

Thiết kế bản sàn thép bằng phương pháp tra bảng

Design steel floor slab by the table lookup method

Nguyễn Thị Thanh Hoà

Tóm tắt

Hiện nay, việc thiết kế bản sàn thép chủ yếu được tiến hành thủ công dựa trên các công thức gần đúng. Để lựa chọn được phương án thiết kế sàn hợp lý nhất thì phải tính toán với nhiều phương án khác nhau và so sánh. Việc này mất khá nhiều thời gian. Do đó, bài báo này sẽ trình bày một phương pháp tính đơn giản, thuận tiện để thiết kế bản sàn thép – đó là phương pháp tra bảng.

Từ khóa: thiết kế, bản sàn thép, phương pháp tra bảng

Abstract

Currently, the design of steel floor slabs is mainly conducted manually based on approximate formulas. Choosing the most appropriate design method requires calculating with many different methods and comparing. This takes a lot of time. Therefore, this paper will demonstrate a simple and convenient calculation method to design a steel floor slab, which is the table lookup method.

Key words: design, steel floor slab, table lookup method

1. Đặt vấn đề

Hệ dầm sàn thép là một bộ phận kết cấu khá phổ biến và chiếm tỷ trọng lớn trong các công trình thép dân dụng cũng như công nghiệp. Trong đó, trọng lượng của bản sàn thép thường chiếm xấp xỉ 50% trọng lượng của toàn bộ hệ dầm sàn thép. Do đó, cần tính toán nhiều phương án sàn khác nhau để lựa chọn được phương án hợp lý nhất (bao gồm tiêu chí tiết kiệm vật liệu và thuận tiện cho thi công). Việc tính toán bản sàn thép chủ yếu dựa trên các công thức gần đúng, được tiến hành thủ công nên mất khá nhiều thời gian. Do đó, cần thiết xây dựng một phương pháp đơn giản, thuận tiện cho việc thiết kế bản sàn thép. Bài báo này sẽ trình bày về phương pháp thiết kế bản sàn thép bằng bảng tra, bao gồm các nội dung sau:

- Lập quy trình tính toán để thành lập bảng tra kích thước sàn (l_s , t_s) theo yêu cầu thiết kế.

- Tiến hành lập bảng tra theo yêu cầu thiết kế bản sàn thép.

2. Qui trình tính toán để thành lập bảng tra kích thước bản sàn thép theo yêu cầu thiết kế.

Bài toán thiết kế sàn bao gồm 3 bước chính:

- Chọn sơ bộ kích thước bản sàn thép (chọn chiều dày sàn t_s và nhịp của sàn l_s).

- Tính toán nội lực và độ võng của bản sàn.

- Kiểm tra khả năng chịu lực của bản sàn theo điều kiện bền và điều kiện võng.

Trong bước chọn sơ bộ kích thước bản sàn thép (l_s , t_s) cần quan tâm đến quy cách thép bản (chiều dày bản thép t_s và bề rộng bản thép b), kích thước của sàn ($B \times L$) sao cho có thể bố trí được các ô lưới dầm đều nhau tạo điều kiện thuận lợi cho thiết kế và thi công (quyết định việc chọn l_s). Trong thực tế, các bản thép được sản xuất theo các loại kích thước rất đa dạng và điều này phụ thuộc vào nhà sản xuất, hơn nữa với các công trình thép thì đơn vị thi công sẽ dựa vào hồ sơ thiết kế kỹ thuật thi công để lên phương án tối ưu vật liệu cho công trình (yếu tố bề rộng bản thép để dầm thỏa mãn). Như vậy, yếu tố ưu tiên hàng đầu là chọn nhịp sàn l_s theo kích thước của sàn ($B \times L$), tiếp đến là tính t_s theo công thức gần đúng liên hệ giữa chiều dày và nhịp của sàn (công thức 2.1), chọn t_s lớn hơn giá trị tính theo công thức 2.1 và phù hợp với quy cách sản xuất của thép bản.

$$\frac{l_s}{t_s} = \frac{4n_0}{15} \left(1 + \frac{72E_1}{n_0^4 p^{1c}} \right) \quad (2.1)$$

trong đó :

$$n_0 = \left[\frac{l}{\Delta} \right]_s \text{ nghịch đảo của độ võng tương đối cho phép của bản sàn;}$$

$$E_1 = \frac{E}{1-\nu^2};$$

ν - hệ số Poát xông, với vật liệu thép $\nu = 0,3$;

E - mô đun đàn hồi của vật liệu thép $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa.

Trong hệ dầm sàn đơn giản, chọn nhịp l_s là ước số của cạnh dài ô bản L thì sẽ bố trí được các dầm đỡ sàn với khoảng cách đều nhau, các ô bản giống nhau.

Trong hệ dầm sàn phổ thông, chọn nhịp l_s là ước số của nhịp dầm chính L thì sẽ bố trí được các dầm phụ đỡ sàn với khoảng cách đều nhau, các ô bản giống nhau.

Trong hệ dầm sàn phức tạp, chọn nhịp l_s là ước số của nhịp dầm phụ B thì sẽ bố trí được các dầm đỡ sàn với khoảng cách đều nhau, các ô bản giống nhau.

Như vậy chỉ cần thiết kế điển hình với một dầm, một ô bản và bố trí cho toàn sàn.

ThS. Nguyễn Thị Thanh Hoà

Bộ môn Kết cấu Thép Gỗ, Khoa Xây dựng

Email: hoakientruc@gmail.com

ĐT: 0912828682

Ngày nhận bài: 18/5/2020

Ngày sửa bài: 29/5/2020

Ngày duyệt đăng: 20/12/2022

Bảng tra kích thước bản sàn theo tải trọng thiết kế

ts (mm)	Tải trọng giới hạn trên sàn Pstc (kN/m ²) khi nhịp sàn ls (mm) bằng											
	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
4	14,78	12,73	11,17	9,95	8,97	8,17	7,49	6,92	6,44	6,01	5,64	
5	21,49	18,18	15,72	13,82	12,32	11,10	10,11	9,27	8,56	7,95	7,43	
6	30,23	25,25	21,43	18,60	16,40	14,64	13,21	12,03	11,04	10,19	9,47	
7	41,38	33,94	28,53	24,48	21,36	18,89	16,90	15,28	13,92	12,78	11,81	
8	55,35	44,84	37,28	31,65	27,35	23,98	21,29	19,10	17,29	15,78	14,50	
9	72,55	58,17	47,89	40,28	34,51	30,02	26,46	23,58	21,22	19,25	17,60	
10	93,38	74,23	60,59	50,57	43,00	37,14	32,52	28,80	25,77	23,25	21,15	
11	118,24	93,31	75,64	62,69	52,95	45,45	39,56	34,84	31,00	27,84	25,21	
12		115,73	93,24	76,83	64,53	55,08	47,68	41,78	37,00	33,08	29,82	
13		141,78	113,65	93,17	77,86	66,14	56,98	49,71	43,83	39,02	35,03	
14			137,09	111,90	93,11	78,75	67,57	58,70	51,56	45,72	40,90	
15				133,20	110,41	93,04	79,53	68,84	60,25	53,25	47,47	
16					129,91	109,11	92,97	80,21	69,98	61,66	54,80	
17						127,10	107,98	92,90	80,82	71,01	62,94	
18							124,67	106,98	92,83	81,36	71,94	
19								122,54	106,09	92,76	81,84	
20									139,66	120,66	105,29	92,69

Với phương pháp tính thông thường thì sau khi chọn sơ bộ kích thước bản sàn (l_s , t_s), sẽ tiến hành tính nội lực, độ võng (theo tải trọng thiết kế) và kiểm tra khả năng chịu lực của bản sàn. Bản sàn được cho là đạt yêu cầu thiết kế phải thỏa mãn đồng thời cả điều kiện bền và võng. Quy trình tính toán sẽ xuất phát từ tải trọng thiết kế để chọn ra kích thước bản sàn (l_s , t_s) đạt yêu cầu thiết kế.

Với phương pháp tra bảng thì tuân theo quy trình ngược lại: xuất phát từ những yếu tố được lựa chọn trước (l_s , t_s) để xác định tải trọng giới hạn tác dụng lên bản sàn đó. Nếu tải trọng thiết kế nhỏ hơn hoặc bằng tải trọng giới hạn trong bảng tra thì bản sàn đó đạt yêu cầu thiết kế.

Quy trình tính toán để thành lập bảng tra kích thước bản sàn theo yêu cầu thiết kế như sau:

- Chọn trước kích thước bản sàn l_s , t_s .
- Xuất phát từ điều kiện độ võng, cho bản sàn đạt tới độ võng giới hạn.

$$\frac{\Delta}{l_s} = \left[\frac{\Delta}{l_s} \right] = \frac{1}{150} \Rightarrow \Delta = \frac{l_s}{150}$$

Xác định lực kéo H tác dụng tại gối tựa của sàn theo công thức:

$$H = \frac{\pi^2 E_1 I_s}{l_s^2} \alpha \quad (2.2a)$$

hoặc

$$H = \gamma_p \frac{\pi^2}{4} \left[\frac{\Delta}{l_s} \right]^2 E_1 t_s \quad (2.2b)$$

trong đó:

γ_p : hệ số độ tin cậy của tải trọng (hệ số vượt tải);

$\left[\frac{\Delta}{l_s} \right]$: độ võng tương đối cho phép của bản sàn

$$\left[\frac{\Delta}{l_s} \right] = \frac{1}{150}; E_1 = \frac{E}{1-\nu^2};$$

ν : hệ số Poát xông, với vật liệu thép $\nu = 0,3$;

E : là mô đun đàn hồi của vật liệu thép $E = 2,1.105 \text{ Mpa}$;

α : tỷ số giữa lực kéo H và lực tới hạn σ_{cr} ;

$$I_s = \frac{b_s t_s^3}{12}$$

tính của bản sàn,

b_s : là bề rộng dài bản bằng 1 đơn vị (1cm, 1m).

Thay số vào công thức (2.2b), xác định được giá trị lực kéo H.

Cân bằng công thức (2.2a) và (2.2b) để xác định α :

$$H = \frac{\pi^2 E_1 I_s}{l_s^2} \alpha = \gamma_p \frac{\pi^2}{4} \left[\frac{\Delta}{l_s} \right]^2 E_1 t_s$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\gamma_p I_s^2 t_s}{4.150^2 I_s}$$

Xác định tải trọng tính toán tác dụng trên sàn:

Mômen uốn lớn nhất ở giữa nhịp sàn được xác định theo công thức:

$$M_{\max} = \frac{q_s'' l_s^2}{8} - H \Delta \quad (2.3a)$$

hoặc

$$M_{\max} = M_o \frac{1}{1 + \alpha} \quad (2.3b)$$

trong đó:

q_s'' : tải trọng tính toán tác dụng trên sàn;

l_s : nhịp tính toán của bản;

H: lực kéo tác dụng tại gối tựa bản;

Δ : độ võng ở giữa nhịp bản do tải trọng tiêu chuẩn q_{stc} và lực kéo H gây ra;

M_o : mô men lớn nhất ở giữa nhịp bản do tải trọng tiêu chuẩn q_{stc} gây ra;

$$M_o = \frac{q_s'' l_s^2}{8};$$

α : tỷ số giữa lực kéo H và lực tới hạn σ_{cr} .

Cân bằng công thức (2.3a) và (2.3b) để xác định tải trọng tính toán của bản sàn q_s'' :

$$M_{\max} = \frac{q_s'' l_s^2}{8} - H \Delta = M_o \frac{1}{1 + \alpha}$$

Bảng tra kích thước bản sàn theo tải trọng thiết kế (tiếp)

ts (mm)	Tải trọng giới hạn trên sàn P _{stc} (kN/m ²) khi nhịp sàn l _s (mm) bằng										
	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550
4	5,31	5,02	4,75	4,52	4,30	4,10	3,93	3,76	3,61	3,47	3,34
5	6,96	6,55	6,19	5,86	5,57	5,30	4,06	4,84	4,63	4,45	4,27
6	8,83	8,28	7,79	7,36	6,97	6,62	6,30	6,01	5,74	5,50	5,28
7	10,97	10,24	9,59	9,03	8,52	8,07	7,66	7,29	6,95	6,64	6,36
8	13,40	12,45	11,63	10,90	10,25	9,68	9,16	8,70	8,28	7,89	7,54
9	16,19	14,98	13,92	13,00	12,19	11,47	10,83	10,25	9,73	9,26	8,83
10	19,37	17,84	16,52	15,37	14,36	13,47	12,68	11,97	11,34	10,76	10,24
11	22,98	21,08	19,45	18,03	16,79	15,70	14,74	13,88	13,11	12,41	11,78
12	27,07	24,74	22,74	21,01	19,51	18,19	17,02	15,98	15,06	14,23	13,48
13	31,68	28,85	26,43	24,34	22,53	20,94	19,55	18,31	17,21	16,22	15,33
14	36,86	33,46	30,55	28,05	25,89	24,00	22,34	20,88	19,57	18,41	17,37
15	42,65	38,59	35,14	32,17	29,61	27,38	25,42	23,70	22,17	20,81	19,59
16	49,10	44,29	40,22	36,73	33,72	31,10	28,81	26,80	25,01	23,43	22,01
17	56,23	50,60	45,83	41,75	38,24	35,19	32,53	30,19	28,12	26,29	24,65
18	64,11	57,55	52,00	47,27	43,19	39,67	36,59	33,89	31,51	29,40	27,52
19	72,78	65,19	58,78	53,31	48,62	44,56	41,02	37,93	35,20	32,79	30,64
20	82,27	73,54	66,18	59,91	54,53	49,88	45,84	42,31	39,20	36,45	34,01

$$\Rightarrow q_s^t = \frac{8 \cdot (1 + \alpha) \cdot H \cdot \Delta}{l_s^2 \cdot \alpha}$$

Xác định hoạt tải tiêu chuẩn P_{stc} tác dụng trên sàn.

Tải trọng tính toán tác dụng trên sàn được xác định theo công thức sau:

$$q_s^t = (p^{tc} \gamma_p + t_s \rho \gamma_g) b_s \quad (2.4)$$

trong đó:

- q_s^t: tải trọng tính toán tác dụng trên sàn;
- p^{tc}: tải trọng tiêu chuẩn tác dụng trên sàn;
- ρ: trọng lượng riêng của thép;
- γ_g, γ_p: hệ số vượt tải của tĩnh tải và hoạt tải;
- b_s: là bề rộng dải bản bằng 1 đơn vị (1cm, 1m).

Từ công thức (2.4), xác định được hoạt tải tác dụng trên sàn:

$$p^{tc} = \frac{(q_s^t / b_s - t_s \rho \gamma_g)}{\gamma_p} \quad (2.5)$$

Kiểm tra điều kiện bền của bản sàn

$$\sigma = \frac{H}{A_s} + \frac{M_{\max}}{W_s} \leq f \gamma_c \quad (2.6)$$

trong đó:

A_s, W_s: diện tích, mômen kháng uốn đối với trục ngang x-x của dải bản dày t_s, rộng b_s = 1 đơn vị (1cm hoặc 1m).

$$W_s = \frac{b \cdot t_s^2}{6}; A_s = b \cdot t_s$$

Nếu điều kiện bền của bản sàn thỏa mãn thì kết luận bản sàn đủ khả năng chịu lực dưới tác dụng của hoạt tải trên sàn xác định theo công thức (2.5).

Giá trị hoạt tải trên sàn xác định theo công thức (2.5)

chính là tải trọng giới hạn mà bản sàn có kích thước (l_s, t_s) đã chọn đủ khả năng chịu lực.

Nếu điều kiện bền của bản sàn không thỏa mãn thì có nghĩa là tải trọng giới hạn của bản sàn với kích thước đã chọn quá lớn, không phù hợp.

3. Lập bảng tra theo yêu cầu thiết kế bản sàn thép

Tiến hành tính toán tải trọng giới hạn tác dụng trên sàn tương ứng với bản sàn có kích thước (l_s, t_s) theo quy trình tính toán đã trình bày trong mục 2.

Giới hạn số liệu trong bảng tra theo các thông số thường gặp trong thiết kế:

Nhịp sàn chọn trong khoảng (500 – 1550) mm.

Chiều dày bản sàn chọn trong khoảng (4-20) mm.

Vật liệu thép: CCT34s, hệ số vượt tải: γ_p = 1,2.

Cách tra bảng: từ số liệu đề bài cho kích thước sàn (BxL), chọn nhịp sàn l_s, sau đó tra trong cột l_s tương ứng để chọn chiều dày bản sàn t_s sao cho tải trọng thiết kế trên sàn nhỏ hơn hoặc bằng tải trọng giới hạn trong bảng tra. Khi đó bản sàn có kích thước đã chọn đảm bảo yêu cầu thiết kế.

4. Kết luận và kiến nghị

- Bài báo đã trình bày quy trình tính toán để thành lập bảng tra kích thước sàn (l_s, t_s) theo yêu cầu thiết kế và tiến hành lập bảng tra theo những số liệu thường gặp trong thiết kế.

- Dùng phương pháp tra bảng để thiết kế sàn thép giúp cho việc thiết kế thuận tiện, nhanh chóng và chọn được kích thước sàn đạt được hiệu suất sử dụng vật liệu tối đa.

- Trong phạm vi bài báo, đã tiến hành lập bảng tra theo các số liệu thường gặp trong thiết kế. Kiến nghị lập bảng tra đầy đủ với mức độ chia số liệu nhỏ hơn để đáp ứng được rộng hơn phạm vi áp dụng.

- Để đánh giá mức độ hợp lý của phương án sàn thiết kế thì cần tính toán tổng trọng lượng của cả bản sàn và dầm đỡ sàn. Do đó, kiến nghị lập bảng tra số hiệu dầm thép I định hình theo yêu cầu thiết kế để thuận tiện cho việc thiết kế và đánh giá so sánh các phương án sàn khác nhau.

- Bài báo này có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên ngành Kỹ thuật xây dựng của trường Đại học Kiến trúc Hà Nội./.

Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam (2012), TCVN 5575_2012 kết cấu thép tiêu chuẩn thiết kế, Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội;
2. Phạm Văn Hội (2006), Kết cấu thép: Cấu kiện cơ bản - NXB Khoa học và kỹ thuật - Hà Nội;
3. A. G. TAKHTAMUSEV, Những ví dụ tính toán kết cấu thép, NXB Khoa học và kỹ thuật - Hà Nội.