

# BÀN VỀ SỰ LÀM VIỆC VÀ DẠNG PHÁ HOẠI CỦA KẾT CẤU SÀN PHẪNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

● NGUYỄN THỊ KIM DUNG

## TÓM TẮT:

Kết cấu sàn phẳng được sử dụng nhiều cho các mục đích dân dụng và công nghiệp, đặc biệt là siêu thị và các khu vui chơi giải trí. So với kết cấu dầm sàn truyền thống kết cấu sàn phẳng có nhiều ưu điểm. Tuy nhiên, nhược điểm chính là dễ bị phá hoại cục bộ tại vị trí đầu cột. Bài viết này bàn về sự làm việc và dạng phá hoại của kết cấu sàn phẳng bê tông cốt thép.

**Từ khóa:** sàn phẳng, kết cấu sàn phẳng, bê tông cốt thép.

## 1. Đặt vấn đề

Sàn phẳng theo thuật ngữ xây dựng được định nghĩa là sàn bê tông cốt thép hai phương toàn khối mà không sử dụng dầm cao, toàn bộ tải trọng tác dụng lên sàn truyền trực tiếp qua cột (không qua dầm). Trong xây dựng, việc sử dụng kết cấu sàn phẳng có ưu điểm là: thời gian thi công nhanh chóng, chiều cao tầng lưu không lớn. Tuy nhiên, nhược điểm chính là trọng lượng bản thân rất lớn trong khi khu vực sàn đầu cột dễ bị phá hoại cục bộ do chọc thủng. Khi phá hoại này xảy ra tại một vị trí cục bộ nào đó thì việc ngăn chặn sự lan truyền phá hoại là điều rất cần thiết để tránh sụp đổ lũy tiến có thể xảy ra. Bài viết này tác giả phân tích về: “sự làm việc và dạng phá hoại của kết cấu sàn phẳng bê tông cốt thép” làm cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp thiết kết chống sự sụp đổ lũy tiến, qua đó ngăn chặn hoặc hạn chế được thiệt hại của sụp đổ dây chuyền trong các công trình xây dựng có sử dụng kết cấu sàn phẳng bê tông cốt thép.

## 2. Sự làm việc và dạng phá hoại của kết cấu sàn phẳng bê tông cốt thép

### 2.1. Sự làm việc của kết cấu sàn phẳng

Sàn phẳng là dạng kết cấu mà tải trọng tác

dụng được truyền trực tiếp từ sàn lên đầu cột và không thông qua cấu kiện dầm. Nhờ vậy, chiều cao tầng của kết cấu sàn phẳng được giảm đáng kể so với chiều cao tầng của kết cấu sàn dầm truyền thống (Hình 1.a), nhờ đó giảm được chi phí nguyên vật liệu trong quá trình xây dựng cũng như chi phí điều hòa thông gió trong quá trình sử dụng. Một ưu điểm khác của sàn phẳng là thời gian thi công ngắn hơn đáng kể so với kết cấu sàn dầm truyền thống. Trong tính toán thiết kế, sàn phẳng thường được chia thành các dải sàn đầu cột được tính toán tương đương với kết cấu khung dầm và dải sàn giữa nhịp được tính toán như cấu kiện sàn thông thường (Hình 1b).

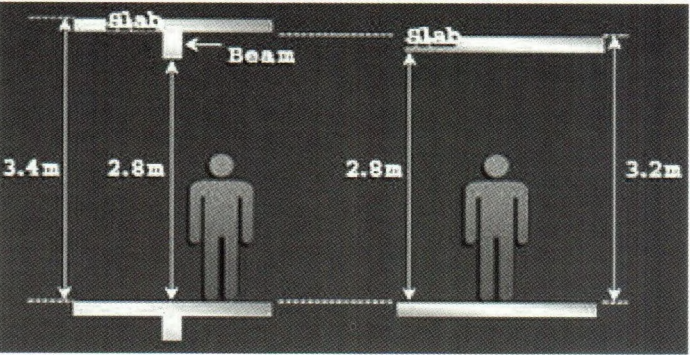
Nhược điểm của sàn phẳng là khu vực sàn đầu cột có nguy cơ chọc thủng cao do ứng suất tập trung và trọng lượng bản thân kết cấu lớn. Khi xảy ra chọc thủng tại một đầu cột, sự lan truyền phá hoại diễn ra nhanh hơn và có thể gây ra sụp đổ lũy tiến.

### 2.2. Các cơ chế phá hoại của sàn phẳng

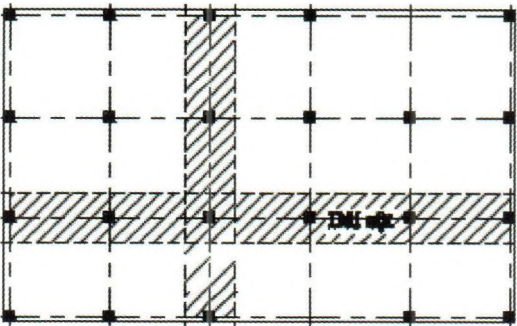
Bản sàn bê tông cốt thép thường được thiết kế theo phá hoại dẻo, biểu hiện bằng sự xuất hiện các vết nứt và sự vỡ bê tông. Riêng ở sàn phẳng là loại sàn bê tông cốt thép không dầm hay sàn nắm, loại

Hình 1: Kết cấu sàn phẳng (2)

a) Chiều cao hiệu quả của hệ thống sàn phẳng



b) Dải cột và dải nhịp kết cấu sàn phẳng



sàn chỉ gồm có bản và cột, không có dầm. Bản thường có chiều dày lấy bằng  $1/35 \div 1/40$  khoảng cách cột (15 – 20cm) tựa lên một lưới cột  $6 \times 6 \text{m} \div 8 \times 8 \text{m}$ . Chỗ sàn tựa lên đầu cột, ứng suất cục bộ sẽ rất lớn. Vì vậy, dạng phá hoại khác của bản sàn phẳng bê tông cốt thép là dạng phá hoại cắt do chọc thủng tại nút cột sàn phẳng.

Đặc điểm của dạng phá hoại cắt (chọc thủng) là sự sụp đổ đột ngột khi các dấu hiệu biến dạng và chuyển vị nhỏ, khó quan sát. Chính vì thế, để khắc phục người ta đôi khi phải cấu tạo mũ cột trên lœ to theo góc 45 độ, rộng 0.2 - 0.3 bước cột [1].

**2.3. Ứng xử của sàn phẳng bê tông cốt thép ở trạng thái biến dạng lớn và các cơ chế chịu lực thứ cấp**

**2.3.1. Ứng xử của sàn phẳng ở trạng thái biến dạng lớn**

Thông thường việc thiết kế bản sàn bê tông cốt thép thường dựa trên lý thuyết biến dạng nhỏ. Khi có sự cố mất một cột chịu lực sẽ dẫn đến hiệu ứng gấp đôi nhịp cùng với hiệu ứng động. Trong trường hợp này, sự tương tác giữa các thành phần kết cấu khác nhau trở nên quan trọng để cung cấp các đường tải trọng thay thế. Cơ chế làm việc của bản sàn khi biến dạng lớn - hiệu ứng màng được kỳ vọng hạn chế sự phá hoại gây sụp đổ lũy tiến của hệ kết cấu. Tùy thuộc vào các điều kiện biên, sự phát triển của lực màng trong mặt phẳng của bản sàn, có thể nâng cao đáng kể khả năng chịu tải, tạo ra tải trọng giới hạn vượt quá khả năng chịu tải dựa trên ứng xử uốn [5]. Hiệu ứng màng có thể được

phân loại thành 3 dạng khác nhau:

- Hiệu ứng màng nén;
- Hiệu ứng màng kéo;
- Hiệu ứng màng kéo cùng với sự phát triển của vành nén (vành cứng).

Các điều kiện xuất hiện hiệu ứng màng bao gồm màng kéo ở trung tâm, màng nén ở các cạnh của bản sàn khi có chuyển vị lớn được tóm tắt như Hình 2.

**2.3.2. Nguyên lý phát triển của các hiệu ứng màng trong bản sàn bê tông cốt thép (Hình 2)**

**2.3.3. Hiệu ứng màng nén trong bản sàn bê tông cốt thép bị hạn chế chuyển vị ngang**

Xét ứng xử kết cấu của bản sàn bê tông cốt thép chịu tải trọng như trong (Hình 3). Khi bản sàn biến dạng do tải trọng tác dụng, các vết nứt được hình thành ở phía bê tông chịu kéo (căng), dẫn đến tăng biến dạng kéo của cốt thép. Biến dạng này tạo ra sự kéo dài của tấm, dẫn đến chuyển vị ngang ra phía ngoài trong trường hợp tấm tự do.

Trên thực tế, sự chuyển dịch ngang này được ngăn chặn bởi liên kết của các phần tử kết cấu khác dẫn đến hạn chế chuyển vị ngang và lực nén màng được tạo ra, chúng làm tăng thêm khả năng uốn của bản sàn. Cơ chế phát triển của màng nén được biểu diễn bằng sơ đồ trong Hình 4.

**2.3.4. Hiệu ứng màng căng trong bản sàn bê tông cốt thép bị hạn chế chuyển vị ngang**

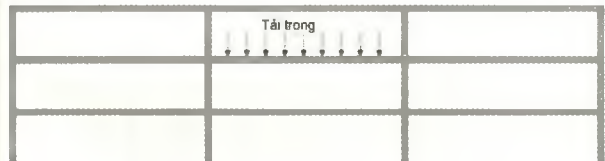
Sự xuất hiện của hiệu ứng màng căng khi chuyển vị lớn còn gọi là màng kéo. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm làm rõ hiệu ứng này



Hình 2: Các loại hiệu ứng màng của kết cấu sàn phẳng (6)



Hình 3: Hệ kết cấu khung sàn phẳng chịu lực(6)

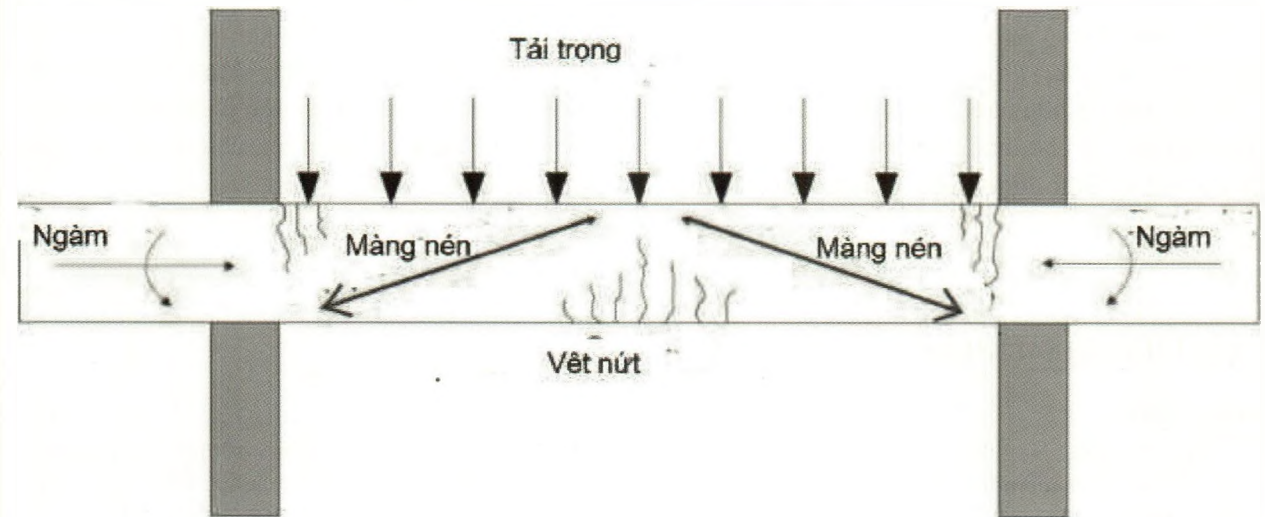


Neil(1979) [3], Russel (2015) [7]. Chúng xảy ra ở giai đoạn biến dạng lớn của cấu kiện đồng thời với biểu hiện xảy ra tình trạng nứt và hư hỏng bê tông tầng cao và cuối cùng chỉ còn lại cốt thép làm việc như một lưới chịu kéo. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của Gouverneur (2014) [6]. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng sau khi cấu trúc bản sàn bị hư hỏng

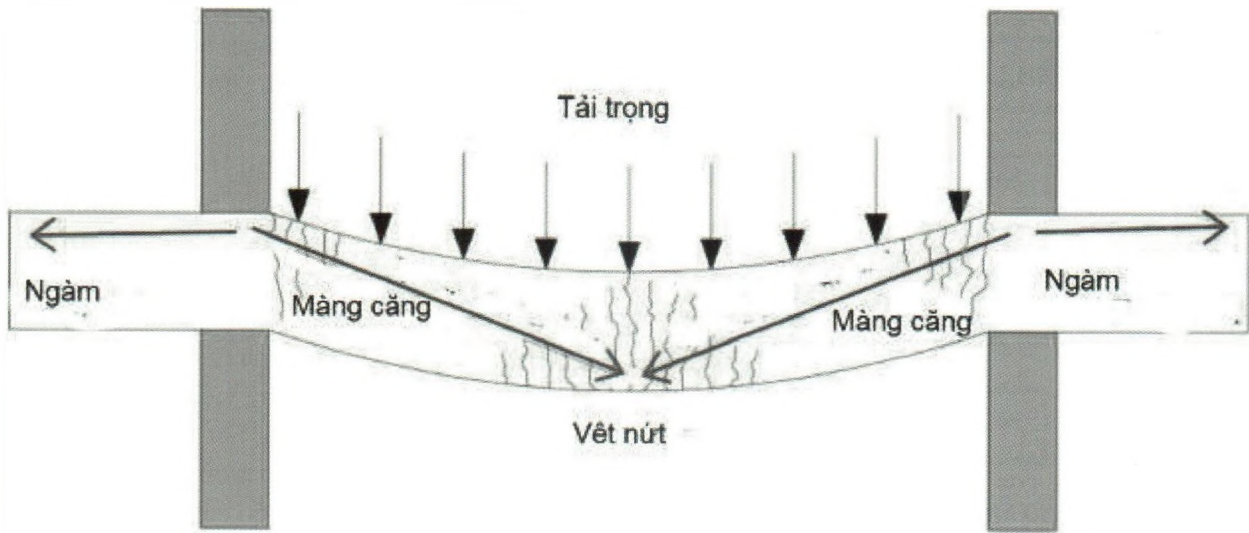
ban đầu và có chuyển vị lớn thì hiệu ứng màng kéo bắt đầu phát triển. Trong trường hợp cốt thép dọc được neo đủ, cốt thép có thể hoạt động như một lưới chịu kéo hay lưới căng và sự sụp đổ biểu hiện bởi sự đứt của cốt thép Hình 5.

Park and Gamble (2000) [4] cũng đã đề cập đến hiệu ứng màng căng trong nhiều nghiên cứu. Nghiên cứu của Park cho rằng, khi cấu kiện biến dạng lớn, tải trọng tác dụng khi kết cấu xuất hiện hiệu ứng màng kéo có thể vượt quá tải trọng thiết kế thông thường. Khía cạnh này đã tạo ra cơ chế chịu lực thứ cấp hữu ích trong việc ngăn ngừa sụp đổ lũy tiến, khi có tải trọng bất thường gây mất một cột chịu lực dẫn đến cấu kiện tại vị trí đó biến dạng lớn. Hiệu ứng màng kéo cũng vẫn còn chưa được kể đến trong thiết kế kết cấu thông thường, ở đó chủ yếu liên quan đến việc đáp ứng tiêu chuẩn về trạng thái làm việc cục bộ (giới hạn ứng suất, giới hạn biến dạng) do các tải trọng tác dụng cụ thể. Tuy nhiên, hiệu ứng màng kéo có thể là mối quan tâm lớn khi xác định ứng xử tổng thể của hệ kết cấu sau một sự cố mất cột cục bộ. Hiệu ứng này cần được kể đến trong các thiết kế thông thường. Việc mất cột chịu lực thường dẫn đến biến dạng lớn và đây là tình huống thường được dùng để đánh giá sức kháng tải của kết cấu bê tông cốt thép với tác động của cơ chế màng căng (Đường truyền tải trọng thay thế).

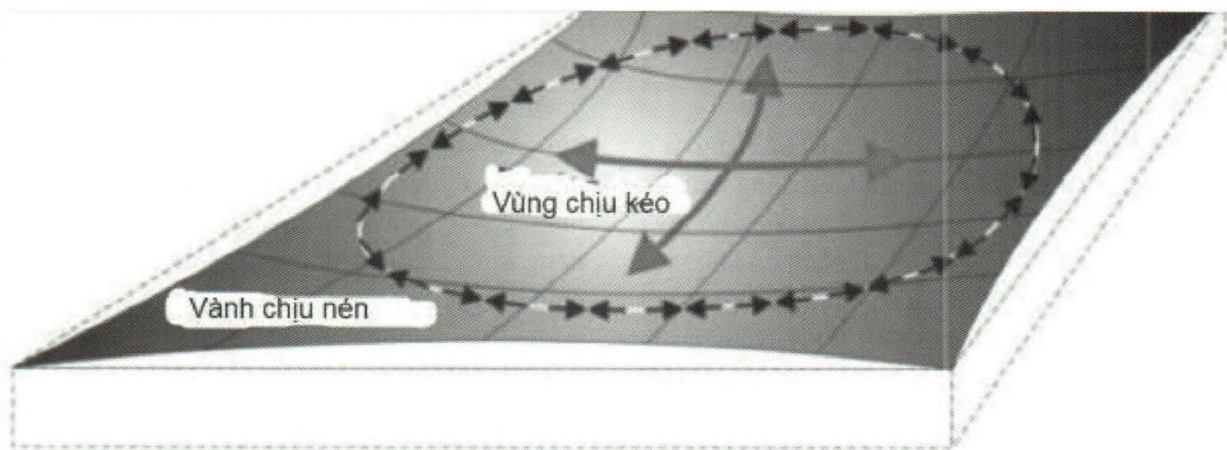
Hình 4: Nguyên lý phát triển hiệu ứng màng nén trong bản sàn bê tông cốt thép (6)



Hình 5: Nguyên lý phát triển hiệu ứng màng căng trong bản sàn bê tông cốt thép (6)



Hình 6: Nguyên lý phát triển hiệu ứng màng căng kết hợp vành nén(5)



2.3.5. Hiệu ứng màng với bản sàn bê tông cốt thép không hạn chế chuyển vị ngang

Trong trường hợp này, bản sàn bê tông cốt thép chịu tải bằng cơ chế màng kéo phát triển ở tâm và cơ chế màng nén được thiết lập như một "vòng"

xung quanh chu vi của bản sàn (Bailey 2004) [5]. Sơ đồ biểu diễn hiệu ứng tác động của màng chịu kéo kết hợp với một vòng nén phát triển trong các bản sàn bê tông cốt thép hai chiều dọc và ngang như Hình 6 ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Tiếng Việt

1. Nguyễn Trọng Huy, Phạm Xuân Đạt, Hồ Việt Hùng (2013), "Nghiên cứu thực nghiệm cơ cấu chống phá hủy lũy tiến của nhà cao tầng", Hội nghị Khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập viện Khoa học công nghệ Xây dựng (IBST).

2. Nguyễn Quốc Cường (2020), *Nghiên cứu thực nghiệm cơ chế phá hủy của kết cấu sàn phẳng Bê tông cốt thép khi mất cột biên*, Luận án tiến sĩ, Đại học Kiến trúc.

**Tiếng nước ngoài**

3. Neil M and Denis Mitchell. (1979). Progressive Collapse of flat plate structures. *ACI journal*.

4. Park R, Gamble William L. (2000). *Reinforced concrete slabs*, 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc.

5. Bailey C. G., Wee S. Toh, and Bok M. Chan. (2008). Simplified and advanced analysis of membrane action of concrete slabs. *ACI Structural Journal*, 105(S04), p30-40.

6. Dirk Gouverneur. (2014). *Experimental and Numerical Analysis of Tensile Membrane Action in Reinforced Concrete Slabs in the Framework of Structural Robustness*. PhD thesis, Ghent University, Belgium.

7. Russell, Justin. (2015). *Progressive collapse of reinforced concrete flat slab structures*. PhD thesis, University of Nottingham.

**Ngày nhận bài: 16/2/2022**

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 7/3/2022**

**Ngày chấp nhận đăng bài: 17/3/2022**

*Thông tin tác giả:*

**ThS. NGUYỄN THỊ KIM DUNG**

**Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội**

## THE PERFORMANCE AND THE FAILURE MODES OF REINFORCED CONCRETE FLAT SLAB STRUCTURE

● Master. **NGUYEN THI KIM DUNG**

Hanoi Architectural University

### **ABSTRACT:**

The flat slab structure is widely used in civil and industrial buildings, especially in supermarkets and playgrounds. The flat slab structure has many advantages over the traditional floor beam structure. However, the flat slab structure's main disadvantage is that it is easily to be damaged at the top of the column. This paper is about the performance and the failure modes of reinforced concrete flat slab structure.