

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<b>CHƯƠNG I: GIỚI THIỆU CHUNG</b>	1
<b>1.1 Khái quát về dòng chảy sông ngòi Việt Nam</b>	1
1.1.1 Đặc điểm chung	1
1.1.2 Các hệ thống sông chính ở Việt Nam	2
1.1.3 Tình hình lũ lụt của các sông	15
<b>1.2 Tần suất lũ tính toán</b>	19
<b>1.3 Một số lưu ý trong công tác tính toán thuỷ văn cầu đường</b>	20
<b>CHƯƠNG II: TÍNH TOÁN DÒNG CHÁY TRONG ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN</b>	24
<b>2.1 Những qui định chung</b>	24
2.1.1 Nguyên tắc cơ bản trong việc tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế	24
2.1.2 Sử dụng những nguồn tài liệu hiện có	24
2.1.3 Kiểm tra phân tích tài liệu gốc về các mặt	24
2.1.4 Điều kiện chọn lưu vực tương tự	25
<b>2.2 Tính toán lưu lượng đỉnh lũ thiết kế</b>	25
2.2.1 Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế khi có tài liệu đo đặc thuỷ văn	25
2.2.2 Tính lưu lượng lũ thiết kế khi chuỗi tài liệu quan trắc ngắn	30
2.2.3 Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế trường hợp không có tài liệu quan thuỷ văn	32
<b>2.3 Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế</b>	41
2.3.1 Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi có đủ tài liệu quan trắc mực nước	41
2.3.2 Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi chuỗi quan trắc ngắn	42
2.3.3 Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi không có tài liệu quan trắc	43
2.3.4 Tính mực nước thiết kế qua vùng nội đồng	43
2.3.5 Tính mực nước thiết kế qua vùng thung lũng và chảy tràn trước núi	44
<b>2.4 Tính tổng lượng lũ và đường quá trình lũ thiết kế</b>	45
2.4.1 Xác định tổng lượng lũ thiết kế	45
2.4.2 Xây dựng đường quá trình lũ thiết kế	46
<b>2.5 Tính mực nước thông thuyền, mực nước thi công, mực nước thấp nhất</b>	50
2.5.1 Tính mực nước thông thuyền	50
2.5.2 Xác định mực nước thi công	51
2.5.3 Xác định mực nước thấp nhất	51
<i>Phụ lục 2 -1 đến Phụ lục 2 -12</i>	53– 75
<b>CHƯƠNG III: TÍNH TOÁN THUỶ VĂN TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT</b>	76
<b>3.1 Tính toán dòng chảy khi vị trí cầu bị ảnh hưởng nước dênh sóng lớn</b>	76
3.1.1 Đặt vấn đề	76
3.1.2 Tính lưu lượng thiết kế khi có số liệu quan trắc thuỷ văn	76
3.1.3 Tính lưu lượng thiết kế khi không có số liệu quan trắc thuỷ văn	79

ML-1

3.1.4	Tính mực nước thiết kế	80
<b>3.2</b>	<b>Tính toán lưu lượng ở vị trí cầu trong miền ảnh hưởng của hồ đập</b>	<b>82</b>
3.2.1	Cầu nằm ở thượng lưu đập vĩnh cửu	82
3.2.2	Cầu nằm ở hạ lưu đập vĩnh cửu	83
3.2.3	Cầu ở hạ lưu hồ chứa nước tạm thời	87
3.2.4	Cầu nằm ở thượng lưu đập chứa nước tạm thời	90
<b>3.3</b>	<b>Tính toán dòng chảy trong khu vực ảnh hưởng của thuỷ triều</b>	<b>90</b>
3.3.1	Tính lưu lượng và mực nước khi không có tài liệu quan trắc	90
3.3.2	Tính lưu lượng thiết kế cầu trên sông ảnh hưởng thuỷ triều khi có tài liệu quan trắc	91
<b>3.4</b>	<b>Biện pháp điều chỉnh lưu lượng trong tình hình đặc biệt</b>	<b>93</b>
3.4.1	Nguyên tắc nhập cầu cống và tính toán lưu lượng	93
3.4.2	Ước tính truyền lũ	94
3.4.3	Tính lưu lượng thiết kế sông máng	96
3.4.4	Tính lưu lượng ở khu vực có hiện tượng caestos	96
<b>3.5</b>	<b>Nghiệm chứng lưu lượng tính toán</b>	<b>97</b>
3.5.1	Biện pháp nghiệm chứng bằng điều tra hình thái	97
3.5.2	Phương pháp nghiệm chứng lưu lượng lớn nhất lịch sử chảy qua cầu cống cũ	98
3.5.3	Điều chỉnh lưu lượng lý luận	98
<b>CHƯƠNG IV: PHÂN TÍCH THUỶ LỰC CÔNG TRÌNH CẦU THÔNG THƯỜNG</b>		<b>100</b>
<b>4.1</b>	<b>Yêu cầu cơ bản khi định các phương án khẩu độ cầu</b>	<b>100</b>
<b>4.2</b>	<b>Xác định khẩu độ cầu thông thường</b>	<b>100</b>
4.2.1	Yêu cầu khẩu độ cầu	100
4.2.2	Tài liệu ban đầu để xác định khẩu độ cầu	100
4.2.3	Công thức xác định khẩu độ cầu	101
<b>4.3</b>	<b>Xói dưới cầu</b>	<b>103</b>
4.3.1	Phân biệt ba loại xói có thể gây nguy hiểm cho cầu vượt sông	103
4.3.2	Nguyên nhân gây xói và cách xác định chiều sâu của ba loại xói	103
<b>4.4</b>	<b>Phân tích xói chung</b>	<b>106</b>
4.4.1	Xói chung ở dòng nước đục	106
4.4.2	Xói chung ở dòng nước trong	107
4.4.3	Sử dụng công thức tính xói chung	107
<b>4.5</b>	<b>Phân tích xói cục bộ</b>	<b>108</b>
4.5.1	Xói cục bộ ở trụ cầu	108
4.5.2	Phân tích xói cục bộ ở mó cầu	114
<b>4.6</b>	<b>Xác định chiều sau đặt móng trụ cầu</b>	<b>116</b>
<b>4.7</b>	<b>Xác định chiều cao nước dâng lớn nhất khu vực sông chịu ảnh hưởng của cầu và nền đường đắp qua bờ sông</b>	<b>118</b>
4.7.1	Hình dạng đường mặt nước khu vực cầu	118

4.7.2	Xác định các đặc trưng độ dênh nước phía thượng lưu cầu	119
<b>4.8</b>	<b>Tính không dưới cầu</b>	<b>121</b>
4.8.1	Tính không hay khổ giới hạn gầm cầu	121
4.8.2	Xác định mực nước thông thuyền	121
	<i>Phụ lục 4-1 đến Phụ lục 4 - 5</i>	123- 145
<b>CHƯƠNG V: TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÔNG TRÌNH CẦU TRONG TRƯỜNG HỌP ĐẶC BIỆT</b>		<b>146</b>
<b>5.1</b>	<b>Tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông</b>	<b>146</b>
5.1.1	Những điểm cần chú ý khi tính nhiều cầu trên 1 sông	146
5.1.2	Tính khẩu độ cầu	147
<b>5.2</b>	<b>Tính khẩu độ cầu trên sông rộng chảy tràn lan</b>	<b>152</b>
5.2.1	Sông bãi rộng vùng đồng bằng	152
5.2.2	Sông chảy tràn lan vùng trước núi	156
5.2.3	Sông ở vùng hồ ao đầm lầy nội địa	158
<b>5.3</b>	<b>Thiết kế khẩu độ cầu qua dòng bùn đá</b>	<b>162</b>
5.3.1	Miêu tả đặc trưng	162
5.3.2	Nguyên tắc bố trí vị trí cầu	162
5.3.3	Xác định lưu lượng và khẩu độ	164
<b>5.4</b>	<b>Thiết kế khẩu độ cầu ở khu vực hồ chứa nước</b>	<b>166</b>
5.4.1	Khái niệm chung về hồ chứa nước	167
5.4.2	Tính khẩu độ cầu cống trong phạm vi ảnh hưởng hồ chứa nước	169
<b>5.5</b>	<b>Tính khẩu độ cầu khi vị trí cầu bị ảnh hưởng thuỷ triều</b>	<b>169</b>
5.5.1	Theo hướng dẫn khảo sát và thiết kế các công trình vượt sông trên đường bộ và đường sắt (NIMP72) của Liên Xô trước đây	169
5.5.2	Theo sổ tay tính toán thuỷ văn cầu đường Trung Quốc	170
<b>5.6</b>	<b>Tính khẩu độ cầu, khi vị trí cầu bị ảnh hưởng nước dênh sông lớn</b>	<b>171</b>
<b>5.7</b>	<b>Tính khẩu độ cầu trong điều kiện dòng chảy điều tiết ở trong kênh</b>	<b>172</b>
5.7.1	Phương pháp tính	172
5.7.2	Những yêu cầu khi thiết kế công trình thoát nước qua kênh	172
<b>5.8</b>	<b>Kiểm toán công trình cầu hiện tại</b>	<b>172</b>
5.8.1	Xác định các đặc tính dòng chảy	172
5.8.2	Kiểm toán khẩu độ cầu	174
5.8.3	Kiểm toán xói chung	175
5.8.4	Kiểm toán xói cục bộ	175
5.8.5	Kiểm tra nền đường đầu cầu và công trình kè hướng dòng	175
<b>CHƯƠNG VI: DỰ BÁO QUA TRÌNH DIỄN BIẾN LÒNG SÔNG</b>		<b>177</b>
<b>6.1</b>	<b>Định nghĩa, nguyên nhân, phân loại diễn biến lòng sông</b>	<b>177</b>
6.1.1	Định nghĩa	177

6.1.2	Nguyên nhân của diễn biến lòng sông	177
6.1.3	Phân loại diễn biến lòng sông	177
6.1.4	Các yếu tố ảnh hưởng đến diễn biến lòng sông	178
<b>6.2</b>	<b>Các yếu tố đặc trưng hình thái sông</b>	<b>178</b>
6.2.1	Phân loại sông	179
6.2.2	Các yếu tố trên mặt cắt ngang	181
6.2.3	Các yếu tố trên mặt bằng	183
6.2.4	Các yếu tố trên mặt cắt dọc	184
<b>6.3</b>	<b>Tính chất của diễn biến lòng sông</b>	<b>185</b>
6.3.1	Tác động giữa dòng nước và lòng dẫn là tương hỗ	185
6.3.2	Tính hạn chế của các tổ hợp yếu tố tự nhiên trong diễn biến lòng sông	185
6.3.3	Tính không liên tục trong diễn biến lòng sông	185
6.3.4	Sự biến hình lòng dẫn luôn luôn đi sau sự thay đổi của dòng nước	185
6.3.5	Tính tự điều chỉnh trong diễn biến lòng sông	185
<b>6.4</b>	<b>Phương trình biến hình lòng sông</b>	<b>186</b>
6.4.1	Khảo sát trong hệ toạ độ vuông góc	186
6.4.2	Khảo sát trong hệ toạ độ tự nhiên	187
<b>6.5</b>	<b>Các phương pháp phân tích, dự báo diễn biến lòng sông</b>	<b>189</b>
6.5.1	Khái quát	189
6.5.2	Dự báo diễn biến lòng sông bằng phương pháp phân tích số liệu thực đo	190
6.5.3	Dự báo diễn biến lòng sông bằng các phương pháp mô hình hóa	196
6.5.4	Dự báo diễn biến lòng sông bằng phương pháp phân tích ảnh viễn thám	208
6.5.5	Dự báo diễn biến lòng sông bằng các công thức kinh nghiệm	211
<b>CHƯƠNG VII: THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH TRONG KHU VỰC CẦU VƯỢT SÔNG</b>		<b>217</b>
<b>7.1</b>	<b>Nền đường đầu cầu và nền đường bãi sông</b>	<b>217</b>
7.1.1	Điều tra mực nước lũ nền đường	217
7.1.2	Xác định cao độ vai đường đầu cầu thấp nhất	218
7.1.3	Tính toán lưu tốc dòng nước của nền đường bãi sông	220
7.1.4	Tính sóng leo lên mái dốc công trình	221
<b>7.2</b>	<b>Công trình điều tiết bảo vệ cầu</b>	<b>225</b>
7.2.1	Khái niệm ban đầu	225
7.2.2	Chọn hình dạng chung công trình điều tiết và công dụng của nó	225
7.2.3	Tính kích thước bình diện công trình điều tiết	228
7.2.4	Xác định mặt cắt kè đập	235
7.2.5	Xác định cao độ đỉnh kè hướng dòng và kè chữ T	237
7.2.6	Tính xói ở công trình điều tiết	238
<b>7.3</b>	<b>Công trình điều tiết dòng sông</b>	<b>240</b>

7.3.1	Khái niệm	240
7.3.2	Phân loại và đánh giá các công trình điều tiết	241
7.3.3	Thiết kế đường hướng dòng	242
7.3.4	Lựa chọn và bố trí kè	243
7.3.5	Thiết kế mặt cát kè	248
7.3.6	Vấn đề duy tu công trình điều tiết	252
<b>7.4</b>	<b>Công trình cải sông hoặc nắn thẳng</b>	<b>253</b>
7.4.1	Khái lược	253
7.4.2	Lý luận cơ bản về thiết kế công trình cải sông	253
7.4.3	Tài liệu cần cho thiết kế	258
7.4.4	Thiết kế cải sông	258
7.4.5	Tính toán thuỷ lực	261
<b>7.5</b>	<b>Công trình bảo vệ bờ sông chống lũ</b>	<b>266</b>
7.5.1	Giới thiệu chung	266
7.5.2	Thiết kế gia cố thân kè	269
7.5.3	Thiết kế gia cố chân kè	275
7.5.4	Kết cấu đinh kè	280
<b>CHƯƠNG VIII: TÍNH TOÁN THUỶ VĂN, THUỶ LỰC CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC DỌC TUYẾN</b>		<b>281</b>
<b>8.1</b>	<b>Tính toán thuỷ văn thuỷ lực cầu nhỏ và cống</b>	<b>281</b>
8.1.1	Tài liệu cơ bản và thông số đầu vào	281
8.1.2	Tính lưu lượng thiết kế	282
8.1.3	Tính khẩu độ cầu nhỏ	283
8.1.4	Khẩu độ cống và các nguyên tắc tính toán thuỷ lực cống	290
8.1.5	Cầu nhỏ, cống khu vực đồng bằng	292
<b>8.2</b>	<b>Đường tràn</b>	<b>294</b>
<b>8.3</b>	<b>Thoát nước nền đường</b>	<b>297</b>
8.3.1	Phân loại các công trình thoát nước	297
8.3.2	Thiết kế hệ thống thoát nước	298
8.3.3	Thiết kế rãnh thoát nước mặt	299
8.3.4	Thiết kế rãnh, ống thoát nước ngầm	301
<b>CHƯƠNG IX: TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ MẠNG LƯỚI THOÁT NƯỚC ĐÔ THỊ</b>		<b>304</b>
<b>9.1</b>	<b>Hệ thống thoát nước</b>	<b>304</b>
9.1.1	Khái niệm	304
9.1.2	Hệ thống thoát nước	304
<b>9.2</b>	<b>Tính lưu lượng nước mưa</b>	<b>305</b>
9.2.1	Phương pháp và công thức tính toán	305
9.2.2	Cường độ mưa, tính toán thời gian mưa thiết kế	305

9.2.3	Hệ số dòng chảy	309
9.2.4	Hệ số mưa không đều	310
<b>9.3</b>	<b>Tính lưu lượng nước thải</b>	<b>311</b>
9.3.1	Cơ sở chung	311
9.3.2	Tổng lưu lượng nước thải	311
<b>9.4</b>	<b>Đặc điểm chuyển động của nước thải đô thị</b>	<b>313</b>
9.4.1	Tiết diện cống và đặc tính thuỷ lực	313
9.4.2	Tổn thất cục bộ trong mạng lưới thoát nước	315
9.4.3	Đường kính tối thiểu và độ đầy tối đa	316
9.4.4	Tốc độ và độ dốc	317
<b>9.5</b>	<b>Thiết kế mạng lưới thoát nước</b>	<b>319</b>
9.5.1	Một số nguyên tắc thiết kế	319
9.5.2	Thiết kế mạng lưới thoát nước	319
	<i>Danh sách các trạm khí tượng</i>	<i>Trạm KT1- Trạm KT5</i>
	<i>Danh sách các trạm thuỷ văn</i>	<i>Trạm TV1- Trạm TV11</i>

## CHƯƠNG I – GIỚI THIỆU CHUNG

### §1.1. Khái quát về dòng chảy lũ sông ngòi Việt Nam

#### 1.1.1. Đặc điểm chung.

Với đặc điểm của khí hậu nhiệt đới gió mùa, hàng năm nước ta có 2 mùa gió chính: mùa đông là gió mùa đông bắc, mùa hè có gió mùa tây nam. Gió mùa tây nam đi qua biển mang theo nhiều ẩm vào đất liền. Trong mùa hè thường có bão và áp thấp nhiệt đới gây ra mưa lớn trên diện rộng. Hàng năm trung bình có từ 4 đến 5 cơn bão, nhiều nhất tới 12, 13 cơn bão đổ bộ hoặc ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta. Do tác động của địa hình, khi có bão hoặc áp thấp nhiệt đới, lũ lụt xuất hiện tuy từng vùng, từng sông. Lũ của các sông phân bố theo không gian không đồng nhất, nơi sớm, nơi muộn, nơi hung dữ, nơi hiền hoà. Trong từng vùng nhỏ, do ảnh hưởng của địa hình mà sự hình thành, tính chất lũ lại có những đặc điểm riêng. Nghiêm trọng nhất là tại các khu vực bão làm cho nước biển dâng cao và đưa nước vào sâu các cửa sông làm ngập các vùng đồng bằng rộng lớn. Mặt khác mưa do bão gây ra khi gặp lũ sông đang ở giai đoạn lũ cao sẽ tạo ra lũ lớn đe doạ hệ thống đê điều và nền dân sinh, kinh tế. Những thiên tai đó càng trầm trọng hơn do các hoạt động không hợp lý của con người. Ở vùng rừng núi, việc chặt phá cây đã làm tăng xói mòn, lượng phù sa và dòng chảy mặt nêu mực nước lũ xảy ra cao hơn và sớm hơn thường kỳ. Mưa bão, lũ lụt đang trở thành thiên tai nghiêm trọng nhất ở nước ta.

Nguồn nước mặt phong phú đã dẫn đến việc hình thành trên lãnh thổ nước ta khoảng 2.360 sông suối có chiều dài từ 10km trở lên và dọc theo 3260km bờ biển có hơn 1600 sông rộng chảy ra biển, trung bình cứ 20km lại có một cửa sông.

Mạng lưới sông suối ở Việt Nam có các đặc tính sau:

- + Mật độ cao.
- + Dòng chảy chủ yếu theo hướng tây bắc - đông nam.
- + Nhiều con sông tụ hội lại ở vùng thượng lưu trước khi đổ xuống đồng bằng.
- + Dòng sông chảy xiết ở vùng núi cao rồi từ từ chảy chậm dần trước khi đổ ra biển.
- + Hai mùa phân biệt của dòng chảy xảy ra vào mùa khô và mùa mưa.

Trên lãnh thổ Việt Nam, mùa mưa và chế độ dòng chảy phân hóa theo không gian khá rõ:

Bắc Bộ, mùa mưa từ tháng 4 đến tháng 9, tháng 10

Bắc Trung Bộ, mùa mưa từ tháng 8 đến tháng 12

Nam Trung bộ, mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12

Trung và Nam Tây Nguyên, mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10

Nam Bộ, mùa mưa từ tháng 4, tháng 5 đến tháng 10, tháng 11.

Như vậy, trừ vùng duyên hải Trung Bộ có mùa mưa bắt đầu muộn nhất do địa hình của dãy Trường Sơn phối hợp với hoàn lưu đông bắc tạo nên, còn phần lớn lãnh thổ nước ta có mùa mưa bắt đầu từ tháng 4, tháng 5 và kết thúc vào tháng 10, tháng 11.

Nhìn chung, mùa lũ thường ngắn hơn mùa mưa 1 hoặc 2 tháng và xuất hiện chậm hơn mùa mưa khoảng 1 tháng. Trong thời gian ngập lụt vào mùa mưa, lượng dòng chảy chiếm tới  $70\div80\%$  của tổng lượng nước hàng năm, trong khi đó vào mùa khô chỉ chiếm

20÷30%. Trong mùa khô sông hẹp, tốc độ chảy giảm và ảnh hưởng của thuỷ triều, nước mặn cũng lớn hơn so với mùa mưa.

Hiện tượng lũ quét xuất hiện trên các lưu vực nhỏ, dốc ở miền Trung cũng như vùng thượng nguồn của các con sông chính đã gây ra nhiều thiệt hại về người và tài sản. Dòng chảy lũ đôi khi mang theo bùn đá, cát sỏi có thể chôn vùi cả nhà cửa và các công trình hạ tầng cơ sở.

Ngoài các nhân tố khí hậu, các yếu tố mặt đệm (rừng, thổ nhưỡng...), yếu tố địa hình, sự hoạt động kinh tế của con người cũng ảnh hưởng lớn đến sự hình thành dòng chảy ở mỗi vùng, mỗi khu vực nhỏ. Việc nghiên cứu toàn diện các yếu tố khí tượng, thuỷ văn để có được những giải pháp thích hợp, đảm bảo được tính bền vững của công trình trước những tác động của thiên nhiên có một vị trí quan trọng trong công tác khảo sát thiết kế công trình giao thông.

### 1.1.2. Các hệ thống sông chính ở Việt Nam

Tuy mạng sông suối ở nước ta khá dày nhưng phân bố không đều, phần lớn là các sông nhỏ và vừa. Các hệ thống sông lớn của nước ta (sông Hồng và sông Mê Kông) đều có phần lớn diện tích lưu vực ở nước ngoài. Phần dưới đây sẽ giới thiệu một số nét về các lưu vực sông chính ở nước ta.

#### a. Hệ thống sông Kỳ Cùng – Bằng Giang

Hệ thống sông Kỳ Cùng – Bằng Giang nằm trong vùng mảng trũng Cao – Lạng và có 2 sông chính: sông Kỳ Cùng và sông Bằng Giang. Các sông này đều chảy vào sông Tả Giang ở Quảng Tây – Trung Quốc.

##### Sông Kỳ Cùng:

Sông Kỳ Cùng là sông lớn nhất trong tỉnh Lạng Sơn, phần thượng và trung lưu ở phía Việt Nam có tên là Kỳ Cùng. Chiều dài sông chính là 243km với diện tích lưu vực là 6660km<sup>2</sup>.

Sông Kỳ Cùng bắt nguồn từ vùng núi Ba Xá cao trên 600m, chảy theo hướng đông nam - tây bắc qua Lộc Bình, Lạng Sơn, Diêm He, Na Sầm đến Thất Khê thì sông uốn khúc, chảy theo hướng gần tây bắc - đông nam tới biên giới.

Lượng nước sông Kỳ Cùng đã ít so với các vùng ở Bắc bộ mà còn phân phối không đều trong năm, từ 65 đến 75% lượng dòng chảy của cả năm tập trung vào các tháng mùa lũ, từ tháng 6 đến tháng 11. Mùa cạn kéo dài trong 8 tháng, từ tháng 10 đến tháng 5 năm sau nhưng chỉ chiếm 25 ÷ 35% lượng dòng chảy cả năm.

Nước lũ sông Kỳ Cùng có tính chất lũ núi rõ rệt, các đặc trưng dòng chảy lũ đều có giá trị tương đối lớn so với các vùng khác trên miền Bắc. Cường suất mực nước lớn nhất trên các trạm thuỷ văn từ 41 đến 68 cm/h; mô đun đỉnh lũ đều đạt trên 1000l/s.km<sup>2</sup>

Trên sông Kỳ Cùng đã xảy ra các trận lũ lớn vào các năm 1980 và 1986.

##### Sông Bằng Giang:

Sông Bằng Giang là sông lớn thứ hai trong lưu vực sông Kỳ Cùng. Sông bắt nguồn từ vùng núi Nà Vài cao 600m, chảy theo hướng tây bắc - đông nam và nhập vào sông Tả Giang tại Long Châu. Chiều dài sông chính là 108km với diện tích lưu vực là 4560km<sup>2</sup>.

Mùa lũ trên sông Bằng Giang kéo dài trong 4 tháng, từ tháng 6 đến tháng 9, lượng dòng chảy chiếm 76% lượng dòng chảy cả năm. Mùa cạn kéo dài từ tháng 10 đến tháng 5.

Dòng chảy lũ, nước lũ trên sông Bằng Giang có đặc điểm lũ núi rõ rệt, nước lũ lên xuống nhanh. Biên độ mực nước lớn nhất tương đối lớn, trên 7m. Dòng chảy lũ tập trung

vào 3 tháng: tháng 6, tháng 7 và tháng 8, trong đó lớn nhất là tháng 8, chiếm tới 24,5% lượng dòng chảy cả năm. Trên lưu vực sông Bằng Giang có sự khác biệt rõ rệt giữa vùng đá vôi và núi đất về dòng chảy lớn nhất. Vùng núi đá vôi có địa hình núi sót là phổ biến, nước lũ có điều kiện tập trung nhanh vào lòng sông, gây nên lũ lớn. Ngược lại, vùng núi đất do rừng cây và tầng phong hoá đã có tác dụng điều tiết lũ nên dòng chảy lớn nhất nhỏ hơn.

### b. Hệ thống sông Hồng

Sông Hồng là hệ thống sông lớn nhất miền Bắc nước ta. Sông Thao được coi là dòng chính của sông Hồng bắt nguồn từ dãy núi Nguy Sơn cao gần 2000m thuộc tỉnh Vân Nam - Trung Quốc. Các phụ lưu lớn nhất là sông Đà, sông Lô cũng bắt nguồn từ tỉnh Vân Nam của Trung Quốc. Sông Đà, sông Lô gia nhập vào sông Hồng ở khu vực Việt Trì. Đến đây, hệ thống sông Hồng đã được hình thành, với tổng diện tích là 143700 km<sup>2</sup> thuộc châu thổ sông Hồng thì tổng diện tích của hệ thống sông Hồng là 155000 km<sup>2</sup>.

Hạ lưu sông Hồng được tính từ Việt Trì, dòng sông chảy vào đồng bằng. Tại phía dưới thị xã Sơn Tây, dòng chính sông Hồng bắt đầu phân lưu: sông Đáy ở bờ phải; sông Cà Lồ, sông Ngũ Huyện Khê ở bờ trái (hiện tại cửa sông đã bị bồi kín). Về tới Hà Nội, một phân lưu nữa được hình thành ở bờ trái sông là sông Đuống nối liền sông Hồng với sông Thái Bình.

Tiếp tục về hạ lưu sông Hồng còn có các phân lưu khác: sông Luộc chảy sang sông Thái Bình ở Quý Cao, sông Trà Lý, sông Đào, sông Ninh Cơ.

Toàn bộ hệ thống, dòng chảy sông ngòi chia làm 2 mùa rõ rệt. Mùa lũ bắt đầu từ tháng 6 và kết thúc vào tháng 10. Tháng xuất hiện lượng nước lớn nhất là tháng 8, lượng nước của tháng này chiếm từ 10% đến 23% tổng lượng nước của cả năm. Nước lũ ở hạ lưu sông Hồng rất ác liệt vì sau khi hội lưu ở Việt Trì, nước lũ của toàn bộ hệ thống sông Hồng thuộc phần trung du và miền núi đổ dồn về đồng bằng, nơi địa hình thấp, lòng sông bị thu hẹp do hệ thống đê bao bọc.

Trong vòng 100 năm gần đây trên triền sông Hồng đã xuất hiện một số trận lũ đặc biệt lớn, trong đó có trận lũ xảy ra và tháng 8 năm 1971 là trận lũ lớn nhất có lưu lượng  $Q_{max}$  tới 37800m<sup>3</sup>/s tại Sơn Tây. Mực nước ở Hà Nội lên tới 14,13m, nếu không có vỡ đê và phân lũ thì mực nước ở Hà Nội lên đến 14,60 ÷ 14,80m (mực nước đã hoàn nguyên). Sau đó là trận lũ xảy ra vào tháng 8 năm 1945 với  $Q_{max}=35500m^3/s$ .

Tại hạ du sông Hồng từ năm 1905 đến năm 1945 đã xảy ra 16 lần vỡ đê (năm 1971 xảy ra lũ đặc biệt lớn, đê cũng bị vỡ) gây thiệt hại rất lớn cho sản xuất và đời sống.

Mùa cạn, dòng chảy sông ngòi trên toàn bộ hệ thống sông Hồng chủ yếu do nước ngầm cung cấp. Do nước sông giảm về mùa cạn nên triều tiến sâu vào nội địa, tới địa phận Hà Nội.

#### Sông Lô:

Sông Lô bắt nguồn từ vùng cao nguyên Vân Nam, bắt đầu chảy vào Việt Nam tại Thanh Thuỷ. Dòng chính sông Lô có chiều dài 470km với diện tích lưu vực là 39000km<sup>2</sup>.

Thượng lưu sông Lô kể từ nguồn tới Bắc Quang. Phần trung lưu từ Bắc Quang đến Tuyên Quang dài 108km, sông rộng trung bình 140m, có nhiều thác ghềnh. Phía trên Tuyên Quang, tại Khe Lau sông Lô nhận thêm sông Gâm là phụ lưu lớn nhất trên lưu vực.

Hạ lưu sông Lô có thể tính từ Tuyên Quang tới Việt Trì, thung lũng sông mở rộng, lòng sông ngay trong mùa cạn cũng rộng tới 200m. Tới Đoan Hùng có sông Chảy gia nhập vào bờ phải sông Lô và trước khi đổ vào sông Hồng ở Việt Trì, sông Lô còn nhận thêm một phụ lưu lớn nữa là sông Phó Đáy, chảy từ phía Chợ Đồn xuống.

Mùa lũ trên sông Lô kéo dài 5 tháng, từ tháng 6 đến tháng 10, trên các phụ lưu mùa lũ ngắn hơn, khoảng 4 tháng từ tháng 6 đến tháng 9. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm khoảng 74% lượng dòng chảy cả năm. Lượng dòng chảy mùa cạn chiếm khoảng 26% lượng dòng chảy cả năm.

Tháng có dòng chảy lớn nhất trong năm xuất hiện vào tháng 8. Ở đoạn trung lưu dòng chảy tháng lớn nhất xuất hiện sớm hơn, vào tháng 7 và chiếm 17 ÷ 20% lượng dòng chảy cả năm. Nói chung, mực nước và lưu lượng trên sông Lô biến đổi nhanh, nước lũ có tính chất lũ núi rõ rệt. Trong hệ thống sông Hồng thì nước lũ trên sông Lô cũng ác liệt nhưng kém hơn sông Đà.

Nước lũ sông Lô hàng năm đe doạ và gây lụt lội cho các vùng ven sông, thị xã Hà Giang và thị xã Tuyên Quang. Mực nước lớn nhất của sông Lô thường vượt quá độ cao trung bình tại thị xã Tuyên Quang, có khi tới 3 ÷ 4m. Ngày 17 và 18 tháng 8/1969, mực nước lớn nhất đã vượt quá độ cao của thị xã Tuyên Quang tới 4,18m. Trên sông Lô, trận lũ tháng 8/1971 cũng là trận lũ lớn nhất với  $Q_{max}=14000\text{m}^3/\text{s}$  tại Phù Ninh.

#### Sông Thao:

Sông Thao bắt nguồn từ dãy núi Nguy Sơn thuộc tỉnh Vân Nam, Trung Quốc. Chiều dài dòng chính là 902km với diện tích lưu vực là 51900km<sup>2</sup>.

Thượng lưu sông Thao có thể tính từ nguồn tới Phố Lu, thung lũng sông hẹp và các đỉnh núi cao ở sát bờ sông. Từ Phố Lu đến Việt Trì là phần trung lưu sông Thao, lòng sông mở rộng, mùa cạn cũng rộng hơn 100m, bãi bồi xuất hiện nhiều.

Chế độ dòng chảy trên sông Thao phụ thuộc vào chế độ mưa, mùa lũ kéo dài trong 5 tháng, từ tháng 6 đến tháng 10 với lượng dòng chảy mùa lũ chiếm khoảng 71% lượng dòng chảy cả năm. Mùa cạn từ tháng 11 đến tháng 5 với lượng dòng chảy chiếm 29% lượng dòng chảy cả năm.

Dòng chảy lũ trên sông Thao không lớn bằng sông Đà và sông Lô. Ba tháng có lưu lượng lớn nhất là tháng 7, tháng 8 và tháng 9. đỉnh lũ lớn nhất thường xuất hiện vào tháng 7 và tháng 8. Đặc biệt mưa bão và front lạnh cũng thường gây ra lũ lớn trên sông Thao vào các tháng 9, 10 và có khi cả tháng 11 nữa. Trên sông Thao, trận lũ tháng 8/1968 là lớn nhất với  $Q_{max}=10100\text{m}^3/\text{s}$  tại Yên Bái.

#### Sông Đà:

Sông Đà cũng bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc tỉnh Vân Nam, Trung Quốc. Chiều dài dòng chính là 1010km, diện tích lưu vực là 52900km<sup>2</sup>.

Thượng lưu sông Đà là từ thượng nguồn tới Pác Ma, sông chảy theo hướng tây bắc đông nam, độ dốc lớn và có nhiều thác ghềnh.

Trung lưu sông Đà từ Pác Ma tới suối Rút, dòng sông chảy giữa 2 dãy núi cao, độ dốc đáy sông đã giảm nhưng thác ghềnh vẫn còn nhiều.

Hạ lưu sông Đà kể từ suối Rút tới Trung Hà, lòng sông mở rộng rõ rệt, trung bình rộng khoảng 200m trong mùa cạn.

Đặc điểm hình thái và lưu vực sông đều thuận lợi cho nước lũ hình thành nhanh chóng và ác liệt. Nước lũ sông Đà lớn nhất trong hệ thống sông Hồng. Mùa lũ kéo dài từ tháng 6 đến tháng 10, lượng nước mùa lũ chiếm khoảng 77% lượng nước cả năm, riêng tháng 8 đã chiếm khoảng 24%, là tháng có lượng dòng chảy lớn nhất. Lượng lũ lớn, đỉnh lũ cao là đặc điểm nổi bật của dòng chảy lớn nhất sông Đà.

Mùa cạn kéo dài trong 7 tháng, từ tháng 11 đến tháng 5, chiếm 23% lượng dòng chảy cả năm.

Trên sông Đà, cũng trong vòng 100 năm qua, hai trận lũ tháng 8/1945 và tháng 8/1996 là lớn nhất, trong đó trận lũ tháng 8/1996 có  $Q_{\max}=22700\text{m}^3/\text{s}$  tại trạm Hoà Bình

Trên hệ thống sông Hồng đã xây dựng một số công trình thuỷ điện: Thuỷ điện Hoà Bình trên sông Đà, thuỷ điện Thác Bà trên sông Chảy. Công trình thuỷ điện Tuyên Quang đang được xây dựng trên sông Gâm và trong thời gian tới, công trình thuỷ điện Sơn La, Lai Châu, Bản Chát, Huội Quảng... và hàng loạt các công trình thuỷ điện vừa và nhỏ cũng sẽ được xây dựng trên lưu vực sông Đà và các lưu vực sông thuộc hệ thống sông Hồng. Với các công trình này, ảnh hưởng của lũ lụt tại hạ du sông Hồng sẽ được giảm nhẹ. Các đánh giá về ảnh hưởng của một số công trình thuỷ điện đến lũ lụt ở hạ du sông Hồng đã được các cơ quan thuộc Tổng cục Khí tượng – Thuỷ văn (Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường) nghiên cứu.

### c. Hệ thống sông Thái Bình

Lưu vực các sông hợp thành hệ thống sông Thái Bình ở phía đông bắc Bắc Bộ; phía Bắc giáp lưu vực các sông Kỳ Cùng – Bằng Giang, phía Nam giáp đồng bằng sông Hồng và sông Thái Bình, phía Đông giáp lưu vực các sông thuộc vùng duyên hải Quảng Ninh và phía Tây giáp lưu vực sông Lô. Những sông chính trong hệ thống sông có thể kể là sông Cầu, sông Thương và sông Lục Nam.

#### Sông Cầu

Sông Cầu là sông chính trong hệ thống sông Thái Bình. Tính đến Phả Lại sông Cầu dài 288km, diện tích lưu vực là  $6030\text{km}^2$ .

Sông Cầu bắt nguồn từ vùng núi Tam Tao (cao 1326m), chảy qua Chợ Đồn, Bắc Kạn, Chợ Mới, Thái Nguyên tới Phả Lại.

Thượng lưu sông Cầu chảy trong vùng núi, theo hướng Bắc - Nam, lòng sông hẹp và rất dốc, nhiều thác ghềnh. Dòng sông uốn khúc quanh co, hệ số uốn khúc lớn, độ rộng trung bình trong mùa cạn khoảng  $50 \div 60\text{m}$  và mùa lũ tối  $80 \div 100\text{m}$ , độ dốc đáy sông đạt trên  $10\%$ .

Trung lưu có thể kể từ Chợ Mới, nơi sông Cầu cắt qua cánh cung Ngân Sơn, chảy theo hướng tây bắc - đông nam trên một đoạn khá dài rồi trở lại hướng cũ cho tới Thái Nguyên. Đoạn này thung lũng đã mở rộng, núi đã thấp xuống rõ rệt và xa bờ sông, độ dốc đáy sông cũng giảm.

Dòng chảy lũ sông Cầu chia làm hai mùa rõ rệt, mùa lũ và mùa cạn. Mùa lũ thường bắt đầu từ tháng 6 nhưng không kết thúc đồng thời trên các vùng khác nhau của lưu vực, nơi sớm là tháng 9, nơi muộn là tháng 10, lượng dòng chảy cũng không vượt quá 75% lượng dòng chảy cả năm.

Ba tháng có lượng dòng chảy lớn nhất chiếm  $50 \div 60\%$  lượng dòng chảy cả năm. Tháng 8 có lượng dòng chảy lớn nhất chiếm  $18 \div 20\%$  lượng dòng chảy cả năm.

Mùa cạn kéo dài trong 7, 8 tháng, từ tháng 10 hoặc tháng 11 tới tháng 5 năm sau, với lượng dòng chảy chiếm  $20 \div 37\%$  lượng dòng chảy cả năm.

Dòng chảy lũ, nước lũ sông Cầu khá ác liệt trên nhiều phụ lưu nhỏ, tính chất lũ núi thể hiện rõ rệt. Cường suất nước lũ từ  $1 \div 2,5\text{m/giờ}$ , biên độ mực nước đạt tới 7 đến 10m trên sông chính và  $4 \div 7\text{m}$  trên các phụ lưu. Thời gian kéo dài một trận lũ trên sông suối nhỏ từ  $1 \div 3$  ngày.

#### Sông Thương:

Lưu vực sông Thương là phụ lưu lớn nhất trong lưu vực các sông hợp thành hệ thống sông Thái Bình. Sông Thương bắt nguồn từ dãy núi Na Pa Phước cao 600m gần ga

Bản Thí thuộc tỉnh Lạng Sơn. Chiều dài dòng chính là 157km với diện tích lưu vực là 6650km<sup>2</sup>.

Thượng lưu sông Thương kể từ nguồn tới phía dưới Chi Lăng, thung lũng sông hẹp, dòng sông khá thẳng, độ dốc đáy sông tới 30‰.

Trung lưu kể từ dưới Chi Lăng đến Bố Hạ, thung lũng sông mở rộng, độ dốc đáy sông hạ thấp ( $2,3 \div 0,83\%$ ) và bắt đầu có các phụ lưu lớn gia nhập (sông Hoá, sông Trung). Trong mùa cạn sông vẫn sâu tới 5  $\div$  6m (do tác dụng của đập dâng nước Cầu Sơn).

Hạ lưu sông Thương kể từ Bố Hạ trở xuống, lòng sông rộng, độ dốc đáy sông nhỏ. Tại đây, sông Lục Nam nhập vào bờ trái cách cửa sông Thương 9,5km.

Mùa lũ kéo dài trong 4 tháng, từ tháng 6 đến tháng 9. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới 75  $\div$  77% lượng dòng chảy cả năm. Lượng dòng chảy 3 tháng lớn nhất (từ tháng 6 đến tháng 8) chiếm tới 61  $\div$  63% lượng dòng chảy cả năm, trong đó lũ lớn nhất thường xuất hiện vào tháng 8. Mùa cạn kéo dài 8 tháng, từ tháng 10 đến tháng 5 năm sau, trong đó tháng 3 là tháng ít nước nhất.

Nước lũ sông Thương có phần hoà hoãn hơn so với lũ sông Cầu và sông Lục Nam. Riêng đoạn thượng lưu từ Chi Lăng trở lên do địa hình dốc nên các đặc trưng dòng chảy lũ ở đây đều thuộc loại lớn.

#### Sông Lục Nam:

Sông Lục Nam là phụ lưu cấp hai lớn nhất của sông Cầu, là sông có lượng nước nhiều thứ hai trong lưu vực những sông hợp thành hệ thống sông Thái Bình.

Bắt nguồn từ vùng núi Kham cao 700m, sông Lục Nam chảy từ Đèn Lập theo hướng tây bắc đông nam là chủ yếu, qua Sơn Động, Chũ, Lục Nam rồi nhập vào sông Thương ở làng Cói, cách cửa sông Thương 9,5km. Chiều dài dòng chính là 175km với diện tích lưu vực là 3070km<sup>2</sup>.

4 tháng mùa lũ, từ tháng 6 đến tháng 9 tập trung tới trên 80% lượng dòng chảy cả năm. 8 tháng mùa cạn từ tháng 10 đến tháng 5 chỉ chiếm 19  $\div$  20% lượng dòng chảy cả năm.

Dòng chảy lũ, nước lũ trên sông Lục Nam thuộc loại ác liệt nhất miền Bắc. Lưu lượng lớn nhất so với lưu lượng nhỏ nhất gấp tới 10000 lần. Trong thời gian gần đây đã xuất hiện một số trận lũ lớn: tháng 7/1965, tháng 8/1968, tháng 8/1969 và tháng 7/1986.

Trên hệ thống sông Thái Bình, lũ lớn nhất trên các sông cũng không xuất hiện đồng bộ. Trong vòng 40 năm qua,  $Q_{max}=3490m^3/s$  (tháng 8/1968) tại Thác Bưởi trên sông Cầu,  $1020m^3/s$  (tháng 7/1965) tại Cầu Sơn trên sông Thương,  $4150m^3/s$  (tháng 7/1986) tại Chũ trên sông Lục Nam.

Lũ ở hạ lưu sông Thái Bình thường do lũ thượng nguồn sông Thái Bình kết hợp với lũ sông Hồng (từ sông Đuống chảy vào) gây ra. Từ năm 1960 đến nay đã xuất hiện trên 30 trận lũ có mực nước lớn nhất đạt trên 5,50m (báo động cấp 3) tại Phả Lại, trong đó trận lũ tháng 8/1971 là lớn nhất với  $H_{max}=7,30m$  tại Phả Lại khi có vỡ đê hay  $8,1 \div 8,2m$  khi đã hoàn nguyên.

#### *d. Hệ thống sông Mã*

Sông Mã phát nguyên từ núi Pu Huổi Long (Điện Biên), địa hình lưu vực sông là núi trung bình và núi thấp xen lẫn cao nguyên. Tổng diện tích lưu vực sông Mã là 28400km<sup>2</sup>, trong đó có 17600km<sup>2</sup> thuộc địa phận lãnh thổ nước ta. Độ dài toàn bộ sông chính là 512km, trong đó phần chảy trên đất Lào là 102km.

Trên đất Lào, sông Mã chảy qua một vùng đá hoa cương, lòng sông hẹp và có nhiều mỏm đá lởm chởm. Từ Hồi Xuân trở về hạ lưu tới Diễn Lộc, thung lũng sông đã mở rộng. Những phụ lưu quan trọng của sông Mã như sông Bưởi, sông Chu... đều nhập vào dòng chính ở hạ lưu dòng chính sông Mã.

Mưa phân bố không đều và dạng địa hình trên lưu vực sông Mã đã ảnh hưởng trực tiếp tới phân bố dòng chảy. Phía thượng lưu và trung lưu ở vị trí khuất gió đối với gió ẩm, chịu ảnh hưởng mạnh của gió Lào gây ra thời tiết khô nóng, ít mưa đã dẫn đến dòng chảy sông ngòi cũng ít. Môđun dòng chảy năm tại đây chỉ đạt khoảng  $10 \div 20 \text{ l/s/km}^2$ . Từ dưới Hồi Xuân, do mưa được tăng cường nên dòng chảy năm ở đây được gia tăng rõ rệt, mô đun dòng chảy năm đạt tới  $35 \text{ l/s/km}^2$  thuộc loại tương đối nhiều nước trên miền Bắc. Phía tây nam Hồi Xuân, Cẩm Thạch có thể đạt  $40 \text{ l/s/km}^2$  là vùng nhiều nước nhất lưu vực.

Chế độ nước trên sông Mã chia thành hai mùa rõ rệt. Mùa lũ bắt đầu từ tháng 6 và kết thúc vào tháng 10. Mùa lũ chậm dần từ tây bắc xuống đông nam. Lũ lớn nhất ở phía Tây bắc của lưu vực xuất hiện vào tháng 8, phần còn lại là tháng 9. Mùa cạn bắt đầu từ tháng 11 và kết thúc vào tháng 5, tháng cạn nhất là tháng 3.

Dòng chảy lớn nhất trên sông Mã cũng khá ác liệt. Biên độ mực nước lớn nhất năm ở trung lưu và hạ lưu sông Mã đạt từ 9 đến trên 11m. Thời gian lũ lên tương đối ngắn, đa số các trận lũ lớn là  $2 \div 2,5$  ngày. Ba tháng dòng chảy lớn nhất là tháng 7, tháng 8 và tháng 9 chiếm tới  $54 \div 55\%$  lượng dòng chảy cả năm. Trận lũ lịch sử ở hạ lưu sông Mã xuất hiện vào tháng 8/1973 và ở thượng lưu vào tháng 9/1975.

#### Sông Bưởi:

Sau sông Chu, sông Bưởi là phụ lưu quan trọng thứ hai của sông Mã. Sông bắt nguồn từ vùng núi cao hơn 400m thuộc tỉnh Hoà Bình, chảy theo hướng tây bắc - đông nam và nhập vào sông Mã ở bờ trái tại Vĩnh Lộc, cách cửa sông Mã 48km.

Phần lớn lưu vực sông Bưởi chảy qua vùng đồng bằng hoặc thung lũng thấp, do đó độ cao bình quân lưu vực cũng thấp, khoảng 247m; độ dốc bình quân lưu vực nhỏ, khoảng 12,2%. Điểm nổi bật của địa hình sông Bưởi là sự tiếp giáp giữa địa hình đá vôi với địa hình đồi núi phiến thạch, trong đó địa hình đá vôi chiếm khoảng 20% diện tích lưu vực.

Lưu vực sông Bưởi ở gần biển, địa hình cao dần từ đông nam lên tây bắc, bão và gió mùa đông bắc ảnh hưởng nhiều tới lưu vực, đây là một vùng mưa nhiều trong lưu vực sông Mã. Lượng mưa bình quân năm trên lưu vực sông Bưởi khoảng 1900mm. Lượng mưa có xu hướng giảm dần từ thượng lưu về hạ lưu, phù hợp với sự giảm dần của độ cao địa hình. Trong điều kiện lượng mưa tương đối nhiều trên một nền nham thạch ít thấm nước đã tạo điều kiện thuận lợi cho dòng chảy tập trung. Dòng chảy lũ trên lưu vực sông Bưởi khá ác liệt. Mùa lũ kéo dài trong 5 tháng, từ tháng 6 đến tháng 10, lượng nước trong mùa lũ chiếm tới 80,4% lượng nước cả năm. Tháng 9 hoặc tháng 10 có lượng dòng chảy lớn nhất trong năm. Mùa cạn từ tháng 11 đến tháng 5 năm sau, chiếm khoảng 19,6% lượng dòng chảy cả năm. Dòng chảy nhỏ nhất thường xuất hiện vào tháng 1, tháng 2 hàng năm với môđun dòng chảy nhỏ nhất bình quân tháng khoảng  $5 \text{ l/s/km}^2$ .

#### Sông Chu:

Là nhánh lớn nhất của sông Mã, phát nguyên từ tây bắc Sầm Nưa (Lào) ở độ cao 1800m. Sông chảy theo hướng tây bắc - đông nam tới Mường Hin chuyển thành hướng tây - đông, chảy qua các huyện Thường Xuân, Thọ Xuân, Thiệu Hoá rồi nhập vào sông Mã ở ngã ba Giàng, cách cửa sông Mã khoảng 25,5km.

Diện tích lưu vực của toàn bộ sông Chu là  $7550 \text{ km}^2$ , trong đó diện tích phần nước chảy trên lãnh thổ Việt Nam là  $3010 \text{ km}^2$ . Lưu vực có dạng hình lông chim nên độ tăng theo diện tích tương đối đều, trên 90% diện tích là rừng núi. So với toàn bộ hệ thống sông

Mã, lưu vực sông Chu có rừng dày hơn. Từ Báu Thượng trở xuống, hai bên sông có đê và một số cống xả lũ: Thọ Xuân, Thọ Tường, Xuân Khánh, Trần Long v.v...

Độ dốc lòng sông lớn nên lũ tập trung nhanh, lượng dòng chảy mùa lũ lớn. Mùa lũ bắt đầu từ tháng 7 và kết thúc vào tháng 11. Lũ tiêu mặn có thể xuất hiện vào các tháng đầu mùa hè. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới  $70 \div 80\%$  lượng dòng chảy cả năm, trong đó tháng 11 là tháng có lượng dòng chảy lớn nhất, chiếm khoảng  $20 \div 25\%$  lượng dòng chảy cả năm. Môđun đỉnh lũ sông chính ở thượng lưu có thể đạt tới  $7000l/s/km^2$ , ở phần hạ du chỉ có  $1000l/s/km^2$ .

Mùa cạn kéo dài 7 tháng nhưng lượng dòng chảy chỉ chiếm  $20 \div 30\%$  dòng chảy toàn năm. Các tháng 2, tháng 3 và tháng 4 là thời kỳ nước kiệt nhất.

Các năm 1963, 1973, 1975 đã xuất hiện các trận lũ lớn trên lưu vực sông Mã. Năm 1984 xuất hiện lũ lịch sử trên sông Buổi.

#### e. Hệ thống sông Cả

Lưu vực sông Cả có diện tích lưu vực  $27224km^2$ , trong đó có  $9470km^2$  thuộc lãnh thổ nước Lào. Địa hình lưu vực là núi trung bình, núi thấp và đồi có độ cao trung bình khoảng  $300 \div 400m$ . Tổng chiều dài sông chính là  $530km$ , phần chảy trên đất Lào là  $170km$ .

Từ cửa Rào, sông Cả chảy theo hướng tây bắc - đông nam cho đến biển Đông. Sau khi chảy qua Con Cuông, sông Cả nhận một nhánh lớn gia nhập từ bờ trái là sông Hiếu với diện tích lưu vực  $5340km^2$ , chiều dài  $228km$  và độ cao bình quân lưu vực  $303m$ . Từ Đô Lương trở đi, sông Cả đi vào vùng đồng bằng, lòng sông mở rộng và uốn khúc nhiều.

Cách cửa sông khoảng  $30km$ , sông Cả nhận thêm một nhánh lớn nữa là sông Ngàn Sâu với diện tích lưu vực  $4270km^2$ , chiều dài  $135km$ , độ cao bình quân lưu vực  $362m$ . Sông Ngàn Sâu bắt nguồn từ đỉnh núi Trường Sơn. Nước tập trung vào Rào Chan theo hướng Tây Đông, rồi quặt theo theo hướng lên tây bắc. Đường phân lưu có những đỉnh cao như Rào Cỏ  $2265m$ . Sau khi nhận nhánh sông Ngàn Phố với diện tích lưu vực  $1058km^2$  nhập với sông Ngàn Sâu rồi nhập vào sông Cả, lượng nước hàng năm đạt trên  $5,5tỷ m^3$ .

Lưu vực sông Cả có vùng nhiều nước, lớn gấp hơn ba lần vùng ít nước. Vùng thuộc lưu vực sông Ngàn Sâu có lượng dòng chảy  $60 \div 90l/s/km^2$ , còn vùng thượng nguồn từ cửa Rào lên có lượng mưa bé nên dòng chảy năm chỉ đạt  $15 \div 18l/s/km^2$ , vùng sông Hiếu có lượng dòng chảy năm đạt trên  $44l/s/km^2$ . Lũ lớn trên lưu vực xuất hiện vào tháng 9, tháng 10; cá biệt có năm vào tháng 7 hoặc tháng 8.

Lũ lớn thường gây ra do mưa bão. Các trận lũ lớn ngày 3/10/1962, 28/11/1963, 11/10/1964 trên sông Cả đều do các trận mưa bão hoặc mưa bão kết hợp với không khí lạnh gây ra. Đa số các trận lũ lớn đều có thời gian tương đối ngắn, cường suất biên độ lũ lớn. Các trận lũ thường có thời gian lũ lên từ  $2 \div 2,5$  ngày; cá biệt như trận lũ tháng 9/1978 lũ lên nhanh và xuống cũng nhanh, từ  $4 \div 6$  ngày.

#### Sông Ngàn Sâu:

Bắt nguồn từ vùng núi Ông Giao cao  $1100m$ , sông chảy theo hướng tây bắc - đông nam tới Báu Đức Sơn trên chiều dài khoảng  $40km$  và có tên gọi là Rào Chan. Từ Báu Đức Sơn tới cửa sông, hướng chảy của sông Ngàn Sâu chủ yếu theo hướng tây nam đông bắc, nhập vào bờ phải sông Cả tại Trường Xá, cách cửa sông Cả  $33,5km$ .

Đặc điểm địa hình rõ nhất của lưu vực sông Ngàn Sâu là địa hình núi thấp ở thượng lưu, trung lưu là một bồn địa lớn. Cũng vì vậy mà đáy sông dốc ở thượng lưu, ở hạ lưu rất thoải. Độ cao trung bình của toàn lưu vực sông Ngàn Sâu đạt  $362m$ . Diện tích có độ cao

từ 1000m trở lên chiếm 11,47%; 400 ÷ 600m chiếm 20% và từ 200m trở xuống chiếm trên 60% diện tích toàn lưu vực. Mạng lưới sông suối trong lưu vực sông Ngàn Sâu phát triển dày, trên toàn lưu vực đạt từ 0,87 đến 0,91km/km<sup>2</sup>. Vùng núi cao mưa nhiều, mật độ sông suối dày, trên 1km/km<sup>2</sup>.

Phù hợp với lượng mưa, sông Ngàn Sâu cũng thuộc loại nhiều nước nhất lưu vực sông Cả. Tổng lượng nước nhiều năm của sông Ngàn Sâu tính tới cửa ra là 6,15km<sup>3</sup>, ứng với lưu lượng bình quân nhiều năm là 195m<sup>3</sup>/s và môđun dòng chảy năm là 47,0l/s/km<sup>2</sup>. Do lượng mưa phân bố khá đồng nhất trên lưu vực nên dòng chảy giữa các vùng cũng ít chênh lệch.

Mùa lũ trên lưu vực sông Ngàn Sâu thuộc loại ngắn nhất miền Bắc, mãi tới tháng 9 mới bắt đầu mùa lũ và tháng 11 đã kết thúc. Đó là thời kỳ mưa bão và hội tụ nhiệt đới tác động vào không khí nóng ẩm tĩnh tại trong vùng. So với các sông ở phía bắc lưu vực thì lũ tiểu mãn xuất hiện vào tháng 5 khá rõ rệt.

Do ảnh hưởng của gió Lào đã phức tạp hoá thời kỳ mưa cạn. Mùa cạn bắt đầu chậm, mãi tới tháng 12 hàng năm nhưng do ảnh hưởng của gió Lào mà tháng 7, tháng 8 đã xuất hiện một thời kỳ nước cạn thứ nhất và thời kỳ thứ hai xuất hiện vào tháng 4.

Do mùa lũ ngắn, tháng 5 đã có lũ tiểu mãn mà lượng nước mùa cạn được tăng cường, tỷ lệ lượng nước mùa lũ và mùa cạn ít chênh lệch.

Nước lũ sông Ngàn Sâu lên nhanh, xuống nhanh và phần lớn là lũ đơn. Môđun dòng chảy lớn nhất đều vượt quá 2000l/s/km<sup>2</sup>. Cường suất mực nước lớn nhất bình quân khá lớn, khoảng 50cm/h; biên độ mực nước lớn nhất năm vượt quá 11m tại trạm thuỷ văn Hoà Duyệt. Dòng chảy lớn nhất trên lưu vực xuất hiện vào tháng 9 hoặc tháng 10. Lượng dòng chảy tháng này chiếm khoảng 24 ÷ 25% lượng dòng chảy cả năm.

Dòng chảy nhỏ nhất trên lưu vực sông Ngàn Sâu cũng thuộc loại phong phú nhất miền Bắc, dòng chảy tháng bình quân nhỏ nhất đạt tới 26 ÷ 32l/s/km<sup>2</sup>. Dòng chảy nhỏ nhất phong phú như vậy cũng phù hợp với lượng dòng chảy ngầm trong sông Ngàn Sâu có nhiều, chiếm tới 40% lượng dòng chảy năm.

#### f. Sông Gianh

Sông Gianh là sông có diện tích tập trung nước lớn nhất trong vùng, ở phía bắc tỉnh Bình Trị Thiên và một phần thuộc tỉnh Hà Tĩnh. Diện tích toàn bộ lưu vực sông là 4680km<sup>2</sup>, chiều dài dòng chính là 158km, độ cao bình quân lưu vực 360m, độ dốc bình quân lưu vực là 19,2%, mật độ lưới sông là 1,04km/km<sup>2</sup>.

Sông Gianh bắt nguồn từ núi Phu Cô Bi thuộc dãy Trường Sơn, chảy qua Ba Tân, Thuận Loan, Tuyên Hoá, Ba Đồn và đổ ra biển Đông ở cửa Gianh. Dòng chính sông Gianh có thể phân ra các đoạn như sau:

Thượng lưu sông Gianh từ nguồn tới Khe Nét, dài 70 ÷ 80km, núi lan ra sát bờ sông, bờ phải là các thành đá vôi dựng đứng, nhiều nơi sông đào thành các hang ngầm ở chân các núi đá vôi, lòng sông nhiều thác ghềnh, khoảng 20km đầu đá đổ ngổn ngang trên lòng sông. Tới Đồng Tâm, thung lũng sông Gianh bắt đầu mở rộng, mặt nước sông rộng khoảng 100 ÷ 115m.

Trung lưu sông Gianh có thể kể từ Khe Nét đến Lạc Sơn, thung lũng mở rộng, độ dốc lòng sông giảm rõ rệt, chỉ khoảng 1‰; bờ phải là các thành vách đá vôi ở sát bờ sông, bên trái sườn thoái mở rộng về phía bắc.

Hạ lưu từ phía dưới Lạc Sơn trở xuống, độ dốc đáy sông còn 0,15‰, lòng sông mở rộng, chỗ rộng nhất có thể tới 1 ÷ 2km.

Những phụ lưu lớn đều gia nhập vào trung lưu và hạ lưu do đó diện tích lưu vực có đặc điểm tăng rất nhanh khi sông Gianh ra gần tới biển.

Mật độ lưới sông trong lưu vực dao động từ nhỏ hơn  $0,60\text{km/km}^2$  đến trên  $1,5\text{km/km}^2$ . Vùng núi Phu Cô Bi và vùng núi thuộc phía bắc lưu vực, mật độ lưới sông lớn nhất từ  $1 \div 1,5\text{km/km}^2$ ; vùng núi đá vôi, mật độ lưới sông rất thưa, nhỏ hơn  $0,6\text{km/km}^2$ .

Nước sông Gianh cũng thuộc vào loại phong phú nhất miền Bắc, điều đó phù hợp với lượng mưa nhiều của lưu vực. Môđun dòng chảy năm bình quân toàn lưu vực là  $54\text{l/s/km}^2$  nhưng phân bố không đều. Vùng có môđun dòng chảy năm lớn nhất khoảng  $60 \div 70\text{l/s/km}^2$  phân bố ở thượng nguồn sông chính; khoảng  $53\text{l/s/km}^2$  phân bố ở vùng trung du từ Đồng Tâm tới Tuyên Hoá. Vùng có môđun dòng chảy ít nhất lưu vực cũng đạt  $40 \div 45\text{l/s/km}^2$  ở hạ du.

Sông Gianh có mùa lũ ngắn nhất miền Bắc nước ta, thường bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 11 hoặc tháng 12 và chiếm khoảng  $60 \div 75\%$  lượng dòng chảy cả năm. Mùa cạn bắt đầu từ tháng 12 hoặc tháng 1 và kéo dài tới tháng 8, chiếm khoảng  $25 \div 40\%$  lượng dòng chảy cả năm. Đoạn trung lưu ở phía bờ trái mùa lũ kéo dài hơn, khoảng tháng 12 mới chấm dứt.

Lưu lượng lớn nhất trong lưu vực thường xuất hiện vào tháng 9 hoặc tháng 10 hàng năm. Từ Đồng Tâm trở lên xuất hiện vào tháng 9, trung và hạ lưu xuất hiện vào tháng 10. Lưu lượng lớn nhất đã quan trắc được tại trạm Đồng Tâm trên dòng chính là  $6560\text{m}^3/\text{s}$ , tương đương với môđun dòng chảy lớn nhất là  $5700\text{l/s/km}^2$ . Do bị ảnh hưởng trực tiếp của mưa bão và các nhiễu động khác cộng với sông suối ngắn và dốc nên lũ trong vùng có tính chất lũ núi rõ rệt, nước lũ tập trung nhanh chóng. Đối với những sông có diện tích xấp xỉ  $1000\text{km}^2$  thì một trận lũ thường duy trì từ  $2 \div 5$  ngày và từ  $1 \div 3$  ngày đối với sông suối có diện tích nhỏ hơn.

Biên độ mực nước rất lớn, đạt  $15 \div 20\text{m}$  tại thượng và trung lưu sông chính, từ  $5 \div 10\text{m}$  tại hạ lưu sông chính và các phụ lưu khác. Đường quá trình mực nước và lưu lượng trong năm dao động rất lớn, có nhiều ngày trong mùa lũ mà lưu lượng nước trong sông cũng xuống dưới mức trung bình năm.

Thời gian xuất hiện lưu lượng nhỏ nhất cũng hết sức phức tạp, ở thượng du xuất hiện sớm vào tháng 3 hoặc tháng 4, vùng trung lưu và phía bắc lưu vực thường vào tháng 6, tháng 7, có năm xuất hiện vào tháng 8.

#### ***g. Sông Kiến Giang***

Sông Kiến Giang nằm ở phía nam của tỉnh Quảng Bình. Sông chính có chiều dài khoảng  $96\text{km}$ , diện tích toàn bộ lưu vực là  $2650\text{km}^2$ , độ cao bình quân lưu vực là  $234\text{m}$ , độ dốc bình quân lưu vực là  $20,1\%$ , mật độ lưới sông  $0,84\text{km/km}^2$ .

Hình thái địa mạo trong lưu vực chủ yếu là đồi núi thấp. Vùng núi phía tây Đồng Hới, U Bò, Ba Rèn và các dãy núi phía nam của lưu vực có sườn dốc lớn hơn cả, khoảng  $17 \div 20^\circ$ , phía tây Lệ Thuỷ là dãy khối núi đá vôi Khe Ngang với độ cao các đỉnh từ  $800 \div 1250\text{m}$  chiếm khoảng  $10\%$  diện tích toàn lưu vực. Ở đồng bằng hình thành do bào mòn tích tụ của sông và biển, những cồn cát và đụn cát cao nhất là  $30\text{m}$  lấn sâu vào đất liền làm cho đồng bằng bị thu hẹp lại.

Dòng chính sông Kiến Giang có thể phân ra các đoạn như sau:

Thượng lưu sông Kiến Giang từ độ cao khoảng  $800\text{m}$ , chảy một đoạn dài khoảng  $10 \div 15\text{km}$  xuống độ cao  $30 \div 40\text{m}$  do đó đáy sông rất dốc, hướng nước chảy từ tây nam lên đông bắc.

Trung lưu sông Kiến Giang là đoạn tiếp theo, dài khoảng  $15 \div 20$ km, thung lũng sông mở rộng, độ dốc lòng sông giảm xuống còn  $1\text{‰}$ , sông vẫn chảy tiếp theo hướng tây nam - đông bắc.

Hạ lưu sông chảy theo hướng đông nam - tây bắc, lòng sông mở rộng đột ngột, độ dốc đáy sông rất nhỏ.

Mật độ lưới sông phân bố đều trong lưu vực, trừ vùng đá vôi thuộc sông Đại Giang có mật độ sông suối nhỏ hơn  $0,5\text{km/km}^2$ , các vùng còn lại mật độ lưới sông đều xấp xỉ  $1\text{km/km}^2$ .

Phù hợp với lượng mưa nhiều, sông Kiến Giang cũng thuộc vào loại nhiều nước nhất miền Bắc. Môđun dòng chảy bình quân năm trong lưu vực thay đổi từ  $60 \div 70 \text{l/s/km}^2$ . Môđun dòng chảy năm có xu thế tăng dần từ đông sang tây, lớn nhất là ở vùng núi Đông Châu ở phía nam, U Bò ở phía bắc. Môđun dòng chảy nhỏ nhất trong lưu vực là vùng đá vôi Lèn Mụ - Bến Triêm và vùng đồi Phú Lộc - Phú Kỳ.

Tổng lượng nước ước tính đến cửa Nhật Lệ khoảng  $4,76\text{km}^3$ . Dòng chảy trong năm có một mùa lũ và một mùa cạn rõ rệt. Mùa lũ bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 12, chiếm  $70 \div 80\%$  lượng dòng chảy cả năm. Mùa cạn thường bắt đầu từ tháng 1 và kết thúc vào tháng 8. Dòng chảy nhỏ nhất thường xuất hiện vào tháng 3 ở phía bắc và phía tây lưu vực, vào tháng 7 ở phía đông và phía nam lưu vực. Biên độ mực nước năm dọc theo sông chính thay đổi từ  $3 \div 10\text{m}$ .

Thời kỳ xuất hiện lưu lượng lớn nhất trong năm thường vào các tháng 9, tháng 10 và tháng 11, trong đó tháng 9 và tháng 10 là thường xuyên hơn cả. Ngoài ra, trong trường hợp đặc biệt do có nhiều động địa phương thì có nơi xuất hiện sớm hoặc muộn hơn. Môđun đỉnh lũ cũng thuộc vào loại lớn nhất miền Bắc nước ta: theo số liệu đã đo được khoảng  $6600\text{l/s/km}^2$  xuất hiện ngày 23/9/1968 tại trạm thuỷ văn Múng trên sông Kiến Giang có diện tích tập trung nước là  $310\text{km}^2$  và  $5580\text{l/s/km}^2$  xuất hiện ngày 2/10/1960 tại trạm thuỷ văn Tám Lu trên sông Đại Giang có diện tích tập trung nước là  $1130\text{km}^2$ . Qua đó có thể thấy rằng môđun dòng chảy lớn nhất còn có khả năng lớn hơn nữa, nhất là lưu vực có diện tích tập trung nước nhỏ ở vùng núi phía tây và tây bắc lưu vực.

Lưu lượng lớn nhất qua các năm có thể chênh lệch gấp tới  $3 \div 4$  lần, chứng tỏ sự dao động của nó tương đối lớn.

Lưu lượng nhỏ nhất xuất hiện tương đối đồng đều trong lưu vực, thường vào tháng 7 hoặc tháng 8. Cá biệt cũng có năm đó được lưu lượng nhỏ nhất xuất hiện sớm vào tháng 5, tháng 6 đối với sông Đại Giang và vào tháng 9 đối với dòng chính sông Kiến Giang.

Do địa hình vùng hạ du thấp, độ dốc nhỏ, có nhiều đầm phá nên ảnh hưởng thuỷ triều rất mạnh. Ranh giới ảnh hưởng triều lên trên thị trấn Lệ Thuỷ tới  $8\text{km}$  và nước chưa mặn uy hiếp nghiêm trọng vùng đồng bằng.

## **h. Sông Quảng Trị**

Sông Quảng Trị bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế, có độ cao nguồn sông là  $700\text{m}$  và đổ ra biển Đông qua cửa Việt. Chiều dài dòng chính là  $156\text{km}$  với diện tích lưu vực là  $2660\text{km}^2$ .

Mùa lũ trên lưu vực sông Quảng Trị bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 12, lượng dòng chảy mùa lũ chiếm  $65 \div 75\%$  lượng dòng chảy năm. Mùa cạn bắt đầu từ tháng 8 và kết thúc vào tháng 1 năm sau.

### i. Sông Hương

Sông Hương bắt nguồn từ vùng núi phía Bắc của dãy Hải Vân, có độ cao nguồn sông là 900m và đổ ra biển Đông ở cửa Tùng. Chiều dài dòng chính là 104km với diện tích lưu vực là 2830km<sup>2</sup>.

Sông Bồ là phụ lưu cấp I của sông Hương, đổ vào bờ trái sông Hương ở hạ lưu thành phố Huế khoảng 4km, cách cửa biển Thuận An khoảng 9km. Sông bắt nguồn từ khu vực đèo Bò Lệch (ở biên giới Việt Nam - Lào, thuộc địa phận huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên - Huế), chảy theo hướng Bắc - Nam qua các vùng núi cao rồi chuyển theo hướng tây bắc đông nam tới cửa ra. Sông Bồ có chiều dài dòng chính là 94km với diện tích lưu vực là 938km<sup>2</sup>.

Do địa hình núi cao gần biển, dải đồng bằng nhỏ hẹp nên độ dốc lòng sông lớn. Sông có dạng hình nan quạt nên lũ tập trung nhanh trên các nhánh sông, khi xuống tới cửa sông gặp thuỷ triều mạnh nên rút chậm, gây ngập lụt kéo dài.

Mùa lũ thường bắt đầu chậm hơn so với các vùng phía Bắc, bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 12. Lũ lớn trong khu vực xảy ra vào các năm 1975, 1983, 1984, 1995, 1996, 1999, 2004.

### j. Hệ thống sông Thu Bồn.

Hệ thống sông Thu Bồn nằm ở cực bắc miền Nam, thuộc khu vực địa lý tự nhiên Kon Tum – Nam Nghĩa, gồm các sông chính: Thu Bồn, sông Cái, sông Bung.

Dòng chính sông Thu Bồn bắt nguồn từ vùng núi Ngọc Linh. Hướng chảy của đoạn thượng lưu và trung lưu theo hướng gần nam – bắc, đoạn hạ lưu theo hướng tây - đông chảy ra biển ở Hội An. Chiều dài dòng chính là 205km với diện tích lưu vực là 10350km<sup>2</sup>.

Trước khi chảy ra biển, dòng chính của hệ thống sông Thu Bồn nhận sông Vụ Gia do sông Cái và sông Bung hợp thành. Hạ lưu sông Thu Bồn lười sông phát triển chằng chịt với nhiều phân lưu để thoát nước ra biển như sông Ngang, Vĩnh Điện, sông Tịnh Yên đổ vào vịnh Đà Nẵng qua sông Hàn, sông Trường đổ vào vịnh An Hoà. Hiện tượng bồi lấp, xói lở dòng sông vùng hạ lưu rất phức tạp, là một vấn đề nghiêm trọng đối với sản xuất và đời sống.

Mùa lũ bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 12. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm khoảng 65% lượng dòng chảy cả năm, trong đó lượng dòng chảy lớn nhất xuất hiện vào tháng 10 hay tháng 11 chiếm khoảng 25 ÷ 35% lượng dòng chảy cả năm. Tỷ lệ lưu lượng tháng nhỏ nhất và tháng lớn nhất có thể đạt tới trên 700 lần. Trong vòng 20 năm trở lại đây đã xảy ra 15 ÷ 16 trận lũ lớn, trong đó trận lũ tháng 11 năm 1964 là lớn hơn cả.

Mùa cạn thường bắt đầu từ tháng 1 và kéo dài tới tháng 9. Lượng dòng chảy mùa cạn chiếm khoảng 35% lượng dòng chảy cả năm. Thời kỳ kiệt nhất vào tháng 4 và thường chiếm khoảng 2% lượng dòng chảy cả năm, môđun dòng chảy mùa cạn thay đổi từ 18 ÷ 41l/s/km<sup>2</sup> thuộc vào loại lớn so với toàn quốc.

### k. Hệ thống sông Ba (Đà Rằng)

Hệ thống sông Ba (còn có tên là Đà Rằng) là hệ thống sông lớn thứ 6 trong các hệ thống sông của cả nước.

Dòng chính sông Ba bắt nguồn từ vùng núi Ngọc Rô cao 1519m, chảy theo hướng bắc – nam. Từ Cheo Reo sông chảy theo hướng bắc – nam, đến ngã ba Cà Núi theo hướng tây - đông và đổ ra biển qua cửa Đa Diệt (Tuy Hoà). Chiều dài dòng chính là 388km với diện tích lưu vực là 13900km<sup>2</sup>.

Hệ thống sông Ba có lượng nước sông ít nhất so với các hệ thống sông ở miền Nam. Vùng nhiều nước nhất là lưu vực sông Hinh, mô đun dòng chảy năm đạt  $50l/s.km^2$

Lượng dòng chảy năm của sông Ba không những đã ít, phân bố không đều theo không gian mà còn phân bố không đều trong năm. Do vị trí đặc biệt của sông Ba nằm ở ranh giới giữa bắc Trung Bộ và cực nam Trung Bộ có diện tích ở cả tây và đông Trường Sơn, hình dạng lưu vực dài và hẹp nên dẫn đến nước lũ sông Ba thường không xảy ra đồng bộ trên toàn hệ thống.

Mùa lũ trên sông Ba bắt đầu muộn hơn Tây Nguyên nhưng lại sớm hơn phía Đông Trường Sơn đến 1 tháng. Vùng thượng lưu và trung lưu, mùa lũ chỉ có 4 tháng, từ tháng 8 đến tháng 11. Vùng hạ lưu mùa lũ kéo dài từ tháng 9 đến tháng 12. Nước lũ sông Ba thật sự nguy hiểm đối với vùng trung lưu và hạ lưu khi có mưa lớn xảy ra đồng bộ trên toàn hệ thống. Trong những năm gần đây, trận lũ kép hình thành vào tháng 11/1981 đã gây ra lũ đặc biệt lớn tại hạ lưu, gây thiệt hại rất lớn và người và của cho tỉnh Phú Yên.

Mùa cạn trên hệ thống sông Ba là từ tháng 12 đến tháng 7 ở thượng và trung lưu, từ tháng 1 đến tháng 8 ở hạ lưu. Tháng cạn nhất xuất hiện không đồng bộ trên hệ thống, ở phía đông Trường Sơn tháng cạn nhất vào tháng 4, phía tây Trường Sơn vào tháng 8.

### *I. Sông Srêpóc*

Sông Srêpóc là sông nhánh cấp I của sông Mê Kông. Sông Srêpóc bao gồm nhiều nhánh sông lớn như: Sê San, IaHLeo, IaLốp, IaĐrăng...

Sông Srêpóc bắt nguồn từ phía nam đỉnh Ngọc Linh. Ở thượng lưu, các sông nhánh chảy qua các vùng đá gnai và granit, tính thấm nước kém; lòng sông có nhiều thác ghềnh, trong đó thác YaLy là lớn nhất, cao tới 40m. Chiều dài dòng chính là 315km với diện tích lưu vực là  $30100km^2$ .

Nước sông phân bố không đều trong năm và chia ra làm 2 mùa: mùa lũ và mùa cạn. Nhìn chung, mùa lũ xuất hiện sau mùa mưa khoảng  $2 \div 3$  tháng vì trong những tháng đầu mùa mưa tổn thất dòng chảy khá lớn, mưa thường nhỏ. Mùa lũ trên sông Sê San và sông KrôngKnô bắt đầu từ tháng 7 và kết thúc vào tháng 11. Trên sông Srêpóc bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 12. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm khoảng  $65 \div 75\%$  lượng dòng chảy năm với môđun  $40 \div 70l/s/km^2$  thuộc loại nhỏ so với các sông suối ở nước ta. Ba tháng liên tục có lượng dòng chảy lớn nhất thường xuất hiện vào các tháng 8  $\div$  tháng 10, lượng dòng chảy của ba tháng này chiếm khoảng  $50 \div 60\%$  lượng dòng chảy năm. Tháng 9 hoặc tháng 10 là tháng có lượng nước lớn nhất so với các tháng khác trong năm, lượng nước của tháng này chiếm khoảng  $15 \div 25\%$  lượng nước toàn năm. Thượng nguồn sông Sê San và phía tây nam cao nguyên PleiKu là những nơi có nguồn nước dồi dào nhất, thượng nguồn sông KrôngBuk là nơi có nguồn nước nghèo nhất.

Mùa cạn kéo dài tới 7 tháng, từ tháng 12 đến tháng 6 năm sau nhưng lượng nước mùa cạn rất nhỏ, chỉ chiếm  $25 \div 35\%$  lượng nước của cả năm. Các tháng 2 đến tháng 4 là những tháng có lượng nước nhỏ nhất, lượng nước của ba tháng này chỉ chiếm có  $10\%$  lượng nước cả năm, trong đó lượng nước của tháng 4 thường nhỏ nhất, chiếm  $1 \div 2\%$  dòng chảy năm. Nạn khai thác, chặt phá rừng bừa bãi trong những năm vừa qua đang gây nên tình trạng đất bị xói mòn, độ phì của đất giảm và nguồn nước của sông suối trong mùa cạn có nguy cơ bị cạn kiệt.

Lũ lớn trên các sông ở Tây Nguyên thường do gió mùa tây nam hay bão, áp thấp nhiệt đới kết hợp với không khí lạnh, dải hội tụ nhiệt đới gây nên. mưa lớn với cường suất tập trung trong thời gian ngắn thường gây ra ngập lụt, như các trận lũ lụt tháng 10/1993, tháng 11/2000 ở Đăk Lăk. Đặc biệt trên các sông suối nhỏ cũng thường xảy ra lũ quét, gây nên thiệt hại về người và của cải.

Trên lưu vực sông Srêpôc đã xây dựng nhiều hồ chứa như Yaly, Krông Búc, Ia Kao...

#### **m. Hệ thống sông Đồng Nai:**

Hệ thống sông Đồng Nai bao gồm dòng chính Đồng Nai và các nhánh sông chính như sông La Ngà ở bờ trái, các sông Bé, Sài Gòn và Vàm Cỏ ở bờ phải dòng chính. Diện tích lưu vực  $44100\text{km}^2$ , trong đó có  $37400\text{km}^2$  nằm trên lãnh thổ nước ta và  $6700\text{km}^2$  nằm trên lãnh thổ Campuchia.

Sông Sài Gòn có diện tích lưu vực là  $5560\text{km}^2$  với chiều dài dòng chính là 256km. Sông Vàm Cỏ có diện tích lưu vực là  $12800\text{km}^2$  với chiều dài dòng chính là 215km.

Chế độ nước sông của sông Sài Gòn và sông Vàm Cỏ chia làm hai mùa trong năm: mùa lũ và mùa cạn. Mùa lũ bắt đầu từ tháng 7 và kết thúc vào tháng 11, lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới  $80 \div 90\%$  lượng dòng chảy năm. Ba tháng có lượng dòng chảy lớn nhất xuất hiện vào các tháng 8 đến tháng 10, trong đó tháng 9 hoặc tháng 10 là tháng có lượng dòng chảy lớn nhất, chiếm  $20 \div 25\%$  dòng chảy năm.

Mùa cạn từ tháng 12 đến tháng 6 năm sau. Ba tháng có lượng dòng chảy nhỏ nhất xảy ra vào các tháng  $2 \div 4$  hoặc  $3 \div 5$ , lượng dòng chảy của 3 tháng này chiếm  $2 \div 5\%$  lượng dòng chảy năm.

Ở vùng hạ lưu của hệ thống sông, chế độ nước sông còn chịu sự ảnh hưởng của triều, đặc biệt là trong mùa cạn. Sự dao động của mực nước sông mang tính chất bán nhật triều không đều. Vào mùa kiệt, triều biển Đông ảnh hưởng đến Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và đến tận biên giới Việt Nam – Campuchia trên sông Vàm Cỏ.

Lũ trên sông Đồng Nai cũng khá lớn. Mô đun lưu lượng đỉnh lũ quan trắc được khoảng  $0,2 - 0,3\text{m}^3/\text{s}.\text{km}^2$  ở hạ lưu dòng chính sông Đồng Nai và các sông nhánh, tăng lên  $0,4 - 0,6\text{m}^3/\text{s}.\text{km}^2$  ở trung và thượng lưu các sông. Trận lũ tháng 10/1952 là trận lũ lịch sử ở sông Đồng Nai, lưu lượng lũ lớn nhất theo số liệu điều tra tại trạm Biên Hoà đạt tới  $12500\text{m}^3/\text{s}$ . Trên các sông vừa và nhỏ thường xuất hiện lũ quét mỗi khi có mưa với cường độ lớn.

Trên hệ thống sông Đồng Nai đã xây dựng nhiều hồ chứa loại nhỏ và một số hồ chứa, nhà máy thuỷ điện loại vừa. Đáng kể nhất là các hồ chứa Trị An trên sông Đồng Nai, hồ Thác Mơ trên sông Bé, hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và hồ chứa Đa Nhim, Hàm Thuận - Đa Mi trên sông La Ngà...

#### **n. Hệ thống sông Mê Kông.**

Sông Mêkông bắt nguồn từ vùng núi Himalaya, chảy qua 6 nước: Trung Quốc, Miến Điện, Thái Lan, Lào, Campuchia và Việt Nam, diện tích lưu vực là  $795.000\text{km}^2$  (trong khi diện tích của lưu vực sông Hồng chỉ là  $155.000\text{km}^2$ ), dài hơn 4200km. Sông Mêkông không những là sông lớn nhất ở nước ta và Đông Nam Á mà còn là một trong những sông lớn trên thế giới, đứng thứ 25 về diện tích lưu vực và thứ 10 về tổng lượng nước năm. Cửu Long là tên gọi phần hạ lưu sông Mêkông chảy qua địa phận Nam Bộ của Việt Nam, diện tích tự nhiên khoảng  $36200\text{km}^2$  với chiều dài dòng chảy chính qua đồng bằng Nam bộ là 230km.

Địa hình châu thổ nói chung là bằng phẳng và thấp. Hai vùng thấp nhất ở Đồng bằng sông Cửu Long là Đồng Tháp Mười và Tứ giác Long Xuyên.

Mạng lưới sông ngòi, kênh rạch ở đồng bằng châu thổ khá dày. Ngoài hai con sông lớn là sông Tiên và sông Hậu còn có một số sông tự nhiên tương đối lớn như các sông: Cái lớn, Ông Đốc, Bảy Hạp, Cửa lớn, Ghềnh Hào v.v... Hệ thống kênh rạch dày đặc nối liền các sông với nhau có tổng chiều dài lên tới 4900km.

Chế độ nước sông ở đồng bằng châu thổ cũng chia ra làm hai mùa nước rõ rệt: mùa lũ và mùa cạn. Do điều tiết của Biển Hồ nên mùa lũ ở đồng bằng châu thổ xuất hiện muộn hơn so với trung và thượng lưu. Mùa lũ thường kéo dài 5 đến 6 tháng, từ tháng 7 đến tháng 11, 12. Lũ lên xuống từ từ và hàng năm đỉnh lũ thường xuất hiện vào tháng 9 hoặc tháng 10. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới  $75 \div 85\%$  lượng dòng chảy năm.

Mùa cạn kéo dài 6 đến 7 tháng nhưng lượng nước sông mùa cạn chỉ chiếm có  $15 \div 25\%$  lượng nước của cả năm. Các tháng 2, 3, 4 hoặc tháng 3, 4, 5 là những tháng có lượng nước nhỏ nhất, trong đó tháng 3 hoặc tháng 4 nước sông cạn nhất.

Chế độ nước sông ngòi, kênh rạch trong mùa cạn ở Đồng bằng sông Cửu Long rất phức tạp do chịu ảnh hưởng của triều biển Đông và triều vịnh Thái Lan. Triều biển Đông là loại bán nhật triều không đều, còn triều vịnh Thái Lan là loại nhật triều không đều. Nói chung triều biển Đông chiếm ưu thế so với triều vịnh Thái Lan. Triều xâm nhập sâu vào sông ngòi, kênh rạch và sự dao động của mực nước thể hiện sự dao động của triều, đặc biệt là ở vùng cửa sông vào thời kỳ mùa cạn.

Trong 50 năm qua, cứ bình quân 2 năm thì có 1 năm lũ lớn vượt báo động cấp 3 (với mức nước 4,2m tại Tân Châu). Nhiều thời kỳ lũ lớn xảy ra liên tục  $3 \div 4$  năm liền như các năm 1937-1940; 1946-1949; và 1994-1996. Các năm lũ lớn xảy ra gần đây là năm 1961, 1978, 1996, 2000.

### **1.1.3. Tình hình lũ lụt của các sông**

#### *a. Tình hình lũ của các sông*

Mưa to, lũ lớn là nguyên nhân của ngập lụt sông ngòi. Ở nước ta hầu như năm nào cũng bị lũ lụt, năm thì ở vùng này, năm thì ở vùng khác, có năm như năm 1978 lụt úng xảy ra gần khắp các vùng cả nước gây ra thiệt hại cực kỳ to lớn.

Trong một mùa lũ, một trận lũ, ở một noi xác định, địa hình không làm cho lũ thay đổi. Địa hình nói chung ít biến đổi và biến đổi chậm. Địa hình có ý nghĩa ở chỗ làm cho chế độ lũ khác nhau ở các vùng địa hình khác nhau. Còn hoạt động kinh tế của con người tác động đến dòng chảy lũ là nói đến ảnh hưởng của cảnh quan lưu vực đến dòng chảy lũ như lưu vực tự nhiên và lưu vực bị cày xới, rừng bị phá, ngăn lòng dẫn hoặc thu hẹp lòng dẫn v.v...

Lũ của các sông ở miền núi và khu vực đồng bằng mang tính chất khác nhau. Ở miền núi có lũ quét, lũ ống. Ở vùng đồng bằng và vùng cửa sông diễn biến lũ phức tạp hơn do ảnh hưởng kết hợp của lũ nguồn và thuỷ triều nên thường gây ngập lụt kéo dài. Trên các khu vực, các sông, mùa lũ hàng năm thường không cố định mà xuất hiện sớm, muộn và dài, ngắn khác nhau. Để xác định về chế độ dòng chảy, người ta thường lấy theo giá trị trung bình. Ở Bắc Bộ, từ Thanh Hoá trở ra, mùa lũ thường từ tháng 6 (7) đến tháng 9 (10). Riêng lưu vực sông Cả là vùng chuyển tiếp, mùa lũ có thể từ tháng 6 đến tháng 10 chuyển sang từ tháng 8 đến tháng 11. Phần còn lại của phía đông Trường Sơn, từ dưới sông Cả, mùa lũ chính ngắn, thường từ tháng 9 (10) đến tháng 11 (12). Phía tây Trường Sơn – Tây Nguyên, Nam Bộ, mùa lũ thường từ tháng 7 (8) đến tháng 11 (12).

Trong từng vùng nhỏ, do ảnh hưởng của địa hình, sự phân bố mùa lũ có thể xê dịch chút ít so với nét chung nói trên. Ở Bắc Bộ, phần lớn hạ lưu sông Hồng mùa lũ kéo dài từ tháng 6 đến tháng 10. Trên Tây Nguyên, càng xuống phía Nam mùa lũ kết thúc càng muộn hơn. Ở Nam Bộ, phía Tây có mùa lũ kết thúc chậm hơn so với phía Đông.

Trên các sông ở nước ta, nơi có mùa lũ ngắn nhất là 3 tháng, còn thường là  $4 \div 5$  tháng. Trong mùa lũ thường có 3 tháng lượng nước trội hẳn. Ba tháng lũ lớn nhất phân bố theo không gian tương ứng với phân bố của mùa lũ. Ở Bắc Bộ, từ Thanh Hoá trở ra,

thường là các tháng 6 (7) đến tháng 8 (9); ở lưu vực sông Cả từ tháng 8 đến tháng 10. Vùng Đông Trường Sơn, 3 tháng lũ lớn nhất từ tháng 9 đến tháng 11; ở phía Tây Trường Sơn 3 tháng lũ lớn nhất là các tháng 8 (9) đến tháng 10 (11). Sự tập trung của lũ cho thấy mức độ ác liệt của lũ, đó là những tháng lũ lớn nhất, những trận lũ lớn nhất. Tháng lũ lớn nhất thường rơi vào giữa 3 tháng lũ lớn nhất. Ở Bắc Bộ tháng lũ lớn nhất thường là tháng 8, ở lưu vực sông Cả là tháng 9, phía Đông Trường Sơn thường là tháng 10, có khi vào tháng 11, tháng 12; còn phía Tây Trường Sơn thường là tháng 10, có khi là tháng 11.

Các trận lũ lớn hàng năm trên các sông lớn thường xuất hiện vào tháng lũ lớn. Phụ thuộc vào tính chất mưa, tập trung nước và tổn thất mưa trên lưu vực, đỉnh lũ của các sông khác nhau có dạng khác nhau. Trên các sông nhỏ, thời gian tập trung nước thường nhỏ hơn thời gian mưa và tổn thất khá đồng nhất nên quá trình lũ phụ thuộc vào dạng phân bố mưa, có nhiều đỉnh – hình răng cưa. Còn trên lưu vực lớn, do mưa rơi không đều trên lưu vực, thời gian tập trung nước lớn hơn thời gian mưa, tổn thất trên lưu vực không đồng đều, quá trình lũ thường là quá trình một đỉnh kép

### b. Một số trận lũ lớn trên các sông

Một số trận lũ lụt xảy ra gần đây gây thiệt hại nghiêm trọng đến dân sinh và nền kinh tế có thể kể đến là:

Trên các lưu vực sông từ Đà Nẵng đến Quảng Ngãi thì vào tháng 11/1964, hai cơn bão Joan và Iris liên tiếp đổ bộ vào đất liền đã gây nên trận lụt lịch sử trong khu vực. Lưu lượng lớn nhất tại Hội Khách trên sông Vu Gia khoảng  $27000\text{m}^3/\text{s}$  và tại Nông Sơn trên sông Thu Bồn khoảng  $18200\text{m}^3/\text{s}$ . Trận lũ này tương đương với trận lũ mới xảy ra gần đây trong khu vực vào năm 1999.

Trận lũ năm 1971 của sông Hồng là một trong những trận lũ khó quên trong đời sống của nhân dân đồng bằng Bắc Bộ. Mưa lớn nhiều đợt kéo dài trên hầu hết các lưu vực sông trong 3 tháng, từ tháng 7 đến tháng 9, lượng mưa phổ biến đạt  $1000 \div 1600\text{mm}$ . Riêng trong hai tháng 7 và 8 lượng mưa lên tới  $800 \div 1400\text{mm}$ , vượt trung bình nhiều năm cùng thời kỳ tới  $200 \div 600\text{mm}$ . Lũ đặc biệt lớn đã xảy ra, nước sông lên cao, tại Hà Nội lên trên 13m, vượt mức nước lũ trung bình đến  $4 \div 5\text{m}$ . Lũ đã gây ra vỡ đê tại một số nơi. Trận lũ lớn đó xảy ra trong khi thuỷ triều vùng cửa sông ở trung bình nên lũ thoát chậm làm cho ngập lụt thêm nặng.

Năm 1978 có nhiều bão ảnh hưởng tới Việt Nam, mưa lũ xảy ra trên khắp đất nước do có nhiều trận mưa kéo dài trên diện rộng. Trong tháng 9 năm 1978, lũ trên sông Hương, sông Cả, sông Mã, sông Yên, sông Hoàng Long v.v... lên rất cao, đạt đến mức lũ hiếm thấy. Trong tháng 10 năm 1978, lũ trên sông Cầu, sông Công, sông Phó Đáy, sông Cà Lồ cũng lên rất cao, đạt mức nước lũ lịch sử. Năm 1978 cũng là năm lụt lớn ở đồng bằng sông Cửu Long, trận lụt này xảy ra trong thời kỳ triều cường nên thời gian ngập lụt kéo dài.

Trận lũ điển hình ở miền Trung là trận lũ trên sông Cả vào cuối tháng 9/1978 do nhiều cơn bão liên tiếp đổ bộ vào Bắc Trung Bộ, chỉ trong 12 ngày đã có 3 cơn bão đổ bộ vào phía nam Nghệ Tĩnh. Vừa có bão, vừa có không khí lạnh tràn về nên mưa rất to trút xuống lưu vực sông Cả. Mưa lớn kéo dài đã gây ra trận lũ đặc biệt lớn hiếm thấy, vượt trội lũ lớn nhất năm 1954. Mực nước cao nhất tại Nam Đàm cao hơn so với mực nước cao nhất năm 1954 là 86cm. Lũ đã phá hỏng hệ thống đê sông Cả ở hữu ngạn gây ra ngập lụt nghiêm trọng.

Các năm 1973, 1980, 1983 có nhiều bão và áp thấp nhiệt đới đổ bộ vào Việt Nam ( $8 \div 11$  cơn/năm) kèm theo mưa lớn kéo dài đã gây ra lũ lớn trên nhiều sông làm ngập úng nặng nề.

*Năm 1984* có nhiều cơn bão và áp thấp nhiệt đới (9 cơn) đổ bộ vào đất liền nên có những đợt mưa lớn kéo dài. Trên sông Lô có lũ rất lớn (8/1984), mức nước đỉnh lũ tại Tuyên Quang làm cho thị xã ngập tới 2 ÷ 3m nước. Ở sông Gianh (Quảng Bình) xảy ra trận lũ lịch sử (11/1984) làm cho giao thông tắc nghẽn. Đặc biệt trên sông Hoàng Long và sông Bưởi đã xảy ra lũ lịch sử do đợt mưa kéo dài trong 3 ngày (9 ÷ 10/11/1984) làm ngập nhiều diện tích lúa. Ở Hà Nội, lượng mưa của đợt mưa các ngày 9 ÷ 10/11/1984 đạt khoảng 300 ÷ 600mm làm ngập khoảng 47000ha hoa màu, nhiều đường phố ở nội thành ngập đến 0,5 ÷ 1,0m.

Trên sông Cửu Long xảy ra trận lụt lớn, lũ lên nhanh và đạt đến đỉnh vào cuối tháng 10/1984. Trận lũ này về độ cao mực nước sông tương đương trận lũ tháng 10/1978.

*Năm 1985* cũng là một năm có nhiều bão và áp thấp nhiệt đới đổ bộ và ảnh hưởng đến đất liền (9 cơn). Do ảnh hưởng của bão, ở đồng bằng và trung du Bắc Bộ xảy ra những trận mưa rất lớn, đợt mưa vào những ngày 10 ÷ 13/9/1985 đạt phổ biến 400 ÷ 600mm.

*Năm 1986*, lũ lớn xuất hiện trên sông Kỳ Cùng đã gây ngập thị xã Lạng Sơn từ 2 ÷ 3m. Lũ lớn đã làm trôi dầm cầu Kỳ Lừa đang thi công.

*Năm 1990*, lũ quét xảy ra vào ngày 27/6 ở Mường Lay đã làm chết 82 người. Ngày 27/7/1991 lũ quét ở Sơn La đã làm 21 người chết.

Trận lũ tháng 11, tháng 12 *năm 1999* đã gây ra thiệt hại lớn về người và của cho khu vực miền Trung. Lũ đã gây ra tình trạng ngập lụt, làm giao thông bị tắc nghẽn trong thời gian dài. Mực nước lũ lớn nhất trên các triền sông thuộc khu vực đã vượt hoặc xấp xỉ bằng mực nước lũ lịch sử (xem bảng 1-1)

Trận lũ *năm 2000* ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là trận lũ lịch sử xảy ra trong thời gian gần đây. Qua những số liệu điều tra, khảo sát và thu thập được có thể đánh giá về đặc điểm của trận lũ năm 2000 ở ĐBSCL như sau:

- Lũ lụt về sớm (từ tháng 7) và đổ về đồng bằng nhanh gây ra tình trạng ngập lụt nghiêm trọng hơn. Do có những thay đổi của cơ sở hạ tầng (các tuyến giao thông, hệ thống bờ kèn, bờ bao, các kênh rạch, công trình kiểm soát lũ...) nên nước lũ buộc phải truyền từ ô này sang ô khác, từ vùng cao xuống vùng thấp gây nên thời gian ngập lụt kéo dài. Chênh lệch mực nước giữa các ô, các vùng là khá lớn, có nơi tới 50 ÷ 100 cm;

- Tổng lượng lũ 90 ngày là 367 tỷ m<sup>3</sup>, lớn nhất trong vòng 75 năm qua;

- Tần suất xuất hiện mực nước đỉnh lũ trên sông chính và nội đồng rất khác nhau, dao động từ 2 ÷ 5%; tại khu vực Tứ giác Long Xuyên do có các công trình thoát lũ nên tần suất xuất hiện mực nước đỉnh lũ khoảng 10%, cá biệt tại Rạch Giá có tần suất khoảng 40%;

So sánh mực nước đỉnh lũ các năm lũ lớn tại một số trạm thuỷ văn chính trong khu vực ĐBSCL được trình bày trong bảng 1 – 2.

Ngoài ra, các trận bão thường làm cho nước ở các cửa sông dâng cao. Tháng 9/1980 trong cơn bão số 6 nước dâng ở Lạch Sung, Hoàng Tân (cách biển 25km) đến 2,1 ÷ 2,9m; tháng 8/1968 nước dâng cao 2,5m ở sông Trà Lý; tháng 8/1963 nước dâng ở Cửa Ông tới 1,8m; tháng 9/1964 ở Cửa Tùng tới 1,68m; tháng 9/1955 ở Kiến An nước dâng tới 3m.

**Bảng 1-1****Cao độ đỉnh lũ năm 1999 tại một số trạm thuỷ văn chính ở khu vực miền Trung**

Trạm thuỷ văn	Cao độ đỉnh lũ H (m)		
	H 1999	H lịch sử (năm xuất hiện)	Ghi chú
Đồng Hà (sông Hiếu)	3,81	4,56 (1983)	
Thạch Hãn (sông Thạch Hãn)	7,29	7,11 (1983)	
Phú Quốc (sông Bồ)	5,18	4,89 (1983)	
Huế (Kim Long) (sông Hương)	5,94	4,89 (1983)	Theo số liệu điều tra thì đỉnh lũ năm 1999 cao hơn đỉnh lũ năm 1953 từ 0,5÷0,7m; cao hơn đỉnh lũ năm 1975 là 1,22m. Trận lũ năm 1999 có thể coi như tương đương với các trận lũ đã xảy ra vào năm 1844 và năm 1904.
Cầu Lâu (sông Thu Bồn)	5,23	5,09 (1998)	Lũ năm 1999 thấp hơn lũ lịch sử năm 1964 là 0,25m
Châu Ó (sông Trà Bồng)	9,04	8,80 (1987)	Lũ năm 1999 thấp hơn lũ lịch sử năm 1964 là 0,54m. Lũ lớn nhất trong chuỗi quan trắc là vào năm 1987
Trà Khúc (sông Trà Khúc)	8,36	7,97 (1986)	Lũ năm 1999 trên sông Trà Khúc cao hơn lũ lịch sử năm 1964 là 0,35m
Sông Vệ (sông Vệ)	5,99	5,75 (1987)	Lũ năm 1999 trên sông Vệ cao hơn lũ lịch sử năm 1964 là 0,23m nhưng thấp hơn lũ lịch sử năm 1924 là 0,13m

**Bảng 1-2****Cao độ đỉnh lũ tại một số trạm thuỷ văn chính ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long**

TT	Trạm	Cao độ đỉnh lũ (m)				Ghi chú
		1961	1978	1996	2000	
1	Tân Châu	5,12	4,78	4,87	5,06	
2	Mộc Hoá	2,65	2,32	2,79	3,27	
3	Châu Đốc	4,90	4,46	4,54	4,94	
4	Gò Dầu Huyện		1,44	1,53	1,79	
5	Cần Thơ	1,69	1,66	1,73	1,79	
6	Long Xuyên	2,60	2,65	2,43	2,63	
7	Cao Lãnh		2,67	2,24	2,48	
8	Rạch Giá	0,97	1,08	0,98	0,87	

## §1.2. Tân suất lũ tính toán

Khi xây dựng công trình, để phòng chống lũ, người ta cần biết độ lớn của lũ có thể xảy ra. Muốn tránh được tác hại do lũ, công trình phải đủ cao, đủ vững để không bị ngập, bị phá hoại. Lũ có thể xảy ra đối với công trình là lũ được quy định theo tầm quan trọng, mức đầu tư cần thiết. Từ tầm quan trọng đó, độ lớn của lũ tính toán được quy theo tần suất xuất hiện. Tân suất này ứng với cực tiểu của chi phí có thể trong việc xây dựng, khai thác và bảo vệ công trình, được xác định bằng phương trình quan hệ giữa các phí tổn và tần suất hoặc bằng biểu đồ quan hệ giữa hai đại lượng đó.

Trong thực tế việc xác định các đại lượng liên quan đó là rất phức tạp nên người ta quy định tần suất lũ tính toán theo các cấp công trình.

Ở Việt Nam, tần suất lũ tính toán đối với công trình cầu đường được quy định trong các quy trình, quy phạm, tiêu chuẩn thiết kế (22 TCN 18 – 79, TCVN 4054–1998, TCVN 5729 – 1997, 22 TCN 272 – 01, 22 TCN 273 – 01, Quy phạm thiết kế kỹ thuật đường sắt...). Việc xác định tần suất lũ tính toán tuỳ thuộc vào quy trình, tiêu chuẩn áp dụng.

**Tần suất lũ thiết kế đối với đường ôtô** trong các quy trình, tiêu chuẩn thiết kế hiện hành quy định trong bảng 1-3.

**Bảng 1 - 3**

**Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22 TCN 272-01 và  
Tiêu chuẩn thiết kế đường ôtô 22 TCN 273-01**

Loại	Cấp đường		
	Đường cao tốc, đường cấp I	II và III	IV
Nền đường	Như đối với cầu nhỏ và cống		
Cầu lớn và cầu trung	1: 100	1: 100	1: 50
Cầu nhỏ và cống	1: 100	1: 50	1: 25
Rãnh	1: 25	1: 25	1: 25

*Ghi chú:*

1. Đối với các cầu có khẩu độ  $L_c \geq 10m$  và các kết cấu vĩnh cửu thì tần suất lũ tính toán lấy bằng 1:100, và không phụ thuộc vào cấp đường.

2. Đối với đường nâng cấp cải tạo nếu có khó khăn lớn về kỹ thuật hoặc phát sinh khối lượng lớn thì cho phép hạ tiêu chuẩn về tần suất lũ tính toán nếu được sự đồng ý của cơ quan có thẩm quyền.

3. Đối với các cầu lớn, để đảm bảo mố, trụ không bị xói, cần phải tính toán kiểm tra xói trên cơ sở lũ 500 năm (trừ khi chủ đầu tư đưa ra tiêu chí khác).

### **Đường ôtô cao tốc – Yêu cầu thiết kế TCVN 5729-1997**

Tần suất tính toán mức nước lũ cho nền đường và công trình thoát nước là 1%.

### **Đường ôtô - Yêu cầu thiết kế TCVN 4054-1998:**

- Tân suất lũ tính toán đối với nền đường:

$V_u \geq 80\text{km/h}$  tần suất là 2%

$V_u \leq 60\text{km/h}$  tần suất là 4%

Khi  $V_u$  từ 20km/h đến 40km/h xét từng trường hợp cụ thể, thông thường tần suất là 4% và có luận chứng kinh tế kỹ thuật.

- Tần suất tính toán thuỷ văn cho các công trình trên đường:

Cầu nhỏ và cống: như quy định đối với nền đường.

Cầu trung và cầu lớn là 1%

Các cầu lớn có thể có các quy định đặc biệt.

**Tần suất lũ thiết kế đối với đường sắt** trong các quy trình, tiêu chuẩn thiết kế hiện hành được quy định như sau:

#### ***Quy phạm thiết kế kỹ thuật đường sắt khổ 1000mm***

##### ***Cao độ vai đường***

Cao độ vai đường của đường đắp dâng vào cầu lớn, cầu trung và cao độ đỉnh vật kiến trúc điều chỉnh dòng nước cao hơn mặt nước ở vùng bị nước ngập phải xác định theo mức nước lũ tính toán. Mực nước tính toán ở đường chủ yếu theo lưu lượng nước lũ tần suất 1%, ở đường thứ yếu theo tần suất 2%, mặt khác mực nước tính toán dùng để thiết kế còn xét đến mức nước quan trắc cao nhất (kể cả mực nước lũ lịch sử cao nhất điều tra được một cách tin cậy).

Cao độ vai đường tối thiểu phải cao hơn mực nước kể trên cộng với chiều cao sóng vỗ và chiều cao nước dênh là 0,5m; cao độ mặt đỉnh các kiến trúc điều chỉnh dòng nước phải cao hơn 0,25m.

Cao độ vai đường của đường đắp gần cầu nhỏ và cống trên đường sắt chủ yếu tính theo lưu lượng nước lũ tần suất 1%, trên đường thứ yếu tính theo tần suất 2%. Cao độ vai đường phải cao hơn mực nước tính theo lưu lượng nói trên tối thiểu là 0,50m và phải xét tối cao độ nước dênh.

Cao độ vai đường phải cao hơn mực nước ngầm cao nhất hoặc cao hơn mực nước tích tụ lâu (quá 20 ngày) trên mặt đất. Mức độ nâng cao phải xác định theo chiều cao nước mao dâng trong đất có thể dâng lên.

##### ***Cầu và cống:***

Cầu và cống đều phải thiết kế theo lưu lượng tính toán và mực nước tính toán. Tần suất lưu lượng tính toán và mực nước tính toán tương ứng của cầu trên đường sắt chủ yếu là 1:100, của cầu trên đường sắt thứ yếu là 1:50, đồng thời có xét đến mức nước cao nhất điều tra được.

Cầu đặc biệt lớn, cầu lớn kỹ thuật phức tạp và tu sửa khó khăn, ngoài việc thiết kế theo lưu lượng, mực nước tính toán ra còn phải kiểm toán với lưu lượng và mực nước tần suất 1:300 đối với đường chủ yếu và tần suất 1:100 đối với đường thứ yếu, làm sao cho khi công trình kiến trúc gấp phải nước lũ tần suất này vẫn có thể bảo đảm được an toàn.

### **§1.3. Một số lưu ý trong công tác tính toán thuỷ văn cầu đường**

Qua thực tiễn, người ta đi đến nhận thức rằng, không thể khống chế hoàn toàn lũ lụt, nhưng có thể khống chế thiệt hại của nó bằng những biện pháp khác nhau nhằm làm cho lũ lụt khi xảy ra không đưa đến thiệt hại hoặc ít nhất cũng hạn chế được thiệt hại đó. Vấn đề cơ bản của việc phòng chống lũ lụt là lựa chọn được những phương án an toàn, ít nguy hiểm hơn. Chỉ có thể thực hiện được đúng đắn sự lựa chọn đó nếu các phương án đề

xuất dựa trên cơ sở sự hiểu biết đầy đủ về nguyên nhân gây lũ và các nguy cơ do nó gây nên.

Nguyên nhân hình thành và các nguy cơ lũ lụt là một đặc trưng tự nhiên của một vùng xác định, được quy định bởi điều kiện khí tượng thuỷ văn và điều kiện địa hình địa mạo của vùng đó. Còn xác suất thiệt hại do lũ lụt lại phụ thuộc vào các hoạt động kinh tế – xã hội trong vùng.

Việc xác định các thông số thuỷ văn, thuỷ lực phục vụ thiết kế các công trình giao thông phải dựa trên các tài liệu về địa hình, khí tượng thuỷ văn cùng với các công tác khảo sát tại thực địa. Dựa trên các số liệu liên quan hiện có kết hợp với tài liệu khảo sát, tiến hành chỉnh lý và xác định phương pháp tính toán thích hợp.

Một số lưu ý về công tác tính toán thuỷ văn phục vụ cho công tác thiết kế cầu đường trong các vùng ở nước ta có thể sơ lược như sau:

#### *Đối với vùng núi:*

Hiện tượng lũ quét thường xuất hiện ở các lưu vực nhỏ có độ dốc lớn, xảy ra khi có bão, mưa lớn tập trung nhanh sinh ra lũ trên các sườn dốc, sóng lũ có thể truyền rất nhanh gây ra những tàn phá bất ngờ và nghiêm trọng. Mưa to còn làm xói mòn đất, gây trượt đất nghiêm trọng trên các sườn dốc, thậm chí gây ra dòng chảy có bùn đá. Dòng bùn đất này hầu như không cảnh báo được và có rất ít thời gian để phòng tránh và chung chôn vùi nhà cửa, công trình hạ tầng cơ sở trong đất đá.

Công tác điều tra thuỷ văn đối với các công trình ở vùng núi gặp rất nhiều khó khăn do dân cư thưa thớt nên phương pháp tính toán thuỷ văn đối với các lưu vực ở vùng núi chủ yếu dựa vào quan hệ mưa rào – dòng chảy. Đối với các khu vực có nguy cơ xảy ra lũ ống, lũ quét cần xem xét thêm ảnh hưởng của dòng bùn đá khi tính toán và thiết kế công trình.

Do điều kiện địa hình, các tuyến đường thường đi dọc theo thung lũng sông nên cần chú ý đến ảnh hưởng nước dâng do lũ của sông lớn gây ra. Cũng cần chú ý tới các công trình thuỷ lợi, thuỷ điện hiện tại cũng như quy hoạch để hoạch định vị trí và cao độ của công trình. Đối với công trình bảo vệ mái dốc, cần chú ý đến công tác tính toán thuỷ văn, thuỷ lực hệ thống thu nước và hệ thống thoát nước.

*Vùng đồng bằng có hệ thống đê điều bao quanh* (Đồng bằng sông Hồng, sông Thái Bình, sông Mã, sông Cả...):

Dọc theo các sông là hệ thống đê ngăn lũ và chính hệ thống đê này đã tạo thành hai loại sông có chế độ thuỷ văn khác nhau.

**Sông trong đồng:** Các sông này nằm trong phạm vi từng ô riêng biệt và bị đê ngăn, không liên quan đến chế độ thuỷ văn các sông lớn. Các con sông nội đồng thường liên hệ với sông lớn bằng những cống nhỏ hoặc trạm bơm động lực ở ven đê. Chế độ thuỷ văn của các sông nội đồng hoàn toàn phụ thuộc vào chế độ mưa ở đồng bằng. Vào mùa mưa cũng là lúc sông chính đang ở vào giai đoạn lũ cường, các sông nội đồng không tiêu được nước, mưa gây ra úng lụt làm hư hại mùa màng.

Mực nước cao nhất của các sông nội đồng là mực nước úng trong các ô. Việc tính toán thuỷ văn chủ yếu dựa vào các số liệu điều tra về ngập lụt kết hợp với tính toán về mưa và tiêu thoát nước để xác định mực nước úng với các tần suất thiết kế. Khâu độ công trình thoát nước ở trong khu vực nội đồng được tính toán theo yêu cầu tưới tiêu và phải được sự thoả thuận của các cơ quan quản lý hữu quan.

**Đối với các con sông chính:** trong mùa lũ những con lũ lớn không hoàn toàn trùng với các trận mưa lớn ở đồng bằng. Nhiều năm trên ruộng đồng bị hạn nhưng ngoài đê có thể bị lũ và ngược lại.

Hiện tượng độ dốc lòng sông giảm đột ngột, chiều rộng sông tăng, lưu lượng phù sa lớn là nguyên nhân hình thành các bãi bồi không ổn định, luôn luôn di chuyển và chia dòng chảy thành nhiều dòng. Vì vậy khi thiết kế cầu vượt sông ở khu vực đồng bằng cần phải xét đến sự di chuyển của lạch sâu nhất tới bất cứ vị trí nào trên sông khi tính toán xói lở và bố trí nhịp thông thuyền. Chiều dài cầu nên vượt qua hai đê để không gây ảnh hưởng bất lợi cho thoát lũ và dâng nước ở thượng lưu công trình.

#### *Vùng đồng bằng miền Trung:*

Nguyên nhân gây ngập lụt chủ yếu là do nước lũ tràn bờ làm ngập các bãi sông. Nguyên nhân gây ngập lụt ở vùng này còn là nước dâng do bão và lũ kết hợp. Một đặc điểm nữa là do các cồn cát dọc bờ biển tiến dần vào bờ, sông ngoi chảy quanh co theo hướng các dải cồn cát để tìm lối thoát ra biển làm cho nước ứ đênh rút chậm.

Phương pháp tính toán thuỷ văn đối với vùng này có thể dựa trên cơ sở tính toán cân bằng thuỷ văn và thuỷ lực kết hợp với tính toán nước dâng thiết kế. Vấn đề cần lưu ý đối với khu vực đồng bằng miền Trung là lượng nước chảy tràn rất lớn, nếu không bố trí đủ công trình thoát nước sẽ gây ra ngập lụt nặng nề hơn ở thượng lưu công trình, ảnh hưởng đến môi sinh và kinh tế. Ngoài ra, do khu vực miền Trung hẹp, lòng sông dốc và ngắn nên lũ tập trung nhanh, khi đổ xuống đồng bằng năng lượng của dòng nước rất lớn, gây hiện tượng cướp dòng và xói lở mãnh liệt, tạo ra các hố “vực Trời” tại vị trí các công trình thoát nước.

Do nước ngập lụt tràn lan, phân lưu không rõ rệt nên trong tính toán cũng cần phải xét đến hiện tượng trao đổi nước giữa các lưu vực lân cận.

#### *Vùng đồng bằng sông Cửu Long:*

Lũ lụt ở Đồng bằng sông Cửu Long phụ thuộc vào lũ ở thượng nguồn, sự điều tiết của Biển Hồ, các vùng ngập trên lãnh thổ Campuchia, chế độ thuỷ triều biển Đông - biển Tây, chế độ mưa nội đồng, đặc điểm địa hình, địa mạo trong vùng ngập lụt và tác động của con người trên toàn lưu vực.

Tính toán thuỷ văn đối với vùng Đồng bằng sông Cửu Long có thể dựa trên phương pháp tính toán cân bằng nước, mô hình châu thổ. Việc tính toán lũ và giải quyết sạt lở bờ sông đòi hỏi phải có những nghiên cứu cẩn kẽ trước khi đưa ra các quyết định cụ thể. Nếu hệ thống kênh mương thuỷ lợi có một tác động quan trọng trong việc đưa lũ đến và thoát lũ ở các mức nước thấp thì hệ thống các đường giao thông và công trình thoát nước trên tuyến lại có một vai trò đặc biệt quan trọng trong việc điều tiết lũ, thoát lũ ở mức nước cao. Do đó, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa giao thông và thuỷ lợi trong các dự án xây dựng để định hướng thoát lũ, điều tiết lũ và bố trí các công trình thoát nước khi đắp đê đòng vượt mức nước lũ, đặc biệt là đối với các đoạn tuyến cắt ngang hướng thoát lũ.

Ở ngã ba của các sông thường hình thành các hố xói khá lớn và các hố xói này có xu hướng di chuyển về phía hạ lưu. Cần lưu ý đến đặc điểm này trong việc bố trí, tính toán bảo vệ các trụ cầu, nhất là đối với các cầu đặc biệt lớn.

#### *Vùng ven biển:*

Quá trình truyền triều vào vùng cửa sông của đồng bằng Việt Nam thực ra không đơn thuần chỉ bao gồm sóng triều từ biển vào, tuân theo các quy luật chặt chẽ của lực hấp dẫn gây nên thuỷ triều. Trong thực tế luôn có sự kết hợp và tương tác giữa thuỷ triều – lũ – nước dâng ở vùng ven biển. Những công trình nghiên cứu về sự tương tác phức tạp này ở nước ta còn rất ít.

Trong mùa lũ, dao động triều ở vùng cửa sông bị biến dạng đáng kể. Trong thời kỳ này, sóng lũ truyền trên sông chịu ảnh hưởng của thuỷ triều dưới hai hình thức: dao động mực nước triều và dao động tuần hoàn của dòng triều vừa chảy ngược, vừa chảy xuôi.

Đáng chú ý là tổ hợp của lũ và triều có cường độ khác nhau có thể dẫn đến các hệ quả khác nhau. Khi chảy xuôi, dòng triều góp phần làm cho lũ thoát nhanh hơn và trái lại, khi chảy ngược nó làm cho nước bị dồn út, thời gian lũ và ngập lụt bị kéo dài.

Khi có bão, ván đê trở lên phức tạp hơn. Với một cơn bão bình thường, mực nước có thể dâng cao hơn thường lệ tới  $1 \div 2$ m và khi bão lớn có thể đạt tới  $2 \div 3$ m.

Việc tính toán thuỷ văn, thuỷ lực cho công trình cầu đường ở vùng ven biển hiện nay ở nước ta còn gặp nhiều khó khăn và cần có sự phối hợp của các cơ quan nghiên cứu. Số liệu quan trọng cần thu thập để phục vụ cho tính toán là các tài liệu điều tra khảo sát hiện trường. Cần lưu ý rằng việc điều tra và cao đặc mực nước phải được thực hiện ở nơi ít ảnh hưởng nhất của sóng, gió.

Các phương pháp tính toán thuỷ văn, thuỷ lực đối với công trình cầu đường ở các vùng có đặc điểm thuỷ văn khác nhau sẽ được trình bày chi tiết trong các chương tiếp theo của sổ tay này.

*Tài liệu sử dụng trong Chương I:*

- [1]. Trần Tuất, Trần Thanh Xuân, Nguyễn Đức Nhật. Địa lý thuỷ văn sông ngòi Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 1987.
- [2]. Đỗ Đình Khôi, Hoàng Niêm. Dòng chảy lũ sông ngòi Việt Nam. Viện Khí tượng thuỷ văn, 1991.
- [3]. GS Nguyễn Viết Phổ, PGS.TS Vũ Văn Tuấn, PGS.TS Trần Thanh Xuân. Tài nguyên nước Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2003.
- [4]. Tài liệu của các cơ quan thuộc Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn về trận lũ năm 1999 tại miền Trung, năm 2000 tại Đồng bằng sông Cửu Long.
- [5]. Các quy trình, quy phạm hiện hành trong khảo sát, thiết kế cầu đường.

## CHƯƠNG II - TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRONG ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN

### §2.1. Những qui định chung

Lưu lượng lớn nhất của dòng chảy lũ, lưu lượng dòng bùn đá, các loại mực nước thiết kế, các đặc trưng dòng chảy là kết quả của quá trình dòng chảy hình thành trên bản thân của lưu vực được gọi là điều kiện thiên nhiên thông thường. Các đặc trưng thuỷ văn do ảnh hưởng của thuỷ triều, hồ đập,... không đề cập trong chương này.

#### 2.1.1. Nguyên tắc cơ bản trong việc tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế

Khi tiến hành công tác tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế cần phải nghiên cứu các quy phạm chuyên ngành và đồng thời cũng phải tuân theo các quy định khác liên quan trong các quy phạm xây dựng đã ban hành.

#### 2.1.2. Sử dụng những nguồn tài liệu hiện có

Trong tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế cần sử dụng triệt để các nguồn tài liệu hiện có như:

- Tài liệu quan trắc của các trạm khí tượng, thuỷ văn do Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn chính biên và đã xuất bản dưới hình thức niên giám và sổ đặc trưng;
- Tài liệu thuỷ văn ở các trạm dùng riêng;
- Tài liệu khảo sát, điều tra thuỷ văn tại khu vực dự án;
- Tài liệu tổng hợp tình hình thuỷ văn từng địa phương, đặc điểm thuỷ văn các tỉnh;
- Tài liệu của các công trình khác trong khu vực có liên quan.

#### 2.1.3. Kiểm tra phân tích tài liệu gốc về các mặt.

Tuỳ theo tình hình tài liệu thu thập được ở tuyến công trình mà sử dụng các phương pháp tính toán các đặc trưng thuỷ văn. Trong trường hợp sử dụng trực tiếp tài liệu đo đặc ở tuyến công trình hoặc lưu vực tương tự cần tiến hành kiểm tra phân tích tài liệu gốc về các mặt:

- Tính chất đầy đủ và mức độ tin cậy của tài liệu;
- Sự phù hợp giữa tài liệu quan trắc được và chế độ mực nước (lưu lượng) tự nhiên;
- Nguyên nhân gây nên các mực nước cao (lũ lớn, ú dênh, vỡ đê...);
- Số lần đo và phương pháp đo lưu lượng trong thời gian nước lớn;
- Cách đo đặc và tính toán dòng chảy qua bãi sông nhánh ở tuyến công trình;
- Cách xét ảnh hưởng của cây cỏ mọc trong lòng sông, sự biến dạng của lòng sông;
- Kiểm tra về hệ cao độ của các chuỗi số liệu;
- Sự phù hợp giữa mực nước lưu lượng lớn nhất, nhỏ nhất dọc sông;
- Mức độ chính xác của việc ngoại suy đường cong lưu lượng ở phần nước cao, nước thấp;
- Sự cân bằng lượng nước bình quân từng năm, từng mùa dọc sông. Những tài liệu quan trắc không đáng tin cậy, nếu không hiệu chỉnh được cần loại trừ ra khỏi tài liệu

tính toán. Trong trường hợp cần thiết có thể tiến hành tính toán lại dòng chảy từng ngày, tháng năm;

- Đối với các sông chịu ảnh hưởng điều tiết của kho nước, hồ đầm nhân tạo cần thiết phải khôi phục lại chế độ dòng chảy tự nhiên bằng cách dùng các hệ số hiệu chỉnh dựa trên cơ sở tình hình thực tế mất nước hoặc tháo nước vào sông phía trên tuyến công trình.

#### 2.1.4. Điều kiện chọn lưu vực tương tự

Trong trường hợp không có tài liệu đo đặc thuỷ văn gần tuyến thiết kế công trình, có thể sử dụng tài liệu tương ứng của trạm thuỷ văn gần nhất trên sông tương tự. Khi sử dụng tài liệu của sông tương tự cần hiệu chỉnh sự chênh lệch về diện tích, về lượng mưa và bốc hơi giữa lưu vực tương tự và lưu vực nghiên cứu.

Khi lựa chọn lưu vực tương tự cần đảm bảo các điều kiện sau đây:

- Sự tương tự về điều kiện khí hậu;
- Tính đồng bộ về sự dao động dòng chảy theo thời gian (có quan hệ tương quan trong thời kỳ đo đặc song song);
- Tính đồng nhất về điều kiện hình thành dòng chảy, địa chất, thổ nhưỡng, địa chất thuỷ văn, tỷ lệ rừng, đầm lầy và điều kiện canh tác trên lưu vực;
- Không có những yếu tố làm thay đổi dòng chảy tự nhiên của dòng chảy;
- Tỷ lệ giữa các diện tích không được vượt quá 5 lần, chênh lệch về độ cao bình quân lưu vực không quá 300m.

### § 2.2. Tính toán lưu lượng đỉnh lũ thiết kế

Trong tính toán lũ, có hai phương pháp chính là phương pháp thống kê xác suất và phương pháp phân tích nguyên nhân hình thành dòng chảy. Phương pháp thống kê xác suất dùng trong trường hợp lưu vực tính toán có tài liệu quan trắc trong nhiều năm, còn phương pháp phân tích nguyên nhân hình thành dòng chảy được dùng trong trường hợp thiếu tài liệu thực đo.

Vấn đề chọn dạng đường tần suất trong tính toán dòng chảy lũ là việc lựa chọn đường phân phối xác suất thích hợp, vì trong tính toán lũ các trị số thiết kế thường ở các tần suất nhỏ trên phần ngoại suy của đường cong tần suất, việc ứng dụng các dạng đường tần suất khác nhau sẽ cho kết quả khác nhau.

Trong thực tế với dòng chảy lũ ở nước ta thường dùng các dạng đường tần suất như: Pearson III ( $P_{III}$ ), Kritski-Menkel (K-M), Logarit PIII.

#### 2.2.1. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế khi có tài liệu đo đặc thuỷ văn

Do dòng chảy lũ là hiện tượng phức tạp về nguyên nhân hình thành, về số lượng các trận lũ trong năm, tính biến động của chuỗi thống kê các đặc trưng lũ nên khi nghiên cứu tính toán lưu lượng đỉnh lũ thiết kế cũng cần phải xem xét các vấn đề khác như: chọn mẫu; xử lý lũ đặc biệt lớn, dạng đường tần suất và hệ số an toàn lũ.

##### a. *Những qui định về chuỗi số liệu quan trắc*

Trong thực tế tính toán, chuỗi quan trắc thuỷ văn dù có dài bao nhiêu nó cũng chỉ là một mẫu so với tổng thể của chúng. Vì vậy muốn mẫu đó phản ánh được tình hình phân bố của tổng thể thì chúng phải có tính đại biểu, đồng nhất và ngẫu nhiên độc lập.

Tài liệu quan trắc được xem là đủ tin cậy có thể sử dụng trực tiếp vào công tác tính toán phải đảm bảo được các yêu cầu sau đây:

- Những trị số lưu lượng lớn nhất hàng năm xác định theo đường quan hệ lưu lượng ~ mực nước  $[Q=f(H)]$  vẽ theo tài liệu lưu lượng mực nước thực đo đến trị số cao nhất, hoặc được ngoại suy một cách đáng tin cậy bằng các phương pháp qui định trong qui phạm chính biên tài liệu lưu lượng mực nước;

- Số lân đo đặc trong quá trình từng trận lũ phải đủ đảm bảo bắt được mực nước cao nhất của trận lũ;

- Liệt quan trắc phải liên tục và không chẽ được những năm có lũ lớn;

- Số năm quan trắc không ít hơn 20 năm. Trong trường hợp thời gian quan trắc ngắn hơn qui định thì cần phân tích tính đại biểu của liệt đó bằng cách so sánh với tài liệu của lưu vực tương tự có tài liệu dài. Các đặc trưng thống kê  $Q_{tb}$ ,  $C_v$ ,  $C_s$  tính theo liệt ngắn không được chênh lệch quá  $\pm 10\div 15\%$  so với kết quả tính theo liệt dài.

### b. *Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Pearson III ( $P_{III}$ )*

Bước 1: Liệt số liệu chọn để tính toán là mỗi năm chọn một trị số lưu lượng lớn nhất và thống kê thành một chuỗi dài nhiều năm liên tục. Sắp xếp số liệu lưu lượng lớn nhất năm theo thứ tự giảm dần.

Bước 2: Tính tần suất kinh nghiệm (tính tần suất kinh nghiệm theo chuỗi thực đo) theo công thức kỳ vọng:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-1)$$

trong đó:

m: số thứ tự của liệt sắp xếp từ lớn đến bé.

n: số năm quan trắc (dùng cho trường hợp mỗi năm chọn một trị số).

Bước 3: Vẽ các điểm tần suất kinh nghiệm (quan hệ  $Q_p \sim P\%$ ) lên giấy tần suất.

Bước 4: Tính các thông số thống kê của đường tần suất lý luận:

+ Tính lưu lượng trung bình ( $Q_{tb}$ ):

$$Q_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (2-2)$$

trong đó:

$Q_i$ : lưu lượng lớn nhất của năm thứ i,  $m^3/s$ ;

n: số năm quan trắc liên tục.

+ Tính hệ số phân tán  $C_v$  theo phương pháp “mô men”:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad (2-3)$$

trong đó:

$K_i$ : hệ số mô đun dòng chảy lũ,

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_{tb}}$$

+ Tính hệ số thiên lệch ( $C_s$ ):

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{(n-3)C_v^3} \quad (2-4)$$

Bước 5: So sánh xem  $C_s$  có thoả mãn bất đẳng thức kép

$$2C_v \leq C_s \leq \frac{2C_v}{1-K_{\min}} \text{ hay không, trong đó } K_{\min} = \frac{Q_{\min}}{Q_{tb}}$$

Nếu không thoả mãn thì phải bỏ giá trị  $C_s$  do tính ra để chọn  $C_s$  từ giá trị  $C_v$  để đưa vào tìm  $\Phi_p$ .

Bước 6: Dựa vào các hệ số  $C_v$ ,  $C_s$  để tra hệ số  $\Phi_p$  của đường tần suất  $P_{III}$ .

Theo lý thuyết, khi có các tham số thống kê  $Q_{tb}$ ,  $C_v$ ,  $C_s$  thì đường tần suất Pearson III hoàn toàn xác định. Tuy nhiên muốn tính lưu lượng thiết kế theo tần suất  $P$  thì phải tích phân hàm mật độ xác suất này. Để thuận tiện trong khi sử dụng có thể dùng bảng tra  $\Phi_p$  của Foster và Rupkin (xem phụ lục 2 - 1).

Bước 7: Xác định lưu lượng thiết kế tần suất  $P\%$  theo công thức:

$$Q_p = Q_{tb} \cdot K_p = Q_{tb} (1 + \Phi_p \cdot C_v) \quad (2-5)$$

Bước 8: Kiểm tra sự phù hợp giữa đường tần suất lý luận và đường kinh nghiệm bằng cách chấm quan hệ  $Q_p - P\%$  lên giấy tần suất, nối các điểm đó thành đường tần suất lý luận. Nếu đường tần suất lý luận phù hợp với điểm tần suất kinh nghiệm là được.

Nếu không phù hợp thì thay đổi một trong 3 hay 2 thậm chí cả 3 thông số lần lượt là  $C_s$ ,  $C_v$ ,  $Q_{tb}$  để đạt được kết quả tốt nhất (đường tần suất lý luận nằm giữa bẳng điểm tần suất kinh nghiệm) bằng cách xem xét sự ảnh hưởng của các thông số tới đường tần suất lý luận. Điều đó có nghĩa là phải làm lại từ bước 6 đến bước 8.

c. *Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Krítski-Menken hay phân phối Gamma ba tham số.*

Các bước tính toán như sau:

- Thực hiện từ bước 1 đến bước 4 giống như mục b;
- Từ  $C_v$ ,  $C_s$  tính được lập tỷ số  $\frac{C_s}{C_v}$ ;
- Căn cứ vào  $C_v$  và tỷ số  $\frac{C_s}{C_v}$ , xem phụ lục 2 - 2 tra ra  $K_p$  ứng với tần suất  $P\%$ ;
- Xác định lưu lượng thiết kế tần suất  $P\%$  theo công thức:

$$Q_p = Q_{tb} \cdot K_p$$

- Thực hiện bước 8 giống như ở mục b.

*Hiện nay có một số chương trình lập sẵn để tính và vẽ đường tần suất: Chương trình TSTV2002 của tác giả Đặng Duy Hiển - Cục Thuỷ lợi, Bộ NN và PTNT; Chương trình tính tần suất ( $P_{III}$ ) của tác giả Lê Hồng Lam - Viện qui hoạch Thuỷ lợi, Bộ NN và PTNT; Chương trình phân tích tần suất FA của tác giả Nghiêm Tiến Lam, Ngô Lê An - Trường Đại học Thuỷ lợi và một số chương trình của các tác giả khác.*

Trong quá trình tính toán thường hay gặp những trận lũ đặc biệt lớn nằm trong hoặc ngoài chuỗi số liệu dùng để tính toán cần phải tiến hành xử lý lũ đặc biệt lớn. Mục đích của xử lý lũ đặc biệt lớn là cho phép kéo dài chuỗi số làm tăng thêm tính đại biểu của chuỗi số. Lợi dụng triết để các tài liệu điều tra các trận lũ đặc biệt lớn đưa vào chuỗi thống kê để kéo dài chuỗi số, hạn chế sai số lấy mẫu. Đồng thời cũng phải tìm dạng đường tần suất lý luận phù hợp nhất đối với các đặc trưng dòng chảy lũ, tìm giới hạn đường cong tần suất nhằm xây dựng đường cong thích hợp.

Việc xử lý lũ đặc biệt lớn gồm hai bước: Tính tần suất kinh nghiệm và tính các tham số thống kê của chuỗi có lũ đặc biệt lớn.

#### Bước 1: Tính tần suất kinh nghiệm.

Sau khi xác định được thời kỳ lặp lại (N) tính tần suất kinh nghiệm của lũ đặc biệt lớn theo công thức:

$$P = \frac{M}{N+1} \times 100\% \quad (2-6)$$

trong đó:

M: số thứ tự của lũ đặc biệt lớn sắp xếp từ lớn tới nhỏ;

N: thời kỳ xuất hiện lại của lũ đặc biệt lớn.

Các trận lũ thường khác xác định theo công thức (2-1).

#### Bước 2: Tính các tham số thống kê

- Tính các tham số thống kê khi lũ đặc biệt lớn nằm ngoài chuỗi thực đo:

Đây là trường hợp trong các năm quan trắc có một trận lũ đặc biệt lớn xảy ra và biết rằng N năm trước đó không có trận lũ nào lớn hơn hoặc bằng nó.

$$Q_{tb} = \frac{1}{N} \left( Q_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \right) \quad (2-7)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \left( \frac{Q_N}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_i}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 \right]} \quad (2-8)$$

Trong trường hợp có a trận lũ đặc biệt lớn thì:

$$Q_{tb} = \frac{1}{N} \left( \sum_{j=1}^a Q_j + \frac{N-a}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \right) \quad (2-9)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{j=1}^a \left( \frac{Q_j}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 + \frac{N-a}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_i}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 \right]} \quad (2-10)$$

- Tính các tham số thống kê khi lũ đặc biệt lớn nằm trong chuỗi thực đo:

$$Q_{tb} = \frac{1}{N} \left( Q_N + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right) \quad (2-11)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \left( \frac{Q_N}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{Q_i}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 \right]} \quad (2-12)$$

Trong trường hợp có a trận lũ đặc biệt lớn thì:

$$Q_{tb} = \frac{1}{N} \left( \sum_{j=1}^a Q_j + \frac{N-a}{n-a} \sum_{i=1}^{n-a} Q_i \right) \quad (2-13)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{j=1}^a \left( \frac{Q_j}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 + \frac{N-a}{n-a} \sum_{i=1}^{n-a} \left( \frac{Q_i}{Q_{tb}} - 1 \right)^2 \right]} \quad (2-14)$$

Hệ số  $C_v$  tính giống mục b.

Khi chọn dạng đường tần suất trong thống kê lũ cần đề cập các mặt sau:

- Phù hợp về tính chất vật lý của dòng chảy lũ, cận trên cận dưới của các hàm phân phối xác suất thường phụ thuộc vào các đặc trưng thống kê, sự thay đổi các đặc trưng thống kê đó tới một giới hạn nào đó làm cho hàm phân phối xác suất xuất hiện những giá trị không phù hợp với ý nghĩa vật lý của dòng chảy lũ. Vì vậy, cần xuất phát từ đặc điểm của dòng chảy lũ của từng nơi để chọn dạng hàm phân phối xác suất cho phù hợp;

- Sự phù hợp giữa đường tần suất lý luận với các điểm kinh nghiệm có thể đánh giá bằng kinh nghiệm qua phân tích đường tần suất lý luận hoặc đánh giá bằng các chỉ tiêu toán học: Kolmogorov,  $\chi^2$ , ...

- So sánh kết quả tính toán của các hàm phân bố khác nhau.

Khi tính toán lũ thiết kế cho công trình lớn cần cộng thêm vào trị số lưu lượng tính được ở trên một trị số  $\Delta Q_P$  gọi là số hiệu chỉnh an toàn. Giá trị này phụ thuộc vào mức độ tin cậy của số liệu, nó xét đến khả năng trận lũ quan trắc được rơi vào thời kỳ ít nước và được tính theo công thức:

$$\Delta Q_P = \frac{a \cdot E_p Q_{\max P}}{\sqrt{n}} \quad (2-15)$$

trong đó:

a: hệ số phụ thuộc vào mức độ tin cậy của tài liệu thuỷ văn ở lưu vực nghiên cứu; a=0,7 đối với lưu vực có nhiều tài liệu nghiên cứu và a=1,5 đối với trường hợp có ít tài liệu;

$Q_{\max P}$ : trị số lưu lượng lấy từ đường tần suất ứng với tần suất thiết kế  $P\%$ ;

$E_p$ : sai số quân phương của tung độ đường tần suất phụ thuộc vào hệ số biến động  $C_v$  và lấy trong bảng 2-1;

n: số năm có tài liệu sau khi đã kéo dài.

Trị số  $\Delta Q_P$  trong mọi trường hợp tính toán không lấy lớn hơn 20% trị số  $Q_{\max P}$ .

Như vậy trị số lưu lượng thiết kế sẽ bằng:

$$Q_P = Q_{\max P} + \Delta Q_P \quad (2-16)$$

Bảng 2-1

Quan hệ  $E_p = f(C_v)$  với  $P=0,01\%$

$C_v$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$E_p$	0,25	0,45	0,64	0,80	0,97	1,12	1,26	1,40	1,56	1,71	1,89	2,06	2,22	2,40

### **2.2.2. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế khi chuỗi tài liệu quan trắc ngắn.**

Khi chuỗi số liệu quan trắc ngắn thì cần phải bổ sung kéo dài tài liệu hoặc thay đổi cách lấy mẫu. Việc kéo dài được thực hiện bằng phương pháp đồ giải hay giải tích. Nếu tại tuyến vị trí công trình có tài liệu lưu lượng lũ không ít hơn  $10 \div 15$  năm và ở lưu vực tương tự có tài liệu đo đặc không ít hơn  $20 \div 30$  năm có thể kéo dài và bổ sung tài liệu theo trình tự sau:

- Chọn lưu vực tương tự của các sông lân cận hoặc các tuyến công trình ở thượng lưu và hạ lưu có chuỗi lưu lượng lũ thực đo không ít hơn 20 năm. Lưu vực tương tự và lưu vực tính toán phải có điều kiện hình thành dòng chảy lũ đồng nhất. Khi chọn lưu vực tương tự phải thỏa mãn các điều kiện ở mục §2.1.4 và tài liệu lưu lượng dòng chảy đỉnh lũ lớn nhất của hai lưu vực trong thời gian quan trắc song song phải dao động đồng bộ, có tính chu kỳ;
- Khảo sát sự thay đổi đồng bộ của dao động dòng chảy lũ của một hoặc nhiều lưu vực tương tự và lưu vực tính toán theo n năm thực đo (vẽ trên cùng biểu đồ theo trình tự thời gian lưu lượng lớn nhất các năm của lưu vực tương tự và tính toán) từ đó chọn lưu vực có thời gian quan trắc dài và đồng bộ làm lưu vực tương tự;
- Xây dựng quan hệ tương quan để bổ sung và kéo dài tài liệu lưu lượng lớn nhất cho lưu vực tính toán (hệ số tương quan  $r \geq 0,8$ ).

Sử dụng quan hệ tương quan đó để khôi phục lại các đỉnh lũ trong tất cả các năm không đo được. Toàn bộ chuỗi lưu lượng đỉnh lũ bao gồm những năm đo được và những năm bổ sung tại vị trí tuyến công trình, tiến hành tính toán tần suất như trường hợp đủ tài liệu.

#### **a. Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp siêu định lượng**

Khi chuỗi số liệu dòng chảy lũ quá ngắn không thể kéo dài tài liệu theo phương pháp tương quan lúc đó có thể thay đổi cách chọn mẫu để tăng dung lượng thống kê, nâng cao tính đại biểu của mẫu.

Lũ do mưa rào sinh ra có thể xuất hiện nhiều trận trong một năm, vì vậy ngoài phương pháp chọn mỗi năm một đỉnh lớn nhất còn có thể chọn mẫu theo các cách sau đây:

- Chọn lưu lượng đỉnh lũ lớn hơn một giới hạn nào đó. Lưu lượng giới hạn này có thể lấy bằng lưu lượng lớn nhất của năm có lũ nhỏ nhất trong số năm quan trắc, theo kinh nghiệm có thể lấy lưu lượng giới hạn này bằng 3, 4 hoặc 5 lần lưu lượng bình quân nhiều năm.

- Chọn mỗi năm nhiều đỉnh: chọn mỗi năm khoảng 2 - 3 con lũ lớn nhất.

Với cách chọn mẫu như vậy thì dung lượng mẫu sẽ lớn hơn nhiều số năm quan trắc, vì vậy tần suất xuất hiện của mỗi trị số là tần suất lần chứ không phải là tần suất năm. Từ tần suất lần  $P_1$  chuyển sang tần suất năm  $P$  theo công thức sau:

$$P = 1 - (1 - P_1)^m \quad (2-17)$$

$$m = \frac{N}{n}$$

trong đó:

m: số trận lũ trung bình được chọn trong năm;

N: tổng số trận lũ chọn; n: số năm quan trắc.

Lưu ý: Khi chọn mẫu theo hai phương pháp trên để đảm bảo tính độc lập của các trận lũ được chọn thì các đỉnh lũ cách nhau không nhỏ hơn thời gian truyền lũ τ.

## b. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo phương pháp kéo dài chuỗi số liệu quan trắc ra thời kỳ nhiều năm

Khi liệt quan trắc ngắn và không đủ tính đại biểu để xác định lưu lượng đỉnh lũ thiết kế, cần tiến hành kéo dài tài liệu dòng chảy của trạm tính toán. Việc kéo dài này được thực hiện nhờ phân tích tương quan hay các mô hình toán thuỷ văn.

- Phân tích tương quan, theo phương pháp này có thể:
  - Kéo dài và bổ sung theo dòng chảy tương ứng của trạm thượng, hạ lưu hay lưu vực lân cận có chuỗi quan trắc dài đồng bộ và có quan hệ tương đối chặt chẽ;
  - Kéo dài và bổ sung lẫn nhau theo quan hệ tương quan chặt giữa đỉnh lũ và lượng lũ;
  - Kéo dài và bổ sung tài liệu lũ theo tài liệu mưa bằng quan hệ tương quan chặt chẽ giữa mưa lũ và lũ tương ứng.

Quan hệ tương quan gồm có tương quan tuyến tính và tương quan phi tuyến.

Đối với tương quan tuyến tính có thể dùng phương pháp giải tích với các bước thực hiện như sau:

- Chọn lưu vực sông tương tự (theo các điều kiện trên);
- Tính các số đặc trưng  $\bar{Q}$ ,  $\bar{Q}^u$  (tt: tương tự);

$$- \text{Tính hệ số tương quan: } r = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(Q_i^u - \bar{Q}^u)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_i^u - \bar{Q}^u)^2}} \geq 0,8 \quad (2-18)$$

- Tính sai số tiêu chuẩn:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}; \sigma_{Q^u} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^u - \bar{Q}^u)^2}{n-1}} \quad (2-19)$$

- Phương trình hồi quy:

$$Q = a.Q^u + b$$
$$\text{Với } a = r \frac{\sigma_Q}{\sigma_{Q^u}}; b = \bar{Q} - a \bar{Q}^u$$

- Dựa vào phương trình trên chuỗi số liệu được kéo dài theo số liệu của lưu vực tương tự. Sau đó dùng chuỗi số liệu này tính toàn lưu lượng đỉnh lũ giống như trường hợp có đủ số liệu. Trong trường hợp trạm lân cận và khu vực nghiên cứu gần nhau địa hình ít thay đổi thì có thể mượn trực tiếp tài liệu của trạm lân cận.

Bên cạnh đó cũng có thể dùng phương pháp đồ giải để tìm tương quan tuyến tính:

$$y = ax + b; a = \operatorname{tg}\alpha; \alpha = \cos \frac{m}{n} \pi$$

trong đó:

m: số điểm ở góc phần tư thứ nhất và thứ 3;

n: tổng số điểm quan hệ.

Đối với tương quan không tuyến tính có thể ở dạng Parabol:  $y = ax^{\pm m}$  chẳng hạn như  $Q = aF^m$  ... các tham số được xác định bằng logarit hoá.

### 2.2.3. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế thường hợp không có tài liệu quan trắc.

#### a. Các công thức tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo phương pháp gián tiếp từ mưa ra dòng chảy.

Hiện nay ở nước ta bên cạnh các công thức của nước ngoài được ứng dụng để tính toán như các công thức của Bôndakopp, Aléchxéep, Xôkôlôpxki, công thức của Viện nghiên cứu thuỷ lợi Bắc Kinh. Một số tác giả trong nước cũng đã đưa ra công thức tính toán mới hoặc dựa theo các công thức của nước ngoài nhưng các thông số xác định theo tài liệu trong nước: *Tổng Công ty Tư vấn thiết kế Giao thông vận tải, Cục Thuỷ lợi, Trường Đại học Thuỷ lợi, Đại học Xây dựng...*

Để tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế, tuỳ theo diện tích lưu vực mà sử dụng một trong các công thức sau để tính toán:

- Đối với lưu vực có diện tích nhỏ hơn  $100\text{km}^2$  thường sử dụng công thức sau.  
➤ Công thức cường độ giới hạn (Tiêu chuẩn 22 TCN 220-95).

$$Q_p = A_p \times \varphi \times H_p \times F \times \delta \quad (2-20)$$

trong đó:

$Q_p$ : lưu lượng đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế  $P\%$ ,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$H_p$ : lượng mưa ngày lớn nhất ứng với tần suất thiết kế  $P\%$  của trạm đại biểu cho lưu vực tính toán, mm. Trong tính toán cần cập nhật chuỗi số liệu mưa của trạm đại biểu đến thời điểm tính;

$\varphi$ : hệ số dòng chảy lũ lấy theo bảng 2-4, tuỳ thuộc vào loại đất cấu tạo nền lưu vực, lượng mưa ngày thiết kế ( $H_p$ ) và diện tích lưu vực ( $F$ );

$A_p$ : mô đun dòng chảy đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế là tỷ số giữa mô đun đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế  $P\%$  với  $\varphi H_p$ . Khi  $\delta = 1$  trị số  $A_p$  biểu thị bằng tỷ số:

$$A_p = \frac{q_p}{\varphi H_p}$$

$A_p$ : xác định theo phụ lục 2-4, tuỳ thuộc vào đặc trưng địa mạo thuỷ văn của lòng sông  $\Phi_{ls}$ , thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc  $\tau_{sd}$  và vùng mưa;

$\delta$ : hệ số xét tới ảnh hưởng làm giảm nhỏ lưu lượng đỉnh lũ do ao hồ xác định theo bảng 2-3 hoặc xác định theo công thức:

$$\delta = \frac{1}{1 + cf_a}$$

$f_a$ : tỷ lệ diện tích ao hồ;

$c$ : hệ số phụ thuộc vào lớp dòng chảy lũ. Đối với các vùng mưa lũ kéo dài hệ số  $c$  có thể lấy bằng 0,10. Trong trường hợp thời gian mưa lũ ngắn có thể lấy  $c$  bằng 0,20;

$F$ : diện tích lưu vực,  $\text{km}^2$ ;

**Trình tự tính toán  $Q_p$  theo công thức (2-20).**

+ Xác định diện tích lưu vực;

Dựa trên các loại bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000, 1/25.000, 1/10.000, 1/5000 và bình đồ vị trí dự án tiến hành xác định các đặc trưng địa lý thuỷ văn.

- + Tính lượng mưa ứng với các tần suất thiết kế;
- + Xác định dòng chảy lũ φ theo bảng 2-4, tuỳ thuộc vào loại đất cấu tạo nền lưu vực, lượng mưa ngày thiết kế ( $H_p$ ) và diện tích lưu vực (F);
- + Xác định thời gian tập trung nước trên sườn dốc  $\tau_{sd}$  ;

Thời gian tập trung nước trên sườn dốc  $\tau_{sd}$  xác định theo phụ lục 2-4, phụ thuộc vào hệ số địa mạo thuỷ văn của sườn dốc  $\phi_{sd}$  và vùng mưa.

Hệ số đặc trưng địa mạo sườn dốc  $\phi_{sd}$  xác định theo công thức:

$$\phi_{sd} = \frac{(1000L_{sd})^{0,6}}{m_{sd} J_{sd}^{0,3} (\varphi H_p)^{0,4}} \quad (2-21)$$

trong đó:

$L_{sd}$ : chiều dài bình quân sườn dốc lưu vực, km;

- Đối với lưu vực hai sườn dốc thì:

$$L_{sd} = \frac{F}{1,8(L + \sum l)} \quad (2-22)$$

- Đối với lưu vực một sườn dốc thì:

$$L_{sd} = \frac{F}{0,9(L + \sum l)} \quad (2-23)$$

L: chiều dài lòng chính, km;

$\sum l$ : tổng chiều dài các sông nhánh trên lưu vực, km;

$m_{sd}$ : hệ số nhám sườn dốc, phụ thuộc vào đặc điểm bề mặt sườn lưu vực xác định theo bảng 2-6;

$J_d$ : độ dốc sườn dốc tính theo %;

- + Xác định hệ số đặc trưng địa mạo thủy văn của lòng sông  $\phi_{ls}$  theo công thức sau:

$$\phi_{ls} = \frac{1000L}{m_{ls} J_{ls}^{1/3} F^{1/4} (\varphi H_p)^{1/4}} \quad (2-24)$$

trong đó:

$m_{ls}$ : hệ số nhám lòng sông, phụ thuộc vào đặc điểm sông suối lưu vực xác định theo bảng 2-7;

$J_{ls}$ : độ dốc lòng sông chính (%);

- + Xác định trị số  $A_p$  theo phụ lục 2-4, tuỳ thuộc vào đặc trưng địa mạo thuỷ văn của lòng sông  $\phi_{ls}$ , thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc  $\tau_{sd}$  và vùng mưa đã xác định được ở trên. Đối với các lưu vực nhỏ, khi lòng sông không rõ ràng, môđuyn dòng chảy lũ  $A_p$  lấy theo phụ lục 2-4 ứng với  $\phi_{ls} = 0$ ;

- + Thay các trị số tính được ở trên vào công thức (2-20) xác định được  $Q_p$ .

Bảng 2-2

Bảng phân cấp đất theo hàm lượng cát

Loại	Tên đất	Hàm lượng cát (%)
1	Đất không thấm, đá, nhựa đường, nham thạch không nứt	0 ÷ 0,2
2	Đất sét bị vôi hoá, đất sét rừng màu xám bị vôi hoá	2,1 ÷ 12
3	Đất đen dày, đất thịt, đất đen trong rừng pôtzôn hoá	12,1 ÷ 30
4	Đất đen bình thường, đất màu hạt dẻ, xanônen pha cát	31 ÷ 62
5	Đất đen pha cát, cát pha pôtzôn hoá	63 ÷ 83
6	Đất màu hạt dẻ đậm, đất xám pha cát.	84 ÷ 100

**Bảng 2-3****Hệ số triết giảm dòng chảy do hồ ao và đầm lầy δ**

Vị trí hồ ao, đầm lầy	Diện tích hồ hoặc đầm lầy (%)									
	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50
Ở hạ lưu	0,85	0,75	0,65	0,55	0,50	0,40	0,35	0,20	0,15	0,10
Ở thượng lưu	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25

**Bảng 2-4****Hệ số dòng chảy φ**

Cấp đất	Lượng mưa H (mm)	Hệ số dòng chảy với các cấp diện tích F (km <sup>2</sup> )												
		F<0,1					0,1<F<1,0			1,0<F<10			10<F<100	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
II	<100	0,960	0,940	0,930	0,900	0,880	0,850	0,810	0,780	0,760	0,740	0,670	0,650	0,600
	101-150	0,970	0,960	0,940	0,910	0,900	0,870	0,850	0,780	0,760	0,740	0,670	0,650	0,600
	151-200	0,970	0,960	0,950	0,930	0,920	0,900	0,890	0,850	0,830	0,810	0,750	0,730	0,700
	201-250	0,970	0,960	0,960	0,950	0,940	0,930	0,920	0,890	0,890	0,850	0,850	0,850	0,850
	251-300	0,970	0,960	0,960	0,960	0,950	0,950	0,940	0,930	0,930	0,880	0,880	0,880	0,860
	301-400	0,970	0,960	0,960	0,960	0,950	0,950	0,950	0,930	0,930	0,910	0,910	0,910	0,910
	>400	0,970	0,960	0,960	0,960	0,950	0,950	0,950	0,930	0,930	0,910	0,910	0,910	0,910
III	<100	0,940	0,890	0,860	0,800	0,770	0,740	0,650	0,600	0,580	0,550	0,530	0,530	0,500
	101-150	0,950	0,930	0,900	0,850	0,810	0,770	0,720	0,630	0,620	0,600	0,550	0,550	0,550
	151-200	0,950	0,930	0,910	0,880	0,860	0,820	0,790	0,720	0,680	0,680	0,630	0,630	0,620
	201-250	0,950	0,930	0,920	0,910	0,900	0,850	0,850	0,750	0,720	0,730	0,730	0,730	0,650
	251-300	0,950	0,930	0,921	0,910	0,900	0,850	0,850	0,770	0,740	0,740	0,690	0,690	0,670
	301-350	0,950	0,930	0,921	0,912	0,900	0,855	0,870	0,780	0,760	0,750	0,710	0,710	0,690
	351-400	0,950	0,930	0,922	0,912	0,902	0,880	0,890	0,790	0,770	0,770	0,730	0,730	0,700
	401-450	0,950	0,930	0,922	0,913	0,902	0,885	0,895	0,800	0,790	0,780	0,750	0,750	0,710
	451-500	0,950	0,930	0,923	0,913	0,910	0,890	0,940	0,800	0,800	0,790	0,750	0,750	0,710
	501-550	0,950	0,930	0,923	0,913	0,910	0,890	0,940	0,800	0,800	0,800	0,760	0,760	0,710
IV	551-600	0,950	0,930	0,923	0,913	0,910	0,890	0,940	0,800	0,800	0,800	0,760	0,760	0,710
	>600	0,950	0,930	0,923	0,913	0,910	0,890	0,940	0,800	0,800	0,800	0,760	0,760	0,710
	<100	0,900	0,810	0,760	0,660	0,650	0,600	0,550	0,510	0,500	0,500	0,440	0,400	0,370
	101-150	0,900	0,840	0,800	0,760	0,680	0,640	0,620	0,580	0,560	0,550	0,520	0,500	0,460
	151-200	0,900	0,880	0,850	0,820	0,780	0,750	0,720	0,660	0,630	0,600	0,570	0,550	0,550
	201-250	0,900	0,880	0,822	0,823	0,790	0,780	0,740	0,700	0,670	0,670	0,650	0,600	0,580
	251-300	0,900	0,880	0,822	0,825	0,790	0,790	0,760	0,740	0,700	0,700	0,690	0,650	0,610
	301-350	0,900	0,880	0,828	0,828	0,800	0,800	0,780	0,760	0,720	0,710	0,710	0,670	0,640
	351-400	0,900	0,880	0,828	0,830	0,820	0,820	0,810	0,770	0,740	0,730	0,720	0,690	0,650
	401-450	0,900	0,880	0,860	0,840	0,840	0,840	0,830	0,770	0,750	0,750	0,730	0,710	0,670
V	451-500	0,900	0,880	0,860	0,850	0,840	0,840	0,830	0,780	0,760	0,770	0,730	0,720	0,680
	501-550	0,900	0,880	0,870	0,860	0,840	0,840	0,830	0,780	0,760	0,770	0,730	0,720	0,690
	551-600	0,900	0,880	0,870	0,860	0,840	0,840	0,830	0,780	0,760	0,770	0,730	0,720	0,690
	>600	0,900	0,880	0,870	0,860	0,840	0,840	0,830	0,780	0,760	0,770	0,730	0,720	0,690
	<100	0,680	0,460	0,350	0,260	0,240	0,220	0,220	0,200	0,180	0,180	0,170	0,160	0,150
	101-150	0,710	0,560	0,460	0,410	0,400	0,340	0,320	0,280	0,270	0,250	0,230	0,220	0,200
	151-200	0,750	0,650	0,590	0,500	0,480	0,460	0,460	0,420	0,450	0,380	0,340	0,320	0,300
	201-250	0,760	0,680	0,630	0,540	0,500	0,500	0,500	0,460	0,490	0,430	0,380	0,360	0,340
	251-300	0,770	0,710	0,660	0,580	0,580	0,540	0,540	0,490	0,510	0,460	0,410	0,400	0,360
	301-350	0,770	0,730	0,660	0,580	0,580	0,540	0,560	0,490	0,540	0,460	0,410	0,430	0,370
VI	351-400	0,780	0,750	0,700	0,650	0,640	0,570	0,570	0,530	0,550	0,520	0,460	0,460	0,400
	401-450	0,790	0,760	0,720	0,670	0,670	0,580	0,580	0,540	0,550	0,530	0,470	0,470	0,410
	451-500	0,790	0,770	0,730	0,680	0,680	0,600	0,600	0,550	0,550	0,530	0,480	0,480	0,410
	501-550	0,790	0,780	0,730	0,700	0,700	0,600	0,600	0,550	0,550	0,530	0,490	0,500	0,410
	551-600	0,790	0,780	0,730	0,700	0,700	0,600	0,600	0,550	0,550	0,530	0,500	0,500	0,410
	>600	0,790	0,780	0,730	0,700	0,700	0,600	0,600	0,550	0,550	0,530	0,500	0,500	0,410
	-	-	-	0,250	-	-	-	0,200	-	0,150	-	0,100	-	0,100

**Bảng 2-5****Bảng phân cấp đất theo cường độ thấm và hàm lượng cát**

TT	Tên đất	Hàm lượng cát (%)	Cường độ thấm (mm/ph)	Cấp đất
1	Át phan, đất không thấm, nham thạch không nứt		0 ÷ 0,1	1
2	Đất sét, sét màu, đất muối chất sét cát khi ẩm có thể vê thành sợi, uốn cong không đứt	2 10	0,1 0,3	1 2
3	Đất hoá tro, hoá tro mạnh	10	0,3	2
4	Đất tro chất sét (khi ẩm có thể vê thành sợi, uốn cong có vết rạn)	0,15 0,14 0,15	0,60 0,50 0,60	3 3 3
5	Sét cát đất đen, đất rừng màu tro nguyên thô rừng có cỏ, đất hóa tro vừa (khi ẩm có thể vê thành sợi, uốn cong có vết rạn)	30	0,85	3
6	Đất đen màu mỡ tầng dày	14 30	0,05 0,85	3 3
7	Đất đen thường	15 30	0,60 0,85	3 3
8	Đất màu lê, màu lê nhạt	17 30	0,70 0,90	3 3
9	Đất canxiun đen ở những cánh đồng có màu tro đen chứa nhiều chất mục thực vật. Nếu lớp thực vật trên mặt mỏng thì liệt vào loại 4, nếu dày thuộc loại 3	17 60 60	0,70 0,90 1,20	3 4 4
10	Đất cát sét, đất đen cát sét, đất rừng, đất đồng cỏ (khi ướt có thể vê thành sợi)	45 60 70	1,00 1,25 1,50	4 4 5
11	Đất cát không bay được (không vê thành sợi được)	80 90	2,00 2,50	5 6
12	Cát thô và cát có thể bay được (khi sờ tay vào có cảm giác nhám mắt có thể phân biệt được hạt cát, không vê thành sợi được)	95 100	3,00 5,00	6 6

**Bảng 2-6****Hệ số nhám sườn dốc  $m_{sd}$** 

Tình hình sườn dốc lưu vực	Hệ số $m_{sd}$ trong trường hợp		
	Cỏ thưa	Trung bình	Cỏ dày
- Bề mặt nhẵn (át phan, bê tông,...)	0,50		
- Đất đồng bằng loại hay nứt nẻ, đất san phẳng đầm chật.	0,40	0,30	0,25
- Mặt đất thu dọn sạch, không có gốc cây, không bị cày xới, vùng dân cư nhà cửa không quá 20%, mặt đá xếp.	0,30	0,25	0,20
- Mặt đất bị cày xới, nhiều gốc bụi, vùng dân cư có nhà cửa trên 20%.	0,20	0,15	0,10

**Hệ số nhám lòng sông  $m_{ls}$ .**

Tình hình lòng sông từ thượng nguồn tới mặt cắt tính toán	Hệ số $m_{ls}$ .
- Sông đồng bằng ổn định, lòng sông khá sạch, suối không có nước thường xuyên chảy trong điều kiện tương đối thuận lợi.	11
- Sông lớn và trung bình, quanh co, bị tắc nghẽn, lòng sông có cỏ mọc, có đá, chảy không lặng, suối không có nước thường xuyên, mùa lũ dòng nước cuốn theo nhiều sỏi cuội, bùn cát	9
- Sông vùng núi, lòng sông nhiều đá, mặt nước không phẳng, suối chảy không thường xuyên, quanh co, lòng sông tắc nghẽn.	7

➤ Công thức cường độ giới hạn (Đại học Xây dựng Hà Nội).

Đối với các lưu vực nhỏ  $F \leq 30 \text{ km}^2$ , thời gian tập trung nước nhanh, lưu lượng tính toán xác định theo lượng mưa ngày sẽ kém chính xác. Có thể xác định lưu lượng thiết kế dựa vào cường độ mưa ứng với thời gian tập trung nước. Công thức tính toán có dạng sau đây:

$$Q_p = 16,67 \times a_p \times F \times \delta \times \varphi \times \alpha \quad (2-25)$$

trong đó :

$F$ : diện tích lưu vực,  $\text{km}^2$ ;

$\varphi$ : hệ số dòng chảy lũ xác định theo bảng 2-4, tuỳ thuộc vào loại đất cấu tạo nền lưu vực, lượng mưa thiết kế và diện tích lưu vực ( $F$ );

$\delta$ : hệ số triết giảm do hồ ao và đầm lầy xác định theo bảng 2-3;

$\alpha$ : hệ số xác định theo bảng 2-9;

$a_p$ : cường độ mưa tính toán tính bằng  $\text{mm/ph}$ , xác định ứng với thời gian hình thành dòng chảy  $t_c$  theo công thức sau:

$$t_c = \frac{18,6 L_{sd}^{0,4}}{f(I_{sd}^{0,4})(100m_{sd})^{0,4}} \quad (2-26)$$

Đại lượng  $\frac{18,6}{f(I_{sd}^{0,4})}$  xác định theo bảng 2-8 hoặc các phương pháp đã biết:

Bảng 2-8

$I_{sd}\%$	2	5	10	30	60	80	100	400	800
$18,6/f(I_{sd}^{0,4})$	15,4	15,2	14,7	13,3	12,0	11,4	10,8	8,2	7,6

trong đó:

$L_{sd}$ : chiều dài trung bình của sườn dốc lưu vực tính theo công thức (2-22) hoặc (2-23);

$I_{sd}$ : độ dốc của sườn dốc lưu vực, tính theo trị số trung bình của 4 ÷ 6 điểm xác định độ dốc, theo hướng dốc lớn nhất, %;

$m_{sd}$ : hệ số nhám sườn dốc, phụ thuộc vào đặc điểm bề mặt sườn lưu vực xác định theo bảng 2-6;

Cường độ mưa tính toán ứng với thời gian hình thành dòng chảy tính gần đúng theo công thức (2-27) và (2-28) hoặc chính xác hơn dựa vào tài liệu thống kê để xác định trị số  $a_p$ .

$$a_p = \frac{\psi \cdot H_p}{t_c} \quad (2-27)$$

trong đó:

$H_p$ : lượng mưa ngày lớn nhất có tần suất  $P\%$ , mm;

$\Psi$ : toạ độ đường cong mưa xác định theo phụ lục 2-5.

$$a_p = \frac{A + B \lg n}{t_c^n} \quad (2-28)$$

A, B, n - hệ số phụ thuộc vào vùng thiết kế, xác định theo phụ lục 2-10.

$t_c$  - thời gian hình thành dòng chảy, phút.

Bảng 2-9

Xác định hệ số  $\alpha$

F (km <sup>2</sup> )	$\alpha$	F (km <sup>2</sup> )	$\phi$	F (km <sup>2</sup> )	$\alpha$	F (km <sup>2</sup> )	$\alpha$
0,0001	0,98	0,5	0,63	6,0	0,40	300	0,16
0,001	0,91	0,6	0,62	10	0,33	500	0,14
0,005	0,86	1,0	0,53	15	0,31	1000	0,12
0,01	0,81	2,0	0,50	30	0,27	10000	0,08
0,05	0,75	3,0	0,47	50	0,24	100000	0,05
0,10	0,69	4,0	0,41	60	0,22		

• Đối với lưu vực có diện tích lớn hơn 100km<sup>2</sup> có thể sử dụng công thức triết giảm, công thức Xôkôlôpxki.

➤ Công thức triết giảm.

$$Q_p = q_{100} \left( \frac{100}{F} \right)^n \lambda_p \cdot F \cdot \delta \quad (2-29)$$

trong đó:

$q_{100}$ : mô đun định lũ ứng với tần suất 10% được qui về diện tích lưu vực bằng 100km<sup>2</sup>, xác định theo  $q_{100}$  (l/skm<sup>2</sup>) theo phụ lục 2-6. Lúc tính cho một lưu vực cụ thể,  $q_{100}$  lấy bằng trung bình quân giữa các đường đồng mức;

n: hệ số triết giảm mô đun định lũ theo diện tích, xác định theo phụ lục 2-6;

F: diện tích lưu vực tính toán, km<sup>2</sup>;

$\lambda_p$ : hệ số chuyển tần suất 10% sang tần suất P%, xác định theo phụ lục 2-6;

$\delta$ : hệ số xét tới ảnh hưởng của đầm, hồ ao, xác định theo bảng 2-3.

➤ Công thức Xôkôlôpxki.

$$Q_P = \frac{0,278(H_T - H_0)}{t_l} \cdot \alpha \cdot f \cdot F \cdot \delta + Q_{ng} \quad (2-30)$$

trong đó:

F: diện tích lưu vực, km<sup>2</sup>;

$\alpha$ : hệ số dòng chảy xem bảng 2-10;

$H_T$ : lượng mưa thời đoạn tính toán ứng với thời gian tập trung dòng chảy, mm;

$H_0$ : lớp nước mưa tổn thất ban đầu, mm (xác định theo bảng 2-10);

f: hệ số hình dạng lũ, ở sông không có bãi f=1,20; sông có bãi thoát được dưới 25% Q thì f=1,0; sông có bãi thoát được trên 50% Q thì f=0,75; ngoài ra có thể tham khảo bản đồ phân khu f ở phụ lục 2-11.

$Q_{ng}$ : lưu lượng nước trong sông trước khi có lũ, có thể lấy bằng lưu lượng nước bình quân nhiều năm đối với lưu vực lớn, hoặc có thể bỏ qua đối với lưu vực nhỏ;

$t_l$ : thời gian lũ lên, theo đề nghị của Xôkôlôpxki lấy bằng thời gian tập trung dòng chảy trong sông. Khi không có tài liệu mưa và dòng chảy thì có thể tính theo công thức:

$$t_l = \frac{K_n \cdot L}{3,6v_{tb}} \text{ (h)} \quad (2-31)$$

trong đó:

L: chiều dài dòng chính tính từ nguồn tới mặt cắt tính toán, km;

$K_n$ : hệ số, đối với mưa rào ngắn  $K_n = 1,0$ ; đối với mưa có thời gian lớn hơn ngày đêm  $K_n = 1,3 \div 1,6$ ;

$v_{tb}$ : vận tốc trung bình dòng chảy trong thời gian lũ lên, lấy bằng (0,6 - 0,7) vận tốc bình quân lớn nhất ở mặt cắt sông tính toán ( $\bar{v}_{max}$ ) xác định theo tài liệu quan trắc ở lưu vực tương tự, m/s;  $v_{tb} = (0.6 \div 0.7)\bar{v}_{max}$

$H_T$ : lượng mưa thiết kế tính theo thời gian tập trung dòng chảy  $\tau$ :

$$H_T = H_\tau = \Psi_\tau H_{np} \quad (2-32)$$

$\Psi_\tau$ : toạ độ đường cong triết giảm mưa ứng với thời gian mưa thiết kế lấy bằng  $\tau$ , xem phụ lục 2-5;

$H_{np}$ : lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế P.

Đối với lưu vực vừa và lớn cần xét triết giảm của lượng mưa theo diện tích.

$$H'_T = \frac{H_T}{1 + K_T F^m} \quad (\text{mm}) \quad (2-33)$$

$K_T$  và  $m$  xác định theo T

$$T \leq 1440 \text{ ph} \Rightarrow K_T = 0,001 \text{ và } m = 0,80$$

$$T > 1440 \text{ ph} \Rightarrow K_T = 0,002 \text{ và } m = 0,60$$

$$F \leq 100 \text{ km}^2 \Rightarrow H'_T = H_T$$

$\delta$ : hệ số triết giảm đỉnh lũ do hồ ao đầm lầy, rừng;

$$\delta = 1 - 0,6\lg(1 + f_a + 0,2f_l + 0,05f_r) \quad (2-34)$$

$f_a, f_l, f_r$ : tỷ lệ hồ ao, đầm lầy, rừng so với diện tích lưu vực tính theo %.

Bảng 2-10

Bảng tra  $\alpha, H_0$

Khu	Địa danh	$\alpha$	$H_0(\text{mm})$
1	Lưu vực sông Nậm Rốn và thượng nguồn sông Mã	0,65	20
2	Lưu vực sông Đà, sông Thao	0,81	22
3	Các lưu vực thượng nguồn sông Lô, sông Chảy	0,82	20
4	Sông Gâm, hạ lưu sông Lô, sông Phó Đáy	0,66	26
5	Lưu vực sông Cầu, sông Thương, sông Trung, sông Bằng Giang, Bắc Giang.	0,77	22
6	Lưu vực sông Kỳ Cùng, sông Lục Nam	0,86	19
7	Lưu vực các sông Quảng Ninh	0,89	15
8	Lưu vực các sông từ sông Chu - sông Hương	0,92	21
9	Lưu vực các sông từ Thu Bồn - sông Cái	0,86	16
10	Lưu vực các sông Sê San và sông Srêpôk	0,76	21
11	Lưu vực các sông Đồng Nai, sông Bé	0,64	25

### b. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo lưu vực tương tự.

Khi lưu vực có điều kiện tương tự về sự hình thành lũ thì môđuyn đỉnh lũ, hay lưu lượng nước tạo nên từ diện tích đơn vị của hai lưu vực sẽ tương đương. Như vậy có thể lấy đặc trưng lũ của lưu vực tương tự tính cho lưu vực tính toán.

Lưu lượng thiết kế theo công thức:

$$Q_p = q_{pt} \left( \frac{F_a}{F} \right)^n \cdot \frac{\delta}{\delta_{tt}} F \quad (2-35)$$

trong đó:

$q_{pt}$ : môđuyn đỉnh lũ của lưu vực tương tự tính theo tài liệu thực đo,  $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ;

$F_a, F$ : diện tích của lưu vực tương tự và lưu vực tính toán,  $\text{km}^2$ ;

Lưu vực tương tự ngoài các yêu cầu như mục §2.1.4 cần có lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế không khác xa với lượng mưa ngày tương ứng của lưu vực nghiên cứu.

Hệ số xét tới ảnh hưởng điều tiết của hồ tính theo công thức:

$$\delta = 1 - 0,8 \log (1 + 0,1f_{hd}) \quad (2-36)$$

Trong đó:  $f_{hd}$  - diện tích hồ ao, đầm lầy chiếm trên lưu vực tính theo phần trăm của diện tích lưu vực.

### c. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo phương pháp hình thái đoạn sông

Phương pháp hình thái được áp dụng khi biết mực nước tính toán, mặt cắt ngang sông, độ dốc dòng chảy và hệ số nhám lòng sông. Nội dung tính toán như sau:

- *Chọn mặt cắt lưu lượng*: mặt cắt ngang chọn ở đoạn sông thẳng, không ảnh hưởng của nước dênh từ sông khác, của thuỷ triều, của đập nước. Mặt cắt chọn ở những nơi có bãi sông hẹp hoặc không có bãi, tốt nhất là mặt cắt ngang có dạng hình lòng chảo hướng nước chảy thuận lợi, vuông góc với hướng nước chảy. Mặt cắt lưu lượng nên chọn trùng với mặt cắt sông tại vị trí công trình thoát nước nếu như đáp ứng được các yêu cầu nêu trên. Trường hợp mặt cắt ngang sông không đảm bảo các yêu cầu trên thì có thể chọn mặt cắt lưu lượng ở phía thượng và hạ lưu cầu. Thông thường nên đo 3 mặt cắt và lấy các trị số trung bình để tính toán.

- *Xác định độ dốc dọc sông*: Độ dốc dọc về nguyên tắc xác định theo tài liệu đo mực nước đồng thời tại mặt thượng lưu, mặt cắt tính lưu lượng và mặt cắt hạ lưu về mùa lũ. Tuy nhiên trong điều kiện khó khăn không tổ chức được đo đạc được về mùa lũ thì có thể sử dụng độ dốc mặt nước lũ điều tra được tại những vị trí thượng và hạ lưu tuyến công trình hoặc sát độ dốc dọc sông theo trực động lực của dòng chảy.

- *Xác định vận tốc dòng chảy và lưu lượng*: Vận tốc dòng chảy được xác định bằng công thức sau:

+ Công thức Sêdi - Maninh.

$$V = \frac{1}{n} h^{2/3} i^{1/2} \quad (2-37)$$

+ Công thức Sêdi - Badanh.

$$V = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{h}}} \sqrt{h \cdot i} \quad (2-38)$$

trong đó:

$V$ : vận tốc trung bình dòng chảy,  $\text{m/s}$ .

h: chiều sâu trung bình của dòng chảy, m.

γ, n: hệ số nhám tính theo Badanh và Maninh tham khảo bảng 2-11.

i: độ dốc mặt nước sông ứng với cấp mực nước tính toán.

**Bảng 2-11**  
**Hệ số nhám của sông thiên nhiên.**

TT	Hệ số nhám lòng sông	1/n	N	γ
1	Sông thiên nhiên có những điều kiện đặc biệt (bờ nhẵn nhụi, dòng thẳng không trở ngại, nước chảy dễ dàng).	40,0	0,025	1,20
2	Sông vùng đồng bằng luôn có nước chảy (chủ yếu là sông lớn) điều kiện nước chảy và lòng sông đặc biệt tốt. Sông nước chảy có mùa, sông (sông lớn và trung) tình hình nước chảy, hình dạng lòng sông tốt.	30,0	0,035	2,00
3	Sông vùng đồng bằng luôn có nước chảy và tương đối sạch, hướng dòng chảy có đôi chỗ không thẳng, hay thẳng nhưng đáy có đôi chỗ lồi lõm (có bãi nổi, hố nước xói, có đá lác đác). Sông nước chảy theo mùa, lòng sông là đất, nước chảy dễ dàng	25,0	0,040	2,75
4	Sông lớn và trung có nhiều trở ngại cục bộ, quanh co, có chỗ mọc cây, có nhiều đá, mặt nước chảy không phẳng. Sông chảy có mùa, khi lũ về mang theo nhiều cát, bùn, lòng sông có đá tròn to hoặc cỏ mọc che láp. Bãi của sông lớn và trung có cỏ mọc, bụi cây hay sú với số lượng trung bình.	20,0	0,050	3,75
5	Sông chảy có mùa cực kỳ trở ngại, khúc khuỷu, bãi sông không bằng phẳng, cây cỏ mọc nhiều, lòng sông có chốt nước xói. Sông miền núi có những đá cuội và đá to, mặt nước sông không phẳng.	15,0	0,060	5,50
6	Sông có bãi, cây cỏ mọc đặc biệt rậm rạp (nước chảy chậm) và có những vực do xói sâu, rộng	12,5	0,080	7,00
7	Sông miền núi có nhiều đá lớn, nước chảy sinh bọt tung toé, mặt nước khúc khuỷu...	12,5	0,080	7,00
8	Bãi sông như trên nhưng hướng nước chảy xiên chiều. Sông ở miền núi có thác, lòng sông khúc khuỷu, có những đá to, nước chảy sinh bọt nhiều và át hết mọi âm thanh.	10,0	0,100	9,00
9	Sông ở miền núi có những đặc trưng như trên. Sông có cây cối mọc rậm, có những bụi, có nhiều chỗ nước ú đọng. Bãi sông có những khúc chết rộng, có những chỗ thật sâu.	7,5	0,133	12,0
10	Sông có bùn đá trôi, bãi sông cây lớn mọc rậm	5,0	0,200	20,0

Lưu ý:

Số liệu hệ số nhám ở bảng trên chỉ phù hợp với sông ổn định. Với những sông có lượng ngâm cát lớn, xói bồi nhiều, độ nhám của các sông này có đặc thù riêng; ảnh hưởng của thực vật trên bãi sông có quan hệ mật thiết với tỷ lệ giữa độ sâu và độ cao của cây, số liệu bảng trên không phản ánh được điều này nên cần chú ý khi lựa chọn hệ số nhám.

Lưu lượng nước ứng với mực nước điều tra được xác định theo công thức sau:

$$Q = \omega_{ch} \frac{1}{n_{ch}} h_{ch}^{2/3} i^{1/2} + \sum_b^n \omega_b \frac{1}{n_b} h_b^{2/3} i^{1/2} \quad (2-39)$$

trong đó:

$Q$ : lưu lượng tính toán,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\omega_{ch}, \omega_b$ : diện tích mặt cắt ướt ở lòng chủ và ở bãi,  $\text{m}^2$ ;

$h_{ch}, h_b$ : chiều sâu trung bình dòng chảy ở lòng chủ và ở bãi, m.

Nếu sông hẹp, chiều rộng sông nhỏ hơn 10 lần chiều sâu nước chảy ( $B < 10h$ ) thì trong các công thức trên phải thay  $h = R = \frac{\omega}{\chi}$ ; trong đó  $\chi$  - chu vi ướt,  $R$  - bán kính thuỷ lực.

Để xác định lưu lượng thiết kế cần điều tra được 3 mực nước lũ lịch sử, trên cơ sở 3 mực nước lũ lịch sử đó bằng phương pháp hình thái đoạn sông xác định được 3 lưu lượng tương ứng. Lưu lượng thiết kế ứng với tần suất  $P\%$  được xác định theo công thức sau đây:

$$Q_{P\%} = Q_{i\%} \frac{K_{P\%}}{K_{i\%}} \quad (2-40)$$

trong đó:

$Q_{i\%}$ : lưu lượng ứng với mực nước lịch sử có tần suất  $i\%$ .

$K_{P\%}, K_{i\%}$ : hệ số phụ thuộc và hệ số biến động  $C_v$  và hệ số lệch  $C_s$  ứng với tần suất  $P\%$  và  $i\%$  xác định theo phụ lục 2-2. Trị số  $C_v$  và  $C_s$  được xác định từ điều kiện phải thoả mãn bất đẳng thức sau:

$$\frac{K_{i\%}}{K_{j\%}} = \frac{Q_{i\%}}{Q_{j\%}}$$

Trong đẳng thức trên vẽ phải đã được xác định, vẽ trái xác định bằng cách giả thiết trị số  $C_v$  và tỷ số  $C_s/C_v$  và theo phụ lục 2-2 tra hệ số  $K_{i\%}$  và  $K_{j\%}$ .

### § 2.3. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế

#### 2.3.1. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi có đủ tài liệu quan trắc mực nước.

Khi có liệt quan trắc mực nước liên tục trong nhiều năm, chọn mỗi năm một trị số mực nước lớn nhất ( $H_{max}$ ). Tính đường tần suất lý luận, cách làm như đã trình bày trong phần tính lưu lượng đỉnh lũ mục §2.2.1 để tìm ra mực nước thiết kế  $H_p$ .

Một số lưu ý:

- Khi tính các thông số cho liệt quan trắc mực nước cần chú ý là giá trị trị số trung bình ( $H_{tb}$ ) và hệ số biến động ( $C_v$ ) phụ thuộc vào mốc cơ bản qui định. Mốc càng thấp thì trị số  $H_{tb}$  càng lớn và hệ số  $C_v$  càng bé. Để tăng độ nhạy của hệ số biến động  $C_v$  khi xây dựng đường tần suất và giảm khối lượng tính toán có thể trừ các trị số mực nước trong liệt thực đo 1 hàng số A (trị số A có thể lấy để cho  $H$  có thể giảm nhỏ nhưng không âm). Trị số mực nước thiết kế tính theo liệt mới được chuyển về mốc cũ theo công thức:

$$H_p = H_p^* + A \quad (2-41)$$

$H_p$ : trị số mực nước thiết kế ứng với  $P\%$ , m;

$H_p^*$ : trị số mực nước theo liêt mới ứng với P%, m.

- Khi chuyển mực nước tính toán từ trạm đo về vị trí tuyến công trình cùng nằm trên một con sông có thể tùy theo khoảng cách từ trạm đo và tuyến công trình, lượng nước gia nhập vào khu giữa 2 tuyến đó, độ dốc mặt nước, địa mạo lòng sông mà chọn một trong các phương pháp sau đây:

- Theo đường cong quan hệ  $Q = f(H)$ ;
- Theo đường quan hệ mực nước tương ứng;
- Theo độ dốc mặt nước.

Các mực nước thiết kế phải ăn khớp với mực nước của các trạm đo mực nước khác dọc trên chiều dài sông.

- Đường cong  $Q = f(H)$  có thể sử dụng trong việc chuyển mực nước ở những đoạn sông dài không có hoặc ít sông nhánh, với điều kiện trạm đo có nhiều tài liệu quan trắc và quan hệ  $Q = f(H)$  là đáng tin cậy. Trên đoạn sông đó cần có một vài trạm đo mực nước tạm thời có tài liệu quan trắc đồng thời cùng với trạm chính có tài liệu quan trắc dài;

- Có thể sử dụng mực nước tương ứng vào việc chuyển mực nước, nếu xu thế của quan hệ này ở đoạn trên ổn định rõ ràng và các mực nước tương ứng quan trắc được phải khống chế ít nhất là 80% biên độ dao động mực nước ở trạm chính trong thời gian nhiều năm. Đường quan hệ mực nước tương ứng xây dựng theo tài liệu  $H_{max}$  trong năm và một số đặc trưng khác;

- Chuyển mực nước theo độ dốc có thể tiến hành đối với những đoạn sông không dài (khoảng từ 1 ÷ 3km tùy theo từng vùng) theo công thức sau đây:

$$H_{PB} = H_{PA} \pm J \cdot L \quad (2-42)$$

trong đó:

$H_{PA}$ : mực nước cao nhất thiết kế ứng với tần suất P%, m; xác định theo số liệu đo ở trạm A;

$H_{PB}$ : mực nước thiết kế tương ứng ở vị trí B có cùng mốc cao độ với trạm A, m;

J: độ dốc mặt nước giữa hai tuyến AB.

L: khoảng cách giữa hai tuyến AB, m.

Nếu trạm A ở thượng lưu vị trí B thì trong công thức là dấu (-), hạ lưu dấu (+).

Khi sử dụng phương pháp này cần xét sự thay đổi độ dốc theo điều kiện lòng sông. Khi lòng sông từ tuyến A mở rộng dần về hạ lưu đến tuyến B độ dốc có thể tăng lên ở các mức nước cao. Trong trường hợp lòng sông thu hẹp dần độ dốc sẽ giảm khi cao trình mực nước tăng. Ngoài ra, đối với sông miền núi có nhiều ghềnh thác thì không được áp dụng công thức (2 - 38).

### 2.3.2. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi chuỗi quan trắc ngắn

Khi chuỗi số liệu mực nước cao nhất không thỏa mãn yêu cầu để lập đường tần suất thì dùng quan hệ mực nước của trạm khác có số liệu quan trắc dài hơn để bổ sung dãy số. Tài liệu đo đồng bộ để lập tương quan phải khống chế được mực nước thấp và mực nước cao. Hệ số tương quan  $\gamma \geq 0,80$ .

Trường hợp không thỏa mãn điều kiện trên có thể xây dựng đường tần suất bằng dãy số liệu ngắn n năm và kết quả hiệu chỉnh theo hệ số  $k_a$  của sông tương tự có dãy số dài:

$$k_a = \frac{H_{pan} - H_{0a}}{H_{pan} - H_{paN}} \quad (2-43)$$

trong đó:

$H_{paN}$ : mực nước ứng với tần suất P% tính theo liệt quan trắc N năm, m;

$H_{pan}$ : mực nước ứng với tần suất P% tính theo liệt quan trắc n năm, m;

$H_{0a}$ : mực bình quân trong mùa kiệt (lấy bình quân trong nhiều năm), m.

Mực nước trạm tính toán theo công thức:

$$H_{PN} = k_a (H_{pan} - H_0) - H_0 \quad (2-44)$$

$H_{PN}$ ,  $H_{pan}$ ,  $H_0$ : các mực nước ở trạm cần tính toán.

### 2.3.3. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi không có tài liệu quan trắc.

Nếu quan hệ mực nước và lưu lượng là đường đơn trị thì tần suất của mực nước cao nhất và của lưu lượng lớn nhất là bằng nhau.

Để xác định mực nước lớn nhất khi không có số liệu thực đo có thể dùng lưu lượng lớn nhất ứng với tần suất tính toán rồi từ quan hệ lưu lượng mực nước tra ra mực nước tương ứng. Lưu lượng lớn nhất tính theo mục §2.2.3. Đường quan hệ lưu lượng mực nước xác định bằng phương pháp thuỷ lực theo số liệu hình thái lòng sông của đoạn sông tính toán.

### 2.3.4. Tính mực nước thiết kế qua vùng nội đồng.

Khái niệm vùng nội đồng ở đây được hiểu là vùng nằm bên trong “đê”, với đặc điểm nằm trong phạm vi từng “ô” tương đối riêng biệt và bị “đê” ngăn không liên quan với chế độ thuỷ văn của các sông, biển... ở phía ngoài. Chế độ thuỷ văn của vùng nội đồng hoàn toàn phụ thuộc vào chế độ mưa của vùng đồng bằng và hệ thống tiêu thoát nước.

Cho tới nay ở nước ta công thức tính mực nước ứng nội đồng lớn nhất ứng với các tần suất để phục vụ thiết kế tuyến đường vẫn chưa chính thức đưa vào qui trình hay hướng dẫn kỹ thuật. Để khắc phục vấn đề này có thể tham khảo công thức kinh nghiệm do KS. Ngô Huy Đối (TEDI) thành lập để tính mực nước ứng nội đồng.

$$H_{maxP} = H_{maxi} \pm 10^{-3} (X_{nP} - X_{ni})_{max} K \quad (2-45)$$

trong đó:

$H_{maxP}$ : mực nước ứng với tần suất thiết kế, m;

$H_{maxi}$ : mực nước ứng cao nhất trong lịch sử, xác định theo tài liệu quan trắc hoặc điều tra, m;

$X_{nP}$ : lượng mưa thời đoạn thiết kế tính theo phương pháp thống kê xác suất của trạm mưa đại biểu cho khu vực ngập lụt, mm;

$X_{ni}$ : lượng mưa thời đoạn của năm xảy ra ngập ứng lớn nhất, được chọn ra trong những lượng mưa 1, 3, 5, 7... ngày lớn nhất của trạm đo mưa đại biểu cho khu vực, mm;

K: hệ số;  $K = 1 + \beta$

$\beta$ : hệ số hiệu chỉnh lớp nước cần tiêu trên ruộng lúa, xác định theo tiêu chuẩn thiết kế hệ số tiêu cho ruộng lúa của Bộ Thuỷ lợi (trước đây) - 14TCN60-88;

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$$

$\beta_1$ : hệ số hiệu chỉnh ảnh hưởng choán chỗ của cây lúa làm cho mực nước ruộng tăng lên hơn so với mức bình thường xem bảng 2-12;

Bảng 2-12

Bảng tra hệ số  $\beta_1$

Giống lúa	Giai đoạn sinh trưởng		
	Cây bén chân	Đẻ nhánh	Làm đòng
Giống lúa cũ	0,07	0,10	0,13
Giống lúa mới	0,09	0,16	0,19

$\beta_2$ : hệ số hiệu chỉnh ảnh hưởng của bờ ruộng, bờ mương, đường xá... tới lượng mưa rơi xuống ruộng, ở những nơi đã xây dựng qui hoạch thuỷ lợi  $\beta_2 = 0,03 \div 0,05$ ;

$\beta_3$ : hệ số hiệu chỉnh ảnh hưởng của sự tập trung bắt buộc các lượng mưa rơi xuống trên các diện tích không chứa nước hoặc ruộng hoa màu lân cận vào ruộng lúa rồi tiêu đi.  $\beta_3$  thay đổi theo từng trường hợp cụ thể;

$$\beta_3 = C \frac{\Omega_k}{\Omega_l}$$

C: hệ số dòng chảy lấy từ  $0,80 \div 0,90$

$\Omega_k$ : diện tích không chứa nước;

$\Omega_l$ : diện tích ruộng lúa;

( $\Omega_k, \Omega_l$  được xác định trên bản đồ, bình đồ và kết hợp với thực địa).

Lưu ý: Xác định theo công thức (2-45) vẫn còn nhiều hạn chế. Thực tế cho thấy các công trình giao thông đi qua vùng đồng bằng phần nhiều cắt qua các công trình tưới tiêu thuộc hệ thống thuỷ nông của ngành thuỷ lợi. Do đã có sự can thiệp của con người để chủ động tưới tiêu cho toàn vùng nên mực nước xuất hiện ở vùng này không còn mang tính ngẫu nhiên nên việc tính mực nước ứng với tần suất thiết kế theo công thức (2-45) là không phù hợp. Đối với trường hợp này nên dùng tài liệu điều tra kết hợp với tài liệu qui hoạch về tưới tiêu của thuỷ lợi để xác định mực nước thiết kế.

### 2.3.5. Tính mực nước thiết kế qua vùng thung lũng và chảy tràn trước núi

Ở nước ta có rất nhiều nơi có các dải đồng bằng nhỏ hẹp kéo dài từ chân núi về phía hạ lưu. Khu vực này vào mùa lũ dòng chảy từ trên núi đổ xuống, sau khi ra khỏi chân núi nước chảy lan rộng trên vùng đất tương đối bằng phẳng gây nên ngập úng một vùng rộng lớn. Khu vực này có thể gọi là vùng chảy tràn trước núi.

Tính mực nước thiết kế đối với vùng này có thể tham khảo công thức kinh nghiệm do KS. Ngô Huy Đổi (TEDI) thành lập như sau:

$$H_{maxP} = H_{maxi} \pm \frac{10^{-3} \alpha(1 + \beta)(h_{nP} - h_{ni})F}{F_{ng}} \quad (2-46)$$

trong đó:

$H_{maxP}$ : mực nước thiết kế, m;

$H_{maxi}$ : mực nước ngập cao nhất tại khu vực tính toán, xác định theo tài liệu quan trắc hay điều tra, m;

F: diện tích toàn lưu vực, km<sup>2</sup>;

$F_{ng}$ : diện tích thung lũng hoặc vùng chảy tràn trước núi, km<sup>2</sup>;

$h_{nP}$ : lượng mưa thời đoạn thiết kế ứng với P% của trạm đại biểu cho lưu vực, mm;

$h_{ni}$ : lượng mưa thời đoạn tính toán của năm xảy ra ngập lớn nhất, được chọn ra trong những lượng mưa ngày lớn nhất của trạm mưa đại biểu cho lưu vực, mm;

$\alpha$ : hệ số dòng chảy xem bảng 2-10;

$\beta$ : hệ số hiệu chỉnh lớp nước cần tiêu trên ruộng lúa, xác định theo tiêu chuẩn thiết kế hệ số tiêu cho ruộng lúa của Bộ Thuỷ lợi trước đây - 14TCN60-88;

$$\beta = \beta_1 + \beta_2$$

$\beta_1$ : hệ số hiệu chỉnh ảnh hưởng choán chỗ của cây lúa làm cho mức nước ruộng tăng lên hơn so với mức bình thường xem bảng 2-12;

$\beta_2$ : hệ số hiệu chỉnh ảnh hưởng của bờ ruộng, bờ mương, đường xá... tới lượng mưa rơi xuống ruộng, ở những nơi đã xây dựng qui hoạch thuỷ lợi  $\beta_2 = 0,03 \div 0,05$ .

## § 2.4. Tính tổng lượng lũ và đường quá trình lũ thiết kế

Khi tính toán lượng trữ nước trong các hồ chứa, tính toán thiết kế trong các công trình tháo lũ, phân lũ, giao thông không những cần biết lưu lượng đỉnh lũ mà phải nghiên cứu cả quá trình lũ.

### 2.4.1. Xác định tổng lượng lũ thiết kế

Lượng lũ có thể xác định cho 1 trận lũ đơn, một đợt lũ liên tục hoặc thời đoạn cố định nào đó tùy theo yêu cầu cần thiết kế. Khi tính tổng lượng lũ không cần tách riêng nước mặt và nước ngầm.

Đối với các trận lũ dài ngày tổng lượng lũ được xác định theo lưu lượng bình quân ngày như sau:

$$W = 86400 \sum_{t_1}^{t_2} Q_i \quad (2-47)$$

trong đó:  $Q_i$ : lưu lượng lũ bình quân ngày trong đợt lũ kéo dài từ  $t_1$  đến  $t_2$ .

Đối với các trận lũ ngắn, tổng lượng lũ được xác định theo đường quá trình lũ trích trong sổ đặc trưng lũ.

#### a. Tính tổng lượng lũ khi có đủ tài liệu quan trắc

- Chọn thời đoạn thiết kế theo quy mô và kích thước của công trình.
- Tính giá trị  $W_T$  lớn nhất.

$$W = \sum_{i=0}^{n-1} \left( \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \right) \Delta t_{i+1} \quad (\text{m}^3) \quad (2-48)$$

$$\Delta t_{i+1} = t_{i+1} - t_i$$

trong đó:

$Q_i$ : lưu lượng điểm thứ i, m<sup>3</sup>/s;

$t_0, t_n$ : thời điểm bắt đầu và kết thúc trận lũ hoặc bắt đầu và kết thúc thời khoảng T.

Để cho  $W_T$  lớn nhất trong thời đoạn T cần chọn hai giá trị đầu và cuối khoảng có  $Q_i \cong Q_{i+1}$ .

- Vẽ đường tần suất lý luận  $W_T$  và xác định lượng lũ ứng với các tần suất thiết kế. Các bước tính và vẽ đường tần suất lý luận như trình bày ở mục §2.2.1.

### b. Tính tổng lượng lũ khi thiếu tài liệu quan trắc

Trong trường hợp thiếu tài liệu thực đo thì lựa chọn lưu vực tương tự có tài liệu đo đặc và tương quan  $Q_m \sim W_m$  chặt chẽ để xác định  $W_{mP}$  cho lưu vực nghiên cứu.

### c. Tính tổng lượng lũ khi không có tài liệu quan trắc

Trường hợp không có tài liệu quan trắc có thể xác định tổng lượng lũ từ tài liệu mưa.

Đối với lưu vực nhỏ có diện tích từ 1 đến  $50\text{km}^2$ , có thể dùng lượng mưa ngày để tính tổng lượng lũ.

$$W_P = 10^3 H_P \cdot \varphi \cdot F \quad (10^6\text{m}^3) \quad (2-49)$$

Đối với lưu vực nhỏ hơn  $1\text{km}^2$ , tổng lượng lũ tính theo lượng mưa rơi trong thời gian 150 phút.

$$W_P = 10^3 \Psi_{150} \cdot H_P \cdot \varphi \cdot F \quad (10^6\text{m}^3) \quad (2-50)$$

$\Psi_{150}$  xem trong Phụ lục 2-5.

Hệ số dòng chảy  $\varphi$  trong cả hai trường hợp lấy theo  $\varphi$  ứng với  $F > 100\text{km}^2$  trong bảng 2-4.

### d. Tính tổng lượng lũ theo lưu vực tương tự

Trong trường hợp có lưu vực tương tự có thể xây dựng quan hệ tương quan giữa đỉnh và lượng lũ sau đó xác định lũ thiết kế trên đường quan hệ này ứng với lưu lượng  $Q_p$  đã xác định.

## 2.4.2. Xây dựng đường quá trình lũ thiết kế

Đường quá trình lũ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố phức tạp như các yếu tố khí hậu và mặt đệm lưu vực. Sự ảnh hưởng tổ hợp các yếu tố này rất phức tạp nên dạng đường quá trình lũ cũng mang tính ngẫu nhiên như đỉnh lũ và tổng lượng lũ, do đó có thể dùng phương pháp xác suất thống kê để xác định.

Các đặc trưng hình dạng đường quá trình như sau:

- Hệ số đầy ( $\gamma'$ ):

$$\gamma' = \frac{\bar{Q}_{\max}}{\bar{Q}} = \frac{\bar{q}_{\max} \cdot T}{0,0116 \cdot h} \quad (2-51)$$

- Hệ số hình dạng ( $\lambda^*$ )

$$\lambda^* = \frac{\bar{q}_{\max} \cdot t_1}{0,0116 \cdot h} = \gamma' \cdot \frac{t_1}{T} \quad (2-52)$$

- Hệ số không cân đối ( $k_s$ )

$$k_s = \frac{h_1}{h} \quad (2-53)$$

trong đó:

$\bar{Q}_{\max}; \bar{q}_{\max}$ : lưu lượng, mô đun dòng chảy bình quân ngày lớn nhất,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\bar{Q}$ : lưu lượng bình quân của trận lũ,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$t_1$ ,  $T$ : thời gian lũ lên và thời gian cả trận lũ, ngày;

$h_1$ ,  $h$ : lớp nước trong khoảng thời gian lũ lên và cả trận lũ, mm.

#### a. Phương pháp đại biểu theo mẫu.

Đối với một lưu vực nhất định điều kiện địa lý tự nhiên ít thay đổi nên trong trường hợp mưa lớn cường độ tập trung thì dạng đường quá trình lũ ít thay đổi. Điều này cho phép chọn đường quá trình lũ của các trận lũ lớn đã xảy ra làm đường quá trình lũ điển hình để thu phỏng thành đường quá trình lũ thiết kế.

Đường quá trình lũ đại biểu quyết định dạng đường quá trình lũ thiết kế sau này nên cần phải dựa vào các yếu tố sau để chọn:

- Đường quá trình lũ đại biểu phải chọn từ những trận lũ đã xuất hiện trong thực tế và đã đo đạc được một cách chính xác.

- Trận lũ chọn làm đại biểu có đỉnh lũ hoặc tổng lượng lũ bằng hoặc xấp xỉ trị số đỉnh lũ hoặc tổng lượng lũ ứng với tần suất thiết kế.

- Thoả mãn yêu cầu thiết kế.

- Sau khi thu phỏng đường quá trình mô hình lũ điển hình thành đường quá trình lũ thiết kế các đặc trưng hình dạng đường quá trình trên không được biến đổi quá lớn.

Để chuyển đường quá trình lũ điển hình thành đường quá trình lũ thiết kế có thể dùng một trong các phương pháp sau:

- Khi đường quá trình đều đặn có một đỉnh.

Sử dụng hệ số thu phỏng lưu lượng ( $k_Q$ ) và hệ số thu phỏng thời gian ( $k_T$ );

$$k_Q = \frac{\bar{Q}_{\max P}}{\bar{Q}_{\max P_m}} \quad (2-54)$$

$$k_T = \frac{\bar{q}_m \cdot h_P}{h_m \cdot q_P} \quad (2-55)$$

Toạ độ của đường quá trình lũ thiết kế ( $Q_{iP}$ ,  $t_{TP}$ ) như sau:

$$\bar{Q}_{iP} = \bar{Q}_{im} \cdot k_Q \quad (2-56)$$

$$T_{iP} = T_{im} \cdot k_T \quad (2-57)$$

Đường quá trình thiết kế xây dựng theo phương pháp này vẫn giữ nguyên được hệ số đầy đủ và hệ số không cân đối như của đường điển hình.

- Khi đường quá trình lũ có dạng phức tạp, nhiều đỉnh.

Trường hợp này tách phần có lưu lượng lớn (sóng lũ chính) và xác định lớp dòng chảy trong đợt lũ chính  $h_m^*$ . Để thu phỏng đường quá trình lũ, ở đây cần sử dụng 3 hệ số:

- Hệ số thu phỏng đỉnh  $k_1$ :

$$k_1 = \frac{\bar{Q}_{\max P}}{\bar{Q}_{\max P_m}} \quad (2-58)$$

- Hệ số thu phỏng tung độ sóng lũ chính  $k_2$ :

$$k_2 = \frac{h_P^* - 86,4 \bar{q}_P}{h_m^* - 86,4 \bar{q}_m} \times \frac{F}{F_m} \quad (2-59)$$

- Hệ số thu phỏng phần còn lại của đường quá trình  $k_3$ :

$$k_3 = \frac{h_p - h_p^*}{h_m - h_m^*} \times \frac{F}{F_m} \quad (2-60)$$

Hoành độ đường quá trình trong trường hợp này giữ nguyên như cũ.

- Khi đường quá trình lũ phức tạp và không có số liệu về đợt lũ chính ( $h_m^*$ ).

Trong trường hợp này thì có thể dùng hai hệ số thu phỏng sau:

- Tung độ đợt lũ chính, thu phỏng với  $k_1$ .
- Tung độ phần còn lại của quá trình thu phỏng với  $k_4$ .

$$k_4 = \frac{\frac{h_p - h_p^*}{\bar{q}_p}}{\frac{h_m - h_m^*}{\bar{q}_m}} \times \frac{F}{F_m} \quad (2-61)$$

trong đó:

$\bar{Q}_{\max p}; \bar{Q}_{\max pm}$ : lưu lượng bình quân ngày lớn nhất, các ký hiệu P, m biểu thị trị số thiết kế và trị số lấy ở đường quá trình điển hình,  $m^3/s$ ;

$\bar{q}_p; \bar{q}_m$ : mô đun dòng chảy bình quân ngày lớn nhất,  $m^3/s/km^2$ ;

$h_p^*, h_m^*$ : lớp dòng chảy đợt lũ chính, mm;

$h_p, h_m$ : lớp dòng chảy toàn trận lũ, mm.

- Đối với các lưu vực lớn do dòng chảy lũ đơn kéo dài trong nhiều ngày.

Có thể dùng dạng đường cong sau đây:

$$y = 10^{-a\left(\frac{1-x}{x}\right)^2} \quad (2-62)$$

trong đó:

y: tung độ của đường quá trình lũ tính toán, biểu thị bằng tỷ số so với lưu lượng bình quân ngày lớn nhất ứng với tần suất thiết kế  $\bar{Q}_{\max P}$ .

$$y = \frac{Q_i}{\bar{Q}_{\max P}} \quad (2-63)$$

x: hoành độ của đường quá trình lũ tính toán, biểu thị bằng tỷ số so với thời gian nước lên  $T_1$ .

$$x = \frac{T_i}{T_l} \quad (2-64)$$

a: thông số phụ thuộc vào hệ số hình dạng  $\lambda^*$  lấy theo  $k_3$  mượn của lưu vực tương tự.

Thời gian  $T_1$  tính theo công thức:

$$T_1 = \frac{0,0116\lambda^* h_p}{\bar{q}_p} \quad (2-65)$$

Toạ độ x, y của phương trình xác định theo phụ lục 2 - 7.

Đường quá trình lũ thiết kế sẽ bằng:

$$Q_{ip} = \bar{Q}_{max} \cdot y \quad (2-66)$$

$$T_{ip} = T_1 \cdot x \quad (2-67)$$

Đối với lưu vực nhỏ hơn  $100\text{km}^2$ , để xây dựng đường quá trình lũ thiết kế cũng có thể dùng phương trình trên đây, song để xác định tung độ đường quá trình và thời gian lũ lên cần sử dụng lưu lượng tức thời lớn nhất và môđuyn tức thời tương ứng.

Thời gian lũ lên  $T_1(\text{h})$  tính theo công thức:

$$T_1 = \frac{0,278 \cdot \lambda^* h_p}{q_p} \quad (2-68)$$

$$\text{hoặc } T_1 = \frac{16,67 \lambda^* h_p}{q_p} (\text{ph})$$

Hệ số  $k_3$  trong trường hợp này mượn của lưu vực tương tự.

### b. Phương pháp mô hình hình học

Những sông vừa và nhỏ sóng lũ thường có dạng một đỉnh cân đối, quá trình lũ thường được khái quát bằng một mô hình hình học.

Đ.L. Xôkôlôpski kiến nghị sơ đồ hoá quá trình lũ một đỉnh theo phương trình dạng parabol.

$$\text{- Nhánh lên: } Q_t = Q_m \left( \frac{t}{t_l} \right)^m \quad (2-69)$$

$$\text{- Nhánh xuống: } Q_t = Q_m \left( \frac{t_x - t}{t_x} \right)^n \quad (2-70)$$

trong đó:

$Q_t$ : lưu lượng thời điểm  $t$ . Đối với nhánh lên  $t$  kể từ lúc bắt đầu lên, nhánh xuống  $t$  kể từ đỉnh lũ,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$Q_m$ : lưu lượng đỉnh lũ tính theo các công thức ở mục §2.2. Thời gian lũ lên lấy bằng thời gian chảy tụ của đỉnh lũ  $\tau$ ,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$$\tau = \frac{L}{3,6v} \quad (\text{giờ})$$

$v$ : tốc độ chảy tụ trung bình của đỉnh lũ lấy bằng  $0,7V_{max}$ ;

$V_{max}$ : lưu tốc trung bình của tuyến tính toán, tương ứng với lưu lượng đỉnh lũ  $Q_m$  đã tính được.  $V_{max}$  cũng có thể tính theo lưu lượng điều tra lũ.

$$t_x = \gamma t_l; \quad \gamma = \frac{t_l}{t_x}$$

$m, n$ : chỉ số lũy thừa của đường cong nhánh lên và nhánh xuống;  $m, n, \gamma$  có thể xác định theo tài liệu thực đo của quá trình một con lũ đơn. Trong trường hợp không có số liệu thực đo thì  $m, n$  và  $\gamma$  được xác định từ lưu vực tương tự.

G.A.Aléchxayép dùng đường cong Guðrích để mô hình hoá quá trình lũ đơn. Phương trình tính toán quá trình lũ có dạng tổng quát sau:

$$Q_t = Q_m \cdot 10^{-\frac{a(1-x)^2}{x}} \quad (2-71)$$

Ở đây:

$x = \frac{t_i}{t_l}$  là hoành độ của đường quá trình lũ thiết kế tính theo phần trăm của thời gian lũ lên  $t_i$ ;

a: tham số đặc trưng cho hình dạng của quá trình lũ, phụ thuộc vào hệ số hình dạng quá trình lũ  $f$  như bảng 2-13:

**Bảng 2-13**  
**Tham số đặc trưng cho hình dạng lũ**

F	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,5	1,9	2,6
A	0,21	0,32	0,46	0,62	0,80	1,01	1,24	1,52	2,11	3,22	5,11	9,41

Hệ số hình dạng lũ được tính theo công thức:

$$f = \frac{Q_m \cdot t_l}{W} \quad (2-72)$$

$f$  được xác định theo con lũ đơn thực đo hoặc lưu vực tương tự. Độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc vào mức độ chính xác của việc xác định  $t_l$ .

*Đường quá trình tam giác.*

Để xây dựng đường quá trình tam giác, ngoài 2 đặc trưng đỉnh lũ thiết kế ( $Q_p$ ) và lưu lượng lũ thiết kế ( $W_p$ ), cần biết thêm tỷ số giữa thời gian nước xuống ( $T_r$ ) và thời gian nước lên ( $T_l$ ).

Tỷ số  $\beta = \frac{T_r}{T_l}$  có thể xác định theo kinh nghiệm.

Đối với lưu vực ít điều tiết  $\beta = 2,0$ ;

Đối với lưu vực điều tiết nhiều  $\beta = 3,0$ .

Cũng có thể xác định  $\beta$  theo lưu vực tương tự.

Thời gian lũ tính theo công thức:

$$T = \frac{W_p}{1800Q_p} = \frac{0,555F.h}{Q_p} \quad (h) \quad (2-73)$$

trong đó:

h: lớp nước lũ thiết kế, mm;

F: diện tích lưu vực, km<sup>2</sup>.

## § 2.5. Xác định mực nước thông thuyền, mực nước thi công mực nước thấp nhất

### 2.5.1. Xác định mực nước thông thuyền.

Mực nước thông thuyền theo Phân cấp kỹ thuật đường thuỷ nội địa TCVN 5664-92 là mực nước cao có tần suất 5%. Trường hợp đặc biệt có thể dùng mực nước cao có tần suất 10% hoặc mực nước khác do cấp có thẩm quyền quyết định.

Mực nước thông thuyên được xác định tương tự như mực nước đỉnh lũ thiết kế. Chi tiết cách xây dựng đường tần suất mực nước xem §2.3.

### 2.5.2. Xác định mực nước thi công.

Mực nước thi công được dự báo để phục vụ lập kế hoạch thi công nhằm đảm bảo an toàn cho người và phương tiện thi công. Lựa chọn mực nước thi công là giải bài toán mà chỉ tiêu về kinh tế lại mâu thuẫn với chỉ tiêu an toàn. Do vậy, tuỳ thuộc vào từng công trình cụ thể mà đặt ra chỉ tiêu an toàn để xác định mực nước thi công. Thực tế hiện nay người ta vẫn thường dùng mực nước cao ứng với tần suất  $P = 10\%$  và mực nước thấp ứng với  $P = 90\%$  để xác định mực nước thi công.

#### a. Trường hợp sử dụng số liệu thực do.

Đối với những công trình sử dụng được số liệu mực nước thực đo của trạm quan trắc thì mực nước thi công có thể dự báo cho mực nước cực trị tháng, mực nước cực trị tuần. Cách xác định mực nước lớn nhất tháng ứng với 10% ( $H_{max10\%}$ ) và mực nước thấp nhất tháng ứng với 90% ( $H_{min90\%}$ ) tương tự như mục §2.3. Trên cơ sở mực nước đó xây dựng biểu đồ dự báo mực nước phục vụ thi công theo tháng ( $H-t$ ).

#### b. Trường hợp không có số liệu thực do.

Trong trường hợp không có số liệu thực đo thì có thể dựa vào mực nước điều tra: mùa lũ, mùa kiệt; mực nước lũ cao nhất, mực nước lũ trung bình nhiều năm, mực nước thấp nhất, cao độ bờ sông, bãi sông,... để tiến hành phân tích, tính toán. Thông thường mực nước lũ trung bình nhiều năm tương đương với lũ tần suất khoảng  $P = 40 \div 60\%$ , mực nước ngang với cao độ bãi già (sông vùng đồng bằng) tương đương với mực nước tạo lồng có tần suất khoảng  $P = 10 \div 15\%$ .

Lưu ý: *Tùy thuộc vào từng công trình cụ thể, khi tính mực nước thi công trong trường hợp có tài liệu hoặc không có tài liệu thực đo cần xác định được thời gian mùa lũ và mùa kiệt; thời gian xuất hiện lũ tiểu mãn, lũ chính vụ để đưa ra những cảnh báo cần thiết, tránh những thiệt hại đáng tiếc xảy ra trong quá trình thi công.*

### 2.5.3. Xác định mực nước thấp nhất.

Mực nước thấp nhất sử dụng cho các công trình cầu thường được tính toán với tần suất  $P=95\%$ . Tính mực nước thấp nhất thiết kế cũng tương tự như tính mực nước cao nhất thiết kế.

#### a. Trường hợp sử dụng số liệu thực do.

Trong chuỗi số liệu quan trắc của trạm, chọn mỗi năm một trị số mực nước nhỏ nhất để tính tần suất xuất hiện mực nước nhỏ nhất. Trong trường hợp chuỗi số liệu xuất hiện trị số âm thì phải chuyển thành chuỗi số mực nước dương để tính toán tần suất, sau đó chuyển đổi kết quả ra giá trị thực. Các bước tiến hành tương tự như trình bày ở mục §2.3.

#### b. Trường hợp không sử dụng số liệu thực do.

Trường hợp không có tài liệu thực đo xác định mực nước thấp nhất theo tài liệu điều tra. Thông thường tham khảo mực nước thấp nhất điều tra được làm mực nước thấp nhất thiết kế.

## Tài liệu sử dụng trong chương II

- [1]. Trường Đại học Thuỷ lợi. Tính toán thuỷ văn. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1985.

- [2]. Qui phạm tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế QP.TL. C-6-77, 1979.
- [3]. Nguyễn Xuân Trục. Thiết kế đường ô tô - Công trình vượt sông (Tập 3). Nhà xuất bản Giáo dục, 2003 (Tái bản lần thứ ba).
- [4]. Đỗ Cao Đàm, Hà Văn Khối và nnk. Thuỷ văn công trình. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1993.
- [5]. Lê Văn Nghinh. Nguyên lý thuỷ văn. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2000.
- [6]. Lê Văn Nghinh. Tính toán thuỷ văn thiết kế. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2003.
- [7]. Đỗ Đình Khôi, Hoàng Niêm. Dòng chảy lũ sông ngòi Việt Nam. Viện khí tượng thuỷ văn, 1991.
- [8]. Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ - Tiêu chuẩn ngành 22TCN 220 – 95.
- [9]. Trần Đình Nghiên. Thiết kế thuỷ lực cho dự án cầu đường. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2003.
- [10]. Ngô Đình Tuấn. Phân tích thống kê trong thuỷ văn. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1998.
- [11]. Tiêu chuẩn thiết kế hệ số tiêu cho ruộng lúa QPTL 14TCN60-88.
- [13]. Nguyễn Xuân Trục, Dương Học Hải, Vũ Đình Phụng. Sổ tay thiết kế đường ô tô tập 2. Nhà xuất bản Xây dựng, 2003.
- [14]. Viện thuỷ lực Đan Mạch. Sơ lược về mô hình NAM.
- [15]. Viện thuỷ lực Đan Mạch. Giới thiệu về mô hình thuỷ văn.
- [16]. Hiệp hội các kỹ sư quân sự Hoa Kỳ. Hướng dẫn sử dụng mô hình HEC-HMS.

**Bảng tra trị số  $\Phi$  theo đường Pearson III ( $P_{III}$ ),  $C_V = 1$ ;  $X_P = (\Phi C_V + 1) \bar{X}$** 

$\Phi$ $C_S$	Tần suất P%													
	0.01	0.1	1.0	3.0	5.0	10	25	50	75	90	95	97	99	99.9
0.00	3.72	3.09	2.33	1.88	1.64	1.28	0.67	0.00	-0.67	-1.28	-1.64	-1.88	-2.33	-3.09
0.05	3.83	3.16	2.36	1.90	1.65	1.28	0.66	-0.01	-0.68	-1.28	-1.62	-1.86	-2.29	-3.02
0.10	3.94	3.23	2.40	1.92	1.67	1.29	0.66	-0.02	-0.68	-1.27	-1.61	-1.82	-2.25	-2.95
0.15	4.05	3.31	2.44	1.94	1.68	1.30	0.66	-0.02	-0.68	-1.26	-1.60	-1.81	-2.22	-2.88
0.20	4.16	3.38	2.47	1.96	1.70	1.30	0.65	-0.03	-0.69	-1.26	-1.58	-1.79	-2.18	-2.81
0.25	4.27	3.45	2.50	1.98	1.71	1.30	0.64	-0.04	-0.70	-1.25	-1.56	-1.77	-2.14	-2.74
0.30	4.38	3.52	2.54	2.00	1.72	1.31	0.64	-0.05	-0.70	-1.24	-1.55	-1.75	-2.10	-2.67
0.35	4.50	3.59	2.58	2.02	1.73	1.32	0.64	-0.06	-0.70	-1.24	-1.53	-1.72	-2.06	-2.60
0.40	4.61	3.66	2.61	2.04	1.75	1.32	0.63	-0.07	-0.71	-1.23	-1.52	-1.70	-2.03	-2.54
0.45	4.72	3.74	2.64	2.06	1.76	1.32	0.62	-0.08	-0.71	-1.22	-1.51	-1.68	-2.00	-2.47
0.50	4.83	3.81	2.68	2.08	1.77	1.32	0.62	-0.08	-0.71	-1.22	-1.49	-1.66	-1.96	-2.40
0.55	4.94	3.88	2.72	2.10	1.78	1.32	0.62	-0.09	-0.72	-1.21	-1.47	-1.64	-1.92	-2.32
0.60	5.05	3.96	2.75	2.12	1.80	1.33	0.61	-0.10	-0.72	-1.20	-1.45	-1.61	-1.88	-2.27
0.65	5.16	4.03	2.78	2.14	1.81	1.33	0.60	-0.11	-0.72	-1.19	-1.44	-1.59	-1.84	-2.20
0.70	5.28	4.10	2.82	2.15	1.82	1.33	0.59	-0.12	-0.72	-1.18	-1.42	-1.57	-1.81	-2.14
0.75	5.39	4.17	2.86	2.16	1.83	1.34	0.58	-0.12	-0.72	-1.18	-1.40	-1.54	-1.78	-2.08
0.80	5.56	4.24	2.89	2.18	1.84	1.34	0.58	-0.13	-0.73	-1.17	-1.38	-1.52	-1.74	-2.02
0.85	5.62	4.31	2.92	2.20	1.85	1.34	0.58	-0.14	-0.73	-1.16	-1.35	-1.49	-1.70	-1.96
0.90	5.73	4.38	2.96	2.22	1.86	1.34	0.57	-0.15	-0.73	-1.15	-1.35	-1.47	-1.66	-1.90
0.95	5.84	4.46	2.99	2.24	1.87	1.34	0.56	-0.16	-0.73	-1.14	-1.34	-1.44	-1.62	-1.84
1.00	5.96	4.53	3.02	2.25	1.88	1.34	0.55	-0.16	-0.73	-1.13	-1.32	-1.42	-1.59	-1.79
1.05	6.07	4.60	3.06	2.26	1.88	1.34	0.54	-0.17	-0.74	-1.12	-1.30	-1.40	-1.56	-1.74
1.10	6.18	4.67	3.09	2.28	1.89	1.34	0.54	-0.18	-0.74	-1.10	-1.28	-1.38	-1.52	-1.68
1.15	6.30	4.74	3.12	2.30	1.90	1.34	0.53	-0.18	-0.74	-1.09	-1.26	-1.36	-1.48	-1.63
1.20	6.41	4.81	3.15	2.31	1.91	1.34	0.52	-0.19	-0.74	-1.08	-1.24	-1.33	-1.45	-1.58
1.25	6.52	4.88	3.18	2.32	1.92	1.34	0.52	-0.20	-0.74	-1.07	-1.22	-1.30	-1.42	-1.53
1.30	6.64	4.95	3.21	2.34	1.92	1.34	0.51	-0.21	-0.74	-1.06	-1.20	-1.28	-1.38	-1.48
1.35	6.76	5.02	3.24	2.36	1.93	1.34	0.50	-0.22	-0.74	-1.05	-1.18	-1.26	-1.35	-1.44
1.40	6.87	5.09	3.30	2.38	1.94	1.34	0.49	-0.22	-0.73	-1.04	-1.17	-1.23	-1.32	-1.39
1.45	6.98	5.16	3.30	2.38	1.94	1.34	0.48	-0.23	-0.73	-1.03	-1.15	-1.21	-1.29	-1.35
1.50	7.09	5.23	3.33	2.39	1.95	1.33	0.47	-0.24	-0.73	-1.02	-1.13	-1.19	-1.26	-1.31
1.55	7.20	5.30	3.36	2.40	1.96	1.33	0.46	-0.24	-0.73	-1.00	-1.12	-1.16	-1.23	-1.28
1.60	7.31	5.37	3.39	2.42	1.96	1.33	0.46	-0.25	-0.73	-0.99	-1.10	-1.14	-1.20	-1.24
1.65	7.42	5.44	3.42	2.43	1.96	1.32	0.45	-0.26	-0.72	-0.98	-1.08	-1.12	-1.17	-1.20
1.70	7.54	5.50	3.44	2.44	1.97	1.32	0.44	-0.27	-0.72	-0.97	-1.06	-1.10	-1.14	-1.17
1.75	7.65	5.57	3.47	2.45	1.98	1.32	0.43	-0.28	-0.72	-0.96	-1.04	-1.08	-1.12	-1.14
1.80	7.76	5.64	3.50	2.46	1.98	1.32	0.42	-0.28	-0.72	-0.94	-1.02	-1.06	-1.09	-1.11

PHỤ LỤC 2-1 (Tiếp theo)

$\Phi$ $C_S$	Tần suất P%													
	0.01	0.1	1.0	3.0	5.0	10	25	50	75	90	95	97	99	99.9
1.85	7.87	5.70	3.52	2.48	1.98	1.32	0.41	-0.28	-0.72	-0.93	-1.00	-1.04	-1.06	-1.08
1.90	7.98	5.77	3.55	2.49	1.99	1.31	0.40	-0.29	-0.72	-0.92	-0.98	-1.01	-1.04	-1.05
1.95	8.10	5.84	3.58	2.50	2.00	1.30	0.40	-0.30	-0.72	-0.91	-0.96	-0.99	-1.02	-1.02
2.00	8.21	5.91	3.60	2.51	2.00	1.30	0.39	-0.31	-0.71	-0.90	-0.95	-0.97	-0.99	-1.00
2.05	8.32	6.04	3.65	2.53	2.01	1.29	0.37	-0.32	-0.70	-0.87	-0.91	-0.93	-0.95	-0.95
2.10	8.43	6.17	3.68	2.54	2.02	1.27	0.35	-0.33	-0.69	-0.84	-0.88	-0.90	-0.91	-0.91
2.15	8.54	6.30	3.73	2.57	2.01	1.26	0.32	-0.34	-0.68	-0.82	-0.85	-0.86	-0.87	-0.87
2.20	8.64	6.42	3.78	2.60	2.00	1.25	0.29	-0.35	-0.67	-0.79	-0.82	-0.83	-0.83	-0.83
2.25	8.75	6.55	3.82	2.62	2.00	1.23	0.27	-0.36	-0.66	-0.77	-0.79	-0.80	-0.80	-0.80
2.30	8.86	6.67	3.86	2.63	2.00	1.21	0.25	-0.37	-0.66	-0.75	-0.76	-0.77	-0.77	-0.77
2.35	8.97	6.79	3.92	2.64	2.00	1.19	0.24	-0.38	-0.65	-0.72	-0.74	-0.74	-0.74	-0.74
2.40	9.07	6.92	3.96	2.65	2.00	1.18	0.22	-0.39	-0.64	-0.70	-0.71	-0.71	-0.72	-0.72
2.45	9.18	7.03	4.01	2.66	1.99	1.15	0.20	-0.39	-0.63	-0.68	-0.69	-0.69	-0.69	-0.69
2.50	9.23	7.15	4.05	2.66	1.97	1.13	0.19	-0.40	-0.62	-0.66	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
2.55	9.39	7.23	4.09	2.66	1.97	1.11	0.17	-0.40	-0.60	-0.64	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65
2.60	9.50	7.35	4.11	2.66	1.96	1.09	0.15	-0.41	-0.59	-0.62	-0.63	-0.63	-0.63	-0.63
2.65	9.60	7.44	4.15	2.66	1.95	1.08	0.13	-0.41	-0.58	-0.61	-0.61	-0.61	-0.61	-0.61
2.70	9.70	7.54	4.18	2.66	1.94	1.06	0.11	-0.41	-0.57	-0.59	-0.59	-0.59	-0.59	-0.59
2.75	9.82	7.64	4.21	2.66	1.93	1.04	0.09	-0.41	-0.55	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57
2.80	9.92	7.72	4.24	2.66	1.93	1.03	0.06	-0.42	-0.54	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56
2.85	10.00	7.86	4.26	2.66	1.91	1.01	0.05	-0.42	-0.53	-0.54	-0.54	-0.54	-0.54	-0.54
2.90	10.10	7.97	4.29	2.65	1.90	1.00	0.03	-0.42	-0.52	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53
2.95	10.30	8.08	4.32	2.65	1.90	0.98	0.02	-0.41	-0.51	-0.51	-0.51	-0.51	-0.51	-0.51
3.00	10.35	8.17	4.34	2.65	1.90	0.96	0.01	-0.41	-0.49	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50

**PHỤ LỤC 2-2:**

**Bảng tra hệ số moduyn  $K_p$  của đường tần suất Kriski - Menken (K-M)**

(1)  $C_s = C_v$

P(%) $C_v$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,40	1,36	1,34	1,32	1,29	1,27	1,24	1,19	1,17	1,13	1,08	1,06	1,05	1,02	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,84	0,82	0,78	0,76	0,74	0,70
0,2	1,81	1,74	1,71	1,67	1,59	1,55	1,49	1,39	1,34	1,26	1,17	1,13	1,10	1,04	0,99	0,94	0,89	0,86	0,83	0,75	0,68	0,64	0,57	0,53	0,50	0,45
0,3	2,25	2,15	2,11	2,03	1,90	1,84	1,75	1,59	1,52	1,39	1,25	1,19	1,15	1,06	0,99	0,90	0,83	0,78	0,74	0,63	0,53	0,48	0,38	0,34	0,31	0,25
0,4	2,70	2,56	2,49	2,39	2,23	2,15	2,03	1,81	1,70	1,53	1,34	1,26	1,20	1,08	0,97	0,87	0,77	0,71	0,65	0,50	0,38	0,33	0,23	0,18	0,15	0,11
0,5	3,15	2,97	2,89	2,77	2,55	2,45	2,31	2,03	1,90	1,68	1,42	1,33	1,24	1,09	0,96	0,83	0,70	0,62	0,55	0,38	0,26	0,21	0,12	0,09	0,07	0,04
0,6	3,57	3,37	3,27	3,14	2,89	2,76	2,59	2,27	2,10	1,83	1,51	1,41	1,29	1,10	0,93	0,79	0,62	0,53	0,45	0,26	0,15	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01
0,7	3,94	3,74	3,62	3,48	3,21	3,06	2,87	2,51	2,31	1,99	1,59	1,47	1,34	1,10	0,89	0,71	0,51	0,42	0,35	0,17	0,08	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
0,8	4,31	4,11	3,98	3,82	3,53	3,37	3,15	2,75	2,52	2,16	1,69	1,52	1,38	1,10	0,83	0,61	0,41	0,31	0,24	0,09	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
0,9	4,63	4,44	4,30	4,13	3,85	3,68	3,45	3,02	2,76	2,35	1,78	1,58	1,40	1,05	0,76	0,51	0,30	0,21	0,15	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(2)  $C_s = 1,5C_v$

P(%) $C_v$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,39	1,36	1,35	1,33	1,28	1,27	1,24	1,19	1,17	1,13	1,10	1,07	1,05	1,03	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84	0,82	0,78	0,76	0,74	0,72
0,2	1,86	1,79	1,75	1,70	1,61	1,57	1,51	1,40	1,34	1,26	1,17	1,13	1,10	1,04	0,99	0,94	0,89	0,86	0,83	0,75	0,69	0,65	0,58	0,55	0,52	0,47
0,3	2,39	2,25	2,19	2,11	1,96	1,90	1,79	1,62	1,53	1,40	1,25	1,19	1,14	1,07	0,98	0,90	0,83	0,78	0,74	0,63	0,55	0,50	0,41	0,36	0,33	0,28
0,4	2,94	2,75	2,67	2,54	2,34	2,24	2,09	1,85	1,72	1,54	1,32	1,25	1,18	1,06	0,96	0,86	0,76	0,74	0,65	0,52	0,42	0,36	0,27	0,22	0,20	0,15
0,5	3,55	3,31	3,17	3,02	2,74	2,60	2,41	2,10	1,92	1,69	1,41	1,30	1,20	1,06	0,93	0,81	0,69	0,63	0,57	0,41	0,31	0,25	0,16	0,12	0,11	0,07
0,6	4,20	3,89	3,74	3,53	3,17	3,00	2,76	2,34	2,13	1,82	1,48	1,35	1,24	1,06	0,90	0,76	0,62	0,55	0,47	0,31	0,21	0,15	0,08	0,06	0,04	0,02
0,7	4,87	4,52	4,32	4,05	3,62	3,42	3,11	2,61	2,35	1,96	1,55	1,40	1,26	1,05	0,86	0,70	0,55	0,46	0,39	0,22	0,14	0,09	0,04	0,02	0,02	0,00
0,8	5,59	5,14	4,93	4,60	4,08	3,85	3,49	2,87	2,56	2,11	1,61	1,43	1,28	1,03	0,81	0,63	0,46	0,38	0,30	0,15	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,9	6,37	5,83	5,58	5,21	4,61	4,32	3,90	3,17	2,80	2,27	1,67	1,46	1,30	1,00	0,76	0,56	0,38	0,30	0,23	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
1,0	7,19	6,54	6,25	5,82	5,15	4,79	4,32	3,47	3,05	2,42	1,72	1,49	1,29	0,95	0,70	0,48	0,30	0,22	0,16	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1	8,01	7,32	6,95	6,58	5,70	5,30	4,73	3,80	3,28	2,56	1,75	1,48	1,26	0,90	0,62	0,40	0,23	0,16	0,11	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2	8,82	8,11	7,68	7,12	6,23	5,81	5,16	4,10	3,54	2,70	1,77	1,47	1,25	0,84	0,54	0,34	0,17	0,11	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(3)  $C_S = 2 C_V$

P(%) $C_V$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,42	1,38	1,36	1,34	1,30	1,28	1,25	1,20	1,17	1,13	1,08	1,07	1,05	1,02	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,87	0,84	0,82	0,78	0,76	0,75	0,72
0,2	1,92	1,83	1,79	1,73	1,64	1,59	1,52	1,41	1,35	1,26	1,16	1,13	1,09	1,04	0,99	0,94	0,89	0,86	0,83	0,75	0,70	0,66	0,59	0,56	0,54	0,49
0,3	2,51	2,36	2,29	2,19	2,02	1,94	1,83	1,64	1,54	1,40	1,24	1,18	1,13	1,05	0,97	0,90	0,82	0,78	0,75	0,64	0,56	0,52	0,44	0,40	0,37	0,32
0,4	3,20	2,96	2,85	2,70	2,45	2,33	2,16	1,88	1,74	1,53	1,31	1,23	1,17	1,05	0,95	0,85	0,76	0,71	0,66	0,53	0,45	0,39	0,31	0,27	0,24	0,19
0,5	3,98	3,64	3,48	3,27	2,91	2,74	2,51	2,13	1,94	1,67	1,38	1,28	1,19	1,04	0,92	0,80	0,69	0,63	0,57	0,44	0,34	0,29	0,21	0,17	0,15	0,11
0,6	4,85	4,39	4,18	3,89	3,42	3,20	2,89	2,39	2,15	1,81	1,44	1,31	1,21	1,03	0,88	0,75	0,62	0,56	0,49	0,35	0,25	0,20	0,13	0,10	0,08	0,05
0,7	5,81	5,22	4,95	4,57	3,96	3,68	3,29	2,66	2,36	1,94	1,50	1,34	1,22	1,01	0,84	0,69	0,55	0,49	0,42	0,27	0,18	0,14	0,08	0,05	0,04	0,02
0,8	6,85	6,11	5,77	5,30	4,55	4,19	3,71	2,94	2,57	2,06	1,54	1,37	1,22	0,99	0,80	0,63	0,49	0,42	0,35	0,21	0,13	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01
0,9	7,89	7,08	6,66	6,08	5,16	4,73	4,15	3,22	2,78	2,19	1,58	1,38	1,22	0,96	0,75	0,57	0,42	0,35	0,28	0,15	0,08	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00
1,0	9,21	8,11	7,60	6,91	5,81	5,30	4,61	3,51	3,00	2,30	1,61	1,39	1,20	0,92	0,69	0,51	0,36	0,29	0,22	0,11	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
1,1	10,48	9,17	8,61	7,76	6,47	5,88	5,06	3,79	3,21	2,41	1,62	1,37	1,18	0,87	0,64	0,45	0,31	0,24	0,17	0,07	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2	11,80	10,26	9,65	8,65	7,10	6,50	5,50	4,05	3,45	2,50	1,62	1,34	1,13	0,81	0,58	0,40	0,26	0,19	0,13	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

(4)  $C_S = 3 C_V$

P(%) $C_V$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,42	1,39	1,36	1,35	1,31	1,29	1,25	1,21	1,17	1,14	1,09	1,07	1,05	1,02	0,99	0,97	0,94	0,93	0,91	0,87	0,84	0,83	0,79	0,77	0,76	0,73
0,2	2,06	1,99	1,88	1,80	1,69	1,63	1,55	1,42	1,36	1,26	1,16	1,12	1,09	1,03	0,98	0,93	0,88	0,86	0,83	0,76	0,71	0,68	0,62	0,59	0,57	0,53
0,3	2,86	2,62	2,50	2,36	2,12	2,02	1,88	1,67	1,54	1,39	1,23	1,17	1,12	1,03	0,96	0,89	0,82	0,79	0,75	0,66	0,59	0,55	0,48	0,45	0,43	0,38
0,4	3,78	3,41	3,23	3,00	2,64	2,48	2,25	1,91	1,75	1,52	1,29	1,21	1,14	1,03	0,93	0,84	0,76	0,72	0,67	0,57	0,49	0,45	0,37	0,34	0,31	0,27
0,5	5,00	4,34	4,10	3,75	3,22	3,00	2,66	2,17	1,94	1,63	1,33	1,23	1,15	1,01	0,90	0,79	0,70	0,65	0,60	0,48	0,41	0,36	0,29	0,25	0,23	0,19
0,6	6,28	5,48	5,06	4,58	3,82	3,50	3,07	2,42	2,14	1,76	1,38	1,26	1,15	1,00	0,86	0,74	0,64	0,58	0,53	0,41	0,33	0,28	0,21	0,18	0,16	0,13
0,7	7,70	6,59	6,07	5,43	4,44	4,00	3,49	2,70	2,35	1,87	1,42	1,27	1,16	0,97	0,82	0,69	0,58	0,52	0,47	0,34	0,26	0,22	0,16	0,12	0,12	0,09
0,8	9,21	7,74	7,11	6,31	5,11	4,58	3,92	2,94	2,51	1,97	1,45	1,29	1,15	0,95	0,78	0,65	0,53	0,47	0,41	0,29	0,21	0,17	0,12	0,09	0,08	0,06
0,9	11,00	9,14	8,32	7,33	5,84	5,21	4,40	3,22	2,70	2,09	1,47	1,28	1,14	0,91	0,74	0,60	0,47	0,41	0,36	0,24	0,17	0,13	0,08	0,06	0,05	0,03
1,0	12,89	10,64	9,66	8,43	6,62	5,85	4,80	3,47	2,89	2,15	1,49	1,28	1,13	0,88	0,70	0,55	0,42	0,36	0,31	0,19	0,13	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02
1,1	14,85	12,24	11,02	9,54	7,40	6,50	5,37	3,74	3,05	2,24	1,49	1,27	1,11	0,85	0,66	0,50	0,37	0,31	0,26	0,16	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01
1,2	16,86	13,83	12,43	10,68	8,21	7,16	5,85	3,99	3,23	2,31	1,50	1,27	1,08	0,81	0,61	0,46	0,33	0,27	0,22	0,12	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01

(5)  $C_s = 4 C_v$

P(%) $C_v$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,51	1,45	1,40	1,38	1,34	1,30	1,25	1,19	1,17	1,11	1,08	1,06	1,05	1,02	0,99	0,97	0,94	0,93	0,91	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78	0,77	0,75
0,2	2,20	2,05	1,97	1,87	1,73	1,67	1,58	1,43	1,36	1,26	1,15	1,11	1,08	1,03	0,98	0,93	0,88	0,86	0,83	0,77	0,72	0,69	0,64	0,61	0,60	0,56
0,3	3,15	2,87	2,72	2,53	2,23	2,10	1,94	1,67	1,55	1,38	1,21	1,15	1,10	1,02	0,95	0,89	0,82	0,79	0,75	0,67	0,61	0,58	0,52	0,49	0,47	0,43
0,4	4,35	3,85	3,60	3,29	2,81	2,60	2,34	1,92	1,75	1,51	1,26	1,19	1,12	1,01	0,92	0,84	0,76	0,72	0,68	0,59	0,52	0,48	0,42	0,39	0,37	0,33
0,5	5,90	5,05	4,70	4,20	3,45	3,13	2,77	2,18	1,93	1,61	1,31	1,21	1,13	0,99	0,89	0,79	0,71	0,66	0,61	0,51	0,44	0,40	0,34	0,30	0,29	0,25
0,6	7,70	6,35	5,75	5,07	4,09	3,69	3,17	2,44	2,11	1,72	1,34	1,23	1,13	0,97	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55	0,44	0,37	0,33	0,27	0,24	0,22	0,19
0,7	9,57	7,81	7,00	6,05	4,76	4,25	3,59	2,67	2,28	1,82	1,37	1,23	1,12	0,95	0,82	0,70	0,60	0,55	0,50	0,38	0,32	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14
0,8	11,40	9,15	8,20	7,02	5,46	4,81	4,01	2,90	2,45	1,90	1,40	1,24	1,12	0,93	0,78	0,66	0,55	0,50	0,45	0,33	0,26	0,23	0,17	0,15	0,13	0,10
0,9	13,55	10,70	9,46	8,12	6,18	5,38	4,43	3,12	2,60	2,00	1,41	1,25	1,10	0,90	0,75	0,62	0,50	0,45	0,40	0,29	0,22	0,18	0,14	0,11	0,10	0,08
1,0	15,60	12,25	10,90	9,25	6,94	6,02	4,96	3,35	2,77	2,05	1,42	1,24	1,09	0,87	0,71	0,57	0,46	0,40	0,36	0,25	0,18	0,15	0,11	0,08	0,07	0,05
1,1	17,65	13,70	12,10	10,42	7,71	6,65	5,35	3,60	2,92	2,12	1,43	1,24	1,07	0,85	0,67	0,53	0,42	0,37	0,31	0,21	0,15	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04
1,2	20,71	15,99	13,99	11,65	8,53	7,31	5,82	3,84	3,07	2,18	1,43	1,22	1,06	0,81	0,63	0,49	0,38	0,32	0,27	0,18	0,12	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03

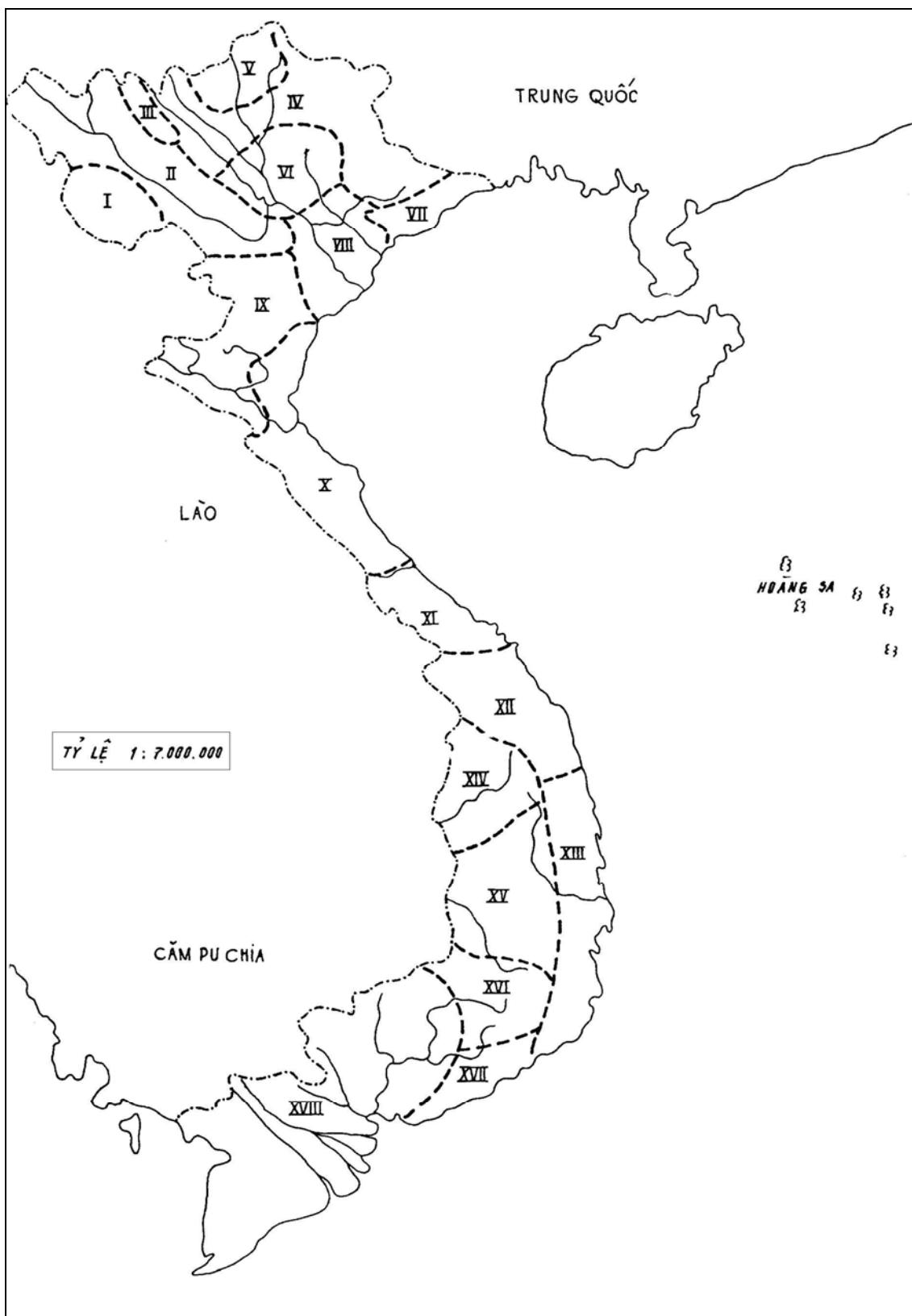
(6)  $C_s = 5 C_v$

P(%) $C_v$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,54	1,47	1,43	1,40	1,34	1,31	1,27	1,20	1,17	1,13	1,08	1,06	1,05	1,02	0,99	0,97	0,94	0,93	0,91	0,88	0,84	0,82	0,78	0,76	0,75	0,73
0,2	2,34	2,15	2,06	1,95	1,78	1,70	1,61	1,44	1,36	1,26	1,15	1,11	1,08	1,02	0,97	0,93	0,88	0,86	0,83	0,77	0,73	0,70	0,66	0,63	0,62	0,59
0,3	3,43	3,07	2,87	2,66	2,31	2,16	1,98	1,67	1,55	1,37	1,21	1,15	1,09	1,01	0,94	0,88	0,82	0,79	0,75	0,68	0,63	0,60	0,55	0,52	0,51	0,47
0,4	4,91	4,23	3,90	3,51	2,92	2,69	2,38	1,93	1,74	1,49	1,25	1,17	1,10	1,00	0,92	0,84	0,77	0,73	0,69	0,61	0,55	0,51	0,45	0,42	0,41	0,37
0,5	6,65	5,50	5,05	4,44	3,52	3,21	2,79	2,17	1,90	1,60	1,30	1,20	1,10	0,98	0,88	0,79	0,71	0,67	0,63	0,53	0,47	0,43	0,37	0,34	0,32	0,29
0,6	8,70	6,95	6,24	5,40	4,22	3,77	3,21	2,42	2,08	1,70	1,32	1,20	1,11	0,97	0,85	0,75	0,66	0,62	0,57	0,47	0,40	0,36	0,31	0,28	0,26	0,23
0,7	10,70	8,43	7,51	6,43	4,91	4,34	3,65	2,62	2,22	1,79	1,34	1,20	1,10	0,94	0,82	0,71	0,61	0,56	0,52	0,41	0,34	0,31	0,25	0,23	0,21	0,18
0,8	12,71	9,96	8,82	7,54	5,69	4,93	4,06	2,88	2,41	1,86	1,36	1,22	1,10	0,92	0,78	0,67	0,56	0,51	0,47	0,36	0,29	0,26	0,20	0,18	0,16	0,14
0,9	15,05	11,60	10,25	8,64	6,41	5,52	4,50	3,10	2,54	1,94	1,36	1,22	1,09	0,90	0,75	0,63	0,52	0,47	0,42	0,32	0,25	0,22	0,16	0,14	0,12	0,10
1,0	17,41	13,30	11,71	9,83	7,15	6,17	4,94	3,33	2,71	2,00	1,39	1,22	1,08	0,87	0,71	0,58	0,48	0,42	0,37	0,27	0,21	0,18	0,13	0,11	0,10	0,08
1,1	20,0	15,20	13,25	10,96	7,90	6,85	5,33	3,52	2,85	2,05	1,40	1,20	1,06	0,84	0,68	0,55	0,44	0,39	0,34	0,24	0,18	0,15	0,10	0,09	0,08	0,06
1,2	22,71	17,17	14,81	12,14	8,63	7,35	5,75	3,75	2,98	2,11	1,41	1,20	1,04	0,81	0,65	0,51	0,41	0,36	0,31	0,21	0,15	0,12	0,08	0,07	0,06	0,04

(7)  $C_s = 6 C_v$

$P(\%)$ $C_v$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	99,7	99,9
0,1	1,60	1,52	1,47	1,41	1,35	1,32	1,29	1,21	1,18	1,14	1,08	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,94	0,93	0,91	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78	0,76	0,75
0,2	2,48	2,25	2,15	2,02	1,83	1,74	1,63	1,45	1,37	1,26	1,14	1,10	1,07	1,02	0,97	0,92	0,88	0,86	0,84	0,78	0,74	0,72	0,67	0,65	0,64	0,61
0,3	3,75	3,25	3,05	2,80	2,38	2,22	2,01	1,68	1,55	1,37	1,19	1,13	1,08	1,01	0,94	0,88	0,83	0,80	0,77	0,70	0,65	0,62	0,57	0,55	0,53	0,50
0,4	5,48	4,54	4,15	3,68	2,98	2,73	2,40	1,92	1,73	1,47	1,23	1,16	1,10	0,99	0,91	0,84	0,77	0,74	0,70	0,62	0,56	0,53	0,48	0,45	0,43	0,40
0,5	7,30	5,90	5,25	4,58	3,64	3,26	2,81	2,14	1,89	1,56	1,27	1,18	1,10	0,98	0,88	0,80	0,72	0,68	0,64	0,55	0,49	0,46	0,40	0,37	0,36	0,33
0,6	9,39	7,37	6,57	5,54	4,31	3,82	3,22	2,38	2,05	1,66	1,30	1,19	1,10	0,96	0,85	0,76	0,67	0,63	0,58	0,49	0,43	0,39	0,33	0,31	0,29	0,26
0,7	11,50	8,90	7,85	6,57	5,00	4,38	3,63	2,60	2,20	1,73	1,32	1,20	1,10	0,94	0,82	0,72	0,63	0,58	0,53	0,43	0,37	0,33	0,28	0,25	0,24	0,21
0,8	13,80	10,50	9,26	7,63	5,66	4,93	4,03	2,82	2,36	1,82	1,34	1,21	1,09	0,92	0,79	0,68	0,58	0,53	0,48	0,38	0,32	0,28	0,23	0,20	0,19	0,16
0,9	16,40	12,30	10,70	8,79	6,38	5,51	4,44	3,04	2,51	1,90	1,36	1,20	1,08	0,89	0,75	0,64	0,54	0,49	0,44	0,33	0,27	0,24	0,19	0,17	0,15	0,12
1,0	18,90	14,10	12,10	10,00	7,16	6,11	4,86	3,26	2,66	1,96	1,37	1,20	1,07	0,87	0,72	0,60	0,49	0,44	0,39	0,29	0,23	0,20	0,15	0,13	0,12	0,09
1,1	21,50	16,00	13,70	11,18	7,91	6,71	5,27	3,46	2,80	2,03	1,37	1,20	1,05	0,85	0,68	0,56	0,45	0,40	0,35	0,26	0,20	0,17	0,12	0,10	0,09	0,08
1,2	24,00	17,80	15,40	12,39	8,67	7,31	5,69	3,67	2,90	2,08	1,38	1,19	1,04	0,82	0,66	0,53	0,42	0,37	0,32	0,22	0,17	0,14	0,10	0,08	0,07	0,06

Bản đồ phân vùng mưa rào Việt Nam



Vùng mưa	Ranh giới phân vùng mưa rào
I	Lưu vực thượng nguồn sông Mã, sông Chu, sông Cả.
II	Vùng thượng nguồn sông Đà từ biên giới đến Nghĩa Lộ
III	Tâm mưa Hoàng Liên Sơn hữu ngạn sông Thao, từ biên giới đến Ngòi Bút.
IV	Vùng lưu vực sông Kỳ Cùng, sông Bằng Giang, thượng nguồn sông Hồng.
V	Lưu vực sông Gâm, tả ngạn sông Lô.
VI	Thung lũng sông Thao, sông Chảy, hạ lưu sông Lô Gâm.
VII	Các lưu vực bắt nguồn từ dãy Yên Tử đổ ra biển.
VIII	Vùng biển từ Hải Phòng đến Thanh Hoá.
IX	Các lưu vực phân trung du sông Mã, sông Chu ra đến biển.
X	Vùng ven biển từ Thanh Hoá đến Đồng Hới.
XI	Vùng ven biển từ Đồng Hới đến Đà Nẵng.
XII	Vùng ven biển từ Đà Nẵng đến Quảng Ngãi.
XIII	Vùng ven biển từ Quảng Ngãi đến Phan Rang.
XIV	Các lưu vực sông phía bắc Tây Nguyên.
XV	Các lưu vực sông phía nam Tây Nguyên.
XVI	Các lưu vực sông từ Ban Mê Thuột tới Bảo Lộc.
XVII	Vùng ven biển từ Phan Rang đến Vũng Tàu.
XVIII	Vùng Đông bằng Nam Bộ.

PHỤ LỤC 2-4

Mô đuny định lũ A<sub>P%</sub> theo φ<sub>ls</sub>, vùng mưa và thời gian nước chảy trên suôn dốc τ<sub>sd</sub>.

Vùng mưa	τ <sub>sd</sub>	$\phi_{ls} = \frac{1000L}{m_{ls} J_{ls}^{1/3} F^{1/4} (\varphi H_P)^{1/4}}$															
		0	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	220
	20	0,2800	0,2600	0,2180	0,1520	0,1120	0,0920	0,0760	0,0640	0,0540	0,0470	0,0400	0,0350	0,0300	0,0180	0,0150	0,0130
	30	0,2100	0,1900	0,1600	0,1360	0,1040	0,0850	0,0720	0,0610	0,0520	0,0450	0,0380	0,0330	0,0290	0,0170	0,0140	0,0125
I	60	0,1500	0,1430	0,1250	0,1110	0,0910	0,0760	0,0650	0,0550	0,0470	0,0400	0,0340	0,0300	0,0260	0,0160	0,0130	0,0120
	90	0,1140	0,1120	0,1020	0,0930	0,0170	0,0650	0,0560	0,0480	0,0410	0,0350	0,0310	0,0270	0,0240	0,0150	0,0120	0,0115
	180	0,0720	0,0710	0,0570	0,0630	0,0550	0,0480	0,0430	0,0370	0,0330	0,0290	0,0250	0,0220	0,0210	0,0140	0,0115	0,0110
	20	0,1170	0,1140	0,1040	0,0930	0,0870	0,0650	0,0550	0,0470	0,0400	0,0340	0,0300	0,0260	0,0240	0,0180	0,0150	0,0140
	30	0,1000	0,0980	0,0910	0,0830	0,0700	0,0600	0,0520	0,0440	0,0380	0,0330	0,0280	0,0250	0,0230	0,0175	0,0140	0,0130
II	60	0,0820	0,0810	0,0760	0,0700	0,0600	0,0520	0,0450	0,0390	0,0340	0,0300	0,0270	0,0240	0,0220	0,0160	0,0130	0,0125
	90	0,0670	0,0660	0,0630	0,0590	0,0520	0,0460	0,0400	0,0350	0,0310	0,0270	0,0250	0,0220	0,0200	0,0150	0,0120	0,0120
	180	0,0520	0,0510	0,0480	0,0460	0,0410	0,0360	0,0320	0,0280	0,0250	0,0220	0,0200	0,0180	0,0170	0,0140	0,0110	0,0110
	20	0,1590	0,1530	0,1370	0,1220	0,0985	0,0831	0,0708	0,0618	0,0544	0,0492	0,0450	0,0410	0,0378	0,0281	0,0218	0,0183
	30	0,1320	0,1290	0,1160	0,1040	0,0866	0,0740	0,0650	0,0573	0,0507	0,0462	0,0420	0,0390	0,0358	0,0272	0,0211	0,0180
III	60	0,0950	0,0920	0,0870	0,0790	0,0695	0,0611	0,0530	0,0497	0,0447	0,0410	0,0380	0,0350	0,0325	0,0252	0,0197	0,0170
	90	0,0730	0,0680	0,0659	0,0612	0,0549	0,0500	0,0443	0,0414	0,0384	0,0355	0,0330	0,0307	0,0292	0,0228	0,0185	0,0160
	180	0,0580	0,0540	0,0517	0,0490	0,0450	0,0420	0,0383	0,0360	0,0330	0,0303	0,0300	0,0268	0,0256	0,0205	0,0165	0,0150
	20	0,2730	0,2140	0,1880	0,1630	0,1280	0,1040	0,0865	0,0743	0,0654	0,0565	0,0499	0,0448	0,0408	0,0279	0,0216	0,0184
	30	0,2000	0,1840	0,1630	0,1420	0,1153	0,0950	0,8160	0,0703	0,0615	0,0545	0,0479	0,0429	0,0390	0,0269	0,0212	0,0182
IV	60	0,1290	0,1240	0,1170	0,1070	0,0903	0,0790	0,0688	0,0593	0,0553	0,0473	0,0427	0,0382	0,0351	0,0256	0,0200	0,0174
	90	0,1020	0,0930	0,0890	0,0840	0,0735	0,0645	0,0579	0,0508	0,0460	0,0410	0,0370	0,0340	0,0315	0,0230	0,0189	0,0164
	180	0,0720	0,0710	0,0670	0,0630	0,0555	0,0503	0,0456	0,0413	0,0378	0,0328	0,0315	0,0310	0,0275	0,0210	0,0178	0,0155
	20	0,1200	0,1185	0,1115	0,1087	0,0940	0,0786	0,0690	0,0630	0,0525	0,0457	0,0397	0,0347	0,0304	0,0195	0,0140	0,0130
	30	0,1120	0,1100	0,1035	0,0965	0,0840	0,0733	0,0638	0,0560	0,0485	0,0423	0,0370	0,0320	0,0280	0,0169	0,0133	0,0124
V	60	0,0980	0,0965	0,0855	0,0815	0,0748	0,0655	0,0577	0,0506	0,0445	0,0393	0,0345	0,0304	0,0268	0,0163	0,0126	0,0119
	90	0,0830	0,0817	0,0775	0,0726	0,0642	0,0565	0,0500	0,0443	0,0390	0,0345	0,0310	0,0276	0,0247	0,0152	0,0118	0,0114
	180	0,0595	0,0587	0,0560	0,0583	0,0480	0,0430	0,0390	0,0350	0,0317	0,0285	0,0263	0,0240	0,0223	0,0148	0,0110	0,0108

PHỤ LỤC 2 - 4 (TIẾP)

Vùng mưa	$\tau_{sd}$	$\phi_{ls} = \frac{1000L}{m_{ls} J_{ls}^{1/3} F^{1/4} (\varphi H_p)^{1/4}}$																	
		0	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	220		
	20	0,1215	0,1195	0,1130	0,1053	0,0916	0,0803	0,0703	0,0617	0,0543	0,0478	0,0417	0,0377	0,0324	0,0195	0,0150	0,0140		
	30	0,1135	0,1117	0,1060	0,0870	0,0865	0,0757	0,0666	0,0585	0,0515	0,0452	0,0397	0,0350	0,0310	0,0189	0,0145	0,0135		
VI	60	0,1050	0,0995	0,0944	0,0860	0,0798	0,0686	0,0606	0,0536	0,0474	0,0420	0,0373	0,0333	0,0295	0,0183	0,0140	0,0129		
	90	0,0863	0,0858	0,0816	0,0770	0,0690	0,0617	0,0553	0,0490	0,0440	0,0390	0,0350	0,0310	0,0278	0,0172	0,0135	0,0124		
	180	0,0645	0,0637	0,0610	0,0580	0,0513	0,0457	0,0407	0,0363	0,0323	0,0292	0,0265	0,0242	0,0222	0,0167	0,0130	0,0120		
	20	0,1060	0,1050	0,1000	0,0934	0,0817	0,0716	0,0633	0,0555	0,0490	0,0430	0,0382	0,0337	0,0300	0,0190	0,0150	0,0133		
	30	0,0970	0,0960	0,0910	0,0786	0,0763	0,0677	0,0603	0,0534	0,0474	0,0417	0,0370	0,0327	0,0290	0,0181	0,0142	0,0129		
VII	60	0,0850	0,0840	0,0800	0,0757	0,0676	0,0606	0,0540	0,0482	0,0430	0,0380	0,0340	0,0303	0,0272	0,0175	0,0135	0,0125		
	90	0,0710	0,0700	0,0670	0,0632	0,0565	0,0506	0,0455	0,0407	0,0400	0,0330	0,0298	0,0271	0,0247	0,0168	0,0127	0,0117		
	180	0,0570	0,0560	0,0540	0,0510	0,0460	0,0408	0,0365	0,0326	0,0293	0,0265	0,0238	0,0218	0,0200	0,0160	0,0121	0,0110		
	20	0,1620	0,1560	0,1360	0,1210	0,0963	0,0805	0,0676	0,0572	0,0483	0,0422	0,0375	0,0334	0,0298	0,0240	0,0170	0,0160		
	30	0,1460	0,1420	0,1270	0,1120	0,0905	0,0760	0,0645	0,0550	0,0477	0,0416	0,0366	0,0327	0,0292	0,0225	0,0160	0,0150		
VIII	60	0,1190	0,1160	0,1040	0,0933	0,0773	0,0656	0,0560	0,0486	0,0435	0,0386	0,0345	0,0309	0,0280	0,0210	0,0150	0,0140		
	90	0,1010	0,0987	0,0910	0,0824	0,0693	0,0593	0,0513	0,0445	0,0394	0,0352	0,0320	0,0293	0,0265	0,0190	0,0140	0,0130		
	180	0,0620	0,0615	0,0587	0,0550	0,0500	0,0450	0,0403	0,0365	0,0330	0,0300	0,0275	0,0253	0,0235	0,0173	0,0130	0,0120		
	20	0,1923	0,1825	0,1570	0,1430	0,1152	0,0956	0,0810	0,0705	0,0616	0,0549	0,0489	0,0443	0,0407	0,0290	0,0220	0,0200		
	30	0,1912	0,1555	0,1395	0,1233	0,1030	0,0868	0,0762	0,0663	0,0587	0,0527	0,0469	0,0425	0,0390	0,0279	0,0210	0,0190		
IX	60	0,1095	0,1050	0,1015	0,0931	0,0811	0,0724	0,0642	0,0563	0,0534	0,0463	0,0425	0,0385	0,0355	0,0262	0,0200	0,0178		
	90	0,0905	0,0820	0,0800	0,0756	0,0740	0,0607	0,0553	0,0493	0,0452	0,0407	0,0372	0,0345	0,0322	0,0233	0,0190	0,0165		
	180	0,0640	0,0635	0,0610	0,0572	0,0510	0,0468	0,0433	0,0396	0,0367	0,0336	0,0317	0,0300	0,0280	0,0220	0,0178	0,0155		
	20	0,0946	0,0932	0,0887	0,0833	0,0733	0,0645	0,0568	0,0500	0,0443	0,0388	0,0345	0,0305	0,0277	0,0200	0,0150	0,0130		
	30	0,0893	0,0880	0,0836	0,0788	0,0690	0,0608	0,0537	0,0473	0,0417	0,0370	0,0330	0,0293	0,0263	0,0192	0,0145	0,0128		
X	60	0,0806	0,0796	0,0757	0,0710	0,0628	0,0555	0,0487	0,0433	0,0383	0,0340	0,0303	0,0270	0,0246	0,0183	0,0140	0,0125		
	90	0,0717	0,0707	0,0670	0,0635	0,0557	0,0495	0,0437	0,0387	0,0346	0,0307	0,0277	0,0253	0,0230	0,0179	0,0135	0,0122		
	180	0,0525	0,0520	0,0500	0,0472	0,0425	0,0382	0,0435	0,0313	0,0283	0,0262	0,0243	0,0242	0,0216	0,0173	0,0130	0,0115		

PHỤ LỤC 2- 4 (TIẾP)

Vùng mưa	$\tau_{sd}$	$\phi_{ls} = \frac{1000L}{m_{ls} J_{ls}^{1/3} F^{1/4} (\varphi H_p)^{1/4}}$																	
		0	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	220		
	20	0,0888	0,0862	0,0800	0,0714	0,0607	0,0524	0,4610	0,0406	0,0364	0,0330	0,0304	0,0280	0,0267	0,0216	0,0182	0,0161		
	30	0,0712	0,0696	0,0667	0,0612	0,0541	0,0478	0,0430	0,0385	0,0348	0,0317	0,0294	0,0273	0,0258	0,0211	0,0176	0,0157		
XI	60	0,0631	0,0615	0,0582	0,0542	0,0480	0,0431	0,0388	0,0360	0,0315	0,0286	0,0268	0,0251	0,0234	0,0196	0,0164	0,0149		
	90	0,0518	0,0508	0,0479	0,0459	0,0403	0,0364	0,0327	0,0304	0,0283	0,0261	0,0255	0,0233	0,0222	0,0185	0,0157	0,0143		
	180	0,0431	0,0420	0,0398	0,0375	0,0339	0,0316	0,0286	0,0264	0,0245	0,0230	0,0218	0,0210	0,0204	0,0172	0,0148	0,0136		
	20	0,0900	0,0880	0,0807	0,0727	0,0600	0,0503	0,0423	0,0360	0,0307	0,0270	0,0242	0,0225	0,0218	0,0185	0,0150	0,0138		
	30	0,0790	0,0755	0,0705	0,0647	0,0550	0,0466	0,0397	0,0344	0,0297	0,0260	0,0237	0,0220	0,0213	0,0175	0,0142	0,0134		
XII	60	0,0614	0,0604	0,0567	0,0527	0,0455	0,0396	0,0345	0,0303	0,0270	0,0244	0,0224	0,0214	0,0208	0,0170	0,0138	0,0129		
	90	0,0520	0,0510	0,0487	0,0460	0,0406	0,0357	0,0317	0,0283	0,0253	0,0232	0,0217	0,0205	0,0197	0,0165	0,0130	0,0122		
	180	0,0410	0,0404	0,0387	0,0365	0,0327	0,0295	0,0265	0,0243	0,0222	0,0207	0,0197	0,0188	0,0185	0,0153	0,0120	0,0115		
	20	0,1540	0,0149	0,1390	0,1050	0,0901	0,0763	0,0658	0,0570	0,0506	0,0449	0,0403	0,0366	0,0334	0,0253	0,0208	0,0183		
	30	0,1290	0,1260	0,1120	0,0990	0,0834	0,0713	0,0624	0,0539	0,0476	0,0428	0,0382	0,0350	0,0319	0,0241	0,0198	0,0177		
XIII	60	0,0975	0,0954	0,0878	0,0808	0,0694	0,0611	0,0534	0,0477	0,0427	0,0383	0,0315	0,0319	0,0294	0,0227	0,0185	0,0168		
	90	0,0756	0,0740	0,0684	0,0648	0,0542	0,0515	0,0478	0,0417	0,0375	0,0345	0,0317	0,0296	0,0268	0,0214	0,0184	0,0160		
	180	0,0543	0,0530	0,0513	0,0491	0,0448	0,0415	0,0378	0,0315	0,0320	0,0297	0,0278	0,0257	0,0246	0,0200	0,0175	0,0152		
	20	0,2300	0,2150	0,2070	0,1750	0,1190	0,0937	0,0756	0,0622	0,0517	0,0435	0,0370	0,0315	0,0273	0,0185	0,0140	0,0120		
	30	0,1780	0,1710	0,1500	0,1310	0,1050	0,0855	0,0703	0,0585	0,0493	0,0415	0,0353	0,0303	0,0263	0,0178	0,0132	0,0112		
XIV	60	0,1370	0,1340	0,1220	0,1100	0,0920	0,0757	0,0633	0,0533	0,0437	0,0383	0,0326	0,0284	0,0250	0,0170	0,0125	0,0103		
	90	0,1100	0,1070	0,0970	0,0900	0,0760	0,0646	0,0552	0,0467	0,0405	0,0350	0,0305	0,0266	0,0236	0,0160	0,0118	0,0095		
	180	0,0860	0,0660	0,0630	0,0510	0,0530	0,0464	0,0410	0,0363	0,0317	0,0280	0,0247	0,0220	0,0197	0,0140	0,0100	0,0085		
	20	0,2610	0,2510	0,2330	0,2100	0,1530	0,1210	0,0965	0,0786	0,0719	0,0630	0,0508	0,0440	0,0375	0,0259	0,0211	0,0191		
	30	0,2250	0,2200	0,1910	0,1660	0,1330	0,1060	0,0875	0,0730	0,0632	0,0590	0,0478	0,0420	0,0370	0,0252	0,0206	0,0189		
XV	60	0,1580	0,1170	0,1360	0,1100	0,0990	0,0840	0,0723	0,0620	0,0548	0,0485	0,0430	0,0390	0,0354	0,0234	0,0195	0,0181		
	90	0,1050	0,1030	0,0940	0,0870	0,0755	0,0660	0,0590	0,0520	0,0463	0,0418	0,0383	0,0345	0,0313	0,0215	0,0185	0,0166		
	180	0,0740	0,0730	0,0687	0,0640	0,0570	0,0514	0,0463	0,0421	0,0386	0,0350	0,0321	0,0295	0,0274	0,0202	0,0172	0,0155		

PHỤ LỤC 2-4 (TIẾP)

Vùng mưa	$\tau_{sd}$	$\phi_{ls} = \frac{1000L}{m_{ls} J_{ls}^{1/3} F^{1/4} (\varphi H_p)^{1/4}}$															
		0	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	220
	20	0,3000	0,2900	0,2490	0,2290	0,1840	0,1550	0,1290	0,0106	0,0900	0,0768	0,0674	0,0593	0,0530	0,0403	0,0298	0,0231
	30	0,2520	0,2430	0,2150	0,2000	0,1660	0,1380	0,1140	0,0960	0,0820	0,0717	0,0627	0,0555	0,0507	0,0368	0,0287	0,0227
XVI	60	0,1940	0,1890	0,1730	0,1550	0,1300	0,1100	0,0920	0,0790	0,0692	0,0617	0,0552	0,0493	0,0445	0,0324	0,0270	0,0218
	90	0,1480	0,1430	0,1300	0,1190	0,0990	0,0870	0,0740	0,0660	0,0590	0,0530	0,0469	0,0428	0,0392	0,0290	0,0242	0,0205
	180	0,0940	0,0920	0,0890	0,0810	0,0710	0,0630	0,0570	0,0520	0,0473	0,0433	0,0397	0,0357	0,0330	0,0265	0,0228	0,0193
	20	0,2000	0,1900	0,1660	0,1460	0,1170	0,0960	0,0800	0,0680	0,0575	0,0490	0,0420	0,0360	0,0305	0,0160	0,0140	0,0125
	30	0,1800	0,1720	0,1540	0,1370	0,1120	0,0920	0,0770	0,0650	0,0560	0,0470	0,0400	0,0345	0,0295	0,0155	0,0135	0,0122
XVII	60	0,1500	0,1470	0,1340	0,1210	0,1000	0,0840	0,0700	0,0539	0,0500	0,0430	0,0370	0,0315	0,0270	0,0150	0,0130	0,0118
	90	0,1300	0,1280	0,1270	0,1050	0,0860	0,0780	0,0620	0,0530	0,0455	0,0387	0,0335	0,0295	0,0250	0,0145	0,0125	0,0115
	180	0,0850	0,0840	0,0780	0,0720	0,0600	0,0510	0,0440	0,0375	0,0325	0,0290	0,0262	0,0235	0,0210	0,0140	0,0120	0,0110
	20	0,3020	0,2760	0,2360	0,2210	0,0167	0,0139	0,0114	0,9630	0,0819	0,0707	0,0615	0,0543	0,0478	0,0329	0,0254	0,0223
	30	0,2360	0,2290	0,2020	0,1810	0,0150	0,0125	0,0105	0,0978	0,0765	0,0660	0,0580	0,0513	0,0433	0,0312	0,0246	0,0213
XVIII	60	0,1840	0,1790	0,1380	0,1420	0,0118	0,0100	0,0857	0,0746	0,0647	0,0567	0,0505	0,0541	0,0409	0,0285	0,0228	0,0200
	90	0,1290	0,1260	0,1140	0,0980	0,0880	0,0770	0,0670	0,0596	0,0534	0,0477	0,0431	0,0396	0,0357	0,0264	0,0213	0,0182
	180	0,0920	0,0890	0,0820	0,0750	0,0652	0,0580	0,0513	0,0467	0,0428	0,0390	0,0357	0,0326	0,0303	0,0232	0,0190	0,0172

PHỤ LỤC 2-5

**Toạ độ đường cong mưa của các phân vùng mưa rào Việt Nam**

Vùng mưa	Rang giới vùng mưa	Đặc trưng	Thời doan													
			10	15	20	30	45	60	90	120	240	480	540	720	1080	1440
I	Lưu vực thượng nguồn các sông Mã, sông Chu, sông Cả	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,180 0,300	0,220 0,244	0,260 0,2167	0,340 0,189	0,430 0,1539	0,490 0,136	0,610 0,113	0,660 0,0917	0,800 0,0556	0,940 0,0326	0,950 0,0293	0,960 0,0222	0,980 0,0151	1,07 0,0124
II	Vùng thượng nguồn sông Đà từ biên giới đến Nghĩa Lộ	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,130 0,2167	0,180 0,200	0,220 0,1834	0,250 0,1389	0,330 0,1222	0,350 0,0972	0,400 0,0741	0,440 0,0815	0,580 0,0403	0,770 0,0267	0,790 0,0244	0,880 0,0204	0,900 0,0139	1,09 0,0126
III	Tâm mưa Hoàng Liên Sơn hữu ngạn sông Thao, từ biên giới đến Ngòi Hút	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,070 0,1167	0,090 0,1005	0,120 0,097	0,140 0,0778	0,200 0,0741	0,220 0,0611	0,270 0,0500	0,300 0,0417	0,440 0,0305	0,630 0,0218	0,680 0,0210	0,780 0,0181	0,830 0,0128	1,07 0,0124
IV	Vùng lưu vực sông Kỳ Cùng, sông Bằng Giang, thượng nguồn sông Hồng	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,150 0,250	0,210 0,2334	0,240 0,200	0,320 0,1778	0,380 0,141	0,470 0,1306	0,550 0,1018	0,600 0,0834	0,920 0,050	0,820 0,0285	0,830 0,0256	0,880 0,0104	0,930 0,0144	1,06 0,0123
V	Lưu vực sông Gâm, tả ngạn sông Lô	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,1005 0,1675	0,120 0,1334	0,150 0,125	0,226 0,1256	0,300 0,111	0,378 0,105	0,460 0,0852	0,537 0,0746	0,700 0,0486	0,924 0,032	0,935 0,0288	0,952 0,022	0,985 0,0152	1,055 0,122
VI	Thung lũng sông Thao, sông Chảy, hạ lưu sông Lô - Gâm	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,120 0,200	0,140 0,155	0,180 0,152	0,260 0,1445	0,300 0,112	0,380 0,1056	0,470 0,0871	0,590 0,082	0,780 0,0542	0,920 0,03195	0,950 0,0293	0,990 0,0229	1,030 0,0159	1,20 0,0139
VII	Các lưu vực bắt nguồn từ dãy Yên Tử đổ ra biển	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,098 0,1634	0,110 0,122	0,176 0,120	0,214 0,1189	0,240 0,090	0,322 0,0895	0,419 0,0776	0,508 0,0706	0,682 0,0474	0,857 0,0297	0,890 0,0275	0,912 0,0211	0,950 0,0147	1,11 0,0128
VIII	Vùng ven biển từ Hải Phòng đến Thanh Hóa	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,125 0,2084	0,160 0,1778	0,200 0,1667	0,268 0,1484	0,320 0,1185	0,408 0,1134	0,504 0,0933	0,594 0,0825	0,734 0,0516	0,890 0,0309	0,920 0,0284	0,994 0,0230	1,040 0,0160	1,16 0,0134
IX	Các lưu vực phần trung du sông Mã, sông Chu ra đến biển	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,100 0,1667	0,120 0,1334	0,150 0,125	0,220 0,1224	0,250 0,0926	0,320 0,0889	0,390 0,0722	0,460 0,0639	0,590 0,0410	0,810 0,0281	0,830 0,0256	0,890 0,0206	0,930 0,0143	1,05 0,0122
X	Vùng ven biển từ Thanh Hóa đến Đồng Hới	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,080 0,1334	0,110 0,122	0,130 0,108	0,190 0,1056	0,230 0,0852	0,300 0,08335	0,380 0,0704	0,460 0,0639	0,640 0,0445	0,820 0,0285	0,835 0,0257	0,900 0,0208	0,965 0,0149	1,16 0,0134
XI	Vùng ven biển từ Đồng Hới đến Đà Nẵng	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,060 0,100	0,080 0,0889	0,102 0,085	0,130 0,0922	0,170 0,0629	0,187 0,0519	0,260 0,0481	0,305 0,0424	0,415 0,0288	0,617 0,0214	0,670 0,0206	0,827 0,01915	0,935 0,0144	1,04 0,01204
XII	Vùng ven biển từ Đà Nẵng đến Quảng Ngãi	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,078 0,130	0,102 0,1134	0,118 0,0984	0,115 0,0639	0,2054 0,0759	0,240 0,0667	0,3025 0,0560	0,335 0,0465	0,500 0,0347	0,660 0,0229	0,710 0,0219	0,825 0,0190	1,060 0,0164	1,095 0,0127
XIII	Vùng ven biển từ Quảng Ngãi đến Phrang	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,098 0,1634	0,28 0,1423	0,1450 0,121	0,795 0,108	0,245 0,0908	0,302 0,0839	0,380 0,0704	0,440 0,0611	0,630 0,0437	0,770 0,0267	0,830 0,0256	0,870 0,0201	0,970 0,01497	1,09 0,0126
XIV	Các lưu vực sông ở Bắc Tây Nguyên	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,160 0,2667	0,232 0,257	0,295 0,2459	0,360 0,200	0,420 0,156	0,590 0,164	0,665 0,1232	0,680 0,0945	0,790 0,0549	0,890 0,0309	0,960 0,0302	0,940 0,0217	0,965 0,0149	1,005 0,01163
XV	Các lưu vực sông ở Nam Tây Nguyên	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,255 0,425	0,310 0,3445	0,463 0,386	0,510 0,2834	0,540 0,200	0,570 0,1584	0,610 0,113	0,690 0,0958	0,766 0,0530	0,820 0,0285	0,840 0,0259	0,905 0,0209	0,960 0,0148	1,02 0,0118
XVI	Các lưu vực sông từ Ban Mê Thuột tới Bảo Lộc	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,230 0,3834	0,320 0,3556	0,417 0,3475	0,530 0,2945	0,700 0,2593	0,780 0,2167	0,830 0,154	0,850 0,118	0,870 0,0604	0,950 0,033	0,965 0,0298	0,980 0,0227	0,990 0,0153	1,030 0,0119
XVII	Vùng ven biển từ Phan Rang tới Vũng Tàu	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,205 0,342	0,220 0,2445	0,250 0,2084	0,330 0,1834	0,380 0,141	0,480 0,1334	0,580 0,107	0,660 0,0917	0,730 0,0507	0,890 0,0309	0,910 0,0281	1,035 0,0239	1,045 0,01613	1,050 0,0121
XVIII	Vùng đồng bằng Nam Bộ	$\Psi\tau_a$ 16,67.8 $\tau_a$	0,190 0,3167	0,285 0,315	0,330 0,275	0,430 0,239	0,520 0,193	0,610 0,1695	0,715 0,1324	0,935 0,102	0,780 0,054	0,880 0,0306	0,900 0,0278	0,980 0,0227	1,030 0,0159	1,15 0,0133

**Hệ số chuyển tần suất  $\lambda_p$ , trị số  $q_{100}$  và hệ số mũ  $n$  trong công thức triết giảm tại vị trí các trạm quan trắc trên các sông suối ở Việt Nam**

Nº	Lưu vực sông	Trạm	Hệ số $\lambda$ ứng với các tần suất				Trị số $q_{100}$ ( $m^3/s/km^2$ )	Số mũ N
			1%	5%	10%	25%		
1	Kỳ Cùng	Lạng Sơn	1,375	1,130	1	0,793	152,0	1,67
2	Bắc Giang	Văn Mịch	1,687	1,215	1	0,682	91,0	1,46
3	Bằng Giang	Cao Bằng	1,725	1,202	1	0,752	53,13	1,37
4	Bắc Vọng	Bản Co	1,598	1,189	1	0,723	89,0	2,58
5	Quang Sơn	Bản Giốc	1,498	1,153	1	0,781	56,0	1,64
6	Tiên Yên	Bình Liêu	1,744	1,216	1	0,717	652,0	2,85
7	Cầu	Thác Riềng	1,627	1,189	1	0,754	101,0	2,35
8	Cầu	Thác Bưởi	1,863	1,256	1	0,676	98,7	1,48
9	Đa	Gia Tiên	1,728	1,197	1	0,753	86,0	4,43
10	Công	Tân Cương	1,330	1,115	1	0,804	141,0	2,74
11	Thương	Chi Lăng	1,890	1,258	1	0,662	188,2	5,10
12	Thương	Cầu Sơn	1,279	1,100	1	0,836	244,2	2,03
13	Trung	Hữu Lũng	1,503	1,160	1	0,765	63,0	1,84
14	Cẩm Đàm	Cẩm Đàm	1,616	1,188	1	0,707	206,0	2,42
15	Lục Nam	Chũ	1,468	1,151	1	0,779	152,15	1,52
16	Hồng	Yên Bái	1,482	1,142	1	0,804	14,5	0,75
17	Hồng	Sơn Tây	1,417	1,122	1	0,839	16,0	0,64
18	Ngòi Bo	Tà Thàng	1,768	1,190	1	0,727	464,5	2,79
19	Ngòi Thia	Ngòi Thia	1,350	1,282	1	0,633	287,0	1,69
20	Bứa	Thanh Sơn	1,634	1,190	1	0,756	172,3	1,86
21	Đà	Tạ Bú	1,451	1,135	1	0,842	29,0	0,75
22	Nậm Bum	Nà Hù	1,640	1,190	1	0,746	47,0	7,05
23	Nậm Po	Nậm Pô	1,653	1,206	1	0,706	158,0	2,96
24	Nậm Mức	Nậm Mức	1,551	1,173	1	0,750	73,0	1,40
25	Nậm Mạ	Pa Há	1,211	1,073	1	0,878	184,0	3,19
26	Nậm Mú	Bản Cứng	1,374	1,122	1	0,814	126,0	1,41
27	Nậm Chiến	Nậm Chiến	1,227	1,080	1	0,867	194,2	4,05
28	Nậm Bú	Thác Vai	1,534	1,172	1	0,754	35,0	1,77
29	Nậm Sập	Thác Mộc	1,611	1,191	1	0,723	81,2	3,90
30	Suối Sập	Phiêng Hiêng	1,237	1,082	1	0,861	117,0	4,65
31	Lô	Đạo Đức	1,534	1,161	1	0,789	370,0	1,64
32	Lô	Vụ Quang	1,267	1,090	1	0,865	18,1	0,78
33	Ngòi Sảo	Ngòi Sảo	1,737	1,216	1	0,717	219,0	4,62
34	Gâm	Bảo Lạc	1,631	1,193	1	0,754	237,5	1,71
35	Nắng	Đầu Đẳng	1,744	1,215	1	0,715	30,0	1,57
36	Ngòi Quảng	Thác Hốc	1,492	1,150	1	0,796	132,0	2,43

PHỤ LỤC 2- 6 (TIẾP)

Nº	Lưu vực sông	Trạm	Hệ số λ ứng với các tần suất				Trị số $q_{100}$ ( $m^3/s/km^2$ )	Số mǔ N
37	Chảy	Cốc Ly	1,442	1,131	1	0,819	70,0	1,30
38	Nghĩa Đô	Vĩnh Yên	1,439	1,136	1	0,812	208,0	14,28
39	Phó Đáy	Quảng Cư	1,449	1,139	1	0,808	48,0	1,86
40	Mã	Xã Là	1,604	1,194	1	0,728	270,0	1,54
41	Nậm Ty	Nậm Ty	1,939	1,236	1	0,715	29,0	2,30
42	Bưởi	Vụ Bản	1,602	1,194	1	0,728	215,0	2,11
43	Âm	Lang Chánh	1,909	1,209	1	0,673	332,3	3,85
44	Cả	Cửa Rào	1,915	1,250	1	0,673	37,0	0,95
45	Nậm Mô	Mường Xén	1,551	1,168	1	0,772	41,0	1,41
46	Khe Choang	Cốc Nà	1,868	1,253	1	0,684	222,0	3,22
47	Hiếu	Quỳ Châu	1,459	1,147	1	0,786	150,0	1,70
48	Hiếu	Nghĩa Khánh	1,593	1,186	1	0,731	109,0	1,25
49	Ngàn Sâu	Hoà Duyệt	1,488	1,153	1	0,798	153,0	1,57
50	Ngàn Trươi	Hương Đại	1,438	1,143	1	0,771	515,0	3,27
51	Ngàn Phố	Sơn Diệm	1,470	1,144	1	0,796	299,0	2,23
52	Rào Cái	Kẻ Gỗ	1,298	1,106	1	0,830	616,0	5,56
53	Gianh	Đồng Tâm	1,563	1,178	1	0,740	416,0	1,88
54	Rào Trổ	Tân Lâm	1,743	1,216	1	0,760	899,0	2,88
55	Đại Giang	Tám Lu	1,555	1,177	1	0,745	466,0	1,90
56	Kiến Giang	Kiến Giang	1,324	1,104	1	0,830	567,0	3,95
57	Bến Hải	Gia Vòng	1,840	1,250	1	0,661	727,0	4,69
58	Cái	Thành Mỹ	1,726	1,220	1	0,700	303,0	1,58
59	Trà Khúc	Sơn Giang	1,455	1,146	1	0,776	19,35	0,41
60	Vệ	An Chỉ	1,501	1,169	1	0,782	23,25	081
61	Côn	Cây Muồng	1,644	1,202	1	0,712	336,0	1,70
62	La Ngà	Tà Pao	1,430	1,132	1	0,821	236,0	2,07
63	Bé	Phước Long	1,440	1,138	1	0,798	186,0	1,87
64	Bến Đá	Cần Đăng	1,790	1,235	1	0,704	583,0	4,47
65	Krông Ana	Giang Sơn	1,571	1,178	1	0,741	23,6	1,33
66	Krông Ana	Krôngbuk	1,351	1,119	1	0,820	86,0	2,94



PHỤ LỤC 2-7

**Tung độ y của đường quá trình lũ ứng với hệ số hình dạng  $\lambda^*$  khác nhau**

$\lambda^*$ x	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6
0,1	0,023	0,002	0	0	0																
0,2	0,21	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0	0	0												
0,3	0,45	0,29	0,18	0,099	0,050	0,022	0,009	0,003	0,001	0	0	0	0								
0,4	0,66	0,51	0,39	0,28	0,19	0,12	0,076	0,043	0,024	0,013	0,006	0,003	0,001	0	0	0	0	0			
0,5	0,78	0,69	0,59	0,49	0,40	0,31	0,24	0,18	0,13	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0	0	0
0,6	0,88	0,82	0,75	0,69	0,61	0,54	0,47	0,39	0,33	0,27	0,22	0,18	0,14	0,12	0,088	0,066	0,049	0,036	0,017	0,009	0,004
0,7	0,94	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,69	0,64	0,59	0,54	0,48	0,43	0,39	0,34	0,30	0,26	0,22	0,19	0,14	0,094	0,062
0,8	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69	0,66	0,62	0,59	0,55	0,52	0,46	0,40	0,34
0,9	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,84	0,82	0,79
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,85	0,82
1,2	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,80	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,60	0,54	0,49
1,3	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44	0,41	0,34	0,28	0,22
1,4	0,95	0,92	0,89	0,85	0,81	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	0,52	0,48	0,43	0,38	0,34	0,30	0,26	0,23	0,17	0,12	0,084
1,5	0,92	0,88	0,84	0,79	0,74	0,68	0,62	0,56	0,50	0,44	0,39	0,34	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,12	0,075	0,046	0,027
1,6	0,90	0,85	0,79	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46	0,39	0,34	0,28	0,23	0,19	0,15	0,12	0,092	0,071	0,054	0,030	0,016	0,008
1,7	0,87	0,81	0,74	0,66	0,59	0,51	0,44	0,37	0,30	0,25	0,20	0,15	0,12	0,089	0,066	0,047	0,034	0,024	0,011	0,005	0,002
1,8	0,84	0,77	0,69	0,60	0,52	0,44	0,36	0,29	0,23	0,18	0,13	0,10	0,072	0,050	0,035	0,023	0,015	0,010	0,004	0,001	0
1,9	0,81	0,73	0,65	0,55	0,46	0,37	0,29	0,23	0,17	0,13	0,089	0,063	0,043	0,028	0,018	0,011	0,007	0,004	0,001	0	
2,0	0,78	0,69	0,59	0,49	0,40	0,31	0,24	0,18	0,13	0,088	0,059	0,039	0,025	0,015	0,009	0,005	0,003	0,002	0		
2,2	0,73	0,61	0,50	0,40	0,30	0,22	0,15	0,10	0,066	0,042	0,025	0,014	0,008								
2,4	0,67	0,54	0,42	0,32	0,22	0,15	0,096	0,058	0,034	0,019	0,010	0,005	0,002								
2,6	0,62	0,48	0,35	0,25	0,16	0,10	0,060	0,032	0,017	0,008	0,004	0,002	0,001								
2,8	0,57	0,42	0,29	0,19	0,12	0,068	0,036	0,018	0,008	0,004	0,001	0,001	0								
3,0	0,53	0,37	0,24	0,15	0,086	0,045	0,022	0,010	0,004	0,002	0	0									
3,5	0,43	0,26	0,15	0,079	0,037	0,016	0,006	0,002	0	0											
4,0	0,34	0,19	0,092	0,041	0,016	0,005	0,002	0													
5,0	0,21	0,091	0,034	0,011	0,003	0	0														
6,0	0,13	0,044	0,012	0,003	0																
8,0	0,052	0,010	0,002	0																	
k <sub>s</sub>	0,19	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33	0,34	0,002	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	0,42	0,42			

PHỤ LỤC 2-8

**Thời gian nước chảy trên sườn dốc  $\tau_{sd}$  tra theo hệ số địa mạo thuỷ văn của sườn dốc và vùng mưa**

Vùng $\phi$	Vùng mưa																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
1,0	9,6	9,7	9,7	9	9,6	9,6	16	8,4	9,7	9,8	9,5	10	9,8	8,7	8,5	8,7	9,3	9,2
1,5	10	10	10	9	10	10	18	8,5	10	10	10	13	10	9	8,7	9	9,4	9,3
2,0	17	15	17	9,5	14	10	25	9	13	15	20	20	15	9,3	9,3	9,5	9,7	9,5
2,5	24	22	20	10	20	15	32	10	15	18	28	23	20	9,5	9,5	9,6	10	9,7
3,0	35	28	25	18	30	22	37	20	18	25	35	30	25	11	10	12	20	12
4,0	40	37	32	22	35	30	42	30	25	40	55	35	30	20	20	20	25	20
5,0	53	45	50	30	44	38	50	40	30	45	65	50	40	30	25	30	35	23
6,0	62	60	60	45	60	50	55	55	40	60	72	60	55	35	32	37	40	30
7,0	70	70	72	60	75	70	65	65	65	75	80	75	65	50	50	50	60	40
8,0	75	78	80	68	85	78	75	70	70	85	90	80	70	70	65	65	70	60
9,0	80	87	90	80	90	82	85	80	80	90	95	87	82	80	70	78	80	70
10	90	95	100	86	95	88	90	90	95	95	110	105	90	85	80	80	90	80
12	100	115	120	95	100	93	100	115	115	110	130	120	100	90	90	90	97	83
15	130	150	150	120	120	120	125	135	135	135	160	150	125	115	125	115	120	100
17	160	165	180	165	170	150	165	190	170	170	200	190	160	160	150	140	145	130
20	200	220	230	200	200	185	205	235	220	220	230	235	200	200	190	175	190	165
25	260	280	265	235	260	230	250	305	290	265	300	300	250	250	250	225	240	230
30	325	360	365	320	320	310	320	370	370	335	400	380	330	320	320	285	320	300
35	370	430	435	400	370	370	400	480	430	345	470	450	400	400	400	355	380	370
40	470	530	520	470	480	470	570	495	520	410	560	540	510	480	490	425	465	460

**Hệ số chuyển tần suất  $\lambda_P$** 

Vùng mưa	Tần suất P%			
	P=1%	P=2%	P=3%	P=4%
I	1	0,91	0,77	0,67
II	1	0,70	0,56	0,49
III	1	0,86	0,70	0,52
IV	1	0,83	0,77	0,68
V	1	0,93	0,86	0,76
VI	1	0,90	0,78	0,56
VII	1	0,87	0,75	0,58
VIII	1	0,89	0,77	0,62
IX	1	0,83	0,59	0,48
X	1	0,90	0,79	0,62
XI	1	0,86	0,65	0,51
XII	1	0,91	0,82	0,69
XIII	1	0,89	0,77	0,62
XIV	1	0,77	0,71	0,54
XV	1	0,93	0,88	0,65
XVI	1	0,75	0,65	0,47
XVII	1	0,90	0,82	0,58
XVII	1	0,96	0,89	0,72

,

**Hệ số khí hậu A, B, n của 18 vùng khí hậu (trạm đại diện)**

Vùng	T (phút)	n	A	B	Vùng	T (phút)	n	A	B
I Nghĩa Lộ	$\leq 90'$	0,443	3,332	6,017	X Vinh	$\leq 120'$	0,284	1,790	3,182
	$> 90'$	0,762	14,500	25,035		$> 120'$	0,653	10,600	18,902
II Hoà Bình	$\leq 60'$	0,647	3,293	10,175	XI Đồng Hới	$\leq 120'$	0,375	2,742	2,182
	$> 60'$	0,627	7,060	20,262		$> 120'$	0,448	3,898	2,782
III Tuyên Quang	$\leq 120'$	0,405	1,305	2,060	XII Q.Nam Đà Nẵng	$\leq 120'$	0,405	3,123	3,141
	$> 120'$	0,491	1,945	3,096		$> 120'$	0,522	5,502	5,134
IV Lạng Sơn	$\leq 90'$	0,440	4,190	2,527	XIII Nha Trang	$\leq 120'$	0,377	2,507	4,507
	$> 90'$	0,772	18,249	11,041		$> 120'$	0,611	7,684	13,824
V Hà Giang	$\leq 90'$	0,270	2,108	1,455	XIV PleiKu	$\leq 90'$	0,354	3,455	4,320
	$> 90'$	0,630	9,898	7,135		$> 90'$	0,841	27,939	34,936
VI Việt Trì	$\leq 120'$	0,360	1,842	3,250	XV Ban Mê Thuột	$\leq 30'$	0,320	4,147	4,246
	$> 120'$	0,691	8,900	16,883		$> 30'$	0,822	21,665	22,183
VII Hồng Gai	$\leq 120'$	0,372	1,886	3,561	XVI Đà Lạt	$\leq 60'$	0,334	2,778	4,180
	$> 120'$	0,707	12,057	22,768		$> 60'$	0,961	26,652	46,611
VIII Hà Nội	$\leq 120'$	0,387	2,584	4,527	XVII Phan Rang	$\leq 120'$	0,497	4,565	4,247
	$> 120'$	0,711	12,787	21,014		$> 120'$	0,790	18,671	17,370
IX Thanh Hoá	$\leq 120'$	0,300	1,854	3,413	XVIII TP. Hồ Chí Minh	$\leq 90'$	0,486	7,304	2,773
	$> 120'$	0,630	1,884	16,555		$> 90'$	0,861	39,472	14,923

Ghi chú:

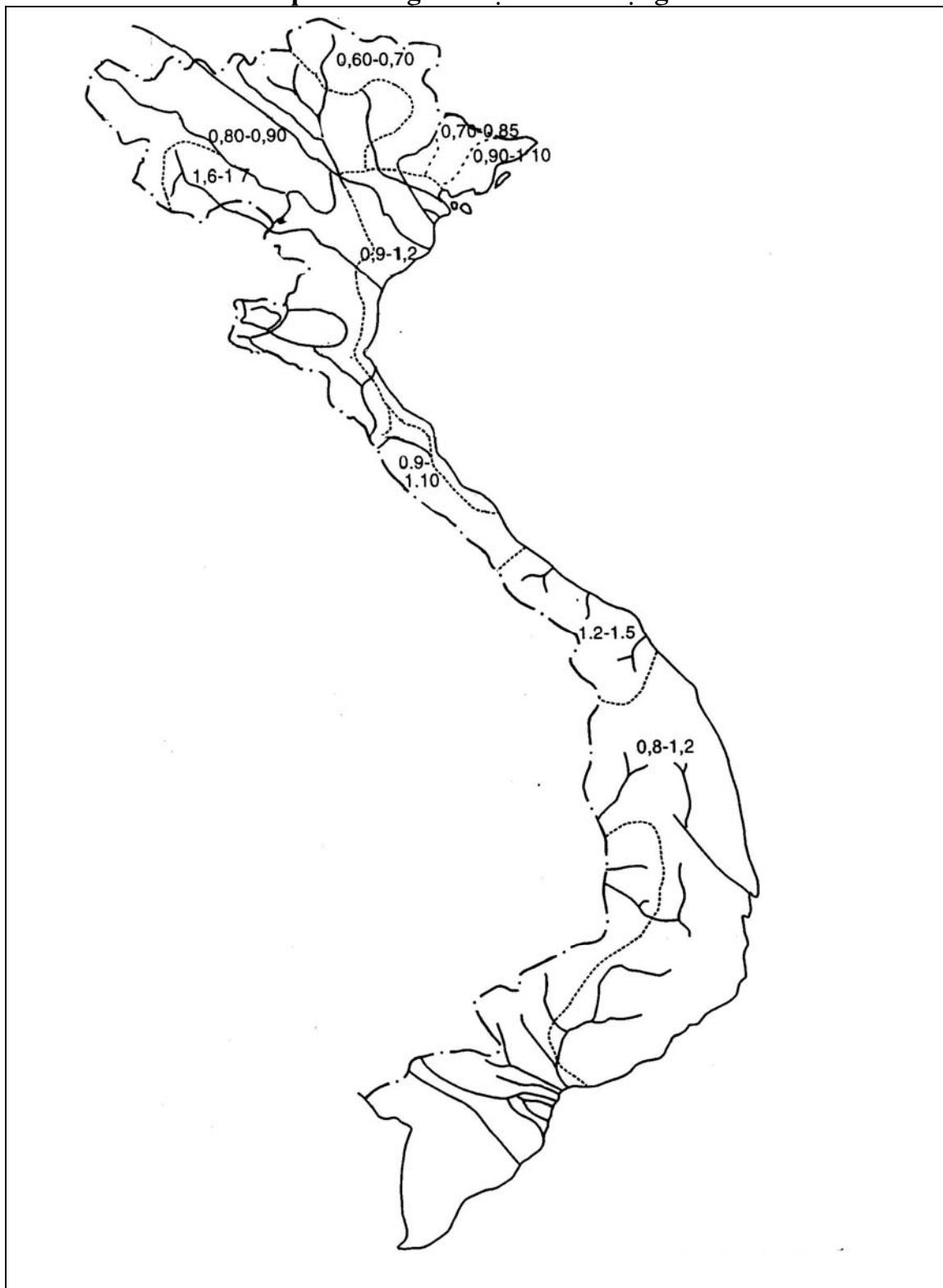
Cường độ mưa vùng “i” với tần suất P% được xác định như sau:

$$a_i = \frac{H_{Pi}}{H_P} \cdot a$$

trong đó:

a: cường độ mưa của trạm đại diện  $a = \frac{A + B \log N}{t^n}$

H<sub>P</sub>, H<sub>Pi</sub>: lượng mưa ngày tần suất P% ứng với trạm đại diện và với địa danh vùng “i”.

**Bản đồ phân vùng các hệ số hình dạng lũ f trên đất liền**

## Giới thiệu một số mô hình toán thuỷ văn, thuỷ lực ứng dụng trong tính toán dòng chảy lũ

*Trong phần này giới thiệu đến bạn đọc một số mô hình toán thuỷ văn, thuỷ lực tính toán dòng chảy lũ đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới và ở Việt Nam. Nội dung của phần giới thiệu là đưa ra xuất xứ và khả năng ứng dụng của từng loại mô hình. Tuỳ thuộc vào bài toán cụ thể và mục đích sử dụng, người tính cần tìm hiểu kỹ hơn về từng loại mô hình ở các tài liệu khác.*

### 1. Mô hình toán thuỷ văn.

Việc tìm kiếm những dạng mô hình toán thuỷ văn có khả năng mô phỏng tốt các quá trình hình thành dòng chảy sông ngòi ở nước ta để tính toán, dự báo dòng chảy từ mưa, khôi phục các chuỗi số liệu dòng chảy theo các chuỗi số liệu mưa quan trắc được, là một trong những vấn đề được nhiều người làm công tác thuỷ văn ở Việt Nam quan tâm. Trong những năm gần đây, nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng các mô hình TANK, SSARR, HEC, NAM, MIKE... vào các bài toán thuỷ văn đã cho thấy các mô hình này có những khả năng ứng dụng tốt, đặc biệt đối với các lưu vực vừa và nhỏ ở nước ta thường có suối ngắn và dốc, chế độ dòng chảy chịu sự quy định khá chặt chẽ của chế độ mưa.

#### 1.1 Mô hình TANK.

Là dạng mô hình bể chứa, tổng hợp dòng chảy trên lưu vực, được Sugawara (Nhật Bản) đưa ra từ năm 1956 và đã qua nhiều lần hoàn thiện. Hiện nay mô hình được sử dụng rộng rãi trên thế giới và ở nước ta. Mô hình TANK được ứng dụng trong các bài toán khôi phục dòng chảy từ tài liệu mưa thực đo, cũng như dự báo dòng chảy lũ cho các lưu vực vừa và nhỏ phục vụ cho công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý tài nguyên nước. Hiện nay nhiều cơ quan ứng dụng mô hình LTANK (được cải tiến từ mô hình TANK do PGS Nguyễn Văn Lai và Thạc sĩ Nghiêm Tiến Lam viết bằng ngôn ngữ VISUAL BASIC chạy trên môi trường EXCEL7.0 với giao diện rất tiện ích đối với người sử dụng).

Tuy nhiên do mô hình có khá nhiều thông số, việc xác định các thông số đòi hỏi nhiều kinh nghiệm và yêu cầu các tài liệu khí tượng thuỷ văn và lưu vực khá chi tiết.

#### 1.2 Mô hình SSARR (*Stream flow synthesis and Reservoir Regulation*).

Là mô hình tổng hợp dòng chảy và điều hành hồ chứa do Hiệp hội kỹ sư Hoa Kỳ xây dựng từ năm 1958 và đã qua nhiều lần cải tiến, phát triển. Đây là mô hình nhận thức thông số tập trung gồm ba thành phần:

- Mô hình lưu vực: Mô phỏng quá trình biến đổi mưa hoặc tuyết rơi trên lưu vực thành quá trình dòng chảy tại cửa ra lưu vực.
- Mô hình hệ thống sông: Mô phỏng quá trình chuyển động nước trong lòng dẫn trên từng đoạn sông.
- Mô hình điều tiết hồ chứa: Mô phỏng quá trình điều tiết hồ chứa trên hệ thống có các hồ chứa.

Đây là một mô hình tương đối hoàn chỉnh nên được nhiều nước trên thế giới ứng dụng để dự báo ngắn hạn cho vùng sông không ảnh hưởng triều, không có nước vặt. Về lý thuyết, phạm vi sử dụng mô hình này là không hạn chế về diện tích lưu vực nhưng thực tế thường được sử dụng cho các lưu vực vừa và nhỏ. Mô hình cho phép xác định được nhiều đặc trưng lưu vực và ảnh hưởng của các hồ chứa trên lưu vực. Tuy nhiên mô hình chưa mô tả được hiện tượng phức tạp và có tác động tương hồ lân nhau như nước vặt, chảy tràn bờ, điều tiết của các bãi sông, chuyển động của nước trên các khu ngập rộng lớn. Đồng thời

yêu cầu tài liệu rất chi tiết và việc kiểm định mô hình đòi hỏi người sử dụng phải có nhiều kinh nghiệm trong xử lý.

### **1.3 Mô hình HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System)**

Đây là mô hình thuỷ văn mưa - dòng chảy của Hiệp hội các kỹ sư quân sự Hoa Kỳ, rất phổ biến ở nước ta, có thể ứng dụng cho nhiều vùng địa lý khác nhau nhằm giải quyết bài toán trên phạm vi rộng. Nó bao gồm cung cấp nước ở lưu vực sông lớn, dòng chảy lũ, dòng chảy ở đô thị nhỏ hoặc dòng chảy lưu vực tự nhiên. Các biểu đồ trong chương trình có thể sử dụng trực tiếp hoặc có thể dùng kết hợp với các phần mềm khác.

### **1.4 Mô hình NAM (NedbØr-Afstrømnings-Model hay Precipitation-Runoff- Model).**

Mô hình mưa rào - dòng chảy NAM thuộc loại mô hình tất định nhận thức thông số tập trung của Viện Thuỷ lực Đan Mạch đã được ứng dụng ở rất nhiều nước trong khu vực châu Á như Thái Lan, Malaysia, Philippin, Ấn Độ, Srilanka...và Việt Nam. Mô hình này có thể được dùng trong bài toán phân tích thuỷ văn, dự báo dòng chảy lũ và dòng chảy kiệt, khôi phục chuỗi số liệu dòng chảy. Về cấu trúc mô hình NAM cũng là mô hình dạng bể chứa giống mô hình TANK, tuy nhiên thông số hiệu chỉnh mô hình ít hơn.

## **2. Mô hình toán thuỷ lực hệ thống sông.**

Để có được các đặc trưng thuỷ văn tại vị trí công trình ở hạ lưu, đối với những lưu vực thiếu tài liệu thực đo, thường sử dụng mô hình thuỷ lực như KRSAL, MIKE, DURFLOW... để tính cho hệ thống sông, trong đó có sử dụng kết quả của mô hình thuỷ văn làm đầu vào. Tuy nhiên việc ứng dụng mô hình thuỷ lực phức tạp hơn và đòi hỏi phải có nhiều số liệu hơn, đặc biệt là cần số liệu địa hình tỷ mỉ và chính xác.

Hiện nay ở nước ta đang sử dụng nhiều mô hình toán thuỷ lực khác nhau để mô phỏng dòng chảy trong các hệ thống sông. Nhiều nhất và được ứng dụng rộng rãi nhất là các mô hình toán, thuỷ lực dòng chảy hở một chiều để xác định lưu lượng Q và mực nước Z trong bài toán truyền triều, truyền lũ trên hệ thống sông, kênh. Có thể kể đến các mô hình KOD-01 của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên, mô hình VRSAP và VRSAPK của cố GS. Nguyễn Như Khuê, mô hình FWQ86M của PGS. Nguyễn Tất Đắc, mô hình WENDY của Hà Lan, mô hình SOGREAH tính lũ sông Cửu Long... Ngoài ra còn có các loại mô hình toán thuỷ lực khác như mô hình HGKOD của PGS Nguyễn Thế Hùng dùng để tính bài toán thuỷ lực hai chiều đúng, mô hình KOD-02 của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên dùng để tính truyền lũ tràn trên đồng bằng.

### **2.1 Mô hình VRSAP.**

Mô hình VRSAP (Vietnam River System And Plains) mà tiền thân của nó là mô hình KRSAL do cố GS. Nguyễn Như Khuê xây dựng, được sử dụng rộng rãi nhất ở nước ta trong những năm gần đây. Đây là mô hình toán thuỷ lực của dòng chảy một chiều trên toàn hệ thống sông có nối với đồng ruộng và các khu chứa nước khác. Dòng chảy trong các đoạn sông được mô tả bằng hệ phương trình Saint-Venant đầy đủ. Mô hình VRSAP có xét đến sự gia nhập dòng chảy của mưa trong tính toán thuỷ lực các hệ thống sông hay tính tiêu nước cho hệ thống thuỷ nông. Mô hình này sau khi được cải tiến về mặt giao diện và bổ sung phần tính truyền mặn trên hệ thống sông.

Mô hình VRSAP đã được sử dụng để tính toán cho các hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình, sông Cửu Long, sông Cả, sông Hương, sông Nhật Lệ... Ngoài ra, mô hình VRSAP còn được ứng dụng rất có hiệu quả để tính toán thuỷ lực tưới, tiêu các hệ thống

thuỷ nông, quy hoạch và lập dự án quản lý, khai thác hệ thống thủy nông, quản lý lưu vực và tài nguyên nước.

## **2.2 Mô hình KOD-01 và KOD-02**

Mô hình KOD-01 và KOD-02 của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên dùng để tính thuỷ lực dòng chảy ở một và hai chiều trên hệ thống sông có công trình điều tiết và đồng ruộng. Hệ phương trình Saint-Venant được sử dụng ở dạng rút gọn. Sơ đồ tính là sơ đồ hiện tam giác hỗn hợp. Sơ đồ này cho phép giải các bài toán dòng không ổn định một chiều như tính toán truyền triều, truyền lũ, phân phối nước, tiêu nước... cho mạng lưới sông, ô chứa công trình điều tiết với độ phức tạp bất kì. Mô hình có thể phục vụ tính toán quy hoạch dự báo lũ và phân phối nước, phục vụ thiết kế và quản lý hệ thống kênh tưới, tiêu và các mục đích khác trong công tác thuỷ lợi ở nước ta.

## **2.3 Mô hình HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System)**

Một trong những mô hình thuận tiện khi sử dụng là mô hình HEC-RAS do Trung tâm Thuỷ văn Công trình thuộc Hiệp hội Kỹ thuật quân sự Mỹ (Hydrologic Engineering Center of US Army Corps of Engineers) xây dựng. Mô hình có ưu điểm nổi bật là cho kết quả rõ ràng, có hình vẽ sơ đồ mạng lưới sông, các mặt cắt của từng nút sông. Các quan hệ  $Q \sim t$  và  $z \sim t$  được trình bày ở dạng bảng biểu và đồ thị, đường mặt nước trong sông được mô tả rõ ràng. Các công trình trên sông như cống, tràn được mô tả chi tiết với nhiều tính năng tiện lợi cho người sử dụng. Mô hình HEC-RAS là mô hình tính dòng chảy một chiều của hệ thống sông. Mô hình có hạn chế là không xét đến lượng mưa rơi xuống các khu chứa sau đó gia nhập dòng chảy và không có các loại ruộng hở như mô hình VRSAP.

## **2.4 Mô hình MIKE**

Gần đây, một mô hình đã gây được nhiều chú ý là mô hình thủy động lực MIKE của Viện thủy lực Đan Mạch (DHI). Mô hình áp dụng với chế độ sóng động lực hoàn toàn ở cấp độ cao. Trong chế độ này MIKE có khả năng tính toán với dòng nhanh, lưu lượng thủy triều, hiệu quả nước đọng thay đổi nhanh, sóng lũ, lòng dẫn dốc. Chế độ dòng chảy cho một đoạn sông đơn được mô tả bằng hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng Saint - Venant và giải hệ theo phương pháp sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn. Mô hình có giao diện thân thiện, tiện cho người sử dụng, cho kết quả rõ ràng. Hiện nay mô hình này vẫn phải có khoá cứng do đó chưa được sử dụng rộng rãi.

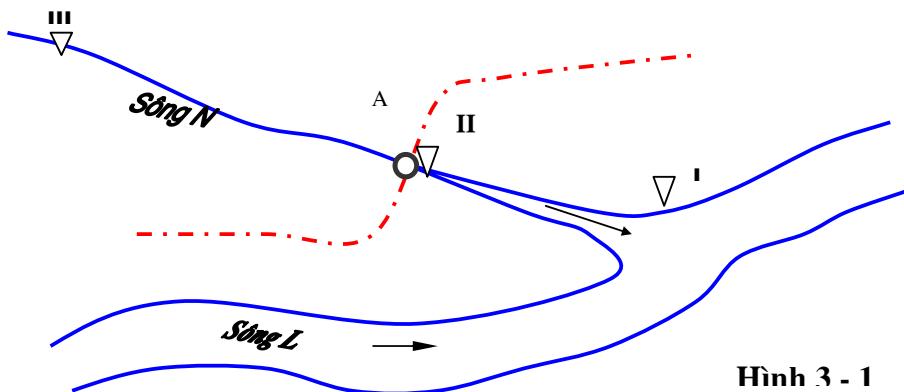
### CHƯƠNG III - TÍNH TOÁN THỦY VĂN TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

#### § 3.1. Tính toán dòng chảy khi vị trí cầu bị ảnh hưởng nước dênh sông lớn

##### 3.1.1. Đặt vấn đề

Khi tuyến đường chạy dọc theo sông, thường thường cầu cống đều bị ảnh hưởng nước tràn ngược do nước sông lớn (L) dâng lên và chảy ngược vào sông nhánh (N). Sông N là một nhánh của sông L ở tả ngạn sông L, đỉnh lũ của sông L thường rất cao. Nước dồn từ sông L vào sông N, lan tới trên vị trí A là nơi tuyến đường băng qua. Do đó cầu xây dựng tại A sẽ phải làm việc trong khu vực nước tràn ngược.

Nước ở sông N chảy tới cầu A có thể bị nước dênh giữ lại toàn phần hay cục bộ trong một thời gian nào đó. Phần nước út tích lại tạo nên khu chứa nước trước cầu. Trong trường hợp nước dâng lên mạnh, hướng nước của sông L có thể ngược lại hướng nước của sông N. Vì thế thể tích nước qua cầu không những chỉ do lưu lượng dòng chảy sông N hình thành mà còn phải kể cả lưu lượng của sông L dồn ngược qua cầu nữa.



Hình 3 - 1

##### 3.1.2. Tính lưu lượng thiết kế khi có số liệu quan trắc thủy văn

###### a. Tài liệu ban đầu:

- Số liệu mực nước giờ của trận lũ điển hình, tại tim cầu:
  - Trường hợp 1: nếu thượng hạ lưu cầu có trạm thuỷ văn quan trắc mực nước trong nhiều năm, thì tại cầu cần tổ chức quan trắc mực nước của một mùa lũ. Sau đó lập tương quan mực nước giữa vị trí cầu và trạm thuỷ văn để kéo dài mực nước tại cầu ra thời kỳ nhiều năm.
  - Trường hợp 2: nếu thượng hạ lưu cầu không có trạm thuỷ văn, thì với cầu đặc biệt lớn, cần tiến hành quan trắc mực nước tại cầu ít nhất trong một mùa lũ. Còn đối với cầu nhỏ, cầu trung và cầu lớn thông thường thì lưu lượng thiết kế tính theo trường hợp không có tài liệu quan trắc (được trình bày ở mục 3.1.3)
- Bình đồ địa hình hoặc bản đồ tỷ lệ 1/5000; 1/10000. Phạm vi của bản đồ phải bao quát hết phạm vi ảnh hưởng nước dênh của sông lớn về phía thượng lưu công trình.

###### b. Công thức tính lưu lượng:

Trường hợp bất lợi nhất của chế độ thuỷ lực tại cầu là: sông nhánh phát sinh đỉnh lũ lớn nhất, trong khi lưu vực sông nhánh ở thượng lưu cầu nước sông lớn đã tràn đầy và

bắt đầu rút mạnh. Đó chính là tổ hợp giữa giá trị cực đại của nước dênh sông lớn với đỉnh lũ bản thân sông nhánh cùng thoát qua cầu về hạ lưu. Khi đó  $dh/dt$  (tốc độ nước rút) có trị số âm nên có công thức tính lưu lượng như sau:

$$Q_c = \Omega \frac{dh}{dt} + Q_p \quad (3-1)$$

trong đó:

$$\Omega \frac{dh}{dt} = Q_{\text{dênh sông lớn}}, \text{ xác định trên đồ thị (4), cụ thể xem đồ thị hình 3 - 2;}$$

$Q_p$ : lưu lượng lũ bản thân sông nhánh ứng với tần suất thiết kế,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

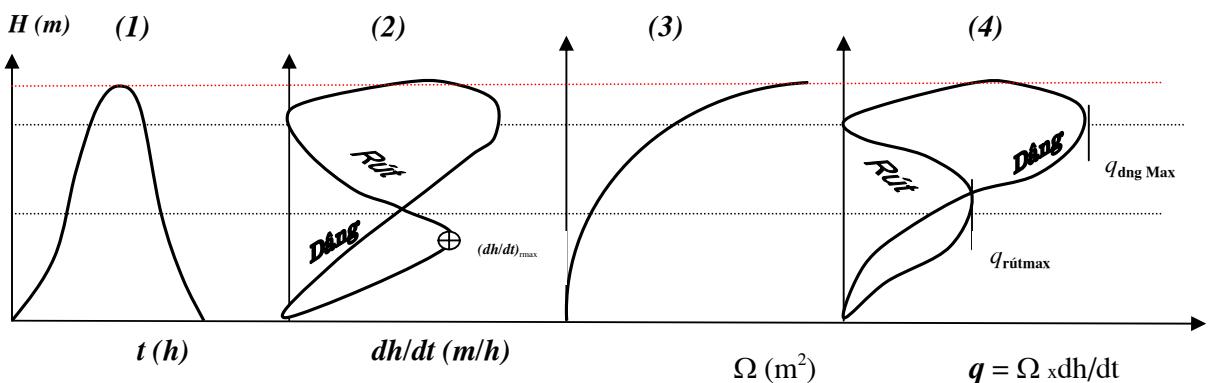
### c. **Trình tự tính lưu lượng thiết kế:**

Bước 1: Tính lưu lượng nước dênh sông lớn  $\Omega \frac{dh}{dt}$ :

- Xây dựng đồ thị xác định lưu lượng nước dênh sông lớn :

Chọn một trận lũ điển hình có sự tổ hợp lũ lớn nhất giữa sông lớn và sông nhánh trong thời kỳ quan trắc để xây dựng các biểu đồ sau:

- Vẽ đường quá trình mực nước  $H=f(t_{\text{giờ}})$ : đồ thị (1)
- Vẽ đường quan hệ  $H=f(dh/dt)$ : đồ thị (2)
- Vẽ đường quan hệ  $H=f(\Omega)$ : đồ thị (3)
- Vẽ đường quan hệ  $H=f(q = \Omega dh/dt)$ : đồ thị (4)



**Hình 3 - 2**

#### **Hướng dẫn vẽ đồ thị:**

+ **Đồ thị (1):** là đường quá trình mực nước giờ của trận lũ thiết kế. Trận lũ thiết kế được thu phóng từ trận lũ điển hình (trận lũ điển hình là trận lũ tổ hợp lớn nhất giữa lũ sông nhánh và sông lớn).

+ **Đồ thị (2):** xác định từ đồ thị (1) bằng cách chia thời gian lũ dâng và lũ rút thành các cấp thời gian  $dt = 1$  giờ. Trên trục tung ( $H$ ) xác định được  $dh$  tương ứng với  $dt$  đã lựa chọn ở trục hoành. Với nhánh nước dâng mang  $\left(\frac{dh}{dt}\right)$  dấu dương, ngược lại nhánh nước rút

$\left(\frac{dh}{dt}\right)$  mang dấu âm. Với nhiều cặp  $H_i$ ,  $\left(\frac{dh}{dt}\right)_i$  ta vẽ được đường  $H = f\left(\frac{dh}{dt}\right)$ .

**Chú ý:**

- Thu phóng đường quá trình lũ xem Chương II.
- $D\dot{u}ng H = f\left(\frac{dh}{dt}\right)$  hình thành 2 nhánh nước dâng và nước rút riêng biệt.
- $D\dot{o} thi (2):$  hình thành 2 cực đại, nhánh nước dâng  $\left(\frac{dh}{dt}\right)_{dang max}$  và nhánh nước rút  $\left(\frac{dh}{dt}\right)_{rut max}$

$$rút \left(\frac{dh}{dt}\right)_{rut max}$$

+ **Đô thị (3):** dựa vào bình đồ địa hình hoặc bản đồ tỷ lệ 1/5000, 1/10000 xác định diện tích mặt nước dênh khu vực phía thượng lưu cầu ( $\Omega$ ) tương ứng với các cấp mực nước trên đồ thị (1). Như vậy ứng với mỗi mực nước  $H_i$  xác định được  $\Omega_i$  tương ứng. Với nhiều cặp  $H_i, \Omega_i$  ta vẽ được đường quan hệ  $H=f(\Omega)$ .

+ **Đô thị (4):** ứng với mỗi mực nước trên đồ thị (1) xác định trên đồ thị (2) được 2 trị số  $\left(\frac{dh}{dt}\right)$  nhánh nước dâng và  $\left(\frac{dh}{dt}\right)$  nhánh nước rút và trên đồ thị (3) xác định được 1 trị số  $\Omega_i$  tương ứng. Nhân  $\Omega_i$  với  $\left(\frac{dh}{dt}\right)$  của nhánh nước dâng được  $q_d = \Omega_i \left(\frac{dh}{dt}\right)_i$  và  $\left(\frac{dh}{dt}\right)$  của nhánh nước rút được  $-q = \Omega_i \left(-\frac{dh}{dt}\right)_i$ . Với nhiều cặp  $\Omega_i$ ,  $\left(\frac{dh}{dt}\right)_i$  của hai nhánh nước dâng và nước rút ta vẽ được đồ thị  $H=f(q)$ .

Chú ý:

- **Đô thị (4):** hình thành 2 cực đại, nhánh nước lên ( $q_{dang max}$ ) và nhánh nước rút ( $q_{rut max}$ );
- Mực nước tương ứng với trị số cực đại của lưu lượng nước rút ( $q_{rut max}$ ) là mực nước dùng để tính khẩu độ cầu.

- Xác định lưu lượng nước dênh thiết kế:

Trên đồ thị (4), ở nhánh nước rút trị số cực đại ( $q_{rut max}$ ), chính là lưu lượng dênh sông lớn thiết kế tại vị trí cầu.

Bước 2: Tính lưu lượng lũ bắn thân sông nhánh ứng với tần suất thiết kế ( $Q_p$ ):

Các trường hợp tính toán như sau:

- Trường hợp 1:

Nếu tại vị trí cầu có trạm quan trắc lưu lượng và số năm quan trắc đủ dài thì lưu lượng thiết kế tính theo phương pháp thống kê xác suất, cách tính được trình bày trong Chương II. Trị số lưu lượng này chính là lưu lượng thiết kế cầu, bao gồm lưu lượng lũ bắn thân sông nhánh và lưu lượng nước dênh sông lớn.

- Trường hợp 2:

Nếu tại vị trí cầu số năm quan trắc ngắn (không bảo đảm điều kiện nêu ở trường hợp 1), thì phải kéo dài chuỗi lưu lượng ra thời kỳ nhiều năm. Phương pháp kéo dài xem hướng dẫn ở Chương II. Sau đó tiếp tục tính theo trường hợp 1.

- Trường hợp 3:

Tại vị trí cầu không quan trắc lưu lượng, nhưng thượng hoặc hạ lưu cầu có trạm quan trắc lưu lượng. Trong trường hợp này lại phải phân ra hai trường hợp:

- Trường hợp a: trạm thuỷ văn này vẫn nằm trong phạm vi ảnh hưởng nước dênh sông lớn;
- Trường hợp b: trạm thuỷ văn nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng nước dênh sông lớn.

Mỗi trường hợp có cách tính sau:

- Trường hợp a: Lưu lượng thiết kế tại cầu tính theo phương pháp lưu vực tương tự, theo tài liệu quan trắc của trạm thuỷ văn thượng lưu hoặc trạm thuỷ văn hạ lưu. Phương pháp tính lưu lượng theo lưu vực tương tự xem Chương II.
- Trường hợp b: lưu lượng thiết kế tính theo công thức (3-1)

trong đó:

Trị số  $\Omega\left(\frac{dh}{dt}\right)$  cách tính theo đồ thị (4), đã trình bày ở trên.

Trị số  $Q_p$ : cách tính như trường hợp a, nhưng kết quả lưu lượng tính toán là lưu lượng lũ bản thân sông nhánh tại vị trí cầu.

### **3.1.3. Tính lưu lượng thiết kế khi không có số liệu quan trắc thuỷ văn**

#### *a. Công thức tính lưu lượng thiết kế*

Áp dụng công thức của Bôndacốp:

$$Q_l = Q_p + Q_d \quad (3 - 2)$$

$$Q_d = \frac{h\Omega\alpha}{T}$$

trong đó:

h: tốc độ rút lũ lớn nhất trong 1 ngày hoặc 1 giờ, m/ngày hoặc m/h;

T: thời gian, bằng 86400s (h tính theo ngày) hoặc 3600s (h tính theo giờ);

$\alpha$ : hệ số không đều, trong 1 ngày  $\alpha = 1,5$ ; trong 1 giờ  $\alpha = 1,2$ ;

$\Omega$ : diện tích mặt nước ở thượng lưu cầu ứng với mực nước thiết kế,  $m^2$ .

$Q_p$ : lưu lượng đỉnh lũ thiết kế của bản thân lưu vực sông nhánh tính tới cầu,  $m^3/s$ ;

#### *b. Trình tự tính toán:*

- Xác định lưu lượng đỉnh lũ thiết kế của bản thân lưu vực sông nhánh tính tới cầu ( $Q_p$ ):

$Q_p$  xác định theo phương pháp gián tiếp từ mưa rào ra dòng chảy, khi:

- Diện tích lưu vực  $F \leq 100km^2$ ,  $Q_p$  tính theo “Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ 22TCN 220 – 95”.

- Diện tích lưu vực  $F > 100km^2$ ,  $Q_p$  theo công thức Đ.L.Xôkôlôpski, công thức triết giảm v.v... Cách tính cụ thể xem Chương II.

- Xác định diện tích mặt nước khu vực chịu ảnh hưởng nước dênh sông lớn phía thượng lưu cầu ứng với mực nước dênh thiết kế ( $\Omega$ ).

- Có thể dựa vào bản đồ (dựa vào đường đồng mức) để xác định phạm vi ảnh hưởng ú dênh.

- Khi không có bản đồ, hoặc bản đồ không thỏa mãn cho việc xác định phạm vi ú dênh thì phải điều tra phạm vi ú dênh ngoài thực địa. Sau đó dùng máy kinh vĩ và mia để xác định phạm vi ú dênh, theo phương pháp đo đường sườn khép kín.

- Xác định cường suất lũ rút h

- Trường hợp trên sông lớn có trạm thuỷ văn, với điều kiện quy luật biến đổi mực nước của trạm thuỷ văn cũng phù hợp với quy luật mực nước dênh của sông lớn ở khu vực cầu, thì có thể dùng số liệu quan trắc mực nước của trạm thuỷ văn này để xác định h.

- Trường hợp không có số liệu quan trắc mực nước: căn cứ vào số liệu điều tra mực nước ngoài thực địa, qua thăm hỏi nhân dân về quá trình diễn biến của trận lũ lịch sử tại khu vực cầu làm căn cứ xác định h.

### 3.1.4. Tính mực nước thiết kế

#### a. Công thức tính

Phân lớn các trường hợp đều không thu thập được tài liệu quan trắc thuỷ văn nên vấn đề tính toán gặp rất nhiều khó khăn. Thông thường trên sông lớn và sông nhánh chỉ có thể điều tra được một vài mực nước lũ lịch sử và mực nước trung bình hàng năm, vị trí điều tra nằm ngoài phạm vi ú dênh. Khi đó phải dựa vào cách xác định mực nước sẽ xảy ra dưới cầu trong trường hợp bất lợi nhất (lũ sông lớn và sông nhánh cùng rút). Có thể dùng phương pháp đơn giản sau đây của Tôpeliuliman, để tính ra mực nước dênh dưới cầu  $H_c$

Công thức Tôpeliuliman như sau:

$$i_o \frac{l_A}{h_o} = f\left(\frac{Z_1}{h_o}\right) - f\left(\frac{Z_A}{h_o}\right) \quad (3-3)$$

trong đó:

$i_o$ : độ dốc bình quân lòng sông nhánh;

$l_A$ : khoảng cách từ cầu đến cửa sông, m;

$Z_1$ : hiệu số giữa mực nước dồn ngược và mực nước tương ứng với  $h_o$  tại cửa sông, m;

$Z_A$ : hiệu số giữa mực nước dồn ngược và mực nước tương ứng với  $h_o$  tại tim cầu, m;

$h_o$ : độ sâu bình quân của sông nhánh, không kể nước dồn ngược, m

$$h_o = \frac{\omega_{BT}K_T + \omega_{BP}K_P + \omega_{ch}}{B_{BT}K_T + B_{BP}K_P + B_{ch}} \quad (3-4)$$

$\omega_{BT}, \omega_{BP}$ : diện tích bãi trái, bãi phải,  $m^2$ ;

$B_{BT}, B_{BP}$ : chiều rộng bãi trái, bãi phải, m;

$\omega_{ch}, B_{ch}$ : diện tích và chiều rộng dòng chủ,  $m^2$ ;

$K_T, K_P$ : tỷ số giữa lưu tốc bãi trái với lưu tốc dòng chủ và lưu tốc bãi phải với lưu tốc dòng chủ;

$f(Z_1/h_o)$  và  $f(Z_A/h_o)$ : hai hàm số tính sẵn của Tôpeliuliman, xác định theo bảng 3-1.

Căn cứ vào các công thức trên sẽ tìm ra  $Z_A$  và  $Z_A + h_o$  tức là mực nước dưới cầu kể cả nước dồn ngược;

L: khoảng cách đoạn sông nhánh bị ảnh hưởng ú dênh của sông lớn tính từ cửa sông trở lên;

Coi mặt nước dênh là hình parabol tiếp tuyến tại M với mặt nước sông nhánh, tại N với mặt nằm ngang. Như vậy có thể tính L theo công thức gần đúng sau:

$$L=2Z_1/i_0 \quad (3-5)$$

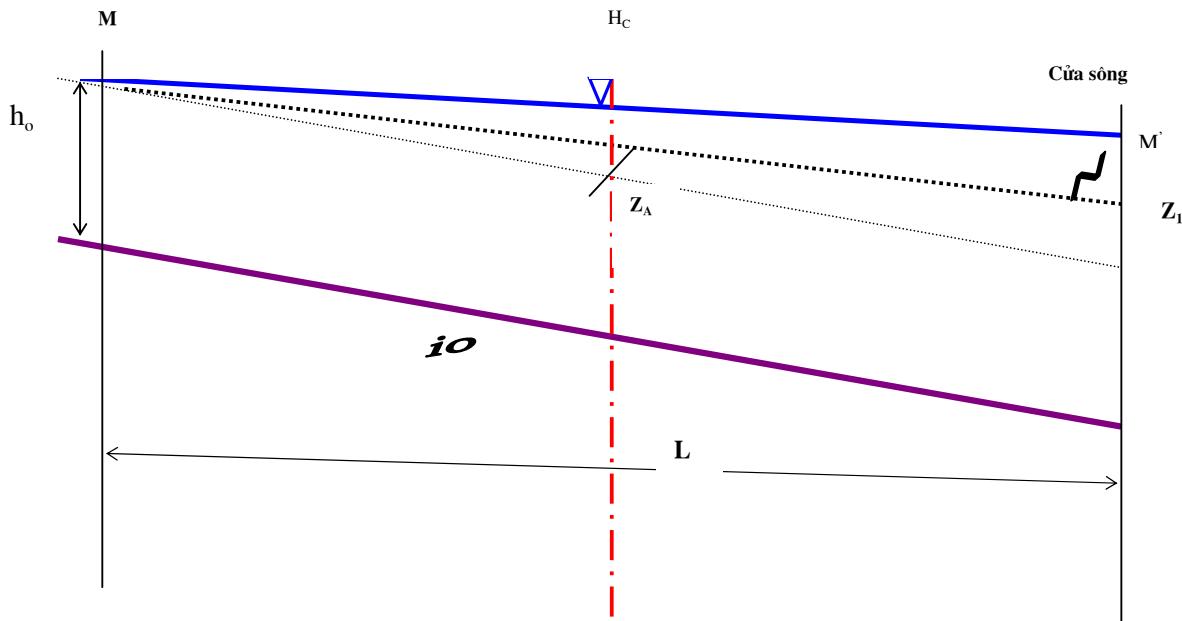
Xem minh họa hình 3-3.

**Bảng 3-1**

**Bảng trị số đường cong ú dênh  $f(z/h_o)$  lập theo phương pháp Tôpeliuliman**

$Z/h_o$	$f(Z/h_o)$												
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0.010	0.0067	0.170	1.0608	0.330	1.3964	0.490	1.6468	0.650	1.8631	0.810	2.0615	0.970	2.2496
0.015	0.1452	0.175	1.0740	0.335	1.4050	0.495	1.6540	0.655	1.8695	0.815	2.0675	0.975	2.2554
0.020	0.2444	0.180	1.0869	0.340	1.4136	0.500	1.6610	0.660	1.8759	0.820	2.0735	0.980	2.2611
0.025	0.3222	0.185	1.0995	0.345	1.4221	0.505	1.6682	0.665	1.8823	0.825	2.0795	0.985	2.2688
0.030	0.3863	0.190	1.1119	0.350	1.4306	0.510	1.6753	0.670	1.8887	0.830	2.0855	0.990	2.2725
0.035	0.4411	0.195	1.1244	0.355	1.4390	0.515	1.6823	0.675	1.8951	0.835	2.0915	0.995	2.2782
0.040	0.4889	0.200	1.1361	0.360	1.4473	0.520	1.6893	0.680	1.9014	0.840	2.0975	1.000	2.2839
0.045	0.5316	0.205	1.1497	0.365	1.4556	0.525	1.6963	0.685	1.9077	0.845	2.1035	1.100	2.3971
0.050	0.5701	0.210	1.1595	0.370	1.4638	0.530	1.7032	0.690	1.9140	0.850	2.1095	1.200	2.5083
0.055	0.6053	0.215	1.1709	0.375	1.4720	0.535	1.7101	0.695	1.9203	0.855	2.1154	1.300	2.6879
0.060	0.6376	0.220	1.1821	0.380	1.4801	0.540	1.7170	0.700	1.9266	0.860	2.1213	1.400	2.7264
0.065	0.6677	0.225	1.1931	0.385	1.4882	0.545	1.7239	0.705	1.9329	0.865	2.1272	1.500	2.8337
0.070	0.6958	0.230	1.2040	0.390	1.4962	0.550	1.7308	0.710	1.9392	0.870	2.1331	1.600	2.9401
0.075	0.7222	0.235	1.2448	0.395	1.5041	0.555	1.7376	0.715	1.9455	0.875	2.1390	1.700	3.0458
0.080	0.7472	0.240	1.2254	0.400	1.5111	0.560	1.7444	0.720	1.9517	0.880	2.1449	1.800	3.1508
0.085	0.7708	0.245	1.2358	0.405	1.5197	0.565	1.7512	0.725	1.9579	0.885	2.1508	1.900	3.2553
0.090	0.7933	0.250	1.2461	0.410	1.5275	0.570	1.7589	0.730	1.9641	0.890	2.1567	2.000	3.3594
0.095	0.8148	0.255	1.2563	0.415	1.5353	0.575	1.7647	0.735	1.9703	0.895	2.1625	2.100	3.4631
0.100	0.8353	0.260	1.2664	0.420	1.5430	0.580	1.7714	0.740	1.9765	0.900	2.1683	2.200	3.5664
0.105	0.8550	0.265	1.2763	0.425	1.5507	0.585	1.7781	0.745	1.9827	0.905	2.1742	2.300	3.6694
0.110	0.8739	0.270	1.2861	0.430	1.5583	0.590	1.7848	0.750	1.9888	0.910	2.1800	2.400	3.7720
0.115	0.8922	0.275	1.2958	0.435	1.5659	0.595	1.7914	0.755	1.9949	0.915	2.1858	2.500	3.8745
0.120	0.9098	0.280	1.3054	0.440	1.5734	0.600	1.7980	0.760	2.0010	0.920	2.1916	2.600	3.9768
0.125	0.9296	0.285	1.3149	0.445	1.5809	0.605	1.8046	0.765	2.0071	0.925	2.1974	2.700	4.0789
0.130	0.9434	0.290	1.3243	0.450	1.5884	0.610	1.8112	0.770	2.0132	0.930	2.2032	2.800	4.1808
0.135	0.9595	0.295	1.3336	0.455	1.5958	0.615	1.8178	0.775	2.0193	0.935	2.2090	2.900	4.2826
0.140	0.9751	0.300	1.3428	0.460	1.632	0.620	1.8243	0.780	2.3243	0.940	2.2148	3.000	4.3843
0.145	0.9903	0.305	1.3519	0.465	1.6106	0.625	1.8308	0.785	2.0315	0.945	2.2206	3.500	4.8891
0.150	1.0051	0.310	1.3610	0.470	1.6179	0.630	1.8373	0.790	2.0375	0.950	2.2264	4.000	5.3958
0.155	1.0195	0.315	1.3700	0.475	1.6252	0.635	1.8438	0.795	2.0435	0.955	2.2322	4.500	5.8993
0.160	1.0335	0.320	1.3789	0.480	1.6324	0.640	1.8503	0.800	2.0495	0.960	2.2380	5.000	6.4020
0.165	1.0473	0.325	1.3877	0.485	1.6396	0.645	1.8567	0.805	2.0555	0.965	2.2438		

**Vị trí cầu**



**Hình 3 - 3** Đường mặt nước khu vực ảnh hưởng ú dênh sông lớn, trên sông nhánh

## b. *Thí dụ tính toán*

- Đầu bài:

Trên sông nhánh, điều tra và tính toán ra được mực nước ứng với tần suất 1% của bắn thân là 96,21m tại cửa sông và 97,02m tại cầu. Độ dốc bình quân lòng sông nhánh là  $i_o = 0,000336$ . Khoảng cách từ cầu đến cửa sông là: 2400m. Trên sông nhánh tại cửa sông đo được mặt cắt ngang sông.

Trên sông lớn, tại mặt cắt L xác định được mực nước ứng với tần suất thiết kế, chuyển về cửa sông nhánh là: 99,34m

Yêu cầu xác định mực nước dênh sông lớn tại cầu ứng với tần suất

- Bài giải:

$$\text{Như vậy } Z_1 = 99,34 - 96,21 = 3,13 \text{ m}$$

Tính  $h_o$  tại cửa sông nhánh:

Căn cứ vào mặt cắt ngang sông nhánh tại cửa sông đã đo, áp dụng công thức (3- 4), tính được  $h_o = 4,68\text{m}$

$$\text{Lập tỷ số: } \frac{Z_1}{h_o} = \frac{3,13}{4,68} = 0,6$$

$$\text{Tra biểu Tôpeliuliman (bảng 3-1) được: } f\left(\frac{Z_1}{h_o}\right) = 1,888$$

Lắp các trị số đã có vào công thức (3-3) được:

$$0,000336 \frac{2400}{4,68} = 1,8887 - f\left(\frac{Z_A}{h_o}\right)$$

$$\text{suy ra: } f\left(\frac{Z_A}{h_o}\right) = 1,8887 - 0,1725 = 1,716$$

- Tra bảng 3-1, tìm ngược lại có:

$$\frac{Z_A}{h_o} = \frac{Z_A}{4,68} = 0,54$$

- Từ đó rút ra  $Z_A = 4,68 \cdot 0,54 = 2,53\text{m}$
- Và cao độ mực nước tại tim cầu kể cả nước dồn ngược là:  $H_c = 97,02 + 2,53 = 99,25\text{m}$
- Chiều dài đường nước dênh ngược là :  $L = 2 \cdot 3,13 / 0,000336 = 18700\text{m}$ .

## § 3.2. Tính toán lưu lượng ở vị trí cầu trong miền ảnh hưởng của hồ đập

### 3.2.1. Cầu nằm ở thượng lưu đập vĩnh cửu

#### a. Trường hợp 1:

Nếu thể tích chứa nước trước cầu không nhiều hoặc mực nước bình thường của hồ chứa nước thấp hơn mực nước thiết kế trong trường hợp tự nhiên của dòng sông ở vị trí cầu thì khi đó vẫn có thể tính toán theo lưu lượng thiết kế bắn thân của dòng sông.

#### b. Trường hợp 2:

Khi lưu lượng thiết kế của hồ chứa nước đáng tin cậy mà cầu nằm trong khu vực ảnh hưởng nước dâng của hồ, song cầu cách đập tương đối xa, thì lưu lượng tại vị trí cầu có thể dựa vào lưu lượng thiết kế của hồ chứa nước, điều chỉnh thêm theo công thức sau:

$$Q_{cau} = Q_{dap} \left( \frac{F_{cau}}{F_{dap}} \right)^{0,50} \quad (3-6)$$

trong đó:

$Q_{cau}$  : lưu lượng tại vị trí cầu ứng với tần suất thiết kế,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$Q_{dap}$ : lưu lượng thiết kế của hồ chứa, có cùng tần suất với tần suất lưu lượng thiết kế cầu, số liệu này thu thập từ các cơ quan chức năng thiết kế hoặc quản lý đập,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$F_{cau}$ ;  $F_{dap}$ : diện tích lưu vực tính tới cầu và tới đập,  $\text{km}^2$ ;

### 3.2.2. Cầu nằm ở hạ lưu đập vĩnh cửu

#### a. Trường hợp 1:

Khi vị trí cầu cách đập nước rất gần, ở giữa không có dòng nhánh lớn chảy vào, thì lưu lượng thiết kế dưới cầu có thể lấy bằng lưu lượng thoát qua đập có cùng tần suất với tần suất thiết kế cầu

#### b. Trường hợp 2:

Đối với hồ chứa nước, nếu sau khi hồ chứa nước bị bồi đầy, không có biện pháp xử lý, không sử dụng hồ nữa, thì lưu lượng thiết kế cầu tính theo điều kiện thiên nhiên (coi như không có hồ).

#### c. Trường hợp 3:

Nếu vị trí cầu cách đập tương đối xa, giữa có nhiều dòng nhánh gia nhập, thì lưu lượng thiết kế tại cầu có thể tính theo công thức sau:

- Phương pháp chập đường quá trình

- Trên cùng một hệ trục toạ độ: vẽ đường quá trình thoát lũ của hồ và đường quá trình lưu lượng lũ của lưu vực phía hạ lưu hồ, từ đó tính được lưu lượng thiết kế.

- Nếu khoảng cách giữa vị trí đập đến cầu là  $L$ , thì thời gian truyền lũ từ điểm bắt đầu đường quá trình lũ thoát qua hồ chứa với đường quá trình lũ của lưu vực hạ lưu đập tại cầu sẽ là  $t = L/V$ , trong đó:  $V$  là lưu tốc bình quân lòng sông trong đoạn sông từ đập tới cầu. Vì thế trị số sau khi chập đường quá trình không nằm trong đỉnh cao nhất của 2 đường quá trình.

Phương pháp này tương đối chính xác và hợp lý, nhưng trường hợp thông thường đường quá trình lưu lượng lũ ở khu vực tụ nước phía hạ lưu hồ rất khó thu thập nên ứng dụng bị hạn chế. Vì vậy kiến nghị vẽ theo công thức đường quá trình khái quát của Đ.L.Xôcôlôpski:

$$\text{- Nhánh lên: } Q_t = Q_m \left( \frac{t}{t_l} \right)^m \quad (3 - 7)$$

$$\text{- Nhánh xuống: } Q_t = Q_m \left( \frac{t_x - t}{t_x} \right)^n \quad (3 - 8)$$

trong đó:

$Q_t$ : lưu lượng thời điểm  $t$ . Đối với nhánh lên  $t$  kể từ lúc bắt đầu lên đến đỉnh lũ, nhánh xuống  $t$  kể từ đỉnh lũ đến chân lũ,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$Q_m$ : lưu lượng đỉnh lũ tính theo các công thức ở mục §2.2. Thời gian lũ lên lũ bằng thời gian chảy tự của đỉnh lũ  $\tau$ ,  $m^3/s$ ;

$$\tau = \frac{L}{3,6\bar{v}} \quad (\text{giờ})$$

$\bar{v}$ : tốc độ chảy tự trung bình của đỉnh lũ lấy bằng  $0,7V_{max}$ ;

$V_{max}$ : lưu tốc trung bình của tuyến tính toán, tương ứng với lưu lượng đỉnh lũ  $Q_m$  đã tính được.  $V_{max}$  cũng có thể tính theo lưu lượng điều tra lũ.

L: chiều dài dòng chính, km;

m, n: số mũ  $m = 1 \sim 2; n = 2 \sim 3$

$t_x$ : thời gian lũ rút,  $t_x = k_n t_l$ . Trong đó  $k_n$  là tỷ số giữa thời gian lũ dâng trên thời gian lũ rút, có thể căn cứ vào đường quá trình lũ thực đo. Nếu không có đường quá trình lũ thực đo thì có thể xác định theo kinh nghiệm: lưu vực không có rừng hoặc sông nhỏ, đất ít ngấm nước  $k_n = 2,0 \sim 2,5$ ; lưu vực có rừng hoặc sông nhỏ đất ngấm nhiều  $k_n = 2,5 \sim 3,5$ ; sông vừa, bãi biển thường  $k_n = 3 \sim 4$ ; sông lớn bãi rộng  $k_n = 4 \sim 6$

- Phương pháp hệ số giảm nhỏ:

$$\text{Trước hết tìm } K = \frac{Q_c}{Q_n} \quad (3 - 9)$$

trong đó:

$Q_c$ : lưu lượng thiết kế sau khi các dòng nhánh đã nhập lại thành dòng chính,  $m^3/s$ ;

$\Sigma Q_n$ : tổng lưu lượng thiết kế có cùng tần suất của các dòng nhánh, lúc chưa xây hồ.

**Chú ý:**  $K$  luôn luôn nhỏ hơn 1 sau khi xây hồ chứa nước. Giả thiết trị số này vẫn không thay đổi, thì lưu lượng thiết kế tại vị trí cầu có thể tính theo công thức:

$$Q'_P = K(Q_T + Q_c) \quad (3 - 10)$$

trong đó:

$Q_c$ : lưu lượng khu giữa (từ đập đến cầu),  $m^3/s$ ;

$\Sigma Q_T$ : tổng lưu lượng tháo từ hồ qua đập,  $m^3/s$ . Số liệu này do cơ quan có tư cách pháp nhân của thuỷ lợi, thuỷ điện cung cấp. Nếu không có số liệu thiết kế thì  $Q_T$  có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$Q_T = Q_p [1 - (W_m/W_c)] \quad (3 - 11)$$

$Q_p$ : lưu lượng thiết kế trong điều kiện tự nhiên,  $m^3/s$ ;

$W_m$ : dung tích điều tiết lũ của hồ. Trị số này dựa vào bình đồ địa hình của hồ lập đường cong quan hệ mực nước với dung tích hồ chứa. Nếu do khó khăn không có bình đồ địa hình thì có thể tính theo công thức đơn giản sau:

$$W_m = B_B H_H L_B / 4 = B_o H_o L_o / 4 \quad (3 - 12)$$

$B_H$ : chiều rộng mặt nước hồ ở vị trí đập ứng với mực nước thiết kế, m;

$H_H$ : chiều sâu lớn nhất ở mặt cắt vị trí đập ứng với mực nước thiết kế, m;

$B_B$ : chiều dài ngập của hồ nước ứng với mực nước thiết kế, m;

$B_o$ ,  $H_o$ ,  $L_o$ : chiều rộng mặt nước, chiều sâu lớn nhất và chiều dài ngập tương ứng với mực nước dâng bình thường, m;

$W_c$ : tổng thể tích dòng chảy (cách xác định  $W_c$  khi có tài liệu quan trắc lưu lượng, dựa vào đường  $Q=f(t)$  thiết kế để xác định, trường hợp không có tài liệu quan trắc  $W_c$  xác định theo phương pháp gián tiếp từ mưa ra dòng chảy (xem chương II).

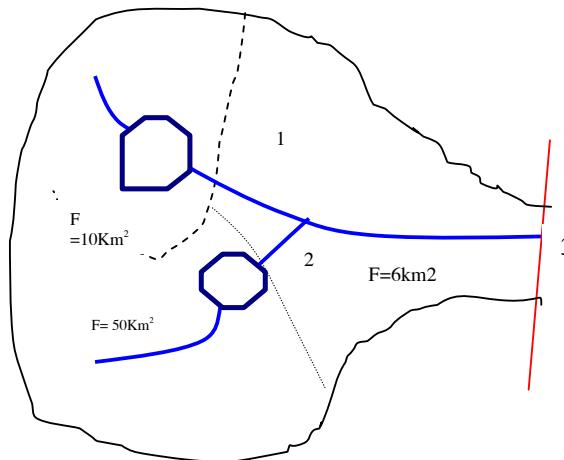
Phương pháp này rất đơn giản, có ý nghĩa sử dụng nhất định, nhưng trong đó giả định trị số K không thay đổi trước và sau khi xây hồ là không phù hợp với tình hình thực tế. Vì sau khi xây hồ trên dòng nhánh thời gian kéo dài liên tục của đỉnh lũ trên đường quá trình chảy ra tương đối dài (gần giống hình thang) lưu lượng lớn nhất ở vị trí cầu xấp xỉ với tổng số lưu lượng đỉnh lũ của các dòng nhánh. Còn ở trường hợp tự nhiên, do thời gian kéo dài liên tục, đỉnh lũ mà các dòng nhánh tương đối ngắn thì đường biểu diễn quá trình lưu lượng không đồng nhất nên lưu lượng trên dòng chính sau khi hợp dòng thường nhỏ hơn tổng lưu lượng đỉnh lũ của các dòng nhánh

- Trị số K khi đó phải nhỏ hơn trị số K sau khi xây hồ, còn lưu lượng thiết kế tìm được có xu thế nhỏ đi.

### **Thí dụ:**

Phân bố dãy hồ chứa nước trong lưu vực thành hình quạt như hình 3 - 4, lần lượt tìm được lưu lượng lớn nhất  $P = 2\%$ , sau khi được điều tiết hồ chứa nước ở 3 mặt cắt 1, 2, 3... ghi các số liệu đã biết và các kết quả tính toán vào bảng sau:

Số hiệu mặt cắt	Diện tích lưu vực $F(\text{km}^2)$	Lưu lượng lớn nhất $Q(\text{m}^3/\text{s})$	Tổng thể tích dòng chảy $W(\text{m}^3)$	Dung tích điều tiết của hồ $W_m(\text{m}^3)$	Lưu lượng sau khi điều tiết $Q_T(\text{m}^3/\text{s})$
1	10,00	16,50	182	132	4,50
2	30,00	35,00	810	585	9,80
3 (bộ phận)		12,00	52		12,00
		$\Sigma Q = 63,50$			$\Sigma Q = 26,30$
Tổng cộng	46,00	47,00	1044		



**Hình 3 - 4**  
Bố trí dãy hồ chứa nước trong lưu vực thành hình quạt

Lưu lượng ở mặt cắt 1 sau khi điều tiết trong hồ:

$$Q_{T1} = 16,5(1 - 132/182) = 4,50 \text{m}^3/\text{s}$$

Lưu lượng ở mặt cắt 2:

$$Q_{T2} = 35,00(1 - 585/810) = 9,80 \text{m}^3/\text{s}$$

Hệ số giảm nhỏ:

$$K = Q/\Sigma Q = 47/63,5 = 0,74$$

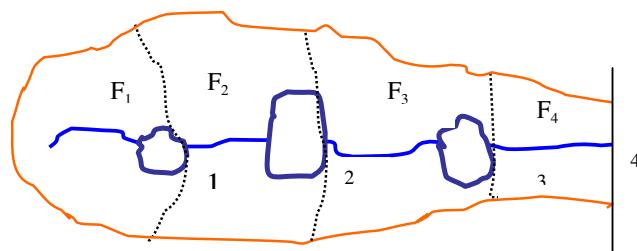
Lưu lượng tại mặt cắt 3:

$$\dot{Q}_p = 0,74(4,5+9,8+12,0) = 19,50 \text{m}^3/\text{s}$$

Nếu vị trí hồ nước phân bố thành hình thang (xem hình 3-5) và nếu ngành thuỷ lợi không có tài liệu mà lại cần tiến hành kiểm toán thì tính lưu lượng lớn nhất phải tiến hành liên tục các mặt cắt từ thượng lưu về hạ lưu.

*Các bước tính toán:*

Trước hết phải dựa vào công thức (3-11), tính lưu lượng  $Q_{c2}$  gây ra do  $Q_{T1}$  hợp với khu tụ nước  $F_2$ . Tiếp tục theo phương pháp trên tính lưu lượng lớn nhất  $Q_{T2}$  của hồ thứ 2, tính lưu lượng lớn nhất  $Q_{T3}$  của hồ thứ 3, cho tới mặt cắt 4 mới thôi. Hệ số giảm nhỏ phải xác định riêng cho từng lần tính.



**Hình 3 - 5** Bố trí dãy hồ chứa nước thành hình bậc thang

Khi bố trí dãy hồ kiểu hỗn hợp thì phương pháp tính cũng giống như trên. Lúc tính cần phải phân bố hồ chứa làm hai loại: loại hình quạt và loại hình thang, rồi theo biện pháp trên lần lượt xác định lưu lượng lớn nhất của từng loại, sau đó mới tổng hợp lại để xử lý.

- Phương pháp tỷ lệ diện tích

Đối với khu vực hồ chứa nước nhỏ có tác dụng tạm chậm lũ, có thể dùng quan hệ tỷ lệ giữa diện tích tụ nước khống chế của hồ nước với diện tích tụ nước khống chế của vị trí cầu để tính. Dựa vào phương pháp này tính được lưu lượng thiết kế chảy dưới cầu sau khi điều chỉnh hồ nước theo công thức sau:

$$\dot{Q}_p = Q_p K_n \quad (3-13)$$

$$K_n = 1 - \frac{(1 - K_k)F_k}{F} \quad (3-14)$$

trong đó:

$Q_p$ : lưu lượng thiết kế tại vị trí cầu trong điều kiện thiên nhiên,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$K_n$ : hệ số điều tiết lưu lượng tại vị trí cầu;

$F_k$ : diện tích tụ nước khống chế của hồ,  $\text{km}^2$ ;

$F$ : diện tích tụ nước toàn phần phía thượng lưu vị trí cầu,  $\text{km}^2$ ;

$K_k$ : hệ số điều tiết lưu lượng của hồ nước, bằng tỷ số giữa lưu lượng ở hồ thoát ra với lưu lượng nước chảy vào hồ, căn cứ vào tài liệu thực tế để xác định hoặc tra bảng 3 - 2.

**Bảng 3-2**

$\frac{100F_k}{F}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
K <sub>k</sub>	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,82	0,79	0,76	0,75	070

Trong ba phương pháp nói trên thì phương pháp chập đường quá trình là tương đối thích hợp, còn 2 phương pháp khác sử dụng trong trường hợp thiếu tài liệu (mà diện tích tự nước không lớn lắm mới có thể áp dụng).

### 3.2.3. Cầu ở hạ lưu hồ chứa nước tạm thời

#### a. Đặt vấn đề

Khi vị trí cầu ở hạ lưu hồ chứa nước loại vừa và nhỏ có tiêu chuẩn thiết kế thấp thì sẽ ảnh hưởng đến an toàn cho tuyến đường và công trình thoát nước ở hạ lưu. Gặp trường hợp này phải bàn bạc với đơn vị có liên quan, nếu có thể thì nâng cao tiêu chuẩn tần suất lũ thiết kế của đập để thỏa mãn được yêu cầu của tuyến đường. Nếu nâng cao tiêu chuẩn thiết kế đập nước có khó khăn thì đối với cầu cống ngoài việc thiết kế và kiểm toán theo trường hợp thiên nhiên của dòng sông ra còn phải xét tới ảnh hưởng khi đập bị vỡ.

Khi đập nước tạm thời bị vỡ thì lưu lượng sẽ tăng lên rất lớn, do đó cần căn cứ vào tình hình cụ thể ở thực địa để xét kỹ ảnh hưởng đó. Không nhất thiết phải theo lưu lượng sau khi đập bị vỡ toàn bộ để thiết kế khẩu độ cầu nếu giá thành quá cao. Nguyên tắc chủ yếu là phải bảo đảm an toàn cho các công trình. Nếu điều kiện cho phép, có thể xét cài vị trí tuyến đường. Đối với các hồ chứa nước loại nhỏ không có tài liệu thiết kế, mà qua kiểm toán có thể nâng mực nước trong hồ lên một giới hạn nhất định và nâng cao được khả năng phòng lũ thì có thể xét đến đập nước không bị vỡ. Về những trường hợp này, nhất là đối với cầu cống trên đường cũ và cầu trên các đường thứ yếu cần chú ý đầy đủ hơn.

#### b. Tính lưu lượng tại vị trí đập bị vỡ ( $Q_n$ )

$$Q_n = B_n H_H^{3/2} K_{np} \quad (3 - 15)$$

trong đó:

$B_n$ : chiều dài đập nước ven theo đường mép nước phía thượng lưu, khi hồ chứa nước tới mực nước cực hạn, m;

$H_H$ : chênh lệch mực nước thượng hạ lưu trước khi vỡ đập, m;

$K_{np}$ : tỷ số xét tới chiều dài có thể vỡ và chiều dài đập  $B_n$ , đồng thời xét tới hệ số bóp hẹp mặt bên, quy định như sau:

- Đập cấp V mới xây dựng, điều kiện sử dụng tốt:  $K_{np} = 0,50$ ;
- Đập đất cũ không có đẳng cấp và đập đất cấp V sử dụng không tốt:  $K_{np} = 0,75$ ;
- Đập đất nhỏ chắn nước dùng cho sinh hoạt không có thiết kế:  $K_{np} = 0,90$ .

#### c. Tính lưu lượng tại vị trí cầu khi đập bị vỡ ( $Q_{nH}$ )

- Công thức Litstovan:

$$Q_{nH} = \frac{WQ_n}{W_o + Q_n L_p \tau} \quad (3 - 16)$$

trong đó:

$W_0$ : dung tích hồ chứa ứng với  $H_{max}$ , m<sup>3</sup>; xác định dựa vào bình đồ đường đồng mức hoặc lấy ở đơn vị quản lý hồ v.v... Nếu thiếu tài liệu có thể dùng công thức gần đúng sau:

$$W_0 = B_\delta H_H L_\delta / 4 \quad (3-17)$$

$B_\delta$ : chiều rộng mặt nước hồ chõ mặt cắt đập, m;

$H_H$ : ý nghĩa như trên;

$L_\delta$ : chiều dài đập nước, m;

$\tau$ : hệ số sóng vỡ ở đập điều kiện chảy về hạ lưu, tra bảng 3 - 3 và 3 - 4.

$L_p$ : khoảng cách từ đập đến cầu theo lòng suối, m.

**Bảng 3-3**

**Dòng sông có nước chảy thường xuyên**

Thứ tự	Loại sông	Độ dốc đoạn sông truyền sóng	Trị số $\tau$
1	Sông nhỏ nước cạn	0,0001 ÷ 0,0005	1,50
2	Sông vừa nước cạn	0,00005 ÷ 0,0001	1,25
3	Sông nhỏ vùng đồng bằng	0,0005 ÷ 0,005	1,00
4	Sông vừa vùng đồng bằng	0,0001 ÷ 0,0005	0,80
5	Sông nhỏ vùng trung du	0,005 ÷ 0,05	0,65
6	Sông vừa vùng trung du	0,0005 ÷ 0,005	0,50
7	Sông nhỏ vùng núi	0,05 ÷ 0,01	0,40
8	Sông vừa vùng núi	0,005 ÷ 0,05	0,35

**Bảng 3-4**

**Dòng sông có nước chảy theo mùa**

Thứ tự	Độ dốc của đoạn sông truyền sóng	Trị số $\tau$
1	0,0005 ÷ 0,001	1,25
2	0,001 ÷ 0,005	1,00
3	0,005 ÷ 0,01	0,90
4	0,01 ÷ 0,05	0,80

- Theo phương pháp Andráyep

Khi vỡ đập, sóng lũ chuyển dịch về hạ lưu. Tuỳ theo khoảng cách từ đập tới công trình, chõ vỡ đập càng xa, chiều dài sóng càng dài thêm, chiều cao sóng càng giảm đi, lưu lượng lớn nhất vỡ đập ( $Q_n$ ) cũng giảm theo.

Lưu lượng lớn nhất vỡ đập ở mặt cắt bất kỳ phía hạ lưu chõ đập bị vỡ tính theo công thức sau:

$$Q_x = \frac{Q_n}{\sqrt{1 + \frac{2Q_n^2 n^2}{W^2 I_o^2} X}} \quad (3-18)$$

trong đó:

$Q_n$ : lưu lượng vỡ đập, m<sup>3</sup>/s;

$n$ : hệ số nhám;

$W$ : thể tích nước thoát đi do vỡ đập, m<sup>3</sup>;

$I_o$ : độ dốc mặt nước lũ;

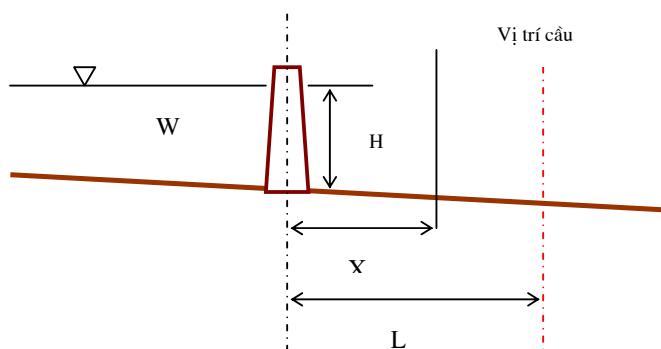
$X$ : khoảng cách từ chõ đập bị vỡ đến điểm tính toán, m.

Sau khi vỡ đập, sóng lũ truyền tới khoảng cách nhất định, lưu lượng nước lúc vỡ đập ( $Q_x$ ) ở chỗ đó xấp xỉ lưu lượng thiết kế  $Q$  khi không vỡ đập. Khoảng cách lâm giới ( $X_{\min}$ ) này có thể tính theo 2 trường hợp sau:

- Khi vỡ đập, lòng sông phia hạ lưu không có nước hoặc nước rất ít, từ công thức trên lấy  $Q_x = Q$  ( $Q$ : lưu lượng thiết kế khi không xét tới vỡ đập), có:

$$X_{\min} = \frac{W^2 I_o^2 \left( \frac{1}{Q^2} - \frac{1}{Q_n^2} \right)}{2n^2} \quad (3-19)$$

Nếu khoảng cách giữa vị trí cầu với vị trí đập lớn quá  $X_{\min}$  thì thiết kế khẩu độ cầu không xét tới ảnh hưởng vỡ đập (xem hình 3 - 6).



**Hình 3 - 6**

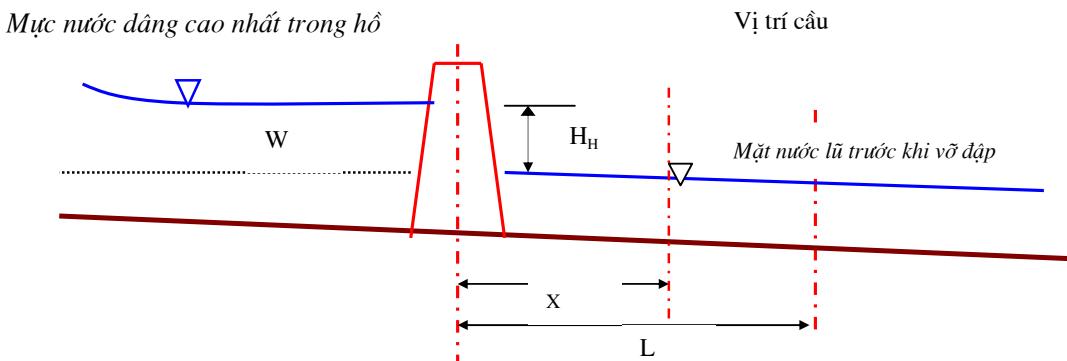
Khi vỡ đập, nếu lòng sông hạ lưu đập nước phát sinh lũ cùng một lúc thì đỉnh lũ giảm xuống, lưu lượng vỡ đập và thể tích đỉnh lũ thoát đi cũng tương ứng giảm đi. Giả định  $Q_x \approx 0,05Q$ , khi đó ảnh hưởng đỉnh lũ vỡ đập rất nhỏ nên:

$$X_{\min} = W^2 I_x^2 [(400/Q_2) - (1/Q_n^2)] / (2n^2) \approx 200W^2 I_o^2 / (Q^2 n^2) \quad (3- 20)$$

Ở trường hợp này,  $W$  là thể tích trong phạm vi cột nước  $H_H$  (như hình 3-7). Nếu như khoảng cách giữa vị trí cầu và vị trí đập nhỏ quá  $X_{\min}$  thì lưu lượng thiết kế cầu là:

$$Q_p = Q + Q_x$$

Chiều dài đoạn tiêu năng nước rót khi đập vỡ khoảng  $10H_H$ , đoạn tiêu năng nước rót có thể hình thành hố xói, nên kiến nghị bố trí vị trí cầu cách đập nước tạm thời không được nhỏ hơn  $20H_H$ .



**Hình 3 - 7**

### 3.2.4. Cầu nằm ở thượng lưu đập nước tạm thời

Khi vị trí cầu ở thượng lưu hồ chứa nước tạm thời thì phải xét ảnh hưởng vỡ của hồ chứa nước. Khi khảo sát phải nghiên cứu điều tra tỷ mỉ đặc trưng của hồ chứa nước và hợp tác chặt chẽ với các ngành có liên quan, rồi căn cứ vào đó xác định lưu lượng thiết kế cầu cống.

Tính lưu lượng mặt cắt vị trí cầu ( $Q_{n\sigma}$ ) ở thượng lưu hồ chứa nước tạm thời theo công thức sau:

$$Q_{n\delta} = \frac{W_1(Q_n - q_n)}{W_o - W_2} \quad (3 - 21)$$

trong đó:

$W_o$  và  $Q_n$ : ý nghĩa như trên;

$W_1$ : dung tích hồ chứa ở thượng lưu vị trí cầu,  $m^3$ ;

$W_2$ : dung tích hồ chứa ở hạ lưu vị trí cầu khi cao độ mực nước bằng cao độ thấp nhất đáy sông ở mặt cắt vị trí cầu,  $m^3$ ;

$q_n$ : lưu lượng vỡ của hồ chứa nước tính theo công thức (3-16), trong công thức này tính chênh lệch cột nước ( $H_H$ ) dựa vào cao độ thấp nhất chỗ mặt cắt vị trí cầu, với mặt cắt đập nước,  $m^3/s$ .

Nếu trị số  $W_2$  với  $q_n$  không lớn (khi chênh lệch cao độ thấp nhất chỗ mặt cắt vị trí cầu với mặt cắt đập rất nhỏ), có thể đơn giản công thức (3-21) theo dạng sau đây:

$$Q_{n\delta} = W_1 Q_n / W_o \quad (3 - 22)$$

### § 3.3. Tính toán dòng chảy trong khu vực ảnh hưởng của thuỷ triều

Triều dâng và triều rút làm thay đổi mực nước và lưu lượng trong sông. Ngoài ra còn làm thay đổi lưu tốc và hướng chảy. Khi triều dâng tạo nên dòng chảy chậm tạm thời và có hướng ngược lại. Khi triều xuống nước rút tốc độ tăng lên.

Dòng triều lên thay đổi ngược với dòng triều xuống không cùng lúc trên toàn mặt cắt mà từ đáy lên mặt, từ bờ đến giữa dòng. Trong một số giờ của pha triều dâng rút có thể quan sát thấy hai dòng chảy ngược nhau.

#### 3.3.1. Tính lưu lượng và mực nước tính toán, khi không có tài liệu quan trắc

a. **Lưu lượng triều dâng ( $Q_d$ ):**

$$Q_d = Q_{p\%} - \frac{W_o}{3600 \Delta t_d} \quad (3 - 23)$$

b. **Lưu lượng triều rút ( $Q_r$ ):**

$$Q_d = Q_{p\%} + \frac{W_o}{3600 \Delta t_r} \quad (3 - 24)$$

trong đó :

$Q_p$ : lưu lượng bản thân ứng với tần suất thiết kế,  $m^3/s$ ;

$\Delta t_d$ : thời gian trung bình triều dâng trong mùa lũ, không nhỏ hơn 15 ngày đêm, h;

$\Delta t_r$ : như trên đối với triều rút, h;

$W_o$ : thể tích triều dâng,  $m^3$ , xác định theo công thức sau:

$$W_o = 0,33L_d h_d (B_c + B_L) + K_d \quad (3 - 25)$$

$L_d$ : chiều dài ảnh hưởng lên thượng lưu vị trí cầu lúc triều dâng cao, m;

$h_d$ : độ cao triều dâng trên mực nước trung bình, trong thời kỳ 15 ngày ở mặt cắt vị trí cầu, m;

$B_c$ : chiều rộng ngập tràn của sông trong thời kỳ triều dâng lớn nhất ở mặt cắt vị trí cầu, m;

$B_L$ : chiều rộng ngập tràn của sông ở mặt cắt thượng lưu vị trí cầu một khoảng  $L_d$ , m;

$K_d$ : thể tích triều dâng trên sông nhánh, xác định theo công thức:

$$K_d = 0,33 \sum_{i=1}^n (B_{ci} + b_i) l_i \Delta h_i \quad (3 - 26)$$

$B_{ci}$ : chiều rộng ngập tràn của sông nhánh ở cửa sông, m;

$b_i$ : chiều rộng ngập tràn ở chỗ giao thao sóng triều trên sông nhánh, m;

$l_i$ : chiều dài lan ảnh hưởng triều dâng theo sông nhánh, m;

$\Delta h_i$ : Độ cao triều dâng ở cửa sông nhánh, m.

*Chú ý: trong công thức (3-25) và (3-26) khi tính gần đúng có thể lấy  $B_c=B_L$ ;  $B_c=b_i$*

- Cao độ mực nước lũ lớn khi triều dâng ( $H_d$ ), xác định theo công thức sau:

$$H_d = H_p + K_h (h_{\max} - h_{\min} + \Delta h_d) \quad (3 - 27)$$

trong đó:

$H_p$ : mực nước lớn nhất ứng với tần suất thiết kế, tính theo chỉnh lý thống kê liệt nhiều năm của mực nước lớn nhất hàng năm do tác động của tổ hợp lũ và triều, m;

$K_h$ : hệ số xét tới khả năng không trùng lặp hàng năm của đỉnh lũ và triều, phụ thuộc vào số năm quan trắc, tra bảng 3 – 5.

$h_{\max}$ ;  $h_{\min}$ : độ chênh lệch mực nước lớn nhất và nhỏ nhất của triều dâng, m;

$\Delta h_d$ : sự tăng sóng triều phụ thuộc vào lực gió cùng hướng, lấy bằng  $(0,70 \div 1,20)h_d$ .

**Bảng 3-5**

**Bảng tra  $K_h$**

Số năm quan trắc	<5	5 ÷ 10	10 ÷ 30	30 ÷ 50	>50
$K_h$	0,40	0,30	0,20	0,10	0

### 3.3.2. Tính lưu lượng thiết kế cầu trên sông ảnh hưởng thuỷ triều khi có tài liệu quan trắc

#### a. Vẽ đường cong quan hệ $Q_p = f(H)$

Ở sông có ảnh hưởng thuỷ triều hoàn toàn khác với sông ở trạng thái tự nhiên khi mực nước cao nhất sinh ra lưu lượng lớn nhất, vì mặt cắt thoát nước rất lớn, lưu tốc tương ứng giảm nhỏ, nên chưa chắc đã là trường hợp khống chế nguy hiểm nhất đối với khẩu độ cầu. Ngược lại khi lưu lượng tính toán tương đối nhỏ, ở mực nước thấp hơn, có thể trở thành lưu lượng tính toán khống chế khẩu độ cầu. Cùng một lưu lượng có thể xuất hiện ở giới hạn dưới trong phạm vi biên độ mực nước, lưu tốc tương ứng lớn nhất xuất hiện trường hợp bất lợi nhất với khẩu độ cầu. Do đó đem mực nước ở giới hạn dưới tương ứng

với các loại lưu lượng nối thành đường cong quan hệ  $Q \sim H$ , sẽ được đường cong lưu lượng tính toán.

Phương pháp vẽ đường cong lưu lượng tính toán là chấm tất cả các điểm quan hệ giữa mực nước lưu lượng, sau đó vẽ đường bao ngoài ở phía bên phải các điểm, được đường cong lưu lượng tính toán,  $Q_p = f(H)$ .

### b. Xác định lưu tốc tính toán

Theo công thức:

$$V_p = \frac{Q_p'}{\omega_p + \sum \omega_n \frac{W_n}{W_p}} \quad (3 - 28)$$

trong đó:

$\omega_p, \omega_n$ : diện tích thoát nước lòng, bãi sông ứng với mực nước thiết kế,  $m^2$ ;

$W_p, W_n$ : suất phân phối lưu lượng lòng và bãi sông,  $W = C\sqrt{R}$ ;

C: hệ số Sêdi,  $C = (1/n)R^y$ ; y lấy theo Maninh  $y = 1/6$ ;

n: hệ số nhám lòng và bãi sông, tra bảng;

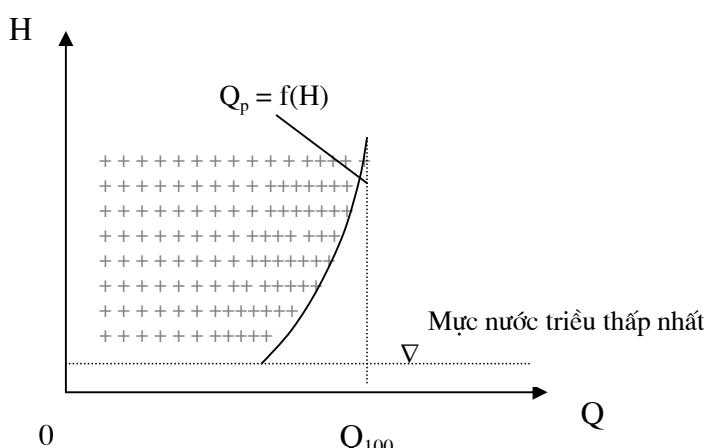
R: bán kính thuỷ lực,  $R = \omega/\chi$ . Trong đó:  $\omega$  - diện tích,  $\chi$  - chu vi ướt;

Cuối cùng có  $W = (1/n)R^{2/3}$

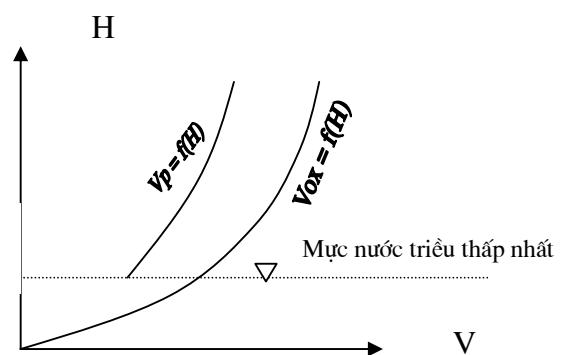
$Q_p'$ : lưu lượng tương ứng với  $H$ , tra trên đường quan hệ  $Q = f(H)$  (hình 3-8)

Từ đó tính ra được đường cong quan hệ giữa lưu tốc với mực nước. Có thể xuất hiện 3 trường hợp sau:

- Khi nước rất sâu, lưu lượng nhỏ, tất cả lưu tốc các điểm trên đường  $V = f(H)$  đều nhỏ hơn lưu tốc không xói cho phép của đất,  $V_p < V_{ox}$ , xem hình 3-9.



Hình 3 – 8



Hình 3-9

$$V_{ox} = V_1 h^{0.2} \quad (3 - 29)$$

trong đó:

$V_1$ : lưu tốc cho phép không xói của đất, khi chiều sâu là 1 mét, tra bảng 1 và 2 phụ lục 4 – 1, chương IV;

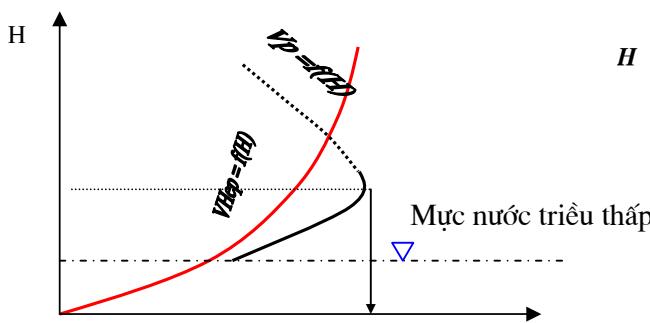
$h$ : chiều sâu thuỷ trực, m;

Như vậy lưu tốc tính toán nên dùng  $V_{ox}$ .

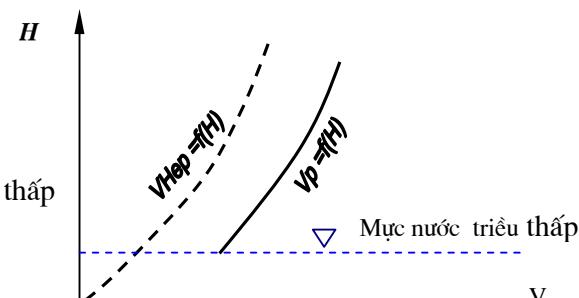
- Khi thuỷ triều thấp, nước không sâu lăm, lưu lượng tương đối lớn. Khi thuỷ triều cao nước rất sâu, lưu lượng ngược lại không lăm, đồng thời một bộ phận lưu tốc trên đường cong  $V_p = f(H) >$  lưu tốc không xói của đất,  $V_p > V_{ox}$ .

Như vậy:

- + Khi mực nước tính toán  $H_p > H_k$ : lưu tốc tính toán nên dùng lưu tốc lớn nhất  $V_{ox}$  trên đường cong  $V_{ox} = f(H)$ .
- + Khi  $H_p \leq H_k$ : lưu tốc tính toán dùng lưu tốc tương ứng với mực nước tính toán trên đường cong  $V_p = f(H)$ , xem hình 3-10.



**Hình 3-10**



**Hình 3-11**

- Khi ảnh hưởng thuỷ triều tương đối nhỏ, độ sâu và lưu tốc gần bờ như ở trạng thái thiên nhiên. Như vậy tất cả lưu tốc trên đường cong  $V_p = f(H)$  đều lớn hơn lưu tốc không xói cho phép của đất  $V_p > V_{ox}$ .

Lưu tốc thiết kế dùng lưu tốc  $V_p$  trên đường cong  $V_p = f(H)$  tương ứng với mực nước tính toán (xem hình 3-11).

### § 3.4. Biện pháp điều chỉnh lưu lượng trong tình hình đặc biệt

#### 3.4.1. Nguyên tắc nhập cầu cống và tính toán lưu lượng

Hai hoặc một số cầu cống gần nhau khi điều kiện địa hình cho phép mà phương án nhập cầu, cống về phương diện kinh tế và kỹ thuật hợp lý hơn, thì có thể dùng phương pháp cải mới hoặc lợi dụng hố lấy đất, hay rãnh thoát nước, đem nước của suối nhỏ dẫn vào suối lân cận.

##### a. Nguyên tắc nhập cầu cống.

- Lưu lượng của suối bị cải không lớn;
- Khoảng cách cải dịch không xa;
- Có đủ độ dốc trong đoạn cải suối ( $I \geq 2 \div 3\%$ );
- Lưu tốc không lớn, khi thay đổi hướng nước không phát sinh xói nghiêm trọng, ảnh hưởng an toàn của nền đường;
- Lượng hàm cát trong mùa lũ không lớn. Sau khi đào lòng suối không bị cát bồi lấp;

- Khi lưu vực đào có khối lượng đào đá cứng rất lớn làm cho giá công trình tăng nhiều, hoặc địa chất quá xấu (rồi rạc) làm cho sông đào dễ xói và biến hình;
- Trường hợp thông thường đối với cài suối không cần gia cố, nhưng cạnh đó có đá thì nên lát từng đoạn một để phòng xói cục bộ.

**b. Công thức tính toán lưu lượng nhập sông suối**

$$Q = Q_o + 0,75(Q_1 + Q_2 + \dots) \quad (3-30)$$

trong đó:

$Q$ : lưu lượng thiết kế tại công trình thoát nước khi nhập,  $m^3/s$ ;

$Q_o$ : lưu lượng thiết kế của sông, suối làm cầu, cống,  $m^3/s$ ;

$Q_1; Q_2 \dots$  : lưu lượng thiết kế của các sông bị nhập,  $m^3/s$ .

### 3.4.2. Ước tính truyền lũ

Khi địa hình thượng hạ lưu khu vực tụ nước có sự khác biệt rõ rệt, nghĩa là đỉnh lũ ở cửa núi lớn mà ở đoạn bằng phẳng phía hạ lưu có hiện tượng đỉnh lũ đổ tràn, lưu lượng thiết kế nên triết giảm theo lý luận truyền lũ.

Đầu tiên tìm thời gian truyền lũ từ mặt cắt thượng lưu đến mặt cắt hạ lưu:

$$\tau = \tau_\lambda L_1 \quad (\text{ph}) \quad (3-31)$$

trong đó:

$L_1$ : khoảng cách giữa 2 mặt cắt, km;

$\tau_\lambda$  : thời gian cần thiết của con lũ đi 1km theo sông tính bằng phút (tra bảng 3- 6).

Tại vị trí mặt cắt hạ lưu, thời gian bắt đầu có lũ so với mặt cắt thượng lưu chậm một thời gian là  $\tau$ . Thời gian  $\tau$  tính theo lưu lượng bình quân của lũ, lưu lượng bình quân là lưu lượng lớn nhất trong đường quá trình lưu lượng nhân với hệ số bằng 0,60. Có thể tính theo khoảng cách thẳng giữa 2 điểm nhân với suất đường cong là 1,25. Giả định mặt cắt thoát nước dạng hình tam giác có mái dốc bờ là 1:5.

Trong phạm vi  $L_1$  giữa 2 mặt cắt giả định ở lòng sông chứa được thể tích chảy là  $L_1 W$  ( $1000m^3$ ),  $W$ : là diện tích bình quân của 2 mặt cắt thượng hạ lưu. Thể tích này chính là yếu tố thúc đẩy hiện tượng đổ tràn của con lũ. Lúc đó thời gian thông qua cửa đỉnh lũ nên tăng thêm:

$$\frac{1}{\beta} = \frac{t + \tau}{t} \quad (3-32)$$

trong đó:

$t$ : toàn bộ thời gian từ lúc bắt đầu có dòng chảy tới đỉnh lũ. Để cho thể tích nước lũ không thay đổi nên giảm nhỏ tung độ của lưu lượng :

$$\beta = \frac{t}{t + \tau} \quad (3 - 33)$$

Phương pháp này không những thích hợp với tình hình trên mà khi có 2 hoặc trên 2 cầu cống nhập một. Trong trường hợp này nếu sông men theo tuyến có thể chứa một bộ phận nước lũ và có hiện tượng đổ tràn của đỉnh lũ thì cũng có thể áp dụng.

**Bảng 3 – 6**

**Bảng tra trị số của  $\tau_\lambda$ : thời gian cần thiết chảy của mõi 100m (phút)**

Thứ tự	Q (m <sup>3</sup> /s)	m <sub>L</sub>	Độ dốc bình quân ( hoặc số mét cao trên 1km)											
			1	2	3	5	7	10	15	20	30	40		
1	3	25	4,6	3,5	2,9	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,97	0,85
		20	5,5	4,1	3,6	2,9	2,6	2,3	1,9	1,8	1,5	1,5	1,2	0,95
		15	6,6	5,1	4,4	3,6	3,2	2,8	2,4	2,2	1,8	1,8	1,5	1,20
		10	6,6	6,9	6,0	4,9	4,3	3,8	3,3	3,0	2,5	2,3	2,0	1,60
2	5	25	4,1	3,1	2,6	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,85	0,75
		20	4,8	3,6	3,2	2,6	2,3	2,0	1,7	1,6	1,3	1,20	1,0	0,80
		15	5,9	4,5	3,9	3,2	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,50	1,3	1,0
		10	5,9	6,1	5,2	4,3	3,8	3,4	2,9	2,6	2,2	2,0	1,7	1,4
3	7	25	3,7	2,8	2,4	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,0	0,90	0,78	0,70
		20	4,4	3,8	2,9	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,10	0,93	0,78
		15	5,4	4,1	3,6	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	1,5	1,40	1,2	0,94
		10	5,4	5,6	4,8	3,9	3,5	3,1	2,7	2,4	2,0	1,80	1,6	1,30
4	10	25	3,4	2,6	2,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	0,93	0,84	0,70	0,63
		20	4,0	3,0	2,6	2,2	1,9	1,5	1,4	1,3	1,1	0,97	0,85	0,71
		15	5,0	3,7	3,3	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,20	1,1	0,85
		10	5,0	5,1	4,4	3,7	3,2	2,9	2,4	2,2	1,8	1,70	1,4	1,20
5	15	25	3,0	2,3	2,0	1,5	1,5	1,3	1,2	1,0	0,85	0,75	0,65	0,55
		20	3,60	2,8	2,4	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	0,90	0,77	0,64
		15	4,50	3,4	2,9	2,4	2,2	1,9	1,6	1,3	1,3	1,10	0,95	0,77
		10	4,50	4,6	3,9	3,3	2,9	2,6	2,2	2,0	1,7	1,50	1,30	1,10
6	20	25	2,8	2,1	1,9	1,5	1,4	1,2	1,1	0,93	0,79	0,70	0,60	0,50
		20	3,4	2,6	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,94	0,84	0,72	0,58
		15	4,2	3,2	2,7	2,2	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2	1,0	0,88	0,74
		10	5,6	4,3	3,6	3,1	2,7	2,4	2,0	1,8	1,6	1,4	1,20	1,00
7	50	25	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1	0,94	0,85	0,75	0,60	0,55	0,46	0,40
		20	2,7	2,1	1,8	1,4	1,3	1,1	0,95	0,86	0,75	0,65	0,56	0,45
		15	3,3	2,5	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,90	0,82	0,66	0,57
		10	4,4	3,4	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,03	1,1	0,96	0,82
8	100	25	1,9	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,50	0,45	0,40	0,30
		20	2,3	1,8	1,5	1,2	1,1	0,94	0,82	0,72	0,62	0,55	0,46	0,35
		15	2,7	2,1	1,9	1,5	1,4	1,2	1,0	0,90	0,80	0,70	0,57	0,50
		10	3,7	2,8	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,10	0,95	0,82	0,67
9	200	25	1,5	1,2	1,1	0,86	0,77	0,67	0,58	0,52	0,44	0,40	0,35	0,29
		20	1,9	1,4	1,3	1,0	0,91	0,79	0,68	0,61	0,52	0,47	0,40	0,34
		15	2,3	1,8	1,6	1,3	1,1	0,97	0,84	0,76	0,64	0,58	0,50	0,41
		10	3,2	2,4	2,1	1,7	1,5	1,03	1,2	1,0	0,90	0,79	0,68	0,56
10	500	25	1,10	0,93	0,85	0,69	0,62	0,54	0,46	0,41	0,36	0,31	0,28	0,22
		20	1,20	1,10	1,00	0,81	0,73	0,66	0,56	0,49	0,43	0,38	0,33	0,26
		15	1,70	1,40	1,30	1,00	0,88	0,78	0,69	0,60	0,53	0,46	0,40	0,33
		10	2,30	2,00	1,40	1,40	1,20	1,10	0,72	0,82	0,70	0,62	0,54	0,45
11	1000	25	0,96	0,81	0,72	0,59	0,52	0,45	0,40	0,35	0,31	0,28	0,23	0,19
		20	1,10	0,98	0,85	0,68	0,61	0,53	0,46	0,41	0,36	0,32	0,27	0,22
		15	1,40	1,10	1,00	0,86	0,76	0,65	0,59	0,57	0,44	0,38	0,33	0,28
		10	0,90	1,60	1,40	1,10	0,97	0,98	0,72	0,69	0,59	0,53	0,45	0,38

Ghi chú: m<sub>L</sub> là hệ số nhám lòng sông

**Thí dụ:**

$$Q_{1\%} = 100 \text{m}^3/\text{s}; L_1 = 4,3 \text{km}; m_1 = 20; i_o = 7\%; t = 68 \text{ phút}.$$

Giải: Tra bảng 3 – 6 được  $\tau_{\lambda_{100}} = 1,1 \text{ phút}/100 \text{m}$

Vậy thời gian để con lũ đi được 1 km (1000m) là  $\tau_{\lambda_{1000}} = 1,1 \cdot (1000/100) = 11 \text{ phút}$

Hay  $\tau_{\lambda_{1\text{km}}} = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ phút}$

$$\tau = 11 \cdot 4,3 = 47,3 \text{ phút}$$

$$\beta = 68/(68+47,3) = 0,59. \text{Tính được: } Q'_{1\%} = 0,59 \times 100 = 59 \text{m}^3/\text{s}$$

### 3.4.3. Tính lưu lượng thiết kế sông máng

Hệ thống nông giang, gồm sông máng chính, kênh mương. Khi tuyến đường cắt qua đó cần phải bố trí cầu cống hoặc xê dịch mương máng, thì tài liệu thiết kế sẽ thu thập ngay ở cơ quan thuỷ lợi địa phương như: Q, H, V, diện tích, thời gian tưới, yêu cầu về khâu độ và trị số tổn thất cột nước cho phép, kích thước mương máng và cao độ lòng mương máng v.v...

Nếu không có biện pháp nào thu thập tài liệu này, phải điều tra khảo sát ngay tại hiện trường để lấy được số liệu tính toán Q, H, V thiết kế.

Công thức tính lưu lượng mương máng, theo sổ tay tính toán thuỷ văn cầu cống Trung Quốc:

$$Q = \frac{m\omega}{60 \times 60 \times 24 \times T \times n \times 15} = \omega K \quad (3 - 34)$$

trong đó:

m: định mức lượng nước cần thiết cho một tấn lúa, theo lớp đất;

T: thời gian cần thiết cho diện tích được tưới, ngày đêm;

$\omega$ : diện tích được tưới trong thời gian T, ha;

$n = Q'/Q$ : lưu lượng tính toán theo số ha được tưới/lưu lượng theo điều tra hình thái

n: có thể dùng hệ số có ích ở các mương máng lân cận, hoặc ở cơ quan quản lý thuỷ nông.

*Chú ý: số liệu của các thông số trong công thức trên khai thác tại các cơ quan quản lý thuỷ lợi.*

### 3.4.4. Tính lưu lượng ở khu vực có hiện tượng cacstơ

Hiện tượng cacstơ phần nhiều xuất hiện ở khu vực núi đá vôi. Khi dòng chảy qua khu vực có cacstơ thì một bộ phận hoặc toàn bộ nước chảy vào hang cacstơ trở thành dòng chảy ngầm, vì vậy lưu lượng phía hạ lưu khu vực có cacstơ nhỏ đi rõ rệt.

Tìm lưu lượng nước chảy ra từ cacstơ có thể dùng phương pháp của Viện thiết kế 2 Trung Quốc biên soạn được giới thiệu dưới đây:

Đầu tiên phải xác định được mực nước lũ lịch sử của một năm nào đó ở khu vực hạ lưu cacstơ. Cửa hang cacstơ có bị ngập hay không, đồng thời thượng hạ lưu hang cacstơ cần đo mặt cắt hình thái để tính toán lưu lượng.

Giả thiết:

$Q_1$ : lưu lượng phía thượng lưu hang cacstơ, tính theo phương pháp hình thái hay lưu vực.

$Q_2$ : lưu lượng khe suối phía hạ lưu hang cacstơ, dùng phương pháp hình thái tính ra.

Như vậy lưu lượng còn lại trong lưu vực sẽ là :  $Q = Q_1 - Q_2$

Nếu cửa vào và cửa ra của hang cacstơ chênh nhau rất lớn mà cửa vào nước ngập còn nông, thì cho  $Q_o$  là một hằng số. Ngược lại độ chênh nhau giữa 2 cửa vào và cửa ra của hang cacstơ chênh nhau không lớn mà nước ngập ở cửa vào tương đối sâu thì phải điều tra nhiều trận lũ lịch sử để tìm ra quan hệ giữa lưu lượng cacstơ với chiều sâu nước  $Q_o = f(H)$ .

Do ảnh hưởng của cacstơ nên những giá trị  $C_V$ ,  $C_s$ ,  $Q_{bq}$  của dòng sông phía hạ lưu vùng cacstơ đều có thay đổi lớn, cho nên không thể dùng phương pháp thông thường để tính lưu lượng theo tần suất thiết kế. Chỉ có thể sau khi tính được, dùng lưu lượng ứng với tần suất thiết kế phía thượng lưu hang cacstơ rồi trừ đi lưu lượng thoát ra từ cacstơ làm lưu lượng thiết kế phía hạ lưu.

### § 3.5. Nghiệm chứng lưu lượng tính toán

Dòng chảy trên lưu vực nhỏ là số liệu cơ bản để tính khẩu độ cầu nhỏ, cống. Chọn được phương pháp tính toán với tham số sử dụng thích hợp có liên quan rất nhiều đến giá thành cầu cống và an toàn vận chuyển. Vì biện pháp tính toán hiện nay là dựa vào đặc tính khí hậu, địa mạo, địa hình và địa chất v.v... nên kết quả không thể phù hợp với tình hình thực tế. Do đó trong sử dụng cần phải nghiệm chứng thêm với tình hình cụ thể tại hiện trường, ở đây giới thiệu phương pháp nghiệm chứng thường dùng và biện pháp tính toán điều chỉnh lưu lượng lý luận.

#### 3.5.1. Biện pháp nghiệm chứng bằng điều tra hình thái

a. *Lòng lạch để nghiệm chứng bằng điều tra hình thái cần có các điều kiện sau:*

- Có thể điều tra mực nước lũ chính xác và xác định được tần suất tương ứng của nó;
- Mực nước lũ không ngập bãi hoặc ngập rất ít;
- Đoạn sông tương đối thẳng;
- Mặt cắt lòng sông không có trường hợp xói bồi hàng năm;
- Hạ lưu không có hiện tượng nước chảy ngược hoặc có kè đập, vật nổi làm tắc dòng nước;
- Không có hiện tượng dòng bùn đá.

b. *Các bước nghiệm chứng điều tra như sau:*

- Điều tra mực nước lũ lịch sử và xác định tần suất tương ứng bằng cách hỏi nhân dân.

Có hai phương pháp xác định tần suất lũ lịch sử:

- Tính theo công thức tần suất kinh nghiệm;
- Dùng tần suất lượng mưa làm tần suất lưu lượng đỉnh lũ nếu trong lưu vực hoặc gần đó có tài liệu lượng mưa.
- Tính lưu lượng lũ lịch sử

Căn cứ vào mặt cắt ngang suối, độ dốc lòng suối và hệ số nhám, dùng công thức Sedi -Manning tính lưu lượng lũ lớn nhất lịch sử.

- Lấy lưu lượng lũ lớn nhất lịch sử làm cơ sở xác định lưu lượng thiết kế.

Căn cứ vào tài liệu điều tra hình thái, so với lưu lượng lý luận cùng tần suất có thể biết được phạm vi sai số từ đó mà điều chỉnh lưu lượng lý luận.

### **3.5.2. Phương pháp nghiệm chứng lưu lượng lớn nhất lịch sử chảy qua cầu cống cũ**

#### **a. *Nghiệm chứng lòng lạch có cầu cống cũ cần những điều kiện sau:***

- Điều tra chính xác chiều cao nước tích trước cầu và tần suất tương ứng của nó;
- Cầu cống bóp hẹp dòng nước nhiều, khi có lũ lớn sẽ phát sinh dòng chảy lâm giới;
- Trường hợp dưới cầu cống không bị bồi hoặc xói v.v...
- Hạ lưu không có hiện tượng nước tràn ngược, không có đập, không có vật nổi trôi, hoặc nguyên nhân nào đó tắc đoạn sông dẫn đến nước dâng cao;
- Không có dòng bùn đá;
- Cầu cống nằm trong phạm vi đoạn đường có thể đặt thuỷ chí để đo nghiệm chứng;
- Nước lũ tràn ra lòng lạch, hoặc tràn ít.

#### **b. *Các bước nghiệm chứng như sau:***

##### **• Điều tra thu thập tài liệu:**

- Điều tra mực nước lũ cao nhất lịch sử phía thượng lưu cầu (chỗ 1/4 nón, hoặc đầu cuối tường cánh, chỗ chân dốc nền đường);
- Näm phát sinh mực nước lũ cao nhất lịch sử và tần suất tương ứng của nó;
- Loại cầu cống, khẩu độ tĩnh cao, độ dốc lòng sông, cao độ cửa ra vào, tình hình xây lát dưới cầu và chiều dài cống v.v...
- Các lần xảy ra sự cố, chi tiết tình hình xói lở, ngập lụt.
- Tính lưu lượng lũ lớn nhất lịch sử

Phương pháp tính xem phần có liên quan trong biện pháp kiểm toán khẩu độ cầu, cống cũ. Biện pháp tính đổi lưu lượng giống phương pháp nghiệm chứng điều tra hình thái.

### **3.5.3. Điều chỉnh lưu lượng lý luận**

Ở khu vực khí hậu, địa chất, địa hình, địa貌 gần giống nhau chọn ít nhất từ 10 đến 15 cầu cống, đo chiều sâu bình quân nước lớn nhất ứng với tần suất thiết kế lần lượt tính tỷ số lưu lượng quan trắc và lưu lượng lý luận cùng tần suất:  $\alpha = Q_H/Q_m$  và tỷ số bình quân  $\alpha_{cp}$  tính đổi thành tỷ số theo tần suất 1% làm số điều chỉnh lưu lượng lý luận M (hệ số tính đổi theo tần suất 1% xem bảng 3-7).

Lưu lượng ở khu vực cùng loại (khu vực có khí hậu, địa chất, địa hình, địa貌 tương tự) đều dùng cùng một số điều chỉnh. Sau khi xác định hệ số điều chỉnh rồi, có thể dựa vào đó để kiểm toán xem khẩu độ cầu nhỏ, cống cũ và cao độ nền đường có đủ hay không.

Nếu lưu lượng điều chỉnh không vượt quá năng lực thoát nước bình thường của công trình từ 20-25% trở lên và nếu trạng thái kỹ thuật của công trình còn tốt, không cần phải thay đổi cơ bản thì có thể giữ nguyên khẩu độ cũ. Ngoài ra có thể giảm bớt chiều cao dự trữ của nền đường vượt quá mực nước lũ cao nhất nhưng không giảm quá 0,25m.

Nếu kết quả tính được không phù hợp với điều kiện trên, cần phải mở rộng khẩu độ cầu cho thích hợp, hoặc dùng biện pháp nâng cao năng lực thoát nước của công trình.

Đối với tất cả các công trình bị nước lũ xói mòn, hay nền đường ngập tràn và cả các công trình vì tình trạng kỹ thuật cần phải thay đổi cơ bản thì phải xác định lưu lượng theo như ở tuyến mới và kết hợp với mục điều chỉnh trị số lưu lượng, xác định lại khẩu độ thoát nước.

**Bảng 3- 7**

**Hệ số tính đổi theo tần suất 1%**

P %	C <sub>v</sub> C <sub>s</sub>	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
20	1,37	1,57	1,77	1,98	2,20	2,39	2,57	3,04	3,50	4,19	
10	1,25	1,37	1,49	1,60	1,71	1,80	1,90	20,9	2,28	2,50	
5,0	1,16	1,23	1,29	1,35	1,41	1,45	1,49	1,58	1,65	1,73	
4,0	1,13	1,20	1,25	1,30	1,34	1,37	1,41	1,47	1,53	1,59	
3,0	1,11	1,16	1,19	1,23	1,26	1,28	1,31	1,36	1,41	1,46	
2,0	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	

**Thí dụ:**

Cho 10 cầu cống cũ ở các lưu vực của một tuyến đường, trị số  $\alpha = Q_H/Q_m$  và số liệu tính toán như bảng sau:

Ký hiệu công trình	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha = Q_H/Q_m$	0,25	0,50	0,30	0,15	0,10	0,15	0,66	0,35	0,80	0,20
$K = \alpha/\alpha_{cp}$	0,74	1,47	0,88	0,44	0,29	0,44	1,77	1,03	2,35	0,59
$K - 1$	-0,26	0,47	-0,42	-0,56	-0,71	-0,56	0,77	0,03	1,35	-0,41
$(K - 1)^2$	0,07	0,22	0,01	0,31	0,50	0,31	0,59	0,00	1,82	0,17

ở bảng trên có:

$$\Sigma \alpha = 3,4 ; \Sigma (K_i - 1)^2 = 4,6 ; \alpha_{cp} = 3,4/10 = 0,34; C_v = [\Sigma (K_i - 1)^2 / (n-1)]^{0,5} = 0,67$$

Giả thiết tần suất bình quân các mực nước quan trắc trên là 5%, căn cứ vào bảng 3-7 xác định được hệ số tính đổi là 1,44. Vậy hệ số điều chỉnh lưu lượng lý luận của khu vực này là:

$$M = 1,44 \times 0,34 = 0,49$$

Tần suất tính toán là 1%

Lưu lượng điều chỉnh là:  $Q' = MQ_{1\%}$

*Tài liệu sử dụng trong Chương III:*

[1]. Sổ tay tính toán thuỷ văn cầu đường. Viện thiết kế GTVT dịch từ nguyên bản tiếng Trung Quốc.

[2]. Quy định về Khảo sát và Thiết kế các công trình vượt sông trên đường bộ và đường sắt. Bộ Xây dựng - Vận tải Liên Xô (trước đây), Matxcova 1972 (NIMP 72).

[3]. Nguyễn Xuân Trục. Thiết kế đường ô tô, Công trình vượt sông (Tập 3). Nhà xuất bản Giáo dục, 2003 (Tái bản lần thứ ba).

[4]. Giáo trình thuỷ văn công trình. Trường Đại học GTVT Hà Nội.

## CHƯƠNG IV – PHÂN TÍCH THUỶ LỰC CÔNG TRÌNH CẦU THÔNG THƯỜNG

### § 4.1. Yêu cầu cơ bản khi định các phương án khẩu độ cầu

Công trình cầu qua sông phải được thiết kế thoả mãn các yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật, địa hình, địa chất, thuỷ văn, môi trường v.v.... Để định được phương án khẩu độ cầu hợp lý cần xem xét rất nhiều vấn đề. Dưới đây chỉ tóm tắt một số điểm chính cần lưu ý.

- Bảo đảm an toàn cho giao thông trên cầu và bản thân cầu khi xảy ra lũ thiết kế;
- Tránh do làm cầu mà nước sông dâng quá lớn phía thượng lưu cầu, gây ảnh hưởng đến sinh hoạt đời sống của con người và độ an toàn các công trình khác;
- Bảo đảm thuyền bè qua lại trên sông bình thường ở mức cho phép;
- Khẩu độ cầu không nên làm nhỏ hơn chiều rộng lòng chủ để tránh phải đắp và xử lý nền đường đầu cầu trong phạm vi lòng chủ, tránh gây nên những biến đổi lớn về chế độ thuỷ lực và môi trường khu vực cầu;
- Đối với sông có nhiều bãi rộng và lạch sâu, nên dùng sơ đồ nhiều cầu thay cho sơ đồ một cầu để tránh nước dâng quá cao, nền đường phải làm việc trong điều kiện bất lợi;
- Nên bố trí cầu vuông góc với dòng chảy;
- Nên bố trí cầu ở đoạn sông hẹp, lòng sông thẳng đều, ổn định, mặt cắt ngang sông gọn để với một diện tích thoát nước cần thiết, khẩu độ cầu có chiều dài ngắn nhất trong điều kiện địa chất hai mố ổn định nhất;
- Cần xét tới quá trình diễn biến lòng sông (xem Chương VI), chủ động đề xuất giải pháp xây dựng công trình hướng dòng, công trình bảo vệ bờ (xem chương VII) nếu cần thiết.

### § 4.2. Xác định khẩu độ cầu thông thường

#### 4.2.1. Yêu cầu khẩu độ cầu

Về mặt thuỷ văn, thuỷ lực, trị số khẩu độ cầu đề xuất phải thoả mãn các yêu cầu cơ bản:

- Cầu phải thoát hết được lưu lượng lũ thiết kế với độ dâng nước cho phép có thể ở phía thượng lưu cầu;
- Yêu cầu chi phí xây dựng công trình hướng dòng, công trình gia cố bảo vệ mố, trụ cầu, bảo vệ bờ sông, bảo vệ mái đê (nếu có) là ít nhất.

#### 4.2.2. Tài liệu ban đầu để xác định khẩu độ cầu

- Tài liệu địa hình: bình đồ khu vực cầu, mặt cắt dọc tim cầu các phương án;
- Tài liệu thuỷ văn, thuỷ lực: lưu lượng lũ thiết kế và mực nước tương ứng, mực nước lũ thiết kế, sự phân bố lưu lượng, vận tốc dòng nước ở lòng chủ và bãi sông;
- Tài liệu địa chất: bình đồ vị trí lỗ khoan, chỉ tiêu cơ lý các lớp đất dưới đáy sông.

#### 4.2.3. Công thức xác định khẩu độ cầu

Công thức xác định diện tích thoát nước cần thiết dưới cầu có dạng:

$$\omega_c = Q / \mu PV_{ch} \quad (4-1)$$

trong đó:

$\omega_c$ : diện tích cần thiết thoát nước dưới cầu trước khi xói ứng với mực nước tính toán,  $m^2$ ;

Q: lưu lượng tính toán ứng với tần suất thiết kế,  $m^3/s$ ;

$\mu$ : hệ số thu hẹp dòng chảy do mố và trụ cầu, xác định theo bảng 4-1;

P: hệ số xói cho phép lớn nhất lấy theo bảng 4-2;

$V_{ch}$ : tốc độ trung bình dòng chảy ở lòng sông lúc tự nhiên ứng với lũ thiết kế, dựa vào tài liệu thực đo hoặc công thức kinh nghiệm,  $m/s$ . Có thể tham khảo giá trị  $V_{ch}$  theo kinh nghiệm của Listovan ở bảng 4-3.

**Bảng 4-1**  
**Hệ số thu hẹp dòng chảy  $\mu$  do mố và trụ cầu**

Thứ tự	$V_{ch}$ (m/s)	Khẩu độ thoát nước (m)											
		≤ 10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124
1	< 1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,5	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
4	2	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
5	2,5	0,90	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00
6	3	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
7	3,5	0,87	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
8	≥ 4	0,85	0,88	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99

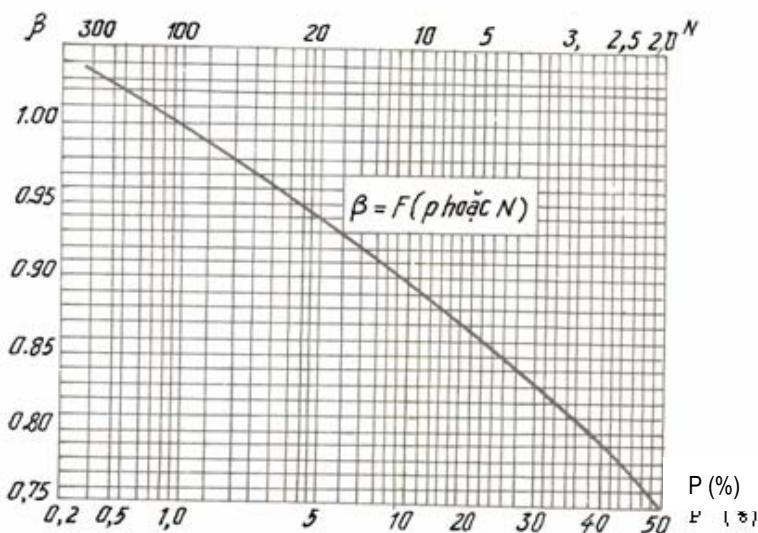
**Bảng 4-2**  
**Hệ số xói cho phép P**

Lưu lượng nguyên tố tại cầu khi chưa xói và đào rộng lòng sông, q ( $m^3/sm$ )	≤ 2	3	5	10	15	≥ 20
Hệ số xói cho phép P	2,20	2,10	1,70	1,40	1,30	1,25

**Bảng 4-3**  
**Tốc độ trung bình dòng chảy lòng sông ở điều kiện tự nhiên ứng với lũ tần suất 1%**

TT	Đặc trưng đất lòng sông		Tốc độ trung bình của dòng chảy ở lòng sông với độ sâu khác nhau										
	<b>Đất không dính</b>		$V_{ch}$ (m/s)										
	Mô tả	d (mm)	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
1	Cát nhỏ chứa bùn	0,15	0,56	0,67	0,75	0,83	0,90	1,01	1,11	1,20	1,28	1,35	1,41
2	Cát nhỏ và đất cát pha sét	0,50	0,72	0,86	0,96	1,05	1,13	1,28	1,39	1,50	1,61	1,70	1,78
3	Cát nhỏ và lân sỏi	1,00	0,89	1,05	1,19	1,29	1,38	1,55	1,71	1,84	1,95	2,04	
4	Cát to lân sỏi	2,50	1,11	1,30	1,45	1,59	1,69	1,88	2,05	2,20	2,34	2,46	
5	Đá sỏi lân cát to	6	1,36	1,57	1,74	1,90	2,01	2,22	2,42	2,57	2,72		
6	Đá cuội nhỏ lân sỏi và cát	15	1,70	1,95	2,12	2,28	2,41	2,64	2,84	3,02	3,20		
7	Cuội nhỏ lân sỏi cát	25	2,05	2,33	2,56	2,74	2,90	3,14	3,37	3,57			
8	Cuội lớn lân sỏi	60	2,46	2,77	3,00	3,19	3,35	3,64	3,90	4,12			
9	Sỏi nhỏ lân sỏi cuội	140	3,00	3,36	3,62	3,85	4,03	4,39	4,65				
10	Sỏi lớn lân cuội	250	3,57	3,96	4,24	4,51	4,70	5,04	5,43				
11	Cuội trung bình và nhỏ	450	4,19	4,60	4,88	5,15	5,35	5,70					
12	Cuội lớn	750	4,90	5,31	5,60	5,87	6,07	6,45					
	<b>Đất dính</b>												
	Mô tả	$\gamma_{khô}$ (T/m <sup>3</sup> )											
13	Sét nhão và sét pha cát	1,00	0,82	0,97	1,10	1,22	1,31	1,49	1,65	1,77	1,89	2,00	
14	Sét vừa và sét pha cát	1,40	1,11	1,28	1,41	1,53	1,63	1,80	1,95	2,07	2,18		
15	Sét mịn và sét pha cát	1,80	1,48	1,67	1,80	1,92	2,03	2,21	2,36	2,48			

Ghi chú: Khi đổi thành tần suất lũ thiết kế khác, số ghi trong biểu phái nhân với hệ số  $\beta$ . Trị số  $\beta$  được xác định qua biểu đồ trên hình 4-1.



**Hình 4-1:** Biểu đồ xác định hệ số  $\beta$  cho các tần suất thiết kế

Trường hợp cầu hợp với hướng nước chảy của lòng sông một góc chéo  $\alpha$  thì chiều dài thoát nước cần thiết theo phương chéo  $L_{ch}$  cần được hiệu chỉnh cho góc chéo đó:

$$L_{ch} = L_c / \cos\alpha \quad (4-2)$$

### § 4.3. Xói dưới cầu

#### 4.3.1. Phân biệt ba loại xói có thể gây nguy hiểm cho cầu vượt sông

Đối với cầu vượt sông, xói toàn diện dưới cầu thường bao gồm ba loại cơ bản:

- Xói tự nhiên: do sự biến dạng (xói và bồi) tự nhiên của lòng sông, không phụ thuộc vào sự có mặt của công trình trên sông mà phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như chế độ thuỷ văn, điều kiện địa chất, sự khai thác nguồn nước v.v...;
- Xói chung: do dòng chảy trên sông bị cầu thu hẹp (hiện nay có nhiều tài liệu thường gọi là “xói thu hẹp”; để thống nhất tên, sau đây vẫn gọi là “xói chung” như đã dùng);
- Xói cục bộ: do trụ và mố cầu cản dòng nước, xảy ra ở sát chân công trình, hố xói có dạng hẹp và sâu.

Nếu ba loại xói này xảy ra đồng thời tại một nơi, thí dụ tại chân trụ cầu thì ảnh hưởng của xói theo nguyên lý cộng tác dụng là tổng số học của ba loại xói thành phần. Chiều sâu dòng nước sau xói cục bộ tại trụ là:

$$h_{xtr.} = h_{xtn.} + \Delta h_{xch.} + \Delta h_{xcb.} \quad (4-3)$$

trong đó:

$h_{xtr.}$ : chiều sâu dòng nước tại trụ sau xói cục bộ tính từ mực nước thiết kế, m;

$h_{xtn.}$ : chiều sâu dòng nước tại trụ sau xói tự nhiên (đã xét tới khả năng biến dạng tự nhiên của lòng sông) tính từ mực nước thiết kế, m;

$\Delta h_{xch.}$ : chiều sâu xói chung do cầu thu hẹp dòng chảy, m;

$\Delta h_{xcb.}$ : chiều sâu hố xói cục bộ tại chân trụ, m.

#### 4.3.2. Nguyên nhân gây xói và cách xác định chiều sâu của ba loại xói

##### a. Xói tự nhiên

Các yếu tố gây ra sự thay đổi lâu dài cao độ lòng sông có thể là đê, hồ chứa, sự thay đổi địa hình trong quá trình sử dụng đất trên lưu vực (quá trình đô thị hóa, việc tàn phá rừng v.v...), việc kênh hoặc cứng hoá đoạn cong (tự nhiên và nhân tạo), sự thay đổi cao độ lòng sông ở hạ lưu, sự hạ thấp dần dần lòng sông, sự làm lệch hướng dòng chảy ở nơi phân lưu hoặc nhập lưu đối với đoạn sông, sự bào mòn tự nhiên hệ thống sông, sự chuyển động của đoạn cong, vị trí cầu làm ảnh hưởng tới hình dạng sông. Các tác động hình thái trực tiếp cũng có thể do hoạt động của con người gây nên.

Để có được chiều sâu xói tự nhiên, có thể liên hệ với tất cả các cơ quan liên quan tới sông ngòi để tìm hiểu những tài liệu về quá trình lòng sông đã và đang thay đổi, và dự báo sự thay đổi tiềm ẩn của nó trong tương lai.

Nếu không có tài liệu hiện có hoặc cần dự báo cho tương lai, có thể đánh giá sự thay đổi cao độ lòng sông lâu dài qua phân tích các nguyên tắc cấu trúc sông ngòi (xem Chương VI).

##### b. Xói chung

Xói chung ở lòng dẫn tự nhiên hoặc ở khu vực cầu có liên quan tới sự chuyển động của vật liệu đáy và bờ sông trên toàn bộ hoặc phần lớn bờ rộng sông, là kết quả gia tăng của tốc độ dòng chảy và ứng suất tiếp ở đáy sông.

Sự thu hẹp dòng chảy do nền đường dẫn đầu cầu choán vào bãi hoặc lòng chính là nguyên nhân chủ yếu nhất của xói chung.

Các yếu tố khác có thể gây ra xói chung là: sự thu hẹp dòng chảy tự nhiên; nền đường đắp dẫn vào cầu làm thu hẹp dòng chảy; cỏ, rác chắn dòng chảy; hoặc lớp phủ thực vật mọc trên phần lòng dẫn hoặc bãi sông v.v...

Xói chung xảy ra khi mặt cắt dòng chảy lũ bị thu hẹp do cả hai nguyên nhân: tự nhiên hoặc do cầu. Vì dòng chảy có tính liên tục nên khi giảm nhỏ tiết diện dòng chảy, sẽ

làm tăng lưu tốc trung bình và ứng suất tiếp đáy trên đoạn sông bị thu hẹp. Vì thế, khi có sự gia tăng lực đào xói ở khu vực thu hẹp dòng chảy thì sẽ có các vật liệu đáy bị dòng nước mang đi nhiều hơn là được mang từ thượng lưu về. Khi cao độ đáy sông hạ xuống, diện tích thoát nước tăng lên, lưu tốc dòng nước và ứng suất tiếp đáy sẽ giảm đi cho đến khi đạt được sự cân bằng tương đối: lượng vật liệu đáy được dòng nước mang đến tương đương với lượng vật liệu đáy bị dòng nước mang đi; hoặc ứng suất cắt đáy được giảm đi tới trị số mà ở đó không có vật liệu đáy bị dòng nước mang đi.

Có hai dạng đối với xói chung và xói cục bộ là xói nước trong và xói nước đục.

Xói nước trong xảy ra khi không có chuyển động bùn cát đáy trong dòng chảy thượng lưu cầu hoặc vật liệu đáy được vận chuyển từ thượng lưu về ở dạng lơ lửng ít hơn khả năng mang bùn cát của dòng chảy. Ở trụ hoặc mố, sự gia tăng dòng chảy và các xoáy được tạo ra do sự choán chỗ làm cho vật liệu đáy xung quanh chúng chuyển động.

Các tình trạng xói nước trong điển hình bao gồm: sông, suối có vật liệu đáy ở dạng thô; sông, suối có độ dốc bằng phẳng trong quá trình dòng chảy ở mức nước thấp; có sự lắng đọng cục bộ của vật liệu đáy lớn hơn những phần tử lớn nhất mà dòng nước có thể vận chuyển đi (đá đổ là trường hợp đặc biệt của tình trạng này); đáy sông, suối được cấu tạo bằng lớp vật liệu thô; các lòng dẫn hoặc khu vực bờ sông, suối có thực vật che phủ.

Xói nước đục xảy ra khi có vận chuyển vật liệu đáy từ đoạn sông ở thượng lưu về khu vực cầu.

Trong quá trình xảy ra lũ, các cầu vượt qua dòng sông có vật liệu đáy thô thường có: xói nước trong ở lưu lượng thấp, xói nước đục ở lưu lượng cao, và sau đó xói nước trong ứng với lưu lượng thấp hơn trong giai đoạn nước rút. Xói nước trong đạt tới giá trị cực đại của nó qua thời kỳ dài hơn là xói nước đục. Sở dĩ như vậy là vì xói nước trong phần lớn xảy ra trong dòng chảy có vật liệu thô.

Dấu hiệu phân loại nói trên có thể được áp dụng đối với lòng sông không có cây cối mọc hoặc cho khu vực bãi để xác định xem xói là xói nước trong hay xói nước đục. Đối với phần lớn trường hợp, sự có mặt của lớp phủ thực vật trên phân bã đóng vai trò như một “cái túi” bảo vệ có hiệu quả bờ sông khỏi bị xói mòn. Tương tự đối với bãi sông, nói chung tốc độ trước khi thu hẹp là nhỏ và vật liệu đáy mịn đến mức ở phần lớn khu vực bãi sông, theo kinh nghiệm được coi là xói nước trong.

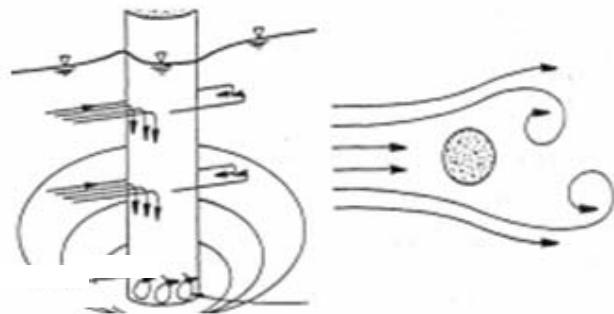
Phương pháp xác định chiều sâu xói chung dưới cầu được trình bày ở mục § 4.4.

#### c. *Xói cục bộ*

Cơ chế cơ bản gây ra xói cục bộ ở trụ hoặc mố cầu là sự hình thành các xoáy (xoáy nước có hình móng ngựa, còn gọi là “xoáy móng ngựa”, hình 4-2) ở móng của chúng. Xoáy móng ngựa được tạo nên do dòng nước phía thượng lưu xô vào mặt cản làm tăng dòng chảy quanh mũi trụ hoặc mố. Hoạt động của xoáy làm di chuyển vật liệu đáy quanh móng mố, trụ. Mức mang bùn cát ra khỏi vùng móng lớn hơn mức mang bùn cát đến, kết quả là một hố xói được hình thành. Khi chiều sâu xói tăng lên, cường độ của xoáy móng ngựa giảm đi làm giảm mức vận chuyển bùn cát.

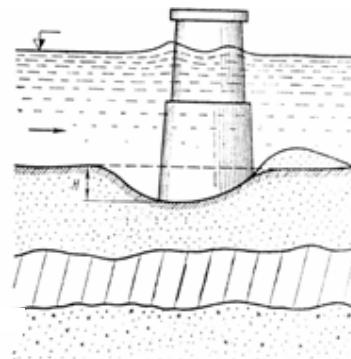
Cuối cùng, đối với xói cục bộ nước đục, sự cân bằng được thiết lập giữa dòng chảy có mang vật liệu đến và đi và quá trình xói chấm dứt. Đối với xói nước trong, quá trình xói chấm dứt khi ứng suất tiếp đáy gây bởi xoáy móng ngựa tương đương với ứng suất tiếp tối hạn của hạt bùn cát ở đáy hố xói.

**Hình 4-2:** Sơ họa về cơ chế xói cục bộ ở chân trụ cầu hình trụ.



Ngoài các xoáy móng ngựa, xung quanh trụ còn có các xoáy thẳng đứng ở hạ lưu trụ được gọi là “xoáy rẽ nước”. Cả hai loại xoáy móng ngựa và xoáy rẽ nước làm chuyển động vật liệu ra khỏi khu vực móng trụ. Tuy nhiên, cường độ của xoáy rẽ nước giảm nhanh khi khoảng cách hạ lưu của trụ tăng. Do vậy ở ngay phía sau của một trụ dài theo hướng chảy, thường có bồi lắng vật liệu như mô tả trên hình 4-3.

**Hình 4-3:** Sự bồi lắng vật liệu ở hạ lưu chân trụ cầu trong quá trình xói cục bộ



Đối với mố cầu, xói cục bộ xảy ra ở chân mố cầu khi mố choán vào dòng nước. Sự thu hẹp dòng chảy tạo thành các xoáy nước theo phương ngang bắt đầu từ điểm cuối thượng lưu của mố chạy dọc chân đế mố, và một xoáy nước theo phương đứng làm khuấy động ở điểm cuối hạ lưu mố. Xoáy nước ở chân mố rất giống với xoáy móng ngựa ở trụ cầu.

Theo tài liệu [7], các yếu tố chính ảnh hưởng tới chiều sâu xói cục bộ ở trụ và mố cầu có thể tóm tắt như sau:

- Tốc độ của dòng chảy đến: tốc độ nước chảy càng lớn, chiều sâu xói cục bộ càng lớn.
- Chiều sâu của dòng chảy: tăng một giá trị chiều sâu có thể tăng chiều sâu xói đến 2 lần.
  - Bề rộng trụ: bề rộng trụ càng lớn, chiều sâu xói cục bộ càng lớn.
  - Chiều dài của trụ nếu phương dọc trụ xiên với phương dòng chảy: gấp đôi chiều dài trụ có thể tăng chiều sâu xói cục bộ từ 30 đến 60%, tùy thuộc vào góc xiên.
- Đặc trưng của vật liệu đáy: vật liệu đáy là dính hoặc không dính có ảnh hưởng tới thời gian đạt tới chiều sâu xói lớn nhất, nhưng chiều sâu xói sau một thời gian dài đều có trị số tương đương nhau. Đáy sông là cát có thời gian đạt xói lớn nhất có thể chỉ sau một số giờ do chỉ một trận lũ gây ra; trong khi đó, với đáy sông là vật liệu dính, để đạt đến xói lớn nhất phải mất thời gian lâu hơn, thậm chí phải sau nhiều năm, sau nhiều trận lũ lớn.

- Hình dạng mũi mố, trụ: có thể làm tăng chiều sâu xói tối 20%.
- Tình trạng đáy sông: xói ở đáy sông có hình dạng bằng phẳng có chiều sâu xói nhỏ hơn xói ở đáy sông có các sóng cát từ 10 đến 30%.
- Vật cản (cây trôi, bè rác v.v...): số liệu đo đặc hiện trường cho thấy khi có cây trôi mắc vào trụ hoặc cọc, chiều sâu xói có thể tăng lên đến hơn 3 mét.

Phương trình xác định chiều sâu xói cục bộ của trụ và mố cầu theo tài liệu [7] được trình bày ở mục § 4.5.

## § 4.4. Phân tích xói chung

### 4.4.1. Xói chung ở dòng nước đục

Xói chung ở dòng nước đục dưới cầu được xác định theo phương trình đã được cải biến từ phương trình nguyên dạng của Laursen (năm 1960). Phương trình tính xói chung ở dòng nước đục (bỏ qua sự thay đổi về độ nhám) có dạng:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1} \quad (4-4)$$

$$y_x = y_2 - y_0 \quad (4-5)$$

trong đó:

$y_x$ : chiều sâu xói trung bình, m;

$y_1$ : chiều sâu trung bình ở lòng dẫn phía thượng lưu, m;

$y_2$ : chiều sâu trung bình ở đoạn thu hẹp, m;

$y_0$ : chiều sâu hiện tại ở đoạn thu hẹp trước khi xói, m;

$Q_1$ : lưu lượng ở thượng lưu lòng dẫn có vận chuyển bùn cát,  $m^3/s$ ;

$Q_2$ : lưu lượng ở đoạn lòng dẫn bị thu hẹp,  $m^3/s$ ;

$W_1$ : bề rộng đáy của lòng dẫn đoạn thượng lưu, m;

$W_2$ : bề rộng đáy của lòng dẫn ở đoạn bị thu hẹp có trừ đi bề rộng các trụ, m;

$k_1$ : số mũ được xác định theo bảng sau.

Bảng 4-4

Xác định số mũ  $k_1$  qua phương thức vận chuyển bùn cát

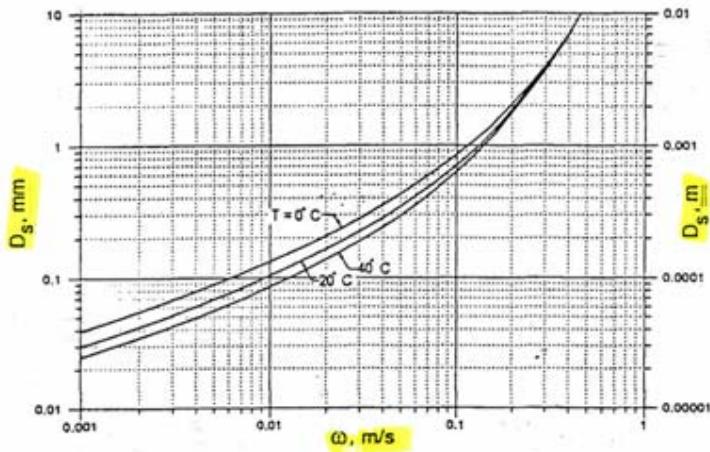
$U_*/\omega$	$k_1$	Phương thức vận chuyển bùn cát đáy
< 0,50	0,59	Phân lớn lưu lượng bùn cát là bùn cát đáy
0,50 đến 2,00	0,64	Một phân lưu lượng bùn cát ở dạng lơ lửng
> 2,00	0,69	Phân lớn lưu lượng bùn cát ở dạng lơ lửng

$U_* = (gy_1S_1)^{0.5}$  là tốc độ động lực do ứng suất tiếp đáy dòng chảy tạo ra ở đoạn thượng lưu,  $m/s$ ;

$\omega$ : độ thô thuỷ lực (tốc độ lảng chìm) của bùn cát đáy theo hạt có đường kính  $D_{50}$ ,  $m/s$ , được tra trên hình 4-4;

$g$ : gia tốc rơi tự do,  $g = 9,81 m/s^2$ ;

$S_1$ : độ dốc đường năng lượng ở lòng dẫn,  $m/m$ .



**Hình 4-4:** Đồ thị xác định độ thô thuỷ lực của hạt bùn cát.

#### 4.4.2. Xói chung ở dòng nước trong

Với xói chung ở dòng nước trong, tiết diện của mặt cắt thu hẹp được tăng cho đến khi đạt tới giới hạn, mà ở đó tốc độ của dòng chảy hoặc ứng suất tiếp đáy là tương đương với tốc độ tối hạn hoặc ứng suất tiếp đáy tối hạn của kích thước hạt nào đó của bùn cát đáy. Vì bề rộng của đoạn thu hẹp bị khống chế nên chiều sâu cần phải tăng lên cho đến khi đạt được các điều kiện giới hạn.

Theo nguyên lý trên, sau khi cải biến phương trình nguyên dạng của Laursen (năm 1963) đã thu được phương trình sau để xác định xói nước trong ở đoạn sông bị thu hẹp:

$$y_2 = \left( \frac{0,025Q^2}{D_m^{2/3}W^2} \right)^{3/7} \quad (4-6)$$

$$y_x = y_2 - y_o \quad (4-7)$$

trong đó:

$y_x$ : chiều sâu xói trung bình, m;

$y_2$ : chiều sâu trung bình ở đoạn thu hẹp sau xói chung, m;

$Q$ : lưu lượng dòng chảy qua đoạn thu hẹp,  $m^3/s$ ;

$D_m$ : đường kính của hạt vật liệu đáy nhỏ nhất trong bùn cát đáy không bị cuộn đi ( $D_m = 1,25 D_{50}$ ) ở đoạn thu hẹp, m;

$W$ : bề rộng đáy ở đoạn thu hẹp đã trừ đi chiều rộng trụ, m;

$y_o$ : chiều sâu hiện tại ở đoạn thu hẹp trước xói, m.

*Lưu ý khi tính xói nước trong: Phương trình xói nước trong giả định rằng vật liệu đáy là đồng nhất. Đối với xói nước trong ở các lớp vật liệu đáy có phân tầng, nếu dùng lớp vật liệu có đường kính hạt  $D_{50}$  nhỏ nhất có thể cho kết quả dự báo xói chung thiên an toàn. Có thể dùng phương trình xói nước trong phân tích xói chung lần lượt với  $D_m$  của các lớp vật liệu đáy liên tiếp, sau đó lựa chọn kết quả sử dụng.*

#### 4.4.3. Sử dụng công thức tính xói chung

Xói chung có thể được dự báo nhờ sử dụng hai phương trình cơ bản: phương trình xói nước đục và phương trình xói nước trong. Dù cho bất kỳ trường hợp nào thì điều cần thiết cũng vẫn là xác định xem dòng chảy ở lòng chũ hoặc dòng chảy ở trên phân bãи thượng lưu cầu (đoạn dòng chảy tiến vào cầu) có mang vật liệu đáy (nước đục) hay không (nước trong); sau đó áp dụng phương trình thích hợp có các biến số được xác định tùy

thuộc vào bộ phận có xói chung (lòng chủ hoặc bãi sông). Chiều sâu xói nước đục có thể được giới hạn nếu có số lượng đáy kẽ hở vật liệu đáy có kích thước lớn làm thô hóa đáy sông.

Do vậy, khi phân tích nên dùng thêm phương trình xói nước trong để tính, sau đó chọn trị số nhỏ hơn của hai chiều sâu xói làm kết quả.

Tuy nhiên, nếu sự vận chuyển bùn cát đáy từ thượng lưu đoạn thu hẹp là nhỏ hơn về số lượng hoặc chỉ có vật liệu mịn bị rửa trôi chảy qua đoạn thu hẹp ở dạng lơ lửng, thì việc dùng phương trình xói nước trong cũng sẽ là phù hợp.

Để xác định xem dòng chảy từ thượng lưu về cầu có mang vật liệu đáy hay không, phải tính toán tốc độ tối hạn  $V_c$  để làm hạt có đường kính  $D_{50}$  khởi động và so sánh nó với tốc độ trung bình  $V$  của dòng chảy trong lòng chủ hoặc khu vực dòng chảy trên bãi ở thượng lưu khẩu độ cầu. Nếu  $V_c > V$ , sẽ có xói nước trong; nếu  $V_c < V$ , sẽ có xói nước đục. Công thức xác định tốc độ tối hạn  $V_c$  có dạng sau:

$$V_c = 6,19 y^{1/6} D_{50}^{1/3} \quad (4-8)$$

*Một số lưu ý khi phân tích xói chung:*

- Vị trí của mặt cắt thượng lưu để chọn  $y_1$ ,  $Q_1$  và  $W_1$  được xác định tùy vào sự bố trí cầu và đặc điểm dòng chảy. Đây là vấn đề khá phức tạp đã và đang được nghiên cứu trên các mô hình vật lý và mô hình toán. Một cách gần đúng, có thể chọn mặt cắt dòng chảy ở trên mép thượng lưu của cầu một khoảng cách tương đương với khẩu độ cầu.

- Thông thường  $Q_2$  có thể là lưu lượng tương đương với tổng lưu lượng, trừ trường hợp tổng lưu lượng lũ bị giảm đi qua cầu phụ, do nước tràn qua nền đường dẫn vào cầu hoặc là ở khu vực dòng chảy bị ngăn cản.

- $Q_1$  là dòng chảy trong dòng chủ thượng lưu cầu, không bao gồm dòng chảy qua bãi.

- $W_1$  và  $W_2$  thường không dễ xác định. Trong một số trường hợp có thể dùng chiều rộng mặt lòng chủ. Dù chiều rộng mặt hoặc chiều rộng đáy được sử dụng thì điều quan trọng vẫn chỉ là để cập  $W_1$  và  $W_2$  là chiều rộng đáy hoặc chiều rộng mặt.

- Chiều rộng trung bình của khẩu độ cầu  $W_2$  thường lấy bằng chiều rộng đáy đã trừ đi chiều rộng các trụ.

- Phương trình Laursen sẽ dự báo thiên an toàn chiều sâu xói dưới cầu nếu cầu được xây dựng ở cuối thượng lưu của đoạn thu hẹp tự nhiên hoặc sự thu hẹp là do mố và trụ. Tuy nhiên, cho đến nay nó vẫn được coi là phương trình tốt nhất có được để dự báo xói chung dưới cầu.

## § 4.5. Phân tích xói cục bộ

### 4.5.1. Xói cục bộ ở trụ cầu

#### a. Trường hợp thông thường

Phương trình dự báo xói cục bộ trụ cầu đã và đang được các tổ chức tư vấn thiết kế công trình giao thông trên thế giới sử dụng rộng rãi là của Richardson (năm 1990) ở Trường Đại học Colorado, Hoa Kỳ. Phương trình này dùng chung cho cả hai trường hợp xói cục bộ ở dòng nước trong và dòng nước đục có dạng:

$$y_{xcb} = 2,0K_1K_2K_3K_4a^{0,65}y_1^{0,35}Fr_1^{0,43} \quad (4-9)$$

trong đó:

$y_{xcb}$ : chiều sâu hố xói cục bộ, m;

$y_1$ : chiều sâu dòng chảy ngay trước trụ, m;

$Fr_1$ : hệ số Froude ngay trước trụ,  $Fr_1 = V_1 / (gy_1)^{0,5}$ ;

$K_1$ : hệ số hiệu chỉnh cho hình dạng mũi trụ (xem hình 4-5) như trong bảng 4-5.

**Bảng 4-5****Hệ số hiệu chỉnh  $K_1$  đối với hình dạng mũi trụ**

Dạng mũi trụ	Hệ số $K_1$
Mũi vuông	1,1
Mũi tròn	1,0
Trụ tròn	1,0
Nhóm trụ tròn	1,0
Mũi nhọn	0,9

Lưu ý: Hệ số  $K_1$  hiệu chỉnh cho hình dạng mũi trụ được xác định như trên cho trường hợp góc xô của dòng nước vào trụ  $\theta \leq 5^\circ$ . Trường hợp  $\theta > 5^\circ$ , vì hệ số  $K_2$  sẽ chiếm ưu thế nên khi đó sử dụng  $K_1 = 1$  để tính toán.

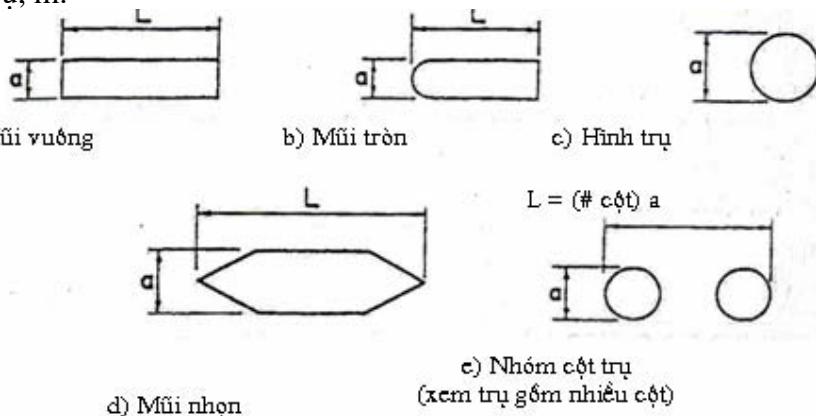
$K_2$ : hệ số hiệu chỉnh đối với góc chéo  $\theta$  của dòng chảy được xác định theo bảng 4-6 và có thể tính được theo biểu thức:

$$K_2 = (\cos\theta + (L/a) \sin\theta)^{0,65} \quad (4-10)$$

trong đó:

L: chiều dài trụ, m;

a: bề rộng trụ, m.

**Hình 4-5: Hình dạng mũi trụ cầu**

Lưu ý:

Các giá trị của hệ số  $K_2$  chỉ được áp dụng khi các điều kiện hiện trường là chiều dài toàn bộ của trụ hợp một góc với dòng chảy. Dùng hệ số này trực tiếp từ bảng trên sẽ dẫn đến dự báo quá mức cân thiết về xói mòn: (1) một phần của trụ được che chở khỏi sự ảnh hưởng trực tiếp của dòng chảy bằng một mố hoặc một trụ khác; hoặc (2) một mố hoặc một trụ khác làm chênh hướng dòng chảy đi theo hướng song song với trụ. Đối với những trường hợp này, phải hiệu chỉnh để giảm giá trị của  $K_2$  bằng cách lựa chọn cho đúng chiều dài ảnh hưởng thực của trụ với dòng nước khi có góc chéo.

**Bảng 4-6****Hệ số hiệu chỉnh  $K_2$  do góc chéo của dòng chảy**

Góc $\theta$ (độ)	$L/a = 4$	$L/a = 8$	$L/a = 12$
0	1,0	1,0	1,0
15	1,5	2,0	2,5
30	2,0	2,75	3,5
45	2,3	3,3	4,3
90	2,5	3,9	5,0

$K_3$ : hệ số hiệu chỉnh đối với tình trạng đáy sông, lấy theo bảng 4 - 7.

**Bảng 4-7****Hệ số hiệu chỉnh  $K_3$  theo tình trạng đáy sông**

Tình trạng đáy sông	Chiều cao sóng cát (m)	$K_3$
Xói nước trong		1,1
Đáy sông bằng phẳng hoặc có các sóng cát ngược		1,1
Đáy sông có các sóng cát nhỏ	$0,6 \leq H < 3$	1,1
Đáy sông có các sóng cát vừa	$3 \leq H < 9$	1,2 đến 1,1
Đáy sông có các sóng cát lớn	$H \geq 9$	1,3

$K_4$ : hệ số hiệu chỉnh để giảm bớt chiều sâu hố xói cục bộ đối với trường hợp đáy sông có vật liệu thô đường kính  $D_{50} \geq 60$  mm có khả năng thô hoá đáy hố xói. Yếu tố hiệu chỉnh này là kết quả từ nghiên cứu gần đây của Molinas ở Trường Đại học Colorado. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy: khi tốc độ tiến vào khu vực cầu  $V_1$  nhỏ hơn tốc độ tới hạn  $V_{c90}$  của đường kính hạt vật liệu đáy  $D_{90}$ , sẽ có sự cấp phối về kích thước vật liệu đáy, hạt  $D_{90}$  sẽ giới hạn được chiều sâu xói. Phương trình xác định  $K_4$  do Jones phân tích và đưa ra như sau:

$$K_4 = [1 - 0,89 (1 - V_R)^2]^{0,5} \quad (4-11)$$

trong đó, tỷ số tốc độ  $V_R$  được xác định qua biểu thức:

$$V_R = \left[ \frac{V_1 - V_i}{V_{c90} - V_i} \right] \quad (4-11a)$$

$V_1$ : tốc độ dòng chảy tiến vào cầu trước trụ, m/s;

$V_i$ : tốc độ khởi động của hạt bùn cát khi dòng chảy tiến tới trụ, m/s; được tính qua công thức:

$$V_i = 0,645 \left[ \frac{D_{50}}{a} \right]^{0,053} V_{c50} \quad (4-11b)$$

$V_{c90}$ : tốc độ tới hạn đối với hạt vật liệu đáy  $D_{90}$ , m/s;

$V_{c50}$ : tốc độ tới hạn đối với hạt vật liệu đáy  $D_{50}$ , m/s;

a: bê rộng trụ, m;

$$V_c = 6,19 y^{1/6} D_c^{1/3} \quad (4-11c)$$

$D_c$ : kích thước hạt tới hạn đối với tốc độ tới hạn  $V_c$ , m.

Giới hạn các giá trị của  $K_4$  và kích thước vật liệu đáy được cho trong bảng 4-8.

**Bảng 4-8****Giới hạn đối với vật liệu đáy và các giá trị  $K_4$** 

Kích thước vật liệu đáy nhỏ nhất (m)	Hệ số	Trị số $K_4$ nhỏ nhất	$V_R > 1,0$
$D_{50} \geq 0,06$	$K_4$	0,7	1,0

**b. Trường hợp đặc biệt**

- Xói cục bộ ở trụ có bê trụ lộ ra

Phân tích xói cục bộ cho trường hợp trụ có bê trụ (hay mũ cọc) bị lộ ra, hoặc có thể bị lộ ra (xem hình 4-6) như sau.

Dùng chiêu rộng trụ là 'a' trong phương trình tính xói cục bộ nếu đỉnh bệ trụ ở tại hoặc dưới đáy sông;

- Nếu bệ trụ nhô ra trên đáy sông thì tính toán lần thứ hai với việc sử dụng chiêu rộng bệ trụ làm trị số 'a', dùng chiêu sâu  $y_f$  và tốc độ trung bình ở vùng dòng chảy  $V_f$  bị choán bởi bệ trụ (được trình bày dưới đây) làm trị số 'y' và 'v' tương ứng trong phương trình tính xói.

Sau đó, dùng kết quả lớn hơn của hai kết quả tìm được.

Xác định tốc độ trung bình của dòng chảy  $V_f$  ở trường hợp bệ trụ bị lộ ra qua phương trình sau:

$$\frac{V_f}{V_1} = \frac{\ln[10,93 \frac{y_f}{k_s} + 1]}{\ln[10,93 \frac{y_1}{k_s} + 1]} \quad (4-12)$$

trong đó:

$V_f$ : tốc độ trung bình ở khu vực dòng chảy dưới đỉnh bệ trụ, m/s;

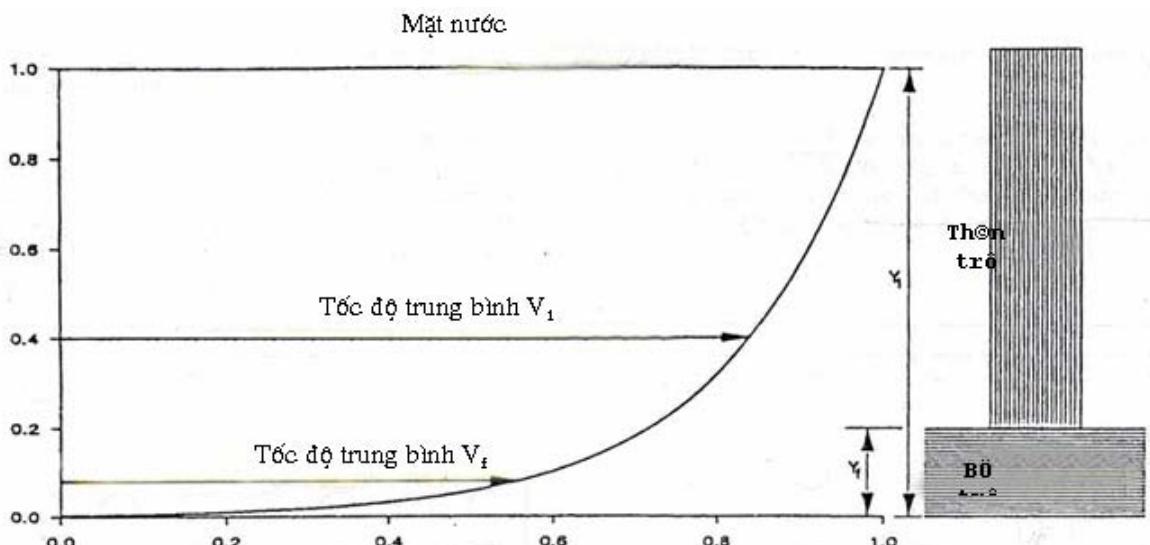
$V_1$ : tốc độ trung bình ở thuỷ trực của dòng chảy tiến vào trụ, m/s;

$y_f$ : khoảng cách từ đường xói (sau xói tự nhiên và xói chung) đến đỉnh bệ trụ, m;

$k_s$ : độ nhám hạt vật liệu đáy (lấy là  $D_{84}$  của vật liệu đáy), m;

$y_1$ : chiêu sâu dòng chảy ở thượng lưu trụ, bao gồm cả chiêu sâu xói tự nhiên và chiêu sâu xói chung, m.

Các trị số  $V_f$  và  $y_f$  sẽ được đưa vào phương trình 4-9 để tính toán.

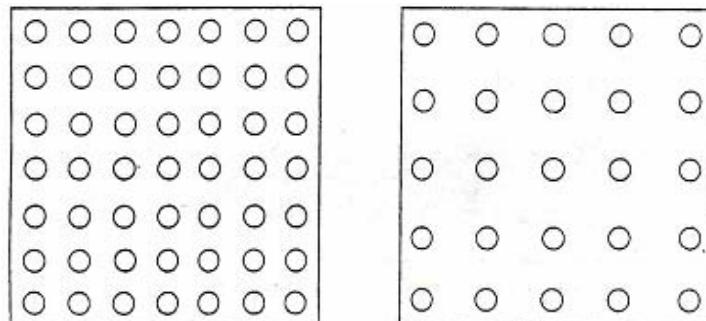


**Hình 4-6:** Sơ đồ để xác định tốc độ và chiêu sâu đối với bệ trụ lộ ra

➤ Xói cục bộ ở trụ có nhóm cọc lộ ra

Nguyên tắc xác định chiêu rộng đặc trưng của nhóm cọc bị lộ ra hoặc có thể bị lộ ra trong dòng chảy (do kết quả của xói tự nhiên và xói chung) khi các cọc có khoảng hở bên (hình 4-7) như sau: nhóm cọc nhô lên trên đáy sông được tính toán thiêng an toàn bằng cách biểu thị chúng như một chiêu rộng tương đương với diện tích nhô lên của các cọc, không kể các khoảng hở giữa chúng.

Thí dụ: 5 cọc hình trụ đường kính 0,41 m có khoảng hở 1,8 m (hình 4-7) sẽ có chiều rộng tính toán ' $a$ ' = 2,05 m. Chiều rộng của trụ tổng hợp này sẽ được dùng trong Phương trình 4-9 để xác định chiều sâu xói cục bộ. Hệ số hiệu chỉnh  $K_1$  trong phương trình 4-9 đổi với trường hợp nhiều cọc tròn này sẽ là 1, bất kể hình dạng nhóm cọc là thế nào. Nếu nhóm cọc là hình vuông như hình 4-7 hay hình chữ nhật thì dùng các kích thước như là trụ đơn và trị số  $L/a$  thích hợp để xác định hệ số  $K_2$  theo bảng 4-6 hoặc tính theo phương trình 4-10.



**Hình 4-7:** Sơ đồ để xác định chiều rộng tính toán của nhóm cọc.

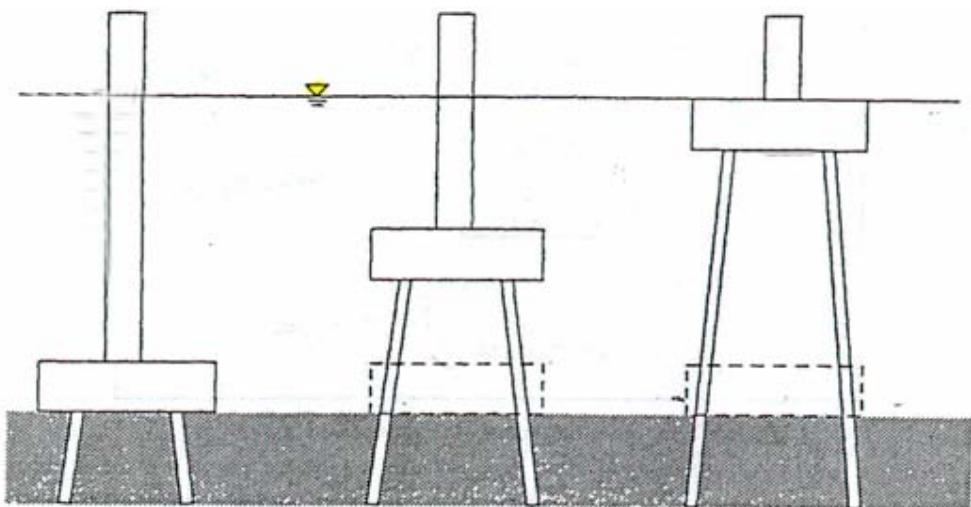
- Xói cục bộ ở trụ có bệ trụ đặt ở mặt nước hoặc trong dòng chảy

Đối với các trường hợp bệ trụ đặt ở gần mặt nước hoặc trong dòng chảy như mô tả trên hình 4-8, khuyến cáo nên tính xói cục bộ gây ra bởi:

- Nhóm cọc bị lộ ra;
- Bệ trụ (hay mũ cọc); và
- Trụ, nếu trụ bị ngập một phần trong dòng chảy.

Chiều sâu xói cục bộ an toàn sẽ là chiều sâu lớn nhất tính được từ ba giả định trên.

*Lưu ý: Khi tính xói cục bộ trụ cầu do bệ trụ gây ra, hãy giả định rằng bệ trụ được đặt trên đáy sông, xác định  $V_f$  từ phương trình 4-12 và dùng các trị số của  $V_f$  và  $y_f$  vào phương trình 4-9. Tính xói cục bộ đối với trụ và nhóm cọc bị lộ ra như đã trình bày ở trên.*



**Hình 4-8:** Sơ đồ mô tả bệ trụ đặt ở đáy sông, trong dòng nước và ở mặt nước

- Xói cục bộ ở trụ cầu có bề rộng rất lớn

Bề rộng trụ có ảnh hưởng trực tiếp đến chiều sâu xói cục bộ. Khi chiều rộng trụ tăng, chiều sâu xói sẽ tăng. Tuy nhiên những nghiên cứu trong máng thí nghiệm về xói

cục bộ trụ cầu có chiều rộng trụ lớn ở dòng chảy nông cho thấy, phương trình dự báo xói cục bộ của Trường Đại học Colorado cho kết quả thiên lớn. Kết quả đo đặc hiện trường về xói cục bộ ở các trụ cầu cát (cầu nâng hạ được) cũng chỉ rõ điều đó. Chắc chắn phải có một giới hạn tăng chiều sâu xói khi chiều rộng trụ tăng. Nhưng dù sao thì cho đến nay vẫn chưa có được những thông tin tin cậy để đánh giá sự giảm chiều sâu xói tính theo phương trình này đối với các trụ có chiều rộng lớn trong vùng nước nông. Đây cũng là một vấn đề cần phải tiếp tục nghiên cứu và đối chứng đối với các công thức tính xói cục bộ trụ cầu của tất cả các phương pháp hiện có.

**Bình luận:** Gặp trường hợp tính xói cho trụ có chiều rộng trụ lớn (ý kiến chung là khi  $a > 10 m$ ), người tính nên xem xét toàn bộ các điều kiện phân tích xói (hướng và vận tốc dòng chảy, địa hình, địa chất, hình dạng trụ v.v...) để tính toán và lựa chọn kết quả phù hợp nhất với thực tế.

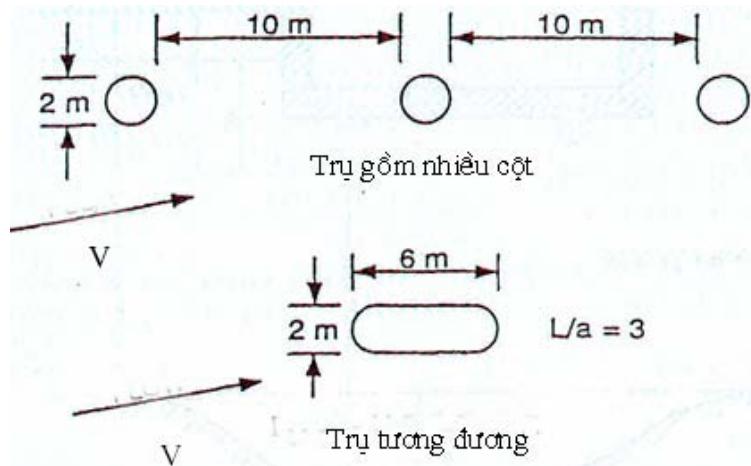
➤ Xói cục bộ đối với trụ gồm nhóm cột chéo góc với dòng chảy

Đối với trụ gồm nhóm cột (hình 4-5, e) đặt chéo góc với dòng chảy, chiều sâu xói sẽ phụ thuộc vào khoảng hở giữa các cột.

Khi áp dụng phương trình 4-9 cho trụ gồm nhóm cột có khoảng hở nhỏ hơn 5 lần đường kính mỗi cột, chiều rộng trụ 'a' là chiều rộng nhô ra tổng cộng của tất cả các cột trên một hàng chéo góc với dòng chảy (hình 4-9). Ví dụ, trụ gồm ba cột hình trụ đường kính 2m có khoảng hở 10m sẽ có một trị số 'a' ở trong khoảng từ 2 đến 6m, tuỳ thuộc vào góc xô của dòng chảy. Bereich rộng trụ tổng hợp này sẽ được dùng trong phương trình 4-9 để xác định chiều sâu xói cục bộ. Hệ số hiệu chỉnh  $K_1$  trong phương trình 4-9 cho trụ gồm nhiều cột sẽ là 1. Hệ số  $K_2$  cũng có thể bằng 1 vì khi đó ảnh hưởng của góc chéo sẽ được xem xét là bằng phần nhô ra dòng chảy của các trụ trực giao với dòng chảy.

Nếu trụ gồm nhiều cột có khoảng hở bằng hoặc lớn hơn 5 lần đường kính mỗi cột; và nếu cỏ rác không thành vấn đề, có thể giới hạn chiều sâu xói đến trị số lớn nhất bằng 1,2 lần xói cục bộ của trụ gồm một cột.

Chiều sâu xói đối với trụ gồm nhiều cột sẽ được phân tích theo cách trên, ngoại trừ khi muốn nhấn mạnh ảnh hưởng của rác chèn vào khoảng hở giữa các cột. Nếu cỏ rác là vấn đề cần xem xét thì có thể coi các cột và cỏ rác chèn vào các khoảng hở như là một trụ dài và đặc. Giá trị thích hợp  $L/a$  và góc xô của dòng chảy khi đó sẽ được dùng để xác định hệ số  $K_2$  trong Bảng 4-6 hoặc theo phương trình 4-10.



**Hình 4-9:** Sơ đồ trụ có hàng cột chéo góc với dòng chảy.

c. Xác định chiều rộng đỉnh hố xói

Chiều rộng đỉnh hố xói trong đất không dính về một phía của trụ hoặc bệ trụ được xác định bằng phương trình:

$$W = y_x (K + \cot \theta) \quad (4-13)$$

trong đó:

W: chiều rộng đỉnh của hố xói về mỗi phía của trụ hoặc bệ trụ, m;

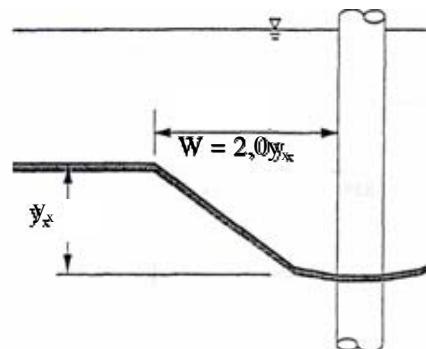
$y_x$ : chiều sâu xói, m;

K: chiều rộng đáy của hố xói như một phân số của chiều sâu xói;

$\theta$ : góc nghi của vật liệu đáy ở trong khoảng từ  $30^\circ$  đến  $44^\circ$ .

Góc đặc trưng của vật liệu cố kết trong không khí thay đổi từ  $30^\circ$  đến  $44^\circ$ . Do vậy, khi  $K = 1$  (chiều rộng đáy của hố xói tương đương với chiều sâu xói  $y_x$ ) thì chiều rộng đáy trong cát không dính sẽ thay đổi từ 2,07 đến  $2,80y_x$ ; khi  $K = 0$ , chiều rộng đáy sẽ thay đổi từ 1,07 đến  $1,8y_x$ . Từ đó, chiều rộng đỉnh hố xói có thể thay đổi từ 1,0 đến  $2,8y_x$  và sẽ phụ thuộc vào chiều rộng đáy hố xói và sự cấu thành của vật liệu đáy. Nhìn chung khi hố xói càng sâu thì chiều rộng đáy hố xói càng nhỏ. Ở trong nước, góc nghi của vật liệu không dính là nhỏ hơn so với các giá trị đã cho trong không khí. Do vậy, người ta khuyến cáo sử dụng công thức tính chiều rộng đỉnh hố xói  $W = 2,0y_x$  trong thực tế như mô tả trên hình 4-10.

**Hình 4-10:** Sơ đồ xác định chiều rộng đỉnh hố xói.



#### 4.5.2. Phân tích xói cục bộ ở móng cầu

##### a. Phương trình Froehlich

Theo kết quả phân tích số liệu của 170 lần đo đạc xói nước đục trong máng thí nghiệm và bằng phương pháp phân tích hồi quy, Froehlich đã tìm được phương trình xác định chiều sâu xói cục bộ móng cầu [7] như sau:

$$y_x = 2,27K_1K_2(L')^{0,43}y_a^{0,57}Fr^{0,61} + y_a \quad (4-15)$$

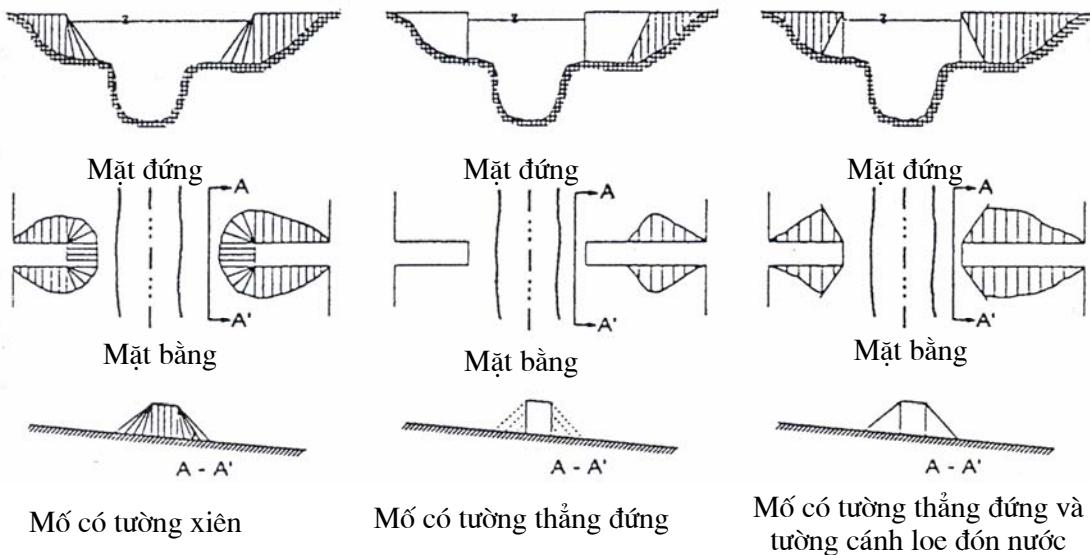
trong đó:

$y_x$ : chiều sâu xói, m;

$K_1$ : hệ số xét đến hình dạng móng (hình 4-11) như trong bảng sau.

**Hệ số hình dạng mố K<sub>1</sub>**

Mô tả	K <sub>1</sub>
Mố có tường thẳng đứng	1,00
Mố tường thẳng đứng có tường cánh loe đón nước	0,82
Mố xiên	0,55

**Hình 4-11:** Sơ đồ các dạng mố cầu phổ biến để lựa chọn hệ số K<sub>1</sub>

K<sub>2</sub>: hệ số xét đến góc của phương nền đắp với phương dòng chảy được tính qua biểu thức:  $K_2 = (\theta/90)^{0.13}$  ( $\theta < 90^\circ$  nếu nền đắp có hướng xuống hạ lưu;  $\theta > 90^\circ$  nếu nền đắp có hướng ngược lên thượng lưu, xem hình 4-12 để xác định góc  $\theta$ );

L': chiều dài của mố (nền đắp) nhô ra giao với dòng chảy, m;

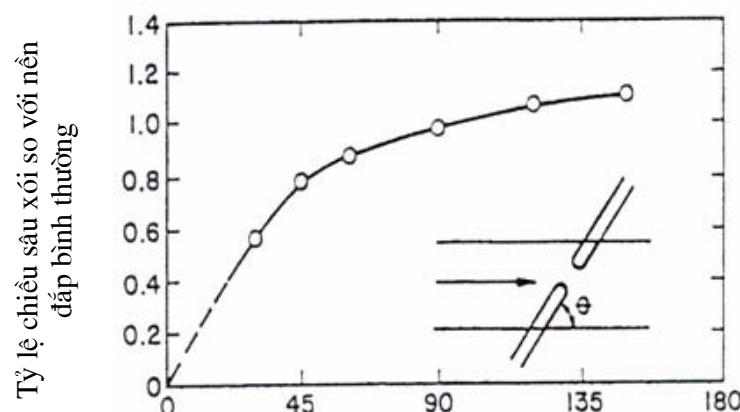
A<sub>c</sub>: diện tích dòng chảy của mặt cắt ngang thượng lưu cầu mà nền đắp nhô ra, m<sup>2</sup>;

Fr: hệ số Froude của dòng chảy tiến vào thượng lưu mố,  $Fr = V_c/(gy_a)^{0.5}$ ;

$$V_c = Q_c/A_c, \text{ m/s};$$

Q<sub>c</sub>: dòng chảy bị chặn bởi mố và đường dẫn vào cầu, m<sup>3</sup>/s;

y<sub>a</sub>: chiều sâu trung bình của dòng chảy trên bãi, m.

**Hình 4-12:** Hiệu chỉnh xói cục bộ ở mố do góc chéo.

### b. Phương trình HIRE

Phương trình HIRE dưới đây có thể sử dụng để phân tích xói cục bộ ở mố cho những cầu có các điều kiện tương tự với điều kiện hiện trường (tỷ số giữa chiều dài mố choán dòng chảy L' và chiều sâu dòng chảy y<sub>1</sub> lớn hơn 25) mà số liệu đã được thu thập để phân tích và xây dựng nên phương trình:

$$y_x = 4y_1(K_1 / 0,55)Fr^{0,33}K_2 \quad (4-15)$$

trong đó:

y<sub>x</sub>: chiều sâu xói, m;

y<sub>1</sub>: chiều sâu dòng chảy ở mố trên bờ sông hoặc trong lòng chũ, m;

Fr: hệ số Froude được xác định qua tốc độ và chiều sâu sát thượng lưu mố;

K<sub>1</sub> và K<sub>2</sub> đã giải thích ở trên.

### c. Sử dụng kết quả dự báo xói cục bộ để thiết kế mố cầu

Vì có rất ít số liệu hiện trường về xói cục bộ ở mố cầu nên cho đến nay, nhìn chung việc xây dựng các phương trình để dự báo chiều sâu xói mố cầu gần như mới chỉ dựa vào các số liệu trong phòng thí nghiệm (\*).

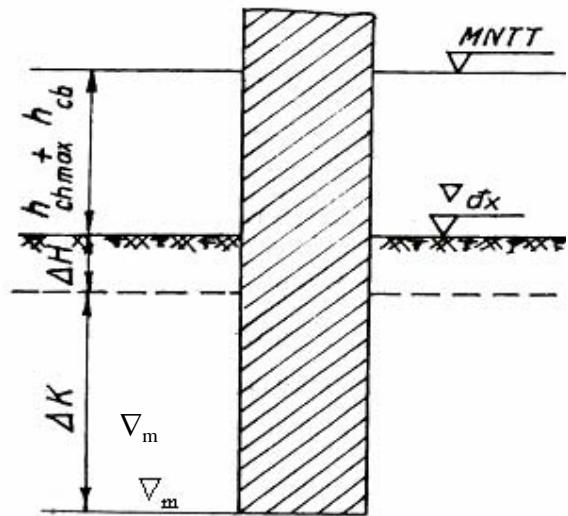
Xói cục bộ mố cầu là vấn đề phức tạp phụ thuộc vào ảnh hưởng của dòng chảy bị choán do mố, đường vào cầu và dòng chảy ở trước mố; mà lưu lượng dòng chảy trước mố trong thực tế không đơn giản là một hàm của hình dạng mố và chiều dài đường đầu cầu. Ngoài ra, chiều sâu xói cục bộ mố cầu còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như kiểu mố, đặc trưng bùn cát, kiểu biến hình lòng sông, hình dạng mặt cắt ngang sông thượng lưu cầu, phương đặt cầu, tình trạng cây cối mọc trên bờ cản trở dòng chảy v.v... Trong khi đó, phần lớn nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho đến nay cũng chưa tái tạo được các điều kiện tương tự như ở hiện trường nên các phương trình phân tích xói cục bộ mố cầu còn có nhiều hạn chế, đang được tiếp tục nghiên cứu. Kết quả dự báo luôn đưa ra trị số an toàn quá mức, chỉ nên được coi là những trị số tham khảo để đưa ra giải pháp thiết kế mố.

Việc phân tích điều kiện hiện trường để hiệu chỉnh kết quả tính toán cho phù hợp là rất cần thiết. Khả năng di chuyển lòng dẫn theo phương ngang, xói tự nhiên và xói chung là những vấn đề rất đáng quan tâm trong việc thiết kế chiều sâu bệ móng mố gần lòng chũ. Trong thực tế, móng mố thường được thiết kế với chiều sâu nông hơn kết quả dự báo theo các phương trình trên nhờ giải pháp xây lát đá chống xói chân mố. Ngoài ra, có thể thiết kế mố có khả năng chống lại xói tính toán bằng cách xây dựng công trình hướng dòng (xem thêm Chương VII). Yêu cầu kỹ thuật và giá thành là các yếu tố có ý nghĩa quyết định để lựa chọn giải pháp bảo vệ mố.

(\*) Với mục đích cập nhật những kết quả nghiên cứu khoa học mới nhất vào Sổ tay, chúng tôi xin giới thiệu một số công thức **phân tích xói cục bộ mố cầu** của PGS. TS. Trần Đình Nghiên (Trường Đại học Giao thông vận tải) trong Phụ lục 4-1 để bạn đọc có điều kiện nghiên cứu sử dụng.

### § 4.6. Xác định chiều sâu đặt móng trụ cầu

Móng trụ cầu phải đặt đủ sâu trong đất để đảm bảo cầu ổn định trong suốt thời gian phục vụ. Chiều sâu tối thiểu của đoạn chôn trong đất phụ thuộc vào điều kiện địa chất lòng sông sau khi xói.



**Hình 4-13:** Sơ đồ xác định móng trụ cầu tối thiểu

Hình 4-13 cho thấy có thể xác định cao độ tối thiểu của móng trụ cầu theo công thức:

$$\nabla_{m.} = \nabla_{dx.} - (\Delta K + \Delta H) \quad (4-16)$$

trong đó:

$\nabla_{m.}$ : cao độ tối thiểu của móng trụ cầu, m;

$\nabla_{dx.}$ : cao độ đáy sông sau khi xói, m;

$\Delta K$ : chiều sâu móng trụ chôn trong đất, xác định theo điều kiện ổn định của trụ khi có lũ tính toán và sức chịu đựng của móng, m;

$\Delta H$ : chiều sâu dự trữ do có sai số trong khi tính xói, m.

Đối với sông thẳng vùng đồng bằng, chiều sâu lớn nhất xê dịch có tính chu kỳ trong phạm vi dòng chủ. Do vậy, ở dòng chủ móng trụ được đặt trên cùng một cao độ; còn ở bãi sông, móng trụ được đặt ở cao độ nông hơn dòng chủ:

$$\nabla_{dx.} = H_{tt} - [(h'_{ch,max.} + \Delta) + h_{cb.}] \quad (4-17)$$

Ở bãi sông:

$$\nabla_{dx.} = H_{tt} - [(h'_{b.} + \Delta) + h_{cb.}] \quad (4-18)$$

trong đó:

$H_{tt}$ : mực nước lũ tính toán, m;

$h'_{ch,max.}$ : chiều sâu nước sông lớn nhất của dòng chủ sau xói chung, m;

$h'_{b.}$ : chiều sâu nước sông tại bãi sông sau xói chung tại trụ tính toán, m;

$h_{cb.}$ : chiều sâu xói cục bộ tại vị trí tính toán, m;

$\Delta$ : sai số khi xác định xói chung do số liệu dùng tính toán lưu lượng không chính xác. Theo Giáo sư O.V. Andreev, nếu dùng phương pháp hình thái để xác định lưu lượng thì  $\Delta = 0,15h'$  (sai số 15% so với chiều sâu sau khi xói); nếu có tài liệu đo nhiều năm thì  $\Delta = 0$ .

Đối với sông quanh co, lạch sâu nhất của dòng chủ có thể xê dịch ra phần bãi sông nên cao độ đường xói tính toán  $\nabla_{dx}$  sẽ tính theo công thức 4-17. Chỉ trong trường hợp đặc

bíệt, bãi sông rộng và bờ phân dòng chủ là loại đất ổn định khó xói mòn xác định  $\nabla_{dx}$  theo công thức 4-18.

Đối với sông quanh co, dòng sông di động thường xuyên (sông có nhiều bãi nổi di động), lạch sâu nhất có thể xuất hiện ở bất kỳ vị trí nào trong sông, do đó đường xói tính toán sẽ tính theo công thức 4-17.

Đối với sông có bãi rộng cần làm nhiều cầu thì ở những cầu thường xuyên có nước chảy, trị số  $\nabla_{dx}$  sẽ tính theo công thức 4-17; còn đối với những cầu chỉ vào mùa mưa lũ mới có nước chảy thì trị số  $\nabla_{dx}$  sẽ tính theo công thức 4-18.

Theo tiêu chuẩn kỹ thuật hiện nay, chiều sâu tối thiểu đáy móng cách đường xói ( $\Delta K + \Delta H$ ) được quy định như sau: nếu chiều sâu đặt móng tính từ mực nước bình thường về mùa kiệt  $\leq 10$  m thì  $(\Delta K + \Delta H) \geq 2,5$  m; nếu chiều sâu móng  $> 10$  m thì  $(\Delta K + \Delta H) \geq 5$  m.

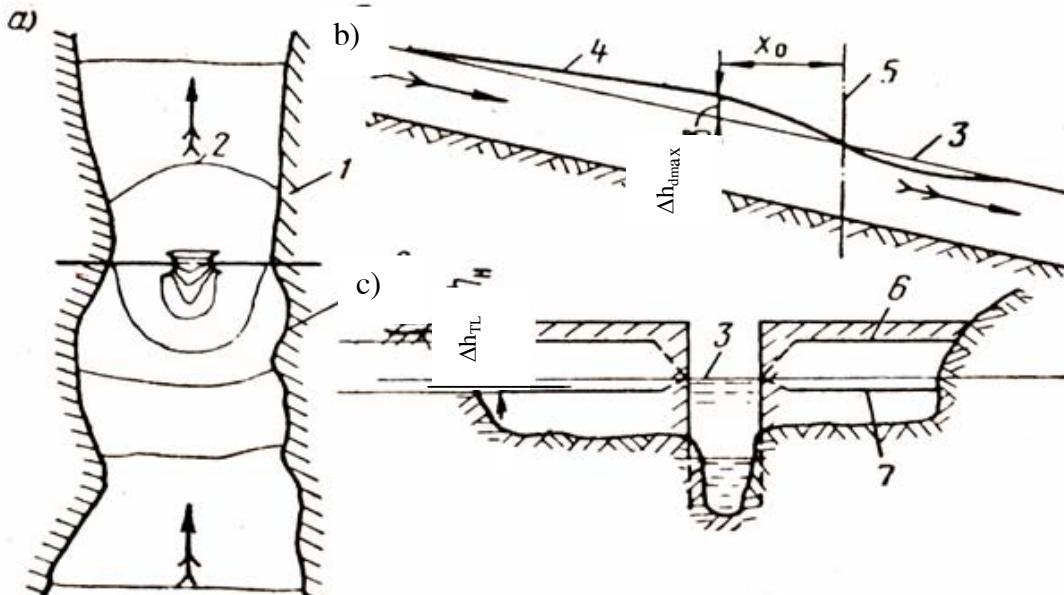
Ngoài những quy định trên cần chú ý là đối với móng cọc, sau khi xói chung và xói cục bộ, chiều sâu cọc chôn trong đất phải lớn hơn 4 m. Nếu lòng sông sau khi xói gãy lớp đá dày thì móng cầu có thể đặt ở độ sâu tối thiểu: đối với móng nặng, chiều sâu móng chôn tối thiểu trong đá là 0,25 m; đối với móng trụ cột, không được nhỏ hơn 0,5 m.

Để xét tất cả các loại biến dạng lòng sông tại trụ cầu, ngoài chiều sâu xói chung do dòng chảy bị thu hẹp ( $\Delta h_{max}$ ) và xói cục bộ tại chân trụ cầu ( $h_{cb}$ ), cần xét khả năng xói thiên nhiên của lòng sông trong thời gian tính toán  $\Delta h_o$ . Trị số xói do biến dạng tự nhiên của lòng sông được giới thiệu trong § 4-3, mục 4.3.1 và được xét đến trong khi xác định chiều sâu tại lòng chũ ở điều kiện tự nhiên.

## § 4.7. Xác định chiều cao nước dâng lớn nhất khu vực sông chịu ảnh hưởng của cầu và nền đường đắp qua bãi sông

### 4.7.1. Hình dạng đường mặt nước khu vực cầu

Sau khi xây dựng cầu, do dòng chảy bị nền đường đầu cầu và mố, trụ cầu thu hẹp làm nước bị dâng lên, đường mặt nước sẽ có dạng như thể hiện trên hình 4-14. Đối với những cầu có kè hướng dòng, đỉnh ú dênh ở phía đầu kè; đối với những cầu không có kè hướng dòng, điểm ú dênh ở cách cầu một khoảng tương đương với khẩu độ cầu.



#### **Hình 4-14:** Sơ đồ đường mặt nước khu vực cầu

- a) *Bình đồ khu vực cầu*
- b) *Trắc đọc đường mặt nước*
- c) *Đường mặt nước thượng hạ lưu đường dẫn vào cầu.*
  1. *Ranh giới ngập*
  2. *Mặt bằng của đường mặt nước*
  3. *Đường mặt nước của dòng chảy chưa bị thu hẹp*
  4. *Đường mặt nước của dòng chảy sau khi bị thu hẹp*
  5. *Tim cầu*
  6. *Đường mặt nước phía thượng lưu cầu*
  7. *Đường mặt nước phía hạ lưu cầu*

$\Delta h_{dmax}$ : *độ dênh nước lớn nhất trước cầu;*

$x_o$ : *khoảng cách từ cầu đến thuỷ trực mà ở đó độ dênh nước trước cầu đạt trị số lớn nhất;*

$\Delta h_{TL}$ : *độ dênh cao nhất ở nền đường bãі sông phía thượng lưu.*

#### **4.7.2. Xác định các đặc trưng độ dênh nước phía thượng lưu cầu**

##### **a. Xác định độ dênh nước lớn nhất phía thượng lưu cầu**

Trị số nước dênh lớn nhất phía thượng lưu cầu  $\Delta h_Z$  (m) có thể được xác định theo công thức kinh nghiệm đơn giản sau:

$$\Delta h_Z = \eta (V_C^2 - V_o^2) \quad (4-19)$$

trong đó:

$\eta$ : hệ số xác định theo từng loại sông và năng lực thoát của bãі, có thể được lấy theo bảng 4-10.

**Bảng 4-10**  
**Xác định hệ số  $\eta$**

TT	Đặc trưng sông ngòi	$\eta$
1	Sông vùng núi có bãі nhỏ, $\Sigma Q_b \leq 10\% Q_{TK}$	0,05
2	Sông vùng đồi, bãі nhỏ, $\Sigma Q_b \leq 30\% Q_{TK}$	0,07
3	Sông đồng bằng, có hai bãі vừa, $\Sigma Q_b \leq 50\% Q_{TK}$	0,10
4	Sông vùng đất trũng, bãі rất lớn, $\Sigma Q_b > 50\% Q_{TK}$	0,15

trong đó:

$Q_b$ ;  $Q_{TK}$ : lưu lượng chảy trên phần bãі và lưu lượng thiết kế cầu,  $m^3/s$ ;

$V_C$ : tốc độ bình quân dưới cầu ( $m/s$ ) khi lưu lượng thoát qua, được lấy như sau.

- Voi đất mềm (bùn cát, cát vừa, đất sét á cát lân bùn nhão),  $V_C$  là tốc độ bình quân dưới cầu sau khi xói  $V_{sx}$ , tức là:  $V_C = V_{sx}$ .

- Voi đất trung bình (cát, sỏi nhỏ, đất sét, cát mịn v.v...),  $V_C$  là tốc độ bình quân dưới cầu khi xói đạt tới 50%, tức là:  $V_C = V_{sx} \cdot \frac{2P}{P+1}$  hoặc  $V_C = V_{sx} \cdot \frac{1}{2}(P+1)$  ( $P$  là hệ số xói tính toán, lấy theo bảng 4-2).

- Đối với đất cứng (sỏi, đá cuội, đất sét mịn),  $V_C$  là lưu tốc bình quân dưới cầu trước xói.

$V_o$ : lưu tốc bình quân ở phần mặt cắt thực dưới cầu khi dòng chảy chưa bị thu hẹp, m/s.

Hệ số  $\eta$  cũng có thể được xác định qua biểu thức:

$$\eta = \frac{K}{2g}; \quad (4-20)$$

trong đó:

g: gia tốc rơi tự do,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ;

K: hệ số được xác định qua biểu thức:

$$K = 1 + (V_{tb} / V_o)^2 a / (Fr / i_o)^{0,5} \quad (4-21)$$

trong đó:

$V_{tb}$ : tốc độ trung bình toàn mặt cắt thực của dòng chảy khi chưa bị thu hẹp, m/s;

$(Fr / i_o)$ : thành phần không thứ nguyên của dòng chảy khi chưa bị thu hẹp;

$$Fr = V_{tb}^2 / gL_{ngập} \quad (4-22)$$

trong đó:

$L_{ngập}$ : chiều rộng ngập tính toán, m; khi dòng chảy bị thu hẹp một phía, lấy toàn bộ chiều rộng ngập, còn khi dòng chảy bị thu hẹp cả hai phía, lấy bằng một nửa chiều rộng ngập;

$i_o$ : độ dốc dọc của đường mặt nước khi dòng chảy chưa bị thu hẹp.

a: hệ số lấy theo bảng 4-11.

### b. Xác định khoảng cách từ cầu lên thượng lưu, nơi có độ dèn nước lớn nhất

Khoảng cách từ cầu lên thượng lưu, nơi có độ dèn nước lớn nhất được xác định theo công thức:

$$x_o = aL_{ngập} (Fr/i_o)^{0,5} \quad (4-23)$$

Các ký hiệu trong công thức đã được giải thích ở trên.

Bảng 4-11

#### Xác định hệ số a

Fr/i <sub>o</sub>	Q <sub>TK</sub> /Q <sub>c</sub>					
	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
0,05	1,14	1,21	1,36	1,51	1,66	2,28
0,10	1,07	1,12	1,24	1,39	1,54	2,00
0,15	1,02	1,05	1,13	1,28	1,42	1,72
0,20	0,98	1,01	1,08	1,19	1,30	1,48
0,25	0,94	0,97	1,04	1,11	1,18	1,26
0,30	0,90	0,92	0,97	1,03	1,09	1,08
0,40	0,81	0,82	0,86	0,88	0,90	0,83
0,50	0,73	0,74	0,74	0,73	0,72	0,51

Trong bảng trên:  $Q_C$ : lưu lượng qua bộ phận mặt cắt chưa bị thu hẹp của mặt cắt thực dưới cầu.

Lưu ý: Trường hợp các trị số  $Q_{TK}/Q_C$  và  $Fr/i_o$  ở ngoài giá trị trong bảng trên, lấy giá trị của  $a$  theo trị số gần nhất.

### c. Xác định độ dèn nước lớn nhất ở mái dốc đường dẫn lên cầu

Độ dèn nước lớn nhất ở mái dốc đường dẫn lên cầu  $\Delta h_{TL}$  được xác định theo công thức:

$$\Delta h_{TL} = \Delta h_{d.\max.} + x_o i_o + V_o^2 / g \quad (4-24)$$

Các ký hiệu trong công thức đã được giải thích ở trên.

## § 4.8. Tính không dưới cầu

### 4.8.1. Tính không hay khổ giới hạn gầm cầu

Tính không dưới cầu (hay khổ giới hạn gầm cầu) là đường giới hạn tối thiểu của khoảng không gian dưới dầm cầu tính theo hướng vuông góc với dòng chảy trong sông, đảm bảo cho thuyền bè qua lại không bị va chạm vào các chi tiết kết cấu của cầu. Các kích thước tối thiểu của khổ giới hạn gầm cầu được quy định theo cấp sông trong Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5664-92. Bảng 4-12 trình bày tổng hợp một số thông số theo phân cấp kỹ thuật đường thuỷ nội địa.

### 4.8.2. Xác định mực nước thông thuyền

Mực nước thông thuyền theo TCVN 5664-92 là mực nước cao có tần suất 5%, là mực nước cao nhất cho phép thuyền bè có thể qua lại an toàn dưới cầu. Mực nước này dùng để xác định kích thước công trình bắc qua. Trường hợp đặc biệt có thể dùng mực nước cao có tần suất 10% do cấp có thẩm quyền quyết định.

Mực nước thông thuyền được xác định tương tự như mực nước đỉnh lũ thiết kế. Chi tiết cách xây dựng đường tần suất mực nước cao xem § 2.3, Chương II.

**Bảng 4-12**

**Bảng tổng hợp phân cấp đường thuỷ nội địa**

Cấp sông	Kích thước luồng lạch, m					Kích thước công trình, m			
	Sông thiên nhiên		Kênh đào		Bán kính cong	Cầu		Tính không dây điện chưa kể phần an toàn từ trường	
	Chiều sâu nước	Chiều rộng đáy	Chiều sâu nước	Chiều rộng đáy		Khẩu độ			
	Sông	Kênh	Sông	Kênh		Sông	Kênh		
I	> 3,0	> 90	> 4,0	> 50	> 700	80	50	10	12
II	2,0-3,0	70-90	3,0-4,0	40-50	500-700	60	40	9	11
III	1,5-2,0	50-70	2,5-3,0	30-40	300-500	50	30	7	9
IV	1,2-1,5	30-50	2,0-2,5	20-30	200-300	40	25	6 (5)	8
V	1,0-1,2	20-30	1,2-2,0	10-20	100-200	25	20	3,5	8
VI	< 1,0	10-20	< 1,2	10	60-150	15	10	2,5	8

Ghi chú:

- 1) Trị số (...) được phép dùng khi có sự đồng ý của cơ quan có thẩm quyền.
- 2) Kích thước luồng lạch được xác định ứng với mực nước mùa cạn có tần suất 95%.

Cho đến nay, do còn có những điểm cần xem thêm về phân cấp sông cho một số đoạn sông trên cả nước nên đối với mỗi cầu dự kiến xây dựng qua một đoạn sông cụ thể nào đó, nên đơn vị Tư vấn thiết kế cần có công văn xin ý kiến về yêu cầu thông thuyền dưới cầu của cơ quan quản lý có liên quan đoạn sông đó như Cục Đường sông Việt Nam; Sở Giao thông vận tải các tỉnh, thành phố hoặc Tổng Công ty Điện lực Việt Nam (chẳng hạn cầu qua lòng hồ của nhà máy thuỷ điện) v.v...

#### *Tài liệu sử dụng trong chương IV*

- [1]. Nguyễn Xuân Trục. Thiết kế đường ô tô, Công trình vượt sông (Tập 3). Nhà xuất bản Giáo dục, 2003 (Tái bản lần thứ ba).
- [2]. Tiến sĩ Trần Đình Nghiên. Thiết kế thuỷ lực cho dự án cầu đường. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội 2003.
- [3]. Giáo sư, Tiến sĩ O.V. Andreev. Thiết kế cầu vượt sông. Nhà xuất bản Giao thông vận tải I, Matxcova 1980.
- [4]. Quy định về Khảo sát và Thiết kế các công trình vượt sông trên đường bộ và đường sắt. Bộ Xây dựng - Vận tải Liên Xô (trước đây), Matxcova 1972 (NIMP 72).
- [5]. Quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn 22TCN 18-79, Bộ Giao thông vận tải 1979.
- [6]. Thiết kế đường thuỷ, Tài liệu hướng dẫn thiết kế thuỷ lực cầu, cống và đường tràn, Hiệp hội quản lý giao thông và đường bộ quốc gia Oxtraylia, Sydney 1994.
- [7]. Hướng dẫn phân tích thuỷ lực công trình - HEC No.18, Phân tích xói dưới cầu, Cục Đường bộ của Bộ Vận tải Hoa Kỳ xuất bản tháng 11 năm 1995.
- [8]. Chương trình phân tích sông ngòi HEC-RAS - Trung tâm Thuỷ lực công trình của Hiệp hội Kỹ sư quân đội Mỹ (cập nhật thông tin đến tháng 12 năm 2005).
- [9]. Sổ tay Hướng dẫn bảo vệ môi trường trong xây dựng công trình giao thông đường bộ, do Nhóm chuyên gia Canada về Môi trường giao thông vận tải biên soạn. Nhà xuất bản Giao thông vận tải phát hành năm 2000.
- [10]. R.V. Farraday và F.G. Charlton. Các yếu tố thuỷ lực trong thiết kế cầu. Nhà xuất bản Oxfordshire, 1983.
- [11]. PGS. TS Trần Đình Nghiên. Nghiên cứu xói cục bộ mố cầu, Đề tài nghiên cứu khoa học mã số B2004-35-86, hoàn thành tháng 6 năm 2005.
- [12]. PGS. TS Trần Đình Nghiên. Nghiên cứu mới về xói cục bộ mố cầu. Tạp chí Cầu đường Việt Nam, các số tháng 8 và 9 năm 2005.

## Giới thiệu một số phương pháp dự báo xói dưới cầu

Dự báo xói chung và xói cục bộ trình bày ở §4.3; §4.4 và §4.5 dựa theo Hướng dẫn "Phân tích xói dưới cầu" [7]. Mặc dù còn những điểm cần phải tiếp tục nghiên cứu, nhưng cho đến nay các phương trình dự báo xói trong Hướng dẫn này vẫn đang được áp dụng rộng rãi trong thiết kế cầu vượt sông ở nhiều nước trên thế giới. Tuy nhiên dự báo xói dưới cầu là một trong những vấn đề khá phức tạp, đã và đang được rất nhiều cơ quan tiếp tục nghiên cứu, mong muốn xây dựng nên những phương pháp phân tích dựa trên cơ sở khoa học thống nhất và cho kết quả sát hơn với thực tế. Phần dưới đây xin giới thiệu những phương trình phân tích xói chung và xói cục bộ dưới cầu đã công bố trong một số tài liệu để khi cần, bạn đọc có thể tìm hiểu áp dụng, xác định thêm kết quả.

### 1. Công thức tính xói chung

Quan sát dòng chảy trên các sông cho thấy một thực tế là: tốc độ chảy của sông thiên nhiên thường lớn hơn nhiều so với tốc độ cho phép không xói của các loại đất cấu tạo lòng sông, nhưng lòng sông vẫn không bị xói sâu thêm. Ví dụ tốc độ cho phép không xói của cát chỉ khoảng từ 0,2 đến 0,6 m/s, trong khi đó tốc độ nước chảy trên đáy sông có cấu tạo là cát thường từ 1,3 đến 1,6 m/s và lớn hơn nhưng lòng sông vẫn không bị xói.

Trên những đoạn sông có cầu vượt cũng có hiện tượng tương tự. Dòng chảy dưới cầu sau khi xói có tốc độ chảy lớn hơn tốc độ không xói cho phép của đất cấu tạo lòng sông, nhưng đáy sông dưới cầu chỉ bị xói đến một mức độ nhất định.

Hiện tượng trên đã được Kỹ sư cầu nổi tiếng người Nga, Giáo sư H.A. Belleliutsky nhận xét vào năm 1875: *mỗi con sông được đặc trưng bằng tốc độ nước chảy, với tốc độ đó lòng sông không bị xói hay bồi*. Đối với đoạn sông có cầu, tốc độ đó là tốc độ nước chảy sau xói dưới cầu. Nó không có quan hệ trực tiếp với kích thước của hạt đất cấu tạo lòng sông vì còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác như độ dốc lòng sông, lượng phù sa và kích thước hạt của nó v.v...

Hiện tượng tốc độ dòng nước dưới cầu lớn hơn tốc độ cho phép không xói không phải là nguyên nhân gây xói ở dòng chủ, và sự biến dạng lòng sông dưới cầu chỉ có thể giải thích bằng sự mất cân bằng lượng phù sa, đã được nhà bác học Eksner người Áo giới thiệu trong Phương trình cân bằng phù sa năm 1926 để tính toán biến dạng phù sa dọc sông [1].

Trong số nhiều phương pháp tính xói chung đã sử dụng, ở đây chúng tôi chỉ lựa chọn và giới thiệu phương pháp của Giáo sư O.V. Andreev. Lý do mà chúng tôi chọn phương pháp này là vì Giáo sư O.V. Andreev *đã phân biệt rõ hai nguyên nhân khác nhau gây ra xói chung ở lòng sông của phần dòng chủ và lòng sông của phần bãi sông dưới cầu*; trên cơ sở đó đưa ra các phương trình dự báo xói chung phù hợp cho mỗi trường hợp.

Theo Giáo sư O.V. Andreev, ở phần bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên dòng nước không mang phù sa. Vì tốc độ chảy nhỏ hơn vận tốc cho phép không xói của lớp đất cấu tạo bãi sông nên xói chỉ bắt đầu khi tốc độ nước chảy dưới cầu lớn hơn tốc độ cho phép không xói của lớp đất cấu tạo bãi sông ( $V_{bc} > V_{ox}$ ), và xói sẽ ngừng khi tốc độ nước chảy giảm xuống bằng tốc độ cho phép không xói của lớp đất. Khác hẳn với điều kiện chảy ở bãi sông, ở lòng sông ngay trong điều kiện tự nhiên, tốc độ nước chảy đã lớn hơn tốc độ cho phép không xói của lớp địa chất cấu tạo nền lòng sông, và do đó lớp đất trên cùng của nó luôn luôn ở trạng thái chuyển động, nhưng lòng sông không bị xói sâu vì có sự cân bằng lượng phù sa dọc sông (theo phương trình cân bằng phù sa dọc sông của Eksner).

Phần dưới đây trình bày nội dung phương pháp phân tích xói chung dưới cầu của Giáo sư O.V. Andreev.

**a. Phương pháp tính xói chung theo nguyên lý cân bằng giới hạn lượng phù sa đối với dòng chủ và những phần dòng chảy có vận chuyển phù sa.**

Công thức xác định chiều sâu nước chảy sau xói như sau.

$$h'_{ch} = h_{ch} (Q'_{ch} / Q_{ch})^{8/9} (B_{ch} / B'_{ch})^{2/3} \quad (1)$$

trong đó:

$Q_{ch}$ ;  $Q'_{ch}$ : lưu lượng nước chảy trước và sau khi làm cầu tại dòng chủ;

$h_{ch}$ ;  $h'_{ch}$ : chiều sâu nước chảy tại dòng chủ trước (lúc tự nhiên) và sau khi xói.

Nếu gọi hệ số tăng lưu lượng tại dòng chủ so với lúc tự nhiên  $\beta_{ch} = Q'_{ch} / Q_{ch}$  thì Công thức 1 có dạng:

$$h'_{ch} = h_{ch} (\beta_{ch})^{8/9} (B_{ch} / B'_{ch})^{2/3} \quad (2)$$

Trong tính toán thực tế có thể gặp hai trường hợp.

- Nếu trong thiết kế có đào rộng dòng chủ hay đắp bao sau khi xói dòng chủ phát triển rộng ra toàn cầu (chiều sâu sau khi xói ở bãi sông lớn hơn chiều sâu lòng chủ lúc tự nhiên  $h'_b > h_{ch}$ ) thì thay:

$$\begin{aligned} \beta_{ch} &= \beta = Q / (Q_{ch} + Q_{bc}) \\ \text{và } B'_{ch} &= L_c (1 - \lambda) \end{aligned}$$

vào công thức 2 để tính toán. Trong đó:

$\beta$ : hệ số tăng lưu lượng toàn bộ, hay hệ số tăng lưu lượng trung bình tại mặt cắt dưới cầu;

$Q$ : lưu lượng tính toán toàn bộ,  $m^3/s$ ;

$Q_{ch}$ ;  $Q_{bc}$ : lưu lượng nước chảy qua dòng chủ và bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên,  $m^3/s$ ;

$L_c$ : khẩu độ cầu kể cả trụ, m;

$\lambda$ : hệ số thu hẹp do trụ cầu choán vào dòng chảy,  $\lambda = b_{trụ} / l_{nh}$ ;

$b_{trụ}$ : chiều rộng trụ cầu, m;

$l_{nh}$ : chiều dài nhịp cầu, m.

- Nếu sau khi ngừng xói, dòng chủ vẫn giữ nguyên và không dùng biện pháp đào rộng lòng chủ thì  $B'_{ch} = B_{ch}$  và  $\beta_{ch}$  sẽ được xác định theo công thức của Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trục giới thiệu trong tài liệu [1].

**b. Phương pháp tính xói chung ở phần bãi sông dưới cầu và ở các sông không mang phù sa (khi tốc độ nước chảy nhỏ hơn tốc độ cho phép không xói:  $V < V_{ox}$ )**

Cấu tạo địa chất ở bãi sông thường gồm nhiều lớp. Lớp trên cùng phần lớn là đất dính và có cây cỏ mọc; sâu hơn là lớp cát, sỏi, phù sa cấu tạo lòng sông; dưới nữa là tầng đất cơ bản. Theo Giáo sư O.V. Andreev, xói chung ở bãi sông dưới cầu được tiến hành theo trình tự sau.

- Kiểm tra xem dòng sông sau khi làm cầu bị thu hẹp có xảy ra hiện tượng xói hay không. Điều kiện để có xói là:

Nếu lớp đất trên cùng có cây cỏ mọc:

$$\beta_b > (1 - \lambda) (V_{oc} / V_{bc})$$

Nếu lớp đất trên cùng không có cây cỏ mọc:

$$\beta_b > (1 - \lambda) (V_{ox} / V_{bc})$$

Trong đó:

$V_{oc}$ ;  $V_{ox}$ : tốc độ cho phép không xói của lớp đất có cây cỏ mọc và không có cây cỏ mọc (xem Bảng 1 và 2), m/s;

$V_{bc}$ : tốc độ phân bãі sông dưới cầu lúc tự nhiên, m/s;

$\beta_b$ : hệ số tăng lưu lượng ở phần bãі sông dưới cầu so với lúc tự nhiên, xác định theo công thức của Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trục giới thiệu trong tài liệu [1].

- Tính chiều sâu nước ở bãі sông sau khi xói

➤ Nếu địa chất bãі sông đồng nhất cùng đường kính hạt, chiều sâu sau khi xói ở bãі sông  $h'_b$  được xác định theo công thức sau.

$$h'_b = h_b \beta_b V_{bc} / [(1 - \lambda) V_{ox}]$$

Trong đó:  $h_b$  là chiều sâu ở bãі sông trước khi xói;  $V_{ox}$  có thể xác định theo bảng 1 và 2.

Bảng 1

**Vận tốc đáy cho phép không xói của đất không dính  $V_{od}$  (m/s)**  
(trong công thức tính trị số vận tốc cho phép không xói  $V_{ox} = (V_{od} / d^{1/6}) h^{1/6}$ )

Loại đất đá	Cỡ hạt	Đường kính hạt (mm)	$V_{od}$ (m/s)	$V_{od} / d^{1/6}$
Cát	Nhỏ	0,05 - 0,25	0,02	0,65
	Vừa	0,25 - 1,00	0,02	0,65
	Lớn	1,00 - 2,50	0,02 - 0,25	0,65 - 0,70
Sỏi	Nhỏ	2,50 - 5,00	0,25 - 0,35	0,70 - 0,85
	Vừa	5 - 10	0,35 - 0,50	0,85 - 1,1
	Lớn	10 - 15	0,50 - 0,60	1,1 - 1,2
Cuội	Nhỏ	15 - 25	0,60 - 0,80	1,2 - 1,5
	Vừa	25 - 40	0,80 - 1,00	1,5 - 1,7
	Lớn	40 - 75	1,00 - 1,35	1,7 - 2,1
Cuội lớn	Nhỏ	75 - 100	1,35 - 1,50	2,1 - 2,35
	Vừa	100 - 150	1,50 - 1,95	2,35 - 2,6
	Lớn	150 - 200	1,95 - 2,25	2,6 - 2,95
Đá tảng	Nhỏ	200 - 300	2,25 - 2,75	2,95 - 3,35
	Vừa	300 - 400	2,75 - 3,15	3,35 - 3,70
	Lớn	> 400	> 3,15	> 3,70

Bảng 2

**Vận tốc trung bình cho phép không xói của đất dính  $V_{ox}$**

Loại đất	Độ nén chặt	Tỷ trọng (T/m <sup>3</sup> )	Chiều sâu nước (m)			
			0,4	1	2	≥ 3
			$V_{ox}$ (m/s)			
Sét, á sét	Chặt ít	1,2	0,35	0,40	0,45	0,50
	Chặt vừa	1,2 - 1,5	0,70	0,85	0,95	1,10
	Chặt	1,65 - 2,05	1,00	1,20	1,40	1,50
	Rất chặt	2,05 - 2,15	1,40	1,70	1,90	2,10
Đất bột	Chặt vừa	1,2 - 1,65	0,60	0,70	0,80	0,85
	Chặt	1,65 - 2,05	0,80	1,00	1,20	1,30
	Rất chặt	2,05 - 2,15	1,10	1,30	1,50	1,70

➤ Nếu cấu tạo địa chất lòng sông gồm nhiều lớp, có thể xác định chiều sâu nước sau khi xói bằng phương pháp đồ giải (hình 1). Phương pháp đồ giải được tiến hành theo trình tự sau.

- Vẽ đường lưu lượng nguyên tố cho phép không xói thay đổi theo chiều sâu xói phát triển  $q_{ox} = f(h_i)$  tuỳ thuộc loại đất theo các biểu thức:

Đối với đất dính:

Đối với đất không dính:

$$q_{ox} = h_i V_{ox}$$

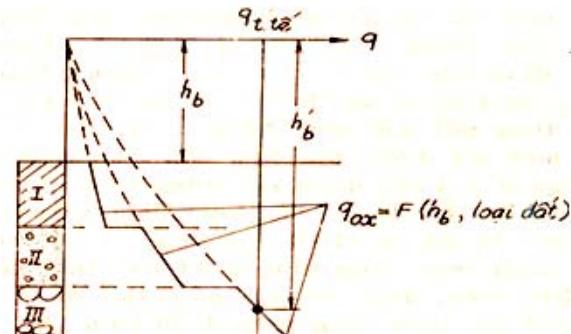
$$q_{ox} = (V_{od} / d^{1/6}) h_i^{7/6}$$

Trong đó, tỷ số ( $V_{od} / d^{1/6}$ ) được lấy theo bảng 1,  $V_{od}$  là vận tốc đáy cho phép không xói.

- Vẽ đường lưu lượng nguyên tố thực tế tại bãi sông  $q_{t.té} = f(h_b)$  theo công thức:

$$q_{t.té} = h_b \beta_b V_{bc} / (1 - \lambda)$$

- Dựa vào giao điểm của đường  $q_{ox} = f(h_i)$  và đường  $q_{t.té} = f(h_b)$ , xác định được chiều sâu xói ở bãi sông.



**Hình 1:** Sơ đồ xác định chiều sâu sau xói chung  $h'_b$  ở bãi sông

## 2. Công thức tính xói cục bộ

Nếu việc nghiên cứu dự đoán xói chung trong những năm gần đây có những tiến bộ rất lớn, các nhà khoa học đã cơ bản thống nhất được về mô hình lý luận tính toán xói chung trong các tài liệu hướng dẫn phương pháp xác định khẩu độ cầu và xói trong khu vực cầu thì việc phân tích xói cục bộ tại trụ cầu hiện vẫn là vấn đề chưa được nghiên cứu thỏa đáng. Tính xói cục bộ và biện pháp chống lại nó đang trở thành đề tài được nhiều nhà khoa học ở trong và ngoài nước quan tâm. Hiện tượng xói cục bộ tại trụ cầu được giải thích theo các nguyên nhân khác nhau, kết quả cũng khác nhau tương đối nhiều [1]. Tất cả các phương pháp tính toán xói cục bộ hiện nay có chung những nhược điểm cơ bản là thiếu mô hình lý luận thống nhất và vững chắc, dựa vào thực nghiệm hoặc kết hợp giải tích và thực nghiệm để xây dựng các tham số tính toán trong công thức, và cuối cùng là thiếu số liệu đo xói thực tế để kiểm tra độ tin cậy của chúng. Dưới đây giới thiệu một số công thức tính xói cục bộ.

### a. Công thức tính xói cục bộ trụ cầu của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Năm 1982 Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trục và Kỹ sư Nguyễn Hữu Khải của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã giới thiệu công thức xác định trị số xói cục bộ lớn nhất tại trụ cầu căn cứ vào kết quả xói thực tế ở một số cầu đang khai thác như sau.

- Khi tốc độ dòng chảy đến trụ nhỏ hơn tốc độ không xói của đất cầu tạo lòng sông  $V < V_{ox}$  (hay gặp ở các trụ cầu xây dựng trên phần bãi sông hay trên các kênh đào):

$$h_{cb} = 0,97 K_d b^{0,83} h^{0,17} (V/V_{ox})^{1,04}$$

- Khi  $V \geq V_{ox}$  (đối với các trụ ở dòng chủ):

$$h_{cb} = 0,52 K_d^{0,88} h^{0,12} (V/V_{ox})^{1,16}$$

trong đó:

$h_{cb}$ : chiều sâu xói cục bộ lớn nhất tại trụ cầu, m;

$K_d$ : hệ số xét đến ảnh hưởng của hình dạng trụ cầu, được lấy bằng  $0,1 K_\xi$ ;

$K_\xi$ : hệ số hình dạng của Iaratslaxev xác định theo Phụ lục 5;

$h$ : chiều sâu nước chảy tại trụ cầu trước khi có xói cục bộ, m;

$V$ : tốc độ nước chảy tại trụ cầu trước khi có xói cục bộ, m/s;

$V_{ox}$ : tốc độ cho phép không xói của lớp đất tại vị trí xói phát triển tối, m/s; xác định theo Bảng 1 và 2;

$b$ : chiều rộng tính toán của trụ, m.

**b. Công thức tính xói cục bộ trụ và mố cầu của Phó giáo sư - Tiến sĩ Trần Đình Nghiên**

• Xói cục bộ trụ cầu

Sau quá trình nghiên cứu cơ chế xói cục bộ đối với trụ tròn hoặc trụ tròn đầu, Phó giáo sư - Tiến sĩ Trần Đình Nghiên ở Trường Đại học Giao thông vận tải Hà Nội đã xây dựng công thức lý thuyết, đồng thời kiến nghị công thức thực hành tính xói cục bộ ở trụ cầu đối với cả hai loại xói nước đục và xói nước trong [2] như sau.

$$h_{cb} = K \sqrt{hh_x} (V/V_{ng})^n K_\alpha K_\phi$$

trong đó:

$h_{cb}$  và  $h_x$ : chiều sâu xói cục bộ và chiều sâu xói chung tại vị trí trụ, m;

$h$ : chiều sâu dòng chảy, m;

$K_\alpha$  và  $K_\phi$ : hệ số xét tới ảnh hưởng của hướng dòng chảy và hình dạng trụ;

$K = 1,24$ ;  $n = 0,77$  khi  $V < V_o$ ; và khi  $V > V_o$  nhưng  $V/V_{ng} \leq 1$  (xói nước trong);

$K = 1,11$ ;  $n = 1$  khi  $V > V_o$  nhưng  $V/V_{ng} > 1$  (xói nước đục).

$V$ : vận tốc dòng chảy đến trụ, m/s;

$V_{ng}$ : tốc độ ngừng xói phụ thuộc vào dòng nước là trong hay đục, m/s, được xác định theo công thức:

$$V_{ng} = \sqrt[3]{g\omega h} (h/d)^{0,06}$$

trong đó:

$\omega$ : độ thô thuỷ lực của hạt đáy sông có đường kính  $d_{50}$ , m/s;

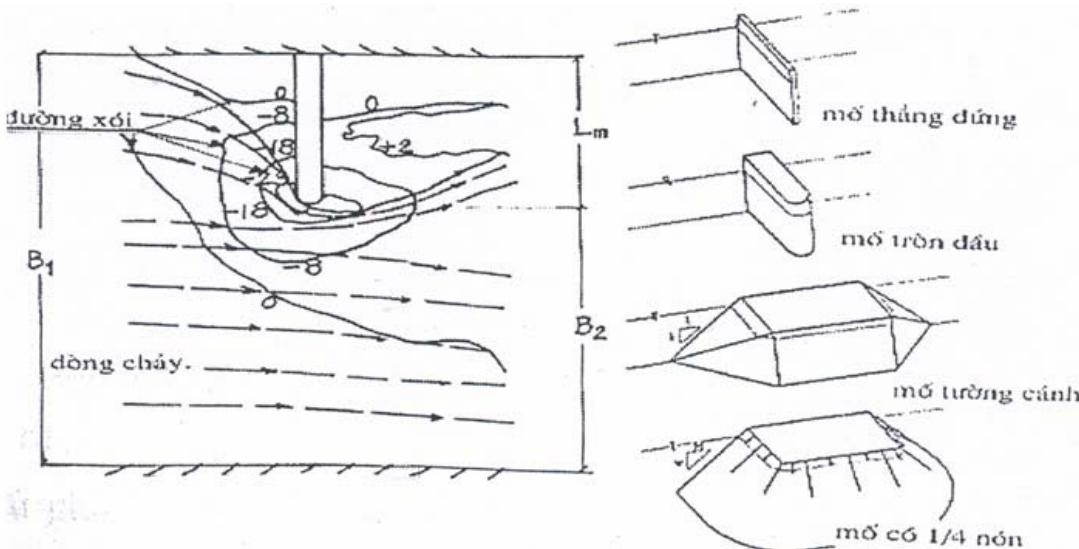
$d$ : đường kính  $d_{50}$  của hạt đáy sông, m;

$g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> là gia tốc rơi tự do,

$V_o = 3,6 \sqrt[4]{hd}$  là tốc độ không xói của hạt đất, m/s.

• Xói cục bộ mố cầu

Trong đề tài nghiên cứu gần đây nhất [11]; [12], Phó giáo sư - Tiến sĩ Trần Đình Nghiên trên cơ sở kết quả thí nghiệm đối với xói lớn nhất tương ứng với tốc độ dòng chảy  $V$  xấp xỉ và bằng tốc độ khởi động của hạt  $V_c$ , và các kết quả khi  $V > V_c$  của các tác giả khác đối với một số dạng mố (hình 2), đã sử dụng các hàm tương quan có dạng khác nhau giữa chiều sâu xói cục bộ lớn nhất  $h_c$  với diện tích choán dòng chảy  $L_m h_{th}$  của mố để phân tích số liệu thí nghiệm và đưa ra các công thức đánh giá xói cục bộ mố cầu đối với cả hai trường hợp xói nước trong và xói nước đục như sau.



**Hình 2:** Sơ đồ mố, dòng chảy và vùng xói đối với mố tròn đầu

➤ Mố thẳng đứng vuông đầu:

$$h_c = 1,38h_{th}(L_m / h_{th})^{0,63}$$

➤ Mố thẳng đứng tròn đầu:

$$h_c = 1,18h_{th}(L_m / h_{th})^{0,52}$$

➤ Mố tường cánh:

- Khi  $L_m/h_{th} = 0,75 \div 20,4$ :

$$h_c = 1,03h_{th}(L_m / h_{th})^{0,59}$$

- Khi  $L_m/h_{th} = 19,6 \div 69$ :

$$h_c = 0,078h_{th}(L_m / h_{th}) + 4,26$$

➤ Mố có 1/4 nón :

$$h_c = 0,25h_{th}(L_m / h_{th}) + 0,64$$

trong đó:

$h_c$ : chiều sâu xói cục bộ lớn nhất tại mố cầu, m;

$h_{th}$ : chiều sâu dòng chảy thượng lưu mố trước lúc xói cục bộ, m;

$L_m$ : chiều dài mố và nền đường đầu cầu nhô ra giao với dòng chảy ứng với mục nước tính toán, m.

### c. Một số công thức tính nhanh xói cục bộ trụ cầu đơn giản

Với mục đích thiết thực, sau đây chúng tôi giới thiệu một số công thức tính chiều sâu xói cục bộ đã công bố ở tài liệu [10]. Sử dụng các công thức này giúp dự báo nhanh xói cục bộ trụ cầu và kết quả tìm được có thể dùng làm trị số tham khảo.

- Xói cục bộ ở trụ có dạng hình trụ
- Xói cục bộ trong đất không dính

Bảng 3 sau đây giới thiệu một số công thức tính xói cục bộ trụ cầu áp dụng trong đất không dính.

**Bảng 3**

## Công thức tính chiều sâu xói cục bộ trụ cầu áp dụng trong đất không dính

Tên công thức	Công thức	Gợi ý điều kiện áp dụng
Shen I	$h_{xcb} = 1,17U_o^{0.62}b^{0.62}$	Nước trong, đáy sông là cát
Shen II	$h_{xcb} = 1,59U_o^{0.67}b^{0.67}$	Dòng chảy mang bùn cát, đáy sông là cát, $Fr > 0,5$
Laursen	$h_{xcb} = 1,11y_o^{0.5} b^{0.5}$	Dòng chảy mang bùn cát, đáy sông là cát, $Fr < 0,5$
Blench	$h_{xcb} = 1,8y_o^{0.75} b^{0.25} - y_o$	Dòng chảy mang bùn cát, đáy sông là cát với: $0,001 < D_{50} < 0,004$ và $Fr < 0,3$

Trong các công thức trên:

$h_{xcb}$ : chiều sâu hố xói cục bộ, m;

$b$ : chiều rộng trụ, m;

$U_o$ : tốc độ dòng chảy đến trụ, m/s;

$y_o$ : chiều sâu dòng chảy thượng lưu trụ, m;

$Fr = U_o / (gy_o)^{0.5}$  là hệ số Froude, trong đó gia tốc rơi tự do  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

➤ Xói cục bộ trụ cầu trong đất dính

Đối với đất dính, có thể sử dụng một số công thức đơn giản để đánh giá xói cục bộ trụ cầu dựa trên cơ sở chiều rộng trụ như trong bảng 4.

**Bảng 4**  
**Công thức tính chiều sâu xói cục bộ trụ cầu áp dụng trong đất dính**

Hình dạng trụ trên mặt băng	Độ nghiêng mặt trụ	$h_{xcb}$ (m)
Tròn	Thẳng đứng	1,5b
Chữ nhật	Thẳng đứng	2,0b
Hình hạt đậu	Thẳng đứng	1,2b
Chữ nhật với các mũi nửa hình tròn	Thẳng đứng	1,5b
Chữ nhật với các mũi nửa hình tròn	Mặt nghiêng vào phía trong, hướng lên đỉnh trụ một góc lớn hơn $20^\circ$ so với phương thẳng đứng	1,0b
Chữ nhật với các mũi nửa hình tròn	Mặt nghiêng ra phía ngoài, hướng lên đỉnh trụ một góc lớn hơn $20^\circ$ so với phương thẳng đứng	2,0b

- Xói cục bộ ở trụ cầu không có dạng hình trụ

Đánh giá xói cục bộ ở trụ không có dạng hình trụ có thể được thực hiện bằng cách đưa thêm các yếu tố hiệu chỉnh phù hợp vào công thức tính xói cục bộ đối với trụ hình trụ đã trình bày ở trên.

Các trụ không có dạng hình trụ có thể được thiết kế hướng mũi sắc hơn về phía dòng chảy đến so với các trụ có dạng hình trụ. Nó sẽ có hiệu quả làm giảm chiều dài của xoáy móng ngựa và do vậy giảm chiều sâu xói. Đối với các trụ có mũi tù, kết quả đảo ngược đã được chứng minh. Các yếu tố để hiệu chỉnh đối với các trụ không có dạng hình trụ được đưa ra trong bảng 5 và được thể hiện ở hệ số  $f_2$ .

**Bảng 5**  
**Yếu tố hình dạng trụ  $f_2$**

Hình dạng trụ trên mặt bằng	Chiều dài/ chiều rộng	Hệ số $f_2$
Tròn	1,0	1,0
	2,0	0,91
	3,0	0,76
	4,0	0,67
	5,0	0,73
	7,0	0,41
Mũi parabol		0,80
Mũi tam giác góc 60°		0,75
Mũi tam giác góc 90°		1,25
Mũi elip	2,0	0,91
	3,0	0,83
Mũi cung nhọn	4,0	0,86 0,92
Mũi chữ nhật	2,0	1,11
	4,0	1,40
	6,0	1,11

Yếu tố xét đến hướng xiên của dòng chảy đến được thể hiện ở hệ số  $f_3$  theo hình 3.

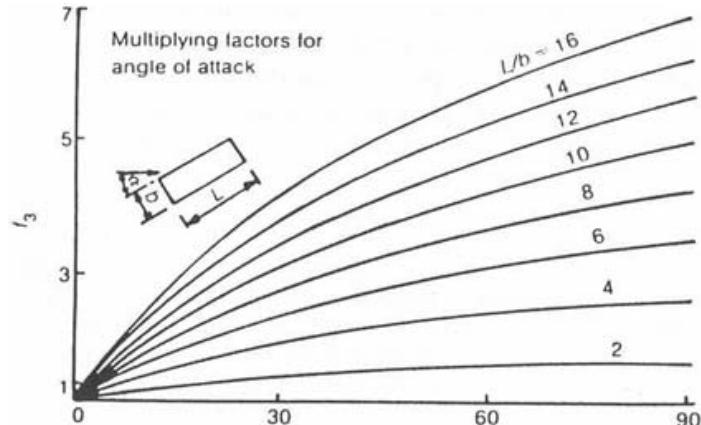
Như vậy đối với trụ cầu không có dạng hình trụ, chiều sâu xói cục bộ  $h_{cbkhr}$  được tính theo công thức:

$$h_{cbkhr} = h_{cb} f_2 f_3$$

Trong đó,  $h_{cb}$ : chiều sâu xói cục bộ ở trụ cầu có dạng hình trụ được tính như đã trình bày ở trên.

- Xói cục bộ ở trụ gồm các nhóm cọc

Các trụ cầu phần lớn được đặt trên các nhóm cọc. Mũ cọc thường ở dưới đường xói chung và nói chung có kích thước trên mặt bằng lớn hơn trụ. Phân tích xói cục bộ cho trường hợp này tốt nhất là thực hiện theo § 4.5, trường hợp đặc biệt thứ hai.



**Hình 3:** Hệ số hiệu chỉnh đối với góc xiên của dòng chảy so với phương đọc trụ.

Ghi chú: Trong tài liệu [1], Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trực còn giới thiệu một số công thức tính xói cục bộ của:

- M.M. Zuravlev và Latusencov;
- I. A. Iaratslasev; và
- Các công thức theo Tiêu chuẩn BCN 62-69 của Liên Xô trước đây.

Bạn đọc có thể tìm hiểu, lựa chọn để sử dụng.

# Phân tích thuỷ lực cầu vượt sông trên mô hình HEC-RAS

## 1. Giới thiệu

Mô hình phân tích sông (River Analysis System - RAS) do Trung tâm Thuỷ văn công trình (Hydrologic Engineering Center - HEC), sau đây gọi là Mô hình HEC-RAS của Cục Kỹ thuật công trình Quân đội Mỹ thiết kế dùng để phân tích thuỷ lực các công trình xây dựng có liên quan tới dòng chảy sông ngòi như cầu; cống; đường tràn...

Mô hình HEC-RAS là hệ thống phần mềm tổng hợp, được thiết kế để sử dụng trong môi trường nhiều chức năng có ảnh hưởng lẫn nhau.

Các mô-đun trong Mô hình HEC-RAS đều được xây dựng dựa trên những cơ sở lý thuyết có liên quan tới những khả năng tính toán khác nhau. Nhưng trong tất cả các mô-đun đều có sử dụng chung hai phương trình cơ bản là phương trình năng lượng và phương trình động lượng.

Đối với công trình cầu vượt dòng nước, để phục vụ dự báo xói chung do cầu thu hẹp dòng chảy và xói cục bộ tại chân trụ và mố cầu, trong Mô hình HEC-RAS còn sử dụng các phương trình nửa thực nghiệm. Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu tóm tắt các phương trình dùng trong Mô hình HEC-RAS có liên quan tới việc tính toán xây dựng đường mặt nước ở đoạn sông có cầu và phân tích xói dưới cầu.

## 2. Cơ sở lý thuyết phân tích thuỷ lực đoạn sông có cầu trong Mô hình HEC-RAS

### a. Các phương trình phân tích đường mặt nước

Về lý thuyết, đường mặt nước trong Mô hình HEC-RAS được tính toán từ mặt cắt này đến mặt cắt khác (hình 1) bằng việc giải Phương trình năng lượng theo trình tự tính lặp (phương pháp bước nhảy tiêu chuẩn). Phương trình năng lượng được viết như sau:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

trong đó:

$Y_1, Y_2$ : chiều sâu nước ở các mặt cắt;

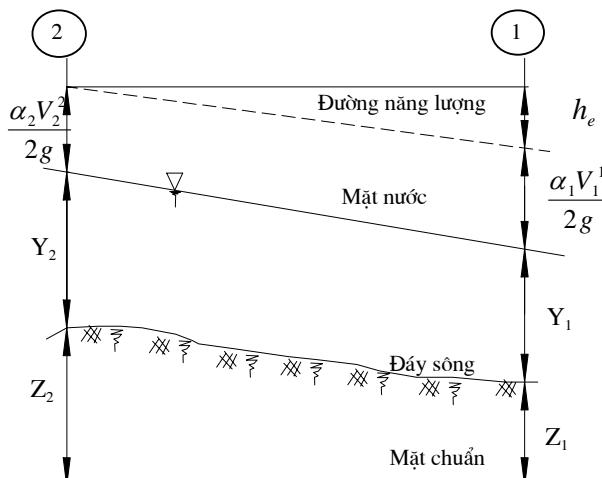
$Z_1, Z_2$ : cao độ lòng chũ;

$V_1, V_2$ : tốc độ trung bình;

$\alpha_1, \alpha_2$ : hệ số sửa chữa tốc độ;

$g$ : gia tốc trọng trường;

$h_e$ : tổn thất cột nước năng lượng giữa hai mặt cắt, bao gồm tổn thất ma sát và tổn thất thu hẹp hoặc mở rộng của dòng chảy.



**Hình 1: Sơ đồ các yếu tố  
trong phương trình năng lượng**

Phương trình năng lượng chỉ áp dụng được trong các điều kiện dòng chảy có sự biến đổi dần dần, từ chế độ dòng chảy dưới tối hạn sang trên tối hạn hoặc từ trên tối hạn xuống dưới tối hạn có sự thay đổi chậm. Khi đường mặt nước vượt qua dòng chảy tối hạn, có sự thay đổi đột ngột như ở những nơi có nước nhảy thuỷ lực, dòng chảy thấp dưới cầu

và ở các khu nhập lưu (ngã ba sông) thì về nguyên tắc, phương trình năng lượng coi như không áp dụng được nữa. Lúc đó HEC-RAS sẽ sử dụng phương trình động lượng để tính toán. Phương trình động lượng xuất phát từ định luật 2 Niuton theo phương dòng chảy có dạng:

$$\Sigma F_x = m \cdot a \quad (2)$$

trong đó:

$\Sigma F_x$ : tổng các lực theo phương x;

m: khối lượng nước;

a: gia tốc chuyển động của khối nước.

Từ phương trình (2) có thể biểu diễn sự thay đổi động lượng của một khối nước giới hạn bởi hai mặt cắt ngang sông (1) và (2) trong một đơn vị thời gian bằng phương trình sau:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q * \rho * \Delta V_x \quad (3)$$

trong đó:

$P_1, P_2$ : áp lực thủy tĩnh ở mặt cắt;

$W_x$ : trọng lực của khối nước theo phương x;

$F_f$ : lực do ma sát trong từ mặt cắt 2 đến mặt cắt 1;

Q: lưu lượng nước;

$\rho$ : trọng lượng riêng của nước;

$\Delta V_x$ : biến thiên vận tốc từ mặt cắt 2 đến mặt cắt 1.

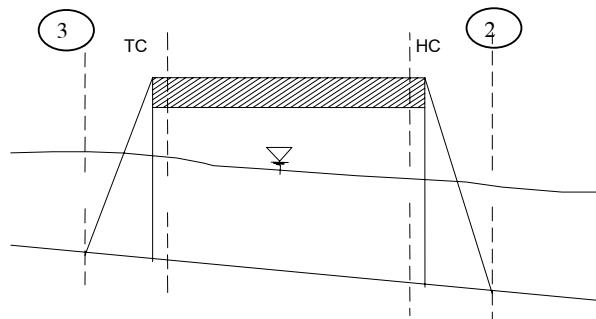
Đường mặt nước qua cầu được tính toán dựa trên cơ sở cân bằng động năng từ mặt cắt 2 tới mặt cắt 3 theo ba bước tương ứng với ba đoạn: từ mặt cắt 2 tới mặt cắt hạ lưu cầu HC; từ mặt cắt HC tới mặt cắt thượng lưu cầu TC, và từ mặt cắt TC tới mặt cắt 3 (hình 2).

Ngoài hai phương trình cơ bản (1) và (3) nêu trên, để phân tích đường mặt nước ở đoạn sông có cầu, trong Mô hình HEC-RAS còn sử dụng một phương trình thực nghiệm - Phương trình Yarnell năm 1934. Tuy không nhạy cảm nhiều với khẩu độ cầu về các đặc điểm bể rộng thoát nước, hình dạng mõm nhưng phương trình này lại rất nhạy cảm về ảnh hưởng của bể rộng choán dòng chảy của trụ. Vì vậy nó rất thích hợp khi được dùng để xem xét ảnh hưởng của trụ cầu tới đường mặt nước ở khu vực cầu.

### b. Các phương trình phân tích xói dưới cầu

Phân tích xói dưới cầu trong Mô hình HEC-RAS về cơ bản được thực hiện theo các phương trình đã giới thiệu ở § 4.4 và § 4.5 của Chương IV. Trừ phần xói tự nhiên (người tính phải tự phân tích, tổng hợp đưa ra kết luận dựa vào tài liệu điều tra dien biến lòng sông thực tế qua nhiều năm), còn lại xói chung (xói thu hẹp) do cầu thu hẹp dòng chảy và xói cục bộ tại chân trụ và mõm cầu đều có thể thực hiện được trên Mô hình HEC-RAS. Kết quả dự báo xói cuối cùng tại các trụ cầu là sự phân tích tổng hợp các trị số xói đó.

## 3. Sử dụng Mô hình HEC-RAS trong phân tích thuỷ lực cầu vượt sông



Hình 2: Mặt cắt thượng, hạ lưu cầu

### a. Yêu cầu số liệu

Các tài liệu chủ yếu phục vụ phân tích thuỷ lực cầu vượt sông trên Mô hình HEC-RAS bao gồm:

- Tài liệu địa hình, địa mạo

Ngoài tài liệu địa hình thông thường cần có như bản đồ tỷ lệ các loại (1/250 000; 1/100 000; 1/50 000 v.v...), bình đồ khu vực cầu, mặt cắt tim cầu, cần phải đưa vào Mô hình một số mặt cắt ướt trên đoạn sông. Các mặt cắt này được bố trí ở cả hai phía thượng và hạ lưu cầu. Dựa vào kết quả điều tra hiện trường, người sử dụng đánh giá và khai báo các hệ số nhám (n); các thông số về hệ thống đê điềú; công trình choán nước (nếu có) v.v... vào chương trình.

- Dòng chảy

Các đặc trưng ban đầu của dòng chảy ổn định phải được đưa vào HEC-RAS để tính toán đường mặt nước bao gồm: **chế độ chảy, điều kiện biên và lưu lượng tính toán.** (*Mô-đun "Dòng chảy không ổn định" lần đầu tiên đã được đưa vào trong HEC-RAS 3.0, tháng I năm 2001.*)

Phần dưới đây giới thiệu tóm tắt các đặc trưng ban đầu của dòng chảy ổn định.

➤ Chế độ chảy

Có ba chế độ chảy là chảy êm, chảy xiết và chảy phân giới. Trong đó, điều kiện chung thường xảy ra nhất là các trường hợp chảy êm (*ứng với  $Fr < 1$* ).

➤ Điều kiện biên

Có ba loại yêu cầu điều kiện biên tương ứng với ba chế độ chảy nêu trên là:

- Đối với chế độ dòng chảy êm, điều kiện biên chỉ phải đưa vào ở các điểm mút hạ lưu của hệ thống sông.
- Đối với chế độ dòng chảy xiết, yêu cầu chỉ phải đưa điều kiện biên vào ở các điểm mút thượng lưu của hệ thống sông.
- Đối với chế độ dòng chảy phân giới, yêu cầu phải đưa điều kiện biên vào tất cả các điểm đầu và cuối của hệ thống sông.

Người dùng phải lựa chọn khai báo một trong các yêu cầu về điều kiện biên nói trên vào chương trình. Có 4 dạng điều kiện biên sẵn có cho người dùng lựa chọn tùy theo nguồn tài liệu có thể có là: *mực nước đã biết; chiều sâu tối hạn; chiều sâu bình thường hoặc đường quan hệ mực nước với lưu lượng.*

➤ Lưu lượng tính toán

Lưu lượng tính toán được đưa vào từng mặt cắt ngang để phân tích đường mặt nước. Ít nhất phải có một điều kiện dòng chảy để đưa vào cho mỗi đoạn sông. Khi một giá trị lưu lượng được đưa vào ở điểm mút thượng lưu của đoạn sông nào, thì nó được coi như không đổi ( $Q = \text{hàng số}$ ) cho toàn đoạn sông đó cho đến khi có dòng chảy khác bổ sung vào. Lưu lượng tính toán do người sử dụng đưa vào chương trình qua các phương pháp phân tích từ số liệu thực đo, từ điều kiện mưa trên lưu vực hay các phương pháp đã biết khác. Trong mô-đun dòng chảy ổn định, HEC-RAS không bao hàm việc tính lưu lượng từ diện tích gia tăng cho mỗi đoạn sông.

- Tài liệu địa chất và hình dạng mố, trụ cầu

Tài liệu địa chất và hình dạng mố, trụ để đưa vào chương trình phục vụ tính xói dưới cầu là: đường kính hạt vật liệu đáy ứng với hàm lượng luỹ tích 50% và 90% ( $D_{50}$  và  $D_{90}$ ) của đường cong luỹ tích thành phần hạt và các yếu tố hình học của mố, trụ.

### a. Phân tích thuỷ lực

- Xác định các thông số mở rộng và thu hẹp dòng chảy khu vực cầu

Sau khi đã khai báo các tài liệu địa hình, điều kiện dòng chảy và điều kiện hình học của cầu, chương trình được thực hiện để cung cấp cho người tính một số thông số thuỷ lực (chiều sâu dòng chảy, số Froude v.v...). Thông qua các phương trình hồi quy, người sử dụng sẽ xác định bốn thông số đặc trưng của mô hình là: chiều dài đoạn sông và hệ số thu hẹp ( $L_c$  và  $C_c$ ), chiều dài đoạn sông và hệ số mở rộng ( $L_e$  và  $C_e$ ) sao cho phù hợp nhất với điều kiện thực tế trên cơ sở những tiêu chuẩn so sánh.

- Hiệu chỉnh mô hình và phân tích thuỷ lực

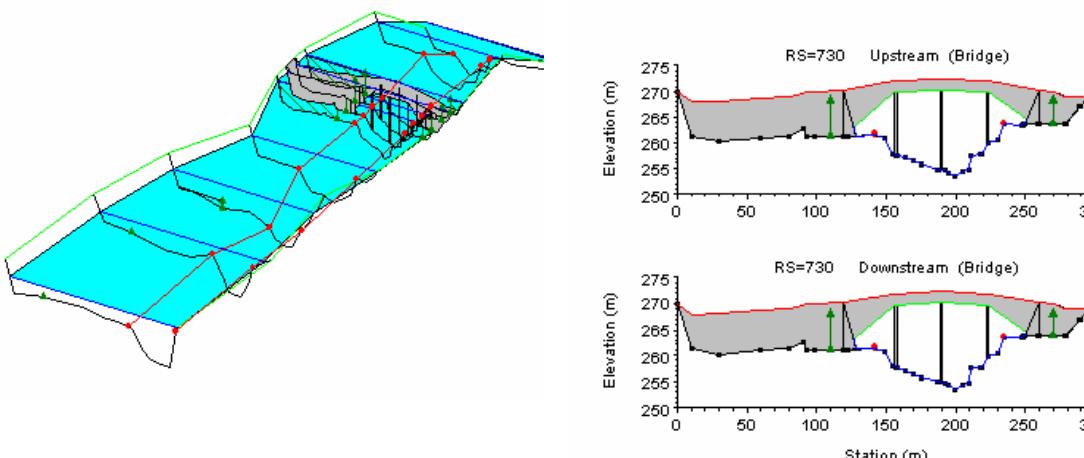
Các thông số đặc trưng xác định được từ bước trên được lần lượt khai báo để mô hình hoá mô hình phù hợp hơn so với mô hình lần đầu. Sau đó các chức năng phân tích thuỷ lực sẽ chính thức được thực hiện theo yêu cầu của người sử dụng.

- Phân tích xói dưới cầu

Trên cơ sở kết quả phân tích thuỷ lực và tài liệu địa chất đáy sông đã khai báo, chương trình sẽ cho phép phân tích xói dưới cầu. Người sử dụng có thể yêu cầu xác định trị số xói sâu nhất hoặc trị số xói ứng với điều kiện thực tế từng mố, trụ.

- In xuất kết quả

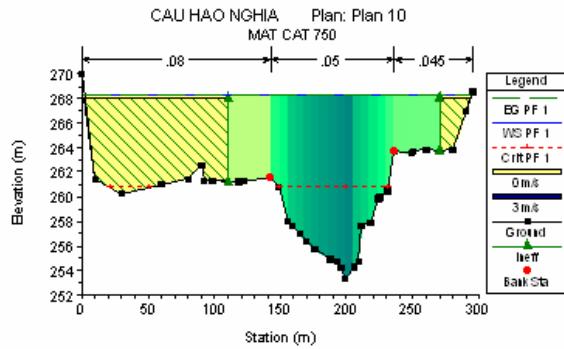
Kết quả tính toán xong có thể in xuất bao gồm: mạng lưới sông, các mặt cắt ngang, trắc dọc, đường mặt nước trước và sau khi làm cầu, đường đáy sông dưới cầu sau xói..., các kết quả tính toán thuỷ lực dưới dạng sơ đồ và bảng biểu. Một số hình ảnh dưới đây giới thiệu kết quả phân tích thuỷ lực và xói dưới một cầu vượt sông.



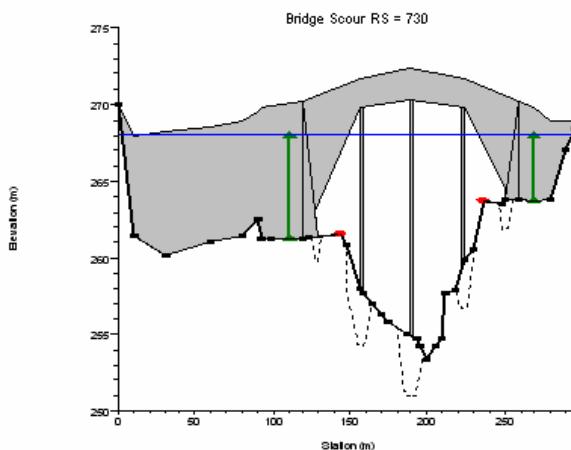
**Hình 3a:** Hình ảnh phối cảnh đoạn sông có cầu

**Hình 3b:** Mặt cắt thượng, hạ lưu và sự thu hẹp dòng chảy trước và sau cầu

**Hình 3:** Mô hình đoạn sông và cầu



**Hình 4:** Hình ảnh phân bố vận tốc tại mặt cắt tim cầu



**Hình 5:** Hình ảnh xói chung và xói cục bộ dưới cầu

Nhờ những chức năng liên hoàn mà Mô hình HEC-RAS có thể được sử dụng để phân tích thuỷ lực cho các giai đoạn thiết kế cầu vượt sông. Những điểm ưu việt của Mô hình HEC-RAS là ở chỗ:

- Nhờ quan sát trực tiếp hình ảnh và bảng biểu trên màn hình mà người sử dụng có thể nhận biết được những điểm không phù hợp (hình dạng, cao độ các điểm khống chế mặt cắt ngang/ dọc; sự di chuyển liên tục của các bó dòng; các đặc trưng thuỷ lực...) và có biện pháp sửa chữa mô hình cho hợp lý, phù hợp nhất với thực tế.

- Các yếu tố thuỷ lực được xem xét đầy đủ, liên tục trên một đoạn sông đủ dài, không bị bó hẹp trong phạm vi một mặt cắt nên tránh được những ảnh hưởng cục bộ ảnh hưởng tới đường mặt nước và đặc biệt là đến kết quả phân tích xói dưới cầu.

- Khả năng phân tích liên hoàn từ quá trình phân tích thuỷ lực đến xói dưới cầu tạo điều kiện rất thuận lợi cho người sử dụng.

- Trên cơ sở số liệu đầu vào đầy đủ, Mô hình HEC-RAS có thể giúp Chủ nhiệm đồ án giả định nhiều phương án cầu vượt sông, phân tích và xác định được các yếu tố thủy lực cơ bản như đường mặt nước trước và sau khi làm cầu, phân bố vận tốc dòng chảy, khả năng xói lở dưới cầu... của từng phương án. Các kết quả đó giúp Chủ nhiệm đồ án có thêm cơ sở để lựa chọn phương án tối ưu trước khi đi vào các vấn đề thiết kế chi tiết.

Từ năm 1998 Mô hình HEC-RAS đã được sử dụng trong nhiều dự án công trình giao thông nói chung và dự án cầu vượt sông nói riêng ở Việt Nam. Thực tế đã cho thấy, HEC-RAS là phần mềm (\*) có nhiều tiện ích, phù hợp để phân tích thuỷ lực trong thiết kế cầu vượt sông.

(\*) Đến cuối tháng 12 năm 2005, phần mềm HEC-RAS đã được nâng cấp thành phiên bản HEC-RAS 3.1.3. Bạn đọc có thể truy cập tìm hiểu, liên hệ khai thác và sử dụng theo địa chỉ sau.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hecras-whatsnew.html>

## Ví dụ phân tích xói dưới cầu

### 1. Tài liệu

Cầu C bắc qua sông S được bố trí theo sơ đồ nhịp ( $40 \times 10 + 45 + 80 + 120 + 80 + 45 + 40 \times 4$ ) m. Cầu có phương dọc đặt chéo với phương dòng chảy một góc  $\alpha = 15^\circ$  và năm trụ ( $T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}$  và  $T_{14}$ ) xây dựng trong lòng sông, các trụ và móng khác đều được đặt trên cạn. Các dữ kiện để phân tích xói dưới cầu bao gồm:

- Lưu lượng lũ thiết kế:	$Q_{\max,1\%} =$	4000	$m^3/s$
- Độ dốc mặt nước:	$S_i =$	0,0000143	
- Mực nước phân tích xói (*):	$H =$	1,00	m

(\*) Một cách gần đúng, thường dùng mực nước cao có tần suất thiết kế tương ứng với lưu lượng lũ cùng tần suất để dự báo xói. Trường hợp khu vực cầu có ảnh hưởng của thuỷ triều hoặc nước dâng từ sông khác, có khi lưu lượng lũ thiết kế lại xảy ra ở mực nước thấp hơn mực nước cao có cùng tần suất. Vì vậy, cần phân tích lựa chọn mực nước cao tương ứng với lưu lượng lũ thiết kế (bất lợi) để phân tích xói dưới cầu.

- Chiều sâu trung bình dòng chảy ở thượng lưu cầu:

$$y_1 = 14,00 \text{ m}$$

- Chiều sâu hiện tại ở đoạn bị thu hẹp trước khi xói:

$$y_0 = 14,20 \text{ m}$$

- Chiều rộng lòng sông (ứng với mực nước tính xói):

Tại mặt cắt thượng lưu cầu:  $W_1 = 350 \text{ m}$

Tại mặt cắt bị thu hẹp dưới cầu (\*\*):  $W_2 = 329,50 \text{ m}$

(\*\*) Chiều rộng lòng sông đã trừ đi chiều rộng các trụ choán vào dòng chảy.

- Đoạn sông bắc cầu tương đối thẳng và ổn định, không có bãi, đáy sông khá bằng phẳng, lòng sông dưới cầu là cát mịn có đường kính hạt như sau:

$D_{50} =$	0,025	mm
$D_{84} =$	0,075	mm
$D_{90} =$	0,095	mm

- Tốc độ dòng chảy (\*\*\*):

(\*\*\*) Các đặc trưng tốc độ dòng chảy (bình quân mặt cắt và bình quân thuỷ trực) do tính phân phối lưu lượng lũ thiết kế theo mặt cắt ướt thuỷ lực dưới cầu (kể cả kết quả xác định được qua mô hình thuỷ lực các loại) mà có. Trong ví dụ này không trình bày cách xác định các đặc trưng tốc độ dòng chảy.

Tốc độ dòng chảy trung bình trên toàn mặt cắt:  $V = 0,96 \text{ m/s}$

Tốc độ dòng chảy trung bình trước trụ  $T_{11}$  (\*\*\*\*):  $V_{11} = 0,55 \text{ m/s}$

(\*\*\*\*)  $T_{11}$  là trụ được chọn để minh họa phân tích xói cục bộ trụ cầu.

- Căn cứ bố trí chung của cầu và trụ, xác định được trụ  $T_{11}$  có kích thước và điều kiện sau.

Trụ gồm hai cột tròn (theo chiều dòng chảy), đường kính thân cột:

$$D = 2 \text{ m}$$

Bệ trụ (mũ cọc) hình chữ nhật, có:

Chiều dày:  $t = 3,00 \text{ m}$

$$\text{Chiều rộng: } B = 6,50 \text{ m}$$

$$\text{Chiều dài: } L = 22,50 \text{ m}$$

Số cọc khoan nhồi dưới bệ (theo mặt chính diện cầu):

$$n_1 = 2$$

Số cọc khoan nhồi dưới bệ (theo phương dòng chảy):

$$n_2 = 6$$

$$\text{Đường kính cọc khoan nhồi: } \Phi = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Chiều sâu dòng chảy trước trụ: } y_{11} = 7 \text{ m}$$

## 2. Phân tích xói dưới cầu

### a. Xói tự nhiên

Thông tin từ các cơ quan quản lý đường sông và điều tra hiện trường cho thấy không có sự xói bồi nghiêm trọng nào xảy ra trên khu vực đoạn sông bắc cầu. Hai bờ sông và lòng sông khá ổn định. Vậy có thể bỏ qua chiều sâu xói tự nhiên.

### b. Xói chung

Đoạn sông không có bãi, nên lưu lượng ở đoạn thượng lưu cầu và lưu lượng ở đoạn lòng dẫn bị thu hẹp do cầu là như nhau:  $Q_1 = Q_2 = 4000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tốc độ tối hạn của hạt cát  $V_c$  được tính theo công thức 4-8:

$$V_c = 6,19y^{1/6}D_{50}^{1/3} = 6,19 \times 14^{1/6} \times 0,000025^{1/3} = 0,28 \text{ m/s}$$

Có  $V_c/V = 0,28/0,96 = 0,29$ , vậy xảy ra xói nước đục. Sử dụng công thức 4-4 để phân tích xói chung dưới cầu:

$$y_2 = y_1 [Q_2/Q_1]^{6/7} [W_1/W_2]^{k_1}$$

$$y_2 = 14 [4000/4000]^{6/7} [350/329,50]^{k_1}$$

$$y_2 = 14,60 \text{ (m)}$$

Trong đó hệ số  $k_1$  được xác định như sau: Có  $U_* = (gy_1S_1)^{0.5} = (9,81 \times 14 \times 0,0000143)^{0.5} = 0,044 \text{ (m/s)}$ ; với  $D_{50} = 0,025 \text{ mm}$ , theo biểu đồ hình 4-4 xác định được  $\omega = 0,001 \text{ m/s}$  và tỷ số  $U_*/\omega = 44 > 2$ ; theo bảng 4-4 có hệ số  $k_1 = 0,69$ .

Vậy chiều sâu trung bình xói chung dưới cầu là:

$$y_{x.ch.} = y_2 - y_0 = 14,60 \text{ m} - 14,20 \text{ m}$$

$$y_{x.ch.} = 0,40 \text{ m}$$

### c. Xói cục bộ

- Xói cục bộ trụ cầu

Xói cục bộ tại trụ  $T_{11}$  được phân tích với 3 giả định:

- Xói chung chưa để lộ đỉnh bệ trụ;
- Xói chung đã để lộ bệ trụ, đường xói chung ở dưới đỉnh bệ 0,50 m; và
- Xói chung đã để lộ nhóm cọc.

➤ *Trường hợp xói chung chưa để lộ đỉnh bệ trụ*

Với giả định này, chỉ xét xói cục bộ đối với thân trụ. Dùng công thức 4-9 để tính chiều sâu hố xói cục bộ.

$$y_{xcb} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0.65} y_1^{0.35} Fr_1^{0.43}$$

Xác định các hệ số:

$$\text{Hệ số } K_1 = 1, \text{ trụ tròn}$$

Hệ số K<sub>2</sub>:

$$L = 2 \times 2,00 = 4 \text{ m}; \quad a = 2 \text{ m}$$

Dùng công thức 4-10 với góc chéo  $\alpha = 15^\circ$  xác định được K<sub>2</sub> = 1,29

Hệ số K<sub>3</sub> = 1,1 với tình trạng đáy sông tương đối bằng phẳng

Hệ số K<sub>4</sub> = 1 vì D<sub>50</sub> = 0,025 mm < 60 mm

Hệ số Fr<sub>f</sub>:

$$Fr_f = V_1 / (gy_1)^{0.5} = 0,55 : (9,81 \times 7)^{0.5} = 0,066$$

Thay các giá trị vào biểu thức tính xói cục bộ tìm được chiều sâu hố xói cục bộ là:

$$y_{xcb} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0.65} y_1^{0.35} Fr_f^{0.43}$$

$$y_{xcb} = 2,0 \times 1 \times 1,29 \times 1,1 \times 1 \times 2^{0.65} \times 7^{0.35} \times 0,066^{0.43}$$

$$y_{xcb} = 2,75 \text{ (m)}$$

➤ *Trường hợp xói chung đã lô bệ trụ, đường xói chung ở dưới đỉnh bệ 0,50 m*

Với giả định này, phải xét xói cục bộ đối với bệ trụ. Dùng công thức 4-9 để tính chiều sâu hố xói cục bộ.

Xác định các hệ số:

$$\text{Hệ số } K_1 = 1$$

Hệ số K<sub>2</sub>:

$$L = 22,50 \text{ m} \quad a = 6,50 \text{ m}$$

Dùng công thức 4-10 với góc chéo  $\alpha = 15^\circ$  xác định được K<sub>2</sub> = 1,50

Hệ số K<sub>3</sub> = 1,1 với tình trạng đáy sông tương đối bằng phẳng

Hệ số K<sub>4</sub> = 1 vì D<sub>50</sub> = 0,025 mm < 60 mm

Hệ số Fr<sub>f</sub>:

Căn cứ điều kiện giả định, đổi chiều với hình 4-6 biết y<sub>f</sub> = 0,50 m

Có D<sub>84</sub> = 0,075 mm, hay k<sub>s</sub> = 0,000075 m, với V<sub>11</sub> = 0,55 m/s, theo công thức 4-12 xác định được: V<sub>f</sub> = 0,45 m/s

Có y<sub>f</sub> = 0,50 m; V<sub>f</sub> = 0,45 m/s, tìm được:

$$Fr_f = V_f / (gy_f)^{0.5} = 0,45 : (9,81 \times 0,50)^{0.5} = 0,20$$

Thay các giá trị vừa tìm vào công thức 4-9 (trong đó dùng y<sub>f</sub> và Fr<sub>f</sub> thay cho y<sub>1</sub> và Fr<sub>1</sub>), xác định được chiều sâu hố xói cục bộ là:

$$y_{xcb} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0.65} y_f^{0.35} Fr_f^{0.43}$$

$$y_{xcb} = 2,0 \times 1 \times 1,50 \times 1,1 \times 1 \times 6,50^{0.65} \times 0,50^{0.35} \times 0,20^{0.43}$$

$$y_{xcb} = 4,38 \text{ (m)}$$

➤ *Trường hợp xói chung đã để lô nhóm cọc*

Với giả định này, phải xem xét xói cục bộ đối với nhóm cọc đã bị xói chung để lộ ra trong dòng chảy. Vẫn dùng công thức 4-9 để tính chiều sâu hố xói cục bộ.

Xác định các hệ số:

$$\text{Hệ số } K_1 = 1, \text{ trụ tròn}$$

Hệ số K<sub>2</sub>:

$$L = 6 \times 1,5 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

$$a = 2 \times 1,50 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$$

Dùng công thức 4-10 với góc chéo  $\alpha = 15^\circ$  xác định được K<sub>2</sub> = 1,43

Hệ số  $K_3 = 1,1$  với tình trạng đáy sông tương đối bằng phẳng

Hệ số  $K_4 = 1$  vì  $D_{50} = 0,025 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$

Hệ số  $Fr_1 = V_1 / (gy_1)^{0.5} = 0,55 : (9,81 \times 7)^{0.5} = 0,066$

Thay các giá trị vào biểu thức tính xói cục bộ, tìm được chiều sâu hố xói cục bộ là:

$$y_{xcb} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0.65} y_1^{0.35} Fr_1^{0.43}$$

$$y_{xcb} = 2,0 \times 1 \times 1,43 \times 1,1 \times 1 \times 3^{0.65} \times 7^{0.35} \times 0,066^{0.43}$$

$$y_{xcb} = 3,95 \text{ (m)}$$

Nhận xét: Trong ba giả định trên, khả năng xói cục bộ tại trụ đối với trường hợp bệ trụ lợp ra là sâu nhất. Vì vậy có thể chọn chiều sâu hố xói  $y_{xcb} = 4,38 \text{ m}$  làm kết quả để thiết kế trụ  $T_{11}$ .

- Xói cục bộ mố cầu

Hai mố cầu đều được đặt trên cạn nên không cần xem xét tới xói mố.

#### d. Tổng hợp xói

- Chiều sâu xói tổng cộng tại trụ cầu

Chiều sâu xói tổng cộng tại trụ  $T_{11}$  là:

$$\Sigma y_{xoi} = y_{xitn.} + y_{xch.} + y_{xcb.} = 0,00 + 0,40 + 4,38$$

$$\Sigma y_{xoi} = 4,78 \text{ (m)}$$

Chiều sâu dòng nước sau xói cục bộ sẽ là:

$$h_{xitr.} = 7,00 + 4,78 = 11,78 \text{ (m)}$$

- Chiều rộng miệng hố xói

Chiều rộng đỉnh hố xói  $W$  (m) được xác định theo công thức gần đúng đã giới thiệu trong § 4.5; mục 4.5.1.c.

$$W = 2,0y_x$$

Với  $y_x = 4,78 \text{ m}$  là chiều sâu xói, theo công thức trên xác định được chiều rộng miệng hố xói về mỗi phía tại chân trụ  $T_{11}$  có khả năng đạt tới  $W = 9,56 \text{ m}$ . Theo sơ đồ kết cấu nhịp của bố trí chung cầu, chiều rộng này không làm ảnh hưởng tới sự ổn định của các trụ liền kề.

- Thể hiện xói lên mặt cắt dọc tim cầu

Sau khi đã có kết quả phân tích xói dưới cầu như trên, có thể mô tả định lượng hình ảnh xói lên mặt cắt dọc tim cầu theo các trị số: chiều sâu xói bao gồm xói tự nhiên (nếu có), xói chung, xói cục bộ; chiều rộng miệng hố xói.

## Ví dụ tính độ dênh nước phía thượng lưu cầu

### 1. Tài liệu

Cầu M bắc qua đoạn sông T có sơ đồ nhịp (33+42+63+42+33) = 213 m.

Ở điều kiện tự nhiên, đoạn sông có: lưu lượng lũ thiết kế  $Q_{\max,1\%} = 2480 \text{ m}^3/\text{s}$ ; mực nước tính toán tương ứng  $H_{TT} = 2,45 \text{ m}$ ; diện tích thoát nước  $A_{in} = 1195 \text{ m}^2$ ; độ dốc mặt nước  $I_o = 0,0001$ ; chiều rộng toàn bộ mặt cắt ngang sông dưới cầu B = 384 m, trong đó bãi trái rộng 139 m, lòng chũ rộng 104 m và bãi phải rộng 141 m.

Phân phối lưu lượng lũ thiết kế trên toàn mặt cắt ngang sông dưới cầu xác định được: trong phạm vi cầu, ở điều kiện tự nhiên có lưu lượng  $Q_{cầu o} = 2438 \text{ m}^3/\text{s}$  chảy qua diện tích mặt cắt ướt  $A_{cầu o} = 1024 \text{ m}^2$ .

Tổng diện tích choán nước của các trụ ứng với mực nước tính toán:  $\Sigma A_{trụ} = 35 \text{ m}^2$ .

Yêu cầu: xác định các đặc trưng độ dênh nước phía thượng lưu cầu.

### 2. Tính toán

#### a. Độ dênh nước lớn nhất phía thượng lưu cầu

Độ dênh nước lớn nhất thượng lưu cầu được xác định theo công thức 4-19 kết hợp công thức 4-20 như sau.

$$\Delta h_{d.\max.} = K(V_{cầu o}^2 - V_{cầu o}^2) / 2g \quad (1)$$

Xác định hệ số K qua Công thức 4-21 dưới đây.

$$K = 1 + (V_o / V_{cầu o})^2 a / (Fr / i_o)^{0.5} \quad (2)$$

Tốc độ trung bình của dòng chảy trên toàn mặt cắt thực  $V_o$  khi chưa có cầu:

$$V_o = 2480 : 1195$$

$$V_o = 2,08 \text{ (m/s)}$$

Tốc độ trung bình dòng chảy trên phần mặt cắt thực trong phạm vi cầu  $V_{cầu o}$  khi dòng chảy chưa bị thu hẹp:

$$V_{cầu o} = 2438 : 1024$$

$$V_{cầu o} = 2,38 \text{ (m/s)}$$

Chiều rộng ngập tràn tính toán  $L_{ngập}$ :

$$L_{ngập} = 384 : 2$$

$$L_{ngập} = 192 \text{ (m)}$$

Xác định hệ số Froude theo Công thức 4-22 như sau.

$$Fr = V_o^2 / gL_{ngập} = 2,08^2 / 9,81 \times 192 = 0,0023$$

$$Fr = 0,0023$$

Xác định hệ số a = f( $Fr/i_o$ ;  $Q_{TK}/Q_{cầu o}$ ): Có  $Fr/i_o = 0,0023 / 0,0001 = 23$  và  $Q_{TK}/Q_{cầu o} = Q_{\max,1\%}/Q_{cầu o} = 2480 / 2438 = 1,02$ ; theo bảng 4-11 tra được: a = 0,73.

Thay các giá trị đã tìm được vào (2), xác định hệ số K:

$$K = 1 + (2,08 : 2,38)^2 \times 0,73 : (0,0023 : 0,0001)^{0.5}$$

$$K = 1,116$$

Tốc độ trung bình dòng chảy dưới cầu  $V_{cầu}$  khi dòng chảy đã bị cầu thu hẹp:

$$V_{cầu} = 2480 : (1024 - 35) = 2,51 \text{ (m/s)}$$

Thay các giá trị đã tìm được vào (1), xác định độ dênh nước cao nhất phía thượng lưu cầu:

$$\Delta h_{d.\max.} = 1,116 \times (2,51^2 - 2,38^2) / 2 \times 9,81$$

$$\Delta h_{d.\max.} = 0,04 \text{ (m)}$$

**b. Khoảng cách từ cầu đến nơi có độ dènh nước lớn nhất**

Khoảng cách  $x_o$  từ cầu đến nơi có độ dènh nước lớn nhất phía thượng lưu được xác định theo công thức 4-23 như sau.

$$x_o = a \times L_{ngap} \left( Fr / i_o \right)^{0.5} \quad (3)$$

Thay các giá trị đã tìm vào (3), xác định được:

$$x_o = 0,73 \times 192 \times (0,0023 / 0,0001)^{0.5}$$

$$x_o = 672 \text{ (m)}$$

**c. Độ dènh nước lớn nhất ở mái dốc đường dẫn lên cầu**

Độ dènh nước lớn nhất  $\Delta h_{TL}$  ở mái dốc đường dẫn lên cầu được xác định theo công thức 4-24 như sau.

$$\Delta h_{TL} = \Delta h_{d.\max.} + x_o i_o + V_o^2 / g \quad (4)$$

Thay các giá trị đã tìm vào (4), xác định được:

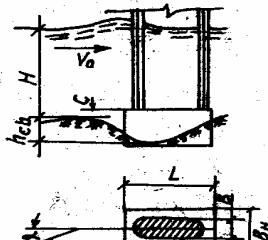
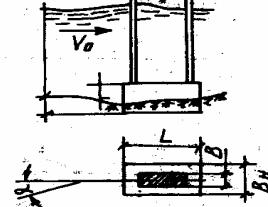
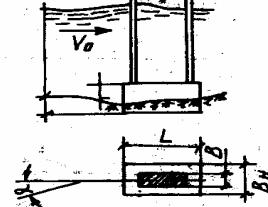
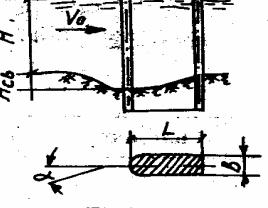
$$\Delta h_{TL} = 0,04 + 672 \times 0,0001 + 2,08^2 : 9,81$$

$$\Delta h_{TL} = 0,55 \text{ (m)}$$

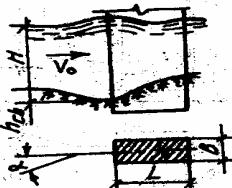
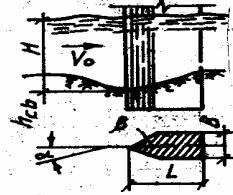
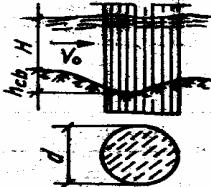


PHỤ LỤC 4-5

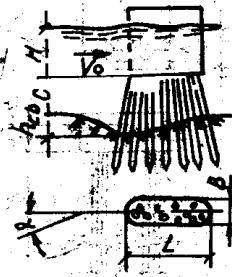
HỆ SỐ HÌNH DẠNG TRỤ CẦU K<sub>ξ</sub>

Thứ tự	Loại trụ	K <sub>ξ</sub>						Chiều rộng trụ tính toán
		C/H $\alpha^{\circ}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	
1	 		8,5	9,9	11,5	12,1		Khi tính nước chảy thẳng góc với trụ : $B_t = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ Khi nước chảy xiên góc : 1) $B_t = (L - B_o) \sin \alpha + B_o$ , nếu $\frac{C}{H} < 0,3$ $B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ , nếu $\frac{C}{H} > 0,3$ 2) $B = L \sin \alpha + B_o \cos \alpha$ $B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$
2			12,4					Khi tính nước chảy thẳng góc với trụ : $B_t = B + (B_H - B) \frac{C}{H}$ Khi nước chảy xiên góc $B_t = L \sin \alpha + B_o \cos \alpha$ $B_o = B + (B_H - B) \frac{C}{H}$
3			8,5	8,9	9,0	10,2	11,3	Khi nước chảy thẳng góc với trụ : $B_t = B$ Khi nước chảy xiên góc với trụ : $B_t = (L - B) \sin \alpha + B$
		Xem chú ý của loại 1						

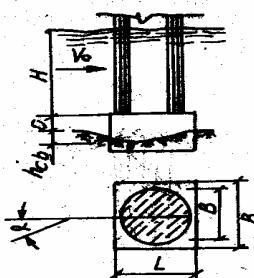
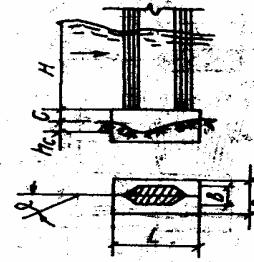
PHỤ LỤC 4-5 (tiếp theo)

Thứ tự	Loại trụ	$K_{\xi}$	Chiều rộng trụ tính toán								
4		12,4	<p>Khi nước chảy thẳng góc với trụ :  <math>B_t = B</math></p> <p>Khi nước chảy xiên góc với trụ :  <math>B_t = L \sin \alpha + B \cos \alpha</math></p>								
	Xem chú ý của loại 1										
5		<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\alpha^{\circ}</math></th> <th><math>120^{\circ}</math></th> <th><math>90^{\circ}</math></th> <th><math>60^{\circ}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>K_{\xi}</math></td> <td>12,2</td> <td>10,0</td> <td>7,3</td> </tr> </tbody> </table>	$\alpha^{\circ}$	$120^{\circ}$	$90^{\circ}$	$60^{\circ}$	$K_{\xi}$	12,2	10,0	7,3	<p>Khi nước chảy thẳng góc với trụ :  <math>B_t = B</math></p> <p>Khi nước chảy xiên góc với trụ :  <math>B_t = (L - B) \sin \alpha + B</math></p>
$\alpha^{\circ}$	$120^{\circ}$	$90^{\circ}$	$60^{\circ}$								
$K_{\xi}$	12,2	10,0	7,3								
6		10,0	$B = d$								

PHỤ LỤC 4-5 (tiếp theo)

Thứ tự	Loại trụ	K <sub>f</sub>	Chiều rộng trụ tính toán																																				
7		$K_f = f\left(\frac{C}{B}, \alpha^\circ\right)$ <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="724 448 819 518"><math>\alpha^\circ</math></th> <th data-bbox="819 448 893 518">0</th> <th data-bbox="893 448 967 518">2</th> <th data-bbox="967 448 1041 518">4</th> <th data-bbox="1041 448 1115 518">8</th> <th data-bbox="1115 448 1189 518">12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="724 518 819 563"><math>0^\circ</math></td><td data-bbox="819 518 893 563">8,5</td><td data-bbox="893 518 967 563">7,5</td><td data-bbox="967 518 1041 563">6,76</td><td data-bbox="1041 518 1115 563">5,98</td><td data-bbox="1115 518 1189 563">5,4</td></tr> <tr> <td data-bbox="724 563 819 607"><math>10^\circ</math></td><td data-bbox="819 563 893 607">8,7</td><td data-bbox="893 563 967 607">7,7</td><td data-bbox="967 563 1041 607">6,8</td><td data-bbox="1041 563 1115 607">6,1</td><td data-bbox="1115 563 1189 607">5,5</td></tr> <tr> <td data-bbox="724 607 819 652"><math>20^\circ</math></td><td data-bbox="819 607 893 652">9,0</td><td data-bbox="893 607 967 652">7,8</td><td data-bbox="967 607 1041 652">7,1</td><td data-bbox="1041 607 1115 652">6,2</td><td data-bbox="1115 607 1189 652">5,6</td></tr> <tr> <td data-bbox="724 652 819 698"><math>30^\circ</math></td><td data-bbox="819 652 893 698">10,5</td><td data-bbox="893 652 967 698">8,6</td><td data-bbox="967 652 1041 698">7,5</td><td data-bbox="1041 652 1115 698">6,3</td><td data-bbox="1115 652 1189 698">5,7</td></tr> <tr> <td data-bbox="724 698 819 742"><math>40^\circ</math></td><td data-bbox="819 698 893 742">11,2</td><td data-bbox="893 698 967 742">9,2</td><td data-bbox="967 698 1041 742">7,9</td><td data-bbox="1041 698 1115 742">6,7</td><td data-bbox="1115 698 1189 742">5,9</td></tr> </tbody> </table>	$\alpha^\circ$	0	2	4	8	12	$0^\circ$	8,5	7,5	6,76	5,98	5,4	$10^\circ$	8,7	7,7	6,8	6,1	5,5	$20^\circ$	9,0	7,8	7,1	6,2	5,6	$30^\circ$	10,5	8,6	7,5	6,3	5,7	$40^\circ$	11,2	9,2	7,9	6,7	5,9	<p>Khi nước chảy thẳng góc với trụ :</p> $B_t = B$ <p>Khi nước chảy xiên góc với trụ :</p> $B_t = (L - B)\sin\alpha + B$
$\alpha^\circ$	0	2	4	8	12																																		
$0^\circ$	8,5	7,5	6,76	5,98	5,4																																		
$10^\circ$	8,7	7,7	6,8	6,1	5,5																																		
$20^\circ$	9,0	7,8	7,1	6,2	5,6																																		
$30^\circ$	10,5	8,6	7,5	6,3	5,7																																		
$40^\circ$	11,2	9,2	7,9	6,7	5,9																																		
8		$K_f = 5,5$	$B_t = B$																																				

PHỤ LỤC 4-5 (tiếp theo)

Thứ tự	Loại trụ	Kết quả tính toán	Chiều rộng trụ tính toán																																																																																				
9	 <p>Diagram of a rectangular pile foundation. The vertical height is labeled <math>H</math>, the horizontal length is <math>L</math>, and the width is <math>b</math>. The angle between the vertical axis and the pile is labeled <math>\alpha</math>.</p>	<p><math>K_s</math></p> <p><math>b = 90^\circ</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>C/H <math>\alpha^\circ</math></th> <th>0</th> <th>0,2</th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>0^\circ</math></td> <td>10,0</td> <td>10,9</td> <td>11,9</td> <td>12,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>10^\circ</math></td> <td>10,2</td> <td>11,1</td> <td>12,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>20^\circ</math></td> <td>10,6</td> <td>11,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>12,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>40^\circ</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	C/H $\alpha^\circ$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$0^\circ$	10,0	10,9	11,9	12,2			$10^\circ$	10,2	11,1	12,1				$20^\circ$	10,6	11,4					$30^\circ$	12,1						$40^\circ$							Xem quy định đối với loại 1																																										
C/H $\alpha^\circ$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0																																																																																	
$0^\circ$	10,0	10,9	11,9	12,2																																																																																			
$10^\circ$	10,2	11,1	12,1																																																																																				
$20^\circ$	10,6	11,4																																																																																					
$30^\circ$	12,1																																																																																						
$40^\circ$																																																																																							
10	 <p>Diagram of a rectangular pile foundation. The vertical height is labeled <math>H</math>, the horizontal length is <math>L</math>, and the width is <math>b</math>. The angle between the vertical axis and the pile is labeled <math>\alpha</math>.</p>	<p><math>\beta = 90^\circ</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>C/H <math>\alpha^\circ</math></th> <th>0</th> <th>0,2</th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>0^\circ</math></td> <td>10,0</td> <td>10,9</td> <td>11,9</td> <td>12,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>10^\circ</math></td> <td>10,2</td> <td>11,1</td> <td>12,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>20^\circ</math></td> <td>10,6</td> <td>11,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>12,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>40^\circ</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><math>\beta = 60^\circ</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>C/H <math>\alpha^\circ</math></th> <th>0</th> <th>0,2</th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>0^\circ</math></td> <td>7,3</td> <td>9,1</td> <td>11,2</td> <td>12,0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>10^\circ</math></td> <td>7,5</td> <td>9,4</td> <td>11,5</td> <td>12,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>20^\circ</math></td> <td>7,6</td> <td>9,8</td> <td>11,9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>8,8</td> <td>11,2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>40^\circ</math></td> <td>9,7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	C/H $\alpha^\circ$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$0^\circ$	10,0	10,9	11,9	12,2			$10^\circ$	10,2	11,1	12,1				$20^\circ$	10,6	11,4					$30^\circ$	12,1						$40^\circ$							C/H $\alpha^\circ$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$0^\circ$	7,3	9,1	11,2	12,0			$10^\circ$	7,5	9,4	11,5	12,2			$20^\circ$	7,6	9,8	11,9				$30^\circ$	8,8	11,2					$40^\circ$	9,7						<p>Khi nước chảy thẳng góc với trụ</p> $B_t = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ <p>Khi nước chảy xiên góc với trụ</p> <p>nếu <math>\frac{C}{H} \leq 0,3</math></p> $B_t = (L - B_o) \sin \alpha + B_o$ $B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ <p>nếu <math>\frac{C}{H} &gt; 0,3</math></p> $B_t = L \sin \alpha + B_o \cos \alpha$ $B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$
C/H $\alpha^\circ$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0																																																																																	
$0^\circ$	10,0	10,9	11,9	12,2																																																																																			
$10^\circ$	10,2	11,1	12,1																																																																																				
$20^\circ$	10,6	11,4																																																																																					
$30^\circ$	12,1																																																																																						
$40^\circ$																																																																																							
C/H $\alpha^\circ$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0																																																																																	
$0^\circ$	7,3	9,1	11,2	12,0																																																																																			
$10^\circ$	7,5	9,4	11,5	12,2																																																																																			
$20^\circ$	7,6	9,8	11,9																																																																																				
$30^\circ$	8,8	11,2																																																																																					
$40^\circ$	9,7																																																																																						

