



بررسی نتایج آزمایشهای پرسیومتری در سنگهای سست (soft rock) سازند میشان

در جزیره خارک و مقایسه آن در سنگهای مختلف

هادی گریوان دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی ، دانشگاه تربیت مدرس
محمد رضا نیکودل عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس
بدیل پهلوان شرکت مهندسین مشاور گمانه کار

چکیده

در مطالعات مربوط به حوزه ژئوتکنیک ، آزمایش های صحرایی در مقایسه با آزمایشهای آزمایشگاهی به دلیل آنکه در این دسته از آزمایشها دستخوردگی نمونه های مورد آزمایش کمتر بوده ، شرایط طبیعی زمین از نظر استرس های وارده و جهت یافتگی های ساختاری خاک یا سنگ مورد آزمایش بهتر خود را نشان داده و از طرفی آزمایش های برجا حجم بیشتری از زمین را در معرض آزمایش قرار می دهند ، از ارجحیت نسبی برخوردارند. پرسیومتری به عنوان یک آزمایش برجا تمامی این مزایا را دارا بوده و علاوه بر این از دامنه کاربرد وسیعتری در انواع متعددی از سنگها و خاکها کاربرد دارد.

پرسیومترها انواع مختلف و متعددی دارند. پرسیومتر مورد استفاده در این تحقیق ، نوع منارد^{۴۵} GC است ، این نوع از پرسیومترها عمدتاً در خاکها و کمتر در سنگها مورد استفاده قرار می گیرند. در این تحقیق سعی شده است تا نتایج ۱۶۳ آزمایش پرسیومتری که در سنگهای نرم جزیره خارک (در این تحقیق شامل مارن ، ماسه سنگ ، و رس سنگ سیلتی) انجام شده ، بررسی و تحلیل شود، در این راستا ابتدا پارامترهای $Em^{۴۶}$ ، $Gm^{۴۷}$ ، $PL^{۴۸}$ ، $Po^{۴۹}$ و $Ko^{۵۰}$ استخراج شده و سپس تغییرات این پارامترها نسبت به عمق (بر حسب متر) مطالعه شده است . در بخش دوم تحقیق این پارامترها در سه نوع سنگ ، مارن، ماسه سنگ و رس سنگ سیلتی مقایسه شده اند.

^{۴۵} - پرسیومترهای منارد از پر کاربردترین نوع از انواع پرسیومترهای پیش حفاری شده است.

^{۴۶} - مدول منارد : شیب بخشی از منحنی فشار- تغییر حجم است، که رفتار الاستیک از خود نشان میدهد، تشخیص بخش دارای رفتار الاستیک بر اساس منحنی خزش صورت می گیرد. (بر حسب kg/cm^2)

^{۴۷} - مدول برشی منارد : رابطه مشخصی با مدول منارد داشته و با دانستن یکی دیگری رانیز می توان بدست آورد. (بر حسب kg/cm^2)

^{۴۸} - فشار حدی : بیانگر فشار لازم جهت ایجاد گسیختگی در جدار گمانه است. (بر حسب kg/cm^2)

^{۴۹} - فشار افقی برجا (In situ horizontal pressure) . (بر حسب kg/cm^2)

^{۵۰} - ضریب فشار خاک در حالت سکون



مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۸۴

نتایج تحقیق نشان می دهد که کلیه پارامترهای پرسیومتری با افزایش عمق روند افزایشی نسبی دارند. و نیز پارامترهای Ko و $Po.Gm.Em$ (پارامترهای تغییر شکل) به ازای یک عمق معلوم در سنگهای مارن، ماسه سنگ و رس سنگ سیلتی به ترتیب افزایش می یابد و در ارتباط با پارامتر مقاومتی PL ؛ مارن، ماسه سنگ و رس سنگ سیلتی به ترتیب کاهش می یابد.

مقدمه

پیش از احداث پروژه های مهندسی، لازم است ساختگاه آن مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. مطالعات ساختگاه، عمدتاً شامل مطالعات سطح الارضی و تحت الارضی می باشد. بررسی های سطحی که با توجه به عوارض سطحی زمین انجام می شود، صرفاً ارائه دهنده یک سری مشخصات کیفی محل مورد مطالعه است، بدین لحاظ این گونه مطالعات قادر به ارائه پارامترهای کمی مهندسی نمی باشند. در ارتباط با مطالعات زیرسطحی روشهای گوناگونی وجود دارد، یکی از این روشها آزمایش پرسیومتری است. آزمایش پرسیومتری اولین بار در سال ۱۹۵۷ توسط لوئیس منارد، دانشمند فرانسوی جهت مطالعات پی بکار برده شد. از آن پس آزمایش پرسیومتری توسعه پیدا کرده و انواع مختلفی از آن مناسبت برای شرایط مختلف عرضه شده است (Baguelin, et, al. ۱۹۷۸). با مقایسه پرسیومتری با سایر آزمایشات برجا و آزمایشگاهی مزایای زیر را برای پرسیومتری می توان ذکر کرد:

۱- پرسیومتری یک آزمایش برجا بوده و لذا در مکانیک خاک پیشرفته مورد توجه قرار می گیرد.

۲- در مقایسه با سایر آزمایشات برجا مانند آزمایش برش پره ای و نفوذ مخروط، علاوه بر ویژگیهای مقاومتی نظیر PL و Po ، پارامترهای تغییر شکل پذیری خاک را نیز می توان بدست آورد.

۳- آزمایش پرسیومتری حجم بیشتری از خاک را تحت آزمایش قرار می دهد، چیزی که در مورد آزمایشهای دیگر مانند نفوذ مخروط نمی توان گفت.

۴- در بیشتر مواقع نتایج آزمایش پرسیومتری بدون نیاز به آزمایشات آزمایشگاهی در طراحی پی قابل استفاده است.

۵- آزمایش پرسیومتری در بسیاری از خاکها قابل استفاده است، چیزی که در سایر آزمایشها شاید به راحتی نتوان گفت. مثلاً آزمایش برش پره ای که در خاکهای ماسه ای و گراولی با زهکشی آزاد جواب نمی دهد. انواعی از پرسیومتری فشار بالا وجود دارد که جهت استفاده در سنگ طراحی شده اند. (Baguelin, et, al. ۱۹۷۸)

به لحاظ این ویژگیها و مزایا ست که روز به روز بر استفاده از آزمایش پرسیومتری در مطالعات ساختگاهی افزوده شده و این آزمایش سهم بیشتری از سبد آزمایشهای توصیه شده برای مطالعه ساختگاههای مهندسی را به خود اختصاص می دهد.

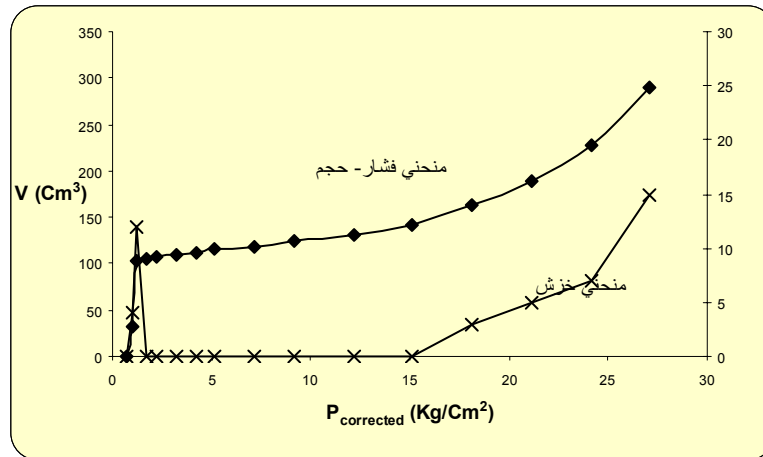


آزمایشهای پرسیومتری انجام شده در جزیره خارک و نتایج آن

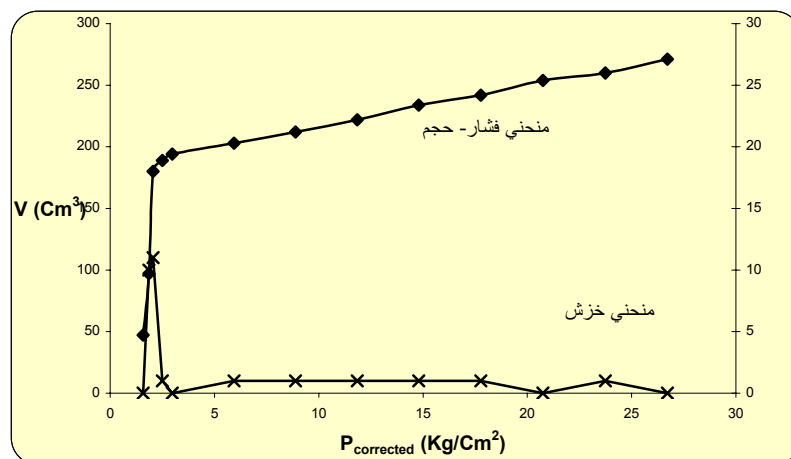
محل انجام آزمایشات پرسیومتری در جزیره خارک و در محل احداث طرحی موسوم به طرح الفین خارک که به کارفرمایی مدیریت توسعه پتروشیمی احداث می شود، بوده است. در این تحقیق نتایج ۱۶۳ آزمایش پرسیومتری که در ۲۵ حلقه گمانه انجام شده، مورد استفاده قرار گرفته است. عمق گمانه ها حداقل ۱۵ متر و حداکثر ۵۴ متر می باشد. گمانه ها به روش کربارل گیری حفر شده و مقاطع انجام آزمایش پرسیومتری به روش توصیه شده توسط پهلوان (۱۳۸۱) آماده سازی شده است. ساختگاه مورد بررسی در مجاورت ساحل جزیره خارک قرار گرفته است. لیتولوژی عمده آن سنگهای نرم مانند مارن، رس سنگ، سیلتستون و کمتر ماسه سنگ های رسی و سیلتی می باشد که به صورت متناوب قرار گرفته اند. اگر ساختگاه مورد بررسی در جهت عمق در نظر گرفته شود، در سطح با رسوبات منفصل رسی، سیلتی، ماسه ای و غیره شروع شده و با افزایش عمق رسوبات سیمانته شده و در قسمتهای عمیق تر سنگهای مارنی و رس سنگ های سیلتی تشکیل دهنده ستون چینه شناسی هستند. ستون چینه شناسی ذکر شده بخشی از سازند میشان است. دستگاه پرسیومتری مورد استفاده در این تحقیق، پرسیومتر منارد نوع GC بوده است و حداکثر فشار اعمال شده ۵۰ بار بوده است، لذا در برخی از آزمایشات، فشار مذکور جهت ایجاد گسیختگی در سنگ کافی نبوده و در نتیجه پارامتر PL (فشار حدی) نیز بدست نخواهد آمد. گمانه ها به روش کربارل گیری حفر شده اند.

با توجه به اینکه سنگ در محدوده فشارهای اعمالی گسیخته خواهد شد یا نه؟ نمودارهای فشار-حجم پرسیومتری اشکال متفاوتی خواهند داشت. شکل (۱) نمودار پرسیومتر را نشان می دهد که سنگ یا خاک مورد آزمایش دچار گسیختگی شده است. در این نوع از نمودارها علاوه بر Po، Em و Gm، PL را نیز می توان بدست آورد. شکل (۲) نمودار پرسیومتری را نشان می دهد که گسیختگی رخ نداده است. از این نوع نمودارها PL را نمی توان بدست آورد. استخراج PL بر اساس روش توصیه شده در دستورالعمل آزمایش پرسیومتری منتشر شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (۱۳۸۰) صورت پذیرفته است.

Em شیب منحنی فشار-تغییر شکل پرسیومتری در محدوده رفتار الاستیک می باشد. تشخیص و تمایز محدوده الاستیک بر اساس شکل منحنی خزش و با این استدلال که در محدوده الاستیک خزش حداقل می باشد انجام می گیرد. بر این اساس، فاصله بین اولین نقطه ای که منحنی خزش افت کرده و این افت استمرار پیدا می کند تا نقطه ای که مجدداً منحنی خزش به سمت بالا خیز می گیرد، محدوده الاستیک تعبیر می شود (ASTM-D ۴۷۱۹-۰۰ (Briaud, J.L. ۱۹۹۲)).

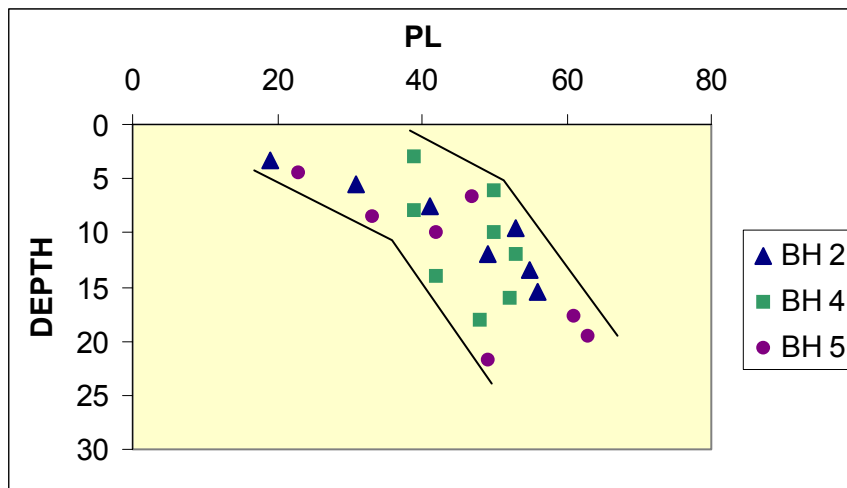


شکل شماره (۱) نمودار فشار-حجم پرسیمتر به همراه منحنی خزش (از آزمایش های انجام شده

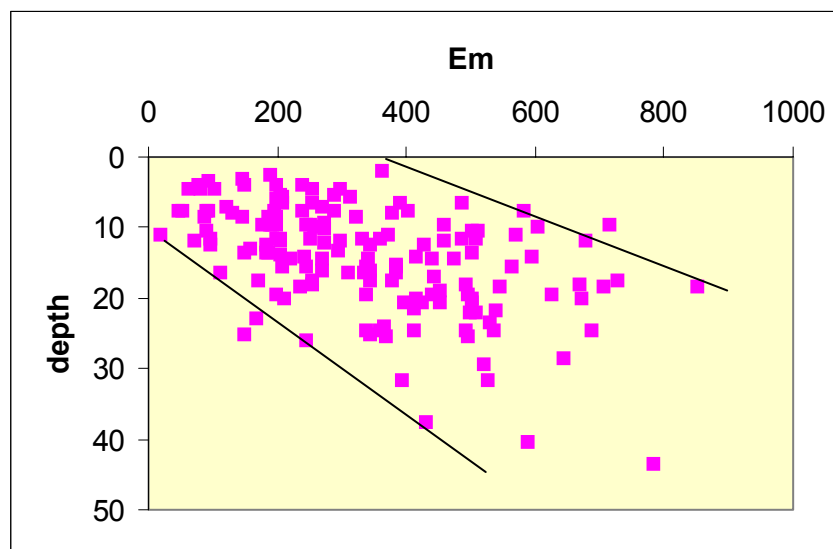


شکل شماره (۲) نمودار فشار-حجم پرسیمتر به همراه منحنی خزش (از آزمایش های انجام شده)

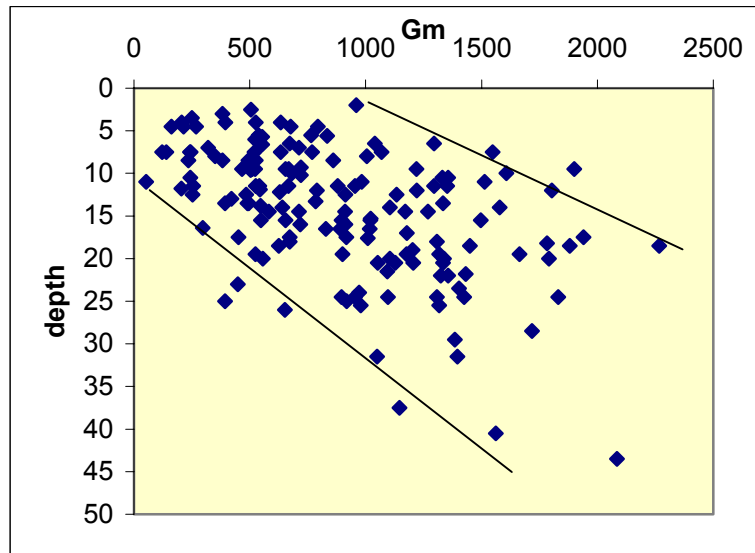
در این مرحله به منظور بررسی نتایج پرسیمتری و دست یابی به یک الگو از روند تغییرات پارامترهای حاصل نسبت به افزایش عمق، تغییرات پارامترهای حاصل در مقابل افزایش عمق نمودار شده اند که اشکال (۳)، (۴)، (۵) و (۶) حاصل این بخش از مطالعه هستند. همانگونه که مشاهده می شود هر چهار پارامتر P_L ، P_o ، G_m و E_m با افزایش عمق تقریباً روند افزایشی از خود نشان می دهند.



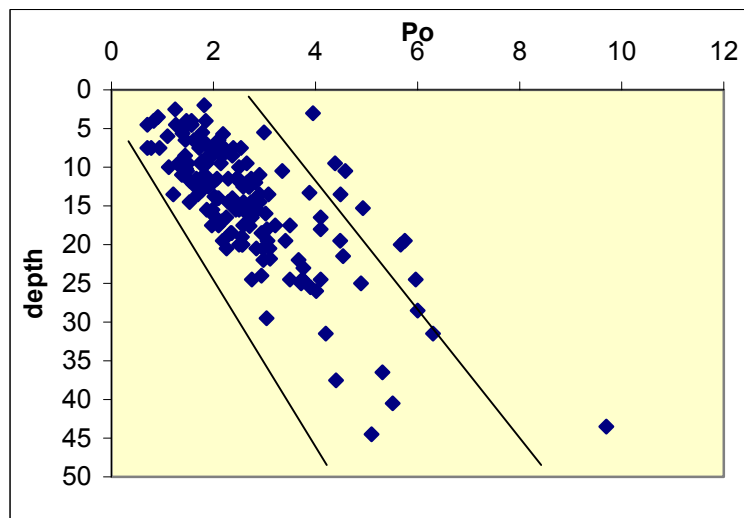
شکل شماره (۳) تغییرات PL (فشار حدی) نسبت به عمق در گمانه های ۲، ۴ و ۵



شکل شماره (۴) تغییرات Em پرسیومتری با افزایش عمق



شکل شماره (۵) تغییرات Gm (مدول برشی) پرسیمتری با افزایش عمق

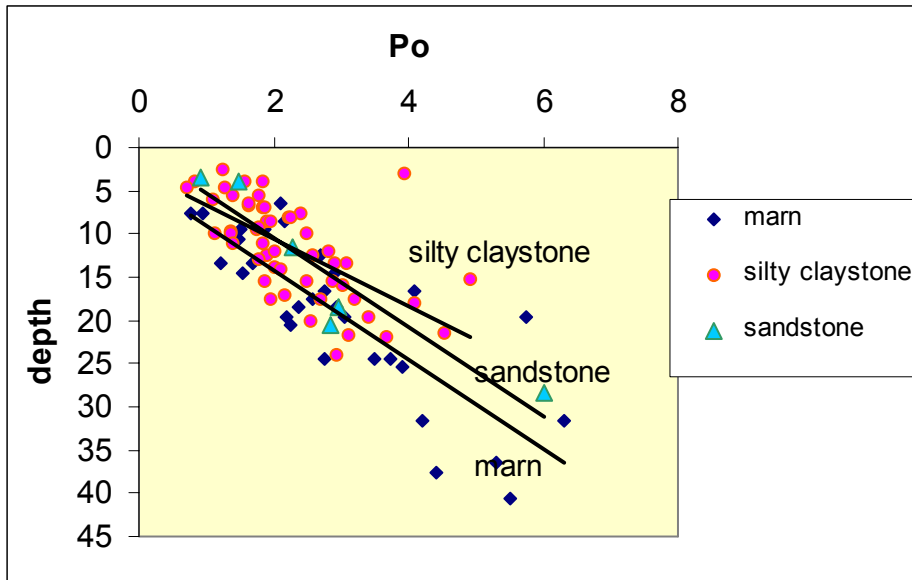


شکل شماره (۶) تغییرات Po (فشار افقی برجا) با افزایش عمق

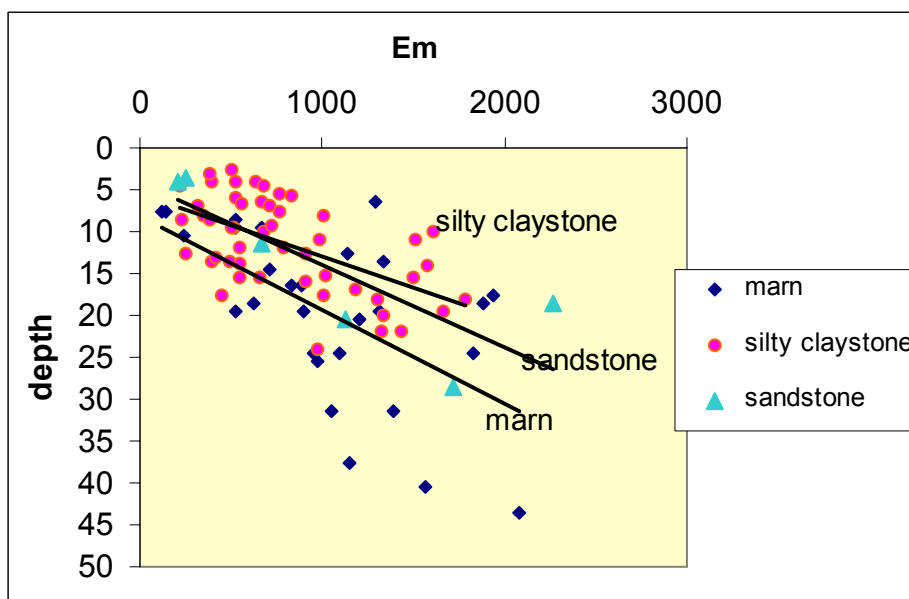


مقایسه پارامترهای حاصل از پرسیومتری در مارن، ماسه سنگ و رس سنگ سیلتی خصوصیات مهندسی سنگهای مختلف متأثر از ویژگیهای ذاتی سنگ بکر و نیز سایر ویژگیهای اکتسابی است که در طول زمان زمین شناسی، در اثر عوامل تکتونیکی، فرسایش و هوازدگی و ... در سنگ ایجاد شده است بنابراین نوع و اندازه ذرات تشکیل دهنده سنگ، وجود نقاط ضعف و ناپیوستگی ها، میزان سیمانی شدن، تخلخل و ... از مهمترین عوامل تعیین کننده خصوصیات مهندسی سنگها هستند. در اینجا جهت مقایسه نتایج پرسیومتری در سنگهای مختلف موجود در ساختگاه اشاره شده، سه نوع سنگ شامل مارن، ماسه سنگ و رس سنگ سیلتی با یکدیگر مقایسه شده اند. اشکال (۷)(۸)(۹) نشان دهنده چنین مقایسه ای هستند. لازم به ذکر است وزن مخصوص مورد نیاز برای محاسبه K_0 از میانگین نتایج ۲۶ آزمایش تعیین دانسیته آزمایشگاهی به تفکیک نوع سنگ بدست آمده است. همین طور جدول شماره (۱) نشان دهنده مقایسه ای بین میانگین مقادیر سه پارامتر Po ، Gm ، Em در سنگهای مورد بحث می باشد.

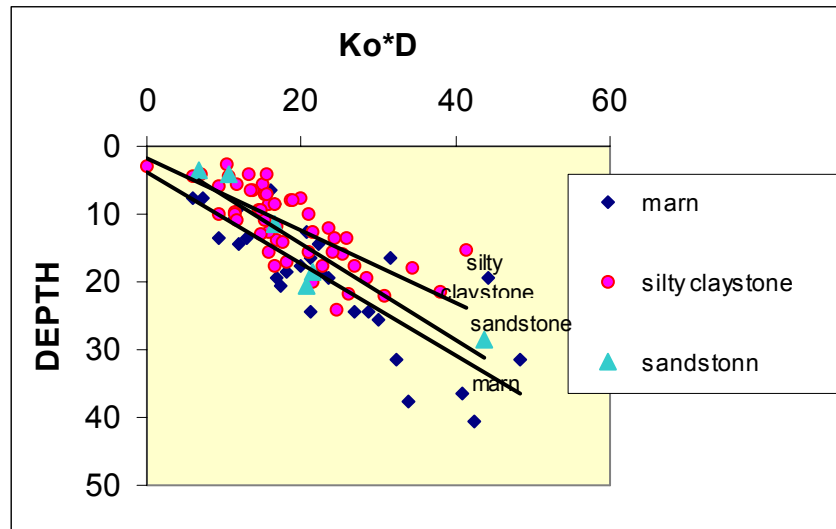
همانطوریکه پیش تر نیز اشاره شد به علت محدودیت های دستگاهی پرسیومتر منارد در سنگهای مقاومتر امکان بدست آوردن PL وجود ندارد، از این رو در این تحقیق نیز در تعداد قابل توجهی از آزمایشات، در محدوده فشارهای ذکر شده، سنگ دچار گسیختگی نشده است. با توجه به مطلب فوق، مقایسه ای آماری بین سه نوع سنگ مورد بحث بر اساس تعداد آزمایشاتی که در آنها سنگ گسیخته نشده است به شرح جدول شماره (۲) صورت گرفته است.



شکل شماره (۷) مقایسه تغییرات Po در سنگهای مختلف، نسبت به عمق



شکل شماره (۸) مقایسه تغییرات Em در سنگهای مختلف، نسبت به عمق



شکل شماره (۹) مقایسه تغییرات $Ko \cdot depth$ در سنگهای مختلف ، نسبت به عمق

LITOLGY	Em (average)	Gm (average)	Po (average)
SANDSTONE	۱۰۳۹	۳۹۰	۲،۷۵
MARN	۱۰۳۲	۳۸۸	۲،۹۵
SILTY CLAYSTONE	۷۹۹،۸	۳۰۰،۶	۲،۲۵

جدول شماره (۱) مقایسه میانگین پارامترهای حاصل از پرسیمتری در سنگهای مختلف

سنگ شناسی	تعداد کل آزمایشات	تعداد بدون PL	درصد آزمایشات بدون PL
ماسه سنگ	۶	۳	۵۰٪
مارن	۳۰	۲۳	۷۷٪
رس سنگ سیلتی	۴۸	۱۵	۳۱٪

جدول شماره (۲) مقایسه درصد آزمایشات بدون وقوع گسیختگی

نتیجه گیری

آزمایش پرسیومتری یکی از جامع ترین آزمایشات برجا می باشد که پارامترهای اساسی مورد نظر در کارهای مهندسی را در اختیار مهندسین طراح قرار می دهد.

بر اساس نمودار هائی که تغییرات پارامترهای پرسیومتر را در مقابل افزایش عمق نشان می دهند (اشکال ۳، ۴، ۵، ۶) کلیه پارامترهای Po و Gm, Em, PL با افزایش عمق تقریباً افزایش نشان می دهند با توجه به این مطلب که با افزایش عمق فشار همه جانبه افزایش می یابد لذا سنگها فشرده تر شده و در برابر تغییر شکل و شکست از خود مقاومت بیشتری نشان خواهند داد بنابراین طبیعی و منطقی است که با افزایش عمق پارامترها ی مورد بحث روند افزایشی داشته باشند. از طرفی وجود چنین نظم قابل توجهی خود می تواند دلیلی بر صحت، کارائی و قابل اعتماد بودن آزمایشات پرسیومتری در کارهای مهندسی باشد.

در ارتباط با مقایسه پارامترهای پرسیومتری در انواع سنگها نیز مشاهده می شود که تمامی این پارامترها در مقابل افزایش عمق در هر سه نوع سنگ افزایشی است ولی رس سنگ سیلتی در مقایسه با ماسه سنگ و مارن با روند تندتری افزایش می یابد لذا انتظار میرود که در اعماق بیشتر شاهد اختلاف بیشتری بین رس سنگ سیلتی و دو نوع سنگ دیگر باشیم. روند تغییرات در ماسه سنگ و مارن تقریباً یکسان است.

در یک عمق معلوم پارامترهای پرسیومتری غالباً در رس سنگ سیلتی بیشتر از ماسه سنگ و ماسه سنگ نیز به نوبه خود بیشتر از مارن می باشد، این مطلبی است که از مطالعه نمودارها می توان نتیجه گرفت ولی با مقایسه مقادیر میانگین در جدول شماره (۱) بر عکس این مطلب نتیجه می شود باید توجه داشت که نتایج این جدول بدون توجه به تاثیر عمق بوده است در نتیجه نمی تواند منشا قضاوت باشد و نتیجه آنکه همان مطلب بدست آمده از نمودارها درستتر است علاوه بر این مقایسه نتیجه گیری جدول میانگین و نمودارها خود تایید دیگری است بر تاثیر عمق در نتیجه آزمایشات پرسیومتری.

مقایسه درصد آزمایشات بدون PL در سنگهای مختلف نشان می دهد که مارن ها در برابر شکست از خود مقاومت بیشتری نشان می دهند پس از مارن ها، ماسه سنگ مقاوم تر از رس سنگ سیلتی ظاهر شده است.

منابع

- ۱- پهلوان بدیل، (۱۳۸۱) مطالعه تغییر شکل پذیری آبرفت درشت دانه تهران با استفاده از پرسیومتر، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها (۱۳۸۰)، دستورالعمل آزمایش پرسیومتری (در مطالعات ژئوتکنیک)، نشریه شماره ۲۲۳
- ۳- ASTM, D 4719-00, "Standard Test Method For Prebored Pressuremeter Testing in Soils" American society for testing and materials, Philadelphia, U.S.A.
- ۴- Baguelin, F, Jezequel, J.F., and shields, D.H. (۱۹۷۸), The Pressuremeter and Foundation Engineering, Trans. Tech. Publication.
- ۵- Briaud, J.L. (۱۹۹۲), The pressuremeter, Balkema, Rotterdam.