بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

عنوان:

همبستگی حدود اتربرگ با سایر مشخصات خاک رس جنوب تهران

استاد راهنما:

دکتر خرقانی

استاد مشاور:

دکتر اسلامی

پژوهشگر:

هادی احمدی پیشکوهی

تابستان ۱۳۹۲

این اثر به خانواده ام که با صبر و حوصله اینجانب را در ویرایش و تایپ آن یاری نموده اند، بعنوان قدردانی تقدیم است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ۱
-1 طرح مساله:..... ۲
-2 اهمیت مساله ۲
۳–فرضیات ۲
٤– فرضیه پژوهش..... ۲
فصل اول:آزمایش ضربه ونفوذ استاندارد
فصل اول ۵
آزمایش ضربه ونفوذ استاندارد(SPT) ۵
۱–۱– کلیات..... ۵
۱–۱–۱– مقدمه ۵
۱–۱–۲ تاریخچه آزمایش نفوذ استاندارد(SPT) ٦
۱–۱–۳ شرح دستگاه آزمایشSPT..... ۷
۱–۱–٤ شرح آزمایشSPT..... ۱۰
۱–۲ ضرایب اصلاحSPT ۱۳
۱–۲–۱ ضرایب اصلاحی تنش سربار..... ۱٤
۱–۲–۲ انرژی منتقل شده به میله های حفاری وضریب اصلاح انرژی ۱۸
۱–۲–۳ تاثیرسفره آبزیرزمینی ۲۰
۱–۲–٤ اصلاحات دیگر..... ۲۱
۱–۳–۱ ارزیابی ویژگیهای خاک با استفاده از نتایجSPT ۲۲
۱–۳–۱ ارتباط نتایجSPTباخصوصیات خاکهای ماسهای ۲۳
۱–۳–۳ تعیین ظرفیت باربری..... ۲۸
۱–۳–۳–۱ ظرفیت باربری پی های سطحی ۲۸
۱–۳–۳–۲ ظرفیت باربری شمعهای تکی..... ۳۰
۱–۳–٤ تخمین میزان نشست شالوده(S)برحسبN_{30}:..... ۳۱

۱-۳-۵ رابطه ضریب کشسانی خاک با عددSPT(Es) ۳۱
فصل دوم:عوامل موثربر مقاومت برشی خاکهای ریزدانه
فصل دوم ۳۵
عوامل موثر بر مقاومت برشی خاکهای ریزدانه ۳۵
۲-۱ مقدمه ۳۵
۲-۲ نظریه های مختلف در تاثیر خاصیت خمیری برمقاومت برشی ۳۶
۲-۲-۱ نظریه افزایش مقاومت برشی با افزایش خاصیت خمیری ۳۶
۲-۲-۲ نظریه کاهش مقاومت برشی با افزایش خاصیت خمیری ۳۸
۲-۲-۳ نظریه مستقل بودن مقاومت برشی از خاصیت خمیری ٤۰
۲-۳ تاثیردرصد میزان رس بر زاویه اصطکاک ٤۲
۲-٤ اثردرصد رطوبت برمقاومت برشی خاک هایرسی ٤٤
۲-۵ اثرتاریخچه تنش بر مقاومت برشی زهکشی نشده ٤۸
۲-٦ تاثیردرجه اشباع بر مقاومت برشی زهکشی نشده ۵۲
۲-۷ تاثیرسرعت تغییرشکل نسبی برمقاومت برشی زهکشی نشده ۵۳
فصل سوم:رابطه عددSPT و مقاومت برشی زهکشی نشده با خاصیت خمیری
فصل سوم ۵٦
همبستگی عددSPT و مقاومت برشی زهکشی نشده با خاصیت خمیری خاکهای رسی جنوب تهران ۵٦
۳-۱ مقدمه ۵٦
۳-۲ بررسی سایتهای مختلف ۵۷
۳-۲-۱ معرفی سایتها ۵۷
۳-۲-۲ بررسی حدود اتر برگو روابط بین حدود روانی و نشانه خمیری ٦۵
۳-۲-۳ رابطه خاصیت خمیری و مقاومت برشی زهکشی نشده ٦۸
۳-۲-٤ رابطه عددSPT و خاصیت خمیری خاکهای رسی ۷۵
فصل چهارم:نتیجه گیری و پیشنهادات
٤-۱ نتیجه گیری ۹۲
٤-۲ پیشنهادات ۹٤

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۱-۱ عوامل موثر در نتایج عددSPT ۷
جدول ۱-۳ مقادیرعددی ضرایب اصلاحی مختلف برای تنش سربار..... ۱۷
جدول ۱-٤ مقادیرانرژی هریک از سیستمهای کوبش ۱۹
جدول ۱-٦ روابط تقریبی بین نتایجSPT و برخی از متغیرهای خاکدانهای ۲۵
جدول ۱-۷ رابطه وضعیت خاک چسبنده و مقاومت زهکشی نشده ونتایجSPT ۲۷
جدول ۱-۸ مقادیر مدول کشسانی خاک ۳۲
جدول ۱-۹ رابطه مدول کشسانی خاک وعددSPT ۳۲
جدول ۲-۱ مقادیرφ برای رسهای عادی تحکیم یافته ۳۹
جدول ۳-۱ معرفی کلی سایتها ٦٤
جدول ۳-۲ مقادیرحدود اتربرگو رابطه بین حد روانی و نشانه خمیری..... ٦٥
جدول ۳-۳ روابط مقاومت برشی زهکشی نشده باPI ٦۹
جدول ۳-٤ روابط عدد SPTبرحسبPI ۷٦
جدول ۳-٥ روابط مقاومت برشی زهکشی نشده،خاصیت خمیری وعددSPT..... ۸۳

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ دستگاه آزمایش SPT وشکل ۱-۲ نم.نهگیرقاشقی ۸
شکل ۱-۳ چکشهای متداول درآزمایش SPT ۹
شکل ۱-٤ دور طناب و زوایای طبل کبرای ۱۰
شکل ۱-۵ مقایسه ضرایب اصلاحی ۱۸
شکل ۱-٦ مقایسه ضریب اصلاحی $C_N=1/\sqrt{\sigma'_v}$ باضرایب سید و بازارا ۱۸
شکل ۱-۷ تغییرات تراکم نسبی با عدد نفوذ استاندارد ۲٤
شکل ۱-۸ تعیین زاویه اصطکاک داخلی زهکشی شده بر حسب نتایج SPT ۲۵
شکل ۱-۹ مقاومت برشی زهکشی نشده و SPT ۲۷
شکل ۱-۱۰ رابطه بین PI,N,Cu ۲۸
شکل ۱-۱۱ تعیی نظر فیت باربری مجاز با استفاده از N_{SPT} ۳۰
شکل ۲-۱ رابطه نسبت τ_f / σ'_v و نشانه خمیری در رسهای عادی تحکیم یافته ۳۷
شکل ۲-۲ (a) رابطه مقاومت برشی با خاصیت خمیری (b) رابطه نسبت بیش تحکیمی با خاصیت خمیری (after Bjerrum 1972) ۳۸
شکل ۲-۳ رابطه بین $\sin\phi$ و نشانه خمیری برای خاکهای رسی عادی تحکیم یافته ٤۰
شکل ۲-٤ پوش اصلاح شده موهر برای کانیهای مختلف (after Olson 1974) ٤۰
شکل ۲-۵ (a) رفتار یکسان رسهای عادی تحکیم یافته و اضافه تحکیم یافته بر حسب خاصیت خمیری (b) ضریب تبدیل مقاومت بر شپره به مقاومت در محل (c)
مقاومتدرمحلبرحسبخاصیتخمیری $\mu(\tau_f/\sigma'_p)$ ٤۱
شکل ۲-٦ تغییرات ϕ_{ult} بادرصد میزان رس در خاک (A.W.Skempton 1964) .....
شکل ۲-۷ مقادیر ϕ_{ult} و $\mu\varphi$ .....
شکل ۲-۸ سفتی خاکهای چسبنده ٤٤
شکل ۲-۹ نمودار تنش کرنش برای نمونه خاک در حالتهای مختلف درصد رطوبت ٤۵
شکل۲-۱۰ رابطه مقاومت بر شیواندیس روانی ٤۵

شکل ۲-۱۱ منحنی تغییرات میزان درصد رطوبت نسبت به$(\sigma'_1-\sigma'_3)_{Failure}$برای خاک رسویلد براساس آزمایشات کششی(D.Henkel 1960) ٤٦
شکل ۲-۱۳ نموداررابطه چسبندگی و مقدار درصد رطوبت ٤٨
شکل ۲-۱٤ نمودارتنش-کرنش خاک در رسهای عادی و اضافه تحکیم یافته ٤٩
شکل ۲-۱٥ (a)منحنی فشار-(b)پوش گسیختگی موهر برای رسبیش تحکیم یافته ٥٠
شکل ۲-۱٦ رابطه مقاومت برشی برحسب نسبت تحکیمی حاصل از آزمایش برش مستقیم برای ٦ نوعرس(after ladd and edgers, 1972 and ladd,et, al1977) ٥١
شکل ۲-۱۷ مقادیر نسبی مقاومت برشی رسهای عادی و اضافه تحکیم یافته برحسبOCRشکل ۲-۱٦ ..... ٥١
شکل ۲-۱۸ پوش گسیختگی موهر درآزمایش زهکشی نشده بحالت ۱۰۰ درصداشباع bحالت نیمه اشباع ٤٧
شکل ۲-۱۹ تغییرات پوش تنش کل با تغییرات درجه اشباع اولیه بدست آمده از آزمایشات زهکشی نشده بر روی رسهای غیرآلی (کاساگراندهوهرشفیلد ۱۹٦۰) ٥٣
شکل ۲-۲۰ تاثیر سرعت تغییر شکل نسبی بر روی مقاومت برشی زهکشی نشده ٥٤
شکل ۳-۱ رابطهPIوLLدرسایتها..... ٦٧
شکل ۳-۲۹- نموداراصلاح شده اشمرتمن ۹۰
شکل ٤-۱ رابطه عددSPT ودرصدرطوبت ۹٥
شکل ٤-۲ رابطه عددSPT ونشانه روانی..... ۹٥
شکل ۲-۱۲ منحنی تغییرات میزان درصد رطوبت نسبت به$(\sigma'_1-\sigma'_3)_{Failure}$برای خاک رسویلد براساس آزمایشات فشاری(D.J Henkel 1960)) ٤٧

مقدمه

امروزه آزمایش های برجا بعنوان یکی از مهمترین ابزارهای شناسایی خاک از جایگاه ویژه ای در مطالعات ژئوتکنیک برخوردارند. آزمایش نفوذ استاندارد بدلیل سادگی، اقتصادی بودن و آشنایی بیشتر مهندسین ژئوتکنیک با آن در اکثر کشورهای دنیا به ویژه درکشور ما مورد استفاده وسیع قرار می گیرد که نتایج آن معمولاً بعد از اعمال ضرایب اصلاحی مختلف بکار برده می شود. آزمایش SPT معمولاً در خاک های اعمال ضرایب اصلاحی پیشنهاد شده نیز باری این خاک ها مناسب می باشند، اما چنانچه به اکگثر گزارشات ژئوتکنیک مراجعه نماییم شاهد استفاده گسترده از این آزمایش در خاک‌های رسی خواهیم بود. بنابراین پاسخگویی به سوالات زیر لازم به نظر می‌رسد.

۱-آیا ضرایب اصلاحی موجود برای خاک های رسی لازم و یا کافی بوده و تمام خصوصیات آنها را پوشش می دهند؟

۲-آیا می توان علاوه بر روابط و ضرایب موجود روابط دیگری بینن خصوصیات خاک رس و عدد SPT برقرار نمود؟

چنانچه می دانیم مقاومت برشی خاک های بستگی به عوامل مختلفی از قبیل درصد رطوبت، ویژگی خمیری ، سرعت بارگذاری ، تاریخچه تنش و درجه اشباع دارد، که تاثیر هر یک از آنها طی مطلعات مختلفی بررسی شده است. اما نکته قابل توجه این است که اگر عدد SPT را به عنوان شاخصی از مقاومت برشی خاک قرض کنیم شاید پارامتر هاییپیش گفته بتوانند در نتایج SPT نیز موثر باشند. در نتیجه به نظر می رسد ، مطالعه تاثیر این عوامل بر نتایج آزمایش نفوذ استاندارد برای پاسخگویی به سوالات بالا در خاک های رسی مفید باشد به طوری که بتوان تاثیر این عوامل رادر قالب ضرایب اصلاحی یا روابط و گراف هایی نمایش داد. در همین راستا جهت وضوح بیشتر می توان به صورت خلاصه ابعاد مختلف مساله را به شرح زیر بیان نمود.

۱- طرح مساله:

علیرغم توصیه های موجود آزمایش SPT به صورت گسترده ای در خاک های رسی مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین لازم است حدود کاربرد ضرایب اصلاحی و عوامل موثر بر نتایج انجام SPT در رس مورد بررسی قرار گیرد.

۲- اهمیت مساله

بررسی کاربرد آزمایش SPT در خاک های رسی ز دو جنبه دارای اهمیت فراوان است:

۱-توجه به این نکته که ضرایب اصلاح تعریف شده برای نتایج SPT بر مبنا خصوصیات خک های ماسه ای بدست آمده است.

۲-توجه به خوصیات خاک های رسی از قبیل حساسیت و تاثیرپذیری خصوصیات مقاومتی آنها از پارامتر هایی مثل درصد رطوبت.

توجه به این دو جنبه از آن جهت دارای اهمیت می باشد که د رعمل ممکن است در نتایج SPT اثرات قابل ملاحظه ای داشته باشد.

۳-فرضیات

وابستگی مقاومت برشی زهکشی نشده خاک های رسی به پارامتر هایی از قبیل خاصیت خمیری، درصد رطوبت و نظریات مختلف موجود به ویژه در زمینه ارتباط مقاومت برشی و خاصیت خمیری بعنوان مبنا تئوریک مطالعه خواهد بود.

٤- فرضیه پژوهش

در انجام این مطالعه با توجه به مبانی تئوریک ارائه شده در بند ۳، عدد SPT بعنوان شاخصی از مقاومت برشی فرض شده است. در همین راستا اثر پارامتر های اشاره شده در بند فوق بر نتایج SPT قابل بررسی خواهد بود.

در راستای مطالب ذکر شده و برای دستیابی به درک مناسب در زمینه کاربرد آزمایش SPT در خاک-های رسی در گام نخسن نیاز است با اصول انجام و فلسفه این آزمایش نا حد زیادی آشنا شویم از این رو در فصل اول مطالعه اخیر با تدوین پرداخت. در گام بعدی با فرض اینکه عدد SPT شاخصی از مقاومت برشی خاک است، بررسی مقاومت برشی خاک های رسی و تاثیر عوامل مختلف بر آن نیز مفید به نظر می رسد پس فصل دوم به بررسی اثر پارامترهای مختلف بر مقاومت برشی اشاره خواهد داشت.

دو فصل اول در واقع گردآوری و تدوین تئوریها و نظریات مختلف می باشد لذا سعی خواهد شد ب مطالعه نمونه های عملی بدست آمده از سایت های مختلف در فصل سوم به نتایج کامل تری دست یابیم.

فصل اول
آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد

فصل اول

آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد(SPT)

۱-۱- کلیات

۱-۱-۱- مقدمه

امروزه در مطالعات ژئوتکنیک از روشهای درجا و آزمایشگاهی بعنوان ابزار شناسایی خاک استفاده می شود. دیدگاههای متفاوتی در مقایسه این روشها وجود دارد. اما با توجه به تجربیات موجود، بیشتر مهندسین ژئوتکنیک استفاده توام از این آزمایشها را پیشنهاد می کنند.

بروز مشکلاتی نظیر دست خوردگی نمونه، عدم دقت در شبیه سازی تنش های درجا، کوچک بودن اندازه نمونه و در نتیجه امکان حذف لنزها و ترک های موجود در لایه خاک (کوچک بودن اندازه نمونه می تواند باعث عدم قطعیت در بدست آوردن مقاومت خاک شود، زیرا هر چه اندازه نمونه بزرگتر باشد مقاومت بدست آمده از آزمونهای آزمایشگاهی به مقدار واقعی نزدیکتر خواهد بود) در آزمونهای آزمایشگاهی، باعث توجه روزافزون مهندسین ژئوتکنیک به آزمایشهای درجا شده است.

آزمونهای درجا با توجه به نوع کاربردشان به اقسام مختلف تقسیم شده اند که یکی از متداول ترین آنها آزمونهای نفوذی می باشد که آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) و نفوذ مخروط (CPT) از مهمترین آنها محسوب می شوند.

SPT مخفف کلمات لاتین Standard Penetration Test به معنای آزمایش نفوذ استاندارد است که یکی از مفیدترین، اقتصادی ترین و ساده ترین روشها جهت شناسایی مشخصات زیرسطحی خاک می باشد. این آزمایش امروزه بصورت یک روش استاندارد جهت تعیین ویژگی های خاک و ظرفیت باربری پی های سطحی و عمیق در اکثر نقاط دنیا به کار می رود. در کشور ژاپن نیز انجام آزمایش SPT در کلیه گمانه های حفاری شده بصورت یک اصل ضروری پذیرفته شده و ماهیت استاندارد بودن آن امکان مقایسه نتایج مختلف بدست آمده ازآن را فراهم می کند، بدین وسیله مهندسین ژئوتکنیک قادر خواهند بود که از نتایج آزمایش SPT بعنوان وسیله ای جهت طراحی در

یک منطقه استفاده نمایند. همچنین امکان طبقه بندی انواع خاکها و سنگها توسط نتایج این آزمایش وجود دارد.

۱-۱-۲ تاریخچه آزمایش نفوذ استاندارد(SPT)

تاریخچه آزمایش نفوذ استاندارد به سال ۱۹۰۲ و آقای چالز-ار-گو (Charles R Gow) باز می گردد. او با استفاده از یک وزنه ۵۰ کیلوگرمی انرژی لازم، برای نفوذ نمونه گیری به قطر ۲۵ میلی متر را به درون خاک فراهم نمود.

بر مبنای مطالعات موهر (Moher) و فلچر (Fletcher) در سال ۱۹۳۰ استانداردی تدوین گردید که به موجب آن از نمونه گیری با قطر ۵۰ میلی متر و وزنه ٦۳/۵ کیلوگرمی با ارتفاع سقوط متوسط ۷٦ سانتی متر استفاده می شد.

واژه آزمایش نفوذ استاندارد ائلین بار توسط ترزاقی (Terzaghi) در سال ۱۹۷٤ تحت عنوان مطالعات اخیر در حفاری های زیرسطحی بصورت مقاله ای در هفتمین کنفرانس مکانیک خاک در تگزاس ارائه شد.

استفاده از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد در طراحی پی های سطحی و عمیق در سطح وسیعی از سال ۱۹٤۸ و بعد از انتشار اولین ویرایش کتاب ترزاقی و پک (terzaghi & Peck) تحت عنوان "مکانیک خاک در کارهای مهندسی" آغاز گردید. در همین زمان آزمایش نفوذ استاندارد بصورت یک روش استاندارد توسط جامعه مهندسین امریکا نیز پذیرفته شده بود.

لزوم مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایشهای SPT، محققان را در نقاط مختلف دنیا جهت بوجودآوردن یک سیستم استاندارد برای این آزمایش هدایت نمود. از اینرو اولین استاندارد مدرن توسط موسسه ASTM(American society For Testing Material) در سال ۱۹٦۵ و با عنوان "روش آزمایشهای نفوذی در خاک" ارائه گردید. در این استاندارد نمونه گیر دارای قطر داخلی ثابت ۳۵ میلی متر بوده و حداکثر قطر گمانه نیز ۱۵۰ میلی متر توصیه شده بود.

عوامل زیادی در نتایج آزمایش SPT موثر بوده و باعث ایجاد پراکندگی در آن می شوند، برای اساس در سال ۱۹٦۷ اشمرتن (Sehmertmaann) طی مقاله ای ضمن بیان برخی از این عوامل به میزان تاثیر آنها مطابق جدول ۱-۱ اشاره نموده است.

جدول ۱-۱ عوامل موثر در نتایج عدد SPT

ردیف	عامل موثر	درصد تاثیر در نتایج عدد SPT
۱	استفاده از گل حفاری به جای آب	۱۰۰
۲	کوچک بودن بیش از حد قطر کمانه حفاری	۵۰
۳	کوچکتر بودن طول میله از ۱۰ فوت	۵۰
٤	بزرگتر بودن طول میله از ۱۰۰ فوت	۱۰
۵	تغییر ارتفاع سقوط از میزان استاندارد	۱۰

بر پایه عوامل فوق در سال ۱۹٦۷ استاندارد پیشنهاد شده توسط موسسه ASTM مورد بازبینی قرار گرفت که مطابق آن طول میله حفاری حدود ۱۵ متر توصیه شد.

مطالب ارائه شده خلاصه ای از تاریخچه آزمایش SPT بوده که نشان دهنده تغییر و تکمیل متناوب روش این آزمایش از سال ۱۹۰۲ بوده است، بطوریکه استاندارد رایج امروزی نتیجه آخرین بازبینی ان در سال ۱۹۸٤ می باشد.

۱-۱-۳ شرح دستگاه آزمایش SPT

شکل ۱-۱ دستگاه آزمایش نفوذ استاندارد را نشان می دهد. این دستگاه از قسمت های زیر تشکیل شده است:

۱- نمونه گیری قاشقی استاندارد (Standard Split Spoon, Split Barrel) :

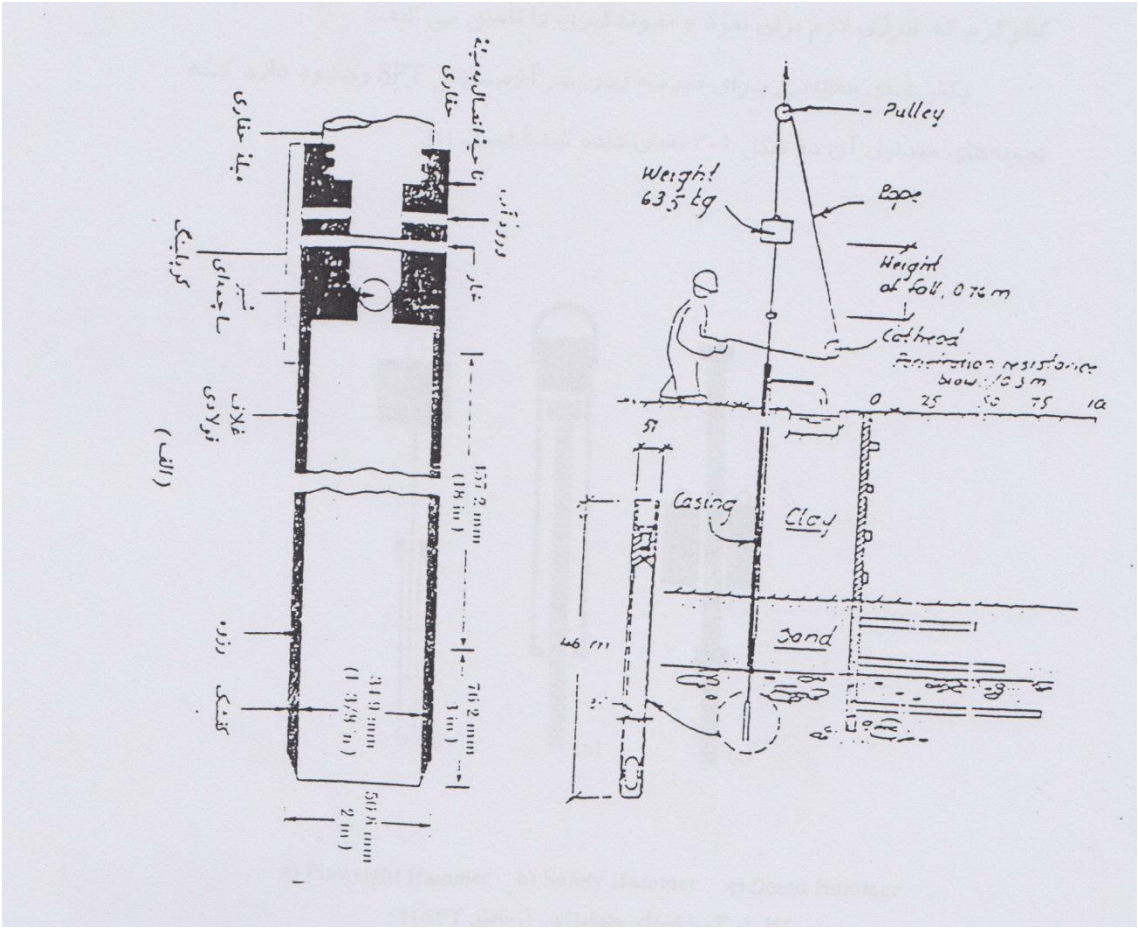
استوانه ای است فولادی، با شکاف طولی که جهت خارج نمودن نمونه به دو نیم استوانه تقسیم می شود. شکل ۱-۲ مقطعی از اسن نمونه گیر را نشان می دهد.

همانگونه که در شکل آمده این نمونه گیر از قسمتهای زیر تشکیل یافته است:

الف- کفشک

ب- غلاف فولادی که در امتداد طولی به دو نیم شکافته می شود تا نمونه از داخل آن بیرون بیاید.

ج-ناحیه اتصال به میله حفاری



شکل ۱-۱ دستگاه آزمایش SPT

شکل ۱-۲ نم.نه گیر قاشقی

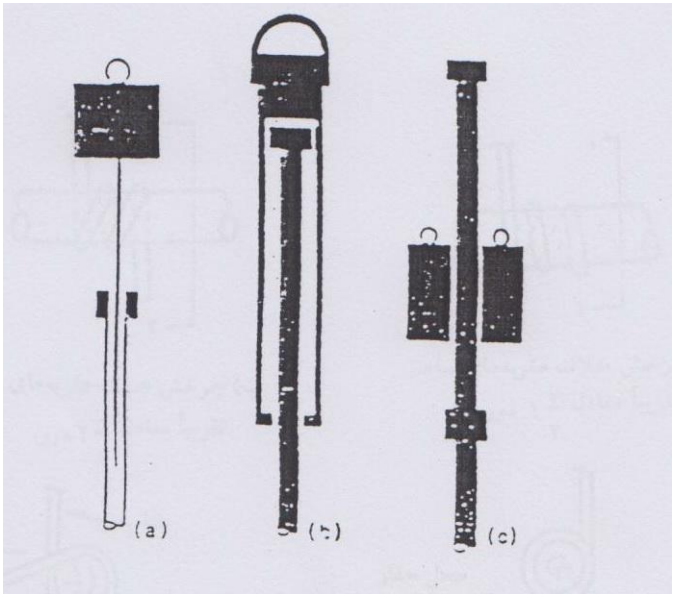
۲- میله حفاری (Drill Rod& Drive Rod) جهت انتقال نیرو به مته حفاری بکار رفته و ارتباط مجموعه کوبش به نمونه گیر را برقرار می کند.

۳- طبلک (Cathead): در سیستم رها کننده چکش، به استوانه فولادی که طناب به دور آن پیچیده و ضربات را کنترل می کند، اطلاق می شود.

٤- مجموعه کوبش (Drill Head Assembly): شامل چکش، هادی چکش، کلاهک و هر نوع سیستم رها کننده دیگر میباشد.

٥- چکش (Hommer) آن بخش از مجموعه کوبش به وزن ٦٣/٥+٠/٥ کیلوگرم که انرژی لازم برای نفوذ و نمونه گیری را تامین می کند.

چکش های مختلفی برای ضربه زدن در آزمایش SPT وجود دارد که نمونه های متداول آن در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ چکشهای متداول در آزمایش SPT

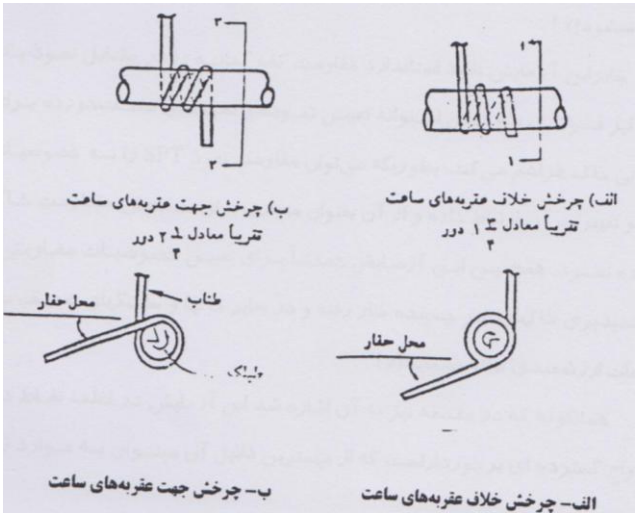
٦- کلاهک (Anvil) : بخشی است از مجموعه کوبش که چکش با ضربه زدن بر روی آن انرژی خوذ را به میله های آزمایش انتقال می دهد.

۷- سیستم سقوط چکش (Hammer Fall Guide) : آن بخش از مجموعه کوبش که سقوط شاقولی را با حداقل افت انرژی فراهم می کند.

بعضی اصطلاحات و تعاریف رایج نیز در این آزمایش وجود دارند که به شرح زیربه معرفی آنها می پردازیم.

۱- تعداد دور طناب (Number of Rope Turns): مطابق با شکل ۱-٤ از تقسیم مجموعه زوایای دورهای طناب روی طبلک(Cathead) بر ۳٦۰ درجه بدست می آید.

۲- تعداد ضربات (N Value): تعداد ضربات لازم برای نفوذ نمونه گیر تا عمق ۳۰ سانتی متر در خاک می باشد که از مجموع ضربات لازم برای کوبش نمونه گیر از ۱۵ تا ٤۵ سانتی متر کف گمانه بدست می آید.



تقریبا معادل $1\frac{3}{4}$ دور تقریبا معادل $2\frac{1}{4}$ دور

الف- چرخش خلاف عقربه های ساعت ب- چرخش جهت عقربه های ساعت

شکل ۱-٤ دور طناب و زوایای طبلک برای

۳- نسبت انرژی ER : (Ratio Energy) درصد نسبت انرژی وارده به میله حفاری به انرژی تئوریک حاصل از سقوط چکش را گویند.

۱-۱-٤ شرح آزمایش SPT

اساس آزمایش SPT بر تعداد ضربات لازم جهت نفوذ یک استوانه فولادی (Standard Split Spoon, Split Barrel) در خاک قرار دارد. نحوه انجام آزمایش بدین روش است که ابتدا یک گمانه با عمق و قطر مناسب حفر شده و دستگاه SPT در کف آن قرار میگیرد. سپس نمونه گیر

فولادی توسط میله حفاری (Rod) به عمق ٤٥ سانتی متر در خاک کوبیده می شود. مجموع تعداد ضربات لازم برای نفوذ در دو عمق ١٥ سانتی متری آخر، معرف عدد SPT خاک می باشد. لازم به ذکر است که نفوذ ١٥ سانتی متر اول جهت رسیدن به خاک دست نخورده بوده و در محاسبه عدد SPT منظور نمی شود. انرژی لازم برای کوبیده شدن نمونه گیر فولادی، از سقوط چکش استاندارد به وزن ٦٣/٥ کیلوگرم از ارتفاع ٧٦ سانتیمتری حاصل میشود.

بنابراین آزمایش نفوذ استاندارد مقاومت کف گمانه را در مقابل نفوذ یک نمونه گیر فولادی به شکل استوانه تعیین نموده و نمونه ای دست خورده برای شناسایی خاک فراهم می کند، بطوریکه می توان مقاومت نفوذ SPT را به خصوصیات خاک و تغییرات آن ارتباط داده و از آن بعنوان معیاری برای سنجش مقاومت خاک استفاده نمود. همچنین این آزمایش عمدتاً برای تعیین خصوصیات مقاومتی و نشست پذیری خاکهای غیرچسبنده بکار رفته و در سایر خاکها و سنگهای ضعیف نیز اطلاعات ارزشمندی ارائه مینماید.

همانگونه که در مقدمه نیز به آن اشاره شد این آزمایش در اغلب نقاط دنیا از رواج گسترده ای برخوردار استکه از مهمترین دلایل آن میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

١- سهولت انجام آزمایش

٢- هزینه کم

٣- رایج بودن آن در کشورهای مختلف

٤- بی نیازی به دستگاههای پیچیده

٥- ارتباط گسترده پارامترهای ژئوتکنیکی با مقاومت نفوذ استاندارد (N)

٦- آشنایی اغلب مهندسین ژئوتکنیک با این آزمایش

٧- در دسترس بودن نمونه های فراوان از نتایج SPT

٨- امکان نمونه گیری

علیرغم مزایای فوقSPT بعنوان آزمایشی با نتایج دقیق مطرح نبود و بیشتر بصورت کیفی مورد استفاده قرار می گیرد. چراکه عوامل متعددی در نتایج آن موثرند که به بعضی از آنها بشرح زیر اشاره میشود.

۱- تمیز نبودن گمانه حفاری

۲- پدیده جوشش در ماسه ها

۳- عملکرد اپراتور

٤- نفوذ بیش از حد نمونه گیر در درون خاک

۵- گیر کردن دانه های درشت شن درئن نمونه گیر

٦- افزایش عدد SPT برای ماسه های نسبتا متراکم در زیر آب زیرزمینی

۷- کاهش عدد SPT برای ماسه های متراکم شسته شده

۸- عدم استفاده از وزنه استاندارد

۹- استفاده از وزنه های مستعمل

۱۰- عدم برخورد صحیح وزنه در مرکز کلاهک نمونه گیر

۱۱- خراب شدن نوک نمونه گیر

۱۲- عدم انجام دقیق مراحل حفاری

۱۳- استفاده از گمانه های با قطر زیاد

۱٤- روش حفاری

۱۵- زمان سپری شده بین حفاری گمانه و انجام آزمایش

۱٦- وزن میله های حفاری

برخی از عوامل مذکور مانند عملکرد اپراتور و خراب شدن نوک نمونه گیر ممکن است تاثیرات قابل ملاحضه ای در نتایج آزمایش SPT داشته باشند، در مقابل بعضی دیگر از آنها ازقبیل وزن میله حفاری و روش حفاری تاثیر ناچیزی بر نتایج خواهند داشت. اما نکته قابل توجه این است که در