

Mục lục

Mở đầu	3
Chương 1	5
Tổng quan về đập khóa.....	5
1.1 Các vấn đề nghiên cứu về đập khóa	5
1.1.1 Các vấn đề nghiên cứu lý thuyết	5
1.1.2 Các vấn đề nghiên cứu ứng dụng	5
1.2 Các phương pháp nghiên cứu về đập khóa.....	5
1.2.1 Phương pháp nghiên cứu trên mô hình vật lý	5
1.2.2 Phương pháp nghiên cứu trên mô hình toán	6
1.3 Các thành tựu nghiên cứu chuyên sâu về đập khóa.....	6
1.3.1 Kết cấu dòng chảy khu vực đập khóa.....	6
1.3.2 Diễn biến lòng sông khu vực đập khóa	6
1.3.3 Khoảng cách hữu hiệu giữa các đập khóa	6
1.3.4 Cao trình đỉnh đập khóa	7
1.3.5 Tính toán dự báo hệ quả kỹ thuật của công trình	7
1.4 Đặt vấn đề nghiên cứu của đề tài.....	7
Chương 2	8
Các vấn đề thủy lực trong thi công đập khóa sử dụng vật liệu đá đổ	8
2.1 Dự tính năng lượng của dòng chảy bị chặn.....	8
2.2 Tính toán công suất đơn vị dùng phương pháp lắp bằng và phương pháp lắp đứng để chặn dòng.....	13
2.2.1 Tính toán sự thả vật liệu không đều theo phương pháp lắp bằng	13
2.2.2 Công suất đơn vị khi dùng phương pháp lắp đứng để chặn dòng	16
2.3 Nguyên lý tính toán khả năng thoát nước của lòng sông bị thu hẹp	18
2.3.1 Khái niệm và ký hiệu.....	18

2.3.2	Tính toán thu hẹp mặt bên dòng chảy	23
2.3.3	Đặc trưng hình học chủ yếu của công trình chặn dòng thu hẹp dòng chảy .	24
2.4	Tính toán độ chênh mực nước và nước dâng khi thu hẹp lòng sông	26
2.4.1	Xác định độ chênh lệch mực nước	26
2.4.2	Tính toán nước dâng z'	31
2.5	Tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại 1 và loại 2 của đập khóa	32
2.6	Tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại 3 của đập khóa	37
2.7	Tính toán hình dạng bên ngoài loại 4 của đập khóa.....	41
Chương 3	.....	45
Ví dụ tính toán minh họa	.....	45
3.1	Tính toán thủy lực của lòng sông bị thu hẹp	45
3.2	Tính toán khối lượng đá đổ theo các phương pháp thi công	50
Kết luận và kiến nghị	.....	54
Tài liệu tham khảo	.....	55
Phụ lục	.....	56

Mở đầu

1) Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, ở Việt Nam, các công trình đập khóa chưa phổ biến cũng như chưa có phần mềm chuyên dụng để tính toán thủy lực đập khóa. Tuy nhiên trong tương lai gần, do ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu, trên các đoạn sông phân nhánh lưu lượng có thể không đảm bảo chạy tàu được trên tất cả các nhánh, đặc biệt là vào mùa kiệt. Điều này sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến ngành giao thông vận tải thủy nội địa và nền kinh tế quốc dân. Do vậy, trên các đoạn sông phân nhánh sẽ cần phải xây dựng các công trình chỉnh trị dạng đập khóa hoặc kè điều chỉnh lưu lượng để tăng lưu lượng và mực nước bên nhánh chạy tàu.

Mặt khác, trong tính toán thủy lực công trình nói chung và chỉnh trị sông nói riêng phải quan tâm đến ảnh hưởng của hiện tượng nước dâng ở thượng lưu do co hẹp lòng dẫn, hiện tượng vật liệu bị xói trôi dưới tác dụng của dòng chảy, tính thấm... Chính vì vậy, việc phân tích, tính toán các vấn đề thủy lực như độ dâng mực nước, so sánh khối lượng đá đổ theo các phương án thi công là hết sức cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn cao trong lĩnh vực chỉnh trị sông phục vụ giao thông vận tải thủy.

2) Mục đích nghiên cứu

Nghiên cứu một số vấn đề thủy lực trong thi công công trình chỉnh trị sông phân lạch dạng đập khóa sử dụng vật liệu đá đổ.

Minh họa bằng các ví dụ tính toán cụ thể.

3) Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu là các công trình chỉnh trị đoạn sông phân lạch dạng đập khóa sử dụng vật liệu đá đổ.

4) Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập số liệu, khảo sát thực địa, phương pháp chuyên gia được sử dụng để tích lũy kiến thức, biết tổng quan tìm vấn đề nghiên cứu, bổ sung, kiểm tra số liệu và kết quả tính toán.

Phương pháp phân tích, xử lý tổng hợp các số liệu thực đo thủy văn - thủy lực, địa hình, bản đồ lịch sử, phân tích diễn biến, hình thái đoạn sông.

Phương pháp mô hình toán được sử dụng để xác định điều kiện biến đổi thủy văn cho đoạn sông nghiên cứu và tiến hành tính toán cho các ví dụ.

5) Đóng góp mới của đề tài

Dựa trên phân tích hệ thống lý thuyết về trường thủy động lực học trong lòng sông khu vực thi công công trình đập khóa, các tác giả đã đề xuất và lập chương trình tính toán trên Mathcad nhằm đơn giản hóa việc tính toán 1 số vấn đề thủy lực trong thi công đập khóa sử dụng vật liệu đá đổ. Qua đó có thể phục vụ cho việc lựa chọn các tham số khi thiết kế, thi công các công trình đập khóa phục vụ cho việc chỉnh trị đoạn sông phân lạch trong giao thông vận tải thủy.

Tổng quan về đập khóa

1.1 Các vấn đề nghiên cứu về đập khóa

1.1.1 Các vấn đề nghiên cứu lý thuyết

- Nguyên lý làm việc của các loại công trình đập khóa.
- Mô phỏng chế độ thủy động lực học khu vực đập khóa.
- Tính toán xói cục bộ hạ lưu đập khóa và bồi lắng lòng dẫn khu vực hạ lưu bên nhánh không chạy tàu.

1.1.2 Các vấn đề nghiên cứu ứng dụng

- Xác định các phương án bố trí không gian cho hệ thống đập khóa, tính toán kết cấu và ổn định công trình.
- Đánh giá ảnh hưởng của hệ thống đập khóa đến dòng chảy và diễn biến lòng sông so với yêu cầu chỉnh trị đặt ra.

1.2 Các phương pháp nghiên cứu về đập khóa

Các nghiên cứu về đập khóa thường tiến hành nhiều nhất bằng các thí nghiệm trên mô hình vật lý (MHVL), những năm gần đây mới bắt đầu có những nghiên cứu trên mô hình toán (MHT).

1.2.1 Phương pháp nghiên cứu trên mô hình vật lý

Với những vấn đề lý thuyết cơ bản, các thí nghiệm thường được tiến hành trên các máng nước trong các phòng thí nghiệm thủy lực. Đối với những nghiên cứu ứng dụng, thường tiến hành trên các mô hình của một đoạn sông thực tế, với các điều kiện có tính địa phương của đoạn sông cần chỉnh trị.

Các thí nghiệm về hệ thống đập khóa thường được quy định hệ số biến hình để không ảnh hưởng đến tính tương tự của khu nước và hồ xói cục bộ.

Những kỹ thuật nghiên cứu về kết cấu dòng chảy 3D, lưu hướng mặt, lưu hướng đáy, chuyển động bùn cát... ngày càng được hoàn thiện bằng các thiết bị hiện đại Gần đây, Viện Thủy lực Đại học Karlsruhe (CHLB Đức) sử dụng kỹ thuật mới trong việc đo kết cấu dòng chảy như phương pháp Particle Tracking Velocimetry (PTV) nhằm

tính toán trường vận tốc nhanh và chính xác, có được những bức tranh sống động về kết cấu dòng chảy quanh khu vực xây dựng đập khóa. Tuy vậy, những bất cập trong việc sử dụng mô hình vật lý được rất nhiều chuyên gia đề cập đến trong các nghiên cứu của mình, nhất là tính tương tự trong mô hình lòng động.

1.2.2 Phương pháp nghiên cứu trên mô hình toán

Mô hình toán có thể thay thế mô hình vật lý đối với bài toán dự biến hình lòng dẫn 1D cho sông có chiều dài lớn với ưu thế cho lời giải nhanh và rẻ. Với những vấn đề diễn biến lòng sông 2D cho các đoạn sông ngắn, mô hình toán cũng đang phát triển quá phức tạp mà các quy luật chuyển động bùn cát 3D, do điều kiện biên quá phức tạp, mà các quy luật chuyển động bùn cát 3D còn chưa được nghiên cứu đầy đủ, do đó còn phải tốn nhiều công sức để làm cho mô hình toán 3D ứng dụng được vào thực tế.

Điểm còn tồn tại của các nghiên cứu trên mô hình toán chủ yếu đề cập đến vấn đề là mở rộng phạm vi sử dụng của mô hình toán, nâng cao độ chính xác tính toán, bảo đảm tính ổn định và hội tụ của các nghiệm, giảm thiểu dung lượng bộ nhớ và tăng tốc độ tính toán.

1.3 Các thành tựu nghiên cứu chuyên sâu về đập khóa

1.3.1 Kết cấu dòng chảy khu vực đập khóa

Vấn đề này được nghiên cứu sớm bởi nhiều nhà khoa học trên thế giới. Bức tranh về kết cấu dòng chảy đã được mô tả khá hoàn chỉnh trong các công trình nghiên cứu của Hoa Kỳ. Hiện chưa có những phát hiện gì mới về bản chất hiện tượng, chỉ có những nghiên cứu mới về phương pháp mô tả.

1.3.2 Diễn biến lòng sông khu vực đập khóa

Các hố xói cục bộ ở đập khóa, kè mở hàn hay trụ cầu trên sông được nghiên cứu nhiều nhất như các công trình của C.L.N Sastry, G.Tixon (1962), M.A Gill (1968), trên mô hình vật lý của V.L Da Cunha (1971), Haancu (1976), S.C Jain (1981) và cũng chỉ dừng lại ở các công thức kinh nghiệm.

1.3.3 Khoảng cách hữu hiệu giữa các đập khóa

Trong thực tế, tùy theo độ chênh mực nước thượng hạ lưu lớn hay nhỏ thì hệ thống đập khóa sẽ được bố trí đa hay đơn.

Ở Việt Nam hiện nay chỉ có 1, 2 công trình đập khóa đã xây dựng và cũng chỉ là đập khóa đơn (đập khóa rạch Nhà Thương, chặn nguồn dòng chảy sông Tiền thúc vào rạch Sa Đéc).

1.3.4 Cao trình đỉnh đập khóa

Trên thế giới, thông thường tính toán cho đập khóa không ngập vì cho rằng, biến hình lòng dẫn bất lợi nhất xảy ra trong trường hợp dòng chảy có mực nước ngang đỉnh đập khóa. Dao động mực nước trên đỉnh đập khóa thường không lớn.

1.3.5 Tính toán dự báo hệ quả kỹ thuật của công trình

Trên thế giới, những công trình chỉnh trị lớn đều được nghiên cứu trên mô hình toán và mô hình vật lý. Ở nước ta, mô hình vật lý thì không phải dễ dàng thực hiện. Những mô hình toán lớn hiện nay lại rất khó ứng dụng cho loại công trình đập khóa vì kích thước công trình quá nhỏ so với lưới tính toán. Những công trình, do chưa nghiên cứu dự báo tốt hiệu quả kỹ thuật của nó, nên không phát huy tác dụng hoặc sẽ dẫn đến những hậu quả xấu.

1.4 Đặt vấn đề nghiên cứu của đề tài

Trong chuẩn tắc luồng tàu nói chung, quan trọng nhất là yếu tố độ sâu dòng chảy, và độ sâu dòng chảy liên quan đến mực nước và cao trình đáy sông. Trong chỉnh trị đoạn sông phân lạch nói riêng thì sự biến động lòng dẫn, quan trọng nhất là độ dâng mực nước và lưu lượng bên nhánh chạy tàu do tác dụng chặn dòng chảy của đập khóa gây ra.

Với nhận thức này trong phạm vi đề tài, tác giả sẽ đi sâu nghiên cứu vấn đề sau đây:

Trong thực tế công trình đập khóa ở Việt Nam chưa phổ biến, rất hiếm gặp. Việc tính toán thủy lực đập khóa cũng chỉ là tính toán thủ công, chưa có phần mềm tính toán chuyên dụng, đối với dự án lớn mới có thể có điều kiện thí nghiệm trên mô hình vật lý. Vì vậy, để giảm thời gian và khối lượng tính toán cũng như nâng cao độ chính xác trong tính toán thủy lực đập khóa, đề tài sẽ đi sâu nghiên cứu thiết lập một chương trình tính toán bằng phần mềm Mathcad. Chương trình này có thể sử dụng trong tính toán thiết kế công trình chỉnh trị đoạn sông phân lạch dạng đập khóa.

Chương 2

Các vấn đề thủy lực trong thi công đập khóa sử dụng vật liệu đá đổ

2.1 Dự tính năng lượng của dòng chảy bị chặn

Đồng thời, chúng ta xây đập chặn dòng từ đáy lên (h.7) và dùng phương pháp lắp đứng, lắp từ hai bờ lại (h.8), để tiến hành nghiên cứu năng lượng, mà trong hai trường hợp này không tính độ chênh khôi phục, tức là giả định mặt nằm ngang của mực nước hạ lưu kéo dài đến mặt cắt ngang chặn dòng.

Từ sơ đồ ta có thể viết được phương trình Bernoulli cho đơn vị trọng lượng chất lỏng của mặt cắt I-I và II-II như sau:

$$h_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = a + h + \frac{\alpha v^2}{2g} + \zeta_{1-2} \frac{\alpha v^2}{2g}, \quad (3)$$

trong đó ζ_{1-2} - hệ số sức cản cầu đoạn I-II.

Đối với sơ đồ thu hẹp lòng sông như hình 8, có độ cao chặn dòng ở đáy sông là $h = 0$.

Nếu xét về mặt hình học thì độ chênh lệch nước thượng hạ lưu, tức là cột nước sẽ là:

$$z = h_1 - a - h$$

kí hiệu thường dùng là:

$$1 + \zeta_{1-2} = \frac{1}{\varphi^2}$$

Trong đó φ - hệ số lưu tốc

Do đó phương trình (3) có thể viết dưới dạng

$$z = \frac{\alpha}{\varphi^2} \cdot \frac{v^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$$

Như tính toán đã chỉ ra, đối với những phương án chặn dòng thực tế, cột nước lưu tốc của số hạng thứ hai trong phương trình này (tương ứng với lưu tốc tiến gần v_1), trong điều kiện chênh lệch không đáng kể, so với số hạng thứ nhất là rất bé, có thể bỏ qua không tính, còn số hạng thứ nhất thì phụ thuộc tương đối lớn vào lưu tốc v và sức

cản. Cho nên trong thực tế có thể lấy:

$$z = \frac{\alpha}{\varphi^2} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Để dự tính năng lượng dòng chảy trên 1m chiều rộng cửa hàn khẩu trong đơn vị thời gian, chúng ta đem hai vế phương trình nhân với γq_0 , sẽ được:

$$\gamma q_0 z = \gamma q_0 \cdot \frac{\alpha v^2}{2g\varphi^2}$$

Vế trái của phương trình này là công suất trung bình của dòng chảy đi qua 1m chiều rộng mặt nước của dòng chảy bị chặn, tức là công suất đơn vị N_0 của dòng chảy bị chặn:

$$N_0 = \gamma q_0 z$$

Sau đó xét đến $\frac{\gamma}{g} = \rho$ (ρ - mật độ của chất lỏng) mà $\rho q_0 = m$ là khối lượng của chất lỏng chảy qua 1m chiều rộng cửa hàn khẩu trong một đơn vị thời gian, $\frac{\alpha}{\varphi^2}$ là trị số lớn hơn 1 một ít. Chúng ta có thể viết biểu thức (4) thành dạng chung:

$$N_0 = s \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$

Như vậy công suất đơn vị của dòng chảy là do độ chênh lệch tập trung và sự thay đổi lưu lượng đơn vị sinh ra, trên cơ bản là tương ứng với động năng của khối lượng dòng chảy qua 1m chiều rộng cửa hàn khẩu. Chúng ta biết rằng, phần năng lượng này bằng tổng của toàn bộ công do phần dòng chảy này gây ra

Đối với kích thước và phương án bố trí của công trình thủy công nào đó, đều có thể căn cứ vào tài liệu tính toán thủy lực (hoặc thí nghiệm) vẽ ra đường quan hệ của các yếu tố thủy lực chủ yếu của dòng chảy bị chặn với chiều cao thay đổi h của đập chặn dòng, hoặc với chiều rộng cửa hàn khẩu B đứng. Theo chiều cao của đập chặn dòng tăng lên hoặc với mức độ thu hẹp lòng sông theo phương pháp lắp đứng, độ chênh mực nước z cũng sẽ tăng lên, còn lưu lượng ở cửa hàn khẩu giảm đi do đường dẫn dòng bắt đầu công tác. Cho nên trị số công suất đơn vị thường dùng trị số công suất tới hạn lớn nhất N_{tb} để biểu thị.

Trong hình 9 biểu thị đường quan hệ giữa chiều cao của đập chặn dòng h luôn thay đổi thì thả vật liệu chặn dòng xuống lòng sông với độ chênh mực nước z , lưu

lượng đơn vị tràn ngập qua đập chặn dòng q , lưu tốc trung bình trên đỉnh đập chặn dòng v và công suất đơn vị N .

Qua các đường biểu diễn trên hình 9 ta thấy, trị số lớn nhất của N tương ứng với chiều cao h của đập chặn dòng, trong nhiều trường hợp, lúc ấy cũng xuất hiện lưu tốc trung bình lớn nhất v của dòng chảy tràn qua. Như vậy, trị số lớn nhất của tích số giữa khối lượng của lưu lượng đơn vị tràn qua đập chặn dòng và độ chênh mực nước trên đập chặn dòng (tức là N_{th}) biểu thị tích cực lớn nhất của dòng.

Dùng phương pháp lấy bằng để chặn dòng và vẽ đường biểu diễn theo công thức

$$N = f\left(\frac{z}{z_{max}}\right) \quad (6)$$

Trong đó:

z - biên số;

z_{max} - độ chênh mực nước lớn nhất trên đập chặn dòng.

Đường cong dạng tương tự vẽ cho trường hợp chặn dòng theo phương pháp lấy bằng và phương pháp lắp đứng * có thể giúp chúng ta so sánh một cách khách quan tình hình thủy lực lúc chặn dòng trên các sông, đồng thời giúp chúng ta xét đến tác dụng của khả năng tháo nước của bản thân đập chặn dòng. Tài liệu của hình 10 cũng chỉ rõ, căn cứ độ chênh lệch cuối cùng z_{max} của dòng sông hoặc lưu lượng đơn vị rộng q_{max} của thời kỳ đầu để dự tính điều kiện thủy lực chặn dòng sông thực tế, là hoàn toàn có thể.

Phân tích sự hình thành đập chặn dòng trong dòng chảy, có thể thấy rằng, nhân tố tác dụng chủ yếu ở đây là phần dòng chảy thấm qua đập chặn dòng. Do có một phần dòng chảy thấm qua đập chặn dòng, nên công suất của phần lưu lượng thấm này sẽ giảm đi một cách tương ứng. Do đó, khi các điều kiện giống nhau, mà dùng các vật liệu chặn dòng có độ rỗng tương đối lớn thì có lợi cho việc chặn dòng.

Đối với vật liệu chặn dòng bằng đá hộc và khối bê tông, nếu thả xuống những vật liệu không đồng nhất mà độ rỗng lại bé, thì tác dụng của phần lưu lượng thấm này càng nhỏ, có thể không xét đến. Nếu là vật liệu lớn, đúc sẵn hoặc là những cấu kiện có hình dạng đặc biệt làm thành đập chặn dòng có độ rỗng lớn thì cần phải xét đến thấm. Trong trường hợp này, lưu lượng thấm và lưu lượng tràn trên bề mặt là không giống nhau.

Hiện nay chưa có đầy đủ tài liệu nghiên cứu, có thể dùng để tính toán chính xác tác dụng thủy động lực của dòng chảy thấm và dòng chảy mặt đối với vật chặn dòng. Nhưng ảnh hưởng của dòng chảy mặt đến tính ổn định của đập chặn dòng rất lớn, hiện tại trong tính toán thực tế, nó thường có liên quan đến trị số lưu tốc trung bình của dòng nước chảy qua đập chặn dòng.

Khi đập chặn dòng chuyển từ trạng thái ngập sang trạng thái không ngập, trong một lúc nào đó có thể xuất hiện sự ảnh hưởng lớn nhất đã nói ở trên.

Đồng thời, trong trường hợp chung, công suất của dòng chảy tràn qua đập đạt đến trị số tới hạn, thì không nhất cùng một lúc lưu tốc xuất hiện trên đỉnh đập chặn dòng (xem hình 9).

Ví dụ, chúng ta nghiên cứu một số trường hợp dùng phương pháp lắp bằng để chặn dòng. Trong trường hợp ấy lưu lượng ở cửa hàn khẩu và độ chênh mực nước trên tường chặn dòng giả thiết có quan hệ tuyến tính * với nhau (h.12):

$$\frac{z}{z_{\max}} = 1 - \frac{q}{q_{\max}}$$

Đồng thời chúng ta giả thiết, trong tất cả công trình xây dựng được nghiên cứu, công suất tới hạn của dòng chảy bị chặn là như nhau, ví dụ $N_{\text{th}} = 32 \frac{tm}{s}$ trên 1m chiều rộng.

Trong trường hợp này (quan hệ là đường thẳng), dùng phương pháp giải tích tính ra trị số lớn nhất

$$N_{\text{th}} = 0,25q_{\max}z_{\max}.$$

Do N_{th} là hằng số nên khi z_{\max} tăng thì q_{\max} sẽ giảm và ngược lại.

Để làm cơ sở cho tính toán, chúng ta nhận thấy rằng, đập chặn dòng có mặt cắt hình tam giác và trên quan hệ tuyến tính cấu thực tế là không thấm nước, tức là trong tính toán bỏ qua lưu lượng thấm.

Như đã nói, đập chặn dòng chuyển từ trạng thái ngập sang trạng thái không ngập (xem hình 5 sơ đồ về đập chặn dòng) của đập chặn dòng thì:

$$z_n = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{q}{2gz_n^2}$$

$$z_n^3 = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{q^2}{2g}$$

Thay q bằng biểu thức (7), tính ra ta được trị số z_n^3

Từ kết quả tính toán vẽ thành đường cong quan hệ z_n và z_{max} ở trên hình 13,

Nghiên cứu tài liệu thực tế thấy rằng z_n trong nhiều trường hợp là do z_{max} quyết định.

Trên đồ thị quan hệ $q(z)$, công suất tới hạn của dòng chảy, có thể dùng phương pháp giải tích chứng minh và sẽ đạt đến trị số tới hạn khi

$$z_{th} = \frac{z_{max}}{2}$$

Khi trị số $z_n \neq z_{th}$, công suất của dòng nước thấm qua trong lúc này sẽ nhỏ hơn trị số tới hạn. Quan hệ giữa N_n và z_{max} cũng vẽ trên hình 13.

Sau đây sẽ nói rõ (trong chương III và §22) giữa công suất của dòng nước và kích thước của vật liệu chặn dòng và thể tích của đập chặn dòng có quan hệ đơn trị. Trị số N_{th} quyết định kích thước lớn nhất của vật liệu chặn dòng đã nói ở trên. Khi $z_n \neq z_{th}$, kích thước và thể tích vật chặn dòng sẽ tương đối nhỏ. Cho nên khi dùng khái niệm về công suất tới hạn này thì trong quá trình tính toán sẽ càng an toàn.

Căn cứ vào thực tiễn chặn dòng đã làm, tính toán các trị số của độ chênh lệch z_n tương ứng với trạng thái ngập chuyển sang trạng thái không ngập và của độ chênh z_{th} tương ứng với công suất của dòng thấm đạt đến trị số lớn nhất (xem bảng 1).

Nghiên cứu số liệu ở bảng 1 ta có thể rút ra kết luận sau đây: trong các công trình đã nêu ra việc kết hợp q và z là khó khăn nhất, tức là nói $z_n \approx z_{th}$. Cho nên nhiều trường hợp thực tế đã xác nhận rằng, dùng công suất đơn vị hạn N_{th} của dòng chảy nói trên để nêu lên một cách gần đúng mức độ khó khăn chặn dòng là hoàn toàn xác đáng.

Trong tính toán gần đúng lần thứ nhất, dự tính mức độ khó khăn của chặn dòng, có thể không xét đến dòng thấm qua đập chặn dòng (chúng ta có giả thiết vật liệu chặn dòng là không lựa chọn). Trong trường hợp này, dùng đồ thị (h.2) biểu thị quan hệ lưu lượng đơn vị ở cửa hàn khẩu và độ chênh mực nước trên đập chặn dòng, có thể tính một cách dễ dàng công suất tới hạn đơn vị N_{th} của dòng chảy ở cửa hàn khẩu. N_{th} còn phụ thuộc vào quy luật tháo nước (h.11).

Khi thiết kế sơ bộ, nếu như biết được dạng giải tích của đường cong trên thì có thể tính trực tiếp ra N_{th} . Ví dụ, khi đường cong thuộc về loại parabol bậc 2 (đường cong

2 và đường cong 7 trên hình 3) thì:

$$\frac{z}{z_{\max}} = \left(1 - \frac{q}{q_{\max}}\right)^2,$$

Do đó,

$$N_{\text{th}} = 0,148 \gamma q_{\max} z_{\max} = 0,148 N^*, \quad (8)$$

trong đó,

$$N^* = \gamma q_{\max} z_{\max}$$

2.2 Tính toán công suất đơn vị dùng phương pháp lấp bằng và phương pháp lấp đứng để chặn dòng

Khi tính toán công suất đơn vị tương ứng với phương pháp chặn dòng cụ thể, cần phải tận dụng xét đến đặc trưng và đặc điểm của mỗi loại phương pháp.

2.2.1 Tính toán sự thả vật liệu không đều theo phương pháp lấp bằng

Khi dùng phương pháp lấp bằng để chặn dòng, như ở trên đã nói, là giả thiết tốc độ thả vật liệu trên cả diện chặn dòng là rất đều đặn. Chỉ có như vậy, lưu lượng đơn vị rộng mới có khả năng phân bố đều đặn trên toàn bộ cửa hàn khẩu. Trong thực tế thi công, bảo đảm thả đều đặn như vậy không phải là có thể thực hiện được thường xuyên (h.14).

Ở một số nơi, thể tích vật chặn dòng tăng lên nhanh hơn so với một số nơi khác; cao trình đỉnh đập chặn dòng không đồng đều, điều này sẽ ảnh hưởng đến sự phân bố lưu lượng diện thả vật liệu. Khi thả những khối bê tông có kích thước lớn, một số khối sẽ nằm ở trên đỉnh đập chặn dòng, một số khác sẽ bị đưa đến nằm trên mái dốc hạ lưu. Chiều dài những khối này có lúc đạt đến 3m, và độ chênh mực nước ở trên đỉnh đập chặn dòng, cũng tùy theo chiều cao của đập, sẽ xuất hiện những trị số tương ứng.

Chúng ta biết rằng, độ tăng cao không đồng đều của cao trình đỉnh đập chặn dòng sẽ ảnh hưởng đến công suất tới hạn đơn vị cục bộ và chúng ta có thể tính được trị số lớn nhất của nó.

Lúc nguy hiểm nhất, là lúc quá độ của đập chặn dòng từ trạng thái ngập chuyển sang trạng thái không ngập.

Trạng thái quá độ này, như đã nói, khi chiều sâu trên đỉnh đập chặn dòng bằng độ chênh z , tức là khi

$$H = 2z \quad (9)$$

(xem hình 5 và hình 6).

Trên hình 15 dùng đường vẽ đứt quãng để biểu thị mặt cắt "trung bình" nào đó của đập chặn dòng.

Tổng độ chênh mực nước và lưu lượng cửa hàn khẩu có thể xác định theo chiều cao trung bình của đập chặn dòng. Do thả vật liệu không đều đặn mà ở một số nơi của đập chặn dòng, thời gian quá độ chuyển từ trạng thái ngập sang trạng thái không ngập xảy ra chậm hơn so với tình hình chung của cả đoạn chặn dòng. Ở những nơi này, độ chênh mực nước sẽ tăng lên của lưu lượng đơn vị rộng cục bộ.

Cột nước trung bình H_{tb} trên đập chặn dòng có thể xác định theo công thức.

$$H_{tb} = \left(\frac{Q}{m\sqrt{2gB}} \right)^{2/3}$$

ở đây lưu lượng cửa hàn khẩu

$$Q = f(z).$$

Giả sử trị số không đều là δ , tức là trị số của đường trung bình, thì

$$H = H_{tb} + \delta$$

Mặt khác do công thức (9) ta được

$$H_{tb} + \delta = 2z \quad (11)$$

Công suất đơn vị của dòng chảy tràn ở thời điểm nghiên cứu là:

$$N = \gamma qz = \gamma m \sqrt{2g} H^{3/2} z = 2\sqrt{2} \gamma M z^{5/2} \quad (12)$$

trong đó

$$M = m \sqrt{2g}$$

Giải hệ phương trình (10) - (12) có thể tính được trong mỗi trường hợp cụ thể công suất đơn vị của dòng chảy tràn qua. Để có lời giải, cần phải biết dạng hàm số $Q = f(z)$.

Ví dụ, ta có thể dùng một dạng của hàm số

$$Q = Q_s - A\sqrt{z}, \quad (13)$$

trong đó A - tham số cố định, biểu thị khả năng tháo của đường tháo, xác định bằng tính toán thủy lực (hàm số này biểu thị quan hệ giữa Q và z)

Từ công thức (10), (11) và (13) ta được

$$2z = \left(\frac{Q_s - A\sqrt{z}}{BM} \right)^{2/3} + \delta \quad (14)$$

Giải phương trình (14) bằng phương pháp tính thử.

Trong ví dụ đã được nghiên cứu, chúng ta dùng những trị số sau đây: tổng lưu lượng của dòng sông $Q_s = 11\ 560\ \text{m}^3/\text{s}$; tham số $A = 5400$; chiều rộng lòng sông bị chặn (cửa hàn khẩu) $B = 400\text{m}$; hệ số lưu lượng tràn qua đập chặn dòng $M = 1,55$; đồng thời giả định trị số không đều $\delta = 1,5; 2,0; 2,5\text{m}$.

Chúng ta có thể biến phương trình (14) thành

$$(2z - \delta)^3 = \frac{1}{B^2 M^2} (Q_s - A\sqrt{z})^2.$$

Hai vế của phương trình đều là hàm số của độ chênh z .

Chúng ta dùng đồ thị để biểu thị hàm số này (h.16). Đường cong được vẽ ra sẽ giao nhau tại một điểm, chính là điểm chênh lệch tới hạn, khi biết được trị số không đều δ .

Sau đó căn cứ vào phương trình (12) để tìm công suất đơn vị của dòng chảy tràn qua đập.

Trong bảng 2 nêu lên kết quả đã thu được, đồng thời nêu lên các trị số công suất đơn vị tới hạn cho trường hợp đập chặn dòng tăng lên đồng đều.

Bảng 2

δ	(m)	1,5	2,0	2,5
z_n	(m)	2,3	2,4	2,6
N	$\frac{tm}{s}$ (trên 1 m chiều rộng)	0	6	2
N_{th}	$\frac{tm}{s}$ (trên 1 m chiều rộng)	35, 2	41, 6	48, 7
100 N/N_{th}	(%)	—	19, 30	—
		183	216	252

Từ bảng 2 ta có thể thấy, trị số không đều thả vật liệu δ trên cả mặt ngang tăng lên, sẽ khiến cho công suất N của dòng chảy chảy qua đập chặn dòng tăng lên. Mà

công suất N lại quyết định mức độ khó khăn của chặn dòng. Như trong trường hợp nói trên, $\delta = 2m$, so với tình hình thả vật liệu đều đặn lý tưởng, công suất sẽ tăng lên đến 216%.

Cho nên, trên thực tế có thể xuất hiện đập chặn dòng tăng không đồng đều, thì khi tính toán khả năng tăng lên của tính tích cực của dòng chảy trên một số đoạn của đập chặn dòng, cần thêm vào hệ số an toàn tương ứng ($k_{kd} = 1,8-2,5$). Như vậy, khi dùng phương pháp lấp bằng để chặn dòng, công thức tính toán công suất đơn vị sẽ là

$$N_{lb} = k_{kd} Y q z, \quad (15)$$

trong đó k_{kd} - hệ số thả vật liệu không đều trên mặt ngang chặn dòng.

2.2.2 Công suất đơn vị khi dùng phương pháp lấp đứng để chặn dòng

Bây giờ chúng ta sẽ nghiên cứu đến trường hợp đập đập thu hẹp dòng sông bằng phương pháp lấp đứng. Trong trường hợp này, ta lấy mức độ lòng sông bị thu hẹp * theo chiều rộng để biểu thị:

$$\theta = \frac{\Sigma b_{kt}}{B_s} = \frac{B_s - B}{B_s}, \quad (16)$$

trong đó $\Sigma b_{kt} = b_{kt}^i + b_{kt}^n$ (xem hình 8) - tổng chiều rộng của phần không tràn;

B_s - chiều rộng của sông;

B - chiều rộng cửa hàn khẩu.

Trị số lưu lượng đơn vị trung bình \bar{q} ở mặt cắt bị thu hẹp có chiều rộng là (h.8) có thể dùng phương pháp liên tục để tính.

$$q B_s = \bar{q} b_{thh},$$

trong đó:

$$b_{thh} = \varepsilon B,$$

ε - hệ số thu hẹp bên;

$q = \frac{Q}{B_s}$ lưu lượng đơn vị rộng phân bố đều theo chiều ngang (dùng phương pháp

lấp bằng để chặn dòng)

Từ công thức (16) ta được

$$q = \frac{B_s}{b_{thh}} = \frac{q}{\varepsilon(1-\theta)}$$

Tình hình dòng chảy vòng qua ở đầu đập đập bằng phương pháp lấp đứng (như

hình 4a đã biểu thị) có thể dùng trị số lưu tốc tăng lên, với lưu lượng đơn vị cục bộ q' ở cửa bàn khẩu để biểu thị.

Đặt:

$$\frac{q'}{q} = K$$

trong đó K - hệ số tập trung lưu lượng (hệ số phân bố không đều).

Do đó

$$q' = K = \frac{K}{\varepsilon} \frac{q}{(1-\theta)} \quad (17)$$

Đồng thời thường dùng quan hệ tỷ số sau đây để tính sơ bộ biến số K và ε^* (giả định trong trường hợp trung bình khi $\theta > 0,5$, $K \approx 1,3$ và $\varepsilon \approx 0,6-0,9$):

$$\frac{K}{\varepsilon} \approx 1,5 - 2,2.$$

Như vậy công thức tính toán công suất đơn vị dòng chảy trong quá trình chặn dòng sông bằng phương pháp lấp đứng là:

$$N_{1d} = q'z = Y \frac{K}{\varepsilon} \frac{q}{(1-\theta)} z. \quad (18)$$

Khi lấy một số ở giữa độ chênh mực nước nào đó z_{tb} thì công suất đơn vị trên toàn bộ chiều rộng của lòng sông trong quá trình dùng phương pháp lấp bằng để chặn dòng theo công thức (15) sẽ là:

$$N_{1b} = k_{kd} Y q z_{tb}.$$

Bây giờ ta so sánh biến số N_{1d} và N_{1b} khi dùng phương pháp lấp đứng và phương pháp lấp bằng trên cùng một dòng sông. Tỷ số thông thường là

$$\frac{N_{1d}}{N_{1b}} = \frac{q'z}{k_{kd} z_{1b} q} = \frac{K}{\varepsilon(1-\theta)k_{kd}} \cdot \frac{z}{z_{1b}}. \quad (19)$$

Khi dùng phương pháp lấp đứng để thu hẹp lòng sông $\theta \leq 1$ và $\varepsilon < 1$ mà trị số không đều của lưu lượng đơn vị phân bố theo chiều rộng của cửa hàn khẩu (dùng hệ số tập trung $K > 1$ để biểu thị) nói chung là lớn hơn so với trị số không đều của lưu lượng bị điều tiết khi dùng phương pháp lấp bằng để chặn dòng (dùng k_{kd} để biểu thị). Trị số không đều của lưu lượng bị điều tiết này có liên quan đến sự thay đổi của cao trình đỉnh đập chặn dòng khi dùng phương pháp lấp bằng để hoàn chỉnh chặn dòng. Cho nên, cùng trong điều kiện độ chênh mực nước như nhau thì N_{1d} nói chung lớn hơn N_{1b} .

Trên đây là nói về các loại hệ số và sự phân bố lưu tốc, cũng như tác dụng của cơ học của dòng chảy đối với đập chặn dòng là rất khác nhau, khi dùng phương pháp lắp bằng và phương pháp lắp đứng để chặn dòng. Trong trường hợp dùng phương pháp lắp bằng và phương pháp lắp đứng để chặn dòng. Trong trường hợp dùng phương pháp lắp đứng chặn dòng, vào giai đoạn cuối của chặn dòng, mái dốc của hai đầu đập chặn dòng ở sát đáy là nối liền nhau (xem hình 17đ) mặt cắt ướt của hàn khẩu sẽ hình thành tam giác. Lúc dòng chảy tràn qua lòng sông tương đối cao, nơi ấy công suất đơn vị đạt đến trị số tới hạn lớn nhất (xem hình 26). Trong trường hợp mà ban đầu dùng phương pháp lắp đứng để thu hẹp lòng sông rồi sau đó dùng phương pháp lắp bằng để chặn dòng chảy, thì công suất đơn vị tới hạn (quyết định bởi q_{\max} , Z_{\max} và quy luật tháo nước) sẽ khác với khi dùng phương pháp lắp bằng để bịt cửa hàn khẩu có chiều rộng B khác nhau. Cho nên khi tiến hành dự tính động năng của giai đoạn dùng phương pháp lắp đứng đập đập thu hẹp lòng sông và giai đoạn dùng phương pháp lắp bằng bịt cửa hàn khẩu, cần phải so sánh một loạt các trị số năng lượng đơn vị.

Đồng thời, để so sánh khái quát lượng công trình hoặc kích thước vật liệu chặn dòng qua các giai đoạn, khi dự tính lần thứ nhất, trước khi nghiên cứu tường tận vấn đề có thể giả định

$$\frac{K}{\varepsilon} \approx k_{kd} \quad (20)$$

Cuối cùng chúng ta cần thấy rằng, dự tính động năng, đương nhiên không phải là biện pháp toàn diện và duy nhất để giải quyết vấn đề chặn dòng. Nó chỉ dùng cho giai đoạn tính toán sơ bộ. Đồng thời, độ chênh mực nước và lưu lượng đơn vị rộng của dòng sông bị chặn, trong quá trình thi công thì rất dễ khống chế và tiến hành tính toán sơ bộ.

Trong mục sau, chúng ta sẽ nghiên cứu nguyên lý tính toán thủy lực của dòng sông bị thu hẹp (thường là trước khi chặn dòng hoàn toàn).

2.3 Nguyên lý tính toán khả năng thoát nước của lòng sông bị thu hẹp

2.3.1 Khái niệm và ký hiệu

Nhiệm vụ chủ yếu của việc tính toán thủy lực khu thu hẹp lòng sông là xác định mối liên quan giữa các tham số dòng chảy thu hẹp (lưu lượng, độ chênh mực nước, lưu tốc), với mức độ thu hẹp lòng sông bằng loại công trình nào đó.

Việc xây dựng công trình thu hẹp dòng sông (đê quai hoặc đập) sẽ phá hoại

trạng thái của dòng sông. Sự phá hoại này, so với dòng chảy thiên nhiên, biểu hiện trước tiên là sự thay đổi hình dạng mặt thoáng (mặt tự do) của dòng chảy bị thu hẹp (h.17a). Ở thượng lưu hình thành nước dâng, tức là cao hơn mực nước thiên nhiên. Trong mặt cắt ngang B-B, chiều cao mực nước dâng lớn nhất là z' , dòng nước ở thượng lưu do đó cũng biến dạng rõ ràng. Khoảng cách từ mặt cắt ngang B-B đến mặt thượng lưu của công trình thu hẹp lòng sông là L_{tl} .

Do khả năng sinh thoát nước của lòng sông thu hẹp so với lòng sông thiên nhiên là giảm nhỏ, cho nên sinh ra chiều cao nước dâng z' .

Do đó, trị số z' có thể dùng đẳng thức sau đây để tính:

$$z' = h_d' - h_d + h_{mr}, \quad (21)$$

Trong đó

h_d' - tổn thất tỷ năng trên đoạn lòng sông bị thu hẹp L_d' ;

h_d - tổn thất tỷ năng trên đoạn lòng sông thiên nhiên L_d

h_{mr} - tổn thất tỷ năng do dòng chảy đột nhiên mở rộng sau đoạn bị thu hẹp.

Trên dòng sông (hoặc nơi cửa hàn khẩu) xuất hiện độ chênh lệch cục bộ z'' do lưu tốc tăng lên từ trị số v_0 ở mặt cắt ngang B-B đến trị số v_{thh} tại mặt cắt ngang C-C (h.17a) nên độ chênh z'' lớn hơn z' . Tại mặt cắt ngang C-C biểu thị cao trình thấp nhất của mặt tự do của dòng chảy, chảy qua lòng sông hoặc chảy qua cửa hàn khẩu, tức là chiều sâu nhỏ nhất h_{thh} . Vị trí mặt cắt này xuất hiện không rõ ràng lắm. Để đơn giản tính toán mà vẫn đảm bảo mức độ chính xác, có thể dùng trong thực tế, thì khi chiều dài của công trình L_{kt} không dài lắm, có thể nhận thấy rằng mặt cắt ngang C-C sẽ trùng với mặt hạ lưu của công trình thu hẹp lòng sông.

Giữa mặt thoáng ở mặt cắt ngang thượng lưu B-B và mặt cắt ngang hạ lưu H-H có độ chênh z . Độ chênh này là tổng tổn thất tỷ năng trong đoạn L_d của lòng sông thu hẹp.

Độ chênh z thường dùng để tính toán thủy lực thu hẹp lòng sông.

Mặt cắt ngang H-H (mặt cắt hạ lưu) là nơi dòng chảy khuếch tán và bằng chiều rộng sông thiên nhiên, tức là ở nơi cách mặt hạ lưu của công trình thu hẹp dòng chảy một đoạn L_{hl} .

Căn cứ vào phương trình năng lượng của các mặt cắt ngang B-B và H-H (h.17) thì độ chênh động năng mặt cắt ngang là rất bé. Độ chênh z có thể căn cứ vào công thức sau đây để tính:

$$z = h'_d + h_{mr} \quad (22)$$

So sánh công thức (22) và công thức (21) có thể tính được quan hệ giữa độ chênh z và cột nước dâng z' :

$$z = z' + h_d. \quad (23)$$

Đối với những con sông lớn ở vùng đồng bằng, có độ dốc lòng sông i bé, trị số $h_d \approx i L_d$ thường tương đối bé. Trong trường hợp này, z và z' trên thực tế là một.

Trên đây là nói về hai thời kỳ thu hẹp lòng sông khi xây dựng công trình đầu mối, để đảm bảo điều kiện vận tải thủy cũng như dự báo tình hình xói lở có thể xảy ra của lòng sông và xác định lượng công trình chặn dòng, thì cần phải xác định độ chênh mực nước. Muốn xác định chính xác chiều rộng của cửa hàn khẩu và thảo luận về phương pháp chặn dòng, cần phải dự tính trước hiệu quả thủy lực của dòng sông bị thu hẹp.

Chúng ta biết rằng, lưu lượng Q chảy qua lòng sông thu hẹp, có thể căn cứ vào phương trình động năng của các mặt cắt ngang B-B và C-C để tính ra:

$$Q = \mu B h_{th} \sqrt{2g[z'' - (h_d)_{tl} + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}]}, \quad (24)$$

Trong đó:

μ - hệ số lưu lượng thu hẹp lòng sông;

B - chiều rộng lòng sông hoặc cửa hàn khẩu;

h_{th} - chiều sâu trung bình nơi mặt cắt thu hẹp;

z'' - độ chênh mực nước cục bộ giữa hai mặt cắt ngang B-B và C-C;

$(h_d)_{tl}$ - tổn thất tỷ năng trên đoạn lòng sông thu hẹp giữa hai mặt cắt ngang B-B và C-C (h.17);

$\frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}$ - động năng của dòng chảy tiến gần mặt cắt ngang B-B

Tổn thất $(h_d)_{tl}$ được xác định bằng tích số của độ dốc ma sát trung bình giữa mặt cắt biên giới và chiều dài đoạn nghiên cứu. Hệ số α_0 thường lấy trong khoảng 1,06 - 1,10.

Từ công thức (22) có thể tìm được công thức tính toán thuận tiện và đơn giản để xác định lưu lượng chảy qua lòng sông thu hẹp. Có thể xem ở sau, công thức cuối cùng:

$$Q = u_* \omega_s \sqrt{2gz}, \quad (25)$$

Trong đó:

u_* - hệ số lưu lượng giản hóa, phụ thuộc vào hình dạng hình học biên giới của lòng sông và công trình thu hẹp lòng sông, đồng thời phụ thuộc vào mức độ thu hẹp lòng sông;

ω_s - diện tích mặt cắt thoát nước của lòng sông nơi mặt cắt ngang H-H.

Mức độ thu hẹp lòng sông, nói chung có thể dùng tỷ số $\frac{\omega_{kt}}{\omega_s}$ để biểu thị (ω_{kt} - diện tích mặt cắt ngang lòng sông thiên nhiên do công trình thu hẹp dòng chảy chiếm - diện tích phần không tràn; ω_s - diện tích toàn bộ mặt cắt ngang của lòng sông thiên nhiên). Tỷ số này gọi là độ thu hẹp diện tích lòng sông, dùng θ để biểu thị.

Cần thấy rằng, lòng sông mà mặt cắt ngang có hình dạng quy củ, có thể dùng tỷ

số chiều rộng tương ứng để biểu thị tức là $\frac{b_{kt}}{B_s} = \theta_{cr}$ (h.17).

Khi dòng sông có hình dạng không quy củ, chiều sâu cửa hàn khẩu và chiều sâu

thiên nhiên không giống nhau, tỷ số chiều $\frac{b_{kt}}{B_s}$ gọi là độ thu hẹp chiều rộng lòng sông, dùng θ_{cr} biểu thị, sẽ không bằng độ thu hẹp lòng sông, nên chia thành hai giai đoạn sau đây:

- Giai đoạn I - chặn dòng bằng phương pháp lấp đứng (h.17d);

- Giai đoạn II - chặn dòng bằng phương pháp lấp đứng, bắt đầu từ đáy mái đập (h.17e).

Trong giai đoạn I, nếu gặp mặt cắt lòng sông có hình dạng quy củ, thì độ thu hẹp lòng sông có thể tính theo chiều rộng trung bình \bar{B} của cửa hàn khẩu (h.17d), tức là:

$$\theta = \frac{B_s - \bar{B}}{B_s}$$

Chiều rộng phía trên B của cửa hàn khẩu (căn cứ vào đường biên nước để tính) có thể dựa vào quan hệ sau đây tính ra:

$$B = \bar{B} + mh_{tn};$$

trong đó m - hệ số độ dốc ở đầu đập chặn dòng.

Khi hàn khẩu theo phương pháp lắp đứng, mặt cắt cửa hàn khẩu dần dần biến thành hình tam giác. Bắt đầu tiến hành hàn khẩu khi chiều rộng ở phía trên cửa hàn khẩu $B=2mh_m$ hoặc chiều rộng trung bình $\bar{B} = mh_m$.

Chiều sâu lớn nhất H của cửa hàn khẩu có quan hệ với chiều rộng trung bình \bar{B} của cửa hàn khẩu:

$$H = \frac{\bar{B}}{m}.$$

Trong trường hợp này, chiều rộng phía trên B của cửa hàn khẩu so với chiều rộng trung bình \bar{B} là lớn gấp bội. Diện tích của cửa hàn khẩu sẽ là:

$$\varepsilon = H \bar{B} = \frac{\bar{B}^2}{m}.$$

Độ thu hẹp diện tích lòng sông trong giai đoạn hàn khẩu bằng đập chặn dòng có thể căn cứ vào công thức sau đây để tính:

$$\theta = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} \frac{B_s h_m - \frac{\bar{B}^2}{m}}{B_s h_m} = 1 - \frac{B_s}{mh_m} (1 - \theta_{cr})^2, \quad (26)$$

trong đó θ_{cr} - độ thu hẹp chiều rộng lòng sông,

$$\theta_{cr} = \frac{B_s - \bar{B}}{B_s h_m}.$$

Đầu mố của công trình thu hẹp lòng sông (đê quai hoặc đê lắp đứng) thông thường có tác dụng đẩy dòng nước ra giữa, tức là hình thành mặt cắt thu hẹp có chiều rộng b_{thh} (h.17b).

Độ thu hẹp dòng chảy ở đây, là dùng hệ số thu hẹp mặt bên, hoặc hệ số thu hẹp mặt bằng ε để biểu thị, ε là tỷ số giữa chiều rộng b_{thh} với chiều rộng lòng sông hoặc cửa hàn khẩu B, tức là $\varepsilon = \frac{b_{thh}}{B}$

Độ thu hẹp dòng chảy tăng lên một cách tương ứng với độ thu hẹp lòng sông θ . Có thể thấy rằng, độ thu hẹp lòng sông là xét mức độ thu hẹp dòng chảy, căn cứ vào công thức sau đây tính toán:

$$\theta' = 1 - \varepsilon(1 - \theta). \quad (27)$$

Trong phần sau, chúng ta thường dùng θ để biểu thị độ thu hẹp, nhưng đây là

dùng cho trường hợp công trình thu hẹp dòng chảy không có tác dụng đẩy dòng nước. Khi có tác dụng đẩy dòng nước, có thể căn cứ vào công thức (28) để tính toán độ thu hẹp, trong công thức tính toán dùng θ' thay θ .

2.3.2 Tính toán thu hẹp mặt bên dòng chảy

Quan hệ giữa số lưu lượng μ trong công thức (24) với hệ số thu hẹp mặt bên dòng chảy ε là:

$$\mu = \frac{\varepsilon}{\sqrt{\xi_{cb} + \alpha_{th}}},$$

trong đó:

ξ_{cb} - hệ số sức cản cục bộ của đoạn gần cửa vào thu hẹp;

α_{th} - hệ số động năng của mặt cắt thu hẹp.

Thí nghiệm chứng minh rằng, trị số ξ_{cb} nói chung rất bé, mà hệ số α_{th} thường có thể lấy bằng 1, cho nên

$$\mu \approx \varepsilon$$

Như vậy, để tính toán sơ bộ độ thu hẹp dòng chảy, có thể dùng phương pháp tính toán hệ số lưu lượng đã nói qua trước đây.

Như trên đã nói, độ thu hẹp dòng chảy có thể căn cứ vào các yếu tố cơ bản sau đây để xác định.

1. Độ thu hẹp diện tích lòng sông θ .
2. Đặc tính độ nhám trên đoạn sông ở phía trước công trình thu hẹp dòng chảy và hình dạng mặt cắt ngang.

Yếu tố này cũng như độ thu hẹp θ có thể thông qua tỷ số $\theta_q = \frac{Q_{kt}}{Q_s}$. Để xét (Q_{kt} - lưu lượng chảy qua phần mặt cắt lòng sông thiên nhiên do công trình thu hẹp dòng chảy chiếm; Q_s - tổng lưu lượng của dòng sông). Tỷ số θ_q là độ thu hẹp lòng sông.

Ưu điểm của cách biểu thị độ thu hẹp lòng sông như vậy, đối với lòng sông có hình dạng không quy củ là rất rõ ràng, bởi vì độ thu hẹp lòng sông có thể dùng tỷ số của đặc trưng lưu lượng của phần lòng sông tương ứng để biểu thị, tức là

$$\theta_q = \frac{Q_{kt}}{Q_s} = \frac{K_{kt}}{K_s},$$

trong đó

K_{kt} - đặc trưng lưu lượng của phần lòng sông, mà lưu lượng chảy qua phần lòng

sông này ở trạng thái thiên nhiên là Q_{kt} ;

K_s - đặc trưng lưu lượng của lòng sông thiên nhiên.

2.3.3 Đặc trưng hình học chủ yếu của công trình chặn dòng thu hẹp dòng chảy

a) Độ dài tương đối của công trình theo phương dòng chảy $\frac{L_{kt}}{B}$;

b) Bán kính cong tương đối của góc thượng lưu nơi dòng chảy cong vào $\frac{r}{B}$;

c) góc xiên làm thành bởi đoạn thượng lưu của công trình trục với dòng chảy ξ .

4. Đặc trưng thu hẹp (thu hẹp một bên hoặc thu hẹp hai bên).

5. Trạng thái động năng của dòng chảy có thể biểu thị bằng trị số Froude Fr .

Để xác định quan hệ giữa hệ số lưu lượng và các nhân tố nói trên, đã dùng nhiều số liệu thí nghiệm trong phòng thí nghiệm.

Những số liệu thí nghiệm này, sau khi được tác giả chỉnh lý, có thể dùng để biểu thị hệ số lưu lượng μ , như sau:

$$\mu = \mu' \sigma_L \sigma_{kt} \sigma_{Fr} \sigma_e, \quad (28)$$

trong đó:

μ' - hệ số lưu lượng trong trường hợp dùng công trình thu hẹp lòng sông cả hai bên, thẳng góc với thượng lưu, chiều dài tương đối theo hướng dòng chảy $\frac{L_{kt}}{B} \geq 1,05$ và số Froude của dòng sông là 0,25.

Khi trị số θ_q thay đổi trong phạm vi 0,2 - 0,85, hệ số μ'_0 có thể xác định theo công thức sau đây:

$$\mu'_0 = 1,06 - 0,31\theta_q \quad (29)$$

Nếu như đoạn thu hẹp ở thượng lưu làm thành một góc ξ , với trục dòng chảy (h.17b), thì khi dùng công thức (29) để tính hệ số μ'_0 , trị số θ_q nên nhân với $\sin \xi^*$.

Độ thu hẹp lưu lượng $\theta_{q=}\frac{Q_{kt}}{Q_s}$ có thể căn cứ vào tỷ số của đặc trưng lưu lượng tính toán, tức là:

$$\theta_{q=}\frac{Q_{kt}}{Q_s} = \frac{K_{kt} \sqrt{i}}{K_s \sqrt{i}} = \frac{\omega_{kt} C_{kt} \sqrt{R_{kt}}}{\omega_s C_s \sqrt{R_s}}.$$

* Đã làm thí nghiệm trong phạm vi thay đổi của góc ξ từ 30^0 đến 90^0 .

Nếu như trong công thức trên, trị số $\frac{C_{kt}\sqrt{R_{kt}}}{C_s\sqrt{R_s}}$ dùng σ_{bg} để biểu thị, thì

$$\theta_q = \sigma_{bg} \theta$$

Hệ số σ_{bg} xét đến đặc trưng hình học biên giới của đoạn ở phía trên nơi song bị thu hẹp.

Khi mặt cắt ngang long song là hình chữ nhật có độ nhám đều, thì rõ ràng là hệ số

$$\sigma_{bg} \approx 1 \text{ và trị số } \theta_q, \theta \text{ trên thực tế bằng nhau.}$$

Ảnh hưởng của chiều dài tương đối $\frac{L_{kt}}{B}$ trong phạm vi $0 \leq \frac{L_{kt}}{B} \leq 1,05$, thì dùng trị số hiệu chỉnh σ_L để xét.

Trong phạm vi nói trên
$$\sigma_L = 0,77 + 0,20 \cdot \frac{L_{kt}}{B} \quad (30)$$

Tích số $\mu'_0 \sigma_L$ có thể dùng trị số μ_0 để biểu thị. Trước đây μ_0 gọi là hệ số lưu lượng tiêu chuẩn [40]. Do đó

$$\mu_0 = \mu'_0 \sigma_L$$

Khi $\frac{L_{kt}}{B} \leq 1,05$, mà θ_q thay đổi 0,2 đến trị số phân giới $(\theta_q)_{pg}$ có thể dùng các công thức

(29) và (30), trị số phân giới $(\theta_q)_{pg}$ có thể căn cứ vào $\frac{L_{kt}}{B}$ mà xác định dựa vào công thức sau đây:

$$(\theta_q)_{pg} = 0,63 + 0,21 \frac{L_{kt}}{B} \quad (31)$$

Khi $\theta_q > (\theta_q)_{pg}$, hệ số điều chỉnh σ_L có thể căn cứ vào công thức sau đây để tính

$$\sigma_L = 0,83 + 0,15 \frac{L_{kt}}{B} \quad (32)$$

Hệ số μ'_0 trong trường hợp này là hằng số và bằng 0,8. Do đó khi $\theta_q > (\theta_q)_{pg}$, hệ số lưu lượng tiêu chuẩn μ'_0 có thể có căn cứ vào công thức sau đây để tính:

$$\begin{aligned}\mu_0 &= \mu'_0 \sigma_L = 0,8(0,83 + 0,15 \frac{L_{kt}}{B}) \\ &= 0,66 + 0,12 \frac{L_{kt}}{B}\end{aligned}$$

Về ảnh hưởng độ cong của góc vào ở thượng lưu có thể dùng trị số hiệu chỉnh σ_L để xét. Theo hình 18 và căn cứ vào bán kính cong tương đối $\frac{r}{B}$ và độ thu hẹp θ_q để tính σ_{kt}

Về động năng của dòng chảy, thì dùng trị số hiệu chỉnh σ_{Fr} để xét. Khi phạm vi thay đổi của số Froude trên dòng sông là 0,01-0,7, trị số hiệu chỉnh σ_{Fr} có thể căn cứ vào công thức sau đây để tính:

$$\sigma_{Fr} = 0,92 + 0,32Fr. \quad (34)$$

Khi bộ thu hẹp long sông hai bên không đối xứng, biểu thị bằng tỷ số $\frac{b'_{kt}}{b'_{kt}}$ (xem hình 17c) thì dùng trị số hiệu chỉnh σ_e để xét. Khi độ thu hẹp long sông đối xứng hai bên (tức là $b'_{kt} = b'_{kt}$) thì $\sigma_e = 1$, khi thu hẹp một bên $b'_{kt} = 0$ thì $\sigma_e = 0,955$.

Sau khi tính được hệ số lưu lượng μ (hoặc hệ số thu hẹp ε) có thể căn cứ vào công thức sau đây để tính chiều rộng dòng chảy b_{thh} và lưu tốc trung bình v_{thh} ở nơi mặt cắt thu hẹp:

$$\begin{aligned}B_{thh} &= \varepsilon B \\ V_{thh} &= \frac{Q}{B_{thh} h_{thh}}.\end{aligned} \quad (35)$$

Khi dùng phương pháp lắp đứng để chặn dòng, hình dạng đầu mô đập chặn dòng nước xói thành, thường rất khó xác định được rõ ràng. Trong trường hợp như vậy, trị số gần đúng thứ nhất của hệ số thu hẹp bên ε căn cứ vào thí nghiệm thường lấy 0,8 0,9, hoặc trung bình là 0,85. Nếu như hai đầu mô đập đều dùng đá hoặc lớn hoặc những khối vật liệu lớn để đắp thành đập có dạng hình chóp, thì hệ số thu hẹp nên lấy 0,6-0,7.

2.4 Tính toán độ chênh mực nước và nước dâng khi thu hẹp lòng sông

2.4.1 Xác định độ chênh lệch mực nước

Để tính độ chênh mực nước z giữa mực nước thượng và hạ lưu, có thể dùng công thức:

$$z = h'_d + h_{mr} \quad (22)$$

Trong đó: h'_d – Tổng thất tỷ năng do ma sát gây nên theo chiều dài trên đoạn dòng sông bị thu hẹp.

H_{mr} . Tổng thất tỷ năng do dòng chảy đột nhiên mở rộng sau đoạn bị thu hẹp.

Tổng thất tỷ năng h'_d do ba phần sau đây hợp thành.

1. Tổng thất trên đoạn vào (từ mặt cắt ngang B-B đến mặt cắt ở góc thượng lưu của nơi thu hẹp $(h_d)_{tl}$. Tổng thất này có thể tính bằng tích số của độ dốc ma sát trung bình của đoạn vào \bar{i} với độ dài, tức là

$$(h_d)_{tl} = \bar{i} L_{tl} \quad (36)$$

Căn cứ vào số hiệu nghiên cứu thí nghiệm [22], khi $\theta_q < 0,8$ thì chiều dài L_{tl} của đoạn cửa vào có thể bằng chiều rộng dòng chảy hoặc chiều rộng B của cửa hàn khẩu B và khi $\theta_q > 0,8$ thì bằng $1/2 B$

2. Tổng thất $(h_d)_{dc}$ trên chiều dài L_{kt} có thể biểu thị bằng tích số của độ dốc ma sát i_{dc} của dòng chảy hoặc cửa hàn khẩu với chiều dài L_{kt} . Tức là

$$(h_d)_{dc} = i_{dc} L_{kt} \quad (37)$$

3. Tổng thất $(h_d)_{hl}$ trên chiều dài L_{hl} của đoạn dòng chảy khuếch tán ở hạ lưu, có thể tính bằng tích số của độ dốc ma sát trung bình \bar{i} của đoạn khuếch tán với chiều dài L_{hl} , tức

$$\text{là:} \quad (h_d)_{hl} = \bar{i} L_{hl} \quad (38)$$

Cho độ chênh z so với chiều sâu là rất nhỏ, cho nên tổng thất tỷ năng h_{mr} của dòng chảy đột nhiên mở rộng ở hạ lưu công trình có thể dùng công thức phổ biến sau đây tính:

$$h_{mr} = \theta^2 \frac{V_{dc}^2}{3g} \quad (39)$$

Trong đó V_{dc} – lưu tốc trung bình của dòng chảy trong lòng sông hoặc qua cửa hàn khẩu, khi dòng chảy tách rời thì

$$V_{dc} = V_{th}$$

Đưa các công thức (36)- (39) thay vào công thức (22) sẽ được phương trình để tính sơ bộ chênh z khi lòng sông thu hẹp.

$$z = \bar{i}(k_{tl}B + L_{hl}) + i_{dc}L_{kt} + \theta^2 \frac{V_{dc}^2}{2g} \quad (40)$$

Trong đó K_{tl} - Hệ số lấy như sau:

1,0- khi $\theta \leq 0,8$;

0,5- khi $\theta \geq 0,8$;

Các số hạng trong công thức (40) như chiều rộng lòng sông B , chiều dài L_{kt} đã biết. Độ dốc dòng chảy i_{dc} . độ thu hẹp θ và lưu tốc trung bình V_{dc} của dòng chảy, i_{dc} tức là:

$$\bar{i} = \sqrt{i_m i_{dc}} \quad (41)$$

Nếu dòng chảy trong sông thiên nhiên là dòng chảy đều, thì tốc độ ma sát i_m bằng độ dốc đáy sông i .

Nói chung độ dốc i_m và i_{dc} có thể căn cứ vào công thức thông thường sau đây để tính:

$$i_m = \frac{V_m^2}{C_s^2 R_s}; i_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{C_s^2 R_{dc}};$$

Trong đó C_s, C_{dc} , R_s và R_{dc} – hệ số Sêzi và bán kính thủy lực của dòng sông thiên nhiên và của dòng nước (hoặc cửa hàn khẩu).

Chiều dài đoạn khuếch tán L_{hl} căn cứ vào quan hệ hình học để tính ra (xem hình 17b):

$$L_{hl} = \frac{b_{kt}}{tg\varphi} \quad (42)$$

Trong đó: b_{kt} – Chiều rộng phần không tràn của công trình thu hẹp dòng chảy; khi thu hẹp hai bên, trị số b_{kt} trong giá trị gần đúng thứ nhất có thể lấy bằng tổng chiều rộng của các phần công trình không tràn, tức là :

$$b_{ky} = b'_{kt} + b''_{kt} \text{ (xem hình 17b)}$$

Ψ – góc khuếch tán hợp bởi đường cong nước vật * với trục của dòng chảy.

Trị số $tg \Psi$ xác định theo công thức của tác giả [40]

$$tg\psi = a \frac{\lambda\beta\theta}{\lg \frac{1}{1-\theta}} = a \frac{V\theta}{\lg \frac{1}{1-\theta}} \quad (43)$$

Trong đó a – Hệ số

λ – Hệ số sức cản thủy lực của dòng sông thiên nhiên;

β – Chiều rộng tương đối của dòng sông thiên nhiên, tức là tỷ số giữa chiều rộng lòng sông B_s và bán kính thủy lực R_s

θ – Độ thu hẹp diện tích dòng sông

Trị số $\lambda\beta$ có thể biểu thị với mức độ nhất định hình dạng hình học biên giới lòng sông, cho nên ta gọi tích số $\lambda\beta$ là trị số đặc trưng lòng sông, tích $\lambda\beta$ được hiển thị bằng Λ .

Hệ số α căn cứ vào đường cong quan hệ giữa mức độ thu hẹp θ và đặc trưng lòng sông Λ trong hình 19 mà tính ra. Đường quan hệ này căn cứ vào tài liệu của mô hình thủy lực và mô hình khi động lực của phòng thí nghiệm thủy lực học viện động lực Moxkva vẽ ra, đồng thời có so sánh với các kết quả nghiên cứu khác.

Khi $\Lambda \geq 4$ tức là trong tình hình lòng sông rộng, căn cứ vào số liệu trong hình 19, hệ số α . Trên thực tế không phải căn cứ vào đặc trưng lòng sông Λ mà là căn cứ vào độ thu hẹp lòng sông θ để xác định. Trong phạm vi ấy, có thể dùng công thức kinh nghiệm sau đây để tính toán gần dung hệ số α :

$$\alpha = 0,01 + 0,056 \theta \quad (44)$$

Nếu biết được hình dạng hình học của mặt cắt ngang, chiều rộng B_s , chiều sâu lòng sông thiên nhiên h_m và độ nhám n thì có thể tính được trị số đặc tính lòng sông như sau:

$$\Lambda = \lambda\beta = \frac{8g}{C_s^2} \cdot \frac{B_s}{R_s}$$

Trong đó C_s - Hệ số Sêzi của lòng sông thiên nhiên, ví dụ tính theo công thức N.N. pavlovski.

Trước khi chặn dòng, lưu lượng chảy qua đoạn hàn khẩu ở giữa đập chặn dòng. Trong trường hợp này, tỷ số chiều dài đập L_{kt} với chiều dài đoạn khuếch tán L_{hl} thường rất bé.

Như vậy có thể không tính đến năng lượng tổn thất trên các đoạn nói trên. Trong trường hợp này, công thức (40) chỉ còn hai số hạng, như sau:

$$z = \bar{i}L_{hl} + \theta 2 \frac{V_{dc}^2}{2g} \quad (45)$$

Căn cứ vào công thức (41), tính độ dốc ma sát trung bình:

$$\bar{i} = \sqrt{i_m i_{dc}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{C_s^2} \cdot \frac{V_{dc}^2}{C_{dc}^2 R_{dc}}}$$

Khi chiều rộng long song B_s tương đối lớn $C_s^2 R_s$ và $C_{dc}^2 R_{dc}$ trên thực tế là bằng nhau.

Khi xét đến trường hợp này, đồng thời xét đến quan hệ đã biết giữa hệ số λ và C_s

(trong công thức $C_s = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$), cũng như quan hệ gần dung giữa lưu tốc V_{dc} và V_m do

phương trình liên tục tính được, công thức (41) có thể viết.

$$\bar{i} = \frac{\lambda V_m^2}{8gR(1-\theta)} \quad (41)$$

Căn cứ vào công thức (42), (43), (41') và những điều đã nói ở trên, công thức (45) có thể viết thành

$$z = \left[\frac{1}{4a(1-\theta)} \lg \frac{1}{1-\theta} + \frac{\theta^2}{(1-\theta)^2} \right] \frac{V_m^2}{2g} \quad (45')$$

Từ công thức (45') có thể tính ra được chỉ số lưu lượng Q chảy qua của hàn khẩu;

$$Q = \frac{\omega_s}{\sqrt{\frac{1}{4a(1-\theta)} \lg \frac{1}{1-\theta} + \frac{\theta^2}{(1-\theta)^2}}} \cdot \sqrt{2gz}$$

So sánh công thức này với công thức (25), có thể tính được hệ số lưu lượng giản hóa:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4a(1-\theta)} \lg \frac{1}{1-\theta} + \frac{\theta^2}{(1-\theta)^2}}} \quad (46)$$

Căn cứ vào công thức (46), hình 19, độ thu hẹp θ , đặc tính lòng sông Λ , có thể xác định được hệ số lưu lượng giản hóa μ_* .

Để đơn giản tính toán, căn cứ vào công thức (46) trên hình 20 vẽ ra đường cong quan hệ giữa θ và Λ với hệ số lưu lượng giản hóa khi độ thu hẹp lòng sông rất lớn ($\theta \geq 0,9$), đường quan hệ $\mu_* = f(\theta, \Lambda)$ vẽ ở bên phải của đồ thị theo đồ thị tang lên.

Cần thấy rằng, khi chỉ tiêu độ thu hẹp lòng sông và đặc tính lòng sông quá lớn, hệ số μ_* có thể tính được từ đường cong trên hình 20a và có thể dung công thức sau đây để biểu thị:

$$\mu_* = 0,9(1-\theta) \quad (47)$$

Khi $\Lambda \geq 3$ và $\theta > 0,6$ có thể dùng công thức (47).

Khi $\Lambda < 2$, công thức 47 chỉ dùng với giai đoạn hàn khẩu theo phương pháp lắp đứng, mà độ thu hẹp lòng sông $\theta \geq 0,97$

Nếu đồng thời nghiên cứu hai công thức (47) và (25), có thể tìm quan hệ giữa độ chênh mực nước và độ thu hẹp lòng sông (quan hệ này trong phạm vi nói trên là chính xác)

$$Q = 0,9(1-\theta)\omega_s\sqrt{2gz}$$

Từ đó:

$$\theta = 1 - \frac{Q}{0,9\omega_s\sqrt{2gz}} = 1 - \frac{Q}{4_s\sqrt{z}} \quad (48)$$

Khi đầu mô đập chặn dòng có tác dụng đẩy dòng nước công thức như sau *

$$\theta = 1 - \frac{Q}{4\varepsilon\omega_s\sqrt{z}} \quad (48')$$

2.4.2 Tính toán nước dâng z'

Dùng công thức (21) và các ký hiệu như trong bài 6.1, nước dâng z' có thể tính theo công thức có ba số hạng sau đây:

$$z' = (\bar{i} - i_m)(k_m B + L_{hl}) + (i_{dc} - i_m)L_{kt} + \theta^2 \frac{V_{dc}^2}{2g} \quad (49)$$

Khi chặn dòng bằng đập theo phương pháp lắp đứng, lúc ấy L_{kt} và L_{tl} so với L_{hl} nhỏ, công thức (49)*** có thể viết thành dạng hai số hạng như sau:

$$z' = (\bar{i} - i_m)L_{hl} + \theta^2 \frac{V_{dc}^2}{2g} \quad (49')$$

Hoặc dùng công thức (44) hoặc (44') để viết công thức (49)

$$\frac{z'}{\frac{V_{tl}^2}{2g}} = \frac{1}{4a} \cdot \frac{\theta}{1-\theta} \lg \frac{\theta}{1-\theta} + \left(\frac{\theta}{1-\theta} \right)^2 \quad (50)$$

Để kiểm nghiệm công thức (50) và công thức tính toán độ chênh mực nước z , cần phải sử dụng một số liệu đo đạc thực địa trong thời kỳ thi công của một số công

trình đầu mỗi thủy lợi và công thức kinh nghiệm nước dâng nổi tiếng của Moxkov [14]. So sánh kết quả trong hình 20b thấy rằng số thực đo và kết quả tính toán * phù hợp với nhau.

Nhưng cần thấy rằng, kết quả về độ chênh mực nước ở trong các phòng thí nghiệm và nghiên cứu ở ngoài thực địa, thường là rất khó so sánh. Bởi vì sự chọn mặt cắt đo đạc ở thượng, hạ lưu (chủ yếu là hạ lưu) là khác nhau.

Trên đây là nói về công thức tính toán độ chênh z và nước dâng z' đều giả thiết mặt cắt đo đạc trên thượng lưu dòng chảy một khoảng L_{dl} như trên đã nói; khi $\theta < 0,8$ thì khoảng cách này nên bằng chiều rộng B của cửa hàn khẩu; khi $\theta > 0,8$ thì nên bằng $\frac{B}{2}$. Mặt cắt đo đạc hạ lưu nên chọn ở nơi chiều rộng dòng chảy mở rộng bằng lòng sông thiên nhiên, tức là tại nơi có khoảng cách thu hẹp ở hạ lưu bằng L_{hl} xác định theo công thức (46)

2.5 Tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại 1 và loại 2 của đập khóa

Các vấn đề cơ bản của tính toán thủy lực trong lấp bằng bằng cách thả đá trong nước chảy, xét trong không gian hai chiều (vấn đề mặt phẳng - ND), có thể quy nạp như sau:

Cho biết: lưu lượng đơn vị qua lỗ vỡ là q (m^3/s); chiều sâu tường ngăn h_{tn} tương ứng với lưu lượng Q_s ở sông, đường kính của đá (đã được biến đổi thành hình cầu tương đương) thả trong nước chảy là d (m); trọng lượng thể tích của đá γ_v (t/m^3) và trọng lượng thể tích của nước γ (t/m^3), các trị số, hệ số thí nghiệm trong tính toán (như lực cản của đá, độ nhám của mái dốc, lưu lượng.....).

Điều cần chú ý là, trong điều kiện thiên nhiên, trường hợp nước tĩnh, tức là:

$$h_{tn} > h_{th} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q_s^2}{gB^2}}$$

Trong tình hình dòng chảy như vậy, khả năng của vật chặn dòng do những viên đá có đường kính như trên được đảm bảo, tức là thỏa mãn điều kiện

$$v_{tn} = \frac{q}{h_m} < v_{min}$$

Trong đó v_{min} – lưu tốc nhỏ nhất làm cho đá có thể trượt trên đáy sông nhẵn.

Khi độ chênh mực nước đã biết trước, yêu cầu xác định hình dáng bên ngoài và kích thước của vật chặn dòng. Theo tuần tự của hiện tượng đã nêu trong bài 13, khi

tính toán việc thả đá trong nước chảy, trước tiên cần nghiên cứu giai đoạn đập tràn, sau đó là giai đoạn dốc nước. Trong phạm vi của mỗi giai đoạn, cần thiết phải qua tính toán để nói lên hình dạng bên ngoài đặc trưng của chúng(h31).

Đặc trưng của giai đoạn đập tràn có thể lấy hai loại hình dạng chủ yếu bên ngoài của vật chặn dòng để thuyết minh.

Sơ đồ tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ nhất (h.42) chúng tôi dựa vào sự tăng dần của chiều cao vật chặn dòng từ h đến trị số giới hạn, lúc đó lưu tốc đạt tới trị số v_{\min} , những viên đá ở trên đỉnh bắt đầu di động. Trước lúc đó, vật chặn dòng hình thành dạng bên ngoài dày đặc, gần giống hình tam giác có đỉnh phẳng (chỉ quyết định bởi sự di động của đường chuẩn thả đá; điều này thực tế khó tránh khỏi);

Vấn đề ở đây là tính cho được chiều cao lớn nhất mà vật chặn dòng có thể đạt được trong trường hợp có hình dạng bên ngoài như vậy và trị số tốc độ chênh lệch mực nước.

Nếu như giả thiết không xét đến lưu lượng thấm qua vật chặn dòng (vì không lớn lắm) thì quá trình tính toán như sau.

Trước hết xác định

$$v_{\min} = XY_c \sqrt{d} = 0,86 \sqrt{2g} \frac{\gamma_{vl} - \gamma}{\gamma} \sqrt{d}$$

Sau đó rút ra:

$$a = \frac{q}{v_{\min}} \text{ và } h = h_{tn} - a$$

Giả thiết là đập tràn ngập. Xét đến độ chênh mực nước do lưu tốc tiến gần tạo nên đã được hiệu chỉnh là:

$$z_o = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_{\min}^2}{2g}$$

Ở đây, để số liệu tính toán không thiên lớn, ta chọn $\varphi = 0,92$.

Độ chênh mực nước thượng hạ lưu là z. Nói một cách chính xác, nên dùng cách chọn lọc để xác định, vì lưu tốc tiến gần v_o chưa biết trước. Khi độ chênh mực nước rất nhỏ, ta lấy:

$$v_o \approx v_{tn}$$

tức là:

$$z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_{\min}^2}{2g} - \frac{v_m^2}{2g}$$

Thực nghiệm đã chứng minh rằng, tỷ số giữa khoảng cách nằm ngang của mái dốc với chiều cao của vật chặn dòng

$$m_1 = m_2 \approx 1 - 1,25$$

Lúc đó, trong trường hợp thuộc hình dạng bên ngoài thứ nhất, chiều rộng đáy của vật chặn dòng là

$$l_0 = l_{dt} + (m_1 + m_2)h \approx l_{dt} + (2 - 2,5)h.$$

Khi chiều cao vật chặn dòng nhỏ hơn h , mà lưu tốc tác dụng trên đỉnh đập nhỏ hơn v_{min} (như đã biết $v < v_{min}$) thì thứ tự xác định các yếu tố của vật chặn dòng cũng như trước.

Cần nói rõ thêm là, sơ đồ tính toán trình bày ở trên là đối với trường hợp vật chặn dòng như đập tràn chảy ngập, tức là khi

$$H < 2z$$

Sơ đồ tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ hai (h.43), là trường hợp khi chiều cao của vật chặn dòng đã vượt quá trị số h vừa xác định ở trên, những viên đá được tiếp tục bổ sung thả xuống bị nước cuốn đi, vật chặn dòng kéo dài và chuyển sang “giai đoạn dốc nước” (hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba).

Độ ổn định của hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ nhất do lưu tốc trượt v_{min} quyết định. Nếu từ loại hình dạng này chuyển dần sang giai đoạn hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba, mà trong đó có sự tồn tại cột nước rất lớn, thì thời kỳ quá độ ấy gọi là loại hình dạng bên ngoài thứ hai của vật chặn dòng. Lúc đó những viên đá ở trên mái dốc được các viên đá xếp bên cạnh nó bảo vệ và có thể chống đỡ được sự lăn chuyển do tác dụng của lưu tốc trong trình tăng tiến.

Giai đoạn thuộc loại hình dạng bên ngoài thứ hai tương đối ngắn. Xét thực chất về mặt thủy lực, thì nó thuộc về giai đoạn chảy tràn, đồng thời trên đỉnh vật chặn dòng tồn tại mặt tràn có chiều dài l_{dt} , khiến cho trong thời gian cuối của giai đoạn thứ hai đã hình thành điều kiện về tính ổn định của đá khi tăng chiều cao mới, để có thể chống được với lưu tốc v_{max} .

Hình 43 chỉ thời gian rất ngắn cuối cùng của giai đoạn hình dạng bên ngoài thứ hai của vật chặn dòng. Vật chặn dòng đã đạt tới chiều cao lớn nhất, đồng thời lưu tốc trên mặt vật chặn dòng là v_{max} . Tiếp theo đó, vật chặn dòng bắt đầu chuyển sang hình dạng bên ngoài thứ ba. Hình 43a biểu thị đập tràn chảy ngập được hình thành của vật chặn dòng. Hình 43b biểu thị đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập.

Vấn đề cần giải quyết trước tiên là, trong trường hợp như thế nào để dùng một trong hai hình nói trên (hình 43a hoặc hình 43b - ND)

$$z_o = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_{\max}^2}{2g}$$

và

$$h_o = \frac{q}{v_{\max}}$$

Lấy q_{gh} (trị số giới hạn của q) biểu thị trị số nhỏ nhất của q , lúc đó $h_o = h_{th}$ mà vẫn là đập tràn chảy ngập thì

$$q_{gh} = v_{\max} h_{th} = \frac{v_{\max}^2}{g}$$

Đương nhiên, khi $q > q_{gh}$ thì đập tràn đỉnh rộng làm việc trong trạng thái chảy ngập, nên dùng hình 43a; khi $q < q_{gh}$, đập tràn là không chảy ngập thì dùng hình 43b.

Từ công thức trên, có thể thấy trị số q_{gh} chủ yếu có quan hệ với v_{\max} . Cho nên, có thể dùng cách tính thử để tìm q_{gh} .

Ví dụ, khi hệ số lực cản của đá hộc là $Y_b = 1,20$ và trọng lượng thể tích của đá là $\gamma_{vl} = 2,6t/m^3$, ta có

$$q_{gh} = 31,3 d^{3/2}$$

từ đó tính được

d(m)	0,20	0,25	0,38
q_{gh} (m^3/s) trên 1m chiều rộng	2,81	3,91	5,15

Trị số của q_{gh} tìm được cho thấy, trong thực tế có thể gặp lưu lượng q lớn hơn hoặc nhỏ hơn q_{gh} .

Cho nên, trước khi tính toán trường hợp hình dạng bên ngoài thứ hai, tốt nhất nên tìm q_{gh} rồi đem so sánh trị số gần đúng vừa tính lần thứ nhất ấy với q để xác định trạng thái dòng chảy trên đập tràn (chảy ngập hay chảy không ngập), từ đó mà quyết định sơ đồ tính toán trường hợp hình dạng bên ngoài thứ hai (hình 43a hay 43b)*.

Bây giờ ta xác định lưu tốc lớn nhất mà viên đá có thể chịu được, với lưu tốc này đá có thể chống lại lực thủy động làm cho đá lăn:

$$v_{\max} = XY_b \sqrt{d} = 1,20 \sqrt{2g \frac{\gamma_{vl} - \gamma}{\gamma} \sqrt{d}};$$

sau đó:

$$h_o = \frac{q}{v_{\max}};$$

$$h = h_{\text{tn}} - h_o;$$

$$z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_{\max}^2}{2g}$$

Nếu giống như tình hình của dạng bên ngoài thứ nhất, thì dùng $v_o \approx v_{\text{tn}}$

Dựa vào công thức sau đây để tính độ chênh mực nước thượng hạ lưu (h.43a):

$$z_{\text{đt}} = \frac{1}{\varphi^2} \frac{v_{\max}^2}{2g} - \frac{v_m^2}{2g}$$

Thực nghiệm chứng minh là, có thể dùng công thức sau đây để tính giá trị nhỏ nhất của chiều dài đập tràn đỉnh rộng:

$$l_{\text{đt}} \approx 3h_{\text{th}} = 3\sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$$

Dưới đây sẽ giới thiệu trường hợp tính toán khi không xét đến phần thấm của lưu lượng, dựa vào hình 43b ($q < q_{\text{gh}}$ – chảy không ngập trên đập tràn). Phần thứ nhất của công việc tính toán, giống như trên đã nói, tức là:

$$v_{\max} = 1,20 \sqrt{2g \frac{\gamma_{\text{vl}} - \gamma}{\gamma}}$$

$$h_o = \frac{q}{v_{\max}};$$

$$h = h_{\text{tn}} - h_o;$$

$$l_{\text{đt}} \approx 3h_{\text{th}} = 3\sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}};$$

Tiếp theo là xác định

$$H_o = \left(\frac{q}{M} \right)^{2/3} \text{ và } z_o = H_o - h_o$$

Lấy $v_o \approx v_{\text{tn}}$, thì được (h.43b)

$$z_{\text{đt}} = H_o - h_o - \frac{v_m^2}{2g}$$

Cũng cần chú ý rằng, tính toán vật chặn dòng của giai đoạn đập tràn chảy không ngập dựa vào hình 43b, hiện tượng xảy ra trong thực tế mà ta nói tới, tất nhiên

chỉ là rất khái quát, những hiện tượng này có quan hệ với tác dụng của dòng chảy xuống hạ lưu đối với những viên đá ở mái.

2.6 Tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại 3 của đập khóa

Thời gian cuối cùng tồn tại hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ hai như trên đã nói, tiếp ngay sau đó là giai đoạn dốc nước. Trong thời gian cuối cùng của hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ hai (h.43) trị số h đã không thể trực tiếp tăng lên được; điều này làm cho chiều sâu h_0 giảm đi, đồng thời làm cho lưu tốc tăng lên vượt quá giá trị v_{\max} . Với lưu tốc tăng như thế, đá không thể chống đỡ nổi, cho nên đá thả xuống bị nước cuốn đi rồi ngừng lại ở mái dốc gần hạ lưu, tạo thành độ dốc tương đối bằng phẳng. Như thí nghiệm đã cho thấy, dòng chảy trên mái dốc hầu như chảy đều với chiều sâu không đổi h_0 (h.44).

Sơ đồ tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba (h.44) có đặc trưng như sau. Hình dạng bên ngoài của vật chặn dòng gồm hai phần hợp lại: phần đầu là đập tràn định rộng có chiều dài l_{dt} , ở trước đập, hình thành phía trên đỉnh đập độ chênh mực nước cục bộ z_{dt} làm cho lưu tốc tăng lên đến v_{\max} ; phần sau mái dốc (rãnh có độ dốc nhỏ trên hình 44a), dòng nước chảy trên đó với lưu tốc v_{\max} và trên chiều dài của mái dốc ấy tổn thất dốc nước là z_{dn} . Khi hình dạng của vật chặn dòng tương đối kéo dài, trị số z_{dn} quyết định bởi tổn thất cột nước trên chiều dài của vật chặn dòng là bộ phận chủ yếu của tổng độ chênh mực nước, tổng độ chênh mực nước quyết định bởi độ chênh mực nước thượng hạ lưu, đó là điểm phân biệt khác nhau quan trọng giữa giai đoạn đập tràn và giai đoạn dốc nước.

Tính toán đoạn chảy tràn, bắt đầu từ sự phân biệt rõ khu vực này là chảy ngập hay chảy không ngập (hình 44b).

Vì cả hai trường hợp, chiều sâu của nước ở phía sau đoạn chảy tràn là

$$h_0 = \frac{q}{v_{\max}}$$

cho nên tiêu chuẩn để giải quyết vấn đề trạng thái chảy trên đập tràn vẫn giống như sự tính toán cho trường hợp hình dạng bên ngoài thứ hai mà ở trên đã trình bày, tức là cần tiến hành so sánh q và q_{gh} .

Nếu $q > q_{gh}$, đoạn chảy tràn là chảy ngập (h_{44a}); đồng thời $h_o > h_{th}$ và $i < i_{th}$, tức là mái dốc ở hạ lưu vật chặn dòng là một rãnh chảy có độ dốc nhỏ*, xét theo quan điểm thủy lực, nó bao hàm ý nghĩa trạng thái chảy êm của chuyển động đều trong rãnh chảy.

Nếu $q < q_{gh}$, đoạn chảy tràn là chảy không ngập ($h_o < h_{th}$ và $i > i_{th}$) (h.44b), theo mái dốc hạ lưu, chúng ta có một “đoạn dốc nước” chảy tràn chuyển động đều.

Đối với quá trình tính toán của đoạn vật chặn dòng, trên thực tế chảy đều với lưu tốc v_{max} cả hai trường hợp ở hình 44 vẫn giống nhau.

Cần chú ý rằng theo công thức Sêzi

$$v_{max} = C \sqrt{Ri}$$

ở đây, theo công thức của viện sĩ N.N. Pavlovski thì

$$C = \frac{1}{n} R^y$$

Nếu $y = \frac{1}{6}$ (căn cứ công thức Manning) thì

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Vì chúng ta nghiên cứu trong mặt phẳng, nên

$$R = h_o$$

do đó

$$v_{max} = \frac{1}{n} h_o^y h_o^{1/2} i^{1/2}$$

Mặt khác

$$v_{max} = \frac{q}{h_o},$$

Cho nên

$$\frac{q}{h_o} = \frac{1}{n} h_o^{y+0,5} i^{0,5}$$

và

$$i = \frac{n^2 q^2}{h_o^{2y+3}}$$

ở đây khi $y = 1/6$ (căn cứ công thức Manning) thì

$$i = \frac{n^2 q^2}{h_o^{10/3}}$$

Bắt đầu từ đây chúng ta sẽ dùng công thức tính toán i vừa tìm làm công thức tổng quát nhất; trong trường hợp cá biệt, thay đổi một bộ phận nào đó trong công thức để tính toán cho thuận tiện, ví dụ:

$$\frac{n^2 q^2}{h_o^{10/3}}; \frac{n^2 q^2 v_{\max}^{10/3}}{q^{10/3}}; \frac{n^2 v_{\max}^{10/3}}{q^{4/3}}$$

ở đây tích số $n^2 v_{\max}^{10/3}$ đối với viên đá, thực tế là một hằng số.

Trong trường hợp cá biệt cả đoạn đập tràn chảy không ngập, có thể dùng $MH_0^{3/2}$ để thay thế q :

$$i = \frac{n^2 v_{\max}^{10/3}}{q^{4/3}} = \frac{n^2 v_{\max}^{10/3}}{M^{4/3} H_o^2} = \frac{S}{H_o^2},$$

trong đó

$$S = \frac{n^2 v_{\max}^{10/3}}{M^{4/3}}$$

đối viên đá và hình thức đập tràn cho trước mà nói, là hằng số.

Bây giờ trình bày thêm về quá trình tính toán hình dạng bên ngoài thứ ba của vật chặn dòng, đối với trường hợp chảy ngập và chảy không ngập có nói rõ thêm.

Theo sơ đồ hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba của vật chặn dòng tính toán (h.44a, $q > q_{gh}$ – đoạn tràn là chảy ngập; $h_o > h_{th}$; $i < i_{th}$) thì cần tính theo phương pháp lựa chọn, vì phần thấm của lưu lượng $q_{thấm}$ là số chưa biết.

Cũng như trong khi suy diễn, công thức đã chỉ rõ rằng độ chênh mực nước và mực nước thượng hạ lưu là biết trước.

Trong trường hợp có đường thoát nước, tính q khi đã biết độ chênh mực nước, ta dựa vào bảng tính sẵn, hoặc đường cong quan hệ để xác định. Khi khả năng trữ nước ở thượng lưu không lớn, cao trình hạ lưu lúc đó, thực tế vẫn là hằng số.

Tiếp đó tính toán độ chênh mực nước bộ phận của đoạn dốc nước.

$$z_{dn} = \nabla_{mntl} - \nabla_{mnhl} - z_{dt}$$

trong đó ∇_{mntl} – mực nước thượng lưu

∇_{mnhl} – mực nước hạ lưu;

$$z_{dt} = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_{\max}^2}{2g} - \frac{v_o^2}{2g}$$

Trị số v_{\max} có thể rút ra trong tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ hai của vật chặn dòng; lưu tốc tiến gần

$$v_o = \frac{q}{\nabla_{mnl} - \nabla_{ds}}$$

trong đó ∇_{ds} – cao trình đáy sông

Tiếp theo tìm

$$h_o = \frac{q}{v_{\max}}$$

$$i = \frac{n^2 q^2}{h_o^{10/3}}$$

và trị số tương ứng với hình 44:

$$l_i = \frac{z_{dn}}{i};$$

$$e = h_{tn} - h_o;$$

$$h = e + z_{dn}$$

$$l_{dt} = 3^3 \frac{\alpha q^2}{g}$$

Cuối cùng, chiều dài của đáy vật chặn dòng:

$$l_o = m_1 h + m_2 e + l_{dt} + l_i$$

Khi $m_1 = m_2 \approx 1 - 1,25$ thì

$$l_o = (1 - 1,25)(h+e) + l_{dt} + l_i$$

Diện tích mặt cắt ngang của vật chặn dòng:

$$\Omega = m_1 \frac{h^2}{2} + m_2 \frac{e^2}{2} + l_{dt} h + l_i \left(e + \frac{z_{dn}}{2} \right)$$

Khi $m_1 = m_2 = 1,25$ thì

$$\Omega = 0,625 (h^2 + e^2) + l_{dt} h + l_i \left(e + \frac{z_{dn}}{2} \right)$$

Ta nói thêm việc tính toán theo hình 44b ($q < q_{gh}$ – đoạn chảy tràn là chảy không ngập; $h_o < h_{th}$; $i > i_{th}$). Ở đây không nhắc lại sơ đồ tính toán ban đầu như đã nói trong trường hợp ở hình 44a, mà chỉ căn cứ vào số liệu của bài toán, có thể xác định một cách dễ dàng tổng độ chênh mực nước, tức là lấy mực nước thượng lưu trừ đi mực nước hạ lưu.

Trước tiên ta tìm:

$$h_o = \frac{q}{v_{\max}}$$

Rồi xác định:

$$H_o = \left(\frac{q}{M} \right)^{2/3}$$

Khi $\varphi = 0,92$ thì

$$H_o = \left(\frac{q}{1,55} \right)^{2/3}$$

Như vậy

$$z_o = H_o - h_o;$$

$$z_{dt} = z_o - \frac{v_o^2}{2g}$$

$$\text{và } z_{dn} = \nabla_{mntl} - \nabla_{mnhl} - z_{dt}$$

Tính toán kích thước của vật chặn dòng và đoạn dốc nước cũng giống như phương pháp mà ta đã dùng ở hình 44a.

Cuối cùng, cần bổ sung thêm mấy ý kiến về vấn đề tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba của vật chặn dòng. Để xác định các số hạng trong công thức đem công thức viết dưới dạng cơ bản để cho phù hợp với hình 44 và các tình hình ban đầu mà các vấn đề chủ yếu đã được nêu. Nếu cần tính toán ra các trị số của một vài số hạng trong công thức hoặc cần giản ước một số biểu thức nào đó, thì đại bộ phận công thức có thể viết thành dạng khác. Những vấn đề này, để tiện lợi, trong một vài trường hợp làm như vậy là cần thiết.

Ví dụ, khi vật chặn dòng rất dài, độ chênh mực nước ở đập tràn z_{dt} , nếu so sánh với tổng thất cột nước trên toàn bộ chiều dài của nó z_{dn} thì z_{dt} rất nhỏ (cũng như vậy, đem l_{dt} và l_i so sánh, thì l_{dt} rất nhỏ). Trong một vài trường hợp (chẳng hạn như đã tìm ra được thể tích vật chặn dòng và các số liệu khác), có thể giản hóa tính toán hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba của vật chặn dòng, tức là không nghiên cứu đoạn chảy tràn, mà chỉ nghiên cứu đoạn dốc trong sơ đồ tính toán (xem bài 22).

Trong một vài trường hợp, khi thấy xác định cao trình thượng lưu chính xác có một ý nghĩa thực tế cực kỳ quan trọng, thì việc tính toán sơ bộ độ chênh mực nước cục bộ trên đoạn chảy tràn của vật chặn dòng là điều cần thiết.

2.7 Tính toán hình dạng bên ngoài loại 4 của đập khóa

Trước hết cần nói rõ một vấn đề: trong điều kiện như thế nào thì vật chặn dòng có thể từ hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba chuyển sang hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư (h.31).

Rất rõ ràng, giả sử trị số q thực tế là không đổi (ví dụ trong trường hợp không có đường tiêu nước), vật chặn dòng do ta thả đá xuống chảy có độ dài luôn luôn thay đổi, luôn giữ hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba mà không chuyển sang hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư. Cũng cần chỉ rõ thêm, số hạng biểu thị sự phát triển của chiều dài vật chặn dòng – trị số l_i (xem hình 44), tỷ lệ thuận với độ chênh mực nước z_{dn} tồn tại trên chiều dài vật chặn dòng.

Trên thực tế

$$l_i = \frac{z_{dn}}{i} = \frac{h_o^{2y+3}}{n^2 q^2} z_{dn} = \frac{q^{2y+1}}{n^2 v_{\max}^{2y+3}} z_{dn}$$

hoặc

$$l_i = E z_{dn}$$

ở đây khi $q = \text{const}$, với viên đá cho biết trước (từ viên đá có thể xác định được độ nhám n , và có thể tính được lưu tốc v_{\max}) thì

$$E = \frac{q^{2y+1}}{n^2 v_{\max}^{2y+3}} = \text{const}$$

Công thức tìm được, có thể dùng để tính toán sơ bộ mức độ phát triển của vật chặn dòng, trong điều kiện nói trên vật chặn dòng luôn luôn ở trạng thái hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba.

Chỉ khi trị số q giảm một cách rõ ràng, thì hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư mới bắt đầu. Ngoài sự tăng nhanh về chiều cao của đỉnh vật chặn dòng so với trước, cũng như sự chuyển tiếp của mái dốc hơn trước, mặt sau (hạ lưu) của vật chặn dòng thực tế chấm dứt sự kéo dài; đó chính là một trong những đặc trưng quan trọng nhất biểu thị sự bắt đầu của hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư.

Như trên đã nói, trị số l_i là trị số chủ yếu để xác định mức độ phát triển của phần hạ lưu vật chặn dòng. Sau đây ta hãy nghiên cứu, với điều kiện nào của z_{dn} và q mới làm cho l_i bắt đầu giảm nhỏ. Khi l_i đạt tới trị số lớn nhất, tất cả các chữ, phía trên bên phải đều ghi thêm dấu “,”.

Điều kiện $l_i < l'_i$

có thể viết dưới dạng

$$\frac{z_{dn}}{i} < \frac{z'_{dn}}{i'}$$

Trị số

$$\frac{z_{dn}}{i} = \frac{z_{dn} q^{4/3}}{n^2 v_{\max}^{10/3}} = \frac{z_{dn} q^{4/3}}{A}$$

ở đây, đối với viên đá đã biết thì

$$A = n^2 v_{\max}^{10/3} = \text{const}$$

Tương tự, ta có

$$\frac{z'_{dn}}{i'} = \frac{z'_{dn} q^{4/3}}{A}$$

Như vậy, bất đẳng thức ở trên có thể viết thành

$$\frac{z_{dn} q^{4/3}}{A} < \frac{z'_{dn} q^{4/3}}{A}$$

Nói cách khác, khi tích $z_{dn} q^{4/3}$ bắt đầu nhỏ hơn trị số trước đó, nghĩa là khi

$$z_{dn} q^{4/3} < z'_{dn} q^{4/3}$$

hoặc trong dạng thông thường, khi $z_{dn} q^{2y+1} < z'_{dn} q^{2y+1}$ thì l_1 bắt đầu nhỏ hơn trị số lớn nhất của l_1 mà hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba đạt tới, và như vậy bản thân vật chặn dòng chuyển sang dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư.

Khi $y = 0$, các trị số trong bất đẳng thức tỷ lệ thuận với công suất đơn vị trên mái dốc (bài 3).

Cách xác định đơn giản nhất của độ chênh mực nước thượng hạ lưu tương ứng với trị số lớn nhất của l_1 là dựa vào biểu thức sau đây để vẽ thành đường cong:

$$z_{dn} q^{4/3} = f(\nabla_{mnd} - \nabla_{mnh})$$

Hình 46 là sơ đồ tính toán của hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư của vật chặn dòng. Quá trình tính toán ấy như sau: trước hết căn cứ vào mực nước thượng lưu đã cho, xác định q .

Tính toán H_0 (đối với đoạn chảy tràn không ngập)

$$H_0 = \left(\frac{q}{M} \right)^{2/3}$$

Đồng thời, để kết quả tính toán độ chênh mực nước mà vật chặn dòng tạo nên không quá lớn (điều kiện này đặc biệt quan trọng đối với hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư), M chọn trị số lớn nhất của đập tràn đỉnh rộng, tức là $M = 1,72$.

Đối với viên đá biết trước, trị số v_{\max} đã được tính thử trước, ta được:

$$h_o = \frac{q}{v_{\max}}$$

$$z_{dt} = H_o - h_o - \frac{v_o^2}{2g};$$

Cuối cùng, giả sử đoạn tràn là chảy không ngập, chiều cao vật chặn dòng là

$$h = \nabla_{\text{mntl}} - \nabla_{\text{ds}} - H_o - \frac{v_o^2}{2g};$$

$$z_{dn} = \nabla_{\text{mntl}} - \nabla_{\text{mnhl}} - z_{dt}.$$

Căn cứ công thức sau đây để tính độ dốc bộ phận của mái dốc hạ lưu:

$$i = \frac{n^2 q^2}{h_o^{10/3}}$$

đồng thời tìm chiều dài đoạn đập tràn:

$$l_{dt} \approx 3 \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$$

Phương pháp đơn giản nhất để xác định phân tương đối dốc của mái hạ lưu cũng như giao điểm trước đây đã tìm được là dùng phương pháp đồ giải. Trị số giới hạn của độ dốc mái dốc tìm được do tính toán, cần tham khảo góc ổn định của đồng đá xếp để chọn dùng.

Trước khi nghiên cứu giai đoạn sau cùng của công trình, cần nói rõ thêm là: giữa mặt cắt tính toán của trường hợp hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba và loại thứ tư, và các số liệu về thủy lực cần phải được điều chỉnh cho thống nhất. Chẳng hạn, có thể dùng phương pháp sau đây để đạt được mục đích trên. Giả thiết rằng tìm được trị số mực nước thượng lưu. Căn cứ trị số này và dựa vào sơ đồ hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ ba để tính ra trị số lớn nhất của l_i . Tiếp đến, căn cứ vào trị số mực nước thượng lưu ấy, dựa vào sơ đồ hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư để tính toán. Lần tính toán này có thể cho ra kích thước của vật chặn dòng lớn hơn so với lần tính toán trước. Mặt cắt tính toán mới này, có thể dùng làm mặt cắt ban đầu để tính toán hình dạng bên ngoài tiếp sau hình dạng bên ngoài thuộc loại thứ tư.

Chương 3

Ví dụ tính toán minh họa

3.1 Tính toán thủy lực của lòng sông bị thu hẹp

Thời kỳ thứ nhất thu hẹp lòng sông

$$Q_s := 5600$$

$$B_s := 980$$

$$h_{tn} := 8.4$$

$$n_s := 0.025$$

$$y := 1.3 \cdot \sqrt{n_s}$$

$$z_{max} := \frac{Q_s}{2000}$$

$$z_{max} = 2.8$$

$$L_{kt} := 3$$

$$B := 393$$

Diện tích lòng sông thiên nhiên:

$$\omega_s := B_s \cdot h_{tn}$$

$$\omega_s = 8.232 \times 10^3$$

Chu vi ướt lòng sông thiên nhiên:

$$\chi_s := B_s + 2 \cdot h_{tn}$$

$$\chi_s = 996.8$$

Bán kính thủy lực:

$$R_s := \frac{\omega_s}{\chi_s}$$

$$R_s = 8.258$$

Hệ số Chezy:

$$C_s := \frac{1}{n_s} \cdot R_s^y$$

$$C_s = 61.734$$

Tính toán hệ số thu hẹp μ :

$$\theta_q := \theta$$

$$\mu_o := 1.06 - 0.31\theta_q$$

$$\mu_o = 0.874$$

Trị số hiệu chỉnh σ_L :

$$\sigma_L := 0.77 + 0.2 \cdot \frac{L_{kt}}{B}$$

$$\sigma_L = 0.772$$

Trị số hiệu chỉnh σ_{kt} :

$$\sigma_{kt} := 1.18$$

Trị số hiệu chỉnh σ_{Fr} :

$$Fr := \frac{v_{dc}^2}{g \cdot h_{tn}}$$

$$Fr = 0.035$$

$$\sigma_{Fr} := 0.92 + 0.3 \cdot Fr$$

$$\sigma_{Fr} = 0.931$$

Trị số hiệu chỉnh σ_e (thu hẹp 1 bên):

$$\sigma_e := 0.955$$

Hệ số lưu lượng μ :

$$\mu := \mu_o \cdot \sigma_L \cdot \sigma_{kt} \cdot \sigma_{Fr} \cdot \sigma_e$$

$$\mu = 0.707$$

$$\varepsilon_{\omega} := \mu$$

Độ thu hẹp: $\theta' := 1 - \varepsilon \cdot (1 - \theta)$ $\theta' = 0.717$

Chiều rộng thoát nước trong mặt cắt thu hẹp: $b_{th} := \varepsilon \cdot B$
 $b_{th} = 277.887$

Diện tích thoát nước trong mặt cắt thu hẹp: $\omega_{th} := b_{th} \cdot h_{tn}$
 $\omega_{th} = 2.334 \times 10^3$

Chu vi ướt của lòng sông: $\chi_{dc} := b_{th} + 2 \cdot h_{tn}$
 $\chi_{dc} = 294.687$

Bán kính thủy lực của lòng sông: $R_{dc} := \frac{\omega_{th}}{\chi_{dc}}$
 $R_{dc} = 7.921$

Hệ số Chezy: $C_{dc} := \frac{1}{n_s} \cdot R_{dc}^y$
 $C_{dc} = 61.207$

$v_{tn} := \frac{Q_s}{\omega_s}$

Độ dốc ma sát của lòng sông thiên nhiên: $i_{tn} := \frac{v_{tn}^2}{C_s^2 \cdot R_s}$

Tốc độ thoát nước trung bình trong mặt cắt thu hẹp: $v_{th} := \frac{Q_s}{\omega_{th}}$

Hệ số a, Λ : $a := 0.055$ $i_{dc} := \frac{\Lambda}{C_{dc}^2 \cdot R_{dc}^2}$

———— Góc khuếch tán hợp bởi đường cong nước vật với trục dòng chảy ψ : ————

$$\psi := \operatorname{atan} \left(a \cdot \frac{\Lambda^{\theta'}}{\log \left(\frac{1}{1 - \theta'} \right)} \right)$$

Chiều dài đoạn mở rộng: $L_{hl} := \frac{B_s \cdot \theta'}{\tan(\psi)} \quad L_{hl} = 3.697 \times 10^3$

Trị số trung bình hình học của độ dốc ma sát i_{tb} :

$$i_{tb} := \sqrt{i_{tn} \cdot i_{dc}} \quad i_{tb} = 5.34 \times 10^{-5}$$

Các hệ số thường dùng: $k_{tl} := 1$

Độ chênh MN thượng - hạ lưu: $z := i_{tb} \cdot (B + L_{hl}) + i_{dc} \cdot L_{kt} + \theta'^2 \cdot \frac{v_{th}^2}{2g}$

Chiều cao nước dâng thượng lưu: $z' := (i_{tb} - i_{tn})(B + L_{hl}) + (i_{dc} - i_{tn}) \cdot L_{kt} + \theta'^2 \cdot \frac{v_{th}^2}{2g}$

Thời kỳ thứ hai thu hẹp lòng sông và chặn dòng bằng phương pháp lấp đứng

Chiều rộng trung bình của cửa hàn khẩu khi bắt đầu hàn khẩu bằng đập lấp đứng B_{tb} :

$$B_{tb} := m \cdot h_{tn}$$

Độ thu hẹp lòng sông tương đương với chiều rộng này là:

$$\theta'' := \frac{B_s - B_{tb}}{B_s}$$

Tính toán tình hình thu hẹp lòng sông trong giai đoạn thứ nhất là lấp đứng bằng đập đến độ thu hẹp $\theta'' = 0,991$. Giả sử độ chênh cột nước $z = 1$ m, tính toán lưu lượng Q_t của đường dẫn dòng thi công (lưu lượng qua nhánh chạy tàu trong đê tài)

$$Q_t := 2000 \cdot z$$

Lưu lượng chảy qua cửa hàn khẩu:

$$Q := Q_s - Q_t$$

Hệ số lưu lượng đơn giản hoá:

$$\mu_g := \frac{Q}{\omega_s \cdot \sqrt{2g \cdot z}}$$

Căn cứ vào đường cong hình 20a, đồng thời căn cứ vào hệ số μ_g đã tính được, đặc tính lòng sông $\Lambda = 2,44$ (tính toán trong thời kỳ thứ nhất), sẽ tính được độ thu hẹp lòng sông dẫn dòng $\theta' = 0,885$ (*carefully check*)

Giả sử dòng nước chảy vòng qua đầu mố của đập lấp đứng là không thuận, đồng thời căn cứ vào số liệu ở §5, dùng hệ số thu hẹp trung bình là $\varepsilon = 0,65$ thì độ thu hẹp lòng sông tính theo công thức (27) là:

$$\theta_{\text{vv}} := 1 - \frac{1 - \theta'}{\varepsilon}$$

Chiều rộng trung bình của cửa hàn khẩu tương ứng với độ thu hẹp này là:

$$B'_{\text{tb}} := (1 - \theta) \cdot B_s$$

Lưu lượng đơn vị giả thiết phân bố đều trên chiều rộng cửa hàn khẩu:

$$q := \frac{Q}{B'_{\text{tb}}}$$

Chiều rộng trung bình của dòng chảy nơi mặt cắt thu hẹp:

$$b'_{\text{th}} := B'_{\text{tb}} \cdot \varepsilon$$

Lưu lượng đơn vị phân bố đều theo chiều rộng mặt cắt thu hẹp:

$$q_{\text{tb}} := \frac{Q}{b'_{\text{th}}}$$

Công suất đơn vị trung bình của dòng chảy nơi mặt cắt thu hẹp:

$$N_{\text{tb}} := \gamma_n \cdot q_{\text{tb}} \cdot z$$

Lưu lượng đơn vị lớn nhất ở cửa hàn khẩu q' , khi xét đến sự tập trung lưu tốc ở đầu mô đập lắp đứng, thường dùng hệ số $k = 1,1 - 1,3$; hoặc lấy trung bình là 1,2 để tính:

$$q' := k \cdot q$$

Công suất lớn nhất của dòng chảy ở cửa hàn khẩu:

$$N_{\text{max}} := \gamma_n \cdot q' \cdot z$$

Khi độ thu hẹp thay đổi trong phạm vi dưới $\theta = 0,991$; tiến hành tính toán như nhau đối với 1 loạt trị số độ chênh z thì trị số $\theta = 0,991$ là tương ứng với lúc bắt đầu hàn khẩu bằng đập theo phương pháp lắp đứng (độ dốc đã nói liền trên đáy sông)

Căn cứ vào kết quả tính được, vẽ đường cong quan hệ giữa độ chênh mực nước z , lưu lượng đơn vị q , lưu tốc trung bình vtb, công suất đơn vị lớn nhất của dòng nước trong quá trình chặn dòng với chiều rộng trung bình Btb của cửa hàn khẩu (hình 21b).

Trước khi tiến hành nghiên cứu thí nghiệm 1 cách có hệ thống để kiểm tra kỹ khả năng thoát nước của cửa hàn khẩu hình tam giác, thì tính toán cho giai đoạn hàn khẩu bằng đập theo phương pháp lắp đứng nên tiến hành tính toán tương tự như giai đoạn đập lắp đứng trong giai đoạn thứ nhất.

Giả sử độ chênh mực nước z tương ứng với độ thu hẹp $\theta > 0,991$, ví dụ $z = 2,7\text{m}$. Khi đó, lưu lượng Q_t chảy qua đường dẫn là:

$$Q_t := 2000 \cdot z$$

Lưu lượng chảy qua cửa hàn khẩu:

$$Q_s := Q_s - Q_t$$

Hệ số thu hẹp $\varepsilon = 1$:

$$\varepsilon := 1$$

Độ thu hẹp lòng sông:

$$\theta := 1 - \frac{Q}{4\omega_s \cdot \sqrt{z}}$$

Diện tích cửa hàn khẩu có thể xác định theo quan điểm hình học, căn cứ vào công thức:

$$\omega = B_s \cdot (1 - \theta) \cdot h_{\text{tn}} \cdot H$$

Mặt khác diện tích này cũng có thể biểu thị bằng quan hệ:

$$\omega = \frac{B_{tb}^2}{m}$$

Từ 2 công thức trên dẫn đến: $B_{tb} := \sqrt{m \cdot \omega_s \cdot (1 - \theta)}$

Chiều rộng phía trên cửa hàn khẩu (theo mặt nước): $B_{hk} := 2B_{tb}$

Lưu lượng đơn vị phân bố đều trên chiều rộng của cửa hàn khẩu:

$$q := \frac{Q}{B_{tb}}$$

Công suất dòng chảy khi xét đến lưu tốc tập trung: $N := 1.2 \cdot \gamma_n \cdot q \cdot z$

Khi độ thu hẹp $\theta > 0,991$ thì đối với 1 số trị số độ chênh z sẽ tiến hành tính toán như nhau.

Căn cứ vào kết quả tính toán, vẽ được đồ thị quan hệ giữa z , q , N , vtb với chiều rộng trung bình của cửa hàn khẩu B_{tb} trong giai đoạn chặn dòng (hình 21b)

Khi độ thu hẹp $\theta > 0,991$ thì đối với một trị số độ chênh z sẽ tiến hành tính toán, vẽ được đồ thị quan hệ giữa độ chênh lệch z , q , z và N với chiều rộng trung bình của cửa hàn khẩu trong giai đoạn chặn dòng (xem hình 21b)

Trên đồ thị này có thể vẽ được quan hệ giữa lưu tốc trung bình v của cửa hàn khẩu với chiều rộng B của cửa hàn khẩu.

Qua ví dụ tính toán trên đây, cũng như qua tài liệu nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và tài liệu chặn dòng bằng phương pháp lắp đứng của nhiều dòng song đã cho ta thấy rằng, giai đoạn chặn dòng cửa hàn khẩu là rất căng thẳng, bởi vì lúc ấy ở cửa hàn khẩu có công suất rất lớn, và lưu tốc dòng nước lớn nhất.

3.2 Tính toán khối lượng đá đổ theo các phương pháp thi công

Phương pháp lấp bằng

$$Q_s := 5600$$

$$B := 200$$

$$z_{\max} := 2.8$$

$$q_{\max} := \frac{Q_s}{B}$$

$$\gamma_d := 2.6$$

$$\gamma := 1.0$$

$$d := 0.44$$

$$\frac{g}{\omega} := 9.81$$

$$h_{tn} := 8.4$$

$$n := 0.1$$

$$N_{th} := 0.25 \cdot \gamma \cdot q_{\max} \cdot z_{\max}$$

$$v_{\max} := 1.2 \sqrt{2g \cdot \frac{\gamma_d - \gamma}{\gamma} \cdot d}$$

$$q_{th} := \frac{q_{\max}}{2} \quad z_{th} := \frac{z_{\max}}{2}$$

$$h_0 := \frac{q_{th}}{v_{\max}} \quad h_0 = 3.139$$

$$e := h_{tn} - h_0 \quad e = 5.261$$

$$S_{cc} := \frac{e \cdot N_{th} \cdot h_0^{\frac{1}{3}}}{\gamma \cdot n^2 \cdot v_{\max}^3} \left(1 + \frac{z_{th}}{2e} \right) + 1.25 (h_{tn} + z_{\max})^2 \quad S_{cc} = 349.649$$

$$V_{lb} := S_{cc} \cdot B \quad V_{lb} = 6.993 \times 10^4 \quad (\text{m}^3)$$

Phương pháp lấp đùng

$$v_{\min} := 0.75v_{\max}$$

$$v_{\min} = 3.345$$

$$h := h_{\text{tn}} + z_{\max}$$

$$h = 11.2$$

$$a := 3$$

$$m := 1.25$$

$$B_1 := 200$$

$$B_2 := 112$$

1. Dùng phương pháp lấp đùng mặt cát dày đặc để chặn dòng, chiều rộng cửa hàn khẩu từ $B_1 = 200\text{m}$ đến $B_2 = 112\text{m}$

$$V_1 := (a + m \cdot h)h \cdot (B_1 - B_2) \quad V_1 = 1.676 \times 10^4$$

2. Dùng lấp đùng để xây đập chặn dòng, vật liệu có khả năng bị xói rời, chiều rộng cửa hàn khẩu từ $B_2 = 112\text{m}$ đến $B_3 = 10\text{m}$

Giả sử $B = 100\text{m}$ (*tra hình 21b, 81a*) $q := 26.7$ $z := 1.45$

$$N_{\max} := \gamma \cdot q \cdot z \quad N_{\max} = 38.715$$

$$h_0 := \frac{q}{v_{\max}} \quad h_0 = 5.987$$

$$e := h_{\text{tn}} - h_0 \quad e = 2.413$$

$$S_2 := \frac{e \cdot N_{\max} \cdot h_0^{\frac{1}{3}}}{\gamma \cdot n^2 \cdot v_{\max}^3} \left(1 + \frac{z}{2e} \right) + 1.25 (h_{\text{tn}} + z_{\max})^2 \quad S_2 = 405.499$$

Vẽ đồ thị quan hệ B ~ S**Sau đó tính tổng khối lượng đá đổ bằng diện tích $S = f(B)$**

$$V_2 := 46200$$

3. Trong giai đoạn hàn khẩu bằng phương pháp lấp đứng, chiều rộng trung bình ban đầu của cửa hàn khẩu $B_3 = 10\text{m}$, đường kính đá đổ $d = 1,15\text{m}$

$$N_{\text{thld}} := 100$$

$$N := N_{\text{thld}}$$

$$B_3 := 10$$

$$z := 2.64$$

$$d_{\text{max}} := 1.15$$

$$q := 37.8$$

$$v_{\text{max}} := 1.2 \sqrt{2g \cdot \frac{\gamma d^{-\gamma}}{\gamma} d_{\text{max}}}$$

$$v_{\text{max}} = 7.21$$

$$h_0 := \frac{q}{v_{\text{max}}}$$

$$h_0 = 5.243$$

$$e := h_{\text{tn}} - h_0$$

$$e = 3.157$$

$$S_3 := \frac{e \cdot N \cdot h_0^{\frac{1}{3}}}{\gamma \cdot n^2 \cdot v_{\text{max}}^3} \left(1 + \frac{z}{2e} \right) + 1.25 (h_{\text{tn}} + z_{\text{max}})^2$$

$$S_3 = 364.316$$

$$V_3 := S_3 \cdot B_3$$

$$V_3 = 3.643 \times 10^3$$

$$V_{\text{ld}} := V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{\text{ld}} = 6.66 \times 10^4 \quad (\text{m}^3)$$

Kết luận và kiến nghị

Đề tài đã xuất phát từ việc nghiên cứu, phân tích bản chất một số vấn đề thủy lực trong thi công các công trình chỉnh trị sông phân lạch dạng đập khóa sử dụng vật liệu đá đổ.

Các tác giả đã xây dựng được chương trình tính toán bằng phần mềm Mathcad để tính toán một số vấn đề thủy lực trong thi công đập khóa. Chương trình tính này thống nhất và thuận tiện cho việc tính toán thủy lực đập khóa và áp dụng được cho công trình đập khóa bất kỳ xây dựng trong tương lai ở Việt Nam.

Kết quả của đề tài có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, học viên, sinh viên chuyên ngành công trình thủy, thủy lợi.

Hướng phát triển tiếp theo của đề tài là tính toán kiểm chứng cho các công trình đập khóa thực tế.

Tài liệu tham khảo

1. Lương Phương Hậu, Nguyễn Thanh Hoàn, Nguyễn Thị Hải Lý (2011), *Chỉ dẫn kỹ thuật công trình chỉnh trị sông*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
 2. Phạm Thành Nam, Nguyễn Đình Lương, Lương Phương Hậu (2010), *Thủy lực học công trình chỉnh trị sông*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
 3. Nguyễn Tài, Lê Bá Sơn, *Thủy lực*, tập 1 & 2, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2008.
 4. Nguyễn Viết Trung, Vũ Văn Toàn, Trần Thu Hằng (2004), *Tính toán kỹ thuật xây dựng trên Mathcad*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
 5. Đào Văn Tuấn (2002), *Công trình đường thủy*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
 6. Bộ môn Xây dựng đường thủy (2010), Bài giảng *Động lực học sông biển*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Hải Phòng.
 7. Viện Khoa học Thủy lợi (2008), *Sổ tay kỹ thuật thủy lợi*, phần 2 tập 5, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
 8. B. Przedwojski, R. Blazejewski, K.W. Pilarczyk (1994), *River training techniques*, Delft/Poznan.
 9. U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design (1994), *River Hydraulics*, Washington D.C.
-

Phụ lục

