Informacje uzupełniające: Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu

Podano formuły do wyznaczania sprężystego momentu krytycznego dla podwójnie symetrycznych przekrojów poprzecznych. Wartości współczynników branych do obliczeń są podane dla podstawowych przypadków. Dla belki obciążonej obciążeniem równomiernie rozłożonym o stałej wartości i momentami na końcach, lub siłami skupionymi w środku rozpiętości i momentami na końcach, wartości współczynników są podane na wykresach.

Spis treści

1. Postanowienia ogólne **2**

2. Metoda dla podwójnie symetrycznych przekrojów **2**

3. Współczynniki C_1 i C_2 **4**

4. Literatura **12**

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

1. Postanowienia ogólne

W przypadku podwójnie symetrycznych przekrojów poprzecznych, sprężysty moment krytyczny M_{cr} może być obliczany metodą podaną w rozdziale 2.

Dla przypadków, których nie obejmuje metoda podana w rozdziale, sprężysty moment krytyczny może być określany przez analizę wyboczenia belki pod warunkiem że obliczenie uwzględnia wszystkie parametry mające wpływ na wartość wartości M_{cr}:

- geometria przekroju poprzecznego
- sztywność przy spaczeniu
- ustawienie obciążenia poprzecznego względem środka ścinania
- warunki podparcia

Oprogramowanie ***LTBeam*** służy do obliczenia momentu krytycznego M_{cr}. To oprogramowanie może być pobrane bezpłatnie z następującej witryny internetowej:

http://www.cticm.com

2. Metoda dla podwójnie symetrycznych przekrojów

Metodę podana niżej stosuje się tylko do prostych elementów o stałym przekroju, dla których przekrój poprzeczny jest symetryczny względem płaszczyzny zginania.

Warunki podparcia na każdym końcu elementu są przynajmniej następujące:

- są zabezpieczone przed bocznym przesunięciem
- są zabezpieczone przed obrotem wokół osi podłużnej

Sprężysty moment krytyczny może być obliczony według następującej formuły wyprowadzonej z teorii wyboczenia:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\} \qquad \textbf{(1)}$$

gdzie

E moduł sprężystości podłużnej (E = 210000 N/mm^2)

G moduł sprężystości poprzecznej (G = 80770 N/mm^2)

I_z moment bezwładności względem osi słabszej

I_t moment bezwładności przy skręcaniu swobodnym

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

I_w wycinkowy moment bezwładności

L odległość między punktami bocznego podparcia

k i k_w współczynniki długości efektywnej

z_g odległość od punktu przyłożenia obciążenia do środka ścinania przekroju.

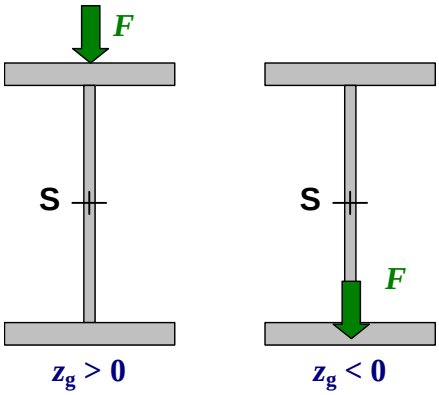
Uwaga : W podwójnie symetrycznych przekrojach, środek ścinania pokrywa się ze środkiem ciężkości przekroju.

C_1 i C_2 są współczynnikami zależnymi od obciążenia warunków podparcia na końcach (patrz §3).

Współczynnik k odnosi się do obrotu końca elementu w planie. Jest on analogiczny do współczynnika długości wyboczeniowej w stosunku do długości elementu ściskanego. Współczynnik k powinien być brany jako nie mniejszy niż 1,0 chyba że wartości mniejsze od 1,0 mogą być uzasadnione.

Współczynnik k_w odnosi się do spaczenia końca elementu. W przypadku braku specjalnych usztywnień przeciwdziałających spaczeniu, k_w powinien być przyjmowany jako 1,0.

W ogólnym przypadku z_g jest dodatnie, gdy zwrot działającego obciążenia jest skierowany do środka ścinania przekroju (Rys. 2.1).



Rys. 2.1 Punkt przyłożenia obciążenia poprzecznego

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

We wspólnym przypadku normalnych warunków poparcia na końcach (podparcie widełkowe), k i k_w są wzięte jako równy 1.

$$M_{\mathrm{cr}} = C_1 \frac{\pi^2 EI_{\mathrm{z}}}{L^2} \left\{ \sqrt{\frac{I_{\mathrm{w}}}{I_{\mathrm{z}}} + \frac{L^2 GI_{\mathrm{t}}}{\pi^2 EI_{\mathrm{z}}} + \left(C_2 z_{\mathrm{g}}\right)^2} - C_2 z_{\mathrm{g}} \right\} \qquad \textbf{(2)}$$

Kiedy wykres momentu zginającego jest liniowy wzdłuż segmentu elementu ustalonego przez punkty podparcia bocznego, albo kiedy obciążenie poprzeczne jest przyłożone w środku ścinania, wartość $C_2\, z_{\mathrm{g}} = 0$. Wtedy wzór (2) może być uproszczony następująco:

$$M_{\mathrm{cr}} = C_1 \frac{\pi^2 EI_{\mathrm{z}}}{L^2} \sqrt{\frac{I_{\mathrm{w}}}{I_{\mathrm{z}}} + \frac{L^2 GI_{\mathrm{t}}}{\pi^2 EI_{\mathrm{z}}}} \qquad \textbf{(3)}$$

W przypadku podwójnie symetrycznych dwuteowników typu I wycinkowy moment bezwładności może być obliczany następująco:

$$I_{\mathrm{w}} = \frac{I_{\mathrm{z}} \left(h - t_{\mathrm{f}}\right)^2}{4} \qquad \textbf{(4)}$$

gdzie

h całkowita wysokość przekroju poprzecznego

t_{f} grubość półki

3. Współczynniki C_1 i C_2

3.1 Postanowienia ogólne

Współczynniki C_1 i C_2 zależą od różnych parametrów:

- właściwości przekroju,
- warunków podparcia,
- wykresu momentów

To może być przedstawione, że współczynniki C_1 i C_2 zależą od κ obliczanego ze wzoru (5):

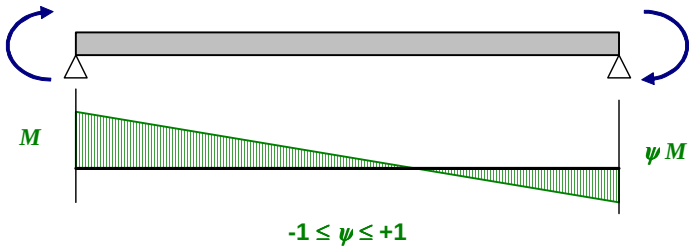
$$\kappa = \frac{EI_{\mathrm{w}}}{GI_{\mathrm{t}} L^2} \qquad \textbf{(5)}$$

Wartości dane w tym dokumencie były obliczone z założeniem $\kappa = 0$. To założenie prowadzi do konserwatywnych wartości C_1.

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

3.2 Elementy obciążone tylko momentami w węzłach podporowych

Współczynnik C_1 może być określany z Tablica 3.1 dla elementów obciążonych momentami na końcach.



Rys. 3.1 Element z momentami na końcach

Tablica 3.1 Wartości współczynnika C_1 dla elementu z momentami na końcach (dla k = 1)

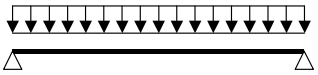
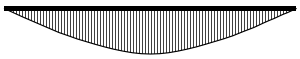
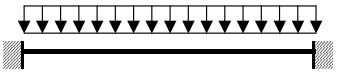
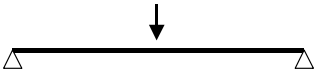
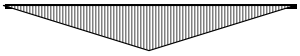
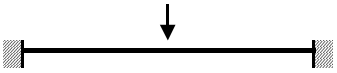
ψ	C_1
+1,00	1,00
+0,75	1,14
+0,50	1,31
+0,25	1,52
0,00	1,77
-0,25	2,05
-0,50	2,33
-0,75	2,57
-1,00	2,55

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

3.3 Elementy obciążone poprzecznie między węzłami

W Tablica 3.2 podano wartości współczynników C_1 i C_2 w niektórych przypadkach elementu poddanego obciążeniu poprzecznemu.

Tablica 3.2 Wartości współczynników C_1 i C_2 w przypadku obciążenia poprzecznego (dla k = 1)

Obciążenie i warunki podparcia	Wykres momentu zginającego	C_1	C_2
		1,127	0,454
		2,578	1,554
		1,348	0,630
		1,683	1,645

Uwaga : moment krytyczny M_{cr} jest obliczany dla przekroju, w którym występuje maksymalny moment na długości elementu

3.4 Element z momentami na końcach i obciążeniem poprzecznym

Przy jednoczesnym obciążeniu momentami na końcach i obciążeniem poprzecznym jak to pokazano na Rys. 3.2, wartości C_1 i C_2 mogą być otrzymane z krzywych danych poniżej. Rozważane są dwa przypadki:

Przypadek a) momenty na końcach z obciążeniem równomiernie rozłożonym

Przypadek b) momenty na końcach z siłą skupioną w środku rozpiętości

Rozkład momentów może być zdefiniowany przez użycie dwóch parametrów:

ψ to stosunek momentów na końcach. Z definicji, M to maksymalny moment na końcu, tak więc:

$-1 \leq \psi \leq 1$ ($\psi = 1$ dla stałego momentu)

μ to stosunek momentu od obciążenia poprzecznego do maksymalnego momentu na końcu M

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

Przypadek a) $\mu = \dfrac{qL^2}{8M}$

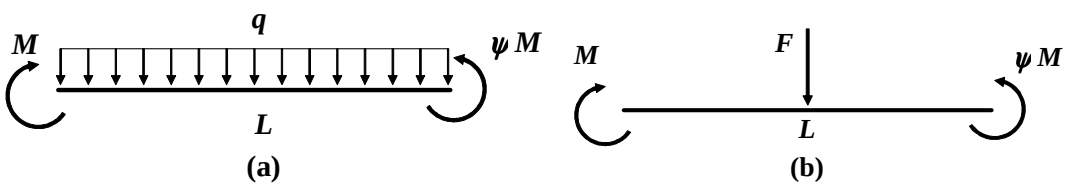
Przypadek b) $\mu = \dfrac{FL}{4M}$

Konwencja znaku μ:

$\mu > 0$ jeżeli M i obciążenie poprzeczne (q lub F) zginają belkę w tym samym kierunku, (np. jak to pokazano na rysunku poniżej)

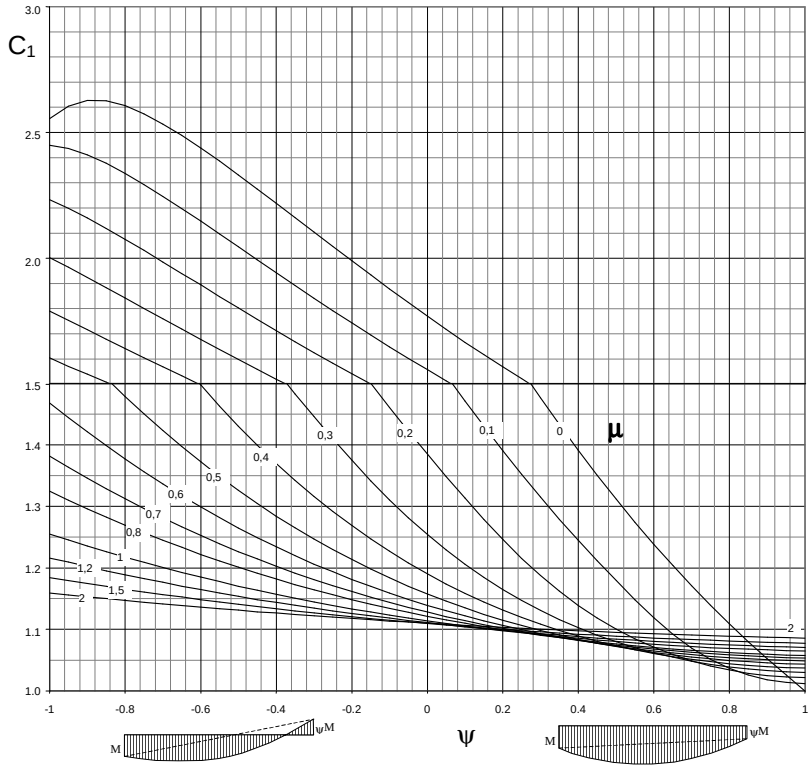
$\mu < 0$ gdy jest inaczej

Wartości C_1 i C_2 były określone dla k = 1 i k_w = 1.

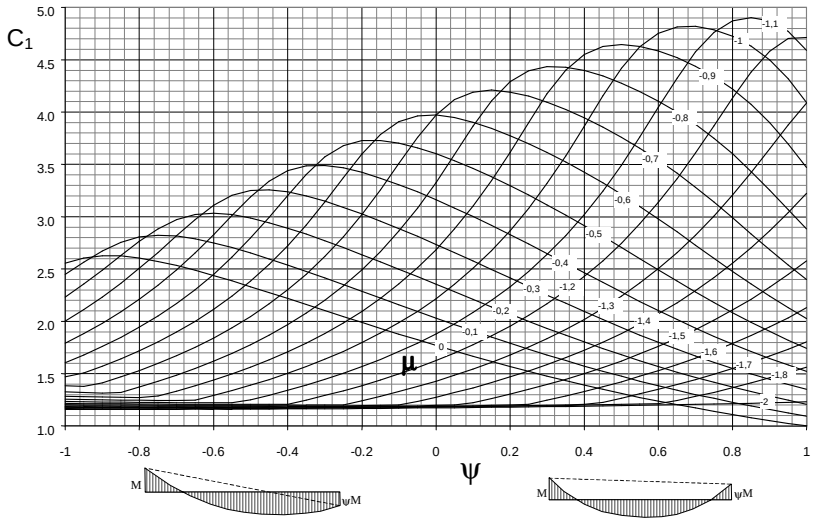


Rys. 3.2 Momenty na końcach z obciążeniem poprzecznym

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement



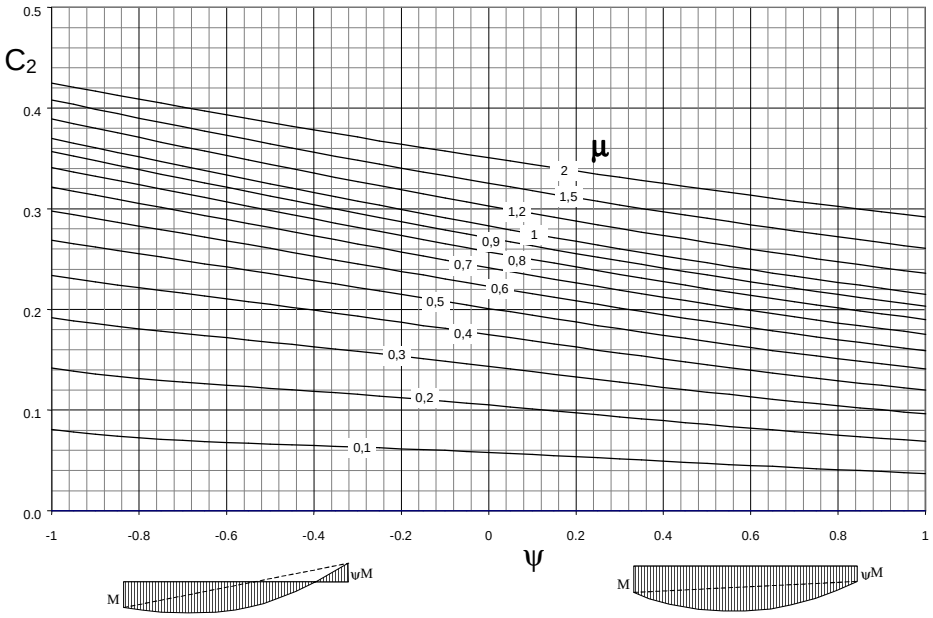
$\mu > 0$



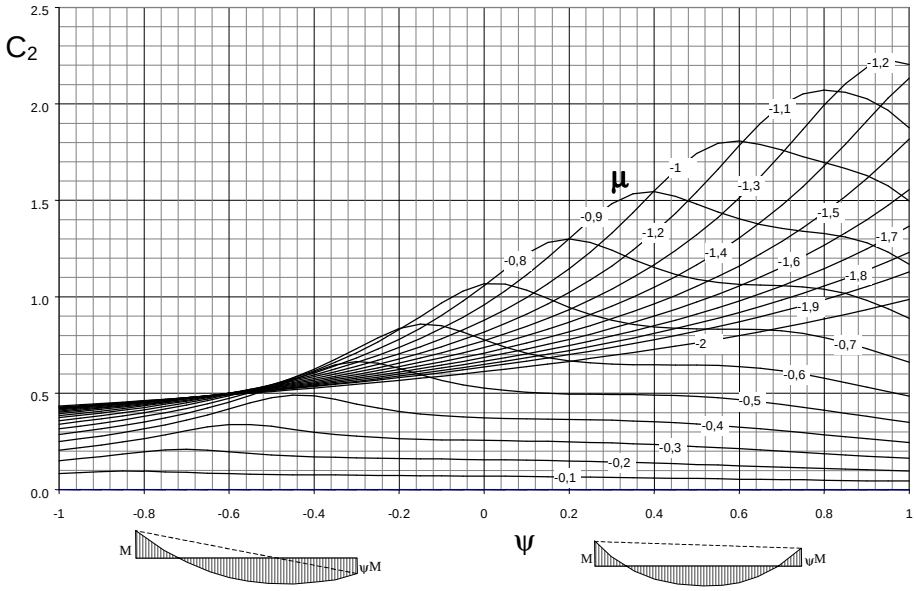
$\mu < 0$

Rys. 3.3 Momenty na końcach i obciążenie równomiernie rozłożone – współczynnik C_1

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement



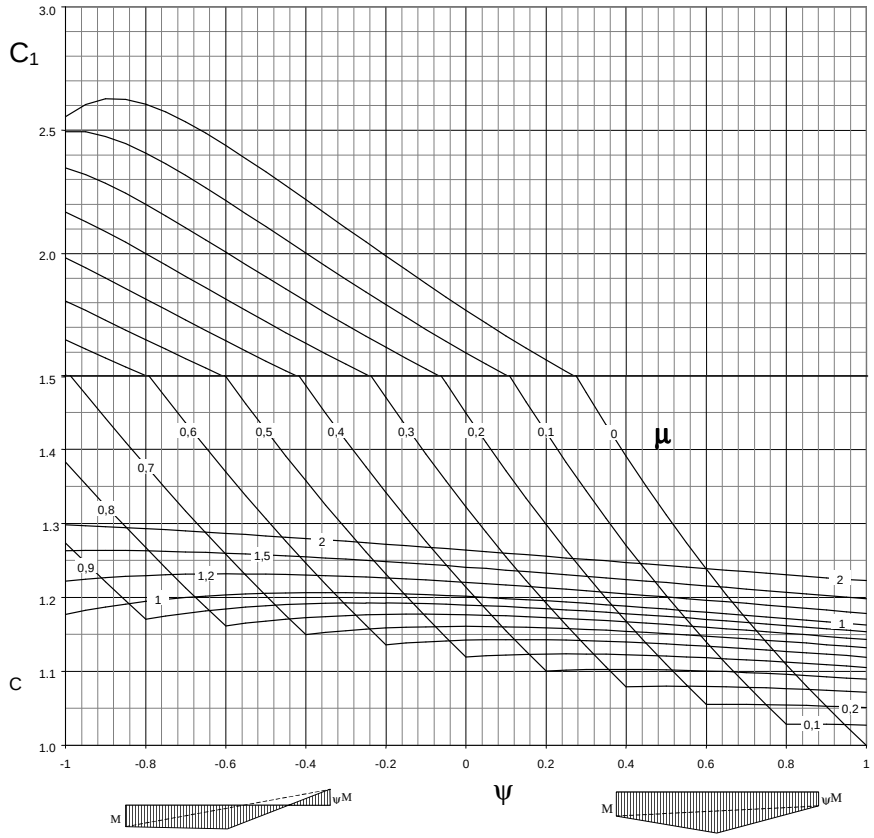
$\mu > 0$



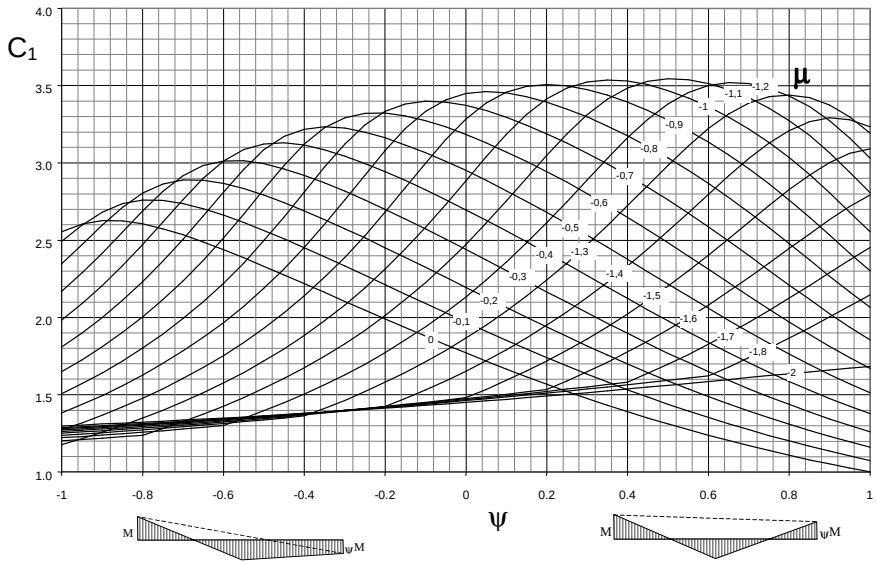
$\mu < 0$

Rys. 3.4 Momenty na końcach i obciążenie równomiernie rozłożone – współczynnik C_2

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement



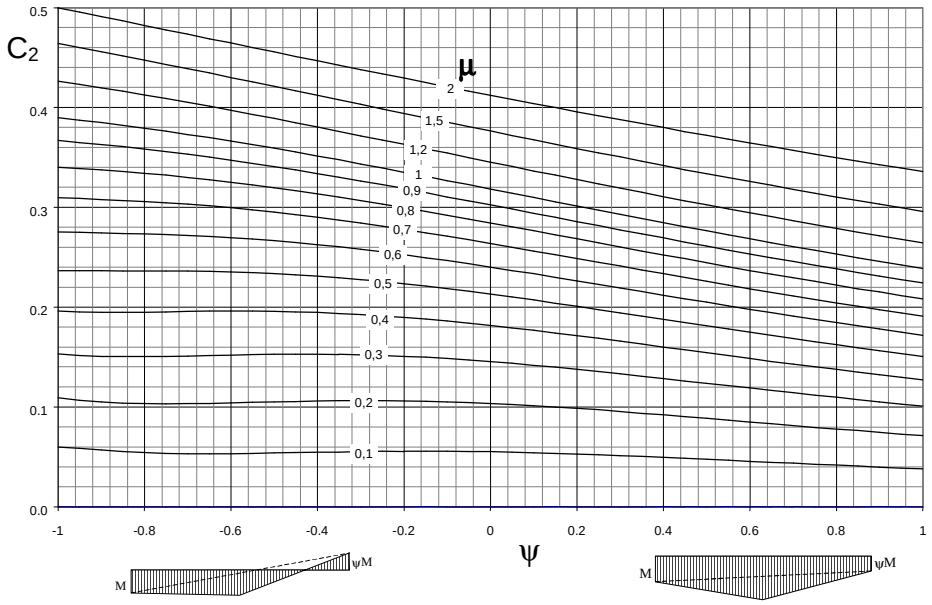
$\mu > 0$



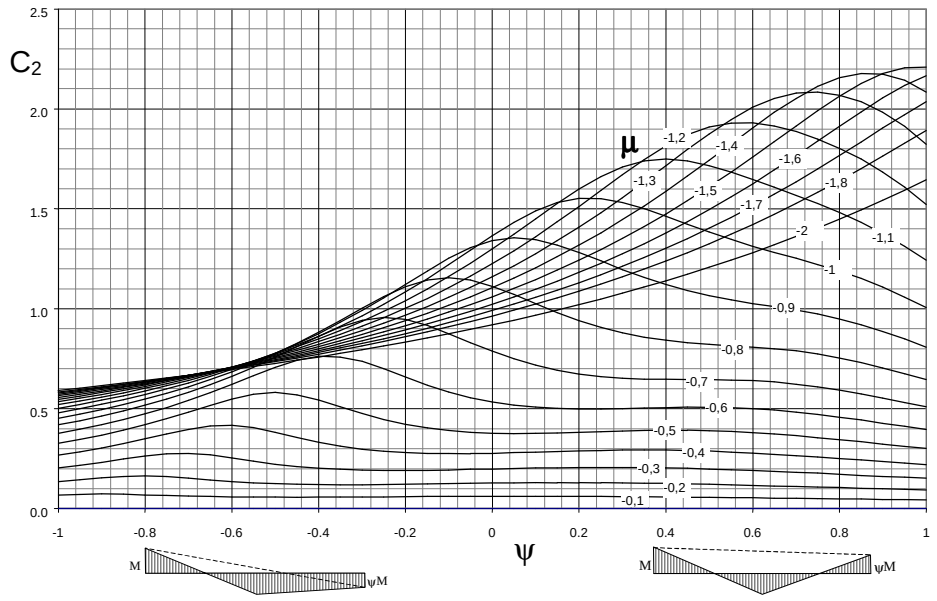
$\mu < 0$

Rys. 3.5 Momenty na końcach i siła skupiona w środku rozpiętości – współczynnik C_1

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement



$\mu > 0$



$\mu < 0$

Rys. 3.6 Momenty na końcach i siła skupiona w środku rozpiętości – współczynnik C_2

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

4. Literatura

1 PN-EN 1993-1-1
Eurokod 3 - Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1.1: Reguły ogólne i reguły dla budynków. PKN, Warszawa 2006.

2 Timoshenko, S.P. and Gere, J. M.
Theory of elastic stability. 2nd Edition. Mc Graw-Hill. 1961.

3 Djalaly, H.
Calcul de la résistance ultime au déversement dans le cas de la flexion déviée. Revue Construction Métallique n°3-1974. CTICM.

4 Galéa, Y.
Déversement élastique d'une poutre à section bi-symétrique soumise à des moments d'extrémité et une charge repartee ou concentrée. Revue Construction Métallique n°2-2002. CTICM.

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu		
Odniesienie			
DOKUMENT ORYGINALNY			
	Imię i nazwisko	**Instytucja**	**Data**
Stworzony przez	Alain Bureau	CTICM	
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Yvan Galéa	CTICM	
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	D C Iles	SCI	2/3/05
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. WIELKA BRYTANIA	G W Owens	SCI	1/3/05
2. Francja	A Bureau	CTICM	1/3/05
3. Szwecja	A Olsson	SBI	1/3/05
4. Niemcy	C Mueller	RWTH	1/3/05
5. Hiszpania	J Chica	Labein	1/3/05
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	21/4/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:		Z. Kiełbasa, PRz	
Tłumaczenie zatwierdzone przez:			

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement

Informacje ramowe

Tytuł*	**Informacje uzupełniające: Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu**	
Seria		
Opis*	Podano formuły do wyznaczania sprężystego momentu krytycznego dla podwójnie symetrycznych przekrojów poprzecznych. Wartości współczynników branych do obliczeń są podane dla podstawowych przypadków. Dla belki obciążonej obciążeniem równomiernie rozłożonym	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	
Identyfikator*	Nazwa pliku	D:\ ZBIGNIEW KIEŁBASA\TŁUMACZENIE ACCES STEEL\CZĘŚĆ 1\003\SN003a-PL-EU.doc
Format		Microsoft Word 9.0; 14 Pages; 1371kb;
Kategoria*	Typ zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	
Temat*	Obszar stosowania	Budynki wielokondygnacyjne;
Daty	Data utworzenia	07/03/2005
	Data ostatniej modyfikacji Data sprawdzenia Ważny od Ważny do	03/02/2005
Język(i)*		
Kontakt	Autor Sprawdził	Alain Bureau, CTICM Yvan Galéa, CTICM
	Zatwierdził Redaktor Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	Zwichrzenie	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	
Instrukcje szczególne		

Created on Monday, November 30, 2009
This material is copyright - all rights reserved. Use of this document is subject to the terms and conditions of the Access Steel Licence Agreement