



بررسی رابطه بین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی برخی از سنگ های آذرین معدن سنگ آهن سنگان خواف

علی قاسم پور^۱، غلامرضا لشکری پور^{۲*}، محمد غفوری^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

ghasempouramirarsalan7522@gmail.com

۲. استاد، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، lashkaripour@um.ac.ir

۳. استاد، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، ghafoori@um.ac.ir

*مسئول مکاتبات

چکیده

تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ بکر در پروژه های عمرانی که با سنگ سر کار دارند از اهمیت چشمگیری برخوردار است و در مراحل اولیه اجرای سازه های مهندسی مد نظر قرار می گیرد. برای این منظور مغزه های از ۱۹ نمونه سنگ آذرین شامل گرانیت، گرانودیوریت و داسیت از معدن سنگ آهن سنگان خواف تهیه شد و آزمایش های مختلف فیزیکی و مکانیکی در آزمایشگاه زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. با بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی انواع سنگ ها، می توان نتیجه گرفت که خصوصیات سنگ های مورد مطالعه با هم همبستگی قابل قبولی ندارند. این نکته نیز قابل ذکر است که بهترین همبستگی بین مقاومت فشاری تک محوره اشباع با تخلخل می باشد که میزان همبستگی این شاخص ۰/۶۵ می باشد.

کلمات کلیدی: خواص فیزیکی، مقاومت فشاری تک محوره، سنگ های آذرین، معدن سنگان خواف

۱- مقدمه

تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ بکر در پروژه های عمرانی که با سنگ سر کار دارند از اهمیت ویژه ای برخوردار است و در مراحل اولیه اجرای سازه های مهندسی مد نظر قرار می گیرد. اندازه گیری این پارامترها معمولاً با استفاده از آزمایشات مکانیک سنگ صورت می گیرد. با توجه به اینکه اکثر پروژه ها بر روی توده های سنگی و یا درون آن ها اجرا می گردد. لذا برای تحلیل پایداری، طراحی و اجرای پروژه ها، آگاهی از خواص مهندسی سنگ ها به ویژه مقاومت آن ها ضروری می باشد. اما آماده سازی نمونه برای آزمایشات آزمایشگاهی به منظور تعیین پارامترهای مقاومتی زمان بر و پرهزینه است [1]. خصوصیات فیزیکی سنگ ها از قبیل چگالی و تخلخل نقش مهمی در تعیین خصوصیات مکانیکی و دینامیکی سنگ ها دارند. مطالعاتی توسط تامراکار و همکاران در سال ۲۰۰۷ به همین منظور بر روی ماسه سنگ های منطقه ای در کشور نپال صورت گرفته است، نشان



می دهد که پارامترهای مکانیکی به شدت متأثر خصوصیات فیزیکی آن ها است [2]. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص ویژگی های مهندسی سنگ ها صورت پذیرفته که منجر به ارائه معادلات مختلفی در رابطه با خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در سازند های مختلف زمین شناسی گردیده است [3]. با توجه به اهمیت پایداری شیب ها در این نوع سنگ ها و افزایش ساخت و ساز، نمونه برداری از سنگ ها مورد مطالعه صورت گرفته است و با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات بر روی نمونه های جمع آوری شده مقادیر مربوط به پارامتر های مختلف فیزیکی و مکانیکی ارائه شده است. به همین منظور در این مقاله نقش و ارتباط مهم ترین خواص فیزیکی (چگالی، تخلخل و درصد جذب آب) با مقاومت فشاری تک محوره در سنگ های گرانیت، گرانودیوریت و داسیت مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی معدن

معدن سنگ آهن سنگان خواف در فاصله ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی خواف و ۱۸ کیلومتری شمال شرقی شهر سنگان قرار دارد و در محدوده ای با طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۶۰ درجه شرقی و ۲۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی در نزدیک مرز افغانستان واقع شده است. معدن سنگ آهن سنگان خواف در کمربند آتشفشانی-پلوتونیک خواف-کاشمر- بردسکن قرار دارد. این کمربند با روندی شرقی غربی و بار طول بیش از ۳۵۰ کیلومتر و عرض متغیر از ۱۵ تا ۸۰ کیلومتر از افغانستان در شرق تا بیارجمند در غرب در شمال گسل دررونه گسترش دارد. در محدوده معدن سنگان، سنگ های توف آندزیتی، داسیت، داسیت های بیوتیت دار، داسیت آمفیبول دار، داسیت پیروکسن دار، کوارتزلاتیت، ریولیت، توف ریولیتی و گرانیت و گرانودیوریت موجود می باشند. پس از انجام عملیات اکتشافی تفصیلی میزان ذخیره زمین شناسی معدن ۵۴۱ میلیون تن و ذخیره قطعی آن ۳۲۲ میلیون تن تخمین زده شده است.

۳- مواد و روش

برای دست یابی به اهداف این پژوهش، طی بازدید از معدن سنگ آهن سنگان خواف، مغزه های از ۱۹ نمونه سنگ آذرین تهیه شد و آزمایش های مختلف فیزیکی و مکانیکی در آزمایشگاه زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. از جمله آزمایشات فیزیکی انجام شده می توان به چگالی خشک و اشباع، تخلخل و درصد جذب آب اشاره نمود و از آزمایشات مکانیکی انجام شده می توان به مقاومت فشاری تک محوره اشاره نمود که تمام این آزمایشات بر اساس استاندارد (ISRM, 1981) انجام شده است که در ادامه هر یک از آزمایشات توضیح داده شده است.



۱-۳- خصوصیات فیزیکی

با توجه به مطالعاتی که تاکنون بر خصوصیات دینامیکی و مکانیکی سنگ ها انجام شده است، یکی از پارامترهای موثر بر این خصوصیات، که کاربرد قابل ملاحظه ای در پیش بینی رفتار آنها دارد خصوصیات فیزیکی آنها می باشد. از جمله خصوصیات فیزیکی سنگ ها می توان به تخلخل، چگالی و درصد جذب آب اشاره کرد [4]. هر نوع سنگ، دارای ویژگی خاص فیزیکی مربوط به خود است که متاثر از منشاء و فرایند های متداول زمین شناسی می باشد که در طول زمان بر آن حادث شده است. خواص فیزیکی سنگ بکر به ریزساختارهای آن بستگی دارد، این ریز ساختارها شامل کانی ها، رخ، مرزهای دانه ای و ریز شکست ها می باشد. ریزشکست بر روی مقاومت سنگ و جهت شکست تاثیر می گذارد [5]. برای تعیین خواص فیزیکی نمونه های مورد آزمایش ابتدا نمونه ها را در دستگاه خلاء به مدت ۲ ساعت اشباع شد و سپس وزن نمونه در حالت اشباع و مستغرق با استفاده از ترازوی ارشمیدوس اندازه گیری شد. بعد از آن نمونه ها را در گرم خانه با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و وزن خشک آن ها اندازه گیری شد و با استفاده از وزن خشک و اشباع و مستغرق خواص فیزیکی مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج مقادیر بدست آمده از آزمون تعیین ویژگی های فیزیکی هر یک از نمونه های سنگ (گرانیت، گرانودیوریت و داسیت) در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج آزمایشات فیزیکی بر روی نمونه های سنگ گرانیت

نوع سنگ	تخلخل %	چگالی خشک (gr/cm ³)	چگالی اشباع (gr/cm ³)	درصد جذب آب
گرانیت ۱	۰/۲۸	۲/۷۰	۲/۷۰	۰/۱۰
گرانیت ۲	۰/۵۸	۲/۶۲	۲/۶۳	۰/۲۲
گرانیت 3	۱/۱۴	۲/۵۹	۲/۶۰	۰/۴۴
گرانیت ۴	۱/۵۵	۲/۶۰	۲/۶۱	۰/۶۰
گرانیت ۵	۱/۹۴	۲/۵۸	۲/۶۰	۰/۷۵
گرانیت ۶	۰/۵۶	۲/۶۴	۲/۶۴	۰/۲۱
گرانیت ۷	۱/۵۸	۲/۵۳	۲/۵۴	۰/۶۲
گرانیت ۸	۷/۹۶	۲/۴۴	۲/۵۲	۳/۲۷
گرانودیوریت ۱	۱/۴۸	۲/۵۸	2.59	0.57
گرانودیوریت ۲	۰/۴۳	۲/۶۰	2.61	0.17
گرانودیوریت ۳	۰/۴۴	۲/۶۱	2.62	0.17
گرانودیوریت ۴	۰/۹۰	۲/۶۱	2.62	0.34
داسیت ۱	۳/۳۳	۲/۵۵	2.58	1.31
داسیت ۲	۱/۶۱	۲/۶۱	2.63	0.62
داسیت ۳	۰/۸۳	۲/۵۷	2.58	0.32



0.20	2.61	۲/۶۱	۰/۵۲	داسیت ۴
0.60	2.67	۲/۶۵	۱/۶۰	داسیت ۵
0.15	2.58	۲/۵۸	۰/۴۰	داسیت ۶
0.22	2.60	۲/۵۹	۰/۵۷	داسیت ۷

۲-۳- خصوصیات مکانیکی

به منظور اجرای پروژه های مهندسی مانند احداث سدها، بهسازی توده های سنگی، تونل بری و طبقه بندی توده سنگ باید خصوصیات مکانیکی سنگ ها تعیین گردد [6]. تعیین و تحلیل خواص مکانیکی سنگ ها و توده های سنگی مهمترین بخش در هر پروژه زمین شناسی مهندسی می باشد [1]. از مهم ترین عواملی که بر خصوصیات مکانیکی سنگ ها تاثیر میگذارد می توان به ترکیب کانی شناسی و بافت، اندازه و شکل کانی ها، شکستگی های میکروسکوپی، میزان خلل و فرج، درجه آلتراسیون کانی ها، درجه قفل شدگی و نوع تماس بین دانه ها اشاره نمود [7]. یکی دیگر از عواملی که بر روی خصوصیات مکانیکی سنگ تاثیرگذار است نوع تماس بین کانی ها می باشد و کانی های که دارای مرز مضرس هستند دارای قفل شدگی بیشتر و در نتیجه تخلخل کمتر و مقاومت بالاتر می باشند [8]. آزمایش مقاومت فشاری تک محوره (ucs) مرسوم ترین آزمون آزمایشگاهی برای مطالعات سنگ بکر می باشد [9]. برای تعیین مقاومت فشاری تک محوری، نمونه هایی با نسبت طول به قطر 2 تا ۲.۵ تهیه شدند. سپس نمونه ها تحت شرایط بارگذاری تک محوری با سرعت ثابت (تنش ثابت) قرار گرفتند. در جدول (۲) نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوره در حالت خشک و اشباع بر روی نمونه سنگ های (گرانیت، گرانودیوریت، داسیت) مورد مطالعه ارائه گردیده است.

جدول ۲: نتایج مقاومت فشاری تک محوره سنگ های (گرانیت، گرانودیوریت و داسیت)

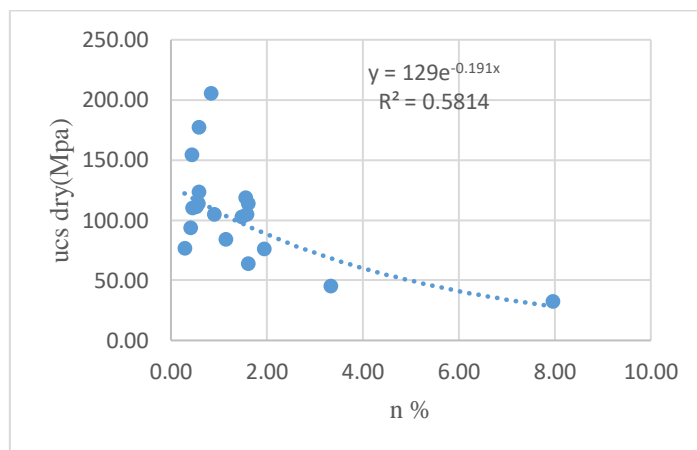
نوع سنگ	مقاومت فشاری تک محوره خشک (MPa)	مقاومت فشاری تک محوره اشباع (MPa)
گرانیت ۱	۷۶/۶۷	۶۵/۶۳
گرانیت 2	۱۲۳/۵۵	۱۱۶/۳۸
گرانیت 3	۸۳/۸۴	۷۵/۵۶
گرانیت 4	۱۱۸/۷۶	۹۶/۱۵
گرانیت 5	۷۵/۸۶	۶۷/۱۵
گرانیت 6	۱۱۳/۷۹	۹۸/۵۶
گرانیت 7	۱۰۴/۷۹	۹۲/۶۶
گرانیت ۸	۳۲/۵۴	۱۹/۵۲
گرانودیوریت ۱	۱۰۲/۵۹	۹۳/۷۶
گرانودیوریت ۲	۱۵۴/۴۳	۱۴۵/۶۱
گرانودیوریت ۳	۱۱۰/۳۱	۱۰۹/۷۶
گرانودیوریت ۴	۱۰۵/۰۸	۹۸/۸۷
داسیت ۱	۴۵/۲۳	۳۳/۰۹



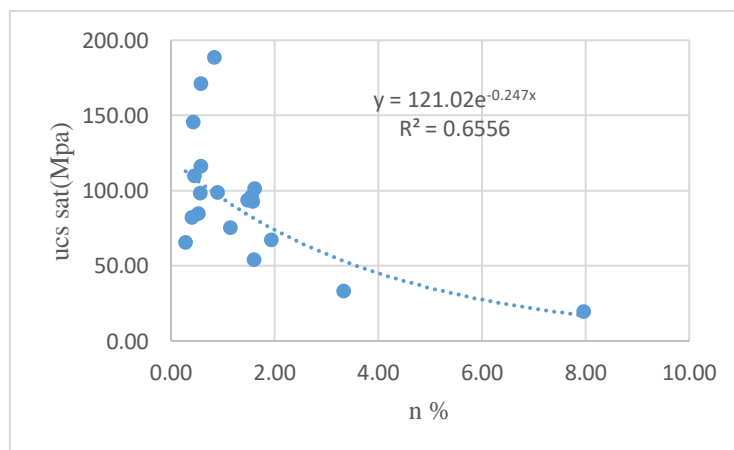
۱۰۱/۴۹	۱۱۳/۶۲	داسیت ۲
۱۸۸/۷۲	۲۰۵/۱۹	داسیت ۳
۸۴/۵۶	۱۱۱/۳۰	داسیت ۴
۵۴/۱۰	۶۴/۰۵	داسیت ۵
۸۲/۰۸	۹۳/۸۹	داسیت ۶
۱۷۱/۳۱	۱۷۷/۲۱	داسیت ۷

۳-۳- بررسی رابطه بین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی

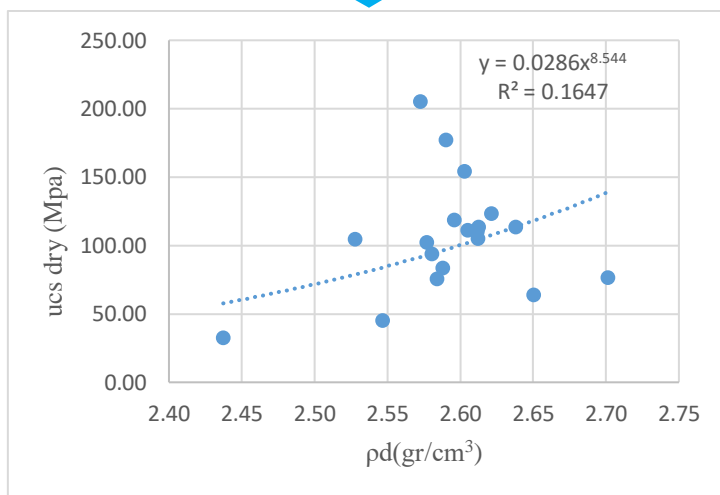
برای بدست آوردن رابطه بین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی به همبستگی این روابط با یکدیگر پرداخته شد. برای این منظور نتایج حاصل از مقاومت فشاری تک محوره نمونه ها (گرانیت، گرانودیوریت و داسیت) در مقابل تخلخل، چگالی خشک، اشباع و درصد جذب آب رسم گردید. نتایج آن ها در شکل ۱-۶ نشان داده شده است.



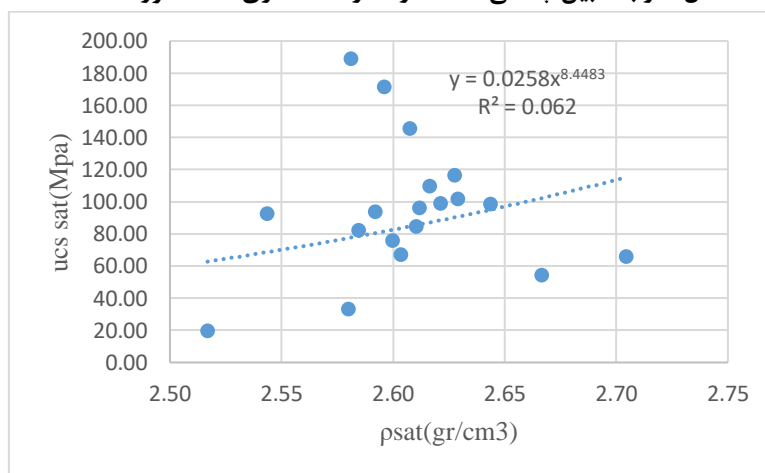
شکل ۱: ارتباط بین تخلخل و مقاومت فشاری تک محوره خشک



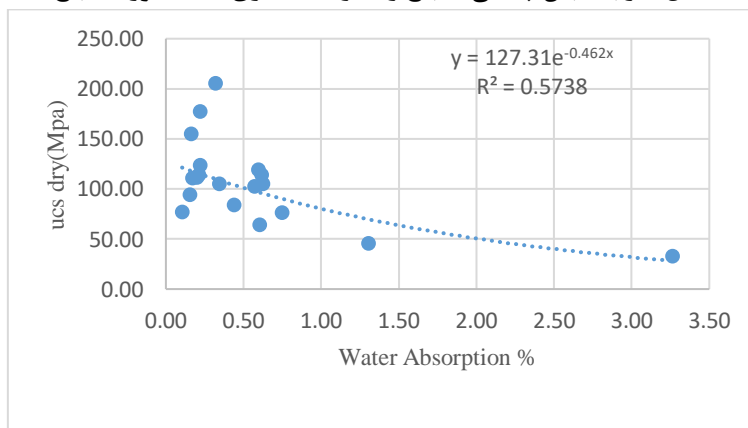
شکل ۲: ارتباط بین تخلخل و مقاومت فشاری تک محوره اشباع



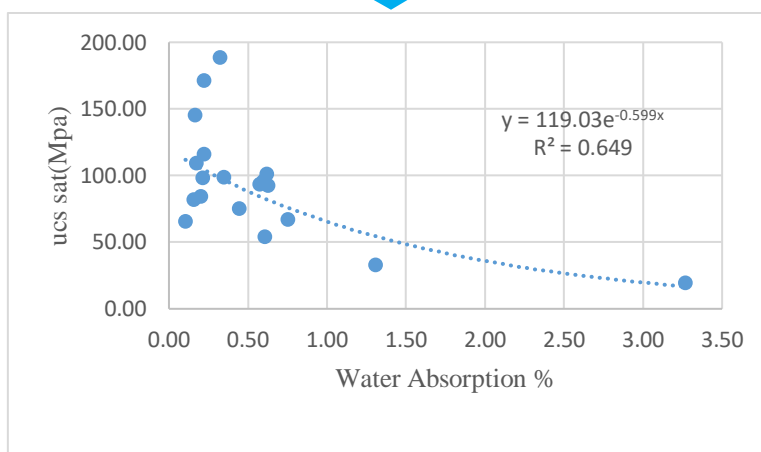
شکل ۳: رابطه بین چگالی خشک و مقاومت فشاری تک محوره خشک



شکل ۴: رابطه بین چگالی اشباع و مقاومت فشاری تک محوره اشباع



شکل ۵: ارتباط بین درصد جذب آب و مقاومت فشاری تک محوره خشک



شکل ۶: ارتباط بین درصد جذب آب و مقاومت فشاری تک محوره اشباع

۴- بحث

در این پژوهش با استفاده از نتایج بدست آمده از آزمایشات فیزیکی و مکانیکی ارتباط بین خصوصیات فیزیکی (چگالی خشک و اشباع، تخلخل و درصد جذب آب) و مقاومت فشاری تک محوره سه نوع سنگ گرانیت، گرانودیوریت و داسیت مورد مطالعه قرار گرفت. در نمونه های مورد مطالعه با افزایش تخلخل و درصد جذب آب، مقاومت فشاری تک محوره کاهش می یابد و در ضمن با افزایش وزن مخصوص خشک و اشباع، مقاومت فشاری تک محوره افزایش می یابد. همچنین با بررسی خصوصیات فیزیکی و مقاومت فشاری تک محوره با توجه به شکل های ارائه شده (شکل ۲ و ۶) ملاحظه می شود که مقاومت فشاری تک محوره اشباع با تخلخل و درصد جذب آب همبستگی متوسطی دارند. بهترین همبستگی بین مقاومت فشاری تک محوره اشباع با تخلخل می باشد که میزان همبستگی این شاخص ۰٫۶۵ می باشد.

۵- نتیجه گیری

آنالیز و بررسی آزمایشات نشان داد که سنگ های مورد مطالعه دارای مقاومت نسبتا بالایی هستند که به دلیل پایین بودن تخلخل آنها می باشند. با بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی انواع سنگ های مورد مطالعه، می توان نتیجه گرفت که خصوصیات سنگ مورد مطالعه با هم همبستگی قابل قبولی ندارند. بهترین همبستگی بین مقاومت فشاری تک محوره اشباع با تخلخل می باشد که میزان همبستگی این شاخص ۰٫۶۵ می باشد.

تقدیر و تشکر:

بدین وسیله از مجتمع سنگ آهن سنگان خواف به جهت در اختیار گذاشتن نمونه سنگ تشکر و قدردانی می گردد.

۶- منابع

- [1] Diamantis K, Gartzos E, Migiros G. Study on uniaxial compressive strength, point load strength index, dynamic and physical properties of serpentinites from central Greece: Test results and empirical relations. Engineering geology :108(۳): 199- 207, 2009.
- [2] Tamrakar Y, Relationships among mechanical, physical and petrographic properties of siwalik sandstones, Central Nepal Sub- Himalayas. Engineering geology: 90 (3): 105-123, 2007.



[3] Koukis G, Sabatakakis N, Tsiambaos G, Bourounis CH. "Correlation between physical and mechanical properties of rock in greek territory" Bull. Geol.Soc.Greece: 34: 1689-1695, 2001.

[4] محمدی، س.د.، مهدی آبادی، ن.، ساعدی، ب. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی رادیولاریت های چرتی جنوب شهر کرمانشاه، نشریه زمین شناسی مهندسی ایران، ۱۳۹۴.

[5] Shalabi F.I, Cording E.J, and Al-Hattamleh O.H. Estimation of rock engineering properties using hardness tests. Engineering Geology. 90 (3): 138-147, 2007.

[6] خانلری، غ.، ر. اصول مکانیک سنگ، انتشارات دانشگاه بو علی سینا همدان، ۱۳۸۹.

[7] Abd El- Hamid M. A, Draz W.M, Ismael A.F, Gouda M. A, Sleem, S.M. Effect of Petrographical Characteristics on the Engineering Properties of Some Egyptian Ornamental Stones. International Journal of Scientific and Engineering Research: 6 (7): 2015.

[8] قبادی، م.ح.، احمدی، ل.، میری، م.م.، جعفری، س.ر. بررسی رابطه خصوصیات فیزیکی و مکانیکی با ویژگی های سنگ شناسی در سنگ های گرانیتوئیدی، یافته های نوین زمین شناسی کاربردی، ۱۳۹۷.

[9] نوربخش رزمی، ز.، لشکری پور، غ.، ر.، غفوری، م. تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ های اولترامافیک مشهد، هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۲.