

# CVIČENÍ ČÍSLO 9

## MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI (MSP; ULS)

- MEZNÍ STAV OMEZENÍ NAPĚTÍ
- MEZNÍ STAV TRHLIN
- MEZNÍ STAV PŘETVOŘENÍ

### KOMBINACE ZATÍŽENÍ PRO MSP

#### A) CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE (NEVRATNÉ MEZNÍ STAVY)

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i=2}^n \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### B) ČASTÁ KOMBINACE (VRATNÉ MEZNÍ STAVY)

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + \psi_1 \cdot Q_{k,1} + \sum_{i=2}^n \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### C) KVAZISTÁLÁ KOMBINACE (DLOUHODOBÉ EFEKTY A VZHLED)

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + \sum_{i=2}^n \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### Kombinace pro mezní stavy použitelnosti

Druh kombinace	Stálá zatížení		Předpětí	Proměnná zatížení	
	nepříznivá	příznivá		hlavní	vedlejší
	$\sum$ pro $j \geq 1$	$\sum$ pro $j \geq 1$	neuplatní se u železobetonu		$\sum$ pro $i > 1$
charakteristická	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	$P_k$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
častá	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	$P_k$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
kvazistálá	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	$P_k$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Charakteristická kombinace se obvykle používá pro nevratné mezní stavy, častá kombinace pro vratné mezní stavy a kvazistálá kombinace pro dlouhodobé účinky a vzhled konstrukce.

U mostních konstrukcí se může podle ustanovení norem pro navrhování konstrukcí používat i občasná kombinace, která může v určitých případech nahrazovat charakteristickou kombinací - viz ČSN EN 1990.

Zatížení <sup>1)</sup>	Součinitel		
	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Užitné kategorie zatěžovaných ploch (viz ČSN EN 1991-1-1):			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy, tíha vozidla $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy, $30\text{kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0,7	0,2	0
Zatížení sněhem <sup>2)</sup> (viz ČSN EN 1991-1-3):			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000\text{m n.m.}$	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000\text{m n.m.}$	0,5	0,2	0
Zatížení větrem (viz ČSN EN 1991-1-4)			
Teplota (s výjimkou požáru) (viz ČSN EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
Zatížení námrazou	0,5	0,2	0
Zatížení vodou s proměnnou hladinou	0,5	0,2	0

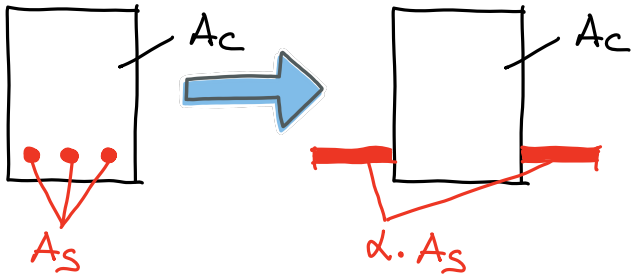
1) Hodnoty součinitelů pro staveništní zatížení - viz ČSN EN 1991-1-6.

2) Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele  $\psi$  stanoví podle místních podmínek.

# MEZNI STAV PŘETVOŘENÍ

→ OMEZENÍ DEFORMACE, RESP. PŘŮMĚBU

## IDEÁLNÍ PŘŮŘEZ



$$\alpha_c = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

⇒ BEZ VLIVU DOTVAROVÁNÍ

$$\alpha_{c,eff} = \frac{E_s}{E_{c,eff}}$$

⇒ S VLIVEM DOTVAROVÁNÍ

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty; t_0)}$$

$E_s$  - MODUL PRŮZNOSTI VÝZTUŽE  
 $E_{cm}$  - MODUL PRŮZNOSTI BETONU PO 28 DNECH  
 $E_{c,eff}$  - EFEKTIVNÍ MODUL PRŮZNOSTI BETONU V ČASE  $t$

$\varphi(\infty; t_0)$  - KOEFICIENT DOTVAROVÁNÍ

→ LZE ODEČÍST Z GRAFU →

$$h_0 = \frac{2A_c}{u}$$

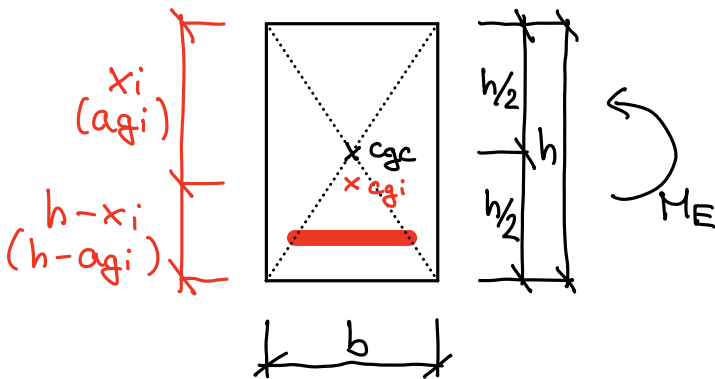
$u$  - OBVOD PŘŮŘEZU VYSTAVENÝ VYSYCHÁNÍ  
 → VYPOČÍTAT

→ ZJEDNODUŠENĚ NA CVIČENÍ 1,5 N 2,0 (3,0)

## MOMENT NA MEZI VZNIKU TRHLIN

$$Q = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} \Rightarrow M = Q \cdot W$$

$\swarrow$   $\downarrow$   $\searrow$   
 $M_{cr}$   $f_{ctm}$   $w = \frac{I_i}{z} = \frac{I_i}{h - x_i}$



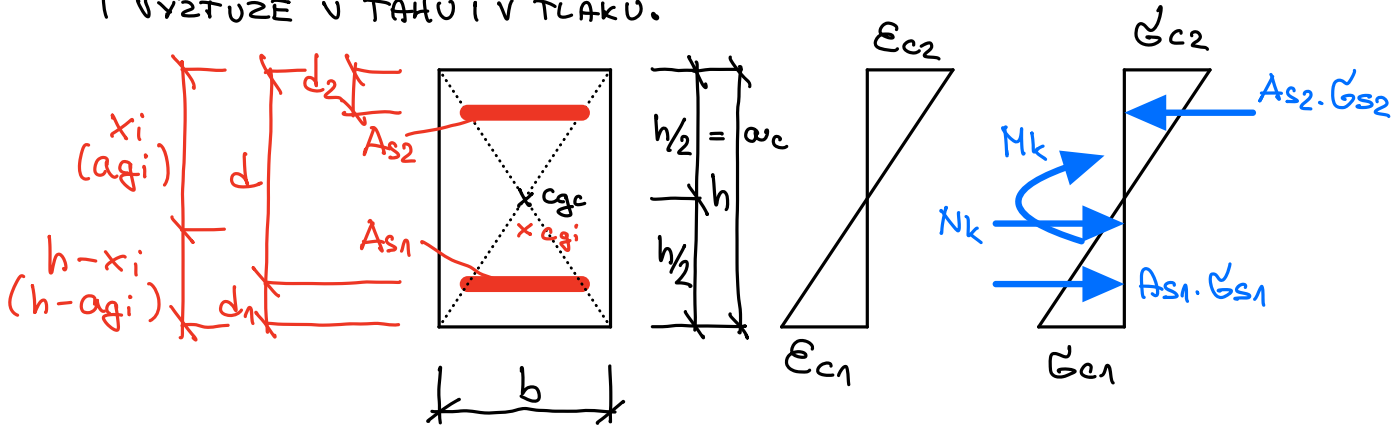
$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_i}{h - x_i}$$

- $f_{ctm}$  - PRŮMĚRNÁ PEVNOST BETONU V TAHU
- $I_i$  - MOMENT SETRVAČNOSTI IDEÁLNÍHO PŘŮŘEZU BEZ PORUŠENÍ TRHLINOU → STEINEROVA VĚTA
- $h$  - VÝŠKA PŘŮŘEZU
- $x_i$  - VÝŠKA TLACENĚ ČÁSTI PŘŮŘEZU → POLOHA TĚŽIŠTĚ IDEÁLNÍHO PŘŮŘEZU

# PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY NA IDEÁLNÍM PRŮŘEZU

## A) PRŮŘEZ BEZ TRHLINY

→ PLNĚ PŮSOBENÍ BETONOVĚHO PRŮŘEZU A PRŮZNĚ CHOVÁNÍ BETONU I VÝTUVĚ V TAHU I V TLAKU.



- PLOCHA I.P.

$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2})$$

$A_{s1}$  - TAŽENÁ VÝTUVĚ  
 $A_{s2}$  - TLAČENÁ VÝTUVĚ

- VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ I.P. OD HORNÍHO OKRAJE

$$a_{gi} = \frac{A_c \cdot w_c + \alpha_e A_{s1} \cdot d + \alpha_e A_{s2} \cdot d_2}{A_i}$$

- MOMENT SETRVAČNOSTI I.P. K JEHO TĚŽIŠTI

$$I_i = I_c + A_c \cdot (a_{gi} - w_c)^2 + \alpha_e A_{s1} \cdot (d - a_{gi})^2 + \alpha_e A_{s2} \cdot (a_{gi} - d_2)^2$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

## B) PRŮŘEZ S TRHLINOU

- VÝPOČET VÝŠKY TLAČENÉ ČÁSTI PRŮŘEZU ( $x$ )  
 → VL. NIŽE

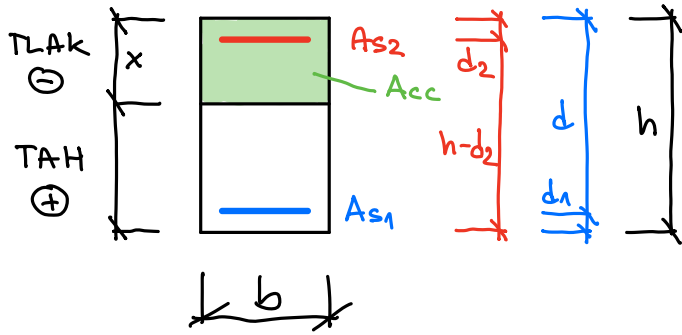
- MOMENT SETRVAČNOSTI  
 → UVEČÍME 2 PODMÍNKY, ŽE TĚŽIŠTNÍ OSA TRHLINOU OSLABENÉHO I.P. LEŽÍ VE VZDÁLENOSTI  $x$  OD TLAČENÉHO OKRAJE PRŮŘEZU

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x^3 + \alpha_e A_{s1} \cdot (d - x)^2 + \alpha_e A_{s2} \cdot (x - d_2)^2$$

\* POZN. → PRO  $t = 28$  DNŮ →  $\alpha_e$   
 PRO  $t = \infty$  →  $\alpha_{e,eff}$  ⇒ NOVĚ PRŮŘEZOVÉ CHAR.

# VÝPOČET VÝŠKY TLAČENÉ ČÁSTI PRŮŘEZU

## A) TLAČENÁ A TAŽENÁ VÝZTUŽ



STATICKÝ MOMENT

$$S = A \cdot z_{cg}$$

STATICKÉ MOMENTY K "x"



$$x \cdot b \cdot \frac{x}{2} + \sigma_c \cdot A_{s2} \cdot (x - d_2) - \sigma_c \cdot A_{s1} \cdot (d - x) = 0$$

$$x^2 \cdot \frac{b}{2} + \sigma_c \cdot A_{s2} \cdot x - \sigma_c \cdot A_{s2} \cdot d_2 - \sigma_c \cdot A_{s1} \cdot d + \sigma_c \cdot A_{s1} \cdot x = 0$$

$$x^2 \cdot \frac{b}{2} + \sigma_c \cdot x \cdot (A_{s2} + A_{s1}) - \sigma_c \cdot (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2) = 0$$

$$x^2 + \frac{2 \cdot \sigma_c \cdot x}{b} (A_{s1} + A_{s2}) - \frac{2 \cdot \sigma_c}{b} (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2) = 0 \rightarrow \text{KVADRAT. ROVNICE}$$

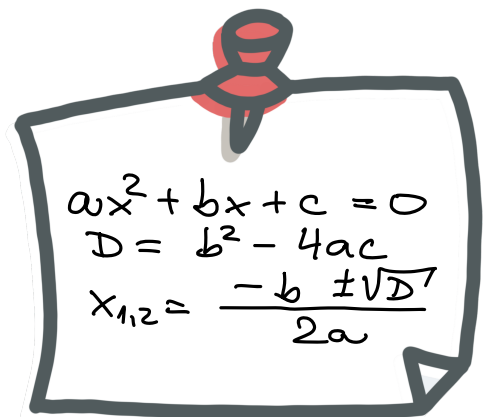
$$x = -\frac{\sigma_c}{b} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) + \sqrt{\left[ \frac{\sigma_c}{b} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \right]^2 + \frac{2 \cdot \sigma_c}{b} \cdot (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)}$$

## B) POUZE TAŽENÁ VÝZTUŽ

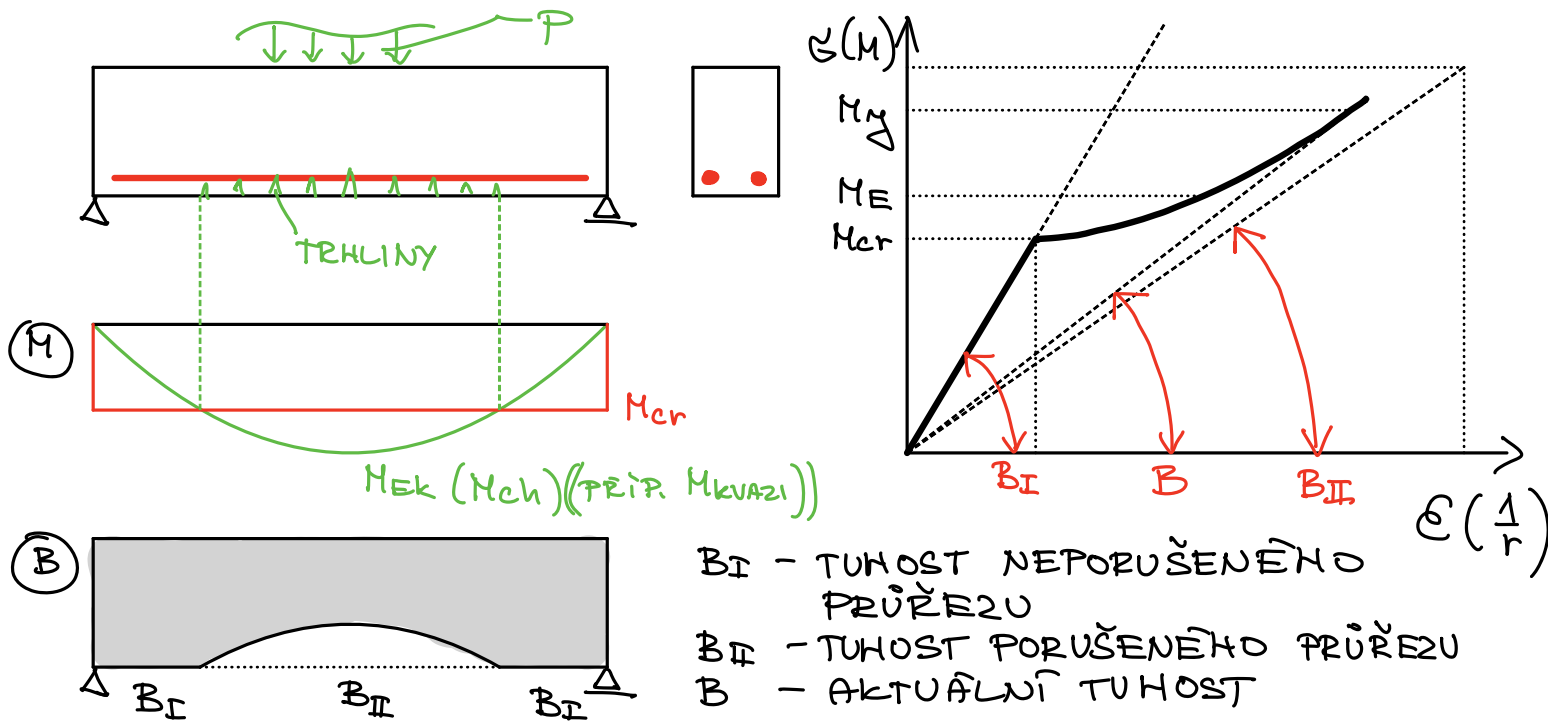
$$x \cdot b \cdot \frac{x}{2} - \sigma_c \cdot A_{s1} \cdot (d - x) = 0$$

$$x^2 + \frac{2 \cdot \sigma_c \cdot x}{b} \cdot A_{s1} - \frac{2 \cdot \sigma_c}{b} \cdot A_{s1} \cdot d = 0$$

$$x = -\frac{\sigma_c}{b} \cdot A_{s1} + \sqrt{\left( \frac{\sigma_c}{b} \cdot A_{s1} \right)^2 + \frac{2 \cdot \sigma_c}{b} \cdot A_{s1} \cdot d}$$



# VLIV PORUŠENÍ PRŮŘEZU TRHLINAMI



$M_{cr}$  - OHYBOVÝ MOMENT NA MEZI VZNIKU TRHLIN  
 $M_E$  - OHYBOVÝ MOMENT UVAŽOVANÉHO ZATÍŽENÍ  
 $M_g$  - OHYBOVÝ MOMENT PŘI KTERÉM DOSAHE VÝTUŽ MEZ KLUZU

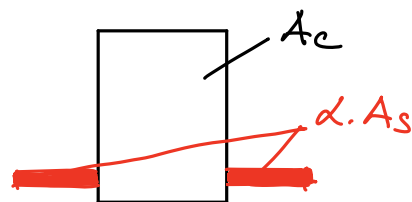
## A) PRŮŘEZ NEPORUŠENÝ TRHLINAMI

$$M_{ch} \leq M_{cr}$$

$$B_I = I_I \cdot E_{cm}$$

$$B_I = I_I \cdot E_{c,eff}$$

PRO  $t=28$  DNŮ  
 PRO  $t=\infty$



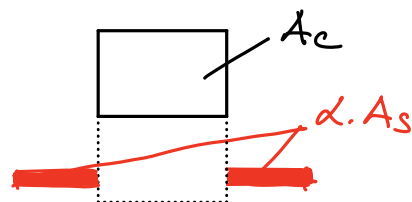
## B) PRŮŘEZ PORUŠENÝ TRHLINAMI

$$M_{ch} > M_{cr}$$

$$B_{II} = I_{II} \cdot E_{cm}$$

$$B_{II} = I_{II} \cdot E_{c,eff}$$

PRO  $t=28$  DNŮ  
 PRO  $t=\infty$



$I_I$  - MOMENT SETRVAČNOSTI I.P. NEPORUŠENÉHO TRHLINAMI  
 $I_{II}$  - MOMENT SETRVAČNOSTI I.P. PORUŠENÉHO TRHLINAMI  
 $M_{ch}$  - MOMENT OD CHARAKTERISTICKÉ KOMBINACE  
 $M_{cr}$  - MOMENT NA MEZI VZNIKU TRHLIN

## C) AKTUÁLNÍ TUHOST → INTERPOLACE VZTAHŮ I A II

$$B \Rightarrow \frac{1}{B} = \frac{1-\xi}{B_I} + \frac{\xi}{B_{II}}$$

$$\xi = 1 - \beta \cdot \left( \frac{M_{cr}}{M_{ch}} \right)^2$$

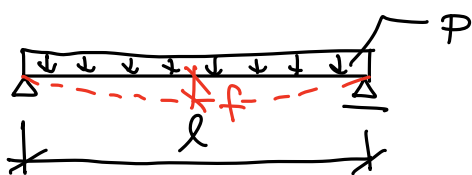
[DZETA]  $\xi$

ROZDĚLOVACÍ KOFICIENT

$\beta = 0,5$   
VLIV OPAKOVÁNÍ ZATÍŽENÍ

# OVĚŘENÍ PRŮHYBU UPROSTŘED VYŠETROVANĚHO NOSNÍKU

## VÝPOČET PRŮHYBU



$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot I}$$

A) LIMITNÍ PRŮHYB PŘI KVAZISTALÉM ZATÍŽENÍ PO ZHOTOVENÍ (ZABUDOVÁNÍ) PRVKU

$$f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{kva} \cdot l^4}{B} \leq f_{lim} = \frac{1}{500} \cdot l$$

$$B < \begin{matrix} I_i \rightarrow \text{S/BEZ TRHLIN} \\ E_{cm} \rightarrow \text{BEZ DOTVAROVÁNÍ} \end{matrix}$$

B) LIMITNÍ PRŮHYB PŘI KVAZISTALÉM ZATÍŽENÍ PO CELOU DOBU ŽIVOTNOSTI KONSTRUKCE  $\rightarrow$  DLOUHODOBÝ PRŮHYB (VLIV SMRŠŤOVÁNÍ A DOTVAROVÁNÍ)

$$f_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{kva} \cdot l^4}{B}$$

$$B < \begin{matrix} I_i \rightarrow \text{S/BEZ TRHLIN} \\ E_{c,eff} \rightarrow \text{S VLIVEM DOTVAROVÁNÍ} \end{matrix}$$

## VÝPOČET SMRŠŤOVÁNÍ (POMOCÍ KŘIVOSTI)

$\hookrightarrow$  ZAHŔNE SE JAKO PŘÍDAVNÝ PRŮHYB  $f_{sh}$

$$\frac{1}{r_{es}} = E_{cs} \cdot \alpha_{e,eff} \cdot \frac{S}{I}$$

$$\frac{S}{I} = \frac{S_I}{I_I} \cdot (1 - \xi) + \frac{S_{II}}{I_{II}} \cdot \xi$$

S - STATICKÝ MOMENT PRŮŘEZOVÉ PLOCHY VÝZTUŽE K TĚŽIŠŤI PRŮŘEZU

I - MOMENT SETRVAČNOSTI IDEALNÍHO PRŮŘEZU

$$E_{cs} = 0,00035$$

$\rightarrow$  PŘÍDAVNÝ PRŮHYB OD SMRŠŤOVÁNÍ BETONU  $f_{sh}$  ZÍSKÁME JAKO MOMENT NA DUALNÍM NOSNÍKU ZATÍŽENĚM KŘIVOSTÍ.

$$\left( \frac{1}{r} = \frac{M}{EI} \right)$$

$$f_{sh} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{r_{es}} \cdot l^2$$

$\rightarrow$  VÝSLEDNÝ PRŮHYB OD DOTVAROVÁNÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU:

$$f_2 + f_{sh} \leq f_{lim} = \frac{1}{250} \cdot l$$

## 7.4 Omezení průhybu

### 7.4.1 Obecné předpoklady

- (1)P Deformace prvku nebo konstrukce nesmí nepříznivě ovlivnit jejich řádnou funkčnost nebo vzhled.
- (2) Příslušné mezní hodnoty průhybu se mají stanovit s přihlédnutím k povaze konstrukce, její povrchové úpravě, příčkám, pevnému vybavení a funkci konstrukce.
- (3) Deformace nemají překročit hodnoty, kterým mohou být vystaveny jiné prvky napojené na konstrukci, jako jsou příčky, zasklení, obklady, technická zařízení budov nebo povrchové úpravy. V některých případech lze požadovat omezení deformace, aby se zajistila správná funkce strojního zařízení nebo přístrojů nesených konstrukcí, popř. aby se zabránilo tvoření prohlubní na plochých střeších.

POZNÁMKA Mezní hodnoty průhybů dále uvedené v bodě (4) a (5) jsou odvozeny z ISO 4356 a mají obecně zajistit vyhovující funkčnost pozemních staveb, a to např. obytných, administrativních a veřejných budov nebo továren. Je však třeba se přesvědčit, že mezní hodnoty jsou vhodné pro konkrétní uvažované konstrukce, a že zde nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky. Další údaje o průhybech a mezních hodnotách lze získat z ISO 4356.

(4) Vzhled a obecná použitelnost konstrukce mohou být ohroženy, pokud vypočtený průhyb nosníku, desky nebo konzoly při kvazi-stálém zatížení překročí hodnotu  $1/250$  rozpětí. Průhyb se stanoví ve vztahu k podporám. Pro kompenzaci celého průhybu nebo jeho části lze použít nadvýšení, avšak nadvýšení bednění nemá celkově překročit hodnotu  $1/250$  rozpětí.

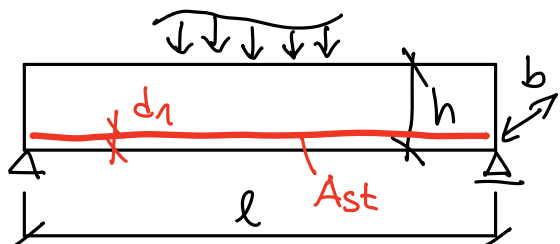
(5) Průhyby, které mohou poškodit přilehlé části konstrukcí, mají být omezeny. Obvykle vyhovující mezní hodnota průhybu po zabudování prvku od kvazi-stálé kombinace zatížení je  $1/500$  rozpětí. V závislosti na citlivosti na porušení přilehlých částí lze uvažovat i jiná omezení.

(6) Mezní stav přetvoření může být ověřován

- buď omezením poměru rozpětí/výška podle 7.4.2,
- nebo porovnáním vypočteného průhybu s mezní hodnotou podle 7.4.3.

POZNÁMKA Skutečné deformace se mohou lišit od vypočtených hodnot zvláště v případech, kdy hodnoty působících momentů se blíží k hodnotám momentů při vzniku trhlin. Tyto rozdíly budou záviset na rozptylu materiálových vlastností, na podmínkách prostředí, na historii zatěžování, na omezení přetvoření v podporách, na základových podmínkách, atd..

## ZADÁNÍ PRO MSP - PRŮHYB



PRO  $b = 1 \text{ m} \rightarrow$  DESKA  
 $b < 1 \text{ m} \rightarrow$  PRŮVLAK

$$\begin{aligned} f_1 &= ? \text{ mm} \\ f_2 + f_{sh} &= ? \text{ mm} \end{aligned}$$

$t = 28 \text{ dnů}$   
 $t = \infty$

ZATÍŽENÍ  $\leftarrow$  STÁLĚ  $\leftarrow$  VL. TÍHA  
                   $\leftarrow$  PROMĚNNĚ - UŽITNĚ  $\leftarrow$  OSTATNÍ

$g_{ko}$   
 $g_{k1}$   
 $g_{k2}$  ;  $\psi_0$  ;  $\psi_2$

**PRŮHYB S TRHLINOU A DOTVAROVÁNÍM - ZADÁNÍ**

n	b	h	l	Výztuž	ks;rozteč	d_1	Beton	Ocel	$f_i(t;t_0)$	g_k1	q_k	psí_0	psí_2	n
-	m	m	m	mm	ks;mm	m	-	-	-	kN/m	kN/m	-	-	-
1	0.250	0.500	5.0	20	2	0.045	C30/37	B500	2.2	6.0	12.0	1	0.6	1
2	0.275	0.550	5.5	20	3	0.045	C30/37	B500	2.2	7.0	14.0	1	0.6	2
3	0.300	0.600	6.0	20	3	0.045	C30/37	B500	2.3	8.0	16.0	1	0.6	3
4	0.325	0.650	6.5	20	4	0.045	C30/37	B500	2.3	9.0	18.0	1	0.6	4
5	0.350	0.700	7.0	20	4	0.045	C30/37	B500	2.3	10.0	20.0	1	0.6	5
6	1.000	0.250	7.5	14	75	0.045	C30/37	B500	1.8	1.7	6.0	1	0.6	6
7	1.000	0.280	8.0	14	75	0.045	C30/37	B500	2	1.8	5.0	1	0.6	7
8	1.000	0.200	5.0	12	150	0.045	C30/37	B500	2	1.9	4.0	1	0.6	8
9	1.000	0.220	5.5	12	125	0.045	C30/37	B500	1.8	2.0	3.0	1	0.6	9
10	1.000	0.300	6.0	12	150	0.045	C30/37	B500	2	2.1	2.0	1	0.6	10
11	0.325	0.650	6.5	20	4	0.045	C20/25	B500	2.2	10.0	20.0	1	0.6	11
12	0.350	0.700	7.0	20	4	0.045	C20/25	B500	2.2	9.0	18.0	1	0.6	12
13	0.375	0.750	7.5	20	4	0.045	C20/25	B500	2.2	8.0	16.0	1	0.6	13
14	0.400	0.800	8.0	20	4	0.045	C20/25	B500	2.3	7.0	14.0	1	0.6	14
15	0.250	0.500	5.0	20	2	0.045	C20/25	B500	2.3	6.0	12.0	1	0.6	15
16	1.000	0.275	5.5	12	175	0.045	C20/25	B500	2	1.7	2.0	1	0.6	16
17	1.000	0.200	6.0	12	100	0.045	C20/25	B500	1.8	1.8	3.0	1	0.6	17
18	1.000	0.220	6.5	14	100	0.045	C20/25	B500	2	1.9	4.0	1	0.6	18
19	1.000	0.280	7.0	14	100	0.045	C20/25	B500	2	2.0	5.0	1	0.6	19
20	1.000	0.300	7.4	14	100	0.045	C20/25	B500	1.8	2.1	6.0	1	0.6	20
21	0.400	0.800	8.0	20	3	0.045	C25/30	B500	2.2	6.0	12.0	1	0.6	21
22	0.250	0.500	5.0	20	2	0.045	C25/30	B500	2.2	7.0	14.0	1	0.6	22
23	0.275	0.550	5.5	20	3	0.045	C25/30	B500	2.2	8.0	16.0	1	0.6	23
24	0.300	0.600	6.0	20	3	0.045	C25/30	B500	2.3	9.0	18.0	1	0.6	24
25	0.325	0.650	6.5	20	4	0.045	C25/30	B500	2.3	10.0	20.0	1	0.6	25
26	1.000	0.280	7.0	12	100	0.045	C25/30	B500	1.9	1.7	2.5	1	0.6	26
27	1.000	0.300	7.5	14	125	0.045	C25/30	B500	2	1.8	3.5	1	0.6	27
28	1.000	0.300	7.9	12	75	0.045	C25/30	B500	2	1.9	4.5	1	0.6	28
29	1.000	0.250	5.0	12	150	0.045	C25/30	B500	1.8	2.0	5.5	1	0.6	29
30	1.000	0.260	5.4	12	125	0.045	C25/30	B500	2	2.1	6.5	1	0.6	30
31	0.300	0.600	6.0	20	4	0.045	C35/45	B500	2.75	10.0	20.0	1	0.6	31
32	0.325	0.650	6.5	20	4	0.045	C35/45	B500	2.75	9.0	18.0	1	0.6	32
33	0.350	0.700	7.0	20	4	0.045	C35/45	B500	2.75	8.0	16.0	1	0.6	33
34	0.375	0.750	7.5	20	4	0.045	C35/45	B500	2.75	7.0	14.0	1	0.6	34
35	0.400	0.800	8.0	20	3	0.045	C35/45	B500	2.75	6.0	12.0	1	0.6	35

n je pořadové číslo

b je šířka průvlaku (když b=1m ->deska)

h je výška průvlaku (nebo desky)

l je statické rozpětí ( $l=l_{ef}$ )

d\_1 je vzdálenost těžiště tažené výztuže k taženému okraji

$f_i(t;t_0)$  je koeficient dotvarování

g\_k1 je stálé zatížení

q\_k je proměnné zatížení



# MEZNÍ STAV TRHLIN (OVĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN)

→ NEPŘÍME OVĚŘENÍ (POMOCÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD)  
 → min  $A_s$ ; max  $\emptyset$ ; max  $s$

## $A_{s,min}$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} < A_s$$

$k_c = 0,4$  PRO OHYB, VLIV PŮSOBENÍ NAMÁHANÍ

$k \rightarrow$  VLIV NEROVNOMĚRNÉHO ROZDĚLENÍ NAPĚTÍ PO VÝŠCE PRŮŘEZU

$k = 1,0$  PRO  $h \leq 300$   
 $k = 0,65$  PRO  $h \geq 800$  } LIN. INTERPOLACE

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$  ZA PŘEDPOKLADU VZNIKU TRHLIN AŽ PO 28 DNECH OD BETONÁŽE

$A_{ct} = \frac{h}{2} \cdot b \rightarrow$  PLOCHA TAŽENÉ ČÁSTI PRŮŘEZU PŘED VZNIKEM TRHLIN

$\sigma_s = f_y \cdot k \cdot \frac{M_{qp}}{M_{pd}}$  → NAPĚTÍ VE VÝTUŽI

$M_{qp}$  - MOMENT OD KVAZISTÁLE KOMBINACE

$M_{pd}$  - MOMENT NA MG21 ÚNOSNOSTI

## $\max \emptyset$

PRO OHYB (ALESPOŇ ČÁST PRŮŘEZU JE TLAČENA):

$$\emptyset < \emptyset_s = \emptyset_s^* \cdot \left( \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \right) \cdot \left( \frac{k_c \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h-d)} \right)$$

$\emptyset_s^*$  - LIMITNÍ PRŮMĚR VÝTUŽE PODLE TABULKY 7.2CZ

$h_{cr} = \frac{h}{2}$

$h$  - VÝŠKA PRŮŘEZU

$d$  - ÚČINNÁ VÝŠKA PRŮŘEZU

## $S_{max}$

$$S < S_{max} \text{ DLE TABULKY 7.3CZ}$$

Tabulka 7.2CZ – Maximální průměr prutů  $\emptyset_s$  pro omezení šířky trhlin,<sup>1)</sup>

Napětí ve výtuži <sup>2)</sup> [MPa]	Maximální průměr prutů [mm]			
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm	$w_k = 0,1$ mm
120	116	84	52	21
160	63	45	27	10
200	36	28	16	5
240	26	18	10	-
280	19	13	7	-
320	14	9	5	-
360	10	7	-	-
400	8	5	-	-

<sup>1)</sup> Hodnoty v tabulce vycházejí z následujících předpokladů:

betonová krycí vrstva  $c = 36$  mm (průměrná hodnota  $k_c$  při betonové krycí vrstvě 25 a 50 mm);  $f_{ct,eff} = 2,9$  MPa;  $k = 1,0$ ;  $k_c = 0,4$ ;  $k_1 = 0,4$ ;  $h_{cr} = 0,5 h$ ;  $h_{c,eff} = 2,5 (h-d) = 0,1 h$ ;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,425$ ;  $k_4 = 3,4 (25/c)^{2,3} \leq 3,4$  a  $(\sigma_{sm} - \sigma_{cm}) = 0,6 \cdot \sigma_s / E_s$

<sup>2)</sup> Při odpovídající kombinaci účinků zatížení.

„Tabulka 7.3CZ – Maximální vzdálenost prutů pro omezení šířky trhliny<sup>1)</sup>

Napětí ve výtuži [MPa]	Maximální vzdálenost prutů [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

<sup>1)</sup> Poznámky jsou vysvětleny v tabulce 7.2CZ.