

مطالعه سنگ‌نگاری و سیستم درزه منطقه بیستون به منظور پی بردن به علل

فرسایش سنگ‌نوشته بیستون

نوشته: حسن محسنی*، سعید خدابخش*، امیر حسین صدر* و فرهاد آلیانی*

*گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

of Bisotoun Area, Implications for Petrography and Joint Study Deciphering Factors Controlling Damages on Bisotoun Inscription

Sadr* & F. Aliani*. H. Khodabakhsh*, A. Mohseni*, S.By: H

*Department of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

تاریخ پذیرش: ۸۵/۰۳/۱۶

تاریخ دریافت: ۸۳/۰۶/۲۸

چکیده

سنگ‌نوشته بیستون در کناره شمالی جاده کرمانشاه به همدان و در فاصله ۴۰ کیلومتری شهر کرمانشاه بر روی صخره‌های آهکی کنار جاده نقش بسته است. انحلال سطح سنگ‌نوشته سبب تخریب بخشی از این میراث بی‌نظیر شده است. سن سنگهای مورد مطالعه در محدوده کتیبه یاد شده کرتاسه زیرین است و در پیرامون شبکه گسترده‌ای از راندگیها بویژه در شمال-شمال باختری قرار گرفته‌اند که از جمله آنها می‌توان به راندگی پراوکه از روستای نژیوران تا حوالی کرمانشاه ادامه دارد و شبکه راندگیهای بین روستای نادرآباد تا اشرف آباد اشاره کرد. بدین خاطر، آهکهای منطقه به شدت تکتونیزه هستند. شبکه درزه‌ها در این منطقه به شعاع یک کیلومتر به مرکزیت سنگ‌نوشته اندازه‌گیری و تحلیل شدند. دو دسته درزه اصلی در این منطقه توسعه یافته و باعث تشدید انحلال آهکها در ناحیه بیستون شده است. لایه در بردارنده سنگ‌نوشته متشکل از میکرایت فسیل دار (مادستون تا وکستون) با قطعات زیست‌آواری از جنس جلبکهای آهکی با ترکیب اولیه آراگونیتی بوده است و مقداری روزن‌داران و پلت نیز در بین آنها دیده می‌شود. به علت توسعه درزه‌ها و وجود اجزای ناپایدار آراگونیتی، این آهکها در محیط دیاژنزی جوی متحمل انحلال شده و تشدید روند انحلال منجر به کارستی شدن آهکها شده است. تخلخل قالبی، حفره‌ای، کانالی، و غاری از جمله شواهد تأیید کننده روند گسترش انحلال در منطقه است. مشاهده حفره‌های انحلالی به ابعاد چند میلی‌متر تا دهها سانتی‌متر در سطح زمین گویای این موضوع است. توسعه درزه‌ها به همراه شیب لایه‌بندی سبب هدایت سیالهای جوی به سوی سطح (دیواره) سنگ‌نوشته شده است. در نتیجه در محل‌های ریزش آب، چندین حفره در سطح سنگ‌نوشته ایجاد شده و باعث آسیب فراوان آن می‌شود. با توجه به جهت شیب لایه‌بندی و گسترش شبکه کارستی در آهکهای ناپایدار از لحاظ سنگ‌شناسی، تنها راه حل ممکن دور نمودن سیالهای نفوذی خورنده از سطح سنگ‌نوشته و انحراف مسیر تخلیه طبیعی آنهاست.

کلید واژه‌ها: دیاژنز، بیستون، کارست، درزه، سنگ‌نگاری، کربنات.

Abstract

Bisotoun inscription located on the mid-way of Hamedan- Kermanshah road (40 km to Kermanshah city), is carved on limestone cliffs exposed in the area. Dissolution of the inscription caused serious damage to the most important heritage of the country. The area comprises massive gray limestones of the Lower Cretaceous as a part of high Zagros thrust belt. Accordingly, the limestones are extensively tectonized and two main joint sets are developed in the area. Joint study was performed in an area of one km around the inscription. Thereby, it is revealed that these joint sets had impact on the dissolution of limestones. Limestone beds containing inscription are composed of mudstone to bioclastic algal wackestones. Original mineralogy of these algal bioclasts was aragonite. A few foraminifers and pellet also occur in some samples. Extensive jointing and unstable original mineralogy of limestone components lead to the dissolution of limestones in a meteoric condition. Evidences such as moldic, vuggy, canal, and cavern porosity suggest a meteoric diagenetic environment. Vugs up to centimeter scale in the field observations are evidences of karstification in the area. Jointing and dip direction of the bedding plane cut across the middle part of the inscription; conduct the corrosive rainfall precipitation toward the inscription surface. Consequently dissolution pit and holes were developed on it. Apparently the only practical way for remediation is to keep the inscription surface away from these corrosive waters. Considering the dip direction of the bedding



plane, jointing on limestones and karstification in the area, it is recommended to drain the waters from bedding plane through a canal in a considerable distance from the inscription surface.

Kew words: Diagenesis, Bisotun, Karst, Joint, Petrography, Carbonates

مقدمه

آب شیرین متحمل دیاژنز جوی بویژه انحلال اجزای ناپایدار شوند (Mason & Moore, 1982; Follmi et al., 2004). اندازه گیری pH پنج نمونه آب از محل چشمه پای سنگ نوشته در کارخانه قند بیستون و سپس در گروه شیمی دانشگاه بوعلی سینا همدان میانگین pH ۶/۹ را نشان می دهد که بیانگر حضور سیالهای جوی با pH اسیدی در لابلاهای سنگهای منطقه است. هرچند به احتمال زیاد pH آنها پیش از نشست به سطح زمین قاعدتاً باید کمتر از این نیز باشد، زیرا بخش قابل توجهی از گازهای حل شده در آن (بویژه گاز CO₂) به هنگام رسیدن به سطح در اثر کاهش فشار از آن رها شده و سبب افزایش اندک pH آب می شود. در واقع دسته های درزه به عنوان مسیرهای هدایت آبهای جوی (که به علت اسیدی بودن توانایی انحلال سنگهای آهکی را دارند) به درون آهکها عمل می کنند.

نمونه برداری از لایه در بردارنده سنگ نوشته به منظور مطالعات دقیق سنگ نگاری صورت گرفت (شکل ۲-الف). برای شناخت دولومیت از کلسیت، نمونه ها ابتدا با محلول Alizarin Red S به روش Dickson (1980) رنگ آمیزی شدند. مطالعات سنگ نگاری نمونه صخره بیستون بر اساس روش Folk (1980) از نوع میکرایت و بایومیکرایت است. آهکهای ریزیلور مورد بحث حاوی فسیل روزن داران و قطعات جلبکهای آهکی با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی است. این دانه ها حل شده و تخلخل قالبی آنها را سیمان پر کرده است (شکل ۳-الف). گاهی خرده های جلبک آهکی *Clypeina* sp. شاخص ژوراسیک پسین-کرتاسه پیشین در این آهکها به چشم می خورد (شکل ۳-ب). تخلخل روزنه ای، قالبی، کانالی، حفره ای، تخلخل شکستگی، و تخلخل حفاری از جمله انواع تخلخلهایی هستند که در این آهکها به چشم می خورند. در بیشتر موارد این تخلخلها با سیمان کلسیت اسپاری پر شده است. در برخی نمونه ها مقداری پلت در زمینه گل آهکی مشاهده می شود (شکل ۳-ج و د). لذا ممکن است بخشی از خمیره آهکی این سنگها تا حدی از فشرده شدن و یک پارچه شدن پلت های نرم به وجود آمده باشد. انحلال اجزای ناپایدار آراگونیتی از جمله فرایندهای دیاژنزی محیط تحت جوی است (Al-Aasm & Veizer, 1986; Tucker & Wright, 1990). تخلخلهای قالبی ناشی از انحلال اجزای ناپایدار آراگونیتی توسط سیمان کلسیت اسپاری موزایکی پر شده اند. این مطلب بیانگر سیمانی شدن در محیطهای جوی اشباع است.

حفاظت و جلوگیری از تخریب بناهای تاریخی موضوعی است که به تنهایی به تأمین امنیت و حفاظت آنها از دستبرد و کنده کاریهای غیرمجاز محدود نمی شود. بسیاری از بناهای تاریخی به مرور زمان دستخوش تغییراتی می شوند که موجب تسریع تخریب آنها می گردد. برخی از بناهای بسیار ارزشمند تاریخی ایران از جمله سنگ نوشته ها و نقوش برجسته بیستون، طاق بستان و گنج نامه بر روی صخره های طبیعی کنده کاری شده اند که در نوع خود در سطح جهانی بی نظیر بوده و از ارزش زیادی برخوردارند. سنگ نوشته گنج نامه از گرانبه بودن و تا حد زیادی مانع از آن شده که این سنگ نوشته در طول زمان دستخوش تغییرات زیاد گردد. اما سنگ نوشته بیستون بر روی صخره های آهکی کنار جاده همدان به کرمانشاه کنده شده است (شکل ۱-الف). قرارگیری این اثر پرارزش باستانی در کنار توده های آهکی تکتونیزه و گسل خورده با فراوانی شبکه گسترده گسلهای رورانده (شکل ۱-ب و ج) موجب شده که آبهای جوی به آسانی در این لایه ها نفوذ کنند بدین خاطر، در سالیان گذشته، چندین حفره بزرگ مخروطی شکل در سطح این سنگ نوشته در محل های خروج آبهای جوی نفوذ کرده از ارتفاعات بالادست به وجود آمده و آسیبهای جدی به بخشهایی از این بنای بسیار ارزشمند وارد کرده است (شکل ۲-الف تا د). تعداد حفره ها در سطح سنگ نوشته، در حال حاضر ۶ عدد است. ارتفاع این حفره ها بین ۲۰ الی ۱۳۰ سانتی متر، عرض آنها بین ۱۱ تا ۹۰ سانتی متر و ژرفای حفره ها از سطح سنگ نوشته بین ۵ الی ۴۰ سانتی متر تغییر می کند. یک سطح لایه بندی با شیب ملایم، صخره در بردارنده سنگ نوشته را از وسط به دو بخش تقسیم کرده است. شیب این سطح لایه بندی به سوی سطح سنگ نوشته است و موجب هدایت و تخلیه آبهای نفوذی بر روی آن می گردد. رشد جلبکها و اسیدهای آلی مترشحه توسط آنها در کنار تأثیر سیالهای جوی، به روند تخریب سنگ نوشته دامن زده اند. با توجه به نکات فوق، سعی شد با مطالعه زمین شناسی منطقه، علل فرسایش و راهکار جلوگیری از آن مشخص و پیشنهاد گردد.

بحث

هدایت آبهای سطحی منطقه از طریق دو دسته درزه باعث شده است که کربناتهای منطقه در معرض سیالهای جوی در محیط فری آتیـک



می‌رود از نوع درزه‌های کششی باشند. گروه‌های فرعی (J_3, J_4) که معادل J_a, J_b شکل ۴- الف هستند نیز با راستای کلی شمال باختری-جنوب خاوری و شمال خاوری-جنوب باختری با زاویه ۱۲۰-۶۰ درجه از نوع درزه‌های مزدوج (conjugate) بوده و احتمالاً در شمار درزه‌های برشی قرار دارند ولی به لحاظ فراوانی کم، اهمیت چندانی در هدایت آب‌های سطحی منطقه به سوی لایه‌های در بردارنده سنگ نوشته ندارند.

درزه‌های متفرقه دیگری به همراه (J_3, J_4) با جهت‌های پراکنده در سطح منطقه دیده می‌شوند که با توجه به طول و عمق نفوذ کم، اهمیت زیادی در جذب و هدایت آب‌های سطحی به درون آهکها ندارند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که برای جلوگیری از نشت آب‌های جوی نفوذ کرده به درون طبقات آهکی و کاهش اثرات مخرب این پدیده باید مسیر خروج آب از سطح سنگ نوشته را به سمت دیگری منحرف نمود (شکل ۴- ب).

مطالعات صحرایی بیانگر توسعه کارستی شدن در آهکهای منطقه است. بروز تخلخل قالبی ناشی از انحلال اجزای ناپایدار کربناتی و سپس گسترش ابعاد تخلخل موجب شده که کانالها و مجاری انحلالی زیادی در این آهکها ایجاد گردد (شکل ۵- الف و ب). این مجاری، خود در هدایت آب‌های سطحی به سوی لایه‌های زیرین و در نهایت سطح سنگ نوشته نقش مؤثری دارند. شکل ظاهری این کانالها و مجاری (شکل ۵- الف) نشانه آن است که سازوکار تشکیل آنها در ارتباط با زمین‌ساخت و درز و شکاف سنگ نبوده و تنها تحت کنترل بافت اولیه سنگ و کانی‌شناسی اجزای تشکیل دهنده آن است.

نتیجه‌گیری

۱- سنگهای در بردارنده سنگ نوشته بیستون از جنس آهک ریزدانه (گل آهکی) و اجزای زیست آواری آنها به طور عمده از جنس جلبکهای آهکی با پوسته آراگونیتی است. این اجزا در محیطهای جوی ناپایدار بوده و حل شده‌اند.

۲- آهکهای بیستون در زون زاگرس خرد شده قرار داشته و در آنها دو سری درزه مهم توسعه یافته که سبب تسهیل نفوذ سیالهای جوی به درون واحدهای سنگی می‌شوند.

۳- انواع گوناگون تخلخل در اثر نفوذ سیالهای جوی به درون آهکها ایجاد شده‌اند که عبارتند از تخلخل روزنه‌ای، حفاری شده، قالبی، حفره‌ای، کانالی، غاری، شکستگی و برشی. برخی از این تخلخلها با سیمان کلسیت اسپاری با منشأ محیطهای جوی پر شده‌اند.

۴- در سامانه جوی مورد بحث، آب‌های نفوذ کرده به درون لایه‌ها از طریق سطوح لایه‌بندی شیب‌دار به سمت سطح صخره‌ها نشت می‌کنند. یکی از

خمیره (گل) آهکی نیز نشان دهنده وقوع نوزایش (نئومورفیسیم) گل است که در محیط تحت جوی با شست و شوی یونهای مزاحم از قبیل Mg^{2+} از سطح بلورها سبب رشد بلورها و تبدیل آنها به میکروسپار می‌شود (Bathurst, 1975; Folk, 1980). تاریخچه زمین‌شناسی منطقه بیانگر آن است که این سنگها در طول سنوزویک، در اثر بالا آمدن زاگرس مرتفع در معرض فرسایش و بالا آمدگی بوده و عمدتاً طی سنوزویک در محیط دباژنزی دفن کم‌ژرفا و سپس محیط جوی قرار داشته‌اند (Falcon, 1954; Braud, 1979; Alavi, 1994). زیرا هیچ گونه شاهد بافتی نشان‌دهنده دفن عمیق و قابل ملاحظه از قبیل انحلال فشاری و یا استیلولیت در این آهکها دیده نمی‌شود. بنابراین، تأثیر مداوم سیالهای جوی بر این آهکها موجب گسترش شبکه کارستی و هدایت آب‌های جوی به درون این لایه‌ها شده است. ستبرای لایه‌های سنگی منطقه زیاد بوده و در شمار ستبر لایه تا توده‌ای قرار دارند. شیب لایه‌بندی نیز خیلی کم است و حداکثر به ۵ درجه می‌رسد. مختصات لایه در بردارنده سنگ نوشته عبارت است از $N35E/5$ SE، که همین شیب اندک به سوی سطح بیرونی سنگ نوشته بوده و سبب تخلیه آنها به این سو می‌شود.

تراکم درزه‌ها در منطقه بیستون نقش بسیار اساسی در نفوذ، جذب و هدایت سیالها و آب‌های سطحی به درون سنگهای منطقه به عهده دارند (شکل ۴- الف). عمده‌ترین درزه‌های منطقه، درزه‌های سیستماتیک با سطوح کمابیش مسطح و موازی هستند که به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته‌های J_1 و J_2 شکل ۴- ب. گروه J_1 با روند $N5E$ تا $N10W$ (به دلیل موج‌وارگی سطوح درزه) با شیب ۷۰ الی ۸۰ درجه است. لذا می‌توان آنها را درزه‌های قائم با روند تقریبی شمالی- جنوبی نامید. طول این دسته درزه در سطح زمین نسبتاً زیاد بوده و به چندین ده متر می‌رسد. عمق نفوذ آنها نیز در کناره‌های صخره‌ها تا ۴۰ متر برآورد شده است. فواصل این درزه ها ۱ الی ۲ متر است. لذا درزه‌های گروه J_1 نقش مهمی در هدایت آب‌های جوی به درون آهکها و کارستی شدن آنها دارند. درزه‌های J_2 تقریباً عمود بر گروه اول (J_1) بوده و می‌توان آنها را درزه‌های عمود برهم از نوع کششی نامید. روند آنها $N80E$ الی $N70E$ و شیب آنها ۶۰ درجه به سمت جنوب است. فواصل بین آنها ۳ الی ۱۰ متر است. فصل مشترک این دسته درزه با لایه‌بندی موجب به وجود آمدن مجاری نشت آب از سطح سنگ نوشته می‌شود. درزه‌های J_2 نسبت به J_1 اهمیت کمتری دارند. البته دو دسته درزه فرعی دیگر (J_a, J_b) نیز در منطقه دیده می‌شوند که به علت اهمیت کم، از شرح آنها صرف نظر می‌گردد. همان گونه که در نمودار ۴- ج پیداست چهار دسته درزه فوق در منطقه قابل شناسایی هستند. گروه J_1 فراوانی بیشتری دارند. گروه J_2 که تقریباً عمود بر گروه قبل بوده و نشان می‌دهند که دو دسته درزه ارتوگونال یا عمود بر هم تشکیل می‌دهند که احتمال

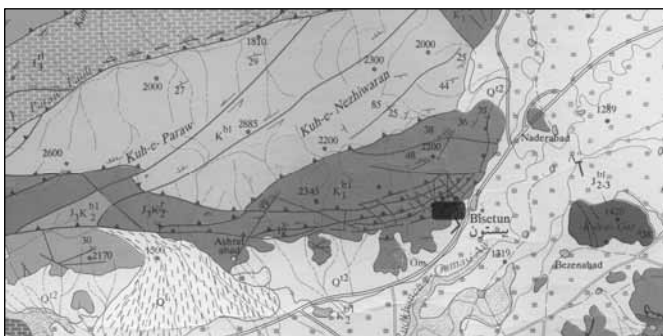
سطح لایه‌بندی بر مبنای موازین دقیق کمی محاسبه شده و پس از شبیه سازی با دقت در محل اجرا گردد.

سیاسگزاری

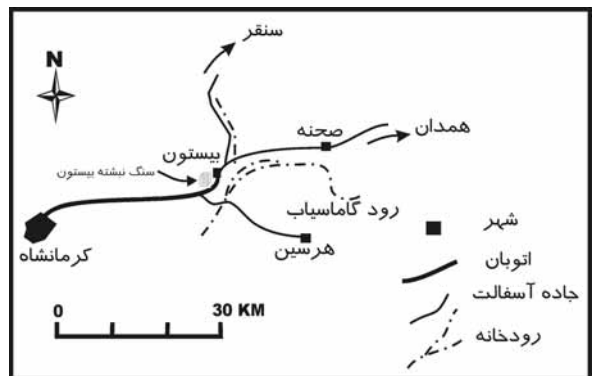
از مدیریت اداره میراث فرهنگی کرمانشاه به خاطر تأمین هزینه‌های این مطالعه تشکر می‌شود. از معاونت محترم اداری و مالی دانشکده علوم دانشگاه بوعلی سینا به خاطر در اختیار گذاشتن وسیله نقلیه جهت تردد به منطقه قدردانی می‌شود. از آقای مهندس عبدالرضا مقدسی از اداره اکتشاف و تولید شرکت ملی نفت به خاطر تشخیص گونه‌های میکروفسیلی تشکر می‌شود. رسم نمودارهای کنترولی توسط سرکار خانم لیلی ایزدی کیان مایه امتنان فراوان است. راهنمایی و همکاری سرکار خانم ملیحه مهدی آبادی کارشناس اداره میراث فرهنگی کرمانشاه موجب قدردانی است. از آقای مهندس محمد مهدی باقری راد کارشناس محترم کارخانه قند بیستون و سرکار خانم مهندس مساعد از گروه شیمی دانشگاه بوعلی سینا به خاطر اندازه گیری pH نمونه‌های آب تشکر می‌گردد. جناب آقای الفت از واحد فوق برنامه دانشگاه بوعلی سینا به خاطر عکسبرداری نمونه‌های دستی سیاسگزاری می‌گردد.

این سطوح نشت آبهای جوی، سطح در بردارنده سنگ‌نوشته است که در اثر آن بخشی از سنگ‌نوشته به علت انحلال و در مواردی رسوب مواد در سطح، در حال تخریب است.

۵- راهکار عملی جلوگیری از تشدید این روند، انحراف آبهای نفوذی از سطح لایه‌بندی مورد بحث است که سنگ‌نوشته را به دو بخش تقسیم کرده و تمام حفره‌های ایجاد شده تاکنون در آن سطح تمرکز دارند. بدین ترتیب که با حفر یک گالری کمی شیب‌دار در سطح لایه‌بندی مزبور، مسیر تخلیه آنها را از سطح سنگ‌نوشته به سمت سطح صخره مجاور آن هدایت کرد. همان گونه که در شکل ۴-ب مشخص گردیده است، موقعیت و شیب نسبی این دالان باید به گونه‌ای باشد که در امتداد لایه‌بندی و منطبق بر سطح لایه‌بندی باشد و با شیب کمی به سوی بیرون بتواند آنها را پیش از رسیدن به سطح خروج کنونی در خود جمع و به بیرون هدایت کند. البته واضح است فاصله این دالان تا سطح خارجی سنگ‌نوشته باید به قدری باشد که از ایجاد هر گونه آسیب به آن جلوگیری شود. بنابراین لازم است تا مطالعه تفصیلی بیشتر شامل مکانیک سنگ و خواص مهندسی این سنگها با تکیه بر ویژگیهای مهندسی و پایداری لایه‌ها، قطر، شیب و فاصله دالان پیشنهادی تا



ب



الف

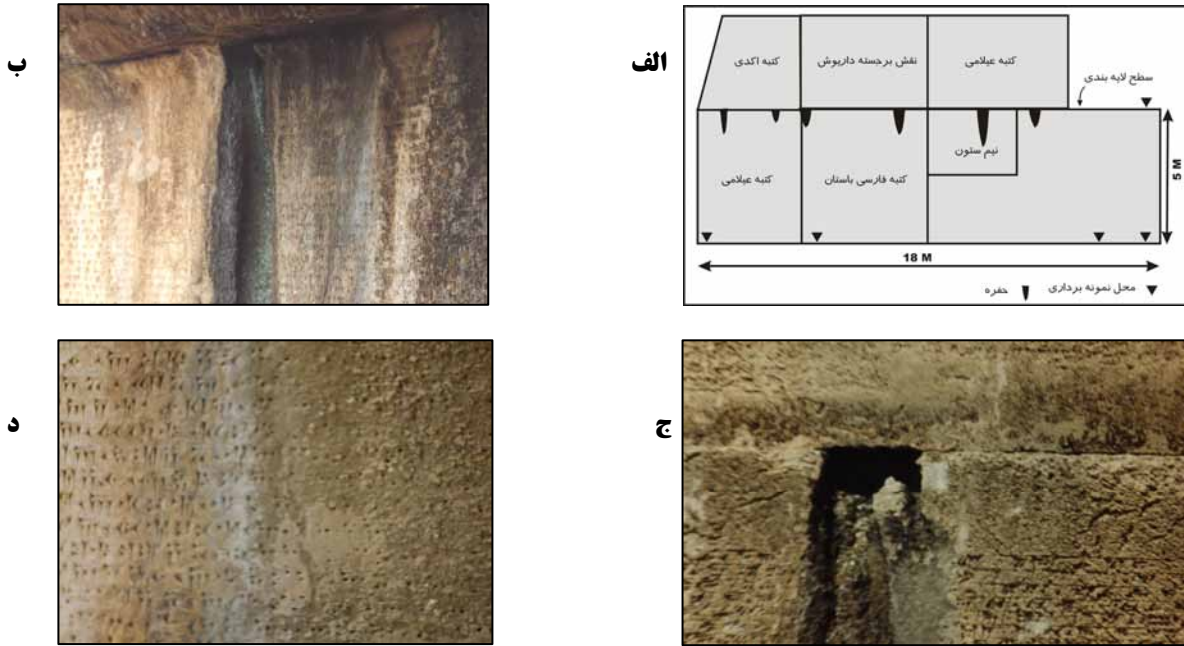
شکل ۱-الف) موقعیت جغرافیایی سنگ‌نوشته بیستون در کنار راه اصلی

همدان - کرمانشاه (بر گرفته از اطلس جاده‌های ایران، ۱۳۸۰)

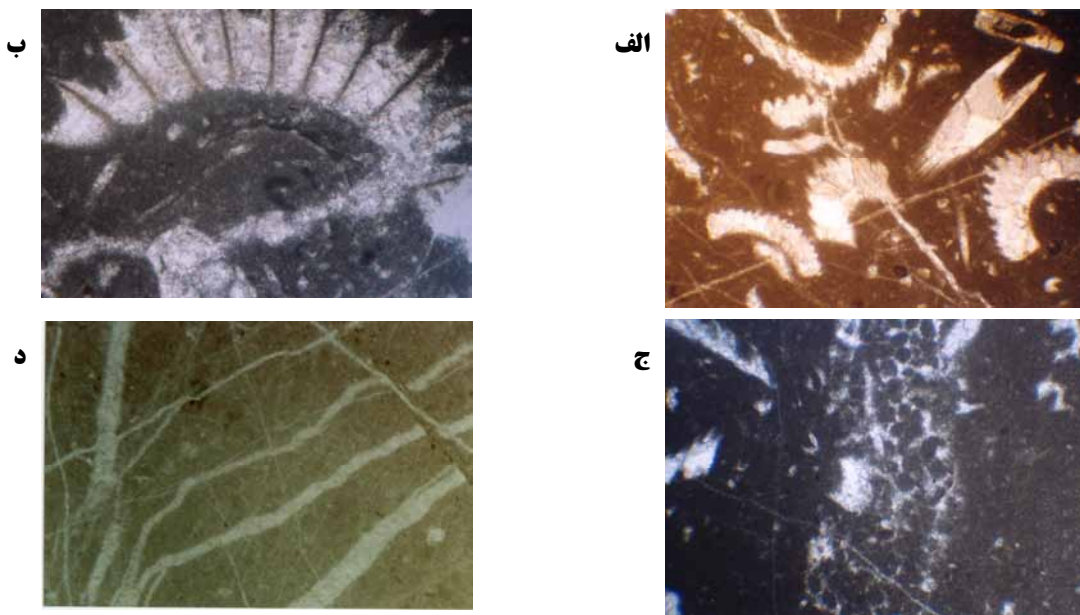
ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه بیستون (از Karimi et al., 1999)، موقعیت ساختگاه سنگ‌نوشته با علامت مربع مشخص شده است. ج) تصویری از ساختگاه سنگ‌نوشته بیستون در میان آهکهای تکتونیزه و خردشده بیستون.



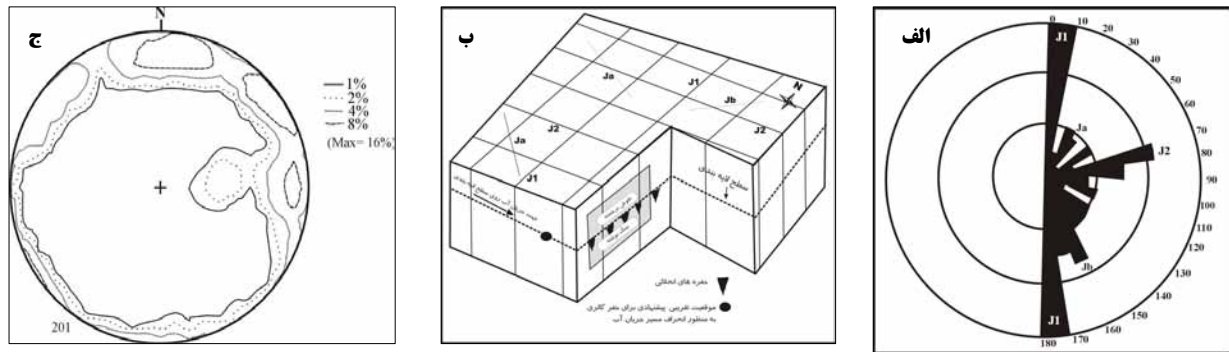
ج



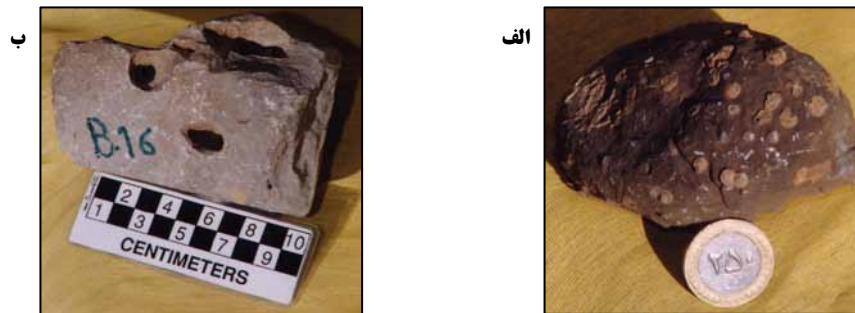
شکل ۲- الف) موقعیت نقوش برجسته و سنگ نوشته‌ها و سطح لایه بندی بین آنها در صخره‌های آهکی بیستون (کرتاسه زیرین).
 ب) گسترش حفره‌های انحلالی و پیشرفت خوردگی آهکها در نقاط نشأت آب از سطح لایه بندی وسط سنگ نوشته‌ها و نقوش برجسته. ج) تخریب سنگ نوشته در اثر انحلال و ایجاد حفره در سطح سنگ نوشته. د) ایجاد آسیب جدی به متن سنگ نوشته در اثر انحلال سطح صخره در بردارنده آن.



شکل ۳- الف) تصویر میکروسکوپی از آهکهای سنگ نوشته بیستون، به تخلخل قالبی ناشی از انحلال قطعات جلبکهای آهکی که با سیمان کلسیت اسپاری پر شده‌اند توجه شود، نور PPL، ۴۰ برابر. نمونه با محلول آلزارین رنگ آمیزی شده است. ب) تصویر میکروسکوپی جلبک آهکی *Clypeina* sp. در یک وکستون بایوکلسیتی، نور XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر. ج) بایوکلسیتیک وکستون با تخلخل burrow که توسط پلت و سیمان اسپاری پر شده است، نور PPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر. د) تخلخل شکستگی (microfracturing) در مادستون آهکی که با سیمان کلسیت اسپاری پر شده است، نور PPL، بزرگنمایی ۵۰ برابر.



شکل ۴- الف) نمودار گلسرخی پراکندگی درزه‌ها در آهکهای پیرامون سنگ‌نوشته بیستون، ب) نمودار سه بعدی نشان دهنده موقعیت فضایی درزه‌های اصلی (J₁, J₂)، درزه‌های فرعی (J_{3a}, J_{3b})، سطح لایه‌بندی با شیب به سوی سطح سنگ‌نوشته و موقعیت تقریبی حفره‌های انحلالی در حد فاصل نقش برجسته و سنگ‌نوشته. موقعیت پیشنهادی حفره‌گاری برای انحراف مسیر خروج آب از سطح سنگ‌نوشته در شکل مشخص شده است. ج) نمودار کنتوری درزه‌های منطقه پیرامون سنگ‌نوشته بیستون تا شعاع یک کیلومتری، برای جزئیات به متن مراجعه شود.



شکل ۵- الف) نمونه دستی یک آهک حاوی جلبکهای آهکی از بالادست سنگ‌نوشته. ب) تخلخل کانالی ناشی از انحلال قطعات جلبکهای آهکی.

کتابنگاری

سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور، ۱۳۸۰- اطلس جاده‌های ایران، انتشارات همشهری، ۱۶۱ صفحه.

References

- Al-Aasm, I. S. & Veizer, J., 1986- Diagenetic Stabilization of Aragonite and Low Mg Calcite, II Stable Isotopes in Rudists, J. S. P. 56, No. 6. p. 763-770.
- Alavi, M., 1994 - Tectonic of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations, Tectonophysics 229, p. 211-238.
- Bathurst, R. G. C., 1975- Carbonate sediments and their diagenesis, Amsterdam, Elsevier, 658 p.
- Braud, J., 1978- Geological quadrangle of Iran, No. C 6, scale 1/250000, Geological Survey. Of Iran with Explanatory note.
- Dickson, J.A.D., 1980-Staining thin section: Alizarin Red S and Potassium Ferricyanide stain, in: Okhravi, R., 1982- Carbonate microfacies and Depositional environment of the Joachim Dolomite (Middle Ordovician) Southeast Missouri and Southern Illinois, U. S. A., Unpub. Ph. D. Thesis, Univ. of Illinois (Urbana Champaign), 141 p.
- Falcon, N.L., 1958- Position of oil fields of southwest Iran with respect to relevant sedimentary basins, in: Lewis, G. W. (ed.) Habitat of oil, a symposium conducted by the AAPG, London. P.1279- 93.
- Folk, R. C., 1980- Sedimentary Petrology, Hemphill Pub. Co., Texas, 185 p.
- Follmi, K., Tamburini, F., Hosein R., Van De Schootbrugge, B. Arn K. & Rambeau, C., 2004 - Phosphorus, a Servant Faithful to Gaia? Biosphere Remediation Rather than Regulation, in: Scientists Dabate Gaia, The Next Century, by: Schneider, S. H.; Muller, J. R.; Crist, E. and Boston, P. J. (eds.) MIT Press, Cambridge, P. 79-92.
- Karimi Bavandpour, A., Hajihoseini, A. & Sahandi, M., 1999- Geological map of Kermanshah, 1/100,000, G.S.I.
- Mason, B. & Moore, C. B., 1982- Principles of Geochemistry, John Wiley and Sons, 344p.
- Tucker, M. E. & Wright, P.V. ,1990- Carbonate Sedimentology, Blackwell Scientific Pub. Oxford, 482 p.