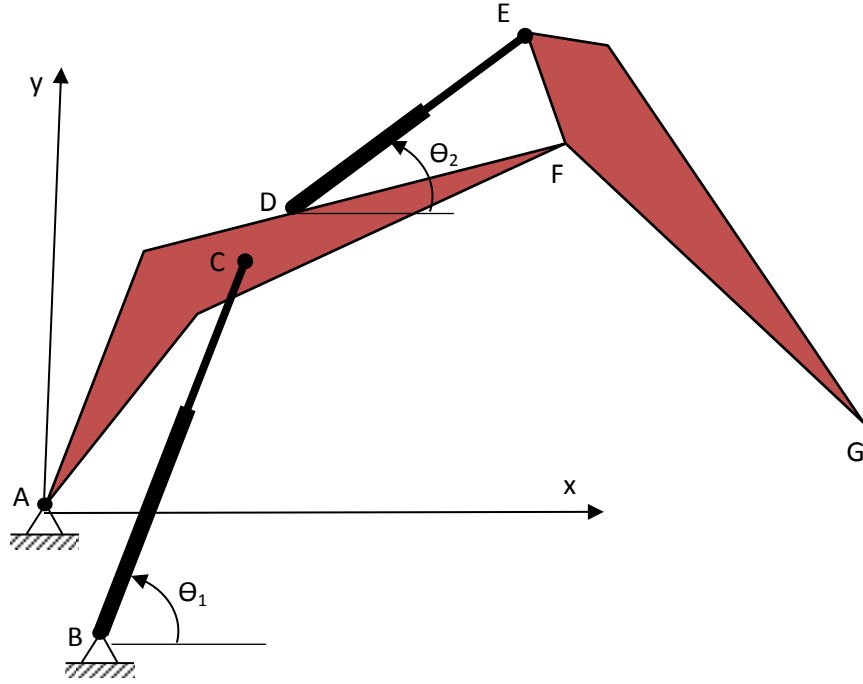
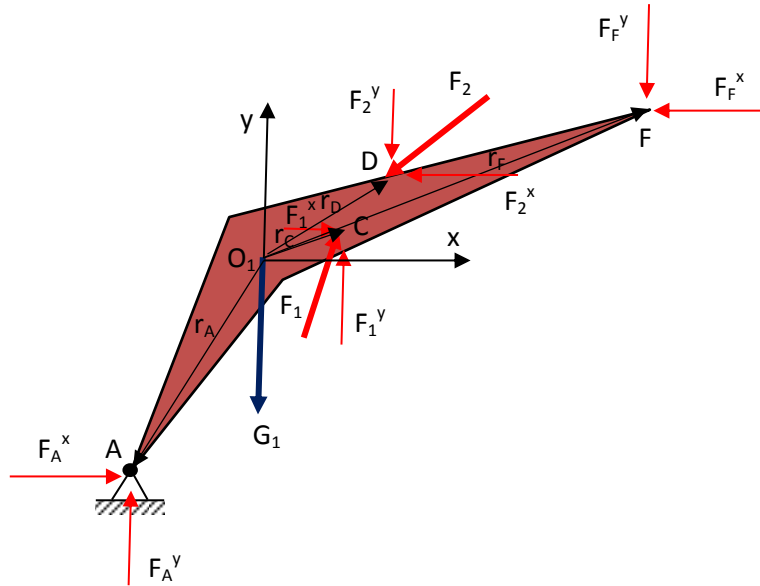


Ekskavatörün Kuvvet Analizi:



Her bir uzvun serbest cisim diyagramlarını çizelim.



Buradan 1 no'lu uzvun denge denklemlerini yazalım.

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0 & \quad F_A^x + F_1^x - F_2^x - F_F^x = 0 \\ \sum F_y = 0 & \quad F_A^y - G_1 + F_1^y - F_2^y - F_F^y = 0 \\ \sum M_{O_1} = 0 & \quad F_A^x r_A^y - F_A^y r_A^x - F_1^x r_C^y + F_1^y r_C^x + F_2^x r_D^y + F_2^y r_D^x + F_F^x r_F^y - F_F^y r_F^x = 0\end{aligned}$$

Burada,

$$F_1^x = F_1 \cos \theta_1$$

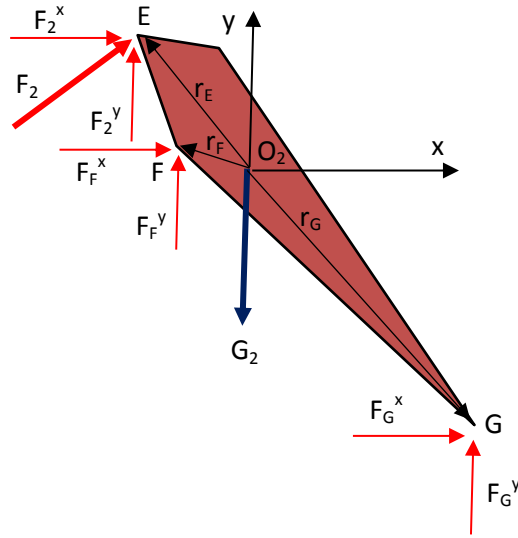
$$F_1^y = F_1 \sin \theta_1$$

$$F_2^x = F_2 \cos \theta_2$$

$$F_2^y = F_2 \sin \theta_2$$

dir.

Buradan 2 no'lu uzvun denge denklemlerini yazalım.



$$\sum F_x = 0 \quad F_2^x + F_F^x + F_G^x = 0$$

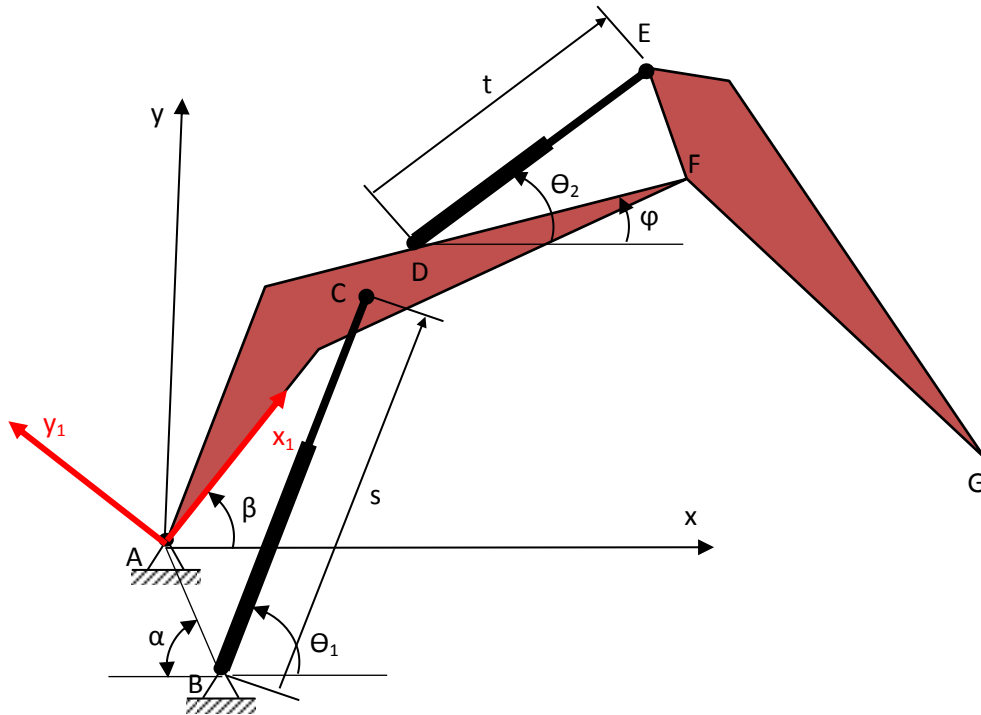
$$\sum F_y = 0 \quad F_2^y + F_F^y - G_2 + F_G^y = 0$$

$$\sum M_{O_2} = 0 \quad -F_2^x r_E^y - F_2^y r_E^x - F_F^x r_F^y - F_F^y r_F^x + F_G^x r_G^y + F_G^y r_G^x = 0$$

Denge denklemlerini matris formunda yazalım.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & \cos \theta_1 & -\cos \theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & \sin \theta_1 & -\sin \theta_2 \\ r_A^y & -r_A^x & r_F^y & -r_F^x & \sin \theta_1 r_C^x - \cos \theta_1 r_C^y & \sin \theta_2 r_D^x + \cos \theta_2 r_D^y \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \cos \theta_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & -r_F^y & -r_F^x & -\cos \theta_2 r_E^y & -\sin \theta_2 r_E^x \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F_A^x \\ F_A^y \\ F_F^x \\ F_F^y \\ F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_G^x \\ G_2 - F_G^y \\ -F_G^x r_G^y - F_G^y r_G^x \end{bmatrix}$$

Hidrolik Silindir Hareketi ile Kol Dönmeleri Arasındaki İlişki:



Yukarıda elde ettiğimiz hareket denklemlerinin çözülebilmesi için θ_1 ve θ_2 konum açılarını kolları tahrik eden hidrolik silindir hareketi cinsinden elde etmemiz gerekir. Bunun için ilk önce kenar uzunluklarını bildiğimiz ABC üçgeninde, kosinüs teoremi yardımı ile üçgenin iç açılarını bulalım.

$$s^2 = |AB|^2 + |AC|^2 - 2|AB||AC|\cos \hat{A} \quad \rightarrow \quad \hat{A} = \cos^{-1} \left(\frac{-s^2 + |AB|^2 + |AC|^2}{2|AB||AC|} \right)$$

$$|AC|^2 = |BA|^2 + s^2 - 2|BA|s \cos \hat{B} \quad \rightarrow \quad \hat{B} = \cos^{-1} \left(\frac{-|AC|^2 + |BA|^2 + s^2}{2|BA|s} \right)$$

$$\hat{C} = 180^\circ - \hat{A} - \hat{B}$$

Bulunur. Burada β ve θ_1 açısı aşağıdaki gibi bulunur.

$$\beta = \hat{A} - \alpha$$

$$\theta_1 = 180^\circ - \alpha - \hat{B}$$

ABC üçgeninin iç açılarını bulduğumuz gibi aynı şekilde kenar uzunluklarını bildiğimiz DEF üçgeninde, kosinüs teoremi yardımı ile üçgenin iç açılarını bulalım.

$$t^2 = |DF|^2 + |EF|^2 - 2|DF||EF|\cos \hat{F} \quad \rightarrow \quad \hat{F} = \cos^{-1} \left(\frac{-t^2 + |DF|^2 + |EF|^2}{2|DF||EF|} \right)$$

$$|EF|^2 = |DF|^2 + |DE|^2 - 2|DF||DE|\cos \hat{D} \quad \rightarrow \quad \hat{D} = \cos^{-1} \left(\frac{-|EF|^2 + |DF|^2 + |DE|^2}{2|DF||DE|} \right)$$

$$\hat{E} = 180^\circ - \hat{D} - \hat{F}$$

θ_2 açısını bulabilmek için ϕ açısını bulmamız gerekir. Bunun için ilk önce birinci kola sabit Ax_1y_1 koordinat takımını yerleştirelim. Bu koordinat takımı Axy koordinat takımına göre hareketli koordinat takımı olacaktır. Hareketli koordinat takımının sabit koordinat takımına göre β dönmesi yapsın. Daha sonra birinci kol üzerindeki D ve F noktalarının Axy koordinat takımına göre konumlarını bulalım.

$$D = [C_{Z=\beta}]D^1 = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_x^1 \\ D_y^1 \end{bmatrix}$$

$$F = [C_{Z=\beta}]F^1 = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x^1 \\ F_y^1 \end{bmatrix}$$

Buradan aşağıdaki eşitlikle ϕ açısını bulabiliriz.

$$\tan \phi = \frac{F_y^1 - D_y^1}{F_x^1 - D_x^1} \rightarrow \phi = \tan^{-1} \frac{F_y^1 - D_y^1}{F_x^1 - D_x^1}$$

Buradan da,

$$\theta_2 = \hat{D} + \phi$$

Bulunur.