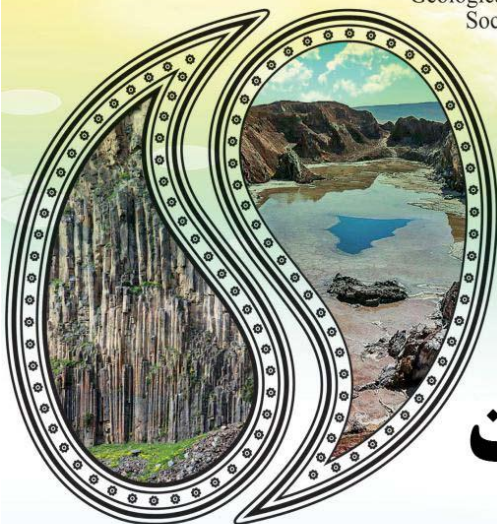




دانشگاه پیام نور
میزبان بیستمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی
و
انجمن زمین‌شناسی ایران
بیست و یکمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی ایران

The 21st
Symposium of
Geological
Society of Iran

The 11th
Geological National
Conference of
Payame Noor
University



۲۳ - ۲۴ آبان ۱۳۹۷ - قم

Qom, 14 - 15 Nov, 2018

مجموعه مقالات

تدوین و گردآوری:
دکتر روح اله ندری - دکتر سید جواد مقدسی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مجموعه مقالات بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و

یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

تدوین مجموعه مقالات: دکتر روح اله ندری، دکتر سید جواد مقدسی
طراح جلد : دکتر روح اله ندری
انتشار : به صورت الکترونیک - دانشگاه پیام نور
تاریخ انتشار: آبان ماه ۱۳۹۷
نشانی دبیرخانه: قم، بلوار عمار یاسر، دانشگاه پیام نور مرکز قم
نشانی الکترونیک: http://conference.pnu.ac.ir/qom-Geology/default.aspx
مسئولیت کلیه مطالب علمی مقاله‌ها، بر عهده نویسندگان می‌باشد.

مقدمه

تولید دانش در سالهای آغازین قرن بیست و یکم رشدی شتابان داشته است و کشور عزیز ما ایران نیز از این امر مستثناء نبوده است. در این میان توجه به علوم زمین با توجه به نیازهای متنوع جوامع بشری به انرژی، آب و منابع معدنی و همچنین مخاطرات گوناگون زیست محیطی بیش از پیش نمایان شده است. بدین ترتیب رشته های مختلف زمین شناسی توسعه و شاخه های میان رشته ای مانند زمین شناسی پزشکی، زمین شناسی شهری، زمین شناسی زیست محیطی، زمین شناسی نظامی و نظایر آن معرفی و به خوبی رشد کرده اند.

اگرچه دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی کشور نقش کلیدی و اصلی در توسعه علوم ایفا می کنند، ولی انجمن های علمی نیز توانسته اند با گرد هم آوردن پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و سایر علاقمندان، به کمک دانشگاه ها شتافته و نقش مهمی در پیشرفت و توسعه علوم ایفا نمایند. در همین راستا انجمن زمین شناسی ایران نیز توانسته است با برگزاری همایش های تخصصی پرمخاطب به میزبانی دانشگاه های بزرگ کشور، نقشی ارزشمند در ارائه دستاوردهای پژوهشی تولید شده در دانشگاه ها و سایر موسسات آموزشی و پژوهشی و همچنین صنعت ایفا کند.

با توجه به توسعه و رشد قابل توجه دانشگاه پیام نور در سال های اخیر و ظرفیت های آموزشی و پژوهشی ایجاد شده در حوزه علوم زمین در آن دانشگاه و بر اساس توافق صورت گرفته فیما بین انجمن زمین شناسی ایران و گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور، بیست و یکمین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور به صورت مشترک با میزبانی دانشگاه پیام نور استان قم برگزار گردید. این همایش که با استقبال خوب پژوهشگران و صاحب نظران علوم زمین برگزار شد، فرصتی بود تا آخرین یافته های حوزه علوم زمین ارائه و در معرض نقد و مباحثه قرار گیرد.

ضمن تشکر از کلیه پژوهشگرانی که آخرین یافته های پژوهشی خود را بصورت مقاله به دبیرخانه همایش ارسال نمودند، سعی شد این مجموعه با سرعت و در اندک زمان باقیمانده تا تاریخ برگزاری همایش آماده و در اختیار عزیزان حاضر در همایش قرار گیرد. **مجموعه مقالات در ۱۰ جلد و عنوان بر مبنای عناوین در ج شده در سامانه همایش و بر حسب حروف الفبای فارسی نام نویسنده اول مقاله تنظیم گردیده است.**

لازم به ذکر است که بر اساس رویه ی موجود در برگزاری همایش های علمی، دبیرخانه همایش هیچگونه دخل و تصرفی در محتوای علمی مقالات ننموده است و صرفاً در مواردی که نویسنده (نویسندگان) الگوی مورد درخواست را رعایت ننموده بودند، نسبت به ویرایش جزئی مقالات اقدام نمود. در صورتی که در برخی صفحات ناهماهنگی و یا به هم ریختگی ملاحظه می شود، به دلیل عدم ارسال مقاله با الگوی درخواستی توسط نویسندگان بوده است که با توجه به فرصت کم، امکان تنظیم دوباره نبوده است. از زحمات بی دریغ اعضای محترم کمیته علمی و داوران که از دانشگاه های مختلف کشور و همچنین بخش صنعت این مهم را برعهده داشتند تشکر و قدردانی می شود.

این همایش با تلاش و کوشش خستگی ناپذیر جمع زیادی از همکاران علمی، اداری و دانشجویان دانشگاه پیام نور به بار نشست که لازم است بدین وسیله از ایشان تشکر و قدردانی شود. آقای دکتر محمدعلی حسینی ریاست دانشگاه پیام نور استان قم، آقای دکتر روح اله ندیری دبیر اجرایی، مدیران ستادی و اجرایی دانشگاه پیام نور استان قم و دانشجویان پرتلاش رشته زمین شناسی دانشگاه پیام نور استان قم که امور مربوط به برگزاری همایش را به طور خستگی ناپذیر و شبانه روزی به سرانجام رساندند که بدین وسیله از تلاش ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

در پایان ضمن تشکر از همه پژوهشگران و صاحب نظران حوزه علوم زمین کشور، امیدواریم این همایش توانسته باشد نقشی مهم و موثر در پیشبرد علوم زمین در کشور داشته باشد.

دکتر سید جواد مقدسی: دبیر علمی همایش

دکتر منصور قربانی: رئیس انجمن زمین شناسی ایران

آبان ماه ۱۳۹۷

برگزار کنندگان

دانشگاه پیام نور

انجمن زمین شناسی ایران

حمایت کنندگان

آقای دکتر کریمی - معاونت فناوری و پژوهشی دانشگاه پیام نور

آقای دکتر علیزاده - معاونت اداری مالی و عمرانی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر لک - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای دکتر دهقانی - پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)

آقای دکتر صالحی - مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری

آقای دکتر حسینی - دانشگاه پیام نور استان قم

آقای دکتر محمدرضایی - بنیاد ملی نخبگان استان قم

آقای دکتر خطیب - انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران

آقای مهندسی سید حسینی - سازمان نظام مهندسی معدن استان قم

آقای دکتر بشری - انجمن زمین شناسی نفت ایران

آقای دکتر قربانی - مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آراین زمین

شرکت مطالعات مواد معدنی زرآزما

پایگاه اطلاعاتی مرجع دانش (CIVILICA)

شرکت ژئودیوار

آقای مهندس رضا صدیق

کمیته اجرایی بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

دکتر منصور قربانی	خانم معصومه رضایی
دکتر سید جواد مقدسی	خانم ریحانه افخمی
دکتر روح اله ندری	خانم نجمه ذاکری
دکتر محمد علی حسینی	آقای ابوالفضل صفری
آقای علی مصطفوی	خانم افسانه قنبریان
آقای حسن پاکدامن	خانم زهرا رباط جزئی
آقای حسن بیطرفان	خانم سمانه رجاقلی
آقای علی کریمی	خانم نفیسه شیعه مرتضی
آقای محمد نیک نام	خانم فاطمه پژمان
آقای داود غلامی	خانم فائزه سلمان
آقای مجید اسدی	خانم عظیمه برقی
خانم اسرا محتشمی راد	خانم سمانه سادات مجتوبی
خانم لیلا میرزایی مقدم	آقای ابراهیم قنبری
خانم فاطمه گلاب عین آبادی	آقای محمد حسن شهبازی
خانم فرزانه احمدی	آقای سید محمد جواد شهابی
خانم عطیه خراسانی	آقای سید محمد قدمگاهی
خانم رقیه قربانی	آقای سید حسن حسینی
خانم مینا رحیمی	آقای سید صمد مشعشی

کمیته علمی بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر مهناز سادات امیر شاه کرمی	آقای دکتر محمد حسین آدابی
آقای دکتر سید احمد بابازاده	آقای دکتر مهران آرین
خانم دکتر لی لی ایزدی کیان	آقای دکتر محمد آریامنش
آقای دکتر مهدی بادپا	آقای دکتر اصغر آزادی
آقای دکتر حسن برزگر	آقای دکتر مهرج آقازاده
خانم دکتر صدیقه بطالبویی	خانم دکتر فریمه آیتی
آقای دکتر علی اکبر بهاری فر	خانم دکتر مریم آهنکوب
خانم دکتر مهناز پروانه نژاد شیرازی	آقای دکتر امیر اثنی عشری
آقای دکتر حمیدرضا پیروان	آقای دکتر ناصر ارزانی
خانم دکتر فتنه تقی زاده فرهمند	آقای دکتر علی ارومیه ای
آقای دکتر وحید توکلی	آقای دکتر وحید احدنژاد
خانم دکتر سیده سمیه تیموری	آقای دکتر جمشید احمدیان
آقای دکتر علی اصغر ثیاب قدسی	آقای دکتر فرهاد احیا
آقای دکتر حسین جلالی	خانم دکتر زهرا اعلمی نیا
آقای دکتر علی حسین جلیلیان	آقای دکتر پیمان افضل
خانم دکتر محبوبه جمشیدی بدر	آقای دکتر علی امام علی پور

خانم دکتر گلناز جوزانی کهن	آقای دکتر حجت الله رنجبر
آقای دکتر ناصر حافظی مقدس	آقای دکتر محسن رنجبران
آقای دکتر بهزاد حاج علیلو	آقای دکتر سید ناصر رئیس السادات
خانم دکتر شهره حسن پور	آقای دکتر عزت الله رئیسی
آقای دکتر ماشاله خامه چیان	آقای دکتر مهدی زارع
آقای دکتر سعید خدا بخش	آقای دکتر علیرضا زراسوندی
آقای دکتر محمد خلج	آقای دکتر رامین ساریخانی
آقای دکتر محمد مهدی خطیب	آقای دکتر عادل ساکی
آقای مهندس حسین داداشی آرانی	آقای دکتر علی اصغر سپاهی
خانم دکتر لی لی دانشور صائین	آقای دکتر سیروس شاکری
آقای دکتر جهان بخش دانشیان	آقای دکتر جعفر شریفی
آقای دکتر علیرضا داوودیان دهکردی	آقای دکتر شهرام شریعتی
خانم دکتر زینب داوودی	آقای دکتر غلامرضا شعاعی
آقای دکتر محمد علی رجب زاده	آقای دکتر رحیم شعبانیا
آقای دکتر پیمان رجبی	آقای دکتر بهنام شفیعی
آقای دکتر نعمت الله رشید نژاد عمران	آقای دکتر جعفر شریفی
آقای دکتر خلیل رضایی	آقای دکتر شهریار صادقی
آقای دکتر بهروز رفیعی	آقای دکتر مهدی صفری

آقای دکتر محمد کشاورز بخشایش	آقای دکتر ابراهیم طالع فاضل
خانم دکتر زهرا کی همایون	آقای دکتر محمد فداییان
آقای دکتر اسد الله محبوبی	آقای دکتر نصرالله عباسی
خانم دکتر مهین محمدی	خانم دکتر کیمیا سادات عجایی
آقای دکتر سید داوود محمدی	آقای دکتر سعید علیرضایی
آقای دکتر علی اصغر مختاری	آقای دکتر حسن عزیزاده
آقای دکتر سروش مدبری	آقای دکتر پرویز غضنفری
آقای دکتر فرید مر	آقای دکتر مرتضی فلاح پور طرنجی
آقای دکتر مسعود مرسلی	آقای دکتر عباس قادری
آقای دکتر فربرز مسعودی	آقای دکتر مجید قادری
آقای دکتر علیرضا مظلومی	آقای دکتر حبیب الله قاسمی
آقای دکتر سید علی مظهری	آقای دکتر ابراهیم قاسمی نژاد
آقای دکتر محمد معانی جو	آقای دکتر جواد قانع اردکانی
آقای دکتر سعید معدنی پور	آقای دکتر فریدون قدیمی
آقای دکتر سید جواد مقدسی	آقای دکتر منصور قربانی
آقای دکتر همایون مقیمی	آقای دکتر جلیل قلمقاش
خانم دکتر آزاده ملک زاده شفارودی	آقای دکتر محمد رضا کبریایی زاده
آقای دکتر محسن موذن	آقای دکتر جلال کرمی

- آقای دکتر محمد یزدی
- آقای دکتر علی یساقی
- آقای دکتر هادی یگانه فر
- آقای دکتر سید رضا موسوی حرمی
- آقای دکتر فردین موسیوند
- آقای دکتر سید رضا مهرنیا
- آقای دکتر حسن میرنژاد
- آقای دکتر حمید رضا ناصری
- آقای دکتر تقی نبئی
- آقای دکتر علیرضا نجف زاده
- آقای دکتر بهرام نجفیان
- آقای دکتر محمد نخعی
- خانم دکتر مهناز ندایی
- آقای دکتر روح اله ندری
- آقای دکتر محمدرضا نیکودل
- آقای دکتر رضا نوزعیم
- سرکار خانم دکتر فاطمه واعظ جوادی
- آقای دکتر محمد وحیدی نیا
- آقای دکتر مهدی هاشمی
- آقای دکتر حمید هراتی
- آقای دکتر عبدالرحیم هوشمند زاده

بررسی معیارهای گسیختگی و کیفیت توده سنگ‌های اولترامافیک جنوب مشهد

با استفاده از نرم افزار Roclab 1.031



فرزاد احراری، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد - ایران Farzad89.ah@gmail.com

محمد غفوری، استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد - ایران ghafoori@um.ac.ir

ناصر حافظی مقدس، استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد - ایران nhafezi@um.ac.ir



چکیده:

دانستن وضعیت زمین‌شناسی منطقه و تعیین پارامترهای ژئومکانیکی سنگ در طراحی سازه‌های مهندسی جزئی از امور بدیهی هر پروژه است. از این رو محققان با برنامه نویسی نرم افزار Roclab تعیین پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ را سرعت بخشیده‌اند. این نرم افزار از قابلیت‌های بسیار بالایی برخوردار است بطوریکه با مشخص نمودن نوع سازه (تونل، سد و ...)، تعیین اندیس مقاومت زمین‌شناسی (GSI)، پارامتر ثابت سنگ (mi) و فاکتور اختلال (D) سنگ اطراف سازه مورد نظر می‌توان پارامترهایی از قبیل مقاومت کششی و فشارشی، مدول تغییر شکل، نیروی چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی و ثابت‌های معیار شکست هوک - براون را به طور همزمان استخراج نمود. همچنین این نرم افزار منحنی‌های پوش معیار شکست هوک - براون و موهر - کلمب را به طور دقیق رسم می‌کند. در این تحقیق جهت بررسی معیارهای شکست سنگ‌های اولترامافیک جنوب مشهد، اطلاعات ورودی لازم برای نرم افزار از قبیل مقاومت فشاری تک محوره، RQD و ویژگی‌های مکانیکی ناپوستگی‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از این اطلاعات مقادیر طبقه بندی GSI بدست آمده و در نهایت با استفاده از نرم افزار Roclab معیارهای شکست هوک و براون برای توده سنگها تعیین و خصوصیات مقاومتی آن نیز برآورد شده است.

کلید واژه‌ها: کیفیت توده سنگ، معیار گسیختگی، نرم افزار Roclab 1.031، اولترامافیک جنوب مشهد

Investigation of the failure criterion and Quality of Ultramafic Rock Masses in South of Mashhad Using the Roclab 1.031 software

Farzad Ahrari, MSc Student Engineering Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad - Iran,
Farzad89.ah@gmail.com

Mohammad Ghafouri, Professor of Geology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad - Iran,
ghafoori@um.ac.ir

Naser Hafezi Moghadas, Professor of Geology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad - Iran,
nhafezi@um.ac.ir

Abstract:

Knowing the geological status of the area and determining geomechanical parameters of rock in the design of engineering structures is one of the obvious issues of each project. As a result, the researchers, using Roclab software programming, determined the geomechanical parameters of rock mass. The software has very high

capabilities, so that by specifying the type of structure (tunnel, dam, etc.), the determination of the geological resonance index (GSI), the static rock parameter (m_i) and the disruption factor (D) of the rock surrounding the structure Parameters such as tensile and compressive strength, deformation modulus, adhesion force, angle of internal friction, and Hoek-Brown failure criterion can be extracted simultaneously. This software also accurately draws the Hoek-Brown and Mohr-Coulomb failure criterion curves. In this research, the required inputs for software such as single-axial compressive strength, RQD and mechanical properties of discontinuities were investigated to investigate the failure criterion of ultramafic rocks in southern Mashhad. Using GSI classification values, we finally determined the Hoek and Brown failure criterion for rock mass using Roclab software and its resistance properties were estimated.

Keywords : Rock mass quality, Failure criterion, Roclab 1.031 software, Ultramafic South of Mashhad



۱- مقدمه :

برای اینکه بتوان تخمینی از میزان تنش های وارده بر سنگ را مورد ارزیابی قرار داد نیاز به بررسی معیارهای شکستگی یا گسیختگی سنگ احساس می شود. تا کنون چندین معیار گسیختگی برای توده سنگ ها معرفی شده است که می توان به معیار بنیاوسکی (Bieniawski, 1974)، رامامورتی (Ramamurthy, 1985) و هوک - براون اشاره نمود. در این تحقیق به منظور بررسی معیارهای گسیختگی و کیفیت توده سنگ های اولترامافیک جنوب مشهد، معیار شکست هوک - براون انتخاب شده است و در ادامه به تعریف این معیار پرداخته شده است.

معیار شکست هوک - براون در سال ۱۹۸۰ معرفی شده است (Hoek, 1980). هوک و براون به همراه سایر متخصصین اصلاحاتی را برای این معیار انجام داده اند که آخرین اصلاحیه این معیار در سال ۲۰۰۲ در نشست بین المللی مکانیک سنگ کانادا توسط هوک و همکارانش ارائه گردید (Hoek, 2002). شکل کلی معادله در توده سنگ، بر اساس آخرین اصلاح، مطابق رابطه ۱ تعریف شده است:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

در این رابطه مقادیر a ، s و m_b با توجه به کیفیت توده سنگ متغیر بوده و از روابط زیر بدست می آید:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad (2)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad (3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}} \right) \quad (4)$$



۲- زمین شناسی عمومی منطقه:

منطقه مورد مطالعه بخشی از زون بینالود می باشد که در جنوب مشهد واقع شده است و دارای مجموعه سنگ شناسی متنوعی شامل سنگهای اولترامافیک، مافیک، دگرگونی و گرانیتوید می باشد. سنگ های الترامافیک و مافیک منطقه شامل دونیت، هارزبورگیت، لرزولیت، ورلیت، پیروکسنیت ها، بازالت ها و گابروها می باشند که تحت تاثیر دگرگونی

قرار گرفته اند. زون بینالود بخشی از رشته کوه آلپ- هیمالیا بوده، که این رشته کوه از غرب اروپا شروع شده و با گذشتن از کشورهایمانند پرتقال، اسپانیا، فرانسه، سوئیس، ایتالیا و ترکیه، وارد آسیا و ایران شده و با عبور از افغانستان، بوتان، نپال، شمال هند، جنوب چین، نهایتا در جنوب شرقی چین به پایان می رسد. زون بینالود در قسمت شرقی البرز شرقی قرار دارد. روند این زون شمال غربی- جنوب شرقی می باشد و دارای تحدبی به سمت شمال است و دربرگیرنده سنگ ها و رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک بوده که از نظر زمین ساختی در لبه شمال شرقی قطعه لیتوسفری ایران قرار گرفته است. این سلسله جبال، یک نوار چین خورده رورانده، از نوع نازک پوسته است که به دنبال تصادم میان قطعه لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال شرقی ایجاد شده است.

زون بینالود بر روی محل برخورد بلوک های ایران و توران قرار دارد. از آنجا که از مشخصات مناطق فرورانش و فشارشی وجود گسل های معکوس است، بنابراین گسل های موجود در زون بینالود نیز از نوع رانده می باشد. بنابراین در منطقه بینالود دو سیستم تراستی قابل مشاهده است، گسل های تراستی شکل پذیر قدیمی ترین ساختمان ها را تشکیل می دهند. این گسل ها کنتاکت بین مجموعه های افیولیتی و متاسدیمنت ها را می سازند و تحت تاثیر اولین فاز چین خوردگی با محور تقریبا افقی و روند جنوبی قرار گرفته اند. دومین سیستم تراست ساختمان های قبلی را قطع می کند و از نوع شکل پذیر تا نیمه شکل پذیر می باشد و باعث تشکیل ملانژ گردیده اند. گروه دوم از گسل های تراستی علاوه بر اینکه تحت تاثیر اولین تراست ها واقع شده اند تحت تاثیر دومین فاز چین خوردگی قرار گرفته اند (Alavi, 1991).

۳- بحث و نتایج:

۳-۱ معرفی نرم افزار Roclab 1.031:

این نرم افزار برای تعیین پارامترهای مقاومتی توده سنگ با استفاده از معیار شکست هوک - براون، در سال ۲۰۰۲ و در محیط ویندوز، برنامه نویسی شده است. با قابلیتی که در این نرم افزار وجود دارد می توان پارامترهای مقاومتی معادل با معیار شکست موهر - کلمب را نیز برای توده سنگ بدست آورد و در هر دو حالت می توان منحنی های پوش مربوطه را نیز تعیین نمود (نوریان بیدگلی، ۱۳۸۲).

این نرم افزار مانند دیگر نرم افزارهای مورد استفاده در محیط ویندوز از رابط گرافیکی بسیار قوی برخوردار است که به راحتی می توان با دادن اطلاعات ورودی، نتایج بسیار دقیقی را بلافاصله دریافت نمود. اطلاعات ورودی این نرم افزار شامل وزن مخصوص، مقاومت تراکمی تک محوری، اندیس مقاومت زمین شناسی، پارامتر ثابت سنگ و فاکتور اختلال است (Rocscience Group, 2002).

در صورت مشخص بودن مقادیر هر کدام از پارامترهای ورودی ذکر شده، این مقادیر به طور مستقیم وارد نرم افزار می شوند، در غیر این صورت با استفاده از جدول و نمودارهای مختلفی که در داخل نرم افزار تعبیه شده است می توان این مقادیر را مشخص کرد. بعد از اجرای برنامه میتوان خروجی های شامل مقاومت کششی، مقاومت فشاری تک محوره،

مدول تغییر شکل، چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی، ثابت های معیار شکست هوک - براون و منحنی های پوش گسیختگی را میتوان برداشت کرد.

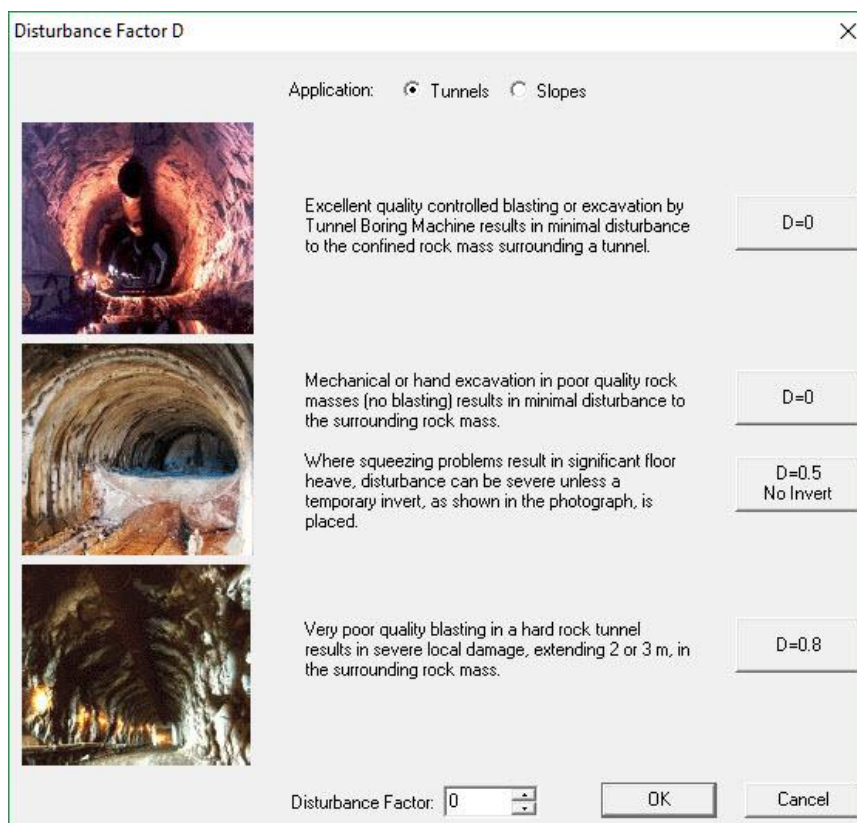
۲-۳ روش استفاده از نرم افزار Roclab 1.031 در شیب های سنگی جنوب مشهد:

پس از نصب نرم افزار Roclab، مراحل کار به شرح زیر ارائه گردیده است:

۱-۲-۳ تعیین نوع سازه و فاکتور اختلال (D):

نرم افزار برای تعیین پارامتر ورودی فاکتور اختلال (D) درخواست میکند تا نوع سازه را مشخص کنید. در این نسخه از نرم افزار امکان استفاده از شیب های سنگی یا تونل ها موجود است. با انتخاب گزینه تونل سه حالت وجود دارد (شکل ۱): حالت اول برای تونل های حفاری شده در شرایط خوب و در توده سنگ های مقاوم است که فاکتور اختلال آن صفر در نظر گرفته شده است و حالت سوم برای تونل های با حفاری ضعیف که فاکتور اختلال آن را ۰/۸ در نظر گرفته شده است. با انتخاب گزینه شیب سنگی دو حالت وجود دارد (شکل ۲). حالت اول برای شیب های ناحیه ای و کوچک مقیاس است و حالت دوم برای معادن رو باز خیلی بزرگ.

در این تحقیق با توجه به کوچک مقیاس بودن شیب های سنگی در چهار ایستگاه مورد نظر حالت اول انتخاب و با توجه به سیستم تکتونیکی پیچیده در منطقه فاکتور اختلال $D=1$ در نظر گرفته شده است.



شکل ۱ - سه حالت ارائه شده در نرم افزار برای تونل

Disturbance Factor D

Application: ☐ Tunnels ☒ Slopes



Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.

D=0.7
Good Blasting

D=1.0
Poor Blasting



Very large open pit mine slopes suffer significant disturbance due to heavy production blasting and also due to stress relief from overburden removal.

D=1.0
Production Blasting

In some softer rocks excavation can be carried out by ripping and dozing and the degree of damage to the slopes is less.

D=0.7
Mechanical Excavation

Disturbance Factor: 1

OK Cancel

شکل ۲- دو حالت ارائه شده در نرم افزار برای شیب های سنگی

۲-۲-۳ تعیین مقادیر اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI):

هوک و براون بر پایه ویژگیهای دیداری توده سنگها برای رده بندی آنها و در نتیجه برآورد پارامترهای ژئومکانیکی آنها برای طراحی سازه های مهندسی زیرزمینی روش نوینی پیشنهاد کرده اند که به نام اندیس مقاومت زمین شناسی خوانده می شود و امروزه در بیشتر نوشتارها به آن پرداخته می شود. این روش برای برآورد کاهش مقاومت در شرایط مختلف زمین شناسی بوده که مقدار آن با مشاهدات صحرایی تعیین می گردد (Hoek et al., 1998). سیستم GSI تنها سیستم طبقه بندی توده سنگ می باشد که بطور مستقیم با پارامترهای مهندسی از قبیل پارامترهای هوک - براون و موهر - کلمب مرتبط می باشد. این سیستم بر اساس توصیف فاکتورهای ساختار توده سنگ و شرایط سطح درزه، تشکیل شده است. این دو فاکتور بر اساس مشاهدات صحرایی مشخص شده و سپس برای آن مقادیر عددی تعیین می گردند. (Cai et al., 2004).

برای تعیین مقادیر GSI در منطقه چهار ایستگاه با مختصات: ایستگاه A ($36^{\circ} 17' 17.916'' - 59^{\circ} 29' 20.256''$)، ایستگاه B ($36^{\circ} 16' 25.428'' - 59^{\circ} 29' 44.34''$)، ایستگاه C ($36^{\circ} 16' 32.556'' - 59^{\circ} 30' 57.78''$) و ایستگاه D ($36^{\circ} 16' 16.536'' - 59^{\circ} 31' 28.596''$) انتخاب شده است. در مجموع در این ایستگاهها تعداد حدوداً ۲۴۰ برداشت درزه به

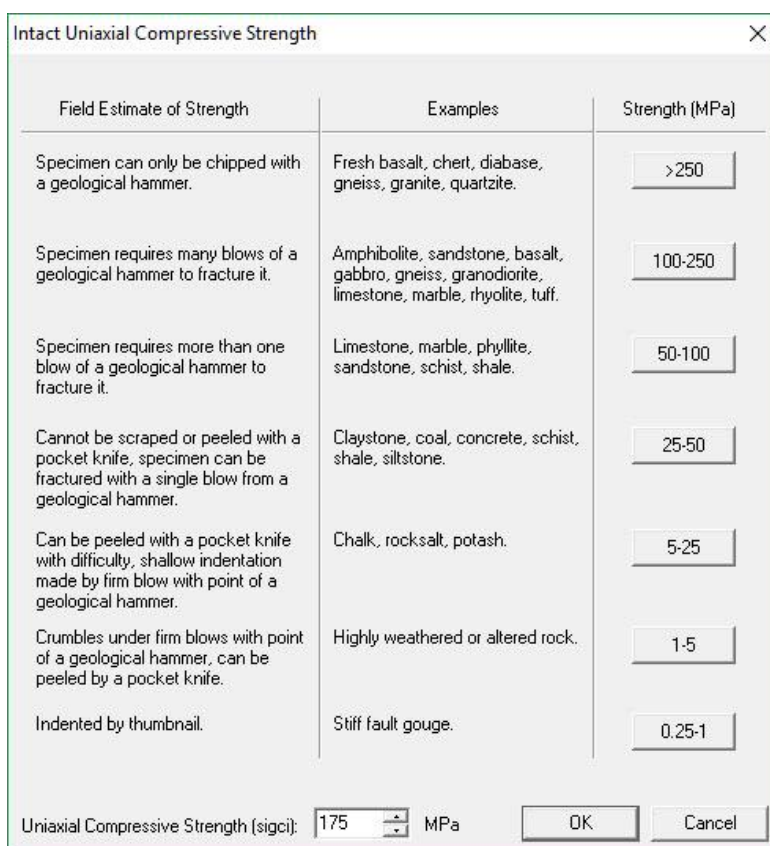
روش خط برداشت^۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. با توجه به وجود سه دسته درزه قالب در منطقه، وضعیت درزه موج نرم تا موج ناهموار، وجود رس در پرشدگی درزه ها و RQD بین ۵۷ تا ۸۲ درصد، مقادیر اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI) برای نمونه های A تا C در جدول ۱ تنظیم شده است.

جدول ۱ - مقادیر GSI به دست آمده از توده سنگ‌های هر ایستگاه

ایستگاه	A	B	C	D
GSI	23	25/67	19	27/33

۳-۲-۳ تعیین مقادیر مقاومت تراکمی تک محوره:

به منظور تعیین مقاومت تراکمی تک محوره اطلاعاتی در نرم افزار ارائه گردیده است (شکل ۳). این اطلاعات بیشتر در مورد سنگ سالم مورد استفاده قرار می گیرد. در این تحقیق از نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه های سنگی منطقه بر اساس استاندارد ISRM استفاده و نتایج آن در جدول ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۳ - اطلاعات ارائه شده در نرم افزار برای تعیین مقاومت تراکمی تک محوره

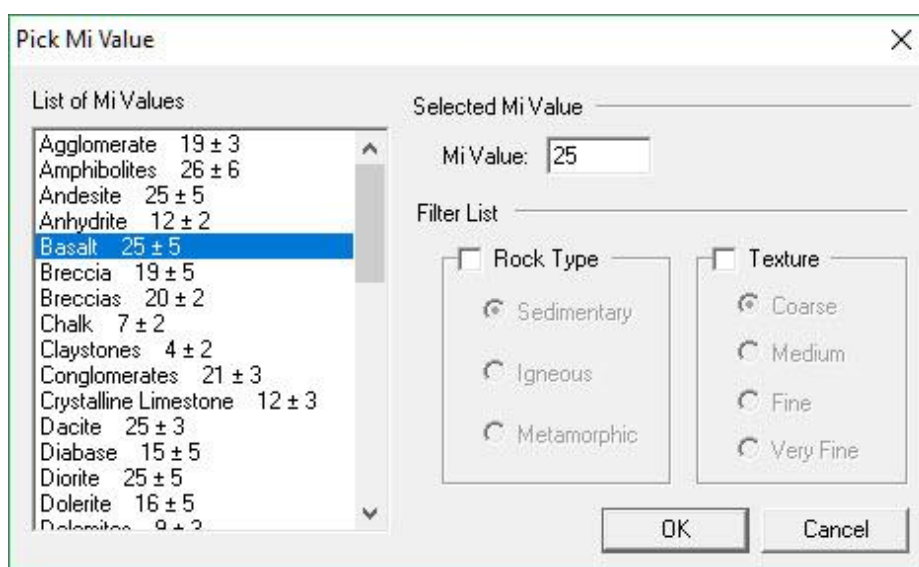
¹ Scan-Line Surveying

جدول ۲- نتایج آزمایشات ژئومکانیکی انجام شده بر روی نمونه های سنگی منطقه

ایستگاه	A	B	C	D
σ_{ci}	172.3	169.3	65.67	116.67

۳-۲-۴ تعیین پارامتر ثابت توده سنگ (mi):

برای تعیین مقدار عددی این پارامتر توده سنگ نیز اطلاعاتی توسط نرم افزار ارائه شده است (شکل ۴). این اطلاعات بر اساس نوع سنگ (آذرین، رسوبی و دگرگونی طبقه بندی شده اند. بدین منظور ابتدا باید نوع سنگ تعیین می شد. سنگ های منطقه به دو دسته آذرین و دگرگونی تقسیم می شوند که بیشتر از نوع بازالت و پریدوتیت می باشند که با توجه به یکسان بودن عدد تعیین شده برای این دو نوع سنگ مقدار mi به طور کلی ۲۵ در نظر گرفته شده است.



شکل ۴- اطلاعات ارائه شده در نرم افزار برای تعیین پارامتر ثابت توده سنگ

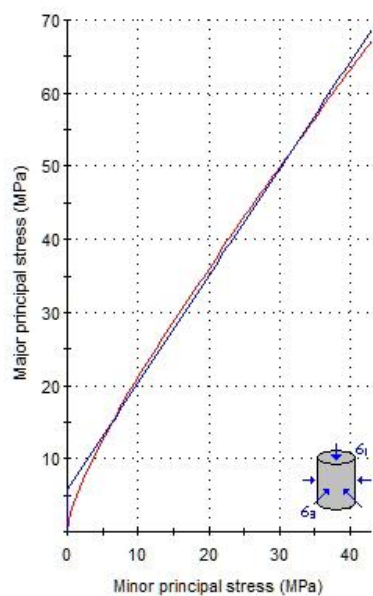
۳-۳ نتایج خروجی از نرم افزار Roclab:

با توجه به تعیین پارامترهای ورودی و مورد نیاز نرم افزار در چهار ایستگاه مشخص در این تحقیق نتایج خروجی مطلوبی از نرم افزار استخراج شد. این نتایج به همراه پارامترهای ورودی در جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول می توان حاصل مقادیر چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی و ... را مشاهده نمود.

جدول ۳- جمع بندی داده های ورودی و خروجی در نرم افزار Roclab

		پارامترها	ایستگاه A	ایستگاه B	ایستگاه C	ایستگاه D
اطلاعات ورودی نرم افزار		GSI	23	25/67	19	27/33
		mi	25	25	25	25
		D	1	1	1	1
		(Mpa) σ_{ci}	172.3	169.3	65.67	116.67
اطلاعات خروجی نرم افزار	ثابت‌های معیار هوک و براون	m _b	0.102	0.124	0.077	0.139
		s	2.67*10 ⁻⁶	4.17*10 ⁻⁶	1.37*10 ⁻⁶	5.5*10 ⁻⁶
		a	0.536	0.530	0.547	0.527
	پارامترهای ژئومکانیکی	C	2.384	2.644	0.740	1.956
		φ_i	10.83	11.92	9.26	12.61
		σ_t	-0.005	-0.006	-0.001	-0.005
		σ_c	0.178	0.239	0.041	0.198
		σ_{cm}	5.768	6.520	1.741	4.885
		E _m	1472.33	1515.63	529.96	1081.09

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 172.3 MPa
GSI = 23 mi = 25 Disturbance factor (D) = 1
intact modulus (Ei) = 60305 MPa
modulus ratio (MR) = 350

Hoek-Brown Criterion

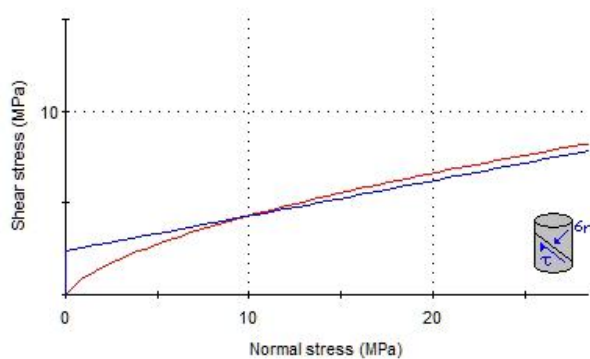
$m_b = 0.102$ s = 2.67×10^{-6} a = 0.536

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.382 MPa friction angle = 10.83 deg

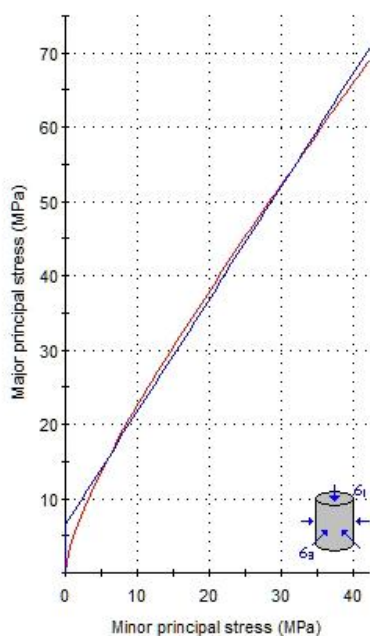
Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.005 MPa
uniaxial compressive strength = 0.178 MPa
global strength = 5.761 MPa
deformation modulus = 1470.63 MPa



شکل ۵- نتایج بدست آمده در معیار شکست هوک - براون و موهر کلمب در ایستگاه A و مقایسه بین منحنی پوش تنش اصلی و تنش نرمال این دو معیار

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 169.3 MPa
GSI = 25.67 m_i = 25 Disturbance factor (D) = 1
intact modulus (E_i) = 59255 MPa
modulus ratio (MR) = 350

Hoek-Brown Criterion

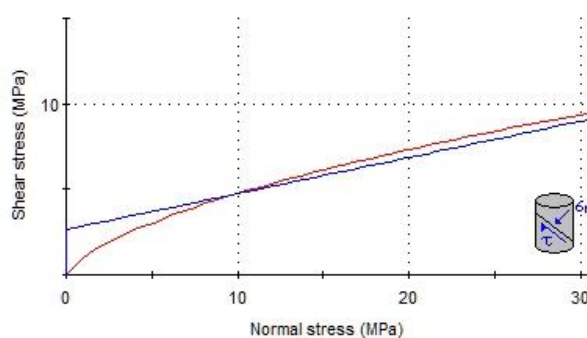
m_b = 0.124 s = 4.17e-6 a = 0.530

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.644 MPa friction angle = 11.92 deg

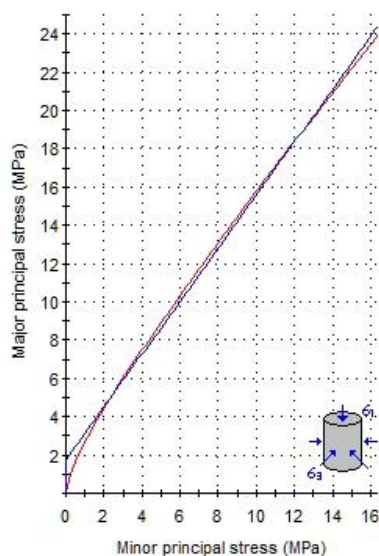
Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.006 MPa
uniaxial compressive strength = 0.239 MPa
global strength = 6.520 MPa
deformation modulus = 1515.63 MPa



شکل ۵- نتایج بدست آمده در معیار شکست هوک - براون و موهر کلمب در ایستگاه B و مقایسه بین منحنی پوش تنش اصلی و تنش نرمال این دو معیار

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 65.67 MPa
GSI = 19 m_i = 25 Disturbance factor (D) = 1
intact modulus (E_i) = 22984.5 MPa
modulus ratio (MR) = 350

Hoek-Brown Criterion

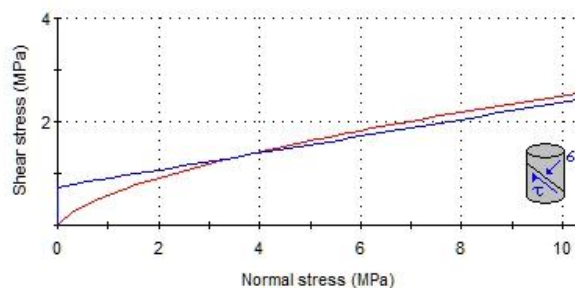
m_b = 0.077 s = 1.37e-6 a = 0.547

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.740 MPa friction angle = 9.26 deg

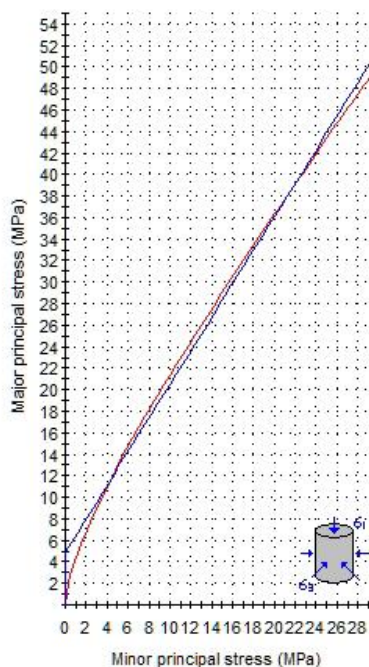
Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.001 MPa
uniaxial compressive strength = 0.041 MPa
global strength = 1.741 MPa
deformation modulus = 529.96 MPa



شکل ۵- نتایج بدست آمده در معیار شکست هوک - براون و موهر کلمب در ایستگاه C و مقایسه بین منحنی پوش تنش اصلی و تنش نرمال این دو معیار

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 116.67 MPa
GSI = 27.33 m_i = 25 Disturbance factor (D) = 1
intact modulus (E_i) = 40834.5 MPa
modulus ratio (MR) = 350

Hoek-Brown Criterion

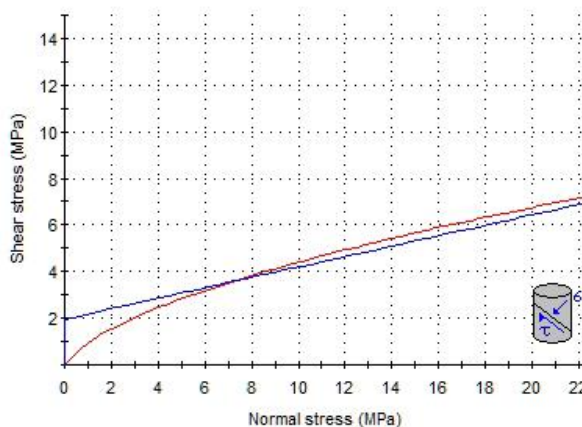
m_b = 0.139 s = 5.5e-6 a = 0.527

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.956 MPa friction angle = 12.61 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.005 MPa
uniaxial compressive strength = 0.198 MPa
global strength = 4.885 MPa
deformation modulus = 1081.09 MPa



شکل ۵- نتایج بدست آمده در معیار شکست هوک - براون و موهر کلمب در ایستگاه D و مقایسه بین منحنی پوش تنش اصلی و تنش نرمال این دو معیار



۵- نتیجه گیری :

تعیین مقادیر چسبندگی و اصطکاک داخلی در سنگها بحث اساسی و مهم می باشد که در طراحی تونل و شیپهای سنگی این پارامترها اهمیت دوچندان پیدا میکنند. نرم افزار Roclab به خوبی به مهندسان کمک می کند تا در تعیین این پارامترها زمان و هزینه کم تری را صرف کنند و نتایج مطلوب و دقیقی را بدست آورند. در این تحقیق با تعیین پارامترهای مورد نیاز نرم افزار میتوان به آسانی به پارامترهای معیارهای شکست موهر - کلمب و هوک - براون دست یافت. در این تحقیق رابطه مستقیمی بین طبقه بندی GSI و میزان چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی وجود دارد بطوری که با افزایش مقادیر امتیاز GSI مقدار چسبندگی و اصطکاک داخلی نیز افزایش می یابد. مقاومت فشاری تک محوره نیز بطور میانگین در بازه ۰,۱۷۸ تا ۰,۲۳۹ مگاپاسکال قرار دارد که نشان دهنده مقاومت کم تا متوسط توده سنگ ها دارد. همچنین مقاومت فشاری همه جانبه سنگ و ضریب تغییر شکل یافتگی سنگ در رده ضعیف تا نسبتاً خوب قرار دارند. مقدار مقاومت کششی توده سنگ ها مقادیر کمی را نشان میدهد که با توجه به خوردشدگی زیاد سنگ های منطقه درست به نظر میرسد. به طور کل با توجه به نتایج خروجی حاصل از نرم افزار Roclab می توان گفت کیفیت سنگ های اولترامافیک جنوب مشهد از ضعیف تا متوسط در تغییر هستند.



منابع فارسی :

- نوریان بیدگلی م.، شهریار ک.، افسری نژاد م.، (۱۳۸۲)، تعیین پارامترهای ژئومکانیکی تونل انتقال آب لواسان تهران به کمک نرم افزار Roclab، ششمین کنفرانس تونل، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.



References:

- Alavi , M.(1991),Sedimentary And Structural Characteristic of the Pale- Tethys. Rements in Northeastern Iran. Geological Society of American Bull. 103:983-992.
- Bieniawski Z.T., 1976: Rock mass classifications in rock engineering. Proceedings Symposium on Exploration for Rock Engineering; ed. Z.T. Bieniawski A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 97-106.
- Cai, M., Kaiser, P.K., Uno, H., Tasaka, Y., Minami, M., 2004. "Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI system". Int. j. Rock Mech. Min. Sci. Vol. 41(1), Pp. 3-19.
- Hoek E. and Brown E.T. (1980). "Underground Excavations in Rock", London, Institution of Mining and Metallurgy.
- hoek, E., Marinos, P., Benissi, M., Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation. Bull. Engg. Geol. Env. 57(2), 151-160
- Hoek, E., Carranza-Torres, C.T., and Corkum, B. (2002). "Hoek-Brown failure criterion". Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002.
- Ramamurthy, T., 1985. "Stability of rock mass", 8 th Annual lecture. Indian Geotech. J, Pp 1-7.
- Rocscience Group, Inc. (2002). "User's Guide Roclab1.0".

طبقه‌بندی توده‌سنگ‌های اولترامافیکی جنوب مشهد

بر اساس پارامترهای GSI، RMR و Q



فرزاد احراری، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد - ایران، Farzad89.ah@gmail.com

محمد غفوری، استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد - ایران، ghafoori@um.ac.ir

ناصر حافظی مقدس، استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد - ایران، nhafezi@um.ac.ir



چکیده:

به طور معمول توصیف وضعیت توده سنگ توسط شکل بلوک، اندازه بلوک، شرایط ناپیوستگی، شرایط آب‌های زیرزمینی و تعداد و جهت دسته درزه‌ها تعیین می‌شود. به همین منظور محققان و دانشمندان طبقه‌بندی‌های مختلفی را ایجاد نموده‌اند که بر اساس استانداردهای موجود در این طبقه‌بندی‌ها می‌توان وضعیت توده سنگ را مشخص نمود. همچنین برای داشتن توصیف بهتری از وضعیت توده سنگ نیاز به معیارهای شکست است که این مهم هم بعد از طبقه‌بندی سنگ‌ها به دست می‌آید. در این تحقیق با انتخاب چند ایستگاه در سنگ‌های اولترامافیک جنوب مشهد بررسی‌های درزه‌نگاری صورت گرفت و با برداشت نمونه‌های سنگی خصوصیات ژئومکانیکی این توده سنگ‌ها در آزمایشگاه بررسی شد. مجموعه‌ای از آزمایش‌های مورد نیاز در آزمایشگاه از قبیل آزمایش مقاومت فشاری تک محوره، آزمایش بار نقطه‌ای و آزمایش چگالی انجام شد؛ همچنین آزمایش چکش اشمیت در صحرا بر روی توده‌های سنگی انجام شد. در ادامه با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش‌های انجام شده طبقه‌بندی توده سنگ بر اساس امتیاز توده سنگ (RMR)، شاخص مقاومتی توده سنگ (GSI) و طبقه‌بندی توده سنگ بارتون (Q) تعیین شدند. در انتها رابطه بین پارامترهای مختلف با روش آماری تعیین و بررسی شد.

کلید واژه‌ها: طبقه‌بندی توده سنگ، شاخص مقاومتی توده سنگ (GSI)، امتیاز توده سنگ (RMR)، طبقه‌بندی توده سنگ بارتون (Q)، اولترامافیک جنوب مشهد

Southern Mashhad ultramafic masses classification based on GSI, RMR and Q parameters

Farzad Ahrari, MSc Student Engineering Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad - Iran,

Farzad89.ah@gmail.com

Mohammad Ghafouri, Professor of Geology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad - Iran,

ghafoori@um.ac.ir

Naser Hafezi Moghadas, Professor of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad - Iran,

nhafezi@um.ac.ir

Abstract:

Typically, the description of the mass of the rock is determined by block shape, block size, discontinuity conditions, groundwater conditions, and the number and direction of the joint Sets. For this reason, researchers and scientists have developed a variety of classes that, according to the standards in these categories, can determine the rock mass. In order to have a better description of the rock mass condition, it is necessary to meet the failure criterion, which is also important after the classification of rocks. In this research, surveying was carried out by selecting several stations in the ultramafic rocks of southern Mashhad. The geomechanical properties of this rock mass were investigated by the sampling of rock. A set of laboratory tests such as single-axis compressive strength test, point load testing, and density testing were performed; Schmidt hammer test was done in the desert on rock masses. In the following, according to the results of the experiments, rock mass classification was determined based on rock mass score (RMR), rock mass strength index (GSI), and Barton rock mass classification (Q). Finally, the relationship between different parameters was determined by statistical method.

Keywords: Rock mass rock classification, GSI, rock mass score (RMR), Barton rock mass (Q) classification Ultramafic of southern Mashhad



مقدمه :

ناحیه جنوبی شهر مشهد دارای پیچیدگی های تکتونیکی و زمین شناسی مختلفی می باشد. با توجه به احداث کمربندی جدید در این ناحیه بررسی خصوصیات مهندسی توده سنگ ها و پایداری شیب ها اهمیت پیدا می کند. در این تحقیق به بررسی خصوصیات مهندسی توده سنگ های اولترامافیک در این ناحیه پرداخته شده است. بررسی پارامترهای مورد نیاز در توده سنگ ها در هر پروژه ای را می توان به دو روش انجام آزمایشات برجا در صحرا و تعیین پارامترهای مقاومتی و مکانیکی تقسیم بندی کرد. نتایج آزمایشات برجا با وجود اینکه از کیفیت خوب و دقیقی برخوردار هستند، اما انجام چنین آزمایشاتی با توجه به هزینه های زیاد آن برای اکثر پروژه ها ناممکن و غیراقتصادی است. از این رو روش متداول در ارزیابی کیفیت توده سنگ ها استفاده از روشهای طبقه بندی مهندسی توده سنگ می باشد. در این روش با استفاده از دستورالعملهای سیستمهای رده بندی توده سنگ و همچنین برداشتهای صحرایی از ناحیه مورد نظر میتوان خواص مقاومتی و مکانیکی حاصله از مطالعات آزمایشگاهی را به خواص توده سنگ برجا تعمیم داد.

در هر سیستم رده بندی توده سنگ، حداقل امتیاز به ضعیفترین حالت توده ی سنگ و حداکثر امتیاز به توده سنگ های با کیفیت عالی اختصاص می یابد. معمولاً رده بندیها در شرایط سنگ مقاوم و ضعیف دقیق عمل میکنند اما برای شرایط سنگ متوسط اعتبار آنها کاهش می یابد. بنابراین تنها یک رده بندی برای ارزیابی تمامی پارامترهای سنگ کافی نخواهد بود (Palmstrom, 2008). طبقه بندی های مختلفی توسط محققان مختلف ارائه گردیده است. ازین طبقه بندی ها میتوان به روش طبقه بندی ترزاقی، روش لوفر، روش شاخص کیفیت سنگ، روش رده بندی بر اساس ساختار سنگ، روش رده

بندی ژئومکانیکی (RMR^2)، روش کیفیت توده سنگ (Q^3) و روش اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI^4) اشاره کرد، که در این بین سه روش RMR ، GSI و Q طرفداران بیشتری نسبت به سایر روش ها دارا می باشند.

زمین شناسی عمومی منطقه:

منطقه مورد مطالعه بخشی از زون بینالود بوده که در جنوب مشهد واقع گردیده است و دارای مجموعه سنگ شناسی متنوعی شامل سنگ های اولترامافیکی، مافیکی، دگرگونی و گرانیتوئید می باشد. سنگ های الترامافیکی و مافیکی منطقه شامل دونیت، هارزبورگیت، لرزولیت، ورلیت، پیروکسنیت ها، بازالت ها و گابروها می باشند که تحت تاثیر دگرگونی قرار گرفته اند.

زون بینالود بخشی از رشته کوه آلپ- هیمالیا بوده، که این رشته کوه از غرب اروپا شروع شده و با گذشتن از کشورهایمانند پرتقال، اسپانیا، فرانسه، سوئیس، ایتالیا و ترکیه، وارد آسیا و ایران شده و با عبور از افغانستان، بوتان، نپال، شمال هند، جنوب چین، نهایتا در جنوب شرقی چین به پایان می رسد. زون بینالود در قسمت شرقی البرز شرقی قرار دارد. روند این زون شمال غربی- جنوب شرقی می باشد و دارای تحدبی به سمت شمال است که دربرگیرنده سنگ ها و رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک بوده که از نظر زمین ساختی در لبه شمال شرقی قطعه لیتوسفری ایران قرار گرفته است. این سلسله جبال، یک نوار چین خورده رورانده، از نوع نازک پوسته است که به دنبال تصادم میان قطعه لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال شرقی ایجاد شده است.

زون بینالود بر روی محل برخورد بلوک های ایران و توران قرار دارد. از آنجا که از مشخصات مناطق فرورانش و فشارشی وجود گسل های معکوس است، بنابراین گسل های موجود در زون بینالود نیز از نوع رانندگی می باشد. بنابراین در منطقه بینالود دو سیستم تراستی قابل مشاهده است، گسل های تراستی شکل پذیر قدیمی ترین ساختمان ها را تشکیل می دهند. این گسل ها کنتاکت بین مجموعه های افیولیتی و متاسدیمنت ها را می سازند و تحت تاثیر اولین فاز چین خوردگی با محور تقریبا افقی و روند جنوبی قرار گرفته اند. دومین سیستم تراست ساختمان های قبل را قطع می کند و از نوع شکل پذیر تا نیمه شکل پذیر می باشد و باعث تشکیل ملانژ گردیده اند. گروه دوم از گسل های تراستی علاوه بر اینکه تحت تاثیر اولین تراست ها واقع شده اند تحت تاثیر دومین فاز چین خوردگی قرار گرفته اند (Alavi, 1991).

موقعیت جغرافیایی نمونه های سنگی و مطالعات پتروگرافی آن:

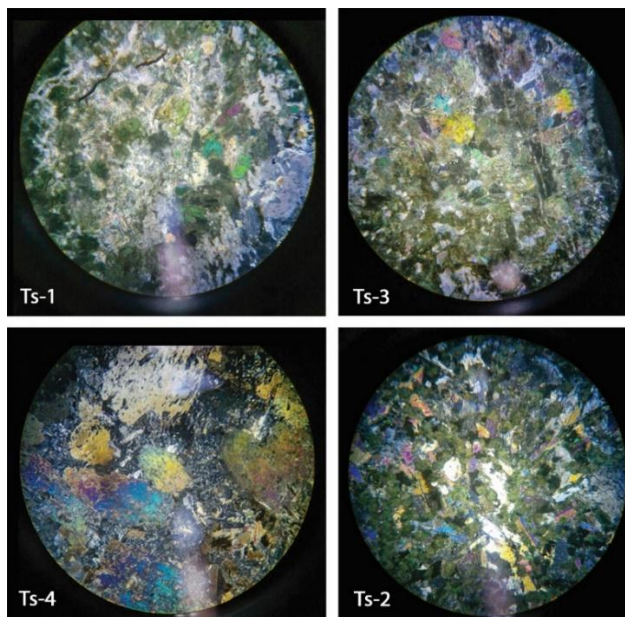
در این تحقیق نمونه های سنگی از چهار ایستگاه با مختصات: ایستگاه A ($36^{\circ} 17' 17.916'' - 59^{\circ} 29' 20.256''$)، ایستگاه B ($36^{\circ} 16' 25.428'' - 59^{\circ} 29' 44.34''$)، ایستگاه C ($36^{\circ} 16' 32.556'' - 59^{\circ} 30' 57.78''$) و ایستگاه D (59°)

² Rock mass rating classification

³ Rock mass quality classification

⁴ Geological Strength Index

"31° 28.596' – 36° 16' 16.536" برداشت شد. از هر یک از این ایستگاه‌ها نمونه‌هایی جهت تعیین جنس سنگ و تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی برداشت شد که در تصویر ۱ مقاطع نازک میکروسکوپی قابل مشاهده هستند. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود نمونه‌ها از جمله اولیون، پلاژیوکاز، پیروکسن و گاهاً هورنبلند تشکیل شده‌اند؛ از این رو می‌توان گفت جنس سنگها در این چهار ایستگاه غالباً از نوع گابرو و پریدوتیت هستند.

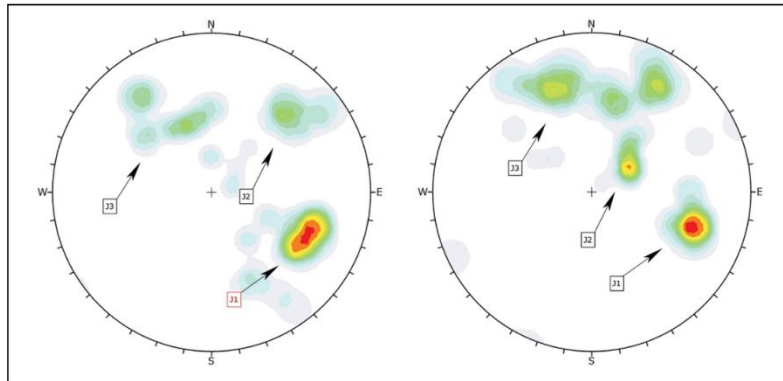


شکل ۱- مقاطع نازک نمونه‌های سنگی برداشت شده از ناحیه مورد مطالعه

ارزیابی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی توده‌سنگ‌ها:

در این تحقیق چهار ایستگاه برای بررسی پایداری شیب‌های کمربندی انتخاب شد که در این ایستگاه‌ها تعدادی درزه‌نگاری (حدود ۲۴۰ درزه) به روش خط برداشت^۵ انجام و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بعد از وارد کرده اطلاعات درزه‌ها در نرم افزار Dip مشاهده شد که سه درسته درزه اصلی در منطقه وجود دارد که نتیجه آن در شکل ۲ ارائه شده است. شیب و جهت شیب دسته درزه J_1 ۶۹-۲۹۰، دسته درزه J_2 ۷۰-۲۲۱ و دسته درزه J_3 ۴۶-۱۵۲ می‌باشد. در هر یک از ایستگاه‌ها تمرکز اصلی در یکی از دسته درزه‌ها می‌باشد و تمرکز قالبی در یک دسته درزه در کل مشاهده نمی‌شود. وجود این سه دسته درزه اشاره به شکست بلوک‌ها به صورت گوه‌ای شکل در منطقه دارد.

⁵ Scan-Line Surveying



شکل ۲- تصویر تهیه شده در نرم افزار Dip از توزیع قطب، شیب و جهت شیب درزه ها، در دو ایستگاه

همچنین بعد از انتقال نمونه های سنگی به آزمایشگاه ابتدا از هر توده سنگ تعدادی مغزه^۶ تهیه شد که در شکل ۳ مشاهده می شوند. در ادامه مجموعه آزمایشات مورد نیاز از قبیل بار نقطه ای، مقاومت تک محوری و چگالی بر اساس استاندارد ISRM روی این نمونه ها انجام شد. نتایج این آزمایشات به تفکیک هر ایستگاه در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۳- مغزه های سنگی تهیه شده جهت انجام آزمایشهای ژئومکانیکی

جدول ۱- نتایج مجموعه آزمایشهای ژئومکانیکی انجام شده بر روی نمونه های سنگی ناحیه

ایستگاه	درصد تخلخل	عدد اشمیت	مقاومت فشاری تک محوره (UCS) Mpa	بار نقطه ای (I _s) MPa	چگالی (p) Kg/Cm ³
A	0/27	57	172/3	3/25	26/62
B	0/44	55	169/3	5/84	27/65
C	0/74	32	65/67	5/62	28/80
D	0/35	39	116/67	4/01	28/95

⁶ Core

طبقه بندی توده سنگ:

طبقه بندی توده سنگها، یکی از روشهای مرسوم برای شناسایی کیفیت آنها بوده که به طور گسترده در مهندسی سنگ و در مرحله ی طراحی مقدماتی استفاده میشود و ابزاری مناسب برای برآورد پایداری توده ی سنگ و پیشبینی برخی خصوصیات رفتاری سنگ می باشد (Rahmannejad & Mohammadi, 2007).

روشهای مختلف طبقه بندی مهندسی سنگ، به این دلیل که شرایط ناپیوستگی های توده سنگ را به گونه ای در امتیازدهی خود لحاظ می کنند، همواره به عنوان پایه و اساس طراحی سازه ها در چنین محیط هایی مورد استفاده بوده است.

۱- طبقه بندی RMR:

سیستم رده بندی توده ی سنگ RMR برای اولین بار توسط بناوسکی در سال ۱۹۷۳ معرفی شد. از آن زمان به بعد این سیستم رده بندی چندین بار دچار تغییرات اساسی شد که تجدید نظرهای مهم در سالهای ۱۹۷۴، ۱۹۷۵، ۱۹۷۶ و ۱۹۸۹ انجام گرفت که در بین آنها نسخه ۱۹۷۶ و ۱۹۸۹ اغلب مورد استفاده قرار می گیرد. برای به دست آوردن توده های سنگی از رابطه ۱ استفاده می شود (Palmstrom, 2008):

$$RMR = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + B \quad (1)$$

که در آن:

A_1 : مقاومت تراکمی تک محوره ماده سنگ (UCS^7)

A_2 : شاخص کیفی سنگ (RQD^8)

A_3 : فاصله ناپیوستگی ها

A_4 : وضعیت ناپیوستگی ها

A_5 : وضعیت آب زیرزمینی

B : جهت یابی ناپیوستگی ها

با تعیین مقدار هر کدام از پارامترها و امتیاز مربوطه می توان RMR نهایی را به دست آورد و کیفیت توده سنگ را ارزیابی نمود. مجموع ۵ پارامتر نخست به عنوان RMR پایه معرفی می شود. پارامتر ششم دارای امتیاز منفی از ۰ تا ۵۰- بوده و جمع جبری آن با RMR پایه، RMR نهایی نامیده می شود (Aksoy, 2008).

جهت استفاده از این رده بندیها، ساختگاه مورد نظر باید به تعدادی واحد ساختاری زمین شناسی مشابه تقسیم بندی شود و توده سنگهایی که مشخصات زمین شناسی آنها کم و بیش یکسان میباشد در داخل یک واحد قرار گیرند (اجل

⁷ Uniaxial compressive strength of intact rock

⁸ Rock quality designation

لوئیان، ۱۳۸۲). این شاخص به منظور طراحی و ساخت حفریات سنگی نظیر تونل‌ها، معادن، شیب‌ها و پی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در منطقه مورد مطالعه سطح آب زیرزمینی پایین بوده و در سطح یا بین درزه‌ها رطوبتی مشاهده نشد. فاصله داری درزه‌ها در هر چهار ایستگاه از ۰/۱۵ تا ۰/۸۷ متر متغیر می‌باشد. RQD هر ترانشه با توجه به طول خط برداشت به چند بخش یک متری تقسیم شد و در هر یک متر فاصله شکستگی‌های بیشتر از ده سانت اندازه گرفت شد و در مجموع با میانگین گرفتن بین این بخش‌ها RQD کل خط برداشت تعیین گردید. مقدار کمترین RQD در ایستگاه C ۵۷ بدست آمد و مقدار بیشترین RQD در ایستگاه D ۸۲ بدست آمد.

وضعیت زبری سطح درزه‌ها از مسطح نرم تا موج ناهموار در تغییر بود و مقادیر بازشدگی درزه‌ها در کمترین حال ۱ میلیمتر و در بیشترین حالت تا ۲۰ میلی متر اندازه گیری شد. مواد غالب پر کننده این درزه‌ها رس بود که نشان دهنده بیشترین درجه هوازدگی است.

با توجه به نتایج بدست آمده از تست‌های انجام شده و تعیین امتیاز پارامترهای مرتبط، مقادیر RMR نمونه‌های A تا C در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر RMR به دست آمده از توده سنگ‌های هر ایستگاه

ایستگاه	A	B	C	D
RMR	۴۳	۵۹	۴۶	۵۶

۲- طبقه بندی GSI:

هوک و براون بر پایه ویژگیهای دیداری توده سنگها برای رده بندی آنها و در نتیجه برآورد پارامترهای ژئومکانیکی آنها برای طراحی سازه های مهندسی زیرزمینی روش نوینی پیشنهاد کرده اند که به **اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI)** خوانده می شود و امروزه در بیشتر نوشتارها به آن پرداخته می شود. این روش برای برآورد کاهش مقاومت در شرایط مختلف زمین شناسی بوده که مقدار آن با مشاهدات صحرایی تعیین می گردد (Hoek et al., 1998). در این روش، توده سنگ از دیدگاه درزه داری که نتیجه آن تکه تکه ای شدن توده سنگ است و همچنین نمود آن در روی زمین مانند هوازدگی و دگرسانی، خش لغزه ها و ماده پرکننده درزه ها مورد بررسی قرار می گیرد. به این ترتیب توده سنگها در ۶ گروه جای داده شده اند که هریک از آنها با نشانه ویژه ای مشخص می شوند.

با توجه به وجود سه دسته درزه قالب در منطقه، وضعیت درزه موج نرم تا موج ناهموار، وجود رس در پرشدگی درزه ها و مقادیر RQD، که قبلاً اشاره شد، مقادیر اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI) برای نمونه های A تا C در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر GSI به دست آمده از توده سنگ‌های هر ایستگاه

ایستگاه	A	B	C	D
GSI	23	25/67	19	27/33

۳- طبقه بندی Q:

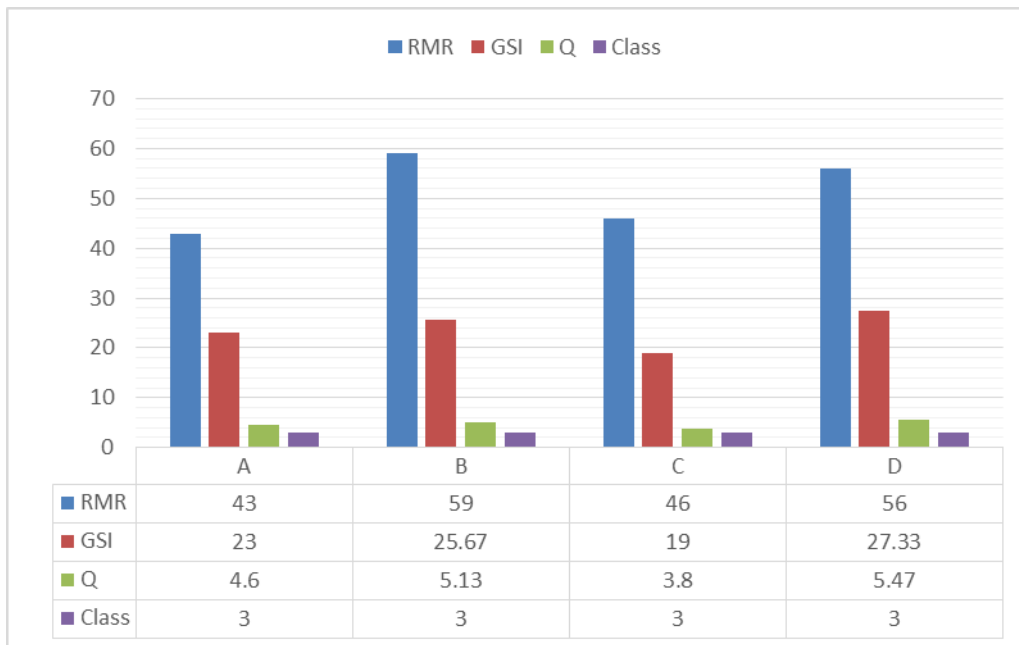
این سیستم برای طبقه‌بندی توده سنگ در سال ۱۹۷۴ توسط نیک بارتون و همکاران او در انسیتیوی ژئوتکنیک نروژ (NGI) گسترش یافت (Barton, 1994). این سیستم طبقه‌بندی بر اساس آنالیزهای انجام گرفته بر روی ۲۱۲ تونل حفاری شده در اسکاندیناوی ابداع شد. این سیستم از ۶ شش پارامتر برای تخمین کیفیت توده سنگ استفاده می‌نماید.

منطقه مورد مطالعه دارای رس و بخش‌های تجزیه شده مکرر است ازینرو مقادیر SRF در هر چهار ایستگاه یکسان در نظر گرفته شد و با توجه به عدم وجود آب در درزه‌ها و سطح آنها مقادیر J_w هم در کل یکسان در نظر گرفته شد، ازین رو مقادیر طبقه بندی توده سنگ بارتون (Q) برای نمونه‌های A تا C با توجه به شش پارامتر، در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴- مقادیر Q به دست آمده از توده سنگ‌های هر ایستگاه

ایستگاه	A	B	C	D
Q	4/6	5/13	3/8	5/47

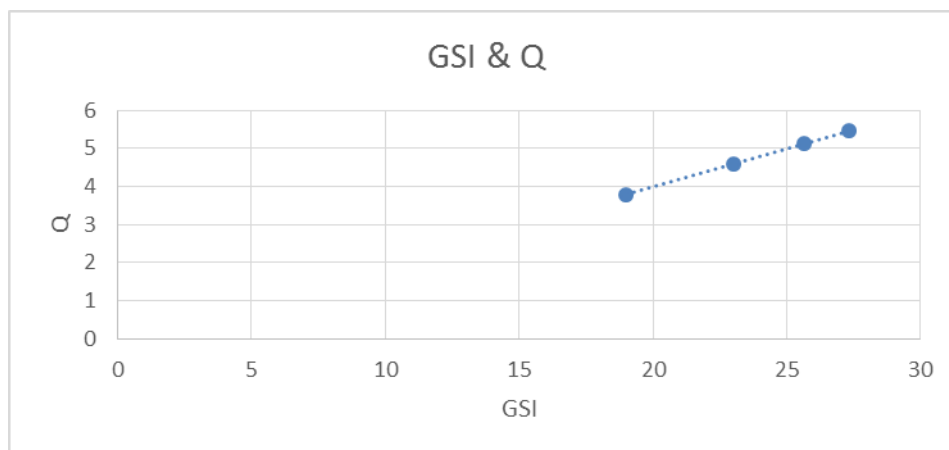
به طور کلی با در کنار هم قرار دادن نتایج این سه طبقه بندی مشاهده میشود که کلاس سنگهای اولترامافیک جنوب مشهد در رده ۳ یا نسبتاً خوب قرار دارد. در شکل ۴ نمودار میله ای این سه دسته بندی قابل مشاهده است.



شکل ۴- نمودار میله ای طبقه بندی های RMR، GSI و سنگهای اولترامافیک جنوب مشهد

رابطه بین طبقه بندی RMR، GSI و Q و نمایش عدد رگرسیون:

در ادامه با بررسی رابطه دو به دو این طبقه بندی ها با هم ($RMR \& GSI - GSI \& Q - RMR \& Q$) فرمول موجود بین این روابط محاسبه شد هم چنین عدد رگرسیون نیز برای هر کدام از مقایسه ها بدست آمد. به طور نمونه نمودار بین دو طبقه بندی GSI و Q در شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵- رابطه بین دو پارامتر طبقه بندی سنگ GSI و Q

رابطه موجود بین RMR، GSI و Q محاسبه شد که در جدول زیر قابل مشاهده است:

رابطه	عدد رگرسیون
$GSI = 0/2002 \times (\ln Q) - 0/004$	$R^2 = 0.95$
$RMR = 0/0707 \times (\ln Q) + 1/1428$	$R^2 = 0/5608$
$GSI = 0/354 \times (RMR) + 5/6966$	$R^2 = 0/5629$



نتیجه گیری :

طبقه بندی توده سنگ یکی از معیارهای مورد استفاده در اکثر پروژه های عمرانی می باشد. این معیار پارامترهای مقاومتی زیادی را در نظر میگیرد که میتوان از نتایج این طبقه بندی ها در طراحی سازه های مختلف از جمله معادن، سد، تونل و شیب های سنگی در اطراف جاده ها استفاده کرد. در این تحقیق با انجام آزمایشات و برداشت های صحرایی نتایج طبقه بندی RMR، GSI و Q بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت توده سنگهای اولترامافیک جنوب مشهد در رده بندی نسبتا خوب تا ضعیف قرار می گیرند. این مسئله می تواند با توجه به شرایط تکتونیکی پیچیده حاکم بر منطقه باشد. رگرسیون (ضریب همبستگی) موجود بین روابط در حد نرمال، بین ۵/۰ تا ۰/۹۵ قرار دارد که نشان میدهد همبستگی روابط تا حدودی نزدیک به یکدیگر می باشند. از نتایج این تحقیق میتوان به عنوان ورودی مناسبی برای مدل های عددی، جهت تحلیل پایداری شیبها، استفاده کرد.



منابع فارسی :

اجل لوئیان، رسول و محمدی، داود، (۱۳۸۲)، «رده بندی توده ی سنگ روشی کاربردی در مهندسی عمران»، انتشارات فن آوران، ۳۴۷ صفحه.



References:

- Palmstrom, A., (2008). "Comparing the RMR, Q and RMI classification systems", 10p.
- Aksoy, C.O., (2008). "Review of rock mass rating classification Historical, Development, Applications, And Restrictions", Mining science, 13p.
- Rahmanna, R. and Mohammadi, H., (2007). "Comparison of rock mass classification systems", 5p.
- Barton, N.R.; Grimstad, E. (1994). "The Q-system following twenty years of application in NMT support selection; 43rd Geomechanic Colloquy, Salzburg". Felsbau. Verlag Glückauf GmbH, Essen, Germany: 428-436.
- hoek, E., Marinos, P., Benissi, M., Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation. Bull. Engg. Geol. Env. 57(2), 151-160
- Alavi, M. (1991), Sedimentary And Structural Characteristic of the Pale-Tethys. Rements in Northeast Iran. Geological Society of American Bull. 103:983-992.

ویژگی های زمین شناسی مهندسی سازند قلعه دختر در محل برش الگو

♦♦♦♦♦♦♦♦

اکبر اکبری، دانشجوی کارشناسی ارشد، تهران، akbar.akbari@modares.ac.ir

محمدرضا نیکودل، دکتری زمین شناسی مهندسی، nikudelm@modares.ac.ir

علی ارومیه ای، دکتری زمین شناسی مهندسی، تهران، uromeiea@modares.ac.ir

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

شناخت ویژگی های زمین شناسی مهندسی سازندهای مختلف بخصوص در محل برش الگوی آن سازند می تواند در بعضی از پروژه ها کارساز باشد. با این هدف مصالح موجود در سازند قلعه دختر واقع در غرب شهرستان بشرویه بعنوان یک منبع قرضه که برای ساخت بعضی از سازه های تاریخی استفاده شده است مورد بررسی قرار گرفت. از این سازند در محل برش الگو، بلوک های نمونه ی برداشته و به آزمایشگاه منتقل و پس از آماده سازی بر اساس استانداردهای ذکر شده، جهت بررسی برخی از پارامترهای زمین شناسی مهندسی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان می دهد نمونه مارنی بیشترین نسبت تخلخل را دارد، همچنین مقادیر دانسیته خشک، اشباع و مستغرق کمترین مقادیر می باشد و به ترتیب آهک و ماسه سنگ دارای وضعیت بهتری هستند. همچنین مقاومت تراکمی عضو ماسه سنگی در رده ی مقاومت بالا، آهک مقاومت متوسط و عضو شیلی در رده ی مقاومتی پایین قرار می گیرد، که این نتایج توسط چکش اشمیت نیز به صورت مشابهی بدست آمده است. شاخص دوام ماسه سنگ و آهک در رده به شدت بالا و شیل مارنی در رده ی خیلی بالا قرار می گیرد.

کلید واژه ها: ویژگی های زمین شناسی مهندسی، سازند قلعه دختر، سنگ آهک، بشرویه

Engineering geology features of Qaleh Doekhtar Formation at the type section

Mohammad Reza Nikudal, P Akbar Akbari, MSc Student, Tehran, akbar.akbari@modares.ac.ir, D in Engineering Geology, nikudelm@modares.ac.ir

Ali Orumeie, PhD in Engineering Geology, Tehran, uromeiea@modares.ac.ir

Abstract: Features of Engineering Geology, Qale-Dokhtar Formation, Limestone, Boshrouyeh

Abstract

Understanding of engineering geology features of several formations specially in pattern section could be helpful in some of projects. Material of Qale-Dokhtar formation has been made in west of Boshrooyeh as a borrowing source that is been used for that kind of historical building. Some samples have been gathered from pattern section then after, the samples have been sent to laboratory. these samples have been tested for some of engineering geology parameters . results have shown that marl sample has the most amount of porosity. Dry density saturation density and drawn density are the less than all. Lime stone and sand stone are in a lower measurement. compressive strange of sand stone in a high range, lime stone in the middle and marly shale was at the low range result that are similar to Schmitt's hammer. durability feature of lime stone and sandstone intensively high and marl shale is high.

Keywords: Features of Engineering Geology, Qale Dokht Formation, Limestone, Boshroyeh

مقدمه :

توالی رسوبات کربناته ژوراسیک میانی-بالایی در شرق ایران مرکزی گسترش قابل توجهی دارند و در طول مسافت زیادی قابل ردیابی هستند. (افسار، میراب شبستری و خزاعی، ۱۳۹۵). شناخت خصوصیات زمین شناسی مهندسی سازندهای کربناته ایران به منظور تهیه ی بانک اطلاعاتی ضروری است (قبادی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به گسترش سازندهای ژوراسیک در پهنه ی شرقی ایران مرکزی محاسبه ی این مقادیر می تواند در انجام مطالعات دفتری مربوط به این مناطق مورد استفاده قرار گیرد و در انرژی و سرمایه صرفه جویی شود. سازند قلعه دختر به سن ژوراسیک بالا دارای سه عضو ماسه سنگ پایینی شیل میانی و آهک بالایی می باشد. این سازند یک رخساره جلوی ریف است. برش الگوی سازند قلعه دختر در ۷ کیلومتری شمال قلعه ای به همین نام در باختر شهرستان بشرویه قرار دارد. در این برش به ترتیب سه عضو آهک بالایی، شیل میانی و ماسه سنگ زیرین قابل مشاهده است. (آقاباتی، ۱۳۸۳) در این پژوهش سعی شده تا با انجام عملیات صحرایی، نمونه برداری و انجام آزمایش های مکانیک سنگ و ویژگی های زمین شناسی مهندسی سازند قلعه دختر مورد مطالعه قرار گیرد. در این مطالعه ابتدا مقاومت نمونه ها به روش چکش اشمیت محاسبه سپس با استفاده از استاندارد ها نمونه های تهیه شده به صورت مغزه با قطر استاندارد NX و به اندازه ۵۴ میلیمتر تهیه شده است. ابتدا و انتهای مغزه ها تا حد امکان ساب داده شد تا از ایجاد خطاهای مربوطه کاسته شود. در این آزمایشات از هر عضو تعداد مشخصی نمونه برای هر آزمایش انتخاب شد و با توجه به مقادیر محاسبه شده، مقدار میانگینی از هر نمونه برای آزمایش تعیین شد.



روش انجام پژوهش:

در این پژوهش با شناسایی محل برش الگو نمونه برداری در این محل انجام گرفت و با استفاده از چکش اشمیت مقادیر مقاومت تک محوری سنگ ها اندازه گیری شد. سپس نمونه ها به صورت بلوک های سنگی و در ابعاد حدوداً ۳۰*۳۰*۳۰ تهیه گردید. این بلوک ها با توجه به نوع آزمایش آماده سازی شد. پس از آماده سازی نمونه ها، آزمایشات مورد نظر روی آنها انجام شد.

مطالعات میدانی:

با استفاده از چکش اشمیت نوع L و روش استاندارد (ISRM, 1978) بخش های مورد نظر مورد آزمون قرار گرفت که نتیجه ی این آزمایشات در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج چکش اشمیت می تواند معیاری برای سنجش مقاومت تک محوری سنگ در صحرا باشد. استفاده از این چکش در مرحله عملیات صحرایی بسیار رایج می باشد.

مقاومت تقریبی مقاومت تک محوری بر اساس عدد چکش اشمیت MPa	عدد چکش اشمیت	نمونه
۷/۵±۵۶	۴۸	آهک
۶±۲۶	۳۲	شیل مارنی
۹±۹۰	۶۵	ماسه سنگ

جدول ۱ مقادیر چکش اشمیت

مطالعات آزمایشگاهی:

- خواص فیزیکی

پس از تهیه ی بلوک ها از هر بلوک تعدادی مغزه با قطر NX گرفته شد. بخشی از این مغزه ها برای محاسبه ی خواص فیزیکی شامل جرم حجمی (خشک، مرطوب و اشباع)، وزن مخصوص بخش جامد، تخلخل، نسبت پوکی، نسبت تخلخل، هر کدام از لیتولوژی ها، بر اساس استاندارد (ASTM D5446-08) مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمایش ابتدا وزن خشک نمونه ها محاسبه و پس از انجام مراحل اشباع سازی توسط دستگاه وکیوم، مجدداً برای برآورد وزن اشباع توزین می شوند. سپس نمونه ی اشباع با استفاده از ترازوی ارشمیدس وزن می گردد تا وزن مستغرق نمونه ها اندازه گیری شود. نتایج این آزمایشات در جدول ۲ نشان داده شده است

نمونه	V_{dry} gr/cm^3	V_{sub} gr/cm^3	V_{sat} gr/cm^3	G_s	$n \%$	e
آهک	۲,۶۵	۱,۷۵	۲,۷۵	۲,۷۶	۲,۲۰	۰,۰۲۲
ماسه سنگ	۲,۵۶	۱,۶۹	۲,۷۰	۲,۷۰	۳,۱	۰,۰۳۲
شیل مارنی	۲,۱۹	۱,۳۸	۲,۴۱	۲,۳۵	۵,۱۶	۰,۰۵۴

جدول ۲ خصوصیات فیزیکی سازند قلعه دختر

- خواص مکانیکی

- شاخص دوام

شاخص دوام یک پارامتر مهندسی مهم در ارزیابی زوال پذیری سنگ ها در برابر عوامل هوازدگی شیمیایی و فیزیکی است که رابطه نزدیکی با ویژگی های مکانیکی سنگ ها دارد. (نیکودل، جمشیدی و حافظی مقدس، ۱۳۸۹) در این آزمایش با

استفاده از دستگاه دوام و براساس استاندارد (ASTM D4644,1988) نمونه ها مورد بررسی قرار می گیرند. این آزمون به مدت ۵ سیکل برای هر کدام از نمونه ها انجام شده است. نتایج حاصل از آزمون دوام در جدول ۳ نمایش داده شده است.

نمونه	شماره سیکل				
	Id ₁	Id ₂	Id ₃	Id ₄	Id ₅
آهک	۹۹,۴۹	۹۹,۲۳	۹۹,۱۱	۹۹,۰۳	۹۸,۷۹
شیل مارنی	۹۶,۹۱	۹۵,۲۰	۹۳,۷۸	۹۲,۷۰	۹۱,۳۸
ماسه سنگ	۹۹,۵۹	۹۹,۳۷	۹۹,۲۲	۹۹,۱۸	۹۹,۰۰

جدول ۳ نتایج حاصل از آزمایش دوام سازند قلعه دختر

- مقاومت تک محوری

در این آزمایش با استفاده از یک جک هیدرولیک و با توجه به استاندارد (ASTM D2938) نمونه ها مورد آزمایش قرار می گیرد. مطابق آنچه در استاندارد ذکر شده نمونه ها باید طول ۲ تا ۳ برابری نسبت به قطر مغزه های مورد آزمایش داشته باشند.

نمونه	شرایط آزمایش	مقاومت تک محوری (MPa)
آهک	خشک	۷۳,۹
شیل مارنی	خشک	۳۱,۲
ماسه سنگ	خشک	۱۳۵,۰

جدول ۴ مقاومت تک محوری سازند قلعه دختر

- آزمایش مقاومت کشش برزیلی (BTS)

این آزمایش با توجه به استاندارد (ASTM D3967) انجام می گیرد. آزمایش برزیلی روشی غیرمستقیم برای تعیین مقاومت کششی مواد شکننده مانند سنگ و بتن است که از زمان ارائه این روش به وسیله ی (کارنیرو، ۱۹۴۳) و (اکازوو، ۱۹۴۳) به طور گسترده ای استفاده شده است (بهالدینی، ۱۳۹۶). در آزمایش برزیلی، دیسکی نازک به صورت قطری تحت فشار قرار می گیرد و این فشار باعث ایجاد کشش در امتداد عمود بر قطر بارگذاری شده و با فرض ایجاد ترک کششی در مرکز نمونه، مقاومت کششی به صورت رابطه ی (۱) محاسبه می شود:

$$\sigma_T = \frac{2P}{\pi Dt} \quad (1)$$

نمونه	شرایط آزمایش	BTS(MPa)
آهک	خشک	۷,۵۸
شیل مارنی	خشک	۳,۰۲
ماسه سنگ	خشک	۱۲,۲۱

جدول ۵ مقادیر مقاومت کششی نمونه ها بر اساس آزمایش برزیلی بر حسب مگاپاسکال

- سرعت عبور موج فشاری (V_p)

جهت انجام آزمایش سرعت موج فشاری طبق استاندارد (ASTM D2845, 2005) مغزه هایی با قطر Nx و طول حداقل ۵ برابر طول موج جهت بررسی آماده شد. از عوامل موثر بر سرعت موج در سنگ ها می توان به نوع سنگ، بافت، چگالی، تخلخل، درجه حرارت، روزه داری، ناهمسانگردی، میزان تنش و مقدار آب موجود در نمونه اشاره کرد.

نمونه	شرایط انجام آزمایش	سرعت موج فشاری (M/s)
آهک	خشک	۴۳۷۵
شیل مارنی	خشک	۲۵۵۶
ماسه سنگ	خشک	۳۵۱۶

جدول ۶ مقدار سرعت موج بر حسب متر بر ثانیه



نتیجه گیری :

جهت انسجام و قابل دسترس بودن نتایج تمامی نتایج در جدول زیر نمایش داده شده است.

عضو آزمایش		آهک	شیل مارنی	ماسه سنگ
		آهک	شیل مارنی	ماسه سنگ
چگالی (Anon, 1979)	رده بندی بر اساس چگالی	IV	II	IV
	توصیف کیفی چگالی سنگ	زیاد	کم	زیاد
تخلخل (Goodman, 1989)	رده بندی سنگ	IV	III	IV
	توصیف تخلخل	کم	متوسط	کم

شاخص دوام	(Camble, 1971)	خیلی زیاد	زیاد	خیلی زیاد
	Franklin and Chandra, 1972)	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد
سرعت موج (Anon, 1979)	رده بندی سنگ	IV	II	III
	توصیف سنگ	متراکم	کمی سست	متوسط
مقاومت تک (محوری Deere and Miller, 1966)	رده بندی سنگ	متوسط	پایین	بالا
	توصیف سنگ	C	D	B
آزمون کشش برزیلی	کشش سنگ بر اساس رابطه ی (۱)	۷,۵۸	۳,۰۲	۱۲,۲۱

مراجع

- آقاباتی، ع. (۱۳۸۳). زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- افسا، ز.، میراب شبستری، غ. و خزاعی، ا. ر. (۱۳۹۵). پتروگرافی، محیط رسوبی و ژئوشیمی واحد کربناته سازند قلعه دختر (ژواسیک میانی - پسین؟) در برش کوه سیدآباد، شمال قاین، شرق ایران، ۳، ۸۴-۱۰۵.
- بهالدینی، م. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر مقیاس بر مقاومت کششی در آزمایش برزیلی. نشریه زمینشناسی مهندسی، ۴.
- قبادی، محمدحسین، قربانی صابر، ا.، محسنی، ح. و ارومیه ای، ع. (۱۳۹۲). بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ آهک سازندهای ایلام- سروک در خرم آباد [Retrieved from https://j.eg.khu.ac.ir/article-1-1551-fa.pdf](https://j.eg.khu.ac.ir/article-1-1551-fa.pdf).
- نیکودل، م.، جمشیدی، ا. و حافظی مقدس، ن. (۱۳۸۹). همبستگی شاخص دوام با ویژگی های مکانیکی نمونه هایی از سنگ های ساختمانی با تاکید بر تاثیر تعداد چرخه های تر و خشک شدن. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۴ (۱۶).
- Anon, A. (1979). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. "Report by the IAEG commission on Engineering Geological Mapping", Bulletin of IAEG, No. 24, pp. 235-274.
- Deere, D. U., & Miller, R. (1966). Engineering classification and index properties for intact rock. In: Illinois Univ At Urbana Dept Of Civil Engineering.
- I.S.R.M Rock characterization (1981). In: Brown ET, editor. Testing and monitoring - ISRM suggested methods. Oxford, UK: Pergamon Press; 211p.

ارزیابی توسعه کارست براساس ویژگی‌های لیتولوژیکی، مورفولوژیکی و ساختاری در منطقه حسن آباد قلعه‌بزی مبارکه

اصفهان



۱- محمد حسین قبادی (استاد زمین شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینای همدان amirghobadi@yahoo.com)

۲- مهرداد امیری (دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینای همدان a.mehrdad1372@yahoo.com)



چکیده:

هدف از انجام این پژوهش، شناسایی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی کارست، شناخت خصوصیات سنگ‌شناسی و ویژگی‌های تکتونیکی به منظور ارزیابی توسعه کارست در منطقه حسن آباد قلعه بزی می‌باشد. واحدهای کربناته در ناحیه مورد مطالعه، گسترش زیادی دارد و متعلق به کرتاسه می‌باشد. ساختارها تکتونیکی (درزه‌ها، شکستگی‌ها و گسل‌ها) فراوان و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی کارست نظیر حفرات و شیارهای انحلالی و کارن در منطقه مشاهده شده است. با مطالعه مقاطع نازک سنگ، سنگ‌های منطقه از نوع آهک‌های میکرایتی متبلور و دولومیت می‌باشد. به منظور ارزیابی خصوصیات فیزیکی جمعا ۵ نمونه تهیه شد که وزن واحد حجم سنگ‌های کربناته ۵۵/۲ گرم بر سانتی متر مکعب و تخلخل آنها ۵۷/۲ درصد اندازه‌گیری شده است. با توجه به نتایج آزمایش کلسیمتری میزان کربنات کلسیم ۳/۹۱ درصد می‌باشد. براساس تحقیق انجام شده ترکیب مناسب سنگ‌شناسی، ناپیوستگی‌های فراوان در منطقه، شرایط آب و هوایی، نوع اقلیم (نیمه خشک شدید) ناحیه و فراوانی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی بر توسعه کارست در منطقه دلالت دارد.

کلید واژه‌ها: حسن آباد قلعه بزی، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی، کارست

Assessment of Karst development base on lithological, morphological and structural characteristics in the Hasan Abad galebozi region, East of mobarake, East of Esfahan province



M.H.Ghobadi (Professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, amirghobadi@yahoo.com)

Mehrdad Amiri (M.S in Engineering Geology, Bu-Ali Sina University, a.mehrdad1372@yahoo.com)



Abstract:

The Purpose of this study was to evaluate karst development in Hasan Abad region, East of mobarake by Identifying Karst geomorphological phenomenon and geological and tectonic characteristics. Carbonate units in the study area, are widespread wich has Cretaceouse age. Many tectonic structure(joints fractures and faults) and geomorphological phenomena of karst such as karren, dissolution cavities and fissures in the area have been observed in this area. According to the study of rock thin sections.rocks were crystalline Micritic limestone,

dolomites types. A total of 5 samples were prepared to evaluate physical properties. The average unit weight of carbonate rock samples were 2.55 g/cm³ and porosity 2.57% was measured. According to calcium test results, calcium carbonate content is 91.3%. Based on this study, the appropriate combination of lithology, various discontinuities, weather condition, the climate of the area and abundance of geomorphological phenomena are evidence of Kars development in this region.

Keywords : Hasan Abad galebozi, geomorphological phenomena, Karst



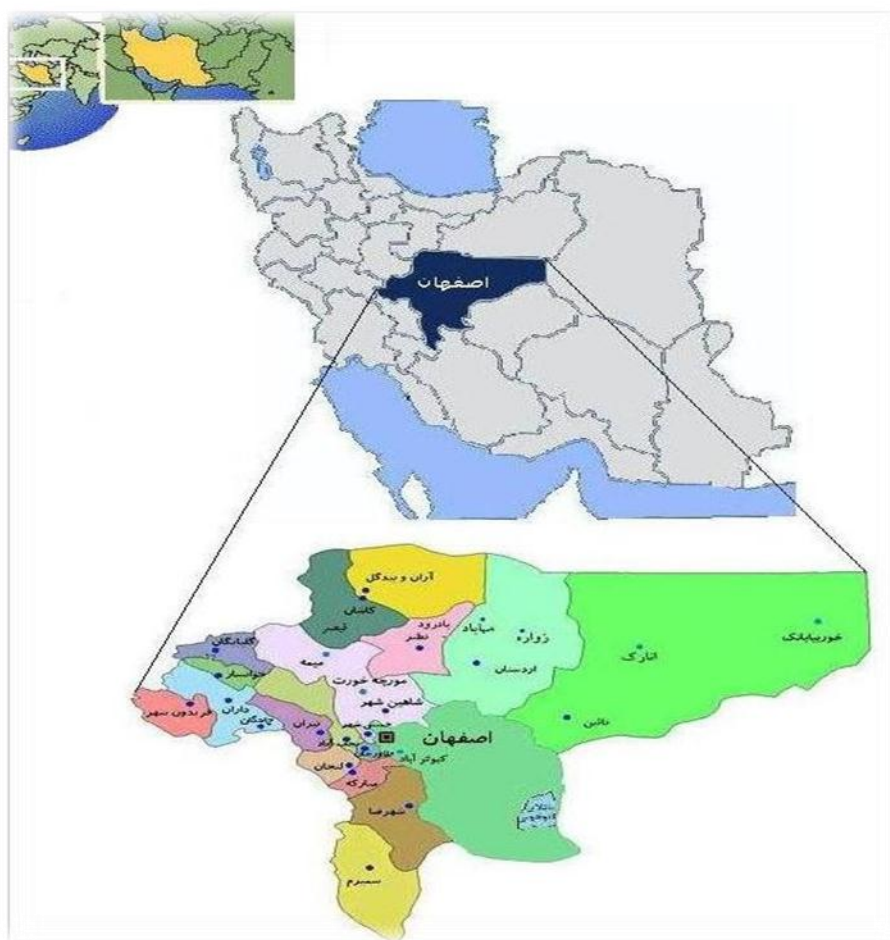
مقدمه :

اصطلاح کارست از واژه های Carso یا Kart گرفته شده است که اولین بار توسط افراد بومی برای توصیف چشم اندازهای توده سنگ آهکی اطراف تریست و کوهستان یوگسلاوی سابق استفاده شده است. کارست از نقطه نظر زمین شناسی سیمای پیچیده ای دارد و دارای ویژگی های مخصوص به خود است. پدیده های کارستی اغلب در سنگ های آهکی دیده میشوند. اما در سنگ های سولفاته، کلروره، ماسه سنگ های و کنگلومراهای حاوی مواد کربناته برحسب شرایط آب و هوایی و جغرافیایی مشاهده می شوند. تقریباً ۲۰ درصد از سطح قاره ها متشکل از سنگ های کارستی است و بیش از یک چهارم مناطق مسکونی بر روی این توده های سنگی بنا شده اند. پژوهش های زیادی در زمینه ارتباط تکتونیک و کارست صورت گرفته است که به عنوان نمونه میتوان به تحقیق تیرلا و ویجولی (Tirla and vijulie) اشاره نمود که بر روی آهک های ریفی ژوراسیک بالایی می باشد. وایلیس (Viles) تحقیقاتی در مورد بررسی تاثیر تغییرات آب و هوایی بر کارست های ایتالیا و ایرلند انجام داد و مشخص کرد که تغییرات بارندگی تاثیر بیشتری نسبت به تغییرات دمای بر کارستی شدن دارد.



موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان، ۳۵ کیلومتری شمال غرب شهرضا و حدود ۴۵ کیلومتری شرق بروجن واقع شده است. همچنین این شهرستان از طرف شمال و شمال غرب به ترتیب با شهرستان های زرین شهر و فلاورجان همسایه است. از دیدگاه جغرافیایی منطقه مورد مطالعه دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۳ دقیقه واقع شده است. ارتفاع این شهرستان از سطح آبهای آزاد ۱۶۷۰ متر و شیب عمومی زمین منطقه از سمت جنوب به شمال می باشد. میانگین دمای این منطقه ۱۲ درجه سانتیگراد است و بادهایی که از سمت جنوب غربی می وزد باعث ایجاد تعادل در هوای آن منطقه می گردد. منطقه از نظر آب و هوا دارای آب و هوای سرد و خشک می باشد. (شکل ۱).



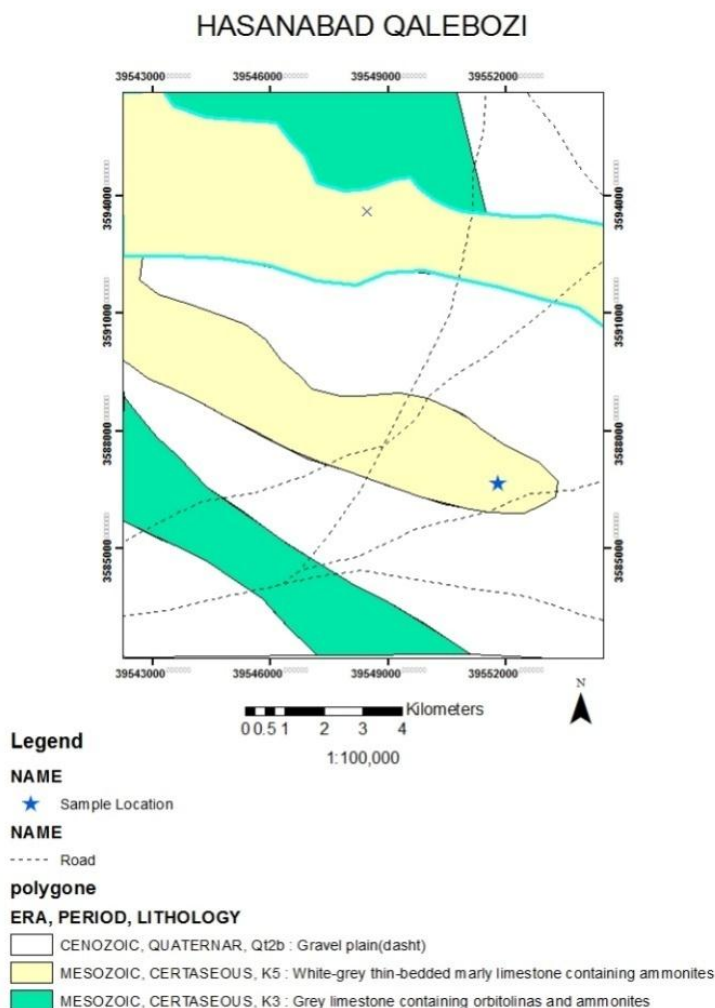
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (www.gis.ir)



زمین شناسی منطقه:

از نظر تقسیمات ساختاری منطقه مورد بررسی در زون سندج-سیرجان واقع است. منطقه شامل آبرفت های عهد حاضر و توده سنگ های شامل سنگ های آهکی توده ای کرم تا خاکستری به رنگ کرتاسه و سنگ آهک دولومیتی شده به رنگ کرم تا خاکستری می باشد و آهک های کرتاسه با دو رخساره بخش فوقانی متشکل از سنگ های آهکی مارن و سنگ های آهکی اریتولین دار و نومولیت دار رخمون یافته اند. همچنین قطعات فسیل پلئوئید در آن ها مشاهده می شود و چون این قسمت از ایران مرکزی در زون سندج-سیرجان نامگذاری نشده است متعلق به سازند خاصی هم نمی باشد. (شکل ۲). منطقه مورد مطالعه در واحد زمین ساختی ایران مرکزی قرار می گیرند. دریای کرتاسه در ایران مرکزی گسترش بسیار زیاد داشته است به نحوی که در اکثر نقاط، رسوبات پیشرونده کرتاسه زیرین متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ قرمز تخریبی و

آهک با دگرشیبی زاویه دار و نبود رسوب گذاری بر روی رسوبات قدیمی تر به جا گذاشته شده است. سنگ آهکهای اُربیتولین دار کرتاسه پایینی، یکی از شاخصترین واحدهای سنگی ایران مرکزی است که با ردیفهای آواری سُرخرنگ با سن نئوکومین، آغاز و به طور پیشرونده و گاه دگرشیب سنگهای کهنه تر را میپوشاند. گستردگی زیاد این سنگها، در نواحی گوناگون ایران مرکزی، گویای پیشروی گسترده دریای کرتاسه پایینی بر روی سن های پیرتر و پوشیده شدن بسیاری از کهن پشتهها می باشد. به طور کلی در مناطقی که توالی کرتاسه پایین بر روی سنگهای کهنه تر از ژوراسیک قرار دارند، همبری آنها از نوع دگرشیبی زاویه دار و گاه آذرینی است.



شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چهار گوش حسن آباد مبارکه

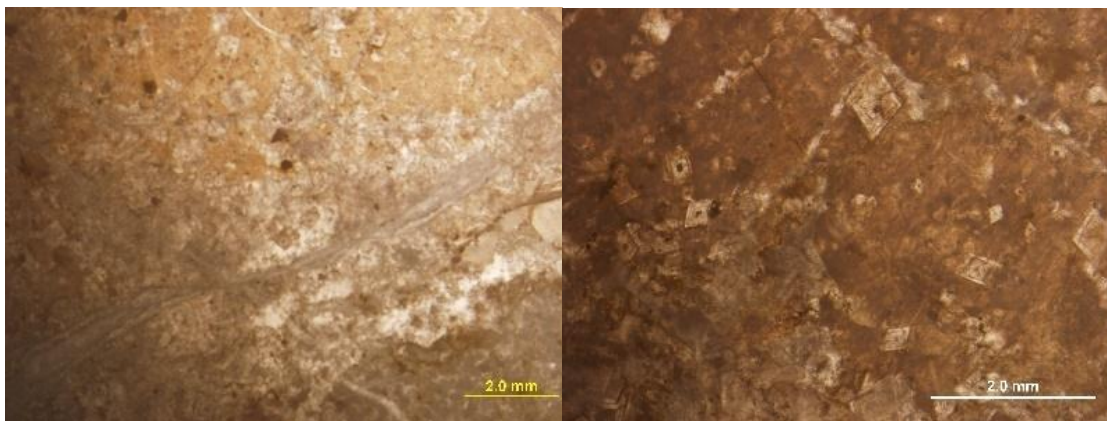
روش تحقیق:

در این پژوهش، با انجام بازدیدهای صحرایی از منطقه، پدیده‌های ژئومورفولوژی کارست، گسل ها و شکستگی ها شناسایی و مشخصات آن اندازه گیری شد. نمونه برداری از روستای حسن آباد قلعه بزی صورت گرفت و سپس با تهیه مقاطع نازک سنگ و ترکیب سنگ شناسی مورد مطالعه قرار گرفت. در مرحله بعد برخی از ویژگی های فیزیکی سنگ (وزن واحد حجم، درصد تخلخل و رطوبت طبیعی) طبق استاندارد (ASTM 1977) محاسبه گردید.



سنگ شناسی:

به منظور مطالعات سنگ شناسی از منطقه مورد مطالعه نمونه تهیه شد. نمونه سنگ آهک با سیمان کلسیتی همراه با اکسید آهن و ذرات ریز دولومیت می باشد. تخلخل اولیه نمونه توسط سیمان کربناته پر شده است. نمونه دارای فسیل ائید و پلویید می باشد.



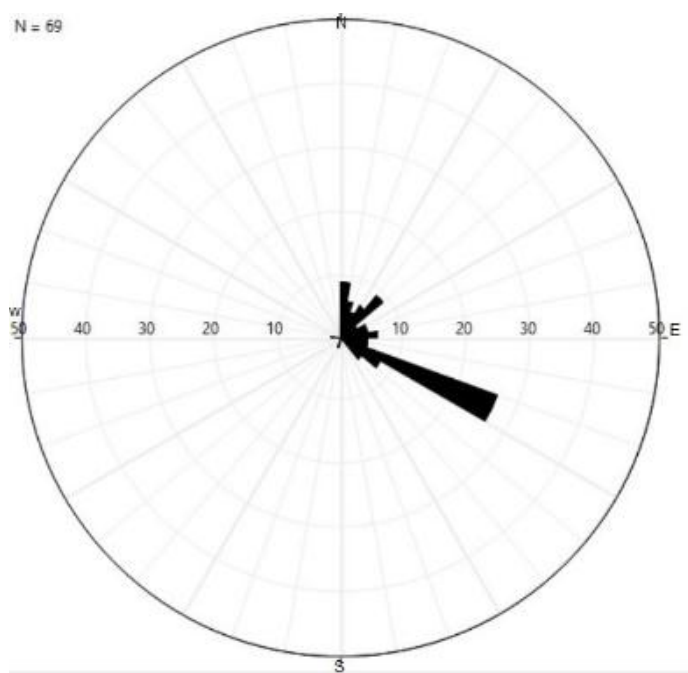
شکل ۳- الف) مقطع نازک سنگ آهک و دولومیت ناحیه: الف) دارای فسیل پلویید در زمینه میکرایت و کانی کلسیت، دولومیت



وضعیت ساختاری منطقه مورد مطالعه:

فعالیت های تکتونیکی با ایجاد عوارض ساختاری همچون گسل ها و درزه و شکاف ها (ایجاد خرد شدگی)، سنگ های مستعد کارستی شدن را به بلوک های مجزا تبدیل و با افزایش تخلخل ثانویه که باعث افزایش نفوذ پذیریشان می شود امکان نفوذ آب را به درون سنگ ها و در نهایت توسعه فرایند کارستی شدن را موجب می شوند. زمین شناسی ساختمانی نقش عمده ای در جریان یافتن آب بازی می کند. به همین علت شناخت ساختمان اصلی تکتونیکی، نخستین قدم در ارزیابی وضعیت زمین شناسی ساختمانی محل می باشد. مطابق بررسی های صحرایی صورت گرفته و نیز نقشه زمین شناسی،

منطقه مورد مطالعه در زون سنندج سیرجان قرار دارد. مطابق با بازدید های صحرایی صورت گرفته و تحلیل نقشه های زمینشناسی گسل های منطقه به دو نوع معکوس با روند جنوب شرقی-شمال غربی و امتداد لغز با روند شمالی-جنوبی تقسیم می شوند. مواد پرکننده درزه ها معمولاً خاک های باقی ماده موجود در محل (دارای مواد آلی فراوان) می باشد. با رسم نمودار رز دیاگرام در نرم افزار Stereonet از درزه های موجود مشخص شد اغلب آنها در راستای شمال غرب- جنوب شرق گسترش دارند.



شکل ۴- نمودار گلسرخی درزه های منطقه



شکل ۵- عکس از درزه های منطقه مورد مطالعه

مطالعات صحرائی

پدیده‌های ژئومورفولوژی کارست در منطقه

نتیجه عمل کارستی شدن ایجاد یک مورفولوژی یا زمین ریخت شناسی ویژه است که مناطق کارستی را از نواحی غیر کارستی جدا می کند. با تحول یافتن کارست اشکال زیر در منطقه دیده شد.

الف) کارن: کارن‌ها از اشکال مناطق کارستی هستند که در اثر فعالیت شیمیایی آب ایجاد می گردند. این پدیده‌های کارستی بندرت در سنگ‌های دولومیتی دیده می شوند و چنانچه موجود باشند، کاملاً کوچک هستند.

ب) حفرات انحلالی: این حفرات بر اثر انحلال پذیری توده‌های آهکی در ابعاد متفاوت در سطح منطقه مشاهده می شوند (شکل ۶)



شکل ۶: حفرات انحلالی و کارن



ویژگی‌های فیزیکی

کارستی شدن با ویژگی‌های فیزیکی سنگ نیز ارتباط مستقیم دارد. ویژگی‌های فیزیکی مانند درصد تخلخل موثر، در ایجاد کارست و میزان گسترش آن نقش مهمی ایفا می کند. بیشترین میزان تغییرات در قابلیت انحلال سنگ کربناته، در ارتباط با طبیعت، اندازه و نوع حفرات موجود در آن‌ها می باشد که معرف تخلخل سنگ است. بدین منظور مجموعاً ۵ نمونه درصد رطوبت، وزن مخصوص و تخلخل آنها طبق استاندارد (ISRM 1977) اندازه گیری گردید و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. ویژگی‌های فیزیکی مانند درصد تخلخل، در ایجاد کارست و میزان گسترش آن نقش مهمی ایفا می کنند. بیشترین میزان تغییرات در قابلیت انحلال سنگ‌های کربناته، در ارتباط با طبیعت، اندازه و نوع حفرات موجود در آنها می باشد که معرف تخلخل سنگ است. با توجه به جدول ۱ میزان تخلخل در رده پایین قرار می گیرد.

جدول ۱- طبقه بندی سنگ براساس درصد تخلخل، نسبت پوکی و وزن واحد حجم (آنون، ۱۹۷۹)

توصیف	وزن واحد حجم (gr/cm ³)	نسبت پوکی	تخلخل (%)	کلاس
خیلی بالا	>۷۵/۲	>۴۳/۰	>۳۰	۱
بالا	۷۵/۲-۵۵/۲	۴۳/۰-۱۸/۰	۳۰-۱۵	۲
متوسط	۵۵/۲-۲۰/۲	۱۸/۰-۰۵/۰	۱۵-۵	۳
پایین	۲۰/۲-۸۰/۱	۰۵/۰-۰۱/۰	۵-۱	۴
خیلی پایین	<۸/۱	<۰۱/۰	<۱	۵

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و آزمایش کلسیمتری نمونه های مورد مطالعه

نمونه	وزن واحد حجم سنگ (gr/cm ³)	درصد رطوبت	تخلخل (%)	توصیف تخلخل	درصد کربنات کلسیم
۱	۵۹/۲	۱	۳۵/۲	پایین	۸۹
۲	۵۵/۲	۲/۱	۶/۲	پایین	۹۵
۳	۵۳/۲	۸/۰	۶۵/۲	پایین	۹۰
۴	۵۲/۲	۹/۰	۷/۲	پایین	۵/۸۹
۵	۵۷/۲	۹۵/۰	۵۷/۲	پایین	۹۳
میانگین	۵۵/۲	۹۷/۰	۵۷/۲	پایین	۳/۹۱



نتیجه گیری :

وجود و یا عدم وجود هر یک از اشکال کارستی در یک منطقه می تواند راهنمایی برای شناخت بهتر و بیشتر سیستم کارستی منطقه باشد. تنوع در خواص فیزیکی و شیمیایی سنگ مانند تخلخل موثر، نفوذپذیری، بالا بودن درصد کربنات کلسیم بر روی فرایندهای انحلال شکل گیری اشکال انحلالی اثر اساسی دارد. ایجاد اشکال انحلالی در منطقه، علاوه بر لیتولوژی مناسب، تحت تاثیر عوامل زیر بوده است:

۱- سیستم درزه و شکستگی متعدد و متنوع

۲- گسل خوردگی

۳- شرایط آب و هوایی و اقلیم

مهمترین عامل هدایت آب در سنگ‌های کربناته، ناپیوستگی‌ها می‌باشند. ناپیوستگی‌ها، موجب نفوذ نزولات جوی ه درون سنگ‌ها می‌شوند و حضور آب موجب باز شدن شکاف‌ها شده و در نهایت باعث گسترش کارست می‌شوند. همانطور که در این منطقه نیز مشاهده شد گسل خوردگی نقش به سزایی در ایجاد کارست دارد. هر چه قدر شیب درزه‌های باز بیشتر باشد، علت افزایش سرعت آب پدیده انحلال توسعه بیشتری دارد. بنابراین وضعیت تکتونیکی یک منطقه در گسترش کارستی شدن عامل کلیدی محسوب می‌شود. عامل بعدی تاثیرگذار بر کارستی شدن در حوضه، شرایط اقلیمی و میزان بارندگی است. طبق نظر وایلیس تغییرات دمایی ۵/۰ تا ۲ درجه تاثیر چندانی روی تغییرات کارستی ندارد ولی تغییر میانگین بارندگی نقش به سزایی در فرایند انحلال دارد. با مطالعه مقاطع نازک سنگ، سنگ‌های منطقه از نوع آهک‌های میکرایتی و دولومیت می‌باشد. به منظور ارزیابی خصوصیات فیزیکی جمعا ۵ نمونه تهیه شد که وزن واحد حجم ۵۵/۲ گرم بر سانتی متر مکعب و تخلخل آنها ۵۷/۲ اندازه گیری شده است. براساس تحقیق انجام شده ترکیب مناسب سنگ‌شناسی، ناپیوستگی‌های فراوان در منطقه، شرایط آب و هوایی، نوع اقلیم (نیمه خشک) ناحیه و فراوانی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی بر توسعه کارست در منطقه دلالت دارد.



منابع فارسی :

سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، "نقشه زمین شناسی چهار گوش مبارکه اصفهان"، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
قبادی، م. ح.، (۱۳۸۹)، "آب‌های زیر زمینی"، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ۳۰۵ صفحه. چاپ دوم
قبادی، م. ح.، (۱۳۸۸)، "زمین شناسی مهندسی کارست"، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ۳۱۸ صفحه. چاپ دوم
سایت www.gis.ir

References:

Bonacci, o., (1987), Karst Hydrology: With Special Reference to the Dinaric Karst, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 183 P.
Wacle, J.D., Plan, I., Audra (2009) Recent development in surface and subsurface Karst geomorphology: An Introduction. Geomorphology Journal. 106: 1-8.
Viles, H., A (2003) Conceptual modeling of the impacts of climate change on Karst geomorphology in the UK and Ireland. Nature conservation Journal. 11: 59-66.
Anon., Classification of rocks and soils for engineering geological mapping, part: Rock and soil materials. Report of the Commission of Engineering Geological Mapping, Bulletin International Association of 19: 364-371. (1979) Engineering Geology

ارزیابی خصوصیات مهندسی مارن پلیستوسن دشت مشهد



الهه ایزدپناه، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران Elaheizadpnaah@gmail.com
ناصر حافظی مقدس، استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران nhafezi@um.ac.ir
محمد غفوری، استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران Ghafoori@um.ac.ir



چکیده:

آزمون مقاومت تراکمی تک محوری رایج ترین روش ارزیابی مقاومت سنگ است. علاوه بر اینکه از نتایج آن در محاسبات طراحی پی استفاده می گردد، در طبقه بندی مهندسی توده سنگ نقش کلیدی دارد. تعیین مقاومت تراکم تک محوره و همچنین مدول یانگ استاتیک با استفاده از روش های مستقیم پرهزینه، زمان بر و نیازمند تهیه نمونه دقیق و استاندارد می باشد که این کار در سنگ های سست لایه و سنگ های با شکستگی و سطوح ضعف زیاد مانند مارن امری دشواری است. از این رو، با تعیین پارامترهای مقاومتی از روش های غیر مستقیم دینامیکی می توان تا حد زیادی از صرف هزینه های اضافی صرفه جویی کرده و آن ها را با دقت مناسبی تخمین زد. در این پژوهش از سنگ های مارن محدوده دشت مشهد نمونه هایی تهیه شد و آزمایش های بار نقطه ای، سرعت موج فشاری و برشی، مقاومت فشاری تک محوره انجام گردید. پس از آزمایشات انجام شده سنگ مارن های این منطقه بر اساس طبقه بندی (ISRM) در رده مقاومت ضعیف تا متوسط قرار گرفتند. همچنین روابط تجربی بین پارامترهای استاتیکی و دینامیکی با دقت مناسب برقرار شد. کلید واژه ها: مقاومت فشاری تک محوری، بار نقطه ای، مارن

Evaluation of Marl Pleistocene Engineering Characteristics in Mashhad Plain

Elahe Izadpanah, MSc in Engineering Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran Naser Hafezi Moghaddas, Professor of Geology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran Mohammad Ghafouri, Professor of Geology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract:

Uniaxial compressive strength test is the most common method for assessment of resistivity rock. In addition its results are used in design foundation, in the engineering classification of rock mass plays a key role. Determination UCS and young modulus using direct methods is costly, time consuming and need to provide a precise and standard sample particularly in loose layers and cracks with high levels of weakness, such as marl, it is difficult to work. Therefore, by determining resistivity parameters with indirect dynamic methods can greatly save the cost of additional costs and estimate them with proper accuracy. In this study, specimens were prepared from Marl rock in the Mashhad plain and point load tests, ultrasonic, uniaxial compressive strength were performed. These samples are weak to medium according to ISRM classification. Also, the empirical relationships between static and dynamic parameters were established with proper accuracy.

Keywords : Uniaxial compressive strength, Point Load, Marl

مقدمه :

مقادیر UCS با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی بر اساس استانداردهای رایج (ASTM, ISRM) تعیین می‌شود. این آزمایش بر خلاف سادگی فهم و درک منطق آن به نسبت گران قیمت و مستلزم صرف وقت زیادی است. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های این آزمایش، تهیه نمونه دقیق و استاندارد است، بخصوص در سنگ‌های سست لایه و سنگ‌های با شکستگی و سطوح ضعف زیاد کار دشواری است. به همین جهت استفاده از روش‌های غیرمستقیم برای بدست آوردن UCS مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است. از جمله روش‌های غیر مستقیم می‌توان به استفاده از شاخص بار نقطه-ای، مقاومت کششی برزیلی و سرعت موج فشاری و برشی اشاره نمود.

با توجه به گسترش سنگ‌های مارنی در ایران در این تحقیق سعی شده است با استفاده از آزمایش‌های ساده بتوان مقاومت فشاری تک محوری سنگ مارن‌های پلیستوسن دشت مشهد را ارزیابی کرد. همچنین ارتباط میان این آزمایش با پارامترهای حاصل از دیگر آزمایش‌ها بصورت روابط تجربی آورده شده است. در خصوص استفاده از نتایج آزمایش‌هایی نظیر شاخص بار نقطه‌ای، تعیین سرعت صوت، مقاومت کششی و برخی دیگر از آزمایش‌ها به منظور تخمین غیر مستقیم مقاومت تراکمی تک محوری سنگ تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است (Zhang, 2005). برخی روابط ارائه شده پیشین در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- برخی روابط ارائه شده پیشین جهت تعیین مقاومت فشاری تک محوری با استفاده از پارامترهای استاتیک و دینامیک
m/s(سرعت موج فشاری (Vp)، MPa، اندیس بار نقطه‌ای (Is₅₀)، MPa) مقاومت فشاری تک محوری UCS

توضیحات	پژوهشگر	ضریب همبستگی	رابطه	شماره
Sandstone, limestone, dolomite	Cargil and Shakoor (1990)	--	$UCS = 23 * Is_{50} + 13$	1
Is > 2 MPa	Sabatakakis et al (2009)	$R^2 = 0.7$	$UCS = 13 * Is_{50}$	2
Is = 2-5 MPa	Sabatakakis et al (2009)	$R^2 = 0.6$	$UCS = 24 * Is_{50}$	3
Is < 5 MPa	Sabatakakis et al (2009)	$R^2 = 0.72$	$UCS = 28 * Is_{50}$	4
Limestone, sandstone, cement mortar	Cobunglu and Beran (2009)	$R^2 = 0.87$	$UCS = 8.66 * Is_{50} + 10.58$	5
Marl	حسینی و همکاران (۱۳۹۱)	$R^2 = 0.90$	$UCS = 14.847 * Is + 19.887$	6
Marl	حسینی و همکاران (۱۳۹۱)	$R^2 = 0.81$	$UCS = 14.137 * \sigma_t + 15.793$	7
Marl	حسینی و همکاران (۱۳۹۱)	$R^2 = 0.95$	$UCS = 0.0353 * V_p - 48.784$	8
Marl	دوستی رودی (۱۳۹۱)	$R^2 = 0.99$	$UCS = 2.1963 * \sigma_t + 8.5671$	9
Marl	دوستی رودی (۱۳۹۱)	$R^2 = 0.98$	$UCS = 6.162 * Is + 11.456$	10



روش تحقیق:

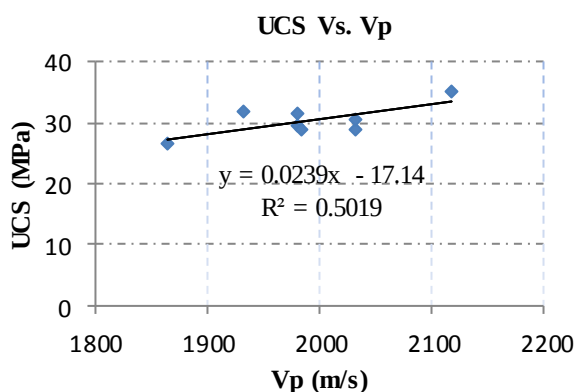
منطقه مورد مطالعه در شهر مشهد به مختصات $36^{\circ} 30' 36.827''$ و $59^{\circ} 29' 53.304''$ می باشد. محدوده مطالعاتی دشت مشهد به لحاظ جایگاه زمین شناسی در حد فاصل دو زون زمین شناسی کپه داغ و بینالود واقع شده است. رخساره های این زون شامل مجموعه ای از سنگ های رسوبی، آذرین و دگرگونی می باشد که طی دوره های مختلف زمین شناسی تحت تأثیر حرکات تکتونیکی قرار گرفته اند. این دشت در امتداد زون زمین درز کپه داغ- البرز تشکیل شده، که بین دو گسل کشف رود در شمال و گسل جنوب مشهد- چناران در جنوب دشت محدود گردیده است. در این پژوهش، از محدوده مورد نظر تعدادی بلوک سنگی تهیه و پس از آماده سازی نمونه ها آزمایشات مقاومت تک- محوری، بار نقطه ای، سرعت موج فشاری و برشی طبق استاندارد (ISRM) انجام گردید. سپس بین مقاومت تک محوری و پارامترهای E_s , E_d , σ_t , I_s50 , V_p ارتباط برقرار گردید. نتایج حاصل از آزمایشات ذکر شده بصورت ماکزیمم، مینیمم و میانگین در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از آزمایشات استاتیکی و دینامیکی

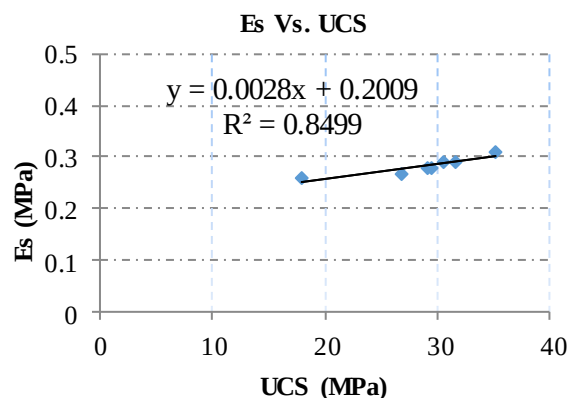
آزمایش	Max	Min	average
مقاومت تراکمی تک محوری (MPa)	35/15716	17/8216	27/89231
بار نقطه ای (MPa)	1/706256	0/50062	0/983546
سرعت موج فشاری (m/s)	2116/9	1863/7	2006/094
سرعت موج برشی (m/s)	1727/2	1240	1521/1

مقاومت تراکم تک محوری

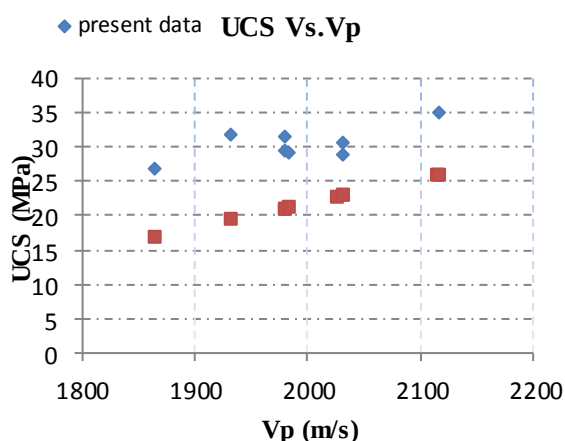
بعد از آماده سازی نمونه ها با قطر ۳۸ میلی متر و نسبت طول به قطر ۲ به ۱ آزمایش مقاومت تک محوری بر روی ۱۰ نمونه از سنگ های مذکور طبق استاندارد (ISRM) انجام شد. سپس بین مقاومت تراکمی تک محوری و پارامترهای E_s , E_d , I_s50 , σ_t , V_s , V_p ارتباط برقرار گردید. همچنین مقادیر UCS بدست آمده در این پژوهش با روابط تجربی بدست آمده توسط دیگر پژوهشگران مقایسه گردید که نتایج آن در شکل های ۱ تا ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲: نتایج آزمایش مقاومت تک محوری، رابطه بین UCS و Vp

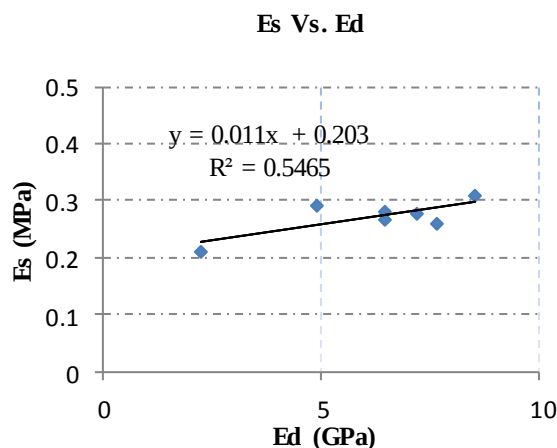


شکل ۱: نتایج آزمایش مقاومت تک محوری، رابطه بین Es و UCS



شکل ۴: مقایسه روابط تجربی با نتایج تست تک محوری، رابطه بین

UCS و Vp



شکل ۳: رابطه بین Es و Ed

همانطور که در شکل ۱ تا ۲ مشاهده می‌شود بین UCS و پارامترهای Es و Vp رابطه خطی برقرار می‌باشد. همچنین همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد رابطه بین Es و Ed نیز خطی است. پس از مقایسه مشاهده گردید بین رابطه تجربی حسینی و همکاران (۱۳۹۱) و نتایج حاضر رابطه مستقیم وجود دارد و از روند آن پیروی می‌کند. با توجه به نتایج بدست آمده که در شکل ۱ تا ۳ مشاهده می‌شود روابط ۱ تا ۳ بین پارامترهای فوق بدست آمده است.

$$Es = 0.0028 * UCS + 0.2015 \quad R^2 = 0.86 \quad (1)$$

$$UCS = 25.093 * Vp - 18.463 \quad R^2 = 0.94 \quad (2)$$

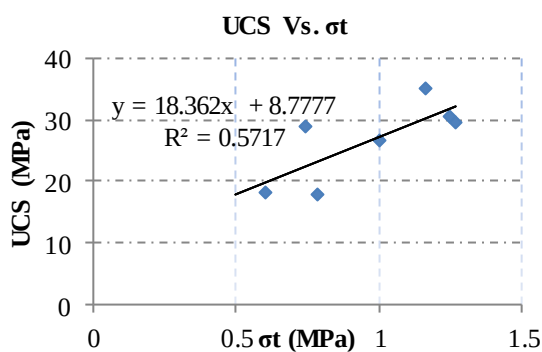
$$Es = 0.0224 * Ed + 0.16 \quad R^2 = 0.59 \quad (3)$$

که در روابط فوق UCS، Es، Ed و Vp به ترتیب مقاومت تراکمی تک محوری (MPa)، مدول یانگ استاتیک و دینامیک (GPa)، سرعت موج فشاری (m/s) می‌باشند. با توجه به نتایج آزمون تراکم تک محوری سنگ مذکور طبق رده‌بندی (ISRM) در رده سنگ ضعیف تا متوسط قرار گرفته است. با توجه به نتایج مقاومت تک محوری، مارن‌های این منطقه از مقاومت پائینی برخوردارند. دلیل تغییرات مقاومت این منطقه می‌تواند در نوع و میزان کانی رسی، کربنات و یا میزان تأثیر هوازدگی بر منطقه باشد.

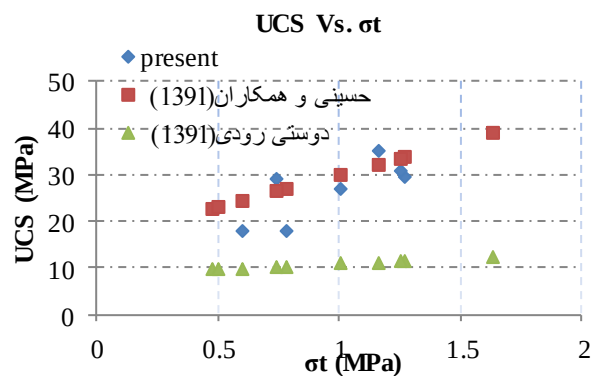
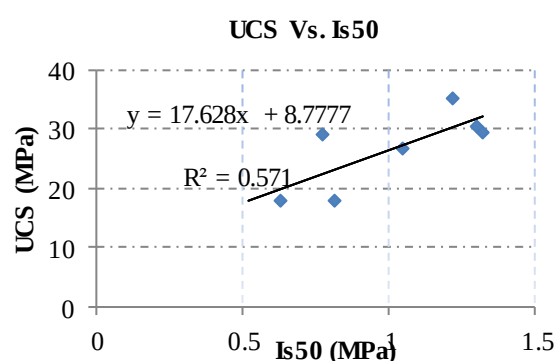
آزمایش بار نقطه‌ای

بدلیل اینکه آزمایش مقاومت تراکمی تک محوری پرهزینه و وقت گیر است به منظور رفع این اشکالات و تعیین سریع شاخصی برای نشان دادن مقاومت سنگ، آزمایش بار نقطه‌ای انجام شد. این آزمایش طبق استاندارد (ISRM) بر روی ۱۰ نمونه از نمونه‌های مارنی به قطر ۳۸ میلی‌متر و نسبت ضخامت به قطر بین ۰/۵ تا ۱ بصورت محوری اندازه‌گیری شد. سپس از نتایج حاصل از این آزمایش جهت برآورد مقاومت تراکمی تک محوره استفاده گردید.

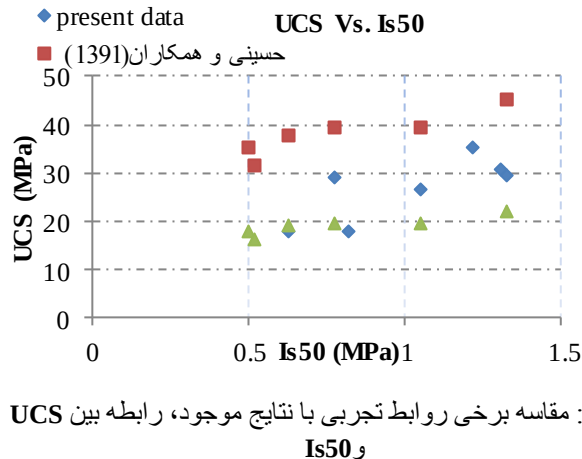
شکل ۵: رابطه بین UCS و Is₅₀



شکل ۶: رابطه بین UCS و σ_t



شکل ۸: مقایسه برخی روابط تجربی با نتایج موجود، رابطه بین UCS و σ_t



شکل ۷: مقایسه برخی روابط تجربی با نتایج موجود، رابطه بین UCS و Is₅₀

همانطور که در شکل‌های (۵ و ۶) مشاهده می‌شود رابطه بین UCS و پارامترهای Is₅₀ و σ_t بصورت خطی می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده روابط تجربی ۴ تا ۵ بین UCS، Is₅₀ و σ_t برقرار می‌باشد.

$$UCS = 17.628 * Is + 8.7777$$

$$R^2 = 0.5717 \quad (۴)$$

$$UCS = 18.362 * \sigma_t + 8.7777$$

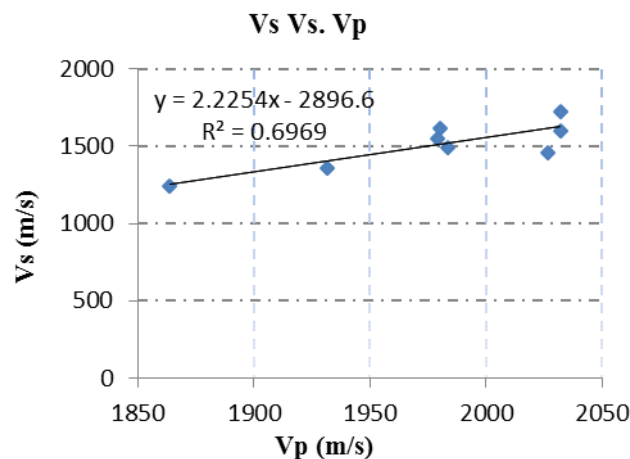
$$R^2 = 0.5717 \quad (۵)$$

که در روابط فوق Is₅₀ و σ_t برحسب (MPa) می‌باشند.

همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود رابطه حسینی و همکاران (۱۳۹۱) بیشترین همخوانی را با داده‌های موجود دارد. در شکل (۸) نیز رابطه حسینی و همکاران (۱۳۹۱) بیشترین همخوانی را با داده‌های موجود داشته در حالیکه رابطه دوستی رودی (۱۳۹۱) از روند نتایج آزمایش پیروی نمی‌کند.

آزمایش سرعت موج

سرعت موج طولی در آزمایشگاه بر روی نمونه‌های استوانه‌ای و بر اساس استاندارد ISRM با استفاده از دستگاه التراسونیک بدست آمد. این آزمایش بر روی ۱۰ نمونه با شدت فرکانس ۵۴ کیلو هرتز برای موج طولی و شدت فرکانس ۲۵۰ کیلو هرتز انجام شده است. برای موج برشی در سنگ‌های مارنی، با افزایش تراکم سنگ، افزایش درصد کربنات کلسیم و کاهش میزان تخلخل سنگ، سرعت انتشار امواج، افزایش نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات آنون (۱۹۷۹) مارن-های این نقطه از دشت مشهد سرعت موج پایی دارند (Anon, 1979). در شکل ۹ و ۱۰ رابطه بین V_p و V_s مقایسه شده است.



شکل ۹: رابطه بین V_p و V_s

بر اساس نتایج بدست آمده در شکل (۹) رابطه بین V_p و V_s بصورت خطی بوده و رابطه تجربی زیر بین این دو پارامتر برقرار است.

$$V_s = 2.2254 \cdot V_p - 2896.6 \quad R^2 = 0.69 \quad (۶)$$



نتیجه گیری:

بطور کلی نتایج حاصل شده از آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که سنگ‌های مارنی محدوده دشت مشهد طبق رده‌بندی (ISRM) در رده مقاومت ضعیف تا متوسط قرار می‌گیرند.

در این پژوهش با مطالعه بر روی مغزه‌های مارنی رابطه بین UCS و پارامترهای $E_s, V_p, \sigma_t, I_s50$ برقرار گردید. رابطه بین UCS و پارامترهای فوق بصورت خطی بوده و از ضرایب رگرسیون نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشند. همچنین در مقایسه با سایر روابط ارائه شده توسط دیگر پژوهشگران برای سنگ مارن در یک محدوده پراکندگی می‌باشند. در تخمین UCS از σ_t رابطه حسینی و همکاران (۱۳۹۱) بیشترین همخوانی را با داده‌های حاضر نشان داد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد

استفاده از این روابط با تقریب قابل قبول می‌تواند تخمین مناسبی از مقاومت فشاری تک محوری سنگ مارن در محدوده مورد مطالعه بدست دهد.



منابع فارسی:

- حسینی، م. و همکاران، ۱۳۹۱، «تخمین خصوصیات مهندسی سنگ مارن با استفاده از آزمایش پانچ»، فصل‌نامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۸، شماره ۴، (۳۰۹-۳۲۲).
- دوستی‌رودی، ی.، ۱۳۹۱، «مطالعه زمین‌شناسی مهندسی مارن‌های سازند قم در شمال شرق استان همدان با تاکید بر مصالح ساخت آجر»، کارشناسی ارشد، بوعلی سینا، استان همدان.



References:

- Anon., 1979. " Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping. Report of the Commission of Engineering Geological Mapping. Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
- Bieniawski ZT., 1975. The point load test in geotechnical practice. Eng Geol Sept 11, pp. 1-11.
- Broch, E.M., Franklin, J.A., 1972. The point load strength test. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 9, pp.669-697.
- Cargil,J., Shakoor, A., (1990), " Evalutation of empirical method for measuring the uniaxial compressive strength ", Int J Mech Min Sci 27, pp495-503
- Cobanglu,I. and Beran,S. (2007), "Estimation of uniaxial compressive strength from point load strength Schmidt hardness and P-wave velocity" , Bull Eng Geol Environ , Vol 68, pp 491-498
- Coats, D.U., 1964. Classification of rocks for rock mechanics. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, Vol 1, pp. 421-429
- Sabatakakis. et al (2009), " Consolidation on strength of intact sedimentary rocks", Eng Geol, Vol 72, pp261-273
- Zhang L., "Engineering properties of rocks", Elsevier Geo-Engineering Book Series Vol.4 (2005).

کاربرد منطق فازی در تعیین درجه شکنندگی شیل



مهدی ترابی کاوه، دکتری زمین شناسی مهندسی، عضو هیات علمی گروه زمین شناسی دانشگاه یزد (Email: m.torabikaveh@yazd.ac.ir)



چکیده:

در دهه های اخیر مخازن شیلی به عنوان منابع اصلی گاز طبیعی محسوب شده اند. ارزیابی شکنندگی شیل ها به یکی از مهمترین موضوعات در رابطه با استفاده از روش شکست هیدرولیک در استخراج گاز از آنها تبدیل شده است. تاکنون شاخص های متعددی بمنظور توصیف شکنندگی سنگها معرفی شده اند که عمده ی آنها براساس ویژگیهای کانی شناسی و ژئومکانیکی تعریف شده اند. در اکثر موارد این شاخص ها تخمین یکسانی از شکنندگی سنگها ارائه نمی دهند. یکی از عوامل اصلی در بروز چنین مشکلی وجود مرزهای تعریف شده براساس قضاوت کارشناسی برای رده بندی های مرتبط با شکنندگی می باشد. استفاده از منطق فازی به عنوان یک ابزار قدرتمند در حل مشکل مرزهای تند می تواند راه حلی برای رسیدن به تعریف یکپارچه تری از شکنندگی باشد. از این رو این پژوهش سعی کرده است که با ترکیب پارامترهای کانی-شناسی و ژئومکانیکی با استفاده از یک مدل فازی، توصیف جدیدی از شکنندگی را ارائه دهد. سه شاخص شکنندگی شامل نسبت مقاومت فشاری تک محوری به مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و یک شاخص شکنندگی مبتنی بر کانی-شناسی به عنوان ورودی های مدل فازی مورد استفاده قرار گرفتند. مطالعه حاضر نشان داد که فازی سازی و ترکیب شاخص های شکنندگی، مفهوم قابل قبول تری از شکنندگی را به همراه دارد. این در حالیست که این شاخص ها بطور جداگانه تخمین صحیحی از رفتار شکنندگی شیل نداشته و قابل تعمیم به شیل های سایر نقاط نیستند.

کلید واژه ها: (تولید گاز از شیل؛ شکنندگی شیل؛ ویژگیهای ژئومکانیکی و کانی شناسی؛ سیستم استنتاج فازی)

Application of fuzzy logic in determining shale brittleness

Mehdi Torabi-Kaveh, PhD in Engineering Geology, Assistant Prof. in Geology department of Yazd University (Email: m.torabikaveh@yazd.ac.ir)

Abstract:

During recent decade shale reservoirs are considered as a major gas resource. Evaluation of brittleness is an important issue to employ hydraulic fracturing for gas production from these rocks. There are different indices to evaluate brittleness, which are defined based on geomechanical and mineralogical properties of shales. In most of cases, these indices often yield different estimates of brittleness. One of the known problems in existing brittleness indices is the sharp boundary problem between different grades, which often ignore or overemphasize those elements near the boundary of grades. A potential solution for such a problem is to employ fuzzy set theory, which can easily be applied to soften the effect of sharp boundaries. This study attempts to estimate brittleness of shale, incorporating both geomechanical and mineral properties simultaneously through the fuzzy inference system. Three input parameters include ratio of uniaxial compressive strength to tensile

strength, Young's modulus and a mineralogically-derived brittleness index, were applied as inputs of the fuzzy model. The results showed that fuzzification and combination of the indices provide a reliable definition of shale brittleness, demonstrating that the application of fuzzy inference system can be effectively applied to predict brittleness better than other indices. While, the individual input parameters do not give reasonable brittleness indices.

Keywords : (Shale gas production; Shale brittleness; Geomechanical and mineralogical properties; Fuzzy inference system)



مقدمه :

با توجه به افزایش روز افزون تقاضا برای استفاده از مخازن شیلی، ارزیابی شکنندگی شیل به یکی از مهمترین موضوعات ژئومکانیک نفت تبدیل شده است. اثر بخشی عملیات شکست هیدرولیک در افزایش تولید از مخازن شیلی تا حدود زیادی وابسته به شناخت کافی از درجه شکنندگی شیل است. محققین مختلف (Altindag and Guney, Yilmaz et al., 2009; Heidari et al., 2014; Wang et al., 2015; Zhang et al., 2016; Guo et al., 2013) به طور غیر مستقیم و با روش های مختلف میزان شکنندگی سنگها را و مورد بررسی قرار داده اند. شاخص شکنندگی معمولاً براساس مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت کششی سنگها در پروژه های مهندسی تعریف می گردد. در سال های گذشته برخی محققین تلاش کردند که شاخص شکنندگی را با سایر ویژگیهای مقاومتی مرتبط سازند. برای مثال جورج (۱۹۹۵) شاخص شکنندگی را به عنوان تابعی از کرنش در امتداد تنش محوری بیان کرد. همچنین هوکا و داس (۱۹۷۴) نسبت کرنش الاستیک به کرنش کل را به عنوان شاخصی برای شکنندگی سنگ معرفی کردند. یاگیز در سال ۲۰۰۹ یک روش تجربی برای بیان شکنندگی با استفاده از آزمایش نفوذ پانچ ارائه کرد. شاخص شکنندگی معرفی شده به عنوان تابعی از مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی و دانسیته سنگ قابلیت بالایی در تخمین شکنندگی نشان داد. علاوه بر این، ریچموس (۱۹۶۷) یکسری آزمایش های بار نقطه ای (PLT) بر روی نمونه های ایندین لایمستون انجام داد و گزارش کرد که PLT پتانسیل زیادی در تخمین شکنندگی سنگها دارد.

برخی دیگر از محققین (Jarvie et al., 2007; Shi et al., 2016; Jin et al., 2014; Sondergeld et al., 2010) سعی کرده اند که از ویژگیهای کانی شناسی در تعیین درجه شکنندگی سنگها استفاده کنند. آنها معتقد هستند که شکنندگی تابعی از درصد کانی های سخت مانند کوارتز می باشد. سهم بالاتر کانی های سخت ویژگیهای مقاومتی سنگ را بهبود داده و شکنندگی آنها را در مقایسه با سنگهای حاوی کانی های سست افزایش می دهد (Herwanger et al., 2015). وانگ و گال (۲۰۰۹) پیشنهاد کردند که کلسیت و دولومیت نیز می توانند به عنوان کانی های شکننده به همراه کوارتز در نظر گرفته شوند. همچنین جین و همکاران (۲۰۱۴) فلدسپات و میکا را به گروه کانی های شکننده اضافه کردند. در مقابل کانی های شکننده، کانی های رسی به عنوان کانی های شکل پذیر شناخته می شوند و حضور آنها در یک سنگ موجب کاهش شکنندگی می گردد.

همانطور که ذکر شد ویژگیهای کانی شناسی و ژئومکانیکی در اکثر موارد برای ارزیابی شکنندگی سنگها مورد استفاده قرار می گیرند. یکی از مهمترین مشکلات در بیان شکنندگی بر مبنای پارامترهای ذکر شده عدم برآورد یکسان از درجه شکنندگی است. مشکل دیگر نیز مسئله مرز تند (sharp boundary) در بین رده های مختلف طبقه بندی های ارائه شده برای شکنندگی است. منطق فازی یک راه حل ساده برای داده های دارای مشکل مرز تند می باشد. از اینرو در این پژوهش سعی بر این است که یک مدل فازی بر مبنای ترکیب پارامترهای کانی شناسی و ژئومکانیکی بمنظور پیش بینی میزان شکنندگی شیل ارائه شود. درجاییکه تاکنون هیچ مطالعه ای در ارتباط با استفاده از منطق فازی در بیان شکنندگی سنگها ارائه نشده است، انجام این پژوهش بسیار راهگشا بنظر می رسد.



روش تحقیق:

داده های ژئوتکنیکی شامل مقاومت فشاری تک محوری (UCS)، مقاومت کششی (TS) و مدول الاستیسیته (E) از منابع مطالعات پیشین جمع آوری شد (جدول ۱). همچنین محتوای کانی شناسی مربوط به داده های جمع آوری شده بمنظور ارائه یک شاخص شکنندگی منطبق بر کانی شناسی، استخراج گردید (جدول ۱). نسبت UCS به TS که توسط آلتینداگ (۲۰۰۲) به عنوان شاخص شکنندگی (BI_s) ارائه شده است به همراه مدول الاستیسیته به عنوان شاخص های ژئومکانیکی در نظر گرفته شدند. همچنین یک شاخص شکنندگی منطبق بر کانی شناسی (BI_m) معرفی شده توسط ژاروی (۲۰۰۷) برای ارزیابی شکنندگی مورد استفاده قرار گرفت.

$$BI_m = \frac{Qtz}{Qtz + Ca + Cly}$$

در این رابطه BI_m شاخص شکنندگی منطبق با کانی شناسی، Qtz محتوای کوارتز، Ca محتوای کلسیت و Cly محتوای رس در نمونه ها می باشند.

جدول ۱: داده های ژئومکانیکی و کانی شناسی نمونه های شیل و شاخص های شکنندگی محاسبه شده برای آنها

منبع	شماره نمونه	UCS (MPa)	TS (MPa)	E (GPa)	محتوای Qtz (%)	محتوای Ca + Cly (%)	BI_s	E	BI_m
(Hu et al., 2016)	1	261.8	6.1	31.6	71.4	28.6	42.6	31.6	71.4
	2	337.9	6.1	31.5	71.4	28.6	55	31.5	71.4
	3	106	2	6.6	52.9	47.1	51.9	6.6	52.9
	4	140.7	2	7.5	52.9	47.1	69	7.5	52.9
	5	109.5	4.5	21.8	38.7	61.3	24.3	21.8	38.7
	6	160.8	4.5	23.8	38.7	61.3	35.7	23.8	38.7
	7	81.7	4.3	4.6	38.2	61.8	19.1	4.6	38.2
	8	160.2	4.3	12.5	38.2	61.8	37.3	12.5	38.2
	9	76.9	3.1	12.8	37.1	62.9	25	12.8	37.1
	10	162.3	4.7	16.7	36.8	63.2	34.5	16.7	36.8
(Tan et al., 2014)	11	90	11	16	47	53	8.2	16	47
	12	130	13	14	42	58	10	14	42
	13	140	13.5	13.8	43	57	10.4	13.8	43
	14	150	12	16	30	70	12.5	16	30
	15	167	12.5	18	38	62	13.4	18	38

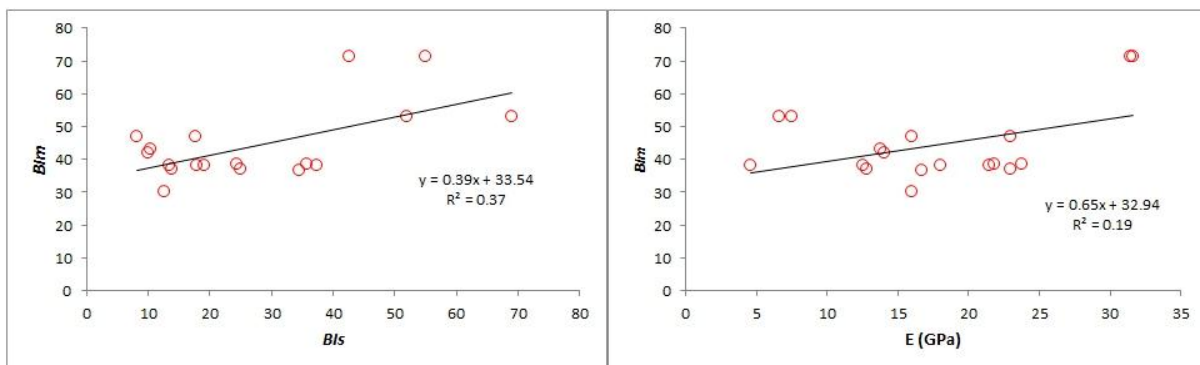
37	23	13.9	63	37	23	14	195	16
38	21.5	17.9	62	38	21.5	12	215	17
47	23	17.7	53	47	23	13	230	18

◆◆◆◆◆◆◆◆

بحث و بررسی:

ارتباط بین شاخص های شکنندگی ژئومکانیکی و شاخص شکنندگی کانی شناسی

مقادیر شاخص های شکنندگی ژئومکانیکی و کانی شناسی براساس داده های جدول (۱) محاسبه شده و در جدول (۲) ارائه شده اند. بمنظور بررسی ارتباط بین شاخص های مذکور بررسی های آماری صورت گرفت. نتایج نشان داد که توابع خطی توانایی بهتری نسبت به توابع غیر خطی در مدل کردن داده ها دارند (شکل ۱). همانطور که از شکل پیداست شاخص های شکنندگی ژئومکانیکی و کانی شناسی ارتباط معناداری با یکدیگر ندارند. این به این معنی است که این شاخص ها ضرورتاً توصیف یکسانی از درجه شکنندگی ارائه نمی دهند.



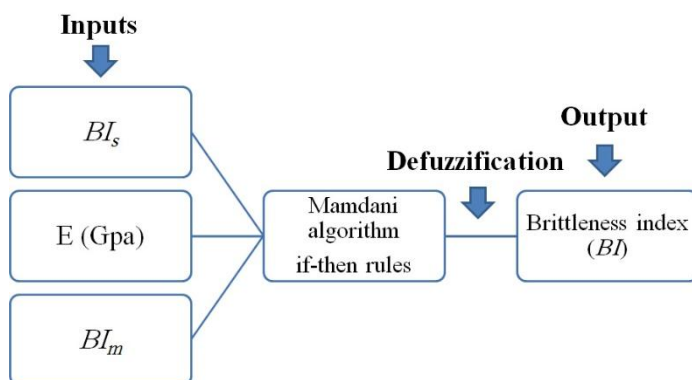
شکل ۱: ارتباط بین شاخص های شکنندگی ژئومکانیکی با شاخص شکنندگی کانی شناسی

فازی سازی شاخص های شکنندگی ژئومکانیکی و کانی شناسی بمنظور ارائه شاخص شکنندگی فازی

پس از محاسبه مقادیر شاخص های شکنندگی، نمونه ها براساس رده بندی های ارائه شده توسط ژیا فیری (۲۰۰۳)، لورنس (۲۰۱۴) و پرز و مارفورت (۲۰۱۴) (به ترتیب برای BI_s ، E و BI_m)، طبقه بندی شدند. جدول (۴) توصیف درجه شکنندگی نمونه ها را ارائه کرده است. همانطور که از جدول پیداست، شاخص های شکنندگی قادر نیستند تخمین یکسانی از درجه شکنندگی نمونه های ارائه دهند. در توجیح این موضوع می توان گفت که شکنندگی تابع پارامترهای مختلفی از قبیل تنش برجا، ترکیب کانی شناسی، مدول الاستیسیته، مقاومت فشاری و مقاومت کششی است، و شاخص های مذکور قابلیت در نظر گرفتن همزمان تمامی پارامترهای ذکر شده را در بررسی شکنندگی ندارند. از این رو منطق فازی گزینه مناسبی جهت ترکیب پارامترهای مذکور در بیان شکنندگی است. با در نظر گرفتن این موضوع، یک مدل فازی براساس سه پارامتر ورودی (BI_s ، E و BI_m) و یک پارامتر خروجی (BI) همچنانکه در شکل (۲) نمایش داده شده است، تهیه گردید. مدل مذکور شامل چهار مجموعه فازی "کمی شکننده"، "نسبتاً شکننده"، "شکننده" و "شدیداً شکننده" است.

جدول ۲: رده بندی های شکنندگی ارائه شده براساس شاخص های BI_s ، E و BI_m

منبع	رده	مقدار BI_s	توصیف
(Giafferi, 2003)	1	>25	خیلی شکننده (Very brittle)
	2	15-25	شکننده (Brittle)
	3	10-15	شکنندگی متوسط (Middle brittle)
	4	<10	شکنندگی کم (Low brittle)
(Lawrence, 2014)	1	>30	خیلی شکننده (Very brittle)
	2	25-30	شکننده (Brittle)
	3	20-25	شکنندگی متوسط (Middle brittle)
	4	<20	شکنندگی کم (Low brittle)
(Perez Altamar and Marfurt, 2014)	1	>30	خیلی شکننده (Very brittle)
	2	25-30	شکننده (Brittle)
	3	20-25	شکنندگی متوسط (Middle brittle)
	4	<20	شکنندگی کم (Low brittle)



شکل ۲: تصویر شماتیکی از مدل فازی ارائه شده

بمنظور آنالیز درجه شکنندگی توسط مدل، الگوریتم ممدانی (Grima, 2000) مورد استفاده قرار گرفت که در آن مجموعه ۶۴ شرط (جدول ۳) بمنظور برقراری ارتباط بین ورودی ها و خروجی، تعریف گردید. در نهایت خروجی مدل دفازی شده و به صورت یک عدد گزارش گردید. نتایج بدست آمده برای مقادیر BI نمونه ها به همراه توصیف درجه شکنندگی در جدول (۴) ارائه شده است. همانطور که از جدول پیداست، شاخص مذکور به خوبی اثرات و ویژگیهای ژئومکانیکی وکانی شناسی را بر روی شکنندگی پوشش می دهد و همچنین قادر است یک مفهوم واحد از شکنندگی نمونه ها ارائه دهد.

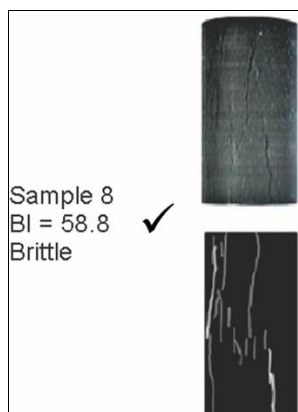
تطبیق تصویر نمونه شکسته شده از یکی از نمونه های مورد مطالعه با درجه شکندگی تخمین زده شده با منطق فازی (شکل ۳) گویای صحت این مطلب می باشد.

جدول ۳: شروط فازی استفاده شده در فازی سازی شکندگی

R_i	if BI_s is	$\begin{cases} LB \\ MB \\ B \\ VB \end{cases}$	and E is	$\begin{cases} LB \\ MB \\ B \\ VB \end{cases}$	and BI_m is	$\begin{cases} LB \\ MB \\ B \\ VB \end{cases}$	then BI is	$\begin{cases} LB \\ MB \\ B \\ VB \end{cases}$	, $i = 1, 2, \dots, 64$
-------	--------------	---	------------	---	---------------	---	--------------	---	-------------------------

جدول ۴: توصیف درجه شکندگی نمونه ها براساس شاخص های شکندگی

منبع	شماره نمونه	BI_s	توصیف	E	توصیف	BI_m	توصیف	BI	توصیف
(Hu et al., 2016)	1	42.6	خیلی شکنده	31.6	خیلی شکنده	71.4	خیلی شکنده	86	خیلی شکنده
	2	55	خیلی شکنده	31.5	خیلی شکنده	71.4	خیلی شکنده	85.9	خیلی شکنده
	3	51.9	خیلی شکنده	6.6	شکندگی کم	52.9	خیلی شکنده	62.5	شکنده
	4	69	خیلی شکنده	7.5	شکندگی کم	52.9	خیلی شکنده	62.5	شکنده
	5	24.3	خیلی شکنده	21.8	شکندگی متوسط	38.7	شکنده	58.8	شکنده
	6	35.7	خیلی شکنده	23.8	شکندگی متوسط	38.7	شکنده	59.6	شکنده
	7	19.1	شکنده	4.6	شکندگی کم	38.2	شکنده	37.5	شکندگی متوسط
	8	37.3	خیلی شکنده	12.5	شکندگی کم	38.2	شکنده	58.8	شکنده
	9	25	خیلی شکنده	12.8	شکندگی کم	37.1	شکنده	53.4	شکنده
	10	34.5	خیلی شکنده	16.7	شکندگی کم	36.8	شکنده	56.4	شکنده
(Tan et al., 2014)	11	8.2	شکندگی کم	16	شکندگی کم	47	شکنده	26.5	شکندگی کم
	12	10	شکندگی متوسط	14	شکندگی کم	42	شکنده	31.5	شکندگی متوسط
	13	10.4	شکندگی متوسط	13.8	شکندگی کم	43	شکنده	32.6	شکندگی متوسط
	14	12.5	شکندگی متوسط	16	شکندگی کم	30	شکندگی متوسط	37.5	شکندگی متوسط
	15	13.4	شکندگی متوسط	18	شکندگی کم	38	شکنده	42	شکندگی متوسط
	16	13.9	شکندگی متوسط	23	شکندگی متوسط	37	شکنده	43.2	شکندگی متوسط
	17	17.9	شکنده	21.5	شکندگی متوسط	38	شکنده	54.6	شکنده
	18	17.7	شکنده	23	شکندگی متوسط	47	شکنده	53.2	شکنده



شکل ۳: انطباق درجه شکنندگی محاسبه شده با میزان شکنندگی مشاهده شده بعد از شکست نمونه

نتیجه گیری :

این پژوهش سعی کرده است که با تعریف یک شاخص شکنندگی مبتنی بر منطق فازی (BI)، توصیفی قابل قبول و واحد از وضعیت شکنندگی شیل ارائه دهد. برای این منظور سه شاخص شکنندگی مختلف (نسبت مقاومت فشاری تک محوری به مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و یک مدول منطبق بر کانی شناسی) جهت ارزیابی شکنندگی هجده نمونه شیل در قالب ورودی های یک مدل فازی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که این شاخص ها بطور جداگانه تخمین های متفاوتی از درجه شکنندگی نمونه های شیل ارائه می دهند، بصورتیکه ارتباط معناداری بین شاخص های ژئومکانیکی و کانی شناسی مشاهده نشد. در مقابل، شاخص شکنندگی فازی با ترکیب ویژگیهای ژئومکانیکی و کانی شناسی، موفقیت قابل قبولی در بیان تعریف یکپارچه از شکنندگی نمونه های شیل داشت. همچنین بکارگیری منطق فازی مشکل مرز تند مربوط به رده بندی های رایج شکنندگی را بر طرف ساخت.



References:

- Altindag, R., Guney, A., 2010. "Predicting the relationships between brittleness and mechanical properties (UCS, TS and SH) of rocks", Scientific research and Essays, 5, p. 2107-2118.
- Yilmaz, N.G., Karaca, Z., Goktan, R., Akal, C., 2009. "Relative brittleness characterization of some selected granitic building stones: influence of mineral grain size", Construction and Building Materials, 23, p. 370-375.
- Zhang, D., Ranjith, P., Perera, M., 2016. "The brittleness indices used in rock mechanics and their application in shale hydraulic fracturing: A review", Journal of Petroleum Science and Engineering, 143, p. 158-170.
- Wang, D., Ge, H., Wang, X., Wang, J., Meng, F., Suo, Y., Han, P., 2015. "A novel experimental approach for fracability evaluation in tight-gas reservoirs", Journal of Natural Gas Science and Engineering, 23, p. 239-249.
- Heidari, M., Khanlari, G., Torabi-Kaveh, M., Kargarian, S., Saneie, S., 2014. "Effect of porosity on rock brittleness", Rock mechanics and rock engineering, 47, p. 785-790.
- Guo, Z., Li, X.Y., Liu, C., Feng, X., Shen, Y., 2013. "A shale rock physics model for analysis of brittleness index, mineralogy and porosity in the Barnett Shale", Journal of Geophysics and Engineering, 10, 025006.



George, E.A., 1995. "Brittle failure of rock material – Test results and constitutive models", A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, p. 123–128.

Hucka, V., Das, B., 1974. "Brittleness determination of rocks by different methods". International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 11, p. 389-392.

Yagiz, S., 2009. "Assessment of brittleness using rock strength and density with punch penetration test", Tunnelling and underground space technology, 24, p. 66-74.

Reichmuth, D.R., 1967. "Point load testing of brittle materials to determine tensile strength and relative brittleness", The 9th US Symposium on Rock Mechanics (USRMS).

Shi, X., Liu, G., Cheng, Y., Yang, L., Jiang, H., Chen, L., Jiang, S., Wang, J., 2016. "Brittleness index prediction in shale gas reservoirs based on efficient network models", Journal of Natural Gas Science and Engineering, 35, p. 673-685.

Jin, X., Shah, S.N., Roegiers, J.C., Zhang, B., 2014. "Fracability evaluation in shale reservoirs-an integrated petrophysics and geomechanics approach", SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference.

Sondergeld, C.H., Newsham, K.E., Comisky, J.T., Rice, M.C., Rai, C.S., 2010. "Petrophysical considerations in evaluating and producing shale gas resources", SPE Unconventional Gas Conference.

Jarvie, D.M., Hill, R.J., Ruble, T.E., Pollastro, R.M., 2007. "Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment", AAPG bulletin, 91, p. 475-499.

Herwanger, J.V., Bottrill, A.D., Mildren, S.D., 2015. "Uses and abuses of the brittleness index with applications to hydraulic stimulation", Unconventional Resources Technology Conference, San Antonio, Texas, p. 1215-1223.

Wang, F.P., Gale, J.F., 2009. "Screening criteria for shale-gas systems".

Jin, X., Shah, S.N., Roegiers, J.C., Zhang, B., 2014. "Fracability evaluation in shale reservoirs-an integrated petrophysics and geomechanics approach", SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference.

Altindag, R., 2002. "The evaluation of rock brittleness concept on rotary blast hold drills", Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 102, p. 61-66.

Jarvie, D.M., Hill, R.J., Ruble, T.E., Pollastro, R.M., 2007. "Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment", AAPG bulletin, 91, p. 475-499.

Hu, Y., Chen, Z., Liu, W., 2016. "A Novel Model of Brittleness Index for Shale Gas Reservoirs: Confining Pressure and Pore Pressure Effect", Drilling and Production Technology, 19, p. 56-60.

Tan, J., Horsfield, B., Fink, R., Krooss, B., Schulz, H.M., Rybacki, E., Zhang, J., Boreham, C.J., van Graas, G., Tocher, B.A., 2014. "Shale gas potential of the major marine shale formations in the Upper Yangtze Platform, South China, Part III: Mineralogical, lithofacial, petrophysical, and rock mechanical properties", Energy & Fuels, 28, p. 2322-2342.

Giafferi, J., 2003. "Characterisation of rock masses useful for the design and the construction of underground structures", AFTES guidelines; Tunnels et Ouvrages souterrains, p. 2-49.

Lawrence, M., 2014. "The Delicate Matter of Rock Brittleness; Part II: The Role of Elastic Properties".

Perez Altamar, R., Marfurt, K., 2014. "Mineralogy-based brittleness prediction from surface seismic data: Application to the Barnett Shale", Interpretation, 2, p. T255-T271.

Grima, M.A., 2000. "Neuro-fuzzy modeling in engineering geology", AA Balkema, Rotterdam, 244.

مطالعه رفتار مقاومتی و الگوهای گسیختگی اسلیت‌های منطقه بروجرد با استفاده از آزمایش برزیلی

♦♦♦♦♦♦♦♦

شکوفه جمشیدوند (دانشجوی کارشناسی ارشد، royajam050@gmail.com)

رضا زارعی-سهامیه (دکتری، zareisah@yahoo.com)

یاسین عبدی (استادیار زمین شناسی مهندسی، abdi.ya@lu.ac.ir)

احمد احمدی-خلج (دکتری، ahmadikhalaj.a@lu.ac.ir)

امین جمشیدی (دکتری، jamshidi.am@lu.ac.ir)

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر ناهمسانگردی بر روی رفتار مقاومتی و الگوهای گسیختگی اسلیت‌های منطقه بروجرد در آزمایش برزیلی می‌باشد. به این منظور تعداد ۶ بلوک از نقاط مختلف واقع در شمال و شرق بروجرد انتخاب شده است. بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها و ارزیابی خصوصیات سنگ‌شناسی و فیزیکی آنها، آزمایش مقاومت کششی برزیلی در ۷ زاویه ناهمسانگردی (زاویه بین جهت بارگذاری و سطح ناهمسانگردی) شامل صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه بر روی نمونه‌های دیسکی شکل انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که برای تمامی نمونه‌ها، حداکثر مقاومت کششی برزیلی در زاویه ۹۰ درجه حاصل شده است. در حالی که کمترین مقاومت کششی در زوایای ۱۵ و ۳۰ درجه مشاهده شده است. همچنین شاخص ناهمسانگردی برزیلی برای تمامی نمونه‌ها تعیین شده است. مشاهده الگوهای گسیختگی نمونه‌ها بعد از آزمایش برزیلی حاکی از وجود سه نوع گسیختگی غالب در جهت ناهمسانگردی (PA)، در عرض ناهمسانگردی (AA) و شکستگی منحنی شکل (CF) می‌باشد. همچنین زاویه انتقال تغییر نوع گسیختگی غالب از شکستگی در جهت ناهمسانگردی به شکستگی در عرض ناهمسانگردی برای نمونه‌های مورد مطالعه تعیین شده است.

کلید واژه ها ناهمسانگردی، مقاومت کششی برزیلی، الگوی گسیختگی، اسلیت، بروجرد

The study of strength behavior and failure patterns of Borujerd area slates using Brazilian test

Delete This Line and Write Down the Author's Name

Abstract:

This study deal with the effect of anisotropy on strength behavior and failure patterns of Borujerd area slates under Brazilian test conditions. For this purpose, 6 rock blocks were taken from different locations in north and east Borujerd. After sample preparation and assessment of mineralogical and physical properties, the Brazilian tensile strength test was performed on the disc-shaped samples in 7 anisotropy angles (between the loading direction and anisotropy plane) including 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90°. The results indicate that the maximum BTS is observed at $\beta = 90^\circ$ for all samples. While, the lowest value of BTS corresponds to anisotropy angles (β) equal to 15° and 30°. The observation of failure patterns of samples after Brazilian test shows that there are three types of dominant failure patterns including parallel to the anisotropy (PA), across the anisotropy (AA) and curved fracture (CF). Transitional angle, which indicates the change in dominant failure pattern from parallel to the anisotropy to across the anisotropy, were also determined.

Keywords : Anisotropy; Brazilian tensile strength; Failure pattern; Slate; Borujerd



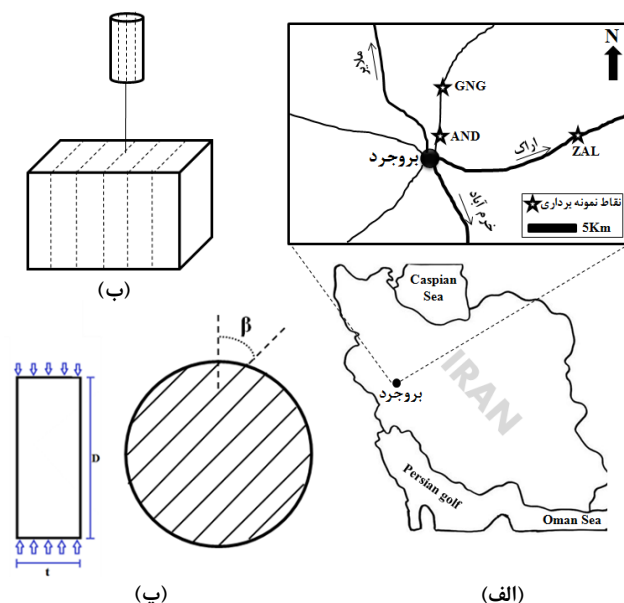
مقدمه :

ناهمسانگردی سنگ عمدتاً ناشی از حضور فولیاسیون، کلیواژ، شistosozite، درزه ها، ترک های میکروسکوپی یا ماکروسکوپی و همچنین سطوح لایه بندی است (الهراتی ۱۹۹۸). در طبیعت، سنگ های دگرگونی و رسوبی نسبت به سنگ های آذرین از ناهمسانگردی بیشتری برخوردار هستند (رامامورتی ۱۹۹۳). مقاومت کششی یک پارامتر مهم برای تعیین ظرفیت باربری سنگ ها، دگرشکلی و گسیختگی آنها می باشد. این ویژگی برای آنالیز و بررسی پایداری ساختارهای سنگ مورد استفاده قرار می گیرد. در این ارتباط اثر ناهمسانگردی بر روی مقاومت کششی سنگ ها در آزمایش برزیلی، توسط افراد مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (دی بکر و ورورت ۲۰۰۹، بارلا ۱۹۷۴، هابس ۱۹۶۴، مک لامور و گری ۱۹۶۷، تولالی و ورورت ۲۰۱۰، چن و همکاران ۱۹۹۸، قبادی و بهزاد تبار ۲۰۱۷، چو و همکاران ۲۰۱۲). با این وجود، تاکنون مطالعه ای بر روی رفتار ناهمسانگردی سنگ های دگرگونی منطقه بروجرد انجام نشده است. سنگ های دگرگونی موجود در منطقه شامل سنگ های دگرگونی ناحیه ای درجه پائین و مجاورتی درجه پائین تا درجه ی بالا می باشند. سنگ های دگرگونی ناحیه ای منطقه مورد مطالعه شامل اسلیت و فیلیت هستند که تغییرات بافتی محسوسی را نشان نمی دهند. اسلیت ها و فیلیت های مورد مطالعه به صورت تپه ماهوری با رنگ های سیاه تا مایل به سبز دیده می شوند و به طور کلی تمام سنگ های دگرگونی درجه بالا به آنها ختم می شوند. هدف از این مطالعه بررسی نتایج آزمایش برزیلی بر روی اسلیت های بروجرد به منظور تعیین اثر ناهمسانگردی بر روی مقاومت و الگوهای گسیختگی آنها می باشد.



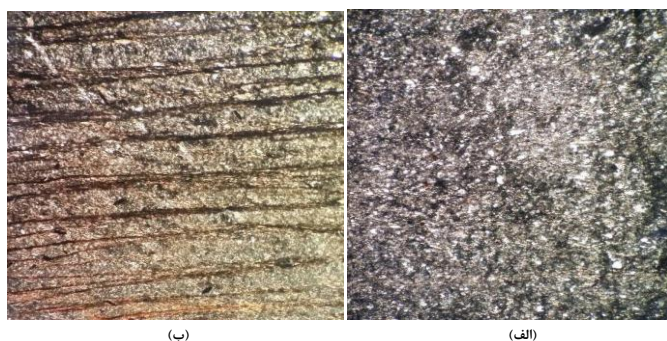
روش تحقیق:

به منظور انجام این پژوهش، تعداد ۶ بلوک از ۳ نقطه شامل گردنه زالیان (ZAL)، شهرک اندیشه (AND) و روستای گندل گیان (GND) واقع در شمال و شرق بروجرد انتخاب و به آزمایشگاه انتقال داده شده اند. شکل ۱- الف موقعیت نقاط نمونه برداری را نشان می دهد. در آزمایشگاه با استفاده از یک دستگاه مغزه گیر دورانی با قطر سرمته ۵۴ میلیمتر، از سنگ های مورد نظر در جهت موازی با ناهمسانگردی مغزه گیری به عمل آمده است (شکل ۱-ب). به منظور انجام آزمایش برزیلی، نمونه های دیسکی شکل با نسبت ضخامت (D) به قطر (t) حدوداً معادل ۰/۵ تهیه شده است (شکل ۱-پ). همان طور که در این شکل نشان داده شده است، زاویه ناهمسانگردی (β) بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر می کند.



شکل ۱: (الف) موقعیت نقاط نمونه برداری، (ب) مغزه گیری از بلوک در جهت ناهمسانگردی، (پ) نمونه دیسکی شکل تهیه شده برای آزمایش برزیلی (β زاویه ناهمسانگردی، t ضخامت نمونه دیسکی شکل و D قطر نمونه دیسکی شکل که ۵۴ میلیمتر است)

با مشاهده نمونه های دستی، سطوح تورق مختلف را با استفاده از رنگ های تیره و روشن می توان شناسایی نمود. سطوح تورق روشن عمدتاً از کوارتز، کلریت، مسکویت، فلدسپار، تورمالین، مواد آلی و کانی های اکسیدی تشکیل شده اند در حالی که لایه های تیره متشکل از بیوتیت هستند. برای تعیین خصوصیات پتروگرافی اسلیت های مورد نظر، دو مقطع نازک از هر بلوک در دو جهت مختلف (موازی و عمود بر سطوح ناهمسانگردی) تهیه شده است. شکل ۲ تصاویر پتروگرافی از اسلیت های مطالعه شده را نشان می دهد.



شکل ۲: تصاویر میکروسکوپی از نمونه های اسلیت مورد مطالعه در جهت (الف) موازی با ناهمسانگردی و (ب) عمود بر ناهمسانگردی

ویژگی های فیزیکی:

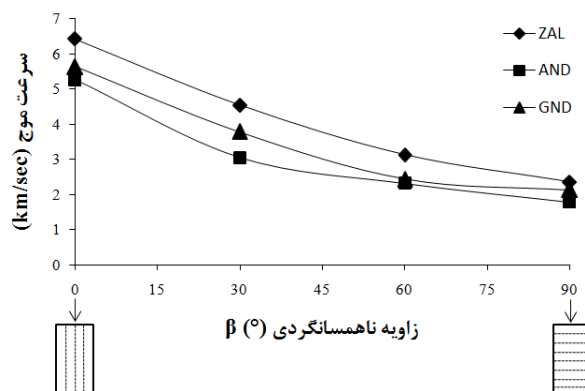
ویژگی های فیزیکی مختلف شامل دانسیته خشک و اشباع، تخلخل مؤثر، وزن مخصوص، جذب آب و سرعت موج برای

نمونه‌های مغزه اسلیت‌های مورد مطالعه مطابق با دستورالعمل ISRM (۱۹۸۱) تعیین شده است. برای تمامی نمونه‌ها، حداقل ۵ مغزه استوانه‌ای آماده شده است. نتایج آزمایش‌های دانسیته خشک (γ_d) و اشباع (γ_{sat})، تخلخل مؤثر (n)، وزن مخصوص (G_s) و درصد جذب آب (W_a) برای همه نمونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده است، دانسیته خشک نمونه‌های اسلیت مورد مطالعه بین ۲/۲۷ تا ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و دانسیته اشباع آنها بین ۲/۳۴ تا ۲/۷۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می‌کند. بر این اساس میزان حداقل، حداکثر و میانگین تخلخل مؤثر نمونه‌ها ۴/۵۳، ۸/۳۸ و ۳/۲۵ درصد می‌باشد. همچنین وزن مخصوص اسلیت‌های مورد مطالعه بین ۲/۷۶ تا ۲/۷۷ متغیر است. بر اساس نتایج حاصل شده، مشخص شد که جذب سریع آب برای نمونه‌های اسلیت مورد مطالعه بین ۰/۴۹ تا ۲/۳۰ درصد متغیر است. میانگین جذب آب نمونه‌ها نیز ۱/۳۲ درصد حاصل شده است.

جدول ۱: نتایج ویژگی‌های فیزیکی برای نمونه‌های مورد مطالعه

نام نمونه	W_a (%)	G_s	n (%)	γ_{sat} (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)
زالیان (ZAL)	1.18	2.76	2.91	2.72	2.67
اندیشه (AND)	2.30	2.77	5.50	2.58	2.47
گندل گیان (GND)	0.49	2.76	1.34	2.74	2.73
میانگین	1.32	2.76	3.25	2.68	2.62

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، حداکثر میزان سرعت موج برای تمامی نمونه‌ها در زاویه ناهمسانگردی صفر درجه و یا به عبارتی در جهت موازی با ناهمسانگردی به دست آمده است. این در حالی است که حداقل میزان سرعت موج نیز مطابق انتظار برای زاویه ناهمسانگردی ۹۰ درجه یعنی عمود بر ناهمسانگردی حاصل شده است. همچنین ملاحظه می‌گردد که با افزایش زاویه ناهمسانگردی، سرعت موج برای تمامی نمونه‌ها روندی کاهشی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: تغییرات سرعت موج نمونه‌های اسلیت با توجه به زاویه ناهمسانگردی (β)

مقاومت کششی برزیلی:

به منظور بررسی تأثیر ناهمسانگردی بر روی مقاومت کششی اسلیت‌های مورد مطالعه، آزمایش برزیلی بر روی نمونه‌های دیسکی شکل با نسبت ضخامت به قطر ۰/۵ و مطابق با استاندارد ISRM (۱۹۸۱) انجام شده است. بدین منظور آزمایش برزیلی برای تمامی نمونه‌های اسلیت جمع‌آوری شده در ۷ زاویه ناهمسانگردی صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه انجام شده است. لازم به ذکر است که برای هر زاویه حداقل ۵ نمونه دیسکی شکل مورد آزمایش قرار گرفته است. به طور کلی در این مطالعه، حداقل ۱۰۵ آزمایش برزیلی بر روی نمونه‌ها انجام شده است. نتایج آزمایش برزیلی برای تمامی اسلیت‌های مورد مطالعه، در جدول ۲ لیست شده است. همچنین شکل ۴، تغییرات مقاومت کششی برزیلی نمونه‌ها را در برابر زاویه ناهمسانگردی نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می‌گردد که کمترین مقاومت کششی برزیلی برای نمونه‌های ZAL و AND به ترتیب با ۲/۸۳ و ۲/۲۱ مگاپاسکال در زاویه ناهمسانگردی ۳۰ درجه حاصل شده است. این در حالی است که کمترین مقاومت کششی برزیلی برای نمونه GND با ۱/۷۴ مگاپاسکال در زاویه ۱۵ درجه به دست آمده است. همچنین برای هر سه نمونه اسلیت ZAL، AND و GND حداکثر مقاومت کششی برزیلی به ترتیب با ۱۴/۴۳، ۱۰/۲۱ و ۹/۱۴ مگاپاسکال در زاویه ناهمسانگردی ۹۰ درجه مشاهده شده است. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، یک زاویه انتقال بین ۴۵ و ۶۰ درجه برای هر سه نوع اسلیت مشاهده می‌شود. ملاحظه می‌گردد که میانگین مقادیر مقاومت کششی برزیلی برای زوایای بیشتر از ۴۵ درجه به مراتب بزرگ‌تر از مقایای کم‌تر از ۴۵ درجه است. به طور مثال میانگین مقاومت کششی برزیلی برای مقادیر بزرگ‌تر از ۴۵ درجه (زوایای ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه) ۹/۲۴ مگاپاسکال و برای زوایای کوچک‌تر و مساوی ۴۵ درجه (زوایای ۴۵، ۳۰، ۱۵ و صفر درجه) ۳/۶۱ مگاپاسکال است. دلیل اصلی این موضوع این است که در زوایای کمتر از ۴۵ درجه، شکستگی عمده‌تاً به موازات ناهمسانگردی اتفاق می‌افتد، در حالی که برای زوایای بزرگ‌تر از ۴۵ درجه، شکستگی‌ها عمده‌تاً سطوح ناهمسانگردی را قطع می‌کنند. طبیعتاً زمانی که شکستگی لایه‌ها را قطع می‌کند نیاز به انرژی بیشتری برای عبور از میان سطوح ناهمسانگردی دارد که این موضوع با مقاومت بالاتر نمونه‌ها مرتبط می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، شاخص ناهمسانگردی برزیلی (BAI)^۹ (نسبت مقاومت کششی برزیلی حداکثر به حداقل) برای اسلیت‌های مورد مطالعه نیز با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده است.

$$BAI = \frac{BTS_{max}}{BTS_{min}} \quad (1)$$

در این رابطه BAI شاخص ناهمسانگردی برزیلی، BTS_{max} و BTS_{min} به ترتیب مقاومت کششی برزیلی حداکثر و حداقل می‌باشند. بر اساس نتایج، شاخص ناهمسانگردی برزیلی برای اسلیت‌های ZAL، AND و GND به ترتیب ۵/۱۰، ۴/۶۱ و ۴/۳۳ به دست آمده است. همچنین میانگین شاخص ناهمسانگردی برزیلی برای همه اسلیت‌های مطالعه شده، ۴/۶۸ حاصل شده است که نشان دهنده شدت بالای ناهمسانگردی در این دسته از سنگ‌ها می‌باشد.

⁹ Brazilian Anisotropy Index

جدول ۲: مقادیر مقاومت کششی برزیلی و شاخص ناهمسانگردی برزیلی برای اسلیت‌های مورد مطالعه

زاویه ناهمسانگردی β (°)		مقاومت کششی برزیلی (MPa)			میانگین مقاومت (MPa)
		ZAL نمونه	AND نمونه	GND نمونه	
0°		6.06	5.32	3.63	5.00
15°		4.96	2.74	2.11	3.27
30°		2.83	2.21	2.41	2.48
45°		4.17	3.75	3.13	3.68
60°		9.59	6.53	7.43	7.85
75°		10.2	7.54	8.13	8.62
90°		14.43	10.21	9.14	11.26
BAI		5.10	4.61	4.33	4.68

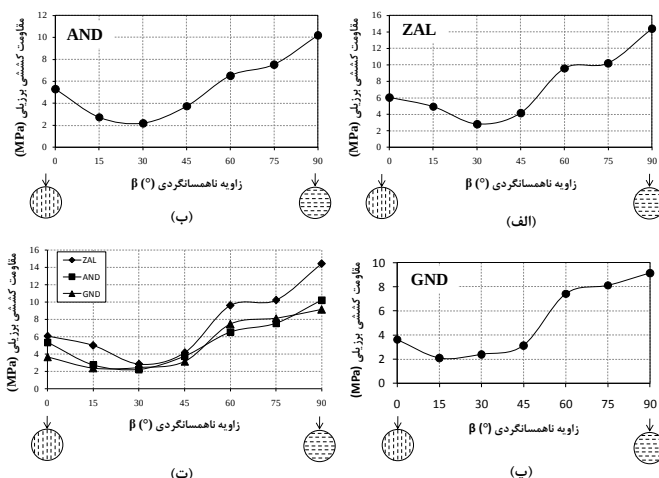
الگوهای گسیختگی در آزمایش مقاومت کششی برزیلی:

مشاهده نمونه‌های شکسته شده در آزمایش برزیلی حاکی از وجود سه نوع الگوی گسیختگی در امتداد ناهمسانگردی (PA)^{۱۰}، در عرض ناهمسانگردی (AA)^{۱۱} و الگوی گسیختگی منحنی شکل (CF)^{۱۲} در اسلیت‌های مورد مطالعه است (شکل ۸). همان‌طور که شکل ۵-الف نشان می‌دهد، در الگوی گسیختگی اول یا PA، شکستگی به موازات یک یا چند سطح ناهمسانگردی اتفاق می‌افتد. معمولاً این نوع گسیختگی همراه با چند شاخه یا شکستگی فرعی می‌تواند اتفاق بیفتد. این شکستگی‌های فرعی هم در جهت ناهمسانگردی و هم در عرض ناهمسانگردی اتفاق می‌افتند. در الگوی گسیختگی نوع دوم یا در عرض ناهمسانگردی (AA)، یک شکستگی اصلی در امتداد محور بارگذاری اتفاق می‌افتد که عمدتاً در بخش مرکزی نمونه دیسکی (تقریباً به موازات قطر نمونه) شکل قرار دارد. این نوع شکستگی تمام سطوح ناهمسانگردی را قطع می‌کند (شکل ۵-ب). همان‌طور که در شکل ۵-پ نشان داده شده است، شکستگی منحنی شکل یا CF نیز به مانند الگوی گسیختگی نوع دوم، یک نوع گسیختگی در عرض ناهمسانگردی است با این تفاوت که دارای انحناء بوده و اصطلاحاً کمانی شکل است. در این نوع الگوی گسیختگی، سطح شکستگی با اینکه تمام سطوح ناهمسانگردی را قطع می‌کند، اما در امتداد محور بارگذاری اتفاق نمی‌افتد و عمدتاً خارج از محدوده مرکزی نمونه قرار دارد.

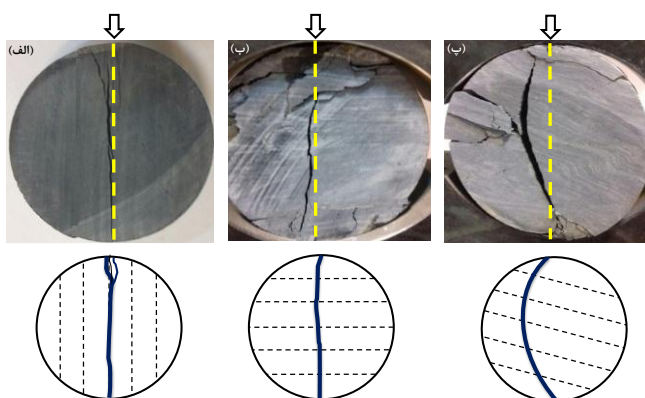
¹⁰ Parallel with Anisotropy (PA)

¹¹ Across the Anisotropy (AA)

¹² Curved Fracture (CF)



شکل ۴: تغییرات مقاومت کششی برزیلی در مقابل زاویه ناهمسانگردی برای (الف) اسلیت ZAL، (ب) اسلیت AND، (پ) اسلیت GND و (ت) ارتباط بین مقاومت کششی برزیلی و زاویه ناهمسانگردی برای تمامی نمونه‌ها



شکل ۵: انواع الگوهای گسیختگی مشاهده شده در آزمایش برزیلی: (الف) الگوی گسیختگی در امتداد ناهمسانگردی (PA)، (ب) الگوی گسیختگی در عرض ناهمسانگردی (AA)، (پ) الگوی گسیختگی منحنی شکل (CF) (خط چین‌های زرد رنگ جهت بارگذاری را نشان می‌دهند)



نتیجه گیری:

در این مطالعه تأثیر ناهمسانگردی بر روی رفتار مقاومتی و الگوهای گسیختگی اسلیت‌های شمال و شمال شرقی بر وجود در آزمایش برزیلی مورد بررسی قرار گرفته است:

- نتایج نشان داد که کم‌ترین مقاومت کششی برزیلی برای نمونه‌های ZAL و AND به ترتیب با ۲/۸۳ و ۲/۲۱ مگاپاسکال در زاویه ناهمسانگردی ۳۰ درجه حاصل شده است. در حالی که کم‌ترین مقاومت برای نمونه GND با ۱/۷۴ مگاپاسکال در زاویه ۱۵ درجه به دست آمده است. همچنین برای هر سه نمونه اسلیت ZAL، AND و GND

حداکثر مقاومت کششی برزیلی به ترتیب با ۱۴/۴۳، ۲۱/۱۰ و ۹/۱۴ مگاپاسکال در زاویه ناهمسانگردی ۹۰ درجه مشاهده شده است.

- بر اساس نتایج، شاخص ناهمسانگردی برزیلی (نسبت حداکثر مقاومت کششی به حداقل مقاومت کششی) برای اسلیت‌های ZAL، AND و GND به ترتیب ۵/۱۰، ۴/۶۱ و ۴/۳۳ به دست آمده است. همچنین میانگین شاخص ناهمسانگردی برزیلی برای همه اسلیت‌های مطالعه شده، ۴/۶۸ حاصل شده است.
- بر اساس نتایج مشخص شد که یک زاویه انتقال بین ۴۵ و ۶۰ درجه برای هر سه نوع اسلیت وجود دارد. بر این اساس ملاحظه گردید که میانگین مقادیر مقاومت کششی برزیلی برای زوایای بیش‌تر از ۴۵ درجه به مراتب بزرگ‌تر از مقایای کم‌تر از ۴۵ درجه است.
- مشاهده نمونه‌های شکسته شده در آزمایش برزیلی حاکی از وجود سه نوع الگوی گسیختگی در امتداد ناهمسانگردی (PA) برای زوایای صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درجه، در عرض ناهمسانگردی (AA) و الگوی گسیختگی منحنی شکل (CF) برای زوایای ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه می‌باشد.



References:

- Al-Harhi, A.A., 1998. "Effect of planar structures on the anisotropy of Ranyah sandstone Saudi Arabia", Engineering Geology, 50, p. 49-57.
- Barla, G., 1974. "Rock anisotropy: Theory and laboratory testing, Rock Mechanics", ed. L. Miiller. Springer-Verlag, New York, pp 132-169.
- Chen, C.S., Pan, E., Amadei, B., 1998. "Determination strength of anisotropic Brazilian tests of Deformability and Tensile Rock Using Brazilian tests", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 35, p. 43-61.
- Cho J., Kim H., Jeon S., Min, K., 2012. "Deformation and strength anisotropy of Asan gneiss, Boryeong shale, and Yeoncheon schist", International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 50, p. 158-169
- Debecker, B., Vervoort, A., 2009. "Experimental observation of fracture patterns in layered Slate", International Journal Fractal, 159, p.51-62.
- Ghobadi M.H., Behzadtabar, P., 2017. "Deformation and strength anisotropy of calcareous slates under Brazilian tests", Journal of Engineering Geology 11, p. 81-102
- Hobbs, D.W., 1964. "The strength and stress-strain characteristics of coal in triaxial compression", Journal of Geology, 72, p. 214-231.
- ISRM, 1981. "Rock characterization, testing and monitoring, ISRM suggested methods", In: Brown ET (ed) Pergamon Press, Oxford, p 211
- McLamore, R., Gray, K.E., 1967. "The mechanical behavior of transversely isotropic sedimentary rocks", Transition in American Society of Mechanical Engineering Series B, p. 62-76.
- Ramamurthy, T., 1993. "Strength and modulus responses of transversely isotropic rocks", in: Hudson, J.A. (Ed.), Compressive Rock Engineering, vol. 1. Oxford, Pergamon, pp. 313-329.
- Tavallali, A., Vervoort, A., 2010. "Effect of layer orientation on the failure of layered sandstone under Brazilian test conditions", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 47, p. 313-322.

بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی شیست های منطقه سیمین همدان

♦♦♦♦♦♦♦♦

سید داود محمدی (عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، s_d_mohammadi@yahoo.com)

حسین شهبازی (عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، shahbazi@basu.ac.ir)

وحید چهاردولی (دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، vahidchardoli168@gmail.com)

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

آنیزوتروپی ویژگی مهمی از سنگ های شیستی می باشد که موجب تغییرات گسترده ای در پارامترهای مقاومت و مدول سنگ در زوایای جهت دار سنگ می شود. در این پژوهش جهت شناخت ویژگی های مهندسی شیست های منطقه سیمین همدان، نمونه های استوانه ای از سنگ ها در ۵ زاویه مختلف از شیستوزیته تهیه گردید و در آزمایشگاه، آزمایش های مربوط به تعیین ویژگی های مکانیکی و فیزیکی آن ها از قبیل آزمایش مقاومت فشاری تک محوری، شاخص مقاومت بارنقطه ای و کشش برزیلی و نیز وزن مخصوص خشک و اشباع و درصد رطوبت و سرعت موج فشاری بر روی آنها انجام شد. با بررسی نتایج آزمایش تعیین مقاومت فشاری تک محوری مشاهده می شود، زمانی که بارگذاری در جهت عمود بر شیستوزیته انجام می گیرد، بیشترین مقاومت و در جهت ۳۰ درجه نسبت به شیستوزیته، کمترین مقاومت سنگ به دست می آید. در این راستا، مقاومت سنگ متغیر و وابسته به زاویه آنیزوتروپی و نسبت مدولی پایین و غیر وابسته به زاویه آنیزوتروپی بوده است. همچنین سرعت موج P در جهت موازی سطوح تورق بیشتر از سرعت در جهت عمود بر این سطوح است که بیانگر تاثیر آنیزوتروپی سنگ بر روی نتایج آزمایش ها می باشد.

کلید واژه ها: شیست، آنیزوتروپی، منطقه سیمین

The study of engineering geological properties of the Schist in the Simin region, Hamedan

Seyed Davood Mohammadi (Assistant Professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, s_d_mohammadi@yahoo.com)

Hossein Shahbazi (Assistant Professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, shahbazi@basu.ac.ir)

Vahid Chahardoli (Masters student in Engineering Geology, Bu-Ali Sina University, vahidchardoli168@gmail.com)

Abstract:

Anisotropy is an important feature of the schist rocks, which causes wide variations in resistance parameters and rock modulus Stone directional angles. In this research, to identify the engineering characteristics of the Simin region of Hamedan, province, cylindrical samples of rocks were prepared in 5 different angles of Schistosity. In the laboratory, experiments were carried out to determine their mechanical and physical properties, such as single-axial compressive strength test, bar-strength and traction strength index, as well as dry and saturated specific gravity and moisture content and compressive velocity on them. Became By examining test results, single-axial compressive strength determination is observed. When the loading is in the direction of perpendicular to the schistosity, the greatest resistance is obtained and the least resistance is obtained in the direction of 30 degrees relative to the schistosity. In this regard, rock resistance was variable and dependent on

the angle of anisotropy and the modulus ratio was low and non-dependent on the anisotropic angle. Also, the velocity P of the wave is parallel to the level of plumbing more than the velocity in the direction of the perpendicular to these levels, which indicates the effect of the rock's anisotropy on the results of the experiments.

Keywords :Schist, Anisotropy, Simin area



مقدمه :

تعیین ویژگی های فیزیکی و مکانیکی سنگ بکر در پروژه های عمرانی که با سنگ سروکار دارند از اهمیت چشم گیری برخوردار است و در مراحل اولیه اجرای سازه های مهندسی مدنظر قرار می گیرند. اندازه گیری این پارامترها معمولاً با استفاده از آزمایش های مکانیک سنگ صورت می گیرد. با توجه به اینکه اکثر پروژه ها بر روی توده های سنگی 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 (لشکری پور و همکاران ۱۳۹۴). آزمایش های آزمایشگاهی متعددی جهت تعیین ویژگی های مهندسی سنگ ها انجام می شود، با توجه به پرهزینه بودن این آزمایش ها، می توان با بررسی دقیق ویژگی های زمین شناسی سنگ ها، تخمینی از ویژگی های فیزیکی و مکانیکی آن ها داشت و با توجه به اهمیت پروژه تعداد آزمایش های لازم جهت شناسایی سنگ را کاهش داد (اجل لوثیان و محمدی ۱۳۹۰). برای شناخت ویژگی های فیزیکی و مکانیکی سنگ بکر از شاخص هایی نظیر دانسیته، سرعت امواج التراسونیک، تخلخل، دوام سنگ و مقاومت سنگ استفاده می شود (خانلری و همکاران ۱۳۸۹) که در این پژوهش آزمایش های تعیین دانسیته مرطوب، خشک، اشباع و مستغرق، تخلخل، درصد رطوبت، سرعت موج فشاری، پوکی (e)، شاخص پوکی (I_v) وزن مخصوص جامد، سرعت موج فشاری، مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی برزیلی و بار نقطه ای انجام شده است.



زمین شناسی موقعیت جغرافیایی

روستای سیمین از توابع بخش مرکزی شهرستان همدان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۴،۶۰۹ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۲،۰۰۵ دقیقه عرض شمالی در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی همدان قرار گرفته است که این ناحیه از سطح دریا ۲۱۸۷ متر ارتفاع دارد و آب و هوای آن در زمستان ها سرد و خشک و در تابستان ها معتدل و مطبوع می باشد. از نظر زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در زون سنندج - سیرجان قرار دارد که جزء ناآرام ترین زون های ساختاری ایران به شمار می رود. وضعیت تکتونیکی ویژه و دگرشکلی پیچیده در اثر نفوذ باتولیت الوند باعث تشکیل گسل های فراوانی در منطقه شده است. حضور گسل ها و شکستگی های ناشی از آن ها در منطقه باعث افزایش سرعت هوازدهی می شود. گسل کیشین - سیمین از گسل های موجود در منطقه می باشد (حسینی دوست ۱۳۸۸).



روش تحقیق:

به منظور بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی شیبست های منطقه سیمین همدان، ابتدا اقدام به نمونه برداری های بلوکی از محل های تعیین شده گردیده و سپس بلوک های سنگی انتخاب شده به آزمایشگاه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک دانشگاه بوعلی سینا منتقل گردید. در این راستا، بعد از تهیه مقطع نازک و نامگذاری نمونه ها، از بلوک های سنگی در جهات مختلف زاویه داری شیبستوزیته، مغزه هایی با قطر تهیه گردید و آزمایش های زمین شناسی مهندسی بر روی آنها انجام شد که در ادامه به شرح آزمایش ها و نتایج به دست آمده پرداخته شده است.



سنگ شناسی:

پس از تهیه مقطع نازک و مطالعه آن به وسیله میکروسکوپ مشاهده گردید که سنگ دارای جهت یافتگی و شیبستوزیته می باشد و بافت سنگ پورفیروبلاستیک و لپیدوبلاستیک است. کانی های تشکیل دهنده سنگ به ترتیب فراوانی به شرح زیر می باشد:

۱- کوارتز بیش از 45 درصد،

۲- بیوتیت در حدود ۲۵ درصد،

۳- گارنت در حدود ۱۵ درصد،

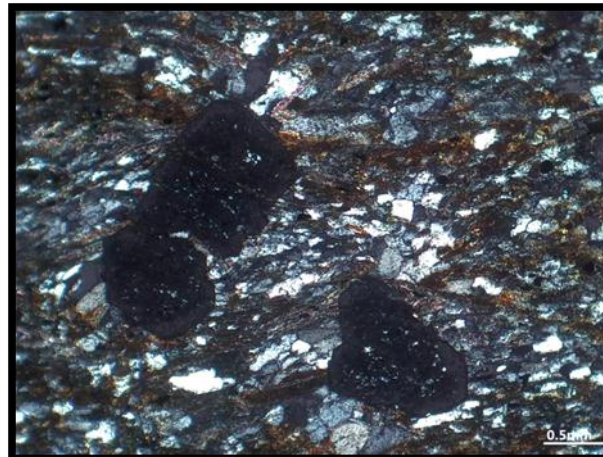
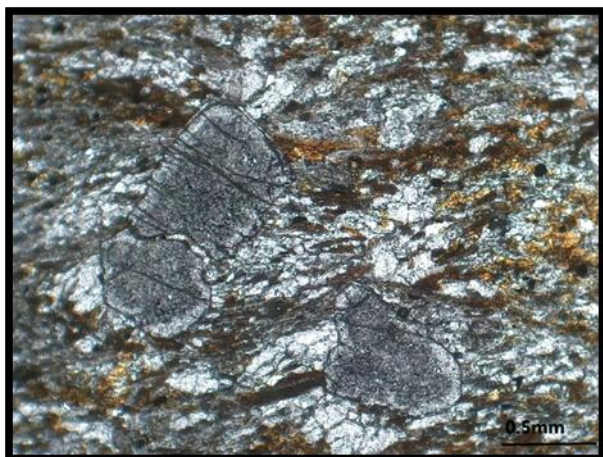
۴- مسکوویت در حدود ۱۰ درصد،

۵- مقدار کمی در حدود ۵ درصد کانی های فلزی،

بنابراین با نتایج به دست آمده از مطالعه مقطع نازک نام سنگ گارنت میکا شیبست می باشد. شکل (۱) مقطع تهیه شده از سنگ های مورد مطالعه را نشان می دهد.

(ب)

(الف)



شکل ۱- الف و ب) مقاطع نازک میکروسکوپی شیت در نور xpl و ppl با بزرگنمایی ۴۰

خصوصیات فیزیکی

هر نوع خاص از سنگ دارای ویژگی های خاص فیزیکی مربوط به خود است که متاثر از نوع منشاء و فرآیند های متداول زمین شناسی است که در طول زمان بر آن حادث شده است. خواص فیزیکی سنگ ها شامل ویژگی های مربوط به وزن واحد حجم مرطوب، وزن واحد حجم خشک و وزن واحد حجم اشباع، وزن واحد حجم مستغرق، درصد جذب رطوبت و تخلخل سنگ ها می باشد. خواص فیزیکی سنگ بکر به ریز ساختارهای آن بستگی دارد، این ریز ساختارها شامل کانی ها، رخ، مرزهای دانه ای و ریز شکست ها می باشد. ریز شکست ها بر روی مقاومت سنگ و جهت شکست تاثیر می گذارد. جهت اندازه گیری خواص فیزیکی شیت های مورد مطالعه بر اساس استاندارد ISRM(1981) تعداد ۱۰ نمونه استوانه ای مورد آزمایش قرار گرفت که میانگین اندازه گیری ها در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس طبقه بندی (Anon 1979) که برای وزن واحد حجمو تخلخل نمونه های سنگ ارایه شده، سنگ های مطالعه شده در رده با وزن واحد حجم بالا (بین ۲/۵۵ تا ۲/۷۵ گرم بر سانتی متر مکعب) و تخلخل پایین (بین ۱ تا ۵ درصد) قرار گرفته اند.

جدول ۱- خلاصه نتایج حاصل از آزمایش خواص فیزیکی

نوع سنگ	% ω	γ_d gr/cm ³	γ_m gr/cm ³	γ_{sat} gr/cm ³	γ_{sub} gr/cm ³	G_s	I_v	n%	e
گارنت میکا شیت	۰/۰۴۹	۲/۷۳	۲/۷۴	۲/۷۶	۱/۷۳	۲/۷۸	۰/۴۳	۱/۵۷	۰/۰۱۶

آزمایش تعیین سرعت موج فشاری

آزمایش تعیین سرعت موج در سنگ های مورد مطالعه بر اساس استاندارد (ISRM, 1981) و در زوایای مختلف شیبستوزیته انجام گردید. با توجه به وجود شیبستوزیته در نمونه ها و خاصیت آنیزوتروپی آن ها، با انحراف از راستای موازی محور بارگذاری و نزدیک شدن به امتداد عمود بر محور بارگذاری (۹۰ درجه) از سرعت موج فشاری کاسته شده به طوری که در زاویه ۹۰ درجه کمترین مقدار سرعت موج دیده می شود. نتایج آزمایش تعیین سرعت موج فشاری در جدول ۲ و ۳ آمده است. به زاویه بین لایه بندی سنگ های آنیزوتروپ با محور بارگذاری نمونه زاویه آنیزوتروپی می گویند که با β نمایش داده می شود (حاجی حیدری و رحمانی، ۱۳۹۰).

جدول ۲- میانگین سرعت موج فشاری نسبت به زاویه آنیزوتروپی در حالت خشک

سرعت موج فشاری $\beta=90^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=60^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=45^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=30^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=0^\circ$ m/s	نوع سنگ
۱۵۵۱	۴۲۹۰	۵۸۳۳	۲۷۳۰	۶۷۹۰	گارنت میکا شیبست

جدول ۳- میانگین سرعت موج فشاری نسبت به زاویه آنیزوتروپی در حالت اشباع

سرعت موج فشاری $\beta=90^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=60^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=45^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=30^\circ$ m/s	سرعت موج فشاری $\beta=0^\circ$ m/s	نوع سنگ
۱۸۱۱	۵۱۳۰	۶۵۸۰	۲۲۴۰	۷۵۶۰	گارنت میکاشیبست

ویژگی های مکانیکی

برای تعیین ویژگی های مکانیکی شامل مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی برزیلی، شاخص بار نقطه ای از روش استاندارد (ISRM, 1981) استفاده شده است. نتایج این آزمایش ها در جدول ۴ آمده است. به علت آنیزوتروپ بودن شیبست ها آزمایش های ویژگی های مکانیکی در ۵ زاویه نسبت به شیبستوزیته انجام گرفته است. در این راستا، سنگ های مورد مطالعه مطابق طبقه بندی (Deere and Miller, 1967) رده بندی گردیده که نتایج حاصل از آن نیز در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج آزمایش ویژگی های مکانیکی در حالت خشک

زاویه آنیزوتروپی β°	مقاومت فشاری تک محوری (Mpa)	مدول الاستیسیته مماسی (Gpa)	نسبت مدولی	مقاومت کششی برزیلی (Mpa)	شاخص مقاومت بار نقطه ای (Mpa)	رده سنگ
۰	۳۶/۶۷	۵/۶۶۹	۱۵۴/۵۵	۶/۰۴	۱/۵۹	DL
۳۰	۲۳/۹۴	۳/۲۴۴	۱۳۴/۹۹	۶/۲۱	۳/۳۹	EL
۴۵	۴۱/۲	۴/۱۸۲	۱۰۰/۵۶	۸/۷۲	۳/۹۷	DL
۶۰	۴۰/۹۰	۴/۶۵۸	۱۱۳/۹۴	۸/۹۱	۴/۳۷	DL
۹۰	۱۰۱/۷۱	۴/۲۸۸	۴۲/۲۷	۱۰/۳۰	۱۰/۳۱	CL

جدول ۵- نتایج آزمایش ویژگی های مکانیکی در حالت اشباع

زاویه آنیزوتروپی β°	مقاومت فشاری تک محوری (Mpa)	مدول الاستیسیته مماسی (Gpa)	نسبت مدولی	مقاومت کششی برزیلی (Mpa)	شاخص مقاومت بار نقطه ای (Mpa)	رده سنگ
۰	۱۷/۶۷	۲/۷۸۲	۱۵۸/۰۴	۲/۴۷	۱/۲۰	EL
۳۰	۱۵/۲۴	۲/۷۲۷	۱۷۹/۹۹	۲/۶۱	۱/۳۲	EL
۴۵	۱۸/۲۲	۱/۶۹۱	۹۳/۵۶	۳/۲۶	۱/۷۲	EL
۶۰	۲۵/۹۹	۲/۳۶۹	۹۱/۴۱	۴/۱۳	۲/۰۶	EL
۹۰	۳۵/۵۳	۱/۸۲۵	۵۱/۶۸	۵/۱۸	۳/۲۴	DL

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج زیر از آزمایش های به دست آمده است:

- ۱- نتایج به دست آمده از آزمایش های تعیین ویژگی های مکانیکی نمونه ها نشان می دهد که مقدار وزن واحد حجم بین $2/73$ تا $2/76$ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد و بر اساس طبقه بندی (Anon, 1979) برای چگالی و تخلخل، نمونه های مطالعه شده در رده با چگالی بالا و تخلخل پایین قرار گرفته است.
- ۲- آزمایش تعیین سرعت موج P برای نمونه های مورد مطالعه نشان می دهد که سرعت در جهت موازی سطوح تورق بیشتر از سرعت در جهت عمود بر این سطوح است که بیانگر تاثیر آنیزوتروپی سنگ بر روی نتایج آزمایش ها می باشد.
- ۳- با بررسی نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری مشاهده می شود زمانی که بارگذاری در جهت عمود بر شیبستوزیته انجام می گیرد بیشترین مقاومت و در جهت 30° درجه نسبت به شیبستوزیته، کمترین مقاومت سنگ به دست می آید.
- ۴- مقاومت کششی در $90^\circ = \beta$ بیشترین مقدار و در $0^\circ = \beta$ کمترین مقدار را نشان می دهد که مقاومت کششی به جهت بارگذاری از صفر تا 90° درجه افزایش می یابد.
- ۵- مقدار حداکثر بار نقطه ای در زاویه 90° درجه و مقدار حداقل آن در زاویه صفر درجه به دست آمده است.
- ۶- با توجه به مقدار مقاومت فشاری تک محوری در حالت های خشک و اشباع و بر اساس طبقه بندی (Deere and Miller, 1967) سنگ های مورد مطالعه در رده های DL، EL و CL قرار دارد که نشان دهنده مقاومت متغیر و وابسته سنگ به زاویه آنیزوتروپی و نسبت مدولی پایین و غیر وابسته به زاویه آنیزوتروپی می باشد.

منابع :

- تخته جان برهانی، ا. لشکری پور، غ. غفوری، م. (۱۳۹۴)، "تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی شیبست های جنوب شهر مشهد"، دومین همایش ملی زمین شناسی و منابع اکتشافات، شیراز
- محمدی، م. اجل لوئیان، ر. (۱۳۹۰)، "بررسی خصوصیات مهندسی سنگ های تخریبی با تاکید بر ویژگی های زمین شناسی"، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
- خانلری، غ. مومنی، ع. ا. عبدی لر، ی. (۱۳۸۹)، "زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا



حسینی دوست، س. ج.، (۱۳۸۸)، "زمین ساخت و نئوزمین ساخت گسترده شهر همدان و پیرامون آن با نگرشی بر موقعیت سائزموکتونیک منطقه"، مجله یافته های نوین زمین شناسی کاربردی، جلد ۶، صفحه ۶۰ تا ۷۹

حاجی حیدری، ف. رحمانی، م، "بررسی تاثیر آنیزوتروپی در تحلیل پایداری دیواره های نهایی معدن شماره ۱ گل گهر با نرم افزار slide"، فصلنامه پژوهشی، شماره ۱۳، ۸-۱۱، ۱۳۹۰.

Anon, 1979 "Classification of rock and soil for engineering geological mapping. Part 1: Rock and soil materials", Bulletin international Association of Engineering Geology, 19, 355-371,.

-ISRM,. 1981., "Basic geotechnical description of rock masses, International Society of rockmechanics Commision on the classification of rock and masses". Int Rock Mech Min Sci Geomech, Vol. 18: 85-110.

-ISRM,. 1981 (b)., "Suggested Methods. Rock characterization testing and monitoring", In: Brown ET(Eds.) Oxford: Pergamon Press

-Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact Rock. Technical Report NO.AFNL-TR-65-116, Kirthland Air force base, new mexico, 308pp.

مطالعه خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های انتقال یافته ناحیه رازان، استان لرستان

♦♦♦♦♦♦

حامد حسن آسا، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

Hamedhasanasa@yahoo.com

محمد حسین قبادی، استاد زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

Amirghobadi@yahoo.com

♦♦♦♦♦♦

چکیده:

هدف از این پژوهش شناخت خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های انتقال یافته ناحیه رازان در ۶۰ کیلو متری شمال شرق شهر خرم آباد و ۲۰ کیلو متری غرب شهرستان درود می باشد. با انجام بازدید صحرایی از ناحیه رازان و بررسی وضعیت خاک‌های گسترش یافته در منطقه از خاک‌های ناحیه نمونه برداری در سه ایستگاه انجام شد. طی انجام مطالعات آزمایشگاهی خصوصیات فیزیکی، مکانیکی خاک‌های در ایستگاه‌های مورد نظر تعیین گردید. بر اساس رده یونیفاید خاک ایستگاه ۱ در رده CL، خاک ایستگاه ۲ در رده CL و خاک ایستگاه ۳ در رده SC-SM قرار می گیرند. وزن مخصوص قسمت جامد در خاک ایستگاه ۱ برابر ۲/۵، ایستگاه ۲ برابر ۲/۷ و خاک ایستگاه ۳ برابر ۲/۶ گرم بر سانتی متر مکعب بوده است. عوامل مقاومت برشی خاک ها شامل چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی برای خاک ایستگاه ۱ به ترتیب ۶ مگاپاسکال و ۲/۸۶ درجه، برای خاک ایستگاه ۲ به ترتیب ۴ مگاپاسکال و ۳/۷۱ درجه و برای خاک ایستگاه ۳ به ترتیب ۰/۵ مگاپاسکال و ۴/۹ درجه می باشد. طبق آزمایش تراکم استاندارد رطوبت بهینه و وزن واحد خشک حداکثر برای ایستگاه ۱ به ترتیب ۱۵ درصد و ۱/۷۶ gr/cm³، رطوبت بهینه و وزن واحد خشک حداکثر برای ایستگاه ۲ به ترتیب ۱۵/۵ درصد و ۱/۸ gr/cm³، رطوبت بهینه و وزن واحد خشک حداکثر برای ایستگاه ۳ به ترتیب ۱۱/۵ درصد و ۲ gr/cm³ به دست آمده است. با توجه به نتایج حاصله، عمده خاک‌های انتقال یافته مورد مطالعه برای استفاده در احداث هسته سدهای خاکی مناسب هستند.

کلید واژه ها:

خاک‌های انتقال یافته، خصوصیات ژئوتکنیکی، ناحیه رازان، استان لرستان

the study of geotechnical properties of transported soils of the Razan region, Lorestan province

Hamed Hassan Asa, Master student of engineering geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Hamedhasanasa@yahoo.com

Mohammad Hossein Ghobadi, Professor Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Amirghobadi@yahoo.com

Abstract:

The purpose of this research is to identify the geotechnical characteristics of the transported soils of the Razan area at 60 km north-east of Khorramabad and 20 km west of the Doroud. The field observation of the Razan area and the study of the status of the soils in the region from the sampling area in three stations were carried out. During the laboratory studies, the physical and mechanical properties of soils at the stations were determined. On the basis of the unified classification, soil of stations 1 and 2 is in the CL category, and the station soil 3 in the SC, SM categorys. The specific gravity of the solid part in the station soil 1 was 2.5, the station 2 was 7.2 and the station 3 soil was times 6.2gr/cm³. The shear strength of soils including clamping and angle of friction for station soil 1 is 6 MPa and 2.86 degrees, respectively, for station soil 2, respectively, 4 MPa and 71.3 degrees for station soil and 3 times that of 0.5 MPa and 4.9 degrees. Be Optimum moisture content and maximum unit dry weight for station 1 were 15% and 1.776 gr / cm³, optimum moisture content and dry weight, maximum for station 2 were 15.5% and 1.8 g / cm³, optimum moisture content and dry weight Maximum for Station 3 was 11.5% and 2 gr / cm³ respectively. According to the results, most of the transported soils are suitable for use in the construction of soil dams.

Keywords :(Transported soils, Geotechnical properties, Razan region, Lorestan Province)



مقدمه :

خاک های انتقالی اثر عواملی نظیر باد، آب، یخچال از محل تشکیل به مکانی دیگر انتقال یافته و نهشته شده اند چنین خاک هایی عموماً دارای لایه بندی، ضخامت نسبتاً زیاد، گرد شدگی و جور شدگی در اثر انتقال و جا به جایی می باشند طی فرایند های انتقال ذرات ریز خاک از ذرات درشت آن جدا شده و در لایه های مختلف ته نشین می شوند (قبادی، موسوی ۱۳۹۵) این خاک ها با توجه به نوع عامل انتقال به انواع خاک های انتقال یافته یخچالی، بادی، آبرفتی، دریاچه ای، دریایی و واریزه ای طبقه بندی می شوند. (داس ۱۳۷۶)



روش تحقیق:

در این پژوهش برای دستیابی به اطلاعات کافی پس از بازدید صحرایی از منطقه مورد نظر و نمونه برداری، نمونه ها جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه انتقال داده شدند و آزمایش های تعیین درصد رطوبت، دانه بندی مکانیکی و هیدرومتری، حدود آتربرگ، تعیین چگالی ویژه ذرات جامد G_s، تراکم استاندارد، برش مستقیم بر روی خاک دست خورده انجام و خصوصیات ژئوتکنیکی خاک تعیین گردید. اصول آزمایشات بر اساس ASTM, 1992 بوده است. نتایج آزمایشات در ادامه آورده شده است.

آزمایش تعیین درصد رطوبت

طبق استاندارد ASTM D2216-90 بر روی نمونه ها انجام شد و نتایج آن به شرح جدول زیر است. باید توجه داشت که زمان نمونه برداری در اواخر تیر ماه می باشد.

جدول ۱- نتایج آزمایشات تعیین درصد رطوبت

درصد رطوبت	ایستگاه
۱/۹۸	۱
۱/۳۸	۲
۱/۵۱	۳

آزمایش تعیین وزن مخصوص قسمت جامد خاک (Gs)

این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM D854-78 انجام شده است که مقادیر آن به شرح جدول زیر می باشد. وزن مخصوص ذرات جامد یکی از پارامترهای مهم در تعیین خصوصیات خاک می باشد. این پارامتر تابع کانی شناسی و عناصر تشکیل دهنده آن بوده و ارتباطی با تراکم و شرایط فیزیکی خاک ندارد.

جدول ۲- نتایج آزمایش (Gs)

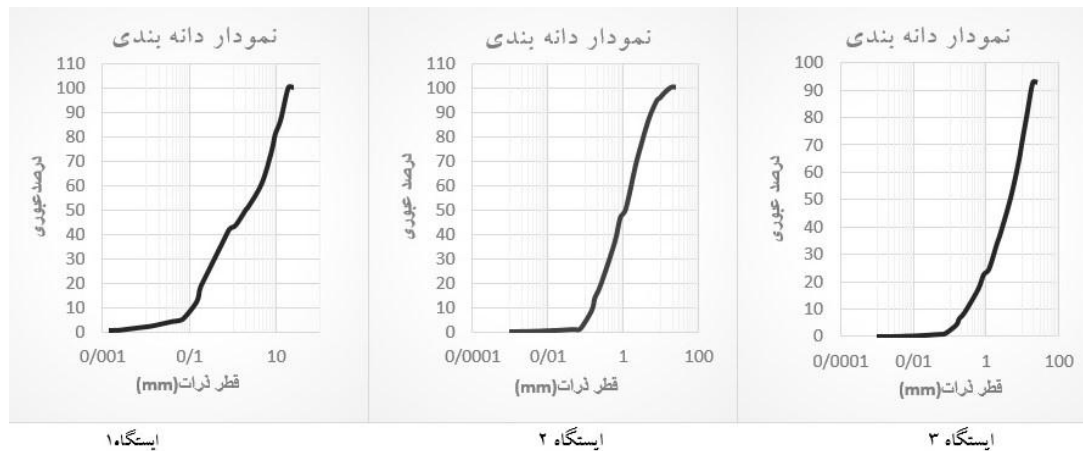
وزن مخصوص (Gs)	ایستگاه
2.58	1
2.70	2
2.63	3

آزمایش دانه بندی، حدود آتبرگ و رده بندی مهندسی خاک

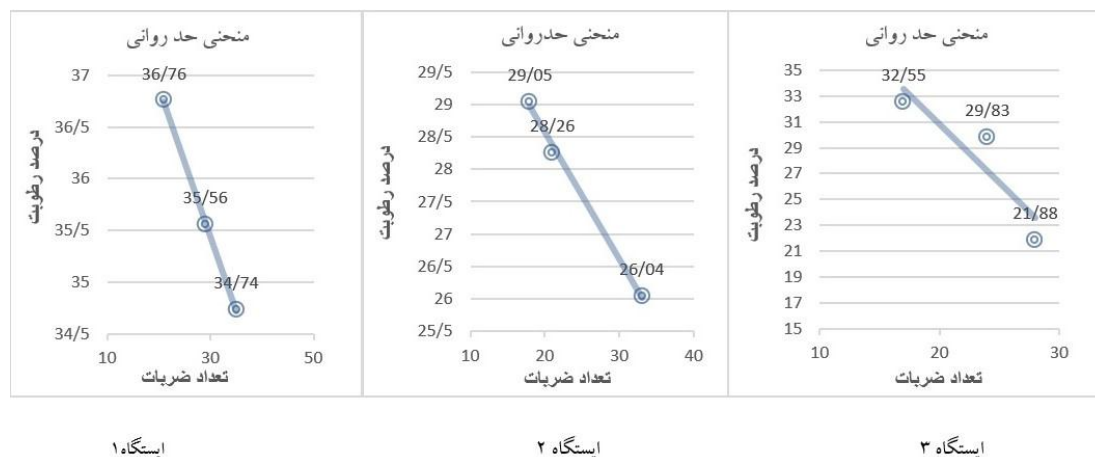
آزمایش های دانه بندی به روش مکانیکی (روش تر) و هیدرومتری مطابق با استاندارد ASTM D422 انجام گرفته است. بر اساس منحنی دانه بندی مقادیر ضریب یکنواختی و ضریب دانه بندی به شرح جدول ۴ می باشد. همچنین آزمایش حدود آتبرگ نیز مطابق با استاندارد ASTM D4318 انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ۳- نتایج آزمایش حدود آتبرگ و دانه بندی

شاخص خمیری	حد خمیری	حد روانی	ضریب خمیدگی	ضریب یکنواختی	ایستگاه
PI	PL	LL	Cc	Cu	
12.04	24.26	36.3	0.056	10	۱
7.5	20	27.5	0.088	45.45	۲
6.9	19.1	26	5.37	23.33	۳



شکل ۲- نمودار تلفیقی هیدرومتری و دانه بندی ایستگاه ها



شکل ۳- منحنی حد روانی

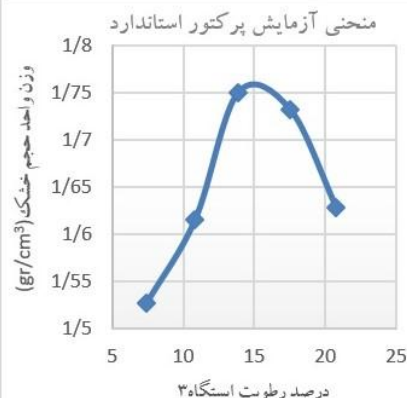
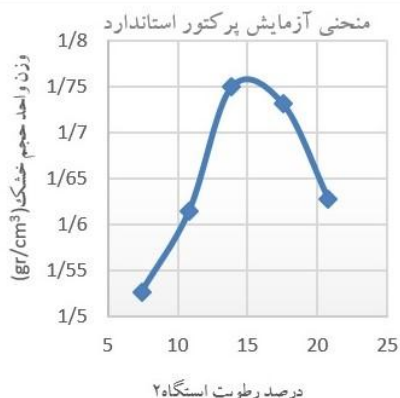
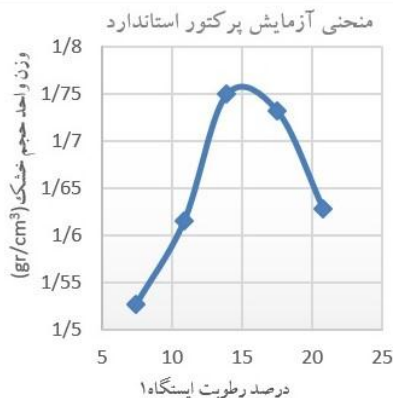
باتوجه به نتایج حاصله و طبق رده بندی متحد خاک، خاک ایستگاه ۱ CL، خاک ایستگاه ۲ CL و خاک ایستگاه ۳ SC-SM می باشد.

آزمایش تراکم خاک

آزمایش تراکم خاک به روش استاندارد و طبق استاندارد ASTM D698-78 انجام شده است. مقدار رطوبت بهینه و وزن واحد حجم خشک حد اکثر بدست آمده از آزمایش تراکم استاندارد در جدول زیر آمده است.

جدول ۴- نتایج آزمایش تراکم استاندارد

ایستگاه	رطوبت بهینه (w)	وزن واحد حجم خشک (γ _d)
۱	/15	1.76
۲	/15.5	1.78
۳	/11.5	1.97



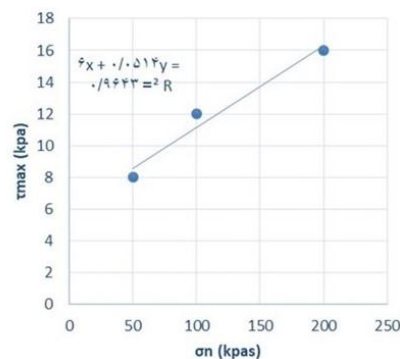
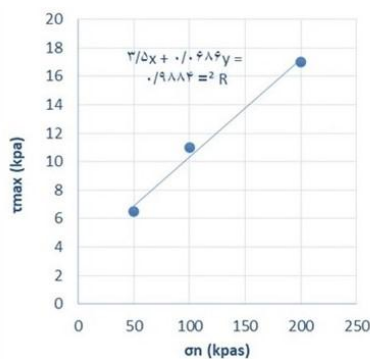
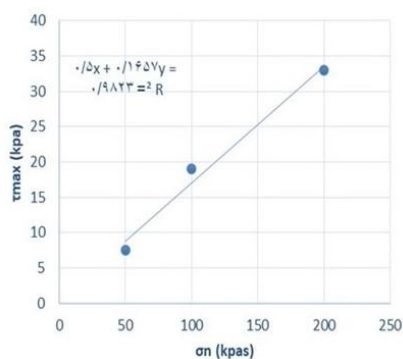
شکل ۴- منحنی آزمایش تراکم استاندارد

آزمایش برش مستقیم

این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM D3080-72 انجام شده است. روش انجام این آزمون بر روی نمونه خاک، از نوع تحکیم یافته زهکشی نشده (CU) می باشد. پارامترهای مقاومت برشی حاصل از این آزمایش براساس پوش گسیختگی موهر به شرح جدول زیر می باشد:

جدول ۵- نتایج آزمایش برش مستقیم

Φ (degree)	C(kpas)	ایستگاه
2.86°	6	1
3.71°	4	2
9.4°	0.5	3



شکل ۵- نمودار تنش قائم-تنش برشی خاک های مورد مطالعه

◆◆◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری:

تعیین خصوصیات ژئوتکنیکی خاک ها علاوه بر کاربرد آنها در تهیه منابع قرضه نقش به سزایی در پیش بینی رفتار مصالح در شرایط خاص مانند شیب ها دارد. امروزه خاک های انتقال یافته نقش مهمی را در تهیه منابع قرضه ایفا می کنند. این

خاک‌ها به وسیله ویژگی‌هایی چون وجود لایه‌بندی، ضخامت زیاد، کم بودن مواد ریزدانه و گردش‌گی ذرات شناخته می‌شوند (قبادی، ۱۳۹۰). خاک‌های منطقه مورد مطالعه که از نوع انتقالی می‌باشند فاقد لایه‌بندی می‌باشند اما ضخامت نسبتاً زیادی دارند.

- بر اساس طبقه‌بندی یونیفاید این خاک‌ها در رده های SC-SM و CL، قرار می‌گیرند.
- وزن مخصوص قسمت جامد این خاک‌ها بین ۲/۵۸ تا ۲/۷ قرار دارد
- حد خمیری نمونه‌ها حداکثر ۲۴,۲۶ درصد می‌باشد که این موضوع با وجود کانی‌های رسی مرتبط است.
- بر اساس آزمایش تراکم استاندارد، خاک‌ها دارای رطوبت بهینه بین ۱۱/۵ تا ۱۵/۵ درصد و وزن واحد حجم حداکثر بین ۱/۷۶ تا ۱/۹۷ می‌باشد.
- بر اساس آزمایش برش مستقیم انجام شده به روش CU برای ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب مقادیر چسبندگی ۶، ۴ و ۰/۵ کیلو پاسکال و مقادیر زاویه اصطکاک داخلی ۲/۸۶، ۳/۷۱ و ۹/۴ درجه می‌باشند.
- از آنجایی که خاک از نوع CL برای احداث هسته سدهای خاکی مورد استفاده می‌باشد لذا خاک ایستگاه‌های یک و دو برای این منظور مناسب هستند.



منابع:

۱- مکارچیان، م، کریمی، م، ۱۳۹۳، مطالعات خصوصیات ژئوتکنیکی خاک باقی مانده در جنوب شرق همدان (تکیه گاه راست سد اکباتان)، اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی، کتاب:

- ۲- قبادی، م، ح، موسوی، س، س (۱۳۹۵)، زمین‌شناسی مهندسی خاک، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان
- ۳- برجام داس. ترجمه ی شاپور طاحونی، (۱۳۷۶)، اصول مهندسی ژئوتکنیک جلد اول مکانیک خاک، انتشارات پارس آیین
- ۴- قبادی، محمدحسین، (۱۳۹۰)، مبانی زمین‌شناسی مهندسی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان، چاپ سوم.



References:

Chengshun Xua, Xin Wangb, Xinyue Lua, Fuchu Daia, Shuang Jiaoa, 2018, Experimental study of residual strength and the index of shear strength characteristics of clay soil

Gustavo O. Bogado, Hugo O. Reinert & Franco M. Francisca, 2017, Geotechnical properties of residual soils from the North-east of Argentina

بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی تراورتن های منطقه دینگله کهریز (شمال شرق همدان)

◆◆◆◆◆◆

سید داود محمدی (عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، s_d_mohammadi@yahoo.com)

مصطفی ابراهیمی ازندریانی (دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، m.ebrahimi@sci.basu.ac.ir)

حامد حسن آسا (دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان،)

وحید چهاردولی (دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، vahidchardoli168@gmail.com)

◆◆◆◆◆◆

چکیده:

امروزه تراورتن ها بطور وسیعی در پروژه های ساختمانی مختلف مورد استفاده قرار می گیرند، لذا کیفیت و ویژگی های این سنگ باید با دقت مطالعه شود. با شناخت خصوصیات فیزیکی و مکانیکی این سنگ ها می توان تراورتن های مناسب تری را که برای هر پروژه ساختمانی مناسب باشد را تشخیص داد. در این پژوهش بررسی های آزمایشگاهی به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ های تراورتن منطقه دینگله کهریز صورت گرفته است. با توجه به داده های به دست آمده این نمونه سنگ های تراورتن دارای مقاومت فشاری تک محوری (UCS) پایین تا خیلی پایین و با توجه به رده بندی دیر و میلر در رده DL و EL قرار می گیرد. همچنین با مقایسه نتایج آزمایش های انجام شده با جداول استاندارد ویژه، مشخص گردید که سنگ های مورد مطالعه برای کاربرد در اکثر پروژه های مهندسی به ویژه سنگ نما از مطلوبیت مناسبی برخوردار می باشد.

کلید واژه ها: ویژگی های ژئوتکنیکی، تراورتن، مقاومت فشاری تک محوری (UCS)، منطقه دینگله کهریز

The study of engineering geological properties of the travertine in the Dingleh Kahriz region (North east Hamedan)

Seyed Davood Mohammadi (Assistant Professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University,
s_d_mohammadi@yahoo.com)

Mostafa Ebrahimi Azandarini (Masters student in Engineering Geology, Bu-Ali Sina University, m.ebrahimi@sci.basu.ac.ir)

Hamed Hasan Asa (Masters student in Engineering Geology, Bu-Ali Sina University,

Vahid Chahardoli (Masters student in Engineering Geology, Bu-Ali Sina University, vahidchardoli168@gmail.com)

Abstract:

Today travertine is widely used in various construction projects, so the quality and characteristics of this rock should be carefully studied. By recognizing it the physical and mechanical properties, it is possible to identify travertine that is suitable for any construction project. In this research, laboratory tests have been performed to determine the physical and mechanical properties of travertine rocks in the Dingleh Kahriz area. According to the obtained data, this travertine rock specimen has a uniaxial compression strength (UCS) low to very low and according to Deer and Miller classification in DL and EL ranges. Also, by comparing the experiment results

with special standard tables, it was found that the studied rocks are suitable for use in most engineering projects, especially travertine facing.

Keywords : geotechnical features, travertine, UCS, Dingleh Kahriz area



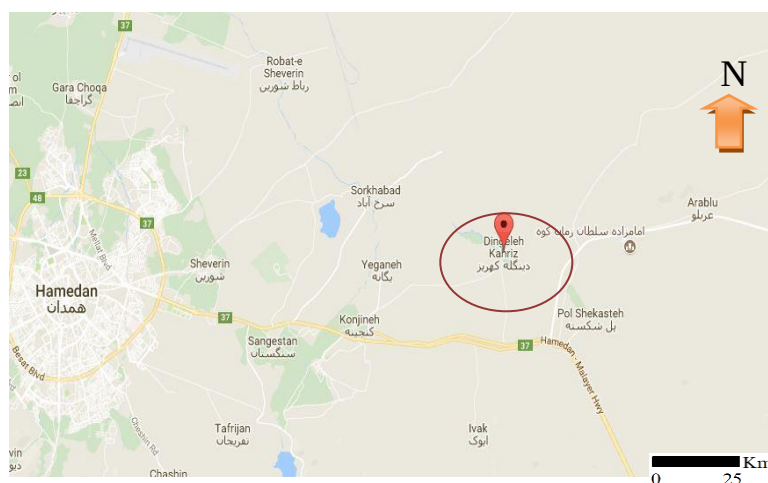
مقدمه :

باتوجه به اینکه ساخت اکثر پروژه های عمرانی در ارتباط مستقیم با سنگ است و سنگ به عنوان مصالح و یا به عنوان پی و ساختگاه پروژه ها مطرح است محققین زیادی بررسی هایی مربوط به شناخت ویژگی های زمین شناسی مهندسی سنگ انجام داده اند. امروزه تراورتن ها بطور وسیعی در پروژه های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند، لذا کیفیت و ویژگی های این سنگ باید با دقت مطالعه شود. با شناخت خصوصیات فیزیکی و مکانیکی این سنگ ها می توان تراورتن هایی را که برای هر پروژه های ساختمانی مناسب باشد را تشخیص داد.



موقعیت جغرافیایی

منطقه دینگله کهریز با طول جغرافیایی ۳۴° ۴۹' و عرض جغرافیایی ۴۸° ۴۱' و در ۱۲ کیلو متری شمال شرق همدان و در حوضه مرکزی و دهستان تنگستان واقع شده است. آب و هوای منطقه در تابستان معتدل و در زمستان سرد و برف گیر است. و این منطقه دارای میانگین دمای سالانه ۱۱/۳ درجه ی سانتیگراد، تعداد روزهای یخبندان سالانه ۱۳۶ روز و متوسط بارش سالانه ۳۰۵ میلی متر می باشد. امکان دسترسی به این روستا از طریق روستای سرخ آباد، روستای گنجینه و از طریق جاده همدان – ملایر امکان پذیر می باشد (شکل ۱).

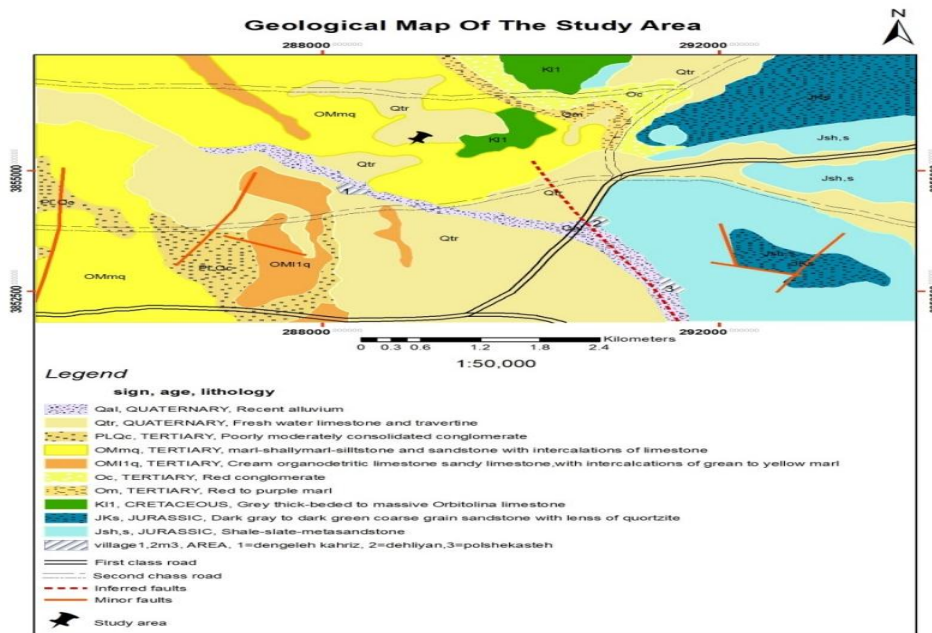


شکل ۱- موقعیت و راه های دسترسی منطقه مورد مطالعه



زمین شناسی منطقه:

از نظر ساختاری، استان همدان در فصل مشترک چند قلمروی ساختاری متفاوت قرار گرفته است که شامل زاگرس مرتفع، زون سندج- سیرجان و ایران مرکزی می باشد. با توجه به بازدید منطقه و مطالعه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ همدان، منطقه مورد مطالعه در زون ایران مرکزی واقع شده است. رخنمون های سنگی این بخش از نوع سنگهای کربناتی -



ولکانیکی کرتاسه پایین، به ویژه سنگ آهک های اولیگوسن - میوسن (سازند قم) هستند که در یک روند شمال غرب - جنوب شرق در شرق و شمال شرق استان همدان برونزد دارند (شکل ۲).

شکل ۲- نقشه ی زمین شناسی ۱:۵۰,۰۰۰ منطقه ی مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ی ۱:۱۰۰,۰۰۰ شهرستان همدان)



روش تحقیق:

بر اساس مشاهدات صحرایی، نمونه های بلوکی از سنگ های تراورتن منطقه دینگله کهریز انتخاب و به آزمایشگاه منتقل گردید. بعد از آماده سازی نمونه و تهیه ی مغزه های سنگ خصوصیات فیزیکی شامل دانسیته (خشک، مرطوب و اشباع)، درصد رطوبت، تخلخل و نسبت پوکی، شاخص جذب آب و وزن مخصوص قسمت جامد، چکش اشمیت، مقاومت بارنقطه ای، مقاومت کششی، مقاومت فشاری تک محوری، سرعت صوت، ارزش ضربه ای و لس آنجلس مطابق استاندارد ASTM تعیین شده است. به منظور بررسی کارایی کیفیت سنگ های مورد مطالعه جهت کاربرد های مختلف مهندسی، نتایج به دست آمده با جداول استاندارد مقایسه گردیده است. جدول ۱ استاندارد های معرفی شده برای مصارف مختلف مصالح سنگی را نشان می دهد.

جدول ۱- استانداردهای معرفی شده برای مصارف مختلف مصالح سنگی

پارامتر نوع کاربرد	مقاومت فشاری (MPa)	ضریب نرم شوندگی	ارزش ضربه‌ای	دانسیته اشباع $(\frac{gr}{cm^3})$	درصد سایش لس آنجلس	درصد جذب آب
پی و دیوار زیرزمینی	>۵۰	>۰/۷	-	>۱/۸	-	<۸٪
دیوار	>۰/۴ - ۵۰	>۰/۶ - ۰/۷	-	>۰/۹ - ۲/۲	-	<۸٪
مهندسی آب (پل - تونل)	>۱۰۰	>۰/۷	-	>۱/۸	-	<۸٪
بالاست راه آهن	>۱۲۰	>۰/۶	<۲۰	-	<۴۰	<۸٪
سنگ نما	>۵	>۰/۶ - ۰/۹	-	>۱/۸	-	<۸٪
پوشش کانال	-	>۰/۷	-	>۱/۸	<۳۰	<۸٪
موج شکن	-	-	<۳۰	>۲/۶	<۳۰	<۲/۵٪
بتن (شن و ماسه)	-	-	-	>۲/۳۵	<۴۰	<۱٪

* ضریب نرم شوندگی عبارت است از نسبت مقاومت فشاری مصالح اشباع شده با آب به حالت خشک آن‌ها.



آزمایش تعیین درصد رطوبت:

در جدول ۲ میانگین نتایج حاصل از آزمایش تعیین درصد رطوبت نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های تعیین درصد رطوبت

تعداد نمونه	۱۰
میانگین درصد رطوبت (۰/۰)	۰/۰۶

آزمایش تعیین وزن‌های حجمی:

نتایج حاصل از آزمایش‌های تعیین وزن حجمی بر روی ۵ نمونه استوانه‌ای به دست آمده از سنگ‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمایش‌های تعیین وزن‌های حجمی

وزن حجمی $(\frac{gr}{cm^3})$	وزن واحد حجم مرطوب	وزن واحد حجم خشک	وزن واحد حجم اشباع	وزن واحد حجم مستغرق
میانگین	۲/۳۹	۲/۳۷	۲/۴۱	۱/۴۱

آزمایش های تعیین تخلخل، نسبت پوکی و وزن مخصوص قسمت جامد:

نتایج حاصل از آزمایش های تعیین تخلخل، نسبت پوکی و وزن مخصوص قسمت جامد بر روی ۵ نمونه استوانه ای به دست آمده است از سنگ های مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمایش های تعیین تخلخل، نسبت پوکی و وزن مخصوص قسمت جامد

پارامتر	وزن مخصوص قسمت جامد	تخلخل (%)	نسبت پوکی
میانگین	۲/۴۹	۴/۷۲	۰/۰۴۹

آزمایش تعیین سختی (چکش اشمیت):

برای تعیین سختی اشمیت با توجه به این که احتمال وجود خطا در مقادیر پایین بیشتر است، ابتدا نیمی از داده ها که کمترین مقدار را دارد حذف شده و از بقیه داده ها به عنوان سختی واجهشی اشمیت در نظر گرفته می شود عدد سختی اشمیت بدست آمده معادل ۳۵ می باشد.

آزمایش سرعت صوت

نتایج حاصل از آزمایش تعیین سرعت صوت بر روی ۱۰ نمونه استوانه ای در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- میانگین نتایج آزمایش سرعت صوت بر روی نمونه های خشک و اشباع

پارامتر (m/s)	V _s (sat)	V _p (sat)	V _s (d)	V _p (d)
میانگین	۲۸۷۶	۴۷۹۴	۳۰۳۲	۴۵۹۴

آزمایش مقاومت فشاری تک محوری:

مقاومت فشاری تک محوری یکی از مهمترین خواص مکانیکی سنگ می باشد که نقش مهمی در ارزیابی رفتار مهندسی سنگ ها دارد. در این آزمایش مقدار مقاومت فشاری تک محوری برای ۱۰ مغزه تعیین شده است. با توجه به قرار گیری نمونه سنگ های تراورتن منطقه دینگله کهریز در رده DL و EL بر طبق رده بندی دیر و میلر، سنگ های مورد آزمایش از نظر مقاومتی در رده پایین تا خیلی پایین با مدول الاستیسته پایین قرار می گیرند.

جدول ۶- خلاصه نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری تک محوری

شرایط سنگ	مقاومت فشاری تک محوری (MPa)	نسبت مدولی	رده سنگ
خشک	۳۱	۱۵۹	DL
اشباع	۲۳	۱۸۵	EL

بر اساس مقاومت فشاری تک محوری بر روی نمونه های مورد مطالعه، این سنگ در حالت خشک برای استفاده به عنوان مصالح در دیوار و سنگ نما مناسب می باشد همچنین بر اساس نتایج ضریب نرم شوندگی سنگ های مورد مطالعه قابل

کاربرد برای اکثر پروژه‌های مهندسی از قبیل پوشش کانال، سنگ نما، بالاست راه آهن، دیوار چینی، پی و دیوارهای زیر زمینی مناسب است.

آزمایش شاخص مقاومت بار نقطه‌ای

آزمایش بار نقطه‌ای در دو حالت خشک و اشباع بر روی ۱۵ نمونه کلوخه‌ای براساس استاندارد ASTM-D5731 انجام گرفته است. میانگین شاخص مقاومت بار نقطه‌ای در دو حالت خشک و اشباع به ترتیب برابر ۳/۷۶ و ۳/۵۷ مگاپاسکال می‌باشد.

آزمایش مقاومت کششی برزیلی

این آزمایش براساس استاندارد ISRM برای محاسبه مقاومت کششی غیر مستقیم ۵ نمونه در حالت خشک و اشباع انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷- نتایج حاصل از آزمایش مقاومت کششی برزیلی

شرایط نمونه	میانگین مقاومت کششی (MPa)
خشک	۴/۴۵
اشباع	۳/۶۴

آزمایش قابلیت سایش و قدرت ساینده‌گی

سایش لس آنجلس براساس ASTM C535، بر روی نمونه‌های مورد مطالعه انجام گرفت. که درصد افت وزنی نمونه سنگ‌های مورد مطالعه کمتر از ۳۰ درصد به دست آمده است. براساس نتایج آزمایش لس آنجلس، سنگ‌های مورد مطالعه برای استفاده در بالاست راه آهن، پوشش کانال، موج شکن و بتن مناسب می‌باشد.

آزمایش ارزش ضربه‌ای

آزمایش ارزش ضربه براساس استاندارد BS-812 برای نمونه‌های مورد نظر انجام شده است نتایج این آزمایش در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- نتایج آزمایش ارزش ضربه‌ای

وزن نمونه (gr)	وزن دانه‌ها روی الک ۸ (gr)	وزن عبوری از الک (gr)	درصد افت وزنی (%)
۵۵۰	۴۸۵	۶۵	۱۳

براساس نتایج آزمایش ارزش ضربه‌ای، سنگ‌های مورد مطالعه برای کاربرد در بالاست راه آهن و پروژه‌های موج شکن مناسب می‌باشد.

آزمایش دوام وارفنگی

آزمایش دوام طبق استاندارد ASTM D4644 انجام گرفت نتایج دو سیکل آزمایش دوام در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹- نتایج آزمایش دوام وارفنگی

سیکل	جرم نمونه اولیه (gr)	جرم نمونه ثانویه (gr)	شاخص دوام وارفنگی
۱	۵۰۲/۵	۴۹۹/۱	۹۹/۳
۲	۵۰۲/۵	۴۹۷/۴	۹۸/۹

طبق طبقه بندی های گمبل و چاندرا این نمونه ی سنگ در رده ی سنگ های بسیار مقاوم قرار می گیرد.



نتیجه گیری :

۱- با توجه به استانداردهای مصارف مختلف مصالح سنگی نمونه سنگ مورد مطالعه جهت مصرف در سنگ نما و دیوار قابل استفاده می باشد.

۲- با توجه به رده بندی سنگ بکر بر اساس مقاومت فشاری تک محوری مقاومت سنگ مورد مطالعه در رده پایین تاخیلی پایین قرار می گیرد.

۳- بر طبق استاندارد مصالح سنگی سنگ های منطقه مورد مطالعه بر اساس وزن واحد حجم اشباع، برای مصرف در پی، دیواره، پل، بتن و پوشش کانال مناسب می باشد.



منابع فارسی :

حسینی دوست، ج. ۱۳۸۸، "زمین ساخت و نتوزمین ساخت گستره شهر همدان و پیرامون آن با نگرشی بر موقعیت سائزمو تکتونیک منطقه" مجله یافته های نوین زمین شناسی کاربردی، جلد ۶

خانلری غ. ر. ۱۳۹۴، «اصول مکانیک سنگ»، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، چاپ دوم.

فهیمی فر، ا و سروش ح، ۱۳۸۰، «آزمایش های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ اول.

سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، "نقشه چهار گوش همدان"



References:

ISRM,. 1981., "Basic geotechnical description of rock masses, International Society of rock mechanics Commission on the classification of rock and masses". Int Rock Mech Min Sci Geomech, Vol. 18: 85-110.

Ahmadi, D.C., Rahimi, J.I., Asadi, T., 1998. "Dust storm monitoring based on multi- temporal satellite data observation", Geoscience, 92, p. 89-116.

6- ISRM (2007). "The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring", Rock mechanics, Vol. 41, 211pp.

British standard institution: "Testing Aggregate" Method for determination of polished-stone value, BS 812: Part 114:1989

-Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact Rock. Technical Report NO.AFNL-TR-65-116, Kirtland Air force base, new mexico, 308pp.

بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ آهک های سد آبشینه (شمال شرق همدان)

سیامک مرادی^۱، کمال کریمی^۱، مریم حیدریان^۱

سید داوود محمدی^{*}

۱- دانشجویان کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

^{*} استادیار گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

m.heidarian@sci.basu.ac.ir

چکیده

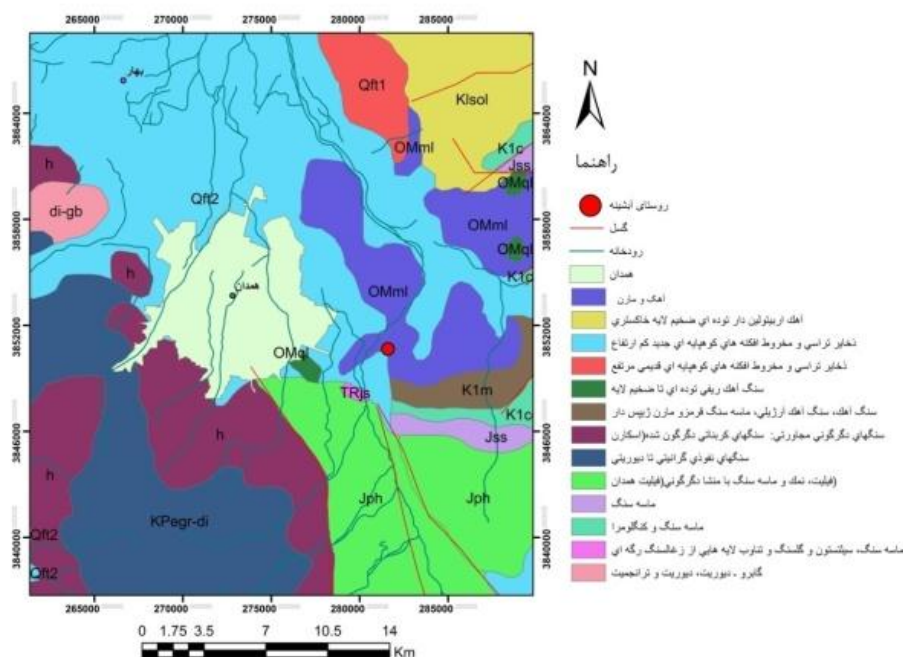
شناخت خصوصیات زمین شناسی مهندسی سازند های سنگی ایران به شناخت عمومی زمین شناسی مهندسی ایران کمک زیادی خواهد کرد. در این پژوهش بررسی های آزمایشگاهی به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ آهک آبشینه صورت گرفته است. با توجه به داده های به دست آمده این نمونه سنگ آهک دارای مقاومت فشاری تک محوری متوسط و با توجه به رده بندی دیر و میلر در رده CH قرار می گیرد. سنگ آهک آبشینه از نظر دوام پذیری در رده ی خیلی مقاوم قرار می گیرد. روابط به دست آمده بین مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت بار نقطه ای و مقاومت کششی برزلی ضرایب همبستگی مناسبی دارند. از نظر سایش این نمونه ها با توجه به مقدار افت وزنی در آزمایش ارزش ضربه و لوس آنجلس مناسب و دارای ارزش می باشند.

کلمات کلیدی: خصوصیات فیزیکی، خصوصیات مکانیکی، سنگ آهک آبشینه

مقدمه

باتوجه به اینکه ساخت اکثر پروژه های عمرانی در ارتباط مستقیم با سنگ است و سنگ به عنوان مصالح و یا به عنوان پی و ساختگاه پروژه ها مطرح است محققین زیادی بررسی هایی مربوط به شناخت ویژگی های زمین شناسی مهندسی سنگ انجام داده اند و خواص فیزیکی سنگ ها و روابط بین ویژگی های مکانیکی سنگ ها را بررسی کرده اند (قبادی ۱۳۹۲).

سد آبشینه در شرق شهر همدان و دارای عرض جغرافیایی $34^{\circ}48'$ و طول جغرافیایی $48^{\circ}36'$ می باشد. منطقه ی مورد مطالعه دارای آب وهوای سرد وخشک و نواحی کوهستانی می باشد. وجود دشت های وسیع و ارتفاعات باعث شده این مناطق میدان اثر بادهای شدید باشند. همچنین منطقه دارای زمستان های سرد و یخبندان طولانی می باشد (رحمانی ۱۳۷۳). سازند قم با سن الیگومیوسن در ایران مرکزی به خاطر وجود نفتگیرهای چینه ای و ساختمانی از دیرباز مورد توجه زمین شناسان بوده است که این سازند در شرق همدان شامل کنگلومرای قاعده ای است به رنگ خاکستری و با ضخامت ۵/۵ تا ۵ متر است که در تناوب با ماسه سنگ های نازک لایه قرار دارد قطعات آن خرده های شیستی، فیلیتی و آهکی و سیمان آن آهکی می باشد. واحد آهک زیستی آواری این سازند که بیشترین گسترش را در بخش های جنوبی منطقه دارد به صورت معادن روباز و به عنوان سنگ لاشه مورد بهره برداری قرار می گیرد. ضخامت این واحد حدود ۱۰۰ متر و شامل تناوبی از سنگ آهک های کرم تا نخودی رنگ، سنگ آهک ماسه ای خاکستری رنگ ضخیم تا متوسط لایه، سنگ آهک های میکریتی و سنگ آهک های متبلور می باشد (ساداتی ۱۳۸۴). سنگ آهک آبشینه متعلق به واحد ریفی سازند قم می باشد که نمونه گیری ها نشان داده این واحد آهکی شامل آلوکمهای فرامینیفر، میوژپسینا، خرده های مرجان، اکینودرم، دوکفه ای و قطعات آواری کوارتز پلاژیوکلاز و قطعه های آتشفشانی می باشد و در نمونه دستی قطعات درشت مرجان، دوکفه ای و حتی کرینوتید به راحتی قابل تشخیص است که تخلخل درون دانه ای زیادی در این آهک ها و بریوزوا مشاهده می گردد. سنگ دارای سیمان کلسیتی است و نام آن در طبقه بندی دانهام پکستون و طبقه بندی فولک بایواسپارایت ماسه دار می باشد (کاپله ای ۱۳۸۷) و با توجه به نقشه ی زمین شناسی منطقه ی مورد مطالعه در سازند قم با سن الیگو میوسن و دارای سنگ رسوبی از نوع سنگ آهک می باشد. (شکل ۱)



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان {۵}

در این پژوهش با هدف شناخت خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ های آهکی سازند قم در شمال شرق همدان، بر روی این نوع سنگ آهک، بررسی های سنگ شناسی انجام شده و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تعیین شده است.

روش تحقیق

بر اساس مشاهدات صحرایی، نمونه های بلوکی از سنگ آهک های سد آبشینه که دارای میان لایه هایی از سنگ های سست مارنی بوده انتخاب و به آزمایشگاه منتقل گردید. بعد از آماده سازی نمونه و تهیه ی مغزه های سنگ خصوصیات فیزیکی شامل دانسیته (خشک، مرطوب و اشباع)، تخلخل و نسبت پوکی، شاخص جذب آب و وزن مخصوص قسمت جامد براساس استاندارد ASTM تعیین شده است.

آزمایش تعیین وزن حجمی

نتایج حاصل از آزمایش برای ۵ نمونه استوانه ای در جدول زیرنمایش داده شده است:

جدول ۱- نتایج آزمایش تعیین وزن حجمی

وزن واحد حجم اشباع $\gamma_{sat} (gr/cm^3)$	وزن واحد حجم مرطوب $\gamma_m (gr/cm^3)$	وزن واحد حجم خشک $\gamma_d (gr/cm^3)$	پارامتر
۲/۵۳	۲/۵۰	۲/۴۸	میانگین

آزمایش تعیین خصوصیات فیزیکی

نتایج حاصل از آزمایش برای ۵ نمونه استوانه ای در جدول زیرنمایش داده شده است:

جدول ۲- نتایج آزمایش تعیین خصوصیات فیزیکی

وزن مخصوص حقیقی (GS)	نسبت پوکی (e)	تخلخل (%) (n)	پارامتر
$2.71 (gr/cm^3)$	۰/۴۵	۸/۵۴	میانگین

آزمایش تعیین سرعت موج صوتی

نتایج حاصل از آزمایش برای ۱۰ نمونه استوانه ای در جدول زیرنمایش داده شده است:

جدول ۳- نتایج آزمایش تعیین سرعت صوت

$V_p(d)$	$V_s(d)$	$\gamma_{sat}(V_p)$	$\gamma_{sat}(V_s)$	پارامتر (m/sec)
۵۳۸۵	۳۵۹۰	۵۲۸۵	۳۳۹۰	میانگین

آزمایش تعیین سختی اشمیت

سختی سنگ معیاری فیزیکی برای ارزیابی مقاومت سنگ محسوب می شود. با توجه به اینکه آزمایش سختی واجهشی

سنگ آزمایشی غیرمخرب است به منظور شناخت مقاومت سنگ در پروژه های کوچک به کار گرفته می شود (قبادی

۱۳۹۲). این آزمایش بر اساس استاندارد (ISRM1987) انجام شده و میزان سختی اشمیت ۴۶ بدست آمده است.

آزمایش مقاومت فشاری تک محوری

مقاومت فشاری تک محوری یکی از مهمترین خواص مکانیکی سنگ می باشد که نقش مهمی در ارزیابی رفتار مهندسی سنگ ها دارد. این آزمایش مقدار مقاومت فشاری تک محوری برای ۱۰ مغزه تعیین شده است. سنگ آهک آزمایش شده طبق رده بندی دیر و میلر در رده سنگهایی با مقاومت فشاری تک محوری متوسط و نسبت مدولی بالا CH قرار می گیرد.

جدول ۴- نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری

پارامتر	UCS(Mpa)	IS ₅₀ (MPa)	BTS(Mpa)	E
خشک	۵۴	۳/۵۱	۶	۳۰۰
اشباع	۵۳	۳/۹	۵	۲۱۵
رطوبت طبیعی	–	۵/۰۵	–	–

آزمایش بار نقطه ای

آزمایش بار نقطه ای در دو حالت خشک و اشباع بر اساس استاندارد ASTM-D5731 انجام گرفته است. نتایج حاصل از آزمایش برای ۵ نمونه کلوخه ای خشک و ۵ نمونه کلوخه ای اشباع به شرح زیر است:

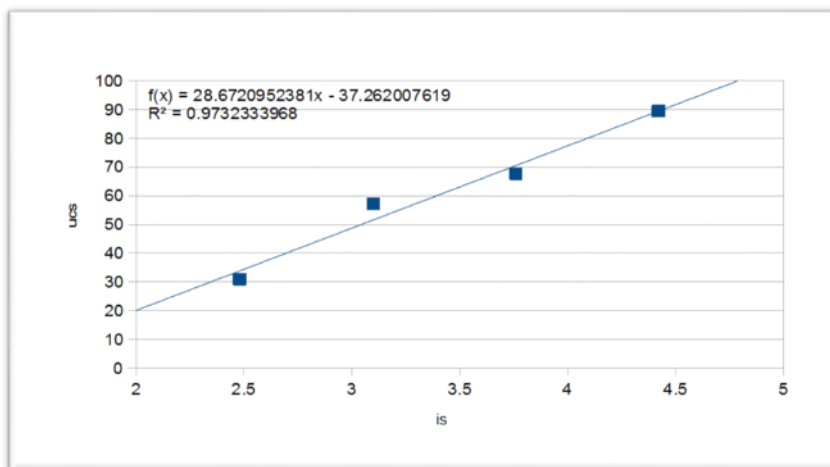
جدول ۵-۱- نتایج آزمون بار نقطه ای برای نمونه های کلوخه ای خشک

پارامتر	IS ₅₀ (Mpa)	σ_t (Mpa)	σ_c (Mpa)
میانگین	۳/۶۵	۳/۱۸	۹۳/۳۰

جدول ۵-۲- نتایج آزمون بار نقطه ای برای نمونه های کلوخه ای اشباع

پارامتر	IS ₅₀ (Mpa)	σ_t (Mpa)	σ_c (Mpa)
میانگین	۳/۰۹	۲/۵۸	۹۲/۴

روابط بین مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت بار نقطه ای در نمودار شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار رگرسیون خطی بین شاخص بار نقطه ای و مقاومت فشاری تک محوری

آزمایش مقاومت کششی برزیلی

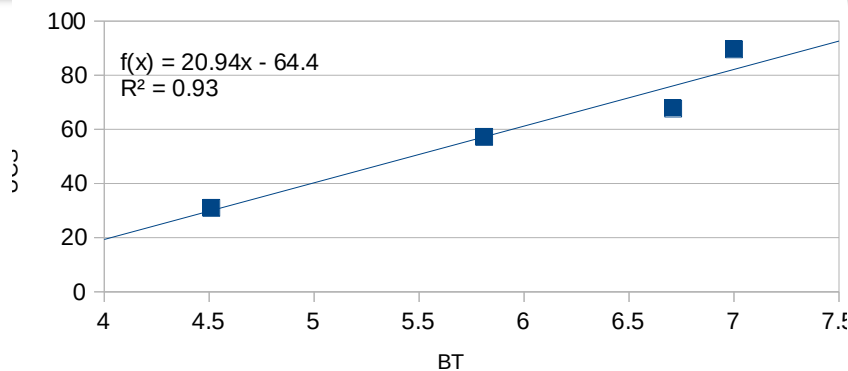
این آزمایش بر اساس استاندارد (ASTM-D3967) بر روی مغزه هایی با قطر ۵۴ میلی متر انجام گرفت و نرخ تنش به ۲۰۰ نیوتن بر ثانیه محدود شد. در این آزمایش ها نمونه ای که سطح ضعف داشته کنار گذاشته شده است. لازم به یادآوری است که نتایج معتبر زمانی مورد قبول است که شکست نمونه با گسترش یک ترک قائم کششی از بخش های داخلی آن آغاز گردد (قبادی ۱۳۹۲). نتایج به شرح زیر است:

جدول ۶-۱- نتایج آزمایش کششی برزیلی در حالت خشک

تعداد نمونه	میانگین مقاومت کششی σ_t (Mpa)
۵	۷/۲۳

جدول ۶-۲- نتایج آزمایش کششی برزیلی در حالت اشباع

تعداد نمونه	میانگین مقاومت کششی σ_t (Mpa)
۵	۴/۸۲



شکل ۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقاومت کششی برزیلی و مقاومت فشاری تک محوری

آزمایش لوس آنجلس

این آزمایش بر اساس استاندارد (ASTM C131) انجام گرفت و مقدار افت وزنی سنگ در اثر سایش در دستگاه لوس آنجلس پس از ۱۰۰۰ دور ۲۱ درصد به دست آمده است و چون مقدار آن کمتر از ۳۵ درصد است دارای ارزش می باشد.

آزمایش ارزش ضربه

آزمایش ارزش ضربه بر اساس استاندارد ۸۱۲ - BSI انجام شده است.

جدول ۷- نتایج آزمایش ارزش ضربه

وزن نمونه (gr)	وزن دانه ها روی الک ۸ (gr)	وزن عبوری از الک ۸ (gr)	درصد افت وزنی (%)
۵۵۰	۴۹۰	۶۰	۱۱/۰۰

آزمایش دوام

آزمایش دوام پذیری بر اساس استاندارد (ASTM-D4644) انجام شده است. در سیکل اول مقدار افت وزنی ۹۹/۳۶ درصد و در سیکل دوم ۹۹/۰۷ بدست آمده است که طبق طبقه بندی های گمبل وچاندرا این نمونه ی سنگ در رده ی سنگ های بسیار مقاوم قرار می گیرد.

نتیجه گیری

هدف از این پژوهش دستیابی به اطلاعات کلی از خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگهای آهکی سازند قم در شمال شرق همدان بوده است با توجه به نتایج حاصله از آزمایش های دوام، ارزش ضربه و لوس آنجلس مقادیر افت وزنی

قابل قبول بوده و مصالح دارای ارزش می باشند. مطابق با نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری تک محوری این نمونه سنگ در طبقه بندی دیر و میلر در رده ی سنگ های با مقاومت متوسط و مدول الاستیسیته بالا قرار می گیرد.

منابع

۱- رحمانی، م، ح. ۱۳۷۳، میکرو بیو استراتیگرافی رسوبات سازند قم در ناحیه ی همدان، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران.

۲- خانلری غ. ر. ۱۳۹۴، «اصول مکانیک سنگ»، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، چاپ دوم.

۳- کاپله ایی. م. ۱۳۹۱، مطالعه ی خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ آهک های سازند قم (مطالعه ی موردی شمال و شمال شرق) همدان.

۴- ساداتی، س، م، خدابخش، س، محسنی، ح. ۱۳۸۴، واحدهای سنگی الیگومیوسن در شمال زون سندج -

سیرجان: مطالعه ی موردی در شرق و شمال شرق همدان مجله ی علوم دانشگاه بوعلی سینا، جلد ۲، شماره ی ۱.

۵- نقشه ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

۶- قبادی، م، ح، قربانی، ص، محسنی، ح، ارومیه ای، ع، ۱۳۹۲، بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ آهک های سازند ایلام - سروک در خرم آباد.

7-ASTM D4644 , "Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks" (1998).

8 -ASTM D2938, "Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08 & 03.01 & 14.02, ASTM, USA (2002).

9 -ASTM D5731, "Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08 & 04.09 & 03.01, ASTM, USA (2003).

بررسی خصوصیات مقاومتی سنگ آهک سازند آقچاگیل در استان گلستان



حدیثه خاکزاد سوچلمایی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، khakzad71@Gmail.com

ناصر حافظی مقدس، استاد دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، nhafezi@um.ac.ir

محمد غفوری، استاد دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، Ghafoori@um.ac.ir

مریم ظفری، مشاور صنعتی شرکت ملی نفت ایران (شرکت نفت خزر)، geotech.persia@Gmail.com



چکیده:

سنگ آهک‌ها با توجه به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی طیف وسیعی از سنگ‌ها را در بر میگیرند. این نوع از سنگ‌ها از نظر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و دینامیکی تفاوت زیادی با یکدیگر دارند به طوریکه سنگ آهک‌های با تخلخل بالا و سرعت موج پایین دارای مقاومت کم و برعکس سنگ آهک‌هایی با تخلخل کم و سرعت موج بالا دارای خواص مقاومتی بالایی هستند. در این پژوهش خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و دینامیکی سنگ آهک سازند آقچاگیل در حالت خشک و اشباع مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به نتایج آزمون تک محوری، مقاومت برزیلی، سرعت موج و بار نقطه ای سنگ مذکور در رده سنگ‌هایی با مقاومت پایین، ضعیف و خیلی ضعیف جای گرفته است. مقاومت سنگ در حالت اشباع نسبت به حالت خشک در آزمون‌های استاتیکی مطابق آنچه که انتظار می‌رفت کاهش یافته است. اما در حالت دینامیکی برخلاف آنچه که انتظار بود مدول یانگ دینامیکی در حالت اشباع کمی بیشتر از حالت خشک بدست آمده که با توجه به افزایش چگالی و سرعت موج در حالت اشباع این تفاوت قابل توجیه می‌باشد.

کلید واژه ها: سازند آقچاگیل، طبقه‌بندی سنگ، مقاومت تراکمی تک محوری، بار نقطه ای، مقاومت برزیلی، مدول یانگ دینامیک

Study of Resistance Properties of Aghchaghil Limestone in Golestan Province

Hodayseh khakzad suchelmaei, Master student of Ferdowsi University of Mashhad

Naser Hafezi moghaddas, Professor of Ferdowsi University of Mashhad

Mohammad Ghaoori, Professor of Ferdowsi University of Mashhad

Maryam Zafari, Industrial Consulting at National Iranian Oil Company

(Khazar Oil Company)

Abstract:

Limestones, due to the physical and mechanical properties of a wide range of stones, can not be explicitly recognized as any absolute feature of these rocks. These types of rocks vary greatly in terms of physical, mechanical and dynamic properties, so that limestone with high porosity, low Wave velocity and low resistance,

and vice versa, with low-porosity limestones, have high Wave Velocity and resistance properties. In this study, the physical, mechanical and dynamical characteristics of Achchagil limestone in dry and saturated conditions have been evaluated. According to the results of single-axis test, the Brazilian resistance, wave velocity and point load of the rock are in the category of rocks with low resistance, weak and very weak. The resistance of the rock in saturation to dry conditions was reduced in static tests as expected. But in dynamic mode, contrary to what was expected, the dynamic Young Modulus in saturation which was found to be slightly higher than that in dry, due to the increase of the density and the velocity of the wave in the saturation state, this difference is more feasible.

Keywords: Aghchagil formation, rock classification, Unconfined Compressive Strength, point load, Brazilian strength, dynamics Young modulus



مقدمه :

تعیین خواص مهندسی از جمله خواص مقاومتی سنگ در اکثر پروژه‌های ژئوتکنیک، عمرانی و ژئومکانیک که در ارتباط با سنگ به عنوان مصالح ساختمانی، پی، ساختگاه سد و یا سازندهای نفتی هست از مهم‌ترین ضروریات پروژه می‌باشد از این رو تهیه بانک اطلاعاتی از خصوصیات فیزیکی، دینامیکی و مقاومتی از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به اینکه عمده سازندهای زون نفتی سازندهای آهکی است، تعیین خواص مهندسی این سنگ‌ها از جمله نیازهای اصلی مهندسين نفت و ژئومکانیک می‌باشد. سازند آقچاگیل از جمله سازندهای حوضه خزر جنوبی می‌باشد که در حفاری چاه‌های نفتی حوضه خزر با این سازند مواجه میشوند بنابراین تعیین خصوصیات مقاومتی این سازند برای عملکرد بهتر مهندسين در پایداری چاه لازم و ضروری می‌باشد. بررسی‌هایی در ایران و جهان برای تعیین خصوصیات مهندسی سنگ‌ها انجام شد که میتوان به بررسی (قبادی و همکاران، ۱۳۹۳) که بر روی سنگ آهک‌های سازند ایلام- سروک اشاره کرد. همچنین میتوان به بررسی (D Andrea et al., 1964) به بررسی رابطه بین مقاومت تک محوری و شاخص بار نقطه‌ای، (Bell, 1998) نیز به بررسی خصوصیات فیزیکی سنگ‌های کربناته، (Tamrakar et al., 2007) ارتباط بین ویژگی مکانیکی و پتروگرافی و همچنین (Yasar and Erdogan., 2008) به بررسی ارتباط سرعت صوت با دانسیته و مقاومت تراکمی تک محوری و مدول یانگ پرداخته‌اند.

روش تحقیق:

رخنمون سازند آقچاگیل با سن پلیوسن بالایی در استان‌های مازندران، آذربایجان و گلستان شناسایی شده است که بیرون زدگی سازند مذکور درروستای آق بند ۲۲ کیلومتری شمال شرق گنبد کاووس (استان گلستان) به سمت داشلی برون نسبت به سایر رخنمون در استان مازندران و آذربایجان به مقطع تپیک نزدیک‌تر است. در این پژوهش عضو آهکی این سازند مورد تست و ارزیابی قرار گرفته است همچنین ضمن انجام مشاهدات صحرایی از رخنمون سازند، بلوک‌های سنگی به منظور انجام آزمون‌های مورد نیاز به آزمایشگاه منتقل شده است. آزمون‌های آزمایشگاهی به سه دسته آزمایش فیزیکی، مکانیکی و دینامیکی گروه‌بندی شده و در دو حالت خشک و اشباع مورد ارزیابی قرار گرفته است.



شکل ۲- لایه بندی عضو آهکی سازند آقچاگیل



شکل ۱- رخنمون سنگ آهک آقچاگیل

آزمایشات فیزیکی برای تعیین مقادیر چگالی، تخلخل و جذب آب با استفاده از روش ارشمیدس براساس استاندارد (ISRM.1981) انجام شده است.

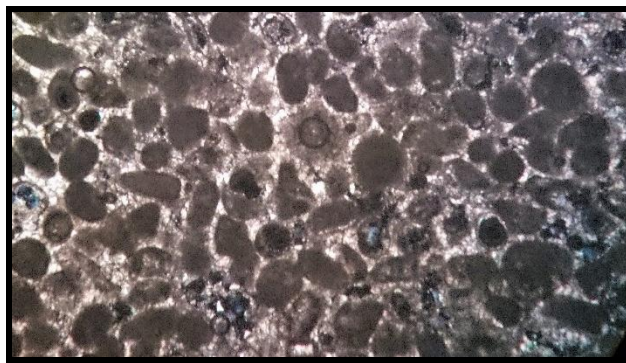
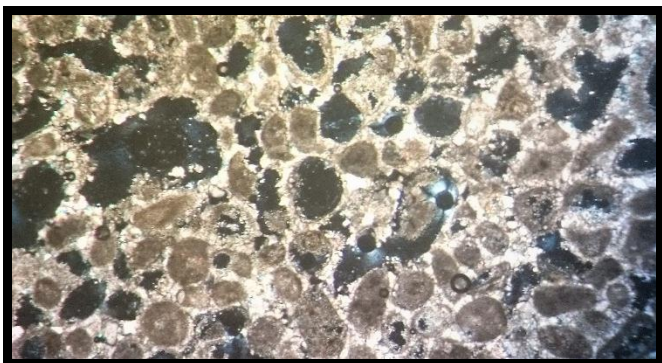
آزمایشات مکانیکی شامل (بارنقطه‌ای، مقاومت کششی و تراکم تک محوری)

مقاومت بارنقطه‌ای بر اساس استاندارد (ASTM:5731-08) و مقاومت برزیلی برای تعیین مقاومت کششی بر اساس استاندارد (ASTM D: 3967) و مقاومت تک محوری سنگ بر اساس استاندارد (ASTM:D2938) تعیین شده است.

آزمایشات دینامیکی شامل سرعت موج برشی و فشارشی بر اساس استاندارد (ASTM:D2845) تعیین شده است. با توجه به استانداردهای ذکر شده آزمون‌های فیزیکی، مکانیکی و دینامیکی روی نمونه‌های استاندارد انجام شد که در ادامه درباره هریک بحث خواهد شد.

بررسی پتروفیزیکی

در ابتدا مقاطع میکروسکوپی از نمونه‌ها تهیه شده و مورد بررسی قرار گرفته است. سنگ مذکور بر اساس نامگذاری فولک «اُواسپار» یا آهک اُوئیدی با سیمان اسپاریتی که بدلیل میکریتی شدن تشخیص هسته اُوئید ممکن نیست (Folk., 1974).



شکل ۳- مقطع میکروسکوپی سنگ آهک آوئیدی سازند آقچاگیل

آزمون تعیین خصوصیات فیزیکی

آزمون تعیین خصوصیات فیزیکی بر اساس استاندارد (ISRM.1981) انجام پذیرفت، مقادیر (تخلخل، چگالی خشک و اشباع و در صد جذب آب تعیین) به صورت مقادیر ماکسیمم، مینیمم و میانگین در جدول (۱) گزارش داده می شود. بر اساس نتایج آزمون های تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ آهک های سازند آقچاگیل بر اساس رده بندی (Anon.,1979) در رده سنگ های با تخلخل بالا جای گرفته است.

آزمون مقاومت برزیلی

آزمون مقاومت کششی بر اساس استاندارد (ASTMD: 3967) بر روی نمونه مغزه هایی با قطر ۵۴ میلیمتر و نسبت ضخامت به قطر ۰/۵ تا ۰/۷۵ به تعداد ۱۶ نمونه در حالت خشک و ۲۴ نمونه در حالت اشباع انجام شده است. آزمون با ایجاد ترک کششی قائم در مرکز نمونه خاتمه یافته است از این رو از اعتبار لازم برخوردار می باشد. نتایج این بررسی به صورت ماکزیمم و مینیمم و میانگین در جدول (۱) گزارش داده می شود.

با توجه به نتایج بدست آمده مقایسه بین دو حالت خشک اشباع با نمودار میله ای انجام شده که در شکل (۴) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می کنید مقاومت سنگ در حالت اشباع کمتر از حالت خشک می باشد. مقاومت برزیلی سنگ در حالت خشک به طور میانگین ۱/۶ برابر حالت اشباع است.

آزمون تعیین مقاومت بار نقطه ای

این آزمایش بر اساس استاندارد (ASTMD:5731-08) بر روی نمونه هایی با قطر ۵۴ میلیمتر و نسبت ضخامت به قطر بین ۰/۳ تا ۱ به صورت محوری بر روی ۱۹ نمونه در حالت خشک و ۳۶ نمونه در حالت اشباع انجام شده است. شاخص بار نقطه ای برای قطر ۵۰ میلی متر تصحیح شده و در جدول به صورت IS₅₀ نشان داده شده است. مقادیر به صورت ماکزیمم و مینیمم، میانگین و در جدول (۱) نمایش داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون بار نقطه ای سنگ آهک مذکور در رده بندی (Deere and Miller.,1966) و (Bieniawski., 1973) در رده ۵ یا مقاومت خیلی پایین دسته بندی شده

است. نتایج این آزمون به صورت نمودار میله‌ای برای مقایسه مقدار افت مقاومت در شرایط اشباع نسبت به شرایط خشک در شکل (۵) داده شده است.

آزمون تراکم تک محوری

تست آزمون تک محوره بر اساس استاندارد (ASTM D2938) بر روی ۱۸ نمونه در حالت اشباع با قطر ۵۴ میلیمتر و نسبت طول به قطر ۲ تا ۲/۵ انجام گردید که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است. با توجه به نتایج آزمون تراکم تک محوری سنگ مذکور طبق رده بندی (Broch and Franklin., 1972) در رده سنگ با مقاومت متوسط جای گرفته و بر اساس رده بندی (Bieniawski., 1973) در رده سنگ با مقاومت خیلی کم جای گرفته است. در رده بندی (Coats., 1964) در رده سنگ‌های بسیار ضعیف نام گذاری شده است. مطابق رده بندی ISRM برای سنگ آهکی در رده سنگ ضعیف و بر اساس رده بندی (Deere and Miller., 1966) در رده سنگ با مقاومت خیلی کم قرار می‌گیرد.

آزمون تعیین سرعت موج طولی و برشی

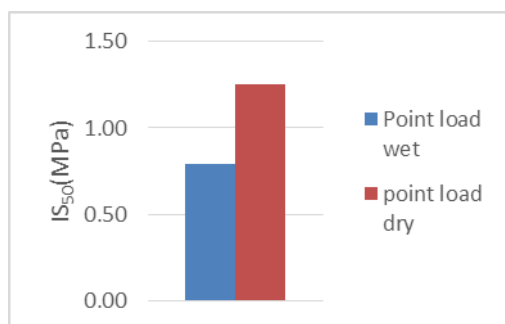
این آزمایش بر اساس استاندارد (ASTM: D2845) بر روی ۱۸ نمونه استاندارد با شدت فرکانس ۵۴ کیلو هرتز برای موج طولی و شدت فرکانس ۲۵۰ کیلو هرتز برای موج برشی در حالت خشک و اشباع انجام شده است، مدول یانگ دینامیک نیز با استفاده از رابطه (۱) بدست آمده است (Goodman., 1989). مقادیر بدست آمده را در جدول شماره (۱) مشاهده می‌کنید.

$$E_d = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_s^2}$$

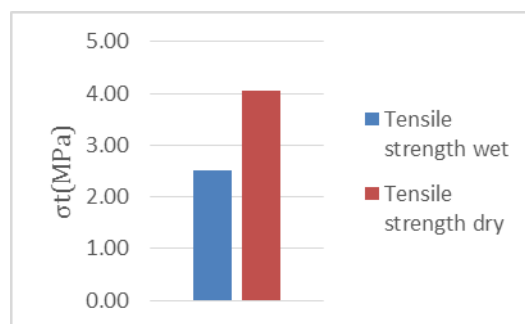
با توجه به نتایج آزمون سرعت موج سنگ‌ها بر اساس طبقه بندی سرعت موج که توسط (Anon., 1979) ارائه شده است. سنگ مذکور در رده سنگ‌های با مقاومت پایین قرار می‌گیرد. شکل (۶) مقادیر افت مدول یانگ دینامیک را در حالت‌های خشک و اشباع نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌کنید مدول یانگ دینامیک در حالت اشباع بیشتر از حالت خشک است. می‌دانیم که مدول یانگ دینامیکی به سه پارامتر چگالی، موج فشاری و موج برشی وابسته است. از این رو می‌توان تأثیر پارامتر چگالی را در تعیین خصوصیات دینامیکی مهم دانست. زیرا چگالی اشباع بیشتر از چگالی در حالت خشک می‌باشد و سرعت موج با افزایش چگالی در حالت اشباع افزایش می‌یابد.

جدول ۱- نتایج بدست آمده از آزمون‌های آزمایشگاهی

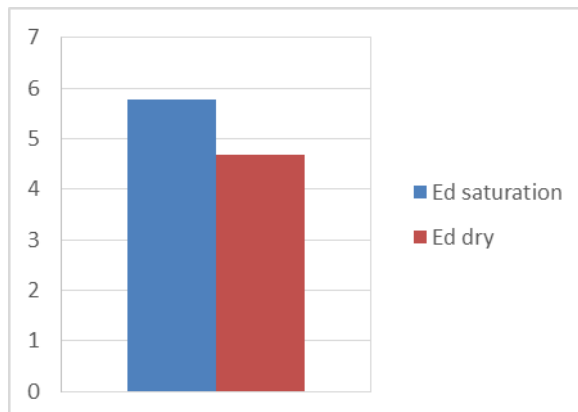
میانگین	مینیمم	ماکزیمم	
1.81	1.49	2.06	چگالی خشک (g/cm ³)
2.2	1.67	2.29	چگالی اشباع (g/cm ³)
20.85	17.44	23.7	تخلخل %
11.51	10.51	12.62	جذب آب %
1.28	0.58	1.91	IS ₅₀ (MPa) خشک
0.8	0.35	1.27	IS ₅₀ (MPa) اشباع
4.05	3.25	5.31	مقاومت کششی خشک (MPa)
2.50	1.56	3.54	مقاومت کششی اشباع (MPa)
11.49	9.52	13.77	UCS(MPa) اشباع
2.923	2.861	2.972	V _p (km/s) خشک
3.164	3.047	3.252	V _p (km/s) اشباع
2.480	2.426	2.529	V _s (km/s) خشک
2693	2600	2.762	V _s (km/s) اشباع
4.69	2.73	7.09	Ed(GPa) خشک
5.77	3.60	8	Ed(GPa) اشباع



شکل ۵- افت مقاومت بار نقطه‌ای در حالت خشک و اشباع



شکل ۴- افت مقاومت کششی در حالت خشک و اشباع



شکل ۶- افت مدول یانگ دینامیکی در حالت خشک و اشباع



نتیجه گیری :

این بررسی نشان داده است که سنگ آهک‌های سازند آقچاگیل با توجه به رده بندی انجام شده عموماً در رده سنگ های با مقاومت پایین و ضعیف قرار دارد. افت مقاومت در حالت اشباع برای آزمون مقاومت بار نقطه ای و برزیلی چشم گیر بوده و نسبت مقاومت خشک به حالت اشباع تقریباً ۱/۶ برابر حالت اشباع شده است. مدول یانگ دینامیکی در حالت اشباع بر خلاف آنچه که انتظار می رفت کمی بیشتر از حالت خشک بوده که می توان علت را به افزایش چگالی و به موجب آن افزایش سرعت موج در حالت اشباع دانست.



تقدیر و تشکر: این پژوهش با حمایت مالی شرکت نفت خزر انجام شده است.



منابع فارسی :

قبادی، م.ح.، قربانی صابر، ا.، محسنی، ح.، ارومیه‌ای، ع. (۱۳۹۳)، "بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ آهک سازندهای ایلام- سروک در خرم آباد"، نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد هشتم، (۲۴۶۳-۲۴۸۶)



References:

Anon., 1979. "Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping". Report of the Commission of Engineering Geological Mapping. Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
ASTM D2845., 1996. "Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 14.02, ASTM, USA
ASTM D2938, 2002. "Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08 & 03.01 & 14.02, ASTM, USA



ASTM D3967., 1996. "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.01 & 14.02, ASTM, USA

ASTM, "Standard test method for determination of the point load strength index of rock and application to rock strength classifications", Designation D5731-08. Book of standards volume: 04.08

Bell F.G., 1998. "A survey of the physical properties of some carbonate rocks", Bulletin of International", Association Engineering Geology, Vol. 24, p. 105-110

Bieniawski, Z.T., 1973. "Engineering classification of jointed rock masses", Trans S Afr Inst Civ Eng; 15, p. 335-44.

Broch, E.M., Franklin, J.A., 1972. "The point load strength test", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 9, p.669–697

Coats, D.U., 1964. "Classification of rocks for rock mechanics". International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, Vol 1, p. 421-429.

D'Andrea D. V., Fisher R. L., Fogelson D. E., 1964. "Prediction of compression strength from other rock properties", Colo. Sch. Mines. Q., Vol.59 (4B), p. 623-40.

Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. "Engineering classification and index properties for intact rock", Technical report No. AFNL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, p. 308.

Folk R. L., 1974. "Petrology of Sedimentary Rocks: Austin, Texas", Hemphill Publishing Company.

Goodman, R.E., 1989. "Introduction to Rock Mechanics". John Wiley & Sons, New York, NY

ISRM, 1981. "Suggested Methods, Rock characterization testing and monitoring", In: Brown, E.T. (Ed.), Oxford: Pergamon Press

ISRM., 1987. "Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks", Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. Vol. 15, p. 89-98.

Tamrakar K. N., Yokota S., Shrestha S. D., 2007. "Relationships among mechanical, physical and petrographic properties of Siwalik sandstones", Central Nepal Sub-Himalayas, Eng. Geol., Vol. 90 , p. 105-123.

Yasar E., Erdogan Y., 2004. "Correlating sound velocity with density, compressive strength and Young's modulus of carbonate rocks", Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 41, p. 871-875

بررسی مخاطره زمین لغزش و مسائل پایداری در ساختگاه سد باسره – کردستان عراق



شهریار صادقی، دکترای زمین شناسی، استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) (Email : shsadeghi@sci.ikiu.ac.ir)

محسن شریفی بروجردی، دکترای مکانیک سنگ، کارشناس ارشد شرکت مهندسين مشاور مهتاب قدس (Email: msh_sharifi@yahoo.com)



چکیده:

در این مقاله شرایط ساختگاه سد باسره واقع در کردستان عراق از دیدگاه مخاطره زمین لغزش و ناپایداری سد ارائه می شود. به دلیل فرسایش پذیری و کیفیت پایین توده سنگ مسائل ناپایداری سد از طریق فرسایش و لغزش کلی جدی است. همچنین شواهد صحرایی دلالت دارد بر اینکه در موقعیت کنونی دریاچه سد رسوبات دریاچه ای وجود دارند که نشان دهنده وجود یک دریاچه قدیمی است که در اثر زمین لغزشی بزرگ ایجاد شده است. حدود ۳/۵ میلیون متر مکعب از مصالح آن در تکیه گاه چپ سد باقی مانده است و ساخت سد بر روی این توده زمین لغزشی سبب تحریک این زمین لغزش و حرکت دوباره آن شده و پایداری سد را تهدید می نماید. سد باسره به عنوان یکی از مثال های شاخص در جانمایی و طراحی سد بدون لحاظ نمودن مخاطرات زمین شناسی و ناپایداری به حساب می آید که عملیات اجرایی آن در نتیجه ارائه نتایج این تحقیق متوقف گردیده است.

کلید واژه ها: مخاطره زمین لغزش، ناپایداری سد، سد بتنی غلتکی.

Landslide hazards and stability problems in Bassara dam site - Iraqi Kurdistan

Shahriar Sadeghi, Phd in Geology, Imam Khomeini International University (Email: shsadeghi@sci.ikiu.ac.ir)

Mohsen Sharifi Boroujerdi, Phd in Rock mechanics, Mahab-e-Ghods Consultant Engineers (Email: msh_sharifi@yahoo.com)

Abstract:

In this paper landslide hazard and foundation instability of the Bssara dam is presented. Because of low durability and low rock mass properties of the dam foundation, especially at the base of the RCC portion, erosion and sliding of the dam is serious. In addition, field evidences implying that in the present position of the dam reservoir there are remnants of the lake sediments indicating an ancient lake caused by an old large landslide in the dam site. About 3.5 million cubic meters of slide materials is remained on the left abutment of the dam that may be triggered by dam construction resulting instability of the dam. Hence the Bassara dam is considered as a typical example of dam site selection and design without sufficient attention to geological hazards and dam instability, so construction is stopped mainly by presenting the results of this research.

Keywords : Landslide hazard, Dam instability, RCC dam.



مقدمه :

سد مخزنی باسره در استان سلیمانیه کردستان عراق یکی از نمونه های بارز جانمایی نامناسب سد بدون لحاظ نمودن مسائل پایداری و مخاطرات زمین شناسی می باشد. سوای هزینه های حاصل از افزایش احجام عملیات و تطویل زمان اجرای سد، مسائل و مخاطرات زمان اجرا از طریق عدم آب بندی فرازبند و مخاطرات پس از آبگیری از طریق لغزش کلی بخش بتنی و همچنین حرکت توده زمین لغزشی محتمل می باشد که نتایج زیانباری به همراه خواهد داشت.

زمین لغزش یکی از عوامل خطر ساز در محدوده محور و مخازن سدها می باشد و شناسایی عوامل ایجاد این مخاطره در مراحل اولیه مطالعات از بروز خسارت مالی و جانی در زمان اجرا و سرویس سد جلوگیری می نماید. فاجعه سال ۱۹۶۳ سد وایونت ایتالیا نمونه بسیار شاخص زمین لغزش در مخزن سد است که سبب تخلیه ناگهانی سد و ایجاد موج بزرگ آب شد که سبب تخریب روستاهای پایین دست و کشته شدن بیش از ۲۰۰۰ تن گردید. مسائل ناپایداری پی سد نیز از جمله موارد مهم پروژه های سد سازی می باشد. نمونه گسیختگی ۳۰ سپتامبر ۱۹۱۱ سد وزنی آستین در ایالت پنسیلوانیای آمریکا و گسیختگی ۱۲ مارس ۱۹۲۸ سد وزنی سنت فرانسیس در کالیفرنای جنوبی آمریکا از جمله نمونه های شناخته شده شکست سدها در نتیجه ناپایداری پی به حساب می آیند (Anderson et al., 1998).

مطالعات زمین شناسی سد باسره به عنوان بخشی از مطالعات طراحی مرحله اول توسط شرکت ITC انجام گرفته است. همچنین مطالعات مکانیک سنگ در محدوده ساختگاه توسط (Hamasoor (2009 انجام پذیرفته است و پس از تقسیم بندی توده ستگ های محدوده محور سد استنباط شده است که سازند کولوش در تکیه گاه چپ سد در رده ناپایدار قرار می گیرد. علیرغم شواهد مشخص زمین شناسی در مطالعات انجام گرفته اشاره ای به زمین لغزش در تکیه گاه چپ سد نشده است و توجه کافی به مسائل ناپایداری پی سد نشده است.

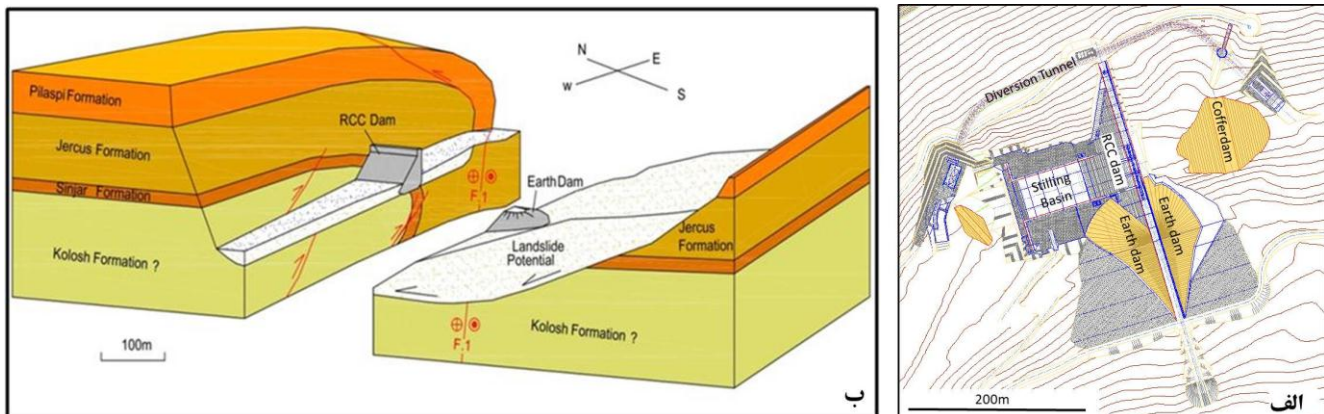
در این مقاله شواهد بدست آمده از زمین لغزش و مطالعات مکانیک سنگ که سبب توقف عملیات اجرایی و تمرکز بر روی گزینه های جایگزین شده است ارائه می شود.



روش تحقیق:

این تحقیق بر تجزیه و تحلیل داده های صحرایی، نقشه ها و برش ها و نتایج عملیات ژئوتکنیک استوار است و سپس با جمع بندی اطلاعات، در خصوص مسائل پایداری در سد بحث شده است. به دلیل ریخت شناسی نامتقارن دره رودخانه و تفاوت تکیه گاهها از نظر جنس زمین، این سد به صورت ترکیبی بتنی غلتکی و خاکی طراحی شده، بگونه ای که تکیه گاه راست و کف رودخانه که بر روی واحدهای سنگ آهک و مارن قرار گرفته، بخش بتنی در نظر گرفته شده و در تکیه گاه چپ که شیب توپوگرافی کم بوده و جنس مصالح واریزه ای تشخیص داده شده، بخش خاکی برای سد منظور شده

است. طول تاج سد ۲۹۰ متر بوده که ۲۰۰ متر از آن را بدنه بتنی و ۹۰ متر آن را بخش خاکی سد تشکیل می دهد (شکل ۱-الف). ارتفاع سد از کف دره ۴۶/۵ متر می باشد و بستر سد ۲۰ متر در زیر تراز کف رودخانه در نظر گرفته شده است. مخزن ۵۹/۷ میلیون متر مکعب آب را در مخزن خود جای می دهد.



شکل ۱-الف) بخش های مختلف پروژه سد باسره شامل بخش بتنی غلتکی (RCC dam) بخش خاکی (Earth dam)، فرازبند (Cofferdam) و تونل انحراف (Diversion tunnel): ب) بلوک دیاگرام نشان دهنده وضعیت سد و زمین شناسی گستره در محدوده ساختگاه.

از دیدگاه زمین شناسی ساختگاه سد بر روی سازندهای کولوش (Kolosh)، سینجار (Singar)، و جرکس (Gercus) قرار گرفته است که به ترتیب معادل سازندهای پایده، تله زنگ و کشکان از سازند های کمر بند چین خورده-رانده زاگرس در ایران می باشند. صخره های مشرف به سد از جنس سازند پیلاسپای (Pila Spi) است که معادل سازند آسماری-شهبازان ایران به حساب می آید. سازند کولوش متشکل از مارن های خاکستری و سبز، ماسه سنگ و تناوب سیلتستون و ماسه سنگ با میان لایه شیل به سن پالئوسن است (Lawa, 2004). سازند سینجار از سنگ آهک و سنگ آهک ماسه ای و قلوه ای با بین لایه های ماسه سنگ و مارن به سن ائوسن آغازین (Lawa, 2004) تشکیل شده است. سازند فلیشی جرکس از مارن، شیل، ماسه سنگ قرمز و سبز و کنگلومرا به سن ائوسن میانی تشکیل شده است (Bellen et al., 1959). سازند پیلاسپای متشکل از سنگ آهک های رسی و دولومیتی با بین لایه های مارن و آهک رسی به سن ائوسن میانی تا بالایی است (Bellen et al, 1959).

از دیدگاه زمین شناسی ساختمانی محور سد بر روی پهلوی برگشته و گسل خورده تاقدیس بازیان قرار گرفته (شکل های ۱-ب و ۳-ب) که از جمله تاقدیس های زاگرس در کردستان عراق به حساب می آید. گسلش در لایه های برگشته به صورت راندگی های با شیب به سمت جنوب باختر دیده می شود. به دلیل چین خوردگی شدید لایه های سنگی در لایه های سنگی مقاوم سازند پیلاسپای و سینجار گسلش راندگی مرتبط با چین خوردگی (Fold Accomodation Faults) (Mitra, 2002) فراوانی دیده می شود که سبب کاهش چشمگیر کیفیت توده سنگ در پی سد شده است. علاوه بر این

یک گسل پرشیب با راستای شمال خاور-جنوب باختر از بستر سد عبور می نماید که در سمت چپ قاعده بخش بتنی سد قرار می گیرد (F1 در شکل های ۱ و ۴).



شکل ۲- وضعیت تکیه گاه چپ سد و وجود توده مستعد زمین لغزش (Landslide Potential)



شکل ۳- وضعیت زمین شناسی تکیه گاه راست سد. الف) سازندهای زمین شناسی موجود در تکیه گاه راست؛ ب) گسل های مرتبط با چین خوردگی در پهلوی شمال خاوری تاقدیس در مجاورت محور سد

مسائل موجود در محور باسره را می توان در قالب بخش های زیر بیان نمود:

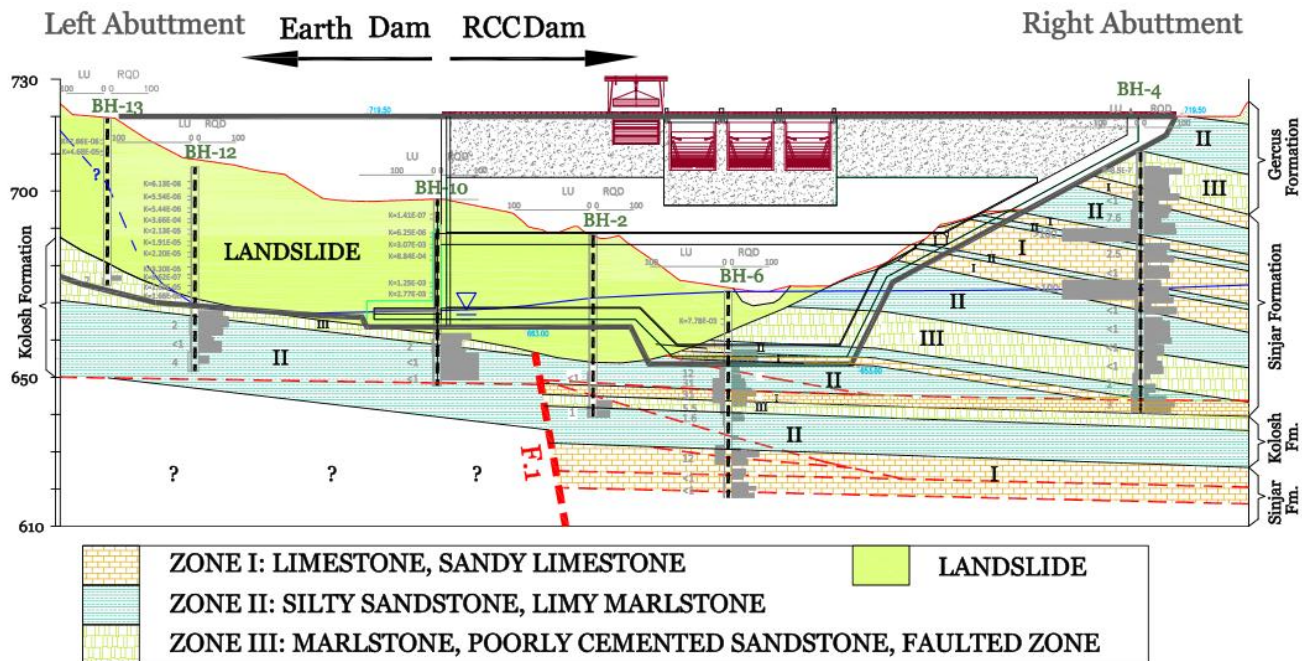
۱- **پایداری کلی سد:** جهت بررسی پایداری سد پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ پی برآورد شده و سپس ساخت سد بتنی از دیدگاه مسائل مکانیک سنگی مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر پایه نتایج مطالعات مکانیک سنگ، واحدهای ژئومکانیکی در زیر در محدوده پی مرکزی و تکیه گاه راست قابل تفکیک هستند (شکل ۴) و به سه کلاس سنگی تقسیم بندی می شوند:

کلاس I: آهک و آهک ماسه ای متخلخل؛

کلاس II: ماسه سنگ سیلتی و آهک مارنی؛

کلاس III: مارن و ماسه سنگ سست و سیمان نشده.

تشخیص کلاس های سنگی در بخش بتنی غلتکی سد اهمیت دارد. کلاس I سنگی تنها بخش میانی تکیه گاه راست سد را تشکیل می دهد (شکل ۴) و کلاس های سنگی II و III بخش میانی پی بخش بتنی غلتکی سد را تشکیل می دهند.



شکل ۴- پهنه بندی ژئومکانیکی انجام شده در امتداد محور سد

نتایج آزمایش های آزمایشگاهی شامل دانسیته، تخلخل، مقاومت فشاری نامحصور، شاخص دوام به وارفتگی و سرعت عبور موج طولی مربوط به هر واحد سنگی در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود مارن ها و ماسه سنگ های سست و سیمان نشده کلاس III از مقاومت بسیار کمی برخوردار بوده و بر اساس طبقه بندی (1971) Gamble، شاخص دوام آنها در برابر وارفتگی در رده بسیار نامقاوم جای می گیرد. بنابراین این سنگ علاوه بر مقاومت بسیار پایین، پتانسیل فرسایش پذیری بالایی در تماس آب داشته که این مساله می تواند پایداری پی بخش بتنی غلتکی سد را با خطر جدی مواجه سازد.

جدول ۱- نتایج آزمایش های آزمایشگاهی سنگ سالم

واحد سنگی	دانسیته اشباع (gr/cm ³)	سرعت موج طولی (m/sec)	دوام به وارفتگی (%)	مقاومت فشاری اشباع (MPa)
کلاس I: آهک و آهک ماسه ای	۲,۶۰	۴۳۶۰	۹۸,۱	۳۵
کلاس II: ماسه سنگ سیلتی و آهک مارنی	۲,۵۰	۳۵۶۰	۹۱,۲	۱۳,۶
کلاس III: مارن و ماسه سنگ سیمان نشده	۲,۲۷	۱۲۴۰	۲۴,۸	۳,۵

طبقه بندی های مهندسی RMR و GSI در کلاس های مختلف سنگی انجام گرفته و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ شامل پارامترهای مقاومت برشی معیار موهر- کولمب، مدول دگرشکلی و ظرفیت باربری تعیین شده است (جدول ۲).

ملاحظه می شود که توده سنگ کلاس III از مدول دگر شکلی و ظرفیت باربری بسیار پایینی برخوردار بوده که برای ساخت سد بتنی به هیچ وجه مناسب نمی باشد.

جدول ۲- پارامترهای رفتاری توده سنگ

واحد سنگی	RMR _b	GSI	چسبندگی، c (MPa)	زاویه اصطکاک، ϕ (°)	مدول دگر شکلی، E_m (MPa)	ظرفیت باربری، q_u (MPa)
کلاس I	۶۰±۵	۵۵±۵	۰٫۶	۵۰	۷۹۰۰	۶
کلاس II	۴۲±۵	۳۵±۵	۰٫۲	۳۴	۱۵۰۰	۰٫۸
کلاس III	۳۱±۵	۲۵±۵	۰٫۱	۲۴	۵۰۰	۰٫۱

بر پایه ی یافته های به دست آمده، مطالعات پایداری کلی سد بر اساس روش امتیازدهی سنگ پی سد، DMR (Dam Mass Rating) (Romana, 2004) که یکی از روش های مناسب برای ارزیابی پایداری پی در برابر لغزش می باشد انجام شده است. این روش مبتنی بر طبقه بندی RMR و با هدف برطرف کردن ضعف های این روش جهت استفاده در ارزیابی پایداری پی سدها توسعه یافته است.

امتیاز DMR با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

$$DMR_{STA} = RMR_{BD} + R_{STA}$$

که RMR_{BD} امتیاز RMR پایه برای شرایط خشک است که با بدون در نظر گرفتن اثر جهت داری و با فرض شرایط آب زیرزمینی معادل با خشک محاسبه می شود. R_{STA} فاکتور تصحیح است که مقدار آن با توجه به جدول ۳ تعیین می شود.

جدول ۳- تعیین فاکتور تصحیح (R_{STA}) در روش طبقه بندی DMR

نوع سد	VF	F	FA	U	VU
	بسیار مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب	بسیار نامناسب
خاکی	حالت های دیگر	۱۰-۳۰ DS	۰-۱۰ A	-	-
بتنی وزنی	۱۰-۶۰ DS	۱۰-۶۰ US ۱۰-۶۰ A	۱۰-۳۰ US	۰-۱۰ A	-
بتنی قوسی	۳۰-۶۰ DS	۱۰-۳۰ DS	۳۰-۶۰ US ۶۰-۹۰ A	۱۰-۳۰ US	۰-۱۰ A
امتیاز R _{STA}	۰	-۲	-۷	-۱۵	-۲۵

DS: شیب به سمت پایین دست US: شیب به سمت بالادست A: مقدار شیب مهم نیست

با توجه به امتیاز DMR_{STA}، شرایط پایداری پی سد در برابر لغزش را بصورت زیر توصیف می شود:

DMR_{STA} > 60 نگرانی وجود ندارد

60 > DMR_{STA} > 30 نگران کننده

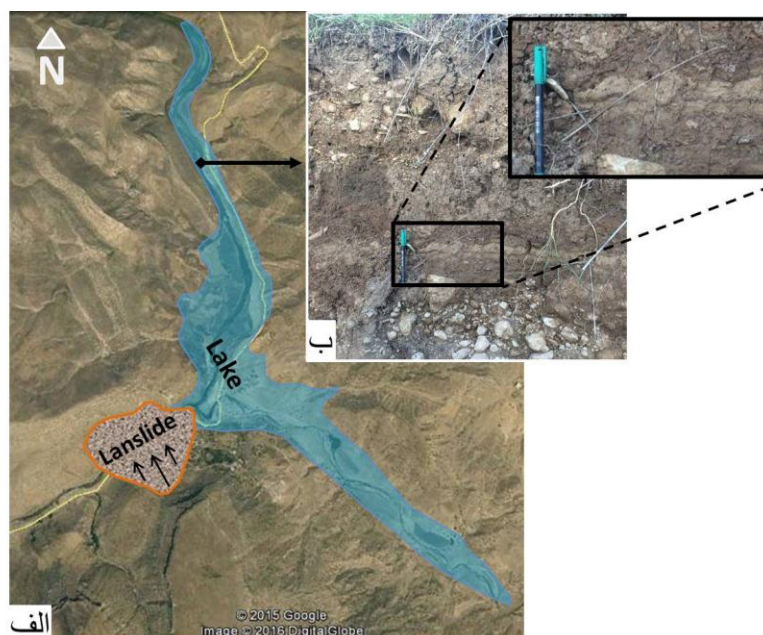
30 > DMR_{STA} بسیار نگران کننده

با توجه به جهت‌داری لایه‌بندی که جهت شیب آن متمایل به بالادست است و مقدار زاویه شیب که بین ۲۰-۱۰ درجه تغییر می‌کند، فاکتور تصحیح، RSTA در محدوده متوسط (امتیاز ۷-) قرار می‌گیرد. بنابراین همانطور که در جدول ۴ مشخص است، پایداری پی سد در محدوده کلاس II در شرایط نگران کننده و در محدوده کلاس III در شرایط بسیار نگران کننده جدی تفکیک می‌شود.

جدول ۳- نتایج طبقه‌بندی پی با استفاده از روش DMR

شرایط پایداری	امتیاز DMR _{STA}	ناحیه سنگی
نگران کننده	۳۵	کلاس II: ماسه سنگ سیلتی و آهک مارنی
بسیار نگران کننده	۲۴	کلاس III: مارن و ماسه سنگ سیمان نشده

۲- پتانسیل زمین لغزش: در تکیه گاه چپ سد زمین لغزش بزرگی حدود طول ۸۰۰ متر از دامنه را تحت تاثیر قرار داده است که حجم قابل توجهی در حدود ۳/۵ میلیون متر مکعب برای آن تخمین زده می‌شود. هندسه زمین لغزش در راستای محور سد با حفر ۵ گمانه اکتشافی مشخص شده است. همانگونه که در برش زمین شناسی گستره نشان داده شده است (شکل ۴) این زمین لغزش وضعیت قاشقی داشته و عمدتاً بر روی مارن‌های سازند کولوش حرکت نموده است. مارن‌های سازند کولوش در گستره نزدیک سد سبب ایجاد زمین لغزش‌های متعددی در محدوده وسیعی شده‌اند (Karim et al., 2015). حرکت زمین لغزش در زمان خود سبب ایجاد دریاچه‌ای شده که نهشته‌های دریاچه‌ای و وارو (varved lake sediments) موجود در گستره شاهد آن می‌باشد (شکل ۵). لذا حرکت مجدد زمین لغزش پس از آبیگری مخاطره جدی برای سد به حساب می‌آید.



شکل ۵- الف) حدود تقریبی دریاچه قدیم ایجاد شده در اثر زمین لغزش موجود در ساختگاه سد و موقعیت مشاهده نهشته‌های وارو در انتهای دریاچه؛ ب) رخنمون نهشته‌های وارو



نتیجه گیری :

با توجه به نتایج مطالعات انجام شده مخاطرات زمین شناسی در ساختگاه زمین شناسی در ساختگاه سد باسره بسیار جدی بوده و در صورت ساخت سد انتظار بروز مسائل سد به شرح زیر وجود دارد:

- نتایج تقسیم بندی توده سنگ در واحدهای سنگ شناسی در بستر بخش بتنی غلتهای استحكام مناسب را نداشته و در صورت ساخت سد منجر به ناپایداری و تخریب سد می شود؛
- زمین لغزش قدیمی در تکیه گاه چپ سد در اثر لغزش می تواند سبب تخریب سد شود.

لذا عملیات اجرایی در سد متوقف شده و مطالعات بر روی گزینه های دیگر سد متمرکز گردیده است. مورد سد باسره یکی از موارد شاخص عدم جانمایی مناسب سد می باشد و سبب تحمیل هزینه گزافی به کارفرما شده است، ولیکن با توقف عملیات احداث سد از مخاطرات آتی پیشگیری به عمل آمد.



References:

- Anderson C., Mohorovic C., Mogck Bitsy L., Scott C.G, 1998. "Concrete Dams Case Histories of Failures and Nonfailures with Back Calculations ".U.S. Department of Interior Bureau of Reclamation Dam Safety Office. DSO-98-05. 100pp.
- Bellen, R.C. van, Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. "Lexique Stratigraphique International. Fasc. 10a, Iraq", Paris, 333p.
- Gamble, J.C., 1971. "Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rock s ", Ph.D. thesis, University of Illinois,
- Hamasoor, G. A., 2009. "Rock mass engineering of the proposed basara dam site, sulaimani,kurdistan region, NE-Iraq". Ph.D thesis, University of Soleymanieh. 205pp.
- Hoek, E. 2006. "Practical rock engineering". Rocscience web page.
- Hoek E.,2006. "Diederichs M.S. Empirical estimation of rock mass modulus", International Journal of Rock Mechanics and Min Sciences, 43(2):203–215.
- Romana M. 2004. "DMR (an adaptation of RMR), a new geomechanics classification for use in dams foundations", Congresso Luso de Geotecnia. Aveiro.
- TSC Hydro Engineering- Stucky consortium, 2007. Basara dam and irrigation project, Final design report, unpublished report, Section 1, Vol.1-1, 60pp.
- Karim et al., 2015. "Geomorphology of the Piramagroon–Kanikhan valley, Sulaimani Governorate, Kurdistan region, north Iraq". International Journal of Geography and Geology, 2015, 4(12): 183-195
- Lawa, F. A., 2004. "Sequence stratigraphic analysis of the Middle Paleocene – Middle Eocene in the Sulaimani district (Kurdistan region) ". Unpublished PhD thesis, University of Sulaimani, 258p.
- Mitra, S., 2002. "Fold-Accommodation Faults". AAPG Bull., 86(4), 671-693.
- Wyllie D.C. 1999. "Foundations on rock: Engineering practice, 2nd Edition", Taylor & Francis.

ارزیابی مقادیر CBR با استفاده از نتایج آزمایش DCP و همبستگی بین آن‌ها

عرفان صادقی، دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، Erfan.sadeghi@modares.ac.ir

محمدرضا نیکودل، دانشیار گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، NikudelM@modares.ac.ir

اصغر آزادی، استادیار گروه زلزله دانشگاه پیام نور، Asghar_azadi_2007@yahoo.com

صادق مقدم، دانشجوی دکتری ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، Sadegh136789@yahoo.com

چکیده:

آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) در مطالعات راهسازی و توسعه و نگهداری راه‌ها و باندهای فرودگاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. دلیل اهمیت این آزمایش ارائه نتایج نسبتاً قابل قبولی از ظرفیت باربری مصالح مورد استفاده و طبقه‌بندی کیفی مصالح بر اساس نتایج آن است. با توجه به وجود روش‌های سریع‌تر و نسبتاً کم هزینه‌تری همچون آزمایش DCP، استفاده از این روش‌ها جهت ایجاد همبستگی با سایر آزمایش‌ها و بدست آوردن پارامترهای مقاومتی ضروری می‌باشد. در این مقاله به بررسی همبستگی مقادیر آزمایش‌های CBR و DCP پرداخته می‌شود. به همین دلیل با حفر سه گمانه و انجام آزمایش‌های مذکور در اعماق مختلف، نتایج به دست آمده نسبت به عمق ارائه شده و رابطه همبستگی بین این دو پارامتر ارائه شده است. نتایج آزمایش DCP به صورت شاخص DPI ارائه گردیده است. بهترین رابطه همبستگی بین شاخص DPI و آزمایش CBR نیز به صورت نمایی معکوس بوده که نشان از کاهش زیاد پارامتر CBR با کاهش اندک شاخص DPI دارد.

کلید واژه‌ها: آزمایش CBR، آزمایش DCP، مطالعات راهسازی، شاخص DPI

Evaluation of CBR test with DCP test results and its correlation

Erfan Sadeghi, PhD candidate of Engineering Geology, Department of Geology, Tarbiat Modares University

Mohammad Reza Nikudel, Associated professor of Engineering Geology, Department of Geology, Tarbiat Modares University

Asghar Azadi, Assistant professor of seismology, Payam Noor University

Sadegh Moghaddam, PhD student of Geophysics, Geophysics institute, Tehran University

Abstract:

California bearing ratio test has a great importance in study, development and maintenance of roads and runways. This is because of representing acceptable results for bearing capacity of materials and qualitative classification of materials based on its results. There are some faster and inexpensive methods such as the DCP test that using these methods are necessary to establish correlation relations and acquiring other strength parameters. In this paper, the correlation between DCP and CBR values will be present. For this reason, by drilling three boreholes and performing these experiments in different depths, the results are presented in relation to depth, and the correlation between these two parameters is depicted. The DCP test results are presented as a DPI index. The best correlation between the DPI index and the CBR test is inversely exponential, which indicating a significant decrease in the CBR parameter with a slight decrease in DPI index.

Keywords: CBR test, DCP test, DPI index, Road construction studies

مقدمه :

حفظ وضعیت رویه راه ها در حد قابل قبول و مطلوب نیازمند داشتن تخمین مناسب از مقادیر CBR می باشد. جایگاه شبکه راه ها در سیستم حمل و نقل کشور از اهمیت زیادی برخوردار بوده و این امر سبب برنامه ریزی جهت ایجاد سیستم مدیریت و نگهداری می باشد. یکی از فعالیت ها در طول شناسایی و ارزیابی زیرساخت ها، مشخص نمودن مقاومت و تراکم مواد زیرساخت توسط آزمایش های برجا همانند کاوشگر دینامیکی (DCP) و نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) می باشد. آزمایش CBR به منظور تعیین مقاومت مصالح غیرچسبنده روسازی بکار گرفته می شود. با ایجاد شرایط مناسب برای انجام آزمایش می توان مقاومت خاک را به صورت برجا بدون نیاز به نمونه گیری و در شرایط طبیعی انجام داد. با توجه به سختی کار جهت ایجاد این شرایط، محققین به دنبال ایجاد ارتباط بین این آزمایش با آزمایش های که نیازمند شرایط کمتری می باشند هستند. آزمایش نفوذ کاوشگر دینامیکی (DCP (Dynamic Cone Penetration که در ابتدا در استرالیا و توسط Scala (1956) معرفی گردید جهت ارزیابی سریع از مقاومت برجا مصالح به کار گرفته شده در راه ها در عمق ها نسبتاً کم بسیار مفید می باشد. بنابراین پیش بینی مقدار CBR از آزمایش DCP و استفاده از آن در طول زمان ارزیابی عملکرد لایه های روسازی، گزینه بسیار مناسب تری از روش ها زمان بر و پرهزینه می باشد. در این زمینه تحقیقات بسیاری وجود دارد که بر مبنای آن ها روابط همبستگی بین نتایج به دست آمده از آزمایش DCP و آزمایش CBR را در تحقیقاتی همچون Herath et al. 2005; Roy, 2007; Mohammad et al. 2007; Patel et al. 2013; Kumar et al. 2015 and Yang et al. 2016 مشاهده نمود. هدف این مقاله نیز پرداختن به روش های مذکور و ارتباط بین آن ها در جهت داشتن پیش بینی مناسب از مقادیر CBR می باشد.

معرفی آزمایش های تحقیق:

به منظور انجام تحقیق حاضر، آزمایش های CBR و DCP در اعماق مختلف و در سه گمانه مختلف انجام گردید. به منظور یکسان بودن شرایط انجام آزمایش هر دو آزمایش بر روی مصالح یکسان و در اعماق یکسان انجام گردیده است. در ادامه روش انجام آزمایش های مذکور آورده شده است.

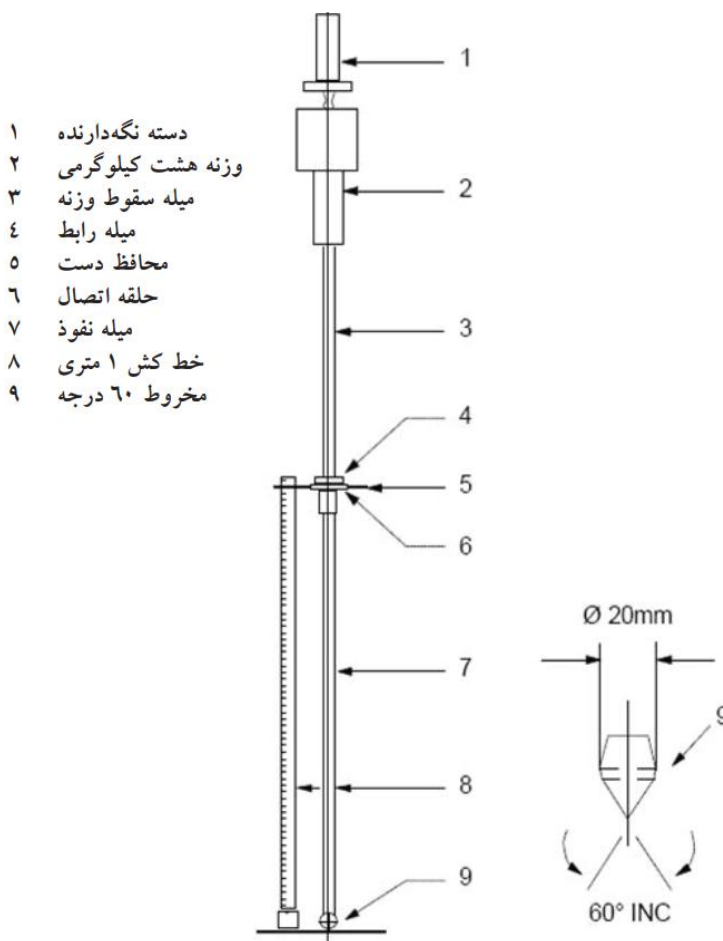
کاوشگر دینامیکی DCP

این آزمایش برای ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی مسیرهای راه سازی و گذرگاه های که نیازمند ایجاد خاکریز بوده اند به کار برده شده است. کاوشگر دینامیکی DCP شامل وزنه ای به جرم ۸ کیلوگرم با ارتفاع سقوط ۵۷۵ میلی متر، مخروط نفوذ با زاویه ۶۰ درجه و قطر ۲۰ میلیمتر می باشد. به منظور کاهش اصطکاک پوسته ای قطر میله های رابط متصل شده به مخروط ۱۶ میلیمتر می باشد (شکل ۱). در شرایط ذکر شده عملاً اصطکاک بین خاک و میله های رابط حذف شده و

بنابراین در این نوع کاوشگر دینامیکی فقط مقاومت نوک ظاهر می گردد و عمق کاوش این کاوشگر ۱ تا ۲ متر می باشد (ASTM D 6951-03). تعداد ضربات در طول آزمایش متناسب با عمق به صورت پیوسته برداشت گردید. شیب منحنی به دست آمده از این برداشت ها بیان کننده رابطه بین تعداد ضربات و عمق نفوذ (میلیمتر بر ضربه) در قسمت خطی عمق داده شده می باشد و تحت عنوان شاخص DPI شناخته می شود.

$$DPI = \frac{P_{i+1} - P_i}{B_{i+1} - B_i}$$

که در آن، P: مقدار نفوذ در i یا i+1 ضربه چکش بر حسب mm و B: تعداد ضربه مربوط به i یا i+1 ضربه



شکل ۱. کاوشگر دینامیکی DCP و قسمت های آن (ASTM D 6951-03)

آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)

نسبت باربری کالیفرنیا که در اوایل ۱۹۳۰ گسترش پیدا کرده است عبارت است از نفوذ یک سنبه استاندارد با نرخ نفوذ ۱/۲۷ میلی متر بر دقیقه (برازوان و فخری، ۱۳۹۰). آزمایش تعیین نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) مطابق با استاندارد

ASTM D4429 و با مقایسه میزان بار نفوذی آن خاک به میزان بار نفوذی مصالح استاندارد به دست می آید. این روش آزمایش برای ارزیابی کیفیت نسبی خاکهای بستر راه است، لیکن برای مصالح زیر اساس و بعضی از مصالح لایه اساس نیز بکار می رود. اگر CBR صحرایی بدون در نظر گرفتن تنوع ناشی از تغییر در درصد رطوبت مستقیماً برای ارزیابی یا طراحی به کار رود آزمایش باید تحت یکی از شرایط زیر انجام شود:

۱. وقتی که درجه اشباع (درصد فضاهای پر شده با آب) ۸۰٪ یا بیشتر می باشد.
 ۲. وقتی که مصالح درشت دانه و غیر چسبنده باشد، بطوری که تغییرات درصد رطوبت در آن اثر قابل توجهی نداشته باشد.
 ۳. وقتی که در مدت ۲ سال قبل از آزمایش خاک در اثر فعالیت های ساختمانی تغییر نکرده باشد.
- نسبت باربری کالیفرنیا عبارتست از فشار اصلاح شده در ۰/۱ یا ۰/۲ اینچ به ترتیب بر فشار استاندارد ۱۰۰۰ یا ۱۵۰۰ پوند بر اینچ مربع که به صورت درصد طبق رابطه ۱ بیان می شود.

$$\text{CBR} = \frac{\text{فشار اصلاح شده در 0.1 و 0.2 اینچ}}{\text{فشار استاندارد}} \times 100$$

رابطه ۱

رابطه بین نتایج CBR و DCP

در این تحقیق از آزمایش نفوذ دینامیکی DCP جهت ایجاد همبستگی بین نتایج آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا صحرایی (In-Situ CBR) و نسبت باربری کالیفرنیا آزمایشگاهی (Laboratory CBR) استفاده شده است. آزمایش نفوذ دینامیکی طبق استاندارد ASTM D6951 صورت گرفته است. جهت ایجاد همبستگی مناسب بین نتایج DCP و نتایج CBR از شاخص آزمایش نفوذ دینامیکی (DCPI) که از نسبت نفوذ سنبه دینامیکی بر حسب میلیمتر به تعداد ضربات نفوذ می باشد نتایج بررسی گردیده اند.

از میان این نتایج می توان به روابط ارائه شده توسط محققین نشان داده شده در جدول ۱ اشاره نمود.

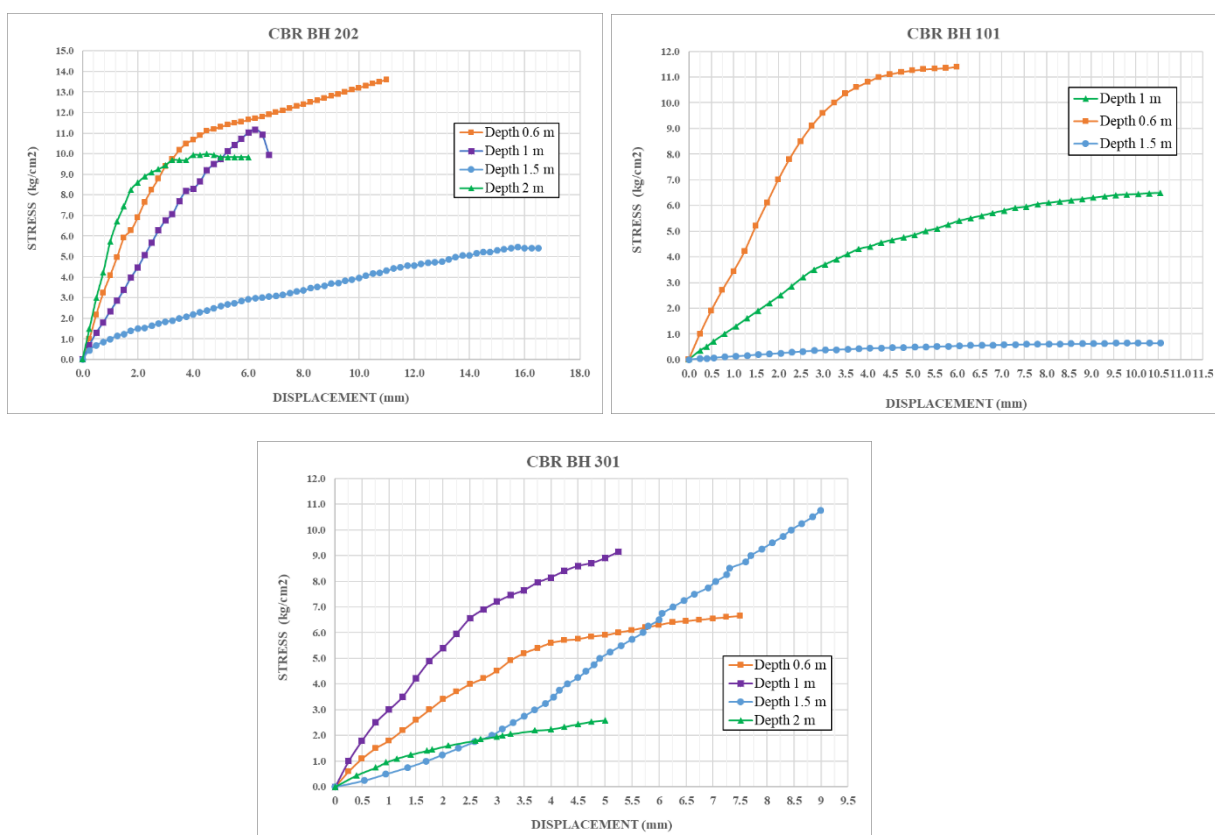
جدول ۷. روابط توسعه داده شده بین CBR و DCP توسط محققین مختلف (Farshad, 2003)

منبع	نوع خاک	معادلات همبستگی
Harison (1989)	all	$\log(\text{CBR}) = 2.81 - 1.32\log(\text{DCPI})$
Livneh (1987)	all	$\log(\text{CBR}) = 2.20 - 0.71(\log \text{DCPI})^{1.5}$
U.S. Army Corps of Engineers (1992)	all	$\log \text{CBR} = 2.465 - 1.12\log(\text{DCPI})$ or $\text{CBR} = 292 / \text{DCPI}^{1.12}$
TRL	all	$\log(\text{CBR}) = 2.48 - 1.057\log(\text{DCPI})$
Yitagesu(2012)	Clay unsoaked	$\log(\text{CBR}) = 2.954 - 1.496\log(\text{DCPI})$ ($R^2 = 0.943$)
TRL 1986	cohesive	$\log(\text{CBR}) = 2.222 - 0.576\log(\text{DCPI})$
IDOT 1997	all	$\log(\text{CBR}) = 0.84 - 1.26\log(\text{DCPI})$

نتایج آزمایش‌ها:

نتایج آزمایش CBR

به منظور بررسی مقاومت لایه های مختلف خاک، آزمایش CBR در گمانه های مختلف و در اعماق مختلف انجام گردیده است که نتایج آن‌ها در شکل ۲ و جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که قابل مشاهده است مقاومت لایه ها به سمت عمق زیاد کاهش پیدا می‌کند. کاهش زیاد عدد CBR به دلیل وجود یک لایه رسی با ضخامت حدود ۷۰ سانتی متر می‌باشد که در گمانه های حفاری شده قابل مشاهده بوده است. در گمانه BH301 با توجه به نبود لایه رسی، عدد CBR در حد متوسط می‌باشد.



شکل ۲. نمودار آزمایش های CBR درون گمانه ها

جدول ۸. نتایج آزمایش CBR

شماره گمانه	عمق آزمایش (متر)	نتایج CBR	شماره گمانه	عمق آزمایش (متر)	نتایج CBR	شماره گمانه	عمق آزمایش (متر)	نتایج CBR
BH 101	۰/۶	۱۲/۱	BH202	۰/۶	۱۱/۸	BH 301	۰/۶	۴/۴
	۱	۴/۶		۱	۹/۳		۱	۵/۷
	۱/۵	۱		۱/۵	۲/۵		۱/۵	۴/۷
				۲	۱۳		۲	۲/۵

آزمایش DCP

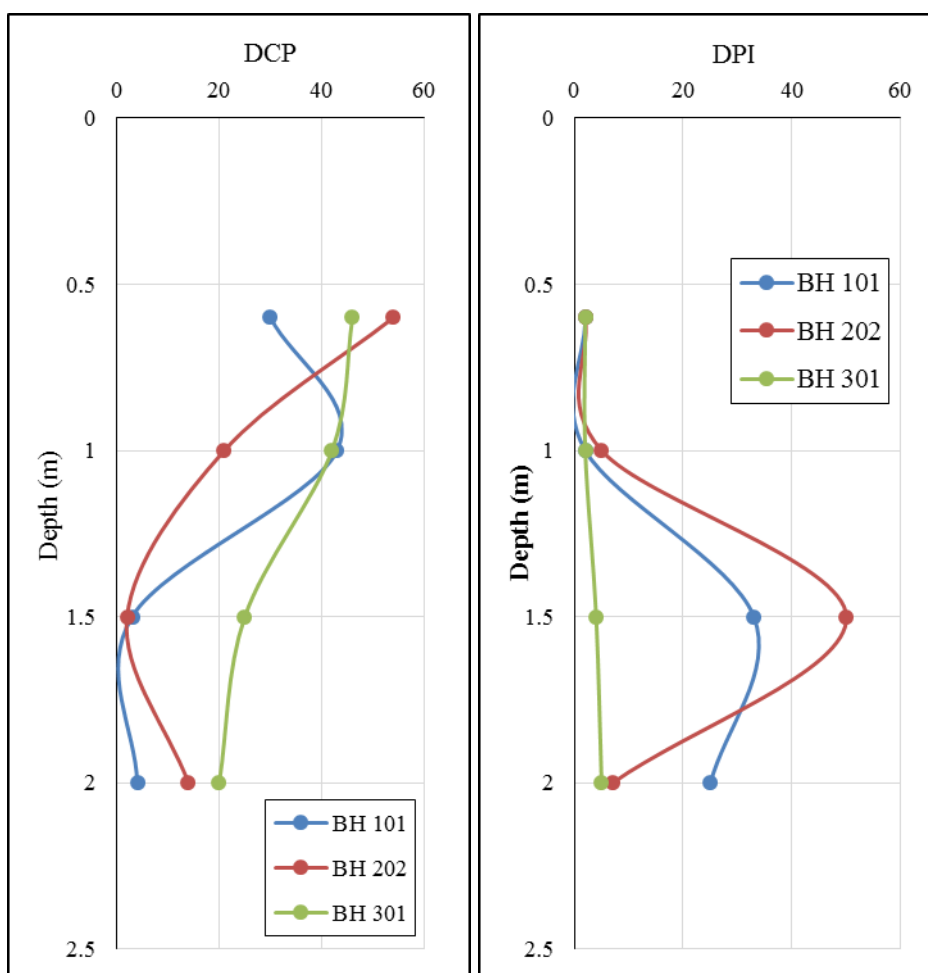
برای ارزیابی نتایج آزمایش CBR از نتایج آزمایش DCP در اعماق متناظر با آزمایش CBR و اعماق بیشتر استفاده شده است. این آزمایش در سه مقطع ۵ سانتی متری در تمامی گمانه ها و در اعماق مختلف انجام گردیده است. عدد نفوذ به دست آمده برای آزمایش DCP بین ۲ تا ۵۴ بوده که این به دلیل وجود خاک های درشت دانه و ریزدانه در مقاطع مختلف می باشد. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۹. نتایج آزمایش DCP و SPT معادل

نام گمانه	عمق (متر)	نوع خاک	نفوذ اول	نفوذ دوم	نفوذ سوم	عدد نفوذ
BH 101	0.5-0.6	GM	۳۰			>۳۰
BH 101	0.9-1	GM	۷	۲۰	۲۳	۴۳
BH 101	1.4-1.5	CL-ML	۱	۱	۲	۳
BH 101	1.9-2	CL-ML	۲	۲	۲	۴
BH 101	2.4-2.5	SM	۶	۱۳	۸	۲۱
BH 101	2.9-3	SM	۷	۱۰	۱۰	۲۰
BH 101	3.4-3.5	SM	۹	۱۶	۱۹	۳۵
BH 101	3.9-4	SM	۶	۱۰	۹	۱۹
BH 202	0.5-0.6	SM	۹	۱۴	۴۰	۵۴
BH 202	0.9-1	SM	۵	۱۰	۱۱	۲۱
BH 202	1.4-1.5	CL-ML	۲	۱	۱	۲
BH 202	1.9-2	CL-ML	۵	۷	۷	۱۴
BH 202	2.4-2.5	SM	۷	۱۰	۱۳	۲۳
BH 202	2.9-3	SM	۷	۱۳	۱۵	۲۸
BH 202	3.4-3.5	SM	۸	۱۴	۲۰	۳۴
BH 202	3.9-4	SM	۶	۱۰	۱۱	۲۱
BH 301	0.4-0.5	GM	۱۰	۱۸	۳۰	۴۸
BH 301	0.5-1	GM	۷	۲۰	۲۲	۴۲
BH 301	1.3-1.5	GM	۹	۱۲	۱۳	۲۵
BH 301	1.7-2	SM	۶	۱۲	۸	۲۰
BH 301	2-2.5	SM	۷	۹	۱۰	۱۹
BH 301	2.7-3	SM	۱۱	۱۱	۸	۱۹
BH 301	3-3.5	SM	۱۳	۱۰	۱۵	۲۵
BH 301	3.5-4	SM	۷	۱۱	۸	۱۹

تغییرات منحنی‌های DCP و DPI نسبت به عمق

نتایج آزمایش DCP و شاخص آن یعنی DPI پس از برداشت نسبت به عمق ترسیم گردیده و تغییرات آن قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳). همانگونه که قابل مشاهده می‌باشد تغییرات نمودار DCP نسبت به عمق روند کاهشی داشته که نشان از ریزدانه تر شدن جنس ذرات می‌باشد. این روند کاهشی در گمانه BH301 کمتر می‌باشد که به دلیل عدم وجود لایه ریزدانه در ترکیب مصالح بوده و نسبت ریزدانه به درشت دانه خاک افزایش یافته است. همچنین در منحنی DPI نیز این روند کاملاً مشخص بوده و گمانه‌های BH101 و BH202 در عمق ۱/۵ متری به دلیل وجود لایه رسی، DPI بسیار بزرگتری را تجربه نموده‌اند.

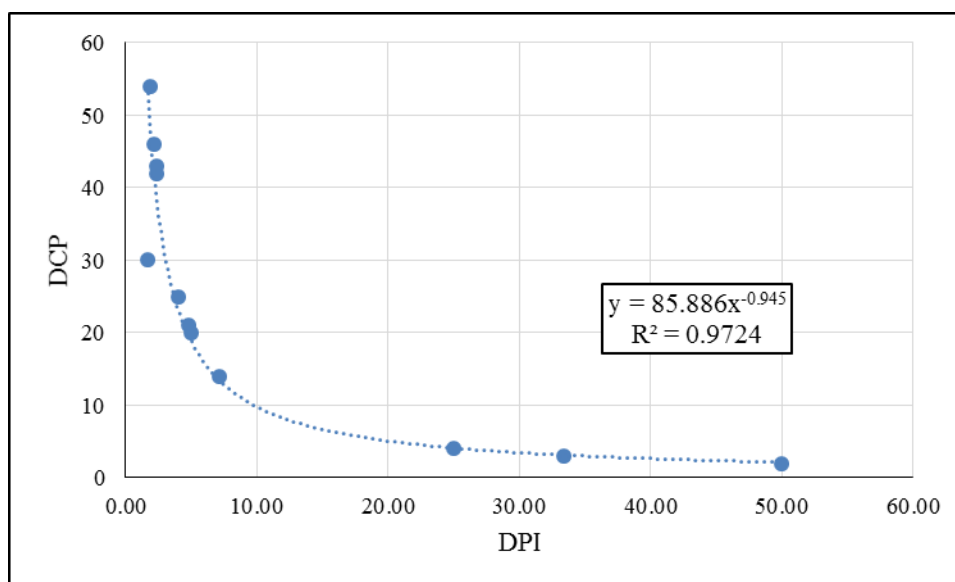
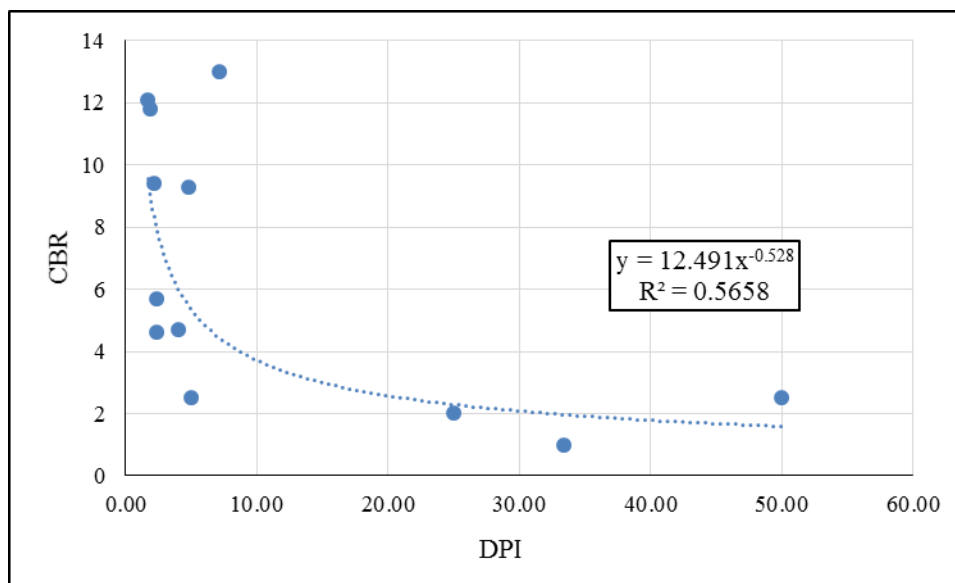


شکل ۳. تغییرات شاخص DPI و عدد DCP نسبت به عمق

ارتباط شاخص CBR با DCP و DPI

با انجام آزمایش‌های CBR و DCP نتایج آن‌ها به منظور ایجاد روابط همبستگی در نمودار شکل ۴ آورده شده است. همچنین با محاسبه شاخص DPI ارتباط این شاخص با آزمایش DCP نیز نشان داده شده است. روند نمودار CBR-DPI

کاهش می‌باشد که نشان از همبستگی مناسب این پارامترها با یکدیگر دارد. با توجه به نمایی بودن رابطه به دست آمده، ارتباط بین این دو شاخص نشان دهنده کاهش زیاد مقادیر CBR با افزایش بسیار کم شاخص DPI می‌باشد. همچنین با افزایش شاخص DPI مقادیر CBR کاهش زیادی داشته و رنج تغییرات آن‌ها محدود می‌گردد. همچنین نمودار DCP-DPI نشان دهنده وجود یک رابطه نمایی معکوس بین پارامترهای مذکور می‌باشد.



شکل ۴. نمودار تغییرات شاخص CBR-DPI و DCP-DPI

نتیجه گیری:

به منظور بررسی ارتباط بین آزمایش DCP و CBR تعداد سه گمانه حفر گردیده و درون آن‌ها و در اعماق مختلف آزمایش‌های مذکور انجام گردیده است. رسوبات مورد آزمایش درشت دانه آبرفتی و عمدتاً در رده خاک‌های گراولی

همچون GM و خاک های ماسه ای SM هستند و همچنین یک میان لایه رسی در رده CL-ML در مقطع حفاری شده قرار می گیرد. نتایج به دست آمده از آزمایش CBR در لایه های درشت دانه در رده خاک های نسبتا خوب تا خوب قرار داشته و در خاک های ریز دانه که عدد CBR بسیار پایینی دارند در رده خاک های ضعیف و مسئله دار قرار می گیرند. همچنین نتایج آزمایش DCP نشان دهنده تراکم بسیار پایین لایه رسی و تراکم متوسط تا زیاد لایه های درشت دانه داشت. شاخص DPI که از مقادیر آزمایش DCP طبق رابطه ۱ به دست آمده است نسبت به عمق روند افزایشی نشان داده است و این امر به دلیل ریزدانه تر شدن مصالح با افزایش عمق و همچنین وجود لایه رسی در عمق ۱/۵ متری می باشد. بهترین رابطه همبستگی بین شاخص DPI و آزمایش CBR نیز به صورت نمایی معکوس بوده که نشان از کاهش زیاد پارامتر CBR با کاهش اندک شاخص DPI دارد. ارتباط بین شاخص DPI با نتایج DCP نیز نمایی معکوس می باشد.

منابع فارسی :

برازوان، س. فخری، م.، (۱۳۹۰) "بررسی همبستگی نتایج آزمایشهای CBR، DCP و سه محوری سیکلی (در محور قم-سمنان)" مهندسی حمل و نقل، سال چهارم، شماره اول، صفحات ۱۱ تا ۲۱.

References:

American Society of Testing Materials, 2003. Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. ASTM D 6951-03, ASTM International, West Conshohocken, PA.

American Society of Testing Materials, 2018. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place. ASTM D 4429-09a, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Farshad, A. (2003). Potential Applications of Dynamic and Static Cone Penetrometers in MDOT Pavement Design and Construction, final report, Mississippi Department of Transportation and The U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Jackson State University, Mississippi.

Herath, A., Mohammad, L. N., Gaspard, K., Gudishala, R., and AbuFarsakh, M. Y. 2005. The use of dynamic cone penetrometer to predict resilient modulus of subgrade soils. GeoFrontiers 2005, Geotechnical Special Publication No. GSP130, ASCE, Reston, Va.

Kumar, R.S., Shabbab Ajmi, A., Valkati, B. 2015. Comparative Study of Subgrade Soil Strength Estimation Models Developed Based on CBR, DCP and FWD Test Results. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 2(8), pp. 92-102.

Mohammad, L.N., Herath, A., Abu-Farsakh, M.Y., Gaspard, K., Gudishala, R. 2007. Prediction of Resilient Modulus of Cohesive Subgrade Soils from Dynamic Cone Penetrometer Test Parameters. Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 19, No. 11, pp. 986-992.

Patel, M.A., Patel, H.S., Dadhich, G. 2013. Prediction of subgrade strength parameters from dynamic cone penetrometer index, modified liquid limit and moisture content," in Procedia Social and Behavioral Sciences, pp. 245-254.

Roy, B. K., 2007, "New Look at DCP Test with a Link to AASHTO SN Concept," J. Transp. Eng., Vol. 133, pp. 264-274.

Scala, A.J., 1956. Simple Methods of Flexible Pavement Design Using Cone Penetrometers, Proc. 2nd Australian-New Zealand Conf. Soil Mech. and Found. Engrg., pp.

Yang, B., Zhang, R., Zha, X., Liu, C., Pan, Q. 2016. Improved testing method of dynamic cone penetrometer in laboratory for evaluating compaction properties of soil subgrade, Road Materials and Pavement Design, 17:2, 487-498.

Yitagesu, Desalegn. 2012. Developing correlation between DCP and CBR for locally used subgrade materials. MSc. Thesis, Addis Ababa University (AAU), Ethiopia.

ارزیابی مقاومت و تراکم خاک در اعماق مختلف با استفاده از نتایج آزمایش های DCP و CBR مطالعه موردی: سایت آبرون فرودگاه مشهد

عرفان صادقی، دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، Erfan.sadeghi@modares.ac.ir

محمد رضا نیکودل، دانشیار گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، Nikudel@modares.ac.ir

اصغر آزادی، استادیار گروه زلزله دانشگاه پیام نور، Asghar_azadi_2007@yahoo.com

چکیده:

ارزیابی ویژگی های مقاومتی و تراکمی مصالح مورد استفاده و یا طبیعی در زیر اساس راه ها یا سازه های فرودگاهی به منظور تامین امنیت و در راستای کاهش هزینه های اعمالی دارای اهمیت ویژه ای می باشد. روش های بسیاری در ارزیابی این ویژگی ها وجود دارد که از میان آن ها می توان به آزمایش های نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) و کاوشگر دینامیکی (DCP) اشاره نمود. در این راستا به منظور ارزیابی خصوصیات مقاومتی خاک بستر آبرون فرودگاه شهید هاشمی نژاد مشهد، تعداد سه گمانه ژئوتکنیکی حفاری گردیده و آزمایش های مذکور در آن ها انجام شده است. نتایج به دست آمده نشان از وجود مصالح آبرفتی درشت دانه با میان لایه رسی (مقاومت ضعیف بر اساس آزمایش CBR و رده تراکمی Soft تا Very soft بر اساس آزمایش DCP) داشته که ضخامت این لایه با حرکت از سمت شرق (جنوب شرقی) به سمت غرب (شمال غربی) کاهش یافته و در گمانه BH301 مشاهده نگردیده است. با در نظر نگرفتن این لایه، محدوده مقاومتی لایه های درشت دانه بر اساس نتایج آزمایش CBR نسبتاً خوب بوده و محدوده تراکمی بر اساس آزمایش DCP متوسط تا زیاد بوده و در رده Medium dense تا Very dense قرار می گیرد. به طوری کلی نتایج به دست آمده از دو آزمایش نشان دهنده تراکم و مقاومت پایین تا متوسط محدوده مورد مطالعه بوده و به تبع آن نشست های غیرمنتظره که در سایت مشاهده گردیده است، بر این اساس سایت مورد مطالعه نیازمند عملیات بهسازی می باشد.

کلید واژه ها: فرودگاه مشهد، آزمایش CBR، آزمایش DCP، مقاومت خاک، تراکم خاک

Evaluation of strength and soil density at different depth using the results of DCP and CBR tests Case study: Mashhad Airport Apron

Erfan Sadeghi, PhD candidate of Engineering Geology, Department of Geology, Tarbiat Modares University
Mohammad Reza Nikudel, Associated professor of Engineering Geology, Department of Geology, Tarbiat Modares University

Asghar Azadi, Assistant professor of seismology, Payam Noor University

Abstract:

Investigation of strength and compaction properties of subgrade materials for pavement design works become necessary to optimize structural safety and economy aspects of the road infrastructures. One of the activities during the site investigation is determination of subgrade material strength with different in-situ tests such as the

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test and the California Bearing Ratio (CBR) test. In order to evaluate the soil strength properties of the apron at Shahid Hasheminejad airport in Mashhad, three geotechnical boreholes have been drilled and these tests have been carried out. The results showed that there is a coarse-grained material with a clay interlayer (weak strength based on the CBR test and Soft to very soft class based on the DCP test). By moving from East (Southeast) to the West (Northwest), thickness of clay layer become zero and is not seen in the BH 301. By ignoring clay layer, the strength range of coarse-grained layers is relatively good based on the CBR test and the density range is medium dense to very dense. The overall results of two experiments illustrate a low to medium density and strength at the site and consequently unexpected settlements are observed. According to this results, the site needs to improvement operation.

Keywords : Mashhad Airport, CBR test, DCP test, Soil strength, Soil density



مقدمه :

ارزیابی جنس و ویژگی های مکانیکی مواد مورد استفاده زیراساس برای ساخت باند و آپرون فرودگاه ها به منظور بهینه سازی امنیت ناوگان هوایی و به تبع آن جنبه های اقتصادی برای طراحی سازه های مدنظر بسیار ضروری می باشد. یکی از فعالیت ها در طول شناسایی و ارزیابی زیراساس ها، مشخص نمودن مقاومت و تراکم مواد زیراساس توسط آزمایش های برجا همانند کاوشگر دینامیکی (DCP) و نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) می باشد. کاوشگرهای دینامیکی نوعی نفوذسنج هستند و نفوذ سنجی نقش مهمی در شناسایی محلی خاک ها دارد. شیوه مذکور نسبت به روش های گمانه زنی و مطالعات معمول ژئوتکنیک، ارزان تر و سریع تر می باشد و در بسیاری موارد به خصوص زمانی که عمق مورد نظر جهت مطالعه لایه های خاک خیلی زیاد نباشد مورد استفاده قرار می گیرند. کاوشگر دینامیکی (DCP (Dynamic Cone Penetration نوعی کاوشگر دینامیکی سبک می باشد. این کاوشگر در ابتدا در استرالیا و توسط Scala (1956) معرفی گردید. این آزمایش در ابتدا برای ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی مسیرهای راهسازی و گذرگاه های که نیازمند ایجاد خاکریز بوده اند به کار برده شده است. در این زمینه تحقیقات بسیاری وجود دارد که بر مبنای آن ها روابط همبستگی بین نتایج به دست آمده از آزمایش DCP و آزمایش های همچون CBR، SPT، CPT و غیره وجود دارد (Butcher et al., 1990, Card et al., 1990, Sonmez, 2003, Youd and Idriss, 2001, Konard and Lachance, 2000, Luna and Frost, 1998, al., 1995, Fakher et al., 2006, Hashemi et al., 2010, Lee et al., 2014, محمدی، ۱۳۸۷). همچنین آزمایش CBR به منظور تعیین مقاومت مصالح غیرچسبنده روسازی بکار گرفته می شود. نسبت باربری کالیفرنیا که در اوایل ۱۹۳۰ گسترش پیدا کرده است عبارت است از نفوذ یک سنبه استاندارد با نرخ نفوذ ۱/۲۷ میلی متر بر دقیقه (برازوان و فخری، ۱۳۹۰). فرودگاه بین المللی شهید هاشمی نژاد مشهد در قسمت جنوب شرقی شهر مشهد قرار دارد و به لحاظ رفت و آمد بعد از فرودگاه مهرآباد در رتبه دوم قرار دارد. هدف از مطالعه حاضر بررسی دلایل بروز نشست و ارائه راهکار بهسازی زمین در محدوده آپرون فرودگاه می باشد. به همین منظور با حفر گمانه های ژئوتکنیکی و انجام آزمایش های مذکور به بررسی پارامترهای مقاومتی محدوده آپرون فرودگاه پرداخته شده است.

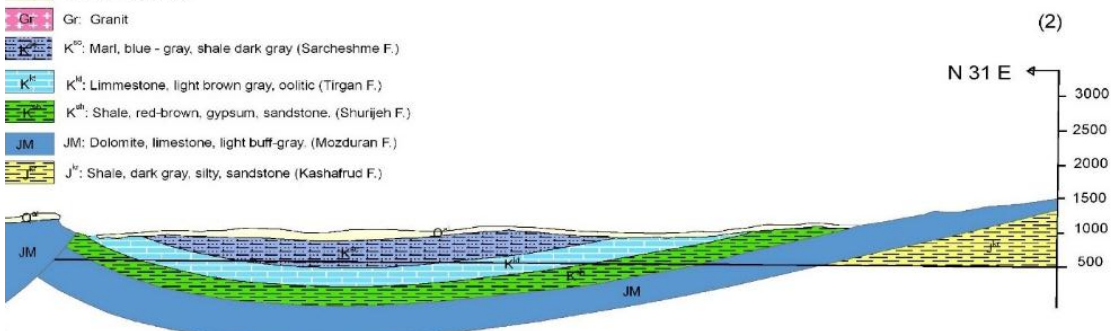
زمین شناسی محدوده مطالعاتی:

از نظر زمین شناسی دشت مشهد بخشی از پهنه فرونشستی مشهد-قوچان می باشد که در بین دو حوضه رسوبی کپه داغ (در شمال شرقی) و بینالود (در جنوب غربی) قرار گرفته است (بربریان و همکاران، ۱۳۷۸). مرز شمال شرقی این فرونشست را گسله کشف رود و مرز جنوب غربی آن را گسله های جنوب مشهد و جنوب چناران در راستای زمین چاک پارینه تیس می سازند (Alavi, 1992). مطالعات ژئوفیزیکی دشت مشهد توسط شرکت نفت و مطالعات ژئوفیزیک شرکت CGS نشان می دهد که دشت مشهد یک ناودیس باز می باشد که توسط رسوبات کواترنری پر شده است (شکل ۱). بافت رسوبات در دشت مشهد در حاشیه ارتفاعات جنوبی و در غرب شهر درشت دانه است و بتدریج به سمت مرکز، شرق و شمال شرق ریز دانه می شود. در شکل ۲ نقشه هم بافت خاک غالب تا عمق ۵۰ متر در محدوده شهر مشهد ارائه شده است. مشاهده می گردد که محدوده مطالعاتی فرودگاه شهید هاشمی نژاد تا عمق ۵۰ متر دارای خاک درشت دانه شن و ماسه می باشد.

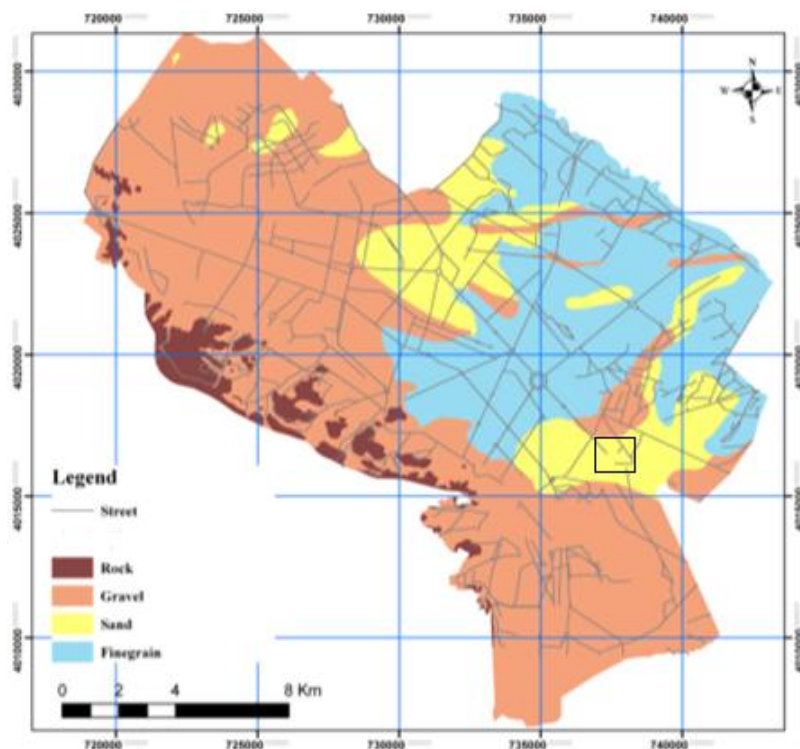
Legend

lithology

Q ^{al}	Q ^{al} : Recent alluvium
Gr	Gr: Granit
K ^{so}	K ^{so} : Marl, blue - gray, shale dark gray (Sarcheshme F.)
K ^{li}	K ^{li} : Limestone, light brown gray, oolitic (Tirgan F.)
K ^{sh}	K ^{sh} : Shale, red-brown, gypsum, sandstone, (Shurijeh F.)
JM	JM: Dolomite, limestone, light buff-gray. (Mozduran F.)
J ^{sl}	J ^{sl} : Shale, dark gray, silty, sandstone (Kashafrud F.)



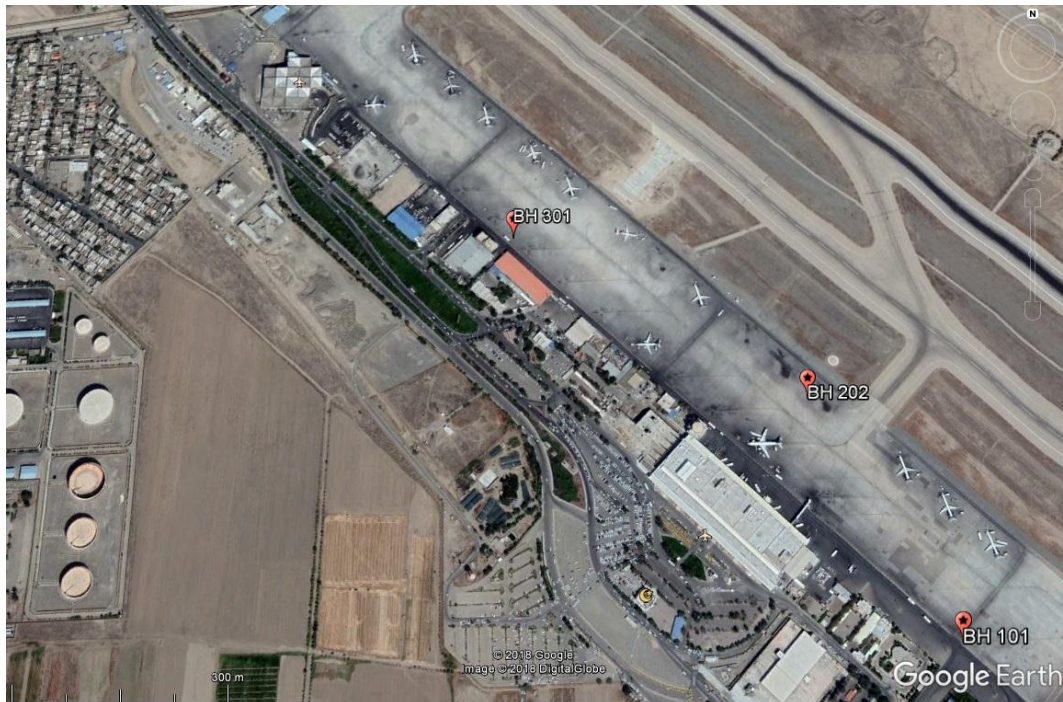
شکل ۲. ناودیس دشت مشهد براساس مطالعات لرزه نگاری (۱۳۶۵)



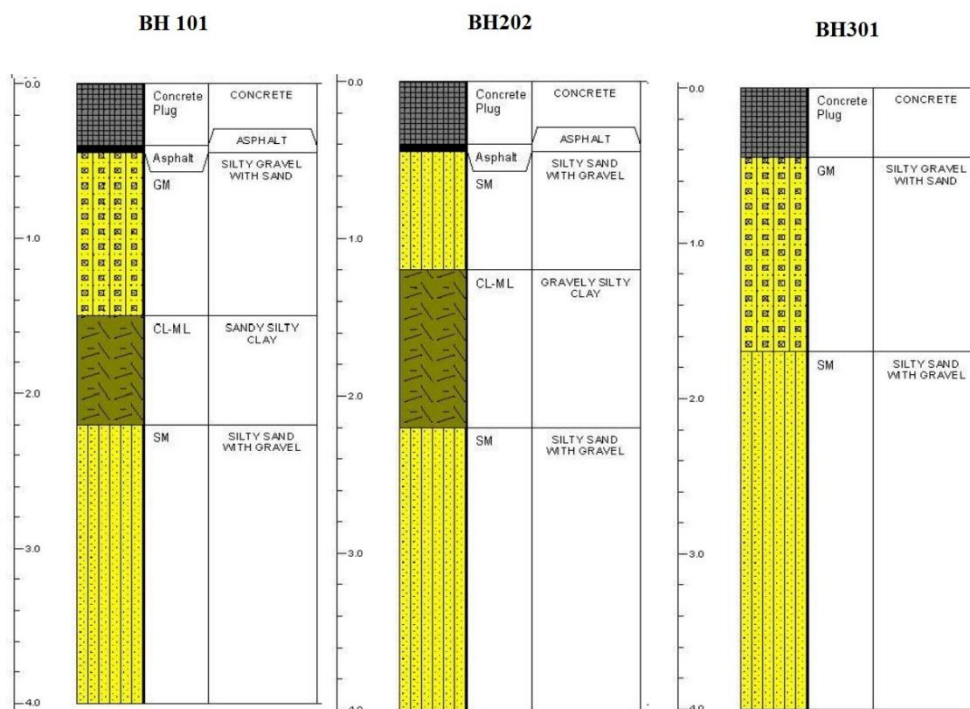
شکل ۶. بافت خاک تا عمق ۵۰ متر در شهر مشهد و محدوده مطالعاتی

عملیات ژئوتکنیکی:

به منظور انجام آزمایش های برجا بر روی آپرون مورد مطالعه، سه گمانه ژئوتکنیکی حفاری گردیده و در اعماق مختلف آزمایش های مذکور انجام شده است (شکل ۳). با توجه به درون گمانه ای بودن آزمایش های برجا، قطر گمانه های حفاری شده ۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شده تا تاثیر فشار سربار به حداقل مقدار خود برسد. لاگ حفاری گمانه ها نشان از وجود لایه های آبرفتی همراه با میان لایه های رسی دارد که با حرکت از سمت شرق به غرب لایه رسی ناپدید می گردد (شکل ۴).



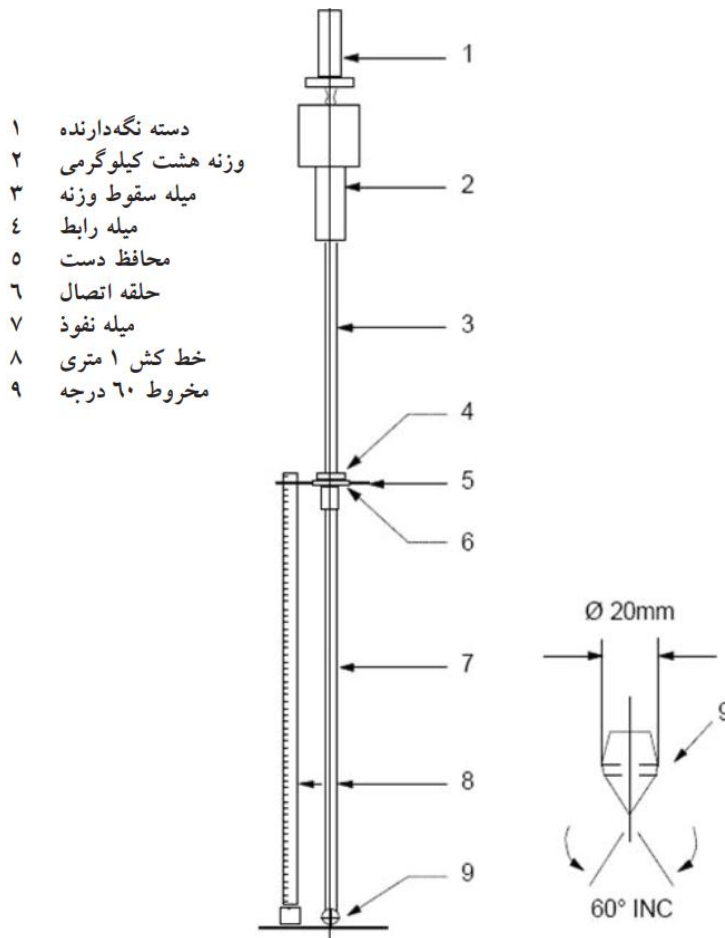
شکل ۷. محل حفار گمانه های آبرون فرودگاه مشهد



شکل ۸. لاگ گمانه های حفاری شده در سایت آبرون فرودگاه مشهد

معرفی آزمایش های تحقیق:
کاوشگر دینامیکی DCP

کاوشگر دینامیکی DCP شامل وزنه ای به جرم ۸ کیلوگرم با ارتفاع سقوط ۵۷۵ میلی متر، مخروط نفوذ با زاویه ۶۰ درجه و قطر ۲۰ میلیمتر می باشد. به منظور کاهش اصطکاک پوسته ای قطر میله های رابط متصل شده به مخروط ۱۶ میلیمتر می باشد (شکل ۵). در شرایط ذکر شده عملاً اصطکاک بین خاک و میله های رابط حذف شده و بنابراین در این نوع کاوشگر دینامیکی فقط مقاومت نوک ظاهر می گردد و عمق کاوش این کاوشگر ۱ تا ۲ متر می باشد (ASTM D 6951-03).



شکل ۹. کاوشگر دینامیکی DCP و قسمت های آن (ASTM D 6951-03)

آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)

آزمایش تعیین نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) مطابق با استاندارد ASTM D4429 و با مقایسه میزان بار نفوذی آن خاک به میزان بار نفوذی مصالح استاندارد به دست می آید. این روش آزمایش برای ارزیابی کیفیت نسبی خاکهای بستر راه است، لیکن برای مصالح زیر اساس و بعضی از مصالح لایه اساس نیز بکار می رود. اگر CBR صحرایی بدون در نظر گرفتن تنوع ناشی از تغییر در درصد رطوبت مستقیماً برای ارزیابی یا طراحی به کار رود آزمایش باید تحت یکی از شرایط زیر انجام شود:

۴. وقتی که درجه اشباع (درصد فضاهای پر شده با آب) ۸۰٪ یا بیشتر می باشد.

۵. وقتی که مصالح درشت دانه و غیر چسبنده باشد، بطوری که تغییرات درصد رطوبت در آن اثر قابل توجهی نداشته باشد.

۶. وقتی که در مدت ۲ سال قبل از آزمایش خاک در اثر فعالیت های ساختمانی تغییر نکرده باشد.

نسبت باربری کالیفرنیا عبارتست از فشار اصلاح شده در ۰/۱ یا ۰/۲ اینچ به ترتیب بر فشار استاندارد ۱۰۰۰ یا ۱۵۰۰ پوند بر اینچ مربع که به صورت درصد طبق رابطه ۱ بیان می شود.

$$CBR = \frac{\text{فشار اصلاح شده در 0.1 و 0.2 اینچ}}{\text{فشار استاندارد}} * 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

بر اساس عدد CBR می توان وضعیت مقاومتی خاک را به صورت توصیفی مطابق با جدول ۱ تقسیم بندی کرد.

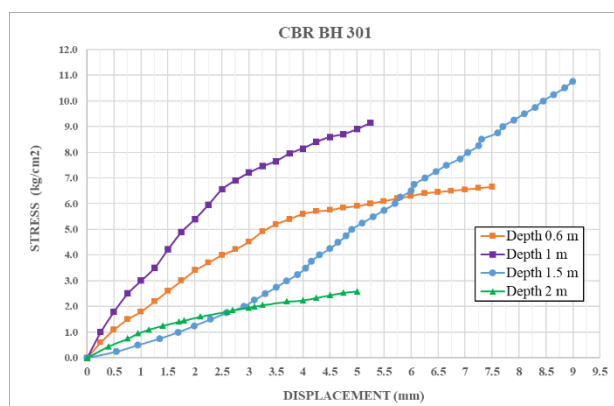
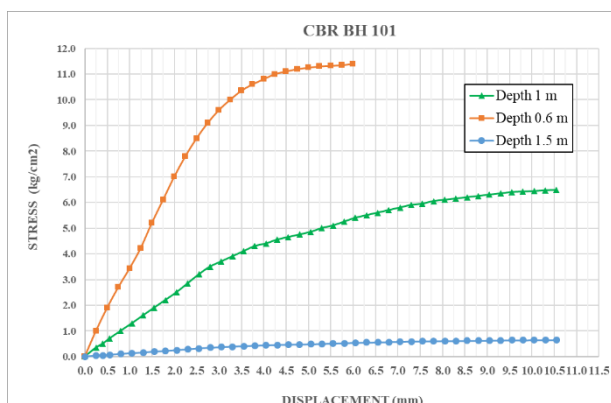
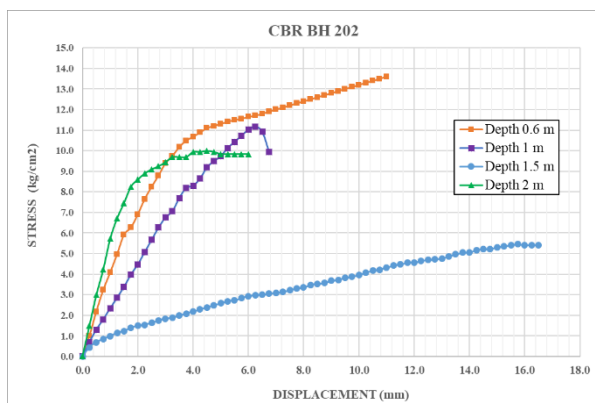
جدول ۱۰. تقسیم بندی رتبه خاک بر اساس CBR

عدد CBR	تقسیم بندی	موارد استفاده	طبقه بندی یونیفاید
۰-۳	ضعیف	خاک بستر	OH,CH,MH,OL
۳-۷	ضعیف تا نسبتا خوب	خاک بستر	OH,CH,MH,OL
۷-۲۰	نسبتا خوب	زیراساس	OL,CL,ML,SC,SM,SP
۲۰-۵۰	خوب	اساس و زیراساس	GM,GC,SW,SM,SP,GP
> ۵۰	بسیار خوب	اساس	GW,GM

نتایج آزمایش ها:

نتایج آزمایش CBR

به منظور بررسی مقاومت لایه های مختلف خاک، آزمایش CBR در گمانه های مختلف و در اعماق مختلف انجام گردیده است که نتایج آن ها در شکل ۶ و جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که قابل مشاهده است مقاومت لایه ها به سمت عمق زیاد کاهش پیدا می کند و بیشترین مقاومت ها در هر گمانه متعلق به لایه های زیر بتن می باشد. کاهش زیاد عدد CBR به دلیل وجود یک لایه رسی با ضخامت حدود ۷۰ سانتی متر می باشد که در گمانه های حفاری شده قابل مشاهده بوده است. در گمانه BH301 با توجه به نبود لایه رسی، عدد CBR در حد متوسط می باشد. به طور کلی وضعیت عمومی لایه های زیر آبرون بر اساس تقسیم بندی انجام شده در جدول ۱ در حد ضعیف تا نسبتا خوب می باشد.



شکل ۱۰. نمودار آزمایش های CBR درون گمانه ها

جدول ۱۱. طبقه بندی مقاومتی لایه های بستر بر اساس نتایج آزمایش CBR

شماره گمانه	عمق آزمایش (متر)	نتایج CBR	وضعیت مقاومتی لایه مورد آزمایش
BH 101	۰/۶	۱۲/۱	مقاومت نسبتاً خوب جهت استفاده در لایه زیر اساس
	۱	۴/۶	مقاومت ضعیف تا نسبتاً خوب و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت
	۱/۵	۱>	مقاومت ضعیف و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت
BH202	۰/۶	۱۱/۸	مقاومت نسبتاً خوب جهت استفاده در لایه زیر اساس
	۱	۹/۳	مقاومت نسبتاً خوب جهت استفاده در لایه زیر اساس
	۱/۵	۲/۵	مقاومت ضعیف و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت
	۲	۱۳	مقاومت نسبتاً خوب جهت استفاده در لایه زیر اساس
BH 301	۰/۶	۴/۴	مقاومت ضعیف تا نسبتاً خوب و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت
	۱	۵/۷	مقاومت ضعیف تا نسبتاً خوب و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت
	۱/۵	۴/۷	مقاومت ضعیف تا نسبتاً خوب و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت
	۲	۲/۵	مقاومت ضعیف و نیاز به تمهیدات لازم جهت افزایش مقاومت

آزمایش DCP

برای ارزیابی تراکم خاک محدوده آپرون از نتایج آزمایش DCP در اعماق متناظر با آزمایش CBR و اعماق بیشتر استفاده شده است. این آزمایش در سه مقطع ۵ سانتی متری در تمامی گمانه ها و در اعماق مختلف انجام گردیده است که نتایج دو مقطع پایانی آن به نتایج آزمایش SPT معادل سازی شده و بر اساس جدول ۳، خاک های مقاطع مختلف تقسیم بندی گردیده اند. از روابط همبستگی بین تعداد ضربات نفوذ DCP (NDCP) و SPT (NSPT) می توان به رابطه Card et al. (1990) به صورت $NDCP = 1.4 NSPT$ و رابطه Hashemi et al. (2010) به صورت $NDCP = 1.3 NSPT$ اشاره کرد. همانگونه که از جدول ۴ قابل مشاهده است محدوده تغییرات مقاومتی مقاطع رسی-سیلتی از Very soft تا Soft و برای مقاطع درشت دانه Medium dense تا Very dense می باشد.

جدول ۱۲. ارتباط بین تراکم خاک و آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)

خاک درشت دانه		خاک ریزدانه	
N _{SPT}	دانشیته نسبی (Relative Density)	N _{SPT}	سفتی (Consistency)
۴-۰	Very loose	۲-۰	Very soft
۱۰-۵	Loose	۵-۳	Soft
۳۰-۱۱	Medium dense	۹-۶	Medium
۵۰-۳۱	Dense	۱۵-۱۰	Stiff
>۵۰	Very dense	۳۰-۱۵	Very stiff
		>۳۰	Hard

جدول ۱۳. نتایج آزمایش DCP و SPT معادل

نام گمانه	عمق (متر)	نوع خاک	نفوذ اول	نفوذ دوم	نفوذ سوم	عدد نفوذ	SPT معادل با میانگین DCP	توصیف بر اساس سفتی و تراکم خاک
BH 101	0.5-0.6	GM	۳۰			>۵۰	>۵۰	Very dense
BH 101	0.9-1	GM	۷	۲۰	۲۳	۴۳	۳۲	Dense
BH 101	1.4-1.5	CL-ML	۱	۱	۲	۳	۲	Very soft
BH 101	1.9-2	CL-ML	۲	۲	۲	۴	۳	soft
BH 101	2.4-2.5	SM	۶	۱۳	۸	۲۱	۱۶	Medium dense
BH 101	2.9-3	SM	۷	۱۰	۱۰	۲۰	۱۵	Medium dense
BH 101	3.4-3.5	SM	۹	۱۶	۱۹	۳۵	۲۶	Medium dense
BH 101	3.9-4	SM	۶	۱۰	۹	۱۹	۱۴	Medium dense
BH 202	0.5-0.6	SM	۹	۱۴	۴۰	۵۴	۴۰	Dense
BH 202	0.9-1	SM	۵	۱۰	۱۱	۲۱	۱۶	Medium dense
BH 202	1.4-1.5	CL-ML	۲	۱	۱	۲	۱	Very soft
BH 202	1.9-2	CL-ML	۵	۷	۷	۱۴	۱۰	Stiff

نام گمانه	عمق (متر)	نوع خاک	نفوذ اول	نفوذ دوم	نفوذ سوم	عدد نفوذ	SPT معادل با میانگین DCP	توصیف بر اساس سفتی و تراکم خاک
BH 202	2.4-2.5	SM	۷	۱۰	۱۳	۲۳	۱۷	Medium dense
BH 202	2.9-3	SM	۷	۱۳	۱۵	۲۸	۲۱	Medium dense
BH 202	3.4-3.5	SM	۸	۱۴	۲۰	۳۴	۲۵	Medium dense
BH 202	3.9-4	SM	۶	۱۰	۱۱	۲۱	۱۶	Medium dense
BH 301	0.4-0.5	GM	۱۰	۱۸	۳۰	۴۸	۳۶	Dense
BH 301	0.5-1	GM	۷	۲۰	۲۲	۴۲	۳۱	Dense
BH 301	1.3-1.5	GM	۹	۱۲	۱۳	۲۵	۱۹	Medium dense
BH 301	1.7-2	SM	۶	۱۲	۸	۲۰	۱۵	Medium dense
BH 301	2-2.5	SM	۷	۹	۱۰	۱۹	۱۴	Medium dense
BH 301	2.7-3	SM	۱۱	۱۱	۸	۱۹	۱۴	Medium dense
BH 301	3-3.5	SM	۱۳	۱۰	۱۵	۲۵	۱۹	Medium dense
BH 301	3.5-4	SM	۷	۱۱	۸	۱۹	۱۴	Medium dense

نتیجه گیری:

انجام عملیات ژئوتکنیکی در محل آبرون فرودگاه مشهد نشان دهنده وجود رسوبات درشت دانه مطابق با مطالعات زمین شناسی دشت مشهد همراه با میان لایه رسی می باشد. رسوبات درشت دانه آبرفتی عمدتاً در رده خاک های گراولی همچون GM و خاک های ماسه ای SM هستند و میان لایه رسی در رده CL-ML قرار می گیرد. نتایج به دست آمده از آزمایش CBR نشان دهنده وجود بستر ضعیف تا متوسط در محدوده مورد مطالعه می باشد. به صورت جزئی تر لایه های درشت دانه در رده خاک های نسبتاً خوب تا خوب قرار داشته و خاک های ریز دانه که عدد CBR بسیار پایینی دارند در رده خاک های ضعیف و مسئله دار قرار می گیرند. همچنین نتایج آزمایش DCP نشان داد که لایه رسی با ضخامت حدود ۶۰ تا ۷۰ سانتی متر بوده که بین دو لایه درشت دانه قرار گرفته است و نشان دهنده تراکم بسیار پایینی (عمدتاً تا Very soft) می باشد. ضخامت این لایه با حرکت از سمت شرق (جنوب شرقی) به سمت غرب (شمال غربی) کاهش یافته و در گمانه BH301 مشاهده نگردیده است. با در نظر نگرفتن این لایه، محدوده تراکمی لایه های درشت دانه متوسط تا زیاد بوده و در رده Medium dense تا Very dense قرار می گیرد. به طوری کلی نتایج به دست آمده از دو آزمایش نشان دهنده تراکم و مقاومت پایین محدوده مورد مطالعه بوده و به تبع آن نشست های غیرمنتظره که در سایت مشاهده گردیده است، بر این اساس سایت مورد مطالعه نیازمند عملیات بهسازی می باشد.

منابع فارسی:

برازوان، س. فخری، م.، (۱۳۹۰) "بررسی همبستگی نتایج آزمایشهای CBR، DCP و سه محوری سیکلی (در محور قم-سمنان)" مهندسی حمل و نقل، سال چهارم، شماره اول، صفحات ۱۱ تا ۲۱.

بربریان، م.، قریشی، م.، شجاع طاهری، ج.، طالبیان، م.، (۱۳۷۸)، پژوهش و بررسی ژرف نوزمین ساخت و خطر زمین لرزه-گسلش در گستره مشهد -نیشابور، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش، شماره ۷۲.

محمدی، س. د. (۱۳۸۷) "توسعه کاربرد کاوشگر دینامیکی DCP جهت تعیین پارامترهای مهندسی خاک های ماسه ای" رساله دکتری رشته زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس تهران، صفحات ۵۶، ۶۰، ۱۹۷.

References:

- Alavi M., 1992. Thrust tectonics of the Binalood region. NE Iran: Tectonics, 11. 360-370.
- American Society of Testing Materials, 2003. Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. ASTM D 6951-03, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- American Society of Testing Materials, 2018. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place. ASTM D 4429-09a, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Butcher, A.P.; Mcelmeel, K. and Powel, J.J.M., 1995. Dynamic probing and its use in clay soils"; Advance in Site Investigation Practice; Thomas Telford; London; pp. 383-395.
- Card, G.B.; Roche, D.P.; Herbert, S.M., 1990. Application of continuous dynamic probing in ground investigation"; Field Testing in Engineering Geology; Geological Society Engineering Geology Special Publication No 6; pp. 129-135.
- Fakher A., Khodaparast M. & Jones C.J.F.P., 2006. The use of the Mackintosh Probe for site investigation in soft soils. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 39, 189-196.
- Hashemi M., Nikoudel M., Hafezi Moghadas N., Khamchian M., 2010, "Evaluation of engineering geological properties of Anzali sand by means of dynamic cone penetrometer", 14th conference of Geological Society of Iran, Oroumieh University, Oroumieh, Iran (in Farsi).
- Konard, T-M., and Lachance, D., 2000. Mechanical properties of unbound aggregates from DCP and Plate Load Test. Proceedings of the Fifth International Conference on Unbound Aggregate in Roads, Nottingham, UK.
- Lee c, Kim KS, Woo W, Lee W., 2014. Soil stiffness gauge (SSG) and dynamic cone penetrometer (DCP) tests for estimating engineering properties of weathered sandy soils in Korea, Journal of Engineering Geology, Vol. 169, pp. 91-99.
- Luna, R, Frost, J.D., 1998. Spatial liquefaction analysis system. J Comput Civil Eng 12(1):48-56.
- Scala, A.J., 1956. Simple Methods of Flexible Pavement Design Using Cone Penetrometers, Proc. 2nd Australian-New Zealand Conf. Soil Mech. and Found. Engrg., pp.
- Sonmez, H., 2003. Modification of the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol, Turkey). Environ Geol 44(7):862-871.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., 2001. Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshop on evaluation of Liquefaction resistance of soils. J Geotech Geoenviron 127(10):817-833.

توسعه یک رابطه تجربی جدید بین سرعت موج برشی خشک و اشباع



محمد رضائی، دکتری مهندسی معدن، استادیار دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی، گروه معدن، m.rezaei@uok.ac.ir
پریا عبداللهی، کارشناس ارشد مهندسی معدن، دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی، گروه معدن، pariaabdollahi@ymail.com



چکیده:

در رشته‌های مهندسی معدن، مکانیک سنگ و مهندسی سنگ، سرعت امواج فراصوتی یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد استفاده در اکثر طراحی‌ها می‌باشد. برای تعیین سرعت امواج، معمولاً از روش‌های آزمایشگاهی و برجا استفاده می‌شود که در اکثر موارد پر هزینه و زمان‌بر می‌باشد. به عنوان روشی جایگزین، می‌توان از روش‌های قابل اطمینان غیرمستقیم برای تعیین سرعت امواج فراصوتی استفاده کرد که می‌تواند به رفع مشکلات فوق در روش‌های آزمایشگاهی و برجا کمک نماید. در این مقاله، هدف ارائه روابطی غیر مستقیم بین سرعت موج برشی در حالت‌های خشک و اشباع برای سنگ‌های شیست، فیلیت و ماسه سنگ می‌باشد. بدین منظور، ابتدا نمونه‌های استوانه‌ای حاصل از عملیات مغزه‌گیری در ساختگاه سد آزاد مریوان جمع‌آوری گردید. سپس بر اساس پایگاه داده مناسب تهیه شده، پنج رابطه در حالات مختلف خطی، چند جمله‌ای درجه دو، لگاریتمی، نمایی و توانی بین سرعت موج برشی خشک و اشباع با استفاده از تحلیل‌های آماری توسعه داده شد. از بین روابط فوق، رابطه توانی دارای بیشترین مقدار شاخص ضریب تصمیم‌گیری (R^2) بوده و لذا به عنوان رابطه بهینه بین موج برشی خشک و اشباع هم برای ماسه سنگ و هم برای شیست و فیلیت انتخاب گردید. در نهایت، مقایسه نتایج حاصل از روابط پیشنهادی با مقادیر داده‌های واقعی نشان داد که دقت این روابط در پیش‌بینی سرعت موج برشی بالا بوده و نتایج حاصله کاملاً در تطابق با داده‌های واقعی می‌باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که روابط پیشنهادی در این تحقیق قابلیت خوبی در پیش‌بینی سرعت موج برشی داشته و به صورت عملی می‌توان از آنها در تخمین‌های مرتبط با پروژه‌های مهندسی سنگ استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: موج برشی، شیست، فیلیت، ماسه سنگ، سد آزاد مریوان، تحلیل آماری

Development a new empirical relation between dry and saturated shear wave velocity

Mohammad Rezaei, PhD in Mining Engineering, Assistant professor, Department of Mining Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Parya Abdollahi, M.sc in Mining Engineering, Department of Mining Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Abstract:

Ultrasonic wave velocities are the main parameter in most designs of the mining, rock mechanics and rock engineering sciences. For waves determinations, laboratory and in situ methods are usually used which are costly and time consuming in most cases. As an alternative, indirect reliable methods to determine u ltrasonic

wave velocities that can help in problems covering of laboratory and in situ approaches. The aim of this paper is to present the indirect relations between the dry and saturated shear wave velocity for schist, phyllite, sandstone rocks. For this purpose, rock cylindrical samples are collected from the coring operation of the Marivan Azad dam site. Then on the basis of the suitable prepared database, five relations in different status including linear, logarithmic, polynomial, exponential and power equations between dry and saturated shear wave velocity have been developed based on the statistical analysis. Among the above equations, power relation has the higher determination coefficient and thus selected as the optimum equation between the dry and saturated shear wave velocity both for sandstone and; schist and phyllite rocks. Finally, comparison the results of the suggested relations with the results of the actual values showed that these relations have the high accuracy and their results are completely in accordance with the real values. The above results indicated that the proposed equations in this research have high ability in shear wave velocity prediction and can be practically applied estimation related to the rock engineering projects.

Keywords: Shear wave, Schist, Phyllite, Sandstone, Marivan Azad Dam, Statistical analysis



تعیین ارتباط بین سرعت موج فشاری در حالت خشک و اشباع

◆◆◆◆◆◆

محمد رضائی، دکتری مهندسی معدن، استادیار دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی، گروه معدن، m.rezaei@uok.ac.ir
پریا عبداللهی، کارشناس ارشد مهندسی معدن، دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی، گروه معدن، pariaabdollahi@ymail.com

◆◆◆◆◆◆

چکیده:

سرعت امواج فراصوتی در سنگ یکی از مهمترین پارامترهای مورد استفاده در زمینه‌های مختلف علوم زمین مانند مهندسی معدن، عمران، ژئوتکنیک، مکانیک سنگ و اکتشاف ذخایر نفت و گاز است. اندازه این پارامتر هم در آزمایشگاه و هم به صورت برجا در محل اندازه‌گیری می‌شود که در بسیاری از موارد زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود. بنابراین، توسعه روشی غیرمستقیم و قابل اطمینان برای تعیین سرعت امواج می‌تواند به رفع مشکلات فوق کمک نماید. در تحقیق حاضر روابط مناسبی بین سرعت موج فشاری در حالت‌های خشک و اشباع برای سنگ‌های مختلف ارائه شده است. برای انجام این کار، ابتدا نمونه‌های استوانه‌ای حاصل از عملیات مغزه‌گیری در ساختمان سد آزاد مریوان جمع‌آوری گردید. بعد از تشکیل پایگاه داده مناسب، پنج رابطه مختلف شامل خطی، چند جمله‌ای درجه دو، لگاریتمی، نمایی و توانی بین سرعت موج فشاری در حالت‌های خشک و اشباع با استفاده از تحلیل‌های آماری توسعه داده شد. در ادامه، رابطه با بیشترین مقدار شاخص ضریب تصمیم‌گیری (R^2) به عنوان رابطه بهینه بین موج فشاری خشک و اشباع برای شناسه سنگ و شیب و فیلیت پیشنهاد گردید. اعتبارسنجی روابط پیشنهادی با استفاده از داده‌های واقعی انجام و نتایج حاصله نشان داد که این روابط دارای دقت بالایی بوده و همبستگی و تطابق خوبی با داده‌های واقعی دارند. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که از روابط پیشنهادی در این تحقیق می‌توان برای پیش‌بینی سرعت موج فشاری در شرایط مختلف استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: سد آزاد مریوان، موج فشاری، تحلیل آماری، رابطه تجربی

Determining the relationship between the dry and saturated compressional wave velocity

Mohammad Rezaei, Parya Abdollahi

Abstract:

Compressional wave velocity in rock is one of the main used parameters in different sciences such as mining, civil, geotechnics, rock mechanics and oil and gas exploration engineering. This parameter is measured both in the laboratory and in the field which is costly and time-consuming. So development of reliable indirect method for wave velocity determination can help to solve the above problems. In this paper, suitable relations between the dry and saturated wave velocity are presented. To do that, cylindrical rock samples were prepared from the coring operation in the Marivan Azad dam site. After construction a suitable database, five different relations including linear, logarithmic, polynomial, exponential and power equations between the dry and saturated wave velocity were developed based on the statistical analysis. Then, an equation with maximum determination coefficient was proposed as the best equation between the dry and saturated wave velocity for sandstone, schist and phyllite. Validation of the proposed equations was made using the real data and the obtained results showed that the suggested relations have high accuracy and are in agreement with the real data. Considering the above results, it is concluded that the proposed relations in this study can be used to predict the wave velocity in different condition.

Keywords: Marivan Azad dam, Compressional wave velocity, Statistical analysis, Empirical relation

◆◆◆◆◆◆

مقدمه:

اندازه‌گیری و تعیین سرعت امواج فراصوتی (اولتراسونیک)^{۱۳} در سنگ یکی از روش‌های غیر مخرب ژئوفیزیکی معمول مورد استفاده در زمینه‌های مختلف مانند مهندسی معدن، عمران، ژئوتکنیک، مکانیک سنگ و اکتشاف ذخایر نفت و گاز است. از زمینه‌های کاربردی برای این روش می‌توان به ارزیابی میزان تزریق دوغاب و تقویت ناشی از راکبوت در نگهداری فضاهای زیرزمینی، تعیین کارایی انفجار در توده سنگ، پیش‌بینی تنش و تغییر شکل توده سنگ، ارزیابی درجه هوازگی، توصیف و طبقه‌بندی توده سنگ و تخمین گسترش زون‌های شکست در اطراف حفاریات زیرزمینی اشاره کرد. پارامترهای زیادی وجود دارد که می‌توانند بر روی سرعت امواج تأثیر گذار باشند. فاکتورهای مهم در این زمینه شامل نوع سنگ، بافت، اندازه و شکل دانه‌ها، تخلخل، آنیزوتروپی، میزان آب محتوی، تنش و دما است. علاوه بر این، خصوصیات توده سنگ هم بر روی سرعت امواج تأثیر می‌گذارد. هوازگی و زون‌های آلتراسیون و خصوصیات درزه (زبری، مواد پرکننده، آب، شیب و امتداد) هم جزو فاکتورهای تأثیر گذار در این زمینه هستند [۱]. از میان همه این پارامترها، میزان آب محتوی و درجه اشباع با مایعات مختلف از جمله آب متغیر بسیار مهمی است که می‌تواند افزایش یا کاهش قابل توجهی در سرعت موج ایجاد کند [۲]. اکثر تحقیقات قبلی نشان می‌دهند که سرعت موج فشاری اشباع بیشتر از حالت خشک می‌باشد که این امر منطبق بر تئوری گاسمن^{۱۴} است [۳]. با این حال، سرعت موج فشاری در سنگ‌های با تخلخل زیاد که کاملاً با آب اشباع شده‌اند کمتر از سنگ‌های با تخلخل کم است زیرا سرعت موج فشاری در آب کمتر از مواد زمینه سنگ است [۴]. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تئوری گاسمن صرفاً برای سنگ‌های با تخلخل کم صحیح می‌باشد و این امر بایستی مد نظر قرار گیرد. کهرمان و همکاران [۵] ارتباط بین سرعت موج فشاری در شرایط خشک و تر را برای سنگ‌های آتشفشانی مورد ارزیابی قرار داده و دو رابطه تجربی را برای تخلخل کمتر و بیشتر از ۲۰٪ ارائه کردند. بر اساس تحقیق فوق، همبستگی بین سرعت موج فشاری در شرایط خشک و تر برای تخلخل کمتر از ۲۰٪ بالاتر از حالتی است که تخلخل بیشتر از ۲۰٪ می‌باشد (جدول ۱).

ارزیابی سرعت امواج فراصوت در شرایط خشک و اشباع، زمانی آشکارتر می‌شود که اکثر فعالیت‌هایی که در بالا اشاره شد هر کدام در فازهای مختلف به شکلی در معرض آب و یا دیگر سیالات قرار گرفته و لذا امکان تغییر قابل توجه در سرعت موج در این شرایط وجود خواهد داشت. بنابراین، ارزیابی سرعت موج در حالت‌های خشک و اشباع و تعیین رابطه بین آنها برای تبدیل سریع در مواجهه با شرایط مذکور بایستی مورد توجه قرار گیرد تا در طراحی‌ها و تحلیل‌های مربوطه در نظر گرفته شود.

جدول (۱) روابط تجربی موجود بین سرعت امواج فراصوت در شرایط خشک و اشباع

شماره	رابطه	ضریب تصمیم گیری	نوع سنگ	منبع
۱	$V_p^w = 1.19V_p^d + 0.67$	۰/۸۳	رسوبی	[۱]
۲	$V_p^w = 1.02V_p^d + 2.06$	۰/۹۰	دگرگونی	
۳	$V_p^w = 0.94V_p^d + 1.99$	۰/۸۷	آذرین	
۴	$V_p^w = 0.94V_p^d + 2.10$	۰/۷۴	رابطه کلی	
۵	$V_{p-wet} = 0.64V_{p-dry} + 1148 \text{ m/s}$	۰/۸۲	ماسه سنگ	[۳]
۶	$V_p^w = 1.04V_p^d$	۰/۹۴	سنگ‌های آتشفشانی (تخلخل کمتر از ۲۰٪)	[۵]
۷	$V_p^w = 0.86V_p^d$	۰/۸۳	سنگ‌های آتشفشانی (تخلخل بیشتر از ۲۰٪)	



اندازه‌گیری و جمع آوری داده:

به منظور اندازه‌گیری و جمع آوری داده، ابتدا نمونه‌های کافی حاصل از عملیات مغزه‌گیری در سد آزاد مریوان جمع آوری گردید. تمامی مغزه‌ها در اندازه استاندارد (NX با قطر ۵۴ میلی‌متر)، به صورت استوانه‌ای شکل و با نسبت طول به قطر ۲/۵ به ۱ مطابق روش پیشنهادی توسط انجمن بین المللی مکانیک سنگ (ISRM) آماده سازی گردید [۶]. بعد از آماده سازی نمونه‌ها به صورت

¹³ Ultrasonic wave velocity

¹⁴ Gassmann's theory

فوق، تست‌های آزمایشگاهی شامل درصد جذب آب، تخلخل و سرعت موج فشاری در حالت‌های خشک و اشباع اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که تمام تست‌های فوق بر اساس روش‌های پیشنهادی توسط ISRM و ASTM انجام گرفته است [۶ و ۷]. بر این اساس، مشخصات آماری داده‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۲) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در جدول فوق، پارامترهای سرعت موج P در حالت خشک، سرعت موج P در حالت اشباع VP-dry و Vp-sat نشان داده شده است.

جدول (۲) نمونه‌ای از داده‌های مورد استفاده مربوط به سنگ‌های شیست، فیلیت و ماسه سنگ

شماره	Vp-dry	Vp-sat	نوع سنگ
۱	۶۶۵۲	۶۸۸۹	شیست و فیلیت
۲	۶۰۰۰	۵۸۸۴	
۳	۲۲۵۰	۲۳۰۰	
۴	۴۲۵۰	۴۳۹۱	
۵	۵۵۲۸	۵۵۲۸	
۶	۶۱۰۳	۶۲۳۰	ماسه سنگ
۷	۶۱۷۲	۶۲۲۰	
۸	۵۲۴۶	۵۲۱۰	
۹	۵۰۲۰	۴۹۰۲	
۱۰	۴۸۵۴	۴۶۰۲	



تعیین رابطه بین سرعت موج فشاری خشک و اشباع:

بر اساس تحلیل آماری صورت گرفته، روابط ارائه شده برای تعیین سرعت موج فشاری خشک بر اساس سرعت موج فشاری اشباع برای ماسه سنگ و همچنین سنگ‌های شیست و فیلیت به ترتیب در جداول (۳) و (۴) قید شده است. با توجه به نتایج حاصله از جدول (۳)، معادله چند جمله‌ای با بیشترین ضریب تصمیم‌گیری به عنوان بهینه‌ترین رابطه برای ماسه سنگ در نظر گرفته می‌شود. همچنین بر اساس جدول (۴)، معادله توانی با بیشترین ضریب تصمیم‌گیری به عنوان رابطه برای شیست و فیلیت پیشنهاد می‌شود. بر اساس روابط پیشنهادی بهینه، ارتباط بین سرعت موج فشاری خشک و اشباع برای ماسه سنگ و شیست و فیلیت به ترتیب در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. بر اساس این شکل‌ها، با افزایش سرعت موج فشاری خشک، سرعت موج فشاری اشباع در ماسه سنگ، شیست و فیلیت افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که VP-dry معرف سرعت موج فشاری خشک و Vp-sat معرف سرعت موج فشاری اشباع است.

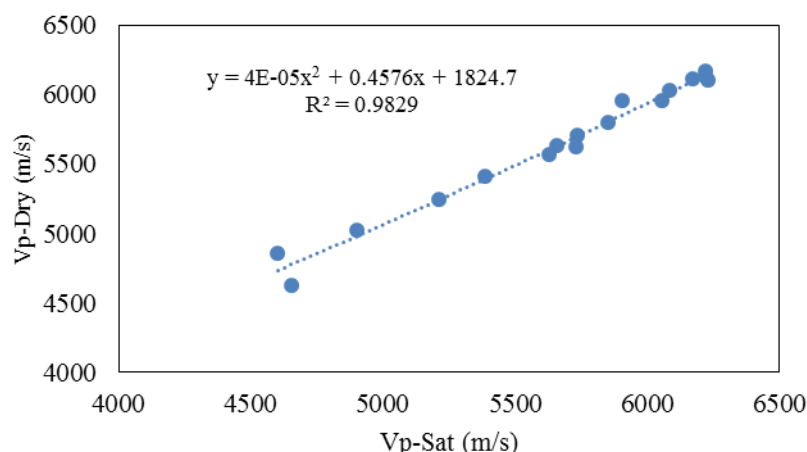
جدول (۲) روابط به دست آمده بین سرعت موج فشاری خشک و اشباع در ماسه سنگ

شماره	معادله	R ²	نوع معادله
۱	$Vp-dry = 4E-05(Vp-sat)^2 + 0.4576(Vp-sat) + 1824.7$	۰/۹۸۲۹	چند جمله‌ای
۲	$Vp-dry = 2269.2e^{0.0002(Vp-sat)}$	۰/۹۸۰۱	نمایی
۳	$Vp-dry = 4713\ln(Vp-sat) - 35062$	۰/۹۷۸۹	لگاریتمی
۴	$Vp-dry = 0.8721(Vp-sat) + 706.89$	۰/۹۸۲۵	خطی
۵	$Vp-dry = 3.1242(Vp-sat)^{0.8679}$	۰/۹۷۹۷	توانی

جدول (۳) روابط به دست آمده بین سرعت موج فشاری خشک و سرعت موج فشاری اشباع در شیست و فیلیت

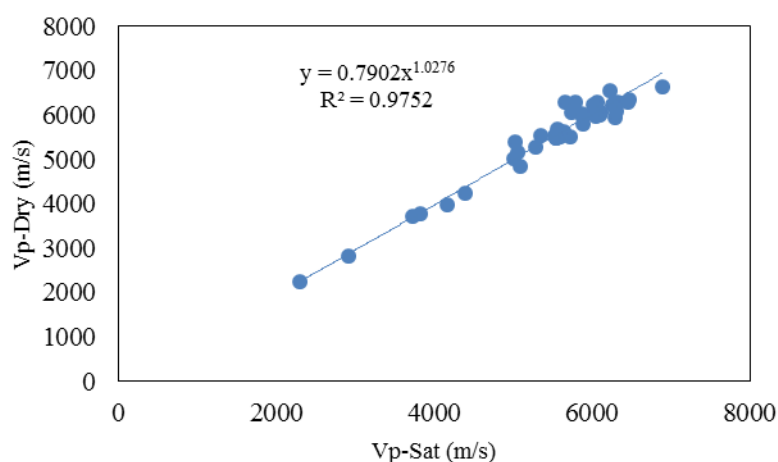
شماره	معادله	R ²	نوع معادله
۱	$Vp-dry = -4E-05(Vp-sat)^2 + 1.4024(Vp-sat) - 904.13$	۰/۹۵۹۴	چند جمله‌ای
۲	$Vp-dry = 1535.1e^{0.0002(Vp-sat)}$	۰/۹۴۴۲	نمایی

لگاریتمی	۰/۹۶۴	$Vp-dry = 4438.6 \ln(Vp-sat) - 32623$	۳
خطی	۰/۹۵۶۶	$Vp-dry = 1.01(Vp-sat) - 37.282$	۴
توانی	۰/۹۷۵۲	$Vp-dry = 0.7902(Vp-sat)^{1.0276}$	۵



شکل (۱) ارتباط بین سرعت موج فشاری خشک و اشباع بر اساس رابطه پیشنهادی برای ماسه سنگ

◆◆◆◆◆◆

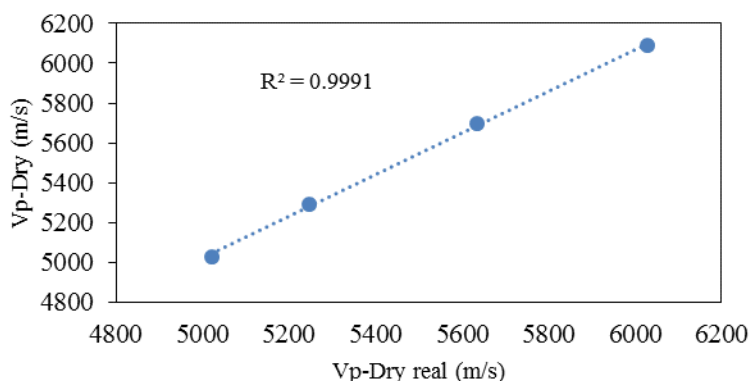


شکل (۲) ارتباط بین سرعت موج فشاری خشک و اشباع بر اساس رابطه پیشنهادی برای سنگ‌های شیست و فیلیت

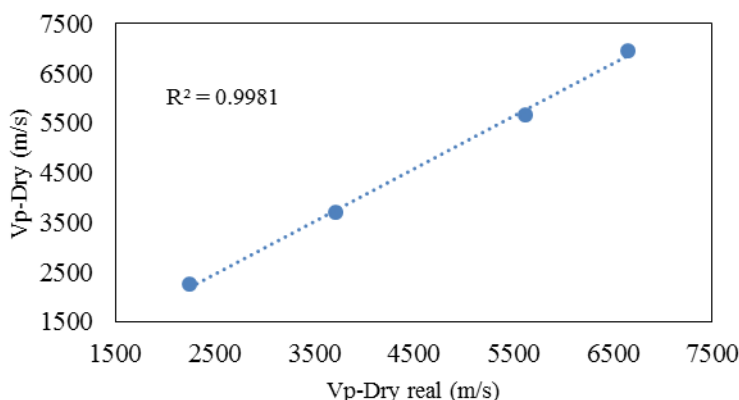
◆◆◆◆◆◆

بحث و تحلیل نتایج:

به منظور اعتبارسنجی روابط پیشنهادی بین سرعت موج فشاری در حالت‌های خشک و اشباع برای شیست، فیلیت و ماسه سنگ، نتایج حاصل از این روابط با مقادیر واقعی در این بخش مورد مقایسه قرار گرفته است. بر این اساس، مقایسه بین نتایج حاصل از رابطه پیشنهادی برای تعیین سرعت موج فشاری و مقادیر واقعی در ماسه سنگ و در سنگ‌های شیست و فیلیت به ترتیب در شکل-های (۳) و (۴) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ضریب تصمیم‌گیری حاصل از روابط پیشنهادی نزدیک به ۱ است و لذا می‌توان نتیجه گرفت که این روابط از قابلیت خوبی برای تخمین غیر مستقیم سرعت امواج فراصوتی در ماسه سنگ و شیست و فیلیت برخوردار هستند.



شکل ۳) مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر محاسبه شده سرعت موج فشاری خشک با استفاده از Vp-sat



شکل ۴) مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر محاسبه شده سرعت موج فشاری خشک با استفاده از Vp-sat

◆◆◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری:

در تحقیق حاضر روابط بین سرعت موج P در شرایط خشک و اشباع مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا نمونه‌های مغزه‌ای از سنگ‌های شیست، فیلیت و ماسه سنگ در ساختگاه سد آزاد مریوان آماده سازی و پایگاه داده مناسب تهیه گردید. در ادامه بر اساس تحلیل‌های آماری انجام گرفته، روابط تجربی مختلفی بین سرعت موج فشاری در حالت‌های خشک و اشباع توسعه داده شد. سپس، رابطه‌ای با بیشترین مقدار شاخص R^2 به عنوان رابطه‌ی بهینه پیشنهاد گردید. بر این اساس، برای ماسه سنگ رابطه چند جمله‌ای و برای شیست و فیلیت رابطه توانی به عنوان روابط بهینه انتخاب شد. در نهایت، اعتبارسنجی روابط پیشنهادی بر اساس داده‌های واقعی صورت گرفت. اعتبارسنجی انجام شده نشان داد که نتایج حاصله همبستگی و تطابق خوبی با داده‌های واقعی دارند. بنابراین، از روابط پیشنهادی در این تحقیق می‌توان برای پیش‌بینی سرعت موج فشاری در شرایط مختلف با اطمینان بالا استفاده کرد که با توجه به سهولت کار و عدم نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی، باعث صرفه جویی در زمان و هزینه خواهد شد.

◆◆◆◆◆◆◆◆

References:

- [1] Kahraman, S., 2007. "The correlations between the saturated and dry P-wave velocity of rocks ", Ultrasonics, Vol. 46, p. 341-348.
- [2] Shi, G., Yang D. 2002. "Determination of the elastic wave velocities in porous rocks with the change of overburden pressure and its universal significance ", Science in China (Series D), Vol. 45, No. 7, p. 635-642.
- [3] Kassab, M.A., Weller, A., 2015. "Study on P-wave and S-wave velocity in dry and wet sandstones of Tushka region, Egypt ", Egyptian Journal of Petroleum, Vol. 24, p. 1-11.



- [4] Lama, R.D., Vutukuri, V.S., 1978. *"Handbook on Mechanical Properties of Rocks"*, Vol. 2, Trans Tech Publications, Clausthal, Germany.
- [5] Kahraman, S., Fener, S., Kilic, C.O., 2017. *"Estimating the Wet-Rock P-Wave Velocity from the Dry-Rock P-Wave Velocity for Pyroclastic Rocks"*, Pure Appl. Geophys., Vol. 174, p. 2621-2629.
- [6] ISRM, 1981. *"Rock characterization testing and monitoring"*, ISRM suggested methods, Pergamon Press, Oxford.
- [7] ASTM, 2002. *"Soil and rock Annual Book of ASTM Standards"*. West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials, 4.08 4.

مطالعه ویژگی های زمین شناسی مهندسی تراورتن های منطقه شمال آوج در استان قزوین

♦♦♦♦♦♦♦♦

سید داود محمدی (عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، s_d_mohammadi@yahoo.com)

بهروز رفیعی (عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان)

کمال کریمی (دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، kkarimi7055@gmail.com)

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

شناخت ویژگی های ژئوتکنیکی سنگ ها در اجرای پروژه های مهندسی و معدن از اهمیت به سزایی برخوردار است. در این پژوهش جهت شناخت ویژگی تراورتن های منطقه اروان، نمونه هایی از این سنگ ها هاتپیه گردید و در آزمایشگاه ویژگی های ژئوتکنیکی آن ها تعیین شده است. نتایج آزمایش ها نشان می دهد که سنگ های منطقه با توجه به طبقه بندی مهندسی سنگ بکر در رده DL قرار می گیرد. همچنین با مقایسه نتایج آزمایش های انجام شده با جداول استاندارد ویژه، مشخص گردید که سنگ های مورد مطالعه برای کاربرد در اکثر پروژه های مهندسی به ویژه سنگ نما از مطلوبیت مناسبی برخوردار می باشد

کلید واژه ها: تراورتن، ویژگی های ژئوتکنیکی، منطقه آوج

The Study of geological features of travertine engineering in northern Avaj region in Qazvin province

Abstract:

Understanding the geotechnical features of rocks in the implementation of engineering and mining projects is of great importance. In this research, to find out the travertine traits of the Eran area, samples of these rocks were prepared and in the laboratory their geotechnical characteristics were determined. The results of the experiments show that the rocks of the area are classified in the category DL according to the classification of engineering stone. Also, by comparing the results of experiments performed with special standard tables, it was found that the studied rocks are suitable for use in most engineering projects, especially stone.

Keywords: travertine, geotechnical features, Avaj region.

♦♦♦♦♦♦♦♦

مقدمه:

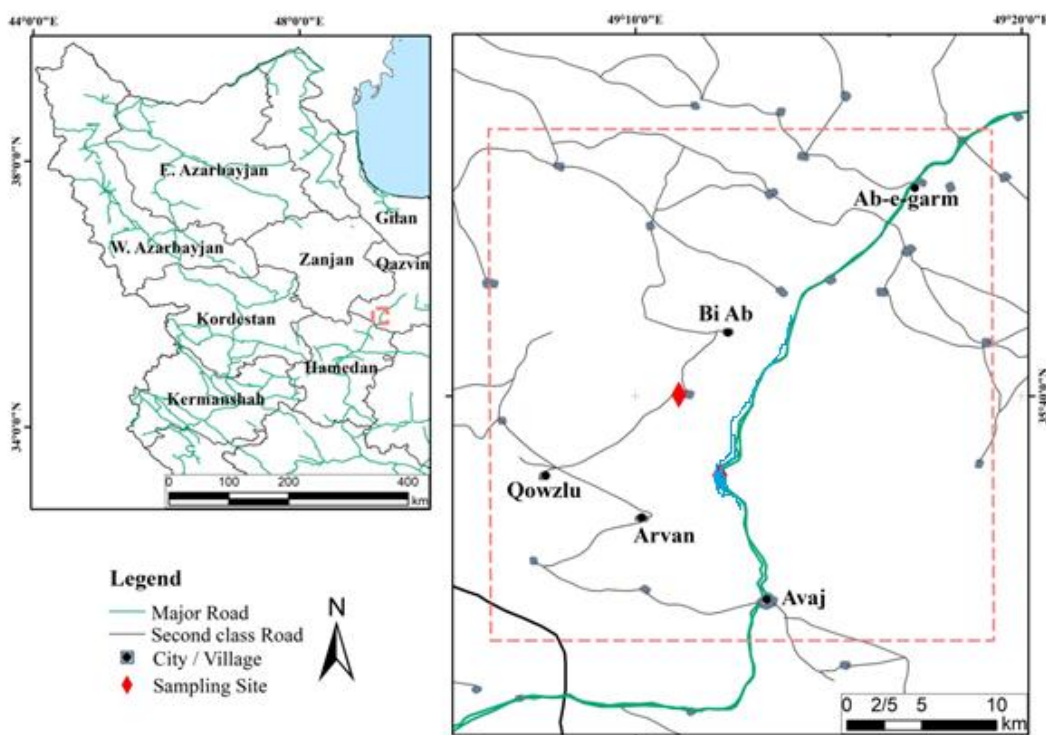
تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ بکر در پروژه های عمرانی که با سنگ سر و کار دارند از اهمیت چشم گیری برخوردار است و در مراحل اولیه اجرای سازه های مهندسی مدنظر قرار می گیرد. اندازه گیری این پارامترها معمولاً با استفاده از آزمایش های مکانیک سنگ صورت می گیرد. با توجه به اینکه اکثر پروژه ها بر روی توده 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. اهمیت استفاده از تراورتن ها در ساختمان سازی و استفاده به عنوان سنگ نما و افزایش ساخت وساز، باعث اهمیت مطالعه تراورتن ها شده است. به همین دلیل نمونه برداری از سنگ های تراورتن منطقه اروان قزوین صورت گرفته و در آزمایشگاه ویژگی های فیزیکی و مکانیکی آنها تعیین گردید.



موقعیت جغرافیایی

منطقه اروان واقع در استان قزوین در نزدیکی شهرستان آبگرم واقع شده است. شهرستان آبگرم در ۶۵ کیلومتری شهر قزوین و در ۱۳۰ کیلومتری شمال شرق همدان واقع است. منطقه مورد مطالعه دارای طول جغرافیایی $2^{\circ}11'49''$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ}40'28''$ قرار دارد. معدن بی آب در ۱۵ کیلومتری شهرستان آبگرم توسط جاده فرعی آسفالتی از جاده اصلی همدان قزوین جدا شده است و از طریق یک راه خاکی به منطقه مورد مطالعه منتهی می شود.

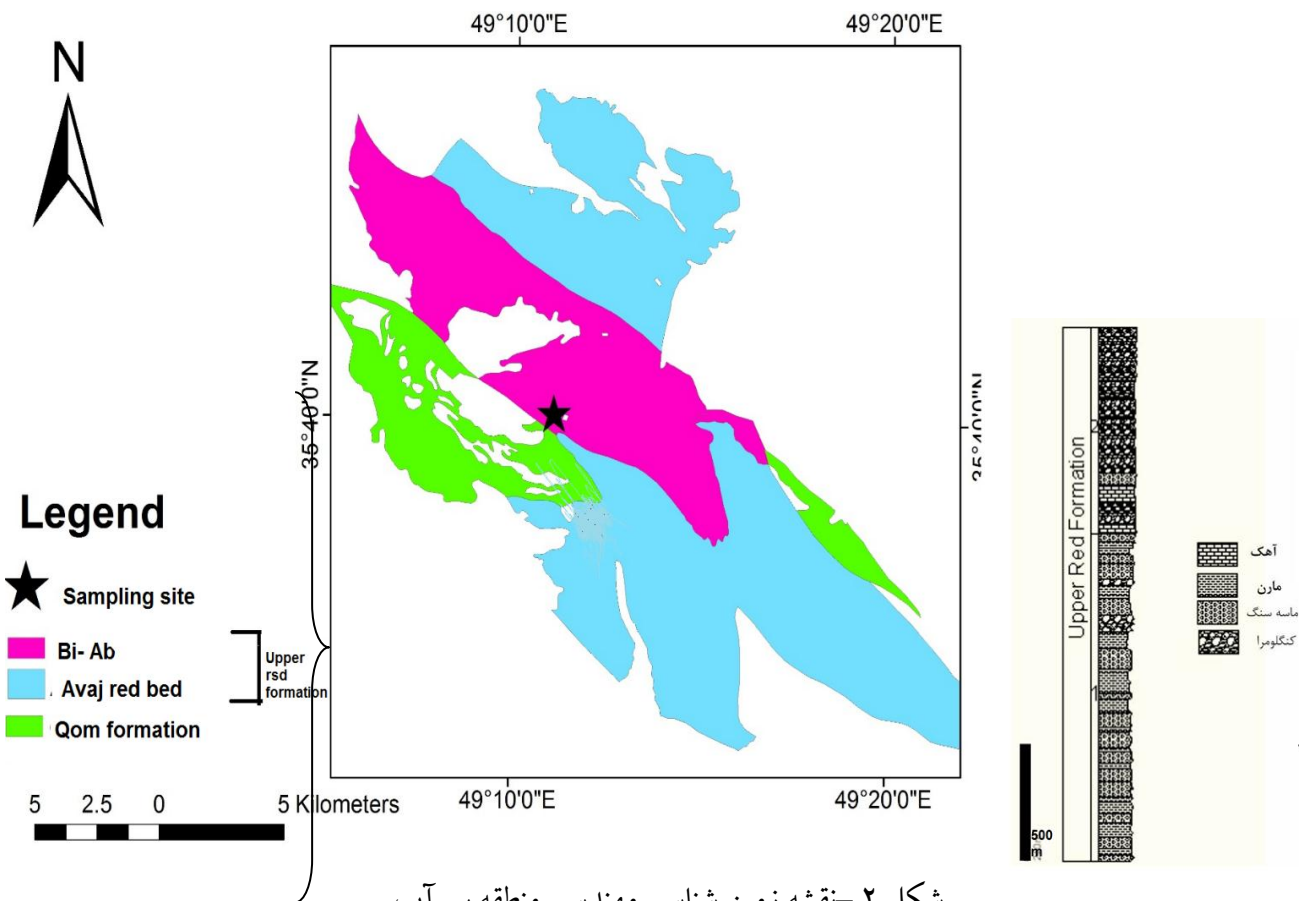


شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (WWW.gis.ir)



زمین شناسی منطقه:

منطقه مورد مطالعه در ناحیه ی آوج- آبگرم واقع در زون ایران مرکزی قرار گرفته است. این زون به صورت تختگاهی تشکیل شده است که به وسیله ی گسل های بزرگی شکسته شده و به صورت هورست و گرابن درآمده است. جهت این گسل ها موازی گسل اصلی زاگرس می باشد. تشکیل این سنگ ها در ارتباط با گسل های منطقه است و اغلب روی گسل ها یا در فاصله چند صد متری گسل های اصلی قرار گرفته اند. مورفولوژی این نهشته ها در معدن بی آب از نوع شکافی-پشته ای می باشد. سازندهای محلی رخنمون یافته در منطقه شامل سازند قم، لایه های قرمز آوج و کنگلومرای بی آب می باشد. تراورتن های منطقه مربوط به معدن بی آب بوده که در این پژوهش از آنها نمونه برداری شده است.



شکل ۲- نقشه زمین شناسی مهندسی منطقه بی آب

◆◆◆◆◆◆◆◆

روش تحقیق:

در این پژوهش پس از مطالعات اولیه بر روی منطقه مورد نظر، بررسی‌های صحرایی و جمع‌آوری نمونه صورت گرفته است. در مرحله بعد آزمایش‌های تعیین درصد رطوبت، وزن حجمی، تخلخل و پوکی، وزن مخصوص، چکش اشمیت، مقاومت بار نقطه‌ای مقاومت کششی برزیلی، مقاومت فشاری تک‌محوری و سرعت صوت مطابق استاندارد ISRM1981 انجام شده است. به منظور بررسی کارایی و کیفیت سنگ‌های مورد مطالعه جهت کاربردهای مختلف مهندسی، نتایج به دست آمده با جدول استاندارد مقایسه گردیده است (جدول ۱).

جدول ۱- استانداردهای معرفی شده برای مصالح مختلف مصالح سنگی

پارامتر نوع کاربرد	مقاومت فشاری (MPa)	ضریب نرم شوندگی	ارزش ضربه‌ای	دانسیته اشباع $(\frac{g}{cm^3})$	درصد سایش لس آنجلس	درصد جذب آب
پی و دیوار زیرزمینی	> ۵۰	> ۰/۷	-	> ۱/۸	-	< ۸٪
دیوار	> ۰/۴ - ۵۰	> ۰/۶ - ۰/۷	-	> ۰/۹ - ۲/۲	-	< ۸٪
مهندسی آب (پل - تونل)	> ۱۰۰	> ۰/۷	-	> ۱/۸	-	< ۸٪
بالاست راه آهن	> ۱۲۰	> ۰/۶	< ۲۰	-	< ۴۰	< ۸٪
سنگ نما	> ۵	> ۰/۶ - ۰/۹	-	> ۱/۸	-	< ۸٪
پوشش کانال	-	> ۰/۷	-	> ۱/۸	< ۳۰	< ۸٪
موج شکن	-	-	< ۳۰	> ۲/۶	< ۳۰	< ۲٪ * ۵٪
بتن (شن و ماسه)	-	-	-	> ۲/۳۵	< ۴۰	< ۱٪

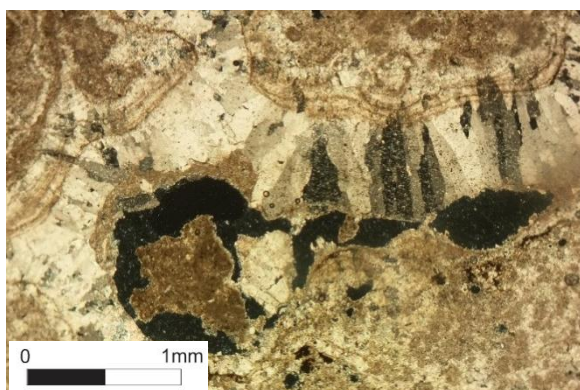
* ضریب نرم شوندگی عبارت است از نسبت مقاومت فشاری مصالح اشباع شده با آب به حالت خشک آن‌ها.

◆◆◆◆◆◆

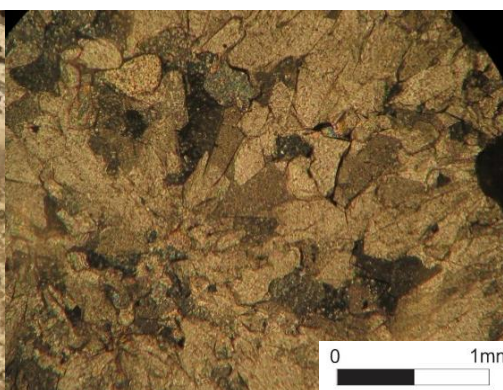
سنگ شناسی:

با بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی زمینه نمونه های سنگ بخش های تیره را میکرایت تشکیل داده است. همچنین بخش های روشن در مقطع نیز بلورهای کلسیت می باشد. میکرایت های در این معدن در اثر تبلور دوباره در حال تبدیل شدن به کلسیت دانه درشت است. بافت پلوئیدیرمقطع مقطع دیده می شود. در زمینه گل که همان خمیره می باشد. ذرات کربناته قرار دارد که براساس مورفولوژی حاصل فعالیت باکتری است. تراورتن ها زیر میکروسکوپ فاقد تخلخل هستند و یا حداکثر ۰٫۵ درصد تخلخل دارند.

الف



ب



شکل ۳- بافت اسپاریت معدن بی آب: (A) اسپاریت هم بعد، (B) اسپاریت پرکننده تخلخل



آزمایش تعیین درصد رطوبت:

آزمایش تعیین درصد رطوبت مطابق استاندارد ISRM1981 انجام شده و میانگین نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایش های تعیین درصد رطوبت

۱۰	تعداد نمونه
۱/۸۴	میانگین درصد رطوبت (٪)

آزمایش تعیین وزن های حجمی:

آزمایش های تعیین وزن های حجمی مطابق استاندارد ISRM1981 انجام شده و نتایج حاصل از آن بر روی ۱۰ نمونه استوانه ای به دست آمده از سنگ های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمایش های تعیین وزن های حجمی

وزن حجمی ($\frac{gr}{cm^3}$)	وزن واحد حجم مرطوب	وزن واحد حجم خشک	وزن واحد حجم اشباع	وزن واحد حجم مستغرق
میانگین	۲/۸۶	۲/۵۳	۲/۸۸	۱/۸۸

آزمایش های تعیین تخلخل، نسبت پوکی و وزن مخصوص قسمت جامد:

آزمایش های تعیین تخلخل، نسبت پوکی و وزن مخصوص قسمت جامد، به ترتیب بر اساس استاندارد ISRM1981 انجام شده است. این آزمایش ها بر روی ۱۰ نمونه استوانه ای شکل انجام شده که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۴- نتایج آزمایش های تعیین تخلخل، نسبت پوکی و وزن مخصوص قسمت جامد

پارامتر	وزن مخصوص قسمت جامد	تخلخل (%)	نسبت پوکی
میانگین	۲/۶۰	۴/۵۸	۰/۰۴۸

آزمایش تعیین سختی (چکش اشمیت):

آزمایش تعیین سختی چکش اشمیت مطابق با استاندارد (ISRM1987) انجام شده است. در این راستا میانگین عدد چکش اشمیت به دست آمده معادل ۲۹ به دست آمده است.

آزمایش سرعت صوت

آزمایش تعیین سرعت صوت مطابق با استاندارد ISRM1981 انجام شده است. نتایج این آزمون که بر روی ۱۰ نمونه استوانه ای شکل انجام گرفته است در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- میانگین نتایج آزمایش سرعت صوت بر روی نمونه های خشک و اشباع

پارامتر (m/s)	$V_s(sat)$	$V_p(sat)$	$V_s(d)$	$V_p(d)$
میانگین	۳۰۷۷/۸۶	۴۶۱۶/۸	۲۶۴۳/۲۰	۳۹۶۴/۸

آزمایش مقاومت فشاری تک محوری:

آزمایش مقاومت فشاری تک محوری (UCS) مرسوم ترین آزمون آزمایشگاهی برای مطالعات مکانیکی سنگ بکر می باشد. این آزمایش به عنوان آزمایش پایه در اکثر پروژه های مهندسی انجام می شود. مقاومت سنگ بکر به عنوان یک پارامتر اصلی در اکثر سیستم های طبقه بندی سنگ مورد توجه قرار گرفته است. آزمایش تعیین مقاومت فشاری تک محوری

سنگ های مورد مطالعه در شرایط خشک و اشباع، مطابق استاندارد انجام شده و میانگین نتایج انجام آن در جدول ۷ آورده شده است. لازم به ذکر است که بر اساس نتایج به دست آمده، سنگ های مورد مطالعه بر اساس رده بندی دیر و میلر رده بندی شده اند که در رده DL قرار گرفته اند که از نظر مقاومت و نسبت مدولی در رده مقاومت پایین قرار می گیرند.

جدول ۷- خلاصه نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری تک محوری

شرایط سنگ	مقاومت فشاری تک محوری (MPa)	نسبت مدولی	رده سنگ
خشک	۳۲/۴۸	۲۷/۱۵	DL
اشباع	۳۱/۰۶	۱۷/۴۵	DL

شکل ۴ نیز تصویری از وضعیت نمونه ها بعد از انجام آزمایش مقاومت فشاری تک محوری را نشان می دهد.



شکل ۴- وضعیت نمونه ها بعد از انجام آزمایش مقاومت فشاری تک محوری

آزمایش شاخص مقاومت بار نقطه ای

آزمایش مقاومت بار نقطه ای در دو حالت خشک و اشباع بر روی ۲۰ نمونه براساس استاندارد ASTM D5738 انجام گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۸ آورده شده است. شکل ۴ نیز تصویری از وضعیت نمونه ها بعد از انجام آزمایش مقاومت بار نقطه ای را نشان می دهد.

جدول ۸- نتایج حاصل از آزمایش برزیلی

شرایط نمونه	میانگین شاخص مقاومت بار نقطه ای (MPa)
خشک	۶۹/۵
اشباع	۵۶/۴



شکل ۵- وضعیت نمونه‌ها در آزمایش شاخص مقاومت بار نقطه ای

آزمایش مقاومت کششی برزیلی

آزمایش کششی برزیلی (BTS) بعد از آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری مرسوم‌ترین آزمون آزمایشگاهی برای مطالعات مکانیکی سنگ بکر می‌باشد. این آزمایش به عنوان آزمایش پایه در اکثر پروژه‌های مهندسی انجام می‌شود. این آزمایش مطابق استاندارد (ASTM-D3967) انجام شده و خلاصه نتایج حاصل از آن بر روی ۱۰ نمونه استوانه ای از سنگ انجام شده در جدول ۹ آمده است.

جدول ۹- نتایج حاصل از آزمایش برزیلی

شرایط نمونه	میانگین مقاومت کششی (MPa)
خشک	۵/۸۷
اشباع	۵/۳۸



شکل ۶- وضعیت نمونه‌ها بعد از آزمایش کششی برزیلی

◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری :

۱- باتوجه به استانداردهای مصارف مختلف مصالح سنگی نمونه سنگ مورد مطالعه جهت مصرف در سنگ نما و دیوار قابل استفاده می‌باشد.

۲- با توجه به رده‌بندی سنگ بکر براساس مقاومت فشاری تک‌محوری مقاومت سنگ مورد مطالعه در رده پایین قرار می‌گیرد.

۳- بر طبق استاندارد مصالح سنگی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس وزن واحد حجم اشباع، برای مصرف در پی، دیواره، پل، بتن و پوشش کانال مناسب می‌باشد.

◆◆◆◆◆◆

منابع فارسی :

خانلری غ. ر. ۱۳۹۴، «اصول مکانیک سنگ»، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، چاپ دوم.
فهیمی فر، ا و سروش ح، ۱۳۸۰، «آزمایش‌های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ اول.
غضنفری، س، ۱۳۹۷ «کانی شناسی و ژئوشیمی منطقه بی آب (آوج، استان قزوین)» پایان نامه کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا.

سایت www.gis.ir

◆◆◆◆◆◆

References:

-ISRM,. 1981., "Basic geotechnical description of rock masses, International Society of rock mechanics Commision on the classification of rock and masses". Int Rock Mech Min SciGeomech, Vol. 18: 85-110.

بررسی امکان کاربرد رسهای بنتونیتی در صنعت مواد خوراکی

♦♦♦♦♦♦♦♦

شیبا محمدپوری، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس (shiba.mohammadpouri@gmail.com)

محمدرضا نیکودل، دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس (nikudel@modares.ac.ir)

ماشالله خامه‌چیان، استاد گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس (khamechm@modares.ac.ir)

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

بنتونیت نوعی خاک رس است که عمدتاً از کانی‌های خانواده‌ی اسمکتیت تشکیل شده است. بنتونیت به دلیل داشتن ظرفیت جذب سطحی بالا، ظرفیت تبادل کاتیونی، آبگیری، تورم، چسبندگی، شکل پذیری و کاهش نفوذپذیری نسبت به سایر کانی‌های رسی، در صنایع فرآوری، کاربردهای کشاورزی، برنامه‌های مهندسی و ساخت و ساز، بازسازی محیط زیست، زمین شناسی و در بسیاری از برنامه‌های کاربردی مختلف استفاده می‌شود. ما در این تحقیق بدنبال پاسخ این سؤال هستیم که «آیا امکان استفاده از این کانی‌ها در صنعت مواد خوراکی وجود دارد؟» برای این منظور سابقه تاریخی استفاده از رس را در مواد خوراکی بررسی نموده و با نمونه‌برداری از رسهای منطقه «سه قلعه» در استان خراسان جنوبی و انجام آزمایش‌های اولیه نشان داده‌ایم که پتانسیل استفاده از این ماده معدنی (در صورت انجام فرآوری مناسب) در بعضی از صنایع خوراکی می‌تواند وجود داشته باشد.

کلید واژه‌ها: بنتونیت؛ صنایع خوراکی؛ خواص صنعتی؛ مونتموریلونیت؛ سه قلعه

Investigating the possibility of using bentonite clays in the edible industries

Shiba Mohammad Pouri, Master Student of Geology Engineering in Trbiyat Modares University
(shiba.mohammadpouri@gmail.com)

Dr. Mohammad Reza Nikudel, Faculty member of geology department in Tarbiyat Modares University
Dr. Masha'alla Khamechiyan, Faculty member of geology department in Tarbiyat Modares University

Abstract:

Bentonite is a clay composed primarily of smectite family minerals. Bentonite due to its high absorption capacity, cation exchange capacity, dewatering, inflation, adhesion, formability and reduced permeability (in comparison with other clay minerals) have been used in enhancing industries, agricultural applications,

engineering and construction programs, environmental restoration, geology, and in many other different applications. Through this research, we want to know that if bentonite has any usage in edible industries. To answering previous question, we examined the history of using clay for edible purposes and by sampling the clay in the "Seh Qal'e" area in South Khorasan Province, and performing preliminary experiments, we showed that if those clays will appropriately enhanced, and then they have the potential for using in edible industries.

Keywords: Bentonite; Edible Industries; Industrial properties; Montemorillonite; Seh Qal'e



مقدمه :

۱- تعریف بنتونیت :

براساس تعریف جامعی که در سال ۱۹۷۲ در کنفرانس بین‌المللی AIPEA در مادرید اسپانیا مطرح شد، بنتونیت نوعی خاک رس است که فارغ از محلی که در آن قرار دارد، عمدتاً از کانی‌های خانواده‌ی اسمکتیت تشکیل شده است (نظری و خجوع، ۱۳۹۳). مهمترین کانی رسی که حدود ۸۵-۹۰ درصد بنتونیت را شامل می‌شود، مونتموریلونیت می‌باشد که دارای بالاترین ظرفیت تبادل کاتیونی است. سطوح مونتموریلونیت عمدتاً توسط اتم‌های اکسیژن پر شده‌اند که این امر موجب افزایش واکنش‌پذیری آن با سایر ترکیبات می‌شود. بدین ترتیب، بنتونیت به طور کامل در آب حل شده و دارای ظرفیت بالایی جهت انجام سایر واکنش‌ها است (Arthur and Robert, 2010).

۱-۱ نحوه‌ی شکل‌گیری و ساختار بنتونیت :

ویلیام تیلور آمریکایی نخستین کسی بود که «بنتونیت» را به صورت علمی مورد پژوهش قرار داد، اما لفظ بنتونیت برای اولین بار توسط نایت در سال ۱۸۹۸ برای رس‌های کلئیدی با خاصیت پلاستیسیته بالا در بسترهای نوع کرتاسئوس در اطراف محل فورت بنتون، شهر وایومینگ واقع در ایالت مونتانا، استفاده گردید (Inglethorpe et al., 1993). دو منشأ رایج تشکیل بنتونیت‌ها به شرح زیر است:

۱. هوازدگی و دگرسانی خاکسترهای آتشفشانی: بنتونیت عموماً بر اثر هوازدگی و دگرسانی خاکسترهای

آتشفشانی در حضور آب تشکیل می‌شود و سنگ منشأ آن اکثراً بازیک است (Soga and Mitchell, 2005;)

(Grim and Guven, 2011; Pusch, 2015).

۲. تغییرات هیدروترمال سنگ‌های آذرین: بنتونیت‌های موجود در اسپانیا، مجارستان، الجزایر و یونان نشان-

دهنده‌ی تغییرات هیدروترمال سنگ‌های آذرین هستند؛ زیرا در این بنتونیت‌ها بافت اصلی سنگ مادر حفظ

شده است (Grim and Guven, 2011; Pusch, 2015).

بنتونیت دارای ساختاری سه لایه دارد: یک لایه آلومینیوم هشت وجهی بین دو لایه سیلیس چهار وجهی قرار می‌گیرد که

عامل اصلی در افزایش سطح ویژه‌ی آن در مقایسه با سایر کانی‌های رسی است (Das and Sobhan, 2013; Praetorius and)

(Schößer, 2017).

بنتونیت حاوی کاتیون‌های قابل مبادله Ca^{+2} ، Na یا Mg^{+2} بوده و به جز زئولیت، ظرفیت تبادل یونی آن از هر کانی دیگری

بیشتر است. این خاصیت بر ویژگی‌های تجاری آن تأثیر گذاشته و تقسیم بندی آن بر همین اساس صورت می‌گیرد به

گونه‌ای که بنتونیت دارای سدیم، بنتونیتی با قابلیت تورم بسیار بالا و نوع کلسیم دار آن دارای ظرفیت تورم پایین می‌باشد

(خرم جاه، ۱۳۹۴).

۱-۲ تاریخچه‌ی استفاده از رس در صنعت :

در دهه‌ی گذشته، کاربرد صنعتی رس‌ها افزایش پیدا کرده است و از آن در بسیاری از صنایع بهره‌گرفته‌اند. در حال

حاضر از رس‌ها در گستره وسیعی از صنایع از قبیل کاغذسازی، رنگ، مواد اولیه سرامیکی، کاتالیزورها، مواد خوراکی و

مواد افزودنی غذایی، جذب و حامل، داروها، لوازم آرایشی و بسیاری دیگر استفاده می‌کنند. ساختار بنیادی و خواص سطح

رس ها و مواد معدنی رس ها باعث کاربرد صنعتی و محیطی آنها شده است. در واقع کاتیون هایی که توسط رس ها برای جبران بار منفی جذب می شوند بسیاری از خواص مهم و کلوئیدی آنها را مشخص می کنند. ساختار بنیادی و خواص سطح رس ها و مواد معدنی رس ها باعث کاربرد صنعتی و محیطی آنها شده است. در واقع کاتیون هایی که توسط رس ها برای جبران بار منفی جذب می شوند بسیاری از خواص مهم و کلوئیدی آنها را مشخص می کنند. یکی از رس های مهم مورد استفاده در صنعت بنتونیت می باشد. ترکیب آب و بنتونیت، دارای کاربرست های عمده ای در صنعت است؛ زیرا خواص فیزیکی محلول حاصل، به دلیل تغییر نسبت آب به خاک تغییر می کند. بر همین اساس می شود گفت که ظرفیت تورم رس بنتونیت، دارای اهمیت عمده ای در مصارف صنعتی است و میزان این ظرفیت تورمی نیز بسته به مبادله ی یون هاست (Murray, 1997; Kühnel, 1990; Grim and Guven, 2011).

۱-۱-۳ معادن عمده ی بنتونیت در ایران :

در ایران کانسار بنتونیتی با سن کرتاسه یا کهن تر شناخته نشده است. همه ی بنتونیت های ایران سن جوان تر از کرتاسه را دارند که بیشتر در اثر فعالیت های آتشفشانی ائوسن به وجود آمده اند. با توجه به شواهد به دست آمده از کانسار های ایران، می توان گفت که بیشتر آنها از راه فرآیند های دیاژنتیکی و از دگرسانی سنگ های آتشفشانی اسیدی (داسیتی تا ریولیتی) ائوسن به وجود آمده اند. کانسارهای بنتونیتی ایران در ۶ منطقه وجود دارند. این مناطق به شرح زیر می باشند: (Hejazi and Ghorbani, 1994)

۱) زون بنتونیتی زاگرس

۲) زون بنتونیتی تفرش- تکاب

۳) زون بنتونیتی البرز- آذربایجان

۴) زون بنتونیتی ایران مرکزی

۵) زون بنتونیتی سمنان- ترود

۶) زون بنتونیتی شرق ایران



۲- استفاده از رس در مواد خوراکی :

یکی از نخستین متونی که در آن به خوردن خاک رس اشاره شده است، متون ارسطو فیلسوف یونانی است. (Mahaney et al., 2000). رس‌های خوراکی به روش‌های مختلفی عرضه می‌شوند. بیشترها در بازارهای اسکوئی‌پولا (از شهرهای واقع در شرق کشور گواتمالا) قرص‌های خوراکی ساخته شده از رس را با نمادهای سرخپوستی و مسیحی حک شده بر روی آن عرضه می‌کردند. در برخی از کشورهای آمریکای لاتین، بر این قرص‌های خوراکی، عنوان نان مسیح (Christ bread) را اتلاق می‌کردند. زمانی که رس خورده شده وارد دستگاه گوارش می‌شود، باعث از بین بردن و خنثی‌سازی ماده سمی یا جذب مولکول‌های خطرناک و کاتیون‌ها می‌شود. در واقع می‌توان گفت که استفاده از رس در مواد خوراکی در رفع گرفتگی معده، اسهال، یبوست، سندرم روده‌ی تحریک پذیر (IBS) مؤثر است. کاتیون‌ها و آنیون‌های سمی که از طریق خوردن غذاهای آلوده مانند شیر و سبزیجات وارد معده انسان و حیوانات می‌شوند، می‌تواند با استفاده از رس از بین برد. سه نوع از خطرناک‌ترین رادیونوکلئیدها، ید، سزیم و استرانسیم هستند. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که این رادیونوکلئیدها با استفاده‌ی از کاربرد رس در مواد خوراکی، از بدن دفع می‌شوند (Williams et al., 2009).

۳- ترکیب رس‌های خوراکی :

طبق تحقیق انجام شده توسط کیکوما و همکاران (۲۰۰۹)، بهترین رس جهت کاربرد خوراکی باید دارای درصدهایی از عناصری باشد که در جدول شماره ۱، ذکر شده است. کیکوما و همکارانش در قالب جدول ذیل، ترکیب شیمیایی سه نمونه‌ی متفاوت از رس بنتونیت با امکان کاربردپذیری بالا در صنایع خوراکی را با همدیگر مقایسه کرده‌اند.

جدول (۱) مقدار عناصر مورد نیاز برای کاربرد رس در مواد خوراکی (Kikouama and et al., 2009)

%	CNR	CNJ	CNF
SiO ₂	47.56	46.09	48.17
Al ₂ O ₃	33.11	33.09	33.06
Fe ₂ O ₃	3.38	3.35	2.86
MgO	0.22	0.49	0.27
CaO	0.07	0.08	0.09

Na ₂ O	0.27	0.14	0.11
K ₂ O	1.09	1.19	1.04
TiO ₂	1.63	1.41	1.33
P ₂ O ₅	0.07	0.07	0.06

۴- مقایسه ترکیب رس‌های خوراکی بارس‌های منطقه سه قلعه :

در این پژوهش شانزده نمونه از رس بنتونیت منطقه‌ی سه قلعه، انتخاب جهت بررسی به آزمایشگاه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس جهت بررسی آن برای کاربرد در مواد خوراکی انتقال داده شد. بر روی این نمونه‌ها آزمایش XRF انجام شد نتایج اولیه نشان داد که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین رس‌های منطقه با ترکیب رسی مورد نیاز وجود دارد از بین نمونه‌ها در شرایط طبیعی ۵ نمونه وضعیت بهتری در مقایسه با رس‌های مناسب برای مصرف خوراکی داشتند که در جدول ۲، ارائه شده‌اند.

جدول (۲) مقادیر اکسیدهای اصلی رس‌های سه قلعه قبل از فرآوری

%	363-16	363-17	363-20	363-22	363-25
SiO ₂	66.407	60.625	63.226	57.231	62.636
Al ₂ O ₃	12.608	12.576	12.909	12.511	14.629
Fe ₂ O ₃	1.654	2.018	2.331	6.39	2.492
MgO	2.602	2.124	2.586	2.243	2.576
CaO	0.832	3.941	0.76	0.791	2.083
Na ₂ O	2.614	2.768	2.562	1.971	3.696
K ₂ O	0.933	1.215	2.067	5.426	0.675
TiO ₂	0.312	0.3997	0.308	0.646	0.318
P ₂ O ₅	0.108	0.097	0.085	0.055	0.119

پس از شستشو نمونه با آب و اسید و آب مقطر وضعیت این نمونه‌ها بطور میانگین سی درصد بهتر شد یعنی میزان SiO₂ کاهش و میزان Al₂O₃ افزایش و مقدار CaO به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. این نتایج محققین را امیدوار نموده است که با ادامه روش خالص سازی و انتخاب از روش‌های خالص سازی اقتصادی، امکان تهیه رس خوراکی از بعضی معادن منطقه وجود دارد.



نتیجه گیری :

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که رس های بنتونیت منطقه ی سه قلعه می توانند در جهت مصارف خوراکی، مورد بهره برداری قرار بگیرند. چنین پیداست که در آینده نیز روند استفاده ی از رس ها و مواد معدنی موجود در آنها به همین ترتیب افزایش پیدا خواهد کرد. تکنیک های جدید جهت تغییر مواد معدنی رس ها و نیز برنامه های کاربردی جدید، می توانند موجب افزایش کیفیت آنها شوند.

تشکر و قدردانی :

در اینجا لازم می دانیم که از آزمایشگاه زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس و شرکت فردوس پودر که در تهیه نمونه ها محققین را یاری نموده اند تشکر نماییم.



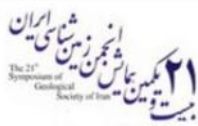
منابع فارسی :

- ۱- خرم جاه، فاطمه (۱۳۹۴)، مروری بر انواع بنتونیت و کاربردهای آن در صنایع مختلف بویژه صنعت حفاری، اولین همایش ملی تکنیک های نوین در تجهیزات و مواد آزمایشگاهی صنعت نفت، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۲- نظری، مازیار؛ خجو، مژگان (۱۳۹۳)، بنتونیت خاک صد کاره، رشد آموزش زمین شناسی، دوره ی بیستم، شماره ۲.



References:

- 3- Arthur, G. C., & Robert, W. D. (2010). Industrial applications of bentonite. *American Colloid Company, Skokie, Illinois*. 272, 283.
- 4- Das, B. M., & Sobhan, K. (2013). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage learning.
- 5- Grim, R. E., & Guven, N. (2011). *Bentonites: geology, mineralogy, properties and uses* (Vol. 24). Elsevier.
- 6- Hejazi, M., Ghorbani, M. (1994). Bentonite- Zeolite. Geological Survey of Iran.
- 7- Inglethorpe, S. D. J., Morgan, D. J., Highley, D. E., & Bloodworth, A. J. (1993). Industrial Minerals Laboratory Manual "Bentonite", British Geological Survey Technical Report WG/93/20. *Mineralogy and Petrology Series, Natural Environment Research Council, London. Google Scholar*.
- 8- Kühnel, R. A. (1990). The modern days of clays. *Applied Clay Science*, 5(2), 135-143.
- 9- Kikouama, J. O., Konan, K. L., Katty, A., Bonnet, J. P., Baldé, L., & Yagoubi, N. (2009). Physicochemical characterization of edible clays and release of trace elements. *Applied Clay Science*, 43(1), 135-141.



۲۳ و ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷
Qom, 14-15 Nov., 2018
دانشگاه پیام نور قم



- 10- Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamentals of soil behavior* (Vol. 3). New York: John Wiley & Sons.
- 11- Mahaney, W. C., Milner, M. W., Hs, M., Hancock, R. G. V., Aufreiter, S., Reich, M., & Wink, M. (2000). Mineral and chemical analyses of soils eaten by humans in Indonesia. *International Journal of Environmental Health Research*, 10(2), 93-109.
- 12- Murray, H. H. (1997). Clays for our future. In *Proc 11th intern clay conf Ottawa* (pp. 3-11). .
- 13- Praetorius, S., & Schößler, B. (2017). *Bentonite Handbook: Lubrication for Pipe Jacking*. John Wiley & Sons (pp. 9-10)
- 14- Pusch, R. (2015). *Bentonite clay: environmental properties and applications*. CRC Press.
- 15- Williams, L. B., Haydel, S. E., & Ferrell Jr, R. E. (2009). Bentonite, band aids, and borborogmi. *Elements*, 5(2), 99-104.

تغییرات میزان تغییر شکل در جبهه کار تونل با تغییر روباره و پارامترهای ژئومکانیکی سنگ میزبان



سعید مهدوی، استادیار، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، smahdevvari@cc.iut.ac.ir

وحید امیرکیایی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، v.amirkiyaei@mi.iut.ac.ir



چکیده:

بررسی پروفیل طولی تونل یکی از ملزومات اساسی در طراحی تونل است که میزان بار وارده بر نگهداری نصب شده و مقدار نشست در سطح زمین را کنترل می کند. مطالعات انجام شده تاکنون در قالب تحلیل های الاستیک بوده و پارامترهای ژئومکانیکی سنگ میزبان را منظور نمی کند. لذا در این پژوهش با بهره گیری از مدل سازی سه بعدی تاثیر روباره و پارامترهای ژئومکانیکی سنگ میزبان بر پروفیل طولی تونل بررسی شده است. نتایج تحلیل نشان داد که میزان تغییر شکل در جبهه کار تونل در مقایسه با تغییر شکل کل تونل از ۳۱ تا ۶۰ درصد متغیر و به طور متوسط ۴۱ درصد است. افزایش روباره تا ۲۵۰ متر منجر به افزایش درصد تغییر شکل در جبهه کار شده و بعد از آن تاثیری بر درصد تغییر شکل در جبهه کار ندارد. تاثیر تغییرات مدول تغییر شکل در بازه ۰/۸ تا ۵ گیگاپاسکال بر تغییر شکل آزاد شده در جبهه کار قابل چشم پوشی است و با افزایش چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی مقدار تغییر شکل مذکور کاهش پیدا می کند. با افزایش چسبندگی، تاثیر زاویه اصطکاک داخلی بر درصد تغییر شکل ایجاد شده در جبهه کار کمتر می شود.

کلید واژه ها: پروفیل طولی تونل، شبیه سازی عددی، تغییر شکل جبهه کار

Considering the strain in tunnel face by changing the overburden and geomechanical parameters of the host rock

Saeid mahdavi, Assistant professor, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology, Iran, smahdevvari@cc.iut.ac.ir

M.Sc. student, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology, Iran, v.amirkiyaei@mi.iut.ac.ir

Abstract:

The longitudinal displacement profile of tunnel is one of the essential parameters in the design of tunnels. As it determines the quantity of load carried by support and controls the amount of ground subsidence. The studies up to now, applied elastic analysis to consider longitudinal displacement profile and did not include geomechanical parameters of the host rock. So, in this study using 3D numerical simulation, the effect of the overburden and geomechanical parameters of the host rock on the longitudinal profile of tunnel has been investigated. The results of the analysis showed that the strain at the tunnel face is in the range of 31 to 60 percent and an average of 41 percent in comparison with total strain of tunnel. Increasing overburden up to 250 meters leads to an increase in strain at the tunnel face and if the overburden is more than 250 meters, it does not affect the strain at the tunnel face. The effect of deformation modulus variations in the range of 0.8 to 5 GPa on the strain at the

tunnel face could be neglected. In addition, the strain at the tunnel face decreases with increasing cohesion and internal friction angle. By increasing cohesion, the effect of the friction angle on the strain at the tunnel face decreases.

Keywords : Longitudinal profile of the tunnel, numerical simulation, Strain at the tunnel face



مقدمه :

گسترش حمل و نقل عمومی در کلان شهرها با رشد جمعیت امری اجتناب‌ناپذیر است. به دلیل عدم امکان آزادسازی زمین در محیط‌های پرتراکم شهری از نقطه نظر فنی و اقتصادی و برخورد با تاسیسات شهری، ساخت تونل‌های مترو به عنوان یک راه حل از نقطه نظر فنی، اقتصادی و ایمنی در کلان‌شهرها پذیرفته شده است. یکی از نکات قابل توجه در ساخت تونل، پروفیل جابه‌جایی تونل است. تغییرشکل تونل از حدود دو برابر قطر تونل قبل از جبهه کار حفاری شروع شده با پیشروی جبهه کار مقدار آن افزایش پیدا کرده و در نهایت به یک مقدار بیشینه همگرا شده و پیشروی جبهه کار تاثیری بر مقدار آن ندارد [Hoek 1999].

یکی از نقاط کلیدی در پروفیل جابه‌جایی تونل، میزان تغییرشکل در رخساره تونل یا جبهه کار حفاری است که مقدار آن ۲۵ تا ۳۰ درصد تغییرشکل کل تونل گزارش شده است [Panet and Guenot 1982, Corbetta et al. 1991, Panet 1995, Carranza and Fairhurst 2000, Unlu and Gercek 2003].

میزان تغییرشکل در جبهه کار از این نقطه نظر اهمیت دارد که کمینه نشست قابل انتظار در سطح زمین را کنترل می‌کند. هرچه میزان تغییرشکل در جبهه کار کمتر باشد، میزان نشست در سطح زمین کمتر خواهد بود. برای کم کردن میزان تغییرشکل تونل در جبهه کار باید از روش‌های پیش‌تحکیمی همانند فورپولینگ استفاده کرد که کارآیی آن در مقایسه با روش حفاری NATM و نگهداری جبهه کار با استفاده از میل‌مهارهای فایبرگلاس و شاتکریت بیشتر است [Ockac 2008]. میزان تغییرشکل در جبهه کار مقدار زمین از دست رفته (Ground Loss) در حفاری مکانیزه را نیز کنترل می‌کند. این ضریب مشخص می‌کند حجم مواد حاصل از حفاری چند درصد بیشتر از حجم تونل حفاری شده است. که هر چه مقدار آن بیشتر باشد انتظار نشست در سطح زمین و گسترش گودال (Sink hole) بیشتر است [Attewell et al. 1986]. پروفیل جابه‌جایی تونل میزان بار اعمال شده به نگهداری موقت یا دائم نصب شده را نیز کنترل می‌کند. کمترین فاصله نصب نگهداری از جبهه کار توسط سیکل پیشروی تونل کنترل می‌شود. به عنوان مثال اگر سیکل پیشروی تونل ۱ متر باشد. کمترین فاصله نگهداری تا جبهه کار یک متر است. لذا باید میزان تغییرشکل یا آزادسازی تنش در فاصله یک متری از جبهه کار ارزیابی و در محاسبه ظرفیت باربری سیستم نگهداری اعمال شود.

یکی از پارامترهای اساسی که در انتخاب ماشین‌های حفار تمام‌مقطع تک سپر و سپر دویل موثر است. نیروی پیشران (Thrust) مورد نیاز حفاری است که مقدار آن با توجه به قطر ماشین، قطر تونل، پروفیل جابه‌جایی تونل و منحنی واکنش زمین ارزیابی می‌شود.

محققان بسیاری پروفیل تغییر شکل طولی تونل را مورد بررسی قرار داده‌اند و میزان تغییر شکل تونل را با توجه به فاصله از جبهه کار و قطر تونل ارزیابی کرده‌اند ولی تاثیر پارامترهای ژئومکانیکی تونل و میزان روباره در این مطالعات منظور نشده است. لذا هدف این پژوهش بررسی تاثیر روباره و پارامترهای ژئومکانیکی سنگ میزبان بر پروفیل طولی تونل است که در مطالعات پیشین مدنظر قرار نگرفته است. به این منظور با استفاده از نرم‌افزار FLAC3D ۱۸۰ مدل عددی در شرایط ژئومکانیکی و روباره‌های متفاوت ساخته شده و پروفیل طولی تونل مورد بررسی قرار گرفته است.



روش تحقیق:

۱-۲- شبیه‌سازی عددی

در شبیه‌سازی عددی از معیار شکست موهر-کلمب که یک معیار شناخته شده در شبیه‌سازی محیط‌های خاکی و سنگی است، استفاده شده است. قطر تونل ۷ متر منظور شده و سه روباره ۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ متر جهت شبیه‌سازی عددی انتخاب شده است. انتخاب روباره در این بازه امکان بررسی پروفیل طولی تونل را در تونل‌های کم عمق و عمیق به محقق می‌دهد. دامنه تغییرات پارامترهای ژئومکانیکی استفاده شده در شبیه‌سازی عددی در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱: دامنه تغییرات پارامترهای ژئومکانیکی استفاده شده در شبیه‌سازی عددی.

چسبندگی (KPa)	مدول یانگ (GPa)	زاویه اصطکاک (درجه)	ضریب پواسون
۱۰۰۰-۳۰۰	۵-۰/۸	۳۵-۲۵	۰/۳

به منظور حذف اثرات مرزی در نتایج شبیه‌سازی عددی، ابعاد مدل در جهت X، Y و Z به ترتیب ۷۰، ۱۰۰ و ۷۰ متر انتخاب شده و تونل در جهت Y حفاری شده است. کف مدل در سه جهت X، Y و Z ثابت شده و در مرزهای جانبی (مرزهای واقع شده در جهت X و Y) از تکیه‌گاه‌های غلطکی استفاده شده است. در روباره‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ متر باقیمانده وزن ستون سنگ محاسبه و در قالب تنش در راستای Z در مرز بالای مدل اعمال شده است. جهت تنش‌های اصلی افقی و قائم لحاظ شده است.

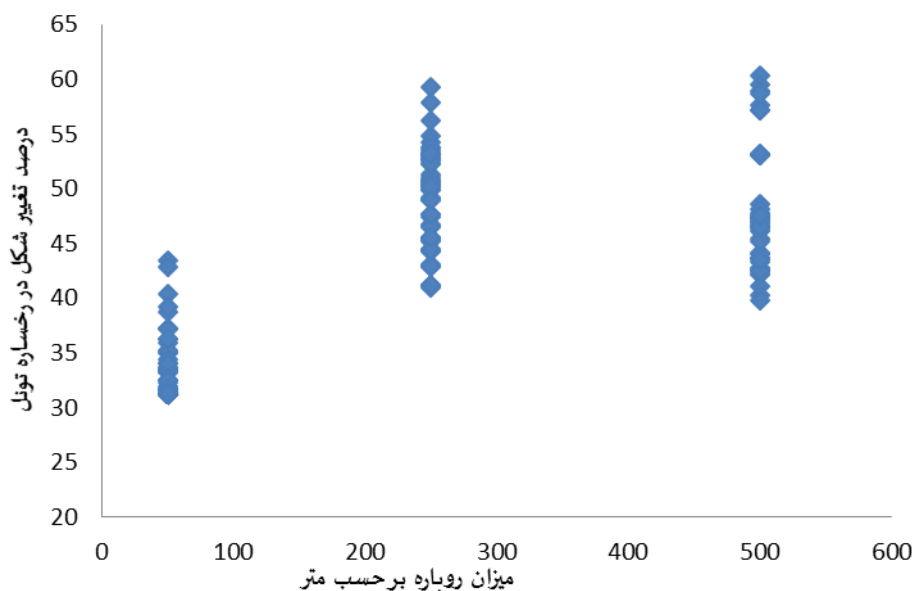
۲-۲- بحث و بررسی

همانگونه که قبلاً اشاره شد میزان تغییر شکل در جبهه کار یکی از نقاط کلیدی پروفیل طولی تونل است که مقدار آن ۲۵ تا ۳۰ درصد تغییر شکل کل تونل گزارش شده است. بر اساس نتایج مدل‌سازی عددی میزان تغییر شکل در رخساره تونل با

تغییر شرایط ژئومکانیکی نمایش داده شده در جدول ۱ و روباره تونل از ۵۰ تا ۵۰۰ متر، در بازه ۳۱ تا ۶۰ درصد تغییر می‌کند و به طور متوسط ۴۳ درصد است.

همانگونه که در شکل ۱ نمایش داده شده است مقدار متوسط تغییر شکل در رخساره تونل با افزایش روباره از ۵۰ تا ۲۵۰ متر از ۳۳ درصد تا ۴۹ افزایش پیدا می‌کند و بعد از آن با افزایش روباره تا ۵۰۰ متر تغییر نمی‌کند. تغییرات درصد تغییر شکل در رخساره تونل در مقابل مدول تغییر شکل در شکل ۲ نمایش داده شده است. همانگونه که در شکل ۲-الف مشاهده می‌شود، تغییرات مدول تغییر شکل در بازه ۰/۸ تا ۵ گیگاپاسگال تاثیری بر درصد تغییر شکل در رخساره تونل نداشته و در کل بازه تغییرات مدول، تغییرات درصد تغییر شکل در بازه ۳۰ تا ۶۰ درصد قرار گرفته است. تغییرات درصد تغییر شکل در حالتی که میزان روباره ۲۵۰ متر و چسبندگی ۳۰۰ کیلوپاسگال است در مقابل مدول تغییر شکل در شکل ۲-ب نمایش داده شده است. هرچند روند کاهشی با افزایش مدول تغییر شکل برای درصد تغییر شکل در جبهه کار مشهود است ولی بازه تغییرات آن محدود و قابل چشم‌پوشی است.

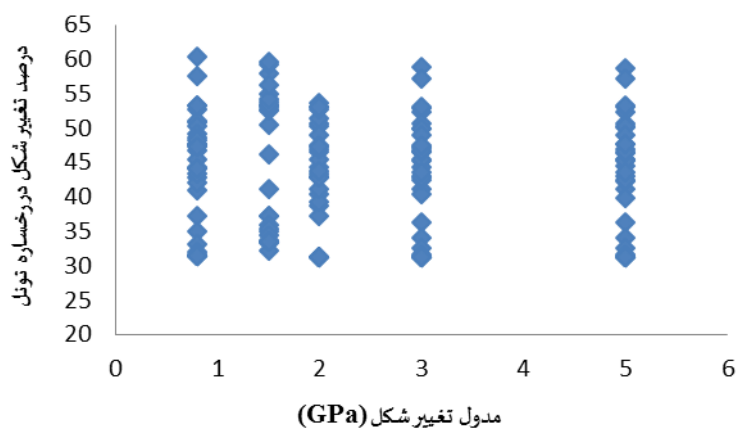
تغییرات درصد تغییر شکل در رخساره تونل در مقابل زاویه چسبندگی در شرایطی که روباره ۵۰ متر و مدول تغییر شکل ۰/۸ و ۲ گیگاپاسگال است، در شکل ۳ نمایش داده شده است. مشخص است با افزایش چسبندگی درصد تغییر شکل در رخساره تونل از مقدار متوسط ۳۸ درصد تا ۳۱ درصد کاهش پیدا کرده است و شیب تغییرات با افزایش چسبندگی کاهش داشته است.



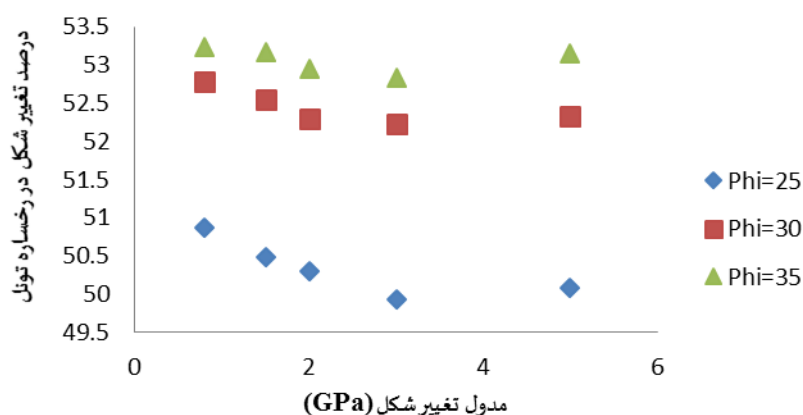
شکل ۱: تغییرات درصد تغییر شکل در جبهه کار تونل در مقابل روباره تونل

در شکل ۴ تغییرات درصد تغییر شکل در جبهه کار در مقابل زاویه اصطکاک داخلی در شرایطی که روباره ۵۰ متر است نمایش داده شده است، واضح است با افزایش زاویه اصطکاک داخلی درصد تغییر شکل در جبهه کار تونل کاهش پیدا

کرده است. ولی روند کاهشی آن فقط در چسبندگی‌های کمتر از ۵۰۰ کیلوپاسگال مشهود است. به عبارت دیگر با افزایش چسبندگی، تاثیر زاویه اصطکاک داخلی بر درصد تغییر شکل در رخساره تونل کمتر شده و در نهایت در چسبندگی بیش از ۵۰۰ کیلوپاسگال، تغییرات زاویه اصطکاک داخلی تاثیری بر درصد تغییر شکل در رخساره تونل در روباره ۵۰ متر ندارد.

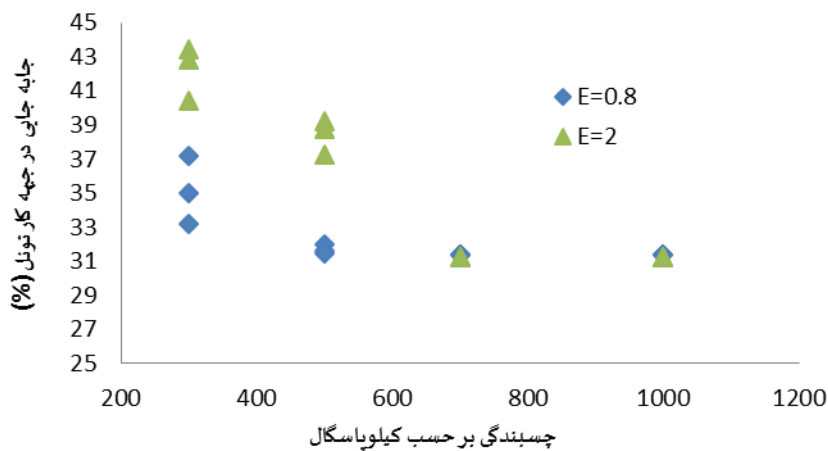


الف

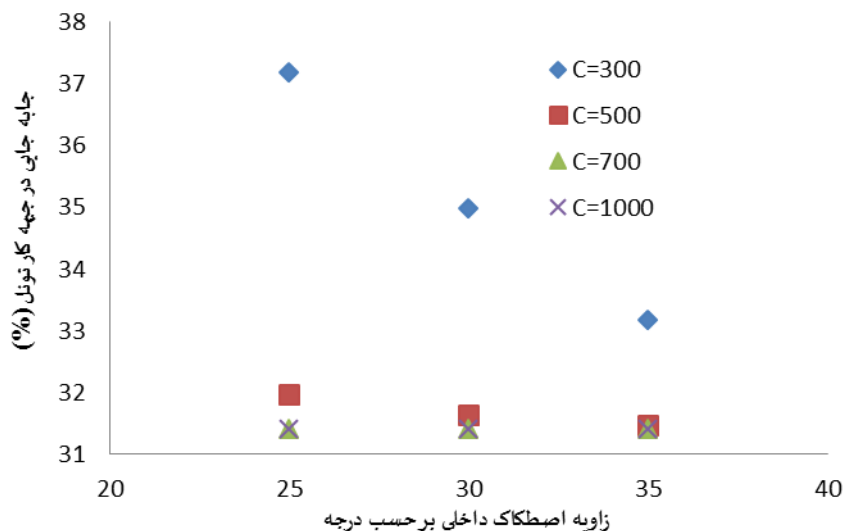


ب

شکل ۲: تغییرات درصد تغییر شکل در رخساره تونل در مقابل تغییرات مدول تغییر شکل، الف: تمام مدل‌های عددی، ب: در روباره ۲۵۰ متر و چسبندگی ۳۰۰ کیلوپاسگال.



شکل ۳: تغییرات درصد تغییر شکل در رخساره تونل در مقابل چسبندگی در شرایطی که روباره ۵۰ متر و مدول تغییر شکل ۰/۸ و ۲ گیگاپاسکال است.



شکل ۴: تغییرات درصد تغییر شکل در رخساره تونل در مقابل زاویه اصطکاک داخلی در شرایطی که روباره ۵۰ متر است.

◇◇◇◇◇◇

نتیجه گیری:

بر اساس نتایج شبیه سازی عددی، دامنه تغییرات تغییر شکل در رخساره تونل در بازه ۳۱ تا ۶۰ درصد و مقدار متوسط آن ۴۱ درصد است. با افزایش روباره تا ۲۵۰ متر، درصد تغییر شکل در رخساره تونل افزایش پیدا می کند و بعد از آن تغییر محسوسی با افزایش روباره نداشته و به طور متوسط ۵۰ درصد است.

افزایش مدول تغییر شکل تاثیر محسوسی بر درصد تغییر شکل در رخساره تونل نداشته و در کلیه مقادیر مدول تغییر شکل بازه تغییرات ۳۰ تا ۶۰ درصد برای تغییر شکل در رخساره تونل مشهود است. افزایش چسبندگی منجر به کاهش درصد تغییر شکل در رخساره تونل می شود، هر چند با افزایش چسبندگی شیب تغییرات کاهش پیدا می کند.

افزایش زاویه اصطکاک داخلی منجر به کاهش تغییرشکل آزاد شده در رخساره تونل می‌شود. این روند در شرایطی که میزان چسبندگی ناچیز باشد قابل رویت است و با افزایش مقدار چسبندگی، تغییرات زاویه اصطکاک داخلی تأثیری بر درصد تغییرشکل در رخساره تونل ندارد.

به طور کلی می‌توان بیان کرد با افزایش پارامترهای ژئومکانیکی سنگ درصد تغییرشکل در رخساره تونل کاهش پیدا می‌کند و با افزایش روباره تا ۲۵۰ متر مقدار آن افزایش پیدا می‌کند.



References:

- Attewell, P.B., Yeates, J., Selby, A.R., 1986. "Soil Movement Induced by Tunneling and Their Effects on Pipelines and Structures", New York, Chapman & Hall.
- Carranza-Torres, C. and Fairhurst, C., 2000. "Application of the convergence confinement method of tunnel design to rock masses that satisfy the Hoek Brown failure criterion", Tunnelling and Underground Space Technology, 15 (2), p. 187-213.
- Corbetta, F., Bernaud, D., Nguyen-Minh, D., 1991, "Contribution a la method convergence confinement par le principe de la similitude", Rev., Fr., Geotech. 54, p. 5-11.
- Hoek, E., 1999. "Support for very weak rocks associated with faults and shear zones", International symposium on rock support and reinforcement practice in mining, Kalgoorlie, Australia, 14-19 March.
- Ockac, I., 2008. "Control of surface settlements with umbrella arch method in second stage excavations of Istanbul Metro", Tunnelling and Underground Space Technology, 23(6).
- Panet, M., Guenot, A., 1982. "Analysis of convergence behind the face of a tunnel", Proceedings, International Symposium Tunnelling, IMM, London, 82, p. 197-204.
- Panet, M. 1995. "Calcul des Tunnels par la Me'thode de Convergence-Confinement", Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chausse'es, Paris, p. 178.
- Unlu, T. and Gercek, H., 2003. "Effect of Poisson's ratio on the normalized radial displacements occurring around the face of a circular tunnel", Tunnelling and Underground Space Technology, 18, p. 547-553.

تأثیر کانی‌شناسی و بافت بر ویژگی‌های مهندسی توده‌های آذرین درونی (مطالعه موردی: گرانیت الموت، نهندان، تکاب)

نغمه وقایع‌نگار^۱، علی ارومیه‌ای^۲، محمدرضا نیکودل^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- هیئت علمی گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده:

گرانیت یکی از سنگ‌های ساختمانی پرکاربرد در صنعت ساختمان است. تنوع کانی‌شناسی و تغییرات بافتی از ویژگی‌های این سنگ بشمار می‌آید که دلیل آن شرایط تشکیل و ترکیب ماگمای متفاوت می‌باشد. این ویژگی‌ها مشکلاتی در پیش‌بینی رفتار مهندسی سنگ گرانیت جهت اجرای پروژه‌های اجرایی، و همین‌طور برآورد ویژگی‌های مقاومتی، ساختاری و فیزیکی سنگ ایجاد می‌کند. جهت پیشگیری از این مشکلات، آزمایش‌های استاندارد بسیاری توسط محققین مختلف ارائه و تجهیزات آزمایشگاهی گوناگونی استفاده شده است. در این مطالعه سه نمونه سنگ ساختمانی گرانیت الموت، نهندان و تکاب انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. بعد از مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها و نتیجه آزمایش XRD آن‌ها جهت بررسی کانی‌شناسی و بافت، ویژگی‌های فیزیکی مانند چگالی، وزن واحد حجم، تخلخل و درصد جذب آب و نیز ویژگی‌های مهندسی مانند مقاومت فشاری تک محوری، مورد آزمایش قرار گرفتند. سپس ارتباط بین کانی‌شناسی و بافت با ویژگی‌های فیزیکی و مهندسی آن بررسی شد. بافت ریز، تخلخل کم، فشردگی زیاد بلورها و فقدان کوارتز در گرانیت الموت از دلایل بالا بودن چگالی و مقاومت فشاری تک محوری این نمونه می‌باشد. در حالیکه دارا بودن میزان بالای کوارتز ریز دانه، تخلخل بیش‌تر، بالا بودن مرزهای برخورد کوارتز - کواتز در نمونه تکاب دلیل پایین بودن میزان مقاومت فشاری تک محوری این سنگ و شکنندگی بالای آن است. گرانیت نهندان نیز دارای مقدار بینابینی از مقاومت فشاری تک محوری و تخلخل نسبت به گرانیت الموت و تکاب است.

کلید واژه‌ها: گرانیت، کانی‌شناسی و بافت، ویژگی‌های فیزیکی، مقاومت فشاری تک محوری

Influence of mineralogy and texture on engineering properties of plutonic rocks

Naghme vaghaye negar¹, Ali Uromeihy², Mohammad reza Nikudel³

1. Graduate student of engineering geology of Tarbiat modares University.

n.vaghayenegar@modares.ac.ir

2. Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modarres University,

uromeiea@modares.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University

nikudelm@modares.ac.ir

Abstract

Granite is one of the most used building stones in the building industry. Mineralogy variation and textural changes are the properties of this rock that are caused by different conditions of forming and compositions of the magma. These properties make it difficult to predict the engineering behavior of granite stone for implementation of executable projects, as well as to estimate the resistive, structural, and physical properties of this rock. To prevent these problems, many standard tests have been performed by many researchers and various

laboratory equipment has been used. In this study, three samples of granite, Alamut, Nehbandan and Takab were selected and studied. After microscopic studies of the samples and their XRD test results, for evaluating of mineralogy and texture, the physical properties such as density, volume unit weight, porosity and water absorption percentage as well as engineering properties such as uniaxial compressive strength, were tested. Then, the relationship between mineralogy and texture with the physical and engineering properties of the samples was investigated. Fine grain texture, low porosity, high compacts of the grains, and lack of quartz in Alamot granite are the reasons of the high density and uniaxial compressive strength of this sample. While the high quartz content, higher porosity, many Quatz-Quatz contact boundaries in Takab sample are reasons of its low uniaxial compressive strength and high brittleness. Nehbandan granite also has an intermediate amount of uniaxial compressive strength and porosity in comparison to Alamut and Takab granite.

Keywords: Granite, Mineralogy and Texture, physical properties, uniaxial compressive strength

مقدمه :

گرانیت‌ها جزء خانواده گرانیتوئیدها و از سنگ‌های آذرین درونی می‌باشند که به‌طور مستقیم از سرد شدن مواد مذاب درونی زمین (ماگما) بوجود می‌آیند. گرانیت یک سنگ آذرین درونی درشت دانه است با مقدار کوارتز ۲۰ - ۶۰٪ از مجموع کانی‌های کوارتز + آلکالی‌فلدسپار + پلاژیوکلاز (QAP) که ۱۰ - ۶۰٪ مجموع فلدسپار آن پلاژیوکلاز باشد. خانواده گرانیتوئیدها از پنج عضو بر اساس ترکیب مودال QAP تشکیل شده‌اند که شامل آلکالی‌فلدسپار، سینوگرانیت، مونزوگرانیت، گرانودیوریت و تونالیت است. با وجود اینکه گرانیت فقط شامل سینوگرانیت و مونزوگرانیت است ولی نام گرانیت معمولاً برای همه آنها بکار می‌رود (Clarke, 1992). به‌طوری‌که در بازار سنگ تمام سنگ‌های آذرین را با نام سنگ گرانیت می‌شناسند. سنگ گرانیت دارای کاربرد گسترده‌ای است به‌طوری‌که علاوه بر استفاده در صنعت ساختمان، در جاده‌سازی، زیرسازی راه‌آهن، مجسمه سازی، سنگ‌فرش خیابان‌ها، ساخت سنگ مصنوعی و غیره کاربرد دارد. استفاده روزافزون این سنگ سبب شده تا استانداردهای ویژه‌ای برای ارزیابی ویژگی‌های آن مهیا شود و تحقیقات و مطالعات گسترده‌ای در زمینه بررسی شاخص‌های مقاومتی سنگ گرانیت انجام گیرد. به عنوان مثال طغرل و ظریف در سال ۱۹۹۹ نشان دادند که در تعیین شاخص مقاومتی سنگ، ویژگی‌های بافتی نسبت به ویژگی‌های کانی‌شناسی از اهمیت بیش‌تری برخوردارند (Tuğrul and Zarif, 1999). در سال ۲۰۱۲ مالو و سانی عنوان کردند که ترک‌خوردگی روی دانه‌های کواتز و رشد تداخلی آنها، سریسیتی شدن ارتوکلاز و پلاژیوکلاز از عوامل کاهش مقاومت در نمونه‌ها می‌باشند (Mallo and Sani, 2012). در سال‌های اخیر نیز از روش‌های جدید مدل‌سازی برای الگوسازی شکستگی‌های طبیعی در اکتشاف و استخراج نهشته‌های سنگ ساختمانی گرانیت استفاده شده است (Sousa et al., 2017).

روش تحقیق:

برای انجام این تحقیق سه نمونه سنگ گرانیت به نام‌های گرانیت الموت، گرانیت نهبدان و گرانیت تکاب بر اساس رنگ و بافت متفاوت و میزان کاربرد آنها انتخاب شدند. بعد از آماده‌سازی مقاطع نازک، مطالعات میکروسکوپی انجام گرفت. در مرحله بعد آماده‌سازی نمونه‌ها طبق استانداردهای مربوط، شامل: مغزه‌گیری، برش و ساب آنها صورت گرفته و آزمایش‌های تعیین ویژگی‌های فیزیکی و سپس آزمایش‌های مقاومت فشاری تک‌محوری بر روی نمونه‌ها انجام شد.

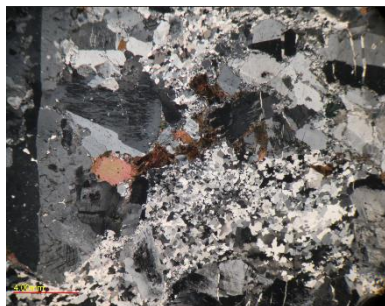
۱- ویژگی‌های پتروگرافی

از هر یک از نمونه‌ها مقاطع نازک تهیه شد. سپس کانی‌شناسی و بافت آنها در زیر میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین نمونه‌ها تحت آزمایش XRD قرار گرفتند که نتایج این مطالعات به اختصار در جدول ۱ نشان داده شده است. در شکل ۱ تصویر میکروسکوپی هر یک از نمونه‌ها قابل مشاهده است. با بررسی جدول و تصاویر می‌توان دریافت که گرانیت الموت دارای بافت ریز بلور و گرانیت نهبدان دارای بافت درشت بلور می‌باشند، درحالی‌که در گرانیت تکاب دانه‌های ریز کوارتز در کنار دانه‌های درشت آلکالی‌فلدسپار دیده می‌شوند. گرانیت الموت فاقد کوارتز و دارای پلاژیوکلاز و بیوتیت فراوان است، در نتیجه در نامگذاری زمین‌شناسی این سنگ نام گابروی بیوتیت‌دار برای آن انتخاب شد. گرانیت نهبدان که دارای کوارتز، آلکالی‌فلدسپار و پلاژیوکلاز فراوان می‌باشد، مونوزوگرانیت نامیده شد و گرانیت تکاب که متعلق به زون برشی است و کوارتزهای موجود در آن دچار تبلور دوباره مکانیکی ضعیفی شده‌اند، یک میلونیت گرانیت می‌باشد.

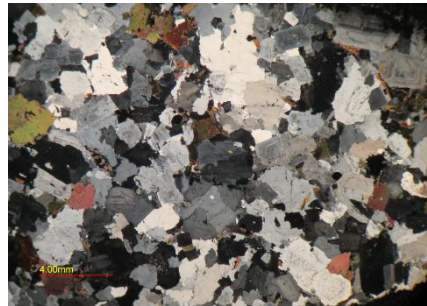
جدول ۱: ویژگی‌های پتروگرافی نمونه‌ها

نام نمونه	نوع کانی	ویژگی بافتی	نوع دگرسانی
گرانیت الموت	لابرادوریت (پلاژیوکلاز) ارتوکلاز (آلکالی‌فلدسپات) آنالسیم (فوئید) بیوتیت و پیروکسن (کانی‌های مافیک)	گرانولار و ریزبلور افیتیک آلبیتی	_____
گرانیت نهبدان	کوارتز میکروکلین (آلکالی‌فلدسپار) لابرادوریت (پلاژیوکلاز) موسکویت، اسفن و زیرکن (کانی‌های مافیک)	گرانولار و درشت‌بلور زونینگ پریت میرمکیت	سریستی شدن کلریتی شدن
گرانیت تکاب	کوارتز آلبیت (پلاژیوکلاز سدیک) لابرادوریت (پلاژیوکلاز) ارتوکلاز (آلکالی‌فلدسپار)	گرانولار (بافت اولیه)	سریستی شدن کلریتی شدن تبلور دوباره مکانیکی (مخصوص زون‌های برشی)

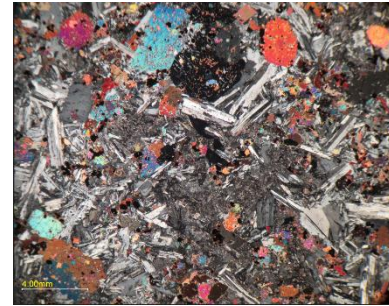
		موسکویت، هورنبلند (کانی مافیک)	
--	--	--------------------------------	--



ج) گرانیت تکاب



ب) گرانیت نهندان



الف) گرانیت الموت

شکل ۱: تصاویر گرفته شده از نمونه‌ها با استریومیکروسکوپ و بزرگنمایی 6X

۲- ویژگی‌های فیزیکی

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌ها شامل چگالی، وزن واحد حجم، تخلخل، جذب آب از روش استاندارد (ISRM) استفاده شده است. لازم بذکر است برای هر کدام از نمونه‌ها ۵ آزمایش انجام شد که نتایج موجود در جدول ۲ میانگین مقادیر این آزمایش‌ها هستند. همانطور که ملاحظه می‌شود بیش‌ترین چگالی و وزن واحد حجم مربوط به گرانیت الموت می‌باشد. ریزدانه بودن و فشردگی دانه‌ها، درصد تخلخل کم می‌تواند دلیلی برای مقدار زیاد چگالی این نمونه باشد. و برعکس کم‌ترین مقدار متعلق به گرانیت نهندان است که دارای بافتی یکنواخت از دانه‌های درشت است. همچنین طبق جدول ۲ مشاهده می‌شود که کم‌ترین مقدار تخلخل و جذب آب متعلق به گرانیت الموت و بیش‌ترین مقدار تخلخل و جذب آب متعلق به گرانیت تکاب است.

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی

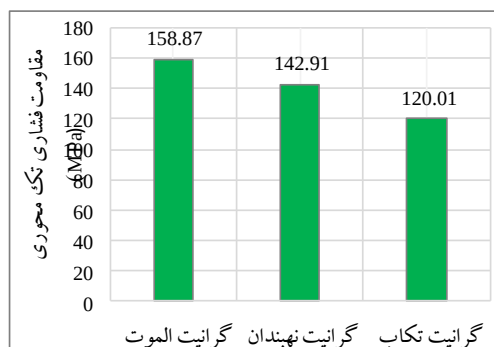
نمونه	چگالی خشک (g/cm ³)	چگالی اشباع (g/cm ³)	وزن واحد حجم (N/m ³)	درصد تخلخل (%)	درصد جذب آب (%)
گرانیت الموت	۲/۸۱۴۴	۲/۸۱۴۹	۲۷/۵۸	۰/۰۵	۰/۰۲
گرانیت نهندان	۲/۵۶۵۶	۲/۵۶۸۸	۲۵/۱۴	۰/۳۲	۰/۱۲
گرانیت تکاب	۲/۶۴۵۹	۲/۶۵۱۹	۲۵/۲۴	۰/۶۰	۰/۲۳

۳- ویژگی‌های مهندسی

یکی از آزمایش‌های مهم برای تعیین ویژگی‌های مهندسی، آزمایش مقاومت فشاری تک محوری می‌باشد. نمونه‌ها با استفاده از استاندارد ISRM مغزه‌گیری، برش و ساب داده شدند، سپس تحت بارگذاری قرار گرفتند. جدول ۳ نتایج این آزمایش را نشان می‌دهد. طبق این جدول بیش‌ترین مقادیر مقاومت و مدول مماسی مربوط به گرانیت الموت و کم‌ترین مقادیر مربوط به گرانیت تکاب می‌باشند.

جدول ۳: ویژگی‌های مهندسی

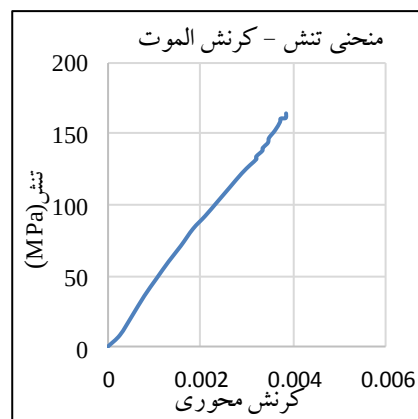
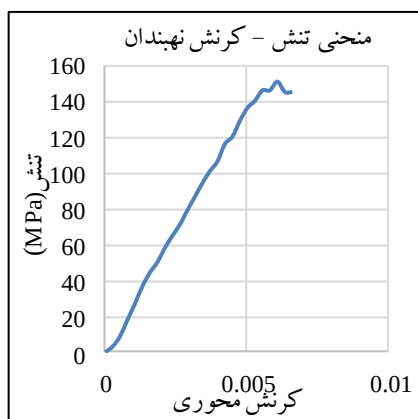
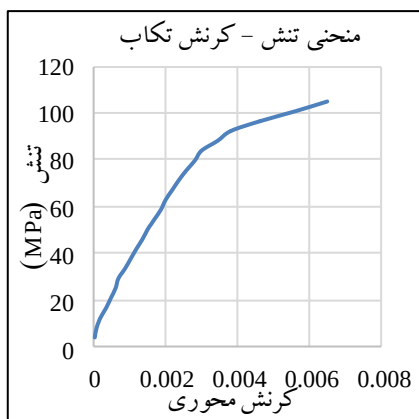
نام نمونه	مقاومت فشاری تک محوری	مدول الاستیک مماسی
گرانیت الموت	۱۵۸/۸۷	۵۰/۵۸
گرانیت نهندان	۱۴۲/۹۱	۴۷/۴۵
گرانیت تکاب	۱۲۰/۰۱	۲۹/۸۹



شکل ۲: نمودار مقایسه مقاومت فشاری تک محوری نمونه‌ها

منحنی‌های تنش - کرنش :

برای نمونه‌های مورد مطالعه منحنی‌های تنش - کرنش رسم شد که یک منحنی استاندارد از هر نمونه سنگ مورد مطالعه در شکل ۳ مشاهده می‌شود. گرانیت الموت به مقدار کم‌تر و گرانیت نهندان به مقدار بیش‌تر دارای هر سه مرحله پلاستیک - الاستیک - پلاستیک می‌باشند در حالی که در گرانیت تکاب از ابتدا رفتار الاستیک دیده شده است.



شکل ۳: مقایسه منحنی‌های تنش - کرنش استاندارد مربوط به هر یک از نمونه‌ها

نتیجه گیری:

نتایج بدست آمده از این تحقیق به شرح زیر ارائه می‌شوند:

- ۱- هر چند در بازار همه نمونه‌های مورد مطالعه به عنوان گرانیت معرفی می‌شوند ولی از نظر کانی‌شناسی گرانیت الموت، گرانیت نه‌بندان، گرانیت تکاب به ترتیب به عنوان گابروی بیوتیت‌دار، مونزو گرانیت و میلونیت گرانیت شناسایی شده‌اند.
- ۲- از نظر خصوصیات بافتی، گرانیت الموت دارای بافت ریز دانه و یکنواخت، گرانیت نه‌بندان دارای بافت درشت دانه و یکنواخت و در گرانیت تکاب دانه‌های ریز و درشت با همدیگر هستند.
- ۳- با توجه به ترکیب کانی‌شناسی، فراوانی عناصر و نحوه قرارگیری آنها، چگالی گرانیت الموت ($2/8144 \text{ g/cm}^3$) بیش‌ترین مقدار است. گرانیت تکاب با چگالی $2/6459 \text{ g/cm}^3$ ، در مرتبه دوم قرار دارد، فشردگی دانه‌های کوارتز می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد. و گرانیت نه‌بندان دارای کم‌ترین مقدار چگالی ($2/5656 \text{ g/cm}^3$) می‌باشد.
- ۴- از ویژگی‌های بافتی دیگر می‌توان به دگرسانی موجود در گرانیت نه‌بندان و تکاب اشاره کرد که در آنها بعضی از دانه‌های پلاژیوکلاز سریسیتی شده و همچنین دانه‌های بیوتیت به کلریت تبدیل شده‌اند. بافت‌های دیگری نیز مانند بافت میرمکیت و پرتیتی در گرانیت نه‌بندان دیده می‌شوند. این در حالی است که در گرانیت الموت دگرسانی دیده نمی‌شود و تنها می‌توان بافت افیتی‌ک و آلپیت را در آنها مشاهده کرد.
- ۵- از نظر شاخص مقاومتی، گرانیت الموت بدلیل دارا بودن بافت ریزدانه، کم‌ترین مقدار تخلخل، و نداشتن کوارتز، بیش‌ترین مقدار مقاومت فشاری تک‌محوری ($158/87$ مگاپاسکال) را در بین این سه نمونه داراست. گرانیت نه‌بندان مقاومت کم‌تری نسبت به گرانیت الموت ($142/91$ مگاپاسکال) نشان داد و گرانیت تکاب بدلیل داشتن مقدار زیاد کوارتز دانه‌ریز با مرزهای برخورد زیاد کوارتز - کوارتز و تخلخل بیش‌تر نسبت به نمونه‌های دیگر، دارای کم‌ترین مقدار مقاومت فشاری تک‌محوری ($120/01$ مگاپاسکال) و شکنندگی زیاد می‌باشد.

References:

- Clarke, D. B., 1992, "Granitoid Rocks", First edition 1992, p.4-5, published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK
- Mallo, S.J., Sani, S.D., 2012. Influence of Mineralogy and Fabric on the Engineering Properties of the Miango Granite Porphyry, North Central Nigeria 2, 4600-4608.
- Sousa, L., Barabasch, J., Stein, K.J., Siegesmund, S., 2017. Characterization and quality assessment of granitic building stone deposits: A case study of two different Portuguese granites. Eng. Geol. 221, 29-40.
- Tuğrul, A., Zarif, I.H., 1999. Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. Eng. Geol. 51, 303-317. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(98\)00071-4](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(98)00071-4)

کنکاشی پیرامون تاثیر پراکنش گردوغبار بر فرایند تعلیم و تربیت دانش آموزان، مطالعه موردی: سیستان، شرق ایران

◆◆◆◆◆◆◆◆

بهروز صاحب زاده، عضو هیات علمی دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید مطهری، زاهدان، ایران
نورمحمد براهویی مقدم، عضو هیات علمی دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید مطهری، زاهدان، ایران
Sahebzadeh.geologist@gmail.com

◆◆◆◆◆◆◆◆

چکیده:

سیستان در شرق ایران، با داشتن تعداد بسیار زیادی مراکز تجمع زیستی انسان در روستاها و شهرها و بالاترین تراکم جمعیتی، از مکانهای مساعد برای وزش بادهای قوی و پراکنش گردوغبار در ایران است. پراکنش گردوغبار در محیط زیست باعث تعطیلی مدارس و توقف فعالیت های آموزشی در مدارس می شود. سازه های آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی، رفاهی و خدماتی، سالن های ورزشی و ... در مدارس آسیب می بینند. در این مناطق، هزینه سرانه آموزش و پرورش برای ارائه خدمات آموزشی و پرورشی مناسب به دانش آموزان و هزینه خانواده ها برای تأمین امکانات آموزشی لازم برای رشد و پرورش فرزندان افزایش می یابد. دستگاه آموزش و پرورش برای کاهش اثرات تخریبی پراکنش گردوغبار بر فرایند آموزش و پرورش شهروندان در بعد درون سازمانی باید به بازآفرینی برنامه های آموزشی و سازه های سخت افزاری و نرم افزاری خود باهدف کاهش اثرات پراکنش گردوغبار بر فعالیت های یاددهی - یادگیری جاری در محیط های آموزشی در این مناطق، بپردازد تا فرصت های مناسب و متعدد را برای شناخت پدیده گردوغبار و کشف راهکارهای عملی و ساده برای مقابله با برخاست و پراکنش آن در محیط زیست توسط دانش آموزان فراهم نماید.

کلیدواژه ها: پراکنش گردوغبار، آموزش و پرورش، تعطیلی مدارس، تخریب سازه، سیستان، شرق ایران.

An Investigation into the Impact of Dust Dispersion in the process of education students, Case Study: Sistan, East of Iran

Behrooz Sahebzadeh, Farhangian University, Shahid Motahhari Campus, Zahedan, Iran
Noor Mohammad Barahoei Moghadam, Farhangian University, Shahid Motahhari Campus, Zahedan, Iran

Abstract:

Sistan in eastern Iran, with a large number of human biosecurity centers in the villages and cities and the highest population density, it is a good place to strong winds and Dust Dispersion in Iran. Dispersion of dust in the environment causes schools to shut down and stop educational activities in schools. Educational buildings, laboratory and workshops, welfare buildings, Sports halls, etc. are damaged in schools. In these areas, the cost per capita education increases to provide appropriate educational services for students, as well as household expenditures to provide educational facilities for the growth and development of their children. The Basic measures by the education apparatus are to reduce the destructive effects of dust dispersal on the process of educating citizens in Two parts include Coordination's and follow up the Out of the organization and actions in the organization. In the internal dimension, the education system should recreate educational programs and hardware and software structures with the aim of reducing the effects of dust dispersion on learning activities-learning activities in school settings in these areas. And provide appropriate opportunities for students to know the phenomenon of dust and simple practical solutions to counter the rise and spread of the environment.

Keywords: Dust Dispersion, Education, School Closure, Structural Damage, Sistan, East of Iran.

◆◆◆◆◆◆◆◆

مقدمه:

پراکنش رسوبات بادی در محیط‌زیست (نجفی کلیانی و رنجبر، ۱۳۹۷) و (قنبری موحد و همکاران، ۱۳۹۷) و ... بر سلامت و ارزشمندی منابع حیاتی آب، منابع ارزشمند و دیرپای خاک و منابع دائماً در حال حرکت و جابجایی هوا تأثیرات نامطلوب و مخرب بر جای می‌گذارند (Sprigg, et al., 2014) و (Middleton, 2017). پراکنش گردوغبار در محیط‌زیست (محمدی و پورخبا، ۱۳۹۱) بر فعالیت‌های تولیدی در کشاورزی و باغداری، دامداری و دام‌پروری، شیلات و ... تأثیر می‌گذارد. وقوع توفان‌های گردوغباری بر تمامی سازه‌های انسانی همچون سازه‌های ارتباطی شامل انواع جاده‌ها و ریل‌های قطار و باندهای پروازی، مجتمع‌های فرودگاهی و ساحلی، تأسیسات برق‌رسانی و مخابرات و سازه‌های زیستی شامل خانه‌ها، ادارات، هتل‌ها و ... تأثیرات مخرب و نابودکننده‌ای بر جای می‌گذارند.

بیشتر آسیب‌های حاصل از پراکنش رسوبات بادی در زیست‌بوم‌های انسانی مربوط به دستگاه تنفس (کراهی و همکاران، ۱۳۹۴)، دستگاه بینایی (عالی، ۱۳۹۲)، سیستم ایمنی و قلب (ناصر پور و همکاران، ۱۳۹۴) و (Emami Meibodi, et al., 2015) است. پراکنش دانه‌های رسوبی برای تمامی گروه‌های سنی و جنسی، مضر و بیماری‌زا بوده (Chin, et al., 2014)، (پروانه و حیدری، ۱۳۹۲)، کودکان آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به آن دارند (عالی، ۱۳۹۲)، (ضرابی و همکاران، ۱۳۹۲) و (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۳). ادامه پراکنش رسوبات بادی در محیط‌زیست انسانی و تأثیر گاه تدریجی و نامحسوس، اما طولانی‌مدت این فرایند بر سلامت و ارزشمندی عناصر مختلف محیط‌زیست، در نهایت سبب کوچ شهروندان و تخلیه منازل مسکونی و خانه‌پدري، از بین رفتن صنایع و سنت‌های بومی و هنرهای دستی در کنار نابودی باغداری و دامداری سنتی و ...، تبدیل مناطق مسکونی به روستاها و شهرهای ارواح، ایجاد و توسعه حاشیه‌نشینی، گسترش ناامنی و فقر عمومی می‌شود. با این همه، هرچه همگان پذیرفته‌اند که آموزش و پرورش، موتور و مولید توسعه و تعالی همه‌جانبه و پایدار جامعه است، اما اثرات پراکنش رسوبات باید بر فعالیت‌های خدمات‌رسانی دستگاه هزینه‌بر آموزش و پرورش در فرآیند تعلیم و تربیت شهروندان کمتر مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است.

وقوع توفان‌ها و پراکنش ریزگردها یکی از پدیده‌های زیست‌محیطی در منطقه پرتراکم انسانی با سکونتگاه‌های متعدد و پراکنده در مناطق شهری و روستایی سیستان در طول سال با شدت و غلظت بسیار زیادتر از محدوده‌های مجاز فعالیت، تأثیرات مخرب زیست‌محیطی برجای گذاشته، فعالیت‌های آموزشی و پرورشی را مختل نموده، سازه‌های ساختمانی و تجهیزات تکنولوژیکی آموزشی را تخریب نموده، میزان اثربخشی فرایندهای یاددهی - یادگیری آموزشگاهی را کاهش داده و سبب افت تحصیلی شده، اقتصاد آموزش و پرورش برای ارائه خدمات آموزشی و پرورشی قصد شده باید هزینه‌های اضافه را تحمل نماید. طرح موضوع پراکنش و اثرات ریزگردها در کتاب‌های درسی عمومی و بومی و اتخاذ راهکارهایی برای کاهش اثرات تخریبی گردوغبار بر فعالیت‌های یاددهی - یادگیری آموزشگاهی، معلم و دانش‌آموز و ... از موضوعات مطرح در فرایند آموزش و پرورش شهروندان می‌باشند.



روش تحقیق:

این مطالعه به روش پیمایشی/توصیفی با مراجعه به اسناد مکتوب و منتشره و منابع دست‌اول اطلاعاتی، با بحث و نتیجه‌گیری در موضوع مورد مطالعه، تدوین و سازمان‌دهی شد.



نتیجه‌گیری:

سیستان در شرق ایران، در شمال استان سیستان و بلوچستان، جنوب استان خراسان جنوبی، در شرق استان‌های یزد و کرمان در غرب کویر لوت و در همسایگی کشورهای افغانستان و پاکستان واقع شده است (تصویر ۱). زیست‌بوم سیستان با حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر جمعیت در بیش از ۱۰۰۰ شهر، روستا و منطقه عشایری، پنج شهرستان زابل، زهک، هیرمند، هامون و نیمروز را در برمی‌گیرد (سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵، www.amar.org.ir و www.sbportal.ir). در آغاز سال تحصیلی ۱۳۹۷، تعداد ۳۵ هزار دانش‌آموز در ۳۰۷ مدرسه در شهرستان زابل به تحصیل مشغول شده‌اند (www.irna.ir). منطقه سیستان (تصویر ۱) با تراکم نسبی ۴۳ نفر در هر کیلومترمربع بالاترین تراکم جمعیتی در شرق ایران را داشته (سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵)، شهرستان زابل با تراکم ۴۸۱/۶ نفر در هر کیلومترمربع بالاترین میزان تراکم در سطح منطقه را دارا است. این منطقه یکی از مناطق طوفان‌خیز و مکان‌های تولید و پراکنش ریزگردها در محیط‌زیست بوده، با روند افزایشی سری ماهانه، فصلی و سالانه گردوغبار در منطقه سیستان (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۴)، پراکنش حجم‌ها و غلظت‌های بسیار زیاد و طولانی‌مدت و مکرر گردوغبار در منطقه، هرگونه فعالیتی را از انسان سلب نموده (قنبری و همکاران، ۱۳۹۱)، در ابعاد انسانی، سبب بروز بیکاری، فقر، تهدید سلامت جامعه و بهداشت عمومی است (بوچانی، فاضلی، ۱۳۹۰) فعالیت‌های خدمات‌رسانی آموزش و پرورش و فرایند یادگیری دانش‌آموزان که آینده‌سازان جامعه هستند، مختل و متوقف می‌شود (تصویر ۲).



تصویر ۲: فرونشست ریزگردها در کلاس درس و استفاده از دانش‌آموزان برای جمع‌آوری گردوغبار فرونشسته در کلاس درس در منطقه سیستان



تصویر ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه سیستان در شرق ایران، سکونتگاه‌های جمعیتی و تعطیلی مدارس در آن

در روز ۲۵ مرداد ۱۳۹۴ حضور ریزگردها در اتمسفر زابل به بیش از ۲۵ برابر حد مجاز رسیده، در روز ششم دی‌ماه سال ۱۳۹۶ با افزایش غلظت گردوغبار در منطقه سیستان به بیش از ۶/۵ برابر حد مجاز، مدارس در ۵ شهرستان زابل، زهک، هامون، هیرمند و نیمروز تعطیل شده‌اند (www.tasnimnews.com). در روز هشتم خردادماه ۱۳۹۷، پراکنش گردوغبار با غلظت بیش از ۳۹ برابر حد مجاز و بیش از ۱۰ برابر حد خطرناک در محیط‌زیست انسانی، سبب تعطیلی مدارس در بخش‌های مختلف در منطقه سیستان گردید (www.asriran.com). این تعطیلی در فردای آن روز، نیز ادامه می‌یابد (www.tasnimnews.com). در پانزدهم مهرماه ۱۳۹۷، وزش باد با سرعت بیش از ۱۰۴ کیلومتر در ساعت سبب افزایش غلظت ریزگردها در مناطق مسکونی به‌خصوص در بخش هیرمند تا ۱۹ برابر حد مجاز می‌شود. به همین دلیل در این روز و روز بعدازآن، مدارس این مناطق تعطیل می‌شوند (www.ion.ir).



تصویر ۴: تعطیلی مدارس در روز پانزدهم مهرماه ۱۳۹۷

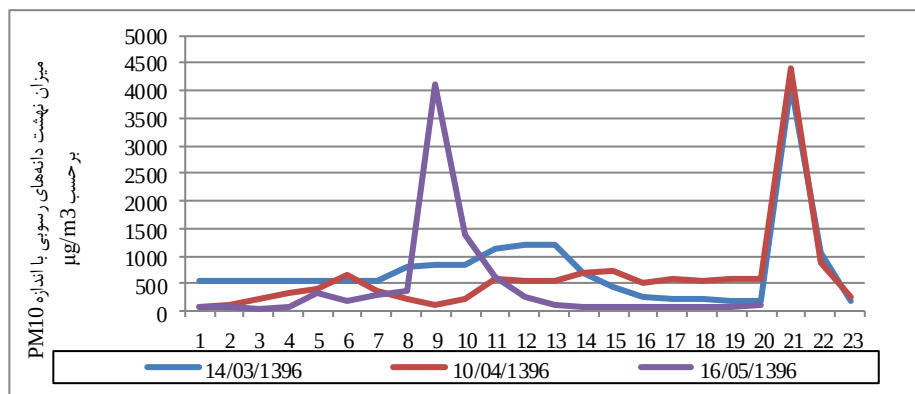
(<http://www.iribnews.ir>)



تصویر ۳: تعطیلی مدارس در روز ششم دی‌ماه ۱۳۹۷

(<https://khabarone.ir>)

نمودار زیر (نمودار ۱) میزان نهشت رسوبات بادی با اندازه PM₁₀ برحسب ساعت روزانه را در روزهایی در طول سال ۱۳۹۶ که بیشترین میزان نهشت این دانه‌های رسوبی در ایستگاه هواشناسی زابل ثبت شده، نشان می‌دهد.



نمودار ۱: میزان نهشت رسوبات بادی با اندازه PM₁₀ برحسب ساعات در روزهای بیشترین نهشت در منطقه سیستان در سال ۱۳۹۶

(منبع: سازمان محیط‌زیست استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۶)

این نمودار (نمودار ۱) نشان می‌دهد بیشترین میزان پراکنش رسوبات بادی در منطقه سیستان در بازه زمانی ۸ تا ۱۲ روز که اوج فعالیت‌های انسانی و آموزش و پرورش است، اتفاق می‌افتد. حجم زیاد رسوبات بادی در ساعت پایانی روز، به دلیل کاهش شدت وزش باد و افزایش فرونشست رسوبات بادی در محیط زیست است.

نتایج

هرچند که تاکنون گزارش مستقل و تائید شده‌ای از اثرات پراکنش ریزگردها بر اقتصاد آموزش و پرورش در منطقه سیستان در دست نیست، با این حال اثرات پراکنش و فرونشست گردوغبار بر اقتصاد آموزش و پرورش را می‌توان در دو بعد سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد مطالعه و بررسی قرارداد.

الف: اثرات پراکنش گردوغبار بر سازه‌های سخت‌افزاری آموزش و پرورش

با پراکنش و فرونشست گردوغبار در منطقه سیستان، سازه‌های ساختمانی آموزش و پرورش اعم از ساختمان‌های اداری، ساختمان‌های آموزشی، سازه‌های آزمایشگاهی، کارگاه‌های آموزشی، زمین‌ها و سوله‌های ورزشی و... سبب شکسته شدن شیشه‌ها و ورود ریزگردها به درون محیط‌های آموزشی و کلاس‌های درس و... شده، سطوح کاربردی (حیاط آموزشگاه، میزها و نیمکت‌ها و...) و دفاعی (پشت‌بام‌ها، ناودانی‌ها و...) محیط‌های آموزشی توسط گردوغبار پوشیده شده و هزینه‌های اضافی برای تنظیف و قابل بهره‌برداری شدن مجدد آن‌ها توسط کاربران را بر آموزش و پرورش تحمیل می‌کند.

علاوه بر این، تولید، پراکنش مستمر، طولانی مدت و غلیظ گردوغبار در منطقه سیستان و فرونشست آن‌ها بر محیط‌های آموزشی سبب کاهش عمر مفید سازه‌ها و در نهایت استمرار این پدیده در سال‌های متوالی، سبب تدفین سازه‌های آموزشی و پرورشی در زیر گردوغبار و... شده، سازه غیرقابل استفاده می‌گردد. دستگاه آموزش و پرورش برای بهبود فعالیت‌های خدمات نظافتی آموزشگاه‌ها و... و تنظیف سازه‌های آموزشی و... و در نهایت ساخت سازه و تأسیس مدارس و... جدید باید هزینه‌های اضافه را تحمل نماید. طبق برخی محاسبات سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس ایران ساخت یک سازه ۵ کلاسه با محیط‌های آموزشی - پرورشی با سازه‌های وابسته در مناطق روستایی و شهرهای کوچک، حدود یک میلیارد تومان هزینه در بر دارد. هزینه نگهداری سازه‌های دولتی در مناطق روستایی - شهرهای کوچک و در معرض خطر، عموماً بیشتر از هزینه ساخت آن‌ها تعیین می‌شود.

علاوه بر تأثیرات مخرب پراکنش ریزگردها بر سازه‌های ساختمانی در اختیار آموزش و پرورش، پراکنش گردوغبار در محیط‌های آموزشی سبب آسیب‌رسانی و تخریب و کاهش عمر مفید و خدمات‌دهی تجهیزات دستگاهی مورد استفاده معلم و دانش‌آموز در فرایندهای یاددهی - یادگیری آموزشگاهی از قبیل میز و نیمکت‌های دانش‌آموزی، تخته‌های وایت برد کلاس‌ها، دستگاه‌های صوتی و تصویری مورد استفاده در فرایندهای یاددهی - یادگیری کلاسی، کامپیوتر، ویدئو پروجکشن، دستگاه‌های کپی و تکثیر و... مورد استفاده در مدارس می‌شود؛ بنابراین دستگاه آموزش و پرورش با تحمل

هزینه‌های مالی جدید، باید دستگاه‌های آموزشی و پرورشی تخریب‌شده را بازسازی نماید و دستگاه‌های و تجهیزات تکنولوژیکی آموزشی جدید تهیه کند و به تجهیز دائمی مدارس و کلاس‌های درس متأثر از پراکنش ریزگردها بپردازد.

ب: اثرات پراکنش ریزگردها بر فعالیت‌های نرم‌افزاری یاددهی - یادگیری آموزشی

تولید و پراکنش ریزگردها در منطقه سیستان از جهتی بر عبور و مرور شهروندان تأثیر گذاشته، با مسدود نمودن راه‌های ارتباطی به‌ویژه مسیرهای روستایی، تردد دانش‌آموزان، به‌ویژه در مسیرهای روستایی و حضور معلمین در آموزشگاه‌ها به دلیل مسدود شدن مسیرهای ارتباطی بین شهرها و مناطق روستایی متوقف‌شده، سبب تعطیلی مدارس و فعالیت‌های آموزشی می‌شود. چنانکه طبق مستندات تنها در شش ماه نخست سال جاری بیش از نیمی از ایام دایر بودن فعالیت‌های آموزشی و پرورشی در این منطقه دچار اختلال ناشی از تولید و پراکنش ریزگردها بوده، در روز ۲۵ خرداد ۱۳۹۴ سرعت وزش باد و گردوخاک شدید در زابل به ۸۰ کیلومتر بر ساعت رسید و دید افقی را در زهک به ۸۰۰ متر رساند و موجب تعطیلی ادارات و ... در شهرستان‌های زابل و زهک شد (روزنامه کیهان/ شماره ۲۱۰۸۳). در نیمه خرداد ۱۳۹۴ سرعت وزش باد به ۱۱۵ رسید و میزان غلظت ذرات معلق در هوا را تا ۳۹۲۴ میکروگرم در مترمکعب یعنی ۲۵ برابر حد مجاز افزایش داد. وزش این طوفان ۱۱۶۰ نفر را به مراکز درمانی و بیمارستان‌های سیستان کشانده است (<http://titre.ir>).

علاوه بر تعطیلی فیزیکی آموزشگاه‌ها و توقف فعالیت‌های آموزشی و پرورشی در مدارس این مناطق تحت تأثیر پراکنش و فرونشست ریزگردها، برخورد و ورود فیزیکی دانه‌های ریزگرد بر اندام‌های در معرض انسانی - دانش‌آموزان و ... سبب بیماری‌های پوستی، چشم، گوش، هان، حلق، بینی و ... شده (عالی، ۱۳۹۲)، تنفس ترکیبات شیمیایی حمل و پراکنده‌شده توسط ریزگردها، توسط انسان‌های در معرض - دانش‌آموزان و ... این مواد اثرات نامطلوب بر خون و فعالیت‌های حیاتی دستگاه گردش در بدن انسان، سیستم هورمونی و نقش‌های مهم فعالیت هورمون در زیست انسانی و سیستم عصبی و فعالیت‌های مغز و ... داشته، سبب کاهش اثربخشی فرایندهای یاددهی - یادگیری اجرا در محیط‌های آموزشی متأثر از پراکنش و فرونشست ریزگردها بر عملکردهای یادگیری دانش‌آموزان می‌شود. این رخدادهای بیوشیمیایی متأثر از پراکنش ریزگردها در منطقه نه‌تنها بر دستگاه آموزش و پرورش هزینه‌های اضافی را تحمیل می‌کند، سبب می‌شود که خانواده‌های دانش‌آموزی برای بهبود عملکردهای یادگیری فرزندان خود و جبران افت تحصیلی ایجادشده، هزینه‌های بیشتری را متحمل شوند.

آموزش و پرورش در منطقه گردوغباری سیستان سابقه طولانی دارد. در ایام گذشته مدارس مکتب‌خانه‌ای و در صدسال اخیر، مدارس با ساختمان‌های اروپایی به ارائه خدمات آموزشی و پرورشی به شهروندان منطقه می‌پردازند. با در نظر گرفتن اینکه تولید و پراکنش گردوغبار در مناطق زیستی یک مساله ملی و عمومی است، کلیه دستگاه‌های دولتی متولی خدمات‌رسانی به شهروندان باید به‌طور هماهنگ و منسجم به انجام وظیفه در مورد مطالعه زمین برخاستگاه گردوغبار در منطقه، خصوصیات ژئومتریکی، ژئوشیمیایی و بیولوژیکی پراکنش و فرونشست گردوغبار در منطقه پرداخته، راه کارهای

علمی - عملی جدید متناسب با اقلیم و سنت‌های بومی و جاری در منطقه را برای کاهش تولید و پراکنش گردوغبار و کاهش اثرات تخریبی آن بر عناصر مختلف زیست‌بوم از جمله انسان و سازه‌های انسانی به صحت و سلامت ایفا نمایند. علاوه بر آنکه دستگاه آموزش و پرورش به‌عنوان دستگاه مسئول مستقیم ارائه خدمات آموزشی و پرورش مناسب و مفید به شهروندان (ویسی و همکاران، ۱۳۹۱) باید با مطالعه فراگیر و شناخت همه‌جانبه اثرات گردوغبار بر سازه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری خود، راه کارهای مناسب برای کاهش اثرات تخریبی پراکنش ریزگردها بر اقتصاد خود را شناسایی و به‌منظور هزینه کرد صحیح منابع مالی در اختیار خود، آن‌ها را در کاهش اثرات تخریبی گردوغبار هزینه نماید، دستگاه آموزش و پرورش با عنوان متصدی آموزش و پرورش و تولید انسان طراز جامعه و هزاره باید به شناسایی مسائل و معضلات و خطرات جاری و ساری در جامعه پرداخته، وقوع و ابعاد آن‌ها را به مخاطبین خود در محتواهای آموزشی و فعالیت‌های آموزشی تدوین شده در فرایند یاددهی - یادگیری آموزشگاهی، آموزش داده، مخاطبین خود را با مسائل تولید و پراکنش گردوغبار در منطقه آشنا و مدیریت نماید؛ که این مهم در هیچ‌یک از کتاب‌های درسی و محتواهای آموزشی ارائه شده به دانش‌آموزان این منطقه به‌ویژه کتب تخصصی همچون کتاب‌های جغرافیا و زمین‌شناسی و حتی کتاب درسی با تألیف بومی جغرافیای استان دیده نمی‌شود.



منابع فارسی:

- ابراهیم‌زاده، ع.، (۱۳۸۸). "بنیان‌های جغرافیایی جنوب شرق ایران". زاهدان: انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان (۱۳۹۳). "طرح اجرایی تثبیت شن و بیابان‌زدایی زابل در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳". گزارش داخلی، منتشر نشده، زاهدان
- بوچانی، م. ح.، فاضلی، د.، (۱۳۹۰). "چالش‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران". فصلنامه ره نامه سیاست‌گذاری، ۲(۳): ۱۴۵-۱۲۵.
- پروانه، ب. و حیدری، ح.، (۱۳۹۲). "تأثیر گردوغبار بر آسم و بیماری‌های ریوی". سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، دانشگاه یزد.
- سازمان حفاظت محیط‌زیست استان سیستان و بلوچستان، خبرنامه داخلی. زاهدان، دی‌ماه ۱۳۹۶.
- شاهسون، ع. و همکاران. (۱۳۸۹). "اثرات طوفان‌های گردوغباری بر سلامت و محیط‌زیست". مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. ۲(۴): ۴۵-۵۶.
- قنبری موحد، ر.، اسدپوریان، ز. سوزنی، غ.، (۱۳۹۱). "بررسی علل و انواع پیامدهای منفی پدیده گردوغبار". دومین همایش بین‌المللی گردوغبار. دانشگاه ایلام، ایلام.
- ضرابی، م.، رضوانی، م. و عباسی، س.، ۱۳۹۲. "بررسی اثرات زیست‌محیطی ریزگردها". دومین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات محیطی. تهران، دانشگاه خوارزمی.
- عالی، ع.، (۱۳۹۲). "ارزیابی تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان بر پراکنش جغرافیایی بیماری سل در نواحی شهری و پیرامونی سیستان". پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زابل، زابل.

غفاری، دی. و همکاران. (۱۳۹۲). "نقش جنگل کاری در جلوگیری از طوفان‌های گردوغبار". اولین همایش ملی الکترونیکی کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. موسسه آموزش عالی مهر اروند. تهران: ایران.

کره‌ای، م.، لک، ر.، شهبازی، ر.، شرفی، م.، و زرگرللهی، ه. (۱۳۹۴). "مطالعه رسوب‌شناسی مناطق مستعد تولید ریزگرد در زمین‌های حاشیه‌ای شمال باختری دریاچه ارومیه". گزارش تحقیق: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران: تهران. ۲۰۶ ص.

محمدی، ط. و پورخباز، ح. (۱۳۹۱). "مطالعه اثرات ریزگردها و پیامدهای آن بر سلام انسان". دومین همایش بین‌المللی گردوغبار. دانشگاه ایلام، ایلام.

ناصرپور، س.، علیجانی، ب. و ضیائیان، پ. (۱۳۹۴). "منشأ یابی توفان‌های گردوغبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوایی". پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۷(۱): ۳۶-۲۱.

نجفی کلینی، ن. و رنجبر، ا. (۱۳۹۷). "بررسی طوفان‌های گردوغباری و اثرات آن در ایران". دومین همایش بین‌المللی گردوغبار. دانشگاه ایلام، ایلام.

ویسی، ه.، زرنریان، ا. و لیاقتی، ه. (۱۳۹۱). "برنامه‌ریزی برای ارتقای سواد محیط‌زیستی دانش آموزان: نیازهای آموزشی و روش‌های برآورد نیازها". دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران.



References:

- Chin, M., Diehl, T., Bian, H., Yu, H., Qian, Y., Wild, M., Stackhouse, P., 2014. "Multi-decadal trends of solar radiation reaching the surface: What is the role of aerosols?". Paper presented at the AGU Fall Meeting Abstracts.
- Emamie Meibodi, A. E., Abdoli, G., Taklif, A., Morshedi, B., 2015. "Economic modeling of the regional policies to combat dust phenomenon by using game theory". Procedia Economics and Finance, 24, Pp: 409-418.
- Middleton. NJ. 2017. "Desert dust hazards: a global review". Aeolian Research, 24: Pp: 53- 63. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.12.001>.
- Sprigg, W. A., Nickovic, S., Galgiani, J. N., Pejanovic, G., Petkovic, S., Vujadinovic, M. and Prasad, A., 2014. "Regional dust storm modeling for health services: The case of valley fever". Aeolian Research, 14, Pp: 53-73. <http://titre.ir/fa/news/69731>
- www.amar.org.ir Statistical Center of Iran, (2018).
- www.asriran.com/fa/news/612157
- www.ion.ir/News/416084
- www.irna.ir/sb/fa/News/83040923
- www.sbportal.ir/ Sistan and Baluchestan Province Portal (2018) Districts and Towns.
- www.tasnimnews.com/fa/news/1396/10/06/1612459/

پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی در دشت نیشابور

♦♦♦♦♦♦♦♦

محسن رضایی^۱، زهرا یزدانی^۲ و مجید دشتی برمکی^۳

^۱دانشیار هیدروژئولوژی بخش علوم زمین، گروه آب‌شناسی، دانشگاه شیراز، mn.rezaei@gmail.com

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران، zahra_yazdani12@yahoo.com

^۳دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران، majiddashti24@yahoo.com

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

با توجه به بهره‌برداری دراز مدت و بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در دشت نیشابور، به پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین در این آبخوان پرداخته شد. پهنه‌بندی بر اساس برخی عوامل مؤثر بر فرونشست از جمله هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه، ضخامت رسوبات تراکم پذیر (رس)، ضخامت آبرفت، ضخامت اشباع، افت سطح ایستابی و میزان تغذیه انجام شد. نقشه‌های موضوعی عوامل در محیط GIS تهیه و رتبه‌بندی آن‌ها بین اعداد صفر تا نه انجام شد. اندازه‌گیری وزن نقشه‌ها با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام گردید. عامل ضخامت رس با وزن ۰/۵ و عوامل شامل افت سطح آب زیرزمینی و ضخامت اشباع در درجات اول و دوم اهمیت ایجاد فرونشست در دشت قرار داشتند. کمترین درجه اهمیت نیز به آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی اختصاص یافت. بر اساس نقشه خطر فرونشست، محدوده مطالعاتی به چهار رده خطر بسیار بالا، بالا، متوسط و کم تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که بالاترین خطر فرونشست در دشت نیشابور به مناطق شرقی و شمال شرقی تعلق دارد. ۴۳ درصد منطقه در پهنه‌های خطر بسیار بالا و بالا قرار دارد.

کلید واژه‌ها: افت آب زیرزمینی، فرونشست زمین، تحلیل سلسله مراتبی، دشت نیشابور

Hazard zonation of land subsidence using analytical hierarchy process, Neyshabour Plain M. Rezaei¹, Z. Yazdani², and M. Dashti Barmaki³

¹Associate Professor of Hydrogeology, Dept. of Earth Sciences, University of Shiraz

¹M.Sc. Student of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, University of Kharazmi

³Ph.D Student of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, University of Kharazmi

Abstract:

Due to the excessive exploitation of groundwater resources in the long term from the Neyshabour plain, hazard zonation of land subsidence in this aquifer was investigated. Zonation was done based on some effective factors on land subsidence such as hydraulic conductivity, specific yield, compressible sediments thickness, alluvium thickness, saturated thickness, groundwater drawdown, and recharge. Thematic maps of factors were prepared in GIS and ratings were done by a scale from 0 to 9. Measuring the weight of the maps was performed by using analytical hierarchical process. Clay thickness factor by a weight of 0.5, and factors such as the groundwater drawdown and saturated thickness were in the first and secondary importance in the creation of subsidence area. The lowest coefficient of importance on the land subsidence in the area was assigned to the specific yield and hydraulic conductivity factors. According to the risk map, the study area was divided into four subsidence risk categories (very high, high, medium and low). The results indicate that the highest risk of subsidence in the Neyshabour plain belongs to eastern and northeast of areas. 43 % of the area is located in the very high and high risk zones.

Keywords : Groundwater drawdown, Land subsidence, Analytic hierarchy process, Neyshabour plain

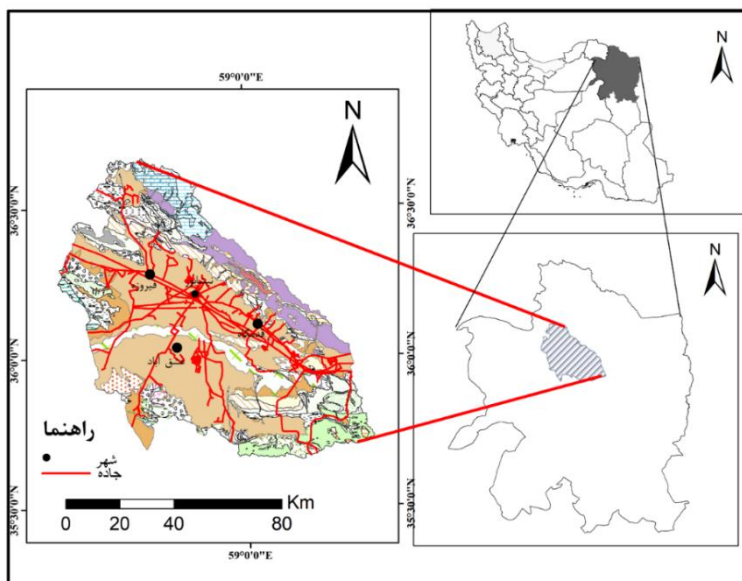


مقدمه :

یکی از خطرات شایع در سراسر دنیا پدیده فرونشست است که ممکن است در مناطق شهری و روستایی به دلیل استخراج بی‌رویه آب‌های زیرزمینی رخ دهد. نرخ شدید فرونشست می‌تواند موجب تخریب سیستم‌های آبیاری و خاک‌های کشاورزی (با پایین آوردن تخلخل آن‌ها)، تغییر هیدرولوژی منطقه و ایجاد سیلاب و آسیب به ساختمان‌ها، خیابان‌ها، پل‌ها، بزرگراه‌ها، خطوط راه آهن، سدهای خاکی، تصفیه‌خانه‌ها و اختلال در خطوط آب رسانی، گاز و فاضلاب شوند (سلمان پور، ۱۳۸۴). بر اساس تعریف انیستیتو زمین‌شناسی ایالت متحده، پدیده فرونشست زمین شامل فروریزش یا نشست رو به پایین سطح زمین است که این حرکت دارای جابجایی در جهت قائم از چند میلیمتر تا چند متر، و میزان جابجایی افقی آن کم و ناچیز است (Galloway 2011). امروزه فرونشست در اثر برآشت بیش از حد آب از منابع زیرزمینی به عنوان یک معضل و مخاطره مطرح است که جوامع انسانی ساکن در منطقه فرونشست را به شدت مورد تهدید قرار می‌دهد (Huanyin et al, 2005). افزایش بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب‌های زیرزمینی بخصوص در حوضه‌هایی که از رسوبات تحکیم نیافته دریاچه‌ای یا آبرفتی و کم عمق دریایی انباشته شده‌اند، باعث ایجاد پدیده فرونشست زمین می‌گردد که در سال‌های اخیر در مناطقی از ایران مثل دشت نیشابور، ورامین، کرمان، کاشمر، اردکان رخ داده است (شریفی کیا ۱۳۹۱). از جمله دشتهای ایران که با مساله فرونشست مواجه است، دشت نیشابور می‌باشد. با توجه به این که دشت نیشابور یکی از مهمترین دشت‌های استان خراسان رضوی از نظر توسعه کشاورزی، صنعتی و تراکم جمعیتی به شمار می‌آید، در دهه‌های اخیر برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت رشد چشمگیری داشته و طبق آمار و اطلاعات موجود بیشترین برداشت آب از منابع آب زیرزمینی این دشت در سطح استان انجام می‌گردد. به طوری که میزان برداشت آب از ۱۷۶ میلیون متر مکعب توسط ۲۰۶ حلقه چاه در سال ۱۳۴۵ به ۹۹۴/۷۹ میلیون متر مکعب از ۲۵۸۹ حلقه چاه در سال ۱۳۸۵ رسیده است (مجموع برداشت در این سال توسط چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات ۱۱۷۴/۷۵ میلیون متر مکعب). پیامد این برداشت بی‌رویه باعث گردیده تا سطح آب‌های زیرزمینی دارای افت پیوسته باشد (کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی ۱۳۸۷). در این تحقیق تلاش خواهد شد خطر فرونشست زمین در دشت نیشابور با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (Analytical hierarchy process) یا همان AHP پهنه‌بندی و تفسیر شود.

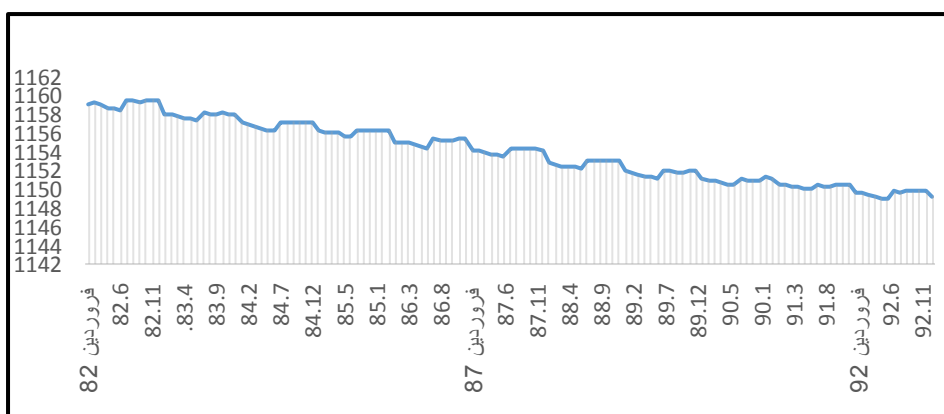
روش تحقیق:

محدوده مطالعاتی نیشابور در منتهی‌الیه شمال شرقی حوزه آبریز مرکزی با مختصات جغرافیایی به طول $58^{\circ} 13'$ تا $59^{\circ} 30'$ و عرض $35^{\circ} 40'$ تا $36^{\circ} 39'$ و وسعتی برابر با 73876 کیلومتر مربع واقع شده است (شکل ۱). این محدوده در تراز ارتفاعی بین 3300 متر و 1050 متر از سطح دریا می‌باشد.



شکل ۱. نقشه راه های دسترسی به محدوده مورد مطالعه

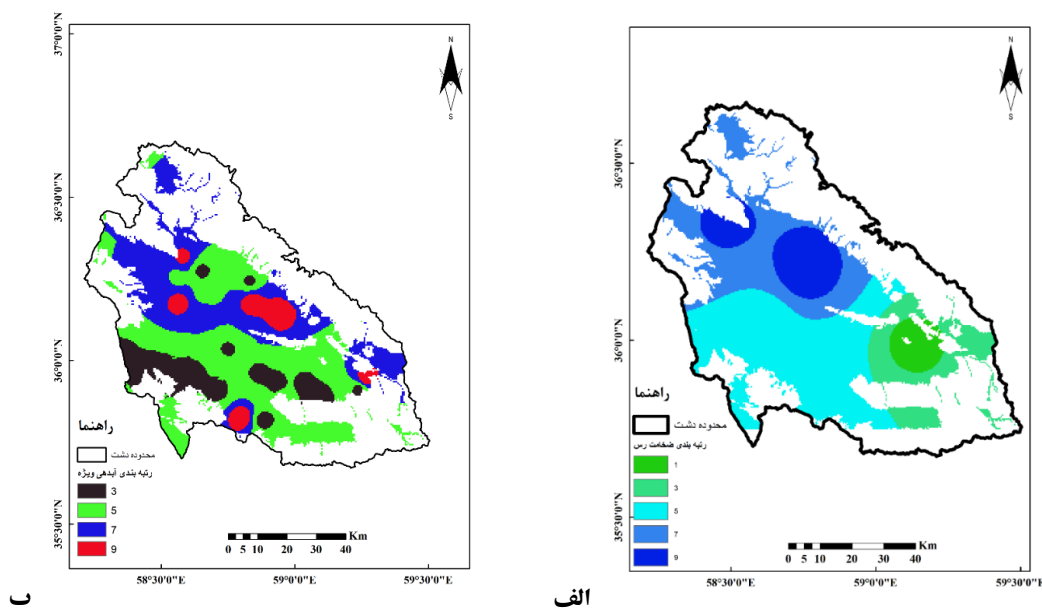
شکل ۲ هیدروگراف واحد دشت نیشابور در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۳ را نشان می دهد. بررسی هیدروگراف واحد دشت نیشابور حاکی از افت دائم سطح آب زیرزمینی در طول این دوره آماری است. افت شدید در دوره های خشک، که با افزایش بهره برداری از آبخوان و کاهش تغذیه آن همراه منفی بیلان آب زیرزمینی دشت (معادل با ۱۲۸/۷- میلیون متر مکعب در سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۴) (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۴) می تواند باعث فرونشست در این دشت شود. بنابراین، هدف تحقیق بر تهیه نقشه خطر فرونشست پایه گذاری شد.



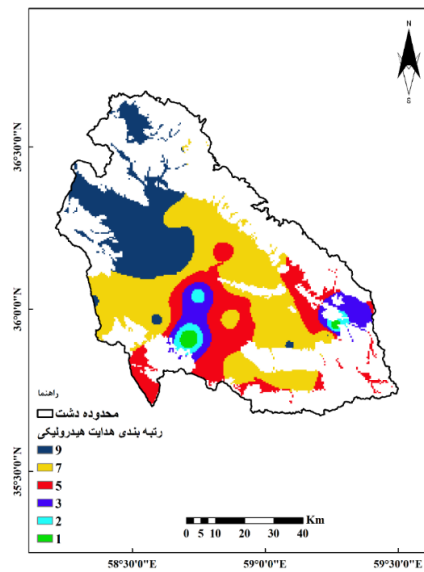
شکل ۲. هیدروگراف واحد دشت نیشابور در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۲

در این تحقیق برای اندازه گیری احتمال رخداد فرونشست زمین از روش تحلیل سلسله مراتبی (مقایسات زوجی) (AHP) استفاده شد. ابتدا نقشه های موضوعی از عوامل مؤثر بر فرو نشست در منطقه (شامل هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه،

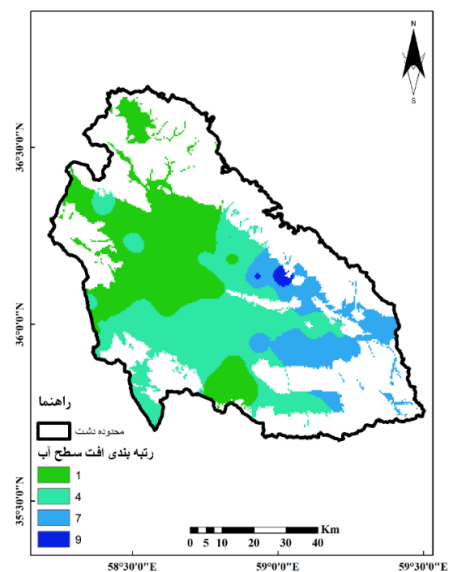
ضخامت رسوبات تراکم پذیر (رس)، ضخامت آبرفت، ضخامت اشباع، افت سطح ایستابی و میزان تغذیه (آب نفوذ یافته از باران به علاوه آب برگشتی ناشی از مصارف شامل کشاورزی، صنعت و شرب) در محیط Arc Gis تهیه شد. رتبه بندی نقشه ها با روش قضاوت کارشناسانه، به عنوان نقشه های معیار انجام شد بصورتی که هر نقشه موضوعی بر اساس درجه تأثیر به چند رتبه تقسیم بندی شد (شکل ۳). مقادیر رتبه بندی از ۱ تا ۹ در نظر گرفته شد. در مرحله بعد وزن دهی نقشه ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مقایسات زوجی) (AHP) انجام شد. جدول شماره ۱ وزن دهی و رتبه بندی هر یک از عوامل را نشان می دهد. تلفیق نقشه ها پس از رتبه بندی با قضاوت کارشناسانه و وزن دهی به روش AHP مرحله بعدی کار است. نقشه تلفیقی را می توان نقشه خطر فرونشست دشت نیشابور نامید (شکل ۴). بر این اساس، محدوده مطالعاتی به چهار بخش خطر فرونشست (خطر خیلی بالا، بالا، متوسط و پایین) تقسیم شد بالاترین خطر فرونشست دشت نیشابور به محدوده شرقی و شمال شرقی تعلق دارد.



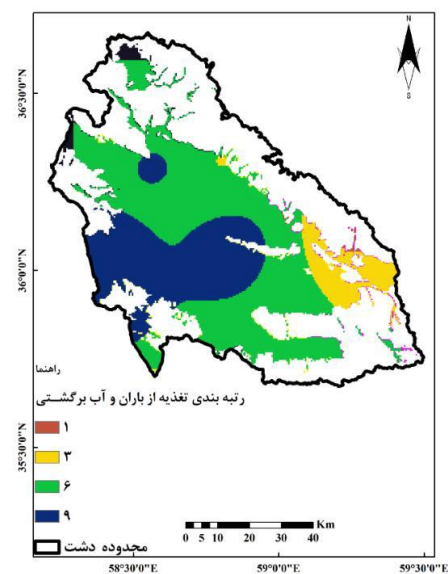
شکل ۳. نقشه های رتبه بندی عوامل موثر بر فرونشست در دشت نیشابور: الف) ضخامت رس، ب) آبدهی ویژه.



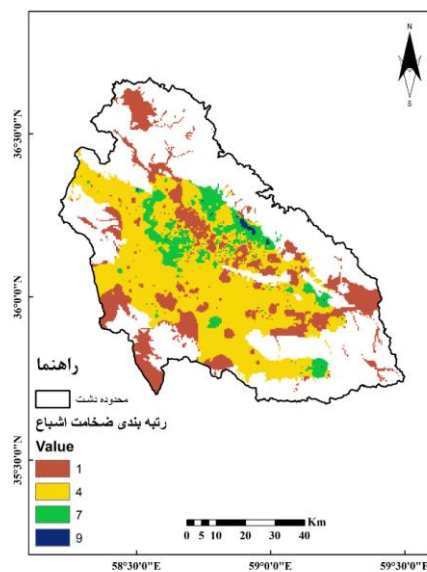
د



ج

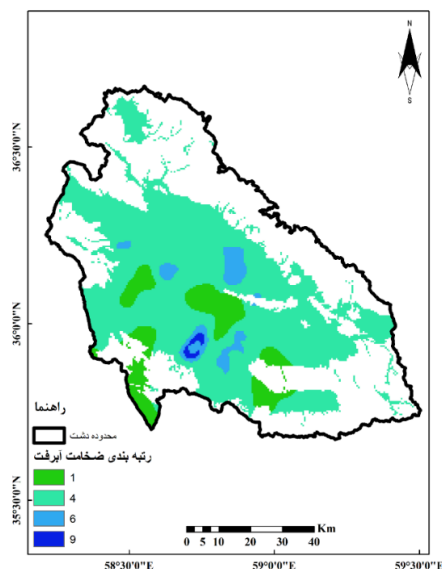


و



ه

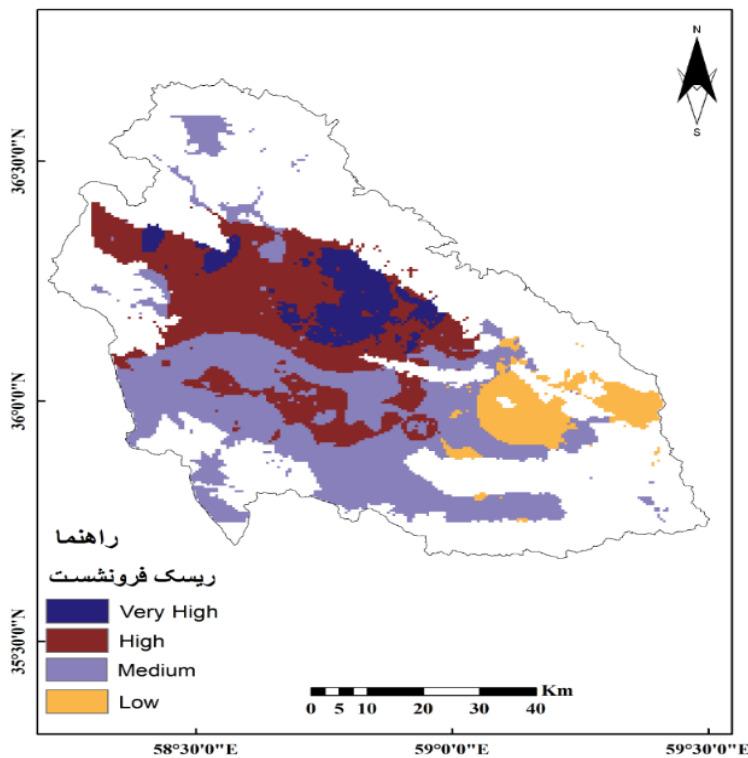
ادامه شکل ۳. نقشه‌های رتبه‌بندی عوامل موثر بر فرونشست در دشت نیشابور: (ج) افت سطح آب، (د) هدایت هیدرولیکی. (ه) ضخامت اشباع، (و) تغذیه.



ادامه شکل ۳. نقشه‌های رتبه‌بندی عوامل موثر بر فرونشست در دشت نیشابور: (ی) ضخامت آبرفت

جدول ۱. وزن دهی نهایی برای هریک از عوامل با استفاده از روش AHP

رتبه	Range	فکتور - وزن ^۲	رتبه	Range	فکتور - وزن ^۲	رتبه	Range	فکتور - وزن ^۲
۱	<۴۰	ضخامت رس	۱	<۸۲	میزان تغذیه	۹	<۱۶	هدایت هیدرولیکی
۳	۴۰-۸۰	(متر)	۳	۸۲-۹۶	(میلیون متر مکعب)	۷	۱۶-۳۲	(متر بر روز)
۵	۸۰-۱۲۰	(۰/۵)	۶	۹۶-۱۱۰	(۰/۰۹)	۳	۳۲-۴۸	(۰/۰۲)
۷	۱۲۰-۱۶۰		۹	۱۱۰-۱۲۴		۲	۴۸-۶۴	
۹	۱۶۰-۲۰۰					۱	۶۴-۸۰	
							>۸۰	
۱	<۱۶۹	ضخامت آبرفت	۱	<۵۴	ضخامت اشباع	۳	۰/۰۲۷۵-۰/۰۱	آبدهی ویژه
۴	۱۶۹-۲۸۴	(متر)	۴	۵۴-۱۰۸	(متر)	۵	۰/۰۲۷۵-۰/۰۴۵	(درصد)
۶	۲۸۴-۳۹۹	(۰/۰۶)	۷	۱۰۸-۱۶۲	(۰/۱۵)	۷	۰/۰۴۵-۰/۰۶۲	(۰/۰۳)
۹	۳۹۹-۵۱۴		۹	۱۶۲-۲۱۶		۹	۰/۰۶۲-۰/۰۸	
۱. رتبه بر اثر قضاوت کارشناسانه								
۲. وزن تأثیر هر عامل بر اساس AHP								
						۱	<۶/۵	افت سطح آب
						۴	۶/۵-۱۳	(متر)
						۷	۱۳-۱۹/۵	(۰/۱۵)
						۹	۱۹/۵-۲۶	



شکل ۴. نقشه خطر فرونشست بر اساس وزن های AHP

نتیجه گیری:

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که بالاترین میزان خطر فرونشست در دشت نیشابور با استفاده از نظرات کارشناسی برای رتبه بندی هر یک از عوامل موثر بر فرونشست، مقایسه زوجی آنها برای وزن دهی (استفاده از روش AHP)، تهیه لایه های موضوعی این عوامل در محیط GIS و تلفیق آنها، به محدوده شرقی و شمال شرقی تعلق دارد. همچنین حاشیه شرقی دشت دارای کمترین خطر فرونشست است. در تهیه این نقشه، بیشترین ضریب تأثیر در اولویت اول به عامل ضخامت رس اختصاص یافت. وجود واحدهای رسی به ویژه در دامنه های شمالی و شمال شرقی منطقه، سبب تسهیل در فرونشست در این مناطق می گردد. در مرحله بعد ضرایب تأثیر عواملی نظیر افت سطح آب و ضخامت لایه اشباع قرار داشتند. منفی شدن بیلان (افت سطح آب زیرزمینی) در دشت نیشابور را می توان از عوامل مهم فرونشست دانست که ضریب تأثیر نسبتاً خوبی به آن تعلق گرفته است. بر همین مبنا، ضخامت اشباع آبخوان به عنوان عامل مهم هم تراز با افت سطح آب در نظر گرفته شد. میزان تغذیه و ضخامت آبرفت نیز در مرحله بعدی قرار داشتند و در نهایت کمترین ضرایب تأثیر به ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی اختصاص یافت. در نهایت توصیه می گردد برای کاهش پیامدهای خطرناکی نظیر فرونشست در دشت مطالعاتی، به مدیریت شایسته برداشت آب های زیرزمینی پرداخت.

منابع فارسی :

- سلمانیپور، عباس.، (۱۳۸۴)، "از گردهمایی علوم زمین تا گردهمایی زمین شناسان"، هفته نامه گسترش صنعت، سال سوم، شماره ۱۳۰.
- شریفی کیا، م.، (۱۳۹۱)، "تعیین میزان و دامنه‌ی فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری (DInSAR) در دشت نوق- بهرمان"، مجله برنامه ریزی آمایش فضا دوره شانزدهم، شماره سوم. دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۵۶- ۷۷ ص.
- گزارش توجیهی ممنوعیت دشت نیشابور، وزارت نیرو، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، دفتر پایه مطالعات منابع آب، مهرماه ۱۳۹۴.
- لشکری پور، غ.، (۱۳۸۷)، "بررسی فرونشست زمین در دشت نیشابور و ارتباط آن با افت سطح آب زیر زمینی"، وزارت نیرو، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، کمیته تحقیقات.



References:

- Galloway, D.L., Burbey, T.J., 2011. "Review Regional land subsidence accompanying groundwater extraction" Hydrogeology Journal, v 19, 8:1459-1486.
- Huanyng, Y., Hanssen, R., Leijen, F., Marinkovicand, P., 2005. "Land Subsidence Monitoring in City Area by Time Series Interferometric SAR Data", National Natural Science Foundation of China 40301032, KGW Project Report.