

# Khảo sát độ võng sàn bê tông cốt thép toàn khối có xét đến độ cứng của dầm biên

## Survey of the Deflection of Reinforced Concrete Slab in Considering the Hardness of Boundary Beams

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG

Bộ môn Xây dựng dân dụng và công nghiệp - Trường Đại học Thủy lợi; Email: [thangnn@tlu.edu.vn](mailto:thangnn@tlu.edu.vn)

### 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 (BTCT) 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. 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. Trong bài báo đã nghiên cứu phương pháp khảo sát độ võng 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 2000 mô hình bản bê tông cốt thép có kích thước và điều kiện biên khác nhau.

**Từ khóa:** Sàn bê tông cốt thép, độ võng, trạng thái giới hạn II, kiểm soát độ võng

### 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; specially reduce durability and the safety of the slab structure. The process of calculating the reinforced concrete slab, the deflection is controlled in two basic ways: a) to determine the calculating deflection of the floor and compare to the limit value according to design standards; b) Analysis of deflection control through minimum thickness ( $h_{min}$ ) of the reinforced concrete slab. In this article the author presents methods of survey the deflection of reinforced concrete slab according to the hardness ratio between the slab and the edge beam on the basis of analysis by the SAFE Software 2000 Model in there the reinforced concrete slab has different size and boundary conditions.

**Keywords:** reinforced concrete slab, deflection, second-limit state, controlling the deflection

### 1. TỔNG QUAN VỀ SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP TOÀN KHỐI

Trong kết cấu công trình 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.

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. Hình 1 minh họa biến dạng và truyền tải của bản sàn một phương và hai phương chịu uốn của ô bản chữ nhật. Khi tỷ số  $L_2/L_1$  (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 My thường nhỏ.

#### 1.1. Sàn sườn toàn khối có bản loại dầm (bản một phương)

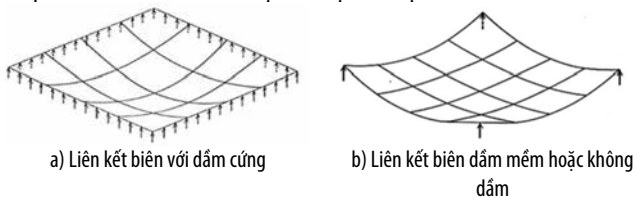
Khi  $L_2/L_1 > 3$  (chỉ số này bằng 2 trong các tiêu chuẩn và chỉ dẫn thiết kế) thì mặc dù bản liên kết bốn cạnh nhưng có thể xem nó như bản loại dầm. Sự làm việc của bản được quan niệm như sau: Bản trực tiếp chịu tải trọng trên sàn và chỉ làm việc theo phương cạnh ngắn truyền trực tiếp tải trọng cho dầm phụ. Dầm phụ chỉ uốn theo

phương của mình và truyền tải trọng vào dầm chính. Dầm chính truyền tải trọng xuống cột hoặc tường. Khi đó bản làm việc như một dầm có chiều dài nhịp là L1 và ta gọi là bản dầm. Ngoài ra các bản chỉ được kê ở hai cạnh, các bản công-son cũng thuộc loại bản làm việc một phương.

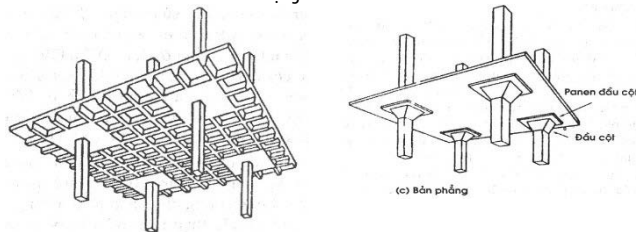
Độ dày của bản bê tông cốt thép loại dầm thường được chọn theo yêu cầu để đảm bảo độ võng không vượt quá độ võng cho phép. Trong loại sàn này bản thường mỏng, chiều dày từ 6-10cm có thể tính toán sơ bộ từ giá trị của tải trọng và nhịp bản, nhịp bản khoảng từ 2m-4m. Tuy vậy độ cứng trong mặt phẳng của sàn lại lớn nhờ nhờ bản được liên kết toàn khối với hệ dầm trực giao. Nhịp của dầm phụ thường lấy từ 4m-6m với chiều cao tiết diện khoảng (1/12-1/20) chiều dài nhịp. Nhịp của dầm chính bằng bê tông cốt thép thường trong khoảng từ 5m-8m với chiều cao tiết diện khoảng (1/8-1/15) nhịp dầm. Chiều rộng b của tiết diện dầm thường lấy bằng (0,3-0,5) chiều cao h của dầm.

### 1.2 Sàn sườn toàn khối có bản kê bốn cạnh

Sàn sườn toàn khối có bản kê bốn cạnh là loại sàn được liên kết tại cả bốn cạnh biên và có tỷ lệ  $l_2/l_1 < 2$ , 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 3m đến 4m, 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.



Hình 1: Biến dạng của ô bản BTCT toàn khối



Hình 2: Sơ đồ kết cấu sàn sườn toàn khối kiểu ô cờ và kết cấu sàn nầm

### 1.3 Một số dạng kết cấu sàn khác

#### a. Sàn sườn toàn khối kiểu ô cờ

Đây là kết cấu bản kê bốn cạnh được bố trí các dầm phụ theo hai phương để tăng cường độ cứng cho bản và chia ô bản thành các ô nhỏ dạng ô cờ. Loại sàn này có khả năng vượt không gian lớn, chịu tải trọng ngang lớn và tải trọng tập trung. Đặc điểm của sàn ô cờ là dải sàn trên dầm chính chịu lực lớn hơn các ô sàn ở giữa do sự tích lũy biến dạng cục bộ và biến dạng tổng thể của toàn bộ sàn.

#### b. Sàn nầm toàn khối

Kết cấu sàn nầm bản sàn đặt trực tiếp lên cột mà không có hệ dầm đỡ, sàn nầm có mũ hoặc không có mũ tùy vào tải trọng và kích thước ô bản. Sàn nầm làm việc theo hai phương, kích thước ô bản từ 6-9 mét, tỉ số hai cạnh nhỏ hơn 1,5, chiều dày sàn lớn lấy khoảng 1/10 nhịp ngắn, thường từ 15-25cm. Với sàn nầm có mũ, bản đầu cột phải được tăng thêm ít nhất 1/4 chiều dày của bản ở giữa ô và kích thước không nhỏ hơn 1/3 cạnh nhỏ của ô bản. Mũ cột được cấu tạo để đảm bảo chống chọc dầm thủng theo chu vi cột, làm giảm nhịp tính toán của bản, khi đó mô men sẽ phân bố đều đặn hơn theo bề rộng bản.

Hình vẽ 2 dưới đây minh họa sàn sườn toàn khối kiểu ô cờ và kết cấu sàn nầm toàn khối

#### c. Sàn có dầm bệ

Đây là một dạng của bản kê bốn cạnh là loại sàn được sử dụng nhiều trong những năm gần đây trong kết cấu nhà nhiều tầng. Các dầm bệ rộng chạy dọc trên các đầu cột, loại sàn này cũng có ưu điểm tương tự kết cấu sàn nầm là loại dầm được thể tích không gian phòng. Phương án sử dụng dầm bệ cho chiều cao thông thủy tầng nhà lớn hơn so với các phương án sử dụng dầm thường. Loại sàn này cũng được thiết kế có hoặc không có mũ cột và thường có độ cứng tương đối giữa dầm và sàn nhỏ, tỉ lệ giữa chiều cao dầm/bề rộng dầm thường nhỏ hơn so với các sàn sườn thông thường khác. Khi thiết kế các sàn không dầm hoặc sàn có độ cứng dầm nhỏ thì chiều dày sàn phải được lựa chọn theo yêu cầu về kiểm soát độ võng ô sàn.

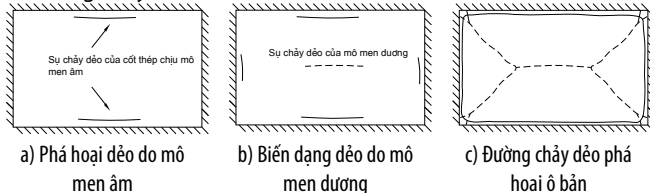
#### d Sàn bê tông cốt thép ứng lực trước

Bê tông ứng lực trước là giải pháp đặt vào cốt thép một lực căng trước và neo giữ trong bê tông trước khi chịu tải trọng sử dụng. Nhờ tính đàn hồi, cốt thép có xu hướng co lại và sẽ tạo nên lực nén trước trong bê tông. Ứng suất nén trước sẽ triệt tiêu hay làm giảm ứng suất kéo do tải trọng sử dụng gây ra. Do vậy khả năng chịu kéo của bê tông sẽ được nâng cao và giảm độ võng cho kết cấu dẫn tới hạn chế sự phát triển của vết nứt.

## 2. CÁC GIAI ĐOẠN LÀM VIỆC VÀ BIẾN DẠNG CỦA BẢN SÀN BTCT TOÀN KHỐI

### 2.1 Các giai đoạn làm việc và 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 3 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.

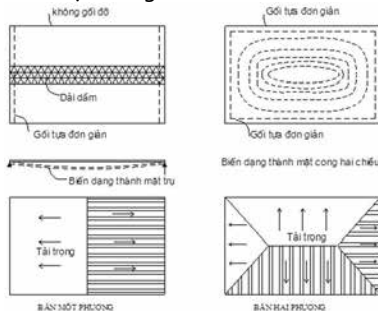


Hình 3: Cơ chế hình thành và phát triển đường chảy dẻo trong kết cấu bản sàn bê tông cốt thép toàn khối

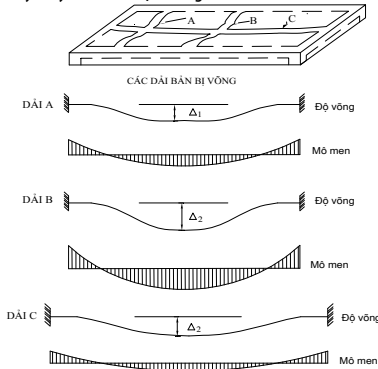
### 2.2 Biến dạng uốn của sàn bê tông cốt thép toàn khối

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 4 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 5.



Hình 4: Nguyên lý truyền tải và đặc trưng uốn của bản



Hình 5: Biểu đồ độ võng và mô men uốn của các dải bản

**2.3 Khảo sát độ võng của 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.

**2.3.1 Chọn tham số sàn sườn BTCT toàn khối theo TCVN 5574: 2018**

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

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  $p = 1000\text{kG/m}^2$  lấy D = 1,3 (khá lớn); hoạt tải tiêu chuẩn  $p = 400\text{kG/m}^2$  lấy D = 1 (trung bình); hoạt tải tiêu chuẩn  $p = 150\text{kG/m}^2$  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.

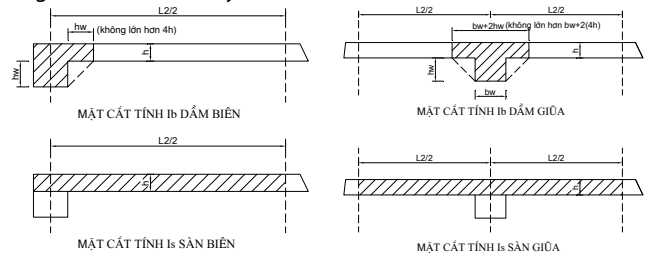
**2.3.2 Độ cứng tương đối giữa dầm và sàn, hệ số  $\alpha$**

- Độ cứng chống uốn của dầm xác định theo:  $\frac{4E_d J_d}{L}$ ; Độ cứng

chống uốn của sàn xác định theo:  $\frac{4E_b J_b}{L}$

- Vì chiều dài của dầm và của bản bằng nhau nên hệ số  $\alpha$  được tính theo:  $\alpha = \frac{4E_d J_d}{L} \cdot \frac{L}{4E_s J_s} = \frac{E_d J_d}{E_s J_s}$

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  $\alpha$ , trong đó hệ số  $\alpha$  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  $\alpha$  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 6 dưới đây.



Hình 6 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 30 x 70 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  $\alpha$ .

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

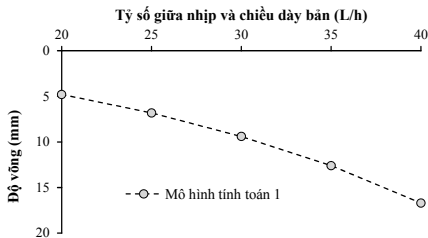
a) Thông số mô hình bài toán 1 được liệt kê trong bảng 3 dưới đây:

**Bảng 3** 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 bxh (mm)	Cột góc, vuông (mm)	Tải trọng phân bố sàn (T/m <sup>2</sup> )
1	Mô hình 1	4 x 8	200	20	300x750	300x300	1.0
2	Mô hình 2	5 x 8	200	25	300x750	300x300	1.0
3	Mô hình 3	6 x 8	200	30	300x750	300x300	1.0
4	Mô hình 4	7 x 8	200	35	300x750	300x300	1.0
5	Mô hình 5	8 x 8	200	40	300x750	300x300	1.0

b) Kết quả tính toán và nhận xét

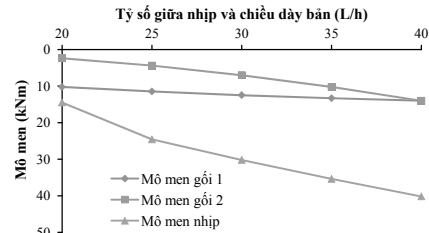
Hình vẽ 7 thể hiện kết quả tính toán độ võng lớn nhất tại giữa bản theo tỷ số giữa nhịp/ chiều dày bản (L/h), trong đó L là chiều dài cạnh ngắn của ô bản. Từ kết quả tính toán cho thấy khi tỷ số L/h tăng kéo theo độ võng của bản tăng lên, tuy nhiên độ dốc của đường cong giảm dần cho thấy mức độ gia tăng 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 7: Độ võng lớn nhất tại giữa bản trong mô hình tính toán 1

Hình vẽ 8 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 8: 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 bản 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. Mô hình bài toán 2-Khảo sát sự phụ thuộc của độ võng bản vào độ cứng tương đối giữa dầm và bản, hệ số  $\alpha$

a) Thông số mô hình bài toán 2 được liệt kê trong bảng 4 dưới đây.

Bảng 4 Mô hình bài toán khảo sát độ võng sàn theo độ cứng dầm biên

STT	Tên mô hình	Kích thước ô sàn L2xL1 (mxm)	Chiều dày sàn h (mm)	Tỷ số $\frac{L_1}{L_2}$	Dầm biên bxh (mm)	Cột góc, vuông (mm)	Tải trọng phân bố sàn (T/m <sup>2</sup> )
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

Bảng 5 Bảng tính tương quan độ cứng giữa dầm và sàn, hệ số  $\alpha$

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

Loại dầm	Tiết diện dầm			Kích thước mặt cắt sàn		Mô men quán tính sàn	Mô men quán tính dầm	Hệ số $\alpha$
	h	h <sub>w</sub>	b	h	B	J <sub>s</sub>	J <sub>d</sub>	
M	m	m	m	m	m	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	J <sub>d</sub> /J <sub>s</sub>
Sàn phẳng								
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

Hệ số tương quan độ cứng giữa dầm và sàn, hệ số  $\alpha$  được tính toán và thể hiện kết quả trong bảng 5.

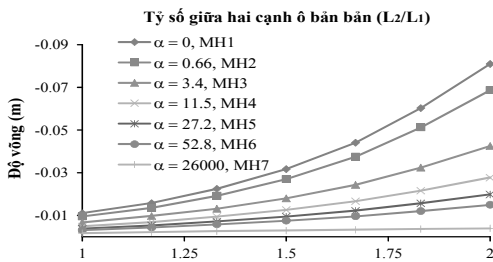
b) Kết quả tính toán và nhận xét

Hình vẽ 9 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  $\alpha$ . Nhìn biểu đồ có thể nhận thấy:

- Độ võng giữa bản giảm nhanh khi hệ số  $\alpha$  càng lớn, giá trị cực đại độ võng tại giữa bản giảm 81% khi hệ số  $\alpha$  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  $\alpha$ , ở đây khi  $\alpha$  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  $\alpha$  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.



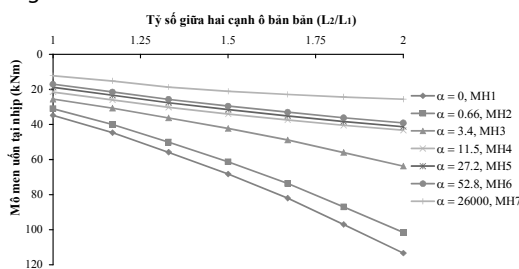
Hình 9: Kết quả tính toán độ võng giữa bản BTCT toàn khối

Hình vẽ 10 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  $\alpha$ . Kết quả tính mô men phản ánh độ cứng của dầm biên càng lớn ( $\alpha$  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 113kNm) 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 43,3kNm ứng với trường hợp  $\alpha = 11.5$ .

- Tương ứng với mỗi mô hình độ cứng dầm biên thay đổi ( $\alpha$  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 300x750mm ô bản có kích thước 6x8m.

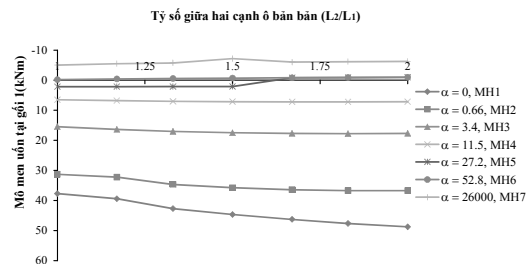


Hình 10: Kết quả tính toán mô men uốn tại nhịp ô bản bản BTCT toàn khối

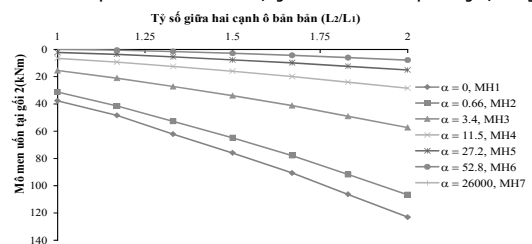
Hình 11, 12 kết quả tính toán mô men uốn mép bản theo phương cạnh ngắn và phương cạnh dài ô bản tương ứng. Kết quả tính mô men phản ánh độ cứng của dầm biên càng lớn ( $\alpha$  lớn), mô men uốn tại mép bản càng nhỏ.

- Khi độ cứng dầm biên nhỏ, các mép biên ô bản không xuất hiện nội lực mô men âm, khi hệ số  $\alpha$  lớn từ giá trị  $\alpha = 27,2$ , các mép biên của ô bản theo phương cạnh ngắn tồn tại giá trị mô men âm.

- Mô men tại mép biên theo phương cạnh dài của ô bản không xuất hiện giá trị âm, điều này phản ảnh hưởng độ cứng dầm theo phương cạnh dài ô bản là nhỏ, tại các mép biên không có mô men âm. Khi hệ số  $\alpha$  tăng lên, giá trị mô men uốn giảm đi đáng kể, độ biến thiên mô men theo tỷ số hai cạnh của ô bản là nhỏ khi giá trị  $\alpha$  càng lớn.



Hình 11: Kết quả tính toán mô men uốn tại gối ô bản bản theo phương cạnh ngắn



Hình 12: Kết quả tính toán mô men uốn tại gối ô bản bản theo phương cạnh dài

### 5. 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  $\alpha$ , 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  $\alpha$ ) càng lớn độ võng giữa bản càng nhỏ, giá trị cực đại độ võng tại giữa bản giảm 81% khi hệ số  $\alpha$  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  $\alpha$  lớn nhất, xem là không đổi, là không phụ thuộc vào kích thước của ô bản.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] GS.TS Phan Quang Minh (chủ biên), GS.TS Ngô Thế Phong, GS.TS 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] GS.TS Nguyễn Đình Cống (2010), Sàn bê tông cốt thép toàn khối, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] GS.TS Lê Ngọc Hồng (2002), Lý thuyết tấm vỏ, Bài giảng cao học- Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.
- [4] GS.TS Nguyễn Việt 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 5575: 2018, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế, Hà Nội.
- [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.