

Xác định tải trọng tác động lên cấu kiện sàn bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn Châu Âu

Load distribution in precast concrete floor units based on Eurocodes

PGS.TS. Nguyễn Anh Dũng^{1,*}

¹ Khoa Công trình – Trường Đại học Thủy lợi

* Email: dung.kcct@tlu.edu.vn

■ Nhận bài: 02/06/2024 ■ Sửa bài: 28/06/2024 ■ Duyệt đăng: 20/08/2024

TÓM TẮT

Sàn bê tông lắp ghép được sử dụng rộng rãi trong các công trình dân dụng trên thế giới và ở Việt Nam ngày càng phổ biến. Mặc dù đã khá phổ biến trong sản xuất và ứng dụng vào các công trình chung cư cao tầng, nhưng các chỉ dẫn tính toán cho sàn lắp ghép hiện nay tại Việt Nam có rất ít tài liệu. Vì vậy, dựa theo tiêu chuẩn Châu Âu và một số tài liệu đã công bố trên thế giới, bài báo sử dụng phương pháp phân tích tổng kết kinh nghiệm để phân loại sàn bê tông lắp ghép và tiến hành xác định tải trọng ngang và tải trọng đứng tác động lên các cấu kiện sàn bê tông lắp ghép trong hệ thống sàn của công trình. Đây là một công việc quan trọng cho các kỹ sư khi đi thiết kế kết cấu bê tông lắp ghép.

Từ khóa: Sàn bê tông lắp ghép, sàn lõi rỗng, sàn chữ T đôi, sàn bán lắp ghép, bê tông lắp ghép dự ứng lực

ABSTRACT

Precast concrete floors are widely used in buildings in the world and are increasingly popular in Vietnam. Although quite popular in production and application in high-rise apartment buildings, there are very few documents on calculation instructions for assembled floors in Vietnam. Therefore, based on European standards and a number of documents published, this paper use the analyzing and summarizing experience to classify assembled concrete floors and determine horizontal and vertical loads acting on concrete floor units in the floor system of the building. This is an important work for engineers when they design precast concrete structures.

Keywords: Precast concrete floors, hollow-core slabs, double-tee slabs, solid composite plank, prestresses precast concrete

1. CÁC LOẠI SÀN BÊ TÔNG LẮP GHÉP

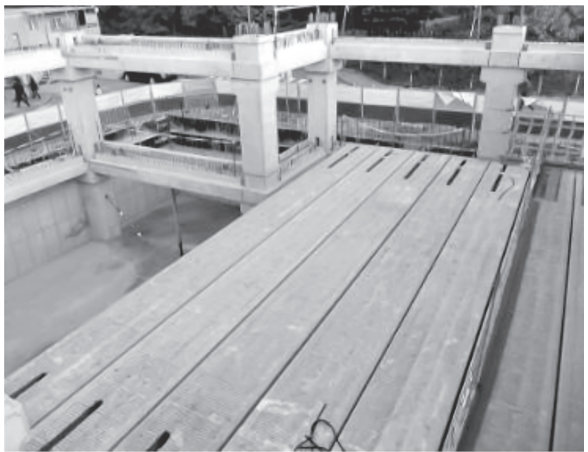
Sàn bê tông lắp ghép cung cấp một giải pháp kinh tế và linh hoạt cho sàn tầng trệt và sàn tầng trong bất kỳ loại công trình xây dựng nào. Nó đã được sử dụng rộng rãi trong công trình xây dựng thương mại, công nghiệp và dân dụng, mang lại cả lợi thế về thiết kế và chi phí, cũng như thân thiện với môi trường hơn so với các phương pháp truyền thống như sàn bê tông tại chỗ, sàn liên hợp và sàn gỗ [1]. Có rất nhiều loại sàn có sẵn để cung cấp giải pháp tiết kiệm nhất cho mọi tải trọng

và nhịp. Loại sàn này mang lại hiệu quả kết cấu tối đa với trọng lượng tối thiểu và có thể được sử dụng có hoặc không có lớp đỉnh kết cấu đổ tại chỗ, lớp lót phi kết cấu (chẳng hạn như lớp láng nền bằng đá granit) hoặc kết hợp với sàn gỗ.

Sàn bê tông lắp ghép có thể phân loại thành một số loại chính như sau: sàn lõi rỗng; sàn chữ T đôi; sàn dạng ván bán lắp ghép đặc; sàn dạng ván bán lắp ghép kết hợp với dầm; và sàn khối kết hợp với dầm. Trong đó sàn lõi rỗng là rất phổ biến.

Hơn 90% bê tông lắp ghép dùng làm sàn là loại bê tông dự ứng lực [2]. Các bản sàn được thiết kế theo BS EN 1992-1-1 [3] hoặc BS 8110 [4] và các tài liệu được chọn lọc khác do I.Struct.E [5], BCA [6], FIP [7,8], các Tiêu chuẩn sản phẩm CEN [9-13], British Precast [14], PCI [15] và các nghiên cứu riêng lẻ (ví dụ: [16-19]).

Trong các dạng sàn bê tông lắp ghép thì sàn lõi rỗng dự ứng lực là hệ thống sàn kết cấu tiên tiến hơn cho tất cả các loại công trình. Hình 1 thể hiện sàn bê tông lõi rỗng bê tông dự ứng lực với kích thước dài 10 m × rộng 1.2 m được bố trí với tốc độ 1 cấu kiện sau 10–15 phút, tùy thuộc vào chiều cao của cần cầu – tương đương với việc bao phủ một khu vực có kích thước bằng một sân bóng đá trong 20 ngày.



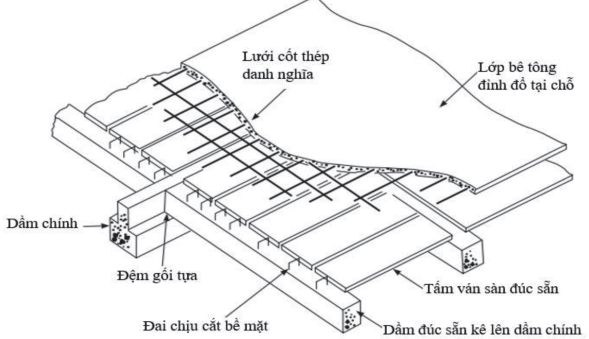
Hình 1. Cấu kiện sàn lõi rỗng bê tông dự ứng lực

Các cấu kiện lõi rỗng được phát triển vào những năm 1950 khi các kỹ thuật kếp về dự ứng lực và sản xuất bê tông thông qua máy móc đã được phát triển bởi các công ty như Spiroll ở Hoa Kỳ và Roth ở Châu Âu. Các kỹ sư bê tông lắp ghép tiếp tục tối ưu hóa mặt cắt ngang của các cấu kiện đưa đến tiết diện dạng chữ T ghép, như trong Hình 2, đạt được nhịp thậm chí còn lớn hơn và giảm cấu kiện lượng so với các cấu kiện lõi rỗng. Mặc dù các đặc điểm chi tiết của mẫu sàn chữ T ghép có khác nhau ở nhiều quốc gia khác nhau, về cơ bản cấu kiện này bao gồm hai bản bụng cao, được gia cố để tăng cường khả năng chịu lực, được nối với nhau bằng một bản cánh tương đối mỏng để đảm bảo độ ổn định.



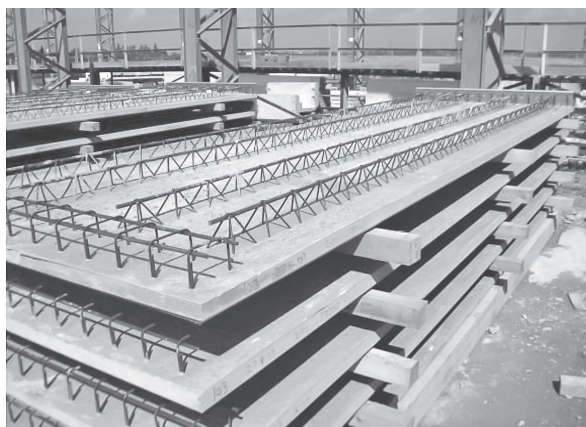
Hình 2. Các cấu kiện sàn chữ T đôi dự ứng lực

Cả cấu kiện lõi rỗng và sàn chữ T đôi đều bị hạn chế, chắc chắn về mặt kinh tế, ở hình dạng mặt bằng hình chữ nhật. Có thể tạo các cấu kiện hình thang hoặc các cấu kiện có đầu bẹt để phù hợp với lưới thép xây dựng không phải hình chữ nhật, nhưng việc thiết kế chi tiết các cấu kiện này sẽ khó khăn và không kinh tế. Một số công ty đưa ra mức phụ phí từ 20%–50% cho việc sản xuất các sản phẩm không đạt tiêu chuẩn. Một phương pháp sản xuất sẵn cho phép bố trí không phải hình chữ nhật là 'sàn ván và dầm bán lắp ghép'. Đây là hệ thống sàn thứ ba trong đó sàn bán lắp ghép được sản xuất như trong Hình 3; dầm chính (bê tông cốt thép, đúc sẵn, thép, v.v.) đỡ dầm nhịp dài, được gia cố hoặc dự ứng lực tùy thuộc vào yêu cầu kết cấu và khả năng sản xuất. Chúng mang những tấm ván sàn bê tông lắp ghép có thể được tạo hình để phù hợp với bố cục tòa nhà không phải hình chữ nhật, thậm chí là cong. Các tấm ván sàn tương đối rẻ tiền để sản xuất với nhiều loại khuôn có kích cỡ khác nhau. Thông thường, lớp phủ kết cấu sẽ được áp dụng cho sàn và lớp phủ này được gia cố bằng lưới thép. Tầng được xây dựng cuối cùng giống như sàn có hình chữ T đôi ở dạng cấu trúc và có tỷ lệ rỗng tương tự khoảng 70%, nhưng cách thức đạt được từng mục tiêu này có thể được điều chỉnh để phù hợp với yêu cầu của tòa nhà.



Hình 3. Dầm bán lắp ghép và sàn ván bao gồm dầm chính và dầm phụ đúc sẵn, ván đúc sẵn và lớp kết cấu đổ tại chỗ trên cùng [1]

Các tấm ván sàn đúc sẵn được mô tả trước đó có thể được sử dụng tách biệt với các dầm đúc sẵn, kéo dài liên tục giữa các bức tường gạch, thép hoặc dầm bê tông cốt thép. Mặt cắt ngang của tấm ván bán lắp ghép như Hình 4. Để tăng tốc độ đông cứng, các tấm ván sàn có thể rộng tới 3 m (phổ biến là 1,2 và 2,4 m). Bản sàn dạng lưới thép, thường được biết tới với tên 'Omnia' là một lựa chọn bán lắp ghép sử dụng một tấm trần đúc sẵn nhẹ nhưng linh hoạt về hình dạng, được gia cố để có chiều dài lên đến khoảng 6 m bằng cách sử dụng cốt thép chịu nén phía trên.



Hình 4. Sàn ván bán lắp ghép

Không giống như sàn bê tông cốt thép toàn khối, sàn bê tông lắp ghép được tạo ra từ các cấu kiện đơn lẻ. Vì vậy sự truyền lực trong sàn lắp ghép cũng sẽ khác với sàn bê tông cốt thép toàn khối. Phần tiếp theo bài báo sẽ dựa theo các tiêu chuẩn Châu Âu và một số nghiên cứu khác để trình bày việc xác định tải trọng tác động lên các cấu kiện sàn đơn lẻ trong cả hệ sàn tầng. Đây là một việc cần thiết và phức tạp khi đi thiết kế sàn bê tông lắp ghép.

2. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG TÁC ĐỘNG LÊN CẤU KIỆN SÀN

2.1. Một số khái niệm cơ bản

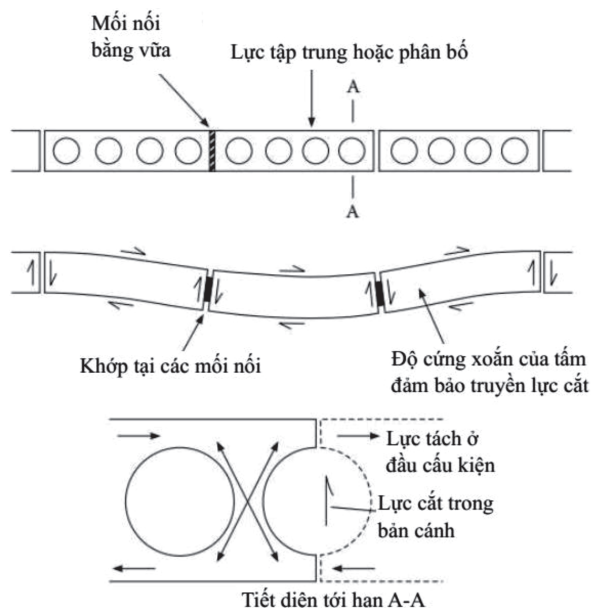
Một bản sàn có thể bao gồm một số lượng lớn các cấu kiện riêng lẻ, mỗi cấu kiện được thiết kế để chịu các tải trọng, mô men cụ thể, v.v. hoặc nó có thể bao gồm một trường phạm vi bản sàn hoàn chỉnh trong đó tải trọng được chia giữa các cấu kiện đúc sẵn theo ứng xử kết cấu của từng bộ phận cấu kiện. Đầu tiên cần định nghĩa như sau:

‘Cấu kiện sàn’: là một phần tử cấu kiện

riêng biệt được thiết kế tách biệt với các cấu kiện khác, như Hình 2;

‘Bản sàn’: là một số cấu kiện sàn được liên kết kết cấu với nhau để tạo thành một diện tích sàn, với mỗi cấu kiện được thiết kế riêng biệt thường chịu tải trọng phân bố đồng đều, Hình 1;

‘Trường phạm vi sàn’: là một bản sàn trong đó mỗi cấu kiện sàn được thiết kế như một phần của toàn bộ sàn, cho phép trải rộng theo chiều ngang của “điểm tách” hoặc tải trọng tường và mang các đặc tính của mặt cắt do lỗ mở, ví dụ như trong Hình 5.



Hình 5. Cơ chế phân bố tải trọng ngang của sàn lõi rỗng

Hầu hết các cấu kiện sàn, ví dụ như cấu kiện lõi rỗng và cấu kiện chữ T đôi là các cấu kiện gồi đơn giản, làm việc một phương. Tấm ván bán lắp ghép có thể được thiết kế để làm việc theo hai hướng, nhưng khoảng cách giữa các gồi đỡ theo hướng phụ có thể khá nhỏ để phù hợp với các hạn chế về sản xuất hoặc xe tải vận chuyển có chiều rộng khoảng 3 m. Lớp phủ đỉnh kết cấu sẽ cho phép các bản sàn làm việc theo hai hướng, mặc dù điều này được bỏ qua trong các nhịp một chiều. Các cấu kiện lõi rỗng có thể được sử dụng mà không cần lớp phủ kết cấu vì các cấu kiện sàn riêng lẻ được liên kết với nhau trên toàn bộ diện tích bề mặt của các cạnh chúng – các liên kết dọc giữa các cấu kiện thể hiện trong Hình 1 được lấp đầy bằng vữa chảy để tạo thành một 'bản' sàn. Truyền tải theo chiều dọc và chiều ngang có hiệu quả trên toàn bộ

diện tích sàn. Đây không phải là trường hợp của tất cả các loại sàn đúc sẵn khác, trong đó phải sử dụng lớp phủ kết cấu (tức là có đủ cốt thép) để truyền tải trọng ngang, cường độ uốn và cắt hoặc đơn giản là để hoàn thành công trình.

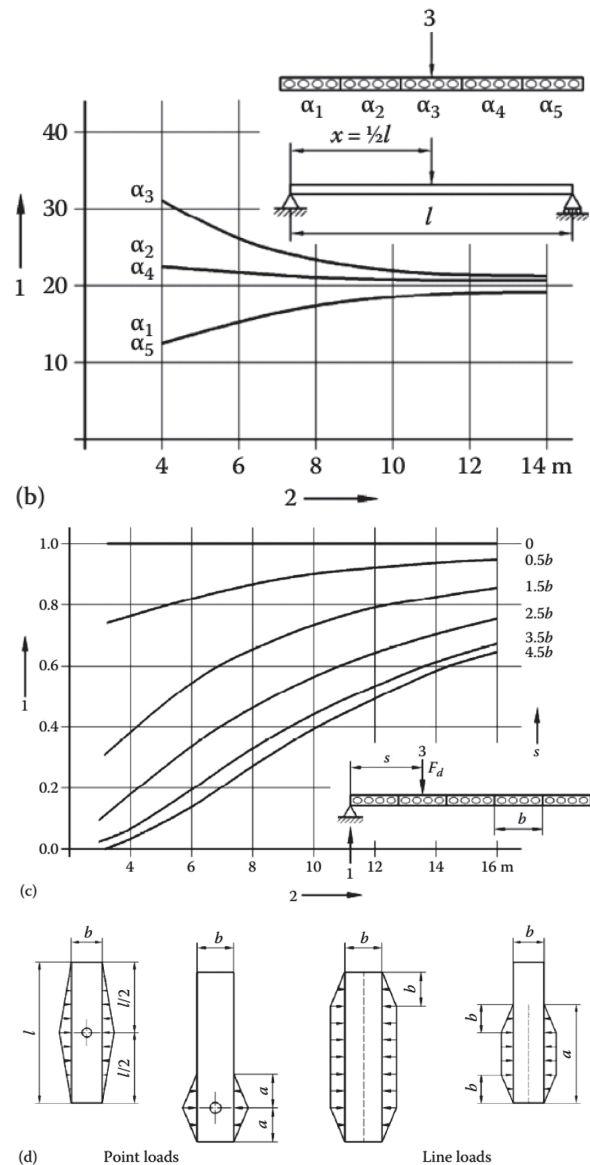
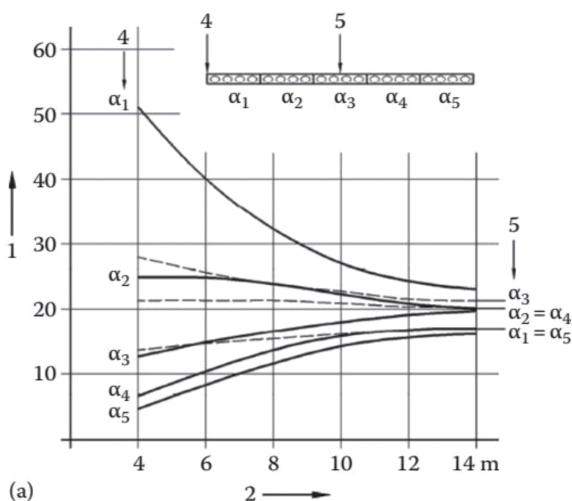
2.2. Phân bố tải trọng ngang lên các cấu kiện

Khi chịu tải trọng ngang (như gió), mô men ngang và lực cắt có thể được phân bố trên chiều rộng hữu hiệu bằng tổng chiều rộng của ba cấu kiện đúc sẵn rộng 1.2 m hoặc một phần tư nhịp hiệu dụng ($l_{eff}/4$) ở hai bên đầu của khu vực chịu tải. Khi có lớp phủ đỉnh được đặt cốt thép kết cấu, thì số lượng cấu kiện tối đa là bốn $\leq l_{eff}/4$ như đã đề cập. Thông tin này không có trong Eurocodes và do đó được lấy từ BS8110, Phần 1, khoản 5.2.2.2 và 5.2.2.3. Nếu có cạnh tự do, thì tải trọng sẽ lan rộng phát triển trên hai cấu kiện, trừ khi có tải trọng cạnh trong đó tải trọng lan truyền trên $1\frac{1}{2}$ cấu kiện. Do đó, tải trọng phân bố đều tương đương trên mỗi bản sàn có thể được tính toán. Đây là một cách tiếp cận thận trọng vì dữ liệu nêu trong Phụ lục tham khảo C trong tiêu chuẩn sản phẩm lõi rỗng (BS EN 1168) cho thấy rằng đối với các nhịp vượt quá 4 m, tối đa 5 cấu kiện là hiệu quả, được đưa ra bởi các hệ số α trong Hình 6a đến c.

2.3. Phân bố tải trọng đứng lên các cấu kiện

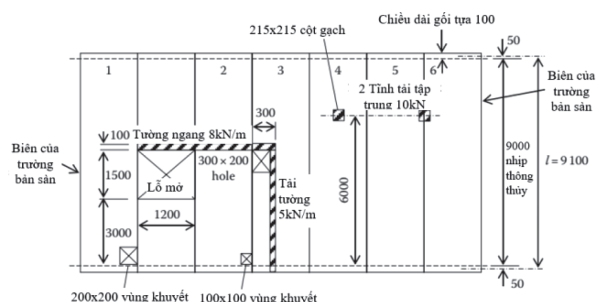
Hình 7a đưa ra một ví dụ về trường phạm vi bản sàn lõi rỗng bao gồm các cấu kiện riêng lẻ cao $7 \times 1.2 \text{ m} \times 300 \text{ mm} \times$ nhịp thông thủy 9.0 m tuân và chịu các dạng tải trọng sau:

- Tải trọng phân bố đồng đều: lớp hoàn thiện, sử dụng/trần và hoạt tải lần lượt là 1,5; 0,6 và 4,0 kN/m²



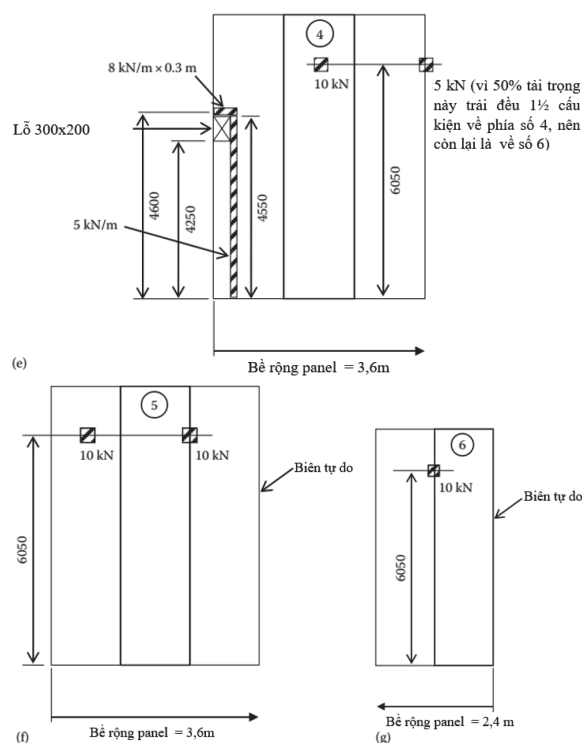
Hình 6. a) Hệ số phần trăm phân bố tải trọng α (1) cho bản sàn lõi rỗng rộng 1200 mm dựa trên nhịp (2). (a) tải trọng đường tại biên (4) và tại trường phạm vi (5) song song với nhịp, (b) tải trọng tập trung (3) tại giữa nhịp theo BS EN 1168:2005+A3:2011, Phụ lục C. (c) Hệ số phân bố phản lực k (1) đối với các cấu kiện lõi rỗng rộng 1200 mm được đỡ ba cạnh cho tải phân bố đều (3) song song với nhịp (2) theo BS EN 1168:2005+A3:2011, Phụ lục C. $k = (1)/(3)$. (d) Phân phối lực cắt dọc ở các liên kết giữa các cấu kiện liền kề theo BS EN 1168:2005+A3:2011, Phụ lục C

- Tường ngang dày 100 mm (tải phân bố một phần) có giá trị 5 kN/m
- Tường dọc dày 150 mm có giá trị 8 kN/m
- Hai lực tập trung 10 kN



Hình 7 (a) *Bố trí chung của trường phạm vi bản sàn: Tải trọng sàn phân bố đều (UDL); Trọng lượng bản thân với chiều cao 300 mm $h_{cu} = 3,95$ kN/m²; Phần hoàn thiện = 1,50 kN/m²; Tải sử dụng, trần = 0,60 kN/m²; Tĩnh tải = 6,05 kN/m²; Hoạt tải tác dụng = 4,00 kN/m²; Tổng = 10,05 [13,56 cực hạn] kN/m*

Trong trường phạm vi bản sản như Hình 7a gồm 6 panel được đánh số, việc phân bố tải trọng đứng lên 6 panel này được trình bày từ Hình 7b tới Hình 7g.



Hình 7 (Tiếp theo) Sự phân bố tải trọng lên các panel trong trường phạm vi bản sàn

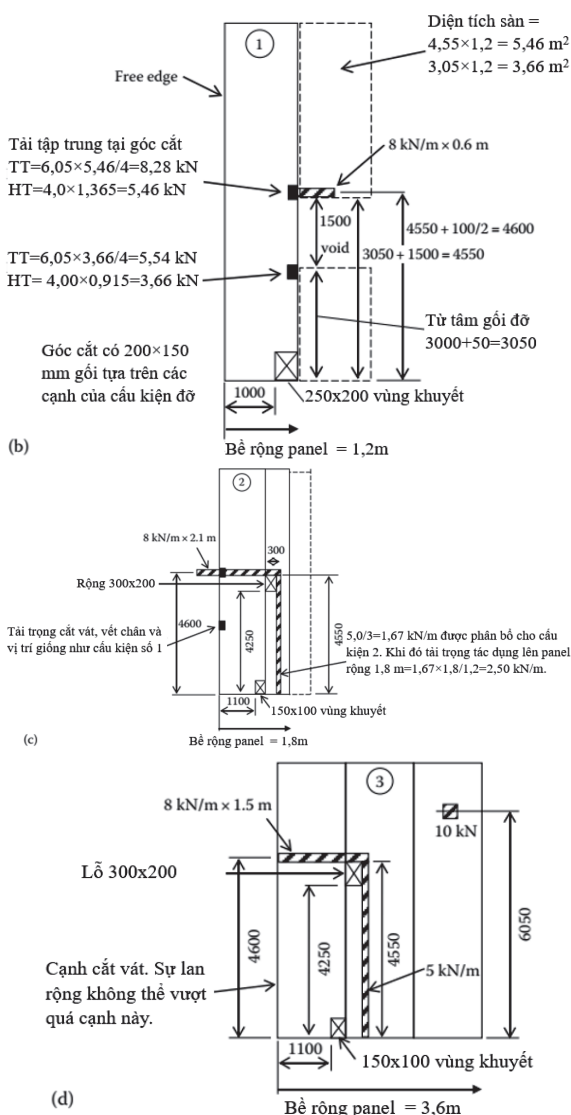
Hình 7 b-g thể hiện chi tiết việc phân bố tải trọng đứng vào từng panel trong trường phạm vi bản sàn, cụ thể: (b) Tải trọng và lỗ mở trong cấu kiện 1. (c) Tải trọng và lỗ mở trong Panel 2-3 cho cấu kiện 2. Chiều rộng bảng tối đa ở bên phải của cấu kiện 2 dựa trên sự phân bố tải của tải = $0,25 \times 9,1 + 0,15 = 2,435 \text{ m} > 1,8 \text{ m}$, không tới hạn.

(d) Tải trọng và lỗ mở trong Panel 2-3-4 cho cầu kiện 3. Chiều rộng bảng tối đa sang trái + sang phải của cầu kiện 3 = $1,8 + (0,25 \times 9,1 + 0,1) = 4,175 \text{ m} > 3,6 \text{ m}$, không tới hạn.

(e) Tải trọng và lỗ mở trong Panel 3-4-5 cho cầu kiện 4. Chiều rộng tấm tối đa cho cả hai bên của cầu kiện 4 = $0,5 \times 9,1 + 0,1 = 4,65 \text{ m}$, không tới hạn. Lưu ý: điều này sẽ bị hạn chế nếu có kết cấu trên cùng, trong đó cho phép $4 \times 1,2 = 4,8 \text{ m}$.

(f) Tải trọng và lỗ mở trong Panel 4-5-6 cho cầu kiện 5. Chiều rộng bảng tối đa sang trái + sang phải của cầu kiện 5 = $(0,25 \times 9,1 + 0,1) + 1,8 \text{ (cạnh tự do)} = 4,175 \text{ m} > 3,6$, không tới hạn.

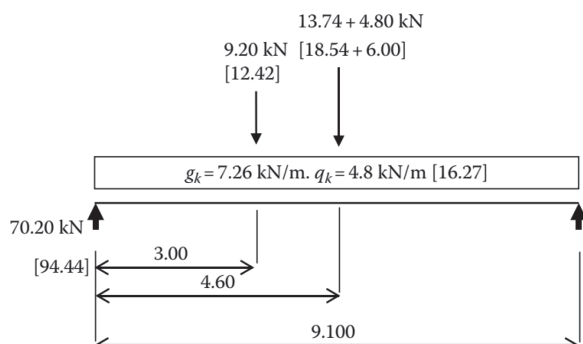
(g) Tải trọng và lỗ mở trong Panel 5-6 cho cầu kiện 6. Chiều rộng bảng tối đa sang trái + một nửa của cầu kiện 6 = $(0,25 \times 9,1 + 0,1) + 0,6 = 2,975 \text{ m} > 2,4 \text{ m}$, không tới hạn.



Chiều dài gối tựa $L_b = 100$ mm, khi đó nhịp hiệu dụng $l_{eff} = \min\{9,0 + 0,3; 9,0 + 0,1\} = 9,1$ m. Lỗ mở dài 1,5 m $\times$ rộng 1,2 m (góc cắt thép có chiều dài chịu lực 200 mm, nằm ở cầu kiện 2, cùng với một lỗ rộng 300×200 mm và hai rãnh 200×200 mm và 100×100 mm nằm ở các góc của cầu kiện. Nhiệm vụ là xem xét tải trọng ngang lan truyền trong một loạt 'panel' sàn có chiều rộng tối đa là $3 \times 1,2$ m hoặc $0,25l + 0,1$ m, trừ khi có vật cản (chẳng hạn như cạnh tự do hoặc lỗ được cắt bớt) đối với tải trọng lan truyền. Hình 7b đến g hiển thị tải trọng trực tiếp và tải trọng phân bố cho từng cầu kiện trong số 6 cầu kiện chịu tải (loại trừ cầu kiện đã cắt bớt).

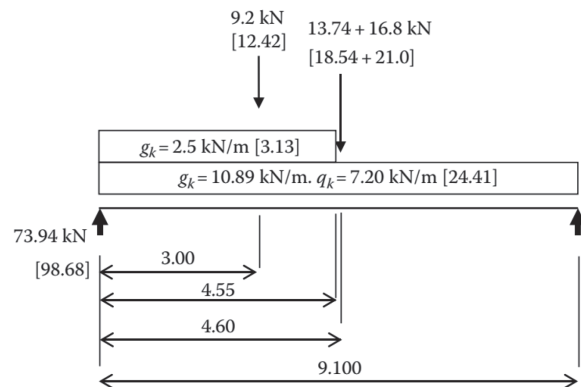
Trong thiết kế, lần lượt từng cầu kiện được chọn để thiết kế, chiều rộng của tấm w được xác định và tải trọng tập trung, phân bố và tải trọng ngang được thêm vào. Cần có một mốc cố định, thường là cạnh bên trái của panel, vị trí của tất cả các lỗ và rãnh bắt đầu từ đó. Khi tải phân bố đều song song hoặc tải tập trung được xác định trong chiều rộng của panel, tải phân bố đều hoàn toàn hoặc tải tập trung sẽ được sử dụng. Tuy nhiên, nếu tải được đặt ở rìa xa của cầu kiện liên kề, nghĩa là ở điểm cực trị của panel, thì chỉ một nửa tải sẽ được phân bổ cho cầu kiện được thiết kế.

Cầu kiện 1 Hình 7b. $w =$ một cầu kiện = 1,2 m (cạnh tự do và cầu kiện được cắt bớt). Tải = UDL cộng với 3 tải tập trung (2 Phản lực, tường ngang $\times \frac{1}{2}$ chiều dài cầu kiện). Vết cắt lỗ mở 200 mm có chiều dài hiệu dụng là $200 + \frac{1}{2}$ chiều dài gối tựa $50 =$ chiều dài 250 mm. Độ lớn của tĩnh tải và hoạt tải được thể hiện trên Hình 7b. Trường hợp này không cần phải xem xét theo các quy tắc nêu trong BS EN 1168 vì không có sự phân bố tải trọng. Tải trọng sử dụng trên 1,2 m chiều rộng [6,10(b) cực hạn trong ngoặc] như sau:

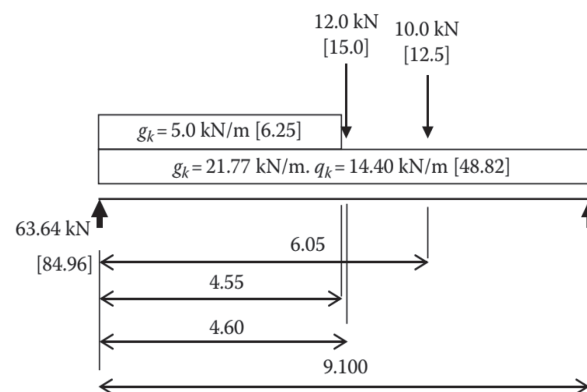


Khi đó: $M_{s1} = 180,3$ kNm, $M_{Ed1} = 242.2$ kNm và $V_{Ed1} \max = 91,1$ kN/cầu kiện (lưu ý V_{Ed} được tính bằng $L_b/2 + y_B = 50 + 153 = 0,203$ m tính từ tâm gối đỡ).

Panel 2-3 cho cầu kiện 2. Hình 7c. $w = 1\frac{1}{2}$ cầu kiện = 1.8 m (do giới hạn của tải trọng lan truyền từ tải góc cắt vát) $< l_{eff}/4 + 0,15 = 2,425$ m. Chỉ $\frac{1}{2}$ tải phân bố 5,0 kN/m sẽ được phân bổ trên panel 1,8 m. Tải trọng [cực hạn] trên chiều rộng panel 1,8 m như sau:

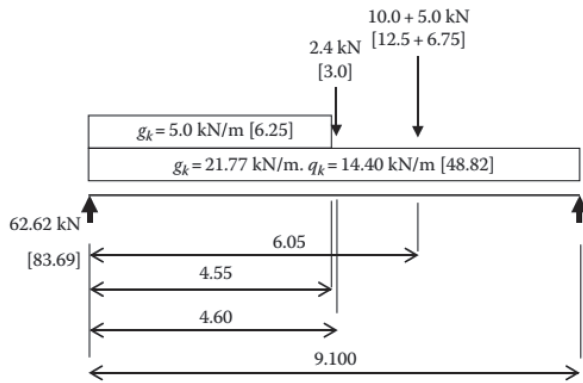


Khi đó: $M_{s2} = 184,8$ kNm/cầu kiện, $M_{Ed2} = 246,3$ kNm/cầu kiện và $V_{Ed2} \max = 95,4$ kN/cầu kiện. Panel 2-3-4 cho cầu kiện 3. Hình 7d. $w = 3$ cầu kiện = 3,6 m $< 1\frac{1}{2} \times 1,2$ (ở bên trái cầu kiện 3) + $(l_{eff}/4 + 0,1)$ (ở bên phải cầu kiện 3) = 4,175 m. Tải trọng [cực hạn] trên chiều rộng panel 3,6 m như sau:



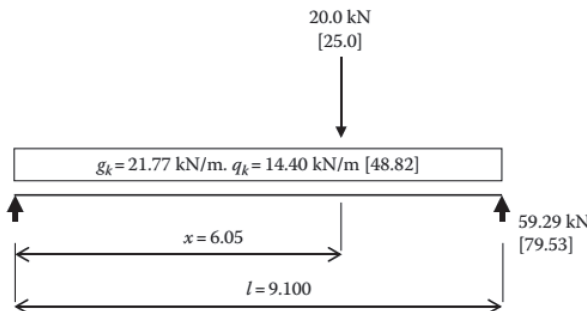
Khi đó: $M_{s3} = 147,5$ kNm/cầu kiện, $M_{Ed3} = 196.7$ kNm/cầu kiện và $V_{Ed3} \max = 81,2$ kN/cầu kiện.

Panel 3-4-5 cho cầu kiện 4. Hình 4.18e. $w = 3$ cầu kiện = 3,6 m $< l_{eff}/2 + 0,1 = 4,65$ m. Chỉ $\frac{1}{2}$ trong số 10 kN tải phân bố của cầu kiện 5 và 6 sẽ được phân bổ vào panel này. Tải trọng [cực hạn] trên chiều rộng panel 3,6 m như sau:



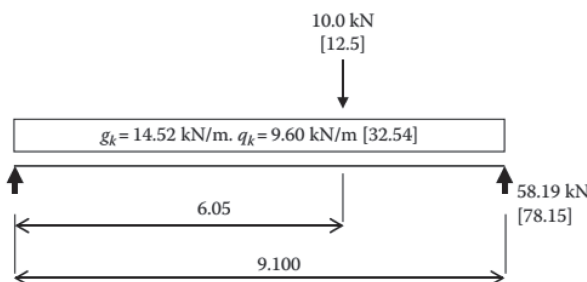
Khi đó: $M_{s4} = 142,9$ kNm/cầu kiện, $M_{Ed4} = 190,9$ kNm/cầu kiện và $V_{Ed4} \max = 80,0$ kN/cầu kiện.

Panel 4-5-6 cho cầu kiện 5. Hình 7f. $w = 3$ cầu kiện $= 3,6 \text{ m} < l_{\text{eff}}/4 + 0,1$ (sang trái) $+ 1,8$ (sang phải, giới hạn ở cạnh tự do) $= 4,175 \text{ m}$. Tuy nhiên, vị trí của tải tập trung ($x = 6,05 \text{ m}$) có thể tạo ra chiều rộng trải hẹp hơn $0,25l_{\text{eff}}$. Sử dụng phương trình trải rộng tải parabol $w'/l_{\text{eff}} = 1,2 (x/l_{\text{eff}}) (1 - x/l_{\text{eff}}) = 1,2 \times 0,665 \times 0,335 = 0,267 > 0,25$, do đó không tới hạn. Tải trọng [cực hạn] trên chiều rộng panel 3,6 m như sau:



Khi đó: $M_{s5} = 135,2$ kNm/cầu kiện, $M_{Ed5} = 181,2$ kNm/cầu kiện và $V_{Ed5} \max = 76,2$ kN/cầu kiện

Panel 5-6 cho cầu kiện 6. Hình 7g. $w = 2$ cầu kiện $= 2,4 \text{ m} < l_{\text{eff}}/4 + 0,1$ (sang trái) $+ 0,6$ (sang phải, giới hạn ở cạnh tự do) $= 2,975 \text{ m}$. Tải trọng [cực hạn] trên chiều rộng panel 2,4 m như sau:



Khi đó: $M_{s6} = 132,5$ kNm/cầu kiện, M_{Ed6}

$= 178,0$ kNm/cầu kiện và $V_{Ed6} \max = 74,8$ kN/cầu kiện.

Sự truyền lực ngang của các đặc tính ứng suất trước và mặt cắt nơi có lỗ không được đề cập trong quy phạm thực hành hoặc tiêu chuẩn sản phẩm nhưng có thể được xem xét sử dụng cùng một phương pháp để phân bổ tải trọng theo chiều ngang trong phạm vi chiều rộng của panel. Điều này đã được thực hiện trong nhịp 2-3, trong đó các đặc tính mặt cắt giảm và ứng suất trước bị tổn thất ở lỗ rộng 200 mm trong cầu kiện 3 được tính trung bình trên chiều rộng của panel là $1\frac{1}{2}$ cầu kiện. Trong thiết kế sau cùng của trường phạm vi bản sàn, cầu kiện 2 có 10 sợi ($A_{p2} = 930 \text{ mm}^2$), nhưng hai sợi bị tổn thất tại lỗ ở cầu kiện 3 ($A_{p3} = 8 \times 93 = 744 \text{ mm}^2$) có nghĩa là khả năng chịu mô men tại vị trí của lỗ trong cầu kiện 3 được tính bằng diện tích trung bình $A'_p = (744 + \frac{1}{2} \times 930)/1\frac{1}{2} = 806 \text{ mm}^2$. Tương tự, giá trị trung bình của các đặc tính mặt cắt ngang A_c và Z_b dùng trong tính toán ứng suất trước được dùng để tính M_{sR} tại lỗ và giá trị trung bình của $b' = (1000 + \frac{1}{2} \times 1200)/1\frac{1}{2} = 1067 \text{ mm}$, d' và A'_p để tính M'_{Rd} . Do đó, khả năng chịu mô men của cầu kiện 3 khi không có lỗ sẽ là $M_{sR} = 180,5$ kNm, và với việc có lỗ là $M'_{sR} = 189,7$ kNm $> M_{s2} = 184,8$ kNm, nghĩa là cầu kiện 2 & 3 bị phá hoại mà không có sự lan truyền của lỗ. Lưu ý rằng trong phân tích ứng suất, ứng suất uốn do trọng lượng bản thân của các cầu kiện không được phân bổ, chỉ có ứng suất sau khi các liên kết được lắp đầy tại chỗ và trường bản sàn được hoàn thiện. Tương tự, nếu không có lỗ $M'_{Rd} = 261,4$ kNm và với có lỗ $M'_{Rd} = 281,2$ kNm $> M_{Ed2} = 246,3$ kNm, tức là các cầu kiện vẫn thỏa mà không có sự lan truyền của lỗ.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng quan được các loại sàn bê tông lắp ghép hiện nay đang sử dụng phổ biến trên thế giới và Việt Nam. Trên cơ sở các tiêu chuẩn Châu Âu như BS EN 1992-1-1 [3], BS 8110 [4], [9-13]...các chỉ dẫn về xác định tải trọng ngang tác động lên cầu kiện sàn lắp ghép được phân tích và hướng dẫn. Cuối cùng một hướng dẫn chi tiết kèm ví dụ tính toán cụ thể về phân bổ tải trọng đứng lên một hệ

sàn bê tông lắp ghép được trình bày chi tiết. Đây là các thông tin quan trọng và hữu ích cho các kỹ sư thiết kế kết cấu bê tông lắp ghép nói chung và thiết kế cầu kiện sàn bê tông lắp ghép nói riêng.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung nghiên cứu của bài báo thuộc đề tài nghiên cứu cấp bộ Xây dựng có mã số RD 24-24: “Nghiên cứu xây dựng hướng dẫn thiết kế kết cấu khung và sàn bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn EN 1992-1-1”. Tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ từ cơ quan quản lý và Bộ Xây dựng đã cung cấp các điều kiện, kinh phí để tác giả thực hiện đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kim S. Elliott, 2017. *Precast Concrete Structures*, 2nd ed., Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Florida-USA.
- [2] Elliott, K. S. and Jolly, C. K. 2013. *Multi-Storey Precast Concrete Framed Structures*, 2nd ed., John Wiley, London, UK.
- [3] British Standards Institution, *BS EN 1992-1-1, Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings*, BSI, London, December 2004.
- [4] British Standards Institution, *BS 8110-1, Part 1: Code of Practice for Design and Construction*, BSI, London, 1997.
- [5] Institution of Structural Engineers, *Structural Joints in Precast Concrete: Manual*, IStructE, London, August 1978.
- [6] Elliott, K. S. and Tovey, A., *Precast Concrete Frame Buildings – A Design Guide*, British Cement Association, Wexham Springs, Slough, May 1992, 88 pp.
- [7] FIP Recommendations, *Precast Prestressed Hollow-Core Floors*, FIP Commission on Prefabrication, Thomas Telford, London, p. 31, 1988.
- [8] Fédération Internationale du Béton (FIB), Bulletin 6, *Special Design Considerations for Precast Prestressed Hollow-Core Floors*, CEB-FIP Guide to Good Practice, Lausanne, Switzerland, 2000, 180 pp.
- [9] British Standards Institution, *BS EN 13369:2013, Common Rules for Precast Concrete Products*, BSI, London, April 2013.
- [10] British Standards Institution, *BS EN 1168+A3:2011, Precast Concrete Products – Hollow-Core Slabs*, BSI, London, 2005.
- [11] British Standards Institution, *BS EN 13747:2005, Precast Concrete Products – Floor Plates for Floor Systems*, BSI, London, 2010.
- [12] British Standards Institution, *BS EN 15037-1, Precast Concrete Products – Beam-and-Block Flooring*, BSI, London, 2008.
- [13] British Standards Institution, *BS EN 13224:2004, Precast Concrete Products – Ribbed Floor Elements*, BSI, London, 2004.
- [14] Narayanan, R. S., *Precast Eurocode 2: Worked Examples*, British Precast, Leicester, 2008, 76 pp.
- [15] Prestressed Concrete Institute, *Manual for the Design of Hollow-Core Slabs*, 2nd edition, PCI, Chicago, USA, 1998.
- [16] Walraven, J. C. and Mercx, W., *The Bearing Capacity of Prestressed Hollow-Core Slabs*, Heron, 28, No. 3, University of Delft, Netherlands, 1983, 46 pp.
- [17] Johnsson, E., *Shear Capacity of Prestressed Extruded Hollow-Core Slabs*, Nordic Concrete Research, Vol. 7, Oslo, 1988, pp. 27–31.
- [18] Pajari, M., *Load-Carrying Capacity of Prestressed Hollow-Core Slabs*, Nordic Concrete Research, Vol. 7, Oslo, 1988, pp. 232–249.
- [19] Pisanty, A., *The Shear Strength of Extruded Hollow-Core Slabs*, Materials and Structures, 25, 1992, pp. 224–230