

### 3.23. THÍ DỤ TÍNH TOÁN DÀM CẦU THÉP LIÊN HỢP BÊ TÔNG CỐT THÉP

#### 3.23.1. Số liệu tính toán

- Cầu dầm thép liên hợp giản đơn, chiều dài nhịp 58,6m, chiều dài tính toán của nhịp 58m.

- Bề rộng mặt cầu (tính từ hai mép trong của gờ chắn bánh) 5,7m; chiều rộng gờ chắn bánh mỗi bên 0,4m; bề rộng toàn cầu  $5,7\text{m} + 0,4\text{m} \times 2 = 6,5\text{m}$ .

- Mặt cắt ngang cầu gồm 4 dầm chủ, khoảng cách các dầm là 1,5m.

- Dầm thép có:

+ Cánh trên  $400 \times 30$  (mm);

+ Bụng dầm  $2250 \times 25$  (mm);

+ Cánh dưới  $600 \times 40$  (mm);

+ Thép hợp kim cấp 345.

- Bản bê tông mặt cầu:

+ Chiều dày bản 180mm;

+ Chiều cao vút 120mm, độ dốc vút 1:1;

+ Cấp bê tông C30.

- Liên kết ngang ở hai gối:

+ Cánh trên và dưới giống nhau  $300 \times 20$  (mm);

+ Bụng dầm  $960 \times 14$  (mm).

- Liên kết ngang trung gian bằng thép góc  $100 \times 100 \times 10$  dạng hai thanh chéo.

- Khoảng cách giữa các liên kết ngang 3,625m

- Giằng ngang bằng thép góc  $100 \times 100 \times 10$ , bố trí liên tục ở cách mặt cánh dưới dầm chủ 200mm, liên kết vào bụng dầm chủ qua bản nổi ngang.

- Sườn tăng cường ngang trung gian  $2250 \times 187 \times 18$  (mm)

- Sườn tăng cường ngang ở gối mỗi bên sườn gồm hai thép bản  $2250 \times 187 \times 18$  (mm) cách nhau 200mm.

#### 3.23.2. Tính toán đặc trưng hình học

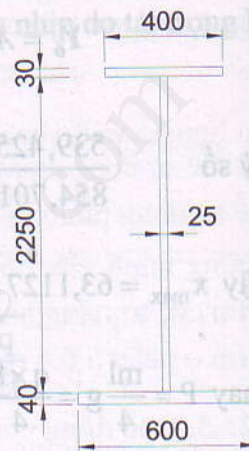
##### 3.23.2.1. Đặc trưng hình học giai đoạn I

- Diện tích tiết diện dầm thép:

$$A_c = 3 \times 40 = 120\text{cm}^2$$

$$A_w = 225 \times 2,5 = 562,5\text{cm}^2$$

$$A_{tl} = 4 \times 60 = 240\text{cm}^2$$



Hình 3.27. Mặt cắt dầm thép



$$A_t = \Sigma A_i = 922,5 \text{ cm}^2$$

- Mômen tĩnh của tiết diện dầm thép đối với trục x:

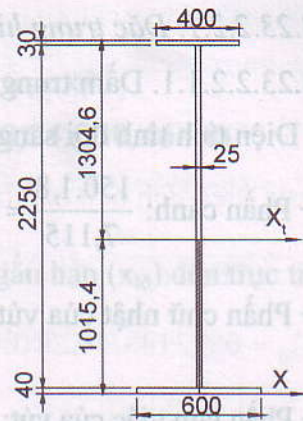
$$Q_x = 120.230,5 + 562,5.116,5 + 240.2 \\ = 93671,25 \text{ cm}^3$$

- Khoảng cách từ trục x đến trục trung hòa  $x_t$ :

$$z = \frac{Q_x}{A_t} = \frac{93671,25}{922,5} = 101,54 \text{ cm} = 1015,4 \text{ mm}$$

- Mômen quán tính của tiết diện dầm đối với trục  $x_t$ :

$$I_t = \frac{40.3^3}{12} + 120.(130,46 - 1,5)^2 + \frac{2,5.225^3}{12} + 562,5.(116,5 - 101,54)^2 \\ + \frac{60.4^3}{12} + 240.(101,54 - 2)^2 = 6872998 \text{ cm}^4$$



**Hình 3.28. Mặt cắt dầm thép**

### 3.23.2.2. Đặc trưng hình học giai đoạn II

- Bề rộng bản bê tông có hiệu:

$$+ \text{ Với dầm biên: } \frac{150}{2} + \frac{650 - 150.3}{2} = 175 \text{ cm};$$

+ Với dầm trong: 150 cm.

- Mô đun đàn hồi của bê tông:

Theo công thức 3-8:

$$E_b = 0,0017 K_1 W_c^2 f_c^{0,33}$$

$K_1$  - hệ số điều chỉnh nguồn vật liệu, không có thực nghiệm để điều chỉnh thì  $K_1 = 1$ .

$W_c$  - Khối lượng riêng của bê tông, lấy theo bảng 3-3;  $W_c = 2320 \text{ kg/m}^3$

$$E_b = 0,0017.1.2320^2.30^{0,33} = 28109 \text{ MPa}$$

- Tỷ số mô đun đàn hồi:

$$n = \frac{E_t}{E_b} = \frac{20000}{28109} = 7,115$$

$$n' = 3n = 3.7,115 = 21,345$$



### 3.23.2.2.1. Đặc trưng hình học của mặt cắt liên hợp ngắn hạn

#### 3.23.2.2.1.1. Dầm trong

- Diện tích tính đổi sang thép của phần bê tông:

$$+ \text{Phần cánh: } \frac{150 \cdot 1,8}{7,115} = 379,48 \text{ cm}^2;$$

$$+ \text{Phần chữ nhật của vút: } \frac{40 \cdot 12}{7,115} = 67,46 \text{ cm}^2;$$

$$+ \text{Phần tam giác của vút: } \frac{24 \cdot 12}{2 \cdot 7,115} = 20,24 \text{ cm}^2$$

- Diện tích tính đổi:  $A_{td} = A_t + \sum A_{bi}$ .

$$A_{td} = 922,5 + (379,48 + 67,46 + 20,24) = 1389,68 \text{ cm}^2$$

- Mômen tĩnh của phần bê tông đã tính đổi sang thép đối với trục  $x_t$ :

$$Q_{xt} = 379,48 \cdot (130,46 + 12 + 9) + 67,46 \cdot (130,46 + 6) + 20,24 \cdot (130,46 + 8) = 69484,06 \text{ cm}^3$$

Khoảng cách từ trục trung hòa của mặt cắt liên hợp ngắn hạn ( $x_{td}$ ) đến trục trung hòa của dầm thép ( $x_t$ ):

$$Z_{td} = \frac{Q_{xt}}{A_{td}} = \frac{69484,06}{1389,68} = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$$

- Mômen quán tính của mặt cắt liên hợp ngắn hạn đối với trục  $x_{td}$ :

$$I_{td} = 6872998 + 922,5 \cdot 50^2 + \frac{1}{7,115} \left[ \frac{150 \cdot 18^3}{12} + 150 \cdot 18 \cdot (151,46 - 50)^2 + \frac{40 \cdot 12^3}{12} + 40 \cdot 12 \cdot (136,46 - 50)^2 + \frac{24 \cdot 12^3}{36} + \frac{24 \cdot 12}{2} \cdot (138,46 - 50)^2 \right]$$

$$I_{td} = 13759564 \text{ cm}^4$$

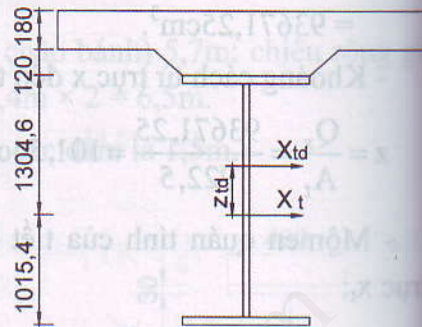
#### 3.23.2.2.1.2. Dầm biên

Diện tích tính đổi sang thép của phần bê tông:

$$+ \text{Cánh: } \frac{175,18}{7,115} = 442,73 \text{ cm}^2;$$

+ Phần vút chữ nhật và tam giác như dầm trong:  $67,46 \text{ cm}^2$  và  $20,24 \text{ cm}^2$ .

- Diện tích tính đổi:  $A_{td} = A_t + \sum A_{bi}$



Hình 3.29. Mặt cắt liên hợp ngắn hạn



$$A_{td} = 922,5 + (442,73 + 67,46 + 20,24) = 1452,93 \text{ cm}^2.$$

- Mômen tĩnh của bê tông đã tính đổi sang thép đối với trục  $x_t$ :

$$Q_{xt} = 442,73 \cdot (130,46 + 12 + 9) + 67,46 \cdot (130,46 + 6) + 20,24 \cdot (130,46 + 8)$$

$$Q_{xt} = 79063,91 \text{ cm}^3$$

- Khoảng cách từ trục trung hòa của mặt cắt liên hợp ngắn hạn ( $x_{td}$ ) đến trục trung hòa của dầm thép ( $x_t$ ):

$$Z_{td} = \frac{Q_{xt}}{A_{td}} = \frac{79063,91}{1452,93} = 54,42 \text{ cm} = 544,2 \text{ mm}$$

- Mômen quán tính của mặt cắt liên hợp ngắn hạn đối với trục  $x_{td}$ :

$$I_{td} = 6872998 + 922,5 \cdot 54,52^2 + \frac{1}{7,115} \left[ \frac{150 \cdot 18^3}{12} + 150 \cdot 18 \cdot (151,46 - 54,42)^2 + \frac{40 \cdot 12^3}{12} + 40 \cdot 12 \cdot (136,46 - 54,52)^2 + \frac{24 \cdot 12^3}{36} + \frac{24 \cdot 12}{2} \cdot (138,46 - 54,52)^2 \right]$$

$$I_{td} = 6872998 + 2732017 + 4181696 = 13786711 \text{ cm}^4$$

### 3.23.2.2.2. Đặc trưng hình học của mặt cắt liên hợp dài hạn

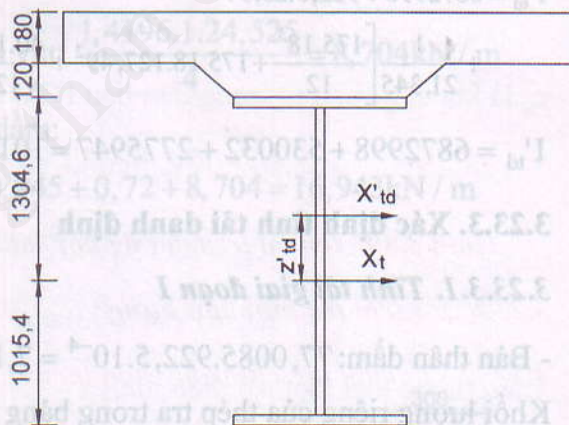
#### 3.23.2.2.2.1. Dầm trong

- Diện tích tính đổi sang thép của phần bê tông:

$$+ \text{Bản: } \frac{150 \cdot 1,8}{21,345} = 126,49 \text{ cm}^2;$$

$$+ \text{Phần chữ nhật của vút: } \frac{40 \cdot 12}{21,345} = 22,49 \text{ cm}^2;$$

$$+ \text{Phần tam giác của vút: } \frac{24 \cdot 12}{2 \cdot 21,345} = 6,75 \text{ cm}^2.$$



**Hình 3.30.** Mặt cắt liên hợp dài hạn

- Diện tích tính đổi:

$$A'_{td} = 922,5 + 22,49 + 6,75 + 126,49 = 1078,23 \text{ cm}^2$$

- Mômen tĩnh của diện tích tính đổi đối với trục  $x_t$ :

$$Q'_{xt} = 126,49 \cdot 151,46 + 22,49 \cdot 136,46 + 6,75 \cdot 138,46 = 23161,77 \text{ cm}^3$$

- Khoảng cách từ trục trung hòa của mặt cắt liên hợp dài hạn ( $x'_{td}$ ) đến trục  $x_t$ .



$$Z'_{td} = \frac{Q'_{xt}}{A'_{xt}} = \frac{23161,77}{1078,23} = 21,48 \text{ cm}^2$$

Mô men quán tính của mặt cắt liên hợp dài hạn đối với trục  $x'_{td}$ :

$$I'_{td} = 6872998 + 922,5 \cdot 21,48^2 + \frac{1}{21,345} \left[ \frac{150,18^3}{12} + 150,18 \cdot 129,98^2 + \frac{40,12^3}{12} + 40,12 \cdot 114,98^2 + \frac{24,12^3}{36} + \frac{24,12}{2} \cdot 116,98^2 \right]$$

$$I'_{td} = 6872998 + 425633 + 2530434 = 9829605 \text{ cm}^4$$

### 3.23.2.2.2. Dầm biên

- Diện tích tính đổi của bản:  $\frac{175,18}{21,345} = 147,58 \text{ cm}^2$

$$A'_{td} = 922,5 + 147,58 + 22,49 + 6,75 = 1099,32 \text{ cm}^2$$

$$Q'_{td} = 147,58 \cdot 151,46 + 22,49 \cdot 136,46 + 6,75 \cdot 138,46 = 26356,06 \text{ cm}^3$$

$$Z'_{td} = \frac{26356,06}{1099,32} = 23,97 \text{ cm} = 239,7 \text{ mm}$$

$$I'_{td} = 6872998 + 922,5 \cdot 23,97^2 + \frac{1}{21,345} \left[ \frac{175,18^3}{12} + 175,18 \cdot 127,49^2 + \frac{40,12^3}{12} + 40,12 \cdot 112,49^2 + \frac{24,12^3}{36} + \frac{24,12}{2} \cdot 114,49^2 \right]$$

$$I'_{td} = 6872998 + 530032 + 2775947 = 10178976 \text{ cm}^4$$

### 3.23.3. Xác định tĩnh tải danh định

#### 3.23.3.1. Tĩnh tải giai đoạn I

- Bản thân dầm:  $77,0085 \cdot 922,5 \cdot 10^{-4} = 7,104 \text{ kN/m}$ .

Khối lượng riêng của thép tra trong bảng 3-3 là  $7850 \text{ kg/m}^3$ , từ đó ta có:

$$P = mg = 7850 \cdot 9,81 = 77008,5 \text{ N/m}^3 = 77,0085 \text{ kN/m}^3$$

- Liên kết ngang:

+ Toàn nhịp có 6 liên kết ngang trên gối, mỗi liên kết dài  $1,47 \text{ m}$ , trọng lượng  $1 \text{ m}$  dài  $2,52 \text{ kN/m}$ .

$$\text{Trọng lượng toàn bộ: } 2,52 \cdot 1,47 \cdot 6 = 22,226 \text{ kN}$$

+ Toàn nhịp có 15 liên kết ngang trung gian  $\left( \frac{58}{3,625} + 1 - 2 = 15 \right)$ , mỗi liên kết có 3 khung, mỗi khung có 4 thanh ngang  $4\text{L}100.100.10$  dài  $1,47 \text{ m}$ , 2 thanh chéo



4L100.100.10 dài 1,80m. Tổng chiều dài  $(1,47.4 + 1,8.2).3.15 = 426,6\text{m}$ , trọng lượng 1m dài 0,151kN, từ đó có trọng lượng toàn bộ liên kết ngang trung gian:  $0,151.426,6 = 64,417\text{kN}$ .

+ Tính tải cho 1 dầm do liên kết ngang:  $\frac{22,226 + 64,417}{4.58,6} = 0,370\text{kN/m}$

- Giằng ngang: có 16 khoang giằng ngang, mỗi khoang có 2L100.100.10 dài 2,2m.

+ Tổng chiều dài  $2.2.16 = 70,40\text{m}$ ;

+ Tổng trọng lượng  $0,151.70,4 = 10,63\text{kN}$ .

+ Tính tải cho một dầm do giằng ngang:  $\frac{10,63}{4.58,6} = 0,045\text{kN/m}$

- Mỗi nối, bản nối... theo thống kê vật liệu tính được tính tải cho 1 dầm:  $0,72\text{kN/m}$ .

- Tính tải danh định do bản bê tông cho 1 dầm:

+ Diện tích mặt cắt ngang bản kê cả vút:  $650.18 + 4. \frac{40 + 64}{2} .12 = 14196\text{cm}^2$

+ Trọng lượng riêng của bê tông lấy là  $2500.9,81 = 24525\text{N/m}^3 = 24,525\text{kN/m}^3$ .

+ Tính tải danh định do bê tông bản và vút:  $\frac{1.4196.1.24,525}{4} = 8,704\text{kN/m}$

- Tính tải danh định giai đoạn I cho 1 dầm:

$$DC_1 = 7,104 + 0,370 + 0,045 + 0,72 + 8,704 = 16,943\text{kN/m}$$

### 3.23.3.2. Tính tải giai đoạn II

#### 3.23.3.2.1. Tính tải DC2

- Gờ chắn: Diện tích mặt cắt một gờ:

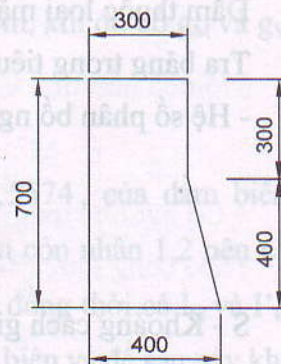
$$30.30 + \frac{40 + 30}{2} .40 = 2300\text{cm}^2$$

- Tính tải cho một dầm do gờ chắn:

$$\frac{24,525.2300.10^{-4}.1.2}{4} = 2,820\text{kN/m}$$

- Lan can, ống thoát nước:  $0,29\text{kN/m}$

$$DC_2 = 2,82 + 0,29 = 3,11\text{kN/m}$$



Hình 3.31. Gờ chắn



### 3.23.3.2.2. Tính tải DW

- Lớp phủ mặt cầu dày bình quân  $7\text{cm}=0,07\text{m}$ .
- Trọng lượng riêng của bê tông nhựa (bảng 3-3):

$$2250.9,81 = 22072,5\text{N} / \text{m}^3 = 22,0725\text{kN} / \text{m}^3$$

$$DW = \frac{22,0725.0,07.5,7}{4} = 2,202\text{kN} / \text{m}$$

### 3.23.4. Tính hệ số phân bố ngang

Cầu thỏa mãn các điều kiện áp dụng hệ số phân bố ngang gần đúng trong tiêu chuẩn thiết kế.

- Tính tham số độ cứng dọc:

$$K_g = n(I + A.e_g^2)$$

Trong đó  $n = 7,115$

$$I = I_t = 6872998\text{cm}^4$$

$$A = A_t = 922,5\text{cm}^2$$

$e_g$  là khoảng cách từ trọng tâm bản BTCT đến trọng tâm dầm thép.

$$e_g = 130,46 + 12 + 9 = 151,46\text{cm}$$

$$K_g = 7,115.(687299 + 922,5.151,46^2)$$

$$K_g = 199470930\text{cm}^4$$

Dầm thuộc loại mặt cắt điển hình a.

Tra bảng trong tiêu chuẩn thiết kế có:

- Hệ số phân bố ngang cho mômen uốn:

$$g_M = 0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \cdot \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \cdot \left(\frac{K_g}{L.t_s^3}\right)^{0,1}$$

S - Khoảng cách giữa các dầm,  $S = 1500\text{mm}$ ;

L - Chiều dài nhịp,  $L = 58600\text{mm}$ ;

$t_s$  - chiều dày bản bê tông,  $t_s = 180\text{mm}$ .

- Hệ số ph

- Hệ số ph

Vì chỉ có n  
ngang cho m  
bây và phải n

### Hình 3.3

- Đường a  
đường cho ng  
như nhau:

Hệ số ph  
 $g_M = g_V = 0,$   
hai hệ số  $g_M$   
của hai dầm c  
tính nội lực d



$$g_M = 0,06 + \left( \frac{1500}{4300} \right)^{0,4} \cdot \left( \frac{1500}{58600} \right)^{0,3} \cdot \left( \frac{199470930 \times 10^4}{58600 \times 180^3} \right)^{0,1}$$

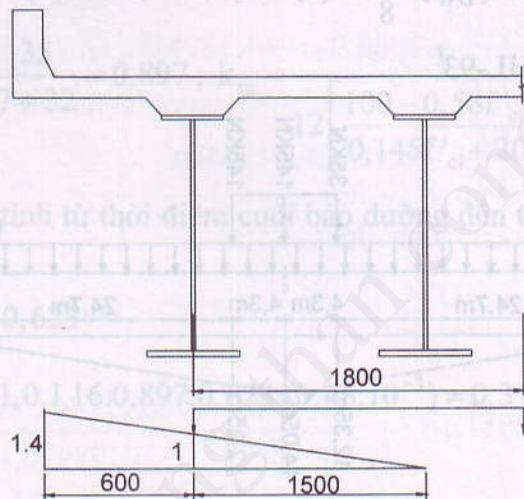
$$g_M = 0,06 + 0,6561.0,3331.1,193 = 0,3207$$

- Hệ số phân bố ngang cho lực cắt:

$$g_v = 0,36 + \left( \frac{S}{7600} \right) = 0,36 + \frac{1500}{7600} = 0,5574$$

- Hệ số phân bố ngang cho dầm biên:

Vì chỉ có một làn xe nên theo bảng trong tiêu chuẩn thiết kế, cả hệ số phân bố ngang cho mô men ( $g_m$ ) và hệ số phân bố ngang cho lực cắt ( $g_v$ ) đều tính theo đòn bẩy và phải nhân với hệ số làn xe  $m = 1,2$ .



**Hình 3.32.** Tính hệ số phân bố ngang cho dầm biên theo phương pháp đòn bẩy

- Đường ảnh hưởng phản lực cho dầm biên như trên Hình 3.33. Do không có đường cho người đi bộ nên bố trí bánh xe cách mép gò chắn 0,6m, khi đó có  $g_M$  và  $g_v$  như nhau:

$$g_M = g_v = 0,5$$

Hệ số phân bố ngang của dầm trong  $g_M = 0,3207, g_v = 0,5574$ , của dầm biên  $g_M = g_v = 0,5000$  nhưng do hệ số phân bố ngang của dầm biên còn nhân 1,2 nên cả hai hệ số  $g_M$  và  $g_v$  của dầm biên đều lớn hơn so với dầm trong, đồng thời cả  $I_{td}$  và  $I'_{td}$  của hai dầm chênh nhau không đáng kể nên chỉ cần kiểm tra dầm biên và để sau này khi tính nội lực do hoạt tải ta nhân luôn 1,2 vào và có hệ số phân bố ngang cho dầm biên:

$$g_M = g_v = 0,5.1,2 = 0,6000$$



**3.23.5. Tính các chiều cao khu vực chịu nén  $D_C$ ,  $D_{CP}$ , mômen chảy  $M_Y$  và mômen dẻo  $M_P$**

**3.23.5.1. Tính chiều cao khu vực chịu nén của sườn dầm  $D_c$**

Tính  $D_c$  trong TTGH cường độ.

- Mômen uốn ở mặt cắt giữa nhịp:

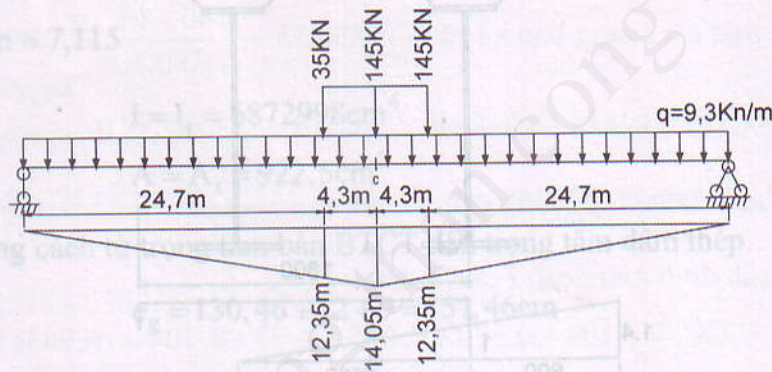
+ Do tĩnh tải giai đoạn I:

$$M^I = DC_1 \cdot \gamma_{DC} \cdot \frac{l_{tt}^2}{8} = 16,943 \cdot 1,25 \cdot \frac{58^2}{8} = 8905,664 \text{ kNm}$$

+ Tĩnh tải giai đoạn II ( $DC_2$  và  $DW$ ):

$$M^{II} = (DC_2 \cdot \gamma_{DC} + DW \cdot \gamma_{DW}) \cdot \frac{l_{tt}^2}{8} = (3,11 \cdot 1,25 + 2,202 \cdot 1,5) \cdot \frac{58^2}{8} = 3023,605 \text{ kNm}$$

+ Tải trọng thiết kế HL-93:



**Hình 3.33. Xếp tải trên dầm  $M_c$  để tính mômen uốn do hoạt tải HL93**

$$\sum P_i y_i = 35 \cdot 12,35 + 145 \cdot (14,5 + 12,35) = 4325,5 \text{ kNm}$$

$$q \omega = 9,3 \cdot 420,5 = 3910,65 \text{ kNm}$$

Mômen uốn tính toán ở mặt cắt giữa nhịp (C) do HL-93:

$$M^h = 0,6 \cdot 1,75 \cdot (4325,5 \cdot 1,33 + 3910,65) = 10146,742 \text{ kNm}$$

+ Co ngót bê tông:

Theo công thức (3-170) có lực dọc và mômen uốn do co ngót:

$$N_{sh} = E_t \cdot \varepsilon_{sh} \cdot A_t$$

$$M_{sh} = E_t \cdot \varepsilon_{sh} \cdot Q'_t$$

Với:  $\varepsilon_{sh} = k_s k_{hs} k_f k_{tg} (0,48 \cdot 10^{-3})$



$$k_s = 1,45 - 0,0051 \cdot \frac{V}{S} \geq 1,0;$$

V - thể tích bản bê tông  $V = 8318856.10^4 \text{ mm}^3$ ;

S - diện tích bề mặt bản bê tông  $S = 8091752.10^2 \text{ mm}^2$ ;

$$k_s = 1,45 - 0,0051 \cdot \frac{8318856.10^4}{8091752.10^2} = 0,926 < 1, \text{ lấy } k_s = 1,0;$$

$k_{hs} = 2,00 - 0,014H = 2,00 - 0,014.60 = 1,16$ , trong đó H là độ ẩm tương đối lấy bằng 60%;

$k_f = \frac{35}{7 + f'_{ci}}$ ,  $f'_{ci}$  cường độ nén của bê tông ở cuối giai đoạn bảo dưỡng, lấy  $f'_{ci} = 32 \text{ MPa}$ ;

$$k_f = \frac{35}{7 + 32} = 0,897; \quad k_{tg} = \frac{t}{12 \left[ \frac{100 - 0,58f'_{ci}}{0,145f'_{ci} + 20} \right] + t};$$

t - tuổi của bê tông tính từ thời điểm cuối bảo dưỡng đến thời điểm tính toán, giả sử  $t = 66$  ngày.

$$k_{tg} = 0,623$$

$$\varepsilon_{sh} = 1,0.1,16.0,897.0,623.(0,48.10^{-3}) = 0,311.10^{-3}$$

Lực dọc:

$$N_{sh} = E_t \varepsilon_{sh} A_t = 200000.0,311.10^{-3}.922,5.10^2 = 573,795.10^4 \text{ N} = 5737,95 \text{ kN}$$

Mômen:

$$M_{sh} = E_t \varepsilon_{sh} Q'_t = 200000.0,311.10^{-3}.922,5.10^2.239,7 = 137538,66.10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_{sh} = 1375,387 \text{ kNm}$$

- Tính chiều cao chịu nén đàn hồi ( $D_c$ ) của bụng dầm.

Ứng suất ở thớ trên và thớ dưới dầm thép do:

+ Tính tải giai đoạn I:

$$f_c^I = -\frac{8905,664.10^6}{6872998.10^4}.1304,6 = -169,043 \text{ MPa}$$

$$f_t^I = \frac{8905,664.10^6}{6872998.10^4}.1015,4 = 131,5570 \text{ MPa}$$



+ Tính tải giai đoạn II:

$$f_c^{\text{II}} = -\frac{3023,605 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1064,9 = -31,632 \text{MPa}$$

$$f_t^{\text{II}} = \frac{3023,605 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1255,1 = 37,282 \text{MPa}$$

+ Hoạt tải:

$$f_c^{\text{h}} = -\frac{10146,742 \cdot 10^6}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 760,4 = -55,964 \text{MPa}$$

$$f_t^{\text{h}} = \frac{10146,742 \cdot 10^6}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 1559,6 = 114,783 \text{MPa}$$

+ Co ngót chưa tính lực dọc:

$$f_c^{\text{sh}} = -\frac{1375,387 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1064,9 = -14,389 \text{MPa}$$

$$f_t^{\text{sh}} = \frac{1375,387 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1255,1 = 16,959 \text{MPa}$$

+ Co ngót kể cả mômen và lực dọc:

$$f_c^{\text{sh}} = E_t \varepsilon_{\text{sh}} \left( \frac{A_t}{A'_{\text{td}}} - \frac{Q'_t}{I'_{\text{td}}} y_t^{t'} - 1 \right)$$

$$f_c^{\text{sh}} = 200000 \cdot 0,311 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{922,5 \cdot 10^2}{1099,32 \cdot 10^2} - \frac{922,5 \cdot 10^2 \cdot 239,7}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1664,9 - 1 \right)$$

$$f_c^{\text{sh}} = 62,2 \cdot (0,8392 - 0,2313 - 1) = -24,289 \text{MPa}$$

$$f_t^{\text{sh}} = E_t \varepsilon_{\text{sh}} \left( \frac{A_t}{A'_{\text{td}}} + \frac{Q'_t}{I'_{\text{td}}} y_t^{t'} - 1 \right)$$

$$f_t^{\text{sh}} = 200000 \cdot 0,311 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{922,5 \cdot 10^2}{1099,32 \cdot 10^2} + \frac{922,5 \cdot 10^2 \cdot 239,7}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1255,1 - 1 \right)$$

$$f_t^{\text{sh}} = 62,2 \cdot (0,8392 + 0,2727 - 1) = 6,96 \text{MPa}$$

+ Ứng suất tổng cộng:

$$f_c = -169,043 - 31,632 - 55,964 - 24,389 = -281,028 \text{MPa}$$

$$f_t = 131,570 + 37,282 + 114,783 + 6,96 = 290,595 \text{MPa}$$

$$+ D_c = \frac{|f_c|}{|f_c| + f_t} \cdot d - t_{f_c} = \frac{281,028}{281,028 + 290,595} \cdot 2320 - 30 = 1110,586 \text{mm}$$

3.23.5.2.

Vì sau này  
và cánh kéo.

3.23.5.2.1

Theo công

$f_{cl}^t$  - Ứng

$f_{cdh}^t$  - Ứng

đoạn II và c

$f_{cnh}^t$  - Ứng

đạt đến  $f_y$ , k

Khi đó:

$M_{yc} = M$

$M_{yc} = 3$

3.23.5.2.2



### 3.23.5.2. Tính mômen chày ( $M_y$ ) trong TTGH cường độ

Vì sau này còn dùng cả  $M_y$  tính theo cánh kéo nên ở đây tính cả  $M_y$  theo cánh nén và cánh kéo.

#### 3.23.5.2.1. Tính $M_y$ khi cánh nén đạt đến $f_y$

Theo công thức (3-21) có:

$$f_{cl}^t + f_{cdh}^t + f_{cnh}^t = -f_y$$

$f_{cl}^t$  - Ứng suất ở mép trên dầm thép do tĩnh tải giai đoạn I:  $f_{cl}^t = -169,243 \text{ MPa}$ .

$f_{cdh}^t$  - Ứng suất ở mép trên dầm thép do tải trọng dài hạn bao gồm tĩnh tải giai đoạn II và co ngót:  $f_{cdh}^t = -31,632 - 24,389 = -56,021 \text{ MPa}$ .

$f_{cnh}^t$  - Ứng suất ở mép trên dầm thép do tải trọng ngắn hạn cần đặt thêm vào để đạt đến  $f_y$ , ký hiệu mô men do tải trọng ngắn hạn là  $M_{y3}$ , khi đó ta có:

$$f_{cnh}^t = -\frac{M_{y3}}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 760,4, \text{ từ đó ta có:}$$

$$-169,043 - 56,021 - \frac{M_{y3}}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 760,4 = -345$$

$$M_{y3} = \frac{119,936 \cdot 13786711 \cdot 10^4}{760,4} = 21709,174 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{y3} = 21709,174 \text{ kNm}$$

Khi đó:

$$M_{yc} = M^I + M^{II} + M^{sh} + M_{y3} = 8905,664 + 3023,605 + 1375,387 + 21709,174$$

$$M_{yc} = 35013,830 \text{ kNm}$$

#### 3.23.5.2.2. Tính $M_y$ khi cánh kéo đạt đến $f_y$

$$131,570 + 37,822 + 6,96 + \frac{M_{y3}}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 1559,6 = 345$$

$$M_{y3} = \frac{168,943 \cdot 13786711 \cdot 10^4}{1559,6} = 14934,396 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{y3} = 14934,396 \text{ kNm}$$



$$M_{yt} = 8916,177 + 3023,605 + 1375,387 + 14934,395$$

Khi đó:

$$M_{yc} = 28249,564 \text{ kNm}$$

$$\text{Vậy } M_y = 28249,564 \text{ kNm.}$$

### 3.23.5.3. Tính chiều cao chịu nén của bụng dầm ở mô men dẽo ( $D_{cp}$ )

Lực dẽo ở các phần mặt cắt (bỏ qua lực dẽo trong cốt thép dọc)

$$\text{Cánh bê tông: } 0,85 \cdot 30 \cdot 315000 = 8032500 = 8032,5 \text{ kN}$$

$$\text{Vút chữ nhật: } 0,85 \cdot 30 \cdot 48000 = 1224000 = 1224 \text{ kN}$$

$$\text{Vút tam giác: } 0,85 \cdot 30 \cdot 1440 = 367200 = 367,2 \text{ kN}$$

$$\text{Cánh trên: } 345 \cdot 12000 = 4140000 = 4140 \text{ kN}$$

$$\text{Cánh dưới: } 345 \cdot 24000 = 8280000 = 8280 \text{ kN}$$

$$\text{Bụng dầm: } 345 \cdot 56250 = 19406250 = 19406,25 \text{ kN}$$

Từ các lực ở trên dễ dàng nhận thấy trục trung hòa dẽo đi qua bụng dầm

$$D_{cp} = \frac{D}{2} \left( \frac{f_{yt} A_t - f_{yc} A_c - 0,85 f'_c A_s}{f_{yw} A_w} + 1 \right)$$

$$D_{cp} = \frac{2250}{2} \left( \frac{8280 - 4140 - 9623,7}{19406,25} + 1 \right) = 807,1 \text{ mm}$$

### 3.23.5.4. Tính mômen dẽo $M_p$

Mômen dẽo của các phần:

$$\text{Cánh bê tông: } 8032,5 \cdot 1047 \cdot 10^{-3} = 8410,831 \text{ kNm}$$

$$\text{Vút chữ nhật: } 1224 \cdot 897 \cdot 10^{-3} = 1098,050 \text{ kNm}$$

$$\text{Vút tam giác: } 367,2 \cdot 917 \cdot 10^{-3} = 336,759 \text{ kNm}$$

$$\text{Cánh trên: } 4140 \cdot 822 \cdot 10^{-3} = 3403,494 \text{ kNm}$$

$$\text{Cánh dưới: } 8280 \cdot 1462 \cdot 10^{-3} = 12112,812 \text{ kNm}$$

$$\text{Phần nén bụng dầm: } \frac{6961,238 \cdot 807,1 \cdot 10^{-3}}{2} = 2809,207 \text{ kNm}$$

$$\text{Phần kéo bụng dầm: } \frac{12445,012 \cdot 1442 \cdot 10^{-3}}{2} = 8978,454 \text{ kNm}$$

$$M_p = \sum M_{pi} = 37149,607 \text{ kNm}$$



### 3.23.6. Kiểm tra trong TTGH cường độ

#### 3.23.6.1. Kiểm tra tính dẽo

$$D_p \leq 0.42D_t$$

$D_p$ - khoảng cách từ đỉnh bản bê tông đến trục trung hòa dẽo:

$$D_p = D_{cp} + 30 + 120 + 180 = 1137,10\text{mm}$$

$D_t$ - tổng chiều cao của mặt cắt liên hợp:

$$D_t = 2320 + 120 + 180 = 2620\text{mm}$$

$$0,42D_t = 1100,4\text{mm} > D_p = 1137,90\text{mm}$$

Tuy nhiên mức độ lớn hơn không nhiều và nếu xét đến sự dẽo của cốt thép dọc bản thì  $D_{cp}$  sẽ nhỏ đi nên xem như mặt cắt đảm bảo tính dẽo.

#### 3.23.6.2. Phân loại mặt cắt

- Cường độ chảy của bản cánh 345MPa, nhỏ hơn 480MPa.

- Bản bụng không có sườn tăng cường dọc và có  $\frac{D}{t_w} = \frac{2250}{25} = 90$  nhỏ hơn 150.

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} = \frac{2.807,1}{25} = 64,568 < 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_{yc}}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{345}} = 90,530$$

Mặt cắt là đặc chắc.

#### 3.23.6.3. Sức kháng uốn danh định

$$D_p = 1137,10\text{mm} > 0,1D_t = 0,1.2620 = 262\text{mm} \text{ nên:}$$

$$M_n = M_p \left( 1,07 - 0,70 \frac{D_p}{D_t} \right) = 37149.607 \left( 1,07 - 0,70 \cdot \frac{1137,10}{2620} \right) = 28463,83 \text{ kNm}$$

#### 3.23.6.4. Kiểm tra điều kiện sức kháng uốn

$$M_u + \frac{1}{3} f_l S_{xl} \leq \phi_f M_n$$

$M_u$ : mômen uốn do các tải trọng tính toán sinh ra:

$$\begin{aligned} M_u &= M^I + M^{II} + M^h + M^{sh} = 8905,664 + 3023,605 + 10146,743 + 1375,387 \\ &= 23451,399 \text{ kNm} \end{aligned}$$



$\phi_f$  - hệ số sức kháng uốn,  $\phi_f = 1,0$ ;

$f_1$  - ứng suất do uốn ngang trong bản cánh, do bản cánh giằng liên tục nên  $f_1 = 0$ ;

$$M_u = 23451,399 \text{ kNm} < \phi_f M_n = 1,0.28463,831 \text{ kNm}.$$

### 3.23.6.5. Kiểm tra sức kháng cắt

Dầm chủ không có sườn tăng cường dọc, khoảng cách giữa các sườn tăng cường ngang  $3,625 \text{ m} < 3D = 3.2,25 = 6,75 \text{ m}$  bản bụng xem là được tăng cường. Khi bản bụng được tăng cường sẽ có khoang phía trong và khoang biên. Cầu dầm giản đơn lực cắt lớn nhất ở mặt cắt sát gối nên tính cho khoang biên là khoang chịu lực cắt lớn nhất.

Sức kháng cắt danh định:

$$V_n = V_{cr} = CV_p$$

$V_p$  - Lực cắt dẻo:

$$V_p = 0,58f_{yw}Dt_w = 0,58.345.2250.25 = 11255625 \text{ N} = 11255,625 \text{ kN}$$

$C$  - tỷ số sức kháng oằn do cắt và cường độ chảy do cắt:

$$\frac{D}{t_w} = \frac{2250}{25} = 90$$

$$k = 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_0}{D}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{3625}{2250}\right)^2} = 6,926$$

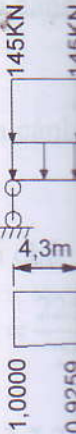
$$1,40 \sqrt{\frac{Ek}{f_y w}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000.6,926}{345}} = 88,710$$

$$\frac{D}{t_w} = 90 > 1,40 \sqrt{\frac{Ek}{f_y w}} = 88,710 \text{ nên có công thức tính } C \text{ như sau:}$$

$$C = \frac{1,57}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \left(\frac{Ek}{f_y w}\right) = \frac{1,54}{\left(\frac{2250}{25}\right)^2} \frac{200000.6,696}{345} = 0,778$$

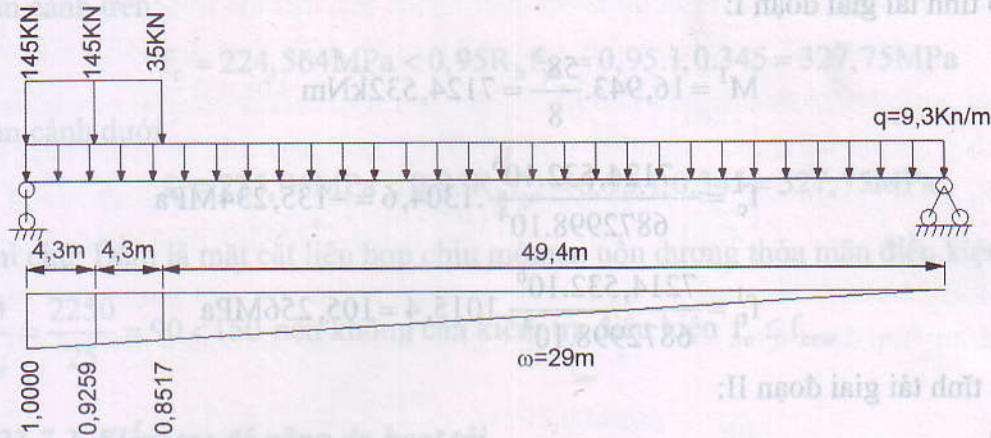
Sức kháng danh định:

$$V_n = C.V_p = 0,778.11255,625 = 8758,238 \text{ kN}$$





Tính  $V_u$  là lực cắt lớn nhất ở khoang biên:



**Hình 3.34.** Xếp tải trên đường ảnh hưởng  $V_A$  để tính lực cắt  $V_u$

$$V_u^I = DC_1 \gamma_{DC} \omega = 16.943.1.25.29 = 614,184 \text{ kN}$$

$$V_u^{II} = (DC_2 \gamma_{DC} + DW \gamma_{DW}) \omega = (3,11.1,25 + 2,202.1,5).29 = 208,525 \text{ kN}$$

$V_u^h$ : xếp xe tải thiết kế và tải trọng làn lên đường ảnh hưởng  $V_A$  như trên.

$$\sum P_i y_i = 35.0,8519 + 145.(0,9259 + 1) = 309,065 \text{ kN}$$

$$q\omega = 9,3.29 = 269,7 \text{ kN}$$

$$V_u^h = 0,6.1,75.(309,065.1,33 + 269,70) = 714,794 \text{ kN}$$

$$V_u = V_u^I + V_u^{II} + V_u^h = 614,184 + 208,525 + 714,794 = 1537,503 \text{ kN}$$

$$V_u = 1537,503 \text{ kN} < V_r = \phi_v V_n = 1,0.8758,238 = 8758,238 \text{ kN}$$

### 3.23.7. Kiểm tra trong TTGH sử dụng

Trong TTGH sử dụng cần kiểm tra độ võng dài hạn theo tổ hợp tải trọng sử dụng II và kiểm tra độ võng do hoạt tải theo tổ hợp tải trọng sử dụng I.

#### 3.23.7.1. Kiểm tra độ võng dài hạn

Trong TTGH sử dụng II các hệ số tải trọng đều bằng 1,0 trừ hệ số tải trọng của hoạt tải  $\gamma_L = 1,30$

Kiểm tra độ võng dài hạn thông qua kiểm tra ứng suất ở cánh trên ( $f_c$ ) và ứng suất cánh dưới ( $f_t$ ) của dầm thép.



### 3.23.7.1.1. Tính ứng suất $f_c$ và $f_t$

Do tĩnh tải giai đoạn I:

$$M^I = 16,943 \cdot \frac{58^2}{8} = 7124,532 \text{ kNm}$$

$$f_c^I = -\frac{7124,532 \cdot 10^6}{6872998 \cdot 10^4} \cdot 1304,6 = -135,234 \text{ MPa}$$

$$f_t^I = \frac{7124,532 \cdot 10^6}{6872998 \cdot 10^4} \cdot 1015,4 = 105,256 \text{ MPa}$$

Do tĩnh tải giai đoạn II:

$$M^{II} = (3,11 + 2,202) \cdot \frac{58^2}{8} = 2233,696 \text{ kNm}$$

$$f_c^{II} = -\frac{2233,696 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1064,9 = -23,368 \text{ MPa}$$

$$f_t^{II} = \frac{2233,696 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1255,1 = 27,542 \text{ MPa}$$

Do hoạt tải:

Ở trên đã tính:

$$\sum P_i y_i = 4325,5 \text{ kNm}$$

$$q\omega = 3910,65 \text{ kNm}$$

$$M^h = 0,6 \cdot 1,3 \cdot (4325,5 \cdot 1,33 + 3910,65) = 7537,581 \text{ kNm}$$

$$f_c^h = -\frac{7537,581 \cdot 10^6}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 760,4 = -41,573 \text{ MPa}$$

$$f_t^h = \frac{7537,581 \cdot 10^6}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 1559,6 = 85,268 \text{ MPa}$$

Do co ngót: đã tính ở phần trên

$$f_c^{sh} = -24,389 \text{ MPa}$$

$$f_t^{sh} = 6,96 \text{ MPa}$$

Tổng cộng:

$$f_c = -135,234 - 23,368 - 41,573 - 24,389 = -224,564 \text{ MPa}$$

$$f_t = 105,256 + 27,572 + 85,268 + 6,96 = 225,026 \text{ MPa}$$



### 3.23.7.1.2. Kiểm tra độ võng dài hạn

Bản cánh trên:

$$f_c = 224,564 \text{ MPa} < 0,95 R_h f_{yc} = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 345 = 327,75 \text{ MPa}$$

Bản cánh dưới

$$f_t = 225,06 \text{ MPa} < 0,95 R_h f_{yt} = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 345 = 327,75 \text{ MPa}$$

Ghi chú: Dầm là mặt cắt liên hợp chịu mômen uốn dương thỏa mãn điều kiện:

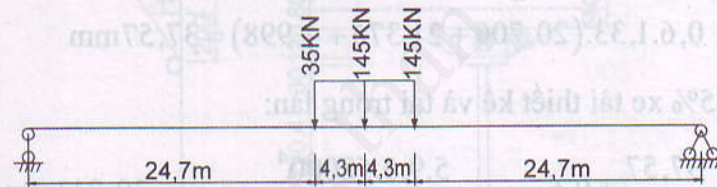
$$\frac{D}{t_w} = \frac{2250}{25} = 90 < 150 \text{ nên không cần kiểm tra điều kiện } f_c \leq f_{crw}$$

### 3.23.7.2. Kiểm tra độ võng do hoạt tải

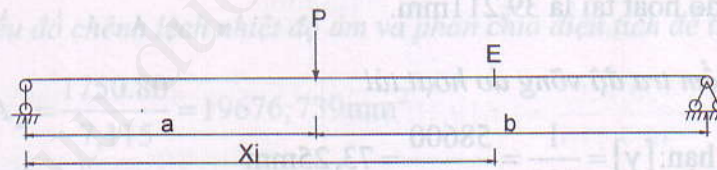
Kiểm tra độ võng do hoạt tải theo tổ hợp tải trọng sử dụng I, các hệ số kể cả hệ số tải trọng của hoạt tải đều bằng 1,0, riêng hệ số tải trọng của gradient nhiệt độ  $\gamma_{TG} = 0,50$  vì khi xét độ võng có hoạt tải trên cầu.

#### 3.23.7.2.1. Tính độ võng do hoạt tải

Độ võng do hoạt tải khi chỉ có xe tải thiết kế, có sơ đồ đặt tải như Hình 3.35.



Hình 3.35. Xếp xe tải thiết kế để tính độ võng ở mặt cắt C



Hình 3.36. Sơ đồ tính độ võng ở mặt cắt E do P sinh ra

Sử dụng công thức độ võng ở mặt cắt E có khoảng cách đến gối trái là  $x_i$  do tải trọng tập trung P cách gối trái là a, gối phải là b sinh ra.

$$y_E = \begin{cases} \frac{Pbx_i}{6EI} \left[ (1+b)a - x_i^2 \right] & \text{khi } 0 \leq x_i \leq a \\ \frac{Pb}{6EI} \left[ \frac{(x-a)^3}{b} + (b+1)ax_i - x_i^3 \right] & \text{khi } a \leq x_i \leq l \end{cases}$$



Ở đây  $x_i = \frac{1}{2}$  nên có công thức tính độ võng  $y_c$  như sau:

$$y_E = \begin{cases} \frac{Pb}{12EI} \left[ (1+b)a - \frac{l^2}{4} \right] & \text{khi } a \geq \frac{l}{2} \\ \frac{Pb}{48EI} \left[ \frac{(1-2a)^3}{b} + 4(b+1)a - l^2 \right] & \text{khi } a \leq \frac{l}{2} \end{cases}$$

Trường hợp đặc biệt  $a = b = x_i = \frac{1}{2}$  có

$$y_c = \frac{Pl^3}{48EI}$$

Sử dụng công thức trên tính được

+ Độ võng do 145kN đặt cách C là 4,3m: 20,706mm.

+ Độ võng do 145kN đặt ở C: 21,376mm.

+ Độ võng do 35kN đặt cách C là 4,3m: 4,998mm.

Độ võng ở C của dầm biên do xe tải thiết kế có xét xung kích sinh ra là:

$$0,6.1,33.(20,706 + 21,376 + 4,998) = 37,57\text{mm}$$

Độ võng do 25% xe tải thiết kế và tải trọng làn:

$$\frac{37,57}{4} + 0,6 \frac{5,9.3.58000^4}{384.200000.13786711.10^4} = 39,211\text{mm}$$

Lấy độ võng do hoạt tải là 39,211mm.

### 3.23.7.2.2. Kiểm tra độ võng do hoạt tải

$$\text{Độ võng giới hạn: } [y] = \frac{1}{800} = \frac{58600}{800} = 73,25\text{mm}$$

Độ võng do hoạt tải 39,211mm nhỏ hơn độ võng giới hạn 73,25mm.

### 3.23.7.2.3. Kiểm tra độ võng do hoạt tải khi có xét đến nhiệt độ chênh lệch và co ngót

Kiểm tra độ võng do hoạt tải theo tổ hợp tải trọng sử dụng I, ở tổ hợp này còn có co ngót và chênh lệch nhiệt độ, thường thì không cần xét đến độ võng do co ngót và nhiệt độ, ở đây có xét để biết thêm cách tính độ võng do gradient nhiệt độ và do co ngót.

3.23.7.2.3.

Với dầm g  
hơn) vì khi đó

Căn cứ vào  
chênh lệch n  
đáng lẽ chênh  
như tại C ch

Diện tích t  
đó (4) là hai t

Hình 3.37.

- (2)

- (3)



### 3.23.7.2.3.1. Tính độ võng do gradient nhiệt độ

Với dầm giản đơn chỉ cần xét chênh lệch nhiệt độ âm (mặt trên có nhiệt độ thấp hơn) vì khi đó chênh lệch nhiệt độ mới làm tăng thêm độ võng do hoạt tải.

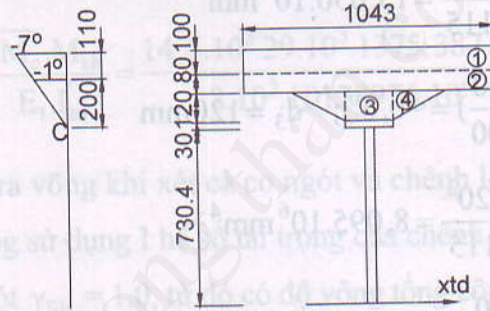
Căn cứ vào biểu đồ chênh lệch nhiệt độ trong tiêu chuẩn thiết kế vẽ được biểu đồ chênh lệch nhiệt độ như trên hình 11. Ở đây  $t = 300\text{mm}$ ,  $A = 300\text{mm}$  nên ở điểm C đáng lẽ chênh lệch nhiệt độ còn là  $-0,33^\circ$ ; chênh lệch này quá nhỏ nên bỏ và xem như tại C chênh lệch nhiệt độ bằng 0.

Diện tích tương ứng với biểu đồ chênh lệch nhiệt độ âm chia thành 4 phần trong đó (4) là hai tam giác ở hai bên vút (Hình 3.37).

$$- (1) A_1 = \frac{1750.100}{7,115} = 24595,924\text{mm}^2$$

$$y_1^* = 730,4 + 30 + 120 + 80 + \frac{100}{2} = 1040,4\text{mm}$$

$$T_{a1} = \frac{-7-1}{2} = -4^\circ$$



**Hình 3.37.** Biểu đồ chênh lệch nhiệt độ âm và phân chia diện tích để tính hiệu ứng TG

$$- (2) A_2 = \frac{1750.80}{7,115} = 19676,739\text{mm}^2$$

$$y_2^* = 730,4 + 30 + 120 + \frac{80}{2} = 920,4\text{mm}$$

$$T_{a2} = -1. \frac{160}{200} = -0,8^\circ$$

$$- (3) A_3 = \frac{400.120}{7,115} = 6746,311\text{mm}^2$$

$$y_3^* = 730,4 + 30 + \frac{120}{2} = 820,4\text{mm}$$



$$T_{a3} = -1 \cdot \frac{60}{200} = -0,3^\circ$$

$$(4) A_3 = \frac{120 \cdot 120}{7,115} = 2023,893 \text{ mm}^2$$

$$y_4^* = 730,4 + 30 + \frac{2}{3} \cdot 120 = 840,4 \text{ mm}$$

$$T_{a4} = -1 \cdot \frac{80}{200} = -0,4^\circ$$

$$(1) \Delta T_1 = -7 - (-1) = -6^\circ; d_1 = 100 \text{ mm}$$

$$I_1^* = \frac{1750 \cdot 100^3}{12 \cdot 7,115} = 20,497 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$(2) \Delta T_2 = -1 - \left(\frac{120}{200}\right) = -0,4^\circ; d_2 = 86 \text{ mm}$$

$$I_2^* = \frac{1750 \cdot 86^3}{12 \cdot 7,115} = 13,036 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$(3) \Delta T_3 = -\left(\frac{120}{200}\right) = -0,6^\circ; d_3 = 120 \text{ mm}$$

$$I_3^* = \frac{400 \cdot 120^3}{12 \cdot 7,115} = 8,095 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$(4) \Delta T_4 = -\left(\frac{120}{200}\right) = -0,6^\circ; d_4 = 120 \text{ mm}$$

$$I_4^* = \frac{400 \cdot 120^3}{36 \cdot 7,115} = 1,619 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Theo công thức (3-163) có:

$$M_{TG} = E_t \cdot \alpha \cdot \sum (T_{ai} \cdot y_i^* \cdot A_i + \frac{\Delta T_i}{d_i} \cdot I_i^*)$$

Vì chênh lệch nhiệt độ âm sinh ra có mômen dương nên khi tính bỏ dấu (-) ở  $T_{ai}$  và  $\Delta T_{ai}$ .

$$M_{TG} = 20000 \cdot 11,7 \cdot 10^{-6} \cdot (119187,51 \cdot 10^3 + 1330,865 \cdot 10^3) = 282,013 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$= 282,014 \text{ kNm}$$

Tính độ  
giữa nhịp C

Tại C đặt  
đồ đơn vị M

Xem nh  
nhiệt độ  
chiều dọc  
biểu đồ  $M_{TG}$

3.23.7.2.

Ở trên đ  
nhiệt độ âm

3.23.7.2.

Trong tổ  
hệ số tải trọng

nhỏ hơn

3.23.8.1

Sử dụng  
tải thiết kế  
LL, IM và  
đó khi xem  
= 1,50 và h

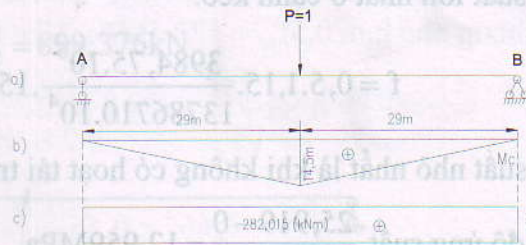
3.23.8.1



Tính độ võng ở mặt cắt giữa nhịp C do gradien âm:

Tại C đặt  $P = 1$  ta có biểu đồ đơn vị  $M_c$  (Hình 3.38b).

Xem như chênh lệch nhiệt độ không đổi theo chiều dọc dầm từ đó ta có biểu đồ  $M_{TG}$  (Hình 3.38c):



Hình 3.38. Biểu đồ  $M_c$  và  $M_{TG}$  tính độ võng tại C do TG

$$y_{TG} = \frac{\overline{M_c} M_{TG}}{E_t I_{td}}$$

$$y_{TG} = \frac{14,5 \cdot 10^3 \cdot 29 \cdot 10^3 \cdot 282,013 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^5 \cdot 13786711 \cdot 10^4} = 4,3 \text{ mm}$$

#### 3.23.7.2.3.2. Tính độ võng do co ngót

Ở trên đã tính được  $M_{sh} = 1375,387 \text{ kNm}$  nên tương tự như khi tính với chênh lệch nhiệt độ âm có.

$$y_{sh} = \frac{\overline{M_c} \cdot M_{sh}}{E_t \cdot I'_{td}} = \frac{14,5 \cdot 10^3 \cdot 29 \cdot 10^3 \cdot 1375,387 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^5 \cdot 10178976 \cdot 10^4} = 28,409 \text{ mm}$$

#### 3.23.7.2.3.3. Kiểm tra võng khi xét cả co ngót và chênh lệch nhiệt độ

Trong tổ hợp tải trọng sử dụng I hệ số tải trọng của chênh lệch nhiệt độ  $\gamma_{TG} = 0,50$ , hệ số tải trọng do co ngót  $\gamma_{sh} = 1,0$ , từ đó có độ võng tổng cộng:

$$y_c = 39,211 + 0,5 \cdot 4,3 + 1,0 \cdot 28,409 = 69,77 \text{ mm}$$

nhỏ hơn độ võng giới hạn  $[y] = 73,25 \text{ mm}$

### 3.23.8. Kiểm tra theo TTGH mỗi

Sử dụng TTGH mỗi I với tuổi thọ vĩnh cửu để kiểm tra. Tải trọng mỗi là một xe tải thiết kế với khoảng cách giữa hai trục  $145 \text{ kN}$  là  $9 \text{ m}$ ; Tổ hợp tải trọng mỗi I có LL, IM và CE nhưng vì cầu thẳng không có lực ly tâm nên chỉ còn LL và IM, trong đó khi xem xét mỗi IM = 15% nên hệ số xung kích  $(1+IM) = 1,15$ . Hệ số tải trọng  $\gamma_L = 1,50$  và hệ số phân bố ngang là  $0,50$  vì không còn hệ số làn xe  $1,20$ .

#### 3.23.8.1. Kiểm tra mỗi bản cánh chịu kéo

$$\sum P_i y_i = 35 \cdot 12,35 + 145 \cdot (10 + 14,5) = 3984,75 \text{ kNm}$$



Ứng suất lớn nhất ở cánh kéo:

$$f = 0,5.1,15. \frac{3984,75.10^6}{13786710.10^4} .1559,6 = 25,919 \text{MPa}$$

Ứng suất nhỏ nhất là khi không có hoạt tải trên cầu  $f = 0$ .

$$\text{Biên độ ứng suất } \frac{25,919 - 0}{2} = 12,959 \text{MPa}$$

- Sức kháng mỗi danh định  $(\Delta F)_n$ :

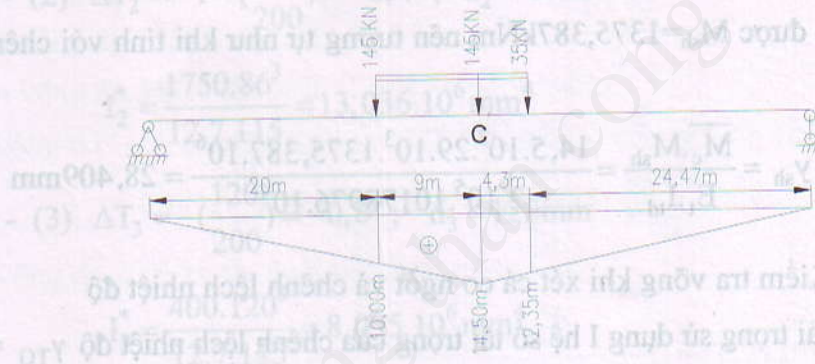
Với tổ hợp tải trọng mỗi I và tuổi thọ vĩnh cửu

$$(\Delta F)_n = (\Delta F)_{TH}$$

$(\Delta F)_{TH}$  - ngưỡng mỗi, lấy theo bảng, xem dầm là chi tiết loại B có  $(\Delta F)_{TH} = 110 \text{MPa}$ ;

$$\gamma(\Delta F) = 1,50.12,959 = 19,439.$$

$$\gamma(\Delta F) = 19,439 \text{ MPa} < (\Delta F)_n = 110 \text{ MPa}.$$



**Hình 3.39.** Xếp tải trên đường ảnh hưởng  $M_c$  để tính biên độ ứng suất mỗi

### 3.23.8.2. Kiểm tra mỗi bản bụng

#### 3.23.8.2.1. Tính lực cắt trong bản bụng

Lực cắt ( $V_u$ ) gồm lực cắt do tĩnh tải không có hệ số và hoạt tải mỗi.

- Lực cắt do tĩnh tải không có hệ số ( $V_{u1}$ ):

$$V_{u1} = \frac{(16,943 + 3,11 + 2,202).58}{2} = 645,395 \text{kN}$$

- Lực cắt do hoạt tải mỗi ( $V_{u2}$ ):

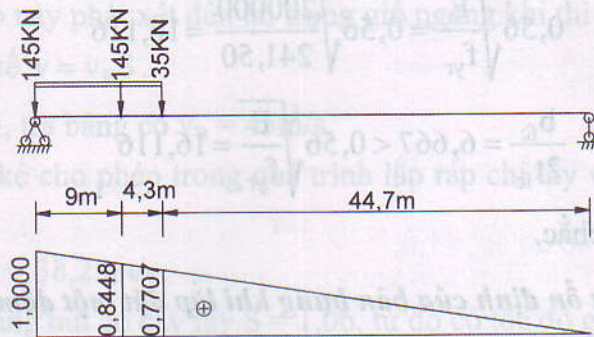
$$\sum P_i y_i = 35,0,7707 + 145.(1 + 0,8448) = 294,471 \text{kN}$$

$$V_{u2} = 0,5.1,15.1,5.294,471 = 253,981 \text{kN}$$



- Lực cắt tổng cộng:

$$V_u = V_{u1} + V_{u2} = 899,376 \text{ kN}$$



**Hình 3.40.** Xếp xe tải thiết kế của tải trọng mỗi để tính lực cắt  $V_{u2}$

### 3.23.8.2.2. Tính sức kháng ổn định khi cắt của bụng dầm ( $V_{cr}$ )

Ở trên đã tính được:

$$c = 0,778; V_p = 11255,625 \text{ kN và } V_{cr} = 0,778 \cdot 11255,625 = 8758,238 \text{ kN}$$

### 3.23.8.2.3. Kiểm tra mỗi bụng dầm

$$V_u = 899,376 \text{ kN} < V_{cr} = 8758,238 \text{ kN}$$

Bụng dầm đảm bảo điều kiện ổn định.

## 3.23.9. Kiểm tra khả năng thi công

### 3.23.9.1. Kiểm tra điều kiện đặc chắc của bụng dầm và cánh dầm

- Kiểm tra bụng dầm:

$$\frac{2D_c}{t_w} = \frac{2 \cdot 1110,586}{25} = 88,847$$

$$5,7 \sqrt{\frac{E}{f_{yc}}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000}{345}} = 137,24$$

$$\frac{2D_c}{t_w} = 88,847 < 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_{yc}}} = 137,24$$

Bụng dầm là đặc chắc.

- Kiểm tra cánh dầm:

$$\frac{b_{fc}}{2t_{fc}} = \frac{400}{2 \cdot 30} = 6,667$$



$f_{yr}$  = lấy giá trị nhỏ hơn của  $0,7f_{yc} = 0,7.345 = 241,50\text{MPa}$  và  $f_{yw} = 345\text{MPa}$  nhưng không nhỏ hơn  $0,5f_{yc} = 172,5\text{MPa}$ . Vậy  $f_{yr} = 241,50\text{MPa}$ .

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_{yr}}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{241,50}} = 16,116$$

$$\frac{b_{fc}}{2t_{fc}} = 6,667 < 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_{yr}}} = 16,116$$

Cánh dầm là đặc chắc.

### 3.23.9.2. Kiểm tra ổn định của bản bụng khi lắp đặt một dầm

$$f_{bu} \leq \phi_t \cdot F_{crw}$$

- Khi chế tạo dầm hoặc khi lắp một dầm lên gôì chưa liên kết với dầm bên cạnh bằng liên kết ngang (trừ trường hợp lao lắp 2 dầm đồng thời) tĩnh tải chỉ có trọng lượng bản thân dầm và sườn tăng cường ngang  $7,459\text{kN/m}$ .

$$M = \frac{7,439.58^2}{8} \cdot 1,25 = 3920,637\text{kN/m}$$

Ứng suất do tĩnh tải bản thân:

$$+ \text{Mép trên } f_c = \frac{-3920,637.10^6}{6872998.10^4} \cdot 1304,6 = -74,42\text{MPa};$$

$$+ \text{Mép dưới } f_t = \frac{3920,637.10^6}{6872998.10^4} \cdot 1015,4 = 57,922\text{MPa}.$$

$F_{crw}$  - Sức kháng ổn định danh định khi uốn bản bụng:

$$F_{crw} = \frac{0,9.E.k}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2}$$

$$k = \frac{9}{\left(\frac{D_c}{D}\right)^2} = \frac{9}{\left(\frac{1110,586}{2250}\right)^2} = 36,941$$

$$v = v_{BS}$$

$$F_{crw} = \frac{0,9.2.10^5.36,941}{\left(\frac{2250}{25}\right)^2} = 820,90\text{MPa}$$

$$|f_c| = 74,42\text{MPa} < F_{crw} = 820,90\text{MPa}$$

$$f_t = 57,922\text{MPa} < F_{crw} = 820,90\text{MPa}$$

### 3.23.9.3. TTGHCD II

Trong trường hợp

Tốc độ giới hạn

Cầu ở vùng

Tiêu chuẩn

trong bảng.

Vậy  $v_B =$

Cầu ở khu vực

trọng tải

Áp lực giới hạn

- Mômen uốn

ở vị trí

Hệ số chỉnh

lấy hệ số

mômen uốn

ở vị trí

Điều kiện

Mômen uốn

ở vị trí

TTGHCD II

Điều kiện

Chú ý rằng

$\frac{2320}{2} = 1160$

mômen uốn

mômen xoắn

với mômen

Ứng suất



### 3.23.9.3. Kiểm tra bản cánh nén khi chế tạo và lắp đặt một dầm trong TTGHCD III

Trong trường hợp này phải xét đến tải trọng gió ngang khi thi công.

Tốc độ gió thiết kế  $v = v_B S$ .

Cầu ở vùng gió II, tra bảng có  $v_B = 45\text{m/s}$ .

Tiêu chuẩn thiết kế cho phép trong quá trình lắp ráp chỉ lấy  $v_B = 85\%$  giá trị cho trong bảng.

Vậy  $v_B = 0,85.45 = 38,25\text{m/s}$

Cầu ở khu vực vùng núi có cây lấy  $S = 1,06$ , từ đó có tốc độ gió để tính toán

$$v = 38,25.1,06 = 40,545\text{m/s}.$$

Áp lực gió trên 1 mét dài dầm:

$$P_D = 0,0006.v^2 A_t C_d \geq 1,8 A_t (\text{kN})$$

$$A_t = 2,320.1 = 2,320\text{m}^2$$

Hệ số chắn gió  $C_d = 1,0$ :

$$P_D = 0,0006.40,545^2.2,320.1,0 = 2,288\text{kN/m}$$

Lấy hệ số tải trọng của gió ngang trong TTGH cường độ III là  $\gamma_{ws} = 1,40$  có mômen uốn ngang:

$$M_{ng} = \frac{2,288.58000^2}{8} . 1,40 = 1346,946.10^6 \text{ Nmm} = 1346,946\text{kNm}$$

Mômen quán tính của mặt cắt dầm thép đối với trục trung tâm y:

$$I_y = \frac{30.400^3}{12} + \frac{2250.25^3}{12} + \frac{40.600^3}{12} = 882,93.10^6 \text{ mm}^4$$

Chú ý rằng,  $P_D = 2,288 \text{ kN/m}$  đặt ở giữa chiều cao dầm, tức là cánh đáy dầm  $\frac{2320}{2} = 1160\text{mm}$  và nằm trên trọng tâm mặt cắt  $1160 - 1015,4 = 144,6\text{mm}$ , khi tính mômen uốn ngang ( $M_{ng}$ ) đã chuyển  $2,288\text{kN/m}$  về trọng tâm và thêm vào một mômen xoắn  $2,288.144,6 = 330,84\text{Nmm}$  nhưng vì mômen này nhỏ hơn rất nhiều so với mômen uốn ngang nên bỏ qua trong tính toán.

Ứng suất bất lợi do uốn ngang ở cánh trên:

$$f_{tc} = \pm \frac{1346,946.10^6}{882,93.10^6} . 200 = \pm 305,108\text{MPa}$$



Ứng suất bất lợi do uốn ngang ở cánh dưới :

$$f_{ft} = \pm \frac{1346.946.10^6}{882.93.10^6} . 300 = \pm 457,662 \text{MPa}$$

Công thức kiểm tra:

$$f_{bu} + \frac{1}{3} . f_{lc} \leq R_h . F_{nc}$$

Trong đó  $R_h$  : hệ số lai,  $R_h = 1,0$ ;

$F_{nc}$  : sức kháng uốn của bản cánh nén, ở đây là bản cánh trên.

Bán kính quán tính có hiệu cho ổn định xoắn ngang:

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12.(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{D_c}{b_{fc} \cdot t_{fc}})}} = \frac{400}{\sqrt{12.(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{1110,586}{400 \times 30})}} = 113,729 \text{mm}$$

$$L_p = r_t \cdot \sqrt{\frac{F}{f_{yr}}} = 1137,729 \cdot \sqrt{\frac{200000}{241,5}} = 3272,862 \text{mm} = 3,273 \text{m}$$

$$L_r = \pi \cdot r_t \cdot \sqrt{\frac{F}{f_{yr}}} = 3,14 \cdot 3272,862 = 10276,786 \text{mm} = 10,277 \text{m}$$

Ở đây chiều dài không đẳng là  $L_b = 3,625 \text{m}$ , do đó ta có  $L_p < L_b < L_r$  nên ta có:

$$F_{nc} = C_b \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{f_{yr}}{R_h \cdot f_{yc}} \right) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \cdot R_b \cdot R_h \cdot f_{yc} \leq R_b \cdot R_h \cdot f_{yc}$$

$R_b = 1,0$  ;  $R_h = 1,0$  ;  $C_b = 1,0$  ;  $f_{yr} = 241,50 \text{MPa}$  ;  $f_{yc} = 345 \text{MPa}$  nên:

$$F_{nc} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{241,5}{345} \right) \cdot \left( \frac{3,625 - 3,273}{10,277 - 3,273} \right) \right] \cdot 345 = 339,798 \text{MPa} < R_b \cdot R_h \cdot f_{yc} = 345 \text{MPa}$$

Cánh nén có :

$$f_{bu} + \frac{1}{3} \cdot f_{lc} = |-72,42| + \frac{1}{3} \cdot 305,108 = 174,123 \text{MPa} < F_{nc} = 339,798 \text{MPa}$$

### 3.23.9.4. Kiểm tra bản cánh kéo khi chế tạo ,lắp đặt một dầm trong trạng thái TTGHCD III

Sức kháng uốn của cánh kéo:  $F_{nt} = R_h \cdot f_{yt} = 1,0 \cdot 345 = 345 \text{MPa}$



$$f_{bu} + \frac{1}{3} \cdot f_{lt} = 57,922 + \frac{1}{3} \cdot 457,662 = 210,476 \text{MPa} < F_{nt}$$

Kết quả kiểm tra cho thấy khi chế tạo và lắp đặt một dầm các điều kiện cường độ và ổn định vẫn đảm bảo, tuy nhiên khi chế tạo hoặc lắp đặt một dầm vẫn phải neo chống để tránh dầm bị lật do mất ổn định vị trí.

### 3.23.9.5. Kiểm tra ổn định của bản bụng khi đổ bê tông bản

- Khi đổ xong bê tông bản nhưng bê tông chưa đông cứng, tải trọng gồm có tĩnh tải giai đoạn I, tải trọng ván khuôn và tải trọng thi công (các thiết bị đổ và dầm bê tông).

- Giả sử cánh trên không có giằng ngang tạm còn cánh dưới giằng liên tục. Tải trọng ván khuôn 3kN/m, tải trọng khi thi công là 0,6kN/m, hệ số tải trọng là 1,25kN/m trừ hệ số tải trọng của tải trọng thi công là 1,50.

- Mômen uốn do các tải trọng sinh ra ở mặt cắt giữa nhịp:

$$M = \left[ (16,943 + 3) \cdot 1,25 + 0,6 \cdot 150 \right] \cdot \frac{58^2}{8} = 10860,989 \text{kNm}$$

- Ứng suất ở mép trên và mép dưới dầm:

$$f_c = - \frac{10860,989 \cdot 10^6}{6872998 \cdot 10^4} \cdot 1304,6 = -206,158 \text{MPa}$$

$$f_b = \frac{10860,989 \cdot 10^6}{6872998 \cdot 10^4} \cdot 1015,4 = 160,458 \text{MPa}$$

- Điều kiện ổn định:  $f_{bu} \leq \phi_f \cdot F_{crw} = 1,0 \cdot 820,90 = 820,90 \text{MPa}$ .

### 3.23.9.6. Kiểm tra bản cánh chịu nén ở thời điểm đổ bê tông bản theo TTGHCD III

- Diện tích hứng gió trên 1m chiều dài dầm:

$$A_t = (2,320 + 0,12 + 0,18) \cdot 1 = 2,620 \text{m}^2$$

$$P_D = 0,0006 \cdot 40,545^2 \cdot 2,62 \cdot 1,0 = 2,584 \text{kN/m}$$

- Xem như tải trọng gió ngang truyền đều cho 4 dầm nhờ liên ngang và giằng ngang ở cánh kéo:

$$M_n = \frac{2,584 \cdot 58000^2 \cdot 1,4}{4 \cdot 8} = 380,3 \cdot 10^6 \text{Nmm} = 380,30 \text{kNm}$$

$$f_{lc} = \pm \frac{380,3 \cdot 10^6}{882,93 \cdot 10^6} \cdot 200 = \pm 86,145 \text{MPa}$$



$$f_{lt} = \pm \frac{380,3 \cdot 10^6}{882,93 \cdot 10^6} \cdot 300 = \pm 129,218 \text{MPa}$$

- Ứng suất tổng cộng trong cánh nén:

$$|f_c| + \frac{1}{3} \cdot f_{lc} = 206,158 + \frac{1}{3} \cdot 86,145 = 234,873 \text{MPa}, \text{ nhỏ hơn sức kháng}$$

$$F_{nc} = 339,789 \text{MPa}$$

### 3.23.9.7. Kiểm tra bản cánh chịu kéo ở thời điểm đổ bê tông bản mặt cầu theo TTGHCD III

$$f_t + \frac{1}{3} \cdot f_{lt} = 160,458 + \frac{1}{3} \cdot 129,218 = 203,531 \text{MPa}, \text{ nhỏ hơn sức kháng}$$

$$F_{nt} = 345 \text{MPa}$$

### 3.23.9.8. Kiểm tra cắt bản bụng

Khi thi công lớp phủ mặt cầu, tải trọng:

$DC_1 = 16,943 \text{kN/m}$ ;  $DC_2 = 3,11 \text{kN/m}$ ;  $DW = 2,202 \text{kN/m}$  và tải trọng thi công  $0,6 \text{kN/m}$ . Ở thời điểm này vẫn xem  $DW$  là tải trọng ngắn hạn.

$$V_u = [(16,943 + 3,11 + 2,202) \cdot 1,25 + 0,6 \cdot 1,5] \cdot \frac{58}{2} = 832,844 \text{kN}$$

$$V_{cr} = 8758,238 \text{kN}$$

$$V_u = 832,844 \text{kN} < \phi_v \cdot V_{cr} = 1,0 \cdot 8758,238 = 8758,238 \text{kN}$$

### 3.23.10. Tính toán mỗi nối

Dầm chủ có 2 mỗi nối cách các đầu dầm  $19,30 \text{m}$ , tức là cách hai gối hai đầu  $19 \text{m}$ . Cả mỗi nối bụng dầm và cánh dầm đều ở cùng mặt cắt.

Mỗi nối bụng dầm gồm hai tấm nối  $2130 \times 780 \times 18 \text{(mm)}$ , bulông  $\phi 22 \text{mm}$ , lỗ tiêu chuẩn  $24 \text{mm}$ . Tào lỗ bằng cách khoan rồi doa. Bề mặt tiếp xúc loại A. Mỗi bên có 45 bulông phân thành 3 cột, mỗi cột 15 đỉnh. Khoảng cách các đỉnh theo hai phương đều là  $145 \text{mm}$ , khoảng cách từ đỉnh đến mép  $50 \text{mm}$ , khoảng cách từ đỉnh đến mặt cắt nối  $50 \text{mm}$ .

Mỗi nối cánh trên gồm 3 tấm nối, tấm nối trên có kích thước  $950 \times 400 \times 18 \text{(mm)}$ , hai tấm nối dưới giống nhau và có kích thước  $950 \times 175 \times 18 \text{(mm)}$ . Trên mỗi tấm dưới theo chiều ngang có 2 bulông, khoảng cách tim bulông  $75 \text{mm}$ , khoảng cách đến mép  $50 \text{mm}$ ; mỗi bên có 24 bulông (6 hàng).

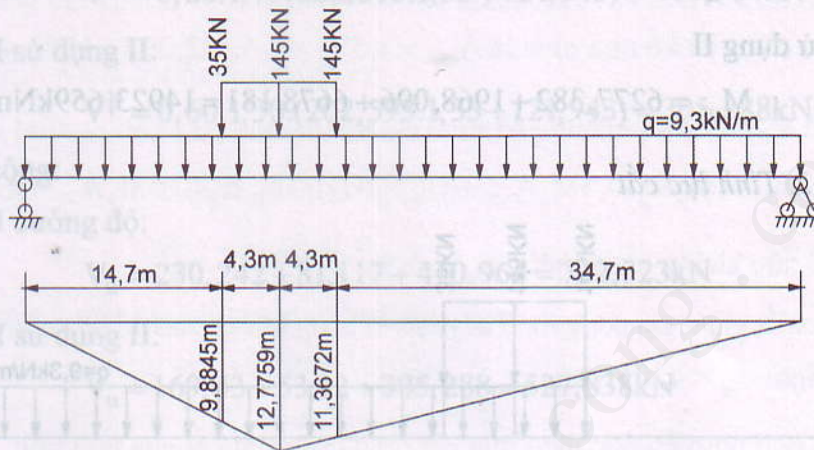


Mỗi nối cách dưới gồm 3 tấm nối, tấm nối dưới có kích thước 950x600x24(mm), hai tấm nối trên giống nhau và có kích thước 950x250x24(mm), trên mỗi tấm trên theo chiều ngang có 3 bulông, khoảng cách tim các bulông 75mm, khoảng cách đến mép 50mm. Mỗi bên có 36 bulông (6 hàng).

### 3.23.10.1. Tính mô men uốn và lực cắt ở mặt cắt mỗi nối

#### 3.2310.1.1. Tính mômen uốn

Do tính tải giai đoạn I:



Hình 3.41. Xếp tải để tính mômen uốn ở mặt cắt nối

- TTGH cường độ:

$$M_I = 16,943.1,25.370,5 = 7846,727\text{kNm}$$

-TTGH sử dụng:

$$M_s^I = 16,943.370,5 = 6277,382\text{kNm}$$

Do tính tải giai đoạn II:

- TTGH cường độ:

$$M^{II} = (3,11.1,25 + 2,202.1,5).370,50 = 2664,680\text{kNm}$$

- TTGH sử dụng:

$$M_3^{II} = (3,11 + 2,202).370,50 = 1968,096\text{kNm}$$

Do HL (Hình 15):

$$\sum P_i y_i = 35.9,8845 + 145(12,4459 + 11,3642) = 3846,707\text{kNm}$$

$$q_w = 9,3.370,5 = 3445,65\text{kNm}$$



- TTGH cường độ:

$$M^h = 0,6.1,75(3846,707.1,33 + 3445,65) = 8989,859\text{kNm}$$

- TTGH sử dụng II:

$$M_s^h = 0,60.1,30(3846,707.1,33 + 3445,65) = 6678,181\text{kNm}$$

Tổng cộng:

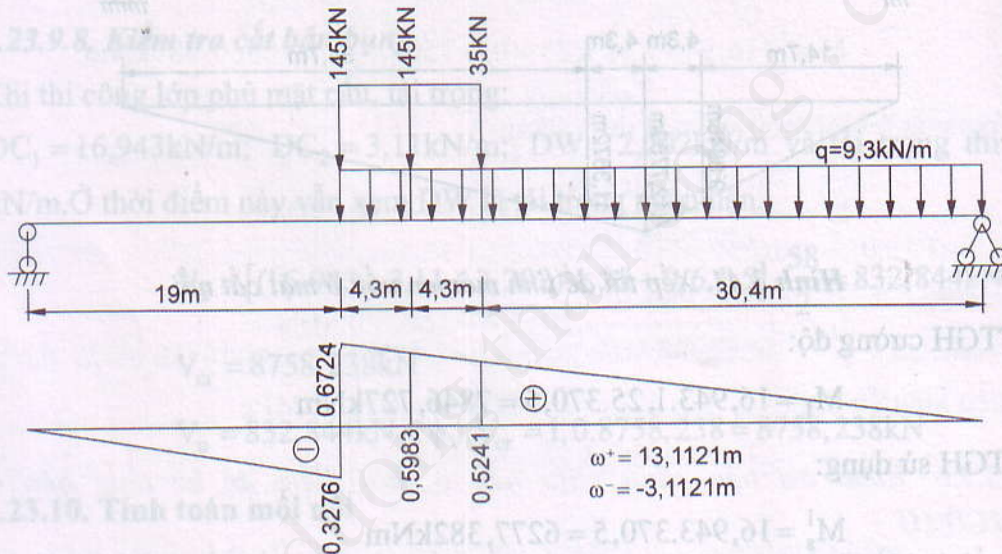
- TTGH cường độ

$$M_u = 7846,727 + 2664,680 + 8989,859 = 19500,666\text{kNm}$$

- TTGH sử dụng II

$$M_{us} = 6277,382 + 1968,096 + 6678,181 = 14923,659\text{kNm}$$

### 3.23.10.1.2. Tính lực cắt



Hình 3.42. Xếp tải để tính lực cắt ở mặt cắt mỗi nối

- Do tĩnh tải giai đoạn I:

$$V^I = 16,943.(13,1121.1,25 - 3,1121.0,9) = 230,242\text{kN}$$

$$V_s^I = 16,943.(13,1121 - 3,1121) = 169,43\text{kN}$$

- Do tĩnh tải giai đoạn II:

TTGH cường độ:

$$\begin{aligned} V^{II} &= 3,11.(13,1121.1,25 - 3,1121.0,9) + 2,202(13,1121.1,50 - 3,1121.0,65) \\ &= 81,117\text{kN} \end{aligned}$$



+ TTGH sử dụng:

$$V_s^{\text{II}} = (3,11 + 2,202) \cdot (13,1121 - 3,1121) = 53,120 \text{ kN}$$

- Do hoạt tải (Hình 3.43):

$$\sum P_i y_i = 145 \cdot (0,6724 + 0,5983) + 35 \cdot 0,5241 = 202,595 \text{ kN}$$

$$q\omega = 9,3 \cdot 13,1121 = 121,943 \text{ kN}$$

+ TTGH cường độ:

$$V^h = 0,60 \cdot 1,75(202,595 \cdot 1,33 + 121,943) = 410,964 \text{ kN}$$

+ TTGH sử dụng II:

$$V^h = 0,60 \cdot 1,30 \cdot (202,595 \cdot 1,33 + 121,943) = 305,288 \text{ kN}$$

- Tổng cộng:

+ TTGH cường độ:

$$V_u = 230,242 + 81,117 + 410,964 = 722,323 \text{ kN}$$

+ TTGH sử dụng II:

$$V_u = 169,43 + 53,12 + 305,288 = 527,838 \text{ kN}$$

### 3.23.10.2. Kiểm tra mối nối bụng dầm

#### 3.23.10.2.1. Kiểm tra tấm nối

Kiểm tra tấm nối theo TTGH cường độ, theo TTGH này lực cắt thiết kế nhỏ nhất ( $V_{nw}$ ) phải nhỏ hơn hoặc bằng sức kháng phá hoại cắt khuôn và sức kháng cắt của tấm nối bản bụng.

##### 3.23.10.2.1.1. Tính lực cắt thiết kế nhỏ nhất $V_{uw}$

Ở phần trên đã xác định bụng dầm là bản bụng được tăng cường và đã tính sức kháng cắt danh định của bản biên, vì mối nối cách đầu dầm 19,30m nên phải tính sức kháng danh định của khoang phía trong để từ đó suy ra lực cắt thiết kế nhỏ nhất.

$$\frac{D t_w}{b_{fc} t_{fc} + b_{ft} t_{ft}} = \frac{2250 \cdot 25}{400 \cdot 30 + 600 \cdot 40} = 1,5625 > 1,25 \text{ nên công thức tính sức kháng cắt}$$

của khoang phía trong là:

$$V_u = V_p \left[ c + \frac{0,87(1-c)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2 + \frac{d_o}{D}}} \right]$$



Đã có:  $c = 0,778$

$$V_p = 11255,625 \text{ kN}$$

$$V_n = 11255,625 \cdot \left[ 0,778 + \frac{0,87 \cdot (1 - 0,778)}{\sqrt{1 + \left(\frac{3625}{2250}\right)^2 + \frac{3625}{2250}}} \right] = 9376,693 \text{ kN}$$

$$V_n = 722,323 \text{ kN} < 0,5\phi_v V_n = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 9376,693 = 4688,347 \text{ kN}$$

nên lấy lực cắt thiết kế nhỏ nhất là  $V_{nw} = 1,5V_u = 1,5 \cdot 722,323 = 1083,485 \text{ kN}$

### 3.23.10.2.1.2. Tính sức kháng phá hoại cắt khuôn của tấm nổi

$$R_n = \phi_{bs} R_p (0,58f_u A_{vn} + U_{bs} f_u A_{tn}) \leq \phi_{bs} R_p (0,58f_y A_{vg} + U_{bs} f_u A_{tn})$$

$\phi_{bs}$  - hệ số sức kháng cắt khuôn;  $\phi_{bs} = 0,8$ ;

$R_p$  - hệ số chiết giảm gia công lỗ, ở đây tạo lỗ bằng khoan sau đó doa nên  $R_p = 1,0$

$f_y = 345 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 450 \text{ MPa}$ ;

$A_{vg}$  - diện tích nguyên dọc theo mặt cắt chịu ứng suất cắt của tấm nổi:

$$A_{vg} = 2130 \times 18 = 38340 \text{ mm}^2$$

$A_{vn}$  - diện tích thực chịu cắt,  $A_{vn} = 38340 - 15 \cdot 24 \cdot 18 = 31860 \text{ mm}^2$ ;

$A_{tg}$  - diện tích nguyên dọc theo mặt cắt chịu ứng suất kéo, ở đây bản bụng còn chịu mômen uốn dương nên phía dưới tấm nổi chịu kéo,  $A_{tg} = \frac{38340}{2} = 19170 \text{ mm}^2$ ;

$A_{tn}$  - diện tích thực dọc theo diện tích chịu kéo  $A_{tn} = \frac{31860}{2} = 15930 \text{ mm}^2$ ;

$$R_n = 0,8 \cdot 1,0 (0,58 \cdot 450 \cdot 31860 + 0,50 \cdot 450 \cdot 15930) = 9519768 \text{ N} = 9519,768 \text{ kN}$$

Trong đó  $U_{bs}$  - hệ số chiết giảm sức kháng cắt khuôn, ở đây ứng suất kéo không đều nên có  $U_{bs} = 0,50$ .

$$\text{Vì: } \phi_{bs} R_p (0,58f_y A_{vg} + U_{bs} f_u A_{tg}) = 0,8 \cdot 1,0 \cdot (0,58 \cdot 345 \cdot 38340 + 0,50 \cdot 450 \cdot 15930)$$

$$= 9004867 \text{ N} = 9004,867 \text{ kN} \text{ nhỏ hơn } R_r = 9519,768 \text{ kN} \text{ nên lấy } R_n = 9004,867 \text{ kN}$$

### 3.23.10.2.1.3. Tính sức kháng cắt của tấm nổi bản bụng

Sức kháng cắt của tấm nổi bản bụng là giá trị nhỏ hơn của cắt chảy và cắt nứt gãy



+ Tính sức kháng cắt chảy:

$$R_r = \phi_n 0,58 f_y A_{vg} = 1,0 \cdot 0,58 \cdot 345 \cdot 38340 = 76718340 \text{ N} = 7671,834 \text{ kN}$$

+ Tính sức kháng chảy nứt gãy:

$$R_n = \phi_w 0,58 R_p f_u A_{vn} = 0,80 \cdot 0,58 \cdot 1,0 \cdot 503 \cdot 31862 = 68523620 \text{ N} = 68523,62 \text{ kN}$$

Lấy  $R_n = 6852,368 \text{ kN}$ .

Kiểm tra: Lực cắt thiết kế nhỏ nhất  $V_{uw} = 1023,485 \text{ kN}$  nhỏ hơn giá trị nhỏ hơn của sức kháng cắt khuôn  $9004,867 \text{ kN}$  và sức kháng cắt của tấm nối  $6852,368 \text{ kN}$ .

### 3.23.10.2.2. Kiểm tra bu lông liên kết

Kiểm tra bulông liên kết theo TTGH sử dụng II, với điều kiện:  $V_u \leq R_n$

Sức kháng trượt danh định của một bulông:

$$R_{nl} = K_h K_s N_s P_t$$

$N_s$  - số lượng mặt ma sát cho một bulông,  $N_s = 2$ ;

$P_t$  - lực kéo nhỏ nhất yêu cầu  $P_t = 176 \text{ kN}$ ;

$K_h$  - hệ số kích thước lỗ, lỗ tiêu chuẩn  $K_h = 1,0$ ;

$K_s$  - hệ số điều kiện bề mặt, mặt loại A:  $K_s = 0,33$ ;

$$R_{nl} = 1,0 \cdot 0,33 \cdot 2 \cdot 176 = 116,16 \text{ kN}$$

Sức kháng trượt danh định của bulông ở một bên:

$$R_n = 116,16 \cdot 45 = 5227,21 \text{ kN}$$

$$V_u = 527,383 \text{ kN} < R_n = 5227,20 \text{ kN}$$

### 3.23.10.3. Kiểm tra mối nối cánh dầm

Mối nối cánh trên dầm và mối nối cánh dưới dầm khác nhau nên phải kiểm tra cho từng mối nối, ở mỗi mối nối phải kiểm tra tấm nối và kiểm tra bulông liên kết.

#### 3.23.10.3.1. Kiểm tra mối nối cánh nén

##### 3.23.10.3.1.1. Kiểm tra tấm nối

- Tấm nối cánh trên chịu nén có:

$$\text{Diện tích nguyên của cánh: } A_g = 400 \cdot 30 = 12000 \text{ mm}^2;$$

$$\text{Diện tích thực của cánh: } A_n = 12000 - 4 \cdot 24 \cdot 30 = 9120 \text{ mm}^2;$$



Diện tích nguyên của các tấm nối:  $A_g' = 400.18 + 2.175.18 = 13500 \text{ mm}^2$ ;

Diện tích thực của các tấm nối:  $A_n' = 13500 - 8.24.18 = 10044 \text{ mm}^2$ .

$$\text{- Ứng suất thiết kế: } F_{cf} = \frac{\left[ \frac{f_{cf}}{R_h} + \alpha \phi_f f_{yf} \right] R_g}{2} \geq 0,75 \alpha \phi_f f_{yf} R_g.$$

$A_c$ : Diện tích có hiệu của bản cánh, với cánh nén diện tích có hiệu lấy bằng diện tích nguyên.

$$A_c = A_g = 12000 \text{ mm}^2$$

$$R_h = 1,0; \phi_f = 1,0; f_{yf} = 345 \text{ MPa}; \alpha = 1,0.$$

$$R_g = \frac{(\alpha A_g f_{yf})_{LS}}{(\alpha A_g f_{yf})_{SS}} = 1,0 \quad \text{Vì tích của } A_g \text{ với } \alpha f_{yf} \text{ ở hai bên của mỗi nối cánh trên}$$

như nhau.

$f_{cf}$ : ứng suất uốn lớn nhất do tải trọng của TTGH cường độ tại điểm giữa chiều dày của bản cánh chịu nén.

$$f_{cf} = f^I + f^{II} + f^h$$

$$f^I = \frac{M^I}{I_t} y_t^{II} = -\frac{7846,727.10^6}{6872998.10^4} \cdot 1289,6 = -147,230 \text{ MPa}$$

$$f^{II} = \frac{M^{II}}{I_{td}} y_t^{III} = -\frac{2664,080.10^6}{10178976.10^4} \cdot 1265,63 = -33,134 \text{ MPa}$$

$$f^h = \frac{M^h}{I_{td}} y_t^I = -\frac{8989.10^6}{13786711.10^4} \cdot 1235,18 = -80,542 \text{ MPa}$$

$$f_{cf} = -147,230 - 33,134 - 80,542 = -260,906 \text{ MPa}$$

$$\frac{\left[ \frac{f_{cf}}{R_h} + \alpha \phi_f f_{yf} \right] R_g}{2} = \frac{\left[ \frac{260,906}{1,0} + 1,0 \cdot 1,0 \cdot 345 \right] \cdot 1}{2} = 302,953$$

$$\text{lớn hơn } 0,75 \alpha \phi_f f_{yf} R_g = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 345 \cdot 1,0 = 258,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Vậy } F_{cf} = 302,953 \text{ MPa.}$$

- Sức kháng nén của tấm nối ở bản cánh chịu nén:

$$P_r = \phi_c P_n$$



$\phi_c$ : Hệ số sức kháng nén,  $\phi_c = 0,90$ ;

$P_n$ : Sức kháng nén danh định:

$$P_n = f_{yc} A_g = 345.13500 = 4657500 \text{ N} = 4657,50 \text{ kN}.$$

$P_r$ : Sức kháng nén tính toán:

$$P_r = \phi_c P_n = 0,9.4657,5 = 4191,75 \text{ kN}$$

- Kiểm tra:

$$P_r = 4191,75 \text{ kN} > f_{cf} A_c = 302,953.12000 = 3635436 \text{ N} = 3635,436 \text{ kN}$$

### 3.23.10.3.1.2. Kiểm tra bu lông liên kết ở mỗi nối cánh trên

Kiểm tra theo tổ hợp tải trọng sử dụng II, khi đó lực thiết kế tối thiểu bằng ứng suất do tổ hợp tải trọng sử dụng II nhân với giá trị nhỏ hơn của diện tích nguyên bản cánh ở hai bên mỗi nối phải nhỏ hơn sức kháng trượt.

- Lực thiết kế tối thiểu bằng ứng suất ở giữa chiều cao cánh nén nhân với diện tích nguyên của cánh nén:

Ứng suất  $f_s$ :

+ Do tĩnh tải giai đoạn I:

$$f_s^I = -\frac{6277,382.10^6}{6872998.10^4} \cdot 1189,6 = -117,784 \text{ MPa}$$

+ Do tĩnh tải giai đoạn II:

$$f_s^{II} = -\frac{1968,096.10^6}{10178976.10^4} \cdot 1265,63 = -24,471 \text{ MPa}$$

$$+ \text{Do hoạt tải: } f_s^h = -\frac{6678,181.10^6}{13786711.10^4} \cdot 1235,18 = -59,831 \text{ MPa}$$

$$+ \text{Tổng cộng: } f_s = -117,784 - 24,471 - 59,831 = -202,086$$

$$F_s = \frac{f_s}{R_h} = -\frac{202,086}{1,0} = -202,086 \text{ MPa}$$

+ Lực thiết kế tối thiểu:

$$F_{cf} = 202,086.12000 = 2425032 \text{ N} = 2425,032 \text{ kN}$$

- Sức kháng trượt của:

$$\text{Một bulông: } R_n = K_h K_s N_s P_t$$

$$R_n = 1,0.0,33.2.176 = 116,16 \text{ kN}$$



+ 24 bulông ở một bên mỗi nối:

$$R_n = 116,16 \cdot 24 = 2787,84 \text{ kN}$$

+ Kiểm tra:

Lực thiết kế tối thiểu  $F_{cf} = 2425,032 \text{ kN}$  nhỏ hơn sức kháng trượt của bulông  $R_n = 2787,84 \text{ kN}$ .

### 3.23.10.3.2. Kiểm tra mối nối của cánh kéo

#### 3.23.10.3.2.1. Kiểm tra tấm nối cánh kéo

- Mối nối cánh kéo có:

Diện tích nguyên của cánh:  $600 \cdot 40 = 24000 \text{ mm}^2$ ;

Diện tích thực của cánh:  $24000 - 6 \cdot 24 \cdot 40 = 18240 \text{ mm}^2$ ;

Diện tích nguyên của tấm nối:  $600 \cdot 24 + 2 \cdot 250 \cdot 24 = 26400 \text{ mm}^2$ ;

Diện tích thực tấm nối:  $26400 - 12 \cdot 24 \cdot 24 = 19488 \text{ mm}^2$ .

- Tính ứng suất thiết kế ( $f_{cf1}$ ) và lực thiết kế ( $F_{cf}$ )

$$f_{cf1} = \frac{\left[ \frac{f_{cf}}{R_h} + \alpha \phi_f f_{yf} \right] R_g}{2} \geq 0,75 \alpha \phi_f f_{yf} R_g$$

$$F_{cf} = f_{cf1} \cdot A_c$$

$A_c$ : Diện tích có hiệu của bản cánh, với cánh kéo:

$$A_c = \left( \frac{\phi_u f_u}{\phi_y f_{yf}} \right) A_n \leq A_g$$

$\phi_u$ : Hệ số sức kháng nứt gãy,  $\phi_u = 0,80$ ;

$\phi_y$ : Hệ số sức kháng chảy,  $\phi_y = 0,95$ ;

$$f_u = 450 \text{ MPa}; \quad f_y = 345 \text{ MPa}$$

$$A_c = \frac{0,8 \cdot 450}{0,95 \cdot 345} \cdot 18240 = 20034,781 \text{ mm}^2 < A_g = 24000 \text{ mm}^2$$

$R_g$ : Hệ số điều chỉnh sức kháng của bản cánh:

$$R_g = \frac{\left[ \alpha A_g f_{yf} \right]_{LS}}{\left[ \alpha A_g f_{yf} \right]_{SS}} \leq 1$$



Ở đây  $R_g = 1,0$  vì diện tích mặt cắt ở 2 bên mỗi nối như nhau:

$$f_{cf} = f_{cf}^I + f_{cf}^{II} + f_{cf}^h$$

$$f_{cf}^I = \frac{M^I}{I_t} y_t^I = \frac{7846,727 \cdot 10^6}{6872998 \cdot 10^4} \cdot 995,4 = 113,642 \text{ MPa}$$

$$f_{cf}^{II} = \frac{M^{II}}{I_{td}} y_t^{II} = \frac{2664,080 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1019,37 = 26,679 \text{ MPa}$$

$$f_{cf}^h = \frac{M^h}{I_{td}} y_t^h = \frac{8989 \cdot 10^6}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 1049,82 = 68,455 \text{ MPa}$$

$$f_{cf} = 113,642 + 26,679 + 68,455 = 208,776 \text{ MPa}$$

$$f_{cf1} = \frac{\left( \frac{208,776}{1,0} + 1,0 \cdot 1,0 \cdot 345 \right) \cdot 1,0}{2} = 276,888 \text{ MPa} > 0,75 \phi_f f_{yf} R_g$$

$$= 0,75 \cdot 1,0 \cdot 345 \cdot 1,0 = 258,75 \text{ MPa}$$

Lực thiết kế:

$$F_{cf} = f_{cf1} \cdot A_c = 276,888 \cdot 20034,781 = 5547390 \text{ N} = 5547,39 \text{ kN}$$

- Tính sức kháng kéo của tấm nối:

$$P_r = \min \begin{cases} \phi_y f_y A_g = 1,0 \cdot 345 \cdot 26400 \cdot 10^{-3} = 9108 \text{ kN} \\ \phi_u f_u A_n U = 0,8 \cdot 450 \cdot 19488 \cdot 10^{-3} = 7015,68 \text{ kN} \end{cases}$$

$$P_r = 7015,68 \text{ kN}$$

- Kiểm tra:

$$P_r = 7015,68 > F_{cf} = 5547,39 \text{ kN}.$$

3.23.10.3.2.2. Kiểm tra bulông liên kết ở mỗi nối cánh kéo

Tính lực thiết kế tối thiểu:

Ứng suất thiết kế trong TTGH sử dụng II:

$$f_s^I = \frac{6277,382 \cdot 10^6}{6872998 \cdot 10^4} \cdot 995,4 = 90,914 \text{ MPa}$$

$$f_s^{II} = \frac{1968,096 \cdot 10^6}{10178976 \cdot 10^4} \cdot 1019,37 = 19,709 \text{ MPa}$$



$$f_s^h = \frac{6678,181 \cdot 10^6}{13786711 \cdot 10^4} \cdot 1049,82 = 50,852 \text{ MPa}$$

$$f_s = 90,914 + 19,709 + 50,852 = 161,475 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = \frac{f_s}{R_h} = \frac{161,475}{1,0} = 161,475 \text{ MPa}$$

Lực thiết kế tối thiểu:

$$F_{cf} = f_{sl} \cdot A_g = 161,475 \cdot 24000 = 3875400 \text{ N} = 3875,40 \text{ kN}$$

- Sức kháng trượt:

Của một bulông  $\phi 22$ :

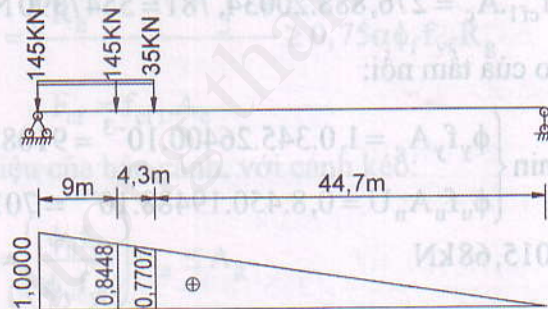
$$R_h = K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_T = 1,0 \cdot 0,33 \cdot 2 \cdot 176 = 116,16 \text{ kN}$$

Mỗi bên mỗi nối có 36 bulông, sức kháng trượt của mỗi nối:

$$R_h = 36 \cdot 116,16 = 4181,46 \text{ (kN)}$$

- Kiểm tra:

Lực thiết kế  $F_y = 3875,40 \text{ kN}$  nhỏ hơn sức kháng trượt của bulông  $R_h = 4181,46 \text{ kN}$ .



Hình 3.43. Xếp xe tải thiết kế của tải trọng mỗi để tính lực cắt  $V_A$

### 3.23.11. Tính toán neo

Cầu sử dụng neo đỉnh, đường kính thân đỉnh 40mm, đường kính mũ đỉnh 100mm. Chiều cao đỉnh 150mm, trong đó chiều cao thân neo đỉnh là 130mm, chiều cao mũ đỉnh 20mm. Neo được chế tạo từ thép thanh kéo nguội với giới hạn chảy 345MPa, giới hạn kéo 445MPa.

- Tính sức kháng mỏi của neo ( $Z_r$ ).

Lưu lượng xe tải bình quân trên ngày đêm (ADTT)<sub>SL</sub> = 1000 xe lớn hơn 960 xe:

$$Z_r = 38 \cdot d^2 = 38 \cdot 20^2 = 15200$$



- Tính biên độ lực cắt do mỗi. Tính theo tổ hợp tải trọng mỗi 1, khi đó có hệ số tải trọng  $\gamma_L = 1,50$  hệ số xung kích  $(1+IM) = 1,15$ .

- Với tải trọng mỗi trên đường ảnh hưởng  $V_A$  như trên Hình 3.43.

$$\sum p_e \cdot y'_e = 35.0,7707 + 145.(1 + 0,8448) = 294,471 \text{ kN}$$

Lực cắt lớn nhất:

$$V_{Amax} = 0,5.1,50.1,15.294,471 = 253,981 \text{ kN}$$

$$V_{Amin} = 0$$

Biên độ lực cắt thẳng đứng:

$$V_f = \frac{V_{Amax} - V_{Amin}}{2} = 126,99 \text{ kN}$$

- Tính lực cắt ngang mỗi cho mỗi đơn vị chiều dài, vì cầu thẳng  $F_{fat} = 0$  nên:

$$V_{Sr} = V_{fat} = \frac{V_d \cdot Q}{I_{td}}$$

$Q$  = Mômen tĩnh của phần bê tông đối với trục  $x_{td}$ .

$$Q = 443,73 \times 10^2 \times 970,4 + 67,46 \cdot 10^2 \cdot 820,4 + 20,24 \cdot 840,4 = 50197906 \\ = 50197,903 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V_{sr} = \frac{126,99 \cdot 10^3 - 50197,906 \cdot 10^3}{13786711 \cdot 10^4} = 46,238 \text{ N/mm.}$$

Bước neo chống cắt theo điều kiện mỗi:

$$p \leq \frac{n \cdot Z_r}{V_r} = \frac{2.15200}{46,238} = 657,468 \text{ mm.}$$

-  $L_p$ : mặt cắt có mômen dương lớn nhất ở giữa nhịp nên chiều dài  $L_p = 29 \text{ m}$ .

-  $L_n$ : không xét do cầu thẳng.

- Tính tổng lực cắt danh định ( $P$ ):

Vì cầu thẳng nên  $P = P_p$

$$P_p = \min \begin{cases} 0,85 f'_c A_s \\ f_y (D t_w + b_{ft} t_{ft} + b_{fc} t_{fc}) \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} 0,85 \cdot 30 \cdot (175 \cdot 180 + 400 \cdot 120 + 120 \cdot 120) = 9623700 \text{ N} \\ 345 \cdot (2250 \cdot 25 + 600 \cdot 40 + 400 \cdot 30) = 31826250 \text{ N} \end{cases} = 9623700 \text{ N}$$

$$P_p = 9623700 \text{ N} = 9623,70 \text{ kN.}$$



- Sức kháng cắt của một neo đỉnh:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc} f_u$$

$$A_{sc}: \text{Diện tích mặt cắt thân đỉnh } A_{sc} = \frac{\pi 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2;$$

$E_c$ : mô đun đàn hồi của bê tông  $E_c = 28109 \text{ MPa}$ .

$$Q_n = 0,5 \cdot 314 \cdot \sqrt{30 \cdot 28109} = 144172,68 \text{ N} > A_{sc} \cdot f_u = 314 \cdot 415 = 130310 \text{ N}$$

Lấy  $Q_n = 130310 \text{ N} = 130,31 \text{ kN}$ .

Sức kháng cắt tính toán của neo đỉnh:

$$Q_r = \Phi_{sc} \cdot Q_n = 0,85 \cdot 130,31 = 110,764 \text{ kN}$$

- Số lượng neo từ gối vào giữa nhịp theo điều kiện cường độ:

$$n = \frac{P}{Q_r} = \frac{9623,70}{110,764} = 86,88$$

Lấy  $n = 102$  đỉnh, bố trí thành 51 hàng, hàng thứ nhất cách đầu dầm 100mm, hàng cuối cùng đứng mặt cắt giữa nhịp, từ đó có các khoảng cách hàng đỉnh là:

$$P = \frac{29300 - 100}{57} = 584 \text{ mm, nhỏ hơn bước đỉnh theo điều kiện môi } 657,468 \text{ mm và}$$

nhỏ hơn khoảng cách tối đa quy định 600mm.

Trên mỗi dầm có  $102 + 100 = 202$  neo đỉnh.

## 4.1. KHÁI

Trước khớp ở ha chịu lực d tính toán chịu uốn.

Khả nã gió thực t đẹp, đảm

Tuy vậ cầu thép đó chi phí

Cầu gi rất phức lý hơn, cả chiều dài giàn hay c

## 4.2. PHÂN

Có nhi loại thông giàn giàn

### 4.2.1. C

Cầu gi (Hình 4.1 và giàn ch



## Chương 4

# CẤU TẠO KẾT CẤU NHỊP CẦU GIÀN THÉP TRÊN ĐƯỜNG Ô TÔ

### 4.1. KHÁI NIỆM, ƯU NHƯỢC ĐIỂM VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG

Trước đây người ta quan niệm giàn là hệ thanh liên kết với nhau chỉ bằng khớp ở hai đầu nên khi đưa tải trọng bản thân thanh về nút thì các thanh giàn chỉ chịu lực dọc trục (kéo, nén). Ngày nay do công cụ tính toán đã tiến bộ nhiều, khi tính toán có thể xét nút cứng. Do đó, các thanh giàn vừa chịu lực dọc trục, vừa chịu uốn.

Khả năng chịu lực ngang của cầu giàn tốt hơn so với cầu dầm do diện tích chắn gió thực tế nhỏ hơn, khoảng cách tim hai giàn chủ lớn. Cầu giàn có thể có hình dáng đẹp, đảm bảo yêu cầu mỹ quan.

Tuy vậy cầu giàn có nhược điểm là cấu tạo phức tạp. Cầu giàn thép nói riêng và cầu thép nói chung chịu ảnh hưởng lớn của khí hậu, môi trường nên rất dễ bị gỉ do đó chi phí cho công tác duy tu bảo dưỡng và sửa chữa tốn kém.

Cầu giàn thích hợp cho cầu nhịp lớn vì khi đó dùng cầu dầm thì mỗi nóc dầm chủ rất phức tạp. Với những cầu có chiều dài nhịp nhỏ hơn 40-50m thường cầu dầm hợp lý hơn, cầu có chiều dài nhịp lớn hơn 80m thường thì giàn hợp lý hơn, những cầu có chiều dài nhịp từ 50 đến 80m thì phải so sánh kỹ về kinh tế và kỹ thuật để xác định giàn hay dầm, phương án nào hợp lý hơn.

### 4.2. PHÂN LOẠI CẦU GIÀN THÉP

Có nhiều cách phân loại cầu giàn thép tuy nhiên ở đây chỉ trình bày cách phân loại thông dụng nhất là theo sơ đồ tĩnh học, theo đó cầu giàn thép có các sơ đồ: cầu giàn giản đơn; cầu giàn hẫng và cầu giàn liên tục.

#### 4.2.1. Cầu giàn giản đơn

Cầu giàn giản đơn thường có các sơ đồ: giàn chủ có hai đường biên song song (Hình 4.11a đến Hình 4.11k), giàn chủ có một đường biên hình đa giác (Hình 4.11l,m) và giàn chủ có một đường biên hình parabol (Hình 4.11n,o).