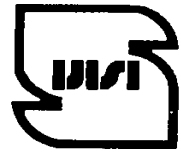




جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۴۴۶

چاپ اول

ISIRI








8446








1 St- Edition

**خاک – نفوذ استاندارد (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک –**

**روش آزمون**

**Soil – Standard penetration (SPT) in  
geotechnical investigation – Test method**

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۳۱۵۸۵-۱۶۳   
دفتر مرکزی : تهران - ضلع جنوبی میدان ونک، صندوق پستی ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹  
تلفن مؤسسه در کرج: ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸   
تلفن مؤسسه در تهران: ۰۲۱-۸۸۷۹۴۶۱-۵   
دورنگار: کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ - تهران ۰۲۱-۸۸۸۷۱۰۳ - ۸۸۸۷۰۸۰   
بخش فروش - تلفن: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ دورنگار: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵   
پیام نگار: Standard @ isiri.or.ir   
بهاء: ۲۰۰۰ ریال 

	<b>Headquarters :</b>	<b>Institute Of Standards And Industrial Research Of Iran</b>
	<b>P.O.Box:</b>	<b>31585-163 Karaj – IRAN</b>
	<b>Tel:</b>	<b>0098 261 2806031-8</b>
	<b>Fax:</b>	<b>0098 261 2808114</b>
	<b>Central Office :</b>	<b>Southern corner of Vanak square, Tehran</b>
	<b>P.O.Box:</b>	<b>14155-6139 Tehran-IRAN</b>
	<b>Tel:</b>	<b>0098 21 8879461-5</b>
	<b>Fax:</b>	<b>0098 21 8887080, 8887103</b>
	<b>Email:</b>	<b>Standard @ isiri.or.ir</b>
	<b>Price:</b>	<b>2000 RLS</b>

## « بسمه تعالی »

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد. تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد. پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ((۵)) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها، کالبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.

## کمیسیون استاندارد خاک - نفوذ استاندارد (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک -

### روش آزمون

#### رئیس

کلانتری، فرزین

(دکتری مکانیک خاک)

#### سمت یا نمایندگی

عضو هیأت علمی دانشگاه گیلان

#### اعضاء

اسماعیلی، علی محمد

(کارشناس ارشد سازه)

آزمایشگاه مکانیک خاک وزارت راه و ترابری

بصیر، سید محمد

(دکترا مکانیک خاک)

شرکت مهندسين مشاور ايران خاک

توفیق ریحانی، محمد حسین

(کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

جسمانی، مهرباب

(دکترا مکانیک خاک و پی - ژئوتکنیک)

شرکت مهندسين مشاور ساخت آزما، دانشگاه بین‌المللی

امام خمینی (ره)

حسینی، سید رهام

(کارشناس ارشد خاک و پی)

شرکت مهندسين مشاور ساخت آزما

صدرایی شاملو، حسن

(کارشناس ارشد معماری)

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

ضیائی مؤید، رضا

(دکترا خاک و پی - ژئوتکنیک)

عضو هیأت علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

#### دبیر

هاشمی طباطبائی، سعید

(دکترا زمین شناسی مهندسی)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

## اعضای شرکت کننده در یکصد و بیست و سومین کمیته ملی استاندارد

### سافتمان و مصالح سافتمانی

#### رئیس

بصیر، سیدمحمد

(دکترای مکانیک خاک)

#### سمت یا نمایندگی

شرکت مهندسين مشاور ايران خاک

#### اعضاء

اکبری حقیقی، کریم

(لیسانس شیمی)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

اسماعیلی، علی محمد

(کارشناس ارشد مهندسی سازه)

آزمایشگاه مکانیک خاک وزارت راه و ترابری

تارودیزاده، المیرا

(لیسانس مهندسی عمران)

مرکز تحقیقات وزارت کار

سازور، رسول

(لیسانس شیمی)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

کلانتری، فرزین

(دکترای مکانیک خاک)

دانشگاه گیلان

صدرائی شاملو، حسن

(کارشناس ارشد معماری)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

هاشمی طباطبایی، سعید

(دکترای زمین شناسی مهندسی)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

ماجدی اردکانی، محمدحسین

(لیسانس شیمی)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

#### دبیر

نوری، نگین

(لیسانس شیمی)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

## پیشگفتار

استاندارد "خاک- نفوذ استاندارد (S.P.T) در مطالعات ژئوتکنیک - روش آزمون"، که پیش نویس آن توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در کمیسیون های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یکصد و بیست و سومین جلسه کمیته ملی استاندارد مصالح ساختمانی مورخ ۷/۲۷/۱۳۸۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیش نهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در تجدید نظر بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد، سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان، بین این استاندارد و استانداردهای بین المللی و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

1- ASTM D1586-99: Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils

## فاک- نفوذ استاندارد (SPT) در مطالعات ژئوتکنیک- روش آزمون

### ۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش آزمون نفوذ استاندارد (SPT) برای تعیین مقاومت خاک کف گمانه، در مقابل نفوذ نمونه‌گیر دوکفه‌ای است.

### ۲ دامنه کاربرد

۲-۱ آزمون نفوذ استاندارد<sup>۱</sup>، مقاومت خاک کف گمانه را در مقابل نفوذ یک نمونه‌گیر دوکفه‌ای<sup>۲</sup> به شکل استوانه تعیین می‌کند. هم‌چنین و نمونه دست خورده را برای شناسایی خاک فراهم می‌کند. مقاومت نفوذ<sup>۳</sup> را می‌توان به ویژگی‌های خاک ارتباط داد.

۲-۲ اساس آزمون بر سقوط یک چکش به وزن  $63/5 \pm 1$  کیلوگرم از ارتفاع ۷۶ سانتی‌متر روی یک "کلاهک"<sup>۴</sup> استوار است. تعداد ضربات لازم برای ۳۰ سانتی‌متر نفوذ نمونه‌گیر دوکفه‌ای، به عنوان مقاومت نفوذ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳ مهم‌ترین دلایل استفاده از این آزمون، سهولت انجام، هزینه کم، رایج بودن آزمون در کشورهای مختلف، سادگی تجهیزات آزمون و ارتباط گسترده پارامترهای ژئوتکنیکی با مقاومت نفوذ است.

---

۱- Standard Penetration Test

۲- Split Spoon

۳- Penetration Resistance

۴- Drive Head or Anvil

۴-۲ این آزمون بیشتر برای تعیین خصوصیات مقاومتی و نشست پذیری خاک‌های غیرچسبنده به کار می‌رود، ولی با انجام دادن این آزمون بر روی سایر خاک‌ها و سنگ‌های ضعیف اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید.

### ۳ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و یا تجدیدنظر، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهذاً، بهتر است کاربران ذی‌نفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و/ یا تجدیدنظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

3-1 ASTM D2487 :1999, Practice for Classification of Soil for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

3-2 ASTM D2488 :1993, Practice for Description and identification of soils (Visual-Manual Procedure).

3-3 ASTM D4220 :1995, Practice for preserving and Transporting soil samples

3-4 ASTM D4633:1998, Test Method for stress wave Energy Measurement for Dynamic Penetrometer Testing System.

3-5 ASTM D6066:1996, Practice for Determining the Normalized penetration Resistance testing of sands for evaluation of liquefaction potential

۳-۶ دستورالعمل آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)، نشریه شماره ۲۲۴ سازمان مدیریت و

برنامه‌ریزی کشور



## ۴ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد تعاریف اصطلاحات زیر به کار رفته است:

**۴-۱ SPT:** حروف اختصاری برگرفته از عبارت آزمون نفوذ استاندارد، که عموماً توسط

مهندسان برای اشاره به این آزمون، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۴-۲ کلاهک:** آن بخش از مجموعه کوبش است که چکش با ضربه زدن بر روی آن، انرژی خود را به

مجموعه میله‌های حفاری و نمونه‌گیر وارد می‌کند.

**۴-۳ طبلیک<sup>۱</sup>:** در سیستم رها کننده چکش، به استوانه فولادی دوار که طناب به دور آن

می‌پیچد، طبلیک گفته می‌شود.

**۴-۴ میله‌های حفاری<sup>۲</sup>:** این میله‌ها برای انتقال نیرو و گشتاور به متنه حفاری به کار می‌روند.

ارتباط مجموعه کوبش به نمونه‌گیر نیز با این میله‌ها انجام می‌شود.

**۴-۵ مجموعه کوبش<sup>۳</sup>:** شامل چکش، هادی سقوط چکش، کلاهک و هر نوع سیستم رها

کننده چکش است.

**۴-۶ چکش<sup>۴</sup>:** آن بخش از مجموعه کوبش به وزن  $1 \pm 63/5$  کیلوگرم است، که به طور پی‌درپی

بالا برده و رها می‌شود و با رها شدن آن، انرژی لازم برای نفوذ و نمونه‌برداری تأمین می‌شود.

**۴-۷ سیستم سقوط چکش<sup>۵</sup>:** آن بخش از مجموعه کوبش است که با آن، ضربه پس از بالا

بردن و رها کردن چکش به کلاهک وارد می‌شود.

---

۱- Cathead

۲- Drill Rods, Drive Rods

۳- Drill Head Assembly

۴- Hammer

۵- Hammer Drop System

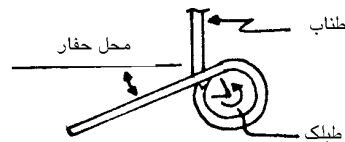
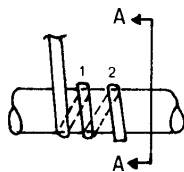
۴-۸ هادی سقوط پیکش<sup>۱</sup>: آن بخش از مجموعه کوبش است که سقوط شاقولی چکش را با

حداقل افت انرژی میسر می‌سازد.

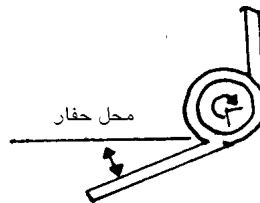
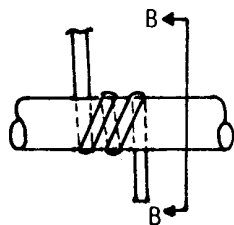
۴-۹ شمار دور طناب<sup>۲</sup>: از تقسیم مجموع زوایای دورهای طناب روی طبلک، از سر طناب تا

محل تماس با طبلک بر ۳۶۰ درجه به دست می‌آید (برای محاسبه شمار دور به شکل ۱ مراجعه

شود).



مقطع A-A: پرفش فلاف جهت عقربه‌های ساعت تقریباً معادل  $\frac{1}{4}$  دور



مقطع B-B: پرفش در جهت عقربه‌های ساعت تقریباً معادل  $\frac{1}{2}$  دور

شکل ۱- تعاریف دور طناب و زوایای طبلک

۱- Hammer Fall Guide

۲- Number of Rope Turns

**۴- ۱۰ عدد N:** شمار ضربه‌های لازم برای نفوذ نمونه‌گیر در خاک به اندازه ۳۰ 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.

## ۵ موارد استفاده

**۵-۱-** این آزمون، نمونه‌ای را جهت شناسایی و نیز انجام آزمونهای آزمایشگاهی را از نمونه‌گیری که ممکن است کرنش برشی بزرگی در نمونه ایجاد کرده باشد را فراهم می‌نماید.

**۵-۲-** این آزمون در مطالعات ژئوتکنیک کاربرد وسیعی دارد. روابط و مقالات بسیاری در خصوص رابطه عدد N با رفتار خاک موجود است.

## ۶ محدودیت آزمون

**۶-۱** به دلیل گوناگونی روش‌ها، تجهیزات، دستگاه‌ها و حفاران، در مواردی حتی اختلاف بیش از صد در صد نیز در نتایج حاصل از گمانه‌های مجاور مشاهده شده است؛ لیکن اگر آزمون با دستگاه و حفار، در یک خاک انجام شود، تجربیات صحرائی در سال‌های اخیر اختلاف را حدود ۱۰ درصد نشان می‌دهد.

**۶-۲** پارامترهای مقاومتی برآورد شده از نتایج آزمون تقریبی است.

**۶-۳** برای خاک‌های درشت‌دانه که درصد دانه‌های شنی و قلوه سنگ در آن‌ها زیاد است، از نتایج آزمون باید با احتیاط استفاده شود.

**۴-۴** دقت آزمون در اعماق بیش از ۳۰ متر، به دلیل مشکلات اجرایی، سختی حفاری و احتمال دست خوردگی خاک کف گمانه، کاهش می‌یابد.

**۴-۵** استفاده از ابزارهای معیوب همانند کلاهک آسیب دیده یا خیلی سنگین، تپلک زنگ زده یا سرعت کم، طناب روغنی و کهنه، موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در عدد N می‌شود.

## **۷ تجهیزات حفاری**

**۷-۱ ابزار حفاری:** استفاده از هر وسیله که امکان حفاری یک گمانه تمیز را فراهم کند، قبل از نفوذ نمونه‌گیر و اطمینان یافتن از این که آزمون نفوذ روی خاک دست نخورده انجام می‌شود، قابل قبول است. ابزار آلات زیر برای جهت گمانه زنی در شرایط زیرسطحی، مناسب تشخیص داده شده‌اند.

**۷-۱-۱** مته‌های توپر، خرد کننده لایروب<sup>۱</sup>، با قطرهای کم‌تر از ۱۶۲ میلی‌متر (۶/۵ اینچ) و بزرگ‌تر از ۵۶ میلی‌متر (۲/۲ اینچ)، ممکن است به همراه روش حفاری دورانی گمانه یا حفاری به روش جداره گذاری استفاده شود. برای جلوگیری از آسیب خاک‌هایی که در زیر سر مته قرار گرفته‌اند، عمل تخلیه از کف سر مته انجام نمی‌شود، بلکه فقط از طرفین صورت می‌گیرد.

**۷-۱-۲** مته‌های مخروطی غلطکی<sup>۲</sup>: اگر تغییر در دبی سیال حفاری مشهود باشد، سرمته‌های مخروطی غلطکی با قطر کمتر از ۱۶۲ میلی‌متر (۶/۵ اینچ) و بزرگ‌تر از ۵۶ میلی‌متر (۲/۲ اینچ) ممکن است به همراه روش‌های دورانی یا حفاری به روش جداره‌گذاری قابل استفاده باشد.

---

۱- Drag, Chopping, and Fishtail Bits

۲- Roller- Cone Bits

**۷-۱-۳** اوگرهای توخالی<sup>۱</sup> ممتد نیز برای حفاری گمانه، قابل استفاده هستند. قطر داخلی اوگرهای توخالی باید کم‌تر از ۱۶۲ میلی‌متر (۶/۵ اینچ) و بزرگ‌تر از ۵۶ میلی‌متر (۲/۲ اینچ) باشد.

**۷-۱-۴** اوگرهای دستی و سطلی<sup>۲</sup>، مته‌های پره‌ای توپر<sup>۳</sup> با قطر کم‌تر از ۱۶۲ میلی‌متر (۶/۵ اینچ) و بزرگ‌تر از ۵۶ میلی‌متر (۲/۲ اینچ) می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، مشروط به آنکه خاک دیواره گمانه بر روی نمونه‌گیر یا میله‌های نمونه‌برداری در طول نمونه‌برداری، ریزش نکند.

### **۷-۲ نمونه‌گیر دوکفه‌ای<sup>۴</sup>**

**۷-۲-۱** ابعاد نمونه‌گیر باید مطابق شکل ۲ باشد. کفشک<sup>۵</sup> آن باید از جنس فولاد سخت شده باشد و در صورت دندان‌دار شدن و تغییر شکل، باید تعمیر و یا جایگزین شود. در بالای نمونه‌گیر و داخل رابط<sup>۶</sup> یک ساچمه به صورت شیر یک طرفه با فضای کافی برای تخلیه آزاد جریان آب و یا گل تعبیه می‌شود.

**۷-۲-۲** در خاک‌های شنی درشت دانه، مخروط توپر ۶۰ درجه جایگزین کفشک می‌شود تا از صدمات وارده به کفشک جلوگیری شود. بنابراین، و در گزارش باید به استفاده از آن‌ها اشاره شود. در این حالت استفاده از نتایج نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

---

۱- Hollow- Stem Continuous Flight Augers

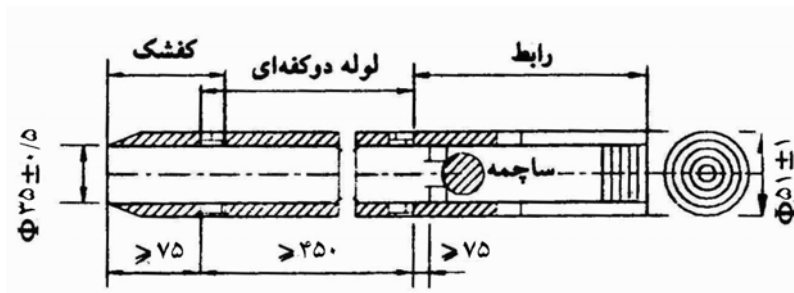
۲- Bucket and Hand Augers

۳- Solid, Continuous Flight

۴- Split- Barrel Sample

۵- Shoe

۶- Coupling



شکل ۲- نمونه‌گیر دوکفه‌ای (اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر)

### ۷-۳ میله‌های حفاری

۷-۳-۱ در آزمون، فقط استفاده از میله‌های مستقیم و بدون انحنا مجاز است و به صورت ادواری از صاف بودن میله‌ها باید اطمینان حاصل شود.

۷-۳-۲ میله‌ها باید توسط اتصالات رزوه‌ای مناسب به یکدیگر محکم شوند. از رزوه‌های کامل بسته نشده و خراب نباید استفاده شود.

۷-۳-۳ میله‌های حفاری باید دارای سختی (ممان اینرسی) کافی برای جلوگیری از کمانش باشد و تا عمق ۳۰ متر باید از میله حفاری استاندارد قطر A تا N استفاده شود.

یادآوری- تحقیقات اخیر و مقایسه آزمون‌ها حاصل از میله به کار رفته، با دامنه سختی بین A تا N نشان می‌دهد که معمولاً اثر ناچیزی روی مقادیر N تا عمق ۳۰ متر دارد.

#### جدول ۱- مشخصات میله‌های حفاری

وزن (kg per 10 ft)	قطر بیرونی (mm)	قطر داخلی (mm)	اندازه
۱۷/۲	۴۱/۳	۲۸/۶	A
۲۲/۲	۶۰/۱	۵۰/۸	N

## ۷-۴ مجموعه کوبش

وزن کل مجموعه کوبش نباید از ۱۱۵ کیلوگرم تجاوز کند و مشخصات آن به شرح زیر است:

۷-۴-۱ چکش و کلاهک: چکش به وزن  $1 \pm 63/5$  کیلوگرم به صورت توپر و صلب از جنس فولاد است. چکش ضربه‌های خود را به طور 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 می‌شود.

**یادآوری-** پیش‌نهاد می‌شود هادی سقوط چکش، به منظور نظارت بر ارتفاع سقوط چکش، به طور ثابت علامت‌گذاری شود.

۷-۴-۲ سیستم سقوط چکش: استفاده از سیستم‌های طبک-طناب، نیمه خودکار و یا خودکار مجاز است، به شرط آنکه دستگاه بالا برنده چکش، به هنگام درگیر شدن و بالا بردن چکش، باعث نفوذ و جابه‌جایی نمونه‌گیر نشود.

۷-۵ **وسایل جنبی:** وسایلی از قبیل برچسب آزمونه، برگ‌های اطلاعات آزمون، ظرف نگهداری آزمونه و دستگاه اندازه‌گیری سطح آب، به هنگام آزمون باید تأمین شود.

## ۸ روش آزمون

### ۸-۱ آماده‌سازی گمانه

۸-۱-۱ دستگاه‌های حفاری باید قادر به حفر گمانه‌های نسبتاً تمیز و عاری از ذرات حاصل از حفاری باشند، تا انجام دادن آزمون بر روی خاک دست نخورده را تضمین کند.

**۸-۱-۲** در حفاری شستشویی<sup>۱</sup> از متنه نوع تخلیه جانبی<sup>۲</sup> باید استفاده شود و استفاده از متنه نوع تخلیه تحتانی<sup>۳</sup> مجاز نیست. روش استفاده از جریان آب از داخل لوله نمونه‌گیر، برای حفاری تا رسیدن به عمق آزمون و سپس انجام دادن آزمون در آن عمق مجاز نیست.

**۸-۱-۳** در حفاری ضربه‌ای با شل و اوگر<sup>۴</sup> که همراه با نصب لوله جدار باشد، قطر ابزار حفاری نباید از ۹۰ درصد قطر داخلی لوله جدار بیشتر باشد.

**۸-۱-۴** در خاک‌هایی که دیواره گمانه در آن‌ها پایدار نیست، استفاده از لوله جدار و یا گل حفاری اجباری است.

**۸-۱-۵** قطر گمانه باید بین ۵۶ تا ۱۶۲ میلی‌متر باشد<sup>۵</sup>.

**۸-۱-۶** حفاری باید مرحله به مرحله انجام شود تا نمونه‌گیری منقطع و یا پیوسته را میسر سازد.

فواصل عمق نمونه‌برداری و آزمون را معمولاً کارشناس ژئوتکنیک تعیین می‌کند. عموماً در لایه‌های یک‌نواخت، فواصل آزمون و نمونه‌برداری ۱/۵ متر یا کم‌تر و یا در محل هر تغییر لایه انتخاب می‌شود.

---

۱- Wash Boring

۲- Side- Discharge

۳- Bottom- Discharge

۴- Shell and Auger

۵ - استفاده از نتایج آزمون SPT در چاهک‌های دستی می‌تواند مضمّن ثمر باشد و برای برآوردهای کمی از نتایج آن، نیاز به بررسی‌های بیش‌تر است.



**۸-۱-۷** هنگام حفاری در زیر آب زیرزمینی یا در سفره‌های تحت فشار، برای جلوگیری از دست خوردگی 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 کند.

**۸-۱-۸** برای جلوگیری از دست خوردگی کف گمانه، ابزار حفاری از داخل گمانه باید به آهستگی بیرون کشیده شود.

**۸-۱-۹** هنگامی که در حفاری از لوله جدار استفاده می‌شود، راندن لوله جدار جلوتر از محل آزمون مجاز نیست.

## **۸-۲ نمونه‌گیری و انجام دادن آزمون**

**۸-۲-۱** پس از حفاری گمانه تا عمق آزمون و شستشوی آن از ذرات حفاری، ابزار حفاری را از گمانه خارج کنید و آزمون را به ترتیب زیر انجام دهید:

**۸-۲-۱-۱** نمونه‌گیر دوکفه‌ای به میله‌های حفاری متصل کنید و به آرامی داخل گمانه بفرستید از سقوط ناگهانی نمونه‌گیر در گمانه باید خودداری شود.

**۸-۲-۱-۲** چکش را بالا ببرید و کلاهک را به بالای میله نمونه‌گیر متصل کنید. این عمل را می‌توان قبل از فرستادن میله‌ها و نمونه‌گیر به داخل گمانه انجام داد.

**۸-۲-۱-۳** نمونه‌گیر، میله‌ها، کلاهک و سایر ملحقات چکش، باید به آرامی و با وزن خود در کف گمانه قرار داده شود و یک ضربه از ضربه‌های کوبش اولیه بر آنها وارد شود. اگر به ذرات

ته‌نشین شده زیادی در کف گمانه برخورد شد، نمونه‌گیر و ملحقات آن را از گمانه خارج کنید و کف گمانه را تمیز کنید.

**۸-۲-۱-۴** روی میله‌های حفاری سه فاصله ۱۵ سانتی‌متری پشت سر هم علامت‌گذاری کنید. علامت‌ها باید به صورتی باشند که شمار ضربات برای هر ۱۵ سانتی‌متر عمق نفوذ نمونه‌گیر، به راحتی قابل برداشت باشد.

**۸-۲-۲** نمونه‌گیر را با ضربه‌های چکش  $\pm 63/5$  کیلوگرمی به داخل خاک برانید و شمارش ضربه‌های وارده برای هر ۱۵ سانتی‌متر فرو رفت تا رسیدن به یکی از شرایط زیر ادامه دهید:

**۸-۲-۲-۱** برای هر یک از سه فاصله ۱۵ سانتی‌متر فرو رفت نمونه‌گیر به شرح بند (۸-۲-۱ - ۴)، روی هم ۵۰ ضربه بزنید؛

**۸-۲-۲-۲** روی هم ۱۰۰ ضربه چکش بزنید؛

**۸-۲-۲-۳** بعد از ۱۰ ضربه پی‌درپی چکش بر نمونه‌گیر، نفوذ محسوسی مشاهده نشود.

**۸-۲-۲-۴** نمونه‌گیر، ۴۵ سانتی‌متر نفوذ کرده باشد.

**۸-۲-۳** شمار ضربه‌ها باید برای هر مرحله نفوذ ۱۵ سانتی‌متری و یا کسری از آن یادداشت کنید. ضربه‌های ۱۵ سانتی‌متر اول به عنوان کوبش در خاک به هم خورده کف گمانه در نظر بگیرید. 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 ۸-۲-۲-۱، ۸-۲-۲-۲ و ۸-۲-۲-۳)، شمار ضربه‌ها برای هر مرحله ۱۵ سانتی‌متری در برگ پیمایش گمانه<sup>۲</sup>،

---

۱- Standard Penetration Resistance

۲- Boring Log

ثبت کنید. در نفوذهای کم‌تر از ۱۵ سانتی‌متر، عمق نفوذ باید تا نزدیک‌ترین مقدار به ۲۵ میلی‌متر گرد شود و به همراه شمار ضربه‌های مربوط ثبت شود. اگر نمونه‌گیر با وزن میله‌های حفاری و یا میله‌ها به اضافه وزن چکش به صورت آزاد در کف گمانه فرو رود، این مورد باید در برگ پیمایش گمانه یادداشت شود. در این حالت با نفوذ نمونه‌گیر به میزان بیش از ۴۵ سانتی‌متر، آزمون را متوقف کنید، عدد N معادل صفر در نظر بگیرید.

**۸-۲-۴** بالا بردن و رها کردن چکش  $۶۳/۵ \pm ۱$  کیلوگرمی باید به یکی از دو روش زیر انجام شود:

**۸-۲-۴-۱** با استفاده از سیستم سقوط چکش خودکار یا نیمه خود کار که چکش  $۶۳/۵ \pm ۱$  کیلوگرمی را بالا می‌برد و بدون برخورد به مانعی از ارتفاع  $۷۶ \pm ۱$  سانتی‌متری رها می‌کند.

**۸-۲-۴-۲** در صورت استفاده از روش طناب و طبلک، نحوه عملیات اجرایی مطابق شرایط زیر است:

**۸-۲-۴-۲-۱** طبلک باید کاملاً تمیز و عاری از گرد و غبار، روغن یا گریس باشد و قطر آن بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

**۷-۲-۴-۲-۲** طبلک باید حداقل با ۱۰۰ دور در دقیقه کار کند و یا دور تقریبی آن در برگ پیمایش گمانه آورده شود.

۸-۲-۱۴-۳ شمار دور طناب روی طبلک، در هنگام آزمون نباید بیش از  $\frac{1}{4}$  دور (مطابق شکل شماره ۱) باشد<sup>۱</sup>.

۸-۲-۱۴-۲ برای هر ضربه، حفار باید چکش را ۷۶ سانتی متر بالا ببرد و سپس رها سازد. روند طناب‌کشی و رهاسازی باید یک‌نواخت باشد و طناب در حداکثر ارتفاع سقوط مکث نداشته باشد.

۸-۲-۵ پس از اتمام دادن آزمون، نمونه‌گیر به سطح زمین آورده و باز شود. درصد بازیافتی<sup>۲</sup> یا طول برداشته شده را ثبت کنید. نمونه‌های گرفته شده را با شرحی شامل ترکیب خاک، رنگ، لایه‌بندی و وضعیت آن توصیف کنید. سپس یک یا چند قطعه آزمون برگزیده را در ظرف هوابندی شده قرار دهید، بدون آنکه لایه‌بندی ظاهری آن بر اثر فشردگی از بین برود. درپوش ظرف هوابندی شده باید برای جلوگیری از تبخیر رطوبت خاک بسته شود. برچسبی حاوی نام پروژه، شماره گمانه، عمق نمونه و شمار ضربه‌ها برای هر ۱۵ سانتی متر آماده کنید و بر روی ظرف نمونه بچسبانید. آزمون‌ها باید از تغییرات شدید دما و تابش شدید آفتاب دور نگه داشته شود. اگر در آزمون خاک، تغییر لایه مشاهده شد، از هر لایه، نمونه گرفته و آن را در ظرف جداگانه‌ای قرار دهید و محل آن را در لوله نمونه‌گیر ذکر کنید.

## ۹ گزارش آزمون

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

۲- Percent Recovery

۹-۱ اطلاعات حفّاری که باید در محل یادداشت شود، شامل موارد زیر است:

۹-۱-۱ نام و محل پروژه؛

۹-۱-۲ اسامی افراد فنّی (حفّار، سرپرست کارگاه و ناظر)؛

۹-۱-۳ مشخصات دستگاه حفّاری؛

۹-۱-۴ شرایط آب و هوایی؛

۹-۱-۵ تاریخ و ساعت شروع و پایان گمانه‌زنی؛

۹-۱-۶ شماره گمانه و موقعیت (ایستگاه و مختصات)؛

۹-۱-۷ تراز سطح زمین؛

۹-۱-۸ روش حفّاری و تمیز کردن گمانه؛

۹-۱-۹ روش نگه‌داری جدار گمانه؛

۹-۱-۱۰ تراز سطح آب زیرزمینی و عمق حفّاری؛

۹-۱-۱۱ موقعیت تغییر لایه؛

۹-۱-۱۲ اندازه لوله جدار، عمق گمانه جداره گذاری شده؛

۹-۱-۱۳ توضیحات ضروری؛

۹-۲ اطلاعات مربوط به هر نمونه که باید در محل ثبت شود، شامل موارد زیر است:

۹-۲-۱ شماره نمونه، عمق نمونه؛

۹-۲-۲ تشریح نظری خاک؛

۹-۲-۳ تغییرات لایه‌ای درون نمونه؛

۹-۲-۱۴ طول نفوذ و طول آزمون‌های بازیافتی؛

۹-۲-۵ شمار ضربات به ازای هر ۰/۱۵ متر (۶ اینچ) یا مقدار نفوذ کم‌تر در پنجاه ضربه.

