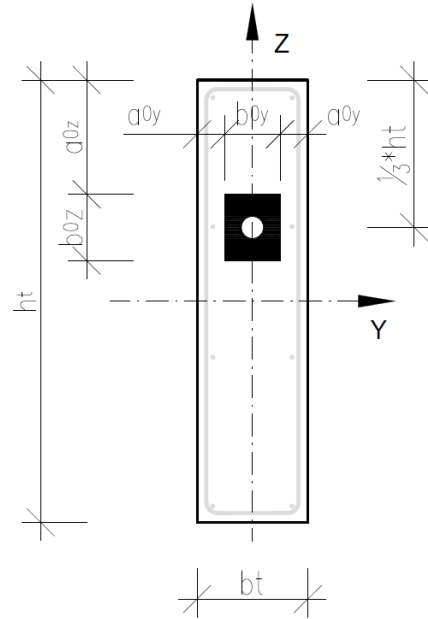


ZADÁNÍ

Navrhněte vyztužení kotevní oblasti dodatečně předpjatého trámu. Uvažujte, že předpětí je vnesené do prvku v okamžiku, kdy pevnost betonu má 28-denní mechanické vlastnosti. Předpínací výztuž se skládá pouze z jednoho předpínacího kabelu uloženého v kabelovém kanálku. Předpínací síla působí na excentricitě $e_p = 1/6 * h_t$, tedy na hraně jádra průřezu, jak je vyznačeno na schématu.

PARAMETRY VÝPOČTU

h_t	Výška trámu
b_t	Šířka trámu
b_{0y}	Šířka kotevní desky
b_{0z}	Výška kotevní desky
d_{kan}	Průměr kanálku
$w_{k,lim}$	Mezní šířka trhliny
	Beton
	Betonářská výztuž

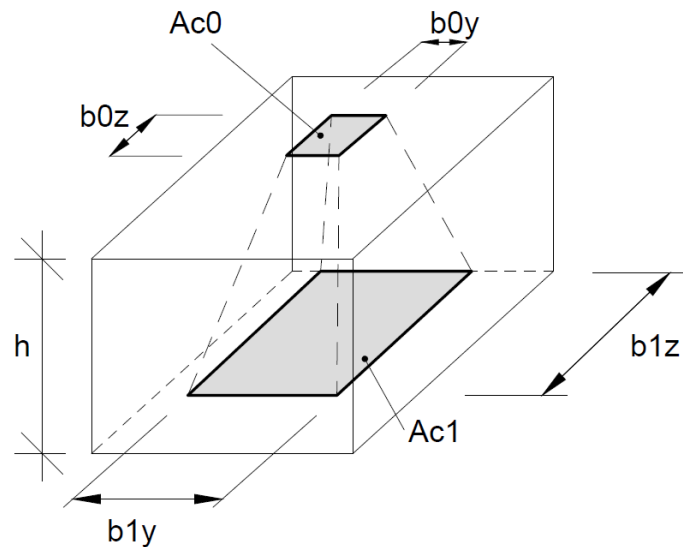


VÝPOČET

A) POSOUZENÍ ROZDRČENÍ BETONU POD SOUSTŘEDĚNOU SILOU

Předpoklady výpočtu:

- Zatížení je rovnoměrně rozděleno na ploše A_{c0}
- Plochy A_{c0} a A_{c1} jsou tvarově (geometricky) podobné
- Jejich těžiště leží na společné normále obou ploch



Model pro ověření únosnosti betonu v kotevní oblasti

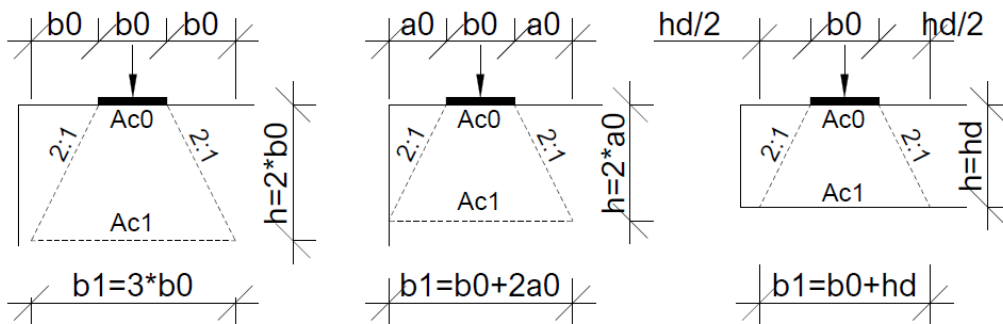
Únosnost v soustředěném tlaku lze vyjádřit vztahem:

$$F_{Rdu} = A_{c0} * f_{cd}(t) * \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,0 * f_{cd}(t) * A_{c0}$$

A_{c0} Zatížená plocha
 A_{c1} Návrhová roznášecí plocha
 $f_{cd}(t)$ Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku

Výška roznášecí oblasti ve vyšetřovaném směru se stanoví z následujících vztahů, přičemž při více zatěžovacích plochách se nesmí plochy A_{c1} překrývat.

$$h_y = \min \begin{cases} 2 * b_{0y} \\ 2 * a_{0y} \\ h_d \end{cases} \qquad h_z = \min \begin{cases} 2 * b_{0z} \\ 2 * a_{0z} \\ h_d \end{cases}$$



Pro určení rozměrů roznášecí plochy se použije menší ze zjištěných výšek pro oba směry.

$$b_{1y} = b_{0y} + \min(h_y; h_z)$$

$$b_{1z} = b_{0z} + \min(h_y; h_z)$$

Zatížená plocha: $A_{c0} = b_{0y} * b_{0z} - A_{kanálek}$

Návrhová roznášecí plocha: $A_{c1} = b_{1y} * b_{1z} - A_{kanálek}$

Návrhová hodnota předpínací síly stanoví ze vztahu:

$$P_{d,max} = \gamma_P * P_{m,max} \leq F_{Rdu}$$

Posouzení lokálních účinků (kotevní oblast): $\gamma_{P,unfav} = 1,2$

B) ROZTRŽENÍ ROZNÁŠECÍ OBLASTI

Maximální tahové napětí betonu na povrchu prvku $\sigma_{ct,max}$ v roznášecí oblasti se vypočte pro obdélníkovou roznášecí plochu pro každý z obou na sebe kolmých směrů:

$$\sigma_{ct,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_{d,max}}{b_{1y} * b_{1z}} * (0,6 - 0,44 * \beta - 0,16 * \beta_p^4) \\ 0,44 * \frac{P_{d,max}}{b_{1y} * b_{1z}} \end{array} \right\}$$

Kde součinitel β zohledňuje poměr stran styčné plochy a roznášecí plochy. Pro obdélníkový tvar roznášecí plochy se pro každý směr vyjádří:

$$\beta_y = \frac{b_{0y}}{b_{1y}} \quad \beta_z = \frac{b_{0z}}{b_{1z}}$$

β_p - doplňkový poměr β stanovený pro směr kolmý na směr vyšetřovaný

$$\begin{array}{ll} \sigma_{ct,max} \leq 0,4 * f_{ctd}(t) \rightarrow & \text{výztuž pro zamezení roztržení roznášecí oblasti} \\ & \text{není vyžadována} \\ \sigma_{ct,max} \geq 0,4 * f_{ctd}(t) \rightarrow & \text{výztuž pro zamezení roztržení roznášecí oblasti je} \\ & \text{vyžadována} \end{array}$$

Pokud nastane situace, že výztužení je vyžadováno pouze pro jeden směr, v druhém směru (kde $\sigma_{ct,max} \leq 0,4 * f_{ctd}(t)$) se navrhne rozdělovací výztuž na 25% požadované výztuže v prvním směru.

Pro určení příčné tahové síly, na kterou se navrhne výztuž se využije následující vztah:

$$T = \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 * \frac{\min(b_{0y}; b_{0z})}{\max(h_y; h_z)} \right) * P_{d,max}$$

Případně lze pro konstrukce pozemních staveb uvažovat zjednodušení a přibližnou hodnotu stanovit následovně:

$$T \approx 0,22 * P_{d,max}$$

Na zjištěnou příčnou sílu lze navrhnout výztuž a splnit tím MSÚ. Rovněž lze ale přihlídnout k meznímu stavu použitelnosti – přetvoření a navrhnout výztužení s ohledem na mezní šířku trhlin.

$$\sigma_{s,lim} = \frac{8 * 10^6 * w_{k,lim}}{2000 * (d_s)^{\frac{1}{3}}}$$

$$0,5 * f_{yd} \leq \sigma_{s,lim} \leq f_{yd}$$

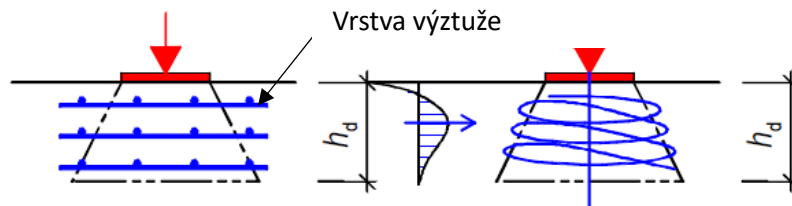
$\sigma_{s,lim}$	Napětí ve výztuži [MPa]
$w_{k,lim}$	Limitní šířka trhlin [mm]
d_s	Průměr výztužného prutu [mm]

Při zohlednění mezní šířky trhlin lze požadovanou plochu výztuže stanovit podle následujícího vztahu:

$$A_{s,req} = \frac{T}{\sigma_{s,lim}} \rightarrow A_{s,prov}$$

Při návrhu konkrétní výztuže se musí zohlednit několik hledisek:

- Navržená výztuž se umísťuje do roznášecí oblasti pod kotvou, přičemž se má umístit rovnoměrně po délce roznášecí oblasti: $\max(h_y, h_z)$.



- Každá vrstva výztuže musí obsahovat alespoň dva pruty v každém směru (např. dvoustrážné třmínky), kdy max. vzdálenost prutů (větvi třmínku) musí být max. 150 mm.
- Osová vzdálenost vrstev musí být max. 150 mm

Má-li roznášecí plocha tvar obdélníku, jehož strany splňují podmínky,

$$0,85 * b_{1x} \leq b_{1y} \leq b_{1x}$$

Lze příčnou výztuž v roznášecí oblasti uspořádat ve tvaru jedné nebo několika šroubovic, přičemž nejmenší šroubovice musí mít průměr 200 mm a největší maximálně o 20 % větší než je průměr, nebo menší rozměr roznášecí plochy. (Příčná výztuž pod kotvami předpínacích kabelů bývá často součástí dodávky kotev.)

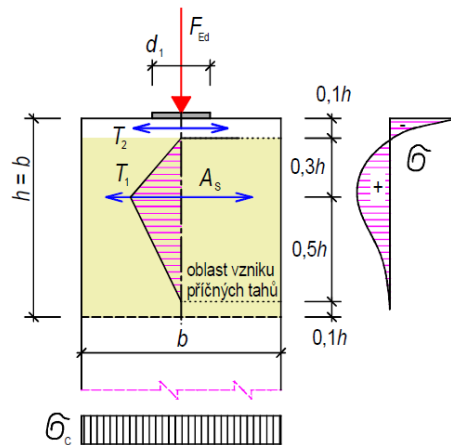
C) PORUŠENÍ ROZTRŽENÍM LÍCE PRVKU

Působí-li soustředěná tlaková síla na prvek centricky s výstředností $e \leq 0,1 * h_t$ (kde h_t je výška trámu), tahovou sílu uvažovanou pro návrh výztuže proti roztržení líce prvku lze stanovit podle následujícího vztahu:

$$T_2 = 0,1 * P_{d,max}$$

Požadovanou plochu výztuže lze pak stanovit následovně:

$$A_{s,req} = \frac{T_2}{f_{yd}} \rightarrow A_{s,prov}$$



Působí-li soustředěná tlaková síla na prvek excentricky s výstředností $e > 0,1 \cdot h_t$, kde h_t je výška trámu, musí se do líce prvku navrhnout doplňková výztuž, neboť poblíž tohoto líce vznikají tahová napětí.

Tahovou sílu uvažovanou pro návrh výztuže proti roztržení líce prvku lze stanovit podle následujícího vztahu:

$$T_2 = 0,25 \cdot \left(\frac{e}{h_t} - \frac{1}{6} \right) \cdot P_{d,max} \geq 0,1 \cdot P_{d,max}$$

$$A_{s,req} = \frac{T_2}{f_{yd}} \rightarrow A_{s,prov}$$

