

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

HUỲNH THỊ KIM OANH

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM
ỨNG XỬ CỦA SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ LỖ MỎ
CHỊU TẢI TRỌNG CỦA CỘT**

**TÓM TẮT
ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT XÂY DỰNG**

Vĩnh Long - 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

HUỲNH THỊ KIM OANH

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM
ỨNG XỬ CỦA SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ LỖ MỎ
CHỊU TẢI TRỌNG CỦA CỘT**

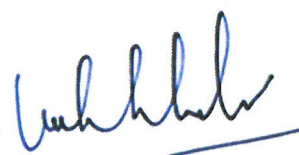
Ngành: KỸ THUẬT XÂY DỰNG

Mã số: 8.58.02.01

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. TS. PHẠM NGUYỄN LINH KHÁNH

2. TS. LÂM THANH QUANG KHẢI



Vĩnh Long - 2025

MỞ ĐẦU

1. Lý do lựa chọn đề tài

Sàn phẳng bê tông cốt thép (BTCT) hiện nay được sử dụng phổ biến trong các công trình dân dụng và cao tầng nhờ ưu điểm về kiến trúc và thi công. Tuy nhiên, để đáp ứng nhu cầu kỹ thuật và kiến trúc như bố trí hệ thống điện nước, thông gió, lấy sáng... việc mở lỗ trên tấm sàn là cần thiết. Việc này lại ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu lực, đặc biệt là khả năng chịu cắt đột – một dạng phá hoại nguy hiểm thường xảy ra tại vùng liên kết bản-cột.

Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã tập trung vào khảo sát khả năng chịu cắt của sàn BTCT có hoặc không có lỗ mở, chịu tải trọng tập trung từ cột đặt tại tâm sàn. Một số tác giả còn nghiên cứu gia cường sàn bằng vật liệu FRP hoặc bố trí đỉnh chống cắt nhằm cải thiện khả năng chịu lực. Các nghiên cứu này đã chỉ ra rằng hình dạng, kích thước và vị trí lỗ mở ảnh hưởng rõ rệt đến cường độ sàn. Tuy nhiên, rất ít công trình nghiên cứu đề cập đến trường hợp cột đặt trực tiếp lên biên tự do của sàn- một dạng làm việc phức tạp và tiềm ẩn rủi ro cao.

Từ thực tế này, tác giả lựa chọn thực hiện đề tài: "Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của sàn bê tông cốt thép có lỗ mở chịu tải trọng của cột" nhằm đánh giá ảnh hưởng của lỗ mở đến khả năng chịu tải của sàn khi chịu tác dụng cột ở vị trí biên tự do.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Khảo sát sự hình thành và lan truyền vết nứt qua từng cấp tải trên các bề mặt của tấm sàn.

Khảo sát ảnh hưởng của lỗ mở đến ứng xử của sàn BTCT chịu tải trọng cột.

Khảo sát ảnh hưởng của hình dạng, kích thước và vị trí lỗ mở đến biến dạng và chuyển vị ở các mặt trên và dưới của tấm sàn BTCT.

Nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số như: đường kính cốt thép chịu lực, ảnh hưởng đến ứng xử của của sàn BTCT chịu tải trọng của cột đặt trực tiếp lên biên tự do của sàn.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: sàn BTCT có lỗ mở.

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu trạng thái ứng suất biến dạng của sàn BTCT có lỗ mở và chịu tải trọng của cột (bản kê 3 cạnh, cạnh còn lại tự do có tải tác dụng trực tiếp lên đầu cột đặt ở giữa cạnh biên tự do của sàn).

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết tính toán sàn BTCT;

Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành với mẫu sàn BTCT có lỗ mở chịu tải trọng của cột.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề án

Ý nghĩa khoa học: Đề án làm rõ ứng xử của sàn BTCT có lỗ mở khi chịu tải từ cột đặt trên biên tự do, đánh giá ảnh hưởng của hình dạng, kích thước và vị trí lỗ mở so với mẫu đối chứng.

Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả thực nghiệm cung cấp cơ sở kỹ thuật cho thiết kế sàn có lỗ mở, đồng thời xác định được ứng suất, biến dạng và chuyển vị tại các vị trí nguy hiểm.

6. Kết cấu đề án

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, kiến nghị và phần phụ lục. Đề án được trình bày gồm 3 chương, nội dung cụ thể từng chương như sau:

Chương 1: Tổng quan về sàn bê tông cốt thép có lỗ mở chịu tải trọng của cột.

Chương 2: Cơ sở lý thuyết tính toán sàn bê tông cốt thép.

Chương 3: Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của sàn bê tông cốt thép có lỗ mở chịu tải trọng của cột.

Phần kết luận, kiến nghị: Trình bày những kết quả đạt được của đề án và các kiến nghị một số vấn đề còn hạn chế của đề án.

Phần phụ lục: Trình bày danh mục bảng biểu, hình ảnh, phần mềm tính toán,...

7. Những đóng góp mới của đề án

1. Đóng góp một kết quả nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của sàn BTCT có lỗ mở chịu tải trọng của cột tác dụng trực tiếp lên biên tự do của sàn thông qua việc xây dựng các biểu đồ: quan hệ giữa tải trọng và biến dạng, giữa tải trọng và chuyển vị đứng, biểu đồ hình thành và phát triển vết nứt qua từng cấp tải. Từ đó, đánh giá mức độ làm việc của sàn BTCT có lỗ mở chịu tải trọng cột tác dụng trực tiếp lên biên tự do của sàn so với mẫu chuẩn đến giai đoạn trước khi cấu kiện phá hoại và đưa ra kết luận.

2. Sử dụng các mẫu đã xây dựng, nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số đến trạng thái ứng suất biến dạng của sàn BTCT gồm: hình dạng, kích thước, vị trí lỗ mở,...

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ LỖ MỎ CHỊU TẢI TRỌNG CỦA CỘT

1.1. Tổng quan về sàn BTCT có lỗ mở

Sàn bê tông cốt thép (BTCT) là một bộ phận quan trọng trong công trình, chịu tải trọng tĩnh và động, đồng thời có tính năng cách âm, cách nhiệt, chống cháy tốt. Trong xây dựng hiện đại, nhu cầu mở lỗ trên sàn ngày càng cao nhằm đáp ứng yêu cầu kiến trúc, kỹ thuật như bố trí đường ống, hệ thống cơ điện, thông gió, ánh sáng.

1.2. Tổng quan các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng ứng xử của sàn BTCT

Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của sàn gồm: hình dạng, kích thước và vị trí lỗ mở; hình dạng và vị trí cột; độ dày sàn; bố trí cốt thép và cấp phối bê tông. Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã phân tích các yếu tố này bằng thực nghiệm, mô phỏng số, hay phần tử hữu hạn, cho thấy lỗ mở gần cột làm giảm khả năng chịu cắt đột, tùy thuộc vào vị trí, kích thước, hình dạng.

Cốt thép chịu lực và cốt thép gia cường như GFRP, CFRP, dải thép... giúp tăng sức kháng đột. Ngoài ra, độ dày sàn và cường độ bê tông (đặc biệt là bê tông cường độ cao hoặc bê tông nhẹ) cũng đóng vai trò quan trọng.

1.3. Tổng quan về các phương pháp nghiên cứu sàn BTCT có và không có lỗ mở

1.3.1. Các phương pháp nghiên cứu lý thuyết

Các nghiên cứu sử dụng mô phỏng số và PTHH để phân tích ứng xử cắt đột của sàn phẳng. Một số tác giả đề xuất phương trình mới với độ chính xác cao, xem xét ảnh hưởng của lưới thép, lỗ mở và độ lệch tâm tải. Mô hình số được kiểm chứng bằng thực nghiệm, cho kết quả phù hợp tiêu chuẩn thiết kế quốc tế. Phân tích bằng phần tử hữu hạn phi tuyến (ABAQUS, Midas, SAFE) cho thấy tính hiệu quả trong dự đoán phá hoại. Các yếu tố như tầm thả, vị trí lỗ mở và vật liệu gia cường đều ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt đột.

1.3.2. Nghiên cứu bằng phương pháp thực nghiệm

Các nghiên cứu thực nghiệm khảo sát khả năng cắt đột của sàn phẳng qua các yếu tố như vật liệu (FRGPC, bê tông ứng lực trước, bê tông cốt sợi), lỗ mở, đỉnh cắt và cấu tạo liên kết. Kết quả cho thấy: lỗ mở làm giảm khả năng chịu lực, hiệu quả tùy vào vị trí và số lượng lỗ. Bê tông cốt sợi và CFRP cải thiện cường độ, kiểm soát vết nứt. Đỉnh cắt, tầm thả và ứng lực trước tăng độ cứng và sức kháng đột. Mô phỏng bằng ANSYS và ABAQUS bám sát kết quả thí nghiệm, hỗ trợ hiệu quả trong thiết kế và gia cường.

1.4. Một số yêu cầu kỹ thuật trong công tác thi công mở lỗ sàn

Tác giả nhận thấy khi mở lỗ sàn, trong một số trường hợp cần gia cố để đảm bảo kết cấu làm việc như ban đầu. Một số bài báo đã đề cập vấn đề này. Ngoài ra, nghiên cứu khác cho thấy cần đợi bê tông đạt đủ cường độ mới tháo cốppha để tránh xuyên thủng. Việc dùng phụ gia tăng tốc giúp bê tông đạt cường độ sớm, cải thiện khả năng chịu lực. Đây là giải pháp hiệu quả để rút ngắn thời gian thi công.

1.5. Sàn chịu tải trọng của cột

Các tác giả tiêu biểu nghiên cứu liên kết cột với cạnh sàn là [17], [32], [36]. Các nghiên cứu này tập trung vào sàn phẳng nhận tải trực tiếp từ cột, trong đó có trường hợp sàn được gia cố bằng GFRP tại vị trí khoét lỗ. Nhóm Hanaa G. Mohammed đã thực nghiệm và mô phỏng bằng ANSYS để đánh giá độ cứng, độ lệch và tải trọng tối đa. Họ cũng nghiên cứu ảnh hưởng của số lượng lỗ mở đến khả năng chịu tải.

Tuy nhiên trong thực tế thì có rất nhiều công trình dân dụng mà chủ đầu tư yêu cầu thiết kế kiến trúc có tính thẩm mỹ cao là thiết kế sàn phẳng không dầm, tại vị trí sàn ban công hoặc logia của công trình. Khi đó cột đặt trực tiếp lên biên tự do của sàn. Tải trọng từ cột được truyền trực tiếp lên cạnh biên tự do của bản sàn. Hay nói khác là tác giả đang mô hình cột đặt trên cạnh biên tự do của sàn, ba cạnh còn lại là liên kết cố định. Sàn mở lỗ do yêu cầu về mặt kỹ thuật,... Và một số yêu cầu đặc biệt cần mở lỗ.

1.6. Các nội dung cần nghiên cứu của Đề án tốt nghiệp

Một số nghiên cứu cũng đề cập đến mô hình sàn đặt cột tại biên tự do, ít được quan tâm nhưng phổ biến trong thực tế, đặc biệt tại logia, ban công công trình dân dụng. Các mô hình này thường gặp các nguy cơ phá hoại đột tại vị trí cạnh sàn và cần được nghiên cứu chi tiết.

Mục tiêu đề tài là nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của sàn BTCT có lỗ mở chịu tải trọng cột thông qua các biến như: kích thước, hình dạng, vị trí lỗ mở và bố trí cốt thép. Tác giả sẽ tiến hành thí nghiệm 6 mẫu sàn có kích thước 1600×1200×120 mm, khảo sát tải trọng, chuyển vị, độ võng, lan truyền vết nứt.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP

2.1. Khái niệm và phân loại sàn BTCT

Sàn BTCT là kết cấu chịu uốn, thường đặt nằm ngang, truyền tải trọng xuống hệ kết cấu chịu lực chính. Sàn được phân loại theo phương pháp thi công (toàn khối, lắp ghép, bán lắp ghép) hoặc theo sơ đồ kết cấu (có dầm, không dầm/sàn phẳng, sàn nấm...).

2.2. Lý thuyết tính toán cơ bản về sàn BTCT chịu tải trọng

2.2.1. Tính toán kết cấu sàn có bản chịu lực một phương

2.2.1.1. Một số quy định cấu tạo

Xác định sơ bộ chiều dày bản sàn:

$$h_b = \left(\frac{1}{35} \div \frac{1}{30} \right) l_1 \quad (2.1)$$

2.2.1.2. Tính ô bản đơn

Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Xác định Sơ đồ tính

Bước 2: Xác định tải trọng

Bước 3: Xác định nội lực

Bước 4: Tính, chọn và bố trí thép

2.2.1.3. Tính ô bản liên tục

Các bước thực hiện tương tự như tính ô bản đơn.

2.2.2. Tính toán kết cấu sàn có bản chịu lực hai phương

2.2.2.1. Một số quy định cấu tạo

Xác định sơ bộ chiều dày bản sàn

$$h_b = \left(\frac{1}{50} \div \frac{1}{40} \right) l_1 \quad (2.2)$$

2.2.2.2. Tính ô bản đơn

Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Sơ đồ tính

Bước 2: Xác định tải trọng: Tĩnh tải: $g^s (kN / m^2)$; Hoạt tải: $p^s (kN / m^2)$

Bước 3: Xác định nội lực

Bước 4: Tính, chọn và bố trí thép

2.2.2.3. Tính ô bản liên tục

Các bước thực hiện tương tự như tính ô bản đơn.

2.3. Tính toán cấu kiện BTCT chịu nén cục bộ

2.3.1. Tính toán cấu kiện chịu nén cục bộ

Tính toán cấu kiện bê tông cốt thép chịu nén cục bộ cần xét đến tác dụng của lực nén trên diện tích giới hạn, vuông góc với bề mặt cấu kiện. Cường độ chịu nén của bê tông trong phạm vi diện chịu tải sẽ tăng lên do ứng suất ba chiều, phụ thuộc vào vị trí diện chịu tải. Khi có lưới thép trong vùng nén cục bộ, cường độ bê tông cũng được cải thiện nhờ cốt thép hạn chế biến dạng ngang, giúp nâng cao khả năng chịu nén.

Tính toán cấu kiện chịu nén cục bộ khi không có cốt thép hạn chế biến dạng ngang được tiến hành theo 2.3.2, còn khi có cốt thép hạn chế biến dạng ngang – theo 2.3.3.

2.3.2. Tính toán cấu kiện chịu nén cục bộ khi không có cốt thép hạn chế biến dạng ngang

$$N \leq \psi R_{b,loc} A_{b,loc} \quad (2.3)$$

2.3.3. Tính toán cấu kiện chịu nén cục bộ khi đặt lưới thép hàn (cốt thép hạn chế biến dạng ngang)

$$N \leq \psi R_{bs,loc} A_{b,loc} \quad (2.4)$$

2.4. Tính toán chọc thủng cấu kiện chịu lực tập trung

2.4.1. Tính toán chọc thủng cho cấu kiện không có cốt thép ngang chịu lực tập trung [40]

Tính toán chọc thủng cho cấu kiện không có cốt thép ngang chịu lực tập trung được tiến hành theo điều kiện:

$$F \leq F_{b,u} \quad (2.5)$$

Hình 2.1. – Sơ đồ tính toán chọc thủng của cấu kiện không có cốt thép ngang [40]

2.4.2 Tính toán chọc thủng cho cấu kiện có cốt thép ngang chịu lực tập trung [40]

$$F \leq F_{b,u} + F_{sw,u} \quad (2.6)$$

2.5. Tính toán xác định độ võng [40]

Khi tính toán các kết cấu xây dựng thì độ võng (độ vòng) cần phải thỏa mãn điều kiện:

$$f \leq f_u \quad (2.7)$$

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ỨNG XỬ CỦA SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ LỖ MỎ CHỊU TẢI TRỌNG CỦA CỘT

3.1. Quy trình thí nghiệm

Quy trình thí nghiệm được thực hiện như sau:

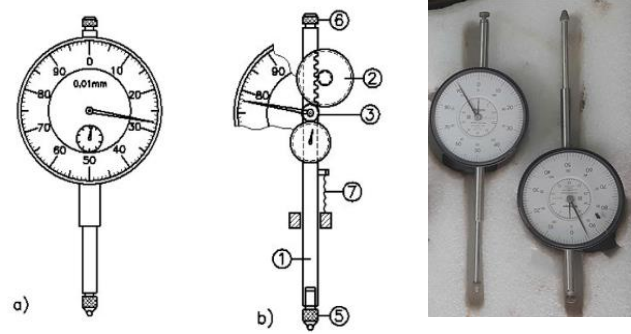
- Bước 1: Xác định dụng cụ thí nghiệm;
- Bước 2: Xác định vật liệu, cấp phối vật liệu;
- Bước 3: Xác định cấp phối bê tông;
- Bước 4: Cơ sở thiết kế mẫu và mô hình thí nghiệm;
- Bước 5: Thiết kế mẫu thí nghiệm;
- Bước 6: Chế tạo mẫu và bảo dưỡng mẫu;
- Bước 7: Thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu;
- Bước 8: Định vị và lắp giá đỡ bằng thép đúng vị trí, cố định giá đỡ trước khi lắp mẫu;
- Bước 9: Lắp đặt mẫu sàn nằm trên giá đỡ bằng thép, đúng vị trí thiết kế sau cho kích thủy lực nằm đúng vị trí nén.
- Bước 10: Lắp đặt các đồng hồ PDT tại các mặt trên và mặt dưới của sàn (các đồng hồ này dùng để đo biến dạng ở vùng kéo và vùng nén của sàn, với chuẩn đo là 300mm); Lắp đồng hồ V ở mặt dưới của sàn (đồng hồ này dùng để đo chuyển vị đứng);
- Bước 11: Thử kích tải và kiểm tra tình trạng làm việc của các đồng hồ đo, sau đó xả tải về giá trị 0; Sau khi kiểm tra đồng hồ xong, ta tiến hành hiệu chỉnh các giá trị đồng hồ về 0;

3.2. Khái niệm và phân loại dụng cụ đo

3.2.1. Khái niệm

Khi kết cấu chịu tải trọng, biến dạng và chuyển vị thường rất nhỏ, khó xác định bằng mắt thường. Vì vậy, các dụng cụ và thiết bị đo có nhiệm vụ khuếch đại các đại lượng này trong thí nghiệm công trình. Các thiết bị đo được chế tạo với nguyên lý và phạm vi hoạt động khác nhau, yêu cầu hiểu rõ nguyên lý hoạt động và đặc trưng kỹ thuật để lựa chọn và sử dụng đúng. Việc này giúp cán bộ kỹ thuật đạt được kết quả thí nghiệm chính xác và hiệu quả.

3.2.2. Phân loại



Hình 3.1. Đồng hồ so dùng để đo chuyển vị

3.3. Thí nghiệm vật liệu

3.3.1. Xác định thể tích của cốt liệu

Ở phần này, tác giả thực hiện theo TCVN 7572-6:2006 [42]. Trình tự tiến hành được thực hiện dựa trên các bước cơ bản như sau:

Tính thể tích phần rỗng của ca bằng công thức:

$$V_{ca} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (3.1)$$

Công thức tính khối lượng thể tích của vật liệu:

$$\gamma_o = \frac{m}{V_o} \quad (3.2)$$

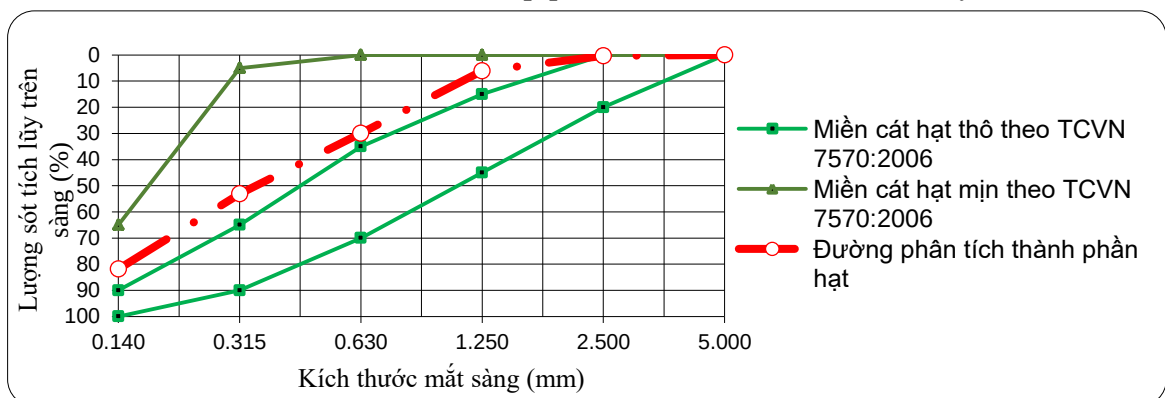
3.3.2. Xác định cấp phối hạt của cát và đá dăm bằng phương pháp rây sàng

3.3.2.1. Xác định cấp phối hạt của cát bằng phương pháp rây sàng

Xác định cấp phối hạt hợp lý bằng phương pháp rây sàng, dùng cỡ sàng tiêu chuẩn theo TCVN 7572- 6:2006 [42] có kích thước các lỗ sàng là 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 mm.

Thiết bị thí nghiệm bao gồm: Bộ sàng; máy lắc sàng; Cân kỹ thuật; tủ sấy; các dụng cụ thí nghiệm trong phòng.

Ta có được biểu đồ biểu diễn cấp phối hạt cát như hình dưới đây:



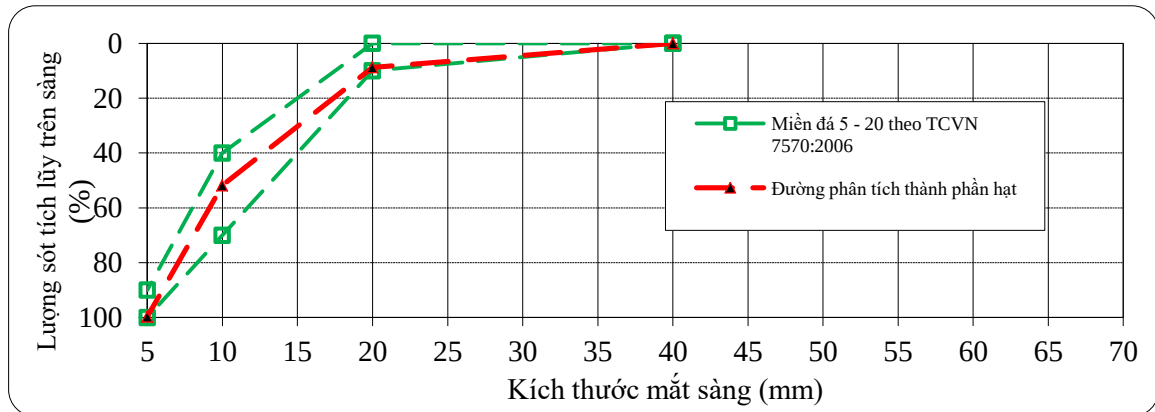
Hình 3.3. Biểu đồ biểu diễn cấp phối hạt cát

3.3.2.2. Xác định cấp phối hạt của đá bằng phương pháp rây sàng

Dùng cỡ sàng tiêu chuẩn theo TCVN 7572- 6:2006 [42] có kích thước các lỗ sàng là 70; 40; 25; 20; 15; 10; 5mm.

Thiết bị thí nghiệm bao gồm: Bộ sàng; máy lắc sàng; Cân kỹ thuật; tủ sấy; các dụng cụ thí nghiệm trong phòng.

Ta có được biểu đồ biểu diễn cấp phối hạt đá dăm như hình dưới đây:



Hình 3.4. Biểu đồ biểu diễn cấp phối hạt đá dăm

3.4. Cấp phối bê tông

Phần này được trình bày cụ thể trong “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/9/1998 [43]. Thiết kế cấp phối bê tông B25.

3.5. Cơ sở thiết kế mẫu và mô hình thí nghiệm

3.5.1. Cơ sở thiết kế mẫu:

Căn cứ vào các bài báo và các công trình nghiên cứu khoa học đã được công bố mà tác giả tìm hiểu trước đó cụ thể ở [17-18], [32], [36] (Được trình bày cụ thể ở mục 1.2.2 và mục 1.3.2 chương 1). Vì vậy tác giả đã chọn kích thước mẫu cũng như kích thước lỗ mở như bảng 3.2

3.5.2. Thiết lập mô hình thí nghiệm cho Đề án tốt nghiệp



a) Bố trí thiết bị thí nghiệm mặt trên

b) Bố trí thiết bị thí nghiệm mặt dưới

Hình 3.5. Minh họa mô hình thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên các mẫu sàn có và không lỗ mở với kích thước $1600 \times 1200 \times 120$ (mm), đặt cố định trên khung thép. Đầu cột được bảo vệ bằng tấm thép $200 \times 200 \times 6$ (mm) để tránh phá hoại khi kích tải. Biến dạng được đo ở cả hai mặt sàn với ba đồng hồ/mặt tại các vị trí đầu, giữa và cuối sàn. Đồng hồ được gắn qua bản thép chữ L hoặc C cố định trực tiếp lên sàn. Ba đồng hồ phía dưới sàn dùng để đo chuyển vị đứng trong suốt quá trình thí nghiệm.

3.6. Thiết kế mẫu thí nghiệm

Dựa vào tiêu chuẩn TCVN 5574: 2018, tác giả tiến hành chế tạo mẫu sàn theo đúng chỉ dẫn. Sáu mẫu thí nghiệm có cách bố trí cốt thép, hình dạng và kích thước lỗ mở được thể hiện chi tiết ở bảng 3.3 dưới đây:

3.7. Chế tạo mẫu

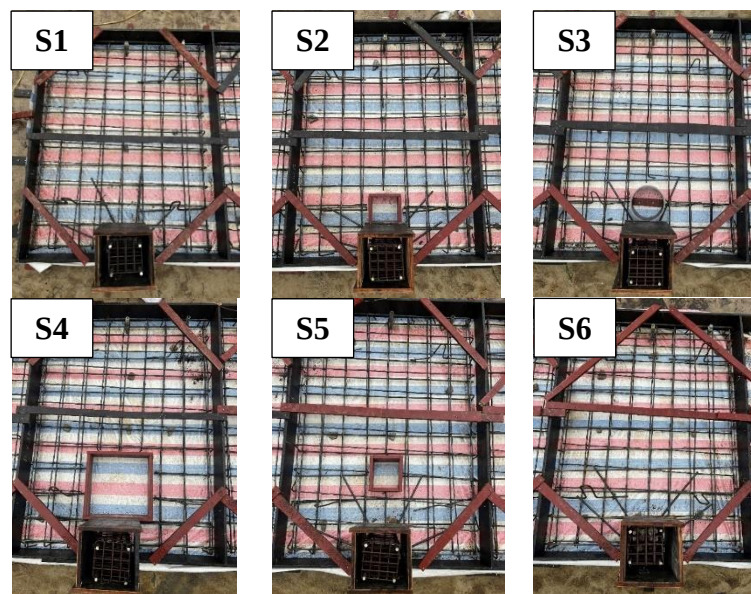
3.7.1. Chế tạo mẫu thí nghiệm

3.7.1.1. Công tác gia công cốt thép

Công tác gia công cốt thép mẫu sàn được thực hiện theo bảng 3.3 và tuân thủ TCVN 9115:2019 cùng TCVN 4453:1995.

3.7.1.2. Công tác lắp dựng cốp pha

Công tác gia công và lắp dựng cốp pha được thực hiện theo Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4453: 1995, Tiêu chuẩn bắt buộc áp dụng từng phần - kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – quy phạm thi công và nghiệm thu [45].



Hình 3.7. Lắp cốt thép sàn vào cốp pha, lắp cốp pha đầu cột

3.7.1.3. Công tác bê tông



a. Cân đá



b. Cân xi măng



c. Cân cát



d. Cân nước

Hình 3.8. Thành phần cốt liệu được cân, đóng cho một mẻ trộn điển hình

Công tác trộn bê tông được thực hiện theo Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4453:1995 [45].

3.7.2. Bảo dưỡng mẫu

Công tác bảo dưỡng mẫu sàn và các mẫu thử được thực hiện theo Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 3105:2022 [46]

3.8. Thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu

3.8.1. Cơ sở nén mẫu thử

Khi thực hiện trộn bê tông để đổ mẫu sàn. Ta tiến hành lấy mẫu lập phương 15x15x15 cm theo TCVN 4453:1995 [45], tiến hành thí nghiệm nén mẫu lập phương sau 28 ngày bảo dưỡng.

3.8.2. Mô hình nén mẫu thử

Thí nghiệm được tiến hành dựa trên TCVN 3118:2022 Bê tông – phương pháp xác định cường độ chịu nén [47].

3.8.3. Tính toán kết quả

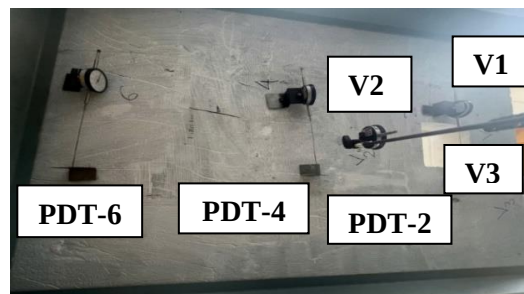
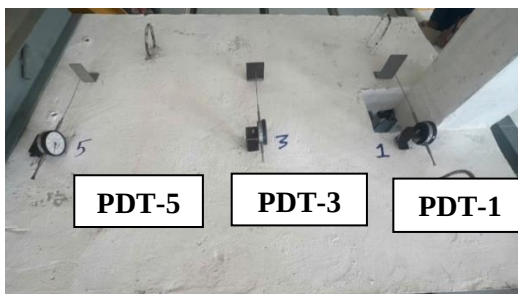
Áp dụng công thức tính lực nén mẫu bê tông để tính toán kết quả thí nghiệm:

$$R = \alpha \times \frac{P}{F} \quad (3.3)$$

3.8.4. Tiến hành nén mẫu

3.9. Thí nghiệm ứng xử của sàn BTCT chịu tải trọng của cột

3.9.1. Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm



Hình 3.14. Bố trí thiết bị thí nghiệm mẫu sàn điển hình có lỗ mở

3.9.2. Tiến hành thí nghiệm

Tác giả thí nghiệm các mẫu sàn S1–S6 ở 28 ngày tuổi để so sánh khả năng chịu lực. Bề mặt sàn được quét vôi trắng để dễ quan sát vết nứt. Tải được tăng dần 10kN/lần bằng kích thủy lực tác dụng lên đầu cột. Sử dụng đồng hồ đo biến dạng nén, kéo và chuyển vị đứng tại các vị trí quy định.

Vết nứt được theo dõi, ghi lại theo từng cấp tải để đánh giá biến dạng và chuyển vị.

3.10. Kết quả thí nghiệm

3.10.1. Sự hình thành và lan truyền vết nứt trong các sàn BTCT

Các số liệu trong thí nghiệm thì tác giả sử dụng đơn vị tính là Psi (1 Psi= 0,05 kN). Các số liệu trong tính toán tác giả sử dụng đơn vị tính là kN.

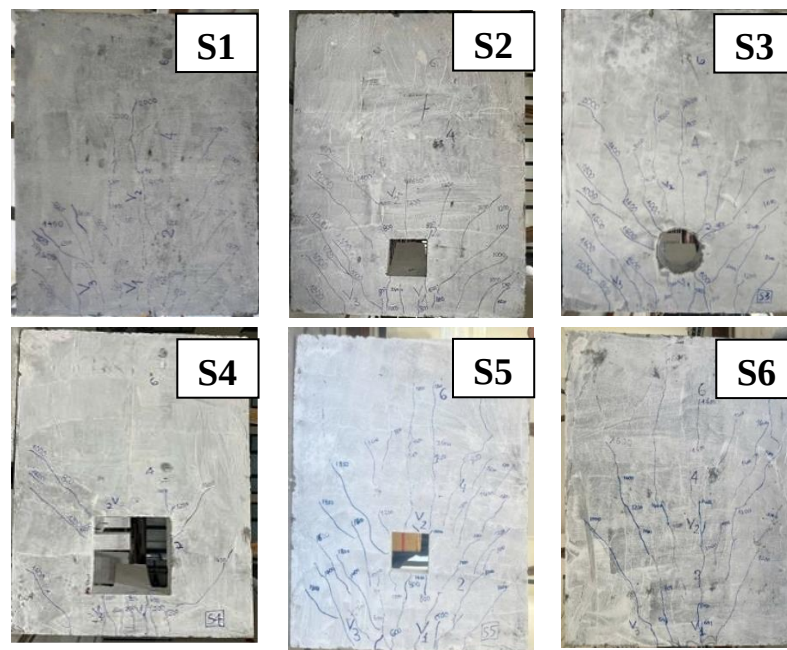
*** Nhóm 1: Ảnh hưởng của việc mở lỗ sàn (Sàn S1-S2; S1-S3; S1-S4; S1-S5)**

*** Nhóm 2: Ảnh hưởng của hình dạng lỗ mở (Sàn S1, S2 và S3)**

*** Nhóm 3: Ảnh hưởng kích thước của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S4)**

*** Nhóm 4: Ảnh hưởng vị trí của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S5)**

*** Nhóm 5: Ảnh hưởng khi thay đổi đường kính thép chịu lực (Sàn S1 và S6)**



Hình 3.15. Hình dạng vết nứt các mẫu sàn sau khi thí nghiệm

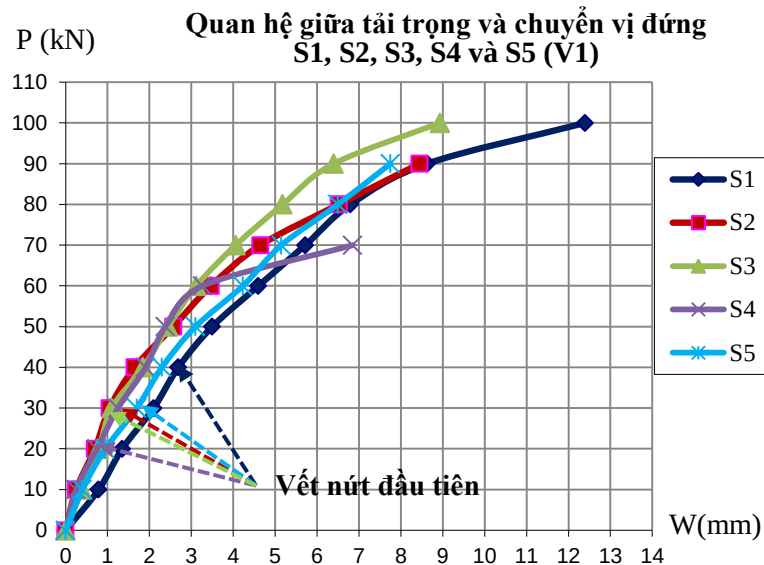
*** Giải thích kết quả thí nghiệm:** Khi tải tác dụng, ban đầu cấu kiện còn làm việc trong giới hạn đàn hồi, khi vượt qua giới hạn đàn hồi mặt dưới sàn chịu kéo bắt đầu xuất hiện vết nứt trên bề mặt bê tông, tại thời điểm này thì cốt thép bắt đầu làm việc. Vết nứt đầu tiên xuất hiện tại vị trí chân cột, nơi trực tiếp nhận tải trọng. Sau đó lan rộng, khi đến vị trí lỗ mở nơi tập trung ứng suất lớn, đối với lỗ mở hình tròn

thì vết nứt chia đều quanh miệng lỗ mở còn đối với lỗ mở hình vuông thì vết nứt xuất hiện ngay góc lỗ mở nơi tập trung ứng suất. Sau đó lan rộng ra trên toàn tấm.

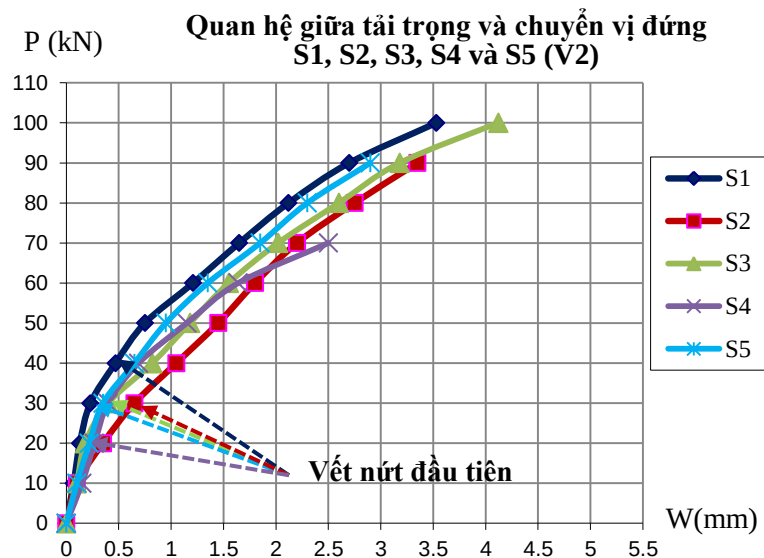
3.10.2. Quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị đứng trong sàn BTCT

Các số liệu trong thí nghiệm thì tác giả sử dụng đơn vị tính là Psi (1 Psi= 0,05kN). Các số liệu trong tính toán tác giả sử dụng đơn vị tính là kN.

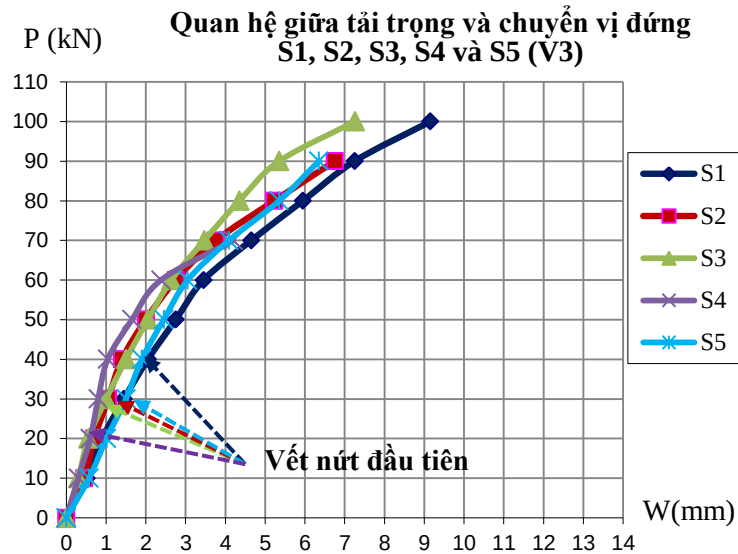
*** Nhóm 1: Ảnh hưởng của việc mở lỗ sàn (Sàn S1-S2; S1-S3; S1-S4; S1-S5)**



Hình 3.16. Chuyển vị đứng của sàn S1, S2, S3, S4 và S5 tại điểm V1



Hình 3.17. Chuyển vị đứng của sàn S1, S2, S3, S4 và S5 tại điểm V2



Hình 3.18. Chuyển vị đứng của sàn S1, S2, S3, S4 và S5 tại điểm V3

* **Nhóm 2: Ảnh hưởng của hình dạng lỗ mở (Sàn S1, S2 và S3)**

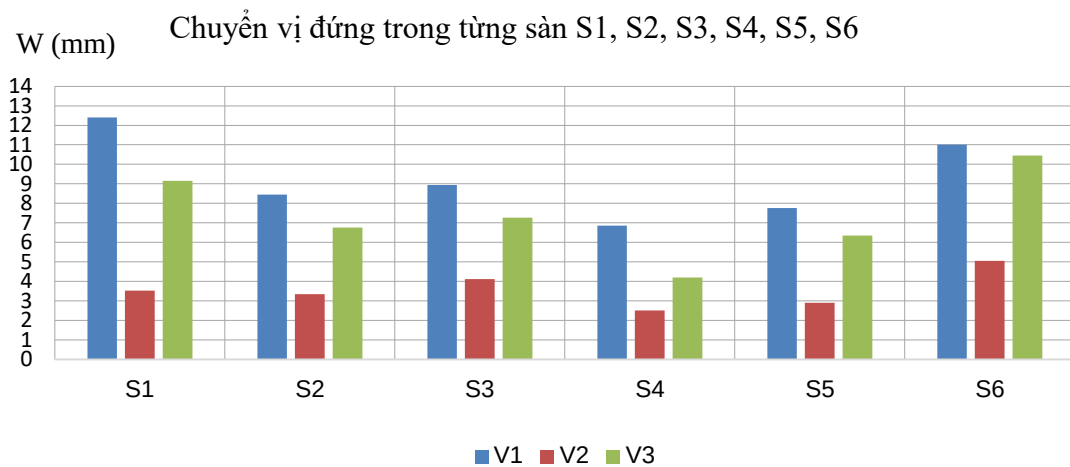
* **Nhóm 3: Ảnh hưởng kích thước của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S4)**

* **Nhóm 4: Ảnh hưởng vị trí của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S5)**

* **Nhóm 5: Ảnh hưởng khi thay đổi đường kính thép chịu lực (Sàn S1 và S6)**

* **Giải thích kết quả thí nghiệm:** Do cột đặt trực tiếp lên sàn, ứng suất tại điểm V1 và V3 truyền xuống gần như hoàn toàn. Khi gặp lỗ mở, ứng suất phân tán: tập trung quanh miệng (lỗ tròn) và góc (lỗ vuông). Ứng suất chuyển từ nén sang kéo tại V2, gây biến thiên chuyển vị. Vì vậy, đường chuyển vị bị lệch hướng, không còn tuân theo quy luật của sàn đối xứng S1.

* **Xét chuyển vị đứng trong từng sàn**



Hình 3.31. Chuyển vị đứng trong từng sàn

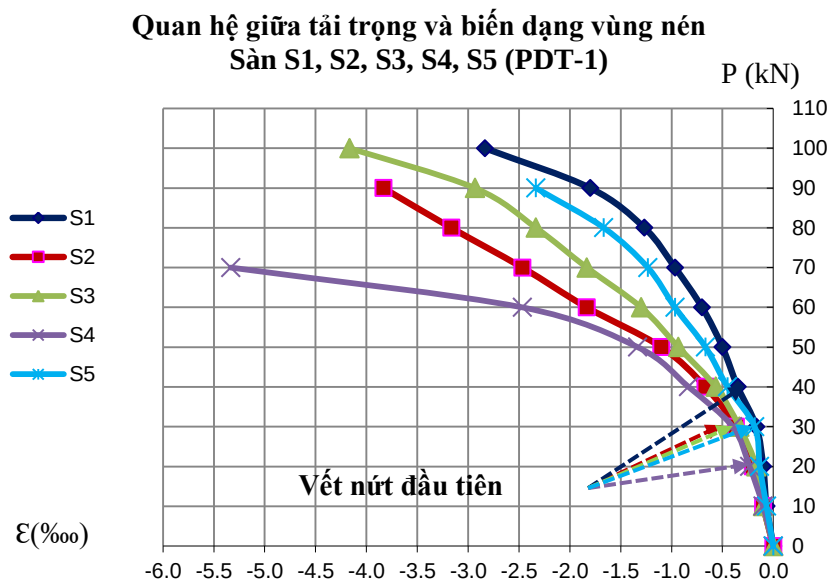
*** Giải thích kết quả thí nghiệm:** Trên cùng một sàn, chuyển vị lớn nhất tại V1 do nằm ngay tâm điểm đặt lực. Điểm V3 (cách 200mm) có chuyển vị xấp xỉ V1 vì vẫn trong vùng chịu tải trực tiếp. Điểm V2 (cách 600mm) có chuyển vị nhỏ nhất do nằm ngoài vùng ứng suất tập trung. Kết quả phản ánh rõ quy luật phân bố chuyển vị theo khoảng cách đến tâm tải trọng.

3.10.3. Quan hệ giữa tải trọng và biến dạng của sàn BTCT

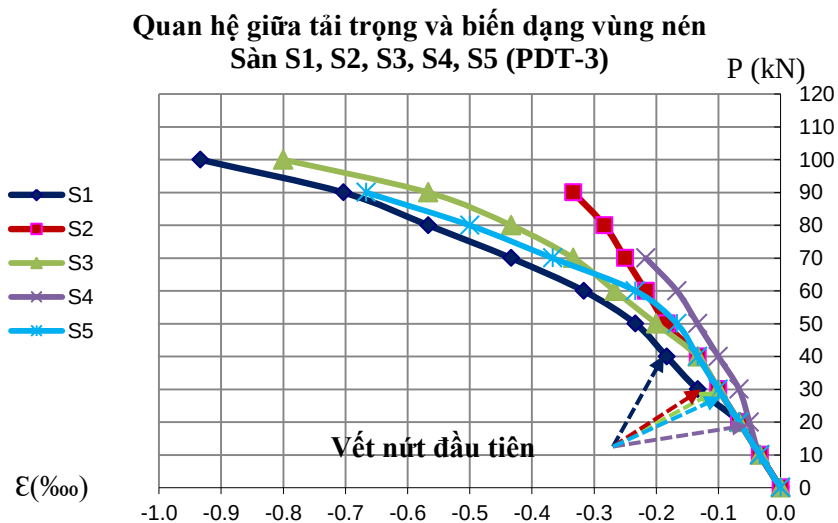
Các số liệu trong thí nghiệm thì tác giả sử dụng đơn vị tính là Psi (1 Psi= 0,05kN). Các số liệu trong tính toán tác giả sử dụng đơn vị tính là kN.

3.10.3.1. Biến dạng vùng nén

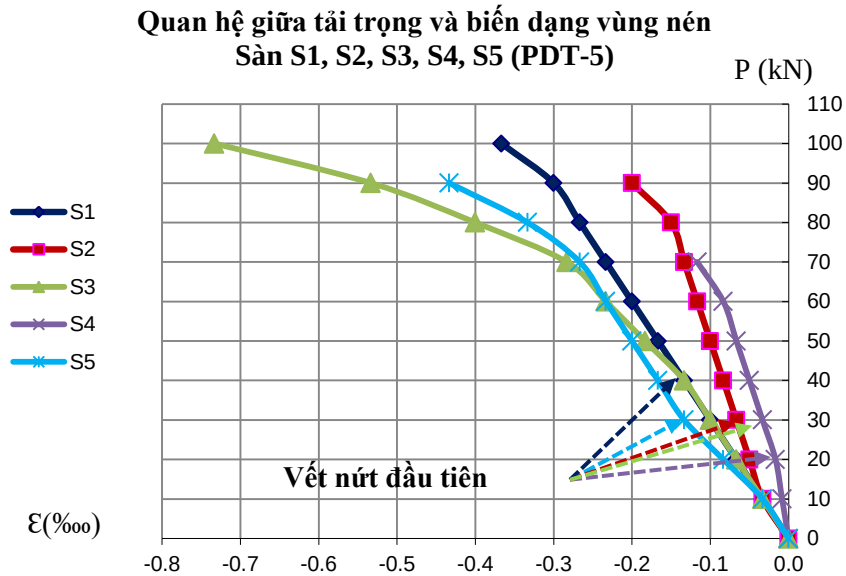
*** Nhóm 1: Ảnh hưởng của việc mở lỗ sàn (Sàn S1-S2; S1-S3; S1-S4; S1-S5)**



Hình 3.32. Biến dạng vùng nén tại điểm PDT-1 của sàn S1, S2, S3, S4 và S5



Hình 3.33. Biến dạng vùng nén tại điểm PDT-3 của sàn S1, S2, S3, S4 và S5

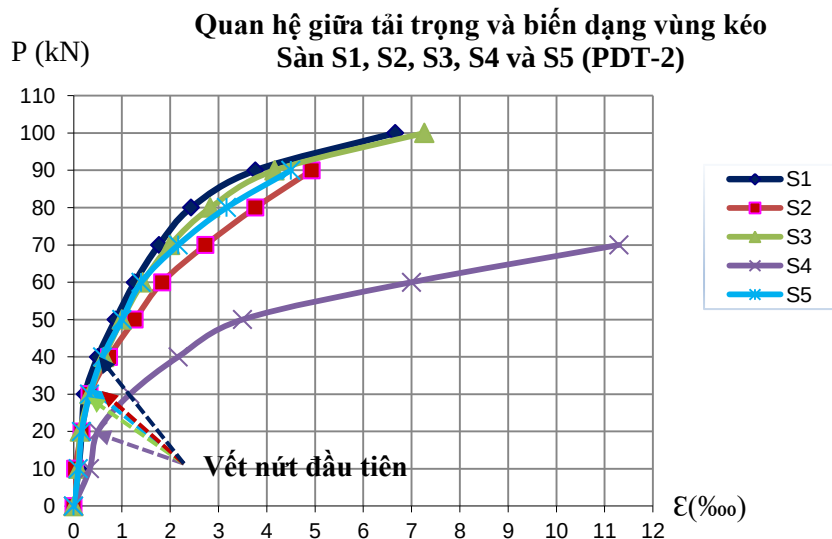


Hình 3.34. Biến dạng vùng nén tại điểm PDT-5 của sàn S1, S2, S3, S4 và S5

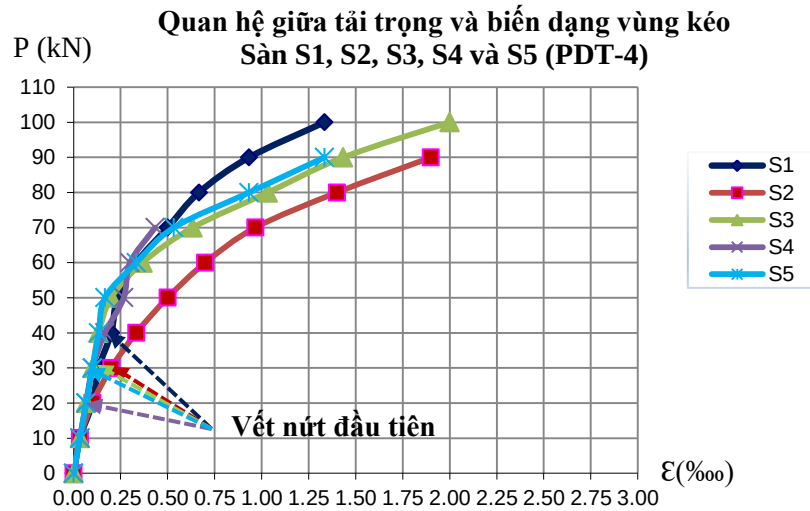
- * **Nhóm 2:** Ảnh hưởng của hình dạng lỗ mở (Sàn S1, S2 và S3)
- * **Nhóm 3:** Ảnh hưởng kích thước của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S4)
- * **Nhóm 4:** Ảnh hưởng vị trí của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S5)
- * **Nhóm 5:** Ảnh hưởng khi thay đổi đường kính thép chịu lực (Sàn S1 và S6)

3.10.3.2. Biến dạng vùng kéo:

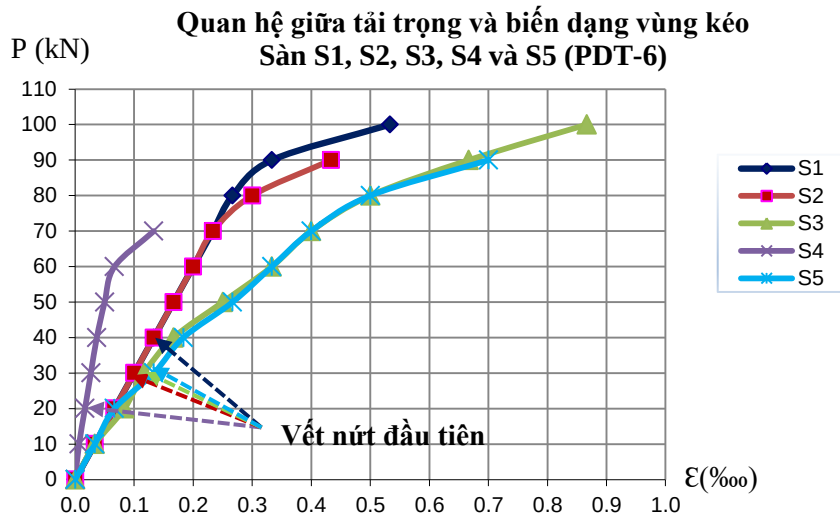
- * **Nhóm 1:** Ảnh hưởng của việc mở lỗ sàn (Sàn S1-S2, S1-S3, S1-S4, S1-S5)



Hình 3.47. Biến dạng vùng kéo tại điểm PDT-2 của sàn S1, S2, S3, S4 và S5



Hình 3.48. Biến dạng vùng kéo tại điểm PDT-4 của sàn S1, S2, S3, S4 và S5



Hình 3.49. Biến dạng vùng kéo tại điểm PDT-6 của sàn S1, S2, S3, S4 và S5

- * **Nhóm 2: Ảnh hưởng hình dạng của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S3)**
- * **Nhóm 3: Ảnh hưởng kích thước của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S4)**
- * **Nhóm 4: Ảnh hưởng vị trí của lỗ mở (Sàn S1, S2 và S5)**
- * **Nhóm 5: Ảnh hưởng khi thay đổi đường kính thép chịu lực (Sàn S1, S6)**
- * **Giải thích kết quả thí nghiệm:**

Việc mở lỗ sàn làm giảm tiết diện chịu lực do mất bê tông và cốt thép, khiến sàn nứt và phá hoại sớm hơn so với sàn đối chứng.

Hình dạng lỗ mở ảnh hưởng đến phân bố ứng suất: lỗ vuông gây tập trung ứng suất ở góc lỗ, dẫn đến nứt mạnh tại đó; lỗ tròn giúp phân bố ứng suất đều, giảm nguy cơ nứt cục bộ.

Kích thước lỗ mở càng lớn càng làm tăng mức độ suy yếu kết cấu, do tăng mức thiếu hụt vật liệu và gián đoạn cốt thép; sàn có lỗ nhỏ (S2) bị ảnh hưởng ít hơn sàn có lỗ lớn (S4).

Vị trí lỗ mở cũng quan trọng: nếu lỗ xa khỏi chân cột (như sàn S5), ứng suất tập trung giảm, sàn ít bị ảnh hưởng hơn.

Đường kính cốt thép chịu kéo ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu lực: thép lớn (S1) giúp kéo dài giai đoạn đàn dẻo và giảm nứt; thép nhỏ (S6) khiến vết nứt xuất hiện sớm và sàn phá huỷ nhanh hơn.

Tổng kết, lỗ mở làm giảm độ cứng và khả năng chịu lực của sàn; hình dạng, kích thước, vị trí lỗ và đường kính cốt thép đều ảnh hưởng đến mức độ suy yếu này.

3.11. So sánh đánh giá kết quả thực nghiệm với phần mềm etabs

Từ biểu đồ tải trọng – chuyển vị, chuyển vị tại điểm V1 giữa mô hình và thí nghiệm sai lệch 11,8%–29,2%. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước [32], [36]. Sai số chấp nhận được do điều kiện thí nghiệm thực tế và phần mềm mô phỏng đơn giản (Etabs). Tác giả đánh giá độ lệch như vậy là hợp lý.

3.12. Nhận xét

Việc tăng kích thước lỗ mở làm giảm độ cứng và tải trọng cực đại của sàn do mất bê tông và cốt thép. Tuy nhiên, mẫu S3 vẫn đạt tải phá hoại bằng mẫu đối chứng ($P = 100\text{kN}$), cho thấy vật liệu và liên kết bê tông – cốt thép làm việc hiệu quả.

Mô hình ETABS cho chuyển vị nhỏ hơn thực nghiệm do ảnh hưởng của sai số đo lường và điều kiện thí nghiệm. Dù có sai lệch, kết quả thực nghiệm vẫn được đánh giá là tương đối phù hợp.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. Kết luận

Sự hiện diện của các lỗ mở trên tấm sàn làm giảm độ cứng và khả năng chịu lực của tấm sàn.

Tải trọng nứt đầu tiên của các sàn có mở lỗ đều thấp hơn so với mẫu đối chứng.

Tạo lỗ mở ở mặt cột (lỗ mở có kích thước 200x200 bằng tiết diện cột) và tăng kích thước lỗ lên giá trị lớn hơn tiết diện cột (cụ thể là 400x400) cho thấy khả năng chịu lực cũng như độ cứng của tấm sàn giảm mạnh.

Tạo lỗ ở mặt cột có dạng hình tròn ít ảnh hưởng hơn lỗ mở hình vuông.

Khi lỗ mở hình vuông 200x200 cách mặt cột 200mm có tác động không đáng kể đến khả năng chịu lực của tấm sàn.

Khi thay đổi đường kính thép chịu lực trong tấm sàn đã làm giảm đáng kể khả năng chịu lực của tấm. Đồng thời làm giảm độ cứng của tấm.

II. Kiến nghị

Cần có thêm nhiều mẫu trên cùng một loại để làm cơ sở so sánh đánh giá làm tăng độ chính xác của thí nghiệm.

Kết quả nghiên cứu chưa được đánh giá trên các phần mềm mô phỏng hiện đại như ANSYS,...mà chỉ được mô phỏng nghiên cứu trên phần mềm ETABS.

Nghiên cứu bổ sung thêm các yếu tố chủ động ảnh hưởng đến ứng xử của sàn như lún lệch công trình, tải trọng gió, động đất...

Kết quả thực nghiệm chưa được so sánh chặt chẽ với các tiêu chuẩn hiện hành như TCVN, ACI 318, Eurocode 2,...để đưa ra kiến nghị áp dụng thực tiễn.

Đề tài chưa xem xét hiệu quả kinh tế khi mở lỗ hay tăng cốt thép trong sàn, đây là khía cạnh cần thiết để đưa ra đề xuất kỹ thuật có tính khả thi thực tế.

Quan hệ tải trọng-biến dạng có thể xem xét điều chỉnh thành quan hệ ứng suất-biến dạng để phù hợp theo các tiêu chuẩn cũng như các nghiên cứu trước đây.

Thông số lực tác dụng chưa thu được từ cảm biến lực (loadcell) mà ghi nhận gián tiếp từ đồng hồ áp lực bơm dầu. Điều này có thể làm cho kết quả có sai số nhất định.

**CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ ÁN ĐÃ ĐƯỢC
CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ**

- [1] L. T. Q. Khải and H. T. K. Oanh, “Experimental research on reinforced concrete slabs with loads from column placed on the slab,” *Journal of Materials and Construction*, vol. 15, no. 1, pp. 10-14, May. 2025. Doi: <https://doi.org/10.54772/jomc.v15i01.926>.