

# BZKQ Část beton – 5. cvičení

Po obvodě nepoddajně podepřená deska

# Náplň úkolu

- I. Výpočet momentů na obousměrně pnuté desce
  - 1) Lineární analýza
  - 2) Teorie pružnosti (tabulky)
  - 3) Teorie plasticity (tabulky)
- II. Ověření zadané tloušťky desky
- III. Výpočet zatížení vybraného průvlaku / stěny od stropní desky

# Momenty na desce zatížení a uložení

Před výpočtem momentů je nutné:

- 1) Stanovit plošné zatížení desky (formou tabulky)
- 2) Stanovit okrajové podmínky
  - a) Vetknutí – ŽB stěna, mohutný průvlak, spojitý okraj, ...
  - b) Kloub – zdivo nepřetížené, okrajový trám, ...

# Lineární analýza

100

**Nejlepší** z prezentovaných metod.

- rychlá → vhodná pro ruční kontrolu výsledků
- dává smysl
- jednoduchá

Nepřesnost:

- nezahrnuje vliv krouticích momentů\*

\* V důsledku zabráněného zvedání rohů desky (deska je provázána s trámy či stěnami) vznikají krouticí momenty. Lineární analýza v sobě nezahrnuje vliv těchto krouticích momentů. Proto jsou podporové ohybové momenty podhodnocené a momenty v poli nadhodnocené.

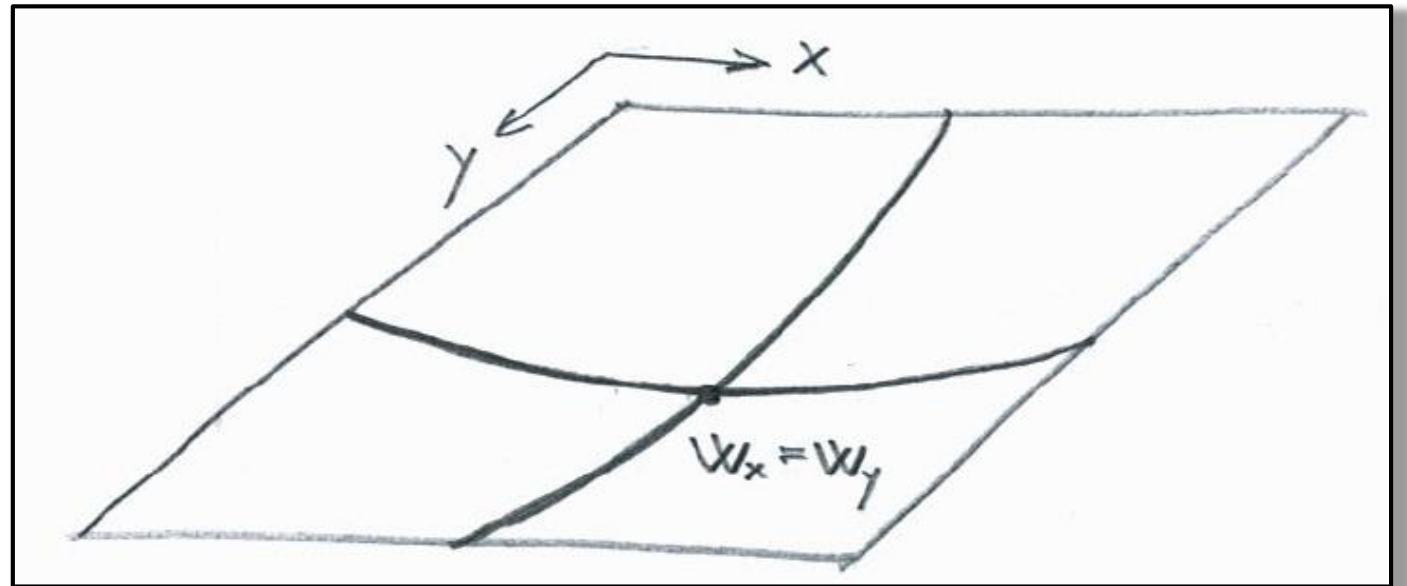
# Lineární analýza

Působení desky ve směru  $x$  a  $y$  modelujeme pomocí **náhradních nosníků**.

Zatížení v jednotlivých směrech (a momenty) vypočítáme z **rovnosti průhybů a zatížení**.

$$w_x = w_y$$

$$f_d = f_{d,x} + f_{d,y}$$



# Lineární analýza

Průhyb desky musí být v obou směrech stejný.

$$w_x = w_y$$

Pro všechny typy rovnoměrně zatížených desek platí, že středový průhyb v daném směru  $w$  lze stanovit jako:

$$w = k \cdot \frac{fl^4}{EI}$$

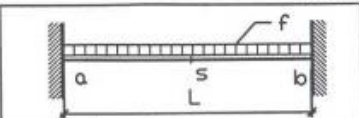
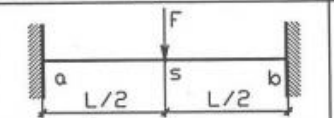
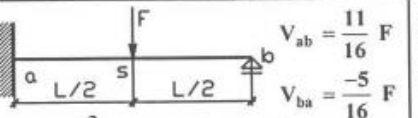
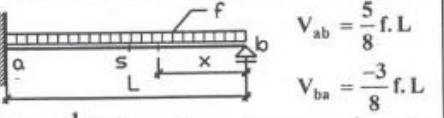
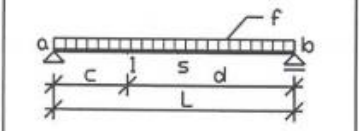
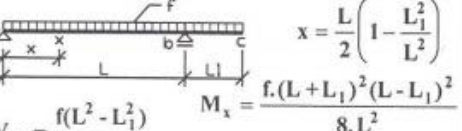
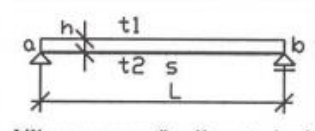
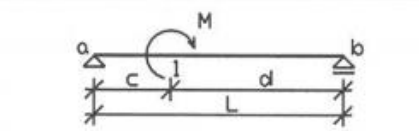
# Lineární analýza

Průhyb

M

Pro vše průhyb

**17 Ohybové momenty (M), reakce, posouvající síly (V), průhyby (δ),  
na vetknutém a spojitým nosníku a jednoduchém rámu pro základní případy zatížení**

 $M_a = -\frac{1}{12} f \cdot L^2$ $M_b = \frac{1}{24} f \cdot L^2$ $\delta_s = \frac{f \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$	 $M_a = -\frac{1}{8} F \cdot L$ $M_b = \frac{1}{8} F \cdot L$ $\delta_s = \frac{F \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I}$	 $M_a = -\frac{3}{16} F \cdot L$ $M_b = 0$ $\delta_s = \frac{7 \cdot F \cdot L^3}{768 \cdot E \cdot I}$ $V_{ab} = \frac{11}{16} F$ $V_{ba} = -\frac{5}{16} F$ $M_s = \frac{5}{32} F \cdot L$	 $M_a = -\frac{1}{8} f \cdot L^2$ $M_b = 0$ $\delta_s = \frac{f \cdot L^4}{192 \cdot E \cdot I}$ $x = \frac{3}{8} L$ $M_x = \frac{9}{128} f \cdot L^2$ $V_{ab} = \frac{5}{8} f \cdot L$ $V_{ba} = -\frac{3}{8} f \cdot L$ $M_s = \frac{1}{16} f \cdot L^2$
 $M_1 = \frac{f \cdot c \cdot d}{2}$ $V_{ab} = -V_{ba} = \frac{f \cdot L}{2}$ $N_a = N_b = \frac{f \cdot L^2}{4}$ $M_s = \frac{1}{8} f \cdot L^2$ $\delta_s = \frac{5 \cdot f \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$ $\alpha = \frac{f \cdot L^2}{24 \cdot E \cdot I}$	<p>pro <math>c \leq L/2</math>:</p>  $\delta_s = \frac{F \cdot L_1^2 (L - L_1)^2}{48 \cdot E \cdot I}$ $\delta_s = \frac{F \cdot L_1^3}{648 \cdot E \cdot I}$ $N_a = N_b = -\frac{F \cdot L}{3}$ $M_x = \frac{f \cdot (L + L_1)^2 (L - L_1)^2}{8 \cdot L^2}$ $V_{ab} = \frac{f(L^2 - L_1^2)}{2 \cdot L}$ $\delta_c = \frac{f \cdot L_1}{24 \cdot E \cdot I} (4L_1^2 \cdot L - L^3 + 3L_1^3)$ $M_x = \frac{-F \cdot L_1 \cdot x}{L}$ $V_{ab} = -F \cdot L_1 / L$ $\delta_c = \frac{F \cdot L_1}{6 \cdot E \cdot I} (2L_1 \cdot L + 2L_1^2)$	<p>Vliv nerovnoměrného oteplení</p>  $M = 0$ $V_{ab} = V_{ba} = 0$ $\delta_s = \frac{\epsilon \cdot \Delta t^\circ \cdot L^2}{8 \cdot h}$ $\Delta t^\circ = t_2^\circ - t_1^\circ$ $N_a = N_b = \frac{3 \cdot \epsilon \cdot \Delta t^\circ \cdot E \cdot I \cdot L^2}{h}$	 $M_{1a} = \frac{-M \cdot c}{L}$ $M_{1b} = \frac{M \cdot d}{L}$ $N_a = M(L^2 - 3c^2)$ $N_b = M(3d^2 - L^2)$ $V_{ab} = -V_{ba} = -\frac{M}{L}$ <p>pro <math>c = L/2</math> je <math>\delta_1 = 0</math></p>

# Lineární analýza

Z rovnosti průhybů dostaneme:

$$k_x \cdot \frac{f_{d,x} l_x^4}{EI} = k_y \cdot \frac{f_{d,y} l_y^4}{EI} \quad ?$$



# Lineární analýza

Celkové plošné zatížení desky  $f_d$  se dělí do směrů  $\underline{x}$  a  $\underline{y}$ , a musí platit:

$$f_d = f_{d,x} + f_{d,y}$$

# Lineární analýza

Sloučením podmínek dostaneme 2 rovnice o 2 neznámých.

$$f_d = f_{d,x} + f_{d,y}$$

$$k_x \cdot \frac{f_{d,x} l_x^4}{EI} = k_y \cdot \frac{f_{d,y} l_y^4}{EI}$$

# Lineární analýza

Po stanovení zatížení v jednotlivých směrech (zatížení jednotlivých náhradních nosníků) můžeme vypočítat momenty v jednotlivých směrech (zatížení jednotlivých náhradních nosníků).

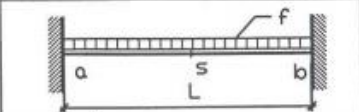
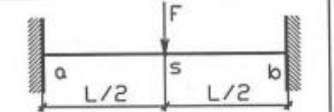
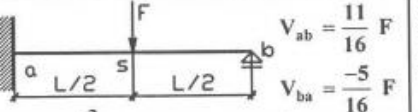
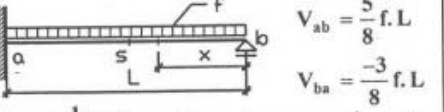
K výpočtu lze opět použít statické tabulky.

# Lineární analýza

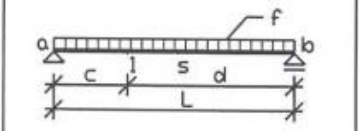
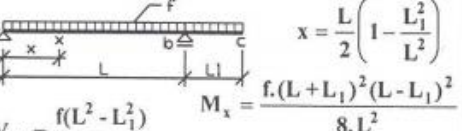
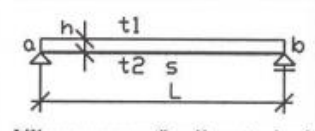
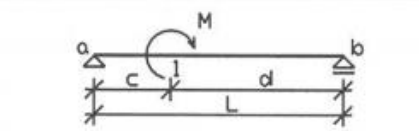
Po stan  
náhrad  
směrec

K výpoč

**17 Ohybové momenty (M), reakce, posouvající síly (V), průhyby (δ),  
na vetknutém a spojitým nosníku a jednoduchém rámu pro základní případy zatížení**

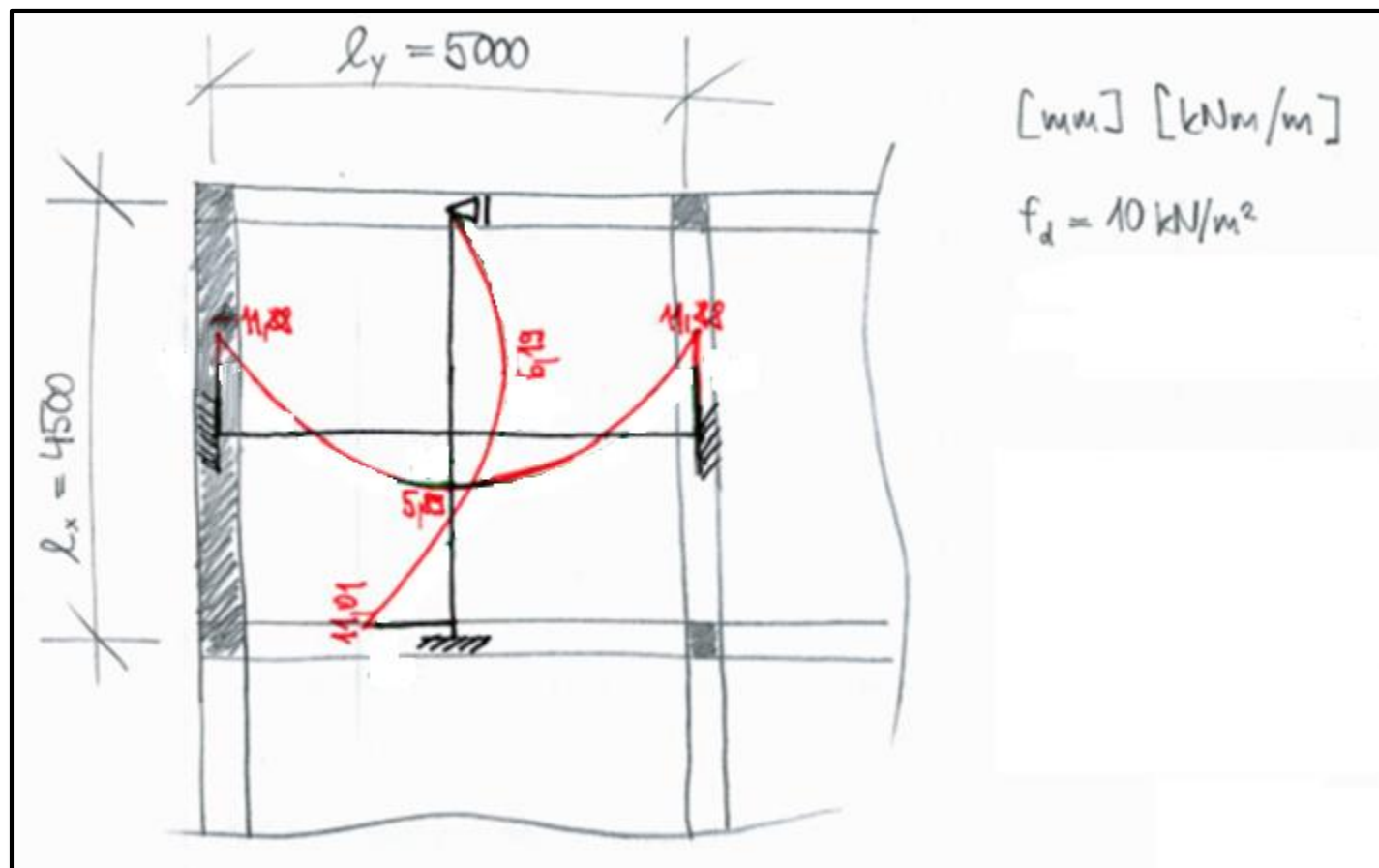
			
$M_a = -\frac{1}{12} f \cdot L^2$ $M_b = \frac{1}{24} f \cdot L^2$ $\delta_s = \frac{f \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$	$M_a = -\frac{1}{8} F \cdot L$ $M_b = \frac{1}{8} F \cdot L$ $\delta_s = \frac{F \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I}$	$M_a = -\frac{3}{16} F \cdot L$ $M_b = 0$ $\delta_s = \frac{7 \cdot F \cdot L^3}{768 \cdot E \cdot I}$ $M_s = \frac{5}{32} F \cdot L$	$V_{ab} = \frac{11}{16} F$ $V_{ba} = -\frac{5}{16} F$ $M_a = -\frac{1}{8} f \cdot L^2$ $M_b = 0$ $\delta_s = \frac{f \cdot L^4}{192 \cdot E \cdot I}$ $x = \frac{3}{8} L$ $M_x = \frac{9}{128} f \cdot L^2$ $V_{ab} = \frac{5}{8} f \cdot L$ $V_{ba} = -\frac{3}{8} f \cdot L$ $M_s = \frac{1}{16} f \cdot L^2$
f	F	F	f

			
$M_1 = \frac{f \cdot c \cdot d}{2}$ $V_{ab} = -V_{ba} = \frac{f \cdot L}{2}$ $N_a = N_b = \frac{f \cdot L^2}{4}$ $M_s = \frac{1}{8} f \cdot L^2$ $\delta_s = \frac{5 \cdot f \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$ $\alpha = \frac{f \cdot L^3}{24 \cdot E \cdot I}$	$\delta_s = \frac{f \cdot L^4}{48 \cdot E \cdot I}$ $\delta_s = \frac{F \cdot L^3}{648 \cdot E \cdot I}$ $N_a = N_b = -\frac{F \cdot L^2}{3}$ $x = \frac{L}{2} \left( 1 - \frac{L_1^2}{L^2} \right)$ $M_x = \frac{f \cdot (L + L_1)^2 (L - L_1)^2}{8 \cdot L^2}$ $V_{ab} = \frac{f(L^2 - L_1^2)}{2 \cdot L}$ $\delta_c = \frac{f \cdot L_1}{24 \cdot E \cdot I} (4L_1^2 \cdot L - L^3 + 3L_1^3)$ $M_x = \frac{-F \cdot L_1 \cdot x}{L}$ $V_{ab} = -F \cdot L_1 / L$ $\delta_c = \frac{F \cdot L_1}{6 \cdot E \cdot I} (2L_1 \cdot L + 2L_1^2)$	<p style="text-align: center;">Vliv nerovnoměrného oteplení</p> $M = 0$ $\delta_s = \frac{\epsilon \cdot \Delta t^\circ \cdot L^2}{8 \cdot h}$ $N_a = N_b = \frac{3 \cdot \epsilon \cdot \Delta t^\circ \cdot E \cdot I \cdot L^2}{h}$ $V_{ab} = V_{ba} = 0$ $\Delta t^\circ = t_2^\circ - t_1^\circ$	$M_{1a} = \frac{-M \cdot c}{L}$ $M_{1b} = \frac{M \cdot d}{L}$ $N_a = M(L^2 - 3c^2)$ $V_{ab} = -V_{ba} = \frac{-M}{L}$ $N_b = M(3d^2 - L^2)$ <p style="text-align: center;">pro <math>c = L/2</math> je <math>\delta_1 = 0</math></p>

# Lineární analýza

Nakonec vykreslíme hodnoty v měřítku do půdorysu.



# Teorie pružnosti (tabulky)

Není tak pěkná jako lineární analýza.

- časově náročnější
- jsou třeba tabulky
- omezující podmínky pro použití (viz přednášky)
- hodně prostoru pro chyby

Výhoda:

- zahrnut vliv kroutících momentů

# Teorie pružnosti

Postup:

a) stáhnout tabulky

Postup  
a) stá

**Výpočet momentů podle pružnosti z tabulek**

**DESKY PO OBVODĚ ULOŽENÉ ROVNOMĚRNĚ ZATÍŽENÉ**

1

$\alpha$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
0,5	169,2	10,6	0,059
0,6	84,8	12,3	0,116
0,65	75,0	13,4	0,151
0,7	61,4	14,8	0,193
0,75	51,6	16,3	0,240
0,8	44,5	18,1	0,290
0,85	38,2	20,1	0,344
0,9	34,1	22,3	0,394
1,0	27,4	27,4	0,500

2

$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$
0,6	85,3	13,7	0,245
0,65	70,6	15,3	0,309
0,7	57,2	17,2	0,375
0,75	50,9	19,4	0,442
0,8	44,6	22,0	0,506
0,9	35,7	28,4	0,621
1,0	27,9	36,7	0,714

3

$\alpha$	$a_3$	$b_3$	$c_3$
0,6	87,6	16,1	0,293
0,65	73,8	18,6	0,472
0,7	63,7	21,6	0,546
0,75	56,2	25,2	0,613
0,8	50,7	29,6	0,671
0,85	46,5	35,1	0,718
0,9	42,5	40,6	0,766
1,0	37,5	35,7	0,833

4

$\alpha$	$a_4$	$b_4$	$c_4$
0,5	271,5	17,0	0,059
0,6	144,2	18,8	0,116
0,65	113,0	20,1	0,151
0,7	90,0	21,6	0,193
0,75	74,0	23,4	0,240
0,8	62,2	25,4	0,290
0,85	52,2	27,9	0,344
0,9	46,1	30,5	0,394
1,0	37,1	37,1	0,500

5

6

$\alpha$	$a_6$	$b_6$	$c_6$
0,5	436,5	27,3	0,059
0,6	229,2	29,7	0,116
0,65	179,0	31,3	0,151
0,7	140,0	33,4	0,193
0,75	113,6	34,7	0,240
0,8	95,0	38,6	0,290
0,85	80,8	42,0	0,344
0,9	70,5	46,6	0,394
1,0	55,7	55,7	0,500

**DESKY PO OBVODĚ ULOŽENÉ ROVNOMĚRNĚ ZATÍŽENÉ**

4

$\alpha$	$a_4$	$b_4$	$c_4$
0,5	271,5	17,0	0,059
0,6	144,2	18,8	0,116
0,65	113,0	20,1	0,151
0,7	90,0	21,6	0,193
0,75	74,0	23,4	0,240
0,8	62,2	25,4	0,290
0,85	52,2	27,9	0,344
0,9	46,1	30,5	0,394
1,0	37,1	37,1	0,500

5

$\alpha$	$a_5$	$b_5$	$c_5$
0,6	198,6	20,7	0,206
0,65	110,3	22,6	0,263
0,7	90,6	24,7	0,324
0,75	78,6	27,7	0,388
0,8	66,2	31,0	0,450
0,9	52,5	37,3	0,567
1,0	44,2	50,6	0,667

6

$\alpha$	$a_6$	$b_6$	$c_6$
0,5	436,5	27,3	0,059
0,6	229,2	29,7	0,116
0,65	179,0	31,3	0,151
0,7	140,0	33,4	0,193
0,75	113,6	34,7	0,240
0,8	95,0	38,6	0,290
0,85	80,8	42,0	0,344
0,9	70,5	46,6	0,394
1,0	55,7	55,7	0,500



# Teorie pružnosti

Postup:

- a) stáhnout tabulky
- b) zvolit správnou variantu (1 až 6) podle typu uložení

Postup  
a) stá  
b) zvo

Výpočet momentů podle pružnosti z tabulek

DESKY PO OBVODĚ ULOŽENÉ ROVNOMĚRNĚ ZATÍŽENÉ

1

$\alpha$	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$\alpha$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
0,5	16,2	10,6	0,059	1,1	22,8	33,4	0,574
0,6	84,8	12,3	0,116	1,2	19,4	40,3	0,675
0,65	75,0	13,4	0,151	1,3	17,0	48,6	0,741
0,7	61,4	14,8	0,193	1,4	15,2	58,4	0,794
0,75	51,6	16,3	0,240	1,5	13,9	70,2	0,835
0,8	44,5	18,1	0,290	1,6	12,9	84,4	0,868
0,85	38,2	20,1	0,344	1,7	12,1	100,8	0,893
0,9	34,1	22,3	0,394	1,8	11,4	121,7	0,913
1,0	27,4	27,4	0,500	1,9	11,0	148,0	0,929
				2,0	10,6	169,2	0,941

2

$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$	$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$
0,6	85,3	13,7	0,245	1,1	26,0	47,6	0,785
0,65	70,6	15,3	0,309	1,2	23,3	61,4	0,838
0,7	57,2	17,2	0,375	1,3	21,4	78,8	0,877
0,75	50,9	19,4	0,442	1,4	20,0	100,3	0,906
0,8	44,6	22,0	0,506	1,5	19,0	126,6	0,927
0,9	35,7	28,4	0,621	1,6	18,3	158,5	0,942
1,0	29,9	36,7	0,714	1,7	17,6	196,7	0,951
				1,8	17,0	239,8	0,953

3

$\alpha$	$a_3$	$b_3$	$c_3$	$\alpha$	$a_3$	$b_3$	$c_3$
0,6	87,6	16,1	0,293	1,1	34,2	75,3	0,880
0,65	73,8	18,6	0,472	1,2	31,9	101,7	0,912
0,7	63,7	21,6	0,546	1,3	30,3	134,7	0,935
0,75	56,2	25,2	0,613	1,4	29,2	175,9	0,950
0,8	50,7	29,6	0,671	1,5	28,2	226,6	0,962
0,85	46,5	35,1	0,718	1,6	27,6	288,4	0,970
0,9	42,5	40,6	0,766	1,7	27,1	362,5	0,977
1,0	37,5	35,7	0,833	1,8	26,7	450,7	0,981

$l_b$  || s upnutou stranou

6

$\alpha$	$a_6$	$b_6$	$c_6$	$\alpha$	$a_6$	$b_6$	$c_6$
0,5	436,5	27,3	0,059	1,1	46,8	68,5	0,594
0,6	229,2	29,7	0,116	1,2	40,9	84,8	0,675
0,65	173,0	31,3	0,151	1,3	36,9	105,4	0,741
0,7	140,0	33,4	0,193	1,4	34,1	130,9	0,794
0,75	113,6	34,7	0,240	1,5	32,0	162,2	0,835
0,8	95,0	36,6	0,290	1,6	30,5	200,1	0,868
0,85	80,8	42,0	0,344	1,7	29,4	245,5	0,893
0,9	70,5	46,6	0,394	1,8	28,5	299,4	0,913
1,0	53,7	53,7	0,500	1,9	27,7	362,7	0,929
				2,0	27,3	436,5	0,941

$l_b$  || s upnutými str.

DESKY PO OBVODĚ ULOŽENÉ ROVNOMĚRNĚ ZATÍŽENÉ

4

$\alpha$	$a_4$	$b_4$	$c_4$	$\alpha$	$a_4$	$b_4$	$c_4$
0,5	271,5	17,0	0,059	1,1	31,1	45,5	0,594
0,6	144,2	18,8	0,116	1,2	27,0	56,0	0,675
0,65	113,0	20,1	0,151	1,3	24,2	69,0	0,741
0,7	90,0	21,6	0,193	1,4	22,1	85,0	0,794
0,75	74,0	23,4	0,240	1,5	20,6	104,4	0,835
0,8	62,2	25,4	0,290	1,6	19,5	127,7	0,868
0,85	52,2	27,9	0,344	1,7	18,6	155,5	0,893
0,9	46,1	30,5	0,394	1,8	17,9	188,4	0,913
1,0	37,1	37,1	0,500	1,9	17,4	226,9	0,929
				2,0	17,0	274,5	0,941

5

$\alpha$	$a_5$	$b_5$	$c_5$	$\alpha$	$a_5$	$b_5$	$c_5$
0,6	198,6	20,7	0,206	1,1	38,8	65,3	0,745
0,65	110,3	22,6	0,263	1,2	35,3	84,2	0,806
0,7	90,6	24,9	0,324	1,3	32,8	108,2	0,851
0,75	76,6	27,7	0,388	1,4	31,0	138,1	0,885
0,8	66,2	31,0	0,450	1,5	29,7	174,8	0,910
0,9	52,5	37,3	0,567	1,6	28,7	219,3	0,929
1,0	44,2	50,6	0,667	1,7	28,0	272,7	0,943
				1,8	27,4	336,2	0,953

$l_a$  || s volně uloženou stranou

6

$\alpha$	$a_6$	$b_6$	$c_6$	$\alpha$	$a_6$	$b_6$	$c_6$
0,5	436,5	27,3	0,059	1,1	46,8	68,5	0,594
0,6	229,2	29,7	0,116	1,2	40,9	84,8	0,675
0,65	173,0	31,3	0,151	1,3	36,9	105,4	0,741
0,7	140,0	33,4	0,193	1,4	34,1	130,9	0,794
0,75	113,6	34,7	0,240	1,5	32,0	162,2	0,835
0,8	95,0	36,6	0,290	1,6	30,5	200,1	0,868
0,85	80,8	42,0	0,344	1,7	29,4	245,5	0,893
0,9	70,5	46,6	0,394	1,8	28,5	299,4	0,913
1,0	53,7	53,7	0,500	1,9	27,7	362,7	0,929
				2,0	27,3	436,5	0,941

$\alpha = \frac{l_b}{l_a}$   
 $l_a = c_i \cdot 2$

# Teorie pružnosti

Postup:

- a) stáhnout tabulky
- b) zvolit správnou variantu (1 až 6) podle typu uložení
  - pozor na správné určení hodnoty  $I_a$  a  $I_b$  podle typu uložení

# pružnosti

Postup

a) stá

b) zvo

- po

**Výpočet momentů podle pružnosti z tabulek**

**DESKY PO OBVODĚ ULOŽENÉ ROVNOMĚRNĚ ZATÍŽENÉ**

$\alpha$	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$\alpha$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
0,5	169,2	10,6	0,059	1,1	22,8	33,4	0,574
0,6	84,8	12,3	0,116	1,2	19,4	40,3	0,675
0,65	75,0	13,4	0,151	1,3	17,0	48,6	0,741
0,7	61,4	14,8	0,193	1,4	15,2	58,4	0,794
0,75	51,6	16,3	0,240	1,5	13,9	70,2	0,835
0,8	44,5	18,1	0,290	1,6	12,9	84,4	0,868
0,85	38,2	20,1	0,344	1,7	12,1	100,8	0,893
0,9	34,1	22,3	0,394	1,8	11,4	121,7	0,913
1,0	27,4	27,4	0,500	1,9	11,0	148,0	0,929
				2,0	10,6	169,2	0,941

$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$	$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$
0,6	85,3	13,7	0,245	1,1	26,0	47,6	0,785
0,65	70,6	15,3	0,309	1,2	23,3	61,4	0,838
0,7	57,2	17,2	0,375	1,3	21,4	78,8	0,877
0,75	50,9	19,4	0,442	1,4	20,0	100,3	0,906
0,8	44,6	22,0	0,506	1,5	19,0	126,6	0,927
0,9	35,7	28,4	0,621	1,6	18,3	158,5	0,942
1,0	29,9	36,7	0,714	1,7	17,6	196,7	0,951
				1,8	17,0	239,8	0,963

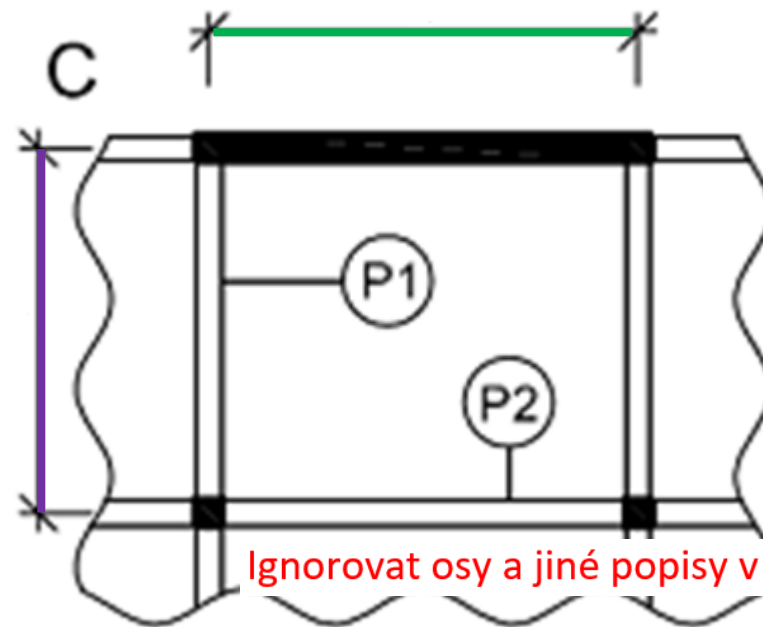
  

$l_b \parallel$  s upnutou stranou

$\alpha$	$a_3$	$b_3$	$c_3$	$\alpha$	$a_3$	$b_3$	$c_3$
0,6	87,6	16,1	0,293	1,1	34,2	75,3	0,880
0,65	73,8	18,6	0,472	1,2	31,9	101,7	0,912
0,7	63,7	21,6	0,546	1,3	30,3	134,7	0,935
0,75	56,2	25,2	0,613	1,4	29,2	175,9	0,950
0,8	50,7	29,6	0,671	1,5	28,2	226,6	0,962
0,85	46,5	35,1	0,718	1,6	27,6	288,4	0,970
0,9	42,5	40,6	0,766	1,7	27,1	362,5	0,977
1,0	37,5	35,7	0,833	1,8	26,7	450,7	0,981

$l_b \parallel$  s upnutými str.

podle tv  
a  $l_b$  podle



Ignorovat osy a jiné popisy v zadání!

# Teorie pružnosti

Postup:

- a) stáhnout tabulky
- b) zvolit správnou variantu (1 až 6) podle typu uložení
  - pozor na správné určení hodnoty  $l_a$  a  $l_b$  podle typu uložení
- c) stanovíme  $\underline{\alpha}$  ( $\alpha = l_b / l_a$ ) a odečteme součinitele  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  a  $\underline{c}$  z tabulky

# Teorie pružnosti

Postup:

- a) st
- b) z
- 
- c) st

$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$
0,6	85,3	19,7	0,245
0,65	70,6	15,3	0,309
0,7	57,2	12,2	0,375
0,75	50,9	10,4	0,442
0,8	44,6	9,0	0,506
0,9	35,7	7,4	0,621
1,0	29,9	6,7	0,714

$\alpha$	$a_2$	$b_2$	$c_2$
1,1	26,0	47,6	0,785
1,2	23,3	61,4	0,838
1,3	21,4	78,8	0,877
1,4	20,0	100,3	0,906
1,5	19,0	126,6	0,927
1,6	18,3	158,5	0,942
1,7	17,6	196,7	0,954
1,8	17,0	239,8	0,963

$l_b \parallel$  s upnutou stranou

abulky

# Teorie pružnosti

Postup:

- a) stáhnout a vytisknout tabulky
- b) zvolit správnou variantu (1 až 6) podle typu uložení
  - pozor na správné určení hodnoty  $I_a$  a  $I_b$  podle typu uložení
- c) stanovit  $\alpha$  ( $\alpha = I_b / I_a$ ) a odečíst součinitele  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  a  $\underline{c}$  z tabulky
- d) vypočítat momenty v poli (zatížení se bere celkové, nijak se nedělí do směrů)



# Teorie pružnosti

Postup:

- stáhnout a vytisknout
- zvolit správnou variantu
  - pozor na správné určení
- stanovit  $\underline{\alpha}$  ( $\alpha = l_b / l_a$ )
- vypočítat momenty (přes tabulku, do směrů)

$$m_a = \frac{1}{a_i} \cdot f_d \cdot l_a^2$$

$$m_b = \frac{1}{b_i} \cdot f_d \cdot l_b^2$$

oženi

oženi

a  $\underline{c}$  z tabulky

kové, nijak se nedělí



# Teorie pružnosti

## Postup:

- a) stáhnout a vytisknout tabulky
- b) zvolit správnou variantu (1 až 6) podle typu uložení
  - pozor na správné určení hodnoty  $l_a$  a  $l_b$  podle typu uložení
- c) stanovit  $\underline{\alpha}$  ( $\alpha = l_b / l_a$ ) a odečíst součinitele  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  a  $\underline{c}$  z tabulky
- d) vypočítat momenty v poli (zatížení se bere celkové, nijak se nedělí do směrů)
- e) vypočítat momenty v podporách
  - a. stanovit zatížení rozdělené do směrů
  - b. vypočítat momenty

## Teorie pružnosti

$$f_{a,d} = c_i \cdot f_d$$

$$f_{b,d} = (1 - c_i) \cdot f_d$$

) podle typu uložení  
a  $l_b$  podle typu uložení

c) ~~stanovit  $c_i$  (viz  $l_a/l_b$ ) a odečíst součinitel  $c_i$  z tabulky~~

d) 
$$m_p = n \cdot \frac{\text{zatížení zleva} + \text{zatížení zprava}}{2} \cdot \left( \frac{\text{rozpon zleva} + \text{rozpon zprava}}{2} \right)^2$$

e) Pro stejné zatížení a rozpony sousedních polí:

$$m_p = n \cdot f \cdot l^2$$

# Teorie pružnosti

$$f_{a,d} = c_i \cdot f_d$$

$$f_{b,d} = \left( \begin{array}{l} \dots \\ \dots \\ \dots \end{array} \right)$$

n dle typu podpory:

- střední podpora spojitého nosníku o dvou polích:  $n = -1/8$
- krajní pole spojitého nosníku:  $n = -1/10$
- vnitřní pole spojitého nosníku:  $n = -1/12$
- okraj desky vetknutý do stěny:  $n = -1/12$

c) *střední podpora*

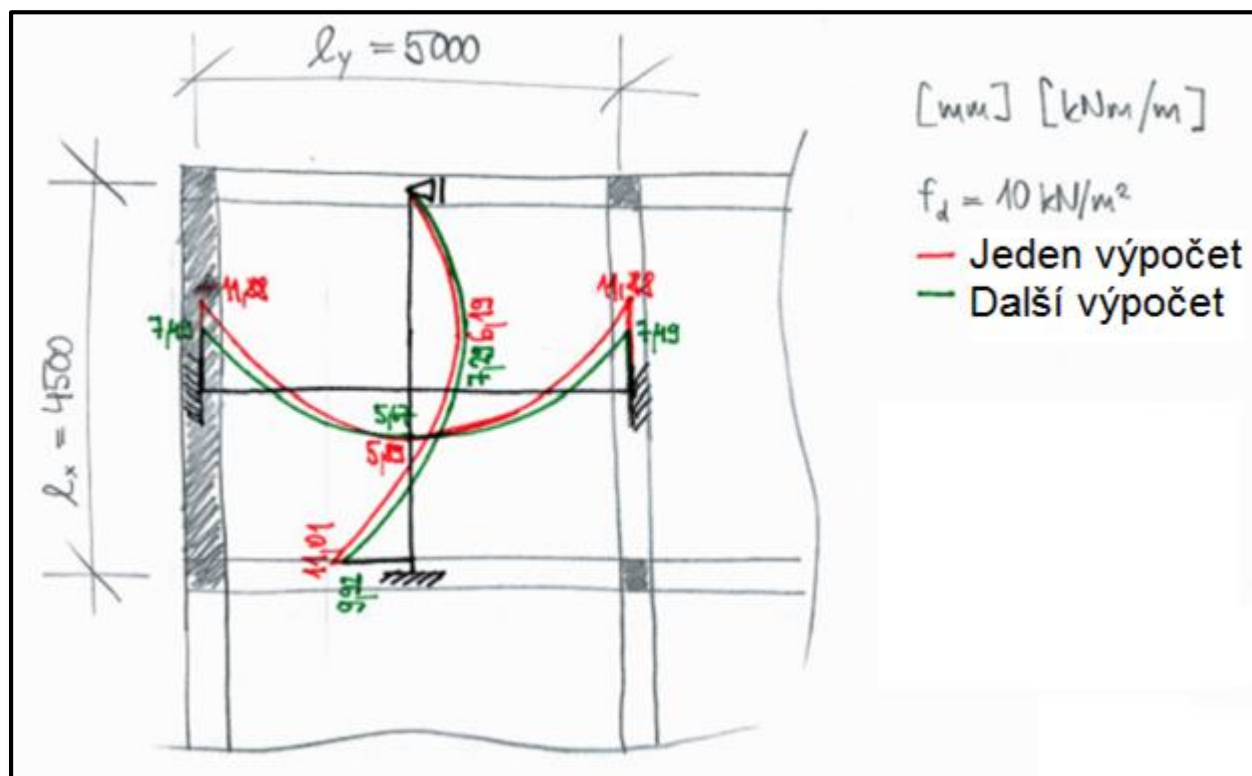
d)  $m_p = n \cdot \frac{z}{2}$

e) Pro stejné zatížení a rozpony sousedních polí:

$$m_p = n \cdot f \cdot l^2$$

# Teorie pružnosti

Nakonec vykreslíme hodnoty v měřítku do půdorysu (přikreslíme k hodnotám z lineární analýzy).



# Teorie plasticity (tabulky)

Opět není tak pěkná jako lineární analýza.

- časově náročnější
- jsou třeba tabulky
- omezující podmínky pro použití (viz přednášky)
- hodně prostoru pro chyby

Výhoda:

- zahrnut vliv kroutících momentů

# Teorie plasticity

Postup:

a) stáhnout a vytisknout tabulky

# Teorie plasticity

Postup:

a) stáhnout a vytisknout

Typ podepření	Součinitel	Součinitele $\beta_{xx}, \beta_{yy}, \beta_{xy}, \beta_{yx}$ pro $l_y/l_x =$								Pozn.
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,75	$\geq 2,0$	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	-0,031 0,024 -0,032 0,024	-0,037 0,028 -0,037 0,028	-0,042 0,032 -0,042 0,032	-0,046 0,035 -0,046 0,035	-0,050 0,037 -0,050 0,037	-0,053 0,040 -0,053 0,040	-0,059 0,044 -0,059 0,044	-0,063 0,048 -0,063 0,048	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	-0,039 0,029 -0,037 0,028	-0,044 0,033 -0,044 0,033	-0,048 0,036 -0,048 0,036	-0,052 0,039 -0,052 0,039	-0,055 0,041 -0,055 0,041	-0,058 0,043 -0,058 0,043	-0,063 0,047 -0,063 0,047	-0,067 0,050 -0,067 0,050	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	-0,039 0,030 -0,037 0,028	-0,049 0,036 -0,049 0,036	-0,056 0,042 -0,056 0,042	-0,062 0,047 -0,062 0,047	-0,068 0,051 -0,068 0,051	-0,073 0,055 -0,073 0,055	-0,082 0,062 -0,082 0,062	-0,089 0,067 -0,089 0,067	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	-0,047 0,036 -0,045 0,034	-0,056 0,042 -0,056 0,042	-0,063 0,047 -0,063 0,047	-0,069 0,051 -0,069 0,051	-0,074 0,055 -0,074 0,055	-0,078 0,059 -0,078 0,059	-0,087 0,065 -0,087 0,065	-0,093 0,070 -0,093 0,070	Součinitele $\beta_{xy}$ a $\beta_{yx}$ pro větší rozpětí
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	-0,046 0,034 -0,046 0,034	-0,050 0,038 -0,050 0,038	-0,054 0,040 -0,054 0,040	-0,057 0,043 -0,057 0,043	-0,060 0,045 -0,060 0,045	-0,062 0,047 -0,062 0,047	-0,067 0,050 -0,067 0,050	-0,070 0,053 -0,070 0,053	platí pro všechny poměry $l_y/l_x$
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	0,034 -0,045 0,034	0,046 -0,045 0,034	0,056 -0,045 0,034	0,065 -0,045 0,034	0,072 -0,045 0,034	0,078 -0,045 0,034	0,091 -0,045 0,034	0,100 -0,045 0,034	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	-0,057 0,043 0,044	-0,065 0,048 0,044	-0,071 0,053 0,044	-0,076 0,057 0,044	-0,081 0,060 0,044	-0,084 0,063 0,044	-0,092 0,069 0,044	-0,098 0,074 0,044	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	0,042 -0,058 0,044	0,054 -0,058 0,044	0,063 -0,058 0,044	0,071 -0,058 0,044	0,078 -0,058 0,044	0,084 -0,058 0,044	0,096 -0,058 0,044	0,105 -0,058 0,044	
	$\beta_{xx}$ $\beta_{yy}$ $\beta_{xy}$ $\beta_{yx}$	0,055 0,056	0,065 0,056	0,074 0,056	0,081 0,056	0,087 0,056	0,092 0,056	0,103 0,056	0,111 0,056	

# Teorie plasticity

Postup:

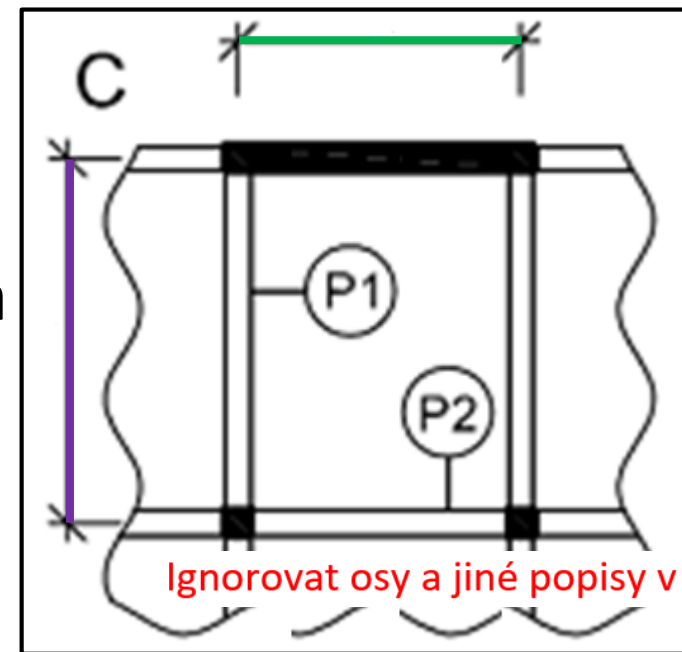
- a) stáhnout a vytisknout tabulky
- b) zvolit správnou variantu podle typu uložení a podle délek stran ( $I_x$  je vždy menší než  $I_y$ !)



# Teorie plasticity

Postup:

- stáhnout a vytisknout tabulky
- zvolit správnou variantu podle typu uložení a vždy menší než  $l_y$ !



Ignorovat osy a jiné popisy v zadání!

	$\beta_{xe}$	-0,057	-0,065	-0,071	-0,076	-0,081	-0,084	-0,092	-0,098
	$\beta_{xm}$	0,043	0,048	0,053	0,057	0,060	0,063	0,069	0,074
	$\beta_{ym}$	0,044							0,044
	$\beta_{xm}$	0,042	0,054	0,063	0,071	0,078	0,084	0,096	0,105
	$\beta_{ye}$	-0,058							-0,058
	$\beta_{ym}$	0,044							0,044
		0,055	0,065	0,074	0,081	0,087	0,092	0,100	0,111

# Teorie plasticity

Postup:

- a) stáhnout a vytisknout tabulky
- b) zvolit správnou variantu podle typu uložení a podle délek stran ( $I_x$  je vždy menší než  $I_y$ !)
- c) stanovit součinitele  $\beta$  podle poměru  $I_y / I_x$

# Teorie plasticity

Postup:

- a) stáhnout a vytisknout tabulky
- b) zvolit správnou variantu podle typu uložení a podle délek stran ( $l_x$  je vždy menší než  $l_y$ !)

a) stanovit součinitele  $\beta$  podle poměru  $l_x / l_y$

	$\beta_{xe}$	-0,057	-0,065	-0,071	-0,076	-0,081	-0,084	-0,092	-0,098
	$\beta_{xm}$	0,043	0,048	0,053	0,057	0,060	0,063	0,069	0,074
	$\beta_{ym}$	0,044							0,044
	$\beta_{xm}$	0,042	0,054	0,063	0,071	0,078	0,084	0,096	0,105
	$\beta_{ye}$	-0,058							-0,058
	$\beta_{ym}$	0,044							0,044

# Teorie plasticity

Postup:

- a) stáhnout a vytisknout tabulky
- b) zvolit správnou variantu podle typu uložení a podle délek stran ( $I_x$  je vždy menší než  $I_y$ !)
- c) stanovit součinitele  $\beta$  podle poměru  $I_y / I_x$
- d) stanovit velikosti momentů (indexy viz návod)

# Teorie plasticity

Postup:

- stáhnout a vytisknout tabulku
- zvolit správnou variantu (vždy menší než  $l_y$ !)
- stanovit součinitele  $\beta$  podle
- stanovit velikosti momentů

$$m_{xe} = \beta_{xe} m_0$$

$$m_{xm} = \beta_{xm} m_0$$

$$m_{ye} = \beta_{ye} m_0$$

$$m_{ym} = \beta_{ym} m_0$$

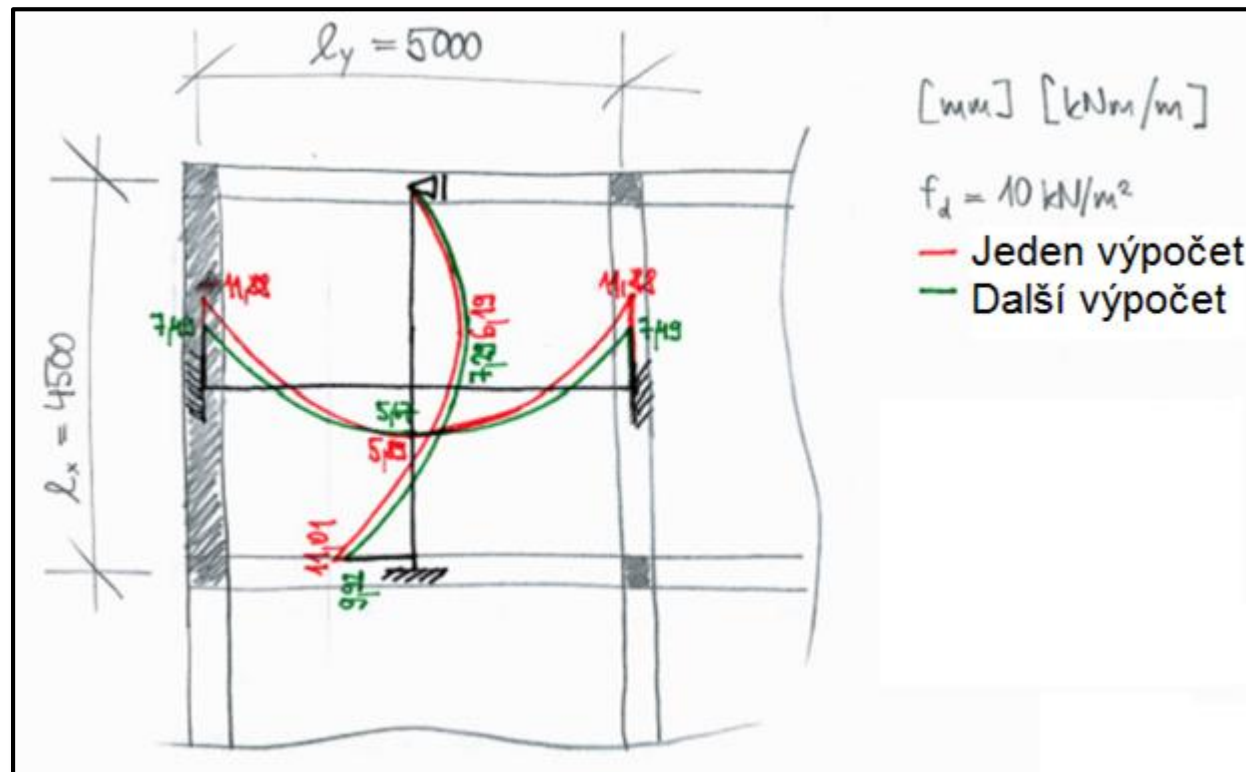
$$m_0 = f_d \cdot l_x^2$$

ní a podle délek stran ( $l_x$  je

vod)

# Teorie plasticity

Nakonec vykreslíme průběhy momentů v měřítku do půdorysu. K těmto průběhům vykreslíme i průběhy dle Teorie pružnosti.

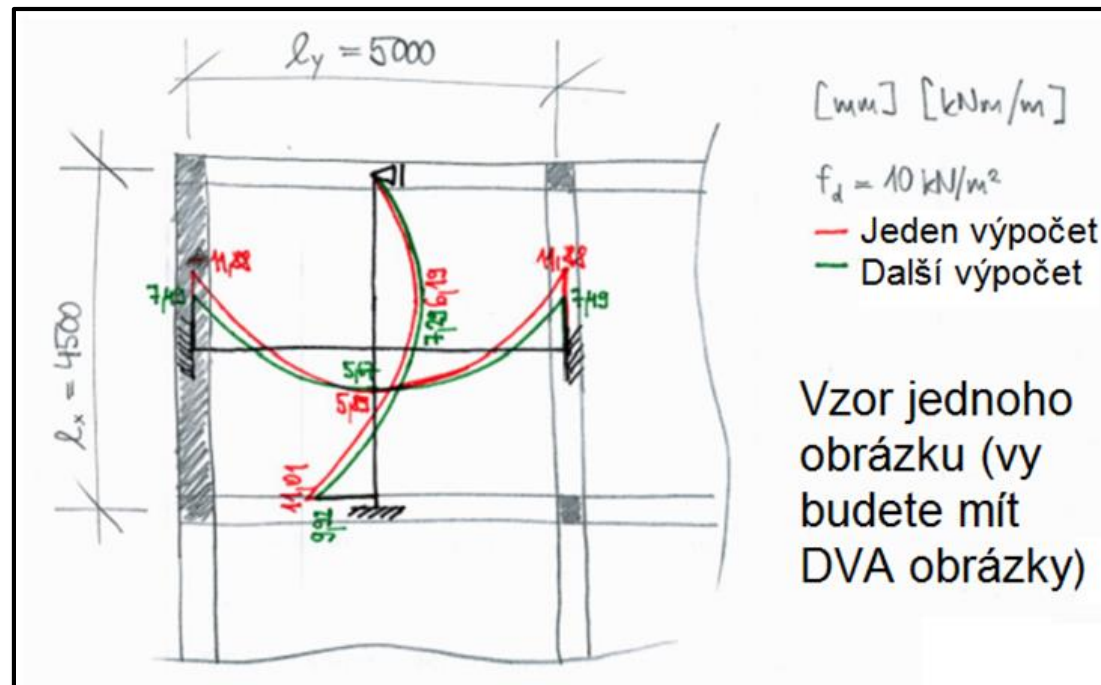


# Výsledky výpočtů

Ve výsledku tedy budete mít **dva obrázky** s porovnáním.

- lineární výpočet a teorie pružnosti
- teorie pružnosti a teorie plasticity

Vždy dávejte pozor, zda vynášíte **momenty do správného směru!**



## Závěr

Lineární analýzu (to, kde se rovnají průhybu) ještě určitě někdy použijete – nejspíš pro kontrolu výsledků ze SCIA.

Teorie pružnosti a Teorie plasticity jsou jako redistribuce – budete to potřebovat ke zkoušce, ale pak už to nikdy nepoužijete.



# Ověření tloušťky desky

Pro momenty stanovené dle teorie plasticity ověříme, zda je zadaná tloušťka desky dostačující.

- stupeň vyztužení (minimální plocha výztuže)
- rotační kapacita
- podmínka ohybové štíhlosti

Pokud deska některé ze tří podmínek nevyhoví, navrhnete případnou úpravu (**momenty již nepřepočítávejte!**).

# Minimální plocha výztuže

Pro maximální moment:

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta d f_{yd}}$$

$d$  – krytí z 1. úlohy, velikost profilu odhadneme (cca 8 – 12 mm)

$\zeta$  – stanovíme stejným postupem jako u příčle rámu

Ověříme, že  $a_{s,req}$  splňuje podmínku pro **minimální plochu výztuže** (viz trám).

# Rotační kapacita

Pro výšku tlačené oblasti průřezu musí platit (zdůvodnění viz návod):

$$\xi = \frac{x}{d} \leq 0,25$$

$\xi$  – stanovíme stejným postupem jako u příčle rámu

# Podmínka ohybové štíhlosti

Postup viz 1. úloha.

# Výpočet zatížení stěny

Uvažujte celkové zatížení desky  $f_d$ .

- 1) stanovte zatěžovací plochu
- 2) spočtěte průběh zatížení

Zatěžovací plocha se stanoví s ohledem na typ jednotlivých podpor:

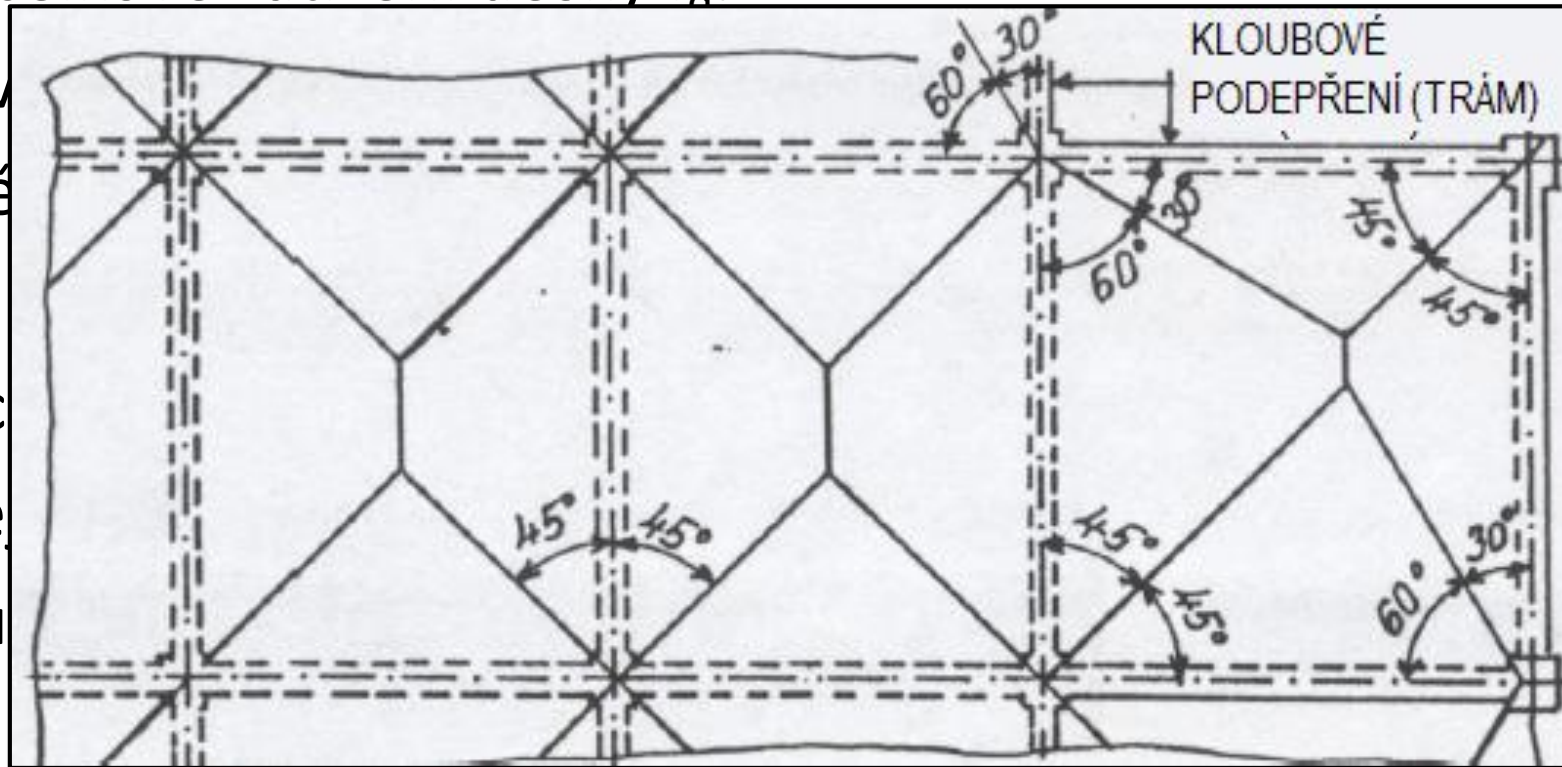
- mezi stejnými typy uložení uvažujeme roznášecí úhel  $45^\circ$
- na styku vetknutí a kloubu pak  $60^\circ$  ve směru vetknutí

# Výpočet zatížení stěny

Uvažujte celkové zatížení desky  $f_d$ .

- 1) stanovte
- 2) spočítejte

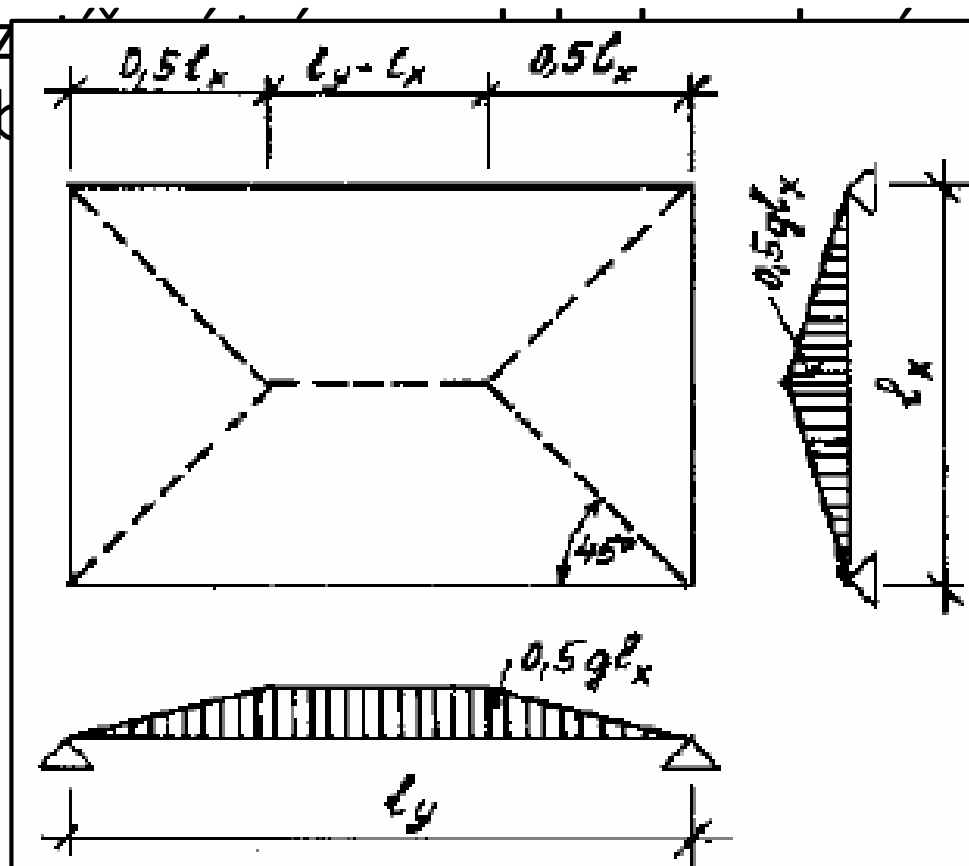
- Zatěžovací podmínky:
- mezi stěnami
  - na styku stěny s



dpor:

# Výpočet zatížení stěny

Hodnota liniového zatížení desky nások



bodě odpovídá  
m bodě.

# Obsah úkolu č. 2

- I. Výpočet momentů na obousměrně pnuté desce
  - 1) Lineární analýza – výpočet + vykreslení
  - 2) Teorie pružnosti (tabulky) – výpočet + vykreslení (spolu s 1))
  - 3) Teorie plasticity (tabulky) – výpočet + vykreslení (spolu s 2))
- II. Ověření zadané tloušťky desky
  - stupeň vyztužení (minimální plocha výztuže)
  - rotační kapacita
  - podmínka ohybové štíhlosti
- III. Výpočet zatížení vybraného průvlaku / stěny od stropní desky
  - zatěžovací plochy (a zatížení podpor) podle typů jednotlivých podpor