

SO SÁNH GIỚI HẠN TỶ SỐ NHỊP TRÊN CHIỀU DÀY BẢN ĐỂ KIỂM SOÁT ĐỘ VÔNG CỦA SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO MỘT SỐ TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ

Nguyễn Văn Dũng^{1*}, Nguyễn Đăng Nguyên²

Tóm tắt: Việc dự đoán độ võng của sàn bê tông cốt thép (BTCT) ở trạng thái giới hạn sử dụng gặp những thách thức đáng kể. Nguyên nhân chủ yếu phát sinh từ sự hiểu biết còn hạn chế về tiêu chí giới hạn sử dụng, bao gồm độ võng ngắn hạn và độ võng gia tăng theo thời gian, cùng với tính chất phức tạp của vật liệu, lịch sử tải trọng thực tế trong quá trình thi công và khai thác. Để kiểm soát độ võng, các tiêu chuẩn thiết kế có hiệu lực hiện hành thường đưa ra hai phương pháp chính: (i) tính toán trực tiếp, vốn thường phức tạp do bê tông bị nứt ở vùng kéo, cùng với việc tính toán co ngót và từ biến; hoặc (ii) áp dụng tỷ số chiều dài nhịp trên chiều dày bản theo các giá trị quy định trong tiêu chuẩn. Nghiên cứu này tổng hợp và so sánh các quy định về chiều dày bản nhỏ nhất được quy định trong các tiêu chuẩn ACI 318-25, AS 3600-2009, và EC2-2004. Đồng thời, nghiên cứu cũng thực hiện khảo sát để so sánh các tỷ số nhịp/chiều dày bản theo các tiêu chuẩn trên để đánh giá sự khác biệt.

Từ khóa: Độ võng, trạng thái sử dụng, độ võng dài hạn, tiêu chuẩn thiết kế.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc xác định chiều dày bản (h) hợp lý là yếu tố quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến tính kinh tế và độ cứng của sàn. Bản cần đủ dày để đáp ứng ba yêu cầu cơ bản. Thứ nhất, về độ cứng, bản phải đảm bảo không bị võng quá mức cho phép, đặc biệt đối với sàn chịu tải trọng đứng. Độ võng sàn phụ thuộc vào nhịp, độ cứng của dầm, tải trọng, loại vật liệu; đồng thời bản phải đáp ứng yêu cầu về độ rung. Đối với sàn chịu tải trọng ngang, độ cứng trong mặt phẳng sàn là cần thiết, tuy nhiên, yếu tố quyết định là kích thước mặt bằng sàn và cấu tạo các cấu kiện biên, không chỉ phụ thuộc vào chiều dày bản. Thứ hai, về khả năng chịu lực, bản phải đảm bảo chịu được mô men uốn do tải trọng đứng và các tác động bổ sung như nhiệt độ, co ngót, và tải trọng tập trung. Thứ ba, về yêu cầu kinh tế, việc lựa chọn chiều dày đòi hỏi cân bằng chi phí vật liệu, nhân công và kiến trúc. Bản có chiều dày nhỏ thường mang lại hiệu quả kinh tế nếu đáp ứng đủ độ cứng, nhưng khi nhịp lớn, việc chọn chiều dày theo yêu cầu độ võng sẽ hợp lý hơn do độ võng tăng nhanh hơn nội lực.

Các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu hiện hành cung cấp hai phương pháp để kiểm soát độ võng: tính toán trực tiếp (thường phức tạp do nứt bê tông và ảnh

hưởng của co ngót, từ biến) hoặc áp dụng tỷ số chiều dài nhịp (l)/chiều dày bản (h) (ký hiệu là l/h) để đảm bảo trạng thái sử dụng, cách này thường được ưu tiên vì tính đơn giản. Trong nghiên cứu này, chiều dày bản nhỏ nhất (h) được định nghĩa là chiều dày tối thiểu của bản sàn để đảm bảo yêu cầu về kiểm soát độ võng. Với sự ra đời của bê tông cường độ cao, tiến độ thi công nhanh và thay đổi hệ số độ tin cậy của tải trọng, việc xem xét độ võng trong điều kiện sử dụng càng trở nên quan trọng. Trong khi, TCVN5574-2018 [4] không đề cập đến quy định về chiều dày bản nhỏ nhất để kiểm soát độ võng. Ngược lại, ủy ban ACI 318 đã ban hành các yêu cầu này từ năm 1971. Nghiên cứu này sẽ so sánh các quy định của tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-25 (ACI 318, 2025), tiêu chuẩn Úc AS 3600-2009 (AS 3600, 2009) và tiêu chuẩn Châu Âu EC2-2004 (EC2, 2004) đồng thời thực hiện khảo sát để đánh giá sự khác biệt về tỷ số l/h theo các tiêu chuẩn trên.

2. CHIỀU DÀY BẢN BTCT NHỎ NHẤT THEO CÁC TIÊU CHUẨN

2.1. Tiêu chuẩn ACI 318-25

Giới hạn độ võng cho phép theo ACI 318-25 (ACI 318, 2025) được cho ở Bảng 24.2.2 (ACI 318, 2025), với l_n là chiều dài nhịp. Theo tiêu chuẩn ACI 318-25, giới hạn độ võng cho phép của sàn và mái được quy định dựa trên độ nhạy với độ võng của các bộ phận phi kết cấu mà chúng đỡ hoặc gắn kết vào. Đối với mái hoặc sàn đỡ các bộ phận phi kết cấu dễ bị phá hoại do độ võng lớn (ví dụ: tường ngăn, vách thạch cao), độ võng giới hạn được xem xét là độ

¹Khoa Kỹ thuật Công nghệ và Truyền thông, Trường Đại học Hồng Đức

²Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Tác giả liên hệ: nguyenvandung@hdu.edu.vn

vòng tăng thêm sau khi thi công các bộ phận phi kết cấu đó và giới hạn tối đa cho phép là $l_n/480$. Đối với mái hoặc sàn đỡ các bộ phận phi kết cấu khó bị phá hoại do độ võng lớn, giới hạn độ võng được nới lỏng hơn, với giá trị cho phép là $l_n/240$.

ACI 318-25 đề xuất chiều dày h theo tỷ số l/h cho cả sàn có bản loại dầm làm việc một phương (được gọi tắt là bản một phương hoặc sàn có bản loại dầm) và sàn có bản làm việc hai phương (được gọi tắt là bản hai phương). Chiều dày h không phụ thuộc vào tải trọng tác dụng bao gồm tĩnh tải và tiêu chuẩn không quy định giới hạn về chiều dài nhịp áp dụng. Các hệ số điều chỉnh được đưa vào với cường độ của cốt thép và bê tông nhẹ, được quy định theo điều 7.3.1.1.1 và 7.3.1.1.2 (ACI 318, 2025)

a) Với sàn có bản loại dầm

Với bản BTCT thường làm việc một phương không đỡ các bộ phận phi kết cấu dễ bị phá hoại khi có biến dạng lớn, chiều dày h không nhỏ hơn các giá trị được cho ở Bảng 7.3.1.1 (ACI 318, 2025), trừ khi độ võng được tính toán là đảm bảo. ACI 318-25 không đưa ra biểu thức tính h cho bản một phương đỡ hoặc gán các bộ phận dễ bị phá hoại do độ võng lớn.

b) Với sàn có bản làm việc hai phương

Đối với sàn BTCT không ứng suất trước, không có các dầm bên trong nối giữa các gối đỡ ở bốn phía và có tỷ số của nhịp dài trên nhịp ngắn không lớn hơn 2, chiều dày h nhỏ nhất sẽ không nhỏ hơn các giá trị trong Bảng 8.3.1.1 (ACI 318, 2025).

Với sàn BTCT không ứng suất trước có các dầm nối giữa các gối đỡ (sàn có bản kê bốn cạnh), chiều dày h được lấy theo Bảng 8.3.1.2 (ACI 318, 2025), trừ khi tính toán độ võng cho phép được tính toán là đảm bảo. Các quy định về l/h theo tiêu chuẩn ACI 318-25 không đề cập đến độ nhảy của biến dạng với tải trọng thi công, tốc độ thi công và cường độ của bê tông.

2.2. Tiêu chuẩn AS 3600-2009

Tiêu chuẩn AS 3600-2009 (AS 3600, 2009) giới hạn tổng độ võng là $l/250$ và độ võng tăng thêm là $l/500$ nếu đã có biện pháp giảm thiểu ảnh hưởng của độ võng của phần truyền lực lên kết cấu được nâng đỡ, nếu không thì lấy giá trị $l/1000$.

a) Với sàn có bản loại dầm và sàn có bản làm việc hai phương

Với sàn BTCT có bản làm việc một phương hoặc sàn nhiều nhịp BTCT có bản làm việc hai phương chịu tải trọng phân bố đều và hoạt tải (q) không lớn hơn tĩnh tải (g), độ võng của bản sẽ đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu của điều 2.4.2 (AS 3600-2009) nếu tỷ số của chiều dài nhịp hữu hiệu (L_{ef}) trên chiều cao làm việc (d) của bản không lớn hơn giá trị sau:

$$\frac{L_{ef}}{d} = k_3 k_4 \left[\frac{(\Delta / L_{ef}) E_c}{F_{d,ef}} \right]^{1/3} \quad (1)$$

Trong đó: Δ/L_{ef} là độ võng giới hạn cho phép chọn lựa theo điều 2.4.2 và độ võng (Δ) được lấy ở điểm chính giữa đường nối giữa các gối tựa dùng để xác định L_{ef} ; L_{ef} là chiều dài nhịp hữu hiệu, lấy bằng giá trị nhỏ hơn của l_n+d và l ; E_c là giá trị trung bình của mô đun đàn hồi của bê tông ở tuổi 28 ngày (đơn vị MPa); $F_{d,ef}$ là tải trọng thiết kế hữu hiệu trên một đơn vị diện tích, được lấy bằng:

(a) $(1.0+k_{cs})g+(\psi_s+ k_{cs}\psi_l)q$ cho độ võng tổng cộng; hoặc

(b) $k_{cs}g +(\psi_s+ k_{cs}\psi_l)q$ cho độ võng xảy ra sau khi thêm hoặc có gán các vách ngăn giàn hoặc lớp hoàn thiện.

Trong đó: k_{cs} được xác định theo điều 8.5.3.3 và ψ_s và ψ_l là giá trị lấy theo AS 1170.1, ψ_s là hệ số kể đến tác dụng ngắn hạn của hoạt tải sử dụng để tính toán tải trọng trong điều kiện sử dụng, ψ_l là hệ số kể đến tác dụng dài hạn của hoạt tải sử dụng để tính toán tải trọng trong điều kiện sử dụng.

$k_{cs} = [2-1.2(A_{sc}/A_{st})] \geq 0.8$; A_{sc}/A_{st} lấy ở giữa nhịp với bản đơn giản hoặc bản liên tục và lấy tại gối với bản con son lần lượt là diện tích cốt thép chịu nén và diện tích cốt thép chịu kéo.

k_3 là hằng số, được lấy bằng: (a) 1 với sàn có bản làm việc một phương; (b) 0.95 với sàn có bản làm việc hai phương không có mũ cột; (c) 1.05 với sàn có bản làm việc hai phương có mũ cột, với mũ cột mở rộng ít nhất $L/6$ theo mỗi phương trên cạnh nối các gối đỡ và có tổng chiều dày mũ cột không nhỏ hơn $1.3D$, với D là chiều dày bản ngoài vùng mũ cột;

k_4 là hằng số, được lấy bằng: (a) 1.4 với bản có gối kê đơn giản; hoặc (b) Cho bản liên tục, khi ô bản liền kề có tỷ số cạnh dài trên cạnh ngắn ≤ 1.2 và không có nhịp biên có kích thước cạnh dài hơn các nhịp bên trong: (i) 1.75 với nhịp biên; hoặc (ii) 2.1 với nhịp bên trong.

b) Với sàn làm việc hai phương có dầm bao quanh (sàn có bản kê bốn cạnh)

Với sàn BTCT làm việc hai phương được kê lên dầm cứng hoặc vách BTCT chịu tải trọng phân bố đều và hoạt tải (q) không lớn hơn tĩnh tải (g), độ võng của sàn sẽ đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu của điều 2.4.2 (AS 3600, 2009) nếu tỷ số của chiều dài nhịp hữu hiệu trên chiều cao làm việc của bản không lớn hơn giá trị cho ở mục 2.2(a), ngoại trừ:

(a) k_3 bằng 1, và

(b) k_4 được lấy theo Bảng 9.3.4.2 (AS 3600, 2009) tùy thuộc vào điều kiện biên của bản.

2.3. Tiêu chuẩn EC2 – 2004

Tiêu chuẩn EC2-2004 (EC2, 2004) yêu cầu độ võng tính toán của sàn chịu tác dụng của tải trọng dài hạn (quasi-permanent load) không được lớn hơn giá trị $l/250$. Giới hạn độ võng tăng thêm được lấy

bằng $l/500$ để tránh việc độ võng có thể gây ra phá hoại các bộ phận liên kết của kết cấu. EC2-2004 [4] cho phép không cần tính toán độ võng nếu chiều dày bản thỏa mãn:

Với $\rho \leq \rho_0$:

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] \quad (2)$$

Với $\rho \geq \rho_0$:

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] \quad (3)$$

Trong đó: K là hệ số kể đến dạng kết cấu: (a) gối đỡ đơn giản 1,0; (b) một đầu liên tục 1,3; (c) hai đầu liên tục 1,5; (d) sàn phẳng (dựa vào nhịp dài hơn) 1,2; và (e) Conson 0,4; ρ_0 là hàm lượng cốt thép tham chiếu; ρ là hàm lượng cốt thép chịu kéo yêu cầu ở giữa nhịp với mô men do tải trọng tính toán gây ra (ở gối tựa với bản conson); ρ' là hàm lượng cốt thép chịu nén yêu cầu ở giữa nhịp với mô men do tải trọng tính toán gây ra (ở gối tựa với bản conson); f_{ck} là cường độ chịu nén danh định của bê tông; l là chiều dài nhịp; d là chiều cao làm việc của sàn.

Biểu thức (2) và (3) được xây dựng với giả thiết ứng suất của cốt thép ở trạng thái giới hạn sử dụng là 310 MPa. Với mức ứng suất khác được sử dụng, giá trị trong biểu thức (2) và (3) cần được nhân với hệ số $310/\sigma_s$. Trong đó, σ_s là ứng suất trong cốt thép tại vị trí có mô men lớn nhất ở trạng thái sử dụng.

Do hàm lượng cốt thép chưa được xác định cho đến khi chiều dày bản được xác định, nên bước đầu cần phải giả thiết hàm lượng cốt thép. Nếu chiều dài nhịp lớn hơn 7 m giá trị l/d ở biểu thức (2) và (3) cần được nhân với hệ số 7/chiều dài nhịp để kể đến sự tăng tải trọng bản thân khi chiều dài nhịp tăng. Với sàn phẳng, giá trị l/d ở biểu thức (2) và (3) được nhân với hệ số 8,5/chiều dài nhịp.

3. NGHIÊN CỨU THAM SỐ

Như đã trình bày, ngoại trừ ACI 318-25 không xem xét ảnh hưởng của hoạt tải, hàm lượng cốt thép chịu nén đến chiều dày bản nhỏ nhất, các tiêu chuẩn còn lại xem xét độ lớn của hoạt tải và hàm lượng cốt thép chịu nén đến chiều dày bản nhỏ nhất. Thêm nữa, cả ba tiêu chuẩn (ACI 318-25, AS 3600-2009 và EC2-2004) đều xem xét điều kiện biên và chiều dài nhịp của sàn. Tuy nhiên, chỉ có AS 3600-2009 và EC2-2004 mới đưa thêm hoạt tải và tĩnh tải phụ thêm vào làm tham số tính toán. Đặc biệt, AS 3600-2009 là tiêu chuẩn duy nhất trong ba tiêu chuẩn này còn yêu cầu xét đến độ võng giới hạn tăng thêm.

Nghiên cứu tham số được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của các thông số thiết kế đến chiều dày bản nhỏ nhất và so sánh các giá trị tính được theo tiêu chuẩn ACI 318-25, AS 3600-2001, và EC2-2004. Do không gian trình bày của bài báo có giới hạn, nên trong phạm vi bài báo này chỉ thực hiện khảo sát một số trường hợp tính toán như sau:

+ Đối với sàn một phương lựa chọn phương án bản có gối đỡ đơn giản, chiều dài nhịp làm việc là 4, 6, và 8 m. Đối với sàn phẳng không có mũ cột hai phương lựa chọn ô bản bên trong, kích thước cạnh ngắn là 4, 6, và 8 m và chỉ xét cho ô sàn hình vuông. Với sàn có bản kê bốn cạnh, chiều dài nhịp ngắn ($l_{ngắn}$) là 4 và 6 m và tỷ số $l_{dài}/l_{ngắn}$ là 1, 1,5 và 2.

+ Các giá trị hoạt tải tiêu chuẩn q được lấy cho các phòng chức năng như sau: (a) Văn phòng 2 kN/m²; (b) Cửa hàng 4 kN/m²; (c) Sân khấu 7,5 kN/m².

+ Các giá trị sau được giữ không đổi: Cường độ chịu nén của bê tông: 30 MPa. Giới hạn chảy cốt thép: 400 MPa. Tĩnh tải tiêu chuẩn phụ thêm (đỡ bộ phận phi kết cấu (ví dụ tường xây, kính...), vật liệu hoàn thiện...): 5 kN/m². Hoạt tải dài hạn: (a) 1,0 kN/m² cho văn phòng; (b) 1,40 kN/m² cho cửa hàng; (c) và 2,70 kN/m² cho sân khấu. Hệ số nhân độ võng dài hạn (λ): $\lambda = 2$ (λ được xác định theo 24.2.4.1.1 theo ACI 318-25 và trong nghiên cứu này không kể đến ảnh hưởng của cốt thép chịu nén).

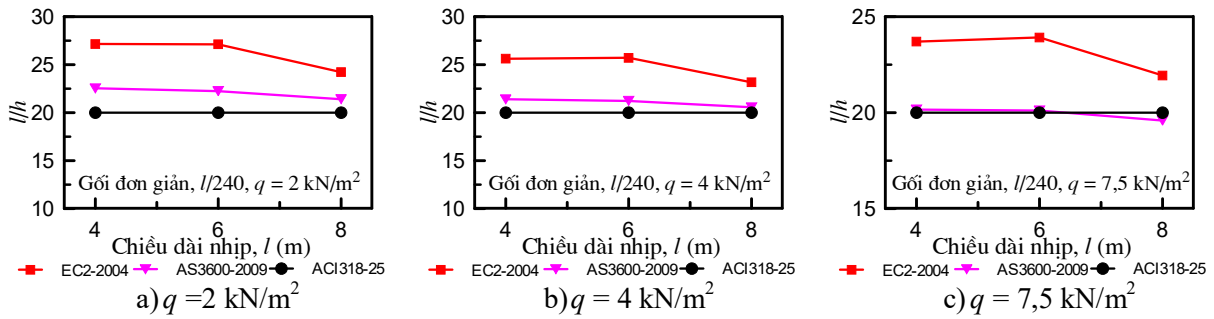
Quy định theo tiêu chuẩn ACI 318-25 dựa theo chiều dày của bản (h), trong khi các tiêu chuẩn còn lại dựa vào chiều dày hữu hiệu của bản (d). Để so sánh các tiêu chuẩn với nhau, chiều dày bản được lấy bằng chiều dày hữu hiệu cộng với 30 mm với các phương trình sử dụng chiều dày nhỏ nhất dựa theo chiều dày hữu hiệu.

3.1. Sàn có bản làm việc một phương

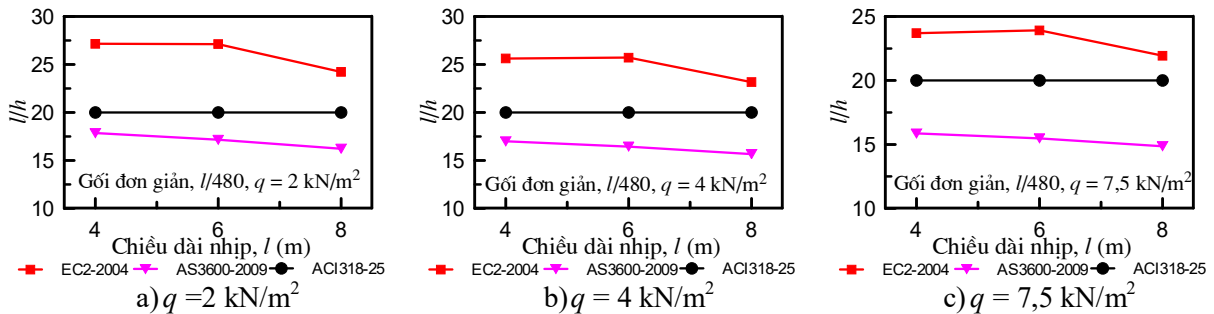
Hình 1 và Hình 2 lần lượt thể hiện quan hệ giữa tỷ số l/h với l với bản một phương có gối đơn giản với độ võng giới hạn khảo sát lần lượt là $l/240$ và

$l/480$ với q ở các mức 2, 4, và $7,5 \text{ kN/m}^2$. Hình 3 thể hiện ảnh hưởng của q tới quan hệ l/h và l của bản một phương có gờ đơn giản với AS 3600-

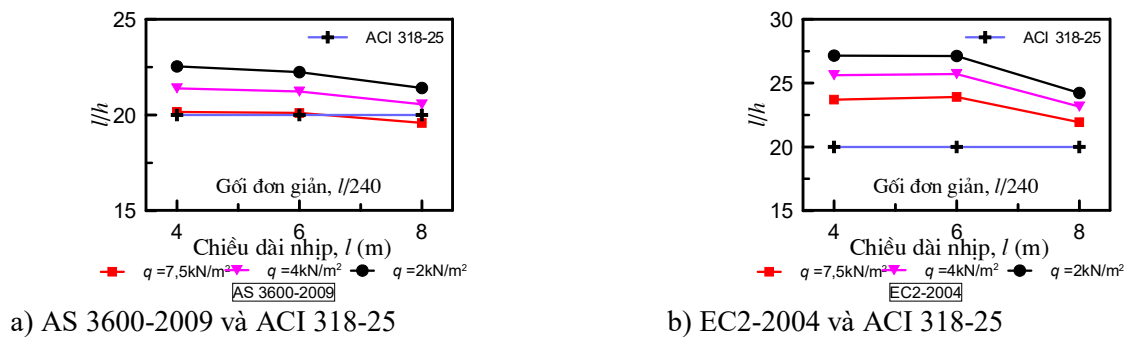
2009 và EC2-2004, cũng như các giá trị hiện hành của ACI 318-25 ứng với độ võng giới hạn khảo sát là $l/240$ và $l/480$.



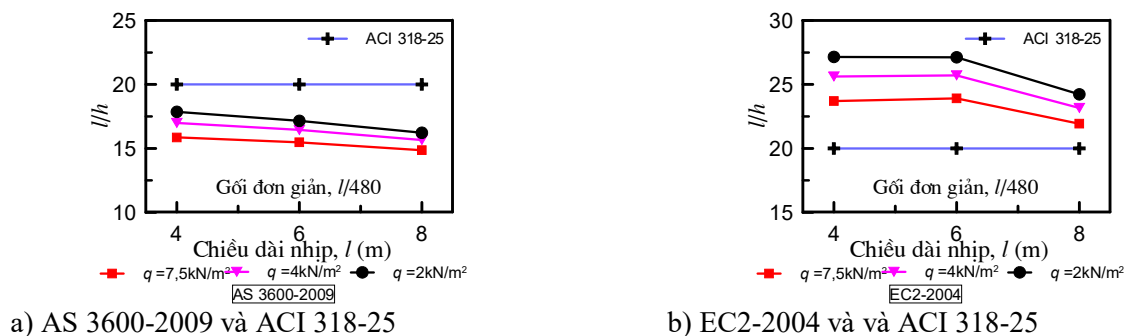
Hình 1. Quan hệ l/h và l với bản một phương gờ đơn giản với độ võng $l/240$ và q khác nhau



Hình 2. Quan hệ l/h và l của bản một phương gờ đơn giản với độ võng $l/480$ và q khác nhau



Hình 3. Ảnh hưởng của q tới quan hệ l/h và l của bản một phương có gờ đơn giản, độ võng giới hạn $l/240$: (a) AS 3600-2009 và ACI 318-25; và (b) EC2-2004 và ACI 318-25



Hình 4. Ảnh hưởng của q tới quan hệ l/h và l của bản một phương có gờ đơn giản, độ võng giới hạn $l/480$: (a) AS 3600-2009 và ACI 318-25; và (b) EC2-2004 và ACI 318-25

Một số nhận xét được rút ra là:

- Ngoại trừ ACI 318-25, các tiêu chuẩn khác đều cho thấy xu hướng chung: tỷ số l/h giảm khi l tăng. Ở khoảng l từ 4-6 m, l/h giảm chậm, nhưng khi l vượt 6 m, tỷ số này giảm nhanh hơn, như thể hiện từ Hình 1 đến Hình 4.

- Khi giữ nguyên q và l , theo AS 3600-2009, tỷ số l/h tăng khi độ võng giới hạn từ $l/240$ lên $l/480$. Trong khi đó, ACI 318-25 và EC2-2004 duy trì tỷ số này bất kể mức độ võng giới hạn.

- Với cùng một độ võng giới hạn ($l/240$ hoặc $l/480$), khi tải trọng q tăng, tỷ số l/h giảm, tức cần chọn chiều dày h lớn hơn.

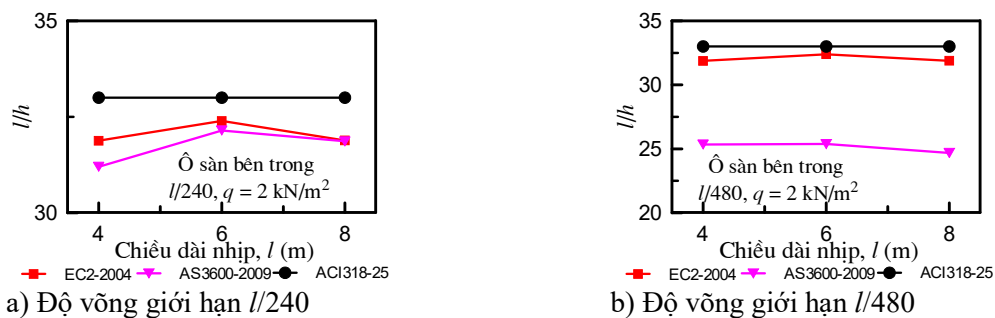
- Hình 3 cho thấy, với độ võng giới hạn $l/240$ thì ACI 318-25 cho giá trị l/h thấp hơn so với AS 3600-

2009 và EC2-2004, tức yêu cầu chọn h lớn nhất. Ngoại trừ trường hợp $l > 6\text{m}$ và $q = 2\text{ kN/m}^2$, AS 3600-2009 cho l/h thấp hơn so với ACI 318-25 nhưng sự khác biệt không đáng kể.

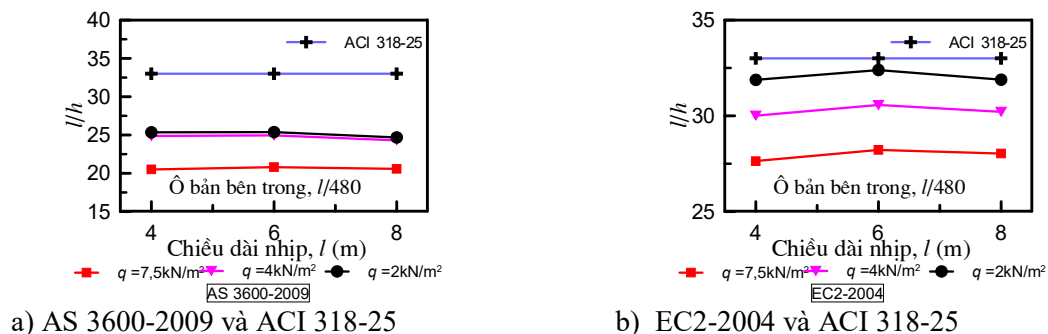
- Hình 4(a) cho thấy, với giới hạn độ võng $l/480$, AS 3600-2009 đưa ra giá trị l/h thấp hơn ACI 318-25 và EC2-2004, tức yêu cầu chiều dày h là lớn nhất. Hình 4(b) cho thấy EC2-2004 có l/h cao hơn ACI 318-25.

3.2. Sàn phẳng

Hình 5 và 6 lần lượt thể hiện đại diện quan hệ giữa l/h và l của sàn phẳng ô bản bên trong không có mũ cột với các chiều dài nhịp, mức tải trọng q khác nhau ứng với độ võng giới hạn khảo sát lần lượt là $l/240$ và $l/480$.



Hình 5. Quan hệ giữa l/h và l của sàn phẳng ô bản bên trong không có mũ cột với $q = 2\text{ kN/m}^2$:
(a) Độ võng giới hạn $l/240$; và (b) Độ võng giới hạn $l/480$



Hình 6. Ảnh hưởng của q tới l/h và l của sàn phẳng ô bản bên trong không có mũ cột:
(a) AS 3600-2009 và ACI 318-25; và (b) EC2-2004 và ACI 318-25

Một số nhận xét được rút ra là:

- Các biểu đồ cho thấy với AS 3600-2009 và EC2-2004 chiều dày tối thiểu h để đáp ứng giới hạn độ võng quy định tăng lên khi hoạt tải tăng. Kết quả cũng cho thấy tỷ số l/h giảm khi l tăng, do tải trọng bản thân của sàn tăng theo l . Tỷ số l/h theo ACI 318-25 không phụ thuộc vào độ lớn của q và l . AS 3600-2009 cho thấy tỷ số l/h giảm khi giới hạn độ võng chuyển từ $l/240$ sang $l/480$, trong khi với ACI 318-25 và EC2-2004, tỷ số này không đổi ở cả hai mức giới hạn.

- Hình 5 cho thấy với cùng một tải trọng q thì AS

3600-2009 cho giá trị l/h là thấp nhất, sau đó đến EC2-2004, và cao nhất là ACI 318-25 với cả hai trường hợp $l/240$ và $l/480$.

- Hình 6 cho thấy với AS 3600-2009 và EC2-2004 khi cùng một tải trọng q thì khi l tăng lên thì giá trị l/h ban đầu tăng lên sau đó có sự giảm đi nhưng mức độ biến động không đáng kể. Thêm nữa, khi q tăng lên thì giá trị l/h có xu hướng giảm đi, nghĩa là cần tăng chiều dày sàn lên khi q tăng.

3.3. Sàn có bản kê bốn cạnh

Hình 7 và Hình 8 thể hiện đại diện một số quan hệ giữa $l_{ngắn}/h$ (được sử dụng tương đương như l/h

đối với bản kê 4 cạnh) và tỷ số $l_{dài}/l_{ngắn}$ cho sàn có bản kê bốn cạnh với giá trị của q thay đổi, và chiều dài nhịp ngắn thay đổi. Giá trị độ võng giới hạn được khảo sát là $l/240$ và $l/480$. Bản sàn được khảo sát có các dầm biên bao quanh với độ cứng dầm bao quanh sàn theo ACI 318-25 là $\alpha_{fm} = 2$. Trong đó, α_{fm} là giá trị trung bình của α_f của tất cả các dầm bao quanh ô bản và α_f sẽ được tính toán theo mục 8.10.2.7 (ACI 318, 2025)

Một số nhận xét được rút ra là:

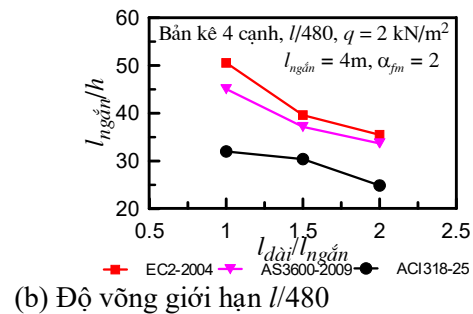
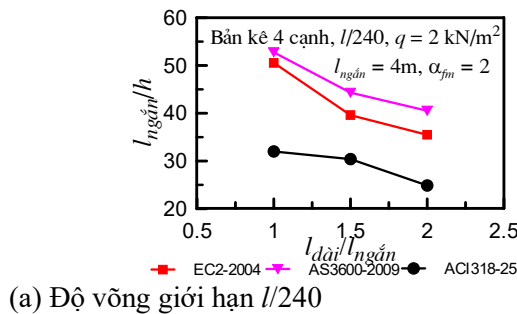
- Kết quả cho thấy với AS 3600-2009 và EC2-2004 thì tỷ số $l_{ngắn}/h$ giảm khi $l_{ngắn}$ tăng từ 4m lên 6m. Điều này là do trọng lượng bản thân của bản

chiếm phần đáng kể trong tổng tải trọng tác dụng và tăng khi $l_{ngắn}$ tăng. Trong khi đó, tỷ số $l_{ngắn}/h$ theo ACI 318-25 là không đổi khi $l_{ngắn}$ tăng từ 4m lên 6m.

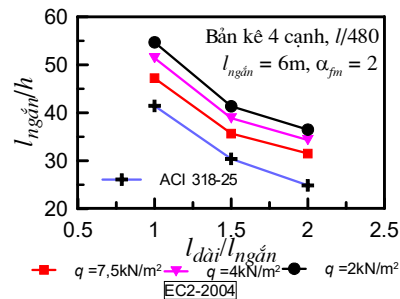
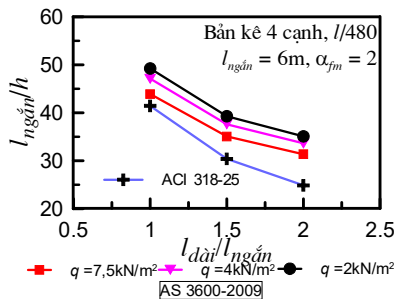
- AS 3600-2009 cho tỷ số $l_{ngắn}/h$ giảm đi, tức chiều dày sàn h tăng lên, khi độ võng giới hạn chuyển từ $l/240$ sang $l/480$. Trong khi đó, tỷ số $l_{ngắn}/h$ là không đổi với ACI 318-25 và EC2-2004 khi độ võng giới hạn là $l/240$ hoặc $l/480$.

- Khi tải trọng q tăng thì tỷ số $l_{ngắn}/h$ không đổi theo ACI 318-25, nhưng $l_{ngắn}/h$ giảm theo AS 3600-2009 và EC2-2004.

- Giá trị $l_{ngắn}/h$ theo ACI 318-25 là nhỏ nhất so với AS 3600-2009 và EC2-2004.



Hình 7. Quan hệ giữa $l_{dài}/h$ và $l_{dài}/l_{ngắn}$ sàn có bản kê 4 cạnh với $q = 2 \text{ kN/m}^2$ có $l_{ngắn} = 4\text{m}$ và $\alpha_{fm} = 2$: (a) Độ võng giới hạn $l/240$; và (b) Độ võng giới hạn $l/480$



Hình 8. Ảnh hưởng của q tới quan hệ $l_{dài}/h$ và $l_{dài}/l_{ngắn}$ sàn bản kê 4 cạnh có $l_{ngắn} = 6\text{m}$, $\alpha_{fm} = 2$, độ võng giới hạn $l/480$: (a) AS 3600-2009 và ACI 318-25; và (b) EC2-2004 và ACI 318-25

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã so sánh chiều dày bản nhỏ nhất (h) theo ACI 318-25 (ACI 318, 2025), AS 3600-2009 (AS 3600, 2009), và EC2-2004 (EC2, 2004). Nghiên cứu khảo sát tính toán đối với sàn một phương có gối đỡ đơn giản, sàn phẳng không có mũ cột và sàn có bản kê bốn cạnh. Một số kết luận chính được rút ra như sau:

- Chiều dày h nhỏ nhất theo AS 3600-2009 bao quát các tham số quan trọng đối với độ võng như điều kiện biên, chiều dài nhịp, tải trọng, kể đến hệ số nhân độ võng dài hạn, độ võng giới hạn và ảnh hưởng của vấn đề nứt bê tông. EC2-2004 không kể đến độ võng giới hạn trong tính toán. Trong khi đó,

ACI 318-25 chỉ quan tâm đến yếu tố điều kiện biên và chiều dài nhịp.

- Chiều dày bản nhỏ nhất theo ACI 318-25 đơn giản, dễ áp dụng so với hai tiêu chuẩn còn lại. Tuy nhiên, ACI 318-25 và EC2-2004 chỉ được dùng cho bản sàn không đỡ các bộ phận phi kết cấu. Đối với bản sàn đỡ các bộ phận phi kết cấu thì tỷ số l/h có thể được dùng để định kích thước cấu kiện. Sau khi xác định được hàm lượng cốt thép đáp ứng khả năng chịu lực, độ võng có thể được tính toán và so sánh với độ võng giới hạn quy định.

- Với sàn một phương, ACI 318-25 cho giá trị l/h nhỏ nhất với độ võng giới hạn $l/240$,

trong khi với độ võng giới hạn $l/480$, AS 3600-2009 giá trị l/h nhỏ nhất so với các tiêu chuẩn khác.

- Với sàn phẳng ở ô bên trong không mũ cột, AS 3600-2009 cho tỷ số l/h là nhỏ nhất so với các tiêu chuẩn khác.

- Với bản kê bốn cạnh, ACI 318-25 cho tỷ số $l_{ngắn}/h$ là nhỏ nhất so với các tiêu chuẩn khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

ACI 318, (2025), *Building Code for Structural Concrete – Code Requirements and Commentary*, Farmington Hills, Michigan, USA.

AS 3600, (2009), *Concrete Structures*, Standards Association of Australia, North Sydney.

EC2, (2004), *Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings*, European Committee for Standardization, Brussels, EN 1992-1-1.

TCVN 5574:2018, (2018), *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*, Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

Abstract:

COMPARISON OF SPAN-TO-DEPTH RATIO LIMITS FOR DEFLECTION CONTROL OF REINFORCED CONCRETE SLABS ACCORDING TO SELECTED DESIGN CODES

The prediction of deflections in reinforced concrete slabs at the serviceability limit state presents significant challenges. The primary reasons stem from limited understanding of serviceability criteria, including both short-term deflections and time-dependent (long-term) deflections, as well as the complex behavior of materials and the actual loading history during construction and service. To control deflection, current design codes typically provide two main approaches: (i) direct calculation, which is often complex due to concrete cracking in the tension zone and the need to account for shrinkage and creep; or (ii) application of span-to-depth ratios based on prescribed values in the codes. This research compiles and compares the provisions for minimum slab thickness as specified in ACI 318-25, AS 3600-2009, and EC2-2004. In addition, the study conducts a survey to compare span-to-depth ratios according to these codes in order to evaluate their differences.

Keywords: Deflection, serviceability limit state, long-term deflection, design codes.

Ngày nhận bài: 03/12/2025

Ngày chấp nhận đăng: 13/01/2026