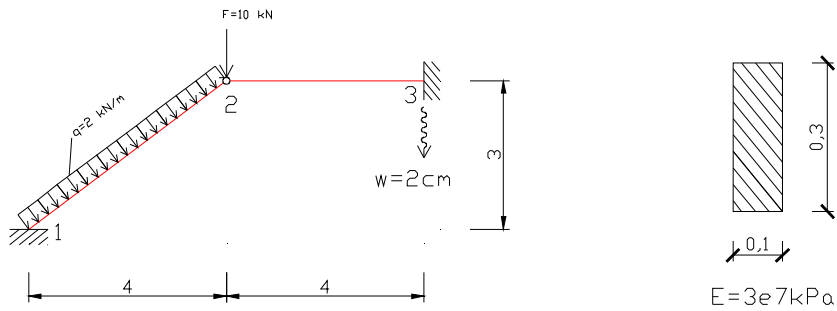


Příklad 4:

Vyřešte deformační stav daného rámu řešeného obecnou deformační metodou.



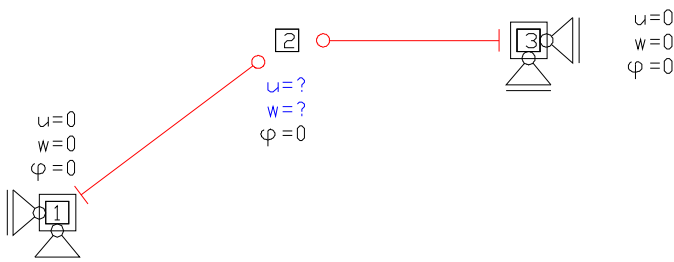
Postup řešení:

1) Přečíst si dvakrát pozorně zadání. Uvědomit si, co je našim úkolem a co je potřebné k dosažení výsledku.

V tomto příkladu je našim úkolem vypočítat neznámé parametry deformace, tedy vektor r . Pro jeho určení je nutné znát stupeň přetvárné neurčitosti n_p , globální matici tuhosti K a vektor pravé strany F . Pro sestavení globální matice tuhosti je nutné znát lokální matice tuhosti v globálním souřadnicovém systému $[K_{i,j}]$. Pro sestavení vektoru F je nutné sestavit globální (celé konstrukce) vektory primárních koncových sil od zatížení $\bar{R}$, vektory primárních koncových sil od nepružného přemístění podpor $\tilde{R}$ a vektor uzlového zatížení S . Pro sestavení vektoru $\bar{R}$ je nutné znát lokální (jednotlivých prutů) vektory primárních koncových sil v globálním souřadném systému $\{\bar{R}_{i,j}\}$, ty se určí z lokálních vektorů primárních koncových sil v lokálním souřadném systému $\{\bar{R}_{i,j}^*\}$. Pro sestavení vektoru $\tilde{R}$ je nutné znát lokální (jednotlivých prutů) vektory primárních koncových sil v globálním souřadném systému $\{\tilde{R}_{i,j}\}$, ty se určí dle vztahu $\{\tilde{R}_{i,j}\} = [K_{i,j}] \{\tilde{r}_{i,j}\}$, kde $[K_{i,j}]$ je lokální matice tuhosti v globálním souřadnicovém systému a $\{\tilde{r}_{i,j}\}$ je lokální vektor nepružných deformací podpor. Vektor uzlového zatížení S určíme dle zatížení a vektoru r .

2) Tvorba výpočtového modelu, určení stupně přetvárné neurčitosti.

Provedeme očíslování uzlů, zvolíme správný typ prutů a s přihlédnutím k zatížení určíme minimální stupeň přetvárné neurčitosti. Určení SPN provádíme s rozvahou, protože případná chyba vede ke zcela špatnému řešení zadaného příkladu!!! Stupeň přetvárné neurčitosti je $n_p=2$.



3) Seřazení neznámých parametrů deformace do vektoru, sestavení vektoru uzlového zatížení.

Sestavíme vektor neznámých parametrů deformace r a vektor uzlového zatížení S . Vektor S má stejný rozměr jako vektor r , jeho složky jsou síly (momenty) odpovídající složkám vektoru r .

r	u_2	S	0	X_2
	w_2		10	Z_2

4) Výpočet vektorů primárních koncových sil v lokálním souřadném systému $\{\bar{R}_{i,j}^*\}$ a převod na $\{\bar{R}_{i,j}\}$

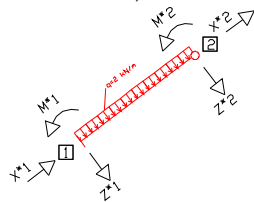
Sestavíme tedy vektory reakcí od daného zatížení na jednotlivých prutech (podle tabulek). Převědeme vektor z lokálních do globálních souřadnic. Pro tvorbu primárního vektoru koncových sil celé konstrukce $\bar{R}$ stačí mít vyčíslené jen ty reakce v $\{\bar{R}_{i,j}\}$ které odpovídají členům vektoru S .

Převod z lokálního souřadného systému do globálního se provádí následovně.

$\{\bar{R}_{i,j}\} = T^T \{\bar{R}_{i,j}^*\}$, γ – transformační úhel

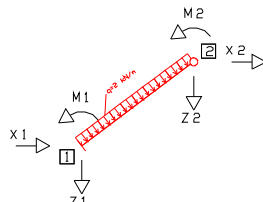
$$\{\bar{R}_{i,j}^*\} = \begin{Bmatrix} X^*i \\ Z^*i \\ M^*i \\ X^*j \\ Z^*j \\ M^*j \end{Bmatrix} \quad \{\bar{R}_{i,j}\} = \begin{Bmatrix} Xi \\ Zi \\ Mi \\ Xj \\ Zj \\ Mj \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} Xi \\ Zi \\ Mi \\ Xj \\ Zj \\ Mj \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X^*i \cos \gamma - Z^*i \sin \gamma \\ X^*i \sin \gamma + Z^*i \cos \gamma \\ M^*i \\ X^*j \cos \gamma - Z^*j \sin \gamma \\ X^*j \sin \gamma + Z^*j \cos \gamma \\ M^*j \end{Bmatrix}$$

Prut 1,2: $\gamma_{1,2}$ °, $\gamma_{1,2} = -$, $\gamma_{1,2}$



$\{\bar{R}_{1,2}^*\} =$

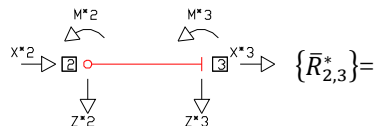
0	X*1
-6.25	Z*1
6.25	M*1
0	X*2
-3.75	Z*2
0	M*2



$\{\bar{R}_{1,2}\} =$

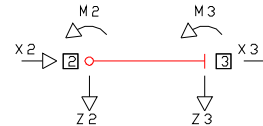
-3.75	X1
-5	Z1
6.25	M1
-2.25	X2
-3	Z2
0	M2

Prut 2,3: $\gamma_{2,3}$ °, pruty s nulovým transformačním úhlem mají lokální a globální systém shodný.



$\{\bar{R}_{2,3}^*\} =$

0	X*2
0	Z*2
0	M*2
0	X*3
0	Z*3
0	M*3



$\{\bar{R}_{2,3}\} =$

0	X2
0	Z2
0	M2
0	X3
0	Z3
0	M3

5) Výpočet vektorů primárních koncových sil v globálním souřadném systému $\{\bar{R}_{i,j}\}$ od nepružného přemístění podpor

Sestavíme vektor zadaných nepružných přemístění $\{\tilde{r}_{i,j}\}$. Vyčíslíme potřebné členy v lokální matici tuhosti v globálním souřadném systému $[K_{i,j}]$. Výpočet $\{\bar{R}_{i,j}\}$ dle vztahu $\{\bar{R}_{i,j}\} = [K_{i,j}] \{\tilde{r}_{i,j}\}$.

$\{\tilde{r}_{2,3}\}$	0	u2	$[K_{2,3}]$	u2	w2	φ2	u3	w3	φ3	$\{\tilde{R}_{1,2}\}$	0	X2	
	0	w2						0			u2	-6.32812	Z2
	0	φ2						-316.406			w2		M2
	0	u3									φ2		X3
	0.02	w3									u3		Z3
	0	φ3									w3		M3
									φ3				

6) Výpočet lokálních matic tuhosti v globálním souřadnicovém systému

Pro sestavení globální matice tuhosti je nutné znát lokální matice tuhosti v globálním souřadnicovém systému $[K_{i,j}]$. Není nutné vyčíslit celé matice, ale jen členy odpovídající prvkům neznámých parametrů deformace.

$[K_{1,2}]$	u1	w1	φ1	u2	w2	φ2	u1 w1 φ1 u2 w2 φ2
				115258.3	-86322.2		
				-86322.2	64903.68		

$[K_{2,3}]$	u2	w2	φ2	u3	w3	φ3	u2 w2 φ2 u3 w3 φ3
	225000	0					
	0	316.406					

7) Vytvoření globálních vektorů primárních koncových sil $\bar{R}$, $\{\bar{R}\}$ a vektoru pravé strany F .

Vektor $\bar{R}$ má stejný rozměr jako vektor S a vytvoříme jej z lokálních vektorů primárních koncových sil $\{\bar{R}_{i,j}\}$. Nyní můžeme sestavit vektor pravé strany $F = S - \bar{R} = \tilde{R}$.

$\bar{R}$	<table><tr><td>-2.25</td><td>X2</td></tr><tr><td>-3</td><td>Z2</td></tr></table>	-2.25	X2	-3	Z2	$\tilde{R}$	<table><tr><td>0</td><td>X2</td></tr><tr><td>-6.32812</td><td>Z2</td></tr></table>	0	X2	-6.32812	Z2	S	<table><tr><td>0</td><td>X2</td></tr><tr><td>10</td><td>Z2</td></tr></table>	0	X2	10	Z2	F	<table><tr><td>2.25</td><td>X2</td></tr><tr><td>19.32812</td><td>Z2</td></tr></table>	2.25	X2	19.32812	Z2
-2.25	X2																						
-3	Z2																						
0	X2																						
-6.32812	Z2																						
0	X2																						
10	Z2																						
2.25	X2																						
19.32812	Z2																						

8) Vytvoření globální matice tuhosti K

	u2	w2	
K	340258.3	-86322.2	u2
	-86322.2	65220.09	w2

9) Vyřešení soustavy rovnic $K \cdot r = F$

$$\begin{bmatrix} \dots & \dots \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ w \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \dots \\ \dots \end{Bmatrix}$$

$$- \frac{2u - w}{u - w}$$

$$u = \frac{w}{\dots}$$

$$- \frac{w}{\dots} = w$$

$$- \dots = w$$

$$w$$

$$w = \dots \cdot 10^{-4} m$$

$$u = \frac{w}{\dots} = \frac{\dots \cdot 10^{-4} m}{\dots} = \dots \cdot 10^{-4} m$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ w \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \dots \cdot 10^{-4} \\ \dots \cdot 10^{-4} \end{Bmatrix}$$