

Informacje uzupełniające: Wyboczenie z płaszczyzny układu w ramach portalowych

Ten dokument wyjaśnia ogólną metodę (przedstawioną w §6.3.4 EN1993-1-1) sprawdzania nośności na wyboczenie z płaszczyzny układu kształowników w ramach portalowych, których nie dotyczą metody obliczeniowe przedstawione w §6.3.1 do §6.3.3. Wskazówki te są szczególnie przydatne w odniesieniu do prętów o zmiennych przekrojach, ze szczególnymi warunkami podparcia.

Spis treści

1.	Zakres zastosowania	2
2.	Tok postępowania	3

1. Zakres zastosowania

Nawet w przypadkach prostych ram portalowych, projektant jest zmuszony do sprawdzenia nośności na wyboczenie z płaszczyzny układu elementów, które nie podlegają procedurom obliczeniowym zawartym w [EN 1993-1-1 §6.3.1](#), [§6.3.2](#) i [§6.3.3](#). Na przykład: elementy o niejednorodnym przekroju poprzecznym, elementy w których tylko jeden pas jest podparty w kierunku bocznym, co nie zapewnia podparcia widelkowego, przyjętego w EN 1993-1-1, elementy obciążone w sposób złożony. Tego typu sytuacja często ma miejsce w ramach portalowych.

W celu umożliwienia weryfikacji elementu, w EN1993-1-1 [6.3.4](#) zaproponowano dwie metody, służące do oszacowania nośności omawianych kształtowników, wrażliwych na wyboczenie z płaszczyzny układu.

[Punkt 6.3.4](#) stanowi, że metoda ta ma zastosowanie w przypadku elementów ściskanych i/lub zginanych jednokierunkowo w elementach tych nie dopuszcza się do powstania przegubów plastycznych. Na przykład:

- Pojedyncze kształtowniki, przekroje złożone, jednolite lub nie, z różnymi warunkami podparcia.
- Ramy płaskie lub podzespoły ram złożone z w/w prętów.

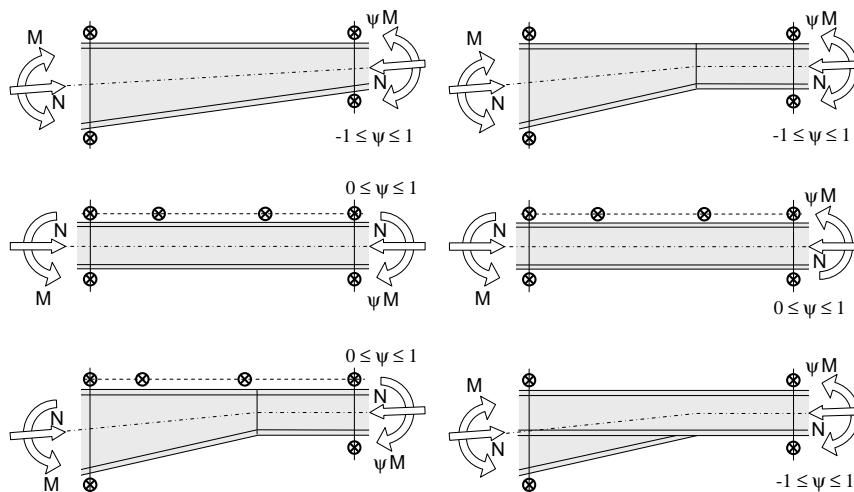
Ponieważ metoda ta może być stosowana do złożonych elementów konstrukcyjnych lub elementów ze złożonymi warunkami podparcia i obciążenia, może wymagać zastosowania specjalistycznego oprogramowania (np. programów wykorzystujących Metodę Elementów Skończonych) do określenia wartości wymaganych w niej parametrów.

UWAGA: Obszar i granice stosowania tej metody mogą być podane w Załączniku Krajowym.

Ten dokument, ogranicza się do ram portalowych obciążonych w płaszczyźnie układu z kształtowników zginanych względem osi większej bezwładności y-y.

Przyjęto definicję że termin “*element konstrukcyjny*” odnosił się będzie do prętów lub segmentów prętów ramy portalowej, które są sprawdzane ze względu na nośność na wyboczenie z płaszczyzny ramy. Zazwyczaj, w celu umożliwienia oceny nośności pojedynczego elementu, powinien być on w pełni zabezpieczony na swoich końcach przed obrotem i wyboczeniem z płaszczyzny ramy (tzw. widelkowe podparcie).

Kilka przykładów elementów w ramie portalowej, które mogą być obliczane według metody opisanej w punkcie [§6.3.4](#) pokazano na Rys. 1.1.



Rys. 1.1 Przykłady elementów w ramie portalowej, które mogą być obliczane zgodnie z EN1993-1-1 §6.3.4

2. Tok postępowania

Tok postępowania – kolejne kroki:

- ❑ **Analiza elementów w płaszczyźnie ramy.** Celem jest określenie efektów projektowych w elemencie powstałych na skutek działania obciążenia a następnie oszacowanie wielkości tych efektów w zależności od nośności charakterystycznej najbardziej wyężonego przekroju poprzecznego, biorąc pod uwagę tylko wyboczenie w płaszczyźnie ramy. Współczynnik wyrażający stosunek nośności charakterystycznej i efektów projektowych jest współczynnikiem (amplifikatorem) obciążenia (najmniejszy mnożnik odpowiadający osiągnięciu nośności charakterystycznej bez uwzględnienia wyboczenia), $\alpha_{ult,k}$.
- ❑ **Analiza elementu na wyboczenie z płaszczyzny ramy.** Celem jest określenie wielkości obciążenia jako mnożnika obciążenia obliczeniowego, przy którym element traci nośność na skutek wyboczenia z płaszczyzny ramy. Współczynnik ten wyrażany jest przez $\alpha_{cr,op}$.
- ❑ **Sprawdzenie nośności elementu.** Celem jest weryfikacja nośności elementu, biorąc pod uwagę interakcję pomiędzy jego zachowaniem się w płaszczyźnie i z płaszczyzny ramy.

2.1 Analiza elementu w płaszczyźnie ramy

1. Przeprowadzanie analizy elementu w płaszczyźnie ramy w przypadku gdy element ten może być wyizolowany z układu ramowego lub przeprowadzanie globalnej analizy ramy portalowej w płaszczyźnie ramy.

W tym typie analizy, brane jest pod uwagę tylko obciążenie działające w płaszczyźnie ramy. Analiza ta powinna uwzględniać:

- Globalne efekty drugiego rzędu, spowodowane deformacją ramy w płaszczyźnie ramy – [EN 1993-1-1 §5.2](#),
- Imperfekcje w płaszczyźnie ramy (globalne i lokalne) – [EN 1993-1-1 §5.3](#),

Uwaga : Analiza globalna ramy portalowej powinna być przeprowadzana jako analiza sprężysta lub jako sprężysto – plastyczna, pod warunkiem, że nie dopuszcza się do powstania przegubów plastycznych w rozpatrywanych prętach ramy.

2. Sprawdzenie charakterystycznej nośności elementu w płaszczyźnie ramy

Nośność charakterystyczna zarówno sprężysta jak i plastyczna zależy od klasy przekroju elementu. Sprawdzenie nośności elementu polega na:

- sprawdzeniu nośności przekroju poprzecznego zgodnie z ([EN 1993-1-1 §6.2](#)),
- gdy element obciążony jest dodatkowo siłą ściskającą, jego nośność sprawdza się zgodnie z [EN 1993-1-1 §6.3.1](#) lub [§6.3.3](#), jak dla elementów mimośrodowo ściskanych.

We wszystkich przypadkach we wzorach stosuje się nośność charakterystyczna zamiast nośności obliczeniowej.

Uwaga: Sprawdzenie nośności elementu w płaszczyźnie ramy może być także przeprowadzone poprzez wykonanie bardziej zaawansowanych analiz obliczeniowych uwzględniających dodatkowo wpływ lokalnych efektów drugiego rzędu i lokalnych imperfekcji na wartość sił wewnętrznych w elemencie. W tym przypadku, sprawdzenie nośności elementu polega jedynie na sprawdzeniu nośności jego przekroju poprzecznego.

Warunek nośności może być ogólnie sprawdzany jako:

$$\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, N_{Rk}, M_{y,Rk}) \leq 1$$

gdzie

Γ_{Rk} jest funkcją która w wyniku daje współczynnik wyrażający stosunek pomiędzy obciążeniem obliczeniowym i nośnością charakterystyczną elementu. (Nośność charakterystyczna może być wyznaczona przy zastosowaniu poniższych równań ale przy pominięciu współczynników γ_{M1} i γ_{M0} .)

Przykłady:

$$\Gamma_{Rk} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \quad \text{nośność przekroju (klasa 3)}$$

$$\Gamma_{Rk} = \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \quad \text{w przypadku wyboczenia w płaszczyźnie ramy}$$

3. Określenie minimalnej wartości współczynnika amplifikacji $\alpha_{ult,k}$ w przypadku obciążenia działającego w płaszczyźnie elementu (najmniejszy mnożnik obciążeń obliczeniowych w rozpatrywanej płaszczyźnie, przy którym pierwszy przekrój krytyczny osiąga nośność charakterystyczną).

Gdy zależność pomiędzy obciążeniem i spowodowanym przez niego efektem jest liniowa, współczynnik, $\alpha_{ult,k}$ wyznacza się z zależności:

$$\alpha_{ult,k} = \frac{1}{\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, N_{Rk}, M_{y,Rk})}$$

Gdy zależność ta nie jest liniowa, w celu określenia wartości współczynnika $\alpha_{ult,k}$ stosuje się procedury iteracyjne.

2.2 Sprawdzenie nośności elementu za względu na wyboczenie z płaszczyzny ramy

Jako współczynnik $\alpha_{cr,op}$ przyjmuje się najmniejszy mnożnik obciążeń obliczeniowych w rozpatrywanej płaszczyźnie, przy którym układ osiąga obciążenie krytyczne ze względu na wyboczenie giętno-skrętne lub giętne z płaszczyzny ramy.

Złożoność tych zagadnień powoduje duże trudności obliczeniowe, tak że należy stosować MES lub specjalnie oprogramowanie do wyznaczania wartości własnych.

W prostych przypadkach prowadzi to do wyznaczenia jedynie wartości krytycznego momentu zginającego lub wartości krytycznej siły osiowej przy wyboczeniu z płaszczyzny ramy. W literaturze można znaleźć także wzory potrzebne do wyznaczania momentów i sił krytycznych prętów z usztywnionym pasem rozciągającym, na przykład [SN011](#).

2.3 Sprawdzenie nośności ogólnej

Sprawdzenie nośności ogólnej należy przeprowadzać zgodnie z [EN1993-1-1 §6.3.4](#) (2) poprzez spełnienie nierówności:

$$\frac{\chi_{op} \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \geq 1,0$$

W celu określenia χ_{op} , należy wyznaczyć wartość parametru $\bar{\lambda}_{op}$.

1. Globalna smukłość względna

Globalną smukłość względną części konstrukcji narażonej na wyboczenie z płaszczyzny układu $\bar{\lambda}_{op}$ wyznacza się według wzoru:

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr,op}}}$$

2. Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu z płaszczyzny układu

Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu z płaszczyzny układu χ_{op} może być określony w zależności od rodzaju wyboczenia:

a) "Czyste" wyboczenie (z płaszczyzny układu) elementu

$$\chi_{op} = \chi_z$$

Gdzie χ_z wyznacza się w przypadku wyboczenia giętnego z płaszczyzny układu, zgodnie z [EN 1993-1-1 §6.3.1](#), przyjmując $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_{op}$ i odpowiednią krzywą wyboczeniową (wybraną dla najniekorzystniejszego przypadku przy określaniu $\alpha_{ult,k}$).

Na przykład w przypadku elementu osiowo ściskanego lub w przypadku elementu ściskanego i zginanego, ale wpływ zginania na nośność elementu jest na tyle mały, że może być pominięty.

b) **“Czyste” zwichrzenie elementu**

$$\chi_{op} = \chi_{LT}$$

Gdzie χ_{LT} jest współczynnikiem wyboczenia wyznaczanym zgodnie z [EN 1993-1-1 §6.3.2](#), przy przyjęciu $\bar{\lambda}_{LT} = \bar{\lambda}_{op}$ i odpowiedniej krzywej zwichrzenia (wybraną dla najniekorzystniejszego przypadku przy określaniu $\alpha_{ult,k}$)

Na przykład w przypadku elementu jednokierunkowo zginanego lub elementu zginanego i ściskanego, ale wpływ ściskanie na nośność elementu jest na tyle mały, że może być pominięty.

c) **“Złożony stan”, kombinacja wyboczenia i zwichrzenia**

którakolwiek z poniższych metod:

- ♦ metoda „mniejszej wartości”

$$\chi_{op} = \min(\chi_z, \chi_{LT})$$

gdzie χ_z i χ_{LT} określa się jak w a) i b).

- ♦ metoda „interpolowanej wartości”

Metoda ta polega na wykorzystaniu współczynników χ_z i χ_{LT} i odpowiednich nośności charakterystycznych do wyznaczenia współczynnika ogólnego. Można to wyrazić jako:

$$\chi_{op} = \frac{\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, N_{Rk}, M_{y,Rk})}{\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, \chi_z N_{Rk}, \chi_{LT} M_{y,Rk})}$$

2.4 Przypadki gdy nośność przekroju poprzecznego zależy od $\alpha_{ult,k}$

N_{Ed} i $M_{y,Ed}$ są to maksymalna siła ściskająca i maksymalny moment zginający wyznaczone z analizy obliczeniowej z uwzględnieniem efektów drugiego rzędu (globalnych i lokalnych) i z uwzględnieniem wstępnych imperfekcji lokalnych i globalnych. Biorąc pod uwagę na przykład przekrój klasy 3, $\alpha_{ult,k}$ **może być określone w sposób następujący:**

$$\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, N_{Rk}, M_{y,Rk}) = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \leq 1$$

Co powoduje, że:

$$\alpha_{ult,k} = \frac{1}{\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, N_{Rk}, M_{y,Rk})} = \frac{1}{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}}$$

Generalnie prowadzi to do warunku nośności:

$$\frac{\chi_{op} \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} = \frac{\chi_{op}}{\gamma_{M1} \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \right)} \geq 1,0$$

$$\text{co daje } \boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} \leq \chi_{op}}$$

(Wyrażenie to przyjęto w [EN1993-1-1 §6.3.4\(4\)a.](#))

Ponadto w tym przypadku, jeżeli χ_{op} określa się za pomocą metody “interpolowanej wartości” (patrz 2.3 krok 2 c), to:

$$\chi_{op} = \frac{\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, N_{Rk}, M_{y,Rk})}{\Gamma_{Rk}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, \chi_z N_{Rk}, \chi_{LT} M_{y,Rk})} = \frac{\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \right)}{\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \right)}$$

co powoduje, że:

$$\frac{\chi_{op} \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} = \frac{\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \right)}{\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \right)} \cdot \frac{1}{\gamma_{M1} \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \right)} \geq 1,0$$

$$\text{co daje } \boxed{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1}$$

(Wyrażenie to przyjęto w [EN1993-1-1 §6.3.4\(4\)b.](#))

Wynika z tego, że nie ma konieczności wyznaczania bezpośrednio χ_{op} .

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Wyboczenie z płaszczyzny układu w ramach portalowych		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Yvan Galéa	CTICM	16/12/2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Alain Bureau	CTICM	16/12/2005
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	10/4/06
2. France	A Bureau	CTICM	10/4/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	7/4/06
4. Germany	C Müller	RWTH	7/4/06
5. Spain	J Chica	Labein	7/4/06
Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora	G W Owens	SCI	11/7/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Wyboczenie z płaszczyzny układu w ramach portalowych	
Seria		
Opis*	Ten dokument wyjaśnia ogólną metodę (przedstawioną w §6.3.4 of EN1993-1-1) sprawdzania nośności na wyboczenie z płaszczyzny układu kształtowników w ramach portalowych, których nie dotyczą metody obliczeniowe przedstawione w §6.3.1 do §6.3.3. Wskazówki te są szczególnie przydatne w odniesieniu do prętów o zmiennych przekrojach, ze szczególnymi warunkami podparcia.	
Poziom dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikator*	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\tlumaczenie\2009-04-08!_SN\032\SN032a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 9 Pages; 480kb;	
Kategoria*	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowania	Budynki jednokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	10/04/2006
	Data ostatniej modyfikacji	10/04/2006
	Data sprawdzenia	10/04/2006
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Yvan Galéa, CTICM
	Sprawdzony przez	Alain Bureau, CTICM
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	Nośność na wyboczenie, zwichrzenie, stateczność przy zginaniu	
Zobacz też	Odniesienie do Eurocodu	EN 1993-1-1
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
Omówienie	Narodowa przydatność	EU
Szczególne instrukcje		