



بررسی مکانیزم تخریب ساختمان‌های بتایی ساخته شده با بلوک بتنی بر اثر زلزله و ارائه راهکارهای به‌سازی لرزه‌ای این ساختمان‌ها (مطالعه موردی: ساختمان‌های شهر زلزله زده شبه و روستاهای اطراف)

شاهین متین^۱
Shahin_matin@yahoo.com

چکیده

علی‌رغم روح ساخت و استفاده از ساختمان‌های بتایی با بلوک بتنی در مناطق مختلف و به‌ویژه روستاهای کشور، متأسفانه عدم آموزش شیوه‌های ساختمان‌سازی این به مردم و فقدان نظارت مناسب از سوی نهادهای متولی، سبب مورد غفلت واقع شدن ملاحظات ایمنی مورد تأکید آیین‌نامه‌های ساختمانی خصوصاً میخ‌ها و هتیم مقررات ملی ساختمان‌ها و اجرای ساختمان‌ها با مصالح بتایی و در نتیجه آسیب‌پذیری این بناها شده که آسیب‌پذیری و تخریب گسترده این ساختمان‌ها طی زلزله فروردین ۹۲ استان بوشهر، مؤید این مشکل است. بر اساس بازدید و ارزیابی‌های مبنی نگارنده متن حاضر و دیگر اعضای تیم پژوهشی آموزشی پژوهشگاه سواخ طبیعی به منطقه زلزله‌زده دشتی استان بوشهر، بیش از ۷۰ درصد ساختمان‌های بتایی فاقد کلاف‌بندی ساخته شده با بلوک بتنی در شهر شبه روستای حاج احمدی و روستاهای اطراف، چاهگاه، چاهلان و باغان دچار تخریب قابل ملاحظه شده بودند؛ به‌نحوی که در دیگر قابل سکونت نبودند. در مطالعه‌ای که توسط تیم آموزشی پژوهشگاه سواخ طبیعی انجام گرفت، پس از جمع‌آوری اطلاعات میدانی، مودهای مختلف شکست و تخریب اجزای ساختمانی این‌گونه بناها در کل منطقه مورد بررسی و طبقه‌بندی قرار گرفت و علاوه بر مطالعه عکس ایجاد هر یک از مودهای تخریب، دلایل علل و پایداری معهود ساختمان‌هایی از این دست که در نزدیک‌ترین نقطه به کانون سطحی زلزله قرار داشتند ولی کاملاً سالم مانده و یا دچار خسارت جزئی شده بودند نیز آتالی شد که نتایج مطالعه به همراه راهکارهایی مبتنی بر تجربیات موفق سایر کشورها در زمینه به‌سازی لرزه‌ای این‌گونه ساختمان‌ها در ادامه ارائه می‌گردد.

واژگان کلیدی: مود تخریب، ساختمان‌های بتایی، بلوک بتنی، به‌سازی لرزه‌ای، زلزله



۱- مقدمه

از آنجایی که در بسیاری از نقاط کشور، ساختوساز غیر مهندسی ساختمانها با مصالح بتنی همچنان رواج دارد برنامه‌ریزان مرصه ساختوساز می‌بایست به‌دنبال یافتن راهکارهای اعلیای ساختوساز با مصالح بتنی با معیارهای قفل قبول ایمنی گزینای باشند. بر اساس طبقه‌بندی صحت هشتم مقررات ملی ساختمان طرح اجزای ساختمانهای با مصالح بتنی، ساختمانهای بتنی شامل ساختمانهای مسکن که برای قانو و جایی وارد بر ساختمان توسط دیوارهای ساخته شده با مصالح بتنی شامل آجر، بلوک بتنی، سنگ و خشت حمل می‌شود. در این میان، یکی از رایج‌ترین مصالح و شیوه‌های ساختوساز بتنی حال حاضر کشور، ساخت ساختمانهای بتنی با بلوک بتنی می‌باشد. طی رقم رواج ساخت ساختمانهای بتنی با بلوک بتنی از شهرهای شمالی گرفته تا جنوبی‌ترین مناطق کشور، استفاده عدم آموزش شیوه‌های ساختوساز آیین به مردم و فقدان نظارت مناسب از سوی نهادهای متولی، سبب مورد غفلت واقع‌شدن ملاحظات ایمنی مورد تاکید آیین‌نامه‌های ساختمانی و در نتیجه آسیب‌پذیری این بناها در برابر زلزله شده که آسیب‌پذیری و تخریب گسترده این ساختمانها طی زلزله فروردین ۹۲ استان بوشهر، گویای وجود این نارسایی‌ها می‌باشد.

بررسی آسیب‌های وارد بر ساختمانهای بتنی ساخته شده با بلوک بتنی طی زلزله‌ها می‌تواند راه را برای مشخص نمودن ضعف‌های این ساختمانها و آگاهسازی و آموزش عمومی مردم و بتنای محلی درخصوص تقویت و استحکامبخشی کلی و نقاط آسیب‌پذیر این نوع ساختمانها هموار سازد. هدف از انجام مطالعه‌ای که مقاله حاضر بر اساس بخشی از نتایج آن تهیه و ارائه می‌شود نیز، بررسی مود شکست و آسیب‌پذیری ساختمانهای بتنی ساخته شده با بلوک بتنی بر اثر زلزله شهرستان شش بوشهر برای مشخص نمودن ضعفها و آسیب‌پذیری‌های این نوع ساختوساز می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

طی مطالعه موردی که مقاله حاضر بر اساس بخشی از نتایج آن تهیه شده است، خسارت وارد بر ساختمانهای شهر شش و روستاهای حاج احمدی، درویشی، کردلان، اسلام آباد، اسمعیل محمودی، چالگاه و باغان در بی زلزله ۲۰ فروردین ۹۲ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه پس از بازدید ۴ روز ۲۳ فروردین لغایت ۲۶ فروردین سال جاری و جمع‌آوری اطلاعات میدانی توسط نگارنده و سایر اعضای تیم اجرایی پژوهشکده سوانج طبیعی به مناطق زلزله‌زده شهرستان شش، مکثیرم تخریب ساختمانهای منطقه که تعداد زیادی از آنها ساختمانهای بتنی ساخته شده با بلوک بتنی بودند، مورد بررسی قرار گرفت. پس از مشخص نمودن و طبقه‌بندی مودهای مختلف شکست و تخریب اجزای ساختمانی این‌گونه بناها در منطقه با بررسی اسناد و منابع و آیین‌نامه‌های ساختمانی مرتبط، غلظ ایجاد هر یک از مودهای تخریب و همچنین دلایل پایداری مجدد ساختمانهایی از این دست که سالم مانده و یا دچار خسارت جزئی شده بودند، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که بخشی از نتایج آن به همراه راهکارهایی برای بهسازی لرزایی این‌گونه ساختمانها در این مقاله ارائه شده است.

۳- طرح بحث و یافته‌های مطالعه

الف) مصالح و شیوه ساخت ساختمانهای بتنی بلوک بتنی منطقه:

بر اساس بازدید و مشاهدات نگارنده و دیگر اعضای تیم پژوهشی اجرایی پژوهشکده سوانج طبیعی، زمین‌لرزه‌ای که در روز ۲۰ فروردین ۹۲ کالی در ۱۶ کیلومتری شمال شرق شهر کانی و تقریباً در همین فاصله در شمال‌غرب شهر



شبه رخ داد. خسارت قابل توجهی را به خانه‌ها و ابنیه شهر کوچک شُشبه و روستاهای تابع آن در بخش ششبه و طسوج وارد نموده بود. بر اساس مشاهدات، ساختمان‌های بتابی بلوکهای بتنی منطقه با بلوکهای توخالی و ملات ماسه سیمان و در بعضی موارد گچ و گل ساخته شده بودند. بیشتر این بناها دارای پی سنگی بوده و جسی سنگ سی از جسی سنگ لانه و ملات بین سنگها بیشتر ماسه و سیمان بود که درزهای عمودی بین بلوکها به ندرت ممتد بودند و سعی شده بود بلوکهای هر ردیف با ردیف دیگر نیم بلوک همپوشانی داشته باشد ولی در بیشتر موارد این همپوشی دقیقاً نیم بلوک نبوده و درز میان دو بلوک در رگچین بالایی وسط بلوک رگچین پایینی نبود. بخش اعظم درزهای عمودی دیوارهای بلوکی با ملات پر نشده بودند و در بسیاری از موارد این درزها به دلیل عدم دقت در دیوارچینی در ارتفاع دیوار اصلاً در یک راستا قرار نداشتند و شاقول نبودند. در بعضی دیوارهای سایر ضخامت دیوارها بدون در نظر گرفتن پوشش به اندازه عرض یک بلوک و در بعضی به اندازه عرض دو بلوک بود. با نگاه به سطح خارجی دیوار در هر رج دو بلوک به صورت طولی و یکی عرضی و دیواره دو بلوک طولی اجرا شده بود. همچنین ضخامت ملات بند کتبی در سر تا سر یک بلوک چینی چندین یکنواخت نبود و بعضاً بلوک‌ها در یک رگ کمی بالا و پایین چیده شده بودند. درزهای افقی بین هر رگ بلوکچینی را ۲ الی ۵ سانتیمتر ملات پر کرده بود. پوشش دیوارهای داخلی باربر ساخته شده از بلوک بتنی، اغلب گچ و خاک و پوشش خارجی آن‌ها بیشتر ماسه سیمان بود یا بدون بودند. در مواردی هم پوشش خارجی از جنس گچ و خاک بود. سقف بیشتر ساختمان‌های ساخته شده با بلوک بتنی سنگی از تیر آهن‌هایی که بین آن‌ها با سنگ و گچ پر شده بود یا از تیرهای چوبی بزرگ با قطر حدود ۱۰-۱۵ سانتیمتر بود که روی آن‌ها با گچ و سنگی، شامه‌های نازک‌تر درختان‌که در جهت مخالف در کنار هم چیده شده بودند، تایلون، حصیر و هفا نخته‌های چوبی و همچنین ضلع‌های برکهای خرما، پوشانده شده بود. ضخامت حدودی دیوارهای باربر سنگی بین ۳۰ سانتیمتر تا ۴۵ سانتیمتر در بناهای مختلف متفاوت بود. بالای بارشوها اغلب تیر آهن یا تیرهای چوبی کار گذاشته شده بود. طبق مشاهدات اتصال و یا المان مهارکننده خاصی برای گیر دار کردن سقف به دیوارهای باربر در بناهای خشتی صورت نگرفته بود و اغلب اجزای سقف بدون اتصال صرفاً بر روی دیوارها قرار گرفته بودند.

ب) خسارات وارد بر ساختمان‌های بلوک بتنی:

حالت‌های مختلف شکست در ساختمان‌های بتابی ساخته شده با بلوک بتنی در منطقه زلزله زده شهرستان دشتی استان بوشهر در ادامه معرفی شده است.

۱ ترک خوردن و شکست داخلی ضلع بعضی‌هایی از دیوارهای باربر:

طبق بازدید از ساختمان‌های منطقه ترک‌خوردگی‌های ریز و درشت در دیوارها مشهود بود. بعضی از این ترک‌ها قابل تعمیر و ترمیم بود ولی تعداد زیادی از ترک‌های عمودی، افقی و مایل در دیوارهای ساخته شده با بلوک بتنی به شکستگی و جدایش قسمت‌هایی فوقانی دیوار از بکلیتر منجر شده بود که قسمت شکسته شده بواسطه اینکه هنوز با سایر بخش‌های دیوار با سقف درگیر بود فرو نریخته و مرصفا در جای خود روی رگچین‌های زیرین نمانده بود. دلیل نمودن مسیر ترک‌خوردگی دیوارها نشان داد که مسیر حرکت ترک بر روی دیوار در راستای تیرهای افقی و عمودی بلوکهای بتنی بوده و بعضی هم با شکستگی ارتفاع بلوکها ایجاد شده و در مجموع ترکها بصورت زیگزاگی بودند(شکل‌های ۱ و ۲).



ترک خوردگی و جدایش دیوار در مسیر درزهای عمودی و افقی بلوک‌ها



شکل ۱- نمود تقریب ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در شهر شبه

ترک خوردگی و جدایش دیوار در مسیر درزهای عمودی و افقی بلوک‌ها



شکل ۲- نمود تقریب ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در روستای باغان

۲ ترک‌های مورب قطری در اطراف بازشوها:

وجود ترک‌های تقریباً مورب اطراف بازشوی درب و پنجره در دیوارهای ساخته شده با بلوک بتنی ساختمان‌های منطقه مشهود بود. در این موارد بخشی از مسیر ترک‌ها در مسیر درزهای بلوک‌ها بود و بخشی هم با شکستن بلوک همراه بود که این امر بعضاً به ایجاد ترک‌های زنگاری در اطراف بازشوها منجر شده بود. شکل‌های ۳ و ۴.



شکل ۳ - مود تخریب ساختمانی ساخته شده با بلوک بنتی در روستای درویشی



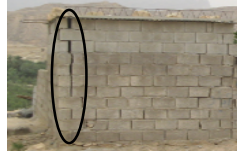
شکل ۴ - ترک‌های اطراف بازشوی پنجره ساختمانی با بلوک بنتی در شهر شنبه

۳ جدایش دیوارها در محل هورسی:

طی بازدیدها مشهود بود که عدم کلاف‌بندی و قفل و دوخت مناسب دیوارهای متقاطع در محل تلاقی باعث جدایش دیوارها از یکدیگر شده بود. این مود شکست که صرفاً به جدایش و نه فروری دیوارها منجر شده بود بیشتر در ساختمان‌های با سقف سبک‌تر دیده می‌شد که به دلیل پایین‌تر بودن نیروی جرم نیروی اینرسی کمتری نیز حین زلزله به ساختمان وارد شده بود که برای ریزش دیوارها کافی نبوده است (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).



شکل ۵- نمود تخریب ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در شهر شنه



شکل ۶- جداشدن دیوارهای پلیر در محل هرسی در ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در روستای یاقان



شکل ۷- نمود تخریب ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در شهر شنه

۴ تخریب خارج از صفحه پخش‌هایی از دیوارهای پلیر و سقف؛
در این حالت همه انواع مودهای شکست در بخش‌های مختلف یک ساختمان قابل مشاهده بود. پخش ترک-
خورگی، جداشدن دیوارها، ترک‌های مورب اطراف بازشوها، تخریب خارج از صفحه و ریزش دیوار و سقف در یک



ساختنمان دیده می‌شد این حالت شکست به دلیل عدم برخورداری ساختمان‌های ساخته شده با بلوک‌های بتنی از کلاف‌بندی و در نتیجه مقاومت اندک آن‌ها در برابر نیروهای خمشی ناشی از زلزله در این نوع ساختمان‌های منطقه ایجاد شده بود (شکل‌های ۸ و ۹).



شکل ۸ - تخریب خارج از صفحه در دیوارهای یازیر و سقف ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در شهر شنبه



شکل ۹ - مواد تخریب ساختمانی ساخته شده با بلوک بتنی در شهر شنبه

۵ فروریختن کلی ساختمان

طی بازدیدها از منطقه بویژه در شنبه و در جاهایی که سقف ساختمان سنگین تر بود، ساخت و اتصال اجزای اصلی ساختمان پایین و طول ساختمان زیاد خسارت سنگین و فروریزی کامل ساختمان‌ها مشاهده می‌شد. عدم برخورداری این نوع ساختمان‌ها از کلاف‌بندی و در نتیجه ناتوانی آن‌ها در تحمل بارهای خمشی ناشی از زلزله علت اساسی تخریب کامل این نوع بناها بود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- فروری و تخریب کامل ساختمانی ساخته شده از بلوک بتنی در شهر شنبه

ج) ساختمان‌های بلوک بتنی سالم مانده

بر اساس نتایج جمع‌آوری اطلاعات میدانی، تخریب قابل ملاحظه بیش از ۷۰ درصد ساختمان‌های بتنی فاقد کلافه‌بندی ساخته شده با بلوک بتنی و ملات ماسه سیمان در شهر شنبه، روستای حاج احمدی و روستاهای اسلام‌آباد، چاهنگار، کردلان و باغان مشهود بود. به‌نوعی که دیگر قابل سکونت نبودند. اما طی مشاهدات مشخص شد، تعدادی از این نوع ساختمان‌ها نیز کاملاً سالم مانده بودند. به‌نظر می‌رسد از آنجا که بارهای ساختمانی در ساختمان‌های بتنی ساخته شده با بلوک بتنی توسط دیوارهای باربر تحمل می‌شود، ساخت بی مناسب، ثبوت اتصال و اسجام دیوارهای باربر با یکدیگر و سقف و بی ساختمان، ساخت سقف‌های سبک، ایجاد مناسب ساختمان و عدم استفاده از دیوارهای باربر طولانی، تأثیر به‌سزایی در تحمل نیروهای جنبی زلزله در بناهای سالم مانده داشته است. در مجموع به‌نظر می‌رسد رعایت ملاحظات مذکور موجب رفتار یکپارچه همه اجزای ساختمان در زمان تکان‌ها و لرزش‌های زلزله شده و به پایداری ساختمان‌های بلوک بتنی فاقد اسکلت و کلافه‌بندی حتی در نزدیک‌ترین نقاط به کانون سطحی زلزله نسبتاً شدید استان بوشهر انجامیده بود. شکل ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴.



شکل ۱۱- ساختمان‌هایی در روستای کردلان که به‌دلیل برخورداری از ایجاد و بی نسبتاً مناسب طی زلزله آسیب ندهنده بودند.



شکل ۱۲- عدم اسپیدیگی سرویس بهداشتی جنب امامزاده جمیلو واقع در نزدیک ترین فاصله تا تانکون سطحی زلزله



شکل ۱۳- تانکر طول دیوارها، وزن سقف و تیراه پلان در عدم پایداری ساختمانی در روستای کردان



شکل ۱۴- طول کوتاه دیوارها و سقف سبک، علیرغم استفاده از نلالت شعیف گچ و خاک مانع از اسپیدیگن ساختمانی در مدرسه شهید خضر امیری در روستای باغان شده بود



۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این‌گونه به‌نظر می‌رسد علی‌رغم مقاومت لرزه‌ای پایین ساختمان‌های بتی، می‌توان با لحاظ نمودن برخی ملاحظات و ضوابط ذکر شده در این‌نامه‌های ساختمانی کشور و سایر کشورها به‌ویژه کشورهای دارای مصالح ساختمانی و شیوه‌های ساخت و ساز مشابه، به‌جای حذف شیوه‌های سنتی ساختمان‌ساز، ساختمان‌های با درجه اهمیت پایین‌تر نظیر انبارها، حتی ساختمان‌های مسکونی بتی مقاوم‌تری با قابلیت تحمل زلزله‌های نسبتاً قوی احداث نمود. پروفسور آمود رئیس "جمعیت ملی فناوری زلزله نیپال (NSET-Nepal)" بر اساس تحقیقاتی که توسط یک هیأت آمریکایی متشکل از اساتید دانشگاه‌های آمریکا زیر نظر ایشان در کشور نیپال‌که مصالح ساختمانی و شیوه ساخت‌وساز مشابه مناطق وسیعی از ایران دارد، انجام شده است، راهکارهای ذیل را برای ایمن‌سازی ساختمان‌های بتی بلوک بتنی پیشنهاد می‌نماید:

- حذف شاخص‌هایی که منشاء ضعف یا ایجاد تمرکز تنش‌ها در بعضی اعضا بوده، تغییر ناگهانی سفتی از کف طبقه به کف دیگر، تمرکز وزن زیاد در یک نقطه، بارشدهای بزرگ در دیوارهای مقاوم‌سازی نشده.
 - افزایش مقاومت جاتی در یک یا هر دو جهت به‌وسیله مسلح کردن یا افزایش تعداد دیوارها در پلان.
 - یکپارچه‌سازی سازه به‌وسیله تمسبه اتصال مناسب بین عناصر جمال آن، به‌جوی که نیوهای انرسی ایجاد شده به‌وسیله لرزش ساختمان بتوانند بین اعضای که توانایی تحمل آن‌ها را دارند توزیع شوند (لازمه موارد مهم، اتصال میان اجزای کفها و سقفها، بین سقف و کف و سقفها و دیوارها، بین دیوارهای متقاطع، دیوارها و فونداسیون را می‌توان برشمرد).
 - تسلح مناسب با میلگرد و اتصال اعضای مقاوم برای دوری از حالت گسختگی ترد و شکسته در اعضا.
- مطالعه ساختمان‌های بتی ساخته شده با بلوک بتنی بر اثر زلزله کالی، گویای اهمیت نقش اتصال و دوخت دیوارها و در نتیجه رفتار یکپارچه و منسجم و هم‌زمان تمامی اجزای ساختمان در برابر زلزله می‌باشد. در کتاب "ایمن‌سازی بناهای آموزشی در برابر زمین‌لرزه" نیز در خصوص ایمن‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتی ساخته شده با بلوک بتنی، برای بالابردن یکپارچگی رفتار اجزای ساختمانی، بر دوخت دیوارها به‌یکدیگر در محل تقاطع دیوارها و هم‌رسمی، تمسبه کلاف‌های تراز کف و تراز سقف و میلگردگذاری قائم در فضای توخالی بلوک‌ها برای قوت و کنترل خمش داخل‌صحنه و مقاومت برشی دیوارهای بتی و شکل‌پذیری آن‌ها تأکید شده است. امید است با انجام مطالعات بیشتر در زمینه رفتار ساختمان‌های بتی و رعایت ملاحظات ایمنی مرتبط، مسیر دستنمای به‌حداکثر ایمنی در برابر زمین‌لرزه با استفاده از مصالح بتی هموار گشته و زمینه پیوند این نوع ساختمان‌ها با دستاوردهای علمی روز دنیا و یافتن راهکارهای اطمینانی آن‌ها با معیارهای قابل قبول ایمنی فراهم گردد.

مراجع

- «گزارش بازدید مناطق زلزله‌زده بهبه»، (در بهبهشت ۱۳۹۴)، پژوهشکده سوانج طبیعی، تهران.
- متین شاهین، داریند شیرام، (۱۳۹۰) «ایمن‌سازی بناهای آموزشی در برابر زمین‌لرزه»، چاپ اول، تهران: انتشارات (آ) پژوه.
- Kumar Bothara Jitendra-Guragan Ramesh-Dik Amod, (2003), "PROTECTION OF EDUCATIONAL BUILDINGS AGAINST EARTHQUAKES", National Society for Earthquake Technology-Nepal (NSET-Nepal)