

1. cvičení – Rámová konstrukce – předběžný návrh rozměrů, výpočet zatížení, skica tvaru

Návrh a ověření tloušťky ŽB stropní a střešní desky

- Stropní a střešní desky jsou jednosměrně pnuté mezi jednotlivými rámy.
- Navrhne tloušťku desek **dvěma způsoby** – z empirie a z ohybové štíhlosti.

Návrh tloušťky desky pomocí empirického vztahu

$$h_{d1} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) \cdot l$$

Za l dosadíme rozměr ve směru pnutí desky, tj. $l =$ koeficient R.

- Rozumně zvolíme velikost výztužného profilu \emptyset (v našem případě 8 nebo 10 mm).
- Stanovíme **nominální krycí vrstvu výztuže** podle vztahu (viz též skripta, příklad 1):

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

$$c_{\text{min}} = \max (c_{\text{min},b} ; c_{\text{min},\text{dur}} + \Delta c_{\text{dur},\gamma} - \Delta c_{\text{dur},\text{st}} - \Delta c_{\text{dur},\text{add}} ; 10 \text{ mm})$$

c_{min} minimální krycí vrstva

Δc_{dev} přídavek na návrhovou odchylku (0 – 10 mm dle technologie a kvality provádění), ve cvičení brát $\Delta c_{\text{dev}} = 10$ mm

$c_{\text{min},b}$ minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti, v našem případě odpovídá profilu použitých prutů \emptyset

$c_{\text{min},\text{dur}}$ minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí, získá se z normové tabulky (viz skripta, příloha P01) podle konstrukční třídy a stupně agresivity prostředí. Stupeň agresivity prostředí je zadán. Základní hodnota konstrukční třídy S4 se upraví podle zadání s ohledem na životnost, třídu betonu a typ konstrukce.

$\Delta c_{\text{dur},\gamma}$ přídavná bezpečnostní složka, uvažovat 0 mm

$\Delta c_{\text{dur},\text{st}}$ redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli, brát 0 mm

$\Delta c_{\text{dur},\text{add}}$ redukce minimální krycí vrstvy při použití přídavné ochrany, brát 0 mm

- Stanovíme staticky účinnou výšku empiricky navržené desky podle vztahu:

$$d_{d1} = h_{d1} - \frac{\emptyset}{2} - c_{\text{nom}}$$

Návrh tloušťky desky pomocí ohybové štíhlosti

- **Formou tabulek** (jako v NNKB) **spočteme hodnoty zatížení stropní desky a střechy**. Vlastní tíhu uvažujte pro obě desky shodnou podle empiricky stanovené tloušťky. Hodnoty ostatního stálého a proměnného zatížení se liší.
- Pro více zatíženou desku stanovíme předpokládanou maximální hodnotu momentu na vnitřním poli spojitě desky:

$$m_{\text{Ed,max}} = \frac{1}{12} \cdot f_d \cdot l^2$$

- Odhadneme potřebnou plochu výztuže:

$$a_{s,\text{req}} = \frac{m_{\text{Ed,max}}}{0,9 d_{d1} f_{yd}}$$

- Stanovíme potřebný mechanický stupeň vyztužení (pro desky je $b = 1 \text{ m}$):

$$\omega_r = \frac{a_{s,req}}{bd_{d1}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

- Stanovíme poměr proměnného a celkového zatížení LL/TL ($g_{0,k}$ je charakteristická hodnota vlastní tíhy, ostatní zatížení jsou zadána; LL = live load; TL = total load):

$$LL / TL = \frac{q_k}{f_k} = \frac{q_k}{g_{0,k} + (g - g_0)_k + q_k}$$

- Podle ω_r a LL/TL stanovíme hodnotu vymežující ohybové štíhlosti $\lambda_{d,tab}$ z tabulky (viz skripta, příloha P10).

- Ve cvičení pro předběžný návrh uvažujeme řádek 3 pro vnitřní pole spojitě desky.
- Mezilehlé hodnoty ω_r a LL/TL lze v tabulce interpolovat. Provedte citem, nezdržujte se přesnou interpolací. Ve fázi předběžného návrhu je to zbytečné.
- Nelze extrapolovat, tzn. vyjde-li $\omega_r < 0,1$, uvažujeme $\omega_r = 0,1$ a vyjde-li LL/TL $< 30 \%$, uvažujeme LL/TL = 30 %.

- Provedeme návrh staticky účinné výšky d_{d2} z předpokladu splnění podmínky vymežující ohybové štíhlosti (pro jednosměrně pruté desky a trámy je opravný faktor $k = 1,0$):

$$\lambda = \frac{l}{d_{d2}} \leq \lambda_d = k \cdot \lambda_{d,tab} \quad \Rightarrow \quad d_{d2} = \frac{l}{\lambda_d}$$

- Stanovíme tloušťku desky s ohledem na ohybovou štíhlost podle vztahu:

$$h_{d2} = d_{d2} + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom}$$

Konečný návrh tloušťky desky

- Konečný návrh tloušťky desky h_d provedeme podle hodnot získaných z empirie (h_{d1}) a z ohybové štíhlosti (h_{d2}). Tloušťka v našem případě nebude menší než empiricky stanovená hodnota h_{d1} a „rozumně“ se upraví podle ohybové štíhlosti. Nemusí být striktně dodržena výška h_{d2} .
- Stanovíme staticky účinnou výšku výsledné navržené desky podle vztahu:

$$d = h_d - \frac{\emptyset}{2} - c_{nom}$$

- Přepočteme hodnoty zatížení stropní desky a střechy pro výslednou tloušťku desky h_d .
- Pro více zatíženou desku stanovíme předpokládanou maximální hodnotu momentu na desce $m_{Ed,max}$.
- Ověříme vhodnost návrhu.** Stanovíme součinitel μ [mí], podle něj v tabulce vyhledáme součinitel ξ [ksí] (viz skripta, příloha P04). Pro naši konstrukci budeme požadovat, aby platilo $\xi \leq 0,15$. Pokud podmínka nevyhoví, je vhodné zvětšit navrženou tloušťku desky.

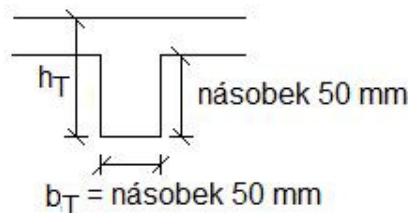
$$\mu = \frac{m_{Ed,max}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad \xrightarrow{\text{dle tabulek}} \quad \xi$$

Návrh a ověření rozměrů příčlí

- Rozměry příčlí (trámů) stanovíme **podle empirických vztahů**:

$$h_T = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{10} \right) \cdot l_T$$

$$b_T = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3} \right) \cdot h_T$$



l_T je rozpon příčle, tedy pro naše zadání $l_T =$ koeficient L .

- Výšku trámu upravíme tak, aby platilo $h_T \geq 2,5h_D$. Tím je zajištěna dostatečná tuhost trámu jako podpory desky. Návrh zaokrouhlíme tak, aby šířka trámu a výška trámu pod deskou byly násobky 50 mm (kvůli rozměrům systémového bednění).
- Formou tabulek** vyčíslíme zatížení stropní i střešní příčle f_T [kN/m] (jako v NNKB). Nezapomeňte zahrnout vlastní tíhu příčle!
- Provedeme **ověření návrhu průřezu**
 - Stanovíme hodnotu staticky účinné výšky trámu d_T . Uvažujeme ohybovou výztuž profilu $\emptyset = 18 - 25$ mm a třmínky profilu $\emptyset_{sw} = 8 - 10$ mm.

$$d_T = h_T - \frac{\emptyset}{2} - \emptyset_{sw} - c_{nom}$$

- Stanovíme předpokládané maximální hodnoty vnitřních sil a napětí na nejvíce zatížené příčli:

$$M_{Ed,max} = \frac{1}{10} f_T l_T^2 \quad V_{Ed,max} = \frac{3}{5} f_T l_T \quad \tau_{Ed,max} = \frac{V_{Ed,max}}{b_T z} = \frac{V_{Ed,max}}{b_T \cdot 0,9 d_T}$$

- Při úpravě rozměrů v kterémkoliv z dále uvedených kroků **přepočítejte tabulky zatížení**.

Ověření z hlediska ohybového namáhání

- Stanovíme součinitel μ , v tabulkách vyhledáme odpovídající součinitel ξ . Ideálně by mělo vyjít $\xi = 0,15 - 0,40$.
Pokud $\xi > 0,40$, je vhodné trám zvýšit nebo je možné navrhnout tlačenu výztuž. Výška tlačené oblasti x by byla moc velká, průřez by nemohl bezpečně plastizovat.
Pokud $\xi < 0,15$, je možné trám snížit. Výška tlačené oblasti x by byla zbytečně malá, trám zbytečně vysoký a neekonomický.

Ověření tlakové diagonály

- Z hlediska smykového namáhání prvku je nutno ověřit odolnost tlakové diagonály (viz NNKB). Pokud by tato podmínka nebyla dodržena, je nutno zvětšit průřez, protože ani sebevětší vyztužení by pak nezajistilo bezpečný přenos smykových sil.

$$\sigma_{cd} = \tau_{Ed,max} (\cot \theta + \tan \theta) \leq v \cdot f_{cd}$$

Volíme $\cot \theta = (1,2 \text{ až } 1,5)$ a $v = 0,5$.

Ověření průhybů

- U příčlí budeme vyžadovat dodržení podmínky ohybové štíhlosti (postup výpočtu viz deska, ale použijeme bezpečně řádek tabulky 2 pro krajní pole spojitého nosníku). Pokud podmínka nevyjde, zvětšíme rozměry trámu tak, aby vyšla. Předchozí kontroly pak už není nutno přepočítávat, ale zatížení je třeba přepočítat. Pokud vyšly pro menší rozměry, vyšly by i pro větší.

$$\lambda = \frac{l_T}{d_T} \leq \lambda_d$$

Návrh rozměrů sloupu

- Návrh rozměrů průřezu sloupu provedeme primárně pro sloup namáhaný maximální normálovou silou, tj. průřez v **patě vnitřního sloupu** nejnižšího podlaží. Průřezy ve všech podlažích pak budou shodné.
- V předběžném návrhu lze v našem cvičení zanedbat výstřednost zatížení vnitřního sloupu a plochu průřezu **stanovit z únosnosti v prostém tlaku**.
- **Formou tabulky** stanovíme normálové zatížení N_{Ed} v patě nejvíce zatíženého sloupu (postup viz NNKB; průřez sloupu pro výpočet vlastní tíhy odhadneme, v prvním kroku volíme cca 0,3x0,3 m). Zatěžovací délku příčle uvažujte hodnotou $1,1 \times L$. Nezapomeňte, že máte **více podlaží!** U některých zadání ve vyšších podlažích se nachází příčel jen z jedné strany sloupu. Potom bude zatěžovací délka v příslušném podlaží poloviční.
- **Rozměr sloupu** stanovíme ze vztahu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \geq N_{Ed}$$

N_{Rd}	... únosnost sloupu v prostém tlaku
A_c	... průřezová plocha sloupu
f_{cd}	... návrhová pevnost betonu v tlaku
A_s	... průřezová plocha výztuže sloupu, $A_s = \rho_s \cdot A_c$, uvažujeme stupeň vyztužení $\rho_s = 1,5 - 3 \%$ (zůstává nám tak rezerva na vliv momentu a štíhlosti)
σ_s	... napětí ve výztuži, uvažujeme 400 MPa (viz NNKB)
N_{Ed}	... normálová síla od zatížení

- Úpravou dostaneme:

$$A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,8 \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot \sigma_s}$$

- Průřez sloupu navrhne čtvercový nebo obdélníkový (větší rozměr ve směru rozpětí příčle).
- Návrh **zaokrouhlíme na 50 mm nahoru** (vyjde-li např. 420 mm, navrhne 450 mm).
- Zároveň **sladíme šířky sloupu a trámu**. Pokud by např. vyšel sloup šířky 300 mm a trám šířky 350 mm, sjednotíme rozměry na 350 mm. Pokud ale bude rozdíl šířek velký (třeba trám 250 mm, sloup 450 mm), není nutno rozměry sjednocovat. Pokud bychom zvětšovali šířku trámu, není nutno trám znovu ověřovat.

Skica tvaru

- Do statického výpočtu na samostatný list A4 nakreslete skicu tvaru konstrukce.
- Skica bude nakreslena v ruce, ovšem v **měřítku a s dodržением zásad pro kreslení výkresů tvaru** (viz NNKB).
- Skica bude obsahovat půdorys konstrukce (odpovídá půdorysu Vašeho zadání) a sklopený řez ve směru kolmém na rámy.
- Budou okótovány základní půdorysné rozměry a navržené rozměry konstrukcí (desky, trámu, sloupu).

PŘED DALŠÍM VÝPOČTEM JE NUTNO ZKONZULTOVAT NAVRŽENÉ DIMENZE KONSTRUKCE A V PŘÍPADĚ ZMĚN PŘEPOČÍTAT TABULKY ZATÍŽENÍ!!!