

LÝ THUYẾT TÓM TẮT ÔN TẬP MÔN CƠ HỌC KẾT CẤU

1.1 Khái niệm hệ tĩnh định

Hệ tĩnh định là hệ mà ở trạng thái cân bằng chúng ta có thể xác định được các thành phần nội lực bằng các phương trình cân bằng tĩnh học.

1.2. Cách xác định nội lực trong hệ tĩnh định chịu tải trọng

Để xác định phản lực trong các liên kết hoặc nội lực tại một tiết diện nào đó ta sử dụng phương pháp mặt cắt nhằm biến đổi nội lực thành ngoại lực, thiết lập các điều kiện cân bằng dưới dạng giải tích, từ đó suy ra phản lực hoặc nội lực cần tìm.

Thứ tự tiến hành thực hiện:

* Thực hiện mặt cắt qua tiết diện cần tìm (phản lực hay nội lực) mặt cắt này chia hệ thành hai phần độc lập;

* Khảo sát một phần hệ nào đó thay thế phần bị loại là phản lực (hoặc nội lực);

* Lập điều kiện cân bằng tĩnh học dưới dạng giải tích cho phần hệ khảo sát cụ thể như sau:

➤ Nếu các lực đặt vào phần hệ đang xét là *hệ lực đồng quy tại O*. Thì có thể sử dụng một trong ba dạng điều kiện sau:

$$a. \sum X = 0; \sum Y = 0,$$

(X, Y là hai trục chiếu không song song với nhau)

$$b. \sum X = 0; \sum M_A = 0,$$

(OA không được vuông góc với trục chiếu X)

$$c. \sum M_A = 0; \sum M_B = 0,$$

(AOB không được thẳng hàng)

➤ Nếu các lực đặt vào phần hệ đang xét là *hệ lực song song*. Thì có thể sử dụng một trong hai dạng điều kiện sau:

$$a. \sum X = 0; \sum M_A = 0,$$

(trục chiếu không được vuông góc với phương của các lực song song)

$$b. \sum M_A = 0; \sum M_B = 0,$$

(AB không được song song với phương của các lực song song).

➤ Nếu các lực đặt vào phần hệ đang xét là *hệ lực bất kỳ*. Thì có thể sử

dùng một trong ba dạng điều kiện sau:

a. $\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M_A = 0,$

(X, Y là hai trục chiều không song song với nhau)

b. $\sum Y = 0; \sum M_A = 0; \sum M_B = 0,$

(AB không được nằm trên đường thẳng vuông góc với trục X)

c. $\sum M_A = 0; \sum M_B = 0; \sum M_C = 0,$

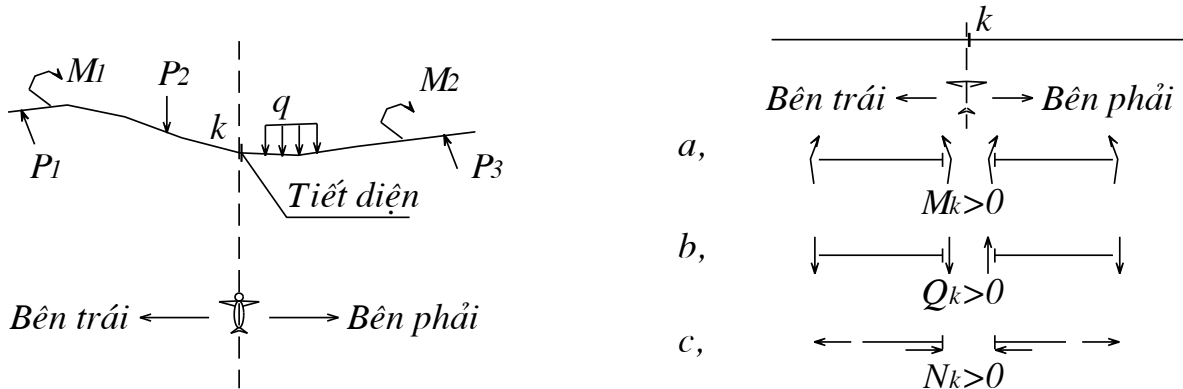
(A, B, C không được nằm trên cùng một đường thẳng).

1.3. Cách vẽ biểu đồ nội lực

Trong thực hành, khi vẽ nội lực trong những hệ thanh mà các thanh là thanh thẳng người ta không thiết lập các phương trình nội lực (trừ trường hợp hết sức cần thiết) mà vẽ theo giá trị nội lực ở các tiết diện đặt trung tâm thiết ở mức độ tối thiểu.

Quy ước về dấu của nội lực tại một tiết diện bất kỳ:

Giả sử cần xác định nội lực tại tiết diện k bất kỳ ta thực hiện mặt cắt qua tiết diện k . Đặt người quan sát vuông góc với tiếp tuyến tại k của trục thanh. Như vậy, mặt cắt sẽ chia hệ thành hai phần: phần bên trái và phần bên phải của người quan sát.

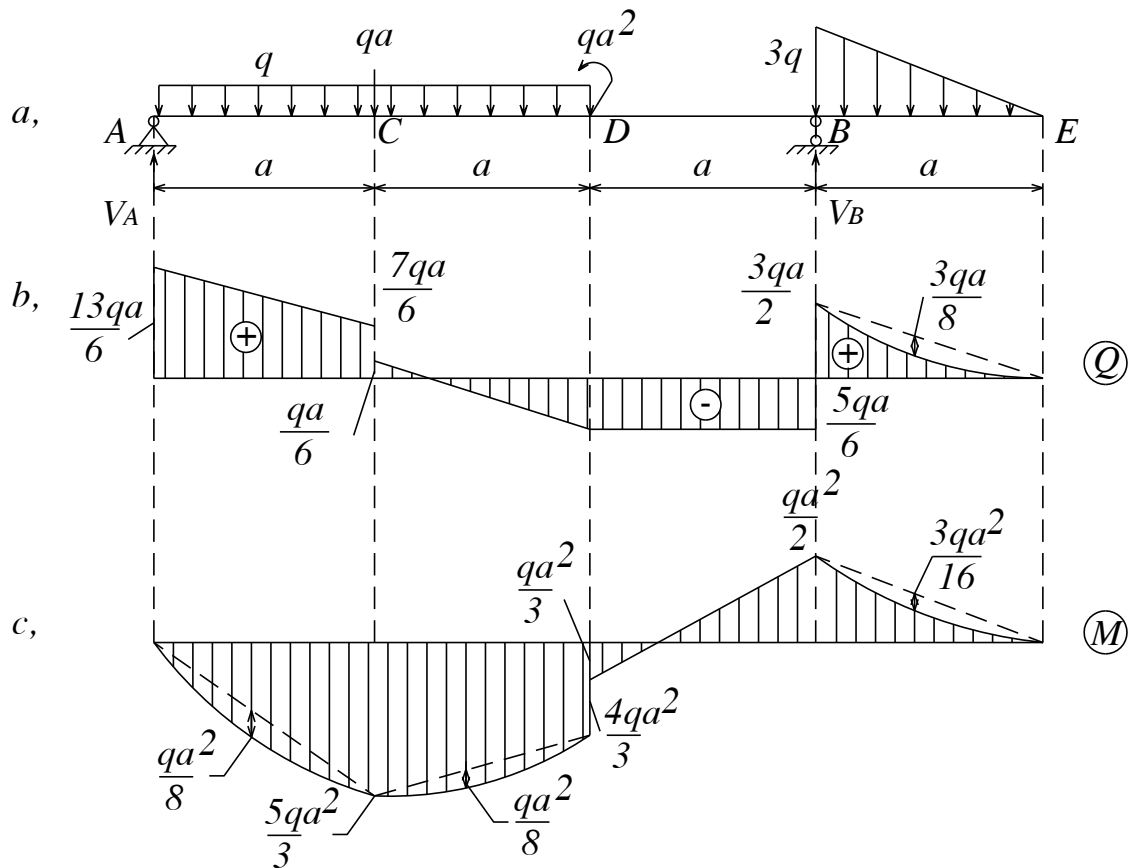


1.2 Tính dầm và khung tĩnh định

1. Dầm đơn giản

- Yêu cầu:
- + Xác định phản lực
 - + Xác định nội lực tại các tiết diện đặc biệt

Ví dụ 1 Xác định phản lực tại các gối A và B cho dầm. Chịu tải trọng như hình vẽ sau



Hình 3.5 hình vẽ cho ví dụ 3.1

a. **Xác định phản lực:** Xét cân bằng cho toàn hệ

$$\sum Z = H_A = 0, \Rightarrow H_A = 0;$$

$$\sum M_A = 3a.V_B - 2qa.a + qa^2 - \frac{3qa}{2} \left(3a + \frac{a}{3} \right) = 0, \Rightarrow V_B = \frac{7}{3} qa;$$

$$\sum M_B = 3a.V_A - 2qa.2a - qa.2qa - qa^2 + \frac{3qa}{2} \left(\frac{a}{3} \right) = 0, \Rightarrow V_A = \frac{13}{6} qa;$$

b. **Vẽ biểu đồ nội lực**

Trong trường hợp này, tải trọng vuông góc với trục dầm nên lực dọc tại mọi tiết diện đều bằng không, ta chỉ cần vẽ biểu đồ lực cắt và mômen uốn.

$$\sum M_T = 0 \rightarrow M_T - M_F + Q_F l + \frac{ql^2}{2} = 0;$$

$$\rightarrow Q_F^T = \frac{M_F - M_T}{l} \pm \frac{ql}{2};$$

* Đoạn AC: Đoạn này có tải trọng phân bố đều nên

- Biểu đồ Q có dạng đường thẳng xiên tìm theo hai vị trí A và C

$$Q_{AC} = V_A = \frac{13}{6}qa; \quad Q_{AC} = V_A - qa = \frac{7}{6}qa;$$

- Biểu đồ M có dạng đường cong Parabol bậc hai

$$M_{AC} = 0; \quad M_{CA} = V_A \cdot a - \frac{1}{2}qa^2 = \frac{5}{3}qa^2; \quad \eta_M = \frac{1}{8}qa^2;$$

* Đoạn CD: Đoạn này có tải trọng phân bố đều nên

- Biểu đồ Q có dạng đường thẳng xiên

$$Q_{CD} = \frac{7}{6}qa - qa = \frac{1}{6}qa; \quad Q_{DC} = V_A - 2qa - qa = -\frac{5}{6}qa;$$

- Biểu đồ M có dạng đường cong Parabol bậc hai

$$M_{CD} = \frac{5}{3}qa^2; \quad M_{DC} = V_A \cdot 2a - 2qa \cdot a - qa \cdot a = \frac{4}{3}qa^2; \quad \eta_M = \frac{1}{8}qa^2;$$

* Đoạn DB: Đoạn này không có tải trọng phân bố đều nên

- Biểu đồ Q có dạng đường thẳng song song với đường chuẩn

$$Q_{DB} = -\frac{5}{6}qa;$$

- Biểu đồ M có dạng đường xiên

$$M_{DB} = \frac{4}{3}qa^2 - qa^2 = \frac{1}{3}qa^2; \quad M_{BD} = -3q \cdot \frac{1}{2}a \cdot \frac{1}{3}a = -\frac{1}{2}qa^2;$$

* Đoạn BE: Đoạn này có tải trọng phân bố theo quy luật bậc nhất nên

- Biểu đồ Q có dạng đường cong bậc hai

$$Q_{BE} = \frac{1}{2}3q \cdot a = \frac{3}{2}qa; \quad Q_{EB} = 0; \quad \eta_Q = \frac{1}{8}3qa = \frac{3}{8}qa; \text{ (hạ xuống)}$$

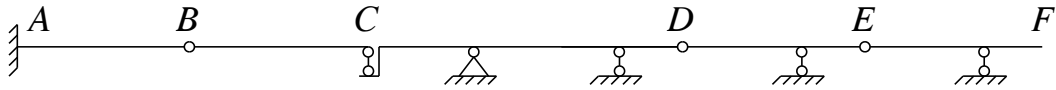
- Biểu đồ M có dạng đường cong bậc ba

$$M_{BE} = -\frac{1}{2}qa^2; \quad M_{EB} = 0; \quad \eta_M = \frac{1}{16}3qa^2 = \frac{3}{16}qa^2;$$

Biểu đồ lực cắt được biểu diễn trên (hình 3.5b), biểu đồ mômen được biểu diễn trên (hình 3.5c).

2. Dầm tĩnh định nhiều nhịp

Là hệ tĩnh định bất biến hình gồm các dầm đơn giản (hay dầm có đầu thừa) một nhịp nối liên tục với nhau bằng các khớp võ.



- Hệ chính là hệ bất biến hình nếu loại bỏ các hệ lân cận, hệ phụ sẽ là hệ biến hình nếu loại bỏ các hệ lân cận.

Về tính chất truyền lực của hệ dầm nhiều nhịp ta có nhận xét sau:

- * Tải trọng tác dụng lên hệ chính chỉ gây ra nội lực trong hệ chính mà không gây ra cho hệ phụ
- * Tải trọng tác dụng lên hệ phụ thì cả hai hệ cả chính và phụ đều phát sinh nội lực.

Ví dụ 2 Vẽ biểu đồ Mômen và lực cắt cho hệ hình 3.8

a. Xét cấu tạo hình học của hệ:

- Hệ chính: dầm BCD
- Hệ phụ dầm AB

b. Tính hệ phụ AB

- Tìm phản lực V_B V_C để dàng tìm được

$$V_C = V_B = 20kN ;$$

- Vẽ biểu đồ mômen cho dầm phụ AB

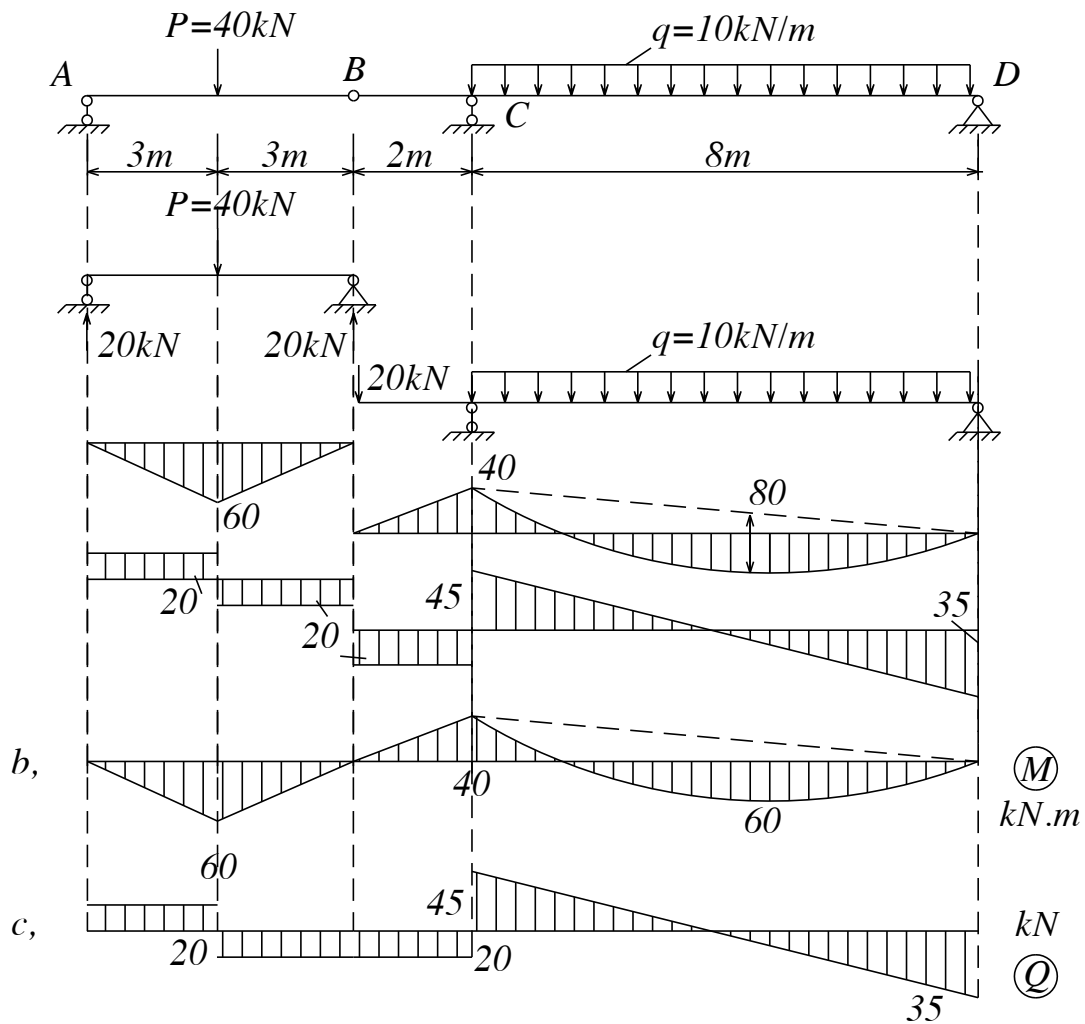
+ Tại A và B là khớp nên mômen tại đây bằng không

+ Dầm AB chịu tải tập trung ở giữa dầm nên mô men là đường thẳng

xiên giá trị lớn nhất là giữa nhịp và bằng

$$M = \frac{Pl}{2} = \frac{40.3}{2} = 60kN.m$$

+ Lực cắt Q được thể hiện như hình vẽ,



Hình 3.8 hình vẽ cho ví dụ 3.2

c. Tính dầm chính BCD , dầm chính BCB là dầm đơn giản có đầu thừa

+ Truyền V_B từ dầm phụ AB xuống dầm chính BCD

+ Xác định phản lực tại các gối tựa

$$\sum M_C = V_D \cdot 8 - q \cdot 8 \cdot 4 + V_B \cdot 2 = 0 \rightarrow V_D = 25kN;$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow V_C = 75kN;$$

- Vẽ biểu đồ mômen cho dầm chính

+ Tại C , Xét cân bằng phần bên trái ta được: $M_C^T = 40kN.m$

+ Mômen tại khớp D bằng không

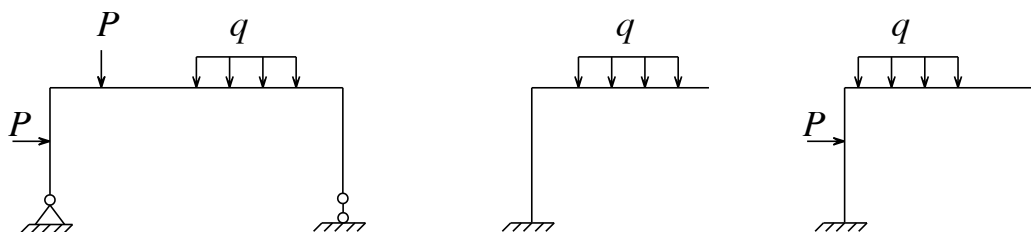
$$+ \text{Treo biểu đồ mô men ta được: } M = \frac{ql^2}{8} = \frac{10 \cdot 8^2}{8} = 80kN.m;$$

* Cộng tác dụng ta được biểu đồ mômen toàn hệ M trên (hình 3.8b).

* Dùng các mặt cắt và quy tắc bước nhảy ta được lực cắt Q trên hình (hình 3.8c)

4. Khung tĩnh định

Khung tĩnh định là hệ tạo thành khi miếng cứng hình thành từ thanh gãy khúc (hình 3.10). Nội lực của khung tĩnh định bao gồm lực cắt, mômen uốn, và lực dọc



Hình 3.10 các dạng khung tĩnh định

b. Phương pháp tính toán

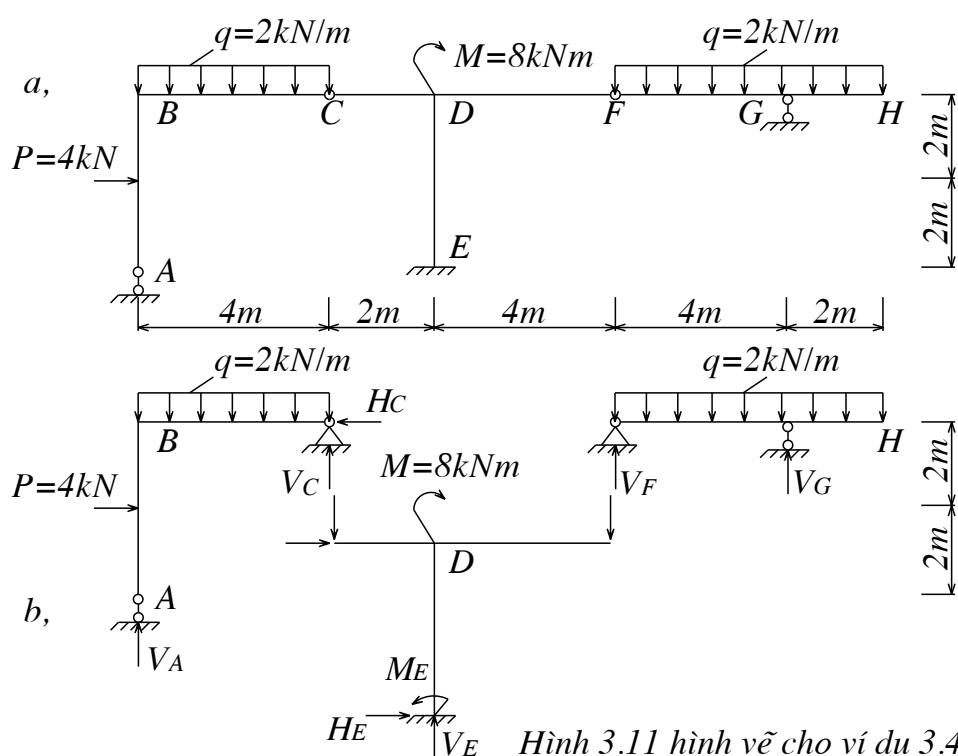
Xét cấu tạo hình học của hệ, phân biệt hệ chính và hệ phụ

- + Hệ chính sẽ là hệ bất biến hình nếu loại bỏ các hệ lân cận,
- + Hệ phụ sẽ là hệ biến hình nếu loại bỏ các hệ lân cận.

Về tính chất truyền lực của hệ khung ta có nhận xét sau:

- * Tải trọng tác dụng lên hệ chính chỉ gây ra nội lực trong hệ chính mà không gây ra cho hệ phụ
- * Tải trọng tác dụng lên hệ phụ thì cả hai hệ cả chính và phụ đều phát sinh nội lực.

Ví dụ 3.4 Vẽ biểu đồ nội lực cho hệ khung như hình 3.11a



Hình 3.11 hình vẽ cho ví dụ 3.4

a. Xét cấu tạo hình học, chia khung chính phụ như sau:

b. Tính dầm phụ FHG

Xác định phản lực

$$\sum M_F = 0 \rightarrow V_G \cdot 4 - q \cdot 6.3 = 0 \rightarrow V_G = \frac{q \cdot 6.3}{4} = 9kN;$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow V_F + V_G - 6q = 0 \rightarrow V_F = 6q - V_G = 3kN;$$

Mômen tại F và H : $M_F = 0$; $M_H = 0$;

Cắt qua G , xét phần phải ta có:

$$M_G = -q \cdot 2.1 = -4kN.m;$$

c. Tính khung phụ $AKBC$

Xác định phản lực

$$\sum X = 0 \rightarrow H_C - P = 0 \rightarrow H_C = P = 4kN;$$

$$\sum M_C = 0 \rightarrow V_A \cdot 4 - P \cdot 2 - q \cdot 4.2 = 0 \rightarrow V_A = 6kN;$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow V_C + V_A - 4 \cdot q = 0 \rightarrow V_C = 4q - V_A = 2kN;$$

Thanh AKB có: $M_A = 0$; $M_K = 0$; $M_B = -P \cdot 2 = -8kN$;

Thanh BC có: $M_B = -2P = -8kN.m$; $M_C = 0$;

d. Tính khung chính $CDEF$

Xác định phản lực

$$\sum X = 0 \rightarrow H_E - H_C = 0 \rightarrow H_E = H_C = 4kN;$$

$$\sum M_E = 0 \rightarrow M_E - M - H_C \cdot 4 - V_F \cdot 4 + V_C \cdot 2 = 0$$

$$\rightarrow M_E = 8 + 4.4 + 3.4 - 2.2 = 32kN.m;$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow V_E - V_C - V_F = 0 \rightarrow V_E = 2 + 3 = 5kN;$$

Thanh CD có: $M_C = 0$; $M_D = -V_C \cdot 2 = -2.2 = -4kN.m$;

Thanh DF có: $M_F = 0$; $M_D = -V_F \cdot 4 = -3.4 = -12kN.m$;

Thanh DE có: M_E có bước nhảy là $M_E = 32kN.m$

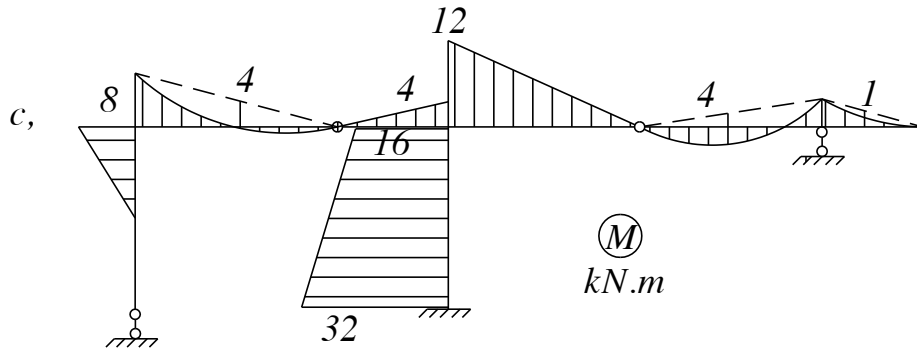
$$M_D = -H_E \cdot 4 + M_E = -4.4 + 32 = 16kN.m;$$

e. Vẽ biểu đồ mô men M (hình 3.11c)

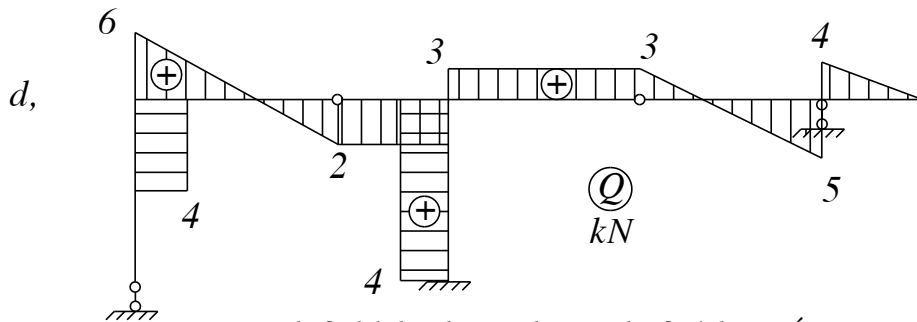
f. Vẽ biểu đồ lực cắt Q (hình 3.11d)

g. Vẽ biểu đồ lực dọc N (hình 3.11e)

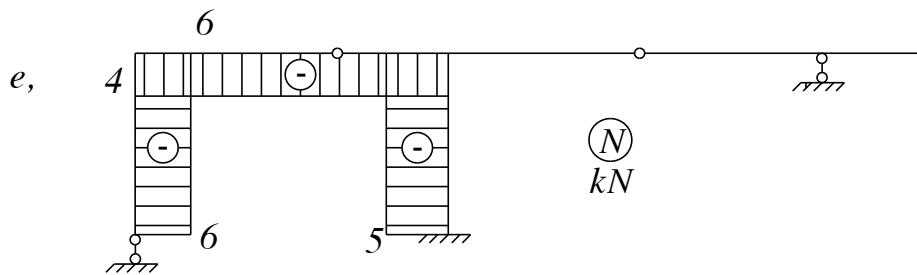
Chúng ta đã hoàn tất bài toán trên.



Hình 3.11 hình vẽ cho ví dụ 3.4 mômen



Hình 3.11 hình vẽ cho ví dụ 3.4 lực cắt



Hình 3.11 hình vẽ cho ví dụ 3.4 lực dọc

Ví dụ 4 Vẽ biểu đồ nội lực cho hệ khung như hình 3.12a. Biết $q = 2\text{kN}/\text{m}$; $P = 2\text{kN}$; $M = 1\text{kN.m}$; $a = 2\text{m}$;

a. Xác định phản lực tại các gối tựa E và D, xét cân bằng toàn hệ

$$\sum X = 0 \rightarrow H_E - P = 0 \rightarrow H_E = P = 2\text{kN};$$

$$\sum M_E = 0 \rightarrow Pa - Pa + M + Pa + \frac{3a}{2}qa - V_D \cdot 2a = 0 \rightarrow V_D = \frac{17}{4}\text{kN};$$

$$\sum M_D = 0 \rightarrow 2a.V_E + H_F a - 3Pa + M - Pa - \frac{1}{2}qa^2 = 0 \rightarrow V_E = \frac{15}{4}\text{kN};$$

b. Vẽ biểu đồ nội lực

* Đoạn AB: trong đoạn này không có lực phân bố nên biểu đồ lực dọc và lực cắt có dạng song song với đường chuẩn nên được xác định theo trị số nội lực

tại tiết diện, chẳng hạn tại tiết diện A.

$$N_A = -P = -2kN; \quad Q_A = -P = -2kN;$$

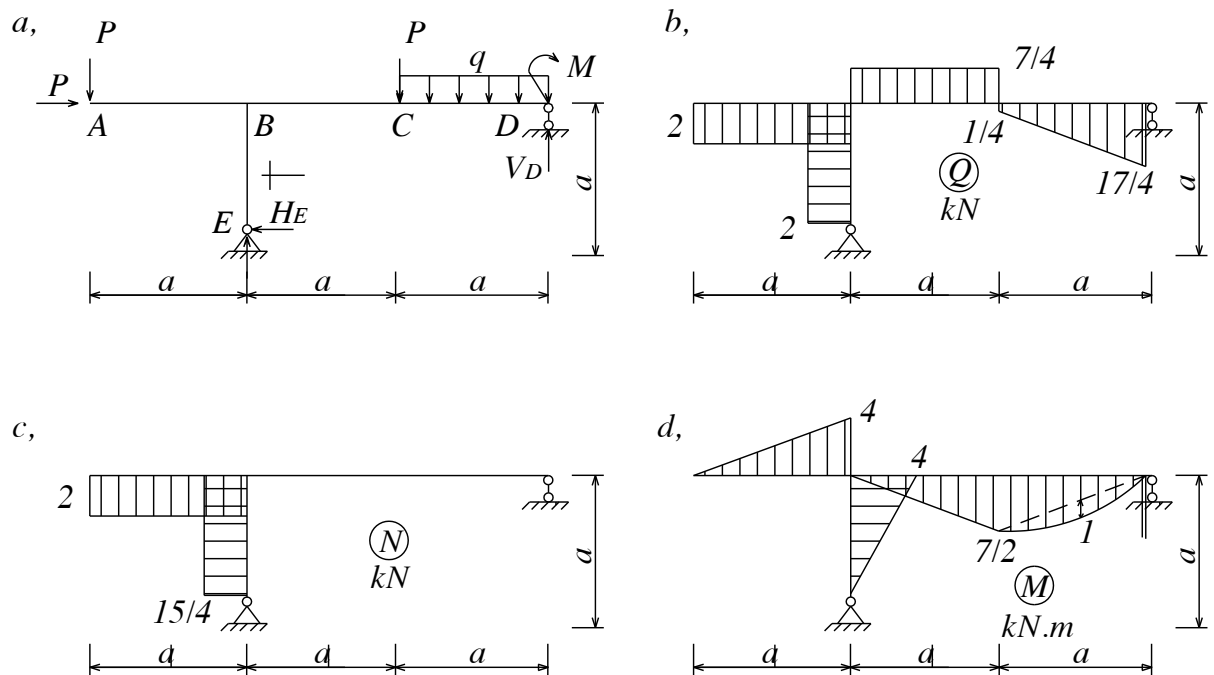
Biểu đồ mômen có dạng đường xiên và được xác định giá trị ở hai đầu đoạn

$$M_A = 0; \quad M_B = -Pa = -2.2 = 4kN;$$

* Đoạn EB. đặt người quan sát song song với BE cũng như AB ta được

$$N_E = -V_E = -\frac{15}{4}kN; \quad Q_E = H_E = 2kN;$$

$$M_E = 0; \quad M_B = H_E \cdot a = 4kN.m;$$



Hình 3.12 hình vẽ cho ví dụ 3.5

* Đoạn BC: cũng tương tự như trong đoạn AB

$$N_B = -P + H_E = 0; \quad Q_B = -P + V_E = \frac{7}{4}kN;$$

$$M_B = -Pa + H_E \cdot a = 0; \quad M_C = -P \cdot 2a + H_E \cdot a + V_E \cdot a = \frac{7}{2}kN.m;$$

* Đoạn CD: trong đoạn này tải trọng phân bố đều và vuông góc với trục thanh. biểu đồ lực dọc có dạng song song với đường chuẩn và được xác định theo giá trị lực dọc tại tiết diện D chẳng hạn. Ta có $N_D = 0$

- Biểu đồ lực cắt có dạng đường xiên và được xác định theo hai giá trị tại tiết diện C và D. Nếu dùng phần phải ta có

$$Q_C = -V_D + qa = -\frac{1}{4}kN;$$

- Biểu đồ mômen có dạng đường cong Parabol bậc hai và được xác định theo các giá trị sau, dùng phần phải ta có:

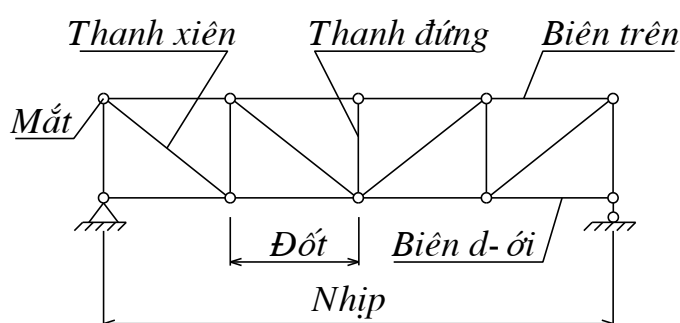
$$M_C = \frac{7}{2} kN.m; \quad M_D = -M = -1kN.m;$$

3.4 Dàn phẳng tĩnh định

1. Định nghĩa: Khi miếng cứng được hình thành bằng các thanh nối với nhau chỉ bằng khớp ở hai đầu thanh (hình 3.18). Nội lực trong thanh dàn chỉ phát sinh lực dọc không có lực cắt và mômen.

2. Một số giả thiết khi tính toán dàn phẳng

- Mắt dàn phải nằm tại giao điểm của các trục thanh và là khớp lý tưởng (xoay tự do không ma sát)
- Tải trọng tác dụng tại các mắt dàn
- Tải trọng bản thân của các thanh không đáng kể (có thể bỏ qua) so với tải trọng tác dụng trong dàn.



Hình 3.18 chi tiết cấu tạo dàn tĩnh định

3. Phương pháp tách mắt tính toán nội lực dàn

Phương pháp tách mắt là trường hợp đặc biệt của phương pháp mặt cắt. Nội dung của phương pháp tách mắt là khảo sát sự cân bằng của từng mắt được tách ra khỏi dàn.

Thứ tự tiến hành thực hiện:

- * Lần lượt tách mắt ra khỏi dàn bằng những mặt cắt bao quanh mắt;
- * Thay thế lực tác dụng của các thanh bị cắt bằng lực dọc trong các thanh đó. Quy ước lực dọc dương là kéo (hướng ra ngoài) lực dọc âm là nén (hướng vào trong). Sau khi thay thế tại mỗi mắt có một hệ lực đồng quy.
- * Khảo sát cân bằng của từng mắt. Vì hệ lực là phẳng và hệ lực đồng quy nên tại mỗi mắt có hai phương trình cân bằng thường dùng

$$\sum X = 0; \quad \sum Y = 0,$$

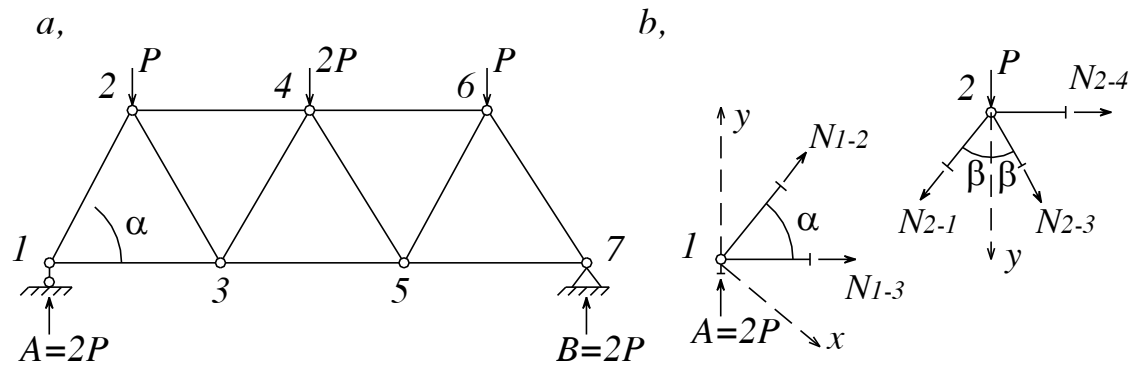
Những lưu ý khi chọn phương pháp tách mắt:

- * Chọn sao cho mỗi phương trình cân bằng chỉ chứa một ẩn số;

* Nên chọn các mắt theo thứ tự để sao cho mỗi mắt chỉ chứa hai lực dọc chưa biết;

* Tại mỗi mắt, để tìm lực dọc trong thanh chưa biết thứ nhất thì nên lập phương trình hình chiếu lên phương vuông góc với thanh chưa biết thứ hai;

Ví dụ 3.9 Xác định lực dọc trong các thanh 1-2, 1-3, 2-3, trong hình 3.19a



Hình 3.19 hình vẽ ví dụ 3.9

Tách mắt 1 để tìm N_{1-3} sử dụng hình chiếu lên phương X vuông góc với 1-2

$$\sum X = N_{1-3} \sin \alpha - A \cos \alpha = 0 \Rightarrow N_{1-3} = 2P \cot \alpha \text{ (lực kéo)}$$

Dùng phương pháp hình chiếu lên phương Y vuông góc với 1-3 tìm được N_{1-2}

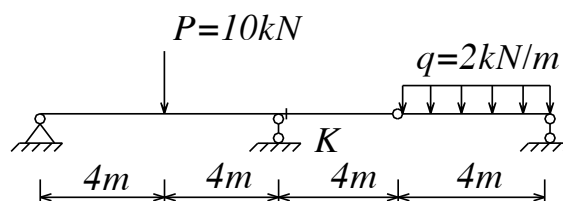
$$\sum Y = N_{1-2} \sin \alpha + A = 0 \Rightarrow N_{1-2} = \frac{-2P}{\sin \alpha} \text{ (lực nén)}$$

Sau khi có N_{1-2} tách mắt 2 để tìm N_{2-3} và N_{2-4}

$$\sum Y = N_{2-3} \cos \beta + N_{1-2} \cos \beta + P = 0 \Rightarrow N_{2-3} = \frac{P}{\sin \alpha}, \text{ (lực kéo)}$$

MỘT SỐ BÀI TẬP ÁP DỤNG

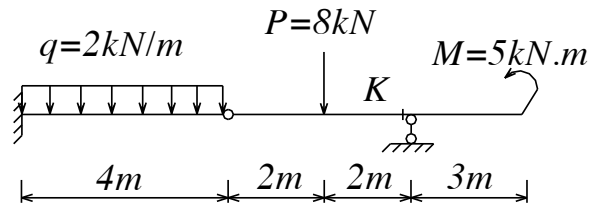
3.8 Tính toán và vẽ biểu đồ mômen và lực cắt trong hệ trên Hình 3.23



Hình 3.23

3.9 Cho hệ kết cấu như hình vẽ 3.24

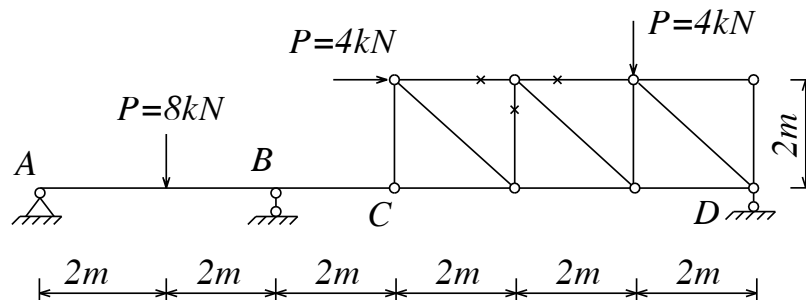
1. Vẽ biểu đồ mômen và lực cắt trong hệ?



Hình 3.24

3.10 Cho hệ kết cấu như hình 3.25

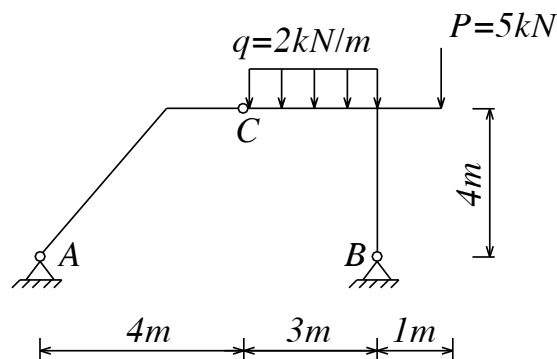
1. Bằng phương pháp tách mắt tính nội lực trong các thanh dàn đánh dấu?
2. Vẽ biểu đồ mômen và lực cắt trong hệ dầm ABC?



Hình 3.25

3.11 Cho hệ kết cấu như hình 3.26

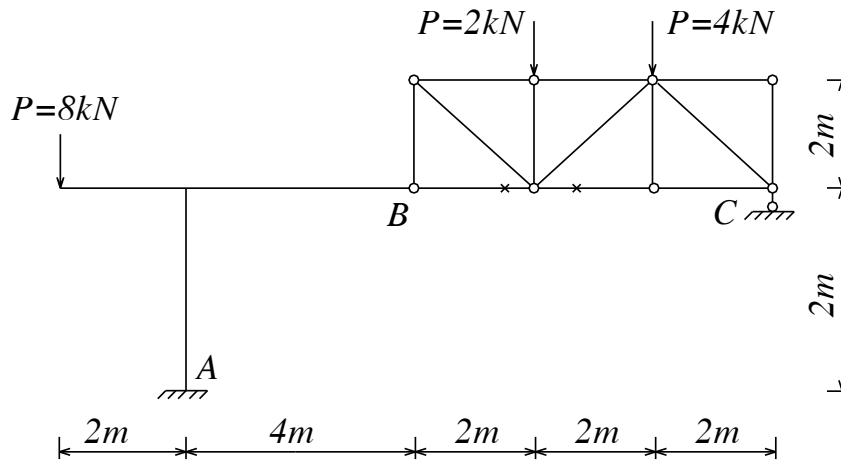
1. Tính phản lực tại các gối A và B khi hệ chịu tải trọng?
2. Vẽ Biểu đồ nội lực (M, Q) khi hệ chịu tải trọng?



Hình 3.26

3.12 Cho hệ kết cấu như hình 3.27

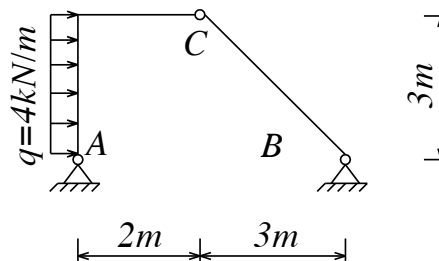
1. Bằng phương pháp tách mắt tính nội lực trong các thanh dàn đánh dấu
2. Vẽ biểu đồ mômen và lực cắt trong hệ dầm AB.



Hình 3.27

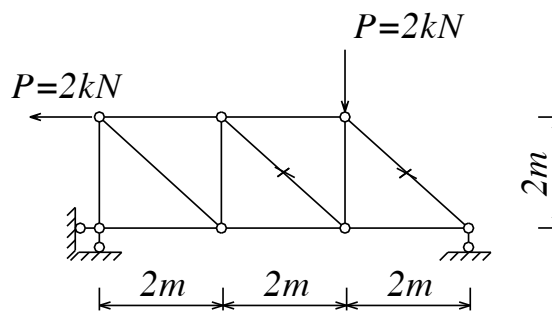
3.13 Cho hệ kết cấu như hình 3.28

1. Tính phản lực tại các gối A và B khi hệ chịu tải trọng?
2. Vẽ Biểu đồ nội lực (M, Q) khi hệ chịu tải trọng?



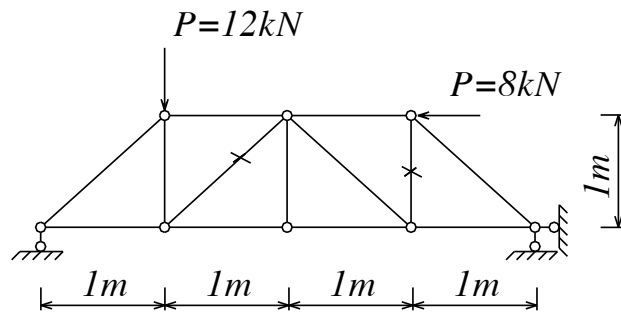
Hình 3.28

3.14 Cho hệ kết cấu như hình 3.29. Bằng phương pháp tách mắt tính nội lực trong các thanh dàn đánh dấu?



Hình 3.29

3.15 Bằng phương pháp tách mắt tính nội lực trong các thanh dàn đánh dấu cho trên hình 3.30.



Hình 3.29