دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی
Bi-annual Journal of Restoration Science and Cultural Heritage
http://www.aui.ac.ir/index.php/fa/rsch

استحکام بخشی سنگ آهک با استفاده از ضماد آهک و شیرآهک[1]

کلیفورد .ا. پرایس

برگردان: عاطفه شکفته؛ امید عودباشی. دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان

(مکاتبات با نویسنده: c.price@ucl.ac.uk)

(مکاتبات با مترجم: a.shekofte@aui.ac.ir)

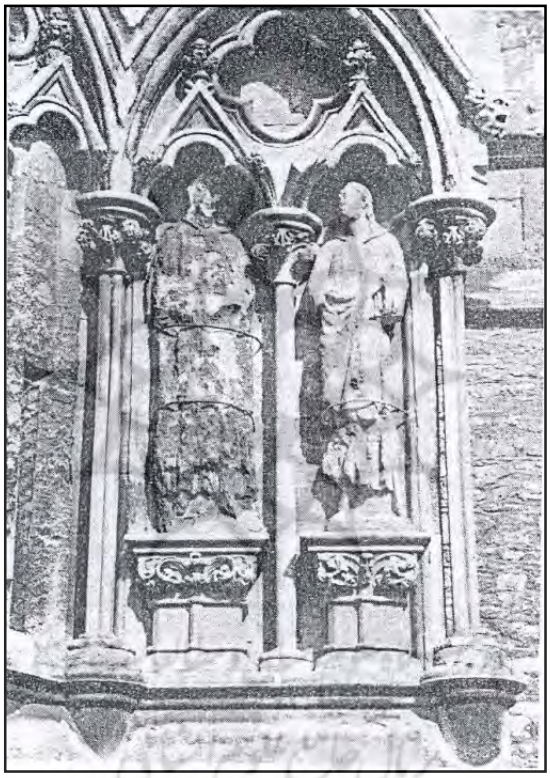
۱- مقدمه

امکان استحکام‌بخشی سنگ آهکِ تخریب شده به‌واسطه آهک، در سال‌های گذشته توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این فرآیندی است که امکان فهم خیلی راحتی دارد، زیرا چه چیزی می‌تواند طبیعی‌تر از آهک برای جاگذاری در سنگ آهک باشد و پس از آن به هوا فرصت دهد تا آهک را به کربنات کلسیم (همان ماده سازنده سنگ آهک)، تبدیل کند. با این‌حال علی‌رغم این فواید، شیوه ذکر شده هنوز با کشمکش و جدال همراه است. بسیاری از اجرا کنندگان حرفه‌ای این شیوه به مؤثر بودن این شیوه اکتفا می‌کنند، در حالی که دیگر مشاهدات منکر و عکس این مسئله هستند. در مجموع، تعداد مطالعات روشمندِ در ارتباط با این شیوه اندک است. اسناد کمی منتشر شده و به همان اندازه نیز مقادیر کمی از اظهارات در جهت گزارش نقصان این شیوه وجود دارد (۳-۱).

شیوه استحکام بخشی بر پایه آهک در ۱۹۷۵ جهت حفظ مجسمه‌ی پیکره قرون وسطایی واقع در بخش غربی کلیسای ولز در انگلستان[2] انتخاب شد. حدود ۳۰۰ پیکره سنگ آهک بر روی دیوار غربی وجود دارد، که در طول یک برنامه ۱۰ ساله مورد عملیات حفاظت قرارگرفته‌اند. این برنامه مجالی برای بررسی علمی این تکنیک آماده کرد که با دعوت از *دین*[3] و *چاپتر*[4] و معماران‌شان مقبول گشت. به‌کارگیری این تکنیک چند سال قبل، روی یکی از مجسمه‌ها معلوم کرد که سطح این مجسمه سخت، بدون تاول و پوسته شدگی است، در حالی که مجسمه مجاور آن (به‌طور فرض در حالتی قابل مقایسه قبل از عملیات یا بعد از آن باشد) پوسته شده و خرد شده بود(تصویر ۱). این تغییر، بَعدها در تمام مجسمه‌های درمان شده با آهک مشاهده شدند.

نتایج کامل این تحقیق در مقاله‌ای دیگر گزارش شده است (۴). مقاله حاضر فقط بخش‌هایی که مربوط به استحکام بخشی می‌شود را به‌طور خلاصه آورده و بعضی تحقیقات دیگر در این خصوص را گزارش می‌کند. مقاله‌ای دیگر (۴) که حاوی توصیف کامل روش‌های درمان بر پایه آهک است، توسط پروفسور ار. بیکر[5] نوشته شده است. در ساده‌ترین شکل، تکنیک شامل استفاده از یک خمیر گرم (تازه) آهک شکفته

(هیدروکسیدکلسیم) بر روی سنگِ از پیش مرطوب شده، است. لایه آهکی با ضخامت تقریبی ۳۰-۲۰ میلی‌متر به‌کار رفته و در محل خود با کیسه‌ای نگه داشته شده و روی آن با یک ورق پلی‌اتیلن پوشیده می‌شود. این لایه «ضماد آهک» همانطور که نام گذاری می‌شود، به‌مدت دو تا سه هفته در محل باقی می‌ماند و هر روز برای جلوگیری از خشک شدن خیس می‌گردد. در پایان دوره‌ی زمانی مورد نظر، ضماد به‌دقت برداشته شده و سنگ با آب اسپری می‌شود و با استفاده از برس نرم سطح آن از لکه‌ها و ذرات اضافی پاک می‌شود. سپس حدود ۴۰ بار «شیرآهک» (یک محلول اشباع هیدروکسید کلسیم و شفاف)، به‌صورت شناور بر سطح، به مدت چند روز باقی می‌ماند تا جذب سنگ شود. در ادامه هر تعمیر سطحی که نیاز باشد (با استفاده از ملات آهک) صورت می‌گیرد و در نهایت یک پوشش محافظ حاوی آهک، ماسه و پودر سنگ بر روی سنگ اجرا می‌گردد.



شکل ۱- پیکره‌های قرون وسطایی بر روی نمای غربی کلیسای ولز. مجسمه سمت راست با روش آهک در ۱۹۶۵ مرمت شده است (حق مولفِ کرون، اهدایی از سازمان تحقیقات مسکن).

برخی طرفداران روش ضمادگذاری آهک ادعا می‌کنند که ضمادگذاری به‌تنهایی و در استحکام‌بخشی سنگ تأثیرگذار است، در حالی که تمام طرفداران موافق این مهم هستند که به‌کارگیری شیرآهک تا حدی نقش اصلی را در استحکام‌بخشی ایفا می‌کند. تحقیقات شرح داده شده در این مقاله در هر حال بر شناسایی هر گونه تغییری در خواص سنگ، پس از درمان با آهک و ضماد آهک متمرکز شده است.

۲- آزمایش

به‌منظور اجتناب از نمونه‌برداری از پیکره‌های قرون وسطایی، آزمایشات بر روی نمونه‌ی سنگ بریده شده از جرز پنجره‌های راهروی صیقل نشده‌ی کلیسا، صورت گرفت. جرز پنجره‌ها از سنگ آهک دولتینگ[۶] بودند، سنگی که بخش اعظم مجسمه‌های بخش غربی از آن تراشیده شده‌اند. اعتقاد بر آنست که جرز پنجره‌ها در حدود ۱۴۷۰ نصب شده‌اند و به‌طور یکسان آلوده شده و صدمه دیده‌اند. نمونه‌های بریده شده مورد آزمایش دارای ابعادی به‌اندازه‌ی ۹۰۰ میلی‌متر پهنا و حدود ۱۸۰ سانتی‌متر مقطع عرضی بودند.

دو قاب پنجره برای بخش مطالعات مربوط به آهک، به‌منظور تکرار نتیجه انتخاب شدند. یک نمونه شاهد از هر جرز پنجره ابتدا بریده شده و سپس بخش‌های باقیمانده با یک ضماد آهک درمان شدند. به‌دلیل بالا بردن اعتبار آزمایش تا حد ممکن، ضماد روی داربست به‌وسیله یکی از حفاظت‌گران اعمال گردید و سپس به‌دقت، همان روش بر مجسمه‌ی مجاور اعمال گشت. در نهایت، زمانی که ضماد برداشته و به‌طور کامل پاک شد، جرز پنجره در دو قسمت با استفاده از یک اره خشک بریده شد.

بخشی به‌منظور آنالیزهای آزمایشگاهی نگه داشته شد، درحالی‌که بخش دیگر با شیر آهک ۴۰ مرتبه تحت عملیات استحکام‌بخشی قرار گرفت. قبل از آزمایش، به‌منظور ایجاد حداقل مهلت به کربونیزه شدن نسبی آهک، دو یا سه ماه بین شیر آهک‌دهی و عملیات آزمایشگاهی فاصله انداخته شد.

آنالیزهای آزمایشگاهی به پنج بخش تقسیم شدند؛ آزمایش پترولوژی مقطع نازک، اندازه‌گیری مقاومت سایشی، مطالعه توزیع سولفات کلسیم و اندازه‌گیری میزان تخلخل و ریز تخلخل به‌عنوان عملکرد عمقی. از موارد ذکر شده فقط دو مورد اول بر استحکام بخشی تأثیر مستقیم داشته و در اینجا گزارش شده‌اند، ادامه‌ی نتایج در مآخذ آورده شده است (۴).

۲-۱- پترولوژی مقاطع نازک

مقاطع نازک برای پترولوژی به‌شکل عمودی از سطح اصلی جرز پنجره آماده شدند. مقاطع که به‌طور عادی ۳۰ میلی‌متر مربع بودند، شامل سطح اصلی بودند و بنابراین به سنگ اجازه مورد آزمایش قرارگرفتن تا عمق حدود ۳۰ میلی‌متر را می‌دادند. هدف از این کار آشکار کردن نقاط دقیق شکل‌گیری ته‌نشست هیدروکسید کلسیم بود و همچنین به‌منظور تعیین نمودن آنکه توده به‌طور گسترده در سطح و یا در عمق انباشته شده است. در نهایت، این بررسی مأیوس کننده بود؛ در بیشتر نمونه‌ها هیچ ته‌نشستی در نمونه‌های درمان شده دیده نشد (یا پس از ضمادگذاری یا شیر آهک‌دهی) همچنین در نمونه شاهد نیز چیزی دیده نشده است. هیچ نمونه‌ای ته‌نشستی را که بتوان به هیدروکسیدکلسیم نسبت داد یا کربنات کلسیمی که از آن مشتق شده باشد را نشان نداد.

با توجه به عدم شناسایی هیدروکسید/کربنات کلسیم در نتایج آزمایش، این مسئله لزوماً این را که هیچ هیدروکسیدی رسوب نکرده یا اینکه درمان آهک بی‌تأثیر است را منتج نمی‌شود. ممکن است که مقادیر بسیار کم کربنات/هیدروکسید، در صورت ته‌نشست در مکان‌های مناسب، قادر به گذاشتن تأثیرات مثبت بر استحکام سنگ داشته باشند و یا احتمال داده می‌شود آزمایش پترولوژی به‌اندازه کافی برای شناسایی چنین

رسوباتی حساس و دقیق نبوده است. متناوباً، امکان دارد که رسوبات قبلاً به‌واسطه دی اکسید گوگرد در هوا تبدیل به سولفات کلسیم شده باشند، سولفات کلسیم تشکیل شده از سولفات کلسیمی که قبل از این در سنگ به خاطر هوازدگی طبیعی وجود داشته، از طریق میکروسکوپ غیر قابل تشخیص است.

۲-۲- ارزیابی استحکام‌بخشی از نظر مقاومت سایشی

استحکام‌بخشی موفق ضرورتاً باعث افزایش مقاومت و استحکام سنگ می‌شود. اندازه‌گیری مقاومت‌ها قبل و بعد از درمان نقطه عطف ارزیابی هر استحکام‌بخشی هستند. اندازه‌گیری مقاومت روی مکعب‌های بزرگ سنگ انجام شده‌اند (تقریباً با اضلاع ۸۰ میلی‌متر) و اندازه‌گیری‌ها به‌منظور حذف نوسانات آماری می‌باید با تعداد زیاد انجام گیرد. چنین اندازه‌گیری‌هایی به‌طور آشکار در نمونه حاضر غیر ممکن است و روشی منتسب به باترباف[۷] (۵) به جای آن انجام پذیرفت. این روش به‌صورت جاگیری سنگ در فشار هوای یک تفنگ هوای ساینده و اندازه‌گیری ابعاد سوراخ‌های به‌وجودآمده در زمان داده شده، انجام می‌گردد.

ماده ساینده استفاده شده ماسه سیلیکا با مش ۱۰۰FG بود. تفنگ دهنه‌ای به ابعاد ۵ میلی‌متر داشت و در ۴۰ PSI عمل می‌کرد (۲۷۶ KPa). این تفنگ با گیره‌ای ۱۰۰ میلی‌متری دور از سطح برش خورده سنگ نگه داشته شده و عمود به سطح اصلی قرار داشت. یک صفحه نازک فلزی با سوراخی به قطر ۷ میلی‌متر در سطح سنگ قرار گرفت. تفنگ برای دو دقیقه کارکرد و سپس صفحه فلزی به سمت دیگری حرکت داده شد. در این روش، امکان ایجاد یک ردیف از سوراخ‌ها (با مراکز تقریباً ۱۰ میلی‌متری)، از سطح بیرونی هر جرز پنجره به‌عمق آن قرار داشت. ابعاد هر سوراخ به‌وسیله پرکردن سطح آن با شن کربوراندوم[۸] با مش ۱۲۰ با توزین شن و تبدیل واحد وزن آن به حجم اندازه‌گیری شد.

نتایج متعلق به یکی از جرزها در جدول ۱ داده شده است. میزان معینی از پراکندگی با توجه به نایکنواختی سنگ انتظار می‌رفت، با این‌حال دلیلی مبنی بر اینکه ضمادگذاری یا شیر آهک‌دهی افزایش مقاومت سایشی سنگ را با خود به همراه نداشته، وجود ندارد.

جدول ۱- حجم سوراخ‌های تشکیل شده در تست سایش هوا

ابعاد ظاهری سوراخ در سطح اصلی سنگ (mm)	حجم سوراخ‌ها		
	نمونه شاهد	پس از استعمال ضماد آهک	پس از اعمال ضماد و شیر آهک
۱۰	۱۱۸	۱۴۹	۱۰۴
۲۰	۱۳۰	۱۸۹	۱۰۶
۳۰	۱۳۳	۹۹	۱۱۵
۴۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۴۵
۵۰	۹۰	۱۲۹	۱۲۴

۳- تلاش‌هایی جهت استحکام‌بخشی سنگ خرد شده

با توجه به نتایج، برای استحکام بخشی سنگ آهک خرد شده از شیر آهک استفاده شد. از آنجا که سنگ خردشده هیچ‌گونه چسبندگی اولیه ندارد، هرگونه استحکام‌بخشی قابل ارز به‌دست آمده توسط شیرآهک

می‌تواند فوری آشکار گردد. برای استحکام‌بخشی از دو گونه سنگ آهگ دولتینگ و مونکزپارک[۹] استفاده شد، دومی یک سنگ اُولیتیک[۱۰] استخراج شده نزدیک باث[۱۱] است. برای هرکدام از سنگ‌ها به‌طور دقیق بر طبق استاندارد بریتانیا BS 1200 مخلوط درجه‌بندی شده آماده شد. نسبت‌های حفظ شده توسط مش‌های استاندارد، به‌ترتیب ٪۱۰ ـ ۲/۳۶ میلی‌متر؛ ٪۲۰ ـ ۱/۱۸ میلی‌متر ؛ ٪۲۰ ـ ۶۰۰ میکرو؛ ٪۲۰ ـ ۳۰۰ میکرو؛ ٪۱۵ـ ۱۵۰ میکرو و یک الک ۱۵۰ میکرو نیز ٪۱۰ عبور داده شدند. مخلوط در جای خود قرار گرفت، در این هنگام، داخل یک قیف صافی پر شده با کاغذ صافی به قطر ۱۱ سانتی‌متر تَر شد و پس از آن خشک و توزین گشت. نوک کاغذ صافی سپس در شیرآهک در ۲ C° غوطه ور شد تا جایی که همه جای سنگ خرد شده مرطوب شود که انجام این امر به‌مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه زمان می‌برد. این فرآیند به‌منظور اجتناب از شسته شدن ذارت کوچک در مخلوط به‌سمت کف کاغذ، طرح ریزی شد، چراکه ممکن است اگر شیر آهک از بالا به داخل ریخته می‌شد، این پدیده رخ دهد. پس از آن، اجازه داده شده که سنگ در هوای آزاد خشک شود. زمان خشک شدن هرگز کمتر از ۲۴ ساعت نیست و معمولاً به‌چند روز می‌رسد. چرخه تر و خشک‌شدن ۳۰ مرتبه در طول یک دوره ۶ ماهه تکرار شد. در هر چرخه، نمونه‌های شاهد با آب مقطر درمان شدند و دو سری بعدی نمونه‌ها به‌ترتیب با محلول بی‌کربنات سدیم و اسید کربنیک مورد درمان قرار گرفتند. اسیدکربنیک با نوشیدنی‌ساز هایِ کربناتی خانگی از طریق تزریق دی اکسید کربن تحت فشار در آب مقطر، در دمای ۲ C° آماده شد. ظرفیت دی اکسید کربن تقریباً ۱۰ گرم در لیتر بود. محلول بی‌کربنات کلسیم با همین روش آماده شد، به جز اینکه پودر کربنات سدیم آنالا ر[۱۲] زیادی به آب، قبل از کربناسیون اضافه شد. از این طریق محلولی حاوی ۱/۲ تا ۱/۳ گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌تواند آماده گردد.

ایده استفاده از محلول بی‌کربنات کلسیم انجام شد زیرا آن، میانگین توان وارد کردن کلسیم بیشتری را در سنگ از آنچه هیدروکسید کلسیم می‌تواند، از خود نشان می‌دهد. قابلیت انحلال آن فقط g/lit ۱/۳۷ در ۱۵C° است، در هر حال، محلول بی‌کربنات کلسیم ساخته شده از ۱/۲۵ گرم کربنات سدیم در هر لیتر، معادل محلول هیدروکسید کلسیم حاوی فقط g/lit ۰/۹۳ است، بنابراین انتظار اصلی برآورده نشد.

اسید کربونیک به‌دلیل آنکه مقدار بسیار کمی از سنگ آهک را حل می‌کند و سپس آن را به‌صورت کربنات کلسیم، هنگام تبخیر شدن محلول دوباره رسوب می‌دهد، مورد استفاده قرار گرفت. هدف این امر، درک اثربخشی کربنات کلسیم دوباره رسوب یافته بر استحکام بخشی است.

در پایان آزمایش، نمونه‌های درمان شده با شیرآهک افزایش وزنی نزدیک به ٪ ۰/۳۸ (دولتینگ) و ٪ ۰/۴ (مونکز پارک) داشتند. نمونه‌های درمان شده با بی‌کربنات سدیم به ترتیب افزایش وزنی حدود ٪ ۰/۲۶ و ٪ ۰/۲۷ داشتند. چنانچه انتظار می‌رفت، نمونه‌های درمان شده با آب مقطر و اسید کربنیک هیچ افزایش وزنی به همراه نداشتند. در هرحال، هیچ کدام از نمونه‌ها استحکام‌بخشی قابل توجهی از خود نشان ندادند. تمام نمونه‌ها زیر تست فشارِ کمِ یک اسپچولا[۱۳] خرد شدند. به‌نظر می‌رسد نمونه‌های دولتینگ درمان شده در کل بسیار مقاوم‌تر از نمونه‌های شاهد کار شده با آب مقطر بودند، اما نمونه‌های شیرآهک مونکز پارک، شکننده‌تر از نمونه‌ی شاهد آن بود. در حقیقت هیچ یک از نمونه‌ها حداقل میزان استحکام بخشی مؤثر را نشان نداد.

۴- نتیجه گیری

هیچ یک از نتایج ذکر شده در بالا توضیحی درباره تغییرات ظاهری که بدون شک در مجسمه‌های نمای کلیسای ولز پس از درمان با «شیوه آهک» رخ داده است را عرضه نکرد.

در هر حال به ۳ احتمال یا ترکیبی از آنها باید توجه شود:

۴-۱- آزمایش‌های بخش ۳، نتایج مشابهی با آنچه در شرایط طبیعی در محل خود سنگ‌ها رخ می‌دهد را به همراه نداشته است.

۴-۲-استحکام‌بخشی حاصله در محل به لایه‌ی سطحی نازک محدود می‌شود، در حالی که عملیات آزمایشگاهی برای استحکام‌بخشی در عمق، در نظر گرفته شده بودند.

۴-۳- استحکام‌بخشی به‌دست آمده در محل به فاکتورهای دیگری غیر از ضماد آهک و شیر آهک قابل تخصیص است.

هر یک از این احتمال‌ها در ادامه بحث خواهند شد.

آزمایش‌های بخش۳ در دو مورد نسبت به موقعیت سنگ در محل تفاوت دارند. اولاً، سنگ هوازده (نه سنگ خرد شده به دست آمده از سنگ سالم در بخش ۳) حاوی مقادیر قابل توجه سولفات کلسیم حاصل از واکنش با اکسیدهای گوگرد در هوا است. تصور می‌شود که استحکام بخشی حاصل در محل، به‌طور عمده به محلول و باز ته‌نشست سولفات کلسیم اختصاص می‌یابد، نه به ته‌نشست هیدروکسید کلسیم و در ادامه آن شکل‌گیری کریستال‌های کربنات کلسیم در هم قفل شده! تأئیدهایی برای این، در مشاهدات وجود دارد که آب مقطر می‌تواند گاهی اوقات به اندازه استحکام بخشی شیر آهک در محل عمل کند (۳). دوماً، آزمایش‌های بخش۳ در یک محیط داخلی خشک انجام یافته و ممکن است نمونه‌ها در مدت زمان کافی برای جذب دی اکسید کربن جهت شکل‌گیری آن (کربنات کلسیم)، خیس باقی نمانده باشند. معلوم گشته است که ملات‌های آهکی حتی در غلظت‌های بالای دی اکسید کربن (۶)، در رطوبت نسبی خیلی پائین نمی‌گیرند.

دومین مورد از سه احتمال به امکان تشکیل یک قشر سطحی نازک، بیشتر مربوط است تا استحکام‌بخشی کامل سنگ شکننده تا یک عمق مشخص. این موضوع در محل به سختی قابل تشخیص است، این در حالی است که تست‌های شرح داده شده در بخش ۲ ابتدا برای یافتن استحکام‌بخشی در عمق، برنامه ریزی شدند. تصور آن آسان است که یک قشر سطحی شکل بگیرد، زیرا تبخیر هیدروکسید کلسیم معمولاً در سطح صورت می‌گیرد و به‌طور عادی ته‌نشست هیدروکسید کلسیم نیز در همان جا رخ خواهد داد. یک تفسیر برای مشاهدات می‌توان ارائه کرد و آن اینکه شیرآهک دهی بیشترین تأثیر را دارد اگر شیر آهک در حد امکان سرد باشد. این موضوع قبلاً به انحلال بالاتر هیدروکسید کلسیم در دمای پایین نسبت داده می‌شد، اما تصور کنید چه چیزی رخ خواهد داد هنگامی که شیر آهک سرد روی یک سنگ گرم‌تر جریان یابد، وقتی که محلول با حرارت سنگ گرم می‌شوند، هیدروکسید کلسیم در عمق سنگ رسوب خواهد داد و پس از آن نمی‌تواند مانند بخارهای شیر آهک به سطح راه پیدا کند. در کار آتی نیاز است توزیع ته‌نشست هیدروکسید کلسیم، در صورت امکان با استفاده از ایزوتوپیک مشخص شده هیدروکسید کلسیم تعیین گردد.

سومین احتمال این است که استحکام‌بخشی حاصله در محل، مربوط به درمان آهک نباشد و در مقابل به مراقبت‌های وسواسانه و توجهی که سنگ دریافت می‌کند ارتباط داشته باشد (به خصوص به آماده سازی پر زحمت سطح و استفاده دقیق از ملات طراحی شده به منظور محکم کردن پوسته‌ها و پرکردن ترک‌ها).
هنوز سوال‌های زیادی در مورد شیوه آهک وجود دارد و پیشنهاد ما ارائه مشکلات مربوط به آن در یک گردهمایی است، جائیکه هم دانشمندان و هم حفاظت‌گران قادر به بحثی سودمند در این رابطه هستند، هیچ شکی وجود ندارد که عملیات درمانی آهک، اگر توسط یک حفاظت‌گر ماهر و به عنوان کاری کامل انجام شود، می‌تواند تغییرات متحیر کننده‌ای در شرایط سنگ آهکِ شکننده ایجاد کند. اینکه حقیقت، در مهارت حفاظت‌گر یا به تنهایی در شیوه آن نهفته است، همچنان در حال بررسی است.

سپاسگزاری نویسنده

این پژوهش در حالی انجام شد که نویسنده در سازمان تحقیقات مسکن در بخش محیط، شاغل بود. بیشتر عملیات آزمایشگاهی به‌یاری آقای کیث راس[۱۴] صورت گرفت. همچنین از دین و چاپتر از کلیسای ولز و از معمارشان آقای مارتین کاروی[۱۵] برنامه ریز امور، آقای پتر کولی[۱۶]، و حفاظت‌گران و معماران سپاسگزاری می‌شود. امکانات سایش توسط ماسه با یاری آقای باب نبت[۱۷] و مرکز پاکسازی مصالح نبت[۱۸] انجام شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پی‌نوشت‌ها

[1] .Price, C. A. (1984). The consolidation of limestone using a lime poultice and limewater. Studies in Conservation, 29(Supplement-1), 160-162.
[2] Wells Catheral
[3] Dean
[4] Chapter
[5] R. Baker
[6] Doulting
[7] Butterbaugh
[8]Carborundum (ترکیبی از سیلیکون و کربن)
[9] Monks Park
[10] Oolitic
[11] Bath
[12] A nala R (Standards for Laboratory Chemicals)
[13] Spatula
[14] Keith Ross
[15] Martin Caroe
[16] Peter Cooley
[17] Bob Bennett
[18] Bennett Masonry Cleaning

منابع

1-Peterson, S.. **Lime water consolidation in Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings**. ICCROM. Rome .(1982) 53-61
2-Moncrieff, A., and Hempel, K. **Work on the degeneration of sculptural stone in Conservation of Stone and Wooden Objects**. IIC. London (1970). 103-114
3-Clarke, B.L., and Ashurst , J. ***Stone Preservation Experiments***. Building Research Establishment . Watford . England. (1972).
4-Ashurst , J ., Price , C.A ., and Ross , K.D .. **The cleaning and treatment of limestone by the lime method** . to be published in *Monumentum.*
5- Phillips, M.W.. **Acrylic precipitation Consolidants. In Science and Technology in the Service of Conservation**. IIC . London. (1982). 56-60
6-Lea, F.M.. **The chemistry of Cement and Concrete**. 3rd edn. Edward Arnold. London (1970). 252.