

CHƯƠNG X

DẦM CẦU – VỎ CẦU

A. DẦM CẦU

I. CÔNG DỤNG, YÊU CẦU, PHÂN LOẠI:

1.1. Công dụng:

Dầm cầu (hoặc vỏ cầu) dùng để đỡ toàn bộ trọng lượng phần được treo (bao gồm: động cơ, ly hợp, hộp số, khung, thân xe, hệ thống treo, thùng chở hàng và buồng lái...). Ngoài ra vỏ cầu còn có chức năng bảo vệ các chi tiết bên trong (gồm có: truyền lực chính, vi sai, các bán trục...)

1.2. Phân loại:

1.2.1. Theo loại cầu có thể chia ra:

- ✓ Cầu không dẫn hướng, không chủ động.
- ✓ Cầu dẫn hướng, không chủ động.
- ✓ Cầu không dẫn hướng, chủ động.
- ✓ Cầu dẫn hướng, chủ động.

1.2.2. Theo phương pháp chế tạo vỏ cầu chia ra:

- ✓ Loại dập và hàn.
- ✓ Loại chế tạo bằng phương pháp chôn.
- ✓ Loại đúc.
- ✓ Loại liên hợp.

1.2.3. Theo kết cấu chia ra:

- ✓ Loại cầu liền.
- ✓ Loại cầu rời.

1.3. Yêu cầu:

- ✓ Phải có hình dạng và tiết diện đảm bảo chịu được lực thẳng đứng, lực nằm ngang, lực chiều trục và mômen xoắn khi làm việc.
- ✓ Có độ cứng lớn và trọng lượng nhỏ.
- ✓ Có độ kín tốt để ngăn không cho nước, bụi, đất lọt vào làm hỏng các chi tiết bên trong.
- ✓ Đối với cầu dẫn hướng còn phải đảm bảo đặt bánh dẫn hướng đúng góc độ quy định.

II. TÍNH VỎ CẦU CHỦ ĐỘNG KHÔNG DẪN HƯỚNG:

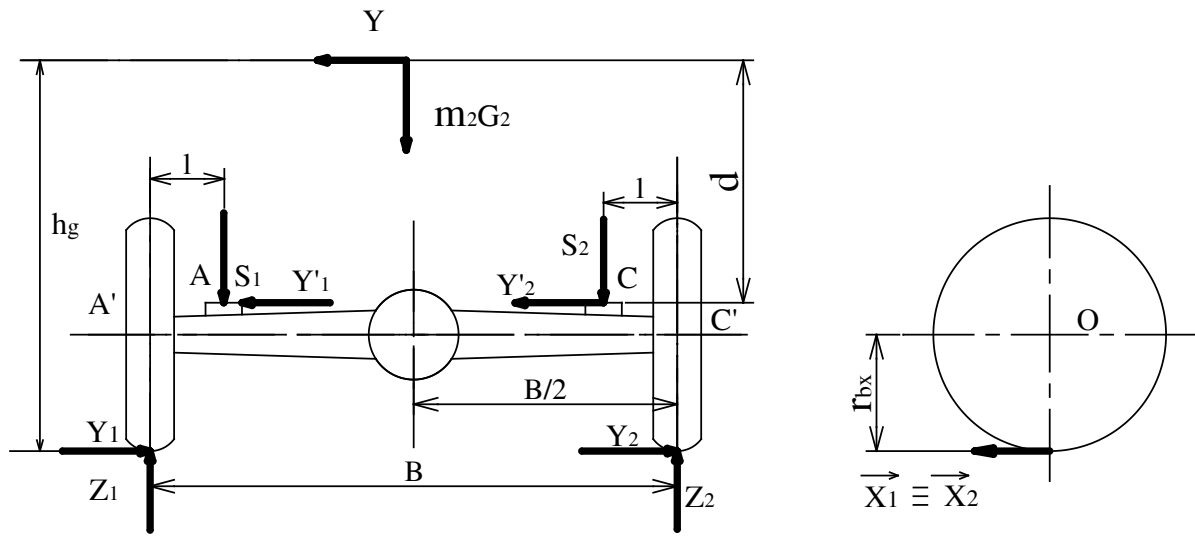
Chúng ta xét trường hợp vỏ cầu ở cầu sau.

2.1. Tính vỏ cầu sau chủ động không dẫn hướng theo bèn:

Vỏ cầu sẽ chịu uốn và xoắn do tác dụng của các ngoại lực. Sơ đồ các lực tác dụng được biểu diễn hình 10.1.

Các phản lực $X_1, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2$ và các lực $Y, m_2.G_2$ đã được xác định ở chương IX. S_1 và S_2 là các lực tác dụng thẳng đứng từ thân xe thông qua nhíp lên vỏ cầu tại các điểm A và C. Y_1' và Y_2' là các lực ngang tác dụng giữa nhíp và vỏ

cầu ($Y_1' + Y_2' = Y_1 + Y_2$). Các lực này nằm sát vỏ cầu nên mômen uốn do chúng gây nên không đáng kể. Bởi vậy khi tính toán có thể bỏ qua.



Hình 10.1: Sơ đồ các lực tác dụng lên cầu sau chủ động không dẫn hướng.

Khi tính phản lực thẳng đứng Z_1 và Z_2 người ta không tính trọng lượng bánh xe và moayơ vì phần trọng lượng này truyền lên đất mà không đè lên cầu.

Ngoài các lực kể trên còn có mômen xoắn tác dụng lên vỏ cầu khi phanh hoặc khi truyền lực kéo.

Theo (hình 10.1): các phản lực Z_1, Z_2 làm cầu bị kéo ở phần dưới và bị nén ở phần trên. Các phản lực Y_1 và Y_2 tác dụng khác nhau ở phía trái và phải của cầu. Lực phanh X_1, X_2 làm mặt trước vỏ cầu bị kéo và mặt sau bị nén.

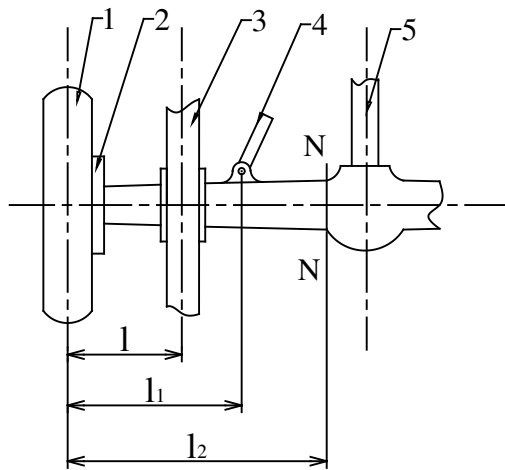
Thứ tự tính toán có thể làm riêng với từng lực và phản lực. Sau đó cộng các ứng suất ở từng tiết diện nguy hiểm lại với nhau.

Tùy theo kết cấu, cách bố trí các bán trục và các ổ bi ở bên trong vỏ cầu mà ứng suất sinh ra trong vỏ cầu sẽ khác nhau.

Trường hợp bán trục ở bên trong bố trí theo kiểu giảm tải một nửa thì vỏ cầu chỉ chịu một phần mômen uốn do các lực và các phản lực X_1, X_2, Z_1, Z_2 và chịu hoàn toàn mômen uốn do Y_1, Y_2 gây nên.

Trường hợp bán trục bên trong bố trí theo kiểu giảm tải ba phần tư và giảm tải hoàn toàn thì các lực $X_1, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2$ truyền trực tiếp từ bánh xe lên vỏ cầu và gây uốn vỏ cầu trong mặt phẳng thẳng đứng và trong mặt phẳng nằm ngang.

Sơ đồ lực ở hình 10.1 ứng với lực ngang Y tác dụng từ phải sang trái. Nếu lực Y tác dụng theo chiều ngược lại thì các phép tính sẽ vẫn như cũ, nhưng ta lấy kết quả tính của nửa cầu bên phải chuyển sang nửa cầu bên trái và ngược lại.



Hình 10.2: Sơ đồ cầu sau chủ động chịu mômen xoắn.

Hình 10.2 là hình chiếu bằng của cầu sau chủ động. Trong bánh xe 1 có cơ cấu phanh. Khi bánh xe 1 bị phanh, mômen phanh M_{p1} tác dụng lên mặt bích 2 (vì chốt của má phanh gắn trên mặt bích 2). Mặt khác do mặt bích 2 gắn liền với vỏ cầu, bởi vậy mômen phanh sẽ truyền lên vỏ cầu và làm cho vỏ cầu bị xoắn.

Trong trường hợp nhíp 3 chịu mômen M_{p1} , thì phần vỏ cầu nằm giữa mặt bích 2 và nhíp 3 sẽ bị xoắn.

Trường hợp nếu nhíp 3 không chịu mômen M_{p1} , thì ống bọc trục các đăng 5 sẽ chịu M_{p1} , lúc đó phần vỏ cầu từ mặt bích 2 đến tiết diện N-N sẽ bị xoắn.

Giá trị mômen xoắn khi phanh chính là giá trị mômen phanh M_{p1} :

$$M_{p1} = X_{p1\max} \cdot r_{bx} = \frac{m_{2p} \cdot G_2}{2} \cdot \varphi \cdot r_{bx} \quad (10.1)$$

Khi xe đang truyền lực kéo đến cầu sau (cũng với kết cấu như hình 10.2). Nếu nhíp 3 chịu mômen xoắn M_{k1} , thì phần vỏ cầu từ giữa cầu cho đến nhíp 3 sẽ bị xoắn.

Trong trường hợp cầu xe có ống bọc trục các đăng hoặc một thanh chịu xoắn riêng (thanh 4), thì vỏ cầu không chịu mômen xoắn M_{k1} nữa.

Giá trị mômen xoắn khi đang truyền lực kéo là:

$$M_{k1} = X_{k1} \cdot r_{bx} = \frac{M_{e\max} \cdot i_h \cdot i_0}{2} \quad (10.2)$$

Vì hai nửa cầu xe đối xứng qua mặt phẳng đối xứng của xe. Cho nên đối với nửa cầu bên phải còn lại chúng ta cũng xét tương tự như nửa bên trái.

Khi tính toán vỏ cầu sau theo bền, chúng ta cũng giả thiết là cầu xe chịu các lực, các phản lực và cũng tính lần lượt các trường hợp cầu chịu tải như ở chương IX.

2.1.1. Tính vỏ cầu sau không dẫn hướng theo bền khi nửa trục bên trong bố trí theo kiểu giảm tải $\frac{3}{4}$ hoặc giảm tải hoàn toàn.

2.1.1.1 Trường hợp 1:

$$X_i = X_{i\max}; Y = 0 (Y_i = 0); Z_1 = Z_2.$$

Khi đang truyền lực kéo:

Theo hình 10.1: mômen uốn do Z_1, Z_2 gây nên đạt giá trị cực đại tại A và C.

$$M_{uzA} = M_{uzC} = Z_1.l = Z_2.l = \frac{m_{2k}.G_2}{2}.l \quad (10.3)$$

Nếu mỗi bên là bánh đôi thì l sẽ tính từ giữa nhíp (điểm A hoặc điểm C) đến giữa bánh xe bên ngoài. Biểu đồ mômen uốn tĩnh M_{uz} xem ở biểu đồ 1 hình 10.3.

Mômen uốn do X_1, X_2 gây nên tại A và C có giá trị:

$$M_{uxA} = M_{uxC} = X_1.l = X_2.l = \frac{M_{emax}.i_h.i_0}{2r_{bx}}.l \quad (10.4)$$

Biểu đồ mômen uốn của M_{ux} trong trường hợp này là đường nét liền ở biểu đồ 2 hình 10.3.

Trường hợp nếu lực kéo truyền từ cầu sau lên khung nhờ ống bọc trục các đăng 5 thì tiết diện nguy hiểm sẽ là N-N. Lúc đó giá trị mômen uốn sẽ là:

$$M_{uxN} = \frac{M_{emax}.i_h.i_0}{2r_{bx}}.l_2 \quad (10.5)$$

Vì l_2 lớn hơn l nhiều nên mômen uốn tại N-N có giá trị rất lớn (đường nét đứt ở biểu đồ 2, hình 10.3). Cho nên, để giảm bớt M_{ux} , trên một số xe người ta làm thêm thanh giảm tải 4 (xem hình 10.2). Trong trường hợp này M_{ux} được tính ở tiết diện đi qua thân thanh 4:

$$M_{ux} = \frac{M_{emax}.i_h.i_0}{2r_{bx}}.l_1 \quad (10.6)$$

Mômen chống uốn càng vào giữa cầu càng tăng, nên tiết diện nguy hiểm thường chọn là tại A và C (ở chỗ đặt nhíp). Mômen chống uốn hoặc chống xoắn của vỏ cầu sau được xác định trên cơ sở tiết diện vỏ cầu cho sẵn. Kết hợp với giá trị mômen uốn hoặc xoắn tính được, chúng ta sẽ xác định được ứng suất uốn hoặc xoắn trong tất cả các tiết diện của vỏ cầu.

Ứng suất tổng hợp uốn và xoắn chỉ xác định trong trường hợp vỏ cầu có tiết diện tròn rỗng. Nếu vỏ cầu có tiết diện chữ nhật rỗng thì ứng suất do M_{uz} và M_{ux} sẽ cộng số học với nhau, còn ứng suất xoắn thì tính riêng.

Khi xe đang phanh với lực phanh cực đại:

Khi phanh giá trị mômen uốn tại A và C là:

$$M_{uZA} = M_{uZC} = Z_1.l = Z_2.l = \frac{m_{2p}.G_2}{2}.l \quad (10.7)$$

$$M_{uXA} = M_{uXC} = X_1.l = X_2.l = \frac{m_{2p}.G_2.\varphi}{2}.l \quad (10.8)$$

2.1.1.2 Trường hợp 2:

$X_i=0$; $Y=Y_{max}=m_2.G_2.\varphi_1$; $Z_1 \neq Z_2$; xe bị trượt ngang ($m_2=1$; $\varphi_1 \approx 1$)

Khi xe bị trượt ngang, các phản lực của mặt đường là Z_1, Y_1 (bên trái); Z_2, Y_2 (bên phải) (xem hình 10.1).

Các mômen uốn do Z_1 và Y_1 tác dụng lên cầu ngược chiều nhau, trong khi đó mômen do Z_2 và Y_2 gây nên lại cùng chiều với nhau. Bởi vậy, mômen uốn lớn nhất có thể ở các tiết diện khác nhau.

Mômen uốn tổng cộng ở tiết diện A và C là:

$$M_{uA} = Z_1.l - Y_1.r_{bx} \quad (10.9)$$

$$M_{uC} = Z_2.l + Y_2.r_{bx} \quad (10.10)$$

Thay các giá trị Z_1, Y_1, Z_2, Y_2 đã tính ở chương IX vào (10.9) và (10.10) ta có:

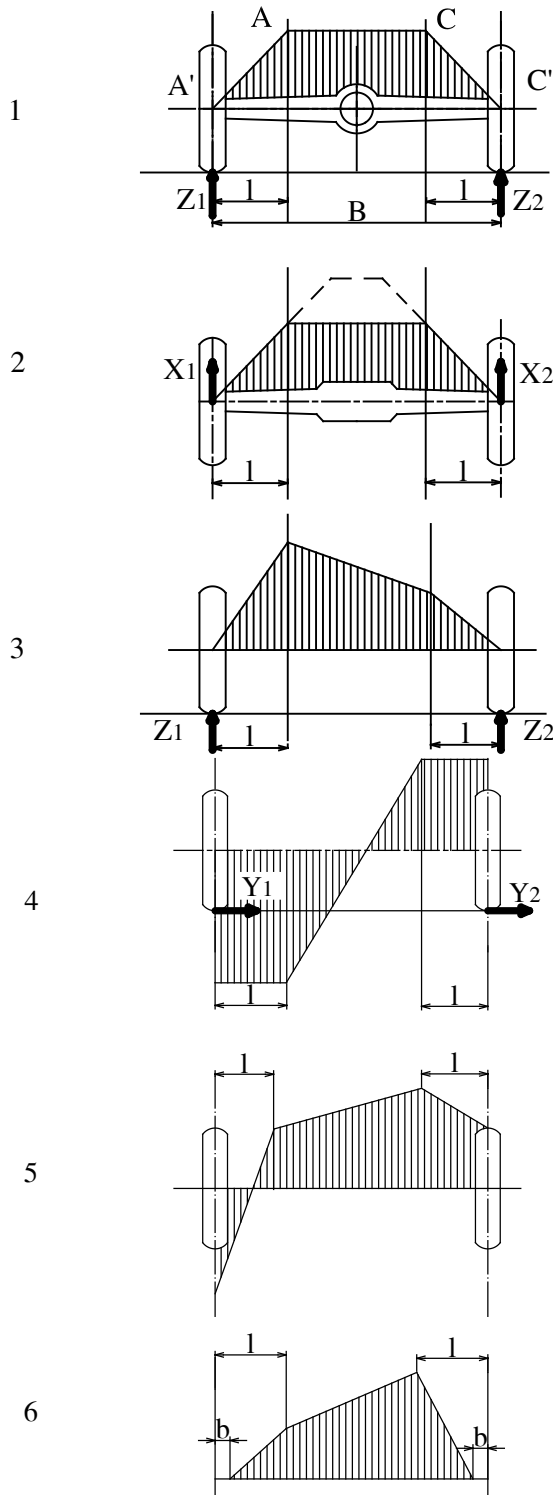
$$M_{uA} = \frac{G_2}{2} \left(1 + \frac{2h_g.\varphi_1}{B} \right) (1 - \varphi_1.r_{bx}) \quad (10.11)$$

$$M_{uC} = \frac{G_2}{2} \left(1 - \frac{2h_g \cdot \varphi_1}{B}\right) (1 + \varphi_1 \cdot r_{bx}) \quad (10.12).$$

Nếu xét về giá trị tuyệt đối của mômen thì M_{uA} đạt giá trị cực đại khi $l=0$ (tại điểm A').

$$|M_{uA'}| = Y_1 \cdot r_{bx} = \frac{G_2}{2} \left(1 + \frac{2h_g \cdot \varphi_1}{B}\right) \varphi_1 \cdot r_{bx} \quad (10.13)$$

Trong trường hợp đặc biệt: nếu $l = \varphi_1 \cdot r_{bx}$ thì $M_{uA} = 0$ và nếu $B = 2h_g \cdot \varphi_1$ thì $M_{uC} = 0$.



Hình 10.3: Các biểu đồ mômen uốn của cầu sau chủ động không dẫn hướng trong những trường hợp cầu chịu tải khác nhau.

Trên hình 10.3 trình bày các biểu đồ mômen do các lực Z_1, Z_2 (biểu đồ 3) và do các lực Y_1, Y_2 (biểu đồ 4). Biểu đồ mômen phối hợp cả hai lực Z_1 với $Y_1; Z_2$ với Y_2 ở biểu đồ 5.

Ở trường hợp này mômen uốn đạt giá trị cực đại ở mặt tựa bánh xe với vỏ cầu (bên trái), còn ở nửa bên phải là tiết diện đi qua C.

2.1.1.3 Trường hợp 3:

$$X_i = 0; Y = 0; Y_i = 0; Z_i = Z_{i\max} = k_{\text{đ}} \cdot \frac{G_2}{2}.$$

Mômen uốn do $Z_{1\max}$ và $Z_{2\max}$ gây nên đạt giá trị cực đại tại A và C:

$$M_{\text{uzA}} = M_{\text{uzC}} = Z_{1\max} \cdot l = k_{\text{đ}} \cdot \frac{G_2}{2} \cdot l \quad (10.14)$$

Ở phần trên, ứng suất sinh ra do trọng lượng của chính bản thân cầu xe chúng ta chưa xét đến, mà sẽ đề cập thành một mục riêng.

III. TÍNH DẦM CẦU TRƯỚC DẪN HƯỚNG THEO BÊN:

Chúng ta xét cầu trước với loại dầm cầu liền. Sơ đồ lực tác dụng lên cầu trước ở hình 10.6. Cầu trước dẫn hướng được tính toán trên cơ sở các công thức được tính ở cầu sau. Phần tải trọng tác dụng lên cầu trước $m_1 \cdot G_1$ gồm hai thành phần:

G_1 – Tải trọng tác dụng lên cầu trước khi xe đứng yên trên mặt phẳng nằm ngang.

m_1 – Hệ số phân bố lại tải trọng tác dụng lên cầu trước, m_1 phụ thuộc vào điều kiện chuyển động. Khi xe đang truyền lực kéo đến cầu sau chủ động thì m_1 sẽ là $m_{1k} < 1$.

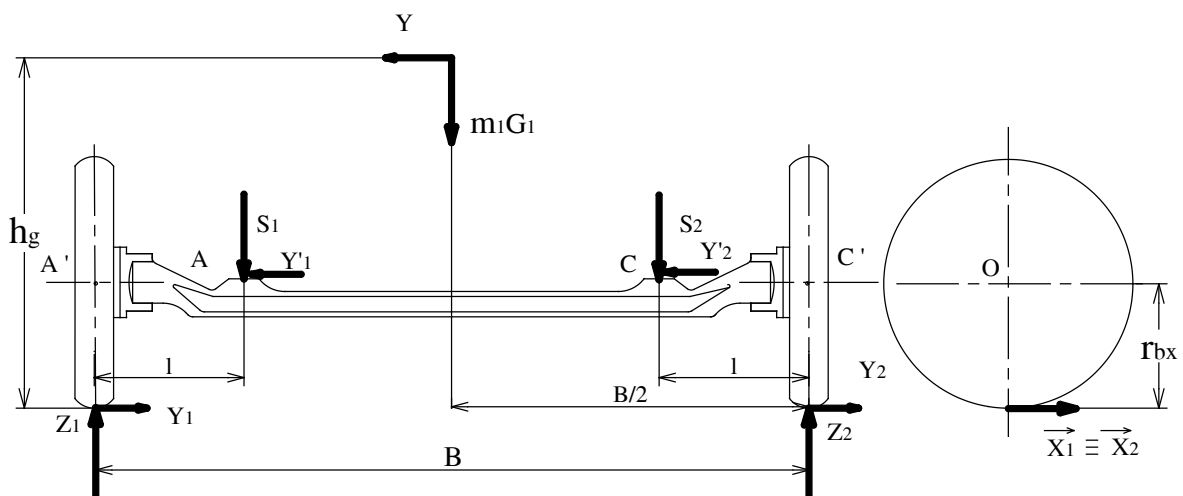
Khi xe đang phanh thì m_1 sẽ là $m_{1p} > 1$.

Các phản lực $X_1, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2$ là các phản lực tiếp tuyến, phản lực cản trượt ngang và phản lực thẳng đứng của mặt đường.

S_1, S_2 : Các lực thẳng đứng tác dụng từ nhíp lên dầm cầu.

Y'_1, Y'_2 : các lực ngang tác dụng giữa nhíp và dầm cầu.

Khi tính toán chúng ta bỏ qua trọng lượng của bánh xe g_{bx} , vì g_{bx} rất nhỏ so với Z_1, Z_2 .



Hình 10.6: Sơ đồ lực tác dụng lên dầm cầu trước dẫn hướng.

Ở cầu trước dẫn hướng từ đầu cầu đến chỗ đặt nhíp cầu chịu uốn và xoắn do lực phanh (vì cầu bị động nên không xuất hiện lực kéo).

Ở đoạn giữa hai nhíp cầu chịu uốn trong mặt phẳng thẳng đứng do Z_1 , Z_2 , Y_1 và Y_2 (hình 10.6). Ngoài ra cầu còn bị uốn trong mặt phẳng nằm ngang do X_{1p} và X_{2p} .

Do mômen uốn trong mặt phẳng thẳng đứng lớn hơn mômen uốn trong mặt phẳng nằm ngang nên dầm cầu có tiết diện chữ I. Bởi vì tiết diện chữ I có khả năng chống uốn trong mặt phẳng thẳng đứng tốt hơn trong mặt phẳng nằm ngang.

Cầu trước bị động dẫn hướng cũng được tính theo ba chế độ tải trọng đặc biệt như ở cầu sau. Các công thức xác định mômen uốn và xoắn ở cầu sau đều ứng dụng được cho cầu trước, chỉ cần thay m_2G_2 bằng m_1G_1 .

3.1. Trường hợp 1:

$$X_i = X_{imax}; Y = 0; Y_i = 0; Z_1 = Z_2.$$

Mômen uốn do Z_1 , Z_2 gây nên trong mặt phẳng thẳng đứng:

$$M_{uZA} = M_{uZC} = Z_1 l = \frac{m_{1p} \cdot G_1}{2} \cdot l \quad (10.15)$$

Mômen uốn do X_{1p} , X_{2p} gây nên trong mặt phẳng nằm ngang:

$$M_{uXA} = M_{uXC} = X_{1p} \cdot l = \frac{m_{1p} \cdot G_1}{2} \cdot \varphi \cdot l \quad (10.16)$$

Tiết diện nguy hiểm hoặc là ở chỗ đặt nhíp hoặc là ở giữa cầu (vì giữa cầu thường chế tạo mỏng hơn ở hai đầu). Do ngay chỗ đặt nhíp thường có tiết diện khá lớn, nên tiết diện kiểm tra ứng suất uốn thường lấy ở bên cạnh nhíp.

Mômen xoắn do X_{1p} và X_{2p} gây nên:

$$M_{p1} = M_{p2} = X_{1p} \cdot r_{bx} = \frac{m_{1p} \cdot G_1}{2} \cdot \varphi \cdot r_{bx} \quad (10.17)$$

Tiết diện để kiểm tra ứng suất xoắn sẽ lấy tại nơi có mômen quán tính chống xoắn nhỏ nhất tính từ cam quay đến chỗ đặt nhíp.

3.2. Trường hợp 2:

$$X_i = 0; Y = Y_{max} = m_1 G_1 \varphi_1; Z_1 \neq Z_2.$$

Xe bị trượt ngang ($m_1 = 1$, $\varphi_1 \approx 1$).

Lúc này các phản lực của mặt đường sẽ là:

$$Z_1 = \frac{G_1}{2} \left(1 + \frac{2h_g \varphi_1}{B} \right) \quad (10.18)$$

$$Z_2 = \frac{G_1}{2} \left(1 - \frac{2h_g \varphi_1}{B} \right) \quad (10.19)$$

$$Y_1 = Z_1 \cdot \varphi_1 = \frac{G_1}{2} \left(1 + \frac{2h_g \varphi_1}{B} \right) \cdot \varphi_1 \quad (10.20)$$

$$Y_2 = Z_2 \cdot \varphi_1 = \frac{G_1}{2} \left(1 - \frac{2h_g \varphi_1}{B} \right) \cdot \varphi_1 \quad (10.21)$$

Mômen uốn trong mặt phẳng thẳng đứng đối với nửa cầu bên trái sẽ đạt giá trị tuyệt đối lớn nhất tại vị trí A' (xem hình 10.3 – 5 và công thức 10.13).

$$|M_{uA}'| = Y_1 \cdot r_{bx} = \frac{G_1}{2} \left(1 + \frac{2h_g \varphi_1}{B}\right) \cdot \varphi_1 \cdot r_{bx} \quad (10.22).$$

Đối với nửa cầu bên phải, mômen uốn trong mặt phẳng thẳng đứng sẽ đạt giá trị cực đại tại vị trí C (xem hình 10.3 –5 và công thức 10.12):

$$M_{uC} = \frac{G_1}{2} \left(1 - \frac{2h_g \varphi_1}{B}\right) (1 + \varphi_1 \cdot r_{bx}) \quad (10.23)$$

Trong trường hợp này, tiết diện nguy hiểm để kiểm tra ứng suất uốn cho nửa cầu bên phải là ở cạnh nhíp (điểm C) và đối với nửa cầu bên trái là ở tiết diện cạnh cam quay (ở đầu ngoài cùng của dầm cầu cạnh điểm A').

3.3. Trường hợp 3:

$$X_i=0; Y=0; Y_i=0; Z_i=Z_{imax} = k_d \frac{G_1}{2}$$

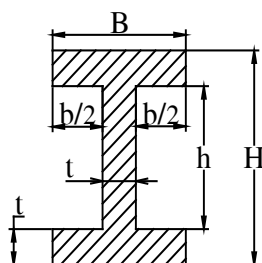
Mômen uốn trong mặt phẳng thẳng đứng tại A và C sẽ là:

$$M_{uZA} = M_{uZC} = Z_{1max} l = Z_{2max} l = k_d \frac{G_1 l}{2}$$

Đối với dầm cầu trước k_d nằm trong khoảng từ 2 đến 3. Nếu k_d chọn bằng 2 ta sẽ có:

$$M_{uZA} = M_{uZC} = G_1 l \quad (10.24)$$

Tiết diện nguy hiểm để kiểm tra ứng suất uốn trong trường hợp này là ở chỗ đặt nhíp (bên cạnh điểm A và điểm C) và cần kiểm tra thêm ở giữa cầu. Để tìm được ứng suất trong từng tiết diện của dầm cầu, cần phải biết giá trị mômen chống uốn và chống xoắn.



Hình 10.7: Sơ đồ tiết diện dầm cầu chữ I.

Nếu dầm cầu trước có tiết diện hình chữ I thì các giá trị W_u và W_x được tính như sau:

Mômen chống uốn trong mặt phẳng thẳng đứng:

$$W_{uđ} = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$

Mômen chống uốn trong mặt phẳng nằm ngang:

$$W_{un} = \frac{(H-h)B^3 + h(B-b)^3}{6H}$$

Mômen chống xoắn có thể xác định gần đúng như sau:

$$W_x \approx \frac{2}{9} t^2 (H + 2b)$$

Ứng suất uốn và xoắn cực đại xuất hiện tại các vị trí khác nhau của dầm cầu có tiết diện chữ I nên không thể cộng chúng lại với nhau được.

Trường hợp nếu dầm cầu có tiết diện êlip, thì có thể cộng ứng suất uốn với xoắn và chúng ta tính ứng suất tổng hợp.

Ngoài các lực đã nêu trên, dầm cầu dẫn hướng còn bị các lực quán tính của chính bản thân cầu khi đi qua chỗ mấp mô tác dụng lên. Có thể tính lực quán tính như ở cầu sau chủ động. Nhưng vì trọng lượng cầu trước dẫn hướng bị động tương đối nhỏ, nhất là ở phần giữa cầu nên có thể không cần tính các lực này.

Dầm cầu dẫn hướng thường được chế tạo bằng thép cacbon trung bình 30, 35, 40, 30X với chế độ nhiệt luyện tôi và ram.

Ứng suất uốn tổng hợp ở trong mặt phẳng đứng và ngang không được quá 300kN/m². Ứng suất xoắn không được quá 125kN/m².