مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته

تابستان ۹۲، شماره ۸



مطالعه خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگهای سازندآغاجاری در شرق و جنوب شرق اهواز

محمدحسين قبادى

گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

مجتبى حيدرى

گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

بهروز رفيعي

گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

ساجدالدين موسوى

دانشجوی دوره دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

نرگس آریافر کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

تاريخ پذيرش: ١٣٩٢/١٠/١

amirghobadi@yahoo.com

تاريخ دريافت: ١٣٩١/٨/٢٠

چکیدہ

بخش اعظم شرق و جنوب شرق شهر اهواز از رخنمون ماسه سنگهای سازند آغاجاری تشکیل شده است. این سنگها یکی از سنگهای مشکل آفرین هستند که در استان خوزستان به عنوان مصالح ساختمانی در ساخت وسازهای شهری استفاده می شود. در این پژوهش، به منظور شناخت خصوصیات و رفتار ژئوتکنیکی این سنگها، از ۵ نقطه در شرق و جنوب شرق اهواز نمونهبرداری انجام شده است. خصوصیات سنگ شناسی، ویژگیهای فیزیکی، شاخص و مکانیکی این ماسه سنگها تعیین شده است. نمونه ها تحت آزمایشهای سختی چکش اشمیت، دوام وارفتگی، شاخص ارزش ضربه، مقاومت بارنقطه ای، مقاومت تراکمی تک محوری، کشش برزیلی و سرعت موج طولی قرار گرفته اند. تتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت در خصوصیات سنگ شناسی، فیزیکی و شاخص ماسه سنگها ی محری، کشش برزیلی و سرعت موج طولی قرار گرفته اند. آزمونهای رگرسیون و نرم افزار 19 SPSS، ارتباط بین خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگهای اهواز به تغییر در خواص مکانیکی آنها منجر شده است. با استفاده از آزمونهای رگرسیون و نرم افزار 19 SPSS، ارتباط بین خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگها تعیین گردید. این روابط بصورت توابع خطی، لگاریتمی و نمایی بوداند. همچنین، آزمونهای رگرسیون و نرم افزار 19 SPS، ارتباط بین خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگها تعیین گردید. این روابط بصورت توابع خطی، لگاریتمی و نماین روابط پیشنهادی را به منظور تونونهای روتر سولی او در مافزار موابط بین خصوصیات رئوتکنیکی ماسه سنگها تعیین گردید. این روابط بی توابع خطی، لگاریتمی و نمایی بودهاند. همچنین، تونونهای را و در مافزار یا درصان این روابط تجربی پیشنهادی را تایید نمودند. بنابراین، با هدف کاهش هزینه و وقت می توان این روابط پیشنهادی را به منظور تخمین خصوصیات ژئوتکنیکی این سنگها بکار گرفت.

كلمات كليدى: سازند آغاجارى، ماسه سنگ ، خصوصيات ژئوتكنيكى، اهواز.

مقدمه

تعیین چنین خصوصیات مکانیکی در ماسه سنگها مستلزم آماده سازی نمونههای استاندارد و متعدد و نیز استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی گرانقیمت

می باشد. تاکنون پژوهشگران مختلف تلاش کردهاند تا خصوصیات مقاومت و تغییرشکل ماسه سنگها را با استفاده از آزمایشهای ساده و کمهزینه تعیین نمایند. کارگیل و شکور(Cargill and Shakoor,2004) در سال ۲۰۰۴ با استفاده آنالیزهای رگرسیونی مقاومت تراکمی تک محوری ۸ نمونه ماسه سنگ از نقاط مختلف آمریکا را با استفاده از دانسیته خشک، بارنقطهای، چکش اشمیت و آزمایش سایش لوس آنجلس تخمین زدند. آنها نشان دادند که مقاومت تراکمی تک محوری ماسه سنگهای موردآزمایش با افزایش دانسیته خشک، شاخص بارنقطهای و عدد سختی واجهشی اشمیت افزایش یافته اما با افزایش درصد افت Gokceoglu and یا در سایش لوس آنجلس کاهش می یابد. گوک اوغلو و زورلو(Gokceoglu and بارنقطهای و عدد سختی واجهشی اشمیت افزایش یافته اما با افزایش درصد افت مقاومت تراکمی تک محوری و مدول یانگ با شاخص پانچ بلوکی، شاخص بارنقطهای و مقاومت کششی گری و کهای آنکارا پرداخته و معادلاتی را پشنهاد کردهاند. در سال ۲۰۰۴ چانگ و همکاران(Chang et al.,2006) با مرور ترقیقات سایر پژوهشگران یازده رابطه تجربی بین مقاومت تراکمی تک محوری ماسه سنگها و خصوصیات فیزیکی آنها ارایه نمودند.



مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته

همچنین، در سال ۲۰۱۲ خصوصیات بافتی، پتروفیزیکی و مکانیکی ماسه سنگهای کوارتزیتی هیمالیا موردمطالعه قرار گرفت که با استفاده از آنالیزهای رگرسیونی ارتباط بین این ویژگیها تعیین گردید(Gupta and Sharma, 2012). از سوی دیگر، محققان بسیاری سعی کردهاند با استفاده از آنالیزهای رگرسیونی خصوصیات پتروگرافی ماسه سنگها را با ویژگیها مکانیکی آنها مرتبط Shakoor و Bell, 1978 و Dobereiner and De Freitas, 1986 و Shakoor کنند(Bell and Lindsay, و Ulusay et al., 1994 و and Bonelli, 1991 1999 و And Bonelli, 1991 و Ulusay et al., 1944 و با این وجود، این روابط محدود به چند شاخص برای انواع محدودی از ماسه سنگها میباشند. این روابط محدود به چند شاخص برای انواع محدودی از ماسه سنگها میباشند. ماسه سنگهای نقاط دیگر از دقت لازم برخوردار نخواهند بود. در چنین شرایطی تعیین روابط تجربی بین خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگهای هر منطقه ضرورت دارد.

در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از آنالیزهای رگرسیونی ارتباط بین خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگها تعیین شود. بدین منظور ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز جهت مطالعه انتخاب شدند. زیرا که این ماسه سنگها یکی از سنگهای مشکل آفرین در شهر اهواز می باشند(قبادی، ۱۳۸۱). همچنین، تراکم جمعیت و انجام پروژههای جادهسازی، مترو، ساختمانسازی و احداث تاسیسات نفتی در این ناحیه مطالعه خصوصیات ژئوتکنیکی این سنگها را اجتناب ناپذیر کرده است.

ژئومورفولوژی و زمین شناسی

ناحیه مورد مطالعه در شرق و جنوب شرق شهر اهواز قرار گرفته که دربرگیرنده یال شمال شرقی تاقدیس اهواز می باشد(شکل ۱). این تاقدیس از نوع نامتقارن بوده که عمدتا از سنگهای متعلق به سازند آغاجاری تشکیل شده است. اشکال ژئومورفولوژی مانند تپههای کواستا، پلکانهای حاصل از فرسایش تفریقی، ریزش سنگ، حفرات لانه زنبوری ناشی از فرسایش باد و شواهد کارستی مانند کارنها و غارها در بیشتر بخشهای این ناحیه قابل مشاهده هستند.

در منطقه موردمطالعه سنگهای متعلق به سازند آغاجاری از گسترش زیادی برخوردار بوده که متشکل از مارن، ماسه سنگ و لای سنگ می باشند. سن این سازند میوسن- پلیوسن است(James and Wynd, 1965). ماسه سنگها ریز تا درشت دانه دارای لایه بندی ظریف تا توده ای بوده که به رنگ خاکستری دیده می شوند. این ماسه سنگها دارای سیمان شدگی ضعیف و تخلخل زیاد بوده که لایه بندی مورب در آنها دیده میشود. امتداد لایههای ماسه سنگی شمال غرب-جنوب شرق است که شیب آنها بین ۲۰ تا ۴۰ درجه به سمت شمال شرق تغییر می کند. دو دسته درزه طولی و عرضی با راستای شمال غرب- جنوب شرق و شمال شرق- جنوب غرب این سنگها را تحت تاثیر قرار داده اند. همچنین، گسل فشارشی اهواز مهمترین گسل ناحیه است که با راستای شمال غرب- جنوب شرق و با طول تقریبی ۱۰۰ کیلومتر موجب رانده شدن سازند آغاجاری بر روی آبرفت-های کواترنر گردیده است(قبادی، ۱۳۷۷).

مطالعات آزمایشگاهی

به منظور انجام این پژوهش، بلوکهای ماسه سنگی با ابعاد ۴۰×۴۰×۴۰ سانتی متر که فاقد درز و شکاف بوده از ۵ محل در شرق شهر اهواز تهیه گردید-(شکل۱). براساس استاندارد ISRM(۱۹۸۱) و با بکارگیری چکش اشمیت نوع L

سختی واجهشی نمونه های ماسه سنگی تعیین گردید(جدول ۱). همچنین، مقاطع نازک با هدف مطالعه ویژگیهای سنگ شناسی این سنگها تهیه شد. سپس در آزمایشگاه از بلوکهای سنگی به منظور تهیه مغزههای استوانهای NX-(قطر ۵۴ میلیمتر) مغزهگیری شد. مغزه های تهیه شده در تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی مورد استفاده قرار گرفتند.

خصوصیات سنگ شناسی

ترکیب کانی شناسی و خصوصیات بافتی ماسه سنگها با استفاده از مقاطع نازک مطالعه گردید. بررسی مقاطع نازک نشان داد که این ماسه سنگها از خرده سنگهای کربناته، کوارتز، چرت، خرده سنگهای شیستی، اکسید آهن و فلدسپات تشکیل شدهاند(شکل ۲ و جدول ۱). ماسه سنگ های مذکور بر اساس طبقه بندی فولک(۱۹۲۴) کالک لیت آرنایت هستند. در تمام نمونههای موردمطالعه به استثنا نمونه ماسه سنگ SS3، متوسط اندازه ذرات کربناته ۱۵۰ موردمطالعه به استثنا نمونه ماسه سنگ SS3، متوسط اندازه ذرات کربناته موردمطالعه به استثنا نمونه ماسه سنگ SS3، متوسط اندازه ذرات کربناته ۱۵۰ میلی میلی متر است. در نمونه SS3 متوسط اندازه ذرات کربناته میکرون است. کوارتز در این سنگها بصورت تک بلوری و چند بلوری قابل مشاهده است. میزان چرت و کوارتز در نمونهSS3 کمتر از سایر ماسه سنگها مشاهده است. میزان چرت و کوارتز در نمونهSS3 کمتر از سایر ماسه سنگها است. در ماسه سنگSS3 میزان قطعات شیستی بیشتر از نمونههای دیگر می باشد. نوع سیمان غالب در این سنگها کلسیتی بوده که به صورت موضعی ذرات است. دانههای تشکیل دهنده ماسه سنگها نیمه گرد شده بوده و از جورشدگی متوسط تا بد برخوردار می باشند. تماس بین دانهها از نوع خطی و نقطه ای است. خواص فیزیکی

اندازه گیری خصوصیات فیزیکی نمونه های ماسه سنگی مطابق استانداردهای انجمن بین المللی مکانیک سنگ(ISRM,1981) انجام شد. دانسیته خشک(γ)، دانسیته مرطوب(γm)، دانسیته اشباع(ysat)، درصد جذب آب(Wa)، درصد تخلخل(n) و دانسیته ذرات جامد(Gs) این سنگ ها به روش اندازه گیری ابعاد و با اشباع در آب تعیین گردید(Bown,1981). این آزمایشات بر روی سه نمونه از هر نوع ماسه سنگ تکرار و میانگین آنها گزارش شده است(جدول ۲). دانسیته خشک این ماسه سنگ ها بین ۱/۸۹ تا ۲/۱۶ گرم بر سانتیمترمکعب متغیر است. کمترین و بیشترین میزان تخلخل بترتیب به نمونه های SS4 (۲۰درصد) و SS5(۲۰درصد) درصد) تعلق دارد. همچنین، نمونه SS5 با درصد جذب آب ۱۱/۴۰ بیشترین مقدار را در میان نمونه های ماسه سنگی موردآزمایش داشته است.

دوام وارفتگی

داوم وارفتگی معرف میزان مقاومت ستگ در برابر هوازدگی است که از طریق آزمایش دوام وارفتگی با قرار دادن کلوخههای سنگی در آب طی دو سیکل اندازه گیری می شود(Bell, 1993). در این تحقیق، به منظور ارزیابی اثر افزایش تعداد سیکلهای تر و خشک شدگی بر روی دوام ماسه سنگهای اهواز و پیش بینی رفتار دراز مدت آنها در طی فرآیند هوازدگی، این آزمون در ۱۵ سیکل انجام شده است(جدول ۳). براساس طبقه بندی دوام برای سیکل دوم، نمونه SS5 در رده کمی مقاوم و سایر نمونه ها در رده مقاوم قرار می گیرند(I971, I971). ماسه سنگ سیصد دستگاه بیشترین مقدار شاخص دوام وارفتگی بعد از ۱۵ سیکل را داشته است.

تابستان ۹۲، شماره ۸

مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته





شکل ۱. نقشه زمین شناسی و موقعیت محل های نمونه برداری در شرق و جنوب اهواز (با اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ اهواز، شرکت ملی نفت ایران).

	درصد اجزا تشکیل دهنده								سختی چکش		
سيمان ژيپسی	سیمان کلسیتی	خرده سنگ- شیستی	فلدسپات	اکسید آهن	چرت	كوارتز	خردہ سنگ کریناتھ	اندازه متوسط دانهها (میکرون)	أشميت	محل برداشت	نمونه
-	۱.	٣	۴	٨	۴	١.	57	420	22/20	مشرحات	SS1
-	_	۴	٣	١٩	٨	٧	۵۹	۳۰۰	51/05	کریت کمپ	SS2
-	Н	١	۵	٨	۵	~	۷۳	10.	74/07	پادگان شهید درویشی	SS3
-	۱.	۴	۴	11	٨	٩	۵۴	۳۵۰	20/14	سیصد دستگاه	SS4
۴	٧	۷	۴	١.	٣	۵	۶.	۱۷۵	۵/۶۷	حصيرآباد	SS5

کانی شناسی و سختی چکش اشمیت ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز.	۱. ترکيب	جدول ۱
---	----------	--------



شکل ۲. تصاویر مقاطع میکروسکوپی ماسه سنگ های سازند آغاجاری. الف) نمونه SS1، ب) نمونهSS3، پ) نمونهSS3، ج) نمونهSS4، ج) نمونهBio :SS5 بیوکلاست، F دانه دگرگونی و شیل، Ch چرت، Q کوارتز، P1 کوارتز چند بلوری، Or ارتوز، C دانه کربناته، P1 پلاژیوکلاز، Z زیرکون، gy سیمان ژیپسی.

ابواز

جنول ٦. خطوطيك فيريدي والمحني فيحس الشميت مالله للنك لماي مؤدمطالعة							
نمونه	n(%)	Wa(%)	Gs	$\gamma_{\rm d}({\rm g/cm}^3)$	$\gamma_m(g/cm^3)$	$\gamma_{sat}(g/cm^3)$	سختي چکش اشميت
SS1	22/26	9/9¥	۲/۷۲	۲/۱۱	۲/۱۱	۵ ۲/۲	۲۳/۳۵
SS2	27/42	۱۰/۱۳	۲/۷۱	1/94	1/90	۲/۱۴	۲۱/۰۲
SS3	۲۳/۰۲	٧/٦٣	۲/۷۱	۲/•۹	۲/۰۹	۲/۲۴	۲۴/۰۷
SS4	۲./	4/95	۲/۷۰	۲/۱۶	۲/۱۷	۲/۲۷	20/14
SS5	۳۰/۵۶	11/4.	۲/۷۲	١/٨٩	۱/۹۰	7/11	۵/۶۷

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و سختی چکش اشمیت ماسه سنگ های موردمطالعه

	0.0	, , ,,	-		J. 0J .
SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	ماسه سنگ ها شاخص هاي دوام
٩ ٨/٥ ٩	99/18	99/57	99/178	۸٩/۲.	Id1
٩٧/٦٤	97/£9	٩٨/٣٤	۹۸/۳۸	VV/78	Id2
٩٦/٧٦	93/92	٩٧/٤ ٤	٩٧/٦١	٦٥/٥.	Id3
٩٥/٨٥	۹۱/٤٩	97/01	97/77	08/21	Id4
٩٤/٩	۸۹/۱۱	9 <i>0/</i> V	97/19	٤٣/٨١	Id5
۹۳/۹۷	۸0/9۲	٩ ٤/٨٦	٩٤/٩٤	۳۲/۲٦	Id6
٩٢/٨	٨٤/٨٥	98/20	9 5/5 7	11/11	Id7
۹۱/۲٦	٥٢/٢٥	97/77	۹۳/۷۳	۲٤/٦٦	Id8
۹ • / ٤ ٤	۷۸/۸٥	۹١/٤٨	۹۳/۱۷	۲ ۱/٦ ۲	Id9
٨٩/٧٥	٧٧/٠٩	۹ • /۸۲	97/0.	19/52	Id10
۸۸/۷۳	V0/17	۸۹/۷٦	٩٢	17/15	Id11
۷۷/۸۹	۷۳/۵۷	۸۸/۹۲	91/85	10/28	Id12
14/10	۷۱/۹۲	۸۸/۱	۹ • /۷ ۹	۱٤/•۲	Id13
۸٦/٤٦	۷۰/۳۲	۸۷/۵۱	۹ • / ۱ ۹	17/20	Id14
٨٥/٧٥	٦٨/٨	۸٦/٧٩	۸٩/٦٧	11/77	Id15

جدول ۳. مقادیر شاخص دوام وارفتگی ماسه سنگ های موردآزمایش در طی ۱۵ سیکل

سرعت سير موج طولى(Vp)

دانتكاه شهيدهمان ابواز

به منظور اندازه گیری سرعت سیر موج طولی در ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز، از مغزههای سنگی با قطر NX و روش با فرکانس بالا استفاده گردید(ASTM, 2000). مقدار سرعت سیر موج در ماسه سنگهای مورمطالعه در حالت خشک از ۱/۳۱ تا ۲/۸۸ کیلومتر بر ثانیه متغیر میباشد(جدول۴). در حالت اشباع سرعت موج بین ۱/۹۷ تا ۲/۱۷ کیلومتر بر ثانیه تغییر میکند. در هر سه حالت خشک، مرطوب و اشباع نمونههای SS4 و SS5 بهترتیب بیشترین و کمترین سرعت سیر موج را به خود اختصاص دادهاند.

آزمایش ارزش ضربه(AIV)

میزان استحکام سنگدانههای مورد استفاده در پروژهای عمرانی توسط این آزمون سنجیده می شود. این آزمون توسط موسسه استاندارد بریتانیا(BSI) استاندارد شده است(BS 812, 1990). در این آزمایش سنگدانههای با قطر ۱۰ تا ۱۴ میلیمتر تحت ضربات چکش ۱۳/۵ کیلوگرمی به تعداد ۱۵ ضربه از ارتفاع ۴۵ سانتیمتری قرار می گیرند. شاخص ارزش ضربه بصورت نسبت درصد ذرات عبوری از الک ۲/۳۶ میلیمتر به وزن اولیه در نظر گرفته میشود(جدول ۴). شاخص ارزش ضربه بزرگتر معرف کیفیت پایین سنگدانهها جهت استفاده در سازههای عمرانی خواهد بود. بر اساس (جدول ۴) شاخص ارزش ضربه ماسه سنگ-های شرق اهواز بین ۴۵/۴ تا ۸۵/۳۱ درصد متغیر می باشد. این آزمایش نشان می دهد که این ماسه سنگها مصالح مناسبی برای استفاده به صورت سنگدانه نمی باشند.

خصوصيات مكانيكى

شاخص مقاومت بار نقطه ای (IS)، مقاومت تراکمی تک محوری (UCS)، مدول یانگ (E) و مقاومت کششی برزیلی (BTS) ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز اندازه گیری شدند. آزمایش مقاومت بارنقطه ای براساس استاندارد ISRM روی نمونه های استوانه ای به روش محوری در حالت اشباع و خشک انجام شده است. مقاومت کشش برزیلی نمونه های ماسه سنگی نیز با استفاده از مغزه های با نسبت طول به شعاع بزرگتر از یک و مطابق استاندارد ISRM تعیین شد (جدول ۵). مقدار شاخص بارنقطه ای در حالت اشباع بین ۲۰/۳ تا ۱۲۲۲ و برای حالت شخص بین ۲۹/۰ تا ۲/۲۵ مگاپاسکال متغیر است. نمونه SS4 بیش ترین مقدار شاخص بارنقطه ای را در حالت اشباع و خشک داشته است. نمونه های ماسه سنگی مقدار شاخص بارنقطه ای را در حالت اشباع و خشک داشته است. نمونه های ماسه سنگی فرو اختص بارنقطه ای را در حالت اشباع و خشک داشته است. نمونه معای را به مقدار رای حالت اشباع و خشک داشته است. نمونه های ماسه سنگی مقدار مای در این این ۲/۲۵ و ۲/۱۰ (برای حالت خشک) و ۲/۱۹ و ۲/۱ مایا سکال (برای حالت اشباع) بترتیب بیشترین و کم ترین مقاومت کششی را به خود اختصاص داده اند. هم چنین، با هدف تعیین مقاومت تراکمی تک محوری و مدول یانگ از روش استاندارد ISRM و نمونه های استوانه ای شکل با نسبت طول به قطر ۲/۵ استفاده شده است(ISOM) و ISrow, 1981.

نتایج مقاومت تراکمی تک محوری ماسه سنگهای اهواز در (جدول ۶) قابل مشاهده است. با توجه به این جدول، مقدار مقاومت تراکمی تک محوری این سنگها در حالت خشک بین ۹/۶۲ تا ۲۱/۲۲ و در حالت اشباع بین ۳/۹۹ تا مقاومت خیلی پایین تا پایین قرار می گیرند(Deere and Miller, 1966). مدول الاستیسیته این سنگها در حالت خشک بین ۱/۴۴ تا ۵/۵۱ گیگاپاسکال متغیر بوده به طوری که این سنگها دارای نسبت مدولی پایین می، اشند.

به منظور تخمین روابط بین خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگهای شرق اهواز از آنالیزهای رگرسیونی ساده استفاده شده است. در این روش رابطه بین دو متغیر تصادفی و دارای توزیع نرمال تعیین می گردد. در این آنالیز رگرسیونی توابع خطی، توانی، لگاریتمی، نمایی و درجه دوم مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از نرم افزار 19 SPSS ازش مقادیر R(ضریب همبستگی) و اعتبار معادلات بدستآمده بهترتیب توسط آزمونهای t و F مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهشروابط تخمین زده شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شدهاند. براساس ایندو آزمون، در صورتی روابط و مقادیر ضریب همبستگی معتبر خواهد بود کهمقادیر t و F بدست آمده بزرگتر از مقدار t و F جدول باشند. با توجه به سطحاطمینان ۹۵ درصد مقدار t جدول برابر با ۲/۳۵۳ میباشد. همچنین، مقداربر در این را ۲ و V₁ و V₁ ایر با ۱۰/۱۳ س

بحث

۲۵

آناليز رگرسيون

خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگها عمدتاً تحت تاثیر ویژگیهای سنگ شناسي آنها مي باشد(Bell, 1978, 1999 و Ulusay et al., 1994 و Gupta et al., 2008 et al., 2008 gamrakar et al., 2007 2012). اما در نمونههای ماسه سنگ شرق و جنوب شرق اهواز تنها مقدار کوارتز نقش بسزایی در مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسته، مقاومت کششی و سرعت موج طولی ایفا می نماید. بهطوری که با افزایش مقدار کوار تز در نمونههای ماسه سنگی، مقاومت تراکمی تک محوری و مدول الاستیسیته با پیروی از تایع لگاریتمی(با ضرایب همبستگی ۰/۹۳۳ و ۰/۹۴۶) افزایش می یابند(شکل ۳). این موضوع در تضاد با مطالعات انجام شده توسط Bell (1978) و Ulusay et al. (1994)می باشد که بر روی ماسه سنگهای آمبرلند شمالی در انگلیس و کوزلو ترکیه انجام دادهاند. زیرا که این محققان ارتباط معناداری بین درصد کوارتز با مقاومت تراکمی تکمحوری و مدول الاستیسیته این سنگها پیدا نکردند. این رابطه برای مقاومت کششی و سرعت موج طولی بصورت نمایی با ضرایب همبستگی ۰/۹۰۷ و ۰/۹۴۳ افزایش می یابد(شکل ۳). نتایج آنالیزهای رگرسیون بر روی نمونههای ماسه سنگی موید آن است که بین دانسیته و درصد تخلخل با مقاومت تراكمي تك محوري، مدول الاستيسيته، مقاومت كششي و سرعت موج طولى ارتباط مشخصى وجود دارد.

با افزایش دانسیته ماسه سنگها، مقاومت تراکمی و کششی و نیز مدول الاستیسیته و سرعت موج طولی بترتیب با پیروی از رابطه لگاریتمی(R=۰/۹۶)، خطی(R=۰/۹۶۱)، لگاریتمی(R=۰/۹۵۶) و خطی(R=۰/۹۶۱) افزایش می یابند-(شکل ۴). همچنین، افزایش درصد تخلخل و جذب آب به کاهش مقاومت تراکمی تک محوری(بصورت خطی با ضریب همبستگی ۳۹۶/۲ و ۲۹۴/۰)، مدول الاستیسیته(بترتیب لگاریتمی(R=۰/۹۱۸) و خطی(R=۰/۹۵)) و مقاومت کششی-(بصورت لگاریتمی با ضریب همبستگی ۹۹۴/۲ و ۲۹۶/۱) این ماسه سنگها منجر شده است(شکل ۴). این موضوع به دلیل آن است که سنگهای دارای درصد تخلخل بالاتر و دانسیته کمتر از تراکم دانه کمتری برخوردار بوده که تماس و اصطکاک بین ذرات کمتری دارند. این وضعیت کاهش مقاومت سنگ را در پی خواهد داشت. از سوی دیگر، با افزایش درصد تخلخل سرعت موج طولی بهشدت با پیروی از تابع خطی(R=۰/۹۶۷) کاهش می یابد(شکل ۴).



تابستان ۹۲، شماره ۸

	,, e	0,000		<u>)</u>
نمونه ها	سب (km/s)	وج فشاری (V _p) بر ح	شاخص ارزش ضربه(٪)	
	خشک	مرطوب	اشباع	
SS1	۲/۵۴	۲/۶۵	۲/۸۳	۴۸/۴۲
SS2	۱/۸۸	٢	۲/۱۵	۵۶/۹۵
SS3	۲/۲۱	۲/۲۶	۲/۳۵	۴۲/۰۵
SS4	۲/۸۸	۲/۹٩	٣/•٧	۳۵/۴
SS5	١/٣١	1/48	١/٩٧	۸۵/۳۱

جدول ۴. مقادیر سرعت سیر موج طولی و شاخص ارزش ضربه ماسه سنگ های موردمطالعه

جدول ۵. نتایج آزمونهای مقاومت کششی برزیلی و مقاومت بارنقطهای ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز در رطوبت های مختلف

نمونه ها		SS1	SS2	SS3	SS4	SS5
	خشک	۳/۳۳	۲/۲۷	۲/۷۵	۴/۷۸	٠/٨۴
میانگین مقاومت کششی برزیلی(MPa)	مرطوب	۱/۲۱	1/87	١/٣٧	۲/۸۴	•/81
	اشباع	۱/۳۱	1/14	1/11	۲/۱۹	٠/۴
میانگین شاخص مقاومت بارنقطهای-	خشک	١/٨٠	1/84	1/9٣	۲/۲۵	٠/۴٧
(MPa)	اشباع	• /88	•/88	•/94	1/22	۰/۲۳
ما قەيدە مقابىت بارا شاخە يا	Deere, 1968	D	E	D	D	Е
نقطه بندی مفاومت براساس ساحص بار نقطهای(در حالت خشک)	Bieniawski, 1975	D	D	D	С	Е

و رده بندی آنها براساس طبقه بندی دیر و میلر(۱۹۶۶)	ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز ،	جدول ۶. نتایج مقاومت تراکمی تک محوری
---	------------------------------------	--------------------------------------

نمونه ها	حالت آزمایش	مقاومت تراکم تک محوری (MPa)	توصيف مقاومت	مدول الاستيسيته(GPa)	نسبت مدولی	توصيف نسبت مدولى
	خشک	r0/1 ź	D	۵/۳	101	L
SS1	مرطوب	۲ ٤/ • ٦	Е	٤/•٧	۱۷.	L
	اشباع	17/9.	Е	۲/۹٥	140	L
	خشک	٢ ٤/٥ ١	Е	٣/۴	140	L
SS2	مرطوب	17/77	Е	۲/۹	١٧٩	L
	اشباع	۱۰/۰۱	Е	١/٩ ٤	195	L
	خشک	۳٦/٠٥	D	0/2	10.	L
SS3	مرطوب	Y 7/1 A	Е	٤/١٧	109	L
	اشباع	۱ ۸/٦ ۱	Е	٣/٤٨	١٨٧	L
	خشک	٤ ١/٢ ٢	D	۵/۵۱	185	L
SS4	مرطوب	۲٦/٣	Е	٤/٥٤	١٧٣	L
	اشباع	۲ ۱/۹۸	Е	٣/٨٤	140	L
	خشک	٩/٦٢	Е	1/22	10.	L
SS5	مرطوب	۷/۳۲	Е	١/٢	175	L
	خشک	٣/٩٩	Е	٠/٦٩	١٧٣	L





شکل ۴.رابطه بین دانسیته خشک، درصد تخلخل و جذب آب با خصوصیات مکانیکی و شاخص ماسه سنگهای موردآزمایش. الف)مقاومت تراکمی تک محوری ب)مقاومت کششی ج) مدول الاستیسیته د) سرعت موج طولی

دانگاه شدتمان ابواز

مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته

براساس بررسیهای انجام شده توسط وسارهلی(Vasarhelyi) در سال براساس بررسیهای انجام شده توسط وسارهلی(Vasarhelyi) درصد کمتر از حالت خشک آنها می باشد. در مقابل، در سال ۲۰۰۵ ونگ و همکاران(Weng et ای نشان دادند که مقاومت ماسه سنگهای اشباع در تایوان ۱۵ تا ۸۰ درصد نمونه خشک است. نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان داد که با افزایش رطوبت در نمونه های ماسه سنگ اهواز مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسیته، شاخص بارنقطه ای و مقاومت کششی کاهش می یابد(شکل ۵ الف و ب). زیرا با افزایش درصد رطوبت فشار آب منفذی افزایش می یابد که ناپایداری سطوح ضعف موجود در سنگ را به همراه خواهد داشت. افت مقاومت تراکمی و کششی این ماسه سنگها در حالت اشباع بهترتیب بین ۶۶/۶۸ (نمونه SS4) تا ۸۶/۸۵(نمونه SS5) و ۲۲/۹۰(نمونه SS4) تا ۶۶/۶۶ درصد(نمونه S1)

این کاهش برای مدول الاستیسیته و شاخص بارنقطه ای بهترتیب بین ۲۹/۶۳(نمونه SS4) تا ۲۱/۸۸(نمونه SS5) و ۶۵/۷۸(نمونه SS4) تا ۶۲/۲۲ درصد(SS1) تغییر می کند. در مقابل، افزایش درصد رطوبت ماسه سنگها افزایش سرعت موج طولی را موجب شده است. بهطوری که به حداکثر مقدار خود در حالت اشباع می رسد(شکل ۵ ج). این موضوع به دلیل آن است که سرعت امواج طولی از میان آب بیشتر از هوا می باشد. بنابراین، زمانیکه حفرات توسط آب اشغال می شوند، افزایش سرعت موج طولی را به همراه دارند. سرعت امواج صوتی در سنگ با خصوصیات سنگ شناسی و ویژگیهای الاستیک سنگ بکر در ارتباط سنگ با خصوصیات سنگ شناسی و ویژگیهای الاستیک سنگ بکر در ارتباط فست با خصوصیات منگ شناسی و می باشند. نتایج این پژوهش نشان داد که بین سرعت موج طولی با مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسیته و مقاومت کششی ماسه سنگهای شرق اهواز ارتباط نزدیکی برقرار است. این رابطه برای مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسیته و مقاومت کششی بهترتیب لگاریتمی(ه ماهر)، مایی(۹۰۹-۹) و خطی(۹۸/۹۰=۹) می باشد(شکل ۶).

مقايسه نتايج عدد سختى واجهشى چكش اشميت ماسه سنگها با مقاومت تراكمي تک محوري، مدول الاستيسيته، مقاومت کششي و سرعت موج طولي ارتباط بین این خصوصیات مهندسی را آشکار نمود. بهطوریکه رابطه سختی واجهشی اشمیت با این پارامترها بصورت معادله نمایی با ضریب همبستگی بین ۰/۹۲۴ تا ۰/۹۹۷ می باشد (شکل ۷). هم چنین، رابطه شاخص ارزش ضربه با مقاومت تراکمی تک محوری به شکل خطی(R=۰/۹۸۹) بوده اما با مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و سرعت موج طولی نمایی(R=1/۹۵۵ تا ۷/۹۷۷) است(شکل ۸). با توجه به (شکل۸) ماسه سنگهایی که بیشترین مقدار شاخص ارزش ضربه را دارا می باشند، کمترین مقادیر این پارامترها به آنها تعلق دارد. هم-چنین، نتایج آنالیزهای آماری بر روی نمونههای ماسه سنگی موردآزمایش حاکی از آن است که نتایج شاخص بارنقطهای با مقادیر مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستيسيته و مقاومت كششى برزيلي قابل انطباق مي باشند. با افزايش شاخص بارنقطهای، مقاومت تراکمی تک محوری و مدول الاستیسیته با پیروی از رابطه خطی(بهترتیب ضریب همبستگی ۰/۹۹۸ و ۰/۹۸۱) افزایش می یابد. ضریب زاویه(فاکتور تبدیل) این معادلات بهترتیب به مقدار ۱۷/۹۳ و ۲/۴۹ می باشد. اما مقاومت کششی بصورت نمایی با ضریب همبستگی ۰/۹۶۷ افزایش می یابد(شکل ۹). اگرچه ماسه سنگهای موردآزمایش بعد از دو سیکل دوام وارفتگی مقاوم تا کمی مقاوم ارزیابی شدند، اما با افزایش تعداد سیکلهای تر و خشک شدگی شاخص دوام خصوصاً در نمونه حصیرآباد(۱۱/۷۶ درصد) به شدت کاهش می یابد.

تابستان ۹۲، شماره ۸

این موضوع می تواند ناشی از تخلخل زیاد نمونه حصیر آباد باشد. بدین معنا که با افزایش تخلخل، آب بیشتری می تواند به درون سنگ نفوذ کند که فر آیند انحلال خرده سنگهای کربناته و سیمان موجود در این ماسه سنگ را سرعت می بخشد. حاصل این فرآیند کاهش دانسیته ماسه سنگها می باشد که، به افت دوام سنگ منجر می شود(2012) در Mobadi and Mousavi, 2012). در سال ۲۰۰۴ طغرل(Tugrul) نشان داد که مقاومت تراکمی تک محوری سنگها با افزایش شاخص دوام وارفتگی آنها بهصورت خطی افرایش می یابد. اگرچه نتایج حاصل از این تحقیق نیز بر وجود چنین رابطهای صحه گذاشت، اما این ارتباط بین شاخص-مورت معادله نمایی می باشد. از طرف دیگر، نتایج آنالیزهای رگرسیونی نشان بصورت معادله نمایی می باشد. از طرف دیگر، نتایج آنالیزهای رگرسیونی نشان کششی و مدول الاستیسیته رابطه نمایی(ضریب همبستگی بین ۱۹۹۲، تا ۱۹۹۴) برقرار است. در چنین شرایطی با افزایش شاخصهای دوام وارفتگی مقاومت برقرار است. در چنین شرایطی با افزایش شاخصهای دوام وارفتگی مقاومت

در تمام این معادلهها، نتایج شاخص دوام در سیکل پانزدهم همخوانی بیشتری با خصوصیات مکانیکی ماسه سنگها دارد. زیرا که ضریب رگرسیون آن بیشتر از شاخص دوام در سیکل دوم می باشد. (جدول۷) معادلات پیشنهادی در این پژوهش و اعتبار آنها را نشان نموده می دهد.

نتيجه گيرى

تحقیقات بسیاری به منظور ارتباط دادن خصوصیات ژئومکانیکی ماسه سنگ-ها با ویژگیهای شاخص، فیزیکی و سنگ شناسی آنها انجام شده است. روابط تجربی مختلفی از این تحقیقات برپایه آنالیزهای رگرسیونی حاصل شده است. هم-چنین، ضرایب رگرسیون متفاوتی با توجه به نوع سنگ و آزمونهای آزمایشگاهی آرایه گردید. در این پژوهش، ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز به دلیل گستردگی زیاد و فقدان اطلاعات مستند از خصوصیات مهندسی آنها مدنظر قرار نتایج مطالعات سنگ شناسی مبین آن است که این ماسه سنگها از نوع کالک لیت آرنایت هستند. دانسیته خشک و درصد تخلخل این سنگها بهترتیب از ۱۸۹ تا ۲/۱۶ گرم بر سانتیمترمکعب و از ۲۰ تا ۵۶/۳۶ درصد متغیر است. بیشترین مقاومت تراکمی تک محوری و گشش برزیلی به نمونه SSS تعلق داشته است.

عدد سختی واجهشی اشمیت نمونههای سنگی بین ۵/۶۷ تا ۲۵/۱۴ می باشد. بهطور کلی، ماسه سنگ های سازند آغاجاری در شرق و جنوب شرق اهواز جز سنگهای ضعیف محسوب می شوند، زیرا که مقاومت آنها کمتر از ۲۵ مگاپاسگال-است. این سنگها مطابق رده بندی دیر و میلر مقاومت در رده D و E قرار می گیرند. مطابق نتایج حاصل از آزمایش ارزش ضربه، این ماسه سنگ ها برای مصارف ساختمانی و راه سازی مناسب نیستند. این ماسه سنگها براساس طبقه بندی گمبل(۱۹۷۱) برای دوام در سیکل دوم، کمی مقاوم تا مقاوم می باشند. اما کاهش می یابد. براساس آنالیزهای رگرسیونی انجام شده، بین خصوصیات سنگ شناسی، فیزیکی، شاخص و مکانیکی ماسه سنگ های شرق و جنوب شرق اهواز ارتباط نزدیکی برقرار است. ارتباط بین درصد کوارتز در نمونههای ماسه سنگی با مقاومت تراکمی تک محوری و مدول الاستیسیته بصورت لگاریتمی میباشد. اما این رابطه برای مقاومت کششی و سرعت موج طولی نمایی است. به طوری که با افزایش مقدار کوارتز پارامترهای یادشده افزایش می یابند.



مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته

تابستان ۹۲، شماره ۸

همچنین، با افزایش دانسیته این ماسه سنگها مقاومت تراکمی و کششی و نیز مدول الاستیسیته و سرعت موج طولی بهترتیب با پیروی از رابطه لگاریتمی، خطی، لگاریتمی و خطی افزایش می یابند. افزایش درصد تخلخل و جذب آب نیز به کاهش مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسیته و مقاومت کششی منجر می شود. این روابط بهترتیب بهصورت توابع خطی، لگاریتمی و لگاریتمی می باشند.

نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه بین عدد سختی اشمیت با مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسیته، مقاومت کششی و سرعت موج بهصورت معادله نمایی با ضریب همبستگی بین ۱۹۲۴ تا ۱۹۹۷ میباشد. نتایج آنالیزهای رگرسیونی مشخص نمود که نتایج شاخص بارنقطهای بهصورت خطی با مقادیر مقاومت تراکمی تک محوری و مدول الاستیسیته قابل انطباق می باشند. اما مقاومت کششی بهصورت نمایی با ضریب همبستگی ۱۹۶۷ افزایش می یابد.

از سوی دیگر، ارتباط بین مقاومت تک محوری و مقاومت کششی برزیلی ماسه سنگهای شرق و جنوب شرق اهواز بهصورت لگاریتمی(R=۰/۹۷۴) می باشد. همچنین، مقایسه شاخصهای دوام وارفتگی در سیکل دوم و پانزدهم با مقاومت تراکمی تک محوری، مدول الاستیسیته و مقاومت کششی موید آن است که بین این پارامترها رابطه نمایی برقرار است. بدین معنا که با افزایش شاخص دوام پارامترهای یادشده افزایش می یابند. بنابراین، در مواردی که با فقدان مقادیر پارامترهای مقاومتی سنگ به منظور تحلیل رفتار مکانیکی آنها مواجه بوده می توان از این روابط تجربی در فازهای اولیه طراحی پروژهها در این ناحیه استفاده نمود. همچنین، باید اذعان نمود که اعتبار این معادلات پیشنهادی تنها محدود به ماسه سنگهای آغاجاری در شهر اهواز و ماسه سنگهای با ترکیب سنگ شناسی مشابه می باشد.





شکل ۶. رابطه سرعت موج طولی با خصوصیات مکانیکی . الف)مقاومت تراکمی ب) مدول الاستیسیته و مقاومت کششی

دانتكادشه



شکل ۷. نمودار سختی چکش اشمیت در مقابل خصوصیات مکانیکی ماسه سنگهای مورد مطالعه. الف)مقاومت تراکمی ب)مقاومت کششی و مدول الاستیسیته



شکل ۱۰. ارتباط شاخصهای دوام با خصوصیات مکانیکی ماسه سنگهای اهواز. الف)مقاومت تراکمی ب)مقاومت کششی و مدول الاستیسیته

تابستان ۹۲، شماره ۸



	سطح اطميتان ١٠ تارك	عنبار انها در	جناول ۱. معادت پیشتهای (در خانک خشک) و ا	
F محاسبه شده	t محاسبه شده	R	معادله خط برازش شده	شماره
۲۰/۱۱۷	۴/۴۸۵	۰/۹۳۳	$UCS = fr/88y \ln(Qz) - \Delta g/y + f$	١
۳۸/۱۸۲	۵/۹۳۱	•/٩۶	$UCS=T \cdot 9/1T \ln(\gamma_d)-119/T1$	٢
۳۸/۰۱۱	۶/۱۶۵	•/٩۶٣	$UCS = - \tau / \forall \texttt{Fqf} n + \texttt{qv} / \forall \texttt{AA}$	٣
74/482	4/945	•/944	UCS = - F/DFFV Iv + FF/TFD	۴
۶۹/۰۱۰	٨/٣٠٧	•/٩٧٩	$UCS = \texttt{f-/trans} \ln(Vp) - \cdot/\texttt{trans}$	۵
۱۳۶/۵۰۷	11/884	•/٩٨٩	UCS=۶/١٩٣٩ e ^{·/· ΥΥ۶ SHR}	۶
۱۳۰/۳۷۲	۱۱/۴۱۸	٠/٩٨٩	$UCS = - \cdot / \text{Figs} AIV + \text{Figs} + \text{Figs}$	۷
۷۰۰/۵۱۳	26/482	۰/۹۹۸	UCS= 11/98 $Is_{(54)}$ +1/8594	٨
40/848	۶/۷۵۶	•/٩۶٩	$UCS = \cdot / \cdot $ fy $e^{\cdot / \cdot $ fy $Id2}$	٩
848/244	१९/٣٩٧	•/९९۶	$UCS=V/8778 e^{-1.3 \lambda Id15}$	١.
۲۵/۷۶۱	۵/۰۲۶	•/949	$E_{=}$ %109 $\ln(Qz)_{-}$ %14781	11
۳۲/۰۳۱	۵/۶۶	۰/۹۵۶	E=۲٩/۶۳۲ ln(γd)-١۶/٧·۶	١٢
۲۷/۵۳۲	۵/۲۴۷	۰/۹۵	$E_{=} - \cdot / \Upsilon \Lambda \Upsilon $ $n + i \Upsilon / Y \Delta \Upsilon$	١٣
۱۶/۰۴۸	۴/۰۰۶	۰/۹۱۸	E=-•18220 Iv+9/2998	14
۱۴/۲۸۵	٣/٧٨	٠/٩٠٩	$E = 1/ \cdot f \Delta \beta e^{-1/2 \beta f \tau V p}$	۱۵
۲۹/۰۴۶	<u>አ/አ</u> ባ ነ	٠/٩٨٢	E=-/9f1f e ^{-/-v SHR}	18
۶۲/۵۸۵	٧/٩١١	•/٩٧٧	$E = V / \lambda V e^{-/ \cdot r \tau} AIV$	۱۷
٧۶/۲۶۵	٨/٧٣٣	۰/۹۸۱	$E=\tau/(f \cdot \cdot) Is_{(54)} \cdot \cdot / \tau \cdot \tau$	۱۸
٣ ۶/አ۹ ነ	۶/۰۷۴	•/987	$E_{=\cdot/\cdot}$ it $e^{\cdot/\cdot \epsilon_1 \epsilon_{Id2}}$	۱۹
741/084	۱۵/۷۶۶	•/٩٩۴	$E=1/1$ for $e^{-1/1}$ in Id15	۲.
۱۳/۹۸۶	۳/۷۴	•/9•V	BTS=-/۲۱۹۲ e ^{-/۶-AQz}	۲۱
18/181	4/•94	•/981	$BTS = \text{ii}/\text{fig} \gamma_d \text{-}\text{ii}/\text{fat}$	77
۲۴/۵۸۳	۴/۹۵۸	•/944	$BTS = -v/vvr \ln(n) - vv/sq$	۲۳
48/887	۶/۸۳۱	•/٩۶٩	$BTS = -\frac{1}{10} \ln(Iv) - \frac{1}{10}$	74
۹۳/۳۱۳	۹/۶۶	•/٩٨۴	$BTS={\boldsymbol{\cdot}}/{\textrm{fat}}\ Vp{\boldsymbol{+}}{\boldsymbol{1}}/{\boldsymbol{\cdot}}{\boldsymbol{1}}$	۲۵
۳۳/۳۲	۵/۷۷	۰/۹۵۸	$BTS = \cdot / \Delta \Upsilon \cdot \Upsilon e^{\cdot / \cdot \Upsilon \Delta SHR}$	78
۵۱/۰۲۵	۷/۱۴۳	٠/٩٧٢	BTS=17/970 $e^{-i\pi TAIV}$	۲۷
۴۳/۴۰۸	۶/۵۸۸	•/٩۶٧	$BTS_{=} \cdot / 9 \cdot \text{fy } e^{\cdot / 9 \cdot \text{ty } Is(54)}$	۲۸
۱۸/۸۰۶	۴/۳۳۷	•/979	$BTS = \cdot / \cdot \Delta FF e^{\cdot / \cdot FVT Id2}$	۲۹
86/14	۶/۰۰۳	۰/۹۶۱	BTS=-18278 e ^{-1.191 Id15}	٣٠
26/282	4/978	•/947	Vp =•/۶۴۹۳ פ $^{\cdot/1$ ۴۹ $AQz}$	۳۱
38/051	۶/۰۰۲	۰/۹۶۱	Vp =γ/٩٣ ٣ γ_d -λ/· ιγδ	٣٢
۴۳/۹ ۰ ۱	8/888	۰/۹۶V	$Vp{=-{\boldsymbol{\cdot}}/{\texttt{itt}} \ n+{\texttt{d}}/{\texttt{fyyy}}$	٣٣
۱۷/۵۶۷	4/191	•/974	Vp=۱/• דער פ ^{י/ידם SHR}	۳۴
٣٠/٩۶	۵/۵۶۴	۰/۹۵۵	Vp=۴/۶۷۶۱ e ^{/・۱۵ AIV}	۳۵

جدول ۲. معادلات پیشنهادی(در حالت خشک) و اعتبار آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد



منابع

- قبادی.م.ح.،۱۳۷۷، خطرات زیست محیطی در شرق اهواز، اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، تهران، ص ۸۰۳–۸۱۴.
- قبادی.م.ح.،۱۳۸۱، رابطه لیتولوژی و دوام در ناپایداری شیبهای سنگی(مطالعه موردی)، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۸، ص ۱- ۱۶.

قبادی.م.ح.، موسوی.س.، خدابخش.س.۱۳۸۷، نقش هوازدگی دراز مدت در شناخت ویژگیهای زمین شناسی مهندسی ماسه سنگهای سازند آغاجاری در محل سد خیرآباد-(شهرستان بهبهان)، مجله علوم دانشگاه بوعلی سینا همدان، جلد ۵، ص ۶۹–۸۰.

- ASTM D2845, 2000, Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock, Annual book of ASTM Standards, Vol: 14.02. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Bieniawski, Z.T., 1975, The point load test in geotechnical practice, Engineering Geology, Vol: 9, p1-11.
- Bell, F.G., 1978, The physical and mechanical properties of the Fell Sandstones, Northumberland, England, England, England, Vol: 12, p: 11–29.
- Bell, F.G., 1993, Durability of carbonate rock as building stone with comments on its preservation, Environmental Geology, Vol: 21, p: 187-200.
- Bell, F.G., Lindsay, P., 1999, The petrographic and geomechanical properties of some sandstones from the Newspaper Member of the Natal Group near Durban, South Africa, Engineering Geology, Vol:53, p: 57–81.
- Boggs, S., 2009, Petrology of sedimentary rocks, Cambridge university press, London, England.
- BS 812, 1990, Methods for determination of aggregate impact value(AIV), British Standard Institute, London, England.
- Brown, E.T., 1981. Rock characterization testing & monitorig ISRM suggested methods. Pergaman Press.
- Cargill, J. S., Shakoor, A., 2004, Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science & Geomechanics Abstract, Vol: 27, No: 6, p: 495-503.
- Chang, C., Zoback, M.D., Khaksar, A., 2006, Empirical relations between rock strength and physical properties in sedimentary rocks, Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol: 51, p: 223–237.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966, Engineering classification and index properties for intact rock, Technical report AFWLTR- 65-116, A.F. Weapons Laboratory, Kirtland AFB, NM.
- Deere, D.U., 1968, Geological consideration, In: Rock mechanics in engineering practice(edited by K.G. Stagg and D.C. Zienkiewicz), Wiley, London, England.
- Dobereiner, L., De Freitas, M.H., 1986, Geotechnical properties of weak sandstone. Geotechnique, Vol: 36, p: 79–94.

17-Folk, R.L., 1974, Petrology of sedimentary rocks, Hemphill Publishing Company, Texas, USA.

- Fahy, M.P. and Guccione, M.J., 1979. Estimating strength of sandstone using petrographic thin-section, Bulletin association of engineering geology and environment, Vol., 16, p: 467-485.
- Gamble, J.C., 1971, Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks, Ph.D. thesis, University of Illinois, USA.
- Ghobadi, M.H.and Mousavi, S. 2012. The effect of pH and salty solutions on durability of sandstones of the Aghajari Formation in Khouzestan province, southwest of Iran. Arabian Journal of Geosciences. DOI: 10.1007/s12517-012-0741-0.
- Gokceoglu, C., Zorlu, K., 2004, A fuzzy model to predict the uniaxial compressive strength and themodulus of elasticity of a problematic rock, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol: 17, p: 61–72.
- Goodman, R.E., 1989, Introduction to rock mechanics, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Gupta, V., Sharma, R., 2012, Relationship between textural, petrophysical and mechanical properties of quartzites: A case study from northwestern Himalaya, Engineering Geology, Vol: 135-136, p: 1–9.
- Hsieh, Y.M., Li, H.H., Huang, T.H., Jeng, F.S., 2008, Interpretations on how the macroscopic mechanical behavior of sandstone affected by microscopic properties—revealed by bonded-particle model, Engineering Geology, Vol: 99, p: 1–10.
- James, G.A., Wynd, J.G., 1965, Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area, Bulletin of American Association of Petroleum Geology, Vol: 49, No: 12, p: 2182-2245.
- Macleod, J.H., 1969, Geological compilation map of Ahwaz(1:100000), Iranian oil operating companies
- Peng, S., Zhang, J., 2007, Engineering geology for underground rocks, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Shakoor, A., Bonelli, R.E., 1991, Relationship between petrophysical characteristics, engineering index properties and mechanical properties of selected sandstones. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Vol: 28, p: 55–71.
- Tamrakar, N.K., Yokota, S., Shrestha, S.D., 2007, Relationships among mechanical, physical and petrographic properties of Siwalik sandstones, Central Nepal Sub-Himalayas, Engineering Geology, Vol: 90, p: 105–123.
- Tugrul, A., 2004, The effect of weathering on pore geometry and compressive strength of selected rock types from, Turkey. Engineering Geology, Vol: 75, No: 3–4, p: 215–227.
- Ulusay, R., Tureli, K., Ider, M.H., 1994, Prediction of engineering properties of a selected litharenite sandstone from its petrographic characteristics using correlation and multivariable statistical techniques. Engineering Geology, Vol: 37, p: 135–157.
- Vasarhelyi, B., 2003, Some observations regarding the strength and deformability of sandstones in dry and saturated condition, Bulletin of Engineering Geology and Environment, Vol:62, p: 245-249.

مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته



تابستان ۹۲، شماره ۸

Weng, M. C., Jeng, F. S., Huang, T. H., and Lin, M. L., 2005, Characterizing the deformation behaviour of Tertiary sandstones. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, Vol: 42, p: 388-401.

Yasar, E., Ranjith, P.G., Perera, M.S.A., 2010, Physico-mechanical behaviour of southeastern Melbourne sedimentary rocks, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, Vol: 47, p: 481-487.

- Yates, P.G.J., 1992, The material strength of sandstones of the Sherwood Sandstone Group of North Staffordshire with reference to microfabric. Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol: 25, p: 107–113.
- Zorlu, K., Gokceoglu, C., Ocakoglu, F, Nefeslioglu, H.A., Acikalin, S., 2008, Prediction of uniaxial compressive strength of sandstones using petrography-based models, Engineering Geology, Vol: 96, p: 141–158.