بخش اول: درس مکانیک خاک

تعریف خاک: در علوم مهندسی خاک مخلوط غیر یکپارچه ای از دانه های کانی ها و مواد آلی فاسد شده ای می باشد که فضای خالی بین آنها توسط آب و هوا اشغال شده است.

مکانیک خاک: شاخه ای از علوم مهندسی است که به مطالعه مشخصات فیزیکی (نظیر: دانه بندی، نشست) و رفتار توده ای خاک تحت بارهای وارده می پردازد.

منشاء پیدایش خاک: خاک ها از تخریب و هوازدگی سنگ ها ایجاد می شوند. سنگ ها در حین فرآیند تخریب به قطعات کوچکتر تبدیل شده که به قطعات سنگ که کوچکتر از ۷۶/۲ میلی متر (حدود ۳ اینچ) باشند خاک گفته می شود.

انواع سنگ ها: آذرین، رسوبی، دگرگون

آذرین: از انجماد گدازه های ماگما از گوشته زمین تشکیل می شود.

رسوبی: رسوبات شن، ماسه ، لای ورس که به وسیله هوازدگی به وجود آمده اند تحت فشار متراکم شده و توسط یک سری عوامل دیگر به سنگ تبدیل می شوند.

دگرگون: فرآیند تغییر ترکیب و بافت سنگ به وسیله گرما و فشار بدون وقوع ذوب باعث تشکیل سنگ های دگرگون می شوند که در حین دگرگونی کانی های سنگ تغییر می کنند.

هوازدگی: فرآیند خرد شدن سنگ به قطعات کوچکتر به وسیله فعل و انفعالات مکانیکی و شیمیایی را هوازدگی می گویند.

انواع هوازدگی: مکانیکی، شیمیایی

هوازدگی مکانیکی: به وسیله انقباض و انبساط سنگ به علت تغییر دما و یا انجماد آب داخل سنگ قطعات بزرگ سنگ به قطعات کوچکتری تبدیل می شود. توجه گردد که این تغییر در اندازه قطعات سنگ ها هیچ گونه تغییری در جنس سنگ ایجاد نمی کند. خاک های درشت دانه مثل شن و ماسه و بعضی از خاک های ریزدانه مثل لای (سیلت) حاصل تخریب فیزیکی سنگ ها می باشند. به صورت کلی عوامل مهم تخریب عبارتند از: نفوذ آب بین سنگ ها و انجماد آب، تغییرات دما، رودخانه ها

هوازدگی شیمیایی: در این فرایند کوچک شدن و متلاشی شدن سنگ ها همراه با تغییر در بافت و جنس کانی های تشکیل دهنده آنها می باشد.

تخریب شیمیایی منجر به تشکیل خاک های ریزدانه مانند رس می شود.

نکته: خاک رس حاصل آخرین مرحله از فرآیند هوازدگی شیمیایی سنگ می باشد. به این دلیل خاک رس مقاومت زیادی در برابر هوازدگی و تخریب دارد و در حقیقت خاک رس پایدارترین خاک می‌باشد.

نکته: پودر سنگ حاصل تخریب مکانیکی سنگ بوده و جزء خاک های ریزدانه محسوب می گردد.

انواع رفتار خاک ها: رفتار دانه ای ، رفتار خمیری

رفتار دانه ای: توده خاک به صورت مجموعه پرشماری از دانه های منفصل که در کنار هم هستند رفتار می-کنند.

رفتار خمیری: توده خاک به صورت مجموعه پرشماری از دانه های متصل به هم و همانند خمیر پیوسته رفتار می کنند.

خاک های مثل شن و ماسه دارای رفتار دانه ای و خاک های مثل رس دارای رفتار خمیری هستند.

انواع خاک ها به صورت کلی از لحاظ محل تشکیل : خاک های حمل شده و خاک های برجا

خاک های حمل شده خود شامل دو قسمت می شوند: خاک های با فاصل حمل کم - خاک های با فاصله حمل زیاد

خاک های برجا: این خاک ها از متلاشی شدن سنگ ها در محل خود سنگ به وجود می آیند و اکثرا تیز گوشه و کم ضخامت هستند که این خاک ها بیشتر طی فرآیند هوازدگی به وجود آمده اند.

اندازه ذرات این خاکها در سطح خاک کوچکتر و با افزایش عمق خاک اندازه ذرات بیشتر خواهد شد.

خاک های حمل شده با فاصله حمل کم: این خاک ها توسط یکی از عوامل حمل که معمولا در این مورد نیروی ثقل زمین می باشد از محل اولیه خود فاصله می گیرد. از جمله این خاک ها می توان به خاک پای دامنه ی کوه ها اشاره نمود.

خاک های حمل شده با فاصله حمل زیاد: این خاک ها بر اثر یکی از عوامل حمل مانند آب، باد و یا حرکت یخچال ها فاصله زیادی از محل تشکیل اولیه خود می گیرند. نامگذاری این خاک ها بر اساس عامل حمل می باشد. اگر عامل حمل باد باشد به آنها باد رفت و اگر عامل حمل آب باشد به آنها آبرفت و اگر عامل حمل حرکات

یخچالی باشد یخ رفت (رسوبات یخچالی) می گویند. خاک های آبرفتی معمولا گرد گوشه بوده و نوع آبرفتی آنها از درشت دانه های شن تا ریزدانه های رسی را شامل می شود.

در خاک های باد رفتی ذرات خاک غالبا تک سایز می باشند و در محدوده ی ماسه و سیلت هستند.

طبقه بندی خاک ها بر اساس اندازه دانه ها:

جهت طبقه بندی خاک ها بر اساس اندازه ذرات ۲ سیستم کلی وجود دارد که عبارتند از:

الف) سییستم آشتو (بیشتر در راه کاربرد دارد) ب) سیستم یونیفاید (یا متحد)

نام خاک	آشتو (اندازه دانه ها بر حسب mm)	یونیفاید (اندازه دانه ها بر حسب mm)
شن	۷٦/۲–۲	۷٦/۲–٤/۷٥
ماسه	۲–۰/۰۷٥	٤/۷٥–۰/۰۷٥
لای	۰/۰۷٥–۰/۰۰۲	<۰/۰۷٥
رس	<۰/۰۰۲	

توجه: همانطور که از جدول فوق مشخص است سیستم یونیفاید بین سیلت و رس از لحاظ اندازه دانه ها تفاوتی قائل نمی باشد لذا برای بررسی بین سیلت و رس در این سیستم باید خواص خمیری و دانه ای خاک نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. یعنی اگر خاکی با اندازه ذرات کم تر از ۰/۰۷٥ وجود داشته باشد و دارای خاصیت خمیری باشد در سیستم یونیفاید آن خاک رس است و اگر خاصیت دانه ای داشته باشد آن خاک لای خواهد بود.

پس در نتیجه سیستم یو نیفاید به تنهایی برای شناسایی خاک ها استفاده نمی شود.

مثالی که برای نقطه ضعف سیستم آشتو می توان بیان کرد پودر سنگ است که علی رقم اینکه اندازه ذرات آن از ۰/۰۷٥ میلی متر و یا گاهی موارد از ۰/۰۰۲ میلی متر کم تر است ولی چون رفتار دانه ای دارد لای خواهد بود که این مورد در سیستم آشتو امکان دارد رس تلقی شود.

ساختار خاک ها:

به صورت کلی ساختار خاک ها را در دو قسمت درشت دانه و ریزدانه بررسی می کنند که هر کدام از آنها نیز دارای دو بخش جداگانه می باشند:

درشت دانه: تک دانه ای و لانه زنبوری

ریز دانه: لخته ای و پراکنده

نکته: خاک های درشت دانه بصورت یک جسم ۳بعدی مورد بررسی قرار می گیرند.

ساختار خاک های تک دانه ای: در این ساختار هر دانه توسط دانه های اطراف خود احاطه می شود مانند شن.

ساختار خاک های لانه زنبوری: این ساختار به نام مجوف نیز معروف است. برای ایجاد آن یک سری شرایطی باید وجود داشته باشد که اصلی ترین آنها عبارتند از:

۱) اسکلت که معمولا ماسه و یا سیلت درشت می تواند باشد

۲) چسب طبیعی که اغلب از جنس سیلت خمیری و یا رس و یا املاح گچ و آهک می باشد.

۳) عامل تشکیل که عمدتا باد و در بعضی از موارد آب خواهد بود.

ساختار خاک های ریزدانه: اجزای تشکیل دهنده خاک های ریز دانه بصورت دو بعدی می باشند که در آنها در گوشه ها تمرکز بار مثبت و در روی وجوه جانبی بار منفی خواهیم داشت. مانند شکل. بعلت کوچک بودن گوشه ها نسبت به وجوه جانبی در کانی رس، حوزه عملکرد بار مثبت نسبت به حوزه عملکرد بار منفی بسیار کم خواهد بود. بر اساس بار دار بودن ریزدانه ها ساختار آنها به دو قسمت کلی تقسیم می شود.

الف) ساختار لخته ای: این ساختار بر اثر جاذبه بین گوشه ها با بار مثبت و وجوه جانبی با بار منفی ایجاد می شود که نیروی برآیند در این ساختار جاذبه است.

ب) ساختار پراکنده: نیروی برآیند در اینجا دافعه است. این ساختار به دلیل عواملی مثل فشار زیاد بوجود می آید. در فشارهای کم ساختار لخته ای بهتر عمل می کند زیرا پیوند های الکتریکی در فشارهای کم نشست کمتری خواهند داشت. ولی در فشارهای زیاد ممکن است ساختار لخته ای فرو بریزد و خاک دچار نشست زیاد گردد.

بررسی نقش آب در خاک

در این بحث فقط به بررسی آب در خاک ریزدانه می پردازیم و آن هم فقط ریز دانه های رسی زیرا ذرات رس باردار بوده و مولکول آب نیز باردار می باشد لذا قادر به جذب یکدیگر خواهند بود. به صورت کلی یک مولکول آب در سه لایه جذب ذرات رس می شود:

۱) **لایه آب جذب سطحی**: که این لایه آب داخلی ترین لایه آب جذب شده بوده و در جاذبه قوی ذرات رس می باشد.

۲) **لایه آب جهت دار**

۳) **لایه آب آزاد حفره ای:** این لایه آب خارج از میدان جاذبه قوی ذرات رس می باشد. در شکل زیر این سه لایه به صورت شماتیک نشان داده شده است.

تعریف سطح مخصوص: این مفهوم در خاک های ریزدانه مخصوصا خاک های ریزدانه رسی کاربرد دارد و بر اساس مفاهیم زیر تعریف می گردد:

نکته: هر چه یک خاک ریزتر شود سطح مخصوص آن بیشتر است.

در نتیجه برای آن که آن خاک کاملا مرطوب شود یعنی آب دور تمام دانه های آن را بگیرد آب بیشتری احتیاج خواهد بود که این مقوله در بحث ساخت بتن نیز صادق است یعنی هر چه مصالح بتن ریز تر شوند به آب و سیمان بیشتری احتیاج خواهیم داشت.

کانی های خاک رس: واحد های تشکیل دهنده کانی های خاک رس از چهار وجهی سیلیکا و هشت وجهی آلومینا تشکیل شده است. در چهار وجهی سیلیکا یک اتم سیلیکون (**SI**) با چهار اتم اکسیژن احاطه می شود.

در هشت وجهی آلومینا یک اتم آلومینیوم با شش یون هیدروکسیل (**OH**) احاطه می شود. از ترکیب واحدهای چهاروجهی صفحه سیلیکا و از ترکیب واحد های هشت وجهی صفحه آلومینا بوجود می آید. که با شکل های زیر نشان می دهند.

کانی های اصلی در خاک رس:

۱) کائولین ۲) ایلیت ۳) مونت موریلونیت

کائولین: **از تکرار ورقه های سیلیکا و آلومینا که با پیوند هیدروژنی بهم متصل شده باشند کائولین بوجود می آید این کانی پایدارترین کانی رس بوده و قابلیت جذب آب آن از تمامی کانی های خاک رس کم تر است. پس سطح مخصوص آن نیز از همه کمتر است. در صنعت چینی سازی و سرامیک از آن استفاده می شود. به این دلیل به آن خاک چینی هم می گویند.**

ایلیت: **این کانی متشکل از لایه هایی شامل دو ورقه سیلیکا و یک ورقه آلومینا می باشد که از طریق پیوند یونی به هم متصل شده اند.**

در ایلیت پیوند یونی از طریق اتم پتاسیم صورت می گیرد.

ایلیت در مقایسه با کائولین صفحه ای تر بوده و دارای سطح مخصوص بیشتر و قدرت جذب آب بیشتری می باشد. خواص خمیری ایلیت نسبت به کائولین بیشتر است که این به دلیل حضور یون پتاسیم می باشد.

مونت موریلیونیت: لایه های تشکیل دهنده این کانی همانند ایلیت می باشد. با این تفاوت که به جای پیوند یونی پیوند واندروالسی بین آنها وجود دارد.

از آنجایی که این پیوند ضعیف می باشد مولکول های آب می توانند وارد آن شده و دو لایه را از هم جدا کنند. مونت موریلونیت صفحه ای ترین کانی خاک رس می باشد و سطح مخصوص آن از همه کانی های خاک رس بیشتر است لذا قدرت جذب آب آن نیز بالا خواهد بود. رس هایی که حاوی این کانی هستند دارای پتانسیل تورم زایی زیادی بوده و اغلب مشکل سازند. لذا جهت بارگذاری روی آنها باید تمهیدات خاصی را اجرا نمود.

۱) مقایسه کانی های خاک رس از لحاظ پایداری: مونت موریلونیت < ایلیت < کائولین

۲) مقایسه کانی های خاک رس از لحاظ سطح مخصوص : کائولین < ایلیت < مونت موریلونیت

۳) مقایسه کانی های خاک رس از لحاظ جذب آب : کائولین < ایلیت < مونت موریلونیت

٤) مقایسه کانی های خاک رس از لحاظ پتانسیل تورم زایی : کائولین < ایلیت < مونت موریلونیت

۵) مقایسه کانی های خاک رس از لحاظ بارگذاری : مونت موریلونیت < ایلیت < کائولین