

## Informacje uzupełniające: Modele analityczne ram portalowych (analiza plastyczna)

*Ten dokument przedstawia informacje dotyczące tworzenia modelu obliczeniowego ramy portalowej, stosowanego w analizie plastycznej.*

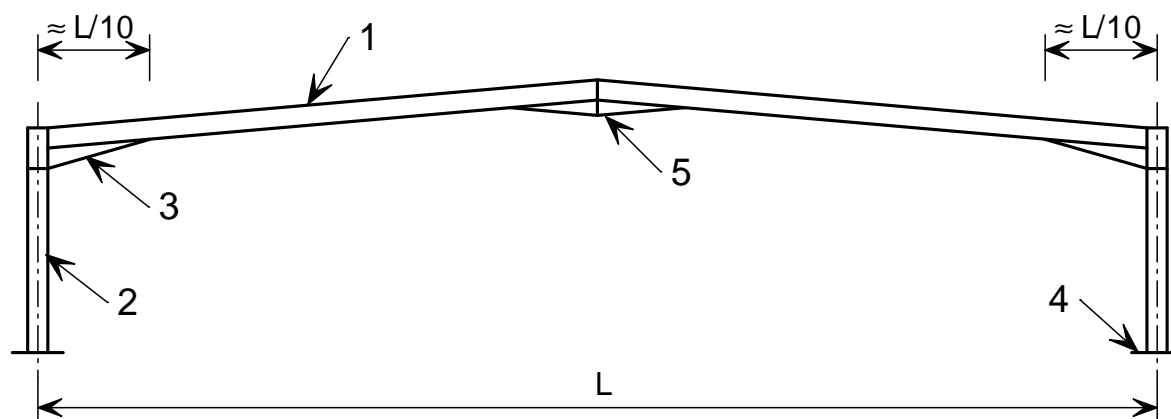
### Spis treści

1. Wstęp .....	2
2. Schemat statyczny ramy .....	2
3. Wymagania odnośnie przekrojów poprzecznych.....	3
4. Wstępny dobór profili.....	3
5. Wpływ efektów drugiego rzędu .....	4
6. Odniesienia.....	5

## 1. Wstęp

Ramy portalowe zaprojektowane z uwzględnieniem analizy plastycznej są zwykle wykonywane z walcowanych na gorąco dwuteowników. W miejscach połączenia słupa z rygłem oraz w przypadku rygła dwuspadowego, w miejscu styku montażowego rygła, zaleca się stosowanie skosów (wzmocnień), jak pokazano na Rys. 1.1. Ramy te zazwyczaj wykonuje się z kształtowników których przekroje należą do klasy 1, umożliwiającymi powstawanie przekrojów plastycznych.

W praktyce stosuje się skosy o średnicach klasy 3 i pasach klasy 1, pod warunkiem, że rozkład naprężeń w środniku jest rozkładem sprężystym lub spełnione są wymagania [EN 1993-1-1 §6.2.2.4](#) i w skosach nie pojawiają się przeguby plastyczne.



Oznaczenia:

1 = rygiel

2 = słup

3 = skos okapowy

4 = podstawa słupa

5 = skos kalenicowy

Rys. 1.1 Elementy ramy

## 2. Schemat statyczny ramy

### 2.1 Wstępne imperfekcje

Imperfekcje przechyłowe powinny być uwzględniane zgodnie z [EN 1993-1-1 §5.3.2\(3\)\(a\)](#). W sposób uproszczony można je zastąpić poprzez wyznaczenie poziomych sił zastępczych, zgodnie z [§5.3.2\(7\)](#). W niektórych ramach, wstępne imperfekcje typu łukowego mogą być uwzględniane zgodnie z [SN033](#).

### 2.2 Geometria ramy

Model geometryczny ramy opracowuje się biorąc pod uwagę osie słupów i rygła. Pomija się skosy (wzmocnienia).

## 2.3 Zamocowanie (podstawa) słupa

### 2.3.1 Połączenie przegubowe lub nominalnie przegubowe

Rzadko się zdarza aby połączenie słupa z fundamentem było połączeniem w pełni przegubowym. Większość zamocowań tego typu są to połączenia nominalnie przegubowe, wykonane przy zastosowaniu cienkiej blachy podstawy, przymocowanej do fundamentu za pomocą czterech śrub. Przy wyznaczaniu współczynnika  $\alpha_{cr}$ , przyjmuje się, że zamocowania posiadają niewielką sztywność obrotową, nie mniejszą niż  $0,4EI_c/L_c$ , gdzie  $I_c$  jest momentem bezwładności słupa,  $L_c$  jest wysokością słupa [1], [2]. W przypadku obliczania przemieszczeń, przy sprawdzaniu stanu granicznego użytkowości, zakotwienia te traktowane są jak połączenia o nieco większej sztywności, często przyjmuje się, że nie mniejszej niż  $0,8EI_c/L_c$ .

### 2.3.2 Połączenia sztywne lub nominalnie sztywne

W praktyce, połączenie stopy słupa z fundamentem bardzo trudno jest wykonać jako połączenie idealnie sztywne. W analizie obliczeniowej sztywne połączenia podstawy słupa z fundamentem, często przyjmuje się jako połączenia podatne. W przypadku braku szczegółowych wytycznych, sztywność połączenia przyjmuje się równą  $4EI_c/L_c$ , gdzie  $I_c$  jest momentem bezwładności słupa,  $L_c$  jest wysokością słupa. Sztywność tę przyjmuje się w przypadku sprawdzania SGN i w przypadku wyznaczania współczynnika  $\alpha_{cr}$ , [1], [2]. W przypadku sprawdzania SGU połączenia te można przyjmować jako sztywne.

## 3. Wymagania odnośnie przekrojów poprzecznych

Wymagania odnośnie przekrojów poprzecznych dotyczące, analizy plastycznej, podano w [EN 1993-1-1 §5.6](#).

## 4. Wstępny dobór profili

Wymiary przekroju poprzecznego poszczególnych elementów ramy portalowej (charakteryzującej się niewielkim kątem pochylenia rygla) mogą być z dość dobrym przybliżeniem wyznaczone według poniższych wzorów.

Słupy i wzmocnienia (skosy) - przekroje wymiarowane na moment  $M_{pl} = WL/10$

Rygle - przekroje wymiarowane na moment  $M_{pl} = WL/20$

gdzie

$L$  rozpiętość ramy (rozstaw słupów w ramie)

$W$  obciążenie całkowite działające na ramę w SGN

$M_{pl}$  Graniczny moment plastyczny przekroju poprzecznego

## 5. Wpływ efektów drugiego rzędu

### 5.1 Wstęp

Norma [EN 1993-1-1 §5.2.1](#) wymaga, aby wpływ deformacji geometrii konstrukcji (imperfekcji geometrycznych) - tzw. efekty drugiego rzędu - był uwzględniany w obliczeniach, jeżeli powoduje zwiększenie efektów oddziaływań działających na konstrukcję lub gdy wpływa na zachowanie się konstrukcji.

W przypadku większości projektowanych ram portalowych, współczynnik  $\alpha_{cr}$  jest mniejszy niż 10 i w tym przypadku wpływ efektów drugiego rzędu musi być uwzględniony. Jest wiele metod, które mogą być wykorzystane. Stosowane metody muszą zawierać sprawdzanie nośności przekroju poprzecznego elementu, aby upewnić się, że jest możliwość wytworzenia się przegubu plastycznego i przekrój ma zdolność do obrotu. W szczególnych przypadkach, maksymalna wartość momentu  $M_{c,Rd}$ , wyznaczona zgodnie z [EN 1993-1-1 §6.2.5](#) może zostać zredukowana na skutek uwzględnienia interakcji z siłą poprzeczną osiową zgodnie z [EN 1993-1-1 §6.2.8](#), [§6.2.9](#) i [§6.2.10](#) (co jest rzadkim przypadkiem w ramach portalowych).

### 5.2 Analiza drugiego rzędu

Jedną z metod jest metoda przemieszczeń, w której efekty II rzędu mogą być uwzględniane przez zmianę macierzy sztywności. Stosuje się także metody energetyczne lub kombinację powyższych metod.

### 5.3 Analiza pierwszego rzędu z amplifikacjami obciążeń

Metody analizy wykorzystują oprogramowanie komputerowe do analizy sprężysto-plastycznej, metody graficzne i zasadę prac wirtualnych zakładając sztywno-plastyczny model materiału. Metody te przedstawiono w ENV 1993-1-1 oraz [1] i [2]

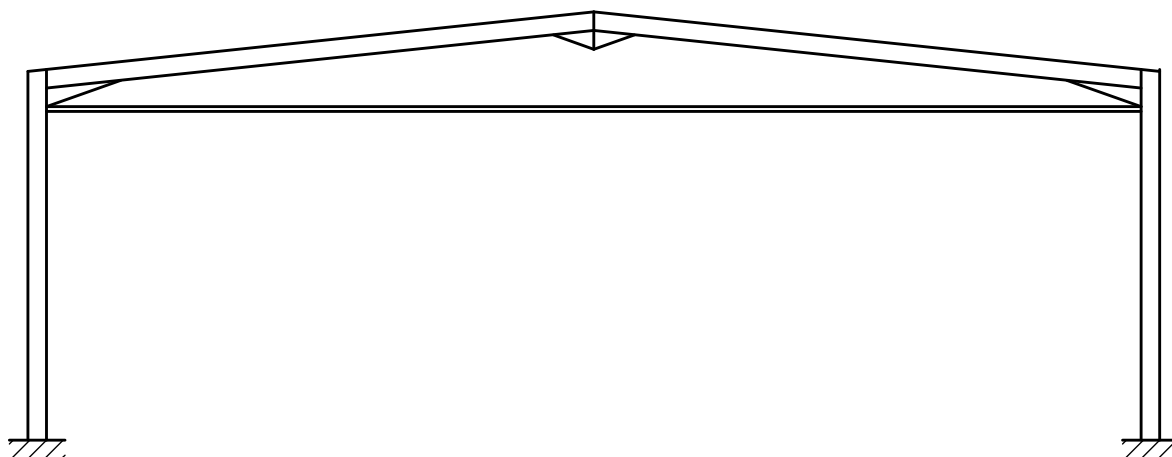
W przypadku gdy współczynnik  $\alpha_{cr}$  jest mniejszy niż wartość określona w załączniku krajowym do [EN 1993-1-1 §5.2.1](#)(3), (wartością zalecaną jest 15), wpływ efektów drugiego rzędu musi być uwzględniony.

Można to uwzględnić przez wykonanie analizy pierwszego rzędu przy zwiększonych wartościach obciążenia. [SN033](#) zawiera zalecane wartości współczynników amplifikacji pozwalających na zwiększenie obciążenia. Wartości współczynników określono na podstawie efektów drugiego rzędu, przy wykorzystaniu metody Merchant-Rankine i zweryfikowano za pomocą analizy sprężysto-plastycznej drugiego rzędu.

Ta metoda obliczeń wykorzystywana jest od 1950 r, co opisano w [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] & [11].

### 5.4 Ramy ze ściągiem

Widok ramy portalowej z ściągiem przedstawiono na Rys. 5.1. Rygiel i ściąga pracują podobnie jak kratownica. W ramach tego typu w przypadku niewielkiej wartości kąta pochylenia rygla, siły osiowe w ryglu i ściągu osiągają znaczną wartość i wielkość deformacji elementów ramy (rygla) może być w tym przypadku znaczna. W tym przypadku zaleca się korzystać z oprogramowania komputerowego, które uwzględniają zarówno wpływ efektów drugiego rzędu, jak i tendencji rygla do “przeskoku”.



**Rys. 5.1**      *Widok ramy ze ściągamiem*

## 6. Odniesienia

- [1] King, C., Plastic Design of Single-Storey Pitched-Roof Portal Frames to Eurocode 3, *The Steel Construction Institute, SCI-P147, 1995*
- [2] King, C., Design of Steel Portal Frames for Europe, *The Steel Construction Institute, SCI-P164, 2001*
- [3] Merchant, W., The failure load of rigid jointed frameworks as influenced by stability, *The Structural Engineer, Vol 32, July 1954*
- [4] Merchant, W., Rashid, C.A., Bolton, A., and Salem, A., The behavior of unclad frames, *Proc Fiftieth Anniversary Conference, Institution of Structural Engineers, 1958*
- [5] Horne, M.R., & Morris, L.S., Plastic Design of Low Rise Frames (SCI-P054), *Constrado Monograph, Granada Publishing, 1981*
- [6] Davies, J.M., In-plane stability of portal frames, *The Structural Engineer, No 8, Vol 68, April 1990*
- [7] Kirby, P.A., and Nethercot, D.A., Design for Structural Stability (SCI-P052), *Constrado Monograph, Crosby Lockwood Staples, 1979, Revised 1985*
- [8] DTU P 22-701 Règles CM – Règles de calcul des constructions en acier – Additif Décembre 1966 80 (juin 1980) – 12e édition, 1996, *CTICM*
- [9] BS 5950-1: 2000, Structural use of steelwork in building, Part 1: Code of practice for design – Rolled and welded sections, *BSI, 2001*
- [10] ENV 1993-1-1, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1.1: General rules and rules for buildings *CEN, 1992*
- [11] King, C., In-plane Stability of Portal Frames, *The Steel Construction Institute, SCI-P292, 2001*

## Protokół jakości

<b>TYTUŁ ZASOBU</b>	Informacje uzupełniające: Modele analityczne ram portalowych (analiza plastyczna)		
<b>Odniesienie(a)</b>			
<b>ORYGINAŁ DOKUMENTU</b>			
	<b>Nazwisko</b>	<b>Instytucja</b>	<b>Data</b>
<b>Stworzony przez</b>	Charles King	SCI	
<b>Zawartość techniczna sprawdzona przez</b>	A S Malik	SCI	
<b>Zawartość redakcyjna sprawdzona przez</b>			
<b>Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:</b>			
<b>1. UK</b>	G Owens	SCI	10/3/06
<b>2. France</b>	A Bureau	CTICM	10/3/06
<b>3. Sweden</b>	A Olsson	SBI	10/3/06
<b>4. Germany</b>	C Müller	RWTH	10/3/06
<b>5. Spain</b>	J Chica	Labein	10/3/06
<b>Resource approved by Technical Coordinator</b>	G Owens	SCI	12/7/06
<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>	<b>Informacje uzupełniające: Modele analityczne ram portalowych (analiza plastyczna)</b>	
<b>Seria</b>		
<b>Opis*</b>	Ten dokument przedstawia informacje dotyczące tworzenia modelu obliczeniowego ramy portalowej, stosowanego w analizie plastycznej.	
<b>Poziom dostępu*</b>	Ekspertyza	Praktyka
<b>Identyfikator*</b>	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\tlumaczenie\2009-04-08!\_SN\039\SN039a-PL-EU.doc
<b>Format</b>	Microsoft Office Word; 8 Pages; 173kb;	
<b>Kategoria*</b>	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
<b>Przedmiot*</b>	Obszar zastosowania	Budynki jednokondygnacyjne
<b>Daty</b>	Data utworzenia	31/03/2006
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
<b>Język(i)*</b>	Polski	
<b>Kontakt</b>	Autor	Charles King, SCI
	Sprawdzony przez	A S Malik, SCI
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
<b>Słowa kluczowe*</b>	Budynki jednokondygnacyjne, analiza obliczeniowa, analiza plastyczna	
<b>Zobacz też</b>	Odniesienie do Eurocodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
<b>Omówienie</b>	Narodowa przydatność	EU
<b>Szczególne instrukcje</b>		