NCCI: Vzpěrná délka sloupů: přesná metoda

Tento NCCI informuje o stanovení vzpěrných délek sloupů k posouzení vzpěrné únosnosti s použitím poměrné štíhlosti. Uvedeny jsou jednoduché pomůcky (např. grafy a tabulky).

Obsah

1. Všeobecně 2

2. Sloupy ve skeletech budov 2

1. Všeobecně

Vzpěrná délka tlačeného prutu L_{cr} je délkou jinak podobného prutu s "kloubovým uložením" (s konci podepřenými vůči příčnému posunu ale s volným natáčením ve směru vybočení), který má stejnou pružnou kritickou sílu.

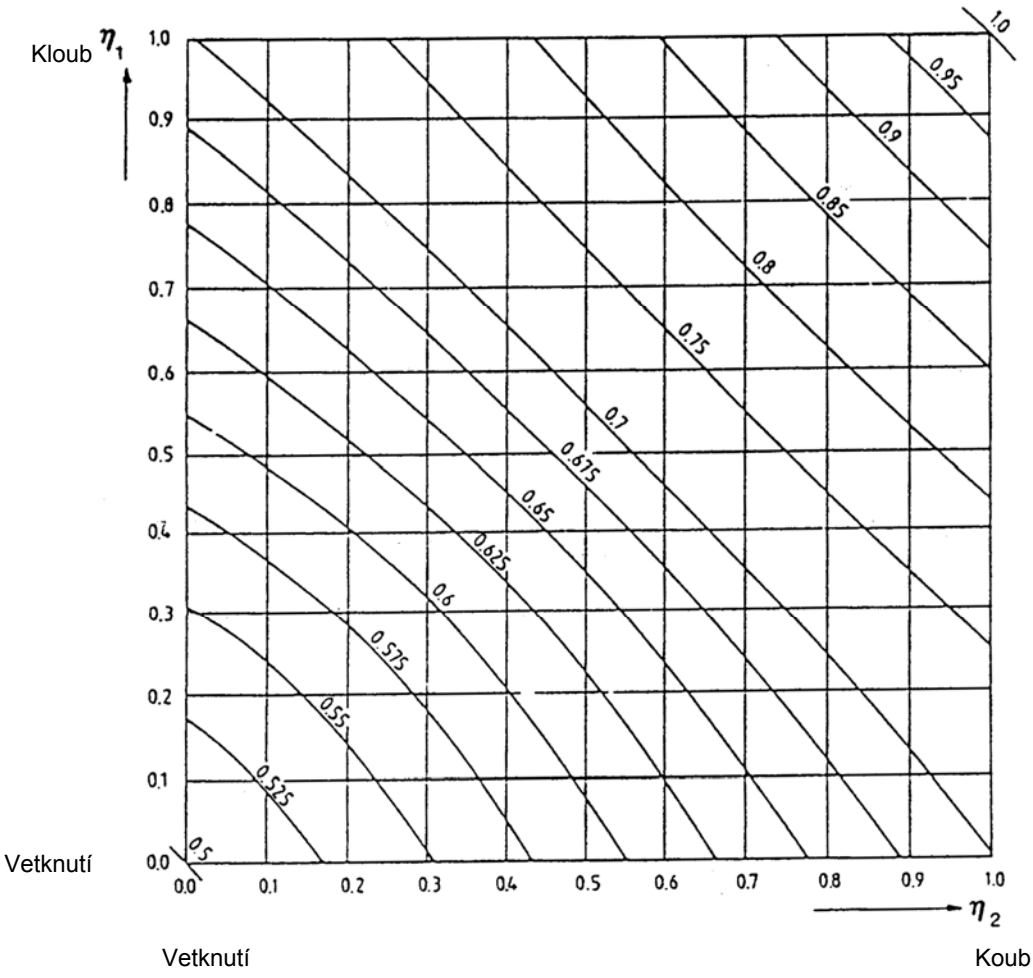
Není-li k dispozici přesnější řešení, lze konzervativně uvažovat teoretickou vzpěrnou délku plynoucí z pružného kritického stabilitního řešení.

Ekvivalentní vzpěrnou délku lze zavést též na základě srovnání kritického zatížení prutu s proměnnou silou a jinak stejného prutu s konstantní silou.

Ekvivalentní vzpěrnou délku lze zavést i na základě srovnání kritického zatížení prutu s proměnným průřezem a prutu s konstantním průřezem se stejným zatížením a stejnými okrajovými podmínkami.

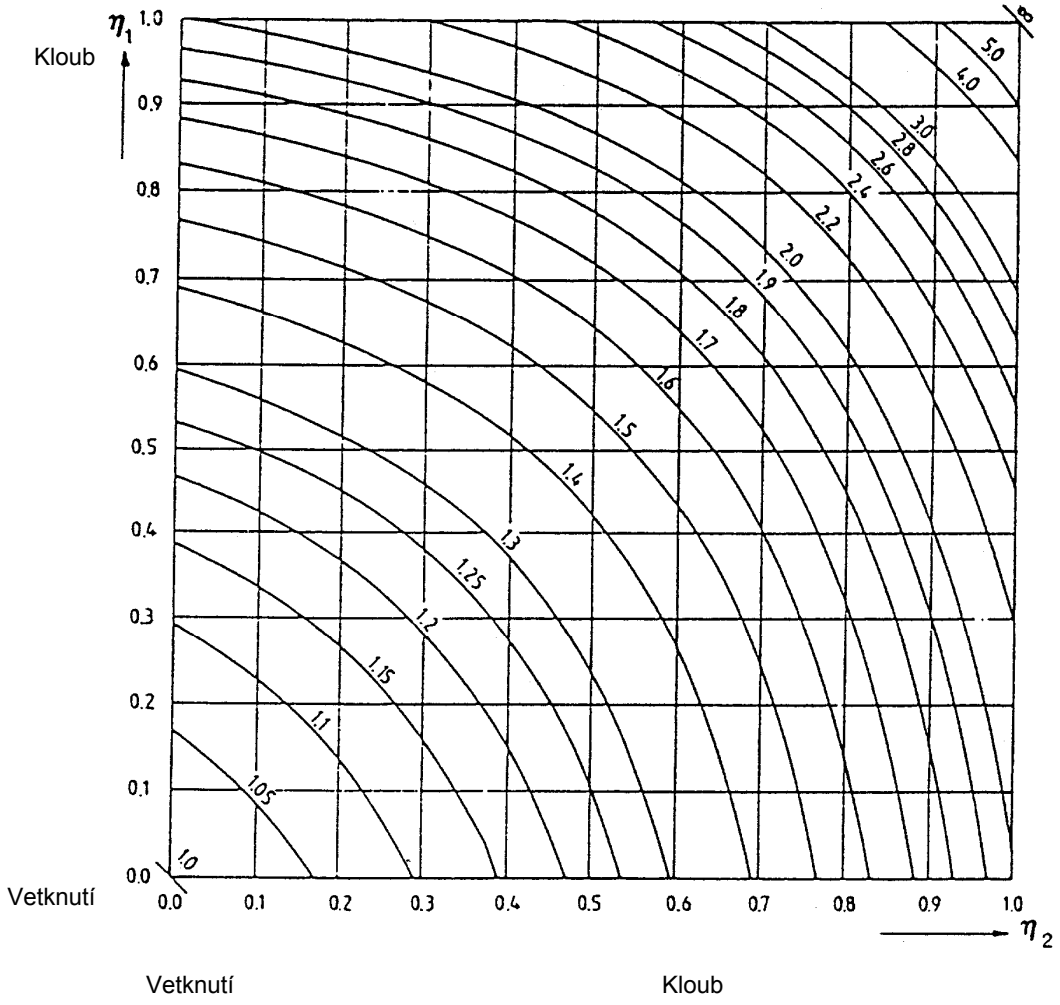
2. Sloupy ve skeletech budov

Vzpěrnou délku sloupu L_{cr} pro neposuvné styčníky lze získat z obrázku 2.1.



Obrázek 2.1 Poměr délek L_{cr} / L pro sloup konstrukce s neposuvnými styčníky

Vzpěrnou délku sloupu L_{cr} pro posuvné styčníky lze získat z obrázku 2.2.



Obrázek 2.2 Poměr délek L_{cr} / L pro sloup konstrukce s posuvnými styčníky

Místo odečtu hodnot z obrázků 2.1 a 2.2 lze použít následující přibližné empirické konzervativní vztahy:

a) Neposuvné styčníky (obrázek 2.1)

$$\frac{L_{cr}}{L} = 0{,}5 + 0{,}14(\eta_1 + \eta_2) + 0{,}055(\eta_1 + \eta_2)^2 \qquad (2.1)$$

b) Posuvné styčníky (obrázek 2.2)

$$\frac{L_{cr}}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0{,}2(\eta_1 + \eta_2) - 0{,}12\eta_1\eta_2}{1 - 0{,}8(\eta_1 + \eta_2) + 0{,}6\eta_1\eta_2}} \qquad (2.2)$$

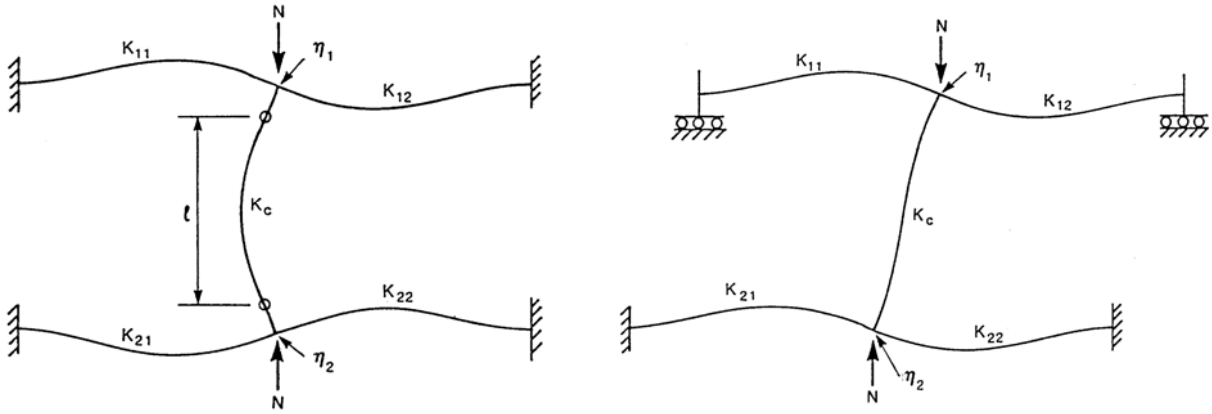
Pro teoretické modely na obrázku 2.3 se rozdělovací součinitele η_1 a η_2 získají ze vztahů:

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} \tag{2.3}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}} \tag{2.4}$$

kde K_c je součinitel tuhosti I/L pro sloup,

a K_{ij} je účinný součinitel tuhosti nosníku.



(a) Neposuvné styčníky (b) Posuvné styčníky

Obrázek 2.3 Rozdělovací součinitele pro sloupy

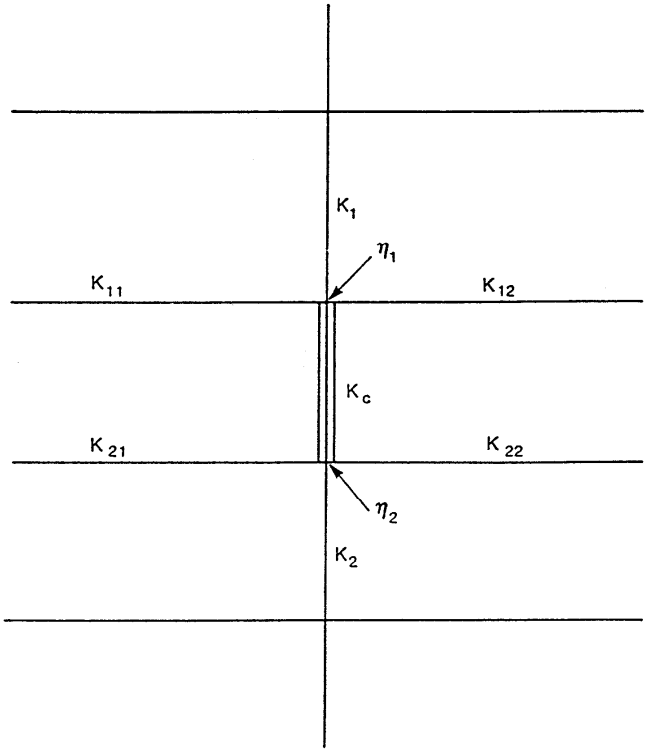
Tyto modely lze přizpůsobit pro návrh spojitého sloupu s tím, že se předpokládá zatížení každého pole sloupu ve stejném poměru (N/N_{cr}). V obecném případě, kdy poměr (N/N_{cr}) je různý, to vede ke konzervativní hodnotě L_{cr}/L pro nejkritičtější pole sloupu.

Výše uvedený předpoklad pro každé pole spojitého sloupu lze modelovat podle obrázku 2.4 pro následující rozdělovací součinitele η_1 a η_2:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}} \tag{2.5}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}} \tag{2.6}$$

kde K_1 a K_2 jsou součinitele tuhosti sousedních polí sloupu.



Obrázek 2.4 Rozdělovací součinitele pro spojitý sloup

Pokud nosníky nejsou zatíženy velkou osovou silou, mohou být jejich účinné součinitele tuhosti určeny podle tabulky 2.1 za předpokladu, že zůstanou pro návrhový moment v pružném stavu.

Tabulka 2.1 Účinné součinitele tuhosti nosníku

Podmínky pro natočení na vzdáleném konci nosníku	**Účinný součinitel tuhosti nosníku *K* (za předpokladu, že nosník zůstává v pružném stavu)**
Vetknutí na vzdáleném konci	$1{,}0\dfrac{I}{L}$
Kloub na vzdáleném konci	$0{,}75\dfrac{I}{L}$
Natočení jako na přilehlém konci (dvojitá křivost)	$1{,}5\dfrac{I}{L}$
Pootočení stejné, ale opačného smyslu než na přilehlém konci (jednoduchá křivost)	$0{,}5\dfrac{I}{L}$
Obecný případ: natočení θ_a na přilehlém konci a θ_b na vzdáleném konci	$\left(1+0{,}5\dfrac{\theta_b}{\theta_a}\right)\dfrac{I}{L}$

Pro skelety budov s betonovými stropními deskami, a za předpokladu, že skelet je pravidelný a zatížení rovnoměrné, lze s dostatečnou přesností předpokládat, že účinné součinitele tuhosti nosníků jsou podle tabulky 2.2.

Tabulka 2.2 Účinný součinitel tuhosti nosníku skeletu budovy s betonovými stropními deskami

Zatížení nosníku	**neposuvné styčníky**	**posuvné styčníky**
Nosníky přímo podporující betonové stropní desky	$1{,}0\frac{I}{L}$	$1{,}0\frac{I}{L}$
Ostatní přímo zatížené nosníky	$0{,}75\frac{I}{L}$	$1{,}0\frac{I}{L}$
Nosníky namáhané pouze koncovými momenty	$0{,}5\frac{I}{L}$	$1{,}5\frac{I}{L}$

V místě nebo bodech, kde pro daný zatěžovací stav přesáhne návrhový moment kteréhokoliv nosníku hodnotu $W_{el} f_y/\gamma_{M0}$, lze konzervativně předpokládat kloubové uložení.

Pokud má nosník polotuhé připojení, má se jeho účinný součinitel tuhosti přiměřeně zredukovat.

Jsou-li nosníky namáhány velkými osovými silami, mají se jejich účinné součinitele tuhosti přiměřeně upravit. Mohou se použít stabilitní funkce. Zjednodušeně lze zvětšení účinného součinitele tuhosti vlivem osového tahu zanedbat a účinky osového tlaku (když $N/N_E > 0{,}1$) zahrnout vynásobením momentu setrvačnosti nosníku I součinitelem

$$\left(1 - 0{,}4\frac{N}{N_E}\right)$$

kde $$N_E = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

popř. použít konzervativní aproximace podle tabulky 2.3.

Tabulka 2.3 Přibližné vztahy pro redukované součinitele tuhosti vlivem osového tlaku

Podmínky pro natočení na vzdáleném konci nosníku	**Účinný součinitel tuhosti nosníku *K* (za předpokladu, že nosník zůstává v pružném stavu)**
Vetknutí	$1{,}0\frac{I}{L}\left(1-0{,}4\frac{N}{N_{\mathrm{E}}}\right)$
Kloub	$0{,}75\frac{I}{L}\left(1-1{,}0\frac{N}{N_{\mathrm{E}}}\right)$
Natočení jako na přilehlém konci (dvojitá křivost)	$1{,}5\frac{I}{L}\left(1-0{,}2\frac{N}{N_{\mathrm{E}}}\right)$
Pootočení stejné, ale opačného smyslu než na přilehlém konci (jednoduchá křivost)	$0{,}5\frac{I}{L}\left(1-1{,}0\frac{N}{N_{\mathrm{E}}}\right)$

Quality Record

RESOURCE TITLE	NCCI: Buckling lengths of columns: rigorous approach		
Reference(s)	EN 1993-1-1		
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	**Company**	**Date**
Created by	Matthias Oppe	RWTH	6/6/05
Technical content checked by	Christian Müller	RWTH	10/6/05
Editorial content checked by	D C Iles	SCI	15/7/05
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	30/6/05
2. France	A bureau	CTICM	30/6/05
3. Sweden	A Olsson	SBI	30/6/05
4. Germany	C Müller	RWTH	30/6/05
5. Spain	J Chica	Labein	30/6/05
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	08/6/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by: J. Macháček		CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	F. Wald	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact	F. Wald	CTU in Prague	