

ASTM: D4719-07

آزمایش پرسیمتری به روش پیش حفار در خاکها



ترجمه فروردین ۱۳۹۶ – بازنگری مهر ۱۴۰۳

مهندسين مشاور خاک و سنگ الماس شرق

استاندارد آزمایش پرسیومتری به روش پیش حفار در خاکها

۱. محدوده استاندارد :

۱-۱ این دستورالعمل در برگیرنده آزمونهای پرسیومتر در خاکها می باشد . آزمایش پرسیومتری یک آزمایش تنش - کرنش بر جاست که بر روی دیواره گمانه و با استفاده از یک سوند استوانه‌ای که امکان انبساط به صورت شعاعی را دارد انجام می‌شود . برای به دست آوردن نتایج قابل اعتماد از آزمایش، باید دستخوردگی دیواره گمانه حداقل باشد.

۱-۲ این دستورالعمل در برگیرنده روش حفاری گمانه ، جایگذاری سوند و انجام آزمون در خاکهای دانه ای و چسبنده است اما شامل آزمایش با فشارهای بالا در سنگ‌ها نمی‌شود. دانستن نوع خاکی که در آن آزمایش پرسیومتر انجام می شود به دلیل (۱) تعیین روش حفاری یا جایگذاری سوند و یا هر دو و (۲) تفسیر نتایج آزمون و (۳) کنترل منطقی بودن نتایج لازم است.

۱-۳ این روش آزمایش در مورد پرسیومترهای خود حفار که آماده سازی مقطع با ابزار حفاری همراه سوند [پرسیومتر خود حفار]^۱ انجام می‌گیرد ، قابل استفاده نیست . این روش آزمایش محدود به پرسیومترهایی است که در داخل گمانه‌های از پیش حفاری شده یا پرسیومترهایی که سوند مطابق شرایط خاص به داخل زمین رانده می‌شوند ، می باشد.

۱-۴ آزمایش به دو روش به شرح زیر انجام می‌شود :

۱-۴-۱ روش A - روش افزایش گام فشار یکسان

۱-۴-۲ روش B - روش افزایش گام حجم یکسان

توجه ۱: استاندارد پرسیومترهای خود حفار جداگانه ارائه خواهد شد . آزمایش پرسیومتری در سنگ نیز پیرو این استاندارد ممکن است شرح داده شود.

توجه ۲: آزمون‌ها به روش کنترل کرنش نیز می‌تواند انجام شود که به موجب آن حجم سوند طی یک نرخ ثابت افزایش می‌یابد و فشار متناظر با آن ثبت می‌گردد. این روش باید فقط در مواجهه با شرایط خاص اعمال شود و در تمامی شرایط قابل استفاده نیست. آزمونهای کنترل کرنش ممکن است به نتایج متفاوتی با روش شرح داده شده در این استاندارد منجر گردد.

۱-۵ تمام مشاهدات و مقادیر محاسبه شده باید جهت بررسی معنادار بودن ارقام و گرد کردن مقادیر در عمل، با راهنما D6026 مطابقت داده شود .

۱-۶ چگونگی استفاده از نتایج بدست آمده با استفاده از این استاندارد خارج از محدوده استاندارد است.

۱-۷ واحدهای سیستم SI به عنوان واحدهای استاندارد بیان می‌شوند.

۸-۱ این استاندارد به تمام مسائل ایمنی مربوط به استفاده از آن اشاره نمی‌کند. مسئولیت استفاده از این استاندارد به عهده استفاده‌کننده است. بنابراین استفاده‌کننده این روش باید روش‌های مطمئن و ایمن را برگزیند و قابلیت و محدودیت‌های مربوطه را قبل از استفاده آن‌ها تعیین کند (توجه ۷ را ببینید).

۲. اسناد مرجع

۲-۱ استانداردهای ASTM :

D653 واژه شناسی مربوط به خاک، سنگ و جریان سیال
D1587 دستورالعمل نمونه‌گیری به وسیله لوله‌های جدار نازک از خاک‌ها برای مقایسه ژئوتکنیکی
D2113 دستورالعمل حفاری مغزه الماسی در مطالعات صحرایی
D3740 دستورالعمل حداقل الزامات در آزمایش‌ها و یا بازرسی خاک و سنگ استفاده شده در طراحی مهندسی و ساخت
D6026 روش استفاده از ارقام معنی دار در داده‌های ژئوتکنیک

۳. واژگان

۳-۱ تعاریف :

۳-۱-۱ برای بررسی روش تعاریف این دستورالعمل به روش تعاریف در استاندارد D653 مراجعه شود .
۳-۱-۲ فشار حدی $P_L [FL^{-2}]$: فشاری است که در آن حجم سوند به دو برابر حجم حفره موجود در خاک برسد .
۳-۱-۳ مدول پرسیومتر $E_p [FL^{-2}]$: مدولی است که از روی بخش شبه الاستیک منحنی اصلاح شده حجم – فشار که دارای خزش کم یا صفر است محاسبه می‌شود .
۳-۱-۴ مدول باربرداری – بارگذاری $E_R [FL^{-2}]$: مدولی است که از روی منحنی باربرداری – بارگذاری مجدد محاسبه می‌گردد .
۳-۱-۴-۱ بحث : مدول باربرداری – بارگذاری مجدد با تغییر سطح تنش یا کرنش و یا هر دو تغییر می‌کند. بنابراین مقدار مدول باید برای ابتدای سیکل ، انتهای سیکل و در خط میانه این دو نقطه گزارش شود.

۳-۲ علائم مخفف :

۳-۲-۱ PBP – پرسیومتر پیش حفار

۴. خلاصه روش آزمایش

۴-۱ مقطع پرسیومتر با حفاری در یک گمانه، با استفاده از یک نمونه‌گیر آماده می‌شود. در بعضی موارد سوند پرسیومتر به همراه لوله محافظ به محل خود رانده می‌شود . روش‌ها و ابزارهای مختلف موجود

برای آماده سازی حفره ، درجات دستخوردگی مختلفی را ایجاد می کنند. روش های انتخابی مورد استفاده در محل به خاک و شرایط آن بستگی دارد . انتخاب مناسب ابزارها و روش ها در این روش آزمایش آمده است .

توجه ۳: پیشنهاد می شود چندین تکنیک حفاری در محل در دسترس باشد تا بتوان روشی که بهترین مقطع جهت انجام آزمایش را فراهم می کند، شناسایی کرد.

۴-۲ آزمایش پرسيومتر بر مبنای قرارداد یک سوند استوانه ای قابل انبساط در داخل مقطع از پيش آماده شده ، اتساع این سوند و اندازه گیری همزمان تغییر حجم و فشار استوار است . سوند تحت گام های فشار برابر (روش A) یا حجم برابر (روش B) متورم می شود و آزمایش زمانی خاتمه می یابد که تسلیم شدن خاک با تغییر شکل های بزرگ و نامتناسب همراه گردد . فشار حدی از چندین قرائت پایانی آزمایش تخمین زده می شود و مدول پرسيومتری از قرائت تغییرات فشار - حجم در حین آزمایش محاسبه می گردد. نزدیکی قطر سوند به قطر گمانه مورد آزمایش حائز اهمیت است تا از توانایی تغییر حجم کافی سوند اطمینان حاصل شود. اگر این شرایط برقرار نباشد اتساع سوند به حد کافی نرسیده و آزمایش بدون ارزیابی فشار حدی خاتمه می یابد. تجهیزات ممکن است به صورتی باشد که تغییر حجم سوند را بتوان مستقیماً با استفاده از یک مایع تراکم ناپذیر اندازه گیری نمود و یا با استفاده از سنسورها ، تغییرات قطر سوند تعیین میگردد. سیستم اندازه گیری حجم باید در برابر هر گونه نقصان حجم در سرتاسر سیستم محافظت و کالیبره شود ، سنسورهای روی سوند باید به اندازه کافی حساس باشند که بتوانند حتی جابه جایی های نسبتاً کوچک را هم اندازه گیری کنند .

توجه ۴ : این روش آزمایش بر اساس دستگاه هایی است که تغییرات حجم را در حین آزمایش ثبت می کنند. در مورد سیستم های اندازه گیری قطر سوند، روش ارزیابی جایگزین در توجهات آورده شده است.

۵. اهمیت و کاربرد

۵-۱ این روش آزمایش یک پاسخ تنش - کرنش از خاک را در شرایط برجا فراهم می آورد. مدول پرسيومتری و فشار حدی حاصل از آزمون برای استفاده در تحلیل ژئوتکنیکی و طرح پی ها استفاده می شود .

۵-۲ نتایج این روش به درجه دست خوردگی در حین حفاری گمانه و نحوه نصب سوند پرسيومتر بستگی دارد. از آن جا که نمی توان دست خوردگی را کاملاً از بین برد ، تفسیر نتایج آزمایش باید شامل در نظر گرفتن شرایط حین حفاری باشد. خصوصاً در خاک های رسی خیلی نرم و ماسه های خیلی شل دست خوردگی مهم است. دست خوردگی مقطع بطور کامل حذف نمی شود ولی برای اینکه الزامات طراحی با استفاده از پرسيومتر پيش حفار در آن صادق باشد باید به حداقل برسد.

توجه ۵ : کیفیت نتایج بدست آمده از این روش آزمایش به صلاحیت و شایستگی فرد انجام دهنده آن و مناسب بودن تجهیزات و امکانات استفاده شده بستگی دارد. شرکت هایی که مطابق ضوابط D3740 عمل می کنند عموماً صلاحیت انجام آزمایش،

نمونه‌گیری، نظارت و غیره را دارا هستند. کاربران این روش آزمایش دقت کنند که تطابق با D3740 به معنی قابل اعتماد بودن نتایج نیست. اعتبار نتایج به چند عامل بستگی دارد؛ D3740 تنها برخی از این عوامل را در بر می‌گیرد.

۶. تجهیزات

۶-۱ سوند الکتریکی یا هیدرولیکی: سیستم پرسيومتر شامل یک سوند که به داخل گمانه فرستاده می‌شود و یک وسیله‌ی سنجش یا قرائت که بر روی زمین و در مجاورت گمانه قرار می‌گیرد، می‌باشد. سوند یا از نوع هیدرولیکی و یا از نوع الکتریکی است. سوند هیدرولیکی ممکن است به صورت یک سلولی یا سه سلولی طراحی شده باشد. در صورتی که سوند سه سلولی باشد، سلول اندازه‌گیر در بین دو سلول محافظ قرار می‌گیرد تا سلول اصلی را تنها به گسترش شعاعی محدود نماید (شکل ۱a). ارتفاع سلول اندازه‌گیری و سلول‌های محافظ باید حداقل ۶ برابر قطر سوند بوده و سوند باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که سیال حفاری بتواند آزادانه از مجاورت سوند جریان یابد، بدون اینکه دیواره گمانه را در حین ورود و خروج سیال دست‌خورده کند. در هر دو سیستم، قطر اسمی حفره نباید از ۱،۲ برابر قطر اسمی سوند بیشتر باشد. پرکاربردترین سوند و قطر اسمی مقطع مربوط به آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ابعاد مقطع و سوندهای پرکاربرد

قطر حفره علامت اختصاری قطر مقطع	قطر سوند		قطر گمانه	
	میلیمتر		اسمی، میلیمتر	ماکزیمم، میلیمتر
AX	44		45	53
BX	58		60	70
NX	74		76	89

۶-۱-۱ جداره سوند: غشا انعطاف پذیر سوند می‌تواند از یک غشا لاستیکی بوجود آمده باشد (طرح یک سلولی) و یا از یک غشا لاستیکی داخلی به همراه یک پوشش لاستیکی انعطاف پذیر خارجی (طرح ۳ سلولی) تشکیل شده باشد که پوشش خارجی در هنگام اعمال فشار شکل مقطع را به خود می‌گیرد. در مصالح درشت دانه مانند شن، اغلب از غلاف فولادی محافظ استفاده می‌شود که از نوارهای فلزی متحد المركز نازکی که با هم همپوشانی دارند تشکیل شده است. دقت آزمایش زمانی که سوند نتواند به خوبی شکل گمانه را به خود بگیرد، کاهش خواهد یافت.

توجه ۶: انواع غشاها و غلافها ممکن است برای همخوانی بیشتر با تنوع خاکها استفاده شود. نوع غشای مورد استفاده را در گزارش مشخص نمایید.

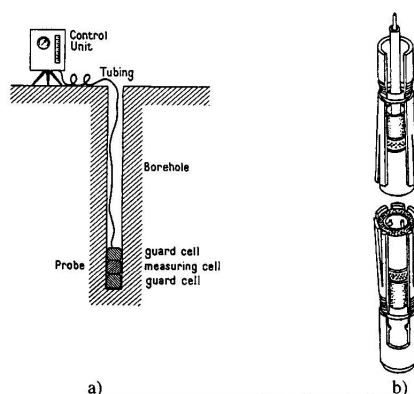
۶-۱-۲ وسایل اندازه‌گیری: در دستگاههای هیدرولیکی، تغییر حجم سلول اندازه‌گیری روی سوند و در دستگاههای الکتریکی قطر سوند توسط سنسورها اندازه‌گیری می‌شود. در دستگاههای الکتریکی باید شرایط لازم برای اندازه‌گیری قطر توسط سنسورها با زاویه‌ی ۱۲۰ درجه فراهم شود. در دستگاههای

هیدرولیکی باید به وسیله‌ی سلول‌های محافظ یا محدودکننده‌های مؤثر دیگر از اتساع عمودی سوند جلوگیری شود. دقت سنسورها باید به گونه‌ای باشد که بتوان تا ۰,۱ درصد تغییر در قطر سوند را اندازه‌گیری کند.

۶-۲ شیلنگهای رابط : در دستگاه های هیدرولیکی ، شیلنگهایی که سوند را به دستگاه سنجش متصل می‌نمایند عمدتاً پلاستیکی هستند . برای کاهش خطاهای اندازه‌گیری ، از شیلنگهای دابل استفاده می‌شود . این موضوع مانع از اتساع آزاد و جانبی شیلنگها می‌شود . با اعمال فشار گاز لازم ، انبساط شیلنگ‌های داخلی به کمترین مقدار کاهش می‌یابد. لوله‌ی منفرد نیز می‌تواند استفاده شود. در هر دو حالت، الزامات جلوگیری از نقصان حجم که در بند ۷-۳ ارائه شده باید برقرار باشد. اتصالات الکتریکی، حفاظت‌های ویژه در برابر آب زیرزمینی نیاز دارند.

۶-۳ ابزار قرائت : ابزار قرائت باید دارای مکانیزم اعمال فشار (روش A) یا تنظیم حجم (روش B) در گام‌های برابر و ابزار قرائت تغییر حجم (روش A) یا تغییر فشار (روش B) باشد . در دستگاه‌هایی که از سیستم هیدرولیک و سلول‌های محافظ استفاده می‌شود، باید یک سیستم تنظیم‌کننده اختلاف فشار در مدار وجود داشته باشد به طوری که این امکان وجود داشته باشد تا فشار گاز در مدار را پایین تر از فشار مایع سلول اندازه‌گیری نگهداری کرد. میزان اختلاف فشار بین گاز و مایع باید قابل تنظیم باشد تا بتوان فشارهای هیدرواستاتیک ایجاد شده در سوند را جبران کرد. در سیستم الکتریکی ، قرائت‌های حجم به صورت الکتریکی و توسط ابزاری که بر روی سوند قرار می‌گیرد، جایگزین می‌شود.

۶-۴ لوله‌ی محافظ شکاف‌دار : یک لوله‌ی فولادی (شکل ۱b) است که شکاف‌های طولی (معمولاً ۶ عدد) بر روی آن ایجاد شده تا بتواند به طور جانبی انبساط یابد . این لوله به عنوان محافظ سوند در هنگام رانش ، رانش با ارتعاش و یا فشار دادن ، در داخل خاک‌هایی که نمی‌توان از گل حفاری به تنهایی جهت جلوگیری از ریزش استفاده کرد ، به کار برده می‌شود. آزمون PBP در داخل لوله شکاف دار انجام می‌شود .



شکل ۱ - لوله شکاف دار با سوند

۷. کالیبراسیون

۷-۱ تجهیزات را باید قبل از هر استفاده از نظر تنظیم اتلاف فشار (P_c) و اتلاف حجم (V_c) کالیبره نمود.

۷-۲ اتلاف فشار: اتلاف فشار (P_c) ناشی از سختی لاستیک جداره‌های سوند می‌باشد. قرائت‌های فشار که در حین آزمایش روی وسیله سنجش به دست می‌آید شامل فشار لازم برای اتساع غشای سوند نیز می‌باشد. برای به دست آوردن فشار واقعی اعمال شده به خاک، این فشار باید از داده‌ها کسر گردد. کالیبراسیون مقاومت غشا باید با منبسط کردن سوند، در معرض اتمسفر در تراز استقرار دستگاه انجام گیرد.

توجه ۷: هشدار - انجام آزمایش پرسیمتر و مخصوصاً روش‌های کالیبراسیون ممکن است موجب صدمه زدن به آزمایش‌کننده و اشخاص دیگر شود. ترکیدگی سوند روی زمین یا در عمق کم در داخل حفره ممکن است موجب صدمه ناشی از پرتاب قطعات شود. استفاده از وسایل حفاظتی در برابر چشمان و صورت و یا روشهای دیگر مانند گذاردن سوند در لوله محافظ در حین کالیبراسیون توصیه می‌شود.

۷-۲-۱ در روش A، فشار را در گام‌های ۱۰ کیلو پاسکال [۰,۱ بار]^۲ اعمال کنید و برای مدت ۱ دقیقه آن را ثابت نگاه دارید. پس از گذشت یک دقیقه حجم‌ها را قرائت کنید. وقتی که از روش B استفاده می‌شود، حجم سوند را در گام‌های برابر با ۵ درصد حجم اسمی قسمت اندازه‌گیری سوند باد نشده (V_0)، افزایش دهید. افزایش حجم را در زمان حدود ۱۰ ثانیه انجام دهید و به مدت یک دقیقه ثابت نگه دارید. این مراحل را در هر دو روش تا زمانی که حجم سوند حداکثر شود، ادامه دهید. نتایج را به صورت منحنی فشار در مقابل حجم رسم نمایید. منحنی حاصله، منحنی کالیبراسیون فشار است. تصحیح فشار (P_c)، اتلاف فشار حاصله از کالیبراسیون برای قرائت حجم مشخصی (V_r) است (شکل ۲)

۷-۲-۲ تصحیح فشار (P_c) باید از قرائت‌های فشار به دست آمده در حین آزمایش کسر شود. حداکثر مقدار P_c باید از ۵۰٪ فشار حدی مشخص شده در بند ۶-۱۰ کمتر باشد.

۷-۳ اتلاف حجم: اتلاف حجم (V_c) به دلیل اتساع سوند و تراکم پذیری سایر تجهیزات آزمایش که شامل سوند و مایع است، اتفاق می‌افتد. کالیبراسیون به این ترتیب است که سوند را در یک غلاف فلزی یا لوله قرار داده و آن را تحت فشار قرار دهید. یک روش پیشنهادی افزایش فشار در گام‌های ۱۰۰ کیلو پاسکال [۱ بار]^۳ برای زمانی که سوند برای فشار انبساط بیشینه ۲,۵MPa [۲۵ بار]^۴ طراحی شده

^۲ توضیح مترجم

^۳ توضیح مترجم

^۴ توضیح مترجم

است و یا گام‌های ۵۰۰ کیلوپاسکال [۵ بار] برای زمانی که سوند برای فشار انبساط بیشینه ۵MPa [۵۰ بار] طراحی شده است، می‌باشد. هر گام افزایش فشار باید ظرف ۲۰ ثانیه رخ دهد و برای ۱ دقیقه ثابت نگه داشته شود. گراف حاصل از حجم تزریق شده (V_r) در پایان هر گام افزایش فشار (P_r)، معرف منحنی کالیبراسیون حجم است. کالیبراسیون حجم صفر با امتداد بخش خطی منحنی و تلاقی آن با محور حجم به دست می‌آید. چنانچه در شکل ۲ نشان داده شده است. حجم مشخص شده (V_i) می‌تواند با استفاده از رابطه زیر برای تخمین حجم اولیه غیر متورم سوند (V_0) مورد استفاده قرار گیرد.

$$v_0 = \left(\frac{\pi}{4}\right)LD_i^2 - v_i$$

D_i = قطر داخلی لوله کالیبراسیون

L = طول سلول اندازه‌گیری سوند

افت حجم (V_c) برای هر فشار مشخص توسط ضریب حاصل از شیب منحنی کالیبراسیون فشار - حجم (شکل ۲) به صورتی که نشان داده می‌شود، به دست می‌آید:

$$V_c = V_r - aP_r$$

تصحیح افت حجم (V_c) باید از حجم‌های اندازه‌گیری شده در طول آزمایش کسر گردد. این تصحیح در خاک‌ها نسبتاً کوچک است و اگر از ۰/۱ درصد حجم اسمی قسمت اندازه‌گیری سوند انبساط نیافته (V_0) بر فشار ۱۰۰ کیلو پاسکال (1tsf) [۱ بار] کمتر باشد، از آن صرف نظر می‌شود [در صورتی که میزان اصلاح حجم کمتر از ۰/۱ درصد V_0 به ازای هر بار فشار باشد می‌توان از آن صرف‌نظر کرد]^۸. در خاک‌های خیلی سخت یا در سنگ‌ها تصحیح مهم بوده و باید اعمال شود. در هر حال این تصحیح نباید از ۰/۵ درصد حجم اسمی قسمت اندازه‌گیری سوند بادرده (V_0) به ازای فشار ۱۰۰ کیلو پاسکال (1tsf) [۱ بار]^۹ تجاوز کند [میزان اصلاح نمی‌تواند بیش از ۰/۵ درصد V_0 به ازای هر بار فشار باشد]^{۱۰}.

۵ توضیح مترجم

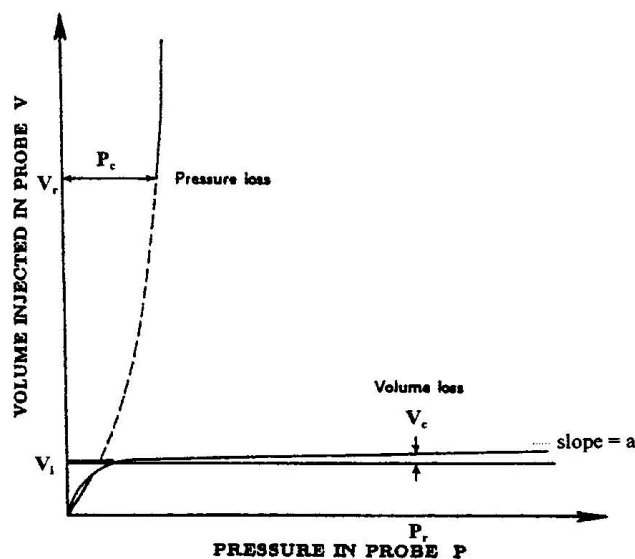
۶ توضیح مترجم

۷ توضیح مترجم

۸ توضیح مترجم

۹ توضیح مترجم

۱۰ توضیح مترجم



شکل ۲ - کالیبراسیون برای اتلاف فشار و حجم

۷-۴ تصحیحات برای تغییرات دما و اتلاف انرژی ناشی از گردش مایع معمولاً کوچک است و ممکن است در آزمایش‌های معمول خاک‌ها نادیده گرفته شود. در آزمونهای با اعماق بیش از ۵۰ متر (۱۵۰ فوت)، استفاده از روش‌های خاص که اتلاف انرژی را در نظر می‌گیرد لازم است.

۷-۵ مقدار فشار هیدرواستاتیک (P_δ) که توسط نیروی ثقیلی ستون مایع به سوند وارد می‌آید، باید به صورت زیر تعیین شود.

$$P_\delta = H\delta_t$$

H = عمق استقرار سوند نسبت به دستگاه قرائت بر حسب متر

δ_t = وزن واحد حجم مایع موجود در دستگاه قرائت بر حسب KN/m^3

مقدار عددی عمق (H)، فاصله‌ی مرکز گیج فشار تا مرکز سوند است (شکل ۳). این فشار هیدرواستاتیک بر سوند وارد می‌آید اما روی گیج فشار مستقر بر روی دستگاه قابل قرائت نیست. این فشار باید به قرائت‌های فشار به دست آمده روی وسیله سنجش اضافه شود.

۷-۶ در مورد پرسیمترهای سه سلولی، فشار سلول‌های محافظ (P_G) باید پایین‌تر از فشار واقعی ایجاد شده در سوند باشد تا قید انتهایی مؤثری فراهم شود. این موضوع با کم کردن این فشار از فشارهای آزمایش به شرح زیر به دست می‌آید.

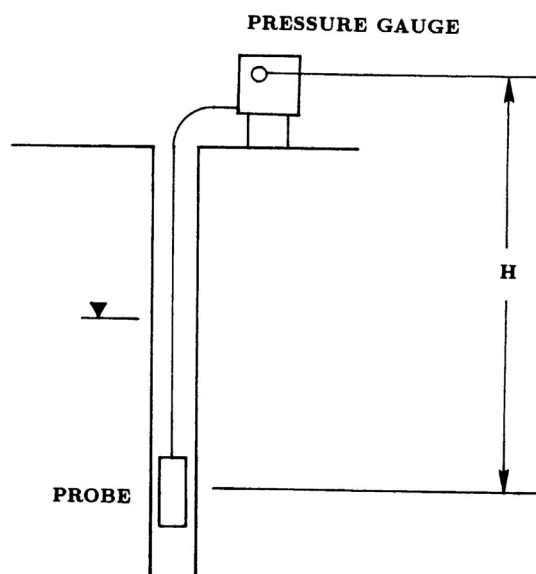
$$P_G = P_R + P_\delta - P_d$$

P_G : فشار سلول محافظ بر حسب کیلو پاسکال.

P_R : قرائت فشار در واحد کنترل بر حسب کیلو پاسکال.

P_δ : فشار هیدرواستاتیک بین واحد کنترل و سوند بر حسب کیلو پاسکال (بند ۷-۵ را ببینید).

P_d : اختلاف فشار بين سلول‌های محافظ و سلول اندازه‌گیری بر حسب کیلوپاسکال (تقریباً دو برابر مقاومت فشارحدی مختص غشا است).



شکل ۳- عمق H برای تعیین فشار هیدرواستاتیک در سوند

۷-۶-۱ فشارهای مایع و گاز برای تامین اختلاف فشار [۱ بار] $P_d = 100 \text{ Kpa}$ در اعماق مختلف آزمایش، در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- فشار جبرانی برای سلول‌های محافظ براساس عمق آزمایش

Test Depth (H)		Liquid Pressure from Head of Test Liquid on Probe P , kPa	Gas Pressure Reduction on Readout Gages ⁴ P_d , 100 (kPa)
m	ft		
0	0	0	-100
5	17	50	-50
10	33	100	0
15	50	150	+ 50
20	67	200	+ 100

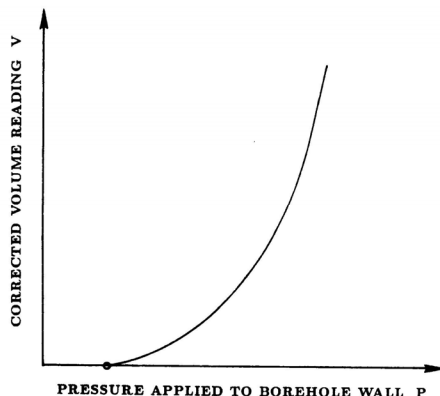
A برای فراهم کردن اختلاف فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال بین سلول اندازه‌گیری و سلول‌های محافظ، این فشارها به صورت کاهش (-) یا افزایش (+) به فشار سلول محافظ اعمال می‌شود.

۸. حفاری:

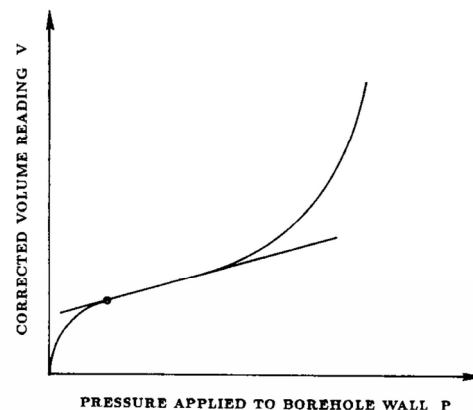
۸-۱ با فراهم شدن شرایط، سوند پرسیمتر را در مقطع حفاری شده قرار دهید. دو شرط برای رضایت بخش بودن مقطع ضروری است: قطر حفره باید در محدوده مجاز باشد و تجهیزات و روش مورد

استفاده جهت آماده سازی گمانه به گونه ای باشد که حداقل دستخوردگی خاک و دیواره مقطع را فراهم نماید. زمانی که خاکها مورد آزمون قرار می گیرند، آزمایش پرسيومتر باید بلافاصله پس از آماده سازی مقطع انجام پذیرد.

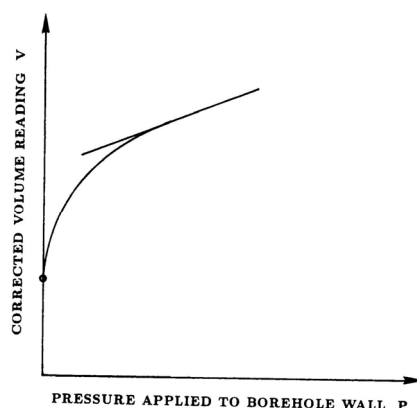
۸-۲ آماده سازی یک مقطع رضایت بخش مهمترین مرحله حصول به یک نتیجه خوب در آزمون پرسيومتری است. معیار کیفیت مقطع مورد آزمایش، با توجه به پراکندگی نقاط حاصل از آزمون که در رسم منحنی مربوطه مورد استفاده قرار می گیرد و شکل منحنی پرسيومتر بدست آمده، تعیین می گردد. شکل ۴ منحنی ایده آل پرسيومتر بدست آمده از آزمایش در گمانه پیش حفاری شده را نشان می دهد. شکل ۵ معرف انجام آزمون در یک مقطع کوچک یا انجام آزمون در خاک متورم شونده است و شکل ۶ معرف انجام آزمون در گمانه خیلی بزرگ است.



شکل ۵- منحنی تصحیح شده پرسيومتر وقتی که گمانه بیش از حد کوچک است



شکل ۴- فرم ایده آل منحنی اصلاح شده پرسيومتر



شکل ۶- منحنی تصحیح شده پرسيومتر وقتی که گمانه بیش از حد بزرگ است

توجه ۸: شکل منحنی آزمایش پرسيومتر به تنهایی برای اثبات صحت آزمایش کافی نیست. الزامات قطر گمانه آزمایش نیز باید با مفاد بند ۸-۳-۱ تطبیق کند.

۸-۳ شرایط حفره آزمایش با توجه به قطر سوند:

۸-۳-۱ قطر مقطع: ابعاد مورد استفاده در این روش آزمایش باید به شرح زیر باشد:

۸-۳-۱-۱ قطر سوند پرسيومتر ، D : قطر مرسوم سوندهای پرسيومتر بين حدود ۳۲ تا ۷۴ ميليمتر هستند (۱,۲۵ اينچ تا ۳ اينچ) .

۸-۳-۱-۲ قطر مقطع آزمایش، D_H : قطر مقطع آزمایش D_H بايد شرط زیر را که از تجربه حاصل شده است داشته باشد :

$$1.03 D < D_H < 1.2D$$

۸-۳-۲ قطر ابزار حفاری :

۸-۳-۲-۱ برای تعیین قطر ابزار حفاری برای حفاری چاه بايد سه شرط در نظر گرفته شود. (a) قطر لازم حفره (b) اضافه حفاری حفره ناشی از نوسان ابزار حفاری یا فرسایش دیواره به وسیله گردش گل در مورد خاک‌های دانه درشت تا متوسط، یا هر دو، و (c) جلو آمدن دیواره گمانه که در فاصله خارج کردن ابزار حفاری و جایگذاری سوند اتفاق می‌افتد. با استفاده از گل حفاری می‌توان جلو آمدگی دیواره را کاهش داد.

۸-۳-۲-۲ به هنگام انتخاب تجهیزات برای مطالعات صحرایی ، چندین مته در اندازه های مختلف باید در دسترس باشد تا با توجه به امکان اضافه حفاری و جلو آمدگی ، اندازه مناسب مته را انتخاب نمود .

۸-۳-۲-۳ در موقع انتخاب ابزار حفاری ، در نظر داشته باشید که دیواره حفره آزمایش باید تا حد امکان صاف و قطر D_H در سراسر طول چاه ثابت باشد.

توجه ۹: اگر DH در طول سوند متغیر باشد، به دلیل ریزش یا غیر استوانه ای بودن گمانه، دقت آزمایش کاهش می‌یابد.

۸-۴ روش‌ها و ابزارهای آماده کردن مقطع آزمایش :

۸-۴-۱ هر روش و ابزاری که بتواند به طور قابل قبولی شرایط بندهای ۸-۱ تا ۸-۳ را برآورده کند، قابل استفاده است .

۸-۴-۲ روش‌های زیرجهت آماده کردن مقطع آزمایش برای استقرارسوند پرسيومتر استفاده می‌شود.

۸-۴-۲-۱ حفاری دورانی : مته‌های حفاری مورد استفاده معمولاً مته‌های انگشتی در خاک‌های رسی و مته‌های چرخشی در ماسه‌ها و شن‌ها می‌باشند. در صورتی که شرایط زیر شامل فشار قائم کم روی ابزار حفاری (۲۰۰ کیلو پاسکال) (۳۰ پوند بر اینچ مربع)، دوران آهسته (کمتر از ۶۰ دوران در دقیقه) و جریان گل حفاری تنظیم شده کم (کمتر از ۱۵ لیتر در دقیقه) (۴ گالن در دقیقه) برقرار باشد می‌توان از مته های حفاری دورانی استفاده نمود . گل حفاری را توسط خروجی محوری انتهایی تزریق شود تا حداقل آسیب به جدار گمانه وارد

شود. ویسکوزیته گل، باید به قدر کافی بالا باشد تا در پمپاژهای با نرخ کم، خرده سنگهای حاصل از حفاری را خارج نماید.

۸-۴-۲-۲ نمونه گیر لوله ای: از نمونه گیرهای جدار نازک شبیه آن چه در دستورالعمل D1587 توصیف شده است استفاده نمایید. لوله نمونه گیر باید به اندازه کافی بلند باشد تا اطمینان حاصل گردد که بتواند با یک فشار ساده، مقطع مورد آزمایش را فراهم نماید. اگر لوله مسدود شود یا اگر مقطع لازم برای آزمایش فراهم نگردد، باید روش دیگری برای آماده سازی مقطع آزمایش در نظر گرفته شود. لوله را به آهستگی بیرون آورید تا جلوگیری حفره ناشی از مکش محدود گردد. اگر از نمونه گیرهای جدار ضخیم استفاده می شود، این ابزار باید لبه برنده داشته باشد تا تنش های قبل از آزمایش کاهش یابند.

۸-۴-۲-۳ اوگر با پره پیوسته: از یک اوگر منفرد به طول ۱/۵۲ متر (۵ فوت) که به انتهای تجهیزات یک دستگاه حفاری متصل شده است می توان برای حفر گمانه و رسیدن به تراز مقطع آزمایش استفاده نمود. پیشرو حفار باید قطری کمی بیش از پره اوگر داشته باشد تا از تخریب دیواره گمانه جلوگیری شود. در حین خارج کردن اوگر را بچرخانید. همان پارامترهای فشار نفوذی و چرخش که در بند ۸-۴-۲-۱ بیان گردید را برای حفاری با اوگر پره ای پیوسته اعمال نمایید.

۸-۴-۲-۴ اوگر دستی: از یک اوگر از نوع IWan با یا بدون پمپ دستی برای تزریق گل به کف گمانه استفاده کنید.

توجه ۱۰: استفاده از اوگر دستی در عمق بیشتر از ۶ متر (۲۰ فوت) مشکل است، بنابراین، این اوگر فقط برای آزمونهای اعماق سطحی باید در نظر گرفته شود.

۸-۴-۲-۵ راندن یا راندن با ویبره یک نمونه گیر: نمونه گیر دو کفه را در خاک فرو برید. راندن یا راندن با ویبره یک نمونه گیر شستشویی نیز ممکن است به این منظور استفاده شود. شرایط بند ۸-۴-۲-۲ اعمال شود.

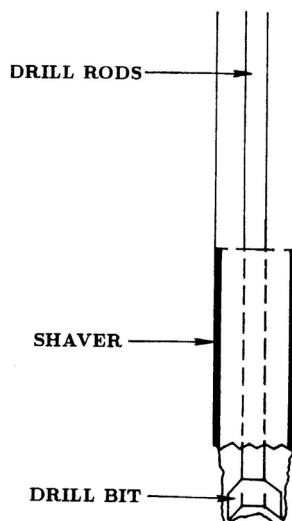
۸-۴-۲-۶ حفاری مغزه ای: این روش در دستورالعمل D2113 تشریح شده است.

۸-۴-۲-۷ ضربه ای دورانی: از یک دستگاه بادی یا هیدرولیکی که با مته تخلیه ای انتهایی کار می کند استفاده کنید. خارج کردن خرده سنگها می تواند با هوای فشرده در حالات خشک یا با گل حفاری در خاک های مرطوب انجام شود.

۸-۴-۲-۸ حفاری چاله راهنما و سپس نمونه‌گیری لوله ای : یک چاله راهنما با قطر کوچکتر از سوند پرسيومتر حفر کنید، با هل دادن یا فرو بردن نمونه‌گیر چاله را تا قطر مناسب بتراشید. شرایط بند ۸-۴-۲-۲ اعمال شود.

۸-۴-۲-۹ حفاری چاله راهنما و تراش همزمان : یک چاله آزمایشی با قطر کوچکتر از سوند پرسيومتر حفر کنید. بلافاصله پشت مته حفاری (شکل ۷) یک استوانه تو خالی نازک است که حفره را می‌تراشد. مته حفاری و سیلندر را با مایع حفاری با ویسکوزیته بالا به پيش برانید.

۸-۴-۲-۱۰ راندن، راندن با ویبره یا هل دادن یک لوله محافظ شکافدار : یک لوله شکافدار (بینید ۴-۶ و شکل ۱b) عموماً به عنوان محافظ سوند پرسيومتر در حالاتی که نمی‌توان از گل حفاری به تنهایی جهت حفاری استفاده کرد و یا زمانی که آزمایش در خاک‌های با ذرات بزرگتر انجام می‌شود، استفاده می‌گردد. سوند را در لوله شکافدار قرار دهید و همه مجموعه را تا عمق مورد نظر به داخل خاک برانید. آزمون در داخل لوله شکافدار انجام خواهد شد. این روش، یک روش جابه‌جایی کامل است و باید فقط زمانی که روش‌های غیر جا به جایی نتوانند به کار روند استفاده شود. قبل از آزمایش سوند پرسيومتر را در داخل لوله شکافدار محافظ کالیبره کنید.



شکل ۷- آماده سازی چاله آزمایش با حفاری چاله راهنما یا روشهای مشابه

۸-۵ انتخاب روش‌های آماده‌سازی مقطع :

۸-۵-۱ روش مناسب را از روش‌های ذکر شده یا دیگر روش‌های مورد قبول انتخاب کنید. این انتخاب به نوع خاک مورد آزمایش بستگی دارد.

عوامل مؤثر اصلی عبارتند از :

۸-۵-۱-۱ توزیع اندازه ذرات

۸-۵-۱-۲ خمیری بودن

۸-۵-۱-۳ مقاومت

۸-۵-۱-۴ درجه‌ی اشباع

۸-۵-۲ جدول ۳ برای انتخاب روش‌های آماده‌سازی مقطع در انواع خاک هایی که مطابق عوامل بیان

شده در بند ۸-۵-۱-۱ تا ۸-۵-۱-۴ طبقه‌بندی شده‌اند، راهنمایی‌هایی را ارائه می‌دهد. جدول

۳ همه‌ی روش‌های ممکن برای آماده‌سازی گمانه یا جایگذاری سوند، یا هر دو را در بر

نمی‌گیرد، و به عنوان راهنمایی در انتخاب روش‌های حفاری است.

جدول ۳- راهنمای انتخاب روشهای آماده سازی گمانه و ابزارآلات

Soil	Type	Rotary Drilling With Bottom Discharge of Prepared Mud	Pushed Thin Wall Sampler	Pilot Hole Drilling and Subsequent Sampler Pushing	Pilot Hole Drilling and Simultaneous Shaving	Continuous Flight Auger	Hand Auger in the Dry	Hand Auger With Bottom Discharge of Prepared Mud	Driven or Vibro-driven Sampler	Core Barrel Drilling	Rotary Percussion	Driven Vibro-driven or Pushed Slotted Tube
Clayey soils	Soft	2 ^B	2 ^B	2	2	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR
	Firm to stiff	1 ^B	1	2	2	1 ^B	1	1	NR	NR	NR	NR
	Stiff to hard	1	2	1	1	1 ^B	NA	NA	NA	1 ^B	2 ^B	NR
Silty soils	Above GWL ^C	1 ^B	2 ^B	2	2 ^B	1	1	2	2	NR	NR	NR
	Under GWL ^C	1 ^B	NR	NR	2 ^B	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR
Sandy soils	Loose and above GWL ^C	1 ^B	NR	NR	2	2	2	1	2	NA	NR	NR
	Loose and below GWL ^C	1 ^B	NR	NR	2	NR	NR	1	NR	NA	NR	NR
	Medium to dense	1 ^B	NR	NR	2	1	1	1	2	NR	2 ^B	NR
Sandy gravel or gravely sands below GWL	Loose	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NA	2	2
	Dense	NR	NA	NA	NA	NR	NA	NA	NR	NA	2	1 ^D
Weathered rock	...	1	NA	2 ^B	NA	1	NA	NA	1	2	2	NR

^A1 is first choice; 2 is second choice; NR is not recommended; and NA is nonapplicable.^BMethod applicable only under certain conditions (see text for details).^CGWL is ground water level.^DPilot hole drilling required beforehand.

A، ۱ اولین انتخاب، ۲ دومین انتخاب، NR توصیه نمی‌شود، و NA غیر قابل قبول است.

B، روش فقط تحت شرایط خاص قابل قبول است (جزئیات را در متن ملاحظه فرمایید).

C، GWL سطح آب زیرزمینی است.

D، حفاری چاله راهنما قبلاً لازم است.

۹. روش عمل

۹-۱ حفاری گمانه را مطابق با بخش ۸ اجرا نمایید.

۹-۲ مقطع آزمون را در تراز آزمایش حفاری کنید و نخاله‌ها یا تراشه‌ها را تمیز کنید.

۹-۳ قبل از آن که سوند را برای آزمایش در گمانه قرار دهید، قرائت حجم صفر (V_0) را به دقت تعیینکنید. V_0 ، حجم سوند منبسط نشده در فشار اتمسفر است. این عمل را با هواگیری تمام مدار و

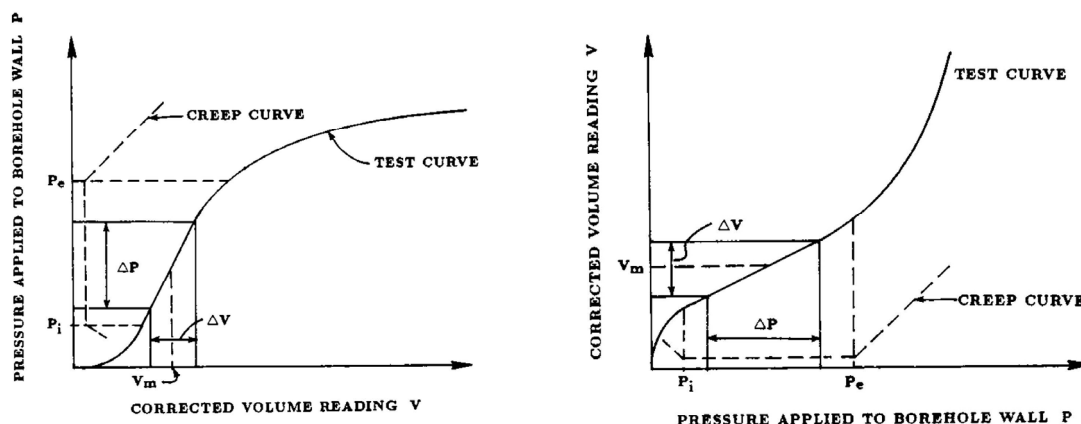
تنظیم همه‌ی گیج‌های دستگاه روی صفر و هنگامی که سوند در فشار اتمسفر است، انجام دهید. مدار

آب را ببندید و از تغییر اضافی حجم در دستگاه اندازه‌گیری، جلوگیری نمایید. در این شرایط سوند را

تا عمق آزمایش پایین ببرید. عمق آزمایش را، تراز وسط سوند در نظر بگیرید.

- ۹-۴ اگر از روش A استفاده می‌کنید، سوند را در موقعیت آزمایش قرار داده و بر واحد کنترل، فشاری در گام‌های مساوی اعمال کنید. اتساع سوند طی یک پله بارگذاری را به حداکثر V_0 ۰,۲۵ و مطابق آن چه در بند ۳-۹ مشخص گردید محدود نمایید. (به عنوان نمونه ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب برای یک سوند با ظرفیت ۸۰۰ سانتی‌متر مکعب). به طور معمول، فشارهای ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ یا ۲۰۰ کیلو پاسکال برای آزمایش خاک‌ها انتخاب می‌گردد. در صورت استفاده از گام‌های تدریجی خیلی کوچک، مدت آزمایش طولانی خواهد شد و در صورت استفاده از گام‌های خیلی بزرگ، دقت نتایج کافی نخواهد بود. افزایش‌های فشار باید به طریقی تعیین شود که نتیجه طی حدود ۷ تا ۱۰ افزایش بار به دست آید.
- ۹-۵ وقتی که از روش B استفاده می‌کنید، حجم سوند را در افزایش‌های پلکانی حجم ۰/۰۵ تا ۰/۱ برابر حجم V_0 (آن چه در بند ۹-۳ مشخص گردید) افزایش دهید تا به حد نهایی توان دستگاه برسد.
- ۹-۶ برای هر دو روش، ۳۰ ثانیه و یک دقیقه بعد از افزایش‌های حجم یا فشار، قرائت‌ها را انجام دهید. قرائت‌های حجم را با دقت ۰,۲ درصد مقدار V_0 (آنچه در بند ۳-۹ مشخص گردید) و قرائت‌های فشار را با دقت ۵ درصد فشار حدی ثبت کنید.
- ۹-۷ پس از آن که آزمایش طبق روش گفته شده در بندهای ۴-۹ و ۵-۹ به مرحله نهایی رسید، با خالی کردن سوند تا حجم اولیه‌ی آن، آزمایش را خاتمه دهید و سوند را از گمانه خارج نمایید.
- ۹-۸ یک یا چندین سیکل بارگذاری - باربرداری ممکن است در این آزمایش در محدوده اتساع ارتجاعی سوند انجام شود. (شکل ۸ را ملاحظه نمایید). اگر برای انجام آزمون از سوند با سلول‌های محافظ استفاده می‌شود، کنترل دقیقی روی فشار گاز در سلول‌های محافظ برای به دست آوردن مقدار حجم‌های از دست رفته لازم است. انجام سیکل‌های باربرداری و بارگذاری در انجام آزمون پیشنهاد می‌شود ولی انجام آن الزامی نیست. سابقه تاریخی آزمون پرسيومتر پيش حفار بر مبنای انجام آزمون بدون سیکل بارگذاری و باربرداری است.
- ۹-۹ فاصله و ترتیب آزمایش‌های متوالی:
- ۹-۹-۱ حداقل فاصله بین آزمایش‌های متوالی (مرکز تا مرکز سوند) نباید کمتر از ۱/۵ برابر طول بخش قابل انبساط سوند باشد. فواصل معمول از ۱ تا ۳ متر (۳ تا ۱۰ فوت) تغییر می‌کند.
- ۹-۹-۲ در خاک‌های نرم، سست و حساس، گمانه باید بیشتر از عمق قطعه لازم حفاری شود، به طوری که نشست خرده‌ها و واریزه‌ها در کف گمانه مزاحم آزمایش نشود.
- ۹-۹-۳ در خاک‌های سفت و سنگ‌های هوا زده که تخریب ناشی از هوا زدگی قابل توجه نیست، می‌توان تا چندین مقطع از پيش حفاری و سپس آزمایش نمود.

۹-۹-۴ وقتی که سوند در خاک رانده می‌شود، آزمایش می‌تواند به طور پیوسته انجام شود. حداقل فاصله ی لازم در بند ۹-۹-۹۱ بیان گردید. خارج نمودن سوند بین آزمایش‌ها لازم نمی‌باشد.



شکل ۸ - منحنی های آزمایش پرسیمتری به روش A

۱۰. محاسبات

۱۰-۱ فشار منتقل شده از سوند به خاک بر مبنای قرائت‌های فشار به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$P = P_R + P_\delta - P_C$$

که در آن:

P = فشار وارده به خاک توسط سوند بر حسب کیلو پاسکال

P_R = قرائت فشار روی واحد کنترل بر حسب کیلو پاسکال

P_δ = فشار هیدرواستاتیک بین واحد کنترل و سوند بر حسب کیلو پاسکال (بینید شکل ۷-۵)

P_C = تصحیح فشار ناشی از سختی غشا در حجم متناظر با آن بر حسب کیلو پاسکال، که مطابق بند ۷-۲

تعیین می‌شود.

۱۰-۲ قرائت حجم تصحیح شده سوند را از قرائت‌های حجم به شرح زیر محاسبه نمایید:

$$V = V_R - V_C$$

که در آن:

V = افزایش تصحیح شده در حجم قسمت اندازه‌گیری سوند بر حسب سانتی متر مکعب.

V_R = قرائت حجم بر روی وسیله‌ی سنجش بر حسب سانتی متر مکعب، و

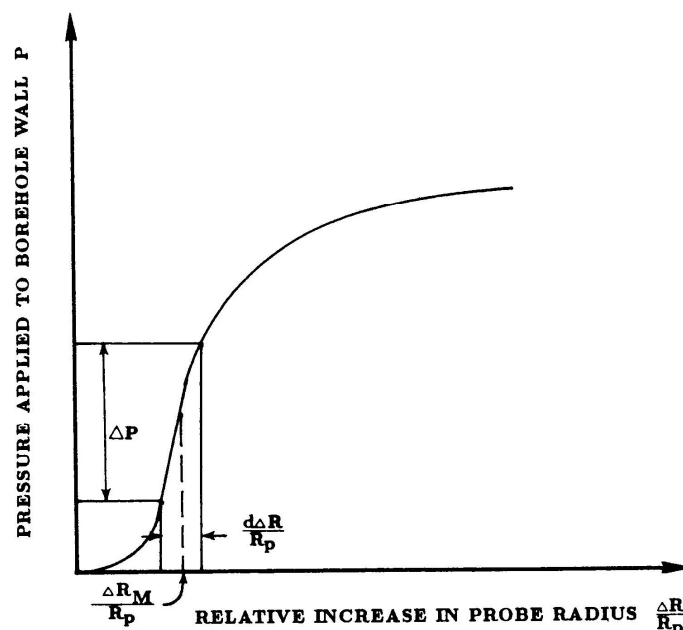
V_C = تصحیح حجم که مطابق با بند ۷-۳ تعیین می‌شود و متناظر با فشار $P = P_R + P_\delta$ بر حسب سانتی متر

مکعب

۱۰-۳ منحنی افزایش حجم بر حسب فشار را با حجم و فشار تصحیح شده در دستگاه مختصات رسم

کنید. نقاط را با یک منحنی نرم به هم وصل کنید. این منحنی، منحنی تصحیح شده آزمایش

پرسیومتری است و در تعیین نتایج استفاده می شود. (شکل 8a و 8b). دیگر منحنی ها از جمله فشار در مقابل افزایش نسبی شعاع نیز ممکن است استفاده شود. (شکل ۹)



شکل ۹ - فشار برابر افزایش نسبی شعاع

توجه ۱۱: در گذشته، فشار روی محور افقی و حجم روی محور قائم رسم می شد. با در نظر گرفتن ماهیت تنش - کرنش این آزمایش، بهتر است محور مختصات جابجا شود. مطابق با این دستورالعمل، هر دو روش نمایش مورد قبول است.

۴-۱۰ برای روش A، افزایش حجم (V_{60}) بین ۳۰ و ۶۰ ثانیه را قرائت و آن را روی نمودار جداگانه ای رسم کنید. به طور معمول قسمتی از همان گراف قبلی برای این منظور استفاده می شود. (شکل ۸ را ملاحظه نمایید). برای روش B، کاهش فشار بین ۳۰ و ۶۰ ثانیه را قرائت و نتایج را روی نمودار جداگانه ای رسم کنید. در روش A بخشی از منحنی فوق به صورت خطی خواهد بود که معرف تغییر جزئی و یا ثابت در اختلاف قرائتهای متوالی حجم است و در روش B نیز همین وضعیت برای قرائتهای متوالی فشار دیده می شود. مدول ثابت تغییر شکل خاک در این محدوده از منحنی قابل اندازه گیری است. بعد از این مرحله تغییر شکل های خمیری شروع می شود که به محدوده خزش مشهور است.

۵-۱۰ مدول پرسیمتری به شرح زیر تعیین می شود:

$$E_p = 2(1 + \mu)(V_m + V_0) \left(\frac{\delta p}{\delta v} \right)$$

که در آن:

E_p = مدول پرسیمتری بر حسب کیلو پاسکال،

μ = نسبت پواسون

توجه ۱۲: برای این روش آزمایش مقدار $\mu=0.33$ پیشنهاد می‌شود تا با آزمایش‌هایی که قبلاً با این دستگاه انجام شده است، تطابق نماید. مقادیر دیگری ممکن است استفاده شود، اما مقدار باید گزارش شود.

V_0 = حجم قسمت اندازه گیری سوند منبسط نشده در قرائت حجم صفر روی سطح زمین بر حسب سانتی متر مکعب

V = قرائت حجم اصلاح شده بخش اندازه گیری سوند

Δp = افزایش فشار تصحیح شده در مرکز بخش خطی منحنی حجم بر حسب فشار (شکل ۸ را ببینید).

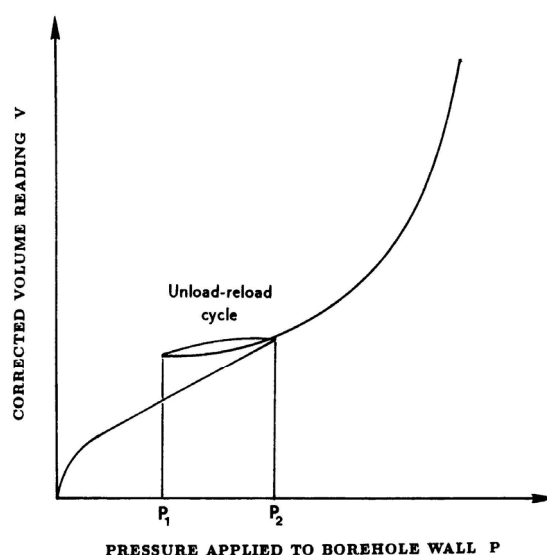
Δv = افزایش حجم تصحیح شده در مرکز بخش خطی منحنی حجم بر حسب فشار، متناظر با افزایش فشار Δp ، (شکل ۸ را ببینید)

V_m = میانگین قرائت حجم تصحیح شده در دو قرائت

V_0 = حجم اولیه سوند

توجه ۱۳: اگر شکستگی در قسمت خطی منحنی پرسیومتری مشاهده گردید، محاسبات مربوط به مدول پرسیومتری باید برای هر قسمت خطی منحنی آزمایش پرسیومتری انجام شود.

توجه ۱۴: مدول پرسیومتری همچنین می‌تواند از سیکل بارگذاری - باربرداری محاسبه شود. این مدول باید به عنوان مدول بارگذاری-باربرداری پرسیومتری مشخص شود. (شکل ۱۰)



شکل ۱۰ - منحنی آزمایش پرسیومتری سیکلی

توجه ۱۵: برای آزمایش‌هایی که قطر سوند (شعاع) اندازه‌گیری می‌شود، مدول پرسیومتر با تبدیل اندازه‌گیری‌ها به تغییرات حجم سوند، با استفاده از فرمول‌های ارائه شده در بند ۵-۱۰ تعیین می‌گردد. مدول پرسیومتری ممکن است مستقیماً از اندازه‌گیری‌هایی قطر به شرح زیر محاسبه شود:

$$E_p = (1 + \gamma)(R_p + \Delta R_m) \left(\frac{\Delta p}{d \Delta R} \right)$$

که در آن:

R_p = شعاع سوند در حالت منبسط نشده ، بر حسب میلی متر

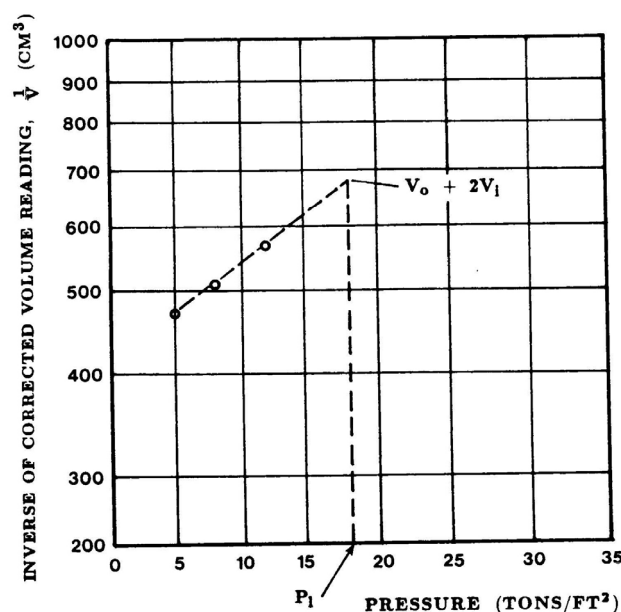
ΔR_m = افزایش شعاع سوند تا نقطه متناظر با فشاری که E_p اندازه گیری می شود، بر حسب میلی متر

$d\Delta R$ = افزایش شعاع سوند متناظر با افزایش فشار Δp بر حسب میلی متر

ΔR = افزایش شعاع سوند به میلی متر، و

$R_p + \Delta R_m$ = شعاع معمول سوند منبسط شده بر حسب میلی متر می باشد.

۶-۱۰ فشار حدی به شرح زیر تعیین می شود : فشار حدی (P_L) فشاری است که حجم سوند به دو برابر حجم حفره اولیه مقطع (به صورت $V_0 + V_i$) (شکل ۸) می رسد . V_i قرائت حجم تصحیح شده فشاری است که سوند با گمانه تماس پیدا می کند. میزان حجم در دو برابر حجم حفره اولیه خاک ($V_0 + 2V_i$) می باشد. معمولاً فشار حدی به علت محدودیت اتساع سوند یا فشار بیش از حد بالا با اندازه گیری های مستقیم حین آزمایش به دست نمی آید. اگر آزمایش تا قرائت تغییر شکل خمیری کافی انجام شود، فشار حدی با رسم منحنی $1/v$ در مقابل P ، چنان چه در شکل ۱۱ نشان داده شده، تعیین می شود.



شکل ۱۱- تعیین فشار حدی از منحنی عکس حجم در مقابل فشار

۱-۶-۱۰ نقاط واقع در محدوده خمیری آزمایش معمولاً در یک خط تقریباً مستقیم قرار می گیرند . امتداد این خط تا نقطه ای که معرف دو برابر حجم اولیه سوند است ، فشار حدی (P_L) را روی نمودار به دست می دهد.

توجه ۱۶: فشار حدی نظری به عنوان فشاری که در آن اتساع سوند نامحدود می‌شود، تعریف می‌شود. برای مقاصد عملی تعریف بند ۶-۱۰ پیشنهاد می‌گردد. چندین روش برای تخمین فشار حدی از نقاطی که در ضمن آزمون اندازه‌گیری شده به کار می‌رود. این روش‌ها ممکن است کاربردی باشد ولی باید کاملاً تشریح شوند.

توجه ۱۷: اگر شرایط بند ۱-۳-۸ در مورد روا داری قطر چاه رعایت نشود. فقط قسمتی از منحنی آزمون برای تفسیر مناسب است. فشار حدی نسبت به اندازه گمانه کمتر حساس است.

۱۱. گزارش

۱۱-۱ برای هر آزمون پرسيومتر مشاهدات زیر باید گزارش شود:

۱۱-۱-۱ تاریخ.

۱۱-۱-۲ شماره گمانه

۱۱-۱-۳ نوع آزمون (روش A یا B)

۱۱-۱-۴ نوع سوند (یک هسته ای یا سه هسته ای ، سیستم اندازه گیری فشار و حجم و یا

جابجاییها و ...)

۱۱-۱-۵ قطر خارجی بخش قابل ارتجاع سوند

۱۱-۱-۶ طول بخش قابل ارتجاع سوند

۱۱-۱-۷ توصیف غشاء و غلاف روی سوند

۱۱-۱-۸ عمق نقطه مرکزی سوند

۱۱-۱-۹ زمان سپری شده پس از حفر گمانه و آماده سازی مقطع

۱۱-۱-۱۰ گام‌های افزایش حجم یا فشار

۱۱-۱-۱۱ قرائت‌های حجم در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ ثانیه برای هر افزایش بار در روش A،

قرائت‌های فشار در ۳۰ و ۶۰ ثانیه در هر مرحله افزایش حجم در روش B

۱۱-۱-۱۲ هر انحرافی از روش استاندارد آزمون

۱۱-۱-۱۳ نمودار حجم بر حسب فشار، مدول پرسيومتری، فشار حدی.

۱۱-۱-۱۴ توصیف کالیبراسیون و منحنی‌های کالیبره

۱۱-۲ به علاوه مشاهدات زیر برای گمانه‌زنی باید گزارش شود:

۱۱-۲-۱ شماره گمانه

۱۱-۲-۲ نمایش شرایط خاک

۱۱-۲-۳ ارتفاع مرجع

۱۱-۲-۴ عمق آب در گمانه در زمان آزمون

۱۱-۲-۵ روش حفر گمانه و روش آماده‌سازی مقطع

۶-۲-۱۱ نوع تجهیزات مورد استفاده در آزمایش

۷-۲-۱۱ یادداشت‌هایی در مورد مقاومت رانشی در گمانه (مقادیر N آزمایش S.P.T)

۸-۲-۱۱ وضعیت آب و هوا و درجه حرارت

۹-۲-۱۱ نام حفار

۱۲. دقت و انحراف

۱-۱۲ دقت : با توجه به ماهیت روش آزمایش ، هیچ معیاری برای دقت آزمایش ارائه نشده است . از سوی دیگر استفاده همزمان از ده شرکت یا بیشتر هم در انجام یک آزمون میدانی در محل مشخص ، برای تعیین دقت آزمون از نظر هزینه قابل انجام نیست .

۱-۱۲-۱ مهم‌ترین عامل در انجام موفقیت‌آمیز آزمایش پرسیومتری پیش حفاری شده، آماده‌سازی یک مقطع خوب است. آماده کردن یک مقطع خوب در رس‌های خیلی نرم و ماسه‌های خیلی سست، خیلی مشکل است. فشار حدی پرسیومتری نسبتاً به کیفیت مقطع حساس نیست، در مقابل آن مدول پرسیومتری به کیفیت گمانه بسیار حساس است.

۲-۱-۱۲ کمیته فرعی D18.02 در حال جمع‌آوری اطلاعات از استفاده‌کنندگان این روش آزمایش است تا دستور العملی با دقت بالاتر ارائه کند.

۲-۱۲ انحراف- هیچ مرجع معتبری برای این روش پذیرفته نشده است، بنابراین انحراف قابل تعیین نیست.

۱۳. لغات کلیدی

۱-۱۳ آزمونهای برجا ، مدول ، فشار حدی ، تنش ، کرنش

توضیح : ترجمه استاندارد در واحد فنی مهندسين مشاور خاک و سنگ الماس شرق انجام پذیرفته است . خواهشمند است جهت تکمیل یا رفع نقائص احتمالی موجود در نحوه ترجمه و اصطلاحات فنی ، نظرات و پیشنهادات خود را به دفتر این شرکت ارسال فرمایید (khaksangco@yahoo.com)

پرسشها و ابهامات متداول :

۱. آیا در هر نوع خاکی می توان آزمون پرسیومتر انجام داد ؟
۲. آیا نتایج حاصل از آزمون پرسیومتر (مدول پرسیومتر) با مدول الاستیسیته مورد استفاده در محاسبات مهندسی پی یکسان است ؟
۳. آیا با اعمال ضریب α مورد ذکر در این دستورالعمل اصلاحات لازم برای سطح تنش کرنش اعمال می گردد ؟
۴. آیا مدول الاستیسیته حاصل از آزمون پرسیومتر الزاما باید با افزایش عمق زیاد شود ؟
۵. آیا الزاما بین مدول الاستیسیته حاصل از آزمون پرسیومتر (پس از اصلاح) و مدول حاصل از آزمونهای آزمایشگاهی همبستگی وجود دارد و اصولا این دو قابل مقایسه هستند ؟
۶. آیا بین مدول برشی حاصل از آزمون دان هول و مقدار مدول برشی حاصل از آزمون پرسیومتر رابطه ای وجود دارد ؟
۷. آیا از مدول باربرداری حاصل از آزمون پرسیومتر می توان در تحلیل سازه های نگهبان استفاده کرد ؟
۸. آیا استفاده از روابط تئوریک برای تعیین پارامترهای مهندسی خاک و شمع و .. مجاز است ؟