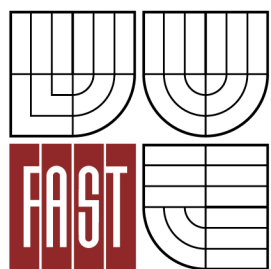




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

RODINNÝ DŮM V NOVÉM MĚSTĚ NAD METUJÍ

E.2 STATICKÝ VÝPOČET BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ SHÁNĚL

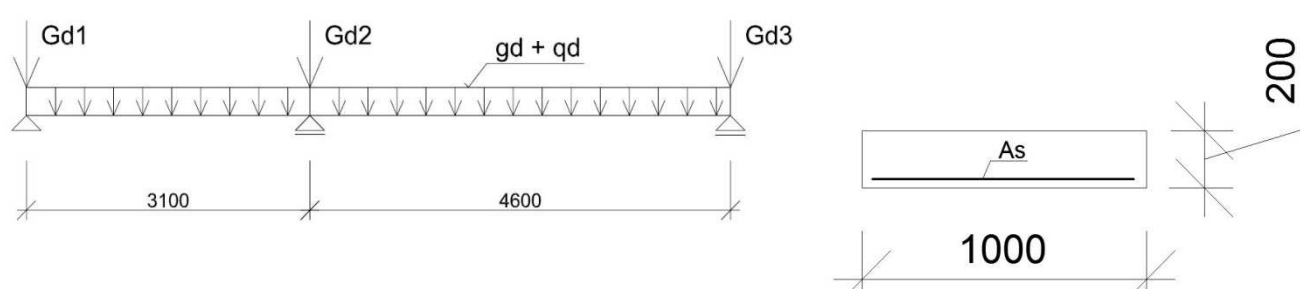
VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. BOHUSLAV BRUKNER

BRNO 2014

DESKA D1

1 GEOMETRIE + STATICKÉ SCHEMA:



- návrh tloušťky desky: $h = \frac{l}{25} = \frac{4,6}{25} = 0,184 \rightarrow h = 200 \text{ mm}$

2 MATERIÁL + KRYTÍ VÝZTUŽE:

2.1 MATERIÁL

C16/20

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,667 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 1,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk;0,05} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu1} = 0,0035\%$$

B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

2.2 KRYTÍ VÝZTUŽE

XC1..... vliv prostředí (suché nebo stále mokré prostředí)

S4 třída konstrukce (životnost 50 let)

dle EN 10080 $c_{min,dur} = 15 \text{ mm} \rightarrow u \text{ desky můžu zmenšit o 1 třídu}$

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

dle ČSN EN 1992-1-1 $c_{min,b} = \phi_s = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{průměr betonářské výztuže}$

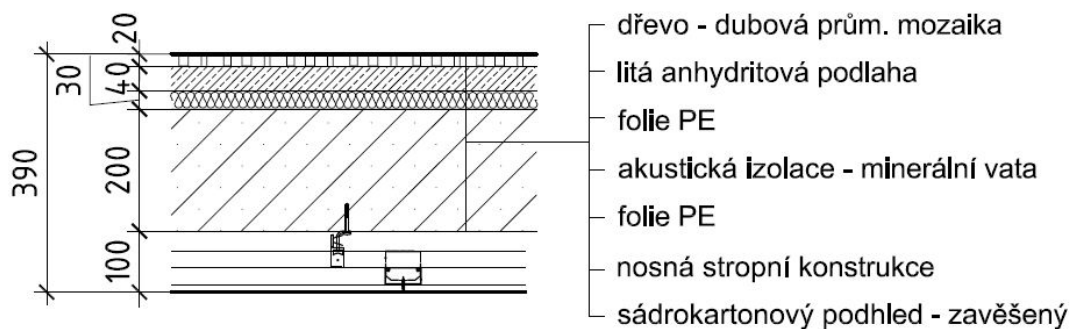
$$\Delta c_{der} = 5 \sim 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{der} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

3 ZATÍŽENÍ:

3.1 STROPNÍ KONSTRUKCE → STÁLÉ

S3 - PODLAHA - 1. PATRO



Zatížení stále na stropní kce

Vrstva	tloušťka	zatížení	zatěžovací šířka	gama F	gd
dřevo - dubová prům. mozaika	20 mm	0,16 kN/m ²	1,0 m	1,35	0,22 kN/m
litá anhydritová podlaha	40 mm	0,8 kN/m ²	1,0 m	1,35	1,08 kN/m
folie PE	-	-	-	-	-
akustická izolace - minerální vata	30 mm	0,075 kN/m ²	1,0 m	1,35	0,1 kN/m
folie PE	-	-	-	-	-
nosná stropní konstrukce	200 mm	5,2 kN/m ²	1,0 m	1,35	7,02 kN/m
sádkartonový podhled - zavěšený	110 mm	0,5 kN/m ²	1,0 m	1,35	0,68 kN/m
				celkem	0,68 kN/m

3.2 STROPNÍ KONSTRUKCE → NAHODILÉ

• UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

- užitné zatížení kategorie A - plochy pro domácí a obytné činnosti - stropní kce

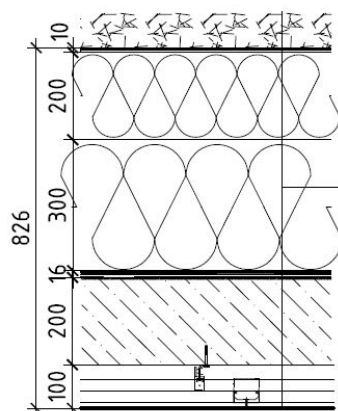
$$q_k = 1,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zatížení nahodilé na stropní kce

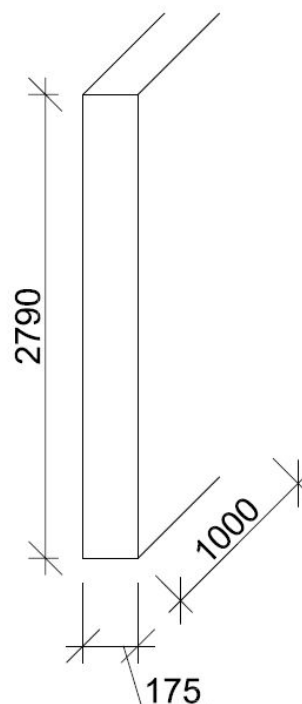
q _k	zatěžovací šířka	gama F	q _d
1,5	1,0 m	1,5	2,25

3.3 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE + STĚNY→STÁLÉ

S5 - STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

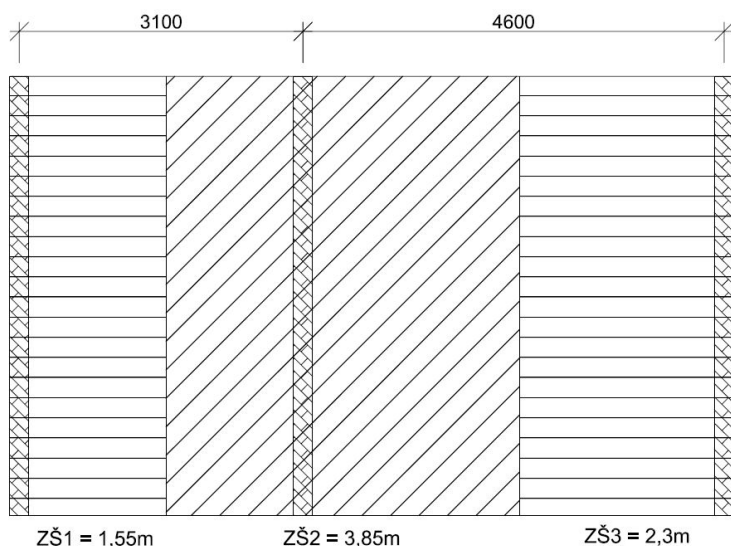


- Prané říční kamenivo fr. 16-32
- Separační a ochranná geotextilie
- Střešní hydroizolační mPVC fólie
- Podkladní separační textilie
- Tepelná izolace EPS -spádové klíny 2%
- Tepelná izolace EPS
- Podkladní separační textilie
- Parotěsná zábrana
- Stropní konstrukce
- Vzduchová mezera
- Sádkarton podhled



Zatížení stálé na stropní kce

Vrstva	tloušťka	zatížení	gamma F	zatěžovací šířka stěny	zatěžovací šířka ZS1	zatěžovací šířka ZS2	zatěžovací šířka ZS3	Gd1'	Gd2'	Gd3'
Prané říční kamenivo fr. 16-32	200 mm	3,00 kN/m ²	1,35	1,0 m	1,55 m	3,85 m	2,3 m	6,28 kN	15,59 kN	9,32 kN
Separační a ochranná geotextilie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Střešní hydroizolační mPVC fólie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Podkladní separační textilie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tepelná izolace EPS -spádové klíny 2%	0- 160 mm	0,064 kN/m ²	1,35	1,0 m	1,55 m	3,85 m	2,3 m	0,13 kN	0,33 kN	0,2 kN
Tepelná izolace EPS	300 mm	0,12 kN/m ²	1,35	1,0 m	1,55 m	3,85 m	2,3 m	0,25 kN	0,62 kN	0,37 kN
Podkladní separační textilie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parotěsná zábrana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nosná konstrukce stropu	200 mm	5,2 kN/m ²	1,35	1,0 m	1,55 m	3,85 m	2,3 m	10,88 kN	27,03 kN	16,15 kN
sádkartonový podhled - zavěšený	80 mm	0,5 kN/m ²	1,35	1,0 m	1,55 m	3,85 m	2,3 m	1,5 kN	2,6 kN	1,55 kN
								zatížení stěnou	13,18 kN	13,18 kN
								celkové zatížení	31,77 kN	59,35 kN



3.4 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE + STĚNY→NAHODILÉ

• ZATÍŽENÍ SNĚHEM

- sněhová oblast III.

- charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 1,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

- součinitel expozice $C_e = 1,0$

- tepelný součinitel $C_t = 1,0$

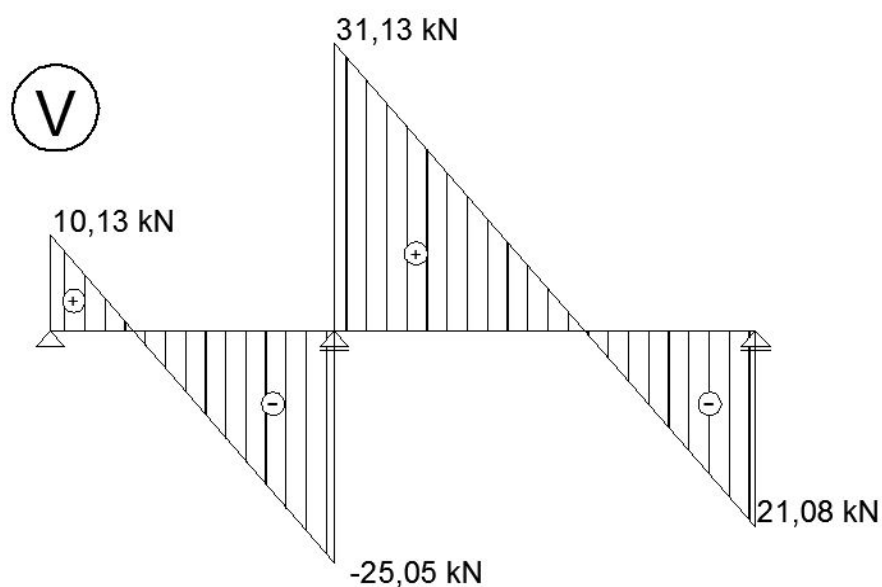
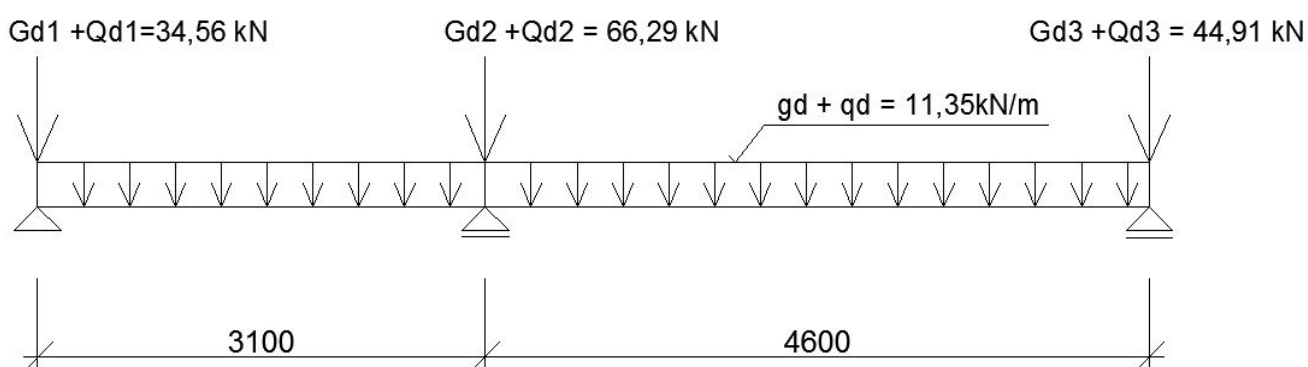
- tvarový součinitel $\mu_l = 0,8$

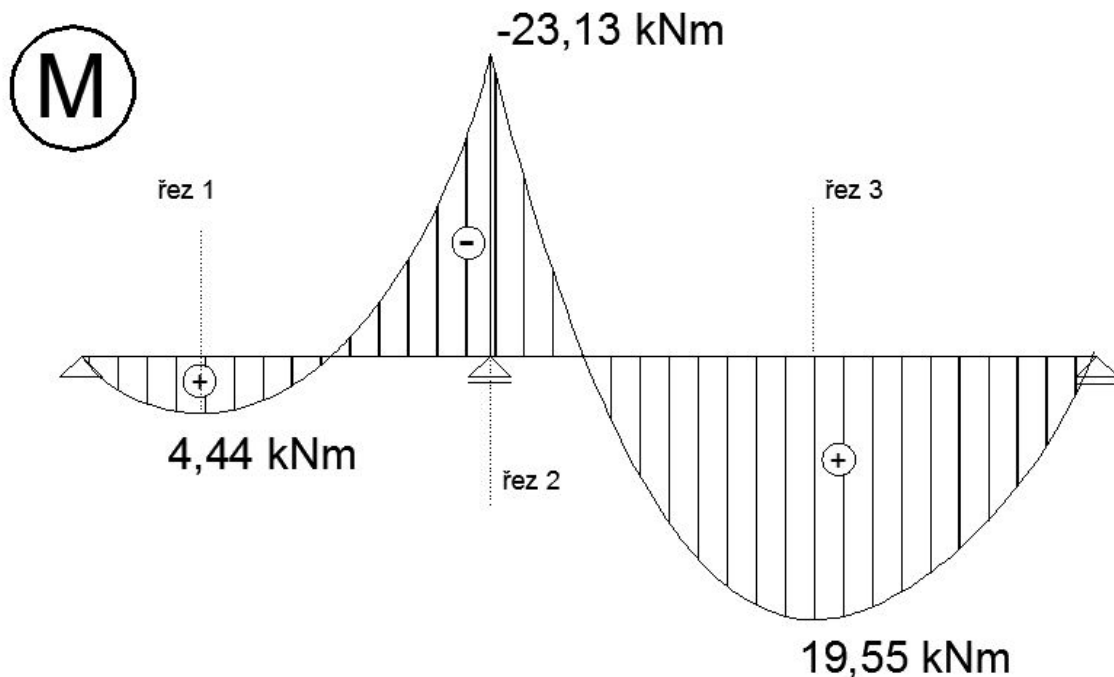
$$s_k = \mu_l \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zatížení nahodilé na střešní kci

sk	zatěžovací šířka	gamma F	sd	zatěžovací šířka ZS1	zatěžovací šířka ZS2	zatěžovací šířka ZS3	Qd1'	Qd2'	Qd3'
1,2	1,0 m	1,5	1,80	1,55 m	3,85 m	2,3 m	2,79 kN	6,93 kN	4,14 kN

4 VNITŘNÍ SÍLY:





5 POSUDKY:

5.1 ŘEZ 3 - DOLNÍ VÝZTUŽ

$$d = 0,175 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = 19,55 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,req} &= b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = \\
 &= 1,0 \cdot 0,175 \cdot \frac{10,667}{434,783} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,55}{1,0 \cdot 0,175^2 \cdot 10,667 \cdot 10^3}} \right) = \\
 &= 2,65 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow \text{navrhuji } \phi 10 \text{ á } 250 \text{ mm}$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783}{1 \cdot 0,8 \cdot 10,667} = 0,016 \text{ m}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{0,0035}{0,016} \cdot (0,175 - 0,016) = 0,0346$$

$$\varepsilon_s = 0,0348 > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200 \cdot 10^3} = 0,0218$$

$$z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,175 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,016 = 0,169 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 0,169 = 23,07 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 19,55 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 23,07 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

→ TUTO VÝZTUŽ NAVRHUJI I DO ŘEZU 1

5.2 ŘEZ 2 - HORNÍ VÝZTUŽ

$$d = 0,174 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = 23,13 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} A_{s,req} &= b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = \\ &= 1,0 \cdot 0,174 \cdot \frac{10,667}{434,783} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,55}{1,0 \cdot 0,174^2 \cdot 10,667 \cdot 10^3}} \right) = \\ &= 3,18 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$A_s = 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow \text{navrhuji } \phi 12 \text{ á } 250 \text{ mm}$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{4,52 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783}{1 \cdot 0,8 \cdot 10,667} = 0,023 \text{ m}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{0,0035}{0,023} \cdot (0,174 - 0,023) = 0,0230$$

$$\varepsilon_s = 0,0230 > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200 \cdot 10^3} = 0,0218$$

$$z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,174 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,023 = 0,165 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 0,165 = 32,43 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 23,13 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 31,53 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.3 SMYKOVÁ VÝZTUŽ

- jelikož u obvykle zatížených ŽB desek není potřeba smyková výztuž a deska D1 má posouvající síly právě do této skupiny zapadající. Můžeme proto tvrdit, že deska D1 vyhoví na smykovou únosnost i bez použití smykové výztuže.

5.4 KONSTRUKČNÍ PODMÍNKY

• kontrola míry vyztužení

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0,26 \cdot \frac{1,9}{500} \cdot 1,0 \cdot 0,175 = 1,729 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 0,175 = 2,27 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,004 \cdot 0,2 = 0,08 m^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

•kontrola vzdálenosti výztuže

$$s = 250 \text{ mm} \geq \max\{1,2\phi; d + 5; 20\} = 20 \text{ mm}$$

$$s = 250 \text{ mm} \geq s_{max} = 2 \cdot h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{VYHOVUJE}$$

•návrh rozdělovací výztuže

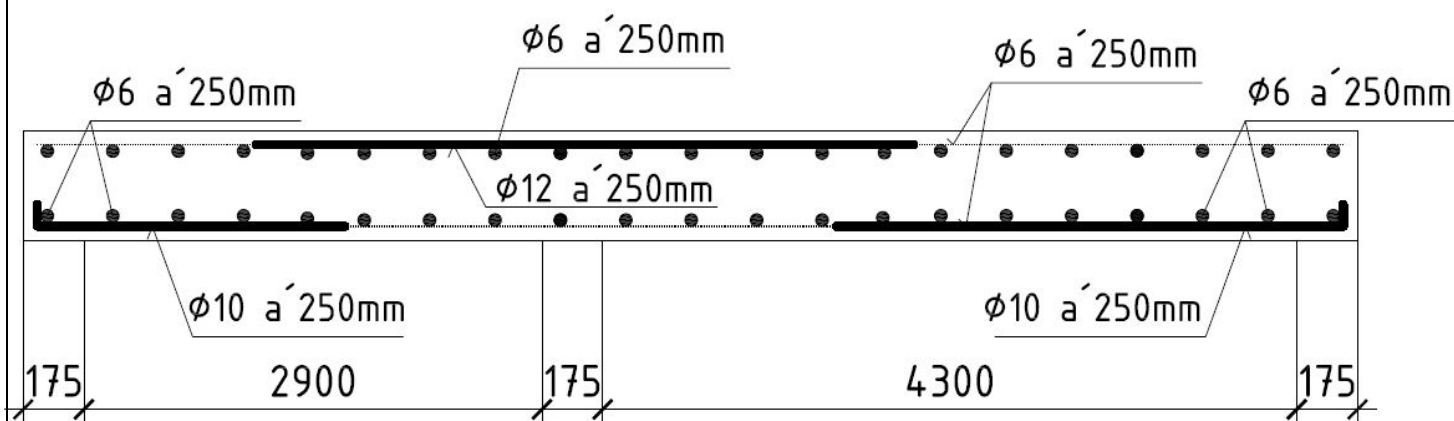
$$A_{sr} \geq 0,2 \cdot A_s = 0,2 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4} = 0,904 \cdot 10^{-4} m^2 \rightarrow \text{navrhuji } \phi 6 \text{ á } 250 \text{ mm}$$

$$s = 250 \text{ mm} \geq s_{max} = 3 \cdot h \leq 400 \text{ mm} = 400 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{VYHOVUJE}$$

→ v místě konzoly pro balkón → navrhuji rozdělovací výztuž $\phi 10$ á 250 mm

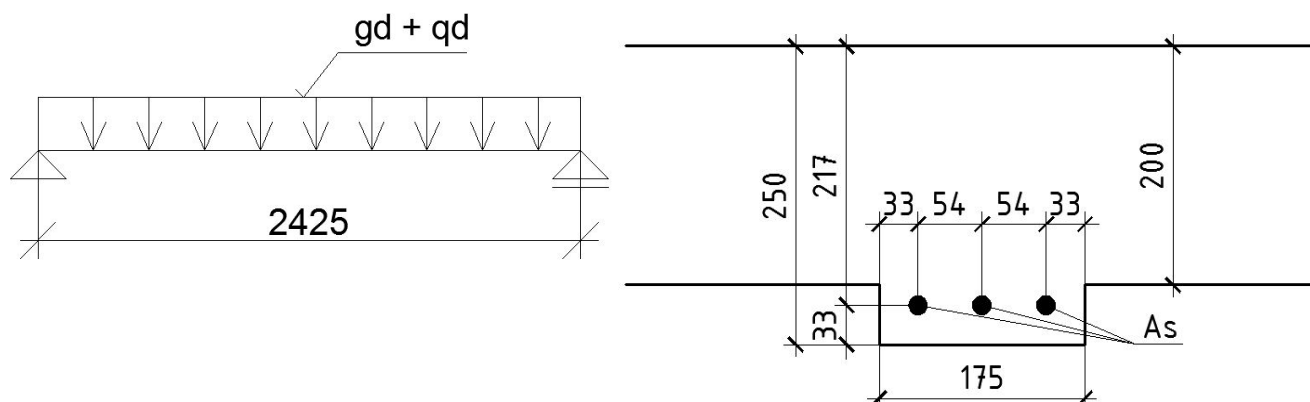
$$M_{Ed} = 4,4 \text{ kNm}$$

6 SCHEMA VÝZTUŽE:



PRŮVLAK P1

1 GEOMETRIE + STATICKÉ SCHEMA:



- návrh výšky průvlastku: $h = \frac{l}{12} = \frac{4,6}{12} = 0,38 \rightarrow h = 250 \text{ mm}$

2 MATERIÁL + KRYTÍ VÝZTUŽE:

2.1 MATERIÁL

C16/20

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,667 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 1,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk;0,05} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu1} = 0,0035\%$$

B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

2.2 KRYTÍ VÝZTUŽE

XC1..... vliv prostředí (suché nebo stále mokré prostředí)

S4 třída konstrukce (životnost 50 let)

dle EN 10080 $c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$

dle ČSN EN 1992-1-1 $c_{min,b} = \phi_s = 10 \text{ mm} \rightarrow$ průměr betonářské výztuže

$$\Delta c_{der} = 5 \sim 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{der} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

3 ZATÍŽENÍ:

3.1 STROPNÍ KONSTRUKCE → STÁLÉ

Zatížení stále na průvlak

Vrstva	tloušťka	zatížení	zatěžovací šířka	gama F	gd
dřevo - dubová prům. mozaika	20 mm	0,16 kN/m ²	3,85 m	1,35	0,85 kN/m
litá anhydritová podlaha	40 mm	0,8 kN/m ²	3,85 m	1,35	4,16 kN/m
folie PE	-	-	-	-	-
akustická izolace - minerální vata	30 mm	0,075 kN/m ²	3,85 m	1,35	0,39 kN/m
folie PE	-	-	-	-	-
nosná stropní konstrukce	200 mm	5,2 kN/m ²	3,85 m	1,35	27,03 kN/m
sádkokartonový podhled - zavěšený	110 mm	0,5 kN/m ²	3,85 m	1,35	2,62 kN/m
celkem					35,04 kN/m

3.2 STROPNÍ KONSTRUKCE → NAHODILÉ

Zatížení nahodilé na průvlak

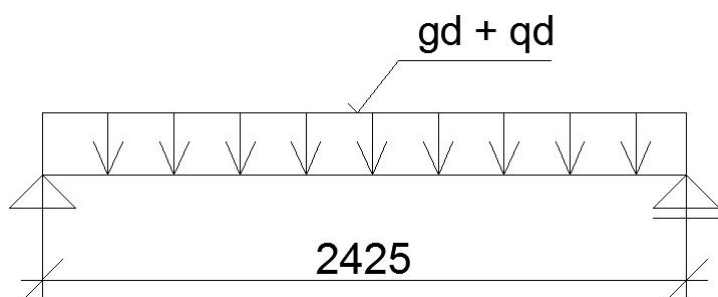
q _k	zatěžovací šířka	gama F	q _d
1,5 kN/m ²	3,85 m	1,5	8,66 kN/m

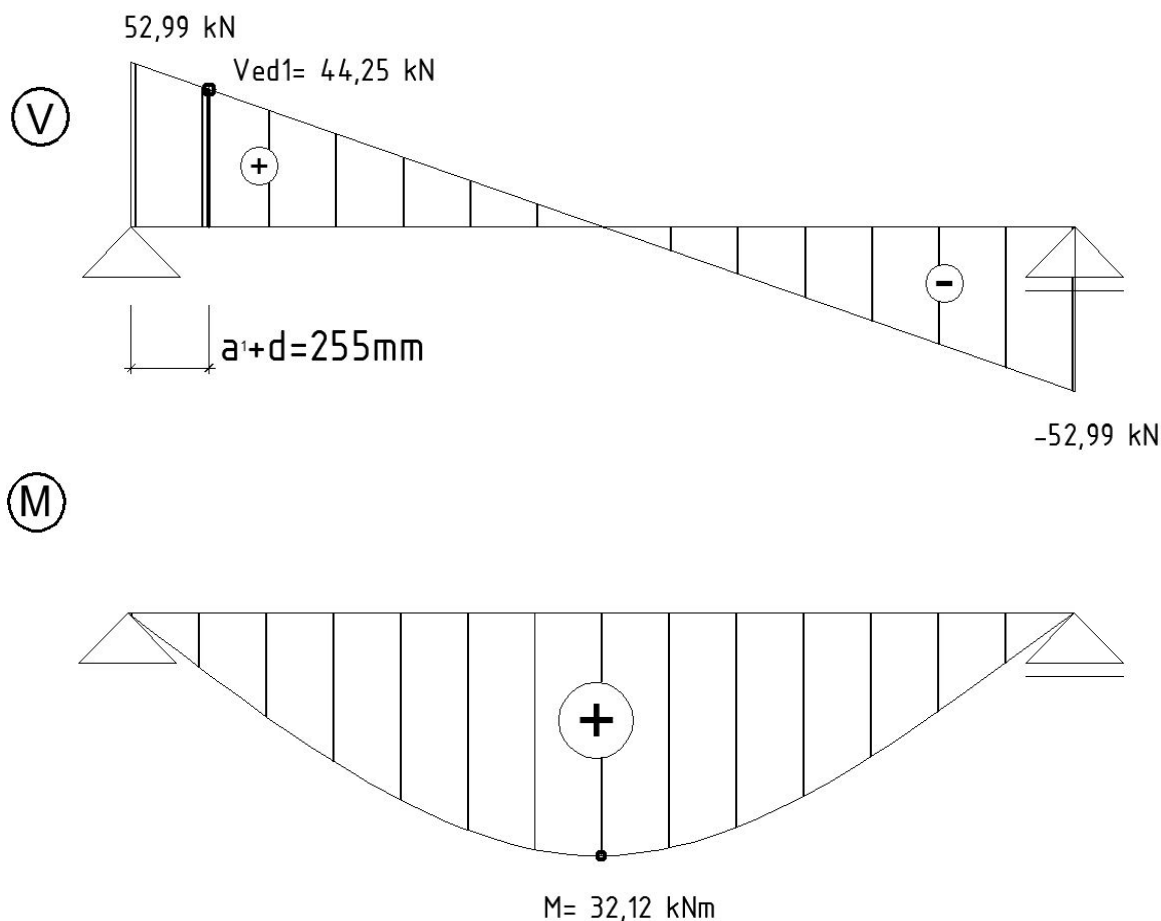
• UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

- užitné zatížení kategorie A - plochy pro domácí a obytné činnosti - stropní kce

$$q_k = 1,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

4 VNITŘNÍ SÍLY:





5 POSUDKY:

5.1 OHYB - DOLNÍ VÝZTUŽ

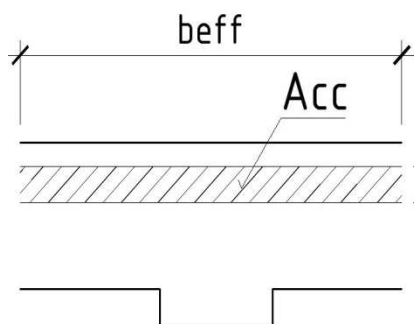
$$d = 0,175 \text{ m}$$

$$A_s = 6,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow \text{navrhuji } 3\phi 16$$

• výpočet efektivní šířky b_{eff}

$$b_{eff1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 3,85 + 0,1 \cdot 2,425 = 1,01 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 2 \cdot b_{eff1} + b_w = 2 \cdot 1,01 + 0,175 = 2,195 \text{ m}$$



$$A_{cc} = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783}{10,667} = 0,025 \text{ m}^2$$

$$x = \frac{A_{cc}}{\lambda \cdot b_{eff}} = \frac{0,025}{0,8 \cdot 2,195} = 0,014 \text{ m}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{0,0035}{0,014} \cdot (0,175 - 0,014) = 0,0403$$

$$\varepsilon_s = 0,0403 > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200 \cdot 10^3} = 0,0218$$

$$a_{cc} = 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,014 = 0,0056 \text{ m}$$

$$z_{cc} = d - a_{cc} = 0,217 - 0,0056 = 0,2114 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_{cc} = 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,785 \cdot 10^3 \cdot 0,2114 = 56,89 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 32,12 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 56,89 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.2 SMYK - TŘMÍNKY

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{175}} = 2,07 \rightarrow 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{6,03 \cdot 10^{-4}}{0,175 \cdot 0,175} = 0,0197$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 15^{\frac{1}{2}} = 0,383$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d = \left[0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,0197 \cdot 15)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 175 \cdot 175$$

$$= 48956 \text{ kN} \geq v_1 \cdot b_w \cdot d = 0,375 \cdot 175 \cdot 175 = 11484 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 48,96 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 48,96 \text{ kN} \geq V_{Ed,1} = 44,25 \text{ kN}$$

→ *není nutno navrhnout smykovou výztuž,*
nutnost navrhnout konstrukční smykovou výztuž

$$A_{sw} = 0,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow \text{navrhuji dvoustřížný třmínek } \phi 6/125 \text{ mm}$$

5.3 KONSTRUKČNÍ PODMÍNKY

• kontrola míry vyztužení

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0,26 \cdot \frac{1,9}{500} \cdot 1,0 \cdot 0,175 = 1,729 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 0,175 = 2,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,004 \cdot 0,2 = 0,08 \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

• kontrola vzdálenosti výztuže

$$s = 250 \text{ mm} \geq \max\{1,2\phi; d + 5; 20\} = 21 \text{ mm}$$

$$s = 250 \text{ mm} \geq s_{max} = 2 \cdot h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

- stupeň vyztužení smykové výztuže

$$\rho_w = \frac{A_w}{b_w \cdot s} = \frac{0,57 \cdot 10^{-4}}{0,175 \cdot 0,125} = 0,00261$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{15}}{500} = 0,0062 \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

- kontrola vzdálenosti třmínků

$$s = 125 \text{ mm} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 175 = 131,25 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

6 SCHEMA VÝZTUŽE:

