

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



D.1.2. STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ
REVITALIZACE LÁZNÍ CHOMUTOV

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE:
AUTHOR

Bc. JAKUB PETŘÍK

VEDOUCÍ PRÁCE:
SUPERVISOR

Doc. Ing. ŠÁRKA ŠILAROVÁ CSc.

PRAHA 2020/2021

D.1.2.a_TECHNICKÁ ZPRÁVA

1.STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

stavební řešení

Hlavní nosnou konstrukci tvoří původní ocelové příhradové vazníky, které jsou po stranách podepřeny šikmými sloupy. V prostředku stavby jsou tyto vazníky uloženy na dva ocelové kruhové sloupy. Ty jsou uloženy na železobetonové tribuně. Toto původní statické řešení bude zachováno. Nově bude řešeno opláštění objektu po provedených demolicích teras a vystoupené administrativní části původních lázní.

konstrukční a materiálové řešení

Nosné konstrukce objektu jsou rozděleny do tří samostatných oddílů a navazujících konstrukčních částí. Část B-3-8-I – železobetonové konstrukce, Část B-3-8-II železobetonové konstrukce bazénů a Část B-3-9 – ocelová konstrukce střechy.

Objekt je zastřešen ocelovou konstrukcí. Jedná se o prostorovou prutovou konstrukci. Konstrukce jsou tvořeny soustavou dvou příčných rámových systémů s podélnými průvlaky odpovídajícími dispozičnímu řešení jednotlivých provozních částí. Jedná se o vstupní část (v podzemí se strojovny), dvojtrakt 2x 9,0 + 4,0 m v modulu 6,0x6,0m až k dělicí zdi bazénu, dále o část původního přístavku v dvojtraktu 6,0x6,0 m pod vazníky 10,11,12. Desky rámových konstrukcí jsou převážně křížem vyztužené, v úzkých polích a výměn u velkých prostupů jsou pnuté jedním směrem. Ostatní konstrukce jsou vestavěné do rámu, nebo k nim přistavěné. Svislé stěny jsou samostatné, vyztužené sítěmi.

Základy s oběma bazény jsou řešeny v části B-3-8-II. Je navržena s obrácenými hříby pro roznesení tlaků rámových a obvodových sloupů a zdí. Dilatace probíhá pouze pod velkým bazénem. Dílčí samostatné základy jsou pod kavnými stojkami teras, základy jsou z prostého betonu B170.

Podélné průvlaky všech rámových systémů mají průřez 45/60cm, příčné průvlaky modulu 6,0x6,0 m mají průřez 45/30cm. Převísle konce tohoto modulu jsou 45/30 až 60 pokud jsou podepřeny a 55/40 až 75 pokud jsou konzolové. Vnější konzoly, na kterých jsou uloženy zavěšené schody teras, jsou zesíleny. Příčné rámy modulu 9,0x6,0 m v halové části jsou v 2. NP s náběhy 55/100 až 55/50 ve středu rozpětí, v 1. NP 55/85. Sloupy vnitřního přístavku mají průřez 45/45, pouze střední řada je v montážní podlaží rozšířena na 55/55. Sloupy halové části mají průřez 55/55. Desky přístavku jsou navrženy v tl. 20 cm. Výztuž je navržena v příčných průvlacích a sloupech $\emptyset V 22$, v podélných průvlacích $\emptyset J 22$ a je umístěna tak, že výztuž v podélných průvlacích probíhá u horního povrchu a výztuž v příčných průvlacích nad výztuží podélných průvlaků. Tomu odpovídá výztuž desek, které jsou převážně křížem vyztužené. V poli desek je u dolního povrchu vždy výztuž na kratší rozpětí. U otvorů do 25/25 je výztuž vystřižena, přes 25/25 je vyhnuta a olemována příložkami.

Terasy:

Na úrovni 2. NP probíhá kolem celé vstupní části vstupní dvorana, Vyhlídková terasa a sluneční terasa. Podélné nástupové, vyhlídkové a sluneční terasy jsou vytvořeny hříbově vyztuženými deskami vetknutými do nosných trámů a do průvlaků v líci objektu. Boční terasa a část nástupové a vyhlídkové terasy u nástupové rampy jsou vytvořeny deskami pnutými rovnoběžně s objektem. Nosné trámy teras u krajně boční terasy jsou vetknuty do obvodových sloupů řady I a IX a jsou v cca polovině podepřeny ocelovými kyvnými stojkami \emptyset 273 mm, které se nahoře a dole zužují. Ložisko kloubů pro patu a hlavu je vloženo do bednění. Základové patky kyvných sloupů jsou ve čtyřech velikostech podle vyložení teras a zatížení. Nosné boční trámy terasy u skleněných štítových stěn jsou konzolové, vetknuté do sloupů řady 0 a do obvodové zdi Z14, desky jsou pnuty jedním směrem rovnoběžně se štítem. V obvodových sloupech řady 0, I-IX a ve středech rozpětí průvlaků P121, P123 a P124 jsou usazeny kotevní šrouby pro stojky obvodového pláště. Terasu budou na obou stranách ubourány o cca 3m. Je nutné zajistit jejich dočasné podepření při provádění prací.

Galerie diváků:

Jedná se o železobetonovou desku pravoúhle lomenou do stupňů a pnutou na 6,0 m. Je podepřena trojúhelníkovými stěnami částečně dutými se ztraceným bedněním spojených se sloupy 55/70cm pro podepření vnitřních podpor střešního vazníku. Průřez stěny je navržen pro přenášení vodorovných sil od vazníků v příčném směru, na dvou sloupech je osazen portál podélného ztužidla střešní konstrukce.

Schodiště:

Schodiště jsou nově vložené konstrukce, provedeny jako schodnicové ocelové.

Materiál:

Pro železobetonové konstrukce byl použit beton B250. Patky samostatných základů jsou z betonu B 170. Pro konstrukční výztuž je použita 10216 \emptyset E6 a E8, pro nosné konstrukce kromě příčných rámu ocel 10 335 \emptyset J8, J12, J14, J18, J22, pro příčné průvlaků a sloupy ocel 10425 \emptyset V22. Ocelové vestavěné konstrukce se sloupy teras jsou z materiálu řady 37.

Část B-3-8-II

základová deska objektu:

Je provedena jako železobetonová z betonu B250/f/ a výztuže 10400. Svislá železobetonová konstrukce je navázána kotevními železy podle návrhu VPÚ. Patky sloupů jsou navrženy pod základovou deskou. Patky jsou křížem vyztuženy ocelí 10400, deska je včetně výškových rozdílů vyztužená ocelovou sítí. Izolace je provedena pod základovou deskou provedením štěrkopísku tl. 220 mm s cementovým potěrem, na ní je provedena izolační vrstva, ochranná cementová vrstva a základová deska včetně kotev. Nad základovou deskou Vodní stavby provedly plavecký bazén 50 m dilatovaný od základové desky, dětský bazén na sloupech kotvených do základové desky a bazén studené sauny.

bazén 50 m:

Je nesen soustavou sloupů a průvlaků v modulu 3,x3,0 m, jeho stěny jsou protaženy až k základové desce, tj. pod vlastním bazénem je vytvořen přepouštěcí bazén. Je navržen samostatně s dilatační spárou od základové desky. Vlastní bazén je rozdělen na 2 díly dilatační spárou. Spára je opatřena dilatační gumose dně a stěnách. Základová deska bazénu je vyztužena stejně jako základová deska objektu, dno plaveckého bazénu je sloupy a průvlaků opřeno do základové desky. Ve spodním bazénu je navržen kanál cca 1,0 m pod úroveň hladiny spodního bazénu pro vedení VZT. Spodní bazén je rozdělen v hlubší části stěnou. Po obvodě vlastního bazénu



je proveden odvodňovací kanál, na něm jsou navrženy konzoly pro uložení stropu $\pm 0,000$ podle projektu VPÚ. Středem bazénu prochází kanál krytý prefabrikovanými deskami.

Část B-3-9

Jedná se prostorovou prutovou konstrukci, kterou tvoří příhradový trubkový vazník proměnného průřezu p rozpětí 18,0 + 31,5 m s převislými konci 4,5 m, osová vzdálenost vazníků je 6,0 m. Vazník je ve střední části podepřen tuhou podporou, na krajích kyvnými ocelovými sloupy. Uložení oceli na beton je kloubové ve vzdálenosti 19,5 + 33,0 m. Zastřešení je TR plechem na ocelových vaznicích I160. Vazníky jsou zavětrovány ve střešní rovině, nad vnitřní podporou probíhá podélné ztužidlo a u dvou vnitřních podpor je proveden portál po zachycení podélného větru. Do prostoru vazníků jsou uloženy rámy pro obvodové a vnitřní monierky, dále rámy pro rabicový podhled, vaznice pro hliníkové podhledy, revizní lávky a potrubí VZT. Použitý beton B170 a B250 odpovídá dnešnímu betonu C 10/13,5 a C 16/20, použitá ocel 37 a 11373 odpovídá dnešní oceli S 235, použitá ocel 11523 odpovídá dnešní oceli S 355. Použité výztuže 10216, 10335, 10400, 10425 dnešním výztuží BST neodpovídají, je nutné uvažovat jejich původní návrhové pevnosti.

2. NOVĚ NAVRHNOVANÉ KONSTRUKCE

Do prostoru 50 m bazénu je umístěna ocelová vestavba na plechové roznášecí desky 1x1m pro lepší rozložení zatížení. V příloze je proveden statický výpočet pro návrh sloupů, nosníků a průvlaků, spojů a desky, včetně návrhu výztuže, této konstrukce.

STATICKÝ VÝPOČET STROPNÍ DESKY, VÝKRES TVARU, NÁVRH VÝZTUŽE,

PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH VLOŽENÉ KONSTRUKCE KNIHOVNY V MSÚ A MSP

PODKLADY:

Architektonická studie Vrtiška a Žák z roku 2020 - Revitalizace Městských Lázní Chomutov

Zpráva o Statickém posouzení objektu Městských lázní v Chomutově z roku 2019,
POVOING, Ing. Miloslav Čáp, Ph.D

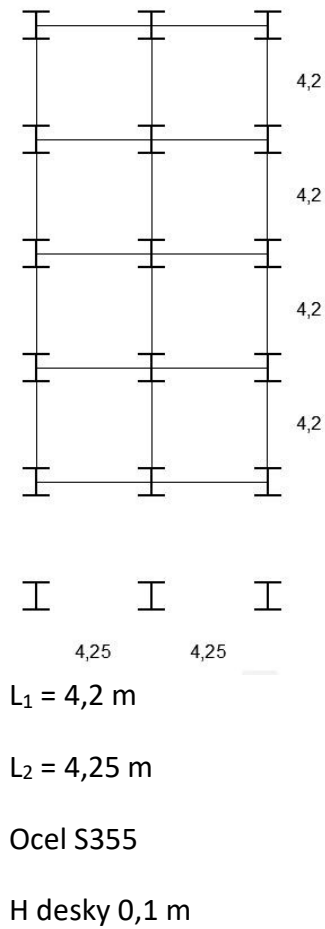
Projektová dokumentace zaměření stávajícího stavu z roku 2002, Sings Chomutov

01/2021

Jakub Petřík

D.1.2.a_STATICKÉ POSOUZENÍ

NÁVRH A POSOUZENÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE VESTAVBY KNIHOVNY



ZATÍŽENÍ

E1 – KNIHOVNY A ARCHIVY EN 1991-1-1

- plochy se stoly

$$g_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 \quad 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 4,0 \text{ kN} \quad 7,0 \text{ kN}$$

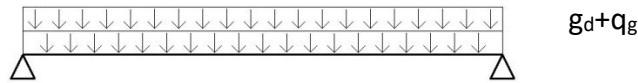
VÝPOČET ZATÍŽENÍ

Zatížení stálé	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
IPE (odhad) $0,5 \text{ kN/m}^2$	0,5	1,35	0,675
Trapézový plech $0,14 \text{ kN/m}^2 \cdot L_1$	0,42	1,35	0,567
Betonová deska 0,1m $0,1 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot L_1$	10,5	1,35	14,175
Podlaha a podhled $14 \text{ kN/m}^2 \cdot L_1$	4,2	1,35	5,670
	$\Sigma=15,62$		$\Sigma=21,087$
Zatížení proměnné	q_k [kN]	γ_Q	q_d [kN]
Užitné zatížení $7,5 \text{ kN/m}^2 \cdot L_1$	31,5	1,5	47,25

ocel S355

h=2,8 m (2,65m)

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (MSÚ) - OHYB



$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot L_2^2 = \frac{1}{8} \cdot (21,087 + 47,25) \cdot 4,25^2$$

$$= 154,292 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq m_{Rd} = W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

$$W_{ply} = \frac{M_{Ed}}{f_y} = \frac{154,292 \cdot 10^6}{355} = 434\,625,35 \text{ mm}^3$$

Návrh: IPE 300 $W_{ply} = 628,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$$m_{Rd} = W_{ply} \cdot f_y = 628,4 \cdot 10^3 \cdot 355 = 223,082 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed} = 154,292 \text{ kNm} \leq m_{Rd} = 223,082 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

SMYK

$$v_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_D + q_D) \cdot L_2 = \frac{1}{8} \cdot (21,087 + 47,25) \cdot 4,25$$

$$= 145,216 \text{ kN}$$

$$v_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MD}} = \frac{3081 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1} = 631,480 \text{ kN}$$

$$v_{Ed} = 145,216 \text{ kN} < v_{Rd} = 631,480 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

PRŮHYB

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_k + q_k) \cdot L_2^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(15,62 + 31,5) \cdot 4250^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 11770 \cdot 10^4} = 11,41 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = \frac{L_2}{250} = \frac{4250}{250} = 17 \text{ mm}$$

$$\delta = 11,41 \text{ mm} < \delta_{max} = 17 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

$I_y = 8\,356 \cdot 10^4$

KMITÁNÍ

$$f = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{I_Y \cdot \sigma \cdot g}{g_k \cdot L^4}} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{8356 \cdot 10^4 \cdot 270 \cdot 10000}{15,62 \cdot 4250^4}} = 2,9148 \text{ Hz}$$

$$f = 2,9148 \text{ Hz} \leq 3 \text{ Hz}$$

vyhovuje

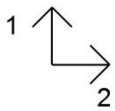
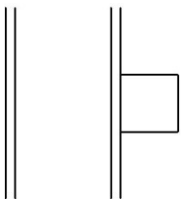
IPE 300

HEA 300

Šrouby 8,8

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

$f_{yb} = 0,6 \times 500 = 300\text{MPa}$



$\gamma_{m2} = 1,25$

$\alpha_v = 0,6$

$A_s = 245\text{mm}^2$

$A = 314\text{mm}^2$

$t = 10\text{mm}$

$f_u = 490\text{MPa}$

$f_y = 355\text{MPa}$

$V_{Rd} = 145,216$

PŘÍPOJ DESKOU NA STOJINĚ

$d = M20$ $e_1 = 50$ $P_1 = 70$

$d_0 = 22\text{mm}$ $e_2 = 40$ $P_2 = 70$

ÚNOSNOST ŠROUBU VE STŘIHU

a) ROVINA STŘIHU PROCHÁZÍ ZÁVITEM

$$F_{vrd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} = 58,8 \text{ kN}$$

B) ROVINA STŘIHU PROCHÁZÍ ČÁSTÍ ŠROUBU BEZ ZÁVITU

$$F_{vrd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 314}{1,25} = 75,36 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST ŠROUBU V OTLAČENÍ

$$F_{bRd} = \frac{K_1 \cdot \alpha_b \cdot d_t \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 10 \cdot 490}{1,25} = 74,48 \text{ kN}$$

VNITŘNÍ ŠROUB

$$K_1 = \min\left(2,5; \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7\right) = \min\left(2,5; \frac{2,8 \cdot 40}{22} - 1,7\right) \\ = \min(2,5; 3,39) \rightarrow K_1 = 2,5$$

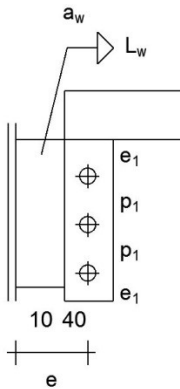
KRAJNÍ ŠROUB

$$K_1 = \min\left(2,5; \frac{1,4 \cdot P_2}{d_0} - 1,7\right) = \min\left(2,5; \frac{1,4 \cdot 70}{22} - 1,7\right) \\ = \min(2,5; 2,75) \rightarrow K_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; 1; \frac{f_{ub}}{f_u}; \frac{P_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) \\ = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 22}; 1; \frac{500}{490}; \frac{70}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}\right) \\ = \min(0,7575; 1; 1,02; 0,81) \rightarrow \alpha_b = 0,76$$

POČET ŠROUBŮ - n

$$n = \frac{V_{rd}}{F_{vrd}} = \frac{145,216}{58,8} = 2,47 \rightarrow 3 \text{ šrouby}$$



$$e = 10 + e_2 = 10 + 40 = 50$$

pro S355

$$\beta_w = 0,9$$

$$f_u = 490$$

POSOUZENÍ SVARU

$$v_{Ed} = F_{ed} = 145,216 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = e \cdot F_{ed} = 50 \cdot 145,216 = 7,3108 \text{ kNm}$$

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 2 \cdot (e_1 + p_1) = 2 \cdot (50 + 70) = 240 \text{ mm}$$

$$L_w = 240 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

$$L_w = 240 \text{ mm} \geq 6 \cdot a_w = 6 \cdot 3 = 18 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\tau_{||} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{145,216}{2 \cdot 3 \cdot 240} = 100,84 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{M_{Ed}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{7,3108 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 240^2} = 89,748 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{||}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

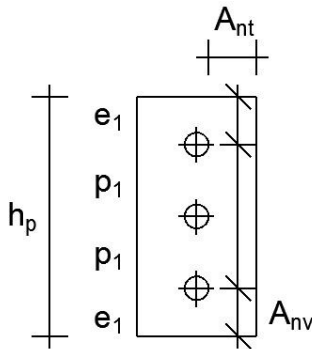
$$\sqrt{89,748^2 + 3 \cdot (100,84^2 + 89,748^2)} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$250,449 \text{ MPa} \leq 435,5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$89,748 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$89,748 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$



$$t=10\text{mm}$$

$$A_{nt} = \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) \cdot t$$

$$A_{nt} = \left(40 - \frac{22}{2} \right) \cdot 10$$

$$A_{nt} = 290 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_{nv} = (e_1 + P_1 + P_1 - 2,5 \cdot d_0) \cdot t$$

$$A_{nv} = (50 + 70 + 70 - 2,5 \cdot 22) \cdot 10$$

$$A_{nv} = 1350 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$h_p = 2 \cdot (e_1 + P_1)$$

$$h_p = 2 \cdot (50 + 70)$$

$$h_p = 240\text{mm}$$

$$A_{vnet} = (h_p - 3 \cdot d_0) \cdot t$$

$$A_{vnet} = (240 - 3 \cdot 22) \cdot 10$$

$$A_{vnet} = 1740 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$W_{ely} = \frac{1}{6} \cdot t \cdot h_p^2$$

$$W_{ely} = \frac{1}{6} \cdot 10 \cdot 240^2$$

$$W_{ely} = 9,6 \cdot 10^{-5}$$

POSOUZENÍ DESKY VE SMYKU

$$V_{Rd} = \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} + \frac{A_{nt} \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{m2}}$$

$$V_{Rd} = \frac{1350 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1} + \frac{290 \cdot 490 \cdot 0,5}{1,25}$$

$$V_{Rd} = \frac{1350 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1} + \frac{290 \cdot 490 \cdot 0,5}{1,25}$$

$$V_{Rd} = 333,535 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 145,216 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

ÚNOSNOST PRŮŘEZU VE SMYKU

$$V_{Rd} = \frac{A_{vnet} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}}$$

$$V_{Rd} = \frac{1740 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1}$$

$$V_{Rd} = 356,629 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 145,216 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

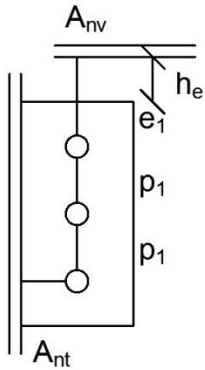
POSOUZENÍ DESKY V OHYBU

$$M_{Rd} = \frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$M_{Rd} = \frac{9,6 \cdot 10^{-5} \cdot 355}{1}$$

$$M_{Rd} = 34,08 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 17,31 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$



$$t_w = 7,1 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = (h_e + e_1 + P_1 + P_1 - 2,5 \cdot d_0) \cdot t_w$$

$$A_{nv} = (30 + 50 + 70 + 70 - 2,5 \cdot 22) \cdot 7,1$$

$$A_{nv} = 1171,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$A_{nt} = \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) \cdot t_w$$

$$A_{nt} = \left(40 - \frac{22}{2} \right) \cdot 7,1$$

$$A_{nt} = 205,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$h_e = \frac{300 - (2 \cdot e_1 + 2 \cdot P_1)}{2}$$

$$h_p = \frac{300 - (2 \cdot 50 + 2 \cdot 70)}{2}$$

$$h_p = 30 \text{ mm}$$

IPE300

$$A_{Vnet} = A_V - 2 \cdot d_0 \cdot t_w$$

$$A_{Vnet} = 2568 - 2 \cdot 22 \cdot 7,1$$

$$A_{Vnet} = 2255,6 \text{ mm}^2$$

POSOUZENÍ NOSNÍKU VE SMYKU

KRYTICKÝ ŘEZ V TAHU A VE SMYKU

$$V_{Rd} = \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} + \frac{A_{nt} \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{m2}}$$

$$V_{Rd} = \frac{1171,5 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1} + \frac{205,9 \cdot 490 \cdot 0,5}{1,25}$$

$$V_{Rd} = 280,466 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 145,216 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

STOJINA VE SMYKU

$$V_{Rd} = \frac{A_{Vnet} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}}$$

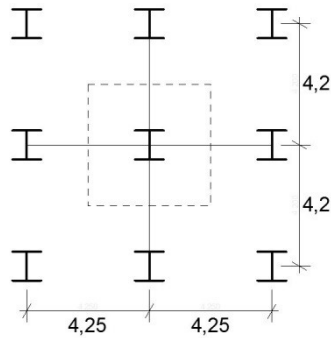
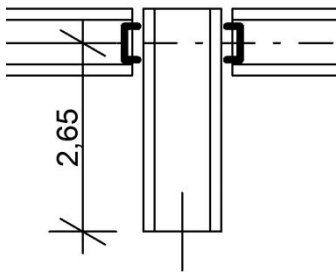
$$V_{Rd} = \frac{2255,6 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1}$$

$$V_{Rd} = 462,306 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 145,216 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

VNITŘNÍ SLOUP

S355

h=2,8 m (2,65m)



zatěžovací plocha: $4,2 \cdot 4,25 = 17,85 \text{ m}^2$

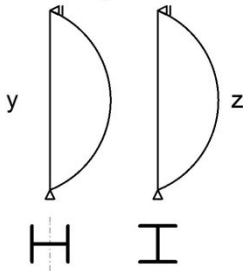
Zatížení stálé	G_k [kN]	γ_G	G_d [kN]
Průvlak $(4,2 + 4,25) \cdot 0,5 \text{ kN/m}^2$	4,225	1,35	5,700
Trapézový plech $17,85 \cdot 0,14 \text{ kN/m}^2$	1,785	1,35	2,410
Betonová deska $3 \cdot 0,1 \cdot 17,85 \cdot 25 \text{ kN/m}^2$	44,625	1,35	60,244
Podlaha a podhled $17,85 \cdot 14 \text{ kN/m}^2$	17,850	1,35	24,100
	$\Sigma=68,485$		$\Sigma=92,455$
Zatížení proměnné	Q_k [kN]	γ_Q	Q_d [kN]
Užitné zatížení $17,85 \cdot 7,5 \text{ kN/m}^2$	133,875	1,5	200,8125

1 PATRO	$\Sigma N_{Ed} = G_d + Q_d$	293,267 kN
2 PATRA	$\Sigma N_{Ed} = (G_d + Q_d) \times 2$	586,535 kN
3 PATRA	$\Sigma N_{Ed} = (G_d + Q_d) \times 3$	879,802 kN

$$A=10\,600$$

$$i_z = 60,8$$

$$i_y = 103$$



$$L_{cry} = L_{crz} = 2\,650$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}}$$

$$\lambda_1 = 76,398$$

$$A=7\,808$$

$$i_z = 50,7$$

NÁVRH HEB 240

$$h=240 \quad \frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka C} \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$b=240$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{m1}}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cry}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2650}{103} \cdot \frac{1}{76,398} = 0,3367 \sim 0,34$$

$$\lambda_z = \frac{L_{crz}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2650}{60,8} \cdot \frac{1}{76,398} = 0,5705 \sim 0,57$$

$$\chi_y = 0,929$$

$$\chi_z = 0,803$$

$$N_{bRd} = \chi_z \cdot A \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{m1}} = 0,803 \cdot 10600 \cdot \frac{355}{1} = 3021,6891 \text{ kN}$$

$$N_{bRd} = 3\,021,6891 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 879,8 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

NÁVRH HEB 200

$$h=200 \quad \frac{h}{b} = \frac{200}{200} = 1 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka C} \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$b=200$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{m1}}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{crz}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2650}{50,7} \cdot \frac{1}{76,398} = 0,6841$$

$$\chi_z = 0,737$$

$$N_{bRd} = \chi_z \cdot A \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{m1}} = 0,737 \cdot 10600 \cdot \frac{355}{1} = 2042,846 \text{ kN}$$

$$N_{bRd} = 2\,042,846 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 879,8 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

$$A=5\,425$$

$$i_z = 40,5$$

NÁVRH HEB 160

$$h=160 \quad \frac{h}{b} = \frac{160}{160} = 1 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka C} \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$b=160$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{m1}}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{crz}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2650}{40,5} \cdot \frac{1}{76,398} = 0,856$$

$$\chi_z = 0,631$$

$$N_{bRd} = \chi_z \cdot A \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{m1}} = 0,631 \cdot 5425 \cdot \frac{355}{1} = 1215,227 \text{ kN}$$

$$N_{bRd} = 21\,215,227 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 879,8 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

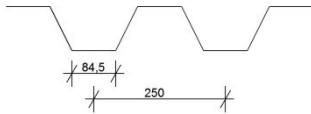
OCELOBETONOVÝ STROPNÍ NOSNÍK SPŘAŽENÝ S DESKOU

Průměrná tl.

$$70 + 50 \cdot \frac{84,5}{250} = 86,9mm$$

$$L_1 = 4,2$$

$$L_2 = 4,25$$



ZATÍŽENÍ

Zatížení stálé	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
IPE (odhad) $0,5kN/m^2$	0,5	1,35	0,675
Trapézový plech $0,14 kN/m^2 \cdot L_1$	0,42	1,35	0,567
Betonová deska $0,869 \cdot 25 kN/m^3 \cdot L_1$	9,1245	1,35	12,318
Podlaha a podhled $14 kN/m^2 \cdot L_1$	4,2	1,35	5,67
	$\Sigma=14,2445$		$\Sigma=19,23$
Zatížení proměnné	q_k [kN]	γ_Q	q_d [kN]
Užitné zatížení $7,5 kN/m^2 \cdot L_1$	31,5	1,5	47,25

$$\Sigma=45,75kN$$

$$\Sigma=66,48kN$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot L_2^2 = \frac{1}{8} \cdot (19,23 + 47,25) \cdot 4,25^2$$

$$M_{Ed} = 150,144kNm$$

NÁVRH PROFILU:

$$W_{ply} \approx 0,5 \cdot \frac{M_{Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_{m0}}} = 0,5 \cdot \frac{150,144}{\frac{355}{1}} = 211,408 \cdot 10^3 mm^3$$

$$W_{pl} = 166,4$$

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L}{8} \cdot 2; 4,2\right)$$

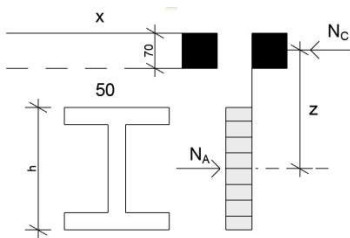
$$b_{eff} = \min\left(\frac{4,25}{8} \cdot 2; 4,2\right)$$

$$b_{eff} = \min(1,0625; 4,2)$$

$$b_{eff} = 1,0625$$

$$A_a = 2\,395$$

$$f_{cu} = 25\text{MPa (beton)}$$



pro předběžný návrh VOLÍM IPE 180

$$\frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{0,85 \cdot x \cdot b_{eff} \cdot f_{cu}}{\gamma_c}$$

$$x = \frac{A_a \cdot f_y \cdot \gamma_c}{0,85 \cdot \gamma_{m0} \cdot b_{eff} \cdot f_{cu}} = \frac{2395 \cdot 355 \cdot 1,5}{0,85 \cdot 1 \cdot 1062,5 \cdot 25} = 56,48$$

$$x = 56,48\text{mm} \leq 70\text{mm}$$

vyhovuje

$$M_{plRd} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_{m0}} \cdot z$$

$$z = \frac{h}{2} + 70 - \frac{x}{2} + 50$$

$$z = \frac{180}{2} + 70 - \frac{56,48}{2} + 50$$

$$z = 181,76\text{mm}$$

$$M_{plRd} = \frac{2395 \cdot 355}{1} \cdot 181,76$$

$$M_{plRd} = 154,537\text{kNm} > M_{Ed} = 150,1\text{kNm}$$

vyhovuje

$$E_{cm} = 29\text{GPa}$$

$$F_u = 360\text{MPa}$$

$$h_r = 12 \text{ (počet prutů)}$$

ÚNOSNOST SPŘAHOVACÍHO TRNU

$$\text{Návrh: } \varnothing 19 \quad \text{S235} \quad H_{sc} = 100\text{mm}$$

$$P_{Rd} = \min \left\{ \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \frac{d^2}{4}}{\gamma_v}; \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{cu} \cdot \sigma_{cu}}}{\gamma_v} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \left\{ \frac{0,8 \cdot 360 \cdot \pi \frac{19^2}{4}}{1,25}; \frac{0,29 \cdot 1 \cdot 19^2 \cdot \sqrt{20 \cdot 30,5}}{1,25} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min\{65,325; 73,133\}$$

$$P_{Rd} = 65,325 \text{ KN}$$

ULOŽENÍ PŘÍČNÉ NA NOSNÍK

$$p l_{Rd} = K_t \cdot P_{Rd} = \frac{0,7}{\sqrt{h_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{84,5}{50} \cdot \left(\frac{100}{50} - 1 \right)$$

$$p l_{Rd} = 54,21 \text{ KN}$$

$$F_{cf} = N_c = N_a = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{2395 \cdot 235}{1} = 562,825 \text{ kN}$$

$$N_t = \frac{F_{cf}}{2 \cdot p l_{Rd}} = \frac{562,825}{2 \cdot 54,21} = 5,19 \approx 6 \text{ párů}$$

Na polovině nosníku je 8 vln.

Celkem na nosníku bude 12 trnů.

ROZESTUPY

$$2,5 \cdot d + 2 \cdot 20 + d = 106,5 \text{ mm} > 82$$

Menší než pásnice profilu IPE → nelze umístit → neúplné sprážen

→ NÁVRH POUZE BETONOVÉ DESKY, viz betonová část

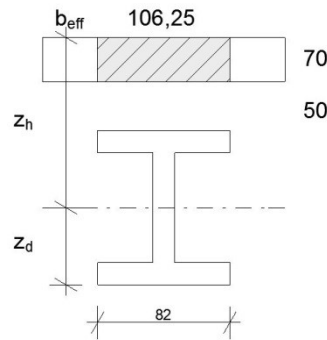
MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

KONTROLA SPRÁVNÉHO CHOVÁNÍ

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

$$M_{ek} = \frac{1}{8} \cdot 45,75 \cdot 4,25^2$$

$$= 103,272$$



IDEÁLNÍ PRŮŘEZ

$$n = \frac{E_a}{E'_{c'}} = \frac{210}{15,25} = 13,77$$

$$E'_{c'} = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5}{2} = 15,25$$

$$z_d = (180 + 70 + 50) - 136$$

$$z_d = 164$$

NAPĚTÍ V PRŮŘEZU

$$I_{y|PE} = 1317 \cdot 10^{-6}$$

$$\rho_s = 7 \text{ 850}$$

$$\rho_c = 2 \text{ 500}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

OCEL

$$\sigma_a = \frac{M_{ek}}{F_y} \cdot z_d$$

$$\sigma_a = \frac{103,272}{98,44 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,164$$

$$\sigma_a = 172,05 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

BETON

$$\sigma_c = \frac{M_{ek}}{F_y \cdot n} \cdot z_h$$

$$\sigma_a = \frac{103,272}{98,44 \cdot 10^{-6} \cdot 13,77} \cdot 0,136$$

$$\sigma_a = 10,36 \text{ MPa} \leq f_y \cdot 0,85 = 25,5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

PRŮHYB

$$\delta_c = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_k + q_k) \cdot L^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta_c = \frac{5}{384} \cdot \frac{(14,2445 + 45,74) \cdot 4,25^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 98,44 \cdot 10^{-6}}$$

$$\delta_c = 12,33 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{4250}{250} = 17 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

$$A_s = 0,002848\text{m}^2$$

$$A_c = 1062,5 \times 0,07$$

$$A_c = 0,0074375\text{m}^2$$

TĚŽIŠTĚ

$$(A_s \cdot \rho_s + A_c \cdot \rho_c) \cdot z_n = A_c \cdot \rho_c \cdot \frac{0,07}{2} + A_s \cdot \rho_s \cdot \left(0,07 + 0,005 + \frac{0,2}{2}\right)$$

$$z_n = \frac{A_c \cdot \rho_c \cdot \frac{0,07}{2} + A_s \cdot \rho_s \cdot \left(0,07 + 0,005 + \frac{0,2}{2}\right)}{A_s \cdot \rho_s + A_c \cdot \rho_c}$$

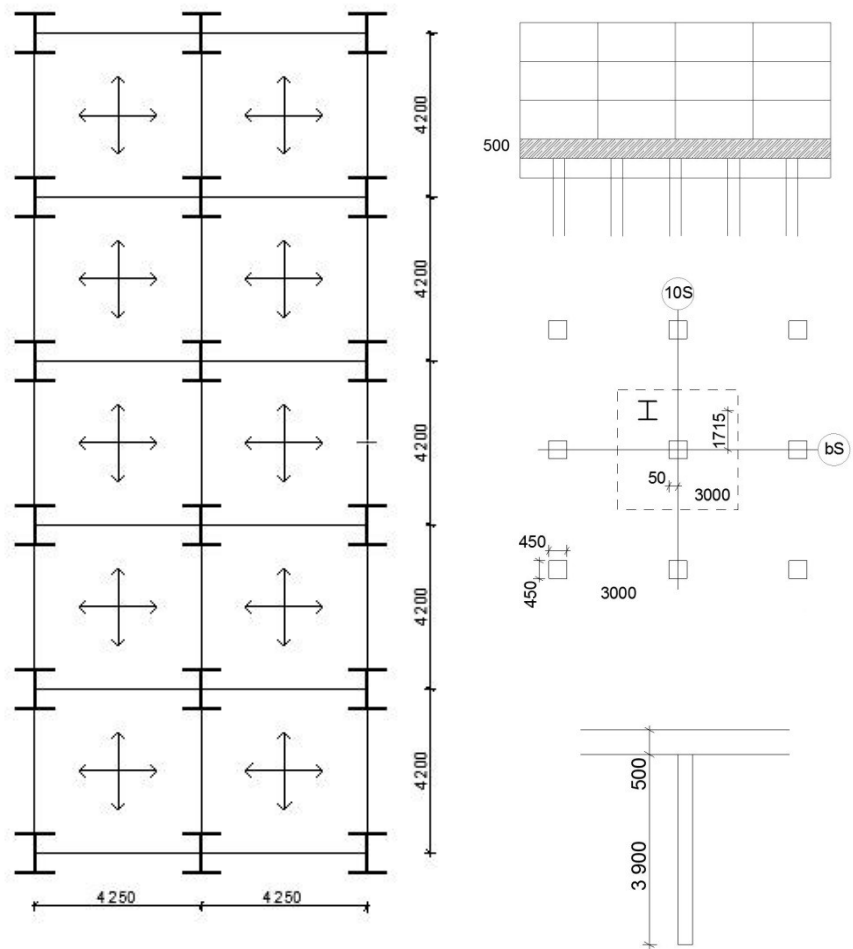
$$z_n = \frac{0,0074375 \cdot 2500 \cdot 0,035 + 0,002848 \cdot 7850 \cdot 0,22}{0,002848 \cdot 7850 + 0,0074375 \cdot 2500}$$

$$z_n = 0,136 = 136\text{mm}$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 136 \cdot 70^3 + 7437,5 \cdot (35 - 136)^2 + 1317 \cdot 10^4 + 2848 \cdot (180 - 136)^2$$

$$I_y = 98,44 \cdot 10^6\text{mm}^4$$

NÁVRH A POSOUZENÍ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE OBJEKTU



MATERIÁLY

návrh dle ČSN 73 2001 (r.1970)

Vodotěsný beton

Původní označení:	B250f
dnešní třída betonu:	C20/25
Součinitel spolehlivosti betonu:	$\gamma_c = 1,5$

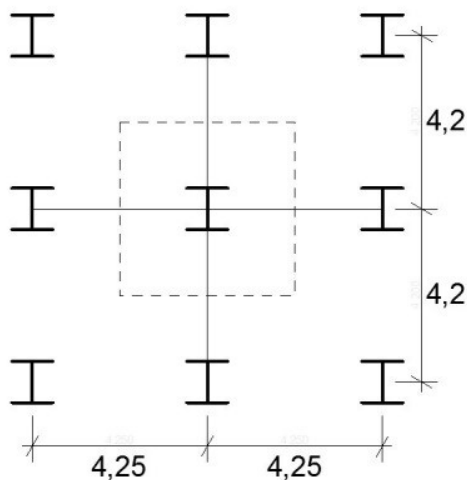
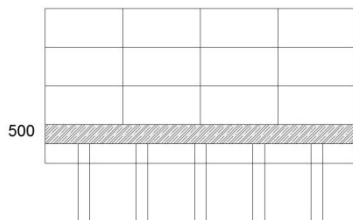
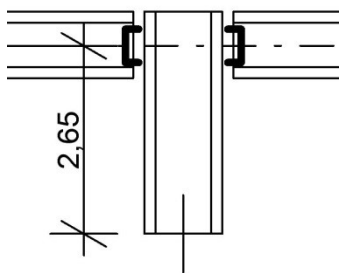
Výztuž

Původní označení:	10335
dnešní třída:	není
char. mez kluzu:	330 MPa

POSOUZENÍ VNITŘNÍHO SLOUPU

S355

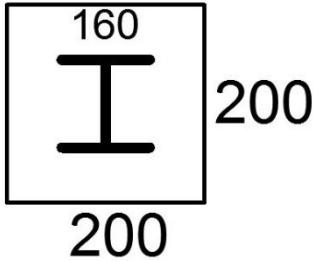
h=2,8 m (2,65m)



zatěžovací plocha: $4,2 \cdot 4,25 = 17,85 \text{m}^2$

Zatížení stálé	G_k [kN]	γ_G	G_d [kN]
Průvlak $(4,2 + 4,25) \cdot 0,5 \text{ kN/m}^2$	4,225	1,35	5,700
Trapézový plech $17,85 \cdot 0,14 \text{ kN/m}^2$	1,785	1,35	2,410
Betonová deska $3 \cdot 0,1 \cdot 17,85 \cdot 25 \text{ kN/m}^2$	44,625	1,35	60,244
Podlaha a podhled $17,85 \cdot 14 \text{ kN/m}^2$	17,850	1,35	24,100
	$\Sigma = 68,485$		$\Sigma = 92,455$
Zatížení proměnné	Q_k [kN]	γ_Q	Q_d [kN]
Užitné zatížení $17,85 \cdot 7,5 \text{ kN/m}^2$	133,875	1,5	200,8125

1 PATRO	$\Sigma N_{Ed} = G_d + Q_d$	293,267 kN
2 PATRA	$\Sigma N_{Ed} = (G_d + Q_d) \cdot 2$	586,535 kN
3 PATRA	$\Sigma N_{Ed} = (G_d + Q_d) \cdot 3$	879,802 kN
4 PATRA	$\Sigma N_{Ed} = (G_d + Q_d) \cdot 4$	<u>1 173,070 kN</u>



ZATÍŽENÍ NOVÉ

LOKÁLNÍ BODOVÉ ↓ 1 173,07 Kn

OSTATNÍ STÁLÉ

	[kN/m ³]	tloušťka [m]	Charakt. zatížení [kN/m ²]	Součinitel D γ _G	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Zatížení stálé					
ŽB deska	25	0,5	12,5	1,35	16,8750
3x ŽB deska	25	0,15	11,25	1,35	15,7875
Sloup+průvlak			7	1,35	2,7000
			Σ=24,75		Σ=33,47
Zatížení užité					
4.patro 4x7,5			30	1,5	45
			Σ=54,75		ΣN_{Ed} =78,41

ZATÍŽENÍ PŮVODNÍ

	[kN/m ³]	tloušťka [m]	Charakt. zatížení [kN/m ²]	Součinitel D γ _G	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Zatížení stálé					
ŽB deska	25	0,5	12,5	1,35	16,875
Zatížení užité					
voda	1	2,5	25	1,5	37,500
lidé	-	-	2		3,000
			Σ=27		Σ=40,500
			Σ=39,5		ΣN_{Ed} =56,37

NOVÉ

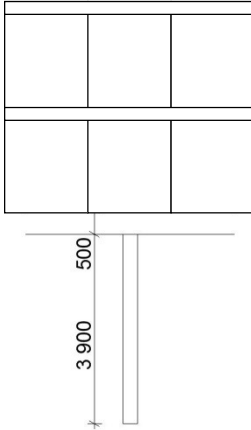
78,41 kN/m²

>

PŮVODNÍ

56,37 kN/m²

NOVÉ ZATÍŽENÍ NA m2 JE VYŠŠÍ NEŽ PŮVODNÍ – NUTNÉ OVĚŘIT, JESTLI NENÍ PŘEKROČENA MEZ ÚNOSNOSTI BETONU DESKY.



VNITŘNÍ SLOUP C9

Rozměr průřezu: 450x450 mm

CENTRÁLNÍ TLAK V PATĚ SLOUPU

Zatížení stálé	[kN/m ²]	Zat. plocha	počet	Charakt. zatížení [kN/m ²]
Stropní deska - knihovna	17,25	9	3	303,75
Stropní deska - dno	12,5	9	1	112,5
Průvlak IPE 180 2x3x0,1848			3	3,384
Sloupy HE 9160 2,8x0,426			3	3,578
Vlastní tíha sloupu 0,45x0,45x3,9x25			1	19,74
				Σ =442,95

γ_G=1,35

G_d=1,35x442,95=597,98 kN/m²

Zatížení užité	[kN/m ²]	Zat. plocha	počet	Charakt. zatížení [kN/m ²]
Stropní deska - knihovna	7,5	9	4	270
				Σ =442,95

γ_Q=1,5

Q_d=1,5x270=405 kN/m²

ΣN_{Ed} = G_d+Q_d = 1002,98 kN/m²

PŘI ROZNÁŠENÍ ZATÍŽENÍ NA DESKU 1x1m , N_{Ed} = 1 003 kN

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SLOUPU NA ZÁKLADĚ STUPNĚ VYZTUŽENÍ

N_{Rd} = 0,8 · A_c · f_{cd} + A_s · σ_s

N_{Rd} = 0,8 · 0,45² · 26 · 0,02 · 400 = 10 592 kN

N_{Rd} > N_{Ed}

10 592 kN > 1 003 kN

SLOUP VYHOVÍ NA NOVÉ ZATÍŽENÍ

$$\alpha_h = \frac{2 + (h - 2) \cdot \Psi_0}{h}$$

$$= \frac{2 + (4 - 2) \cdot 0,7}{4}$$

$$= 0,85$$

Ø22 v8

σ_s ... napětí ve výztuži

σ_s=ε_{c2}·E_S=400MPa

ε_{c2}=0,002

E_S=200GPa

POSOUZENÍ STROPNÍ DESKY VESTAVBY KNIHOVNY

Beton C30/37

ρ ...procento vyztužení

$\rho = 0,5\%$

$\lambda_{tab} = 22,2$

$\kappa_{c1} = 1$

$\kappa_{c2} = 1$ $L > 7m$

$\kappa_{c3} = 1,2$

krytí 25mm

$\phi 12mm$

$$h_d = \frac{1}{30} \sim \frac{1}{25} \cdot L_{max} = \frac{1}{30} \sim \frac{1}{25} \cdot 4,25 = 0,141 \sim 0,170 [mm]$$

předběžný návrh: 150 mm

DLE OHYBOVÉ ŠTÍHLOSTI

OHYBOVÁ ŠTÍHLOST $\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d$

VYMEZUJÍCÍ OHYBOVÁ ŠTÍHLOST $\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{tab}$

$$d = \frac{l}{\lambda_d} = \frac{4,25}{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 22,2} = 0,144M$$

$$h_d = 144 + 25 + \frac{12}{2}$$

$$h_d = 175 mm$$

POSUZOVANÝ NÁVRH 175 MM

OVĚŘENÍ DESEK V ÚNOSNOSTI V OHYBU

- poobvodové podepření

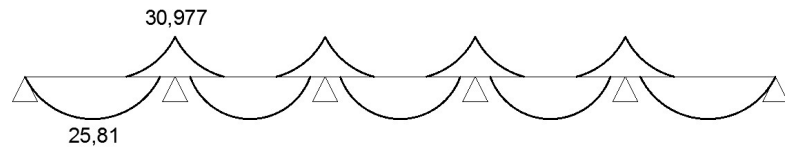
	[kN/m ²]	Součinitel D	Charakt. zatížení [kN/m ²]
Stálé zatížení (strop. deska)	4,375	1,35	5,9
Užitné zatížení	7,5	1,5	11,25
	$\Sigma = 11,875$		$\Sigma = 17,15 \text{ kN/m}^2$

OVĚŘENÍ NÁVRHU

MAX. NÁVRHOVÝ MOMENT

$$m_{Ed_1} = \frac{1}{10} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{10} \cdot 17,15 \cdot 4,25^2 = 30,977 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed_2} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 17,15 \cdot 4,25^2 = 25,81 \text{ kNm/m}$$



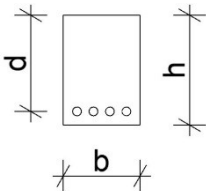
Beton C30/37

Ocel B500B

c=25mm

$f_c = 20\text{MPa}$

$f_{yd} = 435\text{MPa}$



NÁVRH VÝZTUŽE

$$\text{Volím } \emptyset S=12\text{mm} \rightarrow a_{ds1} = \pi \cdot \left(\frac{12}{2}\right)^2 = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$d = h - c - \frac{1}{2} \cdot \emptyset S = 175 - 25 - \frac{12}{2} = 144 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ U PODPORY

$$\mu = \frac{m_{Ed1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30,9777 \cdot 10^6}{1000 \cdot 144^2 \cdot 20} = 0,07469$$

→tab. $\zeta = 0,961$

$$a_{s,reg} = \frac{m_{Ed1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30,9777 \cdot 10^6}{0,961 \cdot 144 \cdot 435} = 514,59 \text{ mm}^2$$

Návrh 1 : 5x $\emptyset S12$

$$a_{s,prov} = 5x a_{ds1} = 5x113,1 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,reg} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed2}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,81 \cdot 10^6}{1000 \cdot 144^2 \cdot 20} = 0,0622$$

→tab. $\xi = 0,968$

$$a_{s,reg} = \frac{m_{Ed2}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,81 \cdot 10^6}{0,968 \cdot 144 \cdot 435} = 425,66 \text{ mm}^2$$

Návrh 2 : 4x $\emptyset S12$

$$a_{s,prov} = 5x a_{ds1} = 4x113,1 = 452,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,reg} \quad \text{vyhovuje}$$

OVĚŘENÍ POMĚRNÉ VÝŠKY TLAČENÉ OBLASTI ξ a STUPŇ VYZTUŽENÍ ρ

$$d = h_0 - c - \varnothing 2 = 175 - 25 - 6$$

$$d = 144 \text{ mm}$$

ρ – stupěň vyztužení

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30,9777}{41 \cdot 0,144^2 \cdot 30 \cdot 10^3} = 0,0498$$

$$\rightarrow \text{tab. } \xi = 0,064$$

$$A_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1 \cdot 0,144 \cdot 0,064 \cdot 30 \cdot 10^3}{435}$$

$$A_{s,req} = 508,47 \text{ mm}^2$$

$$\rho, req = \frac{A_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{508,5}{1000 \cdot 144}$$

$$\rho, req = 0,353\%$$

$$\rho, 1 = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{56,5}{1000 \cdot 144}$$

$$\rho, 1 = 0,393\% > \rho, req = 0,353\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$f_{ctm} = 2,9$$

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

$$b = 1000$$

$$h = 175$$

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

MIN. PLOCHA VÝZTUŽE

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yh}} \cdot b \cdot d; 0,013 \cdot b \cdot d\right)$$

$$565,5 \geq \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 144; 0,013 \cdot 1000 \cdot 142\right)$$

$$565,5 \geq (214, 136; 184, 6) \quad \text{vyhovuje}$$

$$452,4 \geq \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 144; 0,013 \cdot 1000 \cdot 144\right)$$

$$452,4 \geq (214, 136; 184, 6) \quad \text{vyhovuje}$$

MAX. PLOCHA VÝZTUŽE

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot 1000 \cdot 175$$

$$565,5 \leq 7000 \quad \text{vyhovuje}$$

$$452,4 \leq 7000 \quad \text{vyhovuje}$$

MAX. ROZTEČ

$$\frac{1000}{5} \quad \frac{1000}{4} \leq 2 \cdot h; 250$$

$$200 \quad 250 \leq 350; 250 \quad \text{vyhovuje}$$

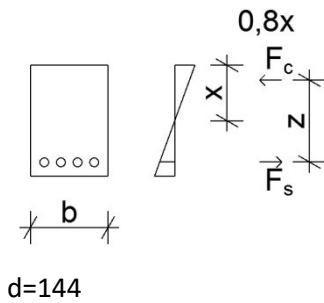
MIN. SVĚTLÁ VZDÁLENOST

$$250 - 12 \quad 200 - 12 \geq \max(20; 1,2 \cdot \phi S; D_{max} + 5)$$

$$238 \quad 188 \geq \max(20; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$238 \quad 188 \geq \max(20; 14, 4; 21) \quad \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.



POSOUZENÍ NÁVRHU 1

$$F_c = F_s \rightarrow 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{565,5 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20} = 15,37 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 144 - 0,4 \cdot 15,37 = 137,852 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 565,5 \cdot 435 \cdot 137,852 = 33,91 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Rd} = 33,91 \geq m_{Ed1} = 30,98 \text{ [kNm/m]} \quad \text{vyhovuje}$$

POMĚRNÁ VÝŠKA TLAČENÉ OBLASTI

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{15,37}{144} = 0,107$$

$$\xi = 0,107 \leq \xi_{max} = 0,45 \quad \text{vyhovuje}$$

Návrh 1 vyhovuje.

POSOUZENÍ NÁVRHU 2

$$F_c = F_s \rightarrow 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{452,4 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20} = 12,3 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 144 - 0,4 \cdot 12,3 = 139,08 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 452,4 \cdot 435 \cdot 139,08 = 27,37 \text{ kNm/m}$$

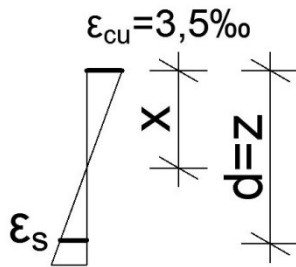
$$m_{Rd} = 27,37 \geq m_{Ed2} = 25,81 \text{ [kNm/m]} \quad \text{vyhovuje}$$

POMĚRNÁ VÝŠKA TLAČENÉ OBLASTI

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,3}{144} = 0,085$$

$$\xi = 0,085 \leq \xi_{max} = 0,45 \quad \text{vyhovuje}$$

Návrh 2 vyhovuje.



$$d_1 = z_1 = 137,852$$

$$d_2 = z_2 = 139,08$$

$$x_1 = 15,37$$

$$x_2 = 12,3$$

PŘÍMÉ OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

$$\text{Ocel B500B} \rightarrow \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} = \frac{435}{200000} = 2,175\text{‰}$$

Z podobnosti trojúhelníka

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d - x}$$

$$\varepsilon_{s_1} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d_1 - x)}{x} = \frac{3,5 \cdot (137,852 - 15,37)}{15,37}$$

$$\varepsilon_{s_1} = 2,8\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,175\text{‰} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\varepsilon_{s_2} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d_2 - x)}{x} = \frac{3,5 \cdot (139,08 - 12,3)}{12,3}$$

$$\varepsilon_{s_2} = 3,6\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,175\text{‰} \quad \text{vyhovuje}$$

KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ

ROZDĚLOVACÍ

$$a_{s,roz} = 0,25 \cdot a_{s,prov} = 0,25 \cdot 565,5 = 141,375 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Volím } \varnothing S = 8 \text{ mm} \rightarrow a_{s_1} = \pi \cdot \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$d = h - c - \frac{1}{2} \cdot \varnothing S = 175 - 25 - \frac{8}{2} = 146 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed_1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30,9777 \cdot 10^6}{1000 \cdot 146^2 \cdot 20} = 0,0726$$

$$\rightarrow \text{tab. } \xi = 0,962$$

$$a_{s,reg} = \frac{m_{Ed_1}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30,9777 \cdot 10^6}{0,962 \cdot 146 \cdot 435} = 507,016 \text{ mm}^2$$

$$\text{Návrh: } 5x\varnothing S12 \quad a_{s,prov} = 5x a_{ds1} = 5x113,1 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,roz} \leq \min(3x175; 400)$$

$$\frac{1000}{5} \leq \min(525; 400)$$

$$200 \leq 400 \quad \text{vyhovuje}$$