

NNKB – 11. cvičení

Posouzení ohybové štihlosti

Průhyb konstrukcí

Při posuzování konstrukcí je **vždy třeba řešit průhyb**.

Ideálně je průhyb řešen tak, že **je průhyb vypočítán** a porovnán s limitní hodnotou.

Norma ale také uvádí, že **když je dodržena podmínka ohybové štíhlosti**, tak by průhyb neměl být problémem a **není třeba průhyb posuzovat**.

Podmínka ohybové štíhlosti

Ohybová štíhlost prvku musí být menší než vymežující ohybová štíhlost.

$$\lambda \leq \lambda_d$$

Ohybová štíhlost prvku λ

= poměr teoretického rozpětí prvku a účinné výšky průřezu

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

Pro úkol NNKB: pro desku $l = L_4$, pro trám $l = L_3 + 300$ mm, pro konzolu $l = L_5 + 150$ mm

Vymezující ohybová štíhlost λ_d

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

κ_c – součinitele tvaru, rozpětí a napětí

$\lambda_{d,tab}$ – tabulková hodnota

Součinitel tvaru κ_{c1}

$\kappa_{c1} = 1.0$ pro obdélník (deska, konzola trámu)

$\kappa_{c1} = 0.8$ pro T průřez (trám v poli)

Součinitel rozpětí κ_{c2}

$$\kappa_{c2} = \min(1, 7/l),$$

kde l je teoretické rozpětí prvku v metrech

Součinitel napětí κ_{c3}

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s},$$

kde σ_s je napětí výztuže (uprostřed rozpětí nosníku nebo ve vetknutí konzoly) při příslušném zatížení v mezním stavu použitelnosti v průřezu s trhlinou.

Zjednodušeně a bezpečně se může předpokládat

$$\kappa_{c3} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}}$$

Hodnota $\lambda_{d,tab}$

Přesná hodnota je dána normovým vztahem (7.16).

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2\sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] \quad \text{pokud } \rho \leq \rho_0 \quad (7.16.a)$$

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] \quad \text{pokud } \rho > \rho_0 \quad (7.16.b)$$

kde l/d je mezní poměr rozpětí k účinné výšce;

K součinitel, kterým se zohledňují různé nosné systémy;

ρ_0 referenční stupeň vyztužení $\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{f_{ck}}$;

ρ požadovaný stupeň vyztužení tahovou výztuží ve středu rozpětí (u konzoly ve vetknutí) na ohybový moment vyvozený návrhovým zatížením;

ρ' požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží ve středu rozpětí (u konzoly ve vetknutí) na ohybový moment vyvozený návrhovým zatížením;

f_{ck} v jednotkách MPa.

Naštěstí jsou k dispozici i tabulky přímo s hodnotami $\lambda_{d,tab}$.

Tabulková hodnota $\lambda_{d,tab}$

Z přesného vztahu byly pro zjednodušení vytvořeny tabulky pro odečtení hodnoty.

$\lambda_{d,tab}$ pro prosté nosníky a různé třídy betonu

	Pevnostní třída betonu						
ρ %	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	40/50	50/60
0,5	14,6	15,8	17,0	18,5	20,5	25,8	32,0
1,5	12,2	12,6	13,0	13,5	14,0	15,0	16,0

$\lambda_{d,tab}$ pro konzoly a různé třídy betonu

	Pevnostní třída betonu						
ρ %	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	40/50	50/60
0,5	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	10,3	12,8
1,5	4,9	5,0	5,2	5,4	5,6	6,0	6,4

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{bh}$$

Pro hodnoty stupně vyztužení mezi 0.5 a 1.5 je třeba interpolovat tabulkové hodnoty.

Tabulková hodnota $\lambda_{d,tab}$

Z přesného vztahu byly pro zjednodušení vytvořeny tabulky pro odečtení hodnoty.

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

	Pevnostní třída betonu						
ρ %	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	40/50	50/60
0,5	19,0	20,5	22,1	24,1	26	33,5	41,5
1,5	15,9	16,4	16,9	17,6	18	19,5	20,8

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

	Pevnostní třída betonu						
ρ %	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	40/50	50/60
0,5	21,9	23,7	25,5	27,8	30,8	38,6	48
1,5	18,3	18,9	19,5	20,3	21	22,5	24

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{bh}$$

Pro hodnoty stupně vyztužení mezi 0.5 a 1.5 je třeba interpolovat tabulkové hodnoty.

Tabulková hodnota $\lambda_{d,tab}$

Z přesného vztahu byly pro zjednodušení vytvořeny tabulky pro odečtení hodnoty.

$\lambda_{d,tab}$ pro lokálně podporovanou desku a různé třídy betonu

	Pevnostní třída betonu						
ρ %	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	40/50	50/60
0,5	17,5	19,0	20,4	22,2	24,6	30,9	38,4
1,5	14,6	15,1	15,6	16,2	16,8	18,0	19,2

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{bh}$$

Pro hodnoty stupně vyztužení mezi 0.5 a 1.5 je třeba interpolovat tabulkové hodnoty.

Úkol

Pro prvky řešené v úloze 2 proveďte posouzení průhybu užitím podmínky omezení ohybové štíhlosti.

- stropní deska (krajní pole spojitého nosníku)
- trám T1 převislá část (konzola)
- trám T1 v poli (bezpečně prostý nosník)
- trám T2 (prostý nosník)

U každého ověření uveďte, co z Vašeho výsledku vyplývá, a případně jaké kroky či opatření by bylo potřeba provést.