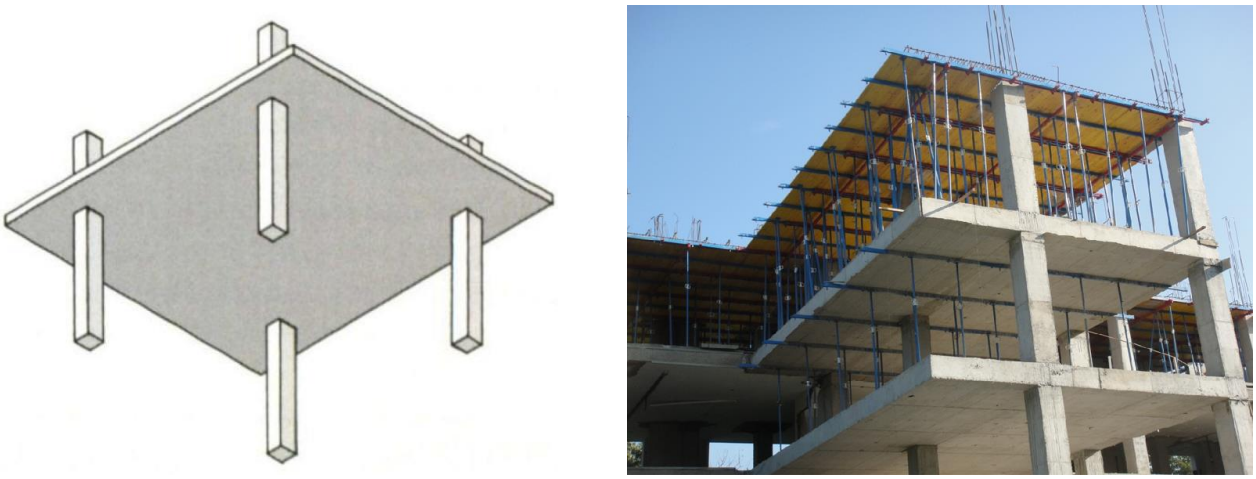
THIẾT KẾ SÀN NẤM

Tài liệu này được viết dựa trên bài giảng của GS. Ngô Thế Phong - Trường Đại học Xây Dựng.

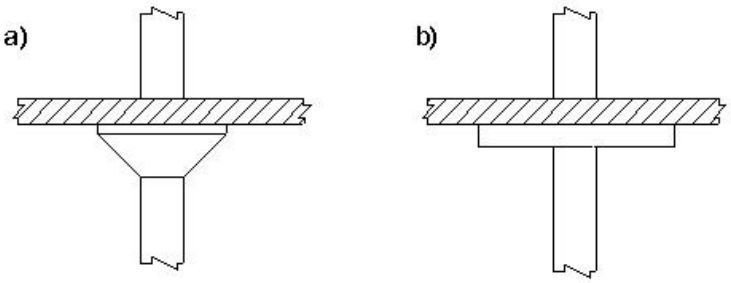
1. KHÁI NIỆM CHUNG

Sàn nấm là sàn không có dầm, bản sàn dựa trực tiếp trên cột (Hình 1). Dùng sàn nấm sẽ giảm được chiều cao kết cấu, việc làm ván khuôn đơn giản và dễ dàng bố trí cốt thép. Sàn nấm có mặt dưới phẳng nên việc chiếu sáng và thông gió tốt hơn sàn có dầm. Ngoài ra việc ngăn chia các phòng trên mặt sàn cũng sẽ linh hoạt và rất thích hợp với các bức tường ngăn di động.



Hình 1. Ví dụ về sàn nấm

Khi chịu tải trọng thẳng đứng, bản sàn có thể bị phá hoại vì cắt theo kiểu bị cột đâm thủng. Để tăng cường khả năng chịu cắt, có thể tạo ra mũ cột theo các dạng như Hình 2a hoặc Hình 2b.



Hình 2. Mũ cột chống chọc thủng

Bản có chiều dày lớn hơn trên đầu cột còn có tác dụng tăng cường khả năng chịu momen, vì ở tiết diện sát đến cột, momen uốn trong bản đạt giá trị lớn nhất.

Chiều rộng nhịp thích hợp với sàn nấm, thường là 4 đến 8 mét đối với bê tông cột thép thường, khi nhịp của bản từ 7m trở lên nên có cốt thép ứng lực trước để có thể giảm chiều dày bản và giảm độ võng.

Chiều dày các bản sàn nấm không có ứng lực trước, có thể lấy khoảng 1/30 nhịp hoặc tính sơ bộ theo công thức:

$$\frac{l_2}{h_b} \le 55\sqrt[3]{\frac{l_2}{l_1} * \frac{1}{q * k_1}} \quad (1)$$

Trong đó:

- l_2, l_1: nhịp nội của bản (khoảng cách giữa hai mép cột) theo phương dài và phương ngắn.
- q: tải trọng toàn phần (kN/m^2) bao gồm cả hoạt tải và trọng lượng bản thân
- k_1: hệ số xác định như sau:

  $k_1 = 1$ đối với ô bản nằm giữa

  $k_1 = 1.3$ đối với ô bản nằm ngoài và có dầm bo

  $k_1 = 1.6$ đối với ô bản nằm ngoài và không có dầm bo
- h_b: chiều dày của bản sàn

Đối với sàn có mũ cột thì chiều dày sàn được xác định theo:

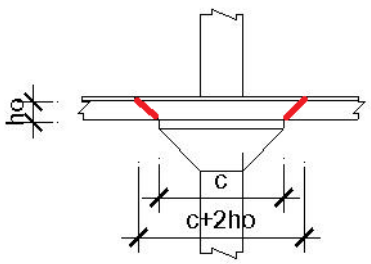
$$\frac{l_2}{h_b} \le 65\sqrt[3]{\frac{l_2}{l_1} * \frac{1}{q * k_1}} \quad (2)$$

Mũ cột phải có bề dày được tăng thêm ít nhất bằng 1/4 chiều dày của bản ở giữa ô và bề rộng của mũ cột thường không nhỏ hơn 1/3 khoảng cách giữa hai trục tim cột (hai trục của mũ cột trùng với trục của tim cột).

Đối với bản sàn nấm có cốt thép ứng lực trước, chiều dày của bản có thể sơ bộ giả thiết không nhỏ hơn 1/40 cạnh lớn của bước cột đối với bản sàn có không dưới hai nhịp.

Chiều dày của bản hoặc chiều dày của mũ cột phải được tính toán kiểm tra để loại trừ khả năng bản bị đâm thủng. Theo tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574-91 thì phải thoả mãn điều kiện sau:

$$P \le 0.75 * R_k * b * h_0 \quad (3)$$



Hình 3. Mặt phá hoại trong trường hợp chọc thủng

Trong đó:

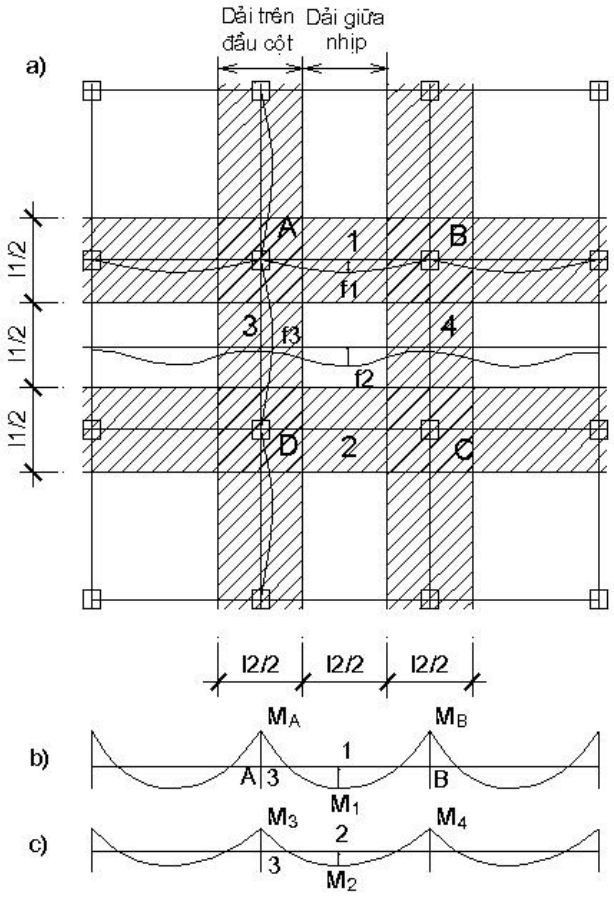
- P: Tải trọng gây nên sự phá hoại theo kiểu chọc thủng. Giả thiết mặt phá hoại nghiêng một góc 45^o như Hình 3. Giả sử lưới cột là l_1, l_2 và q là tải trọng phân bố đều trên bản (kể cả trọng lượng bản thân), kích thước mũ cột là c × c thì :

$$P = q[l_1 * l_2 - (c + 2h_0)^2] \quad (4)$$

- h_0: chiều dày hữu hiệu của mũ cột (chiều cao làm việc của cốt thép)
- b: chu vi trung bình của mặt đâm thủng; b = 4*(c + h_0)
- R_k: cường độ chịu kéo của bê tông

(** Chú thích: bài giảng được biên soạn trước khi có ban hành TCVN 5574:2012; phần tính toán chọc thủng theo TCVN 5574:2012 có khác so với TCVN 5574:1991; độc giả có thể tra cứu mục 6.2.5.4 của TCVN 5574:2012 để cập nhật phần tính toán này. Ngoài ra, việc tính toán kiểm tra chọc thủng cho sàn không dầm nên tham khảo thêm tiêu chuẩn nước ngoài, ví dụ EuroCode 2, để kể thêm ảnh hưởng của cốt thép sàn và cốt thép chống cắt*)

Trong tính toán và cấu tạo bản sàn nấm, người ta thường chia bản ra thành dải bản trên đầu cột và giải giữa nhịp, hai giải này đều có chiều rộng bằng 1/2 bước cột như Hình 4.



Hình 4. Hình ảnh biến dạng và mô men trong các giải bản

Giả sử tải trọng trên bản là phân bố đều, xem xét biến dạng của dải trên đầu cột A-1-B ta thấy tại vị trí đầu cột (A, B) độ võng của bản bằng không, tại vị trí giữa nhịp (1) độ võng là lớn nhất. Từ đường đàn hồi (độ võng) ta suy ra dạng của biểu đồ momen uốn ở dải trên đầu cột như Hình 4b, trong đó M_A và M_B là momen âm, M_1 là momen dương. Đối với dải giữa nhịp 3-2-4 độ võng tại vị trí 3 là f_3 sẽ nhỏ hơn độ võng tại vị trí 2 là f_2. Có thể tưởng tượng rằng dải giữa nhịp 3-2-4 giống như một dầm liên tục kê lên các gối tựa là các dải trên đầu cột A-3-D, B-4-C, v.v… Từ đó suy ra dạng của biểu đồ momen uốn như trên Hình 4c, trong đó M_2 là momen dương và M_3, M_4 là momen âm. Hoàn toàn tương tự, có thể suy ra hình ảnh biến dạng và momen uốn của dải trên đầu cột và dải giữa nhịp của phương vuông góc.

2. TÍNH TOÁN NỘI LỰC

Để tính được các giá trị nội lực ở một tiết diện nào đó của bản có thể dùng nhiều cách khác nhau dựa trên lý thuyết đàn hồi hoặc cân bằng giới hạn, có thể dùng phương pháp giải tích hoặc phương pháp số. Ở đây chỉ trình bày cách tính hay được dùng trong thiết kế.

Vấn đề đặt ra là cần phải tính được các giá trị momen uốn trong các dải bản trên đầu cột và dải bản giữa nhịp theo cả hai phương của hệ lưới cột. Người ta thường sử dụng phương pháp phân phối trực tiếp và phương pháp khung tương đương.

Phương pháp phân phối trực tiếp là xác định trực tiếp các giá trị nội lực của các dải giữa nhịp và giải trên đầu cột. Các nước khác nhau cho các hệ số phân phối khác nhau tuỳ theo quan niệm về sự phân phối lại nội lực trong kết cấu, tính chất làm việc đàn hồi dẻo của vật liệu. Dưới đây trình bày một cách tính toán khá đơn giản của nước Anh. Theo đó, phương pháp phân phối trực tiếp chỉ được áp dụng khi :

- Ổn định ngang của hệ kết cấu không phụ thuộc vào sự làm việc của bản và liên kết giữa cột và bản.
- Giá trị của hoạt tải không được vượt quá 5 T/m^2 và không vượt quá 1.25 lần giá trị của tĩnh tải.
- Sàn phải có ít nhất ba khoảng của bản với nhịp xấp xỉ nhau theo phương đang xét.

Các giá trị momen và lực cắt được phân phối cho bản và cho cột trong Bảng 1.

Bảng 1: Mô men uốn và lực cắt của sàn nấm

	Gối tựa biên		Nhịp thứ 1	Gối tựa thứ 2	Nhịp giữa	Gối tựa giữa
	Là cột	Là vách				
Mô men uốn trong bản	-0.04FL	-0.02FL	0.83FL	-0.063FL	0.71FL	-0.055FL
Lực cắt	0.45F	0.4F	-	0.6F	-	0.5F
Mô men uốn của cột	0.04FL	-	-	0.022FL	-	0.022FL

Trong đó:

- F: tổng tải trọng tác dụng lên một ô bản; $F = (g + q)*l_1*l_2$
- L: nhịp tính toán theo phương đang xét; $L = l - 2h_c/3$
- h_c: cạnh của cột hoặc mũ cột

Giá trị momen uốn của bản được phân phối cho các giải bản trên đầu cột và giữa nhịp theo tỷ lệ cho trong Bảng 2.

Bảng 2: Phân phối mô men lên các giải bản

	Dải trên đầu cột	Dải giữa nhịp
Mô men âm	75%	25%
Mô men dương	55%	45%

Khi không có mũ cột, việc chia ra dải giữa nhịp và giải trên đầu cột được thực hiện theo Hình 4. Khi có mũ cột mà cạnh nhỏ của mũ cột nhỏ hơn 1/3 cạnh nhỏ của ô bản (tính theo trục tim cột) thì bỏ qua sự có mặt của bản đầu cột. Trong trường hợp ngược lại thì bề rộng của dải trên đầu cột lấy bằng bề rộng của mũ cột. Khi đó bề rộng của dải trên đầu cột và bề rộng của dải ở giữa nhịp có thể sẽ không bằng nhau, việc phân phối momen cho hai dải này theo Bảng 2 đồng thời còn phải tỷ lệ với bề rộng của dải.

Momen phân phối cho cột theo Bảng 2 cần phải chia cho cột trên và cột dưới theo tỷ lệ độ cứng của chúng.

Để so sánh dưới đây trình bày thêm phương pháp trực tiếp của Úc để xác định momen uốn.

Phương pháp này áp dụng khi sự khác nhau về nhịp (bước cột) không quá 10%. Việc phân chia các dải giữa nhịp và dải trên đầu cột lấy theo Hình 4a. Theo từng phương người ta tính giá trị momen uốn M_0 như trên hình 5.

M_0 là giá trị momen uốn cho một ô bản kê tự do trên đầu cột với giả thiết gần đúng rằng phản lực gối tựa nằm cách trục cột một đoạn bằng 2/3(c/2) với c là bề rộng quy ước của mũ cột. Như vậy ta được:

$$M_0 = \frac{q * l_1 * l_0}{8} \quad (5)$$

Trong đó: q là tải trọng toàn phần phân bố trên một đơn vị diện tích bản

Khi tính toán theo phương vuông góc, phải hoán vị l_1 là l_2

Gọi:

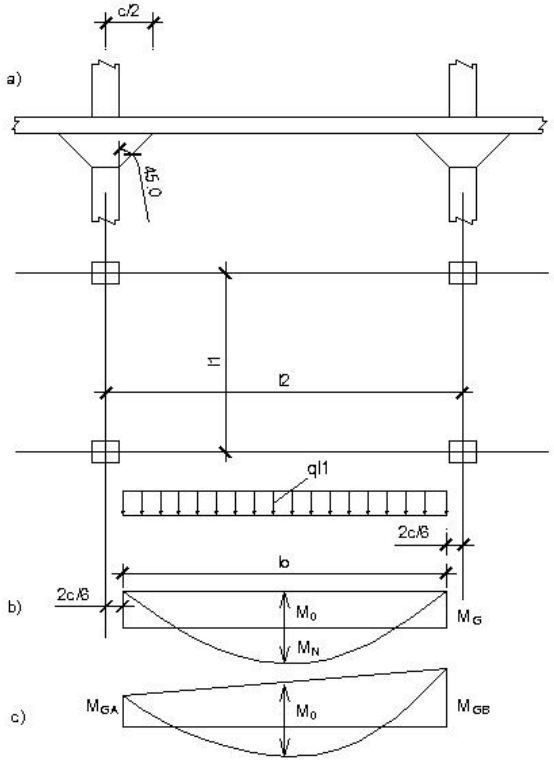
M_G là tổng momen âm trên gối tựa giữa của ô bản.

M_N là tổng momen dương ở giữa nhịp giữa của ô bản.

M_{GB} là tổng momen âm trên gối tựa thứ 2 (gối tựa B) của ô bản .

M_{NB} là tổng momen dương ở giữa nhịp biên của ô bản.

M_{GA} là tổng momen âm ở gối tựa thứ nhất (gối tựa 1) của ô bản.



Hình 5. a) Sơ đồ tính mô men của bản; b) phân phối mô men ở nhịp giữa; c) phân phối mô men ở nhịp biên

Việc phân phối momen M_0 cho gối và nhịp được tiến hành như sau:

- Đối với các ô bản ở bên trong :

$M_N = 0.35M_0$

$M_G = -0.65M_0$

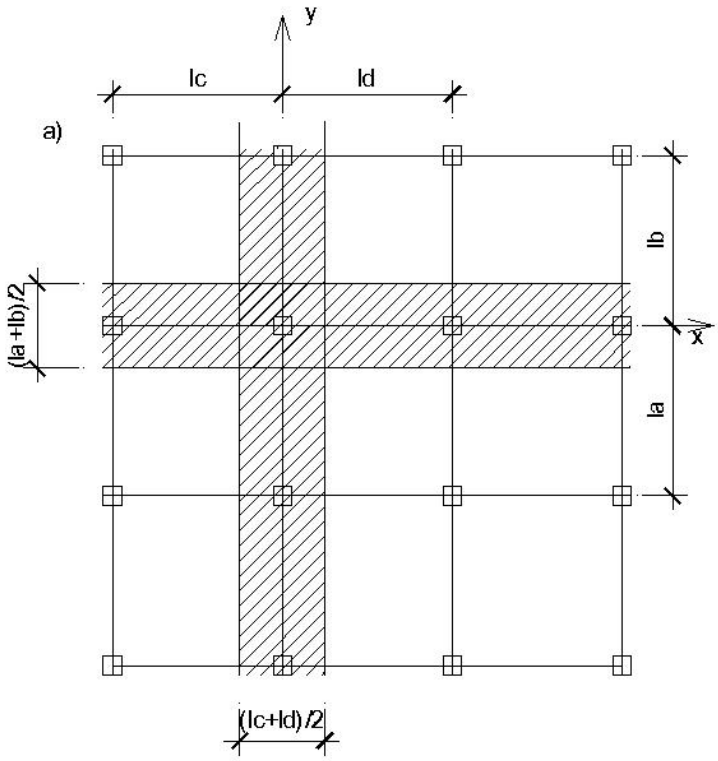
- Đối với các ô bản ở biên (ở phía ngoài) thì phân phối theo Bảng 3.

Bảng 3: Phân phối mô men ở ô bản biên

Tình trạng gối tựa biên	M_{GA}/M_0	M_{NB}/M_0	M_{GB}/M_0
Tựa tự do	0.00	0.60	0.80
Tựa trên cột	0.25	0.50	0.75
Tựa trên cột và dầm biên	0.30	0.50	0.70
Ngàm hoàn toàn	0.65	0.35	0.65

Việc chia các giá trị momen âm và dương cho các dải trên đầu cột và giữa nhịp cũng theo tỷ lệ cho trong Bảng 2.

Phương pháp khung tương đương được dùng để xác định nội lực (momen uốn và lực cắt) cho bản sàn và cột khi chịu tải trọng thẳng đứng và tải trọng ngang, nhịp của bản có thể đều hoặc không đều. Người ta coi sàn như ghép từ hai hệ khung phẳng vuông góc với nhau để tính toán nội lực một cách riêng biệt, cột khung là cột nhà còn dầm khung là bản sàn với chiều rộng bằng khoảng cách giữa hai trục của hai ô bản lân cận với cột. Hình 6 cho một số ví dụ về việc xác định bề rộng của bản tham gia vào dầm của khung tương đương theo hai phương X và Y. Có thể dùng các phương pháp cơ học kết cấu khác nhau để xác định momen uốn trong ô bản và cột. Tải trọng trên mỗi khung tương đương là toàn bộ tải tác dụng lên sàn. Việc phân chia các giá trị momen tính được cho các dải trên đầu cột và các dải giữa nhịp có thể theo Bảng 2



Hình 6. Xác định bề rộng của dầm khung tương đương

3. TÍNH TOÁN CỐT THÉP DỌC TRONG BẢN SÀN

Từ các giá trị momen trong các dải bản trên đầu cột và dải bản giữa nhịp có thể xác định được diện tích cốt thép dọc trong bản sàn theo các công thức chung phần cấu kiện cơ bản. Để xét đến những sai lệch thiên về an toàn trong tính toán nội lực và tính toán tiết diện, có thể giảm bớt cốt thép dọc trong bản theo công thức:

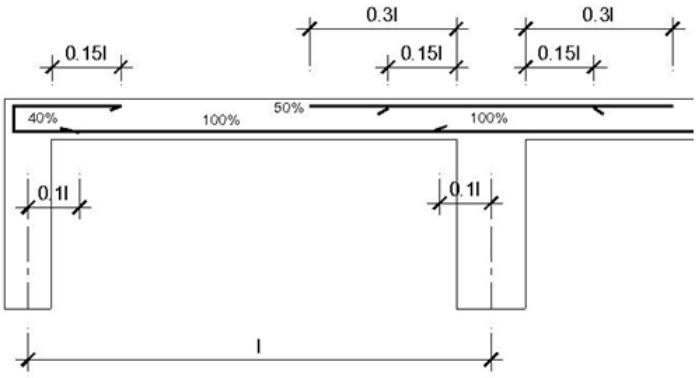
$$F = \frac{0.7M}{\gamma * R_a * h_0} \quad (6)$$

Có thể lấy gần đúng $\gamma = 0.9$

Cần phân biệt chiều cao h_0 của bản đối với phương có cốt thép đặt dưới và phương có cốt thép đặt trên khi có bản mũ cột, chiều cao h_0 lấy theo chiều dày của bản và bản mũ cột. Cốt thép chịu momen âm của dải trên đầu cột sẽ được đặt hai phần ba (2/3) trên băng chạy qua đỉnh cột có chiều rộng bằng 1/2 chiều rộng của dải trên đầu cột, 1/3 còn lại đặt sang hai bên.

4. BỐ TRÍ CỐT THÉP TRONG BẢN SÀN NẤM

Việc bố trí cốt thép và cắt cốt thép đối với bản chịu tải trọng phân bố đều có thể theo quy tắc đơn giản và an toàn thể hiện trên hình 7

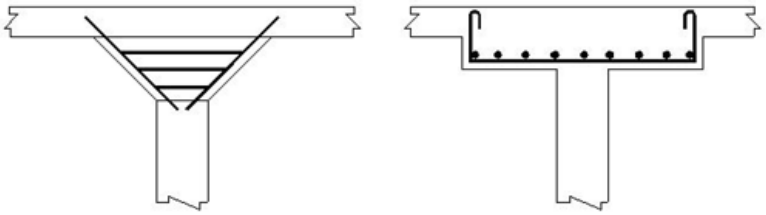


Hình 7. Bố trí cốt thép trong bản sàn nấm

(** Chú thích: trong hình ảnh trên, cốt thép trên tại gối giữa được bố trí 100% tại trong khoảng 0.15*l; và 50% cốt thép được kéo ra đến khoảng 0.3*l; cốt thép dưới được bố trí 100% ở giữa nhịp và 40% cốt thép được kéo vào gối tựa*)

5. BỐ TRÍ CỐT THÉP TRONG MŨ CỘT

Bố trí cốt thép trong mũ cột được thể hiện trên hình 8



Hình 8. Bố trí cốt thép trong mũ cột