TÍNH TOÁN CHIỀU DÀY MẶT BÍCH TRÒN

CALCULATION OF CIRCULAR CAP PLATE CONNECTION

HOÀNG NGỌC PHƯƠNG[a*]
[a]Bộ môn Kết cấu Thép - Gỗ, Đại học Kiến trúc Hà Nội
[*]Tác giả đại diện: *Email:* hoangngocphuongkt@gmail.com
Ngày nhận 01/6/2024, Ngày sửa 28/6/2024, Chấp nhận 30/6/2024
https://doi.org/10.59382/j-ibst.2024.vi.vol2-3

Tóm tắt: *Ở Việt Nam, tài liệu, tiêu chuẩn, giáo trình về kết cấu thép khá nhiều [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8]…, tuy nhiên việc tính toán mối nối công trường dùng mặt bích tròn và bu lông để nối các cấu kiện thép ống mới chỉ được đề cập đến trong giáo trình Kết cấu thép công trình dân dụng và công nghiệp [2]. Trong đó việc tính chiều dày mặt bích được xác định dựa vào cách tra biểu đồ, cách làm này khá thủ công và bất tiện. Do đó tác giả thiết lập một công thức ngắn gọn để xác định chiều dày mặt bích là điều cần thiết. Vì vậy, bài báo này đã trình bày về liên kết mặt bích tròn, đề xuất công thức, lập các bảng tra để xác định chiều dày mặt bích tròn theo công thức đó và đối chiếu so sánh với các kết quả tra trong biểu đồ; sau đó rút ra kết luận và kiến nghị.*

Từ khóa: *Liên kết bu lông; liên kết mặt bích tròn; chiều dày mặt bích; đồ thị xác định chiều dày mặt bích; công thức xác định chiều dày mặt bích.*

Abstract: *In Viet Nam, there are quite a lot of standard, documents and textbooks on Steel Structures [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8]..., however, calculating construction site joints uses circular cap plate and bolts to Connecting steel tube members is only mentioned in the textbook Steel Structures for Civil and Industrial Construction [2]. In particular, calculating circular cap plate thickness is determined based on looking up the chart, this method is quite manual and inconvenient. Therefore, it is necessary for the author to establish a concise formula to determine circular cap plate thickness. Therefore, this paper has presented circular cap plate connections, proposed a formula, established look-up tables to determine circular flange thickness according to that formula and compared with the results in the chart; then present conclusions and recommendations.*

Keyword: *Bolted connections; Circular cap plate connection; Circular cap plate thickness; chartto determine cap plate thickness; formula to determine cap plate thickness.*

1. Đặt vấn đề

Mối nối công trường để liên kết các thanh thép ống dùng mặt bích tròn và bu lông đã được đề cập đến trong giáo trình Kết cấu thép ở Việt Nam [2]; trong đó việc tính chiều dày mặt bích đã được xác định dựa vào cách tra biểu đồ. Tuy nhiên cách làm này thủ công và không tiện lợi, do đó đề xuất một công thức ngắn gọn để xác định chiều dày mặt bích là cần thiết. Vì vậy, bài báo này sẽ trình bày những nội dung trên.

2. Tính toán liên kết mặt bích tròn

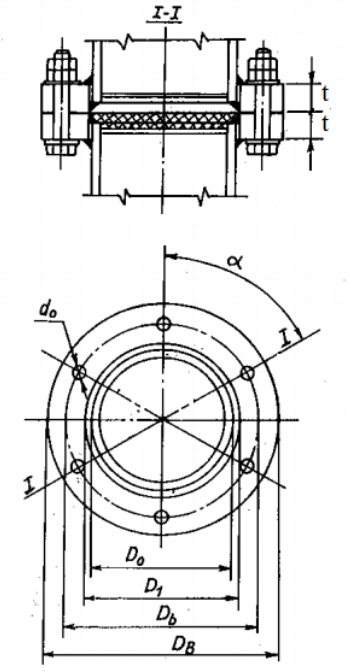
2.1 Tính toán liên kết mặt bích tròn theo tài liệu hiện hành ở Việt Nam [2]

Trong tính toán kết cấu tháp thép, khi chiều dài thanh bé hơn chiều dài thanh của tháp thì phải tiến hành nối thanh. Mối nối có thể tiến hành bằng cách hàn, bằng bu lông; có thể tiến hành trong nhà máy hoặc tại công trường.

Tùy theo hình thức tiết diện mà giải pháp nối thanh cũng khác nhau. Nguyên tắc chung là mối nối phải đủ truyền nội lực của thanh được nối.

Sau đây sẽ trình bày cách nối thanh bằng bu lông:

Thường dùng cho các mối nối công trường, đặc biệt là cho thanh cánh tại chỗ nối hai đoạn. Hai thanh nối có đường kính bằng hoặc khác nhau.



Hình 1. *Mối nối thép ống bằng bu lông và mặt bích*

Mặt bích khoét lỗ đường kính D_1 lớn hơn đường kính ngoài D_o của ống một đoạn a=1-3mm. Bu lông phân bố trên đường tròn đường kính D_b theo các góc α bằng nhau. Đầu ống cắm ngập sâu vào bích đoạn không bé hơn 2/3 chiều dày bích. Phần còn lại lớn hơn 10mm, đủ để bố trí đường hàn góc đỉnh ống với mặt trong lỗ bích. Nghĩa là chiều dày bích không bé hơn 30mm. Ống còn được liên kết với bích bằng đường hàn góc ở vòng ngoài và các bản sườn cứng. Để có thể vặn được ê cu dễ dàng ngoài công trường và đảm bảo điều kiện làm việc bình thường của bích thì các kích thước cần thỏa mãn điều kiện cấu tạo:

$$D_b - \left(D_o + 2h_f\right) \geq 1{,}8d$$

$$D_B \geq D_b + 3d_o$$

trong đó: h_f - chiều cao đường hàn góc vòng ngoài, thường chọn bằng chiều dày ống nối;

d, d_o - đường kính đinh và đường kính lỗ bu lông, thường chọn $d_o = d + \left(1{,}5 \div 4\right) mm$, giá trị 1,5 mm dùng cho $d \leq 20mm$.

Để tính mối nối, cần giả thiết trước đường kính đinh d, sau đó xác định khả năng chịu kéo của một bu lông:

$$\left[N\right]_{tb} = f_{tb} \frac{\pi d^2}{4} \gamma_b \qquad (1)$$

Số lượng bu lông cho mối nối: $n \geq \frac{N}{\left[N\right]_{tb}}$ (2)

trong đó: N - nội lực tính toán của mối nối;

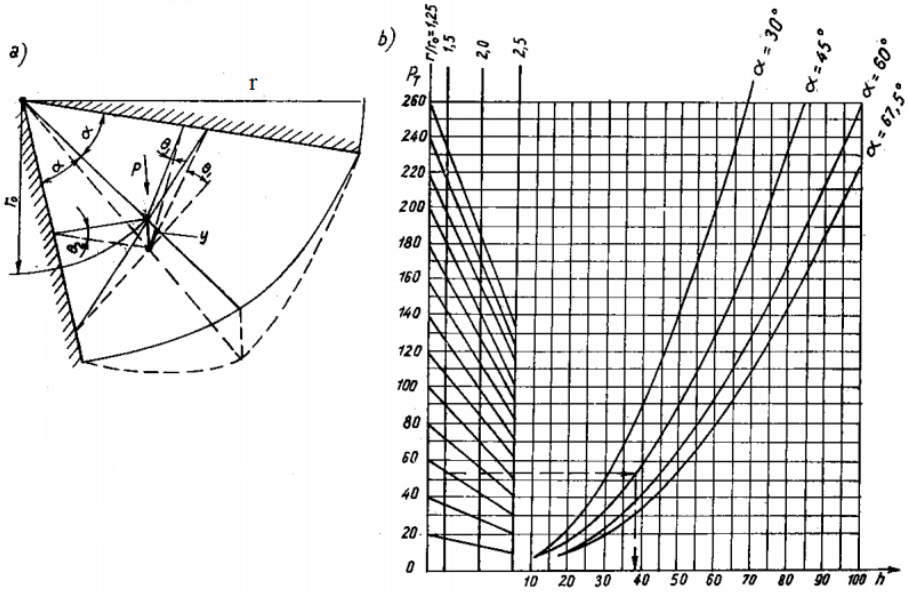
f_{tb} - cường độ tính toán khi chịu kéo của vật liệu thép làm bu lông;

γ_b - hệ số điều kiện làm việc của liên kết, thường lấy $\gamma_b = 0{,}8$.

Sau khi chọn số lượng bu lông và cấu tạo mối nối, cần xác định chiều dày t của bản bích theo sơ đồ bản hình quạt. Hai cạnh ngàm là hai đường nối tâm ống với hai đỉnh kề nhau (hoặc hai sườn đứng), cạnh cong vòng ngoài bích là cạnh tự do. Bản hình quạt chịu uốn bởi lực P chính là lực kéo trong một bu lông (có thể coi bằng khả năng chịu kéo $\left[N\right]_{tb}$); lực P đặt cách tâm ống đoạn $r_o = \frac{D_b}{2}$.

Có thể chọn chiều dày t của bản bích theo cách tra từ đồ thị quan hệ P-t theo phương pháp biểu đồ trên Hình 2.b.

Từ lực P đã có, theo đường gióng xiên cho gặp đường thẳng đứng r / r_o tương ứng, tiếp tục gióng ngang cho đến khi gặp đường cong phù hợp với góc α (thường bằng 60°; 45°; 30°); sau đó gióng thẳng xuống cho gặp trục hoành được giá trị tính toán h. Chiều dày t của bản bích được chọn cần lớn hơn hoặc bằng trị số h này và phải phù hợp với điều kiện khai thác vật liệu.



Hình 2. *Tính toán chiều dày bản bích nối. a) Sơ đồ tính toán; b) Biểu đồ quan hệ P-t*

Biểu đồ trên Hình 2.b thành lập cho bản bích làm từ thép cường độ cao (có f_y=3500 daN/cm^2; hệ số đồng chất k = 0,85; hệ số điều kiện làm việc $\gamma = 0{,}8$; $\gamma.k.f_y = 2400 daN/cm^2$). Khi bản bích được chế tạo từ các vật liệu khác: tương ứng có f_{1y}, γ_1, k_1 thì giá trị tính toán h_1 (ứng với vật liệu mới), được suy từ trị số h theo công thức quy đổi:

$$h_1 = \frac{h}{\sqrt{\frac{2400}{\gamma_1 k_1 f_{1y}}}} \quad (3)$$

Các sườn đứng được chọn có chiều dày bằng chiều dày thép ống, chiều cao vào khoảng 8-15 cm, chiều rộng bằng $(D_B - D_o)/2$ và thường được cắt vát để vặn ê cu. Chiều cao đường hàn sườn đứng vào thành ống và vào mặt bích lấy theo cấu tạo, gần bằng chiều dày ống.

2.2 Xây dựng công thức xác định chiều dày mặt bích

Việc tính toán bản đàn hồi tốn nhiều công sức. Ngoài ra, trong tính toán đàn hồi, giá trị vô hạn của mômen xuất hiện ở tâm tấm. Tính toán bản sàn thuận tiện hơn bằng phương pháp cân bằng giới hạn. Sau đây sẽ xác định chiều dày bản bích theo phương pháp cân bằng giới hạn:

Công của ngoại lực cân bằng với công của nội lực, theo sơ đồ biến dạng như Hình 2.a có mômen dẻo phân bố m xuất hiện tại gối tựa ngàm và theo đường phân giác có:

$$P.y = 4m.r.\varphi \ (*)$$

y là chuyển vị đứng tại vị trí đặt lực P góc xoay φ của hình quạt có góc α được tính bằng:

$tg\varphi = \frac{y}{r_o \sin\alpha}$ do góc φ rất nhỏ nên $\varphi \approx tg\varphi$ thay vào (*) có:

$$P.y = 4m.r.\frac{y}{r_o.\sin\alpha} \rightarrow P = \frac{4m.r}{r_o.\sin\alpha}$$

Xét trên 1 đơn vị dài có $m = W_{deo}.f = \frac{1.t^2}{4}.f$ thay vào trên có

$P = \frac{4m.r}{r_o.\sin\alpha} = \frac{t^2.f}{\sin\alpha}.\frac{r}{r_o}$ nên $t = \sqrt{\frac{P}{f}.\frac{r_o}{r}\sin\alpha}$ Với hệ số an toàn k theo từng trường hợp có:

$$t = k\sqrt{\frac{P}{f}.\frac{r_o}{r}\sin\alpha} \quad (4)$$

Là công thức thiết lập được để xác định chiều dày mặt bích.

2.3 Xây dựng các bảng tính so sánh kết quả với biểu đồ

Các bảng dưới đây được thành lập để thuận tiện cho việc so sánh kết quả xác định chiều dày t của mặt bích tròn từ công thức (4) với tra trong biểu đồ Hình 2b.

Kết quả từ công thức lấy số liệu đầu vào như khi thiết lập biểu đồ f=2400 daN/cm^2. Các giá trị k tương ứng với góc α kiến nghị lấy như sau:

α	30^o	45^o	60^o	67,5^o
k	1,1	1,1	1,15	1,25

Bảng 1. *Bảng tra chiều dày mặt bích với góc α=30^o*

P (T)	t (mm); ứng với r/r$_o$=											
	1,25			1,5			2			2,5		
	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%
20	20,08	19	5,7	18,33	18	1,8	15,88	15	5,9	14,2	14	1,4
30	24,6			22,45			19,45			17,39		
40	28,4	28	1,4	25,93	26	-0,3	22,45	22	2,0	20,08	19	5,7
50	31,75			28,99			25,1			22,45		
60	34,78	33	5,4	31,75	31	2,4	27,5	27	1,9	24,6	24	2,5
70	37,57			34,3			29,7			26,57		
80	40,17	38	5,7	36,67	36	1,9	31,75	31	2,4	28,4	27	5,2
90	42,6			38,89			33,68			30,12		
100	44,91	43	4,4	40,99	40	2,5	35,5	35	1,4	31,75	30	5,8
110	47,1			42,99			37,23			33,3		
120	49,19	46	6,9	44,91	44	2,1	38,89	38	2,3	34,78	33	5,4
130	51,2			46,74			40,48			36,2		
140	53,13	50	6,3	48,5	47	3,2	42,01	41	2,5	37,57	36	4,4
150	55			50,21			43,48			38,89		
160	56,8	54	5,2	51,85	50	3,7	44,91	44	2,1	40,17	39	3,0
170	58,55			53,45			46,29			41,4		

P (T)	t (mm); ứng với r/r_o=											
	1,25			1,5			2			2,5		
	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%
180	60,25	57	5,7	55	54	1,9	47,63	47	1,3	42,6	41	3,9
190	61,9			56,51			48,94			43,77		
200	63,51	60	5,9	57,97	57	1,7	50,21	50	0,4	44,91	43	4,4
210	65,08			59,41			51,45			46,02		
220	66,61	63	5,7	60,8	60	1,3	52,66	52	1,3	47,1	45	4,7
230	68,1			62,17			53,84			48,16		
240	69,57	66	5,4	63,51	63	0,8	55	55	0,0	49,19	47	4,7
250	71			64,82			56,13			50,21		
260	72,41	68	6,5	66,1	65	1,7	57,25	57	0,4	51,2	49	4,5

Với hệ số k_1=1,1(α=30^o) trong trường hợp này thấy chênh lệch giữa các kết quả là <6,9%; chiều dày mặt bích tính theo công thức thiên về an toàn so với tra biểu đồ.

Bảng 2. *Bảng tra chiều dày mặt bích với góc α=45^o*

P (T)	t (mm); ứng với r/r_o=											
	1,25			1,5			2			2,5		
	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%
20	23,88	23	3,8	21,8	21	3,8	18,88	18	4,9	16,89	16	5,6
30	29,25			26,7			23,12			20,68		
40	33,78	33	2,4	30,83	30	2,8	26,7	27	-1,1	23,88	23	3,8
50	37,76			34,47			29,85			26,7		
60	41,37	41	0,9	37,76	38	-0,6	32,7	33	-0,9	29,25	29	0,9
70	44,68			40,79			35,32			31,59		
80	47,77	47	1,6	43,6	44	-0,9	37,76	39	-3,2	33,78	34	-0,6
90	50,66			46,25			40,05			35,82		
100	53,4	53	0,8	48,75	49	-0,5	42,22	44	-4,0	37,76	37	2,1
110	56,01			51,13			44,28			39,61		
120	58,5	58	0,9	53,4	54	-1,1	46,25	48	-3,6	41,37	41	0,9
130	60,89			55,58			48,14			43,06		
140	63,19	63	0,3	57,68	59	-2,2	49,95	52	-3,9	44,68	44	1,5
150	65,41			59,71			51,71			46,25		
160	67,55	67	0,8	61,67	62	-0,5	53,4	55	-2,9	47,77	47	1,6
170	69,63			63,56			55,05			49,24		
180	71,65	71	0,9	65,41	66	-0,9	56,64	59	-4,0	50,66	50	1,3
190	73,61			67,2			58,2			52,05		
200	75,52	75	0,7	68,94	70	-1,5	59,71	62	-3,7	53,4	53	0,8
210	77,39			70,65			61,18			54,72		
220	79,21	78	1,6	72,31	74	-2,3	62,62	65	-3,7	56,01	56	0,0
230	80,99			73,93			64,03			57,27		
240	82,73	81	2,1	75,52	76	-0,6	65,41	68	-3,8	58,5	58	0,9
250	84,44			77,08			66,75			59,71		
260	86,11	85	1,3	78,61	80	-1,7	68,08	71	-4,1	60,89	60	1,5

Với hệ số k_2=1,1 (α=45^o) trong trường hợp này thấy chênh lệch giữa các kết quả gần 6% là rất ít; chiều dày mặt bích tính theo công thức thiên về an toàn so với tra biểu đồ.

Bảng 3. *Bảng tra chiều dày mặt bích với góc α=60^o*

P (T)	t (mm); ứng với r/r_o=											
	1,25			1,5			2			2,5		
	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%
20	27,6	27	2,3	25,2	25	0,9	22,8	22	3,6	19,5	19	2,8
30	33,8			30,9			27,9			23,9		
40	39,1	39	0,2	35,7	36	-0,9	32,2	33	-2,3	27,6	27	2,3
50	43,7			39,9			36,0			30,9		
60	47,9	47	1,8	43,7	44	-0,7	39,5	40	-1,3	33,8	34	-0,5
70	51,7			47,2			42,6			36,5		
80	55,3	55	0,5	50,5	52	-3,0	45,6	46	-0,9	39,1	39	0,2
90	58,6			53,5			48,4			41,5		
100	61,8	61	1,3	56,4	59	-4,4	51,0	51	-0,1	43,7	44	-0,7
110	64,8			59,2			53,5			45,8		
120	67,7	67	1,0	61,8	63	-1,9	55,8	56	-0,3	47,9	48	-0,3
130	70,5			64,3			58,1			49,8		
140	73,1	72	1,5	66,7	69	-3,3	60,3	61	-1,1	51,7	52	-0,6
150	75,7			69,1			62,4			53,5		
160	78,2	77	1,5	71,3	74	-3,6	64,5	65	-0,8	55,3	57	-3,0
170	80,6			73,5			66,5			57,0		
180	82,9	82	1,1	75,7	78	-3,0	68,4	69	-0,9	58,6	59	-0,6
190	85,2			77,8			70,3			60,2		
200	87,4	86	1,6	79,8	83	-3,9	72,1	73	-1,3	61,8	62	-0,3
210	89,5			81,7			73,9			63,3		
220	91,6	91	0,7	83,7	86	-2,7	75,6	77	-1,8	64,8	65	-0,3
230	93,7			85,5			77,3			66,3		
240	95,7	95	0,8	87,4	90	-2,9	79,0	80	-1,3	67,7	68	-0,5
250	97,7			89,2			80,6			69,1		
260	99,6	100	-0,4	90,9	95	-4,3	82,2	83	-1,0	70,5	71	-0,8

Với hệ số k_3=1,15 (α=60^o) trong trường hợp này thấy chênh lệch giữa các kết quả gần 4,4% là rất ít.

Bảng 4. *Bảng tra chiều dày mặt bích với góc α=67,5^o*

P (T)	t (mm); ứng với r/r_o=											
	1,25			1,5			2			2,5		
	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%
20	31,0	30	3,4	28,3	28	1,1	24,5	24	2,2	21,9	21	4,4
30	38,0			34,7			30,0			26,9		
40	43,9	44	-0,3	40,0	40	0,1	34,7	35	-0,9	31,0	30	3,4
50	49,0			44,8			38,8			34,7		
60	53,7	52	3,3	49,0	50	-1,9	42,5	44	-3,5	38,0	37	2,7

P (T)	t (mm); ứng với r/r_o=											
	1,25			1,5			2			2,5		
	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%	CT	Tra BĐ	%
70	58,0			53,0			45,9			41,0		
80	62,0	60	3,4	56,6	57	-0,6	49,0	50	-1,9	43,9	44	-0,3
90	65,8			60,1			52,0			46,5		
100	69,4	68	2,0	63,3	65	-2,6	54,8	57	-3,8	49,0	48	2,2
110	72,8			66,4			57,5			51,4		
120	76,0	74	2,7	69,4	69	0,5	60,1	62	-3,1	53,7	54	-0,5
130	79,1			72,2			62,5			55,9		
140	82,1	78	5,2	74,9	75	-0,1	64,9	66	-1,7	58,0	57	1,8
150	85,0			77,6			67,2			60,1		
160	87,7	83	5,7	80,1	80	0,1	69,4	70	-0,9	62,0	61	1,7
170	90,4			82,6			71,5			64,0		
180	93,1	89	4,6	85,0	84	1,1	73,6	75	-1,9	65,8	64	2,8
190	95,6			87,3			75,6			67,6		
200	98,1	94	4,4	89,6	89	0,6	77,6	79	-1,8	69,4	67	3,5
210	100,5			91,8			79,5			71,1		
220	102,9	98	5,0	93,9	94	-0,1	81,3	83	-2,0	72,8	71	2,5
230	105,2			96,0			83,2			74,4		
240	107,5	-		98,1	98	0,1	85,0	86	-1,2	76,0	75	1,3
250	109,7			100,1			86,7			77,6		
260	111,9	-		102,1	-		88,4	90	-1,8	79,1	77	2,7

Với hệ số k_4=1,25 (α=67,5^o) trong trường hợp này thấy chênh lệch giữa các kết quả gần 5,7% là rất ít.

3. Kết luận và kiến nghị

Việc xây dựng công thức để xác định chiều dày mặt bích tròn là cần thiết, công thức ngắn gọn, dễ sử dụng, thuận tiện cho người dùng.

Việc tính chiều dày mặt bích theo biểu đồ chỉ áp dụng được trong phạm vi các góc và tỉ số r/r_o đã cho, nếu vào các trường hợp khác có thể cho kết quả không chính xác, hoặc phải nội suy nhiều lần; trong khi công thức thiết lập có thể khắc phục được nhược điểm này.

Từ các bảng so sánh trên thấy được độ tin cậy của công thức so với biểu đồ đã cho.

Khuyến nghị áp dụng công thức xác định chiều dày mặt bích tròn ở trên vào thực hành tính toán và thiết kế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Phạm Văn Hội (2006), "*Kết cấu thép - Cấu kiện cơ bản*", Nhà Xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

[2] Phạm Văn Hội (1998), "*Kết cấu thép - Công trình dân dụng và công nghiệp*", Nhà Xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

[3] Nguyễn Tiến Thu (2010), "*Kết cấu thép*", Nhà Xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

[4] Vũ Thành Hải (2006), "*Kết cấu thép*", Nhà Xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

[5] Phạm Huy Chính (2010),*"Tính toán và thiết kế kết cấu thép"*, Nhà Xuất bản xây dựng Hà Nội.

[6] Đoàn Tuyết Ngọc (2010), "*Thiết kế hệ dầm sàn thép"*, Nhà Xuất bản xây dựng Hà Nội.

[7] TCVN 338:2005 (2005), *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*

[8] TCVN 5575:2012 (2012), *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*