ظهور و زوال خانه‌های صخره‌ای روستای توریستی کندوان

فریده امینی بیرامی[۱] و ابراهیم اصغری کلجاهی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشگاه تبریز، ۳۳۹۲۷۲۳ -۰۴۱۱، amini_birami@yahoo.com

[۲] استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز، ۳۳۹۲۷۲۳ -۰۴۱۱، دورنگار: ۳۳۵۶۰۲۷ – ۰۴۱۱ ، e-asghari@tabrizu.ac.ir

چکیده

روستای کندوان یکی از مناطق زمین گردشگری ایران است که در استان آذربایجان شرقی و جنوب شهرستان اسکو قرار دارد. این روستا به‌خاطر صخره‌های مخروطی‌شکل در بردارنده خانه‌های روستایی از شهرت بالایی برخوردار است. سنگ‌های مخروطی‌شکل این روستا در معرض عوامل مخرب متعددی قرار دارند. فرسایش و هوازدگی در امتداد صفحات شکستگی موجود در توده سنگ، مهم‌ترین عامل ایجاد اشکال مخروطی بوده ولی با ادامه فرسایش و عدم حفاظت و مرمت، خانه‌های صخره‌ای مذکور در معرض تخریب قرار گرفته‌اند. براساس مطالعات میکروسکوپی، توده سنگ روستای کندوان به‌خاطر داشتن اجزای تشکیل‌دهنده ناپایدار، با جورشدگی ضعیف و گردشدگی بالا، مقاومت و دوام پایینی در برابر عوامل مخرب و تنش‌های وارده دارد. علاوه بر آن، توده سنگ کندوان سنگی است با چگالی پایین و تخلخل بالا که این ویژگی‌ها باعث شده است سنگ‌ها ظرفیت بالایی برای جذب آب داشته باشد. درصد جذب بالای آب به‌همراه چرخه‌های ذوب و انجماد باعث متلاشی شدن آن می‌شود. سختی و مقاومت فشاری پایین این سنگ‌ها نیز باعث فرسایش‌پذیری سریع و دوام پایین آن‌ها برای متحمل شدن فشار روباره است. رشد و توسعه کلنی‌های زیستی از جمله گل‌سنگ‌ها به‌طور گسترده در سطح خانه‌ها دیده می‌شود که فعالیت آن‌ها به بافت سنگ آسیب می‌زند. همچنین در سال‌های اخیر به‌دلیل فعالیت‌های غیراصولی اهالی و انتقال آب و برق و گاز و غیره، خانه‌های سنگی مذکور با سرعت بیشتری در حال تخریب هستند.

واژه‌های کلیدی: روستای کندوان، زمین گردشگری، فرسایش، معماری صخره‌ای، هوازدگی

Creation and Destruction of Rock Houses of the Kandovan Village

Farideh Amini Birami[1], Ebrahim Asghari Kaljahi[2]

[1] M.Sc. Student in environmental geology, University of Tabriz

[2] Assistant professor of geology department, University of Tabriz

Abstract: Kandovan village, located in south of Ousku town of East Azerbaijan province, is one of the geotourism sites of Iran. Cone-shaped rocky houses in this village are exposed to various deterioration factors. Erosion and weathering along the fractured system have been among the most important factors of creating cone-shaped or conical rocks in Kandovan, however progress of erosion without any protection and restoration measures have been caused to deterioration. Microscopic studies revealed that rock mass, because of its unstable components along with the quality of poorly-sorted and well-rounded, has low durability and strength against destructive agents and imposed stresses. In addition, Kandovan rock mass has low density and high porosity which have resulted in the high absorption of water. This along with freezing-melting cycles has led to the disintegration of rocks. Low hardness and compressive strength of these rocks have increased their potential of credibility and lower their durability where overburden pressure occurs. The growth of biological colonies such as lichens whose activities can damage the rock texture, can be widely seen on the surface of the houses .In addition to above, these rocky houses are quickly destroyed by their inhabitants' non-standard construction activities in recent years.

Keywords: Kandovan Village, Geotourism, Erosion, Rocky architecture, weathering.

۱- مقدمه

سنگ از نخستین مصالح تمدن‌ساز بوده است، روزی به‌عنوان محل زندگی مانند غار و پناهگاه و روزی به‌عنوان مصالح معماری به صورتی که از آن برای ساخت کاخ و قلعه پادشاهان، بناهای مسکونی، نیایشگاه‌ها و غیره استفاده می‌شده است. با توجه به مکان مورد استفاده از سنگ و نوع کاربری آن، سنگ‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف تخریب قرار می‌گیرند. روستای کندوان تنها روستای صخره‌ای جهان است که هم‌اکنون نیز دارای سکنه بوده و زندگی در آن جریان دارد(مقیمی اسکویی و موسی‌زاده ۱۳۸۵، ۲۶). معماری صخره‌ای روستای کندوان در رابطه با خانه‌های طبیعی و مناظر اطرافش، زیبایی خاصی را آفریده که در تصویر (۱) نمایی از آن نشان داده شده است. این روستا در سیستم جهانیUTM [۱]، در زون 38S و در مختصات X = 610000 و Y = 4184000 قرار داشته و از نظر تقسیمات کشوری در شهرستان اسکو در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. ساکنین اولیه روستای کندوان، در روستای باستانی حیله‌ور ساکن بوده‌اند. بنا به روایات متعددی از جمله حمله مغول‌ها، اهالی از این روستا که حدود ۲ کیلومتر با کندوان فاصله دارد، کوچ کرده و در کندوان سکنی گزیده‌اند(وبگاه سازمان میراث فرهنگی استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۱).

تصویر ۱ : خانه‌های سنگی- مخروطی روستای کندوان (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲)

سالانه گردشگران داخلی و خارجی زیادی برای بازدید از این شاهکار مشترک طبیعت و انسان به کندوان مسافرت می‌کنند. به صورتی که گردشگری به مهم‌ترین منبع درآمد اهالی تبدیل شده است. روستای کندوان به‌عنوان بخش سنگی طبیعت به‌واسطه عوامل زمین‌شناسی و طبیعی شکل گرفته است. این پدیده کم‌نظیر طبیعی و انسانی به‌واسطه عوامل مختلفی در حال تخریب است. لذا لزوم شناخت عوامل مخرب آن به‌عنوان مطالعات زمینه برای اقدامات حفاظتی و مرمتی بیش از پیش احساس می‌شود.

از مهم‌ترین عوامل مخرب بناهای سنگی، هوازدگی می‌باشد. فرایند هوازدگی به دو گروه کلی، فیزیکی و شیمیایی تقسیم می‌شود. در اثر فرایندهای گروه اول، سنگ‌ها بدون تغییر در ترکیب شیمیایی، به قطعات کوچکتر شکسته و خرد می‌شوند. در فرایندهای گروه دوم، سنگ‌ها علاوه بر این‌که دچار تغییرات فیزیکی می‌گردند، تغییراتی نیز در ترکیب شیمیایی آن‌ها حاصل شده که موجبات تجزیه شدن و از هم پاشیدگی آن‌ها فراهم می‌گردد (خانلری۱۳۷۷، ص ۱۲۰). معمولاً این فرایندها در کنار هم و به کمک یکدیگر منجر به هوازدگی سنگ می‌شوند (P , Cook and Doornkamp 1990 316)، علاوه بر این‌ها، هوازدگی بیولوژیکی نیز نوع دیگری از هوازدگی است که توسط موجودات زنده صورت می‌پذیرد؛ مانند تغییراتی که بر اثر ریسه گیاهان، قارچ‌ها، گل‌سنگ‌ها و غیره در زمین ایجاد

می‌شوند(خانلری۱۳۷۷ ؛ Sawyer 1989, P.3). مطالعه حاضر، سعی دارد تا عوامل طبیعی و غیرطبیعی دخیل در شکل-گیری و تخریب خانه‌های سنگی- مخروطی‌شکل روستای کندوان را معرفی کند. بررسی کلی عوامل مخرب آثار سنگی می‌تواند یک خط مشی کلی برای حفاظت‌گران آثار تاریخی ایجاد نماید تا با بررسی عوامل، راهکارهایی جهت حفاظت و جلوگیری از فرسایش و تخریب اتخاذ نمایند.

۲- مواد و روش‌ها

عوامل کنترل‌کننده رفتار سنگ‌ها در برابر عوامل مخرب از جمله هوازدگی به دو گروه عوامل درونی شامل خواص و ویژگی‌های ذاتی سنگ مانند ترکیب کانی‌شناسی، صفحات ضعیف، شکستگی‌های داخل سنگ، اندازه دانه، شکل دانه‌ها نوع اتصال دانه ها به یکدیگر، فضاهای خالی، گونه سنگ و عوامل بیرونی شامل فرایندهایی که محیط اطرف سنگ در یک محدوده از زمان بر سنگ تأثیر می‌گذارند، مانند شرایط اقلیم و آب و هوا تقسیم‌بندی می‌شوند. جهت بررسی عوامل درونی موثر بر تخریب توده سنگ اقدام به مطالعات میدانی، پتروگرافی، آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی روی توده سنگ روستای کندوان شده که نحوه بررسی در ادامه ارائه گردیده است.

۲-۱- مطالعات میدانی

با بررسی سیستم درز و شکستگی توده سنگ کندوان، سه دسته درز اصلی شناسایی شد که این عامل از نظر نحوه شکل‌گیری و تخریب خانه‌های مخروطی اهمیت دارد. علاوه بر این، در مطالعات میدانی عوامل مخرب انسانی و رشد گسترده کلونی‌های زیستی در سطح خانه‌ها به‌عنوان عامل هوازدگی بیولوژیکی آن‌ها شناسایی شده است (تصویر ۲). ریسه گیاهانی مانند گل‌سنگ‌ها و خزه‌ها به‌واسطه نفوذ در بافت سنگ و ترشح اسیدهای آلی به‌تدریج باعث هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگ می‌شوند (Chen et al., 2000, PP 130-124 و Warscheid and , P 350 Braams, 2000 و Topal and Sozmen, 2003 , 209-208).

تصویر ۲ : رشد کلنی‌های زیستی در سطح خانه‌های سنگی روستای کندوان

۲-۲- مطالعات سنگ‌شناسی

بررسی‌های سنگ‌شناسی اطلاعاتی از ترکیب کانی‌شناسی، ابعاد و شکل کانی‌ها، نحوه پراکندگی ریزترک‌های سنگ و غیره می‌دهد. متداول‌ترین روش برای مطالعات این ویژگی‌ها، استفاده از مقاطع نازک میکروسکوپی است. لذا برای انجام مطالعات سنگ‌شناسی از توده سنگ روستای کندوان مقاطع نازک تهیه شده است.

۲-۳- آزمایشات فیزیکی و مکانیکی

آزمایشات فیزیکی و مکانیکی سنگ این امکان را فراهم می‌کنند تا میزان حساسیت آن را در برابر تنش‌های وارد شده از قبیل انبساط و انقباض، فشار روباره، فرسایش، جذب آب و غیره تعیین شود. جهت تعیین حساسیت توده سنگ خانه‌ها، ویژگی‌های فیزیکی شامل چگالی، تخلخل، درصد جذب آب و ضریب اشباع سنگ هرکدام بر روی ۳ نمونه سالم با وزن تقریبی ۵۰ گرم و ویژگی‌های مکانیکی شامل سختی و مقاومت فشاری تک‌محوری به‌وسیله چکش اشمیت بر قسمت‌های سالم سنگ تشکیل‌دهنده خانه‌های روستا براساس استانداردهای ISRM و ASTM به شرح زیر اندازه‌گیری شده است.

الف- تعیین چگالی و تخلخل

چگالی (جرم مخصوص) سنگ تابع حجم منافذ، درز و شکاف‌ها و سایر فضاهای خالی موجود در سنگ می‌باشد. چگالی سنگ به صورت‌های مختلفی بیان می‌شود که در طبقه‌بندی‌های مهندسی طبق رابطه (۱) از چگالی خشک استفاده می‌شود. چگالی خشک (ρ_d) جرم واحد حجم سنگ در حالت خشک می‌باشد که در آن M_S وزن خشک نمونه‌ها و V_t حجم کل نمونه‌ها است که به روش موم اندود کردن و غوطه‌ورسازی به‌دست می‌آید.

$$\rho_d=M_s/V_t \qquad (۱)$$

تخلخل کل[۲]، نسبت حجم کل منافذ موجود در سنگ به حجم کل نمونه است. تخلخل کل در حالت کلی به‌صورت رابطه (۲) بیان می‌شود. برای محاسبه تخلخل سنگ از روش اشباع نمونه و شناورسازی استفاده شده است. برای انجام این آزمایش، ۱۰ قطعه سنگ با حداقل وزن ۵۰ گرم را انتخاب کرده و سطح آن‌ها شسته می‌شود تا گرد و خاک روی آن باقی نماند. نمونه‌های سنگ در شرایط خلأ و با مکش ۸۰۰ پاسکال به مدت حداقل یک ساعت اشباع شده و وزن اشباع سنگ (M_{sat}) به‌دست آمده است. سپس سنگ‌ها به داخل یک سبد توری منتقل و در آب غوطه‌ور می‌شوند تا وزن غوطه‌وری نمونه اندازه گرفته شود (M_{sub}). آنگاه نمونه‌ها داخل گرم‌خانه با حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شوند و وزن خشک آن‌ها تعیین می‌شود. برای به‌دست آوردن تخلخل، ابتدا حجم کل نمونه و فضاهای خالی را طبق روابط (۳) و (۴) به‌دست آورده و آن‌ها را در رابطه (۲) جای‌گذاری می‌کنند. هرچه سنگی دارای چگالی پایین و تخلخل بالا باشد، مقاومت آن در برابر عوامل و تنش‌های وارده مانند ناشی از انبساط و انقباض کاهش می‌یابد(ISRM, 1981).

$$\text{تخلخل کل} = (V_v/V)\times 100 \qquad (۲)$$

$$V= (M_{sat}- M_{sub})/ \rho_w \qquad (۳)$$

$$V_v= (M_{sat} -M_s)/ \rho_w \qquad (۴)$$

ب- درصد جذب آب[۳]

درصد جذب آب، میزان توانایی یک سنگ برای جذب آب را نشان می‌دهد که مقدار آن به نوع کانی‌های تشکیل‌دهند و تخلخل سنگ وابسته است. هرچه سنگی دارای مقادیر بالایی از کانی‌های رسی و تخلخل باشد، توانایی جذب آب و آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت. برای به‌دست آوردن این کمیت ابتدا نمونه سنگ را در گرم‌خانه ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و وزن خشک (M_S) آن به دست آورده می‌شود، سپس آن را به مدت ۲۴ ساعت در آب اشباع کرده و وزن اشباع (M_{sat}) آن نیز به‌دست آورده و با استفاده از رابطه (۵) درصد جذب آب محاسبه می‌شود (BSI, 1975).

$$\text{درصد جذب آب} = (M_{sat}- M_s) \times 100/ M_s \qquad (۵)$$

ج- ضریب اشباع سنگ[4]

ظرفیت طبیعی سنگ برای جذب آب، ضریب اشباع نامیده می‌شود. یک سنگ با ضریب اشباع آب بالای ۰/۸ دوام خیلی پایینی نسبت به فرایند ذوب و انجماد متوالی دارد(Anon, 1975). برای به‌دست آوردن ضریب اشباع سنگ، ابتدا آن را به مدت ۲۴ ساعت در گرم‌خانه ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک کرده و وزن خشک آن به‌دست می‌آید. سپس نمونه‌های سنگ را به مدت ۲۴ ساعت در آب سرد غوطه‌ور ساخته و وزن اشباع اندازه‌گیری می‌شود. نمونه-های اشباع به مدت ۵ ساعت در آب جوشانده می‌شوند تا آب به داخل تمام منافذ سنگ نفوذ نماید و سپس وزن آن دوباره اندازه‌گیری شده و ضریب اشباع طبق رابطه (۶) محاسبه می‌شود(Topal and Doyuran, 1997, PP 175- 187 و TS 699, 1987).

$$S= (W_c-W_d) / (W_b-W_d) \qquad (۶)$$

در این رابطه W_d وزن خشک نمونه، W_c وزن اشباع در آب سرد و W_b وزن اشباع در آب جوش می‌باشد.

د- سختی سنگ[5]

سختی سنگ تابعی از عوامل ذاتی متفاوتی چون نوع کانی، ابعاد دانه‌ها، چسبندگی مرزی کانی‌ها، مقاومت و رفتار الاستیک و پلاستیک سنگ می‌باشد. ترکیب و اندرکنش این عوامل، تعیین‌کننده سختی یک سنگ است. یک روش اندازه‌گیری سختی در محل استفاده از چکش اشمیت می‌باشد. در این روش، نوک چکش روی سطح صاف سنگ قرار گرفته و ضربه اعمال می‌شود. میزان واجهش چکش قرائت شده و به‌عنوان مقیاسی برای تعیین سختی استفاده می‌شود. سختی اشمیت، کاربردهای مختلفی در طبقه‌بندی‌سنگ‌ها و تعیین خواص مهندسی آن‌ها دارد. در یک طبقه‌بندی که توسط Brand و Philipsonm در سال ۱۹۸۴ انجام گرفته است، سنگ‌ها براساس سختی چکش اشمیت از نظر شدت هوازدگی به ۶ گروه طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۱). سختی اشمیت با مقاومت فشاری تک-محوری که نشان‌دهنده مقاومت یک سنگ برای متحمل شدن فشار در یک جهت است، نسبت مستقیم دارد (ISRM, 1978) و (فهیمی فر و سروش، ۱۳۸۰، صفحات ۱۶۷- ۱۵۹). برای به‌دست آوردن سختی توده سنگ خانه‌های روستا در چندین نقطه روی آن‌ها اقدام به اندازه‌گیری سختی با چکش اشمیت شده است (تصویر ۳).

جدول ۱ : شاخص درجه هوازدگی براساس عدد چکش اشمیت (Brand and Philipsonm., 1984)،
(هر عدد واجهش برابر با $10\ kg/cm^2$ می‌باشد)

درجه	توصیف
تازه	عدد واجهش اشمیت حدود۶۰ است، نشانه‌ای از رنگ‌برگشتگی ندارد.
کمی هوازده	عدد واجهش اشمیت بیش از ۴۵ و کمتر از ۶۰ است، تغیر رنگ در امتداد ناپیوستگی ها آغاز شده و به‌صورت جزئی به داخل سنگ نفوذ کرده است.
نیمه هوازده	عدد واجهش اشمیت حدود ۲۵ تا ۴۵ است، تغییر رنگ داده است، هوازدگی در ناپیوستگی‌ها نفوذ کرده است.
خیلی هوازده	عدد واجهش اشمیت تا ۲۵ است، تغییر رنگ شدید داده است. تمام سنگ تغییر رنگ داده است هسته‌هایی از سنگ ممکن است هوانزده وجود داشته باشد.
کاملا هوازده	با چکش اشمیت هیچ واجهشی ندارد، سنگ تجزیه شده است.
خاک برجا	سنگ کاملاً تغییر رنگ داده و تجزیه شده است. با دست به‌سادگی خرد می‌شود. ظاهری ترد و از هم پاشیده دارد.

تصویر . ۳ : اندازه‌گیری سختی واجهشی سنگ با چکش اشمیت

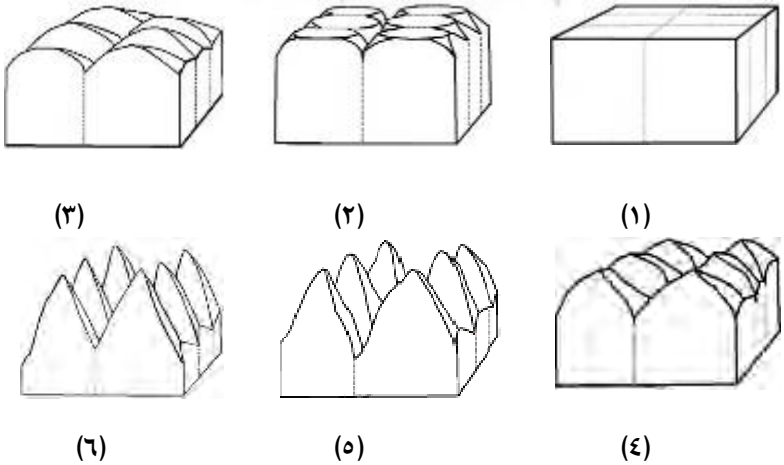
۳- نتایج و بحث

۳-۱- شرایط اقلیمی منطقه

منطقه کندوان دارای اقلیم سرد و خشک بوده و به‌طور متوسط دمای هوا در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند به زیر صفر و در برخی سال‌ها تعداد روزهای یخبندان به ۲۰۰ روز در سال بالغ می‌شود. بنابراین، خانه‌های سنگی روستا به‌صورت مداوم تحت تأثیر فرایند ذوب و انجماد، منبسط و منقبض می‌شوند. براساس بررسی‌های هواشناسی، میانگین حداقل دمای سالیانه ۳- درجه و حداکثر مقدار آن ۱۹ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، عوامل مخرب سنگ‌های مخروطی،شکل روستا را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

۳-۲- نقش شکستگی سنگ‌ها در شکل‌گیری و تخریب خانه‌ها

آتشفشان سهند هنگام فعالیت خود مانند جزیره‌ای به‌وسیله دریایی کم‌عمق احاطه شده بود. مواد خارج شده از آن در این حوضه کم‌عمق ته‌نشین‌شده و رسوبات یک‌پارچه آذرآواری با نام ایگنیمبریت [۶] را به‌وجود آوردند (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۵۶، ص۵۲). با توجه به بررسی‌های محلی انجام شده هوازدگی و فرسایش ناشی از عوامل طبیعی مثل باران، برف، باد و غیره در امتداد سه دسته شکستگی اصلی ایجاد شده در این توده سنگ ایگنیمبریتی، باعث ایجاد شکل مخروطی خانه‌های سنگی این روستا شده است (امینی بیرامی و همکاران، ۱۳۹۱ ، ص ۴). مراحل شکل‌گیری سنگ‌های مخروطی‌شکل را می‌توان به‌صورت تصویر (۴) تجسم کرد. شکستگی‌ها به‌عنوان سطوح ضعف توده سنگ این امکان را فراهم نموده‌اند که با هوازدگی و فرسایش در امتداد آن‌ها، خانه‌های مخروطی‌شکل ایجاد شوند اما ادامه این فرایندها، شکستگی‌ها را به محل مناسبی برای نفوذ آب‌های جوی به داخل خانه‌ها تبدیل کرده است که افزایش رطوبت داخل خانه‌ها باعث تخریب آن‌ها می‌شود(تصویر ۵).

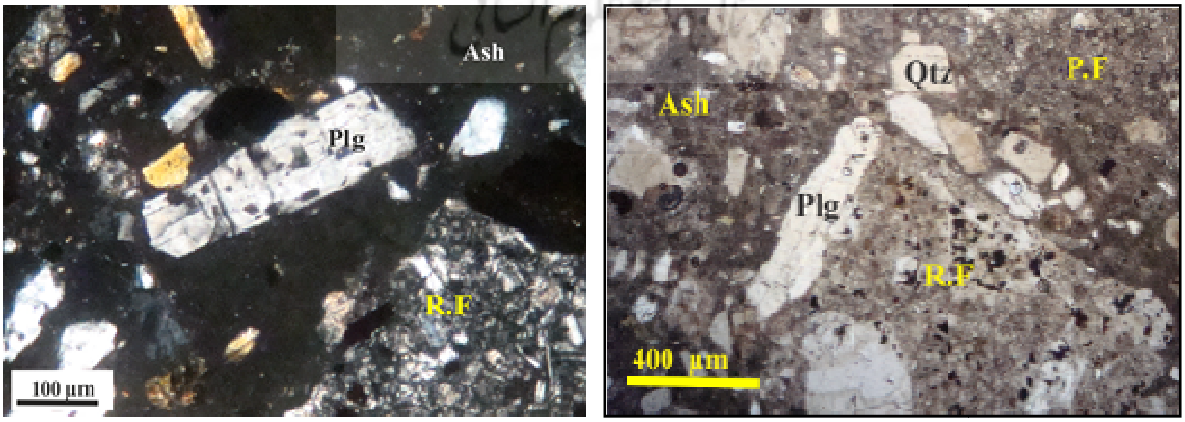


تصویر . ۴ : طرح شماتیک از مراحل شکل‌گیری خانه‌های سنگی- مخروطی روستای کندوان (امینی بیرامی و همکاران، ۱۳۹۱ ، ص ۴)

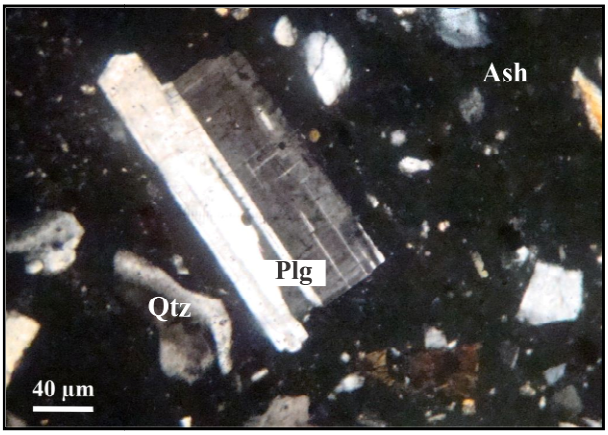
تصویر . ۵ : نفوذ آب در امتداد شکستگی‌ها به داخل توده سنگ

۳-۳- مطالعات سنگ‌شناسی

براساس مقاطع میکروسکوپی تهیه شده، جنس سنگ خانه‌های روستای کندوان، ایگنیمبریت می‌باشد. این نوع سنگ یک سنگ آذرآواری شامل مخلوطی از قطعات سنگی و پامیس بوده و تک‌کانی‌ها شامل پلاژیوکلاز، آمفیبول و پیروکسن، کوارتز و شیشه آتشفشانی است (تصویرهای ۶ و ۷). ویژگی‌های سنگ‌شناسی یک سنگ شامل نوع کانی‌ها، اندازه و شکل دانه‌ها از عوامل درونی مؤثر در تخریب یک سنگ هستند (Erosy and Waller, 1995). سنگ-هایی که دارای درصد بالایی از کانی‌های مربوط به اواخر سری تبلور ماگما هستند (مانند کوارتز) مقاومت بالایی دارند، همچنین سنگ‌هایی که دارای یکنواختی اندازه دانه‌ها یا جورشدگی خوب، دانه‌هایی با گردشدگی پایین هستند به‌دلیل افزایش سطح تماس دانه‌ها و درجه درهم شدگی بالا وقتی تحت تأثیر فشار قرار می‌گیرند، این فشار در سطح بیشتری توزیع شده و اثر مخرب کمتری خواهد داشت. توده سنگ روستای کندوان به‌خاطر داشتن درصد بالایی از کانی پلاژیوکلاز و قطعات پامیس که در حضور آب هوازده شده و مقاومت خود را از دست می‌دهند، همچنین جورشدگی ضعیف به صورتی که محدوده اندازه دانه‌ها از چند سانتی‌متر تا میکرون را شامل می‌شود و به-دلیل این‌که اجزای تشکیل دهنده آن گردشده هستند، مقاومت و دوام پایینی دارند.



تصویر . ۶ : مقاطع میکروسکوپی از توده سنگ کندوان – نور معمولی (راست)، نور پلاریزان (چپ)
(R.F: قطعات سنگ، P.F : قطعات پامیس، Ash : خاکستر، Qtz : کوارتز، Plg : پلاژیوکلاز).



تصویر ۷ . درشت‌بلور کانی پلاژیوکلاز، کوارتز و شیشه آتشفشانی – نور پلاریزان

۳-٤- ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی براساس استانداردهای شرح داده شده در بخش مواد و روش‌ها بر نمونه‌های سالم سنگ انجام گردیده و نتایج حاصل در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ : نتایج آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی انجام شده روی توده سنگ کندوان

کمیت	تعداد نمونه‌ها	روش آزمایش	مقدار	واحد
چگالی خشک	۳	ISRM, 1981	۱/۵۰	gr/cm^3
تخلخل	۳	ISRM, 1981	۴۵ – ۵۰	%
درصد جذب آب	۳	BSI, 1975	۱۰~۱۲	%
ضریب اشباع سنگ	۳	TS 699, 1981	> ۰/۸	–
سختی	سطح سالم خانه‌ها	ISRM, 1978	۲۰۰ – ۲۵۰	kg/cm^2
مقاومت فشاری تک-محوری	سطح سالم خانه‌ها	ISRM, 1978	۲۰۰ – ۲۵۰	kg/cm^2

با توجه به نتایج فوق، توده سنگ کندوان سنگی است با چگالی (وزن مخصوص) پایین و تخلخل بالا که این ویژگی‌ها باعث شده است سنگ در حضور آب باران و برف، ظرفیت زیادی برای جذب آب داشته باشد. درصد جذب بالای آب به‌همراه چرخه‌های ذوب و انجماد متوالی باعث متلاشی شدن بافت سنگ می‌شود. با هر انجماد و ذوب، آب به عمق بیشتری از سنگ نفوذ کرده و به حجم بیشتری از آن آسیب می‌زند. خصوصاً این‌که داشتن ضریب اشباع بیش از ۰/۸ حساسیت بالای سنگ به انجماد را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر ۸ نشان داده شده است، نتیجه این فرایندها پوسته‌پوسته شدن سنگ و ریزش سطح خانه‌ها شده است. براساس طبقه‌بندی Brand و Philipsonm (۱۹۸۴) در حالت کلی توده سنگ کندوان نیمه هوازده تا خیلی هوازده است، بنابراین اجزای آن جوش‌خوردگی پایینی دارند و در برابر عوامل فرسایشی به‌شدت فرسایش می‌یابد.

تصویر . ۸ : تصاویری از پوسته پوسته شدن سنگ و ریزش سطح خانه‌ها

همان‌طور که ذکر شد، رابطه مستقیمی بین سختی اندازه‌گیری شده با چکش اشمیت و مقاومت فشاری تک-محوری سنگ وجود دارد. بنابراین، سنگ تشکیل‌دهنده خانه‌های روستای کندوان استحکام پایینی برای تحمل فشارهای وارده دارند. با توجه به این‌که ساکنان روستا برای افزایش فضای داخل خانه‌ها، حفاری‌های جدیدی را از سمت داخل خانه‌ها انجام می‌دهند، ضخامت دیواره خانه‌ها کمتر شده و و با از دست رفتن قدرت تحمل سنگ، تخریب‌ها افزایش یافته و دیواره فرو می‌ریزد.

۳-۵- عوامل مخرب انسانی

روستای کندوان علاوه بر معماری کم‌نظیر خانه‌های روستایی به‌سبب آب و هوای مناسب کوهستانی، مراتع سرسبز، آب معدنی گوارا و محیط آرام، سالانه پذیرای گردشگران داخلی و خارجی زیادی است. پدیده گردشگری ضمن این‌که توسعه و پیشرفت را برای منطقه به ارمغان آورده ولی آسیب‌های جدی هم به روستا وارد می‌سازد. علاوه بر تراکم بالای جمعیت به‌خصوص در ایام تعطیلات، آلودگی هوای ناشی از تردد وسایل نقلیه گردشگران و رهاسازی زباله‌ها از مهم‌ترین عواقب عدم مدیریت صحیح گردشگری است.

همچنین اهالی روستا به‌منظور آب و برق‌رسانی به خانه‌ها اقدام به حفاری، مدفون‌سازی لوله و نصب ستون و تیرک کرده‌اند که این عمل نیز به بقای خانه‌های سنگی آسیب زده است. کندن بیشتر داخل خانه‌ها به‌منظور افزایش فضای زندگی، احداث دیوار با مصالح جدید، نصب در و پنجره فلزی نیز باعث بر هم زدن چهره طبیعی و معماری صخره‌ای روستا شده است (تصویر ۹).

تصویر . ۹ : تصاویری از بر هم خوردن چهره طبیعی روستا به‌واسطه فعالیت‌های انسانی

۴- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی عوامل مخرب سنگ‌های مخروطی روستای کندوان را می‌توان به هوازدگی فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و عوامل انسانی تقسیم‌بندی کرد. سست بودن توده سنگ، فرسایش و هوازدگی در امتداد شکستگی‌ها، مهم‌ترین عامل ایجادکننده شکل مخروطی سنگ‌های روستای کندوان است. وجود شکستگی‌ها به‌عنوان سطوح ضعف توده سنگ و سختی پایین آن باعث تشدید فرسایش در امتداد شکستگی‌ها شده است. شرایط اقلیمی حاکم در منطقه به‌عنوان یک عامل بیرونی، تداوم چرخه‌های انجماد- ذوب آب در سنگ را به‌دنبال داشته است. افزایش حجم ناشی از انجماد آب موجود در منافذ سنگ عامل هوازدگی فیزیکی و وجود آب به عنوان یک عامل شیمیایی باعث هوازدگی شیمیایی سنگ شده است. ویژگی‌های فیزیکی خاص توده سنگ کندوان از جمله چگالی پایین، تخلخل و درصد جذب آب بالا فرایندهای هوازدگی را تشدید می‌کنند.

کلنی‌های زیستی مهم‌ترین عامل هوازدگی بیولوژیکی توده سنگ کندوان می‌باشند که با نفوذ ریسه آن‌ها در سنگ و ترشح اسیدهای آلی به‌تدریج سنگ را تخریب می‌کنند. هرچند که در سال‌های اخیر به‌دلیل فعالیت‌های انسانی نامناسب، تخریب سنگ‌های خانه‌ها از روند طبیعی خارج شده و سرعت بیشتری پیدا کرده است، ولی خوشبختانه اخیراً سازمان میراث فرهنگی استان آذربایجان شرقی اقدام به تعیین محل و ساخت شهرک مسکونی در محل دیگری نموده که انتظار می‌رود با انتقال اهالی به آن محل شاهد کاهش عوامل مخرب انسانی باشیم. اما این بدین معنی نیست که برای حفظ این معماری صخره‌ای نیاز به اجرای طرح‌های حفاظت و مرمت سنگ وجود ندارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵- پی‌نوشت‌ها

1- Universal Transverse Mercator coordinate system
2- Total Porosity
3- Water absorption
4- Saturation coefficient
5- Rock hardness
6- Ignimbrite

٦- منابع

امینی بیرامی، فریده؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم و حاجی‌علیلو بناب، مسعود؛ (۱۳۹۱) «بررسی نقش ساختارهای زمین‌شناسی در تشکیل و تخریب مخروطهای سنگی روستای گردشگری کندوان»، نخستین همایش میراث زمین‌شناختی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. مجموعه مقالات ژئوتوریسم سازمان زمین‌شناسی کشور.

خانلری، غلامرضا؛ (۱۳۷۷)« زمین‌شناسی مهندسی»، همدان: انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، شماره ۱۲۶.

فهیمی‌فر، احمد و سروش، حامد ؛ (۱۳۸۰) « آزمایش‌های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها»، آزمون‌های آزمایشگاهی انتشارات آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، جلد اول، ۷۱۹ صفحه.

معین وزیری، حسین و امین سبحانی، ابراهیم؛ (۱۳۵۶) «سهند از نظر ولکانولوژی و ولکانوسدیمانتولوژی». چاپ دانشگاه تربیت معلم تهران.

مقیمی اسکویی، حمید رضا و موسی زاده، اسفندیار. (۱۳۸۵)، اسکو از ساحل دریاچه ارومیه تا قله سهند با تاکید بر جاذبه‌های توریستی کندوان، شهرداری اسکو.

Anon, P.; (1975) « Testing porous building stone : Stone Handbook ». Architects J. 13, 337-339.Brand, W. E. and Philipsonm, H. B.; (1984) «Site Investigation and Geotechnical Engineering Practice in Hong Kong», Getech. Eng. (J. Southeast Asian Geotech. Soc.), Sci. 2, 105.

BSI; (1975) «Testing aggregates: Part 2. Methods for determining the physical properties». British Standards Institution (BS812), 20 pp.

Chen, J., Blume, H. P. and Beyer, L.; (2000) «Weathering of rocks induced by lichen colonization - a review» , Catena 39, 121–146.

Cook, R. U. and Doornkamp, J. C.; (1990) «Geomorphology in environmental management» Oxford.

Ersoy, A. and Waller, M. D. (1995) «Textural characterization of rocks », Engineering Geology, 39, pp. 123-136. http://www.eakandovan.ir/articles, received : 16/3/2012

ISRM; (1978) «Commission on Testing Methods, Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks », Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomechanic Abstr. 15 (3): 97 – 103.

ISRM; (1981) «Rock Characterization, Testing and Monitoring », Pergamon Press, Oxford, 211 pp.

Sawyer, K. E.; (1989) « Landscape Studies (An introduction to geomorphology) », Arnold, Second edition.

Topal, T. and Sozmen, B.; (2003) « Deterioration mechanisms of tuffs in Midas monument», Engineering Geology 47, pp 175-87.

Topal, T., and Doyuran, V.; (1997) « Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff », Engineering Geology 68, 201–223.

TS699; (1987) « Dogal yapi taslari» , Turk Standartlari Enstitusu, TS2513, 6 pp.

Warscheid, Th. and Braams, J.; (2000) «Biodeterioration of stone: a review», International Biodeterioration and Biodegradation 46, pp 343-368.