

## **Informacje uzupełniające: Długości wyboczeniowe słupów: podejście ścisłe**

*Podano informacje dotyczące obliczania długości wyboczeniowej słupów, używanej do sprawdzenia słupa na wyboczenie (z zastosowaniem smukłości). Podano prosty poradnik (np. wykresy, tablice).*

### **Spis treści**

1. Podstawy	2
2. Słupy w ramach budynków	2

## 1. Podstawy

Długość wyboczeniowa  $L_{cr}$  elementu ściskanego to inaczej długość podobnego elementu z przegubami na końcach (końce zabezpieczone przed bocznym przesunięciem ale z możliwością obrotu w płaszczyźnie), który ma identyczną sprężystą siłę krytyczną.

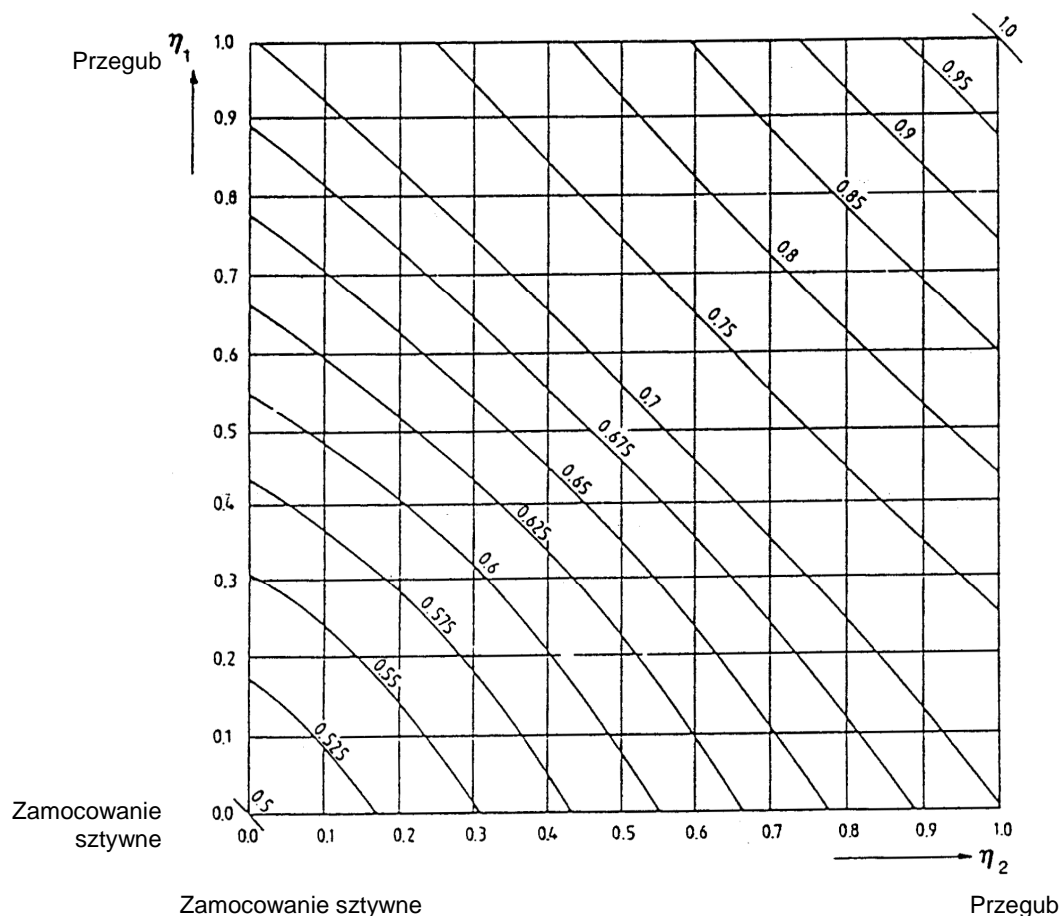
W przypadku braku bardziej ścisłej informacji, teoretyczna długość wyboczeniowa przy sprężystym wyboczeniu krytycznym może być przyjęta konserwatywnie.

Równoważna długość wyboczeniowa może być używana w stosunku do elementu poddanego niejednorodnemu obciążeniu, na podstawie takiego samego elementu poddanego jednorodnemu obciążeniu, który ma taką samą siłę krytyczną.

Równoważna długość wyboczeniowa może być używana w stosunku do elementu o zmiennym przekroju poprzecznym, na podstawie elementu o stałym przekroju poprzecznym o tej samej sile krytycznej oraz z takimi samymi warunkami podparcia i obciążenia.

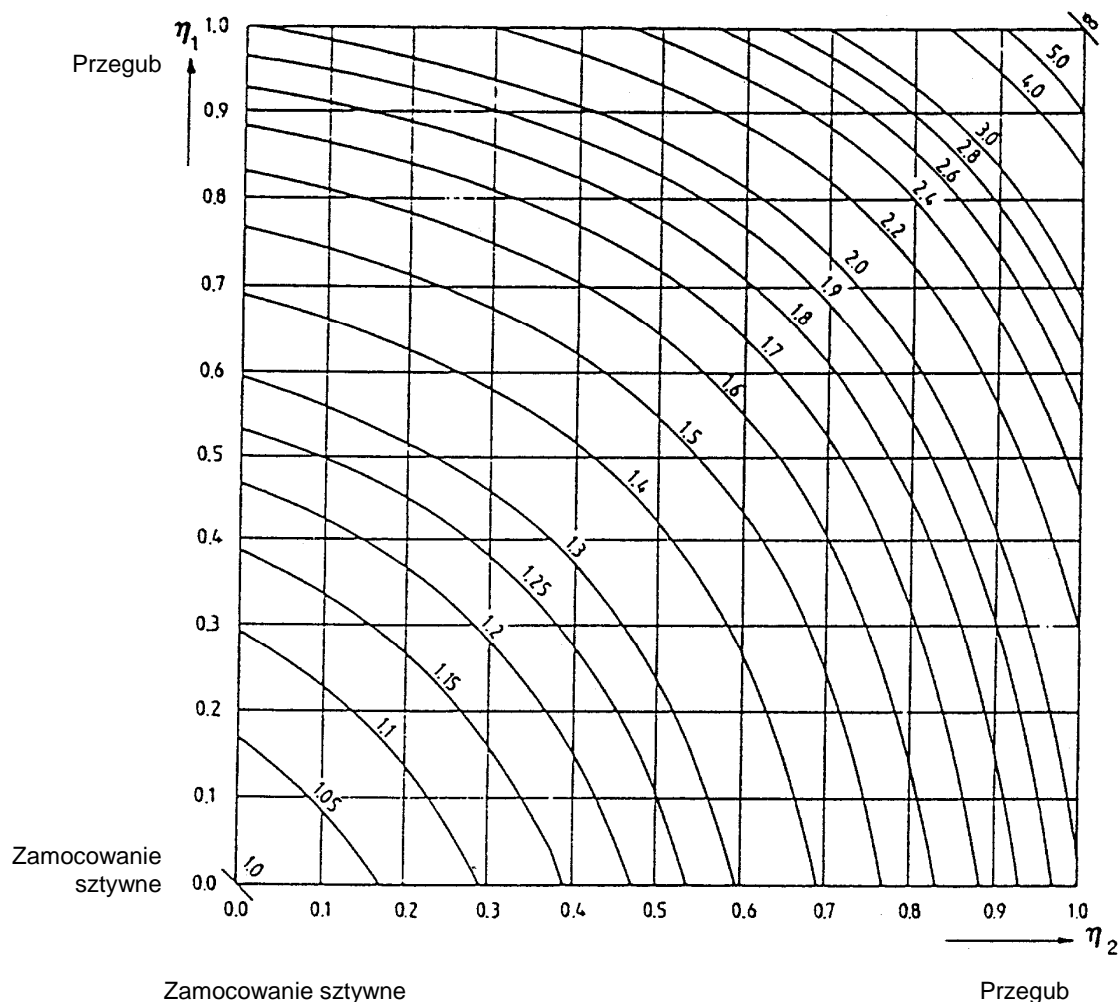
## 2. Słupy w ramach budynków

Długość wyboczeniowa  $L_{cr}$  słupa w układach nieprzesuwnych może być otrzymana z Rys. 2.1.



Rys. 2.1 Współczynnik długości wyboczeniowej  $L_{cr} / L$  dla słupów w układach nieprzesuwnych

Długość wyboczeniowa  $L_{cr}$  słupa w układach przesuwnych może być otrzymana Rys. 2.2.



**Rys. 2.2** Współczynnik długości wyboczeniowej  $L_{cr} / L$  dla słupów w układach przesuwnych

Zamiast odczytywania wartości współczynników z Rys. 2.1 i Rys. 2.2 można stosować następujące empiryczne wyrażenia, które są ostrożnym przybliżeniem wartości z rysunków:

a) słupy w układach nieprzesuwnych (Rys. 2.1)

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

b) słupy w układach przesuwnych (Rys. 2.2)

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

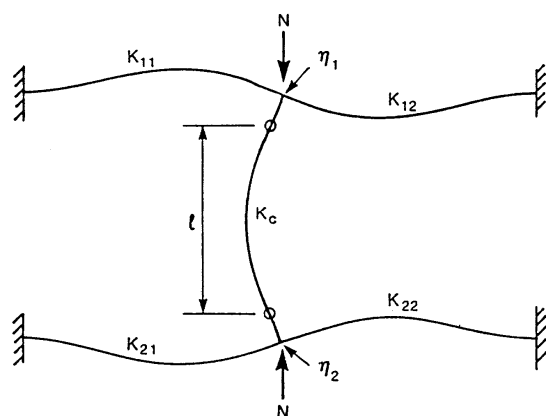
Dla teoretycznych modeli pokazanych na Rys. 2.3 rozkład współczynników  $\eta$  i  $\eta$  jest otrzymany z poniższych wzorów:

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} \quad (2.3)$$

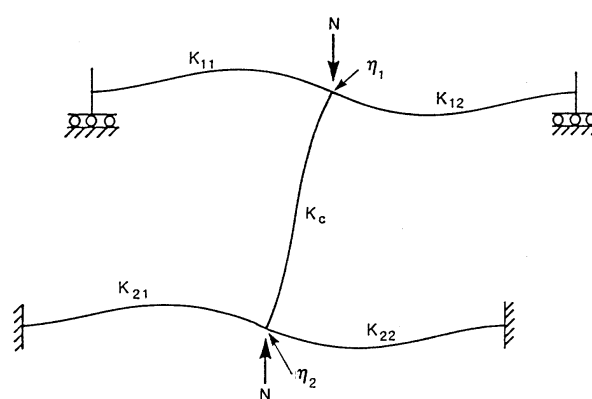
$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}} \quad (2.4)$$

gdzie  $K_c$  sztywność słupa  $I/L$

i  $K_{ij}$  sztywność belki



(a) Słupy w układach nieprzesuwnych



(b) Słupy w układach przesuwnych

**Rys. 2.3 Rozkład współczynników dla słupów**

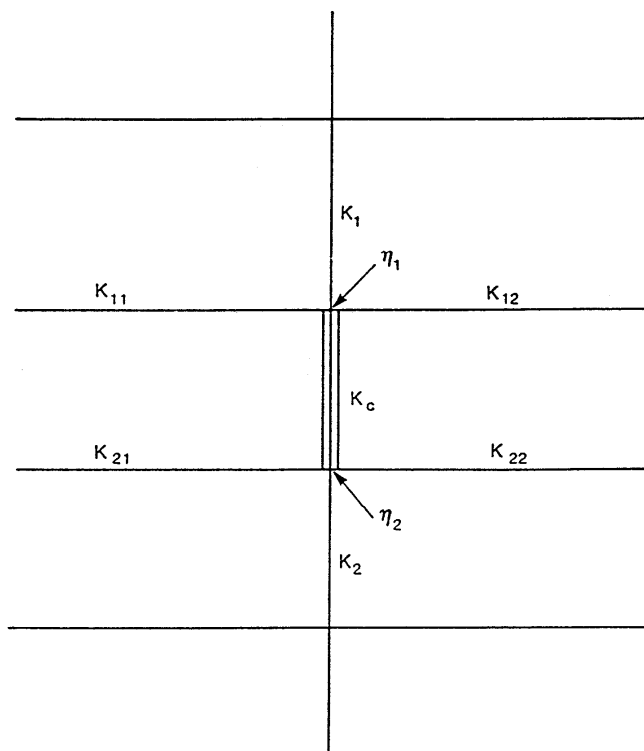
Te modele mogą być zaadaptowane do projektowania słupów ciągłych, przez przyjęcie, że każda długość słupa jest obciążona do tej samej wartości stosunku  $(N/N_{cr})$ . W ogólnym przypadku, gdzie  $(N/N_{cr})$  zmienia się, prowadzi to do konserwatywnej wartości  $L_{cr}/L$  dla słupa największej długości wybocheniowej.

Dla każdej długości ciągłego słupa zrobione powyżej założenie może być wprowadzone przez użycie modelu pokazanego na Rys. 2.4. Współczynniki  $\eta$  i  $\eta$  mogą być obliczone z:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}} \quad (2.5)$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}} \quad (2.6)$$

gdzie  $K_1$  i  $K_2$  sztywności słupów sąsiednich.



**Rys. 2.4 Rozkład współczynników dla słupów ciągłych**

W przypadku gdy belki nie są obciążone znacznymi siłami osiowymi, ich efektywne współczynniki sztywności mogą być określone przez odniesienie do Tablica 2.1, pod warunkiem, że przy obciążeniu obliczeniowymi momentami belki pozostają sprężyste.

**Tablica 2.1 Efektywne współczynniki dla belek**

Warunki obrotu na drugim końcu belki	Efektywny współczynnik K dla belek (pod warunkiem, że belka pozostaje sprężysta)
Drugi koniec sztywno zamocowany	$1,0 \frac{I}{L}$
Drugi koniec przegubowy	$0,75 \frac{I}{L}$
Obrót taki jak przy bliższym końcu (podwójna krzywizna)	$1,5 \frac{I}{L}$
Takie same obroty (ale w przeciwnych kierunkach) na obu końcach belki (pojedyncza krzywizna)	$0,5 \frac{I}{L}$
Przypadek ogólny Obrót $\theta_a$ na bliższym końcu i $\theta_b$ na drugim	$\left(1 + 0,5 \frac{\theta_b}{\theta_a}\right) \frac{I}{L}$

Dla ram budynków ze stropami z płyty betonowej, pod warunkiem że rama jest regularnego układu i obciążenie jest jednakowe, to wartości efektywnych współczynników sztywności belek wystarczająco dokładnie jest przyjąć z Tablica 2.2.

**Tablica 2.2** *Efektywne współczynniki dla belek w ramach budynków z płytami żelbetowymi*

Warunki obciążenia belki	Układy nieprzesuwne	Układy przesuwne
Belki bezpośrednio podpierają betonowe płyty stropowe	$1,0 \frac{I}{L}$	$1,0 \frac{I}{L}$
Inne belki obciążone bezpośrednio	$0,75 \frac{I}{L}$	$1,0 \frac{I}{L}$
Belki z momentami tylko na końcach	$0,5 \frac{I}{L}$	$1,5 \frac{I}{L}$

Gdy dla tego samego przypadku obciążenia, obliczeniowy moment w którejkolwiek z belek przewyższa  $W_{el}f_y/\gamma_{M0}$ , można konserwatywnie założyć, że belka jest w punkcie przegubowa albo punkt jest niestabilny.

W przypadku gdy belka ma podatne węzły, jej efektywny współczynnik sztywności powinien być odpowiednio zmniejszony.

W przypadku gdy belki podlegają znacznym siłom osiowym, ich efektywne współczynniki sztywności powinny być odpowiednio dostosowane. Do tego celu można stosować funkcje stateczności. Można jednak po prostu przyjąć, że względu na osiowe rozciąganie pomija się zwiększenie współczynnika sztywności, natomiast wpływ ściskania (gdy  $N/N_E > 0,1$ ) może być uwzględniony przez pomnożenie momentu bezwładności przekroju belek dwuteowych przez czynnik

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

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

lub przez użycie ostrożnego przybliżenia podanego w Tablica 2.3.

**Tablica 2.3** *Formuły przybliżone do redukcji współczynnika sztywności belek osiowo ściskanych*

Warunki obrotu na drugim końcu belki	Efektywny współczynnik sztywności belek $K$ (pod warunkiem, że belka pozostaje sprężysta)
Szttywne zamocowanie	$1,0 \frac{I}{L} \left( 1 - 0,4 \frac{N}{N_E} \right)$
Przegub	$0,75 \frac{I}{L} \left( 1 - 1,0 \frac{N}{N_E} \right)$
Obrót taki jak przy bliższym końcu (podwójna krzywizna)	$1,5 \frac{I}{L} \left( 1 - 0,2 \frac{N}{N_E} \right)$
Takie same obroty (ale w przeciwnych kierunkach) na obu końcach belki (pojedyncza krzywizna)	$0,5 \frac{I}{L} \left( 1 - 1,0 \frac{N}{N_E} \right)$

## Protokół jakości

<b>TYTUŁ ZASOBU</b>	Informacje uzupełniające: Długości wyboczeniowe słupów: podejście ściste		
<b>Odniesienie</b>	EN 1993-1-1		
<b>DOKUMENT ORYGINALNY</b>			
	<b>Imię i nazwisko</b>	<b>Instytucja</b>	<b>Data</b>
<b>Stworzony przez</b>	Matthias Oppe	RWTH	06.06.05
<b>Zawartość techniczna sprawdzona przez</b>	Christian Müller	RWTH	10.06.05
<b>Zawartość redakcyjna sprawdzona przez</b>	D C Iles	SCI	15/7/05
<b>Zawartość techniczna zaaprobowana przez:</b>			
<b>1. WIELKA BRYTANIA</b>	G W Owens	SCI	30/6/05
<b>2. Francja</b>	A bureau	CTICM	30/6/05
<b>3. Szwecja</b>	A Olsson	SBI	30/6/05
<b>4. Niemcy</b>	C Müller	RWTH	30/6/05
<b>5. Hiszpania</b>	J Chica	Labein	30/6/05
<b>Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego</b>	G W Owens	SCI	08/6/06
<b>TŁUMACZENIE DOKUMENTU</b>			
<b>Tłumaczenie wykonał i sprawdził:</b>	Z. Kiełbasa, PRz		
<b>Tłumaczenie zatwierdzone przez:</b>			



## Informacje ramowe

<b>Tytuł*</b>	<b>Informacje uzupełniające: Długości wyboczeniowe słupów: podejście ściste</b>	
<b>Seria</b>		
<b>Opis*</b>	Podano informacje dotyczące obliczania długości wyboczeniowej słupów, używanej do sprawdzenia słupa na wyboczenie (z zastosowaniem smukłości). Podano prosty poradnik (np. wykresy, tablice).	
<b>Poziom dostępu*</b>	Umiejętności specjalistyczne	Expert
<b>Identyfikator*</b>	Nazwa pliku	P:\CMP\CMP554\Deliverables\NCCIs\SN008a-EN-EU.doc
<b>Format</b>	Microsoft Office Word; 9 Pages; 581 kb;	
<b>Kategoria*</b>	Typ zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
<b>Temat*</b>	Obszar stosowania	Wielokondygnacyjne budynki ze stalowymi ramami
<b>Daty</b>	Data utworzenia	15/07/2005
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
<b>Język(i)*</b>		
<b>Kontakt</b>	Autor	Matthias Oppe, RWTH
	Sprawdził	Christian Müller, RWTH
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
<b>Słowa kluczowe*</b>	długość wyboczeniowa, słup	
<b>Zobacz też</b>	Odniesienie do Eurokodu	EN 1993-1-1
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
<b>Sprawozdanie</b>	Przydatność krajowa	Europe
<b>Instrukcje szczególne</b>		