Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۸، ص. ۳۶۰-۳۴۹

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 2, May-Jun. 2019, p. 349-360

مطالعه علل عدم پایداری بخش‌های جدید مرمت شده ارگ تاریخی کنارصندل جیرفت در مقایسه با بخش‌های پایدار قدیمی (بخشی از حوزه فرهنگی هلیل‌رود)

صالح سنجری[۱]- محمد هادی فرپور[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰

چکیده

تا دهۀ ۱۹۶۰ میلادی اغلب سؤالات باستان‌شناختی با بهره‌گیری از روش‌های استدلال و تفسیر در علوم اجتماعی و فلسفه پاسخ گفته می‌شد اما با شکل‌گیری «باستان‌شناسی نوین» از دهه ۱۹۶۰ میلادی، کاربرد و اهمیت علوم تجربی در پژوهش‌های باستان‌شناسی شناخته و بسیاری از نظریات و فرضیات باستان‌شناختی با کمک روش‌های کمّی و آزمون‌گری در علوم تجربی بازنگری شد. یکی از شاخه‌های علوم تجربی که در تبیین شیوۀ معیشت گروه‌های انسانی گذشته، منشأیابی خاک سفالگری و معماری، گزینش خاک مناسب برای مرمت آثار باستانی، بررسی دلایل تخریب یا ماندگاری بناهای تاریخی و دلایل ترک و تخریب شهرهای باستانی نقش مهمی دارد، علم «خاک‌شناسی» است. مقاله حاضر، به منظور مطالعه خاک‌شناسی بخش‌های قدیمی و مرمت شدۀ ارگ حاکم‌نشین تپه باستانی پنج هزار سالۀ کنارصندل جنوبی جیرفت به انجام رسید. نتایج نشان داد درصد رس بخش قدیمی حدوداً دو برابر بخش مرمت شده است. از سوی دیگر، میزان املاح بخش مرمت شده حدود ۳ برابر خشت‌های قدیمی می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد به تازگی خاکی با درصد رس کمتر و املاح بیشتر به منظور مرمت بنا به کار رفته است، در حالی‌که خاک بخش‌های قدیمی، احتمالاً توسط سازندگان اولیۀ بنا از جای دیگری از منطقه با درصد رس بیشتر و املاح کمتر آورده شده است. کانی‌های رسی اسمکتیت، کلریت، ایلیت، پالیگورسکیت و کائولینیت در خاک‌های بخش مرمت شده مشاهده شد. از سوی دیگر، تمام کانی‌های فوق‌الذکر به جز کانی پالیگورسکیت و سپیولیت در خاک بخش قدیمی شناسایی شد. همچنین، در بخش‌های قدیمی مواد آلی، تکّه‌های ذغال و قطعات خرد شدۀ سفال مشاهده شد که به نظر می‌رسد دلیلی بر استحکام و پایداری بیشتر بخش‌های قدیمی نسبت به مرمت شده باشد.

واژه‌های کلیدی: باستان‌شناسی نوین، رس، کانی، کنار صندل جیرفت، مرمت

مقدمه

فرهنگ و تمدن جیرفت در هزاره سوم پیش از میلاد، یکی از تمدن‌های درخشان عصر برنز در کرمان و جنوب شرق ایران است. مقایسه سبک‌شناسی و فنی آثار سنگ کلریتی، مفرغی و سفالی حوزه فرهنگی جیرفت تأییدی موکد و انکارناپذیر از وجود رابطه‌ی همه جانبه فرهنگی و اقتصادی میان جنوب شرق ایران و مناطق غربی به ویژه بین النهرین است (۱۳ و ۱۴). مقایسه سبک شناختی آثار و مواد منقول فرهنگی و آزمایش های کربن ۱۴ در ارگ حاکم نشین کنارصندل، تاریخ اوج قدرت این تمدن را به ۲۴۵۰ سال پیش از میلاد (۴۴۶۳ سال قبل) مرتبط می‌سازد (۱۵). پژوهش درباره‌ی این تمدن، طرحی نسبتاً جدید و پروژه‌ی باستان‌شناسی چند ملیتی است که تمدنی کمتر شناخته شده را در جنوب شرقی ایران به ویژه تپه کنارصندل جیرفت آشکار می‌سازد. نخستین تمدن جیرفت کهن در منطقه‌ای به نام کنارصندل در ۳۰ کیلومتری شهر جیرفت در حوزه فرهنگی هلیل‌رود شکل گرفت. آثار این تمدن در حال حاضر به صورت دو تپه‌ی باستانی کنارصندل شمالی به ارتفاع ۱۷ متر و کنارصندل جنوبی به ارتفاع ۲۱ متر و محوطه ی وسیع اطراف این دو تپه در عرض جغرافیایی ′۵ °۲۸ شمالی و طول ′۸ °۵۷ شرقی بر جای مانده است.

در تپه کنارصندل شمالی، حدود ۴۵۰۰ متر مربع از نمای شمالی سازه‌ی خشتی عظیم سکو مانند و پله پله با خشت‌های با ابعاد ۱۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متر و ابعاد کلی ۴۰۰×۴۰۰ متر خاک‌برداری شده

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: (Email: farpoor@uk.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v33i2.78702

www.SID.ir

Archive of SID

است (۱۴). بر فراز تپه کنارصندل جنوبی، سازه‌ی خشتی مستحکم و عظیمی شناسایی شده که به عنوان دژ یا ارگ مرکزی این شهر کاربرد داشته و فاصله‌ی آن از تپه شمالی کنارصندل حدود ۲ کیلومتر است. ابعاد سکویی که این دژ روی آن ساخته شده حدود ۲۵۰×۲۰۰ متر بوده و با خشت‌هایی به طول ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱۳ تا ۱۵ سانتی‌متر بنا شده است (۱۴) این دو تپه عظیم و زمین‌های اطراف آن‌ها که اکنون به علت فعالیت‌های کشاورزی و باغداری تسطیح شده‌اند، با وسعت چند صد هکتاری (به دلیل کشاورزی و تخریب فراوان در محوطه این شهر و کامل نبودن کاوش‌های تعیین حریم، وسعت دقیق شهر مشخص نیست) یکی از بزرگترین مراکز تمدنی در جنوب شرق ایران و خاورمیانه می‌باشند.

رابطه بین فرهنگ گروه های انسانی و متغیرهای محیطی و بوم‌شناختی برای مدت‌های طولانی مورد بحث دانشمندان بوده است. مطالعات چند بعدی که دانشمندان را قادر سازد، داده‌های به دست آمده در زمینه‌های مختلف تاریخی و علوم طبیعی را در کنار هم داشته باشند و بتوانند فاکتورهای طبیعی و فرهنگی را با هم مقایسه کنند، در این راه بسیار مفید خواهد بود. در این راستا زمین شناسی باستانی[1] علمی است میان رشته‌ای، که این عوامل را با هم مرتبط می‌کند؛ به ویژه با روش‌های قدرتمندی مانند میکرومورفولوژی که در این علم از آن‌ها استفاده می‌شود (۱). این رویکردهای بین رشته‌ایی پایه‌گذاری مکاتب باستان‌شناسی نوین از دهه ۱۹۶۰ میلادی مانند روندگرایی[2] و پست روندگرایی[3]، باستان‌شناسی منظری[4] و باستان‌شناسی محیطی[5] اهمیت یافت و بهره‌گیری از این نظریات و رویکردها، در کنار روش-های استدلالی و تفسیر در علوم اجتماعی و فلسفه، نقش مهمی در پاسخگویی به سوالات باستان‌شناسی است.

در باستان‌شناسی از مطالعات خاک به عنوان یک مطالعه‌ی مکمل استفاده می‌شود. در این خصوص در دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی میکرومورفولوژی خاک در ترکیه (۸) مصوب شد که از این پس، مقالات مربوط به کاربرد میکرومورفولوژی در باستان‌شناسی نیز مورد داوری و پذیرش قرار گیرند. بنابراین می‌توان با بررسی ویژگی‌های، مورفولوژی، فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی رسی و به ویژه میکرومرفولوژی به دستاوردهای مهمی درباره شیوه معیشت گروه های انسانی، منشاء یابی خاک مورد استفاده در سفالگری و معماری، علل تخریب یا ماندگاری بناهای تاریخی و گزینش خاک مناسب برای حفاظت و مرمت بناهای باستانی دست یافت. از طرفی با استفاده از مطالعات خاکشناسی و میکرومورفولوژی خاک‌های مورد استفاده در ساخت بناهای تاریخی می توان در بازسازی هر چه بهتر این بناها کوشش نمود. فرپور (۵)، با مقایسه داده‌های خاکشناسی بخش‌های مرمت شده و قدیمی ارگ تاریخی بم گزارش کرد که هدایت الکتریکی در نمونه‌های قدیمی رخنمون شده به مراتب کمتر از بخش‌های مرمت شده است. ایشان نتیجه گرفت که اخیرا یک خاک شور جهت مرمت بکار رفته است درحالی‌که خاک غیر شور بکار رفته برای ساخت خشت‌های قدیمی احتمالا توسط سازندگان اولیه ارگ از جای دیگری به منطقه آورده شده است. هم چنین ایشان بیان کرد که در کلیه نمونه‌ها، ریز ساختمان توده‌ای مشاهده گردید اما بلورهای گچ و میکرولیت‌های آذرین تنها در بخشهای مرمت شده یافت شدند. میزان مواد آلی در زمینه (ماتریکس) خاک مربوط به بخش‌های قدیمی زیاد بود.

هادیان (۷)، طی مطالعات خاکشناسی مصالح خشتی تاریخی و باستانی در مناطق مختلف ایران گزارش کرد که خاک استفاده شده در ساخت خشت ها اساساً از نوع رسی ماسه‌ای و گاه همراه سیلت است. وی همچنین بیان کرد که بیش ترین کانی های رسی کائولینیت در مناطق شمالی دیده می‌شود، در حالی‌که در مناطق جنوب شرقی و فلات مرکزی کانی‌ها بیشتر از نوع مونت موریلونیت است. کائولینیت‌ها به سبب جذبِ کم آب، ساختار پایدارتری دارند و در عوض مونت‌موریلونیت ها آب بیشتری جذب می‌کنند و خاصیت آماس‌پذیری دارند. بنابراین نوع و میزان کانی‌های رسی در کیفیت مصالح گلی نقش مهمی ایفا می‌کند. وجود نمک‌های محلول کلرور در مناطق شمال شرقی و فلات مرکزی و جنوب شرقی، علاوه بر کاهش چسبندگی ذرات رس و از بین بردن انسجام خشت طی چرخه‌های تر و خشک، از طریق فرایند فیزیکی و شیمیایی موجب واگرایی ساختار رس می‌شود.

هدف از این پژوهش، بررسی نقش و اهمیت مطالعات خاکشناسی (خصوصیات فیزیکی شیمیایی، میکرومورفولوژی، و کانی‌شناسی رس) در پاسخگویی به برخی ابهامات و سوالات باستان شناختی و مرمت بناهای باستانی در دو بخش قدیمی (هزاره سوم ق.م) و مرمت شده‌ی (سال‌های ۱۳۸۱–۱۳۸۷) ارگ حاکم نشین تپه باستانی کنارصندل جنوبی جیرفت است.

مواد و روش‌ها

شهر جیرفت در کرانه‌ی هلیل‌رود و دامنه‌های جنوبی جبالبارز در استان کرمان واقع است. از نظر موقعیت جغرافیایی، منطقه‌ی مطالعاتی در حد فاصل عرض‌های "۴۰ '۲۸ °۲۸ تا "۶ '۵۲ °۲۸ شمالی و طول-های شرقی "۸ '۳۰ °۵۷ تا "۲۷ '۴ °۵۸ قرار دارد. این شهر با ۶۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا، در ۲۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمان واقع

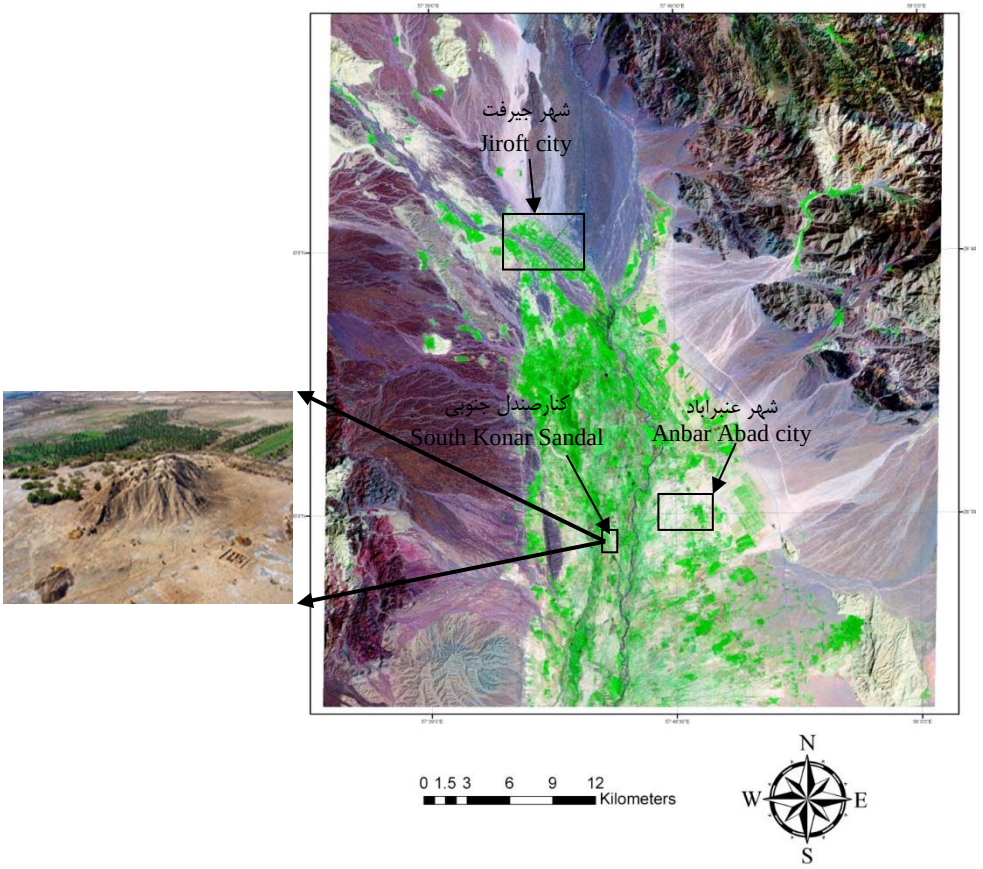
1- Geoarchaeology
2- Processual
3- Post processual
4- Landscape archaeology
5- Environmental archaeology

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. شکل ۱ موقعیت تپه باستانی کنارصندل واقع در حوزه فرهنگی جیرفت را نشان می‌دهد. شکل ۲ نمایی از تپه کنارصندل جنوبی را نشان می‌دهد.

نمونه‌برداری از دو بخش قدیمی و مرمت شده انجام پذیرفت. از بخش قدیمی ۳ نمونه و از بخش مرمت شده یک نمونه برداشته شد. سه نمونه بخش قدیمی؛ از خشت‌های خام قسمت بالا، میانه و پایین ارگ حاکم نشین کنارصندل انتخاب گردید (شکل ۲). پس از انجام آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی از هر بخش یک نمونه شاهد، جهت کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی، انتخاب گردید.



شکل ۱- موقعیت تپه باستانی کنارصندل واقع در حوزه فرهنگی جیرفت

Figure 1- Location of Konar Sandal an ancient hill in Jiroft cultural area

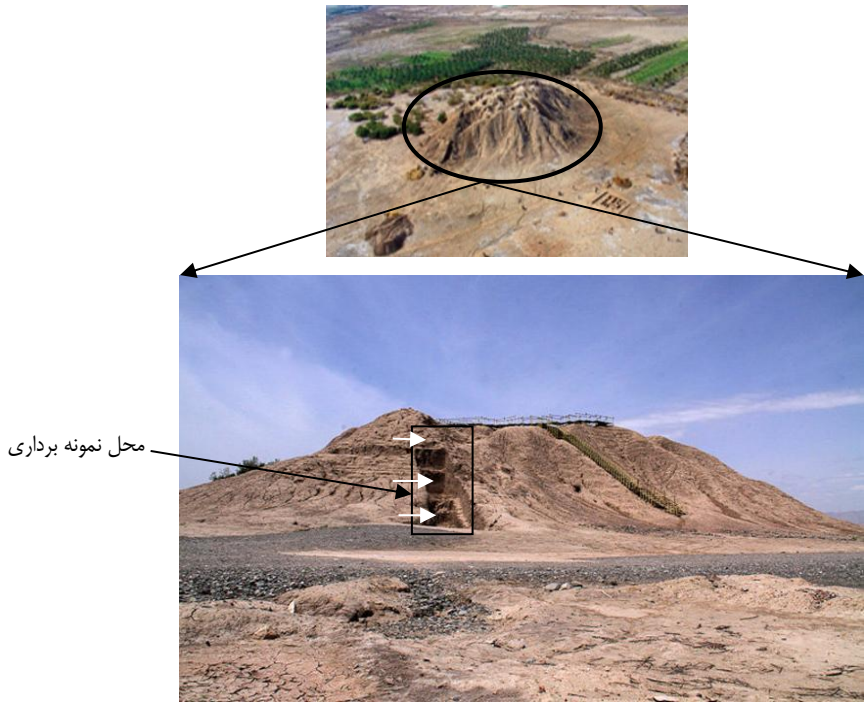
بررسی‌های آزمایشگاهی

نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک‌شناسی، هواخشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری (۴) استفاده شد. برای اندازه‌گیری پهاش خمیر اشباع و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک به ترتیب از دستگاه پهاش‌سنج و هدایت‌سنج الکتریکی مدل ملتی‌لاین پی ۴ استفاده شد. اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (۱۶) انجام شد. کربن آلی به روش اکسایش تر (۱۷) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین نوع کانی‌های رسی در خاک از روش جکسون (۹) و کیتریک و هوپ (۱۲) برای حذف مواد سیمانی و جدا نمودن بخش رس استفاده شد. چهار تیمار مختلف شامل اشباع با منیزیم، اشباع با پتاسیم، اشباع با منیزیم و تیمار اتیلن‌گلیکول، اشباع با پتاسیم و تیمار حرارت ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بر روی هر یک از نمونه‌ها اعمال گردید. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی به‌وسیله‌ی دستگاه پراش پرتو ایکس بروکر مدل Advance DH8 در ولتاژ ۴۰ کیلوولت و ۳۰ میلی‌آمپر، سرعت اسکن ۰/۰۲ درجه در یک ثانیه در مرکز پیشرفته‌ی علوم محیطی کرمان بررسی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- موقعیت ارگ حاکم نشین جیرفت در محوطه باستانی کنارصندل جنوبی

Figure 2- Location of the ruling citadel of Jiroft in the ancient area of the south Konar Sandal

به منظور انجام مطالعات میکرومرفولوژی، کلوخه‌های دست‌نخورده با استفاده از رزین سه‌جزئی وستاپول[1] و تحت مکش، تلقیح و در شرایط هوای آزاد سخت و خشک شدند. پس از برش، سایش و چسباندن مقاطع بر روی لام، در نهایت تفسیر مقاطع نازک تهیه‌شده، توسط میکروسکوپ پلاریزان مدل BK-POL در دو حالت نور پلاریزه‌ی صفحه‌ای (PPL) و متقاطع (XPL) بر اساس راهنمای استوپس (۲۰) صورت پذیرفت و از قسمت‌های مورد نظر عکسبرداری شد.

نمونه خاک بخش مرمت شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning electron microscopy) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه خشک شده بر روی پایه‌های آلومینیومی با چسب کربن نصب و سپس با لایه ای از طلا پوشش داده شدند. نمونه‌های تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی با قدرت بزرگ نمایی ۱۲۰۰۰ برابر مورد مطالعه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

الف) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بخش قدیمی و بخش مرمت شده

جدول ۱ بعضی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک خشت‌ها و ملات‌های بخش قدیمی و اندودهای بخش مرمت شده را نشان می‌دهد. مقدار رس در بخش‌های قدیمی حدود دو برابر بخش‌های مرمت شده است (جدول ۱). به دلیل دو خاصیت چسبندگی و شکل‌پذیر بودن رس، سازندگان ارگ حاکم‌نشین محوطه باستانی کنارصندل جنوبی در هزاره‌ی سوم پیش از میلاد از خاک‌هایی با رس بالا برای ساختن این بنا استفاده کرده‌اند در حالی‌که در بخش‌های مرمت شده در فاصله سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷ مقدار بیشتری شن مشاهده شد. به طور کلی ذراتی که بتوانند به هنگام خشک شدن به هم نزدیک‌تر شوند، پیوند محکم تر و استحکام بیش‌تری ایجاد می‌کنند. وجود دانه‌های ریز (کوچک تر از ۲ میکرون) و مسطح مثل کانی‌های رسی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در بالا بردن استحکام خشک خشت است. نتیجهٔ پژوهش‌های انجام شده حاکی از آن است که فرسایش‌پذیری خشت تابعی از دانه‌بندی و میزان چسبندگی خاک مورد استفاده در آن است (۶ و ۲۱). لذا می‌توان بیان کرد که برای ساخت بخش‌های قدیمی احتمالا توسط سازندگان ارگ حاکم‌نشین محوطه باستانی کنارصندل، خاک از جای دیگری به منطقه آورده شده است. فرپور (۵) نیز به نتیجه مشابهی در خصوص ارگ تاریخی بم دست یافته است.

میزان شوری بخش‌های مرمت شده (۲۵/۸ دسی‌زیمنس بر متر) حدود سه برابر قسمت‌های قدیمی است (جدول ۱). به دلیل شوری بالا و حلالیت زیاد نمک، قسمت‌های مرمت شده مقاومت کمتری در برابر تغییرات محیطی در طول چند سال اخیر داشته‌اند. برای بازسازی

1- Vestapool

www.SID.ir

Archive of SID

این بنای تاریخی از خاک‌های اطراف منطقه کنارصندل استفاده شده است که شوری و گچ بیشتری در این خاک مشاهده شد، این در حالی است که در مقطع نازک خاک بخش قدیمی گچ یافت نشد. از طرفی یون سدیم نقش مهمی در تورم و پراکنده شدن ذرات خاک دارد (۶)، زیرا یون‌های یک ظرفیتی مانند سدیم آماس بیشتری از یون دوظرفیتی مثل کلسیم ایجاد می‌کنند. لذا خاک‌های آماس پذیر، متأثر از وجود نمک، در برابر رطوبت و آب مقاومت کمی از خود نشان می‌دهند. سنجری و همکاران (۱۸) در مطالعه خاک‌های منطقه جیرفت بیان کردند خاک‌های اطراف منطقه کنارصندل دارای شوری بالا و تا حدودی گچی هستند. وجود این نمک‌های محلول علاوه بر کاهش چسبندگی ذرات رس و از بین بردن انسجام ملات‌های بخش مرمت‌شده طی چرخه‌های تر و خشک، از طریق فرآیند فیزیکی و شیمیایی موجب پراکندگی ساختار رس می‌شود.

از سوی دیگر، تکه‌های خرد شده سفال و زغال چوب به عنوان آمیزه یا شاموت (مواد معدنی یا آلی که معمولا در سفالگری یا ساخت خشت و آجر استفاده می‌شود مانند؛ کاه، علف خرد شده، رس، شن و ماسه ریز، خرده سفال، ذغال، موی حیوانات به منظور ایجاد چسبندگی بیشتر بین اجزای گل و استحکام بخشی) به میزان زیاد در خشت‌ها و ملات‌های بخش قدیمی ارگ باستانی کنارصندل مشاهده شد. در این بنای پنج هزار ساله، از تکه‌های سفال برای چسبندگی بیشتر و از زغال چوب برای استحکام بخشی و مقاومت بیشتر در برابر تغییرات محیطی استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیقات انجام شده روی خشت‌های تاریخی نشان داده است که بعضی از مواد افزودنی مانند خرده‌های آجر به سبب وجود سیلیس بی شکل و پیوند شیمیایی با ترکیبات کربناتی در طول زمان می‌توانند استحکام خشت را بالا ببرند (۲). بر طبق این نتایج، به نظر می‌رسد جهت ساخت این زیگورات از خاک‌هایی خارج از منطقه دژ استفاده شده است.

ماده آلی بخش قدیمی حدود دو برابر بیشتر از خاک‌های مورد استفاده در بخش مرمت شده است. وجود این مواد آلی چسبندگی بیشتر را در خشت‌ها و ملات بناهای باستانی در پی دارند (جدول ۱). از طرفی دو بخش قدیمی و مرمت شده تفاوت کمی در میزان آهک و واکنش خاک دارند.

جدول ۱- مقایسه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دو بخش قدیمی و مرمت شده

Table 1- Comparison of some physical and chemical properties between old and restored sections

نمونه Sample	محل نمونه Sample location	شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	EC (dS/m)	pH	Na^{+} (meq/L)	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$ (meq/L)	SAR	کربنات کلسیم معادل CCE (٪)	گچ Gypsum (٪)	کربن آلی Organic carbon (٪)
بخش مرمت شده (۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷) Restored section (2002 up to 2008)	-	55.7	25.3	19.0	25.8	7.9	40	8	14.1	13.2	3.6	0.3
بخش قدیمی پنج هزار ساله (old section back to five thousand years)	بالا upper	21.7	44.5	33.8	8.7	8.1	24	15.6	6.1	15.5	0.0	0.6
	میانه Middle	26.5	43.7	29.8	9.37	7.9	26	12	7.5	29.5	0.0	0.68
	پایین Down	15.7	48.5	35.8	10.7	8.1	18	8.2	6.3	30	0.0	0.76

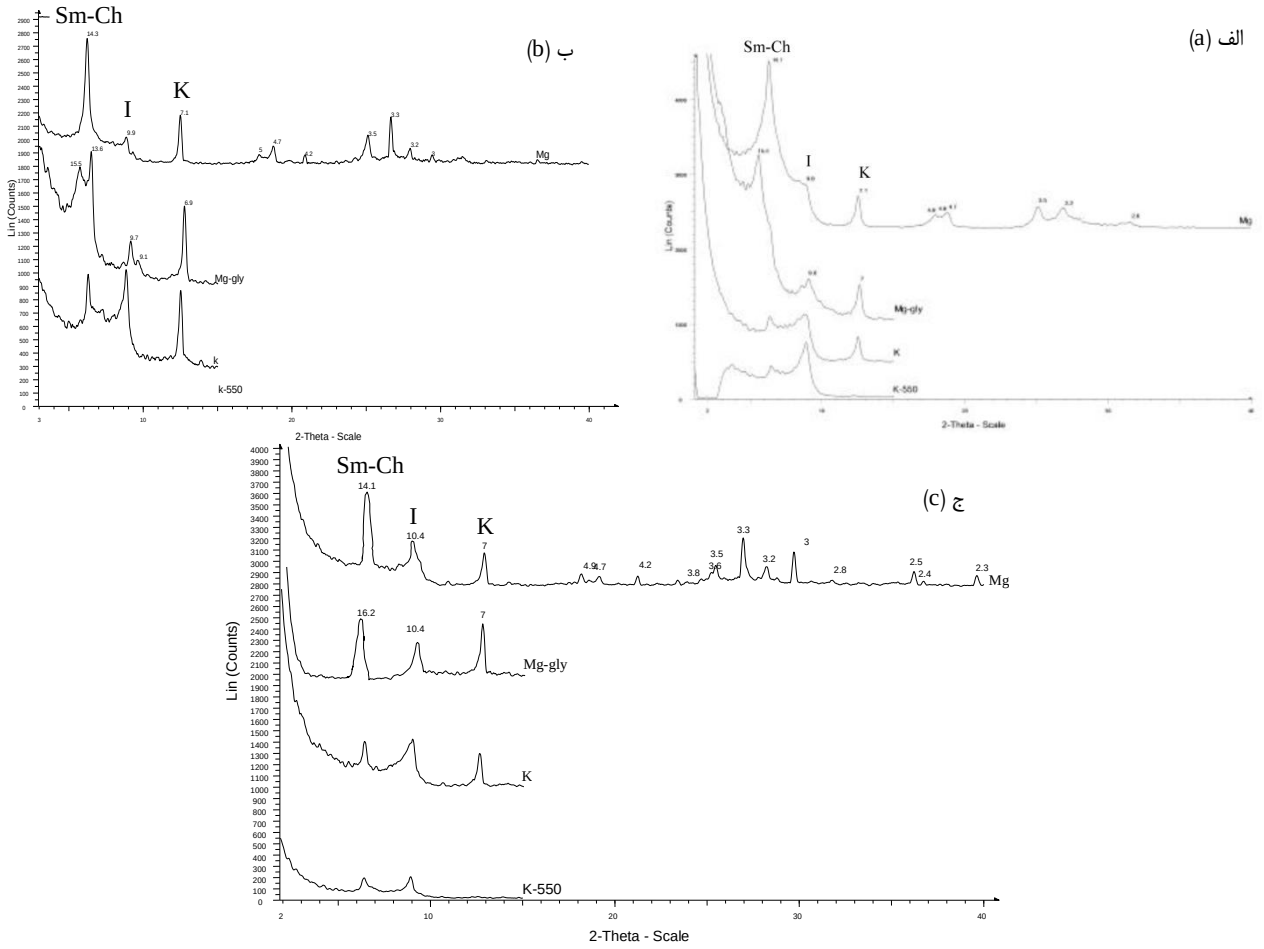
ب) کانی‌شناسی رسی بخش قدیمی و بخش مرمت شده

طبق مطالعه کانی‌شناسی بخش رس، کانی‌های ایلیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، کوارتز و کانی‌های حدواسط در خاک‌های بخش قدیمی مشاهده گردید (شکل، ۳). در حالی‌که در خاک‌های بخش مرمت‌شده علاوه بر کانی‌های ذکر شده کانی پالیگورسکیت و کمی سپیولیت نیز یافت شد (شکل ۴). کانی اسمکتیت در خاک‌های منطقه به صورت پدوژنیک توسط سنجری و همکاران (۱۹) گزارش شده است. به نظر می‌رسد کانی‌های کلریت، ایلیت و کائولینیت از مواد مادری به ارث رسیده‌اند (۱۹). مشاهده نشدن پالیگورسکیت و سپیولیت در خاک‌های قدیمی خود دلیلی بر اقلیم مرطوب گذشته منطقه است زیرا این کانی در رطوبت بالا ناپایدار است و به کانی اسمکتیت تبدیل می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد این کانی دارای منشا خاکساز در منطقه است (۱۹). از طرفی به دلیل افزایش تبخیر و نیز افزایش شوری و تشکیل رسوبات تبخیری (مانند گچ و نمک)، اقلیم خشک کنونی می‌تواند محیطی مناسب برای تشکیل کانی‌های فیبری پالیگورسکیت و سپیولیت باشد. بنابراین مشاهده این دو کانی فیبری در بخش‌های مرمت شده نشان‌دهنده خاکساز بودن آن‌ها در منطقه جیرفت می‌باشد (۳ و ۱۹). مطالعه میکروسکوپ الکترونی روبشی این افق (شکل ۵)، تأیید کننده مطلب فوق می‌باشد. به نظر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌رسد هنگامی که این کانی با بلورهای گچ همراه باشد بهتر حفظ می‌شود (۱۰ و ۱۱). پیک ۳/۳ انگستروم مربوط به کوارتز است که در بخش مرمت شده قابل توجه است اما میزان آن در نمونه خاک قدیمی کمتر است.



شکل ۳- کانی‌شناسی بخش قدیمی پنج هزار ساله (الف: نمونه قسمت بالای بنا؛ ب: وسط؛ ج: پایین)

(Mg: اشباع با منیزیم، Mg-E: اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول، K: اشباع با پتاسیم، K-550: اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، Sm: اسمکتیت، I: ایلیت، K: کائولینیت، Ch: کلریت)

Figure 3- Clay mineralogy of old section back to five thousand years (a: sampled from the upper part of the citadel; b: middle; c: bottom)

(Mg=Mg saturated; Mg-Eg=Mg saturated with Ethylene glycol; K=K saturated; K-550=K saturated and heated to 550 °C, Sm: Smectite, I: Ilite, K: Kaolinite, Ch: Chlorite)

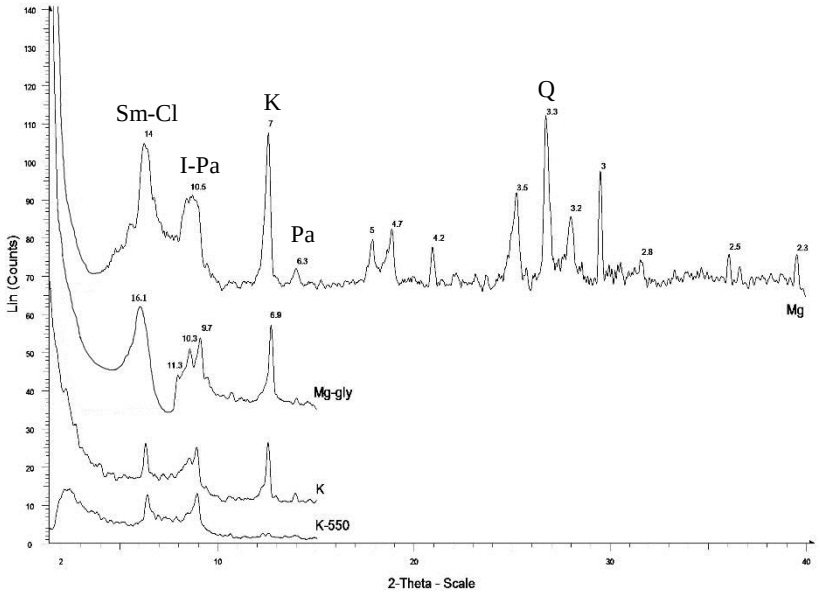
با این وجود، ساختار متفاوت کانی‌های رسی مختلف موجود در خاک‌های سازندهٔ مصالح خشتی ملات‌های بخش مرمت شده در مقایسه با یکدیگر، رفتارهای فیزیکی متفاوتی دارند. وجود کانی رسی اسمکتیت به دلیل ریزدانه بودن بیشترین چسبندگی و همچنین بیشترین میزان جذب آب را در میان سایر کانی‌های رسی مشاهده شده در دو بخش قدیمی و مرمت شده دارند. بنابراین وجود مقادیر کمی از این کانی در خاک می‌تواند استحکام را بالا ببرد اما از سوی دیگر در صورت زیاد بودن این کانی در خاک به دلیل جذب آب زیاد و متورم شدن آن ساختار خشت تضعیف می‌شود.

ج) میکرومرفولوژی بخش قدیمی و بخش مرمت‌شده

طبق مطالعه میکرومرفولوژی ماده آلی در متن خاک مشاهده شد (شکل ۶- الف و ب) که به نظر می‌رسد یکی از عوامل استحکام بخشی قسمت قدیمی وجود همین ماده آلی است. فرپور (۵) نیز در مطالعه خاک‌های بخش قدیمی ارگ بم چنین نتیجه‌ای را گزارش کرده است. از طرفی در بخش مرمت شده ماده آلی کمتری در زمینه خاک مشاهده شد (شکل ۶-ج)، اما اشکال در هم قفل شده و عدسی شکل و پرشدگی گچ یافت شد (شکل ۶-ج؛ شکل ۷-الف و ب)، در صورتی که در بخش قدیمی کانی گچ مشاهده نشد.

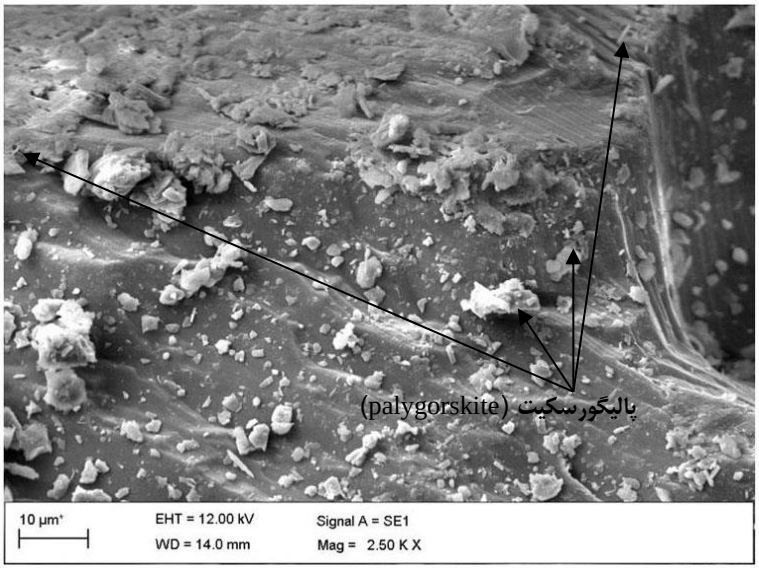
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- کانی‌شناسی بخش مرمت شده (۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷)
(Pa: پالیگورسکیت، Q: کوارتز)

Figure 4- Clay mineralogy of restored section (2002 up to 2008)
(Pa: palygorskite, Q: Quartz)



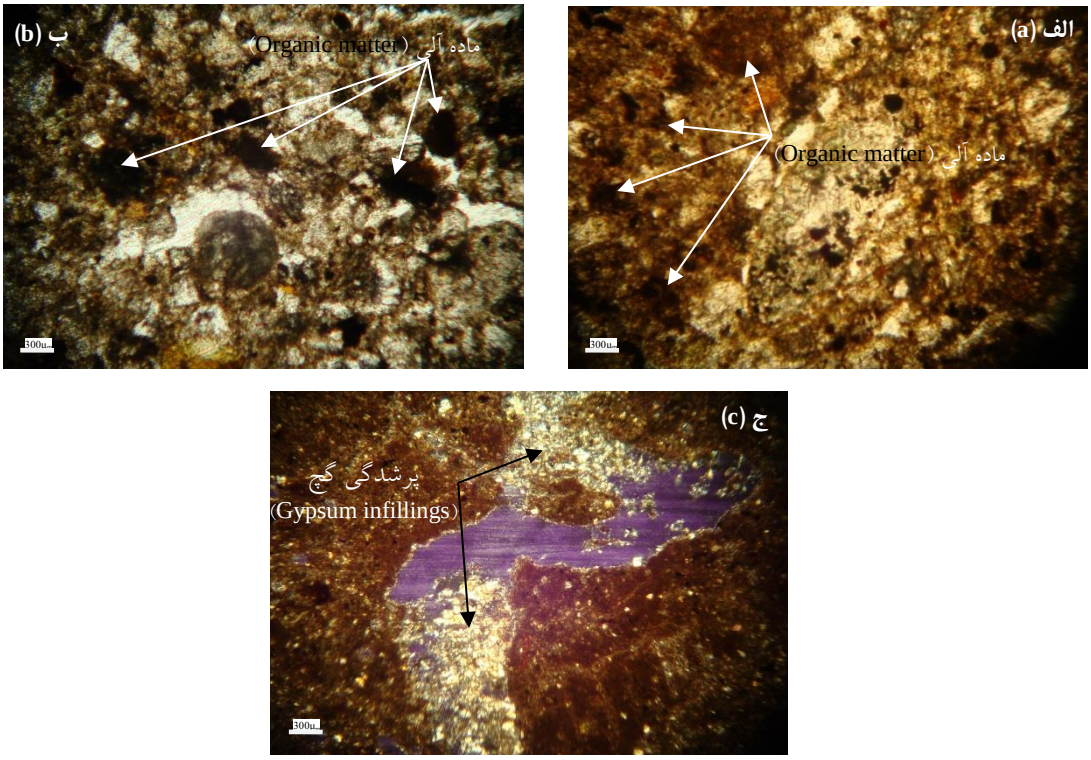
شکل ٥- میکروگراف میکروسکوپ الکترونی روبشی بخش مرمت شده

Figure 5- Scanning electron micrograph of restored parts

وجود گچ فراوان در مقطع نازک خاک‌های بخش مرمت شده باعث شده است که تخریب این بخش در کمتر از ۵ سال رخ دهد در حالی‌که این بنای باستانی دارای قدمتی حدوداً پنج هزار ساله است. فرپور (۵) نیز وجود گچ و نمک و میکرولیت‌های آذرین را در بخش مرمت شده ارگ بم گزارش کرد. تعدادی از محققین دیگر نیز بیان کردند که فرسایش‌پذیری خشت تابعی از نوع کانی‌های رسی و نمک‌های محلول و غیرمحلول در آن است (۶ و ۲۱). از طرفی در مقاطع میکرومورفولوژی بخش قدیمی نادول آهک مشاهده شد (شکل ۷-ج).

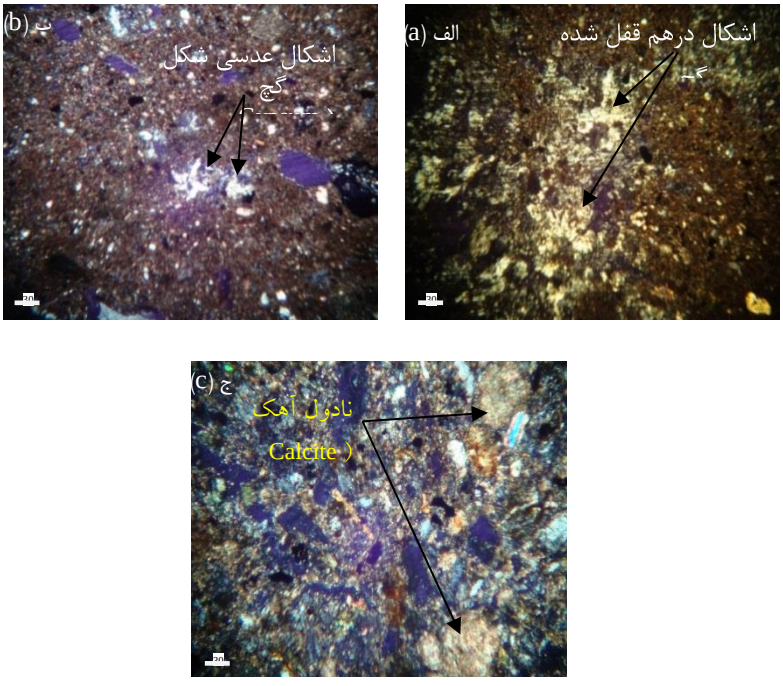
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- مقایسه ماده آلی در زمینه خاک بخش قدیمی (الف و ب) (PPL) و مرمت شده (ج) (XPL)

Figure 6- Comparison of organic matter in the groundmass of old section (a and b, PPL) and restored section (c, XPL)



شکل ۷- اشکال گچ و آهک در بخش مرمت شده (الف و ب) و قدیمی (ج).(XPL)

Figure 7- Gypsum and calcite crystals in restored section (a and b) and old section (c). (XPL)

www.SID.ir

Archive of SID

بعضی از مواد افزودنی مانند خرده سفال‌های موجود در بخش قدیمی و رس بیشتر این بخش و ترکیب آن‌ها با ترکیبات کربناتی در طول زمان می‌توانند استحکام خشت را بالا ببرند. نتایج تحقیقات بالداراما و کیاری (۲) نشان داد که بعضی از مواد افزودنی مانند خرده‌های آجر به سبب وجود سیلیس آمورف و پیوند شیمیایی با ترکیبات کربناتی در طول زمان می‌توانند استحکام خشت را بالا ببرند.

نتیجه‌گیری

بر طبق نتایج مطالعات فیزیکی و شیمیایی و میکرومرفولوژی، شوری بخش مرمت شده بیشتر از بخش قدیمی است و نیز میزان گچ زیادی در سطح مقطع نازک بخش مرمت شده مشاهده شد. در حالی‌که میزان رس و ماده آلی در بخش قدیمی حدود دو برابر بیشتر است. علاوه بر این، تکه‌های سفال و زغال چوب در این بخش نیز مشاهده گردید. به نظر می‌رسد تمام موارد فوق در مقاومت بخش قدیمی در برابر تغییرات محیطی مؤثر است در حالی‌که تخریب بخش مرمت‌شده (کمتر از ۵ سال) در پی وجود رس کم و وجود گچ و املاح محلول‌تر از آن رخ داده است. در طی مطالعه کانی‌شناسی رسی، کانی‌های ایلیت، کلریت، کائولینیت و اسمکتیت در هر دو بخش مشاهده شد، اما در بخش مرمت شده کانی پالیگورسکیت و کوارتز نیز مشاهده گردید. تمام موارد بالا این مهم را تأیید می‌کند که خاک‌های استفاده شده برای ارگ حاکم نشین تپه باستانی کنار صندل جنوبی از مکانی دیگر توسط سازندگان آن آورده شده است و به استناد دانش و نبوغ مردمان ساکن در این شهر باستانی، احتمالاً ساکنان آن پس از بررسی خاک مناطق مختلف حوزه‌ی فرهنگی هلیل رود با آگاهی کامل به گزینش مکان خاکبرداری اقدام کرده‌اند.

نتایج تحقیق، حاکی از آن است که مطالعات خاکشناسی می‌تواند در پروژه‌ها و مطالعات باستان‌شناسی به عنوان یک ابزار مفید، به کار برده شود.

منابع

1- Angelucci D.E. 2003. Geoarchaelogy and Micromorphology of Abric de la Cativera (Catalonia, Spain). Catena 54.573-601.
2- Baldrama A.Kh., and Jiakomo K. 1998. Restoration and conservation of raw brick structures explored from archaeological investigations. In Price, S., Conservation and restoration of archaeological investigations. Translated by Mousavi, M.M. Tehran University Press.
3- Boroomand N., and Sanjari S. 2012. Impacts of climate change on soil clay mineral composition of the Jiroft region. The first desert Conference, International desert Research Center, Tehran University. (In Persian)
4- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. Journal 54: 464-465.
5- Farpoor M.H. 2010. Soil Data Comparison in the Old vs. Restored Section of the Bam Citadel Archaeological site in Kerman,Iran. Journal Agricultur Science Technology 12: 91-98.
6- Hadian Dehkordi M., Vatandoust M., Vatandoust R., Majidzadeh Y., and Kashi M. 2008. Archaeological Site of Konar Sandal, Jiroft, Iran Conservation of Earthen Remains. In 10th International conference on; Study and Conservation of earthen Architectural heritage, Bamako, Mali.
7- Hadian Dehkordi M. 2016. Soil science studies in historical and archaeological raw bricks of different areas in Iran. Science, Technology, Art Journal 75: 86-96.
8- 12th International meeting on Soil Micromorphology, Adana, Turkey, 2004.
9- Jackson M.L. 1975. Soil Chemical Analysis-advanced Course. University of Wisconsin College of Agriculture, Department of Soil Science, Madison, WI.
10- Karimi A., Khademi H., and Jalalian A. 2009. Genesis and distribution of palygorskite and associated clay minerals in soils and sediments of southern Mashhad. Irananin Journal of Crystallography and Mineralogy 16(4): 545-558. (In Persian with English abstract)
11- Khademi H., and Mermut A.R. 1998. Source of palygorskite in gypsiferous aridisols and associated sediments from central Iran. Clay Mineralogy 33: 561-578.
12- Kittrik J.A., and Hope E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis. Soil Science Society 96: 312-325.
13- Majidzadeh Y. 2003a. Jiroft, the oldest orient civilization. Country heritage organization. P: 248.
14- Majidzadeh Y. 2003b. Jiroft, the oldest orient civilization. Anthropology Journal 2(4): 197-208.
15- Majidzadeh Y. 2009. Jiroft raw bricks and Ilami handwriting. Anthropology Journal 2(10): 97-126.
16- Nelson R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. P. 181-196. In: A. L. Page et al.(ed), Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed., Agron. Monogar. No: 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
17- Nelson D.W., and Sommer L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. pp. 539-577. In: A.L. Page et al., (Ed), Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed., Agron. Monogar. No: 9, ASA and SSSA. Madison, WI.

www.SID.ir

Archive of SID

18- Sanjari S., Farpoor M.H., Eghbal M.K., and Esfandiarpour I. 2011(a). Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Jiroft area. Journal Water Soil 25(2): 411-425. (In Persian with English abstract)
19- Sanjari S., Farpour M.H., Esfandiarpour I., and Karimian M. 2011(b). Micromorphology and clay mineralogy comparison of past and present soils in Jiroft area. Journal Water and Soil Science 15(58): 173-185. (In Persian with English abstract)
20- Stoops G. 2003. Guidelines for the analysis and description of soils and regolith thin sections. SSSA, Madison, WI. 182 p.
21- Watanabe K., Vatandoust R., and Okada Y. 2003. Physical, mineralogical and chemical properties of mud brick of the Choga Zanbi. In 9th International conference on the study and conservation of earthen architecture Terra 2003, Yazd, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 2, May-Jun. 2019, p. 349-360

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۸، ص. ۳۶۰-۳۴۹

Un-stability Reasons of Recent Restored Sections of Konar Sandal Historical Citadel Compared to Stable Ancient Parts (Halilrud Cultural Area)

S. Sanjari[1]- M.H. Farpoor[2*]

Received: 28-01-2019
Accepted: 20-05-2019

Introduction: Soil studies have been used as complementary data in archaeological investigations. Review and acceptance of papers focusing on the use of micromorphology in archaeology were discussed and agreed in the 12th International Micromorphology Meeting in Turkey (8). Morphology, physicochemical, clay mineralogy, and micromorphology investigations may provide invaluable data about the way ancient people used to live, the source of soil that was used for pottery and architecture, the reason of degradation or existence of monuments, and the suitable soil for the restoration of monuments. On the other hand, the restoration of our ancestor's monuments could be better performed if soil data and micromorphology techniques are used.

Materials and Methods: The present research was conducted to study the ancient and restored sections of Konar Sandal historical (5000 YBP) citadel, South Jiroft, Iran. The area under study located 30 km south of Jiroft in the Halilrud cultural area. Samples were collected from both ancient (3 samples) and restores (1 sample) sections of the citadel. Representative samples (3 from the ancient and the other from the restored sections) were also collected for clay mineralogy and micromorphology (undisturbed samples) investigations after physicochemical analysis performed on all samples. Routine physicochemical analysis performed on the air-dried samples that were passed through a 2 mm sieve.

Results and Discussion: Results of the study showed that the clay percentage of the ancient section was rough twice the restored section. On the other hand, soluble salts were about 3 times higher in the restored section than the ancient section. High salinity and solubility of salts caused restored sections to have lower resistance to environmental variations of the recent years. It seems that saline and gypsiferous soils close to the citadel were used for the restoration of Konar Sandal citadel. However, no gypsum was found in the thin section of the ancient section. Besides, Na monovalent cation plays an important role in the dispersion of soil particles compared to divalent Ca cation. Results of this study showed that soil with low clay content and high salinity was used for restoration recently. On the other hand, soils for construction of ancient sections with higher clay and lower salinity (compared to restored sections) were probably transferred from another area by our ancestors. Besides, pottery pieces to provide more stickiness and charcoal for more resistance to environmental variations were also used to construct the raw bricks in the old (5000 YBP) monument.

Illite, chlorite, smectite, and kaolinite clay minerals were found in the samples from the ancient section (Fig. 3). Palygorskite, quartz and trace amounts of sepiolite were only found in the restored sections together with the previously mentioned clay minerals (Fig. 4). The absence of palygorskite in the ancient samples may prove the presence of paleoclimate with more available humidity in the area because palygorskite is unstable in humid environments and transforms to smectite. It seems that palygorskite has a pedogenic origin in the area.

Micromorphological observations showed that the organic matter in the groundmass of the ancient samples (Fig. 6 a, b) is the reason for stability in this section. The same conclusion was also reported for samples of Bam citadel by Farpoor (4). Lenticular and interlocked plates of gypsum were found in the restored section (Figs. 6 c, and 7 a, b). Gypsum crystals were not observed in the thin sections of ancient samples. Calcium carbonate nodules were also observed in the ancient section (Fig. 7c). It seems that additives such as pottery pieces together with calcium carbonate have probably increased the stability of raw bricks through time.

Conclusion: Physicochemical properties showed more salinity in the restored compared to ancient sections and micromorphology showed gypsum crystals only in the restored samples. Besides, clay content and organic matter in the ancient section are about twice the restored section. Meanwhile, pottery pieces and charcoal were also found in the ancient section. These seem to be a reason for higher stability of ancient sections against environmental variations compared to restores sections with low clay content and high gypsum and more soluble

1 and 2- Ph.D. Student and Professor Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: farpoor@uk.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

salts that were degraded in 5 years. Illite, chlorite, kaolinite, and smectite clay minerals were investigated in both sections, but palygorskite and quarts were only found in the restored section. Results of the study clearly showed that soil data might be used as a helpful technique in archaeology studies and projects.

Keywords: Clay, Jiroft, Konar Sandal, Mineral, Modern archaeology, Restoration

www.SID.ir