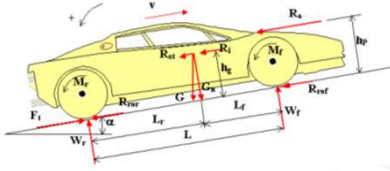


DOĞRUSAL TAŞIT HAREKETİNDE KUVVETLER



Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

Doğrusal taşıt hareketi

Doğrusal hareket halindeki bir taşıta etkiyen kuvvetler:

- **Kütle kuvvetleri** (yokuş ve ivme dirençleri)
- **Dış kuvvetler** (tahrik ve frenleme kuvveti, hava ve yuvarlanma dirençleri)

Doğrusal taşıt hareketi...

Bazı ölçüler



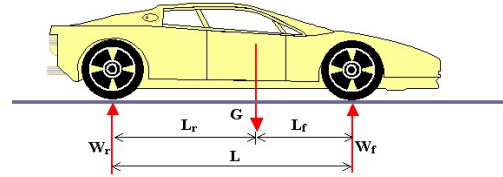
Sedan otomobillerde ana boyutlar:

- Ortalama uzunluk: 4236mm - 4966mm
- Ortalama yükseklik: 1429mm - 1550mm
- Ortalama genişlik: 1693mm - 1895mm

Hareket eşitliği

Hareketsiz durumda ve yatay yoldaki bir taşıtın aks yükleri
Statik arka ve ön aks zemin reaksiyonları:

$$W_{rs} = G \frac{L_r}{L} \quad W_{fs} = G \frac{L_f}{L}$$



Ağırlık merkezinin yeri

Statik arka ve ön aks zemin reaksiyonları eşitliğinden :

$$L_r = L \frac{W_{fs}}{G}$$

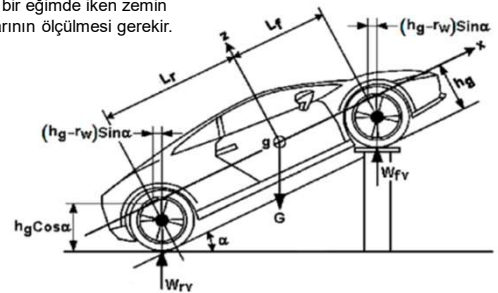
Yanal ekseninde belirlemek için de sağ ve sol tekerlek zemin reaksiyonlarından yararlanılabilir.

Ağırlık merkezinin yeri...

Yanal ekseninde (y) belirlemek için de sağ ve sol tekerlek zemin reaksiyonlarından yararlanılabilir.

Ağırlık merkezinin zeminden yüksekliği

Taşıt belirli bir eğimde iken zemin reaksiyonlarının ölçülmesi gerekir.



Ağırlık merkezinin yeri...

- Taşıt yatay düzlemle α açısını yapmaktadır. Ön dingil zemin reaksiyonunun düşey bileşenine W_{fv} denirse, ağırlık merkezinin zeminden yüksekliği statik denge koşullarıyla hesaplanabilir.

$$\Sigma F_v = 0$$

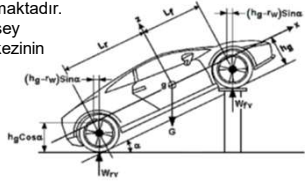
$$\Sigma M_v = 0$$

Denge eşitlikleri uygulanırsa;

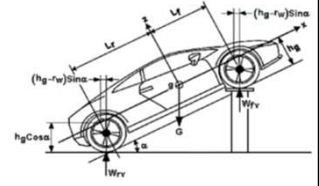
$$W_{fv} + W_{rv} - G = 0$$

$$W_{fv}(L_f \cos \alpha + (h_g - r_w) \sin \alpha) - W_{rv}(L_r \cos \alpha - (h_g - r_w) \sin \alpha) = 0$$

Buradan ağırlık merkezinin yeri belirlenir.



Ağırlık merkezinin yeri...



$$W_{rv} = G - W_{fv}$$

$$h_g = \frac{W_{fv}(r_w \sin \alpha + L_f \cos \alpha) + W_{rv}(r_w \sin \alpha - L_r \cos \alpha)}{G \sin \alpha}$$

$$= r_w + \frac{L_f W_{fv} - L_r W_{rv}}{G} \cot \alpha$$

$$h_g = r_w + \left(\frac{W_{fv}}{G} L_f - L_r \right) \cot \alpha$$

Ağırlık merkezinin yeri...

ÖRNEK:

Bir taşıtla ilgili olarak aşağıdaki değerler verilmiştir. Ağırlık merkezinin zeminden yüksekliğini belirleyiniz.

$$m = 2000 \text{ kg}$$

$$W_{fv} = 10450 \text{ N}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$L_f = 1,1 \text{ m}$$

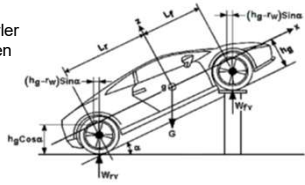
$$L_r = 2,3 \text{ m}$$

$$r_w = 0,30 \text{ m}$$

ÇÖZÜM:

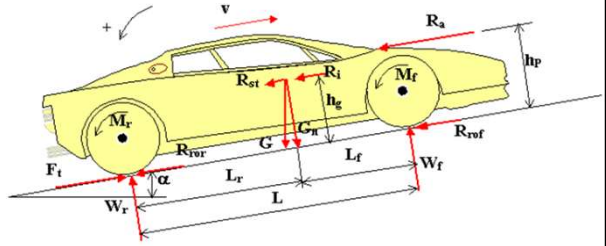
$$G = 2000 \times 9,81 = 19620 \text{ N}$$

$$h_g = 0,3 + \left(\frac{10450}{19620} 2,3 - 1,2 \right) \cot 30 = 0,343 \text{ m}$$



Hareket eşitliği

Hareket halindeki taşıta etkiyen dinamik zemin reaksiyonları



Hareket eşitliği...

Dönen kütlelerin atalet momentleri M_f ve M_r ihmal edilerek, r noktasına göre moment alınır;

$$\Sigma M_r = 0 \text{ dan,}$$

$$W_{fd} L + R_a \cdot h_p + R_f \cdot h_g \pm R_{st} \cdot h_g - G_n \cdot L_f = 0$$

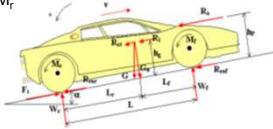
$$W_{fd} = \frac{1}{L} (-R_a \cdot h_p - R_f \cdot h_g \pm R_{st} \cdot h_g + G_n \cdot L_f)$$

$$W_{rd} = \frac{1}{L} (R_a \cdot h_p - R_f \cdot h_g \pm R_{st} \cdot h_g + G_n \cdot L_f)$$

$$W_{fd} + W_{rd} = G_n = G \cdot \cos \alpha$$

Küçük eğim açıları için $\cos \alpha \approx 1$, $h_p \approx h_g$ kabulüyle;

$$W_{fd} = \frac{1}{L} [GL_f - h_g (R_a + R_f \pm R_{st})] \quad W_{rd} = \frac{1}{L} [GL_f + h_g (R_a + R_f \pm R_{st})]$$



Hareket eşitliği...

Yola paralel kuvvetlerin eşitliğinden;

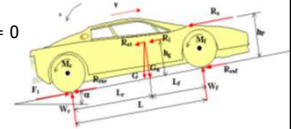
$$\Sigma F_x = 0 \quad F_t - R_{ro} - R_{rof} - R_g - R_i \pm R_{st} = 0$$

$$R_{ror} + R_{rof} = R_{ro} \quad F_t - R_{ro} = R_g - R_i \pm R_{st}$$

$$W_{fd} = \frac{1}{L} [GL_f - h_g (F_t - R_{ro})] \quad W_{rd} = \frac{1}{L} [GL_f + h_g (F_t - R_{ro})]$$

$F_t - R_{ro}$ yerine F_{net} yazılarak;

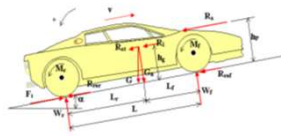
$$W_{fd} = \frac{1}{L} (GL_f - h_g F_{net}) \quad W_{rd} = \frac{1}{L} (GL_f + h_g F_{net})$$



Hareket eşitliği...

$$W_{rd} = \frac{1}{L} (GL_r - h_g F_{net})$$

$$W_{rd} = \frac{1}{L} (GL_r + h_g F_{net})$$

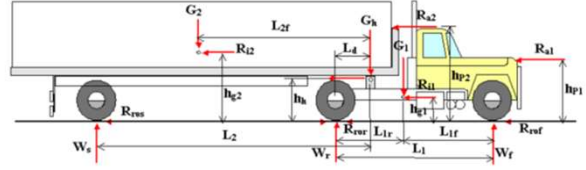


Eşitliklerin sağ tarafındaki ilk terimler statik zemin reaksiyonlarını, ikinci terimler ise taşıtın hareketine bağımlı olarak gelişen dinamik yük transferini ifade etmektedir.

$$W_{rd} = W_{fs} - \Delta G$$

$$W_{rd} = W_{fs} + \Delta G$$

Çekici-yarı treyler çiftinde zemin reaksiyonları



$$W_{sd} = \frac{L_{2f}}{L_2} G_2 + \frac{h_g g_2}{L_2} (R_{s2} + R_{s2} \pm R_{s2} - F_h)$$

$$W_{rd} = \frac{1}{L_1} [G_1 L_r + h_{g1} F_{net} + G_h (L_1 - L_d)]$$

Maksimum tutunma kuvveti

$$F_{netmax} = W_{rd} \mu_{romax}$$

ARKADAN TAHRİKLİ TAŞIT

$$W_{rd} = \frac{1}{L} (G \cdot L_r + h_g \cdot W_{rd} \cdot \mu_{romax})$$

$$W_{rd} \cdot L = G \cdot L_r + h_g \cdot W_{rd} \cdot \mu_{romax}$$

G ve W_{rd} 'li terimler eşitliğin aynı taraflarına alınarak, yeniden düzenlenirse;

$$W_{rd} = G \left(\frac{L_r}{L - h_g \mu_{romax}} \right)$$

Parantez "ağırlık dağılım faktörü"

Dinamik ağırlık dağılım faktörü:

$$W_{rd} = \frac{L_r}{L - h_g \mu_{romax}} = \frac{W_{rd}}{G}$$

Statik ağırlık dağılım faktörü:

$$W_{rs} = \frac{W_{rs}}{G} = \frac{L_r}{L}$$

Böylece;

$$F_{netmax} = W_{rd} \cdot G \cdot \mu_{romax}$$

Maksimum tutunma kuvveti...

ÖNDEN TAHRİKLİ TAŞIT

$$W_{rd} = \frac{1}{L} (G \cdot L_r - h_g (W_{rd} \cdot \mu_{romax}))$$

$$W_{rd} = G \left(\frac{L_r}{L - h_g \mu_{romax}} \right)$$

$$W_{rd} = \frac{L_r}{L + h_g \mu_{romax}} = \frac{W_{fd}}{G} \quad W_{rs} = \frac{W_{rs}}{G} = \frac{L_r}{L}$$

$$F_{netmax} = W_{rd} \cdot G \cdot \mu_{romax}$$

Herhangi iki taşıtın statik ağırlık dağılımlarının aynı olduğunu varsayarsak, arkadan tahrikli taşıt, hızlanma sırasında arka dingil yükünün artması nedeniyle, çekiş bakımından daha üstündür.

ÖRNEK

$$L_r = L_f = 0,5 L$$

$$h_g = 0,3 L$$

$$f_{ro} = 0,02$$

$$m_{ro} = 0,8$$

G = 10 kN olduğuna göre;

- a) önden ve arkadan tahrikli iki taşıt için ağırlık dağılım faktörlerini,
b) her iki taşıtın geliştirebileceği F_{netmax} kuvvetlerini belirleyiniz.

ÇÖZÜM

a) Ağırlık dağılım faktörleri;

$$W_{rd} = \frac{0,5 \times L}{L(1 - 0,3 \times 0,8)} = \frac{0,5}{0,76} = 0,658$$

$$W_{rd} = \frac{L_r}{L + h_g \mu_{romax}} = \frac{0,5 \times L}{L(1 + 0,3 \times 0,8)} = \frac{0,5}{1,24} = 0,403$$

- b) Arkadan tahrikli taşıtta, $F_{netmax} = 0,658 \cdot 10000 \cdot 0,8 = 5264 \text{ N}$.
Önden tahrikli taşıtta, $F_{netmax} = 0,403 \cdot 10000 \cdot 0,8 = 3224 \text{ N}$.

Görüldüğü gibi, her iki taşıt için, statik ağırlık dağılımları eşit ve bir dingile gelen yük 0,5 G olduğu halde; seyir halindeyken, net tahrik kuvveti bakımından arkadan tahrikli taşıt daha avantajlıdır.

Maksimum tutunma kuvveti...

DÖRT TEKERLEKTEN TAHRİKLİ TAŞIT

$$W_{rd4} = \frac{G}{L} (L_f - h_g \cdot \mu_{max})$$

$$W_{rd4} = \frac{G}{L} (L_f + h_g \cdot \mu_{max})$$

En fazla tahrik kuvveti, dört tekerlekten tahrikli taşıt ile uygulanabilmektedir. Çünkü, taşıt ağırlığının tamamı tahrik kuvvetinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

$$W_{rd4} + W_{rd4} = W_{d4}$$

Ancak; gerçekte bu ideal durum, motor torkunun dingillere eşit oranda dağılımı halinde gerçekleşebilir.

$$\frac{W_{rd4}}{W_{rd4}} = \frac{L_f - h_g \mu_{romax}}{L_f + h_g \mu_{romax}}$$

Maksimum tutunma kuvveti...

Çekici-yarı treyler kombinasyonunun maksimum tahrik kuvveti

$$W_{rd} = \frac{1}{L_1} [G_1 \cdot L_f + h_{g1} \cdot W_{rd} \cdot \mu_{max} + G_h (L_1 - L_d)]$$

ve W_{rd} li terimlerin eşitliğinin aynı tarafına alınmasıyla;

$$W_{rd} = \frac{G_1 L_f + G_h (L_1 - L_d)}{L_1 + h_{g1} \mu_{romax}}$$

İvme sınırı

$$R_t = F_t - R_{ro} - R_s \pm G \cdot \sin \alpha$$

R_{ro} , R_s ve $G \cdot \sin \alpha$ nın toplamına R_t denirse;

$$R_t = F_t - R_t = m_{ef} \cdot a$$

$$a = \frac{F_t - R_t}{m_{ef}}$$

İki tekerlekten tahrik için,

$$F_{netmax} \approx \frac{G}{2} \cos \alpha \cdot \mu_{romax}$$

Hava direnci ihmal edilirse, maksimum ivme;

$$a_{max} = \frac{G}{2} \frac{\cos \alpha \cdot \mu_{ro} + G \cdot f_{ro} \pm G \cdot \sin \alpha}{g \cdot \gamma}$$

Her terim G ye bölündükten sonra, $\gamma \approx 1$ alınır ve f_{ro} ihmal edilirse;

$$a_{max} = g (0,5 \cos \alpha \cdot \mu_{romax} \pm \sin \alpha)$$

$\sin \alpha$ 'nın işareti, yokuş çıkarken (-), yokuş inerken (+) alınacaktır.

Problem

Tahrik karakteristikleri yanda görülen ve diğer özellikleri aşağıda verilen taşıtın;

a) 4. vitesdeki toplam transmisyon verimi %90 olduğuna göre, maksimum taşıt hızını ve bu hızdaki motor gücünü belirleyiniz.

b) Ağırlık dağılım faktörü $w_{df} = 0,55$ olduğuna göre, **arkadan tahrikli** bu taşıtın maksimum hızı yapabilmesi için gerekli minimum tutunma katsayısı (μ_{ro}) ne olmalıdır?

c) 3. vitesdeki toplam transmisyon verimi %86 olduğuna göre taşıtın düz yolda ve 3. vitede sağlayabileceği maksimum hızlanma ivmesini hesaplayınız.

$$G = 10 \text{ kN} \quad L_f = 1,3 \text{ m} \quad L_r = 1,4 \text{ m}$$
$$h = 0,6 \text{ m} \quad i_1 = 3,7 \quad i_2 = 2,8$$
$$i_3 = 2 \quad i_4 = 1 \quad i_d = 4 \quad r_w = 0,32 \text{ m}$$
$$C_x = 0,32 \quad \rho_a = 1,22 \text{ kg/m}^3$$

