

## ارزیابی کیفیت بتن‌های اجرا شده در مناطق زلزله زده استان کرمانشاه

بابک احمدی<sup>۱\*</sup>، مهدی نعمتی چاری<sup>۲</sup>، جعفر سبحانی<sup>۳</sup>

- ۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- ۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- ۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

آدرس پست الکترونیکی نویسنده رابط \* (b.ahmadi@bhrc.ac.ir)

### چکیده

در زلزله استان کرمانشاه که در تاریخ ۱۳۹۶/۰۸/۲۱ به وقوع پیوست، خرابی‌های گسترده‌ای در بتن‌های به کار رفته در عناصر سازه‌ای ساختمان‌ها به خصوص ساختمان‌های دارای اسکلت بتنی مشاهده شد. بخش فن‌آوری بتن مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مأمور شد که به بررسی کیفیت بتن‌های به کار رفته در مناطق زلزله زده بپردازد. به همین منظور، بازدیدهایی از شهرهای اسلام آباد غرب و سرپل ذهاب انجام پذیرفت. در بازدیدهای انجام گرفته، وضعیت کلی بتن در سازه‌ها به صورت ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین از آزمایش غیر مخرب چکش اشmitt برای تخمین مقاومت فشاری بتن سازه‌ها استفاده شد. در این مقاله، نتایج ارزیابی به سه بخش بیمارستان‌ها، پروژه‌های مسکن مهر و مسکن‌های شخصی ساز تقسیم‌بندی شده است. مقاومت تخمینی بتن در بسیاری از ساختمان‌های با اسکلت بتنی بسیار کم به دست آمد. نتایج مقاومت در برخی از موارد کمتر از یک سوم مقاومت فشاری مندرج در نقشه‌ها و بسیار کمتر از حداقل مقاومت فشاری مجاز در آئین‌نامه‌ها برای بتن سازه‌ای (۲۰ مگاپاسکال) بوده است. می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت کم بتن یکی از عوامل تخریب‌های گسترده سازه‌ای در زلزله بوده است.

کلمات کلیدی: زلزله، کرمانشاه، بتن

### ۱. مقدمه

بتن پر مصرف‌ترین مصالح ساختمانی ساخته شده توسط بشر است و امروزه تقریباً سازه‌ای وجود ندارد که از بتن در ساخت آن استفاده نشده باشد. بدیهی است که کیفیت بتن نقش بسیار مهمی در عملکرد سازه‌ها به خصوص در برابر زلزله دارد. در زلزله استان کرمانشاه که در تاریخ ۱۳۹۶/۰۸/۲۱ به وقوع پیوست، خرابی‌های گسترده‌ای در بتن‌های به کار رفته در عناصر سازه‌ای ساختمان‌ها به خصوص ساختمان‌های دارای اسکلت بتنی مشاهده شد. لذا بخش فن‌آوری بتن مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مأمور شد که به بررسی کیفیت بتن‌های به کار رفته در مناطق زلزله زده بپردازد. به همین منظور، بازدیدهایی از شهرهای اسلام آباد غرب و سرپل ذهاب در تاریخ‌های ۱۳۹۶/۰۸/۲۸ تا ۱۳۹۶/۰۸/۳۰ انجام پذیرفت. در بازدیدهای انجام گرفته، وضعیت کلی بتن در سازه‌ها به صورت ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین از آزمایش غیر مخرب چکش اشmitt برای تخمین مقاومت فشاری بتن سازه‌ها استفاده شد. لازم به ذکر است که روش چکش اشmitt برای ارزیابی مقاومت فشاری بتن دقت کمی دارد و نمی‌تواند به عنوان معیار پذیرش یا عدم پذیرش بتن قرار گیرد زیرا عوامل متعددی مانند طرح مخلوط، سن، نوع مصالح به کار رفته، کیفیت سطح و غیره بر نتایج آن تأثیرگذار است [۱، ۲]. لکن، به دلیل اینکه این روش غیر مخرب است و زمان کمی برای انجام آن لازم است و همچنین باید سازه‌های زیادی در مدت زمان محدود بررسی می‌گردید، از این روش برای ارزیابی کلی مقاومت فشاری بتن سازه‌ها استفاده شد. مسلماً، برای ارزیابی دقیق مقاومت فشاری بتن در سازه‌ها نیاز به مغزه‌گیری است و نتایج آن می‌تواند برای بررسی کفایت سازه‌ای و تقویت سازه‌ای (در صورت نیاز) استفاده گردد. در نتیجه، نتایج مقاومت فشاری به دست آمده از روش چکش اشmitt که در این مقاله ارائه شده است، به هیچ

وجه نمی تواند مبنای متقنی برای بررسی کفایت سازه‌ای موارد بررسی شده باشد و هر سازه باید به صورت دقیق تر و گسترده‌تر مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد.  
در این مقاله، نتایج ارزیابی به سه بخش بیمارستان‌ها، پروژه‌های مسکن مهر و مسکن‌های شخصی ساز تقسیم‌بندی شده است.

## ۲. بیمارستان‌ها

شهرهای اسلام‌آباد غرب و سرپل ذهاب هرکدام دارای یک بیمارستان هستند که در زلزله دچار آسیب دیدگی شدند. ساختمان جدید بتنی بیمارستان امام خمینی (ره) در شهر اسلام‌آباد غرب نسبت به بیمارستان شهدای سرپل ذهاب دچار آسیب بیشتری در زلزله شده است.

### ۱.۲. بیمارستان امام خمینی (ره) در اسلام‌آباد غرب

این بیمارستان دارای دو ساختمان قدیمی (با سن حدود ۳۰ سال) و جدیدالاحداث است. ساختمان قدیمی چهار طبقه و دارای اسکلت فلزی و ساختمان جدید شش طبقه و دارای اسکلت بتنی می‌باشند (شکل ۱). متأسفانه ساختمان جدیدالاحداث دارای خرابی‌های شدید در عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای شده است، در حالیکه در ساختمان قدیمی، بخش‌های محدودی از نما دچار آسیب شده است (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- ساختمان قدیمی (سمت راست) و ساختمان جدیدالاحداث (سمت چپ) بیمارستان امام خمینی (ره) در اسلام‌آباد غرب



شکل ۲- خرابی‌های گسترده در ساختمان جدید الاحداث بیمارستان امام خمینی (ره) در اسلام آباد غرب

سیستم سازه‌ای ساختمان جدید الاحداث، در یک جهت قاب خمشی و در جهت دیگر دیوار برشی بتنی می‌باشد. بیشترین خرابی‌ها در اسکلت بتنی در دو طبقه فوقانی مشاهده شد، به طوری که بتن کلیه ستون‌ها و دیوارهای برشی این دو طبقه دچار گسیختگی و ترک خوردگی شده‌اند (شکل ۳) و ظاهراً عناصر سازه‌ای افقی شامل تیرها و سقف‌ها دچار آسیب کمتری (شکل ۴) شده‌اند. در برخی از طبقات دیگر نیز ترک خوردگی در ستون‌ها مشاهده شد.



شکل ۳- گسیختگی بتن در یکی از ستون‌های طبقه پنجم ساختمان جدید الاحداث بیمارستان امام خمینی (ره) در اسلام آباد غرب



شکل ۴- عدم مشاهده خرابی ظاهری در تیرها و سقفهای ساختمان جدید الاحداث بیمارستان امام خمینی (ره) در اسلام آباد غرب

نتایج مقاومت فشاری معادل نمونه مکعبی  $20 \times 20 \times 20$  سانتیمتری به روش چکش اشمیت در این ساختمان در محدوده ۸ تا ۲۲ مگاپاسکال به دست آمد. به طور کلی نتایج مقاومت فشاری بتن در عناصر سازه‌ای افقی (تیرها و سقفها) بیشتر از عناصر سازه‌ای عمودی (ستون‌ها و دیوارهای برشی) به دست آمد. بطوریکه نتایج مقاومت فشاری ستون‌ها و دیوارهای برشی دو طبقه فوقانی که دچار بیشترین تخریب شده‌اند، در حدود ۱۰ مگاپاسکال به دست آمد. لازم به ذکر است که مقاومت مشخصه در نقشه‌های سازه‌ای این پروژه، برابر با ۲۵ مگاپاسکال برای نمونه استوانه‌ای  $15 \times 30$  سانتیمتری یا برابر با ۳۰ مگاپاسکال برای نمونه مکعبی  $20 \times 20 \times 20$  سانتیمتری درج شده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت فشاری بتن اجرا شده به مراتب کمتر از مقاومت مشخصه بوده‌است.

هم اکنون مطالعات دقیق‌تری به منظور امکان‌سنجی تعمیر و تقویت این سازه با مشارکت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شرکت مهندسين مشاور تدبیر ساحل پارس و آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان کرمانشاه در جریان است. به دلیل گسیختگی بتن و تراکم زیاد میلگردها در ستون‌ها و دیوارهای برشی، به ویژه در دو طبقه فوقانی، اخذ مغزه سالم از این بخش‌ها میسر نبوده است (شکل ۵).





شکل ۵- عدم امکان اخذ مغزه سالم از ستون‌ها و دیوارهای برشی آسیب دیده در ساختمان جدید الاحداث بیمارستان امام خمینی (ره) در اسلام آباد غرب

## ۲.۲. بیمارستان شهدا در سرپل ذهاب

ساخت اسکلت بتنی این بیمارستان در اواخر دهه ۶۰ به اتمام رسیده است و هنوز بخش‌هایی از عملیات ساختمانی آن به پایان نرسیده است. در زلزله، تخریب‌هایی در عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای ایجاد شده است (شکل ۶). بخش‌هایی از بتن برخی از ستون‌ها در نزدیک اتصال به تیرها دچار گسیختگی شده است (شکل ۷). همچنین مشاهده شد که فواصل خاموت ستون‌ها بیش از ۳۰ سانتی‌متر است که با ضوابط آرماتورگذاری آئین‌نامه فعلی ۲۸۰۰ و آئین‌نامه بتن ایران که بعد از ساخت این پروژه تدوین شده‌اند، مطابقت ندارد (شکل ۷). نتایج مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشمیت در حدود ۲۰ مگاپاسکال تا ۳۰ مگاپاسکال به دست آمد.



شکل ۶- آسیب دیدگی عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای ساختمان بیمارستان شهدا در سرپل ذهاب



شکل ۷- تخریب بتن یکی از ستون‌های ساختمان بیمارستان شهدا در سرپل ذهاب

### ۳. پروژه‌های مسکن مهر

در شهرهای اسلام‌آباد غرب و سرپل ذهاب چند مجموعه پروژه مسکن مهر اجرا شده است که متأسفانه بخش‌های قابل توجهی از آنها در زلزله آسیب شدید دیده‌اند. بیشترین آسیب دیدگی‌های مربوط به مسکن مهر در شهرهای اسلام‌آباد غرب و سرپل ذهاب به ترتیب مربوط به مسکن مهر شرف‌آباد و مسکن مهر شهید شیرودی بوده است که بازدید از این دو مجموعه انجام شد.

#### ۱.۳. مسکن مهر شرف‌آباد در اسلام‌آباد غرب

ساختمان‌های مسکن مهر شرف‌آباد در زلزله دچار تخریب عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای شده‌اند و در دو بلوک که دارای اسکلت بتنی می‌باشد، گسیختگی سازه‌ای و فروریزش اتفاق افتاده است (شکل ۸). بنا به اظهار مسئولین، بتن ریزی این ساختمان‌ها در حدود ۲ سال پیش به اتمام رسیده است. طی بررسی اجمالی دو بلوکی که در آنها گسیختگی سازه‌ای ایجاد

شده است، نتایج مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشमित در نواحی سالم در حدود ۲۰ مگاپاسکال و در ستون‌های آسیب دیده (شکل ۹) در حدود ۱۰ مگاپاسکال به دست آمد.



شکل ۸- تخریب دو بلوک بتنی در مجموعه مسکن مهر شرف آباد در اسلام‌آباد غرب



شکل ۹- ستون گسیخته شده در یکی ساختمان‌های اسکلت بتنی در مجموعه مسکن مهر شرف آباد در اسلام‌آباد غرب

### ۲.۳. مسکن مهر شهید شیروودی در سرپل ذهاب

ساختمان‌های مسکن مهر شهید شیروودی دارای اسکلت بتنی هفت طبقه هستند. در کلیه این ساختمان‌ها عناصر غیر سازه‌ای به شدت تخریب شده است، همچنین خرابی‌های قابل توجهی در اسکلت بتنی برخی از بلوک‌ها مشاهده شد. نتایج مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشमित در حدود ۲۰ مگاپاسکال به دست آمد. به نظر می‌رسد، مقاومت فشاری نسبتاً مطلوب یکی از دلایل عدم تخریب گسترده در عناصر غیر سازه‌ای باشد.





شکل ۱۰- تخریب گسترده در عناصر غیر سازه‌ای در ساختمان‌های اسکلت بتنی در مجموعه مسکن مهر شهید شیرودی در اسلام‌آباد غرب

#### ۴. مسکن‌های شخصی ساز

علاوه بر بیمارستان‌ها و مجموعه‌های مسکن مهر، از برخی از ساختمان‌های شخصی ساز که دارای اسکلت بتنی می‌باشند نیز بازدید به عمل آمد. تخریب‌های ایجاد شده در شهر سرپل ذهاب به مراتب بیشتر از اسلام‌آباد غرب می‌باشد. طبق آمارگیری اداره کل راه و شهرسازی استان کرمانشاه تا کنون از ۹۰ مورد ساختمان شخصی ساز آسیب دیده در شهر سرپل ذهاب، تقریباً نیمی از این ساختمان‌ها بتنی و نیمی دیگر فولادی بوده‌اند. پروانه‌های صادر شده برای ساختمان‌های فلزی و بتنی در این شهر نیز تقریباً به همین نسبت بوده است. می‌توان نتیجه گرفت که ساختمان‌های فلزی و بتنی در این زلزله به نسبت مساوی تخریب شده‌اند.

لازم به ذکر است که بنا بر بررسی‌های انجام شده، بسیاری از ساختمان‌های مسکونی در استان کرمانشاه بر خلاف نقشه طراحی شده مصوب اجرا می‌شوند و مساحت بیشتری به صورت پیشروی در سطح یا افزایش تعداد طبقات اجرا می‌شود. در نهایت، با جریمه مالک این ساختمان‌ها در کمیسیون ماده صد شهرداری، این ساختمان‌ها گواهی پایان کار عملیات ساختمانی دریافت می‌کنند. به نظر می‌رسد که این موضوع سبب عدم کنترل دقیق مقررات ملی ساختمان می‌شود و به دلیل عدم کنترل دقیق مسائل فنی می‌تواند منجر به ضعف در اجرا و استحکام سازه‌ها شود.

همچنین آزمایش‌های بتن، میلگرد و جوش با آنکه ضوابط مشخصی در مورد انجام آن در مقررات ملی ساختمان وجود دارد در پروژه‌های شخصی ساز استان کرمانشاه چندان رواج ندارد. درحالی‌که طبق مقررات ملی ساختمان، تقریباً در کلیه سازه‌ها باید این آزمایش‌ها انجام شود.

#### ۱.۴. مسکن‌های شخصی ساز در اسلام‌آباد غرب

##### ۱.۴.۱. ساختمان بتنی نیمه‌کاره فرو ریخته در اسلام‌آباد غرب (الف)

این ساختمان در حال ساخت بوده است و تا کنون سه سقف اجرا شده است و عملیات سفت کاری آن آغاز نشده است (شکل ۱۱). سقف‌های این ساختمان با وجود آنکه کاملاً تحت بارهای مرده و زنده قرار نگرفته‌اند در طی زلزله فرو ریخته است، در حالیکه ساختمان‌های دو طبقه اطراف آن که بدون سیستم سازه‌ای مشخصی هستند و مهاربندی جانبی نشده‌اند سالم باقی مانده‌اند (شکل ۱۲). مقاومت فشاری ستون‌ها به روش چکش اشمیت کمتر از ۱۰ مگاپاسکال به دست آمد و بتن دارای تراکم مناسب نبوده است (شکل ۱۳). بنا به اظهار همسایگان، از بتن خلطه‌ای در ساخت ستون‌ها و از بتن آماده در ساخت تیرها و سقف‌ها استفاده شده است. به نظر می‌رسد، کیفیت نازل بتن مخصوصاً در ستون‌ها یکی از عوامل تخریب این ساختمان باشد.





شکل ۱۱- ساختمان بتنی نیمه‌کاره فرو ریخته در اسلام آباد (الف)



شکل ۱۲- ساختمان سالم مانده در اسلام آباد بدون سیستم سازه‌ای استاندارد



شکل ۱۳- عدم تراکم مناسب بتن در ساختمان بتنی نیمه‌کاره فرو ریخته در اسلام آباد (الف)

#### ۲.۱.۴. ساختمان بتنی نیمه کاره فرو ریخته در اسلام آباد غرب (ب)

این ساختمان در حال ساخت بوده است و هفت طبقه در آن اجرا شده است (شکل ۱۴). بنابر اظهار همسایگان، جواز این ساختمان برای چهار سقف صادر شده است، در حالیکه سه طبقه غیر مجاز به آن اضافه شده است. همچنین طبق اظهار ایشان، بتن این ساختمان به صورت دستی اجرا شده است. مقاومت فشاری ستون‌ها به روش چکش اشمیت کمتر از ۱۰ مگاپاسکال به دست آمد. به نظر می‌رسد که مقاومت نازل بتن و افزودن غیر مجاز به تعداد طبقات عوامل اصلی تخریب این ساختمان باشد.



شکل ۱۴- ساختمان بتنی نیمه‌کاره فرو ریخته در اسلام آباد (ب)

#### ۳.۱.۴. ساختمان بتنی در حال ساخت سالم در اسلام آباد غرب

از ساختمان بتنی نیمه‌کاره‌ای که اسکلت آن به اتمام رسیده است بازدید انجام شد. سازه این ساختمان دارای چهار سقف است و دیوارهای آن هنوز اجرا نشده است (شکل ۱۵). هیچگونه آسیب ظاهری در این ساختمان مشاهده نشد. طبق اظهار همسایگان، از بتن آماده در ساخت ستون‌ها و سقف‌ها استفاده شده است. همچنین، مقاومت فشاری بتن این ساختمان به روش چکش اشمیت در حدود ۲۵ مگاپاسکال به دست آمد. به نظر می‌رسد، مقاومت نسبتاً مطلوب بتن این ساختمان برخلاف دو ساختمان توضیح داده شده قبل و استفاده از بتن آماده مرغوب، از عوامل آسیب ندیدن این سازه باشد.



شکل ۱۵- ساختمان بتنی در حال ساخت سالم در اسلام آباد غرب

#### ۲.۴. مسکن‌های شخصی ساز در سرپل ذهاب

##### ۱.۲.۴. ساختمان بتنی آسیب دیده در سرپل ذهاب (الف)

این ساختمان نوساز است و دارای سه سقف می‌باشد. در محل اتصال ستون‌ها به تیرها گسیختگی ایجاد شده است. در این پروژه، نتایج مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشmitt در حدود ۳۰ مگاپاسکال به دست آمد. به نظر می‌رسد دلایل دیگری غیر از مقاومت بتن، عامل آسیب دیدگی این ساختمان در زلزله است.



شکل ۱۶- ساختمان بتنی آسیب دیده در سرپل ذهاب (الف)

##### ۲.۲.۴. ساختمان بتنی آسیب دیده در حال ساخت در سرپل ذهاب (ب)

این ساختمان سه طبقه است و ساخت اسکلت آن به اتمام رسیده و سفت کاری آن هنوز اجرا نشده است. بتن ستون‌ها در محل اتصال با تیرها دچار گسیختگی شده است (شکل ۱۷). در این پروژه، نتایج مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشmitt در حدود ۲۵ مگاپاسکال به دست آمد. فواصل خاموت‌ها در ستون‌ها بیش از ۳۰ سانتی‌متر بود که مخالف با ضوابط آرماتورگذاری آئین‌نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان است. به نظر می‌رسد عدم رعایت ضوابط آرماتور گذاری یکی از عوامل تخریب در این ساختمان باشد.



شکل ۱۷- ساختمان بتنی آسیب دیده در حال ساخت در سرپل ذهاب (ب)

#### ۳.۲.۴. ساختمان بتنی نوساز فرو ریخته در سرپل ذهاب

این ساختمان در زلزله کاملاً واژگون شده است (شکل ۱۸) و متأسفانه سه نفر از هموطنان در زیر آوار این ساختمان جانشان را از دست داده‌اند. نتایج مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشمیت در حدود ۲۰ مگاپاسکال به دست آمد. طبق اظهار همسایگان، از بتن آماده برای اجرای ستون‌ها و سقف‌ها در این ساختمان استفاده شده است. همچنین به نظر می‌رسد ضوابط آرماتورگذاری در این ساختمان تا حدودی رعایت شده است (شکل ۱۹). به نظر می‌رسد که دلیل فرو ریختن این ساختمان به غیر از کیفیت بتن و نحوه آرماتورگذاری باشد.



شکل ۱۸- ساختمان بتنی نوساز فرو ریخته در سرپل ذهاب





شکل ۱۹- آرماتورهای یکی از ستون‌های ساختمان بتنی نوساز فروریخته در سرپل ذهاب

#### ۴.۲.۴. ساختمان بتنی نوساز با تخریب شدید عناصر غیر سازه‌ای در سرپل ذهاب

این ساختمان دارای سه سقف می‌باشد و عملیات اجرای این ساختمان در سال ۱۳۹۵ به اتمام رسیده‌است. تخریب ظاهری گسترده‌ای در اسکلت بتنی این ساختمان به غیر از گسیختگی شمشیری راه پله مشاهد نشد (شکل ۲۰). لکن عناصر غیر سازه‌ای دچار تخریب شدید شده‌اند. طبق اظهار مالک این ساختمان، تغییراتی در نقشه مصوب این پروژه انجام شده‌است و در کمیسیون ماده ۱۰۰ شهرداری جریمه نقدی برای این تخلف در نظر گرفته شده و نهایتاً پایان کار آن صادر شده‌است. همچنین بنا بر گفته مالک، از بتن آماده برای اجرای ستون‌ها و سقف‌های این ساختمان استفاده شده است. مقاومت فشاری بتن به روش چکش اشمیت در این ساختمان در حدود ۲۵ مگاپاسکال تا ۳۰ مگاپاسکال به دست آمد. به نظر می‌رسد مقاومت نسبتاً مناسب بتن و استفاده از بتن آماده از عوامل عدم تخریب سازه این ساختمان در زلزله باشد.



شکل ۲۰- ساختمان بتنی نوساز با تخریب شدید راه پله و عناصر غیر سازه‌ای در سرپل ذهاب

## ۵. جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به بازدید انجام گرفته و تخمین مقاومت به روش چکش اشمیت بر روی بتن برخی از ساختمان های بتنی شهرهای اسلام آباد غرب و سرپل ذهاب می توان موارد زیر را جمع بندی و نتیجه گیری کرد:

- طبق آمارگیری اداره کل راه و شهرسازی استان کرمانشاه تا کنون از ۹۰ مورد ساختمان آسیب دیده در شهر سرپل ذهاب، تقریباً نیمی از این ساختمان ها بتنی و نیمی دیگر فولادی بوده اند. پروانه های صادر شده برای ساختمان های فلزی و بتنی در این شهر نیز تقریباً به همین نسبت بوده است. می توان نتیجه گرفت که ساختمان های فلزی و بتنی در این زلزله به نسبت مساوی تخریب شده اند.
- مقاومت بتن در بسیاری از ساختمان های با اسکلت بتنی بسیار کم به دست آمد. نتایج مقاومت در برخی از موارد کمتر از یک سوم مقاومت فشاری مندرج در نقشه ها و بسیار کمتر از حداقل مقاومت فشاری مجاز در آیین نامه ها برای بتن سازه ای (۲۰ مگاپاسکال) بوده است. می توان نتیجه گرفت که مقاومت کم بتن یکی از عوامل تخریب های گسترده سازه ای در زلزله بوده است.
- در بررسی های انجام گرفته، در عمده ساختمان های آسیب دیده، گسیختگی در محل ستون ها ایجاد شده است. در این پروژه ها، عموماً مقاومت بتن ستون ها نسبت به تیرها و سقف ها کمتر به دست آمد. به نظر می رسد استفاده از بتن دستی در ستون ها عامل این مشکل باشد. مسلماً بتن دستی ساخته شده در کارگاه ها قابل کنترل نمی باشد و عناصر سازه ای مهمی همچون ستون ها که با این نوع بتن ساخته می شود نمی تواند عملکرد مناسبی در زلزله داشته باشد.
- در برخی از ساختمان های تخریب شده دارای اسکلت بتنی، مقاومت بتن در محدوده قابل قبولی به دست آمد. هر چند که نتیجه گیری دقیق و اصولی با مغزه گیری قابل انجام است. همچنین علت تخریب در این سازه ها می تواند موارد دیگری همچون عدم اجرای مناسب ضوابط آرماتورگذاری، ایرادات طراحی یا ایرادات در مطالعات ژئوتکنیکی باشد.
- آزمایش های بتن، میلگرد و جوش با آنکه ضوابط مشخصی در مورد انجام آن در مقررات ملی ساختمان وجود دارد، در پروژه های شخصی ساز استان کرمانشاه چندان رواج ندارد. درحالی که طبق مقررات ملی ساختمان، تقریباً در کلیه سازه ها باید این آزمایش ها انجام شود.
- بررسی های انجام گرفته تا کنون مقدماتی بوده اند و نمی تواند مبنای قضاوت در مورد کلیه جوانب فنی ساختمان های آسیب دیده مورد اشاره در متن مقاله باشد. بلکه باید جمیع جهات مؤثر در بررسی استحکام مستحکامات با انجام مطالعات دقیق تر مقاومت بتن، مطالعات سازه ای و ژئوتکنیکی و غیره مورد نظر قرار گیرد.

## ۶. تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از اداره کل راه و شهرسازی استان کرمانشاه به پاس همکاری و همراهی در بازدید های انجام گرفته، کمال تشکر و امتنان را دارند.

## ۷. منابع

- [1] Brencich, A, Cassini, G, Pera, D, Riotto, G (2013). "Calibration and reliability of the rebound (Schmidt) hammer test". Civil Engineering and Architecture, Vol. (3), pp 66-78.
- [2] Aydin, F, Saribiyik, M (2010). "Correlation between Schmidt Hammer and destructive compressions testing for concretes in existing buildings". Scientific Research and Essays, Vol. 5(13), pp 1644-1648.

## Quality Assessment of Concretes Constructed in Earthquake-Affected Areas of Kermanshah Province

Babak Ahmadi<sup>1\*</sup>, Mehdi Nemati Chari<sup>2</sup>, Jafar Sobhani<sup>3</sup>

- 1- Faculty member of Road, Housing and Urban Development Research Center
- 2- Faculty member of Road, Housing and Urban Development Research Center
- 3- Faculty member of Road, Housing and Urban Development Research Center

Corresponding Author E-mail: b.ahmadi@bhrc.ac.ir

### چکیده

After Kermanshah Province's earthquake, which was occurred On 12 November 2017, comprehensive damages were seen in concretes used in structural elements of buildings, specially concrete structure buildings. The Concrete Technology Department of Building, housing & Urban Development Research Center was missioned to assess the quality of concrete used in the area. For this purpose, some inspections were conducted in Islam Abad and Sarpol-e Zahab cities. In these inspections, the general conditions of concretes were assessed visually and also, the nondestructive test method of Schmidt hammer was used to investigate the compressive strength of the concretes of the structures. The obtained concrete compressive strengths were too low. In some cases, the strength results were lower than one third of the specified compressive strengths which were mentioned in the structural drawings and much lower than the acceptable limit assigned in codes for structural concrete (20 MPa). It can be concluded that the low strength of concrete was one of the major causes of the widespread deteriorations after the earthquake.

Keywords: Earthquake, Kermanshah, Concrete