

Đề bài: cho công trình có kiến trúc như hình vẽ.

Sinh viên thiết kế hệ sàn lầu theo 02 phương pháp: tính toán thủ công (sử dụng bảng cách tra bảng) và mô hình bằng SAFE, mô hình khung không gian hoặc tính toán khung phẳng nguy hiểm nhất theo hai kích thước cụ thể (a ; b), cường độ vật liệu và vùng gió do giáo viên giao đề.

Sinh viên thể hiện kết quả tính toán trên khổ giấy A1 (đứng, ngang tùy ý). Trong đó, một bằng thép sàn lầu (cho cả 02 cách tính) nên thể hiện với tỉ lệ 1/100, chi tiết 01 khung BTCT thể hiện với tỉ lệ 1/50 hoặc 1/25 và các mặt cắt sàn, dầm, cột thể hiện ở tỉ lệ 1/20.

Lưu ý: + Bản vẽ A1 thể hiện bằng ACAD theo đúng tiêu chuẩn và khung bản vẽ của bộ môn, thuyết minh A4 viết tay hoặc đánh máy một mặt.

+ Bài làm được phép bảo vệ khi có đủ 03 lần kí duyệt bài.

I. CÁC TIÊU CHUẨN VÀ TÀI LIỆU ÁP DỤNG:

- Các tiêu chuẩn áp dụng:
 - + Tải trọng tác động. Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 2737-95.
 - + Kết cấu bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế bê tông cốt thép TCXDVN 5574-2012.
 - + Bản vẽ xây dựng và công trình xây dựng. Bảng thống kê thép.
- Các tài liệu tham khảo:
 - + Kết cấu Bê tông cốt thép 1 (phần cấu kiện cơ bản).
 - + Kết cấu Bê tông cốt thép 2 (phần cấu kiện nhà cửa).
 - + Đồ án Bê tông cốt thép 1.
 - + Sổ tay thực hành kết cấu công trình...

II. PHÂN TÍCH TỔNG QUAN CÔNG TRÌNH:

Trong nội dung học phần này, chúng ta chỉ đề cập đến công trình dân dụng dạng khung bê tông cốt thép đổ toàn khối, có số tầng hạn chế. Vì vậy, sinh viên phải nêu ra được các vấn đề:

- Vật liệu sử dụng cho công trình.
- Tại sao phải chọn sơ đồ tính cho kết cấu chịu lực (khung phẳng, không gian...) của công trình.
- Công trình thiết kế có đáp ứng được khả năng thi công hiện nay hay không?...
- Giải pháp thiết kế cho công trình có khả thi về mặt kinh tế hay không?...
- Trong công trình (dựa vào bản vẽ kiến trúc), cấu kiện nào là cấu kiện chịu lực, cấu kiện nào chỉ đóng vai trò bao che...

III. TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH:

1) Tải trọng đứng tính toán:

a) Tĩnh tải:

Công trình thường bao gồm các tải trọng như sau:

- Cấu tạo sàn bao gồm các lớp như sau:

STT	Các lớp cấu tạo sàn	Trọng lượng riêng γ (daN/m ³)	Hệ số vượt tải (n)
1	Gạch lót dày 10	1800	1.1
2	Vữa lót sàn dày 20	2000	1.2
3	Bản BTCT (tự chọn)	2500	1.1
4	Vữa trát trần dày 15	2000	1.2
5	Đường ống, thiết bị...	20 (daN/m ²)	1.2

- Tường gạch ống dày 100:

$$1800 \times 0,10 \times 1,1 = 198 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$$

- Tường gạch ống dày 200:
 $1600 \times 0,20 \times 1,1 = 352 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$
- Vách kính khung nhôm:
 $1.1 \times 30 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$
Vách ngăn nhẹ: lấy 30 (daN/m²).
- Lớp bê tông gạch vỡ (ô sàn lật khu vệ sinh): $\gamma = 2000 \text{ (daN/m}^3\text{)}.$
- Lan can, tay vịn: 30 (daN/m)...

b) Hoạt tải:

- Mái BTCT: $75 \times 1,3 = 97,5 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$
- Phòng ở: $150 \times 1,3 = 195 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$
- Cầu thang, hành lang: $300 \times 1,2 = 360 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$
- Phòng tắm, WC: $150 \times 1,3 = 195 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$

2) Tải trọng ngang tính toán:

- Gió:

$$W_t = n.W_0.K.c$$

Trong đó :

W_0 : Giá trị áp lực gió.

K : hệ số tính đến sự thay đổi áp lực gió (tra bảng).

c : hệ số khí động , $c = +0,8$ (đón gió) ; $c = -0,6$ (hút gió).

n : hệ số vượt tải, $n = 1,2$.

- Ngoài ra, còn có các tải trọng khác như: áp lực ngang của nền đất, áp lực mực nước ngầm, tải trọng do động đất...

IV. TÍNH TOÁN SÀN:

1) Tính toán sàn theo trạng thái giới hạn I:

Hầu hết, kết cấu sàn của các công trình dân dụng bê tông cốt thép đổ toàn khối thường có hai loại: bản dầm và bản kê bốn cạnh. Để cho việc tính toán được thuận lợi ta chấp nhận quan niệm: liên kết giữa dầm và bản là liên kết ngàm khi $h_d \geq 3h_b$, liên kết khớp khi $h_d < 3h_b$.

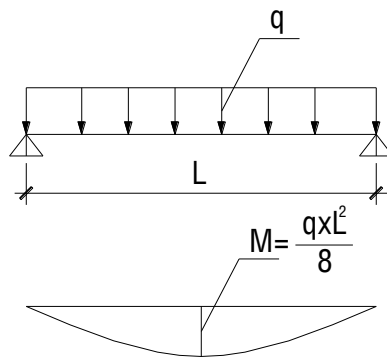
Việc xác định bản loại dầm hay bản kê bốn cạnh tùy thuộc vào kích thước theo hai phương của ô bản (sinh viên xem lại tài liệu đã học).

Để thống nhất, ta tính bản theo sơ đồ đàn hồi.

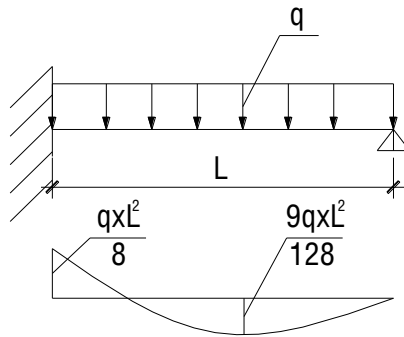
a) Bản dầm:

Kết cấu loại bản dầm thường có một vài sơ đồ tính như sau:

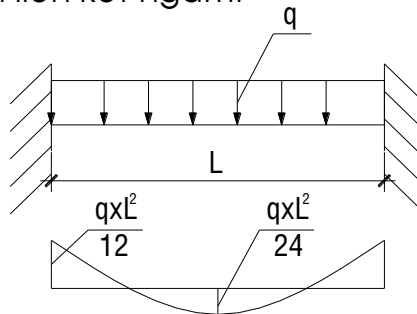
- Dầm đơn giản:



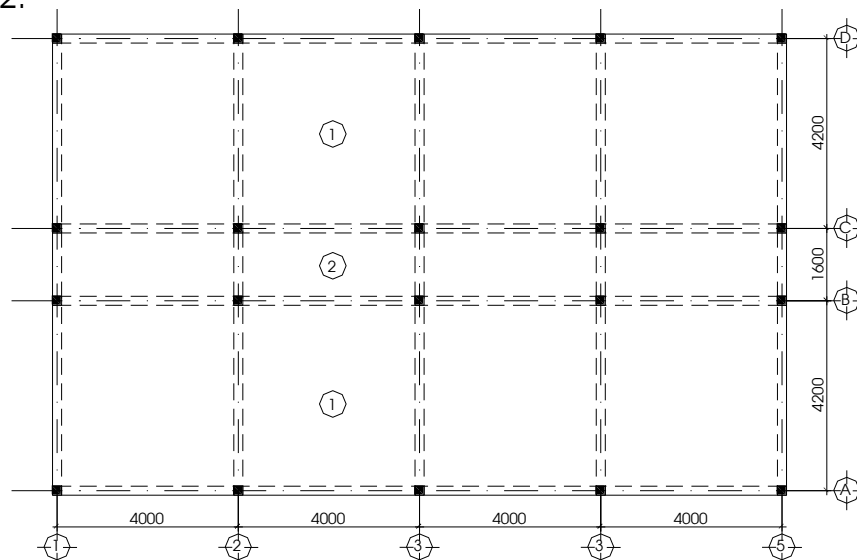
- Dầm một nhịp có một liên kết ngàm, một liên kết khớp:



- Dầm một nhịp có hai liên kết ngàm:



Ví dụ 1: Cho mặt bằng sàn như hình vẽ. Xác định nội lực xuất hiện trong ô bản thứ 2.



Ta nhận thấy, ô bản thứ 2 thuộc ô bản loại dầm nên nội lực chủ yếu chỉ xuất hiện theo phương dọc (trục chữ).

Chọn chiều dày ô bản:

$$h_b = \frac{D}{m} L_1$$

Lấy: $D=1.0$, $m=30$, $L_1=1600$.

$$\Rightarrow h_b = 53 \text{ mm}$$

Vì ô bản 2 đổ toàn khối với ô bản 1 (ô bản 1 được chọn 80 mm), để tiện cho việc tính toán và thi công, ta chọn:

$$h_b = 80 \text{ mm.}$$

Chọn kích thước dầm trục B, C:

$$h_d = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{16} \right) L$$

$$\Rightarrow h_d = 333 \div 250$$

Chọn: $h_d = 300 \text{ mm.}$

Ta nhận thấy: $h_d > 3 h_b$, liên kết giữa ô bản số 2 với dầm trục B, C là liên kết ngàm, có sơ đồ tính là dầm đơn giản 2 liên kết ngàm, tiết diện tính toán là: 100x8 (cm).

Giả sử tổng tải trọng phân bố lên sàn là: $q'' = 600 \text{ daN/m}^2$. Giá trị nội lực xuất hiện trong ô bản như sau:

Tại giữa nhịp:

$$M_{nh} = \frac{q'' L^2}{24} = \frac{600 \times 1.6^2}{24} = 64 \text{ daNm/m.}$$

Tại gối:

$$M_g = \frac{q'' L^2}{12} = \frac{600 \times 1.6^2}{12} = 128 \text{ daNm/m.}$$

b) Bản kê bốn cạnh:

Đối với bản kê bốn cạnh chúng ta thường quan tâm đến 2 dạng chính: bản đơn và bản liên tục.

- Bản đơn:

Nội lực trong bản đơn được tính toán bằng cách tra bảng.

- Bản liên tục:

Khi tính toán bản liên tục cần xét đến tổ hợp bất lợi của hoạt tải, momen dương ở nhịp có giá trị lớn nhất khi hoạt tải đặt cách ô (sinh viên xem lại các tài liệu đã học).

+ Mômen dương lớn nhất:

$$M_1 = m_{11} P' + m_{11} \cdot P''$$

$$M_2 = m_{12} \cdot P' + m_{12} \cdot P''$$

$$\text{Với } P' = \frac{P}{2} = \frac{pl_1l_2}{2}, P'' = \frac{P}{2} + G = \frac{pl_1l_2}{2} + gl_1l_2$$

+ Mômen âm lớn nhất.

$$M_I = k_{i1} . P$$

$$M_{II} = K_{i2} . P$$

c) Tính toán cốt thép:

Cốt thép tính cho các ô bản, được quy về tiết diện b_{xh} của cấu kiện chịu uốn. Với b=100 (cm), h là chiều dày của bản sàn.

Giả thiết: $a \Rightarrow h_0 = h_b - a$.

$$\alpha_M = \frac{M}{R_b b h_0^2}; \zeta = \frac{1 + \sqrt{1 - 2\alpha_M}}{2}; A_s = \frac{M}{\zeta R_s h_0}$$

Hàm lượng cốt thép tính được phải thỏa yêu cầu: $\mu_{\min} < \mu < \mu_{\max}$

$$\mu_{\max} = \alpha_0 \frac{R_b}{R_s}$$

$$\mu_{\min} = 0,05\%$$

Diện tích cốt thép chọn xem là đạt yêu cầu:

$$0\% \leq \Delta Fa = \frac{Fa_{ch} - Fa_t}{Fa_{ch}} \leq 5\% \quad (\text{chính xác } 0\% \leq \Delta M \leq 10\%)$$

* **Lưu ý:** cốt thép tính toán cho 1 (m) chiều rộng sàn.

Ví dụ 2: Xác định nội lực ở ô sàn thứ 1 theo ví dụ 1.

Giả sử $q^{tt} = g^{tt} + p^{tt} = 360 + 240 = 600$ (daN/m²).

Dựa vào kích thước đã chọn ở ví dụ 1, liên kết giữa bản và đà là liên kết ngàm.

Ta có:

$$P' = \frac{P}{2} = \frac{pl_1l_2}{2} = \frac{240 \times 4.0 \times 4.2}{2} = 2016 \text{ daN.}$$

$$P'' = \frac{P}{2} + G = \frac{pl_1l_2}{2} + gl_1l_2 = \frac{240 \times 4.0 \times 4.2}{2} + 360 \times 4.0 \times 4.2 = 8064 \text{ daN.}$$

$$P = (g'' + p'')l_1l_2 = 600 \times 4.0 \times 4.2 = 10080 \text{ daN.}$$

$$\text{Xét: } \frac{L_2}{L_1} = \frac{4.2}{4.0} = 1.05 \Rightarrow m_{11} = 0.0384, m_{12} = 0.0341, m_{21} = 0.0187, m_{22} = 0.0171,$$

$$k_{21} = 0.0437, k_{22} = 0.0394.$$

- Momen dương lớn nhất:

$$M_1 = 0.0384 \times 2016 + 0.0187 \times 8064 = 228 \text{ daNm/m.}$$

$$M_2 = 0.0341 \times 2016 + 0.0171 \times 8064 = 207 \text{ daNm/m.}$$

$$M_I = 0.0437 \times 10080 = 440 \text{ daNm/m.}$$

$$M_{II} = 0.0394 \times 10080 = 397 \text{ daNm/m.}$$

* **Lưu ý:** Việc tính toán theo bản liên tục ở phần trên chỉ mang tính gần đúng (thiên về an toàn). Thực tế, kết quả chỉ đúng cho tất cả các nhịp khi sơ đồ tính là dầm liên tục (đều nhịp) có từ 4 nhịp trở lên và đồng thời chịu tải giống nhau ở tất cả các nhịp.

2) Tính toán sàn theo trạng thái giới hạn II:

Chọn ô sàn lớn nhất để kiểm tra độ võng. Độ võng của sàn được tính toán gần đúng theo sức bền vật liệu.

Ví dụ 3: Xác định độ võng của ô sàn thứ 1 theo ví dụ 2. Giả sử bê tông thiết kế cấp độ bền B15 (Mac 200).

Chuyển vị lớn nhất tại giữa nhịp của ô bản được tính toán gần đúng theo công thức:

$$f = f_1 = f_2 = \frac{1}{384} \frac{q_1^c L_1^4}{B}$$

$$\text{Với: } q_1^c = \frac{L_2^4}{L_1^4 + L_2^4} q^c = \frac{4.2^2}{4.0^2 + 4.2^2} \frac{600}{1.15} = 273.6 \text{ (daN/m}^2\text{)}.$$

Gần đúng: $B = EI = 240000 \times 100 \times 8^3 / 12 = 1024000000 \text{ (daN.cm}^2\text{)}.$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{384} \frac{273.6 \times 10^{-2} \times 400^4}{1024000000} = 0.178 \text{ (cm)} < [f] = \frac{1}{200} L_1 = 2 \text{ (cm)}.$$

Đây chỉ là phương pháp tính toán gần đúng theo các môn cơ đã học. Thực tế sinh viên phải tham khảo TCVN 5574-2012 để cho kết quả được chính xác hơn.

V. TÍNH TOÁN KẾT CẤU KHUNG:

Tuỳ theo mặt bằng công trình mà có sơ đồ tính khung cho phù hợp. Ta chấp nhận giả thiết: Khi $L > 2B$ (độ cứng theo phương B và độ cứng theo phương L khác biệt khá nhiều) thì có thể tách công trình thành nhiều khung phẳng để tính toán chịu lực cho công trình.

Ngược lại, khi $L \leq 2B$ ta tính toán khung không gian.

Ở đây, L: kích thước theo chiều dài công trình, B: kích thước theo chiều rộng.

Điều này chỉ còn phù hợp khi các phương pháp tính toán còn hạn chế. Hiện nay, ta nên mô hình bằng khung không gian để cho kết quả được tốt hơn.

1) Chọn sơ bộ kích thước tiết diện:

a) Chọn kích thước dầm:

Có nhiều cách chọn kích thước dầm. Ở đây, chúng ta chỉ đề cập đến cách phổ biến nhất.

Chiều cao dầm được xác định:

$$h = \frac{1}{m} L$$

Trong đó:

L _ nhịp dầm.

$m=10\div 12$: đối với dầm 1 nhịp.

$m=12\div 16$: đối với dầm nhiều nhịp.

Chiều rộng dầm được chọn theo yêu cầu thẩm mỹ và có lợi về mặt chịu lực, thường $h=(2\div 4)b$.

b) Chọn kích thước cột:

Diện tích ngang của cột được xác định sơ bộ theo công thức:

$$F_b = (1.2 \div 1.5) \frac{N}{R_b}$$

Trong đó:

F_b _ diện tích tiết diện ngang của cột.

R_b _ cường độ chịu nén tính toán của bê tông.

N _ lực nén lớn nhất xuất hiện trong cột (được tính toán gần đúng theo diện truyền tải).

Kích thước tiết diện được suy ra từ F_b , khi độ cứng công trình theo hai phương xấp xỉ nhau (mặt bằng công trình có hình vuông hoặc gần vuông) thì nên chọn cột vuông, còn công trình có dạng chạy dài thì nên chọn tiết diện cột theo hình chữ nhật với chiều dài hình chữ nhật đặt vuông góc với chiều dài của công trình...

Ví dụ 4: Xác định sơ bộ kích thước cột 3_B (vị trí giao điểm giữa trục 3 và trục B) theo ví dụ 1 và 2, giả sử công trình có 5 tầng hoàn toàn giống nhau và trên mỗi đà của mỗi tầng đều có tường xây dày 10 cm, cao 3.0 m. Bê tông cột cấp độ bền B15 (Mac 200).

Vì đây chỉ là việc chọn **sơ bộ** kích thước cột nên không cần quan tâm đến trọng lượng bản thân dầm, cột liên quan.

- Tải trọng do sàn 1 tầng:

$$N_s = \sum S_i q_i = 4.0 \times (2.1 + 0.8) \times 600 = 6960 \text{ daN.}$$

- Tải trọng do tường 100:

$$N_t = \sum n \gamma_t \delta_t h_t L_t = 1.1 \times 1800 \times 0.1 \times 3 \times (4.0 + 2.1 + 0.8) = 4099 \text{ daN.}$$

- Tổng tải trọng truyền xuống cột dưới tầng 5:

$$N_5 = N_s + N_t = 6960 + 4099 = 11059 \text{ daN.}$$

Lưu ý: Vì giả định của tải trọng các tầng là như nhau nên tải trọng tầng 5 (tầng trên cùng) giống với các tầng bên dưới. Thực tế, tầng mái chỉ chịu tải do tĩnh tải sàn, hoạt tải mái (thường nhỏ hơn tầng lầu) và tải trọng bể nước (bằng inox nếu có)

- Tổng tải cột dưới tầng 4:

$$N_4 = 2N_5 = 22118 \text{ daN.}$$

- Tổng tải cột dưới tầng 3:

$$N_3 = 3N_5 = 33177 \text{ daN.}$$

- Tổng tải cột dưới tầng 2:

$$N_2 = 4N_5 = 44236 \text{ daN.}$$

- Tổng tải cột dưới tầng 1:

$$N_1 = 5N_5 = 55295 \text{ daN.}$$

Thông thường, tiết diện cột được chọn thay đổi từ hai đến ba tầng một lần, nên:

- Tiết diện cột dưới tầng 1, 2:

$$F_b = (1.2 \div 1.5) \frac{N}{R_b} = (1.2 \div 1.5) \frac{55295}{85} = 781 \div 978 \text{ cm}^2.$$

Chọn cột: 30x30 cm.

- Tiết diện cột dưới tầng 3, 4:

$$F_b = (1.2 \div 1.5) \frac{N}{R_b} = (1.2 \div 1.5) \frac{33176}{85} = 468 \div 585 \text{ cm}^2.$$

Chọn cột: 20x25 cm.

- Tiết diện cột dưới tầng 5:

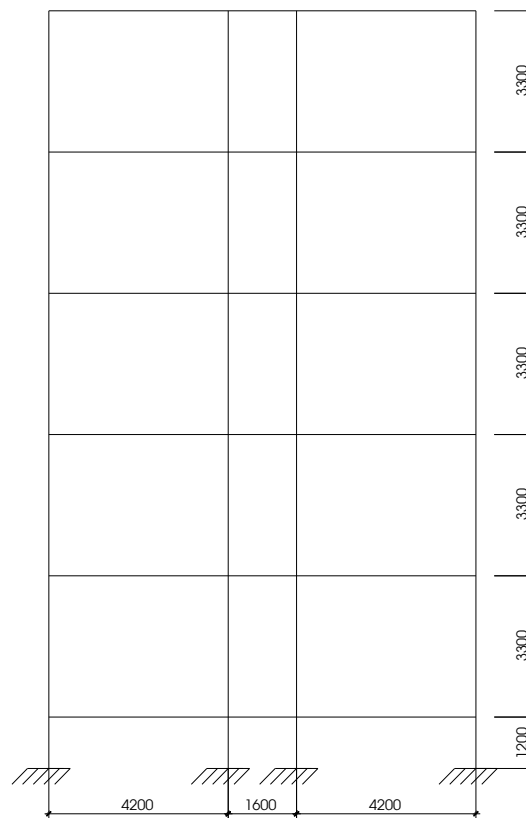
$$F_b = (1.2 \div 1.5) \frac{N}{R_b} = (1.2 \div 1.5) \frac{11059}{85} = 156 \div 195 \text{ cm}^2.$$

Chọn cột: 20x20 cm ($b_c = b_d$).

2) Chọn sơ đồ tính:

Căn cứ vào tình hình địa chất công trình, giải pháp nền móng, kích thước hình học của khung, người thiết kế phải quyết định một sơ đồ tính toán và cấu tạo khung, trong đó điều rất quan trọng là phải chỉ rõ các vị trí các liên kết cứng (nút cứng) và các liên kết khớp (nếu có). Sau khi tính các tải trọng tác động lên khung ta có sơ đồ tính toán nội lực.

Ví dụ 5: Trình bày sơ đồ tính khung trục 3 của ví dụ 1, 2, 3, 4. Giả sử chiều cao mỗi tầng là 3.3 m và chiều sâu từ tầng trệt đến mặt trên móng là: 1.2 m.



Ở đây, liên kết giữa dầm với cột là các nút cứng, liên kết giữa cột và móng là liên kết ngàm.

3) Xác định tải trọng tác dụng lên khung:

Tải trọng tác dụng lên khung bao gồm: tĩnh tải, hoạt tải (gồm hoạt tải dài hạn và hoạt tải ngắn hạn). Để giải khung ta tách riêng từng trường hợp tải để tính.

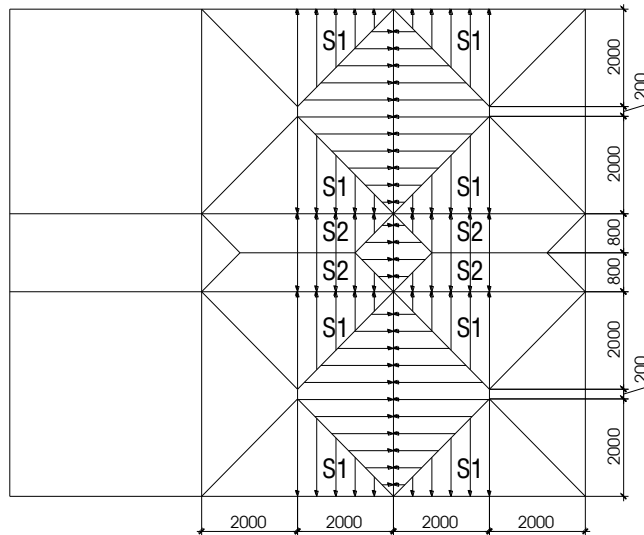
Lưu ý: hiện nay, khi giải khung người thiết kế thường dùng chương trình chuyên dụng để tính nội lực mà hầu hết các chương trình đều tự động tính toán trọng lượng bản thân các cấu kiện. Vì vậy, sinh viên không phải quy tải trọng của dầm và cột tác dụng lên khung cần tính.

a) Tĩnh tải:

Tĩnh tải của công trình bao gồm trọng lượng bản thân của dầm, cột, các lớp cấu tạo sàn và tải trọng tường... tác dụng lên khung theo diện tích truyền tải.

Ví dụ 6: Xác định tĩnh tải tác dụng lên khung trục 3 theo ví dụ 1, 2, 3, 4, 5.

Sơ đồ truyền tải lên sàn:



- Tải trọng phân bố tác dụng lên khung có dạng hình thang tại nhịp AB, CD. Độ lớn của tải trọng (chiều cao hình thang):

$$g_{ht}=2 \times 2.0 \times 360 = 1440 \text{ daN/m.}$$

- Tải trọng phân bố tác dụng lên khung có dạng tam giác tại nhịp BC. Độ lớn của tải trọng (chiều cao tam giác):

$$g_{tg}=2 \times 0.8 \times 360 = 576 \text{ daN/m.}$$

- Tải trọng do tường 10 cm, cao 3 m: có dạng phân bố đều. Độ lớn của tải trọng:

$$g_t=1.1 \times 1800 \times 0.1 \times 3.0 = 594 \text{ daN/m.}$$

Ngoài các tải trọng phân bố đều vừa nêu, khung trục 3 còn chịu các tải trọng tập trung:

- Tải tập trung tại vị trí cột 3_A và 3_D (mặt bằng công trình đối xứng):

+ Tải do sàn:

$$G_s=2 \times S1 \times g_s=2 \times \frac{1}{2} \times 2 \times 2 \times 360 = 1440 \text{ daN.}$$

+ Tải do tường:

$$G_t=g_t \times L_t=594 \times (2+2)=2376 \text{ daN.}$$

+ Tải do trọng lượng dầm dọc:

$$G_{dd}=1.1 \times 2500 \times 0.2 \times (0.3-0.08) \times (2+2)=484 \text{ daN.}$$

$$\Rightarrow G_1=1440+2376+484=4300 \text{ daN.}$$

- Tải tập trung tại vị trí cột 3_B và 3_C:

+ Tải do sàn:

$$G_s=2 \times (S1+S2) \times g_s=2 \times (2+1.28) \times 360 = 2362 \text{ daN.}$$

+ Tải do tường:

$$G_t=g_t \times L_t=594 \times (2+2)=2376 \text{ daN.}$$

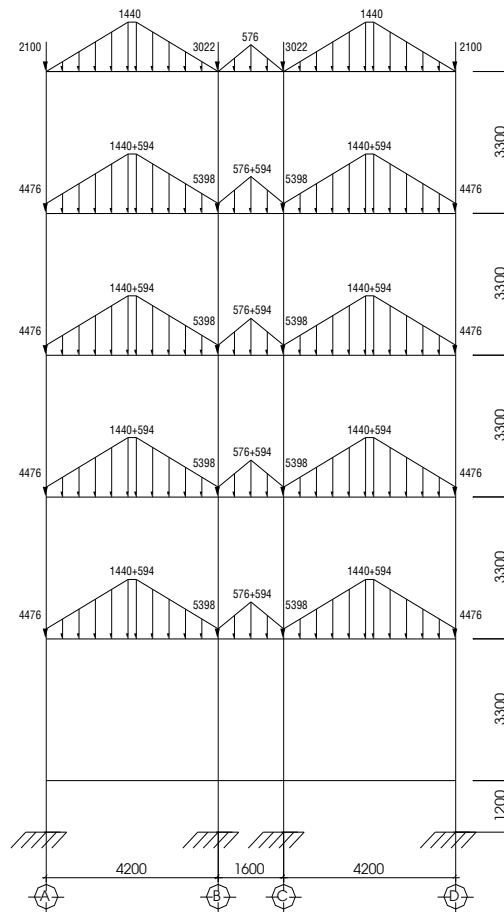
+ Tải do trọng lượng dầm dọc:

$$G_{da} = 1.1 \times 2500 \times 0.2 \times (0.3 - 0.08) \times (2 + 2) = 484 \text{ daN.}$$

$$\Rightarrow G_2 = 2362 + 2376 + 484 = 5222 \text{ daN.}$$

Lưu ý: Ở đây, ta không quan tâm đến tải trọng tác dụng lên nền tầng trệt. Thông thường, nền tầng trệt được đặt trực tiếp trên nền đất tự nhiên đầm chặt nên không truyền tải vào khung. Có chăng chỉ là tải trọng của tường xây trên đà kiềng tại cốt nền tầng trệt, việc tính toán tải tường truyền vào khung tương tự các tầng lầu.

Tải trọng tác dụng lên khung như sau:



b) Hoạt tải:

Hoạt tải đứng của công trình bao gồm hoạt tải dài hạn và hoạt tải ngắn hạn. Để đơn giản ta gộp chung hai thành phần để tính toán. Hoạt tải tác dụng lên khung cũng giống như tĩnh tải sàn, tác dụng theo diện tích truyền tải.

Ví dụ 7: Ở ví dụ 2, hoạt tải 240 daN/m^2 bao gồm hai phần: phần dài hạn: $1.2 \times 70 = 84 \text{ KG/m}^2$, phần ngắn hạn: $1.2 \times 130 = 156 \text{ daN/m}^2$ (xem TCVN 5574-2012).

Ngoài hoạt tải đứng, kết cấu khung trong công trình còn chịu hoạt tải ngang, đó là tải trọng gió (sinh viên xem lại các tài liệu đã học).

4) Xác định và tổ hợp nội lực:

Kết cấu khung bê tông cốt thép là hệ kết cấu siêu tĩnh bậc cao, vì vậy ứng với mỗi trường hợp đặt tải sẽ có một trường hợp nội lực tương ứng. Tuy nhiên, để có được nội lực xuất hiện trong khung nguy hiểm nhất người ta thường chất tải như sau:

- Tĩnh tải chất đầy (1).
- Hoạt tải toàn phần đặt ở tầng lẻ (2).
- Hoạt tải toàn phần đặt ở tầng chẵn (3).
- Hoạt tải toàn phần đặt cách nhịp, cách tầng lần 1 (4).
- Hoạt tải toàn phần đặt cách nhịp, cách tầng lần 2 (5).
- Gió trái (6).
- Gió phải (7).

Sau khi có được các thành phần nội lực, ta tiến hành tổ hợp.

Nguyên tắc: gồm tổ hợp chính và tổ hợp phụ (thuộc tổ hợp cơ bản).

Tổ hợp chính: tĩnh tải + 1 tải trọng tạm thời (được lấy toàn bộ).

Tổ hợp phụ: tĩnh tải + 2 tải trọng tạm thời (được lấy bằng 90%).

Với 7 trường hợp tải ở trên thì cấu trúc tổ hợp như sau:

- Tổ hợp chính: 1+2; 1+3; 1+4; 1+5; 1+6; 1+7; 1+2+3.
- Tổ hợp phụ: 1+0.9(2+6); 1+0.9(2+7); 1+0.9(3+6); 1+0.9(3+7); 1+0.9(4+6); 1+0.9(4+7); 1+0.9(5+6); 1+0.9(5+7); 1+0.9(2+3+6); 1+0.9(2+3+7).

Từ các tổ hợp trên, ta tìm nội lực lớn nhất xuất hiện trong khung.

- Đối với dầm: ở nhịp là M_{max} , ở gối là M_{min} và Q_{max} .

- Đối với cột: N_{max} và M_{tu} ; M_{max} và N_{tu} ; M_{min} và N_{tu} .

Ngoài ra, đối với cột liên kết với móng còn phải tìm thêm Q tương ứng với 3 cặp nội lực ở trên.

5) Tính toán cốt thép:

Tính toán cốt thép cho khung thường dùng các chương trình tính đã được lập trình bằng máy tính, độ chính xác phải được kiểm tra bằng các phương pháp tính thủ công, tốt nhất nên dùng các chương trình được nhiều người biết và sử dụng.

- Chiều dài tính toán cột đối với khung BTCT đổ toàn khối: $L_0=0.7H$.
- Hàm lượng thép phải thoả mãn: $\mu_{min} \leq \mu \leq \mu_{max}$.
- Cốt thép phải phù hợp với yêu cầu cấu tạo.

***Lưu ý:** Để tiện cho việc kiểm tra kết quả, sinh viên phải tính toán thủ công 1 phần tử dầm và một phần tử cột điển hình. Đối với dầm: tính theo bài toán cấu kiện chịu uốn đặt cốt đơn; Đối với phần tử cột: cấu kiện chịu nén lệch tâm đặt cốt thép đối xứng.