

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ GIẢI PHÁP CẤU TẠO SƯỜN TĂNG CƯỜNG ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ CHO DẦM THÉP CÁNH RỖNG

A STUDY ON THE DESIGN OF THE SOLUTIONS TO THE FORMATION OF STIFFNESS FOR STRENGTHENING THE BUCKLING OF HOLLOW FLANGE BEAM

Huỳnh Minh Sơn

Trường Cao đẳng Công nghệ - Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

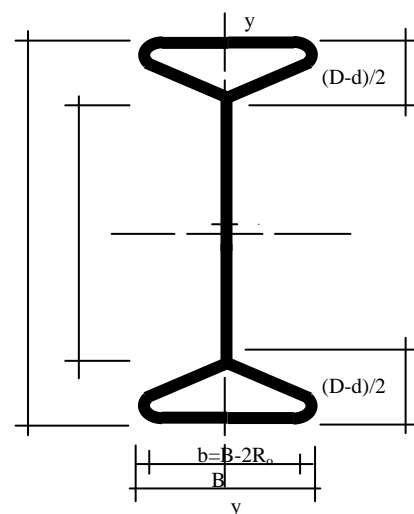
Bài báo trình bày về vấn đề ổn định tổng thể của dầm cánh rỗng – thép thành mỏng, tạo hình nguội theo công nghệ của Úc và mối liên hệ giữa tính toán về bền và ổn định. Tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán mômen ổn định đàn hồi xoắn và mômen uốn thiết kế của bài toán dầm có sườn gia cường so sánh với bài toán dầm không sườn. Từ đó làm sáng tỏ tác dụng cấu tạo sườn gia cường làm tăng khả năng ổn định tổng thể và khả năng chịu tải trọng của dầm thép cánh rỗng. Bài báo phân tích lựa chọn các giải pháp cấu tạo sườn gia cường hợp lý cho dầm thép cánh rỗng nhằm góp phần nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ mới dầm thép cánh rỗng của Úc vào điều kiện xây dựng Việt Nam.

ABSTRACT

The article presents the buckling of the hollow flange beam, cold-formed steel structure in terms of the current Australian technology and the relations between the strength and buckling calculation. The author presents a finite element method to calculate the torsion and flexural buckling moment and designing moment of the stiffness beam in comparison to non-stiffness beam. The result of this study is to analyse the advantages of the stiffness formation in strengthening the buckling as well as the bearing ability of hollow flange beam, contributing to the enhance of effects in the application of Australian hollow flange beam technology to the conditions of construction in Vietnam.

Đặt vấn đề

Dầm thép cánh rỗng (Hollow Flange Beam - viết tắt là HFB) là loại tiết diện mới, có hình dạng đặc biệt chữ I, đối xứng kép theo hai trục x-x và y-y, gồm có hai cánh rỗng tam giác liên kết hàn với bản bụng phẳng (Xem Hình 1.1). Nó thuộc dạng kết cấu thành mỏng, được chế tạo theo công nghệ Úc từ một băng thép (giới hạn chảy $f_y=450$ Mpa) qua quá trình gia công nguội trên thiết bị máy cán ống và được hàn kháng điện (ERW). Nhờ áp dụng sáng tạo kỹ thuật gia công tiết diện rỗng kết hợp với lợi



Hình 1.1. Tiết diện dầm

ích tiết diện chữ I nên có dầm HFB có nhiều ưu việt: Trọng lượng nhẹ, khả năng chịu tải trọng tốt, tính công nghệ cao và có khả năng ứng dụng rộng rãi trong thực tế.

Vấn đề đặt ra là dạng mặt ổn định tổng thể có gì đặc trưng so với các kết cấu thành mỏng khác? Có thể sử dụng giải pháp cấu tạo sườn gia cường để tăng cường ổn định tổng thể và khả năng chịu tải trọng của dầm HFB hay không? Lựa chọn kiểu cấu tạo sườn như thế nào để đạt hiệu quả cao nhất làm cơ sở ứng dụng công nghệ mới của Úc vào thực tế xây dựng Việt Nam?

1. Kiểu mặt ổn định tổng thể của dầm HFB

Dầm thép thành mỏng có 2 trường hợp mặt ổn định tổng thể: Sự oằn bên do uốn xoắn và sự oằn vắn.

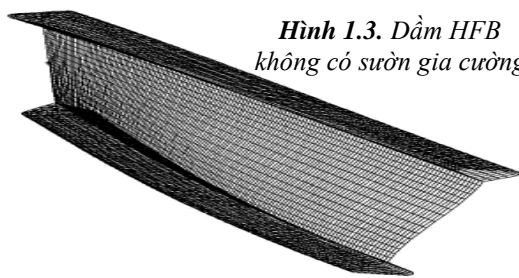
1.1. Sự oằn bên do uốn xoắn:

Khi không được giằng giữ đầy đủ theo phương bên, dầm có thể bị mất ổn định tổng thể do uốn - xoắn (sự oằn bên uốn xoắn): Dầm không chỉ có độ võng theo phương thẳng đứng mà còn có chuyển vị ngang (bị uốn theo phương ngang) và chuyển vị xoay (xoắn tiết diện).

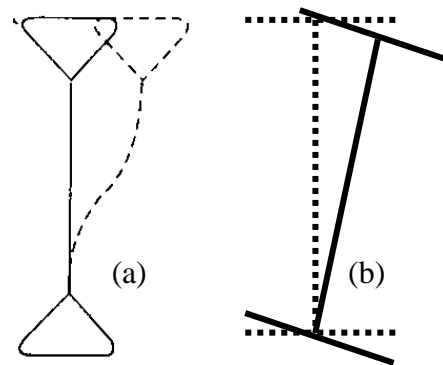
Khi dầm liên kết với bản sàn hoặc có biện pháp chống chuyển vị ngang hợp lý, đảm bảo khoảng cách giữa 2 điểm có kết cánh nén (L_x, L_y) không vượt quá khoảng cách cho phép thì sẽ không bị oằn bên do uốn xoắn.

1.2. Sự oằn vắn:

Sự oằn vắn bên xảy ra khi cánh kéo được kiềm chế, còn bụng bị uốn ngang và cánh nén hầu như không bị xoay (Hình 1.2a). Dầm HFB thường xảy ra hiện tượng này. Các thí nghiệm của Held và Mahendrant [5] cho thấy kết quả hiện tượng mất ổn định do oằn vắn như hình 1.3: Cánh nén của dầm chuyển vị chủ yếu theo phương ngang, nhưng với độ xoắn không đáng kể làm cho bụng chỉ bị vắn đi theo phương ngang. Dầm HFB rất ít bị xoắn khi mất ổn định. Ở những chiều dài tính toán lớn hơn thì kiểu biến dạng vắn đi này cũng hầu như tuân theo phương ngang.



Hình 1.3. Dầm HFB không có sườn gia cường



Hình 1.2. Sự oằn vắn của tiết diện HFB khác tiết diện I cán nóng thông dụng (b)

Điều này có thể giải thích như sau: Nhờ đặc điểm của hình dạng tiết diện chữ I đối xứng, cánh rộng tam giác tiết diện kín nên dầm cánh rộng HFB có khả năng chống xoắn tốt hơn nhiều so với các loại dầm thép thành mỏng khác (hệ số xoắn của tiết diện I_w khá lớn). Mặt khác, nhờ bản bụng phẳng đủ dày giúp tạo ra một kiểu mặt ổn định tổng thể khác hẳn với kiểu uốn - xoắn của các loại dầm thép thành mỏng khác và khác

với các dầm chữ I cán nóng thông dụng. Các cánh ổn tam giác có độ cứng lớn hầu như không bị xoắn mà chỉ chuyển vị theo phương ngang.

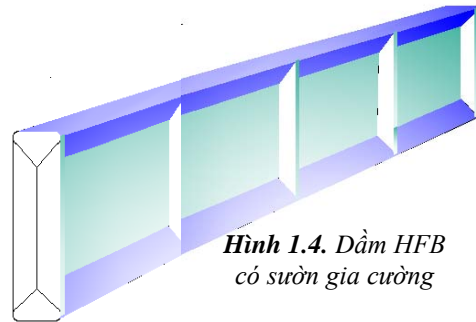
Vậy: Kiểu mắt ổn định đặc trưng của dầm HFB là sự oằn vẹo bên, cánh kéo được kiểm chế, còn bụng bị uốn ngang và cánh nén hầu như không bị xoay.

Đây là đặc trưng cơ bản của dầm HFB theo công nghệ của Úc. Khi ứng dụng vào thực tế Việt nam, tác giả nghiên cứu lựa chọn giải pháp cấu tạo sườn (Xem Hình 1.4) để tăng cường khả năng ổn định và khả năng chịu tải trọng cho dầm HFB

2. Tác dụng của giải pháp cấu tạo sườn gia cường

Sử dụng chương trình MSC/NASTRAN xây dựng trên cơ sở phương pháp PTHH – mô hình chuyển vị dùng để giải bài toán ổn định oằn vẹo của dầm HFB cho 03 trường hợp:

- + Khi không bố trí sườn gia cường:
Mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo $M_o = 45,5 \text{ kN.m}$;
- + Khi bố trí sườn gia cường 01 phía:
Mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo $M_o = 55,8 \text{ kN.m}$;
- + Khi bố trí sườn gia cường 02 phía: Mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo $M_o = 57,6 \text{ kN.m}$;



Hình 1.4. Dầm HFB có sườn gia cường

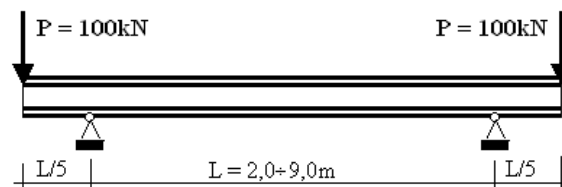
Vậy: Tác dụng của giải pháp bố trí sườn làm tăng đáng kể giá trị mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo do đó tăng giá trị của mômen uốn thiết kế của dầm HFB. Khảo sát toàn bộ các số hiệu tiết diện dầm HFB định hình cũng cho kết quả như trên. Sự khác biệt đặc trưng của dầm HFB là sườn gia cường không phải để làm tăng ổn định cục bộ như các dầm chữ I cán nóng thông dụng mà có tác dụng làm tăng ổn định tổng thể qua đó tăng khả năng chịu tải của dầm. Điều này có thể giải thích dựa trên kiểu mắt ổn định oằn vẹo của dầm HFB: Sườn gia cường đã hạn chế chuyển vị của cánh và sự oằn vẹo của bản bụng do đó làm tăng giá trị mômen ổn định đàn hồi.

Vấn đề đặt ra là: Số lượng sườn gia cường, mật độ sườn gia cường (số lượng sườn/ chiều dài dầm) hợp lý là bao nhiêu? Vị trí sườn gia cường theo chiều dài nhịp dầm? Chiều dày hợp lý của sườn? Kiểu liên kết sườn vào dầm HFB hợp lý?

3. Khảo sát lựa chọn kiểu cấu tạo sườn tăng cường ổn định tổng thể dầm HFB

3.1. Ảnh hưởng của số lượng sườn:

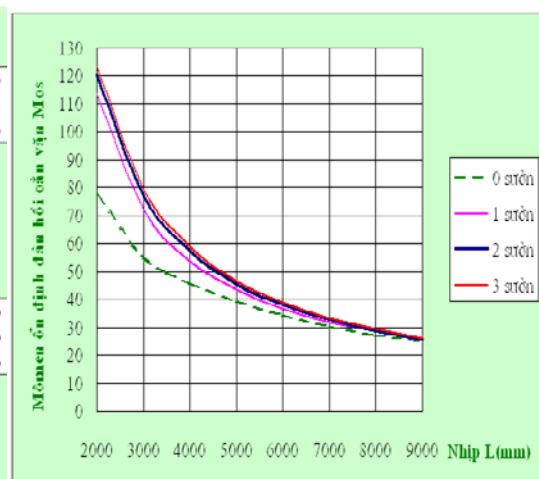
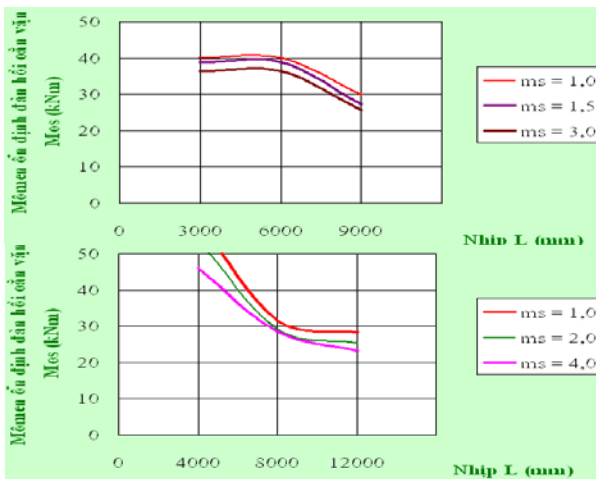
Sơ đồ tính như Hình 3.1. Khảo sát dầm 30090HFB28. Lần lượt xét các trường hợp số lượng sườn gia cường $n_s = 0$; $n_s = 1$; $n_s = 2$; $n_s = 3$, ta được giá trị mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo M_{os} khi nhịp dầm thay đổi $L = 2 \div 9 \text{ m}$. Kết quả thể hiện trên Bảng 1 và Đồ thị 1



Hình 3.1. Sơ đồ tính dầm HFB

Mật độ sườn m_s (m)	Nhịp L (mm)		
	3000	6000	9000
1,0	77,1 ($n_s=2$)	40,2 ($n_s=5$)	30,1 ($n_s=8$)
1,5	72,3 ($n_s=1$)	38,9 ($n_s=3$)	27,4 ($n_s=5$)
3,0	55,1 ($n_s=0$)	36,5 ($n_s=1$)	25,7 ($n_s=2$)
Mật độ sườn m_s (m)	Nhịp L (mm)		
	4000	8000	12000
1,0	58,8 ($n_s=3$)	31,6 ($n_s=7$)	28,3 ($n_s=11$)
2,0	53,7 ($n_s=1$)	29,3 ($n_s=3$)	25,4 ($n_s=5$)
4,0	45,8 ($n_s=0$)	28,6 ($n_s=1$)	23,2 ($n_s=2$)

Số lượng sườn n_s	Nhịp dầm L (mm)							
	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
0	77,1	55,1	45,8	39,4	34,5	30,3	27,2	24,8
1	113,5	72,3	53,7	43,3	36,5	31,7	28,6	25,4
2	120,2	77,1	57,3	45,3	38,2	32,8	28,8	25,7
3	123,2	79,3	58,8	46,6	38,9	33,3	29,3	26,2



Bảng 2 – Đồ thị 2. Quan hệ mật độ sườn & Mos

Bảng 1- Đồ thị 1. Quan hệ số lượng sườn và Mos

Nhận xét: Số lượng sườn n_s càng lớn thì giá trị mômen ổn định đàn hồi càng tăng. Đường đồ thị màu đỏ thể hiện giá trị mômen ổn định đàn hồi khi sử dụng giải pháp bố trí số lượng sườn $n_s=3$ nằm cao nhất và cách xa đường đồ thị màu xanh lục, đứt nét khi không bố trí sườn $n_s=0$ chứng tỏ tác dụng của việc bố trí sườn gia cường làm tăng đáng kể khả năng ổn định của dầm HFB. Tuy nhiên, giá trị Mos trường hợp 02 sườn và 03 sườn chênh lệch không đáng kể.

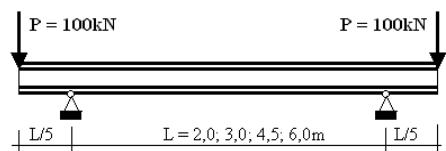
Vậy: Có thể cân nhắc lựa chọn số lượng sườn $n_s = 2$ (vị trí sườn cách gối tựa $L/3$) hoặc $n_s=3$ (vị trí sườn cách gối tựa $L/4$).

3.2. Ảnh hưởng của mật độ sườn:

Sơ đồ tính như Hình 3.2. Nhịp L= 3m; 4m; 6m; 8m; 9m; 12m. Thay đổi mật độ sườn: 1,0m; 1,5m; 2,0m; 3,0m; 4m. Chiều dày sườn $t_s= 3$ mm.

Nhận xét: Dựa vào kết quả Bảng 2 và Đồ thị 2 cho thấy khoảng cách hai sườn m_s càng lớn, mật độ sườn càng thưa thì mômen ổn định đàn hồi càng giảm.

Vậy: Kết hợp với số lượng sườn $n_s=2$ hoặc $n_s=3$ nên cân nhắc chọn mật độ sườn $m_s = 1,5$ m nếu nhịp dầm L là bội số của 1,5m (3m; 4,5m; 6m; 7,5m; 9m) hoặc $m_s = 2$ m nếu L là bội số của 2m (4m; 6m; 8m; 10m).



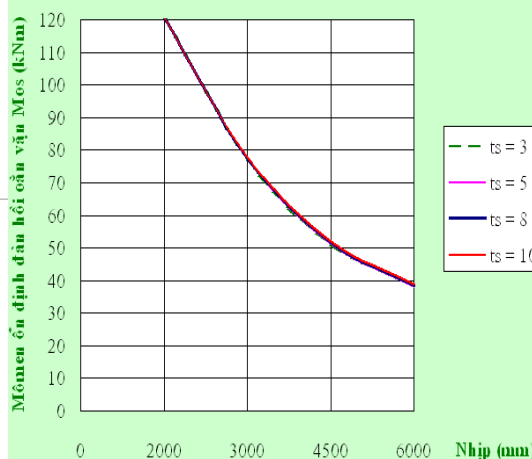
Hình 3.2. Sơ đồ tính dầm HFB

3.3. Ảnh hưởng của chiều dày sườn:

Sơ đồ tính Hình 3.1. Khảo sát dầm 30090HFB28. Sử dụng 04 sườn ở hai phía, vị trí sườn tại tiết diện cách gối 1/3 nhịp dầm (khoảng cách sườn 1,3m). Nhịp thay đổi L=2m; L=4m; L=6m; L=8m. Thay đổi chiều dày sườn: 5mm, 8mm, 10mm, 12mm.



Mômen uốn đàn hồi M_{os} (kNm)	Nhịp dầm L (mm)			
	2000	3000	4500	6000
$t_s = 3mm$	120,2	77,1	51,3	38,1
$t_s = 5mm$	120,5	77,4	51,4	38,4
$t_s = 8mm$	120,6	77,6	51,7	38,6
$t_s = 10mm$	120,8	77,8	51,9	38,9



Hình 3.3. Các kiểu bố trí sườn gia cường & liên kết

Bảng 3 – Đồ thị 3. Quan hệ giữa chiều dày sườn & M_{os}

Kiểu bố trí sườn gia cường	Mômen uốn đàn hồi oằn vận M_{os} (kNm)
Kiểu (a): Sườn dày 5mm, bố trí 01 phía, liên kết hàn với cánh dầm	55,7
Kiểu (b): Sườn dày 5mm, bố trí 01 phía, liên kết hàn với bụng dầm	55,4
Kiểu (c): Sườn dày 5mm, bố trí 02 phía, liên kết hàn với cánh dầm	57,3
Kiểu (d): Sườn dày 5mm, bố trí 02 phía, liên kết hàn với bụng dầm	46,9
Kiểu (e): Sườn dày 5mm, bố trí 02 phía, liên kết hàn với cánh và bụng	57,4
Kiểu (f): Sườn hộp chữ nhật, bố trí 02 phía, liên kết hàn với cánh và bụng	58,8
Không bố trí sườn	45,5

Nhận xét: Ảnh hưởng của chiều dày sườn gia cường đến giá trị của mômen tới hạn đàn hồi oằn vận hầu như không đáng kể đối với nhịp trung bình 4,5m và nhịp dài 6m, chỉ tăng chút ít đối với nhịp ngắn 3m. Trên đồ thị 3 biểu diễn quan hệ giữa mômen tới hạn đàn hồi và nhịp dầm ứng với các giá trị chiều dày sườn gia cường khác nhau cho thấy các đường đồ

thị gần như trùng nhau. Điều này cho thấy ảnh hưởng chiều dày sườn gia cường đến ổn định dầm HFB là không đáng kể.

Vậy: Để giảm chi phí cấu tạo sườn, đề xuất chọn chiều dày sườn gia cường cho dầm HFB là $t_s = t$. Điều này cũng phù hợp với chiều dày của thép cơ bản thành mỏng chế tạo HFB có $t = 2,3mm; 2,8mm; 3,3mm; 3,8mm$ thuận tiện cho việc sử dụng thép tận dụng chế tạo sườn và việc thi công liên kết hàn.

3.4. Ảnh hưởng kiểu bố trí sườn và liên kết:

Sơ đồ tính như Hình 3.1. Khảo sát dầm 30090HFB28, nhịp 3,9m, chịu tải trọng

tập trung ở đầu thừa $P = 100 \text{ kN}$, cách gối tựa $0,5\text{m}$. Sử dụng 04 sườn ở hai phía, vị trí sườn tại tiết diện cách gối 1/3 nhịp dầm (khoảng cách sườn $1,3\text{m}$).

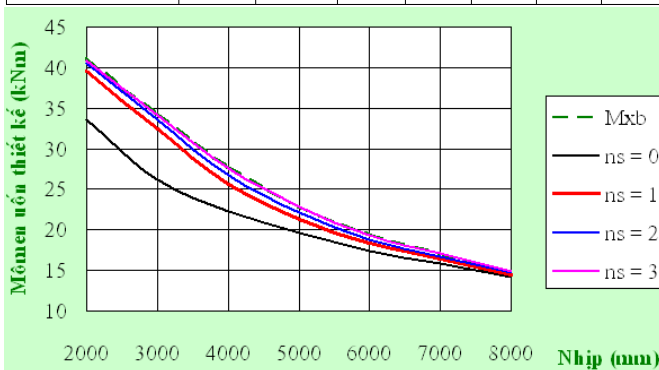
Nhận xét: Kiểu A cho giá trị mômen ổn định đàn hồi lớn nhất song chênh lệch không nhiều so với kiểu C và E, trong khi kiểu liên kết sườn hộp chữ nhật phức tạp và tốn thép sườn. Kiểu A và B cho kết quả giá trị mômen ổn định đàn hồi như nhau và tương đối thấp nên không được chọn. Kiểu D cho kết quả giá trị mômen ổn định đàn hồi thấp nhất nên không nên sử dụng. Kiểu C và E cho giá trị mômen ổn định đàn hồi như nhau nhưng đề xuất lựa chọn kiểu C do ít tốn công và chi phí hàn hơn. Kết quả này có thể giải thích định tính do kiểu ổn định của dầm HFB là do biến dạng của bụng dầm là chủ yếu (chuyển vị theo phương ngang mà không bị xoắn), do đó khi liên kết hàn sườn với cánh dầm từ 02 phía sẽ tạo liên kết cứng giữa bụng với cánh rộng, nhờ đó hạn chế sự oằn vẹo của bụng dầm.

Vậy: Lựa chọn kiểu C bố trí 02 sườn đối xứng, liên kết hàn giữa sườn với cánh rộng của dầm.

4. Khảo sát tác dụng sườn gia cường đến khả năng chịu tải của dầm HFB

Sơ đồ tính như Hình 3.1. Khảo sát dầm 30090HFB28. Lần lượt xét các trường hợp số lượng sườn gia cường $n_s = 0; n_s = 1; n_s = 2; n_s = 3$, ta được giá trị mômen thiết kế

Mômen uốn thiết kế (kNm)	Nhịp (mm)						
	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
Tính theo mômen ổn định uốn xoắn	41,3	34,4	27,9	22,9	19,5	17,18	14,9
$n_s = 0$	33,6	26,2	22,3	19,6	17,4	15,8	14,2
$n_s = 1$	39,6	32,4	25,6	21,3	18,3	16,4	14,5
$n_s = 2$	40,5	33,6	26,8	22,2	18,8	16,8	14,7
$n_s = 3$	40,8	34,1	27,6	22,8	19,4	17,2	14,8



Bảng 4, Đồ thị 4. Quan hệ số lượng sườn và $M_{thiết\ kế}$

không chỉ giải quyết ổn định cục bộ bản bụng khi chịu cắt như các dầm cán nóng thông thường mà đối với dầm HFB, sườn gia cường có tác dụng làm tăng đáng kể mômen ổn định oằn vẹo do đó làm tăng đáng kể khả năng chịu tải trọng (tăng mômen thiết kế). Nhờ cấu tạo sườn tăng cường ổn định cho dầm, với cùng nhịp và tải trọng cho phép sử dụng số hiệu dầm nhỏ hơn, tiết kiệm thép hơn dầm không sườn. Khảo sát 09 số hiệu dầm HFB, các nhận xét nêu trên vẫn đúng.

M khi nhịp dầm thay đổi $L=2\div 8\text{m}$. Kết quả thể hiện trên Bảng 4 và Đồ thị 4.

Nhận xét: Kết quả phân tích cho thấy khi sử dụng sườn gia cường cho dầm HFB, mômen uốn thiết kế cũng tăng lên. Đường đồ thị màu tím thể hiện giá trị mômen thiết kế khi bố trí sườn ($n_s=3$) nằm cao nhất và cách xa đường đồ thị màu đen thể hiện mômen thiết kế khi không bố trí sườn ($n_s=0$). Bố trí sườn gia cường đã làm tăng đáng kể khả năng chịu tải trọng của dầm HFB.

Việc bố trí sườn gia cường

5. Kết luận

1. Do tính chất đặc biệt của dạng tiết diện HFB nên kiểu mất ổn định tổng thể chủ yếu thường xảy ra sự oằn vẹo mà ít gặp kiểu mất ổn định uốn xoắn như các tiết diện thành mỏng khác và hoàn toàn khác với kiểu mất ổn định của các dầm cán nóng thông thường. Khác với các dầm cán nóng thông dụng sử dụng giải pháp sườn gia cường nhằm giải quyết vấn đề ổn định cục bộ bản bụng khi chịu cắt, tác dụng sườn gia cường làm tăng khả năng ổn định tổng thể và khả năng chịu tải trọng của dầm HFB.

2. Tính toán được mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo M_{os} của bài toán có sườn và không sườn. Bằng cách sử dụng chương trình MSC/NASTRAN xây dựng trên cơ sở phương pháp PTHH – mô hình chuyển vị

3. Khi cấu tạo sườn gia cường, mômen ổn định đàn hồi oằn vẹo M_{os} và mômen uốn thiết kế tăng lên đáng kể; khả năng chịu tải trọng và ổn định tổng thể của dầm sẽ được tăng lên. Nhờ đó khi dùng sườn cho phép sử dụng số hiệu dầm nhỏ hơn so với dầm không sườn nên tiết kiệm thép hơn. Tuy có tăng thêm công chế tạo và tổn vật liệu sườn và liên kết song giải pháp cấu tạo sườn là cần thiết góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng dầm HFB trong thực tế ứng dụng công nghệ Úc vào điều kiện Việt nam.

4. Kiểu hai sườn đối xứng, liên kết hàn với cánh (Hình 7c); chiều dày sườn $t_s = t$ (chiều dày thép cơ bản); số lượng sườn $n_s = 2$ (cách gối $L/3$) hoặc $n_s = 3$ (cách gối $L/4$); mật độ sườn $m_s = 1,5m$ hoặc $m_s = 2m$ đạt hiệu quả cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Huỳnh Minh Sơn, Phạm Văn Hội - Nghiên cứu áp dụng dầm thép cánh rỗng HFB theo công nghệ Úc - *Kỷ yếu Hội thảo khoa học Quốc gia "Kết cấu thép trong Xây dựng"* - Hà Nội 12/2004.
- [2] Huỳnh Minh Sơn - Tính toán dầm thép cánh rỗng HFB theo tiêu chuẩn thiết kế của Úc - *Tạp chí khoa học công nghệ ĐHDN*, số 2/6-2004.
- [3] Đoàn Định Kiến - *Thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội* - NXB Xây dựng – 2005.
- [4] Heldt, T.J and Mahendran, M – *Distortional Buckling Analysis of Hollow Flange Beams* Infrastructure Center, QIT, Brisbane, Australia - 1992.
- [5] Dempsey, R.I - *Hollow Flange Beam Member Design Manual* - Palmer Tube Technologies - 1993.