

Tính toán và kiểm soát độ võng ngắn hạn của sàn bê tông cốt thép toàn khối

Nguyễn Quang Tuấn¹, Bùi Trường Giang¹

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Hải Phòng

TỪ KHOÁ

Sàn bê tông cốt thép
Độ võng
Trạng thái giới hạn II
Kiểm soát độ võng ngắn hạn

TÓM TẮT

Đặc trưng cho trạng thái làm việc chịu uốn của kết cấu bản là độ võng. Khi tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo trạng thái giới hạn II, cùng với bề rộng vết nứt thì độ võng của bản cần được kiểm soát chặt chẽ. Độ võng của ô bản khi vượt quá giới hạn cho phép sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến thẩm mỹ và chức năng làm việc bình thường của công trình, gây ra những cảm nhận tiêu cực đối với các giác quan con người; đặc biệt làm giảm độ bền lâu và sự an toàn của kết cấu. Trong bài báo này tác giả trình bày phương pháp khảo sát độ võng ngắn hạn bản bê tông cốt thép theo tỷ số độ cứng tương đối giữa bản và dầm biên trên cơ sở phân tích bằng phần mềm SAFE 2020 mô hình bản bê tông cốt thép có kích thước và điều kiện biên khác nhau.

KEYWORDS

Reinforced Concrete Slab
Deflection
Second-limit state
Controlling the short-term deflection

ABSTRACT

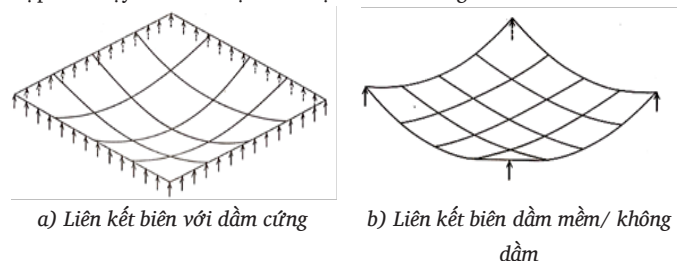
Features a bending working state of the slab structure as the deflection. When calculating the reinforced concrete structure according to the second-limit state, along with the crack width, the level of its deflection needs to be tightly controlled. The deflection of the slab when the allowable limit is exceeded will directly affect the aesthetics and normal work function of the work, causing negative feelings for human senses; especially reducing the durability and the safety of the slab structure. In this article, the author presents methods of the survey of the short-term deflection of reinforced concrete slab according to the hardness ratio between the slab and the edge beam based on analysis by the SAFE Software 2000 Model in there the reinforced concrete slab has different sizes and boundary conditions.

1. Giới thiệu:

Trong kết cấu công trình bê tông cốt thép (BTCT) dân dụng, giải pháp sàn phẳng được sử dụng khá rộng rãi, bên cạnh vai trò chịu tải trọng đứng, kết cấu sàn còn liên kết các thành phần kết cấu chịu tải trọng ngang như cột, vách, lõi để tạo độ cứng tổng thể và độ ổn định chung cho toàn hệ [1]. Dựa vào phương pháp thi công, trạng thái ứng suất và vật liệu, sàn BTCT được phân ra thành một số loại điển hình như: Sàn BTCT toàn khối; Sàn BTCT lắp ghép, bán lắp ghép; Sàn BTCT ứng suất trước; Sàn BTCT liên hợp,Bản là bộ phận chính của kết cấu sàn phẳng cùng với kết cấu dầm, cột; khi chịu tải trọng vuông góc với bề mặt, bản sẽ chịu uốn. Bản sàn hình chữ nhật làm việc một phương (bản loại dầm) khi chỉ có một phương có biến dạng đáng kể so với biến dạng của phương còn lại.

Sàn sườn toàn khối có bản kê bốn cạnh là loại sàn được liên kết tại cả bốn cạnh biên và có tỷ lệ ô bản là $L2/L1 < 2$, trong đó: L1: Cạnh ngắn của ô bản, L2: Cạnh dài của ô bản. Đây là loại bản được sử dụng nhiều nhất, là loại bản có liên kết cả ở bốn cạnh, tải trọng truyền theo cả hai phương gọi là bản hai phương hay bản kê bốn cạnh, thường chỉ dùng các ô bản có kích thước dao động trong khoảng từ 3 m đến 4 m, minh họa biến dạng trong Hình 1. Độ dày của bản được chọn sao cho sàn không có độ võng quá giới hạn cho phép ngoài ra còn phải thoả mãn đối với lực cắt tại các cột.

Sự làm việc theo một phương hay hai phương sẽ thay đổi khi các điều kiện về gối tựa và kích thước của bản bị thay đổi. Trong biến dạng ô bản sàn ở Hình 1, khi tỷ số $L2/L1$ (cạnh dài trên cạnh ngắn) tăng thì độ cong và mô men dọc theo cạnh dài giảm rất nhanh đa số tải trọng tác dụng được truyền lên hai cạnh dài, trong các trường hợp như vậy mô men dọc theo cạnh dài thường nhỏ.



Hình 1. Biến dạng của ô bản BTCT toàn khối.

Quá trình tính toán bản bê tông cốt thép, độ võng được kiểm soát theo hai cách cơ bản: a) Xác định độ võng tính toán của bản sàn và so sánh với giá trị giới hạn theo tiêu chuẩn thiết kế; b) Phân tích kiểm soát độ võng qua chiều dày tối thiểu (h_{min}) của bản bê tông cốt thép. Độ võng của ô bản cần được tính toán kiểm soát để hạn chế ảnh hưởng đến thẩm mỹ và chức năng làm việc bình thường của công trình, gây ra những biến dạng lớn làm giảm độ bền lâu và sự an toàn của kết cấu.

*Liên hệ tác giả: nguyenquangtuanhpu@gmail.com

Nhận ngày 02/11/2021, sửa xong ngày 02/04/2022, chấp nhận đăng 05/06/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2022.310>

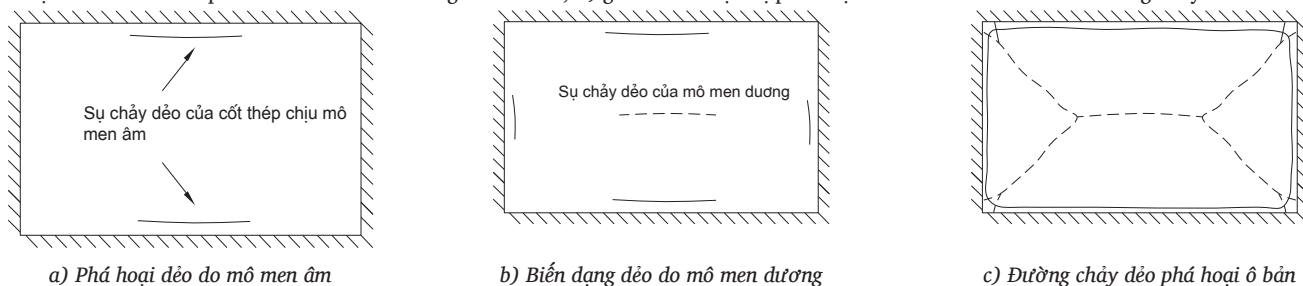
2. Biến dạng của bản sàn bê tông cốt thép toàn khối:

2.1. Cơ chế phá hoại dẻo của bản sàn:

Kết cấu bản từ khi bắt đầu tham gia chịu tải đến khi bị phá hoại có thể chia thành 4 giai đoạn làm việc chính: 1) giai đoạn 1 còn gọi là giai đoạn đàn hồi: Khi tải trọng tác dụng lên bản là nhỏ, bản chưa xuất hiện vết nứt, ứng suất và biến dạng đều nhỏ, đẳng hướng; 2) giai đoạn 2, giai đoạn hình thành khớp dẻo: khi tải trọng tăng lên, cốt thép tại một số vùng ứng suất lớn đạt tới giới hạn và chuyển sang chảy dẻo, độ cứng chống uốn tại các vị trí này giảm đi đáng kể, vết nứt được hình thành và phát triển theo các hướng khác nhau; 3) giai

đoạn 3, giai đoạn chảy dẻo: sự chảy dẻo của cốt thép tại các vùng có mô men lớn tiếp tục phát triển sang các vị trí khác do có sự phân bố lại ứng suất từ các vùng chảy dẻo đến các vùng đàn hồi, biến dạng của ô bản trong giai đoạn này gọi là biến dạng dẻo; 4) giai đoạn 4, giai đoạn phá hoại dẻo: tải trọng tiếp tục tăng, trong bản xuất hiện các đường chảy dẻo (tập hợp các vị trí khớp dẻo) chia ô bản thành các dải chịu nén phẳng theo hiệu ứng vòm, bản không còn khả năng uốn tổng thể.

Hình vẽ 1 minh họa các giai đoạn ô bản hình thành, phát triển và giai đoạn bị phá hoại dẻo khi hình thành các đường chảy dẻo.



Hình 2. Cơ chế hình thành và phát triển đường chảy dẻo trong kết cấu bản sàn bê tông cốt thép toàn khối.

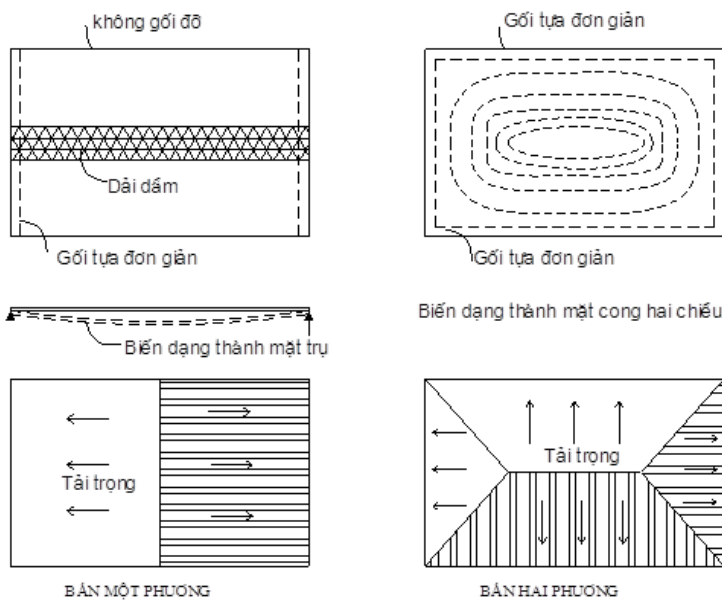
2.2. Biến dạng uốn của bản sàn:

Đặc trưng cho trạng thái làm việc chịu uốn của kết cấu bản là độ võng. Khi tính toán kết cấu BTCT theo trạng thái giới hạn 2, cùng với bề rộng vết nứt thì độ võng của bản cần được kiểm soát chặt chẽ. Độ võng của ô bản khi vượt quá giới hạn cho phép sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến thẩm mỹ và chức năng làm việc bình thường của công trình, gây ra những cảm nhận tiêu cực đối với các giác quan con người; đặc biệt làm giảm độ bền lâu và sự an toàn của kết cấu [4]. Phương pháp tính toán độ võng bản BTCT đã được nhiều tác giả đề cập, các kết quả nghiên cứu đã được sử dụng trong các tài liệu về chỉ dẫn thiết kế và tiêu chuẩn BTCT hiện hành [5, 6, 7, 8].

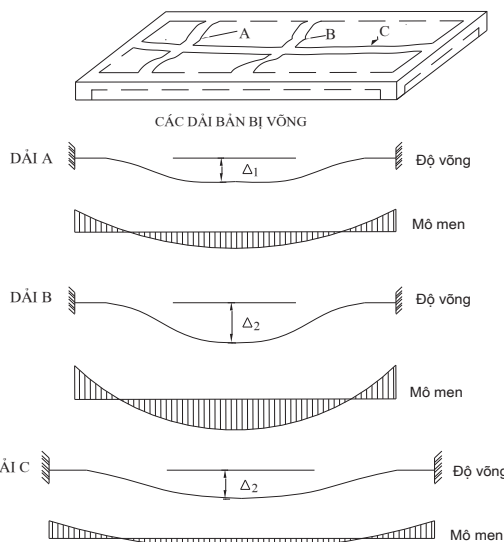
Quá trình tính toán bản BTCT, độ võng được kiểm soát theo hai cách cơ bản:

- a) Xác định độ võng tính toán của bản sàn và so sánh với giá trị giới hạn theo tiêu chuẩn thiết kế;
- b) Phân tích kiểm soát độ võng qua chiều dày tối thiểu h_{min} của bản BTCT.

Khi chịu tải phân bố đều trên sàn, tải trọng được truyền theo cả 2 phương của ô bản, Hình vẽ 3 là sơ đồ nguyên lý truyền tải và đặc trưng uốn của kết cấu bản cho hai trường hợp ô bản một phương và hai phương, biến dạng cong đặc trưng cho trạng thái làm việc chịu uốn của ô bản theo cả 2 phương L1 và L2 được minh họa trong Hình vẽ 4.



Hình 3: Nguyên lý truyền tải và đặc trưng uốn của bản



Hình 4: Biểu đồ độ võng và mô men uốn của các dải bản

2.3. Khảo sát độ võng ngắn hạn của bản sàn bê tông cốt thép:

Độ võng của bản sàn được tính toán theo tải trọng tác dụng khi kết cấu làm việc bình thường, tức là ứng với độ tin cậy về tải trọng bằng một. Biến dạng của bản sàn bê tông cốt thép được tính toán theo các phương pháp của cơ học kết cấu, trong đó phải thay độ cứng đàn hồi bằng độ cứng có xét đến biến dạng dẻo của bê tông, có xét đến sự có mặt của cốt thép trong tiết diện và sự xuất hiện khe nứt trong vùng kéo của tiết diện ở một đoạn nào đó trên dọc trục của cấu kiện. Đối với phạm vi mà trên đó không xuất hiện khe nứt trong vùng kéo, độ cong của cấu kiện được xác định như đối với vật thể đàn hồi.

a) Chọn tham số sàn sườn BTCT toàn khối

Chiều dày sàn h_b được sơ bộ chọn theo [2] và [5] thỏa mãn yêu cầu về độ cứng chống uốn của tiết diện:

$$h_b = \frac{D}{m} L$$

Trong đó: L: Cạnh ngắn tính toán của ô bản (Cạnh theo phương chịu lực); D = 0,8-1,4 phụ thuộc vào tải trọng, hoạt tải tiêu chuẩn p = 1000 kG/m² lấy D = 1,3 (khá lớn); hoạt tải tiêu chuẩn p = 400 kG/m² lấy D = 1 (trung bình); hoạt tải tiêu chuẩn p = 150 kG/m² lấy D = 0,9 (nhẹ) và m: Chọn trong khoảng 30-35 với bản loại dầm; trong khoảng 40-45 với bản kê bốn cạnh; m bé với bản kê tự do m lớn với bản liên tục.

b) Độ cứng tương đối giữa dầm và sàn, hệ số α

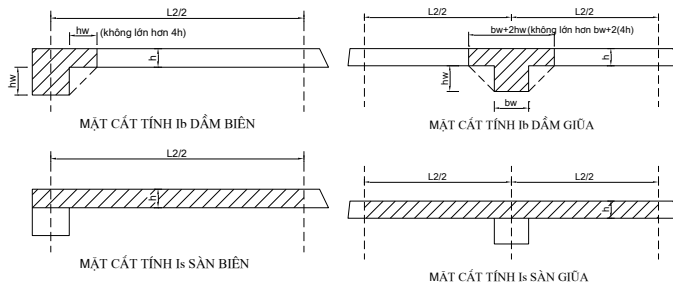
Độ cứng chống uốn của dầm, sàn lần lượt xác định theo:

$$\frac{4E_d J_d}{L} ; \frac{4E_b J_b}{L}$$

Vì chiều dài của dầm và của bản bằng nhau nên hệ số α được tính theo:

$$\alpha = \frac{4E_d J_d}{L} \frac{L}{4E_s J_s} = \frac{E_d J_d}{E_s J_s}$$

Trong đó E_d và E_s tương ứng là mô đun đàn hồi của bê tông dầm và bê tông sàn; J_d và J_s là mô men quán tính của dầm và sàn khi không bị nứt, trường hợp không có dầm thì lấy $\alpha = 0$. Theo [8], chiều dày tối thiểu h_{min} của sàn phụ thuộc: tỉ lệ các cạnh ô bản, loại thép sử dụng, độ cứng tương đối giữa dầm và bản, hệ số α , trong đó hệ số α là một tiêu chí quan trọng trong các công thức thực nghiệm để xác định chiều dày tối thiểu theo yêu cầu về độ võng. Để khảo sát ảnh hưởng của hệ số α đến độ võng, ACI- 318 đưa ra cách xác định độ cứng chống uốn của dầm J_d và của ô bản sàn J_s được thể hiện trong Hình vẽ 5 dưới đây.



Hình 5. Xác định độ cứng chống uốn của dầm và sàn.

3. Thiết lập các bài toán khảo sát độ võng sàn BTCT toàn khối:

Bài toán 1: Mô hình sàn có kích thước sàn từ 8 x 4 m đến 8 x 8 m với dầm đỡ có kích thước 300 x 750 cm được thiết lập để khảo sát sự phụ thuộc của độ võng vào tỉ số chiều dài nhịp/chiều dày bản (L/h).

Bài toán 2: Khảo sát các sàn có kích thước từ 6 x 6 m đến 6 x 12 m với dầm biên có kích thước khác nhau để khảo sát sự phụ thuộc của độ võng của bản bê tông cốt thép vào độ cứng tương đối giữa dầm và sàn, hệ số α .

3.1. Bài toán 1- Khảo sát sự phụ thuộc độ võng của bản vào tỉ số L/h:

a) Thông số mô hình bài toán 1 được liệt kê trong bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Mô hình bài toán khảo sát độ võng sàn theo tỷ số L_2/h .

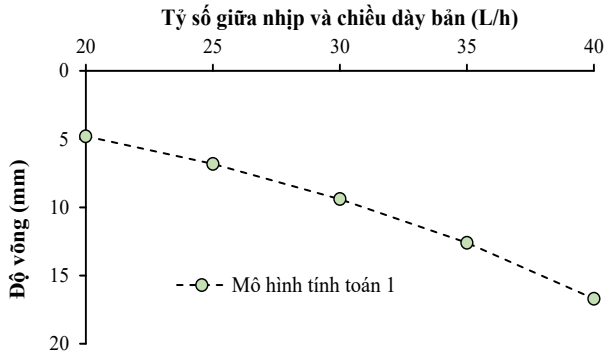
STT	Tên mô hình	Kích thước ô sàn L2xL1 (mxm)	Chiều dày sàn h (mm)	Tỷ số $\frac{L_2}{h}$	Dầm biên bxbh (mm)	Cột góc, vuông (mm)	Tải trọng phân bố sàn (T/m ²)
1	Mô hình 1	4 x 8	200	20	300 x 750	300 x 300	1,0
2	Mô hình 2	5 x 8	200	25	300 x 750	300 x 300	1,0
3	Mô hình 3	6 x 8	200	30	300 x 750	300 x 300	1,0
4	Mô hình 4	7 x 8	200	35	300 x 750	300 x 300	1,0
5	Mô hình 5	8 x 8	200	40	300 x 750	300 x 300	1,0

b) Kết quả tính toán và nhận xét:

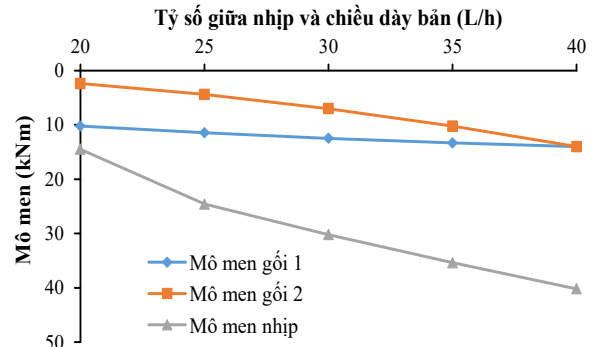
Hình vẽ 6 thể hiện kết quả tính toán độ võng lớn nhất tại giữa bản theo tỷ số giữa nhịp/ chiều dày bản (L/h), trong đó L là chiều dài cạnh ngắn của ô bản. Từ kết quả tính toán cho thấy khi tỷ số L/h tăng kéo theo độ võng của bản tăng lên, tuy nhiên độ dốc của đường cong giảm dần cho thấy mức độ gia tăng độ võng còn phụ thuộc vào tương quan kích thước hai cạnh của ô bản.

Tốc độ tăng độ võng ô bản đạt giá trị lớn nhất 29,6 % khi mà tỉ số hai cạnh ô bản L2/L1 bằng 0,5 và giảm dần về 24,6 % khi mà tỉ số hai cạnh ô bản L2/L1 đạt giá trị bằng 1.

Hình vẽ 7 thể hiện kết quả tính toán mô men giữa nhịp, mô men gối 1 (phương cạnh dài) và mô men gối 2 (phương cạnh ngắn) theo tỷ số giữa nhịp/ chiều dày bản (L/h), trong đó L là chiều dài cạnh ngắn của ô bản. Trị số Mô men giữa bản lớn hơn nhiều so với mô men tại mép biên của ô bản và chênh lệch này tăng dần từ 1,4 đến 2,85 lần khi tỷ số L/h tăng từ 20 đến 40. Giá trị mô men cả nhịp và mép biên đều tăng khi tỷ số L/h tăng lên, nhưng tốc độ tăng của mô men giữa nhịp nhanh hơn nhiều so với mô men ở mép bản (63,9 % so với 27 %). Chênh lệch giữa mô men 2 gối giảm nhanh đến bằng không khi tỷ số 2 cạnh ô bản tiến dần đến giá trị bằng 1.



Hình 6. Độ võng lớn nhất tại giữa bản trong mô hình tính toán 1.



Hình 7. Mô men nhịp và gối sàn trong mô hình tính toán 1.

Mô hình tính toán 1 phản ánh biến thiên độ võng của bản sàn toàn khối thông qua tỷ số L/h cho thấy mối tương quan giữa nội lực mô men và độ võng với kích thước ô sàn BTCT toàn khối. Tuy nhiên mô hình này chưa phản ánh được ảnh hưởng của độ cứng của dầm biên tới độ võng và mô men của bản.

3.2. Bài toán 2- Khảo sát sự phụ thuộc của độ võng bản vào độ cứng tương đối giữa dầm và bản, hệ số α

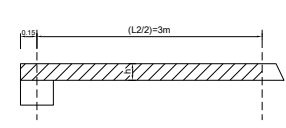
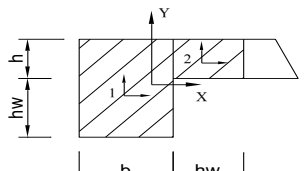
a) Thông số mô hình bài toán 2 được liệt kê trong bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Mô hình bài toán khảo sát độ võng sàn theo độ cứng dầm biên.

STT	Tên mô hình	Kích thước ô sàn L2xL1 (m x m)	Chiều dày sàn h (mm)	Tỷ số $\frac{L_1}{L_2}$	Dầm biên b x h (mm)	Cột góc, vuông (mm)	Tải trọng phân bố sàn (T/m ²)
1	Mô hình 1	6 x 6	200	1,0	Không dầm	300x300	1,0
2	Mô hình 2	6 x 7	200	1,17	300x300	300x300	1,0
3	Mô hình 3	6 x 8	200	1,33	300x500	300x300	1,0
4	Mô hình 4	6 x 9	200	1,50	300x750	300x300	1,0
5	Mô hình 5	6 x 10	200	1,67	300x1000	300x300	1,0
6	Mô hình 6	6 x 11	200	1,83	300x1250	300x300	1,0
7	Mô hình 7	6 x 12	200	2	Vách cứng	-	1,0

Hệ số tương quan độ cứng giữa dầm và sàn, hệ số α được tính toán và thể hiện kết quả trong bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Bảng tính tương quan độ cứng giữa dầm và sàn, hệ số α .

$$\alpha = \frac{4E_d J_d}{L} \frac{L}{4E_s J_s} = \frac{E_d J_d}{E_s J_s} = \frac{J_d}{J_s}$$

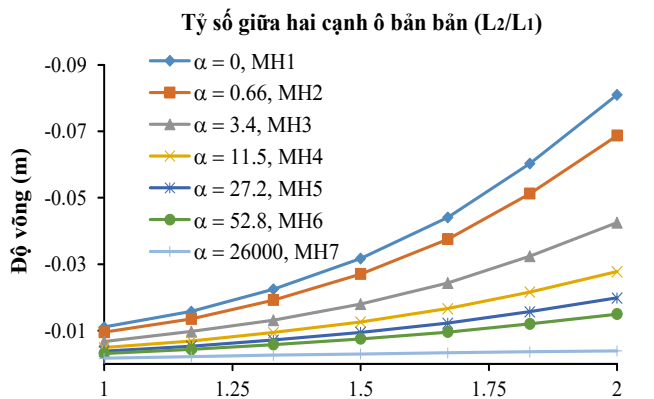
Loại dầm	Tiết diện dầm			Kích thước mặt cắt sàn		Mô men quán tính sàn	Mô men quán tính dầm	Hệ số α		
	h	h _w	b	h	B	J _s	J _d			
m	m	m	m	m	m	m ⁴	m ⁴	J _d /J _s		
Sàn phẳng								0,00		
0,30	x	0,30	0,2	0,1	0,3	0,20	3,15	0,0021	0,0014	0,37
0,30	x	0,50	0,2	0,3	0,3	0,20	3,15	0,0021	0,0072	2,04
0,30	x	0,75	0,2	0,55	0,3	0,20	3,15	0,0021	0,024	7,86
0,30	x	1,00	0,2	0,8	0,3	0,20	3,15	0,0021	0,057	20,11
0,30	x	1,25	0,2	1,05	0,3	0,20	3,15	0,0021	0,111	41,25
0,30	x	10,00	0,2	9,8	0,3	0,20	3,15	0,0021	55,24	25000

b) Kết quả tính toán và nhận xét:

Hình vẽ 8 kết quả tính toán độ võng giữa bản cho các trường hợp tỉ số hai cạnh của ô bản ứng với mỗi đường cong tương ứng với một hệ số α . Kết quả cho thấy:

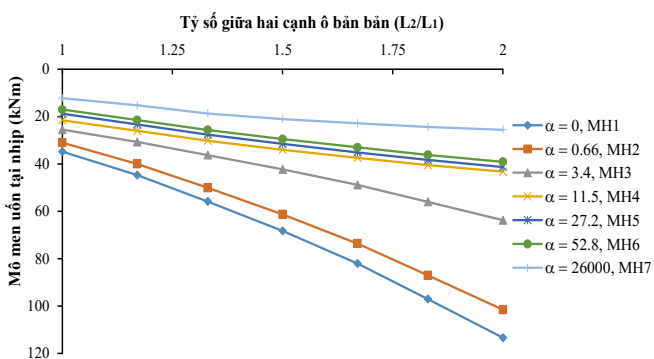
- Độ võng giữa bản giảm nhanh khi hệ số α càng lớn, giá trị cực đại độ võng tại giữa bản giảm 81 % khi hệ số α tăng từ tăng từ 0,05 (MH1) đến 52,6 (MH6). Mức độ biến thiên độ võng tỷ lệ thuận với tỷ số hai cạnh L2/L1 của ô bản. Khi L2/L1 biến thiên từ 1,0 đến 1,25 độ võng tăng 14,4 %; và khi L2/L1 biến thiên từ 1,25 đến 2,0 độ võng tăng 47,5 %.

- Trong cùng một ô bản khi tải trọng phân bố trên ô bản không đổi, độ võng thay đổi tùy thuộc theo giá trị α , ở đây khi α càng lớn, độ võng tại giữa bản càng nhỏ; điều này có nghĩa độ võng giữa bản chịu ảnh hưởng độ cứng tương đối giữa dầm biên so với độ cứng của bản. Đường biến thiên độ võng ứng với mô Hình 7 khi α tiến dần tới vô cùng lớn (bản liên kết tường cứng chịu lực), giá trị độ võng gần như nằm ngang, không phụ thuộc vào kích thước của ô bản.



Hình 8: Kết quả tính toán độ võng giữa bản BTCT toàn khối.

Hình vẽ 9 thể hiện kết quả tính toán mô men uốn giữa bản cho các trường hợp tỉ số hai cạnh của ô bản ứng với mỗi đường cong tương ứng với một hệ số α .



Hình 9. Kết quả tính momen uốn tại nhịp ô bản bản BTCT toàn khối. Kết quả tính mô men phản ánh độ cứng của dầm biên càng lớn (α lớn), mô men uốn trong bản càng nhỏ và biến thiên momen uốn phụ thuộc vào tỷ số hai cạnh của ô bản.

- Khi độ cứng dầm biên nhỏ ($\alpha = 0$ và $\alpha = 0,66$), ảnh hưởng của độ cứng dầm tới mô men uốn là khá lớn, mô men đạt giá trị lớn nhất

(đạt giá trị xấp xỉ 113 kNm) ứng với trường hợp sàn phẳng không dầm ($\alpha = 0$).

- Khi độ cứng dầm biên lớn (thay đổi từ $\alpha = 11,5$ và $\alpha = 52,8$) sự thay đổi độ cứng không ảnh hưởng nhiều tới mô men ở giữa bản, độ dốc các đường cong của mô men uốn theo tỷ số hai cạnh của ô bản là nhỏ. Tuy nhiên tuyệt đối giá trị mô men uốn là giảm đi đáng kể, lớn nhất bằng 43,3 kNm ứng với trường hợp $\alpha = 11,5$.

- Tương ứng với mỗi mô hình độ cứng dầm biên thay đổi (α thay đổi) sự thay đổi mô men uốn ở giữa bản tương ứng, ứng với trường hợp $\alpha = 27,2$ giá trị mô men uốn là phù hợp nhất với kích thước nhịp của ô bản. Điều này cũng phù hợp với ô bản có kích thước dầm biên tương ứng 300 x 750 mm ô bản có kích thước 6 x 8 m.

4. Kết luận:

Độ võng ngắn hạn của bản BTCT hai phương tăng theo tỷ số giữa nhịp/ chiều dày bản (L/h) và tốc độ gia tăng độ võng giảm dần khi kích thước hai cạnh ô bản tiến dần tới bằng nhau. Mức độ biến thiên độ võng tỷ lệ nghịch với tương quan độ cứng dầm và sàn, hệ số α , nhưng biến thiên độ võng chỉ rõ rệt khi tỷ số kích thước hai cạnh của ô bản L2/L1 $\geq 1,25$.

Kết quả tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn cho thấy khi hệ số tương quan giữa độ cứng dầm và sàn (hệ số α) càng lớn độ võng giữa bản càng nhỏ, giá trị cực đại độ võng tại giữa bản giảm 81 % khi hệ số α tăng từ tăng từ 0,05 đến 52,6. Mức độ biến thiên độ võng tỷ lệ thuận với tỷ số hai cạnh L2/L1 của ô bản. Khi L2/L1 biến thiên từ 1,0 đến 1,25 độ võng tăng 14,4 %; và khi L2/L1 biến thiên từ 1,25 đến 2,0 độ võng tăng 47,5 %. Độ võng ứng với dầm biên là liên kết vách, tương ứng với giá trị α lớn nhất, xem là không đổi, là không phụ thuộc vào kích thước của ô bản.

Kết quả tính toán cũng cho thấy mô men uốn mép bản phản ánh độ cứng của dầm biên càng lớn (α lớn), mô men uốn tại mép bản càng tăng.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống (2006), *Kết cấu bê tông cốt thép phần cấu kiện cơ bản*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Đình Cống (2010), *Sàn bê tông cốt thép toàn khối*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Lê Ngọc Hồng (2002), *Lý thuyết tấm vỏ, Bài giảng cao học - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*.
- [4]. Nguyễn Viết Trung (2005), *Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép hiện đại theo tiêu chuẩn ACI*, Nhà xuất bản giao thông vận tải, Hà Nội.
- [5]. TCVN 5574: 2018, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [6]. Branson, D.E.,(1977), *Deformation of Concrete Structure*, Mc Graw Hill Book Co., Advanced Book Program., New York.
- [7]. BS:8810 (2017), *Structural use of Concrete, Part 1* 2017.
- [8]. ACI 318 (Reapproved 2010): *Control of Deflection in Concrete Structures*.

Ứng xử cắt của dầm bê tông cốt thép gia cường TRC

Trần Cao Thanh Ngọc¹, Lê Huỳnh Quang Hậu², Ngô Hữu Cường², Nguyễn Hoàng Phương¹, Lê Hữu Huy¹

¹ Trường Đại Học Quốc Tế, Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh

² Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh

TỪ KHOÁ

Dầm bê tông cốt thép gia cường TRC
Khả năng kháng cắt

TÓM TẮT

Bài báo xác định độ nghiêng của thanh chống nén của mô hình giàn góc thay đổi cho dầm bê tông cốt thép gia cường bê tông cốt sợi dệt (**textile reinforced concrete – TRC**) chịu uốn thông qua phương pháp bán phân tích được đề xuất. Một đơn vị giàn được sử dụng để phân tích dầm bê tông cốt thép gia cường TRC theo nguyên lý công ảo. Sáu dầm bê tông cốt thép có tỷ lệ $a/d = 3.18$ và được gia cường TRC theo nhiều cách khác nhau. So sánh kết quả thu được từ mô hình giàn ảo đề xuất với kết quả thí nghiệm của sáu dầm để khảo sát độ tin cậy của mô hình giàn ảo. Kết quả cho thấy góc nghiêng của thanh chống nén trong mô hình giàn góc khá giống góc nứt trong thí nghiệm.

KEYWORDS

RC beams strengthened with TRC
Shear strength

ABSTRACT

The paper determines the inclination of the compression strut of variable angle truss model for RC beams strengthened with TRC (textile reinforced concrete) under bending through a proposed semi-analytical approach. A truss unit is used to analyze a reinforced concrete beam strengthened by TRC by the principle of virtual work. Six RC beams, which have an a/d ratio of 3.18, are strengthened by TRC in shear with various schemes. Comparisons are made between the predicted and published experimental results of the six RC beams strengthened with TRC with respect to the inclined angle of the compression strut at this state to investigate the reliability of the proposed semi-analytical approach. The results show that the inclination of the compression strut in the truss models is rather similar to the crack angle in the experiment.

1. Giới thiệu

Hiện tại trên thế giới nghiên cứu ứng xử cắt của dầm RC gia cường TRC chưa được nhiều. Tuy nhiên, tương tự như dầm RC, dầm RC gia cường TRC cũng áp dụng mô hình giàn ảo như là cơ sở của hầu hết các quy trình thiết kế cắt cho dầm.

Khi xét đơn vị giàn ảo, tỷ lệ gia cường cắt và độ nghiêng của thanh chống nén θ là hai đại lượng quan trọng ảnh hưởng khả năng chịu cắt của dầm RC gia cường TRC. Để đơn giản hóa tính toán, ta có thể giả định các thanh chống nén nghiêng 45° tương ứng với góc nứt cắt đầu tiên tương tự dầm RC. Giả định này có thể dẫn đến sự đánh giá thấp sự đóng góp của cốt thép cắt, đặc biệt là TRC vì TRC tham gia vào chịu cắt là chủ yếu. Phương pháp này sử dụng một góc của thanh chịu nén liên tục trên toàn bộ khoảng thời gian cắt của dầm. Tuy nhiên, tất cả các kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng các vết nứt hình thành ở các vùng khác nhau thì khác nhau. Do đó, một góc nghiêng thay đổi sẽ thực tế hơn. Trên cơ sở này, các mô hình giàn góc thay đổi nên được phát triển.

Bài báo đề xuất một mô hình giàn góc biến thiên khác biệt để phát triển lý thuyết toàn diện cho mô hình cắt không đàn hồi và ứng xử uốn. Các sơ đồ tích hợp số đã được giới thiệu để tính toán độ cứng và sau đó được triển khai trên mô hình giàn để xác định vị trí của các nút giằng và kích thước của các thanh chống chịu nén. Phân tích ứng

xử cắt và uốn được thực hiện trên một vài mô hình giàn góc thay đổi để xác định độ nghiêng của thanh chống.

Bài báo được chia làm hai phần. Trong phần đầu, mô hình giàn ảo đề xuất được đề cập để tính toán góc cắt. Kết quả tính toán từ mô hình giàn ảo được trình bày ở phần kế tiếp của bài báo, kết quả góc cắt sẽ được so sánh với các kết quả của các bài báo khoa học được đề cập.

2. Mô hình giàn ảo có góc thay đổi cho dầm bê tông cốt thép gia cường TRC

2.1. Phân tích các thành phần của mô hình giàn ảo

Phát triển từ mô hình giàn ảo có góc thay đổi cho dầm bê tông cốt thép của Bing Li và Cao Thanh Ngọc Tran [1]. Tương tự như dầm bê tông cốt thép, cơ chế truyền tải cắt cho một vùng điển hình dọc theo dầm bê tông cốt thép gia cường TRC (Hình 1) là những đường chéo có góc nghiêng thay đổi theo vết nứt của dầm. Cơ chế truyền tải này tương tự như giàn được mô tả dọc theo nhịp cắt của dầm bị nứt (Hình 2) nhưng có thêm thành phần TRC đóng góp vào khả năng chịu cắt. Trong mỗi đơn vị giàn, thanh chống chéo nghiêng truyền lực cắt sang nút giằng chịu kéo. Các thanh thép biên trên và dưới chịu uốn là chủ yếu. Độ bền và độ cứng của mỗi đơn vị giàn được xác định bằng cách phân tích cấu trúc nhịp cắt dầm gồm có năm thành phần: thanh chống bê tông, nút giằng, thanh thép trên, thanh thép dưới và TRC.

*Liên hệ tác giả: tctngoc@hmcui.edu.vn

Nhận ngày 15/11/2021, sửa xong ngày 20/02/2022, chấp nhận đăng 05/06/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2022.309>