۳/۶ بوده است. با روند رشد فعلی، برای تبدیل ساختمان های روستایی به انواع مقاوم در برابر زلزله، ۷۵ سال دیگر لازم است. آمار و بررسی های احتمالات نشان می‌دهد در این مدت ۹۰ زلزله مخرب دیگر رخ خواهد داد (بیات، ۱۳۸۲، ۳۶-۴۱). با توجه به نرخ رشد کنونی مقاوم سازی ساختمان‌های مسکونی، انتظار خسارات و تلفات سنگینی در ۷۵ سال آینده وجود دارد.

نوع ساختمان	تا سال ۶۵			تا سال ۷۵		
	روستا	شهر	کل	روستا	شهر	کل
اسکلت فولادی یا بتنی	۰/۹	۵/۲	۳/۳	۲/۷	۲۱	۱۴/۴
مصالح بنایی	۲۷/۶	۸۳	۶۵/۸	۶۱/۸	۷۰/۸	۶۷/۶
مصالح سنتی	۷۱/۵	۱۱/۸	۳۰/۹	۳۵/۵	۸/۲	۱۸

ماخذ: بیات، ۱۳۸۲ جدول شماره (۱)

٤- بررسی تاثیر زلزله در منطقه

در یک نگاه کلی از نظر رفتار ساختمان در برابر نیرو ها بطور عام ونیروی زلزله به طور خاص می‌توان ساختمان را به سه بخش سقف، دیوار و پی تقسیم کرد. بیشترین تاثیر زلزله در منطقه مورد بررسی، بر روی سقف‌ها و دیوارها بوده است (ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷- ۷۴).

٤-۱- سقف

از مهم‌ترین مشکلات اجرایی واحدهای تخریب شده در منطقه مورد مطالعه، نوع سازه سقف‌ها و نحوه اجرای آنها بوده است. سقف های اغلب ساختمان‌های این منطقه، متشکل از طاق ضربی و تیر چوبی و گل می‌باشند که در اثر وقوع زلزله زرند آسیب جدی دیده اند.

این تخریب، پیامد وزن زیاد سقف و عدم اتصال مناسب آن با دیوار است که منجر به لغزیدن سقف از روی دیوار و فروریختن آن شده است. در مواردی که طاق خشتی اجرا شده است، قسمت‌های انتهایی سقف که به جرزهای ضخیم اتصال داشته‌اند، پایدار باقی مانده است ولی قسمت جلوی آن به تلی از خاک تبدیل شده است (تصاویر شماره ۱ و ۲).

عامل دیگر، افزایش وزن ناشی از اجرای لایه‌های متعدد کاهگل بر روی سقف ها می‌باشد که در نهایت موجب افزایش نیروی زلزله و فرو ریختن سقف ها شده است(ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷-۷۴). نکته قابل توجه اینست که در منطقه زرند، علاوه سقف های خشتی ضربی، در سقف‌های متشکل از تیر فلزی و طاق ضربی و حتی سقف‌های سبک هم از کاهگل برای پوشش استفاده شده است.

در مواردی، به جای کاهگل از یک لایه ضخیم آسفالت استفاده شده است که بار مرده نسبتاً زیادی بر سقف تحمیل می‌کند(تصویر شماره ۳). نکته قابل توجه آن است که مردم حاضر به صرف مخارج نسبتاً بالا برای مقاوم ساختن سرپناه خود هستند ولی در بسیاری موارد دانش و تکنولوژی صحیح آن را در اختیار ندارند. همچنان که در مناطق زلزله زده پیشین نیز

ماخذ: دکتر محمد جواد ثقفی تصویر شماره (۱)

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی تصویر شماره (۲)

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی تصویر شماره (۳)

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی تصویر شماره (۴)

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی تصویر شماره (۵)

مشاهده گردیده است، در این منطقه نیز به سقف‌های سبک، آسیب جدی وارد نیامده است (تصویر شماره ۴). حتی با وجود تخریب قسمت‌هایی از دیوار، سقف پابرجا مانده است. این موضوع ارزیابی مثبت رفتار سقف‌های سبک و گرایش به این سیستم برای اجرای سقف‌ها را تایید می‌کند. این بدان معنی است که با تکیه بر همان تکنولوژی اجرا شده در این مناطق، می‌توان سیستم های سازه‌ای مناسبی اجرا کرد.

در مواردی که از تیر آهن و طاق ضربی آجری استفاده شده است (که تعداد آن نسبتاً زیاد است)، قرارگیری مستقیم تیر آهن روی دیوار (ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷- ۷۴) باعث شده است دیوار قادر به تحمل نیروی برشی اضافی وارده از تیر آهن در اثر زلزله، نبوده و آن قسمت از دیوار تخریب شود و در پی آن فاصله گرفتن تیرهای سقف از یکدیگر سبب فروریختن زنجیروار طاق‌های ضربی و تخریب سقف شود(تصویر شماره ۵).

٤-۲- دیوار

دیوارهای اجرا شده در این منطقه غالبا دیوار بنایی با آجر فشاری (توپر) و ملات ماسه سیمان هستند که صرف نظر از اتلاف حرارتی زیاد، دارای وزن زیاد و مقاومت جانبی بسیار کم می‌باشند. مهم‌ترین عوامل تخریب دیوارهای منطقه به شرح ذیل می‌باشد:

- با استفاده از آجر توپر و حجم بسیار زیاد ملات، دیواری صلب ایجاد می‌شود که بسیار سنگین می‌باشد. ناچیز بودن مقاومت جانبی دیوار بنایی و عملکرد شکننده آن، عامل مضاعفی برای فرو ریختن آن در زلزله می‌باشد.
- اتصال آجر با ملات بسیار ضعیف می‌باشد که علت آن زنجابی نکردن آجر و هوای خشک منطقه می‌باشد.
- بین دیوار و پی، مصالح متصل کننده ای جز ملات وجود ندارد و این در حالی است که به دلیل اتصال ضعیف آجر و ملات این ملات قادر به حفظ یکپارچگی دیوار نبوده و در نتیجه قادر به اتصال دیوار به پی نخواهد بود (ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷- ۷۴)، نتیجه این امر، شکستن و جدا شدن دیوار از روی پی می‌باشد(تصویر شماره ۶).
- عدم اجرای زیر سری برای تیر آهن‌های سقف و تمرکز تنش

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی تصویر شماره (۶)

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی تصویر شماره (۷)

برشی در دیوار منجر به بروز شکست برشی در دیوار و در نهایت تخریب قسمت فوقانی دیوار شده است(ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷- ۷۴).

- تخریب قسمت بالای قاب‌های پنجره که گاهی با خروج کامل تیر نعل درگاه از محل اصلی آن همراه شده است. در مواردی که از تیر نعل درگاه استفاده نشده است، صدمات و خسارات بیشتری مشاهده می‌شود.
- هم امتداد بودن بندهای عمودی بین آجر ها شکست برشی دیوار را تشدید کرده است.
- عدم قفل و بست صحیح آجرها در گوشه ها و عملکرد منفرد دیوارها، عامل جدا شدن آنها از یکدیگر بوده است (ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷- ۷۴).
- در بسیاری از موارد، دیوارهای ممتد که بدون پشت بند یا شناژ قائم اجرا شده اند دچار عدم پایداری وفرو ریختن شده اند.
- اجرای ضعیف بتن کلاف‌های افقی و عمودی، سبب شده کلاف نتواند عملکرد خود را در زلزله نشان دهد (تصویر شماره ۷).

٤-۳- شالوده

شالوده های منطقه مورد بحث، عموماً از شفته، سنگ و ملات ماسه سیمان تشکیل شده اند و با وجود آنکه در اجرای آنها از روش‌های استاندارد و مصالح با کیفیت بالا استفاده نشده است ولی موارد متعددی از آسیب جدی شالوده‌ها مشاهده نشده است. پایدار بودن شالوده ها بیانگر این مطلب است که اصولاً در زمان بروز خسارات ناشی از زلزله، شالوده ها کمترین صدمات را داشته‌اند وتوجه بیشتر باید به سقف‌ها و دیوارها معطوف شود. روانگرایی یا آبگونگی[۲] بستر از دیگر عوامل نشست‌های نامساوی پی و ایجاد تنش‌های برشی در دیوارها می‌باشد. از آنجا که خاک منطقه زرند از نوع مقاوم می‌باشد، در این گونه مناطق برای ساختمان‌های یک طبقه مسکونی، یک پی نواری با ضخامت ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر کفایت می‌کند. پیشنهاد مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برای پی‌های مناطق روستایی استفاده از بتن لاغر و سنگ با نسبت حجمی زیر می‌باشد: سیمان (۱)، ماسه (۴)، شن (۶)، سنگ (۱۰) و سپس آجر چینی تا روی زمین. برای عایق رطوبتی پی، پوشش ملات سیمان با عیار بالا پیشنهاد شده است. این پوشش، با حفظ آب بندی موجب انسجام دیوار آجری و پی می‌شود. در این مقاله در مورد روش‌های مناسب ساخت شالوده نیز به صورت مختصر بحث خواهد شد.

٤-٤- شناژ (کلاف)

در منطقه مورد مطالعه، موارد نادری از تلاش در جهت اجرای شناژ مشاهده می‌شود ولی شواهد نشان می‌دهد دست اندرکاران ساخت و ساز در منطقه از کیفیت اجرای صحیح شناژ هم اطلاع چندانی نداشته‌اند. در چند مورد مشاهده شده است که برای پر کردن شناژ به جای بتن از آجر و ملات استفاده شده است. در اکثر موارد خاموت‌ها با فواصل بسیار زیاد از یکدیگر و به تعداد خیلی کم اجرا شده‌اند. در برخی موارد، کیفیت بتن استفاده شده در شناژها آنقدر پایین است که با فشار دست خرد می‌شود (تصویر شماره ۷). در شناژها، پوشش بتن که باید میلگردهای شناژ را بپوشاند، خیلی ضعیف ونازک اجرا شده است. شناژها در اکثر موارد اتصال افقی با یکدیگر ندارند. در بعضی موارد بعلت سنگینی بیش از حد دیوار و نیز اتصال ضعیف شناژ در پی یا استفاده از میلگرد ساده، هنگام شکست دیوار، میلگردهای شناژ کاملاً از پی بیرون آمده اند.

ماخذ: دکتر محمدجواد ثقفی — تصویر شماره (۸)

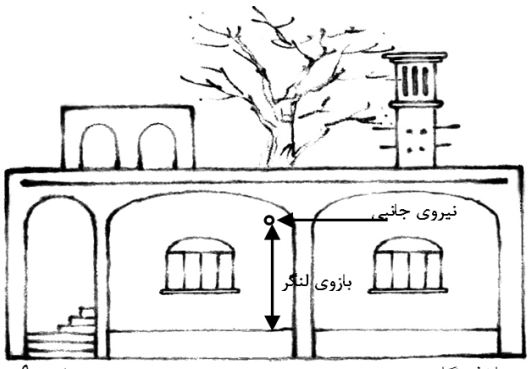
چنان که ذکر شد ساختمان‌هایی که با سقف سبک اجرا شده‌اند آسیب بسیار کمتری دیده‌اند (ثقفی، ۱۳۸۵، ۶۷- ۷۴). در یک مورد خاص، یک خانه کوچک چنان سالم مانده بود که حتی در نازک کاری آن هم ترکی ایجاد نشده بود (تصویر شماره ۸).

۵- دلایل پایدار بودن ساختمان هایی در مناطق زلزله زده

تحقیقات ومطالعات پیشین در مورد مناطق زلزله زده[۳] و نیز مطالعه ساختمان ها در منطقه زرند، نقاط ضعف متعددی را نشان می‌دهد اما می‌توان نکات مثبتی هم در اجرای ساختمان‌های منطقه مشاهده نمود و از آنها برای دستیابی به ضوابط و اصولی جهت اجراهای آتی استفاده نمود. همچنانکه اشاره شد نمی‌توان صرفاً بر اساس طراحی در مورد کیفیت یک روش اجرایی اظهار نظر نمود بلکه یک روش در شرایطی می تواند روش مناسبی به شمار رود که بر اساس دانش، امکانات و توانایی های بومی و محلی با کیفیت مورد نظر قابل اجرا باشد.

همانطور که در بخش پیش بیان شد، در منطقه زرند به سقف‌های سبک هیچ آسیب جدی وارد نیامده است. حتی در مواردی بخشی از دیوارهای نگهدارنده این سقف‌ها خراب شده‌اند ولی سقف‌ها از محل استقرار خود جابه جا نشده‌اند. این نتیجه گیری، اتفاقی و مخصوص این منطقه نمی‌باشد. مطالعات دیگر مناطق زلزله زده نیز حاکی از همین نتیجه می‌باشد (ثقفی، ۱۳۸۳، ۴۳- ۵۲). در زلزله قائنات ساختمان های اسکلت بتنی درصد تخریب بسیار بالایی داشتند در حالی که ساختمان های اسکلت فلزی نسبتاً کمتر تخریب شده بودند. در زلزله بم ساختمان های اسکلت بتنی مقاومت بیشتری نسبت به ساختمان‌های اسکلت فلزی نشان دادند. ولی در هر دو نوع ساختمان، درصد تخریب بالایی رخ داده بود. نتیجه‌ای که از تاثیر زلزله بر ساختمان های این دو منطقه می‌توان گرفت اینست که در مناطق روستایی، با توجه به سطح توانایی تکنولوژیکی و فنی ساکنین آن، نمی‌توان به اجرای هیچکدام از این دو روش اعتماد کرد! در حالی که ساختمان های با سقف سبک در هر دو منطقه و نیز منطقه زرند و روستاهای اطراف (همچنانکه در قسمت های قبل بیان شد) پایداری بسیار خوبی داشته اند.

هم چنان که در این منطقه دیوارهایی که اندود سیمانی داشته‌اند، از مقاومت بیشتری بر خوردار بوده اند، مطالعات پیشین حاکی از مقاومت نسبی بالاتر چنین دیوارهایی در زلزله‌های قائنات و بم بوده است. این امر تاثیر مثبت این ویژگی در جهت افزایش مقاومت جانبی دیوار در برابر نیروهای افقی را نشان می‌دهد.



ماخذ: نگارنده تصویر شماره ۹

۶- بررسی سازه‌ای پایداری ساختمان‌های باقیمانده در برابر زلزله

برای شناسایی عوامل موثر بر پایداری تعدادی از ساختمان‌های واقع در منطقه وقوع زلزله، ضروری است تاثیر نیروی جانبی بر این ساختمان را مورد تجزیه و تحلیل قرارداد.

وقتی نیروی جانبی بر ساختمان وارد می‌شود، گشتاوری بر ساختمان تاثیر می‌گذارد که برابر با حاصلضرب برداری نیروی وارده در اثر زلزله در بازوی لنگر می‌باشد. برای کاهش تاثیر گشتاور بر ساختمان به دو روش می‌توان اقدام کرد: کاهش نیروی جانبی و کاهش بازوی لنگر(تصویر شماره ۹).

نیروی جانبی ایجاد شده در ساختمان هنگام وقوع زلزله، متناسب با جرم متمرکز در آن می‌باشد. کنترل نیروی زلزله، خارج از محدوده توانایی کنونی بشر است ولی جرم و در نتیجه نیروی حاصل از زلزله را می‌توان با کاهش وزن ساختمان، تقلیل داد. با یک سقف سبک، مقدار نیروی جانبی که در ارتفاع بالا (در نقطه‌ای با حداکثر بازوی لنگر) اعمال می‌شود، بسیار کم خواهد شد. یادآوری این نکته لازم است که بیشترین جرم ساختمان در محل سقف متمرکز می‌باشد.

روش دوم برای کاهش گشتاور، کاهش بازوی لنگر است. در صورتی که قسمت های فوقانی سبک تر از قسمت های تحتانی اجرا شوند، مرکز ثقل ساختمان پایین می‌آید و باعث کوچک تر شدن بازوی لنگر (فاصله محل اثر نقطه برآیند از سطح زمین) می‌شود.

هر دو روش مبتنی بر کاهش وزن سقف ساختمان می باشد. روش دیگری که در جهت پایداری ساختمان مورد توجه قرار می‌گیرد، یکپارچگی و اتصال مناسب سقف با عناصر عمودی ساختمان می‌باشد. اگر اتصال سقف و دیوار به نحو مطلوبی انجام شود اقدامی مثبت در جهت جلوگیری از فرو ریختن سقف صورت گرفته است.

از دیگر عواملی که کمک قابل توجهی به پایداری ساختمان می‌کند، پایداری دیوار به عنوان تکیه گاه سقف می‌باشد. عموماً مقاومت مصالح متشکله دیوارهای بنایی برای پایدار نگهداشتن دیوار در برابر نیروهای جانبی کافی نیست. عدم مقاومت کافی در برابر خمش، عامل اصلی ناپایداری دیوارهای بنایی است. حتی با فرض رفتار و عملکرد یکپارچه سقف، اگر دیوارها دچار ناپایداری شوند، سقف به طور ناگهانی فرو خواهد ریخت.

۷- تاثیر وضعیت اقتصادی بر کیفیت ساخت

وضعیت اقتصادی و مشکلات مالی ساکنین این مناطق، همانند سایر مناطق روستایی و محروم کشور، تاثیر آشکاری بر ساخت مسکن آنها داشته است. تاثیر این مسئله در ساختمان های ساخته شده در شهرهای بم و بروات نیز به وضوح مشاهده می گردید (ثقفی، ۱۳۸۳، ۴۳- ۵۲). در منطقه مورد مطالعه، نمونه‌هایی از اجرای واحدهای مسکونی مشاهده می شود که نشان از آگاهی نسبی ساکنین منطقه از روش‌های صحیح اجرا دارد. ولی به علت بالا بودن هزینه‌های اجرای آنها، تمامی مردم قادر به پرداخت هزینه‌های آن نیستند. تصویر شماره (۸) نشان دهنده ساختمانی است که فردی برای پذیرایی از مهمانانش ساخته است ولی خودش در خانه‌ای زندگی می‌کرد که در اثر زلزله تخریب شده است.

در یکی از ساختمان های مسکونی منطقه تنها قسمتی از ساختمان دارای کلاف قائم بود و فقط همان قسمت ساختمان پایدار مانده بود و قسمت دیگر آن به شدت آسیب دیده بود. صاحبِ خانه علت اجرا نکردن شناژ در قسمت دیگر خانه را مشکلات اقتصادی بیان می‌کرد: "بیشتر از این نتوانستم برایش هزینه کنم"! در این منطقه اغلب ساختمان های ساخته شده از بتن مسلح دارای مشکلات اجرایی مشترکی مانند اشتباه بستن خاموت‌ها، پایین بودن کیفیت بتن و تخلخل بالای آن می باشند. از بررسی تعداد قابل توجهی از ساختمان ها (۷۰ مورد ساختمان مسکونی) این نتیجه حاصل شد که دلیل اصلی پایدار ماندن تعداد معدودی از خانه‌ها در برابر زلزله، صرف هزینه لازم برای تهیه مصالح مناسب بوده است و مهم تر آن که تاثیر استفاده از مصالح مناسب بسیار بیش از تاثیر روش صحیح اجرا[۴] بوده است.

از این جهت پیشنهاد یک سیستم ارزان قیمت و متناسب با وضعیت اقتصادی مردم منطقه کاملاً لازم و ضروری به نظر می‌رسد. آنچه که هم اکنون سازمان‌های دولتی در بم و بروات انجام می‌دهند (اعطای وام به زلزله زدگان و ساخت خانه برای آنها) از چند جنبه قابل تامل می‌باشد:

- آیا افراد بومی و دست اندر کاران ساخت ساختمان ها در محل با روش های صحیح اجرا آشنا شده اند تا پس از آنکه کار ساخت و ساز توسط دولت در آن مناطق تمام شد، ساکنین آن مناطق بتوانند با روش های صحیح ساختمان بسازند؟ آیا به کارگیری این روش ها برای ساکنان آن منطقه از لحاظ اقتصادی امکان پذیر خواهد بود.
- نمونه‌هایی از روش های ساخت در منطقه ارائه شده است که بسیار ارزان قیمت است و در آنها فقط از مصالح محلی استفاده می‌شود. علاوه بر این از سرعت اجرای بالایی

برخوردار هستند ولی به علت عدم وجود سابقه ساختن ساختمان با آن مصالح و عدم آشنایی ساکنان منطقه با این روش‌ها و نبودن فرصت آموزش، افراد به آن اعتماد نکرده اند.

- در شهر بم تعدادی از ساختمان های اجرا شده توسط سازمان‌های وابسته به وزارت مسکن و شهرسازی در اثر زلزله تخریب شدند و به دنبال آن این سوال مطرح می گردد که چه تضمینی برای پایدار بودن خانه‌هایی که هم اکنون توسط دولت ساخته می شود وجود دارد؟

۸- راهکارها

این تحقیق و بررسی های انجام شده در قالب این پژوهش در منطقه زرند نشان می دهد که (همچنان که در بخش‌های قبل نتیجه‌گیری شد) باید روش های متداول اجرا به گونه‌ای اصلاح شود که هم ساختمان در برابر عوامل طبیعی مانند زلزله پایدار بماند و هم تکنولوژی اجرایی ساده‌ای داشته باشد. در این صورت گام بزرگی در جهت نیل به هدف اجرای ساختمان های مقاوم در برابر زلزله برداشته شده است. ساده بودن روش اجرا، علاوه بر فراهم کردن امکان پذیرش آن از طرف افراد، تضمینی جهت تداوم استفاده از آن در آینده و نیز اجرای صحیح آن خواهد بود. بازدیدهای محلی از بوئین زهرا، طبس، گیلان، زنجان و خراسان نشان داده است که پس از ساخت و سازهای دولت در مناطق زلزله‌زده، مردم برای ساختن ساختمان های بعدی دوباره به روش‌های سنتی و محلی روی آورده‌اند (بیات، ۱۳۸۲، ۳۶-۴۱).

ارزان بودن روش اجرا، معیار مهمی در انتخاب روش ساخت در مناطق محروم روستایی می‌باشد. روش اجرای ساختمان باید به‌گونه‌ای باشد که یا از مصالح محلی استفاده شود یا مصالح مورد نیاز به سهولت در منطقه در دسترس باشند. در بسیاری موارد بررسی منطقه نشان می‌دهد، مصالح مناسبی در همان محل و مناطق همجوار یافت نمی‌شود. در این شرایط باید مصالحی انتخاب نمود که ویژگی‌های خاصی به شرح زیرداشته باشند.

- حجم کمی داشته باشند تا با کمترین هزینه حمل بتوان مقادیر زیادی از آن را به محل مورد نظر حمل نمود.
- سبک باشند تا نقل و انتقال آن به محل ساخت آسان باشد.
- تکنولوژی اجرای ساده‌ای داشته باشند تا بتوانند در روش‌های اجرای آن مناطق ماندگار شوند.
- نیازی به محاسبات فنی پیچیده و مفصل نداشته باشند.

علاوه بر اینها باید روش ساخت برای مردم قابل انجام بوده و آموزش های ساده برای به کارگیری آن کافی باشد ویا مشابه آن را قبلا دیده باشند و کاربرد آن را به صورت عینی تجربه کرده باشند تا اتفاقی که برای شرکت Blue Crescent[5] ترکیه افتاد تکرار نشود.

۹- ارائه یک روش اجرا

روشی که در این مقاله ارائه می شود یک روش اصلاح شده در جهت استفاده از سقف های سبک و دیوارهای باربر (و قابل اجرا در مناطق روستایی) می باشد. به دلیل آنکه در مناطق روستایی، مشکل کمبود زمین جهت ساخت مسکن وجود ندارد، اجرای ساختمان چند طبقه ضرورت ندارد. لذا می‌توان از سقف سبک جهت پوشش ساختمان استفاده کرد. سابقاً در اجرای سقف های سبک از پوشش‌های آزبست سیمان با نام تجاری ایرانیت و ... استفاده می‌شد که اکنون به علت سرطان زا بودن این مواد، استفاده از آنها بر اساس مقررات ملی ساختمان ممنوع می باشد. استفاده از آردواز نیز به دلیل پیچیدگی های اجرایی و حجم زیاد زیرسازی آن توصیه نمی‌شود.

در حال حاضر پوشش های جدیدی برای سقف ها تولید و عرضه شده اند که ضمن آن که قیمت نازلی دارند، بسیار سبک هستند و توانایی باربری مناسبی دارند. تکنولوژی اجرای آنها با پانل های ساندویچی قابل مقایسه است در حالی که ظرفیت خمشی بالاتری دارند و در نتیجه قابلیت افزایش دهانه و کاهش تعداد تکیه گاه ها در واحد سطح وجود دارد. انواعی از این قطعات دارای عایق حرارتی نیز می‌باشند. دو گروه کلی از این قطعات تولید و عرضه می شود؛ یک دسته از آنها از ورق های گالوانیزه تشکیل می شوند که یک طرف آنها با فوم پر شده است. ضخامت فوم به کار رفته در آن ها متفاوت است و بسته به محل استفاده (از کار برد در ساختمان مسکونی تا سردخانه ها) ضخامت آن تعیین می شود. دسته دیگر، از ورق هایی که از مواد پلیمری ساخته شده است تشکیل می شوند که به شکل ورق های موجدار یا طرح دار می‌باشند و با نام های تجاری آندولین، دهش، دکرا، ساندویچ پانل سبلان، آندولیر و... عرضه می‌شوند.

برای پوشش زیرین سقف، رابیتس و اندود گچ پیشنهاد می‌شود. با توجه به قابلیت کوبیدن میخ در فوم متراکم و نیز رد کردن کرپی از پوشش نهایی سقف(که به راحتی با مته سوراخ می‌شوند)، مشکلی برای نصب رابیتس وجود نخواهد داشت.

برای ساخت دیوارها، بلوک سفالی یا سیمانی توصیه می‌شود. بلوک علاوه بر آنکه عایق حرارتی است، با سرعت و سهولت اجرا می‌شود. ولی نکته مهم در اجرای بلوک آن است که در روش های متداول، بلوک مانند آجر، اجرا می‌شود. در روش ارائه شده در این تحقیق به جای آن که سطح بلوک را به طور کامل با ملات بپوشانند، ملات را به صورت دو نوار موازی در دو لبه خارجی بلوک اجرا می‌کنند تا پل حرارتی که قبلاً توسط ملات ایجاد می‌شد، قطع شود و نقش عایق حرارتی ایجاد شود. سپس دو سطح خارجی بلوک را با فروسیمان(Ferro Cement) می پوشانند. در این روش ابتدا یک لایه ملات سیمان روی سطح بلوک‌ها می‌کشند، آنگاه یک لایه تور سیمی روی آن نصب می‌کنند و یک لایه دیگر ملات روی آن می‌کشند. در این حالت مقاومت خمشی

دیوار به نحو مطلوبی بهبود می‌یابد و در برابر فشارهای جانبی مقاومت می‌کند. در محل های تقاطع دو دیوار، استفاده مضاعف از تور سیمی سبب یکپارچگی بهتر دیوارها می‌شود و از لغزش آنها در مواجهه با نیروهای جانبی جلوگیری می‌کند. بر طبق آیین‌نامه‌ها، در دیوارهای باربر اجرای کلاف قائم امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در این روش، فروسیمان هم مشابه کلاف‌های قائم به پایداری دیوار کمک کند و هم ضعف های احتمالی ناشی از اجرای ناصحیح کلاف ها را تا حد مطلوبی جبران کند. با قراردادن ورق فولادی روی کلاف های افقی، می‌توان اتصال مناسبی بین سقف و دیوار ایجاد نمود. در مواردی اجرای فروسیمان می تواند نیاز به کلاف قائم را مرتفع نماید.

همچنانکه که قبلاً بیان شد مطالعات انجام شده در این تحقیق نشان می دهد، پایداری پی‌ها در منطقه مورد مطالعه (زرند) و حتی سایر مناطق به گونه ای بوده است که تخریب عمده و قابل توجهی در اثر زلزله مشاهده نشده است. (معماری، ۱۳۷۲، ۲۳). طرحی که توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برای اجرای پی پیشنهاد شده است و در بخش ۴-۳ بیان شد، می‌تواند راهنمای مناسبی جهت اجرای پی های ساختمان باشد.

روش ارائه شده در این مقاله علاوه بر مزایای سازه‌ای، بعلت هماهنگ شدن نمای ساختمان ها موجب ایجاد سیمای واحد در منطقه می گردد، نمای آجر فشاری بدون نظم را از سیمای ناهمگون کنونی روستاها حذف می‌نماید و ظاهر تداعی کننده محرومیت در منطقه را بهبود می‌بخشد.

۱۰- مقایسه تطبیقی و اقتصادی روش ارائه شده

برای مقایسه تطبیقی و اقتصادی روش ارائه شده با روش متداول اجرای ساختمان در این مناطق یادآوری این نکته لازم است که قیمت مصالح و نیز هزینه اجرای ساختمان در نقاط مختلف کشور بسیار متفاوت می باشد. قیمت‌هایی که در این مقاله ارائه می‌شود، نباید به عنوان هزینه قطعی اجرای روش در همه زمان ها و درتمام مناطق تلقی شود. هدف از این بخش، مقایسه‌ای نسبی بین دو روش اجرا خواهد بود. نکته ای که پیش از بررسی اقتصادی بر آن تاکید می شود اینست که هزینه نسبتاً پایین اجرای این روش، تنها مزیت روش ارائه شده نمی باشد، بلکه هزینه، تنها یکی از عوامل تاثیر گذار در انتخاب وارائه این روش بوده است.

۱۱- مقایسه روش متداول اجرا و روش ارائه شده در مقاله

الف- روش متداول:

دیوار: دیوارها در روش‌های متداول اجرا عبارتند از: آجر فشاری، ملات ماسه سیمان

سقف: سقف‌ها در روش‌های متداول اجرا عبارتند از: طاق ضربی با آجر فشاری، نخاله یا ماسه، ملات ماسه سیمان به عنوان آستر عایق، سه لایه قیر دو لایه گونی، ملات ماسه سیمان، فرش موزاییک، پوشش گچ خاک

ب- روش ارائه شده در مقاله:

دیوار: دیوارها در روش‌های متداول اجرا عبارتند از: بلوک سفالی یا بتنی، ملات ماسه سیمان، پلاستر سیمانی با تور سیمی

سقف: سقف‌ها در روش‌های متداول اجرا عبارتند از: شبکه زیرسازی، پوشش ساندویچ پانل، رابیتس اندود گچ از سقف هردو روش حذف شده است و اندود گچ خاک دیوار در روش قدیمی معادل اندود داخلی سیمان در روش جدید در نظر گرفته شده است.

دیوار		سقف					
۱۱۰۲۰۵	۱۱۰۳۰۳	۱۱۰۳۰۷	۱۸۰۳۰۸	۱۳۰۲۰۴	۱۸۰۳۰۷	۲۱۰۱۰۱	۱۸۰۲۰۳	-
دیوار پک آجره با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان ۱:۶	طاق زنی بین تیرآهن با آجر فشاری به ضخامت نیم آجر با ملات گچ خاک	دوغاب ریزی روی طاق آجری با گچ	اندود سیمانی به ضخامت ۲ سانتیمتر روی سطوح افقی	عایق کاری رطوبتی با سه قشر اندود قیر و دو لایه گونی	اندود سیمانی به ضخامت ۱ سانتیمتر روی سطوح افقی	فرش کف با موزاییک سیمانی ساده ۲۵*۲۵ با ۲/۵ ماسه نرم زیر و دوغاب	اندود گچ و خاک به ضخامت ۲/۵ سانتیمتر زیر سقف	تیر آهن نمره ۱۴ برای طاق ضربی
۵۶۷۰۰	۲۸۳۰۰	۱۳۴۰	۹۴۷۰	۱۹۱۰۰	۶۶۵۰	۳۰۳۰۰	۱۰۴۰۰	۵۰۰۰۰
۵۶۷۰۰	۱۵۵۴۶۰							

ماخذ: نگارنده — جدول شماره (۲)- هزینه روش متداول بر حسب ریال/ مترمربع

دیوار		سقف		
۱۱۰۴۰۲	۱۸۰۳۰۵	۱۶۰۴۰۳	۱۶۰۲۰۴	۱۸۰۲۰۳
آجرکاری با بلوک سفالی به ضخامت ۱۲ تا ۲۲ سانتیمتر و ملات ماسه سیمان ۱:۶	اندود سیمانی به ضخامت ۲Cm روی سطوح قائم با ملات ماسه سیمان ۱:۴	تهیه و نصب تور سیمی گالوانیزه زیر اندود	تهیه مصالح و زیرسازی سقف کاذب با نبشی و سیبری و میلگرد و مانند آن	استعلام از فروشنده تهیه و نصب سقف سبک از مصالح ذکر شده با زیر سازی	تهیه و نصب صفحات رابیتس برای سقف کاذب	اندود گچ و خاک به ضخامت ۲/۵ سانتیمتر زیر سقف
۳۱۸۵۰	۱۴۳۰۰	۶۱۴۰	۵۶۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	۶۶۱۰	۱۰۴۰۰
مجموع	۵۴۲۹۰	۲۰۳۰۱۰				

ماخذ: نگارنده — جدول شماره (۳)- هزینه روش ارائه شده بر حسب ریال/ مترمربع

هزینه اجرای سقف با استعلام از مجریان آنها برآورد شده است. اجرای سقف با مصالح انتخاب شده، برای قطعات بدون فوم متر مربعی ۷-۶ هزار تومان و برای قطعات دارای فوم ۱۰ هزارتومان می باشد. لازم به ذکر است مصالح بدون فوم نیز بدلیل آنکه از مواد نارسانای حرارتی ساخته می شوند، عایق حرارتی بهشمار می روند.

هزینه اجرای زیرسازی این سقف‌ها با درنظر گرفتن هزینه مصالح مورد نیاز برای نصب، متر مربعی ۷-۶ هزار تومان برای سقف‌های ساده و ۱۳-۱۲ هزار تومان برای سقف‌های با شیب‌های متقاطع چند طرفه می باشد. در بررسی اقتصادی انجام شده، سقف ها ساده در نظر گرفته شده‌اند.

۱۲- ارزیابی فنی روش ارائه شده

با توجه به مطالعات انجام شده و ویژگی‌های بیان شده در بخش‌های قبل، از بررسی فنی روش ارائه شده و مقایسه آن با روش های متداول نتایجی به شرح زیر حاصل گردیده است:

- مصالح مصرف شده در این روش، بسیار کم حجم و سبک می‌باشند.
- سبک بودن مصالح مصرفی در سقف مشکلات حمل مصالح، انتقال مصالح تا تراز سقف و نیز سنگین کردن سقف را مرتفع می‌سازد.
- مصالح پیشنهاد شده جهت پوشش سقف، ضمن داشتن وزن کم و ابعاد بزرگ، نیاز به زیرسازی با تیرهای نزدیک به یکدیگر را مرتفع می‌سازد. در بعضی از انواع این محصولات، می‌توان تیرهای اصلی را تا فاصله ۳ متر از یکدیگر قرار داد که منجر به کاهش هزینه‌های اجرا می‌شود (مشکلی که در سقف‌های متشکل از آردواز شدیدا خودنمایی می‌کند).
- ابعاد مصالح پیشنهادی آنقدر کوچک نیست که باعث کُندی سرعت اجرا شود (مثل آجر و آردواز) و آنقدر هم بزرگ نیست که قابلیت حمل با وسایل نقلیه معمولی را نداشته باشد.
- درروستاها استفاده از مهندس محاسب برای محاسبه ساختمان مسئله‌ای کاملاً دور از ذهن می‌باشد. روش‌هایی که نیاز به محاسبات مفصل داشته باشند منطبق با شرایط یک منطقه روستایی نیست.
- در روش ارائه شده از اجزایی استفاده شده است که دارای تنوع چندانی نیستند (تور سیمی، پانل سقفی، بلوک، ملات ماسه سیمان ...). لذا ارائه دستورالعمل های متعدد وپیچیده جهت تعیین نحوه اجرا و مقدار استفاده از مصالح ضروری نیست.
- شرایط اجرای روش ارائه شده، خاص و پیچیده نیست. درجه بروز خطا در این روش بسیار کم است و تاثیرات احتمالی بروز خطا در آن چندان قابل تامل نیست (مشکلی که در اجرای کلاف ها خود نمایی می‌کند).
- در این روش سقف و دیوار هر دو عایق حرارتی می‌باشند. استفاده از بلوک مجوف در دیوار باعث ایجاد یک لایه هوا به عنوان عایق حرارتی می‌شود. علاوه بر این، نحوه اجرای ملات نیز از انتقال حرارت به وسیله حجم ملات جلوگیری می‌کند. سقف نیز همان طور که بیان شد، از موادی ساخته شده است که عایق حرارتی می‌باشند. در منطقه مورد بحث، رطوبت نسبی پایین هوا، اختلاف دمای شب و روز را افزایش می‌دهد. وجود شب های سرد و روزهای گرم در چنین مناطقی، نیاز به عایق حرارتی را بیش از سایر مناطق ضروری می سازد.
- میزان مصرف ملات در دیوارها در روش ارائه شده از روش متداول کمتر است. زیرا اولاً وقتی از آجر برای دیوار چینی استفاده می‌شود (روشی که معمولا در این مناطق استفاده می‌شود)، ملات باید سطوح افقی آجر و سطوح جانبی آن را بپوشاند ولی در روش ارائه شده، ملات فقط بین بلوک ها، بصورت دو نوار اجرا می‌شود نه در سطح جانبی و سطوح افقی کامل. ثانیاً از آنجا که ارتفاع بلوک بیشتر از آجر است، در دیوارچینی با بلوک، مقدار نسبی مصرف ملات در مقایسه با دیوار چینی با آجر کاهش می یابد (محاسبات حجم ملات مصرفی در انتهای همین قسمت آورده شده است).
- از مزایای اساسی این روش سرعت و سهولت اجرای آن است که بومی شدن و ماندگار بودن آن در مناطق مورد نظر را امکان پذیر می سازد.
- در روش ارائه شده، تعدد ردیف های کاری بسیار کم تر و محدودتر از روش های متداول است. به عنوان مثال در روش ارائه شده، سقف از ۴ ردیف کاری تشکیل شده است در حالی که در روش های متداول اجرا، استفاده از ۹ ردیف های کاری لازم است. این نسبت در دیوار ۲ به ۳ می باشد.[۶]
- از لحاظ زمان اجرا، سقف در روش ارائه شده بسیار سریع تر ازروش متداول اجرا (طاق ضربی) یا حتی تیرچه بلوک اجرا می‌شود.
- مشکل طولانی بودن زمان اجرا در دیوار چینی با جایگزینی بلوک به جای آجر، به نحو مطلوبی بهبود می‌یابد. با یک گروهِ کاری، دیوارچینی با بلوک حدود ۲۰ مترمربع در روز انجام می‌شود در حالی که با همان نفرات، دیوارچینی با آجر فشاری ۱۲ مترمربع در روز انجام می‌شود[۷].
- این روش دیوار چینی، باعث تغییر سیمای روستا از نمای آجر فشاری به اندود سیمانی با کیفیتی بسیار مناسب می‌شود که منظر روستا را هماهنگ و زیباتر می‌کند.
- علاوه بر وزن کم مصالح، یکپارچه بودن اجزا، ضریب ایمنی ساختمان را ارتقا می‌بخشد.
- سبک بودن سقف علاوه بر کاهش احتمال فروریختن آن، احتمال مرگ و میر ناشی از فرو ریختن سقف را به حداقل می‌رساند.
- سقف پیشنهادی از مصالحی ساخته شده است که حتی در صورت فرو ریختن گرد و خاک تولید نمی‌کند و موجب صدمات بیشتر و خفگی ناشی از غبار و خاک نمی شود.
- کاهش وزن ساختمان، کاهش فشار روی پی و پایداری بیشتر ساختمان را به دنبال خواهد داشت.

	دیوار	سقف									
مصالح مصرفی	ملات	آجر	ملات	آجر	دوغاب گچ		۷ سانتیمتر ماسه	ملات ماسه سیمان	گونی قیراندود	موزاییک	گچ خاک	گچ اندود
واحد	لیتر	قالب	لیتر	قالب	-		مترمکعب	مترمکعب	مترمربع	مترمکعب	مترمکعب	مترمکعب
تعداد/مقدار	۷۴	۱۳۸	۳۸	۶۳	گچ	آب	۰/۰۷	۰/۰۳	۲	۰/۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
					۰/۱۲	۱۰						
وزن مخصوص	۲/۱	۲/۰۵	۱/۸	۲/۰۵	-	۱	۱۵۵۰	۱۸۰۰	۱۵	۲۲۵۰	۱۶۰۰	۱۳۰۰
وزن	۱۵۵/۴	۲۸۲/۹	۶۸/۴	۱۲۹/۱۵	۰/۱۲	۱۰	۱۰۸/۵	۵۴	۳۰	۶۷/۵	۴۰	۳۲/۵
وزن نهایی	۴۳۸/۳	۵۵۰/۱۷										

ماخذ: نگارنده — جدول شماره (۴)- بررسی وزنی روش متداول برای هر مترمربع

	دیوار		سقف				
مصالح مصرفی	بلوک سفالی ۴۰×۲۰×۲۰	بلوک سیمانی ۴۰×۲۰×۲۰	ملات	مصالح پوشش سقف	مصالح زیرسازی سقف	زیر سازی سقف کاذب	رابیتس	اندود گچ خاک	گچ اندود
واحد	قالب	قالب	لیتر	مترمربع	کیلوگرم	کیلوگرم	مترمربع	مترمکعب	مترمکعب
تعداد/مقدار	۱۱/۰۴	۱۱/۰۴	۶۶/۷۵	۱	۱۸	۸	۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
وزن مخصوص	۸/۴۸	۹/۵۵۰	۲/۱	۵	-	-	۹	۱۶۰۰	۱۳۰۰
وزن	۹۳/۶۲	۱۰۵/۴۳	۱۴۰/۱۷	۵	۱۸	۸	۹	۴۰	۳۲/۵
وزن نهایی	۲۴۵/۶-۲۲۳/۷۹ کیلوگرم			۱۱۲/۵ کیلوگرم					

ماخذ: نگارنده — جدول شماره (۵)- بررسی وزنی روش ارائه شده برای هر مترمربع

- انتخاب دیوار ضخیم (۲۰ سانتی) در روش ارائه شده، علاوه بر ایجاد عایق حرارتی، باعث افزایش مقاومت جانبی دیوار می‌شود.

علاوه بر آنکه نمونه‌های اجرا شدهٔ مشابه با این روش، پایداری خود را در عمل نشان داده‌اند، این روش قابلیت ارائه به آزمایشگاه‌های معتبر جهت انجام انواع تست‌های پایداری و مقاومت را دارا می‌باشد.

حجم ملات برای اجرای یک متر مربع دیوار چنین محاسبه می‌شود (حجم‌ها بر اساس متر مکعب می‌باشند):

روش ارائه شده در مقاله:

پلاستر سیمان برای دو روی دیوار:

۰/۰۶ =(دو طرف دیوار)۲×(ضخامت اندود)۰/۰۳×۱×۱

ملات بین بلوک‌های ۲۰×۲۰×۴۰:

۰/۰۰۶۷۵ = (تعداد بلوک در متر مربع)۱۱/۰۴× [(تعداد نوار ملات)۲×(ارتفاع بند ملات)۰/۰۱۷×(ضخامت نوار ملات)۰/۰۳×(ارتفاع+ طول بلوک)۰/۶]

مجموع ملات مورد نیاز:

۰/۰۶۶۷۵ متر مکعب معادل ۶۶/۷۵ لیتر

روش متداول:

طبق ماده ۱۱۰۰۳ تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی ملات مورد نیاز برابر ۷۴ لیتر است (جداول ۴و۵).

۱۳- بررسی قابلیت‌های معماری و شهرسازی سیستم پیشنهادی

استفاده از سقف سبک در ساختمان، امکان افزایش دهانه را فراهم می‌سازد و محدودیت‌های متداول برای موقعیت دیوارهای ساختمان را برطرف می‌نماید. این قابلیت، طراحی پلان را به صورت انعطاف پذیر (Flexible) و با استفاده از فضاهایی با ابعاد متنوع (بدون وابستگی به عناصر سازه) میسر می‌نماید. از مهم‌ترین نیازها در یک معماری انعطاف‌پذیر عدم محدودیت در مورد موقعیت قرار گرفتن دیوارها و کاهش وابستگی آنها به محدودیت‌های سازه‌ای و ساختمانی است.

در روش ارائه شده در مقاله ضخامت کمِ دیوار منجر به کاهش سطح اشغال فضا در پلان می‌شود و می‌توان برای مهار نیروهای جانبی شرایط مطلوب‌تری ایجاد نمود. استفاده از دیوارهایی با ضخامت کمتر، ضمن آنکه سطح قابل استفاده فضا را افزایش می‌دهد، درصد اتلاف فضا را کاهش داده و کیفیت فضای معماری را در ساختمان بهبود می‌بخشد.

در مناطق گرم و خشک، ارتفاع زیاد سقف باعث می‌شود هوای گرم به فضای بالا رانده شود و هوای قسمت‌های پایین که محل استفاده افراد است، سردتر شود. در روش ارائه شده در مقاله سقف شیب دار باعث می‌شود تا بتوان بدون افزایش ارتفاع دیوارهای جانبی (که موجب افزایش ضریب لاغری آنها نیز خواهد بود)، به این هدف نائل شد.

از دیگر مزایای استفاده از روش ارائه شده در این مقاله هماهنگ شدن نمای خانه‌ها و ایجاد سیمای واحد در منطقه در جهت هویت بخشی به روستا می‌باشد. نماهای آجر فشاری بدون نظم در روستا که موجب ایجاد سیمای ناموزون در شرایط کنونی روستا شده اند، حذف شده و ظاهر محروم منطقه تا حد زیادی بهبود می‌یابد.

۱۴- نتیجه گیری

هدف این مقاله، صرفاً بررسی مشکلات اجرایی ساختمان های واقع در مناطق زلزله زده و موانع دستیابی به یک روش ساخت قابل قبول نمی باشد. این مقاله در ابتدا، این سوال را مورد بررسی قرار می دهد که آیا باید به روش های پیشین تولید انبوه واحدهای مسکونی برای زلزله زدگان ادامه داد؟ سوال قابل تامل این تحقیق آنست که اگر سازمان های دولتی همچنان با اعزام نیروهای مهندسی و پیمانکاران به مناطق زلزله زده اقدام به تولید انبوه واحدهای مسکونی به روش های متداول برای زلزله زدگان ویا مبادرت به اعطای وام به آنان نمایند، هدف ایمن شدن ساختمان ها در برابر نیرو های طبیعی مانند زلزله محقق خواهد شد؟[۸]

نتایج ارائه شده این تحقیق در بخش ۷ نشان می دهد در چنین شرایطی پس از آنکه کار ساخت و ساز سازمان های دولتی در مناطق زلزله زده به اتمام برسد و نیروهای متخصص محل را ترک کنند، دوباره مردم به همان روش های قبلی بازخواهند گشت و ... تکرار حادثه ...

همچنان که مردم یک کشور حرکت از جامعه کشاورزی به یک جامعه صنعتی را می پذیرند، همان طور که تحول از خشت به آجر پذیرفته می شود، همانگونه که تغییر از دیوار باربر به اسکلت فلزی و بتنی عملی می گردد، اکنون باید از مصالح جدید برای حل مشکلات پیشین بهره جست. وظیفه معماران و مهندسین ساختمان آن است که با استفاده از مصالح و روش های جدید راه حل های مناسب و قابل استفاده در مناطق زلزله خیز کشور را بیابند و ضمن اجرای آن و آموزش به ساکنان آن مناطق از تکرار حوادث تلخ و ناگوار حاصل از تاثیر یک پدیده طبیعی مانند زلزله و صدمات جبران ناپذیر آن بر جان و مال انسان ها جلوگیری نمایند.

در بخش های قبلی این مقاله بیان شد با بررسی تاثیر زلزله (بخش ۴)، دلایل پایدار بودن تعدادی از ساختمان ها در مناطق زلزله زده (بخش ۵) و تاثیر وضعیت اقتصادی بر کیفیت ساخت (بخش ۷) می توان روش هایی متناسب با امکانات و توانایی های این مناطق ارائه نمود که ضمن قابل اجرا بودن از مقاومت لازم در برابر زلزله برخوردار باشند (بخش های ۸ تا ۱۳).

مطالعات و بررسی های انجام شده در این تحقیق (همانطور که در بخش های مختلف مقاله بیان شد) نشان دهنده آن است که روش ارائه شده دارای ویژگی ها و امتیازات به شرح زیر می باشد:

- انتقال تکنولوژی در این روش بدون وجود پیچیدگی های بسیار (که بطور معمول موجب بروز اشکالات اجرایی متعدد می شود) امکان پذیر است.
- همچنانکه در بررسی فنی و اقتصادی بیان شد روش ارائه شده از روش های متداول ساده تر، مقاوم تر و ارزان تر است.
- سبک بودن این روش باعث می شود تا علاوه بر مقاومت ساختمان در برابر نیروهای افقی، بار روی پی ها کاهش یابد.
- دیوارها و سقف در روش ارائه شده عایق حرارتی است تا تامین شرایط محیطی مطلوب در ساختمان با صرف حداقل انرژی ممکن گردد.
- قابلیت حمل و جابجایی مصالح در محل، با امکانات ساده محلی کاملا امکان پذیر است.
- همچنانکه در بررسی های فنی نشان داده شد، سرعت اجرای آن از روش های مرسوم بسیار بیشتر است.

و مهم تر از همه:

سرپناهی امن در اختیار انسان ها قرار می دهد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری جناب آقای دکترمحمدجواد ثقفی برای در اختیار قرار دادن عکس ها قدردانی می گردد.

پی نوشت ها:

۱ این بخش حاصل بررسی دقیق یافته های تحقیقات متعدد قبلی در زمینه مقاومت ساختمان ها در برابر زلزله و بطور خاص دستاورد های ارائه شده در طرح ها و مقالات زیر است:
ناطق الهی، ۱۳۷۱؛ معماری، خندانی، ۱۳۷۲؛ خرمی، ۱۳۸۲؛ ثقفی، ۱۳۷۸؛ ثقفی، ۱۳۸۳؛ گلابچی، ۱۳۷۸؛ درخشانی، ۱۳۵۰؛ عبد شریف آبادی، ۱۳۶۳؛ عبد شریف آبادی، ۱۳۷۰؛ ماهری، بهار، ۱۳۷۳.

۲ Liquefaction.

۳ منابع مذکور در پی نوشت شماره ۱.

۴ البته یک استنتاج بطور صد در صد قابل تعمیم نخواهد بود، هرچند آشنا نبودن افراد به روش صحیح اجرا بر اساس ساخت و سازهای انجام شده در منطقه محرز می باشد.

۵ این شرکت سیستم ساختی را پیشنهاد داده بود که در آن از خاک محل و درصد بسیار کمی سیمان استفاده می شد و با استفاده از ابزارهای ساده و نیروی دست، آنرا به قالب آجری تبدیل می کردند و با آن خانه می ساختند. علیرغم استفاده صد در صد از مصالح محلی، این روش بهیچوجه مورد استقبال مردم

قرار نگرفت زیرا مردم به مصالح مورد استفاده و روش مذکور اعتماد نداشتند.
۶ ارجاع به بخش ۹.
۷ تجزیه بهای کاربردی کارهای ساختمانی، ماده ۱۲۰۱۶ و ۱۱۰۰۳.
۸ ارجاع به بخش ۷.

فهرست منابع:

بیات، حسین، (۱۳۸۲)، ارزیابی آسیب پذیری واحدهای ساختمانی و رهیافت‌هایی برای ایجاد دگرگونی، همایش یافته های زلزله بم، ۱۵ بهمن ۱۳۸۲، سازمان ملی زمین و مسکن، تهران، ۳۶-۴۱.
ثقفی، محمد جواد (۱۳۷۸)، بررسی آسیب‌های ناشی از اجرای نامناسب در ساختمان‌های خسارت دیده از زلزله منطقه قائنات، مجله هنرهای زیبا، شماره ۴و۵، ص ۶۲- ۷۲.
ثقفی، محمد جواد (۱۳۸۳)، آسیب شناسی ساختمان؛ آسیب‌های ناشی از مراحل اجرا و نظارت در ساختمان‌های خسارت دیده زلزله بم، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۷، ص ۴۳- ۵۲.
ثقفی، محمد جواد (۱۳۸۵)، آسیب شناسی ساختمان؛ بررسی نقش مراحل اجرا و نظارت در بروز خسارت ناشی از زلزله در گونه‌های ساختمانی منطقه زرند-کرمان، مجله هنرهای زیبا، شماره ۲۶، ص ۶۷- ۷۴.
خرمی، مرتضی (بهمن ۱۳۸۲)، بررسی آسیب های وارده به ساختمان‌های متداول در منطقه زلزله زده بم، همایش یافته های زلزله بم، ۱۵ بهمن ۱۳۸۲، سازمان ملی زمین و مسکن، تهران، ۴۹-۴۱.
درخشانی، جهانشاه (۱۳۵۰)، پژوهش برای ساخت ساختمان‌های مقاوم روستایی در مقابل زلزله، دفتر مطالعات و معیارهای ساختمانی، تهران، ص ۱۴-۲۱.
سایت لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (۱۳۸۳)، . www.iiees.ac.ir
سازمان مدیریت و برنامه ریزی (۱۳۸۴)، شرح قیمت واحد تیپ برای کارهای ساختمانی و راهسازی، تهران.
سازمان مدیریت و برنامه ریزی (۱۳۸۴)، تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی، بخش کارهای آجری،تهران.
سازمان مدیریت و برنامه ریزی (۱۳۸۴)، تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی، بخش ملات‌ها،تهران.
سازمان مدیریت و برنامه ریزی (۱۳۸۴)، تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی، بخش کاشی کاری فرش کف سرامیک کاری و عایق کاری، تهران.
سازمان مدیریت و برنامه ریزی (۱۳۸۴)، فهرست بهای واحد پایه رشته ابنیه رسته ساختمان، معاونت امور فنی و دفتر امور فنی تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، تهران.
سندیکای شرکت‌های ساختمانی (بهمن ۱۳۸۲)، تجزیه بهای کاربردی کارهای ساختمانی، دفتر فنی، چاپ ساحل، تهران.
عبد شریف آبادی، هوشنگ (شهریور ۱۳۶۳)، زلزله و ساختمان‌های متداول؛ روش‌های پایدارسازی ساختمان‌ها در برابر زلزله، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ص ۴۳-۵۱.
عبد شریف آبادی، هوشنگ (خرداد ۱۳۷۰)، ساختمان‌های مسکونی مقاوم در برابر زلزله، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ص ۳۳-۴۲.
گلابچی، محمود (۱۳۷۸)، مقایسه میزان تخریب گونه‌های مختلف ساختمان‌های جدیدالاحداث در زلزله منطقه قائنات، مجله هنرهای زیبا، شماره ۸، ص ۱۱۹- ۱۳۱.
معماری، علی محمد، خندانی، نیره (اسفند ۱۳۷۲)، سیستم‌های حفاظت در مقابل زلزله در ساختمان‌های روستایی، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، تهران، ص ۶۳-۶۵.
ماهری، محمودرضا، بهار، امید (دی ۱۳۷۳)، بررسی اندرکنش دینامیکی عناصر تیرآهن و طاقهای آجری در سقف‌های طاق ضربی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۵۳-۶۰.
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (سال ۱۳۷۸)، آئین نامه حداقل بار وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی، استاندارد ۵۱۹، ویرایش دوم، تهران.
ناطق الهی، فریبرز (شهریور ۱۳۷۱)، روش‌های ساخت، تعمیر و تقویت ساختمان‌های سنگی مقاوم در برابر زلزله، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، تهران، ص ۶۵-۶۷.