

## بررسی برخی از بندهای مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران در یک بنای قدیمی در زلزله سال ۱۳۸۵ بروجرد

امیرحسین کریمی<sup>\*</sup>

\*- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

ahkarimi@tvu.ac.ir

### چکیده

در تاریخ یازده فروردین سال هزار و سیصد و هشتاد و پنج در شهرستان‌های درود و بروجرد در شرق استان لرستان زلزله‌ای به بزرگی ۶/۱ در مقیاس ریشتر اتفاق افتاد که منجر به کشته و زخمی شدن تعدادی از مردم در این نواحی گردید. فرسودگی بافت مسکونی در شهر بروجرد و روستاهای شهرستان‌های بروجرد و درود موجب تخریب تعداد زیادی از واحدهای مسکونی شد. اکثر ساختمان‌های تخریب شده و یا آسیب دیده از نوع مصالح بنایی بودند. استفاده از مصالح بنایی در اجرای ساختمان‌ها از دیرباز در ایران رواج داشته است. اکثر ساختمان‌های موجود در کشور، به ویژه در شهرهای کوچک، بخش‌ها، روستاها و هم-چنین در بافت‌های فرسوده و قدیمی کلان شهرها از نوع مصالح بنایی می‌باشند. آسیب پذیر بودن این ساختمان‌ها در زمین لرزه‌های گذشته، که عمدتاً ناشی از عدم رعایت صحیح ضوابط فنی می‌باشد، اهمیت تدوین، به روزرسانی و ترویج مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان را آشکار می‌سازد. در زلزله سال ۱۳۸۵ بروجرد یک ساختمان قدیمی در شهر بروجرد که ضوابط موجود در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان در آن رعایت شده بود در اثر زلزله آسیب ندیده بود که در این مقاله اهمیت در نظر گرفتن این جزئیات در ساختمان سازی ارائه شده است. مواردی چون کلاف بندی اطراف بازشوها، رعایت حداکثر فاصله بین پشت بندها در دیوارها، سبک سازی سقف، استفاده از نعل درگاه در بالای بازشوها، استفاده از نعل درگاهی‌های قوسی و طاقی شکل و در مجموع رعایت ضوابط هندسی و فنی باعث سالم ماندن بنا در اثر بارهای ناشی از زلزله شده است، این در حالی است که ساختمان‌های مجاور این بنا در اثر زلزله به طور کامل فرو ریخته و می‌بایست مجدداً به طور کامل بازسازی می‌شدند. این مقاله می‌تواند به مهندسی جوان کمک نماید تا درک بهتری از ضوابط ارائه شده در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان داشته باشند و متوجه شوند که چگونه رعایت ضوابط به پایداری و سالم ماندن بنا در هنگام زلزله کمک می‌نماید.

**کلمات کلیدی:** مصالح بنایی، زلزله بروجرد، مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان، دیوار، طاق، بازشو

### ۱- مقدمه

ایران ششمین کشور بلاخیز جهان، چهارمین کشور از لحاظ بروز بلایای طبیعی در آسیا و دهمین کشور زلزله خیز جهان است که به علت تبعات گسترده آن، نیاز به توسعه آموزش در این زمینه می‌باشد. ایران از جمله کشورهایی است که از گسل‌های فراوانی تشکیل شده و حرکت این گسل‌ها باعث رها شدن انرژی ذخیره شده و بروز زلزله‌های مکرر می‌شود که وقوع این زمین-لرزه‌ها تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوانی را در مناطق شهری و روستایی به دنبال داشته است. زلزله‌های مخرب و فاجعه آمیز چند دهه اخیر نشان داد که ایران کشوری لرزه خیز است و هیچ نقطه‌ای از آن از خطر زلزله در امان نیست. در تاریخ

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

یازده فروردین سال هزار و سیصد و هشتاد و پنج، زلزله‌ای شهرستان‌های درود و بروجرد در شرق استان لرستان را تکان داد که باعث کشته شدن ۶۳ نفر و زخمی شدن ۱۴۵۰ نفر از مردم این نواحی گردید. این زمین لرزه با دو پیش لرزه و بیش از دوپست پس لرزه همراه بود. پس از زلزله مقالات مختلفی در موارد مختلف نوشته شد که استفاده از آن‌ها می‌تواند کمک قابل توجهی به مدیریت در زلزله‌های بعدی و یا کاهش خسارت‌ها و تلفات نماید [۱-۵]. در این تحقیق یک بنای تاریخی که در زلزله به طور کامل سالم مانده بود به دقت مورد بررسی قرار گرفته است و بندهای مختلف در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان [۶] و آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (آئین نامه ۲۸۰۰) [۷] در آن بررسی شده است. با بررسی عکس‌های گرفته شده از این سازه مشخص گردید که بسیاری از بندهای موجود در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان در آن رعایت شده است و همین امر باعث سالم ماندن آن در هنگام زلزله شده است. در ابتدای هر بخش موارد ارائه شده در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است و سپس موارد اعمال شده در ساختمان مورد مطالعه بیان شده است.

### ۲- معرفی شهر بروجرد

بروجرد دومین شهر پرجمعیت استان لرستان و سی و نهمین شهر پرجمعیت ایران است. این شهر در شمال دشت حاصل-خیز سیلاخور قرار گرفته و قله‌های مرتفع گرین از مجموعه رشته کوه‌های زاگرس، شمال غربی تا جنوب شرقی آن را دربر گرفته‌اند. سراب‌های دائمی متعددی که از دامنه این کوه‌ها جاری هستند، در اقتصاد منطقه و توسعه شهر بروجرد نقش داشته‌اند. بروجرد از گذشته‌های دور، دارای موقعیت ویژه ارتباطی بوده است و امروزه نیز قرارگیری این شهر بر سر شاهراه تهران - جنوب یکی از عوامل رونق اقتصادی آن به‌شمار می‌رود. بروجرد از نقاط زلزله خیز کشور است. منطقه بروجرد و نواحی اطراف آن روی کمربند چین خورده زاگرس که نواحی جنوب و جنوب غرب کشور را شامل می‌شود قرار دارد. در سده سیزدهم هجری قمری زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۷/۴ ریشتر دشت سیلاخور در جنوب شهرستان بروجرد را لرزاند که دست کم ۸۰۰۰ نفر کشته برجا گذاشت. این زلزله، یکی از بزرگترین زمین لرزه‌های ثبت شده ایران است. هم‌چنین زمین لرزه فروردین ۱۳۸۵ با قدرت ۶/۱ ریشتر از جمله زمین لرزه‌های بزرگ این منطقه بوده است. این حادثه که با دو پیش‌لرزه و بیش از یکصد و پنجاه پس‌لرزه همراه بود، مخرب‌ترین زمین لرزه این سال در ایران بود و باعث کشته شدن ۶۳ نفر و زخمی شدن بیش از ۱۴۵۰ نفر از مردم شهرستان‌های بروجرد و درود شد.

### ۳- مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی می‌باشد. اکثر ساختمان‌های موجود در کشور، به ویژه در شهرهای کوچک، بخش‌ها، روستاها و هم‌چنین در بافت‌های فرسوده و قدیمی کلان شهرها از نوع مصالح بنایی می‌باشند. آسیب پذیر بودن این ساختمان‌ها در زمین لرزه‌های گذشته، که عمدتاً ناشی از عدم رعایت صحیح ضوابط فنی می‌باشد، اهمیت تدوین، به روز رسانی و ترویج مبحث هشتم مقررات کلی ساختمان را آشکار می‌سازد. اولین کمیته تخصصی مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان، تحت عنوان "ساختمان مصالح بنایی" در سال ۱۳۷۶ شروع به فعالیت نمود. در ابتدا، با توجه به رواج اجرای سنتی این نوع ساختمان در ایران، که عمدتاً مغایر با ضوابط فنی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله می‌باشد، کمیته تخصصی تصمیم گرفت این مبحث را بر اساس تجربیات بومی و امکانات موجود در کشور بومی سازی نماید و طی مباحث جداگانه: ساختمان‌های آجری، خشتی و سنگی غیر مسلح و کلاف دار، مبحث را بر مبنای نیاز آن زمان جامعه مهندسی ایران تدوین و در سال ۱۳۸۴ ارائه نمود. با پیشرفت صنعت ساخت و ساز و فراهم گردیدن امکان استفاده از مصالح جدید در اقصی نقاط کشور، در ویرایش دوم مبحث، مباحث ساختمان‌های سنتی خشتی، سنگی و آجری غیر مسلح تجمیع و محدودتر گردیده و جهت آشنایی جامعه مهندسان، مبحث بنایی مسلح به صورت مقدماتی و محدود وارد مبحث گردید. با توجه به اهتمام جدی دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان جهت بازنگری و بروز نمودن مباحث، پس از تدوین آخرین

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

ویرایش مبحث هشتم در سال ۱۳۹۲، کمیته جدید مبحث، بلافاصله ارزیابی و بازنگری مبحث را آغاز نمود. در مسیر به روز رسانی مبحث و همگام کردن آن با آئین نامه‌های معتبر بین المللی و نیاز امروز صنعت ساختمان کشور، در ویرایش جدید، بحث ساختمان‌های بنایی مسلح به صورت جامع ارائه شده است. همچنین، با توجه به وجود امکانات فنی و اقتصادی ساخت ساختمان‌های بنایی با کلاف در اقصی نقاط کشور و نظر به آسیب پذیر بودن ساختمان‌های بنایی سنتی غیر مسلح (بدون کلاف)، بحث اخیر از مبحث هشتم حذف شده است. با برگزاری جلسات متعدد کمیته تخصصی، پیش نویس ویرایش جدید این مبحث آماده شد و در معرض نظرخواهی صاحب نظران و مهندسان قرار گرفت و به تصویب شورای تدوین مقررات ملی ساختمان رسید.

### ۴- ساختمان مورد مطالعه

ساختمانی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است مربوط به دوره قاجار است و در محله قدغون که یکی از محله‌های با بافت تاریخی می‌باشد قرار گرفته است. بافت تاریخی بروجرد به محدوده‌ای از مناطق مرکزی شهر بروجرد گفته می‌شود که هسته قدیمی این شهر را تشکیل می‌دهند. در سال‌های اخیر مطالعه و حفاظت از بناهای ارزشمند این بافت مورد توجه سازمان‌های مرتبط قرار گرفته است. بیشتر آثار مربوط در این منطقه مربوط به دوره قاجار و قبل از آن هستند و برخی از مسجدها و خانه‌های اعیانی آن از ارزش گردشگری و تاریخی زیادی برخوردار هستند. در شکل (۱) نمای کلی از ساختمان مورد نظر ارائه شده است.



شکل ۱: نمای کلی از ساختمان مورد مطالعه

### ۵- بررسی موضوع بازشو در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

بازشوها یکی از اصلی‌ترین نقاط ضعف ساختمان‌ها در هنگام زلزله می‌باشند. وجود بازشو در یک دیوار باعث می‌شود که سختی دیوار در آن قسمت به میزان قابل توجهی کاهش یابد و در نتیجه بازشو و اطراف آن دچار پدیده شکست شده و در آن قسمت ترک‌ها ایجاد شده و گسترش یابند. بنابراین بازشوها باید حداقل امکان کوچک بوده و در قسمت‌های مرکزی دیوار قرار گیرند. در دیوارهای سازه‌ای، در صورت امکان باید از تعبیه بیش از یک بازشو در یک راستای قائم پرهیز شود. در غیر اینصورت، باید پیرامون بازشوها به نحو مناسب با میلگرد و یا کلاف تقویت شود. در شکل (۲) ترک‌ها و شکست‌های ایجاد شده در اطراف بازشوها ارائه شده است.

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



ب



الف

شکل ۲: ترک‌های ایجاد شده در اطراف بازشو و گسترش ترک تا کنج و گوشه‌های دیوار؛ الف) زلزله بروجرد، ب) زلزله بم

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود ترک‌ها در اطراف بازشوها ایجاد شده و باعث تخریب دیوار و همچنین تخریب نمای ساختمان شده است. در ساختمان‌های مصالح بنایی به دلیل اینکه از دیوارها برای انتقال نیروی قائم و همچنین نیروی جانبی زلزله استفاده می‌شود و در حقیقت سختی دیوار باعث انتقال نیرو می‌گردد، موقعیت و میزان بازشوها از اهمیت بیشتری برخوردار است. در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران در مورد بازشوها ذکر شده است که: ۱- بازشوها نباید سبب قطع کلاف شود، ۲- مجموع سطح بازشوها در هر دیوار سازه‌ای نباید از یک سوم سطح آن دیوار بیشتر باشد، ۳- مجموع طول بازشوها در هر دیوار سازه‌ای نباید از یک دوم طول دیوار بیشتر باشد، ۴- فاصله اولین بازشو از ابتدای طول دیوار نباید از دو سوم ارتفاع بازشو و یا ۷۵۰ میلی‌متر کمتر باشد، ۵- فاصله دو بازشو نباید از دو سوم ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود و همچنین از یک ششم مجموع طول آن دو بازشو کمتر باشد، در غیر اینصورت جرز بین دو بازشو جزئی از بازشو منظور می‌شود و نباید آن را به عنوان دیوار سازه‌ای به حساب آورد، ۶- هیچ یک از ابعاد بازشو نباید از دو متر بیشتر باشد، ۷- چنانچه هر کدام از موارد دو تا شش برآورده نشود، لازم است اطراف بازشوهایی مربوطه، بر اساس ضوابط، کلاف بازشو تعبیه شود. در شکل (۳) درب ورودی به ساختمان مورد مطالعه نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در اطراف درب ورودی ساختمان دو ستون آجری از جنس مصالح بنایی وجود دارد که مثل کلاف قائم در دو طرف بازشو قرار گرفته و مانع تخریب درب ورودی و سردر ورودی ساختمان شده است.



شکل ۳: درب ورودی ساختمان که در دو طرف آن دو ستون آجری قرار دارد

### سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

در بالای درب ورودی ساختمان یک نورگیر کوچک وجود دارد که این نورگیر نیز یک بازو قلمداد می‌شود. در اطراف این نورگیر و دور تا دور آن با کلاف چوبی مهار شده است. در شکل (۴) از نمای نزدیک این قاب چوبی نشان داده شده است. علاوه بر این چهارچوب چوبی یک طاق قوسی نیز در بالای این بازو اجرا شده است و این طاق اجرا شده خود در نقش نعل درگاه کار کرده و باعث انتقال نیرو به اطراف این نورگیر و همچنین انتقال نیرو از روی درب ورودی ساختمان شده است.



شکل ۴: کلاف چوبی که دور تا دور نورگیر مشبک را در بر گرفته است

بازشوهای بزرگ نیز در این ساختمان وجود دارد. همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود در بالا و پائین این پنجره بزرگ کلاف‌های بزرگ چوبی قرار دارد و طول پنجره به وسیله ستون‌های چوبی به قسمت‌های کوچکتر تقسیم شده است و از ایجاد پنجره بزرگ جلوگیری شده است. در دو طرف پنجره دو ستون آجری نیز قرار گرفته که دقیقاً نقش کلاف قائم را بازی می‌کند.



شکل ۵: احاطه کردن پنجره بزرگ به وسیله کلاف‌های افقی چوبی و کلاف قائم آجری

در اطراف تمام بازشوها و ورودی‌های ساختمان ستون‌های آجری اجرا شده است که باعث تقویت یکپارچگی سازه شده و کمک نموده تا ساختمان در برابر زلزله سال ۱۳۸۵ مقاوم باشد و تخریب نشود. در شکل (۶) ستون‌های آجری در اطراف بازشوهای مختلف نشان داده شده است.

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



الف



ب



ج

شکل ۶: انواع مختلف بازشو که به وسیله کلاف‌های افقی و قائم محصور شده‌اند؛ الف) درب وردی به ساختمان، ب) کلاف آجری قائم در اطراف پنجره‌ها، ج) کلاف قائم و افقی در کنار پنجره‌های بزرگ و کوچک

### سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

نکته قابل توجه دیگر در این بنا ایجاد نعل درگاهی‌های قوسی شکل در بالای بازشوها و ورودی‌های ساختمان می‌باشد. این طاق‌های قوسی شکل در انتقال بار نقش داشته و باعث می‌شوند که سازه در برابر نیروهای جانبی عملکرد مناسبی از خود نشان دهد [۸]. در شکل (۷) انواع طاق‌های آجری اجرا شده در بالای پنجره‌ها و یا بازشوها نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود نه پنجره و نه محیط اطراف آن دچار شکست نشده است.



الف



ب

شکل ۷: انواع طاق‌های آجری استفاده شده در ورودی ساختمان و پنجره‌ها؛ الف) طاق بالای ورودی ساختمان، ب) طاق بالای پنجره

### ۶- بررسی موضوع کلاف در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

کلاف بندی در ساختمان‌های مصالح بنایی جهت حفظ انسجام و پیوستگی اعضای اصلی ساختمان، شامل دیوارها، کف‌ها و پی، الزامی است. کلاف‌های قائم بتن مسلح باید در محل تقاطع دیوارهای سازه‌ای تعبیه شوند. در صورتی که طول دیوار بین دو کلاف بیشتر از ۵ متر باشد باید کلاف‌های قائم اضافی با توزیع یکنواخت در فواصل حداکثر ۵ متر در داخل دیوار، تعبیه شود. در ساختمان‌های دو طبقه و یا ساختمان‌های دارای زیر زمین، لازم است در کلیه گوشه‌های بیرونی ساختمان از کلاف قائم گوشه استفاده نمود. در اطراف بازشوها در صورت نیاز کلاف قائم تعبیه شود. در این ساختمان کلاف‌های قائم آجری و کلاف-های افقی چوبی اجرا شده که به خوبی در برابر زلزله اعمالی مقاومت کرده است. در شکل (۸) کلاف‌های قائم آجری و کلاف-

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

های افقی چوبی نشان داده شده است. نقش کلاف‌ها یک پارچه کردن عملکرد ساختمان در برابر نیروهای اعمالی به خصوص نیروهای جانبی می‌باشد.



الف



ب



ج

شکل ۸: اجرای کلاف‌های قائم آجری و کلاف افقی چوبی در ساختمان؛ الف) محل تقاطع دو کلاف قائم، ب) کلاف قائم آجری و کلاف افقی چوبی، ج) کلاف افقی چوب در بالای پنجره‌ها



## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

### ۷- بررسی موضوع مشخصات هندسی سازه در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران در مورد مشخصات هندسی سازه محدودیت‌هایی قائل شده است که در برخی از آن‌ها عبارتند از: ۱- حداکثر تعداد طبقات ساختمان بنایی، بدون احتساب زیر زمین، دو طبقه است، ۲- تراز روی بام نسبت به متوسط تراز زمین مجاور نباید از هشت متر تجاوز نماید، ۳- ارتفاع طبقه از روی کلاف افقی زیرین تا زیر سقف، نباید از ۴ متر بیشتر باشد، ۴- ارتفاع تراز روی سقف زیر زمین نسبت به متوسط تراز زمین مجاور از ۱/۵ متر بیشتر نباشد، ۵- حداکثر تعداد طبقات زیر زمین یک طبقه است. در مورد محدودیت‌های پلان در ساختمان با مصالح بنایی شرایطی در نظر گرفته شده که برخی از آن‌ها عبارتند از: ۱- پلان ساختمان نسبت به هر دو محور اصلی، قرینه و یا نزدیک به قرینه باشد، ۲- طول ساختمان نباید از سه برابر عرض آن تجاوز کند و ۳- ابعاد پیش آمدگی در پلان ساختمان، بدون تعبیه درز انقطاع، به ابعاد مشخصی محدود شده است. این ساختمان یک سازه دو طبقه می‌باشد (یک طبقه و یک زیرزمین) و هیچ پیش آمدگی و یا نامنظمی خاصی در آن وجود ندارد. در شکل (۹) یک نمای کلی از ساختمان مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۹: نمای کلی از سازه

### ۸- بررسی موضوع دیوار محوطه در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ذکر شده است که طول آزاد دیوار بنایی با کلاف بین دو پشت بند یا کلاف قائم، نباید از پنج متر بیشتر باشد. در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود که در فواصل کمتر از پنج متر دیوار حیاط ساختمان با استفاده از ستون‌های آجری که نقش پشت بند و یا تکیه‌گاه را بازی می‌کنند تقویت شده‌اند و این ستون‌ها در حقیقت به بهبود عملکرد دیوارها کمک می‌نمایند.

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۱۰: کلاف‌های قائم آجری که به عنوان پشت بند در دیوار محوطه اجرا شده است

#### ۹- بررسی موضوع سقف در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ذکر شده است که سقف تخت از نوع چوبی متشکل از تیر، پوشش تخته یا نظیر آن، غوره گل و اندود کاه‌گل یا اندودهای دیگر می‌باشد. در شکل (۱۱) سقف چوبی سازه نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روی تیرها تخته‌هایی با ضخامت حداقل ده میلی متر به صورت کاملاً به هم چسبیده پوشیده شده است. اجرای یک سقف چوبی اصولی علاوه بر اینکه باعث کاهش وزن سازه گردیده است باعث حفظ یکپارچگی و انسجام آن نیز گردیده است.



شکل ۱۱: سقف چوبی ساختمان مورد مطالعه

#### ۱۰- بررسی موضوع نما در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

یکی از قسمت‌های آسیب پذیر سازه‌ها در زلزله بحث نما می‌باشد. در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ذکر شده است که نمای ساختمان بنایی می‌تواند از انواع آجری، سنگی یا سیمانی باشد. در اجرای نما لازم است الزامات خاصی رعایت شوند. به عنوان مثال: ۱- حداکثر ضخامت نما ۵۰ میلی‌متر می‌باشد، مگر آنکه نما همزمان با عضو اجرا شده و واحدهای مصالح بنایی

### سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

نما و عضو به نحو مناسب هم‌پوشانی شده باشند، ۲- اتصالات نما به سازه باید توانایی انتقال نیروی زلزله ایجاد شده در اثر جرم نما به سازه پشتیبان را داشته باشند. همچنین این اتصالات باید بتوانند تغییر مکان در اعضای سازه‌ای پشتیبان را به شکل مناسبی به نما منتقل کنند، ۳- نما باید قابلیت تحمل شرایط اقلیمی ویژه هر منطقه را دارا بوده و تا آنجا که ممکن است، در ساخت آن از مصالح سبک و انعطاف پذیر استفاده شود، ۴- نما باید با سطح پشت کار اتصال مناسب و کافی داشته باشد تا توانایی انتقال نیروهای متقابل به وجود آید. همانطور که از بندهای فوق مشاهده می‌شود اتصال نما به سازه بسیار قابل اهمیت می‌باشد. در سازه مورد نظر نما همزمان با ساخت بنا اجرا شده و اتصال کامل و مناسب بین نما و ساختمان وجود دارد. بنابراین در هنگام زلزله نمای ساختمان سالم مانده و هیچ آسیبی ندیده است. در شکل (۱۲) نمای سالم ساختمان نشان داده شده است.



الف



ب



ج

شکل ۱۲: انواع مختلف نمای استفاده شده در ساختمان؛ الف) نمای سرستون، نمای بالای ساختمان و بالای دیوار محوطه، نمای سرستون و بالای پنجره، د) نمای کاشی کاری موجود

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

### ۱۱- مقایسه ساختمان مورد مطالعه با ساختمان مجاور

یک مورد بسیار مهم در اجرای سازه‌های مصالح بنایی یکپارچگی ساختمان می‌باشد. منظور از یکپارچگی آن است که اعضای ساختمان و اتصالات بین آنها چنان تنظیم شوند که یک یا چند مسیر مناسب برای عبور بارهای وارده به سمت شالوده فراهم شده و همبستگی کل ساختمان تامین شود. در ساختمان مورد مطالعه یکپارچگی ساختمان به خوبی رعایت شده و کلاف‌های افقی چوبی و کلاف‌های قائم آجری به نحو مناسبی به یکدیگر متصل شده‌اند و همچنین اتصال مناسب اجزای مختلف سازه و نما به خوبی انجام شده است و برای همین سازه در زلزله آسیبی ندیده است. این در حالی است سایر ساختمان‌های قدیمی که در همین کوچه قرار گرفته بودند در اثر زلزله به طور کامل از بین رفتند و برای بازسازی آن‌ها باید آوار برداری به صورت کامل انجام می‌شد. در شکل (۱۳) ساختمان مجاور نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود ساختمان مجاور به طور کلی تخریب و آوار برداری شده است.



ب



الف

شکل ۱۳: مقایسه دو ساختمان در مجاور هم؛ الف) ساختمان مورد مطالعه، ب) ساختمان مجاور

در شکل (۱۴) و (۱۵) ساختمان‌های دیگری که در این کوچه قرار دارند و آن‌ها نیز تخریب شده‌اند نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود ساختمان‌ها به دلیل عدم یکپارچگی دچار فرو ریزش کامل شده‌اند و به کلی تخریب شده‌اند.



شکل ۱۴: تخریب کامل یک ساختمان در کوچه‌ای که ساختمان مورد مطالعه بررسی شده است

### سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



ب



الف

شکل ۱۵: سایر ساختمان‌های قدیمی موجود در محل ساختمان مورد مطالعه؛ الف) تخریب بخشی از ساختمان، ب) جدا شدگی دو قسمت مختلف ساختمان

#### ۱۲- نتیجه گیری

در زلزله فروردین ماه سال ۱۳۸۵ بسیاری از بناهای موجود در بافت تاریخی شهر بروجرد به کلی تخریب شدند و نیاز به بازسازی کامل پیدا کردند. در این میان ساختمان‌های معدودی در بافت قدیمی از زلزله در امان ماندند. این در حالی بود که در بعضی موارد دو ساختمان که در مجاورت یکدیگر بودند، یکی به طور کلی از بین رفته بود و دیگری به طور کامل سالم باقی مانده بود. یک ساختمان قدیمی در محله قدغون بروجرد که مربوط به دوره قاجار می‌باشد به طور کامل در زلزله سالم باقی مانده بود. این ساختمان مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که بسیاری از موارد موجود در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران در این بنا رعایت شده است. ضوابطی مثل رعایت حداکثر تعداد طبقات، رعایت ضوابط هندسی در پلان و ارتفاع، رعایت میزان پیش آمدگی‌ها، اجرای کلاف‌های افقی و قائم، اجرای ضوابط مربوط به بازشوها، اجرای همزمان نمای ساختمان با قسمت‌های اصلی سازه، اجرای صحیح و درست سقف چوبی، اجرای نعل درگاه مناسب، اجرای پشت بند و رعایت تکیه گاه جانبی در دیوار حیاط، استفاده از مصالح با کیفیت در سازه و همچنین در نمای ساختمان، ایجاد یکپارچگی در قسمت‌های مختلف ساختمان و استفاده درست از فنون مهندسی ساختمان. این ساختمان در واقع با توجه به ضوابطی که در آن رعایت شده است و با توجه به اینکه دارای سکنه می‌باشد یک نمونه بارز ساختمان سازی اصولی می‌باشد زیرا که با توجه به قدمت بالای این ساختمان در برابر زلزله مقاومت بسیار خوبی از خود نشان داد و نه تنها هیچ آسیبی را متحمل نگردید بلکه باعث حفظ جان و مال سکنه موجود در آن نیز گردید. این مقاله نکات آموزشی قابل توجهی برای مهندسين جوان و افرادی که علاقه‌مند به ساختمان‌های مصالح بنایی می‌باشند دارد و می‌تواند دید و درک مناسبی از بندهای مختلف مقررات ملی ساختمان ارائه نماید.

#### مراجع

۱. حسینی، علی و همکاران، ارزیابی آسیب پذیری تأسیسات شهری در مقابل زلزله؛ نمونه مورد مطالعه: محله قدغون بروجرد، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره ۲۱، ۱۳۹۸
۲. بهارمند، سیامک و همکاران، ارزیابی خطر زمین لرزه و پهنه بندی مخاطرات محیطی مرتبط با آن در محدوده بروجرد، استان لرستان، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره ۲۶، ۱۳۹۹



### سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۳. رضایی امین، شیخ الاسلامی علیرضا، آسیب شناسی کالبدی-اجتماعی محله جعفری شهر بروجرد با تاکید بر رویکرد تاب آوری محله جعفری شهر بروجرد، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست، ۱۳۹۷

۴. قلی زاده، بابک، شناسایی فرصت‌های توسعه ناشی از زلزله جهت نوسازی بافت‌های فرسوده شهری نمونه موردی بافت فرسوده شهر بروجرد، همایش ملی بافت‌های فرسوده و تاریخی شهری: چالش‌ها و راهکارها، ۱۳۹۴

۵. هاشمی امین، رازانی رضا، بررسی آسیب‌های ایجاد شده در مناره‌ها و ایوان مسجد جامع بروجرد در زلزله سیلاخور ۱۳۸۵ و روش‌های مقاوم سازی آن، ششمین همایش مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۷

۶. مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان: طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی، انتشارات وزارت راه و شهرسازی، تهران، ۱۳۹۸

۷. آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم، تهران، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳

8. Karimi AH, Karimi MS, Kheyroddin A, Shahkarami AA.(2016). *Experimental and Numerical Study on Seismic Behavior of An Infilled Masonry Wall Compared to An Arched Masonry Wall*. Structures 8(Part 1):144-53.