

گروه فنی، مهندسی، قراردادی و حقوقی امورپیمان‌ها

گروه امورپیمان‌ها در سال ۱۳۹۴، با هدف ارتقای سطح دانش مهندسين و همکاران، با محوریت مطالب مرتبط با فهرست‌بها و امورپیمان، در بستر فضای مجازی تلگرام، تشکیل شد.

به واسطه دغدغه‌های روزانه و علاقه‌مندی مهندسان و همکاران عزیز، این گروه در سال ۱۳۹۹ با تعریف سه دپارتمان در دیگر بسترهای فضای مجازی (سایت، اینستاگرام، تلگرام و آپارات) با آموزش موضوعات مختلف در عرصه‌های گوناگون، فعالیت خود را گسترش داد. دپارتمان‌های گروه امورپیمان‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

- دپارتمان فنی و اجرایی

(آموزش نرم‌افزارهای عمران و معماری، بررسی نکات فنی و اجرایی پروژه‌ها و ...)

- دپارتمان فهرست‌بها و امورپیمان

(آموزش مناقصات / متره، برآورد و صورت‌وضعیت نویسی / تفسیر فهرس‌بها / امورپیمان / تاخیرات پروژه و ...)

- دپارتمان حقوقی

(آموزش مباحث حقوقی، دعاوی، کلیم و ...)

حتما به صفحه اینستاگرام و سایت ما، برای آموزش‌های بیشتر رجوع کنید.



گروه فنی، مهندسی، قراردادی و حقوقی امور پیمان‌ها

www.OmoorePeyman آدرس سایت:

@OmoorePeyman آدرس کانال تلگرام:

@OmoorePeyman آدرس اینستاگرام:

«پیمان بسته‌ایم که بی‌همتا باشیم»

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال
طبقه بندی خاک در پست های فشار قوی
نشریه شماره ۴۹۱



وزارت نیرو - شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.ir

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
<http://tec.mporg.ir>

جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال طبقه بندی خاک در پست های فشار قوی

نشریه شماره ۴۹۱

گروه فنی، مهندسی،
قرارداد و حقوقی

وزارت نیرو - شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.ir

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
<http://tec.mporg.ir>



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

| | |
|--------|-----------|
| شماره: | ۱۰۰/۵۴۹۰۲ |
| تاریخ: | ۱۳۸۸/۶/۱۶ |

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع:

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - طبقه‌بندی خاک در پست‌های فشار قوی

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۹۱ دفتر نظام فنی اجرایی، با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - طبقه‌بندی خاک در پست‌های فشار قوی» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

امیر منصور برقی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، **از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی،**

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی - تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱ - خیابان صفی علی شاه

<http://tec.mporg.ir>

بسمه تعالی

پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و به منظور تعمیم استانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقال و توزیع نیروی برق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (معاونت نظارت راهبردی - دفتر نظام فنی اجرائی) با همکاری وزارت نیرو - شرکت توانیر (دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی) در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق» اقدام به تهیه مجموعه کاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - طبقه بندی خاک در پست های فشار قوی» در بر گیرنده مباحث مربوط به اهداف طبقه بندی خاک، معیارهای طبقه بندی و انواع طبقه بندی خاک بر اساس تعاریف سازمان های مختلف برای به کارگیری در طراحی فونداسیون ها و دیگر مباحث ساختمانی می باشد.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش های دست اندرکاران به ثمر رسیدن این نشریه و همچنین سازمان ها و شرکت های مهندسی مشاور که با اظهار نظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده اند سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

معاونت نظارت راهبردی

۱۳۸۸

گروه فنی، مهندسی،

قرارداد و حقوقی

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - طبقه بندی

خاک در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۴۹۱

تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسين مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسين سعيد هديه لو، امير حر رياحی، سلمان رضا زاده و آقای دکتر عارف درودی تهیه و تدوین شده است و توسط آقای اسماعیل زارعی مورد ویراستاری قرار گرفته است.

کمیته فنی

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

وزارت نیرو - سازمان توانیر - مجری طرح آقای مهندس جمال بیانی

سازمان توسعه برق ایران آقای مهندس بهمن الله مرادی

مهندسين مشاور نیرو آقای دکتر عارف درودی

مهندسين مشاور نیرو آقای مهندس مهدی اسماعیلی

سازمان توسعه برق ایران آقای مهندس بهروز قهرمانی

مهندسين مشاور قدس نیرو آقای مهندس علیرضا جرجانی

مهندسين مشاور قدس نیرو آقای مهندس محمود حریری

کوچصفهانی

پژوهشگاه نیرو آقای مهندس سید جمال الدین واسعی

وزارت نیرو - سازمان توانیر - دبیر کمیته فنی طرح آقای مهندس احسان الله زمانی

مسئولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفتر نظام فنی اجرائی به عهده آقایان مهندسين

پرویز سیداحمدی و محمدرضا طلاکوب بوده است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول- اهداف، کلیات و تعاریف

| | |
|---|--------------------------|
| ۳ | مقدمه |
| ۳ | ۱-۱- اهداف طبقه‌بندی خاک |
| ۴ | ۲-۱- تعاریف |
| ۴ | ۱-۲-۱- تعریف ظاهری |
| ۵ | ۲-۲-۱- تعاریف کلی |

فصل دوم- طبقه‌بندی خاکها

| | |
|----|---|
| ۹ | ۱-۲- طبقه‌بندی خاک از نظر بافت آن |
| ۱۰ | ۲-۲- طبقه‌بندی خاکها برحسب موارد کاربردی خاک |
| ۱۰ | ۱-۲-۲- سیستم طبقه‌بندی آشتو |
| ۱۳ | ۲-۲-۲- سیستم طبقه‌بندی متحد (USCS) |
| ۲۰ | ۳-۲-۲- مقایسه بین سیستمهای طبقه‌بندی آشتو و متحد |
| ۲۰ | ۳-۲- طبقه‌بندی خاکها از نظر ظرفیت باربری خاک |
| ۲۱ | ۱-۳-۲- زمین های باتلاقی (خاک رس مغروق) و یا خاک رس با رطوبت زیاد |
| ۲۲ | ۲-۳-۲- خاکهای رسی خشک خالص و یا همراه با درصد کمی مصالح درشت دانه |
| ۲۲ | ۳-۳-۲- خاکهای درشت دانه همراه با قلوه سنگ در حالت مغروق |
| ۲۲ | ۴-۳-۲- خاکهای درشت دانه همراه با قلوه سنگ در حالت خشک |
| ۲۳ | ۴-۲- طبقه‌بندی انواع خاکها از دیدگاه آئین نامه ۲۸۰۰ ایران |
| ۲۳ | ۵-۲- طبقه‌بندی درجه خوردگی خاکها |
| ۲۳ | ۱-۵-۲- خواص فیزیکی خاک |
| ۲۵ | ۲-۵-۲- خواص شیمیایی خاک |
| ۲۶ | ۳-۵-۲- معیار بررسی درجه خوردگی خاکها |
| ۲۸ | ۶-۲- نتیجه‌گیری |
| ۲۹ | پیوست الف : آزمون نفوذ استاندارد (SPT) |
| ۲۹ | پیوست ب : آزمون های آزمایشگاهی |
| ۳۰ | پیوست ج : یک نمونه نتیجه‌گیری از عملیات صحرایی و آزمایشگاهی |
| ۳۳ | مراجع |

فصل ۱

اهداف، کلیات و تعاریف



گروه فنی، مہندسی،
قرارداد و حقوقی

مقدمه

طبقه‌بندی خاک عبارت است از رده‌بندی خاکهای مختلف با خواص مشابه به گروهها و زیرگروهها بر حسب کاربردشان. به عبارت دیگر سیستمهای طبقه‌بندی یک زبان مشترک برای بیان مشخصات خاک به وجود می‌آورند. اغلب سیستمهای طبقه‌بندی خاک که برای مقاصد مهندسی تدوین یافته‌اند، بر پایه خواص ساده‌ای از خاک نظیر دانه‌بندی و خواص خمیری قرار دارند. اگر چه سیستمهای طبقه‌بندی مختلفی وجود دارد، لیکن به علت تنوع در خواص خاک، هیچکدام از آنها بطور کامل جوابگوی توصیف هر خاک برای تمام کاربردهای ممکنه نیستند. خواصی از خاک که برای مقاصد مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل قابلیت زهکشی آب، نشست، مقاومت برشی، ظرفیت باربری، ترکیب شیمیایی خاک برای تعیین نوع سیمان مصرفی و غیره می‌باشند. سازمانهای مختلف برحسب نیازشان، طبقه‌بندیهای مختلفی برای بافت خاک ارائه کرده‌اند که از جمله می‌توان به سازمان کشاورزی آمریکا (USDA)، انجمن ادارات راه و ترابری آمریکا (AASHTO) و سیستم طبقه‌بندی متحد اشاره نمود. در حال حاضر، حدود پیشنهادی توسط سیستم طبقه‌بندی متحد خاک متداولترین است. این سیستم مورد پذیرش اداره استاندارد آمریکا (ASTM) نیز قرار گرفته است. درخصوص پستهای فشار قوی نیز بخش طراحی و اجرائی در ارتباط مستقیم با شناسائی خاک بوده و لذا طبقه‌بندی خاک در این مورد یکی از مهمترین پارامترها خواهد بود.

۱-۱- اهداف طبقه‌بندی خاک

با توجه به اینکه در حال حاضر، در مراحل آغاز هر پروژه‌ای، الزاماً بایستی بر روی خاک محل شناسائی و بررسیهای مقدماتی بعمل آید، پستهای فشارقوی نیز از این امر مستثنی نبوده و پس از انتخاب محل احداث پست، جهت انجام مراحل طراحی که شامل طراحی فونداسیونهای تجهیزات و ساختمان کنترل، جاده‌ها، جمع‌آوری آبهای سطحی و ... می‌باشد، وجود پارامترهای مکانیکی و خصوصیات بافتی خاک ضروری بوده و به این لحاظ در هر مرحله‌ای از خدمات مهندسی یکسری از اطلاعات خاک منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. خاک زمین پست نیز بر همین اساس طبقه‌بندی می‌شود. با توجه به سیستم رفتاری خاک و نوسانات و تغییرات زیاد آن در ارتباط با پارامترهای مختلف، به طور کلی می‌توان خاک را از لحاظ موارد زیر طبقه‌بندی نمود:

- طبقه‌بندی خاک از نظر بافت آن :

در این بخش، می‌بایستی بررسی‌های لازم روی خاک از نظر ظاهر سطحی آن صورت گیرد و اندازه دانه‌های خاک مبنای طبقه‌بندی خاک خواهد بود. در برآوردهای اولیه جهت کارهای ساختمانی پست می‌توان از طبقه‌بندی بافت خاک درخصوص نوع زمین از نظر خاکبرداری و مصالح مورد نظر در خاکریزی‌ها بهره‌برداری نمود.

- طبقه‌بندی خاکها براساس موارد کاربردشان :

این روش طبقه‌بندی بسیار دقیق‌تر بوده و نوع و رفتار خاک را بطور کامل طبقه‌بندی می‌نماید. در این خصوص دو سیستم طبقه‌بندی آشتو و طبقه‌بندی متحد موجود می‌باشد. در بررسی طبقه‌بندی خاک زمین پستها، با توجه به سیستم کاربردی مورد نظر، اکثراً از روش آشتو استفاده می‌شود.

- طبقه‌بندی خاک از نظر ظرفیت باربری :
در این بخش براساس مقاومت مجاز و نتایج بدست آمده از آزمایش نفوذ استاندارد در زمین پست، نوع خاک طبقه‌بندی می‌شود.
- طبقه‌بندی خاک از دیدگاه آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران :
این طبقه‌بندی براساس سرعت موج برش انتقال یافته در خاک می‌باشد.
- طبقه‌بندی خاک براساس مقاومت الکتریکی ویژه :
با توجه به اینکه در پسته‌ها، جهت انجام محاسبات سیستم زمین، مقاومت شبکه و ... الزاماً باید مقاومت الکتریکی خاک نیز مشخص باشد، طبقه‌بندی خاک را می‌توان بر مبنای مقاومت ویژه آن اختصاص داد که برهمین اساس طبقه‌بندی خاک نیز انجام می‌گیرد.
- طبقه‌بندی از لحاظ درجه خورندگی خاکها:
شناسایی خاک با در نظر قراردادن ماهیت پیچیده‌ای از ترکیب شیمیائی و نحوه اندرکنش آن با عوامل محیطی صورت می‌پذیرد. نمی‌توان دو نوع خاک یافت که از نظر ساختار، ترکیب و نحوه عملکرد خورندگی کاملاً مشابه هم باشند. همچنین عوامل آب و هوایی مانند باران، درجه حرارت، جابجائی هوا و نور خورشید می‌توانند باعث تغییراتی در خواصی از خاک شوند که آن خواص مستقیماً به شرایط وقوع خوردگی در فلزات مدفون در خاک مربوط خواهند شد.

۱-۲- تعاریف

۱-۲-۱- تعریف ظاهری

- شن:** خرده سنگ همراه با دانه‌هایی از جنس کوارتز، فلداسپار و سایر کانیها می‌باشد.
- ماسه:** دانه‌هایی اکثراً از جنس کوارتز و فلداسپار هستند. دانه‌هایی از سایر کانیها نیز گاهی مواقع یافت می‌شود.
- لای:** شامل ذرات ریز (میکروسکوپی) خاک است که از دانه‌های بسیار ریز کوارتز و ذرات پولکی شکل حاصل از متلاشی شدن کانیهای میکادار تشکیل می‌یابد.
- رس:** شامل ذرات بسیار ریز پولکی شکل میکا، کانیهای رس و سایر کانیها است. رسها معمولاً ذراتی با اندازه کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر تعریف می‌شوند. ذراتی که برحسب اندازه، در طبقه رسها قرار می‌گیرند، لزوماً شامل کانیهای رس نمی‌شوند. رسها اگر با مقدار محدودی آب مخلوط شوند، خاصیت خمیری از خود نشان می‌دهند. خمیری بودن خاصیت بتونه شکلی است که رس مخلوط با آب از خود نشان می‌دهد. خاکهای غیررسی می‌توانند شامل ذرات کوارتز، فلداسپار یا میکا باشند که فقط به علت ریزدانه بودن در طبقه‌بندی رسها قرار می‌گیرند. بنابراین مناسب است که ذرات خاکی که فقط از نقطه‌نظر اندازه در رده رسها قرار می‌گیرند (یعنی اندازه آنها کوچکتر از ۲ میکرون است)، به جای رس، ذرات با اندازه رسی نامیده شوند. ذرات رسی در محدود ذرات کلوئیدی می‌باشند.

۱-۲-۲- تعاریف کلی

شن: دانه‌هایی که از الک به قطر سوراخ ۷۵ میلیمتر رد شده و بر روی الک ۲ میلیمتر (نمره ۱۰)^۱ باقی می‌مانند.

ماسه: دانه‌هایی که از الک با سوراخ ۲ میلیمتر (نمره ۱۰) رد شده و بر روی الک ۰/۰۷۵ میلیمتر (نمره ۲۰۰) باقی بماند.

رس: ذراتی که از الک با قطر ۰/۰۷۵ میلیمتر (نمره ۲۰۰) عبور می‌کند.

لائی: ذراتی که قطر آن بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ میلیمتر می‌باشند.

قلوه سنگ: دانه‌های با قطر بیشتر از ۷۵ میلیمتر هستند.

لوم: یک نوع خاک نباتی می‌باشد.

تخلخل خاک (e): بصورت نسبت حجم حفرات موجود در خاک به حجم قسمت جامد تعریف می‌شود.

درصد اشباع (s): بصورت نسبت حجم آب به حجم حفرات تعریف می‌شود.

درصد رطوبت (w): بصورت نسبت وزن آب به وزن قسمت جامد تعریف می‌شود.

وزن مخصوص (λ): وزن واحد حجم خاک است.

تراکم نسبی خاک: نشانگر میزان تراکم خاک‌های دانه‌ای می‌باشد و بر حسب نسبت تخلخل خاک در سست‌ترین وضعیت و نسبت

تخلخل در متراکم‌ترین وضعیت محاسبه می‌شود.

حدود اتربرگ: میزان رطوبت خاک (برحسب درصد) در نقطه انتقال از حالت جامد به نیمه جامد، حد انقباض (SL) و در نقطه

انتقال از حالت نیمه جامد به خمیری، حد خمیری (PL) و از حالت خمیری به مایع را حد روانی (LL) می‌نامند که

حدود نامبرده به حدود اتربرگ معروف می‌باشند.

شاخص خمیری (PI): اختلاف بین حد روانی و حد خمیری خاک می‌باشد.

نهشته: رسوبات آبرفتی در مناطقی که نزدیک دریا هستند.

گروه فنی، مهندسی،
قرارداد و حقوقی

۱. الک نمره A یعنی هر یک اینچ از الک به A قسمت مساوی تقسیم و شبکه‌بندی می‌شود.

فصل ۲

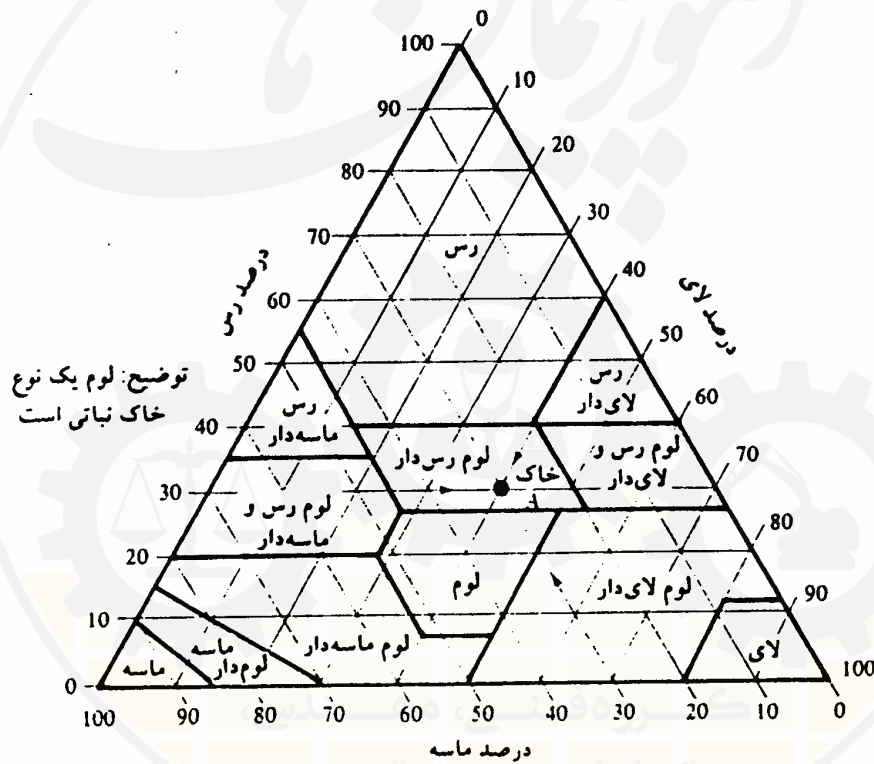
طبقه بندی خاکها



گروه فنی، مهندسی،
قرارداد و حقوقی

۱-۲- طبقه‌بندی خاک از نظر بافت آن

از نقطه نظر کلی، بافت خاک به ظاهر سطحی آن نسبت داده می‌شود. در حقیقت بافت خاک تحت تاثیر اندازه ذرات موجود در آن قرار دارد. در اغلب حالات، خاکهای طبیعی ترکیبی از گروهها با اندازه‌های مختلف می‌باشند. در طبقه‌بندیهای بافت خاک، ابتدا نام گروه اصلی و بعد نام گروه فرعی به صورت ذکر می‌شود. مثل رس ماسه‌دار^۱، رس لایه‌دار^۲ و غیره. در شکل ۱-۲، طبقه‌بندی بافت خاک که توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده^۳ (USDA) تدوین یافته، نشان داده شده است. این سیستم طبقه‌بندی بر پایه حدود اندازه ذرات قرار دارد.



شکل ۱-۲: طبقه‌بندی بافت خاک طبق طبقه‌بندی اداره کشاورزی ایالات متحده (USDA)

- 1 . Sandy
- 2 . Silty clay
- 3 . U.S.department of agriculture (USDA)

۲-۲- طبقه‌بندی خاکها برحسب موارد کاربردی خاک

اگرچه طبقه‌بندی بافتی خاک نسبتاً ساده است، لیکن کاملاً متکی بر دانه‌بندی خاک می‌باشد. مقدار کانی رسی که در خاکهای ریزدانه (رس، لای) ظاهر می‌شود، تاثیر بسیار عمده‌ای بر خواص فیزیکی خاک دارد. بنابراین برای تفسیر خواص یک خاک باید به خواص خمیری آن نیز توجه داشت.

از آنجائی که طبقه‌بندیهای مبتنی بر بافت خاک، توجهی به خواص خمیری خاک ندارند، بنابراین برای اغلب کاربردهای مهندسی کافی نخواهند بود. در حال حاضر استفاده از دو سیستم طبقه‌بندی پیچیده‌تر بین مهندسان خاک معمول است که هر دو سیستم مباحث دانه‌بندی و حدود اتربرگ را در طبقه‌بندی منظور می‌کنند. این دو سیستم عبارتند از سیستم طبقه‌بندی آشتو و سیستم طبقه‌بندی متحد. سیستم طبقه‌بندی آشتو اغلب توسط مهندسان عمران - سازه و سیستم طبقه‌بندی متحد، اغلب توسط مهندسان ژئوتکنیک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۲-۱- سیستم طبقه‌بندی آشتو

این سیستم بطور کامل در استاندارد ASTM به شماره D-3282 و استاندارد AASHT به شماره M145 تعریف شده است. در جدول ۱-۲ طبقه‌بندی آشتو نشان داده شده است. طبق این سیستم، خاک به گروههای اصلی A-1 تا A-7 تقسیم می‌شود. خاکهای گروههای A-1, A-2, A-3 مصالح دانه‌ای هستند که درصد عبوری آنها از الک نمره ۲۰۰، کمتر از ۳۵ درصد است. خاکهایی که درصد عبوریشان از الک نمره ۲۰۰ بیشتر از ۳۵ درصد باشد، در گروههای A-4, A-5, A-6, A-7 قرار می‌گیرند. این گروهها اغلب لای و رس می‌باشند. سیستم طبقه‌بندی بر مبنای معیارهای زیر قرار دارد :

الف - اندازه دانه‌ها :

- **شن** : دانه‌هایی که از الک ۷۵ میلی‌متر رد شده و بر روی الک ۲ میلی‌متر (نمره ۱۰) باقی می‌مانند.
- **ماسه** : دانه‌هایی که از الک ۲ میلی‌متر (نمره ۱۰) رد شده و بر روی الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (نمره ۲۰۰) باقی می‌مانند.
- **لای و رس** : ذراتی که از الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (نمره ۲۰۰) عبور می‌کنند.

جدول ۱-۲: سیستم طبقه‌بندی آشتو

| مصالح دانه‌ای (درصد عبوری از الک نمره ۲۰۰ مساوی ۳۵ درصد یا کمتر) | | | | | | | طبقه‌بندی عمومی |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|---|
| A-2 | | | | A-3 | A-1 | | طبقه‌بندی گروهی |
| A-2-7 | A-2-6 | A-2-5 | A-2-4 | | A-1-b | A-1-a | |
| 35 max. | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 51max. 10 max. | 50max. 25 max. | 50max. 30 max. 15max. | آزمایش دانه‌بندی (درصد عبوری) الک نمره ۱۰ (N0.10) الک نمره ۴۰ (N0.40) الک نمره ۲۰۰ (N0.200) |
| 41max. 11 max. | 40max. 11 max. | 41max. 10 max. | 40max. 10 max. | — | — | — | مشخصات قسمت عبوری از الک نمره ۴۰ حد روانی شاخص خمیری |
| ماسه و شن رس‌دار و یا لای‌دار | | | | ماسه ریز | ماسه و شن با قلوه سنگ | | نوع مصالح تشکیل دهنده |
| عالی تا خوب | | | | | | | مناسب بودن بعنوان مصالح بستر |

| مصالح دانه‌ای (درصد عبوری از الک نمره ۲۰۰ مساوی ۳۵ درصد یا کمتر) | | | | طبقه‌بندی عمومی |
|---|-------------------|--------------------|-------------------|---|
| A-7 A-7-5* A-7-6+ | A-6 | A-5 | A-4 | طبقه‌بندی گروهی |
| 36 min. | 36 min. | 36 min. | 36 min. | آزمایش دانه‌بندی (درصد عبوری) الک نمره ۱۰ (N0.10) الک نمره ۴۰ (N0.40) الک نمره ۲۰۰ (N0.200) |
| 41 min. 11 min. | 40max. 11 min. | 41 min. 10 max. | 40max. 10 max. | مشخصات قسمت عبوری از الک نمره ۴۰ حد روانی شاخص خمیری |
| خاکهای رس‌دار | | خاکهای لای‌دار | | نوع مصالح تشکیل دهنده |
| عالی تا خوب | | | | مناسب بودن بعنوان مصالح بستر |

* For A-7-5 . $PI \leq LL-30$ + For A-7-6 . $PI \geq LL-30$

ب - خاصیت خمیری :

صفت لای‌دار به خاکهایی اطلاق می‌شود که نشانه خمیری ریزدانه‌های آنها مساوی و یا کوچکتر از ۱۰ است. صفت رس‌دار به خاکهایی اطلاق می‌شود که نشانه خمیری ریزدانه‌های آن مساوی ۱۱ و یا بزرگتر است.

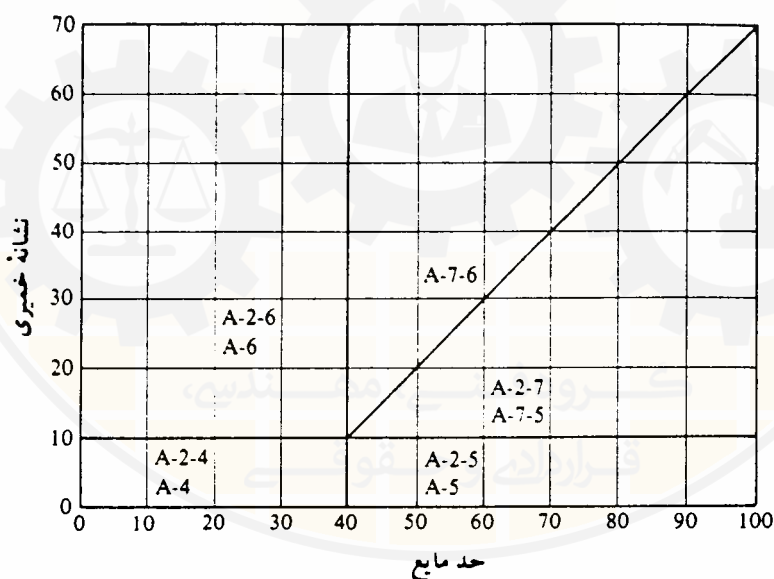
ج - وجود دانه‌های درشت :

اگر قلوه سنگ (دانه‌های با اندازه بزرگتر از ۷۵ میلی‌متر) در خاک یافت شود، در هنگام طبقه‌بندی از نمونه حذف شده لیکن درصد آنها ثبت می‌شود.

برای طبقه‌بندی یک خاک طبق جدول ۱-۲، نتایج آزمایشگاهی از راست به چپ اعمال می‌شوند. با فرآیند حذف، اولین گروهی از چپ که نتایج آزمایشگاهی با آن مطابق است، طبقه صحیح خاک خواهد بود.

در شکل ۲-۲، نموداری که برحسب حد مایع (روانی) و نشانه خمیری، خاکها را در گروه‌های A-7, A-6, A-5, A-4, A-2 جای می‌دهد، نشان داده شده است.

برای داشتن تخمینی از کیفیت یک خاک بعنوان مصالح بستر (زیرسازی)، عددی بعنوان نشانه گروه در کنار هر گروه وجود دارد. این عدد در داخل پرانتز بعد از اسم گروه نوشته می‌شود.



شکل ۲-۲: دامنه حد مایع (روانی) و شاخص خمیری برای خاکهای گروه‌های A-7, A-6, A-5, A-4, A-2

شاخص گروه از رابطه زیر محاسبه می‌گردد :

$$GI = (F-35)[0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F-15)(PI-10) \quad (1-2)$$

که در رابطه فوق :

GI : شاخص گروه

F = درصد عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (نمره ۲۰۰)

LL = حد مایع (روانی)

PI = شاخص خمیری می‌باشد.

اولین جمله در رابطه ۱-۲، یعنی $(F-35)[0.2+0.005(LL-40)]$ ، شاخص گروه جزئی^۱ می‌باشد که از حد مایع (حد روانی) بدست می‌آید. دومین جمله، $0.01(F-15)(PI-10)$ ، شاخص گروه جزئی می‌باشد که از شاخص خمیری بدست می‌آید. در زیر قوانینی در ارتباط با تعیین شاخص گروه ارائه می‌شود :

الف - اگر رابطه ۱-۲ یک مقدار منفی برای GI بدست دهد، مقدار آن صفر منظور می‌شود.

ب - شاخص گروه محاسبه شده از رابطه ۱-۲ به نزدیکترین عدد کامل گرد می‌شود (برای مثال، $GI=3.4$ به ۳ و $GI=3.5$ به ۴ گرد می‌شود).

ج - هیچ حد بالایی برای شاخص گروه وجود ندارد.

د - شاخص گروه خاکهای متعلق به گروههای A-3, A-2-5, A-2-4, A-1-b, A-1-a همواره مساوی صفر هستند (حدود اتربرگ برای این خاکها تعریف نشده است).

ه - در هنگام محاسبه شاخص گروه برای خاکهای متعلق به گروههای A-2-7, A-2-6، باید از شاخص گروه جزئی مربوط به شاخص خمیری PI استفاده نمود. به عبارت دیگر :

$$GI = 0.01 (F-15)(PI-10) \quad (2-2)$$

در حالت کلی، کیفیت عملکرد یک خاک بعنوان مصالح بستر، نسبت معکوس با شاخص گروه دارد.

۲-۲-۲- سیستم طبقه‌بندی متحد (USCS)

این سیستم بطور کامل در استاندارد ASTM بشماره D-2487 تعریف شده است و مورد استفاده وسیع مهندسی قرار دارد. در جدول

۲-۲، ۳-۲ و ۴-۲ سیستم طبقه‌بندی متحد ارائه شده است. این سیستم، خاکها را به دو رده عمده تقسیم می‌نماید :

الف- خاکهای درشت دانه با طبیعت شنی و یا ماسه‌ای و درصد عبوری کوچکتر از ۵۰ درصد از الک نمره ۲۰۰، علامت گروههای این طبقه با حروف G یا S شروع می‌شود. علامت G برای شن یا خاکهای شن‌دار و علامت S برای ماسه یا خاکهای ماسه‌دار بعنوان حرف اول به کار می‌روند.

ب- خاکهای ریزدانه با درصد عبوری بزرگتر از ۵۰ درصد از الک نمره ۲۰۰، علامت گروههای این طبقه با حرف M برای لای

غیرآلی و یا C برای رس غیرآلی و O برای لای‌ها و رس‌های آلی شروع می‌شود.

جدول ۲-۲: سیستم طبقه‌بندی متحد - علائم گروه برای خاکهای شنی

| علامت گروه | معیار |
|------------|---|
| GW | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ کوچکتر از ۵، C_U بزرگتر یا مساوی ۴ و C_c بین ۱ و ۳* |
| GP | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ کوچکتر از ۵ و هریک از دو شرط GW برآورد نمی‌شود. |
| GM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بزرگتر از ۱۲ است. حدود اتربرگ زیر خط A قرار می‌گیرد (شکل ۲-۳) و شاخص خمیری کمتر از ۴ است. |
| GC | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بزرگتر از ۱۲ است. حدود اتربرگ بالای خط A قرار می‌گیرد. (شکل ۲-۳) و شاخص خمیری بزرگتر از ۷ است. |
| GC-GM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بزرگتر از ۱۲ است. حدود اتربرگ در ناحیه سایه خورده شکل (۲-۳) قرار می‌گیرد (ناحیه CL-ML) |
| GW-GM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای GM, GW برآورده می‌شود. |
| GW-GC | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای GC, GW برآورده می‌شود. |
| GP-GM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای GM, GP برآورده می‌شود. |
| GP-GC | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای GC, GP برآورده می‌شود. |

$$* (C_U = D_{60}/D_{10} \text{ و } C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}})$$

Da : قطر مربوط به a درصد عبوری، روی منحنی دانه‌بندی خاک

جدول ۲-۳: سیستم طبقه‌بندی متحد - علائم گروه برای خاکهای ماسه‌ای

| علامت گروه | معیار |
|------------|--|
| SW | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ کوچکتر از ۵، C_U بزرگتر یا مساوی ۶ و C_c بین ۱ و ۳ |
| SP | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ کوچکتر از ۵ و هریک از دو شرط SW برآورد نمی‌شود. |
| SM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بزرگتر از ۱۲ است. حدود اتربرگ زیر خط A قرار می‌گیرد (شکل ۲-۳) و نشانه خمیری کمتر از ۴ است. |
| SC | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بزرگتر از ۱۲ است. حدود اتربرگ بالای خط A قرار می‌گیرد. (شکل ۲-۳) و نشانه خمیری بزرگتر از ۷ است. |
| SC-SM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بزرگتر از ۱۲ است. حدود اتربرگ در ناحیه سایه خورده شکل (۲-۳) قرار می‌گیرد (ناحیه CL-ML) |
| SW-SM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای SM, SW برآورده می‌شود. |
| SW-SC | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای SC, SW برآورده می‌شود. |
| SP-SM | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای SM, SP برآورده می‌شود. |
| SP-SC | درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۲ است و معیارهای SC, SP برآورده می‌شود. |

جدول ۲-۴: سیستم طبقه‌بندی متحد - علامت گروه برای خاکهای رسی و لای

| علامت گروه | معیار |
|------------|--|
| CL | غیرآلی، $LL < 50$ و $PI > 7$ و منطبق با بالای خط A (به ناحیه CL در شکل ۲-۳ توجه شود) |
| ML | غیرآلی، $LL < 50$ و $PI > 4$ و زیر خط A (به ناحیه ML در شکل ۲-۳ توجه شود) |
| OL | آلی، $LL < 0.75$ (نمونه خاک خشک نشده) / LL نمونه خاک خشک شده و $LL < 50$ (به ناحیه OL در شکل ۲-۳ توجه شود). |
| CH | غیرآلی، $LL < 50$ و PI منطبق و یا بالای خط A (به ناحیه CH در شکل ۲-۳ توجه شود). |
| MH | غیرآلی، $LL < 50$ و PI زیر خط A (به ناحیه MH در شکل ۲-۳ توجه شود). |
| OH | آلی، $LL < 0.75$ (نمونه خاک خشک نشده) / LL نمونه خاک خشک شده و $LL \geq 50$ (به ناحیه OL در شکل ۲-۳ توجه شود). |
| CL-ML | غیرآلی، در ناحیه هاشور خورده در شکل ۲-۳ |
| Pt | تورب، ماک (خاکبرگ) و یا سایر خاکهای آلی با درجه آلی بزرگ |

علائمی که بعنوان دومین حرف در طبقه‌بندی به کار می‌روند، عبارتند از :

W = خوب دانه‌بندی شده

P = بد دانه‌بندی شده

L = خاصیت خمیری کم (حد مایع کوچکتر از ۵۰)

H = خاصیت خمیری زیاد (حد مایع بزرگتر از ۵۰)

حروف فوق همیشه بعنوان حرف دوم قرار گرفته و صفت حرف اول هستند.

طبق این سیستم برای طبقه‌بندی کامل، بخش و یا تمامی اطلاعات زیر لازم است :

الف - درصد شن، یعنی قسمتی که از الک با قطر ۷۵ میلی‌متر عبور کرده و روی الک با قطر ۴/۷۵ میلی‌متر (نمره ۴) باقی می‌ماند.

ب - درصد ماسه، یعنی درصد عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر (نمره ۴) و مانده روی الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (نمره ۲۰۰).

ج - درصد لای و رس، یعنی درصد عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (نمره ۲۰۰).

د - ضریب یکنواختی C_u و ضریب دانه‌بندی C_c .

ه - حد روانی و شاخص خمیری برای قسمت عبوری از الک نمره ۴۰.

علامت گروه برای خاکهای درشت دانه شنی عبارتند از :

GP-GC, GP-GM, GW-GC, GW-GM, GC-GM, GC, GP, GW

برای خاکهای دانه‌ای ماسه‌ای علائم عبارتند از :

SP-SC, SP-SM, SW-SC, SW-SM, SC-SM, SC, SM, SP, SW

بطور مشابه علامت گروه برای خاکهای ریزدانه شامل CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, Pt می‌باشند.

روش گام به گام برای طبقه‌بندی به شرح زیر است :

نکته: طبق استاندارد اندازه الک، شماره الک ۴ دارای اندازه روزنه ۴/۷۵mm و شماره الک ۲۰۰ دارای اندازه روزنه ۰/۰۷۵mm

می‌باشند. طبق سیستم طبقه‌بندی متحد، به خاک مانده بر روی الک شماره ۴، شن و به خاک عبوری از الک ۴ و مانده بر روی الک

۲۰۰، ماسه اطلاق می‌گردد.

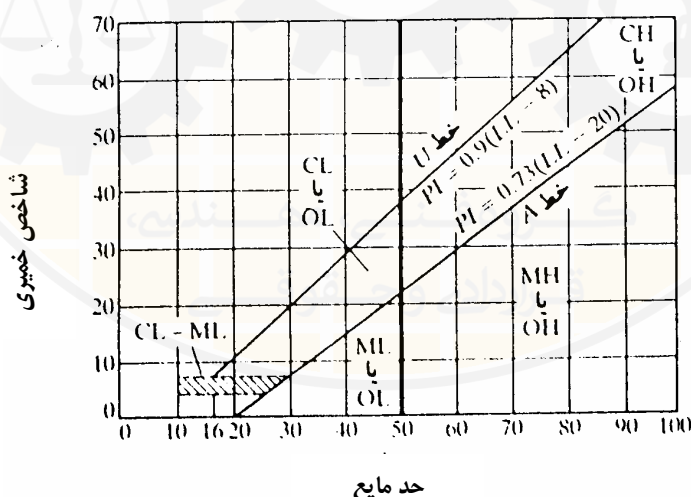
گام ۱- درصد عبوری از الک نمرة ۲۰۰ را تعیین و آن را با F نمایش دهید. اگر $F < 50\%$ باشد، خاک درشت‌دانه (شنی یا ماسه‌ای) بوده و به گام ۲ بروید. اگر $F > 50\%$ باشد، خاک ریزدانه بوده و به گام ۳ بروید.

گام ۲- برای خاک دانه درشت، $(100-F)$ درصد درشت دانه است. درصد عبوری از الک نمرة ۴ و مانده روی الک ۲۰۰ را تعیین کرده و با F_1 نمایش دهید. اگر $F_1 < (100-F)/2$ باشد، مقدار شن بزرگتر از مقدار ماسه بوده، در نتیجه خاک شنی است. برای تعیین علامت گروه به جدول ۲-۲ و شکل ۳-۲ مراجعه نمایید. سپس برای تعیین نام گروه به جدول ۲-۵ مراجعه کنید. اگر $F_1 \geq (100-F)/2$ باشد، خاک ماسه‌ای است. برای تعیین علامت گروه به جدول ۳-۲ و شکل ۳-۲ و برای تعیین نام گروه به جدول ۵-۲ مراجعه نمایید.

گام ۳- برای خاکهای ریزدانه، برای تعیین علامت گروه به جدول ۴-۲ و شکل ۳-۲ مراجعه کنید. اگر خاک غیرآلی باشد، برای تعیین نام گروه به جدول ۶-۲ و اگر آلی باشد، به جدول ۷-۲ مراجعه نمایید.

در جدول (۶-۲) معیار آلی بودن خاک به صورت $\frac{LL \text{ (خشک شده)}}{LL \text{ (خشک نشده)}} < 0.75$ آورده شده است.

ملاحظه می‌شود که در سیستم طبقه‌بندی متحد، ملاک تشخیص رس و لای اندازه قرار داده نشده است و کلیه ذراتی که اندازه آنها کمتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر است، در طبقه ریزدانه‌ها قرار داده شده‌اند که بدون شک آنهایی که خاصیت خمیری از خود نشان دهند، در طبقه رس و آنهایی که نشان ندهند، در طبقه لای قرار می‌گیرند.



شکل ۳-۲: نمودار خمیری

جدول ۲-۵: نمودار تعیین علامت و نام گروه برای خاکهای شنی و ماسه‌ای

| علامت گروه | | نام گروه |
|------------|------------------|------------------------------------|
| GW | ماسه $\leq 15\%$ | شن خوب دانه‌بندی شده |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن خوب دانه‌بندی شده با ماسه |
| GP | ماسه $\leq 15\%$ | شن بد دانه‌بندی شده |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن بد دانه‌بندی شده با ماسه |
| GW-GM | ماسه $\leq 15\%$ | شن خوب دانه‌بندی شده با لای |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن خوب دانه‌بندی شده با ماسه و لای |
| GW-GC | ماسه $\leq 15\%$ | شن خوب دانه‌بندی شده با رس |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن خوب دانه‌بندی شده با رس و ماسه |
| GP-GM | ماسه $\leq 15\%$ | شن بد دانه‌بندی شده با لای |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن بد دانه‌بندی شده با لای و ماسه |
| GP-GC | ماسه $\leq 15\%$ | شن بد دانه‌بندی شده با رس |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن بد دانه‌بندی شده با رس و ماسه |
| GM | ماسه $\leq 15\%$ | شن لای‌دار |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن لای‌دار ماسه‌دار |
| GC | ماسه $\leq 15\%$ | شن رس‌دار |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن رس‌دار با ماسه |
| GC-GM | ماسه $\leq 15\%$ | شن رسی و لای‌دار |
| | ماسه $\geq 15\%$ | شن رسی و لای‌دار با ماسه |
| SW | شن $\leq 15\%$ | ماسه خوب دانه‌بندی شده |
| | شن $\geq 15\%$ | ماسه خوب دانه‌بندی شده با شن |
| SP | شن $\leq 15\%$ | ماسه بد دانه‌بندی شده |
| | شن $\geq 15\%$ | ماسه بد دانه‌بندی شده با شن |

جدول ۲-۶: نمودار تعیین علامت و نام گروه برای خاکهای رسی و لای غیرآلی

| | | علامت گروه | | نام گروه | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| LL < 50 | غیر آلی | PI > 7 | CL | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۱۵٪ | رس لاغر ^۱ |
| | | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ۱۵-۲۹٪ | رس لاغر با ماسه |
| | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ≥ ۳۰٪ | شن % ≥ ماسه % | رس لاغر با شن |
| | | | | | شن % < ماسه % | رس لاغر ماسه‌دار |
| | | | | | شن % ≥ ۱۵٪ | رس لاغر ماسه‌دار با شن |
| | | | | | شن % < ۱۵٪ | رس لاغر با شن‌دار |
| | | شن % < ماسه % | رس لاغر شن‌دار با ماسه | | | |
| | | ۴ ≤ PI ≤ ۷ | CL- ML | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۱۵٪ | رس لای‌دار |
| | | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ۱۵-۲۹٪ | رس لای‌دار با ماسه |
| | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ≥ ۳۰٪ | شن % ≥ ماسه % | رس لای‌دار با شن |
| | | | | | شن % < ماسه % | رس لای‌دار با ماسه‌دار |
| | | | | | شن % ≥ ۱۵٪ | رس لای‌دار ماسه‌دار با شن |
| | شن % < ۱۵٪ | | | | لای شن‌دار | |
| | شن % < ماسه % | لای شن‌دار با ماسه | | | | |
| | PI < ۴ | ML | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۱۵٪ | لای | |
| مانده روی الک شماره ۲۰۰ ۱۵-۲۹٪ | | | | لای با ماسه | | |
| مانده روی الک شماره ۲۰۰ ≥ ۳۰٪ | | | شن % ≥ ماسه % | لای با شن | | |
| | | | شن % < ماسه % | لای ماسه‌دار | | |
| | | | شن % ≥ ۱۵٪ | لای ماسه‌دار با شن | | |
| | | | شن % < ۱۵٪ | لای شن‌دار | | |
| شن % < ماسه % | لای شن‌دار با ماسه | | | | | |
| آلی | | | خاک خشک کوره‌ای-LL خاک خشک نشده-LL | < 0.75 | OL | |
| LL ≥ 50 | غیر آلی | PI بالا یا روی خط A | CH | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۱۵٪ | رس چاق ^۲ |
| | | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ۱۵-۲۹٪ | رس چاق با ماسه |
| | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ≥ ۳۰٪ | شن % ≥ ماسه % | رس چاق با شن |
| | | | | | شن % < ماسه % | رس چاق ماسه‌دار |
| | | | | | شن % ≥ ۱۵٪ | رس چاق ماسه‌دار با شن |
| | | | | | شن % < ۱۵٪ | رس چاق شن‌دار |
| | | شن % < ماسه % | رس چاق شن‌دار با ماسه | | | |
| | | PI پائین خط A | MH | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ < ۱۵٪ | لای ارتجاعی ^۳ |
| | | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ۱۵-۲۹٪ | لای ارتجاعی با ماسه |
| | | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ≥ ۳۰٪ | شن % ≥ ماسه % | لای ارتجاعی با شن |
| | | | | | شن % < ماسه % | لای ارتجاعی ماسه و شن |
| | | | | | شن % ≥ ۱۵٪ | لای ارتجاعی ماسه دار با شن |
| شن % < ۱۵٪ | لای ارتجاعی شن‌دار | | | | | |
| شن % < ماسه % | لای ارتجاعی شن‌دار با ماسه | | | | | |
| آلی | | | خاک خشک کوره‌ای-LL خاک خشک شده-LL | < 0.75 | OH | |

1. Lean clay
2. Flat clay
3. Elastic silt

جدول ۲-۷: نمودار تعیین علامت و نام گروه خاکهای رسی و لای آلی

| | | | | | |
|----|------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| OL | PI ≥ 4 | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، < ۱۵٪ | رس آلی | |
| | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، ۱۵-۲۹٪ | رس آلی با ماسه | رس آلی با شن |
| | | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) ≥ ۳۰٪ | شن ≥ ۱۵٪ ماسه % | رس آلی ماسه دار | رس آلی ماسه دار با شن |
| | | | | رس آلی شن دار | رس آلی شن دار با ماسه |
| | | | شن < ۱۵٪ ماسه % | رس آلی شن دار | رس آلی شن دار با ماسه |
| | | | | رس آلی شن دار با ماسه | |
| | PI < 4 | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، < ۱۵٪ | لای آلی | |
| | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، ۱۵-۲۹٪ | لای آلی با ماسه | لای آلی با شن |
| | | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) ≥ ۳۰٪ | شن ≥ ۱۵٪ ماسه % | لای آلی ماسه دار | لای آلی ماسه دار با شن |
| | | | | لای آلی شن دار | لای آلی شن دار با ماسه |
| | | | شن < ۱۵٪ ماسه % | لای آلی شن دار | لای آلی شن دار با ماسه |
| | | | | لای آلی شن دار با ماسه | |
| OH | بالا یا روی خط A | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، < ۱۵٪ | رس آلی | |
| | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، ۱۵-۲۹٪ | رس آلی با ماسه | رس آلی با شن |
| | | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) ≥ ۳۰٪ | شن ≥ ۱۵٪ ماسه % | رس آلی ماسه دار | رس آلی ماسه دار با شن |
| | | | | رس آلی شن دار | رس آلی شن دار با ماسه |
| | | | شن < ۱۵٪ ماسه % | رس آلی شن دار | رس آلی شن دار با ماسه |
| | | | | رس آلی شن دار با ماسه | |
| | پائین خط A | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) < ۳۰٪ | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، < ۱۵٪ | لای آلی | |
| | | | مانده روی الک شماره ۲۰۰ ، ۱۵-۲۹٪ | لای آلی با ماسه | لای آلی با شن |
| | | (مانده روی الک شماره ۲۰۰) ≥ ۳۰٪ | شن ≥ ۱۵٪ ماسه % | لای آلی ماسه دار | لای آلی ماسه دار با شن |
| | | | | لای آلی شن دار | لای آلی شن دار با ماسه |
| | | | شن < ۱۵٪ ماسه % | لای آلی شن دار | لای آلی شن دار با ماسه |
| | | | | لای آلی شن دار با ماسه | |

۲-۲-۳- مقایسه بین سیستم‌های طبقه‌بندی آشتو و متحد

هر دو سیستم طبقه‌بندی خاک، آشتو و متحد، بر مبنای بافت و خاصیت خمیری خاک قرار دارند. همچنین هر دو سیستم خاکها را با معیار قراردادن الک نمره ۲۰۰، به دو طبقه درشت دانه و ریزدانه تقسیم می‌کنند. طبق سیستم آشتو، در صورتی خاک ریزدانه در نظر گرفته می‌شود که بیشتر از ۳۵ درصد آن از الک نمره ۲۰۰ عبور نماید. طبق سیستم متحد، در صورتی خاک ریزدانه در نظر گرفته می‌شود که بیشتر از ۵۰ درصد آن از الک نمره ۲۰۰ عبور نماید. یک خاک درشت‌دانه که ریزدانه‌های آن بزرگتر از ۳۵ درصد باشد، همانند مصالح ریزدانه رفتار خواهد کرد. علت امر آن است که در خاک به قدر کافی ریزدانه وجود دارد که فضای بین درشت‌دانه‌ها را پر کرده و آنها را از یکدیگر دور نگه دارد. از این نقطه نظر طبقه‌بندی آشتو مناسبتر است. در سیستم آشتو الک نمره ۱۰ بعنوان مرز بین ماسه و شن است. در حالیکه در سیستم متحد، این مرز الک نمره ۴ می‌باشد. از نقطه نظر محدوده‌های جداکننده اندازه ذرات، الک نمره ۱۰ مقبولیت بیشتری بعنوان حد بالای ماسه دارد. این حد در تکنولوژی بتن و مصالح اساس و زیراساس جاده‌های پست نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

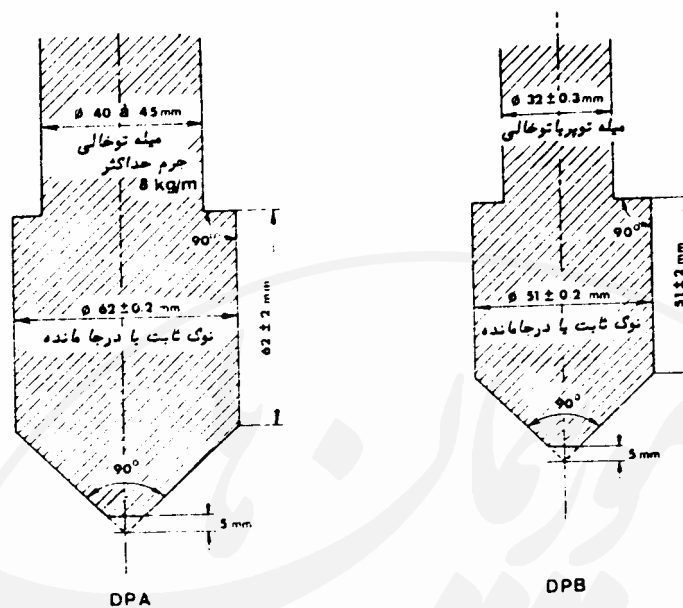
در سیستم متحد، خاکهای شن‌دار و ماسه‌دار بطور واضح از یکدیگر جدا شده‌اند، لیکن در سیستم آشتو این امر انجام نگرفته است (مخصوصاً گروه A-2 که شامل طیف متنوعی از خاکهاست). علائمی نظیر CH, SM, GW و سایرین که در سیستم طبقه‌بندی متحد مورد استفاده قرار می‌گیرند، توصیف بهتری از خاکها ارائه می‌دهند تا حروفی مثل A که در سیستم آشتو مورد استفاده قرار می‌گیرند.

طبقه‌بندی خاکهای آلی نظیر Pt, OH, OL در سیستم طبقه‌بندی متحد منظور شده است، در حالیکه در سیستم آشتو جایی برای خاکهای آلی وجود ندارد.

با توجه به عملکرد و نحوه عملیات اجرایی ساختمانی در پستهای فشار قوی، اغلب از سیستم آشتو استفاده می‌گردد.

۲-۳- طبقه‌بندی خاکها از نظر ظرفیت باربری خاک

در این خصوص، با فرض یک فونداسیون مربع به ابعاد یک متر در یک متر که در عمق یک متری از سطح زمین آماده برای کار قرار گرفته است مقدار ظرفیت مجاز باربری خاک با احتساب ضرائب اطمینان کافی ارائه می‌گردد. در این طبقه بندی، q_u ظرفیت باربری مجاز خاک (بدون در نظر گرفتن نشست) بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و N تعداد ضربات ناشی از آزمایش نفوذ استاندارد با مخروط توپر و یا استوانه مخصوص نمونه‌گیری است. ϕ و C نیز به ترتیب زاویه اصطکاک داخلی خاک بر حسب درجه و چسبندگی خاک بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. تعداد ضربات آزمایش نفوذ استاندارد برای ۳۰ سانتیمتر آخر است و از تعداد ضربات برای نفوذ ۱۵ سانتیمتر ابتدایی به دلیل احتمال دست خوردگی خاک صرفنظر می‌شود. در مرحله اجرای پروژه با توجه به مشخصات خاک و با انجام صرفاً آزمایش نفوذ استاندارد، نوع فونداسیون مربوطه مشخص خواهد گردید. روش انجام این آزمایش در پیوست الف آمده است.



شکل ۲-۴: دستگاه آزمایش نفوذ استاندارد

از مقدار N برای تعیین حد مایع (LL) و شاخص خمیری (PI) استفاده می‌شود که در آن PI برابر اختلاف حد مایع و حد خمیری می‌باشد ($PI=LL-PL$).
 طبقه‌بندی خاک براساس حد مایع و شاخص خمیری در جداول ۲-۶ و ۲-۷ آورده شده است.
 برای تعیین q_a (ظرفیت باربری مجاز خاک) با استفاده از روابط تئوریک، می‌توان به فصل دهم مرجع [۵] مراجعه نمود.
 نیازی به ارائه روابط و روشهای تعیین سرعت موج برشی در یک لایه خاک نیست و تعیین این پارامتر جز وظایف مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد.

۲-۳-۱- زمین های باتلاقی (خاک رس مغروق) و یا خاک رس با رطوبت زیاد

در این قبیل زمینها که معمولاً با نوسان سطح آب زیرزمینی در فصول مختلف سال و یا در سالهای مختلف با پریودهای طبیعی آب و هوایی مواجه است بصورت زیر می‌توان برخورد نمود.

الف: در صورتیکه مقدار N در آزمایش نفوذ استاندارد کمتر از مساوی ۲۰ باشد، پارامترهای خاک بشرح زیر پیش بینی می‌شوند.

$$\phi \approx 0$$

$$C \approx 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a \approx 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

ب: در صورتیکه مقدار N در آزمایش نفوذ استاندارد بزرگتر از ۲۰ باشد، پارامترهای خاک بشرح زیر پیش بینی می‌شوند.

$$\phi \approx 0$$

$$C \approx 1 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a \approx 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

۲-۳-۲- خاکهای رسی خشک خالص و یا همراه با درصد کمی مصالح درشت دانه

این قبیل خاکها، معمولاً بدون نوسانات فصلی و یا پرپودیک سطح آب زیرزمینی می‌باشند. در صورتیکه مقدار (N) آزمایش نفوذ استاندارد بیش از ۵۰ باشد، ظرفیت باربری مجاز خاک بصورت زیر قابل پیش‌بینی است.

$$q_a \geq 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

۲-۳-۳- خاکهای درشت دانه همراه با قلوه سنگ در حالت مغروق

در این قبیل خاکها که می‌تواند با نوسانات سطح آب زیرزمینی همراه باشد و یا اینکه سطح آب زیرزمینی در آن ثابت باشد، پارامترهای خاک بشرح زیر قابل پیش‌بینی است.

$$N \geq 50$$

$$q_a \geq 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

۲-۳-۴- خاکهای درشت دانه همراه با قلوه سنگ در حالت خشک

در این قبیل خاکها نوسان سطح آب زیرزمینی وجود ندارد و پارامترهای خاک در این حالت بصورت زیر پیش‌بینی می‌شود.

$$N \geq 50$$

$$q_a \geq 3 \text{ kg/cm}^2$$

تقسیم بندی ارائه شده در این قسمت بر مبنای خاکهایی است که در پستهای کشور بطور غالب وجود دارد که البته برخی موارد استثنائی نیز وجود دارد که در حالت‌های خاص می‌توان با آنها بصورت موردی برخورد نمود.

یادآوری ۱: تعیین پارامترهای اساسی خاک در آنالیز و طراحی فونداسیون

دو پارامتر اساسی خاک که در محاسبات آنالیز و طراحی فونداسیون نقش دارند یکی ظرفیت باربری مجاز و دیگری ضریب واکنش بستر است که باید از سوی مهندس مشاور ژئوتکنیک تسلیم مهندس طراح گردد.

یادآوری ۲: ظرفیتی باربری مجاز (q_a)

ظرفیت باربری مجاز خاک (q_a) با اعمال ضریب اطمینان (حداقل برابر ۳) در ظرفیت باربری نهایی خاک (q_{ult}) و همچنین با ملحوظ داشتن حداکثر نشست مجاز فونداسیون، در گزارش مهندس ژئوتکنیک بایستی ارائه گردد.

یادآوری ۳: ضریب واکنش بستر

در تعریف ضریب واکنش بستر باید گفت که نسبت تنش در یک نقطه زیر فونداسیون به میزان نشست در همان نقطه، ضریب واکنش بستر قائم نامیده می‌شود.

$$K_s = \frac{q}{\delta} \quad (۲-۲)$$

که در آن:

q: تنش (kg/cm^2)

K_s : ضریب واکنش بستر (kg/m^3) و

δ : میزان نشست (m) می‌باشد.

جدول ۲-۸ موارد فوق را به صورت خلاصه بیان می‌دارد.

جدول ۲-۸: طبقه‌بندی خاکها از نظر ظرفیت باربری خاک

| q_a (kg/cm^2) | C | Φ | N | نوع زمین |
|-------------------------------|-----|--------|-----------|--|
| 0.5 | 0.5 | 0 | ≤ 20 | باتلاقی و یا خاک رس با رطوبت زیاد |
| 0.5 | 1 | 0 | > 20 | |
| 1.5 | - | - | ≥ 50 | خاکهای رسی خشک خالص و یا همراه با درصد کمی مصالح درشت دانه |
| 1.5 | - | - | ≥ 50 | خاکهای درشت دانه همراه با قلوه‌سنگ در حالت مغروق |
| 3 | - | - | ≥ 50 | خاکهای درشت دانه همراه با قلوه‌سنگ در حالت خشک |

۲-۴- طبقه‌بندی انواع خاکها از دیدگاه آئین‌نامه ۲۸۰۰ ایران

در این آیین‌نامه، انواع زمین‌ها از نظر نوع سنگ و خاک مطابق جدول ۲-۹ طبقه‌بندی می‌گردند.

جدول ۲-۹: طبقه‌بندی انواع زمین از نظر نوع سنگ و خاک

| حدود تقریبی V_s (متر بر ثانیه) | توصیف مواد متشکله | نوع زمین |
|-------------------------------------|--|----------|
| بیشتر از ۷۵۰ | الف: سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریزدانه)، سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده‌ای (گنایس‌ها- سنگهای متبلور سیلیکاته) طبقات کنگلومرایی | I |
| $375 \leq \bar{V}_s \leq 750$ | ب: خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت کمتر از ۳۰ متر | II |
| $375 \leq \bar{V}_s \leq 750$ | الف: سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی، سنگهای دگرگونی متورق و بطور کلی سنگهایی که در اثر هوازدگی (تجزیه و تخریب) سست شده‌اند. | |
| $375 \leq \bar{V}_s \leq 750$ | ب: خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر | III |
| $175 \leq \bar{V}_s \leq 375$ | الف: سنگهای متلاشی شده در اثر هوازدگی | |
| $175 \leq \bar{V}_s \leq 375$ | ب: خاکهای با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط بین دانه‌ای و رس با سختی متوسط | IV |
| کمتر از ۱۷۵ | الف: نهشته‌های نرم با رطوبت زیاد در اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی ب: هر گونه پروفیل خاک که شامل حداقل ۶ متر خاک رس با شاخص خمیری بیشتر از ۲۰ درصد و رطوبت بیشتر از ۴۰ باشد. | |

در جدول فوق، \bar{V}_s سرعت موج برشی می باشد که با رعایت اثر ضخامت لایه‌ها در فاصله ۳۰ متری عمق زمین به نسبت ضخامت لایه V_{si} و d_i میانگین‌گیری شده است. مثلاً اگر d_i و V_{si} به ترتیب ضخامت لایه i ام و سرعت موج برشی در آن لایه باشند، می‌توان از رابطه زیر \bar{V}_s را محاسبه کرد:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / V_{si})} \quad (3-2)$$

که در آن مقادیر صورت و مخرج شامل جمع برای تمام لایه‌های تا فاصله ۳۰ متری عمق از سطح زمین می‌باشد. ارقام ستون سوم به عنوان راهنما بوده و در صورتیکه تشخیص نوع خاک با مشاهدات و شواهد توصیفی این جدول توسط طراح امکان‌پذیر نباشد لازم است بر اساس نتایج آزمایشگاهی و یا محلی، V_{si} مستقیماً اندازه‌گیری و یا با توجه به روابط تجربی معتبر از روی یکی از پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک تعیین و ملاک تعیین طبقه بندی نوع خاک با استفاده از مقادیر مربوط در این جدول قرار گیرد. روابط تجربی مورد استفاده در محاسبه V_s در مرجع [۱۰] ارائه شده‌اند. در صورت وجود تردید در انطباق محل ساختمان با مشخصات زمین‌های مندرج در جدول شماره (۲-۸) باید نوع زمینی که ضریب بازتاب بزرگتری بدست می‌دهد انتخاب شود [۲].

۲-۵- طبقه‌بندی درجه خوردگی خاکها

۲-۵-۱- خواص فیزیکی خاک

بافت و ساختار

از آنجا که خاک، علاوه بر موادمعدنی شامل مواد آلی، رطوبت، گازها و ارگانیزمهای زنده نیز می‌باشد، واضح است که گستره‌ی اندازه نسبی، تعیین‌کننده‌ی تمام ماهیت ساختاری خاک نیست. درواقع اغلب خاکها بیشتر از آن که از ذرات منفرد و جدا تشکیل شده باشند، شامل توده‌هایی از ذرات در درون یک زمینه‌ی کلوئیدی آلی و غیر آلی هستند. این توده‌ها ساختار خردی به خاک داده و منجر به ریزش، آمادگی بیشتر برای نفوذ رطوبت، هوادهی بیشتر، سایش کمتر در اثر آب و باد و بطور کلی فعالیت بیولوژیکی بیشتر می‌شوند. ساختار توده‌ای خاک ممکن است در نتیجه‌ی کارهای مکانیکی، یا تغییرات شیمیایی مانند انباشتگی قلیایی زیاد، زایل شود. خرابی ساختار خاک منجر به تغییرات بسیار زیاد در ماهیت فیزیکی خاک می‌گردد.

مقاومت الکتریکی ویژه

مقاومت الکتریکی ویژه خاک، میزان توانائی خاک را از نظر هدایت الکتریکی بیان می‌کند. مقاومت ویژه خاک تابع رطوبت خاک و غلظت یونهای محلول در خاک می‌باشد. مقدار مقاومت ویژه محیطهای مختلف متفاوت بوده و واحد اندازه‌گیری آن اهم-سانتیمتر است. در جدول ۲-۱۰ رابطه بین ویژه خاک و میزان خوردگی بیان شده است. روش اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک در استاندارد "مشخصات فنی، عمومی و اجرایی سیستم زمین در پستهای فشارقوی" از سری همین استانداردها آمده است.

جدول ۲-۱۰: رابطه بین مقاومت ویژه خاک و میزان خوردگی خاک [۴]

| مقاومت ویژه خاک، اهم- سانتیمتر | خوردگی خاک |
|--------------------------------|--------------------|
| ۰-۱۰۰۰ | شدیداً خورنده |
| ۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ | خورنده |
| ۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ | با خوردگی متوسط |
| >۱۰۰۰۰۰ | با خوردگی بسیار کم |

هوادهی و نفوذ اکسیژن

فضای منافذ خاک ممکن است بوسیله آب یا گازها پر شده باشد. بنابراین هوادهی خاک مستقیماً به مقدار منافذ موجود و میزان آب موجود در خاک مربوط می‌شود. خاکهای دارای بافت ریز به دلیل میزان بالای خاک رس دارای ذرات بسیار متراکم بوده و لذا نسبت به یک خاک دارای بافت درشتتر، مقدار منافذ کمی برای نفوذ گازی دارند. میزان اکسیژن خاک از نظر خوردگی اهمیت خاصی دارد. نفوذ گازها در درون خاک در اثر تعدادی از عوامل آب و هوایی افزایش می‌یابد. تغییر درجه حرارت در طول شبانه‌روز سبب انبساط و انقباض گازهای سطح خاک می‌گردد. تغییر فشار هوا نیز دارای اثر شبه دمشی بر نفوذ گاز است. فعالیتهای بیولوژیکی در خاک، به کاهش میزان اکسیژن و جایگزین شدن آن با گازهای حاصل از فعالیت متابولیکی مانند دی اکسید کربن منجر می‌شود.

۲-۵-۲- خواص شیمیایی خاک

نمکهای محلول

آب درون خاک به عنوان حلال نمکهای خاک بحساب آمده و حاصل آن، محلول خاک نامیده می‌شود. ارتباط مهم بین نمکهای خاک و خوردگی به فعالیتهای بیولوژیکی بر می‌گردد. از آنجا که رشد گیاهان و میکروارگانیسمها به مواد معدنی مناسب بستگی دارد، فعالیت آنها با میزان مواد معدنی خاک تغییر می‌کند. مثلاً می‌توان به نقش مواد مختلفی همچون نیتروژن، گوگرد و سولفات در رشد باکتریها و تاثیر آنها در خوردگی خاک اشاره نمود.

آب و تغییرات حجم آن

در خاک کاملاً خشک، خوردگی رخ نمی‌دهد. در خاک برای یونیزه کردن ترکیبات و نمکهای موجود بر سطح فلز، وجود آب ضروری می‌باشد. آب همچنین برای یونیزه کردن نمکهای موجود در خاک لازم است. بنابراین آب در خاک بعنوان مهمترین عامل کامل کننده مدار برای عبور جریان خوردگی محسوب می‌گردد. آب علاوه بر شرکت داشتن در تمام فرآیندهای پایه‌ای خوردگی، بر اکثر عوامل مؤثر در خوردگی خاک نیز نقش تعیین کننده دارد.

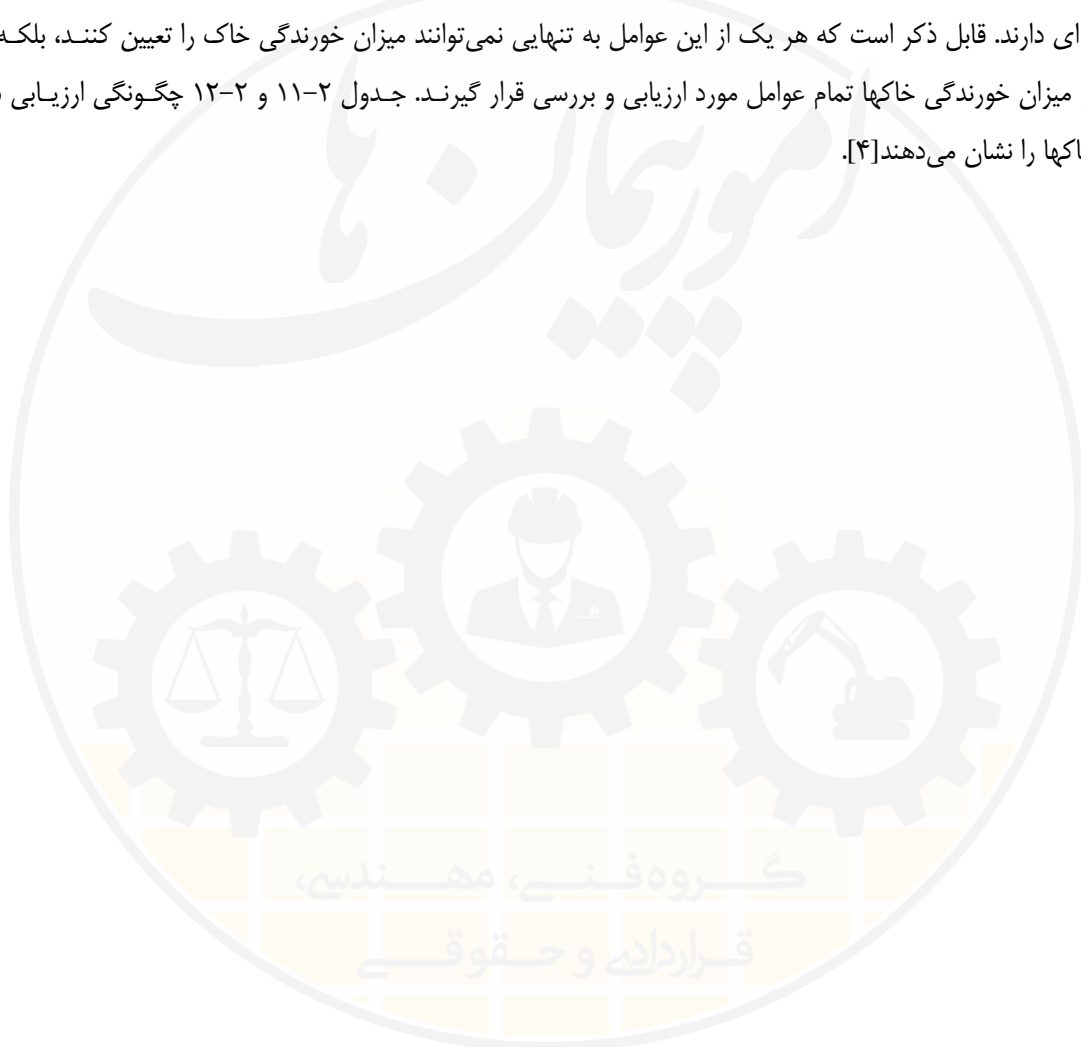
PH

اندازه گیری PH خاک بیشتر برای مشخص کردن شرایط غیر عادی خاک بوده و در اکثر موارد برای تشخیص خاکهای غیر متشابه از یکدیگر بسیار مفید می‌باشد. مقدار PH خاکها و آبهای زیرزمینی در بین محدوده ۳/۵ تا ۱۰ تغییر می‌کند. اکثر این محیطها دارای

PH بین ۶/۵ تا ۷/۵ هستند که به آنها محیط‌های خنثی گویند. تعدادی از خاکها قلیائی بوده و دارای PH بین ۷/۵ تا ۱۰ هستند. در ضمن خاکهای اسیدی با PH بین ۳/۵ تا ۶/۵ نیز موجود می‌باشند. با کاهش مقادیر PH، خوردگی خاکهای اسیدی نسبت به فولاد افزایش می‌یابد.

۲-۵-۳- معیار بررسی درجه خوردگی خاکها

همانطور که قبلاً خاطر نشان گردید، عواملی چون هوادهی، PH، مقاومت ویژه، رطوبت و نمکها در تعیین میزان خوردگی خاکها نقش عمده ای دارند. قابل ذکر است که هر یک از این عوامل به تنهایی نمی‌توانند میزان خوردگی خاک را تعیین کنند، بلکه باید جهت تعیین میزان خوردگی خاکها تمام عوامل مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. جدول ۲-۱۱ و ۲-۱۲ چگونگی ارزیابی درجه خوردگی خاکها را نشان می‌دهند [۴].



جدول ۲-۱۱: ارزیابی وضعیت خاکها بر اساس امتیازبندی شرکت مهندسی گاز و آب آلمان [۴]

| امتیاز | وضعیت یا مقدار | عوامل خاک |
|---------------------------|---|--------------------------------|
| +۲ ۰ -۲ -۴ | آهکی، صخره ای و شنی گل ولای همراه شن و خاک رس خاک رس، خاک رس آهکدار گل ولای ضخیم و فشرده، ذغال سنگ ، خاک باتلاقی | ترکیب |
| ۰ -۱ -۲ | موجود نیست موجود است متغیر | آبهای زیرزمینی در عمق دفن سازه |
| ۰ -۱ -۲ -۳ -۴ | ۱۰۰۰۰ اهم - سانتیمتر یا بیشتر ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ اهم - سانتیمتر ۲۳۰۰-۵۰۰۰ اهم - سانتیمتر ۱۰۰۰-۲۳۰۰ اهم - سانتیمتر ۱۰۰۰ یا کمتر | مقاومت ویژه |
| ۰ -۱ | ۲۰ درصد یا کمتر ۲۰ درصد یا بیشتر | میزان رطوبت |
| ۰ -۲ | ۶ یا بیشتر ۶ یا کمتر | PH |
| ۰ -۲ -۴ | موجود نیست به مقدار ناچیز موجود است | سولفید |
| +۲ +۱ ۰ | ۵ درصد یا بیشتر ۱-۵ درصد ۱ درصد یا کمتر | یون کربنات |
| ۰ -۱ | ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم یا کمتر بیش از ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم | یون کلر |
| ۰ -۱ -۲ -۳ | ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم یا کمتر ۲۰۰ - ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۵۰۰-۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم یا بیشتر | یون سولفات |
| ۰ -۴ | وجود نیست موجود است | خاکستر یا کک |

جدول ۲-۱۲: درجه خورندگی خاکها بر اساس جمع امتیازات جدول ۲-۱۱

| درجه خورندگی خاک | جمع امتیازات |
|------------------|--------------|
| غیر خورنده | ۰ یا بیشتر |
| کمی خورنده | ۰ تا ۴- |
| خورنده | ۵- تا ۱۰- |
| خیلی خورنده | ۱۰- یا کمتر |

۲-۶- نتیجه‌گیری

بر اساس مطالب ذکر شده در بخشهای قبل و به عنوان نتیجه‌گیری کلی از بررسیهای بعمل آمده، پس از برداشت مقدماتی زمین و انجام آزمایش مقدماتی در پستها (لیست آزمونها در پیوست ب آمده است)، بر اساس سیستم طبقه‌بندی‌های ذکر شده در بخش ۲-۱ نوع زمین از نظر اندازه دانه‌ها و نوع خاک و سایر مشخصات مکانیکی مشخص شده و سپس بر اساس نوع زمین، می‌توان در بخشهای مهندسی مختلف از نظر لزوم دانستن مشخصات مورد نیاز مانند ظرفیت باربری خاک، مقاومت الکتریکی ویژه خاک و سرعت انتقال موج برشی و غیره بر اساس بخشهای ۲-۳ الی ۲-۶ اطلاعات مورد نیاز استخراج و بررسی‌های لازم انجام گیرد. یک نمونه نتیجه‌گیری در پیوست ج آمده است.

پیوست الف : آزمون نفوذ استاندارد (SPT)

چنانچه به خاکی در حالت خشک، رطوبت اضافه شود، به علت نقش روان‌کنندگی آب، تراکم بهتری قابل دستیابی است و باعث افزایش وزن مخصوص خشک خاک می‌گردد.

میزان رطوبتی که به ازای آن حداکثر وزن مخصوص خشک خاک طی یک آزمایش استاندارد بدست می‌آید، میزان رطوبت بهینه خوانده می‌شود. آزمایشی که بوسیله آن حداکثر وزن مخصوص خشک و رطوبت بهینه خاک مورد نظر بدست می‌آید آزمایش تراکم پروکتور نامیده می‌شود. نحوه انجام آزمایش پروکتور استاندارد (SPT) در فصل دوازدهم مرجع [۵] به طور کامل ارائه شده است.

پیوست ب : آزمون های آزمایشگاهی

نمونه‌های اخذشده از محل پروژه پس از بررسی‌ها و توصیف‌های نظری، تفکیک شده و به آزمایشگاه ارسال می‌گردند. به طور کلی آزمونهای زیر می‌بایستی انجام گیرند:

الف) آزمونهای دانه‌بندی و هیدرومتری (ASTM D422,421, Grain size analysis)

ب) آزمونهای تعیین حدود اتربرگ (ASTM 4318, Atterberg limits)

ج) آزمون تعیین درصد رطوبت طبیعی (ASTM D2216, Water content determination)

د) آزمون تعیین دانسیته (ASTM D2937, Density determination)

ه) آزمون تعیین وزن مخصوص توده ویژه خاک (ASTM D854, Specific gravity of soil solids)

و) آزمون تعیین ضریب نفوذپذیری (ASTM D2434, Coefficient of permeability)

ز) آزمون برش مستقیم (ASTM D3080, Direct shear test)

ح) آزمون تراکم (ASTM D1557, Compaction test)

ط) آزمونهای شیمیایی خاک (Soil chemical tests)

پیوست ج : یک نمونه نتیجه‌گیری از عملیات صحرایی و آزمایشگاهی

نتایج حاصل از عملیات و آزمایشهای انجام شده در مورد زمین محل سایت نشان داد که با توجه به در نظر گرفتن ضریب اطمینان می‌توان قشر خاک محل را تا عمق مورد کاوش از نظر طبقه‌بندی Unified دارای کد GC دانست. بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای ضربه و نفوذ استاندارد انجام پذیرفته در محل سایت نشانگر این است که تراکم زمین در اعماق مختلف با افزایش عمق مسلماً بیشتر نمی‌شود و در مواقعی کمتر نیز می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش صحرایی ضربه و نفوذ استاندارد، به طور کلی و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان از نظر تراکم نسبی Relative Density زمانی گراول رس‌دار زیر پی در محل سایت را در رده متوسط Medium قرار داد. نتایج آزمایشهای ژئوالکتریک در زمین سایت مذکور حاکی از آن است که مقاومت الکتریکی ظاهری در محورهای طولی و عرضی و در اعماق ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ متری بین ۳۹۰۰ تا ۸۵۰۰ اهم سانتی‌متر می‌باشد. مقایسه نتایج بین آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی در اعماق و گمانه‌های مشابه هماهنگی خوبی با یکدیگر نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری مهمی که براساس مشاهدات و مطالعات صحرایی و همچنین قضاوت مهندسی حاصل شد، این است که هم در زمینه ظرفیت باربری و هم در زمینه مربوط به نشست پارامترهای مهندسی لایه خاک گراولی رس‌دار با تراکم متوسط دارای اهمیت بیشتری است.

با توجه به موارد بالا و اصلاحات انجام پذیرفته بر روی نتایج صحرایی SPT و همچنین روشهای آماری تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایشهای صحرایی ژئوتکنیکی و نیز برای حصول ضریب اطمینان مناسب مقدار میانگین مقدار عدد SPT معرف رفتار خاک را در سایت برابر $N=23$ در نظر می‌گیریم.

جهت انجام محاسبات فنی، با توجه به علم احتمالات و تجربه مهندسی از بین نتایج مختلف برای هر لایه خاک عدد قاطعی را انتخاب نموده و لایه مربوطه را بطور هموزن در نظر می‌گیریم. ضمناً تعداد لایه‌های خاک را تا حد امکان و بطور ایده آلیزه شده، کم می‌کنیم تا امکان محاسبه ظرفیت باربری به کمک معادله تعیین ظرفیت باربری بوجود آید. در پروژه مورد مطالعه می‌توان مشخصات فنی خاک حوزه تاثیر بار را، برای محاسبه ظرفیت باربری زمین به صورت زیر در نظر گرفت:

| | |
|---------------------------------------|---|
| GC | طبقه‌بندی خاک براساس سیستم Unified |
| Clayey GRAVEL withsand | تشریح نظری خاک براساس ASTM |
| $\gamma_{wet} = 1.99 \text{ gr/cm}^3$ | وزن مخصوص طبیعی خاک |
| $G_s = 2.65 \text{ gr/cm}^3$ | وزن مخصوص توده ویژه خاک |
| N = 23Blows | تعداد ضربه‌های آزمایش SPT معرف رفتار خاک |
| $\phi = 31.0 \text{ Degree}$ | زاویه اصطکاک داخلی موثر خاک |
| $C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$ | مقاومت چسبندگی موثر خاک |
| $E_s = 97 \text{ kg/cm}^2$ | مدول الاستیسیته خاک برای پی‌های منفرد به عرض یک متر |
| $E_s = 116 \text{ kg/cm}^2$ | مدول الاستیسیته خاک برای پی‌های نواری به عرض یک متر |

مراجع

- ۱- مجموعه دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی پستها ۱۳۲ کیلوولت ایران، تهیه کننده: شرکت مهندسی مشاور قدس نیرو.
- ۲- آئین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران.
- ۳- کتاب مکانیک خاک جلد ۲، مؤلف: دکتر بهنیا.
- ۴- استاندارد و آئین‌کار سیستم‌های حفاظت کاتدی، شماره "۶۹-۲۰۱" استاندارد و روشهای اندازه‌گیری مقاومت مخصوص خاک و تضمین درجه خوردگی آن. تهیه کننده: شرکت احداث کنترل، سال ۱۳۷۹
- ۵- داس، برانجام، اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد اول: مکانیک خاک، ترجمه شاپور طاعونی، چاپ اول، ۱۳۷۲
- 6- American association of state highway and transportation (AASHTO) material, part 1, specification, 1982
- 7- Casagrande A. "Classification and identification of soil", 1948
- 8- Liu. T.F. "A review of engineering Soil classification systems", 1967
- 9- ASTM-D-3282 : "Standard practice for classification of soils and soil-aggregate mixtures highway construction purposes, 1983.
- 10- NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and dther structures, part2: commentary (FEMA 303), 1997 edition

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می‌باشد.

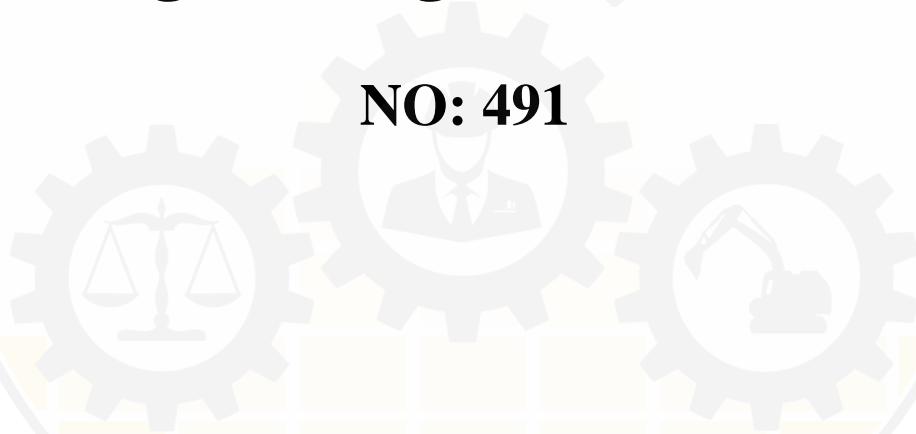
دفتر نظام فنی اجرایی

گروه فنی، مهندسی،
قرارداد و حقوقی

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

General Technical Specification and Execution Procedures for Transmission and Subtransmission Networks Classification of Soil at High Voltage Substations

NO: 491



Office of Deputy for Strategic Supervision
Bureau of Technical Execution System
<http://tec.mporg.ir>

Energy Ministry - Tavanir Co.
Power Industry Technical Criteria
Project
www.tavanir.ir

این نشریه

با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - طبقه بندی
فک در پست‌های فشار قوی" مابمات مربوط
به اهداف طبقه بندی فک، معیارهای طبقه بندی و
انواع آن بر اساس تعاریف سازمان های مختلف
برای به کارگیری در طراحی فونداسیون ها و دیگر
مبامات ساقتمانی می باشد که در دو فصل و سه
پیوست ارایه شده است.



گروه فنی، مهندسی،
قرارداد و حقوقی

