

1 Khái niệm và phân loại:

Kết cấu khung là hệ thanh bất biến hình nối với nhau bằng các nút cứng hoặc khớp. Khung BTCT được dùng rộng rãi và là kết cấu chịu lực chủ yếu của nhiều loại công trình.

1.1 Phân loại:

Có nhiều cách phân loại khung.

a. Phân loại theo phương pháp thi công:

- Khung Toàn khối:

Ưu điểm: Độ cứng ngang lớn, chịu tải trọng động tốt.

Việc chế tạo các nút cứng tương đối đơn giản.

Nhược điểm: Thi công phức tạp, khó cơ giới hóa.

Chịu ảnh hưởng thời tiết, thi công chậm.

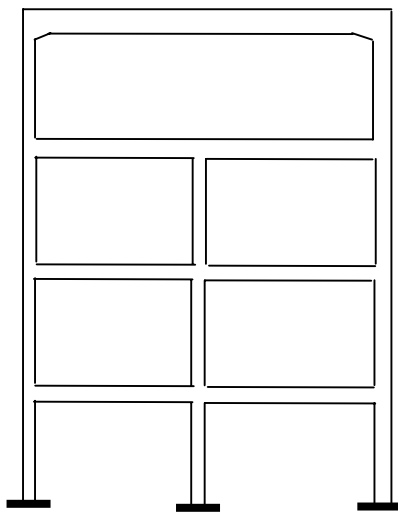
- Khung lắp ghép:

Ưu điểm: Các cấu kiện được chế tạo tại phân xưởng nên dễ kiểm tra chất lượng.

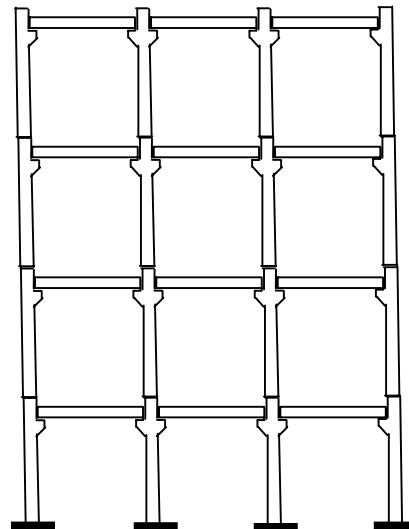
Thi công nhanh, dễ cơ giới hóa.

Nhược điểm: Độ cứng của kết cấu không lớn.

Thực hiện các mối nối phức tạp, nhất là các nút cứng.



Khung toàn khối

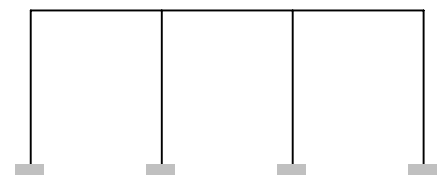
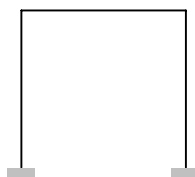


Khung lắp ghép

b. Phân loại theo hình thức:

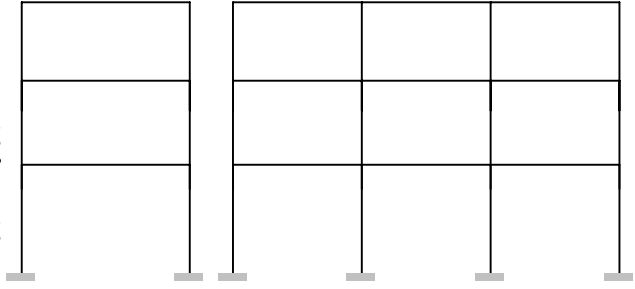
Khung 1 tầng: - Một nhịp.

- Nhiều nhịp.



Khung nhiều tầng: - Một nhịp.
 - Nhiều nhịp.

Hệ khung trong nhà là một hệ không gian. Tùy trường hợp cụ thể mà có thể tính khung phẳng hoặc khung không gian.



Với nhà khá dài, khung đặt theo phương ngang nhà sẽ được xem như các khung phẳng. Các khung phẳng được giằng với nhau bởi các dầm dọc.

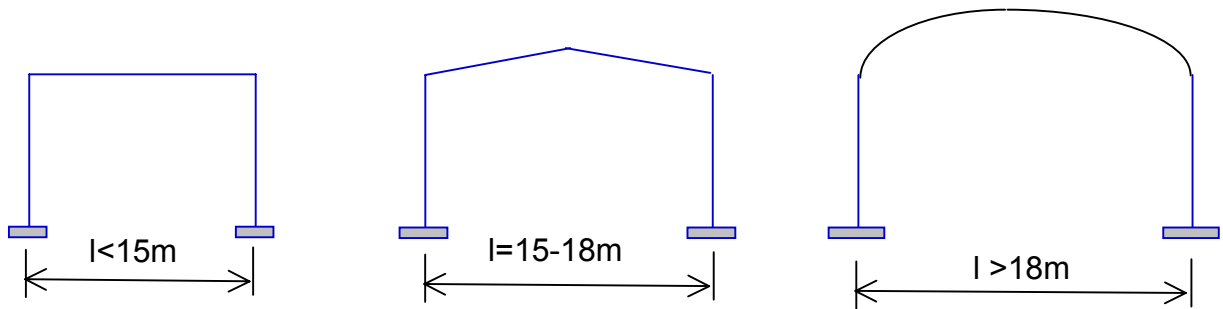
Khi mặt bằng của nhà vuông hoặc gần vuông, gió và các tải trọng ngang khác tác dụng theo phương bất kỳ, khi đó khung được tính như một hệ không gian.

Với các khung nhiều tầng, yêu cầu độ cứng ngang lớn khi chịu tải trọng ngang (gió), dẫn đến kích thước tiết diện cột và dầm sẽ lớn. Thông thường trong nhà còn có các tấm tường (tường đầu hồi, tường khu WC, ô cầu thang) có khả năng chịu tải trọng ngang lớn. Do đó khi tính khung cần xét đến yếu tố này.

1.2 Chọn hình thức khung:

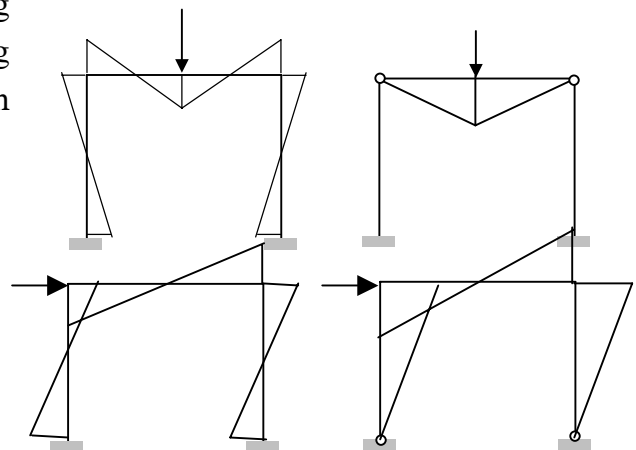
Hai bộ phận cơ bản của khung là cột và xà ngang.

Cột thường làm thẳng, liên kết với móng và xà ngang có thể là khớp hoặc cứng. Xà ngang thường thẳng, các xà trên cùng có thể gãy khúc hoặc cong. Nhịp dưới 15m dùng xà thẳng, từ 15m - 18m dùng xà gãy, trên 18m nên dùng xà cong.



Khung có liên kết cứng, có độ cứng cao, biến dạng ít, nội lực phân bố tương đối đều, các thanh làm việc hợp lý hơn so với khung khớp

Nếu khung yêu cầu có độ cứng ngang lớn liên kết các cấu kiện bằng liên kết cứng.



Nền đất tốt chọn liên kết cứng cột với móng, cấu tạo đơn giản, phân phối nội lực trong khung hợp lý, độ cứng khung lớn. Nếu nền đất yếu chọn liên kết khớp với móng, áp lực dưới đáy móng đều, sẽ giảm chuyển vị xoay của móng, giảm kích thước đế móng.

Nếu thi công toàn khối các nút khung nên chọn liên kết cứng. Còn thi công lắp ghép các nút có thể là khớp hoặc cứng, tuy nhiên để tạo được các liên kết cứng khá phức tạp, chi phí lớn.

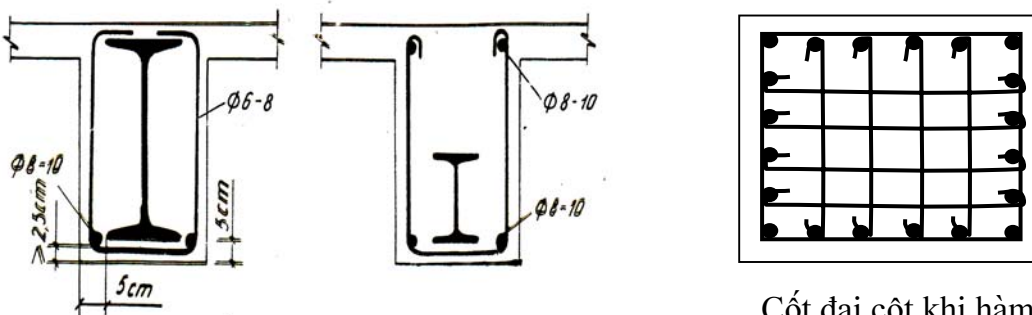
2. Cấu tạo khung toàn khối :

Khung gồm từ các thanh và các nút. Các thanh là các cấu kiện chịu uốn (dầm, xà ngang) và cấu kiện nén lệch tâm (cột, xà ngang gãy khúc, xà ngang cong), cũng có khi chịu kéo lệch tâm.

Việc cấu tạo các thanh chịu uốn, chịu nén lệch tâm dùng cốt thép mềm với hàm lượng bình thường (<3%) đã được đề cập trong phần cấu kiện cơ bản.

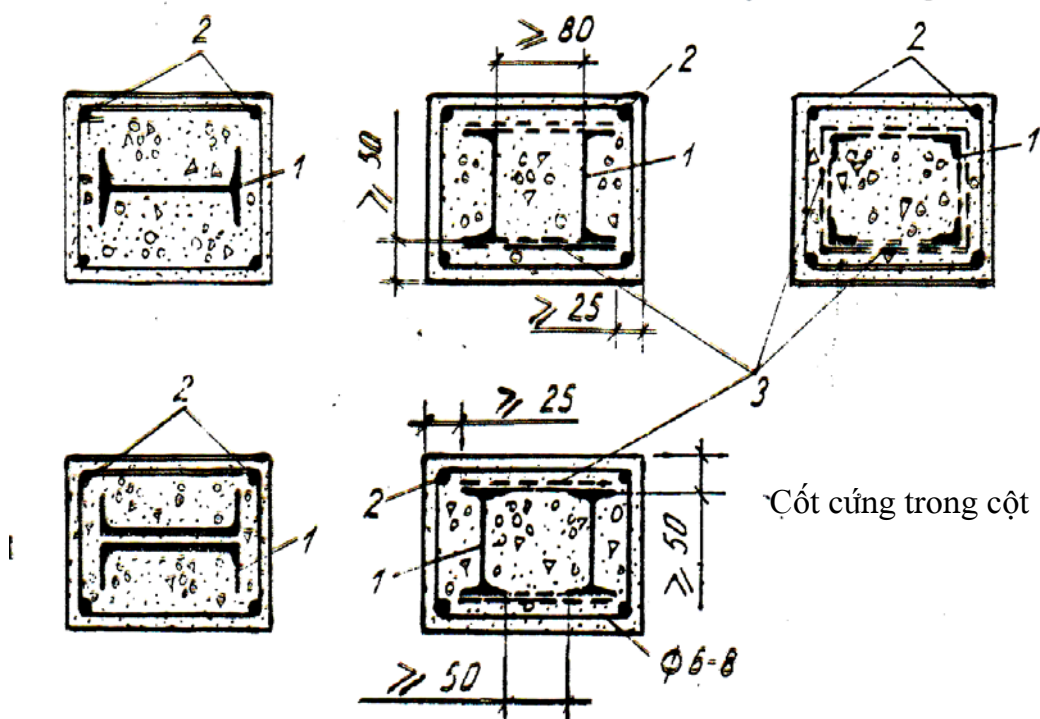
Đối với các khung nhà cao tầng, nội lực trong cột khá lớn và nhu cầu giảm nhỏ kích thước tiết diện có thể đặt cốt mềm hàm lượng cao hơn 3% (tối đa 6-8%), với cốt đai phải đặt dày hơn và mọi cốt dọc phải có cốt đai giăng; hoặc đặt cốt cứng.

Cốt cứng đặt trong dầm làm giảm kích thước tiết diện và chịu tải khi thi công.



Cốt cứng trong dầm

Cốt đai cột khi hàm lượng thép dọc >3%



Cốt cứng trong cột

Các nút khung phải đảm bảo yêu cầu tính chất của nút để ra, đồng thời phải dễ thi công.

Tại nút do hàm lượng cốt thép lớn, bố trí phức tạp (thép của các cấu kiện neo vào nút), nên trạng thái ứng suất trong nút khá phức tạp, bê tông bị chèn ép. Do đó đặc biệt quan tâm đến việc hạn chế biến dạng ngang của bê tông bằng cách cấu tạo thêm cốt đai.

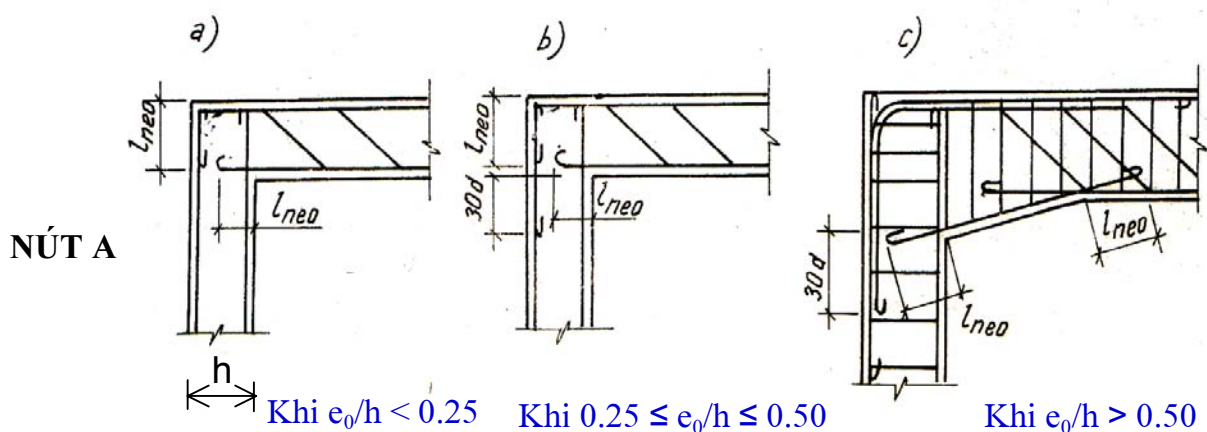
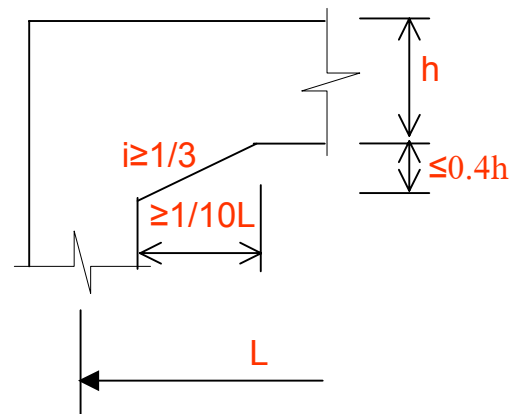
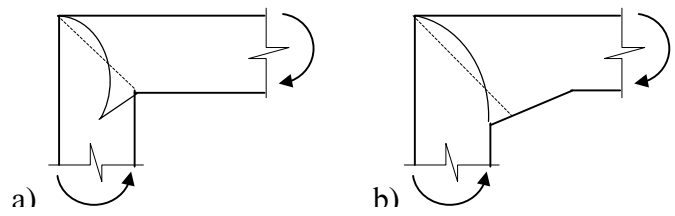
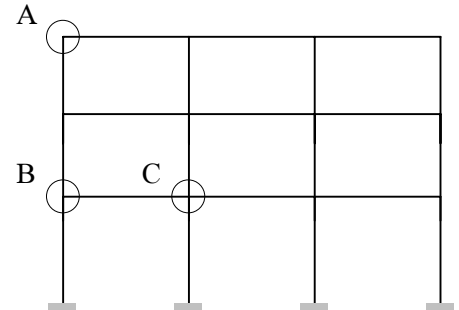
-Nút A: Nút nối giữa xà ngang trên cùng và cột biên, mô men tại nút thường khá lớn. Sự phân bố ứng suất trong nút này có dạng hình a): *Ứng suất nén ở góc trong của nút tăng lên rất lớn.*

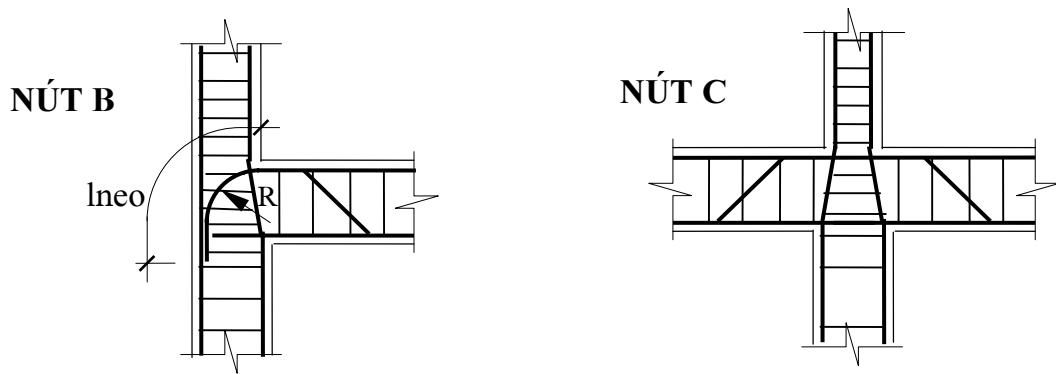
Để giảm sự tập trung ứng suất, tại góc trong của nút ta tạo các vách tròn hoặc xiên (hình b). Kích thước của vách: chiều dài $\geq \frac{1}{10}$ nhịp, chiều cao ≤ 0.4 chiều cao xà ngang và độ dốc $\geq \frac{1}{3}$.

Cốt thép chịu kéo của dầm neo vào nút phải uốn cong để giảm ép cục bộ lên bê tông.

Để tăng độ cứng của nút một phần thép chịu kéo của dầm cần được neo xuống cột, và một phần cốt chịu kéo của cột được neo vào xà ngang. Nếu lượng thép neo nhiều, tại mỗi vị trí không được cắt quá 2 thanh. Trong nút cũng phải có cốt đai có tác dụng hạn chế biến dạng ngang của BT nút, truyền lực từ các cốt thép neo vào nút.

Cấu tạo thép trong nút A phụ thuộc vào độ lệch tâm. Cốt thép neo để chịu mômen uốn ở góc phải được uốn cong với $r < 10d$, các cốt khác cũng phải có chiều dài neo $< l_{neo}$ (tính theo công thức 3.60 của TCVN 5574-91)





- **Nút B:** Cốt thép chịu kéo của xà ngang neo vào nút phải uốn cong. Trong nút cần bố trí đai giằng ngang. Khi bề rộng dầm lớn hơn cột phải có đai giằng vòng quanh cốt thép dầm.

- **Nút C:** Liên kết cột giữa với xà ngang.

Ngoài ra, khi có tính toán với tải trọng động đất, cốt thép tại nút khung còn phải cấu tạo tuân theo yêu cầu kháng chấn .

- **Nút D:** thường gặp khi xà ngang gãy khúc (mái dốc, dầm cầu thang..). Dưới tác dụng của mô men dương, ứng lực trong cốt chịu kéo và cốt chịu nén tạo nên hợp lực hướng ra ngoài. Cần bố trí đai giằng để cốt thép không bật khỏi BT. Theo qui định:

Nếu $\alpha \geq 160^\circ$ thì cốt chịu kéo có thể không cần cắt ra để neo vào vùng nén.

Nếu $\alpha < 160^\circ$ thì một phần hoặc toàn bộ cốt chịu kéo phải được neo vào vùng BT chịu nén .

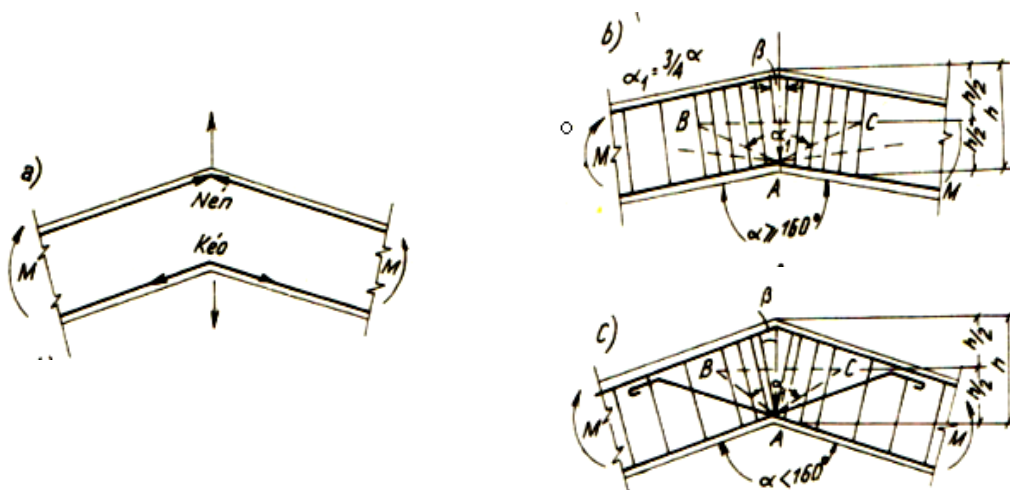
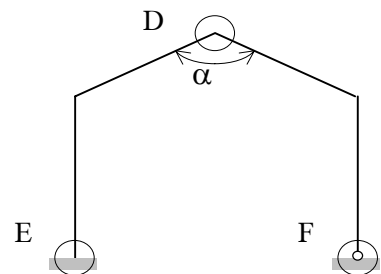
Diện tích cốt đai giằng được tính đủ để chịu hợp lực trong các thanh cốt dọc không được neo và đủ chịu 35% hợp lực của các cốt dọc chịu kéo đã được neo vào vùng nén :

$$\sum Ra.Fđ.\cos\beta \geq (2F_{a1} + 2.0,35F_{a2})Ra.\cos\frac{\alpha}{2}$$

F_{a1} : Diện tích của cốt dọc chịu kéo không được neo.

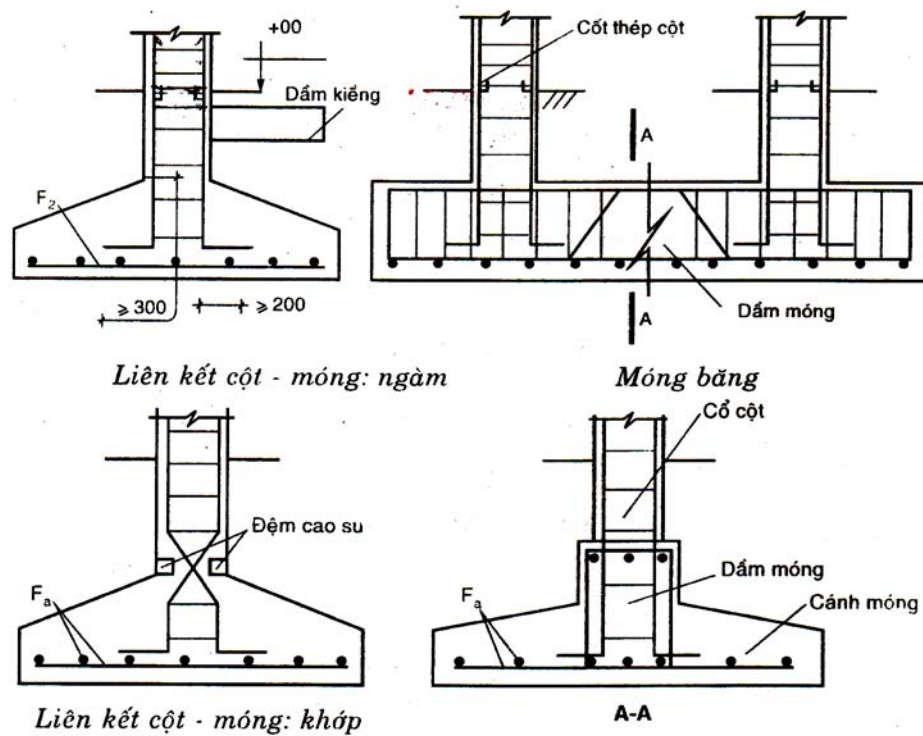
F_{a2} : Diện tích của phần cốt dọc chịu kéo đã được neo.

Cốt đai được đặt trong đoạn $htg\frac{3}{8}\alpha$



-**Nút E:** Liên kết cứng cột với móng. Để chịu mô men cốt thép cột phải được kéo vào móng. Để tiện thi công người ta nối thép cột như hình vẽ (thực tế chọn mối nối tại đầu trên cổ móng).

-**Nút F:** Liên kết khớp cột với móng. Để hạn chế khả năng xuất hiện mô men, TD cột được cắt giảm từ $\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}h$, lấp kín bằng tấm đệm sợi tấm nhựa, giấy cứng tấm nhựa hoặc tấm kim loại mềm (chì..).



3. Cấu tạo khung lắp ghép:

3.1 Các cấu kiện của khung:

- **Cột:** Có tiết diện chữ nhật hoặc vuông, chiều cao cột bằng 1 hoặc 2 tầng. Cột thường được thiết kế có vai theo phương khung để làm chỗ tựa cho dầm. Ở đầu cột cần gia cố từ 4-10 lưới thép ngang để chịu ứng suất cục bộ và tránh nứt vỡ do va chạm khi cầu lắp

Liên kết nối cột thường ở trên xà ngang. Liên kết cột với móng thường đặt vào hốc chừa sẵn trong móng.

- **Xà ngang:** Có thể có TD chữ nhật, chữ T. Dùng chữ T có cánh phía dưới để gác panel, làm giảm chiều cao của sàn.

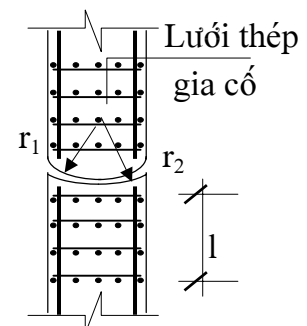
Có thể bằng BTCT thường hoặc BTCT ULT.

3.2 Cấu tạo mối nối:

- **Mối nối cột-cột:**

* **Mối nối khớp:**

Lưới thép bố trí trong khoảng $l \geq 20d_1$ và ≥ 200



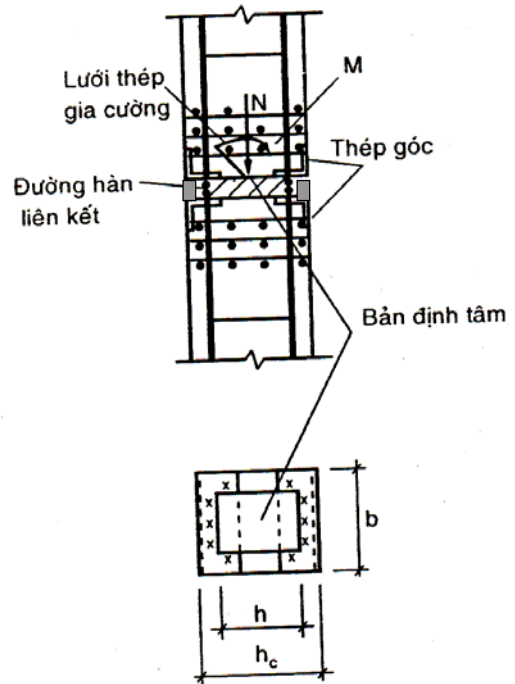
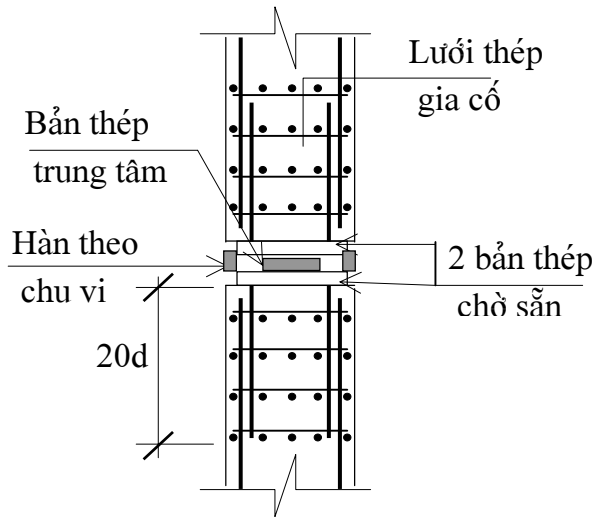
d_1 : đường kính của cốt dọc lớn nhất .

Bán kính cong của các mặt tiếp xúc:

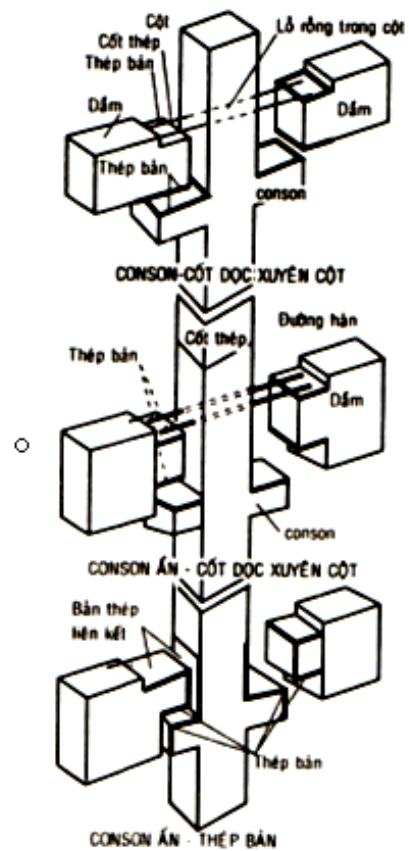
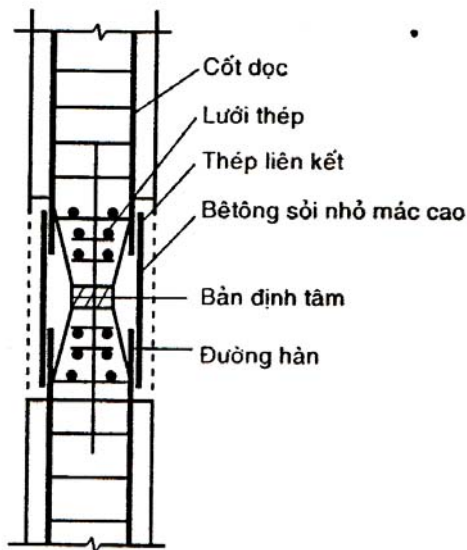
$r_1 < r_2$ khoảng 5%, và $r_1, r_2 = (1,2 \div 1,5)h$

h : Chiều cao tiết diện cột.

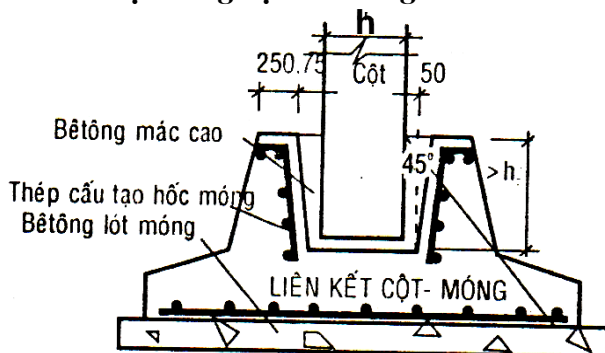
* **Mối nối cứng (khô)**: Khi $e_0 \leq 0,2h_0$



* **Mối nối cứng (ướt)**: Khi $e_0 \geq 0,2h_0$

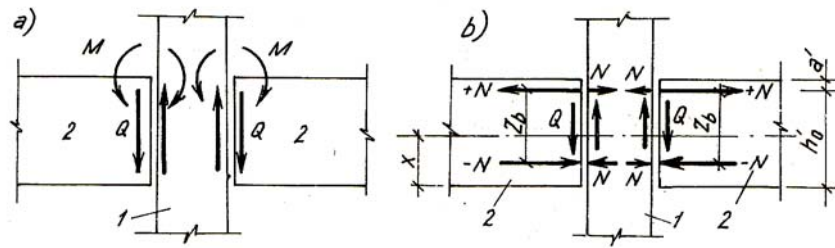


- **Mối nối cột-xà ngang:**
- **Mối nối cột cứng cột và móng**



4. Tính toán các mối nối lắp ghép:

4.1 Mối nối cột-xà ngang:



Tại gối xà ngang chịu mô men âm M.

Qui đổi mô men thành cặp ngẫu lực: $N = \frac{M}{Z}$

Z: Khoảng cách các mối hàn phía trên và phía dưới.

Tính diện tích thép liên kết phía trên: $F_a = \frac{N}{R_a}$

Tính mối hàn theo điều kiện: $N_{dh} = 0,85 R_h \cdot h_h \cdot \sum l_h \geq N$

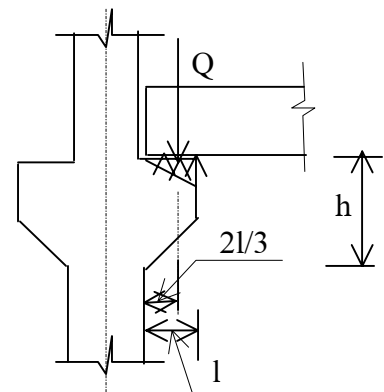
$$\sum l_h = \frac{1,3 N}{0,85 R_h \cdot h_h}$$

$\sum l_h$: Tổng chiều dài đường hàn

R_h : Cường độ đường hàn

h_h : Chiều cao đường hàn ($h_h \geq 0,25 d$ và $\geq 4\text{mm}$);

1,3: Hệ số an toàn.



* Tính đế tựa (vai cột):

Giả thuyết ứng suất phân bố dạng tam giác

Chiều cao vai cột theo điều kiện chịu lực cắt: $Q \leq R_k \cdot b \cdot h_0$

Nếu cần hạn chế chiều cao thì h có thể thu nhỏ lại, nhưng phải thỏa mãn:

$$Q \leq \frac{1}{6} R_n b h_0$$

Độ vươn của vai cột l chọn theo yêu cầu cấu tạo như bố trí thép chờ sẵn, chiều dài đường hàn liên kết...

Khi lực cắt Q tương đối lớn, cần kiểm tra nén cục bộ: $\sigma = \frac{Q}{b \cdot l} \leq R$

Vai cột tính như một consol ngắn ($l < 0,9 h_0$), chịu mômen M

$$M = Q \frac{2}{3} l, \text{ và tăng } M \text{ thêm } 25\% \text{ để thiên về an toàn}$$

$$\text{Tính } A = \frac{1,25 M}{R_n b h_0^2} \leq A_0 \quad \Rightarrow \quad \gamma \quad \text{và được } F_a = \frac{1,25 M}{\gamma R_a h_0}$$

Nếu lực cắt lớn cần tính cốt xiên: $F_x = \frac{Q}{R_{ax} \cdot \sin \alpha}$

Cốt đai : $u \leq \frac{1}{4}h$ và $\leq 15\text{cm}$

Cốt xiên : $\phi \leq \frac{1}{15}$ chiều dài của nó và $\leq 25\text{mm}$

4.2 Môi nối cột-cột:

-**Môi nối khớp**: Tính toán kiểm tra theo khả năng chịu nén của lõi :

$$N \leq N_{cb} = F_{lõi} \cdot (R_n + \mu_k \cdot R_a).$$

Trong đó: $F_{lõi}$ - diện tích TD trong giới hạn của lưới thép.

μ_k - hệ số kể đến ảnh hưởng của lưới thép

$$\mu_k = \frac{n_1 \cdot f_{a1} \cdot l_1 + n_2 \cdot f_{a2} \cdot l_2}{l_1 \cdot l_2 \cdot S}$$

n_1, n_2 - số thanh thép theo phương l_1, l_2 ;

f_{a1}, f_{a2} - diện tích TD thanh thép theo phương l_1, l_2

l_1, l_2 - chiều dài thanh thép theo các phương.

S - khoảng cách giữa các lưới thép.

-**Môi nối ướ** : Tại môi nối có N, M . Chuyển (M, N) thành lực dọc tương đương:

$$N_{td} = N \left(1 + \frac{2e_0}{h} \right)$$

$$N_{td} \leq R \cdot aFa + 0.9 RnF_1 + N_{luoi}$$

$$N_{luoi} = kR_{a1} F_1 \gamma_1 \mu_1$$

Trong đó: F_1 - diện tích TD trong giới hạn của lưới thép.

μ_k - hệ số kể đến ảnh hưởng của lưới thép

$$\mu_k = \frac{n_1 \cdot f_{a1} \cdot l_1 + n_2 \cdot f_{a2} \cdot l_2}{l_1 \cdot l_2 \cdot S}$$

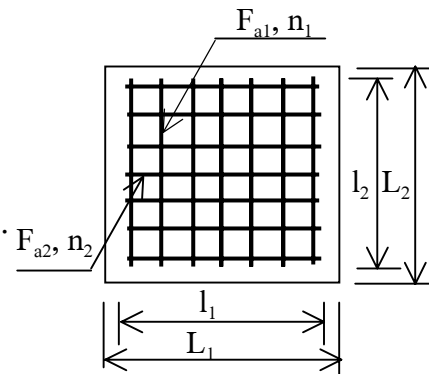
$$k = \frac{5 + \alpha}{1 + 4,5\alpha}, \quad \alpha = \mu_1 \frac{R_{a1}}{R_n}, \quad \gamma_1 = 4,5 - 3,5 \frac{F_1}{F_{cot}}$$

n_1, n_2 - số thanh thép theo phương l_1, l_2 ;

f_{a1}, f_{a2} - diện tích tiết diện các thanh thép theo phương l_1, l_2

l_1, l_2 - chiều dài thanh thép theo các phương.

S - khoảng cách giữa các lưới thép.



- **Môi nối khô** : Giả thiết khi tải trọng tác dụng thì ứng suất nén do bản đệm truyền xuống sẽ mở rộng dưới 1 góc là $1,5\delta$. Còn ứng suất do đường hàn truyền xuống mở 1 góc $2,5\delta$

$$Fh = 2,5\delta [2h_1 + 2(b_1 - 5\delta)]$$

$$Fd = (c + 3\delta)(d + 3\delta)$$

$$\sigma_{cb} = \frac{N}{F_{txuc}} \leq \theta \cdot R_n$$

Trong đó $F_{txuc} = F_h + F_d$

$$\theta = 3 \div 4 \sqrt{\frac{F_{txuc}}{F}} \leq 2$$

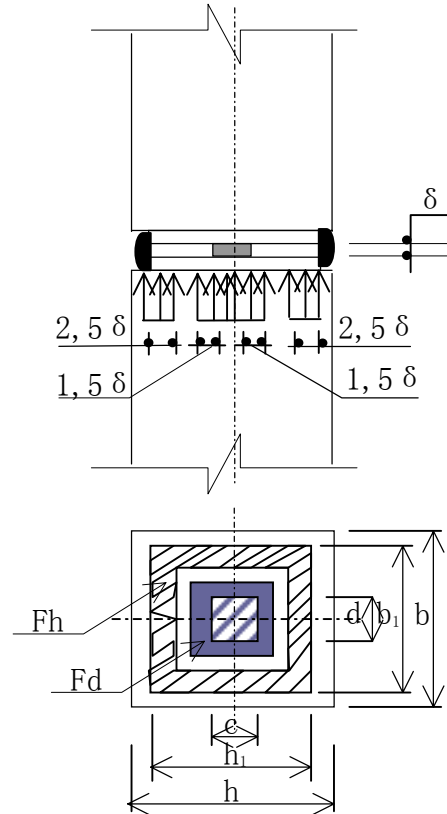
Lực do đường hàn chịu :

$$N_h = \frac{N}{F_{txuc}} F_h$$

Từ N_h và ΣL_h

$$\Rightarrow h_h = \frac{N}{0.7 R_h \Sigma L_h}$$

Nếu có M thì ngoài lực nén N_1 ,
đường hàn còn chịu $N_2 = M/z$,
lúc này dùng $(N_1 + N_2)$ để tính đường hàn.



5. Nguyên tắc tính toán khung:

5.1 Sơ đồ tính:

Cần có những nhận xét để chuyển từ sơ đồ thực về sơ đồ tính toán hợp lý và tìm cách đơn giản sơ đồ tính.

* Nếu độ cứng đơn vị của xà ≥ 4 độ cứng đơn vị của cột thì có thể coi xà ngang kê lên cột : xà ngang được tính như dầm liên tục.

* Nếu hệ chính có độ cứng gấp nhiều lần hệ phụ, có thể tách ra để tính (tính hệ phụ trước, sau đó truyền phản lực liên kết vào tính hệ chính), như vậy hệ chính sẽ an toàn hơn, nhưng với hệ phụ vì không kể đến biến dạng của hệ chính nên thiếu an toàn do đó cần chú ý

gia
có thêm khi cấu tạo thép cho hệ phụ.

* Nếu các nhịp của khung chênh lệch nhau không

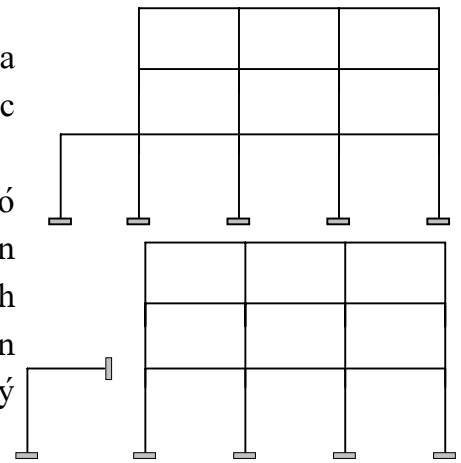
quá 10% thì coi như bằng nhau và lấy theo trị trung bình (đều nhịp).

* Nếu xà nghiêng có độ dốc $< 1/8$ thì có thể coi như ngang xà thẳng.

* Cho phép dịch chuyển các tải trọng trong khoảng $1/20$ nhịp để đưa về dạng tải trọng đối xứng hoặc phản xứng.

* Nếu trong một xà có từ 5 tải trọng tập trung trở lên (cách đều và trị số như nhau) thì có thể qui đổi thành phân bố đều.

* Nếu khung có nhiều nhịp bằng nhau và tải trọng giống nhau thì có thể tính với khung 3 nhịp, nội lực các nhịp giữa lấy như nhau.



5.2 Chọn kích thước sơ bộ:

- *Xà ngang* : Chọn kích thước tiết diện theo $M = 0,7 M_0$
 M_0 là mô men lớn nhất trong dầm đơn giản tương ứng

$$\text{Chiều cao tiết diện: } h_0 = 2 \sqrt{\frac{M}{R_n \cdot b}}$$

(bề rộng b chọn theo kinh nghiệm hoặc yêu cầu kiến trúc), và $h = (1.5 \div 3)b$.

$$\text{Đối với xà cong : } h = \left(\frac{1}{25} \div \frac{1}{30}\right)l$$

Nếu xà ngang cong có thanh căng, thì thanh căng được xác định theo lực căng H :

$$H = 0.9 \frac{ql^2}{8f}$$

- *Cột*: Chọn sơ bộ kích thước tiết diện theo lực nén (được xác định gần đúng):

$$F_{\text{cot}} = (1,2 \div 1,5) \frac{N}{R_n}$$

5.3 Xác định tải trọng, nội lực, tổ hợp nội lực:

Tải trọng tác dụng có thể tính với các trường hợp sau:

- Tĩnh tải gồm: trọng lượng bản thân của kết cấu, các lớp cấu tạo, vật liệu bao che..
- Hai trường hợp của hoạt tải sử dụng được xếp cách tầng cách nhịp.
- Hai trường hợp tải trọng gió (gió trái và gió phải).
- Tải trọng động đất .
- Xác định nội lực theo các phương pháp của CHKC. Độ cứng của các thanh lấy theo kích thước tiết diện và mô đun đàn hồi của bê tông, bỏ qua sự có mặt của cốt thép.
- Tổ hợp nội lực: để tìm ra những cặp nội lực nguy hiểm.

5.4 Tính toán tiết diện:

- Kiểm tra lại tiết diện đã chọn, nếu không hợp lý cần phải thay đổi.
Khi thay đổi lại kích thước tiết diện, nội lực sẽ thay đổi cần phải xác định lại. Nhưng để đơn giản, cho phép sử dụng nội lực cũ nếu tiết diện thay đổi không nhiều.
- Tính cốt thép dầm: Nếu là dầm ngang tính như cấu kiện chịu uốn. Nếu là dầm nghiêng có thể tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm.
- Tính cốt thép cột: Tính như cấu kiện chịu nén trung tâm hoặc lệch tâm.
