

# PHẦN MỞ ĐẦU

## 1. Sự cần thiết của đề tài

Hiện nay các đô thị lớn có nhu cầu cấp thiết về nhà ở, khách sạn, văn phòng làm việc, trung tâm thương mại... nên những năm gần đây hàng loạt các nhà nhiều tầng (đã được xây dựng ở Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh, Hải Phòng, Đà Nẵng và một số thành phố khác. Trong khi đó hầu hết các công trình xây dựng ở nước ta được thiết kế và thi công theo tiêu chuẩn chưa hoàn chỉnh ngoại trừ một số công trình đặc biệt do nước ngoài thiết kế. Hệ thống tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam hiện vẫn đang được bổ sung và hoàn chỉnh, một số vấn đề đang được quan tâm như động đất, ảnh hưởng của bão lụt, gió đến hệ kết cấu nhà nhiều tầng...

Theo một số tài liệu nước ngoài, mỗi một công trình nhà cao tầng thể hiện quan điểm của người thiết kế về việc vận dụng các dạng kết cấu trong thiết kế tính toán. Đặc biệt, việc ứng dụng các loại kết cấu, vật liệu mới gắn liền với sự phát triển và hình thành của các tòa nhà cao tầng hiện nay. Trong khi đó, một số công trình tại Việt Nam đã ứng dụng dạng kết cấu mới như sàn nầm, sàn ứng suất trước, sàn liên hợp nhưng việc nghiên cứu sự làm việc của từng cấu kiện cũng như sự ảnh hưởng của chúng đến các cấu kiện khác cũng như tổng thể của công trình còn ít. Việc phân tích, đánh giá khả năng chịu lực, biến dạng của kết cấu sàn theo phương ngang và phương đứng khi ô sàn có lỗ thủng trong lĩnh vực này là rất cần thiết, vừa tiết kiệm được chi phí vừa tiết kiệm được thời gian và công sức của các nhà khoa học.

Các công trình xây dựng nhà nhiều tầng đang có xu hướng phát triển mạnh mẽ trong thời gian này đòi hỏi cần được thiết kế chi tiết và đầy đủ trên mọi phương diện là vấn đề rất được quan tâm từ các nhà chuyên môn, các kỹ sư, những người làm xây dựng... Bên cạnh đó, những nghiên cứu khả quan, xác lập trên những cơ sở khoa học đúng đắn nên được đưa vào tiêu chuẩn thiết kế và thi công sau này nhằm bổ sung hoàn chỉnh hơn cho bộ tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam.

Từ những khía cạnh trên, đề tài “Nghiên cứu sự ảnh hưởng của lỗ thủng trong sàn nhà dân dụng” mong muốn đóng góp một phần nghiên cứu về sự làm việc của sàn có lỗ thủng trong công trình xây dựng.

## 2. Mục đích của đề tài

Nghiên cứu sự làm việc của các bản sàn có lỗ thủng, sự ảnh hưởng của nó đến sự phân bố lại nội lực trong kết cấu. Đồng thời hiểu rõ được sự biến dạng, cơ chế làm việc của sàn hay tác động của nó gây ra đối với các kết cấu khác, từ đó đưa ra các giải pháp phù hợp trong thiết kế công trình xây dựng dân dụng.

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

### 3.1. Đối tượng

Nhà nhiều tầng

### 3.2. Phạm vi nghiên cứu

Nhà nhiều tầng có dạng mặt bằng đối xứng như mặt bằng hình vuông và hình chữ nhật tại Việt Nam

## **4. Cơ sở khoa học và phương pháp nghiên cứu**

### **4.1. Cơ sở khoa học**

Đề tài dựa trên hệ thống lý thuyết tính toán nội lực và biến dạng của sàn có lỗ thủng trong nhà cao tầng chịu tác dụng của tải trọng.

### **4.2. Phương pháp nghiên cứu**

Đề tài sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với việc phân tích bằng máy tính.

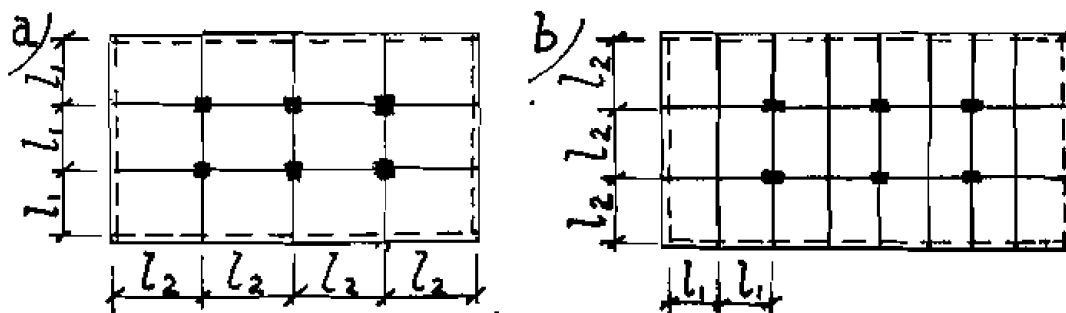
# Chương 1

## TỔNG QUAN VỀ KẾT CẤU SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP

### 1.1 Các loại kết cấu sàn bê tông cốt thép.

#### 1.1.1 Sàn BTCT sàn sườn toàn khối:

Là loại kết cấu sàn có hệ dầm sàn đỡ bên dưới, đây cũng là loại sàn truyền thống phổ biến trong các công trình xây dựng.



Hình 1-1. Sơ đồ sàn có bản kê 4 cạnh

Tùy theo kích thước của mặt bằng mà có thể làm bản đơn hoặc bản liên tục. bản đơn chỉ gồm một ô. Bản liên tục gồm nhiều ô đổ bê tông liền nhau. Gối tựa của bản có thể kê tự do hoặc liên kết cứng với dầm.

Nhịp tính toán của mỗi ô bản được xác định theo cả 2 phương, kí hiệu  $l_{t1}$ ,  $l_{t2}$ . Ở gối tựa kê tự do, nhịp tính toán lấy đến mép gối cộng thêm nửa chiều dày bản. Ở gối tựa liên kết cứng với dầm, nhịp tính toán lấy đến mép dầm. Như vậy gọi  $l_{oi}$  là khoảng cách nội giữa hai mép gối tựa thì

- Khi hai gối tựa đều liên kết cứng:  $l_{ti} = l_{oi}$ .
- Khi một bên liên kết cứng, một bên tự do:  $l_{ti} = l_{oi} + 0,5h_b$ .
- Khi hai gối tựa đều kê tự do:  $l_{ti} = l_{oi} + h_b$ .

Nội lực trong bản có thể tính theo sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ khớp dẻo. Theo sơ đồ đàn hồi, chủ yếu dựa vào các bảng tính toán lập sẵn dùng cho các bản đơn và lợi dụng nó để tính toán bản liên tục. Tính toán theo sơ đồ khớp dẻo dựa vào phương trình tổng quát rút ra từ điều kiện cân bằng công khả dĩ của ngoại lực và của nội lực.

#### 1.1.2 Sàn ô cờ.

Sàn ô cờ là một dạng đặc biệt của sàn có hệ dầm trực giao. Nó được cấu tạo bởi hệ dầm trực giao theo hai phương, chia mặt sàn thành nhiều ô bản kê bốn cạnh, mỗi cạnh của ô bản thường nhỏ hơn 2 mét. Phương của hệ dầm trực giao thường được bố trí song song với cạnh sàn, tuy nhiên có thể bố trí phương của hệ dầm trực giao hợp với cạnh sàn một góc  $45^0$ . Trong sàn ô cờ kích thước tiết diện ngang của hệ dầm trực giao giống nhau, dầm bao quanh là dầm cứng, cũng là gối tựa của hệ dầm trực giao. Khi bố trí hệ dầm xiên thì các dầm ngăn đặt sát góc sẽ là gối tựa đàn hồi cho những dầm dài giao nhau với nó

Bản của sàn ô cờ có chiều dày khoảng 6-7cm.

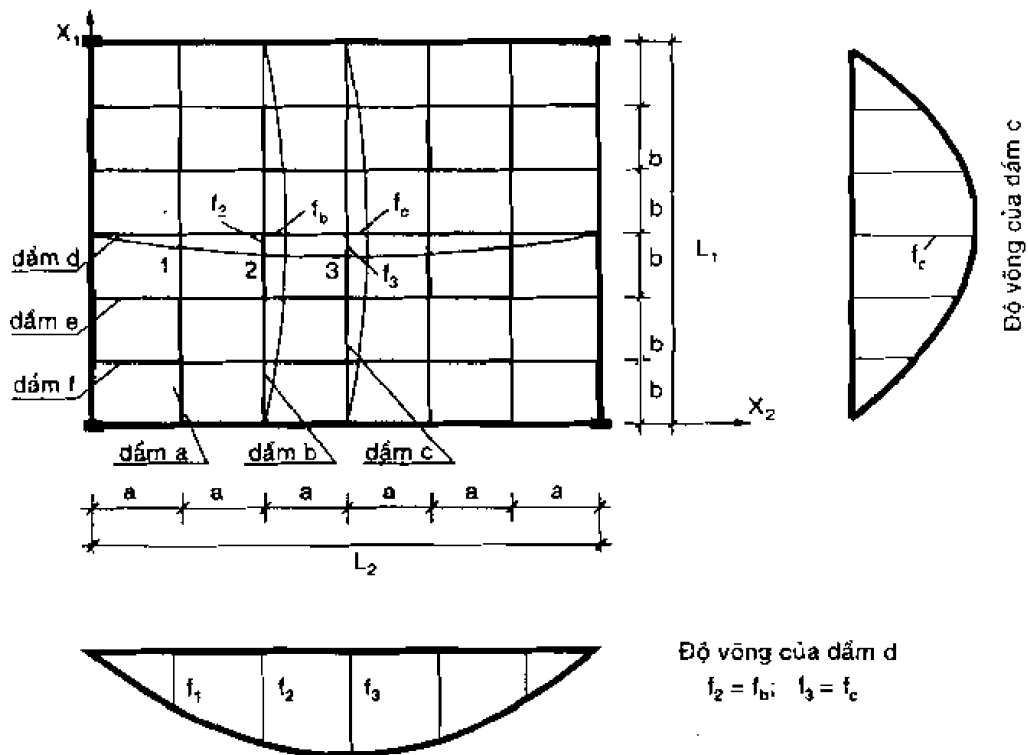
Tính bản sàn ô cờ là các bản có kích thước (a, b) là bản thuộc loại kê bốn cạnh. Có thể tính bản độc lập hoặc bản liên tục. Thực tế, do kích thước ô bản nhỏ, cốt thép không cần tính toán chỉ đặt theo cấu tạo.

Kết cấu dầm sàn ô cờ:

Xem hệ dầm trực giao tựa lên các dầm bao quanh, có liên kết là tựa đơn. Xét ô bản có kích thước ( $L_1, L_2$ ). Tải trọng tính toán tác dụng lên sàn là  $q(\text{KG}/\text{m}^2)$ , thì tải trọng phân bố theo phương  $L_1$  là  $q_1$  và theo phương  $L_2$  là  $q_2$

$$q_1 = \frac{L_2^4}{L_1^4 + L_2^4} q$$

$$q_2 = \frac{L_1^4}{L_1^4 + L_2^4} q \quad (1.1)$$



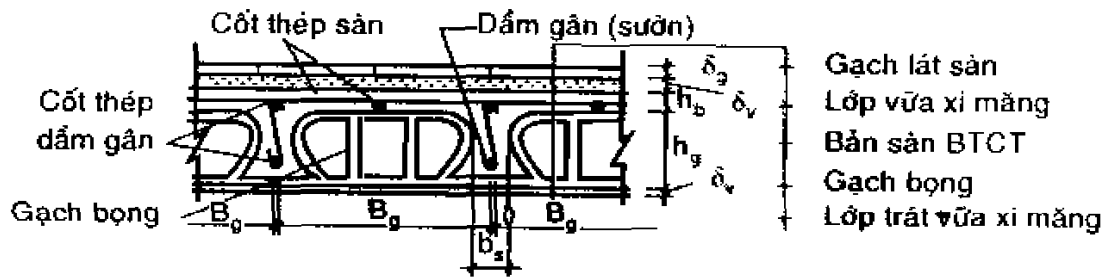
Hình 1-2. Sơ đồ dầm sàn ô cờ

### 1.1.3 Sàn gạch bông:

Hiện nay gạch bông có nhiều loại, nhiều hình dáng khác nhau, vật liệu của viên gạch bằng đất sét nung, vữa xi măng hay bê tông đá mi...

Lỗ rỗng của viên gạch giữ vai trò cách âm, cách nhiệt tốt, nhưng khả năng chống thấm kém, thích hợp cho công trình cách âm cao: bệnh viện, trường học ...

Chiều dày của sàn gạch bông từ 40-60mm, cốt thép trong bản sàn đặt theo cấu tạo  $\phi 6a = 200 - 250$  một lớp đặt ở giữa  $h_b$ .



**Hình 1-3. Cấu tạo sàn gạch bông**

Các sườn (dầm gân) thường bố trí theo phương dọc nhà tăng độ ổn định ngoài mặt phẳng uốn của dầm ngang. Sườn làm việc như một dầm đơn hoặc liên tục, do bề rộng của sườn nhỏ  $h_s=70-80\text{mm}$  (tùy thuộc vào loại gạch) nên cốt thép dọc thường bố trí một thanh hoặc 2 thanh cốt đai một hoặc hai nhánh.

Sườn (dầm gân) là dầm đơn hoặc liên tục nhiều nhịp, các gối tựa là các dầm khung chịu tải từ sàn truyền vào. Sườn (dầm gân) thường tính theo sơ đồ dầm nếu đều nhịp

Tải trọng tác dụng lên dầm gồm: tĩnh tải và hoạt tải

$$Q_d = (g_s + p_s)B_g \text{ (KG/m)} \tag{1.2}$$

Với  $B_g$  bề rộng của viên gạch bông

Nội lực khi tính theo sơ đồ dầm tương tự như tính bản sàn của sàn sườn toàn khối có bản dầm. Tiết diện của dầm gân là tiết diện chữ T ( $bc'=B$ ,  $b_s$ ,  $h=h_g+h_b$ )

Ở gối: tiết diện tính toán là tiết diện chữ nhật ( $b_s$ ,  $h$ )

Ở nhịp: Tiết diện tính toán là tiết diện chữ T

Tính toán và bố trí cốt thép tương tự như một dầm bình thường

#### **1.1.4 Sàn nắm.**

Sàn nắm gồm bản kê trực tiếp lên cột. Đầu cột được làm loe ra thành mũ để cho bản liên kết với cột, để đảm bảo cường độ chống lại hiện tượng đâm thủng của bản theo chu vi cột, làm giảm nhịp tính toán của bản và làm cho mômen được phân bố đều theo bề rộng bản

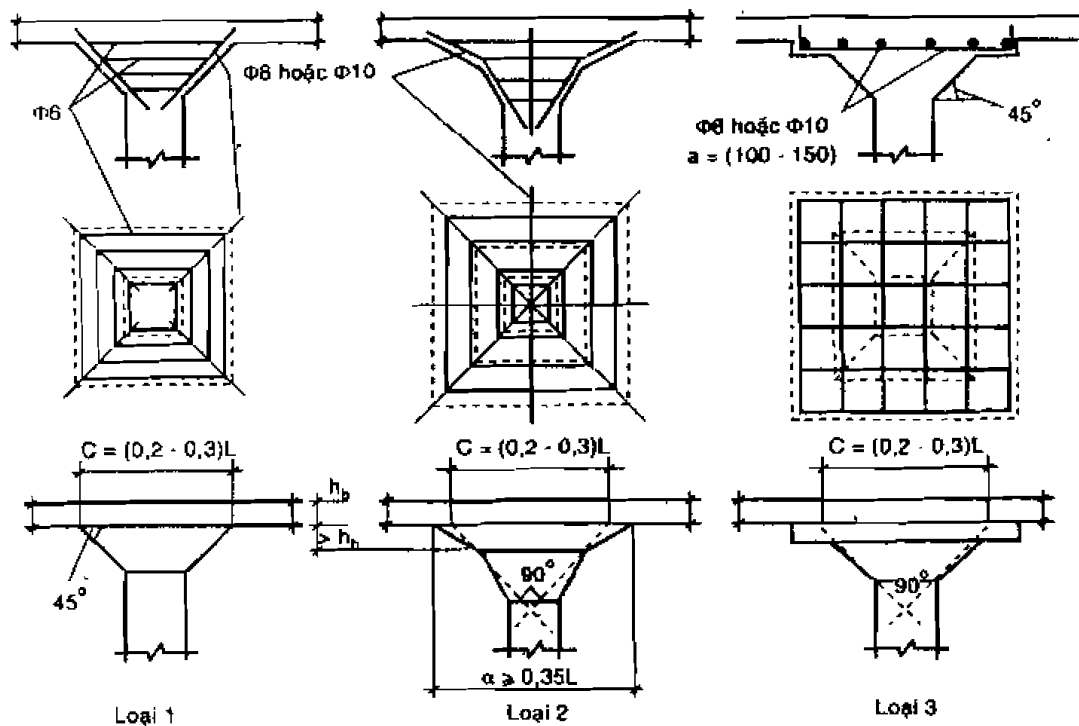
Tùy theo tải trọng trên sàn mà mũ cột được cấu tạo có hình dáng khác nhau. Cốt thép trong mũ cột đặt theo cấu tạo

Thường trong sàn nắm kích thước lưới cột thường chọn lưới ô vuông tiết diện ngang của cột thường được chọn là hình vuông hoặc hình tròn

Có nhiều phương pháp tính sàn nắm.

- Phương pháp tính bản đàn hồi: xem bản sàn là bản liên tục theo hai phương kê lên cột, trong tính toán đã dựa vào các giả thiết không phù hợp với thực tế nên kết quả không thật chính xác.
- Phương pháp khung thay thế: Nội dung phương pháp này là thay thế kết cấu sàn và cột bằng hai hệ khung thẳng góc với nhau (một phần của sàn xem là dầm ngang của khung thay thế). Trong mỗi phương khung được tính với toàn bộ

tải trọng theo các phương pháp cơ học kết cấu. Sau đó phân phối nội lực cho từng dải bản.



Hình 1-4. Cấu tạo mũ cột

- Phương pháp gần đúng dùng các công thức và các bảng tra đã lập sẵn, do các nhà khoa học Liên xô A.A.Gvôzđiep, V.I.Murasep đề ra, đã được kiểm chứng bằng thực tế.

Hiện nay, với sự phát triển của công nghệ thông tin thì việc sử dụng phần mềm để tính toán kết cấu sàn phức tạp cũng khá thuận lợi như phần mềm SAFE, SAP2000 hay ETABS.

### 1.1.5 Sàn panen lắp ghép.

Sàn panen lắp ghép cấu tạo bằng các panen (tấm sàn) gác lên dầm hoặc tường. Panen được đúc sẵn trong các nhà máy hay tại hiện trường, được lắp ghép lại thành mặt sàn.

Theo hình dáng chia làm ba loại:

- Tấm đặc: cách âm kém, tốn vật liệu.
- Tấm có lỗ: cách âm tốt, tiết kiệm vật liệu, lỗ rỗng có thể là hình tròn, hình bầu dục, hình thang... Panen có thể có một hoặc nhiều lỗ, trong panen có lỗ bề dày tối thiểu của bản cánh 20-30mm, của sườn: 25-35mm.
- Tấm có sườn: gồm có bản nằm ngang và các sườn dọc, sườn ngang.

Kích thước của panen

- Kích thước thật ( $L_{th}$ ): dùng cho nhà sản xuất chế tạo.

-Kích thước danh nghĩa: dùng để gọi, giao dịch.

-Kích thước tính toán ( $L_0$ ): dùng để tính toán.

a. Tấm đặc

Tấm đặc thường có kích thước nhỏ, thường dùng chủ yếu cho công trình có nhịp nhỏ như hành lang, nhà dân dụng. Nhược điểm là tốn nhiều bê tông, khả năng cách âm kém. Tuy nhiên khâu chế tạo dễ, nhanh, liên kết đơn giản.

b. Panen

Panen cần được tính toán về tổng thể cũng như về sự chịu lực cục bộ của các bộ phận (thân, sườn).

- Về tổng thể: xem mỗi panen là một dầm đơn giản kê lên hai gối tự do. Để tính cốt thép phải qui đổi tiết diện thật của panen thành tiết diện tính toán tương đương (chữ T với panen sườn, chữ I đối với panen có lỗ (hộp)). Bề rộng bản cánh chịu nén lấy bằng chiều rộng của panen. Nếu chiều dày bản cánh khá bé  $h'_c \leq 0,1.h$  thì bề rộng bản cánh đưa vào tính toán lấy theo qui định sau:

$$b'_c \leq 12.(n-1)h'_c + b. \quad (1.3)$$

trong đó  $n$ - số sườn trong tiết diện ngang panen.

Khi cánh nằm trong miền kéo thì không xét khi tính toán.

Bề rộng sườn của tiết diện chữ T (I)  $b = \sum b_{s,i}$

-Về cục bộ: Xem bản liên kết ngàm đàn hồi với sườn. Sườn ngang được xem kê tự do lên sườn dọc. Sườn dọc kê tự do lên dầm (khung)

\* Panen có lỗ

Về tổng thể

Xem panen như một dầm đơn giản tựa lên hai dầm khung.

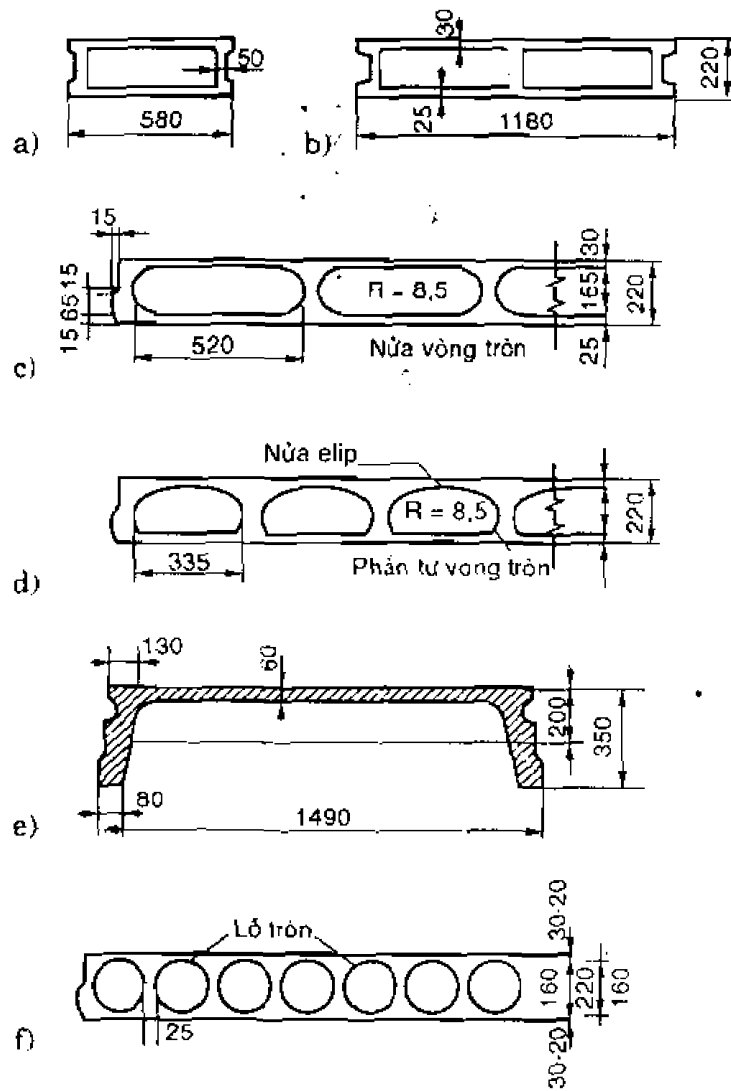
Chiều dài tính toán  $L_0$ , xác định theo hình 4.20.

Tiết diện tính toán: Chuyển từ tiết diện ngang thật sang tiết diện tính toán tương đương là tiết diện chữ I, bề rộng sườn:  $b = \sum b_{s,i}$ , bản cánh phía dưới chịu kéo không đưa vào tính toán nên tiết diện chữ I trở thành tiết diện chữ T, với  $b'_c = B$ .

Về cục bộ.

Tính bản: Cắt theo phương ngang một dải có bề rộng  $b = 1m$ . Bản làm việc như một dầm liên tục nhiều nhịp, tựa trên các gối là các sườn. Tải trọng tác dụng là  $q$ . Thường bản tính theo sơ đồ dầm (tương tự như cách tính bản sườn toàn khối có bản dầm). Thường nội lực tính toán khá bé, cốt thép trong bản được đặt theo cấu tạo  $\Phi = 3-6$ ,  $a \leq 200$  cốt thép thường bố trí một lớp vừa chịu  $M^+$ ,  $M^-$ . Vì vậy khi tính cốt thép chọn  $h_0 = h_b/2$ .

Tính sườn: Sườn trong panen được xem là dầm đơn giản kê lên dầm khung, tiết diện tính toán là tiết diện chữ T, có  $b = b_s$ ,  $b'_c$  bằng khoảng cách giữa hai sườn. Tải trọng tác dụng  $q = (p+g)b'_c$ . Tìm nội lực và tính cốt thép (tương tự như tính dầm của sàn sườn toàn khối có bản dầm).



Hình 1-5. Một số dạng panen

### 1.1.6 Sàn liên hợp.

Là loại sàn kết hợp giữa kết cấu bê tông và thép hình, thép tấm hoặc thép ống. Việc hình thành các dạng kết cấu liên hợp này bắt nguồn từ hai nguyên nhân. Nguyên nhân thứ nhất bắt đầu từ ý định thay thế các cốt thép tròn bằng các dạng cốt thép khác gọi là cốt cứng, khi hàm lượng quá lớn hình thành nên kết cấu liên hợp. Nguyên nhân thứ hai bắt đầu từ ý tưởng muốn bao bọc kết cấu thép chịu lực bằng bê tông để chống xâm thực, chống cháy hoặc chịu lực, từ đó hình thành nên kết cấu liên hợp thép, kết cấu bê tông ... nhưng dạng kết cấu này cũng đã được loài người dùng tới hơn thế kỷ, và càng ngày càng thấy có nhiều ưu việt cần phải khai thác.

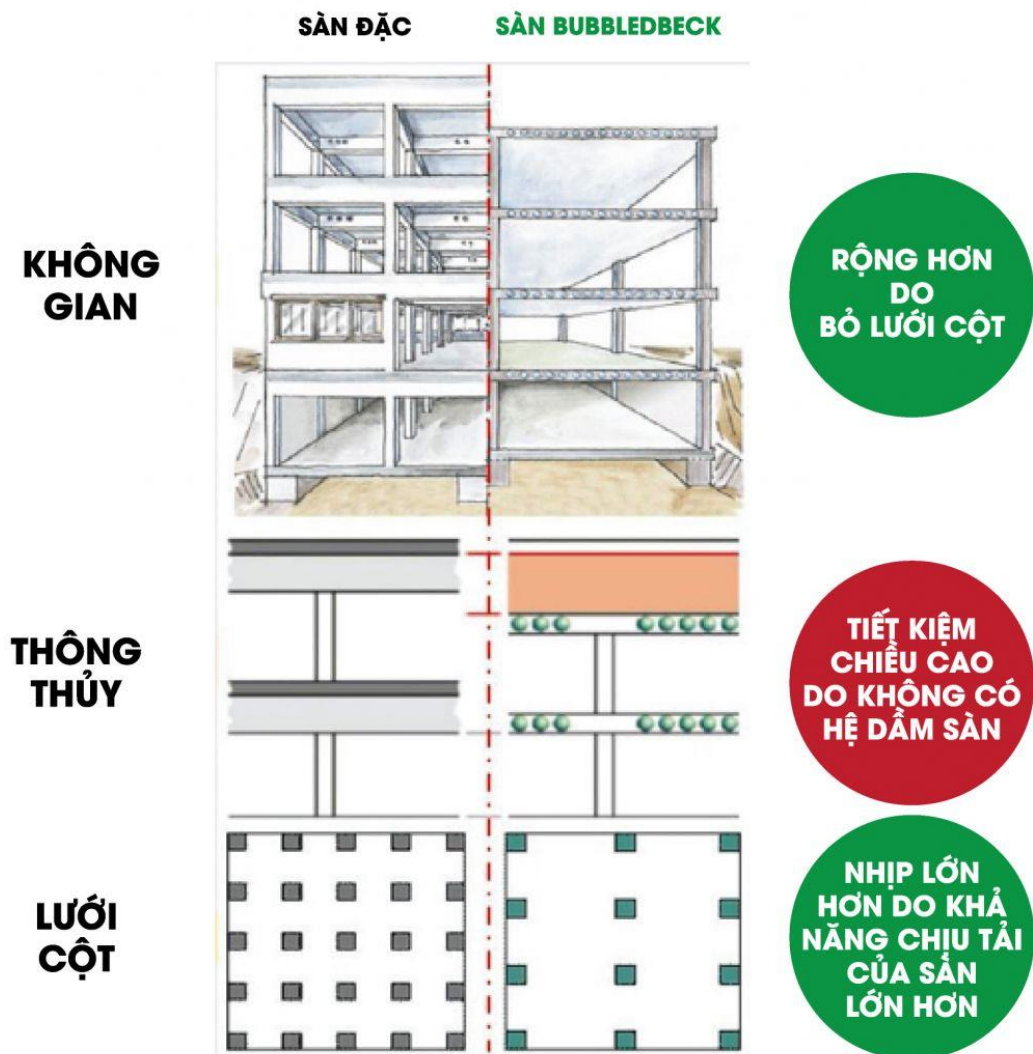
Việc nghiên cứu ứng dụng và phát triển kết cấu liên hợp thép - bê tông dùng trong các lĩnh vực cầu đường, nhà cửa và các dạng công trình kỹ thuật khác đã và đang được rất nhiều quốc gia quan tâm. Nhiều hội nghị khoa học về kết cấu liên hợp thép bê tông ở tầm cỡ quốc tế đã được tổ chức: hội nghị lần thứ nhất tại Seattle Washington, Mỹ năm 1984. Hội nghị lần thứ ba đã tổ chức tại New England College ở Henniker, New Hampshire năm 1987.

### 1.1.7 Sàn BubbleDeck (sàn bóng).



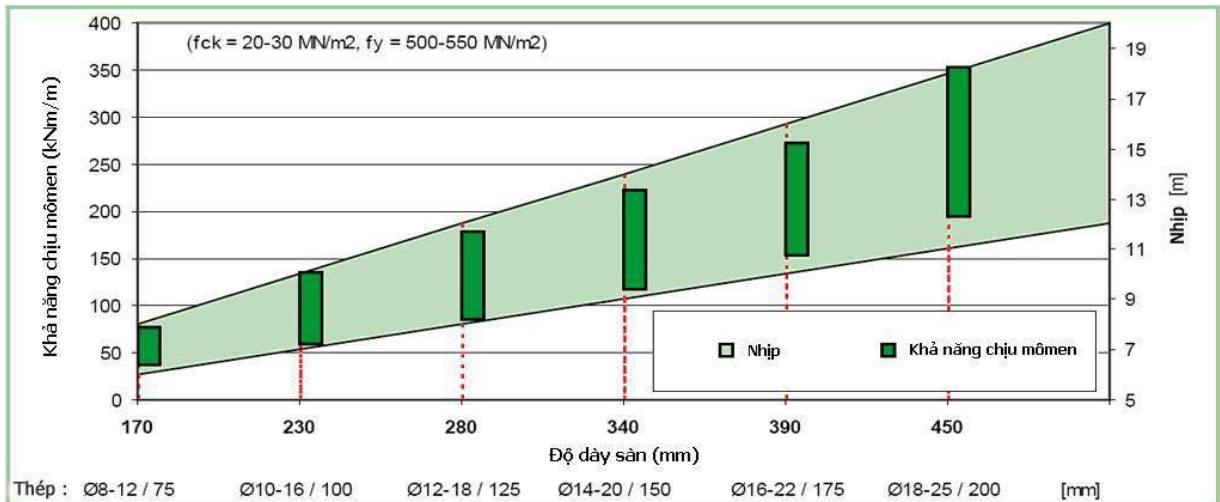
Sàn bóng là 1 loại sàn rỗng, có hệ thống bóng nhựa tái chế nằm ở giữa kết cấu sàn nhằm làm giảm trọng lượng của kết cấu sàn nhưng vẫn đảm bảo khả năng chịu lực và biến dạng khi chịu các tải trọng tác dụng. Một kết cấu sàn đặc sẽ gặp rất nhiều trở ngại khi phải vượt nhịp lớn do ảnh hưởng của trọng lượng bản thân. Sàn bóng đã giải quyết vấn đề này bằng cách giảm 1/3 lượng bê tông nhưng vẫn đảm bảo khả năng chịu lực tương ứng. Do đó cùng một khoảng cách lưới cột, sàn bóng chỉ cần sử dụng khoảng 1/2 lượng bê tông so với tấm sàn đặc không dầm. Ngoài ra, tấm sàn phẳng chịu lực theo hai phương, với ưu điểm giảm nhẹ trọng lượng bản thân, khi kết hợp với hệ cột và vách chịu lực sẽ là một giải pháp hiệu quả chống động đất cho các công trình cao tầng. Ngoài ra, trong những vùng chịu lực phức tạp có thể bỏ bớt các quả bóng để tăng khả năng chịu lực cắt cho bản sàn (những khu vực như tiết diện quanh cột, vách, lõi).

## CÁC ĐẶC ĐIỂM NỔI BẬT SO VỚI SÀN ĐẶC



Hình 1-6. So sánh đặc điểm của sàn đặc và sàn bóng

Tỷ số giữa nhịp/chiều cao tính toán của tấm sàn  $L/d \leq 30$  đối với sàn đơn,  $L/d \leq 39$  cho sàn liên tục và  $L/d \leq 10.5$  cho sàn ngàm 1 phương. Những thông số này đã được tính toán và thử nghiệm thông qua tiêu chuẩn BS 8110 và Eurocode 2.



**Hình 1-7. Quan hệ khả năng vượt nhịp - chiều dày sàn**

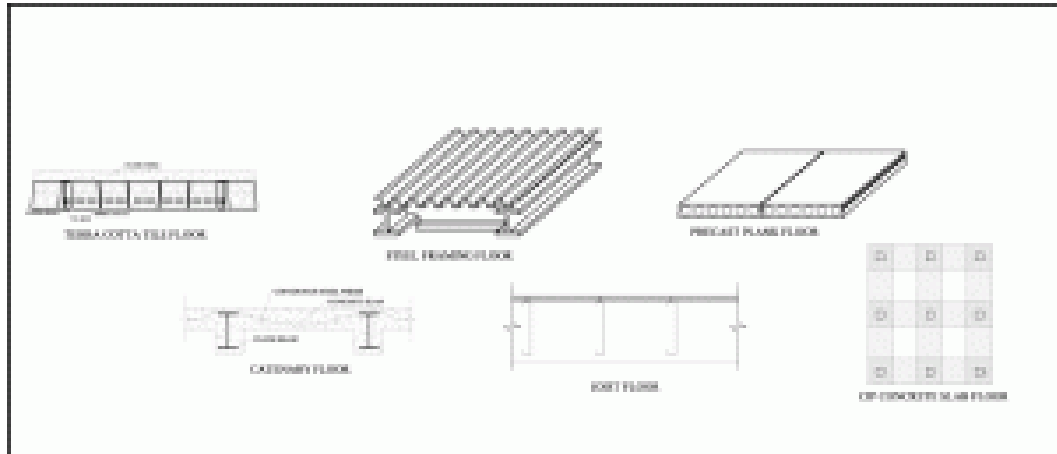
## 1.2 Sàn có lỗ thủng.

Trong các công trình xây dựng dân dụng hiện nay, hầu hết các tấm sàn trong nhà đều có lỗ thủng như ô cầu thang, lỗ kỹ thuật, ô thoát hay giếng trời nên tại những vị trí này, nội lực và biến dạng có sự thay đổi từ nhỏ đến lớn tùy theo kích thước của lỗ thủng.

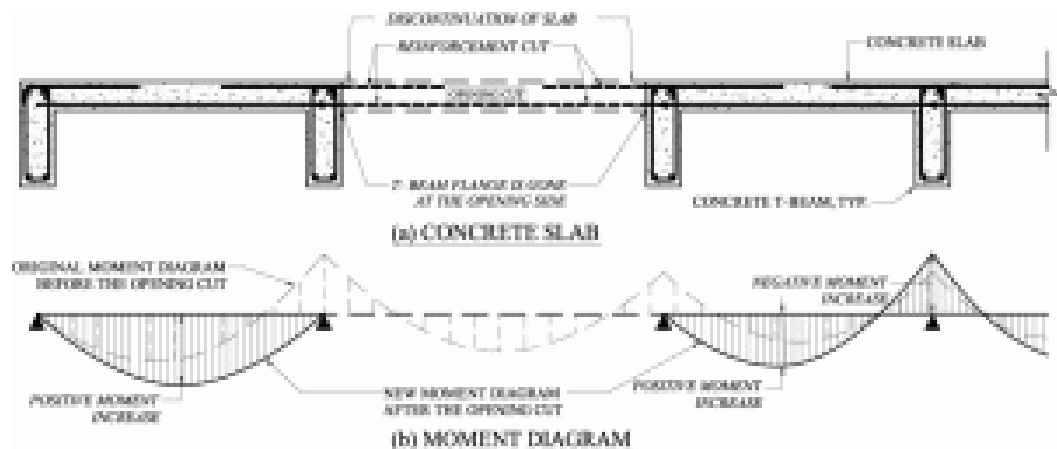
Để tạo ra một khe hở ở tầng hiện có trong công tác xây dựng nâng cấp và thay đổi là một việc rất thông thường. Một cửa mới mở có thể được sử dụng cho cầu thang, một trục thang máy, một sự thâm nhập ống, giếng trời, vv Để thực hiện một thay đổi có tính khả thi và duy trì ổn định cấu trúc các tòa nhà hiện cần có sự tính toán và phân tích của kỹ sư kết cấu trong giai đoạn lập kế hoạch ban đầu. Với kiến thức đa dạng về các loại sàn xây dựng và kinh nghiệm trong việc đánh giá cấu trúc và cường độ, các kỹ sư kết cấu có thể trình bày ý kiến đóng góp liên quan đến việc lựa chọn địa điểm mở cửa, tính khả thi xây dựng và lựa chọn sự tăng cường cần thiết cho các vị trí đó.



**Hình 1-8. Lỗ thủng thông thường trên sàn.**



**Hình 1-9. Các loại sàn thông thường.**



**Hình 1-10. Ảnh hưởng của lỗ thủng tới tấm sàn.**

Như hình vẽ 1.10 rõ ràng là khi xuất hiện 1 lỗ thủng trong sàn thì khả năng phân phối lại nội lực có chiều hướng nguy hiểm đã tăng lên. Mô men tăng lên rõ rệt đối với những tấm sàn xung quanh lỗ thủng, điều này cũng có thể giải thích thông qua sự giảm độ cứng tổng thể của toàn bộ kết cấu sàn.

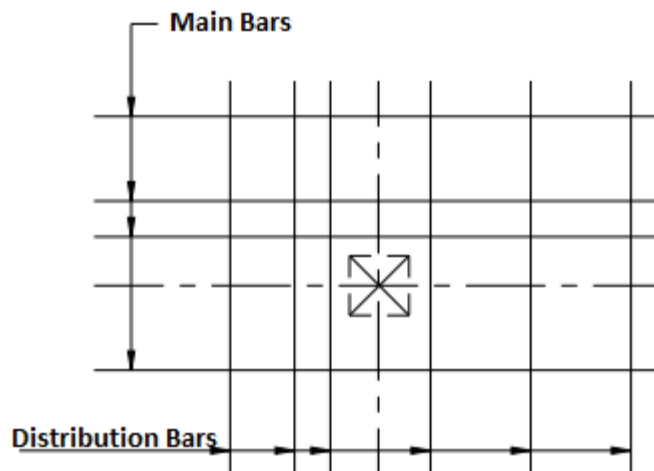


**Hình 1-11. Lỗ thoáng trong tấm sàn**



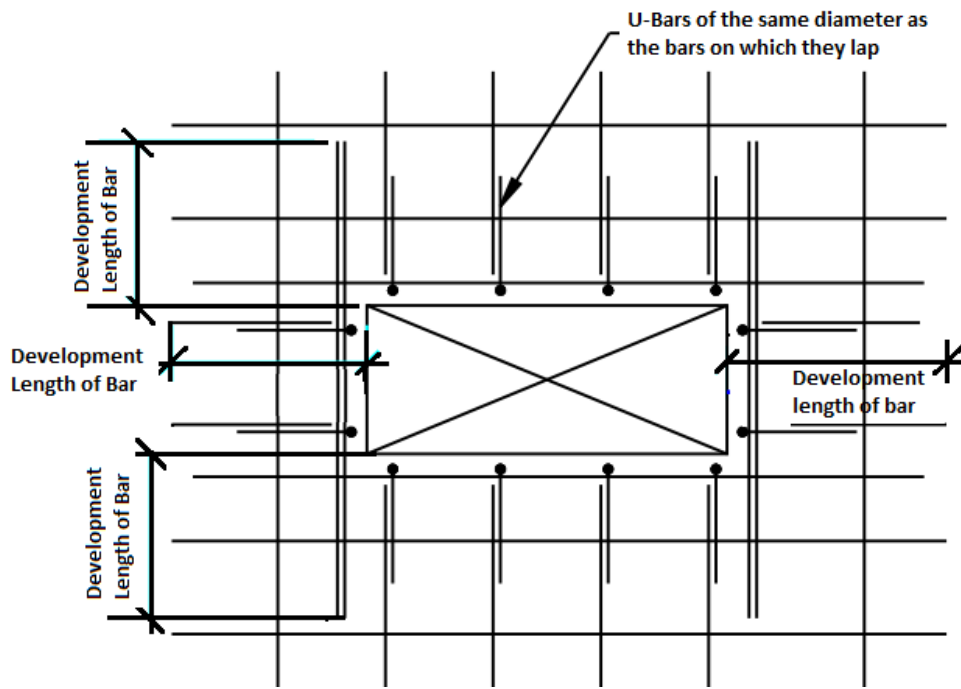
**Hình 1-12. Một dạng lỗ thủng trong sàn**

Bên cạnh đó, việc suy giảm độ cứng của toàn bộ sàn tầng có ảnh hưởng đến các kết cấu xung quanh như cột, dầm, vách cứng gần đó. Những vị trí xung quanh lỗ thủng của sàn bị giảm yếu, mất sự liên tục trong kết cấu nên sẽ xuất hiện nhiều ứng suất phụ khác nhau tùy thuộc vào kích thước của lỗ thủng. Trong một số trường hợp, khi kích thước lỗ thủng lớn, phải gia cường xung quanh miệng lỗ thủng bằng hệ kết cấu dầm thay vì gia cường bằng cốt thép có đường kính lớn hơn so với thép sàn.



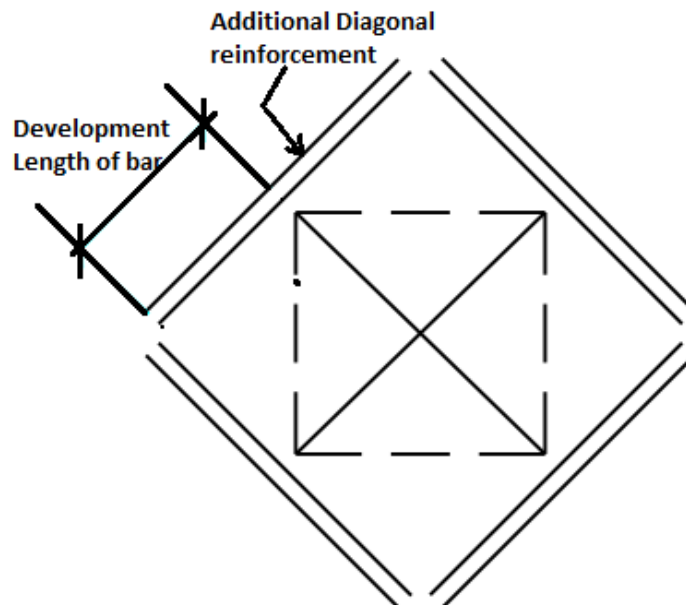
**Hình 1-13. Lỗ thủng nhỏ (đường kính nhỏ hơn 150mm)**

Với lỗ thủng có kích thước nhỏ như hình 1.13 thì có thể không cần gia cường cốt thép, nhưng với số lượng nhiều, khoảng cách các lỗ thủng dày thì cần phải xem xét và tính toán chi tiết.



**Hình 1-14. Kích thước lỗ thủng trung bình**

Đối với những tấm sàn có kích thước lỗ từ 150-450mm, một nửa lượng cốt thép bị cắt tại lỗ thủng cần được bổ sung gia cường cho những thanh thép bị cắt theo cả hai phương, đồng thời tăng cường cốt thép cho phương cạnh gần như hình 1.14.



**Hình 1-15. Kích thước lỗ 450-900mm**

Đối với tấm có kích thước lỗ lớn 450-900mm, ngoài việc gia cường các thanh thép song song với các cạnh như hình 1.14 thì cần phải bổ sung, tăng cường thêm các thanh thép theo các phương đường chéo của lỗ như hình 1.15.

## Chương 2

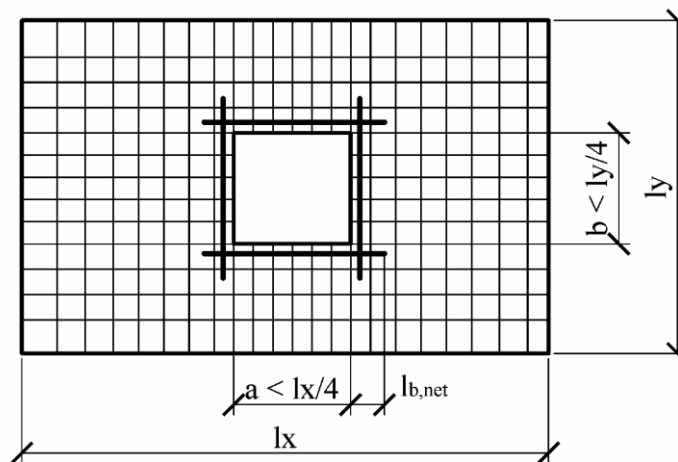
# CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN

### 2.1 Phân loại lỗ thủng trong sàn

#### 2.1.1 Lỗ thủng nhỏ và vừa.

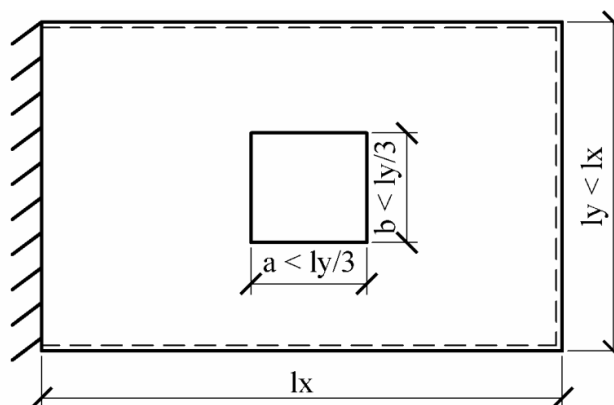
Là loại lỗ thủng có kích thước không lớn, ít ảnh hưởng đến nội lực và độ cứng cục bộ hay độ cứng tổng thể của ô sàn.

Theo tiêu chuẩn kết cấu bê tông cốt thép của Ba Lan (PN-B-03264) đưa ra phương án thiết kế là gia cường thêm cốt thép. Trong trường hợp này, ngoài cốt thép được thiết kế cho ô sàn toàn khối thì còn bổ sung thêm cốt thép gia cường xung quanh lỗ thủng với chiều dài đoạn cốt thép neo là  $l_{b,net}$  (xem hình 2.1). Chiều dài mỗi cạnh của lỗ thủng không vượt quá  $1/4$  kích thước mỗi cạnh của ô sàn, đồng thời tải trọng phân bố đều trên sàn không vượt quá  $1 \text{ T/m}^2$ . Nếu kích thước lỗ thủng vượt quá giới hạn trên hoặc tải trọng vượt quá độ lớn cho phép thì có thể phải thiết kế hệ dầm ẩn.



Hình 2-1. Giới hạn kích thước lỗ thủng nhỏ theo tiêu chuẩn BaLan.

Có sự khác nhau không nhiều giữa các tiêu chuẩn của các quốc gia. Theo tiêu chuẩn BBK4-2004 của Thụy Điển thì cho phép kích thước lỗ thủng nhỏ hơn  $1/3$  kích thước của ô sàn theo hai phương (theo hình 2.2).



Hình 2-2. Kích thước lỗ thủng vừa trong bản sàn 2 phương

Để tính toán cốt thép cần xác định mômen và lực cắt cần thiết cho ô sàn đồng nhất tương ứng (qui đổi diện tích ô sàn tương ứng). Những mô men và lực cắt từ diện tích lỗ thủng cần được phân chia và thêm vào mô men, lực cắt ở các dải xung quanh lỗ.

Các sườn đỡ được coi như hệ dầm có chiều rộng tiết diện không lớn hơn 3 lần chiều dày sàn hay  $1/10$  nhịp của dầm. Chiều dài của các thanh thép trong các dầm này cũng cần được thiết kế tương tự như trong tấm sàn toàn khối, đồng nhất (không có lỗ thủng).

Trong tiêu chuẩn BBK4-2004 cũng chỉ phác thảo qui trình tổng thể. Việc tính toán chi tiết nội lực và bố trí cốt thép còn tùy thuộc công trình hay bài toán cụ thể, theo nội dung thiết kế từ sổ tay thiết kế kết cấu hoặc các tiêu chuẩn kèm theo.

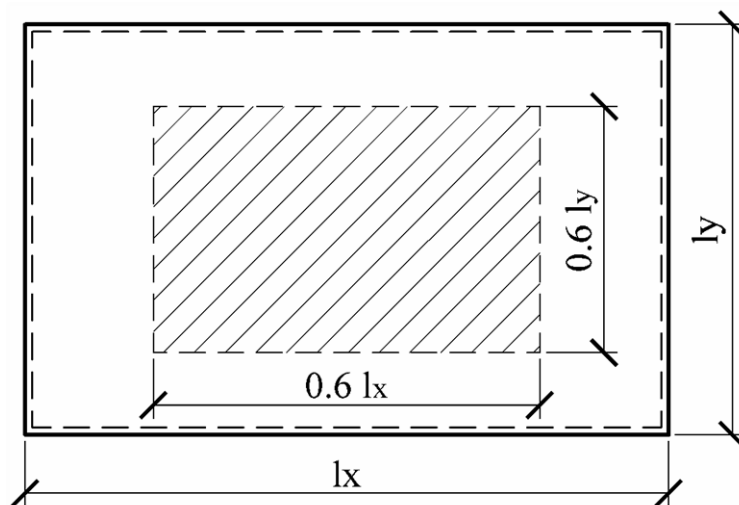
### 2.1.2 Lỗ thủng lớn

Là loại lỗ thủng có kích thước  $>900\text{mm}$  hoặc có tỉ lệ kích thước 2 phương khá lớn so với toàn bộ ô sàn (lớn hơn  $1/3$  L nhịp theo mỗi phương).

Các lỗ thủng trong ô sàn có thể dùng cho ô cầu thang hoặc các giếng trời thông tầng. Sự xuất hiện của các lỗ thủng lớn ở trên sàn có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ, độ võng cũng như sự làm việc của toàn bộ kết cấu sàn.

Ngoài các lỗ thủng theo thiết kế từ ban đầu, còn có trường hợp lỗ thủng được tạo ra trong quá trình sửa chữa, cải tạo nâng cấp công trình. Đối với những trường hợp này cần có phân tích tính toán ứng suất, sự làm việc của sàn rất chi tiết. Có thể phải gia cố bằng hệ thống kết cấu trung gian như hệ dầm đỡ hoặc dùng các biện pháp công nghệ thi công mới để giải quyết các bài toán về sự hao hụt ứng suất hoặc phát sinh những thành phần nội lực nguy hiểm do lỗ thủng gây ra. (vd như công nghệ căng thép sau đối với những thanh thép bị cắt bởi lỗ thủng...)

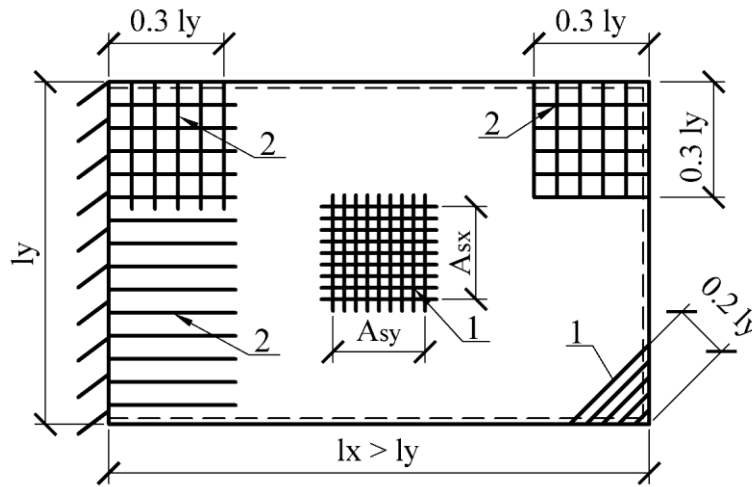
Các tiêu chuẩn cũng hướng dẫn thiết kế cốt thép cho sàn làm việc 2 phương tuân theo việc phân tích đàn hồi tuyến tính. Cần tính toán cho các mô men lớn nhất ở nhịp và gối. Cốt thép cần thiết cho nhịp nằm ở phần giữa ô bản được giới hạn bởi vùng gạch chéo hình chữ nhật như hình 2.3



**Hình 2-3. Vùng giới hạn cốt thép lớn nhất của nhịp**

Ngoài vùng này, cốt thép có thể được giảm 1 lượng là 50%. Ở các góc của ô bản, số lượng cốt thép chịu M âm cũng phải bằng một nửa lượng cốt thép chịu lực theo

thiết kế. Đồng thời, thép chịu mô men dương ở 2 cạnh của gối đơn giản bao gồm cả lưới thép vuông góc và thép chéo như hình 2.4



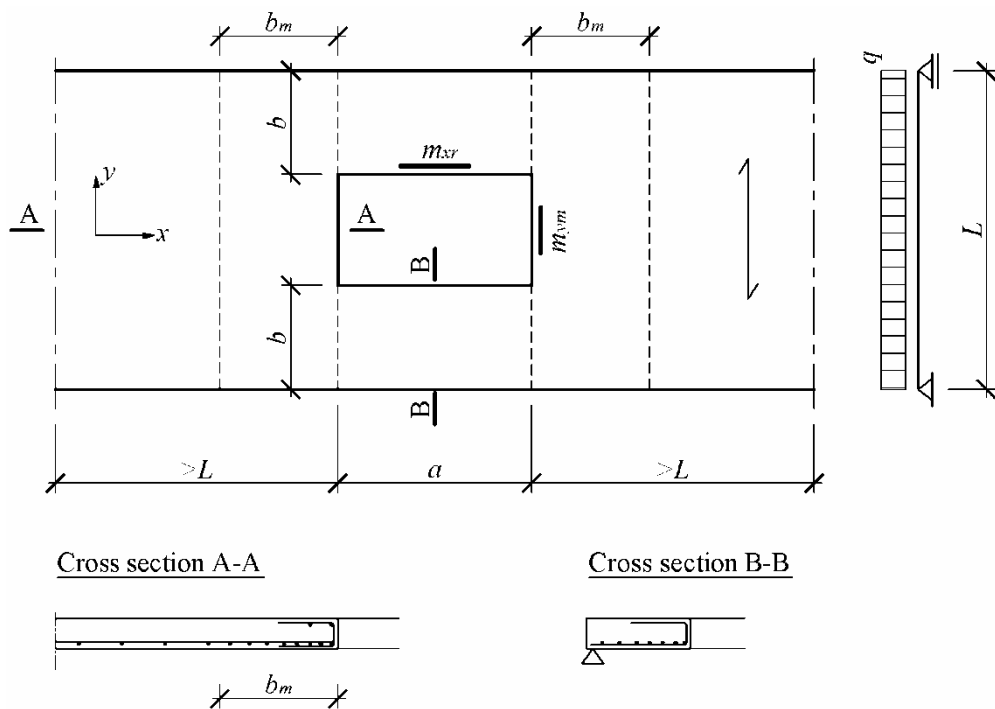
**Hình 2-4. Cốt thép bố trí cho sàn 2 phương theo tiêu chuẩn Ba Lan**

**Thanh số 1 là thép thiết kế cho vùng chịu M dương**

**Thanh số 2 là thép thiết kế cho vùng chịu M âm.**

## 2.2 Phương pháp thiết kế dầm ẩn.

Xét tấm sàn loại dầm có 1 lỗ thủng hình chữ nhật như hình 2.5, chịu tải trọng phân bố đều là  $q$ . Sàn được gia cường thêm cốt thép chịu lực trong phạm vi  $b_m$ , ngoài ra, cốt thép cũng được tăng cường theo phương còn lại (tham khảo mặt cắt A-A và B-B)



**Hình 2-5. Bản sàn loại dầm có lỗ thủng hình chữ nhật**

Chiều rộng tăng cường cốt thép  $b_m$  được tính như sau:

$$b_m \approx \left(0,8 - \frac{b}{L}\right) L \quad (2.1)$$



Mô men  $m_{ym}$  được tính:

$$m_{ym} = \left[0,125 + 0,19\frac{a}{L}\left(\frac{2b}{L}\right)^2\right]qL^2 \quad (2.2)$$

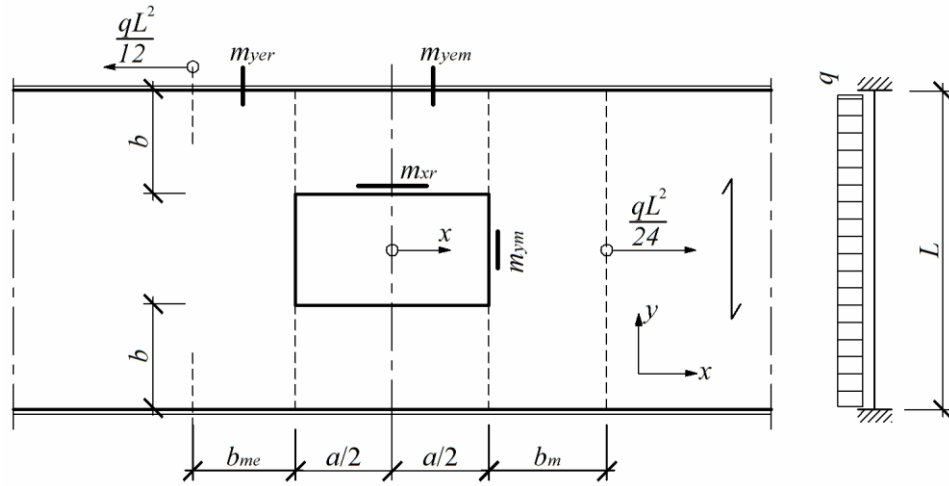
Mô men  $m_{xr}$  được tính:

$$m_{xr} = 0,125qa(a + 2b_m) \quad (2.3)$$

Phương trình (2.3) được áp dụng trong trường hợp  $b/a > 0,5$ .

Cốt thép gia cường tính theo công thức (2.2) và (2.3) cần được bố trí tập trung ở xung quanh các cạnh của lỗ thủng.

Hai tác giả Stiglat & Wippel (1973) đưa ra công thức tính cho trường hợp bản sàn loại dầm ngàm 2 đầu như sau:



**Hình 2-6. Bản sàn loại dầm liên kết ngàm 2 đầu**

$$b_m \approx 0,6 \left(0,8 - \frac{b}{L}\right)L \quad (2.4)$$

$$b_{me} = 0,18L \quad (2.5)$$

Mô men nhịp  $m_{xm}$  được tính như sau:

$$m_{xm} = \left[0,042 + 0,19\frac{a}{L}\right]qL^2 \quad (2.6)$$

khi  $b/L > 0,4$

hoặc

$$m_{ym} = \left[0,042 + 0,33\frac{b^3}{b_m L^3}\right]qL^2 \quad (2.7)$$

khi  $b/L < 0,4$ .

Trong trường hợp  $b/a > 0,5$ , mô men ở gối  $m_{yer}$  được tính như sau:

$$m_{yer} = - \left(0,042 + 0,33\frac{b^2}{b_{me} L^2}\right) \left(1,5 - \frac{b}{L}\right)qL^2 \quad (2.8)$$

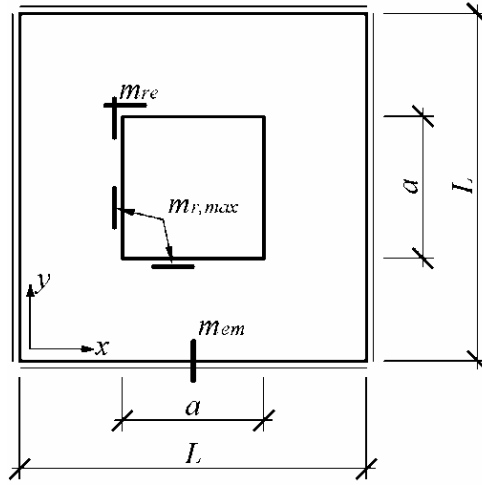
Đối với những giá trị  $b/a$  lớn hơn, mô men ở gối  $m_{yem}$  có thể được lấy như trong trường hợp 1 đầu ngàm, 1 đầu liên kết gối tựa trong phạm vi  $x = \pm a/2$  (hình 2.6).

Nếu  $b/a < 0,5$  thì cả 2 mô men  $m_{yer}$  và  $m_{yem}$  được lấy như sau:

$$m_{yer} = m_{yem} \approx -\frac{qb^2}{2} \quad (2.9)$$

Khi đó  $m_{xr}$  được tính toán như trong công thức (2.3).

Các tác giả cũng đề xuất công thức tính toán cho ô sàn làm việc 2 phương với lỗ thủng hình vuông ở giữa, chịu tải trọng phân bố đều là  $q$  (hình 2.7)



**Hình 2-7. Bản sàn 2 phương có lỗ thủng hình vuông ở giữa**

Mô men được tính theo phương trình:

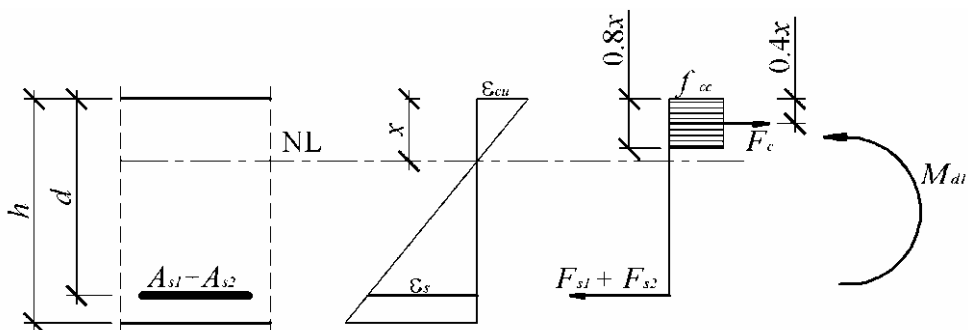
$$m_i = k_i q L^2 \quad (2.10)$$

Bảng 2.1 đưa ra các giá trị của hệ số  $k$  tùy thuộc tỉ số  $a/L$ .

$a/L$	0	0,2	0,4	0,6	0,8
$m_{em}$	-0.052	-0.048	-0.036	-0.019	-0.005
$m_{r,max}$	0.018	0.022	0.010	0.004	0.001
$m_{re}$	0.018	0.015	0.008	0.003	0.001

**Bảng 2-1. Hệ số  $k$**

### 2.3 Thiết kế gia cường bằng bê tông sợi cacbon.

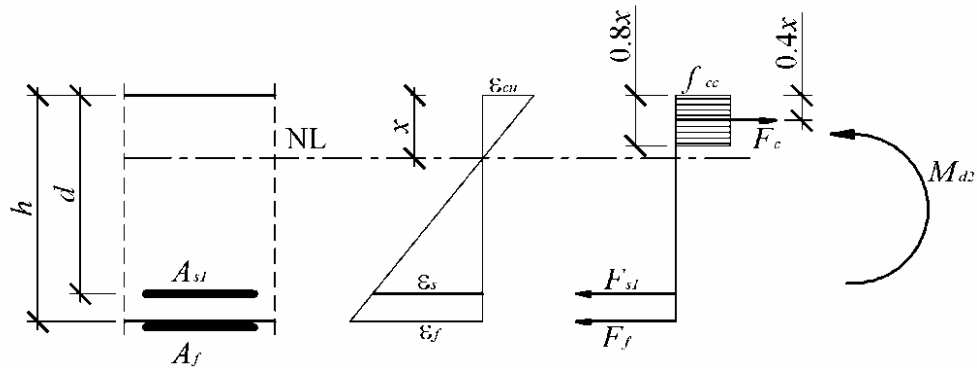


**Hình 2-8. Sơ đồ cường độ gia cường bằng cốt thép**

Mô men tiết diện  $M_{d1}$  được xác định từ phương trình cân bằng khi lấy M đối với 1 điểm trên đường trung hòa NL :

$$M_{d1} = 0.6F_c x + (F_{s1} + F_{s2})(d - x) \quad (2.11)$$

Bước tiếp theo là thay thế thép gia cường  $A_{s2}$  bằng sợi polyme. Chiều dày lớp polime khoảng 0,1mm, bới vậy 1 vài lõi nhỏ có thể được chấp nhận nếu ta giả định rằng trọng tâm của nó nằm trên bề mặt bê tông. ( $d_f=h$ ) (xem hình 2.9)



**Hình 2-9. Sơ đồ cường độ gia cường bằng BT cốt sợi (CFRP)**

Mô men tiết diện  $M_{d2}$  được tính:

$$M_{d2} = 0.6F_c x + F_{sl} (d - x) + F_f (h - x) \quad (2.12)$$

Mục đích của việc tính toán lại là giữ cân bằng khả năng chịu lực của tiết diện khi có cốt thép gia cường và bê tông cốt sợi, khi đó:

$$M_{d1} = M_{d2} \quad (2.13)$$

Thay phương trình (2.11) và (2.12) vào (2.13) ta có:

$$F_{s2}(d-x) = F_f(h-x) \quad (2.14)$$

Theo điều kiện phân tích ứng suất và diện tích tiết diện ta có:

$$A_{s2}\sigma_{s2}(d-x) = A_f\sigma_f(h-x) \quad (2.15)$$

Áp dụng định luật Hook:

$$\sigma_{s2} = \frac{\sigma_{cu}(\sigma_{cu} - \sigma_{cu})}{\sigma_{cu}(h - \sigma_{cu})} \sigma_{cu} \quad (2.16)$$

Giả thiết giới hạn chảy theo định luật Becnuli và lực dính bám của sợi cacbon trong bê tông là hoàn toàn lý tưởng, thì ta có công thức mà  $A_f$  chỉ phụ thuộc hình dạng và sự khác nhau của cốt thép và sợi cacbon:

$$\sigma_{s2} = \frac{\sigma_{cu}(\sigma_{cu} - \sigma_{cu})^2}{\sigma_{cu}(h - \sigma_{cu})^2} \sigma_{cu} \quad (2.17)$$

Đặt  $\omega=x/d$ , ta có:

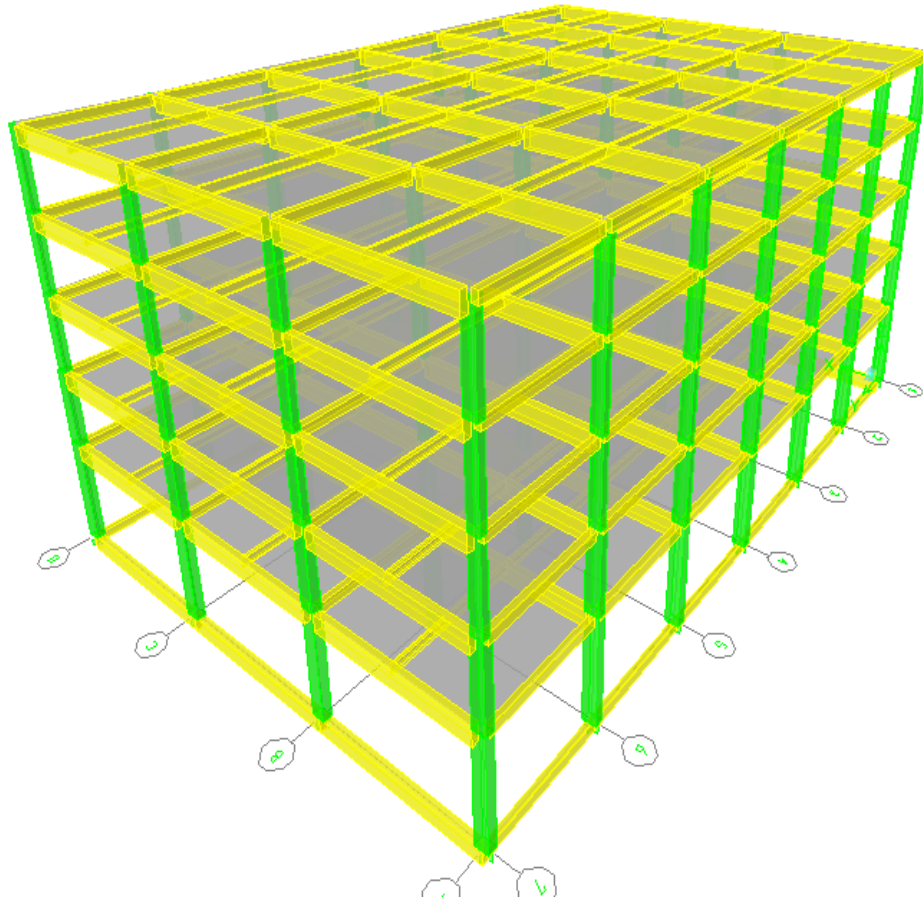
$$\sigma_{s2} = \frac{\sigma_{cu}(1 - \omega)^2}{\sigma_{cu}(\frac{h}{d} - \omega)^2} \sigma_{cu} \quad (2.18)$$

## **Chương 3**

### **VÍ DỤ TÍNH TOÁN**

#### **3.1 Số liệu tính toán.**

Trong khuôn khổ đề tài chỉ xét tấm sàn hình chữ nhật có kích thước như hình vẽ 3.1 trong công trình nhà 5 tầng. Công trình được xây dựng ở Hải Phòng, chịu các điều kiện tải trọng : hoạt tải, tải trọng gió,... theo tiêu chuẩn TCVN2737-95.



**Hình 3-1. Sơ đồ khối công trình**

#### **3.1.2 Kích thước công trình**

- Nhà 3 nhịp  $L=8\text{m}$ , 6 bước cột  $B=6\text{m}$ .
- Chiều cao tầng 1 là  $4,5\text{m}$ , chiều cao các tầng 2-5 là  $3,3\text{m}$
- Tiết diện cột tầng 1,2 :  $40\times 60\text{cm}$ , tầng 3,4,5 là  $30\times 50\text{cm}$
- Tiết diện dầm chính là  $30\times 70\text{cm}$ , dầm phụ là  $25\times 40\text{cm}$ .
- Chiều dày sàn là  $12\text{cm}$ .

#### **3.1.3 Tải trọng**

- Tĩnh tải: Trọng lượng các kết cấu BTCT và thép được chương trình tự tính
- + Gạch lát:  $0,01\times 2200\times 1,2=26,4\text{ kG/m}^2$ .
- + Vữa lát, trát:  $0,03\times 2200\times 1,2=85,8\text{ kG/m}^2$ .
- + Vách ngăn nhẹ:  $= 100\text{ kG/m}^2$ .

Tổng tải không kê sàn BTCT  $q = 212 \text{ kG/m}^2$ .

- Tải trọng tường bao che xung quanh nhà tầng 1:  $0,22 \times 1800 \times 3,8 = 1505 \text{ kG/m}$ .
- Tải trọng tường bao che xung quanh tầng 2-5:  $0,22 \times 1800 \times 2,6 = 1030 \text{ kG/m}$ .
- Hoạt tải:  $P = 200 \times 1,2 = 240 \text{ kG/m}^2$ .
- Tải trọng gió cho công trình ở Hải phòng lấy  $W_0 = 155 \text{ kG/m}^2$ .
- Giá trị tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió  $W$  ở độ cao  $Z$  so với mốc chuẩn:

$$W = n \cdot W_0 \cdot k \cdot c_f$$

- Tải trọng gió qui về phân bố ở mức sàn:

$$W_z = W \cdot h_{tầng}$$

Trong đó:

+  $n$  - hệ số vượt tải,  $n = 1,2$

+  $W_0$  - là giá trị của áp lực gió lấy theo bản đồ phân vùng phụ lục D và điều 6.4 TCVN 2737-1995, tại khu vực thành phố Hải phòng thì  $W_0 = 155 \text{ (kG/m}^2\text{)}$

+  $k$  - là hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao có phụ thuộc vào dạng địa hình.

+  $c$  - là hệ số khí động phụ thuộc vào bề mặt đón gió của nhà, mặt đón gió  $c_d = +0,8$ , mặt hút gió  $c_h = -0,6$ .

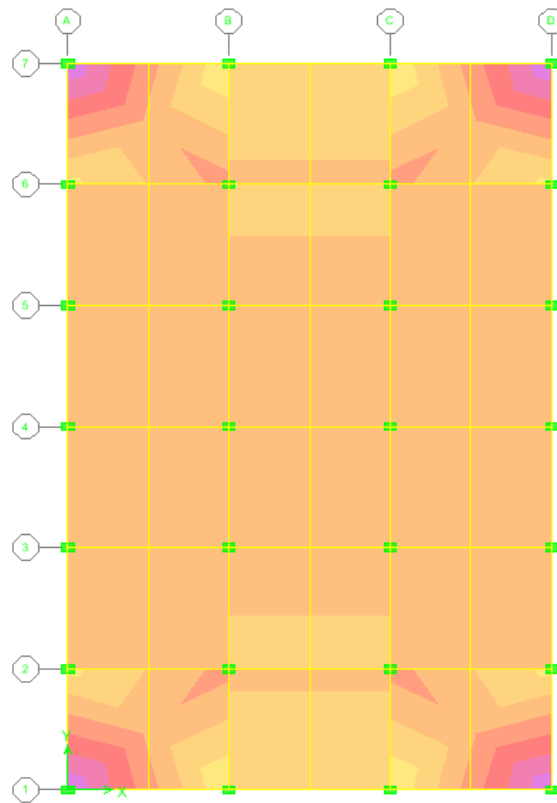
**Bảng 3-1. Bảng tải trọng gió tác dụng lên công trình**

Tầng	n	k	$C_d$	$C_h$	$h_i(m)$	$W_o (kG/m^2)$	$W_d (kG/m^2)$	$W_h (kG/m^2)$
0	1,2	0,8			0	155	268	201
1	1,2	0,860	0,8	0,6	4,5	155	499	374
2	1,2	0,947			7,8	155	465	349
3	1,2	1,018			11,1	155	500	375
4	1,2	1,070			14,4	155	526	394
5	1,2	1,107			17,7	155	544	408

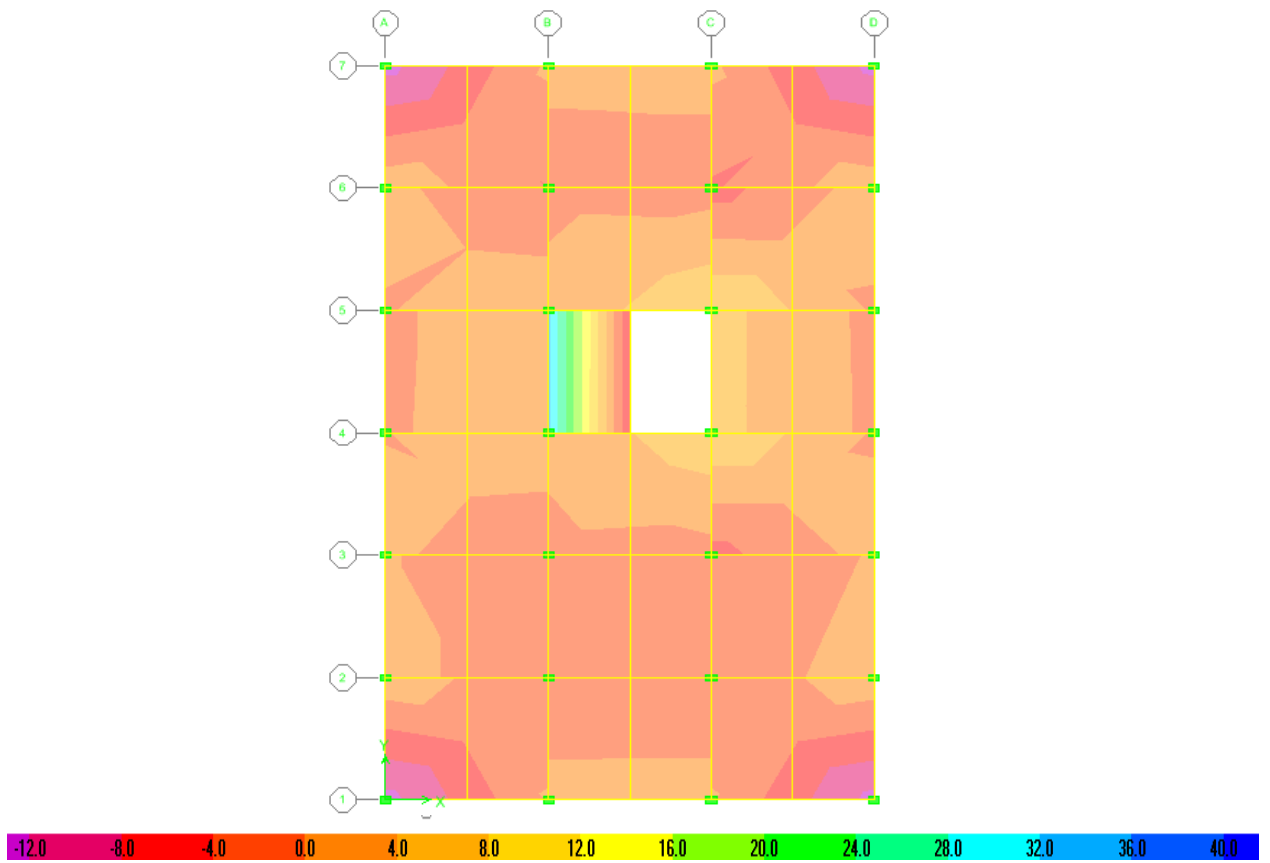
### 3.2 Kết quả tính toán

#### 3.2.1 Biểu đồ ứng suất của sàn tầng.

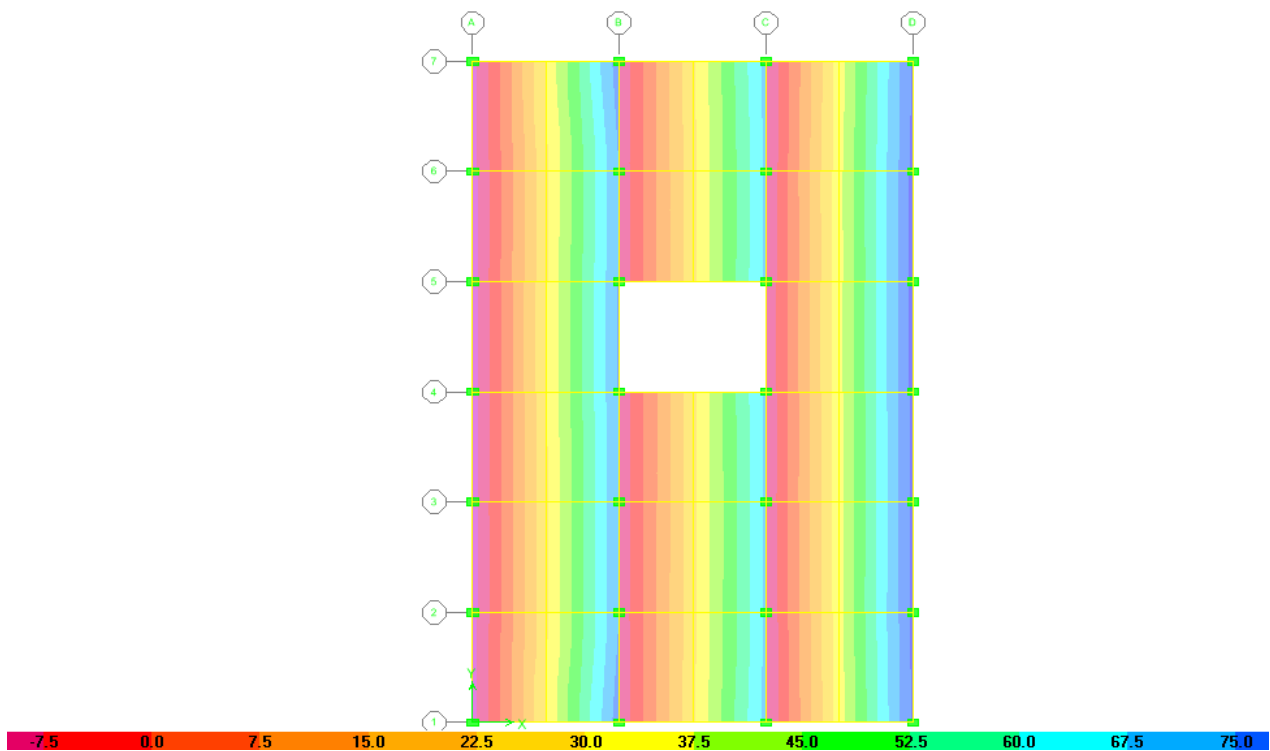
Hình A1



Hình B1

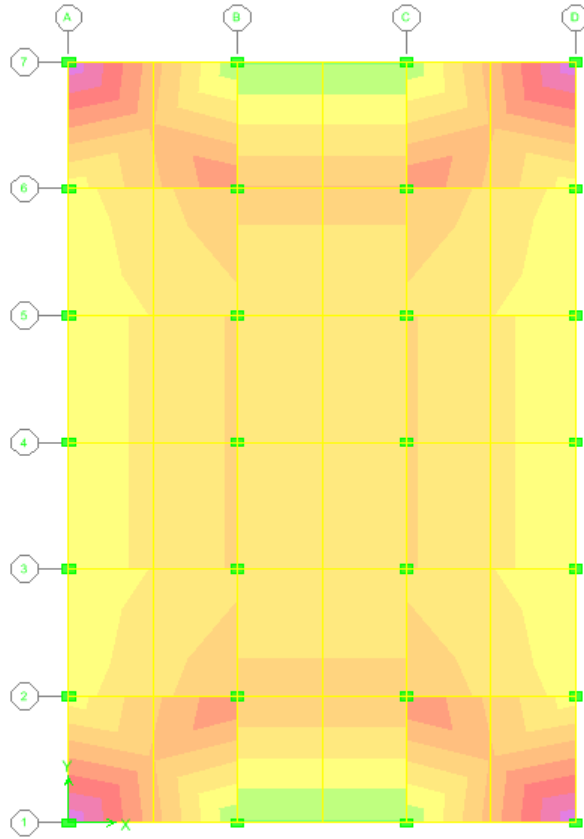


Hình C1

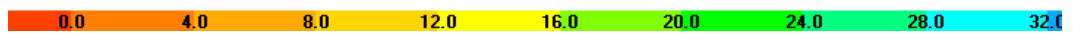
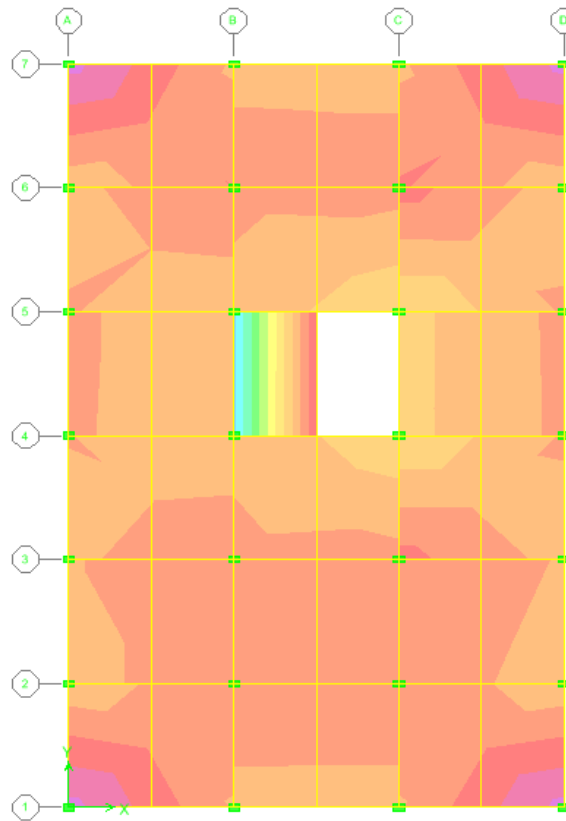


Hình 3-2. Biểu đồ ứng suất của sàn tầng 2

Hình A2

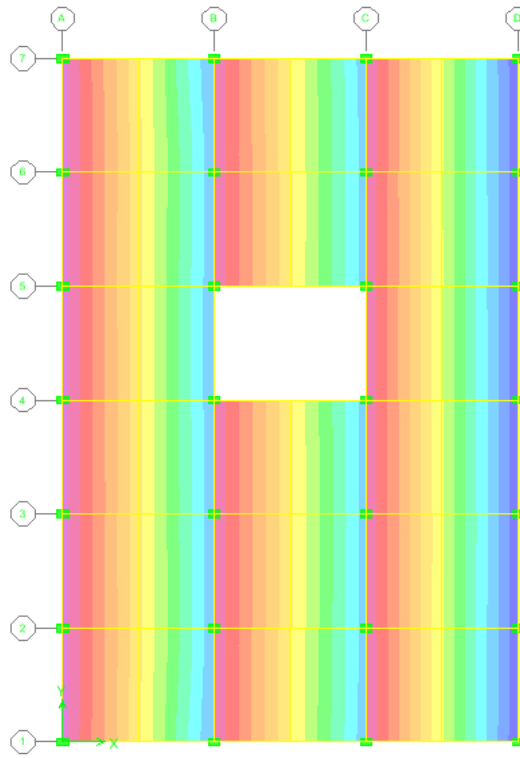


Hình B2



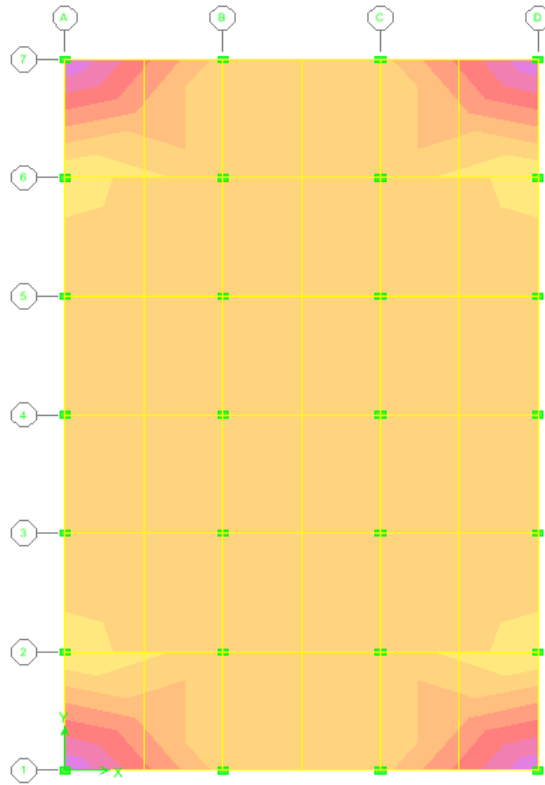


Hình C2

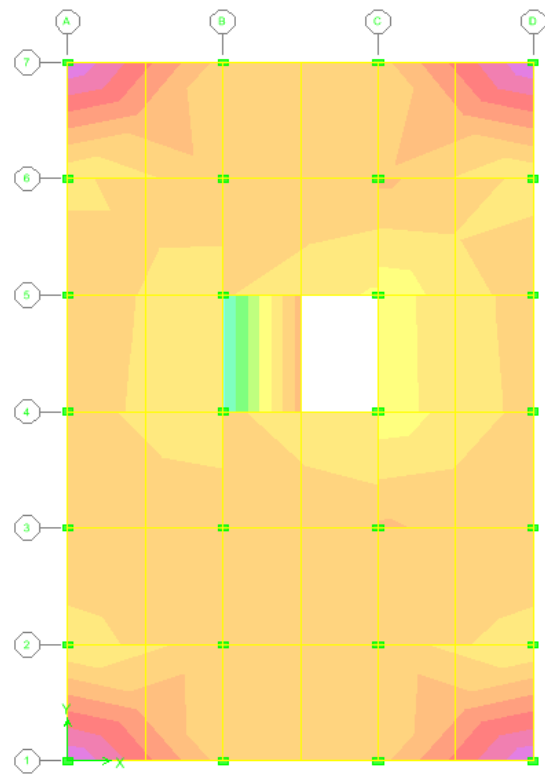


Hình 3-3. Biểu đồ ứng suất của sàn tầng 3

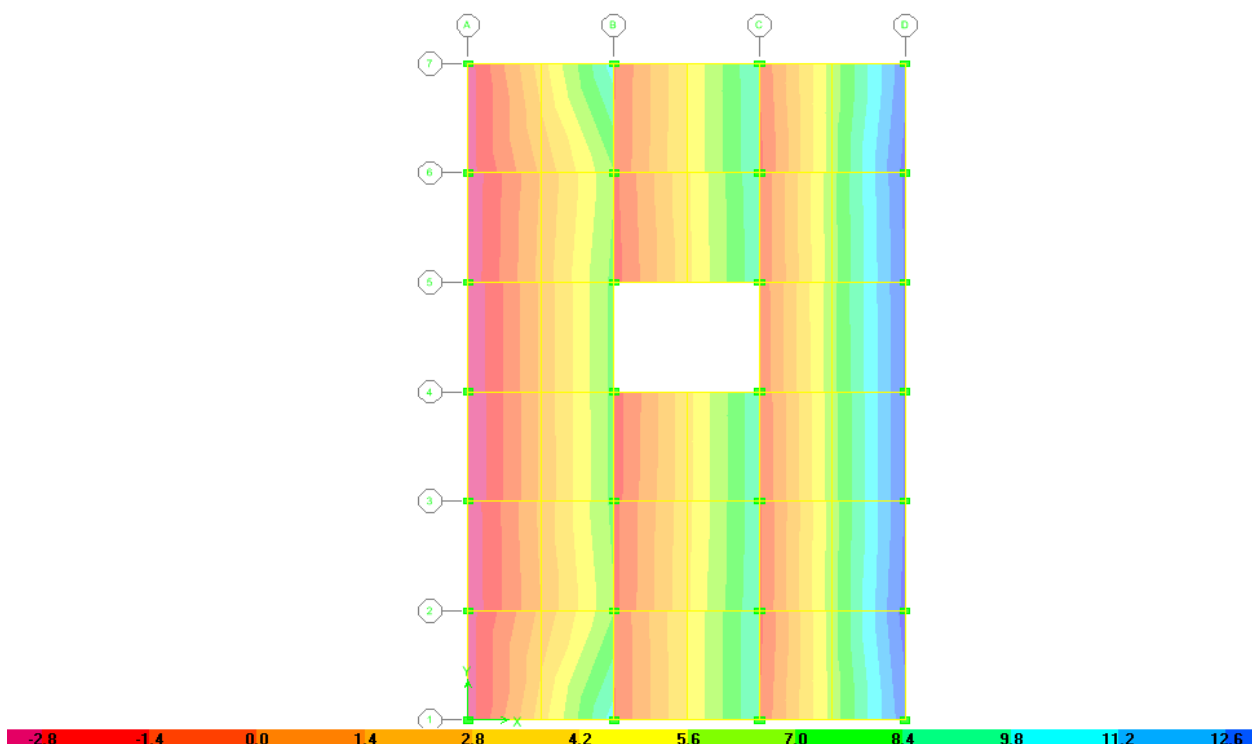
Hình A3



Hình B3



Hình C3



Hình 3-4. Biểu đồ ứng suất của sàn tầng 5

### 3.2.2 Bảng kết quả chuyển vị và ứng suất trong ô sàn

	Sàn nguyên	Sàn có lỗ thủng nhỏ	Sàn có lỗ thủng lớn
Tầng 5	0.321	0.397	0.424
Tầng 4	0.302	0.370	0.391
Tầng 3	0.254	0.311	0.339
Tầng 2	0.186	0.224	0.256
Tầng 1	0.127	0.151	0.189

Bảng 3-2. Bảng chuyển vị của ô sàn (cm)

		Sàn nguyên		Sàn có lỗ thủng nhỏ		Sàn có lỗ thủng lớn	
		Ứng suất chính	Ứng suất tiếp	Ứng suất chính	Ứng suất tiếp	Ứng suất chính	Ứng suất tiếp
Tầng 5	Nhip	6.721	0.322	6.891	2.716	10.483	-0.103
	Gối	-13.287	-0.139	-13.978	1.284	-10.071	-0.971
Tầng 4	Nhip	23.692	0.214	27.225	2.244	27.324	0.095
	Gối	-26.071	-0.239	-22.985	1.020	-23.449	-0.712
Tầng 3	Nhip	37.588	0.219	39.695	2.214	40.856	0.098
	Gối	-39.384	-0.211	-37.983	0.986	-37.583	-0.663
Tầng 2	Nhip	55.689	0.211	57.051	1.477	58.243	0.121
	Gối	-58.533	-0.136	-58.089	0.555	-57.712	-0.487
Tầng 1	Nhip	69.763	0.223	71.388	1.654	71.860	0.395
	Gối	-68.578	-0.315	-67.801	0.416	-68.355	-0.555

Bảng 3-3. Giá trị ứng suất trong các ô sàn

Nhận xét kết quả:

- Từ biểu đồ màu ứng suất và bảng kết quả nhận thấy rõ, chuyển vị của toàn sàn tầng theo chiều cao tầng ở cả 3 loại sàn. Đồng thời chuyển vị cũng tăng dần khi lỗ thủng được mở rộng từ nhỏ đến lớn.
- Ứng suất chính tại nhịp cũng tăng dần theo độ mở rộng của lỗ thủng, trong khi đó ứng suất tiếp có sự thay đổi về dấu chứng tỏ có sự thay đổi phương chiều làm việc của kết cấu sàn từ kéo chuyển sang nén hoặc ngược lại. Điều này dẫn tới sự phân phối lại nội lực cho toàn bộ sàn tầng.
- Dựa trên bảng màu ứng suất, ta cũng nhận thấy những ô sàn ở vị trí tiếp giáp với lỗ thủng có sự thay đổi phương chiều làm việc đáng kể, dải ứng suất thay đổi rất lớn từ giá trị âm chuyển sang giá trị dương và ngược lại.

# KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

## 1. Kết luận

- Việc nghiên cứu sự làm việc của ô sàn có lỗ thủng cho thấy sự phân bố ứng suất, nội lực và chuyển vị trong công trình ảnh hưởng rất lớn đến sự làm việc của các thành phần kết cấu chịu lực khác trong công trình như dầm, sàn tầng.

- Khi tính toán thiết kế nhà thấp tầng hay cao tầng có lỗ thủng, cần chủ động xem xét sự biến dạng cũng như phân phối lại các ứng suất chính và ứng suất tiếp của các ô sàn có lỗ thủng cũng như toàn bộ sàn tầng để có biện pháp gia cố miệng lỗ thủng bằng cốt thép tăng cường hay bổ sung hệ thống dầm gia cường.

- Trong trường hợp sửa chữa, nâng cấp công trình cần phải cắt ô sàn vì lý do sử dụng hoặc yêu cầu công năng thì cần phân tích, tính toán chi tiết các vị trí giảm yếu để đảm bảo công trình an toàn khi đưa vào sử dụng lại. Có thể kết hợp với các công nghệ thi công hiện đại như căng thép sau hoặc bổ sung miệng lỗ bằng bê tông cốt sợi các bon.

## 2. Kiến nghị

- Trong quá trình thiết kế, cần không chệch chuyển vị, ứng suất ở xung quanh miệng lỗ thủng. Việc tăng độ cứng của sàn tầng có thể thực hiện bằng cách thay đổi hệ kết cấu thông thường bằng hệ kết cấu hỗn hợp dầm bổ sung, thậm chí tăng thêm sọt chống nếu lỗ thủng lớn, nhờ đó mà nâng cao độ ổn định tổng thể cho công trình.

+ Kết cấu phải có độ dẻo và khả năng phân tán năng lượng lớn (kèm theo việc giảm độ cứng ít nhất)

+ Xem xét sự làm việc tổng thể hệ kết cấu.

+ Phá hoại uốn phải xảy ra trước phá hoại cắt

- Để tạo ra khả năng phân tán năng lượng lớn cốt thép ngang cần phải được tính toán, cấu tạo và thi công đúng trong các vùng khớp dẻo của dầm và sàn. Cốt thép ngang có các vai trò sau:

+ Hạn chế sự nở ngang của bê tông nhằm tăng khả năng biến dạng của nó lẫn cường độ lực dính kết giữa bê tông và cốt thép dọc

+ Giữ cho cốt thép dọc không bị uốn cục bộ

+ Bảo đảm khả năng chịu cắt

- Sử dụng các loại vật liệu kết cấu mới như kết cấu composit hoặc vật liệu mới có khả năng chịu lực tốt ngay cả trong trường hợp có sự thay đổi lớn về phương chiều làm việc của kết cấu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO.

1. Ngô Thế Phong, Lý Trần Cường, Trịnh Kim Đạm, Nguyễn Lê Ninh. Kết cấu bê tông cốt thép - Phần kết cấu nhà cửa. Nhà xuất bản KHKT, Hà nội - 1998
2. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Đoàn Ngọc Tranh, Hoàng Văn Quang. Kết cấu thép 2 - Công trình dân dụng và công nghiệp. Nhà xuất bản KHKT, Hà nội - 1998
3. Trịnh Hồng Đoàn, Nguyễn Hồng Thục, Khuất Tân Hưng. Nhà cao tầng - Thiết kế và xây dựng. Tập 1 - Kiến trúc nhà cao tầng. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội - 2003.
4. Sullo W. Kết cấu nhà cao tầng. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội - 1995
5. Drozdov P.F. Cấu tạo và tính toán hệ chịu lực và các cấu kiện của nhà nhiều tầng. Nhà xuất bản KHKT, Hà nội - 1984
6. N. Isyumov, M. Poole. Wind induced torque on square and rectangular building shapes. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 13 (1983) 183-196.
7. Carlos P. Patrickson, M. ASCE and Peretz P. Friedmann. Deterministic torsional building response to winds. Journal of the structural division.
8. Bungale S.Taranath. Steel, concrete and composite design of tall buildings. McGraw - Hill - 1998.
9. Tiêu chuẩn TCXDVN 198-1997. Nhà cao tầng - Thiết kế kết cấu bê tông toàn khối. Tuyển tập Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội - 1997
10. Tiêu chuẩn TCVN 2737-1995. Tải trọng và tác động, tiêu chuẩn thiết kế. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội - 1996
11. Tiêu chuẩn ACI 318-2011 (Mỹ).
12. Tiêu chuẩn Eurocode8-2004 (Châu Âu)