

Projektowanie elementu zbieżnego wykonanego z przekroju klasy 4

Informacje ogólne

Analiza globalnej stateczności nieregularnych elementów konstrukcyjnych (na przykład zbieżne słupy, belki) może być przeprowadzona **metodą ogólną** określoną w **EN 1993-1-1 (6.3.4)**. Metoda ta oparta jest na obliczeniu $\alpha_{ult,k}$ mnożnika obciążenia obliczeniowego przy którym przekrój osiąga nośność charakterystyczną i $\alpha_{cr,op}$ mnożnika obciążenia przy którym obciążenie obliczeniowe osiąga wartość obciążenia krytycznego. Mnożnik $\alpha_{ult,k}$ związany jest z wytrzymałością przekroju krytycznego konstrukcji (najbardziej obciążonego), podczas gdy mnożnik $\alpha_{cr,op}$ związany jest z globalną sprężystą statecznością całej konstrukcji. Analiza stateczności – jako jeden z najważniejszych punktów metody – powinna zawierać postać wyboczenia zwichrzeniowego (zwichrzenia). Przyjmuje się że zachowanie konstrukcji może zostać opisane przez **ujednoliconą smukłość** (λ_{op}). W metodzie tej używane są krzywe wyboczeniowe, które zostały określone dla sprawdzeń przy giętych i zwichrzeniowych postaciach wyboczenia.

kategorie modelu i analizy	szczegóły metody
imperfekcje	brak
analiza	drugiego rzędu
wytrzymałość przekroju	konserwatywne równanie interakcji
stateczność elementu	konserwatywne równanie interakcji z krzywymi wyboczeniowymi

Przykład obliczeniowy

Dla przybliżenia zadania, przeanalizowany zostanie następujący element konstrukcyjny:

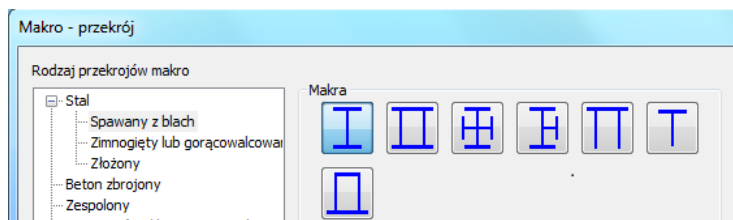
- Długość elementu: 10,0 m
- Typ przekroju: symetryczny spawany przekrój I
- Wymiary środnika: (300-1200)-6 mm
- Wymiary półki: 300-16
- Podpory na końcach: przegubowe
- Klasa stali: S355
- Moment obl. na wyższym końcu: 600 kNm (ciężar własny wyłączony)

Procedura projektowa przebiega w następujących krokach:

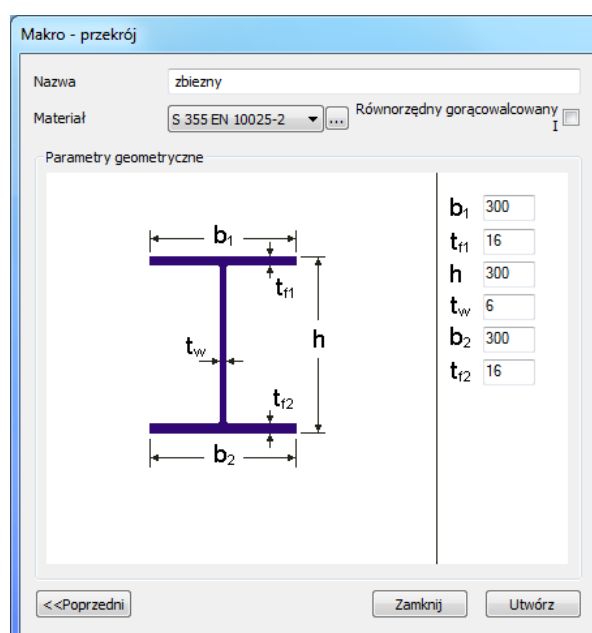
1. Model przekroju
2. Model elementu zbieżnego
3. Wytrzymałość przekroju
4. Stateczność globalna
5. Weryfikacja modelem powłokowym

1. Model przekroju

Model przekroju może zostać wygenerowany za pomocą opcji **Elementy konstrukcyjne/Administrator przekrojów/Makro przekrój**,

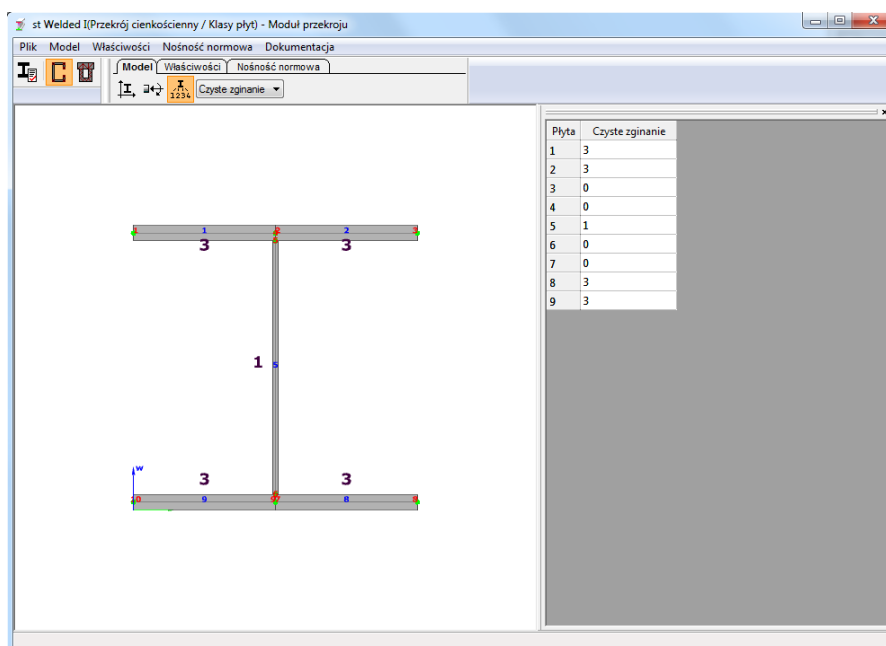


gdzie parametry przekroju niższego końca są następujące:

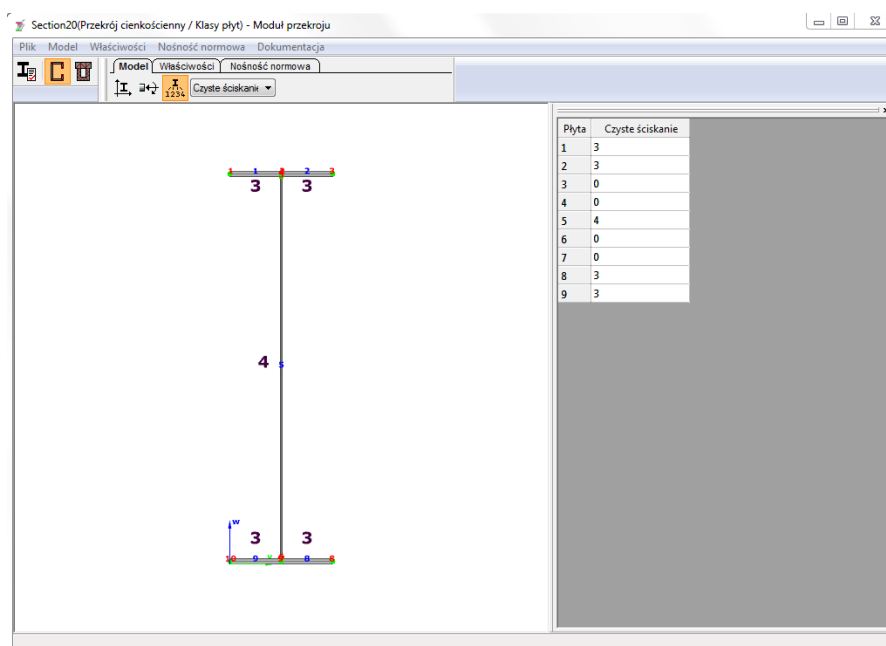


Moduł ConSteel/Przekroje (opcja **Elementy konstrukcyjne/Administrator przekrojów/Właściwości**) określa klasę przekroju (klasy poszczególnych elementów przekrojowych):

- przekrój niższy



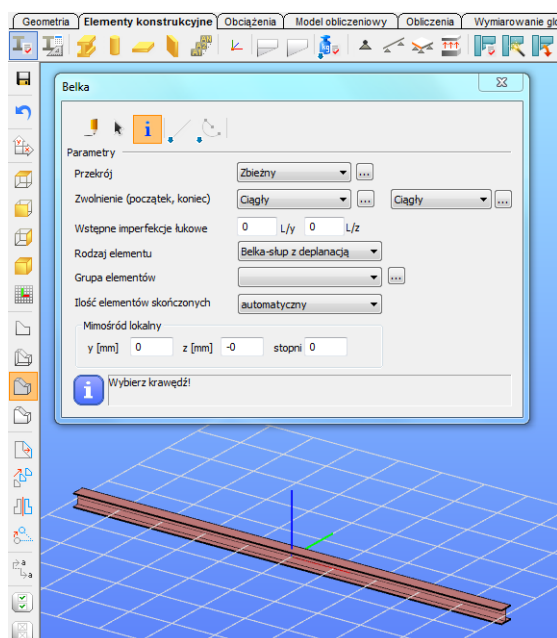
- przekrój wyższy



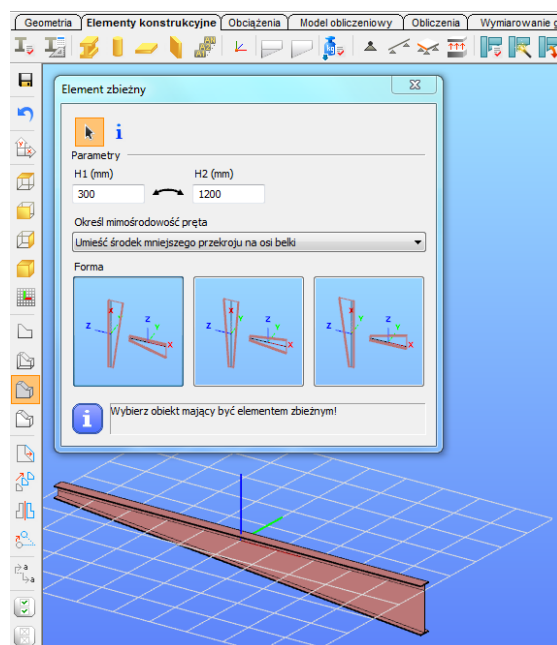
Zgodnie ze sprawdzeniem element zbieżny poddany czystemu zginaniu jest elementem klasy 4 przy końcu wyższym (środek jest klasy 4, półki klasy 3). W konsekwencji w równaniach normowych powinniśmy użyć przekroju efektywnego (ConSteel wykonuje to automatycznie!).

2. Model elementu zbieżnego

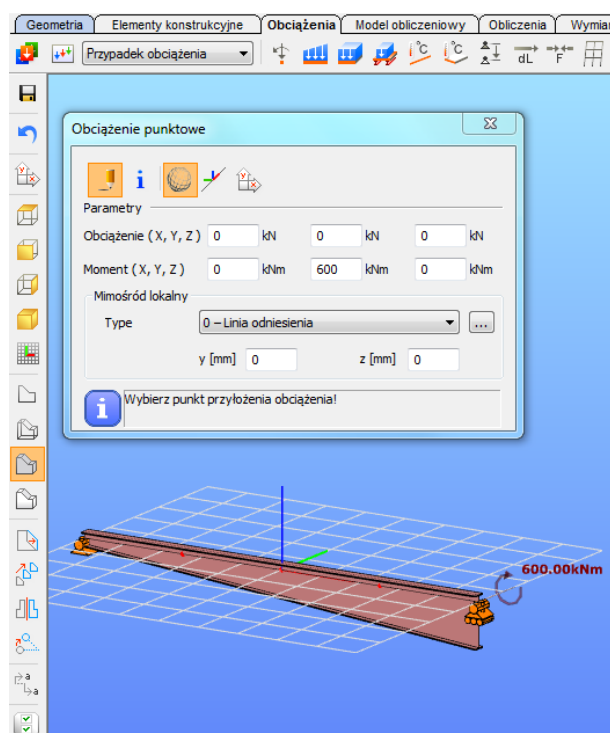
Na początku definiujemy element konstrukcyjny jako belkę o stałym przekroju, wykonaną z przekroju zlokalizowanego na niższym końcu elementu zbieżnego,



następnie definiujemy element zbieżny,

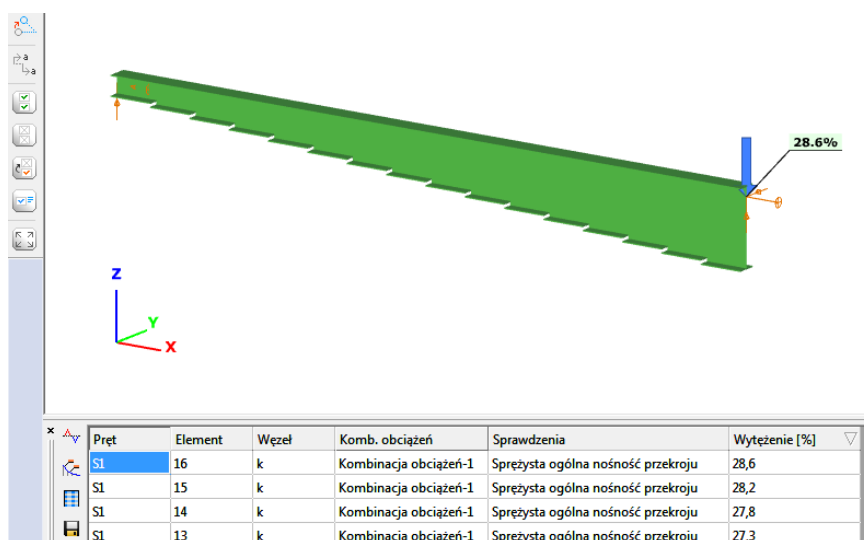


gdzie **H1** jest wysokością środka na niższym końcu, **H2** jest wysokością środka na końcu wyższym. **Forma** jest parametrem, który określa półkę **nierównoległą** do osi (siatki konstrukcyjnej). Pręt jest przegubowo i widełkowo podparty na końcach, oraz obciążony momentem 600 kNm na wyższym końcu (dolna półka jest ściskana):

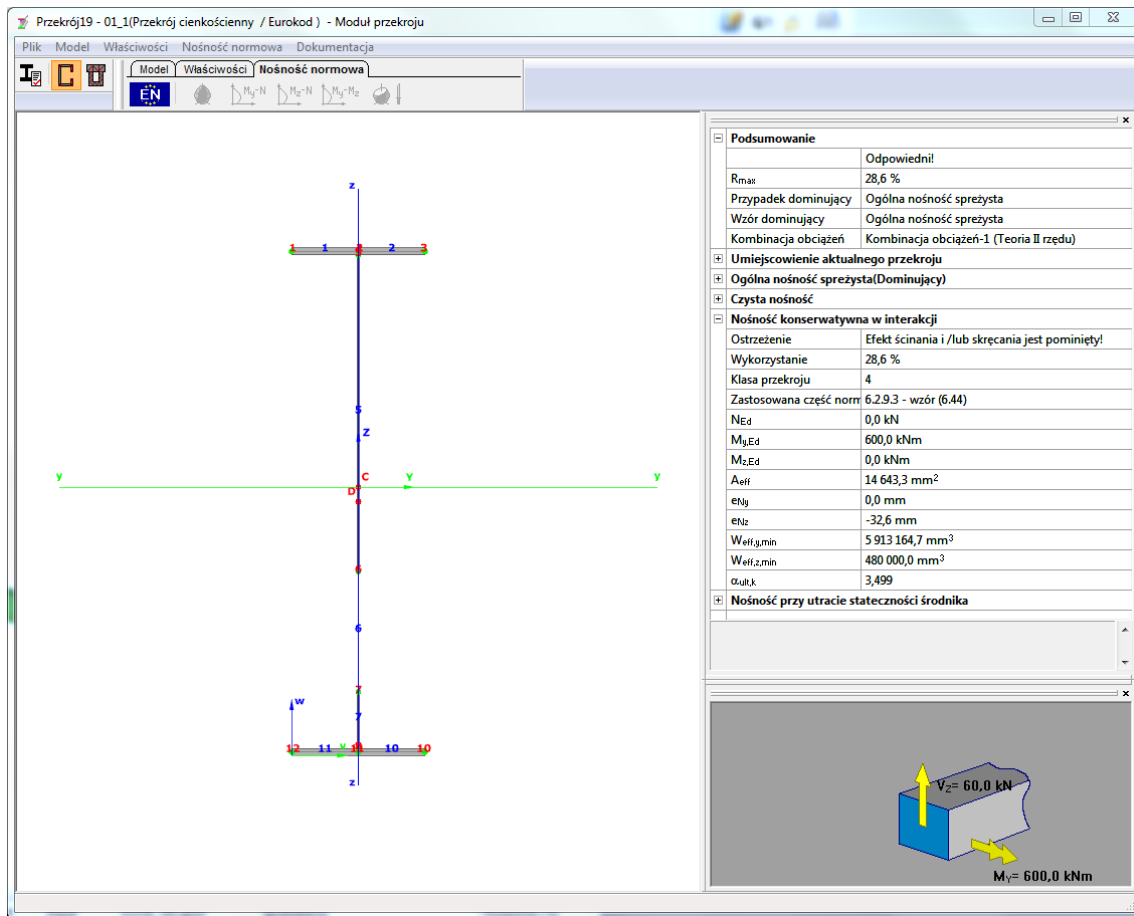


3. Wytrzymałość przekroju

Pierwszym krokiem procedury projektowej jest określenie wytrzymałości przekrojów. Aby to wykonać używamy opcji **Nośność globalna** na zakładce **Wymiarowanie globalne**, gdzie wybieramy najbardziej wyężony przekrój:



Używając modułu przekroju, możemy mieć wgląd do obliczeń wytrzymałościowych przekroju:

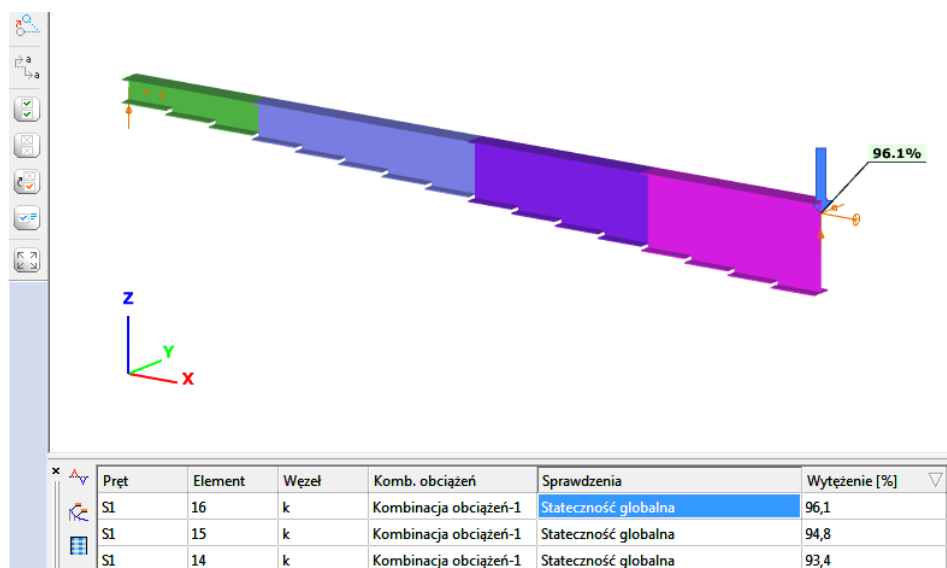


Z tabeli możemy odczytać następujące informacje:

- przekrój krytyczny zlokalizowany przy wyższym końcu elementu;
- przekrój (środnik) jest klasy 4;
- właściwym równaniem jest **konserwatywne równanie interakcji**;
- wykorzystanie wytrzymałości jest na poziomie **28,6%** ($\alpha_{ult,k} = 1/0,286 = 3,49$).

4. Wytrzymałość związana z globalną statecznością

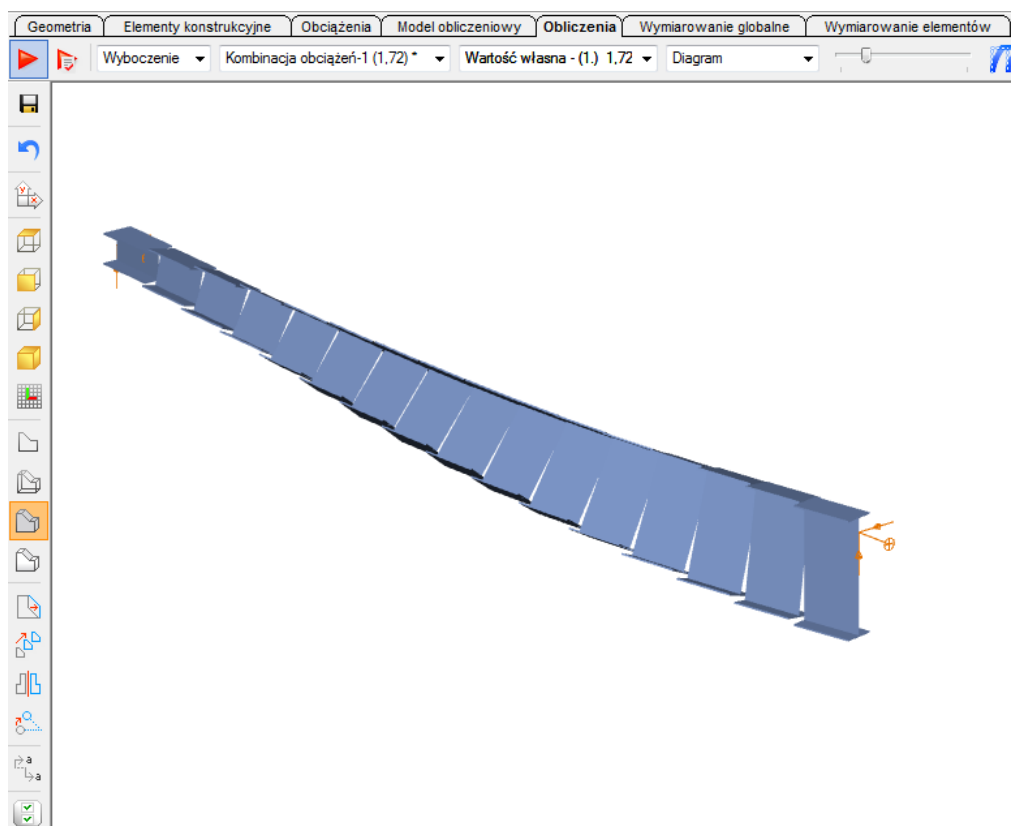
Wykorzystanie wytrzymałości przekroju wskazuje mnożnik obciążenia obliczeniowego przy którym przekrój osiąga nośność charakterystyczną, jest on jednym z podstawowych parametrów metody ogólnej dla obliczenia wytrzymałości związanej z globalną statecznością (zobacz Informacje ogólne):



Konserwatywne równanie interakcji metody ogólnej jest stosowane dla najbardziej obciążonego przekroju (zobacz szczegóły w przykładzie „Globalna analiza stateczności przy użyciu metody ogólnej”),

Hierarchia tabeli	
+	Podsumowanie
+	Umiejscowienie aktualnego przekroju
+	Ogólna nośność sprężysta
+	Czysta nośność
+	Nośność konserwatywna w interakcji
+	Nośność przy utracie stateczności środnika
-	Nośność przy ocenie ogólnej stateczności (Dominujący)
	Wykorzystanie 96,1 %
	Zastosowana część norm 6.3.4 (2)-(3), (4)b - wzór (6.63, 6.64, 6.66)
	$\alpha_{ult,k}$ 3,499
	$\alpha_{or,op}$ 1,720
	λ_{op} 1,426
	α 0,490
	Φ 1,817
	χ 0,298
	α_{LT} 0,760
	Φ_{LT} 1,983
	χ_{LT} 0,298
	N_{Ed} 0,0 kN
	$M_{y,Ed}$ 600,0 kNm
	$M_{z,Ed}$ 0,0 kNm
	N_{Fik} 5 198,4 kN
	$M_{y,Fik}$ 2 099,2 kNm
	$M_{z,Fik}$ 170,4 kNm
	γ_{M1} 1,0
	$\alpha_{ult,k}$
	Minimalny mnożnik obciążeń obliczeniowych aby osiągnąć charakterystyczną nośność najbardziej krótkiego przekroju

gdzie mnożnik obciążenia ($\alpha_{cr,op} = 1,72$) przy którym obciążenie obliczeniowe osiąga wartość obciążenia krytycznego związany jest z postacią wyboczenia zwichrzeniowego (zwichrzeniem):



Zgodnie z metodą ogólną sprawdzany element zbieżny jest prawidłowo zaprojektowany w związku z globalną statecznością (96,1%).

Tłumaczenie: mgr inż. Adam Machowiak