Off-road vehicles mobility principles

- بطور کلی در مورد این وسایل دو نوع بارگذاری همزمان اتفاق می افتد: ۱- بارگذاری عمودی و ۲- بارگذاری افقی
- بارگذاری عمودی همان وزن وسیله روی سطح تماس است. حاصل آن نشست (sinkage) است که شبیه به گسیختگی در فلزات (گذشتن فولاد از نقطه تسلیم) است.
- بارگذاري افقي در جهت حرکت وسیله و مماس با سطح زمین است. در واقع بارگذاری افقی است که سبب حرکت رو به جلو وسیله می شود و تولید نیروی پیشرانه می کند. به عبارت دیگر حاصل بارگذاری افقی نیروی پیش کشنده است.

Off-road vehicles mobility principles

- با توجه به مطالب ذکر شده، برای بررسی تحرک پذیری وسایل روی جاده های غیر صلب باید دو مشخصه خاک را بدست آوریم:
- **رابطه بارگذاری و مقدار نشست:** این رابطه به مقاومت خاک بر می گردد که همان مقاومت برشی خاک (soil shear Strength) در هنگام تولید نیروی پیش کشنده.
- **رابطه بین تنش های برشی ایجاد شده و تغییر شکل های برشی**

Shear stress= f(shear deformation)

روش های تفسیر و بررسی تحرک پذیری وسایل خارج از جاده ای

- **۱- روش های تحلیلی: به علت پیچیدگی توزیع تنش و همچنین تغییر شکل پذیری لاستیک معمولاً از این روش استفاده نمی شود.**
- **۲- روش های نیمه تحلیلی یا نیمه تجربی: در این روش پارامترهای استاندارد خاک (C و ϕ) و یک پارامتر تغییر شکل تجربی (j) را برای مشخص کردن خواص مقاومتی و تغییر شکل خاک اندازه گیری کرده و سپس با استفاده از یک سری روابط تدوین شده بر اساس این پارامترها به بررسی تحرک پذیری پرداخته می شود.**
- **۳- روش های کاملاً تجربی: این روش بر اساس یک سری روابط کاملاً تجربی است که بین CI به عنوان تنها پارامتر خاک و ابعاد چرخ بنا شده اند (Wismer & Luth, 1974)**

روش نیمه تجربی

مدرس: دکتر مرتضی صادقی

برخی تعاریف مهم در مبحث زمین گیرائی

- **۱- وسیله کشش (Traction device): در تعریف نظری وسیله ای است که گشتاور ورودی را به نیروی خروجی تبدیل می کند و یا به عبارت دیگر یک وسیله تبدیل نیرو یا انرژی است. در تعریف عملی وسیله ای است که در اثر اصطکاک و درگیر شدن با خاک حرکت وسیله را در سطح خاک امکان پذیر می سازد.**
- **۲- گیرائی (Traction): نیروئی است که از واکنش یک وسیله گیرائی (مثل تایر) و یک ماده (مثل خاک) حاصل می شود و حرکت وسیله را در سطح آن ماده امکان پذیر می سازد.**

- این نکته که چقدر از نیروی گیرائی به تبدیل به نیروی کشش (Pull) می شود، بحث جداگانه ای است که در ادامه درس به آن پرداخته می شود.
- چه چیز باعث گیرائي می شود؟ عکس العمل خاک در مقابل گشتاور وارد شده به اکسل چرخ باعث ایجاد نیروی پیش کشنده می شود. عکس العمل خاک نیز به نوبه خود ناشی از مقاومت خاک است. مقاومت خاک هم ناشی از پیوستگی و اصطکاک داخلي خاک است.

- نیروی اصطکاکی وقتی بوجود می آید که ذرات خاک روی هم و یا نسبت به آج ها به حرکت در آیند.
- Frictional force = Normal force × Frictional coef.
- نیروی پیوستگی نیز وقتی ایجاد می شود که در خاک نیروهای برشی اعمال شود و از ظرفیت همچسبی ذرات برای تولید گیرائي استفاده شود.
- Cohesive force = Cohesion × Area
- با توجه به ثابت بودن ϕ و C در مورد نیروی اصطکاکی باید نیروی عمودی و در مورد نیروی پیوستگی باید سطح تماس را افزایش داد.

Soil type:
Dry sand
Sandy loam
Loam
Clay loam
Clay
Cohesive force
Frictional force

- **انواع وسایل یا ادوات زمین گیرائی:**
- **وسایل گیرائی غیر غلتشی: Non-rolling traction devices**
- **در این حالت وسیله کشش صلب است و برای ارائه یک مدل ریاضی ساده خاک نیز صلب فرض می شود. برای تولید نیروی کشندگی از مقاومت اصطکاکی خاک استفاده می شود.**
- **وسایل گیرائی غلتشی: Rolling traction devices**

در این حالت خاک به سطح وسیله می چسبد (Adhesion) یا وسیله گیرایی در خاک فرو رود و دیگر صلب نباشد.

در این حالت traction وابسته به مقاومت برشي خاک (soil shear strength) است

واکنش خاک در برابر نیروهای اعمالی ← مقاومت برشی خاک

چنانچه وسیله حرکتی دارای دندانه یا آج باشد و یا دانه های خاک در سطح وسیله زمین گیرایی فرو روند، یک حالت قفل شدگی بوجود می آید

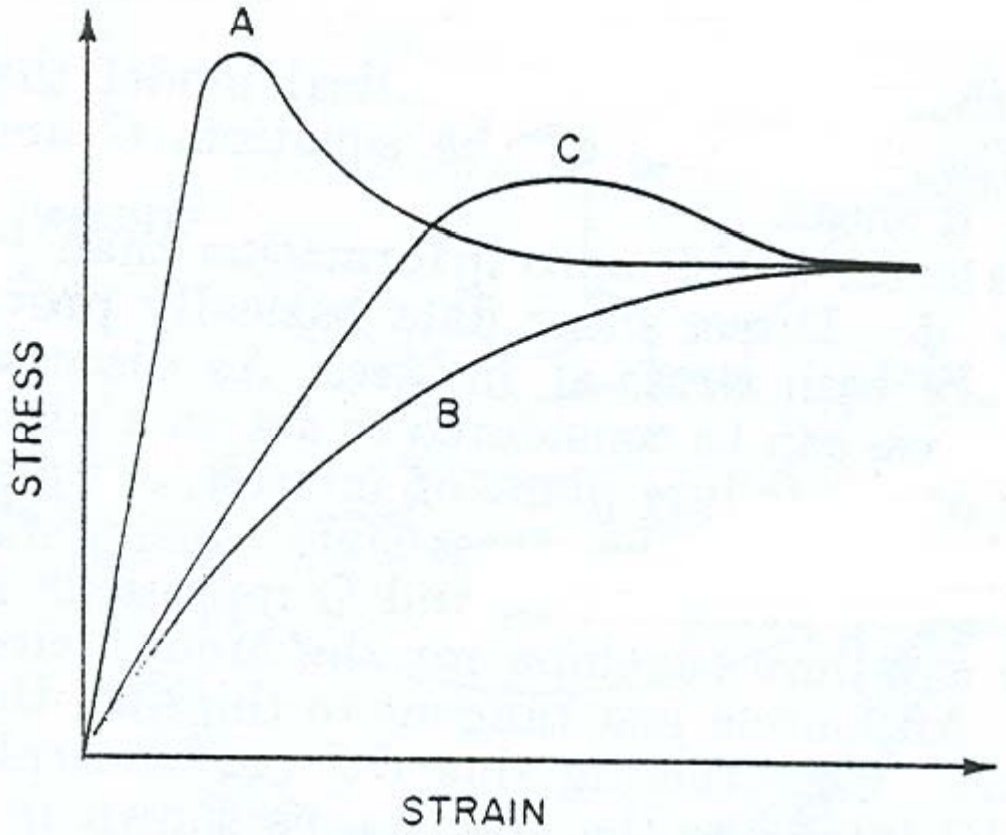
↓

بجای لغزش وسیله روی خاک، گسیختگی برشی درون خاک رخ می دهد.

↓

علاوه بر اصطکاک، مقاومت برشی خاک و به عبارت دیگر، پیوستگی خاک نیز در ایجاد درگیری مؤثر است.

واکنش یا رفتار خاکها



Typical shear stress-strain relations for soils in three conditions: *A*, Cemented; *B*, loose; and *C*, dense. Each curve is at a constant normal load.

واکنش یا رفتار خاکها

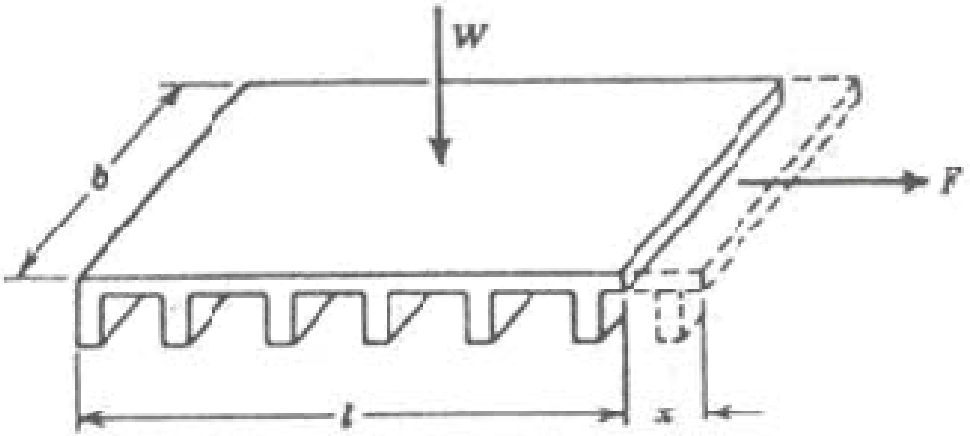
- در **خاک رسی متراکم**، حداکثر مقاومت برشی بیشتر بوده و در یک تغییر شکل کوچکتر حاصل می شود و بعد از آن مقاومت خاک کم می شود. با افزایش تغییر شکل و ایجاد شکافها مقاومت خاک کمتر می شود.
- اما در **خاک شنی** با افزایش تغییر شکل، خاک قویتر می شود. زیرا توهمرفتگی ذرات یا قفل شدگی آنها افزایش یافته و در نتیجه مقاومت اصطکاکی آن بیشتر می شود.
- در عمل بیشتر خاکها بافتی حد وسط این دو خاک دارند و لذا قسمتی از مقاومت خاک حاصل از پیوستگی و قسمتی هم ناشی از مقاومت اصطکاکی ذرات شن است.

روابط ریاضی زمین گیرائی

- در **حالت غیر غلتشی**

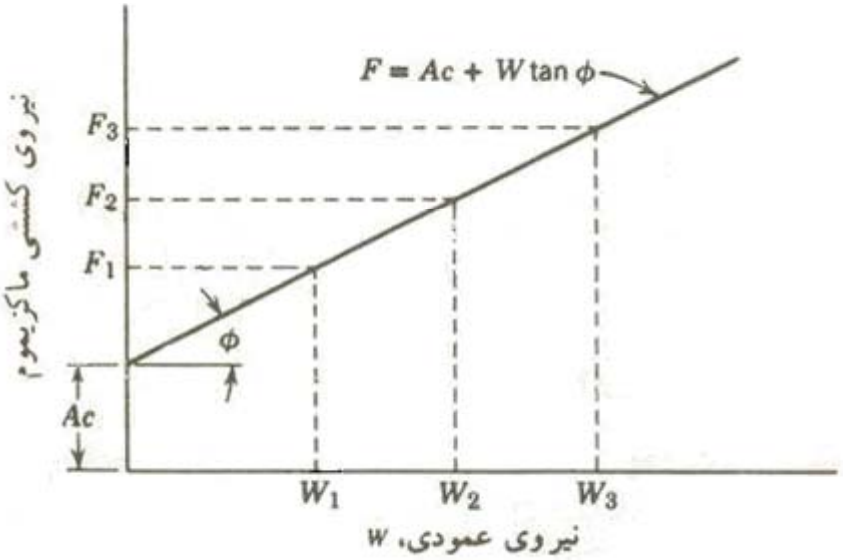
$$H = \mu N \quad \text{or} \quad F = \mu N$$

- در **حالت غلتشی**، مقاومت برشی خاک دیکته کننده است. بنابراین، باید رابطه مقاومت خاک را بدست آوریم. براي اين كار روشهاي مختلفي وجود دارد. در مهندسي عمران روش مخصوص خود را استفاده مي كنند. ما نيز بايد شرايطي ايجاد كنيم كه به واقعيت نزديك باشد.



روش نیمه تجربی

روابط ریاضی زمین گیرائی



$$F_{max}=\text{Constant} + W \tan\phi$$

Shear force or Tractive force = Cohesive force + Frictional force

تعبیر فیزیکی رابطه:

یک بخش از نیروی حاصل از اصطکاک بین ذرات خاک است که وابسته به مقدار بار عمودی روی سطح است.

بخش دیگر یک مقدار ثابت است و در حقیقت مقدار مقاومتی است که خاک مستقل از بار عمودی از خود نشان می دهد و این مقدار همان پیوستگی خاک است.

روابط ریاضی زمین گیرائی

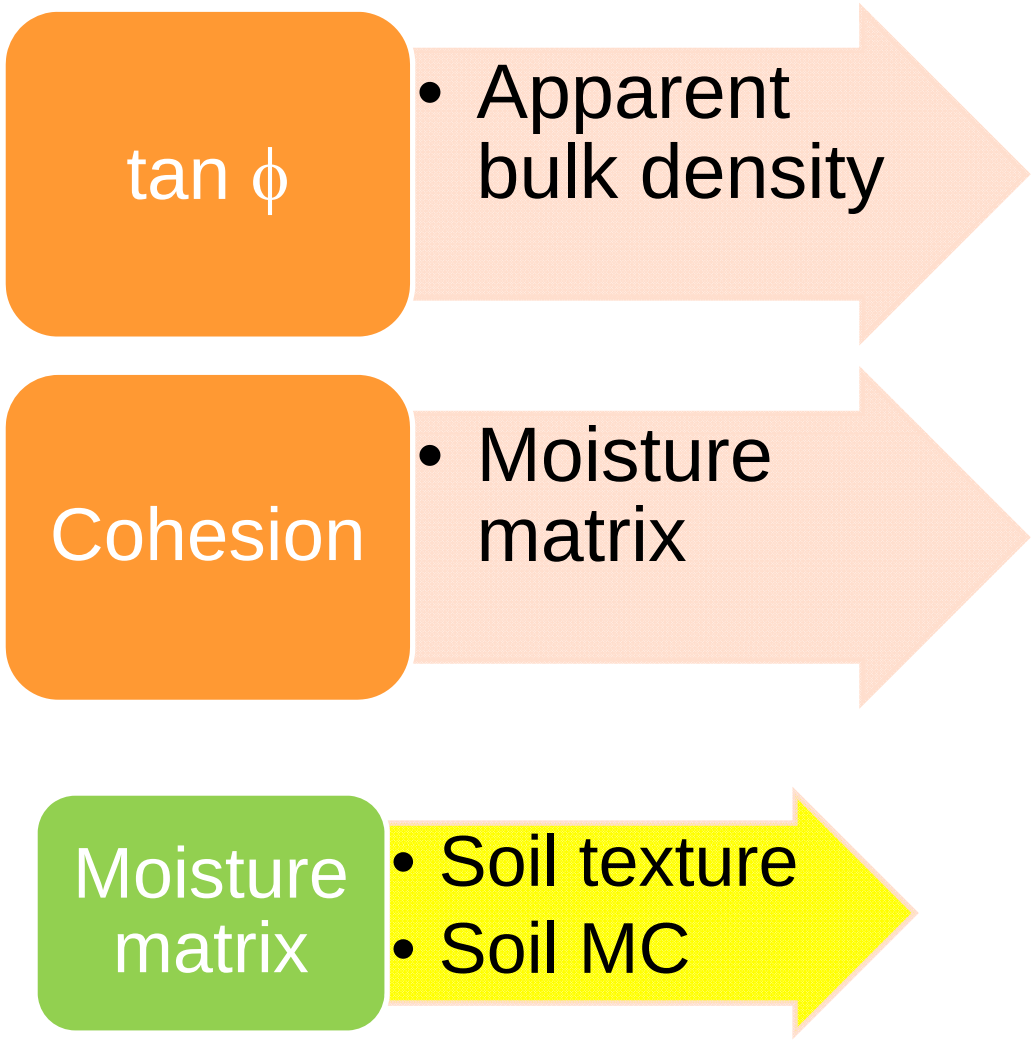
- در این مورد چون در خاک گسیختگی رخ داده است، می توان از رابطه کولمب (تابع مقاومت برشی کولمب یا پوش کولمب) استفاده کرد:
- $\tau = C + \sigma \tan \phi$
- $F_{max}/A = C + W/A \tan \phi$

$$F_{max} = C.A + W \tan \phi$$

در نتیجه مقدار ثابت که همان نیروی پیوستگی خاک است برابر است با حاصلضرب پیوستگی خاک در مساحت برشی.

- تابع مقاومت برشی کولمب را پوش شکست (Failure envelope) می نامند.
- ϕ: زاویه اصطکاک داخلی (Angle of internal friction)
- $\tan \phi$: ضریب اصطکاک داخلی (Coefficient of internal friction)
- در نتیجه C و ϕ پارامترهای خاک هستند که برای پیش بینی کشش ایجاد شده توسط یک وسیله کشش در خاک باید مشخص شوند.

روش نیمه تجربی



مقادیر C و ϕ برای چند نوع خاک

نوع خاک	اندازه ذرات (mm)	حالت خاک	ϕ (°)	C (kPa)
شنی دانه متوسط	۱/۱	متراکم	۴۰ –۳۸	–
		سست	۳۵ –۳۲	–
شنی لومی	۰۲/۰–۲/۰	خرد شونده	۲۸ –۲۴	۲۵ –۲۰
		خمیری	۲۸ –۲۴	۱۵ –۱۰
لومی	۰۱۱/۰	خرد شونده	۲۶ –۲۵	۳۰ –۲۵
		خمیری	۱۹ –۱۵	۲۰ –۱۵
رسی	۰۰۲/۰	خرد شونده	۱۹ –۱۷	۶۰ –۴۰
		خمیری	۱۴ –۱۰	۳۰ –۲۵

بنابراین مقاومت خاک تابعی از شرایط آن است و به مقدار رطوبت و همچنین توهمرفتگی و یا آزاد شدگی ذرات (وزن مخصوص ظاهری) بستگی دارد.

برخی تعاریف و اصطلاحات: Terminology

ظرفیت کشندگی خاک (Soil traction capacity):

رابطه کولمب توسط مایکل اتویت به صورت زیر درآمد تا برای وسایل نظامی و چرخ زنجیری قابل لمس باشد:

$$\tau_{max} \cdot A = C \cdot A + \sigma \tan \phi \cdot A$$
$$H_{max} = C \cdot A + W \tan \phi$$

H_{max} بیشینه نیروی کشندگی است که امکان بدست آوردن آن از خاک وجود دارد. این مقدار بیشینه را ظرفیت کشندگی خاک می گویند.

یک مقدار از این ظرفیت بستگی به ذرات خاک دارد و قابل تغییر نیست.

راندمان توان کششی یا بازده کشش (Tractive power eff. or Tractive eff.)

T.E. = Drawbar power / Axle power

-عواملی که روی T.E. تأثیر دارند:

۱ـ مقاومت غلتشی

۲ـ لغزش یا بکسوات

۳ـ تغییر شکل ایجاد شده در خاک

۴ـ اصطکاک

-ضریب کشش خالص (Net coefficient of traction):

N.C.T. or μ_{nt} = Drawbar pull/ Dynamic load = P/W

بار موجود روی چرخها را در لحظه ای که تراکتور یا وسیله کشنده کار (عمل کشش) انجام می دهد، بار دینامیکی گویند.

-عوامل مؤثر بر ضریب کشش خالص عبارتند از:

وسیله کشش، فشار باد تایر، بافت و حالت خاک، طرح سطح چرخ (آج) (Lug design or pattern)، ابعاد وسیله کشش و نحوه توزیع فشار در خاک.

بنابراین بازده کشش بیانگر وضعیت تبدیل انرژی است، در حالیکه ضریب کشش خالص نسبت نیروها را نشان می دهد.