

Bài tập lớn số 2 : Tính Khung Siêu Tĩnh Bằng Phương Pháp Lực

Đề số 4.1

YÊU CẦU VÀ THỨ TỰ THỰC HIỆN

1. Tính hệ siêu tĩnh do tải trọng tác dụng

1.1 Vẽ các biểu đồ nội lực: mômen uốn M_p , lực cắt Q_p , lực dọc N_p trên hệ siêu tĩnh đã cho. Biết $F = 10J/L_1^2$ (m^2)

- 1) Xác định bậc siêu tĩnh và chọn hệ cơ bản.
- 2) Thành lập các phương trình dạng tổng quát.
- 3) Xác định hệ số và số hạng tự do của phương trình chính tắc, kiểm tra kết quả tính được.
- 4) Giải hệ phương trình chính tắc.
- 5) Vẽ biểu đồ mômen trên hệ siêu tĩnh đã cho do tải trọng tác dụng M_p , kiểm tra cân bằng nút và kiểm tra điều kiện chuyển vị.
- 6) Vẽ biểu đồ lực cắt Q_p và lực dọc N_p trên hệ siêu tĩnh đã cho.

1.2 Xác định chuyển vị ngang của điểm I hoặc góc xoay của tiết diện K. Biết $E = 2 \cdot 10^8$ kN/m². $J = 10^{-6} \cdot L_1^4$ (m⁴);

2. Tính hệ siêu tĩnh chịu tác dụng của ba nguyên nhân (tải trọng, nhiệt độ thay đổi và độ lún gối tựa).

2.1 Phương trình chính tắc dạng số

2.2 Trình bày:

- 1) Cách vẽ biểu đồ mômen M_c do 3 nguyên nhân đồng thời tác dụng lên hệ siêu tĩnh đã cho và cách kiểm tra.
 - 2) Cách tính các chuyển vị đã nêu ở mục trên.
-

Biết:

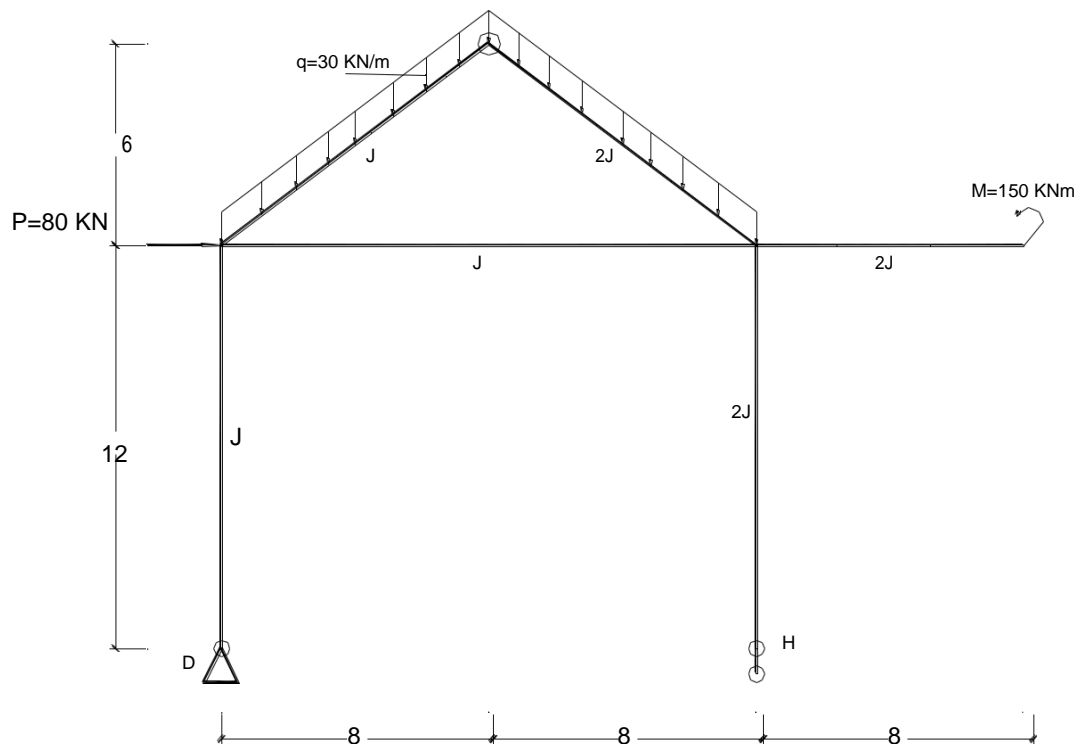
-Nhiệt độ thay đổi trong thanh xiên thờ trên là $t_u = +36^0$, thờ dưới là $t_d = +28^0$ -Thanh xiên có chiều cao $h = 0,1\text{m}$

-Hệ số giãn nở dài vì nhiệt độ $\alpha = 10^{-5}$

-Chuyển vị gối tựa:

Gối D dịch chuyển sang phải một đoạn $\Delta_1 = 0,001L_1$ (m)

Gối tựa H bị lún xuống một đoạn $\Delta_2 = 0,001L_2$ (m)



1. Tính hệ siêu tĩnh do tải trọng tác dụng

1.1 Vẽ các biểu đồ nội lực M_p , Q_p , N_p trên hệ siêu tĩnh đã cho.

Sinh viên : Phạm Văn Giáp

Lớp : XDCTN_K53

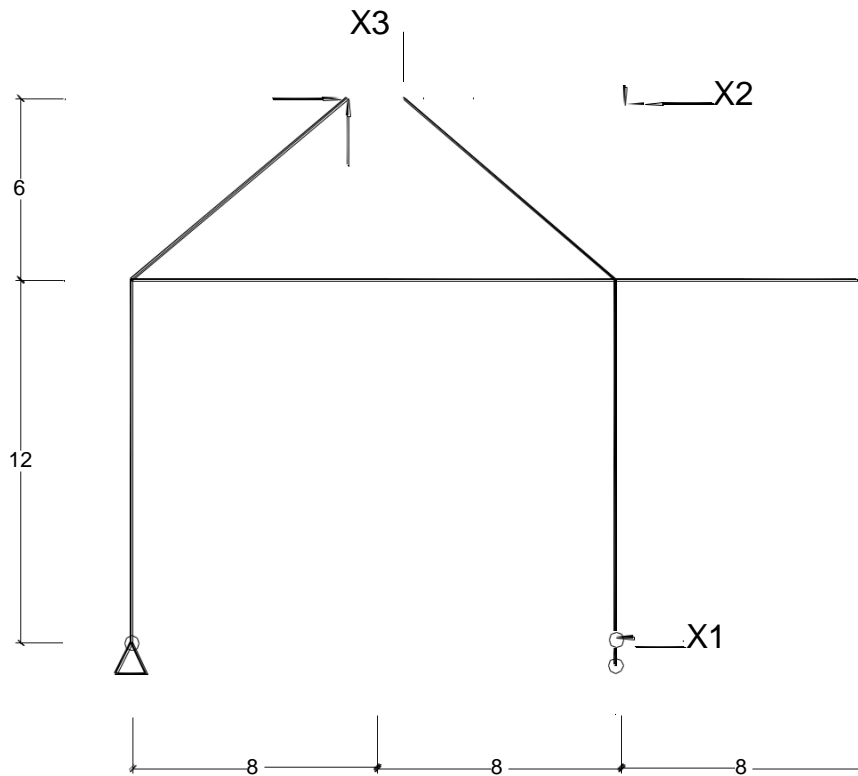
a) Xác định bậc siêu tĩnh và chọn hệ cơ bản

- Ta có công thức xác định hệ siêu tĩnh là :

$$3V - K = 3 \cdot 2 - 3 = 3$$

Vậy hệ siêu tĩnh bậc 3

- Chọn hệ cơ bản



b) Thành lập phương trình dạng chữ

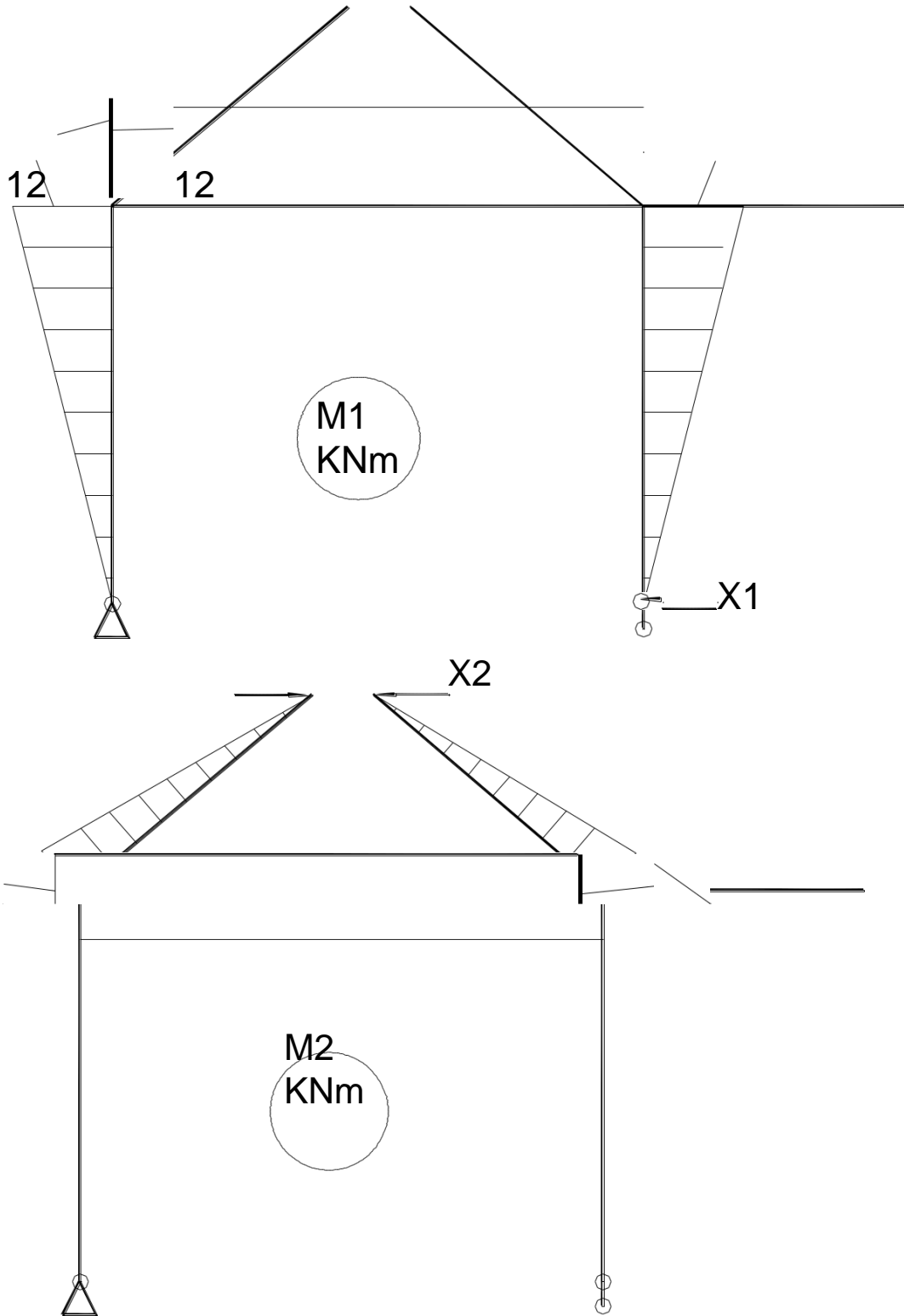
$$\delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \delta_{13} X_3 + \Delta_{1p} = 0$$

$$\delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \delta_{23} X_3 + \Delta_{2p} = 0$$

$$\delta_{31} X_1 + \delta_{32} X_2 + \delta_{33} X_3 + \Delta_{3p} = 0$$

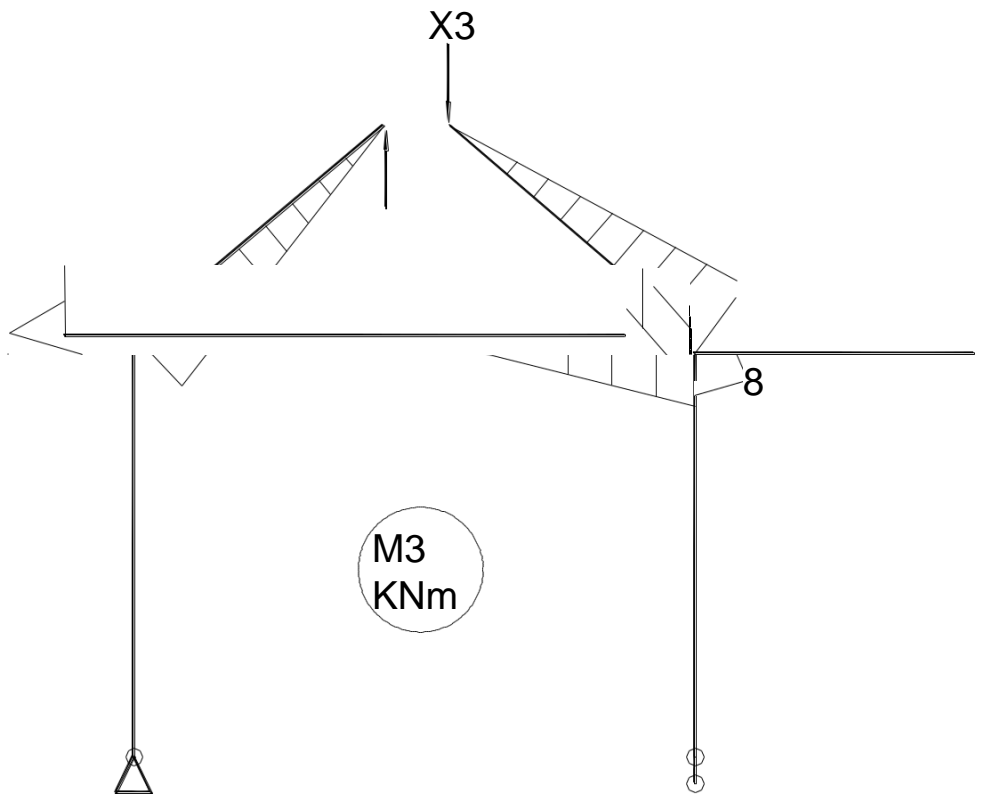
c) xác định các hệ số và số hạng tự do của phương trình chính tắc, kiểm tra các kết quả tính được :

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
 Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

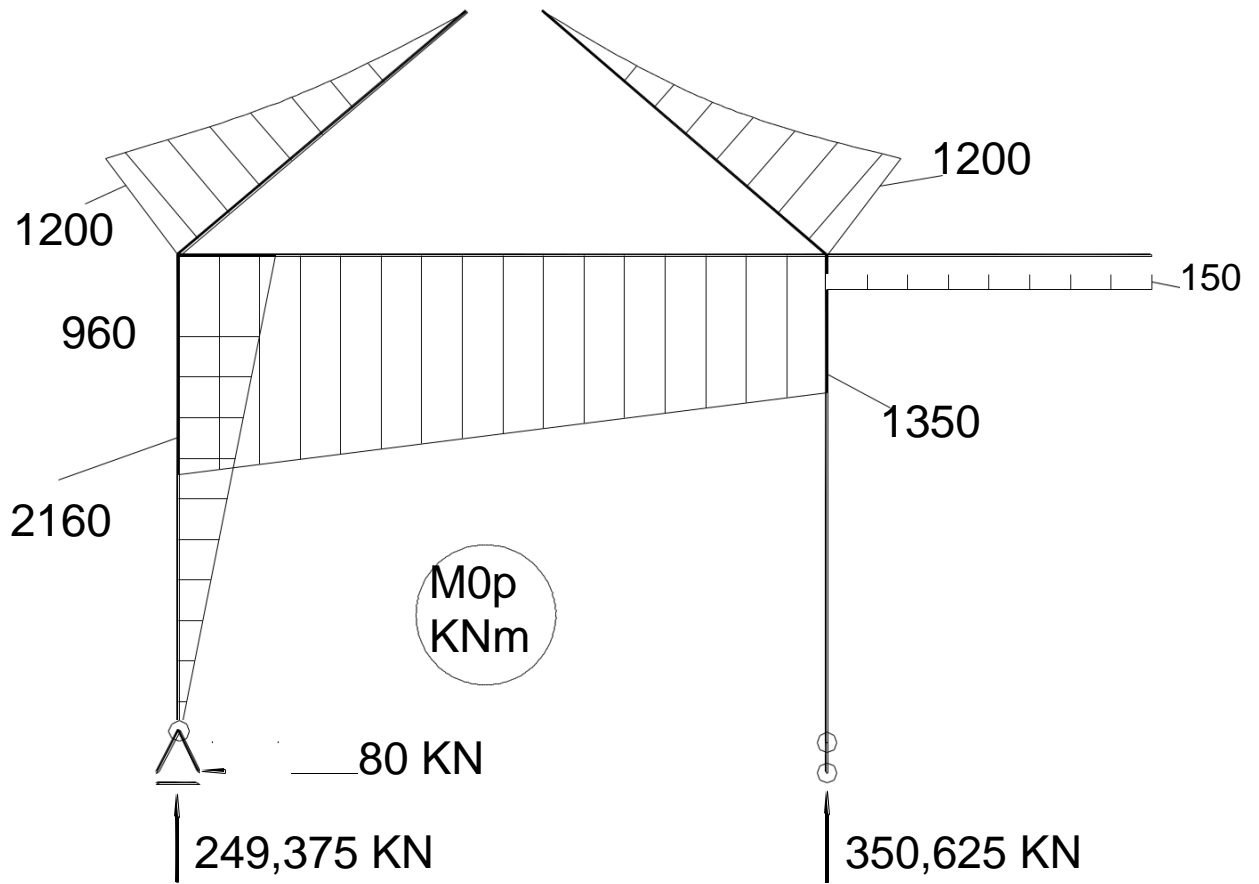


Sinh viên : Phạm Văn Giáp
 Lớp : XDCTN_K53

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

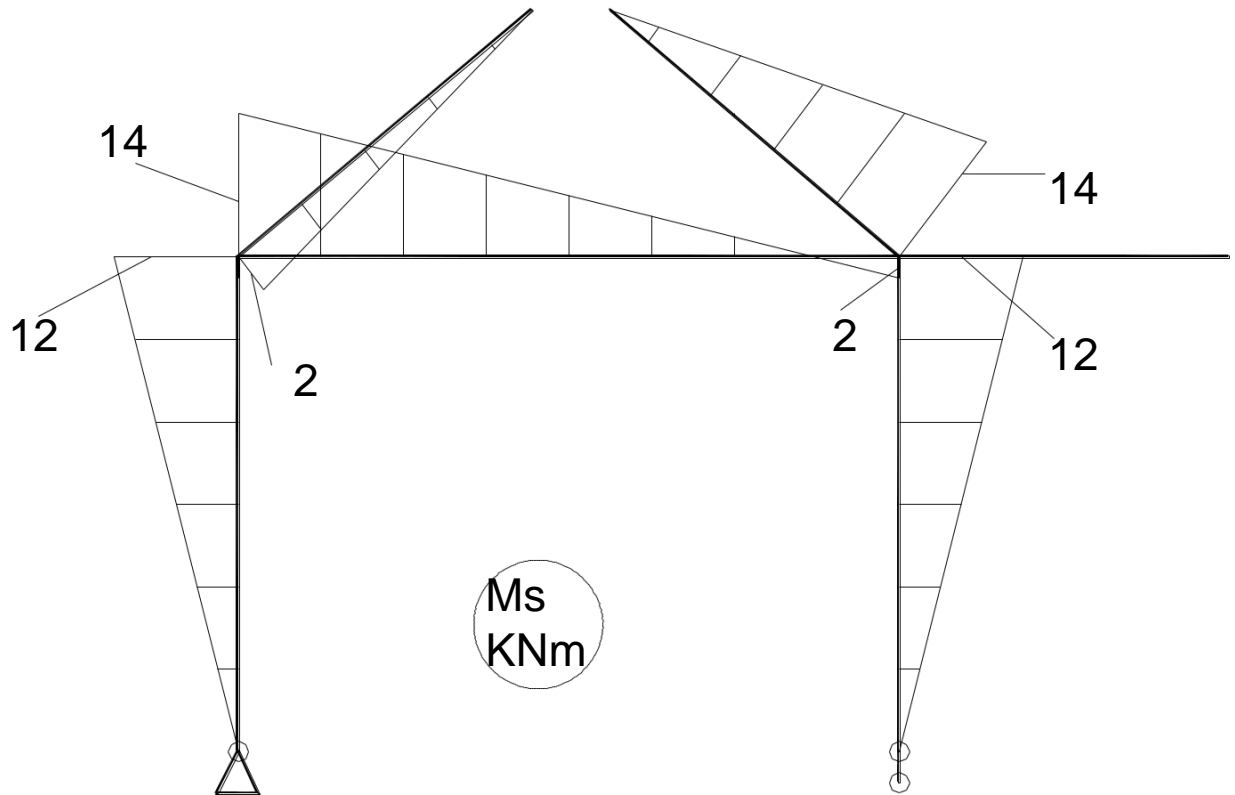


Bài tập lớn : cơ học kết cấu
 Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng



Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

Biểu đồ momen đơn vị tổng cộng :



- Ta có các hệ số và số hạng tự do của phương trình chính tắc :

$$o_{11} = \overline{(M_1)} \cdot \overline{(M_1)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{12 \cdot 12}{2} \cdot 8 + 12 \cdot 16 \cdot 12 + \frac{1}{2} \frac{12 \cdot 12}{2} \cdot 8 \right] = \frac{3168}{EJ}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \overline{(M_2)} \cdot \overline{(M_1)} = \frac{1}{EJ} [12 \cdot 16 \cdot (-6)] = -\frac{1152}{EJ}$$

$$\delta_{13} = \delta_{31} = \overline{(M_3)} \cdot \overline{(M_1)} = 0$$

$$o_{22} = \overline{(M_2)} \cdot \overline{(M_2)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 + 6 \cdot 16 \cdot 6 + \frac{1}{2} \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 \right] = \frac{756}{EJ}$$

$$o_{23} = \delta_{32} = \overline{(M_3)} \cdot \overline{(M_2)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10 \cdot \left(-\frac{2}{3} \cdot 8 \right) + \frac{1}{2} \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10 \cdot \left(-\frac{2}{3} \cdot 8 \right) \right] = -\frac{80}{EJ}$$

$$\delta_{33} = \overline{(M_3)} \cdot \overline{(M_3)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 10 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 + \frac{1}{2} \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 10 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 + 2 \cdot (8 \cdot 8 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8) \right] = \frac{661,3}{EJ}$$

$$^a_{1p} = \overline{(M_p)} \cdot \overline{(M_1)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 960 \cdot \left(-\frac{2}{3} \cdot 8 \right) + \frac{2}{3} \cdot 12 \cdot 960 \cdot \frac{1}{2} \right] = -\frac{383040}{EJ}$$

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

$$\begin{aligned} \Delta_{2p} &= \frac{0}{(M_p)(M_2)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} (2160 + 1350 \cdot 16.6 + \frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4}) \right] = \frac{195480}{EJ} \\ \Delta_{3p} &= \frac{0}{(M_p)(M_3)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot 10 \cdot (-\frac{3}{4} \cdot 8) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 810 \cdot 16 \cdot (-\frac{8}{3}) \right] = \frac{29280}{EJ} \end{aligned}$$

Kiểm tra các hệ số

$$\frac{0}{(M_s)(M_1)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{12 \cdot 12}{2} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 14 \cdot 14 \cdot 12 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot (-12) + \frac{1}{2} \cdot \frac{12 \cdot 12}{2} \cdot 8 \right] = \frac{2016}{EJ}$$

$$\text{Mặt khác : } \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} = \frac{3168}{EJ} - \frac{1152}{EJ} - \frac{2016}{EJ}$$

⇒

Kết quả phù hợp

$$\begin{aligned} \frac{0}{(M_s)(M_2)} &= \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10 \cdot (-\frac{2}{3} \cdot 6) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 14 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 14 \cdot 14 \cdot (-6) + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6 \right] \\ &= -\frac{476}{EJ} \end{aligned}$$

$$\text{Mặt khác : } \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{23} = -\frac{1152}{EJ} + \frac{756}{EJ} - \frac{80}{EJ} = -\frac{476}{EJ}$$

⇒

Kết quả phù hợp

$$\frac{0}{(M_s)(M_3)} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 14 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 14 \cdot 14 \cdot 3,333 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3,333 \right] = \frac{518,3}{EJ}$$

$$\text{Mặt khác : } \delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33} = 0 - \frac{80}{EJ} + \frac{661,3}{EJ} = \frac{518,3}{EJ}$$

⇒

Kết quả phù hợp

$$\begin{aligned} \frac{0}{(M_s)(M_p)} &= \frac{1}{EJ} \left[\frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot 10 \cdot (-\frac{3}{4} \cdot 2) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} \cdot 14 + \frac{1}{2} \cdot 960 \cdot 12 \cdot (-\frac{2}{3} \cdot 12) + 1350 \cdot 16 \cdot (-6) + \frac{1}{2} \cdot 810 \cdot 16 \cdot (-\frac{26}{3}) \right] \\ &= -\frac{216840}{EJ} \end{aligned}$$

$$\text{Mặt khác : } 1P + 2P + 3P = -\frac{383040}{EJ} + \frac{195480}{EJ} - \frac{29280}{EJ} = -\frac{216840}{EJ}$$

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng



Kết quả phù hợp

$$(\overline{M_S})(\overline{M_S}) = \frac{1}{EJ} \left[\frac{12.12}{2} \cdot 8 + \frac{14.14}{23} \cdot 14 + \frac{2.2}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 + 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10.2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 14.10 \cdot \frac{2}{3} \cdot 14 + \frac{1}{2} \cdot \frac{12.12}{2} \cdot 8 \right] = \frac{2058.3}{EJ}$$

Mặt khác : $\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} + \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{23} + \delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33} = \frac{2016}{EJ} - \frac{476}{EJ} + \frac{518,3}{EJ} = \frac{2058.3}{EJ}$



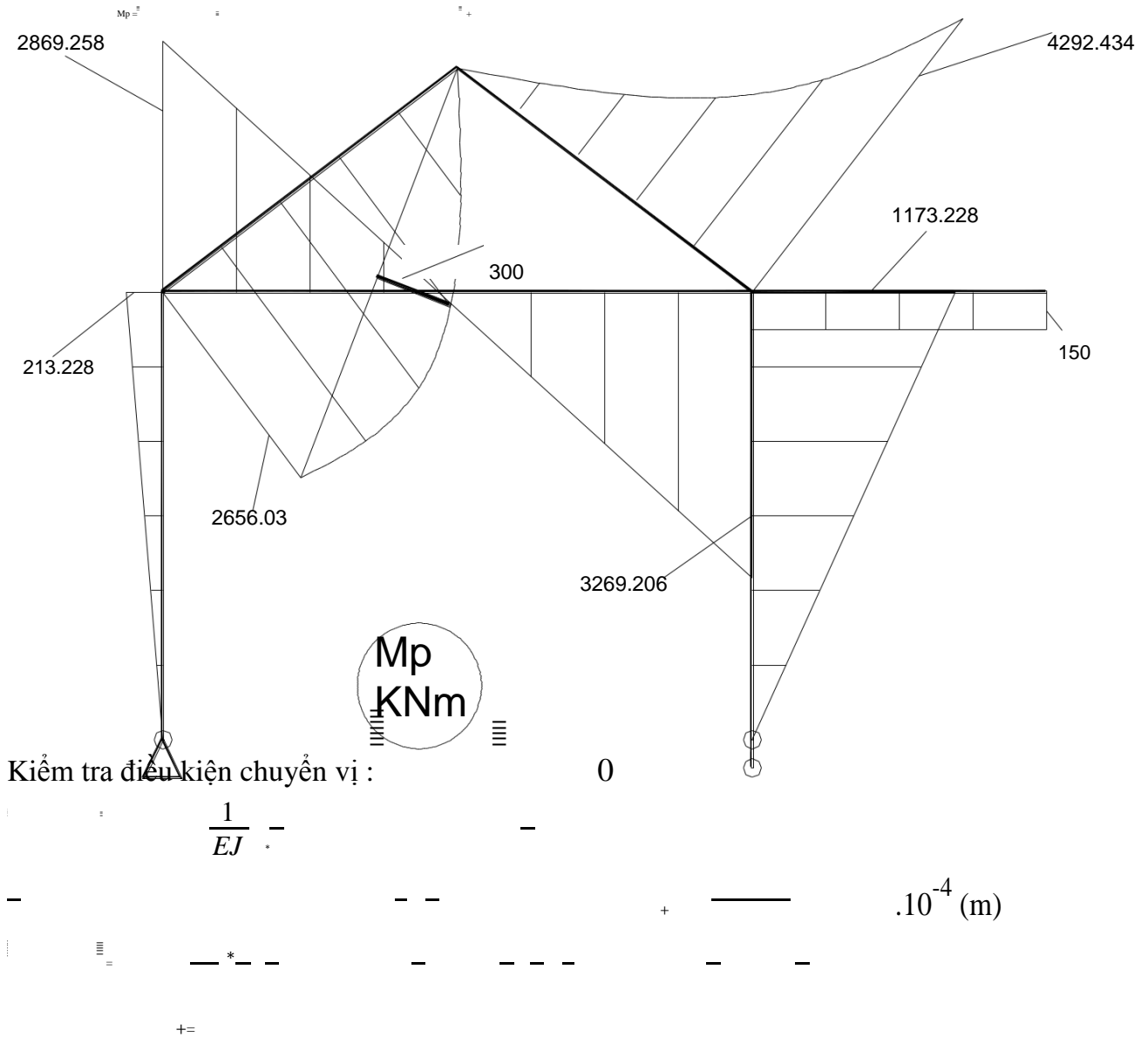
Kết quả phù hợp

d) Giải phương trình chính tắc :

$$\{ \begin{matrix} \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \Leftrightarrow & \{ \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ & & \text{---} & \text{---} & \text{---} \end{matrix}$$

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

e) Vẽ biểu đồ momen trên hệ siêu tĩnh đã cho do tải trọng tác dụng (Mp)



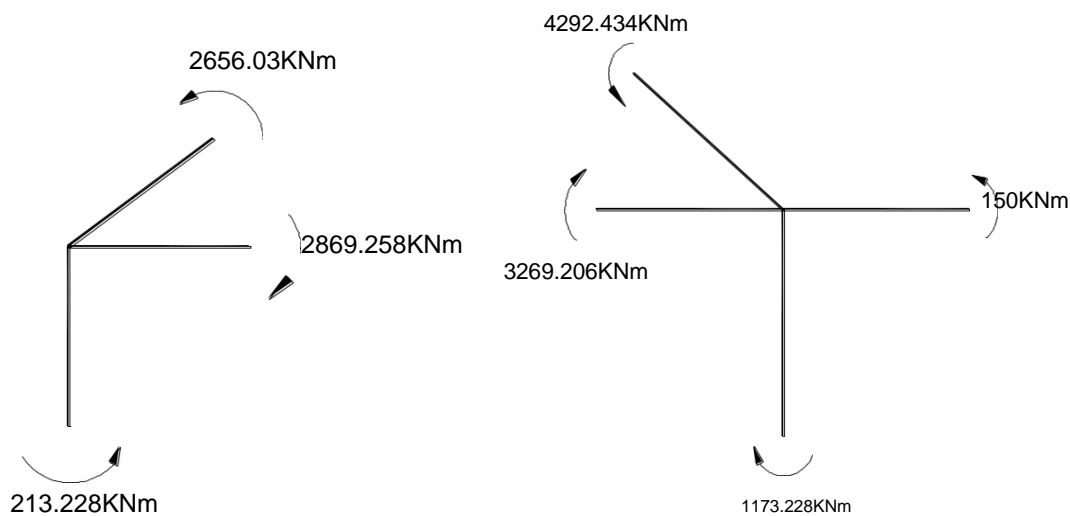
Sinh viên : Phạm Văn Giáp
Lớp : XDCTN_K53

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

———— = -0.002 (m)

Ta thấy chuyển vị rất nhỏ do sai số tạo nên.

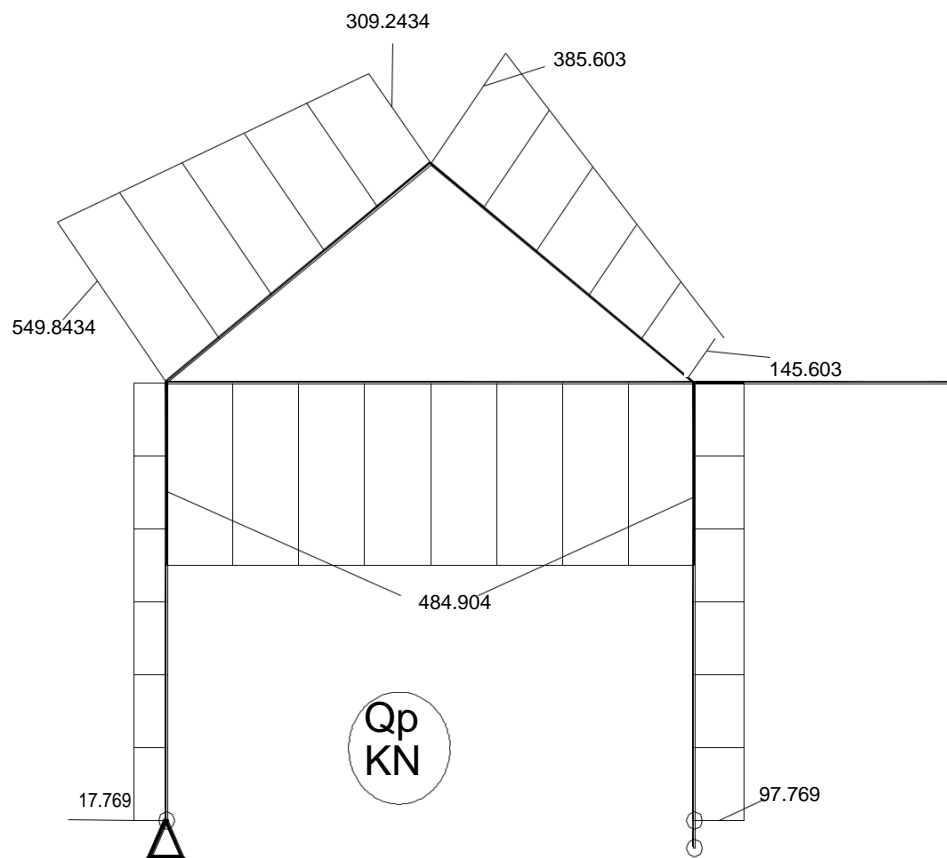
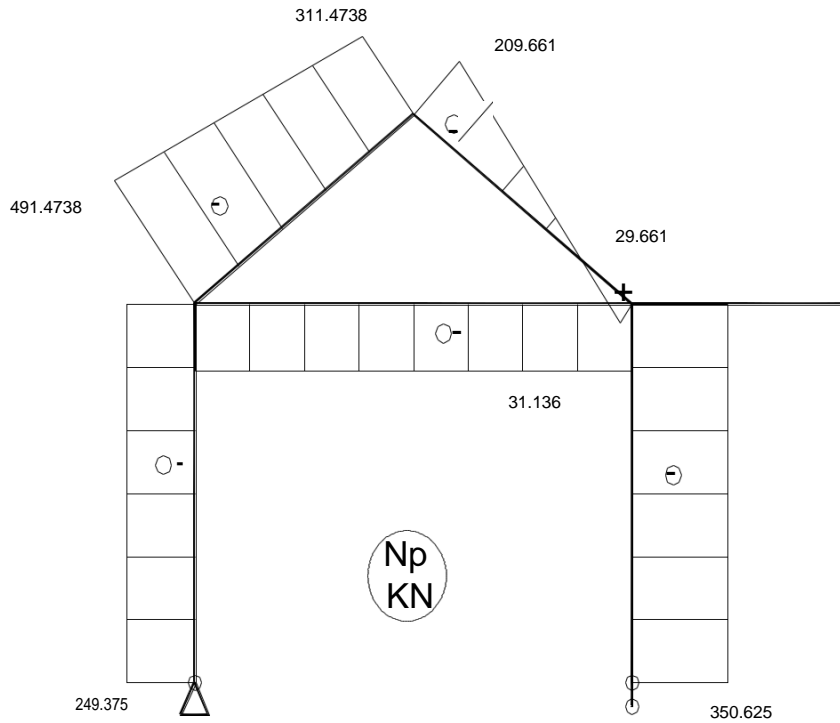
Kiểm tra cân bằng nút .



Biểu đồ momen đã vẽ là đúng.

f) Vẽ biểu đồ lực cắt Q_p và lực dọc N_p trên hệ siêu tĩnh đã cho.

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

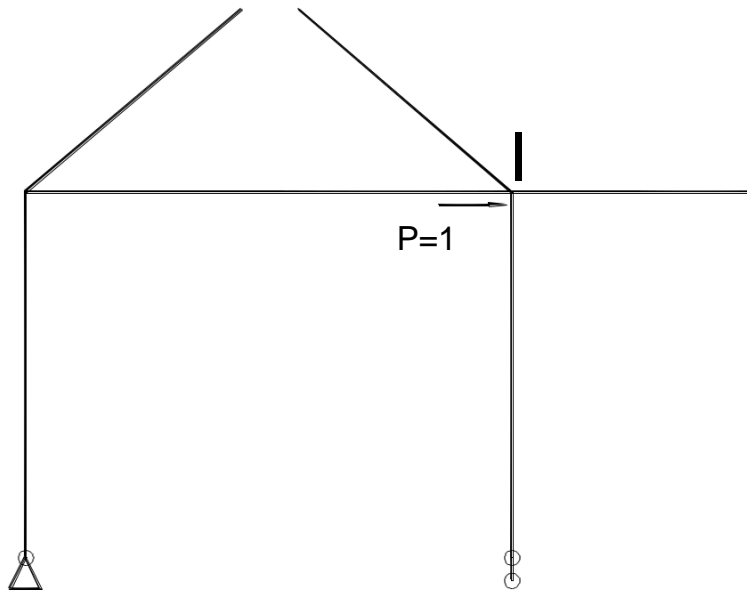


Sinh viên : Phạm Văn Giáp
Lớp : XDCTN_K53

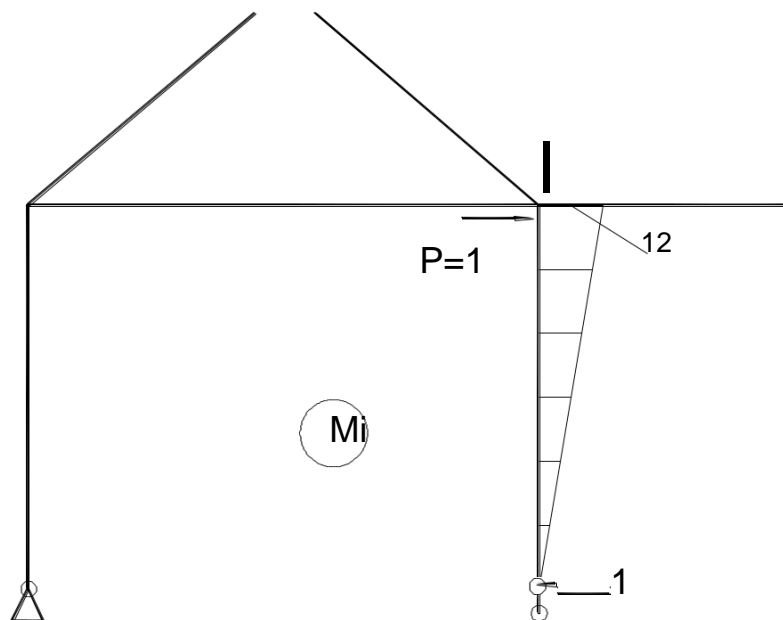
Bài tập lớn : cơ học kết cấu
 Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

1.2 Tính chuyển vị tại I

Đặt $P=1$ vào điểm I, giả sử chiều như hình vẽ:



Biểu đồ M_I



Bài tập lớn : cơ học kết cấu
 Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

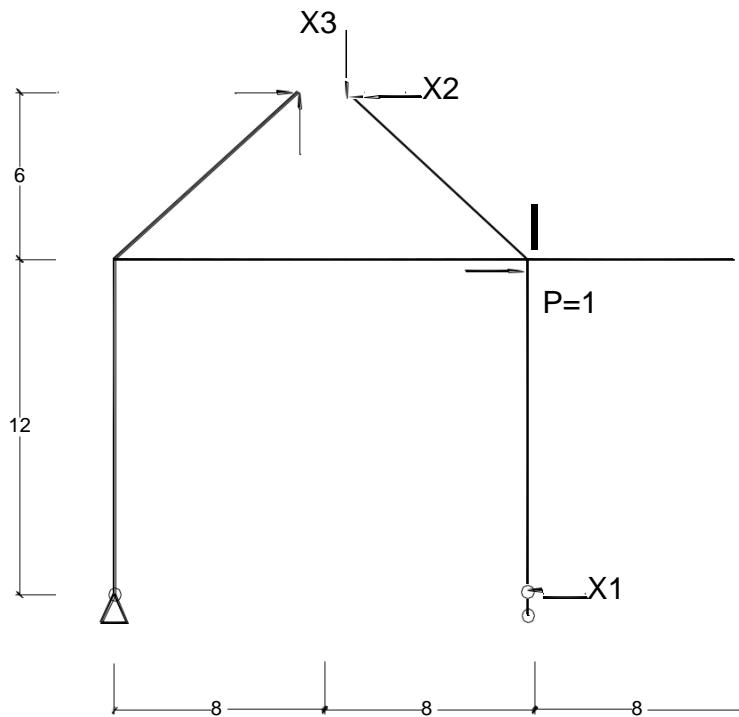
Chuyển vị ngang tại I :

Vậy I dịch chuyển sang phải một đoạn 6,7cm.

2. tính hệ siêu tĩnh chịu tác dụng của cả 3 nguyên nhân (tải trọng , nhiệt độ thay đổi và độ lún gối tựa)

2.1 viết phương trình chính tắc dạng số :

a) chọn hệ cơ bản như hình vẽ :



lập phương trình chính tắc dạng chữ :

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

- Các hệ số của ảnh

— ; — ; —

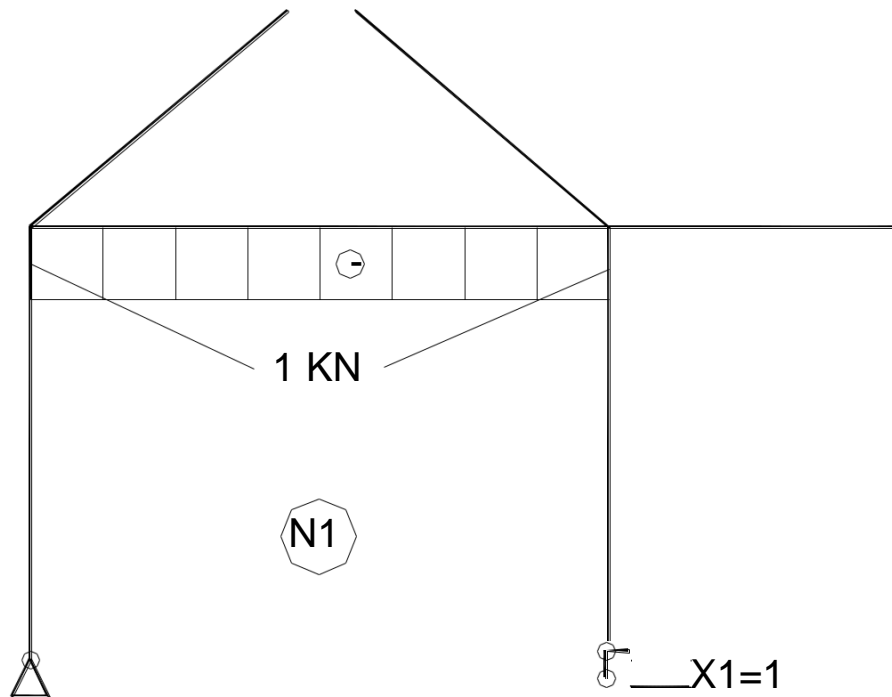
— ; ; —

- Các hệ số do tải trọng tác dụng :

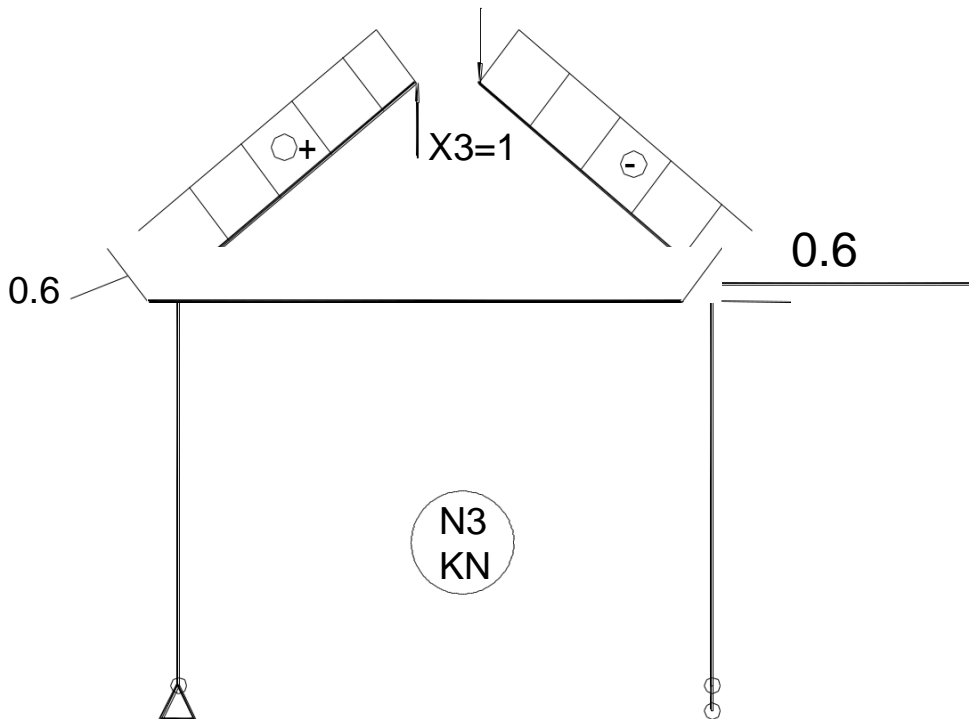
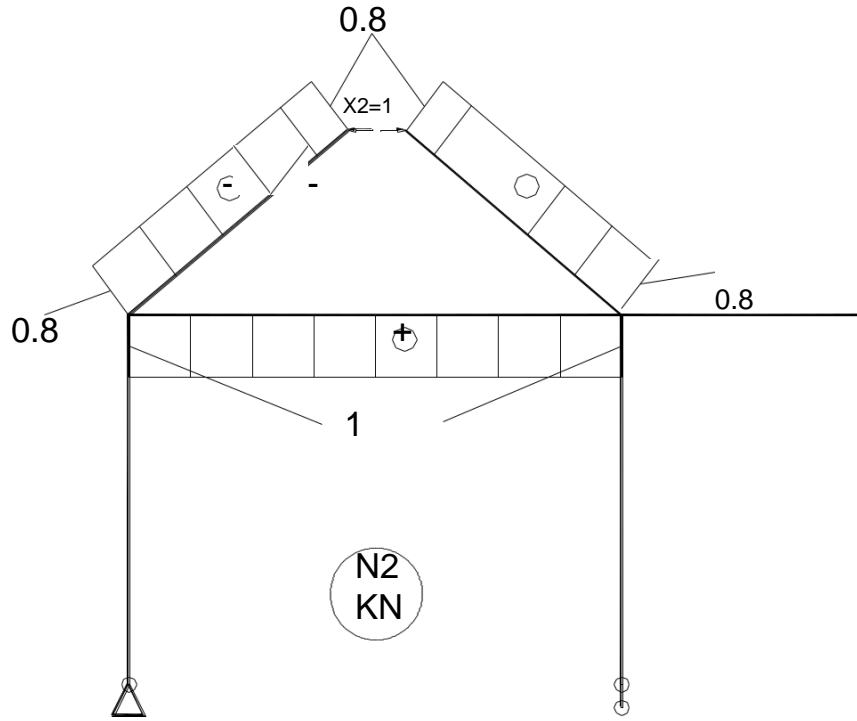
— ; — ; —

- Tính các hệ số do tác động thay đổi bởi nhiệt độ :

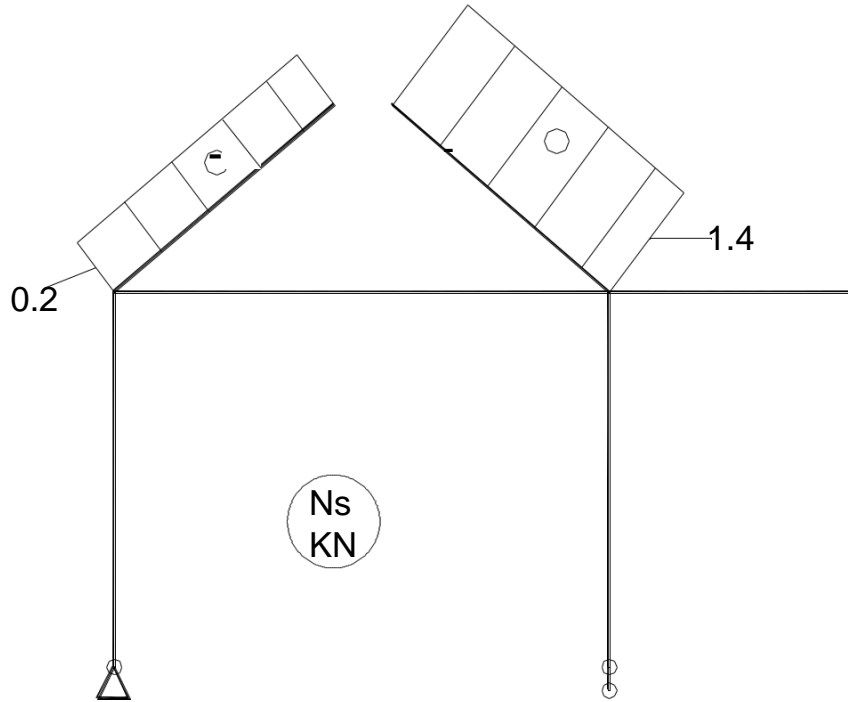
Σ — Σ



Bài tập lớn : cơ học kết cấu
 Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng



Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng



Ta có :

(\longrightarrow)

— —

Kiểm tra :

— (— —)

= +

⇒

Kết quả phù hợp.

Tính các hệ số thay đổi bởi chỗ :

Ta có : Σ

Sinh viên : Phạm Văn Giáp

Lớp : XDCTN_K53

Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

Kiểm tra :

Thay các hệ số trên vào hệ phương trình :

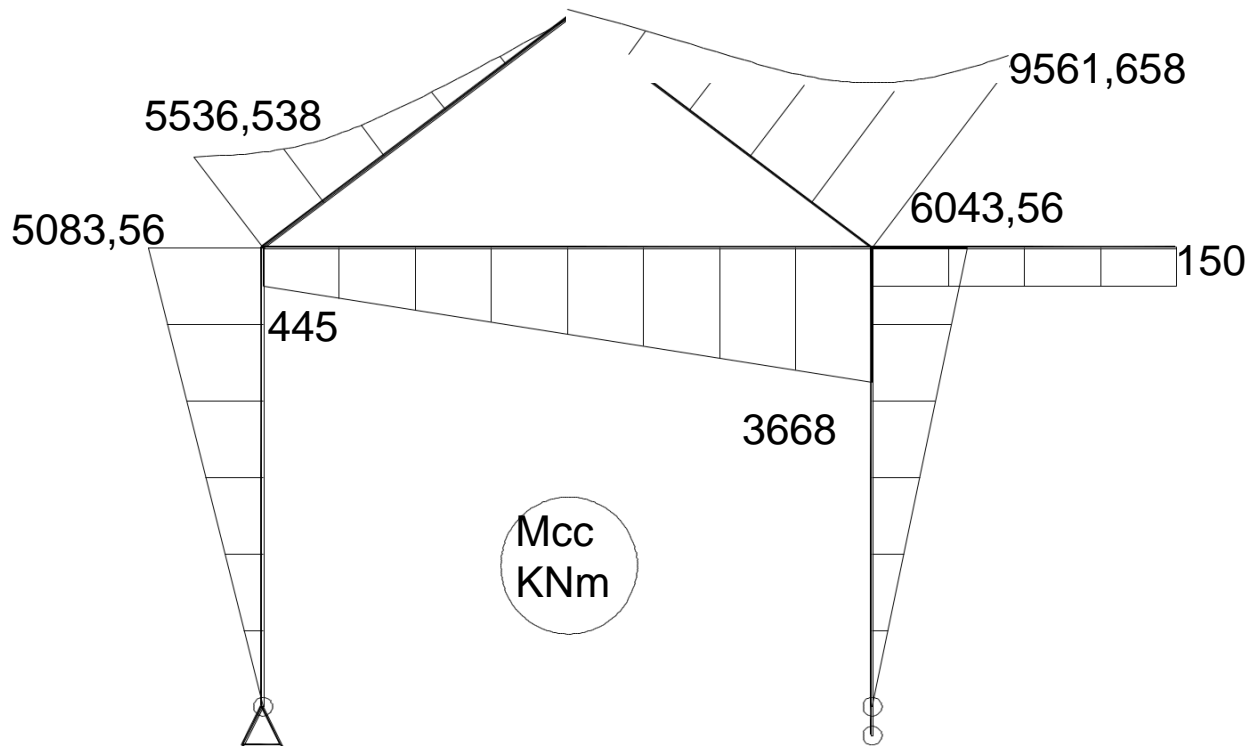
Ta có : s

$$\begin{cases} \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} \\ \text{Biều đồ MCC} & & & \end{cases}$$

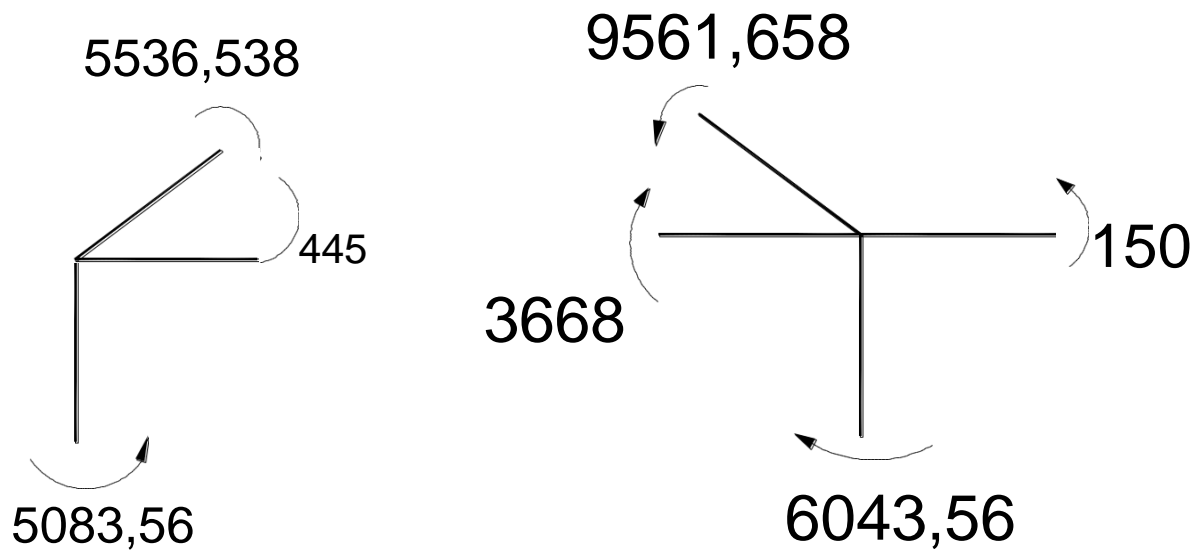
Sinh viên : Phạm Văn Giáp

Lớp : XDCTN_K53

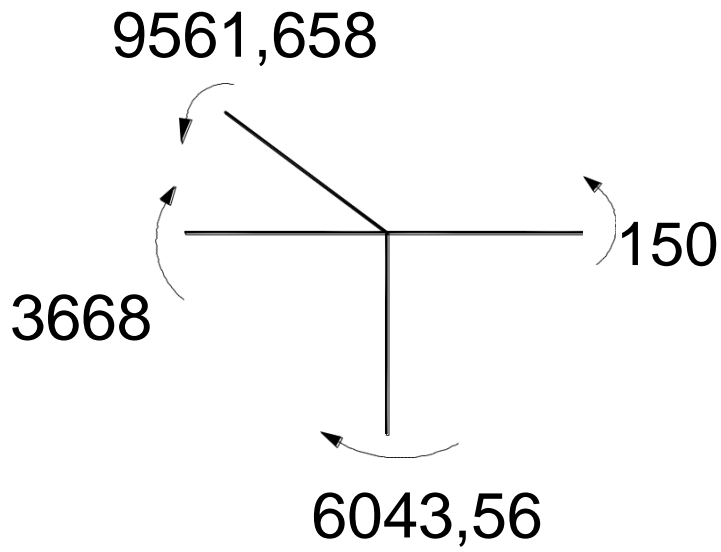
Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng



Kiểm tra Mcc. Tách nút :

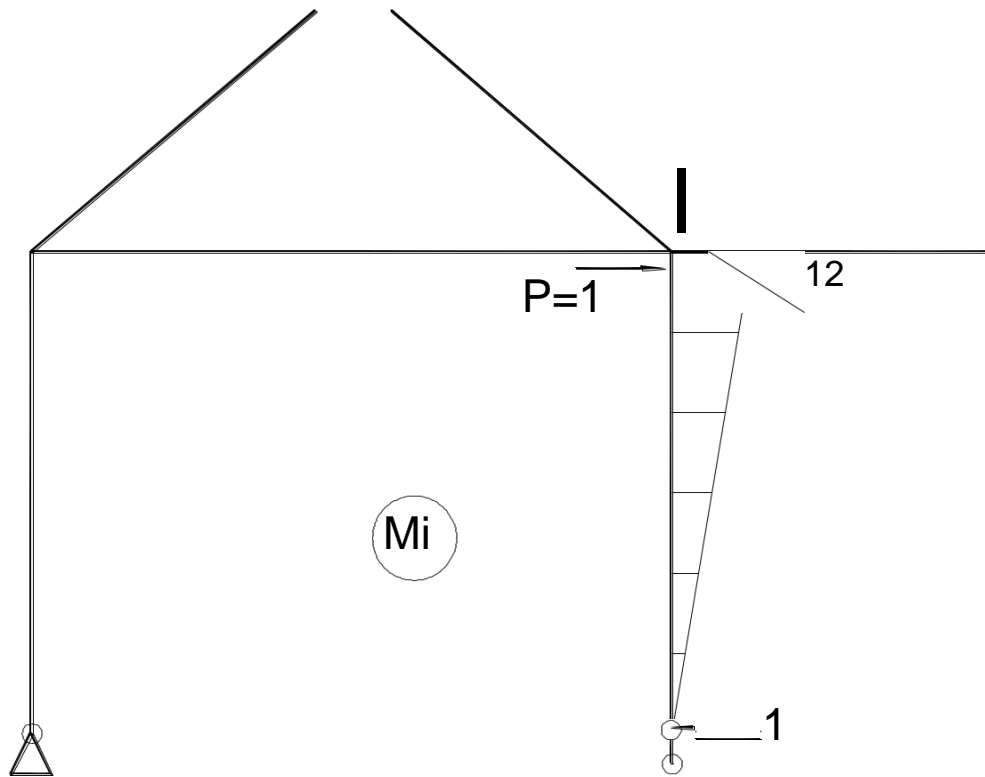


Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng



Các nút cân bằng.vậy biểu đồ Mcc đã vẽ là đúng.

Biểu đồ M_I



Bài tập lớn : cơ học kết cấu
Giảng viên : TS. Dương Đức Hùng

Chuyển vị ngang tại I :

$$\delta_{0.0} = 0,0177 \text{ (m)}$$

Vậy chuyển vị ngang tại I do tất cả các yếu tố là 0,0177 (m) về bên phải.

Sinh viên : Phạm Văn Giáp

Lớp : XDCTN_K53