



SO SÁNH KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA XÀ GỒ THÀNH MỎNG TIẾT DIỆN DẠNG CHỮ C VÀ CHỮ Z

Phạm Văn Hội¹, Đỗ Quang Thành²

Tóm tắt: Xà gồ thành mỏng tiết diện chữ C và chữ Z đang được dùng rộng rãi trong các công trình bằng thép ở Việt Nam, nhất là trong nhà tiền chế. Tuy nhiên trong thực tế xây dựng, xà gồ chữ Z được sử dụng phổ biến hơn xà gồ chữ C. Ngoài ưu điểm về việc xếp chồng khi vận chuyển và lắp dựng thì xà gồ chữ Z cũng chịu lực tốt hơn xà gồ chữ C có cùng diện tích tiết diện, cùng nhịp và cùng sơ đồ tính. Bài báo so sánh khả năng chịu lực của hai loại xà gồ này để làm cơ sở giải thích vì sao xà gồ chữ Z lại được sử dụng phổ biến hơn xà gồ chữ C.

Từ khóa: Xà gồ thành mỏng, tiết diện chữ C và chữ Z

Summary: Thin - walled purlins with C-shaped section and Z - shaped section are being used widely in steel constructions in Viet Nam, especially in pre - engineering buildings. However, in practical construction, Z - shaped section purlins are used more commonly than C - shaped section ones. Beside the advantage in transportation and erection, Z - shaped section purlins have better bearing capacity than C - shaped section purlins with same cross - sectional area, same span and same diagram. This article compare the bearing capacity of these two kinds of purlin to provide a basis to explain the reason that Z - shaped section purlins are used more commonly than the rest.

Keywords: thin - walled purlin, C - shaped section, Z - shaped section.

Nhận ngày 04/9/2013, chỉnh sửa ngày 25/9/2013, chấp nhận đăng 30/9/2013



1. Mở đầu

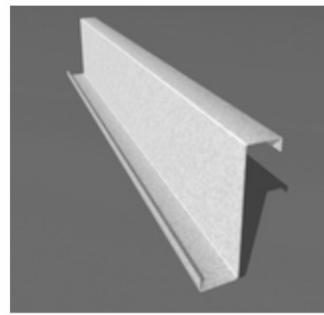
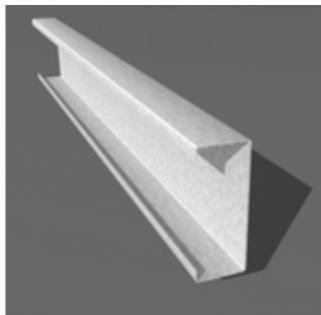
Hiện nay, trong xây dựng xà gồ thành mỏng được sử dụng rất rộng rãi và đã thay thế phần lớn các xà gồ dùng cán nóng. Xà gồ thành mỏng được chế tạo bằng cách dập nguội bản thép mạ kẽm (có giới hạn chảy $f_y > 3400 \text{ daN/cm}^2$), dày từ 1,5 ~ 2,4mm thành các tiết diện chữ Z (đối xứng qua tim) hoặc xà gồ chữ C (đối xứng qua một trục). Khi uốn và dập nguội, tại chỗ gập cấu trúc tinh thể của thép biến đổi, cả ứng suất chảy và ứng suất bền đều tăng cao, thép trở nên cứng hơn.

Các hãng sản xuất đều đưa ra các tiêu chuẩn cho xà gồ chữ Z và chữ C. Tuy nhiên, trong các bảng tra này thì tải trọng cho phép của xà gồ chữ C và chữ Z được lấy như nhau.

Tải trọng tác dụng lên xà gồ bao gồm trọng lượng bản thân xà gồ, trọng lượng tấm mái và các giằng xà gồ; ngoài ra còn có hoạt tải do sửa chữa mái và hoạt tải gió. Tải trọng gió tác dụng lên mái có thể là gió đẩy hoặc gió hút. Khi chịu tải trọng gió bốc mái (gió hút) cánh trên xà gồ được liên kết vào tấm mái sẽ chịu kéo còn cánh dưới tự do thì chịu nén và không được giằng. Khi chịu tải trọng theo phương thẳng đứng (gió đẩy) sự chịu tải sẽ ngược lại.

¹GS.TS, Khoa Xây dựng Dân dụng & Công nghiệp. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: pvhoixd@gmail.com

²KS, Khoa Công trình thủy. Trường ĐH Hàng Hải Việt Nam



Hình 1. Xà gồ tiết diện chữ Z và chữ C



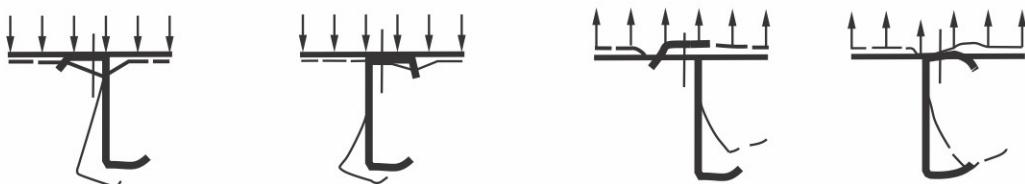
2. Cơ sở tính toán

Việc tính toán xà gồ thành mỏng tương đối phức tạp, phải tính toán theo lý thuyết thanh thành mỏng, sau khi ứng suất trong bản mỏng đạt đến giá trị tới hạn tâm bị oắn nhưng không bị phá hủy, vẫn còn khả năng chịu lực thêm. Tải trọng đặt thêm vào sẽ gây ra sự phân bố lại ứng suất và cấu kiện vẫn chịu được tải trọng; cần phải tính toán tiết diện hữu hiệu. Nghiên cứu từ sự làm việc thực tế của xà gồ, Tiêu chuẩn Eurocode3, part 1.3 cho phép tính toán xà gồ theo phương pháp đơn giản hóa, dễ áp dụng hơn so với phương pháp dùng lý thuyết tính toán thanh thành mỏng thông thường; thậm chí cũng không cần xác định các nội lực phức tạp do xoắn kiềm chế gây ra như theo phương pháp của Vlasov. Trong bài báo này tác giả lấy tiêu chuẩn Eurocode 3 làm cơ sở tính toán.

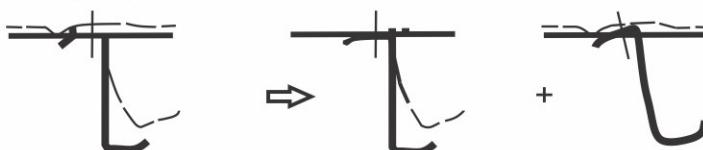
2.1 Phân tích trạng thái chịu lực của xà gồ chữ C, chữ Z

Theo tiêu chuẩn Eurocode 3 sự làm việc của xà gồ thành mỏng có thể phân tích như sau: Tải trọng thẳng đứng trong mặt phẳng chính tác dụng lên xà gồ làm xuất hiện mômen uốn trong mặt phẳng chính; khi tải trọng này không đi qua tâm xoắn thì trong thanh sẽ xuất hiện thêm mômen xoắn. Ngoài ra, dưới tác dụng của mômen uốn trong mặt phẳng chính, trong tiết diện còn có các ứng suất do uốn ngang, hợp lực của các ứng suất này là lực uốn lệch tâm, do đó xuất hiện thêm mômen uốn ngoài mặt phẳng. Mômen này được tách thành hai lực tác dụng tại cánh trên và cánh dưới, tuy nhiên do cánh trên bị giữ, nên lực ở cánh dưới sẽ vừa gây xoắn vừa gây uốn ngang cho thanh.

Khi xà gồ chịu lực được liên kết với mái tôn, thì mái tôn làm cản trở chuyển vị xoay và chuyển vị ngang của cánh trên. Khi đó biến dạng của xà gồ sẽ gồm hai phần: phần gây ra do xoắn cộng uốn ngang và phần do uốn trong mặt phẳng chính. Để tính toán ta mô hình hóa thanh xà gồ được liên kết chống xoay với độ cứng đòn hồi C_0 và một liên kết cản trở chuyển vị ngang của cánh liên kết với tôn mái. Khi đó ứng suất trong cánh tự do (cánh dưới) của thanh xà gồ sẽ được tính toán xét tới ảnh hưởng của mômen uốn trong mặt phẳng, mômen xoắn và uốn ngang.

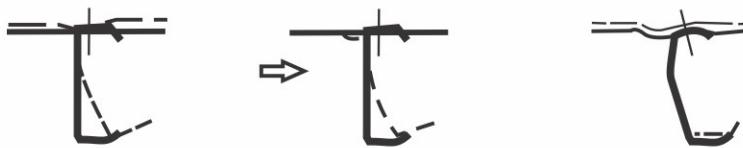


a) Xà gồ chữ C và chữ Z với cánh trên được liên kết với tôn mái



Uốn trong mặt phẳng Xoắn + uốn ngang

b) Tổng biến dạng của xà gồ chữ Z



Uốn trong mặt phẳng Xoắn + uốn ngang

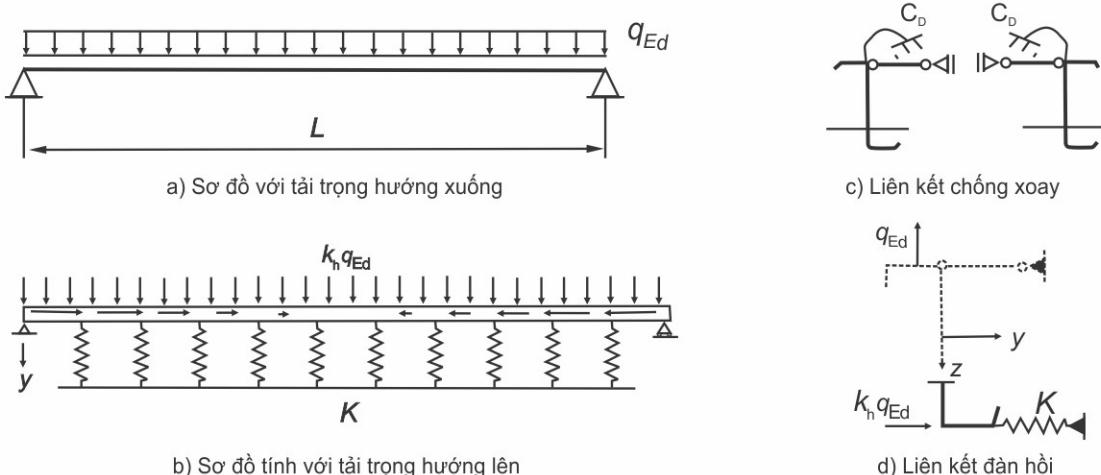
c) Tổng biến dạng của xà gồ chữ C

Hình 2. Phân tích sự làm việc của xà gồ tiết diện chữ Z và chữ C

2.2 Sơ đồ tính

Với tải trọng hướng xuống thì sơ đồ tính của xà gồ là dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều q_{Ed} như hình 3a, trường hợp đặc biệt nếu hai xà gồ được xếp chồng tại chỗ nối một đoạn thì sơ đồ tính của xà gồ chữ Z sẽ là dầm liên tục chịu tải phân bố đều (trường hợp thường gặp trong thực tế).

Với tải trọng hướng lên thì sơ đồ tính của xà gồ như hình 3b, ở trường hợp này mô hình thanh xà gồ với các gối đỡ là các giằng ngang và các liên kết chống xoay có độ cứng đàn hồi xoay là C_D tại cánh bắt mái tôn (Hình 3c). Giá trị C_D có thể được thay bằng liên kết đàn hồi theo phương ngang có độ cứng K đặt ở cánh tự do (Hình 3d).



Hình 3. Sơ đồ tính khi tải trọng hướng lên

Khi tính toán với sơ đồ như trên, lực $q_{h,Ed}$ đã kể ảnh hưởng của mômen xoắn và lực ngang do tiết diện bị vặn. Với sơ đồ tính này, thay vì phải tính mômen xoắn và xác định các đặc trưng xoắn của thanh thành mỏng khá phức tạp, ta chỉ cần tính toán như tiết diện bình thường chịu tác dụng của lực ngang $q_{h,Ed}$, tiết diện chịu lực ngang này bao gồm toàn bộ cánh tự do chịu nén và 1/5 chiều cao bản bụng với tiết diện chữ C và chữ Z [4, tr.79].

Công thức xác định lực ngang $q_{h,Ed}$ như sau:

$$q_{h,Ed} = k_h q_{Ed} \quad (1)$$

trong đó: q_{Ed} là tải trọng hướng lên tác dụng lên xà gồ và k_h là hệ số được xác định theo [4, tr.88];

Công thức xác định độ cứng K như sau:

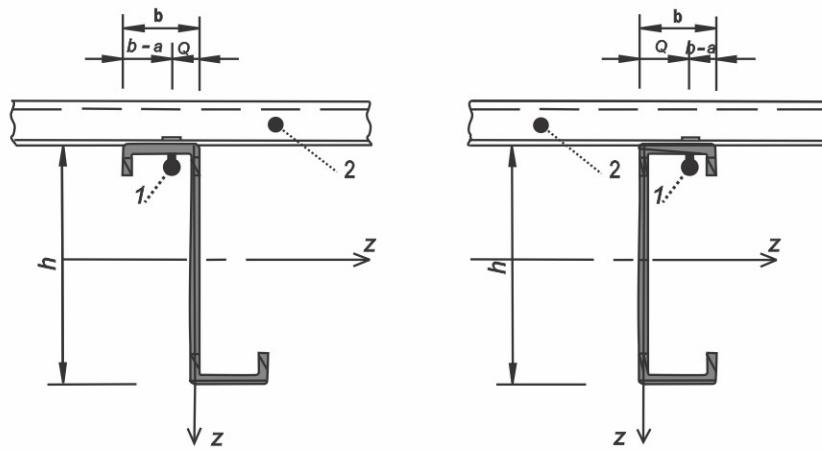
$$\frac{1}{K} = \frac{4(1-\nu^2)h^2(h+e)}{Et^3} + \frac{h^2}{C_D} \quad (2)$$

trong đó:

$e = b$: Với trường hợp $q_{h,Ed}$ tác dụng lên xà gồ tiếp xúc với tấm mái tại bản bụng của xà gồ;

$e = 2a+b$: Với trường hợp $q_{h,Ed}$ tác dụng lên xà gồ tiếp xúc với tấm mái tại bản cánh của xà gồ;

a, b, h: xác định như hình 4. Trong bài báo này tác giả sử dụng công thức $e=2a+b$ để áp dụng tính toán.



Hình 4. Thông số tiết diện xà gồ trong sơ đồ tính khi tải trọng hướng lên
1. Tôn mái; 2. Vít tôn

C_D - Độ cứng đòn hồi xoay xác định bằng công thức:

$$C_D = \frac{1}{1/C_{D,A} + 1/C_{D,C}} \quad (3)$$

trong đó: $C_{D,A}$ là độ cứng đòn hồi xoay của liên kết giữa tấm tôn và xà gồ

$$C_{D,A} = C_{100} k_{ba} k_t k_{bR} k_A k_{bT} \quad (3.1)$$

với: b là bề rộng cánh xà gồ; C_{100} là độ cứng xoay, phụ thuộc vào bề rộng tôn và khoảng cách giữa các vít, xác định theo [4, tr.88] và k_{ba} , k_t , k_{bR} , k_A , k_{bT} là các hệ số xác định theo [4, tr.85,86].

$C_{D,C}$: Độ cứng xoay liên quan đến độ cứng đòn hồi của tấm tôn:

$$C_{DC} = \frac{kEI_{eff}}{s} \quad (3.2)$$

trong đó: k là hệ số, được lấy như sau: $k = 2$ với trường hợp một bước xà gồ và $k = 4$ với trường hợp nhiều bước xà gồ; I_{eff} là mômen quán tính của tiết diện hữu hiệu của tấm mái trên đơn vị dài và s là khoảng cách xà gồ.

2.3 Xác định các nội lực

Mômen uốn quanh trục y-y (khi chịu lực hướng xuống q_{Ed}):

$$M_{y,Ed} = \frac{q_{Ed}L^2}{8} \quad (4)$$

Mômen uốn quanh trục z-z (khi chịu lực ngang $q_{h,Fd}$):

$$M_{fz,Ed} = \beta_R M_{0,fz,Ed} \quad (5)$$

trong đó: mômen $M_{0,fz,Sd}$ và hệ số β_R phụ thuộc vào cách bố trí giằng xà gồ, vị trí tiết diện khảo sát, được xác định theo [4, tr.82].

2.4 Kiểm tra khả năng chịu lực của xà gồ

2.4.1 Kiểm tra bền

Khi tải trọng hướng xuống (cánh trên xà gồ liên kết với tôn chịu nén, cánh tự do chịu kéo) được kiểm tra như dầm chịu uốn quanh trục y-y:

$$\sigma_{max,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y}} \leq \frac{f_y}{\gamma_M} \quad (6)$$



Khi tải trọng hướng lên (cánh trên xà gồ liên kết với tôn chịu kéo, cánh tự do chịu nén) được kiểm tra như dầm chịu uốn xiên:

$$\sigma_{\max,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y}} + \frac{M_{fz,Ed}}{W_{fz}} \leq \frac{f_y}{\gamma_M} \quad (7)$$

trong đó: A_{eff} là diện tích hữu hiệu của mặt cắt ngang ứng với ứng suất nén đều; f_y là giới hạn chảy của vật liệu; $W_{eff,y}$ là môđun chống uốn của tiết diện hữu hiệu đối với trục y-y; W_{fz} là môđun chống uốn của tiết diện gồm toàn bộ của cánh tự do và 1/5 chiều cao bản bụng đối với trục z-z và γ_M là hệ số an toàn riêng đối với vật liệu, đối với trường hợp kết cấu bị hư hỏng do chảy dẻo hoặc do oắn vặn lấy $\gamma_M = 1$.

2.4.2 Kiểm tra ổn định khi cánh tự do chịu nén

Điều kiện ổn định của cánh tự do được xác định theo công thức:

$$\frac{1}{\chi} \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y}} + \frac{M_{fz,Ed}}{W_{fz}} \leq \frac{f_{yb}}{\gamma_M} \quad (8)$$

trong đó: χ là hệ số giảm khả năng chịu lực do mất ổn định, phụ thuộc vào vật liệu, tiết diện hữu hiệu và độ cứng của gối đàn hồi K. Giá trị χ được xác định theo [4, tr.82].

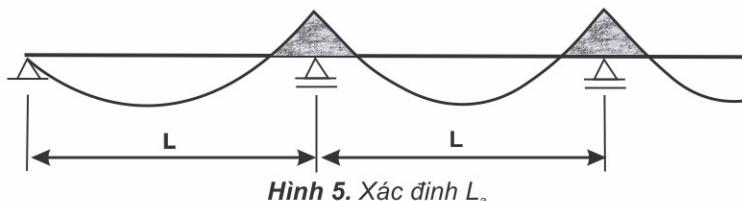
Khi xác định χ cần quan tâm đến chiều dài oắn tự do của cánh (l_{fz}), giá trị này được xác định như sau:

- Nếu tải trọng hướng xuống mà $0 \leq R \leq 200$ thì l_{fz} tính theo công thức:

$$l_{fz} = \eta_1 L_a (1 + \eta_2 R^{\eta_3})^{\eta_4} \quad (9)$$

trong đó: $R = \frac{KL_a^4}{\pi^4 EI_{fz}}$ (10)

Các hệ số η_1 ; η_2 ; η_3 ; η_4 xác định theo [tr.84; 4]; E là Mô đun đàn hồi của thép; I_{fz} là Mô men quán tính của tiết diện gồm toàn bộ của cánh tự do và 1/5 chiều cao bản bụng đối với trục z-z và L_a là khoảng cách giữa các điểm giằng hoặc bằng nhíp xà gồ L nếu không có giằng, xác định như hình 5.



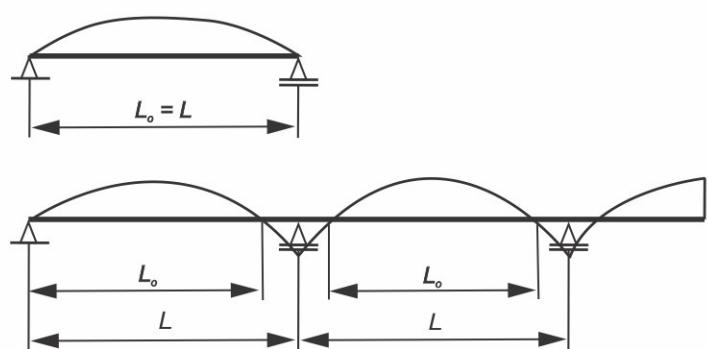
Hình 5. Xác định L_a

- Nếu tải trọng hướng lên mà $0 \leq R \leq 200$ thì l_{fz} tính theo công thức:

$$l_{fz} = 0,7 L_0 (1 + 13,1 R_0^{1,6})^{-0,125} \quad (11)$$

trong đó: $R_0 = \frac{KL_0^4}{\pi^4 EI_{fz}}$ (12)

L_0 xác định như hình 6.



Hình 6. Xác định L_0



2.5 Kiểm tra độ võng của xà gồ

Độ võng lớn nhất của xà gồ được kiểm tra theo điều kiện:

$$E_d \leq C_d \quad (13)$$

trong đó:

E_d : Độ võng do các tải trọng gây ra;

$$E_d = E \{F_{req,i}; a_d\}; i \geq 1 \quad (14)$$

$F_{req,i}$ là các tổ hợp tải trọng theo trạng thái sử dụng, xác định theo [5]; a_d là các đặc trưng hình học của tiết diện và C_d là độ võng giới hạn của xà gồ, xác định như sau:

$$W_{max} = W_1 + W_2 - W_0 \quad (15)$$

trong đó: chuyển vị gây ra bởi tải trọng dài hạn: w_1 ; Chuyển vị gây ra bởi tải trọng ngắn hạn: w_2 và võng do dựng lắp kết cấu: w_c .

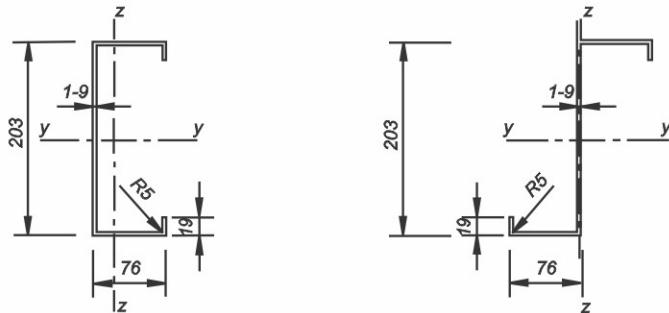


Hình 7. Độ võng giới hạn của xà gồ



3. Kết quả tính toán, so sánh

Thực hiện tính toán tải trọng cho phép của xà gồ C200x19 và Z200x19 với sơ đồ tính là dầm đơn giản để xác định tải trọng lớn nhất và so sánh ta có kết quả tính toán thể hiện trong bảng 1 và bảng 2. Kết quả so sánh khả năng chịu lực của xà gồ chữ C và chữ Z cho trường hợp có cùng sơ đồ tính là dầm đơn giản thể hiện trong bảng 3.



Hình 8. Tiết diện xà gồ C200x19 và Z200x19

(Giới hạn chảy của thép: $f_y=450 \text{ N/mm}^2$; Mô đung đàn hồi: $E=210000 \text{ N/mm}^2$; Hệ số chịu tải: $g_m=1$)

Bảng 1. Tải trọng cho phép của xà gồ C200x19 với sơ đồ tính là dầm đơn giản

Tiết diện	Nhịp L(mm)	q_{Ed} (N/mm) (khi hướng xuống)	q_{Ed} (N/mm) (khi hướng lên)				q_{Ed} (N/mm) (theo độ võng)	
			Số điểm giằng					
			0	1	2	3		
1	2	3	4	5	6	7	8	
C200x19	4200	5,74	2,34	3,66	5,01	5,24	4,24	
	4500	5,00	2,17	3,19	4,37	4,56	3,34	
	4800	4,39	2,04	2,81	3,84	4,01	2,84	
	5100	3,89	1,94	2,49	3,40	3,55	2,37	
	5400	3,47	1,85	2,23	3,03	3,17	1,99	
	5700	3,12	1,77	2,01	2,72	2,84	1,69	
	6000	2,81	1,70	1,82	2,46	2,57	1,45	

Bảng 2. Tải trọng cho phép của xà gồ Z200x19 với sơ đồ tính là đầm đơn giản

Tiết diện	Nhịp L(mm)	q _{Ed} (N/mm) (khi hướng xuống)	q _{Ed} (N/mm) (khi hướng lên)				q _{Ed} (N/mm) (theo độ vồng)	
			Số điểm giằng					
			0	1	2	3		
1	2	3	4	5	6	7	8	
C200x19	4200	5,74	3,04	4,82	5,48	5,56	4,24	
	4500	5,00	2,82	4,20	4,77	4,84	3,34	
	4800	4,39	2,73	3,69	4,19	4,26	2,84	
	5100	3,89	2,53	3,28	3,71	3,77	2,37	
	5400	3,47	2,37	2,93	3,31	3,36	1,99	
	5700	3,12	2,22	2,63	2,97	3,02	1,69	
	6000	2,81	2,21	2,38	2,68	2,72	1,45	

Chú ý: Tải trọng cho phép q_{Ed} ở các cột 3, 4, 5, 6, 7 trong các bảng 1, 2 ở trên là tải trọng cho phép đã bao gồm hệ số vượt tải, ở cột 8 là tải trọng cho phép không có hệ số vượt tải.

Bảng 3. Kết quả so sánh xà gồ C200x19 và Z200x19 với cùng sơ đồ tính là đầm đơn giản

Tiết diện	Nhịp L(mm)	Khi hướng xuống	Tỷ số q _{Ed} (Z)/q _{Ed} (C)					Theo độ vồng	
			Khi hướng lên						
			Số điểm giằng						
			0	1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8		
Z200x19 C200x19	4200	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		
	4500	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		
	4800	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		
	5100	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		
	5400	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		
	5700	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		
	6000	1,00	1,3	1,3	1,1	1,1	1,00		

Nếu so sánh tiết diện chữ C và chữ Z có cùng sơ đồ tính thì tải trọng cho phép của hai tiết diện có giá trị bằng nhau khi tải trọng hướng xuống và khi tính theo độ vồng thì các giá trị nội lực, chuyển vị và các đặc trưng của tiết diện tính toán là bằng nhau. Khi chịu tải trọng hướng lên thì tải trọng cho phép của tiết diện chữ Z lớn hơn tiết diện chữ C, vì khi thêm thành phần lực ngang q_{h,Ed} thì mô men ngoài mặt phẳng M_{fz,Ed} của tiết diện chữ Z nhỏ hơn tiết diện chữ C.



4. Kết luận

Thanh thành mỏng có tiết diện dạng chữ C và chữ Z đều được dùng làm xà gồ mái và hệ sườn tường trong các công trình dân dụng và công nghiệp. Xà gồ chữ Z có ưu điểm hơn xà gồ chữ C trong vận chuyển và cũng dễ lồng lên nhau để tạo thành tiết diện kép chịu được mômen lớn tại gối tựa của đầm liên tục. Xà gồ chữ C có lưng phẳng dễ liên kết với các cấu kiện khác khi dựng lắp.

Khả năng chịu lực của xà gồ chữ Z lớn hơn xà gồ chữ C có cùng diện tích tiết diện, cùng nhịp và cùng sơ đồ tính (gấp 1,1-1,3 lần).

Tiết diện chữ C đối xứng qua trục y-y, tiết diện chữ Z đối xứng qua tâm nằm trên trục y-y. Khi chịu uốn quanh trục y-y, tiết diện chữ C và chữ Z có tiết diện tính toán như nhau không phụ thuộc vào việc tiết diện là hữu hiệu toàn bộ hay chỉ hữu hiệu một phần. Khi chịu uốn quanh trục z-z, tính toán tiết diện hữu hiệu chỉ xét đến toàn bộ phần cánh và 1/5 chiều cao bụng nên tiết diện hữu hiệu của chữ C và chữ Z cũng sẽ bằng nhau.

Khả năng chịu lực lớn nhất của xà gồ chữ C và chữ Z phụ thuộc vào khoảng cách giữa các điểm giằng, độ cứng đàn hồi đơn vị K, mô men quán tính I_{tz} và hệ số k_h . Khi xà gồ chữ Z và chữ C có khoảng cách nhíp và mô men quán tính I_{tz} bằng nhau thì khả năng chịu lực lớn nhất của hai tiết diện này chỉ phụ thuộc vào độ cứng đàn hồi đơn vị K và hệ số k_h (đây là hai hệ số phụ thuộc vào quy cách, hình dáng tiết diện).

Các số liệu tính toán ở trên cho thấy là trong thực tế xà gồ chữ Z được dùng nhiều hơn xà gồ chữ C.

Tài liệu tham khảo

- Đoàn Định Kiến, Phạm Văn Hội (2001), *Ôn định kết cấu thép và kết cấu thép nhẹ*, Trường ĐH Xây Dựng Hà Nội.
- Đoàn Định Kiến (2005), *Thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội*, NXB Xây dựng.
- Hoàng Văn Quang, Trần Mạnh Dũng, Nguyễn Quốc Cường (2010), *Thiết kế khung thép nhà công nghiệp*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
- EN 1993-1-3:2006: *General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*.
- EN 1990:2002: *Basis of structural design*.
- EN 1993-1-3:2004: *General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*.
- EN 1993-1-3:1998: *General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*.
- Đỗ Quang Thành (2013), *So sánh khả năng chịu lực của xà gồ thành mỏng tiết diện dạng chữ C và chữ Z, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật*, Trường ĐH Xây dựng Hà Nội.