

Chương 4

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ THI CÔNG KẾT CẤU NHỊP

§4.1. TẢI TRỌNG VÀ NHỮNG TỔ HỢP CỦA CHÚNG

Khi tính toán lao lắp kết cấu nhịp phải xét đến những loại tải trọng sau đây:

1. Tĩnh tải:

- Trọng lượng bản thân của kết cấu tạm
- Trọng lượng bản thân của kết cấu nhịp.
- Áp lực do trọng lượng đất.
- Áp lực thuỷ tĩnh của nước.

2. Tải trọng tạm thời:

- Trọng lượng bản thân của kết cấu nhịp (khi tính kết cấu lắp).
- Tải trọng do các thiết bị cầu chuyển.
- Tải trọng do các thiết bị kéo và hãm khi lao kéo dọc.
- Tải trọng do người, dụng cụ và các thiết bị phụ.
- Áp lực nước chảy.

3. Những tải trọng tạm thời khác:

- Tải trọng gió.
- Tải trọng do tàu thuyền ừn tắc.

Khi tính toán có thể xét các tổ hợp tải trọng đồng thời tác dụng, hoặc phân ra thành tổ hợp lực chính, bao gồm một hoặc một số tải trọng tĩnh và tải trọng tạm thời nêu trong mục 1, 2 và tổ hợp lực phụ bao gồm một hoặc một số tải trọng của tổ hợp lực chính và một hoặc một số tải trọng khác nêu trong mục 3.

Trị số của tải trọng lấy với hệ số vượt tải n . Khi tính tải trọng do cần cẩu thì đưa vào hệ số xung kích $1 + \mu$. Các loại hệ số khi tính tải trọng, nêu trong bảng 4.1.

Bảng 4.1.

Loại tính toán		Hệ số	
		Cho tất cả các loại tải trọng (trừ cần cẩu)	Cho tải trọng do cần cẩu
Theo trạng thái giới hạn thứ nhất (cường độ và độ ổn định)	Cường độ và ổn định hình dạng	n	$1 + \mu$
	Ổn định vị trí	n	n
Theo trạng thái giới hạn thứ hai (biến dạng)		1	1

Trọng lượng bản thân của công trình tạm và của kết cấu lắp tính theo biểu thống kê vật liệu trong bản vẽ thiết kế.

Để ước tính có thể lấy như sau:

- Trọng lượng đường sắt khổ rộng để cung cấp các cấu kiện cho cần cầu lắp: 0,3T/m
- Trọng lượng đường di chuyển cầu: 0,2 T/m
- Trọng lượng đà giáo: 0,1 T/m.
- Trọng lượng đường trượt trên: 0,12 - 0,25.

Áp lực đất và áp lực thủy tĩnh của nước lấy theo chỉ dẫn của quy trình CH-200-62.

Trọng lượng của các thiết bị cầu chuyển lấy theo lí lịch máy, phiếu xuất xưởng hoặc trong các sổ tay máy xây dựng.

Tải trọng do người, dụng cụ, và các thiết bị lấy như sau:

- Tải trọng tập trung: 130kg - khi tính ván sàn (khi bề rộng tấm ván nhỏ hơn 150mm thì tính phân phối tải trọng cho 2 tấm).
- Tải trọng phân bố đều: 250kG/m² - khi tính đà giáo, sàn làm việc và lối đi lại.
- Tải trọng phân bố đều 200kG/m² - khi tính toán đà giáo, trụ tạm và các công trình bên cảng ứng với chiều dài đoạn đặt tải < 60m, và cường độ 100kG/m² khi chiều dài đoạn đặt tải > 60m.

§4.2. MỘT SỐ LỰC TÍNH TOÁN

1. Lực kéo, lực hãm khi lao dọc kết cấu nhịp

Trị số lực kéo khi lao kết cấu nhịp xác định theo công thức:

- Khi lao bằng con lăn:

$$T = kP \frac{f}{R} \pm P.i \quad (4.1)$$

- Khi lao bằng xe goòng:

$$T = k \frac{P}{R} (f + \eta r) \pm P.i \quad (4.2)$$

Trong đó:

P - trọng lượng kết cấu nhịp (T);

f = 0,07 - hệ số ma sát lăn (giữa con lăn hoặc bánh xe goòng với đường ray);

R - bán kính con lăn (hoặc bánh xe), cm;

r - bán kính trục bánh xe cm;

$\eta = 0,1$ - hệ số trượt trong vòng bi;

i - độ dốc của đường trượt;

$k = 2,5$ - hệ số tính đến ảnh hưởng của sự gồ ghề cục bộ của đường ray và con lăn, gió ngược và những nhân tố khác làm tăng lực cản.

Trị số lực hãm xác định theo công thức:

$$T_1 = W - T \quad (4.3)$$

Trong đó: W - áp lực gió tác dụng theo chiều lao dầm.

2. Lực nước chảy

Áp lực nước chảy xác định theo công thức:

a) Đối với hệ phao

$$T_n = \frac{\gamma V^2}{2g} F_c = 50V^2 F_c \quad (4.4)$$

Trong đó:

$\gamma = 1$ - dung trọng của nước, T/m^3 ;

g - gia tốc trọng trường;

V - vận tốc dòng chảy, m/s ;

F_c - diện tích mặt cản chính diện của hệ phao m^2 .

b) Đối với xà lan

$$T_n = (fF_u + \varphi F_n) V^2 \quad (4.5)$$

Trong đó:

f - hệ số ma sát lấy bằng 0,17 đối với xà lan thép, và bằng 0,25 đối với xà lan gỗ;

$f_u = (2t + 0,85B)L$ - diện tích bề mặt nhúng ướt của xà lan;

t - độ chìm (m);

L, B - chiều dài và chiều rộng của xà lan m;

F_n - diện tích ngập nước của xà lan;

$\varphi = 5 - 10$: hệ số cản (hệ số lấy với xà lan mũi bằng).

3. Lực gió

Cường độ áp lực gió trên bề mặt chịu gió, lấy như sau:

- Khi kích và cần cẩu làm việc trong lúc di chuyển kết cấu nhịp trên đường trượt thì lấy bằng $25kG/m^2$; khi di chuyển hệ nổi trong lúc chuyên chở kết cấu nhịp trên phao thì lấy bằng $12,5kG/m^2$.

- Khi tính toán đà giáo lắp và khi xác định mạn khô của trụ nổi thì lấy bằng 100kG/m^2 ; trong các trường hợp khác lấy bằng 50kG/m^2 .

Áp lực gió lên mặt phẳng kết cấu vuông góc với phương của lực gió xác định theo công thức:

$$W = p \sum k_i \Omega_i \quad (4.6)$$

p - cường độ áp lực gió, (T/m^2);

Ω_i - diện tích bề mặt chịu gió, (m^2).

k_i - hệ số chắn gió tương ứng với Ω_i .

Áp lực gió theo phương dọc lấy bằng 60% áp lực gió ngang.

Tải trọng do cần cẩu lắp, cũng như tải trọng do trọng lượng của các bộ phận đặt bằng cần cẩu lấy với hệ số xung kích 1,2 và 0,85 khi trọng lượng của các bộ phận lắp $\leq 20\text{T}$; 1,1 và 0,95 khi trọng lượng của các bộ phận lắp $> 20\text{T}$.

Hệ số vượt tải đối với những tải trọng nêu ở trên lấy theo bảng 4.2.

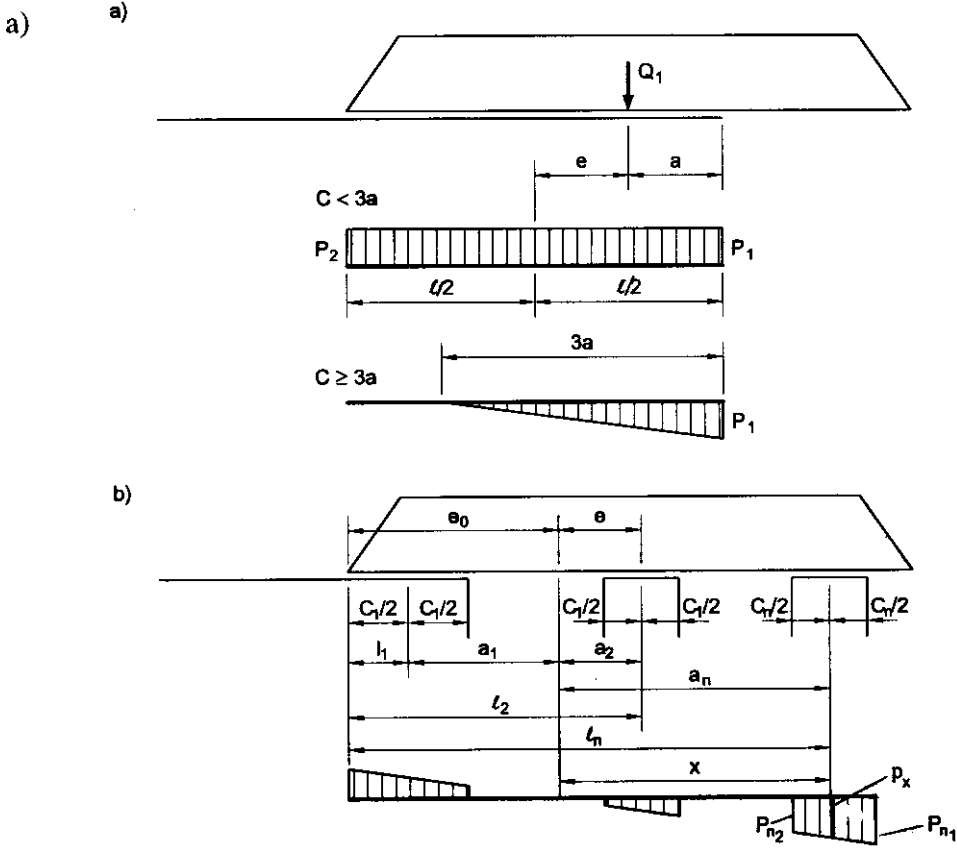
Bảng 4.2. Hệ số vượt tải

Các loại tải trọng tiêu chuẩn	Tổ hợp tải trọng	
	Chính	Phụ
A. Tải trọng tĩnh		
1. Trọng lượng bản thân của kết cấu tạm	1,1 và 0,9	1,1 và 0,9
2. Trọng lượng bản thân của kết cấu lắp (khi tính toán lắp ráp kết cấu)	1,1 và 0,9	1,1 và 0,9
3. Áp lực do trọng lượng đất	1,2 và 0,9	1,2 và 0,9
B. Tải trọng tạm thời		
4. Trọng lượng bản thân của kết cấu lắp (khi tính toán công trình tạm)	1,2	1,0
5. Tải trọng do thiết bị cầu chuyển	1,3	1,0
6. Tải trọng do tời kéo và hãm khi lao kết cấu nhíp	1,3	1,0
7. Tải trọng do người và dụng cụ	1,4	1,0
8. Tải trọng do áp lực nước chảy	1,0 và 0,75	1 và 0,75
C. Những tải trọng tạm thời khác		
9. Tải trọng gió		
a) Khi tính toán kết cấu lắp	-	1,0
b) Khi tính toán công trình tạm	1,5	1,2
10. Tải trọng do ùn tắc tàu thuyền	-	0,8

Ghi chú: Trong bảng, trị số lớn (nhỏ) ở các mục 1, 2, 3 và 8 lấy tùy theo trường hợp khi mà tải trọng đó làm tăng (giảm) nội lực tính toán. Khi tính những bộ phận của công trình tạm mà lực gió tác dụng trực tiếp vào nó thì tải trọng gió được tính trong tổ hợp lực chính.

§4.3. TÍNH TOÁN LAO KÉO DỌC VÀ LẮP KẾT CẤU NHỊP TRÊN ĐÀ GIÁO

Khi tính toán lao kéo dọc, xuất phát từ giả thiết kết cấu nhịp là cứng tuyệt đối và áp lực xác định theo phương pháp nén lệch tâm. Khi kết cấu nhịp tựa lên một phần của đường trượt thì áp lực do kết cấu nhịp tác dụng lên đường trượt xác định theo công thức (xem hình 4.1).



Hình 4.1: Sơ đồ tính toán áp lực lên đường trượt dưới khi lao dọc

$$\text{Khi } C < 3a \quad \left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{Q_1}{C} \left(1 + \frac{6e}{C} \right) \\ P_2 &= \frac{Q_1}{C} \left(1 - \frac{6e}{C} \right) \end{aligned} \right\} \quad (4.7)$$

$$\text{Khi } C \geq 3a \quad \left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{2Q_1}{3a} \\ P_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.8)$$

Trong đó: Q_1 - trọng lượng của kết cấu nhịp, kể cả đường trượt trên.

Trong trường hợp kết cấu nhịp tựa trên hai hay nhiều trụ thì phải tìm trọng tâm và mômen quán tính của bề mặt tựa:

$$e_o = \frac{\sum C_n l_n}{\sum C_n}; J = \sum \left(C_n a_n^2 + \frac{C_n^3}{12} \right)$$

Sau đó xác định trị số áp lực phân bố lên đường trượt dưới:

$$P_x = \frac{Q_1}{\sum C_n} \pm \frac{Q_1 \cdot ex}{J} \quad (4.9)$$

Trị số lớn nhất của tải trọng phân bố:

$$P_{max} = P_{n1} = \frac{Q_1}{\sum C_n} + \frac{Q_1 ex_{max}}{J} = \frac{Q_1}{\sum C_n} + \frac{Q_1 e(a_n + C_n)}{J} \quad (4.10)$$

Khi chiều dài của đoạn kết cấu nhịp tựa lên nhỏ (trụ đỡ không rộng) thì bỏ qua sự phân bố không đều của tải trọng và tính toán trực đỡ với tải trọng phân bố đều bằng:

$$P_n = \frac{P_{n1} + P_{n2}}{2} \quad (4.11)$$

Lực kéo T, áp lực gió ngang, W_1 và áp lực lên đường trượt dưới do tác dụng lực gió ngang $P = \frac{W_1 Z}{B}$

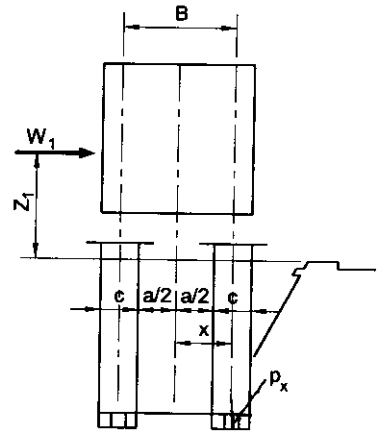
(hình 4.2) phân bố giữa các trụ tỷ lệ với phân tải trọng thẳng đứng do trọng lượng của kết cấu nhịp tác dụng lên các trụ đó.

Như vậy nếu trụ chịu tải trọng $Q_n = \alpha Q_1$ thì sẽ tính toán trụ đó với tải trọng:

$$T_n = \alpha T; W_n = \alpha W_1; P_n = \alpha P$$

Trong đó: α - số phân tải trọng.

Để xác định số con lăn trên 1m đường trượt ở những giai đoạn lao vào trụ đỡ khác nhau có thể tham khảo bảng 4.3, trong đó cho biết tải trọng cho phép ở điểm giao nhau giữa con lăn và ray hoặc dầm của đường trượt dưới.



Hình 4.2: Sơ đồ tính toán áp lực lên đường trượt dưới khi sàng ngang

Bảng.4.3.

Đường kính con lăn (mm)	Tải trọng cho phép tại điểm giao nhau giữa con lăn và ray (T)	
	Ray loại II _a	Dầm I.55
80	2,5	6
100	4	8
120	5	9
140	6	10

Vấn đề đặt ra là phải xác định số ray của đường trượt dưới và đường kính con lăn theo tải trọng đã biết và số con lăn cần thiết trên một mét dài đường trượt. Khi đó phải nhân tải trọng với hệ số không đều $k = 1,25$. Đường trượt và xe goòng phải tính với trị số áp lực p lớn nhất. Để tính toán được hợp lí ta vẽ biểu đồ đường cong áp lực; xác định đối với từng vị trí khác nhau của kết cấu nhịp.

Khi tính toán các trụ đỡ trung gian thì phải xét đến các tổ hợp lực chính và phụ bất lợi nhất. Trụ được tính toán về cường độ và độ ổn định chống lật theo phương đối với tác dụng của lực αQ_1 và αW_1 , còn khi tính cường độ và độ ổn định chống lật theo phương dọc thì xét trụ chịu tác dụng của lực αQ_1 và αT . Trong trường hợp đặc biệt sẽ tính trọng lượng bản thân trụ và áp lực gió ngang, gió dọc tác dụng lên nó. Đặt lực αT ở cao độ đỉnh đường trượt dưới. Hệ số điều kiện làm việc khi kiểm toán ổn định lấy bằng 0,8.

Độ ổn định chống lật của kết cấu nhịp theo phương dọc cũng phải kiểm toán đối với vị trí nút dầm trước khi đặt lên trụ chính hoặc trụ đỡ trung gian. Trong tính toán ổn định, ngoài trọng lượng bản thân của kết cấu nhịp, còn phải xét đến áp lực gió dọc đặt ở trung tâm bề mặt chịu gió.

Biểu đồ áp lực trên đường trượt dưới khi sàng ngang chỉ rõ trên hình 4.2.

Áp lực xác định theo phương pháp nén lệch tâm, dùng công thức:

$$p_x = \frac{Q_1}{4c} \pm \frac{6W_1 Z_1 x}{(c+a)^3 - a^3} \quad (4.12)$$

Dựa vào tải trọng này, chọn số con lăn và kiểm toán độ kên của đường trượt và kết cấu tựa. Độ ổn định chống lật theo phương ngang của trụ tựa kiểm toán với tác dụng của trọng lượng bản thân kết cấu nhịp và áp lực gió dọc tác dụng lên kết cấu nhịp và trụ tựa.

§4.4. TÍNH TOÁN CHUYÊN CHỖ KẾT CẤU NHỊP TRÊN PHAO

Khi thiết kế chuyên chở kết cấu nhịp trên phao cần phải giải quyết các vấn đề sau đây: xác định độ chìm của trụ nổi, tính toán độ ổn định của phao, xác định đối trọng, độ bền của trụ nổi, độ biến dạng của trụ nổi và các thiết bị đặt tải, tính toán công suất tàu kéo, tời neo và kiểm tra cường độ các bộ phận của kết cấu nhịp với tải trọng lắp.

Việc tính toán độ chìm, độ ổn định, độ nghiêng và neo cố trụ nổi xem chương 5. Ở đây chỉ giới thiệu thêm công thức tính toán lực kéo của tàu lai.

Lực kéo của tàu lai để di chuyển hệ nổi xác định theo công thức:

$$T = T_n + W + T_c + T_k \quad (4.13)$$

Trong đó: T_n - áp lực nước tác dụng vào trụ nổi;

W - tổng áp lực gió tác dụng lên hệ nổi;

T_c - sức cản của bản thân tàu kéo;

T_k - lực kéo cần thiết để tạo nên gia tốc yêu cầu đối với hệ nối.

Công suất của tàu kéo tính bằng mã lực xác định theo công thức:

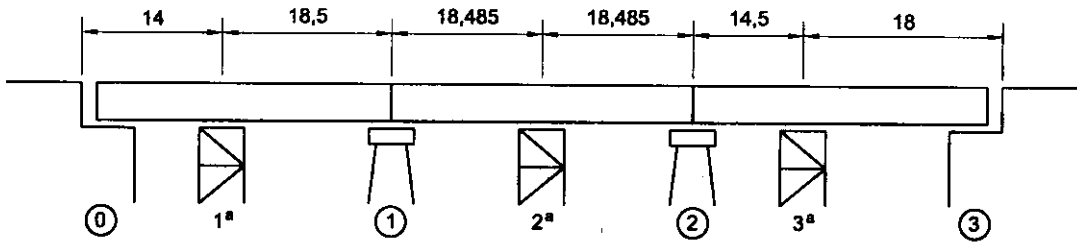
$$N = \frac{T}{p} \quad (4.14)$$

Trong đó:

$p = 8 - 13 \text{ kG/cm}$ - lực kéo đơn vị của tàu lai.

Một vài thí dụ:

Thí dụ 1: Tính toán lao kéo dọc dầm YIKM chạy trên, có chiều dài $\Sigma L = 32 + 36 + 32\text{m}$.



I. Phương án lao dọc: Nối cứng 3 nhịp lao qua các trụ trạm (1a, 2a, 3a).

Trọng lượng toàn bộ kết cấu nhịp:

- dầm YIKM 36m :	50,41T
- 2 dầm YIKM 32m:	75,48T
- Các thiết bị trượt:	3,77
Cộng	125,89T

Lấy $P = 130\text{T}$.

Tải trọng rải đều trên kết cấu nhịp khi lao: $q = \frac{P}{L} = \frac{130}{101,97} = 1,27 \text{ T/m}$

lấy $q = 1,3\text{T/m}$.

II. Tính lực kéo, lực hãm, con lăn và xe goòng

1. Lực kéo:

- Khi lao trên nền đất bằng xe goòng:

$$T_{k1} = k \left(\frac{P}{R} (f + \eta r) \right) \pm P_i$$

$k = 2,5; R = 10; r = 2; f = 0,07; \eta = 0,1; i = 0.$

$$T_{k1} = 2,5 \frac{130}{10} (0,07 + 0,1.2) = 8,76T$$

- Khi lao bằng con lăn đặt trên các trụ tạm:

$$T_{k2} = k \frac{P}{R} f \pm P_i$$

$$R = 5; k = 2,5; f = 0,07; i = 0.$$

$$T_{k2} = 2,5 \frac{130}{5} \cdot 0,07 = 4,55T$$

Vậy lấy lực kéo tính toán $T_k = 8,76T$ để tính tời, múp, cáp

2. Lực hãm: $T_H = W - T_{mi}$

Trong đó W là áp lực gió tác dụng theo phương kéo:

$$W = p(k\omega + \omega_1) 0,4$$

p - cường độ gió khi lao (tính với gió cấp 6, $V = 49\text{km/h}$.)

$$p = 0,1V^2 = 0,1.49^2 = 220\text{kG/m}^2$$

ω - diện tích chắn gió của kết cấu nhịp khi lao

$$\omega = 102 \cdot 2,25 = 230\text{m}^2$$

k - hệ số chắn gió $k = 0,4$.

$\omega_1 = 0$ (không lắp hệ mặt cầu).

$$W = 220 \cdot 0,4 \cdot 230 \cdot 0,4 = 8100 \text{ kG} = 8,1T.$$

$$T_{mi} = P \left(0,01 - \frac{1}{n} \right)$$

$\frac{1}{n}$ - độ dốc, bằng 0.

$$T_{mi} = 130 \cdot 0,01 = 1,3T$$

$$T_H = 8,1 - 1,3 = 6,8T$$

3. Tính số xe goòng (diplori) để lao kết cấu nhịp

Số xe goòng cần thiết: $m = k \frac{P}{[P]}$

k - hệ số kể đến sự chịu lực không đồng đều của các goòng, lấy $k = 1,5$.

$[P]$ - tải trọng cho phép đối với mỗi goòng = $5T$;

$$m = 1,5 \frac{130}{5} = 39$$

4. Tính số con lăn tại các bàn trượt trên trụ

$$m = \frac{P}{s \cdot n}$$

p - tải trọng tác dụng trên một mét dài đường trượt

$$p = \frac{R_{\max}}{a}$$

R_{\max} - phản lực tác dụng lên trụ, tính với trường hợp khi lao dầm ra đến trụ (1) nhưng chưa ăn vào con lăn đặt ở bàn trượt trên trụ đó.

$$R_{\max} = 1,3 \cdot 18,5 = 24T$$

a - chiều dài bàn trượt lấy bằng $2m$.

$$p = \frac{24}{2} = 12T/m$$

S - ứng lực ép giữa con lăn và ray = $3T$ (con lăn $\phi 100$).

n - số ray trên đường trượt = 3.

Thay số $m = \frac{12}{3 \cdot 3} = 1,34$ (trên một mét dài).

Vậy bố trí mỗi trụ 2 bàn trượt chạy 3 con lăn là đủ.

Tổng số con lăn đặt ở các bàn trượt trên mỗi trụ sẽ là $7 \times 6 = 42$.

5. Nếu khi kéo kết cấu nhịp trên bờ cũng dùng con lăn thì số con lăn bố trí tại các bàn trượt trên nền đường sẽ là:

$$m = \frac{1 \cdot 2P}{n \cdot l \cdot d \cdot \sigma}$$

P - trọng lượng dầm = 130.000 kG;

n - số ray đường trượt = 3;

l - độ dài tiếp xúc của ray với con lăn = 5cm;

d - đường kính con lăn;

σ - ứng lực ép của con lăn với ray = 50kG/cm^2

$$m = \frac{1,2 \cdot 130.000}{3 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 50} = 20,8$$

lấy $m = 24$.

Bố trí 12 bàn trượt ở cả 2 bên dầm, thì mỗi bàn trượt có $\frac{24}{12} = 2$ con lăn

Để đề phòng các bàn trượt lún không đều sẽ bố trí mỗi bàn trượt 4 con lăn. Như vậy tổng số con lăn bố trí trên nền đường là $12 \times 4 = 48$.

III. Tính tời, múp, cáp

1. Tời, múp, cáp kéo:

Lực kéo: $T_k = 8,76T$

Dùng 2 múp 3, mỗi múp chịu $\frac{8,76}{2} = 4,38T$

mỗi đường dây chịu $\frac{4,38}{5} = 0,88T$

Dùng dây cáp $\phi 18 - 20$, sức chịu cho phép bằng 2,9 - 3,6T, dùng 2 tời 3T hoặc 5T.

2. Tời, múp, cáp hãm:

Lực hãm $T_H = 6,8T$. Dùng một múp 2 mỗi đường dây chịu $\frac{6,8}{3} = 2,26T$

Dùng dây cáp $\phi 18$, sức chịu cho phép 2,9T. Dùng 1 tời 3T.

IV. Tính đối trọng

Vì 3 nhịp nối liên tục dài xấp xỉ 102m, mà khẩu độ lao hẳng lớn nhất chỉ là 18,5m, nên không cần đối trọng.

V. Tính gia cố dàn chủ

Xét trường hợp nguy hiểm nhất là dầm hẳng 9 khoang (18m);

$$M_g = \frac{1}{2}ql^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,3}{2} \cdot 18^2 = 105,2Tm$$

- Thanh mạ thượng khoang 9 chịu kéo:

$$N = \frac{M}{h} = \frac{105,2}{2} = 52,6T$$

mặt cắt thanh gồm 8L $120^2 \times 10$

$$F_{ng} = 23,3 \cdot 8 = 186,4cm^2$$

$$\Delta F = 8 \cdot 2,8 \cdot 1 = 22,4$$

$$F_{tt} = 164cm^2$$

$$\sigma = \frac{N}{F_{tt}} = \frac{52.600}{164} = 322 kG/cm^2$$

- Thanh mạ hạ chịu ép: $N = 52,6T$.

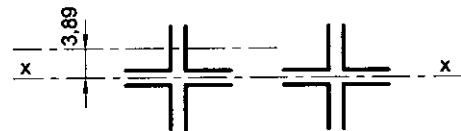
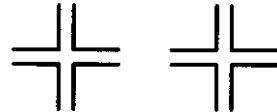
Mặt cắt như mạ thượng: 8L $120^2 \times 10$.

$$F = 186,4 cm^2; x = 3,89cm$$

$$F \cdot x^2 = 2820cm^2; J_o = 2528cm^4$$

$$J_x = 5348cm^4$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{5348}{186,4}} = 5,36$$



$$l_0 = 400; \lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{400}{5,36} = 76,4 \rightarrow \varphi = 0,715$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{52600}{0,715 \cdot 186,4} = 395 \text{ kG/cm}^2$$

c) Tính thanh đứng chịu ép (coi như phản lực không truyền cho thanh chéo):

$$N = \frac{1}{2} ql = \frac{1}{2} 1,3 \cdot 1,8 = 11,7 \text{ T}$$

mặt cắt $4L75^2 \times 8$

$$F = 46 \text{ cm}^2; x = 2,64; Fx^2 = 320$$

$$J_0 = 240,4 \text{ cm}^4; J_x = 560,4 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{560,4}{46}} = 4,27$$

$$l_0 = 200; \lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{200}{4,27} = 46,8 \rightarrow \varphi = 0,831$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{11700}{0,831 \cdot 46} = 306 \text{ kG/cm}^2$$

Kết luận: các thanh của dàn chủ không cần gia cố trong quá trình lao dầm.

VI. Tính độ võng

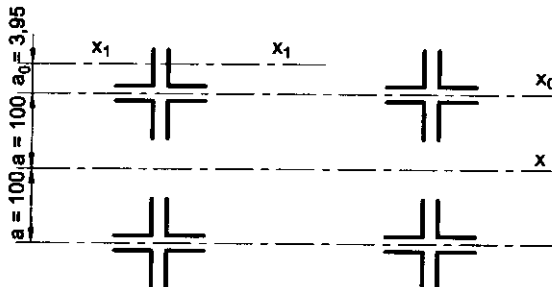
Tính theo phương pháp gần đúng, coi dầm cố định ở điểm hẫng và tính độ võng theo công thức:

$$f = \frac{ql^4}{8EJ} = \frac{Ql^3}{8EJ}$$

Trong đó: $Q = ql$.

l - chiều dài hẫng (cm);

J - mômen quán tính của mạ thượng và mạ hạ đối với đường trung tâm của cao độ dầm:



Tính J:

$$F_o = 8 \cdot 24,3 - 8 \cdot 2,8 \cdot 1 = 172\text{cm}^2$$

$$J_o = 8[Jx_1 + F_1 a_o^2] = 8 [360 + 21,5 \cdot 3,95^2] = 5520\text{cm}^4$$

$$J_x = 2[J_o + F_o a^2] = 2[5520 + 172 + 100^2] = \\ = 11040 + 3440.000 = 3.451.040\text{cm}^4$$

- Tính f khi dầm hẫng 14,5m

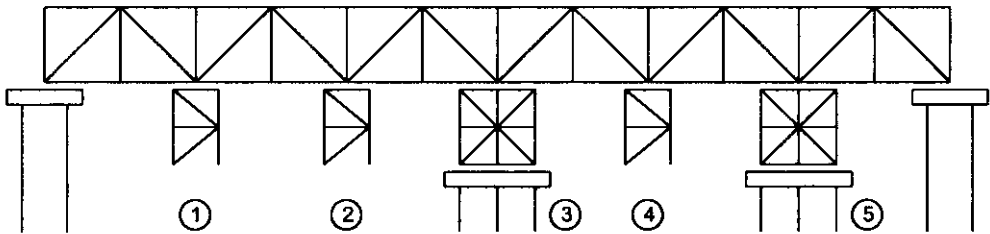
$$f = \frac{1,3 \cdot 14,5 \cdot 10^3 (1,45 \cdot 10^3)^3}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 3,451 \cdot 10^6} = 0,99\text{cm}$$

- Tính f khi dầm hẫng 18,5m:

$$f = \frac{1,3 \cdot 18,5 \cdot 10^4 (1,85 \cdot 10^3)^3}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 3,451 \cdot 10^6} = 2,63\text{cm}$$

Thí dụ 2: Tính toán các trụ tạm lắp dầm trên đà giáo.

I. Sơ đồ bố trí trụ tạm



II. Những số liệu cơ bản

- Trọng lượng kết cấu nhịp (kể cả đường di chuyển cầu, đường cung cấp thanh dầm và các tải trọng phân bố khác): Q_1 .

+ Trọng lượng kết cấu nhịp: $\frac{1696}{112} = 15,2\text{T/m}$

+ Trọng lượng đường cấp dầm: $0,3\text{T/m}$

+ Trọng lượng đường di chuyển cầu: $0,2\text{T/m}$

+ Trọng lượng đà giáo lắp ráp: $0,1\text{T/m}$

+ Trọng lượng người và dụng cụ lắp: $0,2\text{T/m}$

$$Q_1 = 16\text{T/m}$$

- Trọng lượng cần cầu YMK-2: $Q_2 = 34,2\text{T}$

- Trọng lượng thanh dầm nặng nhất: $Q_3 = 14,53\text{T}$

- Trọng lượng xe vận chuyển: $Q_4 = 15,00\text{T}$

- Áp lực gió tác dụng lên kết cấu nhịp W_1 :

$$W_1 = p \sum k_i \Omega_i = 0,1 \cdot 0,4 \cdot 112 \cdot 14,1 = 63T$$

- Áp lực gió tác dụng vào cần cầu:

$$W_2 = 0,1 \cdot 1 \cdot 8,5 \cdot 2 = 1,7T$$

- Áp lực gió tác dụng vào trụ tạm:

$$W_3 = 0,1 [0,4(4,4) + 1 (1,2 \cdot 5,4 + 3 \cdot 3,22)] = 2,25T$$

- Khẩu độ tính toán của kết cấu nhịp: $L = 112m$.

- Chiều dài khoang kết cấu nhịp: $d = 9,34m$

- Khoảng cách tìm dàn chính: $B = 10,0m$

- Khoảng cách từ đỉnh trụ đến điểm đặt của áp lực gió tác dụng lên kết cấu nhịp:

$$Z_1 = 3,22 + 7,05 = 10,27m$$

- Khoảng cách từ đỉnh trụ đến điểm đặt của áp lực gió tác dụng lên cầu YMK-2:

$$Z_2 = 3,22 + 14,1 + 2 = 19,32m$$

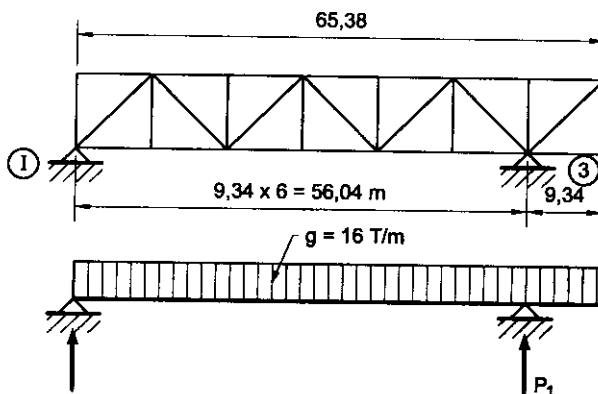
- Hệ số kể đến sự phân bố không đều của tải trọng $k = 1,3$.

- Trọng lượng bản thân trụ tạm $G = 40T$.

III. Tải trọng tính toán tác dụng lên trụ (lực tập trung ở dưới nút của một bên dàn).

Tính trụ tạm số (3):

- Do trọng lượng kết cấu nhịp, đường di chuyển cầu, đường cung cấp thanh dầm, đà giáo lắp ráp và những tải trọng phân bố khác (xét trường hợp đã tháo dỡ trụ tạm số (1), (2) đưa sang lắp nhịp khác).



$$\sum M_I = \frac{16/2 \cdot 65,38^2}{2} - P_1 \cdot 56,04$$

$$P_1 = \frac{16.65,38^2}{4.56,04} = 305T$$

Xét khi kích tại trụ này thì:

$$P'_1 = kP_1 = 1,3.305 = 397T$$

- Trọng lượng của cần cầu lắp (kể cả cấu kiện lắp)

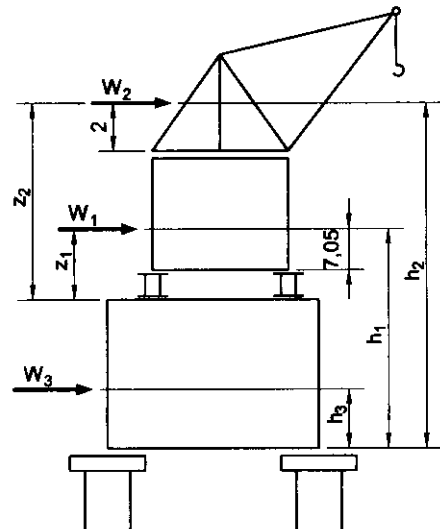
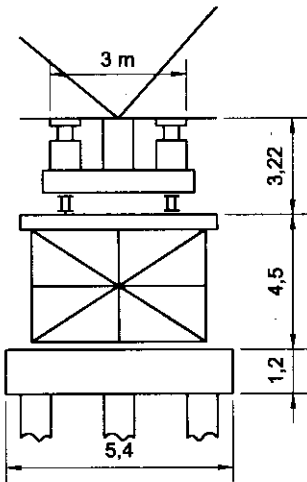
$$P_2 = [1/2 \cdot Q_2 + Q_3](1 + \mu) = [1/2 \cdot 34,2 + 14,53] 1,2 = 38T$$

- Trọng lượng của xe vận chuyển có chở cấu kiện

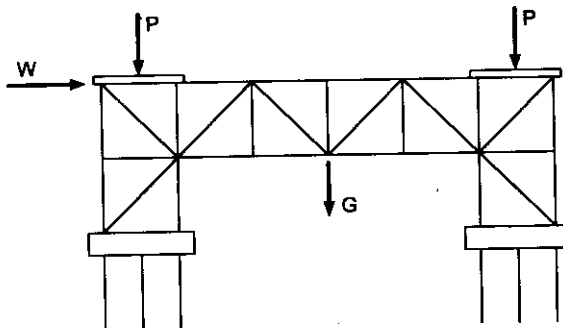
$$P_3 = [1/2 (2Q_3 + Q_4)] (1 + \mu) = 1/2 (2 \cdot 14,53 + 15) 1,1 = 24,3T$$

- Tải trọng thẳng đứng do áp lực gió

$$P = \frac{W_1 Z_1}{L \cdot B} 4d + \frac{W_2 \cdot Z_2}{B} = \frac{63.10,27}{112.10} 4.9,34 + \frac{1,7 \cdot 19,32}{10} = 24,88T$$



Tóm lại tải trọng tác dụng lên trục do lực chính và lực phụ bằng (tại cao độ đỉnh palê УИК-М).



+ Lực đứng:

$$\begin{aligned}P_{\max} &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + 1/2 \cdot G \\ &= 305 + 38 + 24,3 + 24,88 + \frac{40}{2} = 412,18T\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\min} &= P_1 + P_2 + P_3 - P_4 + 1/2 \cdot G \\ &= 305 + 38 + 24,3 - 24,88 + \frac{40}{2} = 362,42T\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{+ Lực ngang: } W &= W_1 \cdot \frac{4d}{L} + W_2 + \frac{1}{2} \cdot W_3 \\ &= 63 \cdot \frac{4 \cdot 9,34}{112} + 1,7 + \frac{1}{2} \cdot 2,25 = 23,82T\end{aligned}$$

Đến đây, dựa vào lí thuyết sức bền vật liệu và cơ học kết cấu sẽ tính toán kết cấu phần trên của trụ tạm (palê YIK-M). Đồng thời chuyển toàn bộ lực đứng, lực ngang về tâm đáy bệ để tính toán móng cọc như đã trình bày ở chương 2.

§4.5. TÍNH LẮP HẰNG VÀ NỬA HẰNG DẦM THÉP

Nội dung tính toán bao gồm:

Xác định khả năng hằng tối đa của dầm, trên cơ sở đó xác định vị trí của trụ tạm.

- Thiết kế trụ tạm trung gian đỡ dầm.
- Xác định độ võng của dầm tại nút hằng, trên cơ sở đó quyết định cao độ chông nề đón dầm.

1. Tính toán khi lắp nửa hằng

a) Tải trọng tác dụng

- Trọng lượng kết cấu nhịp
- Trọng lượng đường di chuyển cầu lắp dầm.
- Trọng lượng đường cấp dầm.
- Trọng lượng xe vận chuyển dầm.
- Trọng lượng đà giáo.
- Tải trọng do cầu lắp dầm.
- Tải trọng gió, nước chảy.
- Tải trọng do lực va vào trụ tạm lắp dầm. Các hệ số đưa vào tính toán xem bảng 4.1 và 4.2.

b) Xác định khả năng lắp hằng tối đa của dầm

Tải trọng thẳng đứng do tĩnh tải:

- Tải trọng rải đều do trọng lượng kết cấu nhịp: g_1 .

- Tải trọng do đường vận chuyển kết cấu nhịp: g_2 .
- Tải trọng do đường cầu: g_3 .
- Tải trọng do cầu và đà giáo lắp ráp: P_1

Mômen M_{max} do tải trọng thẳng đứng:

$$M_1 = \frac{g_1 L_2^2}{2} + \frac{(g_2 + g_3)(L_2 - C_1)^2}{2} + P_c(L_2 - C_1)$$

Mômen do tải trọng gió:

$$M_2 = \frac{\omega H k L_2^2}{2} + \omega_c(L_2 - C_1)$$

Nội lực tác dụng trên thanh mệ do tải trọng thẳng đứng: $N_1 = \frac{M_1}{H}$

Nội lực tác dụng trên thanh mệ do tải trọng gió:

$$N_2 = \frac{M_2}{B}$$

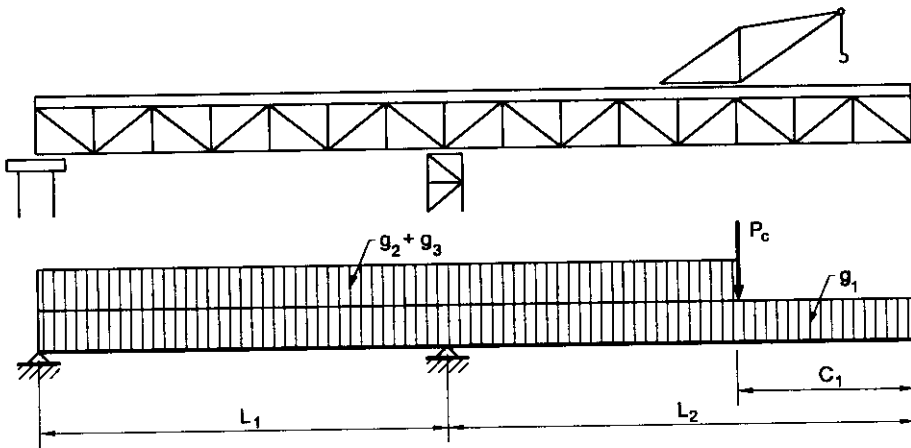
Trong đó: H - chiều cao của dàn (cự ly tim dãn chủ);

B - khoảng cách tim 2 mệ dãn (chiều rộng);

ω - tải trọng gió tác dụng lên dàn.

ω_c - tải trọng gió tác dụng lên cần cầu.

Các tải trọng g_1, g_2, g_3, P_1 tính cho một mệ dãn.



Hình 4.3: Sơ đồ tải trọng

Đối với tải trọng gió, trong trường hợp cầu không có hệ liên kết ngang ở trên thì tính nội lực do tải trọng gió gây ra do dàn mệ hạ chịu.

Nội lực tính toán của thanh dầm là:

$$N_t = N_1 + N_2$$

Ứng lực trong thanh mạ:

$$\sigma = \frac{N_t}{F_H} \leq R_o$$

Trong đó:

F_H - diện tích tiết diện giảm yếu của thanh mạ;

R_o - ứng suất tính toán của thép chế tạo dầm.

c) Tính trụ tạm lắp dầm

Để tính trụ tạm ta chọn sơ đồ tính bất lợi nhất là khi lắp với độ hẫng tối đa, sau đó xác định các trị số phản lực thẳng đứng P, lực ngang H và mômen M tại đáy bộ trụ tạm để thiết kế.

Khi tính trụ tạm cần xét tổ hợp lực theo 2 phương dọc cầu và ngang cầu.

Tải trọng tác dụng theo phương dọc cầu gồm:

- Tải trọng thẳng đứng g_1, g_2, g_3, P_1
- Tải trọng gió dọc cầu, có thể lấy bằng 50% tải trọng gió ngang cầu.
- Lực hãm xe chờ dầm lấy bằng 10% tải trọng xe.

Tải trọng tác dụng theo phương ngang cầu, gồm

- Tải trọng thẳng đứng g_1, g_2, g_3, P_1 .
- Tải trọng gió ngang cầu.
- Lực va do thuyền, bè P_v ; lực này lấy tùy thuộc vào cấp sông, thường lấy từ 10 đến 20T.
- Lực ngang do nước chảy:

1. Xác định phản lực thẳng đứng lên trụ tạm:

$$R_A^1 = \frac{g_1 \frac{(L_1 + L_2)^2}{2} + (g_2 + g_3) \frac{(L_1 + L_2 - C_1)^2}{2} + P_c(L_1 + L_2 - C)}{L_1}$$

Các ký hiệu bằng chữ xem trên hình 4.3.

- Phản lực phụ do lực gió tác dụng:

$$R_A^2 = T \cdot \frac{h}{2B}$$

$$T = \frac{k\omega h(L_1 + L_2)^2}{2L_1} + \frac{P_w(L_1 + L_2 - C_1)}{L_1}$$

Trong đó P_w là lực gió tác dụng lên cần cầu lắp dầm; các ký hiệu khác như đã giải thích ở trên.

Phản lực tính toán lên trụ tạm:

$$R_A = R_A^1 + R_A^2$$

2. Xác định lực ngang trên trụ tạm:

- Lực ngang tác dụng theo phương dọc cầu gồm lực hãm của xe vận chuyển dầm, lực gió dọc cầu.

• Lực ngang tác dụng lên trụ tạm theo phương ngang cầu gồm: lực gió, lực va trôi của thuyền bè.

Lực ngang tác dụng do gió xác định theo công thức:

$$T_w = k\omega h \frac{(L_1 + L_2)^2}{2L_1} + P_w \frac{(L_1 + L_2 - C_1)}{L_1}$$

Lực ngang tác dụng do nước chảy xác định theo công thức:

$$T_c = q_c \cdot B_1$$

Trong đó: B_1 - bề rộng chắn nước của trụ tạm:

$$q_c = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \frac{mV^2}{2g}$$

Trong đó: k_1 - hệ số điều chỉnh áp lực thủy động $k_1 = 2$;

k_2 - hệ số phụ thuộc hình dạng của trụ tạm.

Trường hợp bệ trụ có dạng hình nêm, hoặc đầu tròn thì dùng $k_2 = 0,75$; bệ trụ hình vuông $k_2 = 1,0$.

k_3 - hệ số xét đến hướng của dòng chảy đối với bệ của trụ tạm. Khi $\alpha \leq 20^\circ$ thì dùng $k_3 = 1,0$.

V - vận tốc của dòng chảy m/s;

g - gia tốc trọng trường, bằng $9,8m/s^2$;

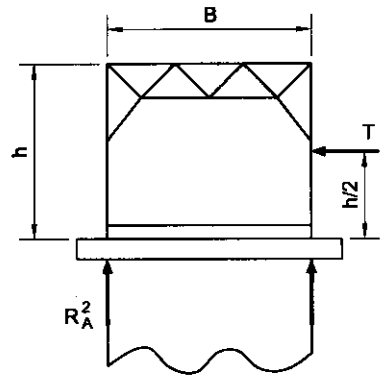
m - khối lượng riêng của nước, bằng $1,0$.

Tổng lực ngang tác dụng lên trụ tạm:

$$T = T_w + T_c$$

3. Xác định mômen tác dụng lên trụ tạm

Trụ tạm chịu tác dụng của mômen do các lực ngang, gồm:



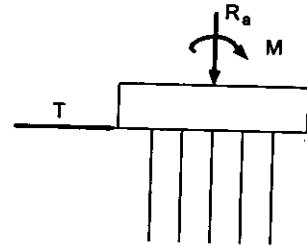
Hình 4.4: Sơ đồ tổ hợp lực ngang cầu

- Theo phương dọc cầu: lực hãm; lực gió dọc.
- Theo phương ngang cầu: lực nước chảy, lực va trôi, lực gió ngang cầu.

Mômen tác dụng lên trụ tạm tính theo công thức:

$$M = \sum T_i h_i.$$

Trong đó: h_i - khoảng cách từ hợp lực tác dụng của lực ngang T_i đến đáy bệ trụ tạm.



Hình 4.5: Sơ đồ tổ hợp lực để tính trụ tạm

d) Xác định độ võng khi lắp dầm

Để tính độ võng khi lắp dầm, có nhiều công thức tính. Sau đây giới thiệu một số công thức để tham khảo:

Công thức 1:
$$f = \sum \frac{N_i N_{ti}}{EF_i} l_i + \Delta \quad (4.15)$$

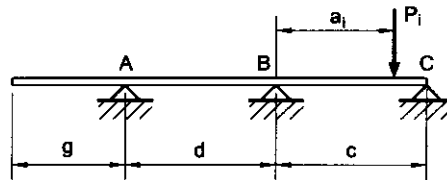
Trong đó:

- N_i - nội lực trong mỗi thanh dầm do lực $P = 1$ đặt tại đầu mút hằng;
- N_{ti} - nội lực trong mỗi thanh do trọng lượng bản thân dầm và tải trọng lắp;
- E - môđun đàn hồi của thép chế tạo dầm;
- F_i - diện tích tiết diện ngang của mỗi thanh dầm;
- l_i - chiều dài của mỗi thanh dầm;
- Δ - độ võng do độ rơ của các lỗ đỉnh.

$$\Delta = \varepsilon_o \sum |N_i| l \quad (4.16)$$

Với ε_o - độ rơ của lỗ đỉnh.

Công thức 2:



$$f_c = 300 \frac{C^2}{H} (i_1 + i_3 + i_4) \left(1 \frac{4m}{3} + 2n^2 \frac{m}{3} \right) + \frac{2k\varepsilon}{\cos \alpha} + 300 \frac{C^2}{H} \cdot \frac{8}{3} \cdot \frac{\sigma'_z}{E} \left[\frac{\sum \alpha_i P_i a_i}{\sum P_i a_i} + m \right] \quad (4.17)$$

Trong đó:

- g, d, c, a, P xem hình 4.6;

- H - chiều cao dầm (m);

ϵ_0 - độ rỗ lỗ tinh (mm);

i_1 - biến dạng của thanh mạ : $i_1 = \frac{2\sigma_1}{E}$;

σ_1 - ứng suất của thanh mạ tại vị trí gối B do tải trọng bản thân và tải trọng lắp ráp.

i_3 - biến dạng do độ rỗ của mối liên kết.

$$i_3 = \frac{2\beta \epsilon_0}{a}$$

Trong đó: a - chiều dài khoang dàn, mm;

β - hệ số phụ thuộc số đỉnh ở liên kết:

Nếu 1 đỉnh thì lấy $\beta = 1$; nếu dùng nhiều đỉnh thì $\beta = 2$.

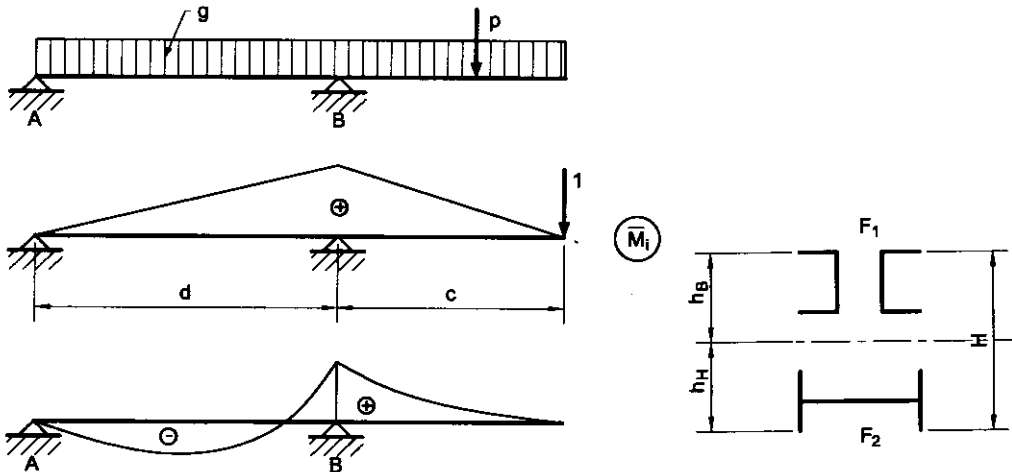
$i_4 = \frac{\Delta a}{a}$ - biến dạng do cấu tạo độ võng;

Δa - độ dẫn dài thêm của mạ thượng so với mạ hạ (mm); khi thanh mạ thượng dài hơn mạ hạ thì $i_4 > 0$ và ngược lại.

$$m = \frac{d}{c} ; \quad n = \frac{g}{c} ; \quad \alpha_i = \frac{a_i}{c} \frac{(3c - a_i)}{2c} ;$$

Công thức 3:

$$f_c = \frac{\overline{M}_1 + \overline{M}_2}{EI} \quad (4.18)$$



Hình 4.7

Trong đó: \overline{M}_1 - biểu đồ mômen đơn vị do lực $P = 1$ tác dụng tại nút hẫng;

\overline{M}_2 - biểu đồ mômen do tải trọng bản thân dầm và tải trọng lắp ráp;

I - mômen quán tính của tiết diện mạ thượng và mạ hạ đối với trọng tâm của dàn.

$$I = I_1^0 + F_1 \cdot h_B^2 + I_2^0 + F_2 h_H^2$$

Theo cách nhân biểu đồ Vêrêsaghin và áp dụng công thức (4.18) sẽ tính được độ võng tại nút dàn.

2. Tính toán khi lắp hẫng

Các nội dung tính toán trong trường hợp này:

- Kiểm tra ứng suất trong các thanh dàn để tiến hành thiết kế gia cố khi cần thiết.
- Kiểm tra độ võng tại đầu nút dàn để xác định cao độ gối đỡ trên trụ đón.

Các tải trọng tính toán và tổ hợp lực tác dụng được chọn như trình bày ở mục A.§4.5.

a) Kiểm tra ứng suất trong thanh mạ thượng và mạ hạ

Nội lực trong thanh mạ được xác định theo công thức:

$$N_1 = \frac{M}{H}$$

M - mômen của dầm do tải trọng bản thân dầm và tải trọng lắp ráp phát sinh ở gối B (hình 4.7);

H - chiều cao của dàn, kể từ tim mạ hạ đến tim mạ thượng.

Kiểm tra ứng suất trong thanh mạ thượng theo công thức: $\sigma_B = \frac{N_1}{F_1^H} \leq R_o$;

Kiểm tra ứng suất trong thanh mạ hạ theo công thức:

$$\begin{cases} \sigma_H = \frac{N_1}{F_2^H} \leq R_o \\ \sigma_H = \frac{N_1}{\varphi F_2^{ng}} \leq R_o \end{cases}$$

Trong đó:

F_1^H - tiết diện giảm yếu của mạ thượng;

F_2^H - tiết diện giảm yếu của mạ hạ;

F_2^{ng} - tiết diện nguyên của mạ hạ.

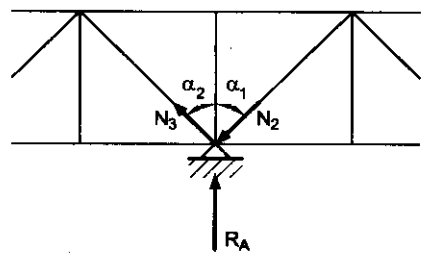
φ - hệ số uốn dọc của thanh chịu nén đúng tâm;

R_o - ứng suất cho phép của thép chế tạo dàn

b) Kiểm tra ứng suất trong thanh chéo trên gối

Nội lực phát sinh trong thanh chéo:

$$N_2 = \frac{Q}{\cos \alpha}$$



Hình 4.9: Sơ đồ kiểm toán thanh chéo

Trong đó: Q - lực cắt tác dụng lên thanh chéo ở bên phải gối tựa;

α - góc nghiêng của thanh chéo so với phương dây rọi;

Kiểm tra ứng suất của thanh chéo theo điều kiện cường độ và ổn định:

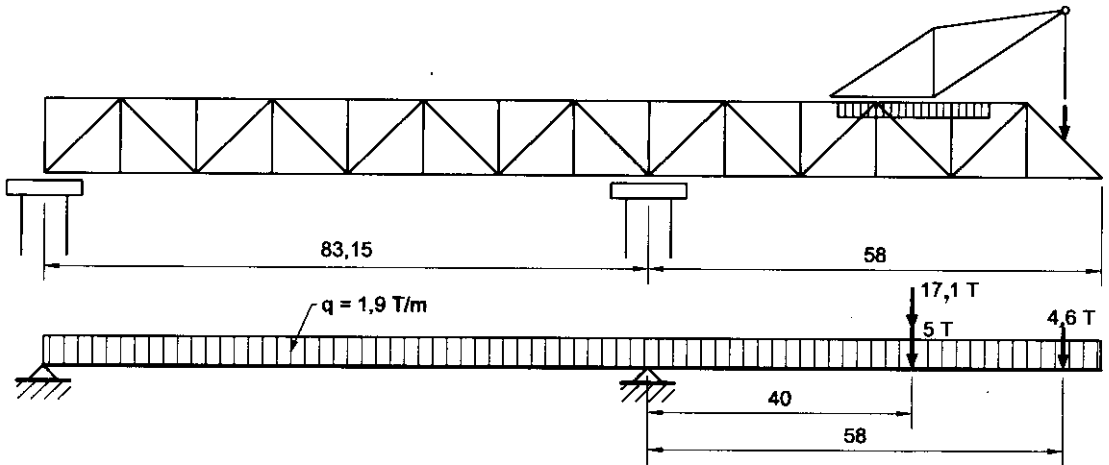
$$\begin{cases} \sigma = \frac{N_2}{F} \leq R_o \\ \sigma = \frac{N_2}{\varphi F^{ng}} \leq R_o \end{cases}$$

Nội lực trong thanh chéo ở phía trái gối tựa

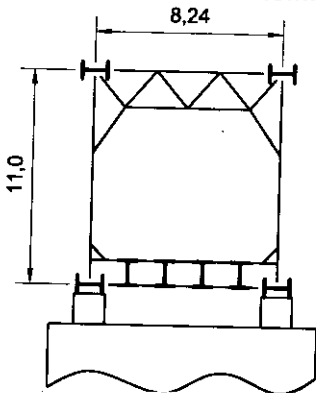
$$N_3 = \frac{R_A - N_2 \cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}$$

R_A - phản lực tại gối tựa.

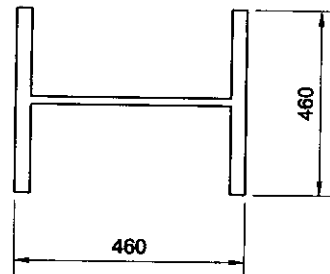
Thí dụ: Tính toán lắp hăng dàn thép bằng cân cầu YMK-2, không có đường vận chuyển cấp dầm.



Hình 4.10: Sơ đồ dàn và tải trọng lắp



Hình 4.11: Sơ đồ mặt cắt ngang của dàn



Hình 4.12: Tiết diện thanh mạ

1. Kiểm tra ứng suất trong thanh dàn chủ

a) Tải trọng tác dụng:

- Tải trọng dàn chủ: $2,912 \text{ T/m} \cdot 1,1 = 3,2 \text{ T/m}$
- Tải trọng đường di chuyển cầu YMK-2 = $0,3 \text{ T/m}$
- Trọng lượng thanh chéo đầu dàn = $4,6 \text{ T}$
- Trọng lượng cầu YMK-2 = $34,2 \text{ T}$
- Tải trọng gió với áp lực = 50 kG/m^2
- Tải trọng đà giáo của cầu YMK-2 = 5 T
- Tải trọng rải đều tính toán = $3,8 \text{ T/m}$

Lực phân bố cho một bên dàn:

$$q = \frac{3,8}{2} = 1,9 \text{ T/m}$$

Mômen do tải trọng lắp ráp:

$$M_1 = 4,6 \cdot 54 + 22,1 \cdot 40 + 1,9 \cdot \frac{58^2}{2} = 4320,2 \text{ Tm}$$

Nội lực trong thanh mạ do tải trọng lắp ráp:

$$N_1 = \frac{M_1}{H} = \frac{4328,2}{11} = 393,47 \text{ T}$$

Mômen do tải trọng ngang cầu:

$$M_2 = \frac{1}{2}(0,6q) \frac{l^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot \frac{58^2}{2} = 252,3 \text{ Tm}$$

Nội lực phát sinh trong thanh mạ do lực ngang

$$N_2 = \frac{M_2}{B} = \frac{252,3}{8,24} = 30,61 \text{ T}$$

Nội lực tổng cộng trong thanh mạ:

$$N = N_1 + N_2 = 393,47 + 30,61 = 424,08 \text{ T}$$

Đặc trưng tiết diện hình học của thanh mạ:

$$F_{ng} = 234,4 \text{ cm}^2; F_H = 197,6 \text{ cm}^2; J_x = 32451 \text{ cm}^4; r_x = 11,76$$

Kiểm tra: - ứng suất theo điều kiện cường độ:

$$\sigma = \frac{N}{F_H} = \frac{424080}{197,6} = 2146,15 \text{ kG/cm}^2 < R_o = 2700 \text{ kG/cm}^2$$

- Ứng suất theo điều kiện ổn định:

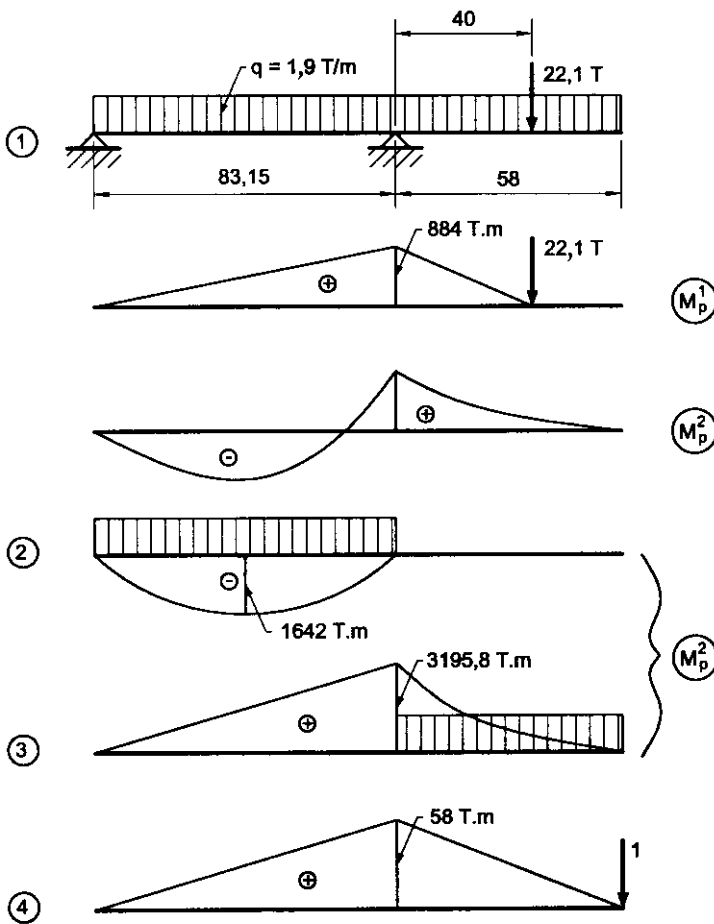
$$\sigma = \frac{N}{\varphi F_{ng}} = \frac{424080}{0,82 \cdot 234,4} = 2206,35 \text{ kG/cm}^2 < R_o$$

$$\left(\lambda = \frac{l_o}{r} = \frac{800}{11,76} = 68,02 \rightarrow \varphi = 0,82 \right)$$

2. Kiểm tra ứng suất trong thanh chéo:

Nội lực trong thanh chéo đầu dầm:

$$N = \frac{Q}{\cos \alpha} = \frac{4,6 + 5 + 17,1 + 58 \times 1,9}{11/12,08} = 150,34T$$

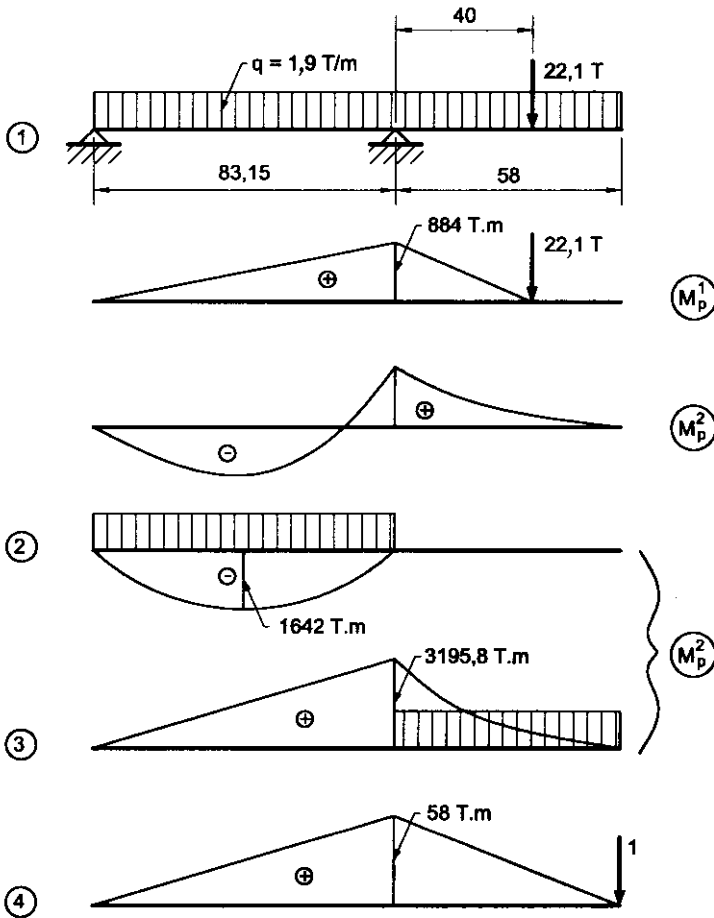


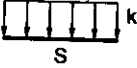
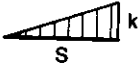
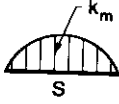


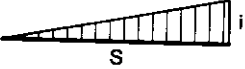

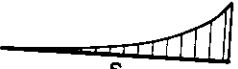

$$\left(\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{800}{11,76} = 68,02 \rightarrow \varphi = 0,82 \right)$$

2. Kiểm tra ứng suất trong thanh chéo:

Nội lực trong thanh chéo đầu dầm:

$$N = \frac{Q}{\cos \alpha} = \frac{4,6 + 5 + 17,1 + 58 \times 1,9}{11/12,08} = 150,34T$$



Biểu đồ M_K Biểu đồ M_i				
	Sik	$\frac{1}{2}Sik$	$\frac{2}{3}Sik_m$	$\frac{1}{3}Sik$
	$\frac{1}{2}Sik$	$\frac{1}{3}Sik$	$\frac{1}{3}Sik_m$	$\frac{1}{4}Sik$
	$\frac{2}{3}Sik_m k$	$\frac{1}{3}Sik_m k$	$\frac{8}{15}Sik_m K_m$	$\frac{1}{5}Sik_m k$
	$\frac{1}{3}Sik$	$\frac{1}{4}Sik$	$\frac{1}{5}Sik_m$	$\frac{1}{5}Sik$
	$\frac{1}{3}Sik$	$\frac{1}{12}Sik$	$\frac{1}{5}Sik_m$	$\frac{1}{30}Sik$

Chương 5

TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH VÀ NEO CỐ HỆ NỔI

§5.1. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH

1. Tìm trọng tâm của hợp lực

Gọi P - tải trọng đặt trên phương tiện nổi (ví dụ: giá búa, cần cẩu,...);

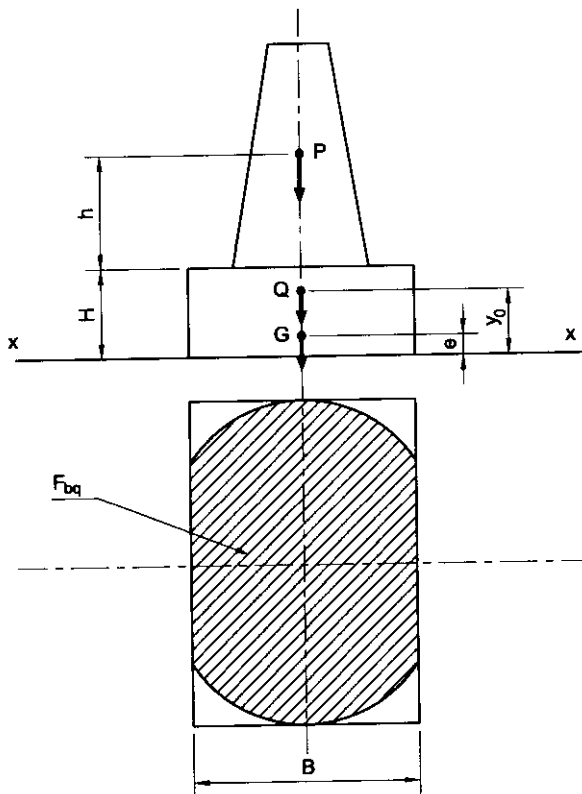
G - trọng lượng của bản thân phương tiện nổi:

$$G = 0,12V \tag{5.1}$$

V - thể tích choán nước tính toán của phương tiện nổi;

Q - hợp lực của P và G.

$$Q = P + G$$



Hình 5.1

Tìm điểm đặt của Q:

Lấy mômen của các lực đối với trục x - x:

$$\sum M_x = y_o Q - P(h + H) - G.e = 0$$

$$y_o = \frac{P(h + H) + G.e}{Q} \quad (5.2)$$

2. Tính độ chìm

$$T = T_1 + T_2 ;$$

T_1 - độ chìm do phần tải trọng đặt đúng tâm

$$T_1 = \frac{P}{\gamma.B.L} \quad (5.3)$$

γ - tỉ trọng của nước = $1T/m^3$;

P - tải trọng đặt trên phao, kể cả trọng lượng bản thân phao;

B, L - chiều rộng và chiều dài phao, (m).

T_2 - độ chìm do mômen lệch tâm.

$$T_2 = \frac{M}{\gamma\mu J} = \frac{P.x}{\gamma.\mu J} \quad (5.4)$$

μ - hệ số phụ thuộc hình dạng phao:

phao đầu bằng $\mu = 1,0$.

phao đầu tròn $\mu = 1,5$

J - mômen quán tính của diện tích đường nước

Như vậy từ (5.3) và (5.4) ta có:

$$T = \frac{P}{\gamma} \left(\frac{1}{F} + \frac{x}{\mu J} \right) \quad (5.5)$$

và $F = B.L$

3. Tìm vị trí tâm nổi Z_o

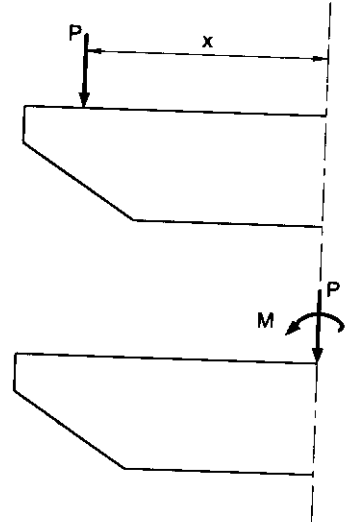
$$Z_o = \frac{T}{3} (2,5 - \beta) \quad (5.6)$$

T - độ chìm tính toán của phao.

β - hệ số đầy của lượng nước choán; Đối với phao chạy trên sông $\beta = 0,9$.

4. Tính khoảng cách từ trọng tâm hợp lực đến tâm nổi

$$a = y_o - Z_o \quad (5.7)$$



Hình 5.2

Trên hình 5.3, E là vị trí tâm nổi.

Q_1 - lực đẩy của khối nước bị choán chỗ

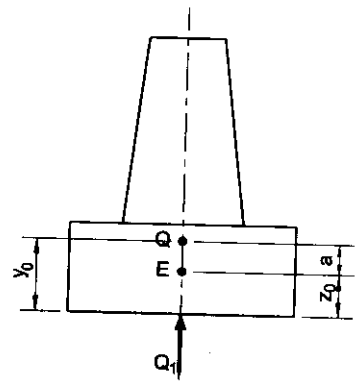
$$Q_1 = \gamma V = Q$$

V - thể tích choán nước tính toán;

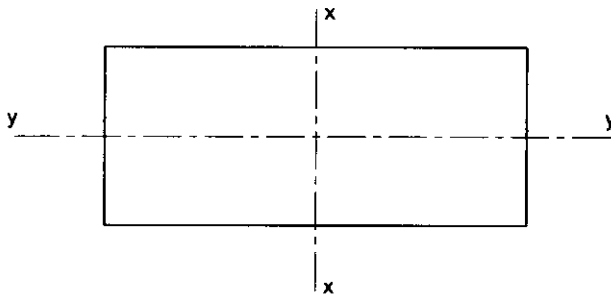
γ - tỉ trọng nước.

5. Tính bán kính ổn định ρ

$$\left. \begin{aligned} \rho_x &= \frac{J_x}{\gamma V} = \frac{J_x}{Q_1} \\ \rho_y &= \frac{J_y}{\gamma V} = \frac{J_y}{Q_1} \end{aligned} \right\} \quad (5.8)$$



Hình 5.3



Hình 5.4

$$\left. \begin{aligned} \text{Phao vuông : } \rho_x &= \frac{L' \cdot B'^3}{12 \cdot Q_1} ; \rho_y = \frac{L'^3 \cdot B'}{12 Q_1} \\ \text{Phao cong : } \rho_x &= \frac{L' \cdot B'^3}{11,7 Q_1} ; \rho_y = \frac{L'^3 \cdot B'}{11,7 Q_1} \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

L', B' - chiều dài và chiều rộng của diện tích đường nước;

Q_1 - tổng trọng lượng, kể cả trọng lượng bản thân phao;

Điều kiện ổn định: $\rho \geq a$ (5.10)

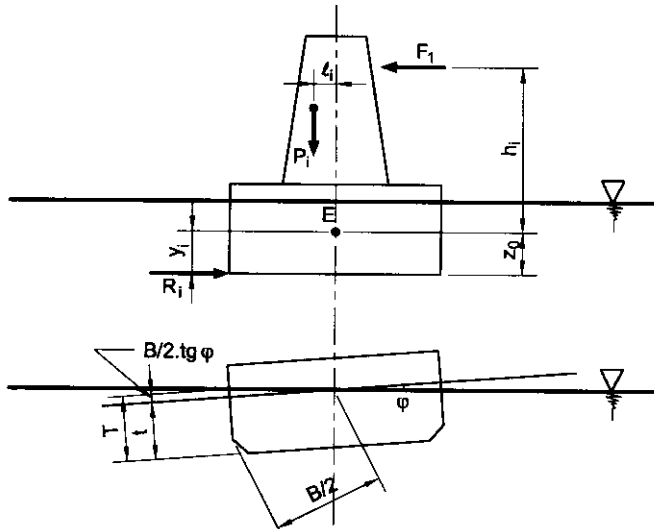
6. Tính độ nghiêng

Khi kiểm tra đạt điều kiện $\rho \geq a$ thì mới tính độ nghiêng.

Tính mô men của các lực đối với tâm nổi.

- Mômen của các lực đứng: $M_1 = \sum P_i \cdot e_i$;

- Mômen của các lực ngang: $M_2 = \sum F_i \cdot h_i$;



Hình 5.5

- Mômen của lực đẩy của nước:

$$M_3 = \sum R_i \cdot y_i ;$$

Tổng cộng mômen lật đối với tâm nổi.

$$M_l = M_1 + M_2 + M_3$$

Độ nghiêng của phao:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{M_l}{\gamma V (\rho - a)} \quad (5.11)$$

Mớn nước

$$T = t + \frac{B}{2} \operatorname{tg} \varphi \quad (5.12)$$

§5.2. TÍNH TOÁN NEO CỐ

1. Những thiết bị neo

1.1. Neo: Thường dùng 2 loại: neo bằng thép đúc và neo bê tông

Neo hải quân bằng thép đúc có các loại: 200kg, 900kg, 1,5T; 3,0T. Kích thước cơ bản của nó. Xem bảng 5.1.

Lực cản của neo R:

$$R = m \cdot W \quad (5.13)$$

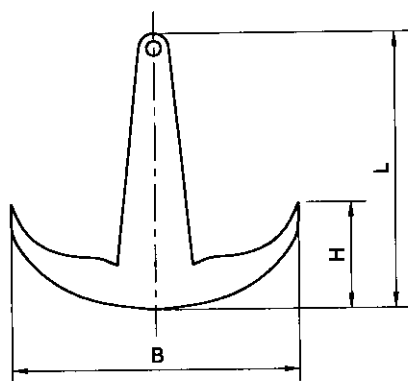
Trong đó:

W - trọng lượng của neo;

m - hệ số ngoạm bùn, thường phải làm thí nghiệm để xác định, nó phụ thuộc chiều sâu nước, chất đất, loại neo.

Bảng 5.1

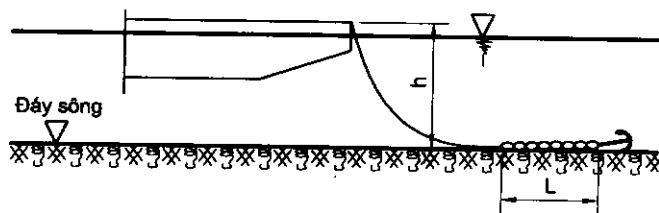
Ký hiệu	3000a	1500a
Trọng lượng (T)	3	1,5
B(mm)	2415	1955
H(mm)	912	725
L(mm)	3780	3000

**Hình 5.6**

Đối với neo hải quân:

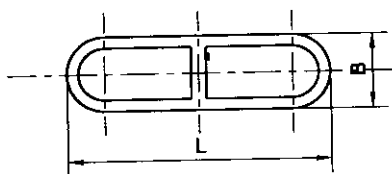
- Trong đất cát $m = 5 \div 6$.
- Trong đất sét $m = 8 \div 12$.

1.2 Xích neo: Gồm toàn bộ phần nằm trên mặt đất đến neo. $L = 5h$. Với neo chính thông thường $50 \div 75m$

**Hình 5.7**

Các phụ kiện của xích

a) Vòng xích: Tính năng xem bảng 5.2.

**Hình 5.8**

Bảng 5.2

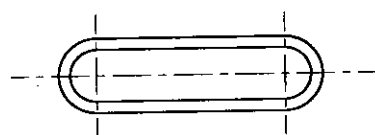
ϕ (mm)	Trọng lượng (kg)	L (mm)	B (mm)	[sức kéo] (T)	Sức kéo (T)	Mômen xung kích (kGm)
28	1,87	168	100	31,1	46,6	102
37	4,35	222	133	54,2	81,3	235
43	6,84	258	155	73,4	102,6	370

b) *Mắt xích cuối*: có 2 loại:

- Loại trơn: xem hình 5.9.

Các kích thước và sức chịu của loại mắt xích này giống như vòng xích.

- Loại mắt xích cuối có chốt. Hình dạng của loại mắt xích này giống như vòng xích. Tính năng của nó xem bảng 5.3.

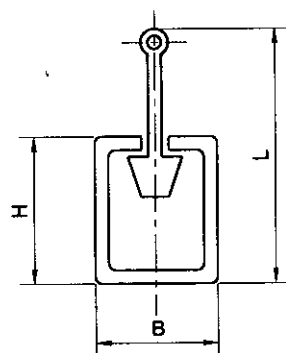
**Hình 5.9****Bảng 5.3**

ϕ (mm)	Trọng lượng (kg)
28	2,88
37	6,93
43	10,70

c) *Mắt xích quay*

Bảng 5.4

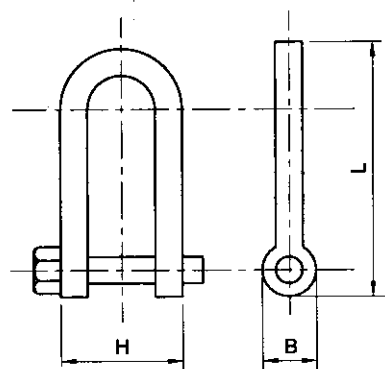
ϕ (mm)	Trọng lượng (kg)	L (mm)	B mm)	H (mm)
28	6,5	280	123	102
37	15	368	163	133
43	26	425	189	155

**Hình 5.10**

d) *Vòng liên kết (ma ní)*

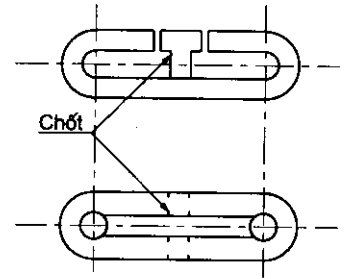
Bảng 5.5

ϕ (mm)	Trọng lượng (kg)	L (mm)	B mm)	H (mm)
28	5,34	200	80	112
37	12,3	264	104	148
43	19,3	306	120	172

**Hình 5.11**

e) Vòng nối (mắt xích nối)

Hệ xích thường chia ra 2,3 đoạn. Đoạn đầu nối ngay vào neo. Đoạn cuối cấu tạo giống đoạn giữa. Giữa các đoạn nối với nhau bằng một vòng nối và một ma níp. Cuối cùng nối vào cáp.



Hình 5.12

Tính năng cơ học của xích neo xem bảng 5.6.

Bảng 5.6

Các chỉ tiêu cơ học	Ký hiệu	Trị số
Cường độ phá hoại	σ_h	65 kG/mm ²
Cường độ khuất phục	σ_s	45kG/mm ²
Tỉ lệ dẫn dài	δ_s	14%
Tỉ lệ co ngót ở tiết diện	-	≥ 30%
Độ dai xung kích	a_K	6kG/mm ²

1.3. Cáp

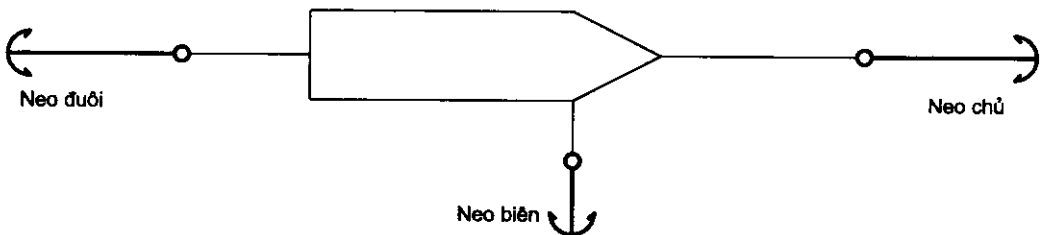
Thường dùng loại 6 tao × 37 sợi, có tính năng ghi ở bảng 5.7.

Bảng 5.7

Đường kính cáp (mm)	Cường độ cực hạn (kéo đứt) (T)	Cường độ 1 sợi (kG/cm ²)
22	20 - 27,15	140 - 190
26	28,8 - 39,05	-
28,5	33,8 - 45,85	-
37	53,65 - 78,45	-
43,5	74,2 - 87,95	-

2. Tính toán chịu lực của neo

Có 3 loại neo: neo chủ, neo biên và neo đuôi



Hình 5.13

a) *Tính các lực tác dụng vào phao:*

- Lực đẩy (cản) của nước vào phao R_1

$$R_1 = (fS + \phi F)V^2 \quad (5.14)$$

Trong đó:

f - hệ số ma sát: phao thép $f = 0,17$.

phao gỗ $f = 0,25$.

S - diện tích choán chỗ của phao

$$S = L(2T + 0,85B) \quad (5.15)$$

Trong đó:

L - chiều dài phao (m);

T - chiều sâu ngập nước (m);

B - chiều rộng phao (m);

ϕ - hệ số cản; phao vuông $\phi = 10$, phao vát $\phi = 5$;

$F = T.B$ (m^2);

V - lưu tốc nước (m/s);

- Lực gió R_2 : tính với phần phao lộ trên mặt nước

$$R_2 = k_2 \Omega P_w \quad (5.16)$$

k_2 - hệ số chắn gió: Đối với phân kết cấu đặc $k_2 = 1,0$; Đối với phân kết cấu rỗng $k_2 = 0,4$.

Ω - diện tích chắn gió m^2 ;

P_w - cường độ gió.

$$P_w = 0,1V^2$$

Trong đó V là tốc độ gió (m/s).

- Lực sóng R_3

$$R_3 = \frac{1}{2}(h_e^2 + 2h_e T - 0,1T^2)B, \text{ kG} \quad (5.17)$$

Trong đó:

$$h_e - \text{chiều cao sóng} \quad h_e = 0,073kV \sqrt{D\varepsilon} \quad (5.18)$$

v - tốc độ (m/s);

D - chiều dài sóng (km);

k - hệ số đặc trưng sự hình thành sóng.

$$k = 1 + e^{-\frac{0,4D}{V}}; \quad e = 2,72$$

ε - độ dốc của sóng: $\varepsilon = \frac{1}{0,9}(100 + V^2)^{1/2}$.

- Lực do neo đối diện tạo neo R_4 . Theo kinh nghiệm $R_4 = 2 - 3T$.

b) Lực tác dụng vào neo

- Neo chính chịu 4 loại lực tác dụng:

$$\sum R_i = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

- Neo biên chịu các lực:

+ Lực nước chảy:

$$R_1 = (fS + \phi F) V^2 \sin \alpha \quad (5.19)$$

+ Lực gió R_2 : tính ngược chiều neo.

+ Các lực khác:

• Lực chòng chành do sóng tác dụng:

$$N_T = k \cdot \frac{DV}{S} \quad (5.20)$$

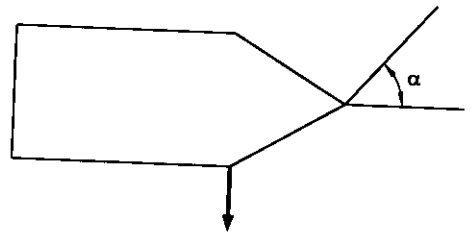
Trong đó:

k - hệ số tỉ lệ bằng 0,05 - 0,10;

D - trọng lượng nước bị choán chỗ;

V - tốc độ chòng chành, m/s;

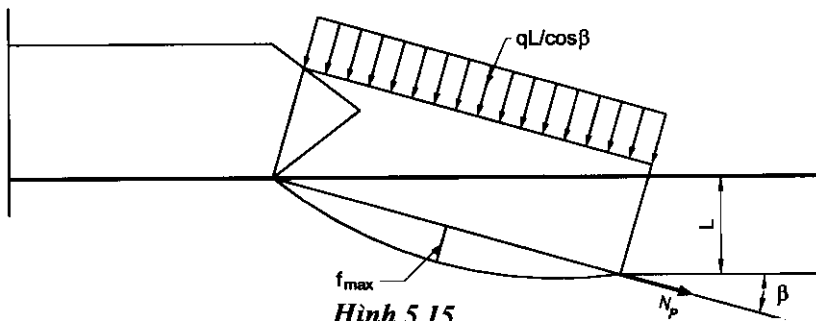
S - cự li chòng chành, m.



Hình 5.14

• Lực xung kích của dòng nước tác dụng lên cáp neo

$$N_p = \sqrt{\left(\frac{qL^2}{8f_{\max}} \cdot \frac{1}{\cos \beta} \right)^2 + \left(\frac{qL}{2} \cdot \frac{1}{\cos \beta} + H \operatorname{tg} \beta \right)^2} \quad (5.21)$$



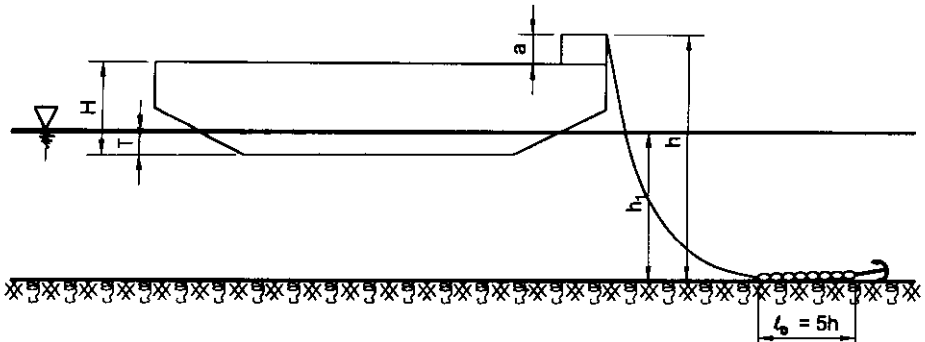
Hình 5.15

f_{\max} khó tính nên thường giả định:

$$H = \frac{qL^2}{8f_{\max}} \cdot \frac{1}{\cos \beta}$$

- Neo đuôi: chịu lực R_2 , R_4 và lực cản của thủy triều R_5 .

3. Tính chiều dài cáp neo



Hình 5.16

$$L = l + l_0 \quad (5.22)$$

Trong đó:

$$l = \sqrt{h^2 + \frac{2hR}{q}}$$

$$l_0 = 5h;$$

$$h = a + h_1 + (H - T)$$

Với xà lan 400T, $a = 0,3\text{m}$; q - trọng lượng 1m cáp (kg); R - tổng lực cản của neo; L - thường phải cộng thêm 50 - 100m để thuận tiện cho việc thả neo.

Thí dụ:

Tính toán ổn định của cầu nổi

I. Những số liệu cơ bản: (bảng 5.8; hình 5.17)

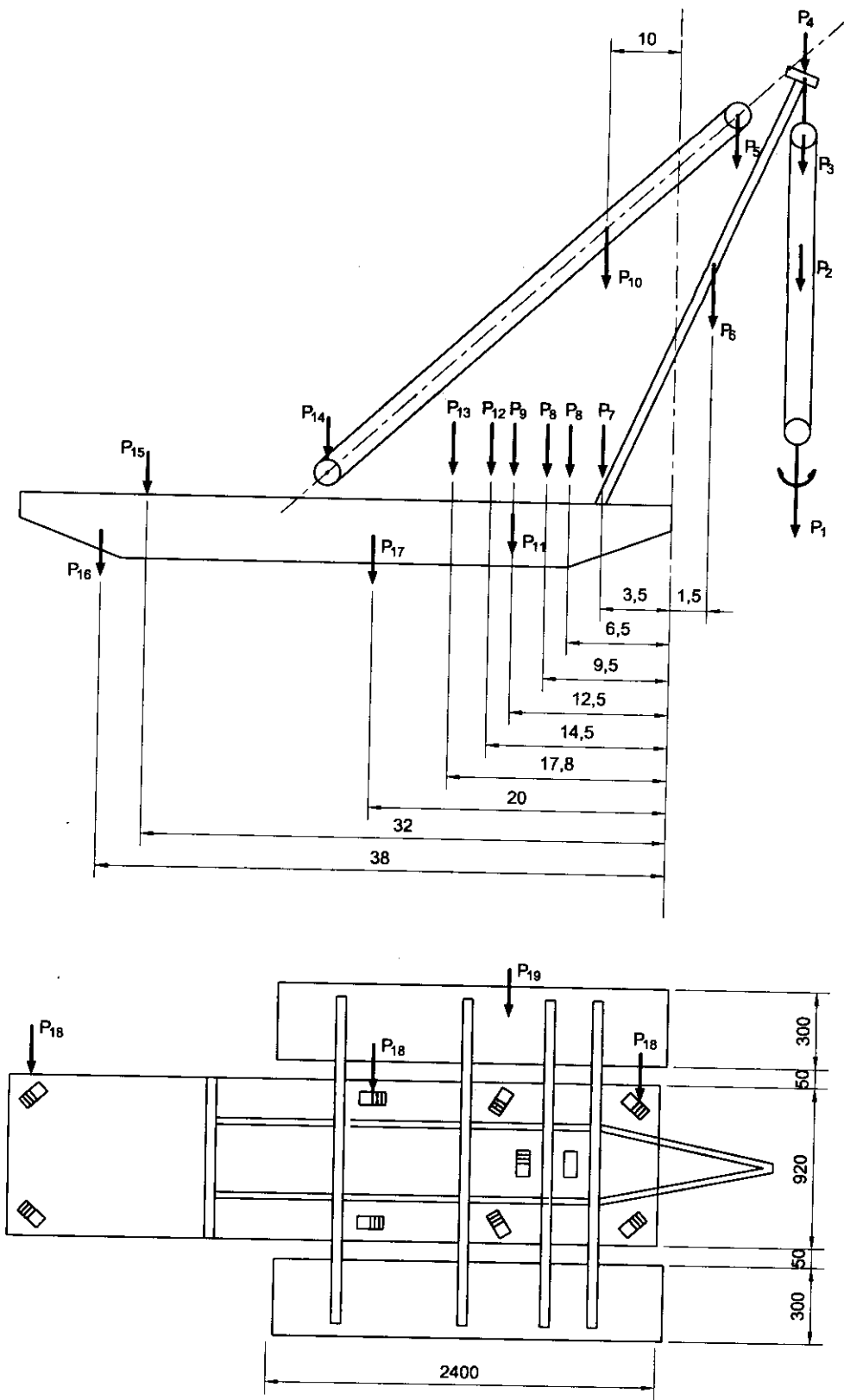
II. Tính độ chìm của xà lan 400T trước khi lắp ráp với hệ phao T.60

1. Đặc trưng hình học của xà lan 400T

$$F = 9,2.36 = 331,2\text{m}^2$$

$$J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{9,2.36^3}{12} = 35769,59\text{m}^4$$

$$J_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{36.9,2^3}{12} = 2336,1\text{m}^4$$



HÌNH 5.17

Bảng 5.8

Kí hiệu	Tên bộ phận	Trọng lượng (T)
P ₁	Múp và móc cầu	2,01
P ₂	Cáp nâng hàng	1,51
P ₃	Quang treo và múp	1,62
P ₄	Mỏ cần	1,38
P ₅	Quang treo và múp neo cần	1,25
P ₆	Cần và thang	11,512
P ₇	Chốt cần	1,54
P ₈	Tời nâng hàng	5,64
P ₉	Tời nâng cần	2,1
P ₁₀	Cáp nâng cần	2,6
P ₁₁	Bệ tời	2,33
P ₁₂	Dầm phân phối trên xà lan	17,10
P ₁₃	Máy phát điện	4,5
P ₁₄	Múp neo cần	0,58
P ₁₅	Máy bơm	0,20
P ₁₆	Đối trọng	4,5
P ₁₇	Xà lan 400T	165
P ₁₈	Tời neo	0,52
P ₁₉	Phao và hệ dầm trên phao	57,5
		<u>ΣP = 323,9</u>

2. Xác định vị trí trọng tâm của các kết cấu trên xà lan 400T, xem bảng 5.9.

Bảng 5.9

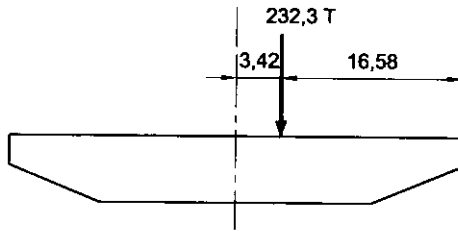
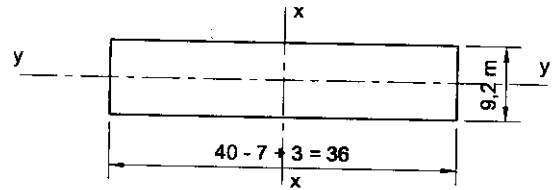
Kí hiệu	Tải trọng P(T)	Khoảng cách đến đầu xà lan a(m)	M = P.a (Tm)
1	2	3	4
P ₁	2,0	- 6,5	- 13,0
P ₂	1,51	- 6,5	- 9,81
P ₃	1,62	- 6,5	- 10,53
P ₄	1,38	- 6,5	- 8,97
P ₅	1,25	- 5,5	- 6,87
P ₆	11,51	- 1,5	- 17,26
P ₇	1,54	3,5	+ 5,39
P ₈	5,64	6,5	36,66
P _{8a}	5,64	9,5	53,58

Bảng 5.9 (tiếp theo)

1	2	3	4
P ₉	4,2	12,5	52,50
P ₁₀	2,6	10,0	26,0
P ₁₁	2,33	9,5	22,13
P ₁₂	17,1	14,5	247,95
P ₁₃	4,5	17,8	80,10
P ₁₄	0,58 × 2	21	24,36
P ₁₅	0,2	37	7,4
P ₁₇	16,5	20	3300,0
P ₁₈	3,12	20	62,4
	<u>232,3</u>		<u>3852,00</u>

$$Y = \frac{\sum M}{\sum P} = \frac{3852}{232,3} = 16,58\text{m}$$

3. Độ chìm của xà lan trước khi lắp ráp



Độ chìm của xà lan:

$$T_0 = \frac{P}{L \cdot B} = \frac{232,3}{36 \cdot 9,2} = 0,7\text{m}$$

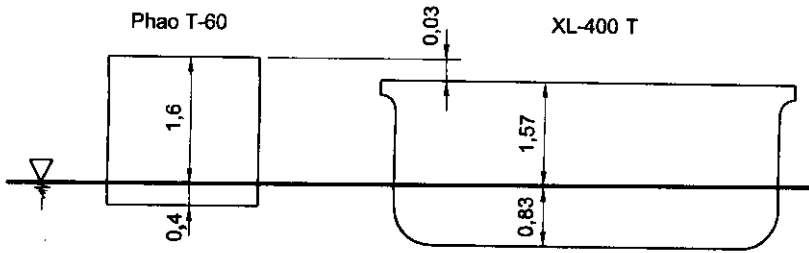
Đối trọng cần thiết để xà lan cân bằng:

$$Q = \frac{232,3 \cdot 3,42}{18} = 44,13\text{T}$$

Độ chìm của xà lan sau khi có đối trọng:

$$T_1 = \frac{232,3 + 44,13}{36 \cdot 9,2} = 0,834\text{m}$$

4. Xác định độ chìm của phao T.60.



Trọng lượng phao 5,3T.

Trọng lượng hệ dầm phân phối: $\frac{15,1}{8} = 1,88T$

Độ chìm của phao:

$$T_o = \frac{5,3 + 1,88}{6 \times 3} = 0,4m$$

Lượng nước cần bơm vào 1 phao T-60:

$$3,6 \times 0,4 = 7,2m^3$$

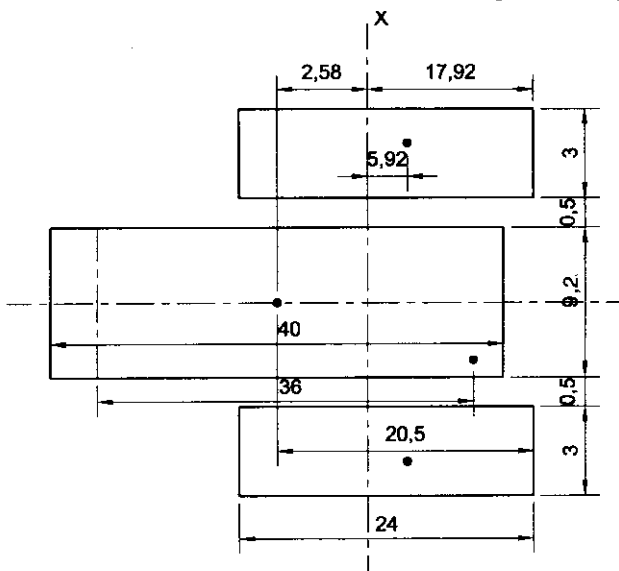
Trọng lượng toàn bộ phân phối trên phao:

$$P_i = 7,2 + 5,3 + 1,88 = 14,38T$$

Độ chìm khi lắp ráp với xà lan 400T

$$T_t = \frac{14,38}{6.3} = 0,798m$$

Xác định đặc trưng hình học của toàn bộ hệ thống sau khi ghép phao vào xà lan 400T.



5. Xác định trọng tâm của toàn bộ hệ thống

$$F_p = 2(3 \cdot 24) = 144m^2$$

$$F_{XL} = 36 \cdot 9,2 = 331,2m^2$$

$$X = \frac{36 \cdot 92 \cdot 20,5 + 2 \cdot 72 \cdot 12}{2 \cdot 72 + 331} = 17,92m$$

$$J_o^{XL} = \frac{9,2 \cdot 36^3}{12} = 35.769,6m^4$$

$$J_o^p = 2 \cdot \frac{3 \cdot 24^3}{12} = 6912m^4$$

$$\begin{aligned} J_{XX} &= J_o^{XL} + F_{XL} a_{XL}^2 + J_o^p + F_p \cdot a_p^2 \\ &= 35769,6 + 331,2 \cdot 2,58^2 + 6312 + 144 \cdot 5,92^2 \\ &= 49932,88m^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{YY} &= J_{XL} + (J_o^p + F_p a^2) \\ &= 2336 + 2(72 + 6,6^2) = 8608,64m^4 \end{aligned}$$

6. Tính độ chìm của phao khi có tải

a) Xác định trọng tâm của toàn bộ hệ thống nổi khi có vật cầu:

Trọng lượng toàn bộ hệ thống cầu (chưa kể vật cầu):

$$P_n = 232,3 + 45 + 57,5 + 57,6 = 392,4T$$

Trong đó:

Trọng lượng xà lan 400T: 232,3T

Đối trọng: 45

Phao T-60 và hệ dầm trên phao: 57,5

Đối trọng cho thêm vào phao: 57,6

Phần vật nâng tính với hệ số động $k = 1,2$

Trọng lượng hàng 100T

Trọng lượng múp cáp 7T

Tải trọng tính toán:

$$P_t = (100 + 7) 1,2 = 128,4T$$

Bảng 5.10

Trạng thái làm việc của cầu	Diện tích $F(m^2)$	Trọng lượng hệ thống $P_n(T)$	Mômen tĩnh đối với đáy phao $S(m^3)$	$T_o = \frac{P_n}{F}$ (m)	$e = \frac{T_o}{2}$ (m)	$Z = \frac{S}{P_n}$ (m)	$a = Z - e$ (m)
Tâm với min $L = 10m$	475,2	524,6	4022	1,1	0,55	7,66	7,11
Tâm với max $L = 20m$	475,2	436,9	1489,6	0,92	0,46	3,4	2,94

Bảng 5.11

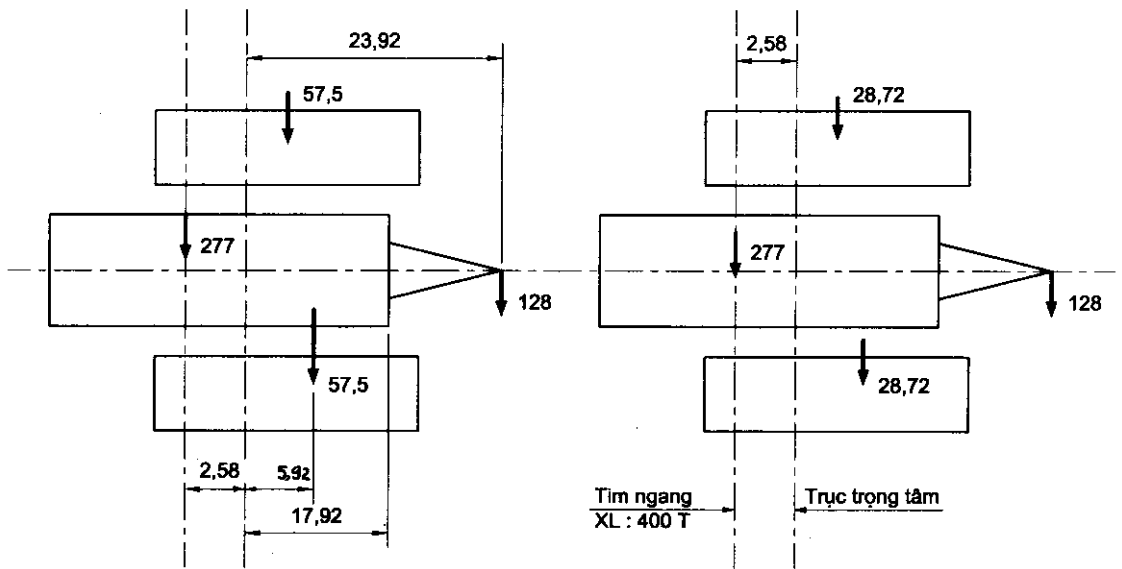
Tên tải trọng	Kí hiệu	Trọng lượng	Khoảng cách đến đáy xà lan $h_i(m)$	Mômen tĩnh $S = P_i h_i$; (m)
1	2	3	4	5
Móc cầu	P_1	2,01	-	48,24
Cáp nâng hàng	P_2	1,51	23,97	36,24
Quang treo	P_3	1,62	23,97	38,88
Mỏ cầu	P_4	1,38	23,5	32,43
Quang treo cáp cân	P_5	1,25	24,5	30,625
Tay cân	P_6	11,512	13,81	158,95
Chốt cân dầm đỡ	P_7	1,54	4	6,16
Tời nâng hàng	P_8	$5,64 \times 2$	4	45,12
Tời nâng cân	P_9	$2,1 \times 2$	4	16,8
Cáp cân	P_{10}	2,6	13	33,8
Bệ tời	P_{11}	2,33	3,2	7,45
Dầm phân phối	P_{12}	17,1	2,67	45,66
Máy phát điện	P_{13}	4,5	4	18
Múp treo cân	P_{14}	$0,58 \times 2$	3	3,48
Máy bơm	P_{15}	0,2	2,5	0,5
Đối trọng	P_{16}	45	1,6	72
Xà lan 400T	P_{17}	165	1,0	165
Tời neo	P_{18}	$0,52 \times 6$	2,7	8,42

Bảng 5.11 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
Phao T-60	P ₁₉	57,5	1,3	74,75
Hệ dầm trên phao	P ₂₀	57,6	0,2	11,52
Vật cầu max	P ₂₁	128	24	3072
Σ =		520,0		

Độ chìm của xà lan quá lớn (xem bảng 5.11), vì vậy biện pháp khắc phục là bơm nước ra khỏi phao T-60. Tải trọng nước trong phao giảm đi: $0,4 \times 24 \times 3 = 28,8T$.

Tải trọng còn lại trên phao:



Bảng 5.12

Tên	Trọng lượng • P _i (T)	Khoảng cách đến tâm nổi X _i (m)	M = P _i · X _i (Tm)	P _n (T)	J _x (m ⁴)	ρ = $\frac{J_x}{P_n}$ (m)	a (m)	ρ - a (m)	tgφ = $\frac{M}{P_n(\rho - a)}$	Δt (m)	T _o = $\frac{P_n}{F}$ (m)	T = T _o + ...
Xà lan 400T	277	-2,58	- 714,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phao T-60	115	5,92	680,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vật cầu:					49933							
max	128	23,92	3062	520	-	96,02	7,11	88,91	0,066	1,18	1,09	2,27
min	25,4	33,92	862	4174	-	119,6	2,94	116,7	0,018	0,32	0,87	1,19

$$P_n = 28,72 \times 2 + 277 + 128 = 466,44T$$

$$\text{Độ chìm } T_o = \frac{P_n}{F} = \frac{466,44}{475,2} = 0,98m$$

$$e = \frac{T_o}{2} = 0,49m$$

$$Z = \frac{S}{P_n} = \frac{4022}{466,44} = 8,62m$$

$$a = Z - e = 8,62 - 0,49 = 8,13m$$

$$\rho = \frac{J_x}{P_n} = \frac{49933}{466,44} = 107,05m$$

$$\rho - a = 107,05 - 8,13 = 98,75m > 0$$

Như vậy đảm bảo hệ nổi ổn định.

$$M = 132 \times 23,92 + 2 \times 28,72 \times 5,92 - 277 \times 2,58 = 2782Tm$$

$$tg\varphi = \frac{M}{P_n(\rho - a)} = \frac{2782}{466,44 \times 98,75} = 0,06 \rightarrow \varphi = 3^{\circ}26'$$

$$t = 17,92 \times 0,06 = 1,07m.$$

$$\text{Độ chìm phía trước: } t_f = 1,07 + 0,98 = 2,05m.$$

$$\text{Độ chìm phía sau: } t_s = 0,98 - 21,58 \times 0,06 = 0,3m$$

Chương 6

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ DẦM CẦU TẠM

Trong quá trình thi công cầu, đôi khi phải xây dựng cầu tạm để chuyên chở vật liệu và đưa thiết bị ra sông. Để thiết kế những cầu tạm này dưới đây xin giới thiệu phương pháp tính toán gần đúng và đơn giản các dầm cầu tạm được thể tạo bằng các loại thép hình. Riêng phần nền móng của cầu, tùy thuộc vào điều kiện địa hình, địa chất thủy văn có thể áp dụng một trong các loại móng như đã trình bày ở chương 2.

§6.1. TÍNH TOÁN DẦM ĐƠN GIẢN BẰNG CÁC LOẠI THÉP HÌNH

1. Căn cứ thiết kế

a) Tải trọng tính toán

1. Tĩnh tải (T/m).

- Trọng lượng kết cấu nhịp: q_1

- Trọng lượng phân mặt cầu: q_2

Tĩnh tải toàn bộ
$$p = q_1 + q_2 \text{ (T/m)}$$

2. Hoạt tải: loại đầu máy, ô tô, xe xích...

3. Lực gió: bất kể các xe hay không xe, đều tính với cường độ gió $q = 80 \text{ kG/m}^2$.

4. Hệ số xung kích:

$$\text{- Khi không hạn chế tốc độ } 1 + \mu = 1 + \frac{27}{30 + l_p} \quad (6.1)$$

$$\text{- Khi hạn chế tốc độ } 1 + \mu = 1 + \beta \frac{27}{30 + l_p} \quad (6.2)$$

Trong đó:

$$\beta = \frac{V}{2V_{kp} - V} \quad (6.3)$$

$$V_{kp} = \frac{1250}{l_p} + 15 \approx 65 \text{ (km/h)} \quad (6.4)$$

b) Ứng suất cho phép (đối với thép C_{T-3})

1. Ứng suất cho phép khi thép I chịu uốn:

$$R_o = 1400 \text{ kG/cm}^2$$

Ứng suất cắt cho phép:

$$[\tau] = 0,75R_o = 1275 \text{ kG/cm}^2$$

2. Ứng suất cho phép của bulông chế tạo bằng thép C_T-3:

- Cắt $[\sigma]_c^b = 0,65R_o = 0,65 \cdot 1700 = 1105 \text{ kG/cm}^2$

- Ép mặt $[\sigma]_{c/m}^b = 1,42R_o = 1,42 \cdot 1700 = 2414 \text{ kG/cm}^2$

3. Ứng suất cắt cho phép của đường hàn:

$$[\tau]_c^h = 0,6R_o = 0,6 \cdot 1700 = 1020 \text{ kG/cm}^2$$

Khi hàn ngoài công trường, do khó đảm bảo chất lượng, nên phải xét triết giảm ứng suất cắt cho phép 20% nữa.

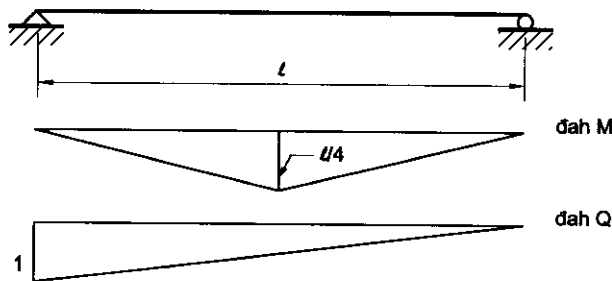
2. Tính toán thiết kế

a) Tính toán nội lực dầm chủ

Đối với dầm chữ I dù là một tầng hay hai tầng, tiết diện mặt cắt ở đầu dầm hay giữa dầm đều chọn giống nhau. Do vậy chỉ cần xác định mômen ở giữa nhịp và lực cắt ở đầu dầm.

Nếu tại mặt cắt giữa nhịp, tiết diện chữ I không đủ chịu uốn, thì tại đó có thể tăng cường bằng cách hàn thêm bản nắp ở phía trên và phía dưới cánh dầm. Khi đó cần phân đoạn để tìm M và Q rồi kiểm tra lại.

1. Tính mômen giữa nhịp



Hình 6.1: Đường ảnh hưởng M và Q

Diện tích đường ảnh hưởng: $\Omega_M = \frac{l^2}{8}$ (6.5)

Mômen do tĩnh tải: $M_t = p \cdot \Omega_M$ (6.6)

Mômen do hoạt tải: $M_h = (1 + \mu)k \cdot \Omega_M$ (6.7)

Mômen tổng cộng: $M_{tc} = M_t + M_h$

2. Tính lực cắt đầu dầm

Diện tích đường ảnh hưởng: $\Omega_Q = \frac{l}{2}$ (6.8)

Lực cắt do tĩnh tải: $Q_t = p \cdot \Omega_Q$ (6.9)

Lực cắt do hoạt tải: $Q_h = (1 + \mu)k \cdot \Omega_Q$ (6.10)

Lực cắt tổng cộng: $Q_{tc} = Q_t + Q_h$;

b) Chọn tiết diện

1. Từ M_{tc} tính mômen kháng uốn cần thiết của tiết diện:

$$W_{ct} = \frac{M_{tc}}{[\sigma]} \quad (6.11)$$

Xét đến W bị triệt giảm do tiết diện bị khoan lỗ ở mỗi nối, nên trong tính toán lấy:

$$W_{ng} = (1,1 \div 1,15) W_{ct} \text{ (nếu có lỗ đinh);}$$

$$W_{ng} = W_{ct} \text{ (nếu không có lỗ đinh).}$$

Dựa vào W_{ng} chọn tiết diện thép hình và tra bảng tìm mômen kháng uốn thực tế (W_{ng}^{tt}) và mômen kháng uốn thu hẹp do khoan lỗ (W^{th}).

2. Thử lại tiết diện

- Nghiệm lại cường độ chịu uốn:

$$\sigma = \frac{M_{tc}}{W^{th}} \leq [\sigma] \quad (6.12)$$

- Nghiệm lại cường độ chịu cắt: coi lực cắt hoàn toàn do bản bụng chịu.

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{F} \leq [\tau] \quad (6.13)$$

Trong đó:

$$F = h \cdot d$$

h - chiều cao dầm;

d - chiều dày bản bụng dầm.

Khi dùng dầm I chồng, thì miếng thép bản hàn giữa hai dầm I không tính chịu lực cắt.

- Kiểm tra độ võng:

$$f = \frac{5}{384} \frac{kl^4}{EJ} \quad (6.14)$$

và

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]$$

thường rút ra quan hệ $\mathcal{J} = f(k, l)$;

Trong đó:

k - hoạt tải tương đương;

l - khẩu độ nhịp tính toán;

E - môđun đàn hồi của thép;

J - mômen quán tính của tiết diện;

f - độ võng.

c) Kiểm toán ổn định cục bộ của bản bụng và ép mặt của gối

Nếu chiều dày của bản bụng $\leq 1/50$ chiều cao tính toán của bản bụng thì không cần đến sườn tăng cường ở giữa và khi đó cũng không cần kiểm toán ổn định cục bộ của bản bụng. Bản bụng ở đầu dầm tại chỗ gối chịu ứng lực ép rất lớn, nên có thể coi như thanh chịu nén mất đi tính chất ổn định mà chịu uốn cong. Khi tính toán coi như thanh chịu nén hướng trục. Chiều dài tự do khi tính toán thì xem như giữa 2 bên cánh dầm có khả năng dịch động và chuyển động nghiêng trị số đó ước chừng $(0,5 \div 2)d$ (d là chiều dày bản bụng). Chiều dài tự do của thép nẹp tăng cường lấy bằng 0,7 lần chiều dài giữa 2 điểm trong hệ liên kết ngang của nó.

1. Kiểm toán bản bụng ở đầu dầm chịu ép:

$$\sigma = \frac{Q}{\varphi F} < [\sigma] \tag{6.15}$$

Khi tính toán lấy chiều rộng chịu ép bằng $b + \frac{h}{4}$ thì:

$$\sigma = \frac{Q}{\left(b + \frac{h}{4}\right) d \varphi} < [\sigma] \tag{6.16}$$

Trong đó:

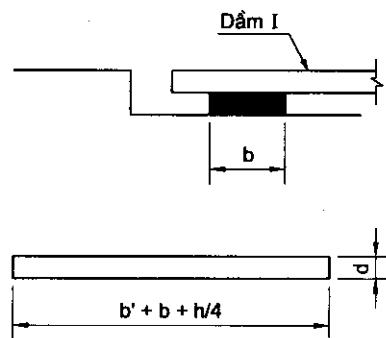
φ - hệ số triết giảm do uốn dọc;

b - chiều dài gối đỡ;

h - chiều cao dầm I;

d - chiều dày bản bụng.

Tra φ :



- Mômen quán tính nhỏ nhất của bản bụng chịu ép là: $J_{\min} = \frac{b'd^3}{12}$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{1/12 \cdot b'd^3}{b'd}} = \frac{d}{\sqrt{12}}$$

Chiều dài tự do của bản bụng chịu ép lấy bằng $0,7h$.

$$l_o = 0,7h$$

$$\lambda = \frac{l_o}{r_{\min}} \Rightarrow \text{tra bảng ra } \varphi.$$

2. Kiểm toán ép mặt của bản bụng ở gối đỡ

Diện tích ép mặt lấy bằng tích số giữa chiều dày bản bụng và chiều dài gối đỡ.

Công thức kiểm tra:

$$\sigma_{c/m} = \frac{Q}{bd} \leq [\sigma]_{c/m} = 1,42 R_o \quad (6.17)$$

d) Liên kết

Khi dầm chịu uốn, nếu cự li giữa các tiết điểm liên kết dọc vượt quá 15 lần chiều rộng cánh dầm, thì coi cánh dầm như một thanh chịu ép, phải kiểm toán ổn định uốn ra ngoài mặt phẳng dầm chủ. Vì vậy khi thiết kế nên cấu tạo các bản ngăn với cự li giữa chúng $l_n < 15b$; b là bề rộng cánh dầm.

Thí dụ:

Tính toán thiết kế cầu tạm phục vụ vận chuyển bê tông để thi công trụ cầu ngoài sông.

A. Căn cứ thiết kế

I. Tải trọng tính toán

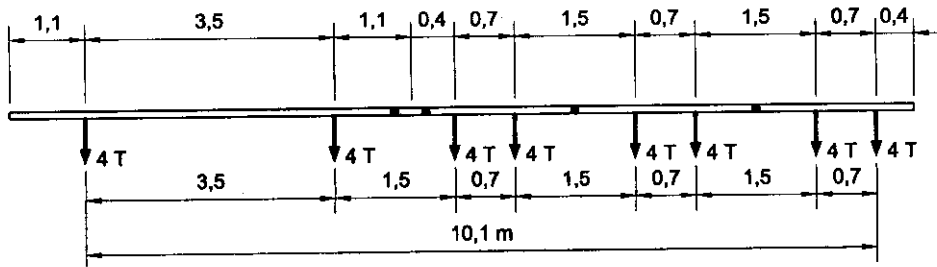
1. Tính tải: tính cho 1m cầu

- Dầm thép 2I560	: $91\text{kg/m} \times 2$	= 182kg/m.
- Tà vệt 1m	- 3 thanh 80×3	= 240 kg/m.
- Ray chính	43×2	= 86 kg/m
- Ray hộ luân	38×2	= 76 kg/m.
- Gỗ gờ, gỗ đỡ đường bộ hành	16×4	= 64 kg/m.
- Gỗ lan can, ván mặt cầu, bộ hành		= 55kg/m
- Dầm ngang		= 102kg/m
		<hr/>
		$\Sigma = 805 \text{ kg/m}$

Xét thêm các phụ kiện liên kết, lấy $q = 1\text{T/m}$

2. Hoạt tải: dùng đầu máy 90 mã lực kéo xe goòng chở 3 thùng bê tông dung tích $2,4\text{m}^3$.

Sơ đồ hoạt tải như sau:



3. Lực gió: $p = 80 \text{ kG/m}^2$.

4. Hệ số xung kích: tính theo công thức (6.2), (6.3), (6.4):

Tốc độ hạn chế $V = 15 \text{ km/h}$

$$V_{kp} = \frac{12,50}{11} + 15 = 128,5 > 65 \Rightarrow V_{kp} = 65 \text{ km/h}$$

$$\beta = \frac{15}{2 \times 65 - 15} = 0,13$$

$$1 + \mu = 1 + 0,13 \frac{27}{30 + 11} = 1 + 0,0855 = 1,1$$

II. Ứng suất cho phép

1. Ứng suất cho phép khi thép I chịu uốn: Vì dùng I56 là thép hợp kim thấp, loại 16Mn nên lấy $R_o = 2400 \text{ kG/cm}^2$.

$$\text{Ứng suất cắt: } [\tau] = 0,75 \cdot 2400 = 1800 \text{ kG/cm}^2$$

2. Ứng suất cho phép của bulông thô $C_T.3$:

$$\text{Ứng suất cắt } [\sigma]_c^b = 0,65 \cdot 1700 = 1100 \text{ kG/cm}^2$$

$$\text{Ứng suất ép mặt } [\sigma]_{e/m}^b = 1,42 \cdot 1700 = 2420 \text{ kG/cm}^2$$

3. Ứng suất cắt cho phép của đường hàn:

$$[\tau]^h = 0,60 \cdot 1700 = 1020 \text{ kG/cm}^2$$

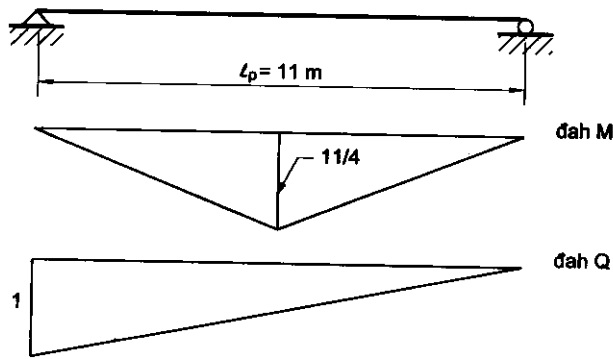
Xét điều kiện hàn ở công trường không đảm bảo được chất lượng, nên lấy:

$$[\tau]^h = 0,8 \cdot 1020 = 800 \text{ kG/cm}^2$$

B. Tính toán thiết kế

I. Tính toán nội lực dầm chủ

1. Tính mômen giữa nhịp:



Diện tích đah mômen:

$$\Omega_M = \frac{l^2}{8} = \frac{11^2}{8} = 15,1\text{m}^2$$

- Mômen do tĩnh tải:

$$M_t = q\Omega_M = 1 \cdot 15,1 = 15,1\text{Tm}$$

- Mômen do hoạt tải:

$$M_h = (1 + \mu)k\Omega_M = 1,1 \cdot 3,88 \cdot 15,1 = 64,5\text{Tm}$$

- Mômen tổng cộng:

$$M = 15,1 + 64,5 = 79,6 = 80\text{Tm}$$

2. Tính lực cắt đầu dầm:

$$\Omega_Q = \frac{l}{2} = \frac{11}{2} = 5,5\text{m}^2$$

- Lực cắt do tĩnh tải:

$$Q_t = q \cdot \Omega_Q = 1 \cdot 5,5 = 5,5\text{T}$$

- Lực cắt do hoạt tải:

$$Q_h = (1 + \mu)k \Omega_Q = 1,1 \cdot 3,7 \cdot 5,5 = 22,4\text{T}$$

- Lực cắt tổng cộng:

$$Q = Q_t + Q_h = 5,5 + 22,4 = 28\text{T}$$

II. Chọn tiết diện

1. Từ M tìm mômen kháng uốn cần thiết của tiết diện:

$$W_{ct} = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{80 \cdot 10^5}{2400} = 3340\text{cm}^3$$

Dùng 2I56 có $W_{ng} = 2079 \times 2 = 4158 \text{cm}^3 > 3340 \text{cm}^3$.

2. Thử lại tiết diện:

- Nghiệm lại cường độ chịu uốn:

$$\sigma = \frac{M}{W_{ng}} = \frac{80.10^5}{4158} = 1925 \text{ kG/cm}^2 < 2400 \text{ kG/cm}^2$$

(Ở đây $W^{\text{th}} = W_{ng}$ vì không có lỗ khoan trên dầm I).

- Nghiệm lại cường độ chịu cắt: coi lực cắt hoàn toàn do bản bụng chịu:

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{F} \leq [\tau]$$

$$F = h.d = 56.1 = 56 \text{cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{28.10^3}{56} = 750 \text{ kG/cm}^2 < 1800 \text{ kG/cm}^2$$

- Kiểm tra độ võng:

Với cầu tạm được thiết kế theo tiêu chuẩn thấp: hoạt tải nhỏ, tốc độ chạy xe hạn chế $\leq 15 \text{ km/h}$, thời gian sử dụng ngắn hạn thì có thể lấy $\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{250}$. Từ công thức

$$f = \frac{5}{384} \frac{kl^4}{EJ}, \text{ giải phương trình } \frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right], \text{ ta có:}$$

$$J_{y/c} = 15,6kl^3 = 15,6 \cdot 3,88 \cdot 11^3 = 80500 \text{cm}^4$$

Thực tế 2I56 có $J = 58222 \times 2 = 116.444 \text{cm}^4 > J_{y/c}$.

III. Kiểm toán ổn định cục bộ của bản bụng và ép mặt của gối

Với 2I56, chiều dày bản bụng sẽ là $2 \times 1 = 2 \text{cm} > \frac{56}{50}$. Do vậy không cần xét đến ổn định cục bộ của bản bụng.

2. Kiểm toán bản bụng ở đầu dầm chịu ép theo công thức (6.15); (6.16) với các số liệu sau:

Chiều dài gối đỡ: $b = 30 \text{cm}$

Chiều cao dầm I: $h = 56 \text{cm}$

Chiều dày bụng I: $d = 1 \times 2 = 2 \text{cm}$.

Lực cắt đầu dầm: $Q = 28000 \text{kG}$

Tra φ :

$$r_{\min} = \frac{2}{\sqrt{12}} = 0,58$$

Chiều dài tự do của bản bụng chịu ép lấy bằng $0,7h$ vậy $l_0 = 0,7 \cdot 56 = 40\text{cm}$.

$$\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}} = \frac{40}{0,58} = 69 \Rightarrow \varphi = 0,667$$

$$\sigma = \frac{28000}{\left(30 + \frac{56}{4}\right) \cdot 2 \cdot 0,687} = 478 \text{ kG/cm}^2$$

3. Kiểm toán ứng suất ép mặt của bản bụng ở gối đỡ.

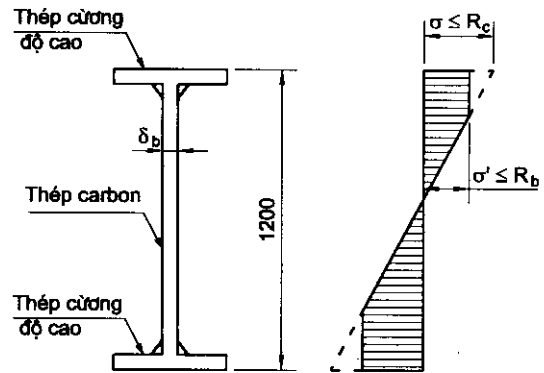
$$\sigma_{e/m} = \frac{Q}{b \cdot d} \leq [\sigma]_{e/m} = \frac{28000}{30 \cdot 2} = 466 \text{ kG/cm}^2 < 2420 \text{ kG/cm}^2$$

§6.2. TÍNH TOÁN DẦM VỚI CÁC BỘ PHẬN BẰNG CÁC LOẠI THÉP KHÁC NHAU

Đối với một dầm sử dụng các loại thép có số hiệu khác nhau thì bản cánh được thiết kế bằng thép cường độ cao, còn bản bụng phát sinh ứng suất nhỏ hơn thì dùng thép carbon thường.

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn biểu đồ ứng suất trong dầm này được chỉ rõ trên hình 6.3.

Ứng suất ở bản cánh đạt đến cường độ tính toán của thép cường độ cao, còn ở bản bụng tại chỗ tiếp giáp với bản cánh xuất hiện ứng suất chảy của thép carbon. Ứng suất chảy này không nguy hiểm, bởi vì nó hạn chế trong sự làm việc đàn hồi của bản cánh. Hơn nữa những dầm chế tạo từ các loại thép có số hiệu khác nhau có thể sử dụng với tải trọng thay đổi (ví dụ cho dầm cầu trục), trong trường hợp đó, cường độ tính toán của thép bản cánh (R_c) không được vượt quá 2 lần cường độ tính toán của thép bản bụng (R_b). Nói cách khác bản bụng trong điều kiện ứng suất chảy đối dấu có thể bị phá hoại nhanh.



Hình 6.3: Biểu đồ ứng suất trong dầm 2 loại thép

Mô men tính toán lớn nhất dầm chịu được là:

$$M = R_c \cdot F_c \cdot h + R_b \frac{\delta_b h^2}{4} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{R_b}{R_c} \right)^2 \right] \quad (6.18)$$

Chiều cao tiết diện nhỏ nhất và tối ưu của loại dầm này có thể xác định theo công thức (6.19) và (6.20) như đối với dầm bằng một loại thép cường độ cao.

$$h_{\min} = \frac{IR}{10^5 \left[\frac{f}{l} \right]} \cdot \frac{M^H}{M} \quad (6.19)$$

$$h_{t.u} = \sqrt[3]{W_{y/c} k} \text{ hoặc } h_{t.u} = 1,1 \sqrt{\frac{W_{y/c}}{\sigma_b}} \quad (6.20)$$

Trong đó: l - khẩu độ tính toán của dầm;

R - cường độ tính toán của thép cường độ cao;

$\left[\frac{f}{l} \right]$ - độ võng cho phép;

M^H - mômen tiêu chuẩn tính theo tải trọng tiêu chuẩn;

M - mômen tính toán;

$W_{y/c}$ - mômen kháng uốn yêu cầu của tiết diện;

δ_b - chiều dày bản bụng.

Để xác định chiều cao của dầm và chiều dày bản bụng, có thể xác định phân mômen uốn do bản bụng chịu theo công thức:

$$M_b = R_b \frac{\delta_b h^2}{4} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{R_b}{R_c} \right)^2 \right] \quad (6.21)$$

Mômen do bản cánh chịu:

$$M_c = M - M_b = R_c \cdot F_c \cdot h \quad (6.22)$$

Từ đó xác định được tiết diện của một bản cánh:

$$F_c = \frac{M_c}{R_c h} \quad (6.23)$$

Sau khi tổ hợp tiết diện theo những số liệu này thì xác định những đặc trưng hình học chính xác của nó và kiểm tra cường độ do ứng suất pháp theo công thức (6.18), còn ứng suất cắt kiểm tra theo công thức dưới đây:

$$\tau = \frac{QS}{J\delta_b} \leq R_{cát} \quad (6.24)$$

Trong đó: Q, M - lực cắt và mômen lớn nhất;

W - mômen kháng uốn của dầm;

J - mômen quán tính của dầm đối với trục trung hòa;

S - mômen tĩnh của nửa tiết diện đối với trục trung hòa.

Độ võng tương đối của dầm có thể xác định theo tải trọng tiêu chuẩn với giả thiết tiết diện của dầm làm việc đàn hồi, nghĩa là như đối với dầm chế tạo từ một loại thép.

Thí dụ: Chọn tiết diện dầm chính từ 2 loại thép: bản cánh thép hợp kim thấp loại C-46/33 có cường độ tính toán $R = 2900 \text{kg/cm}^2$; bản bụng bằng thép carbon loại C38/23 có cường độ tính toán $R = 2100 \text{kg/cm}^2$. Bề rộng diện tích chịu tải của dầm chính là $a = 6 \text{m}$; chiều dài dầm $l = 12 \text{m}$.

Tải trọng phân bố đều trên diện tích làm việc của dầm là: $q_2^H = 2 \text{T/m}^2$. Trên dầm chính đặt các dầm sàn bằng I27 với cự ly 80cm và lát sàn dày 8mm. Vật liệu dầm thép C38/23 (BCT3nc6).

Xác định tải trọng

Tải trọng tiêu chuẩn trên một mét dài của dầm:

$$q^H = (q_1^H + q_2^H) a = \left(\frac{0,339}{0,8} + 1,1 \cdot 0,008 \cdot 78,5 + 20 \right) 6 = 12,63 \text{T/m}$$

Trong đó:

q_1^H - tải trọng tiêu chuẩn do trọng lượng bản thân của dầm sàn (trọng lượng 1m dầm I27 là 0,0339T, còn tấm lát sàn tính với trọng lượng riêng 7,85T/m³).

Tải trọng phân bố tính toán:

$$q = (n_1 q_1^H + n_2 q_2^H) a = (1,1 \cdot 1,05 + 1,2 \cdot 20) 6 = 15,32 \text{T/m}$$

Trong đó:

n_1, n_2 - hệ số vượt tải đối với tải trọng tĩnh và tải trọng tạm thời.

Xác định nội lực tính toán

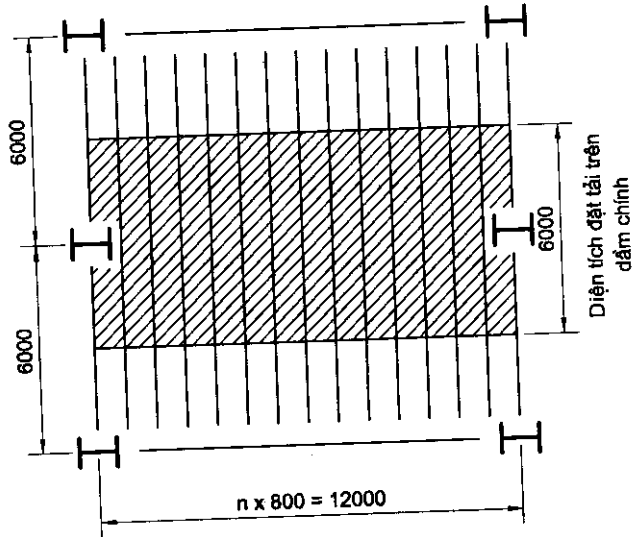
Mômen uốn tính toán ở giữa nhịp và lực cắt ở gối:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{15,32 \cdot 12^2}{8} = 276 \text{Tm}$$

$$Q_{\max} = \frac{ql}{2} = \frac{15,32 \cdot 12}{2} = 91,9 \text{T}$$

Để chọn tiết diện dầm cần phải tìm trị số mômen uốn tiêu chuẩn.

$$M^H = \frac{q^H l^2}{8} = \frac{12,63 \cdot 12^2}{8} = 227,5 \text{Tm}$$



Chọn tiết diện dầm

Chiều cao nhỏ nhất của tiết diện dầm xác định theo công thức (6.19):

$$h_{\min} = \frac{1200 \cdot 2900}{10^5 \cdot 1/400} = \frac{227500000}{276000000} = 114\text{cm}$$

Chiều cao tối ưu của dầm xác định theo công thức (6.20).

Trước tiên tính mômen kháng uốn yêu cầu:

$$W_{y/c} = \frac{M}{R_c} = \frac{276 \cdot 10^5}{2900} = 9500\text{cm}^3$$

Và lấy chiều dày bản bụng $\delta_b = 10\text{mm}$, khi đó:

$$h_{\text{tu}} = 1,1 \sqrt{\frac{W_{y/c}}{\delta_b}} = 1,1 \sqrt{\frac{9500}{1}} = 107\text{cm}$$

Kiểm tra bản bụng của dầm chịu cắt theo công thức:

$$\delta_{\min} = \frac{1,2Q}{h \cdot R_b} = \frac{1,2 \cdot 91900}{114 \cdot 1300} = 0,74\text{cm}$$

$R_b = 1300\text{kG/cm}^2$ - cường độ tính toán chịu cắt của thép carbon.

Quyết định: lấy chiều cao dầm $h = 120\text{cm}$, và chiều dày bụng dầm $\delta_b = 10\text{mm}$.

Phần mômen uốn do bản bụng chịu xác định theo công thức (6.21)

$$M_b = R_b \frac{\delta_b h^2}{4} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{R_b}{R_c} \right)^2 \right] = 2100 \cdot \frac{1 \cdot 120^2}{4} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2100}{2900} \right)^2 \right] = 6250.000\text{kGcm}$$

Phần mômen do bản cánh chịu:

$$M_c = M - M_b = 27.600.000 - 6.250000 = 21350000\text{kGcm}$$

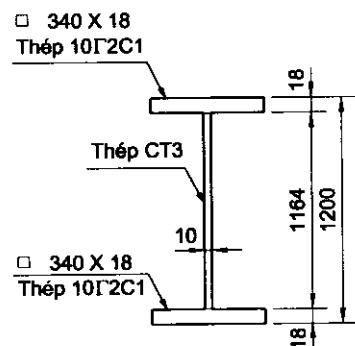
Diện tích tiết diện cần thiết của một bản cánh dầm:

$$F_c = \frac{M_c}{R_c h} = \frac{21350000}{2900 \cdot 120} = 61,2\text{cm}^2$$

Chọn bản cánh bằng thép tấm có tiết diện $340 \times 18\text{mm}$.

Tiết diện dầm như hình bên.

Xác định những đặc trưng hình học cần thiết của tiết diện để kiểm tra độ bền và độ cứng của dầm.



Mômen quán tính đối với trục trung hòa:

$$J = \frac{\delta_b h_b^3}{12} + 2F_c \left(\frac{h_b}{2} + \frac{\delta_c}{2} \right)^2 = \frac{1.116,4^3}{12} + 2 \cdot 61,2 \left(\frac{116,4}{2} + \frac{1,8}{2} \right)^2 = 558000 \text{cm}^4$$

Mômen tĩnh của nửa tiết diện:

$$S = F_c \left(\frac{h_b}{2} + \frac{\delta_c}{2} \right) + \frac{F_b}{2} \cdot \frac{h_p}{2} = 61,2 \left(\frac{116,4}{2} + \frac{1,8}{2} \right) + \frac{1.116,4}{2} \cdot \frac{116,4}{4} = 5310 \text{cm}^3$$

Kiểm tra cường độ và độ cứng của dầm. Cường độ theo ứng suất tiêu chuẩn xác định theo công thức (6.18).

$$M = 2900 \cdot 61,2 \cdot 120 + 2100 \frac{1.120^2}{4} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2100}{2900} \right)^2 \right] = 27600000 \text{kGcm}$$

Ứng suất cắt xác định theo công thức (6.24).

$$\tau = \frac{91900 \cdot 5310}{558000 \cdot 1} = 905 \text{kG/cm}^2 < 1300 \text{kG/cm}^2$$

Độ võng tương đối xác định theo công thức:

$$\frac{f}{l} = \frac{M^H l}{10EJ} = \frac{22750000 \cdot 1200}{10 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 558000} = 0,00233 = \frac{1}{430} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{400}$$

Chương 7

TÍNH TOÁN CÁC THIẾT BỊ VÀ KẾT CẤU PHI TIÊU CHUẨN

§7.1. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CẦU NỔI ĐƠN GIẢN

Những cầu đặt trên các phương tiện nổi được sử dụng có hiệu quả để xây dựng cầu và các công trình cảng sông, nhưng nói chung là không hợp lý vì các phương tiện nổi sẵn có không được thiết kế để chịu tải trọng tập trung, do đó chi phí về gia cố vỏ sẽ lớn, cho nên trong thiết kế cần giải quyết liên kết giữa chúng là liên kết tháo lắp để khi cần có thể tháo rời cầu và phương tiện nổi dùng vào việc khác.

1. Một số nguyên tắc chủ yếu khi thiết kế đặt cầu nổi trên phương tiện nổi

a) Cấu tạo:

Hệ phao và các thiết bị đặt trên nó cần phải đảm bảo cho cầu làm việc với mômen tải trọng tính toán ở tất cả các độ vươn.

Đối trọng phải tính toán sao cho hệ nổi không bị nghiêng khi cầu không làm việc và phải bố trí nó ở trong phao, không đặt trên mặt boong.

Trục quay của cầu khi đặt trực tiếp trên phao phải bố trí theo mặt phẳng đường kính cách đầu phao $3 \div 5$ m.

Sức nâng lớn nhất của cầu cần phải đạt được ở độ vươn không nhỏ hơn $5 \div 6$ m kể từ đầu phao. Nếu đã tính trước sự tiếp nhận tải trọng của phao thì góc quay của cần từ trục dọc phao về 2 phía lấy không nhỏ hơn 100° , còn độ vươn từ thành phao ứng với sức nâng lớn nhất không nhỏ hơn 4m.

Khi bố trí cầu trên giá loại long môn, tựa trên 2 dây phao thì khoảng cách giữa chúng quyết định với độ an toàn là 1m so với bề rộng trụ cầu: còn độ an toàn về chiều cao của giá long môn không nhỏ hơn 1m, có xét đến sự dao động của mực nước. Trong trường hợp đó dùng các cầu dè tức loại ГМК - 12/20 và ДК-45/60 là tốt hơn cả, bởi vì việc lắp, tháo các cầu xích và cầu bánh hơi ở trên cao là rất khó khăn.

Theo điều kiện làm việc của cơ cấu quay, độ chênh dọc và độ nghiêng tính lớn nhất đối với cầu cầu vạn năng là không quá 3° , còn với cầu dè ríc không quá $1,5 - 2^\circ$, khi đó chiều cao mạn khô của phao phải không nhỏ hơn 0,5m.

Việc truyền áp lực tập trung lên phao từ cần cầu, cột tháp... cần phải phân bố sao cho phù hợp với khả năng chịu lực của phao, và bản thân cần cầu phải được liên kết xuống phao bằng các kết cấu neo và trụ đỡ.

b) Tính toán độ bền

Khi đặt cầu trên các phương tiện nổi cần phải tính toán những bộ phận liên kết cầu, kết cấu kim loại của đà giáo, vỏ phao. Việc tính toán cần cầu và phao theo trạng thái giới hạn chưa được nghiên cứu đầy đủ, nên hiện nay vẫn tính theo phương pháp ứng suất cho phép.

Khi tính toán cần xét đến tải trọng gió, tải trọng do lực quán tính, phản lực gối, trọng lượng kết cấu...

Áp lực gió tính toán xác định theo công thức:

$$p = k \cdot q \text{ kG/m}^2$$

Trong đó: q - cường độ gió tính toán, kG/m^2 ;

k - hệ số cản gió, đối với kết cấu dàn hình lưới và dầm đặc $k = 1,4$; đối với những bộ phận còn lại của cầu, hệ phao, hàng... lấy $k = 1,2$.

Giá trị của q khi cầu làm việc lấy bằng 40kG/m^2 cho mọi chiều cao của nó, còn khi cầu không làm việc, lấy tùy thuộc vào chiều cao cầu kể từ mực nước nằm ngang và theo vùng chịu gió.

Chiều cao cầu từ mặt nước (m)	q (kG/m^2)
0 - 20	100
20 - 40	110
40 - 60	130

Áp lực gió tổng cộng xác định theo công thức:

$$P = F \cdot p ; \text{kG}$$

F - diện tích chắn gió của cầu và hàng (m^2), lấy vuông góc với phương tác dụng của lực gió (đối với kết cấu đặc là diện tích giới hạn bởi chính chu vi của kết cấu, đối với kết cấu lưới, cũng là diện tích xác định như trên, nhưng nhân với hệ số đặc $0,3 \div 0,5$).

Đối với chiều cao giống nhau của dầm và dàn cầu nhưng bố trí cái này che gió cái kia, thì lấy diện tích chịu gió của một dầm khi khoảng cách giữa các dầm (dàn) nhỏ hơn chiều cao của chúng, và tăng 50% ở mỗi dầm tiếp theo khi khoảng cách giữa chúng bằng từ 1 đến 2 lần chiều cao dầm. Khi khoảng cách đó vượt quá 2 lần chiều cao dầm thì phải tính diện tích của tất cả các dầm. Gió có thể tác dụng theo phương dọc hoặc phương ngang của phao.

Sự chòng chành của cầu nổi gây ra lực xung kích ở kết cấu và các nút liên kết cầu, do vậy phát sinh lực quán tính. Lực này chỉ cần tính khi cầu ở trạng thái không làm việc, bởi vì không cho phép cầu làm việc khi sóng lớn hơn 0,4m.

Khi cầu làm việc, lực quán tính phát sinh khi cầu quay, cần bị lắc và khi nâng hạ hàng đột ngột, vì thế khi tính toán liên kết cầu và đà giáo phải xét đến lực này.

Phản lực gối của cân cầu, áp lực kháng của nước và trọng lượng bản thân của kết cấu gây nên ứng lực trong các bộ phận liên kết cân cầu, đà giáo và phao. Những số liệu này có thể lấy trong lí lịch máy (trong đó để tính toán liên kết và đà giáo, thì chọn tổ hợp phản lực bất lợi nhất) còn trọng lượng hàng thì nhân với hệ số vượt tải bằng 1,2.

Khi tính toán hệ phao thì mômen uốn và lực cắt được xác định có xét đến yếu tố sóng.

Lực nước chảy P_c tác dụng lên phao xác định theo công thức:

$$P_c = K_1 S_1 V^2 + K_2 S_2 V^2, T$$

Trong đó: K_1 - hệ số kháng mặt chính diện lấy bằng $0,06 Ts^2/m^4$;

S_1 - diện tích ướt của mặt chính diện, m^2 ;

V - lưu tốc nước, m/s (thường 1 - 2m/s);

K_2 - hệ số ma sát ở thành phao và ở mặt đáy ($0,0002 Ts^2/m^4$).

S_2 - diện tích ướt ở mặt bên và mặt đáy, m^2 .

Khi tính toán thiết bị neo buộc được lấy áp lực nước chảy P_c cùng với áp lực gió P ứng với trường hợp cầu không làm việc.

Để tính toán những bộ phận của cân cầu, người ta tính với từng tổ hợp riêng biệt của tải trọng và ứng suất cho phép ứng với tổ hợp ấy (xem bảng 7.1).

Bảng 7.1. Ứng suất cho phép trong các bộ phận kết cấu tùy thuộc vào tổ hợp tải trọng

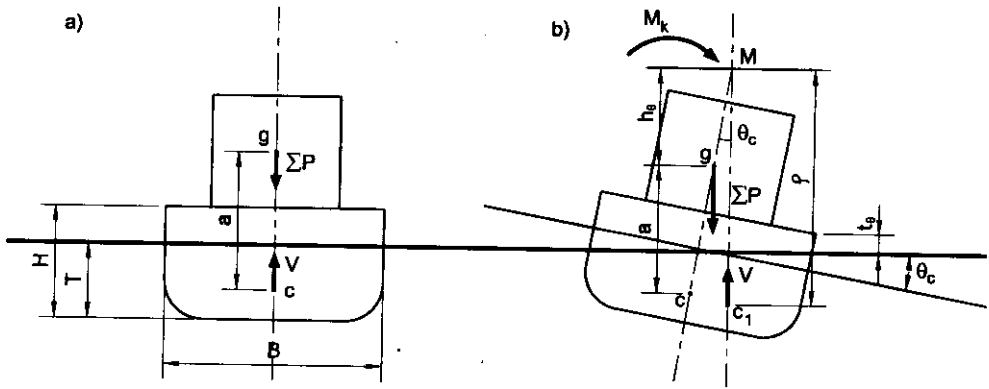
Tên bộ phận	Tải trọng	Trạng thái của cầu	Tổ hợp tải trọng tính toán	Ứng suất cho phép ($C_{T.3}$) kG/cm^2
Các nút liên kết cân cầu và đà giáo	Chính	Làm việc	Phản lực của cầu khi nâng tải. Lực gió $40kG/m^2$	1600
		Làm việc	Như trên, trong tổ hợp có lực quán tính khi quay, hoặc hàng bị đứt	1800
	Chính và phụ	Không làm việc	Phản lực của cân cầu, khi cân nâng không tải theo phương dọc, hoặc phương ngang hệ phao; lực gió (theo tính toán); lực quán tính do chòng chành bởi sóng tính toán	1800
Hệ phao	Chính	Không làm việc	Như trên, có xét đến hệ phao ở đỉnh hay chân sóng tính toán	$0,6R_{chảy}$

Ghi chú: Không tính toán mỗi đối với cân cầu có chế độ làm việc trung bình

c) Tính toán ổn định

Khả năng của phao trở về vị trí ban đầu sau khi ngừng tác dụng của ngoại lực, độ nghiêng, hay độ chênh dọc thì gọi là độ ổn định.

Khi độ chênh dọc và góc nghiêng cũng như khi tác dụng tĩnh của mômen nghiêng và mômen chênh dọc không lớn thì góc nghiêng của hệ phao so với phương nằm ngang được xác định theo công thức sau (xem hình 7.1):



Hình 7.1: Sơ đồ tính toán ổn định

- a) Khi không có độ nghiêng; b) Khi có độ nghiêng;
 c) Điểm đặt của lực V (tâm lượng choán nước khi không có độ nghiêng);
 g) Trọng tâm cầu nổi; c_1 - điểm đặt của lực V khi có độ nghiêng; M - điểm giao nhau giữa g, c và phương của lực V.

Độ nghiêng
$$\operatorname{tg} \theta_c = \frac{M_K}{\sum P \cdot h_\theta};$$

Độ chênh dọc
$$\operatorname{tg} \psi_c = \frac{M_D}{\sum P \cdot h_\psi};$$

Trong đó: M_K và M_D - mômen nghiêng và mômen chênh dọc;

$\sum P$ - trọng lượng cần cầu;

h_θ và h_ψ - chiều cao tâm nghiêng khi nghiêng và chênh dọc;

$$h_\theta = \frac{J_\theta}{V} - a; \quad h_\psi = \frac{J_\psi}{V} - a$$

J_θ và J_ψ - mômen quán tính của diện tích đường nước đối với trục dọc và ngang của hệ phao, m^4 ;

$V = \alpha LBT$ - lượng choán nước, m^3 ;

L - chiều dài; B - chiều rộng và T - độ chìm của phao, m.

α - hệ số đầy cả vỏ phao;

a - khoảng cách giữa trọng tâm cầu nổi và tâm lượng nước choán khi cầu ở vị trí ngang, m.

Trị số $\frac{J}{V} = \rho$ gọi là bán kính tâm nghiêng.

Nếu $\rho - a = h > 0$ thì cầu ổn định, bởi vì để tăng góc nghiêng, thì cần phải tăng mômen nghiêng; nếu $\rho - a = h \leq 0$ thì cần cầu không ổn định, bởi vì góc nghiêng có trị số lớn vô cùng, nghĩa là cần cầu bị lật.

Chiều cao mạn khô của phao xác định theo công thức:

$$t_{\theta} = H - T - \frac{B}{2} \operatorname{tg} \theta_c ; t_{\psi} = H - T - \frac{L}{2} \operatorname{tg} \psi_c$$

H - chiều cao thành phao

Theo ГОСТ 5534-62 và quy trình đăng kiểm của Nga (1965) thì góc nghiêng θ_c và ψ_c khi cầu làm việc không được vượt quá 3° đối với cầu quay hoàn toàn, và không vượt quá 2° đối với cầu đêric khi không tính sóng.

Ngoài tính toán ổn định tĩnh, cần phải kiểm tra ổn định động theo trường hợp bất lợi nhất:

- Cầu ở trạng thái làm việc, không có sóng, tải trọng, hàng giới hạn bị đứt.
- Cầu ở trạng thái không làm việc, có độ nghiêng do sóng và áp lực gió tính toán.

Cũng theo những quy định của ГОСТ-5534 và quy trình đăng kiểm của Nga thì góc nghiêng của phao trong trường hợp này không được vượt quá 6° , mặt boong phao không được ngập nước, còn đáy phao thì không được hở khỏi mặt nước.

Độ ổn định của phao được đặc trưng bởi chiều cao tâm nghiêng, nó càng lớn thì phao càng ổn định.

2. Một thí dụ tính toán thiết kế cầu nổi đơn giản

A. Những dữ kiện tính toán thiết kế

a) Cầu được tính toán thiết kế trên cơ sở vật tư, thiết bị sẵn có

1. Hệ nổi:

Dùng xà lan 300T có kích thước $41 \times 9 \times 2,7\text{m}$.

Phao ghép dùng loại T - 60 của Trung Quốc, có kích thước $6 \times 3 \times 2\text{m}$.

2. Nguồn động lực: dùng máy phát điện 100 kVA.

3. Thiết bị vận hành

- Để nâng hàng và nâng hạ cần dùng tời điện 8 - 10T, hệ múp 5 bánh xe và cáp $\phi 30$.
- Để dịch chuyển trong phạm vi hẹp, hoặc cố định tại nơi làm việc, dùng tời tay 5T, neo hải quân và cáp $\phi 22$.

- Để di chuyển cầu đi xa, dùng ca nô lai dặt 300CV.

4. Kết cấu cần:

- Cần chính dùng I550 tổ hợp thành tiết diện hình hộp. Các đoạn cần nối với nhau bằng liên kết mặt bích.

- Liên kết giữa phao và xà lan là liên kết kiểu tháo lắp. Khi cần có thể tháo rời 2 hệ phao gánh ở 2 bên, xà lan để cầu nổi thông qua những khẩu độ nhỏ của cầu.

b) Tính năng kỹ thuật chủ yếu cần đạt được

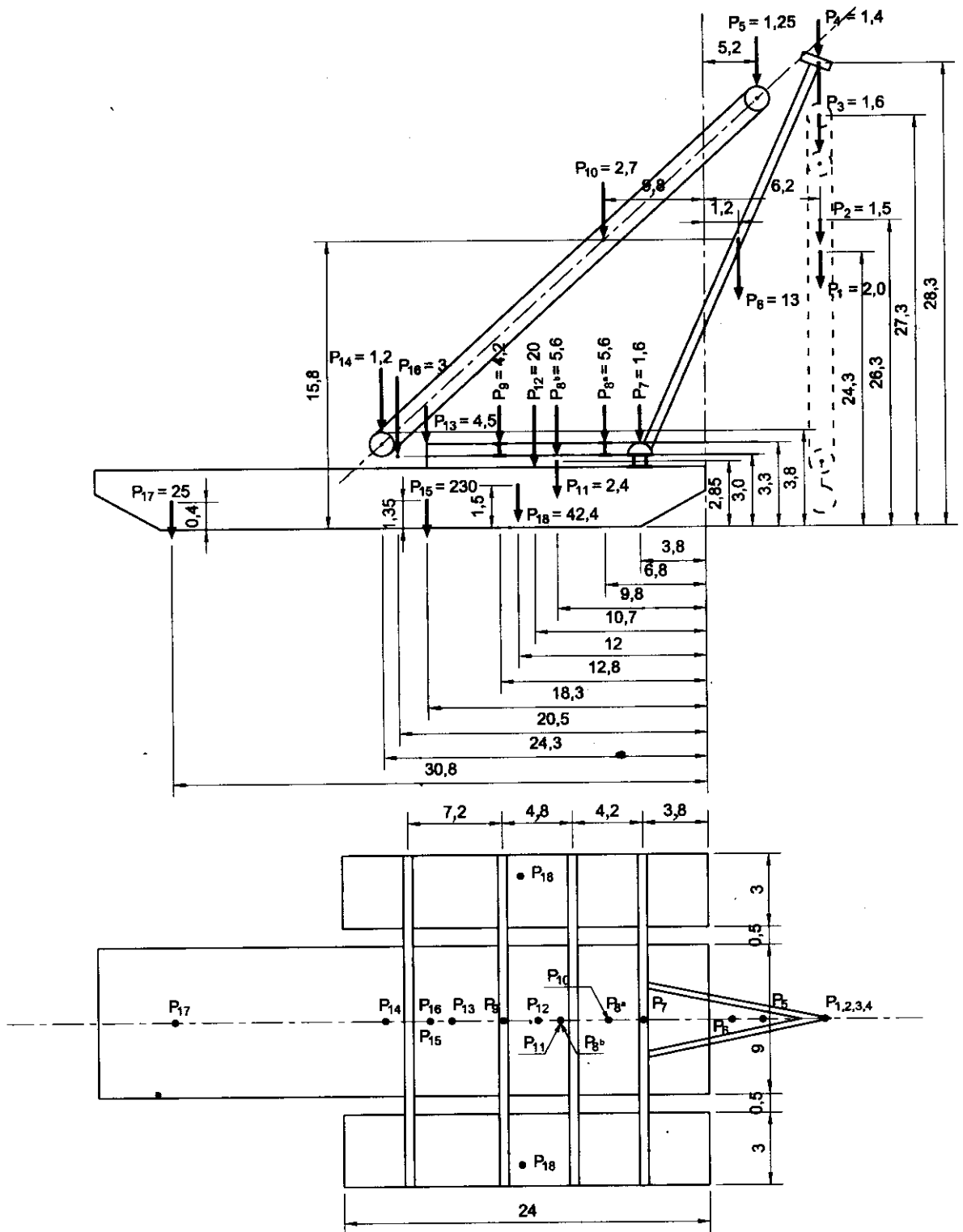
- 1. Sức cầu lớn nhất: $Q_{max} = 100T.$
 Độ vươn tương ứng của cần: $L_{vmin} = 10m.$
 Chiều cao nâng móc lớn nhất: $H_{max} \leq 15m.$
- 2. Sức cầu nhỏ nhất: $Q_{min} = 25T$
 Độ vươn tương ứng: $L_{vmax} = 20m$
 Chiều cao nâng móc tối thiểu: $H_{min} = 11m.$
- 3. Góc quay của cần:
 Theo phương dọc xà lan: $\theta_d = 180^\circ$
 Theo phương ngang: $\theta_n = 0^\circ$

B. Tính toán các thông số cơ bản của hệ nổi

a) Sơ đồ tải trọng và các kích thước cơ bản (hình 7.2)

Bảng 7.2. Bảng thống kê tải trọng

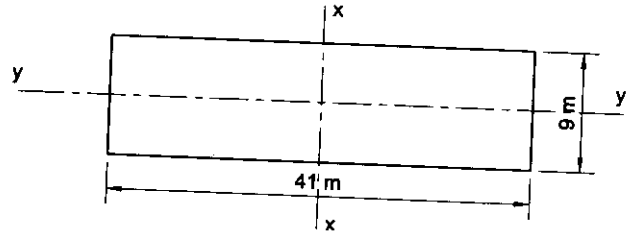
Thứ tự	Tên các bộ phận	Kí hiệu	Trọng lượng $P_i(T)$	Khoảng cách đến mũi xà lan $y_i(m)$	$\sum P_i y_i (Tm)$
1	Múp và móc cầu	P_1	2	-6,2	-12,4
2	Cáp nâng hàng	P_2	1,5	-6,2	-9,3
3	Quang treo múp	P_3	1,6	-6,2	-9,92
4	Mỏ cầu	P_4	1,4	-6,2	-8,68
5	Quang treo múp neo cần	P_5	1,25	-5,2	-6,5
6	Cần và thang	P_6	13,0	-1,2	-15,6
7	Chốt quay cần	P_7	1,6	+3,8	+ 6,08
8	Tời nâng hàng	P_{8a}	5,6	+6,8	+38,05
9	Tời nâng hàng	P_{8b}	5,6	+9,8	+54,88
10	Tời nâng cần	P_9	4,2	+12,8	+53,76
11	Cáp nâng cần	P_{10}	2,7	+9,8	+26,46
12	Bệ tời	P_{11}	2,4	+9,8	+23,52
13	Dầm liên kết phao với xà lan	P_{12}	20	+10,7	+214,0
14	Máy phát điện	P_{13}	4,5	+18,3	+82,35
15	Múp neo cần	P_{14}	1,2	+24,3	+29,16
16	Xà lan 300T	P_{15}	230,0	+20,5	+4715,0
17	Tời neo	P_{16}	3	+20,5	+61,5
			<u>301,55</u>	-	<u>5242,39</u>
18	Đối trọng	P_{17}	31,4	+38	1193,2
19	Phao	P_{18}	42,4	+12	505,8
			<u>375,35</u>		<u>6944,39</u>
20	Vật cầu max	P_{19}	120	-6,2	-744



Hình 7.2: Sơ đồ tải trọng và các kích thước cơ bản

b) Xác định các đặc trưng hình học của xà lan

Hình 7.3: Các kích thước của xà lan



Diện tích đường nước: $F = \gamma \cdot A \cdot B$

A - bề rộng xà lan, bằng 9m;

B - chiều dài xà lan bằng 41m.

γ - hệ số phụ thuộc loại xà lan, đối với xà lan đáy thon, lấy $\gamma = 0,9$; $F = 0,9 \cdot 9 \cdot 41 = 332,1 \text{m}^2$.

Mômen quán tính của diện tích đường nước:

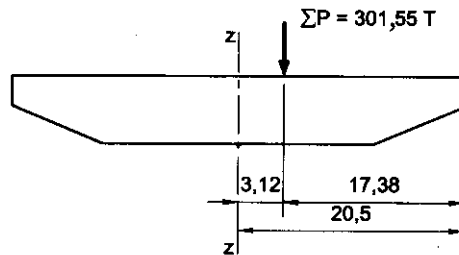
$$J_x = \frac{9(0,9 \cdot 41)^3}{12} = 37.682 \text{m}^4$$

$$J_y = \frac{(0,9 \cdot 41)9^3}{12} = 2241 \text{m}^4$$

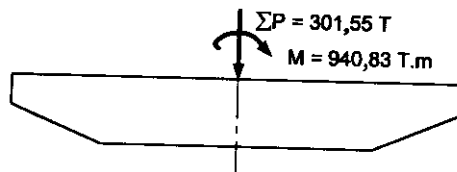
c) Xác định vị trí trọng tâm của xà lan khi không tải và chưa ghép nối với phao T-60 (xem hình 7.4)

$$\text{Toạ độ trọng tâm của xà lan: } y = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P} = \frac{5242,39}{301,55} = 17,38 \text{m}$$

Hình 7.4



d) Tính độ chìm không tải của xà lan trước khi ghép với phao (xem hình 7.5).



Hình 7.5

$$T = \frac{P}{\gamma} \left(\frac{1}{F} + \frac{y}{\mu J} \right) = P \left(\frac{1}{F} + \frac{x}{\mu J} \right)$$

$$= 301,55 \left(\frac{1}{332,1} + \frac{3,12}{1.37682} \right) = 0,932\text{m}$$

e) **Tính đối trọng để xà lan cân bằng**

$$P_{17} \cdot 38 = \sum P \cdot y$$

$$P_{17} = \frac{\sum P \cdot y}{38} = \frac{301,55 \cdot 3,12}{38} = 25\text{T}$$

f) **Độ chìm của xà lan khi có đối trọng**

$$T_{XL}^* = \frac{301,55 + 25}{332,1} = 0,983\text{m}$$

g) **Độ chìm của phao T-60 khi ghép nối với xà lan 300T**

Dầm liên kết coi như phân bố đều cho các phao, tính độ chìm một phao:

$$\text{Diện tích đường nước của 1 phao: } F_f = 3 \cdot 6 = 18\text{m}^2$$

$$\text{Trọng lượng 1 phao } P_f = 5,3\text{T}$$

$$\text{Trọng lượng dầm liên kết phân bố cho 1 phao: } P = \frac{20}{8} = 2,5\text{T}.$$

$$\text{Độ chìm của phao: } T_f = \frac{5,3 + 2,5}{18} = 0,44\text{m}$$

h) **Chênh cao mạn khô giữa xà lan và phao (xem hình 7.6)**

$$\text{Chiều cao mạn khô của xà lan: } 2,7 - 0,983 = 1,72\text{m}.$$

$$\text{Chiều cao mạn khô của phao: } 2,0 - 0,44 = 1,56\text{m}.$$

Chênh cao mạn khô giữa phao và xà lan:

$$1,72 - 1,56 = 0,16\text{m}$$

Giải quyết đệm trên mặt phao bằng [16, hoặc bơm nước vào khoảng đuôi của xà lan trên diện tích.

$$F = 11 \cdot 3,6 = 39,6\text{m}^2$$

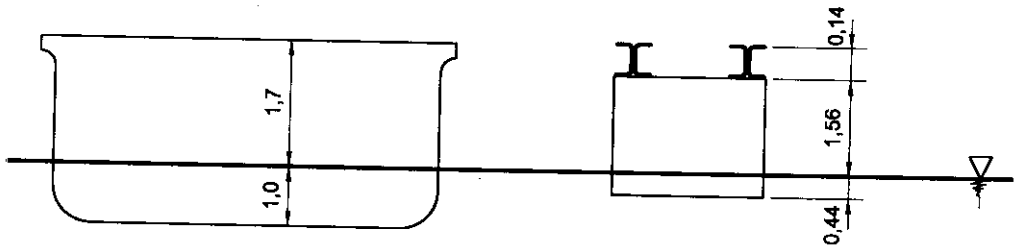
$$V = 39,6 \cdot 0,16 = 6,4\text{m}^3$$

Như vậy đối trọng nước trên xà lan:

$$P_{17} = 25 + 6,4 = 31,4\text{T}$$

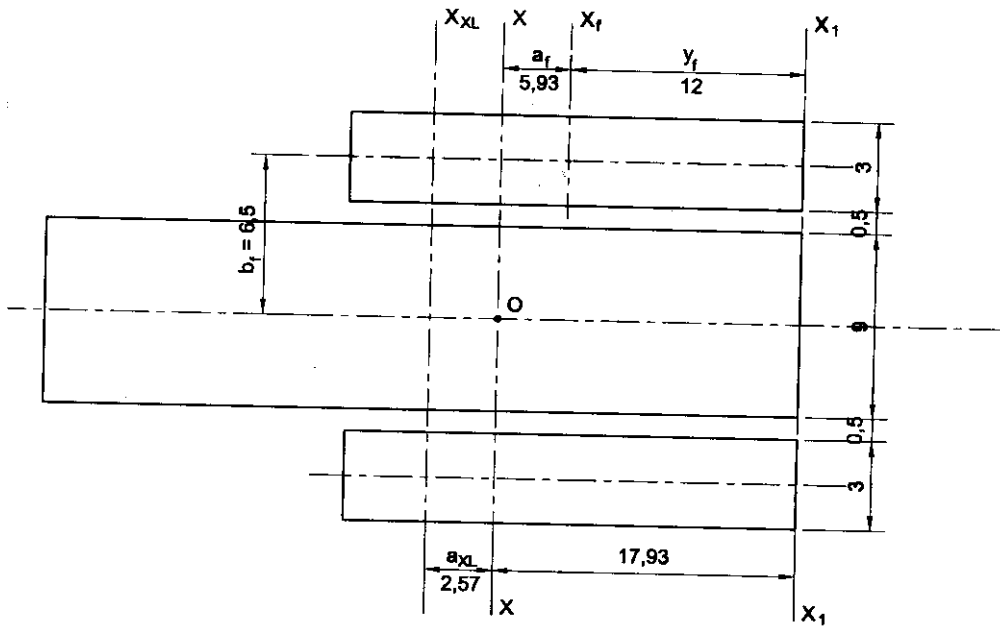
Độ chìm của xà lan khi bơm đủ nước đối trọng:

$$T_{XL}^{**} = \frac{301,55 + 31,4}{332,1} = 1,0\text{m}$$



Hình 7.6

i) Xác định đặc trưng hình học của toàn bộ hệ thống phao, xà lan, kết cấu và thiết bị đặt trên nó (xem hình 7.7)



Hình 7.7: Sơ đồ ghép phao với xà lan

Xác định vị trí trọng tâm trên mặt bằng của toàn bộ hệ thống

$$F_{XL} = 332,1\text{m}^2$$

$$F_f = 2(24 \times 3) = 144$$

$$\sum F = 476,1\text{m}^2$$

Lấy mômen tĩnh đối với trục $x_1 - x_1$:

$$S_{X1} = \sum F \cdot y = F_{XL} \cdot y_{XL} + F_f \cdot y_f$$

$$y = \frac{F_{XL} \cdot y_{XL} + F_f \cdot y_f}{\sum F} = \frac{332,1 \cdot 20,5 + 144 \cdot 12}{476,1} = 17,93\text{m}$$

$$J_{ox}^{XL} = \frac{9(0,9 \cdot 41)^3}{12} = 37682\text{m}^4$$

$$J_{oy}^{XL} = \frac{(0,9 \cdot 41)9^3}{12} = 2241m^4$$

$$J_{cx}^f = 2 \cdot \frac{3 \cdot 24^3}{12} = 6912m^4$$

$$J_{oy}^f = 2 \cdot \frac{24 \cdot 3^3}{12} = 108m^4$$

$$J_{x-x} = J_{ox}^{XL} + F^{XL} \cdot a_{XL}^2 + J_{ox}^f + F_{af}^{f2}$$

$$= 37682 + 332,1 \cdot 2,57^2 + 6912 + 144 \cdot 5,93^2 = 51851m^4$$

$$J_{yy} = J_{oy}^{XL} + J_{oy}^f + F_f b_f = 2241 + 108 + 144 \cdot 6,5^2 = 8433m^4$$

k) Tính độ ổn định, độ nghiêng, độ chìm của hệ nổi

(1). Xác định vị trí trọng tâm của hệ thống theo phương đứng (z), khi kéo móc cầu lên vị trí cao nhất.

- Khi cầu không làm việc:

Lấy mômen của tất cả các lực đứng đối với đáy xà lan:

$$\begin{aligned} \sum M = & 28,3P_4 + 27,3 (P_3 + P_5) + 26,2P_2 + 24,3 P_1 + 15,8 (P_6 + P_{10}) + \\ & + 3,8P_{14} + 3,3 (P_7 + P_{13}) + 3 (P_{8a} + P_{8b} + P_9 + P_{16}) + 2,85 (P_{11} + P_{12}) + \\ & + 1,35P_{15} + 1,56 P_{18} + 0,4 P_{17} \end{aligned}$$

Thay giá trị của P vào biểu thức trên được kết quả:

$$\sum M = 986,46Tm$$

Gọi Q_o là hợp lực của các lực đứng (không có vật cầu);

Z_o - khoảng cách từ đáy xà lan đến điểm đặt Q_o , ta có:

$$Q_o Z_o = \sum M$$

$$Z_o = \frac{\sum M}{Q_o}$$

$$\begin{aligned} Q_o = \sum_{i=1}^{18} P_i = & 2 + 1,5 + 1,6 + 1,4 + 1,25 + 13 + 1,6 + 5,6 + 5,6 + \\ & + 4,2 + 2,7 + 2,4 + 20 + 4,5 + 1,2 + 230 + 3 + \\ & + 31,4 + 42,4 = 375,35T \end{aligned}$$

$$Z_o = \frac{986,46}{375,35} = 2,63m$$

- Khi cầu max: $P_{\max} = 1,2 \cdot 100 = 120T$

$$Z_{\max} = \frac{986,46 + 120 \cdot 24,3}{375,35 + 120} = 7,87m$$

- Khi cầu min: $P_{\min} = 20 \cdot 1,2 = 24T$

$$Z_{\min} = \frac{986,46 + 24(12 + 3,3)}{375,35 + 24} = 3,39m$$

2. Xác định vị trí trọng tâm của hợp lực các lực thẳng đứng theo phương dọc xà lan:

Lấy mômen của tất cả các lực đứng đối với mũi xà lan.

- Khi cầu không làm việc:

$$\sum_{i=1}^{18} P_i y_i = \sum P_i y_o$$

$$y_o = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i} = \frac{6.944,39}{375,35} = 18,5m$$

- Khi cầu max: $6944,39 - 744 = 495,35 y_{\max}$

$$y_{\max} = \frac{6944,39 - 744}{495,35} = 12,52m$$

3. Tính độ chìm bình quân:

- Khi cầu không làm việc: $t_o = \frac{Q_o}{F_{bq}} = \frac{375,35}{476,1} = 0,79m$

- Khi cầu max $t_{cp \max} = \frac{375,35 + 120}{476,1} = 1,04m$

- Khi cầu min $t_{cp \min} = \frac{375,35 + 24}{476,1} = 0,84m$

4. Xác định vị trí tâm nổi theo công thức:

$$e = \frac{t}{3}(2,5 - \beta)$$

đối với phao vuông $e = \frac{t}{2}$

đối với xà lan đáy trơn: $\beta = 0,9$.

- Khi cầu không làm việc $e_o = \frac{0,79}{3}(2,5 - 0,9) = 0,42m$

- Khi cầu max
$$e_{\max} = \frac{1,04}{3}(2,5 - 0,9) = 0,55\text{m}$$

- Khi cầu min
$$e_{\min} = \frac{0,84}{3}(2,5 - 0,9) = 0,45\text{m}$$

5. Tính khoảng cách từ trọng tâm hợp lực đến tâm nổi theo công thức: $a = Z - e$;

- Khi cầu không làm việc:

$$a_0 = Z_0 - e_0 = 2,63 - 0,42 = 2,21\text{m}$$

- Khi cầu max: $a_{\max} = Z_{\max} - e_{\max} = 7,57 - 0,55 = 7,32\text{m}$

- Khi cầu min $a_{\min} = Z_{\min} - e_{\min} = 3,39 - 0,45 = 2,94\text{m}$

6. Tính bán kính ổn định ρ theo công thức: $\rho = \frac{J}{Q}$;

- Khi cầu không làm việc:

+ Theo phương dọc xà lan: $\rho_x^0 = \frac{J_x}{Q_0} = \frac{51851}{375,35} = 138,14$

+ Theo phương ngang xà lan $\rho_y^0 = \frac{J_y}{Q_0} = \frac{8433}{375,35} = 22,46$

- Khi cầu max

+ Theo phương dọc xà lan: $\rho_{\max}^x = \frac{J_x}{Q_{\max}} = \frac{51851}{375,35 + 120} = 104,67$

+ Theo phương ngang xà lan: $\rho_{\max}^y = \frac{J_y}{Q_{\max}} = \frac{8433}{375,35 + 120} = 17,02$

- Khi cầu min

+ Theo phương dọc xà lan $\rho_{\min}^x = \frac{J_x}{Q_{\min}} = \frac{51851}{375,35 + 24} = 129,84$

+ Theo phương ngang xà lan $\rho_{\min}^y = \frac{J_y}{Q_{\min}} = \frac{8433}{375,35 + 24} = 21,12$

Điều kiện ổn định: $\rho - a > 0$:

Như vậy cả 3 trường hợp đều thỏa mãn điều kiện trên.

7. Tính độ nghiêng dọc của hệ nổi

* Tính lực gió tác dụng vào các bộ phận của hệ nổi (xem bảng 7.3 và 7.4).

Cường độ gió lấy như sau:

Khi cầu không làm việc: $q = 100\text{kG/m}^2$

Khi cầu làm việc: $q = 25\text{kG/m}^2$

Xác định điểm đặt của hợp lực gió.

- Khi cầu không làm việc

+ Theo phương dọc xà lan:

Hợp lực của các lực gió: $\sum F_d = 9,655\text{T}$.

Mômen của các lực gió đối với đáy xà lan:

$$\sum M_{Fd}^o = \sum F_i l_i = 74,24\text{Tm}$$

Bảng 7.3

Gió theo phương dọc			Gió theo phương ngang		
Khi cầu không làm việc		Khi cầu làm việc	Khi cầu không làm việc		Khi cầu làm việc
$F_1 = 1 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,1$	0,025	$1 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,05$	0,012
$F_2 = 1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005	$1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005
$F_3 = 1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005	$1 \cdot 0,4 \cdot 0,2 \cdot 0,1$	$= 0,008$	0,002
$F_4 = 1 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,05$	0,012	$1 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,05$	0,012
$F_5 = 1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005	$1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005
$F_6 = 2(27 \cdot 0,5 \cdot 0,1)$	$= 2,7$	0,675	$1 \cdot 27 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 1,35$	0,337
$F_7 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,025$	0,006	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,025$	0,006
$F_{8a} = 2 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,2$	0,05	$1 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,1$	0,025
$F_{8b} = 2 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,2$	0,05	$1 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,1$	0,025
$F_9 = 2 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,2$	0,05	$1 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,1$	0,025
$F_{10} = 40 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,1$	$= 0,8$	0,2	$40 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,1$	$= 0,8$	0,2
$F_{11} = 4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,2$	0,05	$4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,2$	0,05
$F_{12} = 9 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,45$	0,112	$28,25 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 1,41$	0,353
$F_{13} = 3 \cdot 2 \cdot 0,1$	$= 0,6$	0,15	$3 \cdot 2 \cdot 0,1$	$= 0,6$	0,15
$F_{14} = 1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005	$0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,1$	$= 0,02$	0,005
$F_{15} = 1,91 \cdot 11 \cdot 0,1$	$= 2,1$	0,525	$1,91 \cdot 41 \cdot 0,1$	$= 7,83$	1,957
$F_{16} = 6 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,6$	0,15	$6 \cdot 1 \cdot 0,1$	$= 0,6$	0,15
$F_{18} = (0,14 + 0,55 + 1,56) \cdot 6 \cdot 0,1$	$= 13,5$	0,337	$(0,14 + 0,55 + 1,56) \cdot 24 \cdot 0,1$	$= 5,4$	1,35
$F_{19} = 33,15 \cdot 0,025$	$= \dots$	1,237	$1 \cdot 1,5 \cdot 0,025$	$= \dots$	0,037

Bảng 7.4

Kí hiệu lực gió	Khoảng cách từ điểm đặt lực gió đến đáy xà lan h_i (m)	Theo phương dọc xà lan				Theo phương ngang xà lan			
		Khi cấu không làm việc		Khi cấu làm việc		Khi cấu không làm việc		Khi cấu làm việc	
		F_i (T)	$\sum M_i = F_i \cdot h_i$ (Tm)	F_i (T)	$\sum M_i = F_i \cdot h_i$ (Tm)	F_i (T)	$\sum M_i = F_i \cdot h_i$ (Tm)	F_i (T)	$\sum M_i = F_i \cdot h_i$ (Tm)
F ₁	28,3	0,1	2,83	0,025	0,71	0,05	1,41	0,012	0,34
F ₂	28,3	0,02	0,57	0,005	0,14	0,02	0,57	0,005	0,14
F ₃	28,3	0,02	0,57	0,005	0,14	0,008	0,23	0,002	0,06
F ₄	28,3	0,05	1,42	0,012	0,34	0,05	1,42	0,012	0,34
F ₅	27,3	0,02	0,55	0,005	0,14	0,02	0,55	0,005	0,14
F ₆	15,8	2,7	42,66	0,675	10,66	1,35	21,33	0,337	5,32
F ₇	3,3	0,025	0,08	0,006	0,02	0,025	0,08	0,06	0,02
F _{8a}	3,0	0,2	0,6	0,05	0,15	0,1	0,3	0,025	0,07
F _{8b}	3,0	0,2	0,6	0,05	0,15	0,1	0,3	0,025	0,07
F ₉	3,0	0,2	0,6	0,05	0,15	0,1	0,3	0,025	0,07
F ₁₀	15,8	0,8	12,64	0,2	3,16	0,8	12,14	0,2	3,16
F ₁₁	2,85	0,2	0,57	0,05	0,14	0,2	0,57	0,05	0,14
F ₁₂	2,85	0,45	1,28	0,112	0,32	1,41	4,02	0,353	1,0
F ₁₃	3,3	0,6	1,98	0,15	0,49	0,6	1,98	0,15	0,49
F ₁₄	3,8	0,02	0,08	0,005	0,02	0,02	0,08	0,005	0,02
F ₁₅	1,35	2,1	2,83	0,525	0,71	7,83	10,57	1,957	2,64
F ₁₆	3,0	0,6	1,98	0,15	0,49	0,6	1,98	0,15	0,49
F ₁₈	1,78	1,35	2,4	0,337	0,60	5,4	9,61	1,35	2,40
F ₁₉	28,3	-	-	1,237	35,0	-	-	0,037	1,05
		9,655	74,24	3,649	53,53	18,683	67,94	4,706	17,96

Điểm đặt của lực gió cách đáy xà lan một khoảng:

$$h_{cd} = \frac{\sum M_{Fd}^o}{\sum F_{od}} = \frac{74,24}{9,655} = 7,69m$$

+ Theo phương ngang xà lan:

Hợp lực của các lực gió ngang: $\sum F_{on} = 18,683T$

Mômen của các lực gió ngang đối với đáy xà lan:

$$\sum M_{on} = 67,94Tm$$

Điểm đặt của hợp lực gió ngang cách đáy xà lan một khoảng:

$$h_{on} = \frac{\sum M_{Fn}^o}{\sum F_{on}} = \frac{67,94}{18,683} = 3,64m$$

- Khi cầu max

+ Theo phương dọc xà lan $\Sigma F_d = 3,649T$

$$\Sigma M_{Fd} = 53,53Tm$$

$$h_{dmax} = \frac{53,53}{3,649} = 14,67m$$

+ Theo phương ngang xà lan $\Sigma F_n = 4,706T$

$$\Sigma M_{Fn} = 17,96Tm$$

$$h_{nmax} = \frac{17,96}{4,706} = 3,82m$$

* Tính lực đẩy của nước vào hệ nổi:

$$F_{bq} = K \frac{mV^2}{2g}$$

Trong đó: K - hệ số lấy bằng 1;

m - khối lượng riêng của nước, bằng 1;

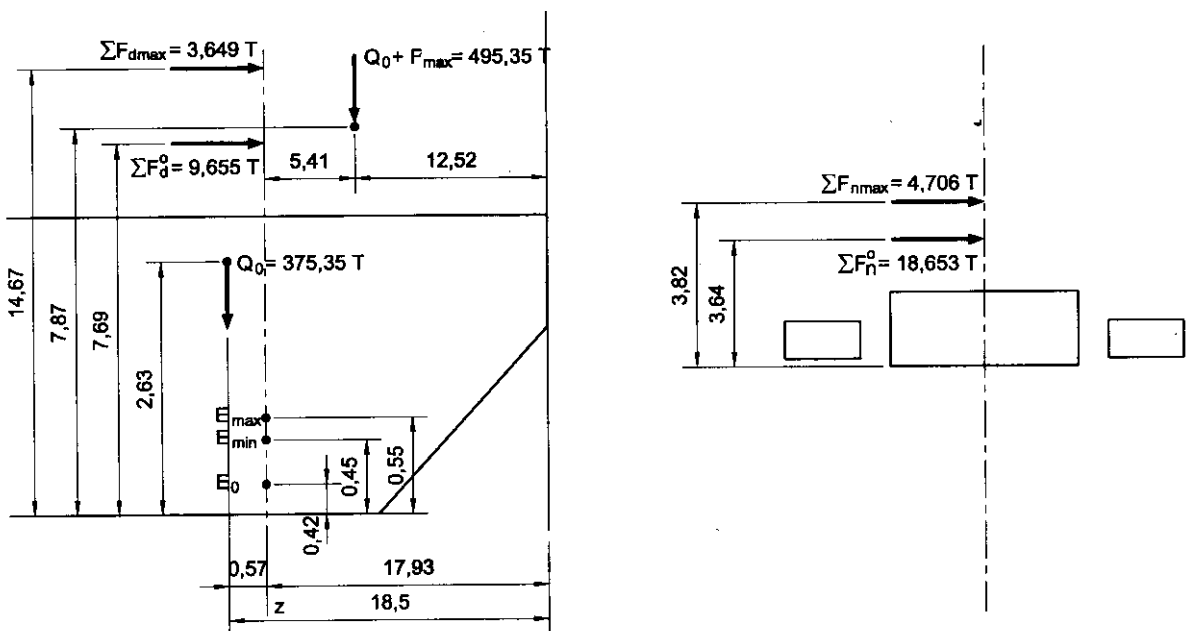
V - lưu tốc nước, lấy bằng 1,5m/s;

g - gia tốc trọng trường, $g = 9,8m/s^2$.

$$F_{bq} = \frac{1.1,5^2}{2.9,8} = 0,11kG/m^2$$

Lực này quá nhỏ nên có thể bỏ qua.

* Tính độ nghiêng của hệ nổi (hình 7.8).



Hình 7.8

- Mômen của các lực gió đối với tâm nổi

+ Khi cầu không làm việc

Theo phương dọc xà lan

$$M_{od}^F = 9,655(7,69 - 0,42) = 70,19\text{Tm}$$

Theo phương ngang xà lan

$$M_{on}^F = 18,683(3,64 - 0,42) = 60,16\text{Tm}$$

+ Khi cầu max

Theo phương dọc xà lan

$$M_{dmax}^F = 3,649(14,67 - 0,55) = 51,52\text{Tm}$$

Theo phương ngang xà lan

$$M_{nmax}^F = 4,706(3,82 - 0,55) = 15,39\text{Tm}$$

- Mômen của các lực đứng đối với tâm nổi (theo phương dọc xà lan), (theo phương ngang tải trọng đối xứng, $M = 0$).

+ Khi cầu không làm việc:

$$M_d^{Q_0} = -375,35 \cdot 0,57 = -213,95\text{Tm}$$

+ Khi cầu max

$$M_d^{Pmax} = 495,35 \cdot 5,41 = 2679,84\text{Tm}$$

Độ nghiêng của hệ nổi xác định theo công thức:

$$\text{tg}\varphi = \frac{M}{P(\rho - a)}$$

- Khi cầu không làm việc:

+ Theo phương dọc xà lan: $\text{tg}\varphi_{od} = \frac{M_{od}}{Q_0(\rho_0 - a_0)}$;

$$M_{od} = M_{od}^F + M_d^{Q_0} = 70,19 + (-213,95) = -143,76 \text{ Tm}$$

$$\text{tg}\varphi_{od} = \frac{143,76}{375,35(138,14 - 2,21)} = 0,0028 \Rightarrow \varphi = 0^\circ 10'$$

+ Theo phương ngang xà lan $\text{tg}\varphi_{on} = \frac{M_{on}}{Q_0(\rho_0 - a_0)}$

$$M_{on} = M_{on}^F = 60,16\text{Tm}$$

$$\text{tg}\varphi_{on} = \frac{60,16}{375,35(22,46 - 2,21)} = 0,0079 \Rightarrow \varphi_{on} = 0^\circ 27'$$

- Khi cầu max

+ Theo phương dọc xà lan

$$\operatorname{tg}\varphi_{d\max} = \frac{M_{d\max}}{P_{\max}(\rho_{\max} - a_{\max})}$$

$$\begin{aligned} M_{d\max} &= M_{d\max}^F + M_{d\max}^P \\ &= 51,52 + 2679,84 = 2731,36\text{Tm} \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{d\max} = \frac{2731,36}{(375,35 + 120)(104,67 - 7,32)} = 0,0566 \Rightarrow \varphi_{d\max} = 3^\circ 14'$$

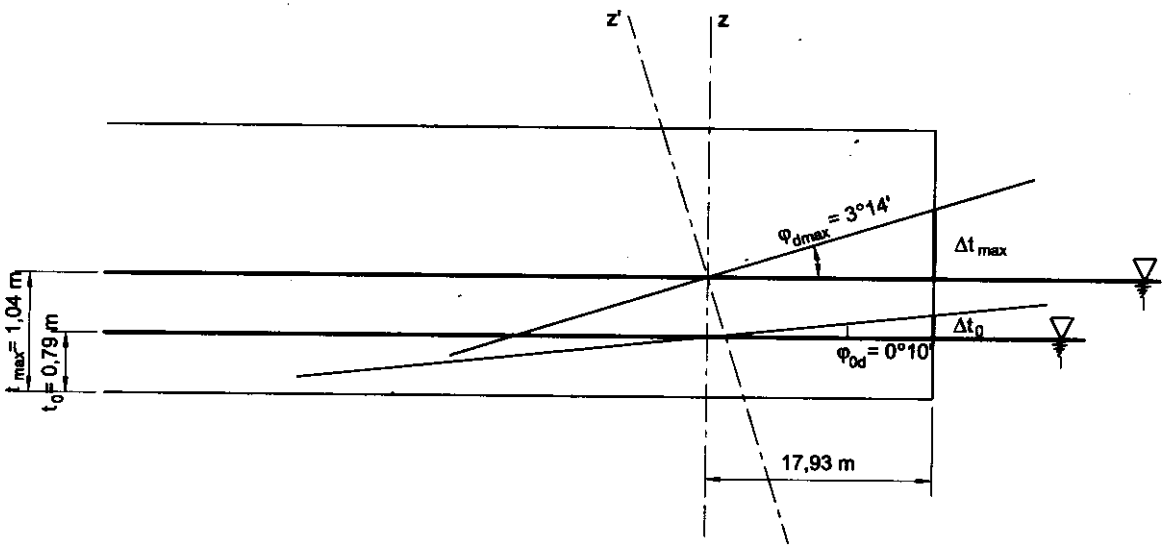
+ Theo phương ngang xà lan

$$\operatorname{tg}\varphi_{n\max} = \frac{M_{n\max}}{P_{\max}(\rho_{\max} - a_{\max})}$$

$$M_{n\max} = M_{n\max}^F = 15,39\text{Tm}$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{n\max} = \frac{15,39}{495,35(17,02 - 7,32)} = 0,0032 \Rightarrow \varphi_{n\max} = 0^\circ 12'$$

* Tính độ chìm của hệ nổi do nghiêng dọc (hình 7.9).



Hình 7.9

- Khi cầu không làm việc:

Độ chìm thêm do nghiêng dọc:

$$\Delta t_o = 17,93 \operatorname{tg}\varphi_{od} = 17,93 \operatorname{tg}0^\circ 10' = 17,93 \cdot 0,0028 = 0,05\text{m}$$

Như vậy độ chìm tổng cộng ở mũi xà lan khi cầu không làm việc sẽ là:

$$T_o = t_o + \Delta t_o = 0,79 + 0,05 = 0,84\text{m}$$

- Khi cầu max

$$\begin{aligned}\Delta t_{\max} &= 17,93 \operatorname{tg} \varphi_{d \max} = 17,93 \operatorname{tg} 3^{\circ} 14' \\ &= 17,93 \cdot 0,0566 = 1,01 \text{ m}\end{aligned}$$

Độ chìm tổng cộng khi cầu max

$$T_{\max} = t_{\max} + \Delta t_{\max} = 1,04 + 1,01 = 2,05 \text{ m}$$

Phía đuôi xà lan sẽ bị nâng lên:

$$\Delta t'_{\max} = (41 - 17,93) \operatorname{tg} \varphi_{d \max} = (41 - 17,93) \cdot 0,0566 = 1,305 \text{ m}$$

Như vậy đuôi xà lan sẽ nâng lên khỏi mặt nước:

$$\Delta = 1,305 - 1,04 = 0,265 \text{ m}$$

Khắc phục bằng cách bơm thêm nước vào khoang đuôi xà lan:

$$V = 476,1 \cdot 0,265 = 126,16 \text{ m}^3.$$

Vậy tổng lượng nước bơm vào khoang đuôi xà lan làm đối trọng sẽ là:

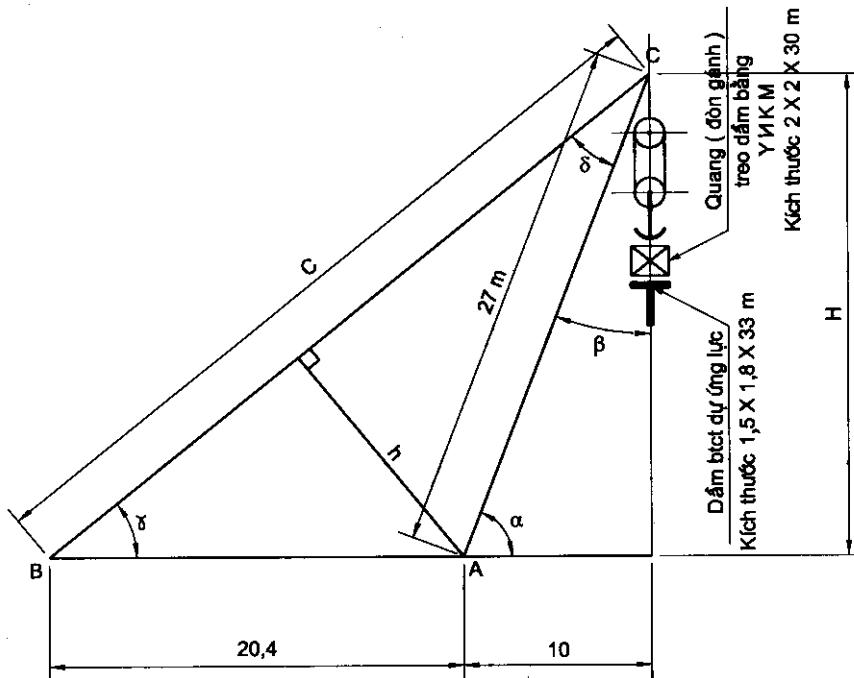
$$31,4 + 126,16 = 168,05 \text{ m}^3.$$

C. Tính toán kết cấu

a) Cầu chính

* Tính với trường hợp cầu max: $Q = 100T$; $l_v = 10 \text{ m}$.

1. Xác định các kích thước cơ bản (xem hình 7.10).



Hình 7.10

$$H = \sqrt{27^2 - 10^2} = 25,08\text{m}$$

$$\sin \alpha = \frac{25,08}{27} = 0,9288 \Rightarrow \alpha = 68^\circ 15'$$

$$\beta = 90^\circ - 68^\circ 15' = 21^\circ 45' \begin{cases} \sin \beta = 0,3705 \\ \cos \beta = 0,9288 \end{cases}$$

$$C = \sqrt{30,4^2 + 25,08^2} = 39,41\text{m}$$

$$\sin \gamma = \frac{25,08}{39,41} = 0,6363 \Rightarrow \gamma = 39^\circ 31'$$

$$h = 20,4 \cdot \sin \gamma = 20,4 \cdot 0,6363 = 12,98\text{m}$$

$$\sin \delta = \frac{12,98}{27} = 0,4807 \Rightarrow \delta = 28^\circ 44'$$

2. Xác định tải trọng (xem hình 7.11)

- Tải trọng nâng

$$Q = kQ' = 1,2(100 + 1,6 + 1,5 + 2) = 126,12\text{T}$$

- Lực quán tính ngang tác dụng vào cầu và hàng lấy bằng 10% lực tĩnh thẳng đứng.

Lực quán tính của cần:

$$I_1 = 0,1 \cdot P_6 = 0,1 \cdot 13 = 1,3\text{T}$$

Lực quán tính của vật cầu:

$$I_2 = 0,1P = 0,1 \cdot 100 = 10\text{T}$$

Lực gió tính với $q = 25 \text{ kG/m}^2$

Lực gió tác dụng vào cần:

$$W_1 = 25(25,08 \cdot 4,2 \cdot \frac{1}{2}) \cdot 0,4 = 526,68 \text{ kG} \approx 0,53\text{T}$$

Lực gió tác dụng vào vật cầu:

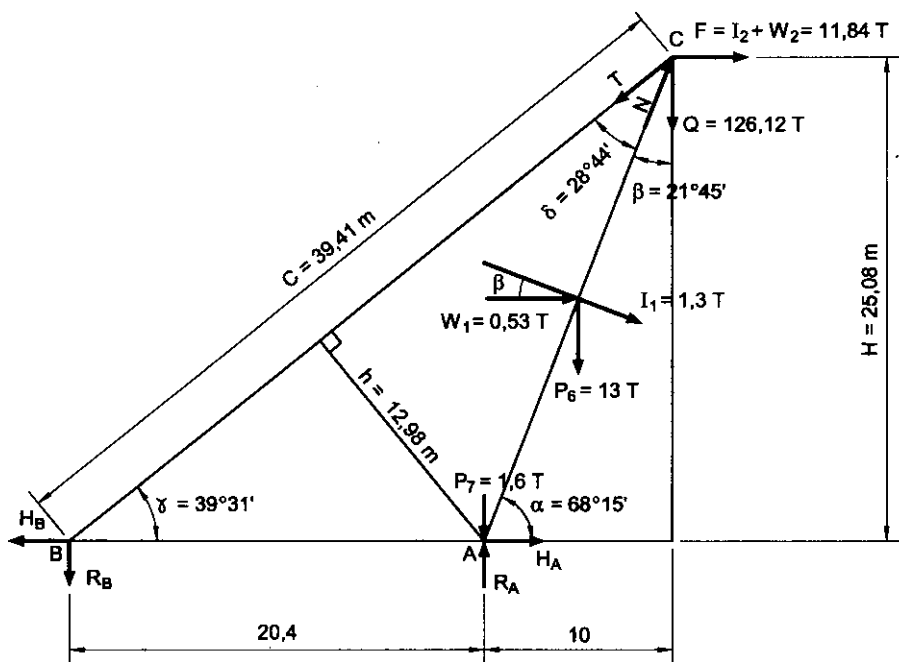
$$W_2 = 25[(30 \cdot 2 \cdot 0,4) + (1,5 \cdot 33)] = 1837,5\text{kG} \approx 1,84\text{T}$$

3. Tính toán nội lực:

Đời lực quán tính ngang và lực gió tác dụng vào vật cầu về đỉnh cần, ta có sơ đồ tính toán (hình 7.11).

Tính toán nội lực phát sinh trong cần chính và dây neo cần

Tách nút C.



Hình 7.11

$$\sum Y = 0$$

$$- Q - T \cos(\delta + \beta) + N \cos \beta = 0 \quad (1)$$

$$\sum X = 0$$

$$F + N \sin \beta - T \sin(\delta + \beta) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Từ (2)} \Rightarrow T = \frac{F + N \sin \beta}{\sin(\delta + \beta)}$$

Thay giá trị của T vào (1):

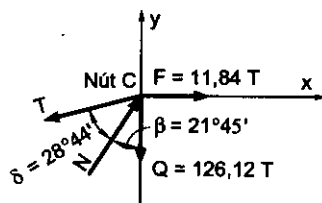
$$- Q - \frac{F + N \sin \beta}{\sin(\delta + \beta)} \cos(\delta + \beta) + N \cos \beta = 0$$

$$- Q - F \cot g(\delta + \beta) - N \sin \beta \cot g(\delta + \beta) + N \cos \beta = 0$$

$$N = \frac{Q + F \cot g(\delta + \beta)}{\cos \beta - \sin \beta \cot g(\delta + \beta)} =$$

$$= \frac{126,12 + 11,84 \cot g(28^\circ 44' + 21^\circ 45')}{\cos 21^\circ 45' - \sin 21^\circ 45' \cot g(28^\circ 44' + 21^\circ 45')} = 218,04 T$$

$$T = \frac{11,84 + 218,04 \cdot 0,3705}{0,7714} = 120,07 T$$



Hình vẽ tách nút C

Tính phản lực ở chốt chân cầu và chốt dây neo cầu:

Tách nút A:

$$\sum X = 0$$

$$H_A = N \cos \alpha = 218,04 \cdot \cos 68^\circ 15' = 218,04 \cdot 0,3706 = 80,8T$$

$$\sum Y = 0$$

$$R_A = P_7 + N \cos \beta$$

$$= 1,6 + 218,04 \cdot 0,9288 = 204,11T$$

Tách nút B:

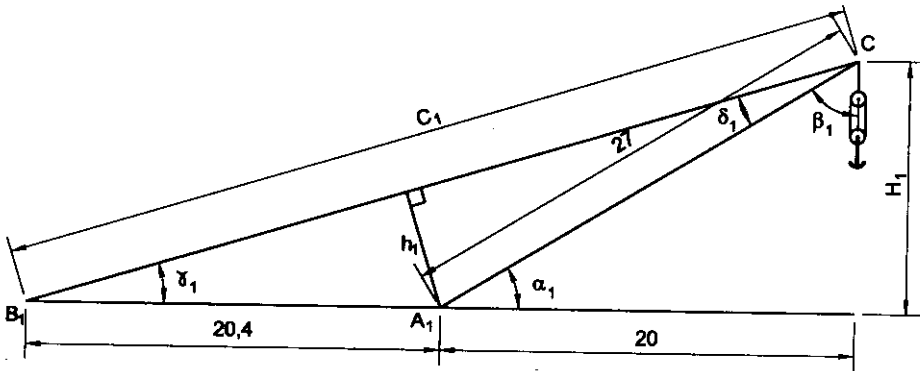
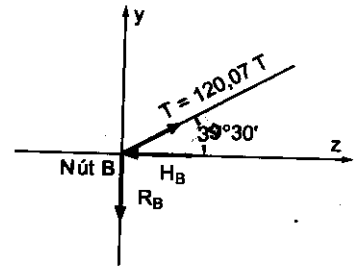
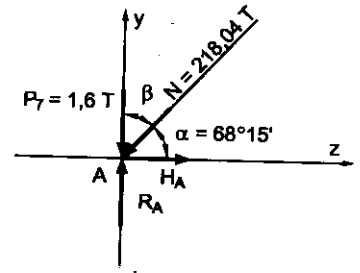
$$\sum X = 0$$

$$H_B = T \cos \gamma = 120,07 \cdot 0,7714 = 92,62T$$

$$\sum Y = 0$$

$$R_B = T \sin \gamma = 120,07 \cdot 0,6363 = 76,4T$$

* Tính với trường hợp tâm với max (xem hình 7.12).



Hình 7.12

Tính với độ vươn $L_V = 20m$ và khống chế lực căng dây neo $T_1 = 100T < T = 120,07T$.

1. Xác định các kích thước cơ bản

$$H_1 = \sqrt{27^2 - 20^2} = 18,13m$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{18,13}{27} = 0,6744 \Rightarrow \alpha_1 = 42^\circ 10'$$

$$\beta_1 = 90^\circ - 42^\circ 10' = 47^\circ 50' \left\{ \begin{array}{l} \sin \beta_1 = 0,7412 \\ \cos \beta_1 = 0,6713 \end{array} \right.$$

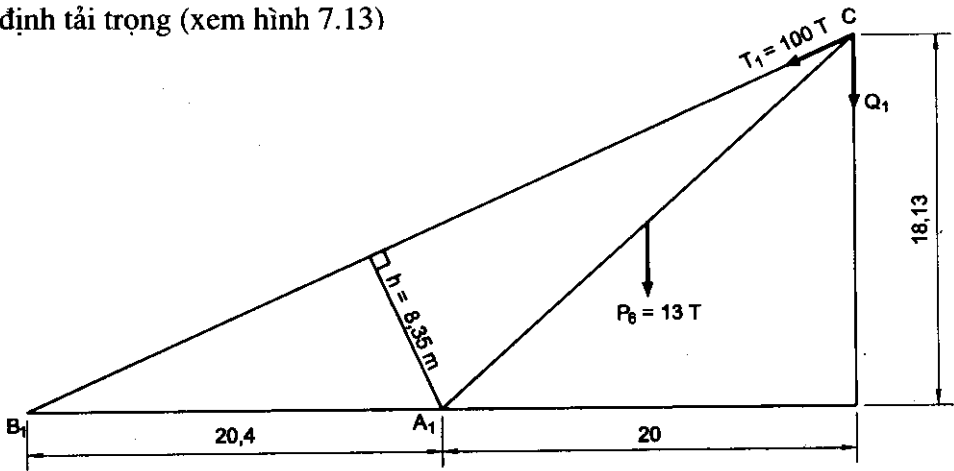
$$C_1 = \sqrt{40,4^2 + 18,13^2} = 44,28m$$

$$\sin \gamma_1 = \frac{18,13}{44,28} = 0,4094 \Rightarrow \gamma_1 = 24^\circ 10'$$

$$h_1 = 20,4 \sin \gamma_1 = 20,4 \cdot 0,4094 = 8,35\text{m}$$

$$\sin \delta_1 = \frac{8,35}{27} = 0,3092 \Rightarrow \delta_1 = 18^\circ$$

2. Xác định tải trọng (xem hình 7.13)



Hình 7.13

- Tải trọng nâng

+ Xác định trọng lượng hàng Q'_1

$$\sum M_{A_1} = 0$$

$$Q_1 \cdot 20 + P_6 \cdot 10 - T_1 h_1 = 0$$

$$Q_1 = \frac{T_1 h_1 - P_6 \cdot 10}{20} = \frac{100 \cdot 8,35 - 13 \cdot 10}{20} = 35,25\text{T}$$

Q_1 - bao gồm hàng, múp, móc cầu, quang treo.

Gọi Q'_1 là trọng lượng hàng

$$Q_1 = k(Q'_1 + P_3 + P_2 + P_1) = kQ'_1 + k(P_3 + P_2 + P_1)$$

$$Q'_1 = \frac{Q_1 - k(P_3 + P_2 + P_1)}{k} = \frac{35,25 - 1,2(1,6 + 1,5 + 2)}{1,2} = 24,27$$

- Lực quán tính ngang của cần:

$$I'_1 = 0,1 \cdot P_6 = 0,1 \cdot 13 = 1,3\text{T}$$

- Lực quán tính của vật cầu:

$$I'_2 = 0,1 \cdot Q_1 = 0,1 \cdot 35,25 = 3,52\text{T}$$

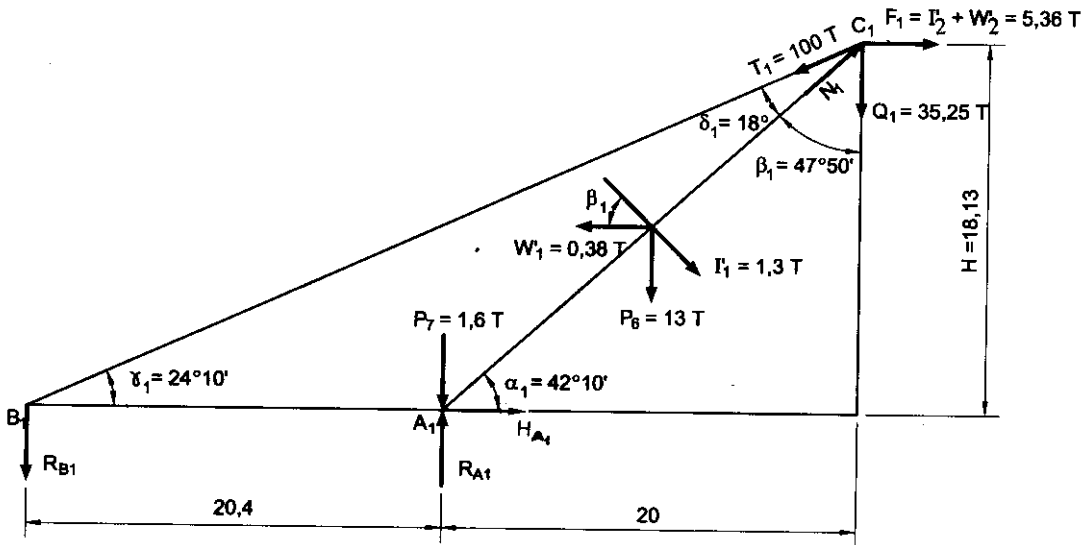
- Lực gió tác dụng vào cần

$$W'_1 = 25 (18,13 \cdot 4,2 \cdot \frac{1}{2}) \cdot 0,4 = 380,73 = 0,38T$$

- Lực gió vào vật cầu, lấy như đối với trường hợp cầu max

$$W'_2 = 1,84T$$

3. Tính toán nội lực (xem hình 7.14)



Hình 7.14

Đòi lực quán tính và lực gió tác dụng vào vật cầu về đầu cần, ta có sơ đồ tính toán như hình 7.14.

- Tính nội lực phát sinh trong cần:

Lần lượt tách các nút C_1 , A_1 , B_1 , ta được kết quả:

$$N_1 = 113,49T; H_{A1} = 84,11T; R_{A1} = 77,78T; H_{B1} = 91,23T; R_{B1} = 40,94T$$

* Chọn tiết diện nhánh cần (xem hình 7.15).

1. Xác định kích thước cơ bản:

Chiều dài nhánh cần

$$L = \sqrt{27^2 + 2,1^2} = 27,08$$

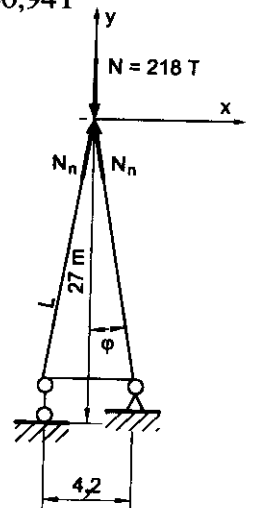
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2,1}{27} = 0,0777 \Rightarrow \varphi = 4^\circ 27'$$

2. Tải trọng

Chọn lực nén cần lớn nhất ứng với trường hợp cầu max để tính $N = 218T$.

- Lực gió và lực quán tính chia đều cho 2 nhánh

+ Lực nén vào nhánh cần



$$\sum Y = 0$$

$$2N_n \cos \varphi = N \Rightarrow N_n = \frac{N}{2 \cos \varphi} = \frac{218}{2 \cos 4^{\circ}27'}$$

$$= \frac{218}{2.0,9970} = 109,32T$$

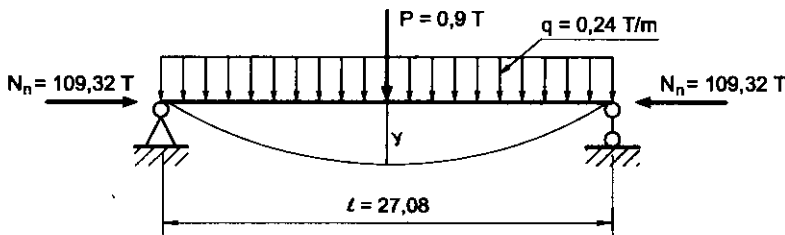
+ Trọng lượng bản thân nhánh coi như phân bố đều với cường độ:

$$q = \frac{P_{6/2}}{L} = \frac{13}{2.27,08} = 0,24T/m$$

+ Lực gió và lực quán tính tác dụng vào cần chia đều cho 2 nhánh, được một lực tập trung đặt ở giữa chiều dài nhánh (xem hình 7.11).

$$P = \frac{W_1 \cos \beta + I_1}{2} = \frac{0,53 \cdot 0,9288 + 1,3}{2} = 0,9T$$

Từ đó có sơ đồ tính toán cần như sau (xem hình 7.15).



Hình 7.15

Mômen do trọng lượng bản thân và lực ngang sinh ra:

$$M_1 = \frac{ql^2}{8} + \frac{Pl}{4} = \frac{0,24 \cdot 27,08^2}{8} + \frac{0,9 \cdot 27,08}{4} = 28,1Tm$$

Độ võng ở nhánh cần do trọng lượng bản thân và lực ngang:

$$y = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EJ} + \frac{Pl^3}{48EJ}$$

Để tính J sơ bộ chọn tiết diện nhánh (xem hình 7.16)

Đặc trưng hình học của

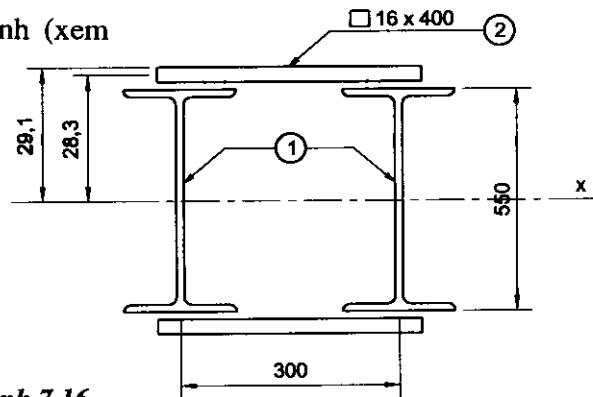
II550:

$b = 180$

$d = 10,3$

$t = 16,5$

$F = 114cm^2$



Hình 7.16

$$W_o = 2000\text{cm}^3 ; J_o = 55150\text{cm}^4$$

Mômen quán tính của tiết diện nhánh:

$$J_x = 2 [J_o + 1,6 \cdot 40 \cdot 28,3^2]$$

$$= 2[55150 + 1,6 \cdot 40 \cdot 28,3^2] = 212814\text{cm}^4$$

Độ võng của nhánh

$$y = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,24 \cdot 10(27,08 \cdot 10^2)^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 2,12 \cdot 10^5} + \frac{0,9 \cdot 10^3 (27,08 \cdot 10^2)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 2,12 \cdot 10^5} = 4,6\text{cm} = 0,046\text{m}$$

Mômen do lực dọc sinh ra:

$$M_2 = N_n y = 109,32 \cdot 0,046 = 5,03\text{Tm}$$

Mômen tổng cộng phát sinh trong nhánh:

$$M = M_1 + M_2 = 28,1 + 5,03 = 33,13\text{Tm}$$

Nghiệm lại cường độ của nhánh theo công thức:

$$\left(\frac{N}{F_{th} R} \right)^{3/2} + \frac{M}{WR} \leq 1$$

N - lực dọc trong nhánh, N = 109,32T.

M - mômen phát sinh trong nhánh, M = 33,13Tm

F_{th} - diện tích thu hẹp của mặt cắt nhánh

$$F_{th} = 0,85F = 0,85 [2(114 + 1,6 \cdot 40)] = 302,6\text{cm}^2$$

R - cường độ tính toán của thép C_T-3, lấy R = 1700kG/cm²

$$\left(\frac{109320}{302,6 \cdot 1700} \right)^{3/2} + \frac{3 \cdot 3313000}{212814 \cdot 1700} = \sqrt{\left(\frac{1,0932 \cdot 10^5}{3,206 \cdot 10^2 \cdot 1,7 \cdot 10^3} \right)^3} +$$

$$+ \frac{3,313 \cdot 10^6 \cdot 2,91 \cdot 10}{2,12814 \cdot 10^5 \cdot 1,7 \cdot 10^3} = 0,777 < 1,0$$

Duyệt ổn định tổng thể của nhánh theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{\phi F} \leq R$$

Tính độ mảnh của nhánh:

$$\lambda = \frac{l_o}{r}$$

$$l_0 = 27,08$$

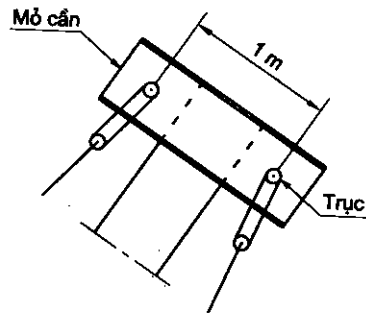
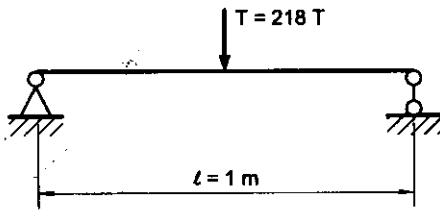
$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{212814}{356}} = 24,45$$

$$\lambda = \frac{27,08 \cdot 10^2}{24,45} = 110,75 \Rightarrow \varphi = 0,48$$

$$\sigma = \frac{109320}{0,48 \cdot 356} = 639,74 \text{ kG/cm}^2 < 1700 \text{ kG/cm}^2$$

* Tính kết cấu mở cần

Sơ đồ tính (xem hình 7.17)



Hình 7.17

$$M = \frac{Nl}{4} = \frac{218 \cdot 1}{4} = 54,5 \text{ Tm}$$

$$W_{ct} = 1,15 \frac{M}{R} = 1,15 \cdot \frac{54,5 \cdot 10^5}{1700} = 3686 \text{ cm}^3$$

Do yêu cầu cấu tạo, chọn 3I550, $W = 3 \times 2000 = 6000 \text{ cm}^3$

* Tính trục dầm cần (xem hình 7.18) và hình 7.19

Tính gần đúng:

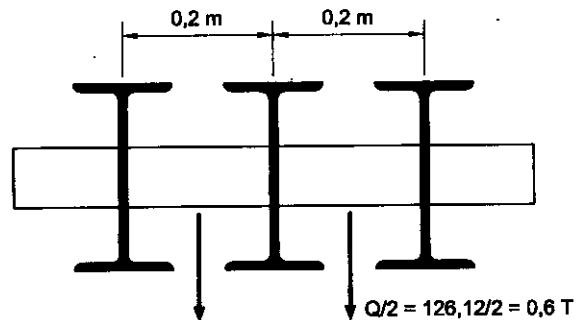
$$M = \frac{63,06 \cdot 0,2}{4} = 3,153 \text{ Tm}$$

Chọn $\phi_{trục} = 120 \text{ mm}$ thép $C_T \cdot 5$

$$F = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} = 113,04 \text{ cm}^2$$

$$W = 0,098 d^3 = 0,098 \cdot 12^3 = 169,34 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{315300}{169,34} = 1862 \text{ kG/cm}^2 < 2100 \text{ kG/cm}^2$$



Hình 7.18

$$\sigma_{e/m} = \frac{63060}{12,3} = 1751,66 \text{ kG/cm}^2 < 1,7 \cdot 2100 = 3570 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{cát}} = \frac{63060}{113,04} = 557,85 \text{ kG/cm}^2$$

$$< 0,7 \cdot 2100 = 1470 \text{ kG/cm}^2$$

* *Tính chốt chân cân* (xem hình 7.20).

$$M = \frac{109,32 \cdot 0,1}{4} = 2,733 \text{ Tm}$$

Chọn $\phi_{\text{chốt}} = 120 \text{ mm}$, thép C_T-5

$$\sigma_u = \frac{273300}{169,34} = 1614 \text{ kG/cm}^2 < 2100 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_{e/m} = \frac{109,32 \cdot 10^3}{12,3} = 3036,66 \text{ kG/cm}^2 < 3570 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{cát}} = \frac{109,32 \cdot 10^3}{113,04} = 967 \text{ kG/cm}^2 < 1470 \text{ kG/cm}^2$$

* *Tính liên kết chống trượt chân cân*

Lực trượt ở 1 bên cân

$$H = \frac{H_{\text{Al}}}{2} = \frac{84,11}{2} = 42,05 \text{ T}$$

Dùng bulông $\phi 27$, C_T.3

Khả năng chịu cắt đơn của bulông:

$$[N]_c = 3,14 \cdot \frac{2,7^2}{4} \cdot 0,7 \cdot 1700 = 6809 \text{ kG} = 6,8 \text{ T}$$

$$\text{Số bulông cần thiết: } n = \frac{42,05}{6,8} = 6,68$$

Quyết định dùng 8 bulông $\phi 27$.

b) Tính tời múp cáp nâng hàng

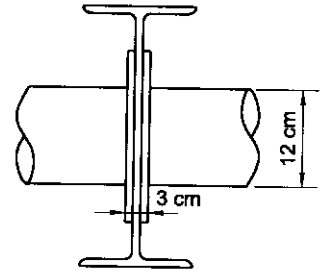
Dự kiến dùng 2 tời điện 10T.

4 bộ múp 5 bánh xe.

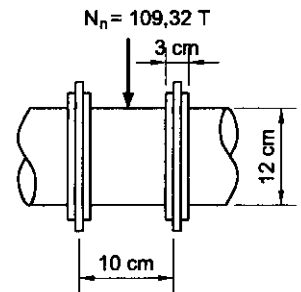
2 puli chuyển hướng

Lực căng của nhánh cáp vào tời:

$$T = \frac{Q}{2} \cdot a$$



Hình 7.19



Hình 7.20

Q - sức cầu max = 126,12T.

a - hệ số ma sát giữa cáp và bánh xe múp. Tra bảng với 10 đường dây, 1 puli chuyển hướng $a = 0,129$.

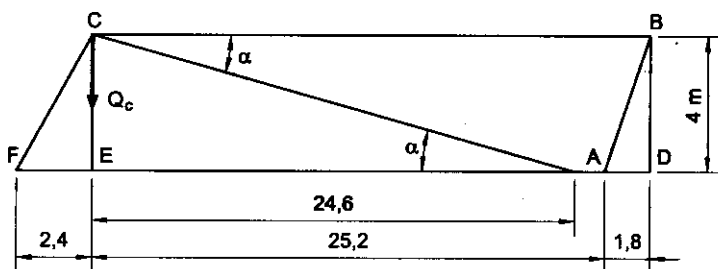
$$T = \frac{126,12}{2} \cdot 0,129 = 8,13T$$

Dùng cáp $\phi 30$ loại 6 tào \times 19 sợi, lực kéo đứt 40,52T với hệ số an toàn 5, lực kéo cho phép sẽ là:

$$[S] = \frac{40,52}{5} = 8,1T$$

c) Tính tời, múp, cáp nâng cân

* Kích thước cơ bản và lực tác dụng (xem hình 7.21)



Hình 7.21

Tải trọng đặt ở một đầu cân:

$$Q'_c = \frac{P_6}{2} + P_4 + P_5 = \frac{13}{2} + 1,4 + 1,25 = 9,15T$$

$$Q_c = k Q'_c = 1,2 \cdot 9,15 = 11T$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{24,6} = 0,1626 \Rightarrow \alpha = 9^\circ 14' \begin{cases} \sin \alpha = 0,1605 \\ \cos \alpha = 0,987 \end{cases}$$

* Tính giá đỡ cân (xem hình 7.22)

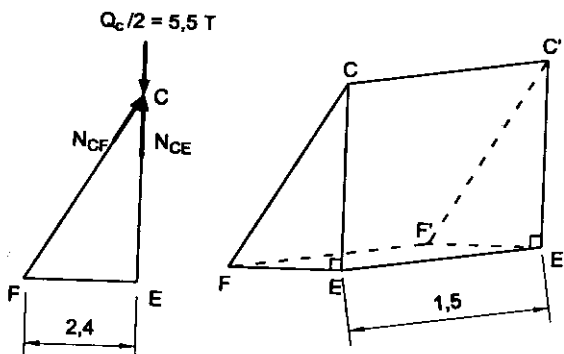
$$\sum X = 0 \Rightarrow N_{CF} = 0$$

$$\sum Y = 0 \Rightarrow N_{CE} = \frac{Q_c}{2} = 5,5T$$

Chọn tiết diện CE: 11300:

$$F = 46,5\text{cm}^2; J_x = 7080\text{cm}^4$$

$$J_y = 337\text{cm}^4$$



Hình II.21

Công thức kiểm tra : $\sigma = \frac{N}{\phi F} \leq [\sigma]$

Tra ϕ :

$$\lambda = \frac{l_0}{r} ; l_0 = 400\text{cm};$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} ; r_x = \sqrt{\frac{7080}{46,5}} = 12,33$$

$$\lambda_x = \frac{400}{12,33} = 32,44 \Rightarrow \phi_x = 0,857$$

$$r_y = \sqrt{\frac{337}{46,5}} = 2,69 ; \lambda_y = \frac{400}{2,69} = 148,69 \Rightarrow \phi_y = 0,31$$

$$\sigma = \frac{5.500}{0,31 \cdot 46,5} = 381,54 \text{ kG/cm}^2 < 1700 \text{ kG/cm}^2$$

Thanh chống CF: cấu tạo 2 [200

Tính thanh CC' (xem sơ đồ tính toán hình 7.23).

$$M = \frac{11 \cdot 1,5}{4} = 4,125 \text{ T.m}$$

$$W_{ct} = \frac{4,125 \cdot 10^5}{1700} \cdot 1,15 = 279 \text{ cm}^3$$

Chọn 2 [300 , $W = 387 \times 2 = 774 \text{ cm}^3 > 279$.

* Tính giá nâng cân (xem hình 2.24)

- Tính lực kéo nâng cân (tính với trường hợp cân hạ về đằng sau, ở vị trí thấp nhất, nhưng chưa tựa vào giá đỡ).

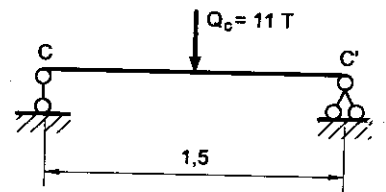
$$\sum Y = 0 \quad N_c = \frac{Q_c}{\sin \alpha} = \frac{11}{0,1605} = 68,53 \text{ T}$$

$$\sum X = 0 \quad T_c = N_c \cos \alpha = 68,53 \cdot 0,987 = 67,63 \text{ T}$$

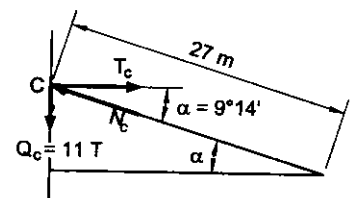
Lực căng ở nhánh cáp vào tời:

$$F_n = \frac{T_c}{20} = \frac{67,63}{20} = 3,38 \text{ T} < 8 \text{ T}$$

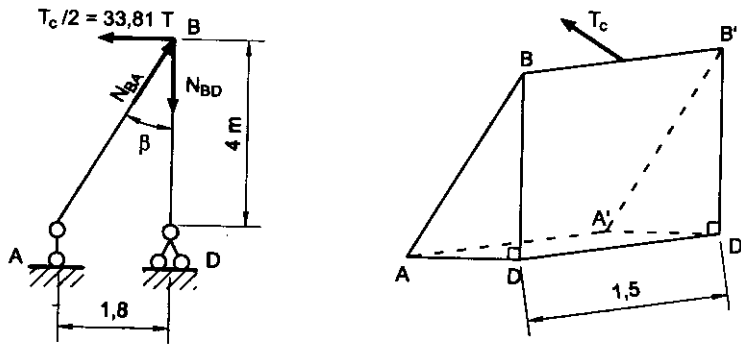
- Tính giá nâng (hình 7.25)



Hình 7.23



Hình 2.24



Hình 7.25

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1,8}{4} = 0,45 \Rightarrow \beta = 24^{\circ}14' ; \sin \beta = 0,4104 ; \cos \beta = 0,9119$$

$$AB = \sqrt{4^2 + 1,8^2} = 4,38\text{m}$$

$$\sum X = 0 \quad N_{BA} = \frac{33,81}{\sin \beta} = \frac{33,81}{0,4104} = 82,38\text{T}$$

$$\sum Y = 0 \quad N_{BD} = N_{BA} \cos \beta = 82,38 \cdot 0,9119 = 75,12\text{T}$$

Tính liên kết thân cột đứng BD với mặt boong xà lan.

Dùng bulông $\phi 22$.

Khả năng chịu lực giựt đầu của 1 bulông.

$$[N_{gd}] = 3,14 \frac{2,2^2}{4} \cdot 1700 \cdot 0,6 = 3875 \text{ kG} = 3,8\text{T}$$

$$\text{Số bulông cần thiết: } n = \frac{75,12}{3,8} = 19,7 \Rightarrow \text{dùng 20 chiếc.}$$

Tính thanh BB': sơ đồ tính toán xem hình 7.26.

$$M = \frac{67,63 \cdot 1,5}{4} = 25,36\text{Tm}$$

$$W_{ct} = 1,15 \cdot \frac{25,36 \cdot 10^5}{1700} = 1715\text{cm}^3$$

Chọn tiết diện 1I550 có $W = 2000\text{cm}^3 > 1715\text{cm}^3$

Chọn tiết diện cột BD:

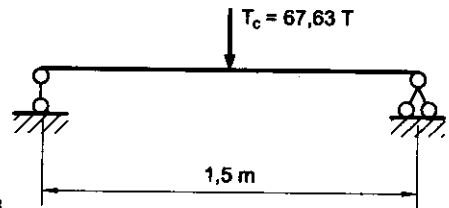
$$F_{ct} = 1,15 \cdot \frac{75120}{1700} = 50,81\text{cm}^2$$

Chọn 2I300, $F = 2 \cdot 46,5 = 93,1\text{cm}^2$

hoặc 1I550, $F = 114\text{cm}^2$

Chọn tiết diện thanh chống BA:

$$F_{ct} = 1,15 \cdot \frac{82380}{1700} = 55,72\text{cm}^2 \Rightarrow \text{chọn tiết diện như cột BD.}$$

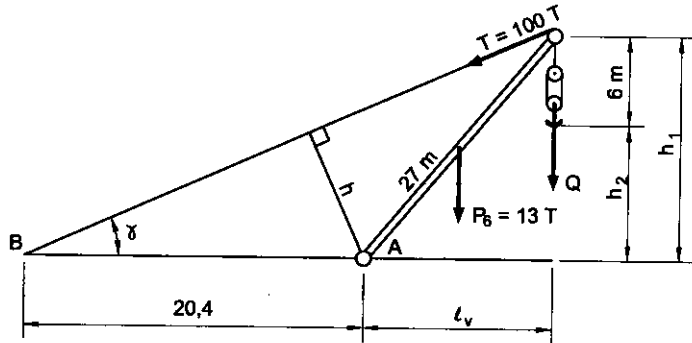


Hình 7.26

* Xác định quan hệ:

độ vươn - tải trọng

độ vươn - chiều cao nâng móc (xem hình 7.27).



Hình 7.27

Khống chế lực căng cáp nâng cân là $T = 100T$ như đã quy định khi tính với trường hợp độ vươn max

$$\sum M_A = 0$$

$$QL_v + P_6 \frac{L_v}{2} - T.h = 0 \Rightarrow Q = \frac{T.h - P_6 \frac{L_v}{2}}{L_v}$$

$$Q = \frac{100 \cdot 20,4 \sin \gamma - \frac{13}{2} L_v}{L_v}$$

$$Q = \frac{2040 \sin \gamma - 6,5 L_v}{L_v}$$

Từ kết quả trên lập được bảng quan hệ độ vươn - tải trọng, độ vươn - chiều cao nâng móc (xem bảng II.4)

Bảng II.4

L_v (m)	H_1 (m)	H_2 (m)	$\operatorname{tg} \gamma$	γ (độ)	$\sin \gamma$	Q (T)	$Q_{\text{hàng}} = Q - (P_1 + P_2 + P_3) = Q - 5T$	$Q_{\text{thiết kế}} = 0,85 Q_{\text{hàng}}$ (T)
10	25,08	19,08	0,825	$39^{\circ}30'$	0,6301	123,26	118,26	100
12	24,16	18,18	0,7462	$36^{\circ}42'$	0,5976	95,1	90,1	75
14	23,08	17,08	0,6709	$33^{\circ}54'$	0,5577	74,76	69,76	60
16	21,74	15,74	0,5972	$30^{\circ}48'$	0,5120	58,78	53,78	45
18	20,12	14,12	0,5239	$27^{\circ}36'$	0,4633	46,0	41,0	35
20	18,13	12,13	0,4487	$24^{\circ}12'$	0,4099	35,3	30,3	25

§7.2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CẦU MÁNG

Phương pháp có hiệu quả nhất để lắp đặt kết cấu nhịp bê tông cốt thép (BTCT) của cầu ô tô là dùng các loại cần cẩu có tay vớ. Trong trường hợp có thể thao tác từ phía dưới (dưới đất) thì những cần cẩu xích, hoặc cần bánh hơi có thể lắp đặt được những kết cấu nhịp bất kỳ, kể cả những phiến dầm có chiều dài đáng kể (đến 42m). Trường hợp không có điều kiện thao tác từ phía dưới thì hiệu quả hoạt động của các loại cần cẩu có tay vớ bị hạn chế, và khi đó phải đặt cầu lên phía trên kết cấu nhịp và chiều dài của các phiến dầm được lắp đặt thường chỉ giới hạn trong phạm vi 12 - 15m. Vì vậy, trong điều kiện này muốn lắp đặt những phiến dầm có chiều dài lớn hơn thì phải dùng đến cần cẩu có dạng máng (gọi tắt là cầu máng).

Cầu máng là một thiết bị chuyên dụng, được tính toán, thiết kế chỉ dùng cho một loại công việc là lắp đặt các phiến dầm BTCT của kết cấu nhịp cầu ô tô. Chiều dài của phiến dầm lắp đặt bằng loại cầu này thường đạt tới từ 15 - 42m, còn trọng lượng của chúng có thể từ 100 - 150T. Cần cẩu máng có thể sử dụng để lắp đặt các phiến dầm của cầu dầm đơn giản, hay các bộ phận của cầu dầm có nút thừa, hoặc cầu khung có nhịp treo.

Đặc điểm của cầu máng là có thể di chuyển dầm theo phương dọc cầu, đồng thời cũng có thể di chuyển dầm theo phương ngang cầu với một khoảng cách đáng kể (trong phạm vi bề rộng khổ cầu) hơn nữa đối với những phiến dầm của kết cấu nhịp cầu ô tô có tải trọng nhỏ, thì trong giai đoạn lắp ráp không nhất thiết phải có liên kết để phân bố tải trọng thẳng đứng giữa chúng.

Trước khi tính toán, thiết kế cầu máng, ngoài việc nắm vững trọng lượng, kích thước của từng phiến dầm, cần phải nắm vững một số đặc điểm của cầu như cầu thẳng, cầu cong khổ cầu, độ dốc ngang, độ dốc dọc... để xác định sơ đồ cầu, thiết bị di chuyển dọc, di chuyển ngang, thiết bị nâng tải và thiết bị hãm cho hợp lí.

Trong xây dựng cầu có thể sử dụng các loại cầu máng khác nhau. Kết cấu của chúng được sản xuất hàng loạt trong nhà máy, riêng các kết cấu đơn lẻ, có thể chế tạo tại hiện trường. Cũng có thể sử dụng những kết cấu tháo lắp sẵn có như kết cấu vạn năng (УИК-М của Nga), dầm quân dụng Bailây (Bailey) của Anh, Mỹ..., dầm quân dụng H-10 (của Nhật), dầm quân dụng T.66 (của Trung Quốc)... để lắp ráp theo sơ đồ thiết kế thành kết cấu chính của cầu. Nhưng khi đó phải nghiên cứu kĩ lý lịch kèm theo của những kết cấu đó.

Dưới đây giới thiệu một ví dụ tính toán thiết kế cầu máng đơn giản theo phương pháp gần đúng.

1. Các dữ kiện ban đầu

1. Cầu được tính toán, thiết kế dùng để lắp đặt các phiến dầm bê tông cốt thép dự ứng lực của kết cấu nhịp cầu ô tô. Đặc trưng hình học của một phiến dầm như sau:

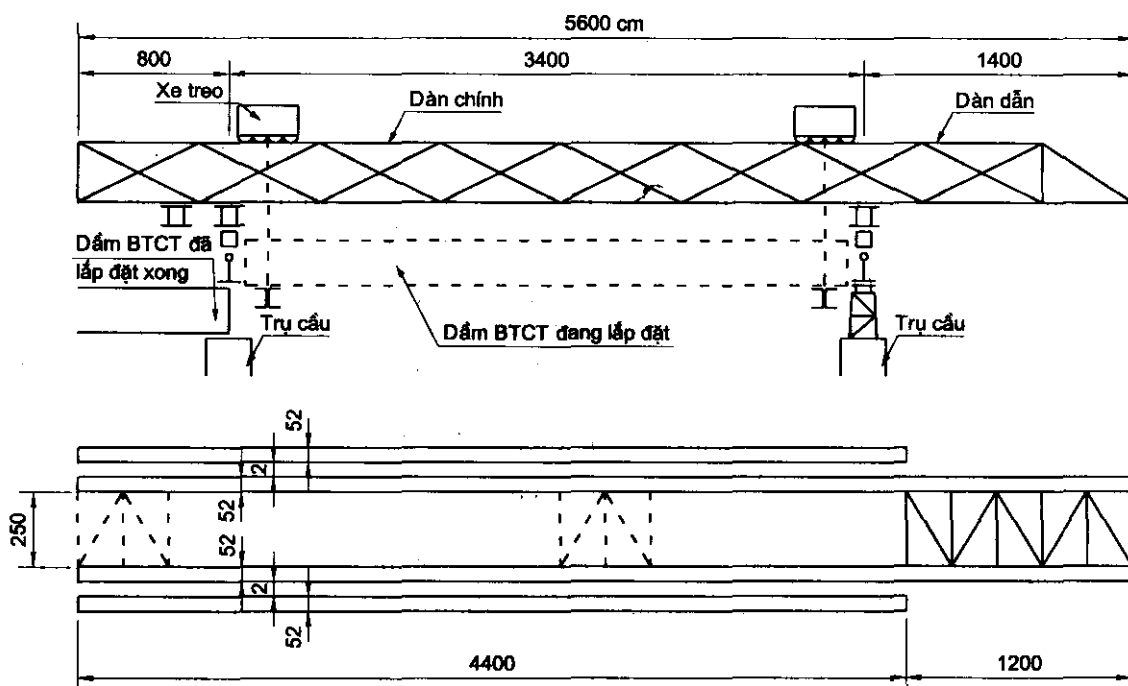
- Chiều dài dầm $L = 33\text{m}$
- Bề rộng cánh dầm $B = 1,8\text{m}$;

- Chiều cao dầm $H = 1,5\text{m}$;
- Trọng lượng 1 phiến $Q = 60\text{T}$.

2. Kết cấu chính của dàn cầu được lắp ráp từ các cấu kiện của dầm quân dụng Nhật (H-10).

2. Tính toán thiết kế (chỉ giới thiệu phần tính toán kết cấu chính của cầu)

a) Sơ đồ kết cấu cầu (xem hình 7.28)



Hình 7.28

b) Xác định trọng lượng bản thân cầu

1. Tính tải một bên dàn

- Dàn chính: q_c
 - + Trọng lượng 1m dàn chính: 417kG/m.
 - + Đường chạy xe treo trên má thượng (ray + bản đệm): 53,21
 - + Đường lăn ở má hạ: 53,21
- Cộng: $q = 523,42\text{kG/m}$

Xét đến khối lượng thép gia cường kết cấu dàn và những kết cấu khác gắn vào dàn (dàn ngang, hệ liên kết...) lấy hệ số vượt tải $n = 1,5$.

$$q_c = n \cdot q = 1,5 \cdot 523,42 = 575,76\text{kG/m}$$

Quyết định lấy $q_c = 0,58\text{T/m}$ để tính toán

- Dàn dẫn: q_d
- + Trọng lượng 1m dàn dẫn: 208,5kG/m
- + Đường lăn ở mạ hạ: 53,21

$$\text{Cộng } q_d = 261,71\text{kG/m}$$

Lấy hệ số vượt tải $n = 1,1$.

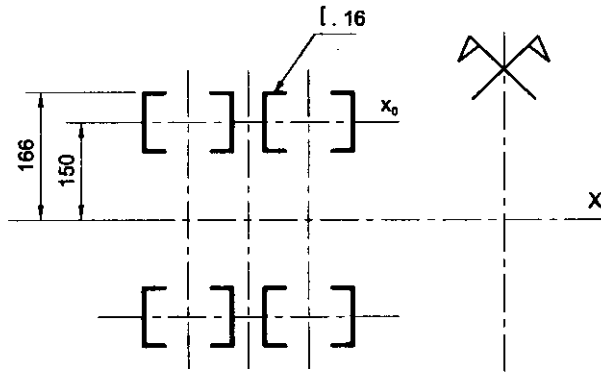
$$q_d = 1,1 \cdot 261,71 = 287,88\text{kG/m}$$

Quyết định lấy $q_d = 0,3\text{T/m}$ để tính toán

2. Trọng lượng bản thân xe treo: 2 xe

Trọng lượng 1 xe: 10T (dự tính).

3. Xác định đặc trưng hình học của tiết diện kết cấu (hình 7.29)



Hình 7.29

$$I[16 : F = 18,1\text{cm}^2 ; J_{x_0} = 747\text{cm}^4 ; J_{y_0} = 63,3\text{cm}^4.$$

$$W_{x_0} = 93,4\text{cm}^3 ; W_{y_0} = 13,8\text{cm}^3 ; r_{x_0} = 6,42 ; r_{y_0} = 1,87 ; Z_0 = 1,8\text{cm};$$

$$J_x = 8[J_{x_0} + 150^2 \cdot F] = 8 [747 + 150^2 \cdot 18,1] = 3.263.976\text{cm}^4$$

$$W_{x_{\min}} = \frac{3263976}{166} = 19662,506\text{cm}^3$$

$$[M] = 19662,506 \cdot 1700 = 33426260 \text{ kGm} = 334,262\text{Tm}.$$

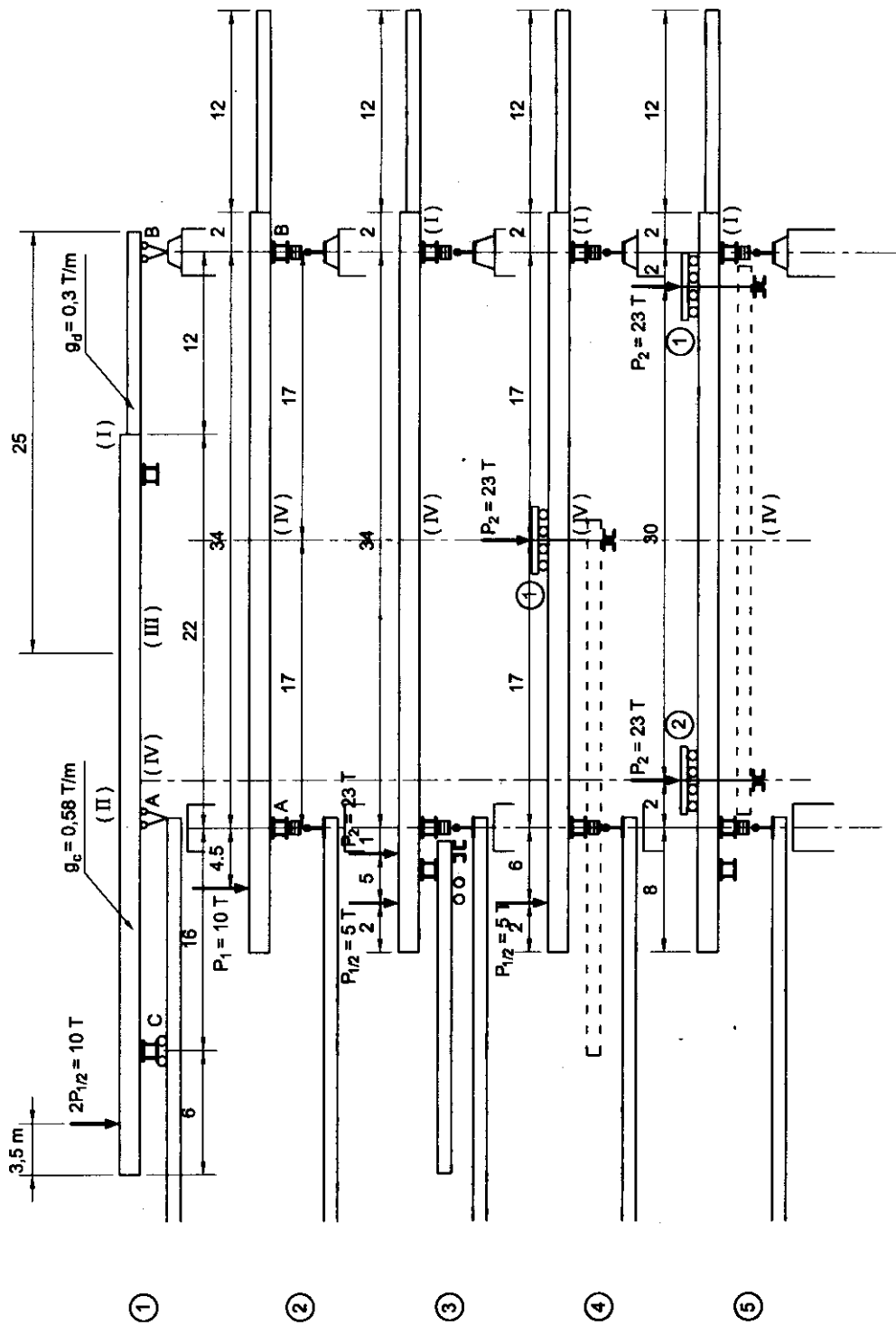
c) Các sơ đồ phân bố tải trọng (xem hình 7.30)

d) Tính toán nội lực

1. Theo sơ đồ 1: lao hăng cầu tới trụ tiếp theo.

- Tính đối trọng P^* : lấy hệ số ổn định chống lật

$$k = 1,5$$



Hình 7.30

$$\sum M_A: \frac{P_1 \cdot 18,5 + P^* \cdot 18,5 + q_c \cdot 44}{q_d \cdot 12 \cdot 28} = 1,5$$

$$18,5P_1 + 18,5P^* = 504q_d$$

$$P^* = \frac{504q_d - 18,5P_1}{18,5} = \frac{504 \cdot 0,3 - 18,5 \cdot 10}{18,5}$$

$$= \frac{33,8}{18,5} = -1,82T \Rightarrow \text{không cần đổi trọng}$$

- Tính phản lực ở gối A, C khi đầu mút của dầm dẫn chưa tựa vào ổ lăn trên trụ.

$$R_A = \frac{q_c \cdot 44 \cdot 16 + q_d \cdot 12 \cdot 44 - P_1 \cdot 2,5}{16} =$$

$$= \frac{0,58 \cdot 44 \cdot 16 + 0,3 \times 12 \cdot 44 - 10 \cdot 2,5}{16} = 33,85T$$

$$R_c = P_1 + q_c \cdot 44 + q_d \cdot 12 - R_A = 10 + 0,58 \cdot 44 + 0,3 \cdot 12 - 33,85 = 5,27T$$

- Tính phản lực tại B và C khi kích dầm ở mút hẫng (mút dầm dẫn) để đặt nó vào ổ lăn trên trụ. Tại thời điểm kích, dàn cầu tựa một đầu trên điểm kích B và một đầu tựa trên xe goòng trung chuyển tại điểm C.

$$R_C = \frac{10 \cdot 52,5 + 0,58 \cdot 44 \cdot 34 + 0,3 \cdot 12 \cdot 6}{50} = 25,892T$$

$$R_B = 10 + 0,5 \cdot 44 + 0,3 \cdot 12 - 25,892 = 13,228T;$$

- Mômen ở một số mặt cắt trong trường hợp dàn cầu lao ra đến trụ, nhưng mũi dẫn chưa tựa lên ổ lăn.

$$M_I = -0,3 \cdot 12 \cdot 6 = -21,6Tm$$

$$M_{II} = -0,58 \cdot 22 \cdot 11 + 0,3 \cdot 12 \cdot 28 = -241,16Tm$$

- Mômen ở một số mặt cắt trong trường hợp kích dầm ở múi dàn dẫn lên để chuẩn bị đặt xuống ổ lăn trên trụ.

$$M_I = 13,228 \cdot 12 - 0,3 \cdot 12 \cdot 6 = 137,136 Tm$$

$$M_{II} = 25,892 \cdot 16 - 10 \cdot 18,5 - 0,58 \cdot 22 \cdot 11 = 88,912Tm$$

$$M_{III} = 13,228 \cdot 25 - 0,58 \cdot 13 \cdot 6,5 - 0,3 \cdot 12 \cdot 19 = 213,29Tm$$

2. Theo sơ đồ 2: dàn hẫng hoàn toàn khỏi trụ B, cầu ở vị trí chuẩn bị tiếp nhận dầm BTCT.

- Phản lực:

$$R_A = \frac{10 \cdot 38,5 + 0,58 \cdot 44 \cdot 20 - 0,3 \cdot 12 \cdot 8}{34} = 25,48T$$

$$R_B = 10 + 0,58.44 + 0,3.12 - 25,48 = 13,64T$$

- Mômen:

$$M_I = - 21,6Tm;$$

$$M_{IV} = 13,64 \cdot 17 - 0,58 \cdot 19.9,5 - 0,3 \cdot 12 \cdot 25 = 37,19Tm$$

3. Theo sơ đồ 3: xe treo ① nâng một đầu dầm BTCT lên

- Phản lực:

$$R_B = \frac{0,58.44.14 + 0,3.12.42 - 5,6 - 23.1}{34} = -13,39T$$

$$R_A = 5 + 23 + 0,58 \cdot 44 + 0,3 \cdot 12 - 13,39 = 43,73T$$

- Mômen:

$$M_I = -21,6Tm$$

$$M_{IV} = 13,39 \cdot 17 - 0,58 \cdot 19 \cdot 9,5 - 0,3 \cdot 12 \cdot 25 = - 32,94Tm$$

4. Theo sơ đồ 4: Xe treo (1) đưa dầm BTCT ra đến giữa nhịp

- Phản lực:

$$R_B = \frac{23.17 + 0,58.44.14 + 0,3.12.42 - 5,6}{34} = 25,57T$$

$$R_A = 5 + 23 + 0,58 \cdot 44 + 0,3 \cdot 12 - 25,57 = 31,55T$$

- Mômen:

$$M_I = - 21,6Tm.$$

$$M_{IV} = 25,57 \cdot 17 - 0,58 \cdot 19 \cdot 9,5 - 0,3 \cdot 12 \cdot 25 = 240Tm$$

5. Theo sơ đồ 5: 2 xe treo đeo dầm chuẩn bị đặt xuống gối.

- Phản lực

$$R_B = \frac{23(2 + 32) + 0,58 \cdot 44 \cdot 14 + 0,3 \cdot 12 \cdot 42}{34} = 36,505T$$

$$R_A = 23 + 23 + 0,58 \cdot 44 + 0,3 \cdot 12 - 37,95 = 37,17T$$

- Mômen

$$M_I = - 26,1Tm$$

$$M_{IV} = 37,95 \cdot 17 - 23 \cdot 15 - 0,58 \cdot 19 \cdot 9,5 - 0,3 \cdot 12 \cdot 25 = 105,46Tm$$

Bảng tổng hợp nội lực tính toán (cho 1 bên dầm)

Bảng 7.6

Số độ làm việc của cầu	Phản lực gối (T)			Mômen tại các mặt cắt (Tm)			
	A	B	C	I	II	III	IV
1*	33,85	-	5,27	- 21,26	241,16	-	-
**	-	13,228	25,892	137,136	88,912	213,29	-
②	25,48	13,64	-	-21,6	-	-	37,19
③	43,73	13,39	-	- 21,6	-	-	32,94
④	31,55	25,57	-	- 21,6	-	-	240,0
⑤	37,17	37,95	-	21,6	-	-	105,46

Ghi chú: * Lao hằng cầu, những mũi dẫn chưa tựa vào ổ lăn

** Lao hằng cầu, mũi dẫn đã tựa vào ổ lăn trên trục.

e) Kiểm toán khả năng chịu lực của kết cấu dàn cầu

1. Kiểm toán khả năng chịu lực của thanh mạ

- *Dàn chính:* nội lực kéo, nén thanh mạ

$$N = \pm \frac{M_{tt}}{h} = \frac{241,16}{3} = 80,38T$$

+ Cường độ: $\sigma = \frac{80,38}{4.18,1} = 1,11 T/cm^2$

+ Ổn định:

$$J_x = 4.747 = 2988cm^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{2988}{4.18,1}} = 6,42cm$$

$$l_o = 100cm$$

$$\lambda_x = \frac{100}{6,42} = 15,57 \Rightarrow \varphi = 0,91$$

$$\sigma_{od} = \frac{80,38}{0,91(4.18,1)} = 1,22T/cm^2$$

+ Kiểm tra liên kết

Liên kết dùng ốc $\phi 48$.

Khả năng chịu cắt của ốc $\phi 48$:

$$[N_c] = \frac{3,14 \cdot 4,8^2}{4} \cdot 0,75 \cdot 1700 \cdot 2 = 46120kG = 46T$$

Tại mỗi liên kết dùng 3 ốc $\phi 48$

$$[N_{lk}] = 3 \cdot 46 = 138T > 80,38T$$

- Dẫn dẫn

Nội lực trong thanh mạ

$$N = \frac{137,13}{3} = 45,71T$$

+ Cường độ $\sigma = \frac{45,71}{2 \cdot 18,1} = 1,26T/cm^2$

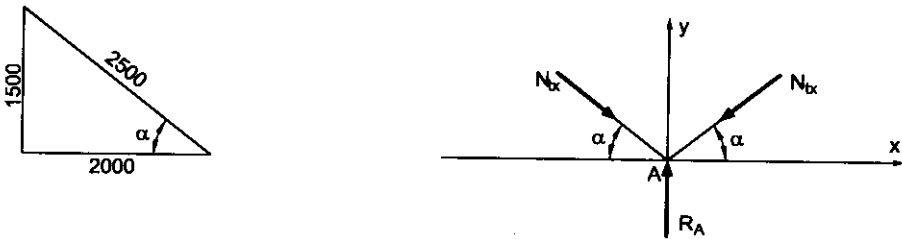
+ Ổn định $\sigma_o = \frac{45,71}{0,91(2 \cdot 18,1)} = 1,38T/cm^2$

+ Liên kết: dùng 2 ốc $\phi 48$

$$[N_{lk}] = 2 \cdot 46 = 92T > 45,71T$$

2. Kiểm tra khả năng chịu lực của một số thanh xiên tại gối A, B và tại vị trí xe treo đèo dầm

- Tại gối A: $R_A = 43,73T$ (xem hình 7.31)



Hình 7.31

$$\sin \alpha = \frac{1500}{2500} = 0,6$$

$$\sum Y = 0; 2N_{lx} \sin \alpha = R_A, \text{ ta có:}$$

$$N_{lx} = \frac{R_A}{2 \sin \alpha} = \frac{43,73}{2 \cdot 0,6} = 36,44T$$

Tiết diện thanh xiên gồm 4 [80

$$F = 8,98 \cdot 4 = 35,92cm^2$$

$$J_x = 89,4 \cdot 4 = 357,6cm^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{357,6}{35,92}} = 3,15 \quad ; \quad l_o = 125cm$$

$$\lambda_x = \frac{125}{3,15} = 39,68 \Rightarrow \varphi = 0,85$$

+ Cường độ $\sigma = \frac{43,73}{35,92} = 1,21 \text{T/cm}^2$

+ Ổn định $\sigma_\delta = \frac{43,73}{0,85 \cdot 35,92} = 1,43 \text{T/cm}^2$

- Tại gối B : $R_B = 37,95 \text{T}$ (hình 7.31)

$$N_d = R_B = 37,95 \text{T}$$

Tiết diện thanh đứng: 4 [160

$$F = 4 \cdot 18,1 = 72,4 \text{cm}^2$$

$$J_x = 4 \cdot 747 = 2988 \text{cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{2988}{72,4}} = 6,42 ; l_0 = 150$$

$$\lambda_x = \frac{150}{6,42} = 23,36 \Rightarrow \varphi = 0,96$$

+ Cường độ: $\sigma = \frac{37,95}{72,4} = 0,524 \text{T/cm}^2$

+ Ổn định: $\sigma_\delta = \frac{37,95}{0,96 \cdot 72,4} = 0,546 \text{T/cm}^2$

- Kiểm tra thanh xiên tại vị trí xe treo đeo dầm chuẩn bị đặt xuống gối (hình 7.32).

$$N_{tt} = 23 \text{T}$$

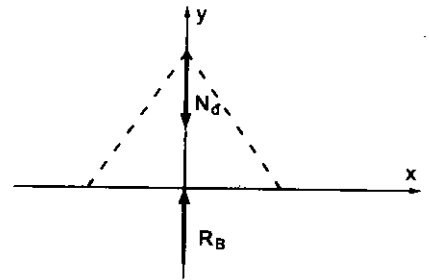
$$N_x = \frac{23}{2 \sin \alpha} = \frac{23}{2 \cdot 0,6} = 19,16 \text{T}$$

Tiết diện thanh xiên:

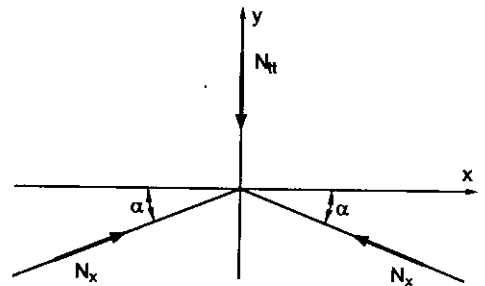
$$2L50^2 \times 5$$

$$F = 8 \cdot 4,8 = 38,4 \text{cm}^2$$

$$\sigma = \frac{19,16}{38,4} = 0,498 \text{T/cm}^2$$



Hình 7.32



Hình 7.33

f) Tính toán độ võng khi lao hăng cầu ra trụ đón

Dùng công thức gần đúng:

$$f = 300 \frac{C^2}{H} (i_1 + i_2 + i_3 \pm i_4) + \frac{2k\epsilon}{\cos \alpha}$$

C - chiều dài hăng, bằng: 34m;

H - chiều cao dàn: 3m;

k - số khoang hăng: 8;

ϵ - dung sai lỗ đỉnh ở thành chéo: 0

$\cos\alpha$ - cosin của góc giữa trục của thanh chéo với phương thẳng đứng $\cos\alpha = \frac{150}{250} = 0,6$

i_1 - biến dạng của thanh mạ do lực rải đều

$$i_1 = \frac{2\sigma_1}{E}$$

σ_1 - ứng suất của thanh mạ tại ngàm do tĩnh tải

$$i_1 = \frac{2 \cdot 1110}{2,1 \cdot 10^6} = 0,001$$

i_2 - biến dạng do lực tập trung; $i_2 = 0$.

i_3 - biến dạng do liên kết có độ dơ.

$$i_3 = \frac{2\beta\epsilon'}{a}$$

ϵ' - dung sai lỗ: $\epsilon' = 2\text{mm}$;

a - chiều dài thành mạ: $a = 4000\text{mm}$;

$\beta = 1$ - hệ số (chốt đơn).

$$i_3 = \frac{2 \cdot 1 \cdot 2}{4000} = 0,001$$

$$i_4 = \frac{\Delta_a}{a} - \text{biến dạng do cấu tạo độ võng}$$

$$i_4 = 0$$

$$f = 300 \cdot \frac{34^2}{3} (0,001 + 0 + 0,001 + 0) + \frac{2 \cdot 8 \cdot 0}{0,6} = 231,2\text{mm} \approx 23\text{cm}$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Sổ tay Toán - Lý - Hóa*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1987.
2. Г.М Ицкович. *Сопротивление материалов*. Москва, 1986.
3. М.Н Рудицын. *Справочное пособие по Сопротивлению материалов*. Минск, 1970.
4. Фаворин. *Моменты инерции тел*. Москва, 1970.
5. В.А Владимирский. *Металлические конструкции*. Киев, 1986.
6. В.А Иванов. *Деревянные конструкции*. Киев, 1962.
7. П.И Соколовский. *Малоуглеродистые и низколегированные стали*. Москва, 1966.
8. Дтейлор. *Основы механики грунтов*. Москва, 1960.
9. *Механика грунтов*. Москва, 1963.
10. Э.В Костерин. *Основания и фундаменты*. Москва, 1966.
11. А.Г Домокеев. *Строительные материалы*. Москва, 1982.
12. Я.А Самохвалов. *Справочник техника конструктора*. Киев, 1968.
13. *Справочник проектировщика промышленных жилых и общественных зданий сооружений*. Москва, 1964.
14. К.Д Савин. *Искусственные сооружения*. Москва, 1964.
15. *Справочник строительства мостов и труб*. Москва, 1975.
16. *Инструкция по проектированию вспомогательных сооружений и устройство для строительства мостов. (ВСН. 136-78)*. Москва, 1975.
17. *Формулы для расчета сложных рам*. Москва, 1966.
18. Б.М Вейнблат. *Краны для строительства мостов и транспортных гидротехнических сооружений*. Москва, 1966.
19. З.Г Годес. *Опыт строительства водозаборных сооружений*. Ленинград, 1970.
20. Н.А Кицак. *Подводно технические работы в строительстве*. Киев, 1970.
21. *Справочник по ремонту мостов и труб на железных дорогах*. Москва, 1973.
22. *СН. 200-62*. Москва, 1962.
23. *Сборник норм и строительного производства*. Москва, 1979.
24. *СНиП-9-74. (Основания фундаменты)*. Москва, 1976.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Tải trọng và những chỉ dẫn chung về tính toán	
§1.1. Tải trọng và những hệ số của chúng	5
1. Tải trọng và lực tác dụng	5
2. Các hệ số	18
§1.2. Những chỉ dẫn chung về tính toán kết cấu và nền	21
1. Những quy tắc cơ bản khi lập thiết kế tổ chức thi công cầu	21
2. Khổ giới hạn	22
3. Những chỉ dẫn chung về tính toán	22
Chương 2. Tính toán thiết kế nền móng các công trình phụ tạm	
§2.1. Phân loại móng và điều kiện áp dụng	26
1. Móng nông trên nền thiên nhiên	26
2. Móng cọc	26
§2.2. Tính toán móng	26
1. Những chỉ dẫn chung	26
2. Tính toán móng, nông	27
3. Tính toán móng cọc	38
§2.3. Những yêu cầu cấu tạo đối với nền móng các công trình phụ tạm	60
1. Những yêu cầu chung	60
2. Những yêu cầu cấu tạo đối với móng nông trên nền thiên nhiên	60
3. Những yêu cầu cấu tạo đối với móng cọc	61
Chương 3. Tính toán thiết kế các công trình phụ tạm để thi công nền móng	
§3.1. Phân loại vòng vây hố móng và phạm vi áp dụng	63
§3.2. Tính toán vòng vây cọc ván thép và thùng chụp	63
1. Vòng vây cọc ván thép	63
2. Thùng chụp ngăn nước	102

Chương 4. Tính toán thiết kế thi công kết cấu nhíp

§4.1. Tải trọng và những tổ hợp của chúng	119
1. Tĩnh tải	119
2. Tải trọng tạm thời	119
3. Những tải trọng tạm thời khác	119
§4.2. Một số lực tính toán	120
1. Lực kéo, lực hãm khi lao dọc kết cấu nhíp	120
2. Lực nước chảy	121
3. Lực gió	121
§4.3. Tính toán lao kéo dọc và lắp kết cấu nhíp trên đà giáo	123
§4.4. Tính toán chuyên chở kết cấu nhíp trên phao	125
§4.5. Tính lắp hẫng và nửa hẫng dầm thép	134
1. Tính toán khi lắp nửa hẫng	134
2. Tính toán khi lắp hẫng	140

Chương 5. Tính toán ổn định và neo cố hệ nổi

§5.1. Tính toán ổn định	146
1. Tìm trọng tâm của hợp lực	146
2. Tính độ chìm	147
3. Tìm vị trí làm nổi Z_0	147
4. Tính khoảng cách từ trọng tâm hợp lực đến tâm nổi	147
5. Tính bán kính ổn định ρ	148
6. Tính độ nghiêng	148
§5.2. Tính toán neo cố	
1. Những thiết bị neo	149
2. Tính toán chịu lực của neo	152
3. Tính chiều dài cáp neo	155

Chương 6. Tính toán thiết kế dầm cầu tạm

§6.1. Tính toán dầm đơn giản bằng các loại thép hình	164
1. Căn cứ thiết kế	164
2. Tính toán thiết kế	165
§6.2. Tính toán dầm với các bộ phận bằng các loại thép khác nhau	172

Chương 7. Tính toán các thiết bị và kết cấu phi tiêu chuẩn

§7.1. Tính toán thiết kế cầu nổi đơn giản	177
1. Một số nguyên tắc chủ yếu khi thiết kế đặt cân cầu trên phương tiện nổi	177
2. Một số ví dụ tính toán thiết kế cầu nổi đơn giản	181
§7.2. Tính toán thiết kế cầu máng	209
1. Các dữ kiện ban đầu	209
2. Tính toán thiết kế	210
Tài liệu tham khảo	219

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH PHỤ TẠM ĐỂ THI CÔNG CẦU

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập: TRẦN CƯỜNG

Chế bản: PHẠM HỒNG LÊ

Sửa bản in: TUẤN HOÀNG

Trình bày bìa: H.S. NGUYỄN HỮU TÙNG

In 1000 cuốn khổ 19×27 cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy phép số 581/XB-QLXB-01 ngày 30-5-2003. In xong nộp lưu chiểu tháng 03-2004.

