

Informacje uzupełniające: Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belek wspornikowych

Dokument prezentuje prostą metodę obliczania sprężystego momentu krytycznego przy zwichrzeniu belki wspornikowej.

Spis treści

1. Zakres	2
2. Obliczanie M_{cr}	2
3. Tablice do ustalenia wartości współczynnika C	3
4. Gorąco walcowane kształtowniki dwuteowe : pomoce projektowe do obliczania $M_{cr,0}$ i κ_{wt}	10
5. Przykład zastosowania	11
6. Informacja o darmowym programie komputerowym <i>LTBeam</i> przeznaczonym do rozwiązywania ogólnych zagadnień dotyczących zwichrzenia	12
7. Literatura	12

1. Zakres

Dokument dostarcza informacji do analizy belek wspornikowych spełniających następujące warunki:

- Belka ma stały przekrój o dwóch osiach symetrii
- Belka jest niestężona za wyjątkiem podparcia
- Belka jest zabezpieczona przed obrotem na podporze względem osi podłużnej
- Obciążenia są przyłożone prostopadle do belki w sposób powodujący zginanie belki w płaszczyźnie jej większej sztywności. Płaszczyzna obciążenia przechodzi przez środek ścinania. Obciążenie jest przyłożone na wysokości środka ścinania, powyżej albo poniżej.
- Korzystny efekt ugięcia belki jest pominięty (zakłada się prostoliniowość belki w płaszczyźnie obciążenia po wyboczeniu)
- Siły podłużne są pomijalnie małe.

Uwaga: Rozwiązania dla przypadków, gdzie skręcanie albo boczne ugięcia (poziome) są na końcach niemożliwe można znaleźć w literaturze specjalistycznej (szczegółowe informacje są zawarte na przykład w szwedzkim „Podręczniku analizy na wyboczenie” [4]). Te przypadki i wiele innych nieobjętych zakresem tego dokumentu, mogą także może być rozwiązane używając odpowiedniego oprogramowania komputerowego, jak na przykład to przedstawione w punkcie 6.

2. Obliczanie M_{cr}

Wartość krytyczną momentu przy zwichrzeniu sprężystym M_{cr} w podporze belki wspornikowej podaje poniższy wzór:

$$M_{cr} = C \cdot M_{cr,0} \quad (1)$$

gdzie

$M_{cr,0}$ moment krytyczny przy zwichrzeniu sprężystym belki swobodnie popartej (z "widelkowym" podparciem na końcach) obciążonej w sposób powodujący powstanie stałego momentu zginającego z pominięciem sztywności spaczenia belki.

C łączny współczynnik który uwzględnia wpływ:

- rozkład momentów zginających, to jest kształtu wykresu momentów zginających,
- sztywności spaczenia belki,
- przyłożenia obciążeń powyżej albo poniżej środka ścinania, który pokrywa się tutaj ze środkiem ciężkości przekroju
- warunki podparcia (możliwość spaczenia)

$M_{cr,0}$ jest zdefiniowany jako:

$$M_{cr,0} = \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E I_z G I_t} \quad (2)$$

gdzie

- L to długość belki wspornikowej
- E to moduł sprężystości podłużnej
- G to moduł sprężystości poprzecznej
- I_t to moment bezwładności przy skręcaniu swobodnym
- I_z to moment bezwładności względem słabszej osi

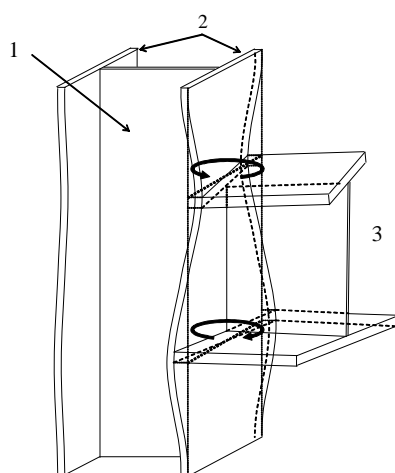
3. Tablice do ustalenia wartości współczynnika C

Wartości współczynnika C obliczono dla wielu przypadków przy pomocy specjalnego programu komputerowego **LTBeam** przeznaczonego do analizy zwężenia belek (patrz punk 6), tablice zamieszczone poniżej opracowano do bezpośredniego wykorzystania przez projektantów.

Rozpatrzono dwa przypadki więzów podporowych dotyczących skręcania skrupowanego na podporach:

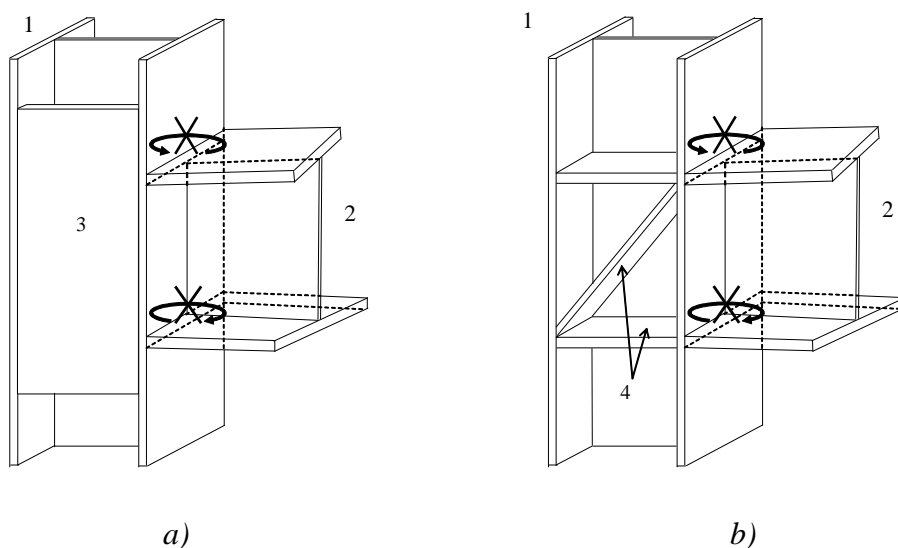
- brak ograniczeń możliwości spaczenia
- pełne usztywnienie w zakresie spaczenia

W praktyce spaczenie na podporze nigdy nie jest całkowicie swobodne ani całkowicie niemożliwe, rzeczywiste więzy są pośrodku, zależnie od szczegółów konstrukcyjnych podparcia. Rys. 3.1 i Rys. 3.2 pokazuje przypadki kiedy spaczenie jest “całkowicie swobodne” albo “całkowicie niemożliwe”. *Jeżeli mamy wątpliwości co do rzeczywistej charakterystyki więzów zaleca się przyjęcie oparcia jako “całkowicie swobodnego”.*



- 1 Słup
- 2 Cienkie pasy (półki)
- 3 Belka wspornikowa (wyboczenie)

Rys. 3.1 *Przypadek “całkowicie swobodnego” oparcia na podporze*



- 1 Słup
- 2 Belka wspornikowa (wyboczenie)
- 3 Blacha usztywniająca (z obu stron)
- 4 Żebra usztywniające (z obu stron)

Rys. 3.2 Przypadek kiedy podparcie całkowicie uniemożliwia spaczenie

Przy określonym obciążeniu i przy określonych warunkach podparcia dotyczących spaczenia wartość współczynnika C zależy od dwóch parametrów:

- pierwszy parametr κ_{wt} uwzględnia sztywność giętno-skrętną belki

$$\kappa_{wt} = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} \quad (3)$$

gdzie

I_w wycinkowy moment bezwładności

- drugi parametr η uwzględnia efekt destabilizacji albo stabilizacji wynikający z przyłożenia obciążenia powyżej albo poniżej środka ścinania

$$\eta = \frac{z_a}{h_s/2} \quad (\eta \text{ nadano znak zgodnie z poniższymi objaśnieniami}) \quad (4)$$

gdzie:

z_a odległość punktu przyłożenia obciążenia od środka ścinania

h_s jest definiowane zgodnie z przyjętą konwencją jako:

$$h_s = 2 \sqrt{\frac{I_w}{I_z}} \quad (5)$$

niezależnie od kształtu przekroju.

Dla bisymetrycznych przekrojów dwuteowych, h_s może być przyjęte jako odległość pomiędzy środkami ścinania pasów (półek) :

$$h_s = h - t_f$$

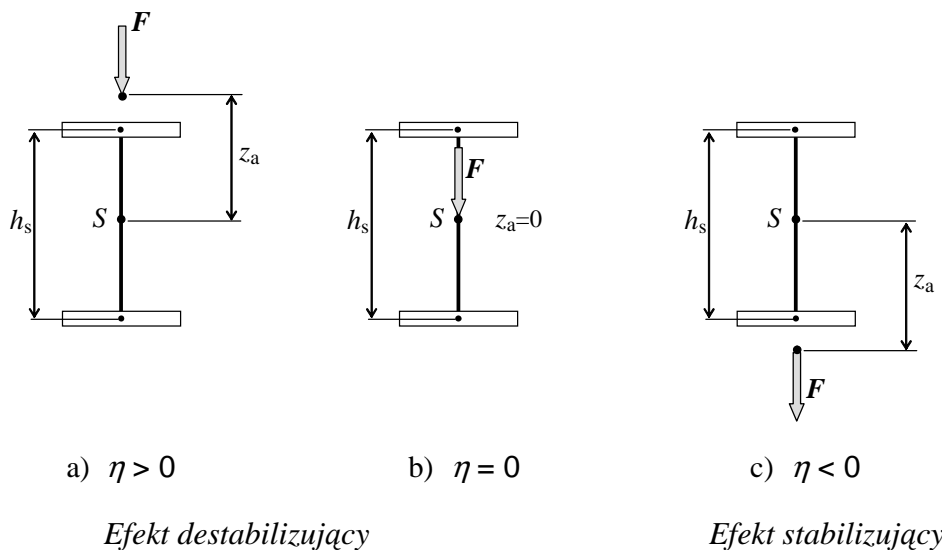
h pełna wysokość przekroju

t_f grubość pasa (półki)

Znak współczynnika η

Sposób ustalenia znaku η jest zilustrowany na Rys. 3.1. Dla obciążenia przyłożonego w środku ścinania S pola przekroju, $z_a = 0$ i $\eta = 0$. W przeciwnym razie znak η zależy od efektu oddziaływania obciążenia rozważanego z uwzględnieniem faktu skręcania się belki w czasie rozwijania się procesu zwężenia:

- każde obciążenie skierowane w *kierunku* środka ścinania S generuje moment skręcający zwiększający kąt skręcenia : obciążenie ma wpływ **destabilizujący** (przypadek a), i η ma znak **dodatni**, zgodnie z przyjętą konwencją,
- w przypadku przeciwnym, każde obciążenie skierowane w *kierunku* przeciwnym do kierunku środka ścinania S generuje moment skręcający przeciwdziałający skręceniu przekroju : obciążenie ma wpływ **stabilizujący** (przypadek c), i η ma znak **ujemny**, zgodnie z przyjętą konwencją.



Rys. 3.3 *Przypadek warunków podporowych uniemożliwiających spaczenie na podporze*

Wartości współczynnika C podano dla trzech prostych przypadków obciążenia:

- obciążenie ciągłe belki q
- obciążenie skupione F przyłożone na końcu belki
- obciążenie momentem skupionym C_M przyłożonym na końcu belki

Wartości parametrów κ_{wt} i η są przyjmowane w następujących przedziałach (w większości praktycznych przypadków):

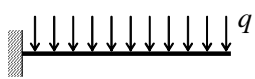
$$0 \leq \kappa_{wt} \leq 1$$

$$-2 \leq \eta \leq 3$$

Wartości współczynnika C dla pośrednich wartości powyższych parametrów mogą być interpolowane.

3.2 Wartości współczynnika C dla prostych przypadków obciążenia

Tabela 3.1 Wartości współczynnika C dla stałego obciążenia ciągłego q

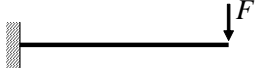


		efekt stabilizujący * ←					η	→ efekt destabilizujący **							
		-2,00	-1,50	-1,00	-0,50	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Swobodne odkształcenia giętno-skrętne	κ_{wt}														
	0	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	
	0,05	2,42	2,34	2,25	2,16	2,06	2,02	1,97	1,92	1,87	1,82	1,77	1,67	1,58	1,49
	0,1	2,87	2,71	2,53	2,34	2,13	2,03	1,92	1,82	1,71	1,61	1,52	1,35	1,20	1,07
	0,15	3,37	3,14	2,87	2,56	2,22	2,05	1,87	1,71	1,56	1,42	1,30	1,09	0,93	0,81
	0,2	3,93	3,62	3,25	2,82	2,32	2,06	1,82	1,60	1,41	1,25	1,12	0,91	0,76	0,65
	0,3	5,13	4,67	4,11	3,39	2,50	2,06	1,69	1,39	1,17	0,99	0,86	0,68	0,55	0,47
	0,4	6,40	5,79	5,04	4,02	2,66	2,02	1,54	1,21	0,98	0,81	0,70	0,54	0,43	0,36
	0,6	9,07	8,16	7,04	5,38	2,88	1,85	1,26	0,92	0,72	0,59	0,50	0,38	0,30	0,25
	0,8	11,8	10,6	9,11	6,82	3,00	1,65	1,03	0,73	0,56	0,46	0,38	0,29	0,23	0,19
1	14,6	13,1	11,2	8,30	3,08	1,47	0,87	0,61	0,46	0,37	0,31	0,23	0,19	0,16	
Odkształcenia giętno-skrętne niemożliwe	0	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	
	0,05	2,81	2,71	2,61	2,50	2,39	2,33	2,27	2,21	2,15	2,09	2,04	1,92	1,81	1,70
	0,1	3,76	3,55	3,33	3,07	2,80	2,65	2,51	2,36	2,22	2,08	1,95	1,72	1,52	1,35
	0,15	4,80	4,50	4,15	3,72	3,23	2,97	2,71	2,47	2,23	2,03	1,84	1,54	1,31	1,13
	0,2	5,91	5,51	5,03	4,42	3,68	3,28	2,89	2,53	2,22	1,96	1,74	1,40	1,17	1,00
	0,3	8,22	7,63	6,91	5,93	4,57	3,82	3,14	2,59	2,16	1,84	1,59	1,24	1,02	0,86
	0,4	10,6	9,82	8,87	7,52	5,45	4,29	3,32	2,62	2,13	1,78	1,52	1,17	0,95	0,79
	0,6	15,5	14,3	12,9	10,8	7,15	5,10	3,65	2,74	2,17	1,78	1,51	1,15	0,92	0,77
	0,8	20,4	18,9	17,0	14,2	8,85	5,92	4,05	2,98	2,33	1,90	1,60	1,22	0,98	0,82
	1	25,4	23,5	21,1	17,6	10,6	6,80	4,54	3,30	2,57	2,09	1,76	1,33	1,07	0,89

* w przypadku obciążeń grawitacyjnych, obciążenie przyłożone poniżej środka ścinania

** w przypadku obciążeń grawitacyjnych, obciążenie przyłożone powyżej środka ścinania

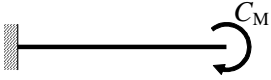
Tabela 3.2 Wartości współczynnika C dla obciążenia skupionego F przyłożonego na końcu



		efekt stabilizujący ←				η	→ efekt destabilizujący								
		-2,00	-1,50	-1,00	-0,50	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Swobodne odkształcenia gietno-skrętne	κ_{wt}														
	0	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
	0,05	1,39	1,37	1,34	1,31	1,28	1,26	1,25	1,23	1,21	1,19	1,17	1,13	1,08	1,04
	0,1	1,52	1,48	1,43	1,37	1,30	1,27	1,23	1,18	1,14	1,10	1,05	0,96	0,87	0,79
	0,15	1,65	1,60	1,53	1,45	1,34	1,27	1,21	1,13	1,06	0,99	0,92	0,80	0,69	0,61
	0,2	1,80	1,74	1,66	1,54	1,38	1,28	1,18	1,07	0,97	0,88	0,80	0,67	0,56	0,49
	0,3	2,15	2,07	1,94	1,75	1,45	1,27	1,10	0,94	0,81	0,70	0,61	0,49	0,40	0,34
	0,4	2,54	2,44	2,27	1,99	1,52	1,24	1,00	0,81	0,67	0,56	0,49	0,38	0,31	0,26
	0,6	3,41	3,26	3,01	2,52	1,60	1,14	0,81	0,61	0,49	0,40	0,34	0,26	0,21	0,17
	0,8	4,33	4,14	3,81	3,09	1,65	1,02	0,67	0,49	0,38	0,31	0,26	0,20	0,16	0,13
1	5,29	5,06	4,63	3,70	1,68	0,91	0,57	0,40	0,31	0,25	0,21	0,16	0,13	0,11	
Odkształcenia gietno-skrętne niemożliwe	0	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
	0,05	1,55	1,52	1,49	1,45	1,42	1,40	1,37	1,35	1,33	1,31	1,28	1,24	1,19	1,14
	0,1	1,86	1,81	1,75	1,67	1,58	1,54	1,48	1,43	1,37	1,31	1,25	1,13	1,02	0,92
	0,15	2,20	2,13	2,04	1,93	1,77	1,68	1,58	1,47	1,36	1,26	1,16	0,99	0,85	0,74
	0,2	2,56	2,48	2,37	2,21	1,96	1,81	1,65	1,48	1,32	1,18	1,06	0,86	0,72	0,62
	0,3	3,36	3,26	3,10	2,82	2,35	2,03	1,72	1,44	1,21	1,04	0,90	0,71	0,58	0,49
	0,4	4,21	4,08	3,88	3,49	2,72	2,21	1,75	1,39	1,14	0,95	0,82	0,63	0,51	0,43
	0,6	5,99	5,82	5,52	4,90	3,46	2,53	1,84	1,39	1,10	0,91	0,77	0,59	0,47	0,40
	0,8	7,83	7,61	7,22	6,36	4,20	2,88	2,00	1,48	1,16	0,95	0,80	0,61	0,49	0,41
	1	9,69	9,43	8,94	7,84	4,98	3,27	2,21	1,62	1,26	1,03	0,86	0,66	0,53	0,44

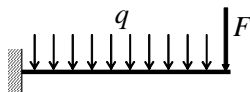
* w przypadku obciążeń grawitacyjnych, obciążenie przyłożone poniżej środka ścinania
** w przypadku obciążeń grawitacyjnych, obciążenie przyłożone powyżej środka ścinania

Tabela 3.3 Wartości współczynnika C dla obciążenia zewnętrznym momentem skupionym C_M przyłożonym na końcu



		κ_{wt}									
		0	-0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
Swobodne odkształcenia gietno-skrętne		0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54	0,54
Odkształcenia gietno-skrętne niemożliwe		0,50	0,50	0,50	0,51	0,52	0,55	0,59	0,68	0,80	0,93

3.3 Wartości współczynnika C dla kombinacji q i F



Rys. 3.4 Kombinacja q i F

Dla dowolnej kombinacji

- obciążenia ciągłego q wzdłuż belki,
- obciążenia skupionego F przyłożonego na końcu belki,

spełniającej poniższe warunki:

- oba obciążenia działają w tym samym kierunku, i
- jeżeli przyłożone poza środkiem ścinania, oba obciążenia są związane ze współczynnikiem η o tym samym znaku, albo $\eta \geq 0$ albo $\eta \leq 0$, jednak bez konieczności przykładania w tej samej odległości od środka ścinania.

Wartości współczynnika C można obliczać stosując następujące wzory interakcyjne :

$$\frac{M_q + M_F}{C} = \frac{M_q}{C_q} + \frac{M_F}{C_F} \quad (6)$$

albo
$$C = \frac{M_q + M_F}{\frac{M_q}{C_q} + \frac{M_F}{C_F}} \quad (7)$$

gdzie

M_q moment zginający w podporze spowodowany wyłącznie obciążeniem ciągłym q

M_F moment zginający w podporze spowodowany wyłącznie obciążeniem skupionym F

C_q wartości współczynnika C wyłącznie dla obciążenia ciągłego q , Tabela 3.1

C_F wartości współczynnika C wyłącznie dla obciążenia skupionego F , Tabela 3.1

a moment krytyczny przy zwężeniu sprężystym M_{cr} otrzymujemy z równania (1).

Uwaga: Ten wzór interakcyjny daje dobre rezultaty (błąd mniejszy niż 3% po stronie bezpiecznej) dla obciążeń z tym samym współczynnikiem $\eta \geq 0$, to jest oba obciążenia są przyłożone na tym samym poziomie i mają oddziaływani destabilizujące (patrz [3]). Wyniki mogą być bardziej zachowawcze w innych przypadkach.

4. Gorąco walcowane kształtowniki dwuteowe : pomoce projektowe do obliczania $M_{cr,0}$ i κ_{wt}

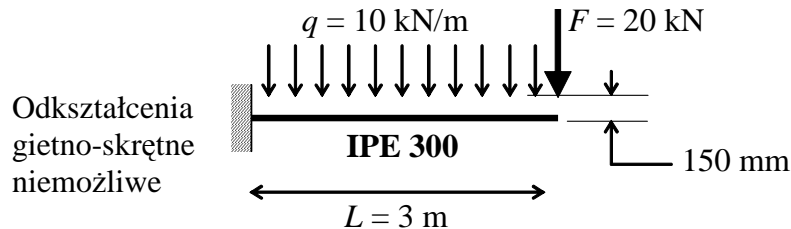
Dla najczęściej stosowanych gorąco walcowanych kształtowników dwuteowych, wartości $M_{cr,0}$ i κ_{wt} można obliczyć bardzo prosto, patrz Tabela 4.1. *Projektant musi dostosować się do jednostek (zamieszczonych w nawiasach).*

Tabela 4.1 $M_{cr,0}$ i κ_{wt} dla najczęściej stosowanych gorąco walcowanych kształtowników dwuteowych (IPE albo HE)

$$M_{cr,0} \text{ (kNm)} = \frac{M^*}{L \text{ (m)}} \qquad \kappa_{wt} = \frac{k^*}{L \text{ (m)}} \qquad (8)$$

n°	IPE		IPEA		HEA		HEAA		HEB		HEM	
	M*	k*	M*	k*	M*	k*	M*	k*	M*	k*	M*	k*
80	9,98	0,210	6,93	0,241	-	-	-	-	-	-	-	-
100	17,95	0,276	13,07	0,309	108,6	0,358	62,44	0,416	161,3	0,308	676,8	0,195
120	28,42	0,365	19,81	0,419	152,6	0,529	86,22	0,629	271,8	0,420	1041	0,265
140	42,98	0,459	28,87	0,549	230,7	0,693	128,0	0,864	430,4	0,539	1519	0,343
160	64,35	0,534	42,41	0,640	355,4	0,817	225,8	0,986	683,3	0,631	2191	0,416
180	90,12	0,635	60,96	0,756	479,6	1,027	319,9	1,201	982,6	0,759	2968	0,505
200	129,3	0,696	90,06	0,815	686,6	1,155	477,7	1,313	1413	0,865	3989	0,589
220	176,7	0,806	128,1	0,924	967,0	1,327	636,2	1,539	1912	1,000	5152	0,687
240	247,9	0,869	183,7	0,986	1391	1,432	896,4	1,643	2602	1,109	9273	0,690
260	-	-	-	-	1797	1,599	1193	1,808	3268	1,257	11234	0,790
270	335,6	1,072	249,0	1,225	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	2230	1,811	1495	2,054	3991	1,428	13359	0,900
300	451,9	1,275	342,4	1,439	3006	1,911	1983	2,146	5160	1,538	21417	0,900
320	-	-	-	-	3561	1,906	2160	2,196	5911	1,544	22286	0,931
330	610,9	1,356	475,0	1,508	-	-	-	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	3987	1,929	2346	2,249	6471	1,573	22328	0,981
360	809,2	1,477	648,7	1,662	4441	1,948	2543	2,295	7059	1,599	22231	1,028
400	1064	1,579	827,6	1,796	5216	2,009	2890	2,442	8041	1,669	22177	1,127
450	1373	1,753	1074	2,002	6226	2,101	3130	2,640	9312	1,761	22282	1,254
500	1793	1,907	1430	2,158	7338	2,176	3383	2,820	10684	1,840	22247	1,375
550	2351	1,994	1881	2,266	7992	2,304	3901	2,901	11481	1,957	22356	1,504
600	3069	2,115	2494	2,389	8677	2,421	4198	3,053	12311	2,066	22324	1,626
650	-	-	-	-	9394	2,528	4511	3,189	13174	2,167	22431	1,753
700	-	-	-	-	10252	2,598	5018	3,294	14194	2,242	22398	1,871
800	-	-	-	-	11256	2,822	5928	3,404	15388	2,450	22690	2,096
900	-	-	-	-	12947	2,968	7135	3,553	17382	2,596	22755	2,327
1000	-	-	-	-	13907	3,185	8028	3,705	18516	2,795	22964	2,567

5. Przykład zastosowania



Rys. 5.1 Kombinacja obciążenia q i F

$$\text{IPE 300 : } h = 300 \text{ mm} \quad \text{i} \quad t_f = 10,7 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad h_s = 300 - 10,7 = 289,3 \text{ mm}$$

$$\text{Tabela 4.1: } M^* = 451,9 \quad \Rightarrow \quad M_{cr,0} = 451,9 / 3 = 150,6 \text{ kNm} \quad (\text{z } (8))$$

$$k^* = 1,275 \quad \Rightarrow \quad \kappa_{wt} = 1,275 / 3 = 0,425 \quad (\text{z } (8))$$

Dla obciążenia ciągłego q (wyłącznie): $\eta = 150 / (289,3 / 2) = +1,04$ (efekt destabilizujący)
(z (4))

$$M_q = 10 \times 3^2 / 2 = 45 \text{ kNm}$$

Tabela 3.1: W wyniku interpolacji wartości współczynnika C dla $\kappa_{wt} = 0,4$ i $\kappa_{wt} = 0,6$, oraz dla $\eta = 1$ i $\eta = 1,25$, otrzymano : $C_q = 2,09$

Dla obciążenia skupionego F (wyłącznie): $\eta = +1,04$ i $M_F = 20 \times 3 = 60 \text{ kNm}$

Tabela 3.2: W wyniku interpolacji wartości współczynnika C dla $\kappa_{wt} = 0,4$ i $\kappa_{wt} = 0,6$, oraz dla $\eta = 1$ i $\eta = 1,25$, otrzymano : $C_F = 1,11$

$$Z(7): \quad C = \frac{45 + 60}{\frac{45}{2,09} + \frac{60}{1,11}} = 1,39$$

$$Z(1): \quad M_{cr} = 1,39 \times 150,6 = 209,3 \text{ kNm}$$

Wynik obliczeń wykonanych dla tego przypadku programem komputerowym *LTBeam* (patrz punkt 6) wynosi : $M_{cr} = 210,2 \text{ kNm}$ (różnica : -0,4%).

6. Informacja o darmowym programie komputerowym *LTBeam* przeznaczonym do rozwiązywania ogólnych zagadnień dotyczących zwichrzenia

W ramach europejskiego projektu badawczego [1] opracowano program komputerowy umożliwiający rozwiązywanie problem zwichrzenia prostych belek.: *LTBeam*. Program ten wykorzystuje technikę dyskretyzacji belek rozwiązuje problem wartości własnych macierzy. Program *LTBeam* umożliwia uwzględnienie różnorodnych warunków podparcia i stężeń pośrednich (punktowych lub ciągłych, sztywnych lub sprężystych w centrum ścinania albo poza nim) i różnorodne obciążenia (przyłożone w centrum ścinania albo poza nim). Chociaż interfejs użytkownika programu jest ukierunkowany na analizę belek o stałym przekroju, możliwe jest obliczanie belek o przekroju zmiennym. Pełna wersja program *LTBeam* może być pobrana bez opłaty ze strony internetowej CTICM (www.cticm.com). Krótka prezentacja programu jest zamieszczona w punkcie 7.3 opracowania [1], dokładniejszy opis w języku francuskim w [2].

7. Literatura

- 1 ECSC Steel RTD Programme “*Lateral Torsional Buckling In Steel And Composite Beams*” N° 7210-PR-183 (1999-2002) – Final Technical Report – Book 2 : “*Design Guide*” – Chapters 3 and 7.3
- 2 Y. Galéa – “*Moment critique de déversement élastique de poutres fléchies : présentation du logiciel LTBeam*” – Revue Construction Métallique n°2-2003 – CTICM
- 3 Y. Galéa – “*Moment critique de déversement élastique de poutres consoles*” – Revue Construction Métallique n°3-2005 – CTICM
- 4 Swedish Manual on Buckling – “*Knäckning vippning och buckling*” – St BK-K2 – Statens Stålbyggnadskommitté – 1973 – po szwedzku

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Sprężysty moment krytyczny przy zwężeniu belek wspornikowych		
Odniesienie			
DOKUMENT ORYGINALNY			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Yvan GALEA	CTICM	16/06/05
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Alain BUREAU	CTICM	16/06/05
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	D C Iles	SCI	15/07/05
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. WIELKA BRYTANIA	G W Owens	SCI	30/06/05
2. Francja	A Bureau	CTICM	30/06/05
3. Niemcy	C Müller	RWTH	30/06/05
4. Szwecja	A Olsson	SBI	30/06/05
5. Hiszpania	J Chica	Labein	30/06/05
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	09/05/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził		B. Stankiewicz, PRz	
Tłumaczenie zatwierdzone przez:	B. Stankiewicz	PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Sprężysty moment krytyczny przy zwężeniu belek wspornikowych	
Seria		
Opis*	Dokument prezentuje prostą metodę obliczania sprężystego momentu krytycznego przy zwężeniu belki wspornikowej.	
Poziom dostęp*	Umiejętności specjalistyczne	Profesjonalista
Identyfikator*	Nazwa pliku	D:\ACCESS_STEEL_PL\SN\SN006a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Word 9.0; 14 Pages; 664kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Budynki wielokondygnacyjne; ;
Daty	Data utworzenia	18/05/2006
	Data ostatniej modyfikacji	11/07/2005
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		Polski
Kontakt	Autor	Yvan GALEA, CTICM
	Sprawdził	Alain BUREAU, CTICM
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	Belki wspornikowe, zwężenie belek	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	EN 1993-1-1
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	EU
Instrukcje szczegółne		