

An overview of various methods of improving masonry buildings made with stone and lime

مروری بر انواع روش های بهسازی ساختمان های بنایی ساخته شده با سنگ و آهک

Parvin Montazeri*

MS.C graduated, Faculty of Civil Engineering, Islamic Azad University, Qazvin branch, Qazvin, Iran.

پروین منتظری*

کارشناسی ارشد، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، قزوین، ایران.

* Corresponding author's email address:

montazeri.parvin1992@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸

How to cite this article:

Parvin Montazeri, An overview of various methods of improving masonry buildings made with stone and lime, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2024; 9(1):8-12.

ارجاع به مقاله:

پروین منتظری، مروری بر انواع روش های بهسازی ساختمان های بنایی ساخته شده با سنگ و آهک، مهندسی و مدیریت ساخت، ۱۴۰۳، ۹ (۱): ۸-۱۲.

Abstract

Masonry buildings constructed with stone and lime have historically served as vital components of architectural heritage across diverse cultures and regions. The durability, sustainability, and aesthetic qualities of these structures are intrinsically linked to the materials and techniques employed in their construction. However, many of these buildings face challenges posed by environmental factors, seismic activity, and deterioration due to age. This research aims to provide a comprehensive overview of contemporary methods for improving masonry buildings made with stone and lime. It highlights the significance of integrating both traditional and innovative techniques to enhance structural integrity, energy efficiency, and longevity while preserving historical value. The study examines methods such as the use of lime-cement mortars, natural hydraulic lime, and fiber-reinforced composites, as well as advanced analytical techniques for assessing structural performance. Through a synthesis of scientific literature and empirical studies, this work aims to elucidate the multifaceted approaches available for the preservation and enhancement of stone and lime masonry buildings, ultimately contributing to the discourse on sustainable construction practices and heritage conservation. The findings are expected to inform practitioners, researchers, and policymakers engaged in the restoration and rehabilitation of historic masonry, ensuring that these structures continue to endure for future generations.

Keywords

Masonry buildings, sustainability, innovative techniques, historical value.

چکیده

سازه های بنایی ساخته شده با سنگ و آهک در طول تاریخ به عنوان عناصر ضروری میراث معماری در فرهنگ ها و مناطق مختلف خدمت کرده اند. دوام، پایداری و کیفیت های زیبایی شناختی این سازه ها اساساً با مواد و تکنیک های مورد استفاده در ساخت آنها مرتبط است. با این حال، بسیاری از این ساختمان ها به دلیل عوامل محیطی، فعالیت های لرزه ای و فرسودگی سن با چالش هایی مواجه هستند. هدف از این تحقیق ارائه مروری بر روش های بهسازی سازه های سنگ و آهک معاصر می باشد. و بر اهمیت ادغام تکنیک های سنتی و نوآورانه برای افزایش یکپارچگی ساختاری، بهره وری انرژی و طول عمر با حفظ ارزش تاریخی تاکید می کند. این مطالعه به بررسی روش هایی مانند استفاده از ملات سیمان-آهک، آهک طبیعی هیدرولیک و کامپوزیت های تقویت شده با الیاف و همچنین تکنیک های تحلیلی پیشرفته برای ارزیابی عملکرد سازه می پردازد. از طریق ترکیبی از ادبیات علمی و مطالعات تجربی، این کار با هدف روشن کردن رویکردهای چندوجهی موجود برای حفظ و ارتقای ساختمان های سنگی و آهکی، در نتیجه به گفتمان در مورد شیوه های ساختمانی پایدار و حفاظت از میراث کمک می کند. نتایج باید به دست اندرکاران، محققان و سیاست گذاران درگیر در بازسازی و مرمت سنگ تراشی های تاریخی اطلاع داده شود تا از دوام این سازه ها برای نسل های آینده اطمینان حاصل شود.

کلیدواژه ها

ساختمان های بنایی، پایداری، تکنیک های ابداعی، ارزش تاریخی.

حفظ میراثی است که منعکس کننده تکامل سبک های معماری، مصالح و تکنیک های ساخت و ساز در مکان های خاص است. ساختمان های بنایی، به ویژه آنهایی که با مصالح سنتی مانند سنگ و آهک ساخته شده اند، نمادی از زمینه های اجتماعی فرهنگی هستند که در آن ایجاد شده اند. آنها به عنوان جلوه های فیزیکی دوره های تاریخی و صنعتی عمل می کنند و به هویت و تداوم جوامع کمک می کنند. حفظ این سازه ها نه تنها از جنبه های ملموس میراث محافظت می کند، بلکه باعث ارتقای احساس تعلق و هویت فرهنگی در بین نسل های کنونی و آینده می شود.

۱- مقدمه

بازسازی ساختمان های بنایی ساخته شده با سنگ و آهک با قدمت بیش از ۱۵۰ سال نشان دهنده تلاقی مهم حفظ فرهنگی، تاریخ معماری و شیوه های مهندسی معاصر است. از آنجایی که این سازه ها اغلب روایتگر داستان های مهم تاریخی و فرهنگی هستند، مرمت آنها نه تنها یک چالش فنی، بلکه یک ضرورت اجتماعی است. اهمیت حفظ این بناها فراتر از ملاحظات زیبایی شناختی است. و این شامل



9 (1), 2024

دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



متداول شامل تقویت سازه، ترمیم و نوبت دهی و استفاده از ملات های تخصصی می باشد.

۲-۱-۱- تقویت سازه

این شامل تکنیک هایی مانند جداسازی پایه و فراتنش است که هدف آن افزایش یکپارچگی ساختاری ساختمان های بنایی با به حداقل رساندن تغییرات تهاجمی در بافت تاریخی آنها است. جداسازی فونداسیون به ویژه در مناطق لرزه خیز مؤثر است زیرا نیروهای لرزه ای را کاهش می دهد و به سازه اجازه می دهد مستقل از حرکات زمین حرکت کند و در نتیجه زیبایی شناسی تاریخی خود را حفظ می کند [۴]. پسا کشش، که شامل نصب کابل های فولادی در ساختمان بنایی است، می تواند به طور قابل توجهی ظرفیت باربری دیوارها را بدون به خطر انداختن ظاهر بصری آنها بهبود بخشد [۴].

۲-۱-۲- مرمت و بازسازی

یکی دیگر از جنبه های حیاتی بهسازی ساختمان های بنایی، ترمیم و روکش مناسب درزها است. این فرآیند شامل برداشتن ملات فرسوده و جایگزینی آن با یک ماده جدید، حصول اطمینان از مطابقت ملات جدید با خواص ملات اصلی از نظر کشسانی، تخلخل و ترکیب شیمیایی است. استفاده از ملات های آهکی بسیار حیاتی است، زیرا این مصالح به دیوارهای بنایی اجازه حرکت و تنفس می دهند و به جلوگیری از به دام افتادن رطوبت که می تواند منجر به تخریب بیشتر شود کمک می کنند [۲].

۲-۱-۳- استفاده از مصالح سازگار

انتخاب مصالح بهسازی مناسب در هر پروژه بازسازی بسیار مهم است. سازگاری بین مصالح جدید و موجود تضمین می کند که یکپارچگی ساختاری و ارزش زیبایی شناختی ساختمان های تاریخی حفظ می شود. مطالعات اخیر برتری ملات آهک را نسبت به جایگزین های مدرن مبتنی بر سیمان به دلیل سازگاری آن با مصالح ساختمانی سنتی نشان می دهد. ملات های آهکی انعطاف پذیری و قابلیت تنفس را نشان می دهند و حرکت طبیعی سنگ تراشی را بدون ایجاد تنشی که می تواند منجر به ترک خوردن یا پوسته شدن شود، سازگار می کند [۲].

۲-۲- بحث در مورد نقش فناوری های مدرن در فرآیندهای بهسازی

در حالی که روش ها و مصالح سنتی نقش مهمی در بازسازی سازه های بنایی تاریخی ایفا می کنند، فناوری های مدرن نیز به میزان قابل توجهی به اثربخشی و کارایی این فرآیندها کمک می کنند. ادغام ابزارهای تشخیصی پیشرفته و تکنیک های مهندسی درک رفتار سازه را بهبود می بخشد و به استراتژی های بهسازی کمک می کند.

۲-۲-۱- تکنیک های تشخیصی

استفاده از روش های تشخیصی غیرتهاجمی، مانند رادار نفوذی زمین و آنالیز سنگ نگاری، امکان ارزیابی کامل وضعیت مصالح ساختمانی را بدون آسیب رساندن به سازه فراهم می کند [۶]. این تکنیک ها

با این حال، چالش هایی که در جریان بازسازی سازه های بنایی قدیمی با آن مواجه می شوند، بسیار زیاد و پیچیده هستند. اولاً، هر ساختمان مجموعه ای از شرایط منحصر به فرد را ارائه می کند که نیاز به استراتژی های بهسازی مناسب دارد. تغییرات در خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی مصالح مورد استفاده در این سازه ها می تواند به طور قابل توجهی بر انتخاب روش های بهسازی تاثیر بگذارد. به عنوان مثال، مکانیسم های زوال که بر ملات آهک و زیرلایه های سنگ تأثیر می گذارد، بسیار متفاوت است، و نیازمند درک کامل تکنیک ها و مصالح ساختمانی برای اطمینان از سازگاری با مصالح مدرن است [۱].

علاوه بر این، ادغام فناوری ها و مصالح مدرن فرصت ها و چالش هایی را ایجاد می کند. اگرچه مصالح جدید می توانند یکپارچگی سازه را افزایش دهند، اما سازگاری آنها با مصالح قدیمی اغلب بحث برانگیز است. به عنوان مثال، نشان داده شده است که گرایش به ملات سیمان مدرن، یکپارچگی ساختاری سنگ تراشی باستانی را که عمدتاً با ملات آهک ساخته شده اند، به خطر می اندازد [۲]. این یک چالش اساسی در این زمینه را برجسته می کند: نیاز به روش های مرمتی که نه تنها به ایمنی سازه می پردازد، بلکه اصالت آثار تاریخی را نیز حفظ می کند.

آسیب پذیری لرزه ای سازه های بنایی، تلاش های بازسازی را به ویژه در مناطق زلزله خیز پیچیده می کند. رفتار ساختاری منحصر به فرد بنایی تحت بارهای لرزه ای نیازمند راه حل های مهندسی نوآورانه مطابق با اصول حفاظتی است [۳]. استفاده از تکنیک هایی مانند جداسازی پایه یا فراتنش باید به دقت ارزیابی شود تا نیاز به بهبود مقاومت لرزه ای با حفظ زیبایی شناسی تاریخی متعادل شود [۴].

علاوه بر مشکلات ساختاری، شناخت ابعاد اجتماعی-اقتصادی پروژه های مقاوم سازی ضروری است. سرمایه گذاری در حفظ آثار تاریخی می تواند از طریق گردشگری و مشارکت اجتماعی سود اقتصادی به همراه داشته باشد و استدلال بر اولویت این گونه تلاش ها در برنامه ریزی و توسعه شهری را تقویت کند [۵]. ترویج بهترین شیوه ها در حفاظت که اهمیت فرهنگی و پایداری اقتصادی را در نظر می گیرد برای ترویج توسعه پایدار، به ویژه در مراکز شهری تاریخی ضروری است.

۲- روش های بهسازی

مرمت ساختمان های سنگی و آهکی، به ویژه آن هایی که بیش از ۱۵۰ سال قدمت دارند، نیازمند رویکردی چندوجهی است که شامل تکنیک های سنتی، استفاده از مصالح سازگار و ادغام فناوری های مدرن است. بخش زیر روش های رایج، اهمیت استفاده از مصالح سازگار و نقش فناوری های نوآورانه در فرآیندهای بهسازی را توضیح می دهد.

۲-۱- تکنیک های رایج مورد استفاده در بازسازی ساختمان های بنایی

روش های بازسازی سازه های بناهای تاریخی متفاوت است و باید با شرایط خاص و اهمیت تاریخی هر بنا تطبیق داده شود. تکنیک های



9 (1), 2024

دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



شناسایی عیوب پنهان و ارزیابی خواص مصالحی را که برای توسعه برنامه های بهسازی هدفمند ضروری است، تسهیل می کند.

۲-۲-۲- مدل سازی عددی

پیشرفت های اخیر در مدل سازی دیجیتال، به ویژه در زمینه تحلیل لرزه ای، ابزارهای قدرتمندی را برای شبیه سازی رفتار سازه های بنایی در شرایط بارگذاری مختلف در اختیار مهندسان قرار می دهد. رویکردهایی مانند مدل سازی المان های گسسته کلان، درک دقیق تری از پاسخ های درون صفحه و خارج از صفحه بنایی را امکان پذیر می سازد، و راهبردهای تعمیر بهینه را که ویژگی های منحصر به فرد ساختمان های تاریخی را در بر می گیرد، امکان پذیر می سازد [۷].

۲-۲-۳- مصالح نوآورانه

توسعه مصالح مدرن، مانند پلیمرهای تقویت شده با الیاف (FRP)، راه های جدیدی را برای تقویت سازه های بنایی موجود ارائه می دهد. این مصالح دارای استحکام کششی بالایی هستند و می توان از آنها برای افزایش عملکرد دیوارهای بنایی تقویت نشده به ویژه در مناطق مستعد فعالیت لرزه ای به صورت خارجی استفاده کرد. ادغام دقیق این مصالح مدرن با روش های سنتی نشان دهنده یک رویکرد متعادل برای مرمت است که ایمنی سازه و اصالت تاریخی را ارتقا می دهد.

۳- ارزیابی لرزه ای و مقاوم سازی

حفظ سازه های بنایی تاریخی که با سنگ و آهک ساخته شده اند، به ویژه آن هایی که بیش از ۱۵۰ سال قدمت دارند، نیازمند ارزیابی دقیق لرزه ای است تا از یکپارچگی سازه و ایمنی آن ها در برابر زلزله های احتمالی اطمینان حاصل شود. آسیب پذیری های منحصر به فرد مرتبط با این ساختمان ها، که اغلب با قدمت و مصالح به کار رفته در ساخت آنها مشخص می شود، اهمیت اتخاذ استراتژی های نوسازی موثر را که می تواند خطرات لرزه ای را کاهش داده و ارزش تاریخی آنها را کاهش دهد، برجسته می کند.

۴- اهمیت ارزیابی های لرزه ای برای سازه های بنایی تاریخی

ارزیابی های لرزه ای برای درک نقاط ضعف سازه های بنایی به ویژه در مناطق زلزله خیز ضروری است. این ارزیابی ها چگونگی واکنش سازه های موجود به نیروهای لرزه ای را ارزیابی می کند و اطلاعات مورد نیاز برای تعیین مداخلات مورد نیاز برای افزایش انعطاف پذیری آنها را فراهم می کند. از آنجایی که بسیاری از ساختمان های تاریخی برای مقاومت در برابر الزامات لرزه ای مدرن طراحی نشده اند، فرآیند ارزیابی باید شامل تجزیه و تحلیل کامل رفتار سازه ای آنها تحت بارهای دینامیکی باشد [۱۷].

درک رفتار لرزه ای به ویژه برای سازه های بنایی غیر مسلح (URM) که به نیروهای جانبی بسیار حساس هستند، حیاتی است. از طریق ارزیابی های سیستماتیک، مهندسان می توانند نقاط ضعف حیاتی مانند پشتیبانی جانبی ناکافی و مصالح ضعیف را شناسایی کنند که باید برای جلوگیری از شکست فاجعه بار در طول زلزله اصلاح شوند. نقش ارزیابی های لرزه ای فراتر از ایمنی سازه است. آنها همچنین به

اطلاع استراتژی های حفاظتی منطبق با اهداف حفاظت از میراث می پردازند. با ادغام ارزیابی های لرزه ای در برنامه ریزی بهسازی، ذینفعان می توانند استراتژی های آگاهانه ای ایجاد کنند که اهمیت تاریخی این سازه ها را در عین بهبود ایمنی آنها ارجح می نهد [۴].

۵- مطالعات موردی

مرمت ساختمان های سنگی و آهکی، به ویژه آنهایی که بیش از ۱۵۰ سال قدمت دارند، شامل روش ها و رویکردهای پیچیده ای است که متناسب با نیازهای منحصر به فرد هر سازه است. در این بخش مطالعات موردی مهمی را مرور می شوند که تلاش های موفق بهسازی را نشان می دهد، زمینه ها و تکنیک های مختلف مورد استفاده را برجسته می کند، و همچنین بینش هایی از بهترین شیوه ها در بهسازی سنگ تراشی را ارائه می کنند.

یک مثال قابل توجه بازسازی صومعه Jerónimos در پرتغال است که به عنوان یک مطالعه موردی در یک پروژه تحقیقاتی با بودجه اتحادیه اروپا با هدف کاهش آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های باستانی و فرهنگی عمل کرد. این مطالعه بر درک رفتار اجزای بنایی تحت بارهای چرخه ای، بررسی چالش های ساختاری این بناهای تاریخی متمرکز شده است. توصیه هایی از تجزیه و تحلیل برای ارائه روش های منطقی و فرهنگی مناسب برای تشخیص، مداخله و توانبخشی گرفته شده است [۳]. این مورد اهمیت همکاری میان رشته ای را برای حل پیچیدگی های مرتبط با بازسازی ساختارهای میراثی و در عین حال حفظ یکپارچگی تاریخی آنها برجسته می کند.

در مورد مهم دیگری، کاخ دیوکلتیان Palace of Diocletian در اسپلیت کرواسی، برای ارزیابی وضعیت مکانیکی فعلی آن تحت بارهای لرزه ای، تحت تحلیل و مدل سازی سازه قرار گرفت. محققان یک مدل سه بعدی برای پیش بینی رفتار آینده و تحقیقات آزمایشگاهی یکپارچه برای تعیین خواص ضروری مصالح ایجاد کردند. این رویکرد جامع نه تنها امکان ارزیابی قوی از ثبات بنا را فراهم می کند، بلکه منجر به توسعه استراتژی های توانبخشی هدفمند می شود [۹]. نتایج این مورد نیاز به استفاده از تکنیک های مدل سازی پیشرفته را در کنار روش های ارزیابی سنتی برای اطلاع رسانی شیوه های بهسازی مؤثر برجسته می کند.

دروازه قلعه سمنان، ایران، مورد جالبی را در خصوص به کارگیری تکنیک های نوین بهسازی با حفظ زیبایی شناسی آثار تاریخی ارائه می دهد. این مطالعه بر ارزیابی ظرفیت لرزه ای این سازه بنایی تاریخی متمرکز شده و دو تکنیک تعمیرات جداسازی پایه و آرماتور فولادی پیس تنیده را مورد مقایسه قرار داده است. روش جداسازی پی به طور موثری ارتعاشات لرزه ای را با حداقل تداخل مستقیم با سازه کاهش داد، در حالی که پیش تنیدگی پاسخ لرزه ای را بهبود بخشید و جذابیت بصری سازه را حفظ کرد. این مورد نشان دهنده تعادلی است که باید بین افزایش عملکرد سازه و حفظ اصالت بناهای تاریخی ایجاد شود [۴].

در زمینه میراث اروپایی، مرمت و استفاده مجدد از بناهای تاریخی به ویژه در ایتالیا تکامل قابل توجهی داشته است. مروری بر تاریخچه موارد، تکنیک های بهسازی موفق را برجسته می کند که بر اهمیت درک مصالح خام و روش های تولید تأکید می کند. برای مثال، رویکرد



اتخاذ شده در شهرهای مختلف ایتالیا شامل نظارت دقیق بر اثربخشی تکنیک‌های تعمیر، انطباق روش‌ها با ویژگی‌های خاص سنگ‌تراشی تاریخی بود. این مطالعه اخیر نشان می‌دهد که نیاز به حفظ نه تنها سازه‌های تاریخی، بلکه ساختمان‌های شهری کوچک نیز به رسمیت شناخته می‌شود که نشان‌دهنده تعهد گسترده‌تر به حفاظت از میراث است [۵].

رویکرد نوآورانه تری در مطالعه فرانکو و موری نشان داده شد که ادغام اهداف انتقال انرژی در نوسازی ساختمان‌های تاریخی در جنوا، ایتالیا را بررسی کردند. این پروژه از یک بررسی جامع ساختمان و راه‌حل‌های طراحی سازگار با محیط زیست برای دستیابی به نوسازی‌های کم انرژی بدون به خطر انداختن ارزش‌های میراث استفاده کرد. مطالعه موردی امکان سنجی متعادل کردن کارایی انرژی با حفظ اصالت تاریخی را نشان داد و یک مدل ارزشمند برای تلاش‌های بازسازی آینده با هدف برآورده کردن استانداردهای پایداری مدرن ارائه می‌دهد [۱۰].

استفاده از ملات آهک در چندین مطالعه موردی به عنوان یک عنصر ضروری در مرمت موفقیت آمیز آثار تاریخی برجسته شده است. تحقیقات دورن روبری اهمیت تاریخی و سازگاری ملات آهک با مصالح ساختمانی قدیمی را برجسته می‌کند و مزایای آن را در حفظ یکپارچگی ساختاری بناهای تاریخی نشان می‌دهد. کاربردهای اخیر نشان داده است که استفاده از مصالح مبتنی بر آهک می‌تواند به طور قابل توجهی طول عمر و عملکرد سازه‌های بهسازی شده را افزایش، دفعات تعمیرات را کاهش و عمر مفید آنها را افزایش دهد [۲]. چنین یافته‌هایی اهمیت استفاده از مصالح سنتی را در شیوه‌های مرمت مدرن تقویت می‌کند.

جدول ۱ روش‌ها و تکنیک‌های کلیدی حاصل از این مطالعات موردی

مطالعه موردی	منطقه	تکنیک مورد استفاده	نتایج
صومعه جرونیموس	پرثغال	تحلیل بارگذاری، چرخه ای، همکاری میان رشته ای	اهمیت روش‌های مداخله مناسب فرهنگی
کاخ دیوکلئیان	کرواسی	مدل سازی سه بعدی، تحقیقات آزمایشگاهی	ادغام مدل سازی پیشرفته با ارزیابی سنتی
دروازه ارگ	ایران	جداسازی پایه، پیش‌تنیدگی	متعادل کردن عملکرد ساختاری با زیبایی شناسی تاریخی
استفاده مجدد از سنگ تراشی تاریخی	ایتالیا	تکنیک‌های نظارت، درک مطالب اصلی	حفظ بناهای تاریخی و شهری
اهداف انتقال انرژی	ایتالیا	بررسی های جامع، طراحی سازگار با حفاظت	امکان سنجی مقاوم سازی کم مصرف در بناهای تاریخی

علاوه بر این، معرفی تکنیک‌های تشخیصی غیرتهاجمی در مطالعات موردی، انقلابی در ارزیابی و درک سازه‌های بنایی ایجاد کرده است. به عنوان مثال، استفاده از رادارهای نفوذی زمین و پتروگرافی برای شناسایی خرابی‌ها و ارزیابی وضعیت سیستم‌های دیوار بنایی بدون

آسیب رساندن به خود سازه ضروری است. این تکنیک‌ها تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر را در استراتژی‌های بهسازی تسهیل می‌کنند و اطمینان می‌دهند که مداخلات با ویژگی‌های منحصر به فرد آثار تاریخی مطابقت دارند [۶].

بررسی دقیق این مطالعات موردی کمک قابل توجهی به درک بهترین روش در نوسازی ساختمان‌های بنایی می‌کند. با بررسی موفقیت‌ها و چالش‌های آتی در زمینه‌های مختلف، تلاش‌های بهسازی آینده می‌تواند اطلاعات بهتر و جامع تری در اختیار قرار دهد و به استراتژی‌های نوآورانه و مؤثری منجر شود که به اهمیت تاریخی و یکپارچگی ساختاری این سازه‌های ارزشمند احترام می‌گذارد. تکامل مداوم تکنیک‌ها و مصالح در مرمت این آثار مستلزم تعهد پایدار برای یادگیری از تجربیات گذشته برای انطباق و بهبود شیوه‌هایی است که طول عمر و حفظ میراث معماری ما را تضمین می‌کند.

۶- نتیجه گیری

بررسی ادبیات بازسازی ساختمان‌های سنگی و آهکی بیش از ۱۵۰ سال نشان دهنده تعامل پیچیده بین روش‌های سنتی، فناوری‌های مدرن و نیاز به ثبات در انتخاب مصالح است. یافته‌های کلیدی از مطالعات بررسی شده بر اهمیت استفاده از روش‌هایی که به یکپارچگی تاریخی احترام می‌گذارند و در عین حال به چالش‌های سازه‌های معاصر مانند آسیب‌پذیری لرزه‌ای و تخریب مواد تأکید می‌کنند. موضوع مهمی که از بررسی این مطالعات بدست می‌آید، نیاز حیاتی به استراتژی‌های بهسازی مناسب است که ویژگی‌های منحصر به فرد هر ساختمان را در نظر می‌گیرد. به عنوان مثال، رویکرد چند رشته ای توصیه شده توسط Loureno و همکاران. این امر بر نیاز به درک رفتار ساختاری و ویژگی‌های مادی ساختمان‌های بنایی به عنوان پیش‌نیاز برای مرمت مؤثر تأکید می‌کند [۳]. این احساس در کار نیکولو و همکارانش منعکس شده است، که بر اهمیت تکنیک‌های تشخیصی غیرتهاجمی برای ارزیابی وضعیت مصالح ساختمانی و اطمینان از اینکه تلاش‌های مرمتی با ساخت‌وساز اصلی سازگار است، تأکید می‌کنند [۱]. چنین روش‌های تشخیصی برای توسعه مداخلات آگاهانه که خطرات مرتبط با مواد تعمیر مدرن را کاهش می‌دهند، به ویژه مواردی که ممکن است با شیوه‌های سنتی ناسازگار باشند، ضروری هستند.

علاوه بر این، ادغام فناوری‌های مدرن در شیوه‌های بهسازی، احتمال اثربخشی را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، اتخاذ تکنیک‌های مدل‌سازی غیرخطی، همانطور که توسط پانت و همکارانش مورد بحث قرار گرفت، درک دقیق تری از رفتار سازه‌های بنایی در طول رویدادهای لرزه‌ای را تسهیل می‌کند و استراتژی‌های بازسازی آگاهانه‌تر را تسهیل می‌کند [۷]. این رویکرد نوآورانه با نیاز به استراتژی‌های سازگاری مطابقت دارد که می‌تواند ویژگی‌های منحصر به فرد سازه‌های تاریخی را همراهی کند و مقاومت آنها را در برابر بلایای طبیعی تضمین کند. علاوه بر این، درخواست برای نوآوری و انطباق مستمر در استراتژی‌های بهسازی در مواجهه با چالش‌های ناشی از عوامل محیطی مانند کریستالیزاسیون نمک و نفوذ رطوبت، که به عنوان تهدیدهای مهمی برای یکپارچگی سازه‌های بنایی شناسایی شده‌اند، برجسته می‌شود. تحقیق لوبلی و همکاران. با توجه



9 (1), 2024

دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



۸- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی ای برخوردار نبوده است.

۹- مراجع

- [1] Non-Invasive Acoustic Measurements for Faults Detecting in Building Materials and Structures, B. D. Nicolo, C. Piga, V. Popescu, G. Concu - None (2012-02-24).
- [2] Mejoras estructurales obtenidas en morteros y hormigones de base cal hidrulica mediante la aportacin de corcho y fibras de polipropileno para su aplicacin en el refuerzo de estructuras histricas, Luis Antonio Durn Ruiz - None (2017-01-14).
- [3] Improving the seismic resistance of cultural heritage buildings, P. Loureno, D. Oliveira, G. Vasconcelos, L. Ramos, 2005.
- [4] Seismic Evaluation and Rehabilitation of the Historical Masonry Structure of Arg Gate in Semnan, A. Mortezaei, Kimia Mortezaei, 2012.
- [5] Rehabilitation and reuse of historic masonry buildings in Europe, L. Binda, A. Anzani, 1998-04-01.
- [6] Evaluating as-Built ProPErtiEs of masonry wall systEMs using invEstigativE laBoratory and in-situ tEsting tEChniquEs, Kenrick, J., Hartman.
- [7] Non-linear modeling of masonry churches through a discrete macro-element approach, B. Pant, L. Giresini, M. Sassu, I. Cali - None (2017-02-01).
- [8] Performance of Existing Unreinforced Masonry Wall Structures under Earthquakes and Proposal Method for Their Strengthening, A. Rapuca, D. Dojcinovski.
- [9] Relief , Analysis and Modelling of the Masonry Structures of the Palace of Diocletian in Split, P. Loureno, P. Roca, C. Modena, S. Agrawal, Giuliano Boghetich.
- [10] Reconciling Heritage Buildings Preservation with Energy Transition Goals: Insights from an Italian Case Study, Giovanna Franco, Sara Mauri - Sustainability (2024-01-13).

به تکنیک‌های نمک‌زدایی، پتانسیل توسعه سیستم‌های مدولار برای کاهش آسیب نمک را برجسته می‌کند، بنابراین زیبایی‌شناسی و کیفیت ساختاری ساختمان‌های باستانی را حفظ می‌کند [۹]. چنین پیشرفت‌هایی در روش‌های بازسازی نه تنها عمر سازه‌های بنایی را افزایش می‌دهد، بلکه به حفاظت از میراث فرهنگی آنها نیز کمک می‌کند.

به طور خلاصه، مرمت بناهای بنایی ساخته شده با سنگ و آهک با قدمت بیش از ۱۵۰ سال، نیازمند رویکردی جامع و تطبیقی است که دانش تاریخی را با شیوه‌های مهندسی معاصر ادغام کند. ادبیات بررسی شده نیاز به مصالح سازگار، تکنیک‌های تشخیصی نوآورانه و چارچوب چند رشته‌ای برای توانبخشی مؤثر را برجسته می‌کند. با ادامه پیشرفت این زمینه، تحقیقات مداوم برای کشف مصالح و روش‌های جدید که با اصول حفاظت مطابقت دارند و در عین حال به چالش‌های ساختاری ناشی از شرایط محیطی مدرن پاسخ می‌دهند، ضروری است. با تشویق گفتگو بین صنایع سنتی و فناوری معاصر، تلاش‌های مرمتی آینده می‌تواند تضمین کند که میراث معماری ما برای نسل‌های آینده حفظ می‌شود.

۷- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی ندارند.



9 (1) , 2024

دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)