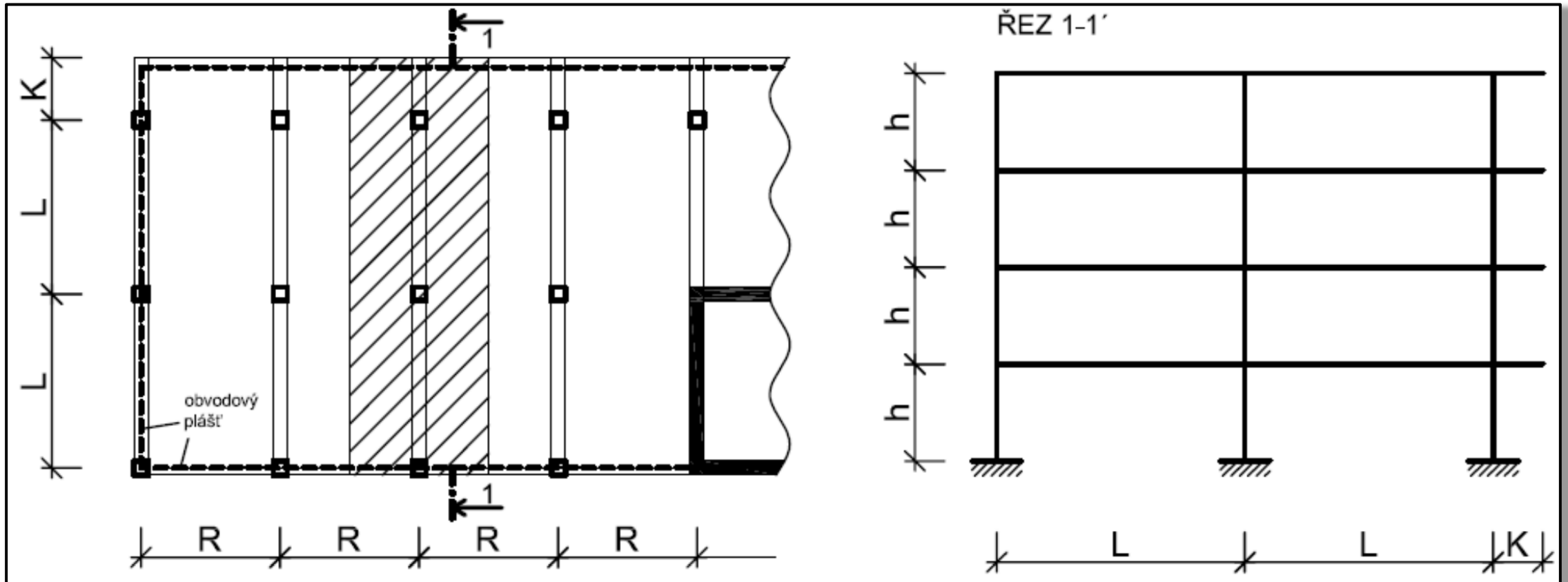




Železobetonová rámová konstrukce
Návrh rozměrů a výpočet zatížení

Řešená konstrukce



Všechny kroky návrhu a posouzení

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení

2. Statický výpočet

- a) Vnitřní síly pomocí SCIA, obálka momentů + redukce
- b) Návrh rozměrů a výztuže nosných prvků (příčel, sloup)
- c) Posouzení prvků
 - Příčel – ohyb, smyk, průhyb
 - Sloup – interakční diagram

3. Schéma vyztužení rámu

4. Výkres výztuže části rámu

Aktuální krok návrhu a posouzení

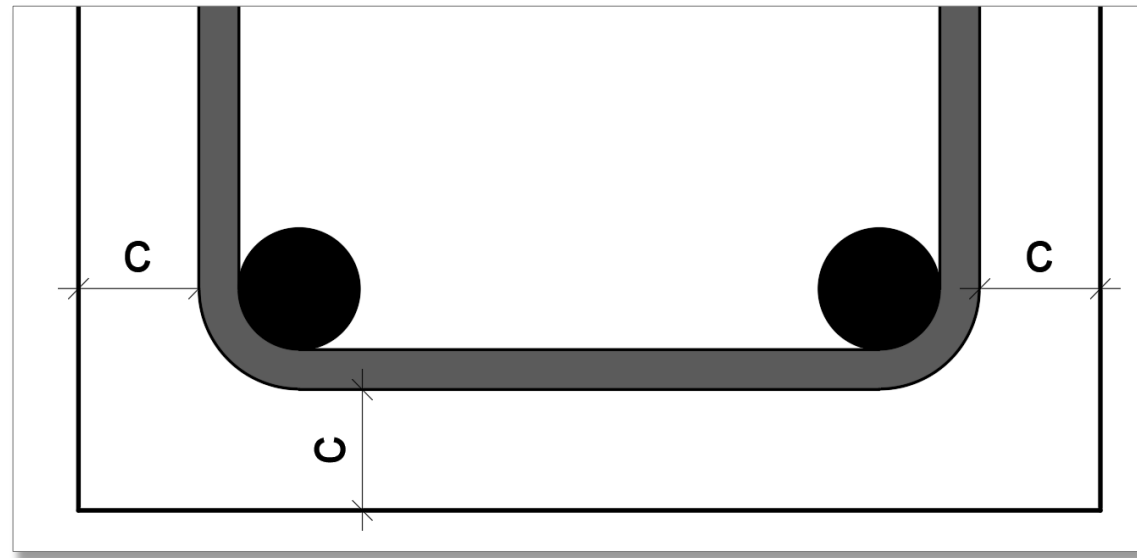
1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení

- a) Výpočet tloušťky krycí vrstvy stropní desky a krycí vrstvy příčle.
- b) Návrh a ověření tloušťky stropní desky.
- c) Návrh a ověření rozměrů příčle.
- d) Návrh rozměrů sloupu.

Tloušťka krycí vrstvy výztuže

Tloušťka krycí vrstvy výztuže

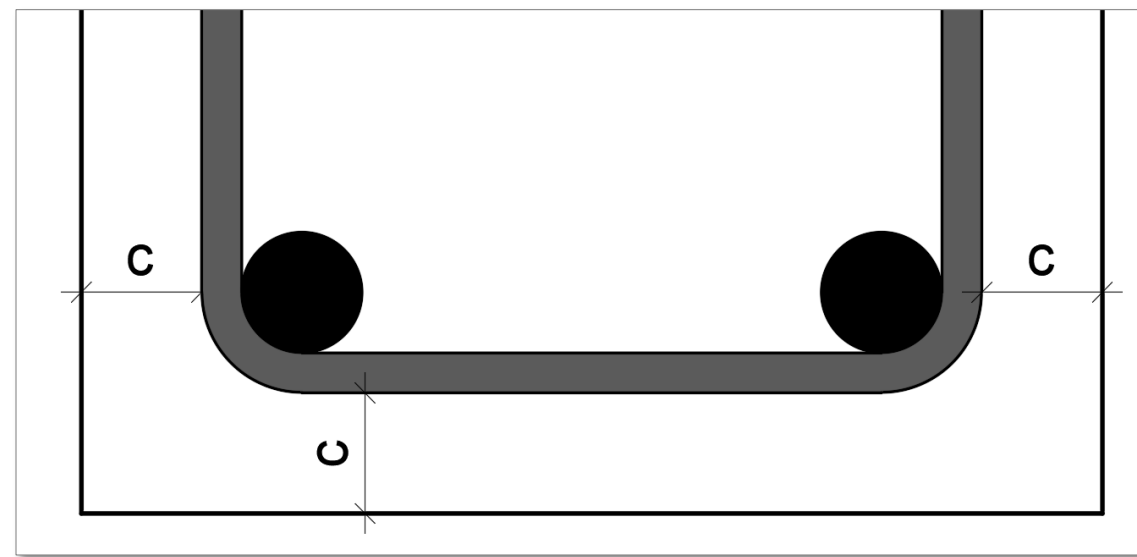
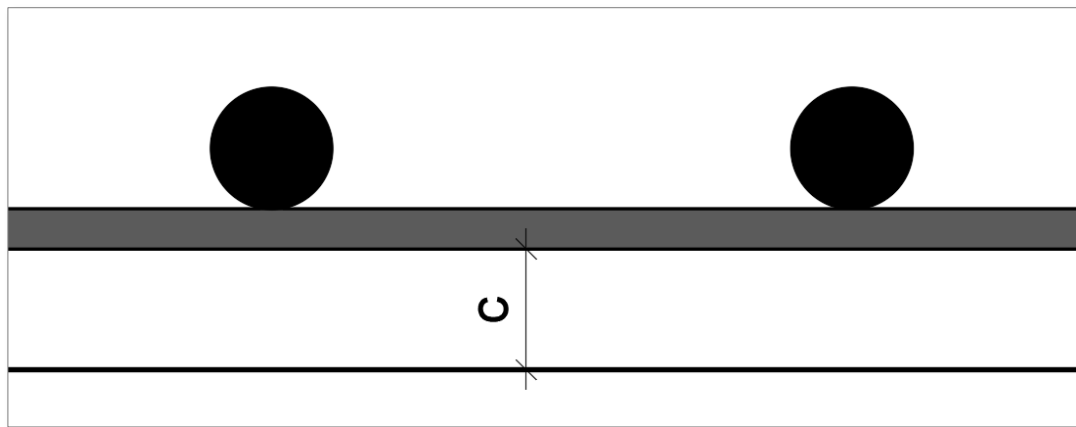
Každý prut výztuže v konstrukci musí být vždy oddělen od vnějšího prostředí krycí vrstvou betonu c^* .



*Aby bylo zajištěna dostatečná soudržnost výztuže a betonu, a aby byla zajištěna ochrana výztuže před korozi a požárem.

Tloušťka krycí vrstvy výztuže

V naší úloze budeme muset vypočítat tloušťku krycí vrstvy **dvakrát** – jednou pro **stropní desku** a jednou pro **příčel a sloup***.



Minimální krycí vrstva c_{min}

Pro zajištění dostatečného spolupůsobení výztuže a betonu a dostatečné ochrany výztuže, musí být krycí vrstva vždy větší nebo rovna **minimální krycí vrstvě**

$$c \geq c_{min}.$$

Minimální krycí vrstva c_{min}

Minimální krycí vrstva se vypočte jako

$$c_{min} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}, 10 \text{ mm}),$$

kde $c_{min,b} = \varnothing_s$ (průměr výztuže) (souvisí se soudržností),

$c_{min,dur}$ je dáno tabulkami (souvisí s prostředím, viz dále).

Krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí $c_{min,dur}$

Při určování hodnoty $c_{min,dur}$ postupujeme ve dvou krocích.

- 1) Určíme **třídu konstrukce** podle **tabulky 4.3N**.
- 2) Určíme **krycí vrstvu** podle **tabulky 4.4N**.

Krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí $c_{min,dur}$

Při určování třídy konstrukce **vycházíme ze základní třídy S4** a tu podle tabulky **upravíme**.

Tabulka 4.3CZ – Doporučená úprava klasifikace konstrukcí								
Třída konstrukce								
Kritérium	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1							
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
návrhová životnost 80 let	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1
návrhová životnost 100 let	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2
pevnostní třída ¹⁾	≥ C20/25 zmenšit třídu o 1	≥ C25/30 zmenšit třídu o 1	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C35/45 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C45/55 zmenšit třídu o 1
deskové konstrukce (poloha výztuže není ovlivněna výrobním postupem)	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1
zajištěna zvláštní kontrola kvality výroby betonu	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1

Krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí $c_{min,dur}$

Příklad: **Stropní deska** z betonu třídy C35/45 v prostředí XC3. Ze základní třídy S4 je snížena na S2.

Tabulka 4.3CZ – Doporučená úprava klasifikace konstrukcí

Kritérium	Třída konstrukce							
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1							
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
návrhová životnost 80 let	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1
návrhová životnost 100 let	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2
pevnostní třída ¹⁾	≥ C20/25 zmenšit třídu o 1	≥ C25/30 zmenšit třídu o 1	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C35/45 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C45/55 zmenšit třídu o 1
deskové konstrukce (poloha výztuže není ovlivněna výrobním postupem)	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1
zajištěna zvláštní kontrola kvality výroby betonu	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1

Krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí $c_{min,dur}$

Tloušťku krycí vrstvy $c_{min,dur}$ pak určíme v závislosti na stupni vlivu prostředí a třídě konstrukce.

Tabulka 4.4N – Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro betonářskou výztuž podle EN 10080

Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí $c_{min,dur}$

Příklad: Konstrukce třídy S2 v prostředí XC3 – $c_{min,dur} = 15$ mm.

Tabulka 4.4N – Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro betonářskou výztuž podle EN 10080

Třída konstrukce	Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)						
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Přídavek pro návrhovou odchylku Δc_{dev}

K minimální krycí vrstvě c_{min} však musíme přidat ještě „rezervní“ část krycí vrstvy Δc_{dev}^* .

Pro **monolitické** konstrukce $\Delta c_{dev} \in \langle 5 \text{ mm}, 10 \text{ mm} \rangle$, většinou $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$.

Pro **prefabrikované** konstrukce $\Delta c_{dev} \in \langle 0 \text{ mm}, 5 \text{ mm} \rangle$, většinou $\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm}$.

*Musíme si vytvořit určitou rezervu v krycí tloušťce, protože na stavbě nebo při výrobě může dojít k chybám v provádění.

Nominální krycí vrstva výztuže c_{nom}

Výsledná nominální* tloušťka krycí vrstvy je

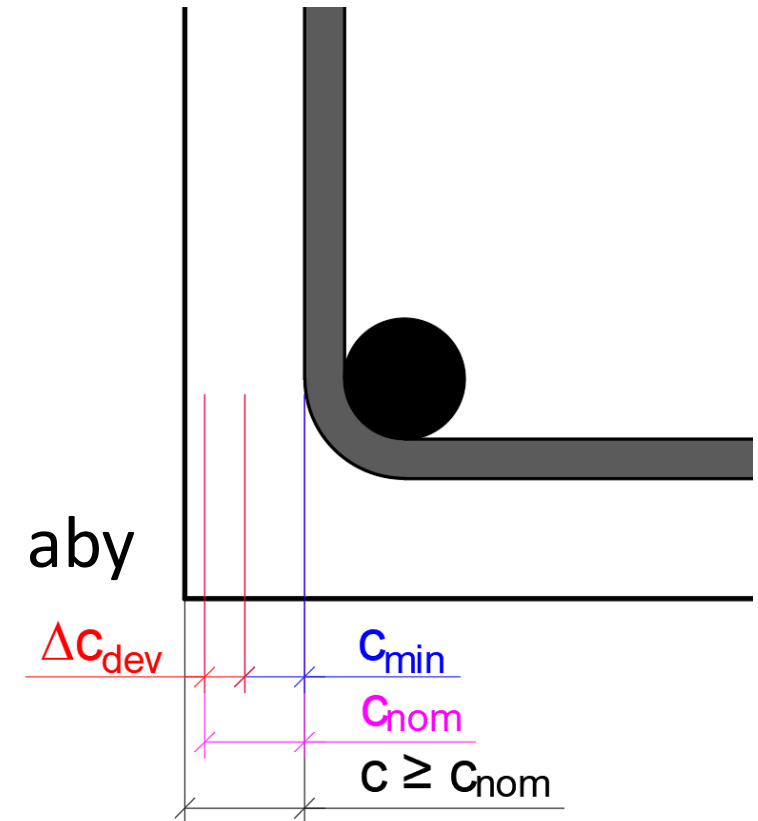
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev},$$

kde c_{min} je minimální krycí vrstva,

Δc_{dev} je přídavek na návrhovou odchylku.

Skutečnou tloušťku krycí vrstvy c navrhujeme tak, aby platilo

$$c \geq c_{nom}.$$



Nominální krycí vrstva výztuže c_{nom}

Nominální krycí vrstva výztuže v monolitickém prvku je tedy

$$c_{nom} = \max(\varnothing_s, c_{min,dur}, 10 \text{ mm}) + 10 \text{ mm},$$

kde $\varnothing_s$ je průměr výztuže (odhadneme $\varnothing_s = 10 \text{ mm}$ pro desku,
 $\varnothing_s = 18$ až 25 mm pro příčel),
 $c_{min,dur}$ se určí z tabulky 4.4N.

Skutečná tloušťka krycí vrstvy výztuže

Skutečnou tloušťku krycí vrstvy výztuže c navrhujeme tak, aby platilo

$$c \geq c_{nom},$$

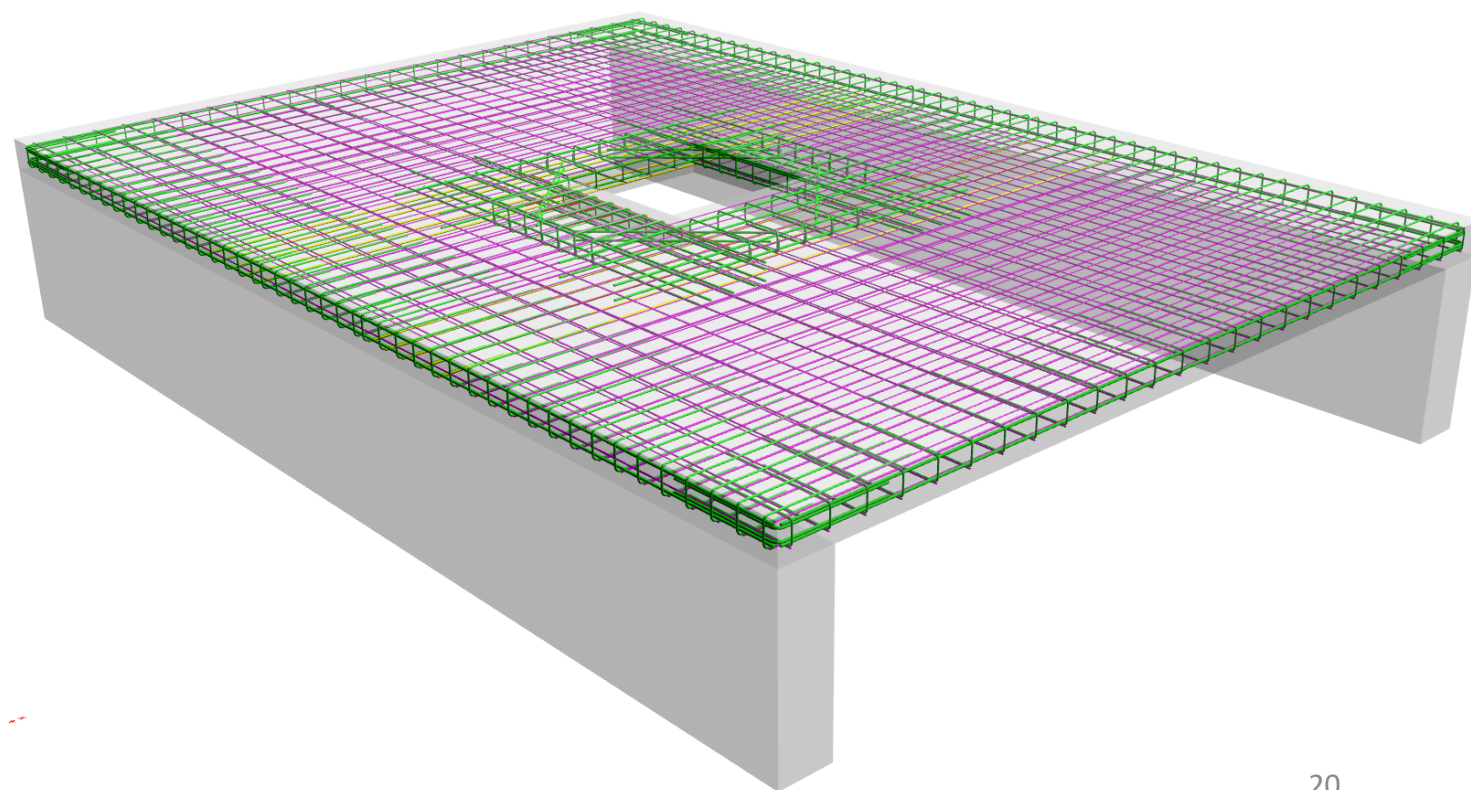
a aby tloušťka krycí vrstvy byla **násobkem 5 mm**.

Stropní deska

Stropní deska

Pro stropní desku musíme

- 1) navrhnout **tloušťku**,
- 2) vypočítat **zatížení**,
- 3) **ověřit** tloušťku.



Stropní deska (tloušťka)

Tloušťka stropní desky

Tloušťku stropní desky zvolíme s ohledem na dva způsoby návrhu

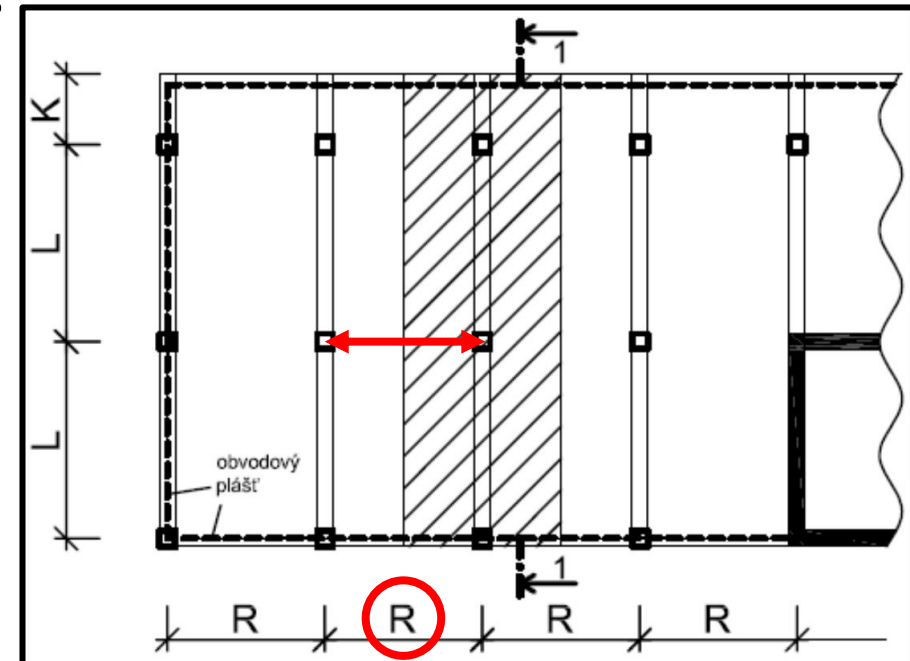
- 1) **Empiricky** – závisí pouze na rozponu,
- 2) Pomocí **ohybové štíhlosti** – závisí na hodně věcech.

Empirický návrh

Tloušťku stropní desky $h_{d,1}$ stanovíme pomocí vztahu

$$h_{d,1} = \frac{L_d}{30} \text{ až } \frac{L_d}{25}$$

kde L_d je teoretický rozpon desky.

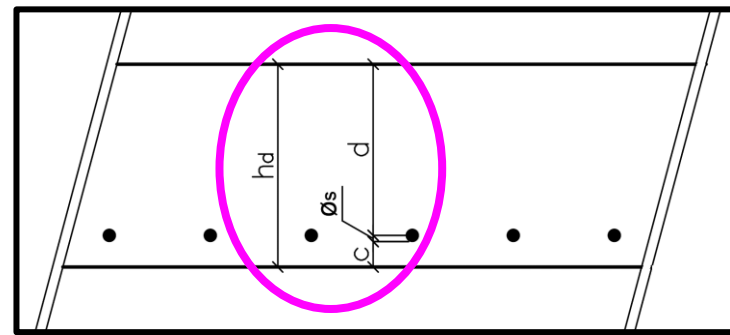


Návrh pomocí ohybové štíhlosti

Tloušťku stropní desky můžeme také stanovit pomocí ohybové štíhlosti – to znamená, že **tloušťku zvolíme tak, aby byla splněna podmínka ohybové štíhlosti***.

$$\frac{L_d}{d} \leq \lambda_d,$$

kde L_d je teoretický rozpon desky (známe),
 d je účinná výška průřezu ($d = h_{d,2} - c - \varnothing_s/2$),
 λ_d je vymezuující ohybová štíhlost (vypočítáme dále).



*Podmínku chceme splnit, protože když ji splníme, tak průhyb konstrukce by měl být „rozumný“ (tj. menší než $L_d/250$)

Návrh pomocí ohybové štíhlosti

Z podmínky ohybové štíhlosti získáme vztah pro stanovení tloušťky desky

$$h_{d,2} \geq \frac{L_d}{\lambda_d} + c + \varnothing_s/2,$$

kde L_d je teoretický rozpon desky (zadáno),
 λ_d je vymezuující ohybová štíhlost (je třeba vypočítat),
 c je krycí vrstva výztuže (vypočtena dříve),
 $\varnothing_s$ je průměr výztuže (zvoleno dříve při výpočtu krycí vrstvy).

Vymezuující ohybová štíhlost

Vymezuující ohybovou štíhlost stanovíme pomocí vztahu*

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \kappa_{c2} \kappa_{c3} \lambda_{d,tab},$$

kde κ_{c1} je součinitel tvaru průřezu (obdélník $\kappa_{c1} = 1$),

κ_{c2} je součinitel rozpětí ($\kappa_{c2} = \min(7/L_d, 1)$),

κ_{c3} je součinitel napětí v tahové výztuži (běžný odhad je 1.2)

$\lambda_{d,tab}$ je tabulková hodnota vymezuující ohybové štíhlosti;
odečteme z tabulky pro krajní pole spojitého nosníku, třídu
betonu a stupeň vyztužení (předběžně lze uvažovat $\rho = 0.5 \%$)

*Podrobněji viz návod <http://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/pomucky/navody/ohybovaStihlost.pdf>
a prezentace z NNKB <https://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/vyuka/NNKB/prezentace/cv12.pdf>.

Vymezující ohybová štíhlost

Vymezující ohybovou štíhlost stanovíme pomocí vztahu*

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \kappa_{c2} \kappa_{c3} \lambda_{d,tab},$$

kde κ_{c1} je součinitel tvaru průřezu (obdélník $\kappa_{c1} = 1$),

κ_{c2} je součinitel rozpětí ($\kappa_{c2} = \min(7/L_d, 1)$),

κ_{c3}

$\lambda_{d,tab}$

odečte

betonu

$\lambda_{d,tab}$ **pro krajní pole spojitého nosníku a různé třídy betonu**

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	19,0	20,5	22,1	24,1	26,7	29,9	33,5	37,4	41,6
1,5	15,9	16,4	16,9	17,6	18,2	18,9	19,5	20,2	20,8

*Podrobnější návod: <http://people.isv.cvut.cz/~holan/jak/pomucky/navody/ohybovastihlost.pdf>

Návrh pomocí ohybové štíhlosti

Tloušťku stropní desky $h_{d,2}$ tedy určíme pomocí vztahu

$$h_{d,2} \geq \frac{L_d}{1 \cdot \min\left(\frac{7}{L_d}, 1\right) \cdot 1.2 \cdot \lambda_{d,tab}} + c + \varnothing_s/2,$$

kde L_d je teoretický rozpon desky (zadáno),
 $\lambda_{d,tab}$ je hodnota vymezující ohybové štíhlosti (z tabulky),
 c je krycí vrstva výztuže (vypočtena dříve),
 $\varnothing_s$ je průměr výztuže (zvoleno dříve při výpočtu krycí vrstvy).

Tloušťka stropní desky

Konečnou tloušťku stropní desky h_d zvolíme tak, aby tloušťka desky byla **větší než empiricky stanovená minimální tloušťka** a nějak **rozumně odpovídala tloušťce dle ohybové štíhlosti***.

Tloušťku desky volte minimálně 100 mm a v násobcích 10 mm.

*Konečná tloušťka nemusí být větší než tloušťka dle štíhlosti, protože samotná podmínka štíhlosti nemusí být splněna. (Pokud není splněna, znamená to jen, že průhyb konstrukce se musí vypočítat a posoudit.)

Stropní deska (zatížení)

Zatížení desky

Plošné zatížení desky spočítáme pro stropní a střešní* desku **do tabulek.**

Zatížení stropní desky						
Typ zatížení	Název zatížení	h mm	γ kN/m ³	$f_{pl,k}$ kN/m ²	γ	$f_{pl,d}$ kN/m ²
STÁLÉ	vl. tíha ŽB desky	150	25.0	3.75	1.35	5.06
	ostatní stálé	viz zadání		1.60		2.16
	Σ		$g_k =$	5.35	$g_d =$	7.22
PROM	užitné zatížení	viz zadání		3.00	1.5	4.50
	Σ		$q_k =$	3.00	$q_d =$	4.50
Σ			$f_k =$	8.35	$f_d =$	11.72

Zatížení střešní desky						
Typ zatížení	Název zatížení	h mm	γ kN/m ³	$f_{pl,k}$ kN/m ²	γ	$f_{pl,d}$ kN/m ²
STÁLÉ	vl. tíha ŽB desky	150	25.0	3.75	1.35	5.06
	ostatní stálé	viz zadání		1.00		1.35
	Σ		$g_k =$	4.75	$g_d =$	6.41
PROM	užitné zatížení	viz zadání		0.75	1.5	1.13
	Σ		$q_k =$	0.75	$q_d =$	1.13
Σ			$f_k =$	5.50	$f_d =$	7.54

Stropní deska

(ověření tloušťky)

Ověření návrhu tloušťky desky

Navrženou tloušťku stropní desky je vhodné ověřit*. Pro ověření musíme:

- 1) odhadnout působící **ohybový moment**,
- 2) vypočítat **součinitel μ** ,
- 3) odečíst **součinitel ξ** z tabulky.

*Abychom třeba později nezjistili, že stropní deska je tak moc zatížená, že není možné ji dostatečně vyztužit.

Ohybový moment

Maximální ohybový moment v desce odhadneme pomocí vztahu

$$m_{Ed} = f_d L_d^2 / 10,$$

kde f_d je celkové návrhové zatížení desky (volíme maximum ze zatížení stropní desky a střešní desky),

L_d je teoretický rozpon desky (známe ze zadání).

Součinitel z tabulky

Nejprve vypočteme součinitel

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{bd^2 f_{cd}},$$

kde m_{Ed} je maximální moment v desce (vypočteno výše),

b je šířka průřezu (pro desku $b = 1$ m),

d je účinná výška průřezu ($d = h_d - c - \varnothing_s/2$),

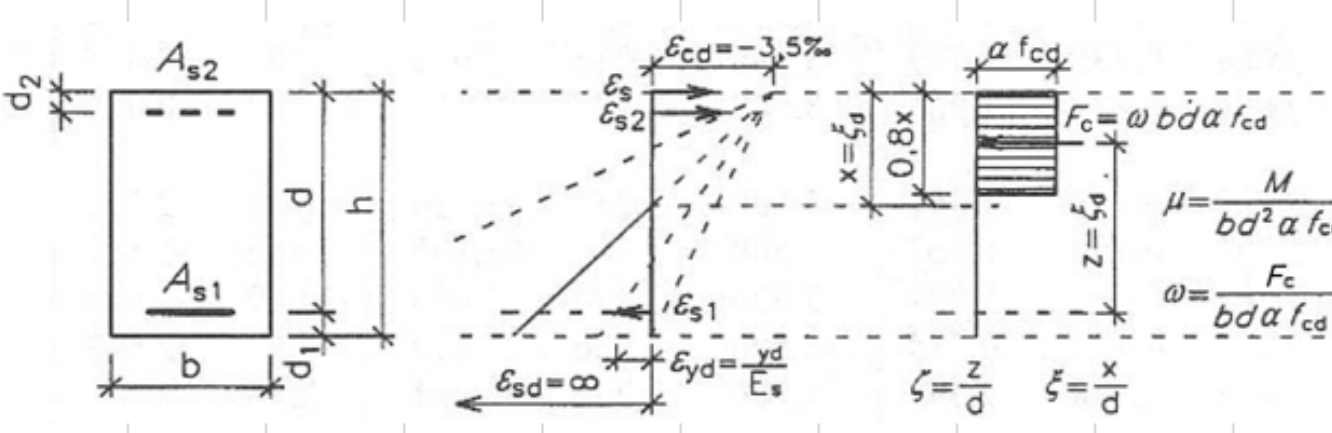
f_{cd} je návrhová pevnost betonu (známe ze zadání).

Součinitel z tabulky

A následně pomocí součinitele μ odečteme z tabulky součinitel ξ .

Odkaz na tabulku:

<http://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/pomucky/tabulky/souciniteleMuXiZeta.xls>

Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků									
Obdélníkový průřez									
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu									
Přetvoření tahové výztuže neomezené									
									
μ	ω	ξ	ζ	ϵ_{s1}	ϵ_c	ϵ_{s2} pro d_2/d			
						0,05	0,1	0,15	0,2
0,010	0,0101	0,013	0,995	275,093	-3,500	10,430	24,359	38,289	52,219
0,020	0,0202	0,025	0,990	135,086	-3,500	3,429	10,359	17,288	24,217
0,030	0,0305	0,038	0,985	88,412	-3,500	1,096	5,691	10,287	14,882
0,040	0,0408	0,051	0,980	65,071	-3,500	-0,071	3,357	6,786	10,214
0,050	0,0513	0,064	0,974	51,063	-3,500	-0,772	1,956	4,684	7,413
0,060	0,0619	0,077	0,969	41,722	-3,500	-1,239	1,022	3,283	5,544
0,070	0,0726	0,091	0,964	35,047	-3,500	-1,573	0,355	2,282	4,209

Ověření návrhu tloušťky desky

Navrženou tloušťku stropní desky ověříme tak, že porovnáme součinitel ξ s limitní hodnotou 0.15.

Pokud platí

$$\xi \leq 0.15,$$

tak je návrh vhodný*.

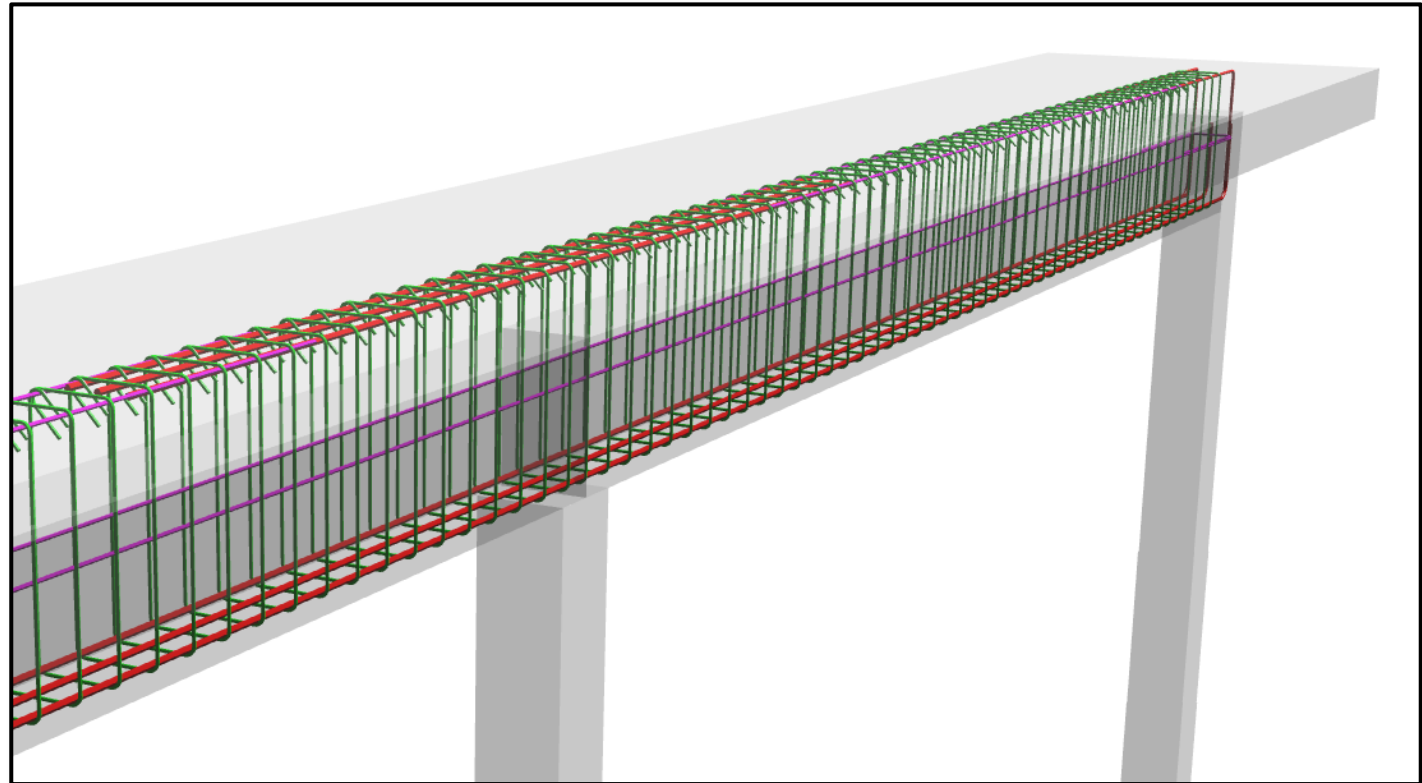
Pokud nerovnost neplatí, tak je vhodné zvětšit tloušťku desky.

Příčel

Příčel

Pro příčel musíme

- 1) navrhnout **výšku a šířku**
- 2) vypočítat **zatížení**,
- 3) **ověřit** navržený průřez.



Příčel

(šířka a výška průřezu)

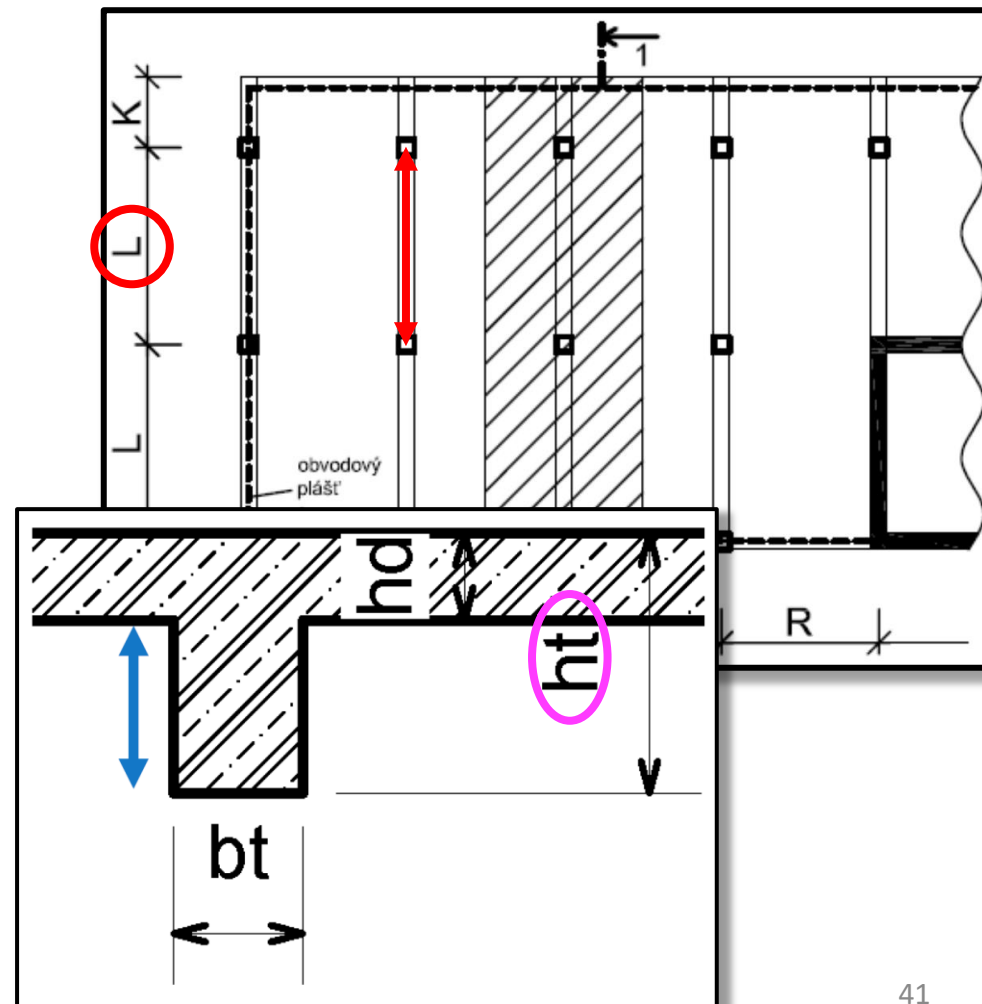
Výška příčle

Výšku příčle navrhujeme dle empirického vztahu

$$h_t = \left(\frac{1}{12} \text{ až } \frac{1}{10} \right) L_t,$$

kde L_t je teoretická délka příčle.

Výšku příčle volte tak, aby výška příčle pod deskou byla v násobcích 50 mm.



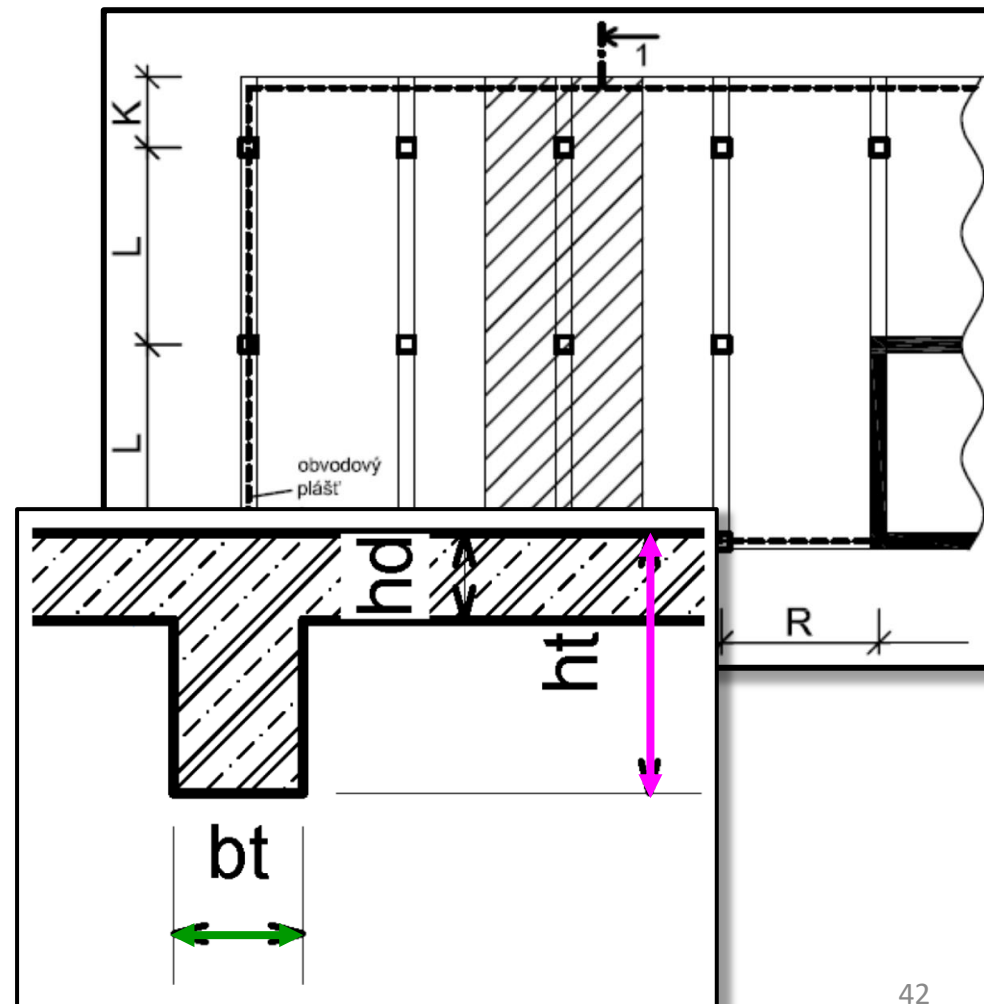
Šířka příčle

Šířku příčle navrhujeme dle empirického vztahu

$$b_t = \left(\frac{1}{3} \text{ až } \frac{2}{3} \right) h_t,$$

Kde h_t je výška příčle.

Šířku příčle volte v násobcích 50 milimetrů.



Účinná výška příčle

Pro další výpočty budeme potřebovat znát i **účinnou výšku příčle**, kterou stanovíme jako

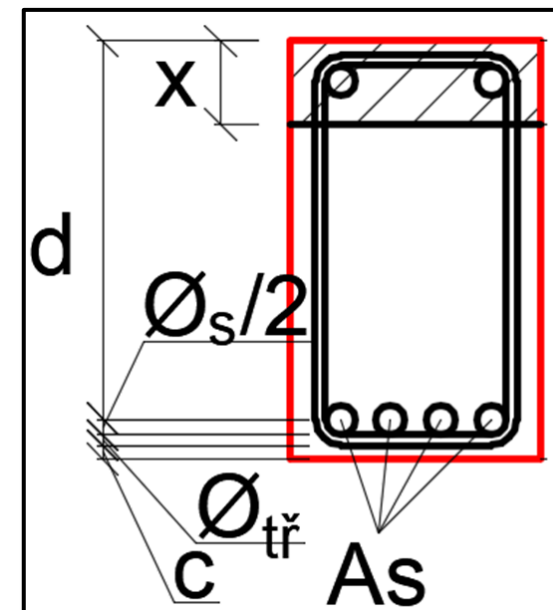
$$d_t = h_t - c - \varnothing_{tř} - \varnothing_s/2,$$

kde h_t je výška příčle (navrženo výše),

c je krytí výztuže (vypočítáno výše),

$\varnothing_{tř}$ je průměr třmínku (odhadneme $\varnothing_{tř} = 8 \text{ mm}$),

$\varnothing_s$ je průměr podélné výztuže (odhadnuto výše).



Příčel

(zatížení)

Zatížení příčle

Liniové zatížení příčle spočítáme pro stropní i střešní příčel **do tabulek.**

Zatížení stropní příčle						
Typ zatížení	Název zatížení	$f_{pl,k}$ kN/m ²	zat. šířka m	$f_{lin,k}$ kN/m	γ	$f_{lin,d}$ kN/m
STÁLÉ	vl. tíha trámu	$0.3 \cdot (0.61 - 0.11) \cdot 25$		3.75	1.35	5.06
	stálé od desky	5.35	3.90	20.87		28.17
	Σ		$g_k =$	24.62	$g_d =$	33.23
PROM	užitné zatížení	3.00	3.90	11.70	1.5	17.55
	Σ		$q_k =$	11.70	$q_d =$	17.55
Σ			$f_k =$	36.32	$f_d =$	50.78

Zatížení střešní příčle						
Typ zatížení	Název zatížení	$f_{pl,k}$ kN/m ²	zat. šířka m	$f_{lin,k}$ kN/m	γ	$f_{lin,d}$ kN/m
STÁLÉ	vl. tíha trámu	$0.3 \cdot (0.61 - 0.11) \cdot 25$		3.75	1.35	5.06
	stálé od desky	4.75	3.90	18.53		25.01
	Σ		$g_k =$	22.28	$g_d =$	30.07
PROM	užitné zatížení	0.75	3.90	2.93	1.5	4.39
	Σ		$q_k =$	2.93	$q_d =$	4.39
Σ			$f_k =$	25.20	$f_d =$	34.46

Příčel

(ověření průřezu)

Ověření průřezu příčle

Navrženou příčel je vhodné ověřit*. Ověření provádíme z hlediska:

- 1) **ohybového namáhání** (tabulka s μ a ξ),
- 2) **smykového namáhání** (ověření tlačené diagonály),
- 3) **průhybu** (pomocí ohybové štíhlosti).

*Abychom třeba později nezjistili, že příčel je tak moc zatížená, že není možné ji dostatečně vyztužit.

Ověření z hlediska ohybu

Nejprve odhadneme maximální moment na nejvíce zatížené příčli

$$M_{Ed} = f_T L_T^2 / 10,$$

následně vypočítáme součinitel

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_t d_t^2 f_{cd}}$$

a nakonec odečteme součinitel ξ z tabulky.

Odkaz na tabulku:

<http://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/pomucky/tabulky/souciniteleMuXiZeta.x>

Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků

Obdélníkový průřez
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu
Přetvoření tahové výztuže neomezené

μ	ω	ξ	ζ	ε_{s1}	ε_c	ε_{s2} pro d_2/d			
						0,05	0,1	0,15	0,2
0,010	0,0101	0,13	0,995	275,093	-3,500	10,430	24,359	38,289	52,219
0,020	0,0202	0,25	0,990	135,086	-3,500	3,429	10,359	17,288	24,217
0,030	0,0305	0,38	0,985	88,412	-3,500	1,096	5,691	10,287	14,882
0,040	0,0408	0,51	0,980	65,071	-3,500	-0,071	3,357	6,786	10,214
0,050	0,0513	0,64	0,974	51,063	-3,500	-0,772	1,956	4,684	7,413
0,060	0,0616	0,77	0,969	41,722	-3,500	-1,239	1,022	3,283	5,544
0,070	0,0728	0,91	0,964	35,047	-3,500	-1,573	0,355	2,282	4,200

Ověření z hlediska ohybu

Pro součinitel ξ odečtený z tabulky musí platit

$$\xi \leq 0.45.$$

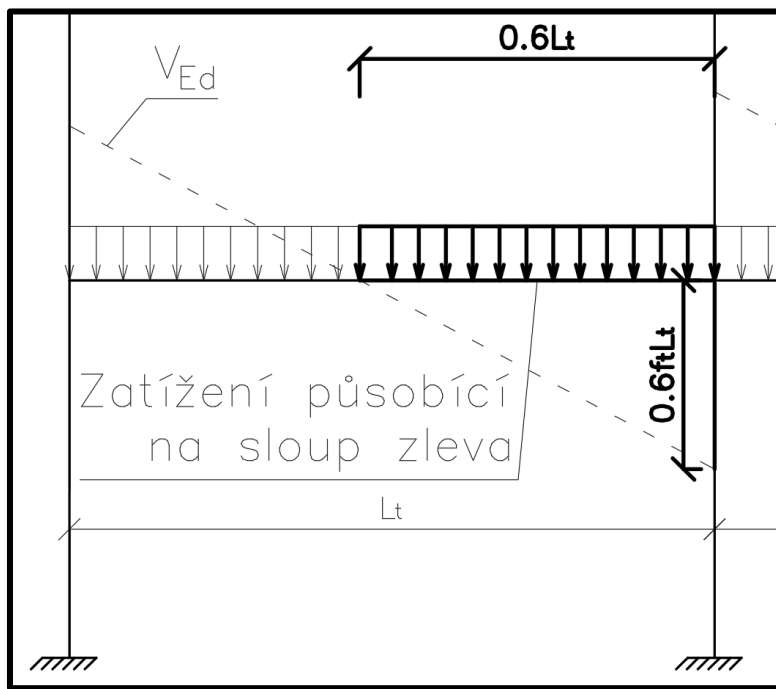
Pokud podmínka neplatí, pak je nutné zvětšit výšku průřezu příčle.

Pozn.: pokud je součinitel $\xi \leq 0.15$, je průřez zbytečně vysoký a bylo by vhodné (ale ne nutné!) zmenšit výšku průřezu*.

Ověření z hlediska smyku

Nejprve odhadneme maximální posouvající sílu na nejvíce zatížené příčli*

$$V_{Ed} = 0.6f_T L_t.$$



*Uvažujeme, že do vnitřního sloupu půjde více než polovina (cca 60 %) celkového zatížení z příčle.

Ověření z hlediska smyku

Maximální posouvající sílu V_{Ed} musíme porovnat s únosností tlačené diagonály

$$V_{Rd,max} = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd} b_t z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta},$$



kde f_c jsou pevnosti betonu (ze zadání),

b_t je šířka průřezu (navrženo výše),

$\cot \theta$ je sklon trhliny (odhadneme $\cot \theta = 1.5$),

z je rameno vnitřních sil,

kde $z = \zeta d_t$,

d_t je účinná výška průřezu (vypočteno výše),

ζ **odečteme z tabulky** (pro μ vypočítané u ohybu).

Ověření z hlediska smyku

Maximální posouvající sílu V
diagonály

$$V_{Rd,max} = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd} b_t d$$

kde f_c jsou pevnosti betonu
 b_t je šířka průřezu (nav
 $\cot \theta$ je sklon trhliny (odh
 z je rameno vnitřních
kde $z = \zeta d_t$,
 d_t je účinná výška
 ζ odečteme z ta

Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků									
Obdélníkový průřez									
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu									
Přetvoření tahové výztuže neomezené									
μ	ω	ξ	ζ	εs1	εc	εs2 pro d2/d			
						0,05	0,1	0,15	0,2
0,010	0,0101	0,013	0,95	275,093	-3,500	10,430	24,359	38,289	52,219
0,020	0,0202	0,025	0,90	135,086	-3,500	3,429	10,359	17,288	24,217
0,030	0,0305	0,038	0,85	88,412	-3,500	1,096	5,691	10,287	14,882
0,040	0,0408	0,051	0,80	65,071	-3,500	-0,071	3,357	6,786	10,214
0,050	0,0513	0,064	0,74	51,063	-3,500	-0,772	1,956	4,684	7,413
0,060	0,0618	0,077	0,69	41,722	-3,500	-1,239	1,022	3,283	5,544
0,070	0,0726	0,091	0,64	35,047	-3,500	-1,573	0,355	2,282	4,200

Ověření z hlediska smyku

Po vypočtení V_{Ed} a $V_{Rd,max}$ můžeme ověřit podmínku tlakové diagonály

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}.$$

Pokud podmínka **není splněna**, je nutné **zvětšit rozměry průřezu**.

Ověření z hlediska průhybu

Příčel předběžně ověříme z hlediska průhybu pomocí podmínky ohybové štíhlosti*

$$\lambda \leq \lambda_d,$$

kde λ je ohybová štíhlost (viz dále),

λ_d je vymežující ohybová štíhlost (viz dále).

*Pokud je tato podmínka splněna, můžeme říci, že průhyb bude v pohodě i bez složitého přímého výpočtu hodnoty průhybu.

Ověření z hlediska průhybu

Příčel předběžně ověříme z hlediska průhybu pomocí podmínky ohybové štíhlosti*

$$\frac{L_t}{d_t} \leq \lambda_d,$$

kde L_t je teoretická délka průvlaku (ze zadání),
 d_t je účinná výška průřezu (vypočteno výše),

*Pokud je tato podmínka splněna, můžeme říci, že průhyb bude v pohodě i bez složitého přímého výpočtu hodnoty průhybu.

Ověření z hlediska průhybu

Příčel předběžně ověříme z hlediska průhybu pomocí podmínky ohybové štíhlosti*

$$\frac{L_t}{d_t} \leq \kappa_{c1} \kappa_{c2} \kappa_{c3} \lambda_{d,tab},$$

kde κ_{c1} je součinitel tvaru průřezu (pro příčel $\kappa_{c1} = 0.8$),
 κ_{c2} je součinitel rozpětí ($\kappa_{c2} = \min(7/L_d, 1)$),
 κ_{c3} je součinitel napětí v tahové výztuži (volte odhad 1.2),
 $\lambda_{d,tab}$ odečteme z tabulky pro krajní pole spojitého nosníku, třídu betonu a stupeň vyztužení (uvažujeme $\rho = 1.5 \%$)

Ověření z hlediska průhybu

Příčel předběžně ověříme z hlediska průhybu pomocí podmínky ohybové štíhlosti*

$$\frac{L_t}{d_t} \leq \kappa_{c1} \kappa_{c2} \kappa_{c3} \lambda_{d,tab}$$

kde κ_{c1} je

κ_{c2} je

κ_{c3} je

$\lambda_{d,tab}$ c

betonu

$\lambda_{d,tab}$ **pro krajní pole spojitého nosníku a různé třídy betonu**

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	19,0	20,5	22,1	24,1	26,7	29,9	33,5	37,4	41,6
1,5	15,9	16,4	16,9	17,6	18,2	18,9	19,5	20,2	20,8

Ověření z hlediska průhybu

Pokud je **podmínka** ohybové štíhlosti **nesplněna o trochu** (do cca 30 %), **není nutné měnit návrh***.

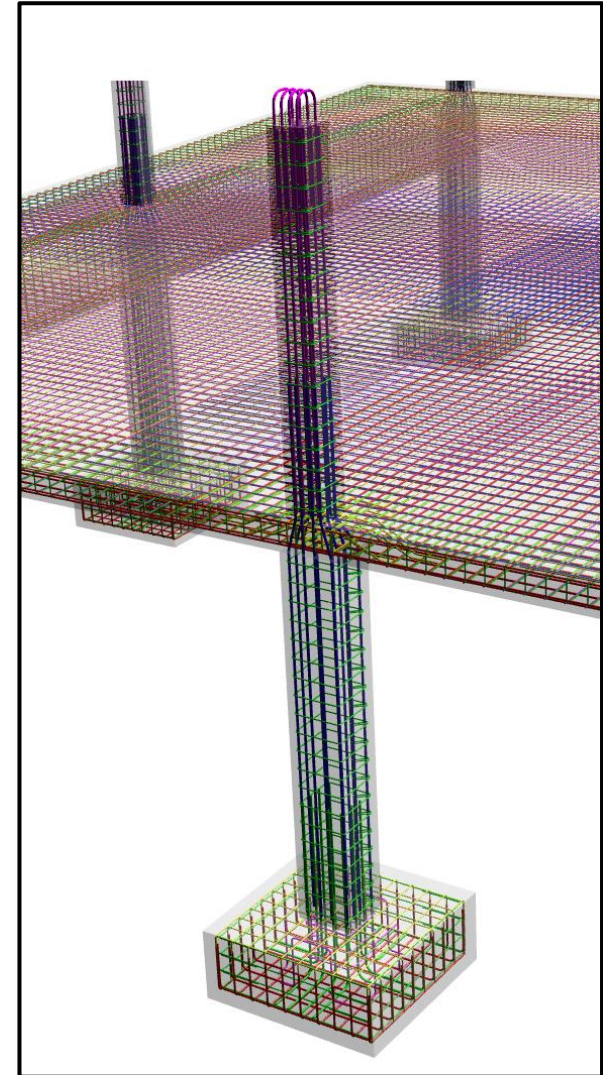
Pokud je **podmínka** ohybové štíhlosti **nesplněna o hodně** (přes cca 50 %), je vhodné **zvětšit rozměry průřezu**.

Sloup

Sloup

Pro sloup musíme

- 1) odhadnout **výšku a šířku** průřezu,
- 2) vypočítat **zatížení**,
- 3) **ověřit** navržený průřez.



Sloup

(šířka a výška průřezu)

Odhad rozměrů

Pro prvotní odhad rozměrů je vhodné volit průřez
 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$.

Sloup

(zatížení)

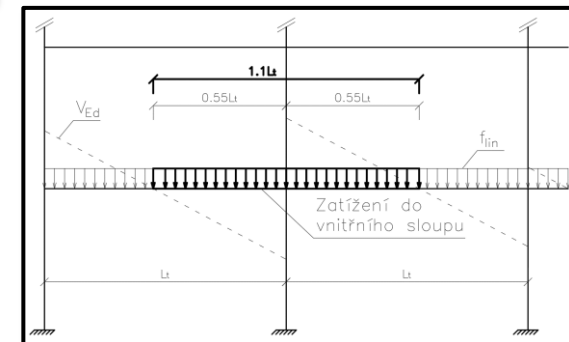
Zatížení sloupu

Bodové zatížení sloupu v jeho patě spočítáme do tabulky.

Zatížení sloupu v patě								
Typ zatížení	Název zatížení	$f_{lin,k}$	zat. délka	$F_{k,1}$	podlaží	F_k	γ	F_d
		kN/m	m	kN	-	kN	-	kN
STÁLÉ	vl. tíha sloupu	0.3·0.3·25	3.7-0.61	7.0	4	27.8	1.35	37.5
	stálé od stropní příčle	24.62	1.1·6.6	178.7	3	536.1		723.8
	stálé od střešní příčle	22.28	1.1·6.6	161.7	1	161.7		218.3
	Σ				$g_k =$	725.6	$g_d =$	979.6
PROM.	užitné od stropní příčle	11.70	1.1·6.6	84.9	3	254.8	1.5	382.2
	užitné od střešní příčle	2.93	1.1·6.6	21.2	1	21.2		31.9
	Σ				$q_k =$	276.1	$q_d =$	414.1
Σ					$f_k =$	1001.7	$f_d =$	1393.7

Nezapomeňte, že bereme **výšku sloupu bez trámu** a konstrukce má **více podlaží**.

Zatěžovací délku příčle budeme uvažovat o 10 % větší*.



*Uvažujeme, že do vnitřního sloupu půjde více než polovina (cca 55 %) celkového zatížení z každé příčle.

Sloup

(ověření průřezu)

Ověření průřezu sloupu

Navržený průřez ověříme tak, že **odhadneme vyztužení** a z podmínky **únosnosti v dostředném tlaku** získáme **minimální průřezovou plochu**.

Ověření průřezu sloupu

Vyztužení odhadneme jako*

$$A_{s,prov} = 0.02A_c.$$

Podmínka únosnosti v **dostředném tlaku** je

$$N_{Ed} \leq N_{Rd},$$

kde N_{Ed} je působící síla (viz F_d v tabulce zatížení),

$$N_{Rd} = 0.8A_c f_{cd} + A_{s,prov} \sigma_s.$$

Ověření průřezu sloupu

Úpravou rovnice

$$N_{Ed} \leq 0.8A_c f_{cd} + 0.02A_c \sigma_s$$

dostaneme **podmínku pro průřezovou plochu**

$$A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0.8f_{cd} + 0.02\sigma_s},$$

kde N_{Ed} je působící síla (viz F_d v tabulce zatížení),
 f_{cd} je návrhová pevnost betonu (ze zadání),
 σ_s je napětí ve výztuži*.

Konečný návrh rozměrů průřezu sloupu

Konečné rozměry průřezu sloupu zvolíme tak, aby skutečná průřezová plocha splňovala podmínku

$$A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0.8f_{cd} + 0.02\sigma_s},$$

kde $A_c = b_s h_s$.

Průřez sloupu navrhnete **čtvercový nebo obdélníkový** (větší rozměr ve směru rozpětí příčle) a návrh **zaokrouhlete na 50 mm**.

Pokud bude **rozdíl šířky příčle a sloupu malý** (do 100 mm), **sjednotě jejich tloušťky** na jednu hodnotu (tu vyšší). Příčel pak není nutné znovu ověřovat.

Díky za pozornost

Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi a Romanu Chylíkovi** za časté konzultace při vypracovávání prezentace.

Děkuji **Petru Bílému a Martinovi Tipkovi** za vytvoření a udržování oficiálních podkladů, ze kterých vychází tato prezentace.