

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

**VŨ THÀNH HẢI
TRƯƠNG QUỐC BÌNH
VŨ HOÀNG HƯNG**

KẾT CẤU THÉP



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

PGS. TS. VŨ THÀNH HẢI

ThS. TRƯƠNG QUỐC BÌNH - ThS. VŨ HOÀNG HƯNG

KẾT CẤU THÉP

TÀI BẢN CÓ BỔ SUNG SỬA CHỮA

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI - 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn giáo trình "Kết cấu thép" - Nhà xuất bản Nông nghiệp -1983 do PGS.TS Vũ Thành Hải - Bộ môn Kết cấu công trình - Trường Đại học Thủy lợi biên soạn đã có những đóng góp to lớn trong công tác đào tạo nhiều thế hệ các kỹ sư thủy lợi trong vài thập kỷ qua.

Nhằm đáp ứng yêu cầu học tập của sinh viên trong khi chờ ban hành tiêu chuẩn Việt nam "Kết cấu thép trong công trình thủy lợi", Bộ môn Kết cấu công trình đã tiến hành tái bản, sửa chữa và bổ sung cuốn giáo trình này.

Cuốn sách được sử dụng làm giáo trình chính trong giảng dạy môn học "Kết cấu thép" của Bộ môn Kết cấu công trình Trường Đại học Thủy lợi, ngoài ra có thể dùng làm tài liệu tham khảo, nghiên cứu cho các cán bộ, kỹ sư thủy lợi và các cán bộ kỹ thuật liên quan.

Chúng tôi hoan nghênh những ý kiến đóng góp của độc giả và xin gửi về :

Bộ môn kết cấu công trình,

Trường Đại học Thủy lợi,

175 phố Tây Sơn, Quận Đống Đa, Hà Nội.

Điện thoại : (04) 563 6456

E-mail : Binh.kcct @ wru.edu.vn

Bộ môn kết cấu công trình

PGS.TS. Trần Mạnh Tuấn

Tên các đại lượng chủ yếu và hệ đơn vị thường dùng trong kỹ thuật

Tên đại lượng	Đơn vị đo	Hệ US (Mỹ)	Hệ SI (Quốc tế)
Gia tốc	m/s^2	ft/s^2 $in./s^2$	0,3048 m/s^2 0,0254 m/s^2
Diện tích	m^2	ft^2 in^2	0,0929 m^2 6,452 cm^2
Thế năng	J (Jun)	ft.lb	1,356 J
Lực	Niuton, (1N = 1 kg.m/s ²)	kip lb oz	4,448 kN 4,448 N 0,2780 N
Lực va chạm (Xung lực)	Niuton.giây (N.s)	lb.s	4,448 N.s
Chiều dài	m	ft in. mi (mile)	0,3048 m 25,40 mm 1,609 km
Khối lượng	kg, g	oz (ounce mass) lb (pound mass) slug ton	28,35 g 0,4536 kg 14,59 kg 907,2 kg
Mômen lực	Niuton.mét (Nm)	lb.ft lb.in.	1,356 Nm 0,1130 Nm
Mômen quán tính diện tích	m^4 , cm^4	in^4	0,4162 . 10 ⁶ mm^4
Mômen quán tính khối lượng	$kg.m^2$	$lb.ft.s^2$	1,356 $kg.m^2$
Công suất	wat (1W = 1 J/s)	$ft.lb/s$ hp (horse power)	1,356 W 745,7 W
Áp lực, ứng suất	Pascal, Pa (1Pa = 1N/m ²) (1 kPa= 1000 Pa)	lb/ft^2 lb/in^2 (psi)	47,88 Pa 6,895 kPa
Vận tốc	m/s , km/h	ft/s $in./s$ mi/h (mph) mi/h (mph)	0,3048 m/s 0,0254 m/s 0,4470 m/s 1,069 km/h
Thể tích	m^3 , cm^3	ft^3 in^3	0,02832 m^3 16,39 cm^3
Chất lỏng	lít (1L = 10 ⁻³ m ³)	gal (galon)	3,785 L
Công	Jun (1J = 1 N.m)	ft.lb	1,356 J

Chương 1

CƠ SỞ THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP

1.1. MỞ ĐẦU

Các kết cấu thép thường gặp trong các công trình thủy lợi là cửa van, lưới chắn rác, các thiết bị đóng mở cửa van, ống dẫn nước vào nhà máy thủy điện, khung nhà máy, tháp điều áp, cầu và máng dẫn nước dùng trong thi công v. v...

Kết cấu thép cũng được sử dụng rất rộng rãi trong các ngành kinh tế khác, vì nó có các ưu điểm sau đây:

1. Kết cấu vững chắc.
2. Kết cấu tương đối nhẹ.
3. Dễ gia công và dễ dựng lắp.

Kết cấu thép cũng có một số nhược điểm sau:

1. Dễ han gỉ, do đó chi phí quản lý tốn kém;
2. Thép là loại vật liệu hiếm, đắt. Vì vậy thép cần được sử dụng tiết kiệm và chỉ được dùng khi không có điều kiện dùng các vật liệu khác rẻ hơn.

Dưới đây là một số hướng có thể tiết kiệm được vật liệu thép trong xây dựng công trình thủy lợi:

1. Sử dụng kết cấu có ứng suất trước;
2. Ứng dụng các lý thuyết tính toán và phương pháp tính toán mới lợi dụng tính dẻo của vật liệu; dùng phương pháp tính toán vỏ mỏng không gian thay cho phương pháp tính toán theo hệ phẳng thường dùng hiện nay...
3. Sử dụng thép có cường độ cao để giảm trọng lượng bản thân.
4. Nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu khác thay thế thép.

1.2. VẬT LIỆU DÙNG ĐỂ CHẾ TẠO KẾT CẤU THÉP

1.2.1. Thép xây dựng

Thép xây dựng thường được phân loại theo:

- Thành phần hoá học và tính chất cơ học;
- Theo phương pháp sản xuất.

1.2.1.1. Theo thành phần hoá học và tính chất cơ học, thép được chia thành hai nhóm: thép cacbon và thép hợp kim thấp.

Thép cacbon thành phần hoá học chủ yếu là sắt và cacbon, hàm lượng cacbon thường vào khoảng từ 0,1 đến 0,22% (tính theo trọng lượng). Tính chất cơ học của thép phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng cacbon, khi hàm lượng cacbon càng nhiều thì cường độ của thép càng cao, nhưng thép trở nên giòn và khó hàn hơn.

Ngoài sắt và cacbon, trong thép còn chứa một số thành phần phụ như mangan, silic và một số tạp chất. Mangan làm tăng cường độ, nhưng lại làm giảm tính dẻo của thép. Silic cũng làm tăng cường độ, nhưng lại làm cho thép khó hàn.

Đối với thép cacbon chất lượng thông thường, hàm lượng mangan dưới 0,7%, còn silic dưới 0,35%.

Thép hợp kim thấp: mangan là thành phần hợp kim, hàm lượng của nó tới 2%. Các thành phần hợp kim khác trong thép hợp kim thấp là crôm, niken, đồng.... Các tạp chất chứa trong thép là photpho, sunfua, nitơ, ôxi. Photpho làm cho thép giòn khi nhiệt độ thấp (giòn lạnh) và làm giảm tính dẻo khi đốt nóng. Sunfua làm cho thép giòn ở nhiệt độ cao (giòn nóng). Hàm lượng photpho và sunfua trong thép cacbon chất lượng thông thường không được vượt quá 0,055%, còn trong thép hợp kim thấp không được vượt quá 0,04%.

1.2.1.2. Theo phương pháp sản xuất

Thép được chia thành hai loại: thép mactanh và thép lò quay (sôi, lắng và nửa lắng). Thép sôi là thép từ nồi nấu được rót ngay vào khuôn đúc, nên có chứa nhiều chất khí hòa tan. Thép lắng là thép để một thời gian trong nồi nấu, giữ ở nhiệt độ cần thiết và đưa vào các chất khử ôxi, thép lắng có cấu trúc đồng chất hơn, nhưng đắt hơn thép sôi khoảng 10 - 15%. Thép nửa lắng là thép ở vị trí trung gian giữa thép lắng và thép sôi.

Trong các kết cấu xây dựng hiện nay thường dùng thép cacbon mactanh của Nga chất lượng thông thường số hiệu BMCT3_{ch}, BMCT3_{nc} và BMCT3_{kh} theo ГОСТ 380-60, trong đó chữ M chỉ loại thép mactanh, chữ B chỉ thép được xếp loại theo tính chất và yêu cầu về thành phần hoá học theo nhóm B của ГОСТ đó. Các chữ _{ch} (lắng), _{nc} (nửa lắng), _{kh} (sôi) biểu thị mức độ khử ôxi trong thép.

Thép hợp kim thấp thường dùng các số hiệu sau: 14Г2, 10Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД theo ГОСТ 5058-65, trong đó hai chữ số đầu biểu thị hàm lượng cacbon chứa trong thép hợp kim được tính theo phần vạn, các chữ Г (mangan), С (silic), Х (crôm), Н (niken), Д (đồng) là các nguyên tố hợp kim có trong thép, còn các số viết sau các chữ cái biểu thị hàm lượng nguyên tố hợp kim đứng trước nó tính theo phần trăm, nếu hàm lượng của nó lớn hơn 1%.

Tính chất cơ học của thép hợp kim thấp khá cao, dùng thép hợp kim thấp có thể giảm được khoảng 15% trọng lượng kết cấu nhưng giá thành cũng không hạ, nên chỉ được dùng khi cần giảm trọng lượng của kết cấu.

Trong xây dựng còn dùng thép đúc và gang đúc. Thép đúc thường dùng là loại có số hiệu 15J và 35J, chữ số biểu thị thành phần cacbon tính theo phần vạn, J là chữ đầu của từ "đúc" tiếng Nga. Thép đúc thường được dùng để chế tạo các gối đỡ như gối bản lề của cửa van hình cung, bánh xe chịu lực trong cửa van phẳng.

Gang xám đúc thường dùng loại có số hiệu C412-28, C415-32 trong đó C4 là chữ đầu của từ "gang xám" chữ Nga, chữ số trước biểu thị giới hạn cường độ nhỏ nhất khi chịu kéo, còn chữ số sau biểu thị giới hạn, cường độ nhỏ nhất khi chịu uốn, tính bằng daN/mm². Gang có ưu điểm là không gỉ, chống ăn mòn tốt, nhưng có nhược điểm là dễ bị nứt, gãy. Gang thường được dùng để đúc các chi tiết kiến trúc và các cấu kiện chịu nén trung tâm, cũng còn dùng để đúc các bánh xe chịu lực trong các cửa van phẳng nhỏ.

Đặc trưng cơ học của thép được xác định bằng thí nghiệm kéo. Biểu đồ quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của mẫu thép chịu kéo được biểu thị ở hình 1.1. Đối với thép cacbon CT3, đặc trưng cơ học được biểu thị bởi giới hạn tỉ lệ $\sigma_{0.2}$, giới hạn chảy σ_c và giới hạn bền σ_b (kéo đứt tức thời).

Trước khi đạt giới hạn tỉ lệ, thép làm việc trong giai đoạn đàn hồi giữa ứng suất σ và biến dạng ϵ tỉ lệ tuyến tính:

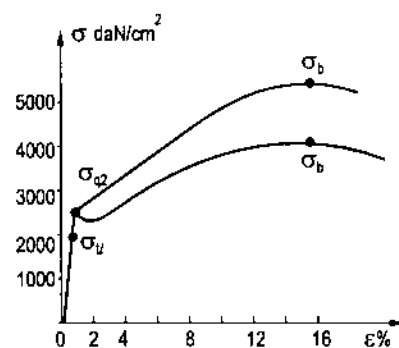
$$\sigma = E\epsilon$$

trong đó: E - hằng số tỉ lệ, được gọi là môđun đàn hồi.

Thép có $E = 2.100.000 \text{ daN/cm}^2$ nếu tăng thêm một chút tải trọng, thì biến dạng phát triển nhanh, giai đoạn này được gọi là giai đoạn chảy dẻo. Sau đó ứng suất lại tăng và khi đạt tới giới hạn bền thì nó bị phá hoại. Đối với thép hợp kim thấp, biểu đồ cho quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của mẫu kéo không có giai đoạn dẻo, giới hạn chảy trong trường hợp này lấy bằng ứng suất ứng với biến dạng tương đối 0,2% và được kí hiệu là $\sigma_{0.2}$.

Từ biểu đồ kéo ta thấy rằng, sau khi thép đạt tới giới hạn chảy thì khả năng chịu lực của vật liệu đã được tận dụng hết, vì nếu tăng thêm tải trọng thì biến dạng trở nên rất lớn không thể cho phép khai thác bình thường được nữa. Vậy giới hạn chảy là ứng suất giới hạn của vật liệu. Đối với mỗi loại thép, giá trị ứng suất giới hạn nằm trong một khoảng xác định. Giới hạn chảy σ_c ứng với giá trị nhỏ nhất có thể tìm được, được gọi là cường độ tiêu chuẩn R^c của vật liệu khi chịu kéo nén và uốn. Nhân lần lượt giá trị cường độ tiêu chuẩn R^c với các hệ số chuyển 0,6 và 1,5 ta được cường độ chịu cắt tiêu chuẩn R_c^c và cường độ chịu ép mặt đầu mút tiêu chuẩn R_{cmd}^c .

Để dự phòng trường hợp cường độ của vật liệu ở trong kết cấu thấp hơn cường độ tiêu chuẩn do vật liệu không đồng chất ta phải dùng cường độ tính toán khi tính kết cấu.



Hình 1.1

Cường độ tính toán được tính theo công thức:

$$R = R^{\text{tc}} k_o$$

trong đó:

k_o - hệ số đồng chất của vật liệu; $k_o \approx 0,9$ đối với thép CT3, bằng 0,85 đối với thép hợp kim thấp;

R^{tc} - cường độ tiêu chuẩn;

Đối với những kết cấu chịu kéo (chẳng hạn như đường ống dẫn, các bể chứa hình trụ bằng thép...) vẫn có thể khai thác được ngay cả sau khi thép đạt tới giới hạn chảy, lúc đó cường độ chịu kéo tiêu chuẩn lấy bằng giá trị nhỏ nhất của cường độ chịu kéo đứt tức thời σ_B . Cường độ chịu kéo tính toán được xác định từ công thức:

$$R_k = \sigma_B k_o$$

trong đó:

k_o - hệ số đồng chất; $k_o = 0,85$ đối với thép CT3 và bằng 0,8 đối với thép hợp kim thấp;

σ_B - cường độ chịu kéo đứt tức thời.

Để đánh giá đặc điểm làm việc của kết cấu và các phân tố của nó mà trong phần tính toán không đề cập tới người ta nhân cường độ tính toán với hệ số điều kiện làm việc m trong các trường hợp cần thiết:

$$R = R^{\text{tc}} k_o m$$

Khi tính toán về mỏi, thì cường độ tính toán được xác định theo công thức sau:

$$R = R^{\text{tc}} k_o m \gamma$$

trong đó: γ - hệ số giảm cường độ tính toán khi tính toán về mỏi được lấy theo tiêu chuẩn thiết kế.

Cường độ tính toán của một số vật liệu ứng với hệ số điều kiện làm việc $m = 1$, được cho ở các bảng 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 và 1.5. Bảng 1.5 cho cường độ tính toán của thép dùng để chế tạo kết cấu chịu lực của phần động của van trong công trình thủy lợi ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản và đã nhân với hệ số điều kiện làm việc của kết cấu.

Bảng 1.1. Cường độ tính toán R daN/cm² của thép cán được thiết lập theo điều kiện thép đạt giới hạn chảy

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán của thép cán					
		Số hiệu thép cacbon		Số hiệu thép hợp kim thấp			
		CT3 CT4	CT5	14Г2 khi chiều dày cán (mm)		10Г2C 15XCH	10 10XCH
				20	21 32		
1	2	3	4	5	6	7	8
Kéo, nén và uốn	R	2100	2300	2900	2800	2900	3400

1	2	3	4	5	6	7	8
Cắt	R_c	1300	1400	1700	1700	1700	2000
Ép mặt đầu mút tì sắt	R_{emd}	3200	3400	4300	4200	4300	5100
Ép cục bộ khi tiếp xúc chặt khít	R_{emc}	1600	1700	2200	2100	2200	2500
Ép theo đường kính con lăn khi tiếp xúc tự do	R_{cl}	80	90	110	110	110	130

Chú thích: Các kí hiệu CT3, CT4, CT5, ở đây gồm các thép cacbon tương ứng phân loại bình thường, không phụ thuộc phương pháp sản xuất (mactanh hoặc lò quay, thép sôi, nửa lắng hoặc lắng) và điều kiện xếp loại theo tính chất cơ học và thành phần hoá học.

Bảng 1.2. Cường độ chịu kéo tính toán R_k daN/cm² được thiết lập theo điều kiện kim loại đạt tới cường độ kéo đứt tức thời

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu quy ước	Cường độ tính toán của thép cán						
		Số hiệu thép cacbon			Số hiệu thép hợp kim thấp			
		CT3	CT4	CT5	14Г2	10Г2С1	15ХСНД	10ХСНД
Kéo	R_k	2600	2700	3200	3000	3200	3300	3500

Bảng 1.3. Cường độ tính toán R daN/cm² của các khối đúc bằng thép cacbon

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán của khối đúc bằng thép cacbon, số hiệu	
		15.7	35.7
1. Kéo, nén và uốn	R	1500	2100
2. Cắt	R_c	900	1300
3. Ép mặt đầu mút tì sắt	R_{emd}	2300	3200
4. Ép cục bộ khi tiếp tục chặt khít	R_{emc}	1100	1600
5. Ép theo đường kính của con lăn khi tiếp xúc tự do	R_{cl}	60	80

Bảng 1.4. Cường độ tính toán R daN/cm² của khối đúc bằng gang xám

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán của khối đúc bằng gang xám, số hiệu		
		C412-28 C415-32	C418-36 C421-40	C424-44 C428-48
Nén đúng tâm và nén khi uốn	R_n	1600	1800	2100
Kéo khi uốn	R_u	450	600	800
Cắt	R_c	350	450	600
Ép mặt đầu mút tì sát	R_{cmd}	2400	2700	3200

Bảng 1.5. Cường độ tính toán R daN/cm² của thép dùng để chế tạo kết cấu chịu lực của phần động cửa van trong công trình thủy lợi ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản và đã xét tới hệ số điều kiện làm việc của kết cấu

Trạng thái ứng suất	Số hiệu	Thép số hiệu			
		BMCT3 khi chiều dày của thép cán định hình $\leq 20\text{mm}$ và của thép bản $\leq 40\text{mm}$ và M16C trong các cửa van		101'2C trong các cửa van	
		Nhóm 1 - 4	Nhóm 6	Nhóm 1 - 4	Nhóm 6
Ứng suất pháp khi kéo, nén dọc trục	R	1490	1680	2140	2410
Ứng suất pháp khi uốn	R_u	1565	1760	2250	2580
Ứng suất cắt	R_c	895	1010	1290	1450
Ứng suất ép mặt đầu	R_{emd}	2230	2510	3220	3620

Đối với các cửa van thuộc nhóm 1 - 4, gồm các cửa van chính, các cửa van bảo hiểm của âu thuyền và hành lang dẫn nước, các cửa van ở dưới sâu khi cột nước lớn hơn 10m, các cửa van sửa chữa, cửa van hình cung, cửa van lưới gà và các cửa van tương tự khác thì hệ số điều kiện làm việc lấy bằng $m = 0,72$. Cửa van thuộc nhóm 5 gồm các cửa van dùng để thi công thì $m = 0,63$. Cửa van thuộc nhóm 6 gồm các cửa van loại khác thì $m = 0,81$.

1.2.2. Thép cán

Thép cán là loại thép được sử dụng nhiều trong xây dựng. Qua kinh nghiệm, người ta đã chọn được một số dạng tiết diện, bảo đảm tốt các điều kiện chịu lực và dễ thi công. Các loại thép cán có thép dãi, thép bản, thép góc, thép chữ I, thép chữ L.

- Thép dải (ГОСТ 103-57*) có mặt cắt chữ nhật, ở mép được gọt đi một chút, chiều dày từ 4 đến 60mm, chiều rộng từ 12 đến 200mm và chiều dài từ 3 đến 9m. Thép dải thường được dùng để chế tạo lưới chắn rác và chế tạo các phân tố có kích thước nhỏ của các kết cấu.

Thép dải rộng vạn năng (ГОСТ 82-57*) có mặt cắt hình chữ nhật, với chiều dày từ 4 đến 60mm, chiều rộng từ 160 đến 1050mm và chiều dài từ 5 đến 18m. Thép dải rộng vạn năng là loại thép cán rẻ nhất, người ta thường dùng để chế tạo các kết cấu có thiết diện đặc như dầm, cột; dùng làm các bản mặt của giàn; dùng để chế tạo các kết cấu có dạng cong và dùng trong nhiều trường hợp khác.

Thép tấm (ГОСТ 5681-57*) có chiều dày từ 4 đến 160mm chiều rộng từ 600 đến 3000mm. Chiều dài chuẩn từ 2 đến 8m. Chiều dài lớn nhất là 12m. Thép tấm thường dùng làm bản bụng của dầm và khung khi chiều cao tiết diện lớn. Dùng để chế tạo các kết cấu vỏ mỏng, dùng làm bản mặt cửa van.

Thép góc đều cạnh (ГОСТ 8506-57) có chiều rộng bản cánh từ 20 đến 250mm, chiều dày từ 4 đến 30mm, chiều dài từ 4 đến 19m. Số hiệu của các thép góc được biểu thị bằng chiều rộng và chiều dày của bản cánh, tính bằng milimét.

Chẳng hạn L 150 × 150 × 10.

Thép góc không đều cạnh (ГОСТ 8510-57) có tỉ số giữa bề rộng cánh lớn và cánh nhỏ vào khoảng từ 1,5 - 1,6. Chiều rộng của bản cánh bắt đầu từ 25 × 16 đến 250 × 160mm, chiều dày từ 3 đến 20mm, chiều dài từ 4 đến 19m. Thép góc thường dùng làm phân tố chịu lực (như các thanh giàn) và làm các phân tố liên kết.

Thép chữ [(ГОСТ 8240-56*) có chiều cao h từ 50 đến 400mm. Số hiệu của thép chữ [được biểu thị qua chiều cao của nó tính bằng centimét. Chiều rộng của bản cánh chữ [từ 0,65h ở hiệu số [N°5 đến 0,29h ở số hiệu N°40, chiều dài của thép chữ [từ 5 đến 19m.

Thép chữ I (ГОСТ 8239-56*) có chiều cao từ 100 đến 700mm. Số hiệu của thép chữ I được biểu thị bằng chiều cao của nó tính bằng centimét, chẳng hạn IN°40. Chiều rộng của bản cánh chữ I từ 0,55 lần chiều cao h ở số hiệu IN°10 đến 0,3h ở số hiệu IN°70. Chiều dài từ 5 đến 19m.

1.3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN

Phương pháp tính theo ứng suất cho phép có nhược điểm cơ bản là hệ số an toàn về cường độ và ổn định là một hệ số chung, do đó không thể đánh giá đúng được khả năng chịu lực của kết cấu. Trong phương pháp tính toán kết cấu theo trạng thái giới hạn thì về mặt cường độ và ổn định người ta đã đưa ra nhiều hệ số:

- Hệ số vượt tải γ xét tới sự thay đổi của các loại tải trọng trong quá trình làm việc;
- Hệ số tổ hợp tải trọng η , xét tới các trường hợp chịu lực thực tế của kết cấu;

- Hệ số an toàn của vật liệu k_v ;
- Hệ số điều kiện làm việc m .

Các hệ số này cho phép đánh giá đúng khả năng chịu lực và phù hợp với các trạng thái làm việc thực tế của kết cấu.

Các trạng thái giới hạn về sự làm việc của kết cấu được phân thành hai nhóm: về khả năng chịu lực (cường độ và ổn định) được gọi là nhóm trạng thái giới hạn thứ nhất; biến dạng (hoặc chuyển vị) được gọi là nhóm trạng thái giới hạn thứ hai.

Các trạng thái này giới hạn sự làm việc của kết cấu hay nói cách khác đi nếu quá giới hạn này thì kết cấu không thể tiếp tục sử dụng được nữa.

1.3.1. Tải trọng và tổ hợp tải trọng

Để thiết kế các kết cấu, phải xét tới các tải trọng tác dụng lên nó trong thời gian xây dựng và khai thác, trong một số trường hợp cần phải xét tới các tải trọng khi chế tạo, bảo quản và chuyên chở. Giá trị các tải trọng dùng để thiết kế cho từng loại kết cấu có trị số gần với giá trị lớn nhất khi sử dụng bình thường kết cấu và tải trọng này được gọi là tải trọng tiêu chuẩn.

Để phòng trường hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu khác với trọng tải tiêu chuẩn, ta đưa vào hệ số vượt tải n . Giá trị của hệ số vượt tải do tiêu chuẩn thiết kế quy định, n có thể lấy nhỏ hơn 1, nếu khi giảm tải lại gây nguy hiểm cho kết cấu. Tải trọng tính toán bằng tích giữa tải trọng tiêu chuẩn và hệ số vượt tải. Thông thường công trình chịu cùng một lúc nhiều loại tải trọng. Để đảm bảo an toàn trong tính toán, tải trọng tác dụng được phân thành hai loại tổ hợp; tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt. Tổ hợp cơ bản gồm: các tải trọng thường xuyên, các tải trọng tạm thời tác dụng ngắn hạn và dài hạn.

Tổ hợp đặc biệt gồm: tải trọng thường xuyên, các tải trọng tạm thời dài hạn, các tải trọng ngắn hạn có thể có và một trong các tải trọng đặc biệt.

Xác suất xuất hiện cùng một lúc các giá trị lớn nhất của các tải trọng rất nhỏ, nên khi tính toán công trình nếu dựa vào các tải trọng đó để tính thì quá an toàn, để hợp lý và tiết kiệm, cần phải nhân các giá trị tải trọng đó với hệ số $n_c \leq 1$. Hệ số n_c gọi là hệ số tổ hợp tải trọng.

Trong tổ hợp cơ bản, nếu chỉ có một tải trọng tạm thời ngắn hạn thì lấy $n_c = 1$, nếu tải trọng ngắn hạn có từ hai trở lên thì hệ số tổ hợp tải trọng cho các tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn $n_c = 1$, còn hệ số tổ hợp cho các tải trọng tạm thời ngắn hạn $n_c = 0,9$.

Trong tổ hợp đặc biệt, hệ số tổ hợp cho các tải trọng tạm thời ngắn hạn $n_c = 0,8$.

1.3.2. Tính toán kết cấu theo trạng thái giới hạn

Tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất (về khả năng chịu lực). Ở trạng thái này muốn cho kết cấu không bị phá hoại thì nội lực lớn nhất trong kết cấu phải nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu lực của nó, nghĩa là:

$$N = \sum N_i^{lc} n_i n_c \leq \phi(S, R^{lc}, k_o, m) \quad (1-1)$$

trong đó: N_i^{lc} - nội lực do tải trọng tiêu chuẩn sinh ra;

n_i - hệ số vượt tải;

n_c - hệ số tổ hợp tải trọng;

N - nội lực tính toán do tải trọng tính toán sinh ra ứng với các tổ hợp tải trọng khác nhau;

ϕ - khả năng chịu lực của kết cấu, nó phụ thuộc vào S, R^{lc}, k_o, m ;

S - đặc trưng hình học của mặt cắt phân tố;

k_o - hệ số đồng chất của vật liệu;

m - hệ số điều kiện làm việc;

R^{lc} - cường độ tiêu chuẩn của vật liệu.

Công thức (1-1) có thể viết dưới dạng nội lực:

$$N \leq SR \quad (1-2)$$

hoặc viết dưới dạng ứng suất như sau:

$$\sigma = \frac{N}{S} \leq R \quad (1-3)$$

trong đó: $R = R^{lc} k_o m$ - cường độ tính toán của vật liệu, cho ở các bảng 1.1 đến 1.5.

Đối với dầm chịu uốn, khi kiểm tra ứng suất pháp, theo công thức (1-3) ta có:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq R$$

trong đó: M - mômen uốn;

W - môđun chống uốn của tiết diện dầm.

Tính theo trạng thái giới hạn thứ hai (về biến dạng)

Ở trạng thái này cần phải bảo đảm kết cấu không bị biến dạng (hoặc chuyển vị) quá lớn khi khai thác bình thường, hay nói một cách khác là chuyển vị (hoặc biến dạng) của kết cấu do tải trọng tiêu chuẩn gây ra phải nhỏ hơn hoặc bằng chuyển vị (hoặc biến dạng) giới hạn. Nghĩa là:

$$\Delta^{lc} \leq \Delta_{gh} \quad (1-4)$$

trong đó:

Δ^{lc} - chuyển vị (hoặc biến dạng) của kết cấu, nó là hàm của tải trọng tiêu chuẩn, của đặc trưng cơ học của vật liệu và đặc trưng hình học của kết cấu;

Δ_{gh} - giá trị biến dạng giới hạn của kết cấu, được quy định tùy theo từng loại kết cấu và tính chất làm việc của nó.

Đối với dầm chịu uốn thì công thức trên được viết dưới dạng sau:

$$\frac{f^{tc}}{l} \leq \frac{1}{n_0} \quad (1-5)$$

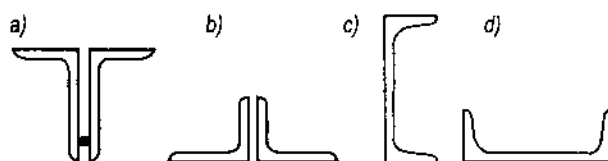
trong đó: $\frac{f^{tc}}{l}$ - độ võng tương đối của dầm do tải trọng tiêu chuẩn gây ra;
 $\frac{1}{n_0}$ - giá trị độ võng tương đối giới hạn, cho ở bảng 4.1.

1.4. SỰ HẠN GỈ CỦA THÉP VÀ CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG GỈ

Thép bị hạn gỉ ở mặt ngoài là do quá trình điện hoá xảy ra trong thép. Hạn gỉ làm giảm mặt cắt ngang và làm giảm khả năng chịu lực của kết cấu. Tốc độ hạn gỉ được biểu thị bằng sự giảm chiều dày của phần tử kết cấu tính bằng milimét trong thời gian một năm. Tốc độ hạn gỉ phụ thuộc vào mức độ xâm thực của môi trường, khi trong không khí có hợp chất sunfua hoặc clorua thì tốc độ hạn gỉ sẽ tăng rất nhanh. Bụi và ẩm trên bề mặt của kết cấu cũng làm tăng tốc độ hạn gỉ. Ngoài ra, tốc độ hạn gỉ còn phụ thuộc vào hình dạng mặt cắt ngang của phần tử và vị trí đặt nó trong không gian. Tốc độ hạn gỉ của thép cacbon chất lượng trung bình trong điều kiện khí trời bình thường bằng 0,05 mm/năm, còn trong các xưởng công nghiệp bằng 0,1 mm/năm. Đối với thép hợp kim thấp thì tốc độ hạn gỉ nhỏ hơn.

Số lượng các kết cấu thép bị phá huỷ vì hạn gỉ gấp nhiều lần so với bị phá hỏng do các nguyên nhân khác. Do đó cần có biện pháp chống gỉ, nhất là đối với công trình thủy lợi, vì chúng thường xuyên ngâm trong nước, hoặc ở ngoài trời.

Để chống gỉ khi chế tạo kết cấu nên chọn loại thép thích hợp đối với điều kiện khai thác cụ thể, đối với trường hợp dễ hạn gỉ cần dùng thép lắng, trong trường hợp đặc biệt có thể dùng thép hợp kim thấp. Về mặt cấu tạo nên dùng kết cấu đặc hoặc kết cấu rỗng được ghép bằng các phần tử đặc để có thể dễ dàng cạo gỉ và quét sơn. Ngoài ra cần dùng các phần tử có mặt cắt ít bị gỉ như dùng phần tử có mặt ngoài là nhỏ nhất hoặc ít đọng bụi hình 1.2. Đối với kết cấu ở ngoài trời cần cấu tạo không đọng nước. Để chống gỉ trong quá trình khai thác kết cấu cần có chế độ bảo quản bề mặt kết cấu, có biện pháp thông gió để làm giảm độ ẩm, giảm nhiệt độ không khí và kết cấu. Cần có chế độ định kỳ kiểm tra bề mặt kết cấu.



Hình 1.2

Chương 2

LIÊN KẾT HÀN

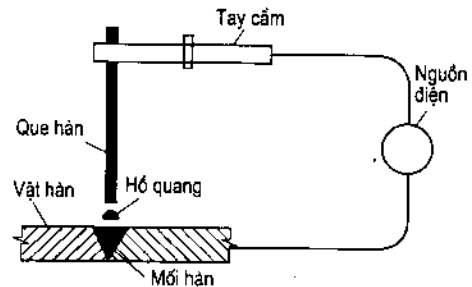
2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Để liên kết các phần tử của kết cấu thép người ta thường dùng liên kết hàn, liên kết đinh tán và liên kết bulông. Trong xây dựng hàn hồ quang điện (hàn tự động, nửa tự động và hàn tay) được dùng phổ biến nhất. Liên kết đinh tán thường chỉ được dùng trong kết cấu nặng và chịu tải trọng động. Liên kết bulông thường được dùng trong các kết cấu tháo lắp và lắp ghép.

Nguyên lí hàn điện là lợi dụng nhiệt độ cao khi dùng que hàn và vật hàn làm hai cực sinh hồ quang để làm chảy que hàn và vật hàn tại điểm tiếp xúc. Khi chảy thành thể lỏng các phân tử kim loại sẽ kết hợp chặt chẽ với nhau.

Sơ đồ hàn điện được biểu thị ở hình 2.1.

Có thể dùng dòng điện một chiều hoặc xoay chiều có hiệu số điện thế dưới 65 vôn để làm tăng cường độ dòng điện để sinh nhiệt lượng lớn và bảo đảm an toàn cho người sử dụng. Que hàn vừa là điện cực, vừa là phần kim loại để đắp thêm vào đường hàn. Que hàn làm bằng thép hợp kim có cường độ cao hơn vật hàn. Phía ngoài được bọc một lớp thuốc có tác dụng khử ôxi trong đường hàn, làm cho mối hàn không bị giòn. Thuốc hàn còn có tác dụng làm cho hồ quang ổn định và tập trung. Khi hàn thép số hiệu CT2, CT3 thường dùng que hàn loại E42, khi hàn thép hợp kim dùng que hàn E50.



Hình 2.1

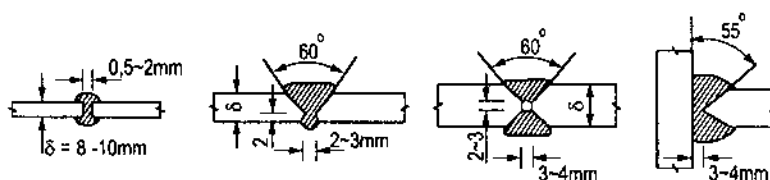
2.2. PHÂN LOẠI ĐƯỜNG HÀN VÀ CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA MỐI HÀN

2.2.1. Phân loại

Căn cứ vào cấu tạo và tính chất chịu lực, mối hàn được chia thành hai loại chính: mối hàn đối đầu và mối hàn góc.

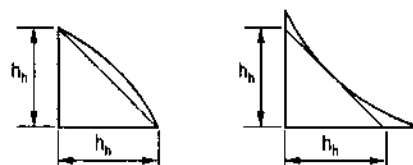
Mối hàn đối đầu dùng để nối hai phần tử đặt đối đầu nhau. Trước khi hàn, tùy theo chiều dày của bản thép nối mà phải gia công đầu nối theo các hình dạng như ở hình 2.2.

Mối hàn đối đầu có ưu điểm là chuyển lực đều, ứng suất cục bộ nhỏ, nên chịu lực động tốt, tiết kiệm vật liệu hơn so với các loại mối hàn khác. Nhưng hàn đối đầu có nhược điểm là tốn công vì phải gia công đầu nối.



Hình 2.2

Mối hàn góc là mối hàn dùng để nối các phân tố không cùng nằm trong một mặt phẳng gối lên nhau hoặc các phân tố đặt tiếp giáp nhau. Mặt cắt thẳng góc với đường hàn có dạng hình tam giác vuông góc như hình 2.3.



Hình 2.3

Đối với kết cấu chịu tải trọng tĩnh dùng mối hàn có mặt lồi còn đối với kết cấu chịu tải trọng động dùng mối hàn có mặt lõm. Mối hàn mặt lõm làm cho mặt cắt ngang của phân tố biến đổi dần dần hơn là mối hàn mặt lồi, do đó sự tập trung ứng suất xuất hiện ít hơn.

Chiều cao của mối hàn góc h_h lấy bằng cạnh góc vuông của tam giác cân nội tiếp, xem hình 2.3.

Để tránh hiện tượng quá lửa của thép cơ bản, chiều cao của mối hàn không được lớn hơn 1,2 lần chiều dày nhỏ nhất của các phân tố liên kết. Nếu chiều cao của mối hàn quá mỏng so với chiều dày của các phân tố được nối, thì có thể xảy ra sự tập trung ứng suất khá nguy hiểm. Để tránh hiện tượng này chiều cao nhỏ nhất của mối hàn góc cần lấy theo bảng 2.1.

Bảng 2.1. Chiều cao nhỏ nhất của đường hàn góc h_h

Chiều dày của phân tố mỏng hơn trong các phân tố được hàn (mm)	Chiều dày nhỏ nhất của đường hàn trong các kết cấu bằng thép	
	Cacbon	Hợp kim thấp
7 - 10	4	6
11 - 22	6	8
23 - 32	8	10
33 - 50	10	12

Đối với phân tố cần hàn ở cạnh cắt, thì chiều cao của mối hàn góc có thể lấy bằng chiều dày của cạnh đó.

Đối với thép định hình được hàn dọc theo mép có lượn tròn thì chiều cao mối hàn phải nhỏ hơn chiều dày của bản cánh.

Chiều cao của mối hàn tại lưng của thép góc phải nhỏ hơn chiều dày cánh:

1mm khi chiều dày cánh không lớn hơn 6mm.

2mm khi chiều dày cánh không lớn hơn 16mm.

4mm khi chiều dày cánh lớn hơn 16mm.

Mỗi hàn góc có ưu điểm hơn so với mỗi hàn đối đầu là không phải gia công đầu nối trước khi hàn. Nhưng nhược điểm là sự tập trung ứng suất lớn nên chịu lực kém hơn mỗi hàn đối đầu.

2.2.2. Cường độ tính toán của mỗi hàn

Cường độ tính toán của mỗi hàn ứng với hệ số điều kiện làm việc $m = 1$ cho ở bảng 2.2. Cường độ tính toán khi chịu nén và chịu cắt:

- Khi dùng que hàn E42 và E42A hàn kết cấu bằng thép CT3 và CT4;
- Khi dùng que hàn E50A và E55 hàn kết cấu làm bằng thép hợp kim thấp, tương đương với cường độ tính toán tương ứng của thép cơ bản.

Bảng 2.2. Cường độ tính toán của đường hàn R^h (daN/cm²)

Loại đường hàn	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán của đường hàn trong kết cấu bằng thép số hiệu				
			CT3 CT4	14Г2 với chiều dày cán (mm)		10Г2С 15ХСНД	10ХС НД
				≤ 20	21 - 32		
			Hàn tự động, nửa tự động hoặc hàn thủ công với que hàn loại				
			E42 E42A	E50A			E55
Hàn đối đầu	1. Nén	R_n^h	2100	2900	2800	2900	3400
	2. Kéo	R_k^h					
	a) hàn tự động		2100	2900	2800	2900	3400
	b) hàn nửa tự động và hàn tay có kiểm tra chất lượng đường hàn bằng:						
	- phương pháp tiên tiến		2100	2900	2800	2900	3400
	- phương pháp thông thường		1800	2500	2400	2500	2900
	3. Cắt	R_c^h	1300	1700	1700	1700	2000
Hàn góc	Nén, kéo, cắt	R_g^h	1500	2000	2000	2000	2400

Chú thích: Khi dùng phương pháp tiên tiến để kiểm tra chất lượng đường hàn phải ghi rõ trong bản thiết kế.

Cường độ tính toán khi chịu kéo phụ thuộc vào phương pháp hàn, que hàn và phương pháp kiểm tra. Nếu hàn đối đầu bằng phương pháp hàn tự động, nửa tự động hoặc hàn tay và kiểm tra chất lượng đường hàn, bằng các phương pháp tiên tiến như soi bằng tia rơnghen, tia gamma, đo tật bằng siêu âm, phương pháp từ... thì cường độ tính toán khi chịu kéo lấy bằng cường độ tính toán của thép cơ bản.

Nếu dùng phương pháp thông thường để kiểm tra chất lượng mối hàn (như quan sát mặt ngoài, đo đường hàn...), đối với liên kết đối đầu hàn tay hay nửa tự động thì cường độ tính toán khi chịu kéo nhỏ hơn ở thép cơ bản, xem bảng 2.2.

Cường độ tính toán của mối hàn trong các kết cấu chịu lực ở phần động của cửa van trong công trình thủy lợi ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản và đã xét tới hệ số điều kiện làm việc của kết cấu cho ở bảng 2.3, trong đó cường độ tính toán của đường hàn đối đầu khi chịu kéo, nén, uốn và cắt giống như cường độ tính toán của thép cơ bản, xem bảng 1.5. Cường độ tính toán của đường hàn góc không những phụ thuộc vào nhóm van mà còn phụ thuộc vào phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn.

Bảng 2.3. Cường độ tính toán của đường hàn R^h (daN/cm²) trong kết cấu chịu lực phần động của cửa van công trình thủy lợi ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản và đã xét đến hệ số điều kiện làm việc của kết cấu

Loại đường hàn	Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Thép số hiệu			
			BMCT3en khi chiều dày của thép cán định hình $\leq 20\text{mm}$, của thép bản $\leq 40\text{mm}$ và M16c trong các cửa van		10Г2CД trong các cửa van	
			Nhóm 1 - 4	Nhóm 6	Nhóm 1 - 4	Nhóm 6
Hàn đối đầu	Kéo, nén	R_k^h	1490	1680	2140	2410
		R_n^h				
	Uốn	R_u^h	1565	1760	2250	2540
	Cắt	R_c^h	895	1010	1290	1450
Hàn góc	Kéo, nén, uốn cắt, khi kiểm tra chất lượng bằng:	R_g^h				
	- Phương pháp tiên tiến		1045	1175	1500	1685
	- Phương pháp thông thường		755	845	1145	1290

2.3. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN ĐƯỜNG HÀN ĐỐI ĐẦU

2.3.1. Mối hàn đối đầu chịu lực dọc

Diện tích tiết diện của mối hàn bằng diện tích tiếp xúc giữa hai phần tử khi đặt tiếp giáp nhau, nên trong tính toán có thể coi như một phần tử nguyên. Nếu lực dọc có phương vuông góc với tiết diện của mối hàn và giả thiết ứng suất phân bố đều trên toàn tiết diện mối hàn, thì ta có:

$$\text{- Khi chịu nén: } \sigma = \frac{N}{F_h} \leq R_n^h \quad (2-1)$$

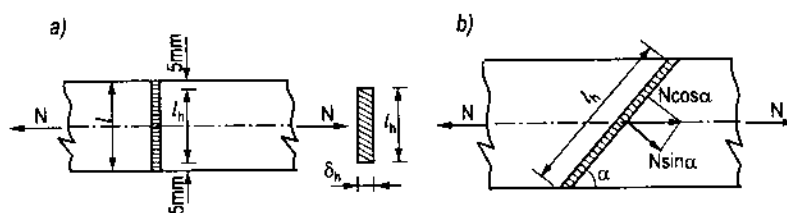
$$\text{- Khi chịu kéo: } \sigma = \frac{N}{F_h} \leq R_k^h \quad (2-2)$$

trong đó: N - lực dọc tính toán tác dụng vào mối hàn;

F_h - diện tích tiết diện đường hàn;

R_n^h, R_k^h - cường độ tính toán khi chịu nén và chịu kéo của đường hàn.

Hàn đối đầu thường chỉ dùng để nối hai tấm thép (hình 2.4). Nếu hai tấm thép có chiều dày như nhau thì chiều dày của mối hàn bằng chiều dày của tấm thép.



Hình 2.4

Nếu hai tấm thép có chiều dày khác nhau, thì chiều dày của mối hàn bằng chiều dày của tấm mỏng hơn. Chiều dài tính toán của mối hàn lấy bằng chiều dài thực của nó trừ đi 10mm, để phòng khả năng hai đầu mối hàn bị lõm và chất lượng kém. Mối hàn đối đầu nối hai tấm thép có thể là phẳng góc với phương của lực dọc hoặc xiên. Đối với mối hàn thẳng góc ta có công thức tính toán như sau:

$$\text{- Khi chịu nén: } \sigma = \frac{N}{\delta_h l_h} \leq R_n^h$$

$$\text{- Khi chịu kéo: } \sigma = \frac{N}{\delta_h l_h} \leq R_k^h$$

trong đó:

δ_h - chiều dày của đường hàn, bằng chiều dày nhỏ nhất của phần tử được liên kết;

l_h - chiều dài tính toán của mối hàn, $l_h = l - 10\text{mm}$.

Nếu mối hàn thẳng góc không đủ chịu lực ta dùng mối hàn xiên để tăng tiết diện mối hàn. Ngoài chịu lực dọc mối hàn xiên còn phải chịu cắt, xem hình 2.4b. Tiêu chuẩn thiết kế cho phép khi tính toán không cần xét tới tác dụng tổng hợp của hai ứng suất đó:

- Khi chịu kéo:
$$\sigma = \frac{N \sin \alpha}{l_h \delta_h} \leq R_k^h \quad (2-3)$$

- Khi chịu nén:
$$\sigma = \frac{N \sin \alpha}{l_h \delta_h} \leq R_n^h \quad (2-4)$$

- Kiểm tra chịu cắt cho cả hai trường hợp:

$$\tau = \frac{N \cos \alpha}{l_h \delta_h} \leq R_c^h \quad (2-5)$$

trong đó: α - góc giữa phương của lực dọc và đường hàn;

R_c^h - cường độ chịu cắt của đường hàn;

Còn các kí hiệu khác như trên.

Khi dùng que hàn theo chỉ dẫn ở điều 2-7 của tiêu chuẩn TCXD-09-72 thì mối hàn xiên với góc $\alpha \leq 65^\circ$ không cần phải kiểm tra.

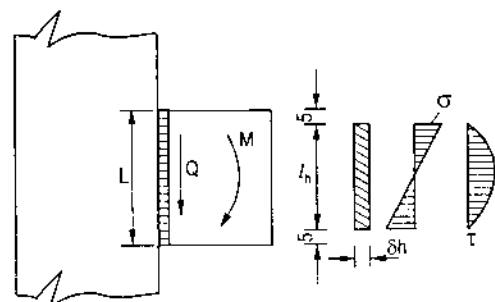
2.3.2. Mối hàn đối đầu chịu mômen uốn và chịu lực cắt

Khi tính toán chịu mômen uốn và chịu lực cắt có thể xem thép có mối nối như là thép nguyên; Khi chịu mômen uốn, có một phần mối hàn chịu kéo, còn một phần chịu nén. Do cường độ chịu kéo khác cường độ chịu nén ($R_k^h \leq R_n^h$), nên phải kiểm tra cả ứng suất kéo và ứng suất nén.

$$\sigma_k = \frac{M}{W_h^{(+)}} \leq R_k^h \quad (2-6)$$

$$\sigma_n = \frac{M}{W_h^{(-)}} \leq R_n^h \quad (2-7)$$

Với mối hàn có $W_h^{(+)} \leq W_h^{(-)}$, thì giá trị ứng suất kéo bằng ứng suất nén, nên chỉ cần kiểm tra ứng suất kéo là đủ. Với mối hàn đối đầu có tiết diện tính toán chữ nhật (hình 2.5), thì công thức tính toán như sau:



Hình 2.5

$$\sigma = \frac{M}{W_h} = \frac{6M}{\delta_h l_h^2} \leq R_k^h$$

Khi chịu lực cắt Q , phải kiểm tra ứng suất tiếp lớn nhất theo công thức:

$$\tau_{\max} = \frac{QS_{\text{cắt}}}{Jb_{\text{cắt}}} \leq R_c^h \quad (2-8)$$

Nếu mặt cắt tính toán của mối hàn là chữ nhật, thì ứng suất tiếp lớn nhất bằng:

$$\tau_{\max} = 1,5 \frac{Q}{\delta_h l_h} \leq R_c^h \quad (2-9)$$

2.3.3. Mối hàn đối đầu chịu mômen lực dọc và lực cắt tác dụng đồng thời

Khi liên kết đồng thời chịu mômen, lực dọc và lực cắt thì trước hết cần tính ứng suất trong mối hàn do mỗi loại nội lực sinh ra. Sau đó tiến hành kiểm tra ứng suất pháp và ứng suất tiếp lớn nhất. Yêu cầu là:

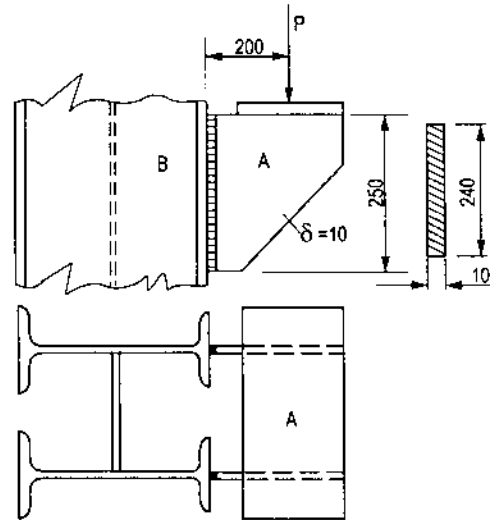
- Ứng suất kéo lớn nhất phải nhỏ hơn cường độ chịu kéo của mối hàn.
- Ứng suất nén lớn nhất phải nhỏ hơn cường độ chịu nén của mối hàn.
- Ứng suất tiếp lớn nhất phải nhỏ hơn cường độ chịu cắt của mối hàn.

Ngoài ra tại các điểm có ứng suất pháp và ứng suất tiếp tương đối lớn cần phải kiểm tra tác dụng liên hợp giữa ứng suất pháp và ứng suất tiếp.

Ví dụ 2.1: Kiểm tra liên kết giữa côngxôn A với cột B, bằng thép CT3, chịu lực $P = 160\text{kN}$ như ở hình 2.6. Dùng que hàn E42, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$. Kiểm tra chất lượng đường hàn bằng phương pháp thông thường.

Giải:

Liên kết giữa côngxôn với cột bằng mối hàn đối đầu có chiều dày của đường hàn bằng chiều dày của bản thép $\delta_h = 10\text{mm}$. Chiều dài tính toán của mối hàn $l_h = 25 - 1 = 24\text{cm}$. Do lực P đặt cách mối hàn một đoạn bằng 20cm, nên mối hàn vừa chịu mômen uốn $M = 0,2P = 0,2 \cdot 160 = 32\text{kNm}$, vừa chịu lực cắt $Q = 160\text{kN}$.



Hình 2.6

Kiểm tra ứng suất pháp lớn nhất và ứng suất tiếp lớn nhất:

$$\sigma_k = \frac{6M}{2\delta_h l_h^2} = \frac{6 \cdot 320000}{2 \cdot 1 \cdot 24^2} = 1667 \text{ daN/cm}^2 < R_k^h = 1800 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau = 1,5 \frac{Q}{2\delta_h l_h} = 1,5 \frac{16000}{2 \cdot 1 \cdot 24} = 500 \text{ daN/cm}^2 < R_c^h = 1300 \text{ daN/cm}^2$$

2.4. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN MỐI HÀN GÓC

2.4.1. Mối hàn góc chịu lực dọc hoặc chịu lực cắt

Mối hàn góc thường dùng để nối các phần tử đặt tiếp giáp nhau (hình 2.7) hoặc đặt chồng lên nhau (hình 2.8 và 2.9). Dưới tác dụng của lực dọc hoặc lực cắt mối hàn chịu

lực khá phức tạp và có thể bị phá hoại tại mặt tiếp giáp với phân tố được nối hoặc ở mặt phẳng 45° .

Để đơn giản, giả thiết khi chịu lực mối hàn bị phá hoại ở mặt phẳng 45° . Vậy chiều dày tính toán của mối hàn là $\delta_h = \cos 45^\circ h_h = 0,7h_h$. Nếu hàn tự động và nửa tự động thì chiều sâu mối hàn sẽ sâu hơn. Vì vậy chiều dày tính toán của mối hàn lấy bằng $\delta_h = \beta h_h$. Diện tích tính toán của mối hàn góc là:

$$F_h = \beta h_h \sum l_h$$

trong đó: h_h - chiều cao của mối hàn;

$\sum l_h$ - tổng chiều dài tính toán của đường hàn;

β - hệ số lấy như sau: khi hàn tự động lấy $\beta = 1$; khi hàn nửa tự động một lượt lấy $\beta = 0,8$; khi hàn tay hoặc hàn tự động và nửa tự động nhiều lượt lấy $\beta = 0,7$.

Nếu giả thiết đường hàn chỉ chịu cắt và có ứng suất tiếp phân bố đều trên toàn tiết diện, thì ta có công thức tính toán như sau:

$$\tau = \frac{N}{F_{dh}} = \frac{N}{\beta h_h \sum l_h} \leq R_g^h \quad (2-10)$$

trong đó: R_g^h - cường độ tính toán của mối hàn góc chịu cắt.

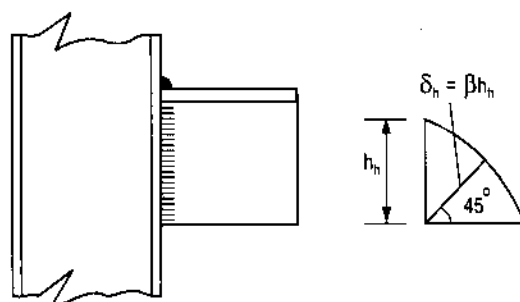
Dưới đây ta xét hai kiểu liên kết chịu lực dọc dùng mối hàn góc.

Liên kết có bản ghép

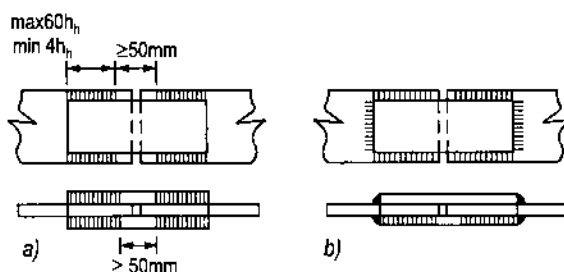
Liên kết đối đầu có bản ghép dùng mối hàn góc (hình 2.8). Để liên kết giữa bản ghép và thép cơ bản có thể dùng đường hàn cạnh (hình 2.8a), đường hàn ở đầu hoặc dùng cả đường hàn ở cạnh và đường hàn ở đầu như ở hình 2.8b. Để cho liên kết chuyển lực được dễ dàng, bản ghép thường được cắt góc (hình 2.11),

khi phân tố được nối có bề rộng lớn thì có thể dùng một dãy bản ghép. Không nên dùng bản ghép có dạng hình thoi, vì ở đầu hình thoi có sự tập trung ứng suất, dễ sinh ra vết nứt.

Từ công thức (2-10) ta xác định được tổng chiều dài đường hàn cần thiết để nối các bản ghép với phân tố được liên kết:



Hình 2.7



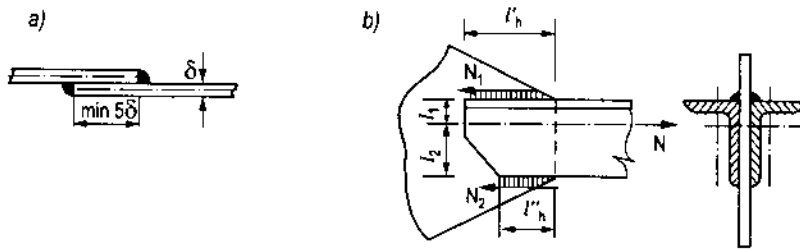
Hình 2.8

$$\sum l_h \geq \frac{N}{\beta h_h R_g^h} \quad (2-11)$$

Để tránh xảy ra hiện tượng ứng suất phân bố không đều và ảnh hưởng của lực lệch tâm quá lớn, tiêu chuẩn thiết kế, quy định chiều dài của đường hàn cạnh không được lớn hơn $60h_h$ và không được nhỏ hơn 40mm hoặc $4h_h$.

Liên kết chồng

Liên kết này thường dùng để nối các thép bản hoặc thép định hình với thép bản. Khi liên tiếp chồng hai bản thép, phải hàn cả hai mặt và phần gối nhau không được nhỏ hơn 5 lần bề dày của bản mỏng nhất (hình 2.9a). Khi liên kết thép bản với thép định hình dùng đường hàn cạnh, trong trường hợp lực dọc không cách đều hai đường hàn cạnh (hình 2.9b) thì phải tính lực tác dụng lên mỗi đường hàn để xác định kích thước của đường hàn.



Hình 2.9

Đối với phân tố chịu lực dọc trục, thì đường tác dụng của lực dọc trùng với đường trọng tâm của tiết diện. Nếu dùng đường hàn cạnh, thì lực tác dụng lên mỗi đường hàn tỉ lệ nghịch với khoảng cách từ đường hàn đó tới phương của lực dọc. Đối với thép góc, đường trục của thanh thường cách lưng thép góc khoảng $1/3$ bề rộng của cạnh thép góc. Nếu kí hiệu N_1 , N_2 lần lượt là lực tác dụng vào đường hàn ở lưng thép góc và ở mép thép góc, thì:

$$N_1 = \frac{2}{3}N \quad \text{và} \quad N_2 = \frac{1}{3}N$$

Vậy chiều dài đường hàn ở lưng thép góc bằng:

$$\sum l_h \geq \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{\beta h_h R_g^h} \quad (2-12)$$

trong đó: h_h - chiều cao đường hàn ở lưng thép góc; nếu ở mép thép góc cũng lấy chiều cao đường hàn bằng h_h thì chiều dài đường hàn chỉ bằng một nửa.

Mặc dù lực truyền qua đường hàn ở mép thép góc nhỏ hơn và chiều dài đường hàn ở mép thép góc do đó cũng nhỏ hơn, nhưng không nên cắt vát bản cánh của thép góc (hình 2.9b) mà nên cắt vuông với đường trục thanh.

2.4.2. Đường hàn góc chịu mômen uốn

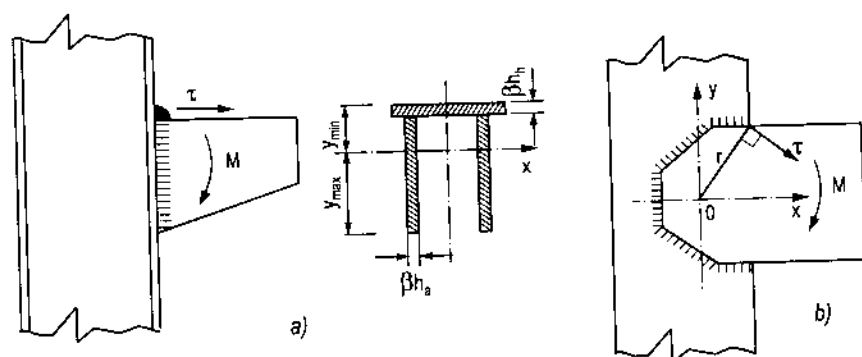
Khi chịu mômen uốn, đường hàn góc chịu lực khá phức tạp. Để đơn giản, giả thiết rằng trong mặt phẳng 45° đường hàn chỉ sinh ứng suất tiếp.

Đối với đường hàn góc chịu mômen uốn có mặt phẳng tác dụng vuông góc với mặt nối (mặt tiếp giáp giữa hai phần tử được nối) (hình 2.10a), thì giá trị của ứng suất tiếp và phương của nó được xác định như ứng suất pháp:

$$\tau = \frac{M}{W_h} \leq R_g^h \quad (2-13)$$

trong đó: W_h - mômen chống uốn của tiết diện tính toán của mối hàn đối với trục uốn (trục x trong hình 2.10a):

$$W_h = \frac{J_y^h}{y_{\max}}$$



Hình 2.10

Khi chịu uốn các đường hàn bị phá hoại ở mặt phẳng 45° nên tiết diện chịu lực của đường hàn là một mặt ghềnh, nhưng để thuận tiện trong tính toán ta coi là phẳng.

Đối với đường hàn góc chịu mômen uốn nằm trong mặt phẳng song song với mặt nối (hình 2.10b), thì giá trị của ứng suất tiếp được xác định theo công thức:

$$\tau = \frac{M}{J_\rho^h} r \quad (2-14)$$

trong đó:

$J_\rho^h = J_x^h + J_y^h$ - mômen quán tính độc cực của tiết diện tính toán của đường hàn;

r - bán kính cực.

Còn phương của ứng suất thì thẳng góc với bán kính cực. Nếu đường hàn có $J_x^h \gg J_y^h$, thì thành phần ứng suất tiếp theo phương trục y là nhỏ có thể bỏ qua...

2.4.3. Đường hàn đồng thời chịu mômen, lực dọc và lực cắt

Khi đường hàn góc chịu đồng thời mômen, lực dọc và lực cắt, trước hết cần tính ứng suất do mỗi loại lực sinh ra. Trong đường hàn góc, ta đã giả thiết dưới tác dụng của mômen, lực dọc và lực cắt đều sinh ứng suất tiếp. Giá trị ứng suất tiếp do mỗi loại nội lực sinh ra được xác định theo các công thức (2-10), (2-13) và (2-14), từ đó tìm được ứng suất tổng hợp và giá trị của ứng suất này không được vượt quá cường độ tính toán của đường hàn góc:

$$\tau_{\max} = |\bar{\tau}_M + \bar{\tau}_N + \bar{\tau}_Q| \leq R_g^h \quad (2-15)$$

Ví dụ 2.2: Tính liên kết đối đầu (dùng bản ghép để nối hai tấm thép có kích thước $250 \times 12\text{mm}$). Chịu lực kéo tính toán $N = 620\text{kN}$, vật liệu thép CT3, hàn tay que hàn E42, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$.

Giải:

Tiết diện bản ghép cần phải lấy lớn hơn hoặc bằng tiết diện của bản được nối, ở đây ta chọn: $2F_{bg} = 2.20.0,8 = 32\text{cm}^2 > F = 25.1,2 = 30\text{cm}^2$.

Tổng chiều dài đường hàn liên kết hai bản ghép với mỗi tấm thép được nối, xác định theo công thức (2-11):

$$\sum l_h = \frac{N}{0,7h_h R_g^h} = \frac{62000}{0,7.0,8.1500} = 74\text{cm}$$

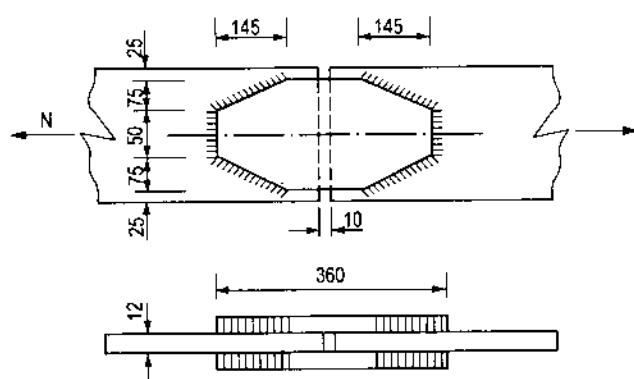
trong đó ta chọn $h_h = \delta_{bg} = 0,8\text{cm}$ và từ bảng 2.2 có $R_g^h = 1500\text{ daN/cm}^2$.

Chiều dài đường hàn cần thiết để nối một bản ghép với thép cơ bản là $74/2 = 37\text{cm}$. Từ đây xác định được kích thước của bản ghép. Bản ghép có dạng hình thoi, nhưng để tránh sự tập trung ứng suất, tại các đỉnh ta cắt bằng thành hình tám cạnh (hình 2.11). Các chiều dài đoạn cắt lấy là 5cm. Do hai cạnh vượt qua khe nối không hàn, nên chiều dài cần thiết của đoạn xiên của bản ghép là:

$$l_h = \frac{1}{2}(37 - 5) = 16\text{cm}$$

Chiều dài thực của đoạn xiên sẽ là $16 + 1 = 17\text{cm}$.

Chiều dài của nửa bản ghép là:



Hình 2.11

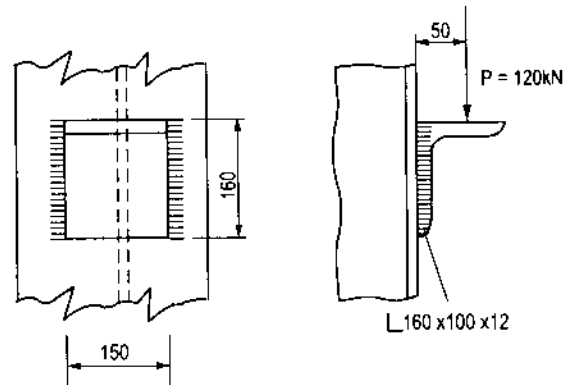
$$\frac{1}{2}L = \sqrt{17^2 - 7,5^2} + 2,5 = 18\text{cm}$$

Vậy chiều dài của mỗi nối là $18 \times 2 = 36\text{cm}$.

Ví dụ 2.3: Kiểm tra mối nối giữa côngxôn làm bằng thép góc L $160 \times 100 \times 12$ với cột bằng hai đường hàn góc thẳng đứng. Lực tác dụng lên côngxôn là $P = 120\text{kN}$ và đặt cách đường hàn một đoạn $a = 5\text{cm}$. Vật liệu thép CT3, que hàn E42, hệ số điều kiện làm việc $m = 0,80$, chiều cao đường hàn $h_h = 12\text{mm}$.

Giải:

Dùng đường hàn góc để liên kết côngxôn với cột, chiều dài mỗi đường hàn là 160mm , chiều cao đường hàn $h_h = 12\text{mm}$. Chiều dài tính toán của đường hàn là: $l_h = 16 - 1 = 15\text{cm}$. Vì lực P đặt cách đường hàn một đoạn $a = 5\text{cm}$, nên đường hàn vừa chịu mômen uốn $M = 0,05.120 = 6\text{kNm}$, vừa chịu lực cắt $Q = P = 120\text{kN}$, xem hình 2.12.



Hình 2.12

Mômen M và lực cắt Q đều sinh ứng suất tiếp, ứng suất tiếp τ_M có phương vuông góc với tiết diện tính toán của đường hàn, còn τ_Q song song với tiết diện đó. Nên ứng suất tiếp tổng hợp τ_{\max} bằng:

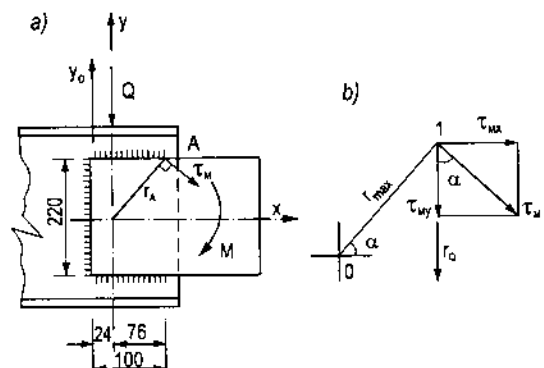
$$\begin{aligned}\tau_{\max} &= \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} = \sqrt{\left(\frac{60000.6}{2.0,7.1,2.15^2}\right)^2 + \left(\frac{12000}{2.0,7.1,2.15}\right)^2} \\ &= 1066 \text{ daN/cm}^2 < R_y^h = 0,8.1500 = 1200 \text{ daN/cm}^2\end{aligned}$$

Vậy liên kết có đủ khả năng chịu lực.

Ví dụ 2.4: Kiểm tra liên kết giữa bản bụng dầm chữ I với hai bản ghép như ở hình 2.13. Cho biết mỗi nối chịu lực cắt $Q = 320\text{kN}$, mômen uốn $M = 41,15\text{kNm}$, $h_h = 10\text{mm}$, $R_y^h = 1500 \text{ daN/cm}^2$, các kích thước khác xem hình vẽ.

Giải:

Bản thép được liên kết với bản bụng của dầm chữ I bằng đường hàn góc. Tiết diện tính toán của đường hàn là hình chữ [có các đặc trưng hình học như sau:



Hình 2.13

- Toạ độ trọng tâm của đường hàn:

$$x_c = \frac{S_{y_0}^h}{F_h} = \frac{70}{29,4} = 2,4 \text{ cm}$$

trong đó: $S_{y_0}^h = 2,0,7,1 \cdot 10,5 = 70 \text{ cm}^3$;

$$F_h = 0,7,1 \cdot (2,10 + 22) = 29,4 \text{ cm}^2.$$

- Mômen quán tính của tiết diện tính toán của đường hàn là:

$$J_x^h = 0,7 \cdot \left(\frac{22^3}{12} + 2,10 \cdot 11^2 \right) = 2936 \text{ cm}^4$$

$$J_y^h = 0,7 \cdot \left(2 \cdot \frac{10^3}{12} + 2,10 \cdot 2,6^2 + 2,4^2 \right) = 300 \text{ cm}^4$$

$$J_P^h = J_x^h + J_y^h = 2936 + 300 = 3236 \text{ cm}^4$$

- Khoảng cách từ trọng tâm đường hàn tới điểm xa nhất A:

$$r_A = r_{\max} = \sqrt{7,6^2 + 11^2} = 13,4 \text{ cm}$$

Mômen uốn M nằm trong mặt phẳng song song với mặt nối, nên ứng suất tiếp do mômen đó sinh ra được xác định theo công thức (2-14) và tại điểm A có giá trị bằng:

$$\tau_M = \frac{M}{J_P^h} r_A = \frac{41,15 \cdot 10^4 \cdot 13,4}{2 \cdot 3236} = 852 \text{ daN/cm}^2$$

Phương của ứng suất tiếp τ_M thẳng góc với đoạn thẳng OA. Ứng suất do lực cắt sinh ra có giá trị bằng:

$$\tau_Q = \frac{Q}{F_h} = \frac{32000}{2 \cdot 29,4} = 545 \text{ daN/cm}^2$$

Phương của ứng suất này theo phương của lực cắt Q.

Phương và chiều của các ứng suất tiếp τ_M và τ_Q được biểu diễn ở hình 2.13b, vậy ứng suất tiếp tổng hợp tại điểm A là:

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \sqrt{\tau_{Mx}^2 + (\tau_{My} + \tau_Q)^2} = \sqrt{708^2 + (489 + 545)^2} \\ &= 1240 \text{ daN/cm}^2 < R_g^h = 1500 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

trong đó: $\tau_{Mx} = \tau_M \sin \alpha = 852 \cdot \frac{11}{13,4} = 708 \text{ daN/cm}^2$;

$$\tau_{My} = \tau_M \cos \alpha = 852 \cdot \frac{7,0}{13,4} = 489 \text{ daN/cm}^2.$$

Chương 3

LIÊN KẾT BULÔNG

3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

3.1.1. Phân loại

Liên kết bulông được dùng nhiều trong xây dựng, nhất là trong các kết cấu tháo lắp và lắp ghép. Đây là loại liên kết đơn giản, chắc chắn, không đòi hỏi những thiết bị đặc biệt.

Trong kết cấu thép, thường dùng các loại sau đây: bulông thô, bulông nửa tinh, bulông tinh và bulông có cường độ cao.

Bulông thô làm bằng thép tròn, có độ chính xác bình thường, đường kính chế tạo cho phép sai với đường kính tiêu chuẩn từ $\pm 0,75$ đến 1mm. Khe hở giữa lỗ đinh và thân đinh cho phép từ 2 đến 3mm.

Bulông nửa tinh và bulông tinh là bulông có độ chính xác cao. Bulông nửa tinh có mũ hình sáu cạnh, được chế tạo bằng thép tròn, chỉ cho phép đường kính thực nhỏ hơn đường kính tiêu chuẩn từ -0,5 đến -1mm. Bulông tinh cũng có mũ hình sáu cạnh, ở đoạn có ren cho phép sai số dưới -0,34mm. Khe hở giữa lỗ đinh và thân đinh từ 0,3 đến 0,5mm. Với bulông và lỗ như vậy thì chỉ cần một cái gõ nhẹ là có thể đặt bulông vào trong lỗ.

Thường dùng bulông có các đường kính sau: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 36, 42 và 48mm. Bulông có chiều dài từ 40 đến 200mm, có chiều dài ren như sau: $l_1 = 20 - 25$ mm đối với bulông có đường kính $d = 10 - 14$ mm; $l_1 = 28 - 30$ mm đối với bulông có đường kính $d = 16 - 20$ mm; $l_1 = 35 - 50$ mm đối với $d = 22 - 30$ mm (hình 3.1a).

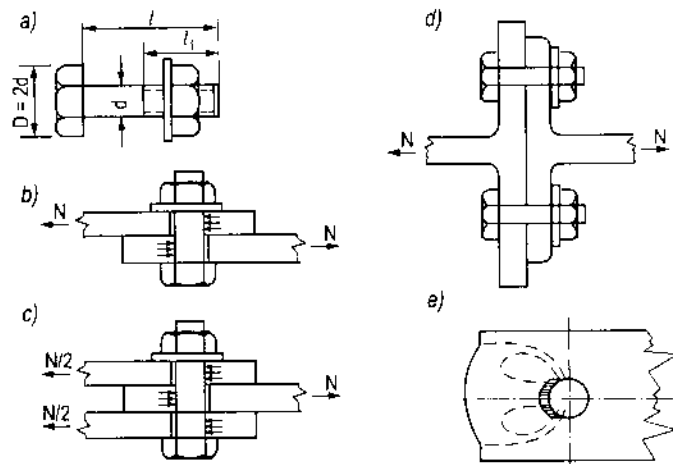
Bulông thường được chế tạo bằng thép cacbon số hiệu BCT3, BCT5, bằng thép hợp kim thấp 09Mn2, 12Mn2, 15Mn, 15XCH v.v...

Bulông cường độ cao được dùng trong các liên kết lắp ghép, chuyển lực nhờ ma sát. Bulông cường độ cao được chế tạo bằng thép cacbon hay thép hợp kim thấp có cường độ giới hạn sau khi gia công nóng không được nhỏ hơn 100 daN/mm^2 đối với thép cacbon và 130 daN/mm^2 đối với thép hợp kim thấp.

3.1.2. Hai trạng thái chịu lực cơ bản

Tùy theo hình thức liên kết và các lực tác dụng, mà bulông ở vào một trong hai trạng thái chịu lực cơ bản sau: chịu cắt đồng thời chịu ép mặt (hình 3.1b và c) và chịu kéo (hình 3.1d).

Trong trạng thái chịu lực thứ nhất, các phân tố được phép trượt lên nhau, làm cho tại lỗ bulông phát sinh sự ép mặt giữa thân bulông và phân tố ghép. Bulông có thể bị cắt ở một (hình 3.1b), hai (hình 3.1c) hoặc nhiều mặt cắt. Khi bị ép mặt, phần bản thép tiếp xúc với bulông bị biến dạng dẻo, lỗ bulông bị kéo dài ra và sẽ bị phá hoại theo đường có ứng suất tiếp lớn nhất (hình 3.1e). Dạng phá hoại này gọi là dạng phá hoại vì ép mặt, mà thực chất là thép cơ bản bị phá hỏng do cắt. Khi chịu lực, các phân tố được ghép tiếp xúc với thân bulông ở hai phía, các phân tố ghép nào ở về phía có diện tích tiếp xúc nhỏ với thân bulông sẽ bị phá hoại.



Hình 3.1

Trong trạng thái chịu lực thứ hai xảy ra khi các phân tố được nối tách rời nhau, làm cho thân bulông bị dãn dài, lúc này bulông chịu kéo (hình 3.1d).

3.1.3. Cường độ tính toán và khả năng chịu lực của bulông

Cường độ tính toán khi bulông chịu kéo phụ thuộc vào số hiệu thép dùng để chế tạo bulông. Cường độ chịu ép mặt phụ thuộc vào số hiệu của phân tố được nối. Còn cường độ chịu cắt phụ thuộc vào số hiệu thép chế tạo bulông và vào chất lượng lỗ bulông. Chất lượng lỗ được phân thành hai nhóm:

Nhóm B gồm:

- Lỗ khoan đến đường kính thiết kế trong cả chồng phân tố;
- Lỗ khoan tới đường kính thiết kế trong từng phân tố riêng theo khuôn mẫu;
- Lỗ bulông lúc đầu khoan nhỏ trên các phân tố riêng sau đó khoan rộng ra đến đường kính thiết kế trong cả chồng phân tố.

Nhóm C: gồm các lỗ bulông của các phân tố khoan riêng không dùng khuôn mẫu.

Liên kết bulông chỉ dùng nhóm B.

Cường độ tính toán của bulông cho ở bảng 3.1. Bulông có thể chịu cắt, chịu ép mặt và chịu kéo nên cần phải xác định khả năng chịu lực của nó trong các trạng thái chịu lực sau:

Khả năng chịu cắt của một bulông:

$$[N]_c^b = F_c R_c^b = n_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} R_c^b \quad (3-1)$$

Bảng 3.1. Cường độ tính toán của liên kết bulông R^b (daN/cm²)

Dạng liên kết bulông	Trạng thái ứng suất	Cường độ tính toán R^b									
		Chịu kéo và cắt của bulông bằng thép mác					Ép mặt của phần tổ liên kết làm bằng thép mác				
		BCT3 BCT3 KH	BCT5	09Г2	14Г2 15XCH/Л	CT3 CT4	CT5	14Г2 có chiều đầy cán (mm)		10Г2СІ 15XCH/Л	10XCH/Л
Bulông có độ chính xác cao	Kéo	1700	1900	2000	2300	-	-	≤ 20	21 - 32	-	-
	Cắt B	1700	1800	2000	2200	-	-	-	-	-	-
	Ép mặt B	-	-	-	-	3800	4100	5200	5000	5200	6100
Bulông có độ chính xác bình thường											
a) Trong liên kết một bulông	Kéo	1700	1900	2000	2300	-	-	-	-	-	-
	Cắt B	1500	1600	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ép mặt B	-	-	-	-	3800	-	-	-	-	-
b) Trong liên kết nhiều bulông	Kéo	1700	1800	2000	2300	-	-	-	-	-	-
	Cắt B	1300	1400	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ép mặt B	-	1400	-	-	3400	-	-	-	-	-
Bulông neo	Kéo	1400	1500	1700	1900	-	-	-	-	-	-

Khả năng chịu lực ép mặt của một bulông:

$$[N]_{cm}^b = F_{cm} R_{cm}^b = d \sum \delta_{min} R_{cm}^b \quad (3-2)$$

Khả năng chịu kéo của một bulông:

$$[N]_k^b = F_{th} R_k^b = \frac{\pi d_o^2}{4} R_k^b \quad (3-3)$$

trong đó: F_c - diện tích chịu cắt của bulông;

F_{cm} - diện tích chịu ép mặt của bulông;

F_{th} - diện tích thu hẹp của bulông tại đoạn có ren, có thể tra ở bảng 3.2;

d - đường kính bulông ở đoạn không có ren;

d_o - đường kính trong của ren bulông;

n_c - số mặt bị cắt trong một bulông;

$\sum \delta_{min}$ - chiều dày tổng cộng nhỏ nhất của các phân tử ép vào một phía của thân bulông;

R_c^b, R_{cm}^b, R_k^b - cường độ tính toán của bulông khi chịu cắt, chịu ép mặt và chịu kéo, cho ở bảng 3.1.

Bảng 3.2. Diện tích tiết diện bulông và đường kính lỗ bulông

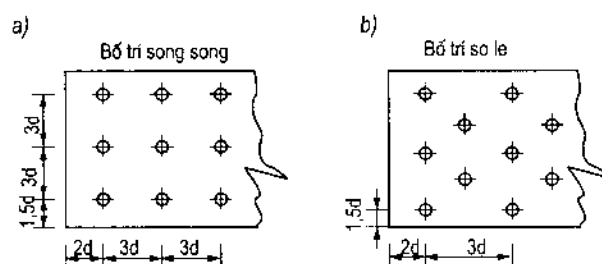
Đường kính bulông d (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
Diện tích tiết diện nguyên F_{ng} (cm ²)	1,13	1,54	2,01	2,54	3,14	3,8	4,52	5,73	7,07	10,18
Diện tích tiết diện thu hẹp F_{th} (cm ²)	0,76	1,04	1,44	1,75	2,25	2,81	3,24	4,27	5,18	7,58
Đường kính của lỗ bulông (mm)	14	16	18	20	22	24	26	29,5	32,5	39,5

3.2. TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO

3.2.1. Chọn đường kính và bố trí bulông

Định đường kính bulông hợp lý là một vấn đề khó. Nói chung khi liên kết chịu lực lớn, thì ta chọn bulông có đường kính lớn. Loại đường kính thường dùng nhất là từ 16 đến 20mm.

Khi cấu tạo liên kết, bulông phải được bố trí để các phân tố liên kết được bảo đảm về cường độ, nghĩa là khoảng cách giữa các bulông, giữa bulông với mép phân tố không được nhỏ quá; bảo đảm sự chuyển lực giữa các phân tố ghép dễ dàng. Để cho việc chế tạo được thuận tiện có thể bố trí bulông như hình 3.2. Các đường đỉnh bulông song song với đường trục của phân tố ghép được gọi là đường đỉnh.



Hình 3.2: Cách bố trí bulông
a) Bố trí song song; b) Bố trí so le.

Khoảng cách giữa các bulông trên cùng một đường gọi là bước đỉnh.

Cách bố trí song song đơn giản hơn cách bố trí so le, nên được dùng nhiều hơn. Khoảng cách giữa các đường đỉnh và các bước đỉnh được quy phạm quy định (xem bảng 3.3). Đối với thép định hình, việc bố trí bulông và chọn đường kính bulông phải phù hợp với kích thước của thép định hình. Vị trí và đường kính đỉnh có thể tra trong các bảng 12, 13 và 14 của phụ lục.

Bảng 3.3. Quy định về bố trí bulông và đỉnh tán

Đặc điểm của khoảng cách	Trị số khoảng cách
Khoảng cách giữa tâm bulông hoặc đỉnh tán theo hướng bất kì:	
a) Nhỏ nhất	3d
b) Lớn nhất trong các hàng biên khi không có thép góc viền: khi chịu kéo và chịu nén	8d hoặc 12δ
c) Lớn nhất trong những hàng giữa cũng như trong các hàng biên khi có thép góc viền:	
- Khi chịu kéo	16d hoặc 24δ
- Khi chịu nén	12d hoặc 18δ
Khoảng cách từ tâm bulông hoặc đỉnh tán tới mép cấu kiện:	
a) Nhỏ nhất dọc theo nội lực	2d
b) Nhỏ nhất ngang với nội lực:	
- Khi cạnh cắt	1,5d
- Khi cạnh cán	1,2d
c) Lớn nhất	4d hoặc 8δ

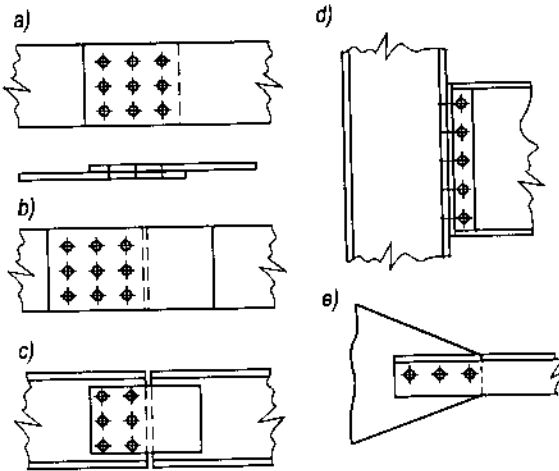
Chú thích: d - đường kính lỗ bulông hoặc đỉnh tán,

δ - chiều dày của phân tố bên ngoài mỏng nhất của cả chồng bản ghép.

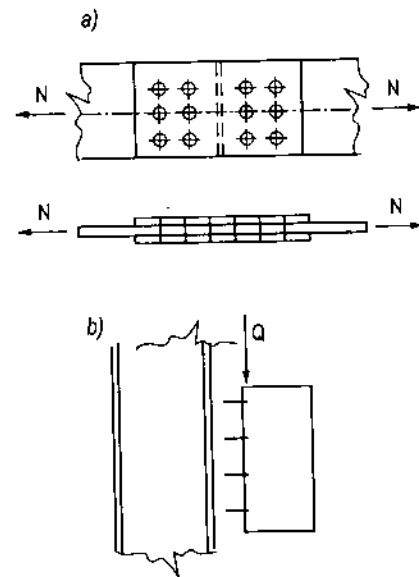
3.2.2. Các hình thức liên kết

Các hình thức liên kết các thép bản thường dùng là liên kết chồng, liên kết đối đầu có bản ghép (hình 3.3). Liên kết chồng và liên kết có một bản ghép chuyển lực lệch tâm, nên mối nối bị uốn, sinh ra ứng suất phụ, đồng thời bulông chỉ chịu cắt ở một mặt cắt, nên khả năng chịu lực thấp, số lượng bulông cần nhiều. Liên kết đối đầu có hai bản ghép chịu lực đối xứng và bulông chịu lực cắt ở hai mặt cắt nên chịu lực tốt hơn.

Khi liên kết giữa các thép định hình thường dùng liên kết đối đầu có bản ghép hoặc thép góc ghép (hình 3.3c và d). Còn liên kết chồng thường dùng để liên kết thép bản với thép định hình là thép góc hoặc chữ [(hình 3.3e).



Hình 3.3



Hình 3.4

3.2.3. Xác định lực tác dụng vào bulông

Điều kiện để liên kết không bị phá hỏng là lực tác dụng vào bulông phải nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu lực của nó. Ở trên đã xác định được khả năng chịu lực của một bulông, vậy cần tính lực tác dụng vào bulông ứng với các liên kết chịu lực khác nhau. Dưới đây ta xét các trường hợp chịu lực của bulông.

Lực tác dụng vào bulông khi liên kết chịu lực dọc hoặc lực cắt (hình 3.4a và b)

Giả thiết khi liên kết chịu lực dọc N hoặc lực cắt Q thì các bulông chịu lực như nhau. Vậy mỗi bulông sẽ chịu một lực bằng:

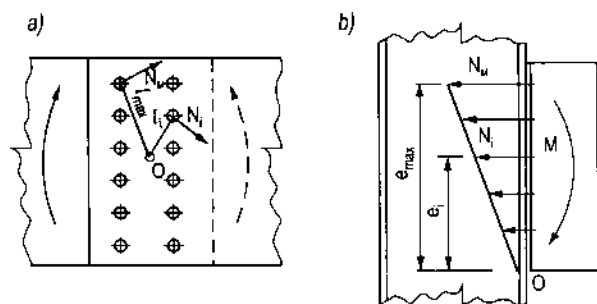
$$\text{- Do lực dọc } N: \quad N_N = \frac{N}{n} \quad (3-4)$$

$$\text{- Do lực cắt } Q: \quad N_Q = \frac{Q}{n} \quad (3-5)$$

trong đó: n - số đinh bulông.

Lực tác dụng vào bulông khi liên kết chịu mômen uốn

Giả thiết khi chịu mômen uốn M , liên kết quay quanh điểm O (gọi là tâm quay của liên kết, nếu khi chịu mômen các phân tố được nối trượt lên nhau, thì tâm quay O là trọng tâm của khu vực liên kết, còn khi chịu mômen hai phân tố được nối tách rời nhau ra, thì tâm quay là điểm tựa của hai phân tố); phương của lực tác dụng vào bulông thẳng góc với đường thẳng nối từ bulông đó tới tâm quay, còn giá trị của



Hình 3.5

lực tác dụng vào bulông tỉ lệ bậc nhất với khoảng cách từ tâm quay tới bulông đó. Vậy bulông nào ở xa tâm quay nhất sẽ chịu lực lớn nhất N_M . Tất cả các lực tác dụng vào bulông sẽ hợp thành một ngẫu lực cân bằng với lực tác dụng M :

$$M = N_M e_{\max} + N_2 e_2 + \dots + N_i e_i + \dots + N_n e_n$$

trong đó: N_i - lực tác dụng vào đỉnh bulông thứ i ;

e_i - khoảng cách từ đỉnh thứ i tới tâm quay O .

Theo giả thiết thứ hai ta có thể biểu diễn các lực $N_2, N_3, \dots, N_i, \dots, N_n$ qua lực lớn nhất N_M .

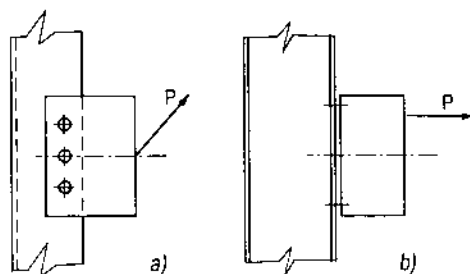
Chẳng hạn $N_i = \frac{N_M}{e_{\max}} e_i$. Vậy có thể viết được:

$$M = N_M e_{\max} + \frac{N_M}{e_{\max}} e_2^2 + \dots + \frac{N_M}{e_{\max}} e_n^2 = \frac{N_M}{e_{\max}} \sum_{i=1}^n e_i^2$$

Do đó lực lớn nhất tác dụng vào bulông do mômen uốn sinh ra sẽ bằng:

$$N_M = \frac{M e_{\max}}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (3-6)$$

Lực tác dụng vào bulông khi liên kết đồng thời chịu mômen, lực dọc và lực cắt (hình 3.6).



Hình 3.6

Sau khi xác định được lực tác dụng vào bulông do mỗi loại nội lực sinh ra theo các công thức (3-6), (3-4) và (3-5), có thể tiến hành tính lực tổng hợp tác dụng vào bulông bằng phương pháp cộng tác dụng. Tiêu chuẩn thiết kế cho phép khi đồng thời

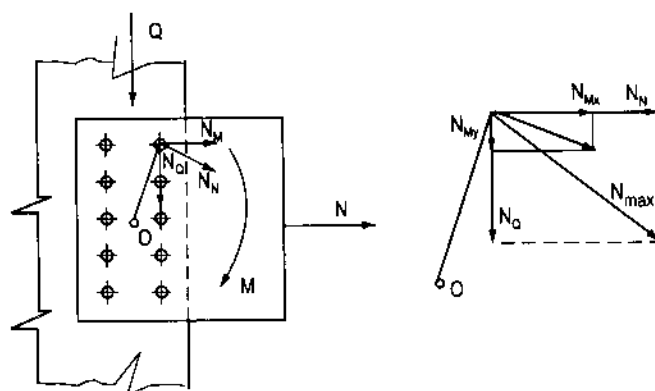
chịu cắt và kéo thì được phép kiểm tra về cắt và kéo riêng. Do đó có thể tổng hợp riêng từng loại lực tác dụng vào bulông. Khi lực tác dụng song song với thân đinh hoặc mômen uốn nằm trong mặt phẳng song song với thân đinh, thì đinh bulông chịu kéo (hình 3.6b). Khi lực và mômen uốn nằm trong mặt phẳng thẳng góc với thân đinh, thì bulông chịu cắt đồng thời chịu ép mặt (hình 3.6a).

Khi đã xác định được lực tổng hợp tác dụng vào bulông sẽ tiến hành kiểm tra sự chịu lực của bulông theo từng trạng thái chịu lực. Nếu lực tác dụng vào bulông nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu lực của bulông thì liên kết không bị phá hoại. Chẳng hạn như đối với liên kết biểu thị ở (hình 3.10), ta có:

$$N_k = N_N + N_M \leq [N]_k^b \quad (3-7)$$

$$N_Q = \frac{Q}{n} \leq [N]^b \quad (3-8)$$

$$\leq [N]_{em}^b$$



Hình 3.7

Đối với liên kết như được biểu thị ở hình 3.7, ta có:

$$N_{max} = |\vec{N}_N + \vec{N}_Q + \vec{N}_M|$$

$$N_{max} \leq [N]_c^b \quad (3-9)$$

$$\leq [N]_{em}^b$$

trong đó:

N_M, N_N, N_Q - lực tác dụng vào bulông do mômen, lực dọc và lực cắt sinh ra, được xác định theo các công thức (3-6), (3-4) và (3-5);

$[N]_c^b, [N]_{em}^b, [N]_k^b$ - khả năng chịu cắt, chịu ép mặt và chịu kéo của một bulông, được xác định theo các công thức (3-1), (3-2) và (3-3);

$$N_{max} = \sqrt{(N_{Mx} + N_N)^2 + (N_{My} + N_Q)^2} \quad (3-10)$$

N_{Mx} - thành phần của lực N_M theo phương lực N_N ;

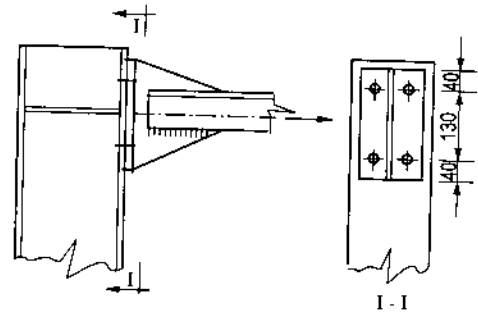
N_{My} - thành phần của lực N_M theo phương lực N_Q , khi khu vực liên kết cao và hẹp thì thành phần N_{My} nhỏ có thể bỏ qua.

Sau khi kiểm tra khả năng chịu lực của bulông (hoặc tính số bulông cần thiết) cần kiểm tra khả năng chịu lực tại tiết diện bị giảm yếu của phần tổ ghép.

Ví dụ 3.1: Tính liên kết giữa thanh cánh hạ của giàn với cột bằng bulông thô (hình 3.8). Lực kéo tính toán trong thanh cánh $N = 100\text{kN}$. Vật liệu của kết cấu và của bulông đều bằng thép BCT3.

Giải:

Dưới tác dụng của lực dọc N , bulông chịu lực kéo. Nếu dùng bulông có đường kính $d = 18\text{mm}$, tra bảng 3.2 ta có diện tích tiết diện thu hẹp của bulông tại đoạn có ren bằng $F_{th} = 1,75\text{cm}^2$.



Hình 3.8

Số lượng bulông cần thiết để liên kết thanh cánh của giàn với cột được xác định theo công thức:

$$N_N = \frac{N}{n} \leq [N]_k^b = F_{th} R_k^b$$

từ đó ta có:

$$n \geq \frac{N}{F_{th} R_k^b} = \frac{100000}{1,75 \cdot 1700} = 3,4$$

Như vậy số lượng bulông $d = 18\text{mm}$ chọn là 4, đường kính lỗ đinh là 20mm (bảng 3.2) và bố trí như ở hình 3.8.

Ví dụ 3.2: Tính liên kết đối đầu hai tấm thép, dùng bản ghép, tiết diện tấm thép $400 \times 20\text{mm}$. Liên kết chịu lực kéo tính toán $N = 1200\text{kN}$. Vật liệu của phần tổ ghép và của bulông đều bằng thép BCT3. Dùng bulông nửa tinh có đường kính $d = 22\text{mm}$. Hệ số điều kiện làm việc $m = 1$.

Giải:

Dưới tác dụng của lực dọc N , bulông chịu cắt đồng thời chịu ép mặt. Cường độ tính toán khi chịu cắt và chịu ép mặt tra ở bảng 3.1 được $R_c^b = 1700 \text{ daN/cm}^2$, $R_{cm}^b = 3800 \text{ daN/cm}^2$.

Chiều dày của bản ghép chọn bằng một nửa hoặc lớn hơn một nửa chiều dày của thép cơ bản, ở đây ta chọn bằng 12mm. Vậy khả năng chịu cắt và chịu ép mặt của bulông bằng:

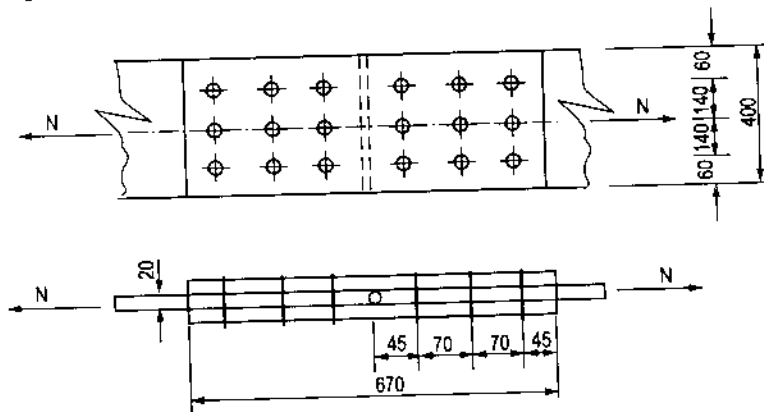
$$[N]_c^b = n_c \frac{\pi d^2}{4} R_c^b = 2.3, 14 \cdot \frac{2,2^2}{4} \cdot 1700 = 12920 \text{ daN}$$

$$[N]_{em}^b = d \Sigma \delta_{min} R_{em}^b = 2,2 \times 2 \times 3800 = 16720 \text{ daN}$$

Ta thấy khả năng chịu cắt nhỏ hơn khả năng chịu ép mặt, do đó liên kết sẽ bị phá hoại vì cắt trước khi bị phá hoại vì ép mặt. Vậy từ điều kiện: $N_N = N/n$ phải nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu cắt của đinh, ta rút ra được số đinh bulông cần thiết là:

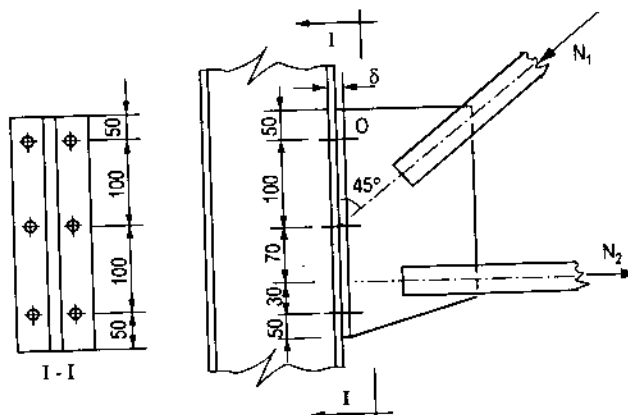
$$n = \frac{N}{[N]_c^b} = \frac{120000}{12920} = 9$$

Vậy số bulông cần thiết để liên kết là 9 và được bố trí như ở hình 3.9



Hình 3.9

Ví dụ 3.3: Kiểm tra liên kết giữa thanh cánh hạ và thanh xiên của giàn với cột như ở hình 3.10. Cho biết $N_1 = 250 \text{ kN}$, $N_2 = 200 \text{ kN}$, đường kính bulông $d = 18 \text{ mm}$ có diện tích thu hẹp $F_{th} = 1,75 \text{ cm}^2$ dùng bulông thô có $R_k^h = 1700 \text{ daN/cm}^2$, $R_c^b = 1300 \text{ daN/cm}^2$, $R_{em}^b = 3400 \text{ daN/cm}^2$, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$.



Hình 3.10

Giải:

Liên kết chịu các nội lực sau:

$$M = 7N_2 = 7.200 = 1400\text{kNm}$$

$$N = N_2 - N_1 \cos 45^\circ = 200 - 0,7.250 = 25\text{kN}$$

$$Q = N_1 \cos 45^\circ = 0,7.250 = 175\text{kN}$$

Lực tác dụng vào bulông do từng nội lực sinh ra là:

$$N_N = \frac{N}{n} = \frac{25}{6} = 4,17\text{kN}$$

$$N_Q = \frac{Q}{n} = \frac{175}{6} = 29,2\text{kN}$$

$$N_M = M \cdot \frac{e_{\max}}{\sum_{i=1}^n e_i^2} = 140000 \cdot \frac{25}{2(5^2 + 15^2 + 25^2)} = 2000\text{daN}$$

Lực N_Q làm cho bulông chịu cắt đồng thời chịu ép mặt, còn lực N_N và N_M làm cho bulông chịu kéo. Vậy lực kéo lớn nhất tác dụng vào bulông ở dưới cùng là:

$$N_{\max} = N_N + N_M = 417 + 2000 = 2417\text{daN}$$

Khả năng chịu lực của bulông:

$$[N]_c^b = \frac{\pi d^2}{4} R_c^b n_c = \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \cdot 1300 = 3310\text{daN}$$

$$[N]_{em}^b = d \sum \delta_{\min} R_{em}^b = 1,8 \cdot 0,8 \cdot 3400 = 4900\text{daN}$$

$$[N]_k^b = F_{th} R_k^b = 1,74 \cdot 1700 = 2970\text{daN}$$

Vậy bulông sẽ không bị kéo đứt do:

$$N_{\max} = 2417\text{daN} < [N]_k^b = 2970\text{daN}$$

đồng thời cũng không bị phá hoại vì cắt và ép mặt do:

$$N_Q = 2920\text{daN} < [N]_c^b = 4900\text{daN} \\ < [N]_{em}^b = 3310\text{daN}$$

3.3. BULÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO

3.3.1. Khái niệm và phạm vi ứng dụng

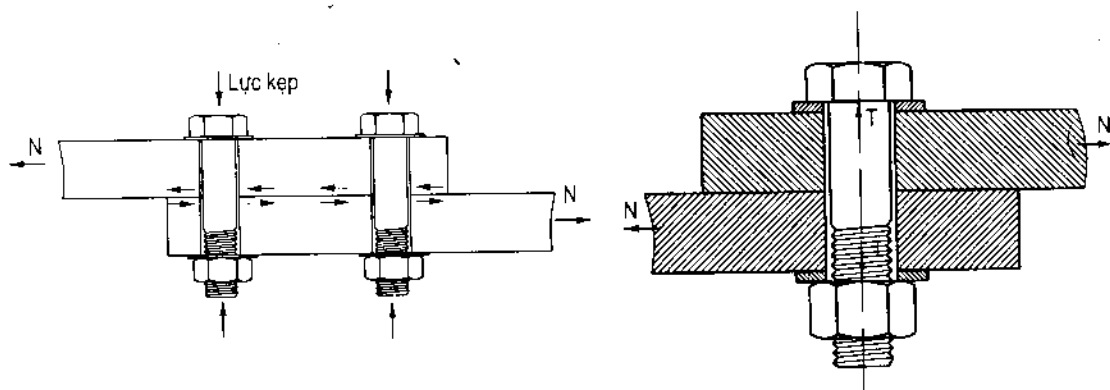
Bulông cường độ cao (BLCDC) đã được sử dụng nhiều trong kết cấu thép và ngày nay đã thay thế cho hầu hết liên kết đinh tán, kể cả các kết cấu chịu tải trọng động như

trong cầu thép, kết cấu thép nhà cao tầng, cột thép... có thể dùng thay thế cho phương pháp hàn khi chế tạo các thanh thép trong nhà máy và dùng trong sửa chữa, gia cố các công trình thép, hoặc dùng trong liên kết của kết cấu hỗn hợp thép – bê tông cốt thép. Trong một số trường hợp có thể dùng liên kết liên hợp giữa BLCĐC và keo dán, nhờ lực bám của keo dán ở các mặt tiếp xúc mà khả năng chống trượt của liên kết được tăng lên.

Trong công tác sửa chữa, gia cố kết cấu thép, BLCĐC đầu tiên được dùng để sửa chữa liên kết đinh tán vì liên kết đinh tán dễ bị lỏng dần dẫn đến phá hoại ở những nơi chịu tải trọng lặp, chịu tải trọng rung động kết hợp theo 2 phương hoặc chịu tải trọng đối xứng tại các nút, các vị trí trực tiếp chịu hoạt tải. Khi thay thế bằng các đinh tán mới thường gặp khó khăn và chi phí cao do lắp dựng dàn giáo nặng nề, đòi hỏi có thiết bị và mạng lưới cáp hơi ép (máy tán đinh dùng hơi ép). Khi thay đinh tán bằng BLCĐC sẽ thực hiện đơn giản và dễ dàng hơn, liên kết chịu lực tốt hơn, kết quả là làm tăng khả năng chịu lực của liên kết, giảm chuyển vị.

Dùng BLCĐC cho phép giảm khoảng 50% chi phí nhân công và tăng khả năng chịu tải của liên kết khoảng 30% so với liên kết đinh tán dùng thép cacbon thông thường. Thời gian thi công BLCĐC cũng nhanh hơn vì không phải quan tâm nhiều đến sự chế tạo chính xác của lỗ và đường kính thân đinh như trong liên kết đinh tán. Tuy nhiên giá của 1 bộ BLCĐC vẫn còn khá cao so với đinh tán. Do có nhiều ưu điểm nổi bật nên liên kết BLCĐC ngày càng được sử dụng rộng rãi.

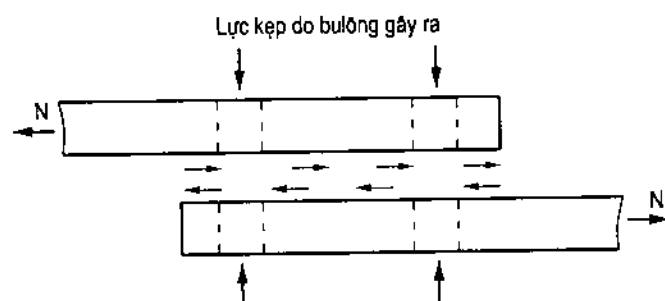
Liên kết BLCĐC cơ bản trong kết cấu thép là liên kết ma sát, nó tạo ra trạng thái ứng suất ổn định, lực truyền nhờ lực ma sát giữa các tấm ghép không cho bulông chịu cắt và chịu ép mặt. Cấu tạo như hình 3.10.



Hình 3.10: Liên kết bulông cường độ cao

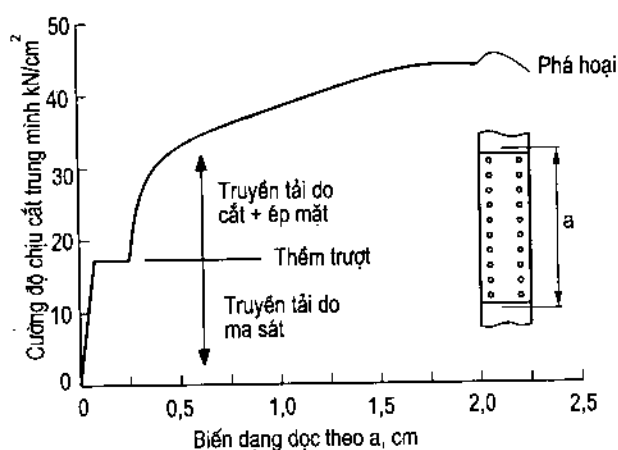
Lực kẹp chặt giữa 2 phân tố để gây lực ma sát được tạo ra bằng cách cho bulông chịu kéo dọc trục (có thể xoay đai ốc hoặc mũ bulông), khi lực kéo trong bulông đạt đến giá trị cần thiết (thường vào khoảng 70% cường độ chịu kéo tính toán của BLCĐC) lực kẹp sẽ được tạo ra để ép chặt các phân tố lại với nhau ngăn cản sự trượt giữa các mặt tiếp xúc.

Lực ma sát sinh ra ngay từ giai đoạn đầu khi có lực dọc N tác dụng lên liên kết và khi N vượt quá lực ma sát thì giữa các phân tử ghép xảy ra trượt làm cho bulông chịu cắt và ép mặt. Liên kết thường được khống chế không cho trượt, khi lực dọc N được truyền từ phân tử này sang

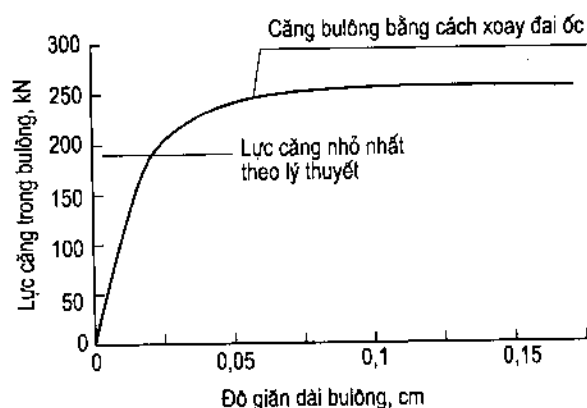


Hình 3.11: Lực ma sát do bulông căng trước gây ra

phân tử khác qua lực ma sát, bulông sẽ không chịu uốn, cắt hoặc ép mặt. Đồ thị trên hình 3.12 cho thấy mặt trượt chủ yếu tại nơi tiếp giáp các phân tử ghép chia đồ thị làm 2 phần: khi biến dạng hình học trong liên kết còn nhỏ, việc truyền tải trọng trong liên kết là nhờ lực ma sát; khi biến dạng lớn, tải trọng trong liên kết sẽ được truyền qua sức kháng cắt và ép mặt của bulông.



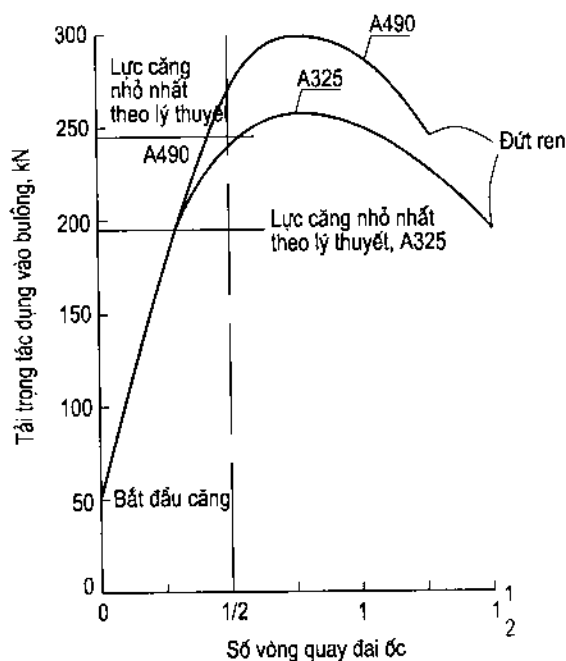
Hình 3.12: Quan hệ lực ~ biến dạng của liên kết ma sát



Hình 3.13: Quan hệ lực căng trước ~ độ giãn dài của BLCĐC

Sự phân bố ứng suất trong BLCDC khá đồng đều, không bị tập trung ứng suất ở gần lỗ như liên kết đỉnh tán nên việc truyền lực giữa các phân tố và khả năng chịu tải trọng lặp (tải trọng tác dụng có chu kỳ, gây mỏi cho kết cấu) khá tốt. Với tải trọng 2 chiều, tải trọng dao động hoặc lực va chạm tác động lên cùng 1 hệ kết cấu nhưng dùng liên kết bulông thông thường thì liên kết bị lỏng dần nhưng đối với liên kết BLCDC thì chúng chỉ chịu lực ma sát để truyền tải trọng từ phân tố này sang phân tố khác, nếu lực ma sát đủ lớn sẽ đảm bảo sự truyền lực tốt. Để đảm bảo ma sát, cần quan tâm đặc biệt đến bề mặt tiếp xúc giữa các phân tố và giá trị của lực căng trước trong bulông.

Việc tạo ứng suất kéo trong BLCDC cần được khống chế khi các tấm ghép đã được kẹp chặt (vận bằng kim xoắn đặc biệt và nhân công đảm bảo kỹ thuật). Biểu đồ dưới đây miêu tả việc khống chế ứng suất kéo trong BLCDC cho một số loại bulông.



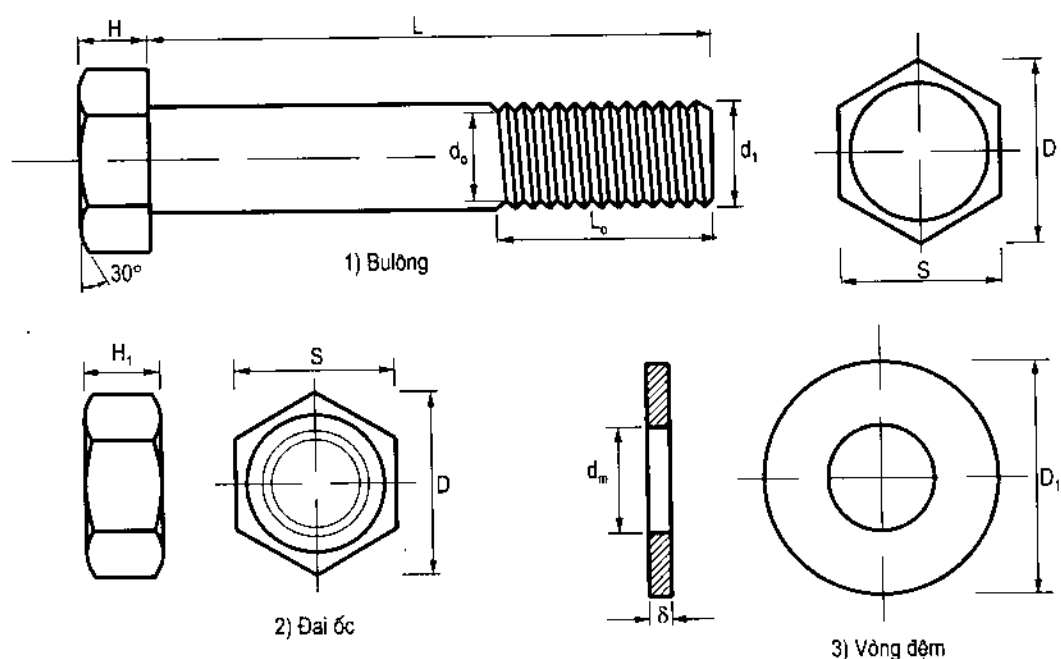
Hình 3.14: Quan hệ lực căng trước ~ số vòng xoay của đai ốc

3.3.2. Vật liệu và công nghệ chế tạo BLCDC

3.3.2.1. Cấu tạo

Một bộ BLCDC gồm có: 1. Thân bulông, 2. Đai ốc (ê-cu), 3. Vòng đệm, như hình 3.15.

Bề mặt của đầu bulông cần được gia công đặc biệt để tránh các viên gờ (ba-via), trong trường hợp gia công đơn giản có thể dùng bulông có sẵn vòng đệm với chiều dày vòng đệm vượt quá chiều cao ba via. Tác dụng chính của vòng đệm là làm giảm ma sát của đầu bulông hoặc đai ốc khi siết để tạo lực căng trong bulông và phân bố đều lực căng này trên tấm ghép, do đó vòng đệm thường làm bằng thép cứng. Kích thước BLCDC tham khảo bảng 3.4.



Hình 3.15: Hình dáng, kích thước BLCDC

Bảng 3.4. Kích thước BLCDC

Tên gọi	Đường kính tiêu chuẩn của ren (mm)		
	18	22	24
Bulông và đai ốc			
Bước ren, mm	2,5	2,5	3,0
Đường kính thân bulông d_1 , mm	18	22	24
Kích thước lưỡi clê S, mm	30	36	41
Chiều cao H đầu bulông, mm	13	15	17
Chiều cao H_1 đai ốc, mm	16	17	22
Đường kính vòng tròn ngoại tiếp D	31,6	41,6	43,7
Vòng đệm			
Đường kính lỗ d_m	19	23	25
Đường kính ngoài D_1	39	50	55
Chiều dày δ	4	6	6

Bulông, vòng đệm và đai ốc có thể làm bằng vật liệu khác nhau. Để tạo ra lực ma sát lớn cần phải kéo bulông (căng trước) với lực kéo lớn, vì vậy thường dùng bằng thép cacbon hoặc thép hợp kim có cường độ cao. Việc tạo được lực căng lớn trong bulông sẽ làm tăng lực ma sát giữa các phân tử ghép do bulông căng ép chặt chúng lại. Khi chọn vật liệu cần dựa trên tính toán kinh tế kích thước mặt cắt liên kết và phương thức tác dụng của lực, dựa vào thiết bị và công nghệ lắp dựng và các yếu tố có liên quan cũng như lực căng quy định của bulông. Ở bảng 3.5 ghi một số vật liệu dùng để chế tạo BLCDC.

Bảng 3.5. Vật liệu chế tạo bulông cường độ cao

Kiểu bulông (chỉ số quy trình kỹ thuật)	Mác và loại thép	Thành phần hoá học (%)						Cường độ kéo đứt giới hạn (daN/mm ²)
		C	Si	Mn	Cr	P	S	
BCH 133-66 và MPTY 14-6-8-66 (Liên Xô cũ)	40X (hợp kim)	0,36 - 0,99	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	0,80 - 1,10	≤ 0,035	≤ 0,035	110 ≤ 130
CH 299-64 (Liên Xô cũ)	CT-35 và CT-40 (thép cacbon)	0,32 - 0,40 0,37 - 0,45	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	≤ 0,040	≤ 0,040	≥ 89
A-325 (Mỹ)	Thép cacbon	≥ 0,30	-	-	-	≤ 0,04	≤ 0,05	≥ 84
A-490 (Mỹ)	Thép hợp kim	0,30 - 0,48	Thành phần hoá học và mác của thép hợp kim do người chế tạo quy định			≤ 0,04	≤ 0,04	105 - 126
10K (Đức)	Thép hợp kim	0,37	0,32 - 0,34	0,63	0,82 - 0,83	≤ 0,035	≤ 0,035	≥ 100

3.3.2.2. Vật liệu chế tạo BLCĐC

Cường độ tính toán của BLCĐC là cường độ được tính theo diện tích mặt cắt ngang của bulông theo đường kính trong của ren được xác định như sau:

$$F_t = \frac{\pi}{16} (d_1 + d_2)^2$$

trong đó: d - đường kính tiêu chuẩn của bulông;

d_1 - đường kính trong của ren bulông;

d_2 - đường kính trung bình của ren bulông;

n - số vòng răng trên đơn vị dài.

Điều kiện làm việc của đai ốc khác hẳn với điều kiện làm việc của bulông, ứng suất lớn nhất của đai ốc phân bố trên bề mặt phân ren, có thể chế tạo bằng thép rẻ tiền để tiết kiệm.

Vòng đệm có tác dụng giảm ma sát và làm cho lực ép của bulông phân bố đều lên phân tử ghép, tránh được ứng suất do xoắn trong bulông trong quá trình siết bulông để tạo lực căng. Yêu cầu vòng đệm phải cứng nên thường được chế tạo bằng thép cường độ cao như CT5, 35L, hoặc 40X và qua xử lý nhiệt để đảm bảo độ cứng theo yêu cầu kỹ thuật.

Bulông thường dùng các đường kính 18, 22, 24 mm chế tạo bằng thép cường độ cao. Các quy định về dung sai của kích thước và cấp chính xác cũng như với bulông thường.

3.3.2.3. Đặc trưng cơ học của BLCĐC

Tính chất cơ học của BLCĐC được quyết định bởi chế độ xử lý nhiệt (ram lửa). Ví dụ khi nhiệt độ thay đổi từ 550°C đến 350°C sức chịu tải của thép 40X tăng từ 9000 đến 17000 daN/cm². Khi cường độ tăng, tính dẻo của thép giảm, xử lý nhiệt có thể gây ra trạng thái giòn của thép.

Ví dụ thép 40X sau khi xử lý nhiệt có thể đạt:

Giới hạn bền : $\sigma_b = 10000 \text{ daN/cm}^2$

Giới hạn chảy: $\sigma_c = 8500 \text{ daN/cm}^2$

Độ dẫn dài tương đối: $\epsilon_{td} = 10\%$

Tuỳ theo yêu cầu của công trình các chỉ tiêu trên có thể thay đổi để nâng cao giới hạn bền cho thích hợp nhằm nâng cao lực căng trong bulông.

Khi xử lý nhiệt ở 350°C ~ 300°C, bulông có giới hạn bền có thể cao hơn nhưng không đảm bảo tính dẻo và có thể bị phá huỷ giòn: đầu bulông bị đứt trong quá trình siết chặt, khi sử dụng gây bất lợi cho công trình và tốn kém về mặt kinh tế. Hình thức phá hoại giòn trong công trình thực tế theo số liệu quan trắc chiếm khoảng 0,5 ~ 2% .

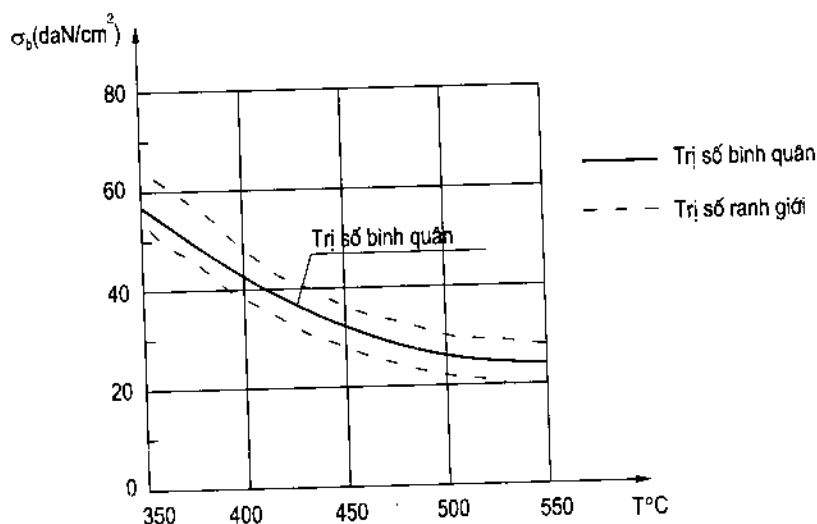
Các nghiên cứu cho thấy tiêu chuẩn sau là hợp lý:

$$\sigma_b = 12000 \sim 14000 \text{ daN/cm}^2$$

$$\epsilon_{10} \geq 8\%$$

$$a_n \leq 5 \text{ daN/cm}^2 \text{ (} a_n \text{ là độ dai chịu xung kích)}$$

Quan hệ giữa xử lý nhiệt và giới hạn bền σ_b của BLCDC thể hiện ở hình 3-16.



Hình 3.16: Quan hệ T° và σ_b của mẫu xử lý nhiệt

3.3.2.4. Cơ sở công nghệ chế tạo BLCDC

BLCDC dùng thép hợp kim hoặc thép cacbon cường độ cao, khi tạo ren cho bulông có thể dùng các phương pháp:

- Làm ren theo phương pháp tiện: thép tròn được cắt ngang thành phôi, gia công trên máy tiện, nung nóng trong lò nung bằng dầu ma dút và dập đầu bulông trên máy ép ma sát bằng khuôn dập liền khối, tiếp theo là gia công cơ khí bằng máy phay và bỏ lớp bavaria ở đầu bulông, sau đó tiện ren trên máy tiện tự động.

- Làm ren bằng phương pháp cán: Bulông đã được tạo hình phải qua gia công nhiệt luyện bằng cách nung nóng bulông để tới ở nhiệt độ 860°C trong 15 giờ và ủ với nhiệt độ khoảng $450 \sim 500^\circ\text{C}$. Tùy hàm lượng cacbon có trong thép mà tăng giảm nhiệt độ và nhiệt luyện theo nhóm mác thép, sau đó làm nguội trong dầu.

Đai ốc có thể dập nóng từ thép tấm sau đó nhiệt luyện theo công nghệ trên.

Vòng đệm được chế tạo bằng phương pháp dập nóng, gia công nhiệt luyện bằng lò điện. Các sản phẩm sau khi chế tạo được phủ mỡ bảo quản và đóng gói.

3.3.4. Nguyên tắc tính toán liên kết BLCDC

3.3.4.1. Xác định lực căng bulông và chùng ứng suất

Trong liên kết ma sát, trạng thái ứng suất của BLCDC được quyết định chủ yếu do giai đoạn căng bulông ban đầu (gây kéo dọc trục bulông). Do trong quá trình sử dụng,

phân tố ghép đang bị bulông ép chặt có sự thay đổi nội lực hoặc hệ số dẫn dài của bulông và phân tố ghép khác nhau thường làm cho lực căng trong bulông giảm đi, hoặc đối với tải trọng lặp ở mức độ cao, lực căng trong bulông có thể bị giảm đi do có lực phụ tác dụng lên ren của đai ốc và vòng đệm, dẫn đến sự hao tổn lực căng gọi là sự chùng ứng suất.

Siết bulông hoặc đai ốc với momen M_{kp} sẽ tạo cho bulông nội lực dọc N. Momen M_{kp} hợp bởi 3 thành phần:

- Mômen M_H : tạo ra sức căng trong bulông, trong trường hợp lý tưởng không ma sát nó chính là momen toàn bộ gây ra lực dọc N:

$$M_H = Nr \operatorname{tg} \alpha$$

trong đó: r - bán kính giữa của ren;

α - góc nhô của ren.

Công của M_H bằng công biến dạng của lực kéo N của bulông.

- Mômen M_p do lực ma sát gây ra trong ren của đai ốc và của bulông:

$$M_p = N f_1 r$$

với: f_1 - hệ số ma sát ở mặt ren.

- Mômen M_T của lực ma sát theo mặt tựa của đai ốc (hoặc của đầu bulông) khi siết bulông:

$$M_T = N \cdot f_2 \cdot r_0$$

với: f_2 - hệ số ma sát theo mặt tựa tiếp xúc của đai ốc (hoặc của đầu bulông);

r_0 - bán kính trung bình mặt tựa đai ốc (hoặc của bulông).

Mômen xoắn M_{kp} gây ra ứng suất tiếp trong thân bulông và bằng:

$$M_{kp} = M_H + M_p$$

Khi đó ứng suất tại mặt cắt giảm yếu của bulông:

$$\sigma = \frac{4N}{\pi d_1^2}, \quad \tau = \frac{16M_{kp}}{\pi d_1^3}$$

với d_1 là đường kính tại mặt cắt giảm yếu.

Ứng suất: $\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_c$ của bulông

Số liệu thí nghiệm cho thấy căng bulông bằng cách siết sẽ giảm lực giới hạn kéo đứt so với lực kéo trực tiếp (với bulông làm bằng thép cường độ cao giảm khoảng (15 ÷ 20%), còn nếu căng bulông bằng cách siết để nó chưa đến phá hoại, sau đó cho kéo trực tiếp đến khi phá hoại thì cường độ phá hoại (lực giới hạn kéo đứt) vẫn không bị giảm sút.

Như vậy ta có thể tìm được lực căng tính toán của bulông sao cho bulông không bị giảm cường độ phá hoại, tức là lực căng tạo ra khi siết không làm đứt bulông thì khi sử dụng bulông cũng sẽ không đứt.

Có thể sử dụng công thức sau xác định lực căng trong bulông:

$$N_c = 0,6F_t R^c$$

trong đó: F_t - diện tích mặt cắt giảm yếu;

0,6 - hệ số đã bao gồm m, k_0 , n;

R^c - cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của bulông.

Điều quan trọng cơ bản là cần phải xác định một lực căng định mức sao cho ứng suất trong bulông không vượt quá giới hạn chảy hoặc giới hạn đàn hồi và khi thực hành phải đảm bảo lực căng thực tế không được nhỏ hơn lực căng định mức để đảm bảo sức chịu tải của liên kết ma sát.

Tiêu chuẩn ở nhiều nước phát triển cho phép lấy trị số lực căng bằng 0,7 sức chịu kéo đứt giới hạn của bulông (tham khảo bảng 3.6).

Bảng 3.6. Lực căng trước của bulông cường độ cao (tiêu chuẩn Mỹ)

Đường kính bu lông	Loại bu lông 325M		Loại bu lông 490M	
	Lực căng (kN)	Khả năng chịu kéo nhỏ nhất (kN)	Lực căng (kN)	Khả năng chịu kéo nhỏ nhất (kN)
M16	90	130	114	163
M20	142	203	179	255
M22	176	251	221	315
M24	205	293	257	367
M27	267	381	334	477
M30	326	466	408	583
M36	475	678	595	850

Trong một số trường hợp đặc biệt có thể cho phép lực căng bulông quá mức so với lực căng định mức để sử dụng vật liệu hiệu quả hơn. Khi lực ép lên các phân tố ghép còn được duy trì thì giá trị lực căng trong bulông là phần nhỏ so với ngoại lực tác dụng lên bulông, nhất là đối với tải trọng lặp. Khi giữa các phân tố ghép có khe hở thì lực trong bulông sẽ bằng ngoại lực và từ đó khi tải trọng tăng lên thì lực của bulông sẽ tăng lên tỉ lệ.

Nghiên cứu cho thấy giới hạn trên của ứng suất mà sau khi đã xảy ra giá trị này thì quan hệ giữa lực căng trong bulông và độ tăng của tải trọng là quan hệ tuyến tính, bằng 80% trị số lực căng ban đầu của bulông. Nếu tải trọng lặp tác dụng không vượt quá 80% lực căng ban đầu thì liên kết sẽ làm việc trong giai đoạn đàn hồi (khi ứng suất trong bulông nhỏ hơn giới hạn chảy). Khi đó biến dạng của liên kết tăng chậm.

* *Chùng ứng suất căng trước trong bulông:*

- Mất mát do chùng ứng suất có ảnh hưởng quyết định đến sức chịu tải của liên kết nên khi tính toán cần phải xem xét đến sự tổn hao này.

Thí nghiệm chứng tỏ độ giảm lực căng do chùng ứng suất có thể lấy khoảng 10% lực căng ban đầu. Thời gian gây mất mát do chùng ứng suất chủ yếu ở giai đoạn vài ngày đầu ngay khi thi công xong, tổn hao ứng suất có thể từ 5 ~ 10% tùy theo giá trị lực căng ban đầu trong bulông. Quy phạm cho phép lấy chùng ứng suất trong BLCĐC bằng 5% lực căng ban đầu với bulông căng đúng định mức và 10% đối với bulông căng quá định mức.

3.3.4.2. Điều chỉnh lực căng trong bulông

Phương pháp điều chỉnh lực căng trong bulông rất quan trọng trong thực hành cũng như tính toán. Phương pháp cần phải đủ chính xác, mặt khác phải đơn giản, dễ dàng và không tổn sức lao động.

- Thường bulông được điều chỉnh lực căng trong quá trình siết bulông. Có thể điều chỉnh bằng các biện pháp sau:

- + Điều chỉnh theo trị số của momen siết;
- + Điều chỉnh theo góc xoay của đai ốc (hoặc đầu bulông);
- + Điều chỉnh theo phương pháp so sánh với biến dạng của thanh trung gian.

* *Điều chỉnh theo trị số momen siết:*

Siết bulông với momen M để tạo lực căng dọc N trong bulông:

$$M = k.N.d$$

trong đó: d - đường kính bulông (mm);

N - lực dọc do M gây ra trong bulông (kN);

k - hệ số siết phụ thuộc các thông số hình học của bulông đai ốc (liên quan đến hệ số ma sát ở ren và mặt tựa đai ốc), k được xây dựng bằng thực nghiệm.

Bảng 3.7. Hệ số siết k xác định qua thực nghiệm

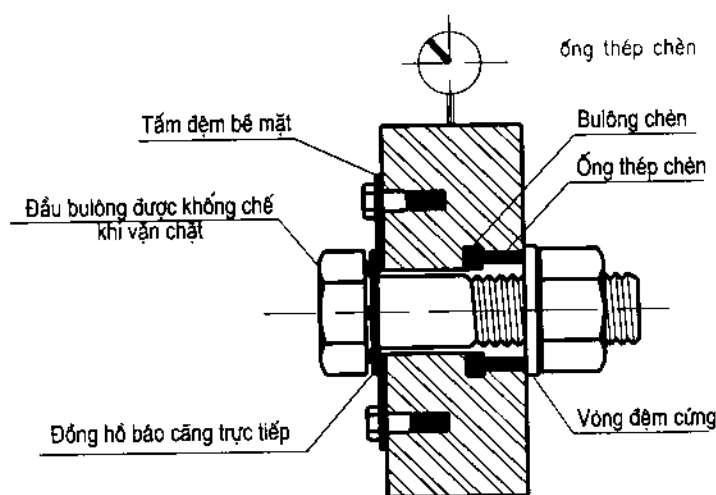
Chi tiết	Loạt thí nghiệm					
	1	2	3	4	5	6
Nhiệt độ ram °C của bulông	350	400	450	500	550	550
của đai ốc	350	400	450	500	550	550
Sức chịu giới hạn của bulông (daN/mm ²)	164	143	129	111	105	-
Hệ số siết	0,172	0,166	0,171	0,167	0,174	0,159

Để xác định ổn định hệ số siết k thông qua thí nghiệm tại hiện trường của từng loại bulông. Cần phải xác định rõ hệ số k trong khi lắp ráp kết cấu thép và phải hiệu chỉnh cờ lê lực hoặc máy siết đai ốc. Qua thực nghiệm xác định được $k = 0,17 \sim 0,19$.

Thí nghiệm cũng cho thấy tuy cường độ trong bulông biến thiên trong một khoảng rộng nhưng hệ số siết thay đổi rất ít.

** Điều chỉnh lực căng theo góc xoay của đai ốc:*

Ngoài cách lập biểu đồ "Tải trọng - biến dạng" như trên, ta còn lập được biểu đồ "Tải trọng - số vòng quay của đai ốc". Biểu đồ được vẽ theo số liệu thí nghiệm và có được lực căng quy định của bulông tương ứng với số vòng quay của đai ốc. Theo phương pháp này thường siết bulông làm 2 đợt: đợt 1 siết cho các phân tố ép sát vào nhau với độ khít đạt được yêu cầu gọi là siết sơ bộ (kết thúc khi cờ lê hơi ép bắt đầu làm việc ở vị trí va đập, $M \approx 950 \sim 1000 \text{ daNcm}$). Sau đó siết thêm từ 1/2 đến 2/3 vòng (nếu nhiều tấm ghép và có mặt nghiêng cho phép góc siết lên đến 4/3 vòng, nếu siết thêm 2 đến 3 vòng xoay nữa là bulông sẽ bị phá hoại). Có thể kiểm tra lực căng trong bulông bằng thiết bị thủy lực như hình 3.17.



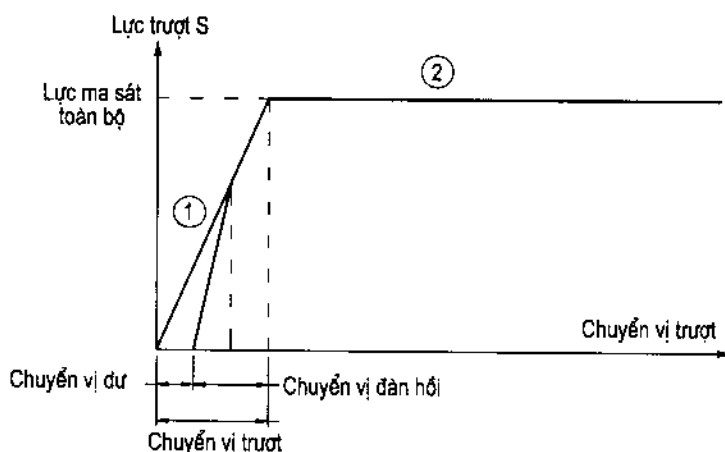
Hình 3.17: Kiểm tra căng BLCDC bằng thiết bị thủy lực

3.3.4.3. Trạng thái giới hạn của BLCDC

1. Trạng thái giới hạn của liên kết ma sát

Đặt tải trọng vào liên kết ma sát và quan sát biến dạng theo tải trọng ta có biểu đồ công của lực ma sát.

Trên biểu đồ công của lực ma sát: ở phần đầu biến dạng tăng theo tải trọng, phần thứ hai là trượt toàn bộ, tương ứng với nó xác định được lực ma sát toàn phần, chuyển vị ngay trước khi trượt toàn bộ gọi là chuyển vị trước.



Hình 3.18: Biểu đồ công của lực ma sát

Khi chất tải 1 lần và dỡ tải, chuyển vị trước có 2 phần: chuyển vị đàn hồi và chuyển vị dư, trong trường hợp tải trọng lặp nhiều lần, biến dạng dư chỉ xuất hiện trong vài chu trình đầu, về sau chỉ còn chuyển vị đàn hồi.

Khi trượt toàn bộ, chuyển vị xảy ra không đều theo thời gian, có thể có bước nhảy, đặc biệt rõ ràng khi lực ép chặt tại mặt tiếp xúc càng cao và độ nhám càng lớn. Đặc tính lý học của ma sát rất phức tạp, liên quan chặt chẽ với các yếu tố biến dạng và lực hút phân tử. Khi bắt đầu biến dạng có sự xâm nhập lẫn nhau của vật liệu do có lực ép khít các bề mặt tiếp xúc gồ ghề, biến dạng này dưới tác dụng của lực trượt, gồm: ở biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và tách dần vật liệu.

Biến dạng đàn hồi là quá trình phục hồi được nguyên dạng, xác định phần đàn hồi của chuyển vị trượt, 2 thành phần kia là biến dạng dư. Trong quá trình ma sát biến dạng dẻo đóng vai trò chính.

Do tính không đồng nhất của mặt tiếp xúc làm cho biến dạng có bước nhảy và do vậy sức chống trượt thay đổi đột ngột.

Trong biểu đồ công của lực ma sát trị số chuyển vị trước xác định khoảng 0,005 ~ 0,03mm theo các số liệu thí nghiệm trong trường hợp mặt tiếp giáp coi là cứng tuyệt đối (bỏ qua biến dạng dọc của bản thân) chuyển vị của tấm ghép xác định được như sau (xem hình 3.19):

Kí hiệu $t = \frac{N}{a}$ (ứng suất trên chiều dài liên kết do lực dọc gây ra, coi là phân bố đều).

Nội lực trong tấm ghép 1: $N_{x1} = N - t(a - x) = N \frac{x}{a}$

Nội lực trong tấm ghép 2: $N_{x2} = N \left(1 - \frac{a}{x} \right)$

Độ dẫn dài (biến dạng) của tấm ghép 1:

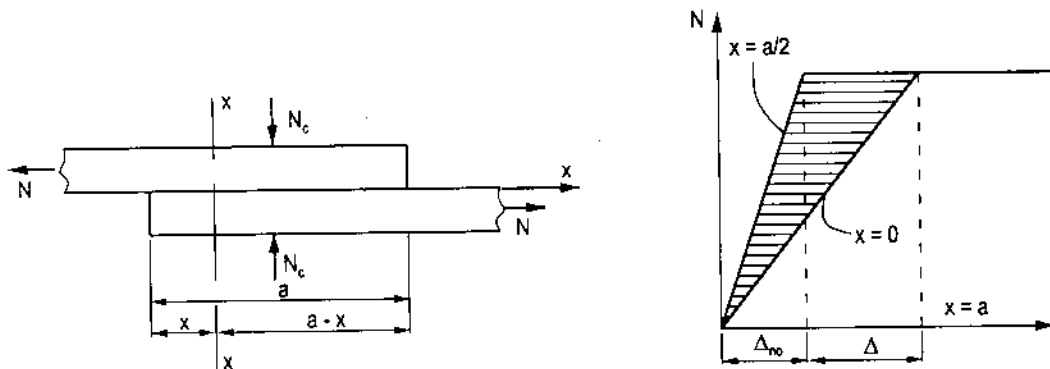
$$\Delta_{x1} = \int_x^a \frac{N_{x1}}{EF} dx = \frac{N}{2aEF} (a^2 - x^2)$$

trong đó: F - diện tích mặt cắt của tấm ghép;

E - môđun đàn hồi của tấm ghép.

Độ dẫn dài của tấm ghép 2 là:

$$\Delta_{x2} = \int_0^x \frac{N_{x2}}{EF} dx = \frac{N \cdot x}{EF} \left(1 - \frac{x}{2a} \right)$$



Hình 3.19: Tải trọng tác dụng và biểu đồ trượt của liên kết ma sát

Vậy chuyển vị tương hỗ của tấm ghép do biến dạng đàn hồi gây ra là:

$$\Delta = \Delta_{x1} - \Delta_{x2} = \frac{N}{2EF} (a - 2x)$$

Ở giữa đoạn tiếp xúc $\left(x = \frac{a}{2} \right)$ chuyển vị tương hỗ do biến dạng đàn hồi bằng 0, ở các điểm ngoài cùng ($x = 0, x = a$), chuyển vị trượt là:

$$\Delta = \frac{Nx}{2EF} = \frac{\sigma a}{2E} \text{ với } \sigma = \frac{N}{F} \text{ là ứng suất của tấm ghép ngoài miền tiếp xúc.}$$

Do đó chuyển vị của tấm ghép ở tâm của diện tích tiếp xúc bằng trị số chuyển vị trước Δ_{no} , tại mặt cắt bất kỳ, chuyển vị trượt theo chiều dài của diện tích tiếp xúc Δ_u được xác định theo: $\Delta_u = \Delta + \Delta_{no}$.

Ví dụ: với $\sigma = 2000 \text{ daN/cm}^2$

$a = 50 \text{ cmg}$

$E = 2 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$

Ta xác định được $\Delta = 0,25 \text{ mm}$ (lớn hơn chuyển vị trước khá nhiều).

Biểu đồ chịu tải của liên kết bulông cường độ cao gồm 2 đoạn: chuyển vị ban đầu và trượt toàn bộ, có đoạn bulông chịu cắt và ép mặt. Sự làm việc của liên kết BLCĐC có đặc điểm: Tại chỗ siết BLCĐC, khi đo khe hở thấy không đồng đều, nên ứng suất trong các phân tố ghép không hoàn toàn phân bố đều theo chiều dài liên kết và nội lực có thể truyền qua từng hàng bulông. Nghiên cứu cho thấy biến dạng trượt tăng từ chính giữa ra các mép, tại các mép có thể đạt $\Delta = 0,2 \sim 0,3\text{mm}$, còn tại các tâm liên kết (hàng bulông ở giữa) là giá trị chuyển vị xác định biến dạng chung của toàn bộ công trình.

Qua đo đạc ta có thể so sánh biến dạng trượt của liên kết BLCĐC và liên kết đinh tán được xác định theo bảng dưới đây:

Bảng 3.8. Biến dạng trượt

Giai đoạn làm việc của liên kết	Biến dạng trượt (mm)		
	BLCĐC	Đinh tán	
		Thép cacbon	Thép hợp kim thấp
Bắt đầu trượt toàn bộ (c/v ban đầu)	0,005 - 0,1	0,005 - 0,1	0,005 - 0,1
Xuất hiện trạng thái chảy	2 - 4	0,25	0,7
Xuất hiện trạng thái phá hoại	20 - 30	4,0	1,5

2. Hệ số ma sát của liên kết ma sát

- Hệ số này ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố: Trạng thái mặt tiếp xúc, tính chất lớp phủ của mặt tiếp xúc, mức thép, giá trị ứng suất do lực ép gây ra... Hệ số ma sát tăng cần phải có bề mặt sạch, nhám, không sơn, không bám dầu, mỡ nên cần phải gia công mặt tiếp xúc bằng phun cát hoặc phương pháp hóa học tẩy sạch bề mặt.

Hệ số ma sát càng cao sức chống trượt của liên kết ma sát càng lớn.

Có thể tham khảo trị số bình quân của hệ số ma sát đã được thử nghiệm:

Tính chất bề mặt	Hệ số ma sát
Bề mặt han gỉ	0,48
Bề mặt han gỉ được chải sạch	0,51
Gia công phun cát	0,47
Vảy thép cán	0,30
Mạ kẽm	0,26
Sơn chống gỉ	0,11

- Ảnh hưởng của cường độ thép:

Với thép mác 4000-5000 daN/cm² và thấp hơn (CT3, 15 XCH...), hệ số ma sát gần giống nhau. Với thép mác 6000 daN/cm², hệ số ma sát cao hơn 20%.

Qua nghiên cứu người ta xác định các hệ số ma sát tiêu chuẩn và tính toán theo bảng sau:

Bảng 3.9. Hệ số ma sát

Trạng thái mặt tiếp xúc	Hệ số ma sát		Hệ số đồng nhất k
	Tiêu chuẩn	Tính toán	
- Gia công phun cát	0,57	0,42	0,74
- Gia công hơi nóng	0,42	0,27	0,64
- Có vảy cán mới xuất xưởng, hoặc sau khi tẩy sạch gỉ bằng bàn chải	0,33	0,18	0,55

3. Trạng thái giới hạn của liên kết bulông cường độ cao

Qua phân tích sự làm việc của liên kết BLCĐC có thể định nghĩa khái niệm trạng thái giới hạn (TTGH) của liên kết:

TTGH của liên kết ma sát là trạng thái mà khả năng chịu lực của liên kết nhờ ma sát đã được tận dụng hết, tương ứng với thời điểm bắt đầu có sự trượt toàn bộ theo hàng bulông ở giữa.

3.3.4.4. Tính toán liên kết ma sát BLCĐC theo TTGH

Trạng thái giới hạn xảy ra khi có trượt toàn bộ xuất hiện theo hàng bulông ở giữa. Để đảm bảo liên kết ma sát không trượt:

$$N \leq n_1 n_2 m_1 m_2 k_0 N_c f_{ms}$$

trong đó: N - lực trượt tác dụng lên liên kết do tải trọng tính toán gây ra;

n_1 - số lượng BLCĐC trong liên kết;

n_2 - số mặt ma sát có hiệu quả;

m_1 - hệ số điều kiện làm việc chung;

m_2 - hệ số điều kiện làm việc của liên kết, có kể đến số lượng bulông;

N_c - sức căng tiêu chuẩn của bulông;

k_0 - hệ số đồng chất chung, kể đến sai lệch của lực căng bulông N_c và của hệ số ma sát so với hệ số tiêu chuẩn;

f_{ms} - hệ số ma sát tiêu chuẩn.

Vế phải của biểu thức trên là khả năng chịu trượt tính toán của liên kết nói chung. Trong thực hành tính toán thiết kế thường dùng khả năng chịu lực của một BLCĐC trên một mặt ma sát:

$$N_1 = \frac{N}{n_1 n_2} \leq N_{ms} = k m_2 N_c f_{ms}$$

trong đó: N_{ms} - khả năng chịu lực của 1 BLCĐC trong liên kết ma sát theo 1 mặt ma sát;

k - hệ số đồng nhất chung, bao gồm cả hệ số điều kiện làm việc $m_1 = 0,9$.

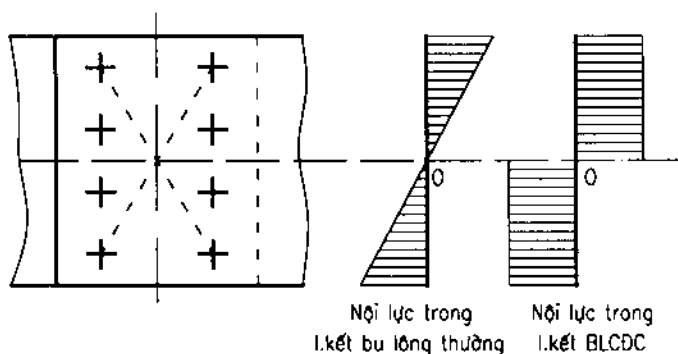
f_{ms} - hệ số ma sát tiêu chuẩn.

Khi dùng hệ số đồng nhất tổng hợp cả 2 hệ số k và m_2 , công thức tính toán có dạng đơn giản hơn:

$$N_l \leq N_{ms} = 0,78 N_c f_{ms}$$

0,78 - hệ số đồng nhất tổng hợp;

N_c - lực căng tiêu chuẩn trong bulông (thường từ 130 - 240 kN) tùy thuộc vật liệu.



Hình 3.20: Biểu đồ nội lực trong liên kết BLCDC

Tính liên kết ma sát chịu tác dụng của momen:

Khác với liên kết bulông thường hoặc liên kết đinh tán, ở liên kết ma sát của BLCDC nội lực trong mỗi BLCDC do M gây ra là như nhau khi liên kết ma sát bị phá hỏng (sinh ra trượt hoàn toàn) chuyển vị của các bulông ở ngoài có thể đến 0,2 ~ 0,3mm thì liên kết ma sát vẫn làm việc bình thường. Khi đó, các bulông đều được tận dụng hết khả năng chịu lực, biểu đồ nội lực trong liên kết BLCDC phân bố theo hình chữ nhật, lực tác dụng lên mỗi bulông bằng nhau và xác định như sau:

$$M = N_M(e_1 + e_2 + \dots + e_n) = N_M \sum_{i=1}^{i=n} e_i$$

trong đó: e_i là khoảng cách từ trọng tâm liên kết tới bulông thứ i .

Lực tác dụng lên mỗi bulông là:

$$N_M = \frac{M}{\sum_{i=1}^{i=n} e_i}$$

Lực cắt Q và lực dọc N (nếu có) được coi như phân bố đều trên mỗi BLCDC.

$$N_N = \frac{N}{n}, \quad N_Q = \frac{Q}{n}$$

trong đó: n - số lượng BLCDC trong liên kết.

Điều kiện để liên kết đảm bảo an toàn:

$$N_1 = \frac{N_{\max}}{n_2} \leq N_{ms} = 0,78 \cdot N_c \cdot f_{ms}$$

trong đó: $N_{\max} = |\overline{N_M} + \overline{N_Q} + \overline{N_N}|$.

Với liên kết bulông chịu kéo, có thể tính toán bulông chịu kéo như liên kết bulông thông thường và có thể đưa vào một hệ số điều kiện làm việc $m_s = 0,80 \sim 0,85$ để xét đến nội lực gây kéo trong bulông trùng với phương của lực căng trước của bulông. Thông thường lực kéo này không được vượt quá 50% lực căng ban đầu.

Ví dụ 3.4: Tính toán liên kết ma sát dùng bulông cường độ cao cho như hình 3.21. Cho biết liên kết chịu lực dọc $N = 800 \text{ kN}$, đường kính bulông $d = 22 \text{ mm}$, cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của bulông $R_H = 12000 \text{ daN/cm}^2$, bề mặt tiếp xúc được làm sạch bằng gia công phun cát.

Giải:

Khả năng chịu lực do ma sát của 1 bulông trên 1 mặt tiếp giáp:

$$N_{ms} = k m_2 N_c f_{ms} = 0,78 N_c f_{ms}$$

trong đó: f_{ms} là hệ số ma sát tiêu chuẩn, với bề mặt gia công phun cát;

$$f_{ms} = 0,57 \text{ (bảng 3.9).}$$

Lực căng trước trong bulông:

$$N_c = 0,6 F_1 R^c = 0,6 \cdot 2,81 \cdot 12000 = 20569,2 \text{ daN}$$

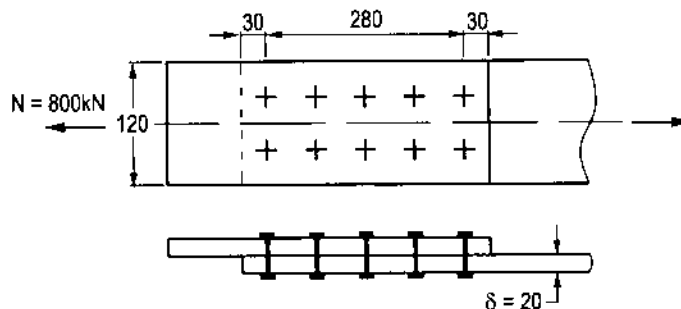
($F_1 = 2,81 \text{ cm}^2$: diện tích giảm yếu của bulông theo đường kính phần ren d_1)

Do đó: $N_{ms} = 0,78 \cdot 0,57 \cdot 20569,2 = 9145,1 \text{ daN}$

Số bulông cần thiết:

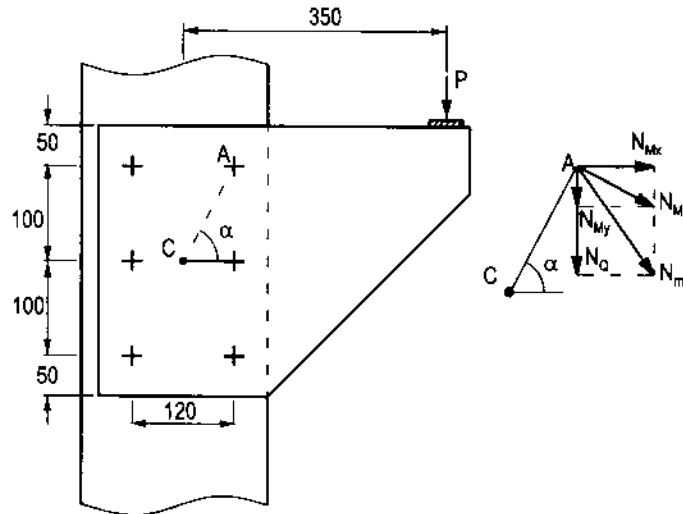
$$n = \frac{N}{N_{ms}} = \frac{80000}{1 \times 9145,1} = 8,74, \text{ trong đó } n_2 = 1$$

Chọn 10 bulông và bố trí như hình 3.21.



Hình 3.21

Ví dụ 3.5: Liên kết ma sát BLCĐC cho như hình 3.22 chịu tác dụng của lực $P = 90$ kN, đường kính bulông $d = 24$ mm, cường độ chịu kéo tiêu chuẩn $R^c = 13500$ daN/cm², mặt tiếp giáp được tẩy sạch bằng bàn chải. Kiểm tra liên kết.



Hình 3.22

Giải:

Do lực P tác dụng lệch tâm đối với trọng tâm của liên kết nên nội lực trong liên kết gồm cả mô men M và lực cắt Q do P gây ra.

Nội lực: $M = 90 \times 35 = 3150$ kNcm

$Q = 90$ kN

Lực tác dụng lên 1 bulông:

$$N_M = \frac{M}{\sum_{i=1}^n e_i} = \frac{3150}{2 \times 6 + 4 \times 11,66} = 53,71 \text{ kN},$$

($e_1 = 6$ cm, $e_2 = \sqrt{6^2 + 10^2} = 11,66$ cm)

$$N_Q = \frac{90}{6} = 15 \text{ kN}$$

Tổng hợp nội lực:

$$N_{\max} = \sqrt{N_{Mx}^2 + (N_{My} + N_Q)^2} = \sqrt{50,38^2 + (27,64 + 15)^2} = 66 \text{ kN}$$

trong đó: $N_{Mx} = N_M \sin \alpha = 53,71 \cdot \frac{10}{11,66} = 50,38$ kN

$$N_{My} = N_M \cos \alpha = 53,71 \frac{6}{11,66} = 27,64 \text{ kN}$$

Tính khả năng chịu lực của 1 bulông do ma sát trên 1 mặt tiếp giáp:

$$N_{ms} = 0,78 N_c f_{ms}$$

Lực căng: $N_c = 0,6 F_t R^c = 0,6 \times 3,24 \times 13500 \times 1 = 262,44 \text{ kN}$

$$f_{ms} = 0,33 \text{ (hệ số ma sát tiêu chuẩn trong bảng 3.9)}$$

Tính được:

$$N_{ms} = 0,78 \times 262,44 \times 0,33 = 67,55 \text{ kN}$$

So sánh: $N_1 = \frac{N_{\max}}{n_2} = N_{\max} = 66 \text{ kN} < N_{ms} = 67,55 \text{ kN}$, số mặt tiếp giáp là $n_2 = 1$.

Liên kết an toàn.

Chương 4

DẦM THÉP

4.1. KHÁI NIỆM

4.1.1. Hình thức dầm

Dầm là một cấu kiện chủ yếu chịu uốn. Nó là một trong những cấu kiện cơ bản của kết cấu thép. Dầm được sử dụng rộng rãi trong kết cấu nhà cửa, cầu, trong các kết cấu cửa van phẳng, cửa van hình cung của công trình thủy lợi...

Dầm thường có tiết diện chữ I, vì loại tiết diện này có mômen chống uốn lớn hơn so với các loại tiết diện khác cùng

diện tích. Dầm chữ I chia làm hai loại, dầm định hình và dầm ghép (hình 4.1a và b).

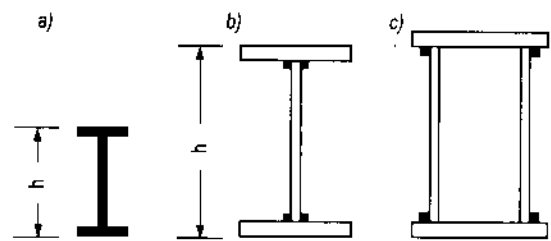
Dầm định hình có ưu điểm là tiết kiệm công chế tạo, liên kết đơn giản nhưng nhược điểm là độ dày của bản bụng lớn quá yêu cầu về cường độ và ổn định cục bộ, tuy nhiên dầm định hình vẫn được sử dụng phổ biến, chỉ khi không thể dùng được dầm định hình mới dùng dầm ghép.

Dầm ghép được tạo bởi các bản thép, liên kết với nhau bằng hàn hoặc đinh tán. Dầm hàn dễ chế tạo, do đó thường hay dùng, trong chương này chỉ trình bày dầm hàn. Dầm ghép có thể chế tạo với các kích thước lớn, tiết diện dầm có thể thay đổi theo chiều dài, do đó tiết kiệm được vật liệu. Dầm chữ I có nhược điểm là độ cứng trong mặt phẳng thẳng góc với bản bụng nhỏ, chịu uốn trong mặt phẳng này kém, chịu xoắn kém và dễ mất ổn định tổng thể, do đó cần phải có liên kết theo phương ngang.

Nếu trong trường hợp không đặt được hệ giằng ngang hoặc dầm chịu uốn trong hai mặt phẳng, hoặc chịu xoắn, hoặc chiều cao dầm bị giới hạn, thì có thể dùng dầm có mặt cắt hình hộp (hình 4.1c). Dầm hình hộp là dầm ghép có hai bản bụng, nên khả năng chịu uốn theo phương ngang, chịu xoắn và ổn định tổng thể tốt.

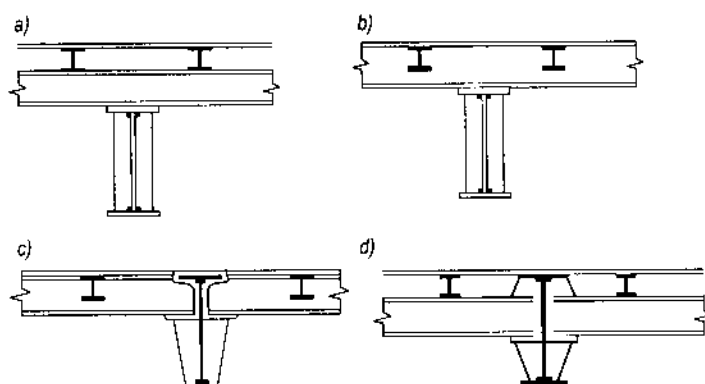
4.1.2. Cách bố trí hệ dầm

Hệ dầm là một kết cấu không gian gồm dầm chính, dầm phụ bố trí thẳng góc với nhau. Dầm phụ trực tiếp đỡ bản mặt và chuyển tải trọng lên dầm chính. Dầm chính đỡ



Hình 4.1

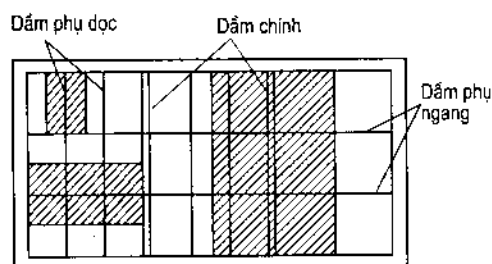
dầm phụ và chuyển tải trọng từ dầm phụ lên gối đỡ. Dưới đây là một vài cách bố trí hệ dầm thường gặp: 1) Dầm phụ dọc (dầm đỡ bản mặt), dầm phụ ngang và dầm chính bố trí chồng lên nhau (hình 4.2a); 2) Dầm phụ dọc và dầm phụ ngang bố trí cùng chiều cao và chồng lên dầm chính (hình 4.2b); 3) Dầm phụ dọc, dầm phụ ngang và dầm chính đều bố trí cùng chiều cao (hình 4.2c); 4) Dầm phụ ngang bố trí thấp, còn dầm phụ dọc và dầm chính bố trí cùng chiều cao (hình 4.2d).



Hình 4.2

Tuỳ theo cách bố trí hệ dầm mà bản mặt được tính như bản tựa trên hai cạnh (hình 4.2a, d) hoặc tựa trên 4 cạnh (hình 4.2b, c).

Tải trọng tác dụng lên dầm được xác định theo diện tích tải trọng mà mỗi dầm phải chịu. Bề rộng tải trọng của các dầm bằng bước của các dầm đó, các diện tích gạch sít nét trên hình 4.3 là diện tích tải trọng của dầm phụ dọc, dầm phụ ngang và dầm chính.



Hình 4.3

4.2. DẦM ĐỊNH HÌNH

Dầm định hình thường dùng làm dầm phụ ngang, dầm phụ dọc trong hệ dầm. Tiết diện của dầm thường dùng tiết diện chữ I và chữ [. Dầm chữ I chịu uốn trong mặt phẳng bụng dầm rất tốt, nhưng độ cứng hướng ngang kém. Dầm chữ [có độ cứng hướng ngang tốt, do đó thường dùng làm các phân tử chịu uốn xiên, dầm chữ [còn có ưu điểm là dễ liên kết với các cấu kiện khác nên cũng hay dùng làm dầm phụ.

4.2.1. Trình tự tính toán dầm định hình

Thiết kế dầm định hình gồm các bước sau: chọn hình thức dầm, số hiệu thép định hình, kiểm tra về cường độ, độ cứng và độ ổn định tổng thể.

4.2.1.1. Chọn tiết diện

Trước hết xác định nhịp tính toán và tải trọng tính toán tác dụng lên dầm sau đó tính mômen uốn lớn nhất M_{\max} và từ đó xác định mômen chống uốn yêu cầu:

$$W_{yc} = \frac{M_{\max}}{R} \quad (4-1)$$

trong đó: R - cường độ tính toán của vật liệu.

Dựa vào mômen chống uốn yêu cầu W_{yc} để chọn số hiệu thép định hình, sau đó kiểm tra lại tiết diện chọn.

4.2.1.2. Kiểm tra lại tiết diện chọn

- Kiểm tra về cường độ: $\sigma = \frac{M}{W_{th}} \leq R \quad (4-2)$

$$\tau = \frac{QS}{J\delta} \leq R_c \quad (4-3)$$

trong đó: W_{th} - mômen chống uốn của tiết diện thu hẹp;

S - mômen tĩnh (nguyên) của phần bị trượt đối với trục trung hoà;

J - mômen quán tính của tiết diện nguyên;

δ - chiều dày của bản bụng;

R, R_c - cường độ chịu uốn và chịu cắt tính toán của thép.

Nếu trong mặt trượt có sự giảm yếu do lỗ bulông hoặc đinh tán, thì ứng suất tiếp xác định theo công thức (4-3) được nhân với tỉ số $\frac{a}{a-d}$, trong đó a là bước của lỗ bulông hoặc đinh tán, còn d là đường kính của lỗ.

Trong bản bụng của dầm còn phải thoả mãn điều kiện:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq R \quad (4-4)$$

trong đó: $\sigma = \frac{M}{J} \cdot \frac{h_b}{2}$ - ứng suất pháp lớn nhất ở mép bản bụng, được tính theo tiết diện nguyên;

$$\tau = \frac{Q}{h_b \delta_b} \text{ - ứng suất tiếp trung bình;}$$

h_b, δ_b - chiều cao và chiều dày của bản bụng.

Ứng suất pháp σ và ứng suất tiếp τ ở trên được tính ở cùng một mặt cắt.

Nếu có lực tập trung đặt tại cánh dầm ở những chỗ không có sườn gia cường thì cần phải kiểm tra ứng suất ép cục bộ ở bản bụng ngay dưới tải trọng tập trung theo công thức sau:

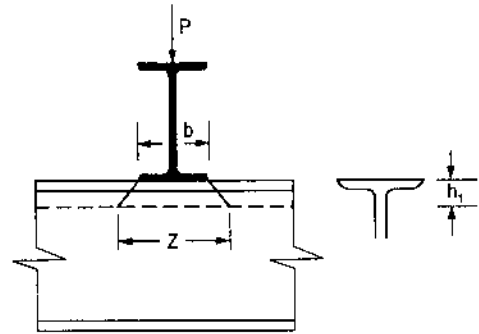
$$\sigma_{cb} = \frac{n.P}{\delta_b z} \leq R \quad (4-5)$$

trong đó:

P - lực tập trung tính toán do dầm phụ ở phía trên chuyển tới;

δ_b - chiều dày bụng dầm;

$z = b + 2h_1$ trong đó b là bề rộng cánh dầm phụ ở trên, h_1 là khoảng cách từ mép ngoài của cánh dầm tới điểm bắt đầu uốn cong của bản bụng dầm (hình 4.4), $n = 1$.



Hình 4.4

- Kiểm tra độ võng

Độ võng của dầm cần được kiểm tra theo công thức:

$$\frac{f^{tc}}{l} \leq \frac{1}{n_0} \quad (4-6)$$

trong đó: f^{tc} - độ võng lớn nhất được tính theo tải trọng tiêu chuẩn;

l - nhịp của dầm;

$1/n_0$ - độ võng tương đối giới hạn cho ở bảng 4.1.

Bảng 4.1. Độ võng tương đối giới hạn $1/n_0$

Tên gọi của cấu kiện	Độ võng tương đối giới hạn
1	2
Dầm chính trong cửa van:	
a) Van của âu thuyền thường xuyên công tác trong dòng chảy	1/700
b) Van chính của đập công tác trong dòng chảy	1/600
Dầm phụ trong cửa van	1/250
Dầm cầu trục:	
a) Cầu trục tay	1/500
b) Cầu trục điện có tải trọng dưới 500kN	1/600
c) Cầu trục điện có tải trọng ≥ 500 kN	1/750
Dầm của sàn công tác của nhà công nghiệp khi không có đường ray:	
a) Dầm chính	1/400
b) Các dầm khác	1/250
Dầm sàn giữa các tầng:	
a) Dầm chính	1/400
b) Dầm phụ	1/250

l	2
Dầm mái	
a) Dầm chính	1/250
b) Dầm phụ	1/200

Đối với dầm đơn chịu tải trọng phân bố đều, ta có:

$$\frac{f^{tc}}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(\sum p^{tc} + \sum q^{tc})}{EJ} \cdot l^3 \leq \frac{1}{n_o} \quad (4-7)$$

trong đó: p^{tc} - tải trọng thường xuyên tiêu chuẩn;

q^{tc} - tải trọng tạm thời tiêu chuẩn.

Thay: $J = W_{yc} \frac{h}{2} = \frac{M_{max}}{R}$; $\frac{h}{2} = (\sum p + \sum q) \frac{l^2}{8R} \cdot \frac{h}{2}$ vào công thức (4-7) ta có:

$$\frac{f^{tc}}{l} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R/l}{Eh} \cdot \frac{\sum p^{tc} + \sum q^{tc}}{\sum p + \sum q} \leq \frac{1}{n_o} \quad (4-8)$$

Vậy từ công thức (4-8) ta rút ra được chiều cao nhỏ nhất của dầm:

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R}{E} \cdot \frac{1}{n_o} \cdot \frac{\sum p^{tc} + \sum q^{tc}}{\sum p + \sum q} \quad (4-9)$$

Với dầm làm bằng thép CT3 ta có:

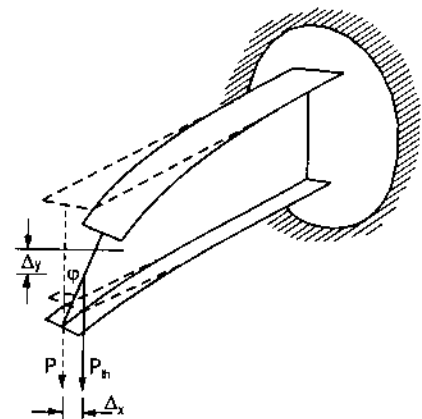
$$h_{min} = \frac{l n_o}{4800} \cdot \frac{\sum p^{tc} + \sum q^{tc}}{\sum p + \sum q} \quad (4-10)$$

trong đó: l - nhịp dầm, tính bằng cm.

Cần chú ý, khi chọn tiết diện dầm theo công thức (4-1), nếu chiều cao tiết diện tìm được nhỏ hơn h_{min} , thì phải chọn dầm định hình có chiều cao bằng hoặc lớn hơn h_{min} .

- Kiểm tra ổn định tổng thể

Đối với dầm cao và hẹp, ngay cả khi dầm chỉ chịu tải trọng trong mặt phẳng bản bụng dầm thì không những chỉ xảy ra uốn trong mặt phẳng tác dụng của ngoại lực (mặt phẳng có độ cứng lớn), mà dầm còn bị uốn trong mặt phẳng ngang (mặt phẳng có độ cứng nhỏ) và bị xoắn. Hiện tượng này là hiện tượng mất ổn định tổng thể của dầm (hình 4.5). Tải trọng làm cho dầm từ trạng thái uốn phẳng chuyển sang mất ổn định tổng thể được gọi là tải trọng tới



Hình 4.5

hạn P_{th} . Từ tải trọng tới hạn tìm được nội lực tới hạn và ứng suất tới hạn σ_{th} , nếu $\sigma_{th} > \sigma_c$ thì không cần để ý tới vì dầm bị phá hoại về cường độ trước khi mất ổn định. Còn khi $\sigma_{th} < \sigma_c$, dầm bị phá hoại bởi ổn định trước khi bị phá hoại về cường độ, lúc này cần chú ý vì dầm bị phá hoại trước khi vật liệu đạt tới giới hạn chảy, do đó nếu chỉ kiểm tra cường độ thì vẫn chưa an toàn.

Để dầm không bị phá hoại vì mất ổn định, thì nội lực trong dầm phải nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu lực của dầm khi sắp bị mất ổn định:

$$M \leq \sigma_{th} W_{ng}$$

Ta đặt: $\varphi_d = \frac{\sigma_{th}}{R}$ và thay vào trên ta có công thức kiểm tra ổn định tổng thể của dầm như sau:

$$M \leq \varphi_d R W_{ng}$$

hoặc viết dưới dạng:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_d W_{ng}} \leq R \quad (4-11)$$

trong đó: φ_d - hệ số ổn định của dầm bằng tỉ số giữa ứng suất tới hạn và cường độ tính toán của vật liệu;

σ_{th} - ứng suất do tải trọng tới hạn sinh ra.

Vậy muốn xác định φ_d , trước hết phải tính tải trọng tới hạn. Tải trọng tới hạn phụ thuộc vào độ cứng uốn theo phương ngang (phương thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của tải trọng) và độ cứng xoắn:

$$P_{th} = \frac{c \sqrt{EJ_y GJ_{xoắn}}}{l_o^2} \quad (4-12)$$

trong đó:

c - hệ số, phụ thuộc liên kết đầu dầm;

EJ_y - độ cứng của dầm theo phương thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của tải trọng;

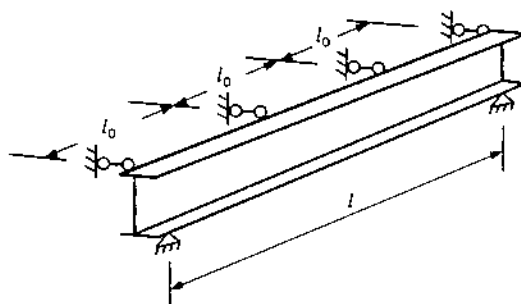
$GJ_{xoắn}$ - độ cứng xoắn;

l_o - chiều dài tự do của dầm theo phương ngang (hình 4.6)

Sau khi có P_{th} , ta tiến hành tính mômen tới hạn:

$$M_{th} = \beta P_{th} l_o$$

trong đó: β - hệ số, phụ thuộc tải trọng và liên kết theo phương ngang.



Hình 4.6

Ứng suất tới hạn là:

$$\sigma_{th} = \frac{M_{th}}{W_x} = \frac{M_{th}}{J_n} \cdot \frac{h}{2} = \frac{\beta CE}{4} \sqrt{\frac{4I_o^2}{h^2} \cdot \frac{GJ_{xoán}}{EJ_y}} \cdot \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l_o}\right)^2$$

do đó có:

$$\varphi_d = \frac{\beta CE}{4R} \sqrt{4 \frac{G}{E} \cdot \frac{J_{xoán}}{J_y} \left(\frac{l_o}{h}\right)^2} \cdot \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l_o}\right)^2$$

Ta đặt:

$$\alpha = 4 \frac{G}{E} \cdot \frac{J_{xoán}}{J_y} \left(\frac{l_o}{h}\right)^2$$

với thép cacbon $E = 2100000 \text{ daN/cm}^2$ và $G = 840000 \text{ daN/cm}^2$, ta có:

$$\alpha = 1,54 \frac{J_{xoán}}{J_y} \left(\frac{l_o}{h}\right)^2 \quad (4-13)$$

lại đặt:

$$\psi = \frac{\beta CE}{4R} \sqrt{\alpha} \quad (4-14)$$

Ta có:

$$\varphi_d = \psi \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l_o}\right)^2 \quad (4-15)$$

Từ các công thức trên ta thấy α chỉ phụ thuộc vào đặc trưng hình học của dầm và vật liệu làm dầm nên ta có thể lập bảng tra sẵn cho quan hệ giữa ψ và α ứng với một vài loại vật liệu, vài loại dầm và vài loại tải trọng để tiện sử dụng. Giá trị hệ số φ của dầm chữ I bằng thép CT3 và CT4 cho ở bảng 4.2 của dầm công xôn cho ở bảng 4.3.

Bảng 4.2. Hệ số ψ đối với dầm chữ I bằng thép CT3 và CT4

α	Hệ số ψ				
	Với dầm không có các cốt kết trong nhịp				Khi đặt các cốt kết trung gian của cánh trên không phụ thuộc vào nơi đặt tải trọng
	Khi tải trọng tập trung đặt ở		Khi tải trọng phân bố đều đặt ở		
	Cánh trên	Cánh dưới	Cánh trên	Cánh dưới	
1	2	3	4	5	6
0,1	1,73	5,0	1,57	3,81	2,17
0,4	1,77	5,03	1,60	3,85	2,20
1	1,85	5,11	1,67	3,90	2,27
4	2,21	5,47	1,98	4,23	2,56
8	2,63	5,91	2,35	4,59	2,90
16	3,37	6,65	2,99	5,24	3,50
24	4,03	7,31	3,55	5,79	4,00

1	2	3	4	5	6
32	4,59	7,92	4,04	6,25	4,45
48	5,60	8,88	4,90	7,13	5,23
64	6,52	9,80	5,65	7,92	5,91
80	7,31	10,59	6,30	8,58	6,51
96	8,05	11,29	6,93	9,21	7,07
128	9,40	12,67	8,05	10,29	8,07
160	10,59	13,83	9,04	11,30	8,95
240	13,21	16,36	11,21	13,48	10,86
320	15,31	18,55	13,04	15,29	12,48
400	17,24	20,48	14,57	16,80	13,91

Chú thích:

1. Giá trị của hệ số ψ trong bảng nhỏ hơn giá trị thực 10^3 lần.
2. Khi có một cổ kết đặt ở nhịp và tải trọng đặt ở cánh dưới thì phải sử dụng cột 3.
3. Đối với thép CT5 trị số ψ cần phải nhân với 0,83; thép 14I'2, 10I'2C và 15XCH/I nhân với 0,71, thép 10XCH/I nhân với 0,6.

Bảng 4.3. Hệ số ψ đối với dầm côngxôn tiết diện chữ I bằng thép CT3, CT4 khi tải trọng tập trung đặt ở trọng tâm của đầu tự do của côngxôn hoặc đặt ở dưới

α	ψ	α	ψ	α	ψ
0,1	3,06	6	4,64	16	5,59
1	3,44	8	4,96	24	6,63
2	3,76	10	5,25	32	7,27
3	4,06	12	5,46	40	7,79
4	4,26	14	5,69		

Trình tự kiểm tra ổn định tổng thể dầm theo công thức (4-11) được tiến hành như sau: tính giá trị của hệ số α theo công thức (4-13) trong đó $J_{xoắn}$ của thép chữ I cho ở bảng 4.5; Từ giá trị α đã biết tra bảng 4.2 hoặc 4.3 ta được ψ . Thay ψ vào công thức (4-15) để tính φ_d .

Các công thức trên chỉ đúng trong trường hợp vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi, tức là $\varphi_d \leq 1$. Để an toàn, tiêu chuẩn thiết kế quy định khi $\varphi_d = 0,85$ dầm được coi là làm việc trong giai đoạn biến dạng dẻo. Nếu khi $\varphi_d \geq 0,85$ cần phải xét tới ảnh hưởng của sự phát triển biến dạng dẻo, do đó phải thay φ'_d cho φ_d trong công thức (4-11), giá trị φ_d tìm được từ bảng 4.4. Thay φ_d hoặc φ'_d vào công thức (4-11), mà thỏa mãn thì dầm không bị mất ổn định.

Bảng 4.4. Hệ số φ_d

φ_d	φ'_d	φ_d	φ'_d	φ_d	φ'_d
0,85	0,850	1,10	0,927	1,35	0,973
0,90	0,871	1,15	0,938	1,40	0,980
0,95	0,890	1,20	0,948	1,45	0,987
1,00	0,904	1,25	0,957	1,50	0,994
1,05	0,916	1,30	0,964	1,55	1,00

**Bảng 4.5. Mômen quán tính xoắn $J_{xoắn}$ của thép cán chữ I
(theo ГОСТ 8239-56)**

IN ^o	$J_{xoắn} (cm^4)$	IN ^o	$J_{xoắn} (cm^4)$	IN ^o	$J_{xoắn} (cm^4)$
10	3,28	24	11,1	50	75,4
12	2,88	24a	12,8	55	100
14	3,59	27	13,6	60	135
16	4,46	27a	16,7	65	180
18	5,60	30	17,4	70	244
18a	6,54	30a	20,3	70a	352
20	6,92	33	23,8	70b	534
20a	7,94	36	31,4		
22	9,60	40	40,6		
22a	9,77	45	54,7		

Nếu ổn định tổng thể không đảm bảo, thì có thể giải quyết bằng mấy biện pháp sau đây:

- Đặt thêm thanh chống ngang để giảm bớt chiều dài tự do của cánh nén.
- Tăng bề rộng của bản cánh (tăng mômen quán tính J_y).

Kiểm tra ổn định của dầm tiết diện chữ I giống như đối với dầm chữ I khi đó α vẫn được tính theo công thức (4-13), nhưng giá trị cần tìm φ_d được nhân với 0,5 khi tải trọng đặt ở mặt phẳng chính song song với bản bụng dầm và nhân với 0,7 khi tải trọng đặt trong mặt phẳng của bản bụng dầm.

4.2.2. Nối dầm định hình

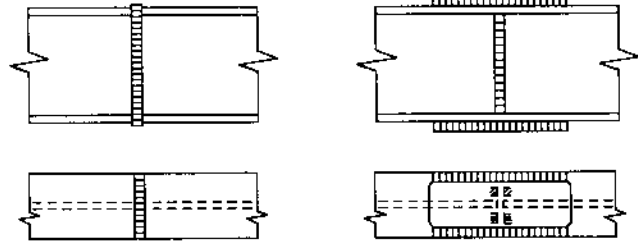
Có thể dùng liên kết hàn liên kết bulông hoặc liên kết đinh tán để nối dầm định hình. Tốt nhất là dùng liên kết hàn đối đầu thẳng.

Cường độ chịu kéo tính toán của đường hàn bằng 0,85 cường độ chịu kéo tính toán của thép; như vậy nếu dầm có tiết diện không đổi theo nhịp thì vị trí đường hàn đối đầu phải đặt ở mặt cắt có mômen uốn không vượt quá $0,85M_{\max}$.

$$M \leq M_{\max} \frac{R_k^b}{R} = 0,85M_{\max}$$

Nếu bảo đảm điều kiện này thì ứng suất trong đường hàn không vượt quá cường độ tính toán của đường hàn.

Khi cần nối dầm ở vị trí có mômen M_{\max} thì liên kết phải được tăng cường thêm hai bản ghép ở bản cánh (hình 4.5), lúc này đường hàn đối đầu và bản ghép cùng chịu lực.



Hình 4.7

Kích thước của bản ghép được xác định theo điều kiện sau: diện tích bản ghép F_{bg} phải đủ để ứng suất trong đường hàn không vượt quá cường độ chịu kéo. Vậy phần mômen uốn do bản ghép phải chịu là:

$$M_{bg} = M_{\max} - WR_k^h = hN_{bg}$$

Từ đó tìm được nội lực trong bản ghép:

$$N_{bg} = \frac{M_{\max} - WR_k^h}{h} \quad (4-16)$$

và diện tích cần thiết của bản ghép là:

$$F_{bg} \geq \frac{N_{bg}}{R} = \frac{M_{\max}}{hR_k^h} - \frac{W}{h} \quad (4-17)$$

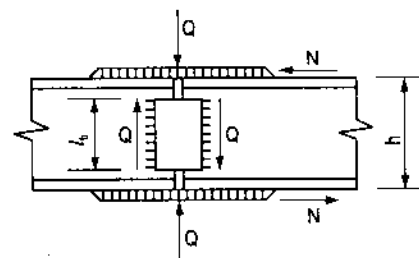
trong đó:

h - chiều cao của dầm;

W - mômen chống uốn của tiết diện nguyên.

Sau khi xác định được tiết diện bản ghép, ta tiến hành tính liên kết giữa bản ghép và cánh dầm, có thể dùng đường hàn cạnh hoặc hàn cả xung quanh với lực kéo tính toán là:

$$N = F_{bg} R \quad (4-18)$$



Hình 4.8

Để đơn giản cho việc thi công người ta không dùng đường hàn đối đầu, mà dùng các bản ghép để truyền mômen M và lực cắt Q tại mối nối, với giả thiết là bản ghép ở cánh hoàn toàn chịu uốn và bản ghép ở bụng hoàn toàn chịu cắt (hình 4.8).

Vậy lực dọc trong bản ghép ở cánh là:

$$N = \frac{M}{h}$$

trong đó: h - chiều cao của dầm.

Từ lực dọc này ta xác định được diện tích của bản ghép ở cánh:

$$F_{bg} \geq \frac{N}{R} = \frac{M}{hR} \quad (4-19)$$

và tính liên kết giữa bản ghép và bản cánh, nếu dùng đường hàn cạnh, ta có:

$$l_h \geq \frac{M}{2\beta h_h h R_g^h} \quad (4-20)$$

Liên kết giữa bản bụng dầm và bản ghép dùng đường hàn góc ở đầu, đường hàn này phải bảo đảm truyền được lực cắt Q , tức là:

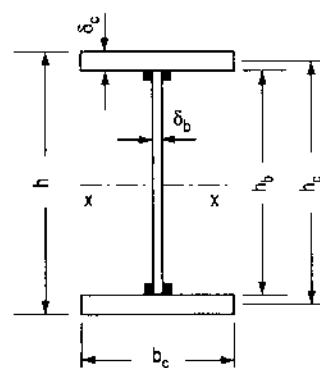
$$\tau = \frac{Q}{2\beta h_h l_h} \leq R_g^h \quad (4-21)$$

4.3. DẦM GHÉP (DẦM TỔ HỢP)

4.3.1. Kích thước cơ bản của dầm ghép

Trong thực tế thường dùng loại dầm ghép có tiết diện chữ I, được ghép bằng ba bản ghép và được liên kết với nhau bằng đường hàn góc (hình 4.9). Chiều cao dầm là kích thước cơ bản của dầm ghép, chính nó quyết định khả năng chịu lực và giá thành của dầm.

Chiều cao nhỏ nhất của dầm được xác định theo công thức (4-9) xuất phát từ điều kiện độ cứng, rõ ràng chiều cao này không phải là chiều cao có lợi nhất về mặt chi phí vật liệu. Chiều cao có lợi nhất hay còn gọi là chiều cao kinh tế được xác định từ điều kiện diện tích tiết diện dầm là nhỏ nhất ứng với mômen chống uốn đã cho.



Hình 4.9

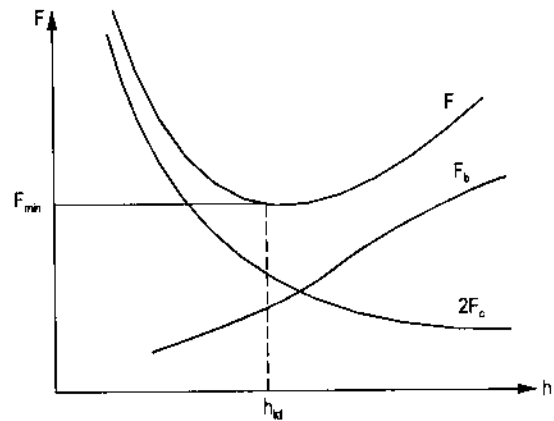
Ta nhận thấy rằng trong trường hợp mômen chống uốn yêu cầu đã cho, nếu ta chọn dầm có chiều cao lớn thì diện tích tiết diện bản cánh của dầm có thể lấy nhỏ, nhưng khi đó diện tích tiết diện bản bụng dầm phải lấy lớn. Ngược lại nếu chọn chiều cao của dầm nhỏ, thì diện tích bản cánh phải lấy lớn còn diện tích bản bụng có thể lấy nhỏ. Từ biểu đồ cho quan hệ giữa diện tích tiết diện của dầm và chiều cao của nó (hình 4.10), ta có thể chọn được một chiều cao, ứng với nó cho diện tích tiết diện của dầm là nhỏ nhất. Chiều cao đó gọi là chiều cao kinh tế và kí hiệu là h_{kt} .

Để xác định chiều cao kinh tế, trước hết lập quan hệ hàm số giữa diện tích tiết diện F của dầm với chiều cao h của nó, sau đó lấy đạo hàm bậc nhất của F đối với h và cho bằng không, ta rút ra được chiều cao kinh tế h_{kt} .

Nếu biết giá trị mômen uốn M và cường độ tính toán R của vật liệu đã cho, sẽ xác định được mômen chống uốn yêu cầu của dầm theo công thức sau:

$$W_{yc} = \frac{M}{R}$$

$$W_{yc} = \frac{J_x}{h/2} = \left[2F_c \left(\frac{h}{2} \right)^2 + \frac{\delta_b h^3}{12} \right] \frac{2}{h}$$



Hình 4.10

Ở đây mômen quán tính của bản cánh đối với trục đi qua trọng tâm và song song với trục x được bỏ qua, đồng thời chiều cao của dầm và chiều cao của bản bụng được xem là như nhau.

Từ công thức trên ta rút ra:

$$F_c = \frac{W_{yc}}{h} - \frac{\delta_b h}{6}$$

Vậy:
$$F = 2F_c + F_b = \frac{2W_{yc}}{h} + \frac{2\delta_b h}{3}$$

Đặt $\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b}$, ta có:

$$F = \frac{2W_{yc}}{h} + \frac{2h^2}{3\lambda_b}$$

Cho trước giá trị λ_b , lấy đạo hàm bậc nhất đối với h và cho bằng không:

$$\frac{dF}{dh} = -\frac{2W_{yc}}{h^2} + \frac{4h}{3\lambda_b} = 0$$

ta rút ra được chiều cao kinh tế của dầm:

$$h_{kt} = \sqrt[3]{1,5\lambda_b W_{yc}} \quad (4-22)$$

trong đó λ_b lấy như sau:

- Đối với dầm không có sườn gia cường: $\lambda_b = 70 \div 80$
- Đối với dầm có sườn đứng gia cường: $\lambda_b = 100 \div 160$.

4.3.2. Chọn tiết diện dầm

Xác định chiều cao dầm, chiều cao và chiều dày bản bụng dầm

Chiều cao của dầm được xác định từ điều kiện độ cứng và điều kiện kinh tế theo các công thức (4-10) và (4-22). Sau khi xác định được chiều cao nhỏ nhất h_{\min} và chiều cao kinh tế h_{kt} của dầm:

- Nếu $h_{kt} > h_{\min}$ thì h lấy bằng h_{kt} .
- Nếu $h_{kt} < h_{\min}$ thì h lấy bằng h_{\min} .

Chiều cao của bản bụng dầm h_b được chọn dựa vào chiều cao của dầm, thường lấy $h_b = 0,95h$, đồng thời phải chú ý tới quy cách của thép bản, tức là phải lấy tròn bội số của 50mm.

Chiều dày nhỏ nhất của bản bụng dầm được xác định theo điều kiện chống cắt, tức là:

$$\tau = \frac{QS}{J\delta_b} \leq R_c$$

nhưng vì kích thước của mặt cắt dầm chưa biết nên giả thiết chỉ có bản bụng chịu cắt, vậy có:

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{h_b \delta_b} \leq R_c$$

Từ đó rút ra được chiều dày cần thiết của bản bụng dầm là:

$$\delta_b = 1,5 \frac{Q}{h_b R_c} \quad (4-23)$$

trong đó: Q - lực cắt tại gối tựa dầm.

Khi xác định h_{kt} ta đã giả thiết λ_b , vậy từ độ mảnh bản bụng này ta tìm được chiều dày:

$$\delta_b = \frac{h_b}{\lambda_b} \quad (4-24)$$

Chiều dày bản bụng chọn bằng trị số lớn trong hai trị số tìm được theo công thức (4-23) và (4-24), đồng thời không được nhỏ hơn 6mm.

Xác định kích thước của bản cánh

Chiều dày của bản cánh thường chọn vào khoảng $\delta_c = 0,02h$ và phải phù hợp với ГОСТ 82-57. Thép dải rộng vạn năng có các loại chiều dày..., 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 36 và 40mm.

Sau khi chọn được δ_c và h_b , ta có chiều cao chính xác của dầm: $h = h_b + 2\delta_c$.

Chiều dày của bản cánh b_c được xác định theo giá trị của mômen chống uốn yêu cầu:

$$W_{yc} = \frac{2J_x}{h} = \frac{2}{h} \left[\frac{\delta_b h_b^3}{12} + 2\delta_c b_c \left(\frac{h_c}{2} \right)^2 \right]$$

trong đó: $h_c = h_b + \delta_c$.

Từ công thức trên, ta rút ra:

$$b_c = \frac{2J_c}{\delta_c h_c^2} \quad (4-25)$$

trong đó: $J_c = W_{yc} \frac{h}{2} - \frac{\delta_b h_b^3}{12}$

Bề rộng của bản cánh lấy như sau:

- Khi $b_c < 420\text{mm}$ thì phải lấy b_c là bội số của 20mm.
- Khi $b_c > 420$ thì lấy bằng 450, 480, 500mm, v.v... để đảm phụ có thể tựa dễ dàng lên dầm chính, bề rộng b_c không nhỏ hơn 240mm.

Kích thước của bản cánh, còn phải thỏa mãn yêu cầu về ổn định cục bộ:

$$\delta_c \geq \frac{b_c - \delta_b}{30} \sqrt{\frac{2100}{R}} \quad (4-26)$$

Nếu điều kiện này không thỏa mãn thì cần phải thay đổi bề rộng và bề dày của bản cánh nhưng vẫn giữ nguyên diện tích tiết diện của nó.

Đối với dầm hộp cũng được tiến hành tương tự.

4.3.3. Kiểm tra cường độ tiết diện chọn

Sau khi đã chọn xong kích thước tiết diện dầm, phải kiểm tra ứng suất pháp tại mặt cắt có mômen uốn lớn nhất theo công thức (4-2).

- Ứng suất tiếp tại mặt cắt có lực cắt lớn nhất (thường ở gối dầm) theo công thức (4-3).

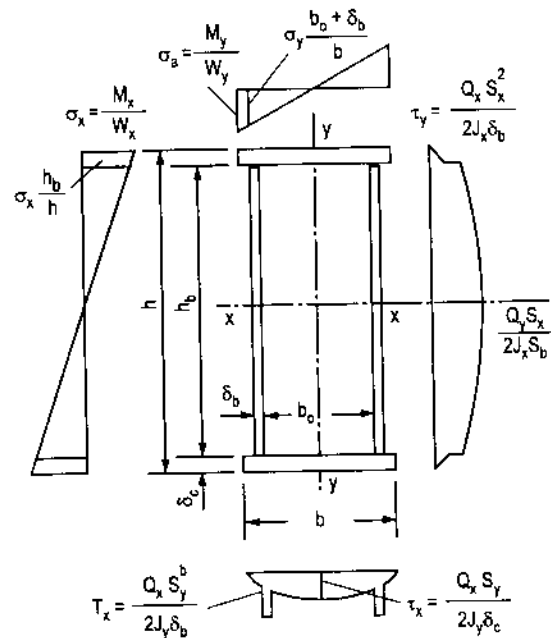
Ngoài ra phải kiểm tra tại mặt cắt có mômen uốn và lực cắt lớn theo công thức (4-4). Kiểm tra ép cục bộ theo công thức (4-5), trong trường hợp này lấy:

$$Z = b + 2\delta_c \quad (4-27)$$

trong đó:

b - bề rộng của cánh dầm phụ ở trên;

δ_c - chiều dày cánh dầm hàn.



Hình 4.11

Nếu mặt cắt của dầm là hình hộp và chịu các nội lực: lực cắt Q_x, Q_y ; mômen uốn M_x, M_y và mômen xoắn M_k , thì được kiểm tra về cường độ theo các công thức sau (hình 4.11).

- Ứng suất pháp tại mặt cắt có mômen uốn lớn nhất

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x^{th}} + \frac{M_y}{W_y^{th}} \leq R \quad (4-28)$$

trong đó: M_x, M_y - mômen uốn với trục x và y;

$W_x^{th}; W_y^{th}$ - mômen chống uốn của tiết diện thu hẹp đối với trục x và y.

- Ứng suất tiếp tại mặt cắt gối dầm:

$$\tau_y = \frac{Q_y S_x}{2J_x \delta_b} + \frac{M_k}{2F_o \delta_b} \leq R_c \quad (4-29)$$

$$\tau_x = \frac{Q_x S_y}{2J_y \delta_c} + \frac{M_k}{2F_o \delta_c} \leq R_c \quad (4-30)$$

trong đó: Q_x, Q_y - lực cắt thẳng đứng và nằm ngang tại gối dầm;

S_x, S_y - mômen tĩnh của nửa tiết diện đối với trục x và y tại mặt cắt gối dầm;

J_x, J_y - mômen quán tính của tiết diện gối dầm đối với trục x và y;

δ_b - chiều dày của bản bụng;

δ_c - chiều dày của cánh;

F_o - diện tích được giới hạn bởi đường trung bình của bản cánh và bản bụng dầm:

$$F_o = (h_b + \delta_c)(b_o + \delta_b) \quad (4-31)$$

b_o - khoảng cách trong giữa hai bản bụng.

Ngoài ra, tại tiết diện đồng thời có mômen M' , lực cắt Q' và mômen xoắn M'_k đều tương đối lớn phải kiểm tra ứng suất tính đối tại vị trí tiếp giáp giữa bản bụng và bản cánh theo công thức sau:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_l^2 + 3\tau_l^2} \leq R \quad (4-32)$$

trong đó:

$$\sigma_l = \frac{M'_x}{W_x} \cdot \frac{h_b}{h} + \frac{M'_y}{W_y} \cdot \frac{b_o + \delta_b}{b} \quad (4-33)$$

$$\tau_l = \frac{Q'_y S_x^c}{2J_x \delta_b} + \frac{Q'_x S_y^b}{2J_y \delta_b} + \frac{M'_k}{2F_o \delta_b} \quad (4-34)$$

với S_x^c, S_y^b - mômen tĩnh của bản cánh đối với trục x và mômen tĩnh của bản bụng đối với trục y, các kí hiệu khác như trên.

4.3.4. Kiểm tra độ cứng

Độ võng của dầm được tính theo công thức (4-7). Đối với dầm đơn chịu tải trọng phân bố đều, tiết diện biến đổi theo nhịp thì độ võng có thể tính theo công thức:

$$\frac{f^{lc}}{l} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{max}^{lc}}{EJ} \left(1 + \frac{3}{25} k \right) l \leq \frac{1}{n_0} \quad (4-35)$$

trong đó: $k = \frac{J - J_0}{J}$;

J - mômen quán tính của tiết diện ở giữa nhịp dầm;

J_0 - mômen quán tính của tiết diện ở gối tựa.

Công thức trên được dùng khi $J_0 \geq \frac{1}{6} J$ hoặc $h_0 \geq 0,4h$ đối với dầm có tiết diện bản cánh không đổi mà chỉ thay đổi chiều cao, trong đó h_0 - chiều cao của dầm tại gối tựa, h - chiều cao của dầm ở giữa nhịp.

Ví dụ 4.1: Chọn tiết diện dầm hàn theo các số liệu sau: nhịp $l = 12m$, chịu tải trọng phân bố đều tiêu chuẩn $q^{lc} = 108 \text{ kN/m}$, hệ số vượt tải $n_q = 1,2$, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$. Vật liệu thép BCT3, độ võng tương đối giới hạn $\frac{1}{n_0} = \frac{1}{600}$.

Giải:

Tải trọng phân bố đều tính toán: $q = n_q q^{lc} = 1,2 \cdot 108 = 129 \text{ kN/m}$

Mômen uốn tính toán lớn nhất: $M = \frac{ql^2}{8} = \frac{129 \cdot 12^2}{8} = 2300 \text{ kNm}$

Lực cắt tính toán lớn nhất: $Q = \frac{ql}{2} = \frac{129 \cdot 12}{2} = 775 \text{ kN}$

Mômen chống uốn yêu cầu: $W_{yc} = \frac{M_{max}}{R} = \frac{2300 \cdot 10^4}{2100} = 10950 \text{ cm}^3$

Chiều cao lợi nhất: $h_{kt} = \sqrt[3]{1,5 \lambda_b \cdot W_{yc}} = \sqrt[3]{1,5 \cdot 125 \cdot 10950} = 127 \text{ cm}$

trong đó độ mảnh của bản bụng giả thiết chọn $\lambda_b = 125$, chiều cao nhỏ nhất của dầm:

$$h_{min} = \frac{5}{25} \cdot \frac{R \ln_0}{E} \cdot \frac{q^{lc}}{n_q q^{lc}} = \frac{5}{24} \cdot \frac{2100 \cdot 1200 \cdot 600}{2,1 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{1,2} = 125 \text{ cm}$$

$h_{kt} > h_{min}$, vậy lấy $h = h_{kt} = 127 \text{ cm}$ (chọn sơ bộ lần 1).

Chiều cao bản bụng dầm lấy vào khoảng:

$$h_b = 0,95h = 0,95 \cdot 127 = 121 \text{ cm, chọn } h_b = 120 \text{ cm}$$

Chiều dày bản bụng tìm được từ độ mảnh giả thiết $\lambda_b = 125$.

$$\delta_b = \frac{h_b}{\lambda_b} = \frac{120}{125} = 1 \text{ cm}$$

và từ điều kiện chịu cắt:
$$\delta_b = 1,5 \frac{Q}{h_b R_c} = 1,5 \cdot \frac{77500}{120 \cdot 1300} = 0,8 \text{ cm}$$

vậy chọn $\delta_b = 1 \text{ cm}$.

Chiều dày bản cánh:
$$\delta_c = 0,02h = 0,02 \cdot 127 = 2,5 \text{ cm}$$

Chiều cao chính xác của dầm (chọn lần 2):

$$h = h_b + 2\delta_c = 120 + 2 \cdot 2,5 = 125 \text{ cm}$$

Khoảng cách trung tâm giữa hai bản cánh:

$$h_c = h_b + \delta_c = 120 + 2,5 = 122,5 \text{ cm}$$

Bề rộng của bản cánh:

$$b_c = \frac{2J_c}{\delta_c h_c^2} = \frac{2 \cdot 546000}{2,5 \cdot 122,5^2} = 29,2 \text{ cm}$$

chọn $b_c = 30 \text{ cm}$, trong đó:

$$\begin{aligned} J_c &= W_{yc} \cdot \frac{h}{2} - \frac{\delta_b h_b^3}{12} \\ &= 10950 \cdot \frac{125}{2} - \frac{1 \cdot 120^3}{12} = 546000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Chọn chiều dày và bề rộng của bản cánh như trên thoả mãn yêu cầu về ổn định cục bộ:

$$a_1 = \frac{b_c - \delta_b}{2} = \frac{30 - 1}{2} = 14,5 < 15\delta_c = 37,5 \text{ cm}$$

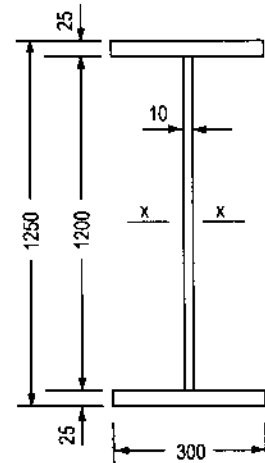
Đặc trưng hình học của tiết diện chọn (hình 4.12)

$$\begin{aligned} J_x &= \frac{1 \cdot 120^3}{12} + 2 \left(\frac{30 \cdot 2,5^3}{12} + 30 \cdot 2,5 \cdot 61,25^2 \right) = 705000 \text{ cm}^4 \\ S_x &= 30 \cdot 2,5 \cdot 61,25 + \frac{1 \cdot 120^2}{8} = 6400 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Kiểm tra về cường độ:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{J_x} \cdot \frac{h}{2} = \frac{2300 \cdot 10^4}{705000} \cdot \frac{125}{2} = 2040 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{QS_x}{J_x \delta_b} = \frac{77500 \cdot 6400}{705000 \cdot 1} = 690 \text{ daN/cm}^2 < R_c = 1300 \text{ daN/cm}^2$$



Hình 4.12

Kiểm tra độ võng:

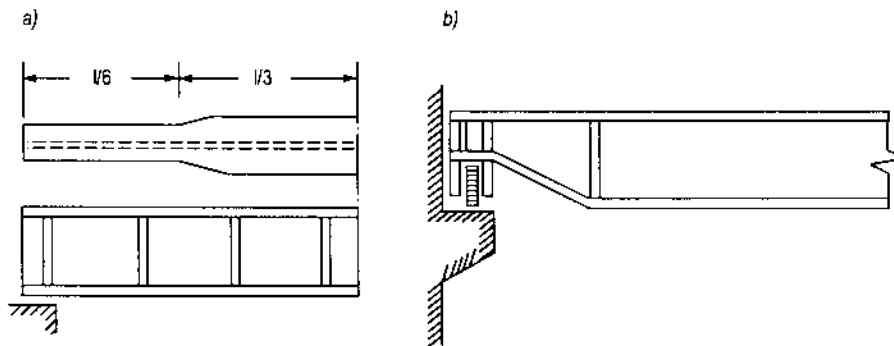
$$\frac{f^{tc}}{l} = \frac{2}{384} \cdot \frac{q^{tc} l^3}{EJ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{108.1200^3}{2.1 \cdot 10^6 \cdot 705000} = \frac{1}{620} < \frac{1}{n_0} = \frac{1}{600}$$

4.3.5. Thay đổi tiết diện dầm

Giá trị mômen uốn tại mỗi mặt cắt của dầm khác nhau, nhưng khi chọn tiết diện đã dùng trị số mômen uốn lớn nhất để tính. Nếu tiết diện không thay đổi theo nhịp, thì tiết diện ở hai đầu dầm lớn quá yêu cầu cần thiết vì mômen uốn ở đó nhỏ. Để tiết kiệm vật liệu và giảm trọng lượng dầm, tốt nhất là thay đổi tiết diện cho phù hợp với giá trị mômen uốn tương ứng. Chỉ nên thay đổi tiết diện bản cánh, còn bản bụng chỉ nên thay đổi khi cần giảm chiều cao tiết diện đầu dầm. Loại này thường gặp ở cầu trục (do yêu cầu về kiến trúc), dầm chính trong cửa van phẳng (do yêu cầu làm giảm bề rộng của khe van).

Đối với dầm hàn chịu tải trọng phân bố đều, nếu chỉ thay đổi tiết diện bản cánh thì vị trí điểm đổi tiết diện lợi nhất là cách gối dầm một đoạn $x_1 = \frac{l}{6}$ (hình 4.13a). Mômen

uốn tại mặt cắt này bằng: $M_1 = \frac{qx_1(1-x_1)}{2}$.

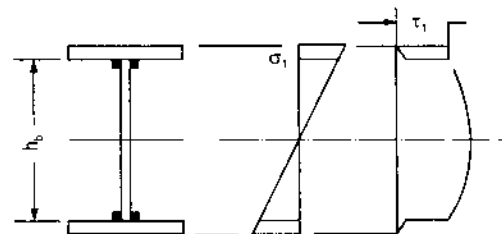


Hình 4.13

Từ giá trị mômen này, xác định được diện tích yêu cầu của bản cánh tại vị trí tiết diện thay đổi:

$$F_l^c = \frac{W_l^{yc}}{h} - \frac{\delta_b h}{6} \quad (4-36)$$

trong đó: $W_l^{yc} = \frac{M_l}{R_k^h}$



Hình 4.14

Tại mặt cắt này do tiết diện bị giảm, đồng thời mômen và lực cắt cũng tương đối lớn nên cần kiểm tra ứng suất tính đối lớn nhất (hình 4.14):

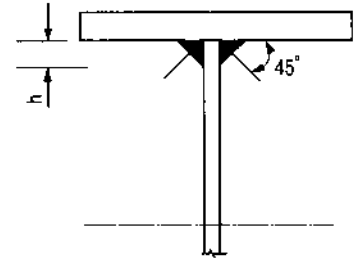
$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq R \quad (4-37)$$

trong đó: $\sigma_1 = \frac{M}{J_x} \cdot \frac{h_b}{2}$

$$\tau_1 = \frac{QS_c}{J_x \delta_b}$$

4.3.6. Tính liên kết giữa bản bụng và bản cánh

Trong dầm ghép, bản bụng và bản cánh thường được liên kết với nhau bằng đường hàn góc (hình 4.15). Khi chịu uốn, đường hàn chịu cắt, để cho đường hàn không bị phá hoại vì cắt thì lực cắt tác dụng lên đường hàn phải nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu cắt của đường hàn góc.



Hình 4.15

Lực cắt tác dụng lên một đơn vị chiều dài đường hàn bằng:

$$T = \tau \delta_b = \frac{QS_c}{J_x}$$

trong đó: S_c - mômen tĩnh của cánh dầm đối với trục trung hoà;

J_x - mômen quán tính của tiết diện dầm.

Khả năng chịu cắt trên một đơn vị chiều dài đường hàn bằng (hàn cả hai bên):

$$[T]_c^h = 2\beta h_h R_g^h$$

Vậy ta có:
$$T = \frac{QS_c}{J_x} \leq 2\beta h_h R_g^h$$

Từ đó rút ra được chiều dày cần thiết của đường hàn:

$$h_h \geq \frac{1}{2\beta R_g^h} \cdot \frac{QS_c}{J_x} \quad (4-38)$$

Chiều dày đường hàn được tính cho đoạn ở gối tựa dầm vì ở đó có lực cắt lớn nhất. Chiều dày đó được dùng trên toàn chiều dài dầm.

Nếu tại gối tựa mà $h_h \geq 10\text{mm}$, thì có thể dùng chiều dày đường hàn thay đổi theo chiều dài dầm để tiết kiệm que hàn. Nhưng chiều dày đường hàn không được nhỏ hơn giá trị cho ở bảng 2.1.

Đối với dầm hình hộp chịu uốn trong hai mặt phẳng và chịu mômen xoắn M_k (hình 4.11), thì lực cắt (lực trượt) T tác dụng lên một đơn vị chiều dài đường hàn liên kết giữa một bản bụng và một bản cánh.

$$T = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_y S_x^c}{J_x} + \frac{Q_x S_y^b}{J_y} \right) + \frac{M_k}{2F_o} \quad (4-39)$$

trong đó: S_x^c - mômen tĩnh của bản cánh đối với trục x;

S_y^b - mômen tĩnh của bản bụng đối với trục y.

Lực T phải nhỏ hơn khả năng chịu cắt trên một đơn vị chiều dài đường hàn liên kết một bản bụng với một bản cánh (nếu hàn ở một bên).

$$[T]_c^h = \beta h_b R_g^h$$

4.3.7. Kiểm tra ổn định tổng thể

Ổn định tổng thể được kiểm tra theo công thức (4-11). Hệ số φ_d được xác định theo công thức (4-15), trong đó hệ số ψ lấy theo bảng 4.2 hoặc 4.3, nó là hàm của thông số α :

$$\alpha = 1,54 \frac{J_{xoắn}}{J_y} \left(\frac{l_o}{h} \right)^2 \quad (4-40)$$

Đối với dầm hàn tiết diện chữ I được ghép bằng ba bản thép có hai trục đối xứng:

$$J_{xoắn} = \frac{1,3}{3} (h_b \delta_b^3 + 2b_c \delta_c^3)$$

$$J_y = 2 \frac{\delta_c b_c^3}{12}$$

Thay các công thức trên vào (4-13), ta có:

$$\alpha = 8 \left(\frac{l_o \delta_c}{b_c h} \right)^2 \left(1 + \frac{h \delta_b^3}{2b_c \delta_c^3} \right)$$

Đối với mặt cắt hình hộp, có chiều dày các bản cánh là δ_c và các bản bụng là δ_b , nếu bỏ qua phần bản cánh nhô ra khỏi bản bụng dầm thì mômen quán tính xoắn $J_{xoắn}$ có thể tính theo công thức:

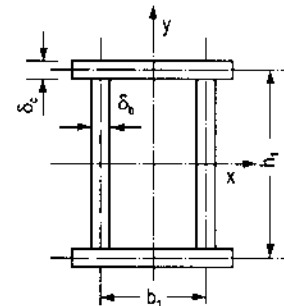
$$J_{xoắn} = \frac{2b_l^2 h_l^2 \delta_c \delta_b}{b_l \delta_b + h_l \delta_c} \quad (4-41)$$

Trong đó: $b_l = b_o + \delta_b$ và $h_l = h_b + \delta_c$ là các cạnh của hình chữ nhật được giới hạn bởi các đường trục của các bản cánh và bản bụng (hình 4.16). Mômen quán tính của tiết diện hình hộp đối với trục y được xác định đúng như sau:

$$J_y = 2 \left(\frac{\delta_c b_l^3}{12} + \frac{\delta_b h_l b_l^2}{4} \right) \quad (4-42)$$

Thay (4-41) và (4-42) vào công thức (4-13), ta rút ra được:

$$\alpha = \frac{20}{\left(\frac{b_l \delta_c}{h_l \delta_b} + 3 \right) \left(\frac{b_l \delta_b}{h_l \delta_c} + 1 \right)} \left(\frac{l_o}{h} \right)^2 \quad (4-43)$$



Hình 4.16

Các bước tiến hành kiểm tra ổn định tổng thể của dầm ghép cũng được thực hiện tương tự như đối với dầm định hình, chỉ có khác là thay công thức (4-13) bằng công thức (4-40) hoặc (4-43).

Các trường hợp sau đây không cần kiểm tra ổn định tổng thể:

- Nếu bản cánh trên của dầm được liên kết cứng với bản mặt sàn, giữ cho bản cánh không bị vênh theo hướng ngang.
- Nếu tỉ số giữa chiều dài tính toán l_0 và bề rộng của bản cánh b_c không vượt quá giá trị cho trong bảng 4.6.

Bảng 4.6. Tỉ số l_0/b_c lớn nhất, với tỉ số này không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm hàn bằng thép mác CT3 và CT4

h/b_c	Giá trị lớn nhất của l_0/b_c đối với dầm có tỉ số kích thước					
	$h/\delta_c = 100$			$h/\delta_c = 50$		
	Khi tải trọng đặt ở		Khi có cốt kết trung gian ở cánh trên (không phụ thuộc vào nơi đặt tải trọng)	Khi tải trọng đặt ở		Khi có cốt kết trung gian ở cánh trên (không phụ thuộc vào nơi đặt tải trọng)
	Cánh trên	Cánh dưới		Cánh trên	Cánh dưới	
2	28	28	22	19	30	23
4	16	26	19	18	27	21
6	15	24	18	16	25	19

Chú thích: Đối với những dầm làm bằng thép mác khác thì giá trị l_0/b_c trong bảng được nhân với hệ số điều chỉnh $\sqrt{\frac{2100}{R}}$, trong đó R - cường độ tính toán của thép (daN/cm²).

4.3.8. Kiểm tra ổn định cục bộ

Tiết diện của dầm được ghép bởi nhiều bản mỏng. Khi chịu lực các thành phần ghép (bản cánh hoặc bản bụng) có thể bị mất ổn định cục bộ. Đó thường là nguyên nhân chủ yếu làm cho dầm mất khả năng chịu lực. Vì vậy khi tính toán nếu chỉ xét đến cường độ, độ cứng và ổn định tổng thể thì chưa đủ an toàn, để nghiên cứu trường hợp này trước hết xét ổn định của bản mỏng. Cũng tương tự như thanh chịu nén trung tâm, ứng suất tới hạn của bản mỏng phụ thuộc vào liên kết ở mép bản. Ứng suất này tỉ lệ thuận với chiều dày và tỉ lệ nghịch với bề rộng của tấm và công thức xác định có dạng:

$$\sigma_{th} = k \left(\frac{100\delta}{b} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-44)$$

Nếu $\sigma_{th} < \sigma_c$, bản mỏng mất ổn định trước khi vật liệu đạt tới giới hạn chảy, khả năng làm việc của vật liệu chưa được tận dụng hết.

Nếu $\sigma_{th} > \sigma_c$, bản mỏng bị phá hoại vì cường độ.

Nếu $\sigma_{th} = \sigma_c$ thì bản mỏng bị mất ổn định đồng thời bị phá hoại về cường độ, trong trường hợp này khả năng của vật liệu được tận dụng hết. Điều kiện để cho bản mỏng không bị mất ổn định là: $\sigma_{th} \geq \sigma_c$.

4.3.8.1. Ổn định của bản cánh

Bản cánh là một bản mỏng hẹp chịu lực nén phân bố đều ở hai đầu, một cạnh tự do, cạnh kia được liên kết với bản bụng. Nếu cạnh này được coi là liên kết ngàm thì ứng suất tối hạn trong bản cánh là:

$$\sigma_{th} = 0,8 \left(\frac{100\delta_c}{a_1} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-45)$$

Để bản cánh không mất ổn định, thì $\sigma_{th} \geq \sigma_c = 2400 \text{ daN/cm}^2$ (với thép CT3):

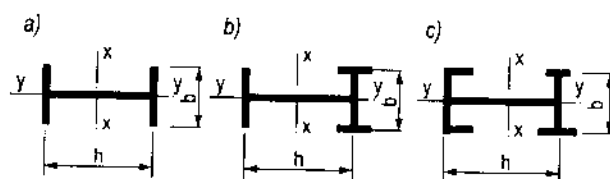
$$0,8 \left(\frac{100\delta_c}{a_1} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \geq 2400 \text{ daN/cm}^2$$

Từ đó ta rút ra được tỉ số giữa chiều rộng tính toán và chiều dày của bản cánh là:

$$\frac{a_1}{\delta_c} \leq 18,7$$

Vậy bản cánh sẽ bị mất ổn định

khi $\frac{a_1}{\delta_c} > 18,7$.



Hình 4.17

Nhưng vì liên kết giữa bản cánh và bản bụng không phải liên kết ngàm, bản cánh cũng không phải chỉ chịu ứng suất pháp và còn một số nguyên nhân khác chưa xét tới, nên tiêu chuẩn thiết kế quy định điều kiện ổn định của bản cánh như sau:

$$a_1 = \frac{b_c - \delta_b}{2} \leq 15\delta_c \text{ (đối với thép CT3)}$$

Đối với các loại thép có số hiệu khác:

$$a_1 \leq 15\delta_c \sqrt{\frac{2100}{R}} \quad (4-46)$$

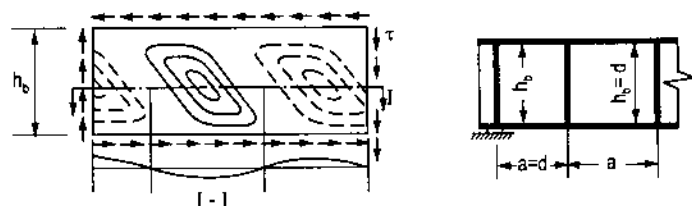
trong đó: R - cường độ tính toán của thép tính bằng daN/cm^2 .

4.3.8.2. Ổn định của bản bụng

Bản bụng có thể bị mất ổn định do tác dụng của ứng suất pháp, ứng suất tiếp hoặc do tác dụng đồng thời của ứng suất pháp và ứng suất tiếp.

Mất ổn định do ứng suất tiếp

Tại gối tựa bản bụng thường bị mất ổn định do ứng suất tiếp, vì ở đó lực cắt lớn. Hình 4.18 biểu thị dạng mất ổn định của bản bụng do ứng suất tiếp gây ra. Ứng suất tối hạn của tấm chữ nhật, chu vi liên kết ngầm



Hình 4.18

đàn hồi và chịu lực tiếp tuyến phân bố đều được tính theo công thức sau:

$$\tau_{th} = \left(1,25 + \frac{0,95}{\mu^2} \right) \left(\frac{100\delta_b}{d} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-47)$$

trong đó: d - cạnh ngắn của tấm chữ nhật;

μ - tỉ số giữa cạnh dài và cạnh ngắn.

Bản bụng dầm là một tấm chữ nhật có cạnh dài lớn, cạnh ngắn là chiều cao bản bụng, do đó μ khá lớn, nên có thể bỏ qua số hạng thứ hai trong công thức (4-47). Vậy ta có:

$$\tau_{th} = 1,25 \left(\frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2$$

Điều kiện để bản bụng không bị mất ổn định là $\tau_{th} \geq \tau_c = \sigma_c / \sqrt{3} = 0,6\sigma_c$.

Đối với thép CT3 ta có:

$$1,25 \left(\frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \geq 0,6 \cdot 2400 = 1440 \text{ daN/cm}^2$$

Từ đó ta rút ra được độ mảnh tối hạn của bản bụng dầm là:

$$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = \sqrt{\frac{1,25 \cdot 100^2 \cdot 10^3}{1440}} = 90$$

Vậy khi $\frac{h_b}{\delta_b} < 90$ thì bụng đạt tới τ_c trước khi mất ổn định.

Nhưng do bản bụng không phẳng và có chịu ảnh hưởng của ứng suất pháp nên tiêu chuẩn thiết kế quy định độ mảnh tối hạn lớn nhất lấy nhỏ hơn một chút:

$$\frac{h_b}{\delta_b} \leq 70 \sqrt{\frac{2100}{R}} \quad (4-48)$$

trong đó: R - cường độ tính toán của thép (daN/cm^2).

Vậy bản bụng bị mất ổn định khi $\frac{h_b}{\delta_b} > 70 \sqrt{\frac{2100}{R}}$.

Khi bản bụng mất ổn định cần được gia cường bằng các sườn đứng (hình 4.18) để tăng độ cứng của bản bụng. Từ công thức (4-47) cho thấy nếu đặt các sườn cách nhau quá lớn, thì ứng suất tiếp tới hạn tăng không nhiều, việc đưa sườn gia cố vào không có hiệu quả rõ rệt. Cho nên khoảng cách lớn nhất giữa các sườn được quy định như sau: khi $\frac{h_b}{\delta_b} > 100$ thì $a_{\max} = 2h_b$ và khi $\frac{h_b}{\delta_b} \leq 100$ thì $a_{\max} = 2,5h_b$.

Mất ổn định do ứng suất pháp

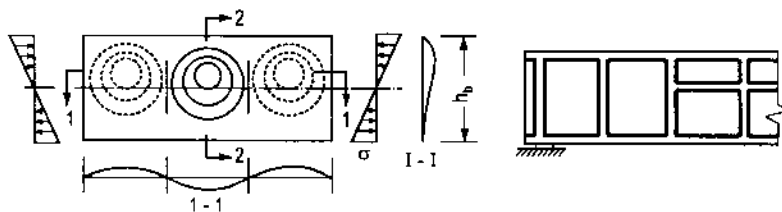
Trường hợp này thường xảy ra ở giữa dầm vì ở đó có mômen uốn lớn. Dạng mất ổn định do ứng suất pháp được biểu thị ở hình 4.19. Ứng suất pháp tới hạn của bản bụng dầm được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{th} = k_o \left(\frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-49)$$

trong đó: k_o - hệ số phụ thuộc vào liên kết giữa bản bụng và bản cánh, được xác định theo bảng 4.7, nó là hàm của giá trị γ :

$$\gamma = C \frac{b_c}{h_b} \left(\frac{\delta_c}{\delta_b} \right)^3 \quad (4-50)$$

trong đó hệ số C được lấy như sau: đối với dầm cầu trục có ray không hàn vào cánh nén $C = 2$, ray được hàn vào cánh nén $C = \infty$; đối với dầm khác $C = 0,8$, khi có tấm cứng đặt liên tục trên cánh nén thì $C = \infty$.



Hình 4.19

Bảng 4.7. Hệ số k_o đối với dầm hàn

γ	$\leq 0,8$	1	2	4	6	10	≥ 30
k_o	6,30	6,22	7,00	7,27	7,32	7,37	7,46

Ứng suất tới hạn có giá trị nhỏ nhất ứng với hệ số $k_o = 6,30$.

$$\sigma_{th} = 6,30 \left(\frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-51)$$

Nếu lấy trường hợp này để tính độ mảnh tới hạn của bản bụng, thì độ mảnh tới hạn sẽ nhỏ nhất, với thép CT3 ta có:

$$6,30 \left(\frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 \cdot 10^3 = 2400 \text{ daN/cm}^2$$

Từ đó có:
$$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = 162$$

Nhưng để xét tới một số yếu tố gần đúng đã dùng khi rút ra công thức trên, tiêu chuẩn thiết kế quy định độ mảnh tới hạn của bản bụng khi chỉ chịu tác dụng của ứng suất pháp lấy bằng:

- Đối với thép CT3:
$$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = 160$$

- Đối với các loại thép khác thì:

$$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = 160 \sqrt{\frac{2100}{R}} \quad (4-52)$$

Vậy khi chịu tác dụng của ứng suất pháp bản bụng mất ổn định khi $\frac{h_b}{\delta_b} > 160 \sqrt{\frac{2100}{R}}$.

Để khắc phục có thể áp dụng hai biện pháp sau: tăng δ_b hoặc giảm h_b (xem công thức 4-49) bằng cách đưa vào các sườn gia cố dọc như ở hình 4.19. Biện pháp thứ nhất thường được dùng vì $\lambda_b = 160$ - bản bụng đã khá mỏng.

Mất ổn định do tác dụng liên hợp của ứng suất pháp và ứng suất tiếp

Khi bản bụng đã được gia cố bằng sườn đứng và sườn dọc, trong từng ô bản bụng dầm còn có thể bị mất ổn định do tác dụng liên hợp của ứng suất pháp và tiếp.

Việc kiểm tra ổn định của từng ô bản bụng của dầm có tiết diện đối xứng, chỉ được gia cố bằng sườn đứng, giữa ô không có lực tập trung (tức là ứng suất cục bộ $\sigma_{cb} = 0$), được tiến hành theo công thức sau:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{\sigma_{th}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_b}{\tau_{th}} \right)^2} \leq m \quad (4-53)$$

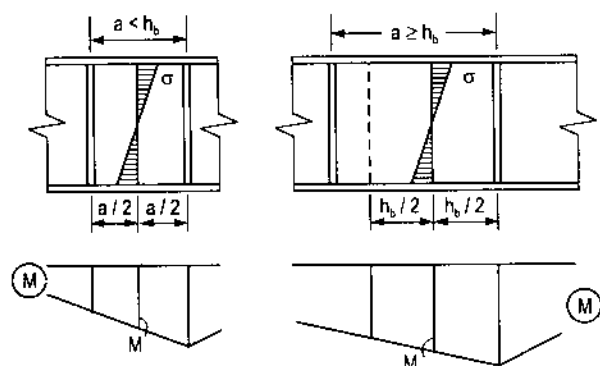
trong đó: m - hệ số điều kiện làm việc lấy $m = 1$.

σ_{th} , τ_{th} - ứng suất pháp và ứng suất tiếp tới hạn được xác định theo các công thức (4-49) và (4-47).

σ_b và τ_b - ứng suất pháp và ứng suất tiếp trong bản bụng dầm.

Ứng suất pháp σ_b là ứng suất nén ở mép bản bụng do mômen uốn sinh ra, tính với tiết diện nguyên và không xét tới hệ số ổn định φ_d . Theo tiêu chuẩn thiết kế, σ_b được xác

định theo giá trị mômen trung bình trong phạm vi của ô kiểm tra, nếu khoảng cách giữa các sườn đứng không lớn hơn chiều cao bản bụng dầm. Trong trường hợp ngược lại, được tính với giá trị mômen trung bình trong đoạn có ứng suất lớn hơn với chiều dài bằng chiều cao của bản bụng (hình 4.20).



Hình 4.20

Ứng suất tiếp τ_b là ứng suất trung bình trong bản bụng, được tính theo công thức sau:

$$\tau_b = \frac{Q}{h_b \cdot \delta_b} \quad (4-54)$$

trong đó: Q - lực cắt trung bình trong phạm vi ô;

h_b - chiều cao bản bụng dầm;

δ_b - chiều dày bản bụng dầm.

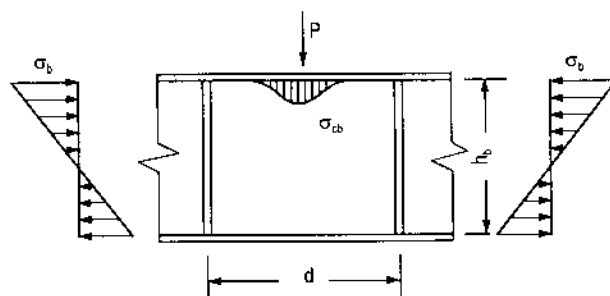
Sau khi đặt sườn đứng, độ mảnh của bụng dầm tăng lên, từ công thức (4-47) với $\mu = 2$ ta có:

$$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = \sqrt{\frac{1,49 \cdot 100^2 \cdot 10^3}{1440}} = 102$$

nhưng để xét tới tác dụng ngàm của sườn gia cố và một số ảnh hưởng khác, tiêu chuẩn thiết kế cho phép không phải kiểm tra ổn định bản bụng giữa hai sườn đứng theo công thức (4-52) khi:

$$\frac{h_b}{\delta_b} \leq 110 \sqrt{\frac{2100}{R}} \quad (4-55)$$

Nếu dầm chịu tải trọng tập trung cố định, thì cần phải đặt sườn đứng ngay ở dưới lực tập trung để có thể sử dụng công thức (4-53). Nếu điều kiện (4-53) không được thoả mãn thì cần bố trí thêm các sườn trung gian.



Hình 4.21

Trong trường hợp dầm chịu tải trọng tập trung di động, không thể đặt sườn đứng ngay dưới lực tập trung, nên ở trong khoảng giữa hai sườn đứng có lực tập trung (ứng suất cục bộ trong bản bụng dầm $\sigma_{cb} \neq 0$), ổn định cục bộ của bản bụng dầm được kiểm tra theo công thức sau (hình 4.21):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{\sigma_{th}} + \frac{\sigma_{cb}}{\sigma_{cb}^{th}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_h}{\tau_{th}}\right)^2} \leq m \quad (4-56)$$

trong đó:

$m = 0,9$ - đối với dầm cầu trực, $m = 1$ - đối với dầm khác;

σ_b, τ_b - ứng suất pháp và ứng suất tiếp trong bản bụng dầm; được xác định như ở công thức (4-53);

σ_{cb} - ứng suất cục bộ trong bản bụng dầm được xác định theo công thức (4-5), trong đó lấy $n = 1,1$ đối với dầm cầu trực $n = 1$ đối với những trường hợp khác, chiều dài phân bố của lực tập trung:

$$Z = 3,25 \sqrt[3]{\frac{J_c}{\delta_b}} \quad (4-57)$$

J_c - tổng mômen quán tính của cánh dầm và ray của cầu trực, khi ray được hàn chặt vào cánh dầm thì J_c bằng mômen quán tính chung của ray và cánh;

τ_{th} - ứng suất tiếp tới hạn được xác định bằng công thức (4-47).

Những trị số còn lại xác định như sau:

1. Khi $\frac{a}{h_b} \leq 0,8$ thì:

σ_{th} - lấy theo công thức (4-49);

σ_{cb}^{th} - ứng suất cục bộ tới hạn được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cb}^{th} = k_1 \left(\frac{100\delta_b}{a} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-58)$$

trong đó: k_1 - hệ số lấy theo bảng 4.8, phụ thuộc vào tỉ số a/h_b và trị số γ xác định theo công thức (4-50).

Bảng 4.8. Giá trị của hệ số k_1

$\gamma \backslash a/h_b$	$\leq 0,5$	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$\leq 0,8$	2,04	3,39	3,04	3,67	4,11	4,67	5,32	6,04	6,88
1	2,07	2,44	3,13	3,80	4,29	4,90	5,61	6,39	7,29
2	2,13	2,54	3,33	4,17	4,85	5,67	6,59	7,59	8,72
4	2,17	2,60	3,47	4,46	5,33	6,38	7,58	8,89	10,35
6	2,18	2,62	3,52	4,58	5,55	6,73	8,07	9,54	11,19
10	2,19	2,64	3,57	4,68	5,76	7,07	8,56	10,21	12,06
≥ 30	2,21	2,67	3,65	4,86	6,15	7,74	9,56	11,58	13,86

2. Khi $\frac{a}{h_b} > 0,8$, có hai trường hợp

Trường hợp 1: σ_{cb}/σ lớn hơn trị số ở bảng 4.9, trong trường hợp này: σ_{cb}^{th} được tính theo công thức (4-58), nếu $a > 2h_b$ thì lấy $a = 2h_b$.

$$\sigma_{th} = k_2 \left(\frac{100\delta_b}{h_q} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \quad (4-59)$$

trong đó: k_2 - hệ số xác định theo bảng 4.10 phụ thuộc vào tỉ số a/h_b .

Bảng 4.9. Trị số giới hạn σ_{cb}/σ đối với dầm hàn có tiết diện đối xứng

$\gamma \backslash a/h_b$	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2
$\leq 0,8$	0	0,215	0,248	0,268	0,285	0,303	0,315	0,333
1	0	0,167	0,209	0,243	0,273	0,295	0,312	0,331
2	0	0,119	0,174	0,242	0,293	0,337	0,366	0,396
4	0	0,081	0,147	0,245	0,327	0,396	0,450	0,501
6	0	0,075	0,146	0,257	0,356	0,442	0,509	0,578
10	0	0,069	0,142	0,267	0,386	0,492	0,581	0,674
≥ 30	0	0,056	0,135	0,228	0,445	0,619	0,767	0,940

Bảng 4.10. Giá trị của hệ số k_2

a/h_b	$\geq 0,8$	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2
k_2	Theo bảng 4.7	7,78	8,23	9,50	11,1	13,02	15,25	17,79

Trường hợp 2: σ_{cb}/σ không lớn hơn trị số ở trong bảng 4.9 trong trường hợp này lấy:

σ_{th} - theo công thức (4-49);

σ_{cb}^{th} - theo công thức (4-58) nhưng lấy $a/2$ thay cho a trong công thức này, cũng như trong bảng 4.8.

Cũng tương tự như trong trường hợp $\sigma_{cb} = 0$, để xét tới tác dụng của sườn, tiêu chuẩn thiết kế cho phép không cần kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng giữa hai sườn đứng theo công thức (4-56) khi:

$$\frac{h_b}{\sigma_b} \leq 80 \sqrt{\frac{2100}{R}} \quad (4-60)$$

Ở trên vừa trình bày trình tự kiểm tra ổn định cục bộ của các ô bản bụng của dầm có tiết diện đối xứng chỉ được gia cố bằng các sườn đứng trong trường hợp không có ứng suất cục bộ và có ứng suất cục bộ do tải trọng tập trung đặt tại cánh chịu nén.

Nếu trong những ô mà tải trọng tập trung đặt tại cánh chịu kéo, thì chỉ xét đồng thời hai thành phần σ và τ hoặc σ_{cb} và τ (hình 4.21).

Nếu dầm có tiết diện không đối xứng (có cánh nén mở rộng hơn) việc kiểm tra cũng được tiến hành theo các bước ở trên nhưng có thay đổi như sau: trong công thức (4-49), (4-59) và bảng 4.10 lấy h_b bằng hai lần khoảng cách từ trục trung hoà tới mép nén của ô (vị trí tiếp giáp giữa bản bụng và cánh nén). Khi $a/h_b > 0,8$ và $\sigma_{cb} \neq 0$ thì cần phải kiểm tra theo cả hai trường hợp mà không tùy thuộc vào tỉ số σ_{cb}/σ .

Đối với dầm có bản bụng, được gia cố bằng các sườn đứng, các sườn dọc hoặc các loại sườn khác có thể tham khảo các tài liệu liên quan, hoặc xem tiêu chuẩn thiết kế TCXD-09-72.

Ví dụ 4.2: Kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng dầm có kích thước và chịu tải trọng như hình 4.22, vật liệu thép BCT3.

Giải:

Tỉ số $\frac{h_b}{\delta_b} = \frac{850}{6} = 140 > 70$ do đó cần phải đặt sườn đứng.

Tỉ số $\frac{h_b}{\sigma_b} < 160$, không cần đặt sườn dọc.

Khoảng cách giữa các sườn đứng chọn $a = 1,5\text{m} < 2h_b$ vì $\frac{h_b}{\delta_b} > 100$. Các sườn đứng đặt dưới vị trí của lực tập trung, do đó không có ứng suất cục bộ trong mỗi ô ($\sigma_{cb} = 0$).

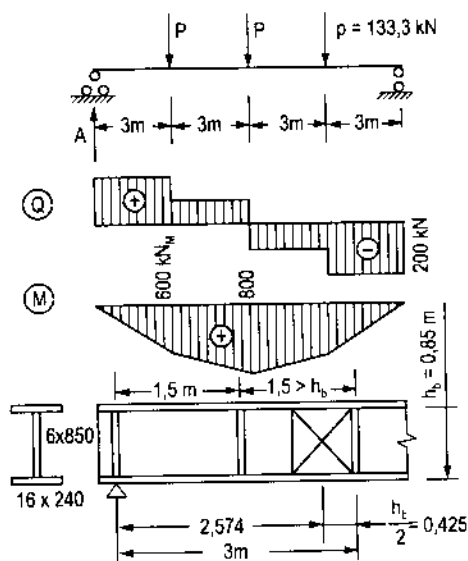
Sau khi đặt sườn đứng, cần phải kiểm tra ổn định trong từng ô của bản bụng dầm (vì $h_b/\sigma_b > 110$) theo công thức (4-53):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{\delta_{th}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_b}{\tau_{th}}\right)^2} \leq 1$$

Vì $a > h_b$ nên σ_b và τ_b được tính với mômen tại tiết diện cách mép ô có mômen lớn nhất một đoạn bằng $h_b/2$ (hình 4.22) và với lực cắt tại giữa ô, các ứng suất tới hạn được tính theo công thức (4-47), (4-49).

$$Q = 200\text{kN}$$

$$M = A \cdot x = 200 \left(3 - \frac{0,85}{2} \right) = 516\text{kNm}$$



Hình 4.22

$$\sigma_b = \frac{M}{J_x} \cdot \frac{h_b}{2} = \frac{516 \cdot 10^4}{147000} \cdot \frac{85}{2} = 1260 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{Q}{h_b \delta_b} = \frac{20000}{85 \cdot 0,6} = 392 \text{ daN/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{th} &= k_o \left(\frac{100 \delta_b}{h_b} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ daN/cm}^2 \\ &= 7,27 \left(\frac{100 \cdot 0,6}{85} \right)^2 \cdot 10^3 = 772 \text{ daN/cm}^2 = 3620 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

trong đó: $k_o = 7,27$ tra ở bảng 4.7 ứng với:

$$\gamma = 0,8 \frac{b_c}{h_b} \left(\frac{\delta_c}{\delta_b} \right)^3 = 0,8 \frac{24}{85} \left(\frac{1,6}{0,6} \right)^3 = 4$$

$$\begin{aligned} \tau_{th} &= \left(1,25 + \frac{0,95}{\mu^2} \right) \left(\frac{100 \delta_b}{d} \right)^2 10^3 \text{ daN/cm}^2 \\ &= \left(1,25 + \frac{0,95}{1,77^2} \right) \left(\frac{100 \cdot 0,6}{85} \right)^2 10^3 = 772 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

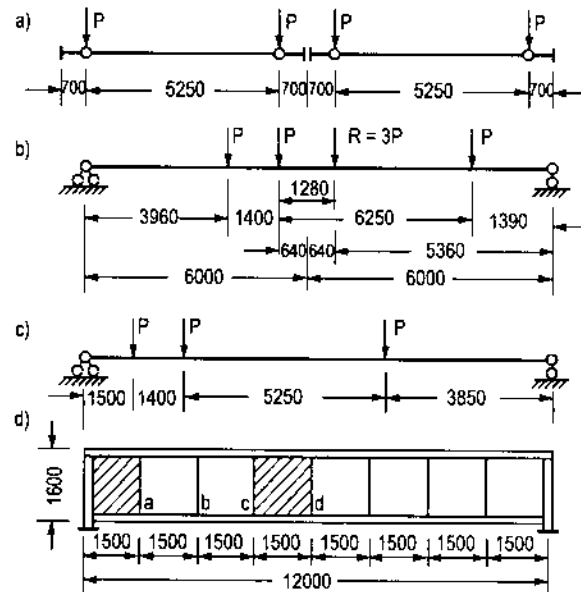
trong đó:

$$\mu = \frac{150}{85} = 1,77 \text{ và } d = h_b = 85 \text{ cm}$$

$$\sqrt{\left(\frac{1260}{3620} \right)^2 + \left(\frac{392}{720} \right)^2} = 0,67 < 1$$

Vậy ô thứ hai không bị mất ổn định cục bộ. Các ô khác cũng được tiến hành tương tự.

Ví dụ 4.3: Kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng dầm cầu trục có nhịp $l = 12\text{m}$. Tiết diện dầm được ghép bằng ba bản thép có kích thước: bản bụng 1550×14 , bản cánh 600×22 , đường ray KP80 (ГОСТ 3332-54) có $J_n = 1547\text{cm}^4$. Chịu hệ tải trọng di động như ở hình 4.23a. Vật liệu thép BCT3.



Hình 4.23

Giải:

Độ mảnh của bản bụng: $\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = \frac{1550}{14} = 111 > 80$

Vậy cần phải đặt sườn đứng và cần kiểm tra ổn định.

Giả thiết sườn đứng đặt cách nhau $a = 1,5\text{m}$ và kiểm tra hai ô bản bụng ở giữa dầm, ở gối dầm như ở hình 4.23d.

Kiểm tra ổn định cục bộ ô giữa

Kiểm tra ổn định của ô giữa với hệ tải trọng di động như ở hình 4.23b, ứng với vị trí này, ô giữa chịu mômen uốn lớn nhất.

Dầm có mặt cắt đối xứng, chịu tải trọng di động ($\sigma_{cb} \neq 0$) và chỉ được gia cố bằng sườn đứng, nên được kiểm tra ổn định cục bộ theo công thức (4-56).

Mômen uốn tại mặt cắt b, c, và d:

$$M_b = \left(\frac{3.666.5,36}{12} 4,5 - 666.0,54 \right) 1,05 = 3850 \text{ kNm}$$

$$M_c = 3850 \text{ kNm}$$

$$M_d = \left(\frac{3.666.6,64}{12} 6 - 666.4,61 \right) 1,05 = 3750 \text{ kNm}$$

Trong đó đưa vào hệ số 1,05 để xét tới mômen uốn do trọng lượng bản thân của dầm sinh ra.

Mômen uốn trung bình tại mặt cắt giữa ô.

$$M = \frac{3850 + 3850 + 3750}{3} = 3820 \text{ kNm}$$

Xác định các ứng suất ở ô giữa:

$$\sigma_b = \frac{M}{J_x} \cdot \frac{h_b}{2} = \frac{3820.10^4}{2065000} \cdot \frac{155}{2} = 1430 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó:

$$J_x = \frac{1,4.155^3}{12} + 2.60.2,2.78,6^2 = 2065000 \text{ cm}^4$$

$$\tau_b = \frac{Q}{h_b \delta_b} = \frac{43900}{155.1,4} = 200 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{cb} = \frac{nP}{\delta_b z} = \frac{1,1.66600}{1,4.34} = 1540 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó:
$$z = 3,25 \sqrt[3]{\frac{J_c}{\delta_b}} = 3,25 \sqrt[3]{\frac{1600}{1,4}} = 34 \text{ cm}$$

với:
$$J_c = 1547 + 60 \cdot \frac{2,2^3}{12} = 1600 \text{ cm}^4$$

Vì giá trị:
$$\frac{a}{h_b} = \frac{1,5}{1,55} = 0,96 > 0,8$$

và tỉ số:
$$\frac{\sigma_{cb}}{\sigma} = \frac{1540}{1430} = 1,07 > 0,12$$

nên ứng suất pháp tối hạn xác định theo công thức (4-59):

$$\sigma_{th} = k_2 \left(\frac{100\delta_b}{h_b} \right)^2 10^3 = 8,07 \left(\frac{100 \cdot 1,4}{155} \right)^2 10^3 = 6550 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó: $k_2 = 8,07$ tìm được từ bảng 4.10. Giá trị 0,12 tra được từ bảng 4.9 ứng với

$$\frac{a}{h_b} = 0,96 \text{ và } \gamma = c \frac{b_c}{h_b} \left(\frac{\delta_c}{\delta_b} \right)^3 = 2 \frac{60}{155} \left(\frac{2,2}{1,4} \right)^3 = 3.$$

Ứng suất tiếp tối hạn được xác định theo công thức (4-47):

$$\begin{aligned} \tau_{th} &= \left(1,25 + \frac{0,95}{\mu^2} \right) \left(\frac{100\delta_b}{d} \right)^2 10^3 = \\ &= \left(1,25 + \frac{0,95}{1,03^2} \right) \left(\frac{100 \cdot 1,4}{150} \right)^2 10^3 = 1860 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

trong đó: $\mu = \frac{155}{150} = 1,03.$

Ứng suất ép cục bộ được tính theo công thức (4-58):

$$\sigma_{cb}^{th} = k_1 \left(\frac{100\delta_b}{a} \right)^2 10^3 = 4,21 \left(\frac{100 \cdot 1,4}{150} \right)^2 10^3 = 3670 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó: $k_1 = 4,21$ tìm được từ bảng 4.8, ứng với $a/h_b = 0,96$ và $\gamma = 3$.

Thay các ứng suất trên vào công thức (4-56), ta có:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{\sigma_{th}} + \frac{\sigma_{cb}}{\sigma_{cb}^{th}} \right) + \left(\frac{\tau_b}{\tau_{th}} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1430}{6550} + \frac{1540}{3670} \right)^2 + \left(\frac{200}{1860} \right)^2} = 0,62 < 0,9$$

Vậy ô giữa không bị mất ổn định cục bộ.

Kiểm tra ổn định cục bộ ở gối (ô thứ nhất)

Ứng với vị trí của hệ tải trọng di động như ở hình 4.23c, việc kiểm tra được tiến hành tương tự như trên:

$$Q = \frac{666}{2} (3,85 + 9,1 + 10,5) 1,04 = 1370 \text{ kN}$$

Trong đó đưa thêm vào hệ số 1,04 là để xét tới lực cắt do trọng lượng bản thân sinh ra:

$$M_a = 1370 \cdot 1,5 = 2060 \text{ kNm}$$

$$M = \frac{2060 + 0}{2} = 1030 \text{ kNm}$$

$$\sigma_b = \frac{1030 \cdot 10^4}{2065000} \cdot \frac{155}{2} = 388 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{137000}{155 \cdot 1,4} = 632 \text{ daN/cm}^2$$

Thay vào công thức (4-56), ta có:

$$\sqrt{\left(\frac{388}{6550} + \frac{1540}{3760}\right)^2 + \left(\frac{632}{1840}\right)^2} = 0,57 < 0,9$$

Vậy ô thứ nhất không bị mất ổn định cục bộ. Việc kiểm tra các ô khác cũng được tiến hành tương tự.

4.3.9. Cấu tạo sườn đứng

Như trên đã nói, khi $h_b/\delta_b > 70$ (đối với thép CT3) thì phải đặt sườn đứng và khi $h_b/\delta_b \leq 160$ không phải đặt sườn dọc. Vị trí của sườn đứng phụ thuộc vào cấu tạo toàn bộ dầm, phụ thuộc vị trí của tải trọng và yêu cầu về ổn định cục bộ của dầm. Cần bố trí sườn đứng ở ngay dưới vị trí đặt tải trọng tập trung. Sườn nên bố trí đối xứng để dễ chế tạo và để cho việc tính toán được đơn giản.

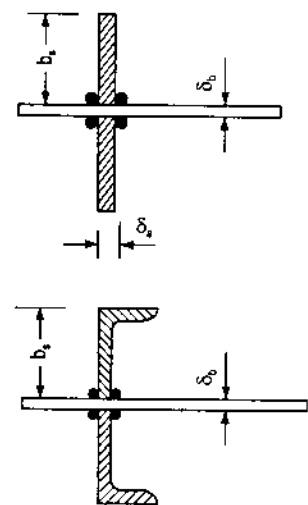
Khoảng cách lớn nhất giữa các sườn đứng tiêu chuẩn thiết kế quy định như sau:

- Khi $h_b/\delta_b > 100$ thì $a_{\max} = 2h_b$.
- Khi $h_b/\delta_b \leq 100$ thì $a_{\max} = 2,5h_b$.

Để phát huy hết tác dụng của sườn khi gia cố bản bụng, tiêu chuẩn thiết kế quy định kích thước của sườn như sau:

- Bề rộng của sườn: $b_s \geq \frac{h_b}{30} + 40 \text{ mm}$
- Bề dày của sườn: $\delta_s \geq \frac{1}{15} b_s$

Mặt cắt ngang của sườn có thể dùng thép bản hoặc thép góc như hình 4.24. Sườn được liên kết với bản bụng dầm bằng đường hàn liên tục với chiều dày nhỏ nhất (xem bảng 2.1). Hai đầu của sườn ở góc sát đường hàn



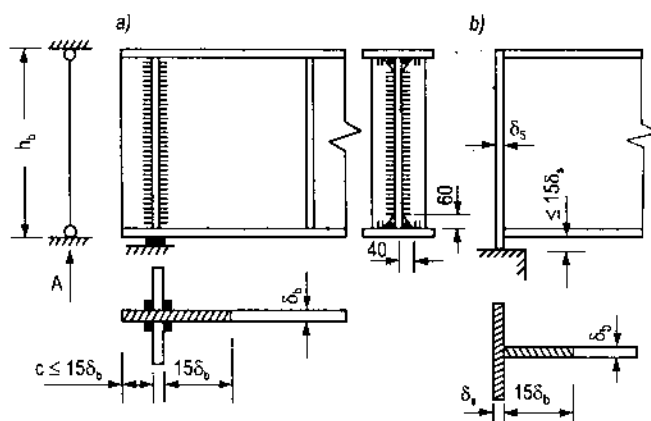
Hình 4.24

nối bản bụng với bản cánh phải cắt vát chéo có chiều cao 60mm và chiều rộng 40mm như ở hình 4.25, trừ các sườn ở gối tựa (hình 4.25).

Sườn đứng ở gối dầm có tác dụng gia cố bản bụng, đồng thời còn có tác dụng chịu lực nén của phản lực gối tựa A, nên cần phải kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng của bản bụng dầm như một thanh chịu nén trung tâm theo công thức:

$$\sigma = \frac{A}{\varphi F} \leq R \quad (4-61)$$

trong đó diện tích tiết diện tính toán F của sườn lấy bằng diện tích mặt cắt ngang của sườn, một phần bản bụng dầm cùng tham gia chịu lực với sườn có bề rộng không lớn hơn $15\delta_b$ ở mỗi bên của sườn. Chiều dài tính toán của sườn lấy bằng chiều cao của bản bụng dầm. Hệ số uốn dọc φ được xác định theo bảng 5.1. Hệ số này phụ thuộc vào độ mảnh của sườn, ứng với mặt cắt tính toán.



Hình 4.25

Đầu dưới của sườn được hàn với cánh dưới của dầm (hình 4.25a) hoặc được bào nhẵn để tiếp xúc khít với kết cấu khác (hình 4.25b), trong trường hợp này cần kiểm tra ứng suất ép mặt đầu:

$$\sigma_{ch} = \frac{A}{F_s} \leq R_{cm,d} \quad (4-62)$$

trong đó: F_s - diện tích tiết diện của sườn tiếp xúc với cánh dầm hoặc gối tựa.

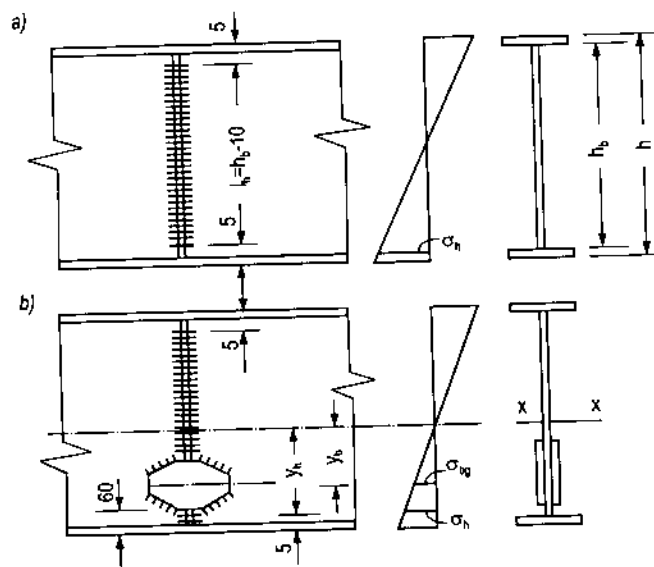
4.3.10. Nối dầm

Khi các bản thép dùng để chế tạo dầm ghép không đủ chiều dài thì cần phải nối bản cánh và bản bụng dầm. Mỗi nối của bản cánh tốt nhất là dùng đường hàn đối đầu thẳng góc. Vị trí của mối nối thường đặt cách đầu dầm một đoạn bằng $1/4$ nhịp. Vì tại đó mômen uốn nhỏ. Mối nối của bản bụng thường đặt ở giữa nhịp vì ở đó lực cắt nhỏ. Khi nối bản bụng, cũng thường dùng đường hàn đối đầu thẳng, nếu không đủ chịu lực có thể tăng cường thêm bằng các bản ghép (hình 4.26a và b).

Đường hàn đối đầu thẳng liên kết bản bụng có thể bố trí ở mặt cắt bất kì của dầm nếu dùng phương pháp tiên tiến để kiểm tra chất lượng và phải bảo đảm chất lượng ở đầu và cuối đường hàn. Nếu dùng phương pháp thông thường để kiểm tra chất lượng đường hàn thì đường hàn đối đầu phải đặt ở vị trí mà điều kiện cường độ được thoả mãn, tức là ứng suất trong đường hàn không được lớn hơn cường độ chịu kéo của nó. Nếu mômen uốn tại mối nối là M và môđun chống uốn của dầm là W , thì:

$$\sigma_h = \frac{M}{W} \cdot \frac{l_h}{h} \leq R_k^h$$

trong đó: $l_h = h_b - 10\text{mm}$ là chiều dài tính toán của mối hàn (hình 4.26a).



Hình 4.26

Từ đó rút ra được mômen uốn mà đường hàn có thể chịu được:

$$M = W \frac{h}{l_h} R_k^h \quad (4-63)$$

Nếu cần phải nối bản bụng tại mặt cắt có mômen lớn hơn giá trị mômen tìm được theo công thức (4-63) thì cần phải dùng bản ghép. Kích thước của bản ghép cũng được xác định từ điều kiện cường độ:

$$\sigma_h = \frac{M'}{J} y_h \leq R_k^h \quad (4-64)$$

trong đó: M' - mômen uốn tại mặt cắt bố trí đường hàn;

J - mômen quán tính của tiết diện dầm có bản ghép;

y_h - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện dầm tới điểm chịu kéo xa nhất của chiều dài tính toán của đường hàn.

Để liên kết giữa bản ghép và bản bụng, dùng đường hàn góc với nội lực tính toán là:

$$N_{bg} = F_{bg} \sigma_{bg} \quad (4-65)$$

trong đó: F_{bg} - diện tích tiết diện của bản ghép;

σ_{bg} - ứng suất pháp tại tâm của bản ghép.

$$\sigma_{bg} = \frac{M'}{J} y_b$$

4.3.11. Liên kết hệ dầm

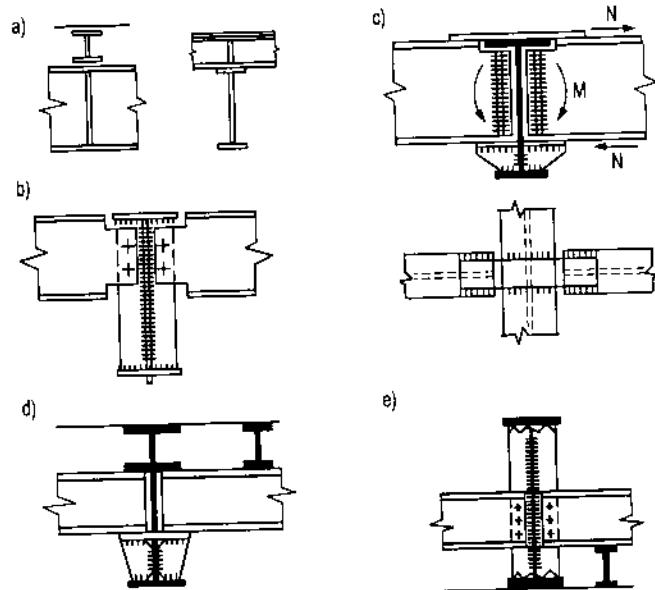
Để liên kết giữa dầm chính và dầm phụ có thể dùng liên kết chồng, liên kết cùng chiều cao hoặc liên kết thấp tùy theo cách bố trí hệ dầm.

Liên kết chồng

Dầm phụ thường đặt trực tiếp lên dầm chính và được gắn với dầm chính bằng bulông hoặc hàn. Bản bụng của dầm chính tại vị trí đặt dầm phụ cần đặt sườn đứng. Cách liên kết này có ưu điểm là dễ chế tạo và dựng lắp (hình 4.27a).

Liên kết cùng chiều cao

Cánh trên của dầm chính và dầm phụ cùng nằm trên một mặt phẳng. Nếu lực chuyển từ dầm phụ lên dầm chính nhỏ, có thể liên kết dầm phụ vào sườn đứng của dầm chính (hình 4.27b). Cách liên kết này rất tiện vì mỗi dầm phụ có thể tiến hành lắp độc lập nhau. Không dùng bulông xuyên qua bụng dầm chính để liên kết hai dầm phụ. Cách này đòi hỏi hai dầm phụ ở hai bên dầm chính phải lắp đồng thời, như vậy sẽ gây khó khăn cho thi công. Khi liên kết chịu mômen và lực cắt lớn thì cần dùng gối đỡ để chịu lực cắt và bản ghép để chịu mômen uốn. Nội lực trong bản ghép do mômen uốn sinh ra là:



Hình 4.27

$$N_{bg} = \frac{M_o}{h_c}$$

trong đó: M_o - mômen ở gối tựa dầm phụ;

h_c - khoảng cách trung tâm giữa hai bản ghép (xem hình 4.27c).

Liên kết thấp

Cánh dầm phụ thấp hơn cánh dầm chính, cấu tạo của loại liên kết này tương tự như loại liên kết cùng chiều cao. Khi liên kết chịu lực không lớn thì dầm phụ có thể liên kết với sườn của dầm chính (hình 4.27c), nếu liên kết chịu mômen và lực cắt lớn thì có thể dùng bản ghép và gối đỡ (hình 4.27d).

4.4. DẦM THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC

Dầm thép ứng suất trước được sử dụng ngày càng rộng rãi trong các công trình xây dựng vì giảm được lượng thép chế tạo và giảm được độ võng của dầm. Khối lượng thép tiết kiệm được có thể đến 18% tính theo giai đoạn đàn hồi và thậm chí đến trên 30% nếu tính toán sử dụng giai đoạn biến dạng dẻo.

Ứng suất trước trong dầm thường được tạo ra bằng cách đặt cáp hoặc bó sợi thép có cường độ cao chịu kéo trong vùng kéo của dầm.

Do sự nén lệch tâm của dầm gây ra bởi cáp cường độ cao, ứng suất kéo sẽ xuất hiện ở vùng nén của dầm và sẽ giảm dần khi hoạt tải tác động lên dầm tăng lên, khi đó ứng suất ban đầu do ứng suất trước gây ra dần dần trở về trạng thái trung hoà và vì vậy mà tổng tải trọng dầm chịu được do hoạt tải gây nên sẽ tăng lên. Như vậy là cáp hoặc bó sợi thép đặt ở miền kéo đã làm tăng được tải trọng tác dụng lên dầm.

Với dầm liên tục, đặc biệt là đối với dầm hỗn hợp thép bê tông khi sàn là tấm bê tông cốt thép ở miền nén chịu tải trọng cùng với dầm thép đỡ ở dưới thì việc tạo ứng suất trước rất có lợi.

Trên hình 4.28 thể hiện trạng thái ứng suất của một dầm thép ứng suất trước. Bó thép hoặc cáp được căng có đường kính từ 3 ~ 6mm được định vị phía dưới sát với cánh dưới của dầm. Cáp được trượt tự do trong lòng các đoạn dẫn hướng hình vành khuyên đặt cách nhau khoảng 1,5 ~ 2m và được hàn vào cánh dưới dầm (hình 4.28a). Những đoạn dẫn hướng này có tác dụng ngăn sự mất ổn định của cánh dưới dầm khi chịu nén trong quá trình căng cáp. Chiều dài bó cáp không chiếm toàn bộ chiều dài dầm và 2 đầu bó cáp phải đảm bảo được gắn chặt bằng neo đặc biệt.

Phân tích dầm đơn ứng suất trước được tiến hành như sau: đầu tiên cáp được căng với lực P_c đặt lệch tâm với trọng tâm dầm, lực nén lệch tâm này làm cho cánh trên của dầm sinh ra ứng suất kéo (hình 4.28b):

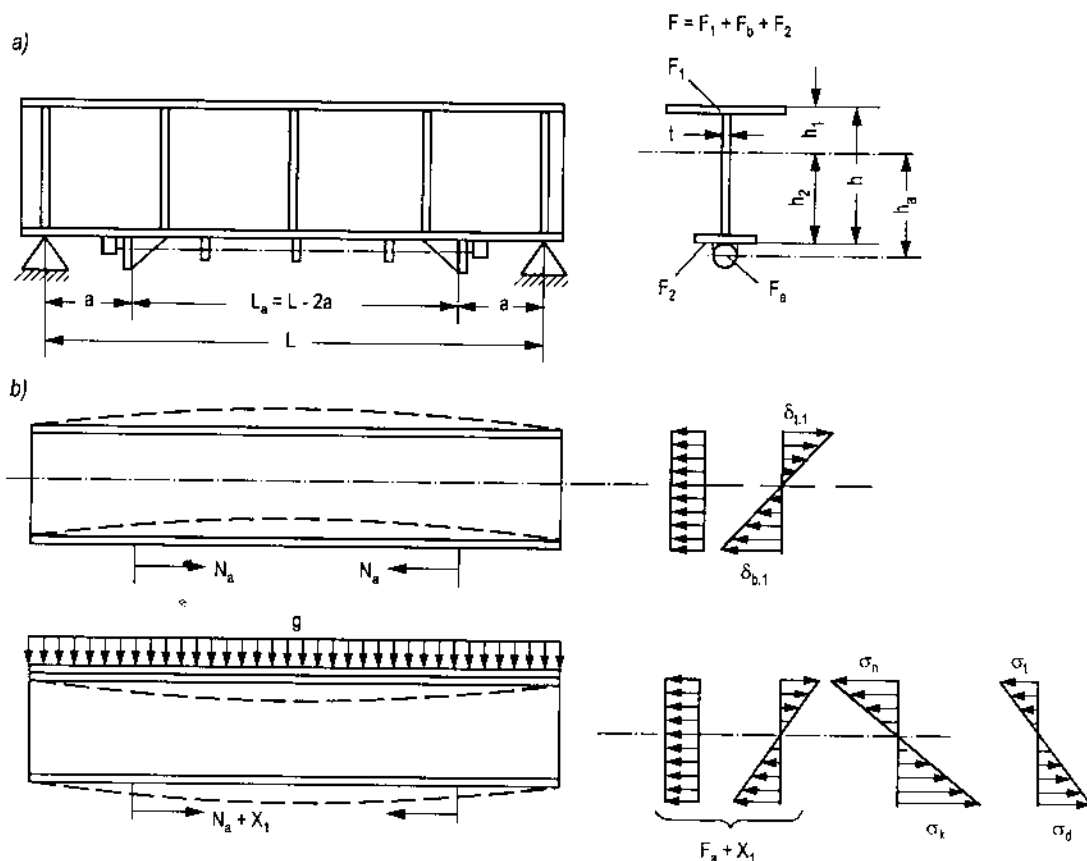
$$\sigma_{t,1} = - \frac{n_2 P_c}{F} + \frac{n_2 P_c h_a}{W_t} \quad (4-66)$$

và ở cánh dưới của dầm chịu ứng suất nén

$$\sigma_{d,1} = - \frac{n_2 P_c}{F} - \frac{n_2 P_c h_a}{W_d} \quad (4-67)$$

Ở đây: $n_2 = 1,1$ - hệ số tải trọng của lực căng trước;

W_t và W_d - các mômen chống uốn của dầm ở thớ trên và thớ dưới, một số ký hiệu khác xem hình 4.28a.



Hình 4-28: Dầm thép ứng suất trước

Ở bước tiếp theo, khi chịu tải trọng dầm làm việc một hệ có 1 bậc siêu tĩnh. Ta gọi lực căng thêm của cáp là X_1 , là một đại lượng chưa biết, dưới tác dụng của tải trọng ngoài lực tự căng này làm tăng thêm ứng suất trong dầm. Ứng suất tổng cộng sinh ra do tác dụng tổng hợp của ứng suất trước và tải trọng ngoài là:

- Đối với cánh trên:

$$\sigma_t = - \frac{n_1 P_c + X_1}{F} - \frac{M_p - (n_1 P_c + X_1) h_a}{W_t} \quad (4-68)$$

- Đối với cánh dưới:

$$\sigma_d = - \frac{n_1 P_c + X_1}{F} + \frac{M_p - (n_1 P_c + X_1) h_a}{W_d} \quad (4-69)$$

ở đây: hệ số tải trọng của lực căng trước P_c lấy $n_1 = 0,9$ nhỏ hơn 1 vì trong trường hợp này làm giảm lực căng trước sẽ làm tăng ứng suất.

Lực tự căng X_1 được xác định từ phương trình tổng quát :

$$X_1 = - \frac{\Delta_{1P}}{\delta_{11}} = - \frac{\int_a^{L-a} \frac{M_1 M_P}{EJ} dx}{\int_a^{L-a} \frac{M_1^2}{EJ} dx + \frac{L_a}{E_a F_a} + \frac{L_a}{EF}} \quad (4-70)$$

trong đó: M_P - mômen trong hệ cơ bản do tải trọng ngoài sinh ra;

M - mômen do lực tự căng $X_1 = 1$ gây ra;

EJ - độ cứng của dầm khi uốn;

$E_a F_a$ - độ cứng chịu kéo của sợi cáp;

EF - độ cứng của dầm khi chịu lực dọc trục;

a - chiều dài của phần dầm không đặt cáp căng trước.

Với dầm đặt cáp như hình 4.28a, lực tự căng X_1 được xác định như sau:

- Khi dầm chịu tải trọng phân bố đều:

$$X_1 = \frac{2M_P h_a}{3(h_a^2 + \frac{J}{F} + \frac{EJ}{E_a F_a})} \gamma_1 \quad (4-71)$$

- Khi dầm chịu nhiều tải trọng tập trung :

$$X_1 = \frac{Ph_a \left[L(x_1 + x_2 + \dots + x_i) - (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_i^2) \right]}{2L \left(h_a^2 + \frac{J}{F} + \frac{EJ}{E_a F_a} \right)} \gamma_1 \quad (4-72)$$

ở đây:
$$\gamma_1 = \frac{L^3 - 6La^2 + 4a^3}{L(L-2a)} \cong \left(2 - \frac{La}{L} \right)$$

$$a = \frac{L - La}{2}$$

trong đó: h_a - khoảng cách từ trục trung hoà đến trục cáp;

P - độ lớn của lực tập trung;

x_1, x_2, \dots, x_i - lần lượt là khoảng cách từ các tải trọng thứ 1, 2, ..., i đến gối đỡ trái của dầm.

Để có mặt cắt tối ưu khi giá trị ứng suất σ_t và σ_d tại cánh dầm đạt ứng suất giới hạn thì không chỉ do tải trọng gây ra mà ứng suất ở cánh dưới $\sigma_{d,i}$ cũng đạt ứng suất giới hạn:

$$\sigma_t = R$$

$$\sigma_d = R$$

$$\sigma_{d,i} = R$$

Vậy dầm có mặt cắt không đối xứng là hợp lý và cần phải chọn kích thước cánh dưới của dầm sao cho không bị mất ổn định khi tạo ứng suất trước như trên.

Gọi $\lambda_b = h_b/\delta_b$ là độ mảnh của bản bụng, $k_d' = F_b/F$ là hệ số phân bố vật liệu, là tỷ số giữa diện tích bản bụng và toàn bộ diện tích tiết diện dầm, và hệ số về tính không đối xứng:

$$k_{as} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{W_t}{W_d} \quad (4-73)$$

thì kích thước tối ưu của mặt cắt dầm có thể xác định theo các công thức sau:

$$F = F_1 + F_2 + F_b \quad (4-75)$$

trong đó: $F_b = k_d' F$;

$$F_1 = F \left(\frac{k_{as}}{k_{as} + 1} - \frac{k_d}{2} \right);$$

$$F_2 = F \left(\frac{1}{k_{as} - 1} - \frac{k_d}{2} \right).$$

Khi thỏa mãn điều kiện tối ưu (4-73) thì khả năng chịu nén là một hàm của tham số hình học mặt cắt dầm và hệ số tự căng được xác định theo công thức sau:

$$M = R \sqrt{F^3 \lambda_b} C \quad (4-76)$$

ở đây:

$$C = (1 - \beta) \sqrt{\frac{6k_{as}^3 (1 - k_{as})^2 [k_{as} - (1 + \beta)]}{(k_{as} + 1)^3 [k_{as}(1 - \beta) - (1 + \beta)]^3}} \quad (4-77)$$

với $\beta = \frac{n_1 P_c + X_1}{n_1 P_c}$ gọi là hệ số tự căng.

trong đó C gọi là tham số có lợi của mặt cắt, hệ số tự căng β thường từ 1 đến 3, hệ số k_d thay đổi rất ít và có thể được coi là hằng số ($k_d = 0,55$), hệ số không đối xứng k_{as} biến đổi trong một phạm vi rộng.

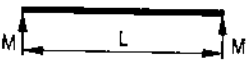
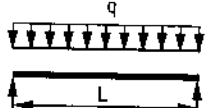
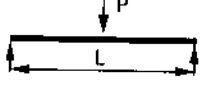
Đối với 3 dạng đặc trưng của tải trọng cho trong bảng 4.11, ta có thể tìm lực tự căng X_1 và thiết lập quan hệ giữa k_{as} và C theo các điều kiện tối ưu. Ở đây ta nhận thấy là chiều dài của cáp căng được thiết lập sao cho thỏa mãn điều kiện đạt được ứng suất giới hạn trong dầm ngay từ đầu và kết thúc việc tạo ứng suất trước bằng cáp, diện tích mặt cắt bó cáp được xác định từ điều kiện: tổng hình chiếu của tất cả các lực lên trục nằm ngang $(F_1 - F_2)R = F_a R_a$ bằng không, với phương trình sau:

$$F_a = F \frac{R}{R_a} \frac{k_{as} - 1}{k_{as} + 1} \quad (4-78)$$

Như vậy ta sẽ tính được giá trị yêu cầu của lực căng trước P_c nếu biết được tải trọng tác dụng lên dầm, ví dụ, khi biết X_1 , ta có

$$P_c n_2 + X_1 = F_a R_a \text{ rút ra } P_c = \frac{F_a R_a - X_1}{n_2} \quad (4-79)$$

Bảng 4.11. Giá trị các đại lượng k_{as} và C

Loại tải trọng tác dụng trên dầm	μ_a	$n_1 = 0,9$	$n_2 = 1,1$	$n_1 = 1$	$n_2 = 1$	Chiều dài tỉ lệ của phần tử căng
		k_{as}	C	k_{as}	C	
	0,1	1,58	0,347	1,87	0,348	$L_a = L$
	0,2	1,75	0,359	2,11	0,369	
	0,3	1,99	0,381	2,56	0,399	
	0,4	2,40	0,415	3,60	0,446	
	0,1	1,69	0,329	1,83	0,344	$L_a = L\sqrt{\eta}$
	0,2	1,80	0,341	1,98	0,357	
	0,3	1,95	0,354	2,16	0,371	
	0,4	2,12	0,367	2,36	0,384	
	0,1	1,72	0,323	1,82	0,342	$L_a = \eta L$
	0,2	1,88	0,328	1,94	0,353	
	0,3	2,07	0,332	2,06	0,363	
	0,4	2,27	0,336	2,19	0,373	

Trong bảng 4.11 giá trị k_{as} và C phụ thuộc vào tỉ số được chọn μ_a giữa độ dẫn dài tương đối của dầm và của vật liệu cáp căng trước:

$$\mu_a = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_a} = \frac{R E_a}{R_a E} \quad (4-80)$$

Hệ số tải trọng $n_1 = 0,9$ và $n_2 = 1,1$ được dùng khi không chế trực tiếp lực căng trước P_c (chú ý về độ võng của dầm, lực xiết chặt bu lông, lái hướng bằng nêm...).

Khi xác định độ lớn của ứng lực trước bằng các thiết bị (đồng hồ đo ứng suất trong hệ thống thủy lực, tenxơ đo ứng suất trong kết cấu công trình...) thì có thể lấy $n_1 = n_2 = 1$.

Giá trị của chiều dài hợp lý của dây được căng (bó cáp...) ứng với các dạng tải trọng cho ở cột cuối cùng của bảng 4-11, trong đó hệ số η là:

$$\eta = 1 - \frac{\sqrt{0,55}}{C} \left[\frac{6k_{as} - 0,55(k_{as} + 1)^2}{k_{as}(k_{as} + 1)} \right] \quad (4-81)$$

Do đó việc chọn mặt cắt tối ưu của dầm có cáp căng thẳng trước đặt tại cánh dưới có thể thực hiện theo thứ tự sau:

1. Xác định độ mảnh yêu cầu của bản bụng dầm $\lambda_b = h_b/\delta_b$, hoặc xác định chiều dày bản bụng nhỏ nhất δ_b theo điều kiện chịu cắt và chịu tác dụng của tải trọng cục bộ như trình bày ở các mục trước.

2. Chọn vật liệu để căng trước (bó sợi thép, cáp...) và xác định hệ số giãn dài tương đối theo công thức (4-80).

3. Xác định được các giá trị của hệ số không đối xứng k_{as} và thông số C theo bảng 4.11 phụ thuộc vào giá trị μ_a và dạng tải trọng tác dụng lên dầm.

4. Căn cứ vào các giá trị của M, C, R và h_b , δ_b xác định các đặc trưng hình học của dầm theo các công thức (4-75), (4-78), (4-82) với chú ý là $k_d = 0,55$ và chiều cao tối ưu:

$$h_{tu} = F_b/\delta_b \quad (4-82)$$

5. Xác định chiều dài hợp lý của cáp căng trước ứng với dạng tải trọng đã cho theo bảng 4.11.

6. Xác định lực tự căng X_1 trong cáp từ các công thức (4-71) hoặc (4-72), phụ thuộc vào dạng tải trọng đã biết và dùng công thức (4-79) tính lực căng trước.

7. Kiểm tra ứng suất trong dầm theo các công thức (4-68), (4-69). Trong quá trình chế tạo dầm, lực căng trước được khống chế bằng giá trị sau:

$$P_{kc} = \frac{P_c}{0,95} + \Delta_a \frac{E_a F_a}{L_a} \quad (4-83)$$

ở đây:

0,95 là hệ số nối cáp được bền bằng các sợi cường độ cao;

Δ_a - độ mềm của neo khí gắn cáp với dầm, có thể lấy bằng 0,1cm khi neo có dạng bắt chặt vào dầm bằng ê-cu hoặc dùng các tấm nêm và lấy bằng 0,2cm khi neo dùng vòng đệm hoặc miếng đệm.

Chú ý là lực căng trước P_{kc} không được lớn hơn khả năng chịu nén của cánh dưới của dầm trong quá trình tạo ứng suất trước (trên suốt chiều dài của ống dẫn hướng). Lực căng giới hạn $P_{c,gh}$ được xác định theo công thức sau:

$$P_{c,gh} = \frac{R\varphi_d F W_d}{W_d + h_a F} \quad (4-84)$$

ở đây φ_d là hệ số ổn định của cánh dưới dầm. Khi tính toán cần thỏa mãn điều kiện sau

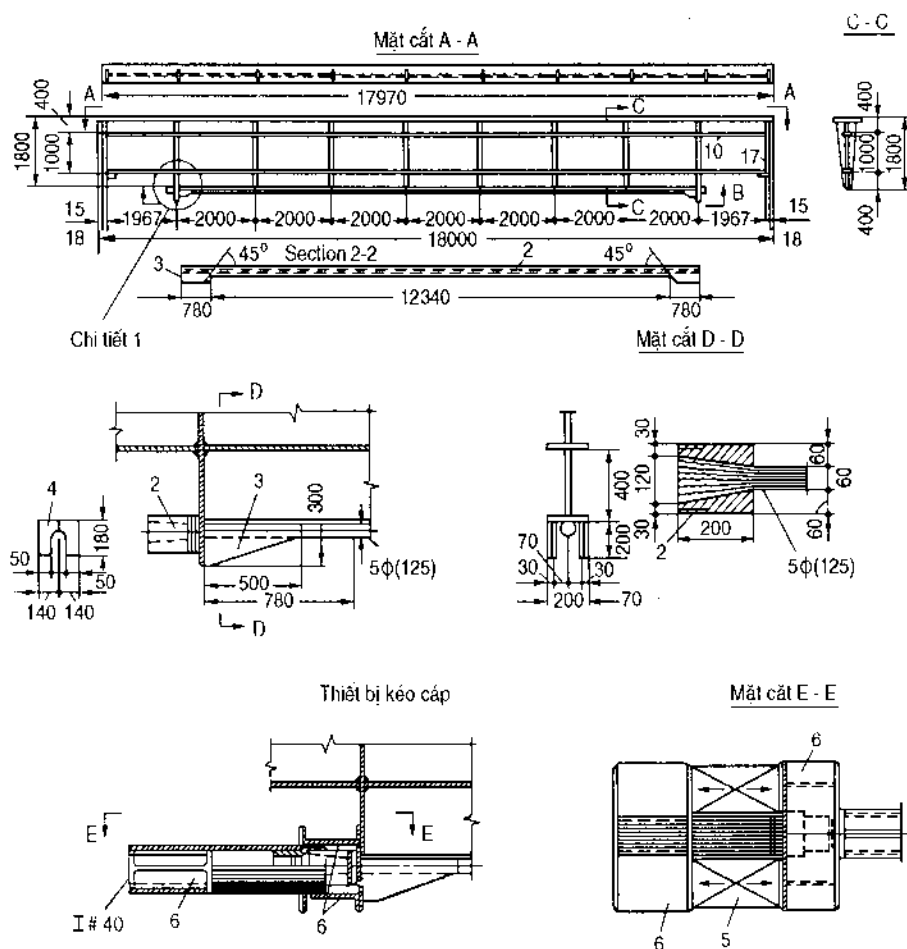
$$P_c \leq P_{c,gh}$$

Vật liệu căng trước có thể làm bằng bó sợi thép cường độ cao hoặc bó cáp thép (ví dụ bó 7 sợi tiêu chuẩn) đặt song song với nhau, cũng có thể dùng thanh thép cứng cường độ cao (tham khảo cường độ tính toán của sợi thép cường độ cao ở bảng 4.12).

Bảng 4.12. Cường độ tính toán (dN/cm^2) của một số loại sợi thép

Đường kính sợi (mm)	2,5	3	4	5	6	7	8
Cường độ tính toán	11,200	10,600	10,100	9,500	9,000	8,400	7,800

Cường độ tính toán của loại cáp 7 sợi theo bảng trên được lấy 65% trị số lực kéo đứt, khi cáp mạ kẽm thì nên lấy 60% trị số này.

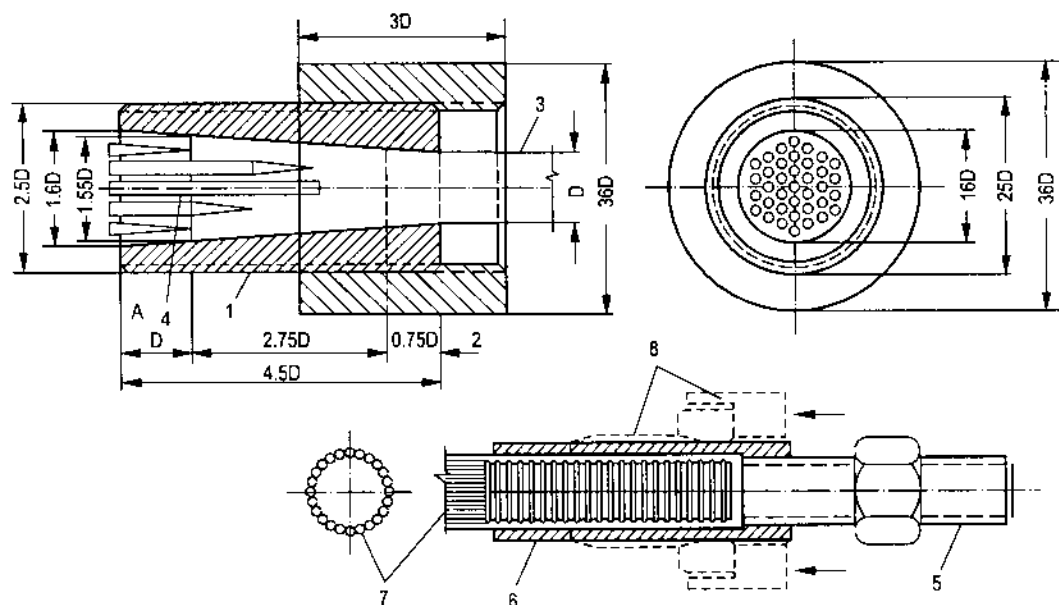


Hình 4.29a: Neo cáp căng trước với dầm

1. Bó thép hoặc cáp; 2. Ống thép neo; 3. Sườn thép; 4. Tấm đệm neo;
5. Kích thủy lực; 6. Dầm phụ trợ kéo cáp.

Việc neo bó cáp căng trước có thể tiến hành bằng nhiều cách. Khi neo những bó cáp nhỏ có thể dùng neo kiểu nằm 2 hàng tương tự như neo kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước. Khi lực lớn, người ta sử dụng một ống thép có thành ống dạng hình nón (ống thép neo) và tách đầu bó cáp ra để lồng vào ống thép neo về phía đường kính lớn của ống, sau đó đóng vào đầu ống những thanh thép cứng (thép babbit hoặc thép hợp kim). Khi bó

cáp căng là những sợi thép thì cần đóng thêm vào đầu ống những chốt bằng thép mềm (có thể dùng thép CT2) và đóng đủ số lượng những nêm thép khác có đầu vát góc để có thể xuyên vào được. Cách làm này tạo ra một lực phân bố lớn, ngăn cản bó thép tuột ra khỏi ống thép neo (hình 4.29b).



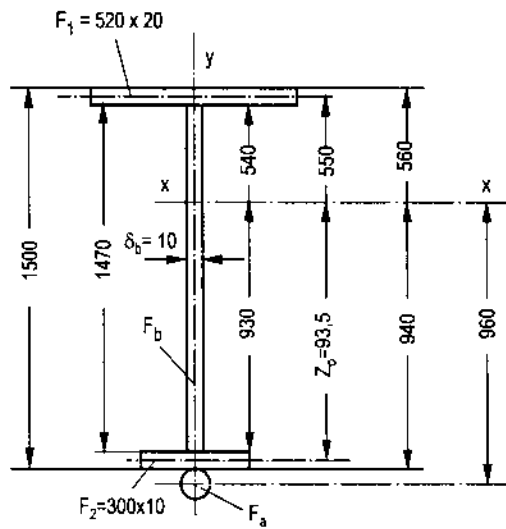
Hình 4.29b: Chi tiết đầu neo cáp

1. Ống thép lồng hình côn; 2. Đoạn ống nối tiếp; 3. Bó cáp;
4. Vật nêm; 5. Thanh neo và ê-cu; 6. Ống bọc neo; 7. Sợi thép cường độ cao;
8. Ống bọc ngoài và vòng đệm nén.

Trong thực tế, những bó cáp cùng với ống neo được sản xuất riêng rẽ với dầm và được lắp vào dầm trong giai đoạn hoàn thiện. Để căng trước cáp, những ống thép neo được tạo ren để gắn với đoạn ống nối, đoạn ống nối ren này có thể xoay được và gắn với dầm phụ trợ và kích thủy lực. Kích thủy lực tạo ra lực căng trước và được khống chế bằng một đồng hồ đo áp lực gắn với kích. Cần chú ý là dầm phụ trợ phải được gia cố đủ độ cứng để chịu lực neo và có dùng bản đệm tại nơi tiếp xúc giữa gối đỡ hàn ở bụng dầm và đoạn ống nối ren để phân bố đều lực căng và giảm ma sát.

Khi khống chế một cách thích hợp, để căng cáp lúc ban đầu người ta tạo dịch chuyển ngang giữa thiết bị neo và gối đỡ bằng cách xoay ống thép neo.

Ví dụ 4.4: Tính toán dầm thép hàn ứng suất trước nhịp 12m chịu tải trọng phân bố đều $q = 160 \text{ kN/m}$. Hệ số vượt tải $n_q = 1,3$, độ võng tương đối giới hạn $1/n_0 = 1/600$, mômen tính toán $M = 380 \text{ kNm}$, lực cắt $Q = 1270 \text{ kN}$, có tiết diện ban đầu chọn theo điều kiện dầm thép hàn thông thường (tham khảo ví dụ 4.1) như hình vẽ dưới đây (hình 4.30).



Hình 4-30: Mặt cắt ngang dầm

Giải:

1. Chọn dây kéo dưới dạng bó sợi thép cường độ cao đường kính 3mm. Cường độ tính toán của dây theo bảng 4.12 là $R_a = 10600 \text{ dN/cm}^2$, môđun đàn hồi $E_a = 2 \cdot 10^6 \text{ dN/cm}^2$. Hệ số dẫn dài đơn vị tính theo công thức:

$$\mu_a = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_a} = \frac{R E_a}{R_a E} = \frac{2100 \cdot 2 \cdot 10^6}{10600 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^6} = 0,189$$

Trường hợp này dầm chịu tải trọng phân bố đều, nội suy từ số liệu bảng 4.11, ta có các đại lượng:

$$n_1 = 0,9; n_2 = 1,1; \mu_a = 0,189 \text{ tra được } k_{as} = 1,79; C = 0,34.$$

2. Chọn chiều dày bản bụng dầm là $\delta_b = 1 \text{ cm}$, xác định được đặc trưng hình học của tiết diện bản cánh và bản bụng theo các công thức (4-82) và (4-75):

$$F = 1,16 \sqrt[4]{\delta_b} \sqrt{\frac{M}{CR}} = 1,16 \sqrt[4]{1} \sqrt{\frac{380 \cdot 10^4}{0,34 \cdot 2100}} = 268 \text{ cm}^2$$

$$F_1 = F \left(\frac{k_{as}}{k_{as} + 1} - 0,275 \right) = 268 \left(\frac{1,79}{2,79} - 0,275 \right) = 99 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = F \left(\frac{1}{k_{as} + 1} - 0,275 \right) = 268 \left(\frac{1}{2,79} - 0,275 \right) = 22,5 \text{ cm}^2$$

$$F_b = k_d F = 0,55 \times 268 = 147 \text{ cm}^2 ;$$

$$h_{tu} = \frac{F_b}{\delta_b} = \frac{147}{1} = 147 \text{ cm}$$

$$F_a = F \frac{R}{R_a} \frac{k_{as} - 1}{k_{as} + 1} = 268 \cdot \frac{2100 \cdot 0,79}{10600 \cdot 2,79} = 15,1 \text{ cm}^2$$

Chiều dài của phần dầm đặt cáp kéo tính theo công thức (4-81) và bảng 4.11 là:

$$L_a = L \sqrt{\eta} = 1200 \sqrt{0,535} = 880 \text{ cm, trong đó:}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{\sqrt{0,55}}{C} \left[\frac{6k_{as} - 0,55(k_{as} + 1)^2}{k_{as}(k_{as} + 1)} \right] = \\ &= 1 - \frac{\sqrt{0,55}}{0,34} \left[\frac{6 \cdot 1,79 - 0,55 \cdot 2,79^2}{6 \cdot 1,79 \cdot 2,79} \right] = 0,535 \end{aligned}$$

Chọn mặt cắt và kiểm tra ứng suất trong dầm :

Chọn mặt cắt của cánh trên là $520 \times 20 \text{ mm}$ và cánh dưới là $300 \times 10 \text{ mm}$, bản bụng đã tính được $1470 \times 10 \text{ mm}$ (căn cứ thêm quy cách của thép bản), ta có mặt cắt dầm ứng suất trước như hình 4.30. Đặc trưng hình học của tiết diện xác định như sau:

- Diện tích tiết diện dầm:

$$F = F_1 + F_2 + F_b = 52 \times 2 + 30 \times 1 + 147 \times 1 = 281 \text{ cm}^2$$

- Khoảng cách từ trục trung hoà tiết diện đến trục trọng tâm cánh dưới:

$$Z_o = \frac{147 \times 74 + 104 \times 148,5}{281} = 93,5 \text{ cm}$$

- Mômen quán tính của toàn tiết diện lấy với trục trung hoà x:

$$J = 104 \times 55^2 + 30 \times 93,5^2 + \frac{1,54^3}{3} + \frac{1,93^3}{3} = 897\,000 \text{ cm}^4$$

- Mômen chống uốn của bản cánh trên và dưới:

$$W_t = \frac{897000}{56} = 16000 \text{ cm}^3$$

$$W_d = \frac{897000}{94} = 9570 \text{ cm}^3$$

Tiếp theo ta xác định mômen quán tính của cánh dưới đối với trục y-y :

$$J_y = \frac{1,30^3}{12} = 2240 \text{ cm}^4 \quad \text{và} \quad r_y = \sqrt{\frac{2240}{30}} = 9 \text{ cm}$$

- Lực tự căng trong cáp X_I tính theo công thức (4-71) là:

$$X_I = \frac{2M_p h_a}{3(h_a^2 + \frac{J}{F} + \frac{EJ}{E_a F_a})} \left(2 - \frac{L_a}{L} \right) =$$

$$= \frac{2 \times 380 \cdot 10^4 \times 96}{3 \left(96^2 + \frac{897000}{281} + \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 897000}{2 \cdot 10^6 \cdot 15,1} \right)} \left(2 - \frac{880}{1200} \right) = 40300 \text{ daN}$$

- Lực căng trước P_c tính theo công thức (4-79) là:

$$P_c = \frac{F_a R_a - X_I}{n_2} = \frac{15,1 \times 10600 - 40300}{1,1} = 108500 \text{ daN}$$

- Kiểm tra ứng suất:

+ Ứng suất pháp ở cánh trên dầm khi đang sử dụng bình thường tính theo công thức (4-68):

$$\sigma_t = -\frac{n_1 P_c + X_I}{F} - \frac{M_p - (n_1 P_c + X_I) h_a}{W_t}$$

$$= -\frac{0,9 \cdot 108500 + 40300}{281} - \frac{380 \cdot 10^4 - (0,9 \cdot 108500 + 40300) 96}{16000}$$

$$= -492 + 2600 = 2100 \text{ daN/cm}^2 > -R = 2100.$$

Và ứng suất ở cánh dưới của dầm tính theo công thức (4-69) là:

$$\sigma_d = -\frac{n_1 P_c + X_I}{F} + \frac{M_p - (n_1 P_c + X_I) h_a}{W_t}$$

$$= -\frac{0,9 \cdot 108500 + 40300}{281} + \frac{380 \cdot 10^4 - (0,9 \times 108500 + 40300) 96}{9570}$$

$$= 2100 \text{ daN/cm}^2 \sim R$$

+ Ứng suất pháp nén ở cánh dưới của dầm trong giai đoạn căng cáp tính theo công thức (4-67) là:

$$\sigma_{d,1} = \frac{n_2 P_c}{F} + \frac{n_2 P_c h_a}{W_d} = \frac{1,1 \times 108500}{281} + \frac{1,1 \times 108500 \times 96}{9750}$$

$$= 425 + 1200 = 1625 \text{ daN/cm}^2 < R = 2100 \text{ daN/cm}^2$$

+ Ứng suất lớn nhất trong cáp (bó cáp gồm có 215 sợi có đường kính sợi là 3mm và diện tích tiết diện bó cáp là $F_a = 15,1 \text{ cm}^2$) là:

$$\sigma_a = \frac{n_2 F_c + X_1}{F_a} = \frac{1,1 \times 108500 + 40300}{15,1} = 10600 \text{ daN/cm}^2$$

- Lực khống chế khi kéo cáp P_{kc} tính theo công thức (4-83) là:

$$\begin{aligned} P_{ck} &= \frac{P_c}{0,95} + \Delta_a \frac{E_a F_a}{L_a} = \\ &= \frac{108500}{0,95} + 0,2 \frac{2 \cdot 10^6 \times 15,1}{880} = 121400 \text{ daN} \end{aligned}$$

Theo cấu tạo, những ống dẫn hướng cáp nằm ở sát cánh dưới dầm với khoảng cách giữa chúng là $L_{dh} = 2\text{m} = 200\text{cm}$, do đó ta xác định được lực nén lớn nhất cho phép giữ cho cánh dưới của dầm không bị mất ổn định trong quá trình tạo ứng suất trước từ công thức (4-84):

$$\begin{aligned} P_{cgh} &= \frac{R\varphi_d F W_d}{W_d + h_a F} = \frac{2100 \times 0,96 \times 281 \times 9570}{9570 + 96.281} \\ &= 149000 \text{ daN} > 121400 \text{ daN} \end{aligned}$$

ở đây: $\varphi_d = 0,96$ tương ứng với $\lambda_c = \frac{L_{dh}}{r_y} = \frac{200}{9} = 23$

Như vậy dầm ứng suất trước có mặt cắt đã chọn như hình 4.30. Khi so sánh với dầm với cùng điều kiện không sử dụng ứng suất trước thì dầm ứng suất trước sẽ nhẹ hơn khoảng 14 ~ 15%.

Chương 5 CỘT THÉP

5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Cột là một cấu kiện chịu nén, có tác dụng chuyển tải trọng từ kết cấu ở trên xuống kết cấu ở dưới hoặc móng. Tùy theo tải trọng tác dụng lên cột, cột được chia thành hai loại: cột chịu nén trung tâm và cột chịu nén lệch tâm. Tùy theo hình thức tiết diện, cột được phân thành hai loại: cột đặc và cột rỗng.

Cột gồm có ba bộ phận cơ bản: mũ cột, thân cột và đế cột. Thân cột là bộ phận chủ yếu nhất. Mũ cột dùng để đỡ kết cấu ở trên và phân bố tải trọng lên toàn tiết diện thân cột. Đế cột có tác dụng liên kết cột với móng và phân bố tải trọng lên bề mặt của móng.

5.2. CỘT CHỊU NÉN TRUNG TÂM

5.2.1. Công thức cơ bản

Trong cột chịu nén trung tâm, tải trọng có thể đặt trực tiếp vào trọng tâm tiết diện (hình 5.1a) hoặc đặt đối xứng đối với đường trục của cột (hình 5.1b). Tiết diện thân cột có thể làm đặc (hình 5.4) hoặc rỗng (hình 5.7). Trục đi qua phần đặc của tiết diện gọi là trục thực, trục đi qua phần rỗng của tiết diện gọi là trục ảo.

Kích thước của tiết diện cột thường do điều kiện ổn định quyết định:

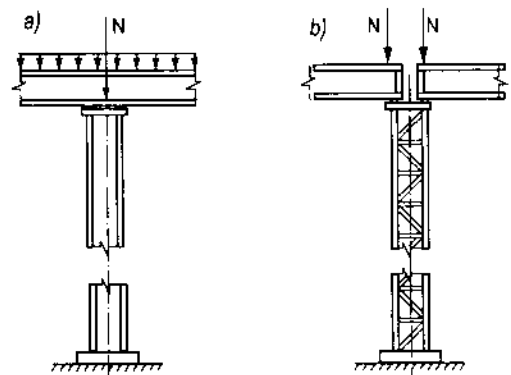
$$N \leq N_{th} \quad (5-1)$$

trong đó: N - lực nén tính toán;

N_{th} - lực nén tới hạn.

Nếu xét tới ảnh hưởng của lực cắt thì ta có:

$$N_{th} = \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2 \left(1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2} \right)} \quad (5-2)$$



Hình 5.1

Nếu đặt

$$\mu = \sqrt{1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2}} \quad (5-3)$$

thì có thể viết:

$$N_{th} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l_0)^2} \quad (5-4)$$

Điều kiện ổn định (5-1) có thể viết dưới dạng ứng suất như sau:

$$\frac{N}{F} \leq \frac{N_{th}}{F} = \sigma_{th}$$

nếu đặt $\varphi = \frac{\sigma_{th}}{R}$ thì công thức trên có thể viết thành:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} \leq R \quad (5-5)$$

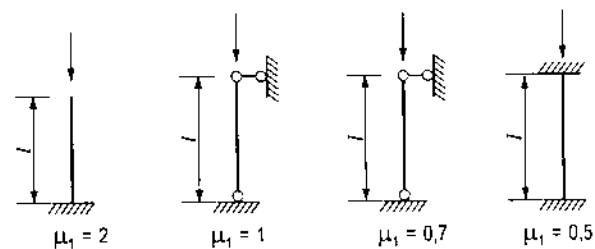
trong đó:
$$\varphi = \frac{\sigma_{th}}{R} = \frac{N_{th}}{FR} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l_0^2)^2 FR} = \frac{\pi^2 E}{(\mu \lambda)^2 R} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_{td}^2 R}$$

Vậy hệ số uốn dọc φ phụ thuộc loại vật liệu và độ mảnh tính đối $\lambda_{td} = \mu \lambda$. Nếu cho trước loại vật liệu thì φ chỉ còn phụ thuộc vào λ_{td} , để tiện sử dụng ta có thể lập thành bảng tính sẵn (bảng 5.1).

λ - độ mảnh của cột;

$l_0 = \mu l$ - chiều dài tính toán của cột

(hình 5.2):



Hình 5.2

γ_1 - góc trượt do lực cắt $Q = 1$ sinh ra, số hạng thứ hai ở mẫu số của công thức (5-2) là do ảnh hưởng của lực cắt đến lực nén tới hạn.

Bảng 5.1. Hệ số uốn dọc φ của phân tố chịu nén trung tâm

λ_{td}	Giá trị hệ số φ của phân tố bằng thép mác CT3, CT4									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991
10	0,990	0,988	0,986	0,984	0,982	0,980	0,978	0,976	0,974	0,972
20	0,970	0,968	0,966	0,964	0,962	0,960	0,958	0,956	0,954	0,952
30	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,829	0,926	0,923
40	0,920	0,917	0,914	0,911	0,908	0,905	0,902	0,899	0,896	0,893
50	0,890	0,887	0,884	0,881	0,878	0,875	0,872	0,869	0,866	0,863
60	0,860	0,855	0,856	0,845	0,840	0,835	0,830	0,825	0,820	0,815

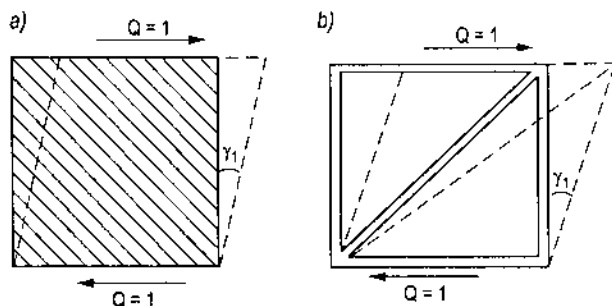
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
70	0,810	0,804	0,798	0,792	0,786	0,780	0,774	0,768	0,762	0,756
80	0,750	0,744	0,738	0,732	0,726	0,720	0,714	0,708	0,702	0,696
90	0,690	0,681	0,672	0,663	0,654	0,645	0,636	0,627	0,618	0,609
100	0,600	0,592	0,584	0,576	0,568	0,560	0,552	0,544	0,536	0,528
110	0,520	0,513	0,506	0,499	0,492	0,485	0,478	0,471	0,464	0,457
120	0,450	0,445	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,415	0,410	0,405
130	0,400	0,396	0,392	0,388	0,384	0,380	0,376	0,372	0,368	0,364
140	0,360	0,356	0,352	0,348	0,344	0,340	0,336	0,332	0,328	0,324
150	0,320	0,317	0,314	0,311	0,308	0,305	0,302	0,299	0,296	0,293
160	0,290	0,287	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263
170	0,260	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233
180	0,230	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,218	0,216	0,214	0,212
190	0,210	0,208	0,206	0,204	0,202	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192
200	0,190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	0,170									
220	0,160									

Chú thích: Đối với các loại vật liệu khác, giá trị của hệ số ϕ lấy theo bảng 4 phụ lục.

Đối với phân tố đặc (hình 5.3) thì góc trượt khá nhỏ có thể bỏ qua còn đối với phân tố rỗng (hình 5.3b) thì góc trượt γ_1 khá lớn cần phải được xét tới.

Vậy khi kiểm tra ổn định cột đặc (có hai trục quán tính chính trung tâm đều là trục thực) có thể bỏ qua γ_1 , do đó $\mu_x = \mu_y = 1$, nên

$$\lambda_x^{td} = \lambda_x \text{ và } \lambda_y^{td} = \lambda_y \quad (5-6)$$



Hình 5.3

Khi kiểm tra ổn định cột rỗng ghép bằng hai thép định hình (có trục thực x và trục ảo y) có thể bỏ qua γ_1 đối với trục x và cần xét tới γ_1 đối với trục y, vậy:

$$\lambda_x^{td} = \lambda_x \text{ và } \lambda_y^{td} = \mu_y \lambda_y \quad (5-7)$$

Từ công thức (5-3) và (5-7) ta có thể tìm được:

- Đối với cột bản giằng (hình 5.7a):

$$\lambda_y^{td} = \mu_y \lambda_y = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \quad (5-8)$$

- Đối với cột thanh giằng (hình 5.7c):

$$\lambda_y^{td} = \mu_y \lambda_y = \sqrt{\lambda_y^2 + k_1 \frac{F}{F_{t1}}} \quad (5-9)$$

Khi kiểm tra ổn định của cột rỗng được ghép bằng bốn thép định hình (hai trục x và y đều là trục ảo) thì cần phải xét tới góc trượt đối với cả hai trục, vậy:

$$\lambda_x^{td} = \mu_x \lambda_x \text{ và } \lambda_y^{td} = \mu_y \lambda_y \quad (5-10)$$

- Đối với cột bản giằng (hình 5-7b):

$$\lambda^{td} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2} \quad (5-11)$$

- Đối với cột thanh giằng (hình 5-7d):

$$\lambda^{td} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + F \left(\frac{k_1}{F_{t1}} + \frac{k_2}{F_{t2}} \right)} \quad (5-12)$$

trong đó: $\lambda_y = \frac{l_y}{r_y}$ - độ mảnh của toàn cột đối với trục y;

l_y - chiều dài tính toán của cột đối với trục y;

$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}}$ - bán kính quán tính của cột đối với trục y;

$\lambda_1 = \frac{l_1}{r_1}, \lambda_2 = \frac{l_2}{r_2}$ - độ mảnh của từng nhánh cột giữa hai mép trong của bản giằng đối với trục 1-1 và 2-2.

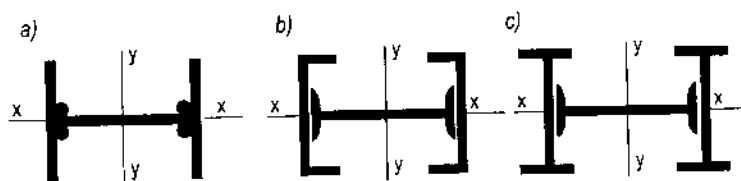
F_{t1}, F_{t2} - diện tích tiết diện của các thanh giằng xiên nằm trong các mặt phẳng lần lượt thẳng góc với trục 1-1 và 2-2;

F - diện tích tiết diện toàn cột;

k_1, k_2 - hệ số phụ thuộc vào trị số các góc α_1 hoặc α_2 giữa các thanh giằng xiên với nhánh trong các mặt phẳng lần lượt thẳng góc với trục 1-1 và trục 2-2. Trị số k_1 lấy bằng 45 khi $\alpha = 30^\circ$; $k = 31$ khi $\alpha = 40^\circ$ và $k = 27$ khi $\alpha = 45^\circ - 60^\circ$.

5.2.2. Thiết kế cột đặc có mặt cắt đều

Hình thức tiết diện cột - Tiết diện cột đặc thường làm dạng chữ I, ghép bằng ba bản thép hoặc ghép bằng các thép định hình trong trường hợp chịu lực lớn (hình 5.4).



Hình 5.4

Kích thước tiết diện cột chọn trên nguyên tắc cơ bản là tận dụng hết khả năng làm việc của vật liệu, tức là $\lambda_x^{td} = \lambda_y^{td}$, với cột đặc có $\lambda_x = \lambda_y$; tiết diện chữ I có J_x lớn hơn J_y rất nhiều nên chỉ được dùng khi chiều dài tính toán đối với trục y nhỏ hơn đối với trục x.

Tính toán và cấu tạo cột đặc

Khi thiết kế phải xác định được tải trọng tác dụng lên cột và sơ đồ tính toán. Sơ đồ tính toán phụ thuộc vào mức độ cố định hai đầu cột. Nếu móng cột có kích thước lớn và chân cột được nối chắc với móng thì có thể coi đó là liên kết ngàm. Nếu móng cột bé và chân cột liên kết yếu với móng thì ta có thể coi là khớp. Nếu dầm được đặt tự do lên đầu cột, thì coi là nối khớp, khi dầm liên kết thật chắc với mũ cột thì coi là liên kết ngàm.

Diện tích tiết diện yêu cầu được tính dựa vào điều kiện ổn định của cột:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} \leq R$$

từ đó ta có:

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi R} \quad (5-13)$$

Vì hệ số uốn dọc φ phụ thuộc vào độ mảnh λ (xem công thức 5-1) còn độ mảnh λ lại phụ thuộc vào kích thước tiết diện cột, nên muốn tính F_{yc} ta phải giả thiết φ hoặc λ .

Ta thường giả thiết độ mảnh của cột như sau:

- Khi $N < 1500\text{kN}$ và $l_0 = 5 - 6\text{m}$ thì $\lambda = 80 \div 100$.
- Khi $N = 3000 - 3500\text{kN}$ và $\lambda_0 = 5 - 6\text{m}$ thì $\lambda = 60 \div 70$.

Sau khi giả thiết λ^{gt} , tra được φ ở bảng 5.1 và thay vào công thức (5-13) sẽ tính được diện tích yêu cầu của cột. Dựa vào tiết diện này để chọn kích thước của tiết diện cột, nhưng tiết diện đó phải có bán kính quán tính tương ứng với độ mảnh đã giả thiết ở trên, tức là phải có:

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda^{gt}} \quad \text{và} \quad r_y^{yc} = \frac{l_{oy}}{\lambda^{gt}} \quad (5-14)$$

Kích thước tiết diện phải chọn như thế nào để có diện tích và bán kính quán tính bằng diện tích và bán kính quán tính yêu cầu. Bán kính quán tính của tiết diện có thể tính theo công thức gần đúng sau đây:

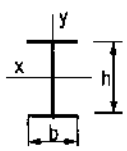
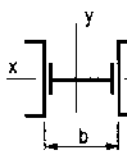
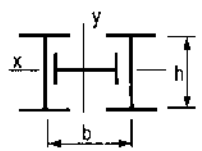
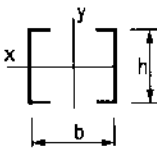
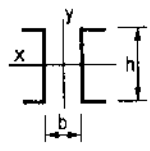
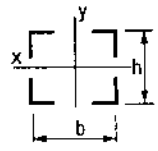
$$r_x = \alpha_1 h \quad \text{và} \quad r_y = \alpha_2 b \quad (5-15)$$

Do đó chiều cao h và bề rộng b của tiết diện cột có thể chọn sơ bộ theo công thức sau:

$$h = \frac{r_x^{yc}}{\alpha_1} \quad \text{và} \quad b = \frac{r_y^{yc}}{\alpha_2} \quad (5-16)$$

trong đó: α_1 và α_2 là các hệ số tra ở bảng 5.2.

Bảng 5.2. Giá trị hệ số α_1 và α_2 trong công thức (5-15)

Tiết diện			
α_1	0,42	0,32	0,32
α_2	0,24	0,58	0,49
Tiết diện			
α_1	0,38	0,38	0,43
α_2	0,44	0,6	0,43

Tiết diện cột thường dùng dạng mặt cắt chữ I, có $\delta_c = 2\delta_b$ ($\delta_c = 8 \div 40\text{mm}$, $\delta_b = 6 \div 18\text{mm}$). Từ công thức (5-13) và (5-16) sẽ chọn được toàn bộ kích thước của tiết diện cột.

Ngoài ra, khi chọn kích thước của bản bụng và bản cánh cần chú ý tới ổn định cục bộ. Đối với bản cánh, vấn đề đặt ra cũng tương tự như khi chọn kích thước của cánh chịu nén của dầm. Nhưng để cho an toàn yêu cầu ứng suất tối hạn trong bản cánh lớn hơn ứng suất tối hạn của toàn cột một chút. Như đã biết, ứng suất này là hàm của độ mảnh λ , vì vậy bề rộng lớn nhất của mỗi bên bản cánh phụ thuộc vào độ mảnh của cột và được tiêu chuẩn thiết kế quy định như ở bảng 5.3.

Bảng 5.3. Các giá trị giới hạn của tỉ số α_1/δ_c

Mác thép	Tỉ số của α_1/δ_c khi độ mảnh của cột là				
	25	50	75	100	125
Thép CT3 và CT4	14	15	16,5	18	20
Thép 14I'2, 15I'C 10I'2C, 10XCH.1	12	13	14,5	16,5	18,5
Thép 10XCH.1	11	12,5	14	16	17,5

Chú thích: α_1 - chiều rộng tính toán của phần nhô ra, trong cấu kiện hàn tính từ mép bản bụng, trong cấu kiện bằng thép cán tính từ chỗ lượn tròn của bên trong bản cánh.

Cũng tương tự như bản cánh, độ mảnh lớn nhất của bản bụng phụ thuộc vào mức độ liên kết giữa bản bụng với bản cánh và phụ thuộc vào độ mảnh λ của toàn cột. Độ mảnh lớn nhất của bản bụng được xác định theo công thức sau:

$$\lambda_b = \frac{h_b}{\delta_b} = 40 \sqrt{\frac{2100}{R}} + 0,2\lambda \quad (5-17)$$

nhưng không được lớn hơn 75.

Nếu độ mảnh của bản bụng lớn hơn giá trị tìm được theo công thức (5-17), thì sẽ bị mất ổn định cục bộ, cần phải gia cố bằng các sườn dọc. Ngoài ra, khi $h_b/\delta_b \geq 70$ phải đặt sườn ngang cách nhau $2,5h_b \sim 3h_b$.

Kích thước của các sườn ngang và dọc trong cột hàn được quy định như sau:

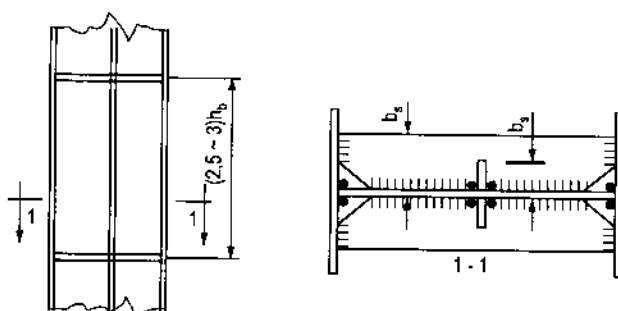
- Bề rộng của sườn ngang

$$b_s \geq \frac{h_b}{30} + 40\text{mm}$$

- Chiều dày $\delta_s \geq \frac{b_s}{15}$

- Bề rộng của sườn dọc $b_s \geq 10\delta_b$

- Chiều dày $\delta_s \geq \frac{3}{4}\delta_b$



Hình 5.5

Sườn dọc có tác dụng giữ cho bản bụng không bị mất ổn định, còn sườn ngang có tác dụng làm tăng độ cứng của tiết diện và gia cố bản cánh (hình 5.5).

Sau khi chọn xong kích thước của tiết diện, ta cần kiểm tra ổn định tiết diện chọn theo công thức (5-5), đối với cột có giảm yếu do liên kết còn cần phải kiểm tra cả cường độ:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \quad (5-18)$$

Để cột không mảnh quá, tiêu chuẩn thiết kế quy định độ mảnh giới hạn của cột như ở bảng 5.4.

Bảng 5.4. Độ mảnh giới hạn của cột

Phân tố kết cấu	Độ mảnh giới hạn
Cơ bản	120
Phụ	150

Để liên kết giữa bản cánh và bản bụng của tiết diện cột thường dùng đường hàn liên tục có chiều dày $h_n = 0,5\delta_b$. Khi hàn tự động chiều dày đường hàn lấy thống nhất trên suốt chiều dài thân cột. Khi hàn tay, chiều dày đường hàn ở gần đỉnh cột và đế cột (đài khoảng 1m) chọn lớn hơn.

Ví dụ 5.1: Chọn tiết diện thân cột hàn chịu nén trung tâm. Biết chiều dài của cột $l = 6,5\text{m}$, chiều dài tính toán $l_{ox} = 9,1\text{m}$ và $l_{oy} = 4,55\text{m}$, chịu lực nén tính toán $N = 4100\text{kN}$, vật liệu thép BCT3, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$.

Giải:

Tiết diện thân cột được ghép bằng ba bản thép và liên kết với nhau bằng đường hàn góc (hình 5.6).

Diện tích yêu cầu của tiết diện được xác định theo công thức (5-13):

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi N} = \frac{410000}{0,86 \cdot 2100} = 228\text{cm}^2$$

trong đó giả thiết $\lambda^{gt} = 60$, từ bảng 5.1 có $\varphi = 0,86$.

Bán kính quán tính yêu cầu được tính theo công thức (5-14):

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda^{gt}} = \frac{910}{60} = 15,2\text{cm}$$

$$r_y^{yc} = \frac{l_y}{\lambda^{gt}} = \frac{455}{60} = 7,6\text{cm}$$

Bề rộng bản cánh và chiều cao tiết diện cột cần thiết để cột có độ mảnh như đã giả thiết ở trên là:

$$b = \frac{r_y^{yc}}{\alpha_2} = \frac{7,6}{0,24} = 32\text{cm}$$

$$h = \frac{r_x^{yc}}{\alpha_1} = \frac{15,2}{0,42} = 36\text{cm}$$

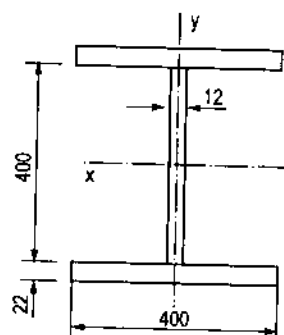
trong đó $\alpha_1 = 0,42$ và $\alpha_2 = 0,24$ cho ở bảng 5.2. Nếu chọn $h = 36\text{cm}$ và $b = 32\text{cm}$ thì chiều dày của bản bụng và bản cánh quá lớn. Do đó tiết diện thân cột cần lấy mỏng hơn và diện tích tiết diện cột lúc đó có thể lấy giảm đi được. Kích thước tiết diện thân cột được chọn như ở hình 5.6 và có đặc trưng hình học như sau:

$$F = 2 \cdot 2,2 \cdot 40 + 1,2 \cdot 40 = 224\text{cm}^2$$

$$J_x = \frac{1,2 \cdot 40^3}{12} + 2 \cdot 2,2 \cdot 40 \cdot 21,1^2 = 84900\text{cm}^4$$

$$J_y = 2 \cdot 2,2 \cdot \frac{40^3}{12} = 23500\text{cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{84900}{224}} = 19,5\text{cm}$$



Hình 5.6

Độ mảnh của cột:

$$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{23500}{224}} = 10,2 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{910}{19,5} = 46,5$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{445}{10,2} = 44$$

Vì $\lambda_x > \lambda_y$ nên chỉ cần kiểm tra ổn định của cột đối với trục x:

$$\sigma_x = \frac{N}{\varphi_x F} = \frac{410000}{0,9 \cdot 224} = 2020 \text{ daN/cm}^2 < R = 2100 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó: $\varphi_x = 0,90$ ứng với $\lambda_x = 46,5$ tra ở bảng 5.1.

Bản cánh và bản bụng không bị mất ổn định cục bộ vì:

$$\frac{a_1}{\delta_c} = \frac{40}{2,2 \cdot 2} = 9,1 < 15$$

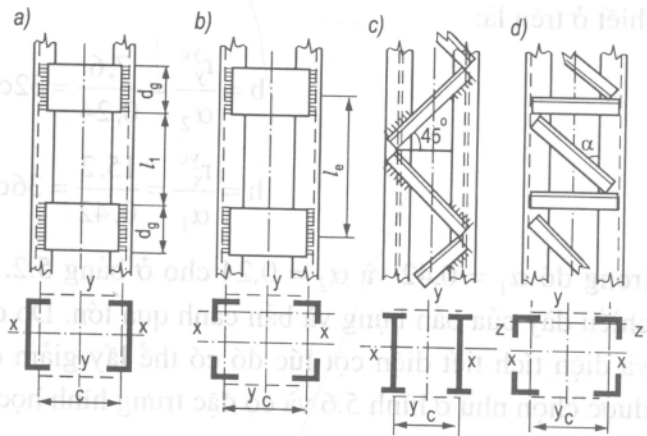
$$\frac{h_b}{\delta_b} = \frac{40}{1,2} = 33 < 40 + 0,2\lambda_x = 40 + 0,2 \cdot 46,5 = 49 < 75$$

5.2.3. Thiết kế cột rỗng có mặt cắt đều

5.2.3.1. Hình thức tiết diện và cấu tạo

Thân cột rỗng thường được ghép bằng hai hoặc bốn thép định hình và được nối với nhau bằng các bản giằng hoặc các thanh giằng (hình 5.7). Trục đi qua phần đặc của tiết diện gọi là trục thực (trục x), trục đi qua phần rỗng của tiết diện gọi là trục ảo (trục y).

Trong cột hàn, nếu thân cột được ghép bằng hai thép chữ [thì nên đặt hai nhánh quay vào trong để giảm chiều dài các giằng liên kết (thanh



Hình 5.7

giằng hoặc bản giằng). Các giằng liên kết có tác dụng bảo đảm cho hai nhánh cùng chịu lực. Nó không chịu lực dọc tác dụng vào cột, mà chỉ chịu lực cắt do uốn dọc sinh ra. Cột thanh giằng có độ cứng tốt vì mặt ngoài cột hình thành một hệ giàn và các thanh giằng chỉ chịu lực dọc. Các thanh giằng thường làm bằng thép góc đơn có độ mảnh giới hạn bằng 150 và thường được bố trí thành hình tam giác hoặc bố trí xiên (hình 5.7c và d). Cột bản giằng có độ cứng kém hơn cột thanh giằng vì bản giằng không những chịu lực cắt mà còn chịu uốn (hình 5.7a và b).

5.2.3.2. Trình tự thiết kế cột rỗng

- Chọn tiết diện của nhánh cột

Đối với cột chịu nén trung tâm thì nguyên tắc chung nhất để chọn tiết diện là khả năng chịu lực của cột theo hai phương phải bằng nhau, tức là phải có $\lambda_x^{td} = \lambda_y^{td}$.

Đối với cột được ghép bằng hai thép định hình có trục x là trục thực, còn trục y là trục ảo, thì điều kiện trên viết được thành $\lambda_x = \lambda_y^{td}$. Ta đã biết λ_y^{td} phụ thuộc vào λ_y , λ_y phụ thuộc vào r_y , r_y phụ thuộc vào J_y , mà J_y lại phụ thuộc vào khoảng cách giữa hai nhánh, cho nên khi chọn tiết diện của nhánh, cần bắt đầu từ điều kiện ổn định đối với trục x.

$$\text{Vây diện tích yêu cầu là: } F_{yc} = \frac{N}{\varphi_x R} \quad (5-19)$$

trong đó để có φ_x ta thường giả thiết λ_x^{gt} như sau:

- Khi $N \leq 1500\text{kN}$, chiều dài tính toán của cột $l_{ox} = 5 - 7\text{m}$, giả thiết $\lambda_x^{gt} = 70 \sim 90$.
- Khi $N = 2500 \sim 3000\text{kN}$, chiều dài tính toán của cột vẫn như trên, giả thiết $\lambda_x^{gt} = 50 \sim 70$.

Sau khi giả thiết λ_x^{gt} và tìm được φ_x từ bảng 5.1, thay vào công thức (5-19) tính được F_{yc} và đồng thời phải tính bán kính quán tính yêu cầu:

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda_x^{gt}} \quad (5-20)$$

Dựa vào F_{yc} và r_x^{yc} để chọn tiết diện nhánh cột. Thông thường thép định hình không đồng thời phù hợp hai yêu cầu đó, cho nên chúng ta chọn số hiệu thép định hình nào có diện tích và bán kính quán tính gần với F_{yc} và r_x^{yc} .

Sau đó cần kiểm tra lại ổn định của cột đối với trục x của tiết diện đã chọn theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_x F} \leq R$$

Nếu điều kiện này được thỏa mãn, ta tiến hành sang bước thứ hai.

- Xác định khoảng cách c giữa hai trục của nhánh

Khoảng cách giữa hai nhánh cột được xác định dựa vào điều kiện $\lambda_x = \lambda_y^{td}$. Từ đó rút ra được khoảng cách c giữa hai trục của nhánh (hình 5.7).

Chẳng hạn đối với cột bản giằng ta có:

$$\lambda_x = \lambda_y^{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \quad (5-21)$$

trong đó: λ_1 - độ mảnh của nhánh thường lấy bằng $30 \sim 40$.

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{l_{oy}}{\sqrt{r_x^2 + \frac{c^2}{4}}} = \frac{2l_{oy}}{c^2}$$

Vì r_x^2 thường rất nhỏ so với $c^2/4$.

Vậy từ điều kiện (5-21) ta rút ra được:

$$c = \frac{2l_{oy}}{\lambda_x^2 + \lambda_l^2} \quad (5-22)$$

trong đó nếu giả thiết λ_l , ta sẽ tìm được khoảng cách giữa hai nhánh. Cần chú ý là với λ_l^{gt} này sẽ quyết định chiều dài tính toán của nhánh.

Tương tự như trên chúng ta cũng tìm được khoảng cách C giữa hai trục của nhánh trong cột thanh giằng:

$$c = \frac{2l_{oy}}{\sqrt{\lambda_x^2 - k_l \frac{F}{F_{tl}}}} \quad (5-23)$$

trong đó nếu giả thiết diện tích tiết diện các thanh giằng xiên, thì sẽ xác định được khoảng cách giữa hai nhánh, thanh giằng thường làm bằng thép góc số hiệu L45 × 5 hoặc L50 × 5.

Đối với cột được ghép bằng bốn thép định hình có hai trục quán tính chính đều là trục ảo, thì kích thước tiết diện nhánh có thể chọn từ điều kiện độ bền. Còn khoảng cách giữa các nhánh cũng được xác định tương tự như trên:

- Đối với cột bản giằng:
$$c = \frac{2l_{oy}}{\sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2 - \lambda_2^2}} \quad (5-24)$$

- Đối với cột thanh giằng:
$$c = \frac{2l_{oy}}{\sqrt{\lambda_x^2 - F \left(\frac{k_1}{F_{t1}} + \frac{k_2}{F_{t2}} \right)}} \quad (5-25)$$

Tính thanh giằng và bản giằng

Các thanh giằng và bản giằng của cột chịu nén trung tâm coi như chỉ chịu lực cắt do uốn dọc sinh ra. Như chúng ta đã biết, nếu vật liệu làm cột đã cho thì lực tối hạn của cột chỉ còn phụ thuộc vào kích thước hình học của cột. Tiêu chuẩn thiết kế quy định giá trị của lực cắt này phụ thuộc vào diện tích tiết diện thân cột và được xác định theo công thức sau:

$$Q = 20F_{ng} \text{ (daN) đối với thép CT3.}$$

$$Q = 40F_{ng} \text{ (daN) đối với thép CT5 và thép hợp kim thấp} \quad (5-26)$$

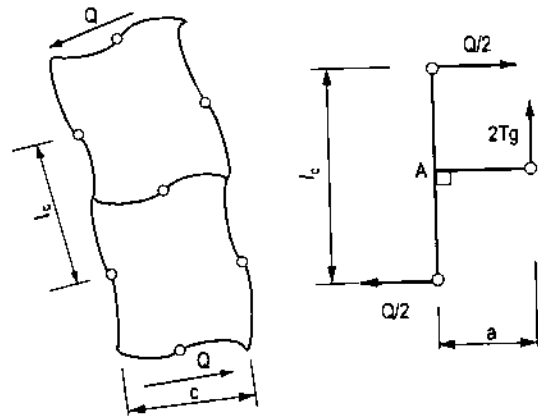
trong đó: F_{ng} - diện tích tiết diện nguyên của thân cột, tính bằng cm^2 .

Lực cắt Q này giả thiết là không thay đổi theo chiều dài cột và phân phối đều lên các mặt phẳng thanh giằng và bản giằng.

Việc tính toán bản giằng gồm hai phần: chọn tiết diện và tính liên kết giữa bản giằng và nhánh cột.

Chiều rộng của bản giằng b_g phụ thuộc vào khoảng cách giữa hai nhánh, bản giằng tựa vào nhánh cột một đoạn khoảng 40 ~ 50mm. Chiều cao của bản giằng d_g quyết định bởi điều kiện liên kết giữa bản giằng và nhánh cột. Chiều dày của bản giằng δ_g chọn khoảng 6 ~ 12mm. Ngoài ra còn phải thỏa mãn điều kiện $b_g/\delta_g \leq 50$. Khoảng cách giữa các bản giằng phải chọn để độ mảnh của nhánh phải nhỏ hơn hoặc bằng độ mảnh đã giả thiết ở trên tức là phải chọn $l_1 \leq \lambda_1^{gt} r_1$. Đối với cột hàn thì l_1 là khoảng cách giữa hai mép trong của bản giằng (hình 5.7a).

Để tính liên kết giữa bản giằng và nhánh cột, trước hết cần xác định nội lực trong bản giằng. Dưới tác dụng của lực dọc tới hạn cột bị uốn cong, nhưng liên kết giữa bản giằng và nhánh cột là liên kết cứng nên khi bị uốn vẫn giữ góc vuông, do đó bản giằng và nhánh cột bị uốn theo hình sóng, tương tự như một khung nhiều tầng chịu lực ngang. Nếu các nhánh có độ cứng như nhau và các bản giằng có độ cứng như nhau thì điểm có mômen bằng không có thể coi là điểm ở giữa bản giằng và ở giữa các đoạn nhánh.



Hình 5.8

Ta tách ra một phần để xét và khi tính giả thiết lực cắt phân đều lên hai nhánh (hình 5.8).

$$\sum M_A = \frac{Q}{2} l_c - 2T_g \cdot a = 0$$

Vậy:
$$T_g = \frac{Q l_c}{4a} = \frac{Q l_c}{2c} \quad (5-27)$$

Mômen uốn lớn nhất trong bản giằng là:

$$M_g = T_g \cdot a = \frac{Q l_c}{4} \quad (5-28)$$

trong đó: Q - lực cắt được tính theo công thức (5-26);

$c = 2a$ - khoảng cách giữa hai đường trục của nhánh;

l_c - khoảng cách giữa hai đường trục của bản giằng.

Để liên kết giữa bản giằng và nhánh cột thường dùng đường hàn góc. Tiết diện chịu lực của đường hàn nhỏ hơn tiết diện của bản giằng. Do đó không cần kiểm tra cường độ của bản giằng vì nếu liên kết hàn không bị phá hỏng thì bản giằng cũng không bị phá hoại.

Liên kết chịu lực cắt T_g đồng thời chịu mômen uốn M_g không bị phá hoại khi ứng suất tiếp tổng hợp do lực cắt và mômen uốn sinh ra phải nhỏ hơn cường độ tính toán của đường hàn góc:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} \leq F_g^h \quad (5-29)$$

trong đó: $\tau_M = \frac{M_g}{W_h} = \frac{6M_g}{\beta h_h l_h^2}$

$$\tau_Q = \frac{Q}{F_h} = \frac{T_g}{\beta h_h l_h}$$

Thanh giằng được tính toán tương tự như bản giằng, gồm hai phần: chọn tiết diện và tính liên kết giữa thanh giằng và nhánh cột. Nội lực trong thanh giằng xiên được xác định giống như nội lực trong các thanh bụng của giàn:

$$N_t = \pm \frac{Q}{2 \sin \alpha} \quad (5-30)$$

trong đó: α - góc giữa thanh giằng xiên và nhánh cột.

Ứng suất trong thanh giằng không được vượt quá cường độ tính toán của vật liệu:

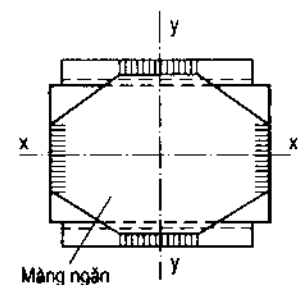
$$\sigma = \frac{N_t}{\varphi F_t} \leq R \quad (5-31)$$

trong đó: F_t - diện tích tiết diện của một thanh giằng xiên.

Nếu thanh giằng xiên là thép góc đơn đều cạnh, thì cường độ tính toán phải nhân với hệ số điều kiện làm việc $m = 0,75$; nếu dùng thép góc không đều cạnh và liên kết cánh lớn với nhánh cột thì lấy $m = 1$.

Tiết diện của thanh giằng ngang lấy bằng thanh xiên, tiết diện nhỏ nhất của thanh giằng dùng thép góc 45×5 . Độ mảnh giới hạn của thanh giằng lấy bằng 150. Điểm hội tụ của các đường trục của nó thường lấy ở mép ngoài của nhánh cột (hình 5.7). Đối với cột hàn thì đường trục của thanh giằng là đường lưng của thép góc.

Để tránh bị xoắn, cần phải đặt thêm màng ngăn (hình 5.9). Khoảng cách giữa các màng ngăn theo chiều cao cột phụ thuộc vào vị trí của thanh giằng ngang, thường lấy nhỏ hơn 4m.



Hình 5.9

Kiểm tra ổn định của cột đối với trục ảo

Sau khi chọn được khoảng cách giữa hai trục của nhánh, kích thước và khoảng cách giữa các bản giằng hoặc thanh giằng, cần kiểm tra ổn định đối với trục y:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_y F} \leq R \quad (5-32)$$

Để tính được φ_y , trước hết tính bán kính quán tính của tiết diện đối với trục y là r_y , tiếp đến tính độ mảnh của cột λ_y . Sau đó xác định λ_y^{ld} , tra bảng 5.1 tìm được φ_y .

Ví dụ 5.2: Chọn tiết diện của cột hàn chịu nén trung tâm được ghép bằng hai thép chữ [(hình 5.10). Tải trọng tính toán tác dụng lên cột là $N = -1450\text{kN}$. Cột cao 6,8m, hai đầu liên kết khớp. Vật liệu thép BCT3, que hàn loại E42.

Giải:

- Chọn tiết diện cột:

Diện tích yêu cầu của cột tính theo công thức (5-19), với giả thiết $\lambda_x^{gt} = 70$, có $\varphi_x = 0,81$

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi_x R} = \frac{145000}{0,81 \cdot 2100} = 82,5\text{cm}^2$$

và có bán kính quán tính yêu cầu:

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda_x^{gt}} = \frac{680}{70} = 9,7\text{cm}$$

Chọn tiết diện chữ [số hiệu N°30, có $F = 40,5\text{cm}^2$ và bán kính quán tính $r_x = 12\text{cm}$, $r_y = 2,84\text{cm}$.

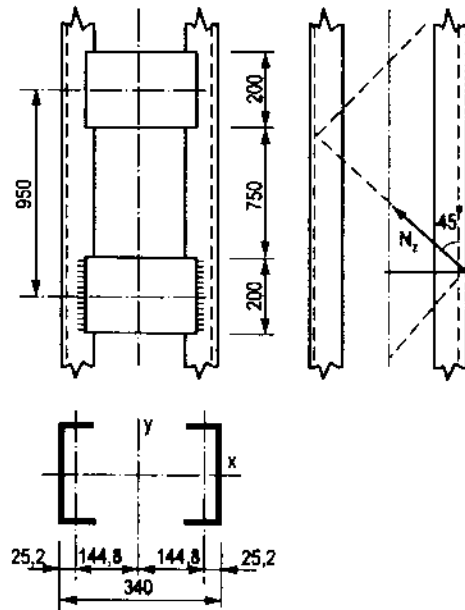
Tuy diện tích tiết diện chọn có nhỏ hơn diện tích yêu cầu, nhưng lại có bán kính quán tính r_x lớn hơn r_x^{yc} .

Vậy phải kiểm tra ổn định của cột đối với trục thực x.

Chiều dài tính toán của cột theo hai phương như nhau $l_{ox} = l_{oy} = l = 6,8\text{m}$. Độ mảnh của cột đối với trục x bằng:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{680}{12} = 57$$

Vậy $\varphi_x = 0,869$.



Hình 5.10

Ứng suất trong cột:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x F} = \frac{145000}{0,869 \cdot 2.40,5} = 2060 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

Xác định khoảng cách giữa hai tâm của nhánh

Khoảng cách c giữa hai đường trục của nhánh cột bản giằng được xác định theo công thức (5-22):

$$c = \frac{2l_{oy}}{\sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2}} = \frac{2.680}{\sqrt{57^2 - 30^2}} = 28,3 \text{ cm}$$

trong đó giả thiết $\lambda_1^{gl} = 30$, vậy khoảng cách trong lớn nhất giữa hai bản giằng là $l_1 = \lambda_1^{gl} \cdot r_1 = 30.2,84 = 85 \text{ cm}$. Để khoảng cách giữa hai mép ngoài của tiết diện cột là một số chẵn ta chọn $C = 28,96 \text{ cm}$ và để khoảng cách giữa các bản giằng như nhau theo chiều cao của cột ta chọn $l_1 = 75 \text{ cm}$.

Kiểm tra ổn định của cột đối với trục ảo y

$$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{r_1^2 + \frac{c^2}{4}} = \sqrt{2,84^2 + 14,48^2} = 14,7 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{680}{14,7} = 46,2$$

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{r_1} = \frac{75}{2,84} = 26,4$$

Vậy độ mảnh tính đối:

$$\lambda_y^{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{46,2^2 + 26,4^2} = 53 < \lambda_x = 57$$

do đó cột cũng không bị mất ổn định đối với trục y.

- Tính toán bản giằng

Lực cắt tác dụng lên cột được xác định theo công thức (5-26):

$$Q = 20F_{ng} = 20.2.40,5 = 1620 \text{ daN}$$

Nội lực trong bản giằng được xác định theo công thức (5-27) và (5-28)

$$T_g = \frac{Ql_c}{2c} = \frac{1620.95}{2.28,96} = 2660 \text{ daN}$$

$$M_g = \frac{Ql_c}{4} = \frac{1620.95}{4} = 38400 \text{ daN}$$

Chọn bản giằng có chiều dày $\delta_g = 8 \text{ mm}$, chiều rộng $d_g = 200 \text{ mm}$ như ở hình 5.10. Chiều dày của đường hàn góc chọn $h_h = 8 \text{ mm}$, vậy diện tích và mômen chống uốn của đường hàn là:

$$F_h = 0,7h_h\delta_g = 0,7.0,8.20 = 11,2\text{cm}^2$$

$$W_h = \frac{0,7h_h\delta_g^2}{6} = \frac{0,7.0,8.20^2}{6} = 37,3\text{cm}^2$$

Ứng suất trong đường hàn do mômen và lực cắt sinh ra:

$$\tau_M = \frac{M_g}{W_h} = \frac{38400}{37,3} = 1030 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_Q = \frac{T_g}{F_h} = \frac{2660}{11,2} = 238 \text{ daN/cm}^2$$

và ứng suất tổng hợp bằng:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} = \sqrt{1030^2 + 238^2} = 1055 \text{ daN/cm}^2 < 1500 \text{ daN/cm}^2$$

Nếu dùng thanh giằng bằng thép góc, số hiệu L 50 × 50, góc giữa thanh giằng xiên và nhánh cột là 45°. Đặc trưng hình học của thép góc L 50 × 5: $F_t = 4,8\text{cm}^2$, $r_{\min} = 0,98\text{cm}$. Chiều dài của thanh giằng xiên $l_t = c/\cos\alpha = 28,96/0,7 = 42\text{cm}$; $\lambda_t = 42/0,98 = 43$ có $\varphi = 0,911$.

Lực nén dọc trong thanh giằng xiên do uốn dọc sinh ra được xác định theo công thức (5-30):

$$N_t = \frac{Q}{2\cos\alpha} = \frac{1620}{2.0,7} = 1150\text{daN}$$

Ứng suất trong thanh giằng xiên:

$$\sigma = \frac{N_t}{\varphi F_t} = \frac{1150}{0,911.4,8} = 263 \text{ daN/cm}^2 < 0,75.2100 = 1575 \text{ daN/cm}^2$$

Chiều dài tính toán cần thiết của đường hàn:

$$l_h = \frac{N_t}{0,75.0,7h_hR_g^h} = \frac{1150}{0,75.0,7.0,5.1500} = 3\text{cm}$$

Chọn chiều dài của đường hàn ở lưng và ở mép thép góc bằng:

$$l_h = 3 + 2 = 5\text{cm} > 3\text{cm}.$$

Độ mảnh tính đối trong trường hợp hai nhánh được liên kết với nhau bằng thanh giằng được xác định theo công thức (5-9):

$$\lambda_y^{td} = \sqrt{\lambda_y^2 + k_1 \frac{F}{F_{tl}}} = \sqrt{46,2^2 + 27 \frac{2.40,5}{2.4,8}} = 48,7 < \lambda_x = 57$$

Vậy cột thanh giằng này cũng không bị mất ổn định đối với trục y.

5.2.4. Thiết kế cột có mặt cắt thay đổi

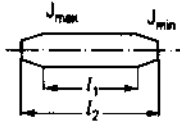
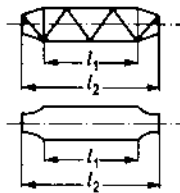
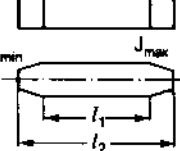
Tính toán về ổn định của cột đặc chịu nén trung tâm có mặt cắt thay đổi cũng được tiến hành theo công thức (5-5), nhưng khi đó hệ số uốn dọc φ được xác định phụ thuộc vào độ mảnh:



$$\lambda = \frac{\mu_2 l}{r} \quad (5-33)$$

trong đó: μ_2 - hệ số tính đổi chiều dài tính toán của cột có mặt cắt thay đổi và hai đầu liên kết khớp, cho ở bảng 5.5.

r - bán kính quán tính của tiết diện

Bảng 5.5. Hệ số tính đổi chiều dài μ_2 đối với cột hai đầu liên kết khớp có mặt cắt thay đổi

Sơ đồ thanh	Quy luật biến đổi của J	$\frac{l_1}{l_2}$	Tỉ số J_{\min}/J_{\max}						
			0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Đường thẳng (cột đặc có chiều dày không đổi, bề rộng biến đổi theo quy luật đường thẳng)	0		1,23	1,19	1,12	1,07	1,03	1,00
		0,2		1,14	1,11	1,07	1,04	1,02	
		0,4		1,07	1,05	1,04	1,02	1,01	
		0,6		1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	
		0,8		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
		1,0							
	Bậc hai (cột đặc có chiều dày không đổi, bề rộng biến đổi theo quy luật parabol hoặc cột rỗng có thanh cánh mặt cắt đều, còn bề rộng biến đổi theo quy luật đường thẳng)	0	1,69	1,35	1,25	1,14	1,08	1,03	1,0
		0,2	1,45	1,22	1,15	1,08	1,05	1,02	
		0,4	1,23	1,11	1,07	1,04	1,02	1,01	
		0,6	1,07	1,03	1,02	1,01	1,01	1,0	
		0,8	1,01	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
		1,0							
	Bậc 3 (cột đặc có bề rộng không đổi chiều dày biến đổi theo quy luật đường thẳng)	0	1,97	1,40	1,27	1,15	1,08	1,07	1,00
		0,2	1,64	1,25	1,16	1,09	1,05	1,02	
		0,4	1,35	1,12	1,08	1,04	1,02	1,01	
		0,6	1,11	1,04	1,03	1,01	1,01	1,01	
		0,8	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	
		1,0							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Hình sin (cột rỗng có thanh cánh dạng hình sin và có mặt cắt không đổi)	0	1,32	1,16	1,11	1,06	1,03	1,01	1,00
	Bậc nhất	0		1,45	1,35	1,21	1,13	1,06	1,00
	Bậc hai	0		1,66	1,45	1,24	1,13	1,05	1,00
	Bậc ba	0		1,75	1,48	1,25	1,14	1,06	1,00
	Bậc bốn	0		1,78	1,50	1,26	1,14	1,06	1,00

Đối với cột có liên kết ở hai đầu không phải là khớp thì độ mảnh được xác định theo công thức:

$$\lambda = \mu_1 \mu_2 \frac{l}{r} \quad (5-34)$$

trong đó: μ_1 - hệ số tính đổi chiều dài của cột có hai đầu không phải là khớp, xem hình 5.2.

Nếu là cột rỗng có mặt cắt thay đổi, thì khi tính độ mảnh còn phải xét đến ảnh hưởng của thanh giằng hoặc bản giằng theo các công thức (5-8), (5-9) hoặc (5-12) và (5-11).

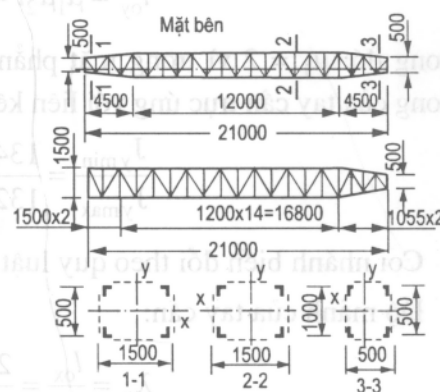
Ví dụ 5.3: Kiểm tra ổn định của tay vươn của cần trục ghép bằng bốn thép góc có số hiệu L 63 × 5 và liên kết với nhau bằng thanh giằng, chiều dài của tay cần $l = 21\text{m}$, kích thước tiết diện tay cần xem hình 5.11. Lực nén tính toán $N = 170\text{kN}$. Vật liệu thép BCT3, cường độ tính toán $R = 1950\text{ daN/cm}^2$.

Giải:

Cột được ghép bằng bốn thép góc có số hiệu L 63 × 5, vậy diện tích tiết diện của cột là $F = 6,13,4 = 24,52\text{cm}^2$. Các đặc trưng hình học khác của tiết diện tại một số mặt cắt đặc trưng cho ở bảng 5.6.

Bảng 5.6. Đặc trưng hình học của tiết diện tay cần

Mặt cắt	h (cm)	b (cm)	$J_x (\text{cm}^4)$	$J_y (\text{cm}^4)$	$r_x (\text{cm})$	$r_y (\text{cm})$
I-I	50	150	13400	132000	23	73
II-II	100	150	57200	132000	48	73
III-III	50	50	13400	13400	-	-



Hình 5.11

Kiểm tra ổn định của tay cần theo công thức (5-5). Chiều dài tính toán của tay cần được xác định theo công thức (5-34).

Chiều dài tính toán đối với trục x (trục thẳng góc với mặt phẳng nâng tải - mặt phẳng thẳng đứng):

$$l_{ox} = \mu_1 \mu_2 l = 1.1.02.21 = 21,4\text{m}$$

trong đó: $\mu_1 = 1$ vì trong mặt phẳng nâng tải liên kết ở hai đầu tay cần ứng với liên kết khớp, còn μ_2 phụ thuộc vào:

$$\frac{J_{x\min}}{J_{x\max}} = \frac{13400}{57200} = 0,23 \text{ và } \frac{l_1}{l} = \frac{12}{21} = 0,57$$

Tra bảng 5.5 được $\mu_2 = 1,02$ (sơ đồ 2).

Chiều dài tính toán của cột đối với trục y:

$$l_{oy} = \mu_1 \mu_2 l = 2.1.45.21 = 61\text{m}$$

trong đó: $\mu_1 = 2$ vì trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng nâng tải, liên kết ở đầu trong của tay cần trục ứng với liên kết ngàm, còn đầu ngoài tự do. Hệ số μ_2 phụ thuộc vào:

$$\frac{J_{y\min}}{J_{y\max}} = \frac{13400}{13200} = 0,1$$

Coi nhánh biến đổi theo quy luật đường thẳng, tra bảng 5.5 được $\mu_2 = 1,45$.

Độ mảnh của tay cần:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{2140}{48} = 44,6$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{6100}{73} = 83,5$$

Độ mảnh tính đối của tay cần được xác định theo công thức (5-12):

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + F \left(\frac{k_1}{F_{t1}} + \frac{k_2}{F_{t2}} \right)} = \sqrt{83,5^2 + 24,52 \frac{31+27}{8,76}} = 85 \text{ có } \varphi = 0,72$$

trong đó: $F = 4.6,13 = 24,52\text{cm}^2$;

$$F_{t1} = F_{t2} = 2.4,38 = 8,76\text{cm}^2 \text{ (thanh giằng xiên dùng thép góc số hiệu } L 56 \times 4);$$

$k_1 = 31$ vì các thanh giằng xiên nằm trong mặt phẳng thẳng góc với trục y hợp với nhánh một góc $\alpha_1 = 45^\circ$;

$k_2 = 27$ vì các thanh giằng xiên nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục x hợp với nhánh một góc $\alpha_2 = 51^\circ$.

Thay vào công thức (5-5), ta có:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{17000}{0,72.24,52} = 1000 \text{ daN/cm}^2 < 1950 \text{ daN/cm}^2$$

Vậy tay cân trực ổn định.

- Kiểm tra ổn định nhánh

Lực nén tính toán trong nhánh $S_n = 170/4 = 42,5 \text{ kN}$. Độ mảnh của nhánh:

$$\lambda = \frac{l_1}{r_{\min}} = \frac{120}{1,25} = 96, \text{ có } \varphi = 0,636$$

$$\sigma = \frac{S_n}{\varphi F_n} = \frac{4250}{0,636.6,13} = 1090 \text{ daN/cm}^2 < 1950 \text{ daN/cm}^2$$

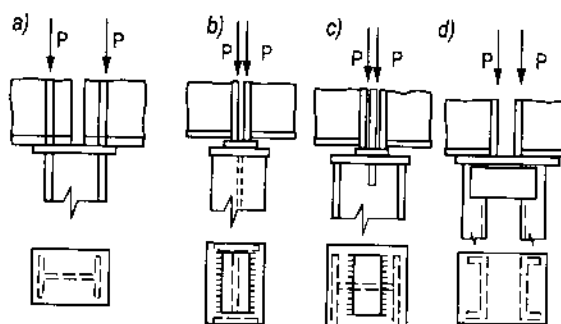
Vậy nhánh cũng ổn định.

5.2.5. Mũ cột và đế cột

Mũ cột

Cấu tạo mũ cột phụ thuộc vào tiết diện của thân cột và kết cấu ở phía trên cột. Mũ cột thường làm bằng tấm thép có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 20mm và đôi khi còn có bản định tâm và sườn gia cố, mũ cột chuyển tải trọng trực tiếp qua bề mặt đầu cột khi đỉnh cột được bào nhẵn và chuyển tải trọng qua đường hàn liên kết giữa mũ cột và thân cột khi đầu cột không được gia công nhẵn. Trường hợp đầu cột được gia công nhẵn thì đường hàn liên kết giữa mũ và thân cột có thể lấy theo cấu tạo.

Khi đỉnh cột không được gia công nhẵn, đường hàn được tính theo công thức (2-10). Khi cấu tạo mũ cột phải giải quyết đồng thời với kết cấu tựa lên cột để lực chuyển lên thân cột nằm trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua bản cánh hoặc bản bụng (hình 5.12). Nếu không thoả mãn điều kiện ấy, thì phải đặt thêm sườn chống ở dưới lực tập trung và dùng bản định tâm (hình 5.12c).



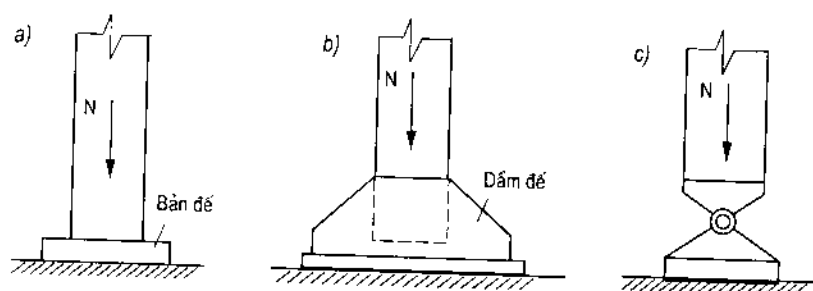
Hình 5.12

Đế cột

Đế cột có tác dụng chuyển lực từ thân cột xuống móng. Đế cột được chia thành hai loại: không khớp và có khớp. Trong kết cấu thép đế cột không khớp thường được dùng nhiều hơn loại khớp. Đế cột không khớp chia thành hai loại: loại gia công nhẵn và loại không nhẵn.

Loại gia công nhẵn cho lực chuyển từ thân cột xuống đế trực tiếp qua mặt tiếp xúc giữa thân cột và bản đế, do đó phải bào phẳng tại chỗ tiếp xúc. Nên loại này có nhược

điểm là khó thi công, mặt khác diện tích tiếp xúc nhỏ, ứng suất trong bản đế sẽ lớn, do đó phải dùng bản đế dày. Loại này thường dùng khi cột chịu tải trọng lớn (hình 5.13a).



Hình 5.13

Loại không gia công nhẵn là loại cho lực chuyển từ thân cột xuống bản đế phải qua thành phần trung gian gọi là dầm đế. Loại này có ưu điểm là chế tạo đơn giản, thường dùng khi cột chịu tải trọng nhỏ (hình 5.13b).

Cấu tạo và tính toán đế cột được gia công nhẵn

Bản đế thường có dạng hình vuông, cạnh được xác định theo công thức sau:

$$B_d = \sqrt{\frac{N}{R_m}} \quad (5-35)$$

trong đó: N - tải trọng tính toán của cột;

R_m - cường độ tính toán của vật liệu làm móng khi chịu nén cục bộ.

Cường độ chịu nén cục bộ tính toán của móng bằng bê tông có thể xác định theo công thức kinh nghiệm sau:

$$R_m = R_b \psi = R_b \sqrt[3]{\frac{F_m}{F_d}} \leq 2R_b \quad (5-36)$$

trong đó: R_b - cường độ chịu nén tính toán của bê tông (cường độ lăng trụ);

F_m - diện tích móng cột;

F_d - diện tích bản đế.

Khi xác định bề dày của bản đế, ta có thể xem một phần hình thang chịu uốn như một nút thừa có bề rộng ở gối tựa bằng b và chịu mômen uốn bằng (hình 5.14a):

$$M = \sigma_m F c \quad (5-37)$$

trong đó: F - diện tích hình thang (phần gạch sít trong hình 5.14a);

$\sigma_m = \frac{N}{F_d}$ - phản lực dưới đáy bản đế;

$c = h \frac{2B + b}{3(B + b)}$ - khoảng cách từ trọng tâm hình thang tới gối tựa của nút thừa;

h - chiều cao của hình thang;

B - đáy lớn của hình thang;

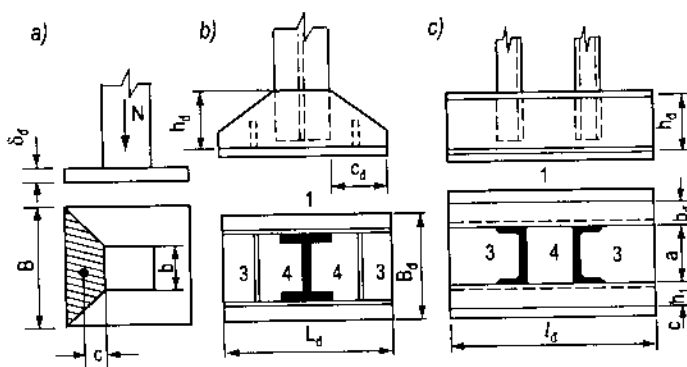
b - đáy nhỏ của hình thang.

Chiều dày cần thiết của bản đế là:

$$\delta_d = \sqrt{\frac{6M}{bR}} \quad (5-38)$$

Tính toán và cấu tạo đế cột không bào nhẵn

Lực chuyển từ thân cột xuống bản đế qua dầm đế, dầm đế có thể làm bằng thép bản hoặc thép định hình (hình 5.14b, c).



Hình 5.14

Diện tích yêu cầu của bản đế được xác định theo công thức sau:

$$F_d = \frac{N}{R_m} \quad (5-39)$$

Bề rộng của bản đế theo yêu cầu về cấu tạo:

$$B_d = a + 2b_d + 2c \quad (5-40)$$

trong đó: a - khoảng cách trong giữa hai dầm đế;

b_d - bề rộng của dầm đế;

c - mút thừa lấy khoảng 2 đến 6cm.

Chiều dài của bản đế:

$$L_d = \sqrt{\frac{F_d}{B_d}} \quad (5-41)$$

Đối với cột chịu nén trung tâm không nên chọn $L_d > 2B_d$ vì giữa hai dầm đế phải đặt bản ngăn gây khó khăn cho thi công.

Bản đế được tựa lên dầm đế, bản ngăn và thân cột, nó được chia thành nhiều phần: phần tựa lên 4 cạnh, phần tựa lên 3 cạnh, hoặc 1 cạnh (tương ứng với các phần 4, 3 và 1 trên hình 5.14b, c) và chịu tải trọng phân bố đều:

$$q = \sigma_m = \frac{N}{B_d L_d} \quad (5-42)$$

Mômen uốn lớn nhất trong mỗi phần của tấm đế có bề rộng bằng 1cm được xác định theo công thức sau:

- Đối với phần tấm đế tựa lên 4 cạnh:

$$M_4 = \alpha_4 q a_4^2 \quad (5-43)$$

- Đối với phần tấm đế tựa lên 3 cạnh:

$$M_3 = \alpha_3 q a_3^2 \quad (5-44)$$

- Đối với phần tấm đế tựa lên 1 cạnh (cônghôn):

$$M_1 = 0,5 q a_1^2 \quad (5-45)$$

trong đó: q - phản lực dưới tấm đế;

α_3, α_4 - các hệ số cho ở bảng 5.7, phụ thuộc vào tỉ số kích thước các cạnh của các phần tấm đế;

a_3, b_3 - kích thước của phần tấm đế tựa lên 3 cạnh trong đó a_3 là kích thước của cạnh tự do;

a_4, b_4 - kích thước của phần tấm đế tựa lên 4 cạnh, trong đó a_4 là cạnh ngắn;

a_1 - bề rộng của phần tấm cônghôn.

Bảng 5.7. Hệ số α_3 và α_4 để tính tấm chữ nhật tựa trên 3 cạnh và 4 cạnh

Tấm tựa trên 3 cạnh				Tấm tựa trên 4 cạnh			
$\frac{b_3}{a_3}$	α_3	$\frac{b_3}{a_3}$	α_3	$\frac{b_4}{a_4}$	α_4	$\frac{b_4}{a_4}$	α_4
0,5	0,060	1,2	0,120	1	0,048	1,6	0,086
0,6	0,074	1,4	0,126	1,1	0,055	1,7	0,091
0,7	0,088	2	0,132	1,2	0,063	1,8	0,094
0,8	0,097	> 2	0,133	1,3	0,069	1,9	0,098
0,9	0,107			1,4	0,075	2	0,100
1	0,112			1,5	0,081	> 2	0,125

Chiều dày của tấm đế được tính với mômen uốn lớn nhất tìm được từ các công thức (5-43), (5-44), (5-45).

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{6M_{\max}}{\delta_d^2} \leq R$$

từ đó rút ra được:
$$\delta_d = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{R}} \quad (5-46)$$

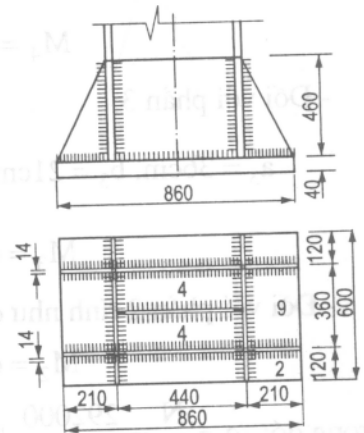
Lực dọc N chuyển từ cột sang dầm để nhờ các đường hàn (thường dùng 4 đường hàn). Nếu cho trước chiều dày của các đường hàn này, thì có thể tìm được chiều cao cần thiết của dầm để theo công thức sau:

$$h_d = \frac{N}{4\beta h_h R_g^h} + 1\text{cm} \quad (5-47)$$

Chiều dày của dầm để và của các sườn gia cố không cần tính toán mà có thể lấy bằng 12 ~ 16mm.

Các đường hàn liên kết giữa sườn gia cố với dầm để, cũng như các đường hàn liên kết giữa các sườn và dầm để với bản đế phải đủ để chuyển được lực dọc N .

Ví dụ 5.4: Tính toán đế cột chịu lực nén $N = 2920\text{kN}$. Cho biết mặt cắt thân cột hình chữ I ghép bằng ba bản thép có kích thước bản cánh $360 \times 20\text{mm}$, bản bụng $400 \times 10\text{mm}$. Móng làm bằng bê tông mác 100 có kích thước phần trên $1 \times 1,2\text{m}$.



Hình 5.15

Giải:

Để xác định kích thước của bản đế, ta lấy sơ bộ $\psi = 1,2$. Từ công thức (5-36) tìm được cường độ chịu ép cục bộ của móng:

$$R_m = \psi R_b = 1,2 \cdot 44 = 53 \text{ daN/cm}^2$$

Vậy từ công thức (5-39), ta có kích thước sơ bộ của đế:

$$F_d = \frac{N}{R_m} = \frac{292000}{53} = 5500\text{cm}^2$$

Với kích thước này, ta có giá trị chính xác của hệ số ψ và R_m

$$\psi_d = \sqrt[3]{\frac{F_m}{F_d}} = \sqrt[3]{\frac{100 \times 120}{5500}} = 1,3$$

$$R_m = \psi R_b = 1,3 \cdot 44 = 57 \text{ daN/cm}^2$$

Diện tích bản đế sẽ là:
$$F_d = \frac{292000}{57} = 5100\text{cm}^2$$

Cấu tạo của đế cột chọn như hình 5.15. Nếu chọn $c = 10,4\text{cm}$, $b_d = 1,4\text{cm}$, thì bề rộng của bản đế bằng:

$$B_d = 36 + 2 \cdot 1,4 + 2 \cdot 10,6 = 60\text{cm}$$

chiều dài của bản đế:
$$L_d = \frac{F_d}{B_d} = \frac{5100}{60} = 85\text{cm} < 2B_d = 120\text{cm}$$

Mômen uốn trong mỗi phần của bản đế:

- Đối với phần 4:

$$a_4 = 17,5\text{cm}, b_4 = 40\text{cm}, \frac{b_4}{a_4} = \frac{40}{17,5} = 2,3 > 2, \alpha_4 = 0,125, \text{ vậy:}$$

$$M_4 = \alpha_4 q a_4^2 = 0,125 \cdot 57,3 \cdot 17,5^2 = 2190 \text{ daNcm}$$

- Đối với phần 3:

$$a_3 = 36\text{cm}, b_3 = 21\text{cm}, \frac{b_3}{a_3} = \frac{21}{36} = 0,58, \alpha_3 = 0,074, \text{ vậy:}$$

$$M_3 = \alpha_3 q a_3^2 = 0,074 \cdot 57,3 \cdot 36^2 = 5500 \text{ daNcm}$$

- Đối với phần 2 tính như đối với tấm côngxôn:

$$M_2 = \alpha_2 q a_2^2 = 0,5 \cdot 57,3 \cdot 10,6^2 = 3215 \text{ daNcm}$$

trong đó: $q = \frac{N}{F_d} = \frac{292000}{51000} = 57,3 \text{ daN/cm}^2 < R_m$

Chiều dày của bản đế:

$$\delta_d = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{R}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 5500}{2100}} = 4 \text{ cm}$$

Chiều cao của dầm đế khi chọn chiều dày đường hàn liên kết nó với cột bằng $h_h = 1,6 \text{ cm}$.

$$h_d = \frac{N}{4\beta h_h R^h} + 1 = \frac{292000}{4 \cdot 0,7 \cdot 1,6 \cdot 1500} + 1 = 45 \text{ cm}$$

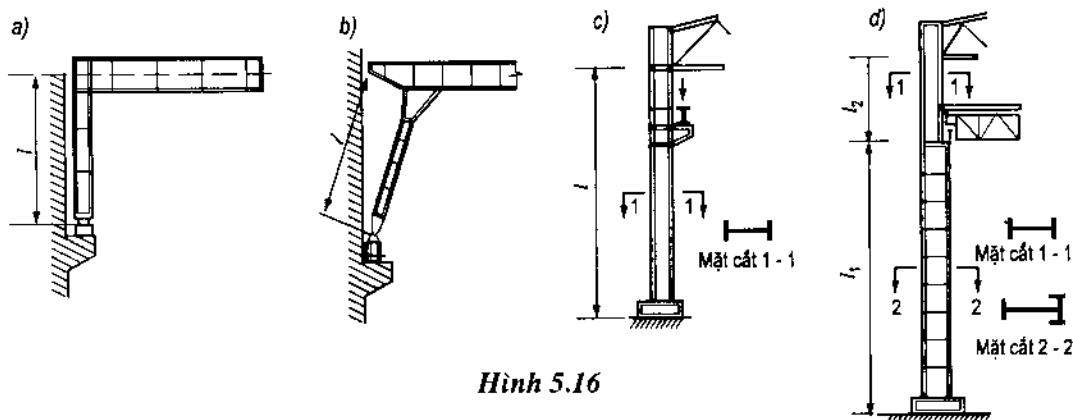
5.3. CỘT CHỊU NÉN LỆCH TÂM

5.3.1. Hình thức cột

Cột chịu nén lệch tâm thường gặp trong các khung nhà công nghiệp, trong các khung chính của cửa van hình cung và trụ biên của cửa van phẳng (hình 5.16). Tùy theo hình thức cấu tạo, cột được chia thành hai loại; cột có mặt cắt đều và cột có mặt cắt thay đổi.

Cột có mặt cắt đều thường dùng làm khung chính trong cửa van cung có khẩu độ trung bình, làm cột trong khung nhà máy có cấu trúc dưới 200kN. Cột có mặt cắt thay đổi liên tục theo chiều cao thường dùng làm tay vịn của cần trục, càng của cửa van cung có nhịp lớn. Cột có mặt cắt thay đổi đột ngột kiểu bậc thang được dùng nhiều trong khung nhà công nghiệp có cần trục lớn (hình 5.16).

Tiết diện của cột có thể là đặc hoặc rỗng. Trong cột đặc hai nhánh cột được liên kết với nhau bằng các bản đặc, trong cột rỗng các nhánh được liên kết với nhau bằng thanh giằng hoặc bản giằng.

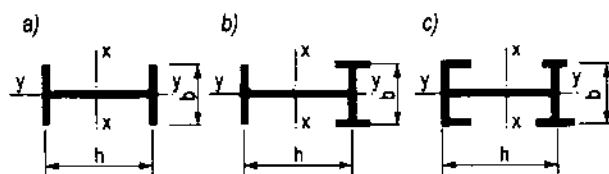


Hình 5.16

5.3.2. Tính toán và cấu tạo cột đặc chịu nén lệch tâm

Khi cột chịu lực lệch tâm với đường trục của nó, ta có thể đưa lực lệch tâm đó về đường trục của cột và thêm vào một mômen uốn. Vì vậy chọn và kiểm tra tiết diện cột chịu nén lệch tâm được tiến hành với lực dọc trục N và mômen uốn M .

Khi chọn hình thức tiết diện cột phải kết hợp với việc chọn kết cấu công trình. Nếu cột chịu lực nhỏ có thể dùng tiết diện chữ I đối xứng, nếu chịu lực lớn có thể dùng tiết diện không đối xứng (hình 5.17).



Hình 5.17

Kiểm tra ổn định của cột chịu nén lệch tâm trong mặt phẳng tác dụng của mômen uốn (mặt phẳng thẳng góc với trục x) theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x^{II} F_{ng}} \leq R \quad (5-48)$$

trong đó: φ_x^{II} - hệ số giảm cường độ tính toán đối với ứng suất tối hạn của phân tố chịu nén lệch tâm, phụ thuộc vào độ mảnh λ_x của cột và độ lệch tâm tính đối m_1 cho ở bảng 5.8.

Độ lệch tâm tính đối m_1 được xác định theo công thức sau:

$$m_1 = \eta m_x = \eta \frac{e_x}{\rho_x} = \eta \frac{M}{N} \cdot \frac{F}{W_x^{(-)}} \quad (5-49)$$

trong đó: $e_x = \frac{M}{N}$ - độ lệch tâm của lực dọc trong mặt phẳng uốn;

F - diện tích tiết diện nguyên;

$W_x^{(-)}$ - mômen chống uốn của tiết diện ở thớ chịu nén lớn nhất;

η - hệ số ảnh hưởng của hình dáng tiết diện lấy theo bảng 5.9.

Bảng 5.8. Hệ số φ'' để kiểm tra ổn định của cột đặc chịu nén lệch tâm bằng thép CT3 và CT4 trong mặt phẳng tác dụng của mômen trùng với mặt phẳng đối xứng

λ	Giá trị φ^{II} khi độ lệch tâm tính đối m.																									
	0,1	0,25	0,50	0,75	1	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	3	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	17,0	20,0
10	967	920	847	781	721	667	618	574	535	468	414	370	333	305	285	256	235	220	205	182	162	147	123	106	89	75
20	959	887	800	729	673	623	577	536	501	439	390	349	315	288	263	243	225	210	196	174	157	141	120	102	85	72
30	942	868	773	699	641	592	550	511	478	420	373	335	303	277	254	234	218	203	191	169	152	138	117	100	84	71
40	920	846	743	668	608	560	520	484	453	399	355	320	290	265	243	226	210	196	184	164	148	135	114	98	83	70
50	890	820	711	634	574	528	490	456	427	377	338	304	277	253	234	216	201	189	177	159	143	130	111	96	81	69
60	860	788	674	598	540	495	459	428	402	355	319	289	263	241	224	207	193	182	171	153	138	126	107	94	79	68
70	810	749	634	560	505	463	429	401	377	334	301	273	249	230	213	198	185	174	164	147	134	122	104	9	77	66
80	750	701	591	521	471	432	400	374	353	314	283	258	236	218	203	189	177	167	157	142	129	118	101	89	75	65
90	690	648	546	483	436	401	372	348	329	294	266	243	224	207	192	180	169	160	151	136	124	114	98	87	73	63
100	600	590	500	444	403	371	345	324	305	275	280	229	211	197	183	172	161	153	144	131	120	110	95	84	71	62
110	520	520	456	407	371	342	320	301	284	257	234	216	200	186	173	163	154	146	138	126	115	106	92	81	69	60
120	450	450	413	372	341	316	296	279	264	239	221	203	189	176	165	155	147	138	132	120	110	102	89	79	67	59
130	400	400	374	339	312	291	253	258	245	224	206	191	178	166	156	147	139	132	126	115	106	98	86	76	65	57
140	360	360	338	309	287	268	273	240	228	209	193	180	168	158	149	140	133	126	121	110	102	95	84	74	63	55
150	320	320	306	282	263	248	234	222	212	195	182	169	158	149	141	133	126	120	115	106	99	91	80	71	62	54
160	290	290	277	257	241	228	216	206	197	182	170	159	149	141	134	127	120	115	110	101	94	87	77	69	60	53
170	260	260	252	237	222	211	200	192	184	170	159	150	141	134	127	120	114	110	105	97	90	84	74	67	59	52
180	230	230	229	216	204	194	185	178	171	159	149	141	133	126	120	114	109	104	100	93	86	80	72	65	57	51
190	210	210	210	199	188	180	172	166	160	149	141	133	126	120	114	109	104	99	96	90	83	78	70	63	55	49
200	190	190	190	182	174	167	160	154	149	140	132	125	119	113	107	103	99	95	92	86	79	75	67	61	53	48

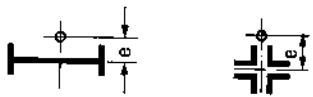
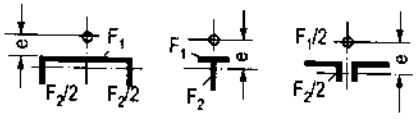
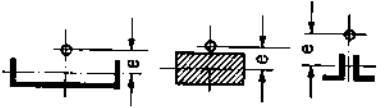
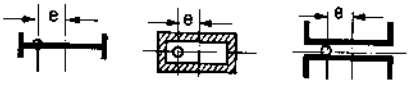
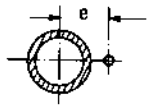
Chú thích: 1- Giá trị hệ số φ^u trong bảng lớn hơn giá trị thực 1000 lần.

2- Đối với những thép có giá trị cường độ tính toán R_{da}/cm^2 khác bảng, thì hệ số φ cũng được xác định theo bảng này

nhưng thay độ mảnh λ bằng độ mảnh quy ước $\lambda_{\frac{R}{2100}}$.

3- Giá trị ϕ^{lt} được lấy không vượt quá giá trị ở bảng 5.1.

Bảng 5.9. Hệ số ảnh hưởng của hình dáng tiết diện η để tính toán độ lệch tâm tính đối $m_1 - \eta m$

Loại tiết diện	Sơ đồ tiết diện	Giá trị η với	
		$20 \leq \lambda \leq 150$	$\lambda > 150$
1		$0,775 + 0,0015\lambda$	1,0
2		$1,3 + 0,5\sqrt{m}$	$1,3 + 0,5\sqrt{m}$
3		1,0	1,0
4		$1,45 - 0,003\lambda$	1,0
5		$1,3 - 0,002\lambda$	1,0

Chú thích: Đối với tiết diện loại 2 các công thức để xác định η chỉ áp dụng khi: $\frac{F_1}{F_2} \leq 1$

Để kiểm tra ổn định của cột chịu nén lệch tâm đối với trục x (trục thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn), ta phải xác định được F , J_x , r_x , m_x , m_1 , λ_x , trong đó độ mảnh λ_x được tính theo công thức sau:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{\mu_1 l}{r_x} \quad (5-50)$$

với l_{ox} - chiều dài tính toán của cột đối với trục x.

Đối với cột có mặt cắt đều và có điều kiện liên kết ở hai đầu rõ ràng thì hệ số μ_1 cho ở hình 5.2. Đối với cột có điều kiện liên kết không rõ ràng như thanh đứng của khung phẳng (hình 5.18), thì chiều dài tính toán của cột đối với trục thẳng góc với mặt phẳng của khung là l_{ox} , được xác định từ phương trình ổn định. Các hệ số của phương trình này

là hàm siêu việt của đối số $u = l \sqrt{\frac{N}{EJ_x}}$.

Thử nghiệm đương nhỏ nhất u_{th} của phương trình ổn định cho giá trị tới hạn của lực tác dụng:

$$N_{th} = \frac{u_{th}^2 EJ_x}{l}$$

Đem lực tới hạn này so sánh với lực tới hạn N_{Olc} , ta tìm được hệ số μ_1 :

$$N_{Olc} = \frac{\pi^2 EJ_x}{lx^2} = \frac{\pi^2 EJ_x}{(\mu_1 l)^2} = \frac{u_{th}^2 EJ_x}{l}$$

từ đó ta có:

$$\mu_1 = \frac{\pi}{u_{th}} \quad (5-51)$$

Đối với khung một tầng một nhịp, thanh đứng của khung có mặt cắt đều, được liên kết cứng với dầm, đầu kia liên kết ngàm hoặc liên kết khớp với móng (hình 5.18) thì hệ số μ_1 được xác định theo bảng 5.10, nó phụ thuộc vào tỉ số giữa độ cứng tương đối của dầm và của cột:

$$k = \frac{i_d}{i_c} \quad (5-52)$$

trong đó: $i_d = \frac{J_d}{L}$ và $i_c = \frac{J_c}{l}$

J_d - mômen quán tính của dầm;

J_c - mômen quán tính của cột;

L - chiều dài của dầm;

l - chiều cao của cột.

Bảng 5.10. Giá trị của hệ số μ_1 đối với cột có mặt cắt đều

Hệ số k	0	0,2	0,3	0,5	1	2	3	≥ 10
Liên kết ở móng								
Ngàm	2	1,5	1,4	1,28	1,16	1,08	1,06	1,0
Khớp	-	3,42	3,0	2,63	2,33	2,17	2,11	2,0

Nếu thanh ngang của khung là giàn thì có thể tính gần đúng theo công thức:

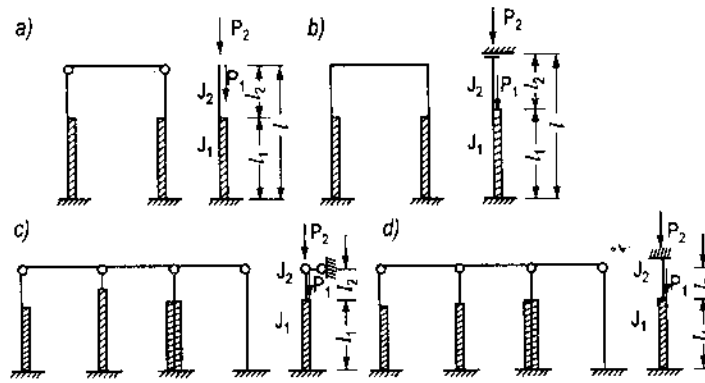
$$J_d = 0,75(F_t Z_t^2 + F_d Z_d^2) \quad (5-53)$$

trong đó: F_t, F_d - diện tích tiết diện thanh cánh trên và thanh cánh dưới của giàn;

Z_t, Z_d - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện thanh cánh trên và thanh cánh dưới của giàn tới trọng tâm của cả hai cánh tại tiết diện giữa nhịp.

Khi dầm và cột liên kết khớp thì lấy $k = 0$.

Đối với cột có mặt cắt biến đổi một bậc trong khung một tầng một nhịp, đầu dưới được liên kết cứng với móng, đầu trên liên kết khớp hoặc liên kết cứng với dầm (hình 5.19), nếu độ cứng của dầm lớn hơn độ cứng của cột rất nhiều thì ta có sơ đồ tính toán cột lần lượt như ở hình 5.19a, b. Còn đối với khung nhiều nhịp thì có thể bỏ qua chuyển vị ngang, có sơ đồ tính toán lần lượt như ở hình 5.19c, d.



Hình 5.19

Giá trị hệ số tính đổi chiều dài tính toán của cột được xác định riêng cho từng phần cột. Đối với phần dưới của cột, hệ số μ_1 phụ thuộc vào tỉ số độ cứng của các đoạn cột.

$$n = \frac{i_2}{i_1} = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{l_2} \text{ và trị số } c_1 = \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{J_1}{J_2 m}}$$

trong đó: $m = \frac{P_1 + P_2}{P_2}$;

J_1, J_2 - mômen quán tính của tiết diện phần dưới và phần trên của cột.

l_1, l_2 - chiều dài của phần dưới và phần trên của cột.

Khi đầu trên tự do thì μ_1 lấy theo bảng 5 sơ đồ (a) của phụ lục, còn khi là ngàm trượt thì μ_1 cho ở bảng 5 sơ đồ (b) của phụ lục. Khi đầu trên liên kết khớp hoặc liên kết ngàm, thì giá trị của hệ số μ_1 đối với phần dưới của cột được xác định theo công thức:

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2 (m - 1)}{n_1}} \quad (5-54)$$

ở đây: μ_{12} - hệ số của chiều dài tính toán phần dưới khi $P_1 = 0$;

μ_{11} - hệ số của chiều dài tính toán phần dưới khi $P_2 = 0$.

Giá trị của các hệ số này khi đầu trên là khớp, lấy theo bảng 6 của phụ lục; khi đầu trên là ngàm lấy theo bảng 7 của phụ lục.

Hệ số của chiều dài tính toán phần trên cột trong mọi trường hợp được xác định theo công thức:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{C_1} \leq 3 \quad (5-55)$$

Sau khi tính được λ_x và m_1 , tra bảng 5.8 được φ_x^H , thay vào công thức (5-48), nếu thoả mãn bất đẳng thức này thì cột không bị mất ổn định trong mặt phẳng tác dụng của mômen uốn.

Kiểm tra ổn định của cột chịu nén lệch tâm trong mặt phẳng thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn (mặt phẳng thẳng góc với trục y)

Kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng uốn được tiến hành theo công thức sau:

$$\sigma = \frac{N}{c \varphi_y F} \leq R \quad (5-56)$$

trong đó: φ_y - hệ số uốn dọc, lấy theo bảng 5.1, phụ thuộc vào độ mảnh λ_y theo phương vuông góc với mặt phẳng uốn;

c - hệ số ảnh hưởng của mômen uốn được xác định theo công thức sau:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} \quad (5-57)$$

với $m_x = \frac{e_x}{\rho_x}$; $e_x = \frac{M_x}{N}$, lúc này M_x lấy như sau:

- Đối với thanh hai đầu được liên kết không cho chuyển vị theo phương vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn thì M_x lấy bằng mômen lớn nhất trong phạm vi một phần 3 ở giữa chiều dài cột, nhưng không nhỏ hơn một nửa giá trị mômen lớn nhất trên toàn cột.

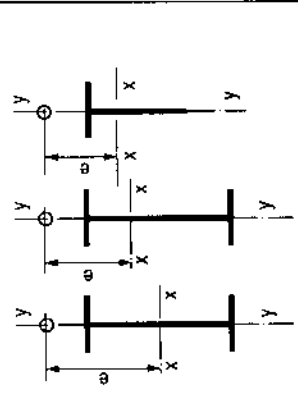
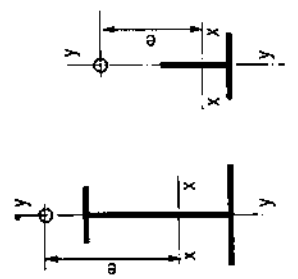
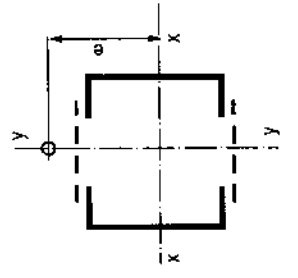
- Đối với cột côngxôn M_x lấy bằng mômen ở đầu ngàm.

Hệ số α và β lấy theo bảng 5.12. Khi λ_y vượt quá λ_c khi ở bảng 5.11 thì hệ số c đối với thanh có tiết diện hở không được vượt quá giá trị ghi trong bảng 5.13, còn đối với tiết diện kín không được lớn hơn 1.

Bảng 5.11. Giá trị độ mảnh λ_c

Thép số hiệu	λ_c
CT3 và CT4	100
CT5	90
14Г2, 10Г2С, 15ХСНД	85
10ХСНД	80

Bảng 5.12. Giá trị các hệ số α và β trong công thức (5-57)

Loại tiết diện và độ lệch tâm e của điểm đặt lực dọc	Tiết diện chữ I và chữ T		Tiết diện kín đặc hoặc có hệ thanh (bản) giằng
			
α	0,7	$1 - 0,3 \frac{J_2}{J_1}$	0,6
β	1	1	1
	$\frac{0,6}{\varphi_y}$	$1 - \left(1 - \frac{0,6}{\varphi_y} \right) \left(2 \frac{J_2}{J_1} - 1 \right)$ Khi $\frac{J_2}{J_1} < 0,5$ thì $\beta = 1$	$\frac{0,6}{\varphi_y}$

Chú thích: 1. J_1 và J_2 - mômen quán tính của cánh lớn và nhỏ đối với trục đối xứng của tiết diện.

2. Các hệ số chỉ sử dụng đối với thanh tiết diện kín khi có không ít hơn hai màng ngăn trung gian trên chiều dài thanh. Trong trường hợp ngược lại phải dùng các hệ số quy định đối với thanh tiết diện chữ I hở.

Bảng 5.13. Trị số lớn nhất của hệ số c khi $\lambda_y > \lambda_c$

$c\delta_c$ bh	Giá trị lớn nhất của c khi M/Nh															
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5	3	4	5	10
0,1	1	0,88	0,69	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	0,049
0,5	1	0,89	0,73	0,59	0,50	0,42	0,37	0,32	0,30	0,27	0,24	0,20	0,17	0,13	0,11	0,051
0,8	1	0,91	0,77	0,64	0,54	0,47	0,41	0,36	0,33	0,30	0,27	0,23	0,19	0,15	0,12	0,062
1,0	1	0,93	0,80	0,67	0,58	0,50	0,44	0,39	0,35	0,32	0,30	0,26	0,21	0,16	0,13	0,068
1,5	1	0,95	0,85	0,74	0,66	0,58	0,52	0,47	0,43	0,39	0,37	0,30	0,26	0,20	0,18	0,086
2,0	1	0,97	0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,54	0,50	0,45	0,42	0,36	0,31	0,24	0,22	0,105
$\geq 2,5$	1	0,99	0,92	0,85	0,78	0,72	0,66	0,61	0,56	0,52	0,49	0,44	0,36	0,28	0,24	0,126

Chú thích: h - chiều cao của tiết diện;

b, δ_c - chiều rộng và chiều dày của cánh chịu nén lớn nhất.

Chiều dài tính toán của cột đối với trục y (theo phương vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn) l_{oy} lấy bằng khoảng cách giữa các điểm cố định. Chẳng hạn đối với khung nhà công nghiệp thì chiều dài tính toán của cột ngoài mặt phẳng khung lấy như sau: đối với phần trên của cột lấy bằng khoảng cách từ giàn mái tới dầm hãm của dầm cầu trục hoặc tới đáy dầm cầu trục (khi không có dầm hãm). Còn đối với đoạn dưới của cột lấy bằng khoảng cách từ mép dưới của dầm cầu trục tới móng.

Kiểm tra ổn định cục bộ cột chịu nén lệch tâm

Để bản cánh của cột không mất ổn định cục bộ thì tỉ số a_1/δ_c không được vượt quá giá trị tiêu chuẩn thiết kế đã quy định như cột chịu nén trung tâm, cho ở bảng 5.3.

Độ mảnh giới hạn của bản bụng cột chịu nén lệch tâm h_b/δ_b được xác định tùy theo trị số:

$$\alpha = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma} \text{ và } \frac{\tau}{\sigma}$$

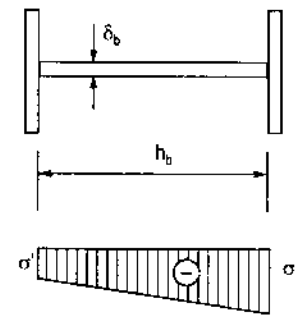
trong đó:

σ - ứng suất nén lớn nhất ở mép bản bụng cột, khi tính không xét tới hệ số φ^h hoặc $c\varphi$;

σ' - ứng suất ở mép kia của bản bụng cột, xem hình 5.20.

$\tau = \frac{Q}{h_b \delta_b}$ - ứng suất tiếp trung bình

Khi $\alpha \leq 0,4$ thì giá trị lớn nhất của tỉ số h_b/δ_b lấy như đối với bản bụng của cột chịu nén trung tâm:



Hình 5.20

$$\frac{h_b}{\delta_b} = 40 \sqrt{\frac{2100}{R}} + 0,2\lambda \leq 75 \quad (5-58)$$

Khi $\alpha \geq 0,8$ thì trị số độ mảnh lớn nhất của bản bụng được tính theo công thức sau:

$$\frac{h_b}{\delta_b} = 100 \sqrt{\frac{k_3}{\sigma}} \quad (5-59)$$

trong đó hệ số k_3 lấy theo bảng 5.14, σ tính bằng 10 kN/cm^2 .

Khi $0,4 < \alpha < 0,8$ thì giá trị lớn nhất của tỉ số h_b/δ_b xác định theo nội suy đường thẳng giữa các trị số tính với $\alpha = 0,4$ và $\alpha = 0,8$.

Bảng 5.14. Trị số của hệ số k_3

$\tau/\sigma \backslash \alpha$	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0	1,88	2,22	2,67	3,26	4,20	5,25	6,30
0,2	1,88	2,18	2,51	2,90	3,40	3,82	4,11
0,4	1,59	1,76	1,93	2,07	2,25	2,43	2,56
0,6	1,31	1,38	1,48	1,60	1,71	1,80	1,86

Chiều dày của bản bụng cột không nên lấy nhỏ hơn 8mm. Khi bản bụng bị mất ổn định cục bộ, cần gia cố bằng những cặp sườn dọc đặt theo chiều cao cột giống như cột chịu nén trung tâm. Trong tất cả các trường hợp, khi độ mảnh của bản bụng $\frac{h_b}{\delta_b} \geq 70$, thì

cần phải đặt sườn ngang cách nhau khoảng $(2,5 \sim 3)h_b$. Sườn ngang liên kết tiết diện cột thành một khối và làm tăng khả năng chịu xoắn của cột. Trong cột lớn, cách khoảng 4m còn đặt thêm màng ngăn để tăng độ cứng.

Chọn tiết diện cột chịu nén lệch tâm

Kích thước tiết diện của cột chịu nén lệch tâm chọn dựa vào điều kiện ổn định của cột trong mặt phẳng uốn. Từ công thức (5-48) ta xác định được diện tích yêu cầu của tiết diện.

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi_x^l R} \quad (5-60)$$

trong đó để có φ_x^l , phải giả thiết trị số độ mảnh của cột đối với trục x vào khoảng $\lambda_x^{gl} = 50 \sim 90$ (thường giả thiết $\lambda_x^{gl} = 70$) và tính độ lệch tâm tính đối m_1 .

Sau khi đã giả thiết φ_x^{gl} , có thể chọn được chiều cao tiết diện cột theo công thức (5-16):

$$h = \frac{r_x^{yc}}{\alpha_1} = \frac{l_{ox}}{\alpha_1 \lambda_x^{gl}} \quad (5-61)$$

Độ lệch tâm tính đối m_1 được xác định theo công thức (5-49):

$$m_1 = \eta \frac{e_x}{\rho_x} = \eta \frac{e_x Z}{r_x^2} \quad (5-62)$$

trong đó:

r_x - bán kính quán tính của tiết diện đối với trục x , là hàm của chiều cao h của tiết diện xem bảng 5.2;

Z - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện cột tới mép chịu nén lớn nhất; đối với tiết diện đối xứng $Z = 0,5h$, đối với tiết diện không đối xứng $Z = (0,45 \sim 0,5)h$.

$$\eta = 1,2 \sim 1,3$$

Để chọn sơ bộ tiết diện cột, ta lấy $\eta = 1,25$, $r_x = 0,45h$ và $Z = 0,45h$, thay chúng vào công thức (5-62), ta có:

$$m_1 = 1,25 \cdot \frac{e_x \cdot 0,45h}{(0,45h)^2} = 2,8 \frac{e_x}{h} \quad (5-63)$$

Thay h tìm được từ công thức (5-61) vào công thức (5-63) ta tính được độ lệch tâm tính đối m_1 . Có m_1 và λ_x tra bảng 5.8 được φ_x^{lt} . Thay φ_x^{lt} vào công thức (5-60) ta xác định được diện tích yêu cầu của tiết diện.

Bề rộng của tiết diện cột được xác định từ điều kiện ổn định trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn. Bề rộng tiết diện thường chọn trong khoảng $b = (1/20 \sim 1/30)$ chiều dài của cột. Biết chiều cao h và chiều rộng b của tiết diện, dựa vào F_{yc} để chọn các kích thước còn lại của tiết diện cột.

Sau khi chọn xong kích thước tiết diện cột, cần kiểm tra ổn định toàn bộ và ổn định cục bộ như đã trình bày ở trên.

Ví dụ 5.5: Chọn tiết diện cột trong khung chính của cửa van hình cung. Cho biết lực nén dọc $N = 1100\text{kN}$, mômen uốn $M = 220\text{kNm}$. Chiều dài cột $l = 10\text{m}$, chiều dài tính toán $l_{ox} = 20\text{m}$, $l_{oy} = 3\text{m}$. Tiết diện thân cột hình chữ I được ghép bằng ba bản thép liên kết với nhau bằng hàn. Vật liệu thép BMCT3, cửa van thuộc nhóm 4.

Giải:

Độ lệch tâm của lực dọc:
$$e_x = \frac{M}{N} = \frac{220}{1100} = 0,2\text{m}$$

Sơ bộ giả thiết $\lambda_x = 80$, vậy có:

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda_x^{\text{gt}}} = \frac{20}{80} = 0,25\text{m}$$

Chiều cao của tiết diện cột:
$$h = \frac{r_x^{yc}}{\alpha_1} = \frac{0,25}{0,42} = 0,59, \text{ chọn } 0,60\text{m}$$

trong đó: $\alpha_1 = 0,42$ lấy theo bảng 5.2.

Độ lệch tâm tính đối được xác định sơ bộ theo công thức (5-63):

$$m_1 = 2,8 \frac{e_x}{h} = 2,8 \cdot \frac{0,20}{0,60} = 0,94$$

Tra bảng 5.8 được $\varphi_x^l = 0,48$ ứng với $\lambda_x = 80$ và $m_1 = 0,94$. Thay vào (5-6) ta tìm được diện tích yêu cầu của tiết diện:

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi_x^l R} = \frac{110000}{0,48 \cdot 1490} = 154 \text{ cm}^2$$

trong đó $R = 1490 \text{ daN/cm}^2$, tra ở bảng 1.5.

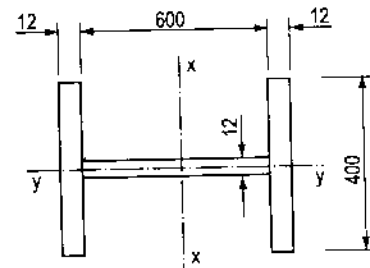
Kích thước của tiết diện cột chọn như ở hình 5.21 có các đặc trưng hình học như sau:

$$F = 60 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,2 \cdot 40 = 168 \text{ cm}^2$$

$$J_x = 40 \cdot \frac{62,4^3}{12} - 38,8 \cdot \frac{60^3}{12} = 111500 \text{ cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{111500}{168}} = 25,8 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{2000}{25,8} = 77,5$$



Hình 5.21

Kiểm tra ổn định cột trong mặt phẳng uốn theo công thức (5-48); độ lệch tâm tính đối xác định theo công thức (5-49):

$$m_1 = \eta \cdot \frac{M}{N} \cdot \frac{F}{W_x^{(-)}} = 1,22 \cdot 20 \cdot \frac{168 \cdot 31,2}{111500} = 1,15$$

Trong đó $\eta = 1,45 - 0,003\lambda_x = 1,45 - 0,003 \cdot 77,5 = 1,22$, tra bảng 5.8 được $\varphi_x^l = 0,46$.

Vậy:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x^l F} = \frac{110000}{0,46 \cdot 168} = 1423 \text{ daN/cm}^2 < 1490 \text{ daN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định của cột ngoài mặt phẳng uốn theo công thức (5-56):

$$J_y = 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{40^3}{12} = 12800 \text{ cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{12800}{168}} = 8,7 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{300}{8,7} = 34,5$$

Từ bảng 5.1, tra được $\varphi_y = 0,936$.

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,94} = 0,602$$

trong đó: $\alpha = 0,7$, $\beta = 1$ vì $\lambda_y < \lambda_c = 100$.

$$m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = 20 \cdot \frac{168 \cdot 31,2}{111500} = 0,94$$

Vậy:
$$\sigma = \frac{N}{c \varphi_y F} = \frac{110000}{0,602 \cdot 0,936 \cdot 168} = 1162 \text{ daN/cm}^2 < R = 1490 \text{ daN/cm}^2$$

Bản cánh và bản bụng cột không mất ổn định cục bộ bản cánh có:

$$\frac{a_1}{\delta_c} = \left(\frac{40}{2} \right) \cdot \frac{1}{1,2} = 16,7 < 17 \text{ (xem bảng 5.3)}$$

và bản bụng có:

$$\frac{h_b}{\delta_b} = \frac{60}{1,2} = 50 < 40 + 0,277 \cdot 5 = 55 \text{ (xem công thức 5-58)}$$

Ở đây cần nói thêm là độ mảnh của bản bụng lại còn nhỏ hơn cả độ mảnh giới hạn nhỏ nhất được tính theo công thức (5-58), nên trong trường hợp này tuy $\alpha > 0,8$ nhưng không cần tính độ mảnh lớn nhất theo công thức (5-59).

5.3.3. Tính toán và cấu tạo cột rỗng chịu nén lệch tâm

Cột rỗng chịu nén trung tâm thường được ghép bởi hai thép định hình và liên kết lại với nhau bằng thanh giằng hoặc bản giằng, nhưng thường dùng thanh giằng (hình 5.22).

Nội lực trong nhánh cột do lực dọc N và mômen uốn M sinh ra được xác định theo công thức sau:

$$N_n = \frac{NZ}{h_c} \pm \frac{M}{h_c} \quad (5-64)$$

trong đó:

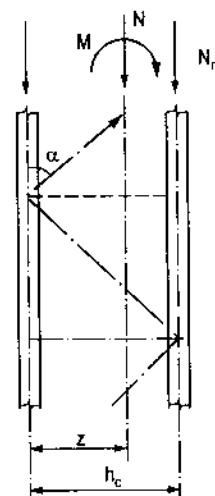
h_c - khoảng cách giữa hai trục của nhánh;

Z - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện cột tới đường trục của nhánh đối diện với nhánh cần tìm nội lực, với tiết diện đối xứng có $Z = 0,5h_c$.

Nội lực trong các thanh giằng và bản giằng cũng được xác định tương tự như cột chịu nén trung tâm. Chẳng hạn nội lực trong thanh giằng:

$$N_t = \pm \frac{Q}{2 \sin \alpha}$$

trong đó: Q - lực cắt, lấy bằng giá trị lớn nhất trong hai giá trị lực cắt thực và lực cắt quy ước được tính theo công thức (5-26).



Hình 5.22

Tiết diện nhánh được chọn dựa vào điều kiện ổn định của cột ngoài mặt phẳng uốn với giả thiết độ mảnh $\lambda = 60 - 100$. Còn khoảng cách giữa trung tâm hai nhánh dựa vào điều kiện ổn định trong mặt phẳng uốn. Sơ bộ có thể chọn bề rộng của tiết diện cột $b = \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{30} \right) l$, chiều cao của tiết diện cột $h = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{15} \right) l$.

Kiểm tra ổn định của nhánh được tiến hành như cột chịu nén trung tâm:

$$\sigma = \frac{N_n}{\varphi F_n} \leq R \quad (5-65)$$

trong đó φ - hệ số uốn dọc, phụ thuộc vào độ mảnh của nhánh, độ mảnh của nhánh được tính với chiều dài tính toán của nhánh trong mặt phẳng uốn bằng khoảng cách giữa hai mắt của hệ thanh giằng hoặc bằng khoảng cách giữa hai mép trong của bản giằng; chiều dài tính toán của nhánh ngoài mặt phẳng uốn lấy bằng khoảng cách giữa hai điểm cố định theo phương vuông góc với mặt phẳng uốn, chẳng hạn với phần dưới của cột một bậc trong khung nhà công nghiệp lấy bằng khoảng cách từ mép dưới của dầm cầu chạy tới đế cột.

Sau đó phải kiểm tra ổn định của toàn cột có hệ thanh giằng và bản giằng song song với mặt phẳng uốn, theo công thức (5-48), trong đó hệ số φ_x^H được xác định theo bảng 5.15, phụ thuộc vào độ mảnh tính đối λ_x^H được tính theo các công thức (5-8) hoặc (5-9) và phụ thuộc độ lệch tâm tương đối được xác định theo công thức:

$$m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{M}{N} \cdot \frac{F_{y1}}{J_x} \quad (5-66)$$

trong đó:

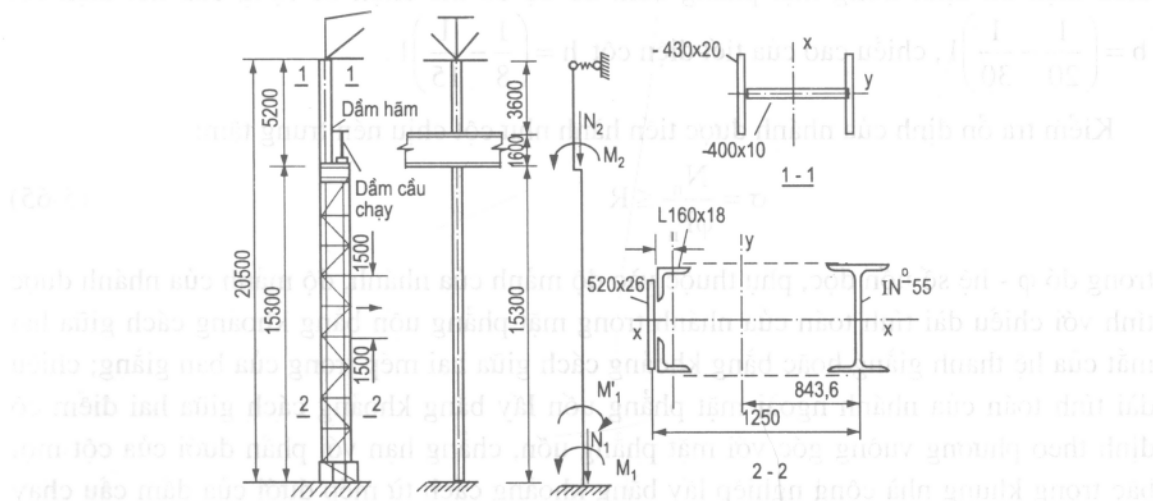
F - diện tích tiết diện của toàn cột;

y_1 - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện cột tới trục của nhánh chịu nén lớn nhất.

Thanh giằng thường bằng thép góc đơn, góc tạo bởi thanh giằng xiên và nhánh cột thường vào khoảng $40^\circ \sim 45^\circ$. Tính toán và cấu tạo thanh giằng và bản giằng trong cột chịu nén lệch tâm cũng được tiến hành tương tự như cột chịu nén trung tâm.

Ví dụ 5.6: Kiểm tra ổn định của cột một bậc trong khung nhà xưởng một nhịp với các số liệu sau: chiều cao của toàn bộ cột $l = 20,5\text{m}$, chiều dài của phần dưới cầu trục $l_1 = 15,3\text{m}$, chiều dài phần trên cầu trục $l_2 = 5,2\text{m}$. Tiết diện phần trên là chữ I có kích thước: bản cánh $430 \times 20\text{mm}$, bản bụng $460 \times 10\text{mm}$. Phần dưới là cột rỗng hai nhánh loại thanh giằng, nhánh dưới dầm cầu chạy bằng thép chữ IN^o55, còn nhánh kia được ghép bằng hai thép góc đều cạnh L 160×18 và được nối với nhau bằng thép bản có kích thước $520 \times 26\text{mm}$, chiều cao tiết diện phần dưới $h_1 = 1,25\text{m}$; xem hình 5.23. Trong mặt phẳng tác dụng của mômen uốn, đầu dưới của cột được liên kết cứng với móng, đầu trên liên kết khớp với giàn mái. Vật liệu thép BCT3. Cột được kiểm tra với các tổ hợp nội lực tính toán như sau: trong phần trên $N_2 = 700\text{kN}$,

$M_2 = +856\text{kNm}$, trong phần dưới có $N_1 = 1891\text{kN}$, $M_1 = +3060\text{kNm}$, $Q = 189,2\text{kN}$; $N'_1 = 1096\text{kN}$ và $M'_2 = -1854\text{kNm}$.



Hình 5.23

Giải:

Đặc trưng hình học của tiết diện phần cột trên dầm cầu chạy

$$F = 46,1 + 2,43,2 = 218\text{cm}^2$$

$$J_x = 43 \cdot \frac{50^3}{12} - 42 \cdot \frac{46^3}{12} = 107241\text{cm}^4$$

$$J_y = 2,2 \cdot \frac{43^3}{12} = 26502\text{cm}^4$$

$$W_x = \frac{J_x}{h/2} = \frac{107241}{25} = 4290\text{cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{107241}{218}} = 22,2\text{cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{26502}{218}} = 11,0\text{cm}$$

Đặc trưng hình học của tiết diện phần cột ở dưới dầm cầu chạy:

$$F = F_1 + F_2 = 114 + 244,8 = 358,8\text{cm}^2$$

trong đó:

$F_1 = 114\text{cm}^2$ - diện tích tiết diện nhánh dưới dầm cầu chạy, thép định hình I N°55;

$F_2 = 52,2,6 + 2,54,8 = 244,8\text{cm}^2$ - diện tích tiết diện của nhánh phía ngoài ghép bằng thép bản 520×26 và 2 thép góc L 160×18 ($F_g = 54,8\text{cm}^2$).

Bảng 5.15. Hệ số φ^u để kiểm tra ổn định của cột rỗng chịu nén lệch tâm bằng thép CT3 và CT4 trong mặt phẳng tác dụng của mômen trùng với mặt phẳng đối xứng

λ_{td}	Giá trị φ^u khi độ lệch tâm tính đối m_1																									
	0,1	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	3	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
20	906	794	660	565	495	440	395	360	330	283	248	220	199	180	165	153	142	133	124	110	99	91	77	67	55	48
30	901	786	651	557	487	433	390	355	326	280	245	218	197	179	164	152	141	132	123	110	99	90	76	66	55	48
40	893	774	638	545	477	424	383	348	320	275	241	215	194	177	162	150	140	131	122	109	98	90	76	66	55	47
50	882	757	621	530	464	413	373	340	313	269	237	212	194	174	160	148	138	129	121	108	97	89	75	65	55	47
60	860	635	600	512	448	400	361	330	304	263	231	207	187	171	157	143	136	127	120	107	96	88	75	65	54	47
70	810	706	574	490	430	385	348	319	294	255	225	202	183	167	154	143	133	125	118	105	95	87	74	64	54	46
80	750	669	544	466	410	368	334	306	283	246	218	196	178	163	151	140	131	123	115	103	94	86	73	64	53	46
90	690	624	510	439	389	350	319	293	272	237	211	190	173	159	147	137	128	120	113	102	92	84	72	63	53	46
100	600	573	474	411	366	331	302	279	259	227	203	184	168	154	143	130	125	117	111	100	90	83	71	62	52	45
110	520	520	437	382	342	311	286	264	247	218	195	177	162	149	139	129	121	114	108	97	89	81	70	61	52	45
120	450	450	400	354	319	291	209	250	234	207	187	170	156	144	134	126	118	111	105	95	87	80	69	60	51	44
130	400	400	364	326	296	272	252	335	221	197	178	163	150	139	130	122	114	108	102	93	85	78	67	59	50	44
140	360	360	331	299	274	253	236	221	208	187	170	160	144	134	125	118	111	105	100	90	83	76	66	58	50	43
150	320	320	301	275	253	236	221	208	196	177	162	149	138	129	121	113	107	102	97	88	81	75	65	57	49	43
160	290	290	274	252	234	219	206	195	185	168	154	142	132	123	116	109	103	98	94	85	78	73	63	56	48	42
170	260	260	249	231	216	203	192	182	173	158	146	135	126	118	111	105	100	95	91	83	76	71	62	55	47	41
180	230	230	227	213	200	189	179	171	163	149	138	129	120	113	107	101	98	92	87	80	74	69	60	54	46	41
190	210	210	208	196	185	176	167	160	153	141	131	122	115	108	102	97	93	88	84	78	72	67	59	53	45	40
200	190	190	190	180	171	163	156	149	143	133	124	116	110	104	98	93	89	85	82	75	70	65	58	52	45	39

Chú thích: 1- Giá trị hệ số φ^u trong bảng lớn hơn giá trị thực 1000 lần.

2- Đối với những loại thép khác, hệ số φ^u cũng được xác định theo bảng này nhưng thay độ mảnh tính đối λ_{td} thay bằng độ

$$\text{mảnh tính đối quy ước } \lambda_{u\sqrt{\frac{R}{2100}}}.$$

3- Giá trị φ^u lấy không vượt quá giá trị φ cho ở bảng 5.1.

Khoảng cách từ trọng tâm của nhánh ngoài tới mép lưng của thép góc:

$$Z_0 = \frac{2.54.8.4.63 - 5.2.2.6.1.3}{244,8} = 1,35\text{cm}$$

Khoảng cách từ trọng tâm của toàn tiết diện cột tới trọng tâm của mỗi nhánh:

$$Z_2 = \frac{F_1(h_1 - Z_0)}{F} = \frac{114(125 - 1,35)}{244,8 + 114} = 39,29\text{cm}$$

$$Z_1 = h_1 - Z_0 - Z_2 = 84,36\text{cm}$$

Mômen quán tính của nhánh ở phía ngoài đối với trục đi qua trọng tâm của nó và song song với trục x và y và bán kính quán tính tương ứng:

$$J_{y2} = \frac{2.6.52^3}{12} + 2 \left[1299 + \left(\frac{55}{2} - 4,63 \right)^2 54,8 \right] = 90388\text{cm}^4$$

$$J_{x2} = 2 \left[1299 + (4,63 - 1,35)^2 54,8 \right] + (1,3 + 1,35)^2 52.2,6 = 4803\text{cm}^4$$

$$r_{y2} = \sqrt{\frac{J_{y2}}{F_2}} = \sqrt{\frac{90388}{244,8}} = 19,2\text{cm}$$

$$r_{x2} = \sqrt{\frac{J_{x2}}{F_2}} = \sqrt{\frac{4803}{244,8}} = 4,4\text{cm}$$

Mômen quán tính và bán kính quán tính của tiết diện nhánh dưới dầm cầu chạy đối với trục đi qua trọng tâm của nó và song song với trục x và y: với thép định hình chữ I N°55, ta có:

$$J_{y1} = 55150\text{cm}^4, \quad J_{x1} = 1350\text{cm}^4$$

$$r_{y1} = 22\text{cm}, \quad r_{x1} = 3,44\text{cm}$$

Mômen quán tính và bán kính quán tính của tiết diện phần dưới của cột đối với trục x:

$$F = F_1 + F_2 = 114 + 244,8 = 358,8\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned} J_x &= J_{x2} + F_2 Z_2^2 + J_{x1} + F_1 Z_1^2 \\ &= 1809 + 244,8.39,29^2 + 1350 + 114.84,36^2 = 1195345\text{cm}^4 \end{aligned}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{1195345}{358,8}} = 57,7\text{cm}$$

Chiều dài tính toán của cột trong mặt phẳng uốn, hệ số chiều dài tính toán μ_1 được xác định theo bảng 5 của phụ lục (sơ đồ a), với:

$$k_1 = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2} = \frac{107241}{1195345} \cdot \frac{15,3}{5,2} = 0,264$$

và
$$C_1 = \frac{I_2}{I_1} \sqrt{\frac{N_2 J_1}{N_1 J_2}} = \frac{5,2}{15,3} \sqrt{\frac{700}{1891} \cdot \frac{1195345}{107241}} = 0,69$$

có $\mu_1 = 2,38$.

Thay vào công thức (5-55), có:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{c_1} = \frac{2,38}{0,69} = 3,44 \leq 3$$

Vậy chiều dài tính toán của đoạn dưới và đoạn trên của cột trong mặt phẳng uốn bằng:

$$l_{ox1} = \mu_1 l_1 = 2,38 \cdot 15,3 = 36,40\text{m}$$

$$l_{ox2} = \mu_2 l_2 = 3 \cdot 5,2 = 15,6\text{m}$$

Trong mặt phẳng vuông góc với mặt uốn, chiều dài tính toán của phần trên của cột bằng khoảng cách từ dầm hãm của dầm cầu chạy tới mép dưới của giàn mái $l_{oy2} = 5,2 - 1,6 = 3,6\text{m}$, chiều dài tính toán của phần dưới bằng khoảng cách từ móng tới đáy dầm cầu chạy $l_{oy1} = 15,3\text{m}$.

Kiểm tra ổn định phần trên của cột trong mặt phẳng uốn được tiến hành theo công thức (5-48). Trước hết tính

$$e_x = \frac{M_2}{N_2} = \frac{856}{709} = 1,207\text{m} = 120,7\text{cm}$$

$$\rho_x = \frac{W_x^{(-)}}{F} = \frac{4290}{218} = 19,7\text{cm}$$

$$m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{120,7}{19,7} = 6,13$$

$$\lambda_x = \frac{l_{x2}}{r_x} = \frac{1560}{22,2} = 70,3$$

$$\eta = 1,45 - 0,003\lambda_x = 1,45 - 0,003 \cdot 70,3 = 1,24$$

$$m_1 = \eta m_x = 1,24 \cdot 6,13 = 7,60$$

từ bảng 5.8 tìm được $\varphi_x^{\text{II}} = 0,153$ ứng với $\lambda_x = 70,3$ và $m_1 = 7,4$.

Thay vào công thức (5-48), có:

$$\sigma = \frac{N_2}{\varphi_x^{\text{II}} F} = \frac{70000}{0,153 \cdot 218} = 2099 \text{ daN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định của phần trên của cột ngoài mặt phẳng uốn theo công thức (5-56). Trước hết cần xác định λ_y , φ_y và hệ số c theo công thức (5-57):

$$\lambda_y = \frac{l_{y2}}{r_y} = \frac{360}{11,0} = 32,7 \text{ có } \varphi_y = 0,941$$

(tra ở bảng 5.1)
$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,7,6,13} = 0,189$$

trong đó: $\beta = 1$ vì $\lambda_y < 100$. Vậy có:

$$\sigma = \frac{N_2}{c \varphi_y F} = \frac{70900}{0,189 \cdot 0,941 \cdot 218} = 1820 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định cục bộ

Bản bụng và bản cánh không bị mất ổn định cục bộ vì:

Bản bụng có:
$$\frac{h_b}{\delta_b} = \frac{48}{1} < 40 + 0,2 \cdot 80,6 = 56$$

và bản cánh có:
$$\frac{a_1}{\delta_c} = \frac{43}{2,2} = 10,7 < 16,8 \text{ (xem bảng 5.3)}$$

Kiểm tra ổn định của nhánh của phần cột phía dưới dầm cầu chạy:

Nhánh dưới dầm cầu chạy chịu lực dọc

$$N_{n1} = \frac{N'_1 Z_2}{h_c} + \frac{M'_1}{h_c} = \frac{1096.39,29}{123,65} + \frac{185400}{123,65} = 1847 \text{ kN}$$

Trong đó: $h_c = h_1 - Z_0 = 125 - 1,36 = 123,64 \text{ cm}$

có:
$$\lambda_{y1} = \frac{l_{oy1}}{r_{y1}} = \frac{1530}{22} = 79,7, \quad \varphi_{y1} = 0,81$$

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{r_{x1}} = \frac{150}{3,44} = 43,7 < \lambda_{y1}$$

Vậy:

$$\sigma = \frac{N_{n1}}{\varphi_{y1} F_1} = \frac{184700}{0,81 \cdot 114} = 1848 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

Nhánh phía ngoài chịu lực dọc:

$$N_{n2} = \frac{N_1 Z_1}{h_c} + \frac{M_1}{h_c} = \frac{1891.84,36}{123,65} + \frac{306000}{123,65} = 3765 \text{ kN}$$

có:
$$\lambda_{y2} = \frac{l_{oy2}}{r_{y2}} = \frac{1530}{19,2} = 79,7, \quad \varphi_{y2} = 0,752$$

$$\lambda_2 = \frac{l_2}{r_{x2}} = \frac{150}{4,4} = 35 < \lambda_{y2}$$

Vậy:
$$\sigma = \frac{N_{n2}}{\varphi_{y2} \cdot F_2} = \frac{376500}{0,752 \cdot 244,8} = 2043 \text{ daN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định của toàn cột (phần dưới) theo công thức (5-48): trước hết cần tính độ lệch tâm tương đối theo công thức (5-66):

$$m_x = \frac{M_1}{N_1} \cdot \frac{FZ_2}{J_x} = \frac{306000}{1891} \cdot \frac{358,8 \cdot 39,29}{1195345} = 1,91$$

và độ mảnh của phần dưới của cột đối với trục x:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox1}}{r_x} = \frac{3640}{57,7} = 63$$

Vậy độ mảnh tính đối (xem công thức 5-9) bằng:

$$\lambda_x^{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k_2 \frac{F}{F_{t2}}} = \sqrt{63^2 + 31 \cdot \frac{358,8}{2 \cdot 15,6}} = 66$$

trong đó thanh giằng bằng thép góc L 100 × 8 có diện tích $f_t = 15,6 \text{ cm}^2$ và $r_{\min} = 1,96 \text{ cm}$.

Từ bảng 5.15 tìm được $\varphi_x^l = 0,307$ ứng với $m_x = 1,91$ và $\lambda_x^{td} = 66$.

Vậy có:

$$\sigma = \frac{N_1}{\varphi_x^l F} = \frac{189100}{0,307 \cdot 358,8} = 1717 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

- Kiểm tra thanh giằng

Lực cắt quy ước được xác định theo công thức (5-26):

$$Q = 20F_{ng} = 20 \cdot 358,8 = 7167 \text{ daN}$$

nhỏ hơn lực cắt thực $Q = 189,2 \text{ kN}$, vậy lực cắt tính toán lấy bằng $Q = 189,2 \text{ kN}$. Chiều dài thanh giằng xiên:

$$l_t = \sqrt{1,25^2 + 1,5^2} = 1,95 \text{ cm}, \sin \alpha = \frac{1,25}{1,95} = 0,638, \alpha = 34^\circ 40'$$

Nội lực trong thanh giằng xiên, được xác định theo công thức (5-30):

$$N_t = \frac{Q}{2 \sin \alpha} = \frac{18920}{2 \cdot 0,638} = 14850 \text{ daN}$$

$$\lambda_t = \frac{l_t}{r_{\min}} = \frac{195}{1,96} = 99,5; \quad \varphi = 0,604$$

$$\text{Ứng suất } \sigma_t = \frac{N_t}{\varphi F_t} = \frac{14850}{0,604 \cdot 15,6} = 1569 \text{ daN/cm}^2 \approx 0,75 \cdot 2100 = 1575 \text{ daN/cm}^2.$$

5.3.4. Tính toán đế cột chịu nén lệch tâm

Đế cột chịu nén lệch tâm thường có dạng chữ nhật, có cạnh dài theo phương của mômen uốn để giảm nhỏ ứng suất nén dưới đế cột và lực kéo trong bulông neo. Bề rộng B_d và chiều dài L_d của đế được xác định theo điều kiện ứng suất lớn nhất ở dưới đế cột phải nhỏ hơn cường độ chịu nén tính toán của bê tông.

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} + \frac{M}{W} = \frac{N}{B_d L_d} + \frac{6M}{B_d L_d^2} \leq R_b$$

Nếu chọn trước bề rộng B_d của bản đế thì chiều dài L_d cần thiết có thể rút ra được từ công thức trên:

$$L_d = \frac{N}{2B_d R_b} + \sqrt{\left(\frac{N}{2B_d R_b}\right)^2 + \frac{6M}{B_d R_b}} \quad (5-67)$$

Sau khi xác định được bề rộng và chiều dài của bản đế ta tiến hành xác định chiều dày của bản đế và tiết diện của dầm để tương tự như đối với cột chịu nén trung tâm. Khi tính chiều dày của bản đế, ta giả thiết bản đế chịu tải trọng phân bố đều với cường độ $g = \sigma_{\max}$. Khi biểu đồ ứng suất dưới bản đế có ứng suất kéo (hình 5.24), thì phải đặt bulông neo liên kết đế cột vào móng. Lực tác dụng vào bulông neo tìm được từ phương trình cân bằng mômen của tất cả các lực đối với trọng tâm của biểu đồ ứng suất nén:

$$N_b = \frac{M - Na}{Z} \quad (5-68)$$

Vậy diện tích cần thiết của bulông neo được xác định theo công thức sau:

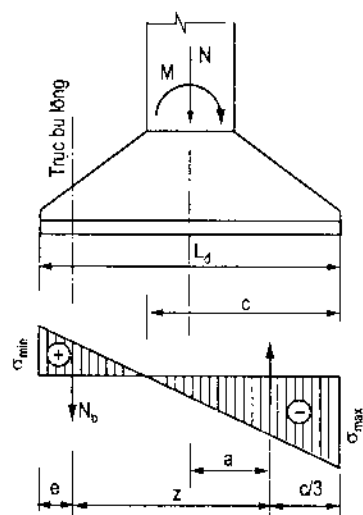
$$F_{th} = \frac{N_b}{R_k^b} = \frac{M - Na}{ZR_k^b}$$

trong đó:

$$a = \frac{L_d}{2} - \frac{c}{3};$$

$$c = \frac{L_d \sigma_{\max}}{|\sigma_{\max}| + |\sigma_{\min}|};$$

$$Z = L_d - \frac{c}{3} - e$$



Hình 5.24

c - khoảng cách từ mép bản đế tới đường trục của bulông, thường lấy vào khoảng 75 ~ 100mm.

R_k^b - cường độ chịu kéo tính toán của bulông neo đối với thép BCT3 có $R_k^b = 1400 \text{ daN/cm}^2$.

Chương 6

GIÀN THÉP

6.1. KHÁI NIỆM

Giàn là một kết cấu rỗng, được ghép bởi các thanh thẳng liên kết với nhau nhờ các bản mặt, tạo thành một hệ bất biến hình. Giàn được dùng rộng rãi trong kết cấu thép vì nó có các ưu điểm sau đây: chịu uốn rất tốt, tiết kiệm vật liệu, có thể tạo các hình dáng bất kì theo yêu cầu chịu lực và kiến trúc.

Khi giàn thường chịu tải trọng tác dụng vào đúng mắt, các thanh giàn chỉ chịu kéo hoặc chịu nén dọc trục, cho nên tận dụng được hết khả năng làm việc của vật liệu. Đặc biệt đối với các kết cấu do yêu cầu về độ cứng mà phải có chiều cao lớn, thì dùng kết cấu giàn càng có lợi. Khi kết cấu chịu tải trọng lớn mà nhịp không lớn lắm, thì không nên dùng kết cấu giàn vì khó thi công. Ưu điểm nữa của giàn là nhịp lớn và có trọng lượng bản thân nhỏ hơn so với dầm.

Giàn thường được phân thành hai loại: giàn nặng và giàn nhẹ. Trong chương này chúng ta chỉ nghiên cứu cấu tạo và tính toán giàn nhẹ vì là loại thường gặp nhất trong kết cấu thủy công.

6.2. HÌNH THỨC VÀ CÁC KÍCH THƯỚC CHÍNH

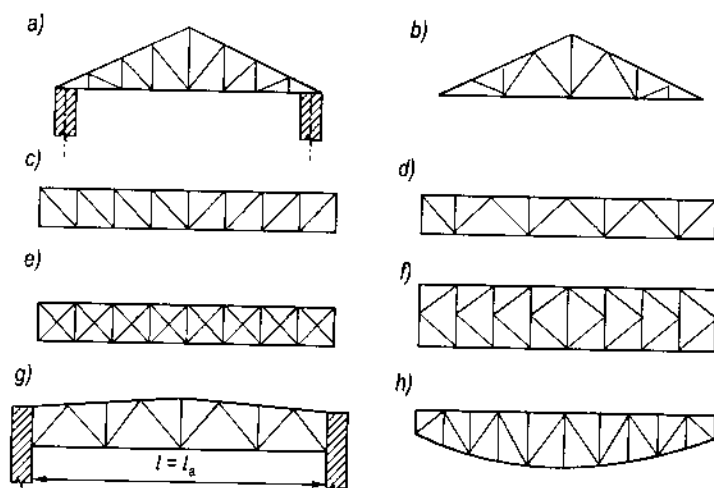
6.2.1. Hình dáng của giàn

Khi thiết kế giàn, trước hết phải chọn hình dáng sao cho phù hợp với yêu cầu sử dụng, dễ dàng liên kết với các phần tử khác, đồng thời phải phù hợp với yêu cầu về chịu lực. Nếu không có yêu cầu gì đặc biệt thì hình dáng của giàn nên làm phù hợp với biểu đồ mômen uốn. Trong công trình xây dựng, cũng như trong công trình thủy lợi, thường gặp các loại giàn nhẹ sau đây: giàn tam giác, giàn song song, giàn hình thang và đa giác như ở hình 6.1.

Giàn tam giác chủ yếu dùng làm vì kèo trong nhà mái dốc, loại này có nhược điểm là chỉ có thể liên kết khớp với cột, nên độ cứng theo phương ngang kém.

Giàn hình thang và đa giác được dùng nhiều trong các nhà công nghiệp, trong cửa van phẳng... Loại này có ưu điểm là có thể nối với cột bằng mắt cứng, hình dạng của giàn phù hợp với biểu đồ mômen uốn, do đó tiết kiệm được vật liệu. Giàn song song thường dùng làm giàn chính, giàn chịu trọng lượng trong cửa van phẳng và cửa van hình

cung, loại này có ưu điểm là dễ chế tạo vì chiều dài của các thanh và các mắt có hình dạng và kích thước như nhau.



Hình 6.1

6.2.2. Kích thước chính của giàn

Nhịp của giàn phụ thuộc vào khoảng cách giữa hai gối tựa và hình thức của kết cấu gối. Nếu giàn đặt lên cột thì nhịp tính toán có thể lấy như sau (hình 6.1a):

$$l = l_0 + \frac{a}{2} \quad (6-1)$$

trong đó: l_0 - khoảng cách trong giữa hai gối;

a - bề rộng của gối.

Nếu giàn liên kết cứng với cột (hình 6.1g) thì chiều dài tính toán lấy bằng:

$$l = l_0$$

Chiều cao ở giữa nhịp giàn phụ thuộc vào điều kiện kinh tế, vào yêu cầu về độ cứng và hình thức liên kết với cột. Nếu dùng làm vì kèo thì độ dốc của giàn phụ thuộc vào vật liệu lợp mái. Thường chiều cao của giàn do điều kiện độ cứng quyết định. Nếu không có yêu cầu gì đặc biệt thì chiều cao của giàn được xác định theo điều kiện kinh tế. Có thể chọn sơ bộ chiều cao của giàn như sau: đối với giàn tam giác $h = (1/4 \sim 1/6)l$, đối với giàn song song và giàn hình thang có cánh thượng hơi nghiêng lấy $h = (1,5 \sim 1/10)l$.

6.2.3. Hệ thanh bụng và khoảng mắt giàn

Hệ thanh bụng của giàn tam giác thường bố trí xiên hoặc tam giác. Thanh bụng xiên (hình 6.1a) nên làm dốc theo đường chéo ngắn để giảm nhẹ trọng lượng, ngoài ra còn có ưu điểm là bản mắt nhỏ, dễ thi công. Hệ thanh bụng tam giác (hình 6.1b), tuy có số mắt ít hơn nhưng lại nhiều loại nên ít dùng.

Giàn hình thang và giàn song song cũng thường dùng hệ thanh bụng xiên hoặc tam giác. Thanh bụng xiên (hình 6.1c) bố trí dốc xuống để chúng chịu kéo, do đó tiết kiệm

được vật liệu. Thanh bụng chữ thập (hình 6.1e) có độ cứng tốt, nhưng tốn công chế tạo, thường chỉ dùng khi cần độ cứng lớn hoặc chịu tải trọng hai chiều.

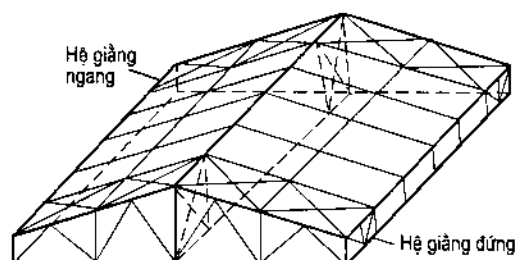
Nếu chiều cao của giàn lớn, có thể dùng hệ thanh bụng nửa xiên (hình 6.1f) loại này cấu tạo phức tạp, tốn công nên ít dùng.

Khoảng cách giữa các mắt giàn thường lấy 1,5 ~ 2,5m. Nên bố trí để tải trọng tác dụng đúng vào mắt giàn, đồng thời góc nghiêng của các thanh bụng gần trị số lợi nhất (bằng 45° đối với thanh bụng tam giác, bằng 35° đối với thanh bụng xiên).

6.2.4. Hệ giằng

Vì độ cứng theo phương thẳng góc với mặt giàn thường nhỏ, nên dễ mất ổn định. Do đó cần phải dùng hệ giằng để liên kết các giàn lại với nhau thành một hệ không gian bất biến hình.

Trong hệ mái nhà, cứ cách một số giàn lại nối hai giàn liền nhau thành một hệ kết cấu không gian nhờ hệ giằng đặt ở mặt phẳng thanh cánh thượng. Những giàn khác được nối với nhau bằng xà gỗ, như vậy có thể đảm bảo toàn bộ kết cấu được ổn định. Các ô hệ giằng nên làm hình vuông, như vậy cứ hai khoảng mắt giàn lại đặt hai thanh giằng chéo. Ngoài hệ giằng ngang đặt trong mặt phẳng thanh cánh thượng còn phải đặt hệ giằng đứng (hình 6.2). Hệ giằng đứng tốt nhất là bố trí trong mặt phẳng các thanh đứng ở giữa nhịp và mặt phẳng các thanh đứng ở gối của giàn.



Hình 6.2

6.3. THIẾT KẾ GIÀN

6.3.1. Xác định tải trọng tính toán

Tải trọng tác dụng lên giàn thường dưới dạng lực tập trung hoặc lực phân bố. Nếu tải trọng tập trung không đặt đúng mắt, thì phải phân phối tải trọng này sang hai mắt lân cận lực đó theo quy tắc phân lực song song. Nếu là tải trọng phân bố, thì trước hết phải xác định diện tích tải trọng mà mỗi mắt giàn phải chịu, sau đó tiến hành tính lực tập trung tác dụng vào mỗi mắt giàn. Chẳng hạn với tải trọng phân bố đều ta có:

$$P = b \frac{d_1 + d_2}{2} \sum n_i q_i^{tc} \quad (6-2)$$

trong đó: b - khoảng cách giữa hai giàn;

d_1, d_2 - chiều dài khoảng mắt giàn ở phía bên phải và bên trái mắt đang xét;

q_i^{tc} - tải trọng phân bố đều tiêu chuẩn trên một đơn vị diện tích;

n_i - hệ số vượt tải của tải trọng.

6.3.2. Nội lực trong các thanh giàn

Khi tính giàn, ta giả thiết rằng các thanh được liên kết khớp với nhau. Nhưng thực tế mắt giàn có độ cứng và các đường trục của thanh không hoàn toàn hội tụ, ngoài lực dọc thanh giàn còn chịu uốn, nhưng vì ứng suất này nhỏ nên có thể bỏ qua. Nếu tải trọng không đặt đúng mắt giàn, thì ngoài lực dọc thanh giàn còn chịu uốn cục bộ. Để xác định mômen uốn cục bộ, ta coi thanh cánh thượng của giàn như một dầm liên tục tựa lên các gối tựa đàn hồi là các mắt giàn. Mômen uốn tại các gối tựa làm giảm mômen uốn trong nhịp, nhưng cũng không nhiều lắm. Vì vậy trong thanh giàn thứ nhất (kể từ gối tựa) mômen do tải trọng cục bộ cho phép xác định như dầm đơn, những thanh còn lại được nhân thêm với hệ số 0,9 để xét tới thanh cánh thượng là dầm liên tục.

6.3.3. Chiều dài tính toán của thanh chịu nén

Khi tính toán thanh chịu nén, việc xác định chiều dài tính toán của thanh là một trong những nội dung cơ bản nhất. Nếu các mắt giàn là các khớp lý tưởng, thì chiều dài tính toán của thanh nén bằng khoảng cách giữa hai tâm của mắt giàn. Nhưng thực tế mắt giàn không phải là khớp, cũng không phải là ngàm, mà là liên kết đàn hồi, nên chiều dài tính toán của nó bằng:

$$l_0 = \mu_1 d$$

trong đó: $1 \geq \mu_1 \geq 0,5$. Hệ số μ_1 tỉ lệ nghịch với độ cứng của mắt giàn, tức là nếu mắt giàn dễ quay thì lấy lớn, ngược lại lấy nhỏ.

Khi thanh nén bị mất ổn định trong mặt phẳng của giàn, nó sẽ bị uốn quanh hai mắt, do các thanh được liên kết cứng với bản mắt, nên khi một thanh bị mất ổn định, nó sẽ làm cho các thanh khác cùng nổi với mắt ấy quay theo. Nhưng các thanh đó cũng đồng thời chống lại sự quay của mắt giàn, mà mạnh nhất là thanh chịu kéo và thanh có tiết diện lớn. Như vậy có thể đi đến kết luận là thanh nén nào được nối với mắt có nhiều thanh chịu kéo và thanh có tiết diện lớn thì có thể lấy μ_1 nhỏ, ngược lại, lấy μ_1 lớn.

Dưới đây ta sẽ xác định cụ thể chiều dài tính toán của các loại thanh giàn.

Thanh cánh thượng

Thanh cánh thượng là thanh nén có tiết diện lớn và được nối với bản mắt chỉ có một thanh kéo là thanh bụng tiết diện lại nhỏ hơn thanh thượng rất nhiều. Vậy khi bị mất ổn định trong mặt phẳng của giàn, có thể coi mắt giàn quay tự do. Do đó chiều dài tính toán đối với trục x (trục thẳng góc với mặt phẳng của giàn) bằng khoảng cách giữa hai mắt giàn:

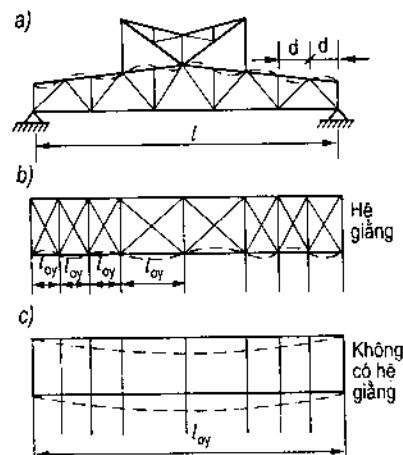
$$l_{ox} = d$$

Chiều dài tính toán của thanh cánh thượng đối với trục y (trục nằm trong mặt phẳng của giàn) l_{oy} phụ thuộc vào khoảng cách giữa những điểm cố định của thanh cánh

thượng theo phương thẳng góc với mặt phẳng của giàn, hay nói cách khác nó phụ thuộc vào hệ giàn ngang. Chẳng hạn như ở hình 6.3b, $l_{oy} = d$ đối với những thanh cánh thượng ở phía ngoài cửa lấy ánh sáng trên mái còn $l_{oy} = 2d$ đối với những thanh ở trong cửa mái. Nếu dọc theo chiều dài l_{oy} của thanh cánh có các lực nén khác nhau ($N_1 > N_2$), thì việc kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng giàn được tiến hành đối với lực lớn hơn N_1 với chiều dài tính toán:

$$l_{oy}^{td} = l_{oy} \left(0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right) \quad (6-3)$$

Nếu trên toàn chiều dài giàn không có hệ giàn ngang như ở hình 6.3c, thì chiều dài tính toán của thanh cánh thượng đối với trục y bằng nhịp của giàn $l_{oy} = l$.



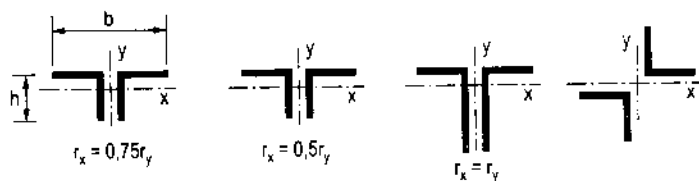
Hình 6.3

Thanh bụng giàn

Thanh bụng có tiết diện nhỏ hơn các thanh khác, đầu trên được nối với thanh cánh thượng có tiết diện lớn, đầu dưới được nối với thanh cánh hạ là những thanh chịu kéo, do đó cần phải xét tới độ cứng của mắt giàn. Tiêu chuẩn thiết kế quy định chiều dài tính toán trong mặt phẳng giàn và ngoài mặt phẳng giàn của thanh xiên ở gối tựa và thanh đứng ở gối tựa $l_{ox} = l_{oy} = l_1$ (l_1 - chiều dài hình học của thanh bụng), đối với các thanh bụng khác có chiều dài tính toán trong mặt phẳng của giàn $l_{ox} = 0,8l_1$ và ngoài mặt phẳng của giàn $l_{oy} = l_1$. Nếu các thanh bụng làm bằng thép góc đơn thì lấy chiều dài tính toán bằng chiều dài hình học của chúng.

6.3.4. Hình thức tiết diện thanh giàn

Tiết diện thanh giàn cần phải chọn sao để dễ dàng liên kết với bản mắt (trong mặt phẳng của giàn) và dễ dàng liên kết với hệ giàn (thẳng góc với mặt phẳng của giàn).



Hình 6.4

Thanh giàn thường dùng tiết diện chữ T, chữ I, thép góc đơn và tiết diện chữ thập: tiết diện chữ T ghép với hai thép góc đều cạnh (hình 6.4a), loại tiết diện này có $r_x = 0,3h$ và $r_y = 0,2b$, vì có $b = 2h$ nên ta có $r_x = 0,75r_y$. Cho nên loại tiết diện này dùng làm thanh

bụng giàn (trừ thanh bụng đầu giàn) là hợp lý vì các thanh này có $I_{ox} = 0,8I_{oy}$. Trong trường hợp này ta có $\lambda_x = \lambda_y$, do đó thanh chịu lực theo hai phương gần bằng nhau, tận dụng được hết khả năng làm việc của vật liệu.

Tiết diện chữ T ghép bởi hai thép góc không đều cạnh nối với nhau ở cạnh ngắn (hình 6.4b). Loại tiết diện này có $r_x = 0,3h$, $r_y = 0,2b$ và $b = 3h$ nên có $r_x = 0,5r_y$. Vậy nếu dùng loại tiết diện này làm thanh cánh thượng của giàn trong trường hợp cứ cách hai khoảng mắt giàn có một hệ giằng chéo là hợp lý nhất vì có $I_{ox} = 0,5I_{oy}$, do đó cũng có độ mảnh theo hai phương bằng nhau $\lambda_x = \lambda_y$.

Tiết diện chữ T ghép bởi hai thép góc không đều cạnh, nối với nhau ở cạnh dài, có $r_x = r_y$, được dùng làm các thanh có $I_{ox} = I_{oy}$ là hợp lý. Chẳng hạn như các thanh bụng ở đầu giàn, thanh cánh thượng trong trường hợp cứ mỗi khoảng mắt có một hệ giằng chéo.

Tiết diện chữ I thường được ghép bởi hai thép chữ [dùng vào các thanh giàn chịu lực dọc đồng thời chịu uốn cục bộ. Chẳng hạn như các thanh cánh thượng khi lực không đặt đúng mắt giàn.

Tiết diện chữ thập ghép bởi hai thép góc, thường dùng làm thanh đứng, nhất là thanh đứng ở giữa giàn, vì loại tiết diện này rất tiện cho việc liên kết các thanh theo hai phương thẳng góc với nhau.

Khi nội lực trong các thanh giàn nhỏ, có thể dùng thép góc đơn. Như vậy thanh sẽ chịu lực lệch tâm, do đó khả năng chịu lực của thanh giảm. Để đơn giản, khi tính vẫn coi như chịu nén trung tâm, nhưng lấy hệ số điều kiện làm việc $m = 0,75$.

6.3.5. Chọn tiết diện thanh giàn

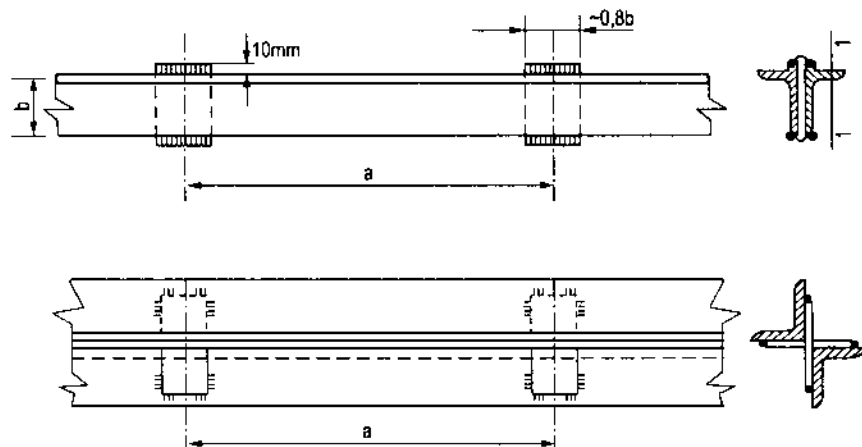
Khi chọn tiết diện thanh giàn phải bảo đảm các nguyên tắc sau đây:

- Số loại tiết diện trong giàn chỉ nên từ 4 ~ 6 loại, để tiện cho việc cung cấp vật liệu và dễ dàng thi công, do đó thường chọn tiết diện cho thanh có nội lực lớn nhất và bé nhất rồi lấy một vài loại tiết diện trung gian.

- Khi nhịp giàn nhỏ hơn 24m, không nên thay đổi tiết diện thanh cánh. Vì tốn công, mà lượng vật liệu tiết kiệm được không đáng kể. Khi nhịp lớn hơn 24m, chỉ nên thay đổi tiết diện thanh cánh một lần, để dễ liên kết nên thay đổi bề rộng mà không nên thay đổi bề dày thép góc.

- Khi chọn tiết diện thanh giàn nên chọn loại cánh rộng và mỏng, có bán kính quán lớn, mặt khác nếu dùng liên kết bulông thì tiết diện giảm yếu sẽ nhỏ.

- Nếu các thanh giàn được ghép bởi các thép định hình, thì phải dùng bản đệm để liên kết chúng lại với nhau, để bảo đảm hai nhánh cùng chịu lực (hình 6.5). Đối với thanh nén, khoảng cách lớn nhất giữa hai bản đệm là $40r_1$; đối với thanh kéo bằng $80r_1$, trong đó r_1 - bán kính quán tính của mỗi nhánh đối với trục 1-1 song song với bản đệm. Trong một thanh ít nhất phải có hai bản đệm.



Hình 6.5

Chọn tiết diện của thanh chịu kéo

Diện tích yêu cầu của thanh chịu kéo được xác định theo công thức sau:

$$F_{yc} = \frac{N}{\beta R} \quad (6-4)$$

trong đó: β - hệ số giảm yếu tiết diện do liên kết, có thể lấy như sau: $\beta = 0,85$ khi có một đường đinh hoặc hai đường đinh bố trí so le, $\beta = 1$ khi không có sự giảm yếu vì liên kết.

Dựa vào F_{yc} để chọn số hiệu thép định hình, sau đó phải kiểm tra lại tiết diện chọn về cường độ:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \quad (6-5)$$

và về độ mảnh:
$$\lambda = \frac{l}{r} \leq \lambda_{gh} \quad (6-6)$$

trong đó: λ_{gh} - giá trị độ mảnh giới hạn của thanh chịu kéo cho ở bảng 6.1.

Bảng 6.1. Độ mảnh giới hạn λ_{gh} của các thanh giàn

Loại thanh giàn	Thanh chịu nén	Thanh chịu kéo	
		Khi chịu tải trọng động	Khi chịu tải trọng tĩnh
Thanh cánh, thanh xiên ở gối và thanh đứng truyền phản lực	120	250	400
Các thanh khác	150	350	400
Thanh giằng	200	400	400

Chọn tiết diện thanh chịu nén trung tâm

Tiết diện thanh chịu nén trung tâm được xác định từ điều kiện ổn định, diện tích yêu cầu của tiết diện và bán kính quán tính yêu cầu được xác định theo công thức sau:

$$F_{yc} = \frac{N}{\varphi R} \quad (6-7)$$

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda^{gt}} \quad \text{và} \quad r_y^{yc} = \frac{l_{oy}}{\lambda^{gt}}$$

trong đó có thể sơ bộ giả thiết λ^{gt} như sau: đối với thanh cánh $\lambda = 80 \sim 100$; đối với thanh bụng $\lambda = 100 \sim 120$.

Hệ số điều kiện làm việc đều lấy bằng $m = 1$, trừ mấy trường hợp sau đây: đối với thanh nén của giàn có nhịp lớn lấy $m = 0,9$; những thanh bụng chịu nén khi $\lambda \geq 60$ thì lấy $m = 0,8$; đối với những thanh giàn làm bằng thép góc đơn lấy $m = 0,75$.

Sau khi chọn xong tiết diện, phải kiểm tra tiết diện chọn về ổn định:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{min} F} \leq R \quad (6-8)$$

về cường độ:
$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \quad (6-9)$$

và về độ mảnh:
$$\lambda = \frac{l_o}{r} \leq \lambda_{gh} \quad (6-10)$$

Chọn tiết diện thanh chịu nén dọc đồng thời chịu uốn ngang

Đối với thanh giàn chịu nén lệch tâm khi thiết kế thường giả thiết tiết diện, rồi kiểm tra lại ổn định trong mặt phẳng uốn và ngoài mặt phẳng uốn theo các công thức sau:

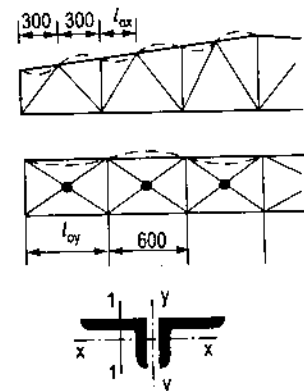
$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x^{lt} F} \leq R \quad (6-11)$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_y F} \leq R \quad (6-12)$$

Sau đó kiểm tra cường độ theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \leq R$$

Ví dụ 6.1: Chọn tiết diện thanh cánh thượng của giàn chịu lực nén $N = -725\text{kN}$. Vật liệu thép BCT3, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$. Kích thước giàn và bố trí hệ giằng như hình 6.6. Liên kết hàn.



Hình 6.6

Giải:

Chiều dài tính toán của thanh cánh thượng trong mặt phẳng giàn $l_{ox} = 300\text{cm}$ và ngoài mặt phẳng giàn $l_{oy} = 600\text{cm}$, có $l_{ox} = 0,5l_{oy}$. Vậy chọn tiết diện chữ T ghép bởi hai thép góc không đều cạnh và nối với nhau ở cạnh ngắn.

Diện tích tiết diện yêu cầu:

$$F_{yc} = \frac{72500}{0,69 \cdot 2100} = 50,03\text{cm}^2$$

trong đó: $\varphi = 0,69$ ứng với $\lambda^{gt} = 90$;

$$R = 2100 \text{ daN/cm}^2.$$

Bán kính quán tính yêu cầu:

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda^{gt}} = \frac{300}{90} = 3,32\text{cm}$$

$$r_y^{yc} = \frac{l_{oy}}{\lambda^{gt}} = \frac{600}{90} = 6,64\text{cm}$$

Dựa vào diện tích yêu cầu và bán kính quán tính yêu cầu để chọn số hiệu thép góc. Từ bảng 9 phụ lục, ta chọn thép góc L 160× 100 × 14 có đặc trưng hình học như sau:

$$F = 2.34,7 = 69,4\text{cm}^2, \quad r_x = 2,80\text{cm}$$

$$r_y = 7,86\text{cm} \text{ (ứng với } \delta = 12\text{mm)}$$

Kiểm tra lại độ mảnh $\lambda \leq \lambda_{gh} = 120$:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{300}{2,80} = 107 < 120$$

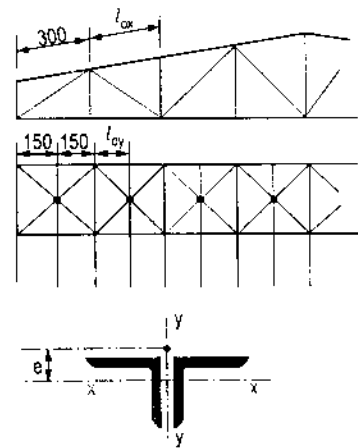
$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{600}{7,86} = 76,3 < 120$$

Kiểm tra ổn định:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{N}{\varphi_{\min} F} \\ &= \frac{72500}{0,544 \cdot 69,4} = 1920 < 2100 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

trong đó $\varphi_{\min} = 0,544$ ứng với $\lambda_x = 107$.

Ví dụ 6.2: Chọn tiết diện thanh cánh thượng của giàn chịu lực dọc $N = -684\text{kN}$ và mômen uốn cục bộ $M = 33\text{kNm}$ (làm cho thớ trên chịu nén); Vật liệu thép CT3, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$. Kích thước của giàn và hệ giằng xem hình 6.7.



Hình 6.7

Giải:

Chọn tiết diện thanh ghép bằng hai thép góc L 160 × 12, có đặc trưng hình học như sau:

$$F = 2.37,4 = 74,8\text{cm}^2$$

$$r_x = 4,94\text{cm},$$

$$r_y = 7,02\text{cm (ứng với } \delta = 12\text{mm)}$$

$$W_x^{(-)} = \frac{J_x}{Z_o} = \frac{1826}{4,39} = 416\text{cm}^3$$

Chiều dài tính toán của thanh trong mặt phẳng uốn $l_{ox} = 300\text{cm}$ và ngoài mặt phẳng uốn $l_{oy} = 150\text{cm}$.

Độ mảnh của thanh:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{300}{4,94} = 61$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{150}{7,02} = 21$$

Kiểm tra ổn định của thanh cánh thượng trong mặt phẳng uốn theo công thức (6-11). Để xác định được φ_x^H , trước hết cần tính:

Độ lệch tâm:

$$e_x = \frac{M}{N} = \frac{33}{684} = 0,0482\text{m} = 4,82\text{cm}$$

Bán kính lõi tiết diện:

$$\rho_x = \frac{W_x^{(-)}}{F} = \frac{416}{74,8} = 5,56\text{cm}$$

Độ lệch tâm tính đối là:

$$m_1 = \eta \frac{e_x}{\rho_x} = 1,76 \cdot \frac{4,82}{5,56} = 1,76 \cdot 0,867 = 1,53$$

trong đó:
$$\eta = 1,3 + 0,5\sqrt{m_x} = 1,3 + 0,5\sqrt{\frac{4,82}{5,56}} = 1,76$$

Công thức trên ứng với $20 \leq \lambda_x \leq 150$, điểm đặt của hợp lực ở về phía cánh chữ T và có $F_1/F_2 = 1$, xem bảng 5.9.

Sau khi có $m_1 = 1,53$ và $\lambda_x = 6$, tra bảng 5.8, được $\varphi_x^H = 0,455$. Vậy:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x^H F} = \frac{68400}{0,455 \cdot 74,8} = 2010 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng uốn theo công thức (6-12):

$$\sigma = \frac{N}{c\varphi_y F} = \frac{68400}{0,622 \cdot 0,968 \cdot 74,8} = 1518 \text{ daN/cm}^2 < R = 2100 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó: $c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,867} = 0,622$

với: $\beta = 1$ và $\alpha = 0,7$ tra ở bảng 5.12.

$\varphi_y = 0,968$ ứng với $\lambda_y = 21$.

Kiểm tra về cường độ:

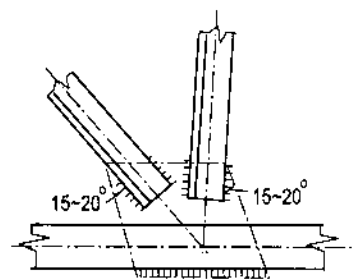
$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} = \frac{68400}{0,85 \cdot 74,8} + \frac{330000}{416} = 1869 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

(sơ bộ chọn $F_{th} = 0,85F$ và $W_{th} = W$).

6.3.6. Thiết kế mắt giàn

Trong giàn các đường trục của thanh phải hội tụ tại một điểm. Nếu dùng liên kết hàn thì đường trục là đường trọng tâm của tiết diện. Nhưng trong thực tế người ta thường chọn khoảng cách từ lưng thép góc tới đường trục lấy tròn bội số của 5mm để tiện cho việc thi công. Khi tiết diện thanh cánh thay đổi, theo yêu cầu về cấu tạo, nếu mép ngoài của cánh thép góc phải cùng nằm trên một mặt phẳng, thì trong trường hợp này đường trục là đường trung bình giữa hai đường trục của hai thanh cánh đó.

Bản mắt nên chọn có hình dạng đơn giản như: chữ nhật, bình hành hoặc hình thang vuông. Thanh bụng và thanh cánh nên đặt cách nhau một đoạn $a = 10 \sim 15\text{mm}$ để thuận lợi cho việc thi công. Thanh bụng thường được cắt thẳng góc với trục hình học của nó. Đối với những thanh lớn thì có thể cắt xiên để giảm nhỏ kích thước của bản mắt. Cần chú ý là nội lực trong thanh bụng chuyển đến bản mắt mở rộng theo một góc $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$, vì vậy mép bản mắt và thép định hình phải tạo thành một góc không nhỏ hơn 15° (hình 6.8).



Hình 6.8

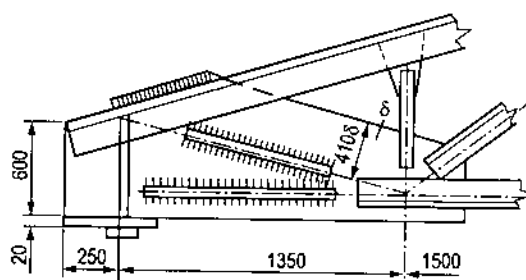
Độ dày của bản mắt thường không tính, mà chỉ lấy theo kinh nghiệm. Các bản mắt trong cùng một giàn nên dùng cùng một loại bề dày, chiều dày đó phải bảo đảm chuyển được nội lực lớn nhất, để nghị chọn chiều dày bản mắt như ở bảng 6.2.

Bảng 6.2. Chiều dày của bản mắt

Nội lực trong các thanh bụng giàn (kN)	dưới 200	200 ~ 500	500 ~ 750	750 ~ 1200
Chiều dày của bản mắt (mm)	8	10	12	14

Đối với giàn có nhịp lớn hơn 30m, có thể dùng bản mắt ở gối tựa dày hơn các bản mắt khác 2mm.

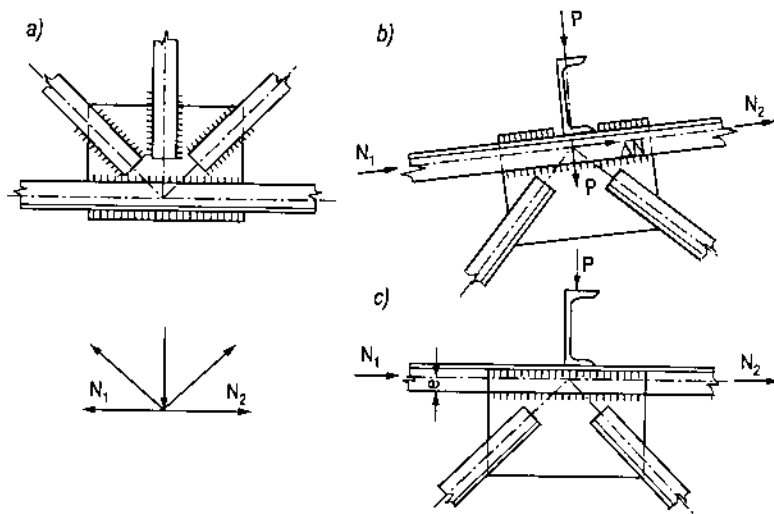
Khi nội lực trong thanh bụng xiên ở đầu giàn rất lớn, mà chiều cao của giàn ở gối tựa cũng như khoảng mắt giàn tại gối tựa loại nhỏ, thì có thể dùng bản mắt lớn thay thế cho thanh xiên cũng như thanh đứng ở đầu giàn. Bản này được tăng cường bằng các sườn gia cố đặt dọc theo trục của các thanh giàn được thay thế (hình 6.9).



Hình 6.9

Liên kết giữa thanh giàn vào bản mắt phải bảo đảm chuyển được nội lực của các thanh giàn sang bản mắt giàn. Nếu thanh cánh không có mối nối tại mắt, thì liên kết phải chuyển được hợp lực của các thanh ở mắt giàn, tức là phải tính với hiệu số nội lực của hai thanh cánh ở hai bên mắt giàn $\Delta N = N_1 - N_2$ (hình 6.10a).

Nếu tại mắt giàn có lực tập trung P , chẳng hạn như trường hợp tại mắt giàn có đặt xà gồ (hình 6.10b), thì khi tính toán liên kết phải xét tới lực tập trung này.



Hình 6.10

Trường hợp thanh cánh được liên kết với bản mắt bằng các đường hàn góc cả ở lưng và ở mép thép góc, tại chỗ đặt xà gồ bản mắt được cắt lõm xuống. Đường hàn lúc này vừa chịu lực dọc $\Delta N = N_1 - N_2$, vừa chịu lực cắt $Q = P$ kích thước của đường hàn chọn phải thỏa mãn điều kiện cường độ sau:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{F_h}\right)^2 + \left(\frac{P}{F_h}\right)^2} \leq R_g^h \quad (6-14)$$

trong đó: $F_h = \beta h_h \sum l_h$.

Trường hợp thanh cánh được liên kết với bản mắt bằng đường hàn chìm ở lưng thép góc và đường hàn góc ở mép thép góc. Khi tính toán không xét tới đường hàn chìm tham gia chịu lực vì khó kiểm tra chất lượng của đường hàn này. Vậy đường hàn ở mép thép góc chịu toàn bộ lực dọc $\Delta N = N_1 - N_2$, mômen uốn $M = \Delta N e$ và lực tập trung P . Kích thước đường hàn phải thỏa mãn điều kiện cường độ sau đây:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{F_h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta N e}{W_h} + \frac{P}{F_h}\right)^2} \leq R_g^h \quad (6-15)$$

trong đó: $F_h = 2\beta h_h l_h$;

$$W_h = \frac{2\beta h_h l_h^2}{6} = \frac{\beta h_h l_h^2}{3}.$$

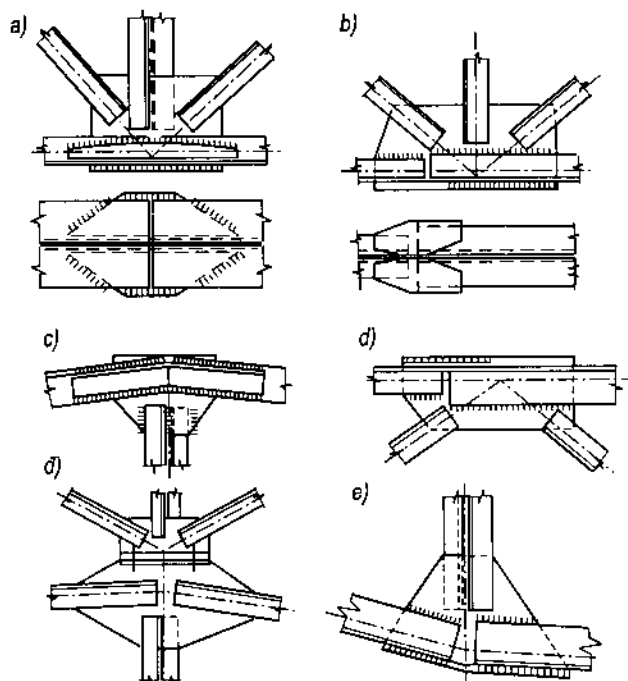
Đối với các thanh bụng, liên kết phải đảm bảo chuyển được nội lực từ các thanh vào mắt giàn. Tổng chiều dài đường hàn liên kết mỗi thanh vào mắt giàn được tính theo công thức sau:

$$\sum l_h = \frac{N}{\beta h_h R_g^h} \quad (6-16)$$

Nếu trong các thanh giàn có nội lực nhỏ, thì liên kết được lấy theo yêu cầu cấu tạo, chiều dài thực của đường hàn không được nhỏ hơn 60mm và chiều cao đường hàn không được nhỏ hơn 5mm.

6.3.7. Mối nối của thanh cánh

Mối nối của thanh cánh trong các giàn nhẹ thường đặt ở các nút. Cấu tạo của mối nối phải bảo đảm về cường độ và độ cứng theo hai phương như thanh nguyên, vậy diện tích tiết diện của miếng ốp không được nhỏ hơn diện tích của phần tổ được nối. Đơn giản nhất là dùng miếng ốp bằng thép góc có cùng số hiệu. Hình 6.11a biểu thị mối nối của thanh cánh hạ của giàn khi tiết diện không đổi. Thép góc ốp cần được cắt vát để tránh sự tập trung ứng suất trong đường hàn và để nội lực phân bố đều



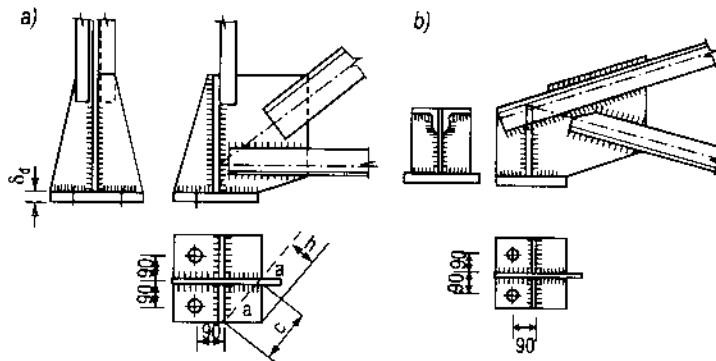
Hình 6.11

hơn. Khi thanh cánh có thay đổi tiết diện, thì mối nối thanh cánh có thể dùng bản mắt và tấm ốp như hình 6.11b. Mối nối thanh cánh có thay đổi phương cũng thường dùng tấm ốp như hình 6.11e.

Mối nối của thanh cánh thượng, thường bố trí ở chỗ thanh cánh đổi hướng. Cấu tạo mối nối cũng tương tự như thanh cánh hạ, tấm ốp cũng có thể làm bằng thép góc uốn gấp khúc (hình 6.11c). Mối nối của thanh cánh có tiết diện thay đổi cũng được cấu tạo tương tự như cánh hạ (hình 6.11d).

6.3.8. Mắt giàn tại gối tựa

Giàn có thể tựa lên cột hoặc liên kết cứng với cột. Mắt giàn tựa khớp lên cột (hình 6.12a và b) gồm có bản đế, bản mắt và sườn tăng cường độ cứng.



Hình 6.12

Kích thước của bản đế được xác định từ điều kiện ép mặt của gối tựa. Nếu giàn tựa lên cột bê tông thì diện tích yêu cầu của bản đế được xác định theo công thức sau:

$$F_d = \frac{A}{R_m} \quad (6-17)$$

trong đó: A - phản lực gối tựa của giàn;

R_m - cường độ chịu ép cục bộ của bê tông.

Chiều dày của bản đế thường vào khoảng 16 ~ 20mm, được xác định từ điều kiện chịu uốn tại mặt cắt a-a (hình 6.12a):

$$\sigma = \frac{M_a}{W_d} = F_a q \frac{h}{3} \cdot \frac{6}{c \delta_d^2} \leq R \quad (6-18)$$

trong đó:

F_a , c, h - diện tích, cạnh đáy và chiều cao của tam giác, được giới hạn bởi cạnh của bản đế và mặt cắt a-a;

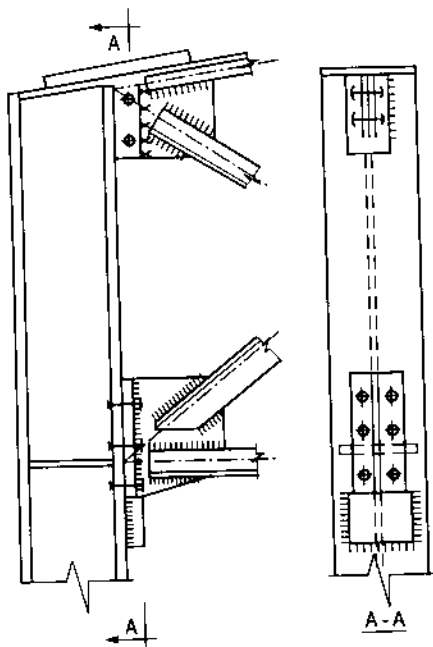
$q = A/F_d$ - áp lực phân bố dưới bản đế;

R - cường độ tính toán của thép làm bản đế.

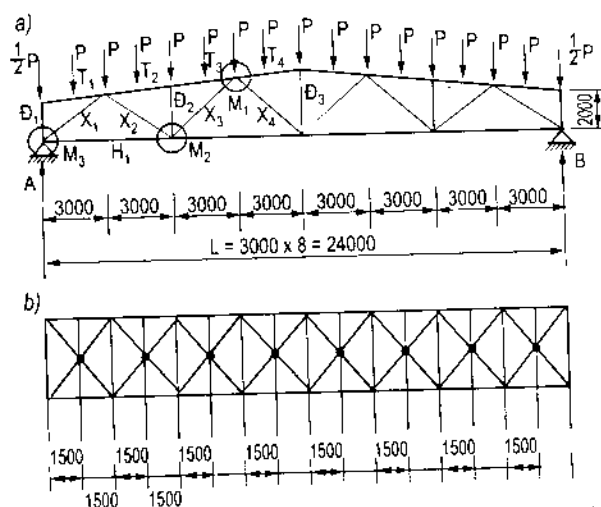
Từ (6-18) rút ra được chiều dày yêu cầu của bản đế:

$$\delta_d = h \sqrt{\frac{q}{R}} \quad (6-19)$$

Mắt giàn liên kết cứng với cột thép được biểu thị ở hình 6.13. Cấu tạo và tính toán mắt giàn này không có gì đặc biệt, ở đây không trình bày.



Hình 6.13



Hình 6.14














Ví dụ 6.3: Thiết kế giàn hình thang theo các số liệu sau đây: nhịp giàn $l = 24\text{m}$, chiều cao đầu giàn $h_0 = 2\text{m}$, chiều cao ở giữa nhịp $h = 3\text{m}$, chiều dài khoảng mắt $d = 3\text{m}$. Sơ đồ tính toán cho ở hình 6.14a, hệ giằng ngang như ở hình 6.14b, tại đầu giàn và giữa giàn có bố trí hệ giằng đứng. Tải trọng tập trung tính toán $P = 30,6\text{kN}$. Vật liệu thép BCT3, que hàn E42A, hệ số điều kiện làm việc $m = 1$, trừ các thanh bụng ở giữa chịu nén có $\lambda \geq 60$ thì lấy $m = 0,8$.

Giải:

1) Tính toán nội lực:

Để tính nội lực của giàn, trước hết phải đưa các tải trọng không đặt đúng mắt giàn về các mắt giàn, sau đó tìm nội lực trong các thanh, kết quả tính toán ghi vào bảng 6.3. Các thanh cánh thượng ngoài chịu lực dọc còn chịu uốn cục bộ do tải trọng P không đặt đúng mắt giàn sinh ra.

Bảng 6.3. Nội lực và tiết diện thanh giàn

Loại thanh	Tên thanh	Chiều dài tính toán (cm)		Nội lực tính toán		Hình thức tiết diện	F (cm ²)	W (cm ³)	Bán kính quán tính (cm)		Độ mảnh		φ_x	φ_y	φ_x^H	c	m	Ứng suất σ (daN/cm ²)
		l_{ox}	l_{oy}	N (kN)	M (kNm)				r_x	r_y	λ_x	λ_y						
Cánh thượng	T ₁	300	150	0	23		65	119	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1929
	T ₂	300	150	-442	20,7		65	309	4,31	6,15	70	24	0,81	0,962	0,405	-	1	1680
	T ₃	300	150	-442	20,7		65	309	4,31	6,15	70	24	0,81	0,962	0,405	-	1	1680
	T ₄	300	150	-498	20,7		65	309	4,31	6,15	70	24	0,81	0,962	0,423	0,62	1	1810
Cánh hạ	H ₁	600	120	282	-		24,6	-	2,44	3,69	246	326	-	-	-	-	1	1150
	H ₂	600	1200	506	-		24,6	-	2,44	3,69	246	326	-	-	-	-	1	2060
Thanh xiên	X ₁	375	375	-354	-		36	-	4,49	3,61	84	103	-	0,576	-	-	1	1707
	X ₂	300	375	198	-		9,6	-	1,53	2,45	196	153	-	-	-	-	1	2062
	X ₃	326	407	-86,8	-		17,56	-	2,31	3,44	141	118	0,356	-	-	-	0,8	1735
	X ₄	326	407	-12,3	-		17,56	-	2,31	3,44	141	118	0,356	-	-	-	0,8	246
Thanh đứng	Đ ₁	200	200	-30,6	-		14,56	-	3,06	3,06	65	65	0,835	0,853	-	-	1	251
	Đ ₂	200	250	-61,2	-		9,6	-	1,53	2,45	130	102	0,400	-	-	-	0,8	1992
	Đ ₃	210	300	-9,2	-		14,56	-	3,06	3,06	78	98	-	0,618	-	-	0,8	127

Mômen uốn cục bộ trong thanh cánh đầu giàn:

$$M_1 = \frac{Pd}{4} = \frac{30,6.3}{4} = 23\text{kNm}$$

Mômen uốn cục bộ trong các thanh cánh ở giữa:

$$M = 0,9 \frac{Pd}{4} = 0,9.23 = 20,7\text{kNm}$$

2) Chọn tiết diện các thanh giàn

Thanh cánh thượng T4 chịu lực dọc $N = -498\text{kN}$ và mômen uốn $M = 20,7\text{kNm}$. Nếu tiết diện thanh T4 được ghép bằng hai thép góc đều cạnh L 140×12 và đặt cách nhau một khoảng bằng chiều dày của bản mắt $\delta = 10\text{mm}$, có đặc trưng hình học như sau:

$$F = 2.32,5 = 65\text{cm}^2$$

$$r_x = 4,31\text{cm}; \quad r_y = 6,15\text{cm}$$

$$W_x^{(-)} = W_{\max} = \frac{J_x}{y_{\min}} = \frac{1204}{3,90} = 309\text{cm}^2$$

$$\rho_x = \frac{W_x^{(-)}}{F} = \frac{309}{65} = 4,75\text{cm}$$

Độ mảnh của thanh:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{300}{4,31} = 70$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{150}{6,15} = 24$$

Kiểm tra ổn định trong mặt phẳng uốn:

$$e_x = \frac{M}{N} = \frac{20,7}{498} = 0,042 = 4,2\text{cm}$$

$$m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{4,2}{4,75} = 0,88$$

$$\eta = 1,3 + 0,5\sqrt{m_x} = 1,3 + 0,5\sqrt{0,88} = 1,77$$

$$m_1 = \eta m_x = 1,77.0,88 = 1,55$$

Từ bảng 5.8 tra được $\phi_x^{\text{II}} = 0,423$ ứng với $\lambda_x = 70$ và $m_1 = 1,55$. Vậy có:

$$\sigma = \frac{N}{\phi_x^{\text{II}} F} = \frac{49800}{0,423.65} = 1811\text{ daN/cm}^2 < R = 2100\text{ daN/cm}^2$$

Kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng uốn:

$$\sigma = \frac{N}{c\varphi_y F} = \frac{49800}{0,62 \cdot 0,962 \cdot 65} = 1284 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó: $c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,88} = 0,62$

$\varphi_y = 0,692$ ứng với $\lambda_y = 2,4$.

Nội lực trong các thanh cánh thượng T_2 và T_3 đều nhỏ hơn thanh T_4 , để tiện cho việc thi công ta chọn các thanh đó có mặt cắt giống thanh T_4 , cho nên không cần kiểm tra. Riêng thanh T_1 có lực dọc $N = 0$ và có mômen uốn cực bộ lớn hơn thanh T_2 , nên cần kiểm tra lại:

$$\sigma = \frac{M}{W_{\min}} = \frac{230000}{119} = 1929 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

trong đó: $W_{\min} = \frac{J_x}{y_{\max}} = \frac{1204}{10,1} = 119 \text{ cm}^2$

- Thanh cánh hạ H_2 chịu lực kéo $N = 506 \text{ kN}$. Nếu tiết diện của thanh hạ được ghép bằng hai thép góc đều cạnh có số liệu $L 80 \times 8$, thì có đặc trưng hình học như sau:

$$F = 2 \cdot 12,3 = 24,6 \text{ cm}^2;$$

$$r_x = 2,44 \text{ cm}; \quad r_y = 3,69 \text{ cm}$$

Độ mảnh của thanh:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{600}{2,44} = 246$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{1200}{3,69} = 326 < 400$$

Ứng suất trong thanh hạ:

$$\sigma = \frac{50600}{24,6} = 2060 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

- Thanh xiên đầu giàn X_1 chịu lực nén dọc $N = -354 \text{ kN}$. Nếu tiết diện thanh được ghép bởi hai thép góc không đều cạnh số hiệu $L140 \times 90 \times 8$ nối với nhau ở cạnh dài, thì có đặc trưng hình học tiết diện như sau:

$$F = 2 \cdot 18,0 = 36 \text{ cm}^2;$$

$$r_x = 4,49 \text{ cm};$$

$$r_y = 3,61 \text{ cm}.$$

Độ mảnh của thanh:

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{375}{4,49} = 84$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{375}{3,61} = 103; \quad \varphi_y = \varphi_{\min} = 0,576$$

Vậy có: $\sigma = \frac{35400}{0,576 \cdot 36} = 1707 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$

- Thanh xiên X_2 chịu lực kéo $N = 198 \text{ kN}$. Nếu tiết diện thanh được ghép bởi hai thép góc đều cạnh số hiệu $L 50 \times 5$, thì có:

$$F = 2 \cdot 4,8 = 9,6 \text{ cm}^2;$$

$$r_x = 1,53 \text{ cm}; \quad r_y = 2,45 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{r_x} = \frac{0,8 \cdot 375}{1,53} = 196 < 400$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{r_y} = \frac{375}{2,45} = 153$$

Ứng suất trong thanh:

$$\sigma = \frac{19800}{9,6} = 2060 \text{ daN/cm}^2 < 2100 \text{ daN/cm}^2$$

- Các thanh xiên X_3 và X_4 đều là các thanh chịu nén, nhưng nội lực rất nhỏ, cho nên tiết diện được chọn theo điều kiện độ mảnh $\lambda \leq \lambda_{gh} = 150$.

Bán kính quán tính yêu cầu:

$$r_x^{yc} = \frac{l_{ox}}{\lambda_{gh}} = \frac{362}{150} = 2,17 \text{ cm}$$

$$r_y^{yc} = \frac{l_{oy}}{\lambda_{gh}} = \frac{407}{150} = 2,71 \text{ cm}$$

Chọn tiết diện ghép bằng thép góc đều cạnh $L 75 \times 6$ có $r_x = 2,30 \text{ cm} > r_x^{yc}$ và $r_y = 3,44 \text{ cm} > r_y^{yc}$.

- Các thanh đứng D_1 , D_2 và D_3 cũng có nội lực rất nhỏ, cho nên tiết diện cũng được chọn theo yêu cầu về độ mảnh. Tiết diện thanh D_2 được ghép bằng hai thép góc $L 50 \times 5$ còn thanh D_1 và D_3 dùng tiết diện chữ thập ghép bằng hai thép góc số hiệu $L 65 \times 5$, để xét tới yêu cầu liên kết với hệ giằng đứng theo phương vuông góc với giàn.

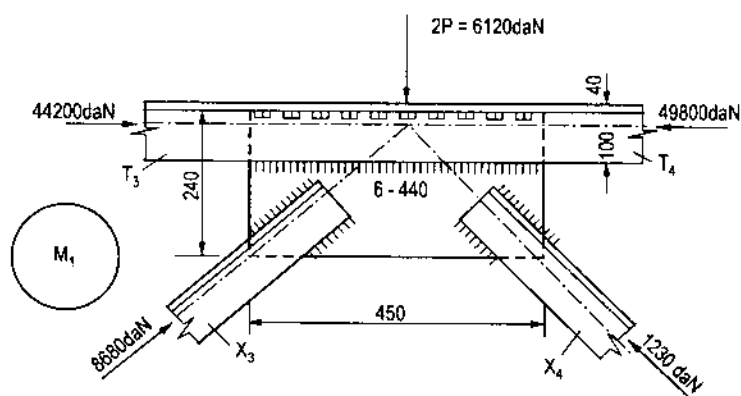
Kết quả chọn tiết diện thanh gian và ứng suất trong thanh giàn xem bảng 6.3.

3) Thiết kế mắt giàn

Để xác định được hình dạng và kích thước của bản mắt, trước hết cần xác định chiều dài cần thiết để nối các thanh vào bản mắt. Ở đây chỉ tính cho vài mắt điển hình M_1, M_2, M_3 .

- Mắt giàn M_1 : liên kết giữa thanh xiên X_3 với bản mắt bằng đường hàn góc (hình 6.15). Tổng chiều dài cần thiết để liên kết thanh bụng xiên X_3 vào bản mắt được xác định theo công thức (6-16); nếu chọn $h_h = 0,6\text{cm}$, thì có:

$$\sum l_h = \frac{8680}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1500} = 17,2\text{cm}$$



Hình 6.15

Chiều dài đường hàn ở lưng thép góc và ở mép thép góc:

$$l_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sum l_h}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{17,2}{2} = 5,7\text{cm}$$

$$l'_h = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sum l_h}{2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{17,2}{2} = 2,9\text{cm}$$

Chọn theo yêu cầu cấu tạo: $l'_h = 6\text{cm}$.

Liên kết giữa thanh xiên X_4 vào bản mắt được tính toán tương tự kết quả tính toán ghi vào bảng 6.4.

Bảng 6.4. Chiều dài đường hàn liên kết giữa các thanh giàn với bản mắt

Mắt giàn	Tên thanh giàn	Nội lực tính toán N (kN)	Chiều cao đường hàn h_h (cm)	Tổng chiều dài đường hàn (cm)	Chiều dài đường hàn ở lưng (cm)	Chiều dài đường hàn ở mép (cm)
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
M_1	X_3	-86,8	0,6	17,2	5,7	2,9
	X_4	-12,3	0,6	2,5	6,0	6,0

1	2	3	4	5	6	7
M ₂	X ₂	198	0,6	31,0	10,5	5,2
	X ₃	-86,8	0,6	17,2	5,7	2,9
	Đ ₂	-61,2	0,6	12,2	4,0	2,1
M ₃	H ₁	282	0,5	44,7	15,0	7,5
	X ₁	354	1,0	33,7	11,2	5,6
	Đ ₁	30,6	0,6	4,9	6,0	6,0

Chú thích: Khi nội lực nhỏ, chiều dài đường hàn lấy theo yêu cầu cấu tạo $l_h = 6\text{cm}$.

Từ kích thước các đường hàn này, ta xác định được bề rộng của bản mắt 240mm và chiều dài 450mm.

Liên kết giữa thanh cánh thượng với bản mắt dùng đường hàn chìm ở lưng thép góc và đường hàn góc ở mép thép góc (hình 6.15), không xét tới đường hàn chìm tham gia chịu lực. Nếu chọn $h_h = 0,6\text{cm}$, $l_h = 44\text{cm}$, thì ứng suất trong đường hàn góc do lực dọc $\Delta N = N_1 - N_2 = 498 - 442 = 56\text{kN}$, lực cắt $Q = 2P = 61,2\text{kN}$ và mômen uốn $M = e.\Delta N = 10.56 = 560\text{kNcm}$ là:

$$\tau_N = \frac{\Delta N}{2.0,7h_h l_h} = \frac{5600}{2.0,7.0,6.44} = 151 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_M = \frac{6M}{2.0,7h_h l_h^2} = \frac{6.56000}{2.0,7.0,6.44^2} = 206 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{2.0,7h_h l_h} = \frac{6120}{2.0,7.0,6.44} = 165 \text{ daN/cm}^2$$

Vậy có:

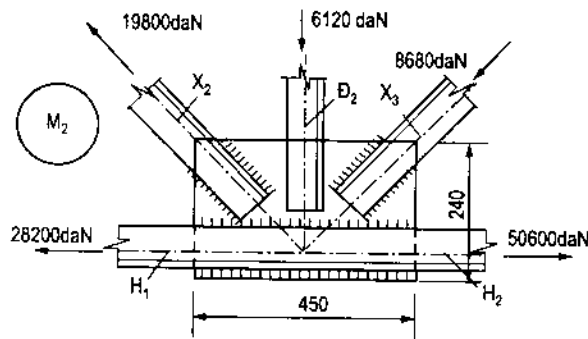
$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \sqrt{\tau_N^2 + (\tau_M + \tau_Q)^2} = \sqrt{151^2 + (206 + 165)^2} \\ &= 400 \text{ daN/cm}^2 < R_g^h = 1500 \text{ daN/cm}^2. \end{aligned}$$

- Mặt giàn M₂ (hình 6.16): liên kết giữa thanh cánh hạ và bản mắt bằng đường hàn góc với nội lực tính toán:

$$\Delta N = N_1 - N_2 = 506 - 282 = 224\text{kN}$$

Tổng chiều dài đường hàn là:

$$\sum l_h = \frac{\Delta N}{\beta h_h F_g^h} = \frac{22400}{0,7.0,6.1500} = 35,5\text{cm}$$



Hình 6.16

Chiều dài đường hàn ở lưng thép góc:

$$l_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sum l_h}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{35,5}{2} = 12 \text{ cm}$$

Chiều dài đường hàn ở mép thép góc:

$$l'_h = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sum l_h}{2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{35,5}{2} = 6 \text{ cm}$$

Chiều dài đường hàn cần thiết để liên kết các thanh X_2 , X_3 , và D_2 với bản mặt cho ở bảng 6.4.

- Mặt giàn M_3 (hình 6.17): tính liên kết giữa các thanh H_1 , X_1 và D_1 vào bản mặt cũng được tiến hành tương tự như trên, kết quả tính toán ghi vào bảng 6.4. Đối với mặt đầu giàn còn phải xác định thêm kích thước của bản đế và sườn tăng cường độ cứng.

Nếu giàn tựa lên cột bê tông thì diện tích yêu cầu của bản đế là:

$$F_d = \frac{A}{R_m} = \frac{24500}{80} = 306 \text{ cm}^2$$

trong đó $R_m = R_b = 80 \text{ daN/cm}^2$ - cường độ tính toán khi chịu ép cục bộ của bê tông mác 200.

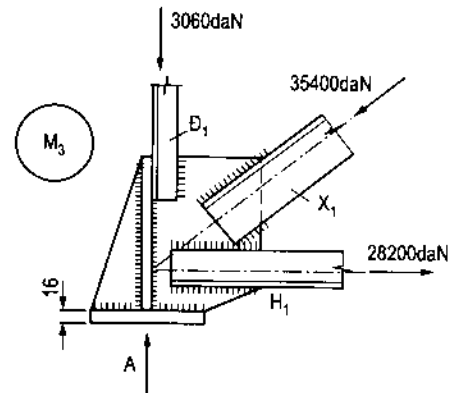
Bề rộng của bản đế hình vuông:

$$a = \sqrt{F_d} = \sqrt{306} = 17,5 \text{ cm}^2$$

chọn $a = 30 \text{ cm}$.

Ứng suất dưới đáy bản đế:

$$q = \frac{24500}{30 \times 30} = 27,2 \text{ daN/cm}^2$$



Hình 6.17

Chiều dày của bản đế được xác định theo công thức (6-19):

$$\delta_d = h \sqrt{\frac{q}{R}} = \frac{30}{4} \sqrt{2} \sqrt{\frac{27,2}{2100}} = 1,2 \text{ cm}$$

chọn $\delta_d = 1,6 \text{ cm}$.

Chiều cao của sườn tăng cường độ cứng được xác định từ điều kiện liên kết giữa nó với bản mặt dưới tác dụng của phản lực A, nếu chọn $h_h = 0,6 \text{ cm}$ ta có:

$$l_h = \frac{A}{4,0,7, h_h R_g^h} = \frac{24500}{4,0,7,0,6,1500} = 10 \text{ cm}$$

Chọn chiều cao của sườn bằng chiều cao của bản mặt $h = 45 \text{ cm}$.

Chương 7

CỬA VAN

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

7.1.1. Phân loại cửa van

Cửa van là một loại kết cấu dùng phổ biến trong các công trình thủy lợi. Cửa van là một bộ phận khá quan trọng. Công trình được khai thác tốt hay xấu, có đạt được mục tiêu thiết kế hay không là phụ thuộc vào sự vận hành của cửa van.

Vật liệu chế tạo cửa van chủ yếu là thép. Cửa van có kích thước nhỏ, có thể làm bằng gỗ, bê tông cốt thép hay xi măng lưới thép.

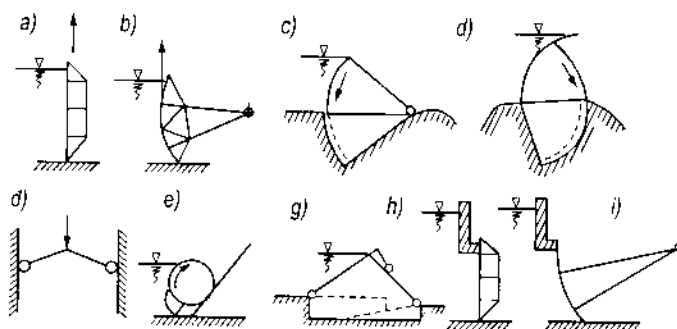
Theo nhiệm vụ, cửa van được phân thành: cửa van chính (cửa van công tác), cửa van sửa chữa, cửa van bảo hiểm, cửa van thi công.

Cửa van chính là cửa van được sử dụng để khai thác công trình, có thể đóng mở hoàn toàn hoặc một phần để điều tiết lưu lượng hoặc khống chế mực nước thượng, hạ lưu, cửa van này thường làm việc dưới tác dụng của áp lực thủy động.

Cửa van sửa chữa là cửa van được dùng khi cần tu sửa định kỳ cửa van chính, sửa cống, sửa tuabin... cửa van này thường làm việc dưới tác dụng của áp lực thủy tĩnh. Cửa van bảo hiểm dùng khi cửa van chính hoặc các bộ phận công trình sau van có sự cố. Cửa van thi công là cửa van được sử dụng trong quá trình xây dựng công trình.

Theo vị trí, cửa van được chia thành hai loại: cửa van ở trên mặt và cửa van ở dưới sâu.

Cửa van ở trên mặt là cửa van khi đóng có đỉnh cao hơn mực nước thượng lưu (hình 7.1a ÷ g). Cửa van này thường chịu cột nước tương đối thấp, nhưng kích thước lại rất lớn. Cửa van ở trên mặt có ưu điểm là dễ kiểm tra và tu sửa.



Hình 7.1

Cửa van ở dưới sâu là cửa van khi đóng thì đỉnh nó nằm dưới mực nước thượng lưu (hình 7.1h và i). Chiều cao cột nước ở phía trên đỉnh van có thể từ 1m đến vài chục mét, có khi tới hơn trăm mét. Cửa van dưới sâu chịu cột nước rất lớn.

Theo hình thức kết cấu, van có thể chia thành các loại:

1. Van phẳng (hình 7.1a) là loại có bản mặt chắn nước phẳng và khi đóng mở thì cửa van chuyển động tịnh tiến thẳng.

2. Cửa van hình cung (hình 7.1b và i) có bản mặt chắn nước là mặt trụ cong, khi đóng mở cửa van chuyển động quay quanh một trục cố định.

3. Cửa van quạt (hình 7.1c và d) có bản mặt chắn nước là mặt trụ cong, khi đóng mở cửa van chuyển động quay quanh một trục cố định, trục quay có thể bố trí ở phía thượng lưu hoặc hạ lưu.

4. Cửa van kiểu ống lăn (hình 7.1e), là một ống rỗng, khi đóng mở cửa van lăn theo đường ray xiên.

5. Cửa van mái nhà (hình 7.1g) được tạo bởi hai cánh van quay quanh hai trục song song nằm ngang.

6. Cửa van chữ nhân (hình 7.1đ) được tạo bởi hai cánh quay quanh hai trục thẳng đứng, khi cửa van đóng hai cánh tựa vào nhau, khi cửa van mở hai cánh ép vào vách tường âu thuyền.

7.1.2. Một số yêu cầu đối với cửa van

Ngoài các yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật, đối với cửa van còn có một số yêu cầu sau:

- Phần nối tiếp giữa khe van và cửa van cần phải bảo đảm không rò rỉ nước.
- Cửa van và các thiết bị của nó phải tuân theo các yêu cầu về đóng mở, bảo đảm đủ độ mở quy định, thỏa mãn yêu cầu về giữ nước và tháo nước.
- Cửa van luôn luôn bị ngâm trong nước, cho nên cần phải định kỳ duy tu bảo dưỡng để phòng cửa van bị han gỉ.
- Khi để nước chảy ở dưới cửa, thì mép dưới cần có hình dạng thuận dòng để tránh hiện tượng khí thực và mạch động. Nếu để nước chảy tràn đỉnh van thì đỉnh phải có hình dạng đảm bảo không cho xảy ra hiện tượng chân không.
- Khi cửa van có chiều cao lớn, để tiện cho việc chuyên chở và lắp ráp, nên phân cửa van thành một vài đoạn, mỗi đoạn từ 3 - 4m, nhưng nếu cửa van chịu áp lực thủy động lớn thì không nên phân đoạn.
- Đối với các công trình cần xả lũ nhanh thì việc đóng mở van cần được trang bị các thiết bị tự động hoặc bán tự động, đặc biệt là đối với công trình lớn, số lượng cửa nhiều.

7.1.3. Các tài liệu cơ bản để thiết kế cửa van

Khi thiết kế cửa van cần có các tài liệu sau đây:

- Bố trí chung của công trình, số lượng cửa van, kích thước lỗ cống, vị trí lỗ cống (cao trình đỉnh cống và ngưỡng cống).
- Điều kiện làm việc của cửa van: cửa van thuộc loại cửa van trên mặt hay cửa van dưới sâu, là cửa van chính, cửa van sửa chữa hay cửa van bảo hiểm.
- Hình thức cửa van.
- Các lực tác dụng lên cửa van.
- Điều kiện chế tạo, lắp ráp và vận chuyển cửa van.
- Loại máy đóng mở.
- Số lần vận hành trong một năm và thời gian cần thiết của mỗi lần vận hành.
- Vật liệu dùng để chế tạo van.

7.1.4. Tải trọng và tổ hợp tải trọng

7.1.4.1. Áp lực thủy tĩnh

Áp lực thủy tĩnh tác dụng lên một đơn vị diện tích ở điểm bất kỳ trên bề mặt của cửa van tỉ lệ bậc nhất với chiều sâu chịu tải của điểm đó và có phương thẳng góc với bề mặt ấy. Giá trị cường độ áp lực thủy tĩnh được xác định theo công thức sau:

$$p = \gamma H \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (7-1)$$

trong đó: γ - trọng lượng riêng của nước, thường lấy bằng 10 kN/m^3 ;

H - chiều sâu chịu tải, tính bằng m.

Diện tích bề mặt của cửa van chịu áp lực thủy tĩnh phụ thuộc vào cấu tạo và vị trí vật chắn nước ngang và đứng.

7.1.4.2. Áp lực thủy động

Áp lực thủy động tác dụng lên cửa van xuất hiện khi nước chảy dưới van hay khi tràn qua van. Áp lực thủy động (không xét tới ảnh hưởng của chân không) tác dụng lên cửa van nhỏ hơn áp lực thủy tĩnh một chút. Khi không có điều kiện nghiên cứu mô hình trong phòng thí nghiệm, có thể lấy áp lực thủy động bằng áp lực thủy tĩnh.

Nếu hình dạng mép dưới van phù hợp với hình dạng mặt trên của dòng chảy dưới van thì không có áp lực thẳng đứng tác dụng lên phía dưới van. Nếu điều kiện này không thỏa mãn mà dòng chảy dưới van lại không tách rời bề mặt của mép dưới van thì áp lực thủy động tác dụng lên van sẽ hướng từ dưới lên và có trị số nhỏ hơn áp lực thủy tĩnh một chút. Nếu dòng chảy tách rời khỏi mép dưới van, tạo thành một khoảng không gian bị ngăn cách với khí trời, sẽ xuất hiện chân không, có tác dụng hút cửa van vào ngưỡng, do đó làm tăng lực kéo van.

Lực hút tác dụng lên cửa van khi vật chắn nước ngang rời khỏi ngưỡng, được xác định theo công thức sau (hình 7.2a):

$$P_h = p b_c l_c \quad (7-2)$$

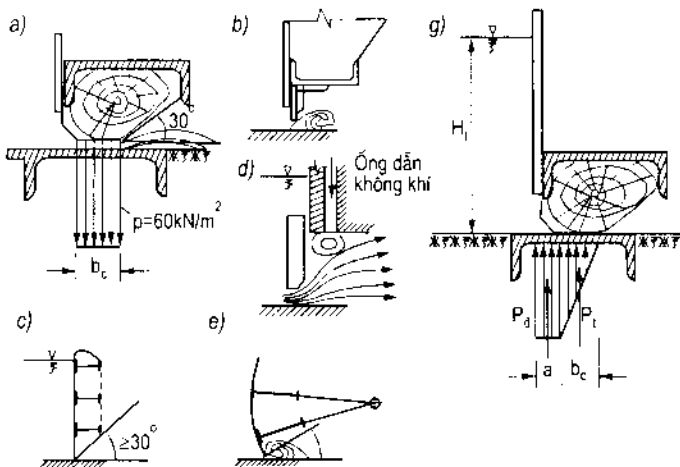
trong đó: $p = 60 \text{ kN/m}^2$ - cường độ áp lực chân không;

b_c - bề rộng của vật chắn nước tiếp xúc với ngưỡng;

l_c - chiều dài chịu tải của vật chắn nước.

Khi vật chắn nước mỏng (hình 7.2b) thì lực hút nhỏ có thể bỏ qua.

Để tránh hiện tượng chân không góc giữa mặt phẳng giới hạn phía dưới cửa van và ngưỡng cống phải lớn hơn 30° (hình 7.2c và e) để đảm bảo cho dòng chảy dưới van được mở rộng tự do. Khi góc $\alpha < 30^\circ$, cần phải đưa không khí vào để phá vỡ miền chân không. Sau cửa van ở cống có áp (hình 7.2d) khi xảy ra miền chân không, thì cũng giải quyết bằng cách tương tự.

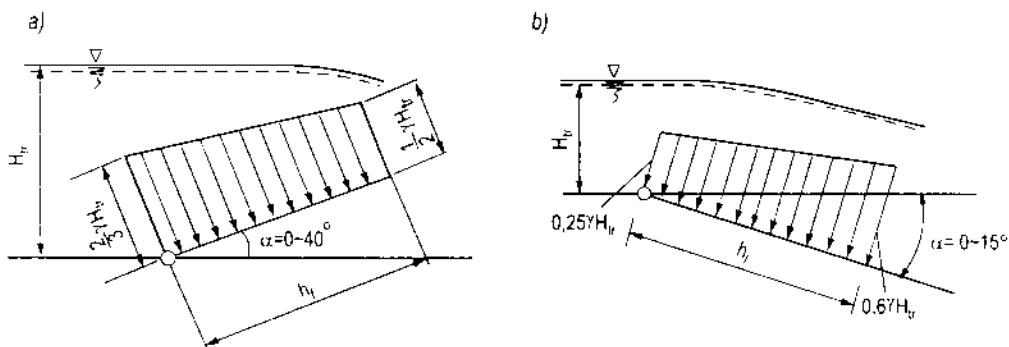


Hình 7.2

Trong trường hợp nước tràn qua van, thường trên đỉnh van có đặt máng dẫn hoặc cửa phụ, không được cho nước tràn trực tiếp qua đỉnh van. Áp lực thủy động của lớp nước tràn qua van tác dụng lên máng dẫn hoặc cửa phụ được xác định như sau:

- Khi cửa phụ nghiêng với đường nằm ngang một góc $\alpha > 50^\circ$, áp lực thủy động tác dụng lên cửa phụ lấy bằng áp lực thủy tĩnh.

- Khi góc nghiêng $\alpha = 0^\circ \sim 40^\circ$ và tỉ số H_{tr}/h_f nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 thì áp lực thủy động phân bố theo hình thang và có cường độ như ở hình 7.3a.



Hình 7.3

Khi cửa phụ nghiêng xuống phía dưới đường nằm ngang một góc $\alpha = 0 \sim 15$ và tỉ số H_{tr}/h_f nằm trong khoảng từ 0,6 ~ 1,0, thì áp lực thuỷ động phân bố theo hình thang như ở hình 7.3b. Khi $\alpha > 15^\circ$ thì cường độ áp lực thuỷ động ở đỉnh van bằng H_{tr} và ở cuối cửa phụ hay máng dẫn bằng $0,75\gamma H_{tr}$.

Khi nước tràn qua cửa phụ, có thể xuất hiện chân không làm cho cửa van bị rung động. Để tránh hiện tượng đó, có thể đưa khí trời vào dưới tia nước, hoặc phân lớp nước tràn qua thành các dải riêng.

7.1.4.3. Lực đẩy và lực thấm

Lực đẩy là lực tác dụng lên mép dưới cửa van khi van tựa vào ngưỡng. Chiều của lực đẩy hướng từ dưới lên trên. Trị số của lực đẩy P_d bằng:

$$P_d = \gamma H_t a l_c \quad (7-3)$$

trong đó: H_t - chiều cao cột nước thượng lưu;

a - bề rộng diện tích chịu áp lực nước (hình 7.2g);

l_c - chiều dài diện tích chịu áp lực nước bằng chiều dài vật chắn nước.

Áp lực nước thấm tác dụng lên mặt tiếp giáp giữa vật chắn nước với ngưỡng có chiều hướng từ dưới lên trên. Giá trị của nó được xác định theo công thức sau:

$$P_t = 0,5\gamma H_t b_c l_c \quad (7-4)$$

trong đó: b_c - bề rộng diện tích tiếp xúc của vật chắn nước với ngưỡng;

l_c - chiều dài vật chắn nước.

7.1.4.4. Áp lực bùn cát lên cửa van được xác định theo công thức sau:

$$P_b = 0,5\gamma_b h_b^2 \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) l_t \quad (7-5)$$

trong đó: h_b - chiều cao của lớp bùn cát;

l_t - chiều dài của diện tích chịu tải của cửa van;

γ_b - trọng lượng riêng của bùn cát trong nước;

φ - góc ma sát trong cửa bùn cát.

7.1.4.5. Áp lực sóng và áp lực gió

Áp lực sóng tác dụng lên cửa van được tính theo các công thức cho trong tiêu chuẩn thiết kế hiện hành. Chiều cao cột nước tính toán để xác định áp lực nước ngang lúc này cần phải cộng thêm vào chiều cao sóng. Áp lực gió tác dụng lên cửa van được xét đối với trường hợp khi van nhấc lên khỏi mặt nước.

7.1.4.6. Trọng lượng bản thân cửa van

Khi thiết kế sơ bộ có thể xác định trọng lượng bản thân van theo kết cấu van tương tự đã có hoặc theo các công thức kinh nghiệm. Trọng lượng van phụ thuộc vào những yếu tố: giá trị cột nước, bề rộng và chiều cao lỗ cống, vật liệu chế tạo van và loại kết cấu cửa van. Trọng lượng 1m^2 cửa van của các loại khác nhau dao động trong khoảng từ 1,5kN đến 15kN.

7.1.4.7. Lực kéo van

Lực kéo van phụ thuộc vào trọng lượng của phần chuyển động, áp lực thủy tĩnh và thủy động, lực đẩy hoặc lực hút, áp lực gió, lực cản trong các gối tựa và vật chắn nước, lực ma sát, bùn cát.

Khi tính toán các thiết bị cơ khí trong công trình thủy lợi cần xét hai tổ hợp tải trọng: tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt.

Tổ hợp cơ bản gồm tải trọng cố định, tải trọng tạm thời dài hạn và ngắn hạn.

Tổ hợp đặc biệt gồm tải trọng cố định, tải trọng tạm thời dài hạn, một số tải trọng tạm thời ngắn hạn và một tải trọng đặc biệt.

Để tính toán ta lấy tổ hợp bất lợi nhất của tải trọng có thể tác dụng đồng thời lên cửa van, ứng với các vị trí sau đây của cửa van: cửa van tựa lên ngưỡng, mở hoàn toàn, ở thời điểm bắt đầu rời khỏi ngưỡng hoặc hạ lên ngưỡng, mở một phần có xét tới áp lực thủy động, ở vị trí lắp ráp.

7.1.5. Phương pháp tính toán

Các phân tố kết cấu phần động của cửa van về cường độ, về ổn định, về biến dạng và về mỏi được tính toán theo phương pháp trạng thái giới hạn, còn các phần cố định và các chi tiết cơ khí được tính theo phương pháp ứng suất cho phép.

Kết cấu chịu lực của các loại cửa van thường làm bằng thép cán mác BMCT3π hoặc thép bản mác M16C. Cường độ tính toán của các loại thép này cho ở bảng 1.5. Các bộ phận cố định và các chi tiết cơ khí thường dùng thép cán có số hiệu CT3, CT5, thép đúc CT35J1, CT45J1, gang xám C412-28, C415-32. Ứng suất cho phép của các loại vật liệu này cho ở bảng 1 đến 3 của phụ lục.

Kết cấu cửa van là kết cấu không gian và chịu tải trọng khá phức tạp, khi phân tích nội lực để đơn giản ta đưa về các hệ phẳng. Nội lực các phân tố nằm trên giao tuyến giữa hai hệ phẳng lấy bằng tổng nội lực trong hai hệ phẳng đó. Cách tính này tuy không phản ánh được tình hình chịu lực thực tế của cửa van nhưng thường dùng vì khá đơn giản. Chỉ trong trường hợp cửa van có kích thước rất lớn và chịu cột nước rất lớn mới tính như một hệ không gian.

Các phần dưới sẽ trình bày chi tiết một số loại cửa van thường gặp.

7.2. CỬA VAN PHẪNG

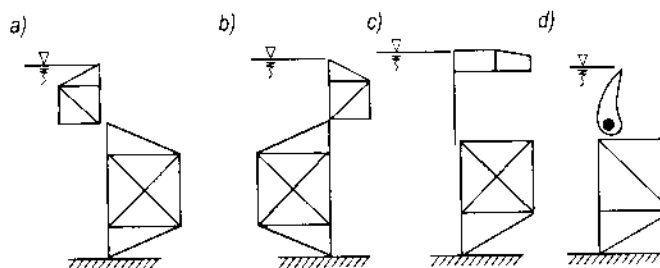
7.2.1. Các loại cửa van phẳng

Cửa van phẳng bao gồm các loại như cửa van đơn, cửa van kép, cửa van nhiều tầng, cửa van có cửa phụ.

Cửa van đơn biểu thị ở hình 1.1a. Loại cửa van này không cho phép nước tràn qua đỉnh. Nó được dùng làm cửa van chính, van bảo hiểm, van sửa chữa và van thi công trong các cống và đập tràn. Chiều cao cửa van có thể tới 14m, nhịp cửa van có thể tới 30 - 40m.

Cửa van phẳng nhiều tầng là cửa van được phân thành nhiều đoạn theo chiều cao. Loại cửa van này có thể đóng mở lần lượt từng chiếc một, hoặc đồng thời nhiều chiếc. Cửa van nhiều tầng được dùng khi chiều cao của cống lớn. Nếu dùng cách đóng mở từng chiếc một thì thiết bị đóng mở có thể nhỏ được đi rất nhiều. Loại cửa van này có ưu điểm là dễ chế tạo, chuyên chở và lắp ráp, nhưng không thuận tiện trong khai thác.

Cửa van phẳng kép là cửa van có hai cánh (hình 7.4). Khi hạ cánh trên có thể tháo được vật nổi mà không bị mất nhiều nước trong hồ chứa. Loại cửa van này dùng thích hợp khi cột nước không nhỏ hơn 5m. Cửa van kép (hình 7.4a và b) có thể đóng mở độc lập với nhau. Nhược điểm của nó là chế tạo phức tạp. Với sơ đồ hình 7.4a khi hạ cửa trên nước và vật nổi va vào cửa dưới làm cho nó bị rung động. Với sơ đồ hình 7.4b cần phải có lực đóng mở lớn vì chịu trọng lượng nước phía trên khá lớn. Để khắc phục nhược điểm này có thể dùng cửa kép kiểu công xôn như ở hình 7.4c, trong đó công xôn của cánh trên được tựa lên các bánh xe, lăn trên các đường ray thẳng đứng bố trí trên cánh dưới.



Hình 7.4

Cửa van phẳng có cửa phụ (hình 7.4d) cũng có tác dụng tháo vật nổi như cửa van kép. Hình dạng mặt trên của cửa phụ cần phải bảo đảm không xảy ra hiện tượng chân không khi nước tràn qua làm cho cửa van bị rung động. Kết cấu của cửa phụ cần phải có đủ độ cứng để chịu mômen uốn và mômen xoắn lớn, đồng thời để chịu lực va chạm do vật nổi sinh ra.

Cửa van phẳng được sử dụng rộng rãi vì nó có các ưu điểm sau đây: có thể dùng trên đập tràn có dạng bất kỳ; cửa van phẳng không đòi hỏi kích thước của công trình dọc theo dòng chảy phải lớn như các loại cửa van khác; có thể dùng để đóng mở các lỗ cống có bề rộng và chiều cao đều lớn; cửa van phẳng đóng mở nhanh; đơn giản và an toàn khi

vận hành; có thể chia thành nhiều đoạn do đó có thể dễ dàng tháo vật nổi, đồng thời có thể hạ thấp được chiều cao của mố, chiều cao của máy đóng mở, giảm nhỏ được lực đóng mở khi vận hành từng cánh một; bị mất nước do thấm không nhiều; kết cấu van đơn giản, dễ chế tạo và lắp ráp; dễ bảo quản, kiểm tra và sửa chữa; có thể dùng làm cửa van chính, cửa van bảo hiểm, cửa van sửa chữa và thi công.

Cửa van phẳng có một số nhược điểm sau đây: chiều cao và chiều dày mố tương đối lớn; lực nâng van lớn do đó máy đóng mở phải có công suất lớn.

Đối với cửa van nhiều tầng lực kéo mỗi đoạn van (tầng) có dòng chảy ở cả trên và dưới có thể lớn hơn lực cần thiết để nâng toàn bộ cửa van khi không phân đoạn. Cửa van phẳng dưới sâu được đặt trước hoặc sau tường ngực, trong trường hợp thứ nhất áp lực nước thẳng đứng có tác dụng hạ cửa van và làm tăng lực kéo khi nâng van. Trong trường hợp sau thì có tác dụng ngược lại. Khi mực nước hạ lưu cao hơn lỗ cống thì trong cả hai trường hợp đều cần phải đưa không khí vào sau cửa van.

7.2.2. Kết cấu cửa van phẳng

Cửa van phẳng gồm hai bộ phận cơ bản: bộ phận động (kết cấu chịu tải trọng) và bộ phận cố định. Ngoài ra còn có máy nâng để đóng mở cửa van.

Bộ phận động của cửa van phẳng gồm có các thành phần sau đây (hình 7.5): bản mặt, ô dầm, dầm ngang (hoặc giàn ngang), dầm chính (hoặc giàn chính), giàn chịu trọng lượng, cột biên, các gối đỡ, thiết bị định hướng, vật chắn nước, thiết bị treo.

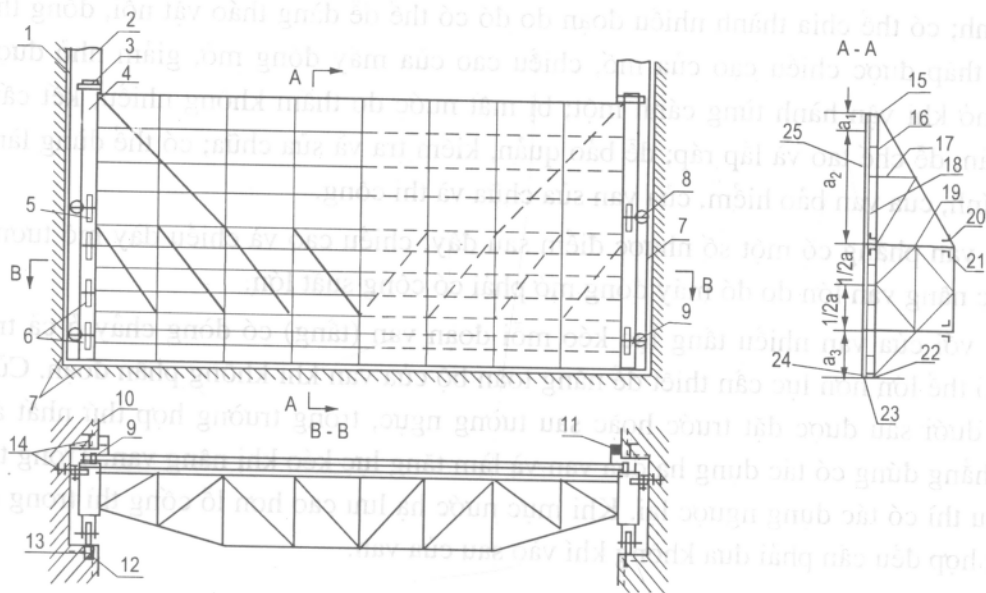
Bản mặt thường đặt về phía thượng lưu của cửa van, có tác dụng trực tiếp đỡ áp lực nước và chuyển tải trọng lên dầm phụ ngang và đứng.

Ô dầm được tạo bởi dầm phụ ngang và dầm phụ đứng, nó trực tiếp đỡ bản mặt và chuyển tải trọng từ bản mặt lên giàn ngang.

Giàn ngang chịu tải trọng từ ô dầm chuyển tới và chuyển tải trọng này lên dầm chính. Giàn ngang có tác dụng làm tăng độ cứng của mặt cắt ngang của cửa van.

Dầm chính chịu toàn bộ áp lực nước tác dụng lên cửa van và chuyển áp lực đó lên trụ biên. Dầm chính ngoài chịu uốn trong mặt phẳng ngang do áp lực nước sinh ra, còn chịu uốn trong mặt phẳng thẳng đứng do trọng lượng bản thân sinh ra vì cánh của dầm chính cũng là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng.

Giàn chịu trọng lượng được bố trí ở phía thượng và hạ lưu của cửa van, nó được tạo bởi cánh của dầm chính, cánh của giàn ngang và các thanh xiên. Giàn này chịu trọng lượng bản thân của cửa van và các tải trọng thẳng đứng khác và chuyển lên trụ biên. Ngoài ra nó còn có tác dụng bảo đảm khoảng cách không đổi giữa hai dầm chính, làm tăng ổn định của các thanh cánh nén của dầm làm giảm biến dạng thẳng đứng của dầm chính. Trong các cửa van có bản mặt bằng thép thì không cần đặt giàn chịu trọng lượng ở phía bản mặt vì bản mặt có tác dụng như bản bụng của giàn chịu trọng lượng, còn cánh của dầm chính cũng có tác dụng như thanh cánh của giàn chịu trọng lượng.



Hình 7.5: 1. Mổ; 2. Rãnh van; 3. Bộ phận treo; 4. Trụ biên; 5. Xe con (cụm bánh xe); 6. Bánh xe chính; 7. Bộ phận cố định; 8. Bánh xe lên đỉnh hướng; 9. Bánh xe ngược; 10. Bộ phận cố định của vật chắn nước; 11. Vật chắn nước bên; 12. Thép gia cố khe van; 13. Bộ phận cố định của bánh xe chính; 14. Bộ phận cố định của các bánh xe định hướng; 15. Dầm đỉnh; 16. Dầm phụ đứng; 17. Giàn ngang; 18. Dầm phụ ngang; 19. Dầm chính; 20. Cánh của dầm chính và giàn chịu trọng lượng; 21. Giàn chịu trọng lượng; 22. Vật chắn nước đáy; 23. Bộ phận cố định của vật chắn nước đáy; 24. Dầm đáy; 25. Bản mặt.

Trụ biên chịu tải trọng từ dầm chính và giàn chịu trọng lượng chuyển tới và chuyển các tải trọng này lên bộ phận gối tựa động của cửa van. Trụ biên còn dùng để nối cửa van với thiết bị kéo van.

Bộ phận gối tựa động dùng để chuyển áp lực lên bộ phận cố định của cửa van và dùng để di chuyển cửa van trong quá trình khai thác. Để hạn chế sự xô dịch ngang và lệch, cũng như để tránh xảy ra hiện tượng rung động khi cửa đóng không hoàn toàn, cần phải đặt bánh xe ngược hướng và bánh xe bên. Chúng có tác dụng như các thiết bị gối tựa phụ.

Vật chắn nước ngăn cản không cho nước chảy theo chu vi của bản mặt. Đối với cửa van đơn ở trên mặt, vật chắn nước được đặt ở ba cạnh (dọc theo ngưỡng và hai bên). Đối với cửa van ở dưới sâu đặt dọc theo cả bốn cạnh. Đối với cửa van có cửa phụ, cửa van kép và cửa van nhiều tầng, phải đặt thêm vật chắn nước tại cạnh tiếp xúc giữa các cánh van.

Thiết bị treo dùng để nối cửa van với thanh treo hoặc dây xích của máy đóng mở.

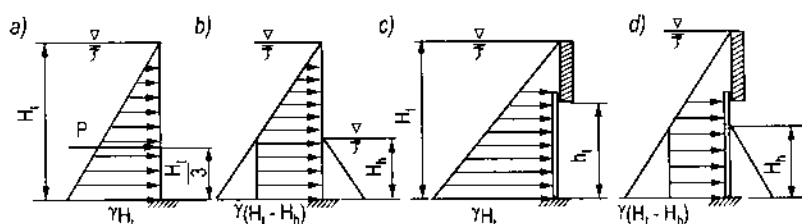
Bộ phận cố định của cửa van phẳng gồm có các thành phần sau đây: đường ray chính (mặt lăn hoặc đường trượt), đường ray ngược hướng và đường ray bên; các bộ phận cố định của vật chắn nước thẳng đứng và nằm ngang, các thép góc gia cố khe van và dầm tường ngược.

Máy đóng mở cửa van có hai loại: kiểu cố định (vít, tời, pittông thủy lực) và kiểu di động (cần trục kiểu cầu, kiểu khung...). Máy đóng mở kiểu cố định thường dùng khi số lượng cửa van ít và khi cần đóng mở nhanh.

7.2.3. Tải trọng tác dụng lên cửa van phẳng

Các tải trọng tác dụng lên cửa van đã giới thiệu trong mục 7.1, ở đây trình bày cụ thể thêm về áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van phẳng và trọng lượng bản thân của cửa van.

Biểu đồ áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van phẳng trên mặt và dưới sâu được biểu thị ở hình 7.6.



Hình 7.6

Hợp lực và vị trí của hợp lực áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van ở trên mặt khi hạ lưu không có nước (hình 7.6a) được xác định theo công thức sau:

$$P = \frac{1}{2} \gamma H_t^2 l_t \quad (7-6)$$

$$Z = \frac{1}{3} H_t \quad (7-7)$$

Còn đối với cửa van ở dưới sâu (hình 7.6c) có:

$$P = \frac{1}{2} \gamma (2H_t - h_t) h_t l_t \quad (7-8)$$

$$Z = \frac{h_t}{3} \cdot \frac{3H_t - 2h_t}{2H_t - h_t} \quad (7-9)$$

trong đó: H_t - chiều cao cột nước thượng lưu;

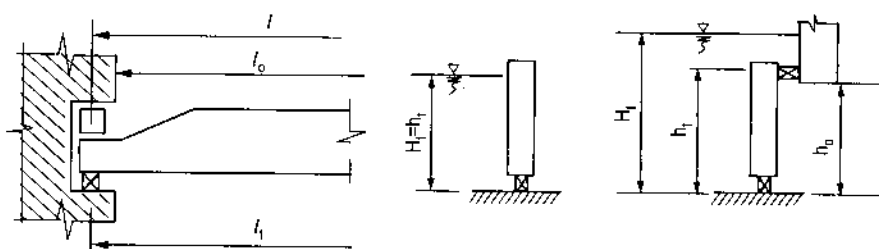
l_t - nhịp tải trọng của cửa van bằng khoảng cách giữa hai vật chắn nước bên (thẳng đứng);

h_t - chiều cao chịu tải trọng của cửa van bằng khoảng cách giữa hai vật chắn nước ngang (hình 7.7);

l_o - chiều rộng của lỗ cống;

h_o - chiều cao của lỗ cống;

l - nhịp tính toán của cửa van.



Hình 7.7

Trọng lượng bản thân của bộ phận động của cửa van khi tính toán sơ bộ có thể xác định theo các công thức kinh nghiệm sau đây:

1. Đối với cửa van phẳng dưới sâu có bánh xe:

$$g = 76 \sqrt[3]{H_c l_o^2} \text{ daN/m}^2 \quad (7-10)$$

nhưng g không được nhỏ hơn 410 daN/m².

2. Đối với cửa van phẳng trên mặt loại có bánh xe:

$$g = 64 (\sqrt[3]{H_c l_o^2} - 1) \text{ daN/m}^2 \quad (7-11)$$

nhưng g không nhỏ hơn 260 daN/m².

3. Đối với cửa van phẳng loại trượt:

$$g = 60 (\sqrt[3]{H_c l_o^2} - 1,4) \text{ daN/m}^2 \quad (7-12)$$

trong đó: g - trọng lượng phân động của cửa van phẳng tính bằng 1m² lỗ cống;

H_c - cột nước tính toán (m) tại tâm lỗ cống;

l_o - bề rộng lỗ cống (m).

Các công thức trên chỉ được dùng khi $100 \leq H_c l_o^2 \leq 2500$, với cửa van dùng liên kết hàn có dầm chính đặc và cường độ tính toán của vật liệu bằng 1400 daN/cm². Đối với cửa van dùng liên kết hàn có dầm chính rỗng thì nhẹ hơn khoảng 15%. Đối với cửa van nhiều tầng có các cánh khác nhau thì nặng hơn khoảng 10%, còn khi các cánh như nhau thì nặng hơn khoảng 20%. Trọng lượng của cửa van có cửa phụ lớn hơn từ 10 ~ 15%.

Khi các cửa van được thiết kế bằng vật liệu có cường độ tính toán khác 1400 daN/cm², cũng có thể dùng các công thức trên nhưng cần đưa thêm vào hệ số điều chỉnh k:

1. Đối với cửa van loại trượt:

$$k = \sqrt[3]{\frac{1400}{R \text{ (daN/cm}^2\text{)}}} \quad (7-13)$$

2. Đối với cửa van loại có bánh xe:

$$k = 0,2 + 0,8 \sqrt[3]{\frac{1400}{R \text{ (daN/cm}^2\text{)}}} \quad (7-14)$$

Cũng có thể xác định trọng lượng phần động của cửa van theo công thức sau:

1. Đối với cửa van phẳng trên mặt loại có bánh xe:

$$G = 10 \left(\frac{Pl_o}{200} \right)^{0,71} \text{ (kN)} \quad (7-15)$$

2. Đối với cửa van phẳng trên mặt loại trượt:

$$G = 10 \left(\frac{Pl_o}{270} \right)^{0,70} \text{ (kN)} \quad (7-16)$$

3. Đối với cửa van phẳng dưới sâu loại có bánh xe:

$$G = 10 \left(\frac{Pl_o}{390} \right)^{0,73} \text{ (kN)} \quad (7-17)$$

4. Đối với cửa van phẳng dưới sâu loại trượt:

$$G = 10 \left(\frac{Pl_o}{490} \right)^{0,70} \text{ (kN)} \quad (7-18)$$

trong đó: G - trọng lượng phần động của cửa van phẳng (kN);

P - tổng áp lực nước tác dụng lên cửa van (kN);

l_o - bề rộng của lỗ cống (m).

Các công thức trên được dùng cho cửa van kết cấu hàn có dầm chính đặc bằng thép cacbon chất lượng thông thường với cường độ tính toán của vật liệu nằm trong phạm vi $1400 \sim 1600 \text{ daN/cm}^2$. Nếu cửa van được chế tạo bằng các loại vật liệu có cường độ tính toán vượt ra ngoài giới hạn $1400 \sim 1600 \text{ daN/cm}^2$, thì cần nhân với hệ số điều chỉnh:

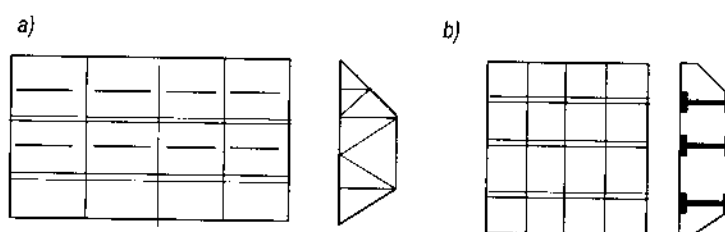
$$K = \sqrt[3]{\left(\frac{1600}{R} \right)^2} \quad (7-19)$$

7.2.4. Bố trí kết cấu và xác định kích thước chủ yếu của cửa van phẳng

7.2.4.1. Chọn số lượng dầm chính

Số lượng dầm chính phụ thuộc vào kích thước của lỗ cống, loại cửa van (trên mặt hoặc dưới sâu) và nhiệm vụ của cửa van (chính hoặc sửa chữa...). Tùy theo tỉ số giữa nhịp của cửa van L và chiều cao của cửa van H mà có thể dùng cửa van loại hai dầm chính hoặc loại nhiều dầm chính (hình 7.8).

Khi tỉ số $L/H \geq 1$ thì tốt nhất là bố trí hai dầm chính, còn khi $L/H < 1$ thì dùng cửa van nhiều dầm chính. Loại cửa hai dầm chính thường được dùng làm cửa van ở trên mặt, loại nhiều dầm chính dùng làm cửa van dưới sâu.



Hình 7.8

Cửa van hai dầm chính có ưu điểm là kết cấu đơn giản, dễ chế tạo và lắp ráp, xác định được chính xác lực tác dụng lên bộ phận gối tựa động. Cửa van nhiều dầm chính thường dùng trong cống dưới sâu và dùng khi cần hạn chế chiều cao dầm chính.

7.2.4.2. Bố trí dầm chính

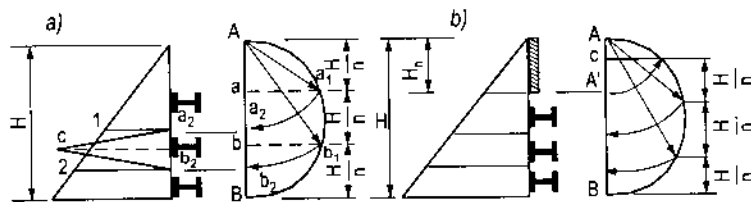
Trong cửa van ở trên mặt, các dầm chính thường được bố trí theo điều kiện các dầm chịu tải trọng bằng nhau, như vậy kích thước mặt cắt ngang của các dầm chính giống nhau, do đó dễ dàng cho việc thiết kế, chế tạo. Trong cửa van ở dưới sâu, dầm chính thường được bố trí cách đều nhau. Như vậy các dầm chính sẽ chịu tải trọng khác nhau, nhưng chênh nhau cũng không lớn. Kích thước mặt cắt các dầm chính trong trường hợp này chọn như nhau và lấy theo mặt cắt dầm chịu tải trọng lớn nhất. Tuy vật liệu có gia tăng chút ít, nhưng chế tạo sẽ đơn giản hơn nhiều.

Vị trí các dầm chính theo chiều cao có thể xác định theo phương pháp đồ giải hoặc giải tích theo điều kiện chịu tải bằng nhau.

Khi dùng phương pháp đồ giải, trước hết phải phân biểu đồ áp lực thủy tĩnh (hình tam giác hoặc hình thang) tác dụng lên cửa van thành các diện tích bằng nhau, sau đó bố trí trục dầm chính tại trọng tâm mỗi diện tích đó. Trình tự tiến hành như sau: khi biểu đồ áp lực thủy tĩnh là hình tam giác (cửa van trên mặt) có chiều cao $AB = H$. Vẽ nửa vòng tròn với bán kính là AB (hình 7.9a), nếu số dầm chính là n thì chia AB thành n đoạn bằng nhau, từ các điểm a_1, b_1, \dots vẽ các đường thẳng vuông góc với AB , cắt vòng tròn tại a_1 và b_1, \dots từ điểm A làm tâm với bán kính Aa_1 và Ab_1 , ta vẽ các cung tròn a_1a_2, b_1b_2 . Các đường thẳng đi qua a_2 và b_2 , vuông góc với AB , chia biểu đồ áp lực thủy tĩnh hình tam giác thành các diện tích bằng nhau. Để xác định trọng tâm của mỗi diện tích, ta chia cạnh xiên của hình thang thành ba phần bằng nhau. Từ các điểm phân đoạn 1 và 2 trên cạnh xiên này vẽ các đường thẳng đi qua đầu trên và dưới của cạnh thẳng đứng của hình thang chẳng hạn a_2 và b_2 . Hai đường thẳng $1a_2$ và $2b_2$ cắt nhau tại C , đường thẳng đi qua C và thẳng góc với AB xác định vị trí trọng tâm của hình thang theo chiều cao của van. Vậy vị trí của các dầm chính được xác định.

Khi biểu đồ áp lực thủy tĩnh là hình thang (cửa van dưới sâu) có chiều cao là $A'B$, trước hết vẽ nửa vòng tròn với bán kính là $AB = H$ (hình 7.9b), sau đó lấy A làm tâm vẽ

cung tròn $A'C_1$ với bán kính AA' , từ đó tìm được C . Chia CB thành n đoạn bằng nhau, các bước tiếp theo được tiến hành tương tự như trên.



Hình 7.9

Nếu dùng phương pháp giải tích để xác định vị trí của dầm chính theo điều kiện chịu tải trọng bằng nhau, thì có thể tính theo công thức sau đây:

Đối với cửa van trên mặt:

$$y_k = \frac{2H}{3\sqrt{n}} \left[k^{3/2} - (k-1)^{3/2} \right] \quad (7-20)$$

Đối với cửa van dưới sâu:

$$y_k = \frac{2H}{3\sqrt{n+B}} \left[(k+B)^{3/2} - (k-1+B)^{3/2} \right] \quad (7-21)$$

trong đó: y_k - khoảng cách từ đường trục của dầm chính đến đỉnh van (mực nước thượng lưu);

n - số lượng dầm chính;

k - số thứ tự của dầm chính từ đỉnh van;

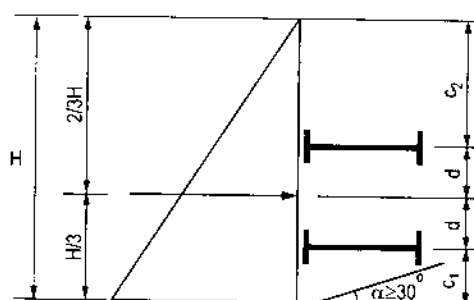
$$B = \frac{nH_n^2}{H^2 - H_n^2};$$

H_n - chiều cao cột nước ứng với mép trên của cửa van dưới sâu.

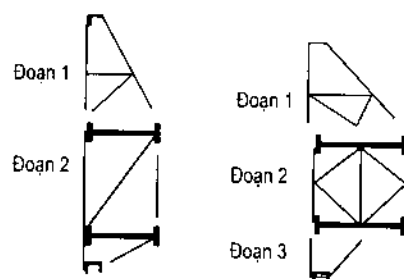
Đối với cửa van có hai dầm chính, thì vị trí của dầm phải cách đều hợp lực của áp lực thủy tĩnh (hình 7.10). Khoảng cách giữa các dầm chính chọn càng lớn thì kết cấu phần động trên các gối tựa càng ổn định làm giảm được nội lực phụ trong bản cánh của dầm chính do trọng lượng bản thân của cửa van sinh ra, vì lúc này giàn chịu trọng lượng có chiều cao lớn. Tăng khoảng cách giữa các dầm chính, còn làm giảm được phần côngxôn phía trên C_2 của cửa van, để bảo đảm có đủ độ cứng trong cửa van trên mặt côngxôn C_2 không được lớn hơn $0,45H$. Khi quyết định khoảng cách giữa các dầm chính còn cần phải xét tới điều kiện chuyên chở cửa van, khả năng của các thiết bị nâng. Khi cửa van có kích thước lớn có thể phân thành hai, ba đoạn theo chiều cao của cửa van như ở hình 7.11.

Khoảng cách từ mép dưới van đến dầm chính dưới C_1 phải đủ lớn, để không xuất hiện chân không dưới dầm chính khi kéo van. Để tránh xảy ra chân không, ta cần chọn góc tạo bởi đường nằm ngang và đường thẳng đi qua các điểm thấp nhất của phần động

không nhỏ hơn 30° (hình 7.10). Nếu điều kiện này không thoả mãn, thì cần phải khoét lỗ dọc theo đường trục của dầm chính dưới, để đưa không khí vào miền có thể xuất hiện chân không. Tổng diện tích của các lỗ này không nhỏ hơn 0,2 tổng diện tích bản bụng dầm. Đối với các dầm chính rỗng (giàn) thì khoảng cách C_1 có thể lấy nhỏ hơn khi dầm chính đặc, nhưng không nhỏ hơn 40cm.



Hình 7.10



Hình 7.11

7.2.4.3. Nhịp tính toán của dầm chính

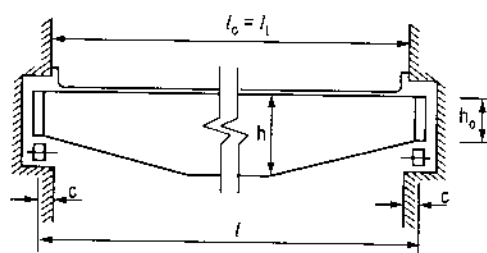
Nhịp tính toán của dầm chính được xác định theo công thức:

$$l = l_0 + 2c \quad (7-22)$$

trong đó: l_0 - bề rộng của lỗ cống;

c - khoảng cách từ mép rãnh van tới trung tâm của gối tựa van (hình 7.12), khi tính toán sơ bộ có thể lấy như sau:

l_0 (m)	H (m)	c (mm)
10	6	200 ~ 250
20	8	300 ~ 400
30 ~ 40	12 ~ 15	500 ~ 800



Hình 7.12

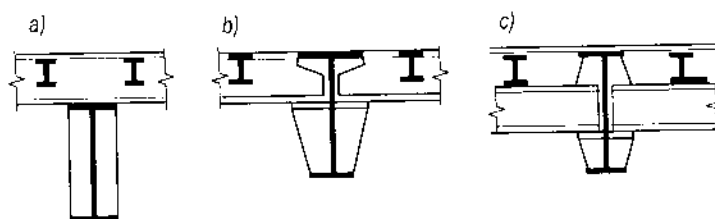
7.2.4.4. Hình thức dầm chính

Tùy theo nhịp của cửa van và chiều cao cột nước mà dầm chính có thể dùng dầm định hình, dầm ghép hoặc giàn. Khi cửa van có nhịp nhỏ (dưới 5m) có thể dùng dầm định hình vì dầm chính chịu mômen uốn và lực cắt không lớn. Khi van có nhịp không lớn lắm, mà chiều cao cột nước lại khá lớn, thì dùng dầm ghép là thích hợp. Vì dầm chính chịu lực cắt lớn hơn nhiều so với mômen uốn. Trường hợp chịu lực này thường gặp trong cửa van dưới sâu. Khi nhịp van rất lớn (20 ~ 30m) cột nước lại không lớn, lúc này dùng dầm chính rỗng (giàn) là tốt hơn cả vì dầm chính chịu mômen uốn lớn hơn nhiều so với lực cắt. Trường hợp này thường gặp ở cửa van trên mặt.

7.2.4.5. Bố trí ô dầm

Ô dầm chịu tải trọng do bản mặt chuyển tới, hay nói khác đi ô dầm là gối tựa của bản mặt. Vậy kích thước của ô dầm đặc trưng cho kích thước tính toán của bản mặt, do đó nó quyết định chiều dày cần thiết của bản mặt.

Ô dầm có thể bố trí trước dầm chính (hình 7.13a), bố trí cùng chiều cao với dầm chính (hình 7.13b) hoặc bố trí thấp hơn dầm chính (hình 7.13c). Ô dầm bố trí trước dầm chính có dầm phụ ngang và đứng bố trí cùng chiều cao, còn dầm chính đặt thấp hơn dầm phụ đứng. Cách bố trí này có các ưu điểm sau: bản mặt tựa trên bốn cạnh, liên kết giữa dầm phụ đứng và dầm chính khá đơn giản, ô dầm và bản mặt hoàn toàn tách rời khỏi dầm chính nên có thể chế tạo riêng từng bộ phận trong xưởng. Nhưng cách bố trí này cũng có các nhược điểm sau: độ cứng tổng thể của cửa van kém, nên khi nhíp của cửa van tương đối lớn (trên 10m) cần phải đặt giàn chịu trọng lượng ở phía thượng lưu của dầm chính (phía bản mặt); chiều dày của cửa van tăng, do đó cũng làm tăng bề rộng của rãnh van; bản mặt không tham gia chịu lực với dầm chính, đồng thời phải tăng số dầm phụ ngang do bản mặt không đặt sát dầm chính, vì vậy tốn vật liệu hơn.



Hình 7.13

Ô dầm bố trí cùng chiều cao (bằng mặt) với dầm chính có các ưu điểm sau đây: bản mặt, ô dầm và dầm chính tạo thành một khối vững chắc, do đó không cần bố trí giàn chịu trọng lượng ở phía thượng lưu của dầm chính; bản mặt được tựa lên bốn cạnh; bản mặt tham gia chịu lực cùng với dầm chính. Cách bố trí này chỉ có một nhược điểm là liên kết ô dầm với dầm chính khá phức tạp.

Ô dầm bố trí thấp hơn dầm chính là cách bố trí có dầm phụ ngang đặt bằng mặt với dầm chính, còn dầm phụ đứng đặt thấp hơn dầm chính. Kiểu bố trí này có các ưu điểm sau: dầm phụ ngang không phải cắt thành từng đoạn, nên liên kết giữa dầm phụ ngang và đứng rất đơn giản, dầm phụ ngang lúc này có thể coi như một dầm liên tục; ứng suất của bản mặt khi chịu áp lực thủy tĩnh có phương thẳng đứng, còn ứng suất trong bản mặt khi tham gia chịu lực với dầm phụ ngang hoặc dầm chính lại có phương nằm ngang, do đó tận dụng hết khả năng làm việc của vật liệu. Cách bố trí này có nhược điểm là bản mặt không tham gia chịu lực với dầm phụ đứng và không sử dụng được khi dầm chính rỗng (giàn).

Khi bố trí ô dầm cần phải chú ý tới chiều dày của bản mặt. Cách bố trí ô dầm được coi là hợp lý khi chiều dày cần thiết của bản mặt gần bằng nhau trên toàn cửa van và phù

hợp với quy cách của thép bản, đồng thời có tổng trọng lượng thép dùng làm bản mặt và ô dầm là nhỏ nhất. Để đạt được yêu cầu trên cần phải thông qua so sánh một vài phương án bố trí mới tìm được.

Khi bố trí ô dầm còn cần phải xét tới hình thức và khoảng cách giữa các giàn ngang. Hình thức, kích thước và khoảng cách của giàn ngang lại có liên quan tới khoảng mắt của giàn chính. Khoảng mắt của giàn chính lại có liên quan tới khoảng mắt của giàn chịu trọng lượng. Cho nên khi bố trí kết cấu cửa van, cần phải xét một cách toàn diện các vấn đề đã nêu ở trên.

7.2.5. Tính toán các cấu kiện của bộ phận động

7.2.5.1. Bản mặt

Bản mặt của cửa van thường làm bằng thép, ít khi làm bằng gỗ và thường bố trí ở phía thượng lưu. Chiều dày của bản mặt được xác định từ điều kiện cường độ. Tùy theo cách bố trí ô dầm mà bản mặt có thể tựa trên bốn cạnh hoặc hai cạnh. Vì ô dầm có thể biến dạng nên liên kết của bản mặt được coi là ngàm đàn hồi theo bốn cạnh.

Giá trị mômen uốn lớn nhất trong trường hợp này tại cạnh dài của bản mặt được xác định theo công thức sau đây:

$$M = \alpha p a^2 \quad (7-23)$$

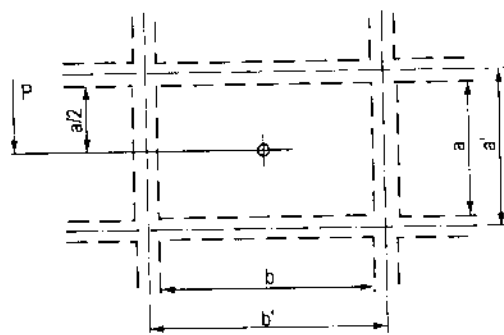
trong đó:

p - cường độ áp lực thủy tĩnh tại tâm của ô bản mặt được xét;

a - cạnh ngắn của ô bản mặt;

b - cạnh dài của ô bản mặt, nếu dùng liên kết hàn thì a và b được tính theo các trục của đường hàn (hình 7.14).

α - hệ số phụ thuộc vào tỉ số giữa cạnh lớn và cạnh nhỏ của ô bản mặt, giá trị của nó cho ở bảng 7.1.



Hình 7.14

Bảng 7.1. Giá trị của hệ số α

b/a	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	∞
α	0,0388	0,0415	0,0460	0,050	0,0535	0,0565	0,0587	0,0606	0,0616	0,0620	0,0622	0,0625

Khi tỉ số $b/a > 2$ hoặc khi ô bản mặt tựa lên hai gối ngàm với nhịp là a , thì mômen uốn lớn nhất trong trường hợp này được xác định theo công thức sau:

$$M = 0,0625pa^2 \quad (7-24)$$

Từ điều kiện về cường độ của bản mặt, ta có:

$$\sigma = \frac{6M}{\delta^2} \leq m_b R_u \quad (7-25)$$

trong đó:

R_u - cường độ tính toán khi chịu uốn của vật liệu làm bản mặt, xem bảng 1.5.

m_b - hệ số điều kiện làm việc của bản mặt, lấy $m_b = 1$ nếu bản mặt được tựa trên hai cạnh và lấy $m_b = 1,25$ nếu bản mặt được tựa trên bốn cạnh.

Nếu biết giá trị của cường độ tính toán, thì từ công thức (7-25) xác định được chiều dày cần thiết của bản mặt:

$$\delta = \sqrt{\frac{6M}{m_b R_u}} \quad (7-26)$$

Đối với trường hợp bản mặt tựa trên hai cạnh ta có:

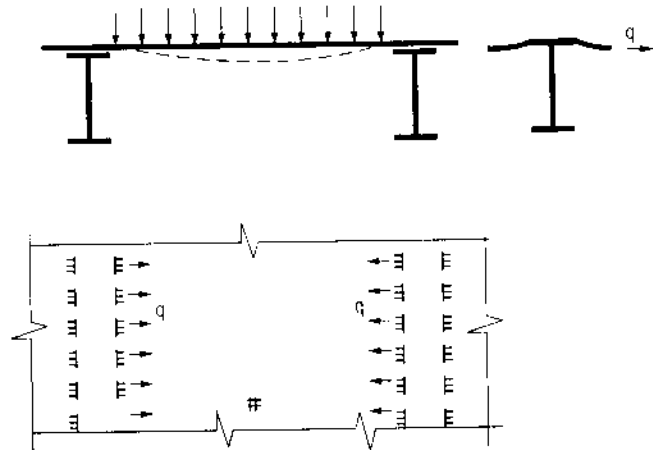
$$\delta = 0,61a \sqrt{\frac{p}{R_u}} \quad (7-27)$$

hoặc khoảng cách lớn nhất giữa các gối tựa khi biết chiều dày của bản mặt được xác định theo công thức:

$$a = 1,63\delta \sqrt{\frac{R_u}{p}} \quad (7-28)$$

Chiều dày bản mặt không nhỏ hơn 4mm trong các cửa van có nhịp không lớn hơn 2m và chiều cao cột nước không lớn hơn 6m. Trong các cửa van có nhịp lớn hơn 10m, chiều dày bản mặt không nhỏ hơn 10mm, trong các trường hợp còn lại không nhỏ hơn 6mm. Chiều dày bản mặt nên lấy thống nhất trên toàn cửa van, nhất là đối với cửa van ở dưới sâu.

Khi bản mặt chịu uốn dưới tác dụng của áp lực nước tại vị trí liên kết giữa bản mặt với dầm sinh ra lực kéo (hình 7.15).



Hình 7.15

Giá trị của lực kéo này được xác định gần đúng theo công thức sau:

$$q = 0,07\delta\sigma_{\max} \text{ (daN/cm)} \quad (7-29)$$

trong đó: δ - chiều dày của bản mặt;

σ_{\max} - ứng suất lớn nhất của bản mặt do áp lực thủy tĩnh sinh ra.

Nếu bản mặt và ô dầm được liên kết với nhau bằng đường hàn góc, thì chiều cao cần thiết của đường hàn được xác định từ điều kiện ứng suất tiếp trong đường hàn do lực kéo q và lực cắt (khi bản mặt tham gia chịu lực cùng với phân tố dầm) sinh ra phải nhỏ hơn cường độ tính toán của đường hàn góc.

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_q^2 + \tau_Q^2} \leq R_g^h \quad (7-30)$$

Mối nối ghép các tấm thép làm bản mặt, tốt nhất là bố trí tại đường trục của phân tố ô dầm để dễ dàng cho việc thi công. Mối nối các tấm bản mặt có thể là nằm ngang hoặc thẳng đứng, cố gắng bố trí nhiều mối nối ngang. Khi dùng hàn tự động hoặc có phương pháp tiên tiến để kiểm tra chất lượng đường hàn, thì có thể bố trí các mối nối tại vị trí bất kì, không nhất thiết phải bố trí lại đường trục của các phân tố ô dầm.

7.2.5.2. Tính toán ô dầm

Tuỳ theo hình thức cấu tạo của ô dầm, mà các dầm phụ được tính toán khác nhau.

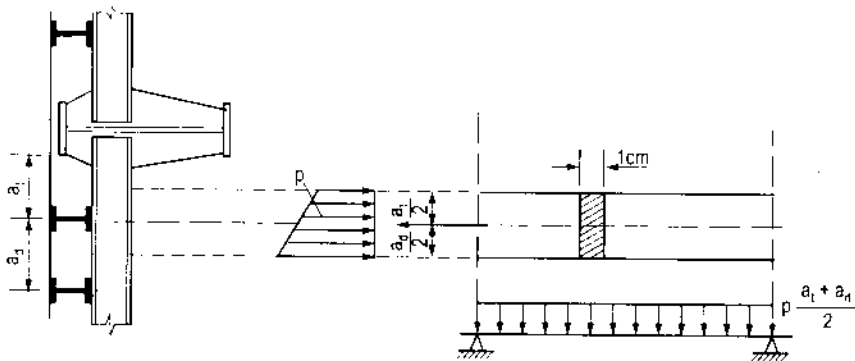
Nếu ô dầm bố trí thấp như ở hình 7.16, có bản mặt tựa lên hai cạnh là các dầm phụ ngang, thì các dầm phụ ngang là các dầm liên tục chịu tải trọng phân bố đều có cường độ được xác định theo công thức sau:

$$q = p \frac{a_l + a_d}{2} \text{ (daN/cm)} \quad (7-31)$$

Trong đó: q - tải trọng phân bố tác dụng lên dầm phụ;

p - cường độ áp lực thủy tĩnh tại trục của dầm đó.

Còn dầm phụ đứng chịu tải trọng tập trung từ các dầm phụ ngang truyền tới, khi tính toán có thể coi là dầm đơn có gối tựa là dầm chính, dầm đỉnh hoặc dầm đáy.



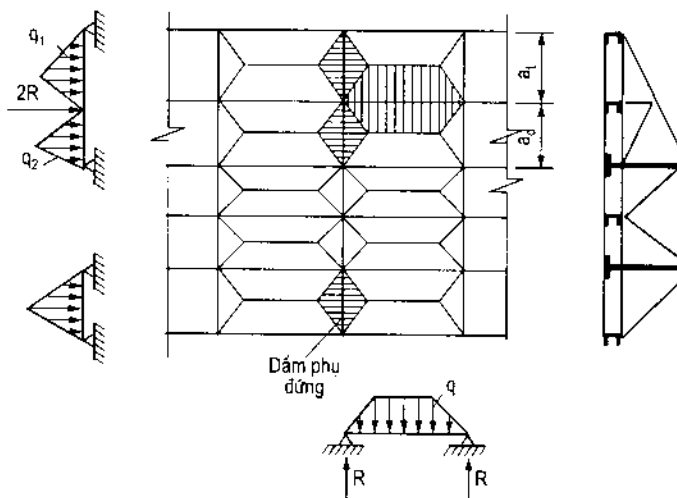
Hình 7.16

Nếu ô dầm có các dầm phụ bố trí cùng chiều cao, lúc này bản mặt được tựa trên bốn cạnh, do đó dầm phụ đứng và dầm phụ ngang đồng thời chịu áp lực nước do bản mặt chuyển tới. Diện tích tải trọng tác dụng lên các dầm phụ có thể phân phối theo đường phân giác, như biểu thị ở hình 7.17. Trong hình vẽ này vì khoảng cách giữa các dầm phụ đứng lớn hơn khoảng cách giữa các dầm phụ ngang, cho nên diện tích áp lực nước dầm phụ ngang phải chịu là hình sáu cạnh (nếu khoảng cách giữa các dầm phụ đứng nhỏ hơn khoảng cách giữa các dầm phụ ngang, thì diện tích áp lực nước dầm phụ ngang phải chịu là hình vuông). Vậy tải trọng phân bố dọc theo trục dầm là hình thang, cường độ tải trọng của đoạn phân bố đều bằng:

$$q = p \frac{a_l + a_d}{2} \text{ (daN/cm)} \quad (7-32)$$

trong đó: p - cường độ áp lực thủy tĩnh tại trục dầm (daN/cm^2);

a_l, a_d - khoảng cách từ dầm phụ ngang đang xét tới dầm phụ trên nó và dưới nó.



Hình 7.17

Dầm phụ đứng ngoài chịu áp lực nước do bản mặt trực tiếp truyền tới, còn chịu lực tập trung do dầm phụ ngang chuyển tới, như ở hình 7.17. Cường độ tải trọng của dầm phụ đứng được tính theo công thức sau:

$$q_1 = p_1 a_l \text{ (daN/cm)} \quad (7-33)$$

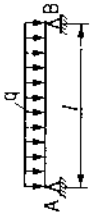
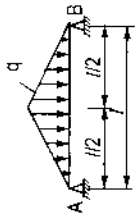
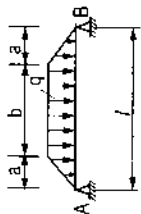
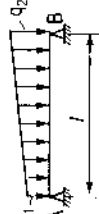
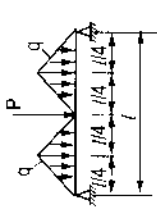
$$q_2 = p_2 a_d \text{ (daN/cm)}$$

trong đó: p_1, p_2 - cường độ áp lực thủy tĩnh tại tâm diện tích tải trọng hình vuông ứng với đoạn a_l (daN/cm^2) và đoạn a_d ;

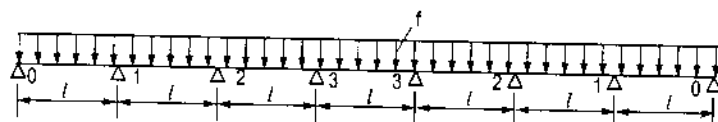
a_l, a_d - khoảng cách giữa các dầm phụ ngang có liên quan tới dầm phụ đứng.

Sau khi xác định được tải trọng tác dụng lên các dầm phụ, tiến hành tính toán nội lực (có thể sử dụng bảng 7.2 và 7.3) và chọn tiết diện của dầm phụ.

Bảng 7.2. Phản lực gối tựa và mômen uốn lớn nhất của dầm đơn

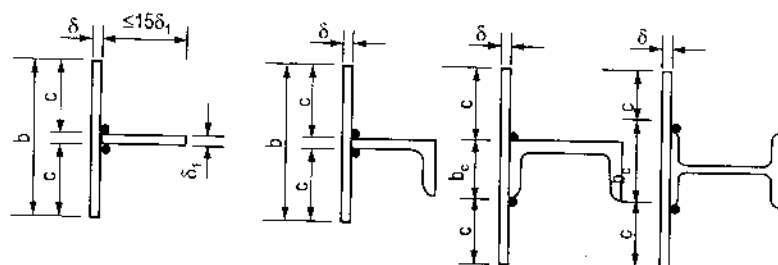
Sơ đồ tải trọng	Phản lực gối tựa		Mômen uốn lớn nhất	
	R_A	R_B	M_{\max}	Vị trí có M_{\max}
	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{8}$	Giữa nhịp
	$\frac{1}{4}ql$	$\frac{1}{4}ql$	$\frac{1}{12}ql^2$	Giữa nhịp
	$\frac{q}{2}(a+b)$	$\frac{q}{2}(a+b)$	$\frac{ql^2}{8} - \frac{qa^2}{6}$	Giữa nhịp
	$\frac{1}{6}(q_2 + 2q_1)$	$\frac{1}{6}(q_1 + 2q_2)$	$M_x = R_A x - \frac{qx^2}{2} - \frac{x^3}{6l}(q_2 - q_1)$ x tìm được từ $\frac{dM_x}{dx} = 0$	
	$\frac{ql}{2} + \frac{P}{2}$	$\frac{ql}{4} + \frac{P}{2}$	$\frac{ql^2}{6} + \frac{Pl}{4}$	Giữa nhịp

Bảng 7.3. Mômen uốn và phản lực gối tựa trong dầm liên tục nhiều nhịp chịu tải trọng phân bố đều



Thứ tự	Tên những đại lượng cần tìm	Kí hiệu	Số nhịp						Công thức tính toán
			2	3	4	5	6	7	
			Giá trị của hệ số k						
1	Phản lực gối tựa	R_0	0,375	0,400	0,400	0,393	0,935	0,394	$R = kql$
2		R_1	1,250	1,100	1,100	1,143	1,135	1,134	
3		R_2				0,929	0,962	0,695	
4		R_3					1,019	1,007	
5	Mômen uốn tại gối tựa	M_1	-0,125	-0,100	-0,107	-0,105	-0,106	-0,106	$M = kql^2$
6		M_2			-0,072	-0,079	-0,077	-0,077	
7		M_3					-0,087	-0,085	
8	Mômen uốn trong nhịp	M_{01max}	0,070	0,080	0,077	0,087	0,078	0,078	$M = kql^2$
9		M_{12max}		0,025	0,036	0,033	0,034	0,034	
10		M_{23max}				0,046	0,034	0,044	
11		M_{34max}						0,040	

Dầm phụ thường làm bằng thép định hình, hình dạng tiết diện dầm cần phải bảo đảm tránh đọng nước và bùn cát, một vài tiết diện thường dùng được biểu thị ở hình 7.18.



Hình 7.18

Khi dầm phụ được hàn chặt với bản mặt, thì có thể xét thêm một phần bản mặt cùng tham gia chịu uốn với dầm phụ. Bề rộng của bản mặt tham gia chịu lực với dầm phụ lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong các giá trị sau đây:

$$b \leq b_c + 2c$$

$$b \leq \frac{a_t + a_d}{2} \quad (7-34)$$

$$b \leq 0,3l_0$$

trong đó: b_c - bề rộng dầm phụ tiếp giáp với mặt;

c - 25δ đối với thép BCT3 hoặc M16C, còn đối với thép hợp kim thấp lấy $c = 20\delta$, trong đó δ là chiều dày của bản mặt;

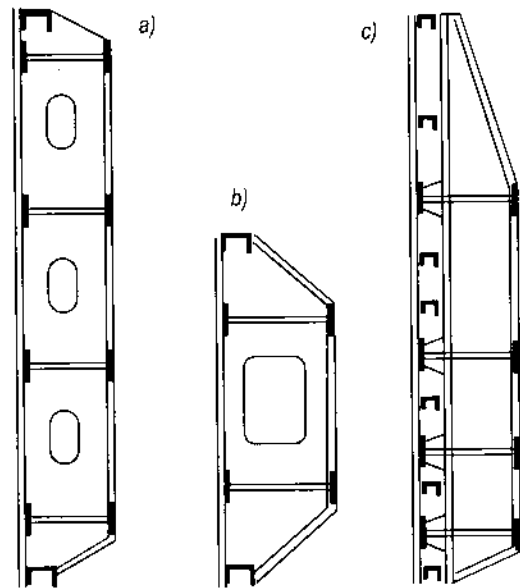
a_t, a_d - khoảng cách từ dầm được xét tới các dầm trên và dưới nó;

l_0 - chiều dài tính toán của dầm đơn hay khoảng cách giữa các điểm không của biểu đồ mômen uốn trong dầm liên tục (l_0 có thể lấy bằng một nửa nhịp tính toán của dầm liên tục khi dầm liên tục có các nhịp bằng nhau).

Sau khi tìm được nội lực trong dầm phụ, căn cứ vào mômen chống uốn yêu cầu để chọn số hiệu của thép định hình. Phải tiến hành kiểm tra cường độ và biến dạng cho tiết diện chọn, có xét tới bản mặt tham gia chịu lực. Độ võng tương đối giới hạn của dầm phụ của cửa van lấy bằng $\frac{1}{n_0} = \frac{1}{250}$.

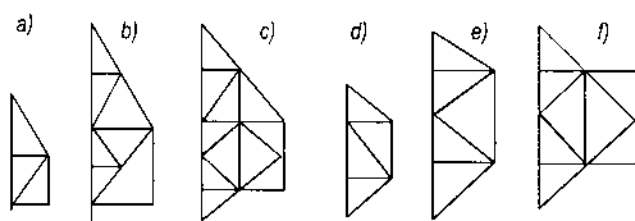
7.2.5.3. Tính toán giàn ngang

Giàn ngang là một trong những bộ phận chủ yếu của cửa van. Nó có tác dụng truyền áp lực nước từ ô dầm tới dầm chính. Ngoài ra, nó còn chịu các lực không nằm trong mặt phẳng của dầm chính và mômen xoắn trong kết cấu không gian. Giàn ngang có tác dụng phân đều tải trọng lên các dầm chính, khi có một dầm chịu tải lớn hơn. Giàn ngang giữ một vai trò rất quan trọng trong việc bảo đảm cho các cấu kiện cơ bản của van làm việc đồng thời, tác dụng này biểu hiện rõ rệt khi giàn ngang càng cứng. Có hai loại giàn ngang: giàn ngang loại đặc và giàn ngang loại rỗng (loại dầm và loại giàn).



Hình 7.19

Tùy theo kích thước của cửa van, số lượng dầm chính và khoảng cách giữa chúng mà chọn loại thích hợp như hình 7.19 và 7.20.



Hình 7.20

Khi chiều cao của dầm chính không lớn lắm và khoảng cách giữa chúng nhỏ thì tốt nhất là dùng kiểu dầm (đặc). Giàn ngang đặc như ở hình 7.19a và b được dùng trong cửa van không có dầm phụ, hình 7.19c dùng khi có dầm phụ.

Trong cửa van hai dầm chính có chiều cao lớn thì thường dùng kiểu giàn, hình 7.20 biểu thị một số sơ đồ giàn ngang của cửa van trên mặt và dưới sâu. Chọn hình thức các thanh bụng của giàn ngang chủ yếu phụ thuộc vào chiều cao của cửa van, chiều cao của dầm chính, khoảng cách giữa các dầm chính. Góc giữa các thanh xiên và thanh cánh tốt nhất là nằm trong khoảng $30 \sim 60^\circ$. Các thanh bụng cần chọn đơn giản, tính định và có nhiều thanh giống nhau.

Giàn ngang như ở hình 7.20a được dùng trong cửa van có kích thước tương đối nhỏ $H \leq 3,5\text{m}$, $l \leq 7\text{m}$. Loại ở hình 7.20b dùng trong cửa van có chiều cao khá lớn nhưng nhịp không lớn lắm $H = 5,5 \sim 7,5\text{m}$, $l = 8,5 \sim 14\text{m}$. Hình 7.20c dùng trong cửa van có chiều cao và nhịp đều tương đối lớn $H = 5,5 \sim 7,5\text{m}$, $l = 20 \sim 30\text{m}$. Các loại ở hình 7.20d, e và f dùng trong cửa van dưới sâu, khi biểu đồ áp lực thủy tĩnh là hằng số thì giàn ngang thiết kế đối xứng với trục nằm ngang là tốt hơn cả.

Giàn ngang bố trí trong mặt phẳng các thanh đứng của giàn chính, khi dầm chính đặc thì bố trí trong mặt phẳng của các sườn gia cố ngang. Số lượng giàn ngang nên chọn là số lẻ, để số khoảng mắt của dầm chính và giàn chịu trọng lượng là số chẵn, để đảm bảo các giàn đó có cấu tạo đối xứng.

Khi dùng giàn ngang đặc nói chung không cần tính toán, thường chọn theo yêu cầu cấu tạo. Còn giàn ngang rộng được tiến hành như sau:

Trước hết cần xác định tải trọng tập trung tác dụng lên mắt giàn do áp lực thủy tĩnh sinh ra (hình 7.21b). Nếu khoảng cách giữa các giàn ngang bằng nhau, thì diện tích tải trọng mà mỗi giàn ngang phải chịu sẽ bằng khoảng cách b giữa các giàn. Vậy tải trọng phân bố tác dụng lên mỗi giàn ngang biểu thị như ở hình 7.21a, với cường độ tải trọng phân bố tại mắt thứ i của giàn bằng:

$$p_i = \gamma H_i b \text{ (daN/cm)}$$

Tải trọng phân bố tác dụng lên mỗi thanh giàn được đưa về các mắt giàn theo quy tắc phân lực song song. Chẳng hạn với cửa van ở trên mặt như ở hình 7.21, có:

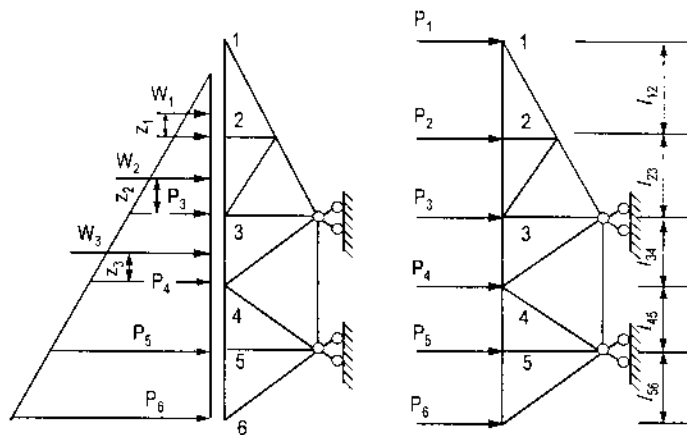
$$P_i = W_i \frac{Z_i}{l_{12}}$$

$$P_2 = W_1 \frac{(l_{12} - Z_1)}{l_{12}} + W_2 \frac{Z_2}{l_{23}} \dots$$

trong đó: W_1, W_2 - hợp lực của tải trọng phân bố tác dụng lên các thanh l_{12}, l_{23} ;

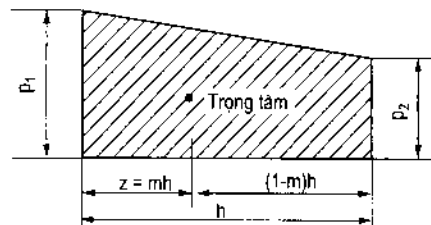
Z_1, Z_2 - toạ độ của các điểm đặt của hợp lực W_1, W_2 .

Có thể dùng bảng 7.4



Hình 7.21

Bảng 7.4. Xác định toạ độ trọng tâm của hình thang $Z = mh$



p_1/p_2	m	p_1/p_2	m	p_1/p_2	m
1	2	3	4	5	6
1,01	0,4992	1,11	0,4912	1,22	0,4835
1,02	0,4984	1,12	0,4905	1,24	0,4822
1,03	0,4976	1,13	0,4898	1,26	0,4809
1,04	0,4968	1,14	0,4890	1,28	0,4795
1,05	0,4960	1,15	0,4883	1,30	0,4782
1,06	0,4952	1,16	0,4877	1,32	0,4770
1,07	0,4944	1,17	0,4870	1,34	0,4758
1,08	0,4936	1,18	0,4862	1,36	0,4746
1,09	0,4928	1,19	0,4855	1,38	0,4733
1,10	0,4920	1,20	0,4849	1,40	0,4721

1	2	3	4	5	6
1,45	0,4693	2,20	0,4375	4,00	0,4000
1,50	0,4667	2,30	0,4343	4,20	0,3975
1,55	0,4641	2,40	0,4312	4,40	0,3950
1,60	0,4616	2,50	0,4284	4,60	0,3928
1,65	0,4592	2,60	0,4259	4,80	0,3908
1,70	0,4568	2,70	0,4233	5,00	0,3849
1,75	0,4545	2,80	0,4209	5,50	0,3848
1,80	0,4523	2,90	0,4188	6,00	0,3810
1,85	0,4502	3,00	0,4168	6,50	0,3778
1,90	0,4482	3,20	0,4128	7,00	0,3750
1,95	0,4462	3,40	0,4090	7,50	0,3725
2,00	0,4443	3,60	0,4060	8,00	0,3702
2,10	0,4409	3,80	0,4030	9,00	0,3668
				10,00	0,3636

Cũng có thể phân tải trọng phân bố hình thang trong mỗi thanh giàn thành hai tải trọng phân bố hình tam giác để đưa tải trọng phân bố về tải trọng tập trung tại các mắt giàn. Chẳng hạn:

$$P_3 = \frac{P_2 l_{23}}{6} + \frac{P_3 l_{23}}{3} + P_3 \frac{l_{34}}{3} + P_4 \frac{l_{34}}{6}; \dots$$

Sau khi đã xác định được các tải trọng tập trung tại các mắt giàn, cần phải tiến hành kiểm tra. Chẳng hạn với cửa van ở trên mặt phải có:

$$\sum P_i = \frac{1}{2} \gamma H^2 b$$

trong đó: H - chiều cao cột nước tính toán;

b - khoảng cách giữa các giàn ngang.

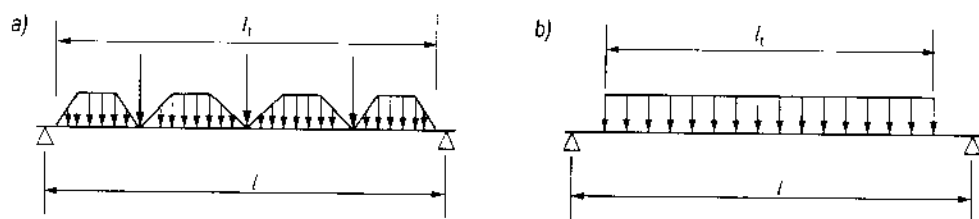
Sau khi đã xác định được tải trọng tác dụng vào mắt giàn, tiến hành tính nội lực trong các thanh. Khi xác định nội lực ta giả thiết giàn ngang tựa lên thanh cánh chịu kéo của dầm chính như ở hình 7.21.

Cấu tạo và tính toán các thanh giàn đã trình bày trong chương 6. Ở đây cần chú ý thanh cánh thượng của giàn ngang là thanh chịu tải trọng trực tiếp từ bản mặt và dầm phụ chuyển tới nên ngoài chịu lực dọc nó còn chịu uốn. Giá trị của mômen uốn này được xác định tương tự như trong thanh cánh của giàn khi tải trọng không đặt đúng mắt (đã trình bày trong chương 6). Cũng cần chú ý thanh hạ của giàn ngang đồng thời cũng là thanh đứng của giàn chịu trọng lượng, nên nội lực trong thanh này bằng tổng nội lực do áp lực nước sinh ra và nội lực do trọng lượng bản thân của cửa van sinh ra (khi nó là thanh đứng của giàn chịu trọng lượng).

7.2.5.4. Tính toán dầm chính

- Tải trọng tác dụng lên dầm chính

Dầm chính chịu toàn bộ áp lực thủy tĩnh do bản mặt và ô dầm chuyển tới thông qua giàn ngang. Vậy tải trọng tác dụng lên dầm chính gồm lực tập trung do giàn ngang chuyển tới và lực phân bố do bản mặt chuyển tới khi dầm chính trực tiếp đỡ bản mặt (hình 7.22a). Để đơn giản tính toán ta coi như dầm chịu tải trọng phân bố đều với nhịp tải trọng l_t bằng khoảng cách giữa hai vật chắn nước bên (hình 7.22b).



Hình 7.22

Vị trí của dầm chính tốt nhất nên bố trí cách đều hợp lực của áp lực thủy tĩnh W , nếu do các yêu cầu khác mà vị trí của hai dầm chính phải bố trí không còn cách đều hợp lực của áp lực thủy tĩnh nữa thì hai dầm chính sẽ chịu tải trọng khác nhau. Trong trường hợp này cần xác định tải trọng tác dụng lên mỗi dầm. Nếu gọi W là tổng áp lực thủy tĩnh trên một mét dài của van, thì tải trọng tác dụng lên mỗi mét dài dầm chính được xác định theo công thức sau:

$$q_t = W \frac{d_1}{d_1 + d_2} \text{ và } q_d = W \frac{d_2}{d_1 + d_2} \quad (7-35)$$

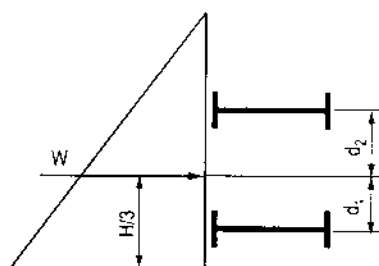
trong đó:

q_t, q_d - cường độ của tải trọng phân bố đều tác dụng lên dầm chính trên và dưới;

d_1, d_2 - khoảng cách từ hợp lực của áp lực thủy tĩnh tới dầm chính dưới và trên;

W - hợp lực của áp lực thủy tĩnh, với cửa van ở trên mặt (hình 7.23) có:

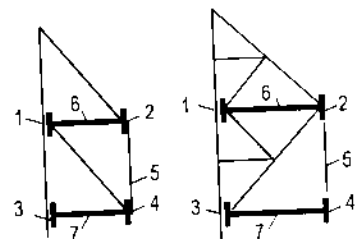
$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \quad (7-36)$$



Hình 7.23

Khi tính toán và cấu tạo dầm chính cần chú ý các phân tố dầm đồng thời là thành phần của các bộ phận khác của kết cấu cửa van. Chẳng hạn như cánh của dầm hoặc giàn chính (các phân tố 1, 2, 3 và 4 trong hình 7.24) đồng thời cũng là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng. Các thanh đứng (6 và 7) của giàn chính hoặc sườn gia cố ngang của dầm chính đồng thời cũng là các thanh đứng của giàn ngang. Thanh cánh hạ (5) của giàn ngang đồng thời cũng là thanh đứng của giàn chịu trọng lượng.

Dưới tác dụng của áp lực nước nằm ngang, thanh cánh phía thượng lưu (1 và 3) của dầm hoặc giàn chính chịu nén, còn các thanh cánh phía hạ lưu (2 và 4) chịu kéo. Dưới tác dụng của trọng lượng bản thân và các tải trọng thẳng đứng khác, các thanh cánh 1 và 2 (lúc này là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng) chịu nén, còn các thanh cánh 3 và 4 lại chịu kéo. Vậy thanh cánh nén 1 của dầm hoặc giàn) chính trên và thanh cánh chịu kéo 4 của dầm chính dưới tăng thêm nội lực khi chịu các tải trọng thẳng đứng, còn các thanh cánh 2 và 3 thì ngược lại. Để dễ chế tạo thường chọn các dầm hoặc giàn chính có kích thước như nhau. Dùng nội lực tổng cộng lớn nhất để chọn kích thước của thanh cánh. Khi thiết kế sơ bộ có thể lấy nội lực do trọng lượng bản thân sinh ra trong các thanh cánh của dầm chính bằng khoảng 10% nội lực do áp lực nước sinh ra.

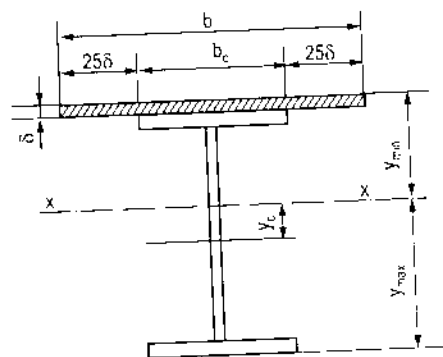


Hình 7.24

- Thiết kế dầm chính

Dầm chính thường dùng tiết diện chữ I được ghép bằng ba bản thép và được liên kết hàn với nhau. Trình tự thiết kế đã trình bày trong chương 4 nhưng cần chú ý một số điểm sau.

Khi dầm chính được hàn chặt với bản mặt, thì phải xét bản mặt cùng tham gia chịu lực. Bề rộng tham gia chịu lực được xác định theo công thức (7-34), tương tự như đối với dầm phụ. Vậy mặt cắt ngang của dầm chính là không đối xứng (hình 7.25). Nhưng để tận dụng hết khả năng làm việc của bản cánh, diện tích tiết diện ngang của bản cánh cần chọn như nhau, để cho ứng suất kéo gần bằng ứng suất nén.



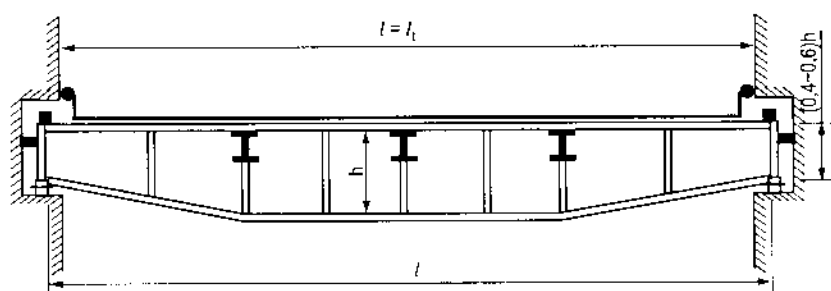
Hình 7.25

Ứng suất pháp lớn nhất trong dầm do áp lực nước sinh ra phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{J_x} y_{\max} \leq 0,9R_u \quad (7-37)$$

Cánh của dầm chính còn làm nhiệm vụ thanh cánh hạ của giàn chịu trọng lượng, do đó cần có dự trữ 10% cường độ của vật liệu để chịu trọng lượng bản thân.

Để tiết kiệm thép, giảm chiều rộng rãnh van, nên dùng dầm chính có tiết diện thay đổi. Nói chung điểm đổi tiết diện cách gối dầm 1/6 nhịp là lợi nhất. Do yêu cầu cấu tạo, giàn ngang của dầm chính không nên thay đổi tiết diện, vì vậy các điểm thay đổi tiết diện phải bắt đầu từ vị trí đặt giàn ngang ở hai đầu (hình 7.26). Chiều cao tiết diện dầm chính tại gối tựa thường lấy bằng 0,4 ~ 0,6 chiều cao dầm tại giữa nhịp.



Hình 7.26

Thanh đứng của giàn chịu trọng lượng đồng thời cũng là sườn tăng cường độ cứng của bản bụng dầm chính. Do đó vị trí của giàn ngang quyết định vị trí sườn gia cố ngang. Tiêu chuẩn thiết kế quy định khi $h_b/\delta_b > 100$ thì khoảng cách lớn nhất a_{\max} giữa các sườn ngang bằng hai lần chiều cao của bản bụng. Vậy nếu khoảng cách giữa hai giàn lớn hơn a_{\max} thì cần phải đặt thêm một sườn ngang ở giữa hai giàn ngang, xem hình 7.26.

Ổn định của bản bụng dầm có bản cánh chịu nén hàn chặt vào bản mặt được tiến hành kiểm tra theo công thức (4-53):

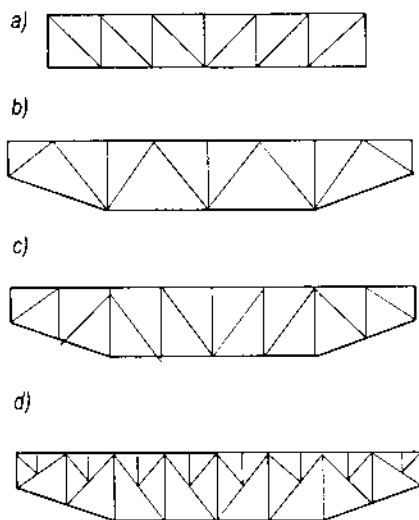
$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{\sigma_{th}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_b}{\tau_{th}}\right)^2} \leq m$$

Trong đó giá trị σ_{th} được xác định theo công thức (4-49). Nhưng thay h_b bằng hai lần khoảng cách từ trục trung hoà tới mép chịu nén của bản bụng, còn giá trị của k_o lấy bằng 7,46 vì cánh nén được hàn chặt vào bản mặt; giá trị τ_{th} được xác định theo công thức (4-47). Đối với ô bản bụng có dạng hình thang (do dầm có chiều cao thay đổi) thì khi kiểm tra có thể coi như ô chữ nhật có chiều cao bằng chiều cao tại giữa ô hình thang.

Đường hàn liên kết giữa bản bụng và cánh của dầm chính ở phía bản mặt cần phải được kiểm tra dưới tác dụng đồng thời của lực kéo và lực cắt.

- Thiết kế giàn chính

Khi nhịp lớn hơn 15 ~ 17m, để tiết kiệm vật liệu, giảm trọng lượng bản thân và tránh xảy ra hiện tượng chàn không khi mở van, thường dùng dầm chính kiểu giàn gọi tắt là giàn chính. Hình 7.27 là một vài kiểu giàn chính hay gặp.



Hình 7.27

Thanh cánh của giàn chính ở phía bản mặt cần phải thẳng để tiện cho việc liên kết với bản mặt và ô dầm. Thanh cánh hạ của giàn chính thường làm gấp khúc để giảm trọng lượng và giảm chiều cao tại gối tựa giàn, giảm bề rộng khe van và chiều dài mố. Chiều cao của giàn tại gối tựa thường chọn vào khoảng từ (0,4 ~ 0,8) lần chiều cao của giàn ở giữa nhịp. Để có đủ độ cứng, cần chọn chiều cao của giàn ở giữa nhịp $h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{8}\right)l$

(l - nhịp tính toán). Khi nhịp van nhỏ, nên dùng dàn chính có thanh cánh song song (hình 7.27a). Khi nhịp van trung bình và lớn tốt nhất là dùng giàn có thanh cánh hình đa giác như ở hình 7.27b, c. Số khoảng mắt giàn cần chọn chẵn để có thể bố trí các thanh bụng đối xứng. Thanh bụng bố trí sao cho hình dạng là đơn giản nhất, chiều dài là ngắn nhất, số thanh bụng và số mắt ít nhất, đồng thời có nhiều thanh và nhiều bản mặt giống nhau để tiết kiệm vật liệu và công chế tạo. Khi bố trí phải bảo đảm thanh xiên dài thì chịu kéo, còn thanh đứng ngắn hơn chịu nén. Góc nghiêng của thanh xiên có ảnh hưởng nhiều đến nội lực trong thanh, thường chọn từ $30^\circ \sim 60^\circ$.

Chiều dài khoảng mắt của thanh cánh chịu nén, thường chọn không dài quá 2,5 ~ 3m. Khi nhịp của giàn chính lớn (trên 30m), để bảo đảm có góc nghiêng thích hợp có thể dùng giàn kiểu chia nhỏ (hình 7.27d). Tuy nhiên việc chế tạo giàn này rất tốn công.

Tải trọng tác dụng lên giàn chính là tải trọng phân bố đều q được xác định theo công thức (7-35). Để xác định được nội lực trong các thanh giàn, cần đưa tải trọng phân bố về tải trọng tập trung tại mắt giàn. Tải trọng tập trung tác dụng lên các mắt ở giữa bằng:

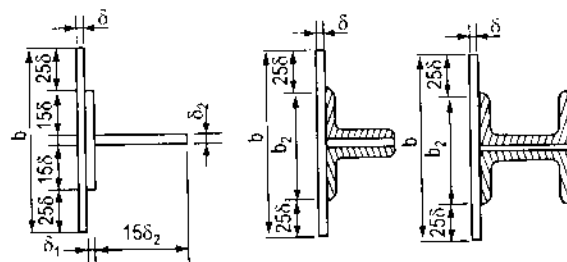
$$P_m = q \cdot \frac{b_l + b_r}{2} \quad (7-37)$$

trong đó: b_l , b_r - chiều dài khoảng mắt giàn ở phía trái và phía phải mắt được xét.

Nội lực trong các thanh giàn xác định theo phương pháp đồ giải hoặc giải tích.

Tiết diện các thanh giàn được quyết định trên cơ sở nội lực trong các thanh và điều kiện cấu tạo. Hình 7.28 biểu thị các hình thức tiết diện thanh giàn thường dùng.

Thanh cánh thượng của giàn chính chịu nén đồng thời chịu uốn cục bộ do đó được tính như một thanh chịu nén lệch tâm. Thanh cánh hạ của giàn chính đồng thời cũng là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng, thanh đứng của giàn chính đồng thời cũng là thanh đứng của giàn ngang. Vì vậy việc chọn tiết diện của các thanh được tiến hành với tổng nội lực trong từng trường hợp.



Hình 7.28

Mặt của giàn chính cấu tạo khá phức tạp, vì các thanh thường nằm trong ba, có khi trong bốn mặt phẳng khác nhau. Hình 7.29 biểu thị mặt của giàn chính có các thanh cánh được ghép bằng các thép góc.

7.2.5.5. Tính giàn chịu trọng lượng

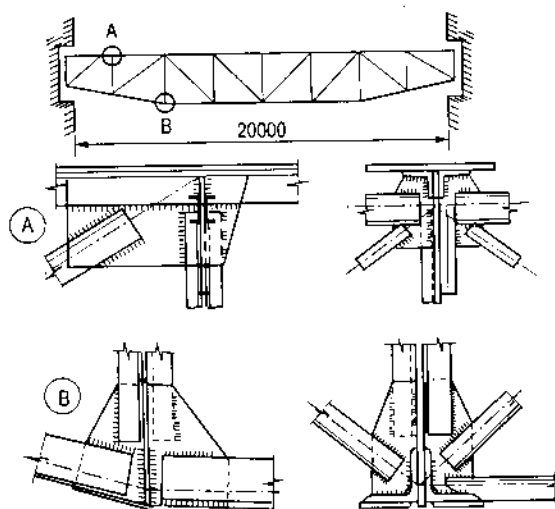
Giàn chịu trọng lượng chịu tác dụng của trọng lượng cửa van, trọng lượng khối nước tràn qua đỉnh van và các loại tải trọng thẳng đứng khác. Nó còn có tác dụng giữ cho các dầm chính có khoảng cách không đổi, v.v... Giàn này được bố trí ở phía thượng lưu và hạ lưu của dầm chính. Khi bản mặt được hàn chặt vào cánh của dầm chính, chúng có tác dụng như một cái dầm có khả năng chịu được các tải trọng thẳng đứng, lúc này không cần đặt giàn chịu trọng lượng ở thượng lưu.

Đối với các cửa van có nhịp không lớn hơn 6m, cũng như đối với cửa van có nhiều dầm chính và chiều cao của dầm chính không lớn thì có thể thay giàn chịu trọng lượng ở hạ lưu bằng hai thanh đặt chéo nhau (hình 7.30a) hoặc dùng hệ giàn không thanh xiên kiểu khung có bản mặt được mở rộng như ở hình 7.30b.

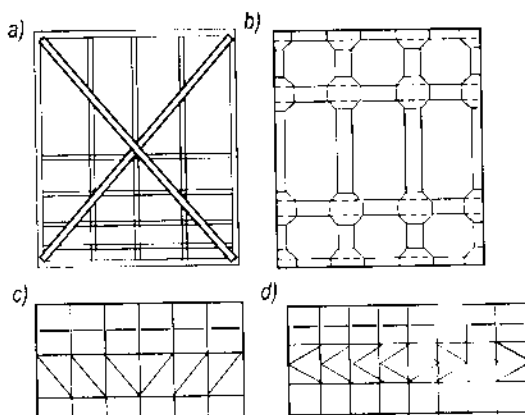
Với các cửa van nhịp lớn loại hai dầm chính, thì tùy theo độ dài của khoảng mặt giàn chính và khoảng cách giữa hai giàn chính mà hệ thanh bụng của giàn chịu trọng lượng dùng kiểu xiên hoặc nửa xiên (hình 7.30c và d). Các thanh bụng xiên thường dùng thép góc đơn, thép chữ L hoặc chữ T (ghép bằng hai thép góc đều cạnh). Các thanh khác chọn như trong giàn ngang và giàn chính.

Trọng lượng bản thân G của cửa van phân phối lên các giàn chịu trọng lượng phụ thuộc vào khoảng cách từ trọng tâm của cửa van tới các giàn đó. Nếu ký hiệu C_t và C_h là các khoảng cách ấy thì giàn chịu trọng lượng ở phía hạ lưu phải chịu một tải trọng bằng:

$$G_h = G \frac{C_h}{C_t + C_h} \quad (7-38)$$



Hình 7.29



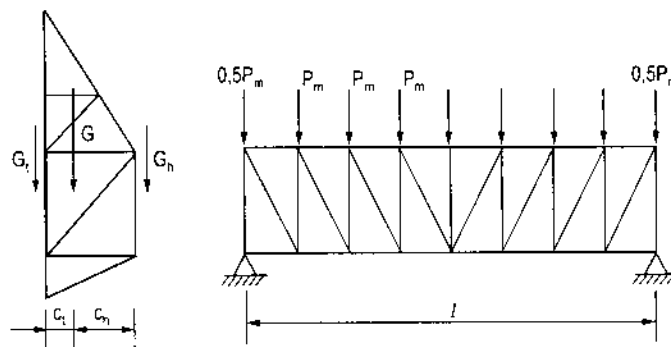
Hình 7.30

và tải trọng tập trung tác dụng lên mỗi mắt giàn là:

$$P_m = G_h \frac{b_l + b_f}{l} \quad (7-39)$$

trong đó: b_l, b_f - chiều dài khoảng mắt giàn ở phía trái và phía phải mắt đang xét;
 l - nhịp tính toán.

Để đơn giản giả thiết rằng các tải trọng thẳng đứng tác dụng lên giàn đặt tại các nút của thanh cánh thượng (hình 7.31). Vị trí trọng tâm của cửa van nằm lệch về phía bản mặt, tức là $C_l < C_h$, khi tính toán sơ bộ có thể giả thiết giàn chịu trọng lượng ở hạ lưu chịu khoảng 40% trọng lượng van.



Hình 7.31

Sau khi tìm được tải trọng tác dụng lên mắt giàn, tiến hành tìm nội lực trong các thanh giàn bằng phương pháp đồ giải hoặc giải tích. Nếu cánh hạ của giàn chính có dạng đa giác thì giàn chịu trọng lượng cũng là giàn gẫy khúc. Để đơn giản ta coi là giàn phẳng có kích thước hình học bằng hình chiếu của giàn gẫy khúc lên mặt phẳng lỗ cống, tức là chiều dài các khoảng mắt bằng chiều dài các khoảng mắt tương ứng của thanh cánh trên của giàn chính.

Thanh cánh của giàn chính đồng thời cũng là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng, cho nên ứng suất trong thanh này bằng tổng ứng suất do áp lực thuỷ tĩnh sinh ra và ứng suất do trọng lượng bản thân và các tải trọng thẳng đứng khác sinh ra:

$$\sigma = \sigma_n + \sigma_G \leq R \quad (7-40)$$

trong đó: σ_n - ứng suất do áp lực thuỷ tĩnh sinh ra khi nó là thanh cánh của giàn chính;

σ_G - ứng suất do trọng lượng bản thân và các tải trọng thẳng đứng khác sinh ra khi nó là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng.

Thanh đứng của giàn chịu trọng lượng đồng thời cũng là thanh cánh hạ của giàn ngang, vậy ứng suất trong thanh bằng:

$$\sigma = \sigma'_n + \sigma'_G \leq R \quad (7-41)$$

trong đó: σ'_n - ứng suất do áp lực thủy tĩnh sinh ra, khi nó là thanh cánh hạ của giàn ngang;
 σ'_G - ứng suất do trọng lượng bản thân và các tải trọng thẳng đứng khác sinh ra, khi nó là thanh đứng của giàn chịu trọng lượng.

7.2.5.6. Tính toán trụ biên

Trụ biên ở hai đầu của van, được nối với dầm chính, dầm phụ, bản mặt, thanh xiên của giàn chịu trọng lượng. Các bộ phận của gối tựa kiểu trượt hoặc bánh xe, các thiết bị treo, chốt giữ và móc treo được nối với cửa van qua trụ biên.

Trụ biên chịu toàn bộ áp lực nước tác dụng lên cửa van do dầm chính, dầm phụ và bản mặt chuyển tới, chịu toàn bộ trọng lượng bản thân và các tải trọng thẳng đứng khác do giàn chịu trọng lượng truyền tới. Trụ biên chuyển các tải trọng ngang lên các gối tựa, chuyển các tải trọng đứng lên thiết bị treo, chốt giữ hoặc móc treo tạm thời. Khi di động cửa van còn chịu các lực thẳng đứng phụ là các lực ma sát trong các gối tựa, trong các thiết bị định hướng và trong vật chắn nước. Ngoài lực dọc trụ biên còn chịu uốn.

Sơ đồ tải trọng tác dụng lên trụ biên được biểu thị ở hình

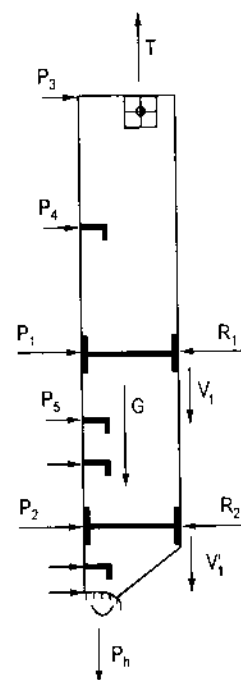
7.32, trong đó:

- P_1, P_2 - áp lực ngang do dầm chính truyền tới;
- P_3, P_4, \dots - áp lực ngang do dầm phụ truyền tới;
- R_1, R_2 - phản lực gối tựa;
- G - trọng lượng cửa van;
- V_1, V_2 - lực ma sát trong các gối tựa;
- P_h - lực hút khi van bắt đầu rời khỏi ngưỡng;
- T - lực kéo van.

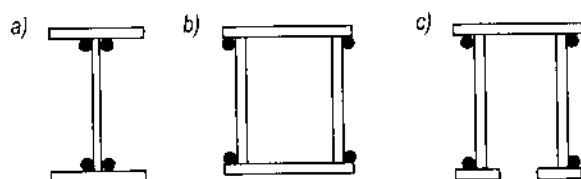
Trụ biên có thể còn chịu áp lực nước cục bộ do bản mặt chuyển tới, nhưng các lực này rất nhỏ.

Trụ biên chịu tải trọng ngang đồng thời chịu các tải trọng thẳng đứng, do đó trụ chịu lực dọc đồng thời chịu uốn, nên cần được tính toán như một cấu kiện chịu nén lệch tâm hoặc chịu kéo lệch tâm. Mặt cắt ngang của trụ biên chọn theo yêu cầu về cấu tạo thường lớn hơn mặt cắt theo yêu cầu về chịu lực rất nhiều. Do đó trong thiết kế thường chọn kích thước tiết diện trụ biên theo yêu cầu cấu tạo, sau đó tiến hành kiểm tra lại ở một số mặt cắt nguy hiểm như tại trục treo, tại vị trí gối tựa trên và dưới.

Mặt cắt của trụ biên thường dùng hai loại: loại có một bản bụng và loại có hai bản bụng (hình 7.33).



Hình 7.32

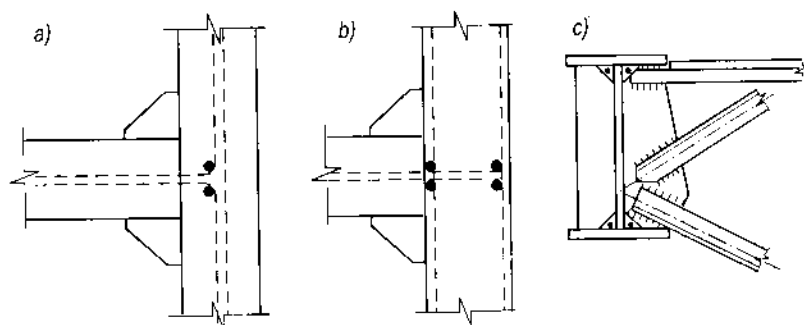


Hình 7.33

Loại một bản bụng có ưu điểm là chế tạo đơn giản nhưng nhược điểm là độ cứng nhỏ và khả năng chịu xoắn kém, loại này thường được dùng trong các cửa van có gối đỡ kiểu trượt, kiểu con lăn và kiểu cân bằng.

Loại hai bản bụng (hình 7.33b và c) có ưu điểm là dễ dàng liên kết với thiết bị treo, với gối đỡ kiểu bánh xe. Loại này có độ cứng lớn nên được sử dụng tương đối nhiều, nhưng chế tạo phức tạp.

Chiều dài của trụ biên lấy bằng chiều cao cửa van, chiều cao mặt cắt ngang của trụ biên lấy bằng chiều cao của dầm chính tại gối dầm. Chiều dày của bản bụng trụ biên lấy bằng 8 ~ 14mm, chiều dày của bản cánh lấy 10 ~ 20mm. Đối với trụ biên loại một bản bụng, thì bản bụng được làm bằng một tấm thép dài liên tục trong suốt chiều cao cửa van và bản bụng của dầm chính được nối trực tiếp với bản đó, xem hình 7.34a. Trong trụ biên kiểu hai bản bụng, thì bản bụng ngoài được làm bằng một tấm liên tục trên toàn chiều cao cửa van, còn bản bụng bên trong thì được cắt rời tại chỗ giao nhau giữa bản này với bản bụng của dầm chính.



Hình 7.34

Bản bụng của dầm chính kéo dài tới bản bụng phía ngoài của trụ biên và được liên kết với nhau (hình 7.34b). Cấu tạo mối nối giữa trụ biên loại một bản bụng và hai bản bụng với giàn chính xem hình 7.34c.

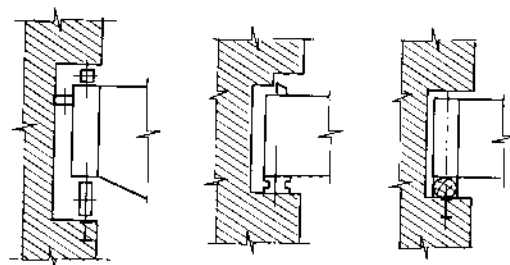
7.2.5.7. Bộ phận gối tựa động

- Các loại gối tựa động

Gối tựa động có tác dụng chuyển toàn bộ áp lực nước lên mố của công trình, bảo đảm cho bộ phận động của cửa van hoạt động được trong quá trình khai thác. Ngoài các gối

các gối tựa chủ yếu để chịu áp lực nước, còn bố trí các gối tựa phụ để bảo đảm cho cửa van không bị xô lệch trong quá trình đóng mở.

Bộ phận gối đỡ động của cửa van được phân ra thành hai loại: kiểu bánh xe và kiểu trượt (hình 7.35).

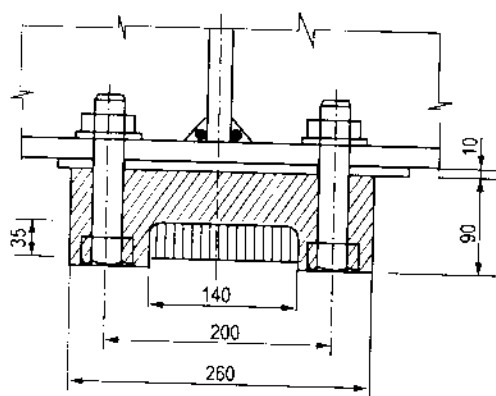


Hình 7.35

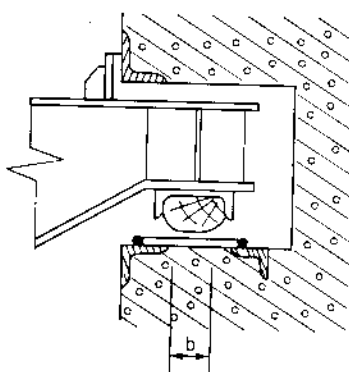
- Tính toán và cấu tạo gối đỡ kiểu trượt

Gối đỡ kiểu trượt là loại đơn giản nhất. Nó được gắn vào trụ biên và chuyển toàn bộ áp lực nước lên bộ phận cố định. Gối đỡ kiểu trượt được chế tạo bằng gỗ thanh, kim loại, hoặc gỗ ép. Vật liệu làm gối đỡ phụ thuộc vào tải trọng tác dụng vào mặt tiếp xúc giữa bộ phận gối đỡ động, vào bộ phận cố định và điều kiện làm việc của cửa van.

Nếu giá trị của tải trọng tác dụng lên gối đỡ kiểu trượt lớn hơn ứng suất cho phép khi chịu ép mặt của gỗ thanh, thì dùng thép hoặc gỗ ép. Đối với các cửa van chính, cửa van bảo hiểm và cửa van sửa chữa phải đóng mở trong trạng thái có áp, thì cần dùng gối đỡ kiểu trượt làm bằng gỗ ép (hình 7.36), để giảm bớt lực ma sát giữa gối đỡ và đường trượt, do đó có thể giảm nhỏ được lực đóng mở van.



Hình 7.36



Hình 7.37

Gối đỡ trượt bằng gỗ thanh thường dùng mặt cắt $18 \times 18 \sim 35 \times 35\text{cm}$, loại hay dùng nhất là $20 \times 25\text{cm}$. Thanh đỡ trượt được liên kết với cửa van bằng bulông, đầu bulông phải chìm vào trong thanh gỗ để cho mặt trượt được nhẵn, vì ngoài tác dụng chuyển áp lực nước, nó còn có tác dụng chắn nước. Công thức tính toán đường trượt bằng gỗ như sau:

$$\sigma = \frac{Pl_t}{2b} \leq [\sigma]_{em}^{90^\circ} \quad (7-42)$$

trong đó:

p - cường độ áp lực thủy tĩnh ứng với chiều cao cột nước tại điểm cách đáy van một đoạn khoảng 0,25 - 0,5m;

l_1 - nhịp tải trọng của cửa van;

b - bề rộng tiếp xúc của gối tựa (hình 7.37);

$[\sigma]_{cm}^{90^\circ}$ - ứng suất cho phép của gỗ khi chịu ép mặt ngang thớ.

Lực cản do ma sát giữa thanh trượt và đường trượt được xác định theo công thức sau:

$$T = fP \quad (7-43)$$

trong đó:

P - tổng áp lực thủy tĩnh tác dụng lên toàn van;

f - hệ số ma sát trượt, giá trị của hệ số ma sát trượt tĩnh giữa thép và gỗ khi ngang thớ bằng 0,55, hệ số ma sát trượt động bằng 0,2.

- Tính toán và cấu tạo gối đỡ kiểu bánh xe

Trong các cửa van có kích thước trung bình và lớn, thường dùng gối đỡ kiểu bánh xe, lực cản do ma sát khi đóng mở giảm được rất nhiều, nhưng nhược điểm là khi nhịp lớn và chịu cột nước lớn, thì cấu tạo gối đỡ kiểu bánh xe rất phức tạp. Lượng thép dùng để chế tạo bánh xe khá lớn. Trong cửa van dưới sâu, nó chiếm khoảng 24% tổng trọng lượng van, đối với cửa van trên mặt cũng chiếm tới 14%.

Khi thiết kế gối đỡ kiểu bánh xe phải bảo đảm một số yêu cầu sau:

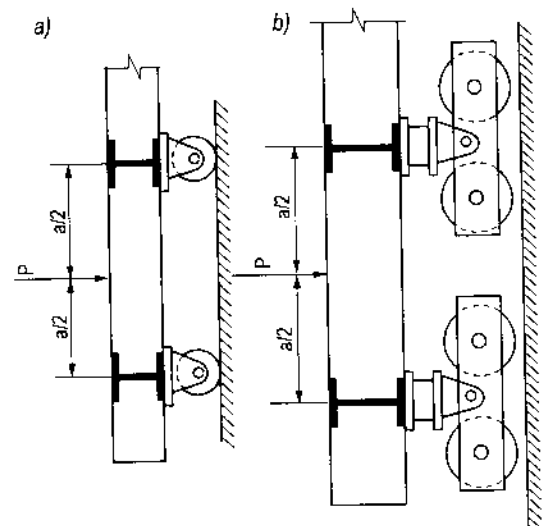
- Các lực tác dụng vào bánh xe xác định dễ và chính xác. Trong cửa van phẳng chỉ nên bố trí bốn điểm tựa, tức là mỗi bên cửa van chỉ có hai bánh xe kiểu cố định hoặc hai cụm bánh xe (xe con) (hình 7.38).

Các bánh xe được bố trí theo điều kiện chịu tải trọng bằng nhau, để các bánh xe có kích thước như nhau. Vị trí của các bánh xe nói chung đặt tại vị trí dầm chính.

- Để dễ bảo quản, tránh để gối đỡ bánh xe phải luôn luôn ngâm trong nước.

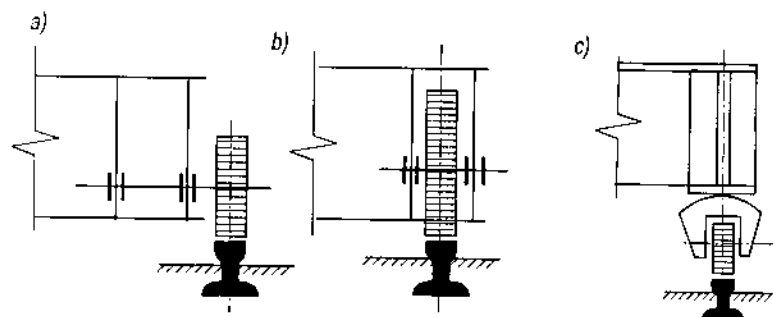
- Cần phải bảo đảm tiếp xúc thật tốt giữa bánh xe và đường ray, cần phải cho đầu dầm chính có khả năng quay và chuyển vị ngang.

Gối tựa kiểu bánh xe được phân thành hai loại: kiểu cố định và kiểu xe con (hình 7.38).



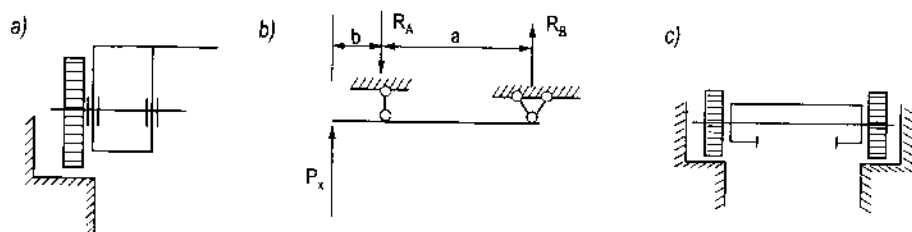
Hình 7.38

Gối đỡ bánh xe kiểu cố định có thể bố trí ở mặt bên (hình 7.39a), ở bên trong (hình 7.39b) hoặc ở mặt sau (hình 7.39c) của trụ biên.



Hình 7.39

Bánh xe cố định bố trí ở mặt bên trụ biên dùng thích hợp với cửa cống nhỏ và chịu cột nước nhỏ. Bánh xe được liên kết với trụ biên bằng một trục côngxôn (hình 7.40a). Sơ đồ tính toán của trục như ở hình 7.40b. Cũng có thể dùng trục liên suốt chiều rộng van (hình 7.40c) loại này chỉ thích hợp với cửa van có nhịp nhỏ hơn 3m.

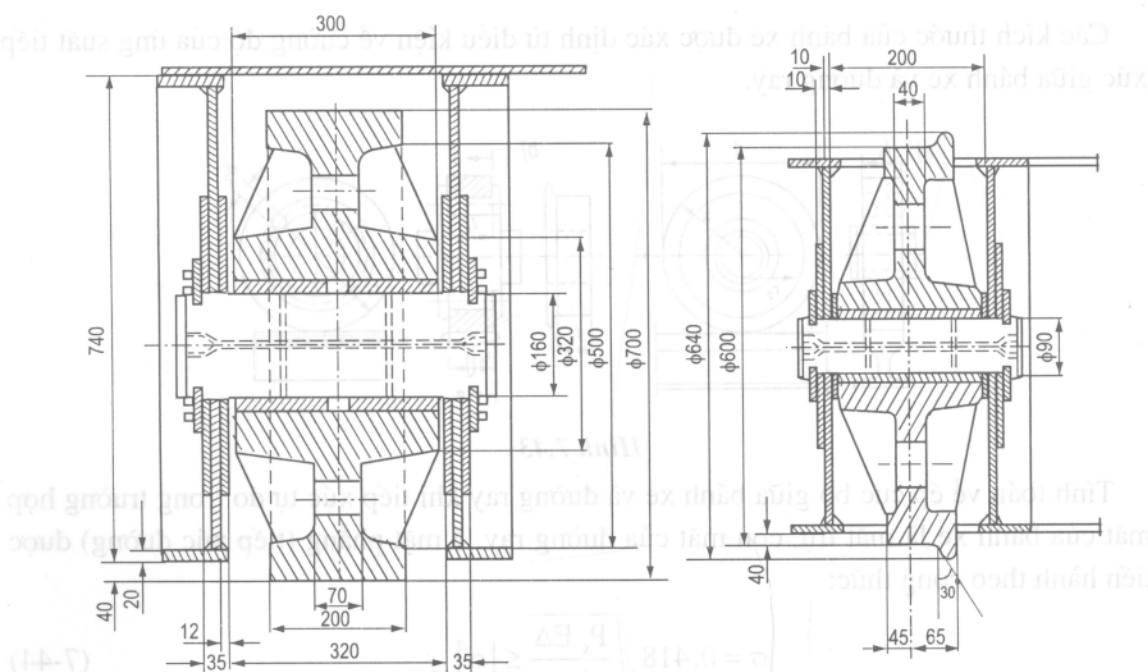


Hình 7.40

Khi cửa van có khẩu độ lớn và chịu cột nước tương đối lớn, thì bánh xe chịu tải trọng rất lớn. Trong trường hợp này nên bố trí bánh xe vào giữa hai bản bụng của trụ biên (hình 7.41).

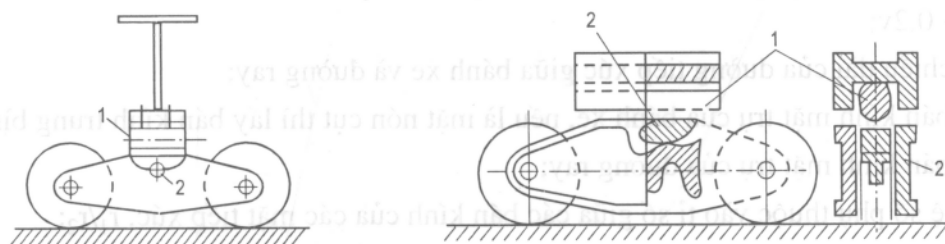
Hai cách bố trí này thường hay dùng vì ưu điểm là có thể chọn đường kính bánh xe lớn, giảm được lực ma sát, mà lại không phải tăng bề rộng của khe van. Nhưng nhược điểm là phải dùng trụ biên có hai bản bụng, cấu tạo trụ biên và lắp ráp bánh xe phức tạp.

Khi cửa van có kích thước lớn và chịu tải trọng rất lớn, phải bố trí nhiều bánh xe trên mỗi trụ biên. Mặc dầu lúc thiết kế bố trí các bánh xe chịu tải trọng bằng nhau nhưng trong thực tế các bánh xe có thể chịu lực khác nhau, do các nguyên nhân lắp ráp và chế tạo. Để tránh tình hình đó có thể dùng gối đỡ kiểu xe con. Mỗi xe con thường có hai bánh xe, được liên kết với trụ biên bằng khớp. Bảo đảm cho mỗi bánh xe đều được tiếp xúc với đường ray. Nhưng do cấu tạo của xe con phức tạp hơn bánh xe cố định rất nhiều, nên trong các cửa van có nhịp và kích thước lớn cũng có thể dùng gối đỡ bánh xe kiểu cố định khi không có điều kiện chế tạo gối đỡ kiểu xe con.



Hình 7.41

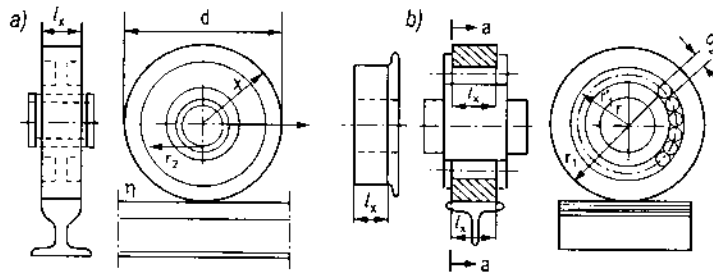
Gối đỡ bánh xe kiểu cố định và kiểu xe con có khớp đơn đều có nhược điểm là khi dầm chính bị uốn, đầu dầm bị quay, bánh xe sẽ bị nghiêng (hình 7.39a và b), làm tăng ứng suất tiếp xúc giữa bánh xe và đường ray, nếu nhịp van càng lớn thì càng nguy hiểm. Các gối đỡ trên chỉ thích hợp với loại cửa van chịu áp lực nước không lớn và có nhịp không lớn (dưới 10m). Đối với cửa van có nhịp lớn hơn 10m thì việc cấu tạo liên kết giữa cửa van và gối đỡ phải bảo đảm cho dầm chính có thể quay tự do trên giá đỡ bánh xe (hình 7.39c), chẳng hạn như dùng bản lề trụ (hình 7.42), như vậy xe con được liên kết với cửa van bằng hai bản lề trụ có phương thẳng góc với nhau, do đó bánh xe sẽ không bị nghiêng khi dầm chính bị uốn.



Hình 7.42

Các bánh xe thường dùng trong cửa van là loại có ổ trục kiểu trượt đơn giản như hình 7.43a. Khi cửa van chịu cột nước rất lớn, để giảm lực ma sát hơn nữa, có thể dùng ổ trục có con lăn (hình 7.43b).

Các kích thước của bánh xe được xác định từ điều kiện về cường độ của ứng suất tiếp xúc giữa bánh xe và đường ray.



Hình 7.43

Tính toán về ép cục bộ giữa bánh xe và đường ray khi tiếp xúc tự do trong trường hợp mặt của bánh xe là mặt trụ, còn mặt của đường ray là mặt phẳng (tiếp xúc đường) được tiến hành theo công thức:

$$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{P_x E \Delta}{l_x r_1}} \leq [\sigma]_{em} \quad (7-44)$$

Khi mặt của bánh xe là mặt trụ hoặc mặt nón, mặt của đỉnh đường ray cũng là mặt trụ (tiếp xúc điểm) theo công thức:

$$\sigma = a \sqrt{\frac{P_x E \Delta}{r_2^2}} \leq [\sigma]_{em} \quad (7-45)$$

trong đó:

P_x - lực tác dụng lên bánh xe;

E - môđun đàn hồi tương đương, $E = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2}$;

E_1, E_2 - môđun đàn hồi của vật liệu làm bánh xe và vật liệu làm ray, bảng 7.5;

Δ - hệ số động, phụ thuộc vào tốc độ di chuyển v của bánh xe, tính bằng m/s.
 $\Delta = 1 + 0,2v$;

l_x - chiều dài của đường tiếp xúc giữa bánh xe và đường ray;

r_1 - bán kính mặt trụ của bánh xe, nếu là mặt nón cụt thì lấy bán kính trung bình;

r_2 - bán kính mặt trụ của đường ray;

a - hệ số phụ thuộc vào tỉ số giữa các bán kính của các mặt tiếp xúc, r_1/r_2 ;

r_1/r_2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
a	0,388	0,400	0,420	0,440	0,468	0,490

$[\sigma]_{em}$ - ứng suất ép mặt cho phép khi tiếp xúc đường hoặc tiếp xúc điểm phụ thuộc vào giới hạn cường độ của thép và độ cứng Brinen của các mặt tiếp xúc, bảng 7.5.

**Bảng 7.5. Môđun đàn hồi và ứng suất ép mặt cho phép
khi tiếp xúc đường và tiếp xúc điểm**

Loại vật liệu	E, daN/cm ²	Độ cứng, HBS	[σ] _{em} , daN/cm ²	
			Khi tiếp xúc đường	Khi tiếp xúc điểm
Thép 45		≤ 217	4500	11000
		300 ~ 400	7500	18000
Thép 55.1		≤ 217	4500	11000
		300 ~ 400	7500	17000
Thép 33 × 10Г-Л	2,1.10 ⁶	≤ 202	5000	12000
		300 ~ 400	8000	20000
Thép 40 × 11		≤ 255	5500	13000
		300 ~ 400	8500	22000
Gang CH15-32	1,25.10 ⁶	163 ~ 229	2500	6000
Gang CH35-56	1,6.10 ⁶	217 ~ 272	3500	8000

Khi vành bánh xe là hình trụ thì bề rộng thực của mặt tiếp xúc của bánh xe phải lớn hơn bề rộng của đỉnh đường ray khoảng 15 ~ 30mm, khi vành bánh xe hình nón lấy bằng 40mm, bánh xe không có gờ lấy bằng 60mm.

Đường kính bánh xe thường chọn khoảng từ 300 đến 1200mm, bề rộng vành bánh xe (chiều dài của đường tiếp xúc) chọn từ 80 đến 150mm, trong trường hợp đặc biệt có thể tới 250mm.

Ngoài việc kiểm tra ứng suất ép mặt giữa bánh xe và đường ray, còn phải kiểm tra ép mặt giữa trục bánh xe và ống bọc trục, kiểm tra trục chịu uốn và chịu cắt, kiểm tra ép mặt giữa trục và gối đỡ trục (bản bụng của trụ biên).

Kiểm tra ép mặt giữa trục và ống bọc trục theo công thức:

$$\sigma = \frac{P_x}{d_0 c} \leq [\sigma]_{em} \quad (7-46)$$

trong đó: d_0 - đường kính trong của ống bọc trục lấy bằng đường kính của trục;

c - chiều dài tính toán của ống bọc trục;

$[\sigma]_{em}$ - ứng suất ép mặt cho phép khi tiếp xúc khít, ống bọc trục thường làm bằng đồng mức ЛРЖК9-4 có $[\sigma]_{em} = 250 \text{ daN/cm}^2$.

Kiểm tra ép mặt giữa trục và gối đỡ trục theo công thức:

$$\sigma = \frac{0,5P_x + N}{d \sum \delta} \leq [\sigma]_{em} \quad (7-47)$$

trong đó:

d - đường kính của trục;

$\Sigma \delta$ - tổng chiều dày của bản thép của gối đỡ ở một đầu trục;

N - lực phụ thêm tác dụng vào gối đỡ trục do lực ma sát trượt giữa bánh xe và đường ray sinh ra khi chiều dài của van thay đổi dưới tác dụng của nhiệt độ (hình 7.44a). Lực này xác định theo công thức:

$$N = T \frac{r_l}{l_c} = f \cdot P_x \frac{r_l}{l_c} \quad (7-48)$$

trong đó:

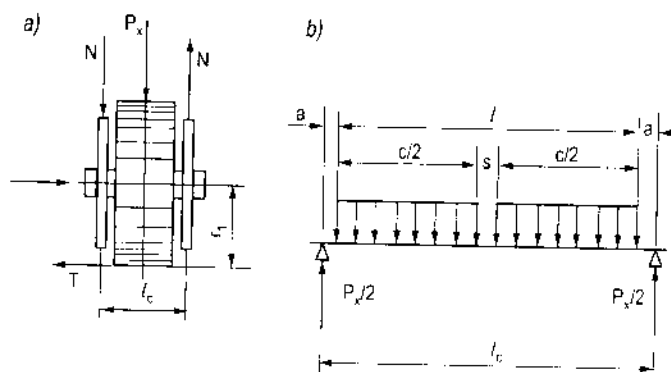
P_x - lực tác dụng lên bánh xe;

f - hệ số ma sát trượt;

r_l - bán kính của bánh xe;

l_c - khoảng cách trung tâm giữa hai gối đỡ trục;

$[\sigma]_{cm}$ - ứng suất ép cục bộ khi tiếp xúc khít giữa trục và gối đỡ trục, gối đỡ trục thường làm bằng thép CT3 có ứng suất ép mặt cho phép ghi ở bảng 1 phụ lục.



Hình 7.44

Kiểm tra uốn và cắt trục bánh xe (sơ đồ như hình 7.44b) theo công thức sau:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{M_{\max}}{0,1d^3} \leq [\sigma] \quad (7-49)$$

$$\tau = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q_{\max}}{0,7854d^2} \leq [\tau] \quad (7-50)$$

trong đó: $M = \frac{P_x}{2} \left(\frac{l}{2} + a - \frac{s}{2} \right) - \frac{P_x}{2} \cdot \frac{c}{4} = \frac{P_x}{8} (2l + 4a - 2s - c);$

$$Q = \frac{P_x}{2};$$

P_x - lực tác dụng lên bánh xe;

d - đường kính của trục;

a - khoảng cách từ mép ống lót trục tới trung tâm gối đỡ trục, thường lấy vào khoảng 2 ~ 4cm;

$l = l_c - 2a$, l_c - khoảng cách trung tâm giữa hai gối đỡ trục;

s - khe hở giữa các ống bọc trục, thường lấy vào khoảng 2 ~ 3cm.

Khi đóng mở cửa van, lực cản do ma sát của bánh xe có ổ trục trượt (hình 7.43a) bằng tổng lực ma sát lăn giữa bánh xe với đường ray và lực ma sát trượt giữa trục và ống lót trục:

$$T_x = \frac{P_x(f_{r_0} + f_l)}{r_l} \quad (7-51)$$

trong đó: P_x - lực tác dụng lên bánh xe;

f - hệ số ma sát trượt, nếu ống bọc trục làm bằng đồng thì $f = 0,3$;

f_l - hệ số ma sát lăn bằng 0,05 ~ 0,1cm;

r_0 - bán kính của trục;

r_l - bán kính của bánh xe.

Nếu dùng ổ trục con lăn (hình 7.43b) thì không có ma sát trượt ở trục bánh xe, do đó lực ma sát giảm đi rất nhiều. Lực ma sát của bánh xe có ổ trục con lăn được xác định theo công thức sau:

$$T_x = \frac{P_x}{r_l} \left(\frac{r'_l}{d_2} f_2 + f_l \right) \quad (7-52)$$

trong đó: r'_l - bán kính của vành trong bánh xe;

d_2 - đường kính con lăn;

f_2 - hệ số ma sát lăn của con lăn.

Nếu giá trị hệ số ma sát lăn của con lăn và bánh xe bằng nhau $f_l = f_2$, ta có:

$$T_x = \frac{P_x f_l}{r_l} \left(\frac{r'_l}{d_2} + 1 \right) \quad (7-53)$$

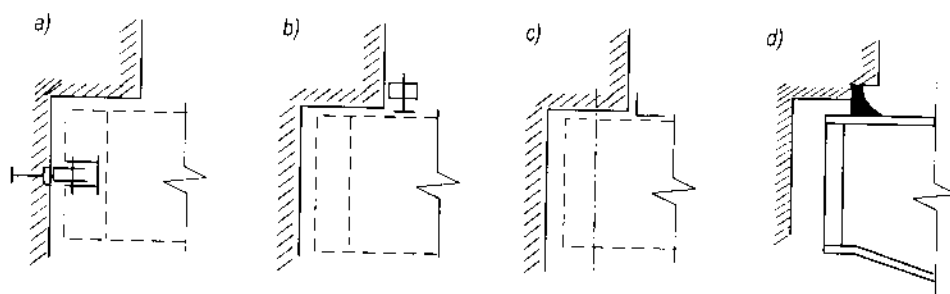
7.2.5.8. Thiết bị định hướng của cửa van phẳng

Để bảo đảm cho cửa van ở vị trí bình thường trong khe van khi đóng mở, để cho cửa van không bị xô lệch và bớt bị rung động do tác dụng xung kích của dòng chảy, ta cần phải đặt bánh xe ngược và thiết bị định hướng bên.

* Thiết bị định hướng bên

Thiết bị định hướng bên có tác dụng bảo đảm cho cửa van không chệch ra khỏi đường ray, không tiếp xúc với bê tông của công trình và không bị mắc kẹt trong rãnh van. Thiết bị định hướng bên có thể dùng kiểu bánh xe hoặc kiểu trượt và được bố trí ở hai đầu van

(hình 7.45a) hoặc bố trí bên cạnh về phía thượng, hạ lưu. Thiết bị định hướng bên đặt về phía thượng lưu (hình 7.45b, c và d) được liên kết với trụ biên hoặc bản mặt, còn khi đặt về phía hạ lưu được nối với cánh dầm chính. Cách bố trí này có ưu điểm là có thể kết hợp thép góc gia cố mép bê tông khe van làm đường ray hoặc đường trượt của thiết bị định hướng bên. Thiết bị định hướng bên bố trí ở hai bên cửa van thì được gắn với bản bụng của trụ biên. Trong cửa van dưới sâu, thiết bị định hướng bên phải bố trí ở hai bên cửa van để không vướng dầm tường ngực.

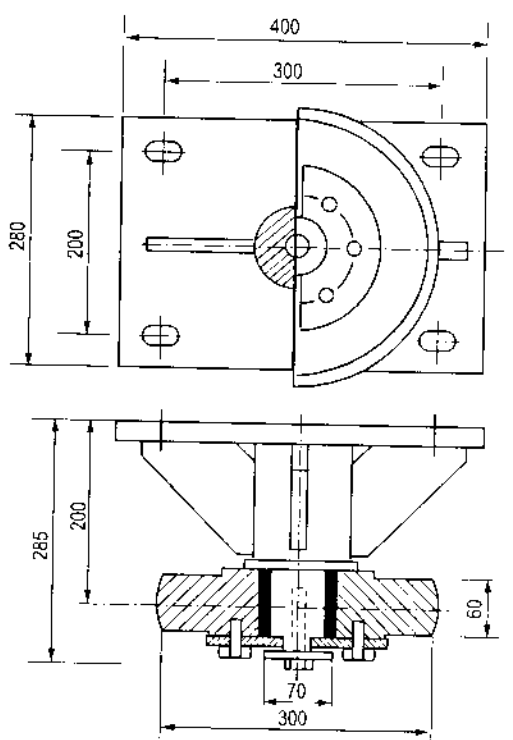


Hình 7.45

Mỗi bên cửa van thường bố trí hai thiết bị định hướng, khoảng cách giữa chúng theo chiều cao van càng lớn càng tốt, để giảm lực tác dụng vào chúng.

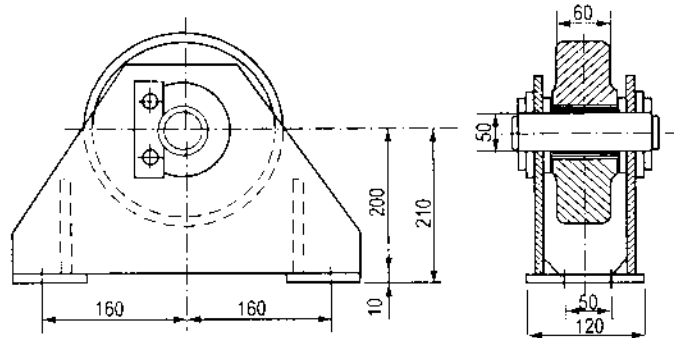
Đối với các cửa van nhỏ trên mặt, đóng mở trong nước tĩnh, hoặc trong trường hợp chênh lệch mực nước thượng hạ lưu không lớn có thể dùng bốn đoạn thép góc làm thiết bị định hướng bên, một cánh thép góc được liên kết với bản mặt cửa van, còn cánh thép góc kia trượt lên thép góc gia cố góc khe van.

Cấu tạo của bánh xe bên đặt về phía thượng lưu, hoặc hạ lưu van có thể tham khảo hình 7.46. Cấu tạo bánh xe bên đặt ở hai bên van có thể tham khảo hình 7.47. Kích thước của bánh xe bên được chọn theo yêu cầu về cấu tạo. Đường kính bánh xe thường chọn trong khoảng từ 150 đến 500mm, bề rộng của bánh xe vào khoảng 35 đến 100mm. Bánh xe phải có độ cứng lớn, và cần được kiểm tra với tải trọng bằng 5% toàn bộ áp lực nước ngang tác dụng lên cửa van khi bánh xe chịu lực dùng kiểu cố định (trục của bánh xe chịu lực được gắn chặt vào cửa van) và 1%



Hình 7.46

khi bánh xe chịu lực và trục của nó được liên kết với cửa van bằng khớp trục thẳng đứng (hình 7.42).



Hình 7.47

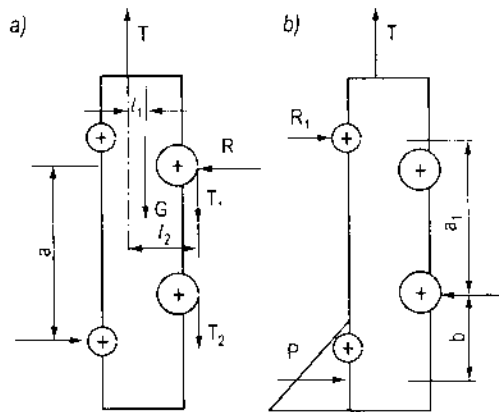
Giữa thiết bị hướng bên và bộ phận cố định (đường trượt hoặc đường ray) vẫn có một khe hở từ 10 đến 25mm nhưng không được lớn hơn độ di động của vật chắn nước bên.

* Bánh xe ngược hướng

Bánh xe ngược hướng được bố trí về phía đối diện với bánh xe chịu lực và gần dầm chính. Bánh xe ngược hướng chịu lực trong các trường hợp sau đây:

- Trường hợp hợp lực của trọng lượng bản thân và các lực ma sát không nằm trong mặt phẳng đứng đi qua trục treo (hình 7.48a), thì bánh xe ngược hướng chịu tải trọng bằng:

$$R = \frac{G l_1 + (T_1 + T_2) l_2}{2a} \quad (7-54)$$

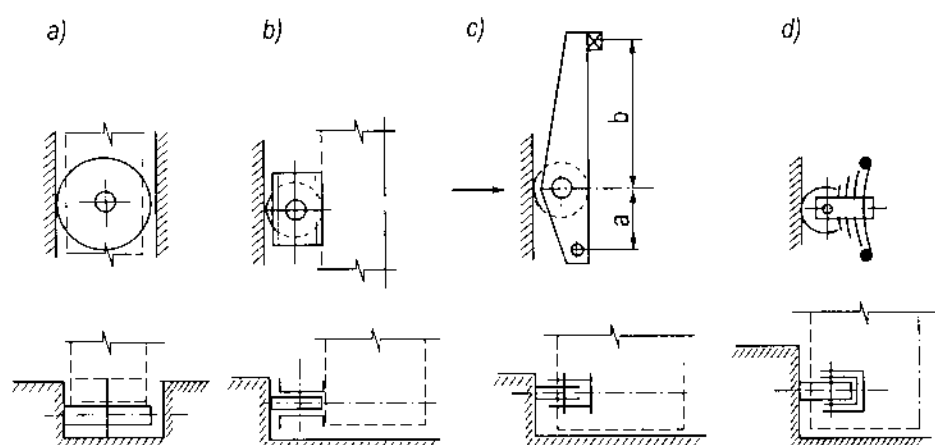


Hình 7.48

- Trường hợp phần dưới cửa van chịu tải trọng, hợp lực của áp lực thủy tĩnh ở dưới trục của bánh xe chính dưới cùng (hình 7.48b), thì mỗi bánh xe ngược hướng chịu một lực bằng:

$$R_1 = \frac{Pb}{2a_1} \quad (7-55)$$

Có hai loại bánh xe ngược hướng: loại cố định và loại di động (hình 7.49). Trong loại cố định, trục bánh xe được liên kết chặt với kết cấu van, và được gắn vào trụ biên (hình 7.49a và b). Loại này thường dùng khi van có nhịp trung bình. Đường kính bánh xe chọn vào khoảng từ 150 ~ 350mm, bề rộng từ 60 ~ 80mm.



Hình 4.49

Đối với cửa van nhỏ có thể chọn bánh xe chịu lực lớn hơn chiều dày van để kết hợp làm bánh xe ngược hướng (hình 7.49a).

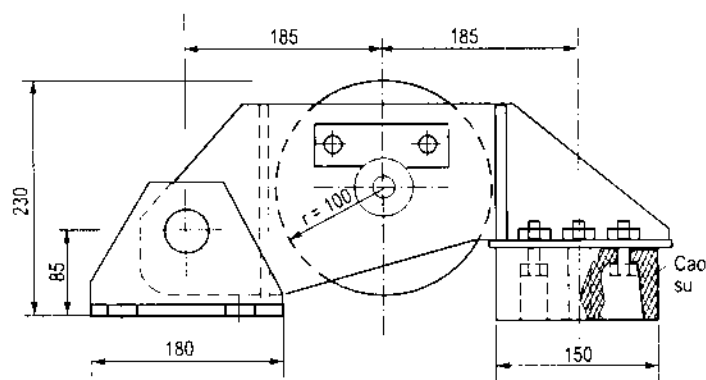
Khe hở giữa vành và bánh xe kiểu cố định và đường ray (bộ phận cố định) thường để vào khoảng từ 15 ~ 30mm.

Loại di động có trục di động, bảo đảm cho bánh xe luôn tiếp xúc với đường ray (bộ phận cố định) và ép chặt kết cấu van vào trong khe van. Do đó tránh được trường hợp cửa van va chạm vào bộ phận cố định và hạn chế được sự rung động của cửa van.

Để ép chặt bộ phận động của cửa van vào rãnh van có thể dùng bánh xe ngược trục di động có bộ phận giảm chấn bằng cao su, lò so trụ (hình 7.49c) hoặc lò so tấm (hình 7.49d), chúng tạo ra lực ép lớn hơn lực tác dụng vào bánh xe ngược hướng. Giá trị của các lực này được xác định theo các công thức (7-54), (7-55). Các lực do mắc kẹt, va đập và rung động trong quá trình đóng mở được lấy theo kinh nghiệm như sau:

- Đối với cửa van trên mặt có nhịp lớn và cửa van dưới sâu nhỏ và trung bình lấy vào khoảng 60 ~ 120kN (trên toàn van);
- Đối với cửa van lớn ở dưới sâu lấy khoảng 200 ~ 400kN.

Kết cấu bánh xe ngược hướng di động có giảm chấn kiểu đòn bẩy biểu thị ở hình 7.50.



Hình 7.50

Ở khoảng giữa đòn bẩy, gắn bánh xe di động có đường kính vào khoảng 150 - 300mm. Chiều dài của đòn bẩy $(a + b) = 300 \sim 900\text{mm}$, tỉ số $a/b = 1 \sim 2,5$ (hình 7.49c). Bộ phận giảm chấn có thể bằng tấm cao su có chiều dày 50 - 70mm và bề rộng 100 ~ 200mm hoặc bằng lò so trụ chịu được lực nén từ 5 ~ 10kN. Vậy lực ép lên bánh xe ngược hướng $P_2 = P_1(a + b)/a = 10 \sim 35\text{kN}$. Nếu dùng bốn bánh xe ngược hướng thì lực ép lên toàn van từ 40 ~ 140kN.

Bánh xe ngược hướng di động có giảm chấn bằng lò so tấm được biểu thị ở hình 7.49d. Đường kính của bánh xe 350 ~ 600mm, bề rộng nhỏ hơn 120mm. Khả năng ép của lò so tấm lên mỗi bánh xe khoảng 60 ~ 100kN, nếu dùng bốn bánh xe ngược hướng thì lực ép của chúng lên toàn van từ 240 ~ 400kN.

Vậy bánh xe ngược hướng di động kiểu đòn bẩy dùng thích hợp với cửa van lớn ở trên mặt, cửa van nhỏ và trung bình ở dưới sâu. Còn bánh xe ngược hướng di động có giảm chấn bằng lò so tấm thích hợp với cửa van lớn ở dưới sâu.

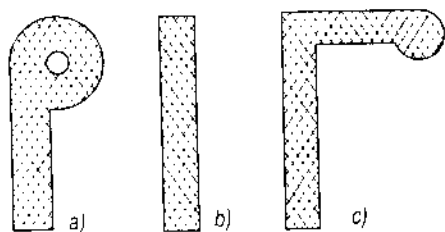
7.2.5.9. Vật chắn nước

Để bảo đảm cho cửa van có thể di chuyển dễ dàng trong khe van, thì giữa cửa van và bộ phận cố định phải có một khe hở, để không cho nước rò rỉ qua phải đặt vật chắn nước.

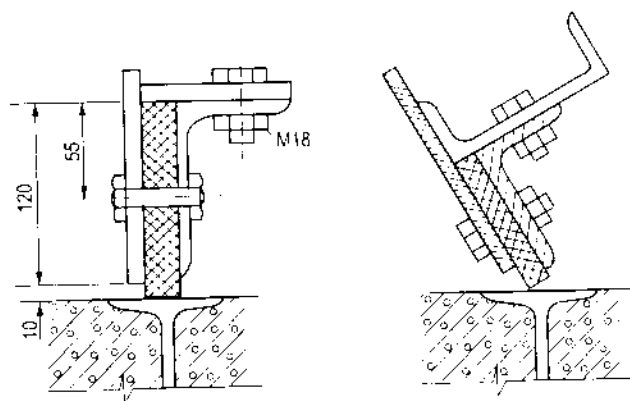
Vật chắn nước cần phải kín nước và có tác dụng làm giảm rung động.

Vật chắn nước thường được lắp sau vào bộ phận động của cửa van khi lắp ráp, để bảo đảm điều chỉnh chúng tiếp xúc khít với bộ phận cố định tương ứng. Vật chắn nước dưới được ép chặt vào bộ phận cố định nhờ trọng lượng bản thân của cửa van, còn vật chắn nước bên nhờ áp lực nước thượng lưu.

Vật chắn nước có thể làm bằng gỗ, cao su, kim loại v.v... nhưng thường dùng nhất là bằng cao su. Các dạng mặt cắt ngang thường dùng được biểu thị ở hình 7.51.

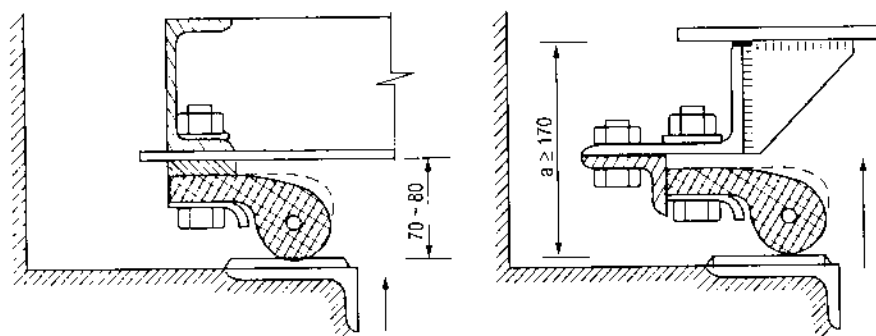


Hình 7.51

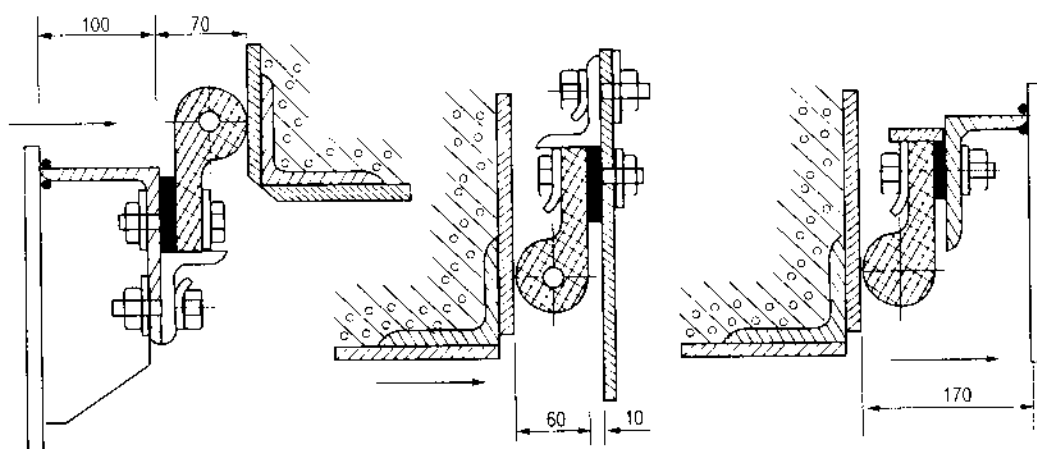


Hình 7.52

Cao su tấm được dùng làm vật chắn nước đáy (hình 7.52), cao su chữ P thường dùng làm vật chắn nước ở bên và ở đỉnh (hình 7.53 và 7.54). Cao su chữ L chủ yếu dùng làm vật chắn nước bên của cửa van hình cung (hình 7.55).



Hình 7.53



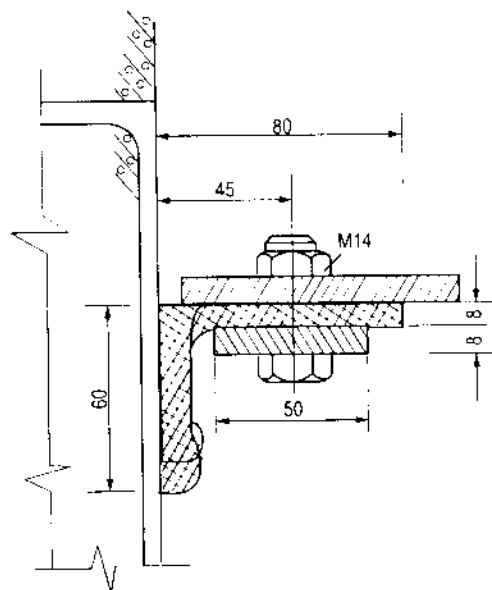
Hình 7.54

Các bộ phận cố định làm bằng thép dễ han gì sẽ làm cho vật chắn nước cao su bị mài mòn rất nhanh. Vì vậy tại bề mặt tiếp xúc giữa cao su và bộ phận cố định cần phải có một lớp bảo vệ.

Vật chắn nước bằng gỗ được dùng nhiều trong cửa van chịu cột nước thấp và làm vật chắn nước ở đáy (hình 7.56a).

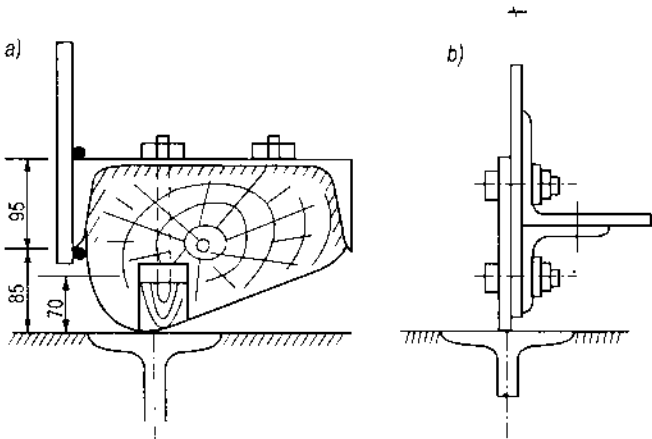
Trong cửa van có nhịp lớn, chịu cột nước lớn, dòng chảy dưới van có vận tốc lớn, thì vật chắn nước dưới đáy có thể làm bằng thép bản (hình 7.56b).

Vị trí vật chắn nước phụ thuộc vào loại cửa van, vào điều kiện sử dụng cửa van. Đối với cửa van phẳng trên mặt, bản mặt thường



Hình 7.55

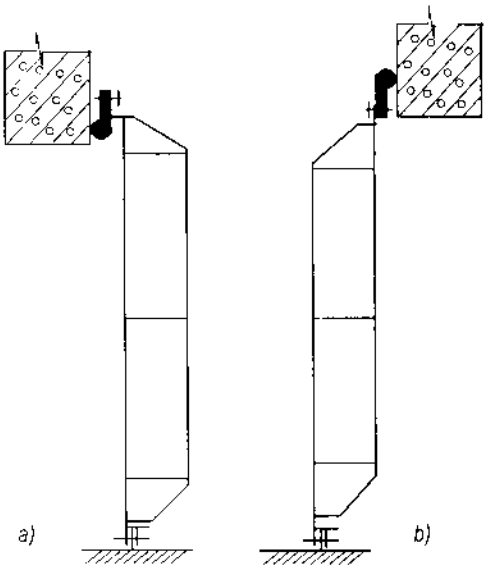
ở về phía thượng lưu, cho nên vật chắn nước bên và đáy đều bố trí về thượng lưu. Vật chắn nước bên được bố trí theo hai cách: bố trí trong nhịp (hình 7.55) và bố trí trong khe van (hình 7.53), cách bố trí thứ nhất có ưu điểm là dễ lắp ráp và điều chỉnh, do đó dễ bảo đảm chất lượng, phát huy được tác dụng của vật chắn nước, còn cách bố trí thứ hai thì ngược lại.



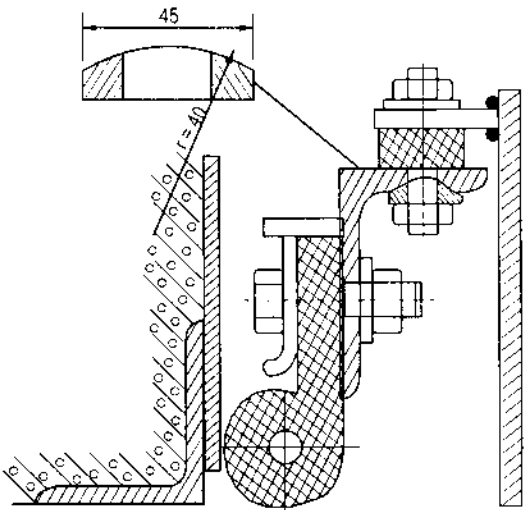
Hình 7.56

Vật chắn nước ở cửa van dưới sâu có hai cách bố trí: bố trí về phía thượng lưu (hình 7.57a); bố trí về phía hạ lưu (hình 7.57b) của cửa van.

Cách bố trí thứ nhất có ưu điểm là đỉnh van không chịu áp lực nước, nhưng hiệu quả chắn nước kém. Do đó đối với các cửa van lớn, chịu tải trọng lớn thì phải dùng vật chắn nước có độ di động lớn (hình 7.58).



Hình 7.57



Hình 7.58

Cách bố trí thứ hai, đỉnh van chịu tác dụng của cột nước, làm tăng lực kéo van. Khi đóng van, nếu lực cản lớn làm cho cửa van không thể tự hạ được thì có thể lợi dụng cột nước này để đóng van (hình 7.59).

Vật chắn nước bên của cửa van dưới sâu được bố trí trong khe van để không vướng tường ngược.

Khi đóng mở cửa van, có lực cản ma sát phát sinh. Chẳng hạn lực ma sát trong môi vật chắn nước bên của cửa van phẳng trên mặt bằng:

$$T_c = \frac{1}{2} \gamma H^2 b_c f \quad (7-56)$$

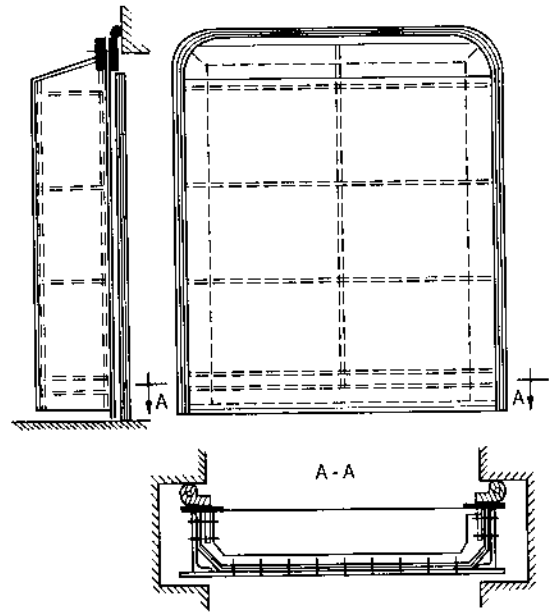
trong đó:

γ - trọng lượng riêng của nước;

H - chiều cao cột nước;

b_c - bề rộng chịu áp lực nước của vật chắn, đối với vật chắn nước chữ P lấy bằng đường kính đầu tròn.

f - hệ số ma sát của vật chắn giữa cao su và thép bằng 0,65; giữa cao su và thép không gỉ bằng 0,5.



Hình 7.59

7.2.6. Bộ phận cố định của cửa van

Bộ phận cố định được gắn chặt vào móng cống, bao gồm:

Đường ray của bánh xe chính

Tùy theo giá trị của tải trọng tác dụng lên bánh xe mà chọn cho thích hợp. Khi tải trọng không lớn có thể dùng thép định hình (7-60b). Khi lực tác dụng vào bánh xe từ 200 - 350kN có thể dùng tiết diện chữ I ghép (hình 7.60c). Khi tải trọng lớn hơn 500kN thì dùng đường ray đúc (hình 7.60a).

Để tăng thêm độ cứng, cần liên kết đường ray với thép góc gia cố mép rãnh van (hình 7.60).



Hình 7.60

Khoảng cách từ trục của đường ray chính tới mép ngoài của rãnh van lấy vào khoảng từ 150 đến 750mm tùy thuộc vào độ lớn của cửa van và lực tác dụng lên bánh xe.

Kích thước đường ray chọn căn cứ vào trạng thái chịu lực cụ thể hoặc lấy theo thiết kế tương tự, sau đó kiểm tra lại.

Kiểm tra ứng suất pháp do uốn theo công thức:

$$\sigma = \frac{3P_x h}{8W} \leq [\sigma] \quad (7-57)$$

trong đó: P_x - lực tác dụng lên bánh xe;

h - chiều cao của mặt cắt ngang của ray;

W - môđun chống uốn của đường ray.

Kiểm tra ép cục bộ của bản bụng đường ray theo công thức:

$$\sigma = \frac{P_x}{3h_1 \delta_1} \leq [\sigma] \quad (7-58)$$

trong đó: h_1 - chiều cao của mũ đường ray (bằng khoảng cách từ đỉnh đường ray tới điểm bắt đầu bị uốn cong của bản bụng, nếu là dầm ghép thì bằng chiều dày của cánh nén);

δ_1 - chiều dày bản bụng của đường ray.

Kiểm tra ép mặt bê tông dưới đường ray bằng công thức:

$$\sigma_b = \frac{P_x}{3hb} \leq [\sigma_b] \quad (7-59)$$

trong đó: h - chiều cao của mặt cắt ngang của đường ray;

b - bề rộng đế đường ray;

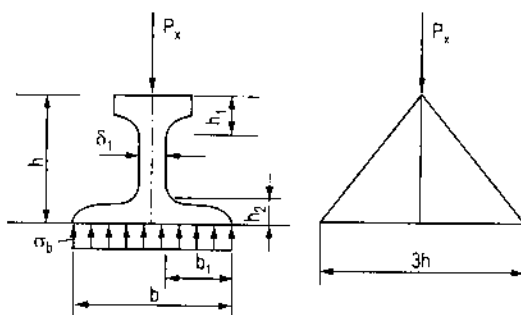
$[\sigma_b]$ - ứng suất nén cho phép của bê tông (bảng 7.6)

Bảng 7.6. Ứng suất nén cho phép của bê tông

Tổ hợp tải trọng	Mác bê tông		
	170	300	500
Cơ bản	55	87	135
Đặc biệt	70	110	172

Kiểm tra chiều dày đế đường ray: xem đế đường ray như một tấm côngxôn chịu lực phân bố đều bằng phản lực đế ray (hình 7.61):

$$\sigma = \frac{M_2}{W_2} \leq [\sigma] \quad (7-60)$$



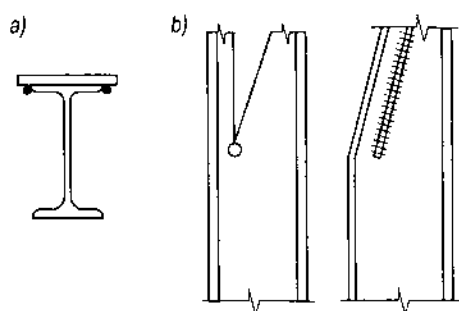
Hình 7.61

trong đó:

$$M_2 = \sigma_b \frac{b_1^2}{2} = \sigma_b \frac{(b - \delta_1)^2}{8};$$

$$W_2 = \frac{h_2^2}{6}$$

Đường ray của bánh xe bên và bánh xe ngược hướng

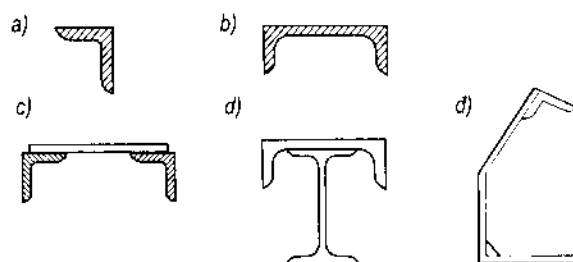


Hình 7.62

Đường ray bên và đường ray ngược thường làm bằng thép chữ I, khi cần thiết có thể gia cường thêm bằng thép bản (hình 7.62). Tính toán đường ray bên và đường ray ngược tương tự như tính đường ray chính. Để dễ lắp cửa van vào khe van, đầu trên của đường ray bên và đường ray ngược cần làm xiên bằng cách cắt bớt bản bụng thép định hình rồi uốn gập bản cánh lại như ở hình 7.62b.

Bộ phận cố định của vật chắn nước

Bộ phận cố định của vật chắn nước bên có thể làm bằng thép góc, thép chữ [và thép bản (hình 7.63). Bộ phận cố định của vật chắn nước dưới của cửa van rất nhỏ có thể làm bằng thép góc. Đối với cửa van chịu cột nước nhỏ, có thể dùng thép chữ [định hình; với cửa van có vật chắn nước đáy bằng gỗ có thể dùng thép chữ [ghép bằng thép góc số hiệu 65 × 8 ~ 120 × 12mm và thép



Hình 7.63

bản có chiều dày 10 ~ 20mm. Tại chỗ tiếp giáp giữa cửa van và bản đáy cần phải đặt bộ phận cố định, trùng với vị trí vật chắn nước dưới. Nếu bộ phận cố định ở đáy chịu tải trọng lớn thẳng đứng có thể dùng mặt cắt như ở hình 7.63d.

Tấm thép gia cố tường ngực của vật chắn nước định hình có dạng như ở hình 7.63d để tăng độ cứng, cứ khoảng 700 ~ 1200mm đặt một tấm ngăn. Độ dốc của cạnh nghiêng bằng 1 : 10 tức là chiều dài nằm ngang là 40 ~ 60mm thì chiều dài theo phương đứng bằng 300 ~ 600mm. Đoạn thẳng đứng của thép gia cố lấy vào khoảng 150 ~ 250mm. Đoạn nghiêng phía trên có tác dụng giúp cho vật chắn nước định hình dễ dàng tiếp xúc với đoạn thẳng đứng.

Khi lắp ráp bộ phận cố định của vật chắn nước cần bảo đảm các yêu cầu kĩ thuật.

7.2.7. Tính toán lực đóng mở

Lực cần thiết để nâng cửa van phẳng được xác định theo công thức sau:

$$N_n \geq 1,1(G + G'_1) + 1,2(T_x + T_c) + P_h + V_n \quad (7-61)$$

trong đó: G - trọng lượng toàn bộ của bộ phận động của cửa van;

G'_1 - trọng lượng của gia trọng;

T_x - tổng lực ma sát trong bộ phận gối đỡ động, được tính với các giá trị lớn nhất của hệ số ma sát;

T_c - tổng lực ma sát trong vật chắn được tính với giá trị lớn nhất của hệ số ma sát;

P_h - lực hút tác dụng lên vật chắn nước đáy;

V_n - trọng lượng cột nước tác dụng lên đỉnh van;

1,1 và 1,2 - hệ số vượt tải;

N_n - lực nâng của máy tác dụng vào bộ phận treo của cửa van.

Cửa van có thể tự hạ xuống, nếu thoả mãn bất đẳng thức sau:

$$1,2(T_x + T_c) + P_d + P_t \leq 0,9G' \quad (7-62)$$

trong đó: P_d - lực đẩy;

P_t - lực thấm;

G' - trọng lượng cửa van có xét tới lực đẩy nổi (bằng trọng lượng khối nước van chiếm chỗ).

Nếu vế bên phải của công thức (7-62) lớn hơn vế bên trái thì cần phải thêm gia trọng (có xét tới lực đẩy nổi). Vậy công thức (7-62) có dạng:

$$1,2(T_x + T_c) + P_d + P_t \leq 0,9(G' + G'_1) \quad (7-63)$$

hoặc dùng máy thì lực đóng cần thiết bằng:

$$N_d \geq 1,2(T_x + T_c) + P_d + P_t - 0,9G' \quad (7-64)$$

7.3. CỬA VAN HÌNH CUNG

7.3.1. Phân loại

Cửa van hình cung là cửa van mà mặt cắt ngang của kết cấu phân động có dạng hình cung và được liên kết với hai càn. Khi đóng mở cửa van quay xung quanh trục nằm ngang.

Cửa van hình cung được dùng trong các công trình như đập, cống, âu thuyền... Cửa van hình cung không được dùng trong các trường hợp sau: cửa dẫn nước vào buồng tuabin trong các nhà máy thủy điện trên sông, cửa của các bể áp lực, các ống có áp dẫn nước vào nhà máy thủy điện.

Khác với cửa van phẳng, cửa van hình cung chỉ dùng làm cửa chính, không dùng làm cửa sửa chữa.

Cửa van cung được phân loại như sau:

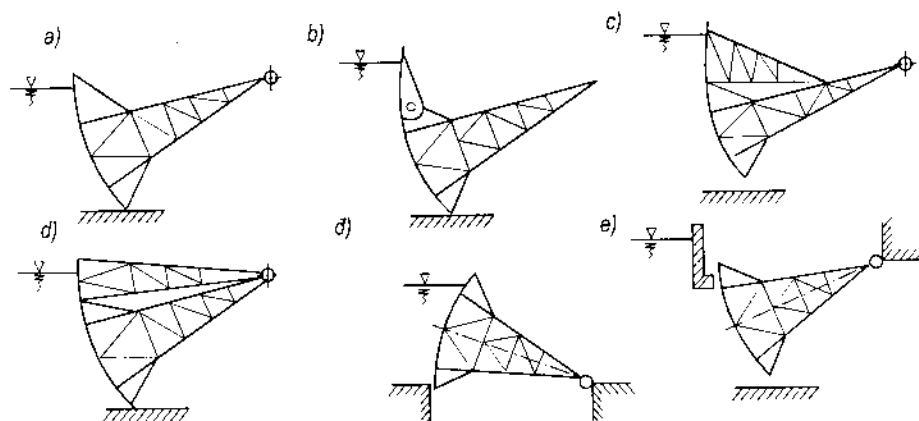
- Theo mực nước thượng lưu, được chia thành hai loại: loại van trên mặt và loại van dưới sâu.

- Theo hình thức nước chảy qua van, có thể chia thành ba nhóm: cửa van cho nước chảy ở dưới; cho nước tràn qua đỉnh van; nước chảy qua đỉnh van và chảy dưới van;

- Theo kết cấu cửa van được chia thành 3 loại: cửa van đơn (hình 7.64a, d, c), cửa van có cửa phụ (hình 7.46b) và cửa van kép (hình 7.64c, d).

Trong các đập tràn thường dùng cửa van cho nước chảy ở dưới (hình 7-64a) hoặc vừa cho nước chảy ở dưới vừa cho nước tràn qua van (hình 7.64b, c, d) (loại cửa van được kéo lên). Trong các âu tàu, thuyền chỉ dùng loại cho nước tràn qua đỉnh van (hình 7.64d) loại cửa van hạ xuống.

Cửa van có cửa phụ hoặc cửa van hai tầng được dùng khi cần tháo vật nổi hoặc cần tháo một lượng nước nhỏ, vì nếu dùng cửa van đơn thì phải mất một khối lượng nước khá lớn.



Hình 7.64

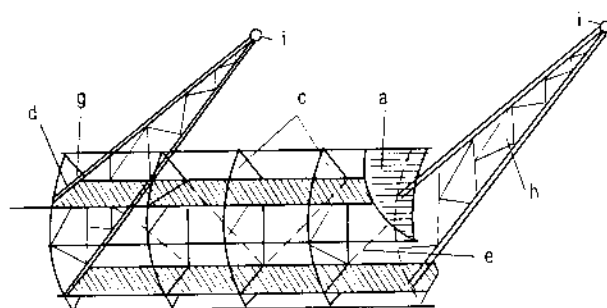
7.3.2. Các bộ phận chính

Van hình cung có hai bộ phận cơ bản: bộ phận động và bộ phận cố định.

Bộ phận động của cửa van hình cung gồm có các cấu kiện sau (hình 7.65):

Bản mặt a: thường bằng thép, trực tiếp đỡ áp lực nước và chuyển lên ô dầm.

Ô dầm b: được tạo bởi các dầm phụ đứng và ngang, có tác dụng đỡ bản mặt và chuyển tải trọng lên giàn ngang.



Hình 7.65

Giàn ngang c: đỡ tải trọng từ ô dầm và chuyển lên dầm chính, cũng tương tự như trong cửa van phẳng, thanh cánh thượng của giàn ngang đỡ bản mặt thì cũng là một phần tử của ô dầm, thanh cánh hạ cũng là thanh đứng của giàn chịu trọng lượng.

Khung chính d: hợp bởi dầm chính (hoặc giàn chính) và chân van, đỡ toàn bộ áp lực nước tác dụng lên van rồi chuyển lên gối đỡ. Ngoài chịu uốn trong mặt phẳng khung do áp lực nước, cánh của dầm chính còn chịu lực trong mặt phẳng đứng, khi nó là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng.

Giàn chịu trọng lượng e: đặt ở phía trước và sau dầm chính, nó có tác dụng chịu trọng lượng bản thân van và các tải trọng thẳng đứng khác (chẳng hạn như trọng lượng của lớp nước tràn qua van, v.v...) và chuyển các lực đó lên trụ biên. Trong cửa van có bản mặt bằng thép thì không cần đặt giàn chịu trọng lượng ở phía bản mặt vì lúc này bản mặt có tác dụng như bản bụng dầm, còn bản cánh của dầm chính là bản cánh của giàn chịu trọng lượng.

Trụ biên g (có thể là giàn hoặc dầm): có tác dụng nối dầm chính và chân của khung kính.

Giàn gối h dùng để liên kết giữa các nhánh của chân khung thành một kết cấu, giàn gối có tác dụng chuyển toàn bộ áp lực nước, một phần trọng lượng bản thân van và lực kéo van sinh ra khi nâng và hạ van; lên bộ phận gối tựa.

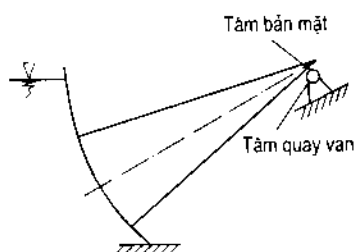
Bộ phận gối đỡ i: chuyển áp lực nước và trọng lượng bản thân van từ kết cấu phân động lên gối bản lề và bảo đảm chuyển động quay của cửa van khi công tác.

Vật chắn nước có tác dụng bịt kín các khe hở giữa bản mặt và bộ phận cố định, bịt kín các khe hở giữa các bộ phận của cửa van khi chúng chuyển động tương đối với nhau (chẳng hạn như giữa cửa van chính và cửa phụ v. v...).

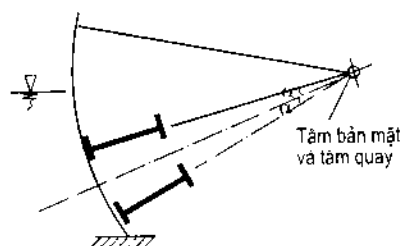
Thiết bị treo dùng để nối cửa van với thiết bị kéo, cửa máy đóng mở và để nối với các chốt giữ khi treo tạm.

7.3.3. Hình thức cửa van thường dùng hiện nay

Phần lớn cửa van cung dùng bản mặt hình cung tròn có tâm trùng với tâm quay, trong các sông có lượng phù sa lớn lắng đọng ở trước cửa van, thì tâm quay có thể đặt thấp hơn tâm của bản mặt (hình 7.66).



Hình 7.66

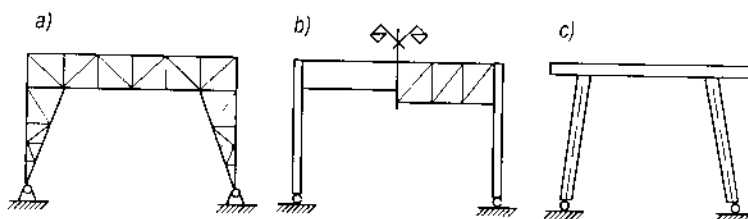


Hình 7.67

Trong trường hợp này sẽ giảm được ảnh hưởng của lực ma sát do phù sa tác dụng lên bản mặt, và giảm được lực kéo của máy đóng mở khi nâng van.

Cửa van được dùng phổ biến nhất hiện nay là cửa van hai dầm chính chịu tải trọng bằng nhau, bản mặt là một mặt cung tròn có tâm cong trùng với tâm quay của cửa van (hình 7.67).

Khung chính được chia thành các loại sau: chân thẳng và cứng (hình 7.68a) chân thẳng và mảnh (hình 7.68b); chân xiên và mảnh (hình 7.68c).



Hình 7.68

Cửa van chân cứng có lực xô ngang lớn, làm giảm được mômen uốn trong dầm, nhưng mômen uốn trong chân lại lớn, đồng thời khi cửa van chuyển động có lực ma sát ở mặt bên của gối bản lề. Cửa van chân mảnh được dùng phổ biến nhất, trong trường hợp này độ cứng của chân nhỏ hơn độ cứng của dầm vì vậy ảnh hưởng của lực ngang có thể bỏ qua.

Cửa van chân xiên có một số ưu điểm sau:

- Giảm được mômen uốn trong dầm chính, do đó dầm chính sẽ nhỏ. Khi nhịp van dưới 12m và cột dưới 5m có thể dùng thép định hình làm dầm chính.

Chiều cao dầm chính giảm, nên kết cấu giàn ngang có thể nhỏ, trọng lượng giảm, do đó lực kéo cần thiết của máy đóng mở cũng giảm.

Cửa van chân xiên cũng có nhược điểm như sau:

- Cấu tạo gối bản lề và cấu tạo mối nối giữa dầm chính với chân van khá phức tạp.
- Làm tăng nội lực trong chân van, đồng thời chiều dài của chân van cũng lớn.
- Khi có nước tràn qua đỉnh van không nên sử dụng.

7.3.4. Phạm vi ứng dụng

Van hình cung được dùng phổ biến trong các công trình tiêu và tưới, nhịp có thể đạt tới 40m với chiều cao dưới 14m.

Khi nhịp từ 10 ~ 12m, thường dùng loại van cung hai khung chính, chân mảnh thẳng hay xiên. Với nhịp từ 6 ~ 12m, cột nước từ 2.5 ~ 4m thường dùng loại chân xiên và ô dầm ngang. Ở những đầu âu thuyền để tăng thêm chiều dài, giảm năng lượng dòng chảy dưới van khi đưa nước vào buồng âu, dùng van hình cung tốt hơn van phẳng.

Không dùng van hình cung làm cửa van sửa chữa, cửa van bảo hiểm và cửa van thi công vì gối tựa cố định.

Cửa van hình cung có thể bố trí trong khe van hoặc ở mặt ngoài của trụ pin (hình 7.69a và b).

Cửa van hình cung được dùng rộng rãi trong công trình thủy lợi vì nó có nhiều ưu điểm:

- Có thể dùng trên đập tràn với mặt cắt bất kỳ mà không cần mở rộng đỉnh đập.
- Điều kiện thủy lực của dòng chảy ở mép dưới van cung tốt hơn cửa van phẳng.
- Cửa van được liên kết với gối bản lề cố định nên chuyển động của van được xác định và hầu như tránh được khả năng bị mắc do vênh.
- Trọng lượng van cung nhỏ hơn các loại van khác.
- Lực kéo của máy đóng mở nhỏ, có thể lợi dụng phương hợp lực của áp lực nước không đi qua trục quay van để giảm lực đóng mở.

- Có thể nhấc van ở một phía, do đó kích thước kết cấu của cần trục có thể nhỏ đi.

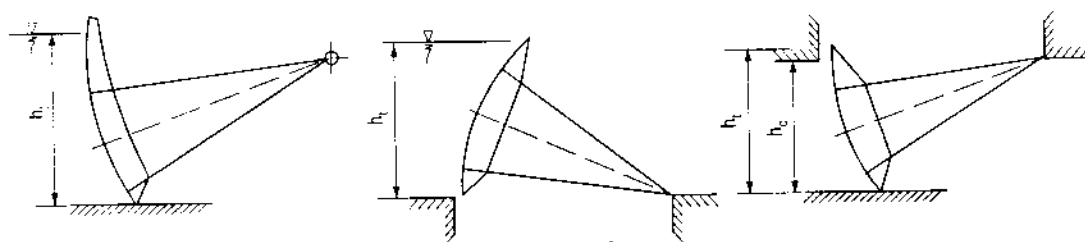
Van cung cũng có một số nhược điểm sau:

- Phải có mố và tường biên dài.
- Độ cứng của van cung nhỏ hơn van phẳng.
- Khi cống có chiều cao lớn và có ngưỡng ngang, nếu yêu cầu gối bản lề không ngâm trong nước thì chân van phải rất dài.

7.3.5. Tải trọng tác dụng

Các tải trọng tác dụng lên cửa van đã trình bày trong mục 7.1. Riêng áp lực thủy tĩnh và trọng lượng bản thân của cửa van hình cung thì cần nói rõ thêm một chút.

Để xác định áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van hình cung, trước hết cần xác định nhịp tải trọng và chiều cao tải trọng. Nhịp tải trọng của cửa van l_1 được giới hạn bởi hai vật chắn nước bên (hình 7.69), chiều cao chịu tải trọng của cửa van h_1 bằng khoảng cách giữa hai vật chắn nước trên và dưới. Nếu là cửa van ở trên mặt thì chiều cao chịu tải bằng khoảng cách từ mặt thoáng của nước tới vật chắn nước dưới (hình 7.70).



Hình 7.70

Tổng áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van hình cung:

$$P = \sqrt{P_{ng}^2 + P_d^2} \quad (7-65)$$

trong đó: P_{ng} - thành phần áp lực thủy tĩnh nằm ngang;

P_d - thành phần áp lực thủy tĩnh thẳng đứng.

Lực P có phương đi qua tâm bản mặt và hợp với đường nằm ngang một góc:

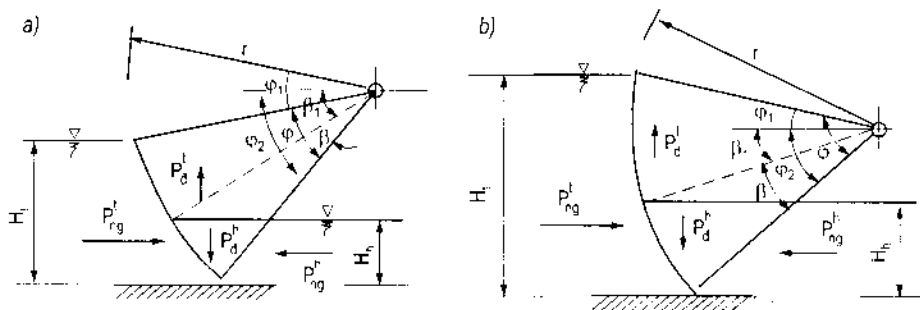
$$\psi = \arctg \frac{P_d}{P_{ng}} \quad (7-66)$$

Thành phần nằm ngang của áp lực thủy tĩnh ở thượng lưu của cửa van ở trên mặt (hình 7.71a):

$$P_{ng}^t = \frac{1}{2} H_t^2 l_t \gamma \quad (7-67)$$

Thành phần nằm ngang của áp lực thủy tĩnh ở hạ lưu:

$$P_{ng}^h = \frac{1}{2} H_h^2 l_t \gamma \quad (7-68)$$



Hình 7.71

Thành phần nằm ngang của áp lực thủy tĩnh toàn phần của cửa van trên mặt:

$$P_{ng} = P_{ng}^t - P_{ng}^h = \frac{1}{2} (H_t^2 - H_h^2) l_t \gamma \quad (7-69)$$

Thành phần đứng của áp lực thủy tĩnh ở thượng lưu của cửa van trên mặt:

$$P_d^t = \frac{1}{2} \gamma r^2 l_t \left(\frac{\pi \varphi}{180^\circ} + 2 \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_1 + \sin 2\varphi_2) \right) \quad (7-70)$$

Thành phần đứng của áp lực thủy tĩnh ở hạ lưu P_d^h cũng được xác định theo công thức (7-70), trong đó $\varphi_1 = \beta_1$, $\varphi_2 = \beta_2$ và $\varphi = \beta$.

Áp lực đứng toàn phần tác dụng lên cửa van trên mặt:

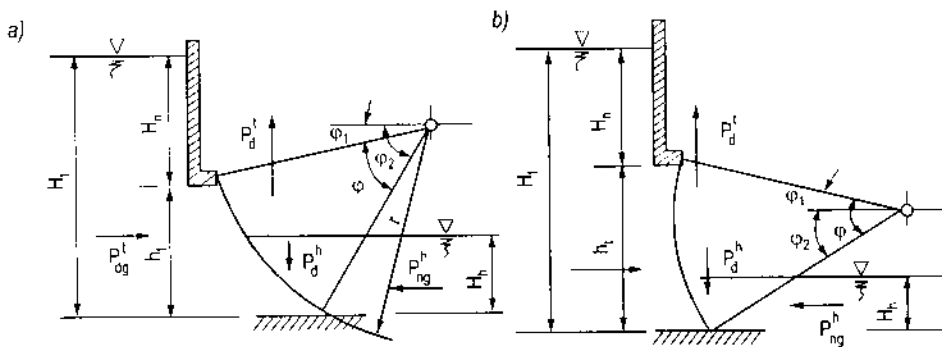
$$P_d = P_d^t - P_d^h \quad (7-71)$$

Đối với trường hợp tâm bản mặt nằm ở dưới mực nước thượng lưu (hình 7.71b), tức là góc φ_1 nằm ở phía trên đường nằm ngang đi qua tâm bản mặt thì góc φ_1 trong công thức (7-70) mang dấu âm.

Thành phần ngang của áp lực thủy tĩnh ở thượng lưu của cửa van dưới sâu (hình 7.72a):

$$P_{ng}^t = \frac{1}{2} (H_t + H_n) h_t l_t \gamma \quad (7-72)$$

trong đó: H_n - khoảng cách từ tâm vật chắn nước ngang ở trên đến mặt thoáng của mực nước thượng lưu.



Hình 7.72

Thành phần áp lực thủy tĩnh ngang ở hạ lưu:

$$P_{ng}^h = \frac{1}{2} H_h^2 l_t \gamma \quad (7-73)$$

Thành phần áp lực nước ngang toàn phần tác dụng lên cửa van ở dưới sâu:

$$P_{ng} = P_{ng}^t - P_{ng}^h = \frac{1}{2} \left[(H_t + H_n) h_t - H_h^2 \right] l_t \gamma \quad (7-74)$$

Thành phần đứng của áp lực thủy tĩnh ở thượng lưu của cửa van dưới sâu:

$$P_d^t = \frac{1}{2} \gamma r^2 l_t \left[\frac{\pi \varphi}{180} + 2 \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_1 + \sin 2\varphi_2) + 2 \frac{H_n}{r} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) \right] \quad (7-75)$$

Nếu tâm bản mặt nằm ở dưới vật chắn nước trên (hình 7.72b) tức là góc φ_1 nằm ở phía trên đường nằm ngang đi qua tâm bản mặt, thì góc φ_1 trong công thức (7-75) mang dấu âm.

Thành phần đứng của áp lực thủy tĩnh ở hạ lưu của cửa van dưới sâu được xác định theo công thức của cửa van ở trên mặt nếu $H_n \leq h_t = H_t - H_n$, hoặc được tính theo công thức của cửa van dưới sâu nếu $H_n > h_t$.

Áp lực nước đứng toàn phần của cửa van dưới sâu:

$$P_d = P_d^l - P_d^h \quad (7-76)$$

Khi xác định sơ bộ, trọng lượng bản thân của cửa van hình cung có thể tính theo công thức kinh nghiệm sau:

$$G = 1,5F \sqrt[4]{F} \quad (\text{kN}) \quad (7-77)$$

trong đó: F - diện tích lỗ cống (m^2).

Với cửa van hình cung ở trên mặt có thể tính theo công thức kinh nghiệm sau:

- Khi còng thẳng:
$$G = 10 \left(\frac{Pl_o}{250} \right)^{0,69} \quad (\text{kN}) \quad (7-78)$$

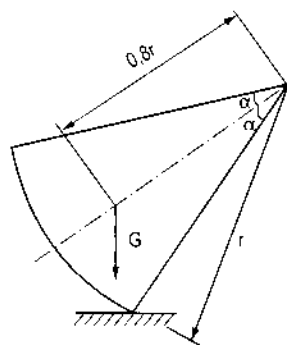
- Khi còng xiên:
$$G = 10 \left(\frac{Pl_o}{150} \right)^{0,70} \quad (\text{kN}) \quad (7-79)$$

trong đó: G - trọng lượng phần động của cửa van còng (kN);

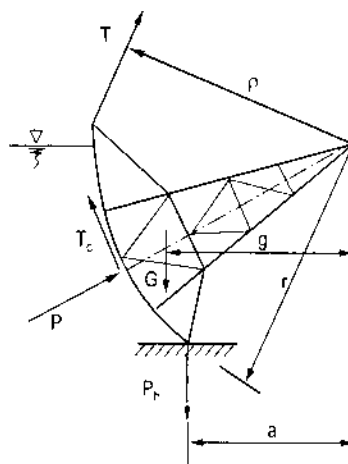
P - áp lực nước tác dụng lên cửa van (kN);

l_o - bề rộng của lỗ cống (m).

Trọng tâm của cửa van có thể coi như nằm trên đường phân giác của góc ở tâm bản mặt và cách tâm bản mặt một đoạn bằng $0,8r$ (hình 7.73).



Hình 7.73



Hình 7.74

Lực kéo cửa van được xác định theo công thức sau:

$$T = \frac{\sum M_c}{\rho} \quad (7-80)$$

trong đó: ρ - cánh tay đòn của lực kéo T đối với tâm quay của cửa van (hình 7.74);

$\sum M_c$ - tổng mômen của các lực cản đối với tâm quay của van:

$$\Sigma M_c = 1,1G.g + 1,2(T_c.r + T_g.R_g) + P_h.a \quad (7-81)$$

trong đó: G - trọng lượng bản thân cửa van;

g - cánh tay đòn của lực G đối với tâm quay;

T_c - tổng lực ma sát do vật chắn nước ở đỉnh và hai bên van sinh ra:

$$T_c = \Sigma \gamma H_c b_c l_c f_c \quad (7-82)$$

H_c - chiều cao cột nước tính đến tâm của vật chắn nước;

b_c - bề rộng chịu áp lực nước của vật chắn, với vật chắn nước chữ P lấy bằng đường kính đầu tròn, với vật chắn chữ L lấy bằng bề rộng cánh của nó;

l_c - chiều dài của vật chắn nước;

f_c - hệ số ma sát giữa vật chắn nước và bộ phận cố định;

r - bán kính của bản mặt;

T_g - lực ma sát trong gối bản lề;

f_g - hệ số ma sát giữa trục và ống bọt trục của gối bản lề;

R_g - bán kính trục của gối bản lề;

P_h - lực hút được xác định theo công thức (7-2);

a - cánh tay đòn của lực hút đối với tâm quay.

7.3.6. Bố trí kết cấu và xác định kích thước chủ yếu của cửa van hình cung

7.3.6.1. Cấu tạo chung của kết cấu van cung

Cấu tạo của kết cấu van cung phải bảo đảm các yêu cầu về khai thác, giá thành hạ và phải dễ chế tạo, lắp ghép, kiểm tra, sửa chữa.

Phần lớn cửa van hình cung dùng hai khung chính kiểu chữ Π . Khi nhịp từ 12 ~ 16m, dầm của khung thường dùng loại tiết diện đặc, còn khi nhịp lớn dùng loại giàn có thanh bụng xiên hoặc tam giác. Chân khung thường dùng tiết diện đặc. Giàn ngang ở giữa thường dùng loại rỗng, còn giàn ngang ở hai đầu dùng loại đặc.

Các cửa van nhỏ có nhịp từ 5 ~ 7m, khi lỗ cống gần là hình vuông thì thường dùng loại chân xiên không có khung chính, dầm phụ công xôn đặt ngang đỡ bản mặt.

Hình dáng mặt cắt ngang của cửa van phải bảo đảm để dòng nước chảy dưới van không va vào dầm chính dưới. Nếu vì một nguyên nhân nào đó mà không thể đưa dầm chính dưới lên phía trên, thì kết cấu của dầm chính tốt nhất là dùng loại rỗng (giàn). Khi dùng loại dầm đặc thì bản bụng của dầm cần phải khoét lỗ lớn, diện tích lỗ không được nhỏ hơn 20% tổng diện tích bản bụng dầm chính. Loại cửa cung có dầm chính bố trí thấp hay gập trong cống có khẩu độ lớn và chịu cột nước nhỏ.

Khi có nước tràn qua, hình dáng của đỉnh van phải bảo đảm để dòng chảy không va vào kết cấu van và cần đưa không khí vào dưới dòng chảy. Trong trường hợp không thể thực hiện được yêu cầu đó thì phải thiết kế máng tràn không chân không.

Khi thiết kế cửa van dùng càng ít phân tố ghép càng tốt, cố gắng dùng thép định hình. Không nên dùng loại tiết diện có khe hẹp và rỗng vì khó kiểm tra, khó vệ sinh và quét sơn. Tất cả các phân tố chính chịu uốn hoặc chịu nén dọc trục phải chọn loại có độ cứng lớn nhất ứng với kích thước cần thiết của mặt cắt ngang theo tính toán.

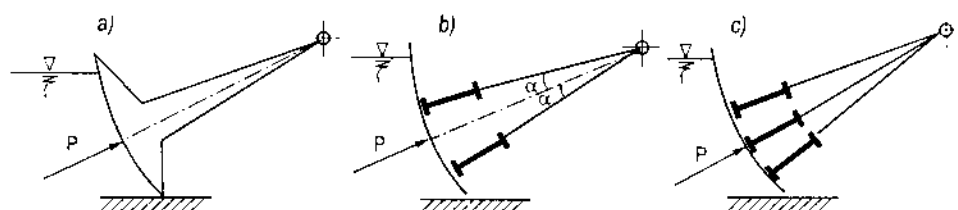
7.3.6.2. Chọn sơ bộ hình thức, vị trí và kích thước của khung chính

Khung chính là một bộ phận quan trọng của cửa van hình cung, nó có tác dụng chuyển toàn bộ áp lực nước, trọng lượng bản thân và trọng lượng lớp nước tràn qua van (nếu có) lên gối bản lề.

Khung chính gồm có dầm chính và chân khung.

Khung chính được đặt theo phương bán kính của bản mặt, số khung chính thường từ một đến ba chiếc (hình 7.75). Tuyệt đại đa số các cửa van thường dùng hiện nay là loại có hai khung chính chịu tải trọng bằng nhau.

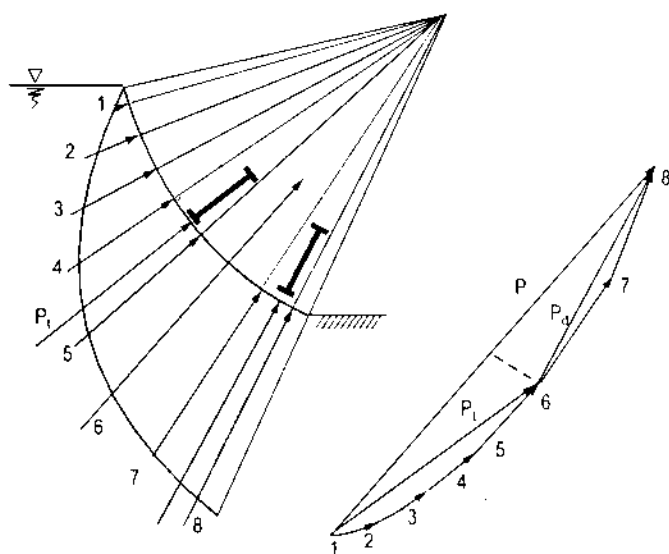
Chiều cao của khung chính lấy bằng bán kính của bản mặt, bán kính của bản mặt phụ thuộc vào chiều cao h_0 và bề rộng l_0 của cống, thường chọn $r = (1,2 - 1,5)h_0$. Ngoài ra cần phải chọn tỉ số r/l_0 càng lớn khi nhịp càng nhỏ.



Hình 7.75

Vị trí tâm quay của cửa van thường đặt ở trên mực nước hạ lưu lớn nhất và mực nước tràn qua đỉnh đập không va vào trục quay.

Các khung chính thường được bố trí theo nguyên tắc chịu tải trọng bằng nhau. Nếu cửa van có hai khung chính thì chúng phải cách đều hợp lực của áp lực thủy tĩnh (hình 7.75b). Phương của hợp lực áp lực thủy tĩnh P xác định theo công thức (7.66). Khung chính bố trí cách đều hợp lực đó. Cũng có thể xác định phương của hợp lực áp lực thủy tĩnh bằng đồ giải như ở hình 7.76.



Hình 7.76

Khi xác định vị trí của khung chính, cần phải xét tới yêu cầu về thủy lực (dòng chảy không va vào dầm chính dưới), về cấu tạo (bảo đảm cửa van có đủ độ cứng) và về thi công (tiện cho việc phân đoạn). Đối với cửa van cho nước chảy qua đỉnh (hình 7.64d) thì hai khung chính được đặt ở mép trên cùng và dưới cùng, chúng kết hợp với bản mặt tạo thành một dầm không gian có mặt cắt hình tam giác, ở đây khung trên kết hợp làm mặt trần của cửa van.

Khung chính thường dùng chân thẳng và mảnh có dầm chính đặc (dầm) hoặc rỗng (giàn). Dùng khung chân mảnh có thể bỏ qua ảnh hưởng của lực xô ngang khi xác định kích thước tường biên hay trụ pin của công trình, bỏ qua lực ma sát trong gối bản lề do lực xô ngang sinh ra.

Cấu tạo dầm khung chính phụ thuộc vào kích thước của van (chiều cao và chiều rộng), loại van (trên mặt hoặc dưới sâu) chế độ khai thác, điều kiện lắp ghép, chuyên chở và vật liệu dùng để chế tạo.

Đối với cửa van dưới sâu, khi tải trọng trên một mét dài lớn, mà nhịp lại nhỏ thì dùng dầm bụng đặc vì lực cắt lớn hơn rất nhiều so với mômen uốn. Đối với cửa van trên mặt, tải trọng tác dụng lên một mét dài không lớn, do đó lực cắt nhỏ. Khi nhịp van lớn (20 ~ 30m) thường dùng dầm chính rỗng (giàn) kinh tế hơn, vì nếu dùng dầm đặc thì không thể lợi dụng hết khả năng làm việc của bản bụng dầm. Hình dạng mặt cắt ngang của cửa van đôi khi có ảnh hưởng quyết định đến việc chọn hình thức dầm chính. Khi cửa van có dầm chính dưới thấp, để tránh hiện tượng chân không dưới dầm chính, dầm chính thường chọn loại giàn.

Nhịp tính toán của khung chính bằng khoảng cách giữa hai mặt phẳng đối xứng của chân van, được xác định như sau:

- Khi van đặt trong rãnh van (hình 7.69a)

$$l = l_0 + 2d = l_0 + 2(0,3 \sim 0,5)m$$

- Khi van đặt trên côngxôn của trụ pin (7.69b):

$$l = l_0 - 2d' = l_0 - (0,4 \sim 0,6)m$$

trong đó: l - nhịp tính toán của khung chính;

l_0 - bề rộng của lỗ cống bằng khoảng cách trong giữa hai trụ pin;

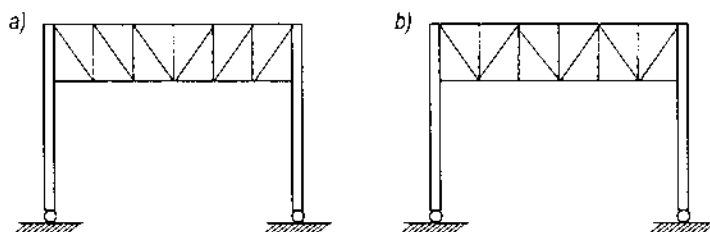
d, d' - khoảng cách từ mép lỗ cống tới tâm gối bản lề, chọn càng lớn khi tải trọng tác dụng lên van càng lớn.

Chiều cao dầm của khung chính có thể chọn sơ bộ như sau:

- Đối với dầm chính đặc: $h = \left(\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15} \right) l$

- Đối với dầm chính rỗng: $h = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{9} \right) l$, khi thanh bụng xiên (hình 7.77a)

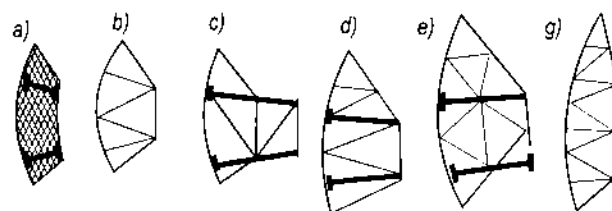
$h = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8} \right) l$, khi thanh bụng tam giác (hình 7.77b)



Hình 7.77

7.3.6.3. Chọn sơ bộ hình thức, vị trí và kích thước giàn ngang

Cũng tương tự như trong cửa van phẳng, giàn ngang là một bộ phận rất quan trọng của kết cấu cửa van hình cung. Giàn ngang có tác dụng đỡ áp lực nước từ ô dầm và chuyển lên dầm của khung chính, phân đều tải trọng lên khung chính và chịu các lực ngẫu nhiên không nằm trong mặt phẳng của khung chính.



Hình 7.78

Giàn ngang được tạo bởi thanh đứng của ô dầm, thanh đứng của giàn chính và thanh đứng của giàn chịu trọng lượng.

Tuỳ theo kích thước của cửa van và hình dáng mặt cắt ngang mà chọn giàn ngang (hình 7.78) cho thích hợp.

Đối với cửa van chân xiên có nhịp ($l_0 \leq 12\text{m}$, chiều cao cột nước $H \leq 4.5\text{m}$ và cửa van chân thẳng có $l_0 \leq 7\text{m}$, $H \leq 3.5\text{m}$, dùng giàn ngang đặc là hợp lý hơn cả (hình 7.78a).

Đối với cửa van chân thẳng, nhịp $l_0 = 10 \sim 14\text{m}$ và cột nước $H = 4 \sim 5\text{m}$, có thể chọn giàn ngang như ở hình 7.78b. Vì khoảng cách giữa hai dầm chính lớn nên cần bố trí một mắt giàn ở giữa để đỡ dầm phụ ngang. Hình 7.78c biểu thị giàn ngang của cửa van có nhịp lớn $l_0 = 18 \sim 22\text{m}$ và cột nước nhỏ $H = 3 \sim 3.5\text{m}$. Vì chiều cao dầm của khung chính trong trường hợp này lớn, nên thanh đứng của giàn ngang quá dài cần được tăng độ cứng bằng cách đặt thêm thanh đứng phụ đỡ ở giữa thanh đứng của giàn chính. Đối với cửa van có nhịp trung bình ($l_0 = 10 \sim 14\text{m}$) và cột nước lớn ($H = 6 \sim 7\text{m}$) dùng giàn ngang như ở hình 7.78d vì trong trường hợp này khoảng cách giữa hai dầm chính lớn và côngxôn phía trên cùng dài cần phải bố trí thêm mắt trung gian để đỡ các dầm phụ ngang. Hình 7.78e giới thiệu giàn ngang của cửa van có nhịp lớn ($l_0 = 20 \sim 25\text{m}$) và có cột nước cũng lớn, nên nó không đủ độ cứng trong mặt phẳng thẳng đứng, do đó cần được đỡ bằng các thanh đứng. Hình 7.78g biểu thị giàn ngang của cửa van có cột nước rất lớn $H = 10 \sim 12\text{m}$. Trong trường hợp này, việc bố trí các thanh của giàn ngang phụ thuộc vào vị trí các phân tố của ô dầm. Khi bố trí ô dầm cần bố trí như thế nào để các thanh bụng của giàn ngang đối xứng đối với các dầm chính.

Kích thước hình học của giàn ngang phụ thuộc vào chiều cao của van, bán kính và vị trí của tâm bản mặt, phụ thuộc vào chiều cao của dầm chính.

Khi dầm của khung chính là loại rỗng thì vị trí của giàn ngang phụ thuộc vào hệ thanh bụng (thanh bụng xiên hoặc tam giác). Giàn ngang có thể bố trí trong mặt phẳng của các thanh đứng của giàn chính có thanh bụng xiên (hình 7.79a) hay nằm trong mặt phẳng đi qua các mắt giàn của giàn chính có thanh bụng hình tam giác (hình 7.79b). Trong cửa van có chân xiên nhất thiết phải bố trí giàn ngang trong mặt phẳng liên kết của chân van. Giàn ngang thường bố trí như sau: một giàn ở giữa, hai giàn ở vị trí liên kết của chân van và hai giàn nữa ở hai đầu van (hình 7.79c).

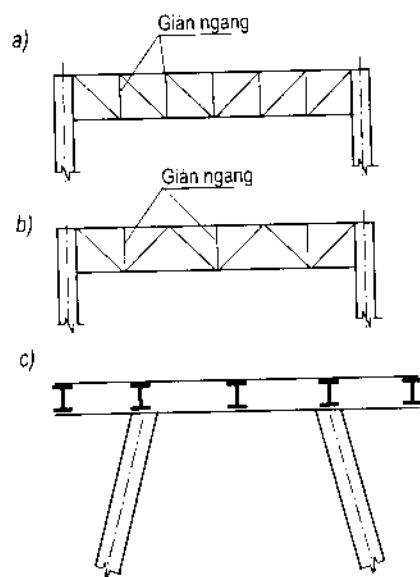
7.3.6.4. Bố trí ô dầm

Ô dầm có thể bố trí trước dầm chính (hình 7.13a) hoặc đặt bằng mặt với dầm chính (hình 7.13b) hoặc bố trí thấp hơn dầm chính (hình 7.13c). Tùy theo khoảng cách giữa các dầm chính mà ô dầm được bố trí dọc ngang hay hỗn hợp (hình 7.80).

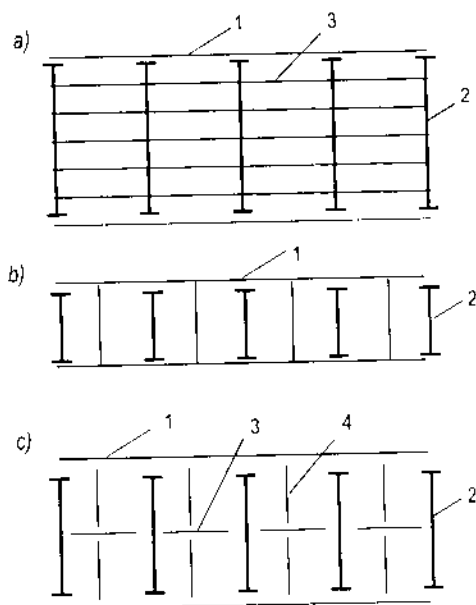
Khi khoảng cách giữa hai dầm chính lớn, bố trí dọc là hợp lý nhất (hình 7.80a). Dầm phụ được đặt liên tục trên cánh thượng của giàn ngang dọc theo toàn chiều dài van và làm giảm chiều cao giàn ngang. Cho phép dùng hàn tự động và bán tự động. Nếu dầm phụ được đặt bằng mặt với giàn ngang, tức là dầm phụ bị cắt đứt bởi giàn ngang, thì đầu các thanh cần được nối chắc với giàn ngang.

Khi van có cột nước nhỏ, thì ô dầm bố trí đứng (hình 7.80b) là hợp lý vì khoảng cách giữa các dầm chính nhỏ. Cách bố trí hỗn hợp (hình 7.80c) do cấu tạo phức tạp nên ít dùng. Dầm phụ đứng và dầm phụ ngang cần chọn cùng chiều cao để có thể đặt bản nối ở phía dưới.

Các phần tử ô dầm thường dùng thép định hình.



Hình 7.79



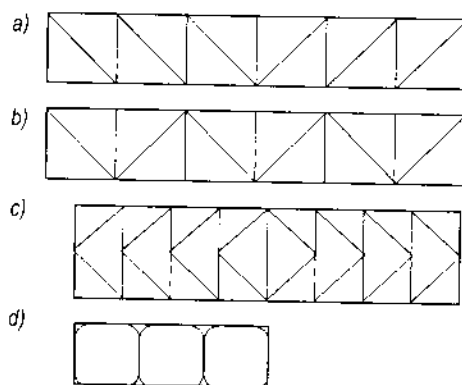
Hình 7.80

7.3.6.5. Chọn hình thức và cấu tạo giàn chịu trọng lượng

Giàn chịu trọng lượng được bố trí ở thượng lưu và hạ lưu của dầm chính. Nếu dầm chính được hàn chặt vào bản mặt thì không cần đặt giàn chịu trọng lượng ở thượng lưu vì chính bản mặt và cánh của dầm chính trên và dưới tạo thành một dầm có tác dụng như giàn chịu trọng lượng.

Với cửa van có dầm chính không lớn, thì không cần đặt giàn chịu trọng lượng, lúc này trọng lượng cửa van do bản mặt chịu và truyền tải trọng lên giàn gối (càng) hay trụ biên. Khi chiều cao của dầm chính lớn (khoảng $\geq 1\text{m}$) thì nhất thiết phải đặt giàn chịu trọng lượng.

Tùy theo kích thước của cửa van mà dùng loại có thanh bụng hoặc loại không có thanh bụng (hình 7.81). Với cửa van có nhịp lớn hay cột nước lớn phải dùng loại có thanh bụng. Tùy theo chiều dài của các khoảng mắt của giàn chính mà dùng thanh bụng xiên hoặc nửa xiên. Trong những cửa van nhịp nhỏ, chịu cột nước lớn, dầm chính chịu tải trọng khá lớn, nên làm dầm có bản cánh rộng, trong trường hợp này có thể dùng giàn chịu trọng lượng không thanh xiên (hình 7.81d), ở vị trí giao nhau giữa các thanh đứng và thanh cánh của giàn này cần đặt bản mặt rộng.



Hình 7.81

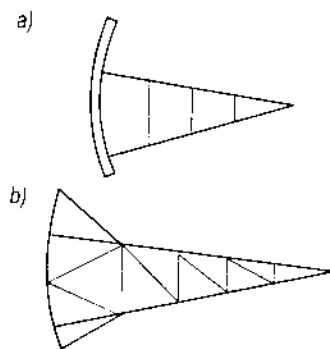
7.3.6.6. Hình thức, cấu tạo của trụ biên và giàn gối

Trụ biên được bố trí ở hai đầu cửa van dùng để gắn bánh xe bên, vật chắn nước, cũng như các chi tiết khác. Trụ biên được đặt theo toàn bộ chiều cao của tiết diện ngang của cửa van. Mặt cắt ngang của trụ biên thường làm tiết diện chữ I hoặc hình hộp.

Giàn gối được tạo bởi các nhánh của chân khung chính, nó có tác dụng liên kết các chân của khung chính, chuyển áp lực nước tác dụng lên cửa van vào bộ phận cố định.

Nếu dùng khung chính kiểu côngxôn, thì trụ biên và giàn gối là hai bộ phận đặt tách rời nhau. Đối với cửa van có giàn gối đặt sát đầu van, trụ biên và giàn gối cùng nằm trong một mặt phẳng thì có thể kết hợp thành một kết cấu.

Với cửa van nhỏ, giàn gối có thể dùng loại không thanh xiên (hình 7.82a), còn đối với cửa van có nhịp trung bình và lớn thì cần phải có thanh xiên (hình 7.82b).



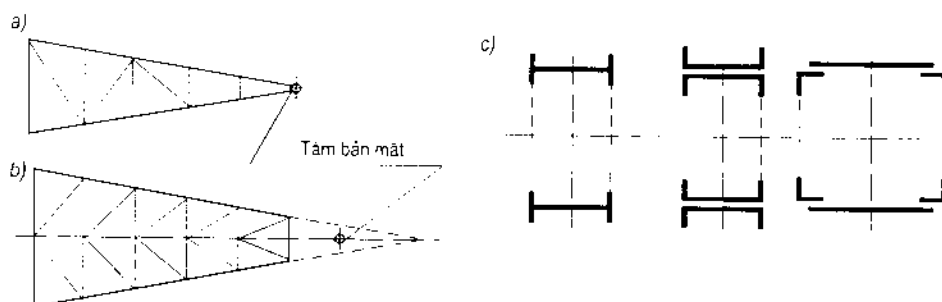
Hình 7.82

Thanh cánh giàn gối được làm bằng thép chữ I hay hai thép chữ [khi cửa van có nhịp nhỏ và trung bình, dùng tiết diện chữ I hoặc chữ [ghép bằng thép góc và thép bản khi cửa van có nhịp lớn hoặc nhịp trung bình nhưng có cột nước lớn (hình 7.83c). Trong những cửa van nhỏ hệ thanh bụng của giàn gối có thể hàn trực tiếp vào cánh cửa của giàn gối, còn đối với cửa van trung bình và lớn thì nhất thiết phải đặt bản mắt.

Giàn gối được liên kết với kết cấu nhịp van bằng cách nối thanh cánh của giàn gối với bản mắt ở đầu giàn chính, bản mắt này phải có độ cứng lớn và nằm trong mặt phẳng của giàn chính. Nếu giàn gối nghiêng, thì cuối thanh cánh của giàn gối đặt một bản thép và hàn chặt vào cánh của dầm chính. Chỉ trong trường hợp cửa van nhỏ mới liên kết giữa giàn gối và kết cấu nhịp van bằng bulông.

Một đầu của giàn gối được liên kết với bộ phận động của gối bản lề bằng bulông, thông qua bản đế. Để tăng độ cứng của bản đế và tăng chiều dài đường hàn liên kết giữa giàn gối vào bản đế, cần đặt thêm các sườn gia cố. Chiều dày bản đế chọn từ 12 đến 24mm.

Sơ đồ hình học của giàn gối có dạng tam giác (hình 7.83a), (giao điểm của đường trục thanh cánh giàn trùng với tâm cong của bản mặt) hoặc hình thang (hình 7.83b), (giao điểm của đường trục thanh cánh không trùng với tâm bản mặt). Trong sơ đồ thứ nhất, toàn giàn là một tam giác bất biến hình, các thanh bụng chỉ có tác dụng làm giảm chiều dài tự do và làm tăng ổn định của thanh cánh, nên cố gắng sử dụng sơ đồ này. Nhưng trong cửa van lớn và chịu tải trọng lớn, kích thước của gối bản lề lớn, đường trục của thanh cánh giàn gối không thể hướng vào tâm bản mặt được, do đó phải dùng giàn hình thang, trong trường hợp này các thanh bụng chịu lực dọc.



Hình 7.83

7.3.7. Tính toán các bộ phận của kết cấu phần động

7.3.7.1. Tính bản mặt

Tính toán và cấu tạo bản mặt của cửa van hình cung giống như trong cửa van phẳng, đã trình bày trong mục 7.2. Độ cong của bản mặt không lớn nên có thể bỏ qua, vì dầm phụ của ô dầm thường đặt cách nhau từ 0,5 ~ 1,2m, còn bán kính của bản mặt thì lớn hơn khoảng cách giữa các dầm phụ một vài lần (từ 4 ~ 12m). Chiều dày của bản mặt không được nhỏ hơn 6mm, thường từ 8 đến 14mm và không được quá 16mm.

Khi bản mặt được hàn chặt vào dầm phụ và dầm chính thì phải kiểm tra ổn định của bản mặt.

Chỗ nối đôi đầu của các tấm thép làm bản mặt nên bố trí tại trục của các phân tố ô dầm để dễ dàng thi công. Đối với chỗ nối của bản mặt ở ngay chỗ nối của bộ phận phân đoạn thi công phải đặt thêm tấm ốp vì giữa các bộ phận ghép thường làm khe hở để dễ dàng khi lắp ghép.

7.3.7.2. Tính toán ô dầm

Khi ô dầm bố trí ngang và dầm phụ được đặt liên tục lên trên cánh thượng của giàn ngang, thì dầm phụ được tính như một dầm liên tục có gối tựa là các giàn ngang và chịu tải trọng phân bố đều có cường độ là q_i .

Cường độ của tải trọng phân bố đều q_i tác dụng lên dầm phụ cũng được xác định tương tự như trong cửa van phẳng:

$$q_i = p_i \frac{a_t + a_d}{2}$$

trong đó: p_i - cường độ áp lực thủy tĩnh tại trục dầm phụ thứ i

$$p_i = \gamma H_i$$

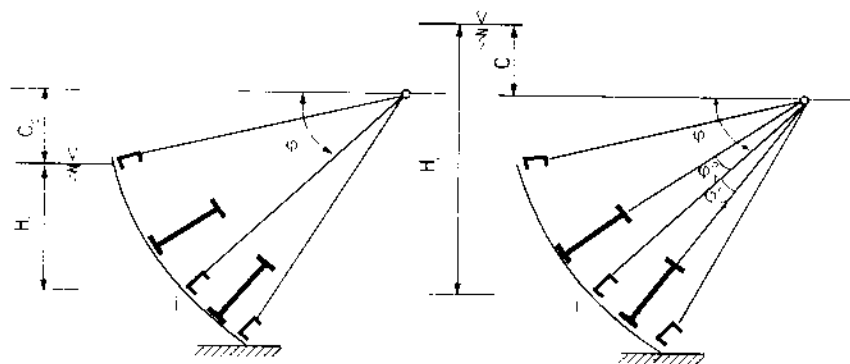
$$\text{Đối với cửa van trên mặt: } p_i = \gamma(r \sin \varphi_i - C_o) \quad (7-83)$$

$$\text{Đối với cửa van dưới sâu: } P_i = \gamma(r \sin \varphi_i + C) \quad (7-84)$$

a_t, a_d - nhịp của bản mặt ở trên và dưới dầm thứ i :

$$a_t = \frac{\pi r}{180^\circ} \varphi_t^0 \quad \text{và} \quad a_d = \frac{\pi r}{180^\circ} \varphi_d^0$$

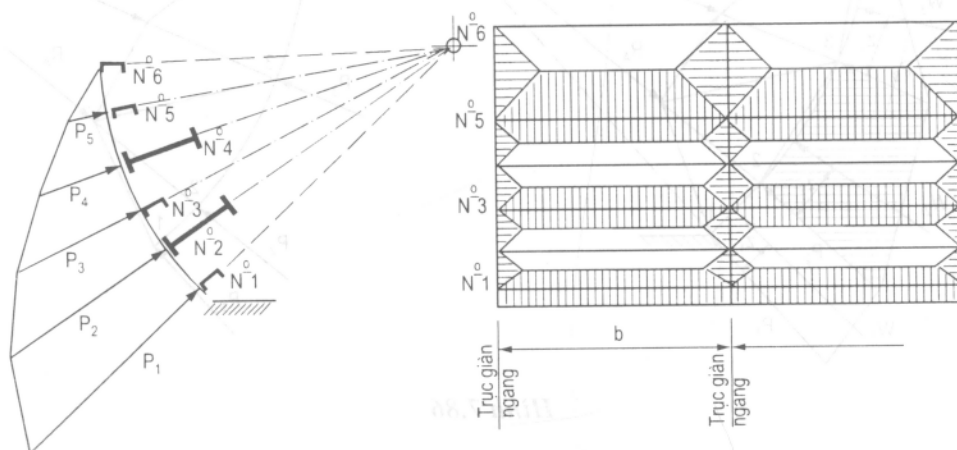
Các kí hiệu $C_o, C, \varphi_t^0, \varphi_d^0$ và φ_i xem hình 7.84.



Hình 7.84

Khi ô dầm bố trí ngang hoặc bố trí hỗn hợp có các phân tố bố trí cùng chiều cao, thì dầm phụ ngang và dầm phụ đứng được tính như dầm đơn với diện tích tải trọng được biểu thị như ở hình 7.85, giá trị cường độ tải trọng trên mỗi phần diện tích được lấy như

sau: đối với dầm phụ ngang lấy bằng cường độ tải trọng tại trục của dầm, còn đối với dầm phụ đứng lấy bằng cường độ áp lực thủy tĩnh tại tâm mỗi phần diện tích tải trọng của dầm đó, tương tự như trong cửa van phẳng.



Hình 7.85

Sau khi xác định được sơ đồ tính toán của dầm phụ, tiến hành tính nội lực và chọn tiết diện của dầm phụ như trong cửa van phẳng.

7.3.7.3. Tính toán giàn ngang

Vị trí, hình dạng và kích thước của giàn ngang đã chọn trong phần bố trí tổng thể. Giàn ngang chịu áp lực nước do dầm phụ ngang, dầm đỉnh, dầm đáy và bản mặt chuyển tới rồi chuyển lên dầm chính. Vậy dầm chính là gối đỡ của giàn ngang.

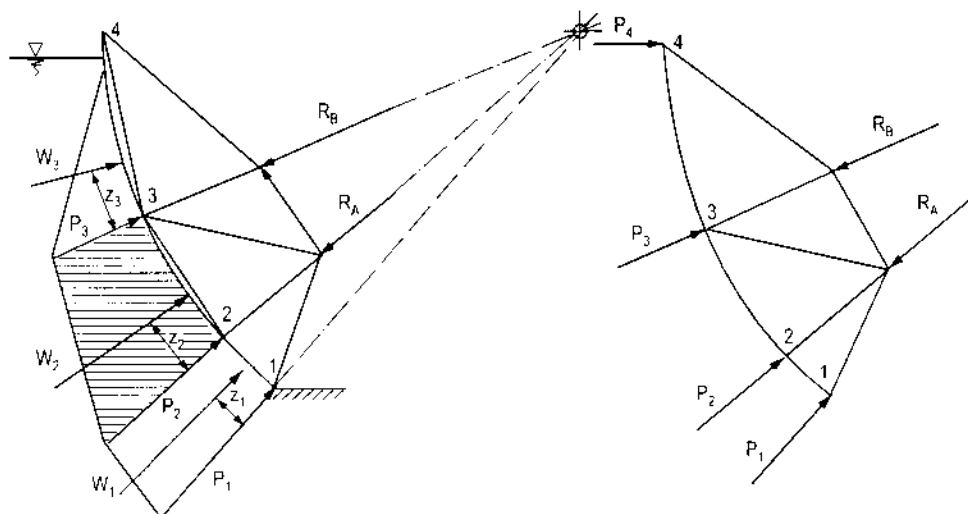
Để xác định được nội lực trong các thanh giàn ngang trước hết phải xác định được tải trọng tác dụng vào các mắt giàn. Nếu tải trọng trên mỗi phân tố ô dầm được xác định tương đối chính xác thì có thể dựa vào các giá trị của các áp lực gối tựa của các thanh để xác định tải trọng tác dụng lên mắt giàn ngang. Tuy nhiên, trong thực tế tính toán, các tải trọng tác dụng lên các phân tố ô dầm chỉ xác định được gần đúng, nên có thể có sai số lớn so với giá trị thực của tải trọng tác dụng lên giàn ngang. Để đơn giản và cũng đủ đảm bảo độ chính xác cần thiết, ta coi giàn ngang chịu tải trọng phân bố với bề rộng bằng khoảng cách giữa hai giàn ngang. Cường độ tải trọng phân bố trên một đơn vị chiều dài xác định như sau:

$$p_i = \gamma H_i b$$

trong đó: b - khoảng cách giữa hai giàn ngang.

Biểu đồ tải trọng phân bố tác dụng lên giàn ngang được biểu diễn ở hình 7.86. Tải trọng phân bố tác dụng lên các thanh giàn được đưa về mắt theo quy tắc đòn bẩy. Các lực này hướng vào tâm cong của bản mặt.

Sau đó tiến hành tính phản lực gối tựa R_A, R_B (giả thiết giàn ngang tựa lên cánh hạ của dầm chính) và các nội lực trong các thanh.

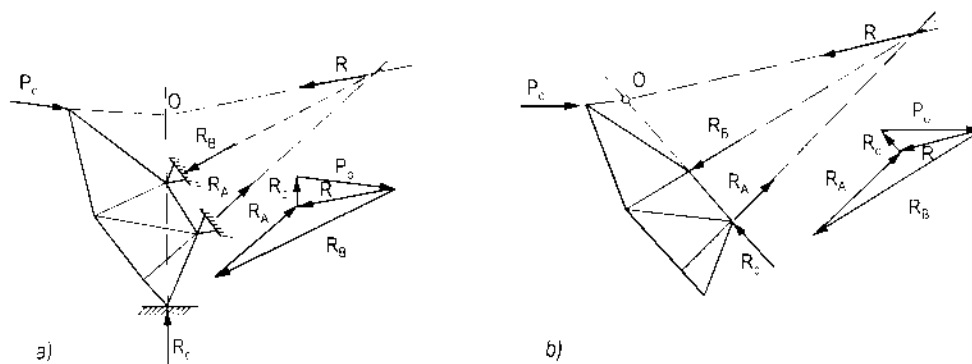


Hình 7.86

Khi có tải trọng phụ tác dụng, chẳng hạn như phản lực gối tựa của cửa phụ, thì trước hết phải xác định phản lực gối tựa của giàn ngang do tải trọng này sinh ra, sau đó tìm nội lực trong các thanh giàn.

Giá trị nội lực trong mỗi thanh giàn bằng tổng nội lực do tải trọng cơ bản và tải trọng phụ sinh ra. Cần phải chú ý tới tổ hợp bất lợi nhất đối với từng thanh ứng với trường hợp cửa van đặt trên ngưỡng và trường hợp cửa van vừa rời khỏi ngưỡng.

Khi van đặt trên ngưỡng thì sơ đồ liên kết có thể chọn như ở hình 7.87a. Khi van rời khỏi ngưỡng, thì ngoài hai điểm tựa là cánh hạ của dầm chính, gối tựa thứ ba có thể lấy là giàn chịu trọng lượng như ở hình 7.87b. Phản lực gối tựa của giàn ngang trong các trường hợp này có thể xác định bằng phương pháp đồ giải như sau: phương của tải trọng phụ P_0 và phản lực R_c giao nhau tại O , phương của hợp lực R của hai lực R_A và R_B phải đi qua O . Từ điều kiện tam giác lực khép kín ta tìm được R_c và R , từ R suy ra được R_A và R_B .



Hình 7.87

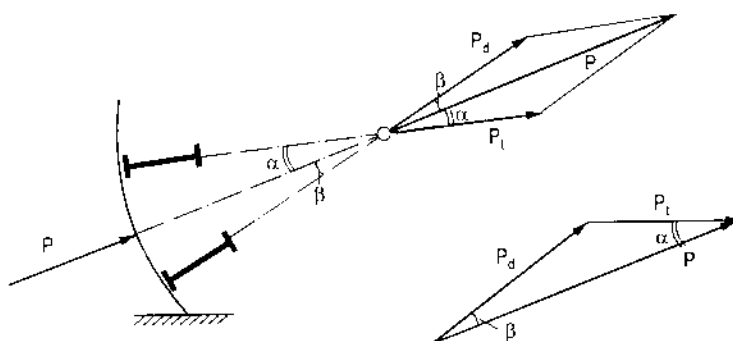
7.3.7.4. Tính toán khung chính

* Tải trọng tác dụng lên khung chính

Tải trọng tác dụng lên khung chính là tải trọng phân bố đều. Hai khung chính vì điều kiện nào đó mà không thể bố trí cách đều hợp lực P của áp lực thủy tĩnh, thì mỗi dầm chính sẽ chịu tải trọng khác nhau. Tải trọng tác dụng lên mỗi khung chính có thể xác định bằng đồ giải hoặc giải tích (hình 7.88).

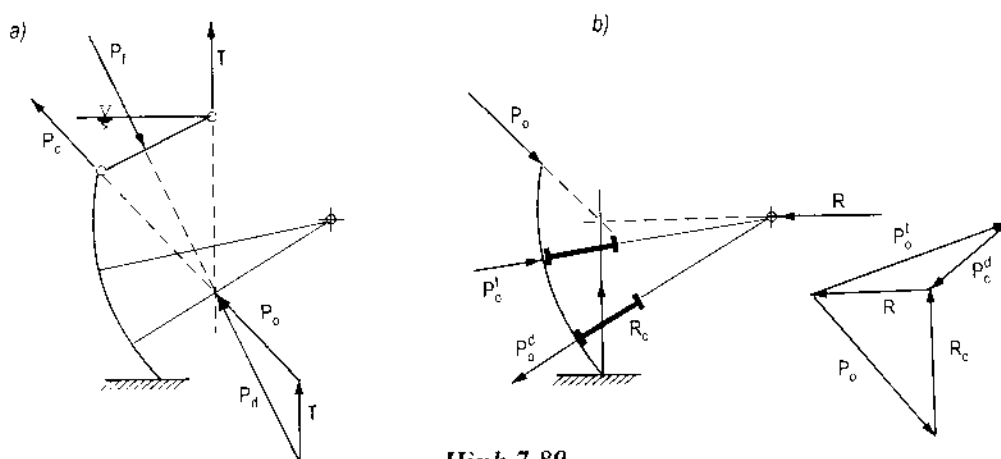
$$P_t = \frac{P}{\cos \alpha + \sin \alpha \cot \beta}$$

$$P_d = \frac{P_t \sin \alpha}{\sin \beta} \quad (7-85)$$



Hình 7.88

Đối với cửa van có cửa phụ, tải trọng tác dụng lên cửa phụ được xác định theo các công thức trong mục 7.1. Tải trọng P_t từ cửa phụ phân phối lên khung chính theo quy tắc chung của cơ học kết cấu. Với trường hợp cho ở hình 7.89, trước hết xác định áp lực P_o của cửa phụ lên cửa van tại gối bản lề giữa cửa phụ và cửa van có thể bằng giải tích hoặc đồ giải như ở hình 7.89a. Biết tải trọng phụ P_o , có thể phân phối lực này lên khung chính dựa vào

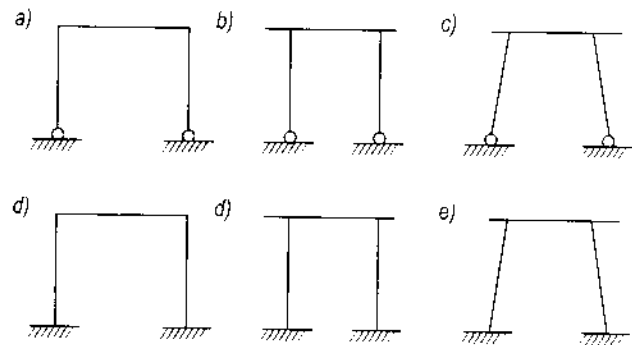


Hình 7.89

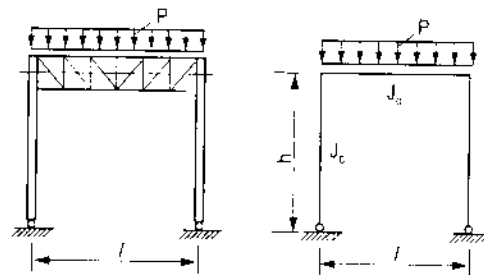
điều kiện cân bằng của cửa van có liên kết tựa tại ngưỡng và liên kết khớp cố định là gối bản lề. Tải trọng phụ P_1^0, P_d^0 tác dụng lên khung chính trên và dưới có thể xác định bằng giải tích hoặc đồ giải như ở hình 7.89b, tương tự như khi xác định phản lực của giàn ngang do tải trọng phụ P_0 sinh ra. Ảnh hưởng của tải trọng P_1^0 và P_d^0 vào khung chính phụ thuộc vào vị trí đặt các gối tựa của cửa phụ ở cửa van và cấu tạo của chúng v.v...

* Sơ đồ tính toán khung chính

Hình dạng và kích thước chính của khung đã chọn trong phần bố trí tổng thể. Tùy theo loại gối tựa (hình 7.99 và 7.100), ta có sơ đồ khung hai khớp hoặc khung không khớp (hình 7.90). Đối với khung có dầm chính rỗng (giàn) việc xác định nội lực trong khung khá phức tạp. Để đơn giản tính toán, có thể đưa về khung có dầm chính đặc để tính (hình 7.90). Nội lực trong khung siêu tĩnh không những phụ thuộc vào tải trọng, vào kích thước khung, mà còn phụ thuộc vào đặc trưng hình học của tiết diện khung. Do đó, để xác định nội lực trước hết phải giả thiết mômen quán tính của mặt cắt ngang của dầm J_d và của cột J_c dựa vào bản thiết kế tương tự đã có hoặc có thể xác định sơ bộ bằng cách xem chân khung chỉ chịu lực dọc, còn thanh ngang của khung coi như dầm đơn chịu tải trọng phân bố đều.



Hình 7.90



Hình 7.91

Sơ đồ tính toán khung chính thường gặp được biểu thị ở hình 7.90. Nội lực trong các khung đó được xác định theo các công thức sau:

1) Khung chữ II gối tựa bản lề (hình 7.90a):

$$\text{Hệ số phân phối độ cứng: } k = \frac{J_d}{J_c} \cdot \frac{h}{l} \quad (7-86)$$

$$\text{Phản lực thẳng đứng: } N = \frac{pl}{2} \quad (7-87)$$

$$\text{Phản lực ngang: } H = \frac{pl^2}{4h(2k+3)} \quad (7-88)$$

Mômen uốn tại nút khung:

$$M_B = M_C = -Hh \quad (7-89)$$

Mômen uốn lớn nhất trong dầm:

$$M_d = \frac{pl^2}{8} - Hh \quad (7-90)$$

trong đó: J_d - mômen quán tính của mặt cắt ngang của dầm;

J_c - mômen quán tính của mặt cắt chân khung;

h - khoảng cách từ trục gối bản lề tới đường trục của dầm;

l - nhịp của khung, bằng khoảng cách giữa hai gối bản lề.

Biểu đồ mômen uốn trong khung được biểu diễn trên hình 7.92a.

2) Khung chữ II chân liên kết ngàm (hình 7.90d):

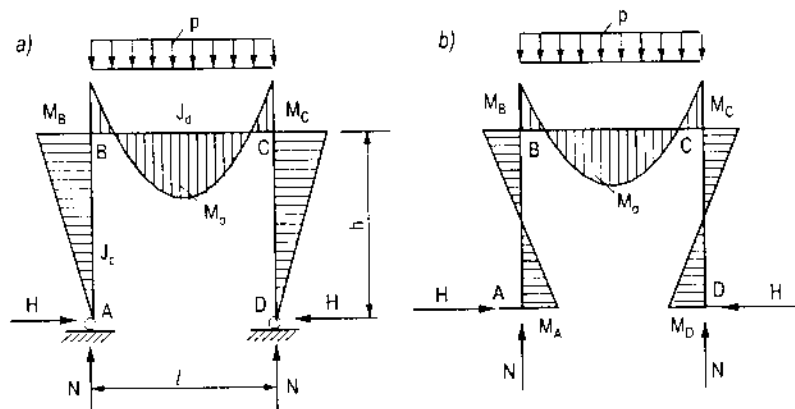
$$N = \frac{pl}{2}; \quad H = \frac{pl^2}{4h(k+2)} \quad (7-91)$$

$$M_A = M_D = \frac{kl^2}{12(k+2)} \quad (7-92)$$

$$M_C = M_B = -\frac{pl^2}{6(k+2)} \quad (7-93)$$

$$M_d = \frac{pl^2}{24} \cdot \frac{3k+2}{k+2} \quad (7-94)$$

Biểu đồ mômen uốn trong khung được biểu diễn trên hình 7.92b.



Hình 7.92

3) Khung chữ II có công xôn và chân liên kết khớp (hình 7.90b):

$$N = \frac{pl}{2} \quad (7-95)$$

$$M_{BC} = M_{CB} = M_o + M_{BA}$$

Biểu đồ mômen uốn được biểu diễn trên hình 7.93b.

5) Khung hình thang có côngxôn chân liên kết khớp (hình 7.90c)

$$H = H_o + H_c + H_b \quad (7-102)$$

trong đó:

$$H_o = -\frac{3pc^2}{2h(2k+3)}$$

$$H_c = \frac{pca}{h}$$

$$H_b = \frac{pb}{4h} \cdot \frac{b+2a(3+2k)}{3+2k}$$

$$k = \frac{J_b}{J_c} \cdot \frac{S}{b}$$

$$N = \frac{pL}{2}$$

$$M_{BA} = M_{CD} = -Hh + Na$$

$$M_o = -\frac{pc^2}{2}$$

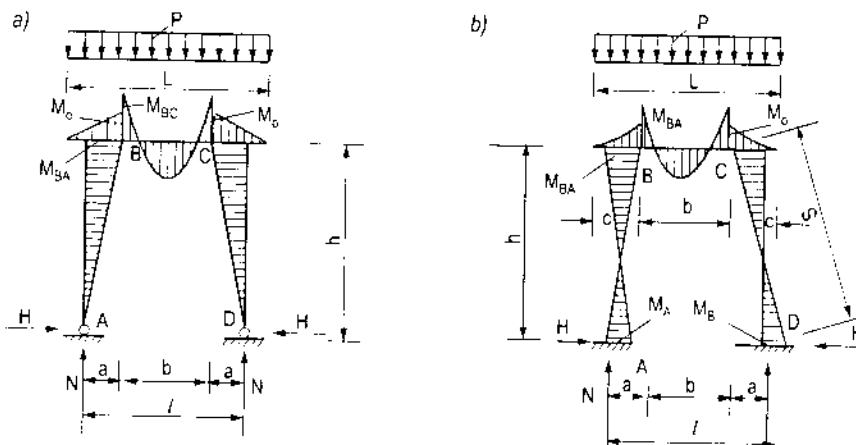
$$M_d = \frac{pb^2}{8} + M_o + M_{BA}$$

Lực nén dọc trong chân khung được xác định theo công thức sau:

$$S = N \cdot \frac{h}{S} + H \frac{a}{S} \quad (7-103)$$

Biểu đồ mômen uốn được biểu diễn trên hình 7.94a.

6) Khung hình thang có côngxôn và chân kết ngàm (hình 7.90c)



Hình 7.94

$$H = H_b + H_c; N = \frac{pL}{2} \quad (7-104)$$

trong đó: $H_b = \frac{pb^2}{4h} \left(\frac{k}{1+2k} + 2\frac{a}{l} \right)$

$$H_c = -\frac{3pc^2}{2h} \cdot \frac{k}{1+2k}$$

$$M_A = M_D = \frac{pb^2k}{12(1+2k)} - pc^2 \frac{k}{2(1+2k)}$$

$$M_{BA} = M_{CD} = -Hh + M_A$$

$$M_{BC} = M_{CB} = M_o + M_{BA}$$

Biểu đồ mômen uốn được vẽ trên hình 7.94b, ở các sơ đồ đó, phương của tải trọng tác dụng có chiều từ trên xuống dưới, lực xô ngang H hướng vào trong khung mang dấu dương, mômen uốn M làm cho thớ trong của khung chịu kéo mang dấu dương. Các biểu đồ mômen đều vẽ về phía thớ căng.

Sau khi xác định được nội lực, tiến hành kiểm tra cường độ, ổn định và độ võng.

Nếu dầm chính được hàn chặt vào bản mặt thì bản mặt cũng tham gia chịu uốn với dầm chính. Bề rộng của bản mặt tham gia chịu uốn cũng được quy định như đối với dầm phụ.

Kiểm tra cường độ, ổn định cục bộ và độ võng của dầm chính đặc được tiến hành như tính toán dầm chính trong cửa van phẳng.

Đối với khung có dầm chính rỗng, để đơn giản ta đã đưa về khung có dầm chính đặc (hình 7.91) và đã tính được nội lực ở hai đầu dầm. Để xác định nội lực trong dầm chính rỗng, ta tách riêng ra để xét (hình 7.95a), lực tác dụng lên giàn chính gồm có tải trọng phân bố đều p và hai mômen ở hai đầu $M_{BC} = M_{CB}$. Đưa tải trọng phân bố về tải trọng tập trung tại mắt giàn:

$$p_m = pb$$

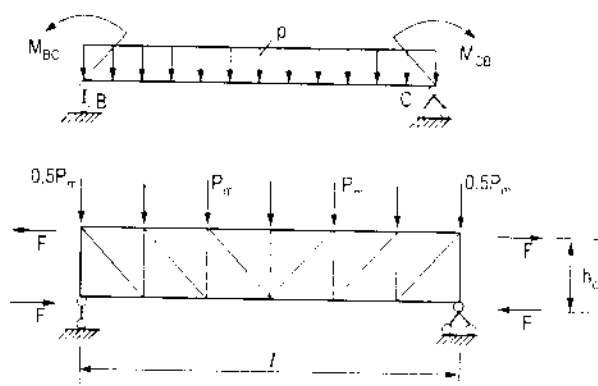
trong đó:

b - chiều dài khoảng mắt giàn.

Biến mômen thành hai lực có cường độ:

$$F = \frac{M_{BC}}{h_o} \quad (7-105)$$

(h_o - khoảng cách giữa hai trục thanh cánh) và đặt lực F vào các mắt ở hai đầu giàn (hình 7.95b). Sau đó



Hình 7.95

xác định nội lực và kiểm tra ứng suất trong các thanh giàn, có xét tới bản mặt tham gia chịu lực với thanh cánh.

Xác định độ võng của dầm chính rỗng cũng có thể tính gần đúng theo công thức của dầm đặc. Lúc này mômen quán tính của dầm rỗng có thể xác định theo công thức (5-53).

Chân của khung chính là thanh cánh của giàn gối (càng van). Giàn gối ngoài chịu áp lực nước, còn chịu trọng lượng bản thân van và các tải trọng thẳng đứng khác, nên chân khung chính sẽ được kiểm tra khả năng chịu lực của nó khi tính giàn gối.

7.3.7.5. Tính toán giàn chịu trọng lượng

Tải trọng tác dụng lên giàn chịu trọng lượng gồm có: trọng lượng bản thân van, trọng lượng nước tràn qua van v.v... Nếu kí hiệu tải trọng tác dụng lên giàn chịu trọng lượng ở hạ lưu là G_h (hình 7.96a), ta có:

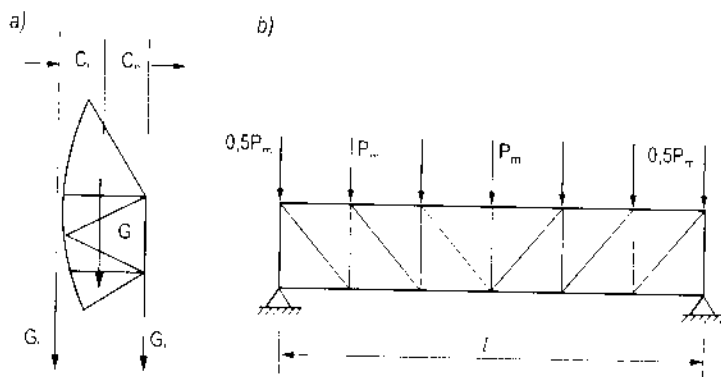
$$G_h = G \frac{C_h}{C_t + C_h} \quad (7-106)$$

Mặc dù trọng tâm của cửa van luôn luôn ở về phía bản mặt và ô dầm, nhưng trong tính toán sơ bộ có thể lấy tải trọng tác dụng lên giàn chịu trọng lượng ở hạ lưu bằng $0,5G$.

Tải trọng tác dụng lên mỗi mắt giàn:

$$P_m = \frac{G_h}{n}$$

trong đó n là số thanh giàn (7.96b).



Hình 7.96

Bằng cách tương tự cũng xác định được tải trọng tác dụng lên giàn chịu trọng lượng khi có nước tràn qua. Sau khi xác định được tải trọng tác dụng vào mắt giàn, có thể tìm nội lực trong các thanh giàn bằng đồ giải hoặc giải tích.

Thanh cánh của giàn chính đồng thời là thanh cánh của giàn chịu trọng lượng, vậy ứng suất trong thanh cánh bằng tổng ứng suất do áp lực thủy tĩnh và do trọng lượng bản thân của van.

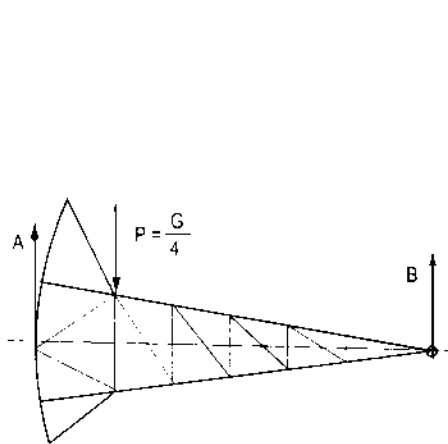
Thanh đứng của giàn chịu trọng lượng đồng thời là thanh cánh hạ của giàn ngang, vậy ứng suất trong thanh đứng bằng tổng ứng suất do áp lực nước và do trọng lượng bản thân sinh ra.

7.3.7.6. Tính toán trụ biên và giàn gối

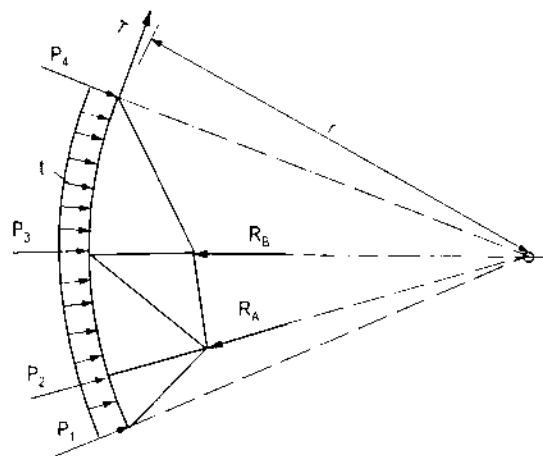
Đối với cửa van có trụ biên và giàn gối kết hợp, thì trụ biên thường chọn loại rỗng có hình dạng giống như giàn ngang ở giữa gọi là giàn biên. Giàn biên và giàn gối (càng van) ngoài chịu áp lực nước còn chịu trọng lượng bản thân của van, trọng lượng của cột nước tràn qua hoặc phản lực của cửa phụ và lực kéo cửa van.

Nội lực trong các phân tố của giàn biên và giàn gối do áp lực thuỷ tĩnh và do áp lực của cửa phụ sinh ra đã trình bày trong các mục trước.

Để tính nội lực trong giàn biên và giàn gối do trọng lượng bản thân của van sinh ra, ta đưa vào giả thiết (thiên về an toàn) là trọng lượng bản thân van chuyển vào giàn biên và giàn gối qua giàn chịu trọng lượng, dưới dạng lực tập trung $P = G/4$ (hình 7.97). Nội lực trong giàn được tính với thời điểm khi giàn chịu trọng lượng ở vị trí thẳng đứng.



Hình 7.97



Hình 7.98

Để xác định nội lực trong giàn biên do áp lực của dây xích khi nâng van sinh ra, trước hết bỏ liên kết dây và thay bằng áp lực dây tác dụng vào cánh thượng của giàn biên. Cường độ của áp lực này giả thiết là phân bố đều (hình 7.98) và được xác định theo công thức sau:

$$t = \frac{T}{r} \quad (7-107)$$

trong đó: T - lực căng của mỗi dây xích;

r - bán kính của bản mặt.

Đưa tải trọng phân bố đều t về tải trọng tập trung tại các mắt giàn là $P_1, P_2, P_3 \dots$. Các lực này có phương đi qua tâm bản mặt. Có thể xác định phản lực và nội lực trong giàn bằng giải tích hoặc đồ giải.

Tiết diện các phần tử của giàn biên thường chọn như giàn ngang ở giữa, nhưng cần kiểm tra ứng suất trong các thanh giàn:

$$\sum \sigma = \sigma_n + \sigma_f + \sigma_g + \sigma_l \leq R \quad (7-108)$$

trong đó: σ_n - ứng suất do áp lực thủy tĩnh sinh ra;

σ_f - ứng suất do áp lực cửa phụ;

σ_g - ứng suất do trọng lượng bản thân van;

σ_l - ứng suất do áp lực dây xích.

Điều kiện trên có thể thỏa mãn, vì giàn biên chỉ chịu diện tích tải trọng thủy tĩnh có bề rộng bằng một nửa giàn ngang ở giữa.

Nội lực trong thanh cánh của giàn gối gồm có lực dọc N (do áp lực nước áp lực của cửa phụ và do trọng lượng bản thân của van sinh ra) và mômen uốn M (do áp lực nước sinh ra), mômen uốn này nằm trong mặt phẳng của khung chính. Tiết diện của thanh cánh giàn gối đã được chọn sơ bộ khi tính nội lực trong khung chính. Ở đây cần kiểm tra lại về cường độ và ổn định. Tiết diện thanh cánh giàn gối (chân khung chính) thường chọn tiết diện chữ I định hình, còn thanh bụng nếu nội lực nhỏ có thể lấy theo yêu cầu cấu tạo. Khoảng cách giữa các thanh bụng được chọn dựa vào điều kiện khả năng chịu lực của thanh cánh của giàn gối đối với hai trục chính của nó bằng nhau, khoảng mắt của thanh cánh giàn gối thường vào khoảng từ 1,5 ~ 2m.

Kiểm tra ổn định của thanh cánh của giàn gối trong mặt phẳng tác dụng của mômen uốn (mặt phẳng của khung chính) theo công thức (5-48):

$$\sigma = \frac{N}{\varphi^h F_{ng}} \leq R$$

Kiểm tra ổn định của thanh cánh giàn gối trong mặt phẳng thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn (ngoài mặt phẳng uốn) theo công thức (5-56):

$$\sigma = \frac{N}{c\varphi_y F_{ng}} \leq R$$

Chiều dài tính toán của thanh cánh giàn gối đối với trục thẳng góc với mặt phẳng của giàn bằng khoảng cách giữa các khoảng mắt của giàn gối. Còn chiều dài tính toán đối với trục thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn được xác định theo công thức:

$$l_x = \mu_1 h$$

trong đó: h - chiều cao của chân khung chính;

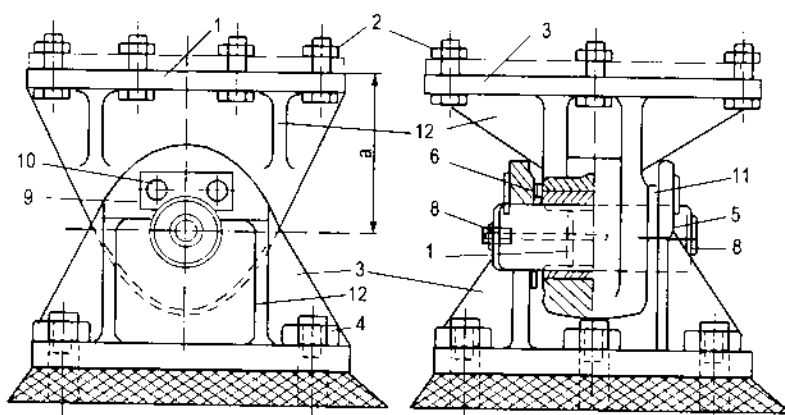
μ_1 - hệ số tính đổi chiều dài tính toán được xác định theo bảng 5.10.

7.3.8. Bộ phận gối đỡ của cửa van hình cung

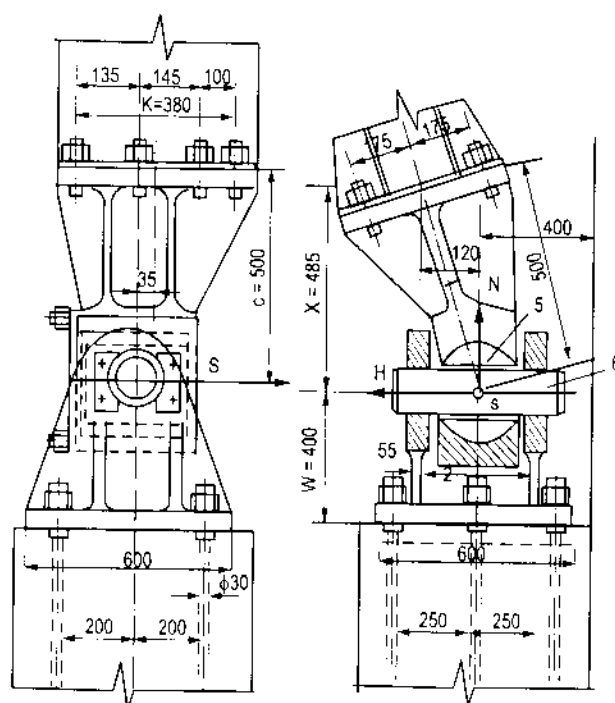
7.3.8.1. Cấu tạo gối bản lề

Áp lực thủy tĩnh và trọng lượng của kết cấu van cung chuyển lên mố của công trình qua gối bản lề, gối bản lề còn phải bảo đảm chuyển động quay của cửa van.

Tùy theo kích thước của cửa van, tải trọng tác dụng lên van và kết cấu của giàn gối mà sử dụng gối bản lề có trục ngang (hình 7.99) hoặc gối bản lề có trục ngang và trục dọc (hình 7.100).



Hình 7.99



Hình 7.100

Trục ngang bảo đảm cho kết cấu van hoạt động trong quá trình khai thác, trục dọc bảo đảm cho giàn gối quay được khi kết cấu nhịp van bị uốn cong do áp lực thủy tĩnh.

Loại thứ nhất thường dùng cho cửa van hình cung nhịp dưới 8m và cột nước dưới 4m, còn loại thứ hai thường dùng cho các cửa van có nhịp trung bình và lớn, cột nước trung bình và lớn.

Gối bản lề gồm có hai bộ phận: bộ phận động được liên kết cứng với giàn gối và bộ phận cố định được gắn chặt lên côngxôn bê tông của trụ pin.

Liên kết bộ phận động của gối bản lề với giàn gối thường dùng bulông thô, lúc này lực ngang (thẳng góc với thân đỉnh) được đỡ bằng các gờ bao quanh bản đế ở đầu giàn gối. Trong cửa van có nhịp nhỏ và cột nước nhỏ, liên kết giữa bộ phận động của gối bản lề với giàn gối có thể dùng bulông tinh (chính xác), lúc này bulông chuyển được lực ngang lên gối, không cần dùng gờ để chịu lực ngang, do đó thi công đơn giản hơn.

Liên kết giữa bộ phận cố định của gối bản lề với côngxôn bê tông bằng bulông. Bulông thường đặt xuyên qua toàn bộ chiều dày của côngxôn, muốn vấy khi đổ bê tông côngxôn ta đặt trước những ống thép có đường kính đủ để dễ dàng luồn bulông qua.

Gối bản lề thường chế tạo bằng thép đúc số hiệu CT25.1. Khi gối bản lề chịu lực lớn dùng thép đúc loại CT35.1, CT45.1 để chế tạo. Gắn đây gối bản lề được hàn bằng các thép bản dày 20 ~ 30mm, chiều dày của thép bản chọn phụ thuộc vào độ lớn của lực tác dụng lên gối bản lề.

Cấu tạo của gối bản lề trục ngang (hình 7.99) gồm các bộ phận sau: bộ phận động 1 được liên kết với bản đế ở đầu giàn gối nhờ bulông 2, bộ phận cố định 3 được liên kết với côngxôn bê tông nhờ bulông neo 4, bộ phận động 1 được nối với bộ phận cố định bằng trục 5 (cửa van quay quanh trục này). Để giảm ma sát giữa trục 5 và bộ phận động 1, ta gắn ống bọc trục 6 vào bộ phận động. Chiều dày của ống bọc trục lấy khoảng từ 10 đến 15mm tùy theo đường kính của trục. Để dễ chế tạo và lắp ráp, ống bọc trục thường làm thành hai đoạn. Dầu mỡ bôi trơn bề mặt của trục được bơm vào qua rãnh 7 khoan ở trục 5, lỗ cho dầu đó được nút lại bằng vít 8. Dùng bulông 10 cố định trục 5 vào bộ phận 3. Miếng hãm 9 phải đặt song song với phương của áp lực thủy tĩnh, vì khi chế tạo không chính xác lực có thể chuyển lên bản hãm do đó bulông 10 có thể bị cắt đứt. Để dễ dàng lắp ghép, giữa bộ phận động 1 và bộ phận cố định 3 ta đặt các vòng đệm 11 có chiều dày 8 - 12mm. Vật liệu làm trục dùng thép CT5, bulông 2 và 4 chế tạo bằng thép CT3, ống bọc trục chế tạo bằng đồng loại l_pAЖ9-4. Chiều dài a của bộ phận động càng nhỏ càng tốt vì càng lớn thì liên kết giữa bộ phận động của gối bản lề và giàn gối chịu nội lực càng lớn. Đối với các cửa van chịu tải lớn, đường kính của trục bản lề cũng lớn (150 ~ 250mm), vì vậy chiều cao còn lại ở bộ phận động thực tế không lớn, do đó cần phải có các sườn tăng cường độ cứng 12 để lực từ giàn gối phân bố đều lên trục và ống bọc trục. Khi phân chịu tải trọng của trục có chiều dài lớn (300 ~ 500mm) cần bố trí hai sườn chống đặt đối xứng với đường trục của giàn gối.

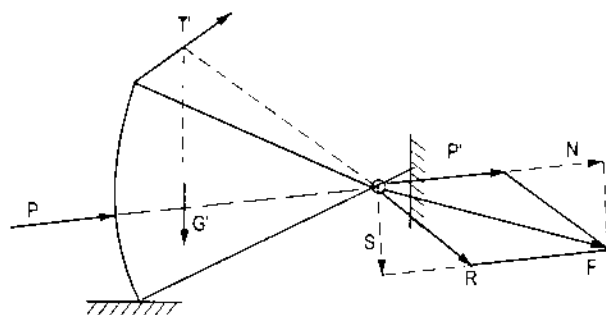
Khi có một sườn chống thì chọn chiều dài của bộ phận động $a = (3 - 4) d = 350 \sim 550\text{mm}$ (d - đường kính của trục), khi có hai sườn chống thì chiều dài bộ phận động có thể lấy ngắn hơn $a = (1,5 \sim 2,5) d = 200 \sim 400\text{mm}$. Đối với gối đúc có kích thước trung bình, chiều dày sườn chống chọn $25 \sim 30\text{mm}$, chiều dày của bản đế chọn $35 \sim 40\text{mm}$. Đối với các gối đúc có kích thước lớn chiều dày sườn chống chọn $40 \sim 50\text{mm}$, chiều dày bản đế chọn $70 \sim 90\text{mm}$, để có thể bảo đảm chất lượng đúc.

Cấu tạo của gối bản lề có trục ngang và trục dọc (hình 7.100) gồm các bộ phận sau: bộ phận động 1 được liên kết với giàn gối bằng bulông 2, bộ phận động 3 được gắn với côngxôn bê tông nhờ bulông 4, trục ngang 6 xuyên qua trục dọc 5, cửa van quay quanh trục ngang 6. Các bộ phận còn lại và tác dụng của chúng tương tự như gối bản lề trục ngang. Đường kính của trục dọc luôn luôn lớn hơn đường kính của trục ngang. Đường kính của trục dọc quyết định bởi đường kính ngoài của ống bọc trục ngang và lực ép cho phép của vật liệu làm trục dọc. Đường kính của trục dọc vào khoảng từ $300 \sim 600\text{mm}$. Vật liệu làm trục dọc thường dùng gang số hiệu C118-36. Đối với cửa van có nhịp lớn ($20 \sim 40\text{m}$); cột nước lớn ($4,5 \sim 6,5\text{m}$) và đóng mở thường xuyên, trục dọc được chế tạo bằng đồng mangan loại АЖ9-4.

7.3.8.2. Tính toán gối bản lề

- Tính toán gối bản lề có trục ngang và gối bản lề có trục ngang và dọc như sau:

Sơ đồ cấu tạo gối bản lề trục ngang xem hình 7.99. Mặt đế của gối bản lề thường đặt thẳng góc với phương của hợp lực áp lực thủy tĩnh P (hình 7.101). Lực tác dụng lên gối bản lề được xác định như áp lực gối tựa của chân van do áp lực nước P , trọng lượng bản thân van, lực kéo van T , v.v... sinh ra.



Hình 7.101

Lực này được phân thành ba thành phần:

- N - thành phần thẳng góc với bản đế của bộ phận động hoặc cố định (hình 7.101);
- H - thành phần dọc theo trục của bản lề;
- S - thành phần song song với đế của bộ phận động hoặc cố định.

Nếu các mặt đế của bộ phận động và bộ phận cố định song song với nhau như ở hình 7.99, thì phương của các lực N, H, S đối với bộ phận động và bộ phận cố định của gối bản lề sẽ trùng nhau, do đó các thành phần lực N, H, S đối với cả hai bộ phận đều có giá trị như nhau.

Giá trị của thành phần H bằng lực xô ngang trong hai khung chính, đã xác định khi tính toán khung chính. Các giá trị của các thành phần N và S có thể xác định bằng đồ giải hoặc giải tích. Hình 7.101 cho ví dụ xác định lực N và S do áp lực nước P, trọng lượng bản thân G sinh ra tại thời điểm khi van bắt đầu rời khỏi ngưỡng bằng phương pháp đồ giải.

Trên hình 7.101 kí hiệu:

P - hợp lực của áp lực thủy tĩnh chuyển từ bộ phận động của kết cấu van lên trục của gối bản lề, mỗi trục chịu một lực $P' = 0,5P$;

T' - một nửa giá trị của lực kéo van;

G' - một nửa trọng lượng kết cấu phần động của cửa van;

R - hợp lực của lực T' và G';

F - hợp lực của lực R và P'.

Phân hợp lực F thành hai thành phần theo hai phương song song và thẳng góc với mặt đế của bộ phận động và bộ phận cố định ta được các giá trị của S và N.

Sau khi xác định được các lực N, S và H ta tiến hành chọn kích thước của gối bản lề gồm: chiều dài của phần động và phần cố định, kích thước của tấm đế trên của phần động và của tấm đế dưới của phần cố định, chọn chiều dài, đường kính của trục và ống bọc trục, chọn kích thước bản đỡ trục. Có thể chọn sơ bộ kích thước của gối bản lề theo các bản thiết kế tương tự, sau đó cần kiểm tra lại về cường độ.

- Tính toán trục và ống bọc trục tương tự như tính trục và ống bọc trục của bánh xe trong cửa van phẳng.

Kiểm tra ép mặt giữa bản đế dưới và bê tông trụ pin: giả sử bản đế dưới có kích thước theo phương lực S là L, theo phương lực H là B và có chiều dày δ_1 . Ứng suất dưới đáy bản đế của bộ phận cố định do các lực N, S và H sinh ra bằng:

$$\sigma = \frac{N}{F_d} + \frac{M_S}{W_1} + \frac{H_H}{W_2} \leq [\sigma_b] \quad (7-109)$$

trong đó:

$F_d = L.B$ - diện tích của bản đế dưới;

$M_S = S.n$ - mômen do lực S sinh ra đối với tâm của bản đế;

$M_H = H.n$ - mômen của lực H đối với tâm của bản đế;

n - chiều dài của bộ phận cố định bằng khoảng cách từ tâm trục đến mặt dưới của bản đế dưới;

$[\sigma_b]$ - ứng suất nén cho phép của bê tông, cho ở bảng 7.6.

$$W_1 = \frac{BL^2}{6} \quad \text{và} \quad W_2 = \frac{LB^2}{6}$$

• Tính toán tấm đế

Khi tính toán tấm đế dưới của bộ phận cố định ta coi như một dầm nút thừa với hai gối tựa là hai bản đỡ trực và coi như chịu tải trọng phân bố đều có cường độ bằng ứng suất lớn nhất của phản lực ở dưới tấm đế được tính theo công thức (7-109):

$$\sigma = \frac{6M_{\max}}{\delta_1^2} \leq [\sigma] \quad (7-110)$$

trong đó:

M_{\max} - mômen uốn lớn nhất trong dải tấm đế dưới có bề rộng bằng một đơn vị (hình 7.102);

δ_1 - chiều dày của tấm đế dưới.

Khi tính toán tấm đế trên của bộ phận động, ta coi như một dầm nút thừa có hai gối tựa là hai sườn chống và chịu toàn bộ lực N từ bản cánh của chân khung chính chuyển tới dưới dạng lực tập trung, xem sơ đồ tính toán ở hình 7.103:

$$\sigma = \frac{6M_{\max}}{b\delta_2^2} \leq [\sigma] \quad (7-111)$$

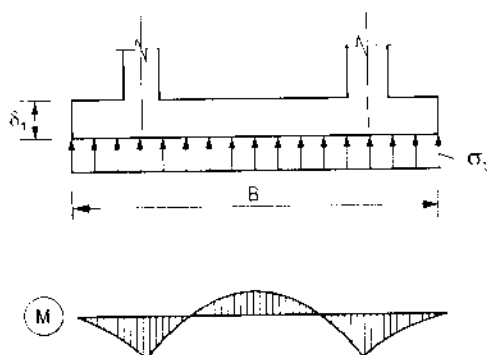
trong đó:

$$M_{\max} = 0,5Na$$

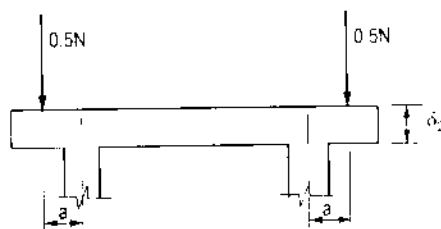
a - khoảng cách từ lực tập trung tới tâm gối tựa;

b - bề rộng của bản đế trên theo phương của lực S ;

δ_2 - chiều dày tấm đế trên.



Hình 102



Hình 103

7.3.8.3. Bộ phận gối đỡ phụ

Để đỡ các lực ngẫu nhiên tác dụng lên cửa van khi van chuyển động, cần bố trí bánh xe bên. Bánh xe bên giữ cho kết cấu van không tiếp xúc với bê tông trụ pin khi đóng mở, hạn chế cửa van nghiêng khi lực đóng mở không đều, hạn chế vật chắn nước khỏi bị mài mòn nhanh do cửa van ép vật chắn vào trụ pin.

Đối với cửa van hình cung có nhịp trung bình và lớn (12 ~ 15m), cột nước trung bình (4,5 ~ 7m) đặc biệt đối với cửa van càng mạnh nhất thiết phải đặt bánh xe bên.

Bánh xe bên thường bố trí ở mặt bên của trụ biên, mỗi bên hai bánh xe, khoảng cách giữa các bánh xe theo chiều cao van chọn càng lớn càng tốt. Đường kính của bánh xe chọn vào khoảng 150 ~ 400mm, khe hở giữa bánh xe và đường trượt vào khoảng 15 ~ 25mm tùy thuộc vào kích thước của cửa van.

Bánh xe bên thường đặt trong hộp bánh xe, không liên kết trực tiếp bánh xe với trụ biên, để điều chỉnh khe hở giữa bánh xe bên và đường trượt. Kết cấu bánh xe bên trong cửa van hình cung cũng giống như bánh xe bên trong cửa van phẳng, xem hình 7.47. Bánh xe bên thường chế tạo bằng thép rèn, còn khi số lượng của bánh xe lớn thì chế tạo bằng gang hoặc bằng thép đúc.

7.3.9. Thiết bị treo của van cung

Thiết bị kéo của máy đóng mở thường liên kết với dầm chính dưới, nếu dùng dây kéo thì liên kết với dầm chính ở về phía bản mặt, để bảo đảm dây có thể luôn luôn thẳng đứng, do đó lực kéo trong dây sẽ biến đổi ít. Đoạn dây nằm trên bản mặt thường dùng dây xích mắt dài. Dây xích mắt dài phải làm việc trong điều kiện chịu tải trọng động, vậy vật liệu dùng để chế tạo dây xích mắt dài phải dẻo, đồng thời phải có giới hạn cường độ cao, thường dùng thép CT3 nhóm A thép mactanh.

Dây xích là một bộ phận rất quan trọng trong cửa van, đồng thời lại phải làm việc trong điều kiện luôn luôn chịu tải trọng động, do đó đề nghị giảm ứng suất cho phép 20 ~ 30% so với ứng suất cho phép khi dùng để tính kết cấu cơ bản của cửa van. Chẳng hạn đối với thép CT3 ứng suất không vượt quá 1000 ~ 1200 daN/cm², ứng suất ép cục bộ khi tiếp xúc khít không vượt quá 800 ~ 1000 daN/cm².

Cấu tạo của xích mắt dài và liên kết giữa dây xích với cửa van được biểu diễn ở hình 7.104.

Tính toán dây xích cần kiểm tra ép mặt giữa má xích và trục, kiểm tra kéo tại tiết diện thu hẹp, kiểm tra kéo trong lỗ nhỏ theo công thức Lamé.

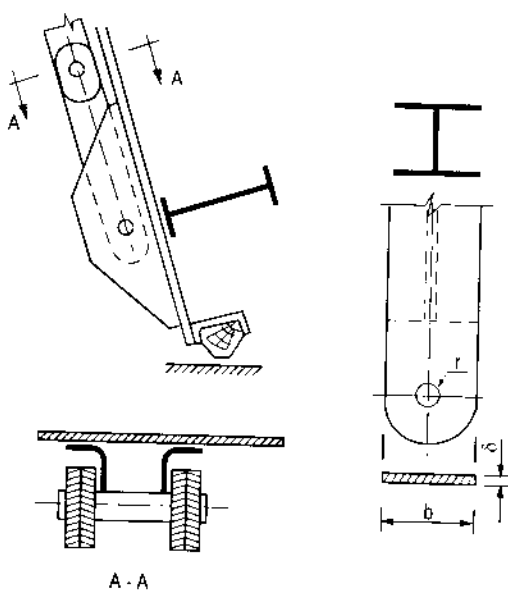
Kiểm tra kéo tại tiết diện thu hẹp:

$$\sigma = \frac{P}{2\delta(R-r)} \leq [\sigma] \quad (7-112)$$

trong đó: δ - chiều dày mỗi má xích;

r - bán kính trong của lỗ;

$R = b/2$ - nửa bề rộng của má xích (bán kính ngoài của lỗ).



Hình 7.104

Kiểm tra ép cục bộ giữa trục và má xích:

$$\sigma_{cb} = \frac{P}{\delta d} \leq [\sigma_{em}] \quad (7-113)$$

trong đó: d - đường kính của trục;

P - lực tính toán tác dụng vào mỗi má xích;

$[\sigma_{em}]$ - ứng suất cho phép ép mặt khi tiếp xúc khít.

Kiểm tra kéo trong lỗ theo công thức Lamê:

$$\sigma = \sigma_{cb} \frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} \leq [\sigma_t] \quad (7-114)$$

trong đó: σ_{cb} - ứng suất ép cục bộ được xác định theo công thức (7-113);

r - bán kính trong của lỗ nhỏ;

R - bán kính ngoài của lỗ;

$[\sigma_t]$ - ứng suất kéo lỗ nhỏ cho phép.

PHỤ LỤC

Bảng 1. Ứng suất cho phép đối với kết cấu thép làm bằng thép cán ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản, daN/cm²

Loại ứng suất	Kí hiệu	CT3 hoặc M16C
Kéo, nén và uốn	$[\sigma]$	1600
Cắt	$[\tau]$	1000
Ép mặt đầu mút khi ti sắt $[\sigma]$	$[\sigma_{em,d}]$	2400

Chú thích: (*) Ép mặt đầu mút khi ti sắt là chỉ ép cục bộ giữa các mặt tiếp xúc phẳng, chẳng hạn ép cục bộ ở mặt dưới của sườn gia cố gối tựa của dầm.

Bảng 2. Ứng suất cho phép đối với các chi tiết cơ khí của cửa van làm bằng thép cán hay thép đúc ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản, daN/cm²

Loại ứng suất	Kí hiệu				
	CT3	CT5	CT25.1	CT35.1	CT45.1
Kéo, nén và uốn	1000	1200	1150	1200	1500
Cắt	650	750	850	900	1150
Ép mặt đầu mút ti sắt	1500	1800	1700	1800	2200
Ép mặt khi tiếp xúc chặt khít (*)	800	950	900	950	1200
Kéo lỗ nhỏ (**)	1200	1450	1300	1400	1700

Chú thích:

- (*) Ép mặt khi tiếp xúc chặt khít là chỉ ép cục bộ trên diện tích hình chiếu của bề mặt tiếp xúc của các khớp bản lề có dịch chuyển nhỏ.
- (**) Ứng suất cho phép kéo lỗ nhỏ cho trong bảng là ứng suất cho phép chịu kéo khi tính toán lỗ nhỏ theo Lamê ứng với các liên kết cố định. Trong các trục động của thanh treo hoặc trong các ngồng trục quay, thì ứng suất cho phép giảm 20%.


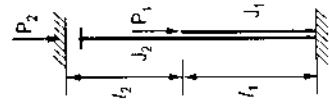
**Bảng 3. Ứng suất cho phép của khối đúc bằng gang xám
ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản, daN/cm²**

Loại ứng suất	Số hiệu gang đúc	
	C412-28 C415-32	C418-36 C421-40
Nén trung tâm và khi uốn	1200	1500
Kéo khi uốn	350	450
Cắt	250	350
Ép mặt đầu	1700	2100
Ép cục bộ khi tiếp xúc khít	600	750


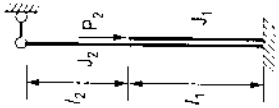
**Bảng 4. Hệ số uốn dọc φ của phần tử chịu nén trung tâm
làm bằng thép hợp kim thấp**

Độ mảnh λ	Hệ số uốn dọc của thép hợp kim thấp	
	14Г2, 15ГС, 10Г2СН, 10Г2СН, 15ХСН	10ХСН
0	1,0	1,0
10	0,98	0,98
20	0,95	0,95
30	0,92	0,92
40	0,89	0,88
50	0,84	0,82
60	0,78	0,77
70	0,71	0,68
80	0,63	0,59
90	0,54	0,50
100	0,46	0,43
110	0,39	0,36
120	0,33	0,31
130	0,29	0,27
140	0,25	0,23
150	0,23	0,20
160	0,21	0,18
170	0,19	0,16
180	0,17	0,14
190	0,15	0,12
200	0,13	0,11
210	0,12	0,10
220	0,11	0,09

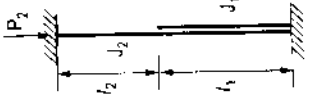
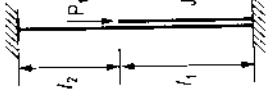
Bảng 5. Hệ số μ_1 đối với cột một bậc có đầu trên tự do hoặc chỉ kẹp không cho quay (ngám trượt)

Số đồ tính toán	C ₁	Giá trị μ_1 khi $n = l_2/l_1$																			
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	5,0	10	20
	0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	0,2	2,0	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,07	2,08	2,09	2,10	2,12	2,14	2,15	2,17	2,21	2,40	2,76	3,38
	0,4	2,0	2,04	2,08	2,11	2,13	2,18	2,21	2,25	2,28	2,32	2,35	2,42	2,48	2,54	2,60	2,66	2,80			
	0,6	2,0	2,11	2,20	2,28	2,36	2,44	2,52	2,59	2,66	2,73	2,80	2,93	3,15	3,17	3,28	3,39				
	0,8	2,0	2,25	2,42	2,58	2,70	2,83	2,96	3,07	3,17	3,27	3,36	3,35	3,74							
	1,0	2,0	2,50	2,73	2,94	3,13	3,29	3,44	3,59	3,74	3,87	4,0									
	1,5	3,0	3,34	3,77	4,07	4,35	4,61	4,86	5,08												
	2,0	4,0	4,44	4,90	5,29	5,67	6,03														
	0	2,0	1,92	1,86	1,80	1,76	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,55	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,32	1,18	1,10	1,05
	0,2	2,0	1,93	1,87	1,82	1,76	1,71	1,68	1,64	1,62	1,59	1,56	1,52	1,48	1,45	1,41	1,39	1,33	1,20	1,11	
	0,4	2,0	1,94	1,88	1,83	1,77	1,75	1,72	1,69	1,66	1,62	1,61	1,57	1,53	1,50	1,48	1,45	1,40			
	0,6	2,0	1,95	1,91	1,86	1,83	1,79	1,77	1,76	1,72	1,71	1,69	1,66	1,63	1,61	1,59					
	0,8	2,0	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,83	1,82	1,80	1,79							
	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0									
	1,5	2,0	2,12	2,25	2,33	2,38	2,43	2,48	2,52												
	2,0	2,0	2,45	2,66	2,84	2,91	3,0														
	2,5	2,0	2,94	3,17	3,34	3,50															

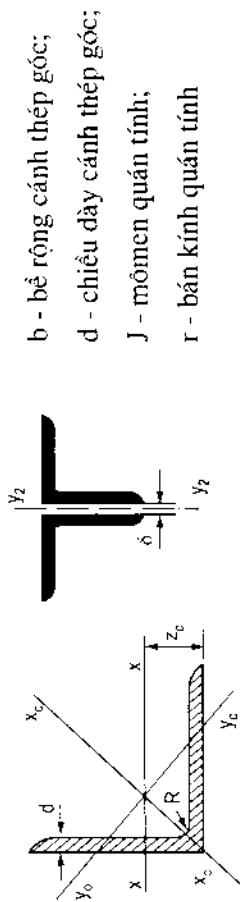
Bảng 6. Hệ số μ_{12} và μ_{11} đối với cột có đầu trên tựa khớp bất động

Sơ đồ tính toán	l_2/l_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	J_2/J_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	0,04	1,02	1,84	2,25	2,59	2,85	3,08	3,24	3,42	3,70	4,00	4,55	5,25	5,80	6,55	7,20
	0,06	0,91	1,47	1,93	2,66	2,57	2,74	2,90	3,05	3,24	3,45	3,88	4,43	4,90	5,43	5,94
	0,08	0,86	1,31	1,73	2,05	2,31	2,49	2,68	2,85	3,00	3,14	3,53	3,93	4,37	4,85	5,28
	0,1	0,83	1,21	1,57	1,95	2,14	2,33	2,46	2,60	2,76	2,91	3,28	3,61	4,03	4,43	4,85
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02	2,15	2,28	2,40	2,67	2,88	3,11	3,42	3,71
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74	1,86	1,98	2,11	2,35	2,51	2,76	2,99	3,25
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58	1,69	1,81	1,92	2,14	2,31	2,51	2,68	2,88
	0,5	0,78	0,86	0,99	1,10	1,22	1,35	1,47	1,57	1,67	1,76	1,96	2,15	2,34	2,50	2,76
	1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,54	1,68	1,82	1,97	1,10
Hệ số μ_{12}																
	J_2/J_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	0,04	0,67	0,67	0,83	1,25	1,43	1,55	1,65	1,70	1,76	1,78	1,84	1,87	1,88	1,90	1,92
	0,06	0,67	0,67	0,81	1,07	1,27	1,41	1,51	1,60	1,64	1,70	1,78	1,82	1,84	1,87	1,88
	0,08	0,67	0,67	0,75	0,98	1,19	1,32	1,43	1,51	1,58	1,63	1,72	1,77	1,81	1,82	1,84
	0,1	0,67	0,67	0,73	0,93	1,11	1,25	1,36	1,45	1,52	1,57	1,66	1,72	1,77	1,80	1,82
	0,2	0,67	0,67	0,69	0,75	0,89	1,02	1,12	1,21	1,29	1,36	1,46	1,54	1,60	1,65	1,69
	0,3	0,67	0,67	0,67	0,71	0,80	0,90	0,99	1,08	1,15	1,22	1,33	1,41	1,48	1,54	1,59
	0,4	0,67	0,67	0,67	0,69	0,75	0,84	0,92	1,00	1,07	1,13	1,24	1,33	1,40	1,47	1,51
	0,5	0,67	0,67	0,67	0,69	0,73	0,81	0,87	1,94	1,01	1,07	1,17	1,26	1,33	1,39	1,44
	1,0	0,67	0,67	0,67	0,68	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,99	1,07	1,13	1,19	1,24
Hệ số μ_{11}																

Bảng 7. Hệ số μ_2 và μ_{11} đối với dầm trên liên kết ngầm

Sơ đồ tính toán	l_2/l_1 J_2/J_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Hệ số μ_{12}														
	0,04	0,78	1,02	1,53	1,73	2,01	2,21	2,38	2,54	2,65	2,85	3,24	3,70	4,20	4,76	5,23
	0,06	0,70	0,68	1,23	1,47	1,73	1,93	2,08	2,23	2,38	2,49	2,81	3,17	3,50	3,92	4,30
	0,08	0,68	0,79	1,05	1,31	1,54	1,74	1,91	2,05	2,20	2,31	2,55	2,80	3,11	3,45	3,73
	0,1	0,67	0,76	1,00	1,20	1,42	1,61	1,78	1,92	2,04	2,20	2,40	2,60	2,86	3,18	3,41
	0,2	0,64	0,70	0,79	0,93	1,07	1,23	1,41	1,50	1,60	1,72	1,92	2,11	2,28	2,45	2,64
	0,3	0,62	0,68	0,74	0,85	0,95	1,06	1,18	1,28	1,39	1,48	1,67	1,82	1,96	2,12	2,20
	0,4	0,60	0,66	0,71	0,78	0,87	0,99	1,07	1,16	1,26	1,34	1,50	1,65	1,79	1,94	2,08
	0,5	0,59	0,65	0,70	0,77	0,82	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,39	1,53	1,66	1,79	1,92
	1,0	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		Hệ số μ_{11}														
	0,04	0,66	0,68	0,75	0,94	1,08	1,24	1,37	1,47	1,55	1,64	1,72	1,78	1,81	1,85	1,89
	0,06	0,65	0,67	0,68	0,76	0,94	1,10	1,26	1,35	1,44	1,50	1,61	1,69	1,74	1,79	1,82
	0,08	0,64	0,66	0,67	0,68	0,84	1,00	1,12	1,25	1,34	1,41	1,53	1,62	1,68	1,75	1,79
	0,1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,78	0,92	1,05	1,15	1,25	1,33	1,45	1,55	1,62	1,68	1,71
	0,2	0,62	0,64	0,65	0,65	0,66	0,73	1,83	0,92	1,01	1,09	1,23	1,33	1,41	1,48	1,54
	0,3	0,60	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,73	0,81	0,89	0,94	1,09	1,20	1,28	1,35	1,41
	0,4	0,58	0,63	0,63	0,64	0,64	0,66	0,68	0,75	0,82	0,88	1,01	1,10	1,19	1,26	1,32
	0,5	0,57	0,61	0,63	0,64	0,64	0,65	0,68	0,72	0,77	0,83	0,94	1,04	1,12	1,19	1,25
	1,0	0,55	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73	0,80	0,88	0,93	1,01	1,05

Bảng 8. Thép góc đều cạnh (ГОСТ 8509-57)



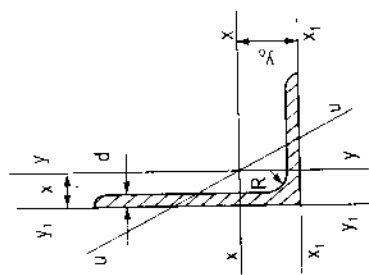
b - bề rộng cánh thép góc;
d - chiều dày cánh thép góc;
J - mômen quán tính;
r - bán kính quán tính

Kích thước thép góc (mm)	R (mm)	Diện tích tiết diện F (cm ²)	Trọng lượng 1m dài (kg)	Khoảng cách trong tâm Z ₀ (cm)	Trục x-x		Trục x ₁ -x ₁	Trục x ₀ -x ₀		Trục y ₀ -y ₀		Bán kính quán tính I _{y2} đối với hai thép góc khi δ (mm)			
					J _x (cm ⁴)	r _x (cm)		J _{x0} (cm ⁴)	r _{x0} (cm)	J _{y0} (cm ⁴)	r _{y0} (cm)	δ = 8	δ = 10	δ = 12	δ = 14
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
45	4	3,48	2,73	1,26	6,63	1,38	12,1	10,5	1,74	2,74	0,89	2,16	2,24	2,32	2,40
5	5	4,29	3,37	1,31	8,03	1,37	15,3	12,7	1,72	3,33	0,88	2,18	2,26	2,34	2,42
50	4	3,89	3,05	1,38	9,21	1,54	16,6	14,6	1,94	3,80	0,99	2,35	2,43	2,51	2,59
5	5	4,80	3,77	1,42	11,2	1,53	20,9	17,8	1,92	4,63	0,98	2,38	2,45	2,53	2,61
56	4	4,38	3,44	1,52	13,1	1,73	23,3	20,8	2,18	5,41	1,11	2,58	2,66	2,73	2,81
5	5	5,41	4,25	1,57	16,0	1,72	29,2	25,4	2,16	6,59	1,10	2,61	2,72	2,77	2,85
4	4	4,96	3,90	1,69	18,9	1,95	33,1	29,5	2,45	7,81	1,25	2,86	2,93	3,01	3,09
63	5	6,13	4,81	1,74	23,1	1,94	41,5	36,6	2,44	9,52	1,25	2,89	2,96	3,04	3,12
6	6	7,28	5,72	1,78	27,1	1,93	50,0	42,9	2,43	11,2	1,24	2,90	2,99	3,06	3,14
4,5	4,5	6,20	4,87	1,88	29,0	2,16	51,0	46,0	2,72	12,0	1,39	3,14	3,21	3,29	3,37
5	5	6,86	5,38	1,90	31,9	2,16	56,7	50,7	2,72	13,2	1,39	3,16	3,23	3,30	3,38
70	6	8,15	6,39	1,94	37,6	2,15	68,4	59,6	2,71	15,5	1,38	3,18	3,25	3,33	3,40
7	7	9,42	7,39	1,99	43,0	2,14	80,1	68,2	2,69	17,8	1,37	3,20	3,28	3,36	3,44
8	8	10,7	8,37	2,02	48,2	2,13	91,9	76,4	2,68	20,0	1,37	3,22	3,29	3,37	3,45
5	5	7,39	5,80	2,02	39,5	2,31	69,6	62,6	2,91	16,4	1,49	3,35	3,42	3,49	3,57
6	6	8,78	6,89	2,06	46,6	2,30	83,9	73,9	2,90	19,3	1,48	3,30	4,44	3,52	3,60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
75	7	9	10,1	7,96	2,10	53,3	2,29	98,3	84,6	2,89	22,1	1,48	3,40	3,47	3,54	3,62
	8		11,5	9,02	2,15	59,8	2,28	113	94,9	2,87	24,8	1,47	3,43	3,50	3,57	3,65
	9		12,8	10,1	2,18	66,1	2,27	127	105	2,86	27,5	1,46	3,44	3,51	3,59	3,67
80	5,5		8,63	6,78	2,17	52,7	2,47	93,2	83,6	3,11	21,8	1,59	3,57	3,64	3,71	3,79
	6	9	9,38	7,36	2,19	57,0	2,47	102	90,4	3,11	23,5	1,58	3,58	3,65	3,72	3,80
	7		10,8	8,51	2,23	65,3	2,45	119	104	3,09	27,0	1,58	3,60	3,67	3,75	3,82
90	8		12,3	9,65	2,27	73,4	2,44	137	116	3,08	30,3	1,57	3,62	3,69	3,77	3,84
	6		10,6	8,33	2,43	82,1	2,78	145	130	3,50	34,0	1,79	3,96	4,04	4,11	4,19
	7		12,3	9,64	2,47	94,3	2,77	169	150	3,49	38,9	1,78	3,99	4,06	4,13	4,21
90	8	10	13,9	10,9	2,51	106	2,76	194	168	3,48	43,8	1,77	4,01	4,08	4,16	4,23
	9		15,6	12,2	2,55	118	2,75	219	186	3,46	48,6	1,77	4,04	4,11	4,18	4,26
	6,5		12,8	10,1	2,68	122	3,09	214	193	3,88	50,7	1,99	4,36	4,43	4,50	4,57
100	7		13,8	10,8	2,71	131	3,08	231	207	3,88	54,2	1,98	4,38	4,45	4,52	4,59
	8		15,6	12,2	2,75	147	3,07	265	233	3,87	60,9	1,98	4,40	4,47	4,54	4,62
	10	12	19,2	15,1	2,83	179	3,05	333	284	3,84	74,1	1,96	4,44	4,52	4,59	4,66
100	12		22,8	17,9	2,91	209	3,03	402	331	3,81	86,9	1,95	4,48	4,56	4,63	4,71
	14		26,3	20,6	2,99	237	3,00	472	375	3,78	99,3	1,94	4,53	4,60	4,68	4,76
	16		29,9	23,3	3,06	264	2,98	542	416	3,74	112	1,94	4,57	4,64	4,72	4,80
100	7		15,2	11,9	2,96	176	3,40	308	279	4,29	72,7	2,19	4,78	4,85	4,92	5,05
	8	12	17,2	13,5	3,00	198	3,39	353	315	4,28	81,8	2,18	4,80	4,87	4,95	5,02
	8		19,7	15,5	3,36	294	3,87	516	467	4,87	122	2,49	5,39	5,64	5,53	5,60
125	9		22,0	17,3	3,40	327	3,86	582	520	4,86	135	2,48	5,41	5,48	5,56	5,63
	10	14	24,3	19,1	3,45	360	3,85	649	571	4,84	149	2,47	5,44	5,52	5,58	5,66
	12		28,9	22,7	3,53	422	3,82	782	670	4,82	174	2,46	5,48	5,55	5,62	5,70
125	14		33,4	26,2	3,61	482	3,80	916	764	4,78	200	2,45	5,52	5,60	5,67	5,75
	16		37,8	29,9	3,63	539	3,78	1051	853	4,75	224	2,44	5,56	5,63	5,72	5,78
	9		24,7	19,4	3,78	456	4,34	818	739	5,47	192	2,79	6,02	6,10	6,16	6,24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
140	10	14	27,3	21,5	3,82	512	4,33	911	814	5,46	211	2,78	6,05	6,12	6,19	6,26
	12		32,5	25,5	3,90	602	4,31	1097	957	5,43	248	2,76	6,08	6,15	6,25	6,30
	10		31,4	24,7	4,30	774	4,96	1356	1229	6,25	319	3,19	6,84	6,91	6,97	7,05
	11		34,4	27,0	4,35	844	4,95	1494	1341	6,24	348	3,18	6,86	6,93	7,00	7,07
160	12		37,4	29,4	4,39	913	4,49	1633	1450	6,23	376	3,17	6,88	6,95	7,02	7,09
	14	16	43,3	34,0	4,47	1046	4,92	1911	1662	6,26	431	3,16	6,91	6,98	7,05	7,13
	16		49,1	38,5	4,55	1175	4,89	2191	1866	6,17	485	3,14	6,95	7,03	7,10	7,18
	18		54,8	43,0	4,63	1299	4,87	2472	2061	6,13	537	3,13	7,00	7,07	7,14	7,22
	20		60,4	47,4	4,70	1419	4,85	2756	2248	6,10	589	3,12	7,04	7,11	7,18	7,26
180	11		38,8	30,5	4,85	1216	5,60	2128	1933	7,06	500	3,59	7,67	7,74	7,81	7,82
	12	16	42,2	33,1	4,89	1317	5,59	2324	2093	7,04	540	3,58	7,69	7,76	7,83	7,84
	12		47,1	37,0	5,37	1823	6,22	3182	2869	7,84	749	3,99	8,48	8,55	8,62	8,69
	13		50,9	39,9	5,42	1961	6,21	3452	3116	7,83	805	3,98	8,50	8,58	8,64	8,71
200	14	18	54,6	42,8	5,46	2097	6,20	3722	3333	7,81	861	3,97	8,52	8,60	8,66	8,73
	16		62,0	48,7	5,54	2363	6,17	4264	3755	7,78	970	3,96	8,56	8,64	8,70	8,77
	20		76,5	60,1	5,70	2871	6,12	5355	4560	7,72	1182	3,93	8,65	8,72	8,79	8,86
200	25	18	94,3	74,0	5,89	3466	6,06	6733	5494	7,63	1438	3,91	8,74	8,81	8,88	8,95
	30		111,5	87,6	6,07	4020	6,00	8130	6351	7,55	1688	3,89	8,83	8,90	8,97	9,05
220	14		60,4	47,4	5,93	2814	6,83	4941	4470	8,60	1159	4,38	9,31	9,37	9,45	9,52
	16	21	68,6	53,8	6,02	3175	6,81	5661	5045	8,58	1306	4,36	9,35	9,42	9,49	9,56
	16		78,4	61,5	6,75	4717	7,76	8286	7492	9,78	1942	4,98	10,55	10,62	10,68	10,75
	18		87,7	68,9	6,83	5247	7,73	9342	8337	9,75	2158	4,96	10,59	10,65	10,72	10,80
250	20		97,0	76,1	6,91	5765	7,71	10401	9160	9,72	2370	4,94	10,62	10,69	10,76	10,83
	22	24	106,1	83,3	7,00	6270	7,69	11464	9961	9,69	2579	4,93	10,67	10,74	10,81	10,88
	25		119,7	94,0	7,11	7006	7,65	13064	11125	9,61	2887	4,91	10,72	10,79	10,86	10,93
	28		133,1	104,5	7,23	7717	7,61	14674	12244	9,59	3190	4,89	10,78	10,85	10,92	10,99
	30		142,0	111,4	7,31	8177	7,59	15753	12965	9,56	3389	4,89	10,82	10,89	10,96	11,03

Bảng 9. Thép góc không đều cạnh (ГОСТ 8510-57)



B - bề rộng cánh lớn của thép góc;

b - bề rộng cánh nhỏ;

d - chiều dày cánh;

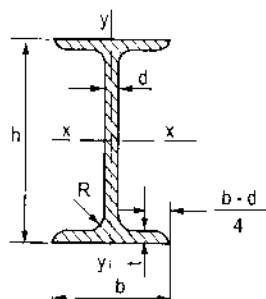
J - mômen quán tính;

r - bán kính quán tính

Kích thước thép góc (mm)			R (mm)	Diện tích tiết diện F (cm ²)	Trọng lượng 1m dài (kg)	Khoảng cách trọng tâm		Trục x-x		Trục y-y		Trục x ₁ -x ₁	Trục y ₁ -y ₁	Trục u-u		Bán kính quán tính r _{y2} đối với 2 thép góc khi δ (mm)				Bán kính quán tính r _{x2} đối với 2 thép góc khi δ (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
						x ₀ (cm)	y ₀ (cm)	J _x (cm ⁴)	r _x (cm)	J _y (cm ⁴)	r _y (cm)			J _{x1} (cm ⁴)	J _{y1} (cm ⁴)	J _{umin} (cm ⁴)	r _{umin} (cm)	δ = 8	δ = 10	δ = 12	δ = 14	δ = 8	δ = 10	δ = 12	δ = 14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
B	b	d				7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
70	45	5	7,5	5,59	5,39	2,28	1,05	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	15,2	5,34	0,98	1,93	2,01	2,08	2,17	3,49	3,56	3,64	3,72
75	50	5	8,0	6,11	4,79	2,39	1,17	34,8	2,39	12,5	1,43	69,7	20,8	7,24	1,09	2,13	2,21	2,28	2,36	3,67	3,75	3,83	3,90
80	50	6	8,0	7,25	5,69	2,44	1,21	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	25,2	8,48	1,08	2,15	2,22	2,30	2,38	3,70	3,78	3,86	3,94
		8		9,47	7,43	2,52	1,29	52,4	2,35	18,5	1,40	112	34,2	10,9	1,07	2,19	2,27	2,37	2,43	3,75	3,83	3,91	3,98
		5	8,0	6,36	4,99	2,6	1,13	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	20,8	7,58	1,09	2,08	2,16	2,23	2,30	3,94	4,02	4,11	4,19
		6		7,55	5,92	2,65	1,17	49,0	2,55	14,8	1,40	102,0	25,2	8,88	1,08	2,10	2,18	2,26	2,34	3,97	4,05	4,13	4,21
90	56	5,5		7,86	6,17	2,92	1,26	65,3	2,88	19,7	1,58	132	32,2	11,8	1,22	2,29	2,36	2,44	2,52	4,40	4,47	4,55	4,63
		6	8,0	8,54	6,70	2,95	1,28	70,6	2,88	21,2	1,58	145	35,2	12,7	1,22	2,30	2,38	2,45	2,53	4,42	4,49	4,57	4,65
		8		11,18	8,77	3,04	1,36	90,9	2,85	27,1	1,56	194	47,8	16,3	1,21	2,35	2,43	2,51	2,58	4,47	4,52	4,62	4,70
		6		9,59	7,53	3,23	1,42	98,3	3,2	30,6	1,79	198	49,9	18,2	1,38	2,55	2,62	2,70	2,77	4,84	4,92	4,99	5,07
100	63	7	10	11,1	8,70	3,28	1,46	113	3,19	35,0	1,78	232	58,7	20,8	1,37	2,57	2,64	2,72	2,78	4,87	4,95	5,02	5,10
		8		12,6	9,87	3,32	1,50	127	3,18	39,2	1,77	266	67,6	23,4	1,36	2,59	2,66	2,74	2,82	4,89	4,97	5,04	5,12
		10		15,5	12,1	3,40	1,58	154	3,15	47,1	1,75	333	85,8	28,3	1,35	2,64	2,71	2,79	2,87	4,94	5,01	5,09	5,17
		6,5		11,4	8,98	3,55	1,58	142	3,53	45,6	2,0	286	74,3	26,9	1,53	2,81	2,88	2,96	3,03	5,30	5,37	5,44	5,52
110	70	7	10	12,3	9,64	3,57	1,6	152	3,52	48,7	1,99	309	80,3	28,8	1,53	2,82	2,89	2,97	3,04	5,31	5,38	5,45	5,53
		8		13,9	10,9	3,61	1,64	172	3,51	54,6	1,98	353	92,3	32,3	1,52	2,84	2,92	2,99	3,07	5,33	5,41	5,49	5,56
		7		14,1	11,0	4,01	1,8	227	4,01	73,7	2,29	452	119	43,3	1,76	3,17	3,24	3,31	3,39	5,96	6,04	6,11	6,19
125	80	8	11	16,0	12,5	4,05	1,84	256	4	83,0	2,28	518	137	48,8	1,75	2,19	3,27	3,34	3,41	5,98	6,06	6,13	6,21
		10		19,7	15,5	4,14	1,92	312	3,98	100	2,62	649	173	59,3	1,74	3,23	3,31	3,37	3,46	6,04	6,11	6,19	6,27
		12		23,4	18,3	4,22	2,0	365	3,95	117	2,24	781	210	69,5	1,72	3,28	3,35	3,43	3,51	6,08	6,15	6,23	6,31
140	90	8	12	18,0	14,1	4,49	2,03	364	4,49	120	2,58	727	194	70,3	1,98	3,55	3,61	3,69	3,76	6,64	6,72	6,79	6,86
		10		22,2	17,5	4,58	2,12	444	4,47	146	2,56	911	245	85,5	1,96	3,60	3,67	3,74	3,82	6,69	6,77	6,84	6,92
		9		22,9	18	5,19	2,23	606	5,15	186	2,85	1221	300	110	2,2	3,87	3,95	4,02	4,09	7,60	7,67	7,75	7,82
160	100	10	13	25,3	19,8	5,23	2,28	667	5,13	204	2,84	1359	335	121	2,19	3,90	3,97	4,04	4,12	7,62	7,69	7,77	7,84
		12		30,0	23,6	5,42	2,36	784	5,11	239	2,82	1634	405	142	2,18	3,95	4,02	4,09	4,16	7,67	7,75	7,82	7,90
		14		34,7	27,3	5,40	2,43	897	5,08	272	2,8	1910	477	162	2,16	3,98	4,05	4,13	4,20	7,71	7,78	7,86	7,94
180	110	10	14	28,3	22,2	5,88	2,44	952	5,8	276	3,12	1933	444	165	2,42	4,22	4,29	4,36	4,43	8,55	8,62	8,69	8,77
		12		33,7	26,4	5,97	2,52	1123	5,77	324	3,1	2324	537	194	2,40	4,26	4,33	4,40	4,47	8,59	8,67	8,75	8,82
		11		34,9	27,4	6,5	2,79	1449	6,45	446	3,58	2920	718	264	2,75	4,79	4,86	4,93	5,00	9,44	9,51	9,59	9,66
200	125	12	14	37,9	29,7	6,54	2,83	1568	6,43	482	3,57	3189	786	285	2,74	4,81	4,88	4,95	5,02	9,46	9,54	9,62	9,68
		14		43,9	34,4	6,62	2,91	1801	6,41	551	3,54	3726	922	327	2,73	4,85	4,92	4,99	5,06	9,50	9,58	9,65	9,73
		16		49,8	39,1	6,71	2,99	2026	6,38	617	3,52	4264	1061	367	2,72	4,89	4,95	5,03	5,10	9,55	9,63	9,70	9,78

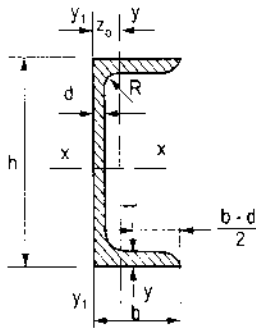
Bảng 10. Thép cán tiết diện chữ I (T/OCT 8239-56)



h - chiều cao của tiết diện; J - mômen quán tính;
 b - bề rộng của bản cánh; W - mômen chống uốn;
 d - chiều dày của bản bụng; S - mômen tĩnh của nửa tiết diện;
 t - chiều dày trung bình của bản cánh;
 r - bán kính quán tính; R - bán kính góc lượn ở phía trong

Số lượng mặt cắt N	Trọng lượng 1m dài	Kích thước (mm)					Diện tích tiết diện (cm ²)	Mômen quán tính (cm ⁴)		Mômen chống uốn (cm ³)		Bán kính quán tính (cm)		Mômen tĩnh (cm ²)
		h	b	d	t	R		J_x	J_y	W_x	W_y	r_x	r_y	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7	12,0	198	17,9	39,7	6,46	4,06	1,22	23,0
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	14,7	350	27,9	58,4	8,72	4,88	1,38	33,7
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8	17,4	572	41,9	81,7	11,5	5,73	1,55	46,8
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	20,2	873	58,6	109	14,5	6,57	1,70	62,3
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9	23,4	1290	82,6	143	18,4	7,42	1,88	81,4
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	9	25,4	1430	114	159	22,8	7,51	2,12	89,8
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	26,8	1840	115	184	23,1	8,28	2,07	104
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	28,9	2030	155	203	28,2	8,37	2,32	114
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10	30,6	2550	157	232	28,6	9,13	2,27	131
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	10	32,8	2790	206	254	34,3	9,12	2,50	143
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	34,8	3460	198	289	34,5	9,97	2,37	163
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	10,5	37,5	3800	260	317	41,6	10,1	2,63	178
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11	40,2	5010	260	371	41,5	11,2	2,54	210
27a	33,9	270	135	6,0	10,2	11	43,2	5500	337	407	50,0	11,3	2,80	229
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12	46,5	7080	337	472	49,9	12,3	2,69	268
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	12	49,9	7780	436	518	60,1	12,5	2,95	292
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13	53,8	9840	419	597	59,9	13,5	2,79	339
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14	61,9	13380	516	743	71,1	14,7	2,89	423
40	56,1	400	155	8,0	13,0	15	71,4	18930	666	947	85,9	16,3	3,05	540
45	65,2	450	160	8,6	14,2	16	83,0	27450	807	1220	101	18,2	3,12	699
50	76,8	500	170	9,5	15,2	17	97,8	39290	1040	1570	122	20,2	3,26	905
55	89,8	550	180	10,3	16,5	18	114	55150	1350	2000	150	22,0	3,44	1150
60	104	600	190	11,1	17,8	20	132	75450	1720	2510	181	23,9	3,60	1450
65	120	650	200	12,0	19,2	22	153	101400	2170	3120	217	25,8	3,77	1800
70	138	700	210	13,0	20,8	24	176	134600	2780	3840	260	27,7	3,94	2230
70a	158	700	210	15,0	24,0	24	202	152700	3240	4360	309	27,5	4,01	2550
70b	184	700	210	17,5	28,0	24	234	175370	3910	5010	373	27,4	4,09	2940

Bảng 11. Thép cán tiết diện chữ [(ГОСТ 8240-56)



h - chiều cao của tiết diện;

J - mômen quán tính;

b - bề rộng của bản cánh;

W - mômen chống uốn;

d - chiều dày của bản bụng;

S - mômen tĩnh của nửa tiết diện;

t - chiều dày trung bình của bản cánh;

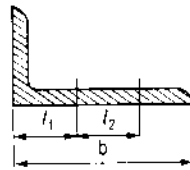
r - bán kính quán tính;

R - bán kính góc lượn ở phía trong

z_0 - khoảng cách từ trục y - y tới mép ngoài của bản bụng.

Số hiệu mặt cắt N° =	Trọng lượng 1m dài (kg)	Kích thước (mm)					Diện tích tiết diện (cm ²)	Mômen quán tính (cm ⁴)		Mômen chống uốn (cm ³)		Bán kính quán tính (cm)		Mômen tĩnh (cm ³) S_x	z_0 (cm)
		h	b	d	t	R		J_x	J_y	W_x	W_y	r_x	r_y		
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6	6,16	22,8	5,61	9,10	2,75	1,92	0,954	5,59	1,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	6	7,51	48,6	8,70	15,0	3,68	2,54	1,08	9,00	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	8,98	89,4	12,8	22,4	4,75	3,16	1,19	13,3	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	10,9	174	20,4	34,8	6,46	3,99	1,37	20,4	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	13,3	304	31,2	50,6	8,52	4,78	1,53	29,6	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	15,6	491	45,4	70,2	11,0	5,60	1,70	40,8	1,57
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	17,0	545	57,5	77,8	13,3	5,66	1,84	45,1	1,87
16	14,2	160	64	5,0	8,4	8,5	18,1	747	63,3	93,4	13,8	6,42	1,87	54,1	1,80
16a	15,3	160	68	5,0	9,0	8,5	19,5	823	78,8	103	16,4	6,49	2,01	59,4	2,00
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	20,7	1090	86,0	121	17,0	7,24	2,04	68,8	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	9	22,2	1190	105	132	20,7	7,32	2,18	76,1	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9,0	9,5	23,4	1520	113	152	20,5	8,07	2,20	87,8	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	25,2	1670	139	167	24,2	8,15	2,35	95,9	2,28
22	21,0	220	82	5,4	9,5	10	26,7	2110	151	192	25,1	8,89	2,37	110	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	28,8	2330	187	212	30,0	8,99	2,55	121	2,46
24	24,0	240	90	5,6	10,0	10,5	30,6	2900	208	242	31,6	9,73	2,60	139	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	32,9	3180	254	265	37,2	9,84	2,78	151	2,67
27	27,7	270	95	6,0	10,5	11	35,2	4160	262	308	37,3	10,9	2,73	178	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11,0	12	40,5	5810	327	387	43,6	12,0	2,84	224	2,52
33	36,5	330	105	7,0	11,7	13	46,5	7980	410	484	51,8	13,1	2,97	281	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	53,4	10820	513	601	61,7	14,2	3,10	350	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15	61,5	15220	642	761	73,4	15,7	3,23	444	2,75

Bảng 12. Bố trí đường đỉnh trên các thép góc



Bố trí một đường đỉnh				Bố trí hai đường đỉnh				
b (mm)	l_1 (mm)	z_0 (mm)	d (mm)	b (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	z_0 (mm)	d (mm)
45	25	15	14	125	50	40	40	20 - 23
50 và 56	30	15	17	140	50	50	40	20 - 26
63	35	20	17 - 20	160	60	60	45	23 - 26
70	40	20	20	180	70	70	50	23 - 26
75	45	25	20 - 23	200	80	80	60	23 - 26
80	45	25	20 - 23	220	80	80	70	23 - 26
90	50	30	20 - 23	250	80	80	80	23 - 26
100	55	30	20 - 23					
110	60	35	20 - 23					

Chú thích: b - bề rộng của cánh thép góc;

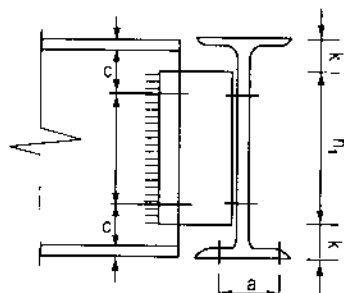
l_1 - khoảng cách từ lưng thép góc tới đường đỉnh;

l_2 - khoảng cách giữa hai đường đỉnh khi lỗ đỉnh bố trí so le và song song;

z_0 - khoảng cách từ lưng của thép góc tới đường trục của các phân tử trong các giàn liên kết hàn.

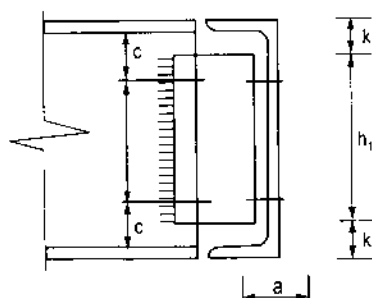
d - đường kính đề nghị dùng của lỗ đỉnh.

Bảng 13. Bố trí các đường đinh trên thép định hình chữ I



Số hiệu IN ^o	Bản cánh			Bản bụng			
	a (mm)	t (mm)	d _{max}	k (mm)	h ₁ (mm)	c (mm)	d (mm)
10	32	7,2	10	15	70	36	14
12	38	7,3	12	16	88	37	14
14	44	7,5	12	17	107	42	17
16	48	7,7	14	18	124	48	20
18	50	8	14	19	142	50	20
18a	54	8,2	17	19	142	50	20
20	54	8,2	17	20	161	50	20
20a	58	8,3	17	20	160	50	20
22	58	8,6	17	21	178	55	23
22a	60	8,8	17	21	178	55	23
24	60	9,5	20	22	196	58	23
24a	66	9,8	20	23	194	58	23
27	66	9,8	20	24	223	58	23
27a	72	10,2	20	24	222	58	23
30	72	10,2	20	25	250	60	23
30a	70	10,7	23	25	250	60	23
33	74	11,2	23	27	276	62	23
36	76	12,3	23	29	302	64	23
40	82	13	23	31	338	66	23
45	86	14,2	23	33	384	68	23
50	90	15,2	26	35	430	70	23
55	96	16,5	26	38	474	73	23
60	100	17,8	29	41	518	76	23
65	106	19,2	29	45	560	80	23
70	112	20,8	29	48	604	83	23
70a	114	24	29	51	598	86	23
70b	114	28,2	29	55	590	90	23

Bảng 14. Bố trí các đường đinh trên thép định hình chữ I



Số hiệu IN ^o	Bản cánh			Bản bụng				
	a (mm)	t (mm)	d _{max}	k	h ₁	c	c ₁	d
5	20	7	10	14	22	-	-	-
6,5	25	7,4	12	15	35	-	-	-
8	25	7,4	14	16	48	-	25	12
10	30	7,5	14	17	66	35	26	12
12	30	7,7	17	17	86	38	29	14
14	35	8	17	18	104	44	33	17
14a	35	8,5	17	19	102	44	34	17
16	35	8,3	20	19	122	50	36	20
16a	35	8,8	20	20	120	50	37	20
18	40	8,7	20	21	138	50	38	20
18a	40	9	20	21	138	50	38	20
20	50	9,2	23	22	156	52	39	20
20a	50	9,6	23	22	156	52	39	20
22	50	9,6	23	23	174	54	40	20
22a	50	10,2	23	24	172	54	41	20
24	50	10	26	24	192	60	44	23
24a	50	10,7	26	25	190	60	45	23
27	60	10,5	26	25	220	60	45	23
30	60	11	29	27	246	62	47	23
33	60	11,7	29	29	272	65	49	23
36	60	12,6	29	31	298	66	51	23
40	60	13,5	29	33	354	66	53	23

Chú thích: k - khoảng cách từ bản cánh đến chỗ bắt đầu lượn cong, $c = k + 1,5d$;

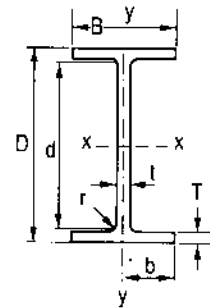
t - chiều dày của bản cánh ở đường đinh;

d_{max} - đường kính lớn nhất của lỗ đinh;

d - đường kính đề nghị dùng của lỗ đinh.

UNIVERSAL BEAMS - DIMENSIONS AND PROPERTIES

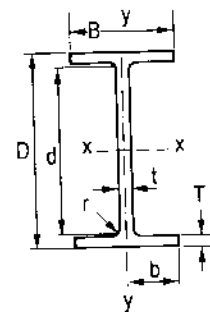
To BS 4: Part 1: 1980



Designation		Depth of Section D	Width of Section B	Thickness		Root Radius r	Web			Ratios For Local Buckling		Moment of inertia		Radius of gyration	
Serial size	Mass per metre			Web t	Flange T		Depth between fillets d	Flange b/T	Web d/t	Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x	Axis y-y		
mm	kg	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ⁴	cm	cm		
914 × 419	388	920.5	420.5	21.5	36.6	24.1	799.0	5.74	37.2	718742	45407	38.1	9.58		
	343	911.4	418.5	19.4	32.0	24.1	799.0	6.54	41.2	625282	39150	37.8	9.46		
914 × 305	289	926.6	307.8	19.6	32.0	19.1	824.4	4.81	42.1	504594	15610	37.0	6.51		
	253	918.5	305.5	17.3	27.9	19.1	824.4	5.47	47.7	436610	13318	36.8	6.42		
	224	910.3	304.1	15.9	23.9	19.1	824.4	6.36	51.9	375924	11223	36.3	6.27		
	201	903.0	303.4	15.2	20.2	19.1	824.4	7.51	54.2	325529	9427	35.6	6.06		
838 × 292	226	850.9	293.8	16.1	26.8	17.8	761.7	5.48	47.3	339747	11353	34.3	6.27		
	194	840.7	292.4	14.7	21.7	17.8	761.7	6.74	51.8	279450	9069	33.6	6.06		
	176	834.9	291.6	14.0	18.8	17.8	761.7	7.76	54.4	246029	7792	33.1	5.90		
762 × 267	197	769.6	268.0	15.6	25.4	16.5	685.8	5.28	44.0	239894	8174	30.9	5.71		
	173	762.0	266.7	14.3	21.6	16.5	685.8	6.17	48.0	205177	6846	30.5	5.57		
	147	753.9	265.3	12.9	17.5	16.5	685.8	7.58	53.2	168966	5468	30.0	5.39		
686 × 254	170	692.9	255.8	14.5	23.7	15.2	615.0	5.40	42.4	170147	6621	28.0	5.53		
	152	687.6	254.5	13.2	21.0	15.2	615.0	6.06	46.6	150319	5782	27.8	5.46		
	140	683.5	253.7	12.4	19.0	15.2	615.0	6.68	49.6	136276	5179	27.6	5.38		
	125	677.9	253.0	11.7	16.2	15.2	615.0	7.81	52.6	118003	4379	27.2	5.24		
610 × 305	238	633.0	311.5	18.6	31.4	16.5	537.2	4.96	28.9	207571	15838	26.1	7.22		
	179	617.5	307.0	14.1	23.6	16.5	537.2	6.50	38.1	151631	11412	25.8	7.08		
	149	609.6	304.8	11.9	19.7	16.5	537.2	7.74	45.1	124660	9300	25.6	6.99		
610 × 229	140	617.0	230.1	13.1	22.1	12.7	547.2	5.21	41.8	111844	4512	25.0	5.03		
	125	611.9	229.0	11.9	19.6	12.7	547.2	5.84	46.0	98579	3933	24.9	4.96		
	113	607.3	228.2	11.2	17.3	12.7	547.2	6.60	48.9	87431	3439	24.6	4.88		
	101	602.2	227.6	10.6	14.8	12.7	547.2	7.69	51.6	75720	2912	24.2	4.75		
533 × 210	122	544.6	211.9	12.8	21.3	12.7	476.5	4.97	37.2	76207	3393	22.1	4.67		
	109	539.5	210.7	11.6	18.8	12.7	476.5	5.60	41.1	66739	2937	21.9	4.60		
	101	536.7	210.1	10.9	17.4	12.7	476.5	6.04	43.7	61659	2694	21.8	4.56		
	92	533.1	209.3	10.2	15.6	12.7	476.5	6.71	46.7	55353	2392	21.7	4.51		
	82	528.3	208.7	9.6	13.2	12.7	476.5	7.91	49.6	47491	2005	21.3	4.38		
457 × 191	98	467.4	192.8	11.4	19.6	10.2	407.9	4.92	35.8	45717	2343	19.1	4.33		
	89	463.6	192.0	10.6	17.7	10.2	407.9	5.42	38.5	41021	2086	19.0	4.28		
	82	460.2	191.3	9.9	16.0	10.2	407.9	5.98	41.2	37103	1871	18.8	4.23		
	74	457.2	190.5	9.1	14.5	10.2	407.9	6.57	44.8	33388	1671	18.7	4.19		
	67	453.6	189.9	8.5	12.7	10.2	407.9	7.48	48.0	29401	1452	18.5	4.12		

UNIVERSAL BEAMS - DIMENSIONS AND PROPERTIES

To BS 4: Part 1: 1980



Elastic modulus		Plastic modulus		Buckling Parameter u	Torsional Index x	Warping Constant H	Torsional Constant J	Area of Section	Designation	
Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x	Axis y-y						Mass per metre	Serial size
cm ³	cm ³	cm ³	cm ³			dm ⁶	cm ⁴	cm ²	kg	mm
15616	2160	17657	3339	0.884	26.7	88.7	1730	494.5	388	914 × 419
13722	1871	15474	2890	0.883	30.1	75.7	1190	437.5	343	
10891	1014	12583	1603	0.867	31.9	31.2	929	368.8	289	914 × 305
9507	871.9	10947	1372	0.866	36.2	26.4	627	322.8	253	
8259	738.1	9522	1162	0.861	41.3	22.0	421	285.3	224	
7210	621.4	8362	982.5	0.853	46.8	18.4	293	256.4	201	
7986	772.9	9157	1211	0.870	35.0	19.3	514	288.7	226	838 × 292
6648	620.4	7648	974.4	0.862	41.6	15.2	307	247.2	194	
5894	534.4	6809	841.5	0.856	46.5	13.0	222	224.1	176	
6234	610	7167	958.7	0.869	33.2	11.3	405	250.8	197	762 × 267
5385	513	6197	807.3	0.864	33.1	9.38	267	220.5	173	
4483	412	5174	649.0	0.857	45.1	7.41	161	188.1	147	
4911	517	5624	810.3	0.872	31.8	7.41	307	216.6	170	686 × 254
4372	454	4997	710.0	0.871	35.5	6.42	219	193.8	152	
3988	408	4560	637.8	0.867	38.7	5.72	169	178.6	140	
3481	346	3996	542.0	0.862	43.9	4.79	116	159.6	125	
6559	1017	7456	1574	0.886	21.1	14.3	788	303.8	238	610 × 305
4911	743.3	5521	1144	0.886	27.5	10.1	341	227.9	179	
4090	610.3	4572	936.8	0.886	32.5	8.09	200	190.1	149	
3626	392.1	4146	612.5	0.875	30.5	3.99	217	178.4	140	610 × 229
3222	343.5	3677	535.7	0.873	34.0	3.45	155	159.6	125	
2879	301.4	3288	470.2	0.870	37.9	2.99	112	144.5	113	
2515	255.9	2882	400.0	0.863	43.0	2.51	77.2	129.2	101	
2799	320.2	3203	500.6	0.876	27.6	2.32	180	155.8	122	533 × 210
2474	278.8	2824	435.1	0.875	30.9	1.99	126	138.6	109	
2298	256.6	2620	400.0	0.874	33.1	1.82	102	129.3	101	
2076	228.6	2366	356.0	0.872	36.4	1.60	76.2	117.8	92	
1798	192.2	2056	300.1	0.865	41.6	1.33	51.3	104.4	82	
1956	243.0	2232	378.3	0.880	25.8	1.17	121	125.3	98	457 × 191
1770	217.4	2014	337.9	0.879	28.3	1.04	90.5	113.9	89	
1612	195.6	1833	304.0	0.877	30.9	0.923	69.2	104.5	82	
1461	175.5	1657	272.2	0.876	33.9	0.819	52.0	95.0	74	
1296	152.9	1471	237.3	0.873	37.9	0.706	37.1	85.4	67	

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Thanh Hải. *Giáo trình kết cấu thép*. Bộ môn Kết cấu công trình - Trường đại học Thủy lợi, Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1984.
2. Hary Parker. *Simplified design of structural steel. Third edition*. John Wiley&Sons, Inc., New York - London - Sydney, 1965.
3. K. K. Mykhanov. *Design of metal structures*. Mir Publishers, Moscow, 1968.
4. E. Belenya. *Prestressed load-bearing metal structures*. Mir Publishersm 1977.
5. P. E. Adams, H. A. Krentz, G. L. Kulak. *Limit states design in structural steel*. Canadian Institute of Steel Construction, 1977.
6. *Technical standards for gates and penstock*. Hydraulic Gates and penstock Association, Tokyo - Japan, 1985.
7. B. M. Veinblat. *Bulông cường độ cao*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 1985.
8. Edwin H. Gaylord Jr., Charles N. Gaylord, James E. Stallmeyer. *Design steel structures. Third edition*. McGraw-Hill. Inc. for international edition, 1992.
9. Engineer manual. *Design of spillway tainter gates*. US Army Corporations of Engineers, 2000.
10. *Instructions Manual for Installing High-strength Bolts with Direct Tention Indicators (ASTM F959M)*. Turna Sure LLC 6th edition, USA 2004.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
Tên các đại lượng chủ yếu và hệ đơn vị thường dùng trong kỹ thuật	4
Chương 1. Cơ sở thiết kế kết cấu thép	
1.1. Mở đầu	5
1.2. Vật liệu dùng để chế tạo kết cấu thép	5
1.2.1. Thép xây dựng	5
1.2.2. Thép cán	10
1.3. Phương pháp tính toán kết cấu thép theo trạng thái giới hạn	11
1.3.1. Tải trọng và tổ hợp tải trọng	12
1.3.2. Tính toán kết cấu theo trạng thái giới hạn	12
1.4. Sự hạn chế của thép và các biện pháp chống gỉ	14
Chương 2. Liên kết hàn	
2.1. Khái niệm chung	15
2.2. Phân loại đường hàn và cường độ tính toán của mối hàn	15
2.2.1. Phân loại	15
2.2.2. Cường độ tính toán của mối hàn	17
2.3. Cấu tạo và tính toán đường hàn đối đầu	19
2.3.1. Mối hàn đối đầu chịu lực dọc	19
2.3.2. Mối hàn đối đầu chịu mômen uốn và chịu lực cắt	20
2.3.3. Mối hàn đối đầu chịu mômen lực dọc và lực cắt tác dụng đồng thời	21
2.4. Cấu tạo và tính toán mối hàn góc	21
2.4.1. Mối hàn góc chịu lực dọc hoặc chịu lực cắt	21
2.4.2. Đường hàn góc chịu mômen uốn	24
2.4.3. Đường hàn đồng thời chịu mômen, lực dọc và lực cắt	25
Chương 3. Liên kết bulông	
3.1. Khái niệm chung	28
3.1.1. Phân loại	28
	277

3.1.2. Hai trạng thái chịu lực cơ bản	28
3.1.3. Cường độ tính toán và khả năng chịu lực của bulông	29
3.2. Tính toán và cấu tạo	31
3.2.1. Chọn đường kính và bố trí bulông	31
3.2.2. Các hình thức liên kết	33
3.2.3. Xác định lực tác dụng vào bulông	33
3.3. Bulông cường độ cao	38
3.3.1. Khái niệm và phạm vi ứng dụng	38
3.3.2. Vật liệu và công nghệ chế tạo BLCĐC	41
3.3.4. Nguyên tắc tính toán liên kết BLCĐC	45
Chương 4. Dầm thép	
4.1. Khái niệm	58
4.1.1. Hình thức dầm	58
4.1.2. Cách bố trí hệ dầm	58
4.2. Dầm định hình	59
4.2.1. Trình tự tính toán dầm định hình	59
4.2.2. Nối dầm định hình	66
4.3. Dầm ghép (dầm tổ hợp)	68
4.3.1. Kích thước cơ bản của dầm ghép	68
4.3.2. Chọn tiết diện dầm	70
4.3.3. Kiểm tra cường độ tiết diện chọn	71
4.3.4. Kiểm tra độ cứng	73
4.3.5. Thay đổi tiết diện dầm	75
4.3.6. Tính liên kết giữa bản bụng và bản cánh	76
4.3.7. Kiểm tra ổn định tổng thể	77
4.3.8. Kiểm tra ổn định cục bộ	78
4.3.9. Cấu tạo sườn đứng	90
4.3.10. Nối dầm	91
4.3.11. Liên kết hệ dầm	93
4.4. Dầm thép ứng suất trước	94
Chương 5. Cột thép	
5.1. Khái niệm chung	106
5.2. Cột chịu nén trung tâm	106

5.2.1. Công thức cơ bản	106
5.2.2. Thiết kế cột đặc có mặt cắt đều	109
5.2.3. Thiết kế cột rỗng có mặt cắt đều	114
5.2.4. Thiết kế cột có mặt cắt thay đổi	122
5.2.5. Mũ cột và đế cột	125
5.3. Cột chịu nén lệch tâm	130
5.3.1. Hình thức cột	130
5.3.2. Tính toán và cấu tạo cột đặc chịu nén lệch tâm	131
5.3.3. Tính toán và cấu tạo cột rỗng chịu nén lệch tâm	142
5.3.4. Tính toán đế cột chịu nén lệch tâm	150
Chương 6. Giàn thép	
6.1. Khái niệm	151
6.2. Hình thức và các kích thước chính	151
6.2.1. Hình dáng của giàn	151
6.2.2. Kích thước chính của giàn	152
6.2.3. Hệ thanh bụng và khoảng mắt giàn	152
6.2.4. Hệ giằng	153
6.3. Thiết kế giàn	153
6.3.1. Xác định tải trọng tính toán	153
6.3.2. Nội lực trong các thanh giàn	154
6.3.3. Chiều dài tính toán của thanh chịu nén	154
6.3.4. Hình thức tiết diện thanh giàn	155
6.3.5. Chọn tiết diện thanh giàn	155
6.3.6. Thiết kế mắt giàn	161
6.3.7. Mối nối của thanh cánh	163
6.3.8. Mắt giàn tại gối tựa	164
Chương 7. Cửa van	
7.1. Khái niệm chung	174
7.1.1. Phân loại cửa van	174
7.1.2. Một số yêu cầu đối với cửa van	175
7.1.3. Các tài liệu cơ bản để thiết kế cửa van	175
7.1.4. Tải trọng và tổ hợp tải trọng	176
7.1.5. Phương pháp tính toán	179
	279

7.2. Cửa van phẳng	180
7.2.1. Các loại cửa van phẳng	180
7.2.2. Kết cấu cửa van phẳng	181
7.2.3. Tải trọng tác dụng lên cửa van phẳng	183
7.2.4. Bố trí kết cấu và xác định kích thước chủ yếu của cửa van phẳng	185
7.2.5. Tính toán các cấu kiện của bộ phận động	190
7.2.6. Bộ phận cố định của cửa van	222
7.2.7. Tính toán lực đóng mở	224
7.3. Cửa van hình cung	225
7.3.1. Phân loại	225
7.3.2. Các bộ phận chính	226
7.3.3. Hình thức cửa van thường dùng hiện nay	227
7.3.4. Phạm vi ứng dụng	228
7.3.5. Tải trọng tác dụng	229
7.3.6. Bố trí kết cấu và xác định kích thước chủ yếu của cửa van hình cung	233
7.3.7. Tính toán các bộ phận của kết cấu phần động	239
7.3.8. Bộ phận gối đỡ của cửa van hình cung	252
7.3.9. Thiết bị treo của van cung	257

Phụ lục

Bảng 1. Ứng suất cho phép đối với kết cấu thép làm bằng thép cán ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản, daN/cm ²	259
Bảng 2. Ứng suất cho phép đối với các chi tiết cơ khí của cửa van làm bằng thép cán thay thép đúc ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản, daN/cm ²	259
Bảng 3. Ứng suất cho phép của khối đúc bằng gang xám ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản, daN/cm ²	360
Bảng 4. Hệ số uốn dọc φ của phần tử chịu nén trung tâm làm bằng thép hợp kim thấp	260
Bảng 5. Hệ số μ_1 đối với cột một bậc có đầu trên tự do hoặc chỉ kẹp không cho quay (ngầm trượt)	261
Bảng 6. Hệ số μ_{12} và μ_{11} đối với cột có đầu trên tựa khớp bất động	262
Bảng 7. Hệ số μ_{12} và μ_{11} đối với đầu trên liên kết ngàm	263

Bảng 8. Thép góc đều cạnh (I'OC'F 8509-57)	264
Bảng 9. Thép góc không đều cạnh (I'OC'F 8510-57)	267
Bảng 10. Thép cán tiết diện chữ I (I'OC'F 8239-56)	269
Bảng 11. Thép cán tiết diện chữ L (I'OC'F 8240-56)	270
Bảng 12. Bố trí đường đinh trên các thép góc	271
Bảng 13. Bố trí các đường đinh trên thép định hình chữ I	272
Bảng 14. Bố trí các đường đinh trên thép định hình chữ L	273
Universal Beams - dimensions and properties To BS 4: Part 1: 1980	274
Universal Beams - dimensions and properties To BS 4: Part 1: 1980	275

KẾT CẤU THÉP

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

<i>Biên tập:</i>	TRỊNH KIM NGÂN
<i>Chế bản:</i>	TRẦN KIM ANH
<i>Sửa bản in:</i>	ĐỖ THANH HƯỜNG
<i>Vẽ bìa:</i>	NGUYỄN HỮU TÙNG

In 3000 cuốn khổ 19 × 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 89-2006/CXB/8-07/XD ngày 24-1-2006. In xong và nộp lưu chiểu tháng 8-2005.

kết cấu thép ĐHTL



6X4.02	89- 2006
XD- 2006	

Giá : 50.000^d