رابطه بین بازده کشش (T.E.) و درصد لغزش چرخ

- طبق تعریف کلي:

$$T.E.=\frac{output\ power}{input\ power}=\frac{P.V_a}{H.V_t}=\frac{P}{P+R}(\frac{V_a}{V_t})=\frac{P}{P+R}(1-i)$$

با توجه به نسبت انرژي ها نيز داريم:

$$T.E.=\frac{output\ energy}{input\ \ energy}$$

$$input\ \ energy=torque\times 2\pi\times rev.$$

$$\frac{input\ \ energy}{rev_{\circ}}=2\pi\times torque=(P+R)r_{\circ}\times 2\pi \qquad \text{I}$$

در واقع گشتاور ورودي به اكسل چرخ برابر است با $H.r_0$

$$output\ energy = force \times distance$$

$$\frac{output\ energy}{rev_{\circ}} = \left(\frac{distanse}{rev_{\circ}}\right)_L \times P = (2\pi r)P \qquad \text{II}$$

I و II را در رابطه اصلي قرار مي‌دهيم:

$$Tractive\ Eff\ . = \frac{2\pi rp}{2\pi r_{\circ}(P+R)}$$

$$\frac{r}{r_{\circ}} = 1 - slip \quad \Rightarrow \quad Tractive\ Eff\ . = \frac{p}{(P+R)}(1-slip)$$

در نتيجه، براي كنترل T.E.، بايد مقدار Slip و R را كنترل كنيم كه هرچه R و Slip بيشتر باشند، T.E. كمتر مي‌شود و هرچه P بيشتر باشد، بازده كشش و عملكرد بهتر و بيشتر است.

بيشينه نيروي كشندگي Maximum Tractive Force

همان‌طور كه قبلاً اشاره شد، مقدار نيروي كششي بيشينه كه بتوان توليد كرد، به دو پارامتر بستگي داشت: يكي مقاومت خاك (soil strength) و ديگري هم پارامترهاي ماشين يا وسيله گيرايي (machine parameters).

براي محاسبه بيشينه نيروي كششي بايد كل سطح تماس چرخ‌هاي محرك را بدست آوريم: $(A = \sum bl)$

$$F \text{ or } H_m = \int_{\circ}^{\Sigma A} (C + \sigma tan\,\phi)\, dA = C\,.\,\Sigma A + \sum W\,.\,tan\,\phi$$

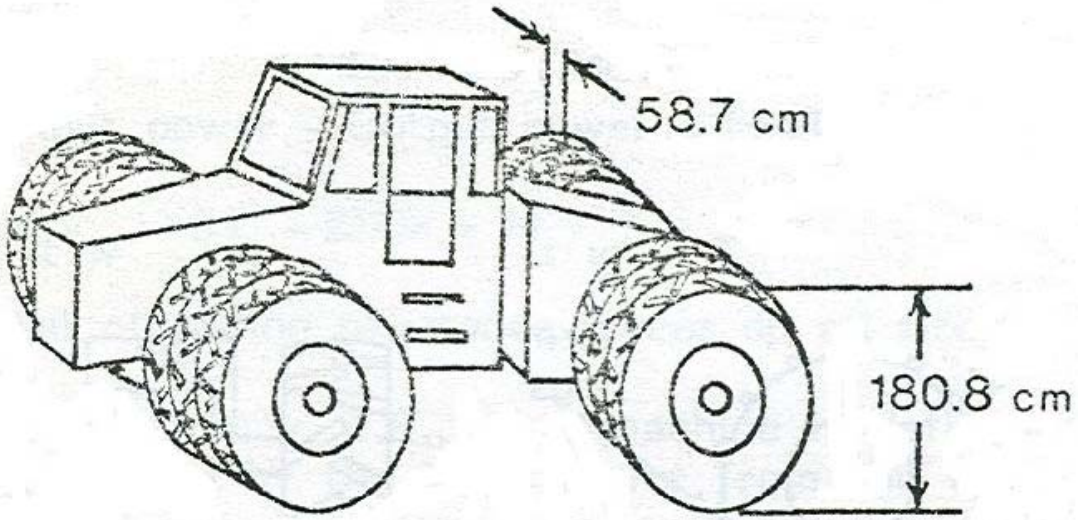
كه C و ϕ پارامترهاي خاك هستند و ΣA و ΣW هم پارامترهاي ماشين.

دليل اين كه بهتر است تراكتورهاي 2WD به 4WD تبديل شوند، همين نكته افزايش سطح تماس است، ضمن اينكه از تمام وزن تراكتور نيز استفاده مي‌شود.

بنابراين، در خاك‌هاي رسي كه پيوستگي (C) خاك بالاست، بهتر است $\sum A$ را افزايش دهيم ولي در خاك‌هاي شني كه پيوستگي كم است و اصطكاك داخلي ($\tan \phi$) زياد است، بهتر است $\sum W$ را افزايش دهيم.

در خاك‌هاي كشاورزي كه معمولاً تركيبي از خاك‌هاي سبك و سنگين هستند، تركيبي از افزايش سطح و وزن روي چرخ‌هاي محرك را بايد طوري پيدا كنيم كه H_m بيشينه شود.

مثال: براي يك تراكتور با جرم ۱۵۴۰۰ كيلوگرم و ۱۲ تاير محرك به اندازه ۸۶/4 – ۵۸/۷ سانتي‌متر، حداكثر كشش ناخالص طول سطح تماس را يك چهارم قطر خارجي لاستيك در نظر بگيريد.
بيشيه نيروي كشش **(maximum gross tractive thrust)** را وقتي **C=10 kPa** و **$\phi = 25°$** است، محاسبه كنيد.



An agricultural four wheel drive tractor with triple tires.

اگر h داده نشده باشد، به صورت زير بدست مي‌آيد:

$$\frac{h}{b_c} = 0.85 \Rightarrow h = 49.895\,cm$$

$$d_o = d_r + 2h \Rightarrow d_o = 189.19\,cm$$

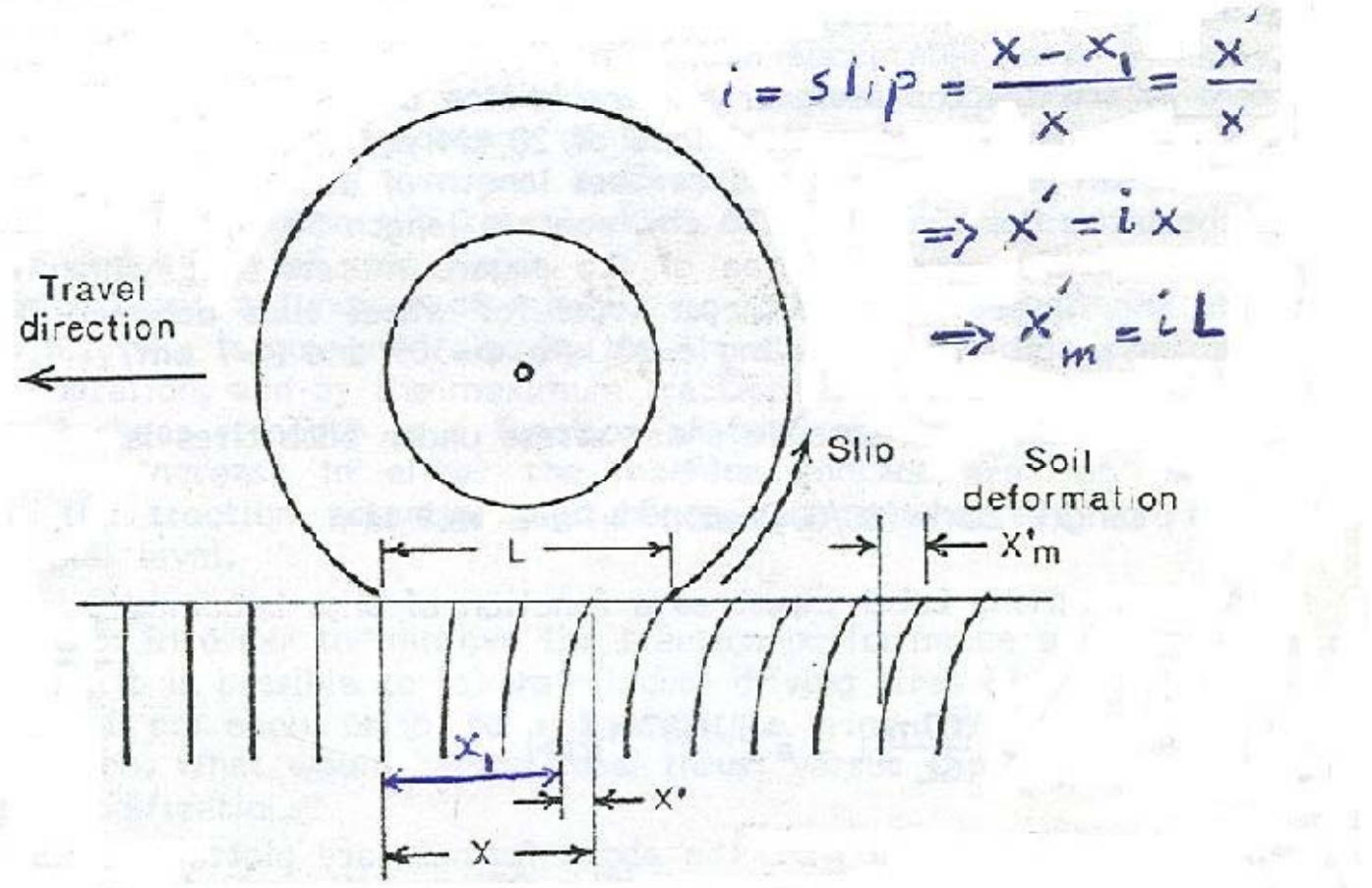
$$\begin{cases} \Sigma A = 12 \times (58.7) \times (\dfrac{189.19}{4}) = 32788.059\ \ cm^2 \\ \Sigma W = 15400 \times 9.8 = 150920 = 150.92\ \ kN \end{cases}$$

$$H_m = C.\Sigma A + \Sigma W.\tan\varphi$$

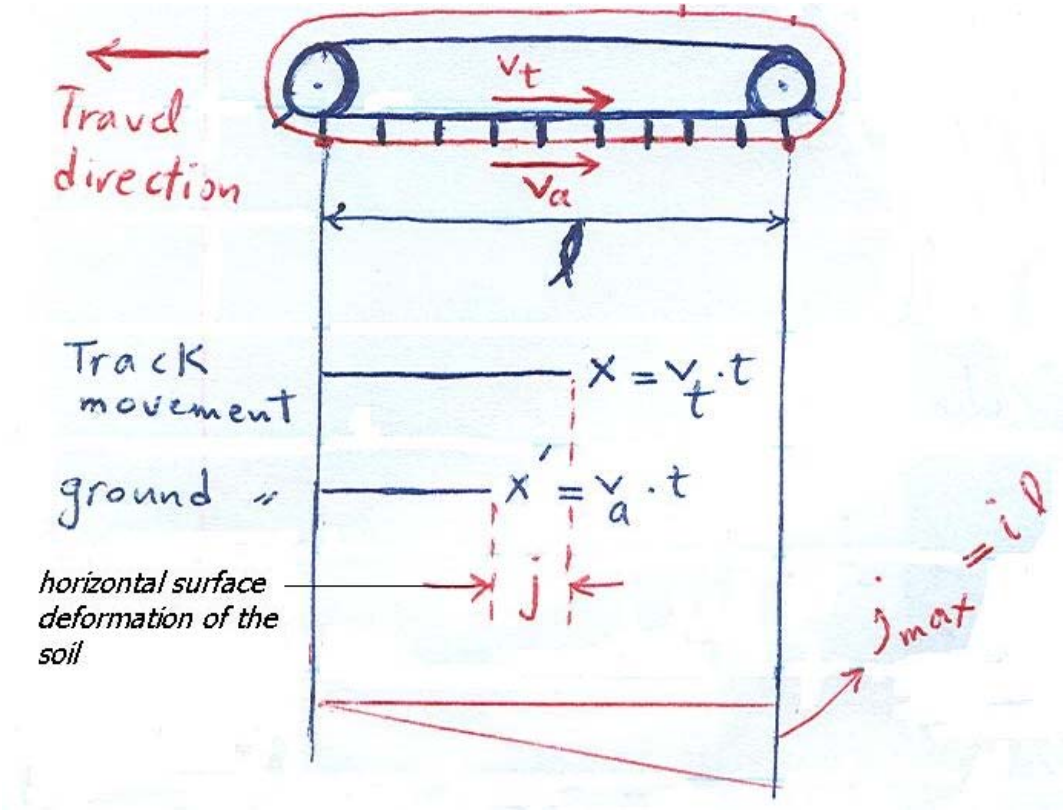
$$H_m = 10\ \ kPa(3.28\ \ m^2) + (150.92\ \ kN)\tan 25°$$
$$= 32.78\ \ kN + 70.37\ \ kN = 103.16\ \ kN$$

همان‌طور که مشخص است هم چسبندگي و هم اصطكاك داخلي وجود داشته و مؤثر بوده اند، ليكن H_m بيشتر ناشي از وزن و $\tan\phi$ بوده است.

رابطه بین لغزش (slip) و تغییر فرم خاک (soil deformation) زیر یک چرخ



Horizontal deformation of soil as a flexible tire rolls and slips on it with a traction force.



همه سرعت‌ها از دید راننده است، راننده نگاه به وسیله گیرایي مي‌کند و مي‌بیند که با سرعت V_t به طرف عقب حرکت مي‌کند و وقتي نگاه به زمین مي‌کند، مي‌بیند با سرعت V_a به عقب حرکت مي‌کند. بعد از زمان t داریم:

$$slip = i = \frac{x - x'}{x} = \frac{j}{x} \quad \Rightarrow \quad j = ix$$

بنابراين مقدار تغيير فرم به دو عامل بستگي دارد، يكي **لغزش** و ديگري **مقدار حركت يا مسافت** و هرچه اين دو عامل بيشتر شوند، مقدار تغيير شكل افقي خاك هم بيشتر مي‌شود.

مطابق شكل:

$$j_{\max} = il$$

همان‌طور كه قبلاً ذكر شد، رابطه تغيير شكل برشي و افقي خاك بر حسب تنش برشي براي پاسخ و رفتار خاكها از قبيل خاك شني يا رسي خيس به صورت يك منحني نمايي به شكل زير بود:

$$\tau = \tau_{\max}(1 - e^{-j/k})$$

بنابراين وقتي i را داشته باشيم، j بدست مي‌آيد (اندازه‌گيري خود j مشكل است).

با داشتن j، تنش برشي بدست مي‌آيد (بازاء هر j يك τ داريم). چون j در طول متغير است، بايد انتگرال‌گيري نموده تا كل تنش برش خلق شده بدست آيد. با ضرب تنش برشي در مساحت نيز مقدار نيروي توليد شده بدست مي‌آيد:

$$H_t = b\int_{\circ}^{l} \tau dx \quad \Rightarrow \quad H_t = b\int_{\circ}^{l} \tau_{\max}(1-e^{-j/k})dx$$

$$= b\int_{\circ}^{l} (C+\sigma\tan\phi)(1-e^{-j/k})dx$$

$$= b\int_{\circ}^{l} (C+\frac{w}{bl}\tan\phi)(1-e^{-ix/k})dx$$

$$= b(C + \frac{w}{bl}\tan\phi)\int_0^l (1 - e^{-ix/k})dx$$

$$= (A.C + w\tan\phi)[1 - \frac{k}{il}(1 - e^{-il/k})]$$

$$= H_m[1 - \frac{k}{il}(1 - e^{-il/k})]$$

- **مثال:** یک طراح تراکتور دو انتخاب برای اندازه لاستیک های عقب تراکتوری که بار عمودی برابر با ۲۰ KN روی هر یک از چرخ های عقب دارد می تواند داشته باشد:

الف- تایر با قطری برابر با ۲۰۰ cm و طول سطح تماس ۱۰۰ cm و عرض سطح تماس ۴۰ cm

ب- تایر طرح دوم دارای قطری برابر با ۱۰۰ cm، طول سطح تماس ۵۰ cm و عرض سطح تماس ۸۰ cm است.

مقدار کشش ناخالص تولیدی را در لغزش بین ۰ تا ۳۰ % روی خاکی با مشخصات زیر تعیین کنید:

- C= 20 KPa
- ϕ= 30°
- K= 7 cm