



## مطالعه خصوصیات فیزیکی و مکانیکی گرانیت های جنوب مشهد در محدوده رباط طرق



### چکیده :

شناخت خصوصیات مهندسی سنگ بکر ، در پروژه های عمرانی که با پی های سنگی سر و کار دارند از اهمیت چشمگیری برخوردار است و در مراحل اولیه اجرای سازه های مهندسی به طور جدی مد نظر قرار می گیرد. در این تحقیق به منظور مطالعه خصوصیات مهندسی سنگ های گرانیتی جنوب مشهد، سه حلقه گمانه مطالعاتی تا عمق ۱۰ متر در توده سنگی حفر گردید و پس از انتقال نمونه های سنگی به آزمایشگاه، آزمایشات مربوط به تعیین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی آن ها از قبیل آزمایش تک محوری، سه محوری، برش مستقیم، دانسیته خشک و اشباع، تخلخل و جذب آب سنگ صورت پذیرفت و در نهایت ضریب زبری درزه ها با استفاده از روش بارتون تخمین زده شد. نتایج این تحقیق می تواند در محاسبه ظرفیت باربری توده سنگی و طراحی بهینه فونداسیون، جهت احداث سازه های بلند مرتبه مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه ها: گرانیت، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی، مشهد، سازه های مهندسی

### Abstract:

## Study of physical and mechanical properties of the south Mashhad's granites, Robot Torogh's area

Recognition of original stone's engineering characteristics in construction projects that are dealing with the foundation stone, is quite important and in the early stages of implementing engineering structures will be seriously considered. In this research, to study the engineering properties of granitic rocks in south of Mashhad, three borehole's were drilled to a depth of 10 meters in the rock mass and the rock samples were transported to the laboratory to determine the physical and mechanical properties such as single-axis tests, triaxial, direct shear, dry density and saturation, porosity and rock's water absorption and finally joint's roughness coefficient was estimated by the method of Barton. The results can be used for calculation of bearing capacity of rock mass and also in optimal designing of the construction of tall structures.

Keywords: Granite, physical and mechanical properties, Mashhad, engineering structures



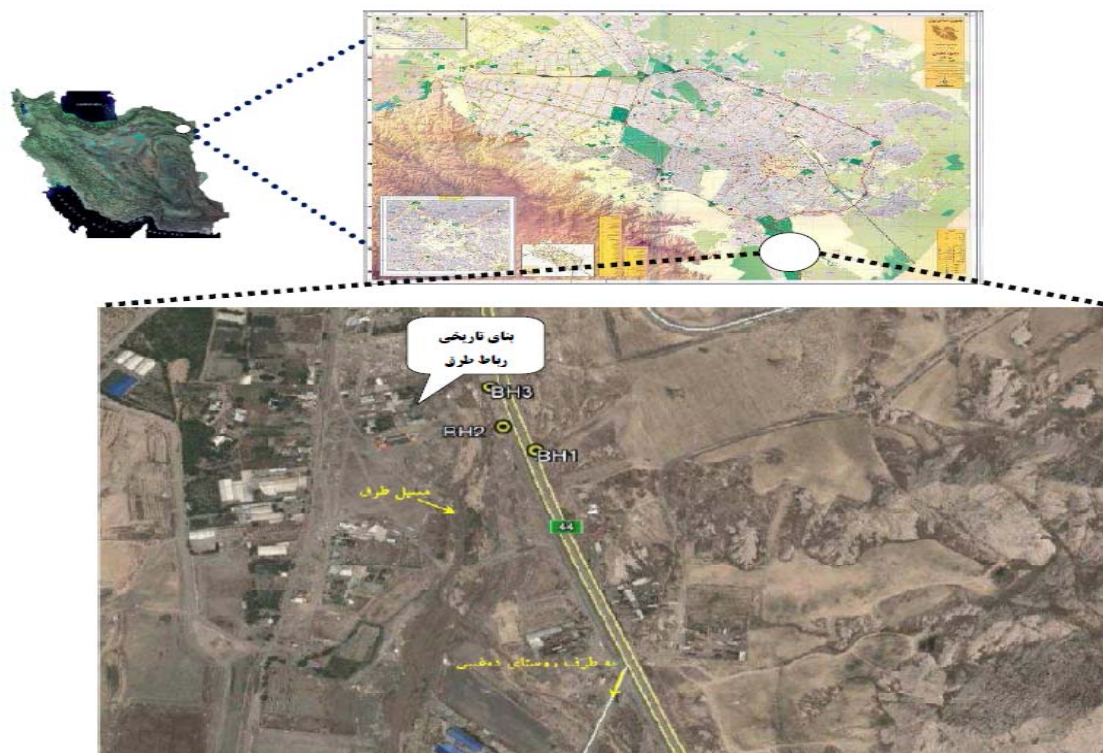


## مقدمه :

شناخت و ارزیابی ویژگی های مهندسی توده های سنگی در اجرای پروژه های عمرانی از اهمیت بسزایی برخوردار است (نوری و همکاران ، ۱۳۹۲). با توجه به گسترش و فراوانی توده های گرانیتی در کشور و تنوع در ویژگی های ژئوتکنیکی آن ها و همچنین در تماس بودن بسیاری از پروژه های عظیم عمرانی با این نوع سنگ ، مطالعه خصوصیات مهندسی گرانیت ها می تواند نقش مهمی در طراحی بهینه سازه ها ایفا نماید. بطور کلی می توان ویژگی های ژئوتکنیکی مصالح زمین شناسی را با توجه به طبیعت و کارایی آن ها به دو گروه ویژگی های فیزیکی و ویژگی های مکانیکی تقسیم بندی نمود (خواجه ، ۱۳۸۱). تاکنون مطالعات زیادی در خصوص ویژگی های مهندسی سنگ ها صورت پذیرفته است که منجر به ارائه معادلات مختلفی در رابطه با خصوصیات فیزیکی و مکانیکی توده های سنگی در سازندهای مختلف زمین شناسی گردیده است (Koukis et al , 2001) (Diamantis et al , 2009) . با توجه به افزایش روز افزون احداث سازه های بلند مرتبه در نواحی جنوبی شهر مشهد و لزوم اطلاع از خصوصیات ژئوتکنیکی رخنمون های گرانیتی منطقه به منظور کاربرد در طراحی فونداسیون های پایدار، در این تحقیق پس از حفاری ۳ حلقه گمانه مطالعاتی به عمق ۱۰ متر در مجاورت رباط تاریخی طرق و انتقال مغزه های گرانیتی به آزمایشگاه شرکت مهندسی مشاور جهد آزما ، آزمایشات مربوط به تعیین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی آن ها از قبیل آزمایش تک محوری، سه محوری، برش مستقیم، دانسیته خشک و اشباع، تخلخل و جذب آب بر روی نمونه ها صورت پذیرفت و در نهایت ضریب زبری درزه ها با استفاده از روش بارتون تخمین زده شد که نتایج حاصل بر اساس استاندارد های مربوطه ارائه گردیده است.

## موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

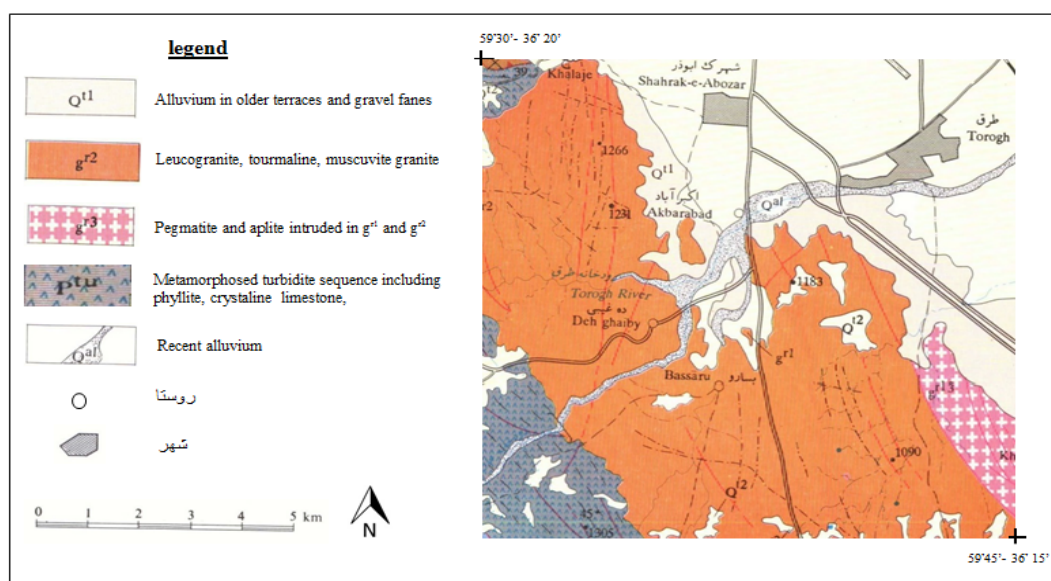
در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده فوق به همراه موقعیت گمانه های حفاری شده نشان داده شده است. محدوده مورد مطالعه در جنوب شهر مشهد و در مجاورت بنای تاریخی رباط طرق واقع گردیده است.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و نقاط حفاری گمانه های مطالعاتی



شهر مشهد در شمال استان خراسان رضوی قرار دارد. دشت مشهد در حد فاصل طول جغرافیایی  $20^{\circ}$ ،  $58'$  تا  $50'$ ،  $8^{\circ}$  شرقی و عرض جغرافیایی  $40'$ ،  $35'$  تا  $3'$ ،  $36^{\circ}$  شمالی در شمال شرق ایران واقع است و از شمال به خط الراس ارتفاعات هزار مسجد و از جنوب به خط الراس ارتفاعات بینالود محدود می گردد (حسین پور مقدم و همکاران، ۱۳۹۲). از لحاظ زمین شناسی، محدوده مورد مطالعه بخشی از یک باند گرانیتوئیدی می باشد که با امتداد شمالغرب - جنوب شرق رخنمون یافته است. بررسی های انجام شده نشان میدهد که گرانیت ها، پگماتیت ها و متامورف های نواحی جنوب مشهد می توانند منشأ قاره ای داشته و حاصل برخورد دو پوسته قاره ای باشند (ولی زاده، کریم پور، ۱۳۷۴). قسمت اعظم مجموعه گرانیتی محدوده مطالعاتی را لوکوگرانیتها تشکیل می دهند که توسط رگه های متعدد پگماتیت و آپلیت قطع شده اند. رنگ روشن گرانیت های منطقه نمایانگر افزایش درجه کانیهای روشن از جمله کوارتز و فلدسپات می باشد. در شکل (۲) نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی نشان داده شده است.



شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

## روش کار:

در راستای این پژوهش، پس از جانمایی سه حلقه گمانه مطالعاتی، عملیات حفاری به روش روتاری انجام گردید و نمونه برداری اعم از دست خورده (کلیه لایه ها) و دست نخورده (از سنگ بکر بصورت موم اندود) صورت پذیرفت. در جدول (۱) مشخصات عمومی گمانه های مطالعاتی و در جدول (۲) عمق نمونه های موم اندود سنگی ارائه گردیده است.

جدول ۱- مشخصات عمومی گمانه های مطالعاتی

گمانه	مختصات UTM		عمق حفاری (متر)	حدود تراز گمانه به کف مسیل طرق (متر)	عمق خاک دست ریز (متر)	عمق مصالح واریزه ای و هوازده (متر)	عمق سنگ بکر (متر)
	X	Y					
BH1	735960	4008037	10	+4	-	2	2
BH2	735919	4008091	10	+4	0.72	-	0.72
BH3	735908	4008174	10	+5	0.84	-	0.84



جدول ۲- عمق نمونه های موم اندود سنگی

عمق نمونه			گمانه
8 – 8.52	6.47 – 6.85	3 – 3.42	BH1
8.38 – 9	6.42 – 6.9	4 – 4.63	BH2
-	6 – 6.7	4 – 4.5	BH3

پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه ، آزمایشات فیزیکی مانند تعیین دانسیته خشک ، دانسیته اشباع ، درصد جذب آب و درصد تخلخل بر اساس استاندارد ISRM بر روی ۵ نمونه منتخب صورت پذیرفت. همچنین آزمایش مکانیکی تک محوره سنگ بر روی ۵ نمونه و آزمایشات سه محوره و برش مستقیم بر روی ۲ نمونه منتخب و بر اساس استاندارد ASTM انجام گردید .

## بحث و نتایج :

### خصوصیات فیزیکی

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 ها بر روی مقاومت سنگ و جهت شکست تاثیر می گذارد (Shalabi et al,2007). در جدول شماره (۳) نتایج حاصل از آزمایشات فیزیکی صورت گرفته نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمایشات فیزیکی بر روی نمونه های سنگی

گمانه	عمق (متر)	نوع سنگ	دانسیته خشک gr/cm3	دانسیته اشباع gr/cm3	جذب آب %	تخلخل %
BH1	0 - 2	گرانیت	2.586	2.609	0.878	2.272
BH1	5 - 6	پگماتیت با رگه ارتوکلاز	2.596	2.608	0.472	1.225
BH2	1 - 2	گرانیت	2.623	2.638	0.414	1.087
BH2	7 - 8	گرانیت	2.619	2.631	0.462	1.209
BH3	2 - 3	گرانیت	2.539	2.595	2.229	5.658

نتایج بدست آمده نشان می دهد که با افزایش وزن مخصوص در نمونه های مورد مطالعه، تخلخل کاهش می یابد. بر اساس طبقه بندی (Anon,1979) برای وزن مخصوص و (Bell,2000) برای تخلخل ، سنگ های مورد مطالعه در رده سنگ هایی با وزن مخصوص خیلی بالا و از نظر تخلخل در رده سنگ هایی با تخلخل خیلی پایین قرار می گیرند.

### خصوصیات مکانیکی

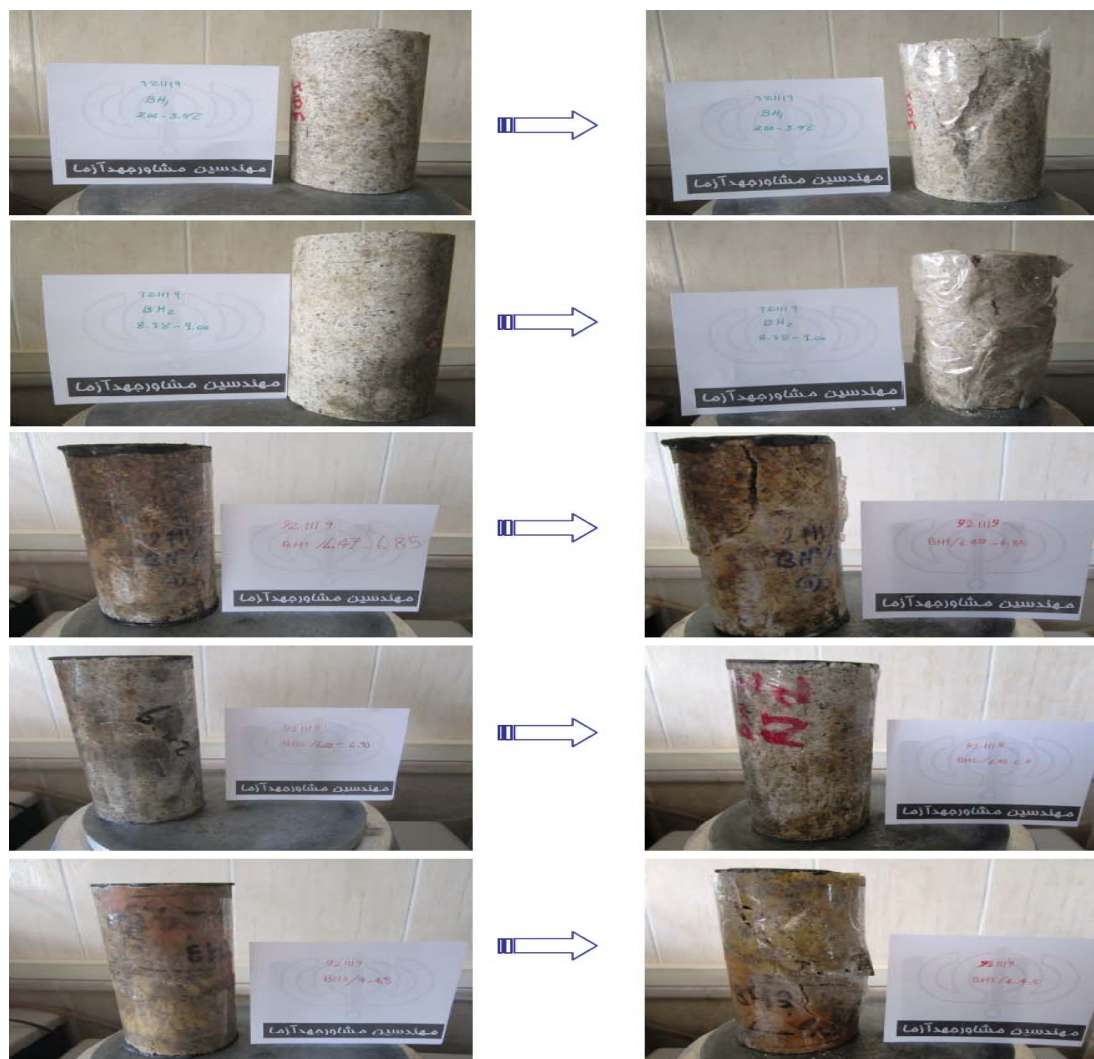
تعیین و تحلیل خواص مکانیکی سنگ ها و توده های سنگی مهمترین بخش در هر پروژه زمین شناسی مهندسی می باشد (Diamantis et al , 2009). از جمله آزمایشات مکانیکی می توان به آزمایشات تک محوره ، سه محوره و برش مستقیم اشاره نمود. آزمایش مقاومت فشاری تک محوری (UCS) مرسوم ترین آزمون آزمایشگاهی برای مطالعات مکانیکی سنگ بکر می باشد (نوربخش رزمی و همکاران ، ۱۳۹۲). در جدول شماره (۴) نتایج آزمایش تک محوره سنگ که بر اساس استانداردهای ASTM 2938 و ASTM D 3148 بر روی ۵ نمونه منتخب از مغزه های حفاری شده انجام شده ارائه گردیده است . همانطور که در جدول فوق مشاهده می شود مقادیر مقاومت فشاری بین 24.28 تا 55.94 متغیر است که این تفاوت ممکن است ناشی از ناپیوستگی های داخلی ، تفاوت پتروگرافی و یا پیچیدگی ساختار گرانیت باشد.



جدول ۴- نتایج آزمایش تک محوره سنگ

u	E (GPa)	مقاومت فشاری (MPa)	دانسیته (gr/cm <sup>3</sup> )	شرایط نمونه	نوع سنگ	عمق (متر)	گمانه
0.36	41.96	43.34	2.61	اشباع	گرانیت	3.00-3.42	BH1
0.40	23.66	34.68	2.61	اشباع	گرانیت	6.47-6.85	BH1
0.37	52.28	55.94	2.61	خشک	گرانیت	6.42-6.9	BH2
0.37	40.60	52.49	2.60	اشباع	گرانیت	8.38-9.00	BH2
0.34	23.08	24.28	2.65	خشک	پگماتیت	4-4.5	BH3

شکل (۳) وضعیت نمونه ها را در آزمایش تک محوری ، قبل و بعد از آزمایش نشان می دهد.



شکل ۳ - وضعیت نمونه در آزمایش تک محوری : قبل از آزمایش در چپ و بعد از آزمایش در راست

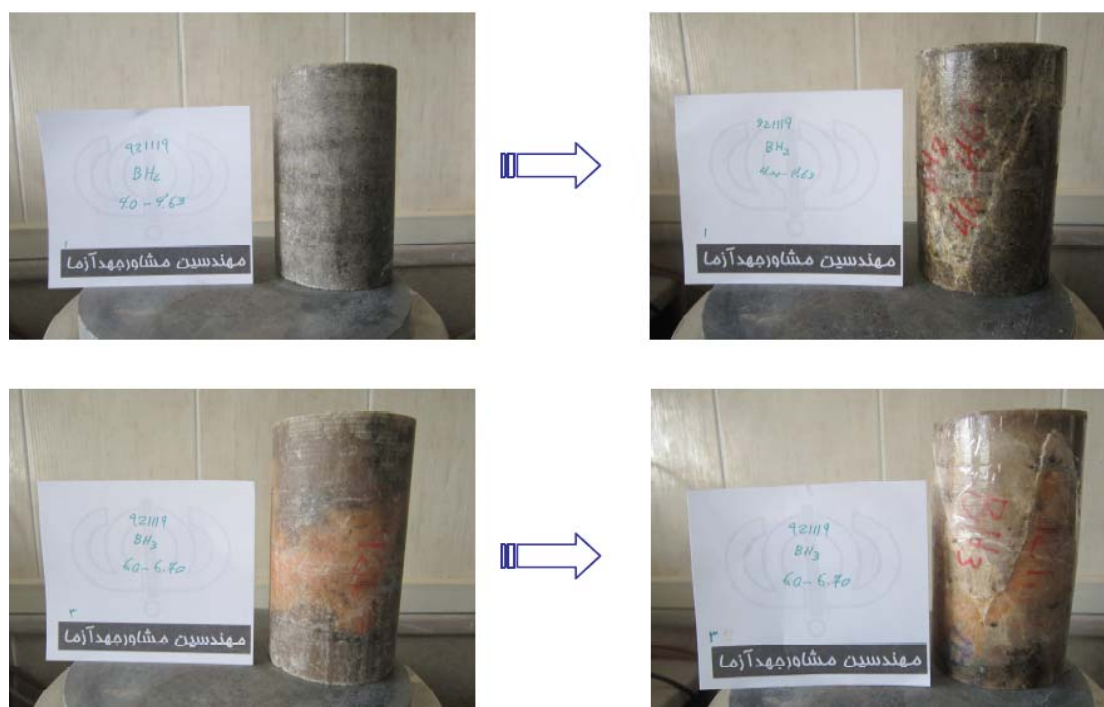


سنگ ها در طبیعت و در شرایط واقعی تحت تنش سه محوری قرار دارند . مقاومت آن ها در چنین شرایطی برای محاسبه ظرفیت مجاز باربری پی سنگ ها ، طراحی سدها ، مطالعه مکانیزم ایجاد گسل و چین خوردگی ها و حفاری های زیرزمینی حائز اهمیت است (فهیمی فر و سروش ، ۱۳۸۰). در جدول شماره (۵) نتایج آزمایش سه محوره سنگ که بر اساس استاندارد ASTM D 2664 بر روی ۲ نمونه منتخب از مغزه های حفاری شده انجام شده ارائه گردیده است.

جدول ۵- نتایج آزمایش سه محوره سنگ

گمانه	عمق (m)	نوع سنگ	شرایط نمونه	دانسیته خشک	رطوبت (%)	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ (Deg)
BH2	4.00-4.63	گرانیت	اشباع	2.60	0.27	0.40	36.4
BH3	6.00-6.70	پگماتیت با ارتوکلاز فراوان	اشباع	2.59	0.33	0.30	36.9

از نتایج فوق می توان برای تعیین پارامتر های مهندسی سنگ استفاده کرد. شکل (۴) وضعیت نمونه ها را در آزمایش سه محوری ، قبل و بعد از آزمایش نشان می دهد.



شکل ۴ - وضعیت نمونه در آزمایش سه محوری : قبل از آزمایش در چپ و بعد از آزمایش در راست

جهت تعیین مشخصات مکانیکی سنگ های گرانیتی مورد مطالعه علاوه بر آزمایش های تک محوری و سه محوری ، آزمایش برش مستقیم بر روی سطح شکسته شده (سطح اره بر) و سطح درز طبیعی ۲ نمونه سنگ بر اساس استاندارد ASTM D 5607 صورت پذیرفت تا برآوردی از مقاومت برشی سنگ در سطوح ضعف هم بدست آید. در جدول شماره (۶) نتایج آزمایش برش مستقیم سنگ که بر روی ۲ نمونه منتخب از مغزه های حفاری شده انجام شده ارائه گردیده است .



جدول ۶ - نتایج آزمایش برش مستقیم سنگ

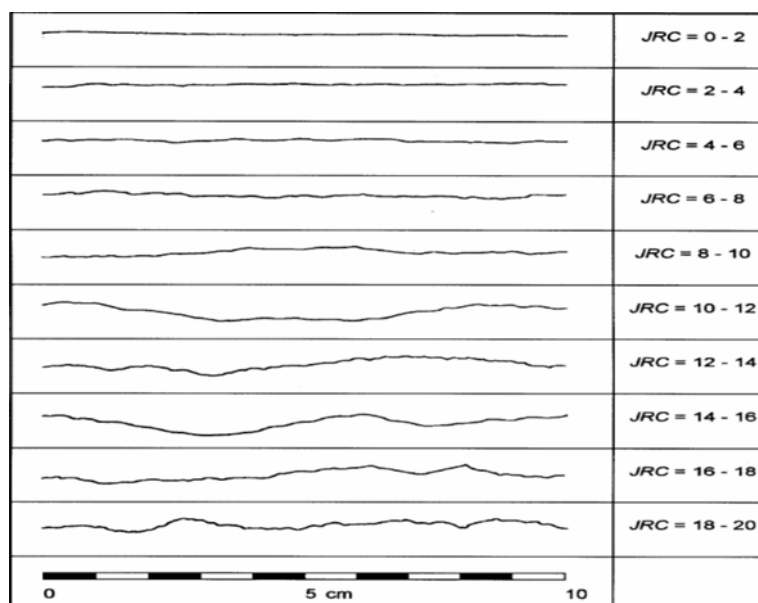
گمانه	(m) عمق	نوع سنگ	شرایط نمونه	دانسیته خشک	رطوبت (%)	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ (Deg)	توضیحات
BH1	3.0-3.42	گرانیت	خشک	2.62	0.19	0.70	30.3	برش بر روی سطح درزه
BH3	4.50-4.80	پگماتیت هوازده با مسکوویت فراوان	اشباع	2.60	0.33	0.23	27.2	برش بر روی سطح اره بر

### تعیین ضریب زبری درزه (JRC)

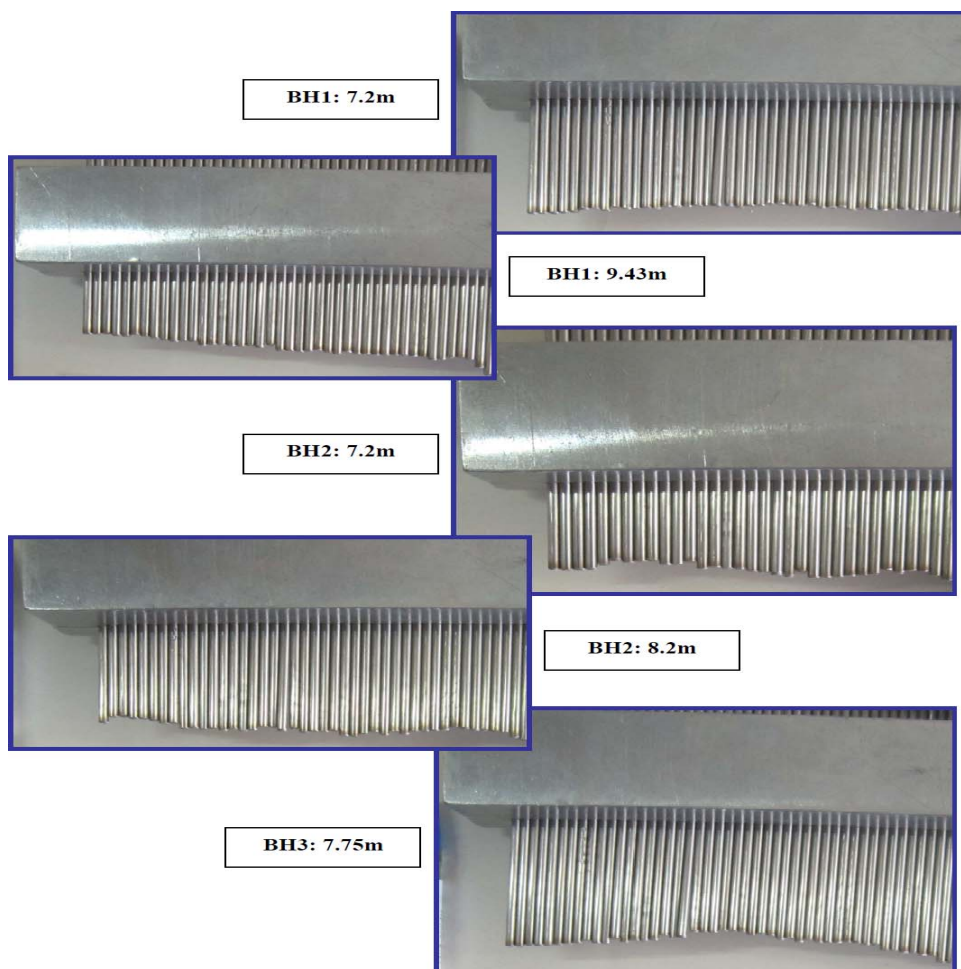
ضریب زبری درزه عددی است که با استفاده از آن می توان مقاومت برشی یک سطح ناپیوستگی را در تنش های نرمال بالاتر از حد آزمایشگاهی تخمین زد. در تنش های نرمال بالا ، دندانهای سطح شکسته شده و مقاومت برشی نزدیک به مقاومت سنگ بکر خواهد بود (جهد آزما ، ۱۳۹۲). ضریب زبری درزه به وسیله مقایسه ظاهر ناپیوستگی با پروفیل های استاندارد منتشر شده توسط (Barton , choubey , 1977) که در شکل (۵) نشان داده شده تعیین می شود. در جدول (۷) میزان ضریب زبری درزه برای ۵ نمونه و در شکل (۶) نوسانات سطوح ناپیوستگی اندازه گیری شده نشان داده شده است.

جدول ۷ - مقدار ضریب زبری درزه (JRC)

گمانه	(m) عمق	طول درزه (cm)	دامنه زبری (mm) (Asperity amplitude)	مقدار JRC با استفاده از پروفیل های بارتون
BH1	7.2	8.2	2.5	8-10
BH1	9.43	8	3	10-12
BH2	7.2	6.2	15	12-14
BH2	8.2	8.1	2	8-10
BH3	7.75	9	10	16-18



شکل ۵ - پروفیل های زبری و تخمین JRC



شکل ۶ - نوسانات سطوح ناپیوستگی اندازه گیری شده



### نتیجه گیری :

با توجه به افزایش ساخت و سازها در مناطق جنوبی شهر مشهد و وجود رخنمون های گرانیتی در این نواحی ، مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی این سنگ ها بسیار حائز اهمیت می باشد. با توجه به مقادیر مقاومت تک محوره و بر اساس طبقه بندی دیر و میلر ، سنگ های مورد مطالعه در رده مقاومت بالا و همچنین نسبت مدولی بالا قرار می گیرند که نشاندهنده مدول الاستیسیته بالا و تراکم پذیری کم این سنگ ها می باشد. بر اساس طبقه بندی Anon سنگ های مورد مطالعه در رده سنگ های با وزن مخصوص خیلی بالا و تخلخل خیلی پایین قرار می گیرند . با توجه به آزمایش برش مستقیم ، پارامتر چسبندگی مربوط به این سنگ ها ۰/۷۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و زاویه اصطکاک ۳۰/۲ درجه می باشد که در محاسبات مهندسی سنگ مورد استفاده قرار می گیرد.



### تقدیر و تشکر:

بدینوسیله از شرکت مهندسی مشاور محترم جهد آزما به جهت در اختیار قراردادن امکانات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می گردد.





## منابع فارسی :

حسین پور مقدم ، م . دهقان ، پ. لشکری پور ، غ . غفوری ، م .، (۱۳۹۲)، " ارزیابی اثرات زیست محیطی تخلیه نخاله های ساختمانی بر روند احداث پروژه های عمرانی ، مطالعه موردی : دریاچه های مصنوعی پارک ملی چهل بازه "، اولین کنفرانس ملی ژئوتکنیک ایران ، دانشگاه محقق اردبیلی

خواجه ، ح .، (۱۳۸۱)، " بررسی خواص مهندسی و ژئوتکنیکی کنگلومراهای ساختگاه سد آغ چای خوی" ، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی ، دانشکده علوم ، دانشگاه بوعلی سینا ، همدان

فهیمی فر ، ا . سروش ، ح .، (۱۳۸۰)، " آزمایش های مکانیک سنگ" ، جلد اول ، انتشارات شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک ، تهران

مهندسین مشاور جهد آزما .، (۱۳۹۲)، " گزارش مطالعات مکانیک سنگ تقاطع غیر همسطح شهید طالقانی مشهد "، جلد اول ، ۱۳۶ صفحه

نوری ، م . حیدری ، م . رفیعی ، ب .، (۱۳۹۲)، " مطالعه ویژگی های ژئوتکنیکی کنگلومراهای شمال شرق همدان "، هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران ، دانشگاه فردوسی مشهد

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

ولی زاده ، م . کریم پور ، م . ح .، (۱۳۷۴)، " منشا و موقعیت تکتونیکی گرانیت های جنوب مشهد" ، مجله علوم دانشگاه تهران، دوره ۱ ، (۲۵ - ۳۸)

## References:

Anon,k.,1979. "Classification of rocks & soils for engineering geological mapping "part 1:rock & soil materials,Bull.IAEG,19,p.364 – 371.

Barton,N.,Choubey,v.,1977. "The shear strength of rock joints in theory & practice" Rock mechanics,80,p.1-54.

Bell,F.G.,2000. "Engineering properties of soils & rocks",Black well science.482 p.

Diamantis,K.,Gartzos,E.,Migiros,G.,2009. " Study on uniaxial compressive strength,point load strength index, dynamic & physical properties of serpentinites from central greece:test results & empirical relation" Engineering Geology,vol 108,p.199-207.

Koukis,G.,Sabatakakis,N.,Tsiambaos,G., Bourounis,CH.,2001. "Correlation between physical & mechanical properties of rock in greek territory" Bull.Geol.Soc.Greece,vol 34,p.1689-1695.

Salabi,F.I.,Cording,E.J.,Al Hattamlen,o.h.,2007. "Estimation of rock engineering properties using hardness tests" Engineering Geology,vol 90,p.138-147