



بررسی ساختمان‌های تخریب شده و آسیب دیده زلزله زنده جان

(مطالعه موردی: قریه‌های زلزله زده ولسوالی زنده جان ولایت هرات - خزان ۱۴۰۲)

نظام‌الدین تیموری^۱

استاد پوهنځی انجینیرۍ پوهنتون جامی، هرات - افغانستان

الف شاه احسان

استاد پوهنځی انجینیرۍ پوهنتون جامی، هرات - افغانستان

غلام حسن حیدری

استاد پوهنځی انجینیرۍ پوهنتون جامی، هرات - افغانستان

چکیده

زلزله‌های اخیر در ولسوالی زنده جان ولایت هرات در جریان خزان سال ۱۴۰۲ باعث تلفات بیش از ۲۰۰۰ نفر گردید و بیشتر خانه‌ها و ساختمان‌ها در قریه‌های ولسوالی زنده جان تخریب و ویران شده‌اند. آنچه که در این فاجعه از دید فنی قابل توجه است ساخت و ساز به شیوه سنتی و نامناسب، شکل‌گیری ساختمان‌هایی با اسکلت فلزی، اسکلت بتنی و دیوار باربر بدون طراحی در مقابل قوه زلزله است. نظر به بررسی‌ها انجام شده در قریه‌های آسیب دیده ولسوالی زنده جان ساختمان‌ها را می‌توان به چهار دسته تقسیم‌بندی نمود. خانه‌های با ساخت و ساز سنتی (گلی) ساختمان‌های بنایی، ساختمان‌های بتنی و سازه‌های فلزی.

۱. نویسنده مسئول: n.timory@jami.edu.af



در تحقیق انجام شده خانه‌های گلی به خاطر عدم استحکام در مقابله قوه زلزله بیشتر از ۹۵ فیصد تخریب گردیده که بیشترین تلفات را از خود به جای گذاشتن. ساختمان‌ها با طاق ضربی و دیوارهای باربر در رده دوم قرار گرفته که بیشترین آسیب را بعد از خانه‌های گلی از خود بجا گذاشتن ولی خوشبختانه سقف‌ها کمتری بر سر ساکنان فرود آمده و باعث حفظ جان انسان‌ها شده است.

در مناطق مورد مطالعه نیز ساختمان‌های بتنی و سازه‌های فلزی به چشم می‌خورد که بعضی از این سازه‌های آسیب جدی دیده و تعداد اندکی بدون آسیب پایداری‌شان را حفظ نموده‌اند.

در این تحقیق درباره آسیب‌شناسی ساختمان‌ها و خانه‌ها و دلایل آسیب‌های وارده بحث گردیده که نتایج مطلوبی را در پی داشته است. بدون تردید در این زلزله کمتر ساختمانی بدون آسیب باقی مانده است. نقص در برنامه‌ریزی، طراحی، محاسبات اجرا و نظارت هر یک به نوبه خود می‌توانند در این حادثه بزرگ نقش داشته باشند.

واژه‌گان کلیدی: تخریب، آسیب‌دیده، زلزله، زنده جان و سازه.

Investigation of earthquake-damaged and affected structures

(Case study of earthquake-affected villages in Zinda Jan district, Herat province - Khazan 1402)

Nazammaddin Timory¹

The faculty of Engineering, Jami University, Herat, Afghanistan

Alif shah Ehsan

The faculty of Engineering, Jami University, Herat, Afghanistan

Gholam Hassan Haidary

The faculty of Engineering, Jami University, Herat, Afghanistan

Abstract

Recent earthquakes in Zinda Jan district, Herat province during the Khazan season of 1402 resulted in more than 2000 casualties and the destruction of numerous houses and buildings in the villages of Zinda Jan. From a technical perspective, notable factors in this tragedy include traditional and improper construction methods, the formation of structures with metal frames, concrete structures, and load-bearing walls without proper earthquake design. Based on conducted surveys in the affected villages of Zinda Jan, the buildings can be categorized into four types: traditional mud-brick houses (Guli), masonry structures, concrete buildings, and metal structures.

In the conducted research, more than 95% of mud-brick houses were destroyed due to their lack of resilience against earthquakes, causing the highest number of casualties. Timber-framed structures and load-bearing walls ranked second, causing the most damage after mud-brick houses. However, fortunately, fewer roofs collapsed, resulting in the preservation of human lives.

In the studied areas, concrete buildings and metal structures are also noticeable, with some of these structures suffering severe damages while a few managed to remain intact without significant damage.

This study discusses the vulnerability of buildings and houses, as well as the reasons for the incurred damages, which have yielded desirable results. It is undeniable that shortcomings in planning, design, calculations, execution, and supervision all played a role in this major incident, considering the fact that only a few structures remained undamaged in this earthquake.

Keywords: Destructions, Affected, Earthquake, Human lives, Structures

1. n.timory@jami.edu.af

مقدمه

در میان حوادث طبیعی گوناگونی که در سطح کرهٔ خاکی ما روی می‌دهد، بدون تردید حرکت‌های ناشی از زلزله بیشترین تأثیر تخریبی بر مناطق را از خود برجای می‌گذارد. آیا زمین‌لرزه را می‌توان پیش‌بینی کرد؟ به نظر می‌رسد که از نتایج کم‌وبیش تجربی ناشی از مشاهدات گوناگون در زمینه‌های مختلف تنها به پاسخ‌های مقطعی و غیر مقطعی دست یافته‌ایم. تنها مسألهٔ قطعی آن است که زلزله به غافلگیر کردن انسان ادامه خواهد داد. آنچه با قطعیت کامل می‌توان پیش‌بینی کنیم آن است که هر قدر از زمان آخرین زمین‌لرزه دور می‌شویم به زمین‌لرزه بعدی نزدیک‌تر هستیم. در مقابل این خطر و عدم امکان پیش‌بینی آن، تنها پیشگیری قابل قبول احداث ساختمان مقاوم در برابر زلزله است.

پدیده‌های زلزله هنوز به طور کامل شناخته شده نیستند و زمین‌لرزه‌های بزرگ اتفاق افتاده در یک منطقه نیز قدیمی‌تر از آن هستند که حافظهٔ جمعی شهری به یاد آورد. به همین دلیل نیز جوامع مورد تهدید - به ویژه کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته - در برابر این خطر اجتماعی و اقتصادی بزرگ پناه نیافته‌اند. غالب ساکنین مناطق دارای خطر تنها با شنیده‌ها و نه با تجربه شخصی و مستقیم در جریان وقوع آخرین زلزله قرار دارند، و حتی اگر چنین نیز باشد و زنگ خطر شنیده شده باشد به نظر می‌رسد که برای واداشتن به واکنش لازم، انگیزه‌ای کافی نیست.

در روند شکل‌گیری ساختمان‌های ساخته شده و در حال ساخت آسیب‌شناسی به نوبه خود از اهمیت به سزایی برخوردار هست. با توجه به اهمیت ویژه مرحله اجرا و آسیب‌های بسیاری که بر اثر اشتباه‌ها و بی‌توجهی‌ها بر ساختمان وارد می‌شوند، در این بررسی با موردتوجه قرار دادن عناصر سازه‌ای ساختمان از جمله دیوارها، سقف‌ها و اسکلت ساختمان، ما به بخشی از آسیب‌شناسی ساختمان می‌پردازیم.

بخش‌های که در این تحقیق مورد بررسی و آسیب‌شناسی قرار گرفته، عبارت از سقف‌های خانه‌های گلی، خانه‌های با طاق ضربی، ساختمان‌های بتنی و فلزی و هم چنین دیوارها اند که هر کدام به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و دلایل آسیب و عدم آسیب بیان گردیده است.

بررسی سقف‌ها

سقف یکی از اصلی‌ترین بخش‌های هر ساختمان است که اجرای صحیح آن مطابق با

نقشه‌های اجرایی ساختمان؛ نه تنها تضمین‌کننده استحکام سازه است؛ بلکه می‌تواند آسایش ساکنین را نیز به همراه داشته باشد

سقف‌ها می‌تواند نقش مهمی در جلوگیری از خسارت‌های ناشی از زمین‌لرزه داشته باشد. در زلزله‌های اخیر ولسوالی زنده جان ولایت هرات فروریختن سقف‌ها به خاطر عدم طراحی در مقابله زلزله بسیار بالا بود که تلفات جانی و خسارات مالی زیادی را به جا گذاشته است.

- سقف‌های خانه‌های گلی؛
- سقف‌های طاق ضربی.



تصویر ۲: تخریب خانه گلی در روستای کجکال ولسوالی زنده جان



تصویر ۱: تخریب خانه گلی در روستای سربلند ولسوالی زنده جان

سقف‌های گلی

در بررسی آسیب‌هایی وارده ناشی از عملکرد سقف بر ساختمان‌هایی خسارت دیده از زلزله زنده جان ولایت هرات، ساختمان‌های سنتی ساخته شده از خشت و گل «با پلان مربع» و یا نیم استوانه «با پلان مستطیل» بدون هرگونه عنصر متصل کشیشی یا مهار روی دیوار قرار گرفته بودند. عدم انسجام و یک پارچگی سقف، عدم وجود تکیه‌گاه‌هایی مطمئن برای سقف، مصالح سنگین با مقاومت نسبی بسیار کم «عدم مقاومت در کشش اعمال شده» موجب شده‌اند که با توجه به بزرگی زیاد زلزله، این‌گونه خانه‌ها با تعداد بسیار زیاد تخریب گسترده و فراگیر داشته باشد که متأسفانه ۹۵ فیصد تلفات از فروریختن سقف خانه‌های گلی ثبت گردیده است.

سقف‌های طاق ضربی

آسیب‌های ناشی از تنش‌هایی اعمال شده در زلزله در این سقف‌ها از بروز چند ترک تا

فروریختن کامل آن متغیر و متفاوت است. در ناهنجاری های به وجود آمده و خسارت هایی وارد شده نقش اجرا نامناسب و عدم توجه به آیین نامه ها و اصول اولیه ساخت این گونه سقف ها بسیار چشمگیر است. خانه های موجود با سقف طاق ضربی ساخته شده است که به هیچ یک از توصیه هایی آیین نامه ها مربوط به زلزله کوچک ترین توجهی نشده است. ساختمان هایی که نه دارای مهاربندی هایی ضربدری در سطح سقف، نه دارایی تکیه گاه هایی مناسب برای تیرها در دهانه آخر و نه دارای کلاف بندی افقی در زیر سقف هستند. بدین ترتیب است که در تمام مناطق زلزله زده مواجه شدن با هرگونه ناهنجاری و آسیب در این سقف ها دور از انتظار نبود. عدم استفاده از پاتاق و یا پاتاق ضعیف و عدم مهاربندی در دهانه آخر طاق های ضربی موجب اعمال رانش سقف در این دهانه ها و فروریختن آن شده است. عدم وجود کلاف افقی به عنوان تکیه گاه تیرهایی طاق ضربی، عدم مهار تیر در تکیه گاه و تمرکز تنش در محل استقرار دیوار در برخی نقاط موجب حرکت نسبی اجزای سقف نسبت به یکدیگر و در نتیجه باعث آسیب یا تخریب کامل آن شده است. در خانه های با طاق ضربی خسارت نظر به سقف های گلی بسیار کم بوده و فقط به تعداد بسیار کمی فروریخته است که تلفات ناشی از سقف های طاق ضربی بسیار اندک بوده است.



تصویر ۴: تخریب خانه با پوشش طاق ضربی در روستای وردک ها ولسوالی زنده جان



تصویر ۳: تخریب خانه با پوشش طاق ضربی در روستای وردک ها ولسوالی زنده جان

اسکلت ساختمان

سازه‌های فلزی

در قریه‌های مورد مطالعه بر علاوه خانه‌های قدیمی (کاهگلی)، خانه‌ها با طاق ضربی و دیوارهای باربر، نیز سازه‌های اسکلت فلزی (ذخایر هوایی آب) و بتنی به چشم می‌خورد. آنچه که در این مورد قابل توجه است مقاومت بهتر سازه‌ها فلزی (ذخایر آب) نسبت به ساختمان‌های کانکریتی، خانه‌های گلی و خانه‌های طاق ضربی است. اگرچه سازه‌ها اسکلت فلزی بسیار اندک و فقط در هر قریه یکی بنا شده است؛ ولی این تعداد کم پایداری خوبی از خود نشان داده‌اند. بعد از سازه‌های فلزی ساختمان‌های بتنی مقاومت نسبتاً بیشتری از خود نشان داده با وجود آسیب‌های وارده بر ساختمان، سقف بر سر ساکنان فرود نیامده و باعث حفظ جان انسان‌ها شده است.

دلایل پایداری سازه‌های فلزی (ذخایر هوایی آب)

- عملکرد خوب بادبندها، بادبند ضربدری ((Bracing system داخل قاب و عدم رها شدن ورق اتصال بادبند از محل جوش؛ بادبندها در سازه‌های فلزی در مقابل قوه افقی یا جانبی ((lateral load مانند زلزله عمل می‌کنند که در اینجا تأثیر بادبندها در مقابل قوه زلزله به خوبی مشاهده می‌شود که باعث پایداری سازه شده است.



تصویر ۷: سازه فلزی در روستا وردک‌ها ولسوالی زنده جان تصویر ۸: موجودیت بادبندهای ضربدری در سازه فلزی

- اتصال ستون به صفحه زیرستون «Base plate» به صورت اساسی (محکم) و عدم جدا شدن از آن.
- مقاومت ستون فلزی در برابر نیروی برشی اعمال شده؛
- مقاومت کافی اتصال تیر به ستون و رها نشدن از محل جوش؛

■ دیزاین تهداب در مقابل قوه‌های عمودی و افقی؛

داشتن آب در داخل مخزن و عملکرد آب بر خلاف قوه جانبی که باعث خنثی کردن قوه زلزله شده است.

سازه کانکرتی

بر علاوه سازه‌های فلزی تعداد اندکی ساختمان‌های بتنی نیز به چشم می‌خورد که بعضی از مساجد و کلینیک‌های صحنی را تشکیل می‌داد. ساختمان‌های بتنی به صورت جدی آسیب دیده ولی با وجود آسیب‌های بسیار جدی بازهم پایداری شان را حفظ نموده و سقف بالای ساکنان فرو نیامده است. در اینجا علت آسیب‌های وارده بر ساختمان‌های بتنی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

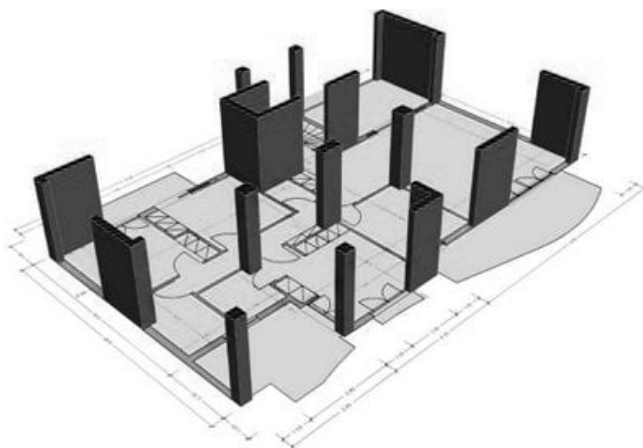


تصویر ۱۲: آسیب شدید ساختمان بتنی در روستای کشکک ولسوالی زنده جان



تصویر ۱۱: آسیب شدید ساختمان بتنی در روستای وردک ها ولسوالی زنده جان

■ عدم طراحی سازه‌های فوق در برابر قوه‌های افقی مانند زلزله برخلاف سازه‌های فلزی هیچ‌کدام از سازه‌های فوق در مقابل قوه‌های افقی دیزاین نشده بودند. معمولاً در سازه‌های بتنی در مقابل بارهای جانبی از دیوار برشی ((shear wall استفاده می‌شود که همه سازه‌های بتنی فوق بدون دیوار برشی طراحی شده بودند. از جانب دیگر ستون‌ها نیز دارای ابعاد مناسب جهت برداشت قوه افقی طراحی نشده بودند و مقاومتی کافی از خود در برابر زلزله نشان نداده‌اند.



تصویر ۱۳: آسیب شدید ساختمان بتنی در روستای وردک ها ولسوالی زنده جان

کیفیت بتن

موارد متعدد تخریب و ناهنجاری‌ها در نقاط مختلف کلاف ((connection beam نشان‌گر کیفیت نامطلوب بتن است. مصالح نامرغوب، دانه‌بندی نامناسب، مقدار کم سیمان، میزان زیاد آب و ویبره‌نشدن و در نتیجه تخلخل و پوکی بتن، از جمله عوامل مؤثر در ایجاد این ناهنجاری‌ها هستند.



تصویر ۱۴: نمونه از کیفیت بتن در روستای زنده سیا آب تصویر ۱۵: نمونه از کیفیت بتن در روستای زنده سیا آب

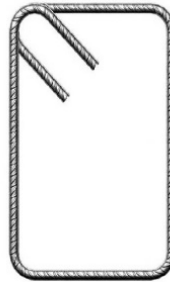
- سیخ‌بندی - علاوه بر نوع سیخ باید به چگونگی اجرا و میزان سیخ‌ها در داخل سازه بتنی اشاره کرد. در بسیاری از موارد عدم دقت در اجرا، صرفه جوی در مصرف میلگردها، موجب بروز ناهنجاری‌ها بسیاری شده‌اند که به برخی از این عوامل به شرح زیر می‌توان

اشاره کرد.

■ فاصله بیش از اندازه مجاز میان خاموت‌ها ((stirrup bar

خاموت‌ها وظیفه افزایش استحکام میلگردها را دارند. در ستون‌ها با استفاده از خاموت مقاومت ستون افزایش پیدا می‌کند. از دیگر کاربردهای خاموت می‌توان به جلوگیری از خم شدن میلگرد در برابر نیروهای برشی اشاره کرد؛ خاموت با طول میلگردهای اصلی باعث افزایش مقاومت آن‌ها می‌شود.

در طراحی ستون‌ها فاصله خاموت‌ها نباید بیش از اندازه باشد که در ساختمان‌ها بتنی مناطق مورد مطالعه فاصله میان خاموت‌ها بیش از اندازه بوده که باعث تخریب ستون شده است.



تصویر ۱۶: خاموت عرضی (Stirrup)



تصویر ۱۸: عدم رعایت فاصله خاموت‌های در ستون در
ساحه مورد مطالعه



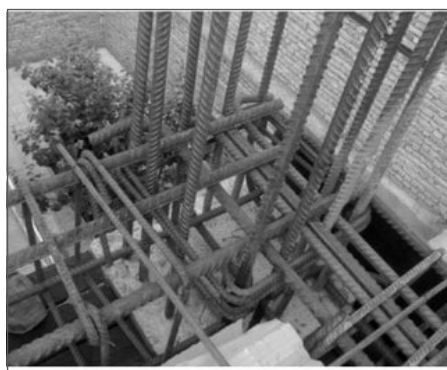
تصویر ۱۷: عدم رعایت فاصله خاموت‌های ستون در
ساحه زلزله زده

■ عدم تناسب بین قطر سیخ‌های و قطر خاموت‌ها در بعضی ستون‌ها و تیرها
نظر به آیین‌نامه هر قدر که قطر میلگرد در داخل ستون و تیر افزایش پیدا کند باید قطر خاموت‌ها هم افزایش پیدا کند. این تناسب بین قطر خاموت‌ها و میلگردها موجود نبوده است.

■ نداشتن قلاب ۹۰ درجه میلگردهای سراسری تیر (beam داخل ستون‌های انتهایی در خصوص چشمه اتصال (panel zone) در ستون‌های پیرامونی ساختمان‌های بتنی مسأله نداشتن قلاب ۹۰ درجه میلگردها سراسری تیر داخل ستون‌های انتهایی مشاهده می‌شود. عدم تأمین خم انتهایی لازم برای میلگردهای طولی تیرها باعث کاهش مقاومت خمشی در بر تکیه‌گاه‌ها می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم بیشترین تلاش‌ها (لنگر خمشی و نیروی برشی) در بر تکیه‌گاه‌ها اتفاق افتاده و عدم تأمین طول مهاري باخم انتهایی، باعث عدم عملکرد مناسب میلگردها طولی خمشی در تحمل لنگرهای وارده می‌شود. در نتیجه امکان خرابی در این ناحیه قبل از رسیدن به حداکثر مقاومت خمشی تیر وجود دارد. در خصوص این موضوع اشکالات اجرای زیادی به چشم می‌خورد.



تصویر ۲۰: نداشتن قلاب ۹۰ درجه میلگرد های تیر داخل ستون



تصویر ۱۹: نداشتن قلاب ۹۰ درجه

■ قرار دادن بعضی میلگردهای سراسری تیر (beam خارج از میلگردهای ستون قرار دادن میلگردهای سراسری تیرها خارج از میلگردهای ستون‌ها اشکال اجرایی متداولی است که در ساختمان‌های بتنی مشاهده شده است. در این حالت، این میلگردهای طولی که در خارج از هسته ستون بوده و تنها توسط بتن پوششی که هیچ‌گونه عملکرد سازه‌ای ندارد، مهار می‌شود. در صورت ریختن بتن پوششی حین وقوع زلزله، این میلگردها هیچ‌گونه

عملکرد سازه نخواهند داشت و علاوه به رفتار نامناسب تیر، نیروهای وارد بر تیر به خوبی به ستون منتقل نخواهد شد که چنین اشکال اجرای در سازه‌های کانکریتی به چشم می‌خورد.



تصویر ۲۲: رد کردن میلگردهای سراسری تیر از میلگردهای ستون



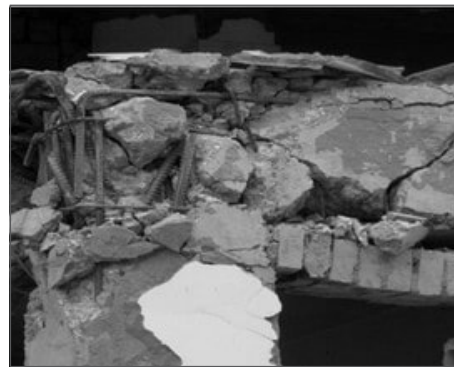
تصویر ۲۱: رد کردن میلگردهای سراسری تیر از میلگردهای ستون

■ شکست اتصال تیر- ستون در سازه بتنی به خاطر نبود خاموت (Stirrup)

در بررسی‌های صورت گرفته مشاهده می‌شود که به علت کمبود خاموت‌ها عرضی در چشمه اتصال شاهد شکست برشی و بیرون زدن قلاب انتهایی میلگردهای تیر هستیم.



تصویر ۲۴: نمونه از شکست فوق در ساختمان بتنی روستای کشکک



تصویر ۲۳: شکست اتصال تیر-ستون به خاطر نبود خاموت‌ها در قسمت چشمه اتصال

دیوارها

در تحقیق انجام شده از قریه‌های آسیب دیده ولسوالی زنده جان ولایت هرات تمام دیوارهای گلی و پخته و دلایل تخریب و آسیب شان مورد ارزیابی قرار گرفت. دیوارهای موجود به

دیوارهای محوطه، دیوارهای درون قابی و دیوارهای باربر تقسیم گردیده که هر یک به نوبه خود، به دلیل مشکلات ناشی از اجرای نامناسب و مقابله با نیروهای وارده ناشی از زلزله، متحمل خسارت‌های شدیدی شده‌اند که برخی از موارد قابل ترمیم و گاهی لازم به تخریب گردیده بودند.

دلائل عمده تخریب دیوارها محوطه، باربر و درون قابی

■ فقدان کلاف قائم در دیوارها طویل.



تصویر ۲۶: تخریب دیوار محوطه بخاطر عدم کلاف بندی درست در امتداد دیوار



تصویر ۲۵: کلاف قائم در دیوارهای محوطه

■ عدم کلاف افقی دیوار با رینگ زمینی



تصویر ۲۸: عدم کلاف بندی دیوار با تیر زمینی



تصویر ۲۷: عدم کلاف بندی دیوار با تیر زمینی

■ ایجاد بازشوهای با ابعاد متفاوت در دیوارها

به منظور مقاوم سازی دیوارهای دارای بازشو نخست باید به آیین نامه های طراحی بازشوها و مقاوم سازی فضای اطراف آن ها مراجعه کنید. در دیوارهای بررسی شده متأسفانه

عدم توجه به آیین نامه های طراحی، باعث شده است که بیشتر دیوارها از قسمت های بازشوها آسیب ببینند.



تصویر ۳۰: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زه سیا آب



تصویر ۲۹: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زده سیا آب

■ فاصله ناکافی بین بازشوی دروازه و پنجره



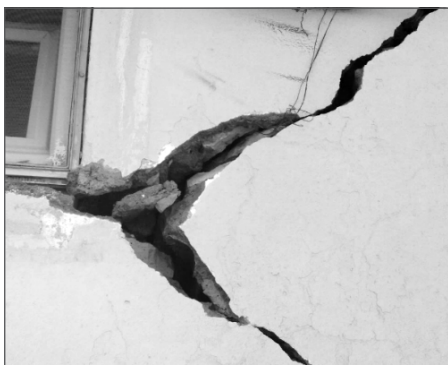
تصویر ۳۲: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زه سیا آب



تصویر ۳۱: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زده سیا آب

■ زیاد بودن عرض پنجره ها نسبت به ارتفاع

علت دیگر آسیب در دیوارها زیاد بودن عرض پنجره ها نسبت به طول شان است. در شهر هرات نیز بیشتر دیوارها به خاطر عدم طراحی بازشوها آسیب دیده اند.



تصویر ۳۴: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زه سیا آب



تصویر ۳۳: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زده سیا آب



تصویر ۳۶: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زه سیا آب



تصویر ۳۵: نمونه از کیفیت بتن در روستای زلزله زده سیا آب

عدم اتصال و مهار مناسب دیوار به ستون و بادبند موجب استقلال دیوار از سایر عناصر ساختمان شده و با توجه به چگونگی حرکت مجموعه ساختمان، آسیب‌های وارده از بروز ترک‌های قطری در دیوارهای درون قابی تا تخریب و واژگونی کامل آن متفاوت است. کیفیت بسیار پایین ملات و کافی نبودن ملات به داخل درزهای دیوار؛ موجودیت سقف بسیار سنگین به روی دیوار؛ دیوارها به نحو مناسب به یکدیگر متصل نشده است؛ جدا شدن آجر از ملات، بدون آنکه اثری از ملات به روی آن باقی بماند نشان از ضعف ملات و زنجایی نشدن آجرها در زمان اجرا دارد؛ متناسب نبودن سطح بازشوها نسبت به کل سطح دیوار نیز از عوامل مهم آسیب دیوارها است.

نتیجه‌گیری

از بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق نتایج ذیل به دست آمده است:

- در مناطق مورد مطالعه تمام سازه‌ها که به چهار دسته تقسیم شده است (خانه‌های گلی، طاق ضربی، سازه‌های بتنی و فلزی) به جز از سازه‌های فلزی تمام سازه‌های دیگر یا تخریب یا شدیداً آسیب دیده‌اند.
- بالای ۹۷ فیصد از تلفات زلزله اخیر در قریه‌های ولسوالی زنده‌جان از اثر فروریختن سقف خانه‌های گلی ثبت شده است.
- به جز از سازه‌های فلزی تمام سازه‌های دیگر در برابر قوه افقی طراحی نگردیده است و عدم طراحی در مقابل بارهای جانبی طبق آیین‌نامه‌های مهندسی باعث تخریب و یا آسیب ساختمان‌ها شده است.
- عدم نظارت و ارزیابی نظریه آیین‌نامه‌های انجینیری باعث شده است که از مواد بی‌کیفیت در قسمت ساخت و ساز ساختمان‌های آسیب دیده استفاده شود.
- عدم نیروانسانی کارآمد در قسمت ساخت سازه ساختمان‌ها.
- اهمیت و نقش کلاف‌بندی در پایداری سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله به‌ویژه در ساختمان‌هایی بنایی و غیر مسلح، قابل‌انکار نیست. در ساختمان‌ها مورد مطالعه توجه بسیار کم به کلاف‌بندی به خصوص به ساختمان‌های طاق ضربی و گلی صورت گرفته بود و همین مورد باعث شده بود در زلزله اول تمام خانه‌های گلی سقف‌شان فرو ریزد.
- کمتر دیوار باربر با کلاف‌بندی اجرا شده است که به این دلیل با توجه به فراوانی ساختمان‌هایی ساخته شده با دیوار باربر متأسفانه آسیب‌هایی وارده بسیار زیادی و گسترده بوده است در این مورد می‌توان به عدم رعایت آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله اشاره کرد.
- بر اثر حرکت‌هایی جانبی ناشی از زلزله دیوارها که به دون هیچ‌گونه تمهید ویژه‌ای از نظر کلاف‌بندی ساخته شده‌اند به راحتی جابه‌جا شده و فروریخته‌اند.
- نتایج فوق بیانگر این است که با وجود چهار زلزله قدرتمند بالای ۶.۲ ریشتر باز هم ساختمان‌های بنایی، بتنی و فلزی نسبت به خانه‌های گلی بسیار کمتر فروریخته و پایداری‌شان را حفظ نموده و باعث نجات جان انسان‌ها گردیده است. نظر به آمار به

دست آمده گاهی به جای خانه‌های گلی - خانه‌های پخته حداقل طاق ضربی و دیوار باربر بنا می‌شد، احتمال ۹۵ فیصد کاهش تلفات در پی می‌داشت.

پیشنهادهای

- نظر به شرایط موجود در کشور و با وجود تداوم ساخت سازه‌های سنتی لازم است که در کوتاه‌ترین زمان جهت این‌گونه ساختمان‌ها ضوابط و آیین‌نامه‌های تدوین و به شکل مؤثر لازم الاجرا گردد.
- وقوع زلزله‌های مخرب ایجاب می‌کند که مسأله مصون‌سازی جامعه از هر لحاظ در مقابل آثار زلزله به‌طور جدی در دستور کار قرار گیرد و به‌ویژه استانداردهای ساختمان‌سازی مقاوم در مقابل زلزله به‌طور جدی رعایت گردیده و اجرا شود.
- بعد از طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله باید تدابیر برای اجرای نقشه به صورت درست مدنظر گرفته شود. تعدادی از ساختمان‌های که در مقابل زلزله به‌طور نسبی دیزاین و طراحی شده بود، متأسفانه در ساحه مطابق به نقشه اجرا نشده بود.
- نظارت و ارزیابی از پروژه‌های عمران باید به صورت جدی از طرف ادارات مرتبط موردتوجه قرار گیرد. نظارت ناکافی در بعضی موارد باعث بروز بسیاری از مشکلات شده است.

منابع

1. Foroughi Mohammad. (2017) Strengthening of existing adobe buildings or renovation of such buildings. National Conference on Strengthening of Yazd University. (in Persian)
2. Mohammad Hossein Rashidi, Mehrabadi, Abbas Ali Taifi Narbada. (2007) Methods of strengthening and improving brick and masonry structures Against Earthquake. Journal of Civil Engineering of Islamic Azad University. (in Persian)
3. Hadian Fard, m. A. (2008) Investigation and behavior of traditional roofs in masonry buildings and presentation of scientific methods of seismic improvement. the First National Conference on improvement and retrofitting



- building of Iran. (in Persian)
4. Habib, F. (1995). The role of city form in reducing the risks of earthquake. Proceedings of the Second International Conference on Seismology and Earthquake Engineering 15–17 May 1995 Tehran, Volume II. [in Persian]
5. Shah Mohammadi, Parisa. (2004) Seismic strengthening of adobe buildings against earthquakes. The First National Conference on the strengthening of unreinforced masonry buildings and historical structures. Shiraz, Shiraz Municipality. [in Persian]
6. Sattar Sheikhi, Gholamreza Bakshi, Heshmat Elah Yazdi, Nejad Mohammad Mahdi. A method for seismic improvement of buildings made of building materials Iran's National Institute of Strengthening, Yazd University.
7. Gernot Minke. December 2001. Construction Manual for earthquake–resistance houses built of earth. Kassel university
8. Permeant committee for revisiting the Iranian code of practice for seismic resistant. Iranian code of practice for seismic resistant design of building. Standard no 2800
9. ACI CODE–318–19(22): Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022)
10. ASCE/SEI 7–16 American Society of Civil Engineers Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures