

دستورالعمل

آزمایش نفوذ استاندارد (S.P.T)

در مطالعات ژئوتکنیک

نشریه شماره ۲۲۴

وزارت نیرو  
سازمان مدیریت منابع آب ایران  
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

جمهوری اسلامی ایران

# دستورالعمل آزمایش نفوذ استاندارد (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک

نشریه شماره ۲۲۴

وزارت نیرو  
سازمان مدیریت منابع آب ایران  
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۸۰

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۰/۰۰/۹۵

## فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها  
دستورالعمل آزمایش نفوذ استاندارد (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک/ معاونت امور فنی،  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد  
مهندسی آب. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک  
علمی و انتشارات، ۱۳۸۰.

۱۹ص: مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و  
تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۲۲۴) انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی  
کشور؛ ۸۰/۰۰/۹۵)

ISBN 964-425-322-1

مربوط به دستورالعمل شماره ۵۴/۴۶۳۳-۱۰۵/۱۲۲۴۳ مورخ ۱۳۸۰/۸/۱۶  
کتابنامه: ص ۱۹

۱. خاک - آزمایش نفوذ - دستنامه‌ها. الف. سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر  
استاندارد مهندسی آب. ب. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و  
انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۰ ش. ۲۲۴ ۲۴س/۳۶۸ TA

ISBN 964-425-322-1

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۳۲۲-۱

دستورالعمل آزمایش نفوذ استانداردها (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک

تهیه کننده: دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۰

قیمت: ۳۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



## ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

دفتر رئیس سازمان

شماره: ۱۰۵/۱۲۲۴۳-۵۴/۴۶۳۳	بخشنامه به: دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۸۰/۸/۱۶	
موضوع: دستورالعمل آزمایش نفوذ استانداردها (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک	
<p>به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۲۲۴ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "دستورالعمل آزمایش نفوذ استانداردها (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک" از نوع گروه سوم ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، ارسال دارند.</p>	
<p style="text-align: center;">محمد ستاری فرد</p> <p style="text-align: center;">معاون رییس جمهور و رییس سازمان</p>	

بسمه تعالی

## پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

پاییز ۱۳۸۰

## ترکیب اعضای کمیته

اعضای کمیته ژئوتکنیک که بررسی نهایی این استاندارد را بر عهده داشته‌اند عبارتند از:

آقای حسین جلالی	دکترای سازه و دکترای مکانیک ساختمان
آقای فرزانه رفیعا	فوق لیسانس مهندسی معدن (مکانیک سنگ)
آقای بهروز گتمیری	دکترای ژئوتکنیک
آقای سیاوش لیتکوهی	دکترای مکانیک خاک
خانم مهیار نوربخش پیربازاری	فوق لیسانس ژئوتکنیک
آقای علی یوسفی	فوق لیسانس مهندسی معدن (زمین شناسی مهندسی)

در ضمن متن اولیه پیش نویس این استاندارد توسط آقایان مهندس علیرضا شریفی سلطانی و دکتر سیاوش لیتکوهی تهیه شده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- دامنه کاربرد
۱	۲- تعاریف
۳	۳- موارد استفاده
۳	۴- محدودیت آزمایش
۴	۵- روشهای حفاری و تجهیزات
۴	۵-۱ روشهای حفاری
۴	۵-۲ نمونه گیر دوکفه‌ای فولادی
۵	۵-۳ میله‌های حفاری
۶	۵-۴ مجموعه کوبش
۶	۶- روش آزمایش
۶	۶-۱ آماده‌سازی گمانه
۶	۶-۲ نمونه‌گیری و انجام آزمایش
۸	۷- تفسیر نتایج
۹	۷-۱ انرژی منتقل شده به میله‌های حفاری
۹	۷-۲ افت انرژی به سبب طول میله‌ها
۱۰	۷-۳ اثر فشار روبار در ماسه‌ها
۱۰	۷-۴ ضرایب اصلاحی دیگر
۱۰	۷-۵ استفاده از ضرایب اصلاحی
۱۱	۷-۶ برآورد پارامترهای ژئوتکنیکی
۱۱	۷-۶-۱ خاکهای چسبنده
۱۱	۷-۶-۲ خاکهای غیر چسبنده
۱۸	۸- گزارش
۱۸	۸-۱ فهرست اطلاعات حفاری که باید در صحرا ثبت شود
۱۸	۸-۲ فهرست اطلاعات بدست آمده از هر نمونه که باید در صحرا ثبت شود
۱۹	۹- فهرست منابع و مأخذ





## ۱- دامنه کاربرد

- ۱-۱ آزمایش نفوذ استاندارد<sup>۱</sup>، مقاومت خاک کف گمانه را در مقابل نفوذ یک نمونه گیر فولادی به شکل استوانه تعیین نموده و نمونه دست خورده برای شناسایی خاک فراهم می سازد. مقاومت نفوذ<sup>۲</sup> را می توان به خصوصیات خاک و تغییرات آن ارتباط داد.
- ۲-۱ اساس آزمایش بر سقوط یک چکش به وزن ۶۳/۵ کیلوگرم از ارتفاع ۷۶ سانتیمتر روی یک "کلاهک"<sup>۳</sup> قرار دارد. تعداد ضربات لازم (N) برای ۳۰ سانتیمتر نفوذ نمونه گیر فولادی<sup>۴</sup> (پس از نفوذ آن تحت نیروی وزن و کوبش اولیه) به عنوان مقاومت نفوذ N (شمار ضربات) در نظر گرفته می شود.
- ۳-۱ مهمترین دلایل استفاده از این آزمایش، سهولت انجام، هزینه کم، رایج بودن آزمایش در کشورهای مختلف، بی نیازی به دستگاههای پیچیده و ارتباط گسترده پارامترهای ژئوتکنیکی با مقاومت نفوذ N است.
- ۴-۱ این آزمایش عمدتاً برای تعیین خصوصیات مقاومتی و نشست پذیری خاکهای غیر چسبنده به کار می رود. در سایر خاکها و سنگهای ضعیف اطلاعات ارزشمندی از این آزمایش به دست می آید.

## ۲- تعاریف

- ۱-۲ کلاهک: آن بخش از مجموعه کوبش است که چکش با ضربه زدن بر روی آن انرژی خود را به میله های آزمایش انتقال می دهد.
- ۲-۲ طبلك<sup>۵</sup>: در سیستم رهاکننده چکش، به استوانه فولادی ای که طناب به دور آن می پیچد طبلك می گویند.
- ۳-۲ میله های حفاری<sup>۶</sup>: این میله ها برای انتقال نیرو و گشتاور به مته حفاری به کار می روند. ارتباط مجموعه کوبش به نمونه گیر نیز با این میله ها انجام می شود.
- ۴-۴ مجموعه کوبش<sup>۷</sup>: شامل چکش، هادی سقوط چکش، کلاهک و هرنوع سیستم رهاکننده چکش است.
- ۵-۵ چکش<sup>۸</sup>: آن بخش از مجموعه کوبش به وزن  $63.5 \pm 0.5$  کیلوگرم است که به طور مداوم بالا برده و رها می شود و بارها شدن آن، انرژی لازم برای نفوذ و نمونه برداری تأمین می گردد.
- ۶-۲ سیستم سقوط چکش<sup>۹</sup>: آن بخش از مجموعه کوبش است که با آن، ضربه پس از بالا بردن و رها کردن چکش به کلاهک وارد می شود.

1- Satandard Penetration Test

2- Penetration resistance

3- Drive Head & Anvil

4- Seating Drive

5- Cathead

6- Drill Rods, Drive Rods

7- Drill Head Assembly

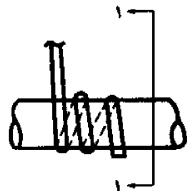
8- Hammer

9- Hammer Drop System

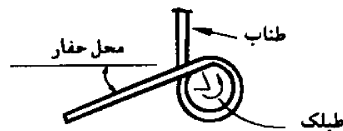


۷-۲ هادی سقوط چکش<sup>۱</sup>: آن بخش از مجموعه کوبش است که سقوط شاقولی چکش را با حداقل افت انرژی به صورت قائم میسازد.

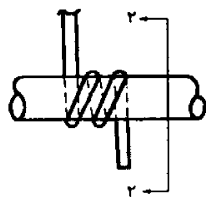
۸-۲ شمار دور طناب<sup>۲</sup>: از تقسیم مجموع زوایای دورهای طناب روی طبلک، از سر طناب تا محل تماس با طبلک بر ۳۶۰ درجه به دست می آید (برای محاسبه شمار دور به شکل شماره ۱ مراجعه شود).



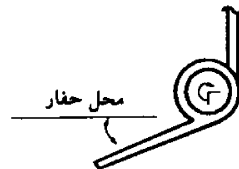
الف) چرخش خلاف عقربه های ساعت  
تقریباً معادل ۱ دور  
۴



مقطع ۱-۱



ب) چرخش جهت عقربه های ساعت  
تقریباً معادل ۲ دور  
۴



مقطع ۲-۲

شکل شماره ۱- تعاریف دور طناب و زوایای طبلک برای:

ب - چرخش در جهت عقربه های ساعت

الف - چرخش خلاف جهت عقربه های ساعت

۹-۲ شمار  $N^1$ : شمار  $N$ ، شمار ضربه‌های لازم برای نفوذ نمونه‌گیر در خاک به اندازه  $30^\circ$  سانتیمتر است، عدد  $N$  برابر با مجموع ضربه‌های کوبش برای نفوذ نمونه‌گیر در فاصله ۱۵ تا ۴۵ سانتیمتری از کف گمانه بعد از نفوذ آن تحت نیروی وزن و کوبش اولیه است.

۱۰-۲ نسبت انرژی  $ER_1^2$ : نسبت انرژی واقعی رسیده به میله‌های حفاری زیر کلاهک به انرژی تئوریک سقوط آزاد چکش است که به درصد بیان می‌شود.

۱۱-۲ شمار  $N_6$ : آن مقدار از  $N$  است که نسبت به نسبت انرژی مرجع  $ER_r^3$  (معادل  $60\%$  انرژی تئوریک سقوط آزاد) اصلاح شده است.

۱۲-۲ شمار  $(N_1)_6$ : آن مقدار از  $N$  است که نسبت به نسبت انرژی مرجع  $ER_r$  و فشار روبار برابر  $100 \text{ kpa}$  اصلاح شده است.

### ۳- موارد استفاده

- ۱-۳ تخمین تراکم نسبی  $^4$  ماسه و شن
- ۲-۳ تخمین پارامترهای مقاومتی خاک
- ۳-۳ تخمین ظرفیت باربری مجاز پی‌های سطحی و عمیق در ماسه
- ۴-۳ تخمین مقدار نشست پی در ماسه
- ۵-۳ کنترل درجه تراکم  $^5$  خاک
- ۶-۳ ارزیابی پتانسیل روانگرایی  $^6$  خاکهای غیر چسبنده اشباع در شرایط زهکشی نشده

### ۴- محدودیت آزمایش

۱-۴ به دلیل گوناگونی روشها، تجهیزات، دستگاهها و حفاران حتی اختلاف بیش از صد در صد نیز در نتایج حاصل از گمانه‌های مجاور گزارش شده است؛ لیکن اگر آزمایش با دستگاه و حفار واحد در یک خاک انجام شود تجربیات صحرائی در سالهای اخیر اختلاف را حدود  $10\%$  درصد نشان می‌دهد.

۲-۴ پارامترهای مقاومتی برآورد شده از نتایج آزمایش تقریبی است.

۳-۴ از نتایج آزمایش برای طراحی پی‌های سطحی در خاکهای چسبنده نباید استفاده نمود، مگر با احتیاط‌های ویژه مهندسی

1- N Value

2- Energy ratio

3- Reference energy ratio

4- Relative density (Dr)

5- Compaction control

6- Liquefaction potential

۴-۴ در خاکهای درشت دانه که درصد دانه‌های شنی و قلوه‌سنگ در آنها زیاد است، از نتایج آزمایش باید با احتیاط استفاده نمود.

۵-۴ دقت آزمایش در اعماق بیش از حدود ۳۵ متر به دلیل مشکلات اجرایی، سختی حفاری و احتمال دست‌خوردگی خاک کف چاه، کاهش می‌یابد.

## ۵- روشهای حفاری و تجهیزات

### ۱-۵ روشهای حفاری

۱-۱-۵ دستگاههای حفاری باید قادر به حفر گمانه‌های نسبتاً تمیز عاری از ذرات حفاری باشند تا انجام دادن آزمایش بر روی خاک دست نخورده را تضمین نمایند.

۲-۱-۵ در حفاری شستشویی<sup>۱</sup> از مته نوع تخلیه جانبی<sup>۲</sup> باید استفاده شود و استفاده از مته نوع تخلیه تحتانی<sup>۳</sup> مجاز نیست. روش استفاده از جریان آب از داخل لوله نمونه‌گیر برای حفاری تا رسیدن به عمق آزمایش و سپس انجام آزمایش در آن عمق اجازه داده نمی‌شود.

۳-۱-۵ در حفاری ضربه‌ای با شل و اوگر<sup>۴</sup> که همراه با نصب لوله جدار<sup>۵</sup> باشد، قطر ابزار حفاری نیز نباید از ۹۰ درصد قطر داخلی لوله جدار بیشتر باشد.

۴-۱-۵ در خاکهایی که دیواره گمانه در آنها پایدار نیست استفاده از لوله جدار و یا گل حفاری اجباری است.

۵-۱-۵ قطر گمانه باید بین ۶۳/۵ تا ۱۵۰ میلیمتر باشد<sup>۶</sup>.

### ۲-۵ نمونه‌گیر دوکفه‌ای<sup>۷</sup> فولادی

۱-۲-۵ ابعاد نمونه‌گیر در شکل ۲ نشان داده شده است. کفشک<sup>۸</sup> آن از جنس فولاد آبداده می‌باشد و در صورت تغییر شکل و خرابی، تعمیر و یا جایگزین می‌شود. در بالای نمونه‌گیر داخل رابط<sup>۹</sup> یک شیر یک طرفه با فضای کافی برای تخلیه آزاد جریان آب و یا گل تعبیه شده است.

1- Wash boring

2- Side - discharge

3- Bottom - discharge

4- Shell and Auger

5- Casing

7- Split - Barrel Sampler

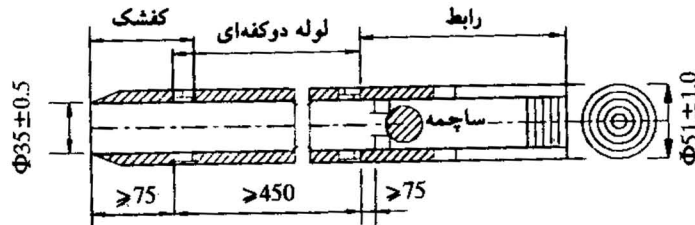
8- Shoe

9- Coupling

۶- استفاده از نتایج آزمایش SPT در گمانه‌های دستی برای برآوردهای کمی مجاز نیست.

۲-۲-۵ استفاده از لوله داخلی<sup>۱</sup> به ضخامت ۱/۵ میلیمتر و سبد نگهدارنده نمونه<sup>۲</sup> مجاز است؛ لیکن در گزارش آزمایش باید به استفاده از آنها اشاره نمود.

۳-۲-۵ در خاکهای شنی درشت‌دانه، مخروط توپر ۶۰ درجه جایگزین کفشک می‌شود تا از صدمات وارده به کفشک جلوگیری گردد.



شکل شماره ۲- نمونه گیر دوکفه‌ای (ارقام برحسب میلیمتر)

### ۳-۵ میله‌های حفاری

۱-۳-۵ میله‌های حفاری باید دارای سختی کافی برای جلوگیری از کمانش حین کوبش باشند. میله‌های حفاری باید دارای مشخصاتی به شرح جدول شماره ۱ باشد.

۲-۳-۵ در آزمایش فقط استفاده از میله‌های صاف مجاز است و به صورت ادواری از صاف بودن میله‌ها باید اطمینان حاصل نمود.

۳-۳-۵ میله‌ها توسط اتصالات رزوه‌ای مناسب به یکدیگر محکم می‌شوند. از رزوه‌های بسته نشده و خراب نباید استفاده نمود.

جدول شماره ۱

قطر میله حفاری میلیمتر	اساس مقطع <sup>۳</sup> متر مکعب $\times 10^{-6}$	وزن میله حفاری کیلوگرم بر متر طول
۴۰/۵	۴/۲۸	۴/۳۳
۵۰	۸/۵۹	۷/۲۳
۶۰	۱۲/۹۵	۱۰/۰۳

1- Liner

2- Sample retainer basket

3- Section modulus

## مجموعه کوبش ۴-۵

- وزن کلی مجموعه کوبش نباید از ۱۱۵ کیلوگرم تجاوز کند و مشخصات آن به شرح زیر است :
- ۱-۴-۵ چکش و کلاهک : چکش به وزن  $0/5 \pm 63/5$  کیلوگرم به صورت توپر و صلب از جنس فولاد است. چکش ضربه‌های خود را به‌طور مستقیم و بی‌واسطه بر کلاهک وارد می‌کند. سیستم هادی چکش سقوط آزاد شاقولی آن را میسر می‌سازد. استفاده از مجموعه کوبشی که در آن کلاهک در داخل چکش تعبیه شده است به دلایل ایمنی توصیه می‌گردد.
- ۲-۴-۵ سیستم سقوط چکش : استفاده از طبلک و طناب، سیستم‌های نیمه خودکار و یا خودکار مجاز است، به شرط آن‌که دستگاه بالابرنده چکش به هنگام درگیر شدن و بالا بردن چکش باعث نفوذ نمونه‌گیر نشود.
- ۵-۵ وسایل جنبی : از قبیل برچسب نمونه، برگهای اطلاعات آزمایش، ظرف نگهداری نمونه و دستگاه اندازه‌گیری سطح آب به هنگام آزمایش باید تأمین گردد.

## روشن آزمایش ۶-

### آماده‌سازی گمانه ۱-۶

- ۱-۱-۶ حفاری باید مرحله به مرحله انجام شود تا نمونه‌گیری منقطع و یا پیوسته را میسر سازد. فواصل عمق نمونه‌برداری و آزمایش را معمولاً کارشناس ژئوتکنیک تعیین می‌کند. عموماً در لایه‌های یکنواخت فواصل آزمایش و نمونه‌برداری ۱/۵ متر و یا در محل هر تغییر لایه انتخاب می‌شود.
- ۲-۱-۶ هنگام حفاری در زیر آب زیرزمینی یا در سفره‌های تحت فشار، برای جلوگیری از دست‌خوردگی خاک کف گمانه، سطح آب یا گل حفاری در تمام اوقات، حتی در خلال بیرون آوردن ابزار حفاری، باید همواره فشاری بیش از فشار آب زیرزمینی ایجاد نماید.
- ۳-۱-۶ برای جلوگیری از دست‌خوردگی کف، ابزار حفاری از داخل گمانه باید به آهستگی بیرون کشیده شود.
- ۴-۱-۶ هنگامی که در حفاری از لوله جدار استفاده می‌شود، راندن لوله جدار جلوتر از محل آزمایش مجاز نیست.

### نمونه‌گیری و انجام آزمایش ۲-۶

- ۱-۲-۶ پس از حفاری گمانه تا عمق آزمایش و شستشوی آن از ذرات حفاری، ابزار حفاری را از گمانه خارج کرده و به ترتیب زیر آزمایش انجام می‌شود :

- ۱-۱-۲-۶ نمونه‌گیر دو کفه‌ای به میله‌های حفاری متصل و به آرامی داخل گمانه فرستاده می‌شود. از سقوط ناگهانی نمونه‌گیر در گمانه باید خودداری گردد.
- ۲-۱-۲-۶ چکش را بالا برده و کلاهک به بالای میله نمونه‌گیر متصل می‌شود. این عمل را می‌توان قبل از فرستادن میله‌ها و نمونه‌گیر به داخل گمانه انجام داد.
- ۳-۱-۲-۶ نمونه‌گیر، میله‌ها، کلاهک و سایر ملحقات چکش به آرامی با وزن خود در کف گمانه قرار داده می‌شود و یک ضربه از ضربه‌های کوبش اولیه بر آنها وارد می‌گردد. اگر به ذرات ته‌نشین شده زیادی در کف گمانه برخورد شد نمونه‌گیر و ملحقات آن از گمانه خارج و کف گمانه تمیز می‌شود.
- ۴-۱-۲-۶ روی میله‌های حفاری سه فاصله ۱۵ سانتیمتری پشت سر هم علامتگذاری می‌شود. علامتها باید به صورتی باشند که شمار ضربات برای هر ۱۵ سانتیمتر عمق نفوذ نمونه‌گیر به راحتی قابل برداشت باشد.
- ۲-۲-۶ نمونه‌گیر را با ضربه‌های چکش ۶۳/۵ کیلوگرمی به داخل خاک رانده و شمارش ضربه‌های وارده برای هر ۱۵ سانتیمتر فروری تا رسیدن به یکی از شرایط زیر ادامه می‌یابد :
- ۱-۲-۲-۶ روی هم ۵۰ ضربه برای هر یک از سه فاصله ۱۵ سانتیمتر فروری نمونه‌گیر به شرح بند (۴-۱-۲-۶) زده می‌شود.
- ۲-۲-۲-۶ روی هم ۱۰۰ ضربه چکش زده می‌شود.
- ۳-۲-۲-۶ بعد از ۱۰ ضربه پیاپی چکش بر نمونه‌گیر هیچ‌گونه نفوذی مشاهده نشود.
- ۴-۲-۲-۶ نمونه‌گیر، ۴۵ سانتیمتر نفوذ نماید.
- ۳-۲-۶ شمار ضربه‌ها برای هر مرحله نفوذ ۱۵ سانتیمتری و یا کسری از آن یادداشت می‌شود. ضربه‌های ۱۵ سانتیمتر اول به عنوان کوبش اولیه در نظر گرفته می‌شود. جمع ضربه‌های لازم برای ۱۵ سانتیمتر دوم و سوم "مقاومت نفوذ استاندارد"<sup>۱</sup> یا عدد N نامیده می‌شود. اگر نمونه‌گیر کمتر از ۴۵ سانتیمتر نفوذ کند (مطابق بندهای ۱-۲-۲-۶، ۲-۲-۲-۶ و ۳-۲-۲-۶)، شمار ضربه‌ها برای هر مرحله ۱۵ سانتیمتری در برگ پیمایش گمانه<sup>۲</sup> ثبت می‌گردد. در نفوذهای کمتر از ۱۵ سانتیمتر، عمق نفوذ باید تا نزدیکترین مقدار به ۲۵ میلیمتر گرد شود و به همراه شمار ضربه‌های مربوط ثبت گردد. اگر نمونه‌گیر با وزن میله‌های حفاری و یا میله‌ها به اضافه وزن چکش به صورت آزاد در کف گمانه فرود این مورد باید در برگ پیمایش گمانه یادداشت شود. در این حالت با نفوذ نمونه‌گیر به میزان بیش از ۴۵ سانتیمتر آزمایش متوقف شده، عدد N معادل صفر در نظر گرفته می‌شود.



- ۴-۲-۶ بالا بردن و رها کردن چکش ۶۳/۵ کیلوگرمی باید به یکی از دوروش زیر انجام گردد:
- ۱-۴-۲-۶ با استفاده از سیستم سقوط چکش خودکار یا نیمه خودکار که چکش ۶۳/۵ کیلوگرمی را بالا برده و بدون برخورد به مانعی از ارتفاع  $1 \pm 76$  سانتیمتری رها می‌کند.
- ۲-۴-۲-۶ در صورت استفاده از روش طناب و طبلک نحوه عملیات اجرایی مطابق شرایط زیر است:
- ۱-۲-۴-۲-۶ طبلک باید کاملاً تمیز و عاری از گرد و غبار، روغن یا گریس بوده، قطر آن بین  $15^\circ$  تا  $25^\circ$  میلیمتر باشد.
- ۲-۲-۴-۲-۶ طبلک باید حداقل با  $10^\circ$  دور در دقیقه کار کند و یا دور تقریبی آن در برگ پیمایش گمانه آورده شود.
- ۳-۲-۴-۲-۶ شمار دور طناب روی طبلک، در هنگام آزمایش نباید بیش از  $2\frac{1}{4}$  دور (مطابق شکل شماره ۱) باشد.<sup>۱</sup>
- ۴-۲-۴-۲-۶ برای هر ضربه، حفار باید چکش را ۷۶ سانتیمتر بالا برده، سپس رها سازد. روند طناب‌کشی و رها سازی باید موزون بوده و طناب در حداکثر ارتفاع سقوط مکث نداشته باشد.
- ۵-۲-۶ نمونه گیر به سطح زمین آورده و باز می‌شود. درصد بازیافتی<sup>۲</sup> یا طول نمونه اخذ شده و ثبت می‌گردد. نمونه‌های گرفته شده با شرحی شامل ترکیب خاک<sup>۳</sup>، رنگ، لایه‌بندی و وضعیت<sup>۴</sup> آن توصیف می‌شود، سپس یک یا چند قطعه برگزیده نمونه در ظرف هوابندی شده قرار داده می‌شود، بدون آن‌که لایه‌بندی ظاهری آن در اثر فشردن از بین برود. در ظرف هوابندی برای جلوگیری از تبخیر رطوبت خاک بسته می‌شود. برجسیبی حاوی نام پروژه، شماره گمانه، عمق نمونه و شمار ضربه‌ها برای هر ۱۵ سانتیمتر آماده و بر روی ظرف نمونه چسبانده می‌شود. نمونه‌ها از تغییرات شدید دما دور نگه داشته می‌شود. اگر در نمونه خاک، تغییر لایه مشاهده شد از هر لایه نمونه گرفته و آن را در ظرف جداگانه‌ای قرار داده و محل آن در لوله نمونه‌گیر ذکر می‌شود.

## ۷- تفسیر نتایج

روش طراحی پی‌ها براساس نتایج آزمایش نفوذ استاندارد، ماهیت تجربی دارند. برای به دست آوردن نتایج معتبرتر، روشهای اجرایی آزمایش اصلاح شده‌اند. بنابراین، کاربرد ضرایب اصلاحی مناسب برای تفسیر نتایج باید مورد توجه قرار گیرد. در زیر ضرایب اصلاحی برای انرژی منتقل شده به میله‌های حفاری، اثر فشار روبار و موارد دیگر داده شده است.

۱- بسته به آن‌که طناب از سمت بالا ( $1\frac{3}{4}$  دور) و یا از سمت پایین ( $2\frac{1}{4}$  دور) طبلک آورده شود، معمولاً از  $1\frac{3}{4}$  یا  $2\frac{1}{4}$  دور طناب استفاده می‌شود. به‌طورکلی اگر تعداد دورهای طناب بیش از  $2\frac{3}{4}$  باشد، سقوط چکش با افت انرژی زیاد همراه بوده و آزمایش در این حالت نباید انجام شود. طناب طبلک باید خشک و تمیز بوده و فرسودگی نداشته باشد.

2- Percent Recovery

3- Soil composition

4- Condition

## ۱-۷ انرژی منتقل شده به میله‌های حفاری

افت انرژی در مجموعه کوبش به علت اصطکاک و سایر عوامل بازدارنده است که سبب کاهش سرعت چکش در لحظه برخورد به کلاهک می‌شود. افت‌های دیگر انرژی به ضربه روی کلاهک مربوط می‌شود که بستگی به جرم و مشخصه‌های دیگر آن دارد. نوع دستگاه، مهارت تکنسین و عوامل دیگر نیز بر انرژی منتقل شده به میله‌های حفاری تأثیر می‌گذارد.

تعداد ضربات،  $N$ ، در ماسه‌ها، در دو حالت  $a$  و  $b$  با نسبت انرژی مرجع ( $ER_r$ ) رابطه معکوس دارد به طوری که:

$$N_a \times ER_{ra} = N_b \times ER_{rb} \quad (۱)$$

اگر مقادیر  $N$  برای طراحی پی‌ها یا برای مقایسه نتایج استفاده می‌شوند، باید نسبت انرژی مرجع ( $ER_r$ ) دستگاه انجام آزمایش شناخته شده باشد. برای طراحی و مقایسه در ماسه‌ها، مقادیر  $N$  باید با نسبت انرژی مرجع  $۶۰\%$  همخوان گشته و از رابطه زیر به دست آید:

$$N_{۶۰} = \frac{ER_r}{۶۰} \times N \quad (۲)$$

که در آن  $N$ ، ضربه‌های شمارش شده و  $ER_r$  نسبت انرژی مرجع می‌باشد. اگر در روش‌های طراحی در ماسه، مقدار  $ER_r$  متفاوت از  $۶۰\%$  در نظر گرفته شده باشد، مقدار  $N$  اصلاح شده باید براساس رابطه (۱) تعیین گردد.

## ۲-۷ افت انرژی به سبب طول میله‌ها:

اگر طول میله‌ها کوچکتر از  $۱۰$  متر باشد، انرژی رسیده به نمونه‌گیر کاهش می‌یابد و ضرایب اصلاحی نشان داده شده در جدول شماره ۲ باید بر ضربه‌های شمارش شده اعمال گردد.

جدول شماره ۲- ضریب اصلاح در ماسه‌ها به سبب طول میله

ضریب اصلاح ( $\lambda$ )	طول میله (متر)
۱/۰	$> ۱۰$
۰/۹۵	۱۰-۶
۰/۸۵	۶-۴
۰/۷۵	۴-۳

### ۳-۷ اثر فشار روبار در ماسه‌ها

اثر فشار روبار در مقدار  $N$  در ماسه‌ها با توجه به تراکم نسبی  $D_r$  می‌تواند با به‌کارگیری فاکتور اصلاحی  $C_N$  که در جدول شماره ۳ داده شده است، در نظر گرفته شود.

جدول شماره ۳- ضریب اصلاحی  $C_N$  ناشی از فشار روبار مؤثر در ماسه‌ها

$$\sigma'_v = \frac{\text{فشار روبار مؤثر}}{۱۰۰}$$

$C_N$	تراکم نسبی $D_r$ (%)	نوع ماسه
$\frac{۲}{۱ + \sigma'_v}$	۴۰ تا ۶۰	عادی تحکیم یافته <sup>۱</sup>
$\frac{۳}{۲ + \sigma'_v}$	۶۰ تا ۸۰	(NC)
$\frac{۱/۷}{۰/۷ + \sigma'_v}$		بیش تحکیم یافته <sup>۲</sup> (OC)

برای فشار روبار مؤثر  $\sigma'_v = ۱$ ،  $۱۰۰ \text{ kPa}$  و در نتیجه  $C_N = ۱$ ، مقدار  $N$  به صورت مقدار تراز شده  $N_1$  تعریف شده است.

### ۴-۷ ضرایب اصلاحی دیگر

اگر قطر داخلی نمونه گیر  $۰/۳$  میلیمتر بزرگتر از کفشک باشد و از یک لوله داخلی با قطر داخلی یکنواخت  $۳۵$  میلیمتر استفاده شود، در این صورت هیچ اصلاحی لازم نیست. با وجود این باید به صدمات وارده به لوله داخلی در خلال نفوذ و تأثیر آن بر شمار ضربه‌ها توجه نمود. استفاده از لوله داخلی، مقاومت نفوذ  $N$  را بین  $۱۰$  تا  $۳۰$  درصد افزایش می‌دهد.

### ۵-۷ استفاده از ضرایب اصلاحی

اگر تمامی ضرایب اصلاحی بالا برای روش طراحی بر اساس نسبت انرژی  $۶۰\%$  به کار رود، شمار ضربه نهایی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$N_{۶۰} = \frac{ER_r}{۶۰} \lambda \cdot C_N \cdot N \quad (۳)$$

1- Normally consolidated

2- Over consolidated

3- Normalized

## ۶-۷ برآورد پارامترهای ژئوتکنیکی :

### ۱-۶-۷ خاکهای چسبنده :

هیچ‌گونه توافق کلی در مورد استفاده از SPT در خاکهای رسی وجود ندارد. اصولاً استفاده از این آزمایش در خاکهای رسی باید به ارزیابی نسبی نيمرخ خاک یا برآورد کیفی مشخصه‌های مقاومتی خاک محدود شود، با وجود این ممکن است، تحت شرایط شناخته شده محلی، با تلفیق نتایج به دست آمده از آزمایشهای لازم دیگر نسبت به برآورد کمی پارامترهای مورد نظر اقدام نمود.

### ۲-۶-۷ خاکهای غیر چسبنده :

در این نوع خاکها، اطلاعات تجربی وسیعی از کاربرد نتایج آزمایش SPT در دسترس است. ارزیابی کمی پارامترهایی مانند تراکم نسبی، ظرفیت باربری، نشست پی‌ها و ... بر این اساس انجام شده است که در هر حال نتایج باید به عنوان یک تخمین کلی تلقی گردد.

### ۱-۲-۶-۷ ظرفیت باربری در ماسه‌ها

با تخمین تراکم نسبی و زاویه مقاومت برشی مؤثر (اصطکاک داخلی)،  $\phi'$ ، می‌توان ظرفیت باربری را محاسبه نمود.

### ۱-۱-۲-۶-۷ تراکم نسبی

رابطه بین  $N_{60}$ ، تراکم نسبی  $(\frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}})$  و فشار روبار مؤثر  $\sigma'_v$  (به صورت  $\frac{kPa}{100}$ ) در یک ماسه معین را می‌توان به صورت زیر نشان داد :

$$\frac{N_{60}}{D_r^2} = a + b \sigma'_v \quad (4)$$

پارامترهای  $a$  و  $b$  در ماسه‌های عادی تحکیم‌یافته، برای محدوده‌های  $0.35 < D_r < 0.85$  و  $0.5 < \sigma'_v < 2.5$  ( $\frac{kPa}{100}$ ) ثابت هستند.

برای نهشته‌های ماسه‌ای طبیعی عادی تحکیم‌یافته، روابط تجربی نشان داده شده در جدول شماره ۴ بین  $D_r$  و مقدار  $(N_1)_{60}$  برقرار می‌باشد :

جدول شماره ۴- رابطه تجربی بین  $D_r$  و  $(N_1)_{60}$

$D_r = \%$	۱۵	۳۵	۵۰	۶۵	۸۵	۱۰۰
	خیلی سست	سست	متوسط	متراکم	خیلی متراکم	
$(N_1)_{60} =$	۳	۸	۱۵	۲۵	۴۲	۵۸

برای  $D_r > ۳۵\%$  رابطه  $(N_1)_{60} / D_r^2 \approx ۶۰$  برقرار است. مقادیر  $N$  باید برای ماسه‌های ریزدانه به نسبت  $\frac{۵۵}{۶۰}$  کاهش یابد و برای ماسه‌های درشت دانه به نسبت  $\frac{۶۵}{۶۰}$  افزایش پیدا کند. هرچه ماسه بیشتر تحکیم شده باشد، مقاومت ماسه در مقابل شکل پذیری بیشتر است. به این اثر "سالخوردگی"<sup>۱</sup> می‌گویند که با ضربات بیشتر SPT در خاک خود را نشان می‌دهد و موجب افزایش در مقدار پارامتر  $a$  می‌شود. نمونه‌ای از نتایج آزمایش بر روی ماسه‌های ریزدانه عادی تحکیم یافته در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.

جدول شماره ۵- اثر سالخوردگی در ماسه‌های ریزدانه عادی تحکیم یافته

$(N_1)_{60} / D_r^2$	سال	
۳۵	$۱۰^{-۲}$	آزمایشهای آزمایشگاهی
۴۰	۱۰	خاکریز جدید
۵۵	$> ۱۰^۲$	نهشته‌های طبیعی

بیش تحکیمی، ضریب  $b$  را به شکل زیر افزایش می‌دهد:

$$\frac{1 + 2k_0}{1 + 2(k_0)_{NC}} \quad (۵)$$

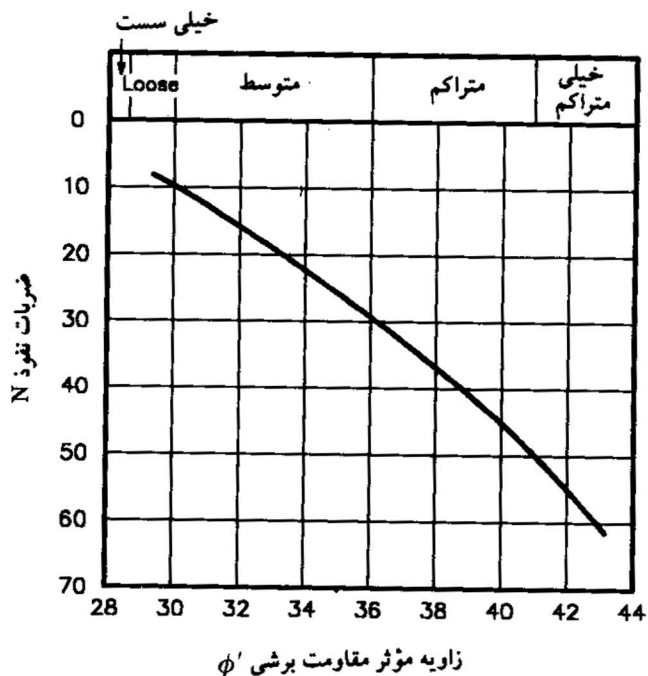
که در آن  $k_0$  و  $(k_0)_{NC}$  به ترتیب، نسبت‌های بین تنش‌های موثر افقی و عمودی برای ماسه بیش تحکیم یافته و عادی تحکیم یافته هستند.

کلیه روابط تجربی ذکر شده در بالا عمدتاً برای ماسه‌های سیلیسی هستند. استفاده آنها در ماسه‌های قابل شکست و تراکم‌پذیر مانند ماسه‌های آهکی یا حتی ماسه‌های سیلیسی دارای میزان قابل توجه

ریزدانه، ممکن است منجر به تخمین مقادیری کمتر از مقادیر واقعی  $D_r$  شود.

۷-۶-۲-۱-۲ زاویه مقاومت برشی مؤثر  $\phi'$  (زاویه اصطکاک داخلی مؤثر):

زاویه مؤثر مقاومت برشی ممکن است مستقیماً از مقدار  $N$  با استفاده از روابط تجربی به دست آید (شکل شماره ۳).



شکل شماره ۳- زاویه مقاومت برشی مؤثر برحسب ضربات نفوذ  $N$

این زاویه می‌تواند با استفاده از تراکم نسبی به عنوان یک پارامتر واسطه نیز ارزیابی شود. در جدول شماره ۶ نمونه‌ای از این مقادیر تجربی نشان داده شده است.

جدول شماره ۶- حداکثر زاویه مقاومت برشی مؤثر در ماسه‌های سیلیسی،  $\phi'$

ریزدانه		دانه‌بندی متوسط		درشت دانه		تراکم نسبی، $D_r$ (برحسب درصد)
خوب دانه‌بندی شده	یکنواخت	خوب دانه‌بندی شده	یکنواخت	خوب دانه‌بندی شده	یکنواخت	
۴۱	۳۸	۳۸	۳۶	۳۶	۳۴	۴۰
۴۳	۴۱	۴۱	۳۸	۳۸	۳۶	۶۰
۴۴	۴۳	۴۳	۴۱	۴۱	۳۹	۸۰
۴۶	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۱۰۰

در صورت استفاده از تئوری الاستیسیته، مدول کشسانی زهکشی شده  $E_m$  را می‌توان از مقادیر  $N$  و با استفاده از روابط تجربی به دست آورد. اگر ماسه بیش تحکیم یافته باشد، ضریب افزایشی<sup>۱</sup> به مقدار  $E_m$  (مربوط به ماسه عادی تحکیم یافته) اعمال می‌شود. در این حالت نیز از ضریب<sup>۲</sup> (OCR) استفاده می‌شود، که در آن OCR نسبت بیش تحکیم یافتگی است.

شاخص چگالی را نیز می‌توان، براساس مقدار  $N_e$  (همان‌طوری که در بند (۷-۶-۲-۱-۱) نشان داده شده است) محاسبه نمود و سپس با استفاده از روابط تجربی مناسب از شاخص چگالی،  $E_m$  را به دست آورد.

روشهای مستقیم بر اساس مقایسه مقادیر  $N$  با نتایج آزمایش بارگذاری صفحه‌ای و با نشستهای اندازه‌گیری شده پی‌ها استوار است. ظرفیت باربری مجاز را برای نشست حداکثر ۲۵ میلیمتر می‌توان با توجه به عرض پی، عمق استقرار و موقعیت سفره آب زیرزمینی به دست آورد.

در زیر یک روش نمونه برای محاسبه فشار باربری مجاز پی‌های منفرد در ماسه برای نشست ۲۵ میلیمتر نشان داده شده است :

نشست برای تنشهای پایین‌تر از فشار بیش تحکیمی برابر  $1/3$  مقادیر نشست برای ماسه عادی تحکیم یافته فرض شده است. نشست آئی،  $S_i$  (بر حسب میلیمتر)، یک پی مربعی به عرض  $B$  (بر حسب متر) از رابطه زیر محاسبه شده است :

$$S_i = \sigma'_{v_0} B^{0.75} \times I_c^{1.25} + (q' - \sigma'_{v_0}) B^{0.75} \times I_c = \quad (6)$$

$$= (q' - 2/3 \sigma'_{v_0}) B^{0.75} \times I_c$$

که در آن :

$\sigma'_{v_0}$  حداکثر فشار روبار قبلی است ( $\text{KN/m}^2$ )

$q'$  فشار پی مؤثر متوسط است. ( $\text{KN/m}^2$ )

$I_c$  برابر با  $a_f |B^{0.75}$  است.  $a_f$  برابر با  $\Delta S_i / \Delta q'$  که قابلیت تراکم بستر پی می‌باشد.

[ $\text{mm} / (\text{KN/m}^2)$ ]

با استفاده از تحلیل رگرسیون رابطه زیر برای مقدار  $I_c$  داده شده است :

$$I_c = 1/71 / N^{1/4} \quad (7)$$

۱- تخمینهای بهتر برای این ضریب ممکن است از تجربه‌های محلی به دست آید.

که در آن  $N$ ، ضربات متوسط SPT در عمق تأثیر مورد نظر است. خطای استاندارد  $a_f$  برای موارد مختلف متفاوت است که معادل  $1/5$  برای  $N$  بزرگتر از ۲۵ و  $1/8$  برای  $N$  کمتر از حدود  $10^\circ$  می باشد. مقادیر  $N$  برای روش تجربی نباید برای فشار روبرا اصلاح شود. هیچ اشاره ای در مورد نسبت انرژی  $ER_T$  مربوط به مقادیر  $N$  ارائه نشده است. با فرض این که اثر سفره آب در مقدار  $N$  ملحوظ شده است، اما تصحیح  $(N-15) + \frac{1}{4}$  برای  $N' = 15 + \frac{1}{4}(N-15)$  برای ماسه های ریزدانه اشباع یا ماسه های لای دار باید برای  $N > 15$  به کار برده شود.

در خاکهای شنی یا شنهای ماسه دار، مقدار  $N$  باید با ضریب  $1/25$  افزایش یابد. مقدار  $N$ ، متوسط عددی مقادیر  $N$  اندازه گیری شده در عمق تأثیر می باشد. عمق تأثیر در مواردی که  $N$  افزایش یافته یا با عمق ثابت است معادل  $Z = B^{0.75}$  است که در این عمق  $75\%$  نشست روی می دهد. در مواردی که  $N$  کاهش پیوسته در عمق را نشان می دهد، عمق تأثیر به صورت  $2B$  یا تا انتهای لایه سست، هر کدام که کمتر است در نظر گرفته می شود.

ضریب اصلاحی  $f_s$  برای نسبت طول به عرض پی  $(L/B)$  به شرح زیر به کار برده می شود:

$$f_s = \left[ \frac{1/25 (L/B)}{(L/B) + 0.25} \right]^2 \quad (8)$$

در حالتی که  $L/B$  به سمت بی نهایت میل می کند، مقدار  $f_s$  معادل  $1/56$  است. هیچ ضریب اصلاحی عمق  $(D)$  برای  $D/B < 3$  به کار برده نشود. در پی های بنا شده روی ماسه ها و شنها، نشستهای وابسته به زمان مشاهده می شود. در این حالت ضریب اصلاحی،  $f_t$  طبق رابطه زیر باید به نشست آبی اعمال شود:

$$f_t = (1 + R_3 + R_t \log \frac{t}{3}) \quad (9)$$

که در آن  $f_t$ ، ضریب اصلاحی برای زمان  $t > 3$  سال است،  $R_3$  ضریب وابستگی زمانی برای نشست سه سال اول است و  $R_t$  ضریب وابستگی زمانی برای نشست است که در هر چرخه زمانی پس از سه سال رخ داده است.

برای بارگذاری استاتیک، مقادیر محافظه کارانه  $R_3$  و  $R_t$  به ترتیب،  $0/3$  و  $0/2$  هستند. بنابراین در  $t = 30$  سال  $f = 1/5$  است. برای بارگذاری نوسانی (دودکشهای بلند، پلها، سیلوها، توربینها و غیره) مقادیر  $R_3$  و  $R_t$  به ترتیب  $0/8$  و  $0/7$  اختیار می شوند به طوری که در  $t = 30$  سال،  $f_t = 2/5$  است.



روشی ساده برای طراحی پی‌ها، استفاده از منحنی‌های شکل شماره ۴ است. این منحنی‌ها بر اساس رابطه زیر به دست آمده‌اند:

$$q = Sc \frac{N_{e_0}^{1/4}}{1/\sqrt{B}^{0.75}} \quad (10)$$

که در آن  $Sc$  بر حسب میلیمتر مقدار نشست در پایان زمان ساخت سازه و اعمال بار زنده دائمی و  $N_{e_0}$  متوسط ضربات  $N_{e_0}$  در عمق تأثیر زیر پی  $(B^{0.75})$  می‌باشد. مطالعات آماری از سازه‌های ساخته شده نشان داده است اگر حداکثر نشست پی‌های منفرد و نواری برابر  $2/5$  سانتیمتر مد نظر باشد  $(S_i = 2/5 \text{ cm})$  باید مقدار  $Sc$  را معادل  $16$  میلیمتر  $(1/6)$  برابر کمتر از  $2/5$  سانتیمتر در نظر گرفت. در این صورت رابطه (۱۰) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$q = 16 \frac{N_{e_0}^{1/4}}{1/\sqrt{B}^{0.75}} = 16 Q \quad (11)$$

که در آن  $B$  عرض پی بر حسب متر،  $Q$  و  $q$  بر حسب کیلوپاسکال می‌باشد. برای ماسه با فشار بیش تحکیمی  $\sigma'_v$ ، رابطه (۱۱) به صورت زیر در می‌آید.

$$q > \sigma'_v \quad \dots \quad q = 16 Q + \frac{2}{3} \sigma'_v \quad (1-12)$$

$$q < \sigma'_v \quad \dots \quad q = 3 \times 16 Q \quad (2-12)$$

در صورت خاکبرداری در لایه ماسه‌ای و کاهش فشار مؤثر روبرو  $\sigma'_v$  رابطه (۱۱) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$q > \sigma'_v \quad \dots \quad q = 16 Q + \frac{2}{3} \sigma'_v \quad (1-13)$$

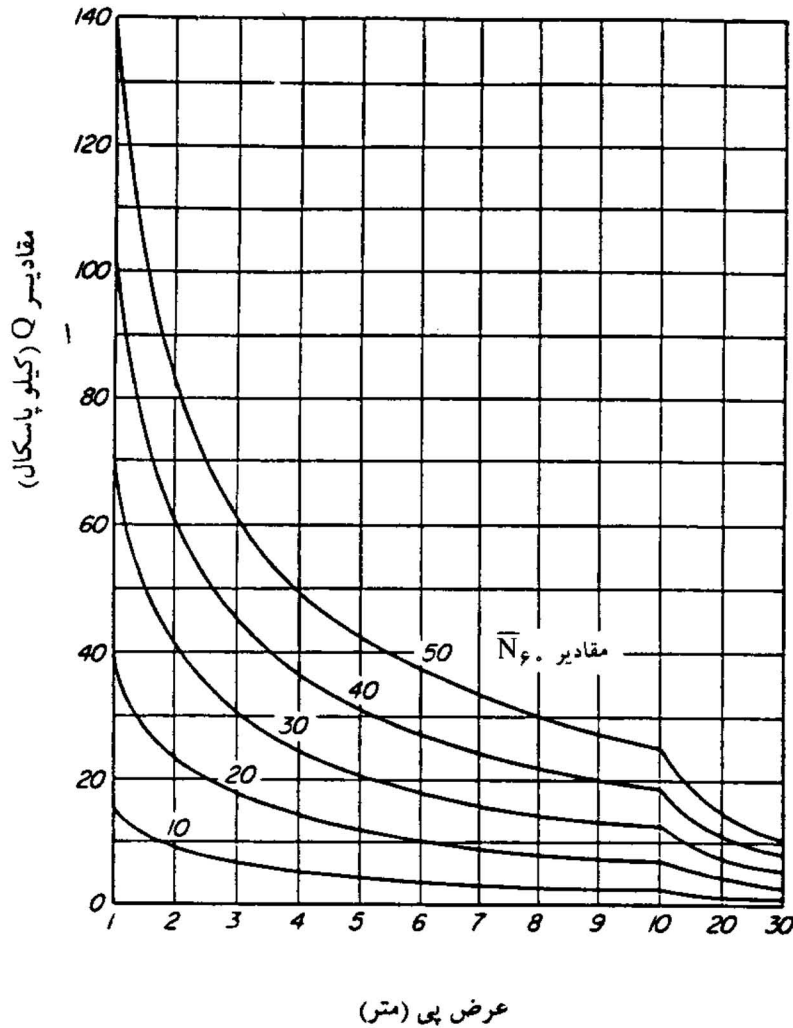
$$q < \sigma'_v \quad \dots \quad q = 3 \times 16 Q \quad (2-13)$$

از منحنی‌های شکل شماره ۴ به ازای مقادیر مشخص عرض پی  $B$  و  $N_{e_0}$  مقدار  $Q$  به دست می‌آید که با استفاده از آن می‌توان ظرفیت باربری  $q$  را در دو حالت ماسه عادی تحکیم یافته و یا بیش تحکیم یافته از روابط (۱۱)، (۱۲) و یا (۱۳) محاسبه نمود.

منحنی‌های مذکور برای پی‌های مربع شکل به عرض  $B$  می‌باشند. برای پی‌های مستطیلی با طول  $L > B$ ، مقدار  $q$  طبق رابطه (۱۴) کاهش یابد:

$$S_i [(L/B) > 1] = S_i [(L/B) = 1] \times f_s \quad (14)$$

ظرفیت باربری تعیین شده به این روش به ازای حداکثر نشست ۲۵ میلیمتر پس از ساخت سازه است. نشست ثانویه از رابطه شماره ۹ محاسبه خواهد شد.



شکل شماره ۴- ظرفیت باربری مجاز پی حاصل از آزمایش نفوذ استاندارد در ماسه‌ها

برای محاسبه ظرفیت باربری مجاز پی‌های گسترده، مقادیر  $Q$  حاصل از شکل شماره ۴ دو برابر در نظر گرفته شود. در این حالت حداکثر نشست به ۵ سانتیمتر محدود می‌گردد.

۴-۱-۲-۶-۷ پی‌های شمعی در ماسه

هنگامی که ظرفیت باربری نهایی شمعه‌ها از نتایج SPT ارزیابی می‌شود، قواعد محاسبه ممکن است بر اساس روابط تجربی موجود بین نتایج آزمایش بارگذاری استاتیک و نتایج SPT قرار داده شود.

## ۸- گزارش

### ۸-۱ اطلاعات حفاری باید در صحرا ثبت شده و شامل موارد زیر باشد :

نام طرح	۸-۱-۱
نام پروژه و محل کار	۸-۱-۲
اسامی پرسنل حفاری	۸-۱-۳
نوع و سازنده دستگاه حفاری	۸-۱-۴
شرایط آب و هوایی	۸-۱-۵
تاریخ و زمان شروع و خاتمه حفاری	۸-۱-۶
شماره و موقعیت گمانه (مختصات اگر موجود باشد)	۸-۱-۷
تراز سطح زمین اگر در دسترس باشد	۸-۱-۸
روش حفاری و تمیز نمودن گمانه	۸-۱-۹
روش نگهداری جدار گمانه	۸-۱-۱۰
عمق سطح آب گمانه و عمق حفاری که در آن عمق فرار مایع حفاری رخ داده است همراه با زمان و تاریخ قرائت یا مشاهده آن	۸-۱-۱۱
محل تغییر لایه	۸-۱-۱۲
اندازه لوله جدار، عمق لوله گذاری شده گمانه	۸-۱-۱۳
تجهیزات و روش راندن نمونه گیر (نوع چکش، مکانیزم سقوط، وزن کلاهک، نسبت انرژی مرجع و...)	۸-۱-۱۴
نوع نمونه گیر، طول و قطر لوله داخلی نمونه گیر (در صورت استفاده از لوله داخلی)	۸-۱-۱۵
اندازه، نوع و طول میله‌های نمونه گیری	۸-۱-۱۶
سایر موارد	۸-۱-۱۷

### ۸-۲ اطلاعات به دست آمده از هر نمونه باید در صحرا ثبت شده و باید شامل موارد زیر باشد:

عمق و شماره نمونه	۸-۲-۱
تشریح نظری خاک	۸-۲-۲
تغییر لایه‌ها در نمونه	۸-۲-۳
طول نفوذ و طول نمونه‌های بازیافتی	۸-۲-۴
شمار ضربه‌ها در هر ۱۵ سانتیمتر یا کسری از آن	۸-۲-۵

- 1- T. LUNNE, S. LACASSE, N.S. RAD and L.DECOURT. SPT, CPT pressuremeter testing and recent developments on in testing, Norges Geotekniske Institutt (NGI), Report 591390-1, 1989.
- 2- L, DECOURT, T. MUROMACHI, IK, NIXON, J, H, SCHMERTMANN, S.THORBURN, E, ZOLOKOV. Standard penetration test (SPT) International reference test procedure. Proceedings of the first international symposium on penetration testing (ISOPT-1), Fugro consultants international B.V.) De Ruiter (ed)., Vol.1,1988.
- 3- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for penetration test and split - barrel sampling of soils, ASTM 1586-84 (Reapproved 1992).
- 4- EURO CODE, Env 1997-3 : 1995
- 5- BURLAND, J.B AND BURBIDGE, M.C.(1985)  
"Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Proc. Instn Civ. Engrs, Part 1, 1985, 78, Dec, 1325-1381.
- 6- INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING (1989),  
"Reference Test Procedures : CPT-SPT-DP-WST".
- 7- SCHMERTMANN, J.H (1978)  
"Guidelines for Cone Penetration Test Performance and Design".  
Report No. FHWA - TS - 78 - 209
- 8- SEED, H.B. AND DE ALBA, P.(1986)  
"Use of SPT and CPT Tests for Evaluating the Liquefaction Resistance of Sands" In situ 86, In situ 86, ASCE, Geotechnical Spec. Publ. No.6, Virginia Tech, PP 281-302.
- 9- SKEMPTON, A.W. (1986)  
"Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation", Geotechnique 36, No. 3, 425-447.

Islamic Republic of Iran

**"Standard Penetration Test (S.P.T)"  
instruction for Test and Application  
for Foundation Desing**

**No: 224**

Management and Planning Organization  
Office of the Deputy for Technical Affairs  
Bureau of Technical Affairs and Standards

Ministry of Energy  
Water Engineering Standards Plan  
Iran Water Resources Management Organization

2001/2002

## این نشریه

با عنوان: «دستورالعمل آزمایش نفوذ استاندارد (S.P.T)» توسط کمیته «ژئوتکنیک» طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه شده است. تهیه این دستورالعمل با استفاده از آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی و تجربه‌های کارشناسی و در انطباق با شرایط ملی صورت پذیرفته است.

معاونت امور پشتیبانی  
مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-322-1



9 789644 253225