

## **Informacje uzupełniające: Projekt wstępny pionowego stężenia w budynku wielokondygnacyjnym, o schemacie ramy stężonej, nieprzechyłowej.**

*W dokumencie przedstawiono procedurę doboru stężeń zapewniających nieprzesuwność układów ramowych, co pozwala na wykonywanie obliczeń statycznych według teorii pierwszego rzędu.*

### **Spis treści**

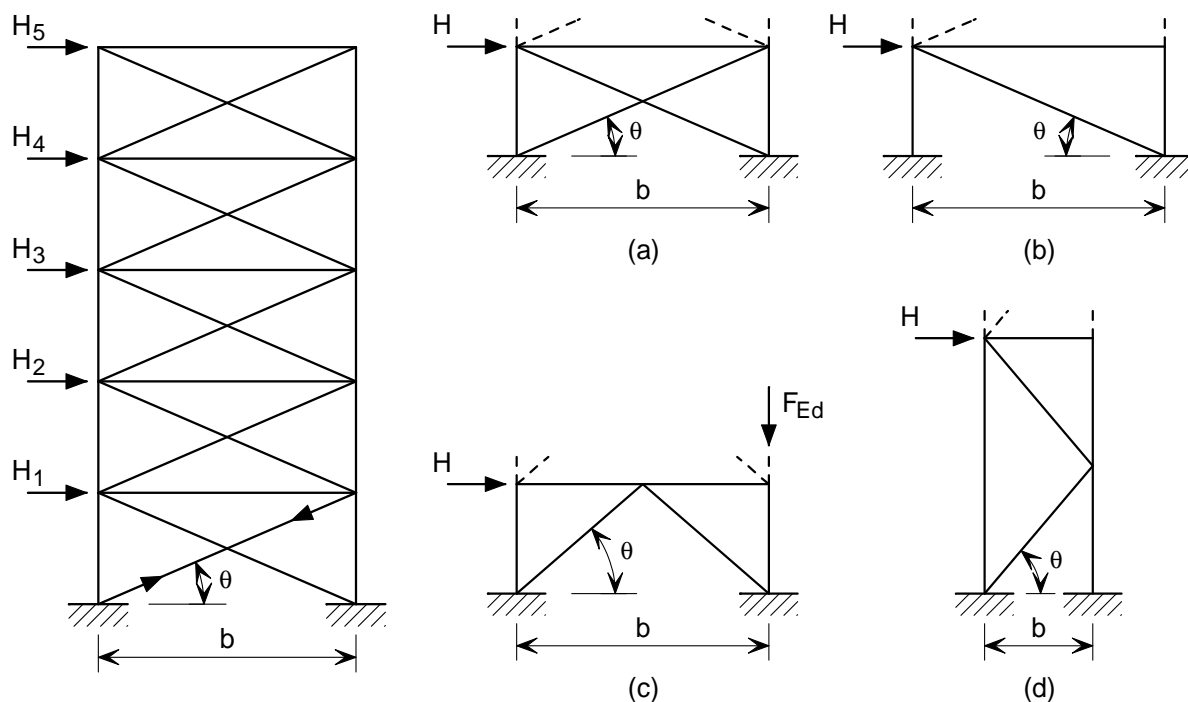
1.	Wprowadzenie	2
2.	Cel	3
3.	Procedura projektowa	3
Załącznik A	Podstawy i analiza czynnikowa	5

# 1. Wprowadzenie

Pionowe stężenia w budynkach wielokondygnacyjnych projektuje się w celu zapewnienia nośności przy obciążeniu parciem wiatru oraz poziomym obciążeniem ekwiwalentnym wyznaczonym według §5.3 of EN 1993-1-1. Analizę obliczeniową pierwszego rzędu stosuje się w przypadku ram stężonych, pod warunkiem, że stężenia te zapewniają odpowiednią sztywność ramy. Analiza pierwszego rzędu może być stosowana gdy zgodnie z EN 1993-1-1 §5.2.1 współczynnik  $\alpha_{cr} \geq 10$  dla całej ramy i każdej kondygnacji w budynku wielokondygnacyjnym.

Podstawowe informacje dotyczące wyboru kształtowników zapewniających odpowiednią sztywność stosowanych stężeń, przedstawiono w Rozdziale 2 i 3. Pozwala to projektantowi na uniknięcie stosowania bardziej skomplikowanej analizy drugiego rzędu lub dopuszcza uwzględnianie efektów drugiego rzędu poprzez amplifikację obliczeń stosowanych w analizie pierwszego rzędu.

Rozmieszczenie i typy omawianych stężeń przedstawiono na Rys. 1.1.



Na każdym poziomie,  $H_i = 0,025 \times V_{Ed,i}$  gdzie  $V_{Ed,i}$  jest obciążeniem całkowitym przyłożonym na danym poziomie

**Rys. 1.1** *Typy stężeń w budynkach wielokondygnacyjnych: (a) stężenie typu X, pręty pracują tylko na rozciąganie; (b) stężenie ukośne; (c) poziome stężenie typu K; (d) pionowe stężenie typu K.*

## 2. Cel

Przedstawiona poniżej procedura została opracowana dla budynków spełniających następujące wymogi:

- Wysokość nie większa niż 30 m.
- Kąt nachylenia do poziomu prętów skratowania w przedziale pomiędzy 15° i 50°.
- Typy stężeń pokazano na Rys. 1.1.

Przedstawiona procedura nie zależy od klasy stali zastosowanej do wykonania stężenia.

## 3. Procedura projektowa

- Wybór jednego z rodzajów stężeń pokazanych na Rys. 1.1.
- Sprawdzenie, czy w słupach i belkach stężanej konstrukcji naprężenia normalne wyznaczone przy przyjęciu przekroju brutto elementu, a spowodowane obciążeniem konstrukcji siłami poziomymi o wartości równej 2,5% obciążenie pionowego, nie przekraczają 30 N/mm<sup>2</sup>. W przypadku, gdy ich wartość jest większa, należy zwiększyć przekroje kształtowników z których wykonano słupy. Można też zwiększyć rozstaw słupów 'b' (Rys. 1.1), ale do odległości nie większej niż 12m. W przypadku przekroczenia w/w wartości naprężeń w belkach, należy zwiększyć przekroje kształtowników lub zmienić typ stężenia.
- Zaprojektowanie stężenia według konwencjonalnych zasad na siły poziome równe 2,5% sił pionowych i sprawdzanie czy wartość naprężeń normalnych w przekrojach brutto elementów, nie przekroczy wartości podanych w Tab. 3.1. Dla kondygnacji pośrednich można stosować albo, wartości z Tab. 3.1 jak dla kondygnacji górnych, albo wynikające z licznej interpolacji w stosunku do wartości dla kondygnacji dolnej, stosownie do wysokości od poziomu terenu do stropu rozważanej kondygnacji.
- Jeżeli wartość zewnętrznego obciążenia poziomego oraz wartości poziomych sił pochodzących od wstępnych imperfekcji i inne efekty związane ze wstępnym przechyłem konstrukcji wyznaczone według teorii pierwszego rzędu, przekraczają 2,5% wartości obciążenia pionowego, należy sprawdzić nośność stężenia. Nie należy wtedy brać pod uwagę wartości naprężeń granicznych przedstawionych w Tab. 3.1.

**Tab. 3.1** *Ograniczenie wartości naprężeń w przekrojach brutto elementów, w budynkach o wysokości nie przekraczającej 30 m. Wysokość kondygnacji  $\geq 3m$ , rozstaw słupów  $5 m \leq b \leq 12 m$ , maksymalna, dopuszczalna wartość naprężeń normalnych w przekroju brutto elementów (słupów i belek) spowodowana obciążeniem poziomym o wartości  $0,025V$ , wynosi  $30 N/mm^2$ .*

Kąt nachylenia krzyżulców stężenia (w stosunku do poziomu) $\theta$ (stopnie)	Wartość graniczna naprężeń w przekrojach brutto prętów stężenia spowodowana obciążeniem poziomym o wartości $0,025V$		
	Górna kondygnacja budynku o wysokości 30 m.	Górna kondygnacja budynku o wysokości 20 m.	Dolna kondygnacja budynku
$15 \leq \theta < 20$	65 N / mm <sup>2</sup>	80 N / mm <sup>2</sup>	100 N / mm <sup>2</sup>
$20 \leq \theta < 30$	70 N / mm <sup>2</sup>	95 N / mm <sup>2</sup>	135 N / mm <sup>2</sup>
$30 \leq \theta < 40$	55 N / mm <sup>2</sup>	110 N / mm <sup>2</sup>	195 N / mm <sup>2</sup>
$40 \leq \theta \leq 50$	75 N / mm <sup>2</sup>	130 N / mm <sup>2</sup>	225 N / mm <sup>2</sup>

## Załącznik A Podstawy i analiza parametryczna

Układ uważa się za nieprzesuwny, gdy spełniony jest warunek:

$$\alpha_{cr} = \left( \frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \right) \left( \frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right) > 10$$

gdzie

$H_{Ed}$  obliczona wartość poziomej reakcji na poziomie dolnej części kondygnacji budynku, pochodząca od wszystkich zewnętrznych i fikcyjnych obciążeń poziomych,

$V_{Ed}$  wartość wszystkich obciążeń pionowych obciążających konstrukcję przyłożonych do dolnej części kondygnacji,

$\delta_{H,Ed}$  poziome przemieszczenie górnej części kondygnacji wyznaczone w stosunku do części dolnej, spowodowane obciążeniami poziomymi,

$h$  wysokość kondygnacji.

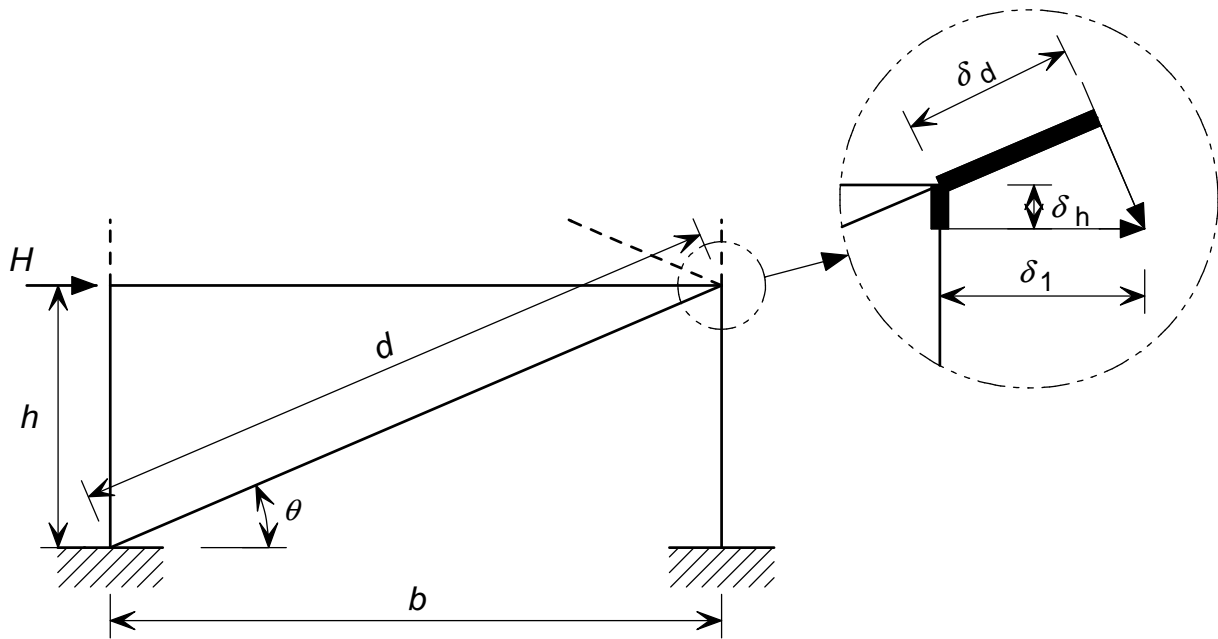
Tradycyjnie stężenia są zaprojektowane tak, aby przenosiły obciążenie poziome o wartości 2,5% obciążenia pionowego bez uwzględniania podatności ramy. Ten sposób obliczeń jest zadowalająco sprawdzony w praktyce. Analiza przedstawiona w zał. A jako punkt wyjściowy bierze właśnie tę wartość i ma na celu zbadanie granic jej stosowania, tak aby  $\alpha_{cr} \geq 10,0$ .

$\delta_{H,Ed}$  jest spowodowane zarówno przez odkształcenie styczne panelu stężenia jak i poziome przemieszczeniem budynku traktowanego jak pionowy wspornik.

Zakłada się, że wartość naprężeń w słupach i belkach powstałych na skutek pracy tych elementów jako prętów stężeń wynosi  $30 \text{ N/mm}^2$  (na poziomie każdej kondygnacji).

Poziome przemieszczenie budynku zależy od rozstawu słupów  $h$ , kąta  $\theta$  i wielkości naprężeń w prętach stężeń.

Przesuw ramy zależy od rozstawu słupów  $h$ , kąta  $\theta$  i naprężeń w elementach stężeń. Stąd kryterium analizy pierwszego rzędu może być wyrażone jako graniczna wartość naprężeń w prętach stężeń, dla danego kąta pochylenia skratowania. Przemieszczenie stężenia pod wpływem obciążenia poziomego pokazano schematycznie na Rys. A.1.



Rys. A.1 Stężenie obciążone siłą poziomą.

W przedstawionym powyżej przekroju stężenia, przemieszczenie wierzchołka lewego słupa w stosunku do jego spodu wynosi:

$$\delta_{H,Ed} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$$

gdzie:

$\delta_1$  poziome przemieszczenie wierzchołka prawego słupa, spowodowane odkształceniem krzyżulca stężenia pod wpływem obciążenia  $H = 0,025V$

$$= \frac{\delta_d}{\cos \theta} + \delta_h \times \tan \theta = \frac{\varepsilon_d \times d}{\cos \theta} + \varepsilon_c \times h \times \tan \theta = \frac{\sigma_d \times d}{E \cos \theta} + \frac{\sigma_c \times h}{E} \tan \theta$$

$\delta_2$  poziome przemieszczenie spowodowane odkształceniem belki (rygla) pod wpływem obciążenia  $H = 0,025V$

$$= \varepsilon_b b = \frac{\sigma_b}{E} b$$

$\delta_3$  poziome przemieszczenie pomiędzy wierzchołkiem i spodem słupa każdej kondygnacji spowodowane deformacją ramy pracującej jak pionowy wspornik, obciążonej siłami  $H = 0,025V$

Dla dolnej kondygnacji,  $\delta_3 = 0$  (całkowita deformacja =  $\delta_1 + \delta_2$ )

$$\text{Dla górnej kondygnacji, } \delta_3 = \varepsilon_c \frac{L_{tf}}{b/2} h = \frac{\sigma_c}{E} \frac{L_{tf}}{b/2} h$$

gdzie:

$\varepsilon_d$ ,  $\varepsilon_c$  i  $\varepsilon_b$  odkształcenia pręta skratowania, słupa i belki pod wpływem obciążenia  $H = 0,025V$ ,

- $\theta$  kąt nachylenia pręta skratowania – w stosunku do poziomu,  
 $d$  długość pręta skratowania,  
 $h$  wysokość kondygnacji,  
 $b$  rozstaw słupów w stężeniu (Rys. 1.1),  
 $L_{tf}$  wysokość górnej części budynku, powyżej rozpatrywanej kondygnacji,  
 $E$  moduł sprężystości podłużnej ( $= 210\,000\text{ N/mm}^2$ )  
 $\sigma_d$ ,  $\sigma_c$  i  $\sigma_b$  naprężenia w krzyżulcu, słupie i belce wchodzącej w skład stężenia, spowodowane obciążeniem  $H = 2,5\% V$

Obliczenie tego wpływu dla górnej kondygnacji oznacza, że ta wartość jest zachowana dla dolnych kondygnacji.

Analiza czynnikowa została wykonana, aby określić granicę naprężeń w słupach i belkach, tak aby  $\alpha_{cr} > 10$  dla  $H_{Ed} = 0,025V_{Ed}$ . Założenia:

- Wszystkie klasy stali.
- Kąt nachylenia prętów skratowania w przedziale  $15^\circ$  do  $50^\circ$  w stosunku do poziomu.
- Wysokość budynku  $\leq 30$  m, typowe obciążenie  $8,0\text{ kN/m}^2$ .
- Wysokość kondygnacji  $\geq 3$  m.
- Rozstaw słupów w stężeniu w przedziale 5 m do 12 m.
- Wartość naprężeń w słupach, spowodowana obciążeniem poziomym, nie więcej niż  $30\text{ N/mm}^2$ .

Przyjęto następujące założenia:

- Wartość sił poziomych wynosi 2,5% wartości obciążenia pionowego.
- Przyjęto sprężystą analizę i ramy o węzłach przegubowych.
- Kąt nachylenia krzyżulców jest taki sam na wszystkich kondygnacjach.
- Częściowe współczynniki bezpieczeństwa wynoszą  $\gamma_{M0} = 1,0$  i  $\gamma_{M1} = 1,0$ .

Wartości graniczne naprężeń normalnych w przekrojach brutto prętów stężeń przedstawiono w Tab. 3.1.

## Protokół jakości

<b>TYTYŁ ZASOBU</b>	Informacje uzupełniające: Projekt wstępny pionowego stężenia w budynku wielokondygnacyjnym, o schemacie ramy stężonej, nieprzechyłowej.		
<b>Odniesienie(a)</b>			
<b>ORYGINAŁ DOKUMENTU</b>			
	<b>Nazwisko</b>	<b>Instytucja</b>	<b>Data</b>
<b>Stworzony przez</b>	Alena Ticha	SCI	
<b>Zawartość techniczna sprawdzona przez</b>	Charles King	SCI	6/7/06
<b>Zawartość redakcyjna sprawdzona przez</b>			
<b>Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:</b>			
<b>1. UK</b>	G W Owens	SCI	10/7/06
<b>2. France</b>	A Bureau	CTICM	12/7/06
<b>3. Sweden</b>	B Uppfeldt	SBI	10/7/06
<b>4. Germany</b>	C Müller	RWTH	10/7/06
<b>5. Spain</b>	J Chica	Labein	19/7/06
<b>Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora</b>	G W Owens	SCI	16/01/07
<b>DOKUMENT TŁUMACZONY</b>			
<b>Tłumaczenie wykonane przez:</b>		A. Wojnar, PRz	
<b>Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:</b>		A. Kozłowski, PRz	



## Informacje ramowe

<b>Tytuł*</b>	Informacje uzupełniające: Projekt wstępny pionowego stężenia w budynku wielokondygnacyjnym, o schemacie ramy stężonej, nieprzechyłowej.	
<b>Seria</b>		
<b>Opis*</b>	W dokumencie przedstawiono procedurę doboru stężeń zapewniających nieprzesuwność układów ramowych, co pozwala na wykonywanie obliczeń statycznych według teorii pierwszego rzędu.	
<b>Poziom dostępu*</b>	Ekspertyza	Praktyka
<b>Identyfikatory *</b>	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\tlumaczenie\2009-04-08\!_SN\028\SN028a-PL-EU.doc
<b>Format</b>		Microsoft Office Word; 9 Pages; 193kb;
<b>Kategoria*</b>	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
<b>Przedmiot*</b>	Obszar zastosowania	Budynki wielokondygnacyjne
<b>Daty</b>	Data utworzenia	06/07/2006
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
<b>Język(i)*</b>		Polski
<b>Kontakt</b>	Autor	Alena Ticha, SCI
	Sprawdzony przez	Charles King, SCI
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
<b>Słowa kluczowe*</b>	Rama stężona, analiza pierwszego rzędu	
<b>Zobacz też</b>	Odniesienie do Eurocodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
<b>Omówienie</b>	Narodowa przydatność	EU
<b>Szczególne instrukcje</b>		