

KẾT CẤU MÁI BTCT

Kết cấu mái BTCT có thể được thi công toàn khối, lắp ghép hoặc nửa lắp ghép. Mái phải đảm bảo yêu cầu cách nhiệt, chống dột, chịu được mưa nắng, do đó cấu tạo các lớp mái khác với các lớp sàn.

KC mái có thể phân theo hình dạng là mái phẳng và mái vòm mỏng không gian. Khi độ dốc $i \leq 1/8$ gọi là mái bằng, $i > 1/8$ gọi là mái dốc.

Đặc điểm cấu tạo và tính toán :

- KC mái bằng toàn khối cũng là một dạng KC sàn phẳng.
- Mái lắp ghép cũng được sử dụng rộng rãi, có thể chia ra hệ mái có xà gồ và hệ không có xà gồ. Trong hệ mái không xà gồ, panel được gác trực tiếp lên KC đỡ mái (dầm, dàn mái). Tính toán và cấu tạo panel mái tương tự panel sàn. Xà gồ tính như cấu kiện chịu uốn xiên.

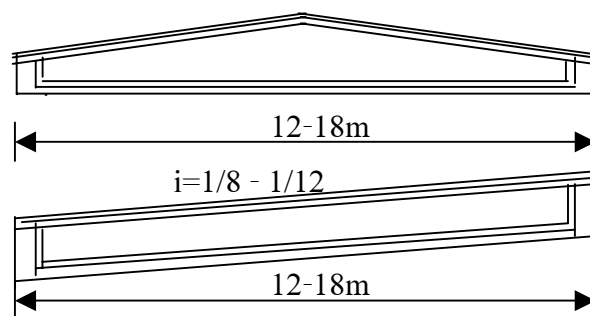
Chương này chủ yếu nghiên cứu kc đỡ mái như **dầm, dàn, vòm**

1. DẦM MÁI :

1.1. Cấu tạo :

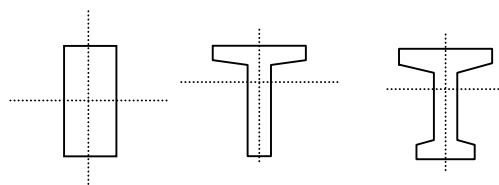
Dầm mái thường là xà ngang của khung hoặc dầm độc lập gác lên tường hoặc cột. Dầm mái thích hợp với nhịp $\leq 18\text{m}$, nếu dùng dầm mái UST có thể vượt nhịp 24m hoặc lớn hơn. Tùy thuộc hình dạng của mái mà dầm mái có thể có các dạng sau :

- Dầm mái 1 mái dốc
- Dầm mái 2 mái dốc
- Dầm mái 4 mái dốc
- Dầm có thanh cánh thượng cong.



* Cấu tạo tiết diện :

Dầm mái thường có tiết diện chữ I, chữ T, đôi khi dạng chữ nhật.



- Chiều cao đầu dầm : $h_{dd} = \frac{1}{20} - \frac{1}{35}l$. Thường lấy $h_{dd} = \frac{1}{24}l$. Các dầm định hình thường chọn $h_{dd} = 800$, bằng bề rộng tám panel bao che đầu dầm.

- Chiều cao giữa dầm : $h_{gd} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}l$

- Bề rộng bản bụng dầm phải đủ ổn định, đảm bảo khả năng chịu cắt. Ngoài ra để dễ thi công, yêu cầu :

$b \geq 60$ khi đổ BT theo phương ngang.

$b \geq 80$ khi đổ BT theo phương đứng.

$b \geq 90$ khi bản bụng có đặt cốt thép UST

- Bề rộng cánh chịu nén $b'_c = \frac{1}{50} - \frac{1}{60} l$. Thường từ 200 - 400, theo điều kiện ổn định khi chế tạo, vận chuyển, lắp dựng và đảm bảo chiều sâu tối thiểu để gác panel.

- Bề rộng cánh chịu nén $b_c = 200 - 250$, đảm bảo đủ bố trí cốt thép chịu kéo trong dầm. Với dầm có UST thì b_c phải đủ để chịu nén và ổn định khi buông cốt thép UST.

- Chiều dày của cánh $h_c, h'_c \geq 100$

+ Ở khu vực gần gối tựa, bản bụng được mở rộng bằng cánh chịu kéo để liên kết với đầu cột, để chịu phản lực gối tựa.

+ Dầm có chiều cao lớn, hoặc dầm chịu tải trọng tập trung, bố trí thêm các sườn đứng, cách khoảng 3m.

+ Với các dầm lớn, thường khoét bớt bản bụng bằng các lỗ tròn hoặc đa giác đều, và cấu tạo cốt thép bao quanh chu vi lỗ.

* Cấu tạo cốt thép :

- CT dọc chịu kéo : Với dầm nhịp nhỏ có thể dùng BT mác 200-300, CT thường, nhóm CII, CIII. CT được bố trí theo biểu đồ bao mômen, các thanh được hàn chồng lên nhau, các mối hàn cách khoảng 1m. Tại đầu dầm CT dọc phải được neo chắc chắn bằng cách hàn vào các đoạn thép góc. Với dầm nhịp lớn nên dùng CT UST để giảm độ võng, giảm khe nứt, BT mác 300-500.

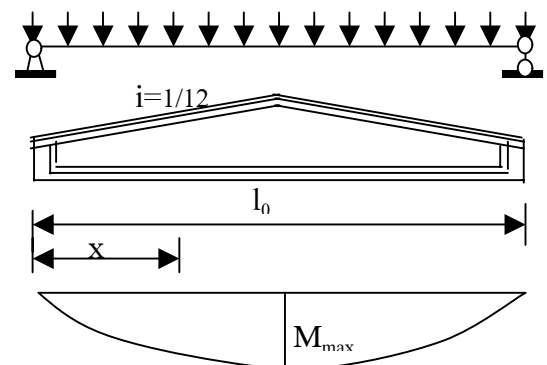
- Trên suốt chiều cao dầm đặt cốt dọc cấu tạo &8 -&10 .

- Cốt đai &8 -&10, khoảng cách xác định theo yêu cầu chịu cắt và cấu tạo, có dạng chữ U bao lấy cốt dọc chịu kéo. Cốt đai với cốt dọc cấu tạo đan thành lưới trong bản bụng (xem hình vẽ).

1.2. Đặc điểm tính toán dầm hai mái dốc :

1.2.1. Sơ đồ tính:

Dầm mái tính theo sơ đồ một dầm đơn giản, nhịp tính toán là khoảng cách trọng tâm các gối tựa.

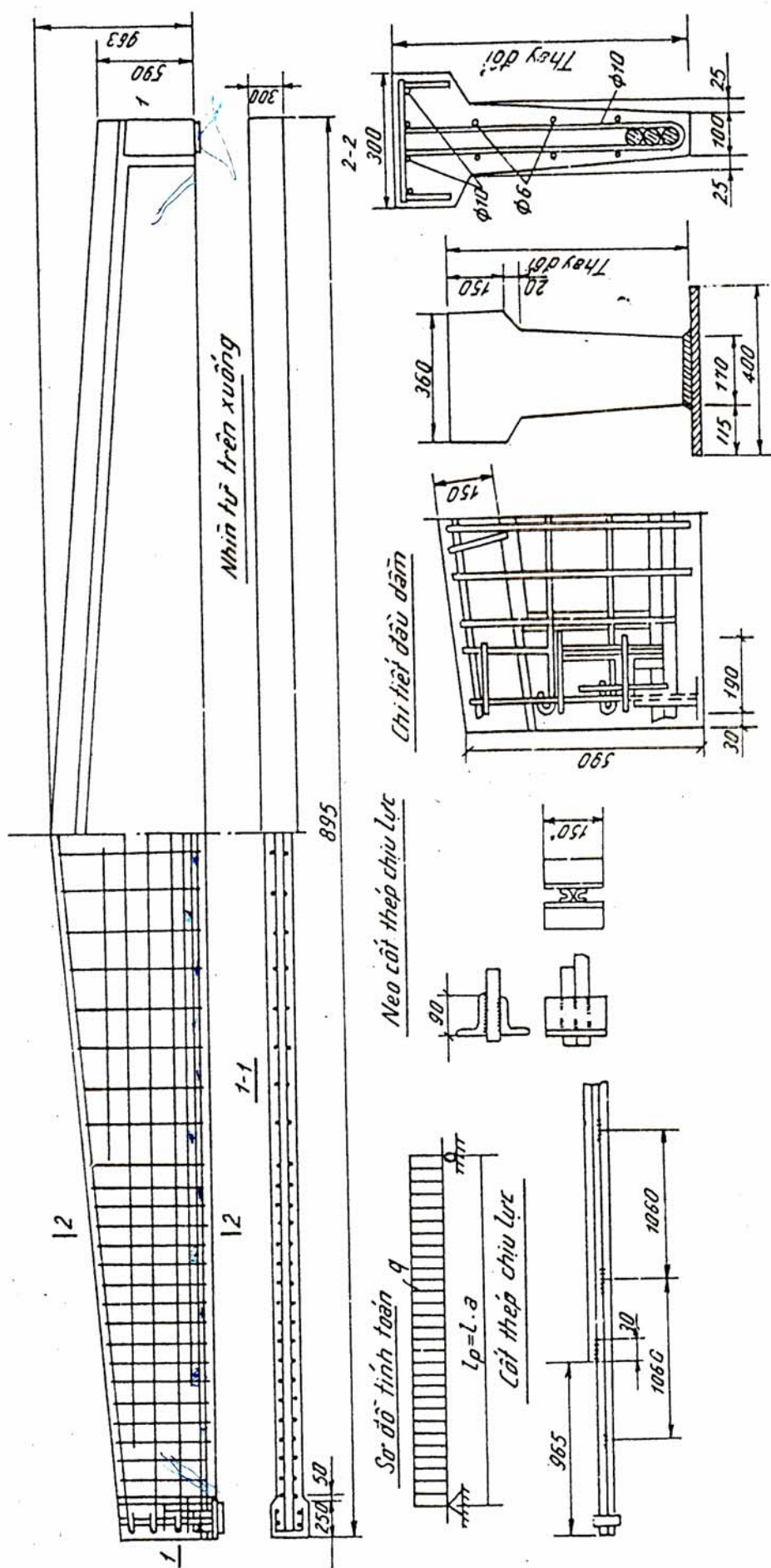


1.2.2. Tải trọng và nội lực:

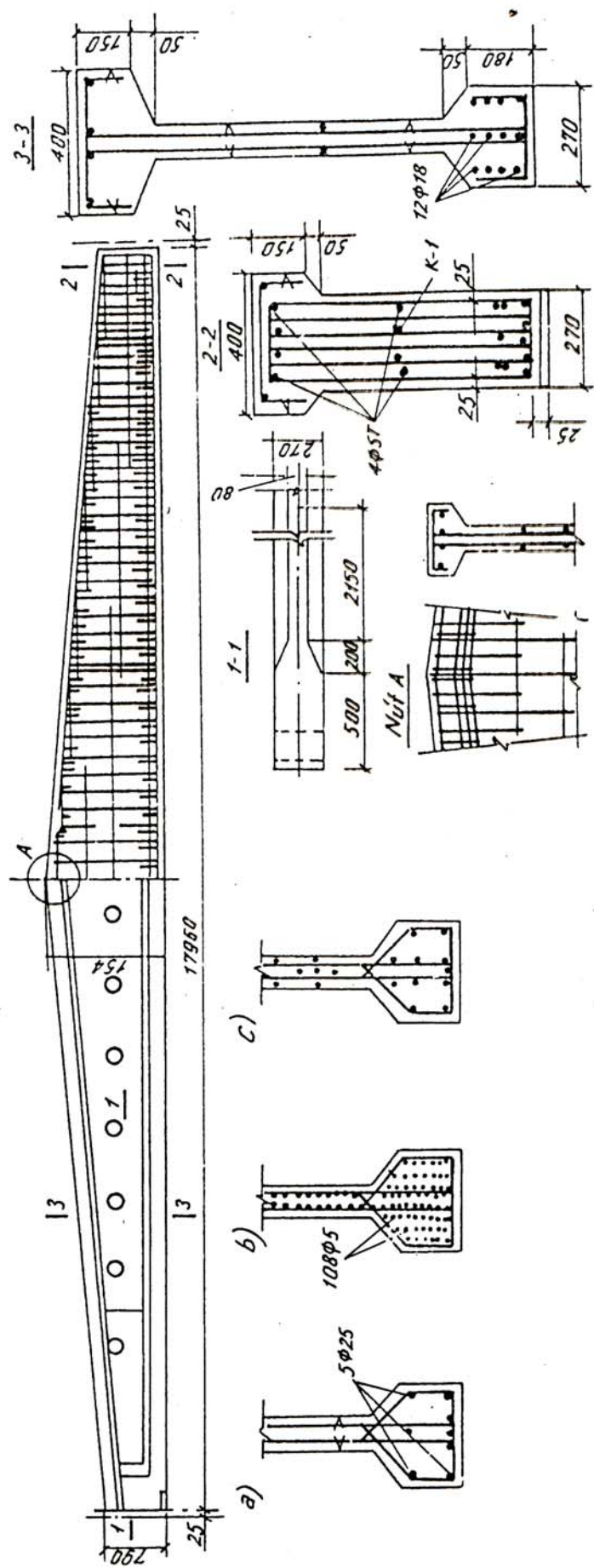
Tính tải : - Trọng lượng bản thân dầm.

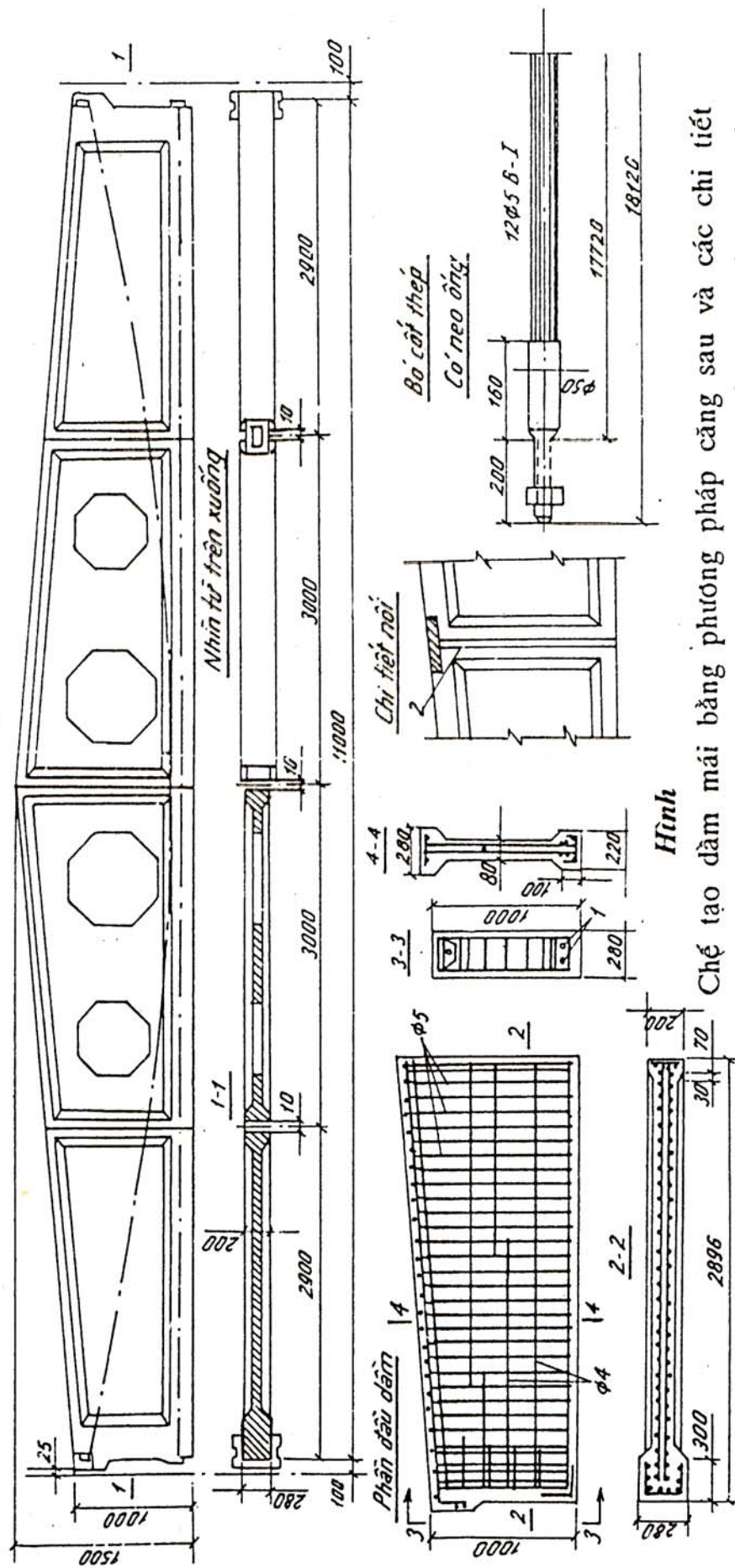
- Trọng lượng panel, các lớp phủ.

- Trọng lượng cửa mái (nếu có).



Hình Bố trí cốt thép trong dầm có cốt dọc chịu kéo không có ứng suất trước





Hình

Chế tạo dầm mái bằng phương pháp căng sau và các chi tiết

1- lỗ để luồn cốt thép ; 2- khe hở được lấp kín bằng vữa bê tông.

Hoạt tải : - Hoạt tải sửa chữa mái.

- Tải trọng do thiết bị vận chuyển treo (nếu có).

Ngoài trọng lượng bản thân, các tải trọng khác truyền xuống là những lực tập trung thông qua các sườn panel, các chân cửa mái, các điểm treo thiết bị vận chuyển. Nếu trên dầm có từ năm tải trọng tập trung trở lên thì có thể thay bằng tải trọng phân bố đều.

Từ các cơ sở trên ta xác định được nội lực M, Q trong các tiết diện dầm.

1.2.3. Tính toán tiết diện:

Dầm mái có tiết diện thay đổi, tiết diện giữa nhịp có mômen lớn đồng thời tiết diện cũng lớn, do đó chưa phải là tiết diện nguy hiểm nhất của dầm, còn có những tiết diện khác có mô-men giảm đi nhưng do tiết diện giảm nhiều nên có thể bị phá hoại. Vậy cần xác định td nguy hiểm của dầm và tính CT cho td đó.

Xét một dầm hai mái dốc, có $h_{dd} = \frac{1}{24}l_0$, độ dốc cánh chịu nén $i = \frac{1}{12}$, chịu tải trọng phân bố đều

- Tại tiết diện x, ta có : $h_x = \frac{1}{24}l_0 + \frac{1}{12}x = \frac{1}{24}(l_0 + 2x)$

$$M_x = \frac{ql_0}{2}x - \frac{q}{2}x^2 = \frac{qx}{2}(l_0 - x)$$

- Diện tích cốt thép cần thiết tại tiết diện x theo điều kiện cường độ :

$$F_{at} = \frac{M_x}{R_a \gamma h_{0x}} = \frac{M_x}{R_a \gamma \beta h_x}$$

với $h_{0x} = \beta h_x$

Như vậy Fax là một hàm của x, ta có thể xác định Fax lớn nhất theo điều kiện:

$$\frac{dFax}{dx} = 0$$

Nếu giả thiết gần đúng rằng tích số $\gamma \cdot \beta$ không phụ thuộc vào x, ta có phương trình để xác định x như sau :

$$2x^2 + 2xl_0 - l_0^2 = 0$$

Giải phương trình trên ta được $x = 0.37 l_0$

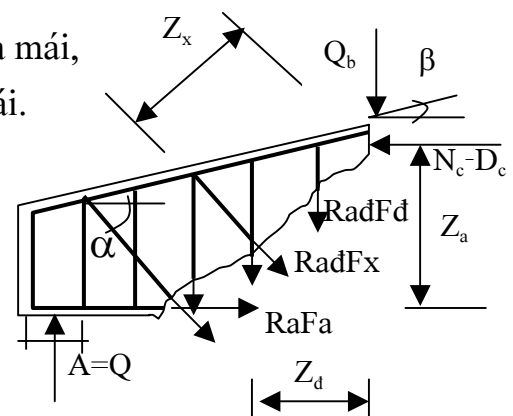
Thường $x = (0.35 - 0.40)l$. Trường hợp nhà có cửa mái, thì tiết diện nguy hiểm có thể ở dưới chân cửa mái.

- Khi tính cốt đai trong dầm mái, điều kiện

cường độ trên tiết diện nghiêng được viết :

$$Q \leq \sum R_{ad} F_d + \sum R_{ad} F_x \sin \alpha + Q_b + D_c \tan \beta$$

trong đó :



Q_b - khả năng chịu cắt của bê tông

$D_c \tan \beta$ - hình chiếu trên phương đứng của phần hợp lực trong vùng nén do cánh td chịu, đối với td chữ nhật $D_c \tan \beta = 0$

D_c được xác định theo td thẳng đứng đi qua điểm cuối của td nghiêng nằm trong vùng chịu nén :

$$D_c = \frac{b'_c - b}{b'_c} D, \text{ giá trị } D_c \text{ không được lớn hơn } h'_c (b'_c - b) R_n$$

D được xác định theo mômen uốn đi qua điểm cuối của tiết diện nghiêng theo công thức :

$$D = \frac{M - R_{ad} \sum (F_d Z_d + F_x Z_x)}{h_0 - 0.5 h'_c} + \sum R_{ad} F_x \sin \alpha$$

2. DÀN MÁI

Dàn mái BTCT là kết cấu đỡ mái, liên kết khớp với cột. Sử dụng rộng rãi trong nhà dân dụng, công nghiệp và trong cầu đường.

Trong xây dựng nhà cửa, dàn BTCT thích hợp với nhịp 18 - 30m. Dàn nhẹ hơn dầm, nhưng chế tạo và dựng lắp dàn thì phức tạp hơn. So với dàn thép, dàn BTCT có độ bền, có khả năng chống cháy, chống gỉ cao hơn và bảo dưỡng cũng đơn giản hơn.

2.1. Cấu tạo chung:

Thường dùng các loại dàn sau:

- Dàn hình thang :

Được sử dụng nhiều. Chế tạo đơn giản, nội lực phân bố tương đối đều, dễ tạo độ dốc thoát nước mái, thích hợp cho nhà nhịp lớn. Nhược điểm là đầu dàn cao, làm tăng chiều cao nhà, tốn vật liệu bao che.

- Dàn có thanh cánh hạ gãy khúc:

Loại này làm việc gần giống dàn

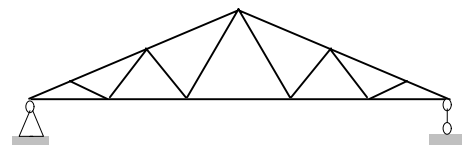
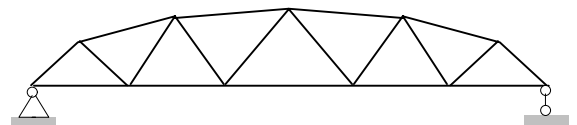
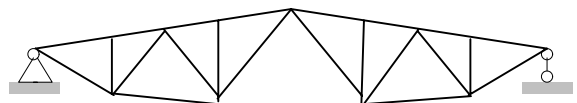
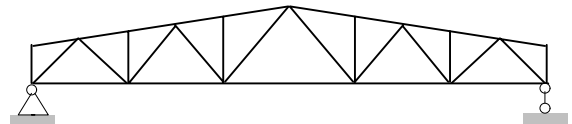
hình thang, nhưng nhờ trọng tâm được hạ thấp nên nó ổn định hơn khi lắp ráp và sử dụng. Với dàn ứng suất trước, thanh cánh hạ không thẳng nên gây tổn hao ứng suất khá lớn.

- Thanh cánh thượng gãy khúc :

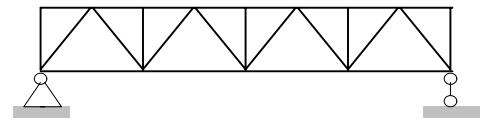
Dàn có hình dạng hợp lý khi chịu tải

trọng phân bố đều. Nội lực trong các thanh cánh thượng, cánh hạ tương đối đều nhau từ gối tựa vào giữa nhịp. Nội lực trong các thanh xiên bé, chiều cao đầu dàn nhỏ, giảm được vật liệu bao che.

- **Dàn tam giác** : Thích hợp với những nhà lợp tôn hoặc fibrô xi măng. Thực tế ít sử dụng.

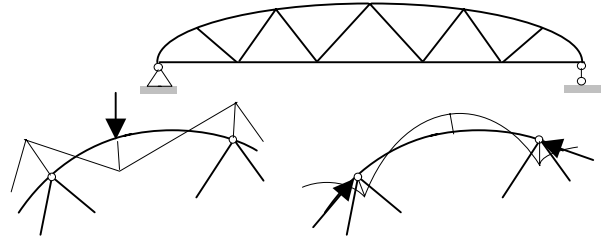


- **Dàn chữ nhật** : Dễ chế tạo, sử dụng khá rộng rãi trong mái phẳng, mái răng cưa, trong nhịp cầu. Nội lực trong các thanh cánh phân bố không được đều như các dàn gẫy khúc.



- **Dàn vòng cung** :

Loại dàn này có đầy đủ ưu điểm của loại dàn có thanh cánh thượng gẫy khúc. Đặc biệt nhờ độ cong của thanh cánh thượng mà khi chịu tải trọng đặt ngoài mặt, mômen uốn cục bộ sẽ giảm do độ lệch tâm của lực dọc so với trục thanh sẽ gây mômen ngược lại. Tuy nhiên chế tạo loại dàn này phức tạp hơn.



* Để dễ vận chuyển, khi chế tạo người ta có thể chia dàn thành các phần nhỏ. Kích thước mỗi phần tùy thuộc khả năng vận chuyển và chỉ nên chia khi điều kiện bắt buộc. Việc khuếch đại dàn được thực hiện bằng liên kết các chi tiết đặt sẵn, căng cốt thép ứng lực trước hoặc đổ bê tông mặt dàn tại hiện trường.

* **Kích thước của dàn:**

- $h_{gd} = (\frac{1}{7} - \frac{1}{9})l$, tùy thuộc cường độ, độ cứng và các yêu cầu về thiết bị kỹ thuật.

- Khoảng cách giữa các mắt trên thanh cánh thượng thường 3m.

- Khoảng cách giữa các mắt dưới thanh cánh hạ là $\leq 6m$.

- Chiều rộng thanh cánh thượng phụ thuộc khả năng chịu nén, độ ổn định, vận chuyển, cầu lắp và phải đủ rộng để gác panel.

$b = (\frac{1}{70} \div \frac{1}{80})l$, và chú ý vấn đề định hình hóa ván khuôn.

Theo qui định: $b \geq 220$ với dàn bước $a = 6m$, nhịp $l = 18m$;

$b \geq 240$ $a = 6m$, $l = 30m$;

$b \geq 280$ $a = 12m$, nhịp tùy ý.

- Thanh bụng: được lấy theo khả năng chịu lực: nén, kéo đúng tâm hoặc lệch tâm.

Thường lấy bề rộng thanh bụng bằng thanh cánh với dàn BTCT toàn khối sẽ thuận tiện khi chế tạo. Nhưng với dàn lắp ghép từ các cấu kiện riêng lẻ thì thanh bụng có bề rộng bé hơn thanh cánh để dễ liên kết

Mác BT thường dùng $200 \div 500$

* **Cấu tạo cốt thép:** Cốt chịu lực nên dùng thép CII trở lên

- Bố trí thép trong các thanh dàn: theo yêu cầu cấu tạo đối với các cấu kiện chịu nén, kéo đúng tâm hoặc lệch tâm.

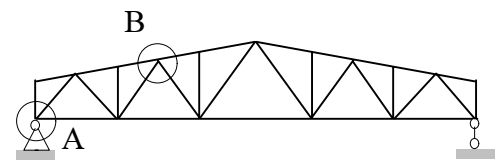
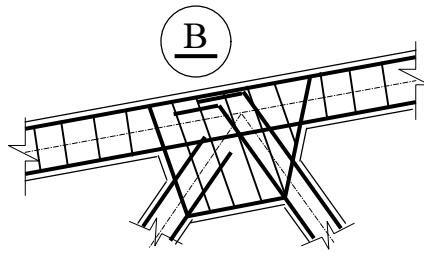
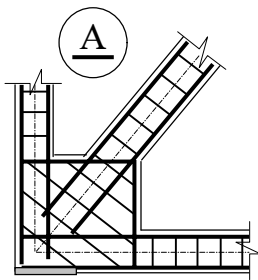
- Thanh cánh hạ chịu lực kéo lớn thường dùng thép ULT. Yêu cầu phải có tối thiểu 4 thanh thép cho mỗi tiết diện, phải có biện pháp đặc biệt để neo thép chịu kéo ở đầu dàn.

- Thanh cánh thượng: chịu nén đúng tâm hoặc lệch tâm. Cốt dọc $\geq 4\varnothing 10$ cho mỗi tiết diện.
- Thanh bụng: Với thanh kích thước td lớn phải có $\geq 4\varnothing 10$.
Với thanh kích thước td bé có thể $2\varnothing 10$.

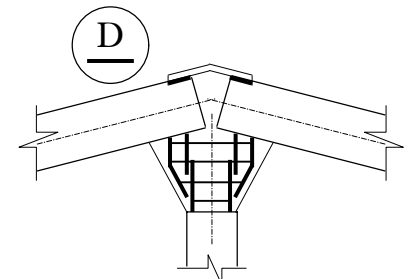
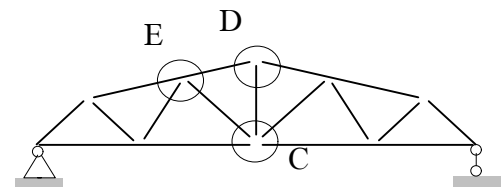
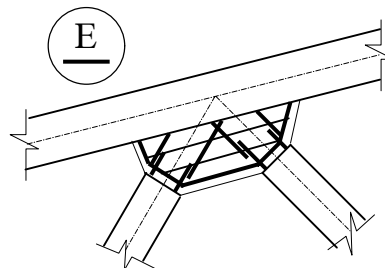
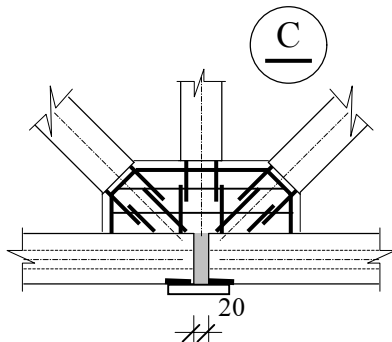
* Cấu tạo mắt dãn:

- *Mắt dãn toàn khối:*

Cốt thép bao quanh mắt và cốt đai có sự làm việc khá phức tạp, và chưa có những nghiên cứu đầy đủ về tính toán. Vì vậy khi thiết kế các mắt dãn cần tuân theo một số qui định về cấu tạo.



- *Mắt dãn lắp ghép:*



2.2. Tính toán dãn mái:

Cần tính toán kiểm tra trong mọi giai đoạn: chế tạo, vận chuyển, cầu lắp, sử dụng và sửa chữa, mỗi giai đoạn có thể có sơ đồ tính và tải trọng khác nhau.

Xét giai đoạn sử dụng:

- Tải trọng:
 - + Trọng lượng bản thân và lớp phủ mái,
 - + Hoạt tải sửa chữa mái,
 - + Tải trọng treo phía dưới (nếu có).
- Sơ đồ tính: Xem các mắt dãn là khớp.
- Xác định nội lực: Dùng các pp của CHKC (phương pháp mặt cắt, phương pháp giản đồ Crêmona, phương pháp tách nút..)

Nếu tải trọng đặt ngoài mắt: sẽ gây uốn cục bộ trên các thanh cánh. Để xác định mô men uốn cục bộ: xem thanh cánh là 1 dầm liên tục, có nhịp tính toán bằng khoảng cách giữa các mắt dãn.

- Tính toán tiết diện thanh dầm:

Thanh cánh thượng và thanh xiên chịu nén: tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm, nếu có mô men uốn cục bộ thì tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm. Chiều dài tính toán (trong mp dầm):

+ Thanh cánh thượng và thanh xiên đầu dầm: $l_0 = l$.

+ Các thanh bụng khác: $l_0 = 0.8l$.

Khi tính kiểm tra theo phương ngoài mp dầm, chiều dài tính toán lấy bằng khoảng cách giữa các liên kết cản trở chuyển vị theo phương ngoài mp dầm.

Với dầm BTCT ULT trong giai đoạn chế tạo khi cốt thép ULT được căng thanh cánh hạ có biến dạng, do đó các mắt dầm ở thanh cánh hạ có chuyển vị gây ra nội lực ban đầu (chủ yếu là mô men) trong các thanh bụng. Vì vậy với dầm BTCT ULT cần phải tính toán kiểm tra theo các nội lực này.

3.VÒM:

3.1. Đặc điểm cấu tạo :

Vòm BTCT thường được dùng làm kết cấu chịu lực mái khi nhịp khá lớn (thường $\geq 18m$). Khi nhịp $\geq 36m$ dùng vòm tổ ra kinh tế hơn dầm.

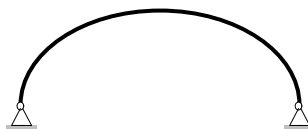
Các dạng vòm thường gặp: Vòm 3 khớp, Vòm 2 khớp, Vòm không khớp.

Vòm có thể chế tạo toàn khối hoặc lắp ghép. Với vòm 3 khớp thường được lắp ghép từ 2 nửa vòm được chế tạo sẵn, vòm 2 khớp thường có thanh căng.

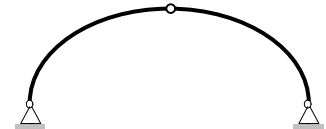
Ngoài ra việc chọn loại vòm còn tùy thuộc vào khả năng truyền lực của gối tựa, tính chất của nền đất. Vòm không khớp có độ cứng lớn và phân bố nội lực đều, vòm 2 khớp hoặc 3 khớp nếu gối tựa kém ổn định nên có thanh căng.



Vòm không khớp



Vòm 2 khớp



Vòm 3 khớp

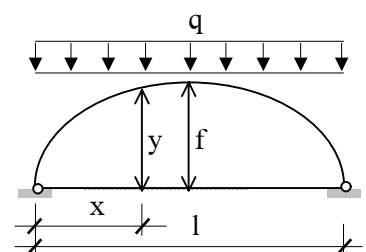
Cấu tạo vòm 2 khớp có thanh căng :

- Độ vồng của vòm $f = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{8}\right)l$

Như đã biết trong CHKC, với mỗi dạng tải trọng có thể chọn trục của vòm sao cho $M=0$: gọi là trục không mô men.

Với kết cấu BTCT để tận dụng khả năng chịu nén tốt của BT, việc chọn trục vòm sao hạn chế mô men trong vòm là có ý nghĩa. Theo quan điểm này, trục vòm hợp lý với tải trọng đã cho là tại td bất kỳ ta có:

$$\text{Mô men của vòm: } M_x = M_{dx} - H.y = 0$$



$$\Rightarrow y = \frac{M_{dx}}{H} ; (y \text{ gọi là đường cong áp lực})$$

Trục hợp lí của vòm khi chịu tải trọng phân bố đều là một parabol :

$$y = \frac{4fx(l-x)}{l^2}$$

Trong quá trình sử dụng, vòm không chỉ chịu tải phân bố đều mà còn có tải lệch, do vậy vòm sẽ xuất hiện mômen uốn nên trục hợp lí của vòm chỉ làm giảm tới mức thấp nhất mômen uốn.

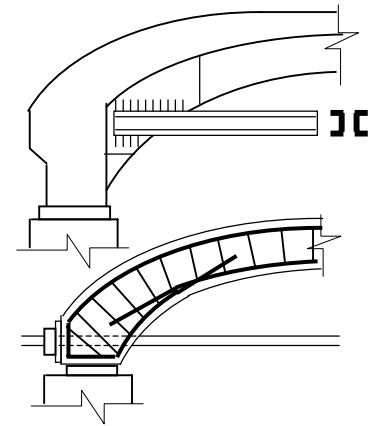
Để định hình hóa kết cấu và đơn giản hóa cho cấu tạo, với vòm thoải ($\frac{f}{l} \leq \frac{1}{5}$), hai khớp thường lấy trục vòm dạng cung tròn. Nếu vòm tương đối cao ($\frac{f}{l} = \frac{1}{2} \div \frac{1}{4}$) thì chọn trục vòm dạng parabol.

Nếu có thanh căng, bố trí thanh treo cách khoảng < 6m để thanh căng không bị võng.

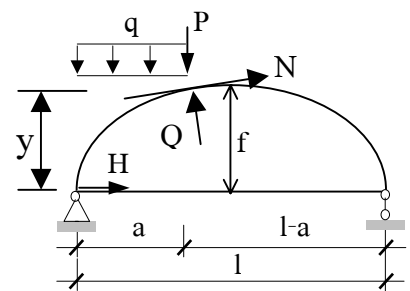
Thân vòm: cấu tạo theo nguyên tắc các cấu kiện chịu nén hoặc kéo lệch tâm. Tiết diện có thể là chữ nhật, chữ T hoặc rỗng. Chiều cao tiết diện:

$$h = (\frac{1}{30} \div \frac{1}{40})l .$$

Cốt thép nên bố trí đối xứng: Đặt bên trên và bên dưới.



Thanh căng: Có thể bằng thép (thép tròn, thép hình) hoặc BTCT, với các vòm lớn nên dùng thanh căng bằng BTCT ULT. Chú ý neo, hàn thanh căng chắc chắn vào gối tựa.



3.2. Nguyên tắc tính toán vòm:

- Tải trọng: - Toàn bộ tải trọng mái.
- Hoạt tải tác dụng lên mái.
- Tải trọng do cầu trục treo (nếu có).

Với hoạt tải tác dụng lên mái nên tính với nửa vòm (khả năng gây mô men lớn hơn).

Với những vòm lớn cần xét đến ảnh hưởng của từ biến, co ngót.

- Xác định nội lực: theo các phương pháp của CHKC.

Diện tích thanh căng xác định theo lực xô ngang: $H = 0.9 \frac{q \cdot l^2}{8f}$;

Với vòm 2 khớp, có kể đến độ giãn dài của thanh căng:

$$H = k \frac{q.l^2}{8f} \quad \text{với tải trọng phân bố đều.}$$

$$H = k(5c^2 - 5c^4 + 2c^5) \frac{q.l^2}{16f} \quad \text{với tải phân bố đều nửa vòm}$$

$$H = (c - 2c^3 + c^4) \frac{5P.l}{8f} \quad \text{với tải trọng tập trung.}$$

$$\text{Trong đó } c = \frac{a}{l} ; \quad k = \frac{1}{1 + \frac{15}{8} \left(\frac{r}{f} \right)^2 \left(1 + \frac{F}{n.F_a} \right)}$$

r, F : bán kính quán tính và diện tích td thân vòm;

F_a : Diện tích td thanh căng bằng thép.

$$\text{Với vòm 3 khớp có gối tựa ngang nhau :} \quad H = \frac{M_{dmax}}{f}$$

M_{dmax} : Mô men dầm tại td giữa nhịp;

Có lực căng H , dễ dàng xác định nội lực trong thân vòm:

$$M_x = M_{dx} - H.y$$

$$Q_x = Q_{dx} \cdot \cos\varphi - H \cdot \sin\varphi$$

$$N_x = Q_{dx} \cdot \sin\varphi + H \cdot \cos\varphi$$

φ : Góc giữa tiếp tuyến của trục vòm với phương ngang.

- **Cốt thép** trong vòm xác định như cấu kiện chịu nén lệch tâm, chiều dài tính toán xác định như sau:

$$\text{Vòm 3 khớp:} \quad l_0 = 0.58S$$

$$\text{Vòm 2 khớp:} \quad l_0 = 0.54S$$

$$\text{Vòm không khớp:} \quad l_0 = 0.36S$$

S : chiều dài trục vòm;

Trong vòm thường lực cắt không lớn lắm, nếu $Q < Rk.b.h_0$. Nên thường bố trí cốt đai theo cấu tạo

Ngoài ra với các vòm bằng BTCT UŁT cần kiểm tra khi chế tạo, lắp ghép.
