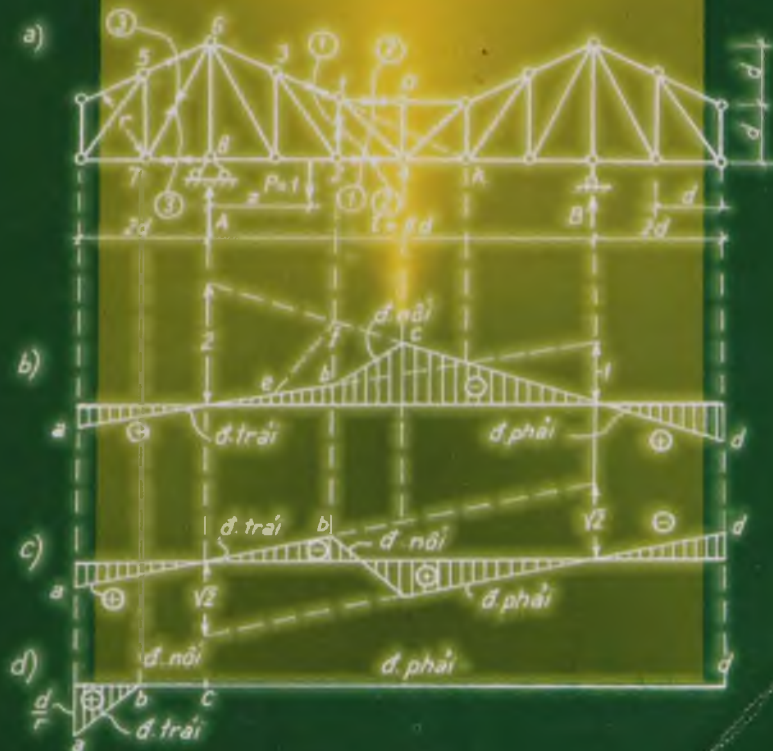


LÊU THỌ TRÌNH
NGUYỄN MẠNH YÊN

BÀI TẬP CƠ HỌC KẾT CẤU

TẬP 1 - HỆ TĨNH ĐỊNH



NGUYỄN
HỌC LIỆU



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Gs, Ts. LÊU THỌ TRÌNH - Gs, Ts. NGUYỄN MẠNH YÊN

BÀI TẬP CƠ HỌC KẾT CẤU

Tập I

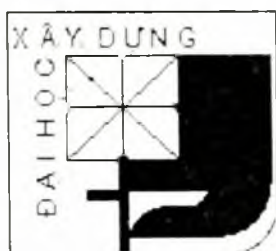
Hệ tĩnh định

(Tái bản có sửa đổi và bổ sung)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2006



50 NĂM ĐÀO TẠO 40 NĂM THÀNH LẬP

Chịu trách nhiệm xuất bản : Pgs. Ts. TÔ ĐĂNG HAI
Biên tập : MINH HẰNG, THANH ĐỊNH
Kỹ mỹ thuật : NHƯ MAI
Sửa bản in : THANH NGÀ
Trình bày bìa : HƯƠNG LAN

60 - 605

1288 - 12.2 - 05

KHKT - 06

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HUNG ĐẠO, HÀ NỘI

In 1500 cuốn, khổ 16 x 24 cm, tại Nhà in Khoa học và Công nghệ
Giấy phép xuất bản số 1288 - 12.2 cấp ngày 9/8/2005.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 11 năm 2006.

Lời tựa

Cơ học kết cấu là một phần kiến thức cơ sở đối với kỹ sư thuộc các ngành xây dựng cơ bản, môn học được bố trí trong chương trình đào tạo của nhiều trường đại học như xây dựng, giao thông, thủy lợi, mỏ địa chất ...

Cơ học kết cấu trang bị cho kỹ sư và sinh viên những kiến thức cần thiết để giải quyết các bài toán thực tế có liên quan đến các khâu từ thiết kế, thẩm định đến thi công và để nghiên cứu các môn kỹ thuật khác của chuyên ngành.

*Cuốn **Bài tập cơ học kết cấu** được biên soạn nhằm giúp các kỹ sư và sinh viên nghiên cứu, luyện tập khả năng nhận xét phán đoán tính chất chịu lực của kết cấu và kỹ năng tính toán kết cấu chịu các nguyên nhân tác dụng thường gặp trong thực tế.*

Sách bao gồm:

- ◆ ***Các bài tập nhỏ**, bố trí các chương tương ứng với cuốn **Cơ học kết cấu**, nhằm đáp ứng yêu cầu về học và dạy phù hợp với chương trình môn học hiện hành trong các trường đại học.*
- ◆ ***Các bài tập lớn**, nhằm giúp bạn đọc củng cố kiến thức tổng hợp và được bố trí theo các học phần của chương trình môn học.*
- ◆ ***Một số bài trong các đề thi sau đại học** là các bài tập khó, mang tính chất tổng hợp, dành cho các bạn đọc chuẩn bị thi cao học, nghiên cứu sinh và các sinh viên yêu thích môn học, có ý định dự thi môn Cơ học kết cấu trong các kỳ thi Sinh viên giỏi hoặc Olympic Cơ học toàn quốc.*

Trong lần tái bản này, tác giả đã:

- ◆ *Chỉnh sửa những sai sót trong cuốn Bài tập cơ học kết cấu xuất bản năm 2000.*
- ◆ *Bổ sung một số nội dung nhằm nâng cao chất lượng giảng dạy và phù hợp với chương trình giảng dạy hiện hành*

Về hình thức, sách được chia thành hai phần:

- ◆ *Phần đề bài.*
- ◆ *Phần đáp số và bài giải, biên soạn theo các mức độ: đáp số; đáp số có chỉ*

dẫn cách giải và bài giải đầy đủ.

Tác giả chân thành cảm ơn các Cán bộ giảng dạy trong bộ môn Cơ học kết cấu và bộ môn Cầu Hầm đã có những ý kiến đóng góp quý báu cho cuốn Bài tập cơ học kết cấu xuất bản năm 2000.

Chúng tôi mong tiếp tục nhận được sự quan tâm và những ý kiến đóng góp của bạn đọc cùng các đồng nghiệp.

CÁC TÁC GIẢ

Chú thích

Các hình vẽ được đánh số tương ứng với số hiệu của bài tập

Nếu không có điều bổ sung đặc biệt, khi vẽ các đường ảnh hưởng thống nhất xem tải trọng di động $P = 1$ là lực tập trung, thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới.

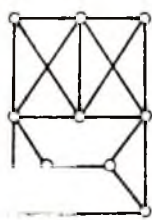
Nếu không có điều bổ sung đặc biệt, khi xét các biến dạng đàn hồi giả thiết bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng dọc trục và biến dạng trượt so với ảnh hưởng của biến dạng uốn. Không bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng dọc trục vì nhiệt và biến dạng đàn hồi dọc trục trong các thanh có liên kết khớp ở hai đầu, chỉ chịu lực dọc.

PHẦN ĐỀ BÀI

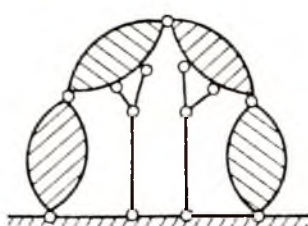
Chương 1

Phân tích cấu tạo hình học của các hệ phẳng

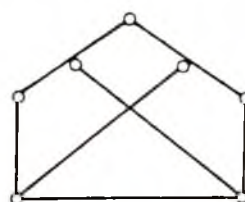
1.1 - 1.30. Vận dụng điều kiện cần và đủ để xét xem các hệ phẳng đã cho là bất biến hình, biến hình hay biến hình tức thời.



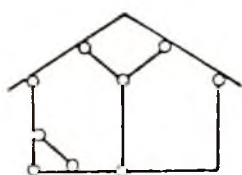
Hình 1.1



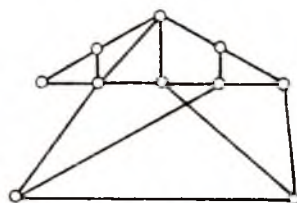
Hình 1.2



Hình 1.3



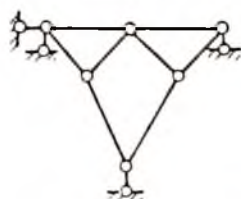
Hình 1.4



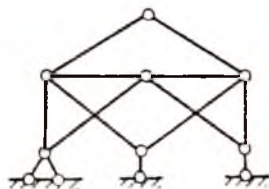
Hình 1.5



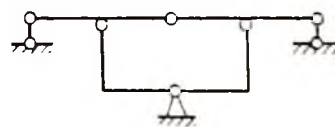
Hình 1.6



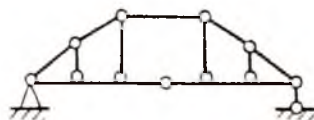
Hình 1.7



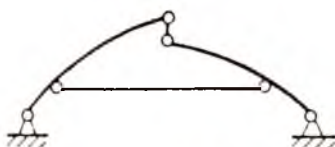
Hình 1.8



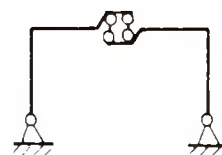
Hình 1.9



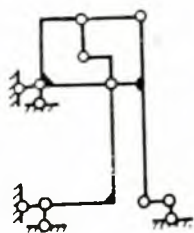
Hình 1.10



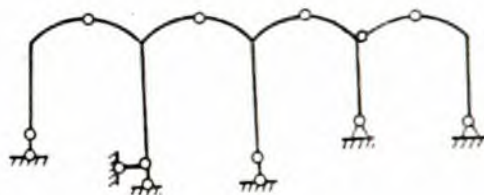
Hình 1.11



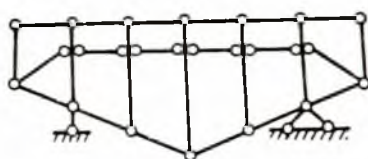
Hình 1.12



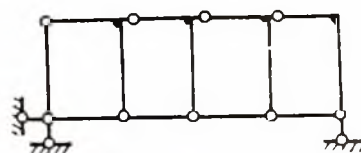
Hình 1.13



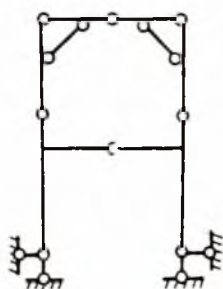
Hình 1.14



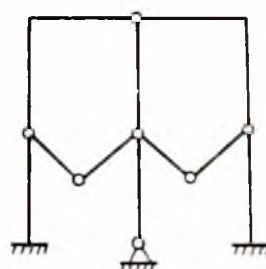
Hình 1.15



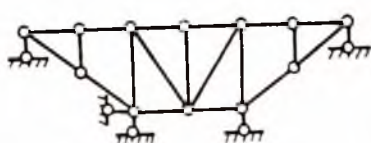
Hình 1.16



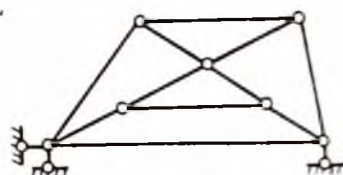
Hình 1.17



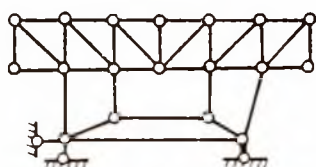
Hình 1.18



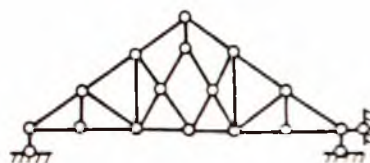
Hình 1.19



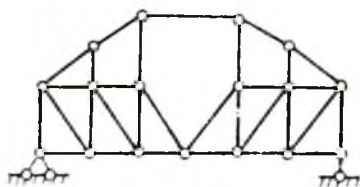
Hình 1.20



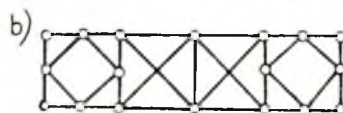
Hình 1.21



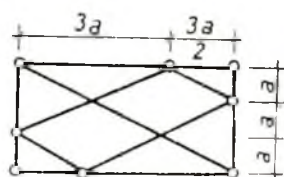
Hình 1.22



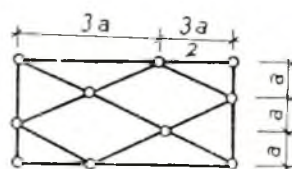
Hình 1.23



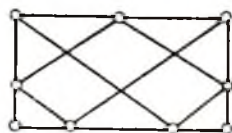
Hình 1.24



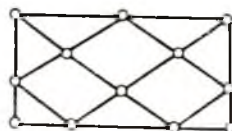
Hình 1.25



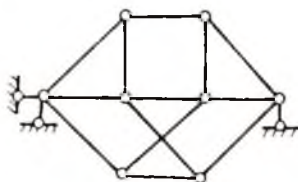
Hình 1.26



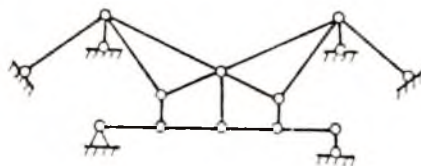
Hình 1.27



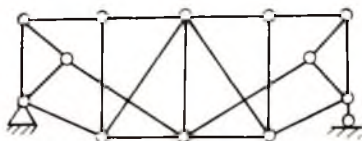
Hình 1.28



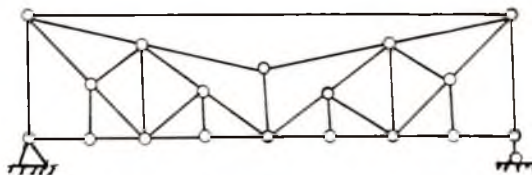
Hình 1.29



Hình 1.30



Hình 1.31

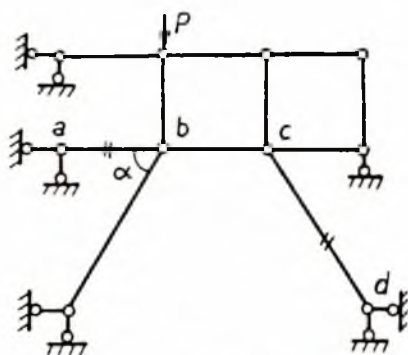


Hình 1.32

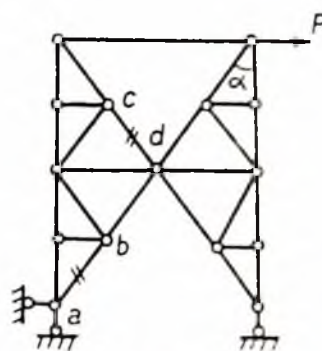
Chương 2

Xác định nội lực trong hệ phẳng tĩnh định chịu tải trọng bất động

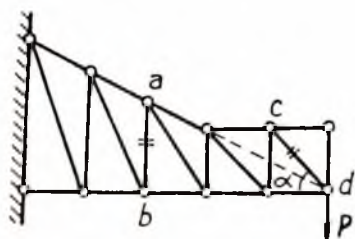
2.1 - 2.14. Vận dụng phương pháp giải tích, xác định lực dọc trong các thanh $a-b$ và $c-d$ của dàn.



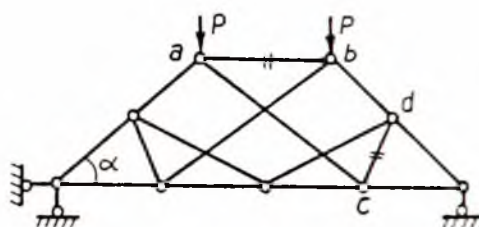
Hình 2.1



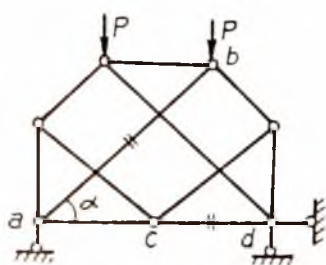
Hình 2.2



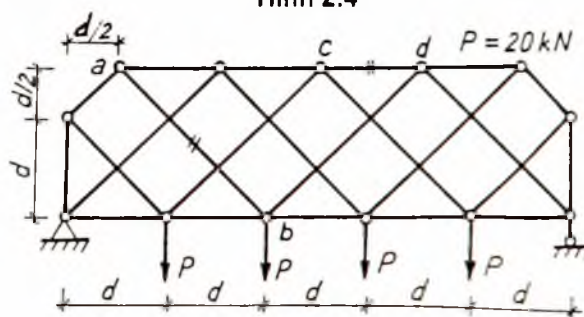
Hình 2.3



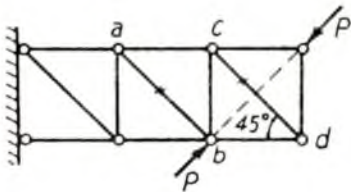
Hình 2.4



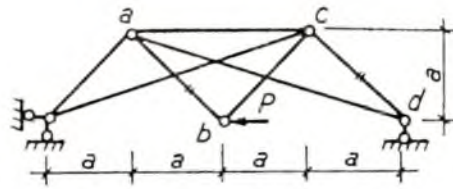
Hình 2.5



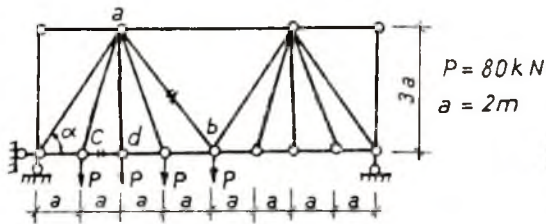
Hình 2.6



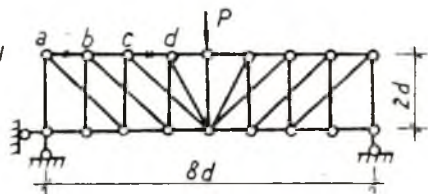
Hình 2.7



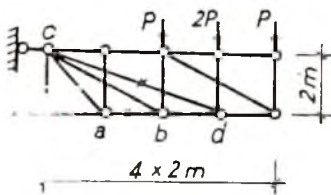
Hình 2.8



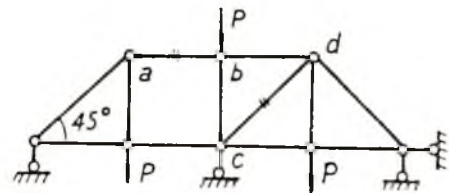
Hình 2.9



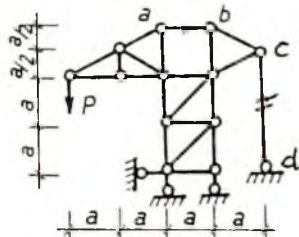
Hình 2.10



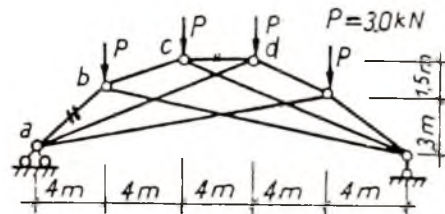
Hình 2.11



Hình 2.12

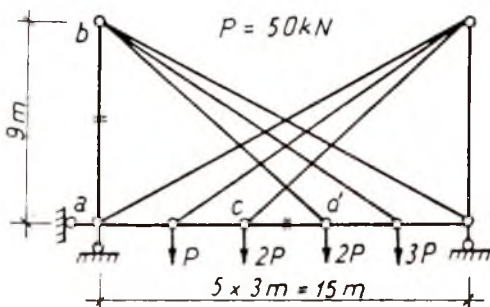


Hình 2.13

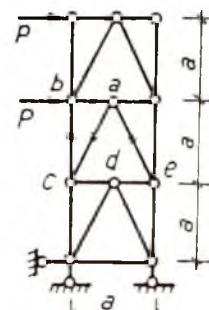


Hình 2.14

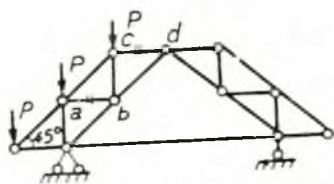
2.15 - 2.24. Vận dụng các mặt cắt thích hợp, xác định lực dọc trong các thanh đánh dấu trên dầm.



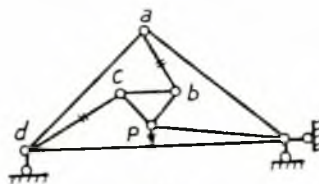
Hình 2.15



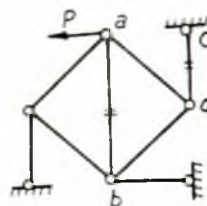
Hình 2.16



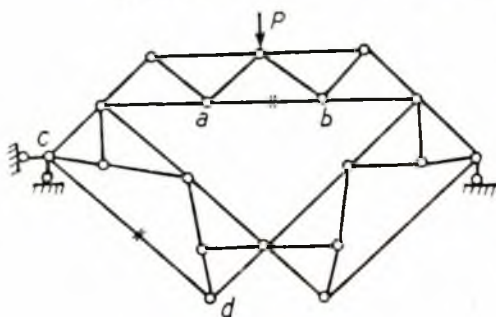
Hình 2.17



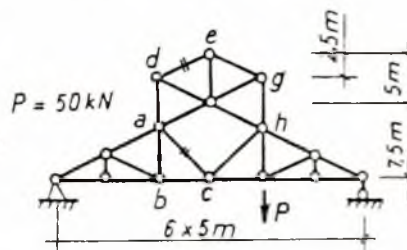
Hình 2.18



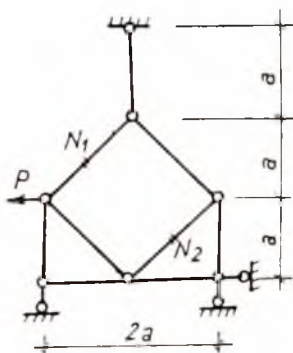
Hình 2.19



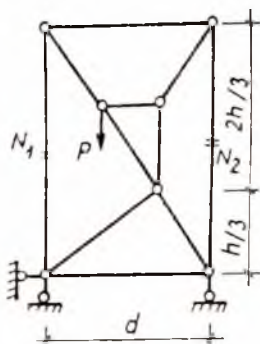
Hình 2.20



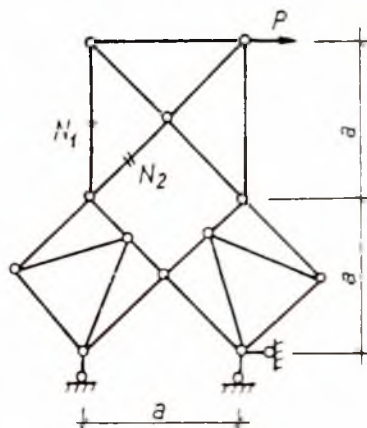
Hình 2.21



Hình 2.22



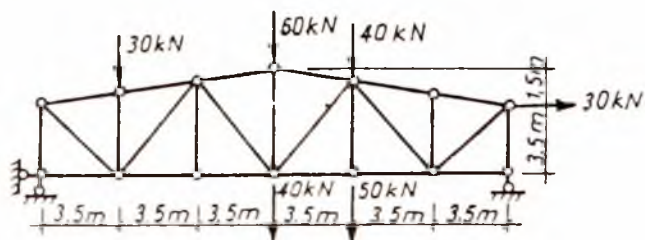
Hình 2.23

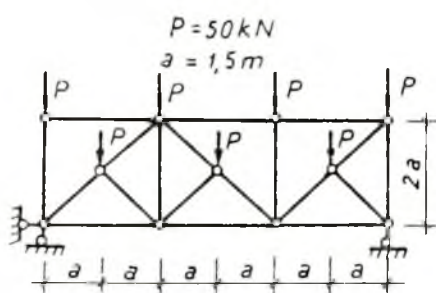


Hình 2.24

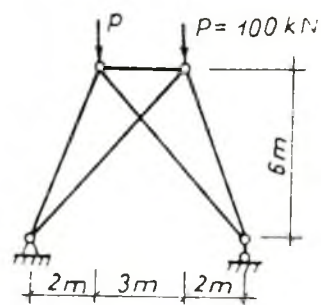
2.25 - 2.28. Vận dụng phương pháp họa đồ, xác định lực dọc trong tất cả các thanh của dàn (vẽ giản đồ nội lực).

Hình 2.25

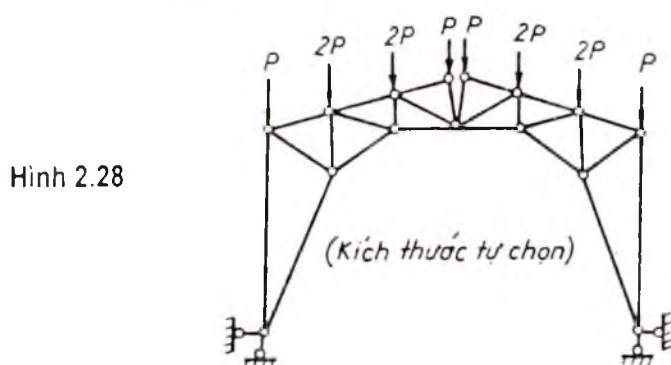




Hình 2.26

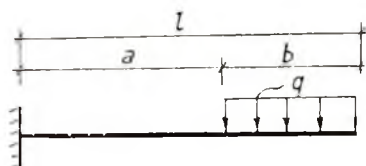


Hình 2.27

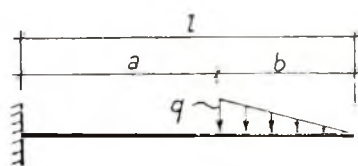


Hình 2.28

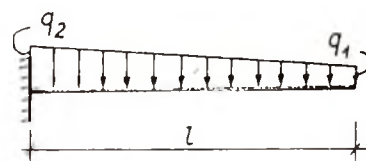
2.29 - 2.34. Vẽ biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt trong các dầm côngxôn.



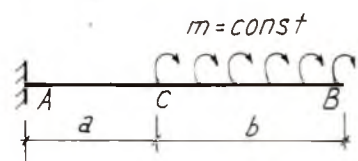
Hình 2.29



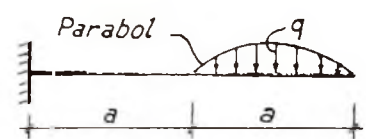
Hình 2.30



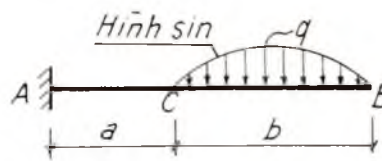
Hình 2.31



Hình 2.32

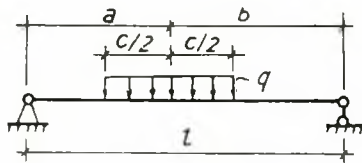


Hình 2.33

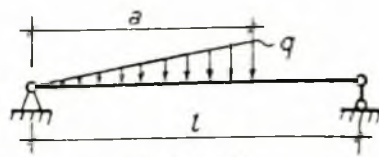


Hình 2.34

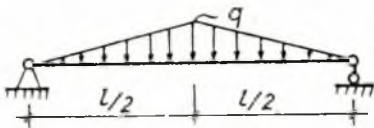
2.35 - 2.40. Vẽ biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt trong các dầm đơn giản.



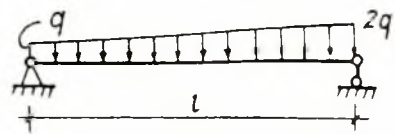
Hình 2.35



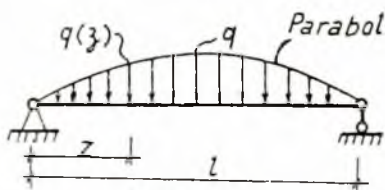
Hình 2.36



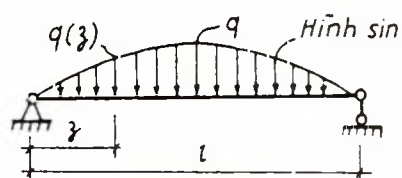
Hình 2.37



Hình 2.38

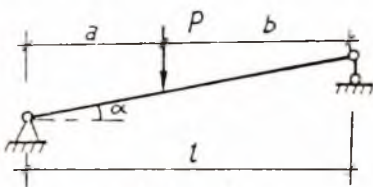


Hình 2.39

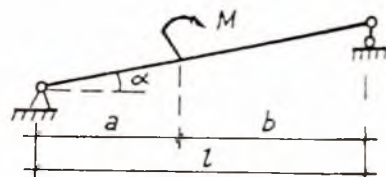


Hình 2.40

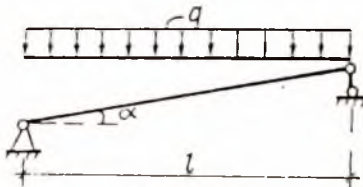
2.41 - 2.46. Vẽ các biểu đồ nội lực trong các dầm đơn giản.



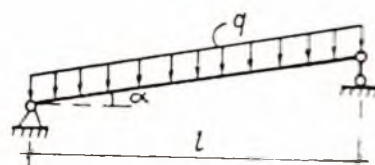
Hình 2.41



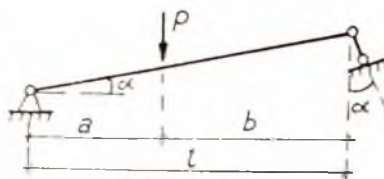
Hình 2.42



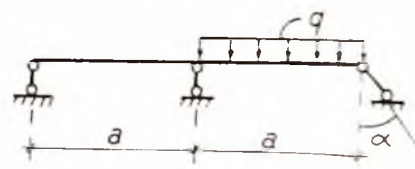
Hình 2.43



Hình 2.44

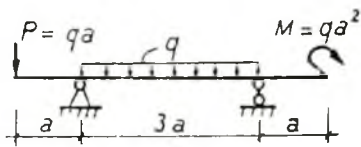


Hình 2.45

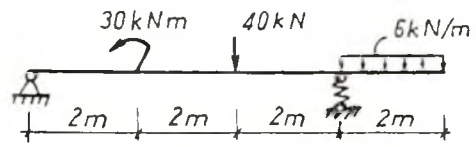


Hình 2.46

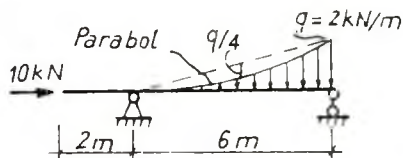
2.47 - 2.50. Vẽ các biểu đồ nội lực trong các dầm.



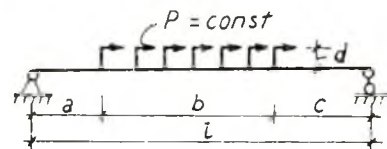
Hình 2.47



Hình 2.48

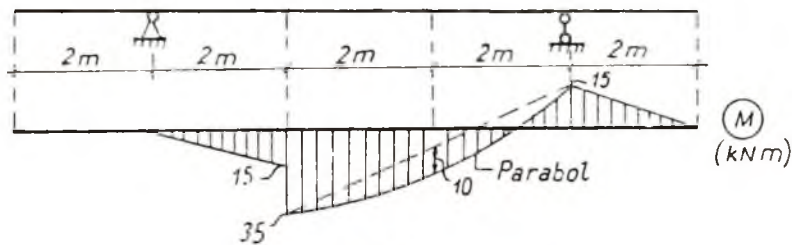


Hình 2.49

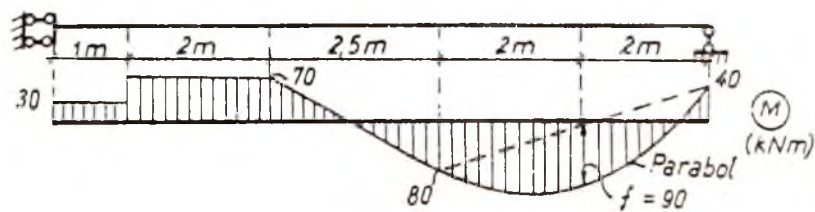


Hình 2.50

2.51 - 2.52. Cho biết sơ đồ dầm và biểu đồ mômen uốn, tìm sơ đồ tải trọng cắt tương ứng.

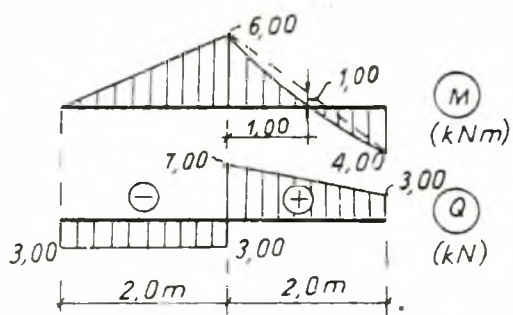


Hình 2.51

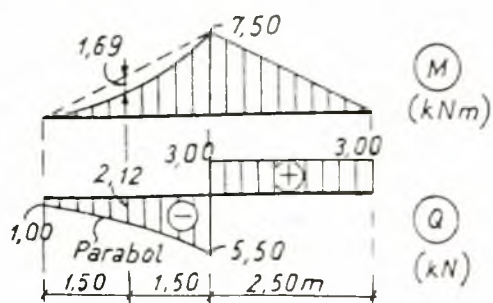


Hình 2.52

2.53 - 2.54. Cho biết biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt, tìm sơ đồ dầm và tải trọng tương ứng. Có bao nhiêu đáp số? Nếu có nhiều đáp số, tìm ba sơ đồ dầm và tải trọng phù hợp.

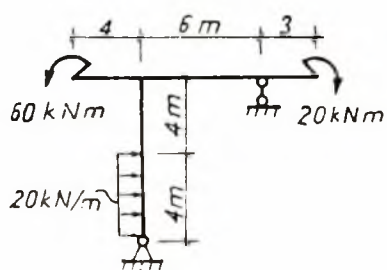


Hình 2.53

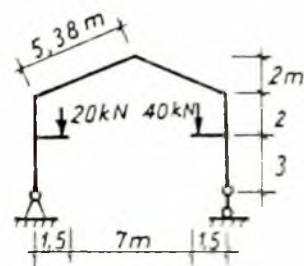


Hình 2.54

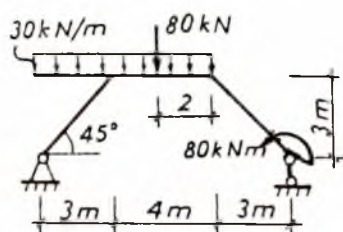
2.55 - 2.60. Vẽ các biểu đồ nội lực trong khung.



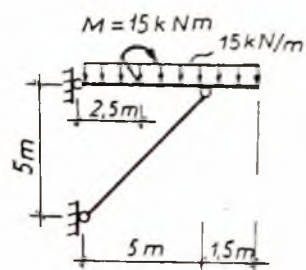
Hình 2.55



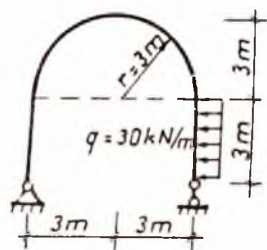
Hình 2.56



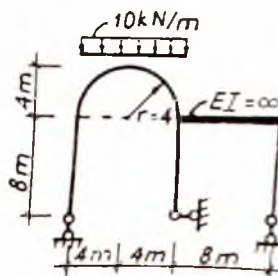
Hình 2.57



Hình 2.58



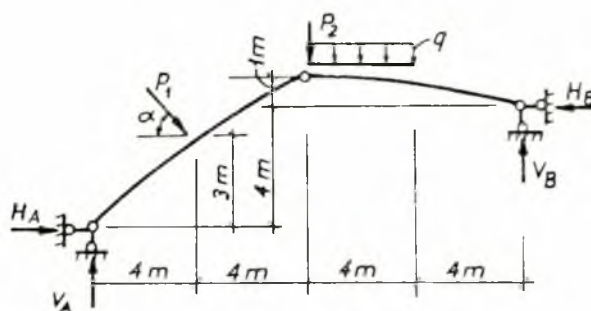
Hình 2.59



Hình 2.60

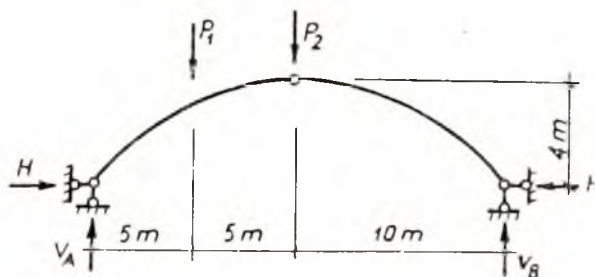
2.61 - 2.64. Xác định các thành phần phản lực trong các hệ vòm ba khớp.

Hình 2.61



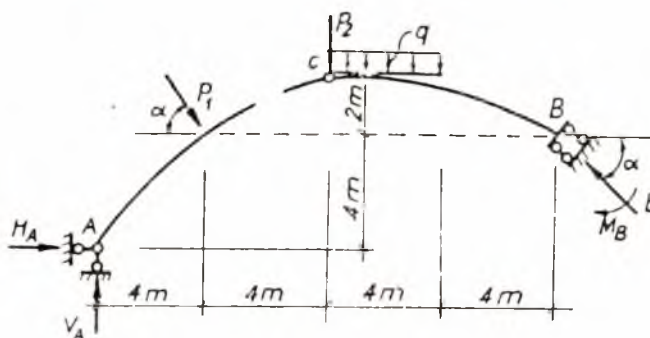
$$\begin{aligned} P_1 &= 100 \text{ kN} \\ P_2 &= 100 \text{ kN} \\ q &= 20 \text{ kN/m} \\ \alpha &= 45^\circ \end{aligned}$$

Hình 2.62



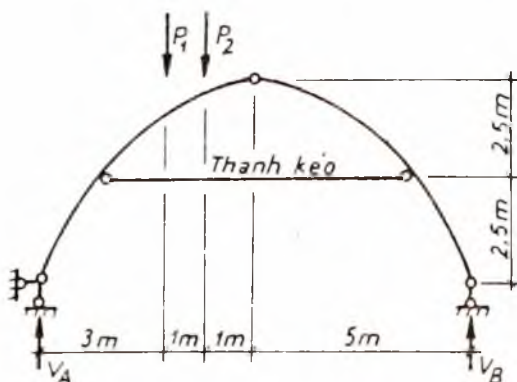
$$\begin{aligned} P_1 &= 200 \text{ kN} \\ P_2 &= 100 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hình 2.63



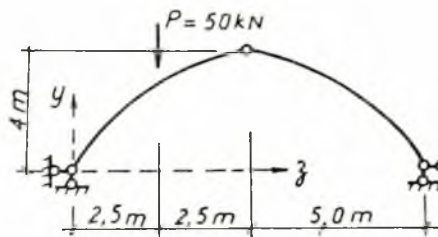
$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 = 200 \text{ kN} \\ q &= 20 \text{ kN/m} \\ \alpha &= 45^\circ \end{aligned}$$

Hình 2.64

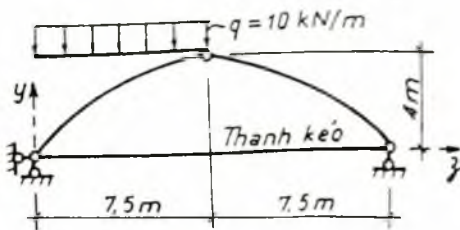


$$\begin{aligned} P_1 &= 100 \text{ kN} \\ P_2 &= 200 \text{ kN} \end{aligned}$$

2.65 - 2.66. Vẽ các biểu đồ nội lực trong vòm ba khớp. Phương trình của trục vòm có dạng parabol: $y(z) = \frac{4f}{l^2}z(l-z)$.

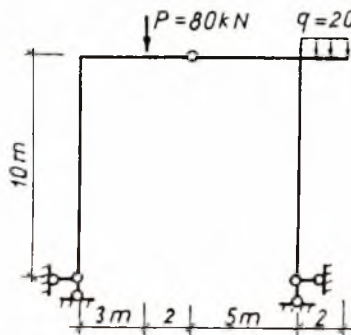


Hình 2.65

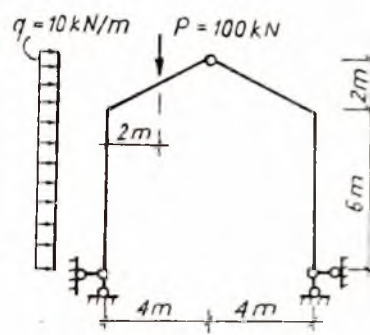


Hình 2.66

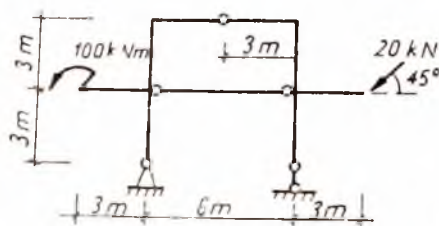
2.67 - 2.70. Vẽ các biểu đồ nội lực trong khung ba khớp.



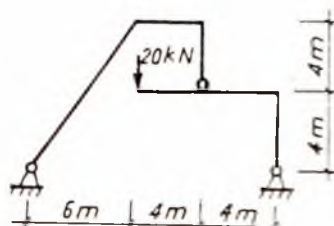
Hình 2.67



Hình 2.68

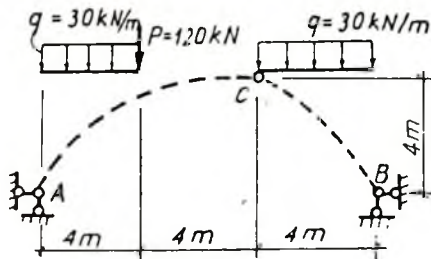


Hình 2.69

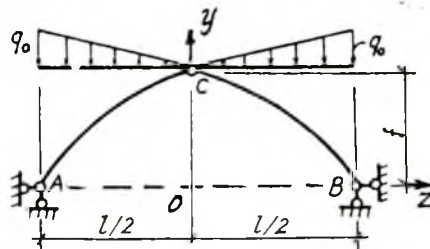


Hình 2.70

2.71 - 2.72. Cho biết vị trí của ba khớp A, B, C; tìm phương trình trục hợp lý của hệ ba khớp chịu tải trọng như trên các hình vẽ tương ứng.

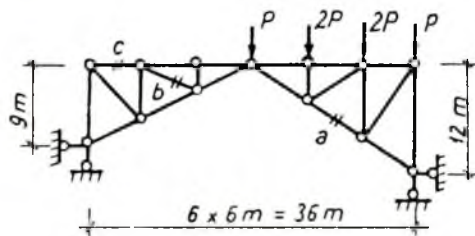


Hình 2.71

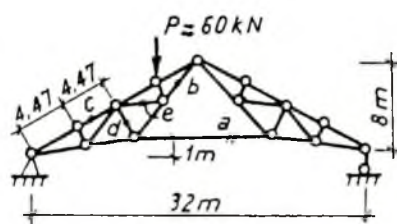


Hình 2.72

2.73 - 2.74. Xác định lực dọc trong các thanh đánh dấu trên các dàn vòm ba khớp.

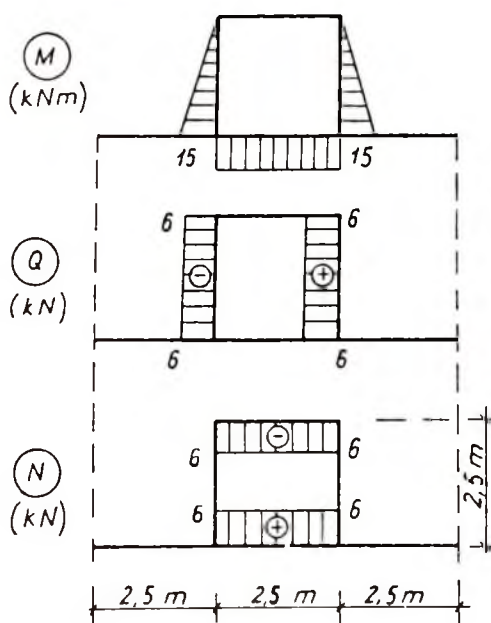


Hình 2.73

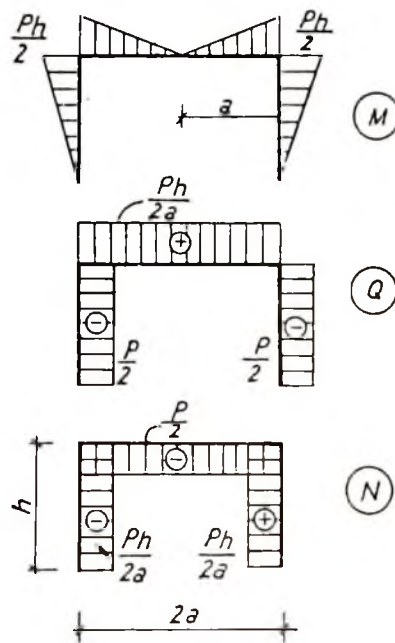


Hình 2.74

các biểu đồ mômen uốn, lực cắt, lực dọc, trong đó có sai sót. Dựa vào các điều kiện cân bằng và sự liên hệ giữa các biểu đồ nội lực để sửa lại cho đúng và suy ra sơ đồ hệ, sơ đồ tải trọng tương ứng.

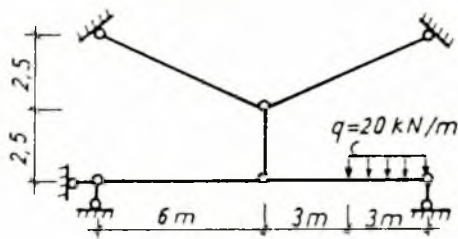


Hình 2.75

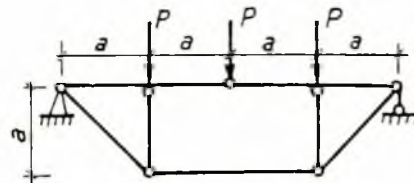


Hình 2.76

2.77 - 2.78. Vẽ các biểu đồ nội lực trong hệ liên hợp tĩnh định.



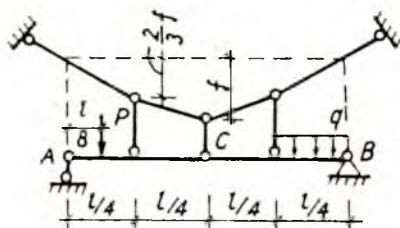
Hình 2.77



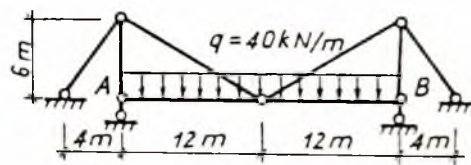
Hình 2.78

2.79. Cho hệ treo có chiều dài nhịp $l = 16$ m, đường tên vông $f = 3$ m, chịu tải trọng với $P = 80$ kN; $q = 10$ kN/m.

- Xác định lực dọc trong các phần tử của dây xích và các thanh treo.
- Xác định lực xô H và phản lực tại gối A, B .
- Vẽ biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt trong dầm cứng.



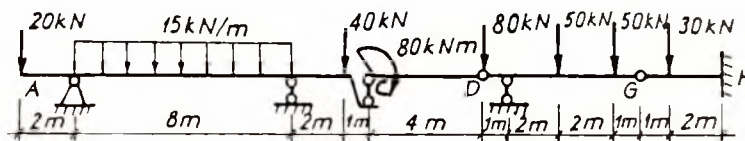
Hình 2.79



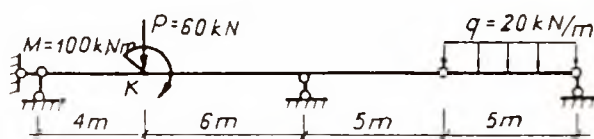
Hình 2.80

2.80. Khảo sát sự cấu tạo hình học và vẽ các biểu đồ nội lực.

2.81 - 2.83. Vẽ biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt trong hệ dầm ghép tĩnh định.

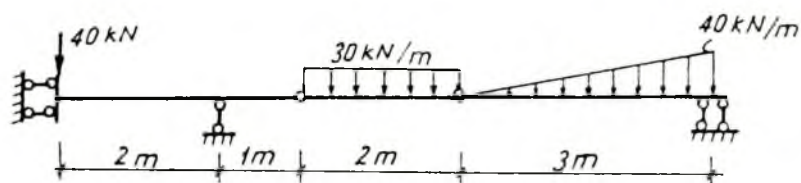


Hình 2.81



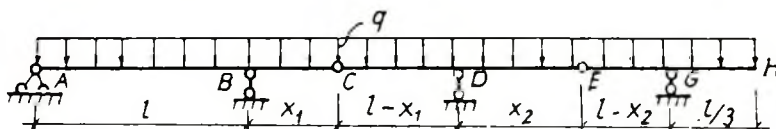
Hình 2.82

Hình 2.83



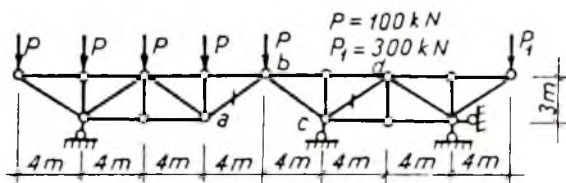
2.84. Xác định vị trí của các khớp C và E để sao cho trong mỗi dầm CDE và EGH ta có mômen uốn cực đại trong nhịp và mômen uốn tại gối tựa bằng nhau về giá trị tuyệt đối.

Hình 2.84

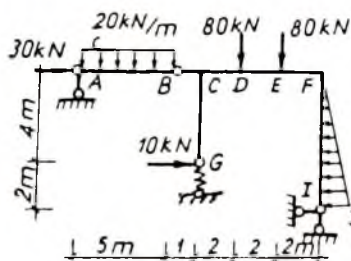


2.85. Xác định lực dọc trong các thanh ab và cd .

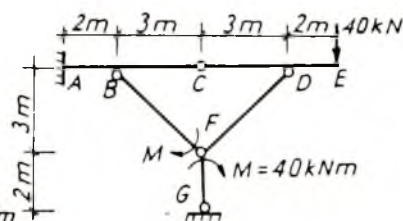
Hình 2.85



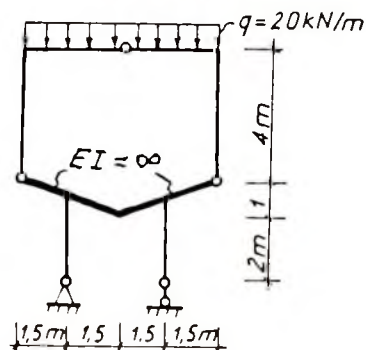
2.86 - 2.89. Vẽ các biểu đồ nội lực trong hệ ghép tĩnh định.



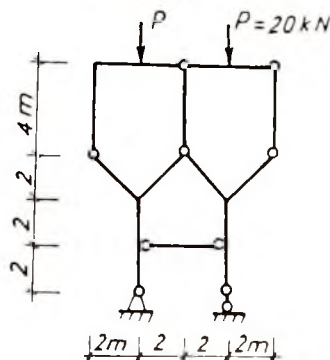
Hình 2.86



Hình 2.87

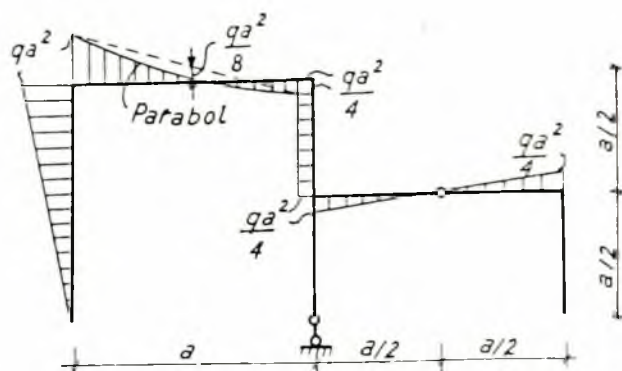


Hình 2.88

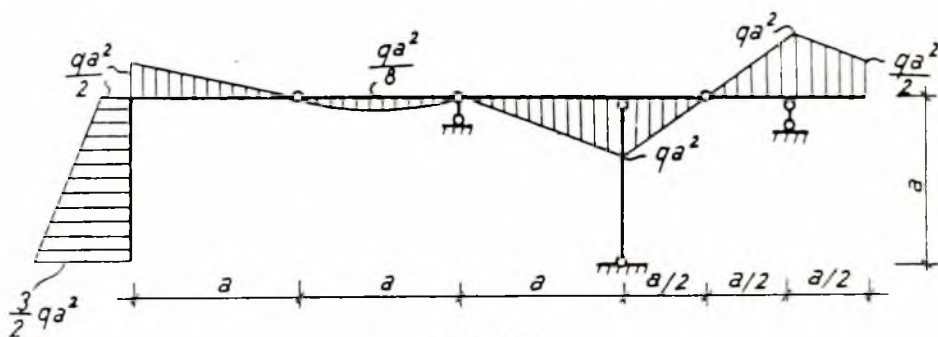


Hình 2.89

2.90 - 2.91. Cho biết biểu đồ mômen uốn đầy đủ và sơ đồ kết cấu có liên kết chưa đầy đủ, yêu cầu dựng lại sơ đồ tính của hệ gồm sơ đồ kết cấu và tải trọng tương ứng.

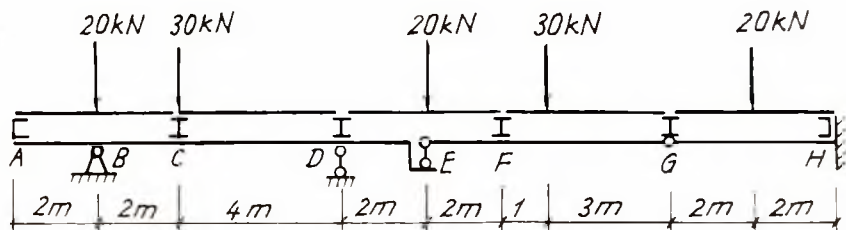


Hình 2.90

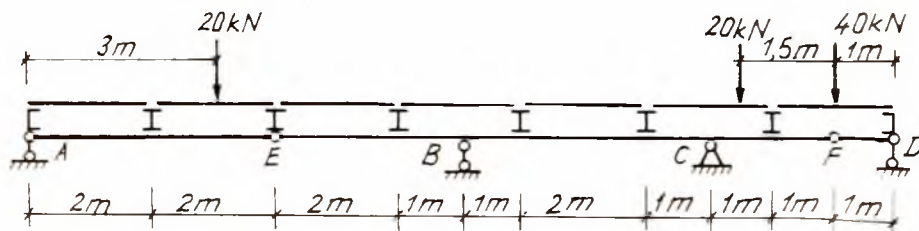


Hình 2.91

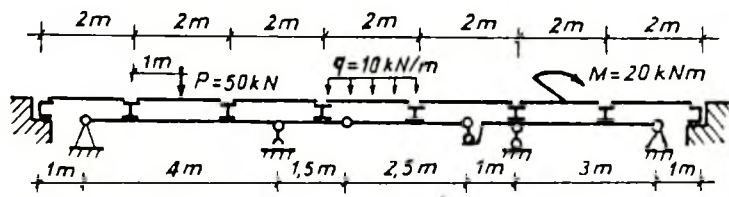
2.92 - 2.94. Vẽ biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt trong các dầm có hệ thống truyền lực.



Hình 2.92

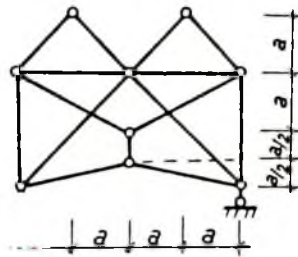


Hình 2.93

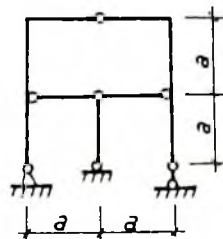


Hình 2.94

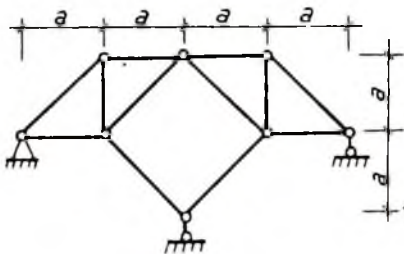
2.95 - 2.98. Vận dụng phương pháp tải trọng bằng không, khảo sát sự cấu tạo hình học của các hệ.



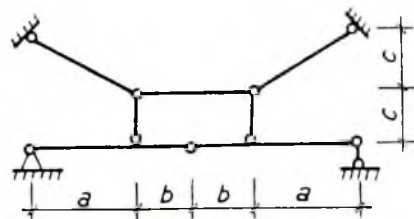
Hình 2.95



Hình 2.96



Hình 2.97



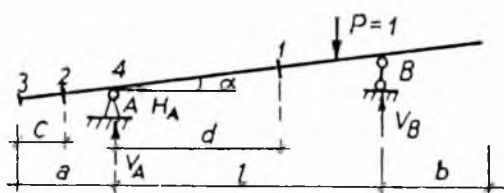
Hình 2.98

Chương 3

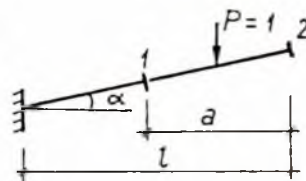
Xác định nội lực trong hệ phẳng tĩnh định chịu tải trọng di động

3.1. Cho lực $P = 1$ di động trên dầm (hình 3.1) theo phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, vẽ đường ảnh hưởng (đ.a.h.) của các thành phần phản lực gối tựa và của các thành phần nội lực tại các tiết diện 1, 2, 3, 4.

3.2. Vẽ đường ảnh hưởng của các thành phần nội lực tại các tiết diện 1 và 2 trên dầm côngxôn (hình 3.2) khi lực $P = 1$ di động theo phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới.

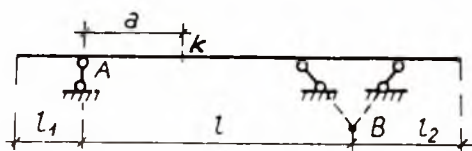


Hình 3.1

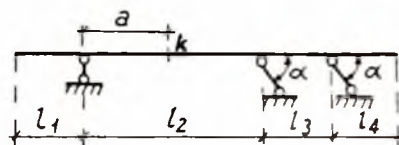


Hình 3.2

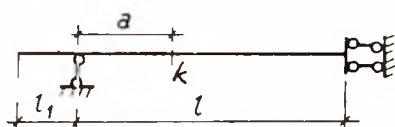
3.3 - 3.6. Vẽ đường ảnh hưởng mômen uốn và lực cắt tại tiết diện k .



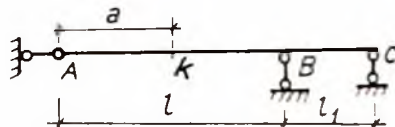
Hình 3.3



Hình 3.4

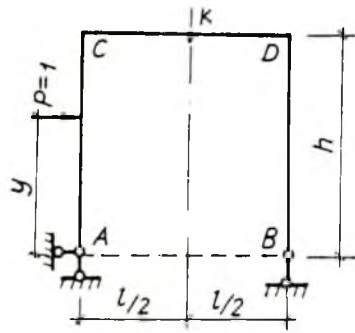


Hình 3.5

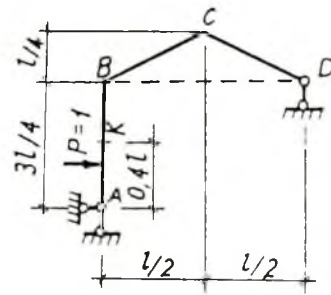


Hình 3.6

3.7 - 3.8. Vẽ đường ảnh hưởng của các thành phần nội lực tại tiết diện k khi lực $P = 1$ có phương nằm ngang, hướng từ trái sang phải, di động trên toàn hệ.



Hình 3.7

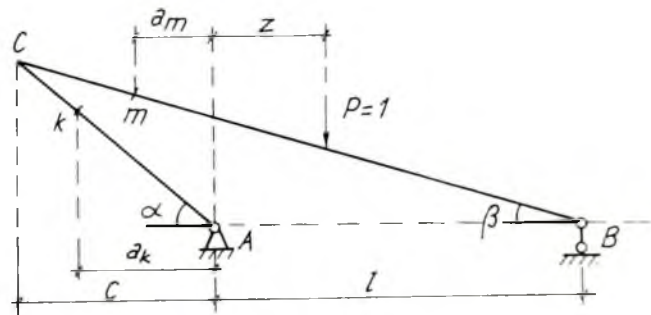


Hình 3.8

3.9. Cho hệ trên hình 3.9, khi lực $P = 1$ có phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên các thanh CA và CB ,

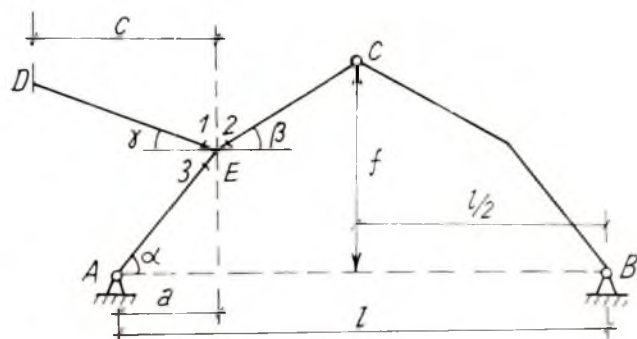
▼ vẽ đ.a.h. phản lực tại các gối A, B .

◆ Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại các tiết diện k và m .



Hình 3.9

3.10. Cho hệ trên hình 3.10, khi lực $P = 1$ có phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên các đường AE và $DECB$, yêu cầu: vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại các tiết diện 1, 2, 3 quanh nút E .



Hình 3.10

3.11. Cho hệ trên hình 3.11, khi lực $P = 1$ có phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên ACB , yêu cầu:

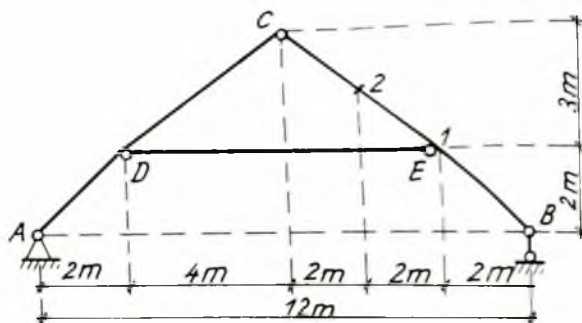
Φ Vẽ đ.a.h. lực dọc trong thanh căng DE .

Φ Vẽ đ.a.h. của các thành phần nội lực tại các tiết diện 1 và 2.

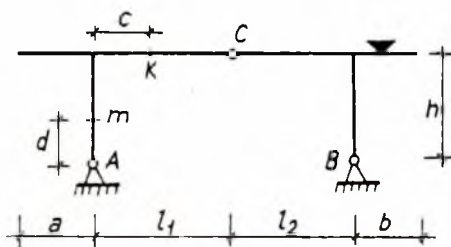
3.12. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt, lực dọc tại tiết diện k và m khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên các thanh ngang của khung ba khớp (hình 3.12).

3.13. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3 xung quanh nút C khi hệ chịu lực $P = 1$

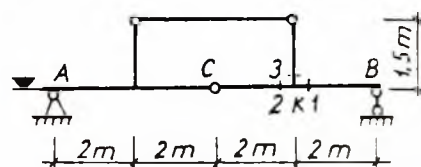
thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên đường ACB (hình 3.13).



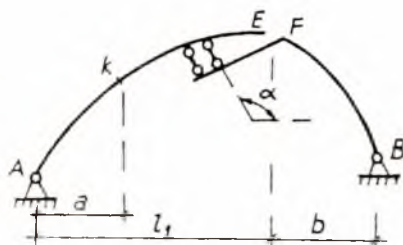
Hình 3.11



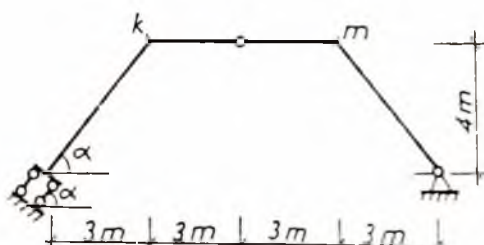
Hình 3.12



Hình 3.13



Hình 3.14



Hình 3.15

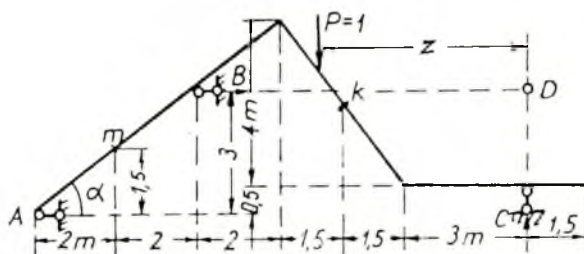
3.14. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện k (hình 3.14) khi lực $P = 1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên đường $AEFB$. Cho biết hai miếng cứng AE và FB được nối với nhau bằng hai thanh song song; dạng các thanh cong và kích thước hình học chọn tùy ý.

3.15. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện k và m khi lực $P = 1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên hệ (hình 3.15).

3.16. Cho hệ trên hình 3.16, khi lực $P = 1$ di động trên các thanh theo phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, yêu cầu:

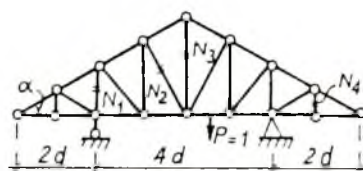
♦ Vẽ đ.a.h. phản lực tại các gối C, B, A.

♦ Vẽ đ.a.h. của các thành phần nội lực tại các tiết diện k và m .



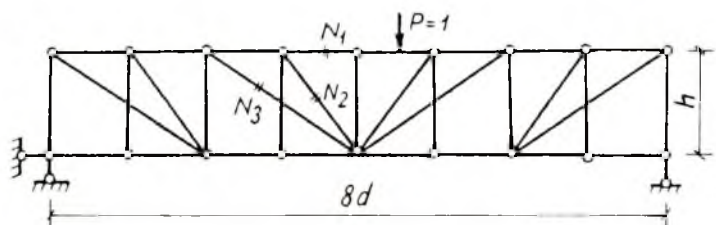
Hình 3.16

3.17 - 3.22. Vẽ đ.a.h. lực dọc trong các thanh đánh dấu trên dàn tương ứng với đường xe chạy chỉ định trên hình vẽ.

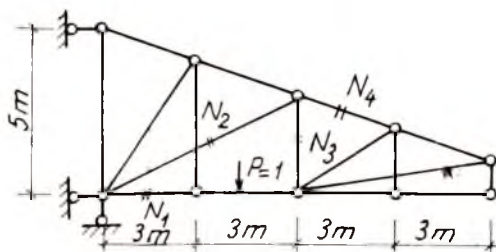
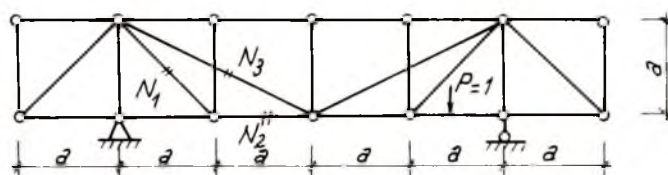


Hình 3.17

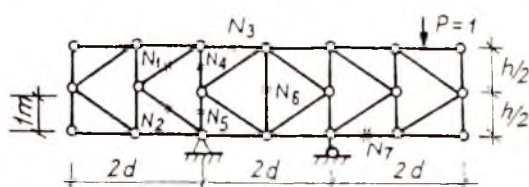
Hình 3.18



Hình 3.19



Hình 3.20



Hình 3.21

The diagram shows a beam of total length $6d$, divided into six equal segments of length d . A unit load $P=1$ is applied at the right end. Internal forces are labeled as follows: N_1 at the left end, N_2 at the first internal node, N_3 at the second internal node, N_4 at the third internal node, and N_5 at the right end. The beam is supported by a fixed support at the left end and a roller support at the first internal node.

The diagram shows a truss structure with a total height of 12 m and a total width of 36 m, divided into four segments of 6 m, 12 m, 12 m, and 6 m. The truss consists of a top chord, a bottom chord, and internal vertical and diagonal members. A downward point load $P = 1$ is applied at the top chord, 4 m from the center. The bottom chord is supported by a pin support on the left and a roller support on the right. The internal vertical members are labeled N_1 , N_2 , N_3 , and N_4 from left to right. The horizontal distance from the left support to the first vertical member is 6 m, and the distance between the first and second vertical members is 12 m. The horizontal distance from the second vertical member to the point load is 12 m, and the distance from the point load to the third vertical member is 12 m. The horizontal distance from the third vertical member to the right support is 6 m. The vertical distance from the bottom chord to the top chord is 12 m. The vertical distance from the bottom chord to the point load is 5 m. The vertical distance from the point load to the top chord is 7 m. The horizontal distance from the left support to the point load is 18 m, and the horizontal distance from the point load to the right support is 18 m.

The diagram shows a truss structure with a total width of 36 m and a height of 18 m. A downward point load $P=1$ is applied at the top center. Internal forces are labeled: N_1 (vertical member on the left), N_2 (diagonal member on the left), N_3 (horizontal member on the left), and N_4 (diagonal member on the right). The bottom chord is divided into three equal segments of 12 m each. The left support is a pin support, and the right support is a roller support.

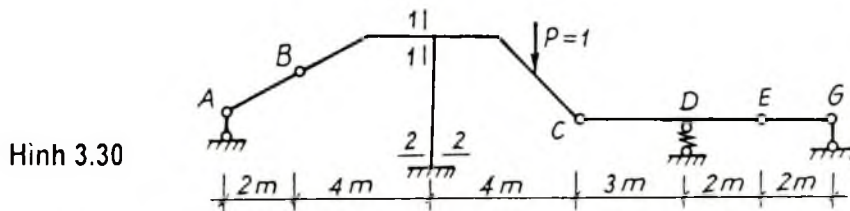
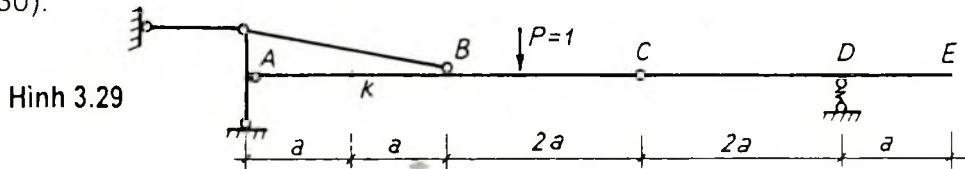
Hình 3.27

The diagram shows a frame structure with a horizontal beam of total length l and a vertical column of height l . The beam is supported by a pin support at point A (left end) and a roller support at point C (right end). A downward point load $P=1$ is applied at point B, which is located at a distance of $l/2$ from both A and C. The beam has a constant cross-section with a moment of inertia I . The column has a constant cross-section with a moment of inertia $I/2$. The horizontal distance from A to B is $l/2$, and from B to C is $l/2$. The vertical distance from the base to the top of the column is l . The horizontal distance from the base to the point of application of the load B is $l/2$. The horizontal distance from the base to the point of application of the load C is l . The horizontal distance from the base to the point of application of the load B is $l/2$.

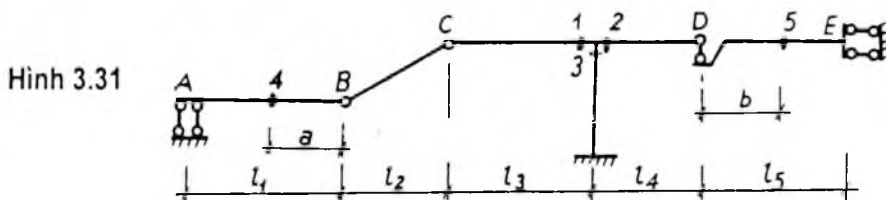
26

3.29. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại tiết diện k khi lực thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới $P=1$ di động trên các thanh ngang từ A đến E (hình 3.24).

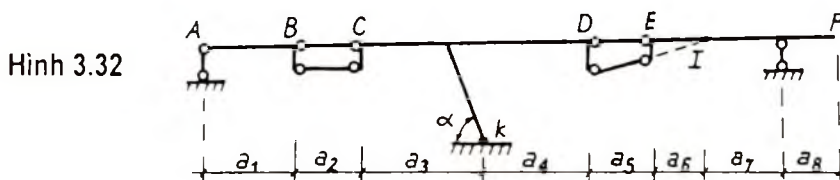
3.30. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại các tiết diện 1-1; 2-2; D khi lực thẳng đứng $P=1$, hướng từ trên xuống dưới di động trên $ABCDEG$ (hình 3.30).



mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4, 5 khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên $ABCDE$ (hình 3.31).



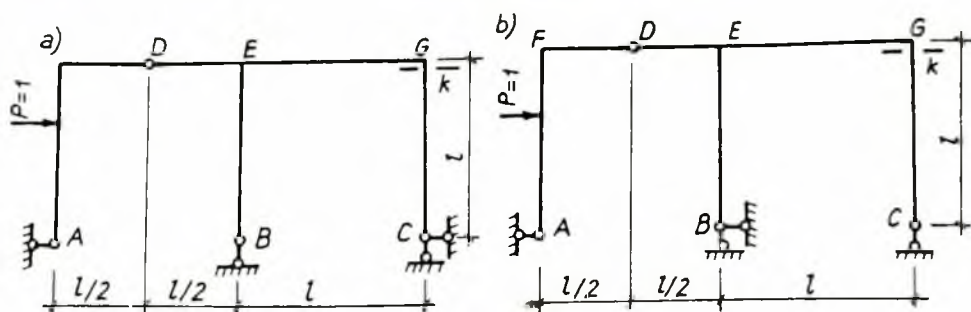
3.32. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt, lực dọc tại tiết diện k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên $ABCDEF$ (hình 3.32).



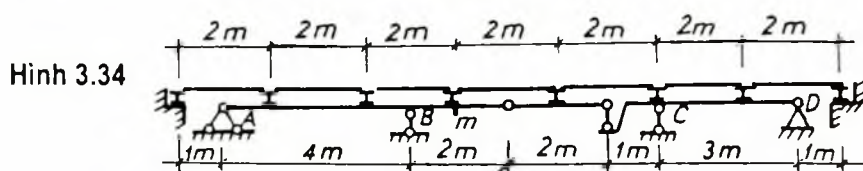
3.33. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt, lực dọc tại tiết diện k khi lực $P=1$ có phương nằm ngang, hướng từ trái sang phải, di động trên tất cả các thanh của hai hệ cho trên hình 3.33.

3.34. Vẽ đ.a.h. phản lực tại các gối tựa A, C , đ.a.h. lực cắt tại các tiết diện

m và C của dầm có hệ thống truyền lực trên hình 3.34.

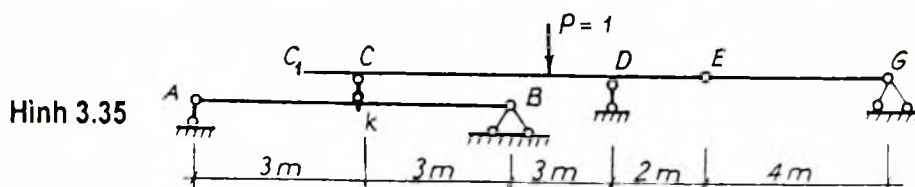


Hình 3.33



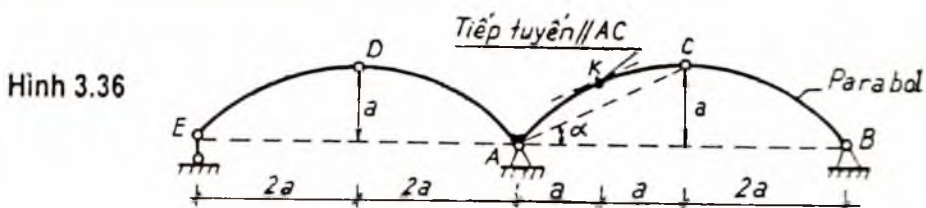
Hình 3.34

3.35. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt, lực dọc tại tiết diện k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên C_1CDEG (hình 3.35).

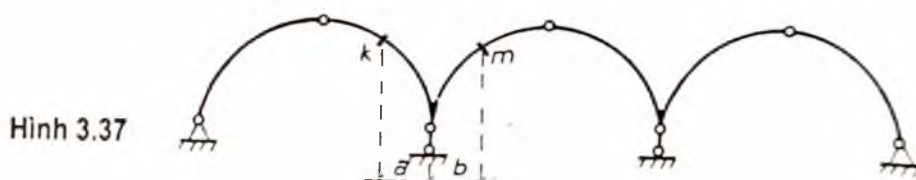


Hình 3.35

3.36. Vẽ đ.a.h. lực cắt và lực dọc tại tiết diện k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên hệ (hình 3.36).

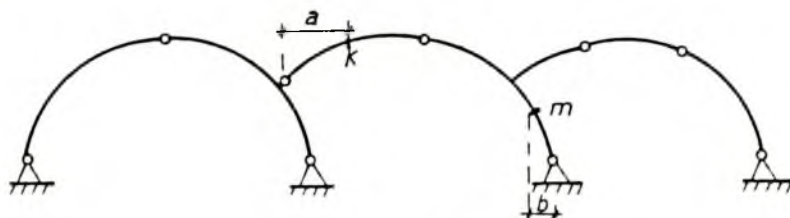


Hình 3.36



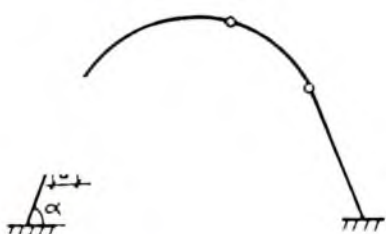
Hình 3.37

3.37 - 3.38. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện m và k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên hệ. Các kích thước hình học của hệ chọn tùy ý.

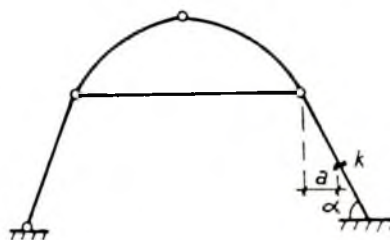


Hình 3.38

3.39 - 3.40. Vẽ đ.a.h. của các thành phần nội lực tại tiết diện k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên hệ. Kích thước hình học của hệ chọn tùy ý.

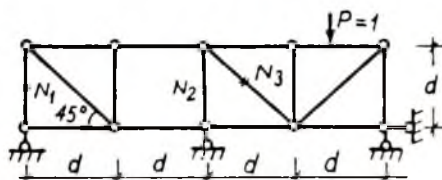


Hình 3.39



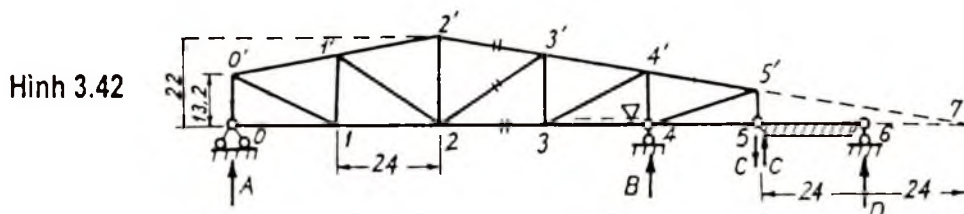
Hình 3.40

3.41. Vẽ đ.a.h. lực dọc trong các thanh đánh dấu trên dàn tương ứng với đường xe chạy ở biên trên (hình 3.41).



Hình 3.41

3.42. Vẽ đ.a.h. phản lực trong các liên kết A, B, C; lực dọc trong các thanh 2'-3', 2-3, 2-3' của dàn tương ứng với đường xe chạy dưới (hình 3.42).

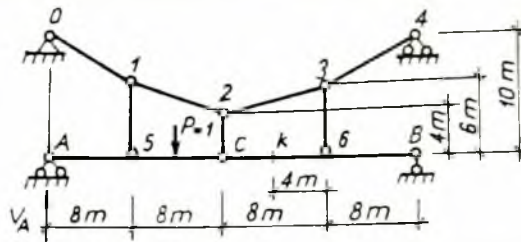


Hình 3.42

3.43. Vẽ đ.a.h. của thành phần phản lực ngang H tại các điểm neo 0, 4; đ.a.h. mômen uốn và lực cắt tại tiết diện k trên dầm cứng khi lực $P=1$

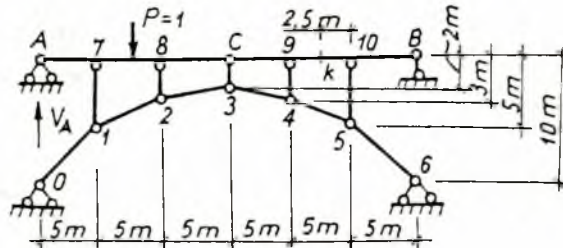
thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên đường ACB (hình 3.43).

Hình 3.43



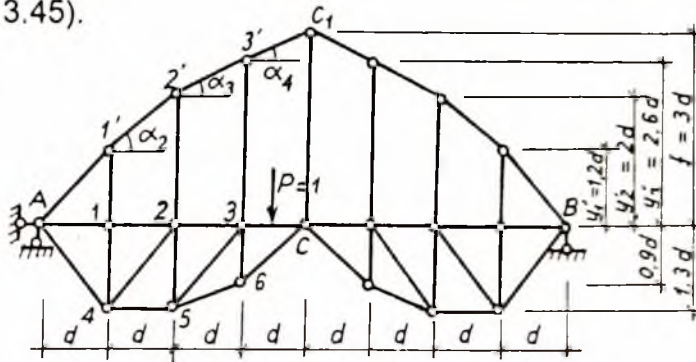
- 3.44. Vẽ đ.a.h. của thành phần phản lực thẳng đứng tại A; lực dọc trong các thanh 0-1, 1-2, 1-7; mômen uốn và lực cắt tại tiết diện k trong hệ liên hợp (hình 3.44) khi tải trọng di động trên đường AB.

Hình 3.44



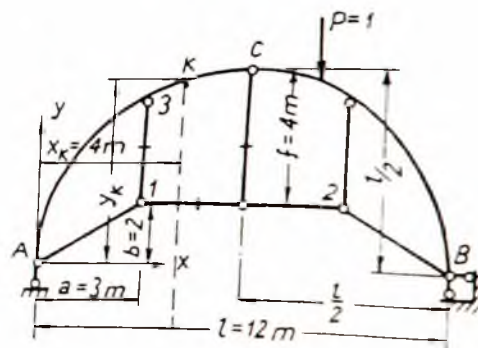
- 3.45. Cho hệ dàn vòm liên hợp trên hình 3.45 gồm dàn AC, CB và vòm dẹt AC₁B. Vẽ đ.a.h. của thành phần lực ngang H trong các đốt của vòm dẹt; lực dọc trong các thanh 2'-3', 2-3, 5-6, 3-6 khi tải trọng di động trên đường ACB (hình 3.45).

Hình 3.45

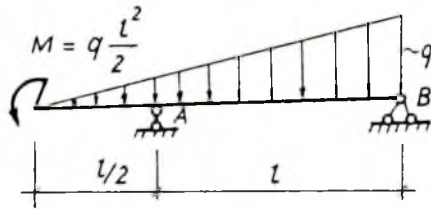


- 3.46. Vẽ đ.a.h. lực dọc trong các thanh 1-2, 1-3 và đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện k trong hệ liên hợp trên hình 3.46 khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên vòm ACB.

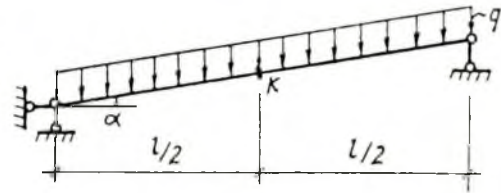
Hình 3.46



3.47. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định phản lực tại các gối A và B.



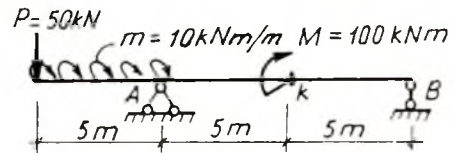
Hình 3.47



Hình 3.48

3.48. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt, lực dọc tại tiết diện k khi lực $P=1$ di động theo phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới. Vận dụng các đ.a.h. đã vẽ, xác định các thành phần nội lực tại tiết diện k do tải trọng phân bố đều theo chiều dài hệ (hình 3.48) với cường độ q gây ra. Kiểm tra lại các kết quả bằng cách tính trực tiếp.

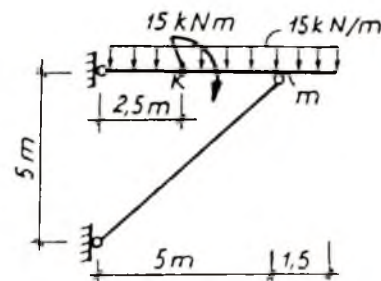
3.49. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định trị số mômen uốn, lực cắt và trị số lực cắt tại gối A (hình 3.49).



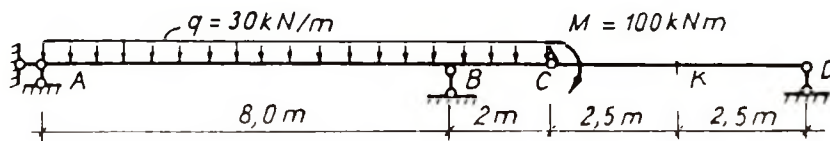
Hình 3.49

3.50. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định các thành phần nội lực tại tiết diện k và tiết diện m (hình 3.50).

3.51. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại tiết diện trên gối B; đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện k . Vận dụng các đ.a.h. đã vẽ, xác định các thành phần nội lực tương ứng với tải trọng đã cho trên hình 3.51.



Hình 3.50

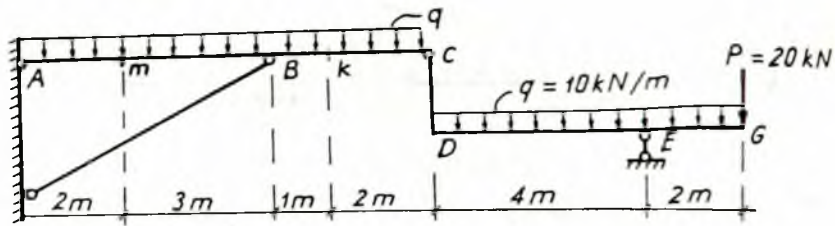


Hình 3.51

3.52. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại các tiết diện m và k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới di động trên các thanh ngang từ A

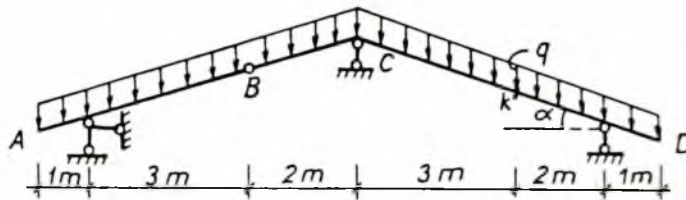
đến G. Vận dụng các đ.a.h. đã vẽ, xác định các thành phần nội lực tương ứng với tải trọng đã cho (hình 3.52).

Hình 3.52



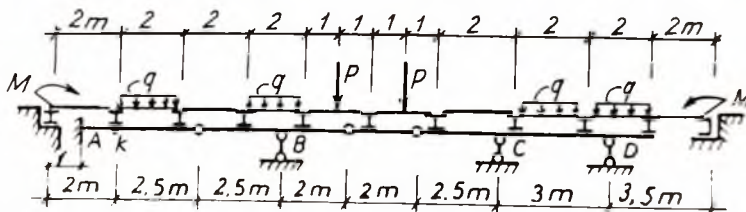
- 3.53. Vẽ đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại tiết diện k khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên $ABCD$. Vận dụng các đ.a.h., xác định các nội lực nói trên tương ứng với tải trọng đã cho (hình 3.53).

Hình 3.53

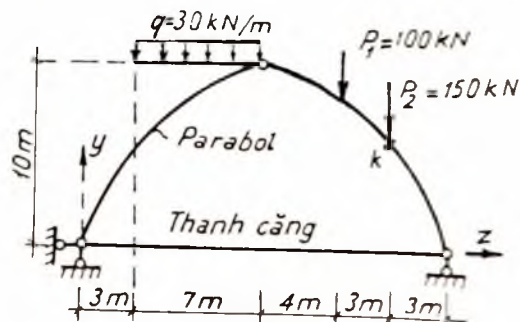


- 3.54. Vẽ đ.a.h. phản lực tại các gối tựa; đ.a.h. mômen uốn, lực cắt tại tiết diện k trong dầm có hệ thống truyền lực cho trên hình 3.54. Vận dụng các đ.a.h. đã vẽ, xác định các thành phần nội lực tương ứng với tải trọng đã cho (hình 3.54). Cho biết: $P = 50 \text{ kN}$; $q = 10 \text{ kN/m}$; $M = 20 \text{ kNm}$.

Hình 3.54



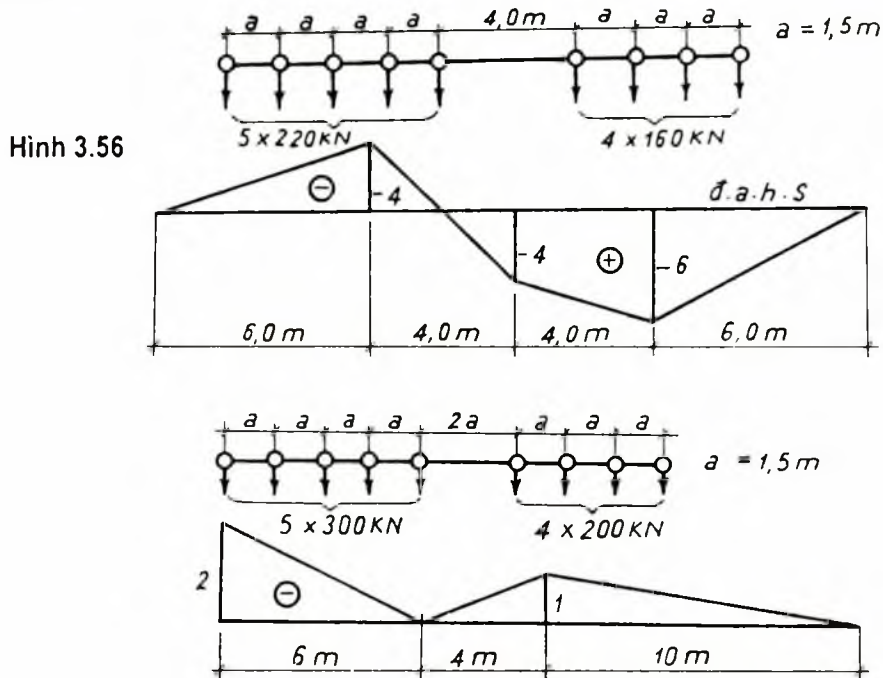
- 3.55. Vẽ đ.a.h. của lực xô H ; đ.a.h. mômen uốn, lực cắt, lực dọc tại tiết diện k (ứng dưới lực P_2) khi lực $P=1$ thẳng đứng, hướng từ trên xuống dưới, di động trên vòm ba khớp có thanh căng (hình 3.55).



Hình 3.55

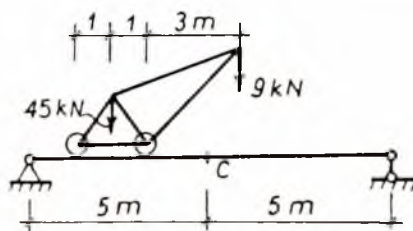
Vận dụng các đ.a.h. đã vẽ, xác định các đại lượng tương ứng với tải trọng đã cho. Cho biết trục vòm có dạng đường parabol bậc hai.

- 3.56 - 3.57.** Tìm vị trí bất lợi của đoàn tải trọng trên đ.a.h.S cho trên các hình vẽ tương ứng. Xác định giá trị lớn nhất về trị số tuyệt đối của đại lượng S.

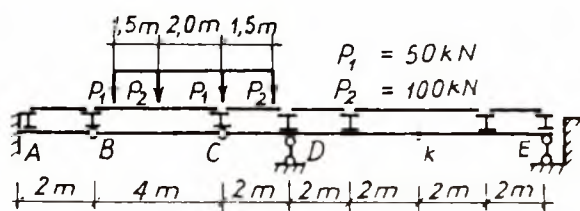


- 3.58.** Xác định giá trị tuyệt đối lớn nhất của mômen uốn và lực cắt tại C khi cần trục di động trên dầm (hình 3.58).

- 3.59.** Xác định giá trị để tính của thành phần phản lực thẳng đứng tại A, phản lực tại D, mômen uốn tại các tiết diện D, k tương ứng với đoàn tải trọng đã cho di động trên hệ (hình 3.59).



Hình 3.58



Hình 3.59

Bài tập lớn 1

Tính hệ ghép tĩnh định

Thứ tự thực hiện:

1. Xác định các tải trọng để tính (hệ số vượt tải $n = 1,1$ chung cho các loại tải trọng bất động).
2. Xác định các phản lực gối tựa.
3. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt, lực dọc.
4. Vẽ các đường ảnh hưởng: thành phần phản lực thẳng đứng tại gối tựa A, phản lực tại gối tựa B; mômen uốn, lực cắt và lực dọc tại tiết diện k .
5. Vận dụng các đường ảnh hưởng đã vẽ ở bước 4, xác định các đại lượng đó tương ứng với tải trọng đã cho. Đối chiếu với kết quả ở bước 3.
6. Vẽ biểu đồ bao mômen uốn và lực cắt trong đoạn dầm $m - n$, tương ứng với đoàn xe tiêu chuẩn cho trên hình 3.60 và với tải trọng bất động phân bố đều có cường độ $q = 30 \text{ kN/m}$.

Các số liệu tính toán: cho trên các bảng sau

Số liệu hình học (m)

$T.T$	l_1	l_2	l_3	a	b
a	16	12	4	1.5	4
b	16	14	4	1.5	5
c	18	12	5	1.5	6
d	18	14	5	2	4
e	20	12	6	2	5
f	20	14	6	2	6

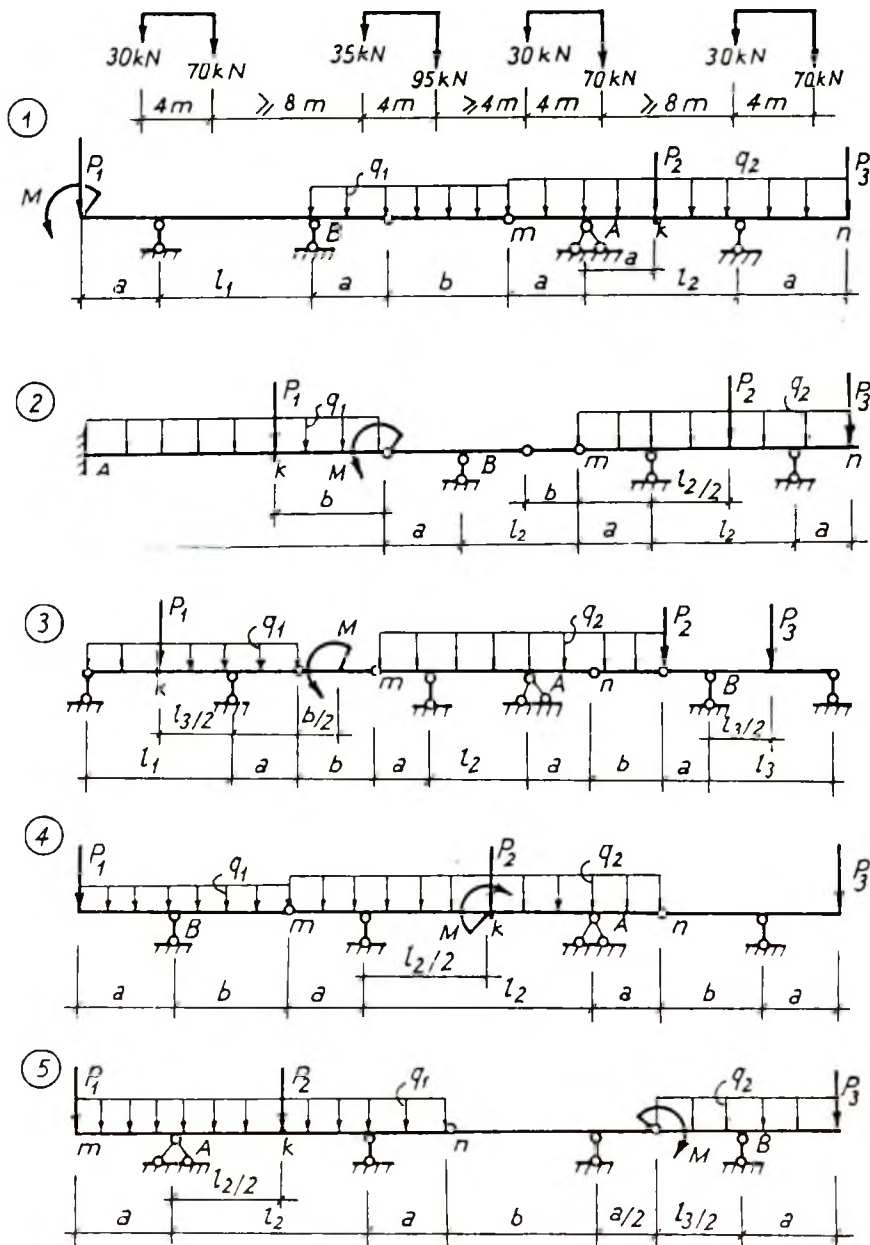
Số liệu tải trọng

$T.T$	P_1 (kN)	P_2 (kN)	P_3 (kN)	q_1 (kN/m)	q_2 (kN/m)	M (kNm)
1	40	0	40	30	30	100
2	40	0	30	30	25	120
3	40	30	0	30	25	140
4	40	40	0	30	30	120
5	30	0	30	30	20	140
6	30	0	40	30	20	100

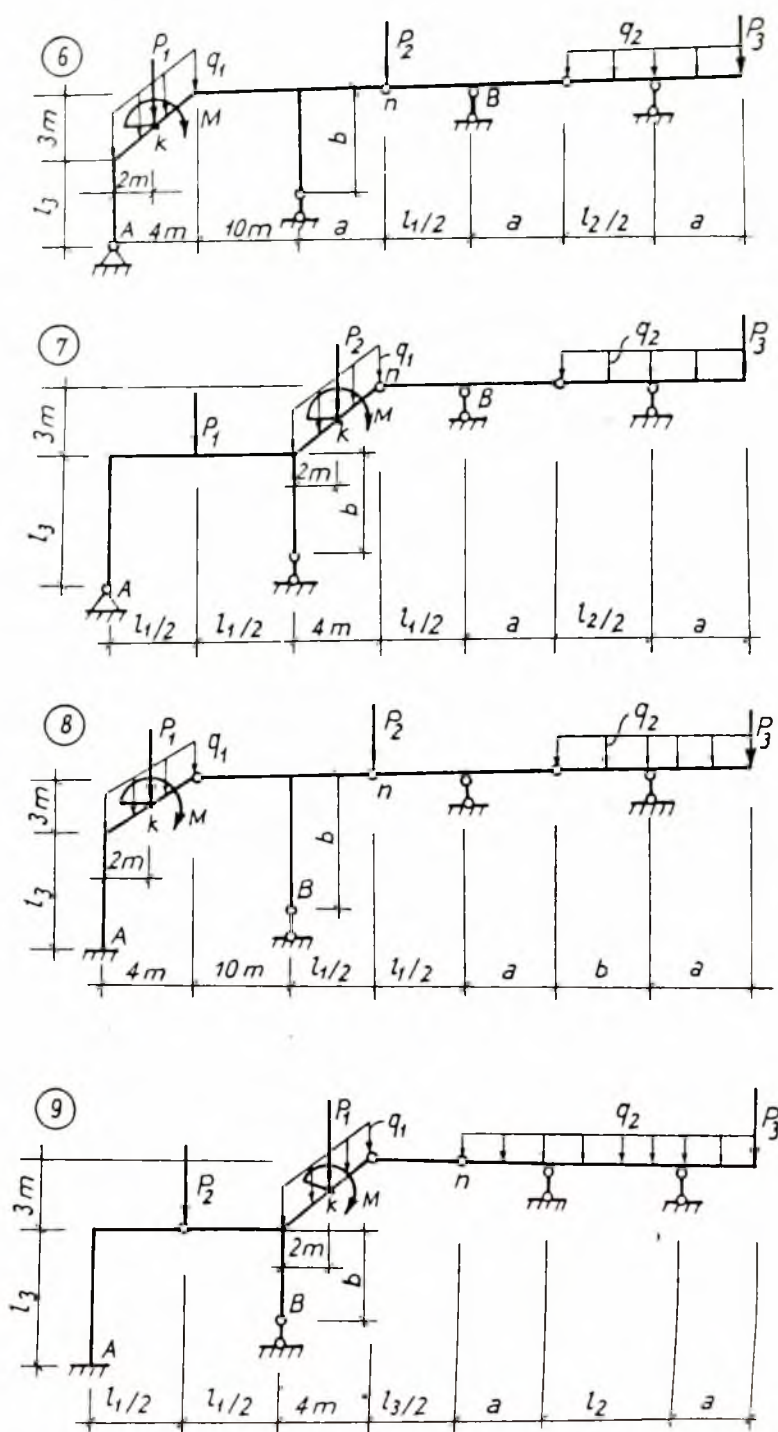
Chú thích:

1. Bước 6 chỉ thực hiện với các sơ đồ 1, 2, 3, 4, 5.
2. Khi vẽ biểu đồ bao nội lực:
 - ◆ Hệ số vượt tải của tải trọng bất động là 1,1 còn của tải trọng di động là 1,3.
 - ◆ Chia dầm thành các đoạn như sau: phần đầu thừa chia thành hai đoạn đều nhau, phần giữa hai gối tựa chia thành sáu đoạn đều nhau.
 - ◆ Dầm được tính với một làn xe, di động theo cả hai chiều. Trong đoàn xe chỉ có một xe nặng 130 kN, những xe khác 100 kN.

Sơ đồ hệ và tải trọng



Hình 3.60

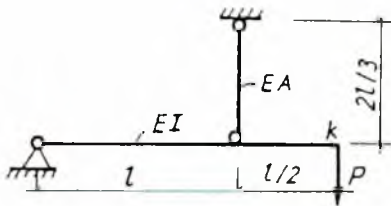


Hình 3.60 (tiếp)

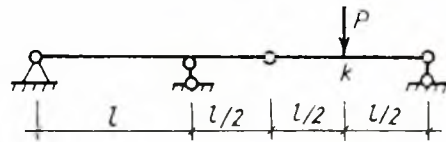
Chương 4

Xác định chuyển vị trong hệ thanh phẳng đàn hồi tuyến tính

4.1 - 4.2. Lập biểu thức thế năng biến dạng đàn hồi cho các hệ trên hình 4.1 - 4.2. Vận dụng biểu thức thế năng để xác định chuyển vị tương ứng với vị trí và phương của lực P . Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt.



Hình 4.1



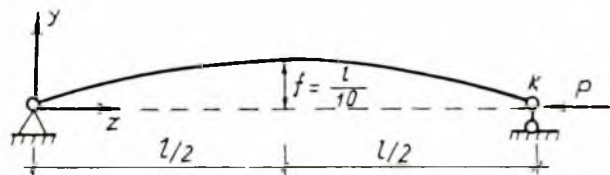
Hình 4.2

4.3. Lập điều thức thế năng biến dạng đàn hồi cho hệ trên hình 4.3.

Vận dụng biểu thức thế năng để xác định chuyển vị ngang tại k . Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt. Cho biết:

- thanh có tiết diện hình vuông với cạnh là $a = l/20$;
- phương trình của trục thanh:

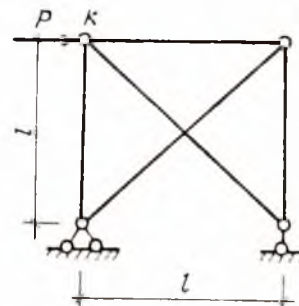
$$y = \frac{4f}{l^2} z(l - z);$$



Hình 4.3

- thanh có độ cong nhỏ, khi tính toán được phép coi $ds = dz$.

4.4. Lập biểu thức thế năng biến dạng đàn hồi cho hệ trên hình 4.4. Vận dụng biểu thức thế năng để xác định chuyển vị ngang tại k . Cho biết: $EA = \text{const}$.



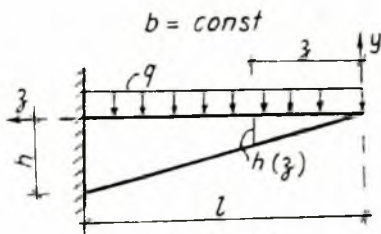
Hình 4.4

4.5. Xác định độ võng tại đầu tự do của dầm tiết diện chữ nhật có chiều

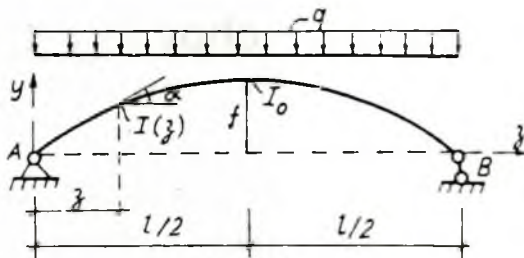
cao thay đổi như trên hình 4.5.

Có kể đến ảnh hưởng của biến dạng trượt.

Cho biết tại tiết diện ở ngàm: $I_1 = bh^3/12$; $A_1 = bh$.



Hình 4.5



Hình 4.6

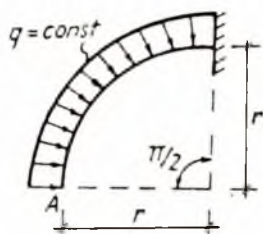
4.6. Xác định chuyển vị ngang tại B của thanh cong có độ cong thoải (hình 4.6). Chỉ xét đến ảnh hưởng của biến dạng uốn. Cho biết:

- phương trình của trục thanh $y = \frac{4f}{l^2} z(l - z)$;
- thanh có độ cứng khi uốn thay đổi theo quy luật $EI(z) = EI_0 / \cos \alpha$ với EI_0 là độ cứng tại tiết diện ở giữa nhịp, α là góc nghiêng của tiếp tuyến với trục thanh tại tiết diện có hoành độ z.

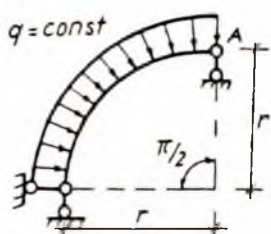
4.7. Xác định chuyển vị thẳng toàn phần tại A của thanh cong có trục là một phần tư đường tròn (hình 4.7) chịu tải trọng hướng tâm, phân bố đều với cường độ là q. Chỉ xét đến ảnh hưởng của biến dạng uốn. Cho biết: $EI = \text{const}$.

4.8. Xác định chuyển vị ngang tại A của thanh cong có trục là một phần tư đường tròn (hình 4.8) chịu tải trọng hướng tâm, phân bố đều với cường độ là q. Chỉ xét đến ảnh hưởng của biến dạng uốn. Cho biết: $EI = \text{const}$.

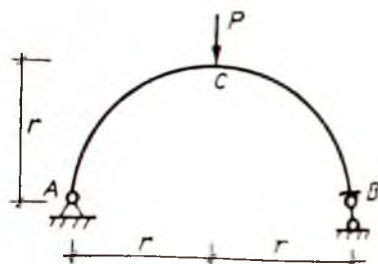
4.9. Xác định góc xoay tại tiết diện B của thanh cong có trục là nửa đường tròn chịu tải trọng như trên hình 4.9. Chỉ xét đến ảnh hưởng của biến dạng uốn. Cho biết: $EI = \text{const}$.



Hình 4.7



Hình 4.8

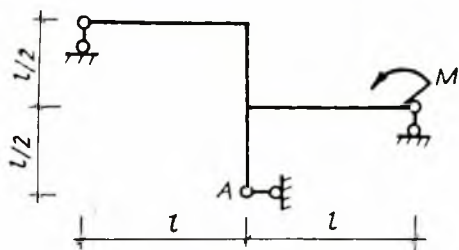


Hình 4.9

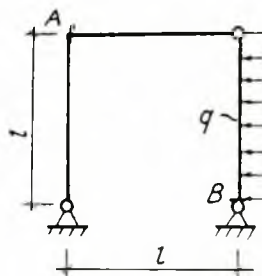
4.10 - 4.19. Xác định chuyển vị trong các khung cho trên hình vẽ tương ứng. Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục.

4.10. Chuyển vị thẳng đứng tại A, cho biết: $EI = \text{const}$ (hình 4.10).

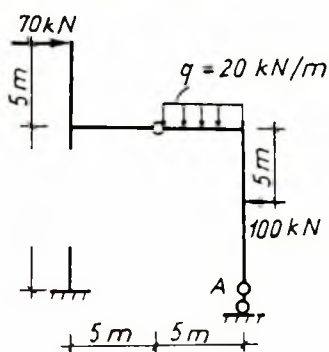
4.11. Góc xoay tương đối giữa hai tiết diện A và B, cho biết: $EI = \text{const}$ (hình 4.11).



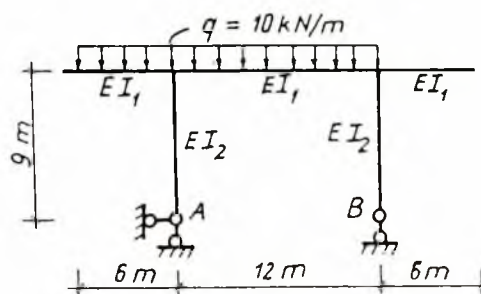
Hình 4.10



Hình 4.11



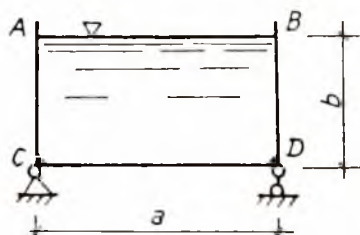
Hình 4.12



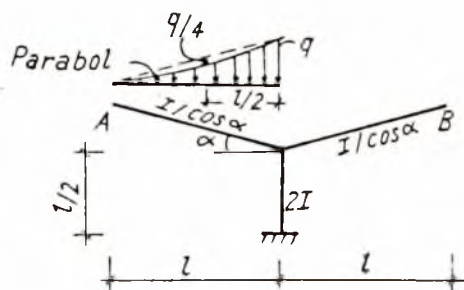
Hình 4.13

4.12. Chuyển vị ngang tại A, cho biết: $EI = \text{const} = 2 \cdot 10^6 \text{ kN.m}^2$ (hình 4.12).

4.13. Chuyển vị ngang tại B, cho biết: $EI_1 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ kN.m}^2$; $EI_2 = 1,8 \cdot 10^5 \text{ kN.m}^2$ (hình 4.13).



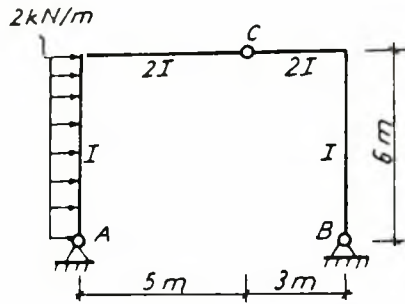
Hình 4.14



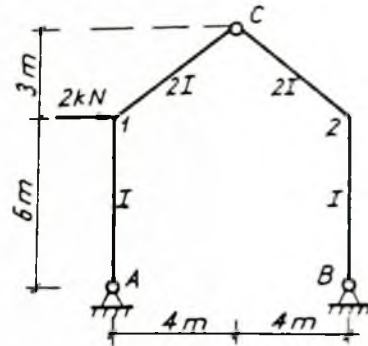
Hình 4.15

4.14. Chuyển vị thẳng tương đối giữa hai tiết diện A và B khi khung chịu áp lực nước với chiều cao là b, cho biết: $EI = \text{const}$ (hình 4.14).

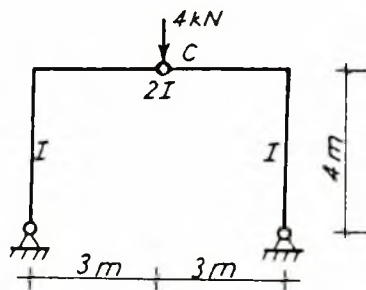
- 4.15. Chuyển vị thẳng đứng tại A và B khi khung chịu tải trọng phân bố theo luật parabol, (hình 4.15).
- 4.16. Chuyển vị thẳng toàn phần tại C (hình 4.16).
- 4.17. Chuyển vị thẳng tương đối giữa hai tiết diện 1 và 2 (hình 4.17).



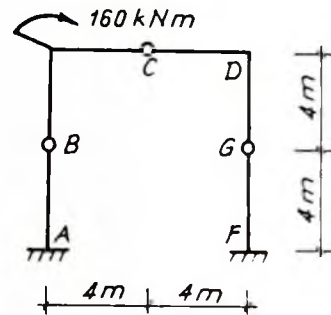
Hình 4.16



Hình 4.17



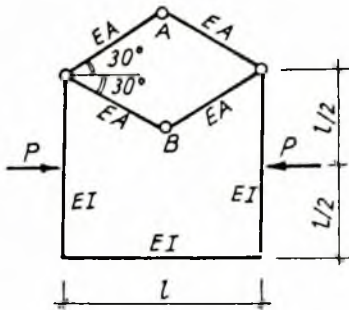
Hình 4.18



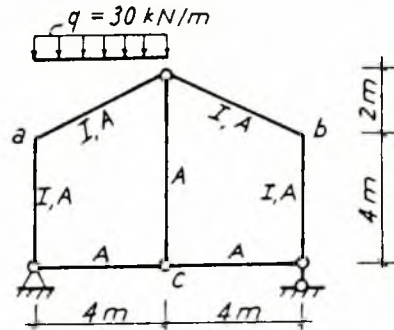
Hình 4.19

- 4.18. Góc xoay tương đối giữa hai tiết diện bên khớp C và chuyển vị thẳng tại C (hình 4.18).
- 4.19. Cho biết khung có $EI = \text{const}$ và chịu mômen tập trung như trên hình 4.19. Tìm:
- ♦ chuyển vị thẳng đứng tại C ;
 - ♦ chuyển vị thẳng tương đối giữa B và G ;
 - ♦ góc xoay tại D ;
 - ♦ chuyển vị thẳng tương đối giữa B và C.
- 4.20. Xác định chuyển vị thẳng tương đối giữa hai khớp A và B (hình 4.20).
- 4.21. Cho khung chịu tải trọng như trên hình 4.21, trong đó $I = 0,1A$, xác định:

- ♦ chuyển vị thẳng tương đối giữa a và b ;
- ♦ chuyển vị thẳng đứng tại C .



Hình 4.20



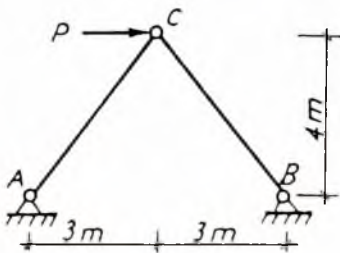
Hình 4.21

4.22 - 4.24. Xác định chuyển vị trong các dàn cho trên hình vẽ tương ứng.
Cho biết: $EA = \text{const.}$

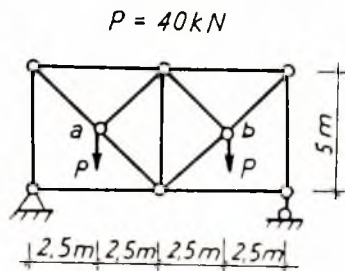
4.22. Chuyển vị ngang và chuyển vị thẳng đứng tại C (hình 4.22).

— — — — — ạng tương đối giữa a và b (hình 4.23).

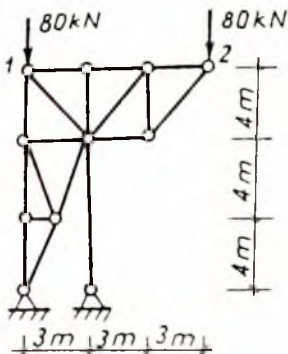
— — — — — ạng đứng tại 1 và 2 (hình 4.24).



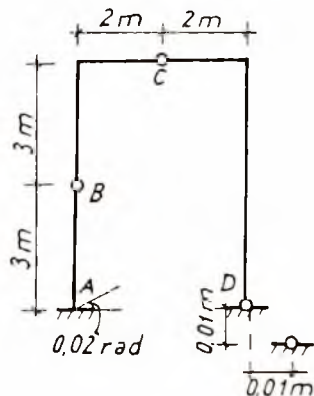
Hình 4.22



Hình 4.23



Hình 4.24



Hình 4.25

4.25 - 4.28. Xác định chuyển vị trong các hệ chịu chuyển vị cưỡng bức tại các liên kết cho trên hình vẽ tương ứng.

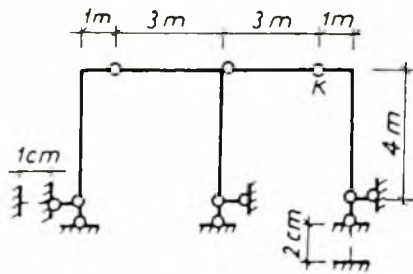
4.25. Góc xoay tại tiết diện D và chuyển vị ngang tại khớp B (hình 4.25).

4.26. Góc xoay tương đối giữa hai tiết diện ở hai bên khớp K (hình 4.26).

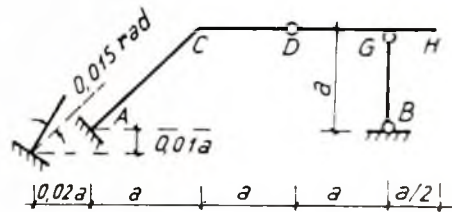
4.27. Góc xoay tại tiết diện H (hình 4.27).

4.28. Tìm các chuyển vị tương đối giữa hai tiết diện m và n trong hệ trên hình 4.28:

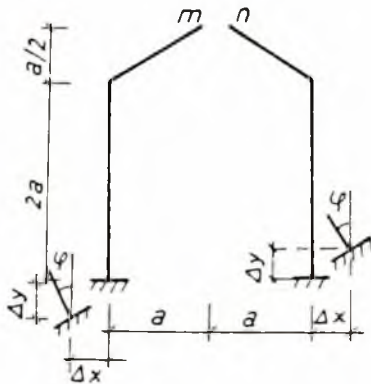
- ◆ chuyển vị thẳng tương đối theo phương ngang;
- ◆ chuyển vị thẳng tương đối theo phương thẳng đứng;
- ◆ chuyển vị góc tương đối.



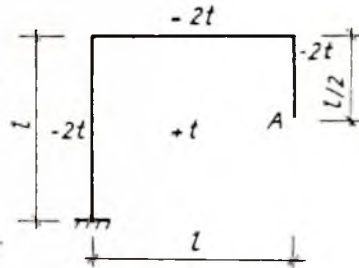
Hình 4.26



Hình 4.27



Hình 4.28



Hình 4.29

4.29 - 4.32. Xác định chuyển vị trong các hệ chịu tác dụng của sự thay đổi nhiệt độ cho trên hình vẽ tương ứng.

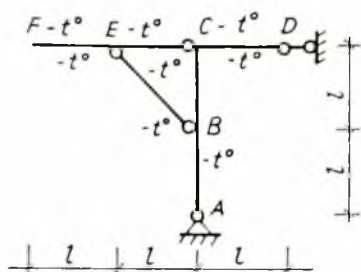
4.29. Chuyển vị thẳng đứng tại A , cho biết: $EI = \text{const}$; $h = \text{const} = l / 20$ (hình 4.29).

4.30. Chuyển vị thẳng đứng tại D (hình 4.30).

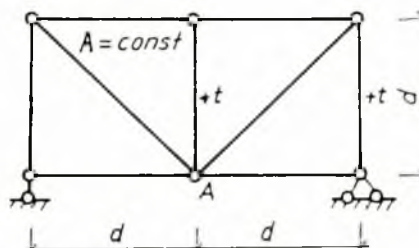
4.31. Chuyển vị thẳng đứng tại A (hình 4.31).

4.32. Cho biết: $EI = \text{const}$; $h = \text{const}$ (hình 4.32). Tìm:

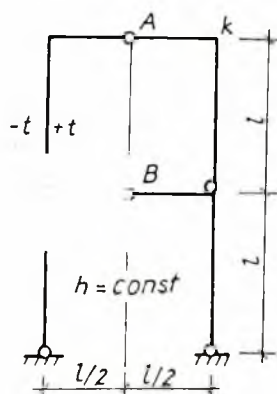
- ♦ chuyển vị thẳng tương đối giữa A và B;
- ♦ chuyển vị góc tại tiết diện k.



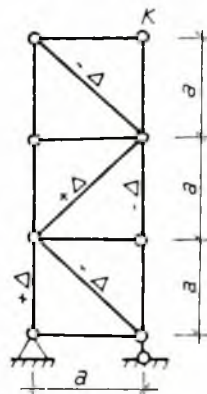
Hình 4.30



Hình 4.31



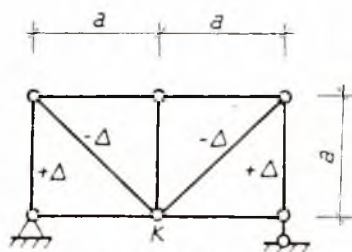
Hình 4.32



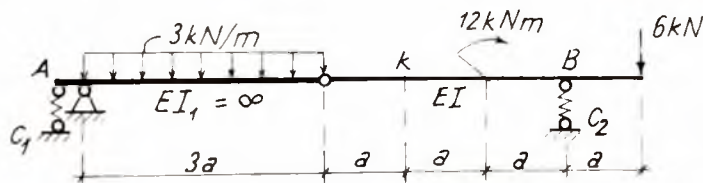
Hình 4.33

4.33 - 4.34. Xác định chuyển vị thẳng toàn phần tại khớp k khi hệ dầm có một số thanh chế tạo không chính xác (hình 4.33 và 4.34). Cho biết:

- +Δ - độ dôi của thanh chế tạo không chính xác;
- Δ - độ hụt của thanh chế tạo không chính xác.



Hình 4.34



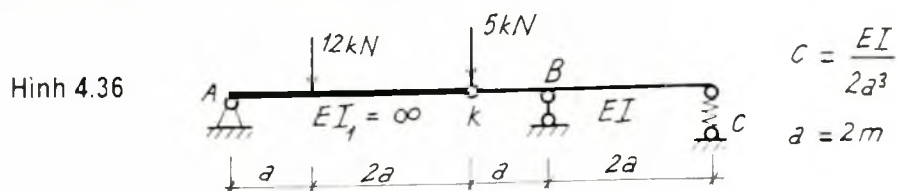
Hình 4.35

$$C_1 = \frac{EI}{a}$$

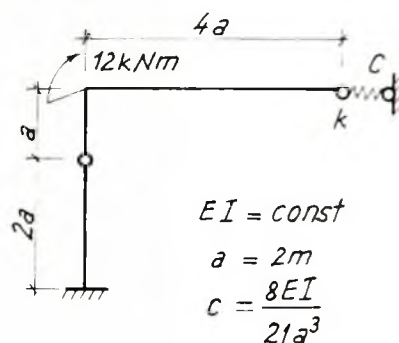
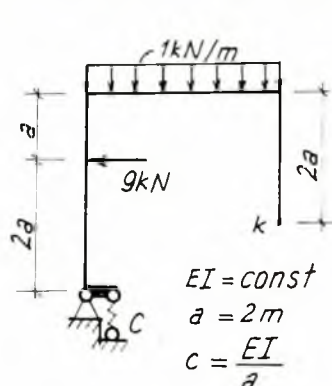
$$C_2 = \frac{8EI}{3a^3}$$

$$a = 2m$$

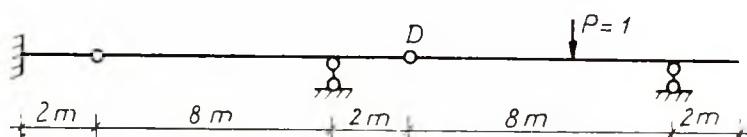
4.35 - 4.36. Xác định chuyển vị thẳng đứng tại tiết diện k trong hệ có liên kết đàn hồi cho trên các hình tương ứng.



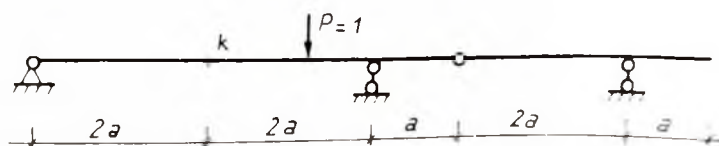
4.37 - 4.38. Xác định chuyển vị thẳng toàn phần tại tiết diện k trong hệ có liên kết đàn hồi cho trên các hình tương ứng.



4.39. Vẽ đường ảnh hưởng của chuyển vị thẳng đứng tại khớp D trong hệ ghép trên hình 4.39. Chỉ xét đến ảnh hưởng của biến dạng uốn. Cho biết: $EI = const$.



4.40. Vẽ đường ảnh hưởng của chuyển vị thẳng đứng tại tiết diện k trong hệ ghép trên hình 4.40. Chỉ xét đến ảnh hưởng của biến dạng uốn. Cho biết: $EI = const$.

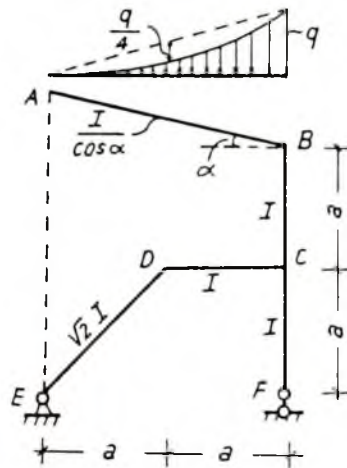


Một số bài trong các đề thi sau đại học

Bài 1. Cho hệ chịu tải trọng phân bố theo luật parabol như trên hình 1.

Yêu cầu:

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn.
2. Xác định chuyển vị thẳng đứng tại A. Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.



Hình 1

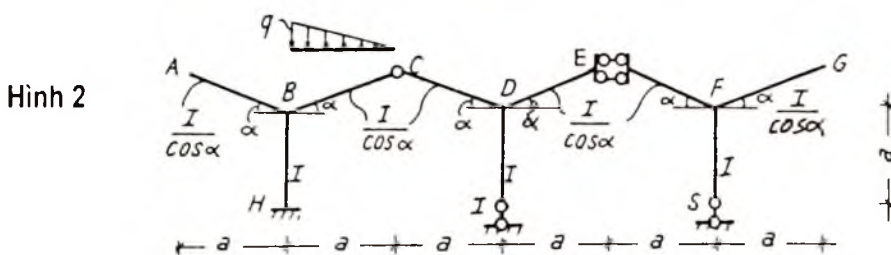
Bài 2. Cho hệ như trên hình 2.

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn tạo hình học.

2. Vẽ biểu đồ mômen uốn.

3. Xác định chuyển vị thẳng đứng tại khớp C. Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.

4. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện xung quanh nút B.

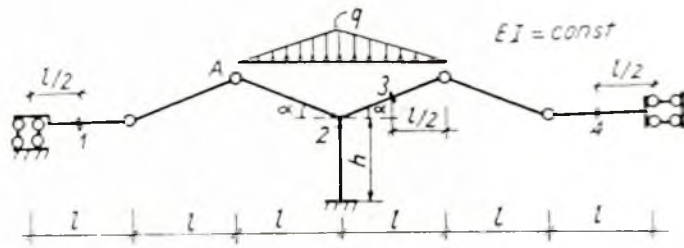


Hình 2

Bài 3. Cho hệ như trên hình 3. Yêu cầu:

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn.
2. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4.
3. Xác định chuyển vị thẳng đứng tại khớp A. Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.

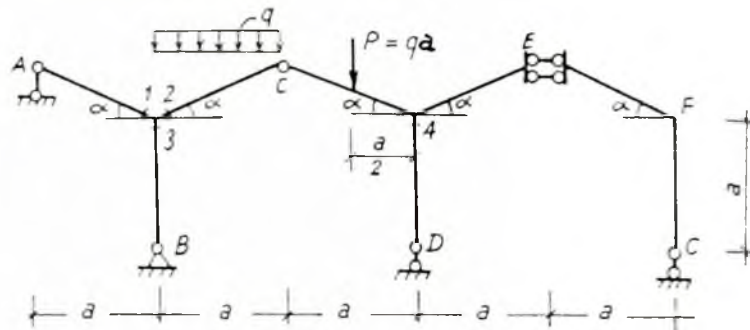
Hình 3



Bài 4. Cho hệ như trên hình 4. Yêu cầu:

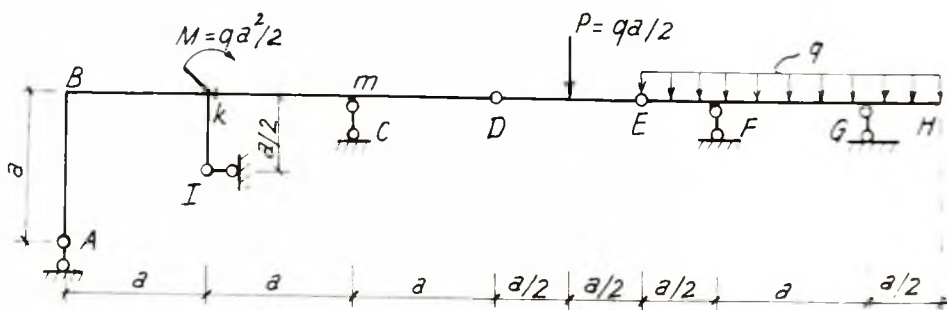
1. Khảo sát sự cấu tạo hình học.
2. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt, lực dọc.
3. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4.
4. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định giá trị mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4 tương ứng với nguyên nhân đã cho gây ra.

Hình 4



Bài 5. Cho hệ như trên hình 5. Yêu cầu:

1. Khảo sát sự cấu tạo hình học.
2. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt.



Hình 5

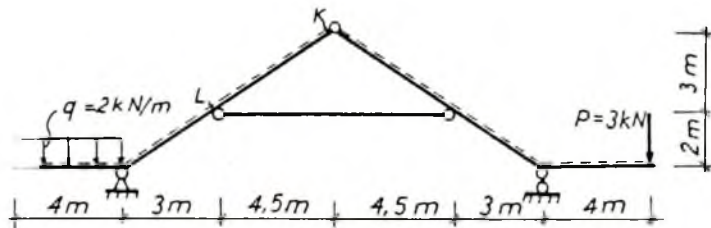
3. Vẽ các đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện k; lực cắt tại tiết diện m khi tải

trọng thẳng đứng $P=1$, hướng xuống, di động trên các thanh ngang từ B đến H .

4. Vận dụng đường ảnh hưởng thích hợp, xác định giá trị mômen uốn tại tiết diện K ; lực cắt tại tiết diện m do tải trọng bất động đã cho gây ra. So sánh với kết quả tính ở bước 2.

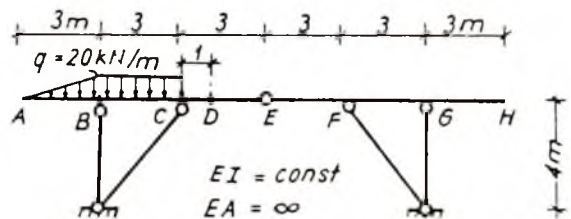
Bài 6. Cho hệ như trên hình 6. Yêu cầu:

1. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt, lực dọc.
2. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện L , đ.a.h. lực cắt và lực dọc tại tiết diện K khi tải trọng thẳng đứng $P=1$ di động theo đường đứt nét trên hình 6.
4. Vận dụng các đ.a.h. đã vẽ, xác định giá trị mômen uốn tại tiết diện L , lực cắt và lực dọc tại tiết diện K tương ứng với tải trọng đã cho. So sánh với kết quả tìm được ở bước 1.



Bài 7. Cho hệ như trên hình 7. Yêu cầu:

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn.
2. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện B, C, D .
3. Vận dụng đ.a.h., xác định giá trị mômen uốn tại các tiết diện B, C, D tương ứng với nguyên nhân đã cho gây ra.



Hình 7

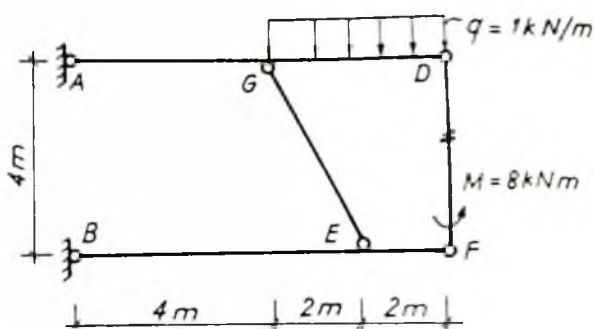
4. Tìm góc xoay tương đối giữa hai tiết diện A và B . Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.

Bài 8. Cho hệ như trên hình 8. Yêu cầu:

1. Chứng minh hệ đã cho là bất biến hình.
2. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt, lực dọc.

3. Vẽ đ.a.h. phản lực tại các gối tựa và đ.a.h. lực dọc trong thanh DF khi tải trọng thẳng đứng $P=1$ di động trên đường AGD .

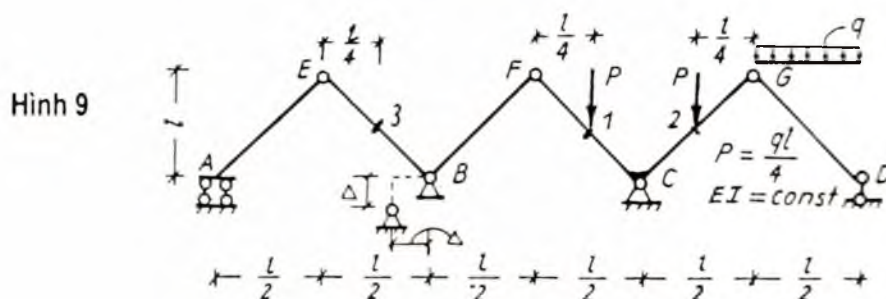
4. Khi tải trọng thẳng đứng $P=1$ di động trên đường BEF , các đường ảnh hưởng đã tìm được ở bước 3 có thay đổi gì không? Giải thích ngắn gọn.



Hình 8

Bài 9. Cho hệ chịu tải trọng và chuyển vị cưỡng bức tại gối tựa B như trên hình 9.

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt (có thể vẽ theo đường chuẩn ngang).
2. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện 1 và các đ.a.h. lực cắt tại các tiết diện 1, 2, 3.
3. Vận dụng đ.a.h. để xác định giá trị mômen uốn tại tiết diện k_1 và giá trị lực cắt tại các tiết diện 1, 2, 3.
4. Tìm chuyển vị ngang tại khớp E . Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.



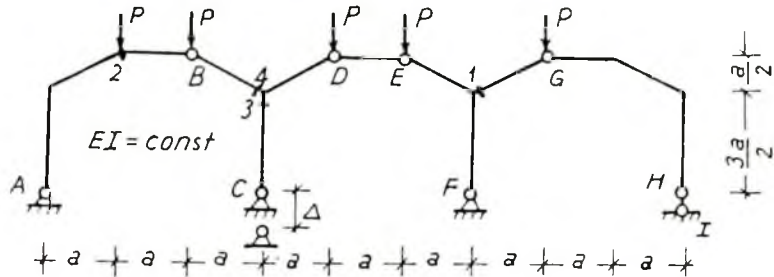
Bài 10. Cho hệ chịu tải trọng và chuyển vị cưỡng bức tại gối tựa C như trên hình 10.

1. Khảo sát sự cấu tạo hình học của hệ thanh.
2. Vẽ biểu đồ mômen uốn (chọn đường chuẩn theo đường trục của hệ thanh).
3. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4.
4. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định giá trị mômen uốn tại các tiết

diện 1, 2, 3, 4 tương ứng với các nguyên nhân đã cho gây ra.

5. Tìm chuyển vị góc tương đối giữa hai tiết diện B và C. Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.

Hình 10

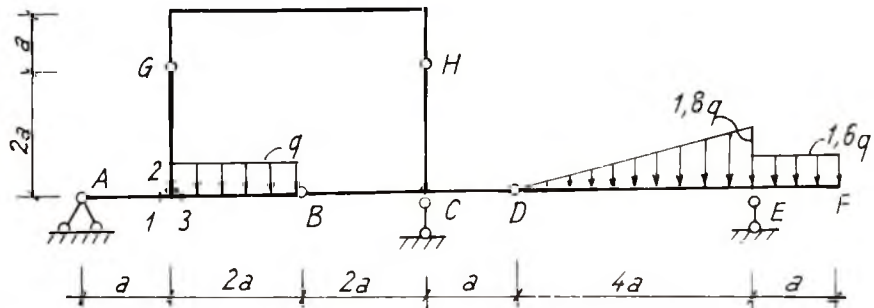


Bài 11. Cho hệ chịu tải trọng như trên hình 11. Yêu cầu:

1. Khảo sát sự cấu tạo hình học của hệ.
2. Vẽ biểu đồ mômen uốn, biểu đồ lực cắt.
3. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3 khi tải trọng thẳng đứng di động trên đường ABCDEF.

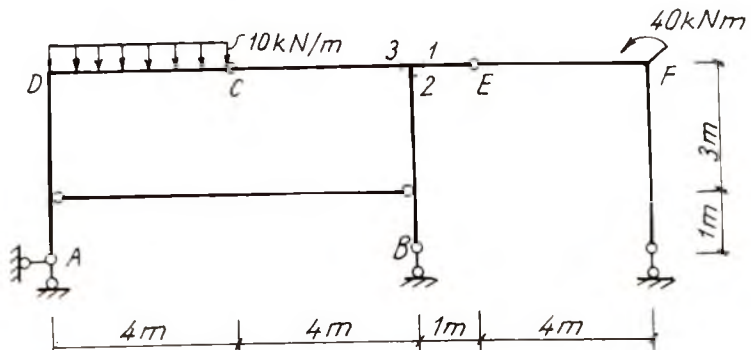
Ảnh hưởng, xác định giá trị mômen uốn tại tiết diện 2 tương ứng với các nguyên nhân đã cho gây ra.

Hình 11



Bài 12. Cho hệ ghép chịu tải trọng như trên hình 12. Yêu cầu:

Hình 12

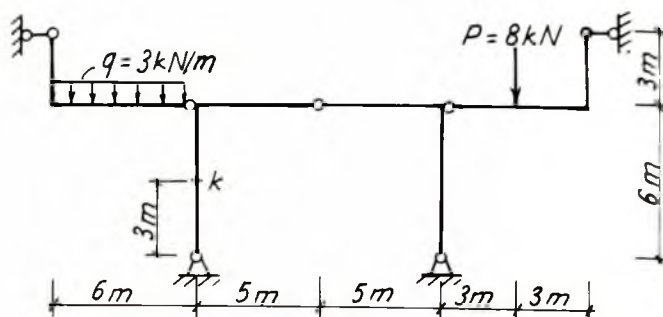


1. Tìm các phản lực, vẽ biểu đồ mômen uốn, biểu đồ lực cắt.
2. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3 khi tải trọng thẳng đứng $P=1$, hướng xuống, di động trên đường $DCEF$.
3. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định lại giá trị mômen uốn tại tiết diện 3 tương ứng với các tải trọng đã cho gây ra.

Bài 13. Cho hệ chịu tải trọng như trên hình 13. Yêu cầu:

1. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt và lực dọc.
2. Vẽ các đ.a.h. nội lực tại tiết diện k khi tải trọng thẳng đứng $P=1$, hướng xuống, di động trên các thanh ngang.
3. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định lại giá trị nội lực tại tiết diện k tương ứng với các tải trọng đã cho gây ra. So sánh với kết quả đã tính ở bước 1.

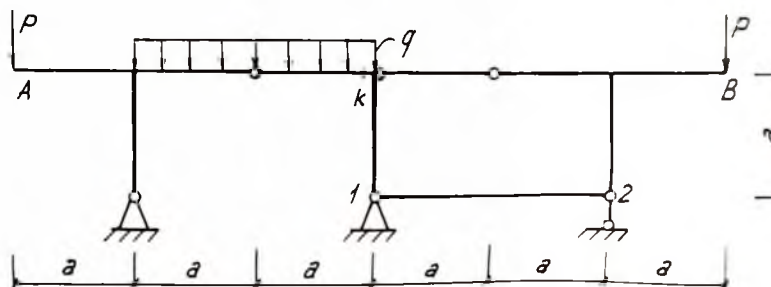
Hình 13



Bài 14. Cho hệ chịu tải trọng như trên hình 14 với $a = 2\text{ m}$; $q = 18\text{ kN/m}$; $P = 36\text{ kN}$. Yêu cầu:

1. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt.

Hình 14

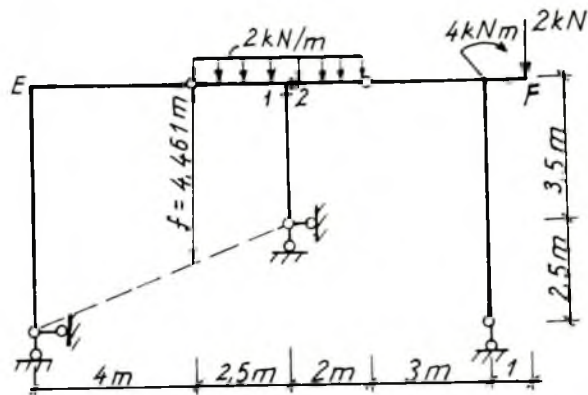


2. Vẽ các đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện k , phản lực tại gối di động 2 và lực dọc trong thanh 1-2 khi tải trọng thẳng đứng $P=1$, hướng xuống, di động từ A đến B.

3. Vận dụng đường ảnh hưởng, xác định lại giá trị mômen uốn tại tiết diện k , phản lực tại gối di động 2 và lực dọc trong thanh 1-2 tương ứng với các tải trọng đã cho gây ra.

Bài 15. Cho hệ chịu tải trọng như trên hình 15. Yêu cầu:

1. Tìm các phản lực, vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt, lực dọc.
2. Vẽ đ.ảnh.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2 khi tải trọng thẳng đứng $P=1$, hướng xuống, di động trên các thanh

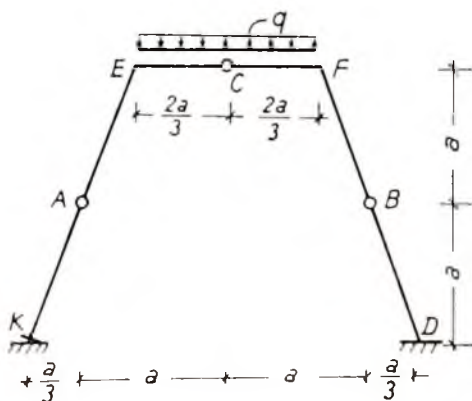


Hình 15

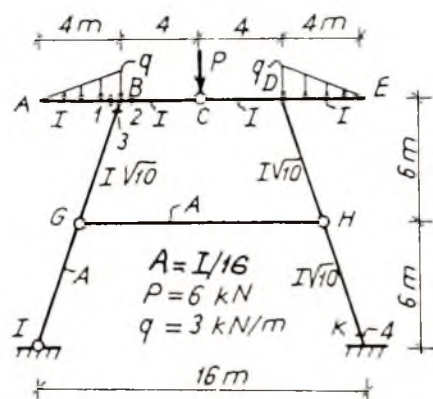
ảnh hưởng, xác định lại giá trị mômen uốn tại các tiết diện 1 và 2 tương ứng với các tải trọng đã cho gây ra. So sánh với kết quả đã tính ở bước 1.

Bài 16. Cho hệ như trên hình 16.

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn.
2. Vẽ đường ảnh hưởng mômen uốn và lực cắt tại tiết diện k .



Hình 16



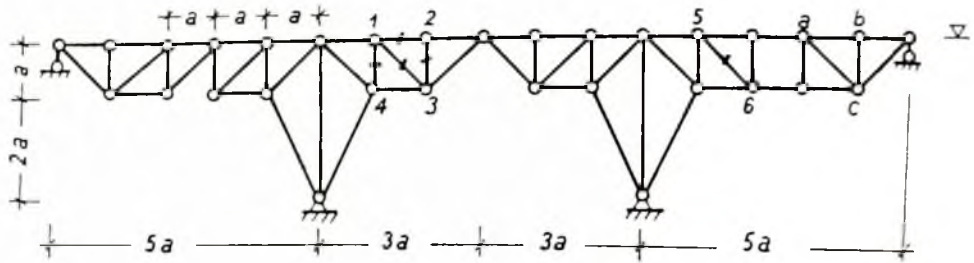
Hình 17

Bài 17. Cho hệ như trên hình 17.

1. Vẽ biểu đồ mômen uốn.
2. Vẽ đường ảnh hưởng mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4 khi tải trọng di động trên đường $ABCDE$.
3. Xác định góc xoay tương đối giữa hai tiết diện A và C. Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng trượt và biến dạng dọc trục so với ảnh hưởng của biến dạng uốn.

Bài 18. Cho hệ dàn như trên hình 18. Yêu cầu:

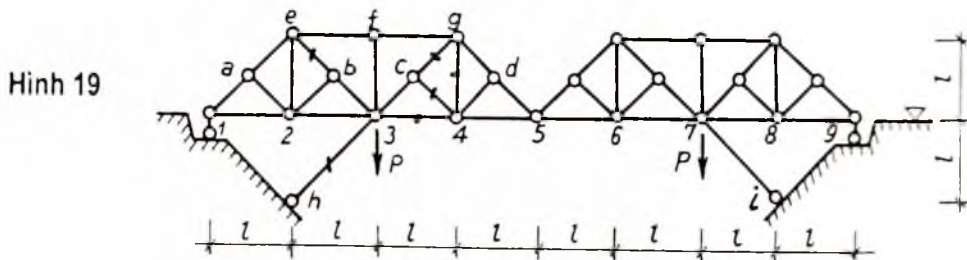
1. Vẽ đường ảnh hưởng lực dọc trong các thanh 2-3, 1-2, 1-3, 1-4, 5-6.
2. Vẽ biểu đồ chuyển vị thẳng đứng của các điểm trên đường xe chạy khi rút ngắn chiều dài các thanh a - c , b - c một lượng bằng nhau là Δ .



Hình 18

Bài 19. Cho hệ như trên hình 19.

1. Xác định nội lực trong toàn bộ các thanh khi hệ chịu hai lực P thẳng đứng đặt tại mắt 3 và mắt 7.
2. Vẽ đường ảnh hưởng nội lực trong các thanh 4-c, 4-g, 3-4, c-g, e-b, 3-h.

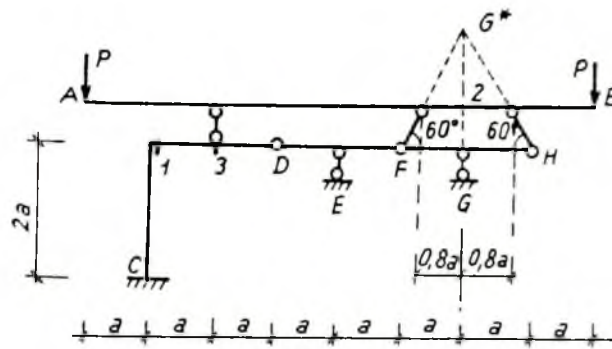


Hình 19

Bài 20. Cho hệ như trên hình 20. Yêu cầu:

1. Chứng minh hệ đã cho là bất biến hình.
2. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt.

Hình 20



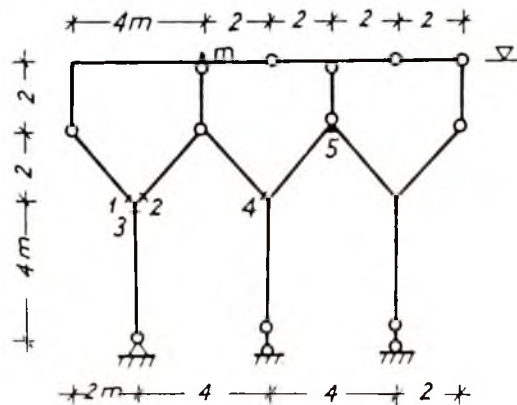
3. Vẽ đường ảnh hưởng mômen uốn tại các tiết diện 1, 2 và đường ảnh hưởng lực cắt tại tiết diện 3 khi tải trọng thẳng đứng $P=1$ di động trên đường AB.
4. Vận dụng đường ảnh hưởng, kiểm tra lại giá trị mômen uốn tại các tiết diện 1, 2 và lực cắt tại 3 tìm được ở bước 2.

Bài 21 Cho hệ như trên hình 21. Yêu cầu:

1. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại tiết diện m hình học.

2. Vẽ đ.a.h. lực cắt tại tiết diện m, đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 2, 3, 4 và 5.

Hình 21

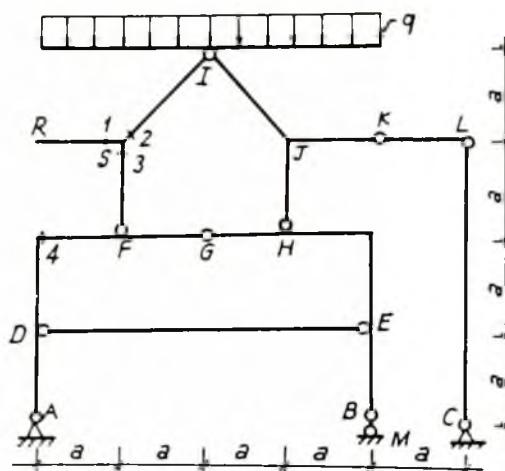


Bài 22. Cho hệ như trên hình 22.

1. Chứng minh hệ đã cho là bất biến hình.
2. Vẽ các biểu đồ mômen uốn, lực cắt.
3. Vẽ đ.a.h. mômen uốn tại các tiết diện 1, 3, 4 và đ.a.h. lực cắt tại tiết diện 2 khi lực thẳng đứng $P=1$ di động trên RSJKL.

4. Vận dụng đường ảnh hưởng, kiểm tra lại giá trị mômen uốn tại các tiết diện 1, 3, 4 tìm được ở bước 2.

Hình 22



PHẦN ĐÁP SỐ VÀ BÀI GIẢI

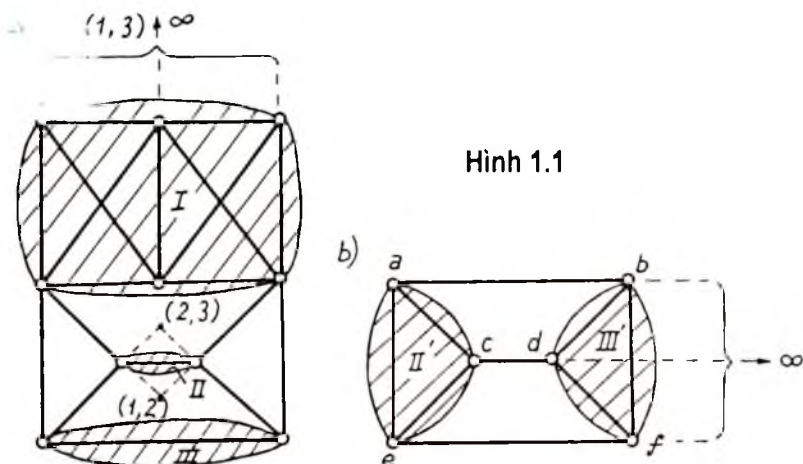
Chương 1

Phân tích cấu tạo hình học của các hệ phẳng

1.1. Bài giải. Xét điều kiện cân theo công thức lập cho hệ dàn không nối với đất:

$$n = D - 2M + 3 \geq 0.$$

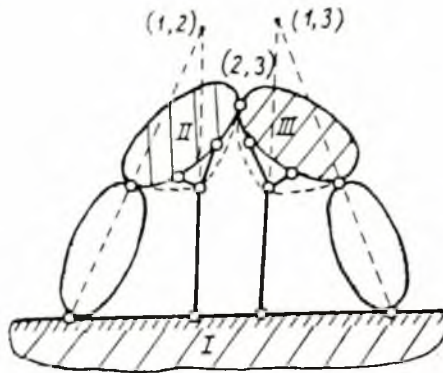
Trong trường hợp này: $D = 19$; $M = 10$, nên $n = 2 > 0$, hệ thừa liên kết (thừa hai thanh) nên có khả năng bất biến hình (BBH).



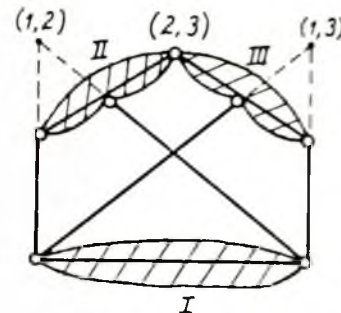
Xét điều kiện đủ, nghĩa là xem việc sắp xếp các liên kết có hợp lý hay không. Muốn vậy, đưa hệ về ba miếng cứng I , II , III (hình 1.1a). Ba miếng cứng này nối với nhau bằng ba khớp giả $(1,2)$, $(2,3)$ và khớp $(1,3)$ ở xa vô cùng. Đường thẳng qua hai khớp $(1,2)$, $(2,3)$ song song với hai thanh tạo thành khớp $(1,3)$ ở xa vô cùng nên ba khớp tương hỗ cùng nằm trên một đường thẳng. Vậy hệ đã cho là biến hình tức thời (BH TT).

Có thể biện luận điều kiện đủ theo cách khác: xem miếng cứng I (hình 1.1a) tương đương với liên kết thanh ab (hình 1.1b). Như vậy, hệ đã cho được đưa về hai miếng cứng II' và III' (hình 1.1b) nối với nhau bằng ba thanh ab , cd và ef song song với nhau, do đó hệ BH TT.

1.2. Chỉ dẫn. Đưa hệ về ba miếng cứng I, II, III (mỗi miếng cứng II và III bao gồm cả một bộ đôi), nối với nhau bằng khớp thực $(2,3)$ và hai khớp giả $(1,2), (1,3)$ (hình 1.2). Ba khớp này không thẳng hàng nên hệ là BBH.



Hình 1.2



Hình 1.3

1.4. Đáp số. Hệ BBH, thừa một liên kết thanh.

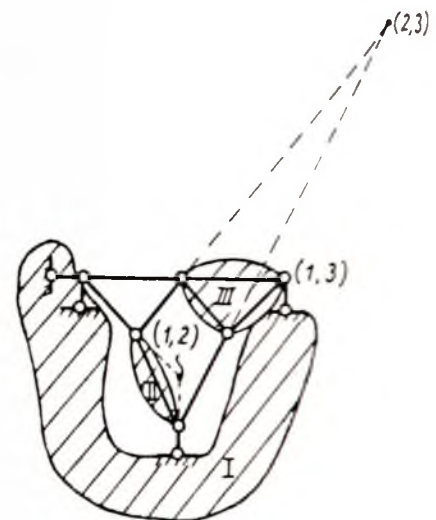
1.5. Đáp số. Hệ BBH.

1.6. Đáp số. Hệ thiếu một liên kết nên biến hình (BH).

1.7. Bài giải. Xét điều kiện cân theo công thức lập cho hệ dầm nối với trái đất:

$$n = D - 2M + C \geq 0.$$

Trong trường hợp này: $D = 8$; $M = 6$ và $C = 4$, nên $n = 0$, hệ đủ liên kết, có khả năng BBH.



Hình 1.7

Xét điều kiện đủ, chọn ba miếng cứng I, II, III như trên hình 1.7 sao cho các thanh còn lại đều lần lượt nối giữa từng cặp hai miếng đã chọn. Ba miếng cứng này nối với nhau bằng ba khớp giả $(1,2), (2,3)$ và $(1,3)$. Ba khớp tương hỗ không cùng nằm trên một đường thẳng nên hệ BBH.

1.8. Đáp số. Hệ BHTT.

1.9. Đáp số. Hệ BBH.

1.10. Đáp số. Hệ BBH.

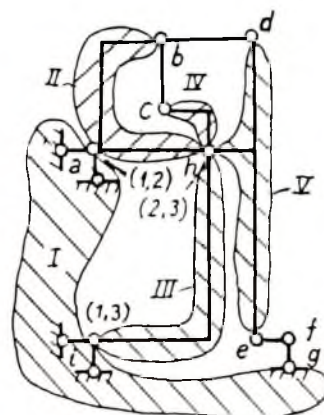
1.11. Đáp số. Hệ BBH.

1.12. Đáp số. Hệ BBH.

1.13. Bài giải. *Điều kiện cần:* Đề nghị bạn đọc tự vận dụng các công thức để đi đến kết luận hệ đủ liên kết.

Điều kiện đủ: Xem hệ như được hình thành từ năm miếng cứng I, II, III, IV, V và một bộ đôi (ef, fg) như trên hình 1.13. Theo tính chất của bộ đôi, khi khảo sát cấu tạo hình học ta có thể loại bỏ bộ đôi (ef, fg) và chỉ cần xét hệ gồm năm miếng cứng cũng đủ để kết luận.

Xét ba miếng cứng I, II, III , được nối với nhau thành một khối hợp $(1,2), (1,3)$ và trên một đường thẳng tạo thành một miếng cứng mới. Miếng cứng mới này được nối với miếng cứng IV bằng khớp $(2,3)$ và thanh bc không đi qua khớp $(2,3)$ nên lại tạo thành một miếng cứng mới mở rộng hơn. Miếng cứng V lại được nối với miếng cứng mở rộng này bằng khớp $(2,3)$ và thanh bd không đi qua khớp $(2,3)$. Như vậy, năm miếng cứng đã được nối thành một hệ BBH.



Hình 1.13

Sau khi thêm bộ đôi (ef, fg) vào hệ năm miếng cứng nói trên, tính chất động học của hệ không thay đổi. Kết luận hệ BBH.

Cũng có thể phân tích điều kiện đủ bằng cách vận dụng triệt để tính chất của bộ đôi để thu hẹp dần hệ. Lần lượt loại bỏ các bộ đôi (ef, fg) ; (db, dh) ; (cb, ch) ; (ha, hi) ; hệ còn lại là trái đất, kết luận hệ BBH.

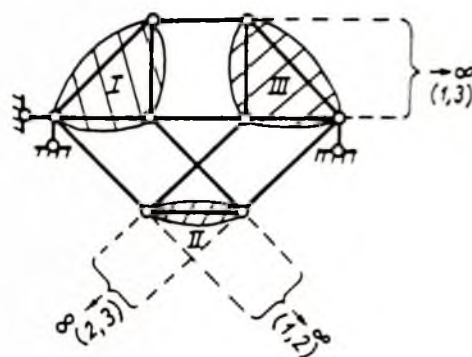
1.14. Đáp số. Hệ BBH.

1.15. Đáp số. Hệ BBH.

- 1.16. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.17. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.18. Đáp số. Hệ BHTT.
- 1.19. Đáp số. Hệ BHTT.
- 1.20. Đáp số. Hệ BHTT.
- 1.21. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.22. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.23. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.24. Đáp số. Hệ trên hình 1.24a (phần đề bài) thiếu một thanh nên BH.
Hệ trên hình 1.24b (phần đề bài) đủ thanh nhưng BHTT.
- 1.25. Đáp số. Hệ BHTT.
- 1.26. Đáp số. Hệ BH.
- 1.27. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.28. Đáp số. Hệ BBH.
- 1.29. Bài giải.

Điều kiện cần: Đề nghị bạn đọc tự vận dụng các công thức để đi đến kết luận hệ đủ liên kết.

Điều kiện đủ: Trước tiên xét phần hệ không nối với đất, đưa phần hệ đó về ba miếng cứng I, II, III (hình 1.29).



Hình 1.29

Ba miếng cứng này nối với nhau bằng sáu thanh, tạo thành ba khớp giả (1,2), (1,3) và (2,3) cùng ở xa vô cùng theo các phương khác nhau. Đường thẳng ở xa vô cùng qua hai khớp (1,2), (2,3) song song với hai thanh tạo thành khớp (1,3) nên ba khớp tương hỗ cùng nằm trên một đường thẳng. Do đó phần hệ chưa nối với đất là biến hình tức thời. Hệ

này chỉ được nối với đất bằng số liên kết vừa đủ nên toàn hệ là BHTT.

.30. Đáp số. Hệ BBH.

.31. Đáp số. Hệ BBH.

.32. Đáp số. Hệ BBH, thừa một liên kết thanh.

Chương 2

Xác định nội lực trong hệ phẳng tĩnh định chịu tải trọng bất động

2.1. Bài giải. Để xác định lực dọc trong các thanh ab và cd , ta vận dụng phương pháp tách mắt.

Lần lượt tách các mắt không có tải trọng tác dụng theo thứ tự 3, 2, 4, c (hình 2.1a) ta tìm được: $N_{32} = N_{34} = N_{21} = N_{2c} = N_{cb} = N_{cd} = 0$. Tách mắt 1, dễ dàng tìm được $N_{1b} = -P$ (nén). Tách mắt b (hình 2.1b), lập phương trình hình chiếu lên trục x vuông góc với thanh be :

$$\sum X = N_{ab} \sin \alpha + N_{1b} \cos \alpha = 0;$$

$$N_{ab} = -N_{1b} \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{P}{\tan \alpha} \quad (\text{kéo}).$$

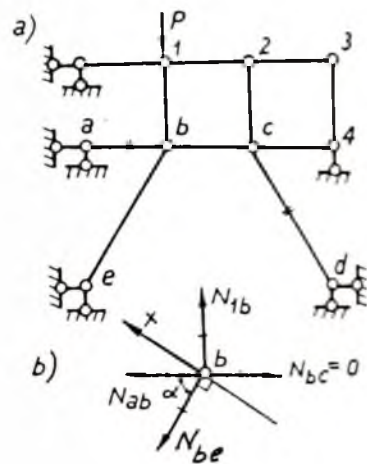
2.2. Đáp số. $N_{ab} = \frac{P}{\sin \alpha}$; $N_{cd} = 0$.

2.3. Đáp số. $N_{ab} = 0$; $N_{cd} = \frac{P}{\sin \alpha}$.

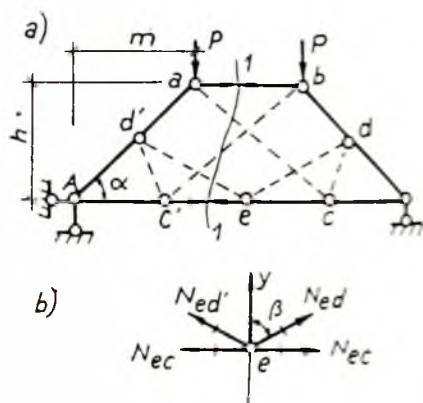
2.4. Bài giải. Thành phần ngang của phản lực tại gối A bằng không nên hệ đã cho là hệ đối xứng, chịu nguyên nhân tác dụng đối xứng (hình 2.4a). Do đó, các thanh ở vị trí đối xứng với nhau từng đôi một có lực dọc bằng nhau, ta có $N_{ed} = N_{ed'}$.

Tách mắt e (hình 2.4b), lập phương trình hình chiếu lên trục y vuông góc với thanh $c'e$:

$$\sum Y = N_{ed} \cos \beta + N_{ed'} \cos \beta = 0, \quad \text{suy ra: } 2N_{ed} \cos \beta = 0.$$



Hình 2.1



Hình 2.4

Vì $\beta \neq 0$ nên $\cos \beta \neq 0$. Vậy $N_{ed} = N_{ed'} = 0$.

Tiếp tục tách các mắt d, d', c, c' , ta thấy $N_{dc} = N_{d'c'} = N_{ca} = N_{c'b'} = 0$.

Hệ chỉ còn lại các thanh chịu lực vẽ bằng đường liền nét như trên hình 2.4a. Thực hiện mặt cắt $I-I$, lập phương trình cân bằng tổng mômen đối với điểm A của phần bên trái:

$$\sum M_{A''} = -N_{ab} h - P.m = 0, \quad \text{suy ra:} \quad N_{ab} = -Pm / h.$$

$$\text{Vì } h / m = \tan \alpha \text{ nên } N_{ab} = -\frac{P}{\sin \alpha} \text{ (nén).}$$

2.5. Đáp số. $N_{ab} = -\frac{P}{\sin \alpha}; N_{cd} = \frac{P}{\tan \alpha}.$

2.6. Đáp số. $N_{ab} = 20\sqrt{2} \text{ kN}; N_{cd} = -40 \text{ kN}.$

2.7. Đáp số. $N_{ab} = 0; N_{cd} = P.$

2.8. Đáp số. $N_{ab} = -\frac{P\sqrt{2}}{2}; N_{cd} = 0.$

$$\frac{40\sqrt{13}}{3} \text{ kN}; N_{cd} = 120 \text{ kN}.$$

2.10. Đáp số. $N_{ab} = -P / 2; N_{cd} = -P.$

2.11. Đáp số. $N_{ab} = -240 \text{ kN}; N_{cd} = 126,66 \text{ kN}.$

2.12. Đáp số.

$$N_{ab} = -P;$$

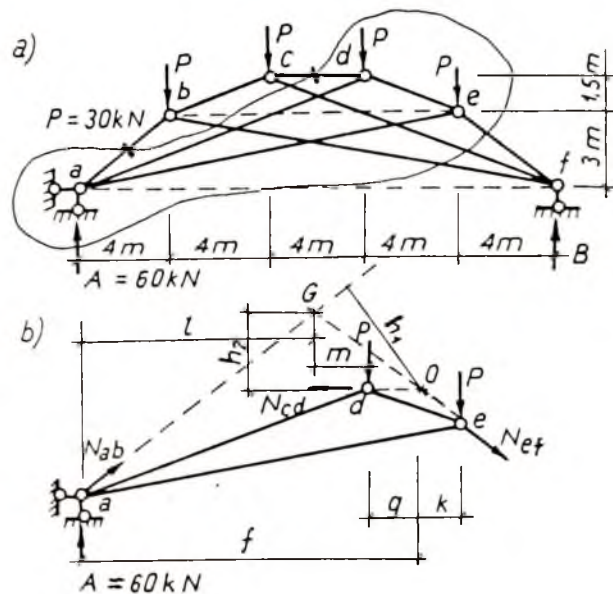
$$N_{cd} = 0.$$

2.13. Đáp số.

$$N_{ab} = N_{cd} = 2P.$$

2.14. Bài giải.

Thực hiện mặt cắt vòng qua các thanh ab, cd, ef, cf, bf , trong đó các thanh cf, bf bị cắt hai lần.



Hình 2.14

Sau khi thay các thanh bị cắt bằng các nội lực tương ứng, ta nhận thấy lực dọc trong mỗi thanh bị cắt hai lần tự cân bằng nên không tham gia các phương trình cân bằng. Do đó, chỉ cần xét cân bằng của bộ phận tách ra như trên hình 2.14b.

Lập phương trình cân bằng tổng mômen đối với các điểm O và G :

♦ $\sum M_O = A f + N_{ab} h_1 - P \cdot g + P \cdot k = 0$, trong đó: $h_1 = 24/5 = 4,8 \text{ m}$;

$f = 14 \text{ m}$; $g = 2 \text{ m}$; $k = 2 \text{ m}$; $A = 60 \text{ kN}$, suy ra: $N_{ab} = -175 \text{ kN}$.

♦ $\sum M_G = A l + N_{cd} h_2 + P \cdot m + P(m+4) = 0$, trong đó: $l = 10 \text{ m}$;

$h_2 = 3 \text{ m}$; $m = 2 \text{ m}$, suy ra: $N_{cd} = -280 \text{ kN}$.

2.15. Chỉ dẫn. Sử dụng mặt cắt tương tự như trong bài 2.14.

Kết quả: $N_{ab} = -70 \text{ kN}$; $N_{cd} = 0$.

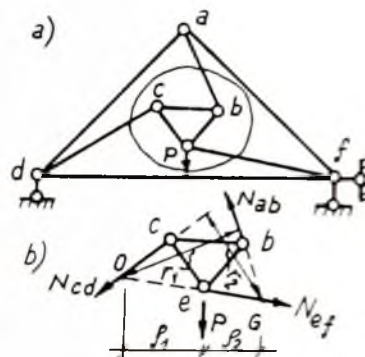
2.16. Đáp số. $N_{ab} = -1,5P$; $N_{bc} = P$; $N_{ac} = 2,24P$; $N_{ae} = -2,24P$.

2.17. Đáp số. $N_{ab} = P$; $N_{cd} = 0$.

2.18. Chỉ dẫn. Thực hiện mặt cắt vòng (hình 2.18a), xét cân bằng phần bên trong mặt cắt (hình 2.18b), lập phương trình cân bằng mômen đối với điểm O và G .

Kết quả:

$$N_{ab} = \frac{\rho_1 P}{r_1}; \quad N_{cd} = \frac{\rho_2 P}{r_2}.$$



Hình 2.18

2.19. Đáp số. $N_{ab} = 0$; $N_{cd} = -P$.

2.20. Bài giải. Thực hiện mặt cắt $I-I$, chia dàn thành hai phần như trên hình 2.20. Các áp lực tương hỗ tại các vị trí liên kết giữa hai phần dàn được phân tích như trên hình 2.20.

Thành phần phản lực thẳng đứng được xác định theo điều kiện cân bằng của phần dàn bên trên. Thành phần phản lực H được xác định theo phương trình cân bằng mômen đối với điểm k của nửa bên trái hoặc nửa bên phải phần dàn bên dưới:

$$\sum M_k = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{P}{2} \cdot \frac{a}{2} - H \cdot b = 0, \quad \text{suy ra} \quad H = \frac{P(l-a)}{4b}.$$

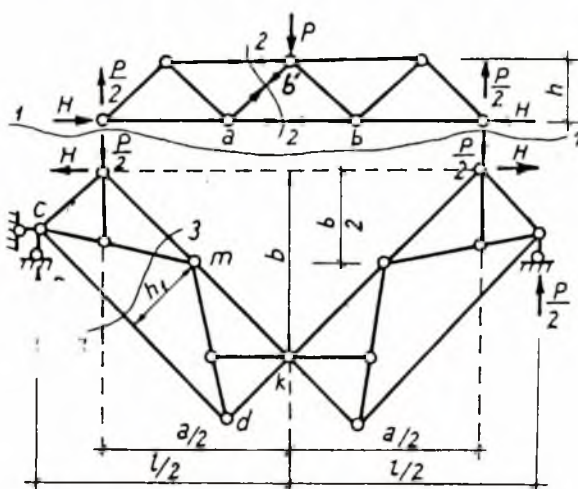
Thực hiện mặt cắt 2-2, lập phương trình cân bằng mômen đối với điểm b' của nửa bên trái phần dàn bên trên:

$$\sum M_{b'}^{\text{tr}} = N_{ab}h + H \cdot h - \frac{P}{2} \cdot \frac{a}{2} = 0, \text{ suy ra } N_{ab} = \frac{Pa}{4h} \left[1 - \frac{h(l-a)}{ab} \right].$$

Thực hiện mặt cắt 3-3, lập phương trình cân bằng mômen đối với điểm m của nửa bên trái phần dàn bên dưới:

$$\sum M_m^{\text{tr}} = N_{cd}h_l + H \cdot \frac{b}{2} + \frac{P}{2} \cdot \frac{a}{4} - \frac{P}{2} \left(\frac{l}{2} - \frac{a}{4} \right) = 0, \text{ suy ra } N_{cd} = \frac{P(l-a)}{8h_l}.$$

Hình 2.20

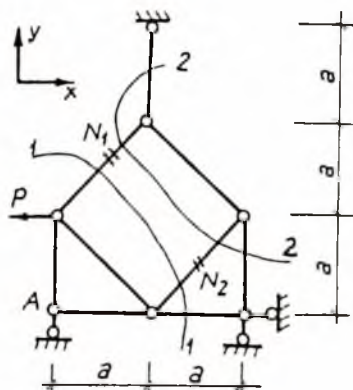


2.21. Chỉ dẫn. Có thể thay thế phần dàn cửa mái $adegh$ (xem hình 2.21, phần đề bài) bằng một thanh quy ước nối liền a và h , thực hiện tính phần dàn còn lại như một dàn thông thường để tìm lực dọc trong các thanh ab , ac và ah .

Tách phần dàn cửa mái và tính với lực dọc N_{ah} đã biết sẽ xác định được lực dọc trong thanh de .

Kết quả: $N_{ab} = 0$; $N_{ac} = 23,6 \text{ kN}$;
 $N_{de} = 28 \text{ kN}$.

2.22. Bài giải. Thực hiện mặt cắt 1-1 (hình 2.22), lập phương trình cân bằng mômen đối với điểm A của phần dàn bên trái:



Hình 2.22

$$\sum M_A^{\text{tr}} = -N_1 \frac{a\sqrt{2}}{2} + N_2 \frac{a\sqrt{2}}{2} + Pa = 0. \quad (1)$$

Thực hiện mặt cắt 2-2 (hình 2.22), lập phương trình cân bằng hình chiếu lên trục x của phần dầm bên phải:

$$\sum X^{\text{ph}} = -N_1 \frac{a\sqrt{2}}{2} - N_2 \frac{a\sqrt{2}}{2} = 0. \quad (2)$$

Giải hệ hai phương trình (1) và (2), ta được: $N_1 = -N_2 = \frac{P\sqrt{2}}{2}$.

2.23. Đáp số. $N_1 = N_2 = -P$.

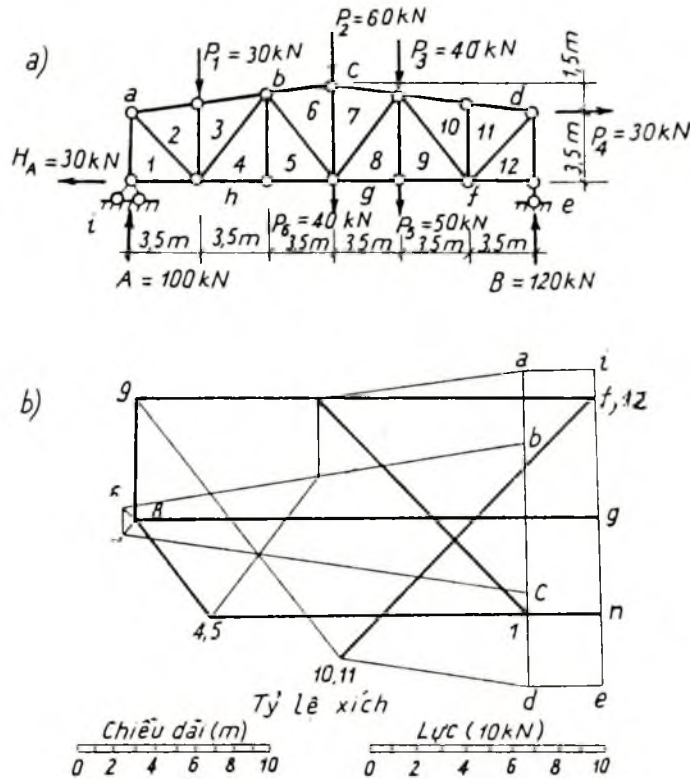
2.24. Đáp số. $N_1 = 0$; $N_2 = P\sqrt{2}$.

2.25. Bài giải. Vẽ giản đồ Cremona theo thứ tự như sau:

1. Xác định các phản lực tựa (có thể sử dụng phương pháp họa đồ hoặc giải tích). Kết quả $A = 100 \text{ kN}$; $B = 120 \text{ kN}$.
2. Chia và ký hiệu các miền ngoài chu vi dầm bằng các chữ cái a, b, c, d, e, f, g, h và i . Mỗi miền được giới hạn trong phạm vi hai ngoại lực (kể cả phản lực). Quy ước đọc tên các ngoại lực và phản lực bằng hai chỉ số biểu thị hai miền ở hai bên do lực đó phân giới *theo thứ tự thuận chiều kim đồng hồ quanh chu vi dầm*. Ví dụ lực P_1 đọc là $a-b$; phản lực B đọc là $e-f \dots$ (hình 2.25a).
3. Vẽ đa giác lực cho các ngoại lực và phản lực theo một tỷ lệ xích nào đó. Khi vẽ đa giác lực, không vẽ chiều mũi tên của lực mà ghi hai chỉ số tương ứng biểu thị lực. Chỉ số đầu biểu thị gốc, chỉ số thứ hai biểu thị ngọn của vectơ lực tương ứng. Ví dụ, lực P_1 được biểu thị bằng đoạn ab trên đa giác lực (hình 2.25b), vì P_1 hướng xuống nên điểm ngọn c nằm dưới điểm gốc b . Đa giác lực của ngoại lực và phản lực đối với dầm trên hình 2.25a là đường khép kín $abcdefghia$ (hình 2.25b).
4. Đánh số các miền ở bên trong dầm bằng các con số theo thứ tự $1, 2, 3, \dots, 12$. Nội lực trong mỗi thanh được đọc bằng hai con số biểu thị hai miền ở hai bên thanh. Khi cắt một thanh nào đó ta phải thay thế tác dụng của nó bằng hai lực ngược chiều có giá trị bằng nhau đặt tại hai mắt mà thanh đó nối.

Cách đọc hai lực này cũng có khác nhau, *muốn đọc nội lực đặt tại mắt i nào đó ta đọc bằng hai chỉ số biểu thị hai miền ở hai bên thanh tương*

ứng theo thứ tự thuận: chiều kim đồng hồ quanh mắt i . Ví dụ, lực dọc trong thanh biên trên đầu tiên ở bên trái, dọc là $a-2$ (khi lực này đặt tại mắt trái), dọc là $2-a$ (khi đặt tại mắt có chịu lực P_1).



Hình 2.25

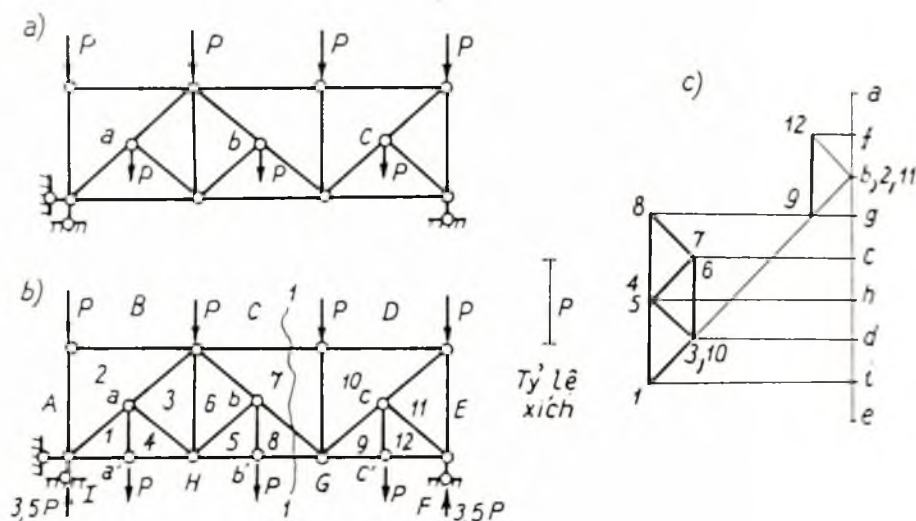
Lần lượt vẽ đa giác lực cho từng mắt theo thứ tự sao cho tại mỗi mắt chỉ có hai thanh chưa biết nội lực. Khi vẽ cần chú ý sử dụng cách ký hiệu nói trên, không vẽ các mũi tên, lực đã biết vẽ trước rồi dựa vào điều kiện khép kín của đa giác lực để xác định lực chưa biết. Tất cả các đa giác lực vẽ cho mỗi mắt đều phải được thực hiện trên cùng một hình vẽ của đa giác lực đã vẽ ở bước ba, theo cùng một tỷ lệ xích.

Ví dụ: xét mắt ở gối trái, đoạn $h-i$ biểu thị lực A đã biết, tiếp đó đoạn $i-a$ biểu thị lực H_A đã biết, từ h và a lần lượt vẽ các đường song song với các lực chưa biết $a-1$ và $1-h$. Giao điểm của hai đường này là vị trí của điểm 1 . Đoạn $a-1$ và $1-h$ trên đa giác lực biểu thị giá trị của lực $a-1$ và $1-h$. Chiều $a-1$ hướng vào mắt đang xét nên lực $a-1$ là lực nén.

Tiếp tục xét mắt trên bên trái ta vẽ được đường khép kín $1-a-2-1$. Đối

với các mắt khác cũng tiến hành tương tự sẽ được giản đồ nội lực như trên hình 2.25b. Ta thấy mỗi mắt của dàn tương ứng một đa giác lực khép kín, mỗi miền của dàn tương ứng với một điểm của giản đồ nội lực.

2.26. Chỉ dẫn. Trong trường hợp này ngoại lực đặt tại các mắt bên trong chu vi dàn (hình 2.26a) nên cần biến đổi hệ về sơ đồ tính tương đương như trên hình 2.26b để vẽ giản đồ nội lực.

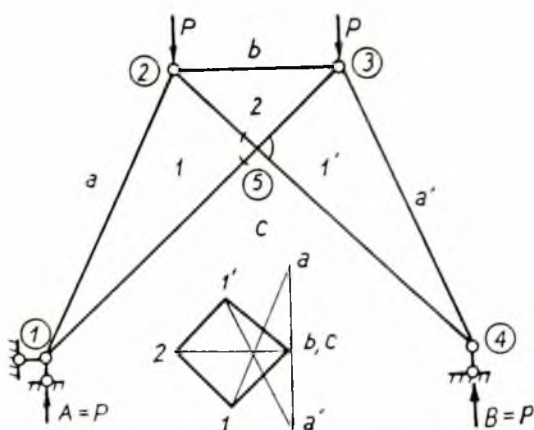


Hình 2.26

Khi vẽ giản đồ nội lực cho hệ trên hình 2.26b, ta lần lượt tìm các điểm theo thứ tự 2, 1, 4, 3 trên đa giác lực. Sau khi tìm được điểm 3 ta thấy các mắt còn lại đều có ba thanh chưa biết nội lực nên khó áp dụng biện pháp tách mắt. Để giải quyết tình huống này ta có thể áp dụng phương pháp mặt cắt: thực hiện mặt cắt 1-1, dùng điều kiện cân bằng giải tích để tìm lực dọc trong thanh biên trên thuộc đốt giữa, kết quả bằng $-2P$. Căn cứ vào giá trị này ta sẽ xác định được điểm 7 trên giản đồ nội lực, tiếp đó dễ dàng tìm được các điểm khác theo thứ tự: 6, 5, 8, 10, 9, 12, 11. Kết quả tìm được như trên hình 2.26c.

2.27. Chỉ dẫn. Để đánh số các miền, ta thay thế dàn đã cho (hình 2.27) bằng dàn tương đương trong đó có đặt thêm một khớp số 5 tại giao điểm của hai thanh chéo 1-3 và 2-4. Kết quả của bài toán không thay đổi. Lực dọc trong các thanh 1-3 và 2-4 của dàn vẫn bằng lực dọc trong thanh 1-5 (hoặc 5-3) và 2-5 (hoặc 5-4) của dàn thay thế.

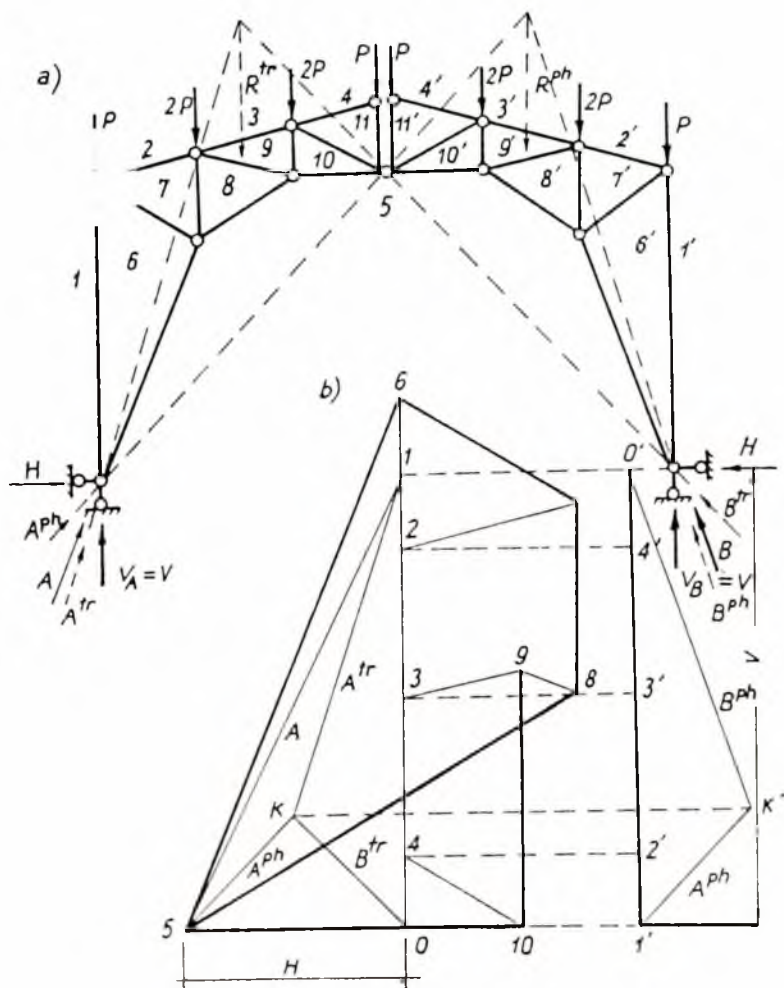
Hệ đã cho đối xứng và chịu tải trọng tác dụng đối xứng qua trục thẳng đứng, do đó giản đồ nội lực sẽ đối xứng qua trục nằm ngang. Vận dụng tính chất đối xứng ta chỉ cần vẽ giản đồ nội lực cho nửa hệ, sau đó suy ra cho toàn hệ. Kết quả tìm được như trên hình 2.27.



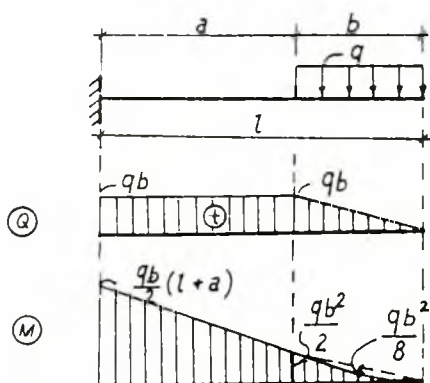
Hình 2.27

2.28. Đáp số. Cho trên hình 2.28.

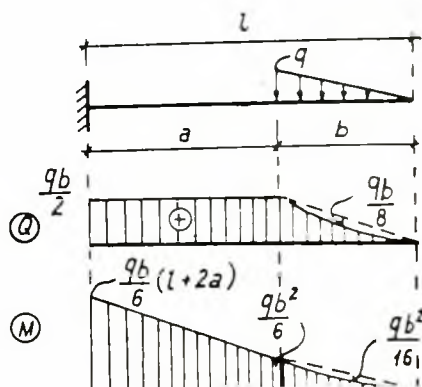
Hình 2.28



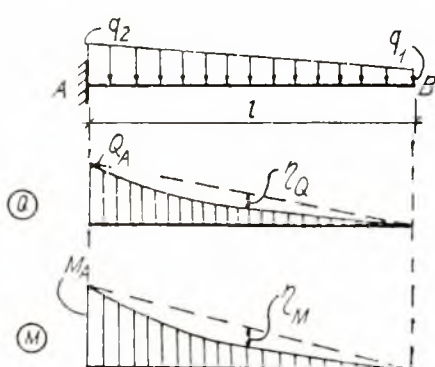
2.29 - 2.30. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng



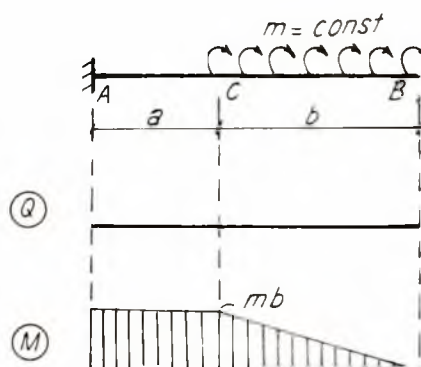
Hình 2.29



Hình 2.30



Hình 2.31



Hình 2.32

2.31. Đáp số. Cho trên hình 2.31, trong đó:

$$Q_A = (q_1 + q_2)l/2; \quad \eta_Q = (q_1 - q_2)l/8; \quad M_A = (2q_1 + q_2)l^2/6; \quad \eta_M = (q_1 + q_2)l^2/16.$$

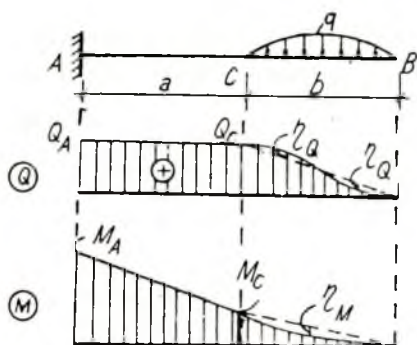
2.32. Đáp số. Cho trên hình 2.32.

2.33. Đáp số. Cho trên hình 2.33, trong đó:

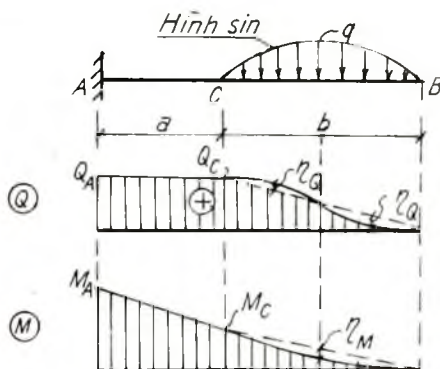
$$Q_A = Q_C = 2qb/3; \quad \eta_Q = 2qb/16; \\ M_A = qb(2a+b)/3; \quad M_C = qb^2/3; \quad \eta_M = 5qb^2/48.$$

2.34. Đáp số. Cho trên hình 2.34, trong đó:

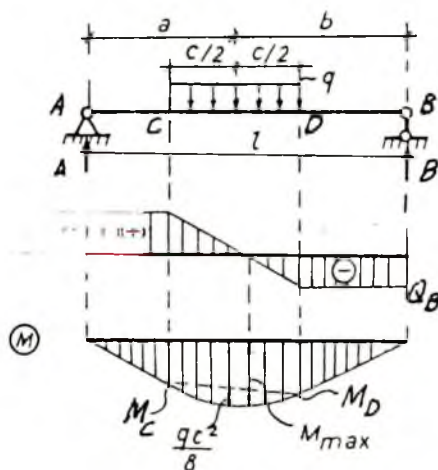
$$Q_A = Q_C = 2qb/\pi; \quad \eta_Q = (\sqrt{2} - 1)qb/2\pi; \\ M_A = qb(2a+b)/\pi; \quad M_C = qb^2/\pi; \quad \eta_M = qb^2/\pi^2.$$



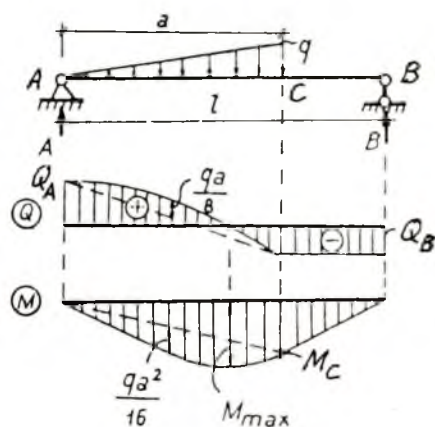
Hình 2.33



Hình 2.34



Hình 2.35



Hình 2.36

2.35. Đáp số. Cho trên hình 2.35, trong đó:

$$Q_A = A = qcb/l; \quad Q_B = B = qca/l;$$

$$M_C = qcb(2a-c)/2l; \quad M_D = qca(2b-c)/2l; \quad M_{\max} = qabc(2l-c)/2l^2.$$

2.36. Đáp số. Cho trên hình 2.36, trong đó:

$$Q_A = A = qa(3l-2a)/6l; \quad Q_B = B = qa^2/3l;$$

$$M_C = qa^2(l-a)/3l; \quad M_{\max} = 2Aa\sqrt{1-(2a/3l)}/3.$$

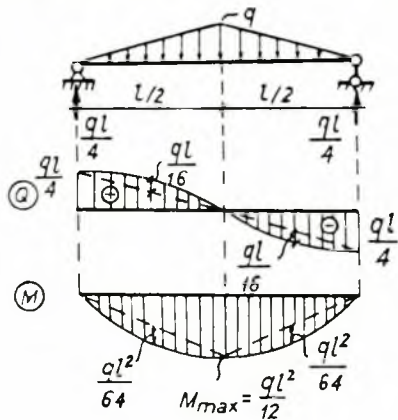
2.37 - 2.38. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng.

2.39. Đáp số. Cho trên hình 2.39, trong đó: $q(z) = 4qz(l-z)/l^2$;

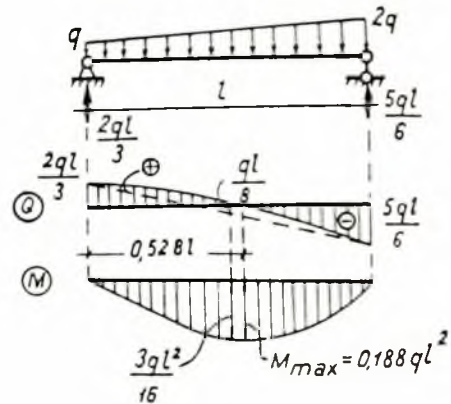
$$Q_A = Q_B = ql/3; \quad \eta_Q = ql/16; \quad \eta_M = 5ql^2/48.$$

2.40. Đáp số. Cho trên hình 2.40, trong đó: $q(z) = q \sin(\pi z/l)$;

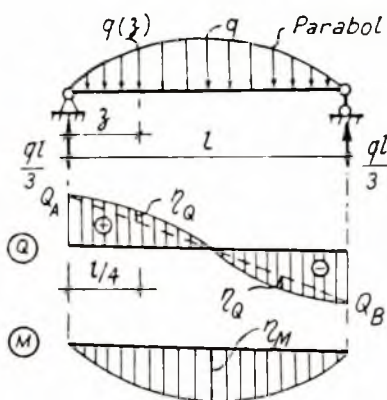
$$Q_A = Q_B = ql/\pi; \quad \eta_Q = (\sqrt{2} - 1)ql/2\pi; \quad \eta_M = ql^2/\pi^2.$$



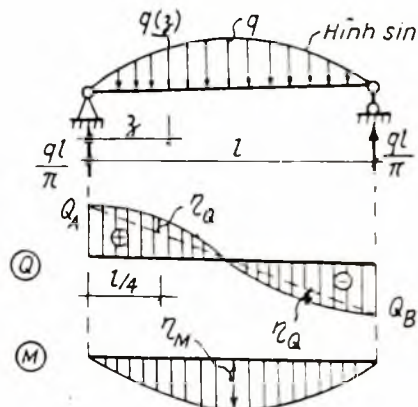
Hình 2.37



Hình 2.38

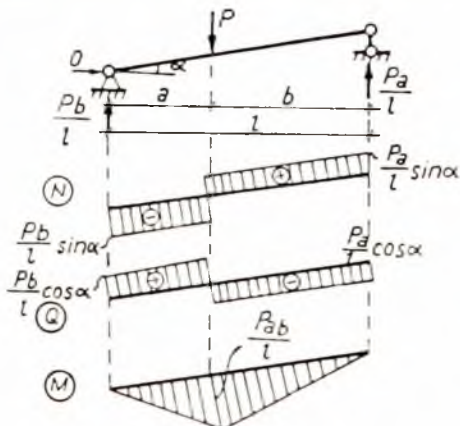


Hình 2.39

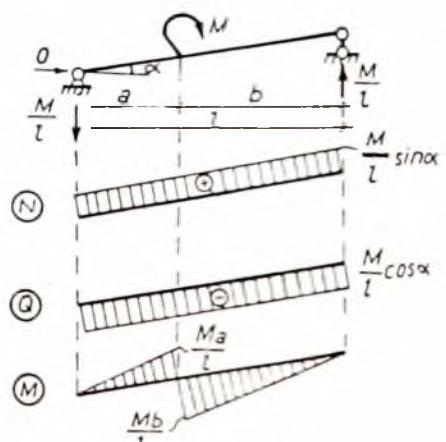


Hình 2.40

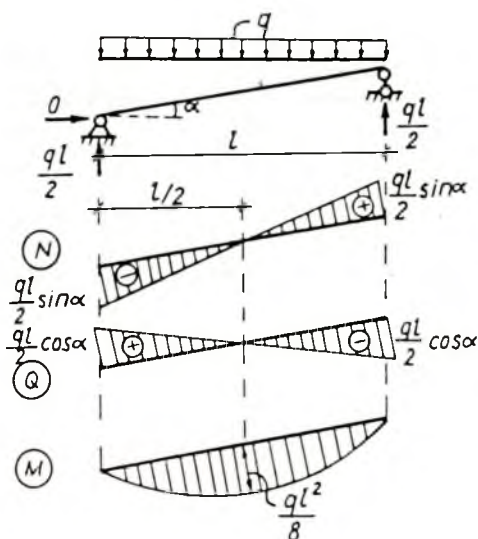
2.41 - 2.46. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng



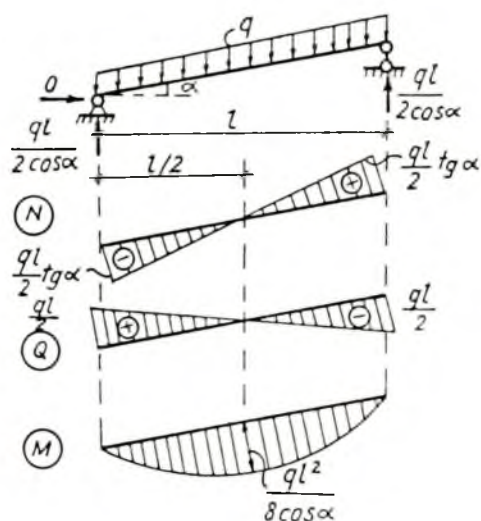
Hình 2.41



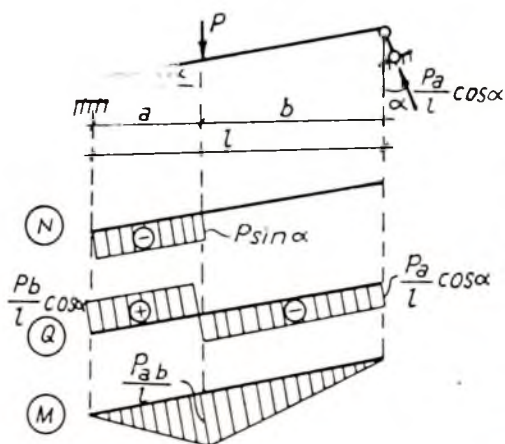
Hình 2.42



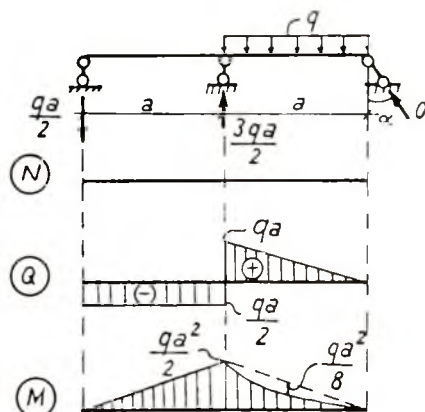
Hình 2.43



Hình 2.44



Hình 2.45



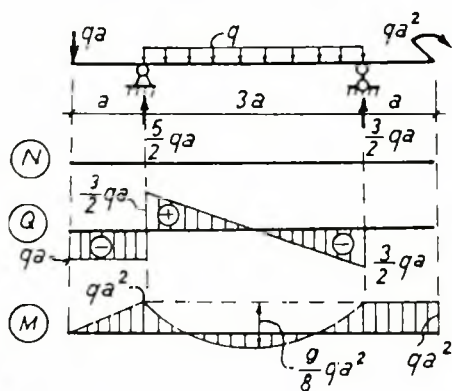
Hình 2.46

2.47. **Đáp số.** Cho trên hình 2.47.

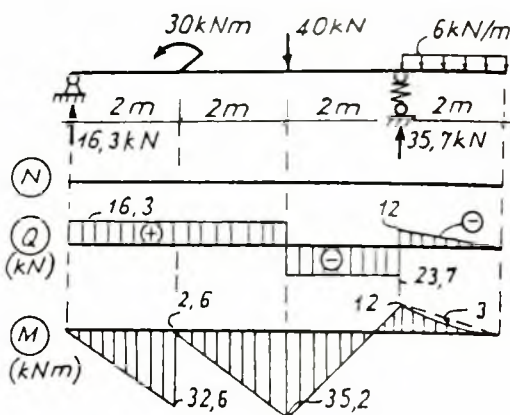
2.48. **Chỉ dẫn.** Trong hệ có liên kết đàn hồi được mô tả dưới dạng lò xo. Khi xác định nội lực trong hệ tĩnh định, nếu cách tính được thực hiện theo sơ đồ không biến dạng thì nội lực không phụ thuộc độ cứng của các liên kết cũng như của các cấu kiện. Do đó, ta có thể xem liên kết đàn hồi này như một liên kết thanh bình thường.

Kết quả tìm được như trên hình 2.48.

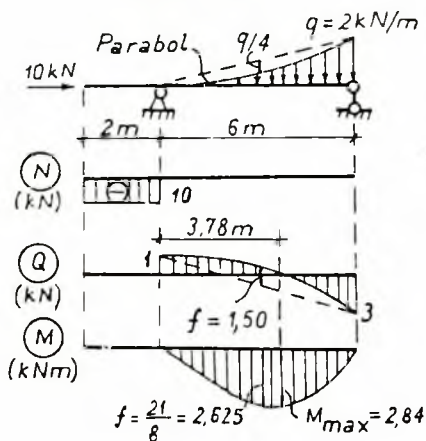
2.49 - 2.50. **Đáp số.** Cho trên các hình vẽ tương ứng.



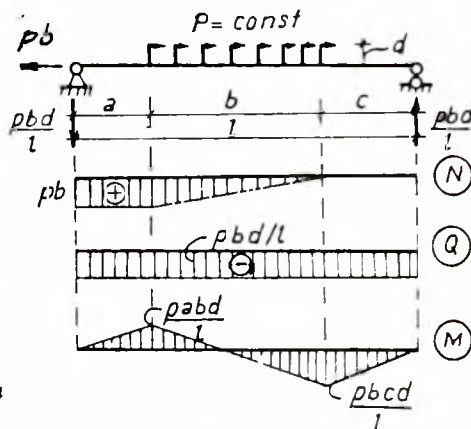
Hình 2.47



Hình 2.48

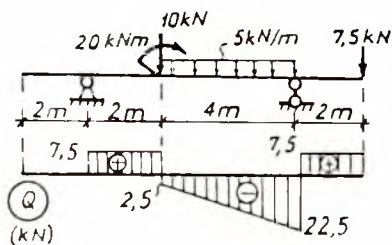


Hình 2.49

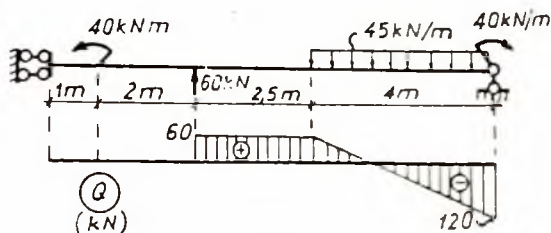


Hình 2.50

2.51 - 2.52. Đáp số. Sơ đồ tải trọng và lực cắt cho trên các hình vẽ tương ứng.

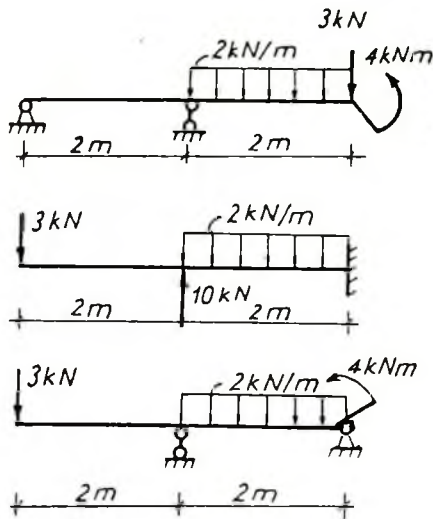


Hình 2.51

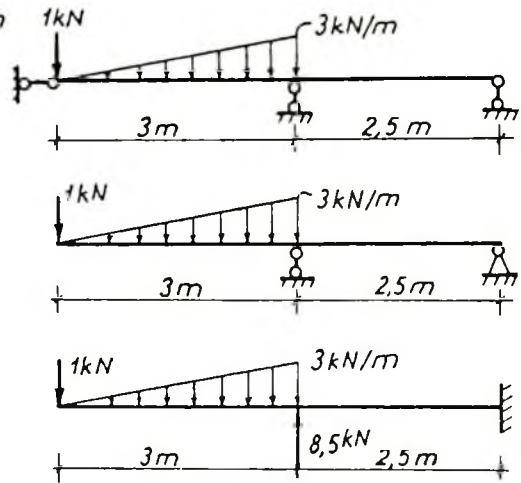


Hình 2.52

2.53 - 2.54. Đáp số. Cho trên các hình tương ứng.

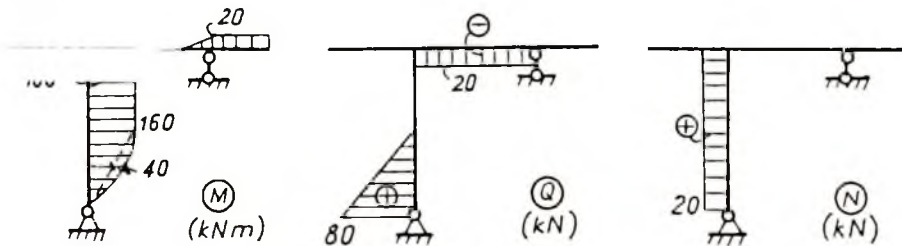


Hình 2.53

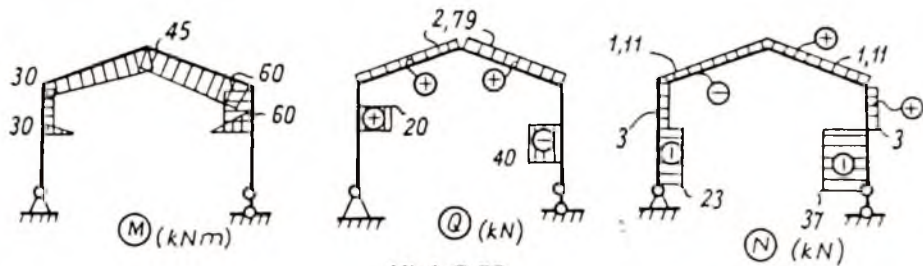


Hình 2.54

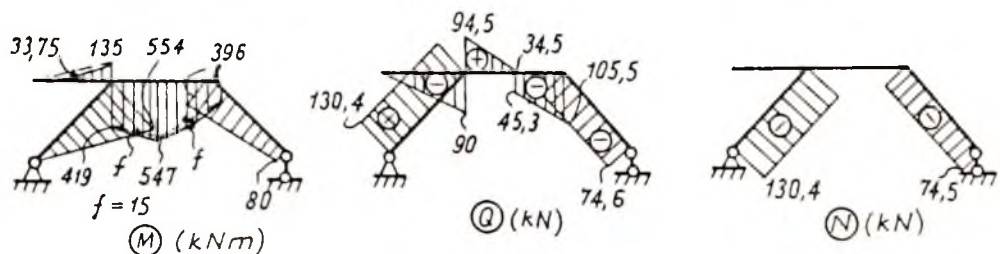
2.55 - 2.59. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng.



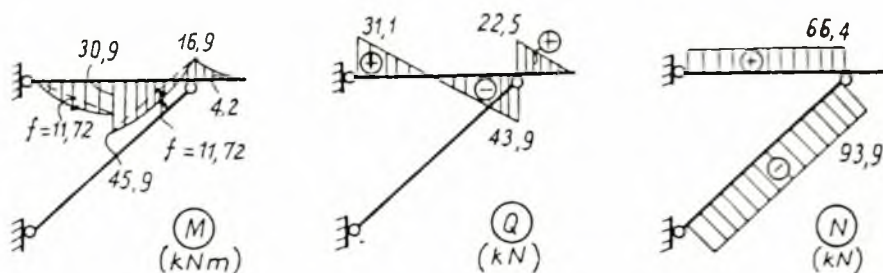
Hình 2.55



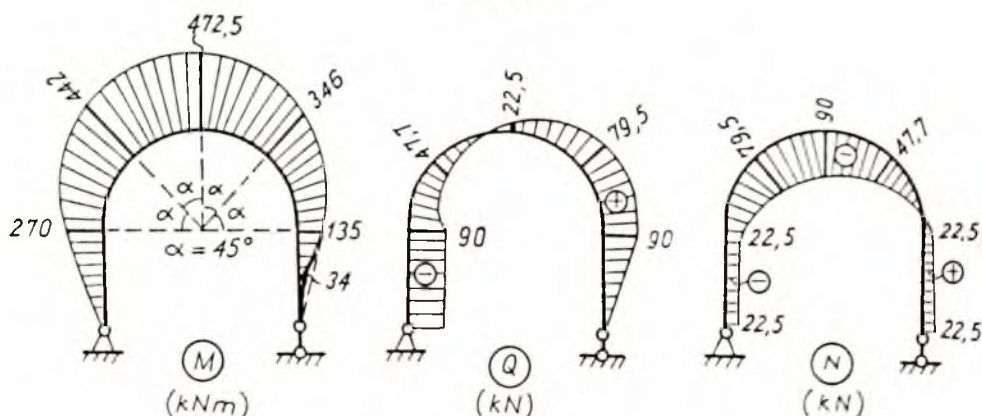
Hình 2.56



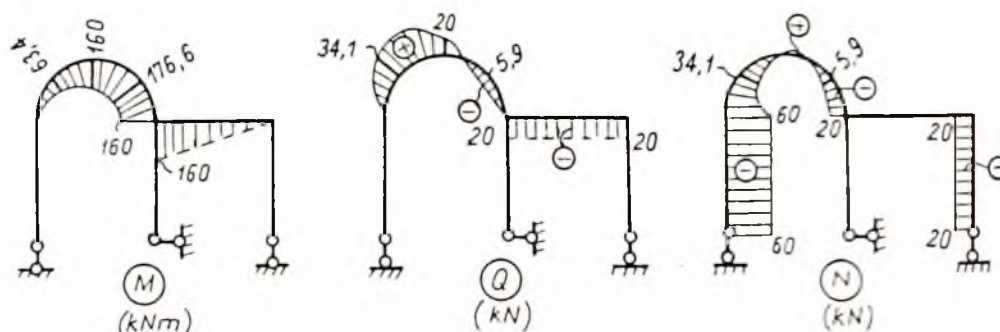
Hình 2.57



Hình 2.58



Hình 2.59



Hình 2.60

2.60. Chỉ dẫn. Thanh ngang trong hệ có độ cứng $EI = \infty$, tức là không bị biến dạng. Như đã biết, nội lực trong hệ tĩnh định không phụ thuộc độ cứng của các thanh. Mặt khác, về ý nghĩa: khi không có biến dạng thì trong thanh không tồn tại nội lực. Để thuận lợi cho việc vẽ biểu đồ theo quy cách thông thường và dễ dàng kiểm tra các điều kiện cân bằng, ta quy ước: xem thanh có $EI = \infty$ như thanh có độ cứng hữu hạn nhưng rất lớn ($EI \rightarrow \infty$) và vẽ biểu đồ trong thanh này bằng đường đứt nét.

Kết quả tìm được như trên hình 2.60.

2.61. Bài giải. Để xác định các thành phần phản lực tựa của vòm, ta lập các phương trình cân bằng sau:

$$\sum M_B = -V_A \cdot 16 + H_A \cdot 4 + P_1 \cos \alpha \cdot 1 + P_1 \sin \alpha \cdot 12 + P_2 \cdot 8 + 4q \cdot 6 = 0; \quad (1)$$

$$\sum M_A = V_B \cdot 16 + H_B \cdot 4 - P_1 \cos \alpha \cdot 3 - P_1 \sin \alpha \cdot 4 - P_2 \cdot 8 - 4q \cdot 10 = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_{C''} = -V_A \cdot 8 + H_A \cdot 5 + P_1 \cos \alpha \cdot 2 + P_1 \sin \alpha \cdot 4 = 0; \quad (3)$$

$$\sum M_{C^{ph}} = V_B \cdot 8 - H_B \cdot 1 - 4q \cdot 2 = 0; \quad (4)$$

trong đó:

$$P_1 = P_2 = 100 \text{ kN}; \quad q = 20 \text{ kN}; \quad \cos \alpha = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Sau khi thay vào hệ phương trình trên và giải ra ta được:

$$V_A = 194 \text{ kN}; \quad V_B = 57 \text{ kN}; \quad H_A = 224 \text{ kN}; \quad H_B = 295 \text{ kN}.$$

2.62. Đáp số. $V_A = 200 \text{ kN}; \quad V_B = 100 \text{ kN}; \quad H_A = H_B = H = 250 \text{ kN}.$

2.63. Đáp số. $V_A = 180 \text{ kN}; \quad H_A = 100 \text{ kN}; \quad V_B = 341 \text{ kN}; \quad M_B = 1290 \text{ kNm}.$

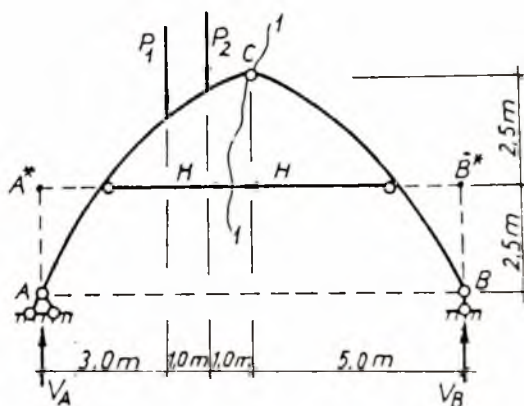
2.64. Bài giải. Dưa hệ đã cho về hệ ba khớp tương đương A^*, B^*, C (hình 2.64) để thực hiện tính toán. Lực kéo trong thanh căng được xác định như lực xô trong vòm tương đương bằng mặt cắt $I-I$.

Kết quả:

$$V_A = 190 \text{ kN};$$

$$V_B = 110 \text{ kN};$$

$$H = 220 \text{ kN}.$$



Hình 2.64

2.65. Bài giải. Để xác định nội lực trong vòm ba khớp có hai gối A, B ở trên cùng cao độ và chịu tải trọng tác dụng thẳng đứng, ta sử dụng các biểu thức sau:

$$M(z) = M^d(z) - Hy; \quad (a)$$

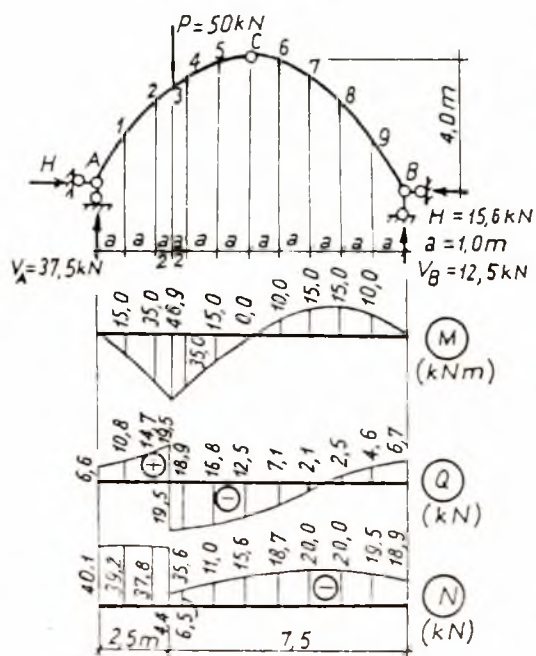
$$Q(z) = Q^d(z) \cos \varphi - H \sin \varphi; \quad (b)$$

$$N(z) = -Q^d(z) \sin \varphi - H \cos \varphi. \quad (c)$$

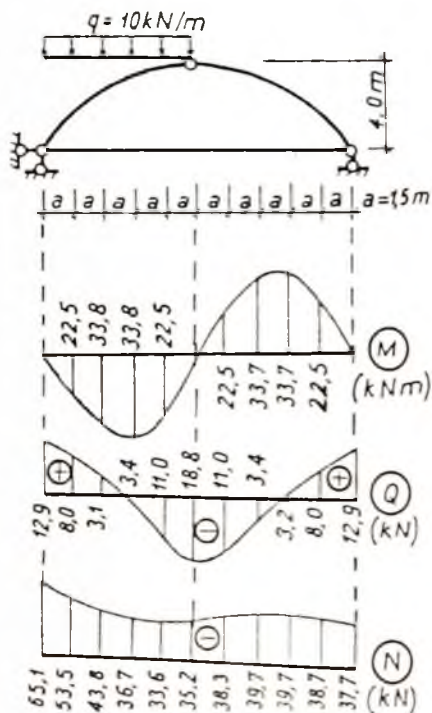
Để vẽ biểu đồ nội lực, ta sẽ tính nội lực tại các tiết diện A, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 và B cách đều nhau với khoảng cách $a = 1\text{ m}$. Kết quả tính ghi trên bảng 2.65. Các biểu đồ nội lực tìm được như trên hình 2.65.

Bảng 2.65

Tiết diện	z (m)	y (m)	$y' = \operatorname{tg} \varphi$	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	M^d (kNm)	Q^d (kN)	M (kNm) theo (a)	Q (kN) theo (b)	N (kN) theo (c)
A	0	0	1,60	0,5299	0,8485	0	37,5	0	6,6	-40,1
1	1,0	1,44	1,28	0,6156	0,7880	37,5	37,5	15,0	10,8	-39,2
2	2,0	2,56	0,96	0,6926	0,7213	75,0	37,5	35,0	14,7	-37,8
3	2,5	3,00	0,80	0,7808	0,6247	93,7	37,5	46,9	19,5	-35,6
4	3,0	3,36	0,64	0,8423	0,5391	87,5	-12,5	35,0	-18,9	-6,5
5	4,0	3,84	0,32	0,9524	0,3048	75,0	-12,5	15,0	-16,8	-11,0
C	5,0	4,00	0	1,0000	0	62,5	-12,5	0	-12,5	-15,6
6	6,0	3,84	-0,32	0,9524	-0,3048	50,0	-12,5	-10,0	-7,1	-18,7
7	7,0	3,36	-0,64	0,8423	-0,5391	37,5	-12,5	-15,0	-2,1	-20,0
8	8,0	2,56	-0,96	0,6926	-0,7213	25,0	-12,5	-15,0	2,5	-20,0
9	9,0	1,44	-1,28	0,6156	-0,7880	12,5	-12,5	-10,0	4,6	-19,5
B	10,0	0	-1,60	0,5299	-0,8485	0	-12,5	0	6,7	-18,9



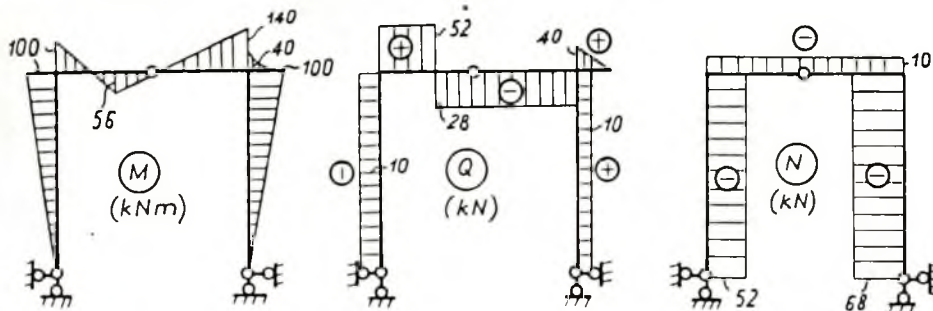
Hình 2.65



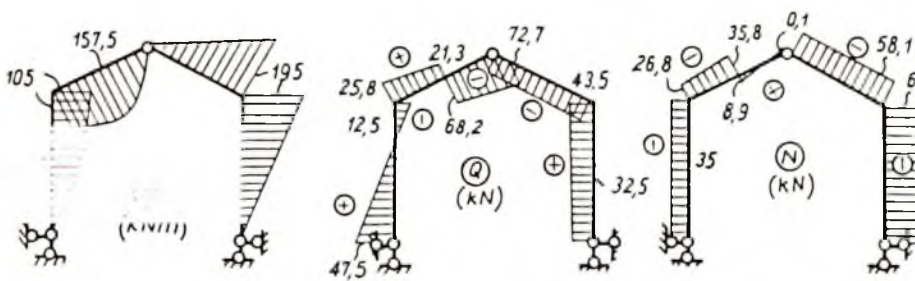
Hình 2.66

2.66. Đáp số. Cho trên hình 2.66.

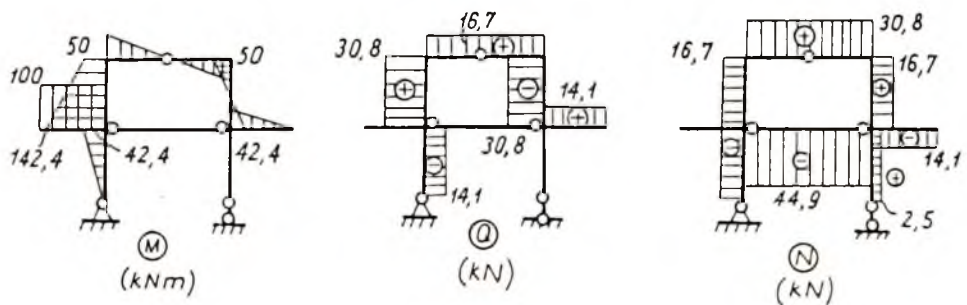
2.67 - 2.70. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng.



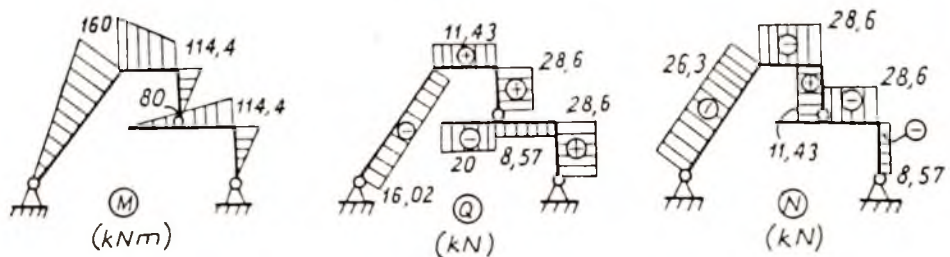
Hình 2.67



Hình 2.68



Hình 2.69



Hình 2.70

2.71. Bài giải. Phương trình trục hợp lý của vòm ba khớp chịu tải trọng thẳng đứng không phụ thuộc dạng vòm:

$$y = \frac{M^d(z)}{H},$$

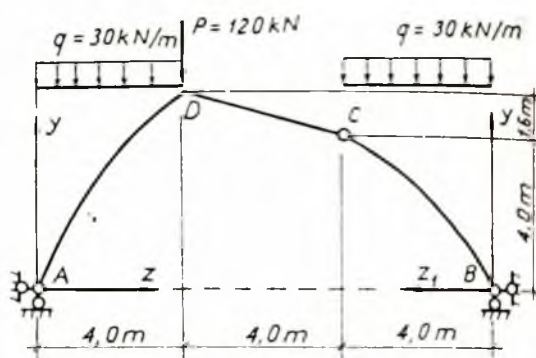
trong đó:

$M^d(z)$ – phương trình mômen uốn trong dầm đơn giản tương ứng do tải trọng đã cho gây ra;

H – lực xô trong vòm.

Căn cứ vào sơ đồ tải trọng tác dụng, ta phân hệ thành ba đoạn AD , DC và CD để lập các phương trình của trục vòm (hình 2.71).

- Đoạn AD (gốc tọa độ A): $y = 2z - 0,15z^2$, với $0 \leq z \leq 4$ m.
- Đoạn DC (gốc tọa độ A): $y = -0,4z + 7,2$, với $4 \text{ m} \leq z \leq 8$ m.
- Đoạn CB (gốc tọa độ B): $y = 1,6z_l - 0,15z_l^2$, với $0 \leq z_l \leq 4$ m.

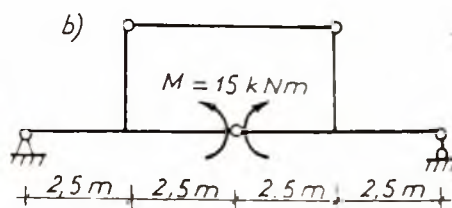
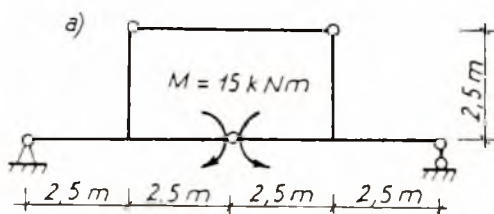


Hình 2.71

2.72. Đáp số. Phương trình trục hợp lý của vòm: $y = f\left(1 - \left|\frac{8z^3}{l^3}\right|\right)$.

2.73. Đáp số. $N_a = -1,29P$; $N_b = 0$; $N_c = 0$.

2.74. Đáp số. $N_a = 51,4 \text{ kN}$; $N_b = 122,8 \text{ kN}$; $N_c = -106,2 \text{ kN}$;
 $N_d = -26,8 \text{ kN}$; $N_e = 76,4 \text{ kN}$.



Hình 2.75

2.75. Đáp số.

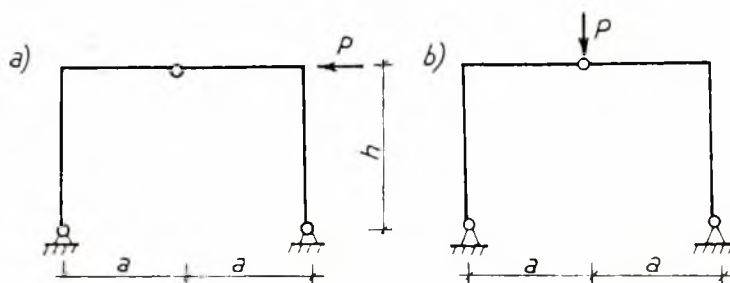
a) Nếu biểu đồ Q và N đúng thì biểu đồ M phải đổi chiều thứ căng, sơ đồ

tính tương ứng như trên hình 2.75a.

- b) Nếu biểu đồ M đúng thì biểu đồ Q và N phải có dấu ngược lại, sơ đồ tính tương ứng như trên hình 2.75b.

2.76. Đáp số.

- a) Nếu biểu đồ Q và N đúng thì biểu đồ M phải có dạng phản xứng, sơ đồ tính tương ứng như trên hình 2.76a.
- b) Nếu biểu đồ M đúng thì biểu đồ Q phải có dạng phản xứng và biểu đồ N phải có dạng đối xứng, sơ đồ tính tương ứng như trên hình 2.76b.



Hình 2.76

2.77. Bài giải

- ♦ Xác định các phản lực gối tựa trong dầm: Khảo sát cân bằng phần dầm AFB , ta thấy $H_A = 0$;

$$\sum M_F^{tr} = R_A \cdot 6 = 0,$$

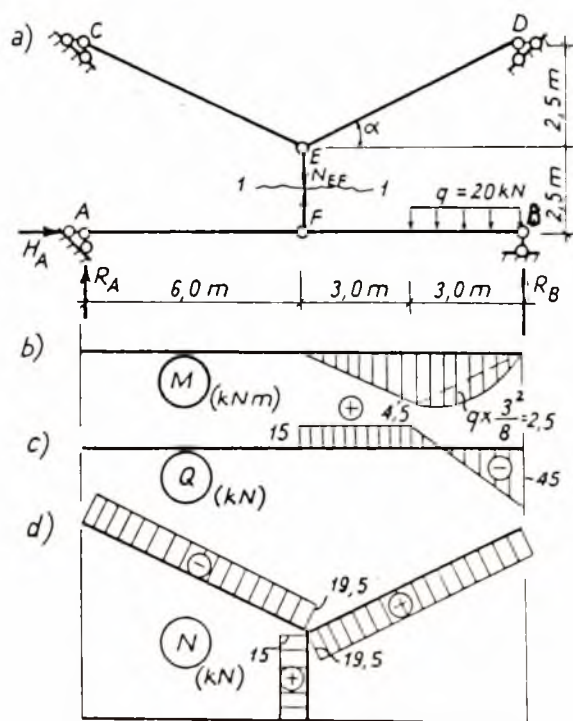
suy ra $R_A = 0$;

$$\sum M_F^{ph} = R_B \cdot 6 - 20 \cdot 3 \cdot 4,5 = 0$$

suy ra $R_B = 45 \text{ kN}$.

- ♦ Vẽ các biểu đồ nội lực trong dầm: kết quả cho trên hình 2.77b, c, d.

- ♦ Xác định lực dọc trong các thanh EF , EC và ED : Thực hiện mặt cắt 1-1, lập phương trình cân bằng hình chiếu lên trục thẳng đứng của phần bên dưới mặt cắt :



Hình 2.77

$$\sum Y = R_A + R_B + N_{EF} - 20.3 = 0, \text{ suy ra } N_{EF} = 15 \text{ kN.}$$

Tách mắt E , lập phương trình cân bằng hình chiếu lên trục nằm ngang và thẳng đứng

$$\sum X = -N_{EC} \cos \alpha + N_{ED} \cos \alpha = 0, \quad \text{suy ra } N_{EC} = N_{ED}.$$

$$\sum Y = -N_{EF} + N_{EC} \sin \alpha + N_{ED} \sin \alpha = 0.$$

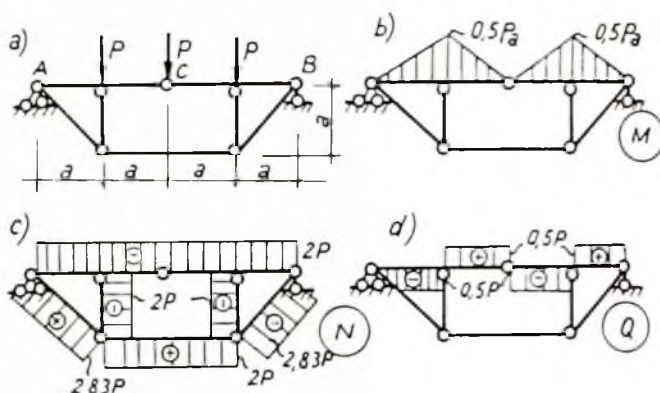
$$\text{Với } \sin \alpha = 2,5/6,5 = 0,385, \text{ ta tính được: } N_{EC} = N_{ED} = 19,5 \text{ kN.}$$

Biểu đồ lực dọc vẽ trên hình 2.77d.

2.78. Đáp số.

Cho trên hình 2.78.

Hình 2.78



2.79. Bài giải. Dầm cứng chịu tải trọng thẳng đứng, các thanh treo liên kết giữa dầm xích và dầm cứng thẳng đứng nên thành phần phản lực nằm ngang tại gối tựa B bằng không. Thay thế các gối tựa A, B bằng các thành phần phản lực V'_A, V'_B . Thực hiện mặt cắt qua các đốt 0-1 và 3-4 tại A_I và B_I là những tiết diện có vị trí tương ứng trên các đường thẳng đứng kẻ từ các gối tựa A và B để khảo sát cân bằng phần hệ bên dưới. Sau khi phân tích lực dọc trong các đốt 0-1 và 3-4 thành hai thành phần V''_A và H_A ; V''_B và H_B (hình 2.79a), ta lập các phương trình cân bằng:

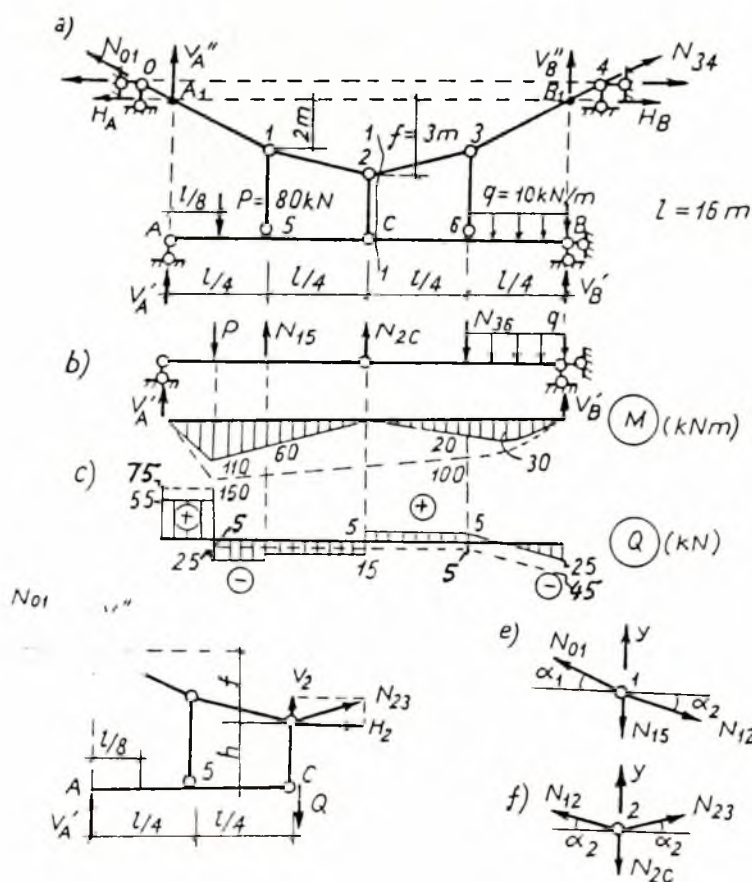
$$\bullet \sum X = -H_A + H_B = 0, \quad \text{suy ra: } H_A = H_B = H.$$

$$\bullet \sum M_B = (V'_A + V''_A)l - P \frac{7l}{8} - \frac{ql}{4} \frac{l}{8} = 0, \quad \text{suy ra:}$$

$$V'_A + V''_A = V_A = \frac{7}{8}P + \frac{ql}{32} = \frac{7}{8}80 + \frac{10.16}{32} = 75 \text{ kN.}$$

$$\bullet \sum M_A = (V'_B + V''_B)l - P \frac{l}{8} - \frac{ql}{4} \frac{7l}{8} = 0, \quad \text{suy ra:}$$

$$V'_B + V''_B = V_B = \frac{P}{8} + \frac{7ql}{32} = \frac{80}{8} + \frac{7.10.16}{32} = 45 \text{ kN.}$$



Hình 2.79

Ta thấy tổng các thành phần phản lực thẳng đứng của dầm cứng (V'_A , V'_B) với các thành phần thẳng đứng tương ứng của lực dọc trong hai dốt xích biên (V''_A , V''_B) bằng phản lực trong dầm đơn giản có nhịp l .

Để xác định lực xô H , ta thực hiện mặt cắt $I-I$ (hình 2.79a) đi qua rất gần bên phải khớp C và 2. Thay thế tác dụng của phần phải dây xích bằng lực dọc N_{23} đặt tại khớp 2 (hình 2.79d) và phân tích lực này thành hai thành phần: V_2 (thẳng đứng), H_2 (nằm ngang). Tại khớp C chỉ có lực cắt Q còn mômen uốn $M = 0$. Lập các phương trình cân bằng của phần hệ trên hình 2.79d:

$$\bullet \sum X = -H + H_2 = 0, \quad \text{suy ra} \quad H_2 = H.$$

Ta thấy lực xô H trong dốt xích 2-3 bằng lực xô trong dốt xích 0-1. Nói một cách tổng quát, thành phần ngang của lực dọc trong tất cả các dốt

xích đều bằng nhau và bằng H .

$$\bullet \sum M_C = (V'_A + V''_A) \frac{l}{2} - P \cdot \frac{3l}{8} l - H(f+h) + H \cdot h = 0, \quad \text{suy ra:}$$

$$H = \frac{l}{f} \left[(V'_A + V''_A) \frac{l}{2} - \frac{3Pl}{8} \right] = \frac{l}{f} \left[V_A \frac{l}{2} - \frac{3Pl}{8} \right] = \frac{l}{3} \left[75 \frac{16}{2} - \frac{3 \cdot 80 \cdot 16}{8} \right] = 40 \text{ kN}.$$

Lực xô H cũng có thể được xác định theo công thức: $H = \frac{M_C^d}{f}$.

trong đó: M_C^d – mômen uốn tại tiết diện C của dầm đơn giản có nhịp l ;

f – đường tên vông của dây xích.

Các thành phần V''_A và V''_B của dầm được xác định theo công thức:

$$V''_A = V''_B = H \operatorname{tg} \alpha_1 = 40 \cdot \operatorname{tg} 26^\circ 30' = 20 \text{ kN}.$$

Các thành phần V'_A và V'_B của dầm được tính như sau:

$$V'_A = V_A - V''_A = 75 - 20 = 55 \text{ kN};$$

$$V'_B = V_B - V''_B = 45 - 20 = 25 \text{ kN}.$$

Lực dọc trong các dốt xích:

Số liệu hình học: – hai dốt biên $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1/2$; $\rightarrow \alpha_1 = 26^\circ 30'$;

– hai dốt giữa $\operatorname{tg} \alpha_2 = 1/4$; $\rightarrow \alpha_2 = 14^\circ$.

$$N_{01} = N_{34} = \frac{H}{\cos \alpha_1} = \frac{40}{\cos 26^\circ 30'} = 44,70 \text{ kN};$$

$$N_{12} = N_{23} = \frac{H}{\cos \alpha_2} = \frac{40}{\cos 14^\circ} = 41,24 \text{ kN}.$$

Lực dọc trong các thanh treo:

- Tách mắt 1, lập phương trình hình chiếu lên trục thẳng đứng y (hình 2.79e)

$$\sum Y = N_{01} \sin \alpha_1 - N_{12} \sin \alpha_2 - N_{15} = 0, \quad \text{suy ra:}$$

$$N_{15} = N_{36} = N_{01} \sin \alpha_1 - N_{12} \sin \alpha_2 = 44,70 \sin 26^\circ 30' - 41,24 \sin 14^\circ = 10 \text{ kN}.$$

- Tách mắt 2, viết phương trình hình chiếu lên trục thẳng đứng y (hình 2.79f)

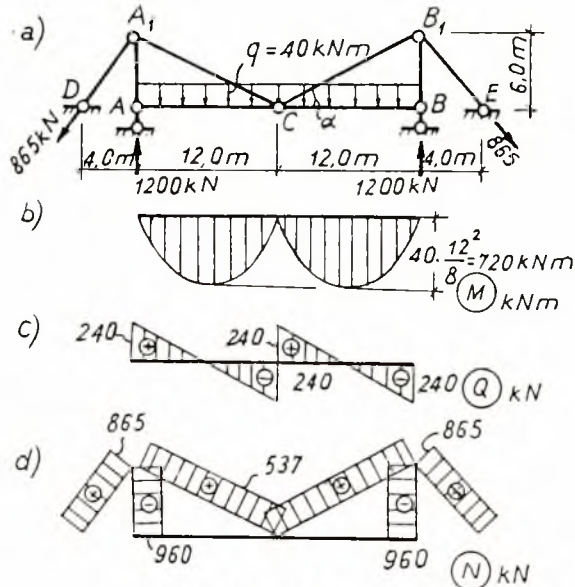
$$\sum Y = N_{12} \sin \alpha_2 + N_{23} \sin \alpha_2 - N_{2C} = 0, \quad \text{suy ra:}$$

$$N_{2C} = N_{12} \sin \alpha_2 + N_{23} \sin \alpha_2 = 2N_{12} \sin \alpha_2 = 2.41,24 \sin 14^\circ = 20 \text{ kN}.$$

Nội lực trong dầm cứng: Thay thế các thanh treo bằng các lực dọc tương ứng vừa tìm được, sẽ vẽ được biểu đồ mômen uốn và lực cắt trong dầm cứng như trên hình 2.79b, c.

Chú thích: Đối với dầm đơn giản không có hệ thống dây xích và dây treo, biểu đồ M và Q tương ứng với tải trọng đã cho có dạng đường đứt nét như trên hình 2.79b, c. Ta thấy mômen uốn trong dầm cứng của hệ liên hợp

cùng nhịp.

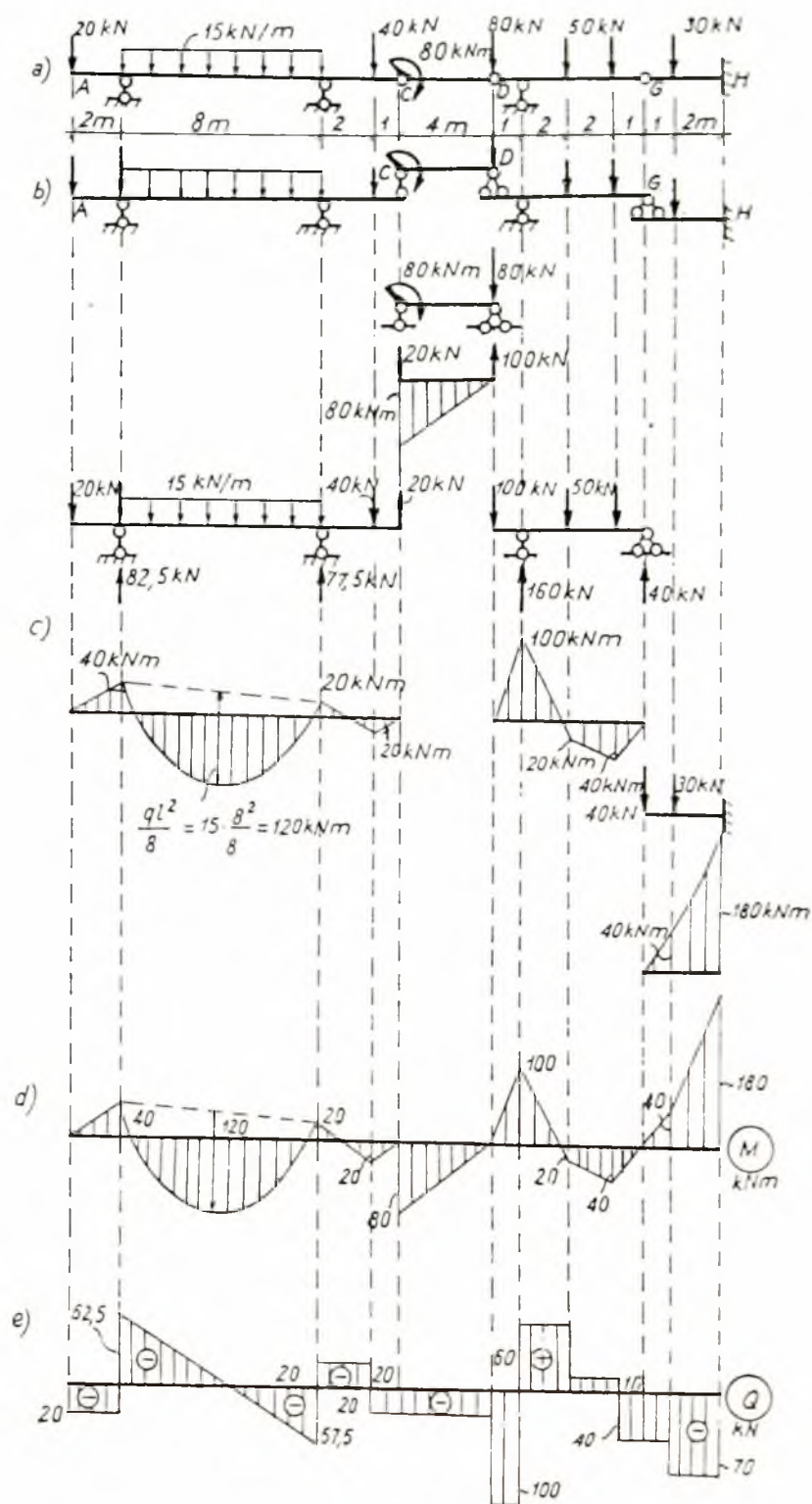


Hình 2.80

2.80. Đáp số. Cho trên hình 2.80.

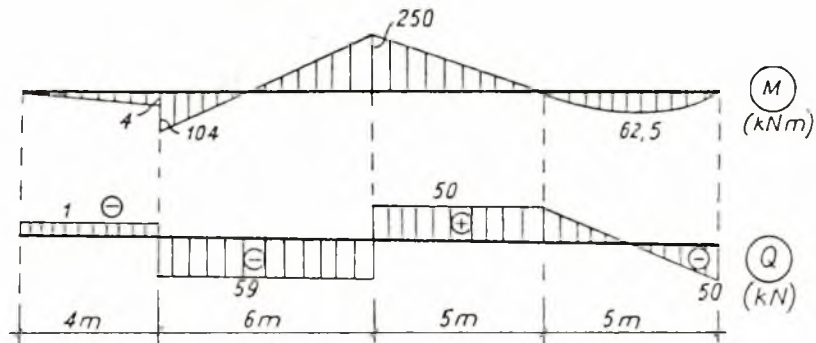
2.81. Bài giải. Việc xác định nội lực trong dầm ghép được thực hiện theo thứ tự trình bày trên hình 2.81 như sau:

1. Phân tích hệ thành dầm chính (GH, AC), dầm phụ (CD, DG phụ của GH , chính của CD). Vẽ các dầm phụ đặt trên các dầm chính như trên hình 2.81b.
2. Tính phản lực tại các gối tựa của các dầm phụ và truyền các phản lực này xuống dầm chính tương ứng theo chiều ngược lại (hình 2.81c).
3. Vẽ biểu đồ nội lực cho từng dầm tách biệt (hình 2.81c).
4. Ghép các biểu đồ tìm được ở bước trên thành biểu đồ nội lực trên toàn hệ. Biểu đồ mômen uốn và biểu đồ lực cắt tìm được như trên hình 2.81d, e.

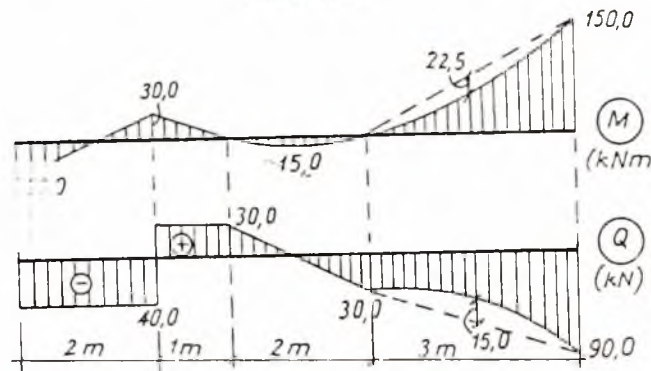


Hình 2.81

2.82 - 2.83. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng.



Hình 2.82



Hình 2.83

2.84. Bài giải. Để giải bài toán ta thực hiện như sau:

1. Trước tiên, giải bài toán phụ (hình 2.84b): xác định chiều dài L của dầm A_1B_1 chịu tải trọng phân bố đều với cường độ q và mômen tập trung M đặt tại gối B_1 để sao cho mômen uốn lớn nhất trong nhịp bằng mômen tập trung M về giá trị tuyệt đối.

$$\text{Phản lực tại gối } A_1: R_{A_1} = \frac{qL}{2} - \frac{M}{L}. \quad (a)$$

Hoành độ x_0 của tiết diện có mômen uốn lớn nhất được xác định theo điều kiện:

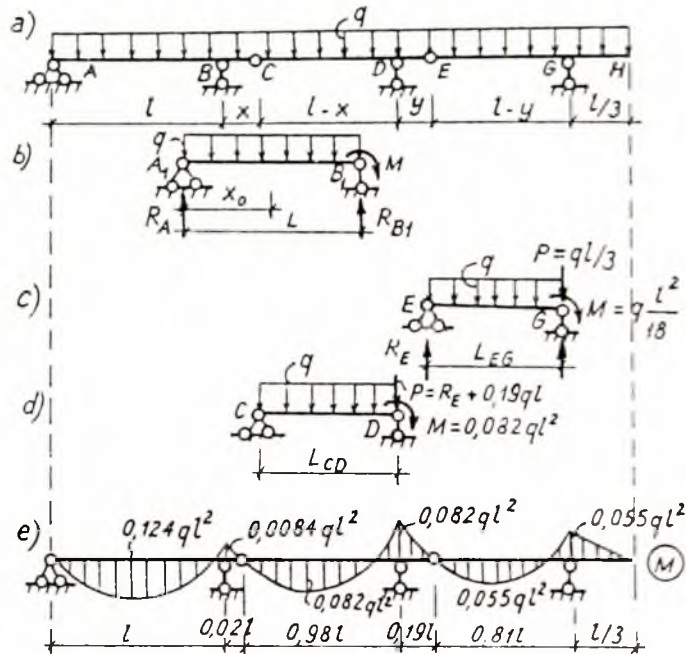
$$Q = R_{A_1} - qx_0 = 0. \quad (b)$$

$$\text{Từ (a) và (b) suy ra: } x_0 = \frac{R_{A_1}}{q} = \frac{L}{2} - \frac{M}{qL}. \quad (c)$$

Giá trị cực đại của mômen uốn được xác định theo biểu thức:

$$M_{max} = R_{A1} \cdot x_0 - q \frac{x_0^2}{2} = \left(\frac{qL}{2} - \frac{M}{L} \right) \left(\frac{L}{2} - \frac{M}{qL} \right) - \frac{q}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{M}{qL} \right)^2 = M. (d)$$

Giải phương trình (d), tìm được: $L = 3,42 \sqrt{\frac{M}{q}}. \quad (e)$



Hình 2.84

2. Áp dụng kết quả của bài toán phụ để giải bài toán yêu cầu: tìm vị trí của các khớp C và E tức là xác định chiều dài L_{EG} và L_{CD} của dầm EGH và CDE.

Đối với dầm EGH, ta cắt bỏ phần đầu thừa GH, thay thế bằng một mômen tập trung $M = ql^2/18$ và một lực tập trung $P = ql/3$ đặt ở gối G (hình 2.84c). Lực P chỉ gây ra phản lực tại gối G mà không gây ra nội lực trong dầm nên bài toán tương tự như bài toán phụ đã xét và ta có thể dùng công thức (e) để tìm chiều dài L_{EG}

$$L_{EG} = 3,42 \sqrt{\frac{M}{q}} = 3,42 \sqrt{\frac{ql^2}{18q}} = 0,81 l.$$

Như vậy, khớp E ở cách gối G một đoạn bằng 0,81 l.

Đối với dầm CDE, sau khi cắt bỏ phần đầu thừa DE và thay thế bằng một mômen tập trung $M = 0,082ql^2$ đặt ở gối D (hình 2.84d) và tiếp tục

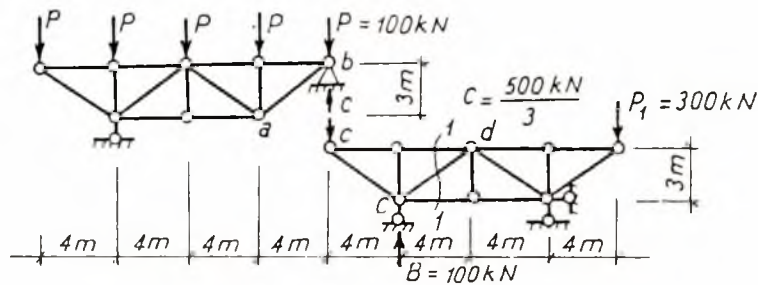
thực hiện như trong trường hợp trên ta tìm được chiều dài L_{CD}

$$L_{CD} = 3,42 \sqrt{\frac{M}{q}} = 3,42 \sqrt{\frac{0,082ql^2}{q}} = 0,981l.$$

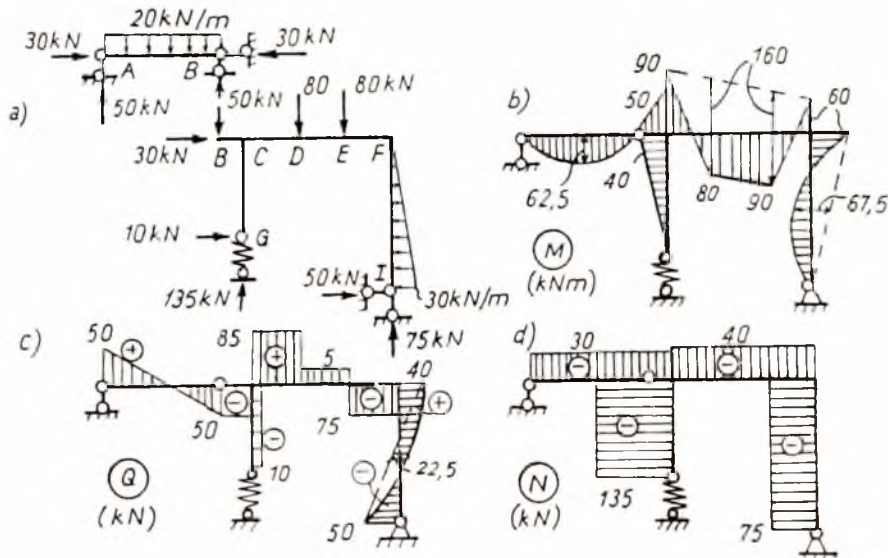
Như vậy, khớp C ở cách gối D một đoạn bằng $0,981l$.

Biểu đồ mômen uốn tương ứng như trên hình 2.84e.

2.85. Chỉ dẫn. Hệ đã cho (hình 2.85) là hệ dàn ghép tĩnh định gồm hai dàn, dàn bên phải là hệ chính, dàn bên trái là hệ phụ. Theo nguyên tắc tính hệ ghép, ta tính dàn phụ trước, truyền áp lực C từ dàn phụ xuống dàn chính và tính dàn chính sau. Với mỗi dàn, ta tính lực dọc như trong dàn đơn giản. Kết quả: $N_{ab} = 111,11 \text{ kN}$; $N_{cd} = 111,11 \text{ kN}$.



Hình 2.85

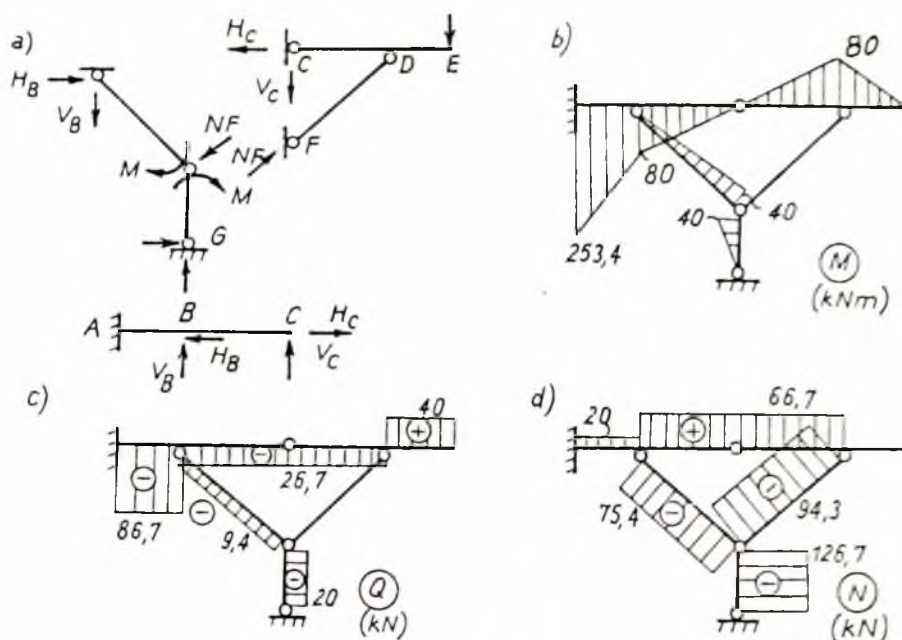


Hình 2.86

2.86. Chỉ dẫn. Phân tích hệ ghép thành các hệ đơn giản, trong đó AB là hệ phụ, $GBCFI$ là hệ chính. Sơ đồ phân tích hệ như trên hình 2.86a.

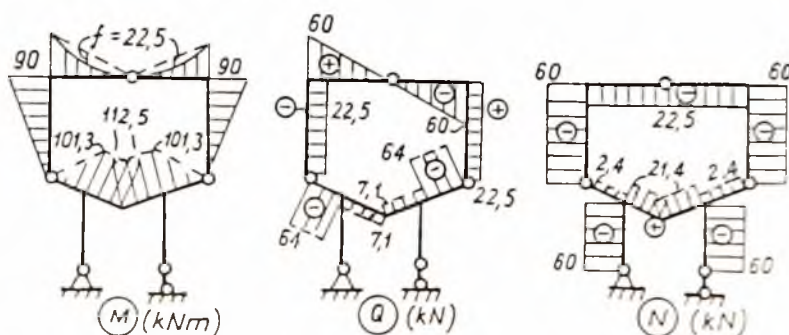
Tiếp đó, vẽ các biểu đồ nội lực cho từng hệ đơn giản. Kết quả tìm được trên toàn hệ ghép vẽ trên các hình 2.86b, c, d.

2.87. Chỉ dẫn. Sơ đồ phân tích hệ ghép thành các hệ đơn giản như trên hình 2.87a, trong đó hệ phụ được bố trí ở trên còn hệ chính được bố trí ở dưới. Kết quả tìm được trên toàn hệ ghép vẽ trên các hình 2.87b, c, d.

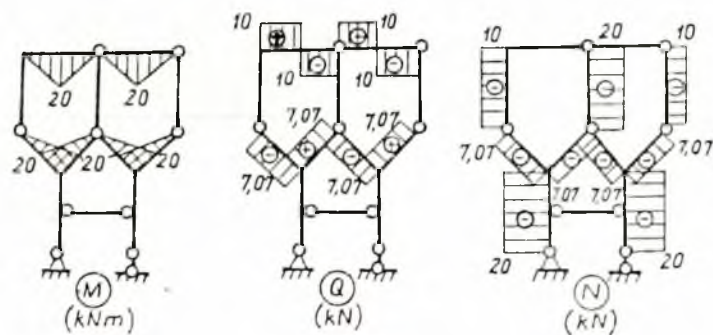


Hình 2.87

2.88 - 2.89. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng.



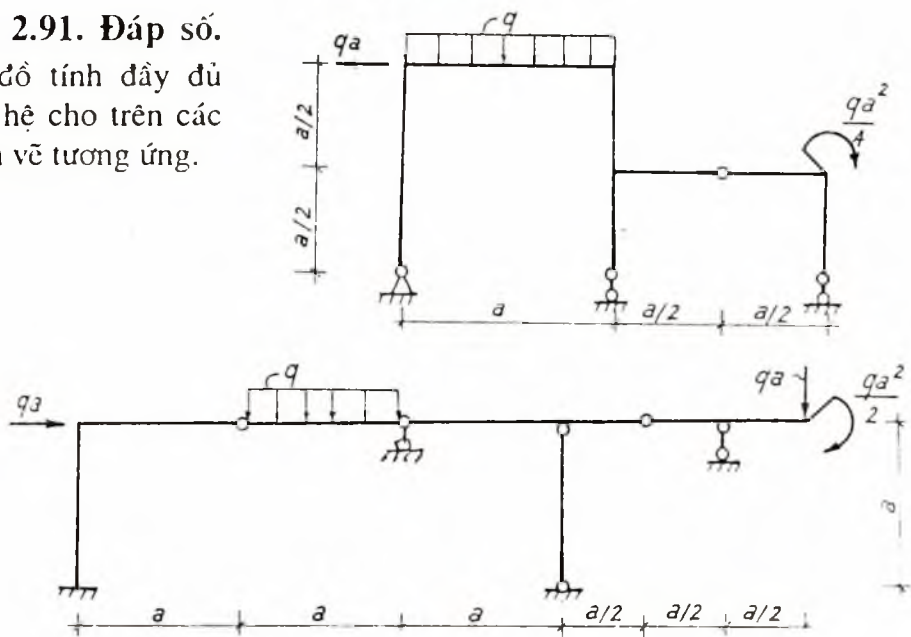
Hình 2.88



Hình 2.89

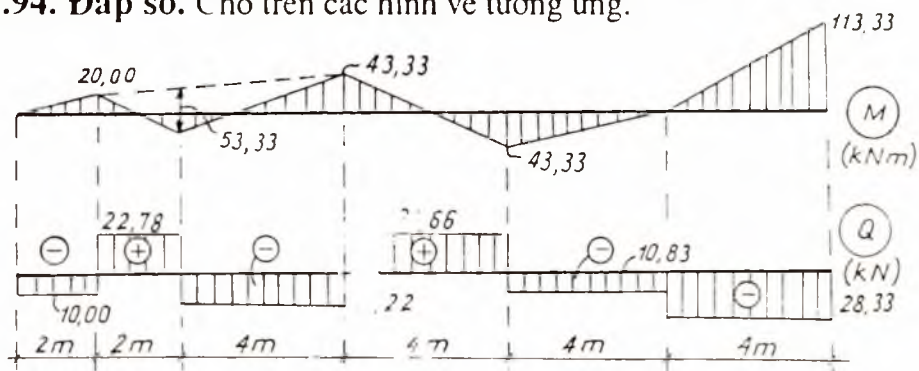
2.90 - 2.91. Đáp số.

Sơ đồ tính đầy đủ của hệ cho trên các hình vẽ tương ứng.

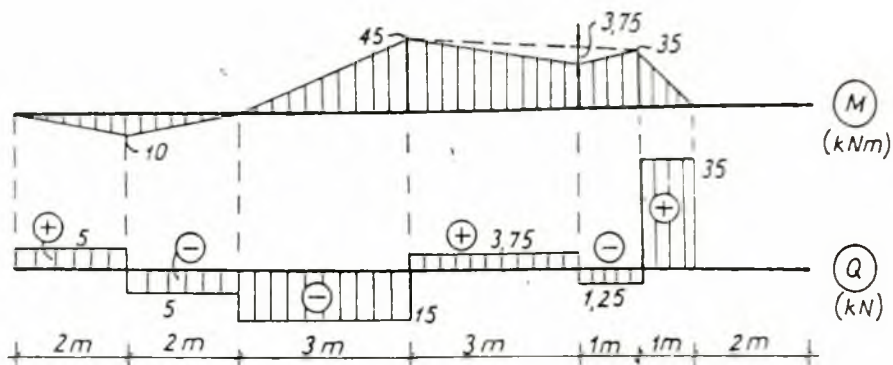


Hình 2.91

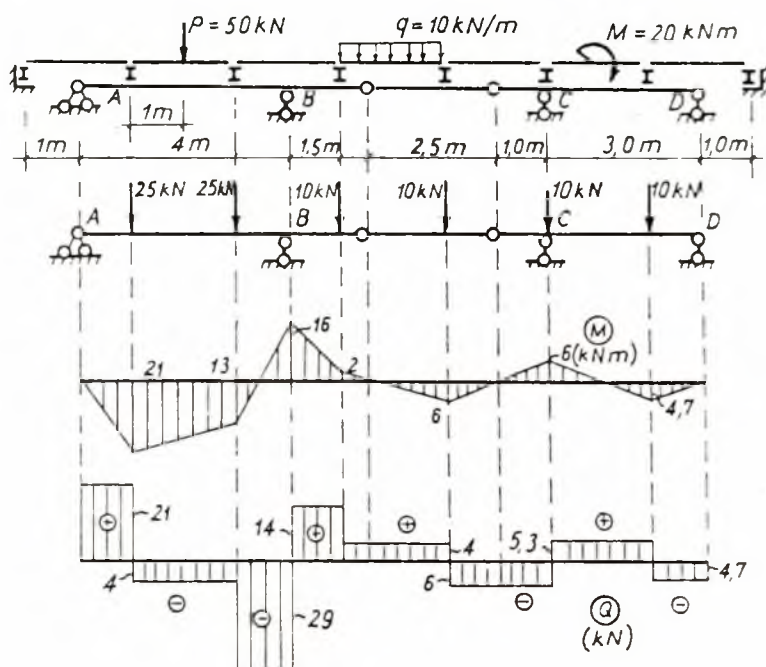
2.92 - 2.94. Đáp số. Cho trên các hình vẽ tương ứng.



Hình 2.92



Hình 2.93



Hình 2.94

2.95. Đáp số. Hệ bất biến hình.

2.96. Bài giải

- ♦ Điều kiện cần: Quan niệm hệ gồm ba miếng cứng AGC , CHB và DE nối với nhau bằng hai thanh GD , DH , một khớp C và nối với trái đất bằng năm liên kết tương đương loại một. Ta có:

$$n = T + 2K + 3H + C - 3D = 2 + 2.1 + 3.0 + 5 - 3.3 = 0.$$

Như vậy, hệ có đủ số liên kết, thỏa mãn điều kiện cần và có thể áp dụng

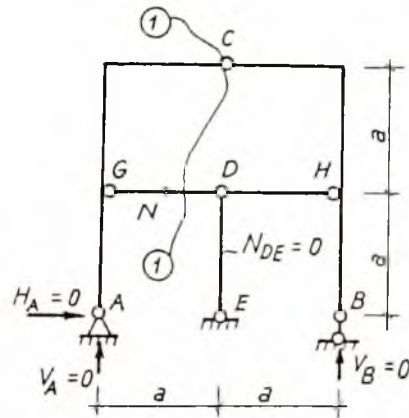
phương pháp tải trọng bằng không để khảo sát điều kiện đủ.

- ♦ *Điều kiện đủ:* Khi trên hệ không có tải trọng tác dụng, tách mắt D ta có $N_{DE} = 0$ còn lực dọc trong các thanh GD, DH bằng nhau. Chưa thể khẳng định lực dọc trong các thanh GD, DH bằng không được nên ta gọi những lực dọc này là N và giả định khác không.

Từ các điều kiện cân bằng của toàn hệ ta có:

$$H_A = 0; V_A = 0; V_B = 0.$$

Thực hiện mặt cắt $I-I$ như trên hình 2.96 và xác định mômen uốn tại khớp C , ta được $M_C = -N.a$. Đó là điều vô lý vì mômen uốn tại khớp phải bằng không. Chỉ có thể như vậy là do giả định sai về lực dọc trong các thanh GD, DH .



Hình 2.96

Sau khi khẳng định lực dọc trong các thanh GD, DH bằng không ta dễ dàng nhận thấy tất cả các phản lực và nội lực trong hệ đều duy nhất bằng không. Kết luận: hệ bất biến hình.

2.97. Đáp số. Hệ biến hình tức thời.

2.98. Đáp số. Hệ bất biến hình.