



**Namatek**  
True Education

[www.namatek.com](http://www.namatek.com)

# Soil Mechanics

مکانیک خاک و ۵  
مبحث مهم آن

## فهرست مطالب

۱. تعریف مکانیک خاک
۲. کاربرد مکانیک خاک چیست؟
۳. خاک چیست؟
۴. مباحث مهم در مکانیک خاک

مکانیک خاک علم بررسی رفتار خاک تحت شرایط بارگذاری است، شما تا چه میزانی با این علم آشنایی دارید؟ آیا می دانید مکانیک خاک در رشته مهندسی عمران چه کاربردهایی دارد و چه اهدافی را دنبال می کند؟ در این مقاله قصد داریم به معرفی علم مکانیک خاک و آنچه در آن اهمیت دارد بپردازیم. با ما همراه باشید.

## #1 تعریف مکانیک خاک



علم مکانیک خاک (Soil Mechanic) از زیر شاخه های مهندسی عمران است که به بررسی رفتار خاک می پردازد. از آن جایی که همه سازه های مهندسی به صورتی با خاک در ارتباط اند و بارها از فونداسیون به خاک منتقل می شوند، در مکانیک خاک فهم درست از خواص خاک و رفتار آن تحت اثر بارهای وارده، اهمیت زیادی دارد. در حقیقت مهندسين با

استفاده از اصول مکانیک خاک و روابط ریاضی، به تحلیل رفتار خاک می پردازند و به واسطه آن سازه ها را طراحی می کنند.

## #۲ کاربرد مکانیک خاک چیست؟

از آن جایی که خاک مخلوطی ناهمگن از ذرات (مثل رس، شن و ماسه)، سیالات (مانند هوا و آب)، جامدات آلی و... است، شناخت رفتار آن اهمیت دارد. تحلیل میزان تغییر شکل، جریان جامدات و مایعاتی که در ساختار خاک وجود دارند و تحلیل رفتار خاک تحت اثر نیروی سازه های روی آن، موضوع اصلی مکانیک خاک است.

مکانیک خاک در بررسی پایداری کلیه سازه های زیر با کاربردهای متفاوت دارای اهمیت بالایی است:

- مصالح ساخت در سازه های زیرزمینی (مانند تونل و کانال)
- فونداسیون سازه های سطحی (مانند راه آهن، فرودگاه، پل، سد و ساختمان)
- به عنوان مصالح در سازه های سطحی (مانند ساختمان سازی و سدسازی)
- به عنوان خاک ریز و تکیه گاه در مهندسی راه سازی و پل سازی

در ادامه بیشتر با خواص خاک و مکانیک خاک آشنا خواهید شد.





## #۳ خاک چیست؟

خاک از دیدگاه مهندسی یک ماده تحکیم نیافته است که از سنگدانه های سیمانی نشده ای تشکیل شده است و به عنوان قسمت جامد خاک (متشکل از مواد آلی پوسیده و دانه های معدنی) شناخته می شوند. همچنین فضای خالی مابین آن ها از آب و هوا پر شده است. از آن جایی که خاک در بسیاری از پروژه های عمرانی استفاده می شود، شناخت خواص آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است که در ادامه به آن ها اشاره می شود.

## #۱-۳ بررسی خواص خاک

- سطح مخصوص خاک (Soil Specific Surface Area):

سطح خارجی خاک که شامل فصل مشترک آن با محیط مجاور (معمولا آب یا هوا) است، محل به وجود آمدن پدیده های شیمیایی و فیزیکی خاک است که بر روی خواص نظیر نفوذپذیری یا مقاومت خاک اثرگذار است و در مکانیک خاک بررسی می شوند.

- نیروهای جاذبه و دافعه بین ذرات:

نیروهایی که بین ذرات خاک وجود دارند به دو صورت جاذبه بین مولکولی ذرات واندروالسی (Van der Waals) یا نیروی دافعه الکتروکینماتیکی (electrokinetic repulsion) هستند.

- خاصیت موینگی (Capillary):

خاصیت موینگی به خاصیت بالا رفتن آب در حفره های بین ذرات خاک گفته می شود.

- چسبندگی (Adhesion):

چسبندگی خاک حاصل نیروی جاذبه الکتروشیمیایی بین ذرات است که مقاومت خاک را تشکیل می دهند.

- اصطکاک (Friction):

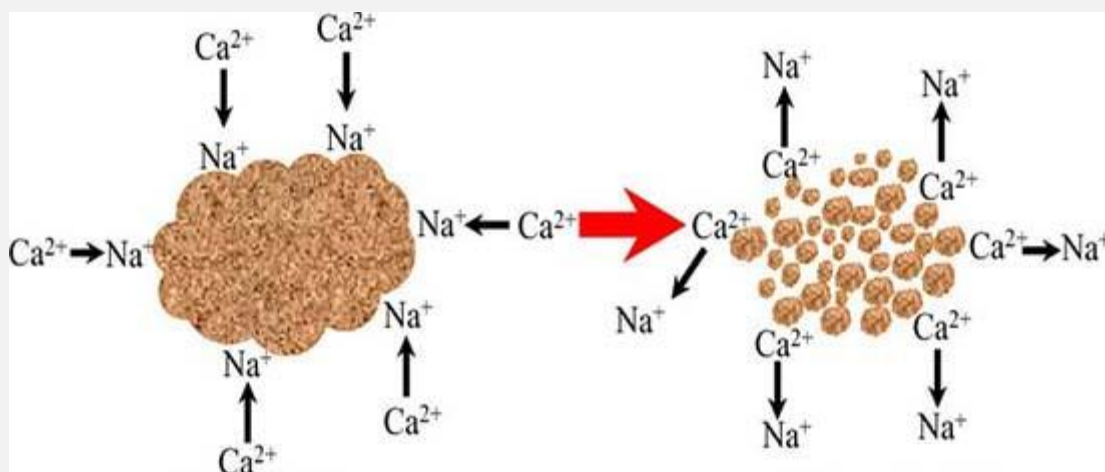
اصطکاک بین دو سطح تماس، باعث مقاومت در برابر حرکت می شود.

• تحکیم (Consolidation):

در مکانیک خاک با افزایش فشارهای جانبی بر روی خاک، حجم حفره های آبدار خاک کاهش می یابد که به آن تحکیم می گویند.

• گسیختگی توده خاک (Soil Collapse):

هنگامی که خاک مقاومت خود را از دست می دهد و دچار برش می شود، توده خاک دچار گسیختگی می گردد.



## #۴ مباحث مهم در مکانیک خاک

در مکانیک خاک مباحث مهمی وجود دارند که آشنایی با آن ها ضروری است. در ادامه با مباحث مهم در این حوزه بیشتر آشنا خواهیم شد:

## #۱-۴ سختی وابسته به تنش در مکانیک خاک (Stress-Related Stiffness)

مصالح مهندسی عموماً رفتار خطی در برابر تنش‌ها از خود نشان می‌دهند. مفهوم این جمله این است که اگر میزان تنش دو برابر شود، تغییر شکل رخ داده نیز دو برابر خواهد شد.

قانون هوک (Hooke's law) در مکانیک خاک به خوبی این ویژگی را توصیف می‌کند. به مصالح تابع قانون هوک، مصالح الاستیک خطی (linear elastic materials) می‌گویند.

خاک را نمی‌توان جزء مصالح الاستیک خطی دانست؛ زیرا با اعمال فشار، به تدریج سفت می‌شود و تغییر شکل آن کاهش می‌یابد. خاک در مقابله با تنش‌های فشاری بزرگ به دلیل این که نیروی بین ذرات مجزای آن ساختار مقاومی به خود می‌گیرد، سختی و مقاومت قابل توجهی خواهد داشت. این رفتار غیرخطی مزایای خاصی را در مکانیک خاک و رشته مهندسی عمران دارد.





## #۲-۴ تنش برشی در مکانیک خاک (Shearing Stress)

همان طور که در بخش قبل گفته شد خاک تحت اثر تنش فشاری، سخت تر می شود؛ اما هنگامی که تحت اثر نیروی برشی قرار گیرد، به تدریج نرم می شود. خاک به میزانی می تواند تنش قائم و تنش برشی را تحمل کند و اگر از آن میزان تنش بیشتری اعمال شود، گسیختگی توده خاک رخ می دهد. این مسئله در مکانیک خاک و در مورد شیب های خاکی بسیار اهمیت دارد. به عنوان مثال شیب یک تپه ماسه ای که به عنوان سد مورد استفاده قرار می گیرد، نمی تواند بیش از مقدار ۳۰ تا ۴۰ درصد باشد. در این حالت ذرات ممکن است روی یک دیگر بلغزند و گسیختگی رخ دهد.



## #۳-۴ خزش در مکانیک خاک (Soil Creep)

خاک ها در اثر اعمال بار تغییر شکل می دهند که به زمان وابسته است. این تغییر شکل وابسته به زمان در مکانیک خاک، خزش نام دارد. سازه هایی که بر روی خاک های رسی و پیت (Peat) قرار دارند، در اثر رفتار خزشی این نوع از خاک ها، در طول زمان، به نشست خود ادامه می دهند.

خزش خاک می تواند ایجاد ترک را به دنبال داشته باشد. لازم به ذکر است که سنگ و ماسه در عمل خزش ندارند؛ ولی اگر تنش های بسیار بالا به آن ها اعمال گردد ممکن است دچار خزش شوند.



## ۴-۴# تنش های اولیه نامشخص در خاک (Unspecified Initial Stresses)

خاک به عنوان یک نوع از مصالح طبیعی، از ابتدا در اثر فرآیندهای مختلف زمین شناسی شکل گرفته است؛ بنابراین از همان ابتدا تنش های اولیه غیریکنواختی را تجربه کرده است. به دلیل رفتار غیرخطی خاک که در بخش های قبل به آن اشاره شد، شناخت تنش های اولیه که در بسیاری از شرایط نامشخص هستند، در مکانیک خاک جهت دریافت رفتار خاک تحت اثر بارهای مازاد، دارای اهمیت زیادی است.

وزن لایه های فوقانی خاک می تواند به شناخت میزان تنش های اولیه قائم کمک کند. بدین صورت که با افزایش عمق، میزان تنش ها افزایش یافته و در نتیجه آن مقاومت و سختی آن نیز افزایش خواهد یافت.





## #۴-۵ دانه بندی خاک (Soil Gradation)

خاک ها را می توان بر اساس دانه بندی دسته بندی کرد. خاک ها معمولا از شن، ماسه، لای یا رس تشکیل شده اند که با توجه به میزان هر یک از آنها نام گذاری می شوند.

معمولا خاک ها را می توان براساس سیستم های طبقه بندی زیر نامگذاری کرد:

- انستیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT)
- سازمان کشاورزی آمریکا (USDA)
- انجمن ادارات راه و ترابری آمریکا (AASHTO)
- سیستم طبقه بندی متحد (USCS)

از این بین سیستم طبقه بندی آشتو (AASHTO) بیشتر برای پروژه های راهسازی و سیستم طبقه بندی متحد برای پروژه های ژئوتکنیکی کاربرد دارد.

اجزای تشکیل دهنده خاک:

• شن:

خرده سنگ های همراه با دانه هایی از جنس کوارتز (Quartz) و فلدسپار (Feldspar) و سایر کانی ها (Minerals) که در کنار یکدیگر قرار گیرند، شن نام دارد.

• ماسه:

ماسه متشکل از دانه هایی از جنس کوارتز و فلدسپار است که می تواند مقداری کانی نیز در خود داشته باشد.

• رس:

رس ها از ذرات بسیار ریز پولکی شکل میکا (Mica) و کانی های رسی و... تشکیل شده اند. همچنین به ذراتی با اندازه  $0/005 - 0/002$  میلی متر رس می گویند.

• لای:



لای از فروپاشی کانی های میکادار به صورت ذرات پولکی شکل و دانه های بسیار ریز کوارتز به وجود می آید. این ذرات بسیار ریز یا اصطلاحاً میکروسکوپی هستند.



به طور کلی هرچقدر خاک دارای طیف وسیع تری از ابعاد باشد، خاک خوب دانه بندی شده نام دارند. خاک خوب دانه بندی شده، تراکم پذیری بالاتر، هدایت هیدرولیکی کمتر و نیز مقاومت برشی بیشتری خواهد داشت.

در ساخت فونداسیون، دانه بندی خاک محل باید مورد تایید باشد. برای مثال میزان تراوش در خاک با دانه بندی بد از میزان تراوش در خاک با دانه بندی خوب بیشتر است که علت آن وجود فضای خالی بین ذرات است.