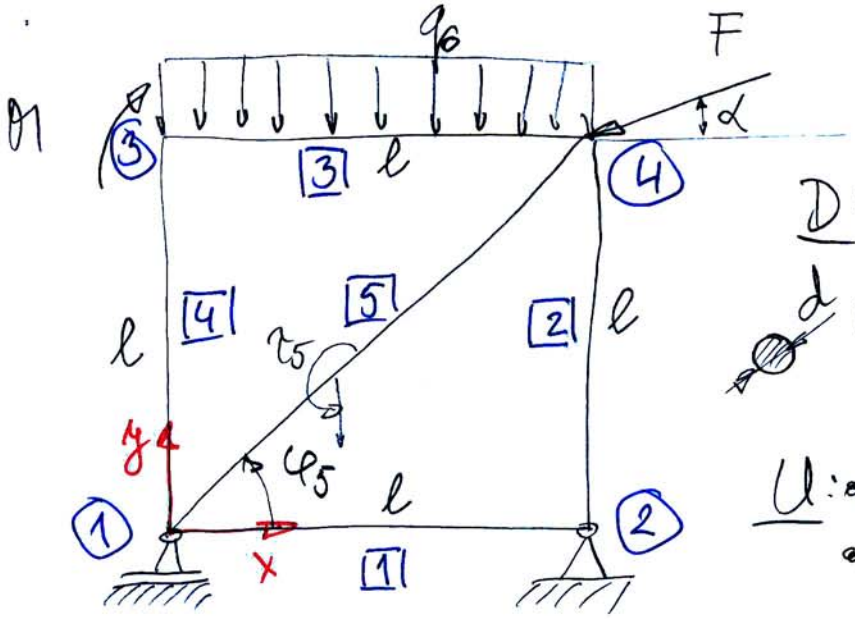


D: $\ell, S, F, \alpha, q_0, M, d$
d, uložení zatížení
tl. tělesa

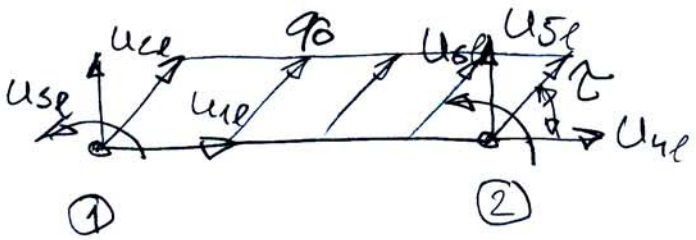
U: • deformace
• reakce

Orientace prvků

	z	DO	φ	τ
1	1	2	∅	$\frac{3}{2}\pi$
2	2	4	$\pi/2$	π
3	4	3	π	$\pi/2$
4	3	1	$\frac{3}{2}\pi$	∅
5	1	4	$\pi/4$	$\frac{5}{4}\pi$

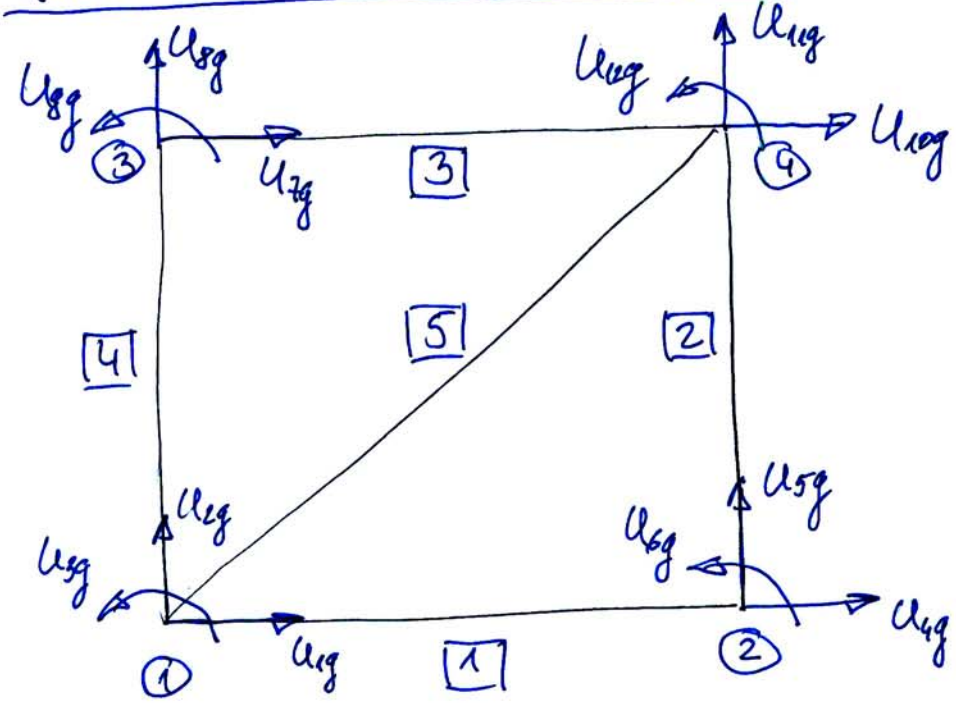
$q: \pi/2$

Rámový prvek



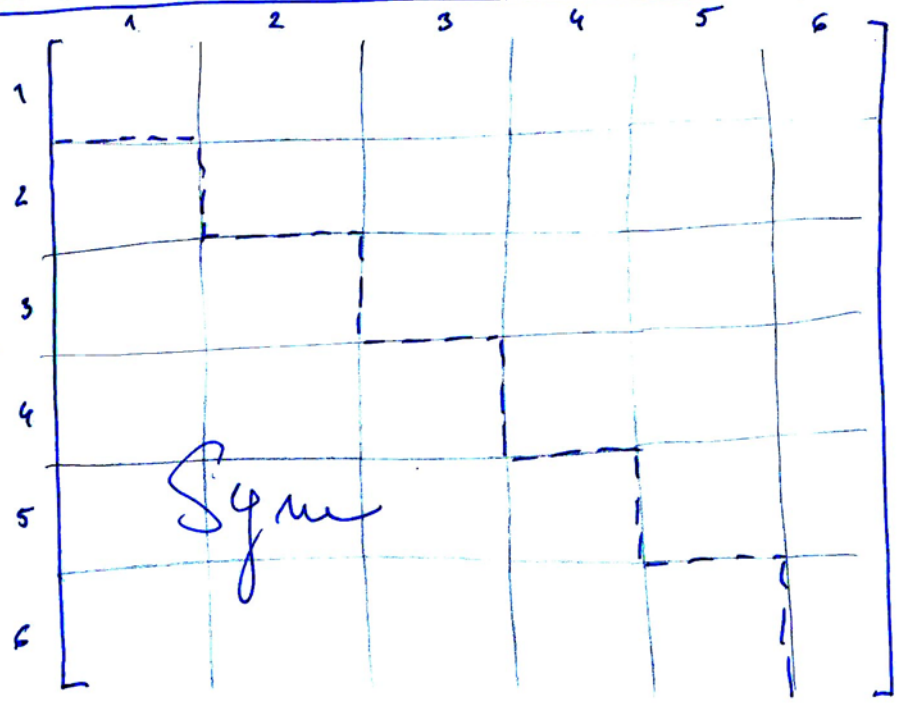
(lokální souřadnice)

Globální souřadnice uzlů



Lokální matice tuhosti rámového prvku

$\underline{K}_l =$



Přepočet lokálních matic na globální

${}^i\underline{K}_g = {}^i\underline{\lambda}^T \, {}^i\underline{K}_l \, {}^i\underline{\lambda}$ (i-tý prvek)

↳ ${}^i\underline{\lambda} = {}^i\underline{\lambda}(\varphi_i)$

$\underline{\lambda} =$

$c\varphi$	$+s\varphi$				
$-s\varphi$	$c\varphi$				
		1			
			$c\varphi$	$+s\varphi$	
			$-s\varphi$	$c\varphi$	
					1

Vektor spojitého zatížení

${}^i\underline{f}_l = \frac{q_0 \cdot l}{2} \begin{bmatrix} \cos\tau \\ \sin\tau \\ \frac{l}{6}\sin\tau \\ \cos\tau \\ \sin\tau \\ -\frac{l}{6}\sin\tau \end{bmatrix}$

Přepočet do globálu

${}^i\underline{f}_g = {}^i\underline{\lambda}^T(\varphi_i) \cdot {}^i\underline{f}_l$

Složení prvků a začlenění do glob. soustavy

$^1Kg =$

	1	2	3	4	5	6
1		I			II	
2						
3						
4						
5		III			IV	
6						

↑ kódová čísla

$^2Kg =$

	4	5	6	10	11	12
4						
5						
6						
10						
11						
12						

$^3Kg =$

	10	11	12	7	8	9
10		I			II	
11						
12						
7						
8		III			IV	
9						

$^4Kg =$

	7	8	9	1	2	3
7						
8						
9						
1						
2						
3						

$^5Kg =$

	1	2	3	10	11	12
1		I			II	
2						
3						
10						
11		III			IV	
12						

Obdobně $^1fg =$

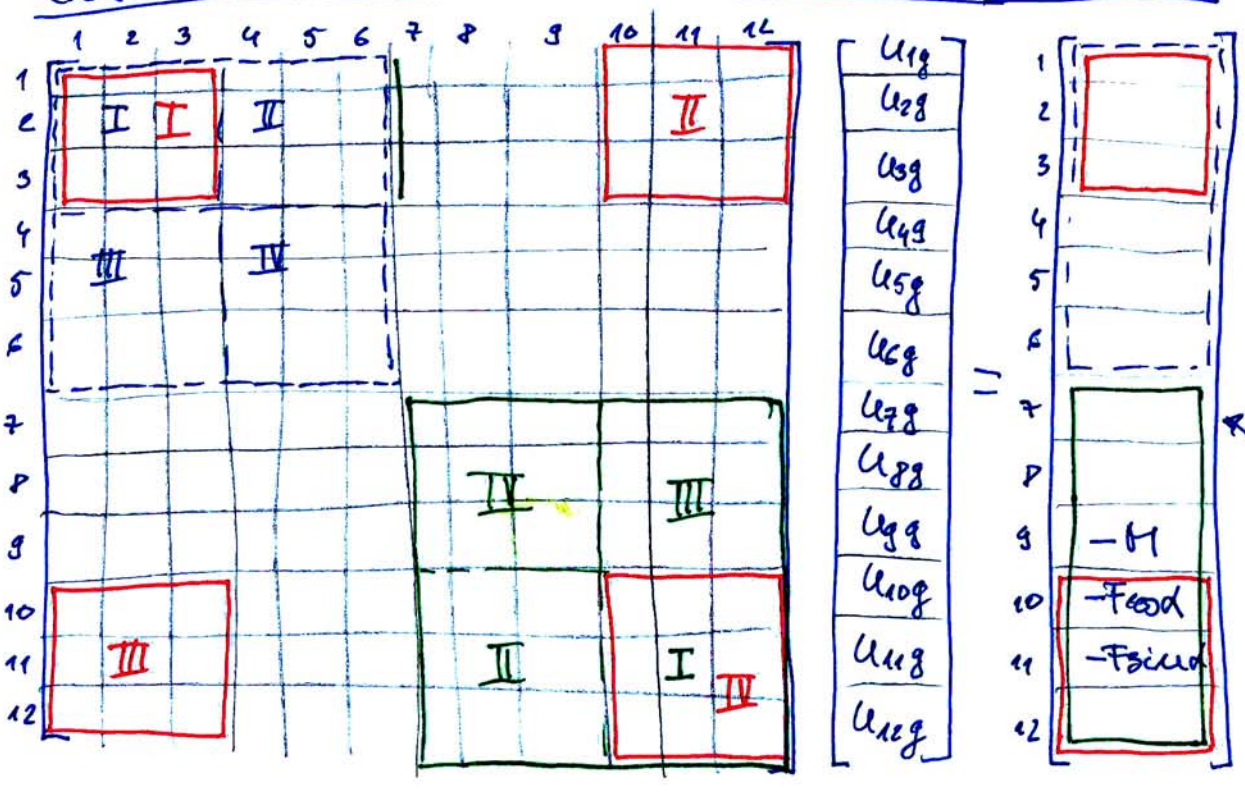
1	
2	
3	
4	
5	
6	

atd.

(prvek 3 – sl. tělesa + spoj. zat.)

↑ sl. tělesa

Celá matice tuhosti a vektor zatížení



Výpočet deformací a reakcí

$\underline{K_g} \cdot \underline{u_g} = \underline{f_g}$ ... popis soustavy (statika)

Deformace

Uložení: deformace nulové

$u_{2g} = 0$
$u_{4g} = 0$
$u_{5g} = 0$
} příslušné řádky a sloupce ze soustavy vyškrtáme

dostaneme: (s respektováním o.p.)

$^*\underline{u_g}$ $^*\underline{f_g}$

	1	3	6	7	8	9	10	11	12		
1										u_{1g}	f_{1g}
3										u_{3g}	f_{3g}
6										u_{6g}	f_{6g}
7				$^*\underline{K_g}$						u_{7g}	f_{7g}
8										u_{8g}	f_{8g}
9										u_{9g}	f_{9g}
10										u_{10g}	f_{10g}
11										u_{11g}	f_{11g}
12										u_{12g}	f_{12g}

$=$

$\Rightarrow$ soustava lin. rovnic, spočtení $\underline{u_{ig}}$ (def.) stat.

Reakce

dosazením spočtení stat. deformace a dostaneme rovnice:

	1	3	6	7	8	9	10	11	12				
2										u_{1g}		R_2	f_{2g}
4										u_{3g}	$=$	R_4	$+$ f_{4g}
5										u_{6g}		R_5	f_{5g}
										u_{7g}			
										u_{8g}			
										u_{9g}			
										u_{10g}			
										u_{11g}			
										u_{12g}			

↑ před uvažujeme reakce v kladném smyslu vzl. par (gl.) (jako při vnitřních)

← známé deformace

Výpočet dynamiky

- složíme matici hmotnosti $\underline{M}_g$ analogicky s $\underline{K}_g$
- zanedbáme obr. podm.

$$\Rightarrow {}^{*}\underline{K}_g, {}^{*}\underline{M}_g$$

- spočteme vl. frekv. odtvary

$$\det({}^{*}\underline{K}_g - \lambda {}^{*}\underline{M}_g) = 0$$

MATLAB

$$[V, L] = \text{eig}(K, M)$$

- $L \rightarrow$ spektrální matice: $\text{diag}(\Omega^2)$
- $V \rightarrow$ matice vl. tvarů