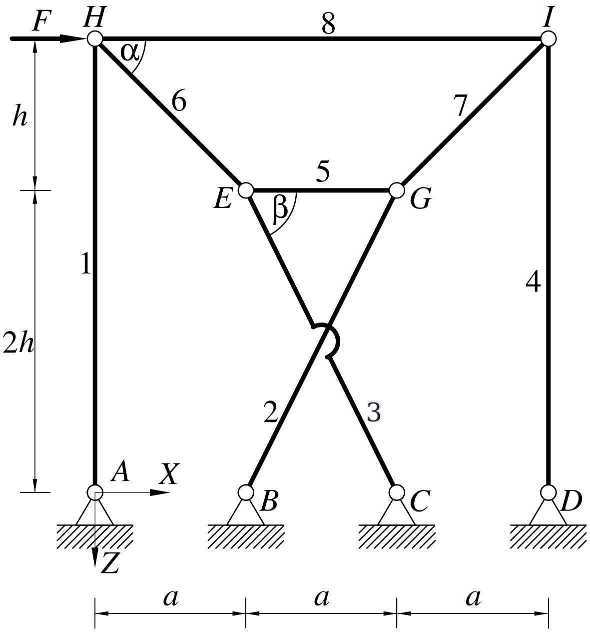


Slika 1: Ravninsko paličje, obteženo z vodoravno silo F.

Naloga: Pokaži, da je paličje na sliki 1 kinematično labilno. Palici BG in CE sta mimobežni.

Rešitev: Paličje je statično določeno. Napisali bomo ravnotežne enačbe in pokazali, da je matrika ravnotežnih enačb singularna.

Uporabili bomo metodo izrezovanja vozlišč. Osne sile v palicah dobimo iz ravnotežnih enačb za vozlišča E, G, H in I, reakcije pa iz ravnotežnih enačb za vozlišča A, B, C in D. Pokazali bomo, da je matrika prvih osmih ravnotežnih enačb singularna, zato osnih sil ne moremo enolično izračunati. Pri določeni obtežbi, konkretno v našem primeru, zato rešitve ni (ravnotežje v nedeformiranem stanju ni možno). Dejansko število prostostnih stopenj $n_{ps} = n_{re} - \texttt{rang}(B) > 0$, kjer je n_{re} število ravnotežnih enačb, B pa matrika ravnotežnih enačb. Posledično je konstrukcija kinematično labilna.

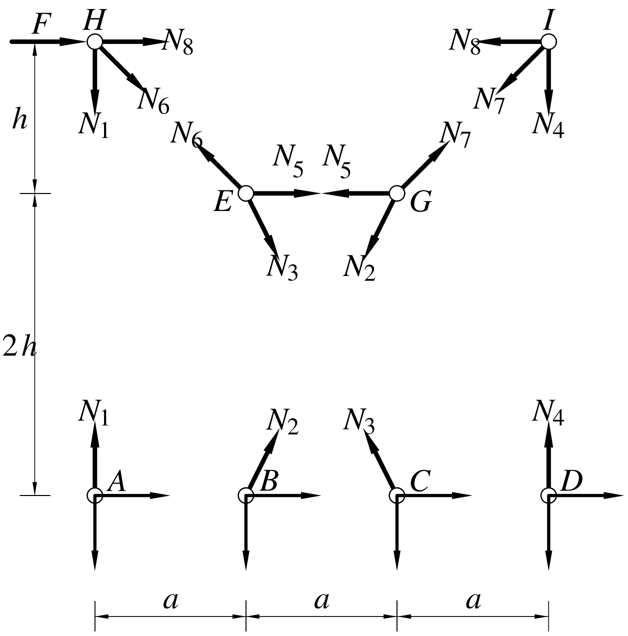
Pri zapisu ravnotežnih enačb bomo uporabili razrez na sliki 2.

$$\begin{aligned} \sum X &= F + N_8 + N_6 \cos(\alpha) = 0 \\ \sum Z &= N_1 + N_6 \sin(\alpha) = 0 \end{aligned} \tag{H}$$

$$\begin{aligned} \sum X &= N_8 + N_7 \cos(\alpha) = 0 \\ \sum Z &= N_4 + N_7 \sin(\alpha) = 0 \end{aligned} \tag{I}$$

$$\begin{aligned} \sum X &= -N_6 \cos(\alpha) + N_5 + N_3 \cos(\beta) = 0 \\ \sum Z &= -N_6 \sin(\alpha) + N_3 \sin(\beta) = 0 \end{aligned} \tag{E}$$

$$\begin{aligned} \sum X &= -N_7 \cos(\alpha) + N_5 + N_2 \cos(\beta) = 0 \\ \sum Z &= -N_7 \sin(\alpha) + N_2 \sin(\beta) = 0 \end{aligned} \tag{G}$$



Slika 2: Razrez paličja na vozlišča.

Ravnotežne enačbe (H),(I),(E),(G) zapišemo v matrični obliki in dobimo

$$
\begin{bmatrix}
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & 0 & 1 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin\alpha & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & 1 \\
0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \sin\alpha & 0 \\
0 & 0 & \cos\beta & 0 & 1 & -\cos\alpha & 0 & 0 \\
0 & 0 & \sin\beta & 0 & 0 & -\sin\alpha & 0 & 0 \\
0 & \cos\beta & 0 & 0 & 1 & 0 & -\cos\alpha & 0 \\
0 & \sin\beta & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & 0
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \\ N_8 \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} -F \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}
\tag{1}
$$

Označimo z B matriko ravnotežnih enačb. Po krajšem računu ugotovimo, da je rang matrike B enak 7 (determinanta matrike B je seveda enaka 0). Zato je dejansko stevilo prostostnih stopenj $n_{ps} = 8 - 7 = 1 > 0$. Posledično je konstrukcija kinematično labilna. Sistem linearnih enačb (1) nima rešitve, o čemer se lahko prepričamo tudi z direktnim izračunom.