
**CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN NỘI LỰC
SÀN PHẪNG BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC**
METHODS CALCULATE FORCE AND STRESS
PRESTRESSED CONCRETE SLAB

ThS. NGUYỄN TIẾN THÀNH
Khoa Công trình, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Trong những năm gần đây, việc sử dụng sàn ứng suất trước trong tòa nhà cao tầng đem lại nhiều thuận lợi hơn so với sàn bê tông cốt thép thông thường. Hệ thống sàn bê tông ứng suất trước rất phù hợp cho sàn nhà cao tầng với tải trọng động và cần không gian lớn, cũng như các kết cấu cần vượt nhịp lớn.

Vi vậy, việc nghiên cứu các phương pháp tính toán nội lực, ứng suất trong sàn bê tông ứng suất trước là rất cần thiết.

Abstract:

Recently, a lot of high-building applied prestressed concrete floor and took its advantages than reinforce concrete. Prestressed, concrete slab systems are ideally suited for floor construction of buildings where the live loads to be supported are of a higher order and the uninterrupted floor space are desirable, for which reason longer spans between the supporting elements are required.

Thus, research methods calculate force and stress prestressed concrete slab in high-buildings is necessary.

1. Đặt vấn đề

Bê tông ứng lực trước (BT ULT) là bê tông, trong đó thông qua lực nén trước để tạo ra và phân bố một lượng ứng suất bên trong phù hợp nhằm cân bằng với một lượng mong muốn ứng suất do tải trọng ngoài gây ra. Với các cấu kiện BT ULT, ứng suất thường được tạo ra bằng cách kéo thép cường độ cao.

Bê tông thường có cường độ chịu kéo rất nhỏ so với cường độ chịu nén. Đó là nhân tố dẫn đến việc xuất hiện một loại vật liệu hỗn hợp là “bê tông cốt thép” (BTCT).

Nhà cao tầng hiện nay đã ứng dụng rất nhiều tính năng và công nghệ mới của bê tông. Việc ứng dụng sàn bê tông cốt thép ứng lực trước trong thiết kế và thi công nhà cao tầng là rất cần thiết.

2. Các phương pháp tính toán nội lực sàn BTCT ULT

Để phân tích sàn, tính toán nội lực, ứng suất trong sàn có thể sử dụng nhiều cách khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo, tác giả đề nghị 3 phương pháp tính toán có thể ứng dụng tại Việt Nam.

2.1 Phương pháp phân phối trực tiếp:

Trong tính toán bản sàn theo phương pháp phân phối trực tiếp, mômen uốn M_0 của từng ô bản được phân phối cho các miền mômen âm và mômen dương dựa trên bảng tra các hệ số được lập sẵn. Phương pháp phân phối trực tiếp mang tính ứng dụng cao, dễ sử dụng và đơn giản. Tuy nhiên phạm vi sử dụng hơi bị hạn chế.

Phương pháp phân phối trực tiếp theo tiêu chuẩn ACI:

Để đảm bảo khả năng chịu uốn của sàn ở trạng thái giới hạn đủ để chịu được mô men âm và mô men dương do tải trọng bất lợi nhất gây ra, tiêu chuẩn ACI đưa ra các điều kiện sau:

- Phải có ít nhất 3 nhịp liên tục theo mỗi phương.

- Các nhịp phải đều nhau. Theo từng phương, các nhịp kề nhau không được chênh nhau quá 1/3 chiều dài nhịp lớn hơn.

- Tất cả các tải trọng đều là tải trọng đứng, hoạt tải phải là tải trọng phân bố đều và nhỏ hơn 2 lần tĩnh tải.

- Các ô sàn phải là hình chữ nhật, tỷ lệ nhịp dài và nhịp ngắn không được vượt quá 2.

- Cột không được lệch vị trí quá 10% khoảng cách giữa các đường tim cột của các cột kế tiếp nhau theo mỗi phương.

Quy trình tính toán theo phương pháp phân phối trực tiếp:

2.1.1 Xác định mô men tổng cộng:

Mô men tổng cộng do tải trọng tính toán M_0 :

$$M_0 = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8} \quad (1)$$

Trong đó: w_u : tải trọng phân bố

l_2 : bề rộng dầm - bản.

l_n : chiều dài thông thủy của nhịp, được tính là khoảng cách giữa 2 mặt trong của gối tựa (cột, mũ cột, hoặc vách) nhưng không được nhỏ hơn $0.65l_1$ (l_1 là khoảng cách tâm 2 gối tựa).

2.1.2 Phân phối mô men cho các ô bản:

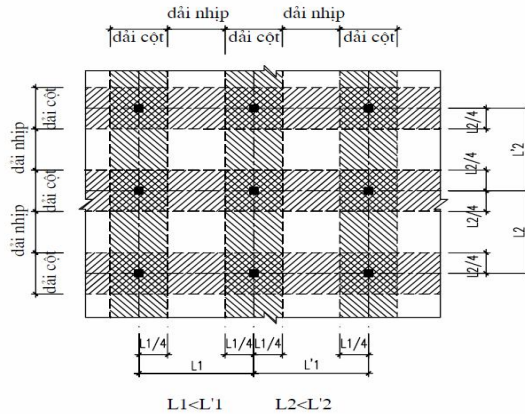
Đối với các nhịp trong, mô men M_0 được phân phối 65% cho mô men âm và 35% cho mô men dương. Giá trị này xấp xỉ như dầm ngàm 2 đầu chịu tải trọng phân bố dựa trên giả thiết góc xoay của các điểm liên kết phía trong là không đáng kể. Tiết diện tới hạn đối với mô men âm là tiết diện tại vị trí mặt gối tựa (cột, tường, mũ cột) của bản sàn. Với cột tròn, tiết diện tới hạn đối với mô men âm nằm tại vị trí cạnh hình vuông tương đương.

Đối với các cột biên, lực chỉ tác dụng lên cột ở một phía nên sẽ gây ra mô men không cân bằng. Góc xoay sẽ làm giảm mô men âm và tăng mô men dương ở giữa nhịp và ở gối trong đầu tiên. Độ lớn góc xoay của cột biên phụ thuộc vào độ cứng của cột tương đương. Nếu độ cứng của cột lớn so với độ cứng của dầm - bản, cột sẽ ngăn cản góc xoay của biên ngoài của sàn và đóng vai trò như một liên kết ngàm, tỷ lệ phân phối mô men M_0 sẽ tương tự như các nhịp trong (65% tại gối và 35% tại nhịp). Ngược lại, nếu độ cứng của cột không đủ lớn, cột đóng vai trò như một gối cố định. Lúc này, mô men tại gối ngoài sẽ bằng 0, mô men giữa nhịp là $0.63M_0$, mô men tại gối trong đầu tiên bằng $0.75M_0$. Nếu sàn không có dầm biên, tỷ lệ phân phối lần lượt cho các tiết diện trên sẽ là $0.26M_0$, $0.50M_0$, $0.70M_0$. Nếu sàn có dầm biên: $0.30M_0$, $0.50M_0$, $0.70M_0$.

2.1.3 Phân phối mô men cho các dải nhịp và dải cột:

Sau khi phân phối mô men cho các ô bản, cần phân phối mô men cho các dải nhịp và dải cột của ô bản.

Sự phân phối mô men âm và mô men dương cho các dải cột phụ thuộc vào tỷ số l_2/l_1 và α/l_1 , với sàn không dầm $\alpha=0$. Sau khi phân phối mô men cho dải cột, lượng mô men còn lại sẽ phân phối cho dải nhịp.



Hình 1. Sơ đồ dải cột và dải nhịp

- Đối với mô men dương, 60% sẽ phân phối cho dải cột.

- Đối với mô men âm:

Đối với nhịp giữa, 75% mô men âm phân phối cho dải cột.

Đối với nhịp biên, sự phân phối mô men phụ thuộc l_2/l_1 , α_2/l_1 , độ cứng chống xoắn của dầm biên β_t .

$$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2 \cdot E_{cs} \cdot I_s} \quad (2)$$

Trong đó: E_{cb} và E_{cs} : mô đun đàn hồi của bê tông dầm và bê tông sàn

I_s : mô men quán tính của dầm bản

C: hằng số liên quan đến độ cứng chống xoắn của dầm biên

$$C = \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \cdot \frac{x^3 \cdot y}{3} \quad (3)$$

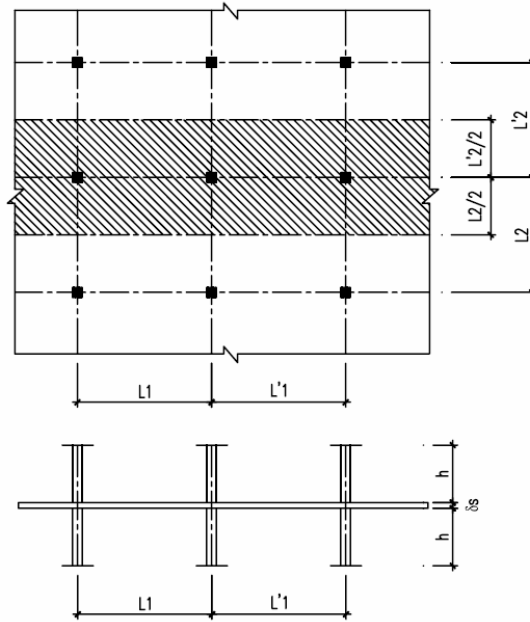
với x là cạnh ngắn, y là cạnh dài của tiết diện chữ nhật thành phần trong tiết diện ngang chịu xoắn trong phạm vi chiều cao tiết diện cột.

Nếu β_t rất nhỏ, gần bằng 0, 100% mô men âm sẽ phân phối cho dải cột. Nếu $\beta_t \geq 2.5$ thì 75% mô men âm sẽ phân bố cho dải cột.

2.2 Phương pháp khung tương đương

Vì lực cắt và mô men uốn trong sàn là do tải trọng thẳng đứng tác dụng lên tầng sàn nên có thể phân tích độc lập tầng sàn. Phương pháp khung tương đương được dùng để xác định nội lực cho sàn, số nhịp bất kỳ, nhịp có thể là đều hoặc không đều nhau. Theo phương pháp này, tương tượng cắt toàn bộ sàn dọc theo đường tim của sàn, tạo thành khung theo cả 2 phương, gọi là khung tương đương..

Khung tương đương có phần tử cột bao gồm 2 cột ở tầng trên và tầng dưới kế tiếp nhau của sàn và phần tử dầm có chiều rộng tính từ tâm 2 nhịp kế tiếp nhau, chiều cao bằng chiều dày sàn. Cột được giả thiết là ngàm 2 đầu.



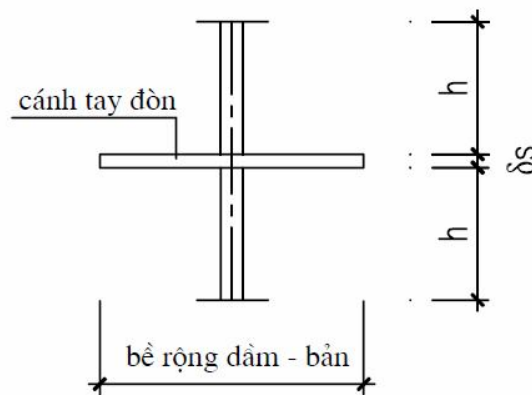
Hình 2. Sơ đồ khung tương đương.

2.2.1 Mô men quán tính của dầm - bản:

Mô men quán tính của dầm - bản thay đổi dọc theo trục dầm - bản do ảnh hưởng của kích thước các bộ phận kết cấu cột, mũ cột và bản mũ cột (nếu có). Độ cứng của bản sàn tại vị trí cột hoặc trong phạm vi mũ cột có thể xem như cứng tuyệt đối, tại gần vị trí với mũ cột hoặc cột, độ cứng của dầm - bản nhỏ hơn. Từ tim cột đến mặt cột hoặc mép mũ cột, mô men quán tính của dầm - bản lấy bằng mô men quán tính tại mặt cột hoặc tại mặt mũ cột chia cho $(1 - c_2/l_2)^2$, trong đó c_2 là kích thước của cột hoặc mũ cột, l_2 là kích thước nhịp theo phương đang xét.

2.2.2 Cột tương đương:

Trong khung tương đương, đối với sàn không dầm, toàn bộ phần mô men trong sàn giữa các cạnh cột và dầm - bản sẽ truyền thông qua lực xoắn. Để mô tả phản ứng của kết cấu đối với sự truyền mô men giữa sàn và cột do uốn và xoắn, giả thiết rằng cột có cánh tay đòn về 2 phía của cột. Cánh tay đòn này sẽ truyền mô men từ sàn vào cột thông qua xoắn. Cột phía trên và cột phía dưới sàn cùng với cánh tay đòn này được coi như một cấu kiện, được gọi là cột tương đương.



Hình 3. Cột tương đương

Độ cứng của cột tương đương được tính như sau:

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{K_t} \quad (4)$$

Trong đó: K_{ec} : độ cứng của cột tương đương

$\sum K_c$: tổng độ cứng của cột phía trên và phía dưới sàn

Độ cứng của cột: $K_c = k_c EI_c / l_c$

Với cột có tiết diện không đổi: $k_c = 4$

l_c : chiều dài của cột được tính từ tâm sàn tầng dưới đến tâm sàn tầng trên.

K_t : độ cứng chống xoắn của cánh tay đòn

$$K_t = \sum \frac{9E_{cs}C}{l_2(1-c_2/l_2)^3} \quad (5)$$

E_{cs} : mô đun đàn hồi của bê tông sàn

c_2 : bề rộng cột

l_2 : bề rộng của dầm - bản

C: mô men chống xoắn của cánh tay đòn.

Với tiết diện hình chữ nhật:

$$C = \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \cdot \frac{x^3 \cdot y}{3} \quad (6)$$

với x là cạnh ngắn, y là cạnh dài của tiết diện chữ nhật thành phần trong tiết diện ngang chịu xoắn trong phạm vi chiều cao tiết diện cột.

Nếu có dầm theo phương vuông góc với phương tính toán chạy qua cột thì K_t nên tăng lên I_{sb} / I_s với I_s là mô men quán tính của bản không kể đến thân dầm, I_{sb} là mô men quán tính đồng thời của bản và dầm.

Lúc đó, công thức (4) trở thành:

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{K_t(I_{sb}/I_s)} \quad (7)$$

2.2.3 Tính toán mô men trong khung tương đương:

Có thể sử dụng máy tính với các chương trình tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn để xác định mô men trong khung tương đương.

2.3 Phương pháp phần tử hữu hạn

Hiện nay, với sự phát triển của công nghệ thông tin và các phần mềm tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH), việc tính toán ngày càng trở nên thuận tiện và chính xác. Phương pháp PTHH là một công cụ có hiệu lực để giải các bài toán từ đơn giản đến phức tạp trong nhiều lĩnh vực. Thực chất của phương pháp này là chia vật thể biến dạng thành nhiều phần tử có kích thước hữu hạn gọi là phần tử hữu hạn. Các phần tử này được liên kết với nhau bằng các điểm gọi là nút. Các phần tử này vẫn là các phần tử liên tục trong phạm vi của nó, nhưng do có hình dạng đơn giản nên cho phép nghiên cứu dễ dàng hơn dựa trên cơ sở của một số quy luật

về sự phân bố chuyển vị và nội lực. Kết cấu liên tục được chia thành một số hữu hạn các miền hoặc các kết cấu con có kích thước càng nhỏ càng tốt nhưng phải hữu hạn. Các miền hoặc các kết cấu con được gọi là các PTHH, chúng có thể có dạng hình học và kích thước khác nhau, tính chất vật liệu được giả thiết không thay đổi trong mỗi phần tử nhưng có thể thay đổi từ phần tử này sang phần tử khác.

Kích thước hình học và số lượng các phần tử không những phụ thuộc vào hình dáng hình học và tính chất chịu lực của kết cấu (bài toán phẳng hay bài toán không gian, hệ thanh hay hệ tấm vỏ...) mà còn phụ thuộc vào yêu cầu về mức độ chính xác của bài toán đặt ra. Lưới PTHH càng mau, nghĩa là số lượng phần tử càng nhiều hay kích thước của phần tử càng nhỏ thì mức độ chính xác của kết quả tính toán càng tăng, tỷ lệ thuận với số phương trình phải giải.

Các đặc trưng của các PTHH được phối hợp với nhau để đưa đến một lời giải tổng thể cho toàn hệ. Phương trình cân bằng của toàn hệ kết cấu được suy ra bằng cách phối hợp các phương trình cân bằng của các PTHH riêng rẽ sao cho vẫn đảm bảo được tính liên tục của toàn bộ kết cấu. Cuối cùng, căn cứ vào điều kiện biên, giải hệ phương trình cân bằng tổng thể để xác định giá trị của các thành phần chuyển vị. Các thành phần này được dùng để tính ứng suất và biến dạng.

3. Kết luận.

Như vậy ứng lực trước chính là việc tạo ra cho kết cấu một cách có chủ ý các ứng suất tạm thời nhằm tăng cường sự làm việc của vật liệu trong các điều kiện sử dụng khác nhau. Chính vì vậy bê tông ULT đã trở thành một sự kết hợp lý tưởng giữa hai loại vật liệu hiện đại có cường độ cao.

Phương pháp phân phối trực tiếp và khung tương đương là 2 phương pháp cổ điển, nhằm xác định sơ bộ ban đầu hoặc tính toán gần đúng.

Phương pháp PTHH ứng dụng tính toán các phần mềm chuyên ngành nên cho kết quả chính xác hơn nhưng cần kiểm soát được số liệu đầu vào và xử lý các số liệu đầu ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống, Trịnh Kim Đạm, Nguyễn Xuân Liên, Nguyễn Phần Tấn, *Kết cấu bê tông cốt thép (phần cấu kiện cơ bản)*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [2] Ngô Thế Phong, Lý Trần Cường, Trịnh Kim Đạm, Nguyễn Lê Ninh, *Kết cấu bê tông cốt thép (phần cấu kiện nhà cửa)*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [3] Phan Quang Minh, *Thiết kế sàn bê tông ứng lực trước*, NXB Trường Đại học Xây dựng Hà nội, 2008.
- [4] Bungale S. Taranth, *Steel, concrete & composite design of tall buildings*, McGraw-Hill, 1998.
- [5] James R. Libby, *Modern Pre-stressed Concrete*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1984.

Người phản biện: TS. Phạm Toàn Đức