

CHƯƠNG V - TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÔNG TRÌNH CẦU TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

§ 5.1. Tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông

Khi tuyến đường qua đoạn sông có bãi rộng mà trên bãi có rất nhiều dòng nhánh, phải căn cứ vào điều kiện cụ thể của đoạn sông đó để chọn phương án thiết kế nhiều cầu trên 1 sông hoặc 1 cầu trên 1 sông.

Thường thường khi lòng sông và lưu lượng nước lũ tương đối ổn định, tỷ số phân phối lưu lượng giữa dòng chính, dòng nhánh và dòng trên bãi sông thay đổi rất ít, thì có thể bắc nhiều cầu trên 1 sông. Trường hợp dòng chính có xu thế chuyển dịch ngang nếu như lưu tốc không lớn lắm, lượng hàm cát trong nước lũ ít, mà lòng sông tương đối sâu khi dùng biện pháp chỉnh trị để ổn định vị trí lòng sông, khống chế tỷ số phân phối lưu lượng giữa dòng chính, dòng nhánh và bãi sông, thì cũng có thể dùng phương án nhiều cầu trên 1 sông. Nhưng ở đoạn sông mà lòng thay đổi bất thường, bãi và cồn cát chuyển dịch mạnh không theo quy luật nào, không được dùng phương án nhiều cầu trên 1 sông mà phải bố trí hệ thống công trình chỉnh trị để cố định vị trí lòng sông và dùng phương án 1 cầu.

Nếu bố trí cầu cống phụ trên bãi sông phải dùng biện pháp phòng hộ, bắt dòng chính phát triển theo hướng đã định để bảo đảm an toàn cho nền đường và cầu cống phụ.

Trên 1 sông hợp nhiều cầu làm một không hẳn bao giờ cũng tốt, việc đó không những làm thay đổi trạng thái thiên nhiên của dòng nước mà còn có thể có nhược điểm như yêu cầu khôi lượng lớn công trình chỉnh trị, làm tắc các dòng nhánh ảnh hưởng đến việc tưới tiêu phục vụ nông nghiệp, nâng cao mực nước ứ đênh trước cầu và đường đầu cầu, thậm chí còn làm ngập làng mạc đồng ruộng hoặc uy hiếp đê điều v.v...

Bởi vậy, để chọn phương án làm nhiều cầu hay 1 cầu trên 1 sông cần có so sánh về kinh tế - kỹ thuật.

5.1.1. Những điểm cần chú ý khi tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông

- Vị trí cầu phải đặt ở nơi mà dòng chính và dòng nhánh bãi sông ở chỗ tương đối sâu, cố gắng phân bố các cầu cho đều và giữa các cầu phải có khoảng cách thích hợp.

- Căn cứ vào mặt cắt ngang sông tại vị trí cầu và mặt cắt phụ ở thượng hạ lưu, lấy đường phân nước thiên nhiên ở chỗ địa hình nhô cao lên giữa 2 cầu làm điểm phân giới lưu lượng. Nếu đường phân nước thiên nhiên không rõ ràng, có thể vạch một đường thích hợp giữa hai cầu làm đường phân nước nhân tạo, dựa vào đó mà phân phối tính lưu lượng cho các cầu.

- Do có chênh lệch trong các cách phân phối lưu lượng cho các cầu, cần tăng lưu lượng thiết kế các cầu cho chúng để mỗi cầu đều thích hợp với điều kiện phân phối bất lợi nhất.

Xác định hệ số tăng lưu lượng thường dùng phương pháp sau:

Phương pháp 1: Căn cứ vào mặt cắt ngang sông tại vị trí cần đo ngày gần đây nhất theo mực nước thiết kế, tính lưu lượng thoát qua các cầu Q_m , và tìm được tỷ số phân phối lưu lượng cho các cầu bằng công thức:

$$P_1 = \frac{Q_m}{\sum_1^n Q_m} \%$$

Phương pháp 2: Tính tỷ số phân phối lưu lượng thiết kế cho các cầu dựa vào mực nước thiết kế và mặt cắt ngang phụ ở thượng lưu vị trí cầu:

$$P_2 = \frac{Q'_m}{\sum_1^n Q'_m} \%$$

Phương pháp 3: Tính tỉ số phân phối lưu lượng lớn nhất cho các cầu theo tài liệu thực đo nhiều năm tại mặt cắt ngang phụ ở thượng lưu vị trí cầu:

$$P_3 = \frac{Q''_m}{\sum_1^n Q''_m} \%$$

Với kết quả tính được theo các cách phân phối nói trên, chọn ra tỷ số lớn nhất cho từng cầu và đem cộng lại, ta được hệ số tăng cường tổng lưu lượng tính toán.

Trong thí dụ ở bảng dưới ta được hệ số tăng cường lưu lượng bằng 1,17; do đó lưu lượng thiết kế sẽ thành $Q_p = 1,17 \cdot Q_1 \%$

Tuy nhiên mực nước thiết kế vẫn dùng mực nước tương ứng lưu lượng thiết kế trước lúc tăng cường.

Phương pháp phân phối	Tỷ số phân phối lưu lượng cho các cầu (%)				Tổng cộng %
	Cầu 1	Cầu 2	Cầu 3	Cầu 4	
Phương pháp 1 P_1	32	18	42	8	100
Phương pháp 2 P_2	30	25	35	10	100
Phương pháp 3 P_3	36	18	32	14	100
Dùng hệ số tăng cường	36	25	42	14	117

- Vị trí cầu phải cố hết sức đặt thẳng góc với hướng nước lũ. Chiều cao út dênh của các cầu đều phải lấy bằng nhau.

- Lưu tốc thiết kế của các cầu trên bãi có quan hệ tới út dênh trước cầu. Để mực nước ở thượng hạ lưu đường khỏi chênh lệch quá đáng mà ảnh hưởng tới tính ổn định của nền đường bãy sông, thì tốt nhất là không cho út dênh quá 0,9m. Nếu lưu tốc ở nhịp cầu trên bãy sông tương ứng với mức dênh cao nhất thiết kế vượt lưu tốc không xói cho phép của đất ở bãy sông, cần so sánh các phương án cho xói với phương án không cho xói (phòng xói) dưới cầu. Do trên bãy sông phù sa từ thượng lưu trôi về ít nên thường độ sâu xói dưới các cầu ở bãy sông rất lớn nên đối với cầu khẩu độ nhỏ tốt nhất là dùng biện pháp gia cố dưới cầu.

- Trong mọi trường hợp, các cầu đều phải bố trí kè dẫn nước.

5.1.2. Tính khẩu độ cầu

Khi thiết kế nhiều cầu trên 1 sông, thường gấp 2 trường hợp: (1) cho xói địa chất lòng sông dưới các cầu; (2) ở lòng chính cho phép xói địa chất dưới cầu, còn ở bãy sông không cho phép xói dưới cầu. Sau đây là những phương pháp tính:

a. Lòng sông của cầu lớn và cầu trung đều cho phép xói

- Dùng công thức (5-1) vẽ đường cong quan hệ giữa chiều cao út dênh của các cầu và diện tích làm việc dưới cầu.

$$\Delta Z = \eta \left[\left(\frac{Q_m}{\omega_m} \right)^2 - \left(\frac{Q_m}{\Omega_m} \right)^2 \right] = f(\omega_m)$$

(5-1)

trong đó:

η : hệ số, xác định riêng cho mỗi cầu theo bảng 4-10;

Q_m : lưu lượng thiết kế phân phối cho từng cầu nhất định, m^3/s ;

ω_m : diện tích làm việc dưới cầu ứng với mực nước thiết kế, m^2 ;

Ω_m : diện tích mặt cắt ngang dòng sông ở trạng thái thiên nhiên ứng với lưu lượng thiết kế ở cầu đó, m^2 .

- Trong nhóm đường cong $\Delta Z = f(\omega_m)$, căn cứ vào trị số út dênh cao nhất ΔZ , xác định ΔZ theo biên bản ký kết với các ngành hữu quan hoặc theo điều kiện cho phép ngập ở phía thượng lưu cầu và chiều cao vai đường, sơ bộ chọn ra kích thước khẩu độ các cầu, sau đó tính xói dưới cầu tìm được diện tích sau xói của các cầu W_m . Tra lại trên đường cong $\Delta Z = f(\omega_m)$ được trị số ΔZ tương ứng. Lấy trị số ΔZ_{min} (nhỏ nhất trong những trị số út dênh của các cầu) làm trị số chung, ω'_m của các cầu tương ứng với ΔZ_{min} làm diện tích cuối cùng, dùng để xác định kích thước cuối cùng khẩu độ cầu.

- Xác định được khẩu độ cầu với điều kiện là chiều cao ú dênh của các cầu phải đều bằng nhau, thì lưu lượng thực tế qua các cầu sẽ theo tỉ số phân phối đã định lúc trước. Vậy dùng công thức (5-1) để có đường cong $\Delta Z = f(Q_m)$ của các cầu và đã biết tổng số lưu lượng trên các đường cong quan hệ trên đó ta tìm được dễ dàng lưu lượng phân phối cuối cùng và trị số nước dênh cuối cùng cho các cầu.

b. Lòng sông của cầu lớn và cầu trung cho phép xói hoặc không cho phép xói

- Vẽ theo phương pháp trên, vẽ các đường cong $\Delta Z = f(\omega_m)$ trước khi xói của các cầu. Theo trị số ú dênh đã dùng, tra trên đồ thị được diện tích làm việc tương ứng của các cầu và sơ bộ chọn ra kích thước khẩu độ các cầu.

- Cầu lớn và cầu trung cho phép xói thì lần lượt tính xói để tìm ω'_m và ΔZ tương ứng của các cầu rồi chọn ΔZ_{min} làm trị số dùng chung, từ đó tra trên đường cong quan hệ $\Delta Z = f(\omega_m)$ tìm diện tích làm việc cần thiết của các cầu và xác định lại khẩu độ của chúng.

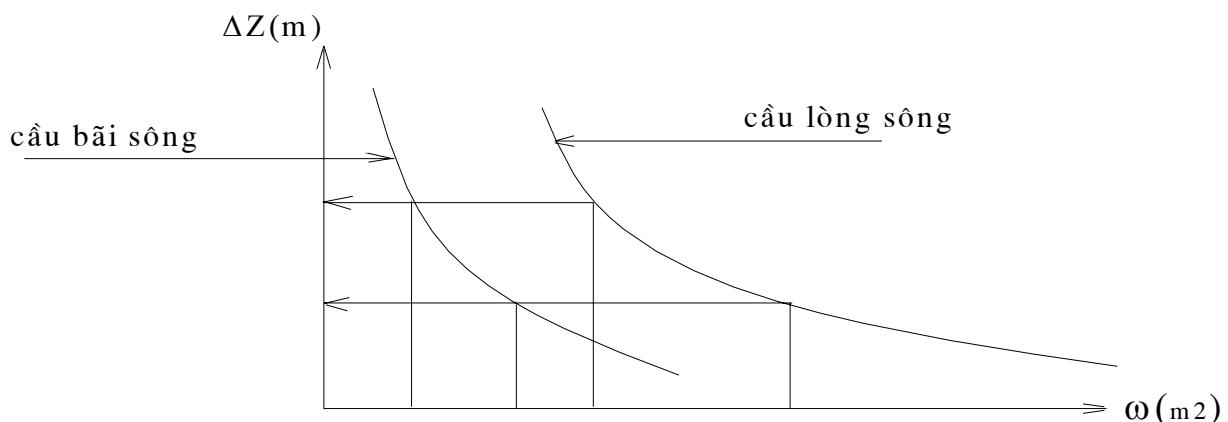
- Vẽ đường cong quan hệ giữa chiều cao ú dênh và lưu lượng thoát qua các cầu, lần lượt tìm hai trị số phân phối lưu lượng trước khi xói và sau khi xói.

- Đối với cầu không cho phép xói khi xác định lưu tốc thiết kế xây lát phải dùng lưu tốc dưới cầu ứng với lưu lượng phân phối cho cầu đó lúc chưa xói.

Ví dụ:

Tài liệu gốc: Trên vị trí X có thiết kế 2 cầu .

Một cầu ở lòng sông, một cầu ở bãi sông, nước chảy thẳng góc cầu trên bãi sông phải xây lát, hai cầu đều có kè hướng nước với kích thước đầy đủ. Tài liệu tính toán của 2 cầu sau khi đã phân phối lưu lượng thiết kế và tăng cường như bảng sau:



Hình 5 - 1

Tài liệu tính toán	Cầu bãi sông	Cầu lòng sông
Lưu lượng phân phổi, m ³ /s	190	910
Hệ số tăng cường.	1,1	1,1
Lưu lượng thiết kế sau khi tăng cường Q _m , m ³ /s	210	1000
Diện tích mặt cắt lòng sông thiên nhiên Ω, m ²	700	1400
Hệ số η	0,1	0,1
Loại đất	Dùng đá phiến lát khan	Cát to lắn cuội sỏi
Chiều sâu bình quân trước xói H, m	2,5	5,50
Chiều cao ứ đênh quy định lớn nhất ΔZ, m	0,30	0,30

Theo công thức (5-1) lập đường cong ΔZ = f(ω_m) của hai cầu, hình 5-1.

➤ Tính cầu ở bãi sông

Q_m/Ω = 210/700 = 0,30 ; (Q_m/Ω)² = 0,09, đồng thời giả thiết tính chiều cao ứ đênh ΔZ của các khẩu độ cầu như bảng sau:

Hạng mục tính toán	Đầm bê tông cốt thép chữ T						
	2x16m	3x16m	4x16m	5x16m	6x16m	7x16m	8x16m
ω _m (m ²)	66	103	141	178	215	256	294
Q _m /ω _m (m/s)	3,18	2,04	1,49	1,18	0,98	0,82	0,72
(Q _m /ω _m) ²	10,10	4,16	2,22	1,39	0,96	0,67	0,52
ΔZ(m)	1,00	1,00	0,21	0,13	0,09	0,06	0,04

➤ Tính cầu ở lòng sông

$$\frac{Q_m}{\Omega} = \frac{1000}{1400} = 0,175; \quad \left(\frac{Q_m}{\Omega}\right)^2 = 0,51$$

Hạng mục tính toán	Dầm bê tông cốt thép chữ T						
	6x16m	7x16m	8x16m	9x16m	10x16m	11x16m	12x16m
$\omega_m(m^2)$	455	536	620	705	786	874	954
Q_m/ω_m	2,20	1,87	1,61	1,42	1,27	1,14	1,05
$(Q_m/\omega_m)^2$	4,85	3,5	2,59	2,02	1,61	1,30	1,10
$\Delta Z(m)$	0,43	0,30	0,21	0,15	0,11	0,08	0,06

Khi ứng với $\Delta Z = 0,30m$ cầu ở bãi sông cần có diện tích làm việc là $\omega_m = 120m^2$; cầu ở lòng sông $\omega_m = 536m^2$ (tương đương với dầm bê tông cốt thép chữ T 7x16m).

➤ Tìm diện tích ω_m sau khi xói của cầu ở lòng sông và ΔZ tương ứng

Dùng công thức chương IV để tính xói, đồng thời coi đất cầu này là loại thô nhưỡng tương đối chặt để xét. Tính xói khi nước dânh theo 50% trị số xói tính toán toàn bộ. Sau khi xói 50% rồi, diện tích thoát nước của cầu lòng sông $\omega'_m = 612m^2$. Tra hình vẽ 5-1 được $\Delta z = 0,21m$ tương ứng, cầu bãi sông khi ở mực nước dânh đó, diện tích làm việc tăng lên $\omega'_m = 141m^2$. Do đó quyết định cầu lòng sông dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 7x16m; cầu bãi sông vì không xét tới xói lở, cho nên cần dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 4x16m.

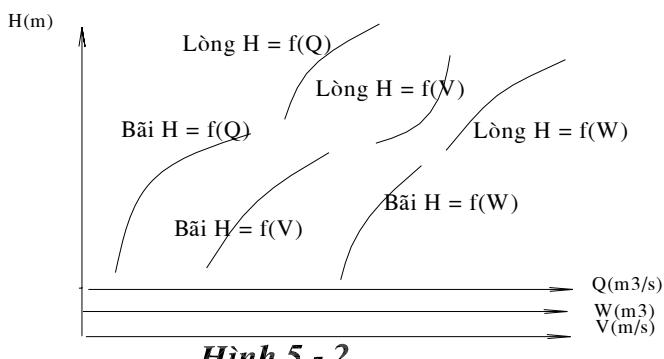
➤ Dùng công thức 5-1 lập đường cong $\Delta Z = f(Q_m)$ của hai cầu.

- Trước tiên vẽ đường cong quan hệ $H = f(Q, V, \Omega)$ của mặt cắt thiên nhiên lòng sông và bãi sông trước khi làm cầu (tức đường cong quan hệ chiều sâu nước bình quân, lưu lượng, lưu tốc, mặt cắt thoát nước) như hình 5 - 2.

- Lần lượt tìm các số liệu quan hệ giữa trị số nước dânh và lưu lượng của cầu bãi sông và cầu lòng sông (trước và sau lúc xói) – xem bảng trang sau.

Vẽ đồ thị quan hệ như hình 5 - 3.

- Trong hình vẽ 5 - 3 lấy tổng lưu lượng bằng $1210m^3/s$ làm tiêu chuẩn tra được lưu lượng phân phối sau xói:



Hình 5 - 2

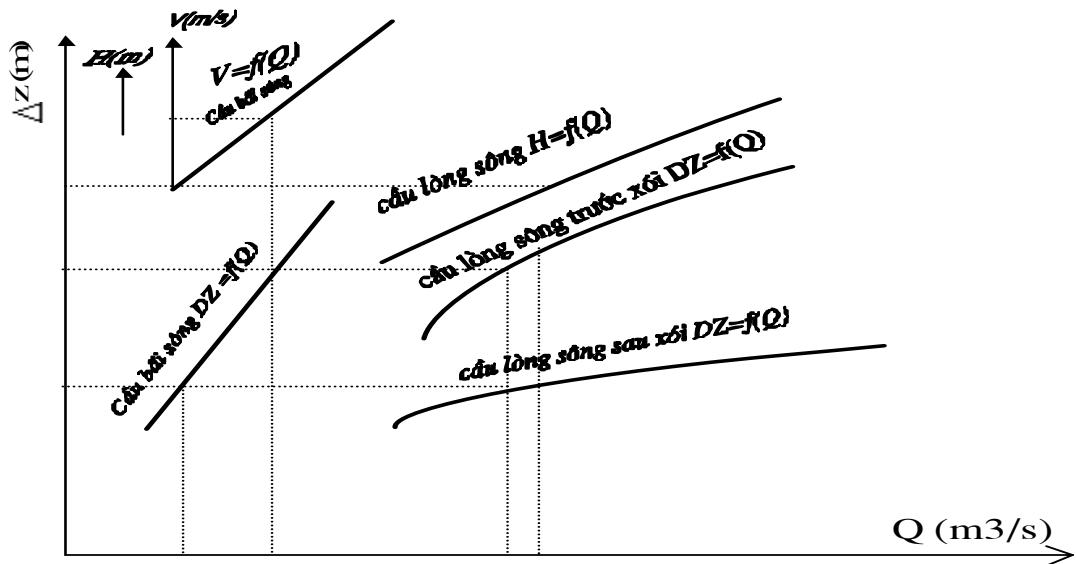
Cầu lòng sông: $Q_m = 1030m^3/s$;

Cầu bãi sông: $Q_m = 180m^3/s$;

Khi đó nước dânh: $\Delta Z = 0,18m$.

Khi tìm đường xói lớn nhất ở cầu lòng sông thì lấy chiều sâu xói chung của cầu đó là $H_p = 6,8m$ và lấy $Q_m = 1030m^3/s$ để tính xói cục bộ rồi xác định hợp lý chiều sâu chôn móng, đồng thời tra trên hình 5-3 được trị số phân phân lưu lượng trước xói như sau:

Cầu lồng sông $Q_m = 930 \text{m}^3/\text{s}$, cầu bãi sông $Q_m = 280 \text{m}^3/\text{s}$. Chiều cao nước dênh $\Delta z = 0,28 < 0,30 \text{m}$.



Hình 5-3

Cầu trên bãi sông dùng đầm bê tông cốt thép chữ T 4 x16m (không xói)

Nước sâu bình quân H (m)	Lưu lượng Q_m (m^3/s)	W_m (m^2)	Q_m/W_m (m/s)	$(Q_m/W_m)^2$	Q_m/Ω (m/s)	$(Q_m/\Omega)^2$	ΔZ (m)
15	87	0,931	0,931	0,867	0,193	0,037	0,08
2,0	113,8	1,22	1,22	1,488	0,248	0,062	0,14
3,0	293	167	1,755	3,08	0,349	0,122	0,30
3,5	388	193	2,01	4,04	0,396	0,157	0,39

Cầu ở lòng sông dùng đầm bê tông cốt thép chữ T 7 x16m (trước lúc xói)

Nước sâu bình quân H (m)	Lưu lượng Q_m (m^3/s)	W_m (m^2)	Q_m/W_m (m/s)	$(Q_m/W_m)^2$ (m/s)	Q_m/Ω (m/s)	$(Q_m/\Omega)^2$	ΔZ (m)
4,0	572	398	1,44	2,074	0,561	0,314	0,176
4,5	707	448	1,577	2,485	0,615	0,378	0,211
5,0	850	493	1,730	2,998	0,667	0,444	0,255
6,0	1172	585	2,006	4,025	0,766	0,587	0,344
6,5	1346	634	2,120	4,494	0,811	0,657	0,384

Cầu ở lòng sông dùng đầm bê tông cốt thép chữ T 7 x16m (sau khi xói)

Nước sâu bình	Lưu lượng Q_m	Chiều sâu $H_p(\text{m})$	W'_m (m^2)	Q_m/W'_m (m/s)	$(Q_m/W'_m)^2$	$(Q_m/\Omega)^2$	ΔZ (m)
---------------	-----------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------------	----------------	------------------	----------------

quân H (m)	(m ³ /s)						
4,0	572	4,47	450	1,27	1,613	0,314	0,13
4,5	707	5,18	516	1,37	1,877	0,378	0,15
5,0	850	5,93	590	1,44	2,076	0,444	0,163
5,5	1000	6,63	660	1,515	2,20	0,510	0,178
6,0	1172	7,45	741	1,58	2,50	0,587	0,191
6,5	1346	8,22	818	1,64	2,706	0,657	0,205

Dùng $Q_m = 280\text{m}^3/\text{s}$ làm lưu lượng thiết kế xây lát ở cầu bãi sông, tra hình 5-3 được lưu tốc tương ứng $V_m = 1,7\text{m/s}$. Vì lưu tốc này lớn hơn lưu tốc không xói cho phép của đất thực tế, cho nên gia cố bằng lát khan 1 lớp đá hộc.

§ 5.2. Tính khẩu độ cầu trên sông rộng chảy tràn lan

Khi khảo sát thiết kế thường thường gặp phải sông rộng chảy tràn lan. Đối với sông này việc tính lưu lượng, khẩu độ và xói không được dùng các phương pháp tính như sông thông thường đã đề cập trong chương IV, mà phải dùng phương pháp đặc biệt để xử lý, nếu không sẽ phát sinh sai số lớn. Căn cứ vào tính chất sông rộng chảy tràn khác nhau, có thể phân làm 3 loại:

- Sông bãi rộng vùng đồng bằng;
- Sông chảy tràn lan vùng trước núi;
- Sông ở vùng hồ ao, đầm lầy nội địa.

Sau đây sẽ lần lượt giới thiệu phương pháp thiết kế khẩu độ cầu của ba loại đó.

5.2.1. Sông bãi rộng vùng đồng bằng

a. Đặc trưng thuỷ văn hình thái

Sông bãi rộng vùng đồng bằng nói chung đều là sông bãi rất lớn, lòng sông tương đối hẹp và chỉ chiếm một phần rất nhỏ trong toàn bộ phạm vi chiều rộng ngập tràn, độ dốc lại tương đối nhỏ ($I < 1\%$), lúc bình thường nước chỉ chảy trong lòng sông uốn khúc, khi lũ nước tràn ra ngoài lòng sông, lưu tốc bãi sông rất nhỏ, thậm chí có chỗ nước không chảy, lưu tốc lòng sông so với bãi sông lớn hơn nhiều lần, còn lưu lượng lòng sông nhỏ hơn lưu lượng bãisông rất nhiều.

b. Xác định độ nhám và độ dốc bãisông

Khi tính lưu lượng, lưu tốc ở sông bãi rộng vùng đồng bằng theo phương pháp hình thái cần đặc biệt chú ý tới việc chọn độ nhám ở bãisông. Vì độ nhám bãisông có ảnh hưởng rất lớn, nếu chọn không thích hợp thì việc tính mực nước, lưu tốc, lưu lượng và xác định khẩu độ cầu sẽ bị sai nhiều.

Khi căn cứ vào địa mạo để xác định độ nhám ở bãi sông cần chú ý tới sự thay đổi về địa hình và địa mạo ở thượng, hạ lưu mặt cắt hình thái xem có ảnh hưởng đến sự thoát của dòng nước hay không?

Theo công thức Sedi - Manning tính lưu tốc bãi sông cần phải điều tra hiện trường hoặc đối chiếu với lưu tốc thực địa. Khi điều tra thấy trên bãi sông có một số chỗ bắt đầu sinh ra xói, chứng tỏ rằng lưu tốc đã xấp xỉ và có chỗ vượt quá lưu tốc cho phép không xói của bãi sông. Nếu bãi sông không có cây cối phủ kín có thể xác định lưu tốc cho phép không xói theo công thức, hoặc tra bảng. Nếu bãi sông có cây cối mọc um tùm thì lưu tốc lớn nhất trên bãi có thể đạt tới 1,5 – 2,0m/s. Nếu lưu tốc tính toán có mâu thuẫn với lưu tốc điều tra hoặc lưu tốc thực đo thì phải chỉnh lại hệ số nhám trong tính toán cho thống nhất.

Ngoài ra độ dốc mặt nước ở bãi sông trong trường hợp chung thì giống độ dốc mặt nước ở lòng sông. Nhưng ở chỗ sông uốn khúc đôi khi lũ trên bãi sông sẽ hình thành dòng chảy thẳng, độ dốc mặt nước bãi sông tính theo công thức sau:

$$I_n = I_p \frac{L_p}{L_n} \quad (5-2)$$

trong đó:

I_p , I_n : độ dốc lòng sông và độ dốc bãi sông;

L_p : cự ly lòng sông theo hướng chảy cong, m;

L_n : chiều dài bãi sông theo hướng chảy thẳng, m.

c. Tính khẩu độ cầu

Đối với sông bãi rộng vùng đồng bằng vì lưu tốc lòng sông so với bãi sông quá lớn, nếu lấy lưu tốc lòng sông làm lưu tốc thiết kế thì khẩu độ sẽ nhỏ quá. Do đó kiến nghị dùng hai phương pháp sau đây để xác định khẩu độ cầu.

- Phương pháp 1: Căn cứ hệ số bóp hẹp lưu lượng định khẩu độ cầu

Xác định hệ số bóp hẹp lưu lượng theo công thức sau:

$$\beta_o = \frac{Q_p}{Q_m \mu (1 - \lambda)} \quad (5-3)$$

Giả thiết hệ số bóp hẹp lưu lượng cho phép giống hệ số xói cho phép P thì có thể căn cứ vào biểu tra hệ số xói cho phép để xác định trị số β_o , sau đó dùng công thức sau để tính lưu lượng thoát qua khẩu độ cầu trong điều kiện thiên nhiên:

$$Q_m = \frac{Q_p}{\beta_o \mu (1 - \lambda)} \quad (5-4)$$

Khi xác định khẩu độ cầu trước hết phải xác định vị trí cầu, sau đó bắt đầu từ tim cầu luỹ tích dần dần lưu lượng bộ phận ra hai bên cầu, tới khi luỹ tích lưu lượng bằng Q_M , thì lúc đó chiều rộng mặt nước tìm được chính là khẩu độ thoát nước cần tìm

- Phương pháp O.V. Andreev

Khi thiết kế cầu qua sông vùng đồng bằng, O.V. Andreev chia thành 3 trường hợp:

Trường hợp 1:

Cầu chỉ qua phần lòng sông, công thức tính khẩu độ cầu như sau:

$$L = \frac{B}{1-\lambda} \cdot \left(\frac{1}{\tau_p} \right)^{4/3} \quad (5-5)$$

trong đó:

L: tổng chiều dài khẩu độ thoát nước, m;

B: chiều rộng lòng sông thiên nhiên, m;

P: hệ số xói tra bảng chương IV;

$\tau_p = Q_{ch}/Q_p$;

Q_{ch} : lưu lượng lòng sông ở trạng thái thiên nhiên, m^3/s ;

Q_p : lưu lượng lòng sông sau khi làm cầu, m^3/s ; ở trường hợp 1 và 3 thì Q_{ch} bằng lưu lượng thiết kế toàn bộ cầu Q_p ;

λ : hệ số thu hẹp do trụ cầu chiếm, $\lambda = b_{trụ} / l_{nhịp}$;

$b_{trụ}$: chiều rộng trụ cầu, m;

$l_{nhịp}$: chiều dài của nhịp cầu, m.

Theo công thức (5-5) tìm được trị số L bằng hoặc nhỏ hơn chiều rộng lòng sông, có nghĩa là hệ số xói P $\geq 1/[\tau(1-\lambda)^{3/4}]$ thì chiều dài khẩu độ cầu L < B. Nhưng ở sông vùng đồng bằng, nói chung khẩu độ cầu không được nhỏ hơn chiều rộng lòng sông, do đó trường hợp 1 rất ít gặp trong ứng dụng thực tế. Nếu trị số L tính toán lớn hơn chiều rộng lòng sông, thì không thuộc trường hợp 1, mà phải xử lý theo 2 trường hợp sau đây:

Trường hợp 2:

Cầu qua cả lòng và bãi sông, mà lòng sông không bị mở rộng. Trước hết tính hệ số tăng lưu lượng lòng sông cho phép theo công thức sau:

$$\beta_{ch} = P (1-\lambda)^{3/4} \quad (5-6)$$

Rồi theo công thức (5-7), (5-8) tính hệ số tăng lưu lượng tương ứng của mặt cắt và bãi sông như sau:

$$\beta_b = [\beta_{ch}^2 + (\beta_{ch}^2 - 1)F(\eta, x, a)]^{0.50} \quad (5-7)$$

$$\beta_{ch} = \beta_b - \frac{1}{\tau} \left(\frac{\beta_b}{\beta} - 1 \right) \quad (5-8)$$

trong đó:

P: hệ số xói lòng sông tra bảng (chương IV);

$$f(\eta, a, x) = \frac{a \cdot f(x)(\eta^2 - 1)}{\mu^2 + a \cdot f(x)}$$

$f(x) = 1/(1+2x)$, nếu trong tính toán giả thiết sau khi làm cầu một vài năm mới xây dựng kè điều chỉnh thì x sẽ triệt tiêu và $f(x) = 1$;

$\eta = V_{ch}/V_{bc}$: tỉ số giữa tốc độ nước chảy tại dòng chủ chia cho tốc độ tại phần bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên;

$x = l_k/l_o$: tỉ số giữa chiều dài kè điều chỉnh dòng nước nửa đoạn về phía thượng lưu chia cho chiều dài đoạn sông từ nơi dòng chảy bắt đầu thu hẹp tới cầu;

$$l_o = B_o - L_c$$

B_o : chiều rộng của sông về mùa lũ, m;

L_c : khẩu độ cầu có kể cả trụ cầu, m;

$$a = \frac{1,1V_{ch}^2}{g \cdot I \cdot L_o}$$

I: độ dốc lòng sông tự nhiên;

g: gia tốc trọng trường, lấy bằng $9,81 \text{m/s}^2$;

β : hệ số tăng lưu lượng toàn bộ:

$$\beta = \frac{Q}{Q_{ch} + Q_{bc}}$$

Q: lưu lượng toàn bộ, m^3/s ;

Q_{ch}, Q_{bc} : phần lưu lượng nước chảy qua dòng chủ và phần bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên, m^3/s ;

$$Q_{bc} = \frac{Q - Q_{ch}}{B_o - B_{ch}} (L_c - B_{ch})$$

τ : tỉ số giữa lưu lượng dòng chủ chia cho lưu lượng toàn bộ, $\tau = Q_{ch}/Q$.

Phương pháp xác định khẩu độ cầu giống như trường hợp 1 nói trên.

Chiều sâu xói chung ở bãi sông nếu nhỏ hơn chiều sâu nước bình quân ở lòng sông trước khi làm cầu, tức là lòng sông sau khi làm cầu không bị mở rộng, lúc đó tính khẩu độ cầu theo trường hợp 2. Nếu chiều sâu xói chung lớn hơn chiều sâu nước bình quân ở lòng sông trước khi làm cầu, tức là lòng sông sau khi làm cầu đã bị mở rộng, thì phải xử lý theo trường hợp 3.

Trường hợp 3:

- Nếu bãi sông dưới cầu sau khi bị xói đều biến thành lòng sông thì phương pháp xác định khẩu độ cầu giống như trường hợp 1. Theo công thức (5-5) tính tổng chiều dài khẩu độ cầu, B trong công thức này đổi thành chiều rộng lòng sông sau khi mở rộng.

- Nếu bãi sông dưới cầu sau khi xói có 1 bộ phận biến thành lòng sông, trước hết dựa vào trường hợp 2 sơ bộ quyết định khẩu độ và tính chiều sâu xói các đường thuỷ trực bãi sông, xác định phạm vi mở rộng lòng sông, sau đó tính hệ số tăng lưu lượng cho phép ở lòng sông theo công thức sau:

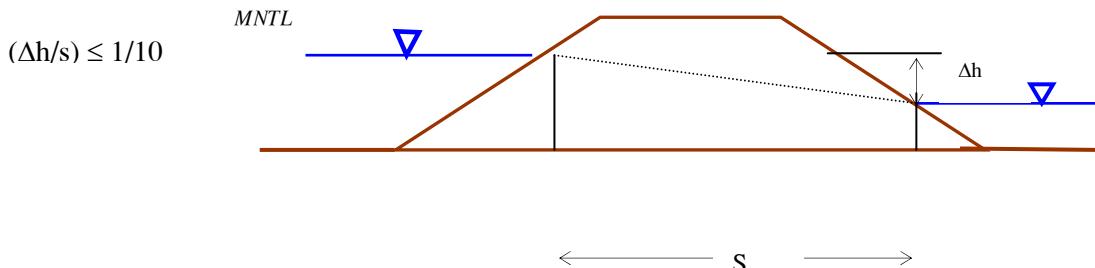
$$\beta_{ch} = P \left[\frac{B (1 - \lambda)}{B_\mu} \right]^{3/4} \quad (5-10)$$

trong đó:

B_μ : chiều rộng lòng sông dưới cầu sau khi mở rộng, m;

Căn cứ vào công thức tìm hệ số tăng lưu lượng cho phép ở lòng sông, rồi dựa vào công thức (5-7) và công thức (5-8) xác định lại hệ số tăng lưu lượng toàn mặt cắt và khẩu độ (phương pháp giống trường hợp 2). Khi khẩu độ cầu tìm được và khẩu độ định lúc đầu chênh nhau quá 5% phải xác định lại phạm vi mở rộng lòng sông và tính toán lại theo trình tự nói trên, tới khi nào khẩu độ tìm được với khẩu độ ban đầu chênh nhau khoảng 5% mới thôi.

Đối với sông bãi rộng vùng đồng bằng, sau khi xác định khẩu độ cầu bằng phương pháp hệ số tăng lưu lượng nói trên, vẫn phải kiểm toán mực nước. Chênh lệch lớn nhất ở thượng hạ lưu nền đường không nên quá 0,90m. Vì nền đường bãi sông thường làm bằng đất thấm nước, để bảo đảm nền đường an toàn, độ dốc thuỷ lực thấm thấu phải $< 1/10$.



Hình 5 -4

Xác định mực nước chênh nhau giữa 2 phía nền đường theo công thức sau:

$$\Delta h = \Delta Z + i_b(L_n - a) + i_\delta(b + d) + i_H L_n \leq 0,90 \text{ m} \quad (5) \quad - \\ 11)$$

trong đó:

ΔZ : chiều cao nước dênh trước cầu, cách tính theo chương IV, m;

i_b : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phia thượng lưu, $i_b \approx i$;

i_δ : độ dốc thiên nhiên dòng nước;

i_H : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phia hạ lưu, khi không có kè $i_H = 0,5i_\delta$

L_n : khoảng cách từ cao độ vai đường cần thiết tìm được đến mép trước mố cầu gần nhất, m;

a: hình chiếu kè hướng dòng phia thượng lưu trên tim nền đường, m;

b: hình chiếu kè hướng dòng phia thượng lưu trên đường pháp tuyến của tim nền đường, m;

d: hình chiếu kè hướng dòng phia hạ lưu trên đường pháp tuyến của tim nền đường, m.

Ở sông bãi rộng vùng đồng bằng trong trường hợp thông thường đều phải bố trí kè hướng dòng để tránh ảnh hưởng dòng nước chảy ngang và giảm bớt xói chân nền đường.

5.2.2. Sông chảy tràn lan vùng trước núi

a. Đặc trưng thuỷ văn hình thái lòng sông

Dòng sông vùng núi chảy luôn cuộn theo lượng phù sa rất lớn, khi tới khu vực trước núi không bị thung lũng sông giới hạn nước chảy khuếch tán, độ dốc giảm dần, lưu tốc nhỏ đi, lượng phù sa cuốn theo dòng nước tích lại rất nhiều tạo thành quạt bồi ở giữa cao, 2 bên thấp, sau khi nước lũ thoát qua cửa núi sẽ chảy tự do tạo nên dòng nước chảy tràn vùng trước núi.

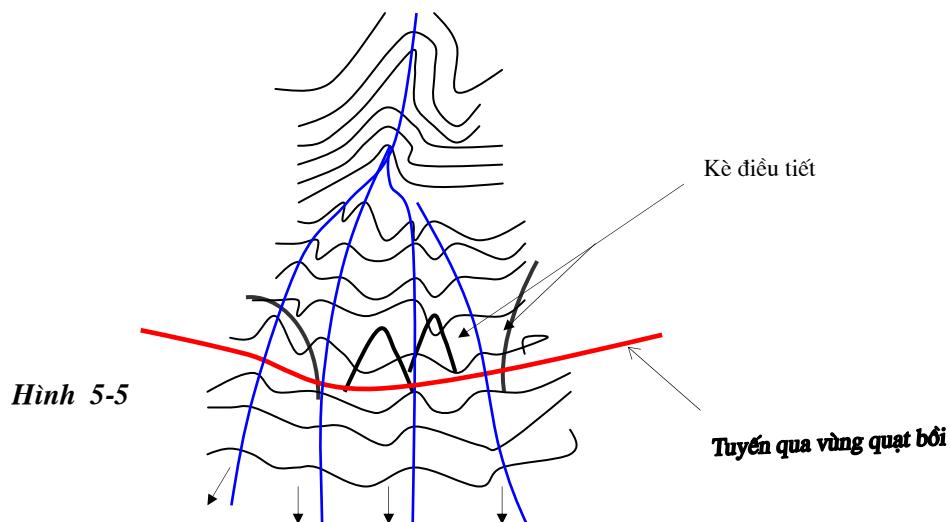
Dòng nước chảy tràn trước núi vì nằm sát cửa núi nên độ dốc lớn, bề mặt thường là tầng bồi tích cuội hay sỏi có lân đất và cát. Phía cuối quạt bồi bằng phẳng hơn, lưu tốc rất nhỏ, mặt đất là lớp cát bồi tích, khi lũ nước chảy tràn lan ngập rất rộng. Trường hợp thông thường lòng sông ở khu vực chảy tràn trước núi đều có xu hướng bồi cao dần dần, đặc biệt là sau những lần lũ bùn đá lớn lòng sông bồi cao lên rõ rệt. Lưu lượng của vùng chảy tràn phia trước núi rất lớn ở sát cửa núi, sau đó do các yếu tố thẩm thấu, khuếch tán, truyền lũ v.v... thì lưu lượng chảy về phia hạ lưu càng nhỏ dần, thậm chí có hiện tượng dòng chảy bị đứt quãng.

b. Bố trí cầu và công trình điều tiết

Ở vùng chảy tràn lan phía trước núi, do lòng sông không ngừng bồi cao, lưu lượng luôn luôn thay đổi nên chọn vị trí cầu là vấn đề rất phức tạp. Nếu bố trí vị trí cầu ở giữa quạt bồi đối diện với cửa núi thì do quạt bồi ở giữa cao, hai bên thấp, nước sẽ dồn vào chỗ trũng nên việc thoát nước qua cầu rất ít tác dụng và nước đọng ở chỗ trũng không tiêu được. Nếu vị trí cầu đặt ở chỗ thấp về hai phía quạt bồi, dòng chủ thường thường xói thẳng vào nền đường, ảnh hưởng tối an toàn của tuyến đường. Do đó tốt nhất nên tránh khu vực quạt bồi. Nếu do điều kiện bắt buộc phải đặt vị trí cầu trên quạt bồi tích thì cần có công trình kiên cố, không cho lưu lượng thay đổi và lòng chủ di chuyển. Khi bố trí cầu ở gần cửa núi thì vị trí cầu phải đối diện với cửa núi đồng thời dùng kè bó dòng nối liền từ cửa núi tới cầu và kéo dài thêm một đoạn xuống hạ lưu để tránh dòng nước bị khuếch tán sau khi chảy qua cầu, làm cho phù sa bồi ở cạnh khẩu độ cầu. Chiều cao kè bó dòng ngoài việc căn cứ vào mực nước thiết kế bình thường còn cần phải căn cứ vào tài liệu điều tra để xét tới tình hình bồi của lòng sông sau này.

Độ dốc cân bằng chuyển cát lòng sông sau khi ngừng bồi tích, có thể dùng độ dốc của đoạn không bị bồi tích gần đó. Khi khảo sát thiết kế phải dựa vào tài liệu điều tra được, xác định độ dốc cân bằng chuyển cát dòng sông và đường mặt nước, đồng thời cần thêm một độ cao an toàn thích đáng để xác định cao độ đỉnh đập. Kích thước mặt cắt kè thắt nước có thể tham khảo số liệu liên quan ở chương VII hoặc các tài liệu khác để thiết kế; mặt kè tiếp xúc với nước cần xét tới xói mòn kè và lỗ chân kè, căn cứ lưu tốc lớn nhỏ mà tiến hành thiết kế phòng hộ.

Khi cầu cách cửa núi tương đối xa, nếu dùng biện pháp làm kè bó dòng nối tới cửa núi thì rõ ràng không hợp lý về kỹ thuật và kinh tế thì có thể dùng phương án nhiều cầu qua các chi lưu chính. Lúc này tuyến đường phải thẳng góc với quạt bồi, tức là tuyến đường phải song song với đường đồng mức có góc chuyển hướng bằng góc khuếch tán dòng nước (xem hình 5-5). Vị trí tuyến đường như vậy rất tiện cho việc xử lý vấn đề điều tiết dòng nước đồng thời làm cho chỗ trũng không bị bồi tích.



Ở giữa vị trí cầu có thể bố trí kè hướng dòng bit kín kiểu chữ nhân (λ), Kè hướng dòng 2 bên cần kéo dài ra ngoài đường tràn ngập thiết kế, chiều cao và mặt cắt kè hướng dòng xem phần công trình điều tiết chương VII. Trong phạm vi quạt bồi không được phép đào, đồng thời còn phải dự tính được khả năng bồi cao sau này.

Đối với việc thiết kế tĩnh không dưới cầu, cao độ vai đường, cao độ đỉnh kè hướng dòng hoặc kè chắn nước đều phải dự trữ chiều cao bồi tích cần thiết. Độ dốc đáy sông dưới cầu phải bảo đảm khớp với thượng, hạ lưu để thoát phù sa được dễ dàng.

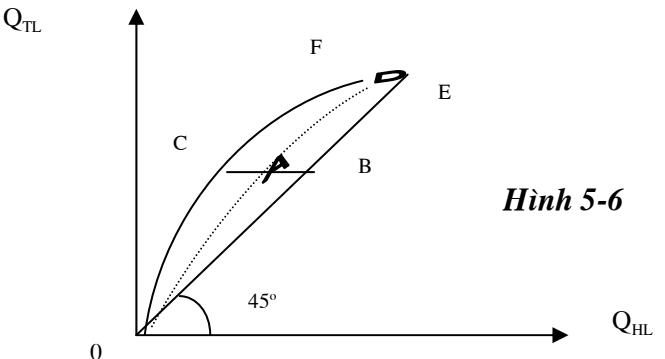
c. Tính lưu lượng

Ở khu vực chảy tràn trước núi trong trường hợp thông thường đều không có trạm thuỷ văn (Trạm thuỷ văn thường bố trí ở đoạn sông phía thượng lưu cửa núi, hoặc ở đoạn sông phía hạ lưu chỗ các dòng nhánh hợp lại). Mặt khác ở khu vực chảy tràn lan do dòng sông không theo quy luật nào, mực nước tính toán hệ số nhám, độ dốc v.v... đều rất khó định được chính xác nên dùng phương pháp hình thái tính lưu lượng nước tràn sẽ rất khó khăn.

Muốn tìm lưu lượng tương đối chính xác có thể dùng biện pháp sau đây: Tại hai vị trí ở cửa núi và đoạn sông ở hạ lưu phải thu thập tài liệu lưu lượng thực đo nhiều năm đồng thời của các trạm thuỷ văn hoặc lưu lượng tính toán bằng phương pháp hình thái, chấm đường cong quan hệ lưu lượng tương ứng ở hai chỗ (xem đường cong OCF hình 5-6). Nói chung sau khi lũ thoát qua cửa núi, đỉnh lũ truyền xuống phía dưới bị nhiều tổn thất như triết giảm do nước tích, thẩm thấu vào lòng sông, mương tưới vào đồng ruộng v.v... nếu không có chi nhánh lớn đổ vào thì lưu lượng ở hạ lưu so với lưu lượng ở thượng lưu thường nhỏ hơn. Những năm ít nước, lưu lượng ở hạ lưu nhỏ hơn nhiều lần so với lưu lượng ở thượng lưu. Còn năm nhiều nước thì lưu lượng dần dần tiến tới bằng nhau. Sau đó căn cứ vào lưu lượng lớn nhất lịch sử thu thập được ở cửa núi, xác định lưu lượng lớn nhất tại vị trí cầu theo phương pháp triết giảm lũ (tham khảo chương III).

Đem lưu lượng này chấm trên hình 5-6 được điểm A, điểm này ở giữa đường 45° và đường cong OCF; AB/AC biểu thị tỷ số tổn thất lưu lượng ở cửa núi đến vị trí cầu với tổn thất lưu lượng giữa vị trí cầu đến mặt cắt hạ lưu. Nếu AB/AC tìm được trên đồ thị khác nhiều so với tình hình thực tế của tổn thất lưu lượng giữa thượng và hạ lưu vị trí cầu, có thể điều chỉnh vị trí điểm A cho hợp lý.

Cuối cùng giữa đường cong OCF và đường thẳng 45° vẽ đường cong nội suy OAD qua điểm A. Tức là đường cong quan hệ giữa lưu lượng ở vị trí cầu với lưu



Hình 5-6

lượng ở cửa núi. Như vậy lưu lượng thiết kế ở vị trí cầu có thể theo lưu lượng cùng tần suất ở cửa núi, tra trên đường cong OAF.

Khi vị trí cầu cách cửa núi rất gần, giữa khẩu độ cầu và cửa núi nối bằng kè bó dòng thì lưu lượng vị trí cầu có thể trực tiếp dùng lưu lượng ở cửa núi. Khi vị trí cầu cách cửa núi tương đối xa và bố trí nhiều khẩu độ cầu, trước tiên theo phương pháp trên tìm tổng lưu lượng tính gộp các cầu, rồi dựa vào công thức sau tính lưu lượng mỗi cầu:

$$Q_i = Q_p \frac{C_i (R_i I_i)^{0.5} K}{\sum [W_c (RI)^{0.5}]} \quad (5-12)$$

trong đó:

Q_p : tổng lưu lượng thiết kế tính gộp các cầu, m^3/s ;

Q_i : lưu lượng thiết kế mỗi cầu, m^3/s ;

K : hệ số tăng cường khi xét tới trị số phân phối lưu lượng không ổn định (phương pháp xác định xem ↓5.1);

W_i , C_i , R_i , I_i : là diện tích thoát nước, hệ số Sêdi, bán kính thuỷ lực và độ dốc mặt nước của các cầu. Việc xác định các yếu tố thuỷ lực này có thể dựa vào mặt cắt hình thang góc với lưu hướng và mực nước lũ lịch sử điều tra được để tính toán.

Giữa 2 cầu có thể căn cứ vào chỗ địa hình lồi lõm trên mặt cắt làm đường phân giới lưu lượng. Khi điều tra mực nước lũ lịch sử cần chú ý trên mặt nước có độ vồng hoặc độ dốc ngang, do đó phải tiến hành điều tra trên từng dòng nhánh, không nên chỉ lấy mực nước lũ điều tra tại 1 vị trí làm mực nước chung cho toàn mặt cắt.

d. Tính khẩu độ

Trước khi tính khẩu độ phải căn cứ vào lưu lượng thiết kế của các cầu tìm được theo công thức Sedi - Maning tính ra mực nước thiết kế. Khi dùng kè bó dòng nối liền khẩu độ cầu và cửa núi, chiều rộng lòng sông giữa khẩu độ cầu và kè thắt nước không được bóp hẹp và cần dùng cầu tương đối rộng. Nếu vị trí cầu cách cửa núi tương đối xa mà dùng phương án bắc nhiều cầu có thể theo phương pháp tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông ở §5.1 để xác định khẩu độ. Khi tính cần chú ý: Nếu tuyến đường không thẳng góc với lưu hướng các dòng nhánh trước hết phải dựa vào mặt cắt phụ ở thượng lưu thẳng góc với lưu hướng để tính được khẩu độ cần thiết, sau đó xét chảy xiên mà xác định khẩu độ tại vị trí cầu. Đồng thời từ mực nước tính toán ở mặt cắt thượng lưu, tìm ra mực nước thiết kế dưới các cầu theo độ dốc lòng sông.

5.2.3. Sông ở vùng hồ ao, đầm lầy nội địa

a. Miêu tả đặc trưng

Khu vực trũng nước nông có lau sậy... mọc um tùm gọi là vùng đầm lầy. Khu vực trũng giữa có vũng nước sâu, không có cỏ mọc gọi là ao hồ. Xung quanh ao hồ thường có rất nhiều dòng nhánh chảy vào. Nói chung nước chứa trong hồ ao không chảy ra ngoài, nhưng có một số hồ ao khi mực nước lũ dâng cao tới mức nào đó thì chảy vào hồ ao thấp hơn cạnh đó hoặc tràn ra sông lớn.

Sông nội địa khi chảy qua vùng núi thì có lòng sông sâu rõ ràng, tới vùng bằng phẳng, lòng sông rộng nông và uốn khúc, khi lũ nước chảy tràn lan, độ dốc thoái, lưu tốc và lưu lượng so với vùng núi giảm đi, nhưng khi dòng nước chảy vào khu vực ao hồ lòng sông mất đi, mặt nước rất rộng, độ dốc rất nhỏ, lưu tốc, lưu lượng cũng nhỏ hơn.

b. Xác định mực nước thiết kế

Nếu không có tài liệu quan trắc thuỷ văn, có thể tham khảo công thức (2 – 45).

c. Xác định lưu lượng thiết kế

Khu vực hồ ao đầm lầy thường không có người ở, tài liệu của trạm thuỷ văn thiếu, điều tra mực nước lũ lịch sử lại rất khó khăn. Do bờ sông rộng nên mực nước chỉ sai một chút thì sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến lưu lượng. Dưới đây giới thiệu một số phương pháp tính, khi ứng dụng nên đổi chiếu lỗn nhau.

- Phương pháp hình thái:

Tiến hành khảo sát hình thái tại chỗ cửa núi phía thượng lưu để xác định lưu lượng lớn nhất lịch sử. Dựa vào trị số C_v , C_s của vùng đó tính đổi thành lưu lượng theo tần suất thiết kế rồi dùng phương pháp triết giảm truyền lũ (xem chương III), tính ra lưu lượng ở chỗ sông đổ vào hồ.

Nếu điều kiện cho phép, đo mặt cắt hình thái cạnh bờ hồ và tính lưu lượng để đổi chiếu.

- Phương pháp tính theo công thức Đ.L.Xôkôlôpxki

Sau khi điều tra và tính được lưu lượng lớn nhất lịch sử cửa núi rồi xác định hệ số dòng chảy theo công thức:

$$\alpha = \frac{Q_{t_l}}{0,278(H_T - H_o)F \cdot f_\delta} \quad (5-13)$$

Ý nghĩa các ký hiệu đã nêu trong công thức Đ.L.Xôkôlôpxki chương II. Từ hệ số dòng chảy của lũ lịch sử nói trên có thể tính đổi thành hệ số dòng chảy tần suất lũ thiết kế theo công thức sau:

$$\alpha' = \alpha \frac{\alpha_p}{\alpha_n} \quad (5-14)$$

trong đó:

α_p : hệ số dòng chảy khu vực tương ứng với tần suất lũ thiết kế, tra bảng 2 - 11;

α_n : hệ số dòng chảy khu vực tương ứng với tần suất lũ lịch sử ,tra bảng 2 - 11.

Căn cứ vào hệ số dòng chảy α' tính lưu lượng ứng với tần suất thiết kế chở cửa núi theo công thức Đ.L.Xôkôlôpxki.

Cũng có thể tính lưu lượng ở cạnh hồ ao theo công thức Đ.L.Xôkôlôpxki nhưng khi xác định trị số α dùng thời gian tập trung nước bằng công thức sau:

$$t = 16,67 \left(\frac{L_1}{V_1} \right) + \frac{L_2}{V_2} \quad (5-15)$$

trong đó:

L_1, L_2 : chiều dài lưu vực từ đỉnh phân thuỷ tới cửa núi và từ cửa núi tới mép hồ, km;

V_1, V_2 : lưu tốc bình quân từ đỉnh phân thuỷ tới cửa núi và từ cửa núi tới mép hồ, m/s;

Kết quả tìm được bằng những phương pháp trên phải so sánh lẫn nhau để quyết định trị số lưu lượng chảy vào hồ ao sử dụng cho thiết kế .

• Nếu tuyến đường đi qua giữa hồ, phải xét tới tác dụng triết giảm lũ chứa ở hồ, lưu lượng ở vị trí cầu tính theo công thức sau:

$$\dot{Q}_p = Q_p - \eta (Q_p + Q_c + Q_o) \quad (5-16)$$

trong đó:

\dot{Q}_p : lưu lượng ở vị trí cầu, m^3/s ;

Q_p : lưu lượng chảy vào hồ, m^3/s ;

η : tỉ số giữa diện tích chứa nước ở hồ về phía thượng lưu cầu với diện tích chứa nước toàn bộ hồ;

Q_c : lưu lượng của các sông khác cùng chảy vào hồ (thông thường có thể xét điều kiện bất lợi nhất tức là giả định các sông khác không chảy về đồng thời $Q_c = 0$);

Q_o : lưu lượng ở hồ tràn ra khi lũ, m^3/s .

d. Tính khẩu độ

Trước khi tính khẩu độ cần căn cứ vào lưu lượng, hệ số nhám, mặt cắt và độ dốc lòng sông theo công thức Sêdi - Maning tính mực nước bình thường. Nhưng khi nước lũ về, mực nước sẵn có trong hồ có thể dâng cao tới mức nước lũ, nên dòng nước ở trạng thái chảy vật.

Điều kiện bất lợi nhất để tính khẩu độ vẫn thường xảy ra ở trường hợp mực nước bình thường.

Lấy mực nước bình thường làm mực nước tính toán thì các bước xác định khẩu độ như sau:

Thông thường trong tính toán cầu lớn và cầu trung, không xét tới triết giảm lưu lượng do tích nước trước cầu gây nên, còn dòng sông nội địa, tổng thể tích dòng chảy tương đối nhỏ, mà thể tích chứa nước hồ tương đối lớn, vì vậy khi tính khẩu độ cần phải xét tới triết giảm lưu lượng do tích nước trước cầu.

- Tính mực nước chứa và lưu lượng thoát dưới cầu như sau:

$$Q_C = Q_p \left(1 - \frac{W_{ak}}{W} \right) = f(H) \quad (5-17)$$

trong đó:

Q_C : lưu lượng thoát qua cầu sau khi điều tiết, m^3/s ;

Q_p : lưu lượng thiết kế, m^3/s ;

W : tổng thể tích dòng chảy (xem mục §2.4 chương II);

W_{ak} : thể tích lớp nước phía trên mực nước bình thường ở thượng lưu cầu, m^3 .

Tính đồ thị quan hệ $Q_C = f(H)$ như bảng sau:

Mực nước trước cầu H (m)	Δ_z (m)	W_{ak} ($10^5 m^3$)	W_{ak}/W	$1 - W_{ak}/W$	Q_c (m^3/s)

- Công thức tính chiều cao nước dênh cho phép như sau:

$$\Delta_z \leq 0,9 - i_b (L_n - a) - i_\delta (b + d) - i_n L_n \quad (5-18)$$

trong đó:

$i_b = \varphi \cdot i_\delta$: độ dốc dòng nước ven theo nền đường phia thượng lưu cầu;

φ : hệ số tra theo bảng 5 – 2 ;

i_δ : độ dốc dòng nước thiên nhiên;

i_n : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phia hạ lưu $i_n = 0,5 i_\delta$;

L_n : cự li từ cao độ vai đường cầu thiết đến mép trước mố cầu gần nhất, m;

a : hình chiếu kè hướng dòng, phia thượng lưu trên trực nền đường, m;

b : hình chiếu kè hướng dòng, phia thượng lưu trên đường pháp tuyến của trực nền đường, m;

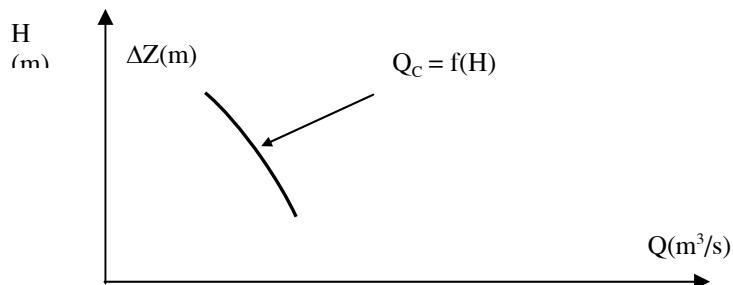
d: hình chiếu kè hướng dòng, phía hạ lưu trên đường pháp tuyến của trục nền đường;

h_1 : chiều sâu bình quân đoạn bãi sông dưới cầu trong điều kiện thiên nhiên, m;

Bảng 5-2

Bảng tra hệ số φ

$h_1/(h_1 + \Delta_z)$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
φ	0,50	0,35	0,24	0,15	0,09	0,05	0,02	0,01



Hình 5-7

- Tính khẩu độ cần thiết theo công thức sau:

$$L_{cb} = \frac{Q}{\mu V_c h_{cp} P} \quad (5-19)$$

trong đó:

μ : hệ số thắt hẹp dòng chảy do trụ cầu, tra bảng chương IV;

L_{cb} : tổng chiều dài khẩu độ tính toán cầu, m;

Q : xác định lưu lượng thoát nước dưới cầu trên hình (5-7) dựa theo trị số Δ_z cho phép, m^3/s ;

h_{cp} : chiều sâu nước bình quân dưới cầu, m;

V_c : lưu tốc bình quân lòng sông trong điều kiện tự nhiên, m/s.

$$V_c = \left[\frac{\Delta Z}{0,15} + V_0^2 \right]^{0,5} \quad (5-20)$$

V_0 : lưu tốc bình quân toàn mặt cắt sông trước khi làm cầu, m/s;

P : hệ số xói cho phép tra theo bảng 4 - 2.

§ 5.3. Thiết kế khẩu độ cầu qua dòng bùn đá

5.3.1. Miêu tả đặc trưng

Dòng bùn đá là dòng lũ nước ống chảy từ khe núi ra có mang theo bùn, cát, cuội đá v.v... Theo dung trọng bùn đá γ_c lớn nhỏ có thể phân làm dòng bùn cát dẻo ($\gamma_c > 1,6$) và dòng bùn nhão ($\gamma_c < 1,5$). Dòng bùn cát dẻo có trôi theo đá tảng lấp đất sét kết lại thành một khối, thường phát sinh chảy từng đợt, khi ngừng di chuyển tụ lại không khuyếch tán. Dòng bùn nhão cuốn trôi bùn cát lấp cuội sỏi lớn và chảy rối khi điều kiện lòng sông không tốt, thường xảy ra hiện tượng cát đá làm tắc và bồi tích.

Ở thung lũng sông vùng núi có dòng bùn đá, khi dòng lũ bùn đá chảy qua cửa núi, do độ dốc lòng sông nhỏ dần, lưu tốc giảm đi, bùn đá bị cuốn trong dòng chảy sẽ lắng xuống nhiều, tạo thành một khu vực bồi tích hình quạt, ở giữa cao, hai bên thấp.

Hướng chảy chủ yếu của dòng bùn đá nói chung là thuận theo cửa núi từ giữa chỗ cao đẩy dần xuống hạ lưu, đặc trưng chủ yếu của nó là xu hướng phát triển bồi cao và mở rộng. Ở khu vực khí hậu khô, lượng mưa tập trung, quạt bồi có thể phát triển đều hàng năm hay phát triển cách quãng.

Lòng lạch trên quạt bồi phát triển hàng năm thì luôn đổi dòng, khi nước nhỏ có thể có hiện tượng bào sâu dần, khi lũ lại phát triển thành một quạt bồi mới, trên mặt đất không có cỏ mọc, phần nhiều là đá dăm sắc cạnh hoặc đá tảng; trên mặt quạt bồi phát triển cách quãng, trông như cố định, vành đai rõ, có cỏ mọc hoặc trồng trọt, nhà cửa định cư, lòng lạch đã bào thành máng trũng tương đối ổn định, nhưng gặp trận mưa rào tập trung có thể phát triển đột biến. Đối với quạt bồi phát triển hàng năm dễ phân biệt, nhưng đối với quạt bồi phát triển cách quãng, do thường coi nhẹ nên dễ nhầm lẫn với thung lũng sông giữa núi.

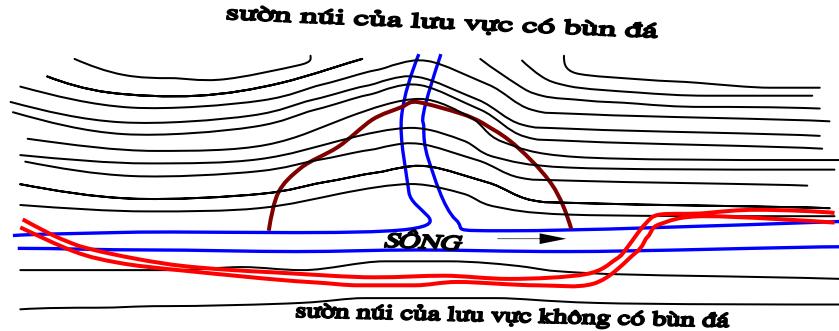
Khi khảo sát ngoại nghiệp, đối với loại lũng sông này cần điều tra kỹ, thu thập đầy đủ tài liệu thuỷ văn, địa chất và tài liệu về sự phá hoại của dòng bùn đá v.v... phân tích kỹ quy luật phát triển theo lịch sử để chọn phương án cầu và quyết định khẩu độ được chính xác.

5.3.2. Nguyên tắc bố trí vị trí cầu

Chọn chính xác vị trí cầu vượt qua dòng bùn đá, có ý nghĩa quan trọng đối với việc sử dụng thường xuyên công trình sau này và bảo đảm vận doanh an toàn, do đó cần hết sức thận trọng. Thông thường tuyến đường nên tránh đi qua khu vực có dòng bùn dẻo nghiêm trọng.

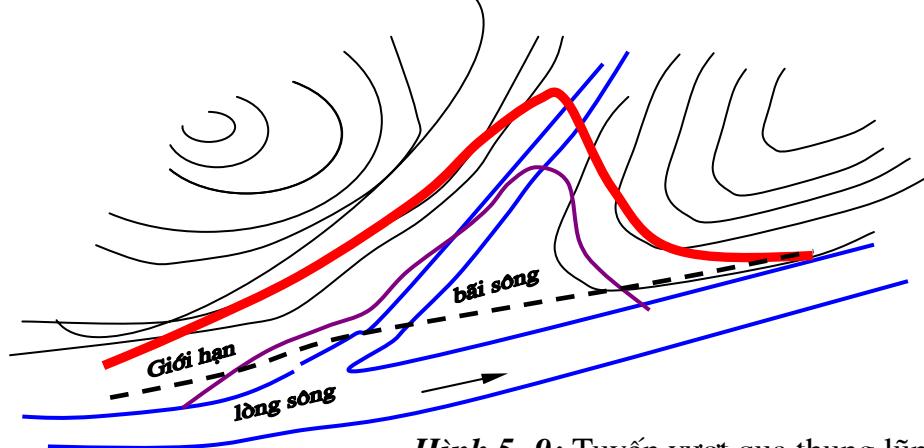
Nguyên tắc
bố trí cầu như sau:

- Nếu tuyến đường đi qua



khu vực dòng bùn đá, để bảo đảm nền đường và cửa sông an toàn, cần tăng thêm kinh phí về bảo dưỡng công trình, đồng thời phải xét tới các phương án tuyến khác đi vòng ra ngoài phạm vi dòng bùn đá, qua so sánh về kinh tế và kỹ thuật để lựa chọn cho thích hợp. Khi chọn phương án đi vòng tránh sang bên kia như hình (5 - 8), cần chú ý quạt bồi có thể ép chặt dòng nước sông lớn, làm cho dòng chủ sát bờ đó, gây xói nền đường và cầu cống, cho nên tận lượng tôn cao tuyến đường bên phia dốc núi, đặt ở đoạn ổn định hoặc trên lớp đá.

- Khi vượt qua quạt bồi hoặc giải bồi, ở khu vực bùn đá trôi, cần lựa chọn sao cho tuyến đường ở ven theo đường đồng mức khi vượt qua mỗi khe núi (hình 5-9). Như vậy có khi dùng cầu một nhịp vì ở đó lòng sông cố định, có thể tránh được nguy hiểm do thay đổi dòng, xói lở nền đường, hoặc nền đường bị cát đá vùi lấp và bị biến dạng. Nếu định tuyến như trên có khó khăn, cần phải chọn băng qua đoạn bùn cát chảy thông thoáng. Khi lưu tốc dòng bùn rất lớn cần tận dụng khả năng dịch về phía hạ lưu, vùng có lưu tốc yếu để giảm bớt xói lở nền đường đầu cầu. Nếu dòng nước có lắn nhiều phù sa phải chọn đoạn tương đối dốc, để bảo đảm phù sa thoát qua dễ dàng không gây nên bồi tích lớn.



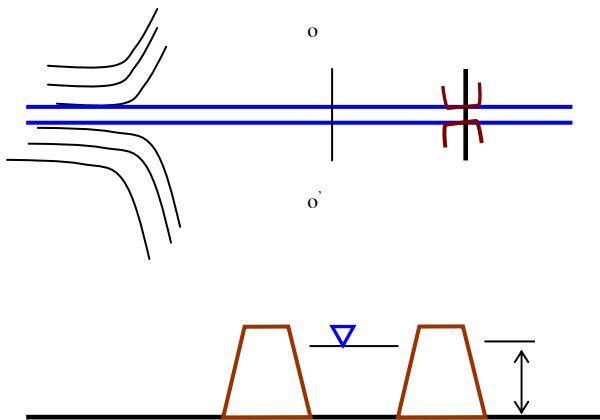
Hình 5 - 9: Tuyến vượt qua thung lũng sông bùn đá

- Tuyến đường băng qua quạt bồi hoặc dải bồi, cần phải bảo đảm nền đường có đủ độ cao, không được đào. Vì xu thế dòng chủ của dòng lũ bùn đá luôn luôn thuận theo hướng cửa núi từ đỉnh quạt bồi chảy xuống, do đó cần phải bố trí cầu ở chỗ dòng chủ lớn nhất đối diện với cửa núi, đồng thời cũng phải bố trí cầu cống ở những chỗ trũng giữa dải quạt bồi để thoát nước tích hoặc nước trên mặt đất.

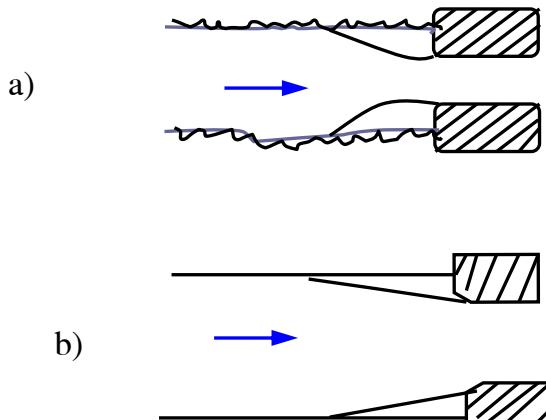
Không nên dịch vị trí cầu từ dòng chủ, chỗ bùn đá trôi mạnh sang phía trũng, vì sau khi cải dòng bùn đá đến chỗ trũng tốc độ bồi tích vẫn mạnh sẽ tạo thành mặt quạt bồi mới làm tắc cầu. Khi tuyến vượt qua liên tục nhiều dòng nhánh, nguyên tắc là phải bố trí từng cầu riêng, bất đắc dĩ mới phải hợp nhất các dòng nhánh lại. Trong trường hợp điều kiện địa hình, địa mạo, dòng chảy v.v... thuận lợi, có thể bịt kín một số dòng nhánh, nhưng cần phải xây dựng công trình hướng dòng và phải tăng cường phòng hộ các công trình hướng dòng.

- Khi chọn vị trí cần cẩn cù vào tài liệu điều tra và kết hợp với tình hình cụ thể để đồng thời bố trí công trình hướng dòng cho hợp lý, còn đối với cầu và nền đường, phải có biện pháp phòng hộ thích hợp. Khi lòng sông tương đối dốc, lưu tốc rất lớn nói chung không được dùng kè hướng dòng quá dài, vì kè hướng dòng lớn, dài dễ bị rò gây nguy hiểm, bảo dưỡng không tiện.

Khi dốc dọc lòng sông, tương đối thoải, trong dòng nước có lân ít cát và tạp chất mà lưu lượng lại lớn, muốn cho dòng nước khỏi chảy tràn rộng khắp quạt bồi, gây nguy hiểm cho nền đường thì có thể làm lòng sông nhân tạo, bắt nước chảy vào nhíp cầu, đồng thời phải chú ý kéo dài ra một đoạn nhất định ở cửa ra (hình 5-10) để đề phòng bị mở rộng đột nhiên gây hiện tượng bồi lấp làm tắc cầu. Lòng sông nhân tạo phải thẳng hoặc cong dần dần, để tiện cho dòng bùn đá chảy đều vào nhíp cầu.



Hình 5-10: Lòng sông khống chế bằng đê



Hình 5-11: Liên kết giữa mố cầu và lòng sông

5.3.3. Xác định lưu lượng và khẩu độ

a. Tính lưu lượng

Dưới đây giới thiệu phương pháp thường dùng hiện nay:

- Phương pháp 1:

$$Q_{bd} = Q_\delta \cdot \frac{1 + \rho(1 - \varepsilon)}{\gamma_H (100 - \rho)} \quad (5-21)$$

trong đó:

Q_{bd} : lưu lượng dòng bùn đá, m^3/s ;

Q_δ : lưu lượng mưa rào, m^3/s ;

ε : độ hổng của vật bồi tích khi khô;

γ_H : tỷ trọng vật bồi tích, căn cứ vào điều tra thực địa mà xác định;

ρ : tỷ lệ % trọng lượng vật bồi tích lơ lửng dòng bùn đá $\rho = 53\text{AI}^{0,39}$

A: hệ số biểu thị mức độ xói lở sườn dốc của dòng bùn đá, đối với ta luy khói xói mòn (như có cỏ tốt, đá hoặc đá sỏi sông rất tốt) dùng 0, 6; ta luy trung bình có thể bị xói dùng 1,0; ta luy dễ bị xói (hạt rất nhỏ rời rạc lộ ra ngoài) dùng 1:4;

I: độ dốc bình quân sườn dốc của dòng bùn đá, %.

- Phương pháp 2:

$$Q_{bd} = Q(1 + \varphi) + q \quad (5-22)$$

trong đó:

$$\varphi: \text{hệ số dòng bùn đá: } \varphi = \frac{\gamma_c - 1}{\gamma_H - \gamma_c}$$

γ_c : dung trọng dòng bùn đá, t/m³, có thể tính theo công thức sau:

$$\gamma_c = \frac{\gamma_H X_H + 1}{X_H + 1} \text{ hoặc } \gamma_c = 1 + X_H + \lambda_H X_H \quad (5-23)$$

γ_H : dung trọng vật bồi tích, t/m³;

X_H : tỷ số giữa thể tích nước trong với thể tích vật cuộn theo dòng lũ bùn, do hỏi nhân dân địa phương, hoặc lấy mẫu ngay thực địa;

X' : tỷ số giữa thể tích vật cuộn theo dòng lũ bùn đá với thể tích dòng bùn đá, do hỏi nhân dân địa phương, hoặc lấy mẫu ngay thực địa;

q: lưu lượng tăng thêm, ở trường hợp có út tắc và thiếu tài liệu thực đo, có thể lấy bằng 30% lưu lượng mưa rào.

- Phương pháp 3:

$$Q_{bd} = V_{bd} \cdot W_{bd} \quad (5-24)$$

$$V_{bd} = \frac{m \cdot R^{2/3} I^{1/2}}{a} \quad (5-25)$$

trong đó:

a: hệ số sức cản:

$$a = \left(\frac{\gamma_H (\gamma_C - 1)}{\gamma_H - \gamma_C} \right)^{0,5} + 1$$

(5-26)

m: trị số nhám xét tới đặc trưng tình hình dòng bùn đá, dựa theo kết quả thống kê của Viện thiết kế I Trung Quốc lấy m = 15,3;

W_{bd} : diện tích mặt cắt thoát nước ở lòng sông của dòng bùn đá;

γ_H : dung trọng vật bồi tích, t/m³;

- Phương pháp 4:

$$Q_{bd} = Q_\delta e^{0,8} \left(\frac{\gamma_C}{\gamma_b} - 1 \right) \quad (5 - 27)$$

trong đó:

e = 2,72;

γ_b : dung trọng dòng nước thông thường;

Công thức tính theo các phương pháp nói trên không thích hợp cho trường hợp dòng bùn dẻo. Phương pháp 1 dùng tính lưu lượng bùn đá có diện tích tụ nước nhỏ, phương pháp 2 thường áp dụng cho sông vừa; phương pháp 3 và 4 áp dụng cho sông tương đối lớn.

b. Xác định khẩu độ

Vì dòng bùn đá khi chảy có cuốn theo một lượng lớn đá tảng bùn cát, lưu tốc cân bằng động lực lớn hơn lưu tốc dòng nước bình thường, cho nên dễ gây tác hại nhiều đến nền đường, cầu cống. Khi xác định khẩu độ cầu, diện tích công tác dưới cầu phải đầy đủ để bảo đảm cho các vật bị cuốn theo vùng nước thoát qua cầu được dễ dàng.

Cần chú ý những điểm sau:

- Ở khu vực bùn đá trôi bố trí cầu tốt hơn là cống, khẩu độ cầu không nên bóp hẹp, nói chung phải bằng chiều rộng lòng sông thiên nhiên ứng với mực nước thiết kế ở chỗ cửa vào, đồng thời nên chọn khẩu độ cầu 1 nhịp.
- Dưới cầu cần bảo đảm tĩnh không đầy đủ. Khi khảo sát phải điều tra kỹ quy luật biến đổi về bồi tích và bào mòn của lòng sông, tĩnh không dưới cầu phải xét tới chiều cao bồi tích bình quân nhiều năm và chiều cao có thể bồi tích nhiều nhất mỗi lần, chọn trị số lớn nhất trong đó để tìm mực nước thiết kế. Đây dâm cao hơn mực nước này trên 1m. Về chiều sâu chôn móng, ngoài phần bị xói ra còn phải xét tới độ sâu bị bào mòn lớn nhất mỗi lần.
- Khi vượt qua quạt bồi, không được phép đào dưới cầu.

- Đối với khẩu độ cầu có dòng bùn nhão, lưu tốc bình quân dưới cầu khi có lũ, chỗ cửa ra, cửa vào không được nhỏ quá trị số sau đây (căn cứ vào đề nghị của G.U.Samôp)

$$V_{bd} = 3,83d^{1/3}h^{1/6} \quad (5 - 28)$$

V_{bd} : lưu tốc bình quân tối hạn, m/s;

d: đường kính bình quân của nhóm hạt phù sa bị chuyển dịch, m; trong vật hỗn hợp của đất bồi, khi lũ nhỏ dùng nhóm hạt tương đối nhỏ, còn lũ lớn dùng nhóm hạt lớn.

h: chiều sâu nước bình quân khi lũ nhỏ và lũ lớn, m.

- Khẩu độ cầu qua dòng bùn đá chảy rồi, công thức tính xói chung và lưu tốc cân bằng động lực như sau:

$$h_{sx} = [\alpha h^{5/3} / (0,68 d^{0,28} \beta \psi)]^{1/1+x} \quad (5 - 29)$$

$$V_{cb} = 0,68d^{0,28} \beta \psi h_i^x \quad (5 - 30)$$

trong đó:

h_{sx} : chiều sâu nước sau khi xói, m;

ψ : hệ số tăng cường lưu tốc cân bằng động lực xác định theo dung trọng γ_c của dòng bùn đá, tra bảng (5-3);

V_{cb} : lưu tốc cân bằng động lực xuyên qua các lớp đất;

h , h_i , d , β , x , α đã trình bày trong công thức tính xói chung theo Litstovan (chương IV).

Bảng 5-3

Bảng tra hệ số ψ

γ_c	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
ψ	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,42	1,50	1,60

- Khẩu độ cầu vượt qua vùng bùn dẻo nên làm một nhịp, không nên bóp hẹp và cần bố trí mố cầu và 1/4 nón ở ngoài phạm vi vùng bùn đá.

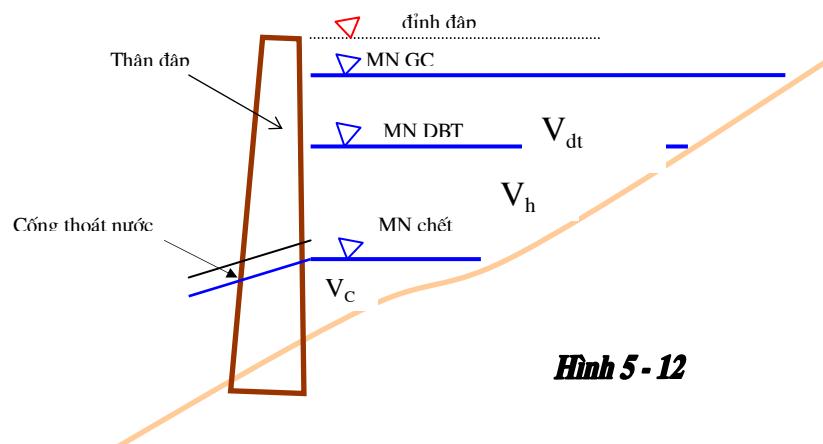
§ 5.4. Thiết kế khẩu độ cầu ở khu vực hồ chứa nước

Mục đích chủ yếu xây hồ chứa nước là nhằm khống chế nhân tạo và lợi dụng lòng sông, trữ nước lại khi mưa nhiều, đến mùa cạn sẽ phân phối sử dụng số nước dự trữ đó. Xây dựng hồ chứa nước là biện pháp khai thác tài nguyên thiên nhiên của nước ta hiện nay và là một biện pháp phòng chống lũ. Vì hồ chứa nước có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế, nên khi xây dựng hồ chứa, đường xá cần có sự điều chỉnh cục bộ. Khi tuyến đường đi qua thượng lưu dòng sông, dòng sông đã

xây hồ chứa nước rồi thì hồ chứa sẽ giữ tất cả, hoặc một phần nước mưa lại, điều đó rất có lợi cho việc thoát lũ của cầu cống. Nếu tiêu chuẩn thiết kế hồ chứa nước quá thấp hoặc chất lượng thi công quá kém, sẽ uy hiếp cầu cống.

Cần phải tiến hành nghiên cứu, phân tích các mặt trên cơ sở toàn bộ lợi ích chung về kinh tế – xã hội để xử lý vấn đề thiết kế cầu cống ở khu vực hồ chứa nước.

5.4.1. Khái niệm chung về hồ chứa nước



Hình 5 - 12

a. Yếu tố cơ bản trong hồ chứa nước: xem hình 5-12.

- Công trình thoát nước

Công trình thoát nước là kết cấu để thoát một khối lượng nước trong hồ ra, rất nhiều trường hợp không dùng lối chảy tự nhiên. Công trình thoát nước này có thể là loại cho dòng nước chảy có áp, như: ống nước trong thân đập hoặc ống nước vòng quanh thân đập v.v... hoặc là loại cho nước chảy tự do, như đường tràn lũ v.v... Lưu lượng thoát qua công trình, chủ yếu quyết định bởi diện tích mặt cắt ngang của đập (khi đập có cửa thì dựa vào kích thước đóng mở) và đầu nước. Đầu nước là độ chênh lệch giữa mực nước trong hồ cao hơn mực nước ở khẩu độ thoát nước. Trường hợp cửa ra của khẩu độ thoát nước bị ngập, lưu lượng thoát nước còn quyết định bởi mực nước hạ lưu. Khi khai thác hồ chứa, tất cả lưu lượng thoát ra ở từng thời gian phải thích ứng với đường biểu diễn lợi dụng nước, vì thế những công trình này phải làm cửa đập để khống chế nhân tạo.

- Mực nước chết và dung tích chết

- Mực nước tương ứng với cao độ đáy cống thoát nước trong hồ, gọi là mực nước chết (MNC) hay mực nước chết là mực nước thấp nhất mà người ta chỉ cho phép tháo nước ở hồ tới mức đó.

- Dung tích chết (V_c) của hồ là dung tích kể từ đáy hồ đến cao trình mực nước chết.

- Mực nước dâng bình thường, dung tích hữu ích

- Mực nước dâng bình thường (MNDBT) là mực nước cao nhất trong hồ chứa nước, dùng để tính toán các công trình thuỷ lợi đầu mối có tính đến mức an toàn bình thường theo tiêu chuẩn kỹ thuật. Mực nước dâng bình thường là thông số quan trọng nhất, nó định ra các chỉ tiêu làm việc của hồ chứa cũng như định ra kích thước của các công trình, mức độ ngập và vốn đầu tư vào việc xây dựng công trình đầu mối và hồ chứa nước.

- Phần dung tích hồ chứa nằm trong phạm vi từ mực nước chết đến mực nước dâng bình thường gọi là dung tích hữu ích của hồ chứa (V_{hi}).

Dung tích hữu ích được dùng để điều tiết dòng chảy, bằng cách tháo nước theo chu kỳ và sau đó chứa nước vào hồ.

- Mực nước gia cường và dung tích gia cường:

- Mực nước gia cường (MNGC) là mực nước cao hơn mực nước bình thường cho phép hồ chứa giữ lại trong thời kỳ tháo nước lũ của những năm đặc biệt nhiều nước (điều kiện khai thác đặc biệt bất thường).

- Dung tích gia cường, hay còn gọi là dung tích dự trữ (V_G), là dung tích trong phạm vi từ MNDBT đến MNGC, dung tích này dùng để giảm (cắt) những lưu lượng lũ lớn.

b. Tiêu chuẩn thiết kế hồ chứa nước

Theo quy phạm hiện hành của Việt Nam - Công trình thuỷ lợi các quy định chủ yếu về thiết kế (TCVN 5060-90) như các bảng sau đây:

Bảng 5 - 4
Phân cấp công trình thuỷ lợi (TCVN 5060-90)

Đập vật liệu địa phương		Đập BT và BTCT, đá xây, kết cấu dưới nước của nhà máy thuỷ điện, âu thuyền, công trình nâng tàu, tường chắn đất và những công trình BT và BTCT khác tham gia vào việc tạo tuyến áp lực				Cấp công trình	
Dạng đất nền							
Đá	Cát sỏi đất sét tảng ở trạng thái cứng và nửa cứng	Đất sét bão hoà nước ở trạng thái dẻo	Đá	Cát sỏi, đất sét tảng ở trạng thái cứng và nửa cứng	Đất sét bão hoà nước ở trạng thái dẻo		
Chiều cao công trình (m)							
≥100	>75	>50	>100	>50	>25	I	
>70 ÷ 100	>35÷75	>25÷50	>60÷100	>25÷50	>20÷25	II	
>25 ÷ 70	>15÷35	>15÷25	>25÷60	>10÷25	>10÷20	III	
>10÷25	>8÷15	>8÷15	>10÷25	>5÷10	>5÷10	IV	
≤10	≤8	≤8	≤10	≤5	≤5	V	

Ghi chú:

- Nếu sự cố của công trình dâng nước có thể gây hậu quả có tính chất tai hoạ cho các thành phố, khu công nghiệp và quốc phòng, các tuyến đường giao thông, các khu dân cư ở hạ lưu công trình đầu mối, thì cấp công trình xác định theo bảng 5 - 4, được phép nâng lên cho phù hợp với quy mô hậu quả khi có luận chứng thích đáng.
- Nếu sự cố công trình dâng nước không gây hậu quả đáng kể đến hạ lưu (khi công trình nằm ở vùng thưa dân hoặc ở gần biển), cấp của chúng xác định theo bảng 5 - 4, được phép hạ xuống 1 cấp.

Bảng 5 - 5 (TCVN 5060-90)

Nhà máy thuỷ điện có công suất, 10^3KW	Hệ thống thuỷ nông(10^3ha)		Công trình cấp nước có lưu lượng, m^3/s	Cấp công trình lâu dài	
	Tuổi	Tiêu		Chủ yếu	Thứ yếu
>300÷1000				I	III
>50÷300	>50	>50	>15÷20	II	III
>2÷50	>10÷50	>10÷50	>5÷15	III	IV
> 0,2÷2	>2÷10	>2÷10	>1÷5	IV	IV
≤ 0,2	≤ 2	≤ 2	≤ 1	V	V

Ghi chú:

- Nhà máy thuỷ điện có công suất lắp máy $>1000000\text{KW}$ thuộc cấp đặc biệt. Khi thiết kế phải xây dựng tiêu chuẩn thiết kế riêng.

- Cấp của áu tàu và công trình nâng tàu được ấn định theo sự thoả thuận giữa Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn và Bộ Giao thông vận tải.
- Cấp của công trình thuỷ lợi tạm thời theo quy định ở điều 1.6 , Tiêu chuẩn Việt Nam - Công trình thuỷ lợi các quy định chủ yếu về thiết kế TCVN5060-90.
- Cấp của công trình giao thông cắt qua thân đê cũng được xác định như cấp của các công trình dâng nước, nhưng không thấp hơn cấp của tuyến đê đó.

Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất để tính ổn định, kết cấu cho các công trình thuỷ lợi lâu dài (chính) trên sông và trên tuyến áp lực của hồ chứa nước, dâng nước, tháo nước, dẫn nước khi chưa có công trình điều tiết nhiều năm ở thượng nguồn được xác định theo bảng 5 – 6.

Bảng 5 - 6 (TCVN 5060-90)

Cấp công trình	Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất để tính ổn định, kết cấu công trình, %
I	0,10
II	0,50

III	1,00
IV	1,50
V	2,00

5.4.2. Tính khẩu độ cầu cống trong phạm vi ảnh hưởng hồ chứa nước

a. Cầu nằm ở thượng, hạ lưu đập nước vĩnh cửu và tạm thời

Sau khi xác định được lưu lượng và mực nước thiết kế đã đề cập ở chương III, khẩu độ cầu xác định như sông thông thường, đã đề cập trong chương IV.

b. Cầu nằm trong khu vực hồ

Nói chung, đối với hồ chứa nước được xây dựng để phục vụ yêu cầu thuỷ lợi, thuỷ điện, hoặc yêu cầu tổng hợp khi tuyến đường qua đây nên tránh đi qua hồ.

Trường hợp nếu bắt buộc phải đi qua hồ thì phải được sự đồng ý của ngành chủ quản các công trình này. Các thông số thuỷ văn thuỷ lực của hồ (mực nước, lưu lượng, lưu tốc, khẩu độ thoát nước v.v...) làm cơ sở để thiết kế công trình thoát nước và nền đường, do ngành chủ quản hồ đập cung cấp.

§ 5.5. Tính khẩu độ cầu, khi vị trí cầu bị ảnh hưởng thuỷ triều

5.5.1. Theo hướng dẫn khảo sát và thiết kế các công trình vượt sông trên đường bộ và đường sắt (NIMP 72) của Liên Xô (trước đây),

a. Dự kiến khẩu độ cầu trong trường hợp bất lợi nhất (khi triều rút)

$$L = B_p + \Delta B \sum \frac{Q_b}{V_b H_b} \quad (5 - 31)$$

trong đó:

B_p : chiều rộng lòng sông ứng với mực nước tính toán, m;

ΔB : hệ số có khả năng giảm tối đa khẩu độ cầu trong phần bãi sông, phụ thuộc vào tỷ số $\Sigma Q_b / Q_{rút}$. (xem bảng 5 – 7);

Q_b : lưu lượng bãi (trái hoặc phải) ở thời kỳ triều rút, m^3/s ;

V_b : lưu tốc trung bình trên bãi, trong thời kỳ triều rút, m/s ;

H_b : chiều sâu nước trung bình trên bãi ở mực nước tính toán, m.

Bảng 5 – 7

$\Sigma Q_b / Q_{rút}$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

ΔB	0,92	0,90	0,89	0,86	0,84	0,80	0,74	0,60	0,30
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ghi chú: Khi bãi sông nông và dài, cho khẩu độ trên bãi quá lớn sẽ không phù hợp với thực tế

b. Nếu trong miền triều dang, rút lòng sông sụt lở thì khẩu độ cầu xác định theo công thức:

$$L = \frac{Q_{rut}}{(1-\lambda)V_o H_{sl}} \quad (5 - 32)$$

trong đó:

$\lambda = b/l$ (với b : chiều rộng trụ; l : chiều dài tĩnh của nhíp;

V_o : lưu tốc không xói, m/s; tra bảng chương IV;

H_{sl} : chiều sâu thiên nhiên trung bình của lòng sông sụt lở, m;

Q_{rut} : lưu lượng lớn nhất trong thời gian triều rút, m^3/s .

5.5.2. Theo Sổ tay tính toán thuỷ văn cầu đường Trung Quốc

$$L = \frac{\omega_\mu - \omega_o}{h} \quad (5 - 33)$$

$$\omega_\mu = \frac{Q_p}{P\mu(1-\lambda)V_p} = \frac{Q_p}{\delta V_p h} \quad (5 - 34)$$

$$L = \frac{Q_p}{\delta V_p h} - \frac{\omega_o}{h} = L' - \Delta L_o$$

(5 - 35)

Tính thử dần khẩu độ cần thiết ứng với các mực nước tính toán theo bảng sau:

H (m)	Q_p (m^3/s)	δ	V_p (m/s)	L' (m)	W_o (m^2)	ΔL (m)	L (m)	Ghi chú

Cách ghi bảng:

h : chiều sâu bình quân của bãi giả định tuỳ ý phạm vi thay đổi từ 0.5 đến mực nước tương ứng với $Q_{1\%}$, cách 0.5m tính một lần;

Q_p : lưu lượng tính toán căn cứ vào trị số h , xem chương III;

$$\delta = P \cdot \mu \cdot (1 - \lambda)$$

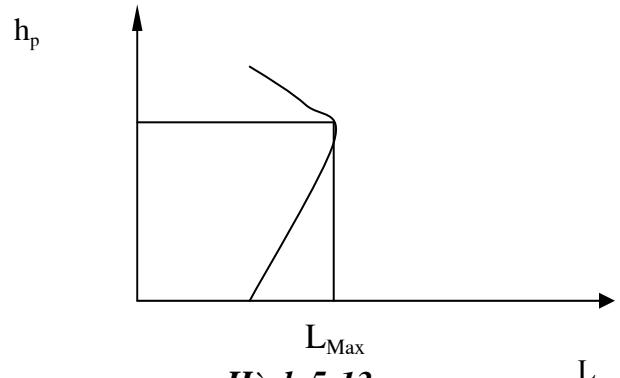
ý nghĩa: P, μ, λ giống chương IV;

V_p : lưu tốc tính toán xác định theo trường hợp 3, xem chương III;

$$L' = Q_p / (\delta V_p h)$$

$$\Delta L = \omega_o / h$$

$$L = L' - \Delta L$$



Hình 5-13

Dựa vào trị số h_1 , L tính được theo biểu trên vẽ đường cong quan hệ như hình 5-13;

Chọn khẩu độ cầu tính toán $L_p \geq L_{max}$.

§ 5.6. Tính khẩu độ cầu, khi vị trí cầu bị ảnh hưởng nước dênh sông lớn

Theo sổ tay tính toán thuỷ văn cầu đường Trung Quốc:

$$L = \frac{1}{\varepsilon V_p} \left[\frac{\Omega \left| \frac{\Delta h}{\Delta t} \right|}{h} + \frac{Q_p - \omega_o \varepsilon V_p}{h} \right] \quad (5-36)$$

trong đó:

Q_p : lưu lượng thiết kế, m^3/s , xác định ở chương III;

Ω : diện tích mặt nước dênh phía thượng lưu cầu ứng với mực nước thiết kế, m^2 ;

$\Delta h / \Delta t$: trị số lớn nhất, xác định trên đường $H \sim (\Delta h / \Delta t)$, ở nhánh nước rút;

ω_o : diện tích thoát nước lòng sông tại vị trí cầu ứng với mực nước tự nhiên bình thường, m^2 ;

ε : hệ số thắt hẹp dòng chảy do nền đường đắp đầu cầu;

h : chiều sâu nước tính toán, m ;

V_p : lưu tốc tính toán, m/s ;

$$V_p = \frac{Q_p}{\omega_p + \sum \omega_n \frac{W_n}{W_p}} \quad (5 - 37)$$

ω_p : diện tích thoát nước ở lòng chủ ứng với mực nước thiết kế, m^2 ;

ω_n : diện tích thoát nước ở bãi sông ứng với mực nước thiết kế, m^2 ;

$W_n = (C h^{0.5})_n$: suất phân phối lưu lượng trên bãi sông;

$W_p = (C h^{0.5})_p$: suất phân phối lưu lượng ở lòng chủ.

§ 5.7. Tính khẩu độ cầu trong điều kiện dòng chảy điều tiết ở trong kênh

5.7.1. Các thông số thiết kế

Dòng chảy trong kênh nhân tạo chủ yếu là dòng chảy đều, ổn định. Các thông số thuỷ văn, thuỷ lực và kích thước kênh nói chung, khẩu độ công trình thoát nước bắc qua kênh nói riêng do các cơ quan quản lý chức năng cung cấp. Trong trường hợp không có tài liệu thì có thể dùng phương pháp tính toán được giới thiệu trong các giáo trình thuỷ lực dùng cho sinh viên các trường đại học ngành xây dựng công trình.

5.7.2. Những yêu cầu khi thiết kế công trình thoát nước qua kênh

- Nếu kênh đào nằm trong nền đất đắp, thì khẩu độ cầu nhỏ nhất lấy bằng chiều rộng kênh theo mép nước hai bờ.

- Dao động mực nước trong kênh có thể đồng thời với dao động mực nước của ao hồ chứa ở ngoài kênh. Nếu trong hồ chứa có trạm quan trắc dài ngày thì trong tính toán dùng mực nước theo tần suất của cầu. Khi thiếu hoặc không đủ số liệu quan trắc, để tính toán dùng mực nước lớn nhất xác định theo ngắn vết hoặc điều tra ở dân địa phương

- Theo quy định với những kênh thuỷ lợi chỉ nên bắc cầu một nhịp để khỏi phá huỷ chế độ dòng chảy của kênh. Khi bố trí trụ giữa phải được sự thoả thuận của cơ quan khai thác kênh.

- Lưu lượng tính toán của kênh tưới phụ thuộc vào lưu lượng ở công trình đầu mối lấy nước, hoặc các công trình cấp nước tưới dọc kênh. Tài liệu lưu lượng thiết kế kênh do các cơ quan chức năng của ngành thuỷ lợi cấp.

§ 5.8. Kiểm toán công trình cầu hiện tại

Cầu cũ ở nước ta phần nhiều thiếu tài liệu tính toán thuỷ văn. Vấn đề là cần xét xem khẩu độ cầu và độ sâu chôn móng cầu, bố trí vị trí cầu và công trình hướng dòng đã hợp lý chưa và nền đường bãі sông có an toàn không? Những vấn đề này có ý nghĩa rất quan trọng đối với việc phòng lũ phá hoại cầu cũ và bảo đảm xe chạy không bị gián đoạn.

Nguyên tắc kiểm toán thuỷ văn cầu lớn, cầu trung phải dựa trên kết quả điều tra, khảo sát tại thực địa để phân tích xem cầu có thể chịu đựng được các trận lũ lịch sử hay không, nếu không chịu được cần dựa vào đó để có biện pháp thiết kế xử lý phù hợp.

5.8.1. Xác định các đặc tính dòng chảy

a. Thu thập tài liệu:

- Điều tra mực nước:

Đối với mỗi trận lũ lớn lịch sử phải điều tra những tài liệu sau:

- Mực nước dưới cầu: điều tra mực nước lũ cao nhất ở cả 2 mố cầu phía bờ trái và bờ phải;

- Độ dốc ngang mặt nước: ven theo thượng hạ lưu nền đường bãі sông điều tra vết lũ để vẽ được độ dốc ngang mặt nước phía thượng và hạ lưu;

- Dọc theo sông, điều tra vết lũ ven theo hai bờ trái phải để vẽ được độ dốc dọc mặt nước lũ. Phạm vi đo vẽ phía thượng hạ lưu gấp trên 3 lần chiều rộng ngập tràn, phái hạ lưu bằng 1 lần chiều rộng ngập tràn.

- Mặt cắt dưới cầu và chiều sâu hố xói cục bộ thực đo của nhiều lần lũ, đồng thời đo một mặt cắt ngang lòng sông ở hạ lưu cách vị trí cầu bằng một lần chiều rộng ngập tràn (sau này gọi là mặt cắt thiên nhiên phía hạ lưu);

- Thu thập tài liệu thuỷ văn có liên quan gồm: mực nước, lưu lượng, lưu tốc mặt cắt, địa hình, lượng bùn cát v.v... của trạm thủy văn ở gần vị trí cầu;

- Thu thập và đo đặc bản đồ địa hình về diến biến của đoạn sông bắc cầu qua các năm, các trận lũ lịch sử;

- Đo đặc hoặc điều tra tài liệu, lưu hướng, lưu tốc và độ sâu xói v.v... ở kè hướng dòng và nền đường bãі sông;

- Thu thập tài liệu thiết kế và tài liệu địa chất về cầu nền đường bãі sông và công trình chính trị v.v...

b. Xác định lưu lượng thiết kế

Dựa vào tài liệu lưu lượng nhiều năm của trạm thuỷ văn hoặc dựa vào lưu lượng tính toán theo phương pháp hình thái tìm được lưu lượng thiết kế. Phải bố trí mặt cắt hình thái ở phía thượng lưu vị trí cầu ngoài khu vực nước vặt, bố trí mặt cắt

phía hạ lưu vị trí cầu ở ngoài khu vực khuếch tán, chiều dài khu vực khuếch tán gấp 1 lần chiều rộng ngập tràn.

c. Xác định mực nước thiết kế

Nếu có tài liệu lưu lượng mực nước tương đối nhiều, có thể vẽ đường cong quan hệ lưu lượng với mực nước ở mặt cắt vị trí cầu. Sau đó trên đường cong quan hệ này xác định được mực nước tương ứng với lưu lượng tính toán.

Nếu thiếu tài liệu lưu lượng mực nước, có thể dựa vào tài liệu 1 trận lũ lớn nhất theo công thức (5 - 38) tính hệ số phân phối lưu tốc dưới cầu:

$$\alpha = \frac{Q_p}{h_{cp}^{5/3} L_{Lv} \mu} \quad (5 - 38)$$

trong đó:

Q_p : lưu lượng tính toán, m^3/s ;

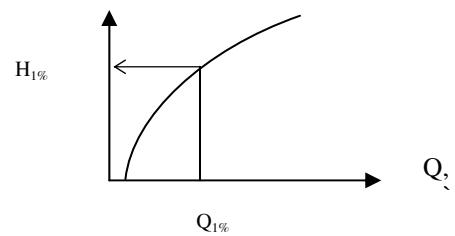
h_{cp} : chiều sâu bình quân dưới cầu, m;

L_{Lv} : chiều dài làm việc của cầu, m.

Tính lưu lượng thoát nước ở các mực nước theo công thức:

$$Q = \alpha h_{cp}^{5/3} L_{Lv} \mu = f(h)$$

Dựa vào công thức trên lập đường cong quan hệ lưu lượng mực nước, để xác định mực nước tính toán. Kiểm tra xem tinh không từ mực nước thiết kế này cách đáy dâng có phù hợp với yêu cầu của quy trình không. Nếu không đủ tinh không cần phải có biện pháp giải quyết.

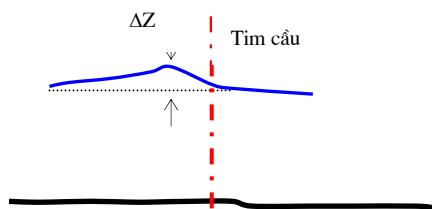


Hình 5-14

5.8.2. Kiểm toán khẩu độ cầu

Kiểm tra khẩu độ cầu có đủ không, chủ yếu phải dựa vào chênh lệch mực nước giữa thượng hạ lưu cầu lớn hay nhỏ để quyết định. Nếu chênh lệch mực nước vượt quá trị số cho phép, thì khẩu độ cầu còn thiếu. Phương pháp tính chênh lệch mực nước khi có lũ thiết kế thoát qua như sau:

Xác định trị số ΔZ của lũ lịch sử trên bản vẽ độ dốc dọc mặt nước (xem hình 5-15). Sau đó tính trị số \bar{z} dênh như công thức sau:



Hình 5-15

$$\eta = \frac{\Delta Z}{V_\mu^2 - V_o^2} \quad (5 - 39)$$

$$V_\mu = \frac{Q_p}{\mu \cdot \omega_\mu (1 - \lambda)} \quad (5 - 40)$$

trong đó:

V_μ : lưu tốc dưới cầu khi có lũ lịch sử thoát qua, m/s;

Q_p, μ, λ : ý nghĩa như trên;

ω_μ : diện tích thoát nước dưới cầu ứng với H_{TK} , m²;

V_o : lưu tốc bình quân toàn mặt cắt sông (tính theo mặt cắt thiên nhiên hạ lưu), m/s;

Căn cứ vào hệ số dênh này có thể tìm được chiều cao ứ dênh phát sinh khi lưu lượng thiết kế thoát qua dưới cầu theo công thức (5 - 41) như sau:

$$\Delta Z = \eta (V_\mu^2 - V_o^2) \quad (5 - 41)$$

Tính cao độ mặt nước dọc theo thượng hạ lưu nền đường khi có lũ lịch sử thoát qua theo công thức sau:

- Cao độ mặt nước phía thượng lưu:

$$H_b = H_p + \Delta Z + I_B (L_n - a) + I_\delta b \quad (5 - 42)$$

- Cao độ mặt nước phía hạ lưu:

$$H_H = H_p - I_H L_n - I_\delta d \quad (5 - 43)$$

trong đó:

H_p : mực nước thiết kế, m;

ΔZ : chiều cao nước dênh trước cầu, m;

I_B : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía thượng lưu cầu;

$$I_B = \varphi i_\delta$$

i_δ : độ dốc thiên nhiên dòng nước;

φ : hệ số tra bảng 5 – 2;

L_n : khoảng cách từ cao độ vai đường cần thiết, đến mép trước mố cầu gần nhất, m;

- a: hình chiếu kè hướng dòng phia thượng lưu lên trực nền đường, m;
- b: hình chiếu kè hướng dòng phia thượng lưu lên đường pháp tuyến của trực nền đường, m;
- i_H: độ dốc dòng nước ven theo nền đường phia hạ lưu, i_k = 0.50i_δ;
- d: hình chiếu kè hướng dòng phia hạ lưu lên đường pháp tuyến của trực nền đường, m.

Dựa vào hai công thức trên có thể vẽ được độ dốc ngang mặt nước tính toán ở phia thượng hạ lưu nền đường. Đường mặt nước ngang tính toán phải phù hợp với đường mặt nước ngang thực đo. Nếu không phù hợp thì nhân độ dốc mặt nước ngang tính toán với hệ số điều chỉnh K.

- Độ dốc ngang mặt nước phia thượng lưu: $I_b = \varphi i_\delta K_b$ (5 - 44)

- Độ dốc ngang mặt nước phia hạ lưu: $I_H = 0,5 i_\delta K_h$ (5 - 45)

Căn cứ vào độ dốc ngang mặt nước đã điều chỉnh, tìm được cao độ vai đường cần thiết của nền đường bãi sông theo biện pháp ở §7.1. So sánh cao độ này với cao độ vai đường thực tế, xác định xem có cần thiết tôn cao nền đường không?

Mặt khác tìm đường mặt nước ngang phia thượng hạ lưu men theo nền đường khi có lũ tính toán và tính được chênh lệch mực nước, phia thượng hạ lưu. Chênh lệch mực nước này phải nhỏ hơn trị số cho phép (0,9m). Nếu vượt quá trị số cho phép, phải mở rộng khẩu độ cầu để giảm bớt chiều cao ứ đênh.

5.8.3. Kiểm toán xói chung

Dựa vào những công thức đã ghi ở chương IV, kiểm toán chiều sâu xói chung dưới cầu khi có lũ lịch sử thoát qua, trong lúc tính cần đặc biệt chú ý chiều sâu đường thuỷ trực h và chiều sâu bình quân h_{cp} ở dưới cầu trước khi xói, nên dùng trị số mặt cắt ban đầu trước khi làm cầu. Nếu không có mặt cắt ban đầu có thể thay bằng mặt cắt thiên nhiên phia hạ lưu. So sánh chiều sâu xói chung, tính bằng các công thức và chiều sâu xói thực đo, trong đó lấy công thức phù hợp với tài liệu thực đo nhất để tính chiều sâu xói chung khi lưu lượng thoát qua và kiểm toán hệ số xói:

$$P = \frac{h_p}{h}$$

Nếu trị số P vượt quá qui định, phải xét tới mở rộng khẩu độ cầu.

5.8.4. Kiểm tra xói cục bộ:

Tính độ sâu xói cục bộ khi lũ lịch sử thông qua cũng theo các công thức tính xói cục bộ ở chương IV, rồi so sánh với chiều sâu xói cục bộ thực đo để chọn công thức tính toán phù hợp với thực tế, dựa vào đó tính chiều sâu xói cục bộ ứng với lũ theo tần suất thiết kế.

Dựa vào kết quả tính xói chung và xói cục bộ ứng với lũ thiết kế như trên, kiểm tra độ sâu chôn móng hoặc độ dự trữ có đủ không?

Nếu không đủ phải dùng biện pháp phòng hộ hoặc mở rộng khẩu độ cầu.

5.8.5. Kiểm tra nền đường đầu cầu và công trình kè hướng dòng:

Cầu lớn, cầu trung cũ bị nước phá hỏng, có khi không phải nguyên nhân do không đủ khẩu độ, mà do lòng sông biến đổi, lưu hướng thay đổi, dòng chủ xói vào nền đường.

Do đó kiểm tra thuỷ văn cầu lớn, cầu trung, ngoài việc kiểm tra mực nước lưu lượng, khẩu độ và chiều sâu xói ra, phải đặc biệt chú ý kiểm tra và diễn biến lòng sông biện pháp bố trí công trình chính trị, phòng hộ nền đường bãi sông v.v... có thích hợp không?

Dựa vào bản đồ địa hình và hình vẽ mặt cắt đáy sông thực đo của các lần lũ lịch sử (kể cả nhiều trận lũ phát sinh trước khi làm cầu) nghiên cứu xu thế và tốc độ phát triển diễn biến lòng sông sau này, quy luật thay đổi bồi cao hoặc xói sâu lòng sông và chiều hướng thay đổi lưu hướng để phân tích về mực nước, tinh không, độ sâu chôn móng công trình chính trị v.v... xem có thích hợp với sự thay đổi lòng sông sau này (như bồi cao lòng sông và thay đổi lưu hướng v.v...). Nếu không thích hợp phải có biện pháp cải thiện như mở rộng khẩu độ, xây thêm và gia cố công trình chính trị hoặc tăng cường phòng hộ nền đường bãi sông v.v...

Trước khi cải thiện công trình chính trị và phòng hộ nền đường bãi sông, phải kiểm tra lưu hướng và lưu tốc của lũ thực đo kết hợp với kiểm tra công trình chính trị cũ và phòng hộ nền đường. Sau đó tính được lưu hướng, lưu tốc ở trạng thái lũ thiết kế và dựa vào đó để xác định biện pháp xử lý.

Tài liệu sử dụng trong Chương V:

- [1]. Sổ tay tính toán thuỷ văn cầu đường (Viện TKGTVT dịch từ 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]. Quy phạm tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế: QPTL –C6-77.
- [5]. Giáo trình thuỷ văn công trình – Trường Đại học Thuỷ lợi.
- [6]. Tiêu chuẩn Việt Nam. Công trình thuỷ lợi và các quy định chủ yếu về thiết kế (TCVN 5060 – 90).
- [7]. Cẩm nang thuỷ công, Bộ Thuỷ lợi.
- [8]. Tính toán thuỷ lực kinh tế kỹ thuật các kênh (tài liệu dịch của Liên Xô).

[9]. Giáo trình thuỷ lực.

[10]. Tiêu chuẩn thiết kế hệ số tiêu cho ruộng lúa của Bộ Thuỷ lợi (14 TCN 60 – 88).

CHƯƠNG VI - DỰ BÁO QUÁ TRÌNH DIỄN BIẾN LÒNG SÔNG

§ 6.1. Định nghĩa, nguyên nhân, phân loại diễn biến lòng sông

6.1.1 Định nghĩa

Diễn biến lòng sông là những biến đổi về hình dạng, kích thước trên mặt bằng, trên mặt cắt dọc và trên mặt cắt ngang của lòng dẫn dưới tác động của dòng nước, trong điều kiện tự nhiên hoặc khi có tác động của các yếu tố nhân tạo hay các yếu tố thiên tạo đột xuất.

Điễn biến lòng sông có nghĩa rộng và nghĩa hẹp.

- Diễn biến lòng sông theo nghĩa rộng là cả quá trình lịch sử hình thành và phát triển lòng sông, bao gồm toàn bộ thung lũng sông. Vấn đề này thuộc phạm trù địa sử học, địa mạo học.
- Diễn biến lòng sông theo nghĩa hẹp chỉ hạn chế trong những biến đổi cận đại và bản thân lòng dẫn. Đây là đối tượng chính của động lực học dòng sông.

Nhưng những biến đổi cận đại và bản thân lòng dẫn được triển khai trên nền các biến đổi lịch sử và của các bộ phận của thung lũng sông. Vì vậy, chúng có mối liên hệ nội tại với nhau.

6.1.2 Nguyên nhân của diễn biến lòng sông

Nguyên nhân cơ bản của diễn biến lòng sông là *sự mất cân bằng trong tải cát*. Trong bất kỳ một đoạn sông nào, hoặc trong bất kỳ một vùng cục bộ nào đó của đoạn sông, dưới một điều kiện nhất định, dòng chảy có một sức tải cát nhất định. Nếu lượng bùn cát đến tương ứng với sức tải cát, thì dòng chảy ở trạng thái tải cát cân bằng, lòng dẫn sẽ không xói cũng không bồi. Khi lượng bùn cát đến lớn hơn sức tải cát của dòng chảy, số bùn cát mà dòng chảy không thể mang thêm sẽ được bồi lắng dần xuống làm cho lòng dẫn nâng cao. Khi lượng bùn cát đến nhỏ hơn sức tải cát của dòng chảy, số bùn cát thiếu hụt sẽ được dòng chảy bào xói lòng dẫn để bổ sung, làm cho lòng dẫn hạ thấp.

Điễn biến lòng sông cũng như các quá trình chuyển động cơ học khác, cân bằng chỉ là tương đối, không cân bằng mới là tuyệt đối. Lòng dẫn, từng giờ, từng phút luôn luôn ở trong trạng thái biến hóa và phát triển. Ngay trong cái gọi là "cân bằng tải cát", trong toàn đoạn sông, trong một thời gian nào đó lòng dẫn được coi là ổn định, nhưng ở từng nơi, sông cát vẫn tồn tại, về thực chất tải cát vẫn không cân bằng.

6.1.3 Phân loại diến biến lòng sông

Khi phân tích diến biến lòng sông thường chia ra diến biến trên mặt bằng, diến biến trên mặt cắt dọc, diến biến trên mặt cắt ngang, nhưng thực chất ba loại này đan xen nhau, ảnh hưởng lẫn nhau, khống chế lẫn nhau.

a. **Diến biến trên mặt cắt ngang:** là do sự mất cân bằng tải cát phương ngang gây nên. Sự mất cân bằng tải cát trên phương ngang chính là do hoàn lưu. Khi trong dòng chảy tồn tại hoàn lưu, dòng nước mặt không đi theo phương chuyển động chung mà chảy xiên sang một bờ, còn dòng nước đáy thì chuyển động sang một bờ khác, ngược với dòng nước mặt. Bờ có dòng nước mặt xô vào thì bị xói, bờ tiếp nhận dòng nước đáy thì được bồi. Ngoài hoàn lưu ra, sóng cát cũng tạo ra chuyển dịch bùn cát theo phương ngang.

b. **Diến biến mặt bằng:** chủ yếu là sự dịch chuyển trên mặt bằng, đường bờ, của lạch sâu, của các khối bồi lắng, có khi là liên tục, có khi là đột biến, có khi là có chu kỳ... do chịu tác động tổng hợp rất nhiều yếu tố.

c. **Diến biến mặt cắt dọc:** là do sự mất cân bằng trong tải cát phương dọc, có nguyên nhân từ thiên nhiên như sự thay đổi theo thời gian và theo dọc đường của lượng bùn cát, sự thay đổi dọc đường của độ dốc và chiều rộng thung lũng sông, sự nâng lên hạ xuống của vỏ trái đất, của mực nước biển v.v... cũng có nguyên nhân từ con người như xây dựng các đập ngăn sông, các công trình chỉnh trị.

d. Trên quan điểm thời gian và phương hướng phát triển, có thể chia ra **diến biến đơn hướng** trong thời gian dài và **diến biến có tính chất chu kỳ** trong thời gian ngắn.

- Diến biến đơn hướng trong thời gian dài như lòng sông miền núi ngày càng hạ thấp, lòng sông đồng bằng ngày càng nâng cao, tam giác châu ngày càng kéo dài ra biển v.v... Loại biến hình này tiến hành chậm chạp, thông thường khi giải quyết các vấn đề công trình có thể không xét đến, trừ những trường hợp đặc biệt.

- Diến biến có tính chất chu kỳ như sự nâng lên hạ xuống của cao trình ngưỡng cạn trong một năm; sự hình thành, phát triển và suy vong của các đoạn cong, đoạn phân lạch; chuyển động của sóng cát v.v... trong quá trình phát triển, hình thái sông thường dao động quanh một vị trí trung bình, nhưng không phải lặp lại một cách máy móc trở về hoàn toàn trạng thái cũ. Diến biến chu kỳ diễn ra nhanh chóng, ảnh hưởng lớn đến mọi hoạt động kinh tế của con người, nên cần đặc biệt chú ý.

6.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến diến biến lòng sông

Các yếu tố ảnh hưởng đến diến biến lòng sông rất phức tạp, có thể nêu lên các yếu tố chủ yếu sau:

a. Ảnh hưởng đến quá trình lịch sử hình thành lòng sông bao gồm:

Vận động cấu tạo của vỏ trái đất, tác dụng của dòng chảy, tác dụng của khí hậu, thời tiết. Trong đó, tác dụng của dòng chảy là chủ yếu. Các yếu tố khác không thể tác dụng riêng rẽ để hình thành dòng sông, mà chỉ phối hợp hỗ trợ cho dòng chảy.

b. Ảnh hưởng đến diễn biến lòng sông hiện tại bao gồm:

- Lượng nước đến và chế độ phân phối của nó;
- Lượng cát đến và chế độ phân phối của nó;
- Độ dốc thung lũng sông;
- Tình hình địa chất;
- Các hoạt động của con người.

§ 6.2. Các yếu tố đặc trưng hình thái sông

Bề mặt các lục địa được chia thành vô số những lưu vực sông lớn, nhỏ khác nhau. Đây của mỗi lưu vực, phần có dòng nước chảy giữa 2 đường bờ là *lòng dẫn cơ sở* của dòng sông. Phần lưu vực cao hơn, tiếp giáp với lòng dẫn cơ sở, tham gia vào việc dung nạp và thoát nước trong mùa lũ được gọi là *bãi sông* (hay thềm sông).. Một con sông có nơi *bắt nguồn* và *cửa sông*. Nơi bắt nguồn có thể là từ các khe, suối vùng rừng núi, có thể là từ một con sông khác lớn hơn. Cửa sông có thể là nơi hợp lưu với một con sông khác, có thể là nơi đổ vào hồ, vào biển. Sông mà dòng nước của nó đổ vào một con sông khác lớn hơn, thì gọi là *phụ lưu*. Sông mà dòng nước của nó bắt nguồn từ con sông khác thì gọi là *chi lưu*. Có những con sông là chi lưu của sông này, nhưng lại là phụ lưu của sông khác. Như sông Đuống, sông Luộc là những chi lưu của sông Hồng, nhưng đều là phụ lưu của sông Thái Bình. Sông Đào là chi lưu của sông Hồng, nhưng là phụ lưu của sông Đáy.

Từ nguồn nhìn về phía cửa, tức là nhìn xuôi theo chiều dòng nước, phía tay trái người nhìn là *bờ trái* (tả ngạn), phía tay phải người nhìn là *bờ phải* (hữu ngạn); phía sau lưng là thượng lưu, phía trước mặt là hạ lưu. Không nên lầm lẫn giữa thượng lưu, hạ lưu với *thượng du, hạ du*. Thượng, hạ lưu là thuật ngữ dùng để phân chia hai phía của một mặt cắt phân giới; còn thượng, hạ du và cả trung du nữa là cách phân đoạn ba phần từ nguồn đến cửa của một con sông, mà thường là đối với những con sông chảy qua 3 vùng: vùng rừng núi, vùng gò đồi và vùng đồng bằng. Nhưng thượng, hạ du cũng có thể hiểu theo nghĩa là phần sông từ một vị trí nào đó lên nguồn hoặc xuống cửa, còn thượng hạ lưu thường chỉ một đoạn sát trên, hoặc sát dưới công trình.

Các đặc trưng hình thái của một con sông bao gồm: loại hình sông, mặt cắt ngang, mặt cắt dọc và tuyến chảy trên mặt bằng cùng các khối bồi lắng trong lòng sông. Chúng ta lần lượt đi qua các đặc trưng đó.

6.2.1. Phân loại sông

Có nhiều cách phân loại sông, tùy theo quan điểm và chỉ tiêu đặt ra của nhà nghiên cứu. Theo diện tích lưu vực có thể chia ra thành sông lớn, sông nhỏ; theo chế độ dòng chảy và vùng địa lý đi qua có thể chia ra sông vùng núi, sông vùng trung du và sông vùng đồng bằng; theo tính chất diễn biến của hình thái lòng sông mà có thể chia ra sông ổn định và sông không ổn định... Ở đây chúng ta quan tâm đến cách phân loại để xác định loại hình lòng sông, phục vụ cho thiết kế, thi công và khai thác các công trình cầu qua sông.

Lòng dẫn do dòng nước thiên nhiên tạo ra có hình thái rất phức tạp. Chúng thường có tuyến quanh co, uốn khúc trên mặt bằng, kích thước ngang (chiều rộng, độ sâu) thay đổi với một biên độ khá lớn. Mặt cắt ngang lòng dẫn thường không đối xứng, mặt cắt dọc có độ dốc thay đổi dọc đường. Sự phức tạp, không quy tắc của lòng dẫn tạo ra sự phức tạp, tính không gian của dòng nước trong đó.

Mặc dù các yếu tố tự nhiên có một vai trò quan trọng trong sự hình thành và phát triển của lòng sông, nhưng hình dạng cơ bản của nó vẫn được quyết định bởi những yếu tố tất nhiên. Vì vậy, từ tính chất muôn hình muôn vẻ của dòng sông, các nhà khoa học đã dựa vào những chỉ tiêu, quan điểm của mình để phân chia lòng sông thành một số loại hình cơ bản. Sự phân chia loại hình lòng sông không đặt ra cho toàn bộ chiều dài từ nguồn đến cửa một con sông, mà đặt ra cho từng đoạn sông ngắn.

Dựa trên hình dạng mặt cắt lòng sông giữa hai đường mép bờ và tính chất của quá trình diễn biến trong vùng đồng bằng trùm tích, người ta chia lòng sông thành 3 loại hình cơ bản sau: *đoạn sông thẳng, đơn lạch; đoạn sông phân lạch và đoạn sông uốn khúc*.

a. Đoạn sông thẳng, đơn lạch:

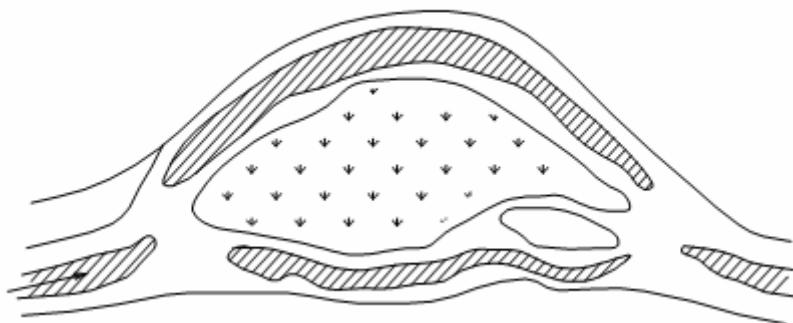
Đặc điểm ngoại hình của đoạn sông này là có các khói bồi lắng liền bờ (bờ bên) sắp xếp so le hai bên. Mùa kiệt, dòng chảy quanh co giữa các bờ bên so le đó. Nhưng mùa nước trung, khi nước ngập bờ bên, dòng chảy có đường viền tương đối thẳng, và khi đó các bờ bên di chuyển, bờ dần về hạ lưu, để đổi chỗ cho lạch sâu (hình 6-1 cho ví dụ về một đoạn sông thẳng, đơn lạch).



Hình 6-1: Đoạn sông thẳng, đơn lạch

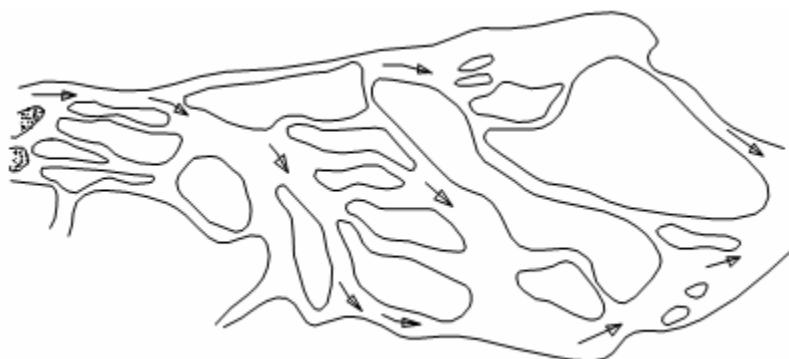
b. Đoạn sông phân lạch

Đoạn sông phân lạch thường xuất hiện trên các sông tương đối lớn. Đặc điểm nổi bật của đoạn sông này là trên mặt bằng có đường viền hình dạ dày, thắt nút hai đầu và phình rộng ở giữa. Nơi phình rộng sông chia làm nhiều lạch, thường là 2 ÷ 3 lạch, trong đó có một lạch chính, giữa các lạch là bãi giữa. Bãi giữa thường có cao trình ngang bãi sông, ngập trong mùa lũ, lộ ra trong mùa nước trung và kiệt. Trên mặt bãi giữa có thể có thực vật sinh trưởng, thậm chí có làng xóm, dân cư. Ví dụ đoạn sông Hồng chảy qua Hà Nội là đoạn sông phân lạch, có bãi giữa là Trung Hà. Hình 6-2 thể hiện một đoạn sông phân 2 lạch điển hình.



Hình 6-2: Đoạn sông phân lạch

Khi trong đoạn sông chia ra rất nhiều lạch, bãi giữa là những cồn cát non, phân bố tản漫, lạch chính không ổn định, thì gọi là đoạn sông du đãng. Hạ du sông Hoàng (Trung Quốc) là một đoạn sông du đãng nổi tiếng (xem hình 6-3).



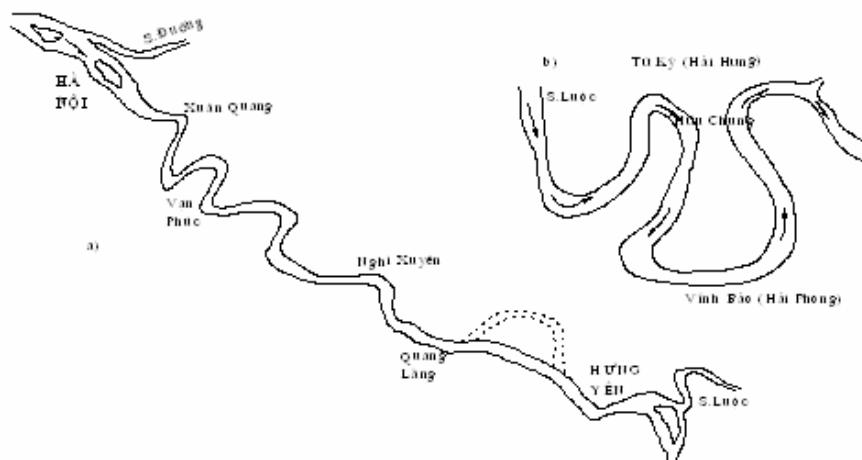
Hình 6-3: Đoạn sông du đãng

c. Đoạn sông uốn khúc

Đoạn sông uốn khúc tồn tại phổ biến nhất, bất cứ sông lớn, hay sông nhỏ. Tuyến dòng chảy mùa nước trung có dạng đồ thị hình sin, gồm nhiều khúc cong nối tiếp nhau. Trong một khúc cong, có bờ lõm, bờ lồi. Bờ lõm thường dốc, có lạch sâu ép sát. Bờ lồi thường thoải, có bãi bên hình lưỡi trai. Giữa hai khúc cong ngược chiều liền nhau là đoạn thẳng chuyển tiếp, có *ngưỡng cạn* hình yên ngựa. Khúc

cong có chiều dài lớn, bán kính cong bé, tạo thành hình nút thắt với eo sông hẹp, thì gọi là *vòng sông*.

Hình 6-4a thể hiện một đoạn sông uốn khúc, hình 6-4b thể hiện một vòng sông.



Hình 6-4: a) Đoạn sông Hồng từ Hà Nội đến Hưng Yên;
b) Vòng sông Hữu Chung trên sông Luộc.

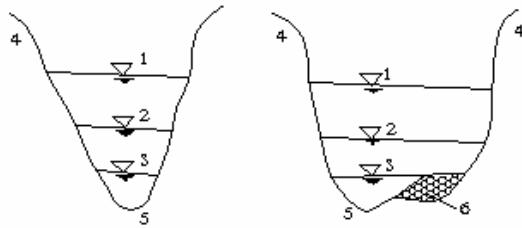
Chú ý rằng, sự phân loại trên thích hợp trong điều kiện vận động hoàn toàn tự do của dòng sông, không bị cưỡng bức tự nhiên hoặc nhân tạo. Đối với một đoạn sông, loại hình sông có thể chuyển đổi khi có sự thay đổi lớn của các điều kiện ảnh hưởng. Sự chuyển đổi diễn ra theo một quá trình và có thể theo một chu kỳ nào đó.

6.2.2. Các yếu tố trên mặt cắt ngang

Mặt cắt ngang lòng sông được tạo thành do kết quả của quá trình tác động tương hỗ giữa dòng nước và lòng dẫn với các điều kiện địa hình, địa chất của nó, chịu ảnh hưởng rất lớn của hình dạng và cấu trúc thung lũng sông.

a. Ở vùng rừng núi

Nơi dòng chảy tạo lòng sông bằng tác dụng chủ yếu là cắt gọt, xâm thực địa hình nguyên sinh, thì mặt cắt ngang thường có hình dạng chữ V hoặc chữ U phát triển không hoàn toàn như hình 6-5 thể hiện.



1.2.3- Mực nước lũ, mùa trung, mùa kiệt;
4- Dốc thung lũng; 5- Đáy sông; 6- Bãi cuội sỏi.

Hình 6-5: Mặt cắt ngang lòng sông miền núi

Trong trường hợp này, hai bờ sông thường dốc, mặt dốc thẳng hoặc cong. Ở nơi có địa chất phân tầng và tính năng chống xói khác nhau, xuất hiện mặt cắt ngang dạng bậc thang, giữa có đáy và bờ không có ranh giới rõ rệt.

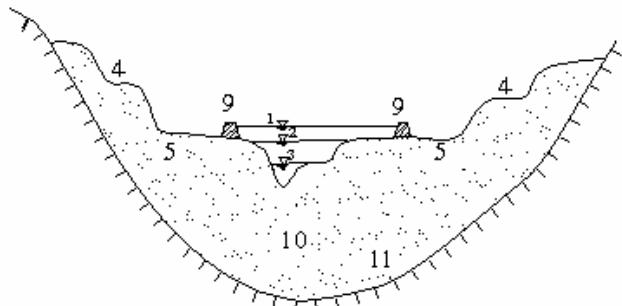
Mặt cắt ngang lòng sông miền núi có mặt nước hẹp, giữa các mực nước lòng sông thường không có phân giới địa hình. Trong một số đoạn có bãi bên bằng cuội, sỏi. Mực nước mùa kiệt thường ngang với cao trình đỉnh bãi cuội, sỏi đó.

Tỷ lệ chiều rộng và chiều sâu trong mặt cắt ngang sông vùng núi thường nhỏ xa 100, có chõ chỉ $10 \div 20$. Tỷ lệ đó, ở nơi thung lũng hẹp thường giảm nhỏ khi mực nước lên cao, ở những nơi khác không thay đổi nhiều, khi mực nước lên xuống.

b. Ở vùng đồng bằng trầm tích

Mặt cắt ngang thung lũng sông thường có độ dốc thoải, dốc và đáy khó phân biệt, chỉ nhận thấy phân giới ở những vùng hẹp. Các yếu tố mặt cắt ngang dòng sông đồng bằng được thể hiện trên hình 6-6.

Đặc điểm rõ nhất của mặt cắt ngang sông đồng bằng là có thêm bãi sông rộng, chỉ bị ngập trong mùa lũ. Trong thời gian nước lũ tràn bãi, bùn cát bồi lắng tập trung ở dải gần bờ, nên mặt bãi có độ dốc ngang: sát bờ địa thế cao như một tuyến đê tự nhiên, càng xa mặt bãi càng thấp, hình thành vùng ao hồ, đầm lầy.



1.2.3 - Mực nước mùa lũ, mùa trung, mùa kiệt;

4 - Dốc thung lũng dạng bậc tam giác;

5 - Phân giới giữa dốc thung lũng và bãi sông;

6 - Bãi sông; 7 - Bãi bên; 8 - Mêp bờ ; 9 - Đê;

10 - Tầng trầm tích; 11 - Đá gốc.

Hình 6-6: Mặt cắt ngang sông đồng bằng

Trên mặt cắt ngang lòng sông đồng bằng có thể nhận biết các cấp bậc lòng sông mùa nước. Cao trình mép bãi bên ngang với mực nước mùa kiệt; cao trình thềm bãi sông ngang với mực nước mùa trung (ứng với lưu lượng tạo lòng); mùa lũ, mực nước cao hơn mặt bãi sông, nếu có đê, dòng nước chảy giữa hai tuyến đê. Phần lòng sông dưới mực nước mùa kiệt gọi là *lòng sông mùa kiệt*, phần lòng sông giữa mực nước kiệt và cao trình mặt bãi sông gọi là *lòng sông mùa nước trung*, phần lòng sông trên mặt bãi sông gọi là *lòng sông mùa lũ*.

Chú ý rằng, mặt cắt ngang được xác định vuông góc với phương dòng chảy, nhìn từ thượng lưu về hạ lưu. Vì vậy, ở những đoạn sông phân lạch, mặt cắt ngang có thể không nằm trên một đường thẳng mà trên một đường gãy khúc. Mặt cắt ngang được vẽ trên cơ sở những số liệu đo đặc định kỳ tại các mặt cắt cố định hoặc từ các bình đồ có điểm đo đủ dày, tỷ lệ 1:5000 hoặc lớn hơn.

Mặt cắt ngang lòng sông thường có hình dạng phức tạp, độ sâu biến đổi nhiều trên phương ngang. Độ sâu trung bình mặt cắt dưới một mực nước nào đó

được tính bằng tỷ số giữa diện tích mặt cắt ướt và chiều rộng mặt nước hợp lý. Ở những đoạn sông rộng và nông, độ sâu trung bình thường được dùng để thay thế cho bán kính thủy lực trong tính toán gần đúng.

6.2.3. Các yếu tố trên mặt bằng

Mặt bằng lòng sông được thể hiện trên các bình đồ khảo sát theo các tỷ lệ quy định, được xác định bằng các đường đồng mức địa hình (theo một hệ thống cao đặc chuẩn), trên nước và dưới nước. Trong bình đồ để nghiên cứu lòng sông, đường đồng mức có độ chênh cao lớn nhất là 1 m.

Các yếu tố trên mặt bằng của lòng sông bao gồm: Đường trũng, trực động lực, chiều dài, hệ số uốn khúc, bán kính cong... các khối bồi lăng và lạch sâu.

a. **Đường trũng** là đường cong trơn thuận, đi qua các điểm thấp nhất của đáy sông theo lạch chính.

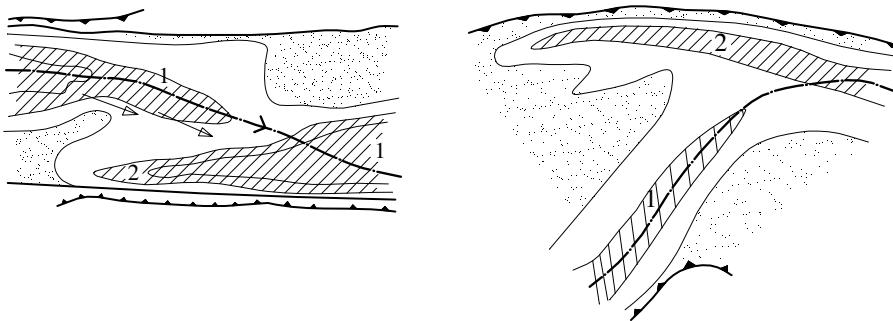
b. **Trục động lực** là đường cong nối các điểm có lưu tốc trung bình thủy trực lớn nhất qua các mặt cắt, thường được coi là gần đúng theo đường có lưu tốc mặt lớn nhất. Trục động lực thường bám sát đường trũng, nhưng có những nơi tách rời nhau, vì ngoài yếu tố độ sâu, lưu tốc còn phụ thuộc độ dốc và hệ số nhám. Các mùa nước khác nhau có trực động lực khác nhau, có khi lệch xa nhau khá xa, thậm chí gần vuông góc với nhau.

c. **Chiều dài** của đoạn sông thường được tính theo đường trũng (trong mùa lũ thường tính theo chiều dài tuyến đê).

d. Tỷ số giữa chiều dài của đoạn sông và chiều dài đoạn thẳng nối trực tiếp hai điểm đầu và cuối của đoạn sông gọi là **hệ số uốn khúc**. Trong một khúc cong, hệ số uốn khúc lớn hơn 3 được gọi là vòng sông.

e. **Bán kính cong** có ý nghĩa trong đường thủy là bán kính cong của đường tim lạch tầu, thường được thay bằng bán kính cong đường trũng tại đỉnh cong. Khi nghiên cứu quan hệ hình thái lòng sông, bán kính cong thường đo theo trực hình học lòng sông, tức là đường chia đôi chiều rộng mặt nước ngang thêm bãі sông.

f. Phân lòng sông thấp hơn độ sâu trung bình mặt cắt toàn đoạn thì gọi là lạch sâu. Trên bình đồ thường được nhận ra bởi các đường đồng mức khép kín có mật độ dày. Trên các sơ đồ, khu vực lạch sâu thường được gạch chéo. Trên cùng một mặt cắt ngang có thể có nhiều lạch sâu, nhưng chỉ có một lạch sâu nằm trên đường trũng, gọi là **lạch sâu chính**. Lạch sâu chính không nhất thiết là lạch có độ sâu lớn nhất. Trong các trường hợp như trong hình 6-7 thể hiện, các đoạn lạch sâu không nằm trên đường trũng gọi là **lạch thừa** hoặc **lạch cùt**.



1 - Lạch sâu chính; 2 - Lạch thừa.

Hình 6-7: Lạch sâu chính và lạch thừa

g. Các khối bồi lắng liền một phia bờ, cao trình thấp, ít có thực vật sinh trưởng gọi là bãi bên. Hầu hết bãi bên có đường viền ngoài cong thoái như hình lưỡi trai. Khi bãi bên có phần ngoài nhỏ hẹp kéo dài song song với bờ, nhưng không liên bờ như trong hình 3-8 thể hiện thì gọi là doi cát.

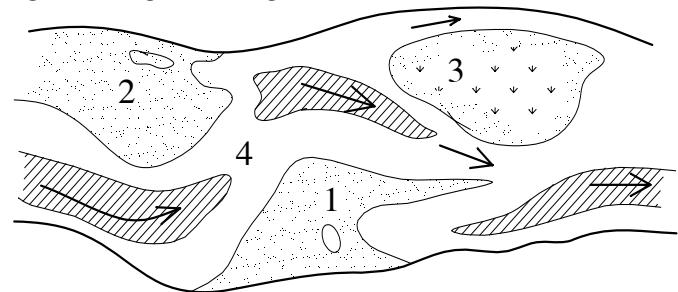
h. Các khối bồi lắng giữa hai lạch sâu và không liên bờ gọi là bãi giữa. Bãi giữa có cao trình thấp, ngang với cao trình bãi bên không có thực vật sinh trưởng thì gọi là bãi giữa non. Bãi giữa có cao trình ngang với bãi tràn hai bên bờ, có thực vật sinh trưởng gọi là bãi đảo.

i. Các khối bồi lắng nối liền hai bờ, hoặc nối liền một bờ và bãi giữa, hoặc nối liền hai bãi bên, ngăn cách hai lạch sâu thượng, hạ lưu, gọi là ngưỡng cạn. Ngưỡng cạn có nhiều loại, sẽ được thảo luận chi tiết ở các phần sau. Trong sơ đồ, các khối bồi lắng được biểu thị bằng vùng các dấu chấm nhỏ.

6.2.4. Các yếu tố trên mặt cắt dọc

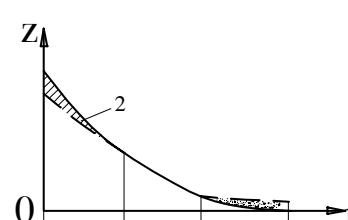
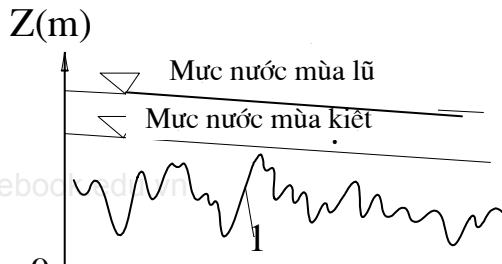
Mặt cắt dọc lòng sông được vẽ theo đường trung. Đường đáy sông vẽ chi tiết thì rất phức tạp, cao trình biến đổi trong một biên độ rất lớn, có khi hàng chục mét, vực sâu đỉnh cạn xen kẽ nhau theo hình răng cưa không đều. Nếu vẽ mặt cắt dọc lòng sông từ nguồn đến cửa, đáy sông trung bình có dạng một đường cong lõm như hình 6 - 9 thể hiện.

Độ dốc dọc đáy sông ở vùng đầu nguồn rất lớn và giảm dần về hạ du. Do đó, sông thượng du (vùng I) quá trình xói sâu chiếm ưu thế, sông vùng hạ du (vùng III) quá trình bồi đắp chiếm ưu thế, sông vùng trung du (vùng II), tương đối ổn định.



1- Doi cát; 2- Bãi bên; 3- Bãi giữa; 4- Nguưỡng cạn.

Hình 6-8: Doi cát



- 1 - Đường đáy đường sông thực tế một đoạn sông;
- 2 - Đường đáy sông trung bình từ nguồn đến cửa.

Hình 6-9: Mặt cắt dọc lòng sông

Địa hình và cấu tạo địa chất của đáy có thể đưa đến những đột biến ra khỏi đường cong liên tục, tạo ra thác, ghềnh. Những công trình nhân tạo như đập nước, công trình thủy.... cũng có thể gây ra những biến đổi lớn trên mặt cắt dọc sông.

Một mặt cắt dọc sông nào đó được hình thành trên cơ sở một mặt *chuẩn xâm thực*. Mặt chuẩn xâm thực thường được xác định bằng mực nước trung bình ở cửa sông, hoặc những chướng ngại tự nhiên trên sông. Mặt chuẩn xâm thực thay đổi, thì mặt cắt dọc lòng sông này thay đổi. Mặt chuẩn xâm thực hạ thấp thì sẽ sản sinh quá trình xói mòn ngược dòng. Ngược lại, mặt chuẩn xâm thực nâng lên thì sẽ sản sinh quá trình bồi lắng để tái tạo trạng thái cân bằng mới.

Hình vẽ một mặt cắt dọc thường bao gồm đường đáy sông, các đường mặt nước đặc trưng có thể có đường bờ, hoặc đường đỉnh đê, có vẽ hướng dòng chảy từ trái sang phải.

§ 6.3. Tính chất của diễn biến lòng sông

Diễn biến lòng sông vô cùng phức tạp, đa dạng, cần nghiên cứu từ nhiều phương hướng: thủy văn, thủy hình thái, thủy động lực học và trước hết là cần xây dựng một sơ đồ khoa học chi tiết cho các quá trình đó. Các nhà nghiên cứu khác nhau, trong các thời kỳ khác nhau, đã có những nhận xét tổng quan về tính chất của diễn biến lòng sông. Những nhận xét quan trọng có thể tập hợp thành 5 điểm được trình bày dưới đây.

6.3.1. Tác động giữa dòng nước và lòng dẫn là tương hỗ

Có thể biểu diễn bằng sơ đồ sau:

$$\text{Dòng nước} \quad \longleftrightarrow \quad \text{Lòng dẫn}$$

Chuyển động của dòng nước trong lòng sông luôn luôn quyết định trạng thái của lòng sông đó: độ dốc trung bình đáy, kích thước và hình dạng mặt cắt ngang, đường viền trên mặt bằng, độ nhám đáy và bờ. Mặt khác, lòng dẫn với địa hình và độ nhám của nó do dòng chảy tạo ra lại không ngừng tác động trở lại làm thay đổi kết cấu dòng chảy. Hai quá trình này diễn ra không ngừng để tạo ra một

thế cân bằng động. Yếu tố tích cực trong khối mâu thuẫn thống nhất này là dòng nước.

6.3.2. Tính hạn chế của các tổ hợp yếu tố tự nhiên trong diễn biến lòng sông

Quá trình lâu dài của sự tác động tương hỗ giữa môi trường nước chuyển động và môi trường rắn hạt rời đã tác động một cách có lựa chọn đến các trạng thái chuyển động có thể xảy ra. Một số trong các thông số chuyển động, trong quá trình phát triển lòng sông, bị làm yếu đi, trong khi đó một số thông số khác xác lập được mối quan hệ nào đó. Kết quả là, trong thực tế chỉ tồn tại một số dạng lòng sông nhất định.

Ví dụ: tất cả lòng sông thiên nhiên đều có chiều rộng lớn hơn nhiều so với chiều sâu; tất cả cồn cát đáy trong sông đều có mặt đón nước thoải, mặt khuất nước dốc; lưu tốc dòng chảy trong sông đồng bằng chỉ hạn chế trong khoảng $0,5 \div 1,5\text{m/s}$ v.v...

6.3.3. Tính không liên tục trong diễn biến lòng sông

Chuyển động bùn cát tạo lòng được tiến hành chủ yếu bằng cách dịch chuyển không liên tục của các khối bồi lắng: sóng cát, bãi bồi, ngưỡng cạn, bãi giữa, doi cát v.v...

6.3.4. Sự biến hình lòng dẫn luôn luôn đi sau sự thay đổi của dòng nước

Quá trình lòng sông diễn ra chậm chạp. Những biến đổi có thể nhận biết của hình dạng lòng sông được diễn ra trong thời đoạn lớn hơn so với chiều dài của pha dao động dòng chảy. Vì vậy trong lòng dẫn luôn luôn có những dấu vết của pha dao động dòng chảy trước đó. Dấu vết của dòng chảy mùa cạn có thể bị xóa trong mùa lũ tiếp đó, nhưng những dấu vết của dòng chảy mùa lũ không thể xóa đi trong mùa nước cạn sau đó.

6.3.5. Tính tự điều chỉnh trong diễn biến lòng sông

Sau khi lòng dẫn biến đổi, xói hoặc bồi, điều kiện dòng chảy sẽ có những thay đổi tương ứng, làm cho sức tải cát của dòng chảy cũng thay đổi theo. Kết quả bồi lắng sẽ làm cho mặt cát lòng dẫn tại đoạn sông đó thu nhỏ, độ dốc tăng lên. Tại đoạn sông phía trên do nước dâng, diện tích mặt cát tăng lên, độ dốc giảm nhỏ. Vì vậy lượng bùn cát đến sẽ giảm, trong lúc sức tải cát tăng lên, lòng dẫn sẽ phát triển theo xu thế giảm nhỏ, đi đến ngăn chặn bồi lắng tiếp tục. Kết quả bào xói sẽ làm cho mặt cát lòng dẫn tại đoạn sông nghiên cứu mở rộng, độ dốc giảm nhỏ. Tại đoạn thượng lưu do mực nước hạ thấp, diện tích mặt cát ướt giảm nhỏ, độ dốc tăng lên, và vì vậy lượng bùn cát đến sẽ tăng lên trong lúc sức tải cát giảm xuống. Lòng dẫn sẽ phát triển theo xu thế hạn chế, đi đến ngăn chặn không cho bào xói tiếp tục. Nói tóm lại, những biến hình lòng dẫn do tải cát không cân bằng tạo ra sẽ phát triển theo xu thế chấm dứt biến hình, hướng đến tình thế cân bằng tải cát.

§ 6.4. Phương trình biến hình lòng sông

Những phương trình về quy luật chuyển động của dòng nước, rồi của chuyển động bùn cát, lẽ ra đã có thể giải quyết những vấn đề của động lực dòng sông, nếu lòng dẫn không thay đổi. Độ biến động của lòng dẫn buộc chúng ta phải đưa vào trong thành phần các phương trình động lực học dòng sông một điều kiện biên đặc biệt để xác lập quan hệ giữa sự biến đổi của lòng dẫn và chuyển động của bùn cát. Điều kiện biên này được gọi là phương trình biến hình lòng sông, nó thực chất là một phương trình liên tục của chuyển động bùn cát.

Lấy từ một đoạn sông, một lăng thể dòng chảy dài dx , rộng dy và độ sâu $h = z' - z_0$ như hình 6-10 thể hiện để khảo sát điều kiện cân bằng bùn cát.

6.4.1. Khảo sát trong hệ tọa độ vuông góc [3]

Ta xét trường hợp chuyển động dòng chảy ổn định, một chiều và biến đổi dần.

Trước hết, giả thiết rằng chỉ có chuyển động bùn cát theo phương dọc, không có chuyển động bùn cát theo phương ngang. Lưu lượng bùn cát ở đây được hiểu rằng là lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng của bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng.

Lưu lượng bùn cát đi qua mặt thượng lưu vào lăng thể $q_s dy$, trong đó q_s là lưu lượng đơn vị của bùn cát. Lưu lượng bùn cát từ lăng thể đi qua

$$\text{mặt hạ lưu là } \left(q_s + \frac{\partial q_s}{\partial x} dx \right) dy .$$

Trong quãng thời gian dt , hiệu số giữa thể tích bùn cát vào và ra khỏi lăng thể là:

$$\left[q_s - \left(q_s + \frac{\partial q_s}{\partial x} dx \right) \right] dy dt = - \frac{\partial q_s}{\partial x} dx dy dt$$

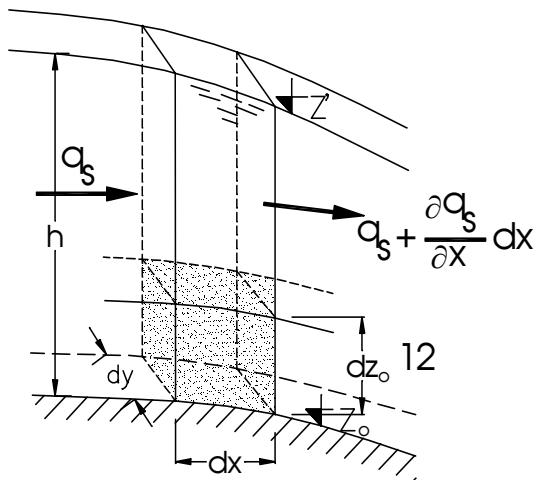
Hiệu số này phải bằng sự biến đổi của thể tích bùn cát dưới đáy của lăng thể D_1 cộng với sự biến đổi của thể tích bùn cát ở trạng thái lơ lửng trong lăng thể D_2 .

$$D_1 = (1-\varepsilon) dz_0 dx dy = (1-\varepsilon) \frac{\partial z_0}{\partial t} dt dx dy ,$$

trong đó: ε là hệ số rỗng của bùn cát ở đáy.

$$D_2 = \frac{\partial (hs)}{\partial t} dt dx dy ,$$

trong đó: S là hàm lượng bùn cát trung bình trên phương thẳng đứng.



Hình 6-10: Sơ đồ để thành lập phương trình

$$\text{Vì vậy: } -\frac{\partial q_s}{\partial x} dx dy dt = (1-\varepsilon) \frac{\partial z_0}{\partial t} dx dy dt + \frac{\partial (hs)}{\partial t} dx dy dt.$$

Chia tất cả cho $dx dy dt$, đưa tất cả số hạng về bên trái ta có:

$$\boxed{\frac{\partial q_s}{\partial x} + (1-\varepsilon) \frac{\partial z_0}{\partial t} + \frac{\partial (hs)}{\partial t} = 0}$$

(6-1)

Phương trình này biểu thị dưới dạng vi phân quan hệ giữa biến hình đáy và chuyển động bùn cát, chính là phương trình tổng quát của biến hình lòng sông. Trong điều kiện hàm lượng bùn cát lơ lửng nhỏ, hoặc không biến đổi theo thời gian, có thể bỏ qua số hạng $\frac{\partial (hs)}{\partial t}$.

6.4.2. Khảo sát trong hệ tọa độ tự nhiên [3]

Khi tiến hành tính toán cho lòng sông thiên nhiên, tiện lợi nhất là sử dụng hệ tọa độ tự nhiên l, b . Nếu mặt bằng dòng chảy là uốn khúc, lại cần xét đến sự chuyển động phương ngang của bùn cát. Trong trường hợp không xét đến sự thay đổi theo thời gian của bùn cát lơ lửng ta có:

$$\frac{\partial q_{sl}}{\partial l} \pm \frac{\partial q_{sb}}{\partial b} + (1-\varepsilon) \frac{\partial z_0}{\partial t} = 0 \quad (6-2)$$

Trong đó q_{sl} và q_{sb} là thành phần theo phương dọc và phương ngang của lưu lượng bùn cát. Dấu cộng trước đạo hàm $\frac{dq_{sb}}{db}$ tương ứng với sự di chuyển ngang của bùn cát theo chiều dương của trục b , dấu trừ tương ứng với chiều âm trục b .

Tích phân phương trình (6-2) theo b trong phạm vi giữa 2 đường dòng của mặt bằng dòng chảy $\Delta b = b_{i+1} - b_i$; và bỏ qua sự biến đổi của độ cao theo phương ngang của đáy, ta có:

$$\frac{\partial (\Delta Q_{sl})}{\partial l} \pm [q_{sb}(b_{i+1}) - q_{sb}(b_i)] + (1-\varepsilon) \Delta b \frac{\partial z_0}{\partial t} = 0$$

(6-3)

trong đó:

ΔQ_{sl} : lưu lượng bùn cát theo phương dọc trong bó dòng;

$q_{sb}(b_{i+1})$, $q_{sb}(b_i)$: lưu lượng đơn vị của bùn cát theo phương ngang tại đường dòng $i+1$ và đường dòng i ;

l : trục đối xứng theo bó dòng.

Xét rằng trị số q_{sb} cũng không lớn và khó tính toán, trong thực tế, biến hình trên mặt phẳng của lòng dẫn có thể sử dụng phương trình biến hình ở dạng đơn giản sau:

$$\frac{\partial(\Delta Q_s)}{\partial l} + (1 - \varepsilon)\Delta b \frac{\partial z_0}{\partial t} = 0 \quad (6-4)$$

Trong phương trình này chỉ số 1 trong lưu lượng bùn cát được lược bỏ.

Để thu được phương trình biến hình cho toàn dòng, cần tích phân phương trình (6-2) theo phương ngang từ mép nước bờ này sang mép nước bờ kia. Bỏ qua sự thay đổi cao trìnhdáy trên phương ngang mặt cắt là không nên. Nhưng điều đó kéo theo sự cần thiết phải chú ý đến cả sự thay đổi chiều rộng mặt nước theo thời gian. Ký hiệu cận trên và dưới của tích phân là $b_1(t)$ và $b_2(t)$ và cao trìnhdáy ở các điểm mép nước chính là bằng cao trìnhdáy mặt nước:

$$Z_0(b_1) = Z_0(b_2) = Z'(t)$$

Kết quả tích phân theo b của đạo hàm $\frac{dz_0}{dt}$ được biểu thị như sau:

$$\int_{b_1(t)}^{b_2(t)} \frac{\partial z_0}{\partial t} dt = \frac{\partial}{\partial t} \int_{b_1}^{b_2} z_0 db - Z \frac{\partial}{\partial t} (b_2 - b_1) = \frac{\partial}{\partial t} (BZ_{oa}) - Z' \frac{\partial B}{\partial t}$$

trong đó, $Z_{oa} = \frac{1}{B} \int_{b_1}^{b_2} z_0 db$ là cao trìnhtung bình đáy trên mặt cắt ngang.

Do hiệu $Z' - Z_{oa}$ là độ sâu trung bình dòng chảy h_a nên có thể viết:

$$\int_{b_1(t)}^{b_2(t)} \frac{\partial z_0}{\partial t} dt = B \frac{\partial Z_{oa}}{\partial t} - h_a \frac{\partial B}{\partial t}$$

Với kết quả đó, ta có phương trình biến hình cho toàn dòng với dạng sau:

$$\frac{\partial Q_s}{\partial l} + (1 - \varepsilon) \left(B \frac{\partial Z_{oa}}{\partial t} - h_a \frac{\partial B}{\partial t} \right) = 0 \quad (6-5)$$

trong đó, Q_s là lưu lượng bùn cát cho toàn dòng.

$$\text{Vì: } \frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\partial \omega}{\partial t} - B \frac{\partial h_a}{\partial t} = \frac{\partial \omega}{\partial t} - B \frac{\partial (Z' - Z_{oa})}{\partial t}$$

trong đó, $\omega = Bh_a$ là diện tích mặt cắt ướt, do đó (6-5) được viết thành:

$$\boxed{\frac{\partial Q_s}{\partial l} + (1 - \varepsilon) \left(B \frac{\partial Z'}{\partial t} + \frac{\partial \omega}{\partial t} \right) = 0} \quad (6-6)$$

Đạo hàm $\frac{\partial B}{\partial t}$ có thể khác không, do biến hình bờ cũng như sự lún xuống của mực nước. Trong điều kiện có biến hình bờ, phương trình biến hình một chiều nên bổ sung thêm số hạng biểu thị sự xâm nhập của bùn cát từ 2 bờ vào dòng chảy, và phương trình (6-6) biến thành:

$$\frac{\partial Q_s}{\partial t} - q_{sb} + (1-\varepsilon) \left(B \frac{\partial Z'}{\partial t} + \frac{\partial \omega}{\partial t} \right) = 0 \quad (6-7)$$

trong đó, $q_{sb} \geq 0$ là thể tích bùn cát từ 2 bờ đi vào dòng chảy trong một đơn vị thời gian trên 1 đơn vị chiều dài lòng dẫn.

Trong một kích thước xác định của hạt bùn cát, lưu lượng bùn cát đáy hầu như hoàn toàn quyết định bởi trị số vận tốc dòng chảy ở mặt cát đã cho. Đặt $d = \text{const}$, do $g_s \sim v^n$, trong đó $n = 4 \div 6$, từ (6-1) ta có thể viết:

$$\frac{\partial z_o}{\partial t} \sim - \frac{\partial v^n}{\partial x} \quad (6-8)$$

Từ đây ta thấy rằng, điều kiện để đáy sông bị xói $\left(\frac{\partial z_o}{\partial t} < 0 \right)$ là $\frac{\partial v}{\partial x} > 0$, tức lưu tốc tăng dần theo dòng chảy; điều kiện để đáy sông được bồi $\left(\frac{\partial z_o}{\partial t} > 0 \right)$ là $\frac{\partial v}{\partial x} < 0$, tức là sự giảm dần theo đoc đường của lưu tốc dòng chảy.

Trong chuyển động đều, theo (6-8) bùn cát chỉ chuyển động có tính chất tranzit, không gây ra biến hình lòng dẫn. Nhưng chúng ta không thể sử dụng được kết luận này, vì trong tự nhiên tồn tại rất nhiều yếu tố ngẫu nhiên, chuyển động đều trong lòng dẫn biến động chỉ giữ được trong một đoạn rất ngắn, trong một thời gian hạn chế.

Ứng dụng phương trình biến hình để tính toán luôn luôn phải sử dụng một lòng sông tự nhiên lý tưởng nào đó. Ví dụ, tính toán chuyển động của sóng cát theo phương trình biến hình, chúng ta buộc phải coi chuyển động đó là phẳng, bỏ qua sự biến đổi của sóng cát theo phương ngang.

Khi tính toán biến hình đáy trên một đoạn dài hơn chiều dài sóng cát, chúng ta phải "quên" đi sự tồn tại của sóng cát và tính toán theo một bề mặt đáy trơn tru giả tưởng.

§ 6.5. Các phương pháp phân tích, dự báo diến biến lòng sông

6.5.1. Khái quát

Diễn biến lòng sông vùng đồng bằng trầm tích là vô cùng phức tạp. Theo đặc trưng thời gian có biến hình dài kỳ và biến hình ngắn hạn; theo đặc trưng không gian có biến hình trên phạm vi rộng và biến hình cục bộ; theo đặc trưng hướng phát triển có biến hình đơn hướng và biến hình phục quy; theo yếu tố ảnh hưởng có biến hình tự nhiên và biến hình nhân tạo.

Yếu tố ảnh hưởng đến diễn biến lòng sông có thể khái quát là lượng nước từ thượng lưu đến và quá trình biến đổi của nó; lượng bùn cát từ thượng lưu đến thành phần và quá trình biến đổi của chúng; cao trình mặt chuẩn xâm thực ở cửa ra; điều kiện biển lòng dẫn v.v...

Vì vậy đòi hỏi tính toán định lượng một cách chính xác về diễn biến lòng sông ở thời điểm hiện nay còn gặp rất nhiều khó khăn, nhưng có thể dựa vào một số phương pháp để tiến hành phân tích định tính hoặc ước tính định lượng một cách sơ lược.

Thông thường, phân tích, dự báo diễn biến lòng sông được tiến hành theo 3 phương pháp sau:

- *Phương pháp phân tích các tài liệu thực đo:* Dựa theo các số liệu đo đặc địa hình, địa chất, thủy văn nhiều năm, phân tích vị trí, quy mô, tốc độ xói, bồi trên mặt bằng, trên mặt cắt dọc, mặt cắt ngang, tìm ra quy luật thống kê và xu thế phát triển của đoạn sông nghiên cứu.

- *Phương pháp mô hình vật lý:* Thu nhỏ đoạn sông nghiên cứu lại trong một khu vực có các trang thiết bị thí nghiệm, tái diễn dòng chảy trong sông thiên nhiên theo các định luật tương tự, để quan sát, đo đạc, và từ các số liệu đo đạc tìm ra quy luật diễn biến của đoạn sông.

- *Phương pháp mô hình toán:* Dựa vào các hệ phương trình thích hợp cho dòng chảy và bùn cát tại đoạn sông nghiên cứu, xác định các điều kiện biên, điều kiện ban đầu hợp lý, tìm các lời giải giải tích hoặc lời giải số trị cho các vấn đề nghiên cứu.

- *Phương pháp phân tích ảnh viễn thám:* Dựa vào ảnh viễn thám thu thập các thời kỳ khác nhau, có thể đánh giá về sự diễn biến xói lở của bờ, sự tồn tại hay mất đi của các cồn trên sông, sự di chuyển của lòng sông.

Lợi thế lớn nhất của phương pháp thực đo là không bị hạn chế bởi điều kiện biến đổi dân của dòng chảy, và có thể nghiên cứu nó theo không gian 3 chiều. Nhưng nó chỉ thích hợp cho việc nghiên cứu các quá trình diễn biến trong điều kiện đã có tiền lệ trong quá khứ, không thể hoàn toàn dựa vào nó để dự báo tác động của các công trình trong tương lai. Hơn nữa, trong điều kiện số liệu thực đo hoặc quá ít, hoặc không đồng bộ thì sử dụng phương pháp này sẽ không đủ tin cậy.

Phương pháp mô hình vật lý cũng có những lợi thế của phương pháp hình thái, hơn nữa nó có thể đặt công trình trong tương lai vào mô hình để nghiên cứu ảnh hưởng của nó sẽ gây ra. Nhưng hạn chế của phương pháp này là rất khó thỏa mãn các điều kiện tương tự, nhất là các điều kiện tương tự về bùn cát, nên có thể có những sai lệch nhất định giữa mô hình và nguyên hình.

Phương pháp mô hình toán với sự giúp đỡ của máy tính điện tử có nhiều ưu điểm cả về khoa học lẫn kinh tế, cho phép ta mô tả những gì đã xảy ra trong quá khứ và những gì sẽ xảy ra trong tương lai với những điều kiện thay đổi tùy ý. Nhưng hiện nay, phương pháp này chỉ có độ tin cậy chấp nhận được khi hạn chế trong bài toán 1D và phần nào là 2D, trong điều kiện phải có số liệu đầu vào chất lượng cao. Các hệ phương trình vật lý mô tả hiện tượng phần lớn đều được lập trong điều kiện biến đổi dần của dòng chảy, các hệ số sức cản đều được xác định trong điều kiện dòng chảy ổn định, đều, không phù hợp với sông thiên nhiên. Theo mức độ phát triển ngày càng cao của khoa học kỹ thuật, phương pháp mô hình toán sẽ được hoàn thiện dần và trở thành một phương pháp quan trọng để nghiên cứu diễn biến lòng sông.

Trước mắt không nên chỉ dựa hoàn toàn vào một phương pháp nào, mà nên tùy điều kiện cụ thể, kết hợp nhiều phương pháp khác nhau để nghiên cứu diễn biến lòng sông.

Mục đích của việc nghiên cứu dự báo diễn biến lòng sông là xác định xu thế diễn biến của lòng dân trong điều kiện hiện trạng và tương lai. Là cơ sở cho công tác thiết kế qui hoạch lập dự án các công trình vượt sông, chỉnh trị sông và các công trình tác động đến lòng sông, nhằm giảm thiểu những yếu tố bất lợi đến khai thác tổng hợp dòng sông của các ngành kinh tế hữu quan.

6.5.2. Dự báo diễn biến lòng sông bằng phương pháp phân tích số liệu thực đo

Phân tích số liệu thực đo trong đoạn sông nghiên cứu bao gồm những nội dung sau:

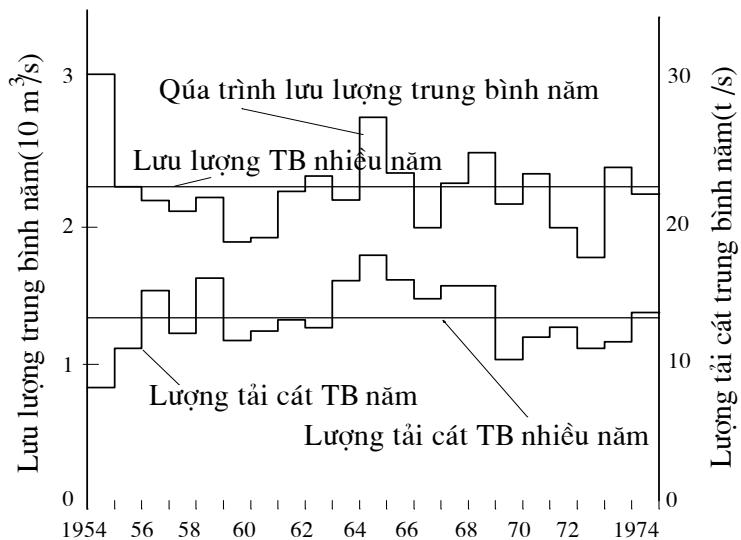
a. Phân tích số liệu thực đo về thủy văn, bùn cát

- So sánh tương quan dòng chảy bùn cát trong các năm thủy văn.

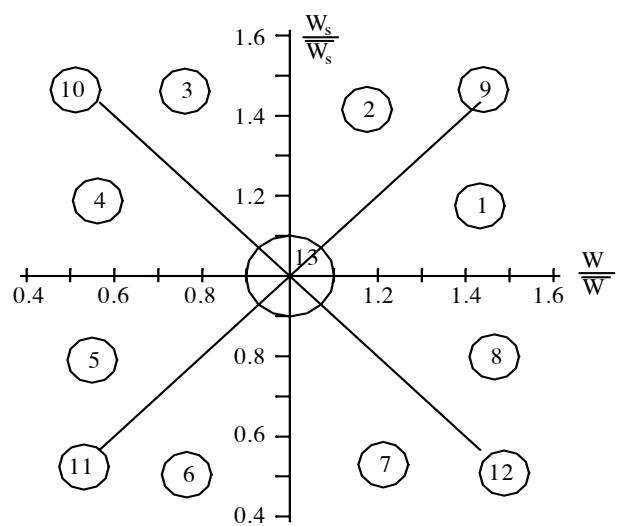
Điều kiện dòng nước và dòng bùn cát từ thượng lưu đến là những yếu tố chủ yếu ảnh hưởng đến diễn biến lòng sông. Trị số, quá trình và tình hình tổ hợp của dòng nước, bùn cát có quan hệ trực tiếp đến kết quả của diễn biến lòng sông. Vì vậy, xác định năm điển hình của thủy văn, bùn cát luôn luôn là cách làm quan trọng để đi tìm nguyên nhân diễn biến lòng sông. Phương pháp phân tích như sau:

Căn cứ vào các số liệu về lưu lượng trung bình nhiều năm, lượng tải cát trung bình nhiều năm, xác định năm cần phân tích thuộc loại năm điển hình nào.

Nếu là năm nước nhiều, bùn cát ít thì có lợi cho xói lở lòng dân; nếu là năm bùn cát nhiều, nước ít thì có lợi cho bồi tích; nếu là năm nước và bùn cát đều ở mức trung bình thì lòng dân có thể ở trạng thái xói bồi cân bằng. Tiến thêm một bước, phân chia các năm nước nhiều bùn cát nhiều; nước nhiều bùn cát trung bình; nước trung bình bùn cát nhiều; nước trung bình bùn cát ít v.v... Loại năm điển hình khác nhau thì phương hướng diễn biến, biên độ diễn biến sẽ cũng khác nhau rõ rệt. Hình 6-11 là một ví dụ về phân tích số liệu thủy văn, bùn cát trên một đoạn sông X. Từ hình đó có thể thấy, năm 1954 là năm nước nhiều, bùn cát ít điển hình; năm 1972 là năm nước ít, bùn cát ít điển hình; năm 1961 là năm nước trung bình bùn cát trung bình điển hình; năm 1964 là năm nước nhiều bùn cát nhiều điển hình; năm 1966 là năm nước ít bùn cát nhiều điển hình.



Hình 6-11: Đường quá trình lưu lượng trung bình năm và lượng tải cát trung bình năm



Hình 6-12: Tọa độ năm điển hình nước, bùn cát

Hình 6-12 là tọa độ để phân chia năm điển hình. Hai đường chéo phân giác chia mặt phẳng tọa độ vuông góc thành 8 khu vực, cộng thêm đường phân giác, tên gọi từng vùng giới thiệu trong bảng 6-1.

Bảng 6-1

Bảng phân chia năm điển hình

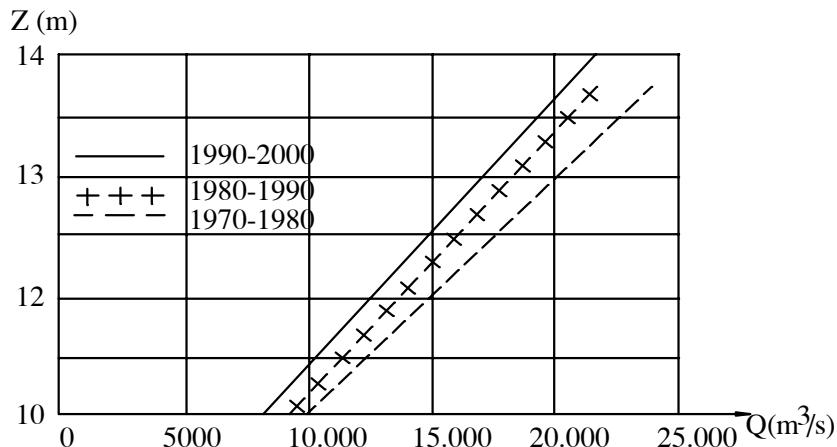
Số hiệu khu vực	Năm điển hình	Số hiệu khu vực	Năm điển hình
1	Nước nhiều, bùn cát thiên nhiều	8	Nước nhiều, bùn cát thiếu ít
2	Nước thiên nhiều, bùn cát nhiều	9	Nước nhiều, bùn cát nhiều
3	Nước thiên ít, bùn cát nhiều	10	Nước ít, bùn cát nhiều
4	Nước ít, bùn cát thiên nhiều	11	Nước ít, bùn cát ít
5	Nước ít, bùn cát thiên ít	12	Nước nhiều, bùn cát ít
6	Nước thiên ít, bùn cát ít	13	Nước trung bình, bùn cát trung bình
7	Nước thiên nhiều, bùn cát ít		

◆ *Phân tích chế độ thủy lực*

Ngoài việc phân tích tình hình dòng nước, bùn cát từ thượng lưu về, nếu trong đoạn sông nghiên cứu còn có số liệu quan trắc chi tiết về thủy văn, bùn cát, có thể tiến hành vẽ bình đồ dòng chảy, phân bố theo thời gian và không gian của lưu tốc, hàm lượng bùn cát, các đường đẳng trị đường kính hạt lòng dẫn. Những số liệu đó giúp chúng ta xác định hệ số nhám cho các đoạn sông ở các mực nước khác nhau; phân chia vùng tăng tốc, giảm tốc của dòng chảy; tính toán phân phối nước và bùn cát trong các đoạn phân lạch, xác định các hệ số, số mũ cho các công thức kinh nghiệm, từ đó có thể giúp ta tìm ra mối liên hệ nội tại giữa hiện tượng xói bồi và các yếu tố ảnh hưởng.

◆ *Xây dựng quan hệ lưu lượng - mực nước*

Xây dựng đường quan hệ lưu lượng - mực nước ($Q \sim H$) qua các thời kỳ khác nhau (mỗi thời kỳ có thể lấy khoảng $10 \div 20$ năm sao cho trong thời kỳ đó bao gồm được các giá trị Q_{\min}, Q_{\max}), so sánh các đường cong này cho ta các căn cứ để phán đoán xu thế xói bồi trung bình của lòng dẫn và sự thay đổi khả năng thoát lũ của lòng dẫn. Hình 6-13 thể hiện đường cong quan hệ $Q \sim H$ qua 3 thời kỳ của trạm Hà Nội (theo số liệu [3]).



Hình 6-13: Quan hệ $Q \sim H$ qua các thời kỳ tại mặt cắt trạm thủy văn Hà Nội

Quan hệ $Q \sim H$ cũng có thể khảo sát trong thời kỳ một mùa nước, thông qua chấm điểm quan hệ ($Q - H$) ngày, riêng cho từng tháng, qua đó có thể nhận xét động thái xói, bồi trong các thời kỳ ngắn.

Căn cứ vào số liệu thực đo mực nước, lưu lượng nhiều năm còn có thể vẽ được đường quá trình mực nước dưới cùng một lưu lượng qua các năm, như hình 6.14 thể hiện.



Hình 6-14: Đường quá trình mực nước dưới cùng một lưu lượng Y mùa kiệt một trạm thủy văn trên sông Y

Thông thường, trong mùa kiệt vì dòng chảy nhỏ, tác dụng tạo lòng yếu, lòng dẫn tương đối ổn định, nếu với cùng một lưu lượng mùa kiệt, mực nước qua các thời kỳ có biến đổi rõ rệt thì chắc chắn lòng dẫn đã có xói, bồi. Qua hình này ta thấy, từ 1981 đến 1984, mực nước dưới cùng một lưu lượng $415 \text{ m}^3/\text{s}$ đã tăng cao dần, chứng tỏ lòng dẫn bị bồi cao. Thời kỳ từ 1985 trở đi, mực nước lúc lên lúc xuống, chứng tỏ lòng dẫn có hiện tượng xói, bồi xen kẽ.

♦ Tính toán cân bằng bùn cát

Trường hợp trên đoạn sông có nhiều trạm thủy văn và có số liệu thực đo về bùn cát trong nhiều năm, có thể căn cứ vào nguyên lý cân bằng chuyển động bùn cát, tính toán chênh lệch lượng tải cát giữa 2 trạm thủy văn thượng lưu và hạ lưu

trong một thời đoạn nào đó, để phán đoán tình hình xói, bồi trung bình trong đoạn sông giữa 2 trạm.

b. Chính lý, phân tích số liệu quan trắc địa hình lòng dân

Cơ sở của phương pháp này là các tài liệu về địa hình, vì chính nó là sản phẩm của một quá trình diễn biến tại một thời điểm nào đó. Cần có được ít nhất là $3 \div 5$ tài liệu địa hình lòng sông, trong đó có địa hình của năm gần nhất. Các bản đồ địa hình có thể thu được bằng các phương pháp đo đặc thông thường, hoặc từ các ảnh viễn thám, ảnh hàng không, ảnh mặt đất. Bình đồ đoạn sông dùng trong phân tích thường có tỷ lệ 1/5000 hoặc 1/2000, các đường đồng mức cách nhau từ $(0,5 \div 1,0)$ m, có cùng một hệ thống cao trình và tọa độ các điểm khống chế. Ngoài bình đồ ra còn sử dụng các trắc ngang, trắc dọc thường vẽ theo tỷ lệ trực tung (cao độ) là 1/100, còn trực hoành (khoảng cách) chọn tỷ lệ thích hợp để thể hiện được biến đổi của địa hình trên bản vẽ. Dọc theo trực hoành cần chú thích các số liệu tương ứng.

Số liệu về địa hình không những cần thu thập ở đoạn sông nghiên cứu mà còn cần thu nhập ở đoạn sông mẫu. Đoạn sông được gọi là "mẫu" là đoạn sông có các điều kiện sau:

- Dòng chảy (ít nhất là trong mùa nước trung) không phân lạch, có cùng chế độ thủy văn với đoạn nghiên cứu.
- Đường bờ là một đường cong trơn thuận, không đột biến, không có đoạn thẳng quá dài.
- Đường trũng không có những đoạn rẽ ngang quá gấp.
- Mặt cắt ướt ở mùa nước trung ở vị trí ngưỡng cạn có dạng parabol đối xứng và hẹp hơn ở vị trí có lạch sâu.
- Lòng sông, bờ sông tương đối ổn định trong nhiều năm, có cùng cấu tạo địa chất với đoạn nghiên cứu.

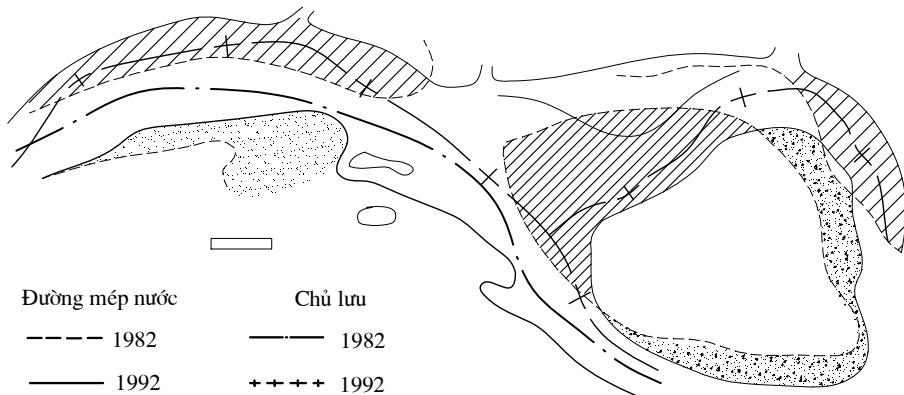
Phân tích diễn biến lòng sông bắt đầu từ xác định lòng sông và tính chất diễn biến lòng sông theo các cách phân loại tương ứng. Sau đó, vạch ra phạm vi lòng dân cơ sở và đường trũng trên tài liệu cũ nhất, rồi lần lượt tiến hành cho bình đồ các năm về sau. Trên các bình đồ cần thể hiện đầy đủ các đối tượng nghiên cứu: nếu là đoạn sông thẳng thì đó là bãi bên, ngưỡng cạn; nếu là đoạn sông cong thì đó là bán kính cong, lạch sâu, ngưỡng cạn v.v...

- Phân tích diễn biến trên mặt bằng

Để phân tích, thường tiến hành chập bình đồ ở những thời kỳ tương ứng hoặc đặt chúng theo thứ tự vào các lưới tọa độ định sẵn. Trên một bình đồ chập không nên thể hiện quá 2 thời kỳ, chỉ chập đường mép nước và $2 \div 3$ đường đồng mức đặc trưng. Từ bình đồ chập vạch ra ranh giới bồi xói, dùng mẫu để thể hiện. Từ đó, có thể tính toán khối lượng (thể tích), tốc độ bồi xói.

Trước hết cần kiểm tra các bản đồ địa hình các thời kỳ có cùng tỷ lệ, cùng hệ tọa độ, hệ cao độ hay không, nếu không, cần tiến hành chỉnh lý. Trên các bản đồ, cần tìm ra những mốc địa hình, địa vật chung để làm căn cứ chập hình.

Hình 6-15 là ví dụ về bình đồ chập của một đoạn sông trong 2 thời kỳ đo 1982 và 1992.

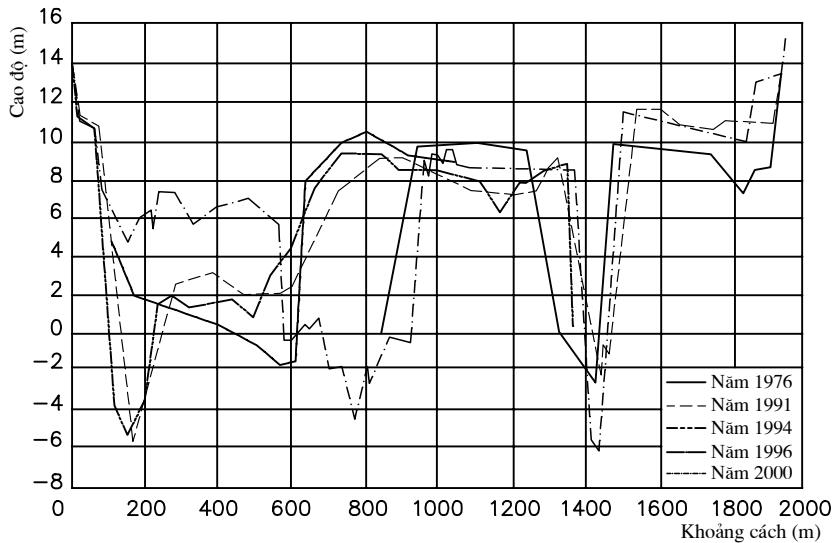


Hình 6-15: Bình đồ chập 1 đoạn sông

So sánh sự thay đổi thế sông (tuyến chủ lưu) giữa 2 thời kỳ có thể thấy, trong 10 năm đoạn bờ lõm, đoạn cong luôn bị sát lở và tốc độ sát lở khá lớn, còn phía bờ lồi đối diện thì được bồi đắp nhiều và lấn ra cũng khá nhanh, 2 hiện tượng đó có liên quan mật thiết với nhau. Ngoài ra, tại bãi giữa của đoạn phân lạch, đầu bãi bị xói, đuôi bãi được bồi làm cho bãi dịch chuyển về hạ lưu, nhưng tốc độ xói đầu bãi thì nhanh, còn tốc độ bồi ở đuôi bãi thì chậm, làm cho hình thái mặt bằng của bãi giữa biến đổi, kéo theo sự biến đổi của tuyến chủ lưu. Có thể thấy sự biến đổi của bãi giữa có nguyên nhân từ sự thay đổi tuyến chủ lưu ở đoạn thượng lưu do sát lở bờ lõm, chủ lưu ngày càng xô mạnh vào đầu bãi giữa.

Ngoài ra, còn kết hợp chập các mặt cắt ngang để phân tích hình thái mặt cắt ngang lòng sông và biến hình xói bồi, làm cơ sở cho việc tính toán khối lượng và phân bố xói bồi trong đoạn sông.

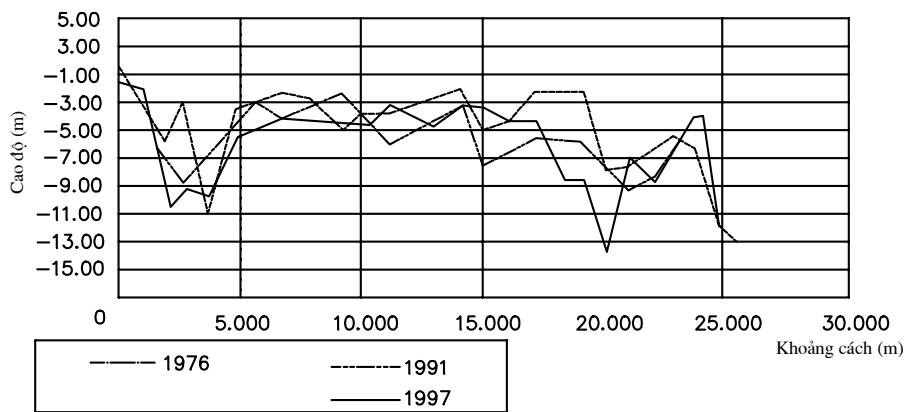
Hình 6-16 thể hiện hình vẽ chập mặt cắt ngang lòng sông.



Hình 6-16: Biến đổi tại một mặt cắt ngang lòng sông Hồng (đoạn qua Hà Nội)

- Phân tích diễn biến trên mặt cắt dọc và ước tính lượng xói bồi

- Để nghiên cứu sự biến hóa xói bồi theo chiều dọc của lòng sông, có thể chập các đường trũng lòng sông (hoặc đường cao trình trung bình lòng dẫn) qua các thời kỳ, thông qua phân tích, đổi chiều để đưa ra các nhận xét về các biến đổi của hố sâu, ngưỡng cạn, như hình 6-17 thể hiện.

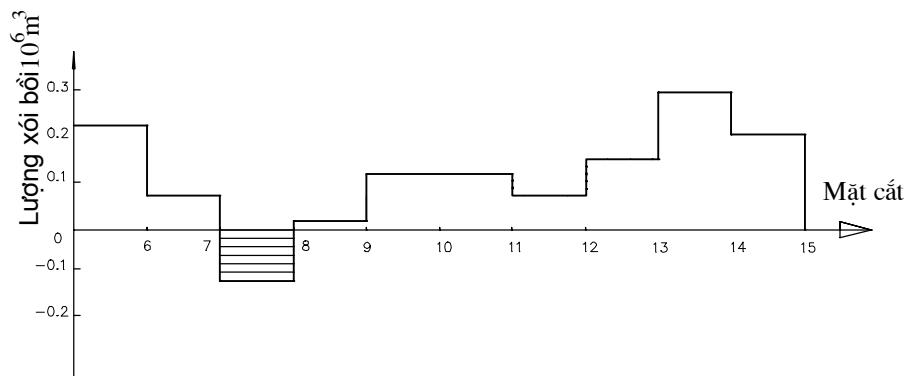


Hình 6-17: Diễn biến trên mặt cắt dọc của đáy sông đoạn X

- Với số liệu thực đo các mặt cắt ngang, cũng có thể tính toán lượng xói bồi thông qua so sánh diện tích các mặt cắt ngang dưới cùng một cao trình nước nhất định. Khi đã có lượng xói bồi tại các mặt cắt thì có thể ước tính khối lượng xói bồi trong các đoạn sông mà các mặt cắt ngang đó khống chế.

Hình 6-18 thể hiện biến đổi xói bồi dọc đường của đoạn sông N, thông qua số liệu đo đặc các mặt cắt ngang trong 2 thời kỳ tháng 12 năm 1993 và tháng 3

năm 1994. Từ hình này ta thấy chỉ có đoạn sông từ mặt cắt 7 đến mặt cắt 8 là bị xói chút ít, còn lại ở các đoạn khác đều xảy ra bồi lắng với các mức độ khác nhau.



Hình 6-18: Biến hóa xói bồi dọc đường của đoạn sông N

c. Chính lý, phân tích số liệu thực đo về địa chất lòng đất

Số liệu khoan thăm dò địa chất hoặc số liệu phân bố địa chất mặt lòng đất đều là những căn cứ quan trọng để phân tích khả năng ổn định, xói, bồi của lòng đất. Các mặt cắt địa chất qua toàn bộ lòng sông với các số liệu về phân bố các lớp đất cùng các tính chất cơ lý của nó cho ta căn cứ để phán đoán xu thế phát triển của diễn biến lòng sông và lựa chọn các vị trí, tuyến chính trị, bố trí công trình v.v...

6.5.3. Dự báo diễn biến lòng sông bằng các phương pháp mô hình hóa

Mô hình hóa là phương pháp nghiên cứu quan trọng để khảo sát quá trình diễn biến lòng sông, bao gồm hai phương thức: mô hình hóa bằng số (còn gọi là mô hình toán) và mô hình hóa bằng vật chất thực (còn gọi là mô hình vật lý). Việc ứng dụng vào thực tế đối với mô hình toán đã có lịch sử gần 50 năm và hơn 100 năm đối với mô hình vật lý, nhưng lý thuyết của chúng chỉ được phát triển một cách tương đối hoàn thiện và ứng dụng rộng rãi vào sản xuất trong vòng 40 năm trở lại đây. Gần đây, có xu hướng kết hợp mô hình toán và mô hình vật lý lại để hình thành một môn kỹ thuật chuyên ngành nghiên cứu về diễn biến sông.

Trước mắt, mô hình toán và mô hình vật lý đang là hai phương pháp quan trọng trong nghiên cứu diễn biến lòng sông và các chuyển động dòng chảy, bùn cát tương ứng, mỗi phương pháp đều có phạm trù được ưu tiên sử dụng của mình. Ví dụ: mô hình toán được sử dụng nhiều trong bài toán nghiên cứu bài toán 1D, mô hình vật lý sử dụng nhiều trong nghiên cứu bài toán 3D, còn bài toán 2D đều có thể sử dụng mô hình toán hoặc mô hình vật lý. Ngoài ra, sử dụng loại mô hình nào còn phụ thuộc tầm quan trọng của công trình và giai đoạn nghiên cứu. Đối với những công trình rất quan trọng, có thể cả hai loại mô hình đều được sử dụng ở các trường hợp khác nhau, thậm chí giống nhau, để bổ sung và kiểm tra lẫn nhau. Đối với các công trình không thật sự quan trọng, để rút ngắn thời gian và tiết kiệm đầu

tư, có thể chỉ sử dụng mô hình toán. Trong giai đoạn quy hoạch, sử dụng mô hình toán không những có thể giải đáp các vấn đề nêu trên, mà còn chỉ trong một thời gian ngắn nghiên cứu rất nhiều phương án, tìm ra phương án tối ưu. Trong giai đoạn thiết kế, để đi sâu nghiên cứu một số vấn đề nào đó, đặc biệt là những vấn đề có tính 3D nổi bật, có thể sử dụng mô hình vật lý.

Còn đối với việc quan trắc hiện trường đối với đoạn sông nghiên cứu thì bất kỳ mô hình nào cũng là cần thiết. Mặc dù số liệu thực đo chỉ có thể cung cấp những nhận thức định tính, nhưng vì đối tượng nghiên cứu là nguyên hình, không tồn tại vấn đề tham số tính toán trong mô hình toán có được lựa chọn thỏa đáng hay không, cũng không tồn tại vấn đề ảnh hưởng của thu nhỏ kích thước trong mô hình vật lý, nên những nhận thức đó là vô cùng quan trọng. Ngoài ra, việc quan trắc hiện trường ở đoạn sông nghiên cứu có thể cung cấp cho mô hình toán và mô hình vật lý các tham số tính toán và thiết kế, các loại số liệu cần thiết để kiểm định mô hình, là điều không thể thiếu.

Như trên đã nói, hiện nay mô hình toán đang trong quá trình phát triển. Điểm mấu chốt của các nghiên cứu chủ yếu đề cập đến 2 khía cạnh: một là công thức tải cát và công thức sức cản của các hệ phương trình cơ bản, chúng khác với các phương trình khác, không phải là các công thức lý thuyết chặt chẽ, mà mang nhiều tính chất kinh nghiệm. Đặc biệt, là các công thức kinh nghiệm đó thường chỉ thích hợp cho các trường hợp đơn giản (1D, dòng chảy ổn định, bùn cát đồng đều và tải cát cân bằng). Đối với các vấn đề 2D, 3D, trường hợp dòng chảy không đồng đều và không ổn định, bùn cát không đồng đều và tải cát không cân bằng... những công thức đó biến đổi ra sao, mặc dù đã có những nghiên cứu, nhưng vẫn chưa thật sự sáng tỏ, vì vậy khó làm cho mô hình phù hợp với thực tế. Khía cạnh thứ 2 là, để mở rộng phạm vi sử dụng của mô hình, nâng cao độ chính xác tính toán, bảo đảm tính ổn định và hội tụ của các nghiệm, cũng để giảm thiểu dung lượng bộ nhớ và tăng tốc độ tính toán, về phương pháp tính còn tồn tại nhiều cách lựa chọn, trong việc vận dụng kỹ thuật tính toán còn có nhiều điều phải làm. Những năm gần đây, mô hình toán phát triển thần tốc, chủ yếu thể hiện trong việc đổi mới và cải tiến phương pháp tính toán. Hiển nhiên, để cho mô hình toán về diễn biến lòng sông ngày càng hoàn thiện, 2 điểm mấu chốt nói trên còn cần phải tốn nhiều công sức nghiên cứu.

Khác với mô hình toán, mô hình vật lý tương đối thành thực hơn. Lý thuyết tương tự làm cơ sở cho mô hình vật lý đã gần như định hình. Thí nghiệm mô hình sông lòng cứng đã sớm đạt đến giai đoạn hoàn thiện, độ tin cậy của các kết quả thí nghiệm là không còn phải nghi ngờ nữa. Gần 30 năm lại đây, việc thiết kế và vận hành các mô hình lòng động cũng đã tích lũy được những kinh nghiệm phong phú, kết quả thí nghiệm cũng dần dần có độ tin cậy cao. Công tác nghiên cứu chủ yếu hiện nay là tiếp tục hoàn thiện phương pháp thí nghiệm mô hình lòng động. Vấn đề nghiên cứu trọng điểm là ảnh hưởng của các loại biến thái như biến thái hình học, biến thái độ dốc, biến thái thời gian đối với các kết quả thí nghiệm; lựa chọn và chế tạo các loại cát mô hình nhẹ có tính năng tốt cùng tính chất cơ học của nó.

Cần phải chỉ rõ rằng, trong lĩnh vực diên biến lòng sông hiện vẫn còn tồn tại một số vấn đề mà cả mô hình toán và mô hình vật lý đều chưa giải quyết được. Ví như nghiên cứu biến hình trên mặt bằng lòng sông, tức là vấn đề dự báo sạt lở bờ sông, cả hai loại mô hình đều chưa có kết quả nào đáng kể.

Mô hình toán và mô hình vật lý, với những điều đã nói trên, như là hai phương pháp độc lập nhau. Thực ra, hai phương pháp có thể kết hợp với nhau để bổ trợ cho nhau. Ví dụ, mô hình toán có thể cung cấp điều kiện biên để mô hình vật lý chỉ phải tiến hành trong một đoạn ngắn, giảm bớt đầu tư. Mô hình vật lý lòng cứng có biên phức tạp có thể cung cấp số liệu về trường lưu tốc tương đối chính xác cho mô hình toán tiến hành tính toán bồi xói, mà tránh phải làm mô hình lòng động tốn kém và khó khăn. Tóm lại, với ý nghĩa là phương pháp nghiên cứu hai loại mô hình toán và mô hình vật lý có thể thẩm thấu vào nhau để cùng giải quyết những vấn đề thực tế.

a. Phương pháp mô hình vật lý

Mô hình vật lý thường dùng trong nghiên cứu diên biến lòng sông là mô hình thủy lực lòng động hoặc lòng cứng và mô hình mà dòng chảy là dòng khí có áp, gọi tắt là mô hình khí.

Mô hình thủy lực lòng cứng chỉ sử dụng trong trường hợp lòng sông không có biến hình lớn, hoặc có biến hình nhưng không ảnh hưởng lớn đến vấn đề nghiên cứu chủ yếu: ví dụ, trường hợp chỉ quan tâm đến sự thay đổi trường động lực do tác dụng của công trình trên sông và diên biến lòng sông được tính toán thông qua sự biến đổi của các yếu tố thủy lực đó. Sau đó, mô hình có thể được đắp lại theo kết quả tính toán lý thuyết để tiếp tục nghiên cứu trường động lực trong điều kiện địa hình lý thuyết đó. Mô hình khí thường chỉ hạn chế sử dụng trong các bước quy hoạch, chọn phương án bố trí công trình, chỉ quan tâm đến các kết quả định tính chưa yêu cầu cao về kết quả định lượng.

Cơ sở của phương pháp mô hình vật lý là lý thuyết tương tự.

Nguyên lý cơ bản của lý thuyết tương tự đối với các vấn đề cơ học là: *các hệ thống vật chất chuyển động cơ học trong tự nhiên được gọi là tương tự khi ngoại hình của chúng có tương tự về hình học; thuộc tính của các quá trình vận động sản sinh trong các hệ thống đó phải giống nhau; Những định lượng cùng tính chất đặc trưng cho hiện tượng vận động có cùng một tỷ số.*

Xuất phát từ nguyên lý trên, đối với mô hình thủy lực lòng sông tự nhiên, về nguyên tắc, giữa mô hình và nguyên hình cần phải đạt được tương tự đối với 3 mặt sau:

- **Tương tự hình học:**

Dạng hình học của mô hình và nguyên hình phải tương tự nhau: bất kỳ các độ dài tuyến tính nào của mô hình và nguyên hình đều có cùng một tỷ lệ, tức là:

$$\frac{l_{N1}}{l_{M1}} = \frac{l_{N2}}{l_{M2}} = \dots = \frac{l_{Nn}}{l_{Mn}} = \lambda_1 \quad (6-9)$$

trong đó:

$l_{N1}, l_{N2} \dots l_{Nn}$: biểu thị các độ dài tuyến tính của nguyên hình;

$l_{M1}, l_{M2}, \dots l_{Mn}$: bác độ dài tuyến tính của mô hình, (chữ N biểu thị nguyên hình, chữ M biểu thị mô hình, các con số 1, 2 ..., n, biểu thị các vị trí khác nhau);

λ_1 : hằng số tỷ lệ độ dài, hay hằng số tương tự độ dài.

- **Tương tự về động học:**

Trạng thái chuyển động của mô hình và nguyên hình phải tương tự nhau: tốc độ, gia tốc của bất kỳ các điểm tương ứng trên mô hình và nguyên hình phải song song với nhau và có cùng một tỷ lệ, tức là:

$$\frac{v_{N1}}{v_{M1}} = \frac{v_{N2}}{v_{M2}} = \dots = \frac{v_{Nn}}{v_{Mn}} = \lambda_v \quad (6-10)$$

$$\frac{a_{N1}}{a_{M1}} = \frac{a_{N2}}{a_{M2}} = \dots = \frac{a_{Nn}}{a_{Mn}} = \lambda_a \quad (6-11)$$

trong đó:

v: lưu tốc;

a: gia tốc;

λ_v : hằng số tương tự lưu tốc;

λ_a : hằng số tương tự gia tốc.

- **Tương tự động lực học:**

Tính trạng tác dụng của các lực trong mô hình và nguyên hình phải tương tự nhau: lực tác dụng lên các điểm tương ứng trên mô hình và nguyên hình phải song song với nhau và có cùng một tỷ số, tức là:

$$\frac{f_{N1}}{f_{M1}} = \frac{f_{N2}}{f_{M2}} = \dots = \frac{f_{Nn}}{f_{Mn}} = \lambda_f \quad (6-12)$$

trong đó:

f: biểu thị lực tác dụng;

λ_f : hằng số tương tự học.

Từ các mặt tương tự trên, ta thấy rằng:

- Các yếu tố của mô hình có thể tìm được bằng cách lấy các yếu tố tương ứng của nguyên hình chia cho hằng số tương tự. Ngược lại, các yếu tố của nguyên hình cũng tìm được bằng cách lấy các yếu tố tương ứng của mô hình nhân với hằng số tương tự.

- Hằng số tương tự của cùng một đại lượng ở các điểm khác nhau trong hệ thống đều có cùng một trị số. Hằng số tương tự của các đại lượng khác nhau thì không nhất thiết bằng nhau.

- Hằng số tương tự là tỷ số giữa 2 đại lượng cùng loại, cho nên không có thứ nguyên.

- Gọi x là một đại lượng nào đó, λ_x là hằng số tương tự của đại lượng đó thì sự chuyển hóa của lượng x có thể ứng dụng cho cả lượng vi phân dx , vì lượng vi phân tuy rất nhỏ song vẫn là hữu hạn: $dx = x_{II} - x_I$, trong đó II và I là 2 điểm gần nhau trong hệ thống.

Cho nên:

$$\frac{dX_N}{dX_M} = \frac{X_{NII} - X_{NI}}{X_{MII} - X_{MI}} = \frac{X_{NII}}{X_{MII}} = \frac{X_{NI}}{X_{MI}} = \lambda_x \quad (6-13)$$

Tương tự hình học, tương tự động học và tương tự động lực học giữa mô hình và nguyên hình là các điều kiện cụ thể để bảo đảm cho tương tự về quy luật vận động của hệ thống. Các điều kiện tương tự trên không phải hoàn toàn độc lập với nhau để có thể tự do lựa chọn. *Sự tương tự của quy luật chuyển động yêu cầu cùng một hiện tượng vật lý của mô hình và nguyên hình phải được mô tả bằng một phương trình vật lý như nhau.* Chính vì vậy, giữa tương tự hình học, tương tự động học và tương tự động lực học tồn tại một quan hệ ràng buộc với nhau, các hằng số tương tự bị phương trình vật lý khống chế, không thể tự ý lựa chọn.

Ví dụ: Nghiên cứu dòng chảy ổn định không đều trong sông thiên nhiên, dòng chảy trong mô hình cũng phải thỏa mãn phương trình chuyển động sau:

$$-\frac{dZ}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}} \quad (6-14)$$

Ứng dụng phương trình trên cho nguyên hình và mô hình ta có:

$$-\frac{dZ_N}{dx_N} = \frac{d}{dx_N} \left(\frac{v_N^2}{2g} \right) + \frac{v_N^2 n_N^2}{R_M^{4/3}} \quad (6-15)$$

$$-\frac{dZ_M}{dx_M} = \frac{d}{dx_M} \left(\frac{v_M^2}{2g} \right) + \frac{v_M^2 n_M^2}{R_M^{4/3}} \quad (6-16)$$

Khi mô hình và nguyên hình tương tự nhau, ta có:

$$\begin{aligned} Z_N &= \lambda_h Z_M, & x_N &= \lambda_l x_M, & v_N &= \lambda_v v_M, \\ n_N &= \lambda_n n_M, & R_N &= \lambda_R R_M, & g_N &= \lambda_g g_M, \end{aligned}$$

Thay các biểu thức trên vào (6-15), ta được:

$$\frac{\lambda_h}{\lambda_l} \left(-\frac{dZ_M}{dx_M} \right) = \frac{\lambda_v^2}{\lambda_l \lambda_g} \left(\frac{d}{dx_M} \cdot \frac{v_M^2}{2g} \right) + \frac{\lambda_v^2 \cdot \lambda_n^2}{\lambda_R^{4/3}} \left(\frac{v_M^2 \cdot n_M^2}{R_M^{4/3}} \right) \quad (6-17)$$

hoặc:

$$-\frac{dZ_M}{dx_M} = \frac{\lambda_v^2}{\lambda_g \lambda_h} \left(\frac{d}{dx_M} \cdot \frac{v_M^2}{2g} \right) + \frac{\lambda_v^2 \lambda_n^2}{\lambda_R^{4/3} \frac{\lambda_h}{\lambda_l}} \left(\frac{v_M^2 \cdot n_M^2}{R_M^{4/3}} \right) \quad (6-18)$$

So sánh (6-16) và (6-18), ta thấy điều kiện để hai phương trình này thống nhất là:

$$\frac{\lambda_v^2}{\lambda_g \lambda_h} = 1 \quad (6-19)$$

$$\text{và} \quad \frac{\lambda_v^2 \lambda_n^2}{\lambda_R^{4/3} \frac{\lambda_h}{\lambda_l}} = 1 \quad (6-20)$$

Như vậy, (6-19) và (6-20) là những điều kiện tương tự.

Chú ý rằng, khi mô hình đảm bảo tương tự hình học thì $\lambda_h = \lambda_l$ lúc đó mô hình được gọi là *mô hình chính thái*. Trong trường hợp để bảo đảm tương tự cho các điều kiện khác, phải dùng $\lambda_h \neq \lambda_l$, thì mô hình được gọi là *mô hình biến thái* và tỷ số $\eta = \frac{\lambda_l}{\lambda_h}$ được gọi là *hệ số biến thái*.

- Điều kiện tương tự (6-19) thường gọi là *tương tự Froude*, viết tắt $Fr = idem$.

- Điều kiện tương tự (6-20) thường được gọi là tương tự sức cản.

Các điều kiện tương tự trên có nghĩa là: Trong trường hợp dòng chảy ổn định không đều trong sông thiên nhiên, để bảo đảm tương tự về động lực học giữa nguyên hình và mô hình, tỷ lệ của trọng lực $\left(\frac{dZ}{dx}\right)$, lực quán tính $\left(\frac{1}{2g} \cdot \frac{dv^2}{dx}\right)$ và sức cản $\left(\frac{v^2 n^2}{R^{4/3}}\right)$ của các điểm tương ứng trên mô hình và nguyên hình là bằng nhau.

Từ thủy lực ta có:

$$\begin{aligned} C &= \frac{R^{1/6}}{n} = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \\ \text{hoặc: } \lambda_c &= \frac{\lambda_R^{1/6}}{\lambda_n} = \sqrt{\frac{\lambda g}{\lambda_\lambda}} \end{aligned} \quad (6-21)$$

Từ (6-21) rút ra λ_n và thay vào (6-20) ta được:

$$\frac{\lambda_v^2 \cdot \lambda_\lambda}{\lambda_g \lambda_R \lambda_l} = 1 \quad (6-22)$$

Thí nghiệm Nicuratso đã chỉ rõ: đối với trường hợp chảy tầng, chỉ cần số Re bằng nhau thì hệ số sức cản λ bằng nhau. Đối với trường hợp chảy rối, khi dòng chảy ở khu thành tròn cũng chỉ cần số Re bằng nhau thì hệ số λ cũng bằng nhau, nhưng khi dòng chảy ở khu quá độ, muốn có λ bằng nhau thì không những cần Re bằng nhau mà hệ số nhám tương đối cũng bằng nhau.

Còn khi dòng chảy ở khu bình phương sức cản, chỉ cần hệ số nhám tương đối bằng nhau thì hệ số λ bằng nhau.

Nếu mô hình nghiêm khắc tuân theo tương tự hình học, thì hệ số nhám tương đối sẽ bằng nhau, do đó trong tình hình chung, chỉ cần có Re bằng nhau thì hệ số λ sẽ bằng nhau, còn ở khu bình phương sức cản thì cho dù số Re không bằng nhau hệ số λ cũng bằng nhau.

Đồng thời với mô hình có tương tự hình học thì:

$$\lambda_R = \lambda_h, \lambda_l = \lambda_h / \lambda_l = 1, \lambda_R \lambda_l = \lambda_h$$

Do đó với $\lambda_\lambda = 1$, công thức (6-22) sẽ biến thành (6-19). Kết quả đó nói lên rằng: trong tình hình chung, chỉ cần số Re bằng nhau, nếu thỏa mãn điều kiện tương tự Fr (6-19) cũng tức là thỏa mãn điều kiện tương tự sức cản (6-20). Nói một cách khác, trong mô hình có tương tự hình học tuyệt đối, thì chỉ cần bảo đảm 2 điều kiện: Re = idem và Fr = idem là mô hình và nguyên hình và tương tự về động lực học. Còn nếu dòng chảy ở khu bình phương sức cản thì chỉ cần một

điều kiện $Fr = idem$ là mô hình và nguyên hình có tương tự về động lực học. Chính vì vậy ta gọi *khu bình phương sức cản là khu tự động mô hình*.

Trong thực tế, mô hình không thể nào bảo đảm được tương tự hình học một cách tuyệt đối. Vì nhiều điều kiện hạn chế, phải sử dụng mô hình biến thái. Có khi mặc dù mô hình không biến thái, nhưng không thể thực hiện được tương tự về độ nhám. Vì vậy hệ số λ không thể bằng nhau, do đó 2 điều kiện (6-19) và (6-20) tồn tại độc lập với nhau.

Xuất phát từ những cơ sở lý thuyết trên, có thể suy diễn ra các điều kiện tương tự cần phải tuân thủ khi thiết kế và tiến hành của thí nghiệm mô hình công trình là:

- **Đối với mô hình lòng cứng:**

- Tương tự liên tục dòng chảy:

$$\frac{\lambda_l \lambda_u}{\lambda_l} = 1 \quad (6-23)$$

$$\text{hoặc} \quad \frac{\lambda_Q}{\lambda_l \lambda_h \lambda_u} = 1 \quad (6-24)$$

- Tương tự tỷ số giữa lực quán tính và trọng lực:

$$\frac{\lambda_u^2}{\lambda_h} = 1 \quad (6-25)$$

- Tương tự tỷ số giữa lực quán tính và sức cản:

$$\lambda_{fb} = \frac{\lambda_h}{\lambda_l} = \frac{1}{\eta}; \quad \lambda_{fw} = 1 \quad (6-26)$$

$$\text{hoặc} \quad \lambda_{nb} = \frac{\lambda_h^{3/2}}{\lambda_2^{1/2}} = \frac{\lambda_1^{1/6}}{\eta^{2/3}}; \quad \lambda_{nw} = \lambda_1^{1/6} \quad (6-27)$$

Ngoài ra, đồng thời phải thỏa mãn 2 điều kiện sau:

$$+ \text{Điều kiện hạn chế dòng chảy rối: } Re_M > 1000 \div 2000 \quad (6-28)$$

$$+ \text{Điều kiện hạn chế sức căng bề mặt: } h_M > 1,5 \text{ cm} \quad (6-29)$$

- **Đối với mô hình lòng động:**

Các điều kiện tương tự cho mô hình nghiên cứu biến hình lòng đất có dòng chảy mang chủ yếu là bùn cát lơ lửng như sau:

- Tương tự chuyển động bùn cát lơ lửng:

$$\frac{\lambda_u \lambda_h}{\lambda_w \lambda_l} = 1 \quad (6-30)$$

$$\frac{\lambda_{u_*}}{\lambda_w} = 1, \text{ tức } \frac{\lambda_u \lambda_h^{\frac{1}{2}}}{\lambda_w \lambda_l^{\frac{1}{2}}} = 1 \quad (6-31)$$

$$\frac{\lambda_w \lambda_v}{\lambda_{\rho_s - \rho} \lambda_d^2} = 1 \quad (6-32)$$

hoặc

$$\frac{\lambda_w}{\lambda_{\rho_s - \rho}^{\frac{1}{2}} \lambda_d^{\frac{1}{2}} \lambda_\zeta} = 1 \quad (6-33)$$

- Tương tự khởi động:

$$\frac{\lambda_{U_C}}{\lambda_u} = 1 \quad (6-34)$$

$$\frac{\lambda_{u_c}}{\left(\frac{\lambda_h}{\lambda_d} \right)^{0,14} \lambda_{\rho_s - \rho}^{\frac{1}{2}} \lambda_d^{\frac{1}{2}} \lambda_\zeta} = 1 \quad (6-35)$$

- Tương tự tải cát:

$$\frac{\lambda_s}{\lambda_{S_*}} = 1 \quad (6-36)$$

$$\lambda_{S_*} = \frac{\lambda_{\rho_s}}{\lambda_{\rho_s - \rho}} = 1 \quad (6-37)$$

hoặc

$$\lambda_{S_*} = \frac{\lambda_{\rho_S}}{\lambda_{\frac{\rho_S - \rho}{\rho}}} \left(\frac{\lambda_h}{\lambda_l} \right)^{\frac{1}{2}}$$

(6-38)

- Tương tự biến hình lòng dẫn:

$$\lambda_t = \frac{\lambda_l \lambda_{\rho'}}{\lambda_u \lambda_s}$$

(6-39)

- **Các bước thiết kế mô hình sông lòng cứng [4]**

Để thiết kế và kiểm tra mô hình sông lòng cứng, có thể theo các bước sau đây:

Bước 1: Căn cứ vào diện tích phòng thí nghiệm, chọn tỷ lệ mặt bằng λ_l và tỷ lệ đứng λ_h . Nếu làm mô hình không biến dạng thì $\lambda_l = \lambda_B = \lambda_h$; nếu làm mô hình biến dạng thì $\lambda_l = \lambda_B \neq \lambda_h$. Tuỳ theo mục đích nghiên cứu và diện tích phòng thí nghiệm mà chọn biến suất K cho phù hợp.

Bước 2: Theo các điều kiện tương tự, xác định các tỷ lệ tương tự còn lại.

Bước 3: Kiểm tra trạng thái chảy trong mô hình:

- Dòng chảy rói: số Reynolds $Re_M > Re_K$ (với Re_K là số Reynolds phân giới).
- Dòng chảy êm: số Froude $Fr_M < 1$.

Bước 4. Mở nước, kiểm tra sự tương tự về độ dốc mặt nước giữa nguyên hình và mô hình. Nếu có chênh lệch thì phải điều chỉnh độ nhám lòng mô hình hoặc tỷ lệ lưu lượng.

Ví dụ thiết kế

Phòng Thủy công - Viện nghiên cứu Khoa học Thủy lợi đã tiến hành thiết kế mô hình lòng cứng đoạn sông Hồng thuộc Hà Nội từ cống Liên Mạc đến cống Xuân Quang. Năm 1962, đã tiến hành nghiên cứu một đoạn sông dài 11km ở Tổ Thôn (cách trạm bơm Đan Hoài hơn 2km về phía thượng lưu)[4]. Độ dốc mặt nước trung bình của đoạn sông vào khoảng 0,7%.

1. Căn cứ vào điều kiện sân thí nghiệm ngoài trời, đã chọn làm mô hình biến thái với tỷ lệ mặt bằng $\lambda_l = 500$ và tỷ lệ đứng $\lambda_h = 100$, biến suất của mô hình $K = 5$.

Với tỷ lệ đã chọn, sông trong mô hình có chiều dài:

$$l_M = \frac{11000}{500} = 22m$$

Chiều rộng lớn nhất giữa hai tuyến đê ngoài thực tế ở Tổ Thôn là 4,5km, do đó chiều rộng này trên mô hình là:

$$B_M = \frac{4500}{500} = 9m$$

Như vậy, có thể chọn sân mô hình có diện tích là:

$$S = 22 \times 10 \text{ m}^2$$

2. Xác định các tỷ lệ khác của mô hình:

Tỷ lệ tốc độ: $\lambda_v = \sqrt{\lambda_H} = \sqrt{100} = 10$

Tỷ lệ lưu lượng: $\lambda_Q = \lambda_v \cdot \lambda_H \cdot \lambda_l = 10 \times 100 \times 500 = 500000$.

Trong mô hình này, lần lượt thí nghiệm với các cấp lưu lượng chính:

$$Q_{Tạo lồng N} = 18000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Trung bình N} = 5000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{kiết N} = 3200 \text{ m}^3/\text{s}$$

Do đó lưu lượng trên mô hình

$$Q_{Tạo lồng M} = \frac{18000}{500000} = 23,6 \text{ l/s.}$$

$$Q_{Trung bình M} = \frac{5000}{500000} = 10 \text{ l/s.}$$

$$Q_{kiết M} = \frac{3200}{500000} = 6,4 \text{ l/s.}$$

3. Sau khi chọn tỷ lệ, phải kiểm tra trạng thái chảy trong mô hình. Dòng chảy trong mô hình phải là dòng chảy rối (Re > Re_K với Re_K là số Reynolds phân giới) và êm (Fr < 1). Xét trường hợp lưu lượng kiệt (Q_N = 3200 m³/s) là trường hợp lưu lượng nguy hiểm đối với trạng thái chảy rối. Lấy mặt cắt Chèm có tài liệu đo đặc thực tế ngày 18/9/1962.

Lưu lượng: Q_N = 3256 m³/s; diện tích mặt cắt ngang: Ω_N = 3020 m²; tốc độ dòng chảy trung bình $\bar{V}_N = 1,08 \text{ m/s}$; chiều sâu dòng chảy trung bình: $\bar{H}_N = 3,71 \text{ m}$.

Do đó tài liệu tương ứng trong mô hình tại mặt cắt này là:

$$\bar{V}_M = \frac{\bar{V}_N}{\lambda_v} = \frac{1,08}{10} = 0,108 \text{ m/s} = 10,8 \text{ cm/s}$$

$$\bar{H}_M = \frac{\bar{H}_N}{\lambda_H} = \frac{3,71}{100} = 0,0371 \text{ m} = 3,71 \text{ cm}$$

Và số Reynolds trên mô hình là:

$$Re_M = \frac{\bar{V}_M \cdot \bar{H}_M}{v} = \frac{10,8 \times 3,71}{0,01} = 4006 > Re_K$$

Như vậy, dòng chảy trong mô hình cũng là dòng chảy rối. Số Froude trong mô hình là:

$$Fr_M = \frac{\bar{V}_M^2}{g\bar{V}_M} = \frac{(10,8)^2}{981x3,71} < 1$$

nên dòng chảy trong mô hình cũng là dòng chảy êm.

4. Kiểm tra đường mặt nước trong mô hình (tức là kiểm tra sự tương tự về độ nhám): Khi mở nước vào mô hình, tiến hành đo đường mặt nước tương ứng với ba cấp lưu lượng trên và so sánh với tài liệu thủy văn thực đo thì thấy đường mặt nước trong mô hình thấp hơn so với đường mặt nước thực tế. Đã tiến hành tăng độ nhám trên mô hình (chủ yếu phần bãi sông) và kiểm tra lại. Nói chung mức nước trong mô hình có nâng cao hơn nhưng cục bộ vẫn có chênh lệch thấp so với thực tế. Do đó đã tăng tỷ lệ lưu lượng trên mô hình thành 26,21 l/s; 11,11 l/s và 7,11 l/s. Khi đó, đường mặt nước trong mô hình được nâng cao xấp xỉ với đường mặt nước thực tế, chênh lệch nhiều nhất là ± 10cm (tương ứng với ± 1mm trên mô hình).

b. Phương pháp mô hình toán

Trong nghiên cứu tìm giải pháp chỉnh trị sông, đặc biệt là các cửa sông hay dự án xây công trình vượt sông ở những vùng có chế độ thuỷ văn và thuỷ lực phức tạp công cụ mô hình toán thường được áp dụng để nghiên cứu các quá trình động lực dòng chảy, dự báo xu thế diễn biến trong tương lai, nó giúp cho việc so sánh lựa chọn giải pháp công trình và phương án bố trí mặt bằng hợp lý.

Hiện nay, bài toán biến hình lòng sông cho dòng chảy không ổn định 1D, 2D đã được nghiên cứu khá hoàn chỉnh, đã có các chương trình tự động hóa tính toán và phần mềm ứng dụng như các phần mềm HEC của Mỹ, MIKE của Đan Mạch, DELF của Hà Lan, TELEMAC của Pháp v.v...

Bài toán 3D đang trong giai đoạn nghiên cứu, bước đầu đã có những thành tựu khả quan, trong đó có thể kể đến phần mềm DELFT-3D, MIKE-3...

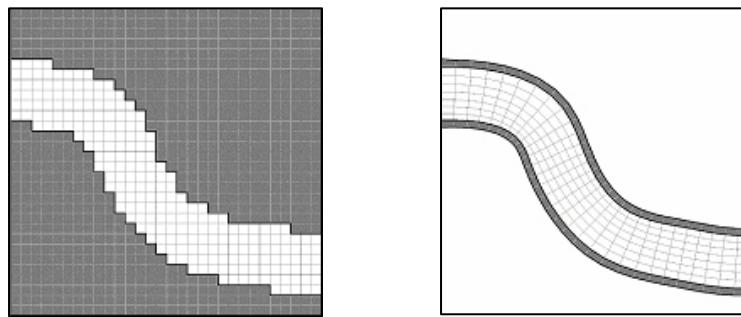
Dự báo diễn biến bằng mô hình toán để phục vụ cho công tác thiết kế các công trình vượt sông đã được sử dụng trong các dự án: cầu Mỹ Thuận (sông Tiền), cầu Thanh Trì, cầu Vĩnh Tuy, cầu Nhật Tân (sông Hồng), cầu Vàm Cống (sông Hậu) ... Dùng mô hình toán để đánh giá diễn biến là một vấn đề lớn, MIKE21 là hệ thống các phần mềm để nghiên cứu trong 4 lĩnh vực chủ yếu (Thủy lực sông - biển và hải văn, sóng, các quá trình sa bồi và thuỷ lực môi trường). Sau đây xin giới thiệu tóm tắt có tính chất tham khảo, nội dung và khả năng ứng dụng mô hình MIKE 21C

- **Giới thiệu chung**

Đầu tiên, mô hình MIKE 21C chỉ là một tiện tích nhỏ trong các mô đun MIKE21HD và MIKE21ST của bộ mô hình MIKE 21 [6]. Do các yêu cầu tính toán về thủy lực - hình thái cho sông ngày càng nhiều và với độ chính xác cao, đặc biệt là việc mô phỏng chi tiết hình dạng cong bất kỳ của đường bờ, của bãi sông (bãi bên và bãi giữa) nên MIKE 21C đã được tách ra và được phát triển thành một mô hình độc lập chuyên về tính toán thủy lực - bùn cát và hình thái hai chiều trong sông.

Điểm mới nhất và khác biệt của mô hình MIKE 21C so với các phiên bản chuẩn của mô hình MIKE 21 là việc tạo lưới tính toán: Phiên bản chuẩn của mô hình MIKE 21 dựa trên lưới tính toán hình chữ nhật. Đối với việc mô phỏng vùng biển và những vùng cửa sông, hoặc các đoạn sông thẳng đơn, những lưới như vậy cho độ chính xác vừa đủ. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng trong sông, nhất là các đoạn sông cong hoặc tồn tại các bãi bồi giữa sông, yêu cầu phải có sự mô phỏng chính xác đường biên và điều đó đòi hỏi việc sử dụng lưới cong hoặc lưới phi cấu trúc.

Mô hình MIKE 21C đã tạo lưới đường cong trong việc mô phỏng vùng tính toán, việc sử dụng lưới cong so với việc sử dụng lưới chữ nhật có ưu việt là số điểm lưới ít hơn, mô phỏng đường bao tốt hơn và do đó kết quả tính toán có độ chính xác cao hơn. Trong mô hình lưới cong, bước thời gian dài hơn có thể được sử dụng và độ phân rải của đường dòng chảy được cải thiện nhiều hơn bởi vì đường lưới luôn bám sát theo đường dòng chảy. Và cuối cùng, khi chạy mô hình lưới cong, do số điểm được định nghĩa và lưu trữ ít hơn nên hạn chế được dung lượng trữ.



Hình 6.19: So sánh lưới hình chữ nhật và lưới cong

Lưới cong được sử dụng trong MIKE 21C có được từ việc giải hệ phương trình:

$$\frac{\partial}{\partial s} \left[g \frac{\partial x}{\partial s} \right] + \frac{\partial}{\partial n} \left[\frac{l}{g} \frac{\partial x}{\partial n} \right] = 0 \quad (6-40)$$

$$\frac{\partial}{\partial s} \left[g \frac{\partial y}{\partial s} \right] + \frac{\partial}{\partial n} \left[\frac{l}{g} \frac{\partial y}{\partial n} \right] = 0 \quad (6-41)$$

trong đó:

x, y: tọa độ Đề các;

s, n : tọa độ cong (ngược chiều kim đồng hồ);

g: hàm tỷ trọng, là tỷ lệ giữa độ dài ô lưới theo phương s và độ dài ô lưới theo phương n.

$$g = \sqrt{\frac{\left[\frac{\partial x}{\partial s} \right]^2 + \left[\frac{\partial y}{\partial s} \right]^2}{\left[\frac{\partial x}{\partial n} \right]^2 + \left[\frac{\partial y}{\partial n} \right]^2}} \quad (6-42)$$

- **Khả năng ứng dụng của mô hình MIKE 21C [7]**

Mô hình MIKE 21C có các khả năng ứng dụng sau:

- Nghiên cứu trường dòng chảy và lũ trên lòng sông và các bãi sông. Một hệ thống lưới cong cho phép độ phân rải thấp hơn của lòng dẫn bởi vì các đường lưới đi theo đường bờ sông. Bởi vậy một mô hình sông hai chiều có thể áp dụng nghiên cứu trên phạm vi 100km (trong điều kiện hình thái lòng dẫn không quá phức tạp và không có phân nhập lưu).

- Nghiên cứu dự báo các sự thay đổi về hình thái với thời đoạn 2 - 3 năm trong các sông có lòng dẫn biến động mạnh liên quan tới việc thiết lập quy hoạch và xây dựng các công trình trên sông.

- Nghiên cứu xác lập các tiêu chuẩn thiết kế cho công trình chỉnh trị sông với các thông số về vận tốc, chiều sâu dòng chảy, chiều sâu xói, diễn biến đường bờ ...

- Dự báo sự thay đổi hình thái trên mặt bằng bao gồm xói lở bờ và ảnh hưởng của việc co hẹp lòng sông tới dòng chảy lũ.

- Phân tích sự lắng đọng và xói của vật liệu bùn cát gần các công trình cửa lấy nước, đập khoá các khu vực phân, nhập khu vực cửa vào các vùng cảng ...

- Thiết kế tối ưu tuyến giao thông và dự báo lượng nạo vét lòng dẫn hàng năm trên các tuyến giao thông.

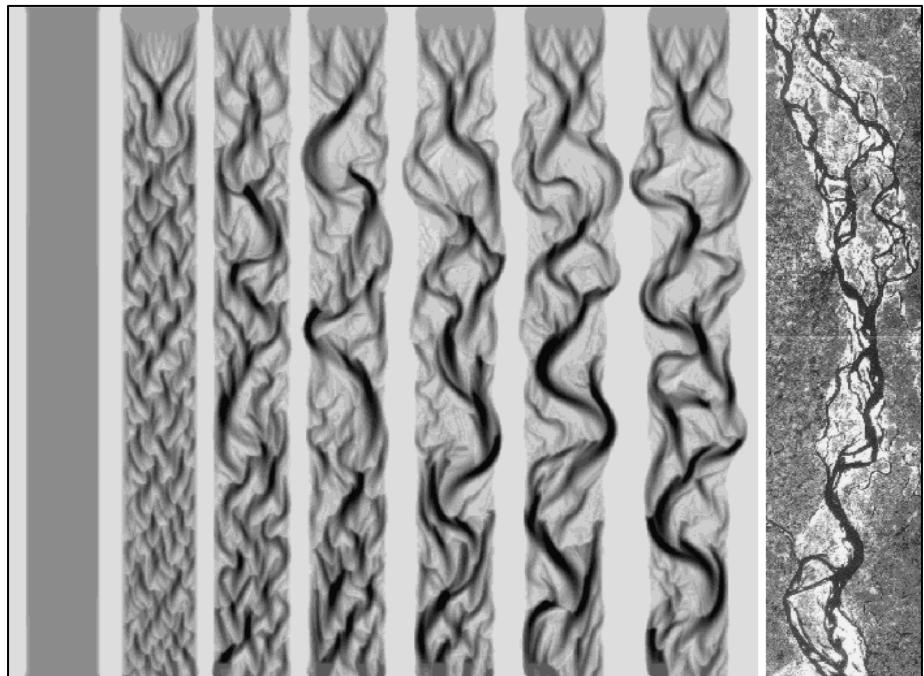
- **Vấn đề dự báo diễn biến sông của mô hình MIKE 21C [7]**

MIKE 21C có khả năng tính toán dự báo diễn biến sông (trường hợp phát triển tự nhiên hay do tác động của công trình ...) theo các thời đoạn khác nhau, nói chung có thể phân chia thành:

- Tính toán dự báo ngắn hạn: Dự báo trong một mùa, hoặc từ 1-3 năm trong các trường hợp tính toán dự báo diễn biến khi có các đột biến về chế độ thủy văn - dòng chảy trên con sông.

- Tính toán dự báo dài hạn hơn (trên 5 năm): Trong các ví dụ tính toán đã nêu lên khả năng dự báo dài hạn của mô hình (tới 30 năm), trong trường hợp này các yếu tố thủy văn dòng chảy trong tính toán thường mang tính trung bình hay tính đại diện cho cả một thời đoạn (ví dụ: chỉ tính toán dự báo với giá trị lưu lượng tạo lồng hoặc lưu lượng trung bình nhiều năm, hay có thể tính toán với một vài giá trị lưu lượng đại diện cho cả thời kỳ dự báo bao gồm cả lưu lượng lũ lớn, lũ trung bình, lưu lượng kiệt, ...)

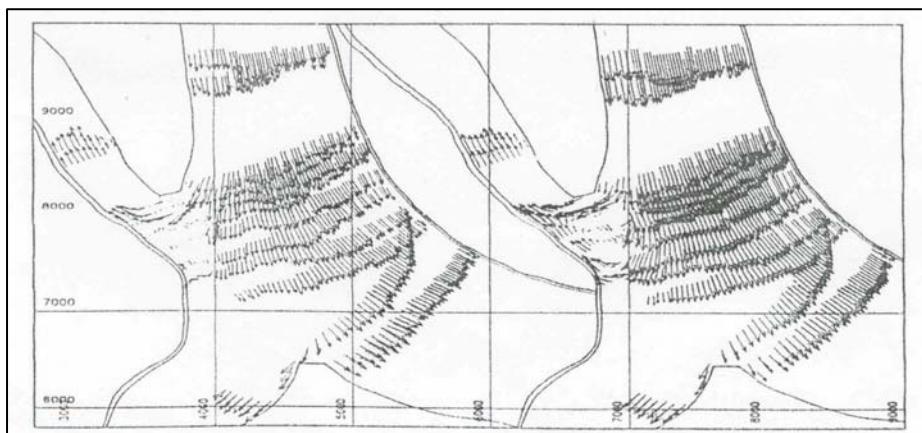
Hình 6.20: Mô tả kết quả tính toán dự báo diễn biến cho một đoạn sông ở Bangladesh



- **Một số kết quả nghiên cứu trên thế giới [7]**

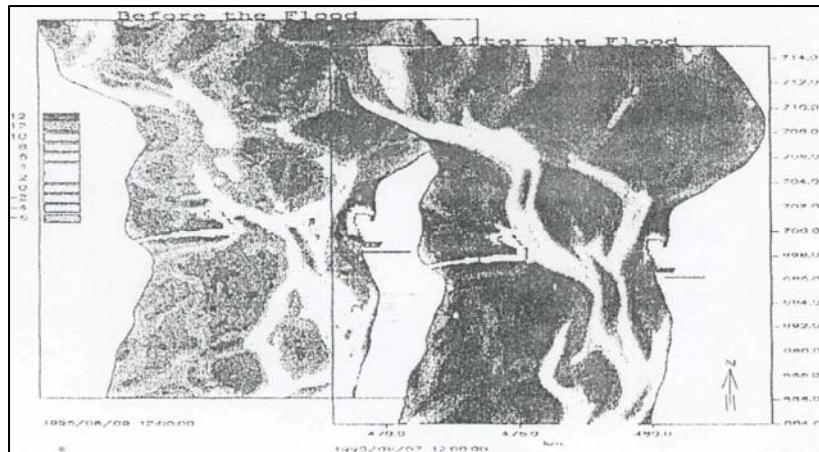
Việc ứng dụng mô hình MIKE 21C đã được phát triển rất mạnh mẽ trong nghiên cứu sông ngòi và nghiên cứu tác động của công trình trên sông đối với diễn biến lòng sông tại nhiều khu vực trên thế giới, đặc biệt trong khoảng 5 năm gần đây mô hình đã ứng dụng trong nhiều dự án thuộc lĩnh vực động lực học sông ở châu Á, sau đây là một vài nét tổng hợp các kết quả nghiên cứu chính dựa trên mô hình MIKE 21C

1. *Dự án ổn định nút thắt nhập lưu Chatomuk giữa sông Bassac, MêKông, Tonléap của Campuchia:* Nghiên cứu đánh giá các đặc trưng thủy lực và biến động hình thái tại đoạn thắt Chatomuk từ đó mô phỏng lại chế độ thủy lực và các biến động hình thái để đề ra các giải pháp ổn định khu vực này



Hình 6.21: Mô phỏng trường dòng chảy giữa thực tế (trái) và mô hình

2. Dự án xây dựng cầu qua sông Bramputra - Jamura ở Bangladesh: Đã ứng dụng mô hình MIKE 21C để nghiên cứu dự báo diễn biến hình thái tại lân cận khu vực xây dựng cầu với các dự báo ngắn hạn (1÷3 năm), dài hạn (30 năm).



Hình 6.22: Mô tả kết quả tính toán dự báo diễn biến ngắn hạn (3 năm)

- **Một số kết quả nghiên cứu bước đầu tại Việt Nam**

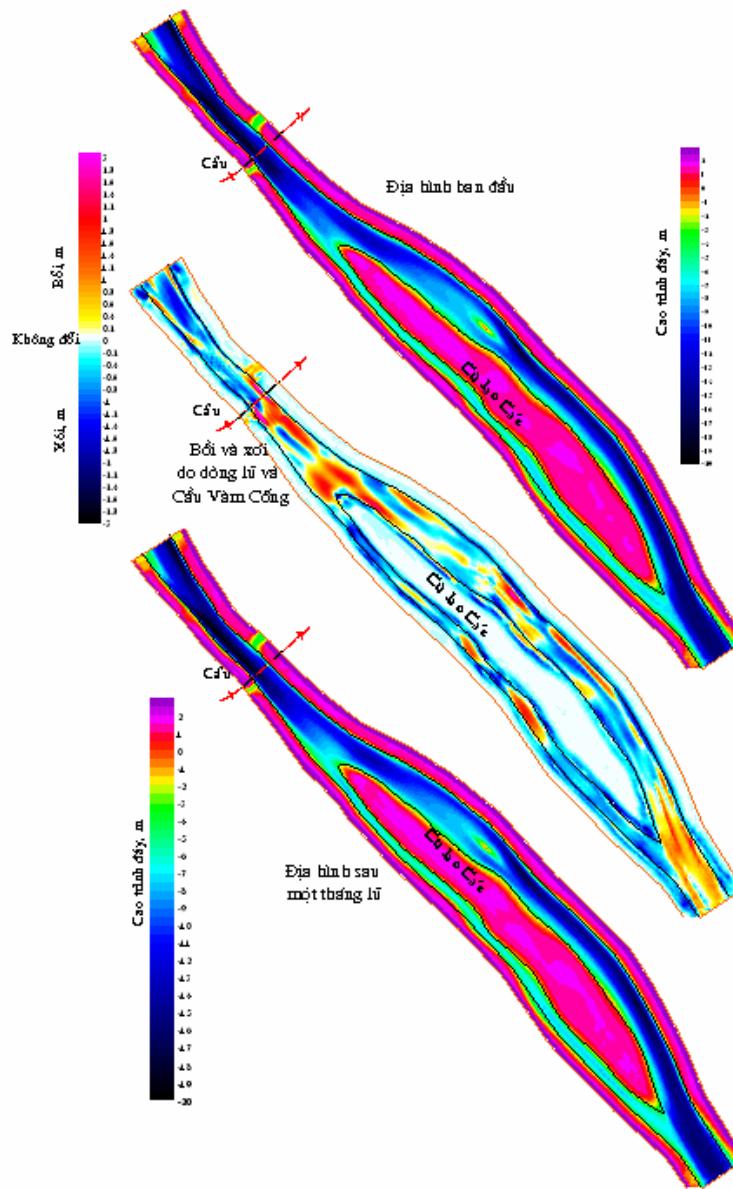
Viện khoa học thủy lợi đã ứng dụng mô hình MIKE 21C để nghiên cứu cho một số đoạn sông sau [7]:

+ Đoạn sông Hồng từ Sơn Tây - Liên Trì: với đặc trưng của đoạn sông cong không hoàn chỉnh.

+ Đoạn sông Hồng qua Hà Nội từ Chèm đến Thanh Trì: Với đặc trưng của đoạn sông vùng ngã ba (nhập lưu).

+ Đoạn sông Thái Bình khu vực thành phố Hải Dương với đặc trưng của đoạn sông cong gấp đồng thời có các tác động công trình trên sông.

Trong khuôn khổ dự án xây dựng cầu Vành Cống qua sông Hậu, Tổng công ty TVTK GTVT (TEDI) đã sử dụng mô hình MIKE 21C để nghiên cứu chế độ thủy lực, diễn biến lòng dân trước và sau khi xây dựng cầu Vành Cống. Kết quả nghiên cứu trích rút tóm tắt ở hình 6.23 [9].



Hình 6-23: Mô tả kết quả tính toán bồi xói sau một tháng lũ

6.5.4. Dự báo diễn biến lòng sông bằng phương pháp phân tích ảnh viễn thám

Kỹ thuật viễn thám sử dụng một loại thiết bị kỹ thuật chuyên dụng, đặt cách xa mục tiêu để đo đạc và ghi chép các đặc tính của mục tiêu quan trắc, thông qua truyền dẫn, xử lý cung cấp cho hệ thống sử dụng những thông tin cần thiết về đối tượng nghiên cứu.

Chụp ảnh từ máy bay, từ vệ tinh chuyên dụng là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật viễn thám.

Ảnh hàng không, ảnh vệ tinh chụp được toàn cảnh lũng sông, cho phép phát hiện các dấu vết của lòng sông cũ, ở dưới đất không thấy được. Dựa vào các dấu vết này có thể phục hồi được vận động của lòng sông trong một khoảng thời gian dài, giúp đắc lực cho việc phân loại sông và các đặc điểm vận động của lòng sông.

Nội dung và phương pháp tiến hành như sau:

- Thu thập tài liệu:

Thu thập tài liệu bản đồ địa hình và ảnh viễn thám ít nhất theo ba giai đoạn:

- Giai đoạn 1: trùng hoặc gần với thời gian lập dự án
- Giai đoạn 2: Trước giai đoạn 1.
- Giai đoạn 3: Trước giai đoạn 2.

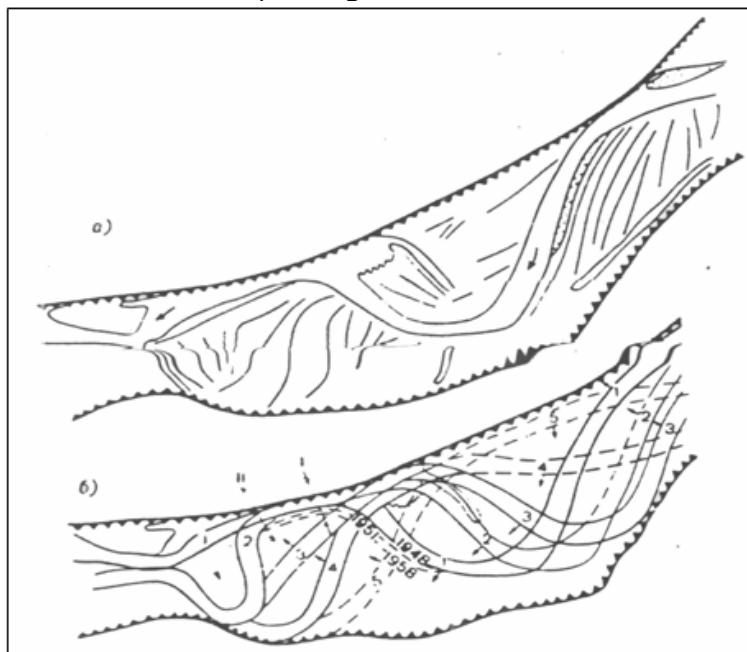
Khoảng cách về thời gian thu thập tài liệu giữa các giai đoạn càng dài càng tốt.

- Trên cơ sở tài liệu thu thập ở giai đoạn 1 lập bản đồ địa hình, bản đồ này gọi là bản đồ nền.
- Trên cơ sở tài liệu thu thập ở giai đoạn 2 lập bản đồ địa hình, bản đồ này dùng để xác định diễn biến tại thời điểm giai đoạn 2.
- Trên cơ sở tài liệu thu thập ở giai đoạn 3 lập bản đồ địa hình, bản đồ này dùng để xác định diễn biến tại thời điểm giai đoạn 3.
- Chuyển vẽ các diễn biến đã thiết lập ở bản đồ giai đoạn 2 và 3 vào bản đồ nền gọi là bản đồ tổng hợp.
- Trên cơ sở bản đồ tổng hợp ta có thể đánh giá về sự diễn biến xói lở của bờ, sự tồn tại hay mất đi của các cồn trên sông, sự di chuyển của lòng sông.

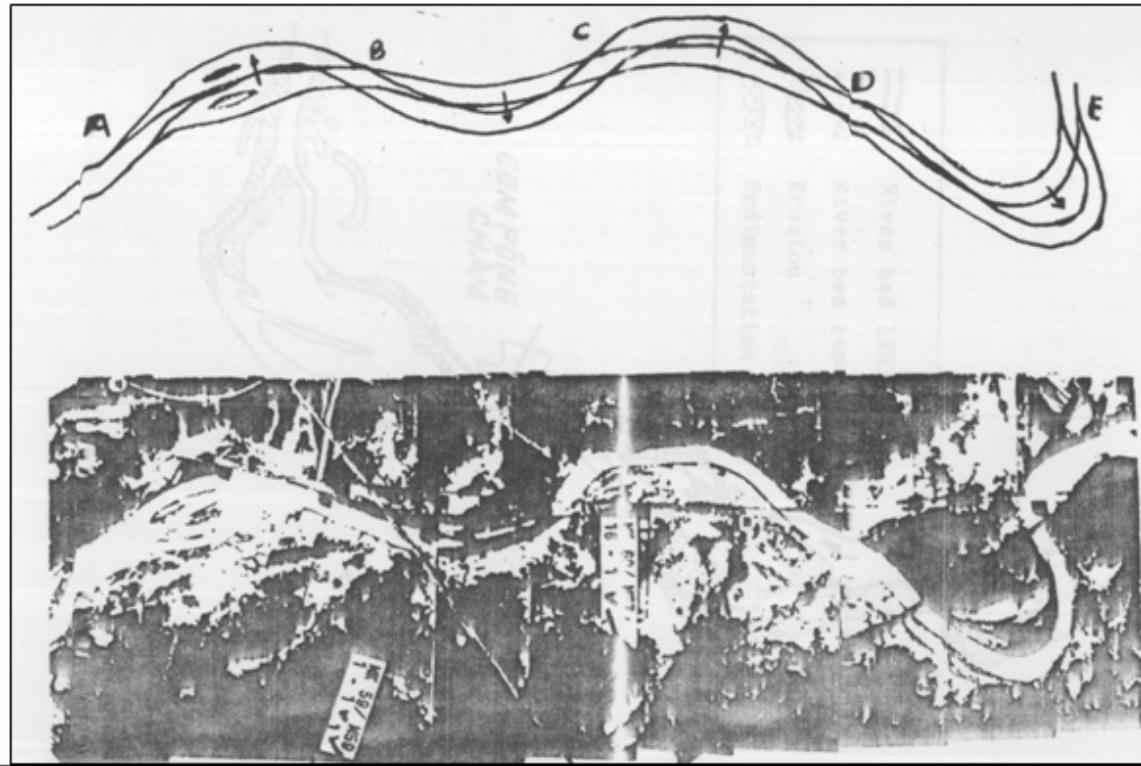
Ví dụ: Xác định vị trí lòng sông cũ được bắt đầu từ các dấu vết để lại trên bờ lõm, sát ngay vị trí lòng sông hiện tại. Bằng cách nối những dấu vết đầu tiên tại các đỉnh cong, có thể nhận biết vị trí lòng sông thời gian gần nhất, vẽ song song với đường bờ vừa tìm thấy bên bờ lõm, một khoảng cách bằng chiều rộng của lòng sông sẽ có đường bờ sông phía bờ lồi. Tiếp tục làm như vậy đối với các dấu vết xa bờ lõm hơn dấu vết thứ nhất, sẽ tìm được vị trí lòng sông ở thời điểm xa hơn. Có thể thay hai tuyến bờ bằng một đường trung gian cho đỡ rối. Nếu dấu vết lòng sông

cũ không liên tục, hoặc lòng sông được phục hồi rất khác với lòng sông hiện tại, có thể nghĩ đến hiện tượng cắt dòng khi sông quá cong [10].

Phân tích ảnh hàng không sông Mêkông, vùng hạ lưu Nong Khai trình bày trên hình 6.25. Đây là một loại sông cong hạn chế. Yếu tố địa chất ở các điểm A, B, C, D hạn chế không cho lòng sông lùi xuống hạ du mà chỉ chuyển dịch ngang. Hệ số cong K của các khúc cong AB, BC, CD còn nhỏ, hiện tượng cắt thẳng chưa thể xuất hiện, bờ lõm còn bị xói làm cho sông cong hơn nữa. Khúc DE khá cong, cắt thẳng sẽ xảy ra sớm hơn các đoạn cong khác [11].



Hình 6 - 24: ví dụ phân tích ảnh hàng không



Hình 6.25: Phân tích ảnh hàng không đoạn sông Mêkông

6.5.5. Dự báo diễn biến lòng sông bằng các công thức kinh nghiệm

a. Dự báo diễn biến lòng sông tại vị trí cầu

Nếu trong thời hạn phục vụ công trình (thường tính với 100 năm) chiều dài dịch chuyển các đoạn sông cong $\geq \lambda_c$ thì tại vị trí cầu sẽ xuất hiện đủ 3 dạng mặt cắt ngang như hình 6 - 26 và chiều sâu lớn nhất có thể xuất hiện ở bất cứ vị trí nào trên dòng chủ.

Trường hợp ngược lại, nếu chiều dài dịch chuyển các đoạn sông cong $< \lambda_c$ thì phải tính toán dự báo tốc độ dịch chuyển các bờ lõm hàng năm (ΔB), nơi có chiều sâu lớn nhất theo chiều rộng sông.

Trị số ΔB nói chung nên xác định từ tài liệu đo đạc thực tế trong nhiều năm để xác định vị trí chiều sâu lớn nhất có thể xuất hiện trên mặt cắt ngang sông tại cầu. Trong trường hợp thiếu các số liệu thống kê thực tế thì trị số ΔB có thể xác định theo công thức:

$$\Delta B = \frac{(G_c - G_{th})T_{50}}{\gamma_w \times h_l}, \text{ m/năm} \quad (6 - 43)$$

trong đó:

G_c, G_{th} : lưu lượng phù sa đơn vị (qua 1 mét chiều rộng sông) ở đoạn sông cong và đoạn sông thẳng, kg/s;

T_{50} : thời gian tính toán trong năm có lũ lớn hơn hay bằng trung bình ($P = 50\%$) và tốc độ nước chảy trung bình của đoạn sông cong lớn hơn tốc độ cho phép không xói của đất cấu tạo dòng sông, s;

γ_w : trọng lượng của đất lòng sông bão hoà nước, kg/m³;

h_l : chiều sâu nước chảy trung bình của lạch sông cong trên suốt chiều dài bê lõm tính trung bình trong thời gian tính toán T_{50} , m.

Trị số G_c và G_{th} xác định theo công thức :

$$G_t = 12 \times \left(\frac{v}{v_{ox}} \right)^3 \times d \times (v - v_{ox}) \times \left(\frac{h}{d} \right)^{0,33}, \text{ kg/s.m} \quad (6-44)$$

trong đó

G_t : lưu lượng phù sa đáy tại thuỷ trực tính toán, kg/s.m.

v : lưu tốc trung bình trên thuỷ trực, m/s.

v_{ox} : tốc độ cho phép không xói của phù sa cấu tạo lòng sông ,m/s.

d : đường kính hạt phù sa bình quân, m ;

h : chiều sâu nước tại thuỷ trực tính toán, m;

v_{ox} xác định theo công thức : $v_{ox} = 3,6 \times \sqrt[4]{h \times d}$

Đối với đoạn sông cong, trị số v_{ox} được nhân với hệ số K_{vo}

$$K_{vo} = \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m} \right)^2 - 10 \frac{m_0 h_l}{m r_c}} \quad (6-45)$$

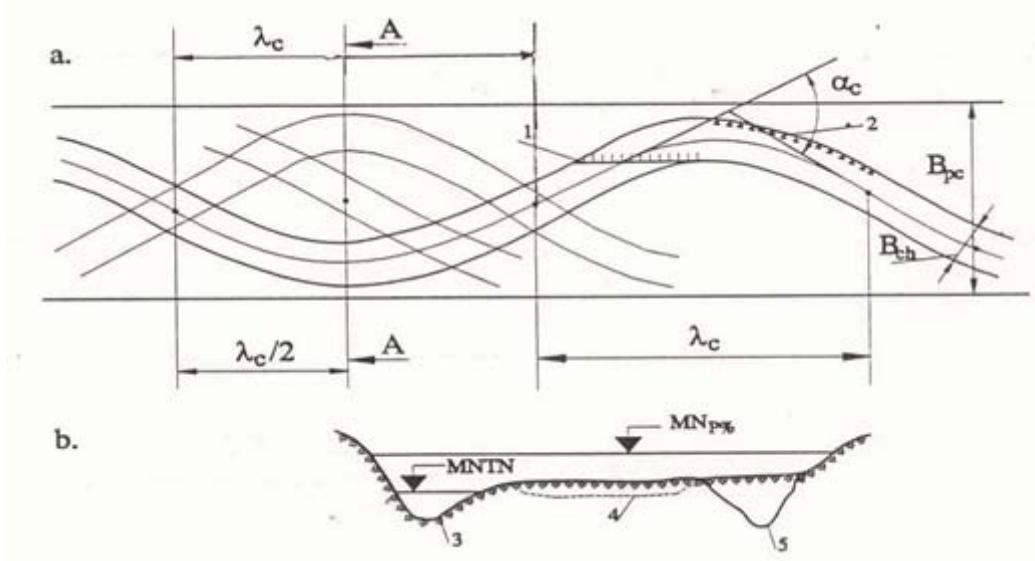
v_{ox} : tốc độ cho phép không xói của phù sa cấu tạo lòng sông, m/s;

m_0 : hệ số mái dốc của đất lòng suối tại đoạn cong trong điều kiện bão hoà nước;

m : như trên, nhưng trong điều kiện làm việc dưới nước (không xét lớp cát phù sa bị bồi phẳng trên cùng).

Các kí hiệu khác dùng như cũ.

Thời gian tính toán cầu rất dài (≥ 100 năm), vì vậy để đơn giản tính toán thường có thể chấp nhận giả thiết chiều sâu lớn nhất có thể xuất hiện trên toàn chiều rộng sông B_{pc} nếu khoảng cách giữa các đỉnh sông cong λ_c không quá lớn.



Hình 6- 26: Sông cong phát triển hạn chế

- a. Bình đồ
- b. Mặt cắt ngang sông tại A-A khi đoạn sông di chuyển một đoạn bằng λ_c
 1. Bờ bồi;
 2. Bờ xói;
 3. Mặt cắt bắt đầu di chuyển;
 4. Mặt cắt khi di chuyển được $0,5\lambda_c$;
 5. Mặt cắt khi chuyển được λ_c

b. Dự báo diễn biến lòng sông trên bình đồ.

Độ dịch chuyển của tuyến bờ lõm (hay trực dòng chủ) đoạn sông cong được xác định cho mặt cắt ngang sông nào đó theo công thức (6 - 46).

$$y_b \approx C \cdot K_c T \frac{h_{\max} - h_0}{h_{\max,c} - h_0} \quad (6 - 46)$$

trong đó:

y_b : độ dịch chuyển của trực dòng chủ hay bờ lõm của đoạn sông cong tại mặt cắt ngang đang xét, m;

K_c : hệ số tốc độ phát triển sông phụ thuộc vào góc chuyển hướng (góc ngoặt) α lấy theo (bảng 6 – 2) hoặc tốt nhất là theo tài liệu thực tế đo đạc;

T: thời gian số năm tính toán dự báo diễn biến lòng sông trên bình đồ (độ dịch chuyển y_b), năm;

h_{\max} : chiều sâu nước chảy lớn nhất của mặt cắt ngang lòng sông đang xét, m;

$h_{max,c}$: như trên nhưng tại mặt cắt ngang tại đỉnh bờ lõm có độ xê dịch hàng năm lớn nhất (C), m;

h_o : chiều sâu nước chảy trung bình lòng sông của hai điểm chuyển tiếp (điểm uốn b và c hình 6 - 29) của đoạn sông đang xét với các đoạn cong kề đó, m.

Trong công thức trên các chiều sâu h_{max} , $h_{max,c}$ và h_o được tính từ mực nước trung bình về mùa cạn trong nhiều năm (mực nước thấp nhất).

Trị số y_b phụ thuộc vào góc ngoặt của đoạn sông cong α_c vì vậy khi $T > 30$ năm để nâng cao mức độ tính toán dự báo người ta chia thời gian T thành những thời đoạn nhỏ (thường dùng 10, 20, 30... năm tùy theo tốc độ xê dịch bờ sông và thời gian tính toán T).

Dựa vào các số liệu đo đạc ban đầu xác định các tham số trong công thức 6 - 46, tính giá trị y_b cho mỗi mặt cắt ngang đoạn sông cong và vẽ đường cong của bờ lõm (hay trực dòng chảy) cho cuối thời đoạn thứ nhất.

Xác định góc ngoặt α_c^0 , theo (bảng 6 – 2) xác định hệ số K_c theo α_c^0 và tính trị số y_b ở cuối thời đoạn thứ 2. Tương tự như cách trên, ta xác định độ dịch chuyển y_b ở cuối thời kỳ tính toán T (hình 6 - 30) và dựa vào các kết quả tính y_b vẽ dạng đường cong của bờ lõm (hay trực sông) sau mỗi thời đoạn tính toán.

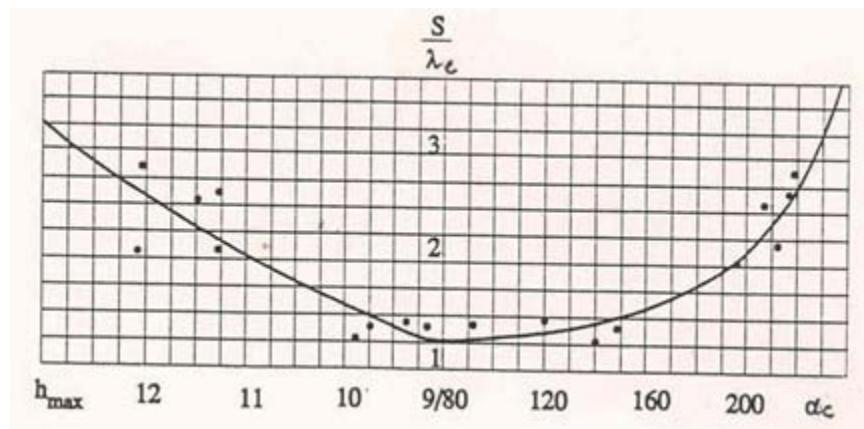
Bảng 6.2
Hệ số tốc độ phát triển sông cong K_c

α_c^0	K_c	α_c^0	K_c	α_c^0	K_c	α_c^0	K_c
70	0,04	130	0,40	155	1,00	190	0,44
90	0,08	135	0,65	165	0,96	200	0,24
110	0,16	137	0,80	175	0,80	210	0,09
120	0,24	145	0,97	185	0,60	230	0,03

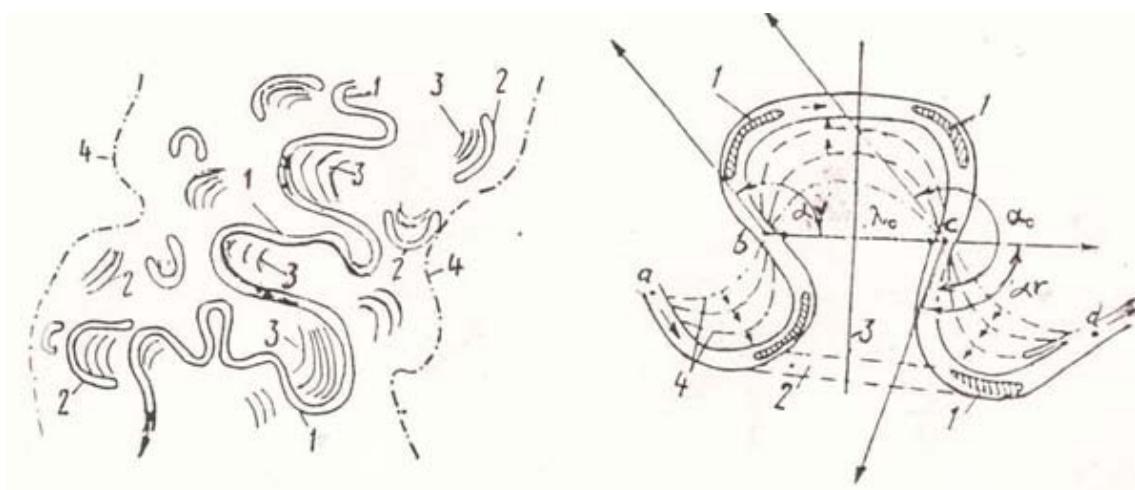
Sau khi đã vẽ dạng đường cong của đoạn sông cong sau T năm cần kiểm tra so sánh kết quả tính toán với thực tế đo đạc thông qua biểu đồ quan hệ $\frac{S}{\lambda_c} = f(\alpha_c)$.

Nếu đại lượng S/λ_c xác định từ bình đồ lòng sông cong sau T năm khác nhiều với tài liệu thực tế xác định từ biểu đồ quan hệ $\frac{S}{\lambda_c} = f(\alpha_c)$ thì phải tính hiệu chỉnh lại trị số C theo các số liệu thực đo.

Để vẽ đường cong quan hệ $\frac{S}{\lambda_c} = F(\alpha_c)$ người ta thu thập các tài liệu đo đạc các yếu tố S , λ_c , α_c của (15 : 20) đoạn sông cong trong khu vực sông gần vị trí cầu và vẽ quan hệ α_c , h_{max} với S/λ_c như trên hình vẽ 6 - 27.



Hình 6 - 27: Quan hệ giữa chiều sâu lớn nhất h_{max} và góc ngoặt của các đoạn sông cong phụ thuộc vào chỉ số phát triển sông cong S/λ_c



Hình 6 - 28: Bình đồ sông cong sông

phát triển tự do .
1. Dòng sông cong
2. Sông cũ
cong
3. Bãi bồi
4. Giới hạn bãi sông

Hình 6- 29: Các yếu tố chính của

cong phát triển tự do
1. Đoạn sông sâu
2. Hướng nối liền hai đoạn
3. Tim cầu
4. Bờ sông cũ

c. Dự báo chiều sâu lớn nhất phát triển ở bờ lõm.

Dự báo chiều sâu lớn nhất phát triển ở bờ lõm trong thời gian tính toán bán kính cong ở các đoạn sông cong thay đổi theo thời gian làm cho chiều sâu ở các bờ lõm cũng thay đổi theo, nó sẽ tăng khi chỉ số B_p/r và S/λ_c tăng. Trị số chiều sâu lớn nhất ở bờ lõm có thể xác định theo công thức:

$$h'_{max} = h_{max} \frac{\varepsilon'_c}{\varepsilon_c} \quad (6 - 47)$$

trong đó:

h'_{\max} : chiều sâu lớn nhất dự báo có khả năng phát triển của mặt cắt sông cong, m;

h_{\max} : như trên, nhưng ứng với điều kiện hiện tại, m;

ε'_c và ε_c : hệ số phụ thuộc vào tỷ số B_{pc}/r_c lấy theo bảng 6 - 3.

Các kí hiệu khác dùng như cũ .

Bảng 6 – 3

Xác định hệ số ε'_c và ε_c phụ thuộc vào B_{pc}/r_c

B_{pc}/r_c	0	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50
ε'_c hay ε_c	1,27	1,48	1,84	2,20	2,57	3,00

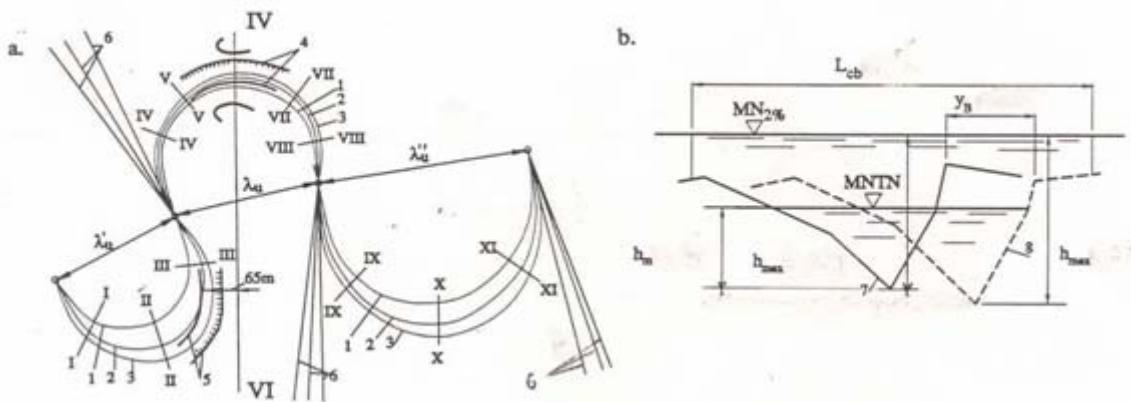
Trong công thức (6 – 47) chiều sâu h'_{\max} và h_{\max} được tính từ mực nước thiết kế có tần suất P% .

Kết quả xác định trị số h'_{\max} theo (6 - 47) cần được kiểm tra theo đồ thị quan hệ $h_{\max} = f(S/\lambda_c)$ được xây dựng từ tài liệu thống kê đo đạc thực địa của (15 – 20) đoạn sông cong khu vực sông thiết kế (hình 6 - 27). Nếu có sai số lớn thì phải hiệu chỉnh theo quan hệ thực tế đo được.

Trong trường hợp cấu tạo địa chất của lớp đất xói tối (ứng với chiều sâu h'_{\max}) khác với cấu tạo địa chất hiện tại (ứng với chiều sâu h_{\max}) thì có thể có hai thường hợp:

- Nếu tại chiều sâu h'_{\max} , tốc độ nước chảy $v_{h'_{\max}}$ lớn hơn tốc độ cho phép không xói của lớp đất địa chất v_{ox} , ($v_{h'_{\max}} > v_{ox}$) thì xói lở không bị hạn chế do điều kiện địa chất và trị số h'_{\max} được xác định theo công thức (6 - 47).

- Trường hợp ngược lại, nếu chiều sâu h'_{\max} tốc độ $v_{h'_{\max}} > v_{ox}$ thì chiều sâu lớn nhất chỉ phát triển tới lớp địa chất có $v_{h'_{\max}} = v_{ox}$ và phải dựa vào v_{ox} để tính h'_{\max} địa chất. Sau khi đã xác định các đại lượng y_b , h_{\max} , h'_{\max} , chiều rộng của dòng chủ B_{ch} và hệ số mái dốc ở bờ lồi và bờ lõm sẽ tiến hành vẽ bình đồ và mặt cắt ngang sông tại vị trí cầu. Sau khi đã xác định các đại lượng y_b , h_{\max} , h'_{\max} , chiều rộng của dòng chủ B_{ch} và hệ số mái dốc ở bờ lồi và bờ lõm sẽ tiến hành vẽ, bình đồ và mặt cắt ngang sông tại vị trí cầu.



Hình 6 - 30: Cầu qua sông cong phát triển tự do

a - Bình đồ phát triển các đoạn sông cong .

b - Mặt cắt ngang sông tại vị trí cầu

1. Hình dạng sông khi khảo sát; 2. Sau 25 năm; 3. Sau 50

năm.

4. Vị trí bờ sông bị biến dạng tại vị trí cầu sau 50 năm.

5. Vị trí bờ sông bị biến dạng ở đoạn cong phía thượng lưu cầu

6. Hướng Vécctor đo góc.

7, 8. Mặt cắt ngang sông lúc ban đầu và sau 50 năm.

Chú ý:

- Các công thức và tính toán dự báo quá trình diễn biến lòng sông trình bày ở trên chỉ phù hợp với lòng sông cấu tạo địa chất là các loại đất không dính. Đối với lòng sông cấu tạo là đất dính thì phải dựa vào tài liệu thực tế đo đặc xói và bồi trong nhiều năm để tính toán dự báo các yếu tố của sông cong

- Khác với sông thẳng và sông cong phát triển hạn chế chiều sâu lớn nhất của dòng chủ có thể phát triển ra ngoài bờ sông chứ không phải chỉ trong phạm vi dòng chủ vì các đoạn sông cong phát triển tự do. Đặc điểm đó cần được xét khi tính toán cao độ móng trụ cầu.

Tài liệu sử dụng trong Chương VI

[1]. Nguyễn Văn Cung - Lưu Công Đào - Võ Phán và nnk. Giáo trình động lực học sông ngòi. Nhà xuất bản nông nghiệp – 1981

[2]. Lương Phương Hậu - Trần Đình Hợi. Lý thuyết thí nghiệm mô hình công trình thủy. Nhà xuất bản xây dựng, 2003

[3]. Lương Phương Hậu - Trần Đình Hợi. Động lực học dòng sông và chỉnh trị sông. Nhà xuất bản xây dựng, 2004

- [4]. Vũ Thị Nga – Trần Thục. Động lực sông và cửa sông. Nhà xuất bản Đại học quốc gia, 2001
- [5]. Trần Minh Quang. Động lực học dòng sông và chỉnh trị sông. Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2000.
- [6]. Nguyễn Ngọc Quỳnh. Ứng dụng mô hình toán MIKE 21C trong nghiên cứu thủy lực và diễn biến lòng dãy hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình. Đề tài KC-08.11, Hà nội -2003
- [7]. Nguyễn Ngọc Quỳnh. Ứng dụng mô hình toán MIKE 21C trong nghiên cứu thủy lực và hình thái sông, chuyên đề tiến sĩ - 2004
- [8]. Tôn Thất Vĩnh. Thiết kế công trình bảo vệ bờ, đê. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2003
- [9]. Tổng công ty TVTK GTVT. Nghiên cứu trên mô hình toán chế độ thủy lực và vận chuyển bùn cát – Dự án đầu tư xây dựng cầu Vàm Cống – Thuộc dự án đường Hồ Chí Minh.
- [10]. Vũ Tất Uyên. Hướng dẫn bảo vệ bờ sông ở lưu vực sông Mê Kông cho các kỹ sư thực hành. Báo cáo tại hội thảo về quản lý sông ngòi. Nong Khai, 12-1989
- [11]. Viện thuỷ lực Đan Mạch. Hướng dẫn sử dụng mô hình MIKE21C.
- [12]. Viện thuỷ lực Đan Mạch – MIKE21C. Sổ tay tham chiếu và tư liệu khoa học.
- [13]. Jansen P. Ph. Các yếu tố cơ bản của công trình thuỷ, 1978.
- [14]. Przedwojski B., Blazejewski R. và Pilarczyk K.W. Kỹ thuật chỉnh trị sông ngòi. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1995.
- [15]. 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).

CHƯƠNG VII - THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH TRONG KHU VỰC CẦU VƯỢT SÔNG

§ 7.1. Nền đường cầu và nền đường bờ sông

7.1.1. Điều tra mực nước lũ nền đường

Công tác điều tra, tính toán mực nước lũ, lưu tốc, lưu lượng, xói bồi v.v... ở nền đường ven sông tuỳ thuộc vào yêu cầu nhiệm vụ thiết kế. Nhìn chung, công tác điều tra được thực hiện giống như đối với khảo sát công trình cầu và cần có các tài liệu về mực nước thiết kế theo tần suất quy định, lưu tốc, lưu hướng v.v...

Trong một số trường hợp dưới đây có thể chỉ điều tra mực nước lũ lịch sử, dùng phương pháp đơn giản mà tính ra mực nước thiết kế và lưu tốc:

- Nền đường tuy nằm trong phạm vi ngập tràn nhưng không ngập nhiều, hoặc dòng nước khống chế cao độ nền đường chỉ là dòng nước trên bờ nên lưu tốc nhỏ, không xói mòn nguy hiểm nên không cần bố trí công trình phòng hộ;

- Ta luy nền đường chỉ cần làm công trình phòng hộ thông thường.

Khi tính đường cong mặt nước lũ ven sông phải căn cứ vào tài liệu quan trắc, tài liệu điều tra và cần chú ý tới tình hình cụ thể của đoạn sông đó.

Sau đây là một số phương pháp lập đường cong mặt mực nước lũ:

a. Phương pháp hình thái

Chọn một số mặt cắt hình thái đại diện ở đoạn sông điều tra, lần lượt tính được lưu lượng lũ lịch sử, suy ra lưu lượng thiết kế và mực nước tương ứng với nó. Dựa vào vị trí tương ứng vẽ lên trắc dọc lòng sông những mực nước nói trên, rồi lần lượt vẽ đường độ dốc mặt nước theo các năm và theo tần suất quy định, nhờ đó xác định được đường cong mực nước lũ ven sông.

b. Phương pháp tương quan mực nước

Khi gần đoạn sông khảo sát có tài liệu quan trắc thuỷ văn nhiều năm đáng tin cậy, giữa đoạn sông đó không có sông nhánh lớn chảy vào, đồng thời có thể điều tra mực nước lũ lịch sử tại các mặt cắt gần vị trí thiết kế công trình thì có thể dùng tài liệu sẵn có ở trạm thuỷ văn và tài liệu điều tra lịch sử để suy ra mực nước thiết kế và lưu lượng ở những mặt cắt liên quan.

Ví dụ 7-1: Tính đường cong mực nước ven sông bằng phương pháp hình thái

Ở đoạn sông gần khu vực công trình đo được 4 vết lũ trong cùng một năm và lần lượt đo được trắc ngang lòng sông những nơi đó. Các bước tính toán đường mực nước ven sông thứ tự như sau:

1. Trước tiên giả định lưu lượng $Q = 7280 \text{m}^3/\text{s}$

Tìm lưu tốc $V_1 = Q/\omega_1 = 7280/2150 = 3,89 \text{m/s}$ ghi vào cột (4) và tính $V_1^2/2g = 3,39^2/(2 \times 9,8) = 0,59$ ghi vào cột (5)

2. Lấy cao độ mực nước H_1 ở điểm cộng thêm $V_1^2/2g$ được $(115,40 + 0,59) = 115,99 \text{m}$ ghi vào cột (6).

3. Lấy hệ số nhám lòng sông $n = 0,020$ giữa điểm 1-2 theo công thức Manning tính được trị số dốc I_1 :

$I_1 = (nQ)^2/\omega_1 R_1^{2/3} = (0,020 \times 7280)^2/(2150 \times 4,25^{2/3}) = 0,000668$ ghi vào cột (9). Tương tự như vậy tính được $I_2 = 0,000450$. Lấy trị số bình quân giữa I_1 với I_2

$$I_{1-2} = (I_1 + I_2)/2 = (0,000668 + 0,000450)/2 = 0,000559 \text{ ghi vào cột (10).}$$

4. Dựa vào phương trình Becnui (*) tìm được chiều cao đường năng ở 2 vế đẳng thức.

$$H_1 = V_1^2/2g + h_f = H_2 + V_2^2/2g \quad (7 - 1)$$

Vẽ trái phương trình lấy $H_1 + V_1^2/2g = 115,99m$. Trong (cột 6) ở điểm 1 cộng với tổn thất lực cản ma sát h_f :

$$h_f = (I_1 + I_2)L/2 = 0,16$$

tính được: $H_1 + V_1^2/2g + h_f = 115,99 + 0,16 = 116,15m$ tức là chiều cao đường năng ở điểm 2, ghi vào cột (13) của điểm 2 về phía của phương trình là cao độ đường năng của điểm 2. Có thể căn cứ vào trị số H_2 trực tiếp tìm ra V_2 và $H_2 + V_2^2/2g$ (xem cột 6). Nếu trị số ở hai vế phải trái đẳng thức bằng nhau, trị số Q giả định là phù hợp với yêu cầu, nếu không phải giả định lại trị số Q.

5. Trị số cao độ đường năng giữa điểm 2, 3, 4 theo kết quả kết quả tính toán trong Ví dụ này xấp xỉ nhau, tức là trị số Q giả thiết rất ăn khớp giữa đường mặt nước tính toán với dấu vết lũ điều tra dựa theo lưu lượng này mà suy ra.

Thứ tự điểm	Cao độ vết lũ (m)	ω (m^2)	V (m^3)	$V^2/2g$ (m)	$H + V^2/2g$ (m)	R	$R^{2/3}$	Độ dốc I		L, m	h_f (m)	$H + V^2/2g + h_f$ (m)
								Các mặt cắt	Bình quân			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	115,40	2,151	3,39	0,59	115,99	4,25	2,62	0,000668	0,000559			
2	115,83	2,920	2,49	0,32	116,15	3,60	2,35	0,000450	0,000299	285	0,16	116,15
3	116,20	4,340	1,68	0,14	116,34	4,58	2,76	0,000148	0,000095	800	0,24	116,39
4	116,53	7,620	0,96	0,05	116,58	5,09	2,96	0,000042		1.790	0,13	116,51

Dùng phương pháp trên tính đường cong mực nước lũ cần phải đổi chiều với hiện trường, nhất là đổi với trường hợp ở đoạn sông do cầu thắt hẹp lại, chõ mặt cắt thay đổi nhiều và nơi sông uốn cong hoặc bị chảy ngược do sông lớn ú dênh, do ảnh hưởng của hồ chứa v.v... Cần căn cứ vào từng trường hợp khác nhau mà điều chỉnh cục bộ cho phù hợp.

7.1.2. Xác định cao độ vai đường đầu cầu thấp nhất

Xác định cao độ vai đường thấp nhất ở đoạn nối sát cầu nên căn cứ vào cấp sông, loại hình kết cấu đầm, mực nước tính toán dưới cầu, chiều cao sóng và vật trôi, v.v...

Có thể phân nền đường dẫn về cầu thành 3 đoạn đặc trưng: I - đoạn xuống dốc từ bờ sông xuống bãi; II - đoạn nền đường đắp qua bãi sông; III - đoạn dốc lên cầu.

Đoạn I thiết kế theo yêu cầu như đối với các đoạn tuyến đường trong điều kiện thông thường.

Đoạn II thiết kế thường với cao độ yêu cầu tối thiểu để đảm bảo nền đường không bị ngập. Cao độ tối thiểu đó tính như sau:

$$H_{min} = MNTT + \Delta Z_N + h_{sl} + \Delta \quad (7 - 2)$$

trong đó:

MNTT: mực nước tính toán theo tần suất lũ thiết kế, m;

ΔZ_N : chiều cao nước dâng tại nền đường, m:

$$\Delta Z_N = \Delta Z + I(1+x) \frac{B_o - L_c}{\theta} \quad (7 - 3)$$

h_{sl} : chiều cao sóng leo, m;

Δ : độ cao dự trữ an toàn, thường lấy bằng 0,5m;

ΔZ : chiều cao nước dâng lớn nhất tại thượng lưu cầu;

x: tỉ số giữa chiều dài kè điều chỉnh dòng nước nửa đoạn về phía thượng lưu chia cho chiều dài đoạn sông từ nơi dòng chảy bắt đầu thu hẹp tới cầu;

B_o : chiều rộng của sông về mùa lũ, m;

L_c : khẩu độ cầu có kể cả trụ cầu, m;

Đối với đường bộ, ngoài điều kiện đảm bảo nền đường không bị ngập còn yêu cầu áo đường phải nằm cao hơn mực nước sông khi tịnh (không có sóng) có kể thêm chiều cao nước dâng. Công thức tính H_{min} trong điều kiện này tương tự như công thức (6 - 1) nhưng thay trị số ($h_{sb} + \Delta$) bằng chiều dày lớp áo đường (h_{ad}).

Đoạn III là đoạn nối hai cao độ: cao độ của mặt cầu và cao độ nền đường bãi sông. Cao độ của mặt cầu làm trên sông có thuyền bè qua lại (sông thông thuyền) tính theo công thức:

$$H_{min} = MNTTh + TK + C \quad (7 - 4)$$

trong đó:

C: chiều cao từ đáy dâng tới đáy ray đối với đường sắt hay tới tim phần xe chạy của cầu đối với đường ô tô, m;

TK: tĩnh không dưới cầu lấy theo TCVN 5664 - 1992, m;

MNTTh: mực nước thông thuyền;

Nếu sông không có thuyền bè qua lại thì cao độ tối thiểu của mặt cầu sẽ tính theo công thức:

$$H_{min} = MNTT + TK' + C \quad (7 - 5)$$

trong đó:

MNTT: mực nước tính toán theo tần suất thiết kế, m;

TK': tĩnh không dưới cầu đối với sông không thông thuyền, m.

Theo quy định của đường sắt ở gần hai đầu cầu trên một chiều dài mỗi bên bằng một khẩu độ cầu nên bố trí có cao độ bằng cao độ của cầu. Còn đối với đường bộ đoạn đó phải tối thiểu đủ để bố trí đường cong đứng cộng thêm 10 - 25m và nên đảm bảo khối lượng công tác làm đất ít nhất.

Độ dốc nền đường từ bãi sông lên cầu: ở đường sắt độ dốc không được vượt quá độ dốc chỉ đạo thiết kế, ở đường bộ không vượt quá độ dốc cho phép tùy theo cấp hạng kỹ thuật của đường.

Sự phân thành từng đoạn để thiết kế trên đây là để áp dụng cho trường hợp bình thường. Trong thực tế còn tùy tình hình cụ thể mà thiết kế trắc dọc cho hợp lý cả về mặt cắt thi công và yêu cầu kỹ thuật. Ví dụ nếu chiều dài đoạn II ngắn, cao độ mặt cầu không cao lắm thì có thể thiết kế toàn chiều dài nền đường đắp qua bãi sông cùng có một cao độ bằng cao độ mặt cầu v.v...

7.1.3. Tính toán lưu tốc dòng nước của nền đường bãi sông

Lưu tốc bình quân thương, hạ lưu dọc theo nền đường có thể tính theo công thức gần đúng, theo kiến nghị của Litstovan.

a. **Thượng lưu:** $V_{BQT} = 0,7 \frac{h_1}{h_2} V_{TN}$ (7 - 6)

b. **Hạ lưu:** $V_{BH} = 0.7V_{TN}$ (7 - 7)

trong đó:

V_{BT} : lưu tốc bình quân trong đoạn bãi sông phía thượng lưu nền đường, m/s;

V_{BH} : lưu tốc bình quân trong đoạn bãi sông phía hạ lưu nền đường là, m/s;

h_1 : chiều sâu bình quân ở điều kiện thiên nhiên của bãi sông, m;

$$h_2 = h_1 + \Delta Z \quad (7 - 8)$$

V_{TN} : lưu tốc bình quân trong điều kiện thiên nhiên của đoạn sông trên bãi hoặc trên đường thuỷ trực, m/s.

Hai công thức trên chỉ có thể dùng cho đoạn bãi sông mà nền đường thượng hoặc hạ lưu có cùng độ dốc mặt nước.

Nếu không có kè hướng dòng thì taluy nền đường phía thượng lưu ở trong đoạn tính từ mép trước mó cầu bằng L_{cb} (tĩnh không) chịu tác dụng xói lở tương đương với lưu tốc dưới cầu, vấn đề này cần xét kỹ khi chọn loại gia cố.

Tính độ dốc nước chảy dọc nền đường

- Độ dốc nước chảy dọc nền đường phía thượng lưu (i_T), tính theo công thức của M.B.Mikhailov như sau:

$$i_T = \varphi \cdot i_{tn} \quad (7 - 9)$$

i_{tn} : độ dốc tự nhiên của mặt nước;

φ : hệ số bằng tỉ số giữa chiều sâu trung bình h_1 của bãi sông trên chiều sâu (h_2) với $h_2 = h_1 + \Delta Z$. Trong đó ΔZ là chiều cao nước dâng lớn nhất tại thượng lưu cầu (xác định theo chương VI). Trị số φ tra bảng 7 - 1.

Bảng 7 - 1

h_1/h_2	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
φ	0,50	0,35	0,24	0,15	0,09	0,05	0,02	0,01

- Độ dốc nước chảy dọc nền đường phía hạ lưu (i_h).

$$i_h = 0,5 i_{tn} \quad (7 - 10)$$

- Lưu tốc bình quân thượng, hạ lưu dọc theo nền đường tính theo công thức gần đúng của Lit-sto-van.

+ Thượng lưu:

$$v_{bt} = 0,7 \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \cdot v_{tn} \quad (7 - 11)$$

+ Hạ lưu:

$$v_{bh} = 0,7 v_{tn} \quad (7 - 12)$$

trong đó:

v_t : lưu tốc bình quân trong đoạn bãi sông thượng lưu, m/s;

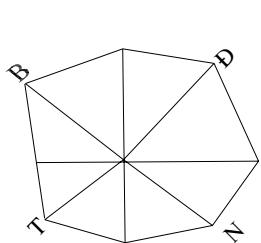
v_{bh} : lưu tốc bình quân trong đoạn bãi sông hạ lưu, m/s;

h_1, h_2 : ý nghĩa như trên;

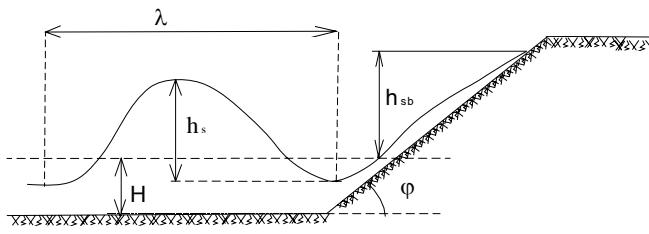
v_{tn} : lưu tốc bình quân dòng chảy ở điều kiện tự nhiên trong đoạn bãi sông, m/s.

7.1.4. Tính sóng leo lên mái dốc công trình

Để xác định cao độ nền đường, cao độ kè, chọn biện pháp gia cố... cần phải tính chiều cao sóng leo lên mái dốc công trình.



Hình 7-1
Hoa hồng gió



Hình 7-2
Các yếu tố của sóng

Khi tính sóng cần nắm vững một số định nghĩa và kí hiệu sau:

h_s - Chiều cao sóng là khoảng cách thẳng đứng tính từ đỉnh sóng tới chân sóng.

λ - Chiều dài sóng là khoảng cách nằm ngang giữa 2 đỉnh hoặc chân sóng cạnh nhau.

h_s/λ - Độ dốc sóng.

D_s - Đà sóng là khoảng cách theo mặt nước từ chỗ gió tác động để hình thành và phát triển sóng tới điểm tính toán.

h_{SL} - Chiều cao sóng leo lên mái dốc công trình.

Khi thiết kế các công trình giao thông, trường hợp phổ biến nhất là tính sóng gây lên bởi gió nơi nước nông.

Chiều cao sóng leo tính theo (m) trên mực nước tĩnh xác định theo công thức:

$$h_{SL} = \frac{2K.h_s}{m} \sqrt[3]{\frac{\lambda}{h_s}} \quad (7 - 13)$$

trong đó:

K : hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia cố mái đường;

m: độ dốc mái công trình;

K/m - Trong công thức (7 - 13) được xác định theo bảng 7 - 2.

Bảng 7-2

Vật liệu	M					
	1	1,5	2	3	4	5
	K/m					
Bê tông	0,90	0,60	0,45	0,30	0,23	0,18
Đá lát	0,80	0,53	0,40	0,26	0,20	0,16
Đá xếp khan	0,65	0,43	0,33	0,22	0,16	0,13
Rọ đá	0,55	0,37	0,27	0,18	0,14	0,11
Đá hộc	0,50	0,33	0,25	0,16	0,12	0,10

Bảng 7 - 3

Độ sâu H (m)	Tốc độ gió W_{10} (m/s)																	
	10						20						30					
	Chiều dài sóng chạy D (km)																	
	1	2	4	6	8	10	1	2	4	6	8	10	1	2	4	6	8	10
	h_s (m)																	
0,5	0,19	0,21	0,37	0,38	0,38	0,38	0,37	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39
1,0	0,28	0,31	0,36	0,38	0,38	0,38	0,46	0,48	0,75	0,76	0,76	0,67	0,74	0,75	0,76	0,77	0,77	0,77
2,0	0,31	0,41	0,50	0,54	0,58	0,61	0,61	0,70	0,71	0,87	0,84	0,84	0,96	1,00	1,00	1,01	1,06	
3,0	0,31	0,43	0,58	0,65	0,71	0,71	0,63	0,83	0,95	1,05	1,10	1,14	0,89	1,17	1,25	1,29	1,31	1,41
4,0	0,31	0,43	0,59	0,68	0,77	0,81	0,64	0,86	1,10	1,20	1,28	1,38	0,90	1,33	1,43	1,50	1,55	1,69
6,0	0,31	0,43	0,60	0,70	0,79	0,88	0,64	0,88	1,18	1,43	1,55	1,62	0,90	1,39	1,71	1,82	1,90	2,07
8,0	0,31	0,43	0,60	0,70	0,80	0,90	0,64	0,88	1,20	1,47	1,67	1,84	0,90	1,40	1,76	2,07	2,20	2,38
10,0	0,31	0,43	0,60	0,70	0,80	0,91	0,64	0,88	1,20	1,50	1,70	1,90	0,90	1,40	1,80	2,18	2,37	2,66

Bảng 7 - 44

Độ sâu H (m)	Tốc độ gió W_{10} (m/s)																	
	10						20						30					
	Chiều dài sóng chạy D (km)																	
	1	2	4	6	8	10	1	2	4	6	8	10	1	2	4	6	8	10
	$2h_s \sqrt[3]{\lambda / h_s}$ (m)																	
0,5	0,81	0,91	1,74	1,79	1,79	1,79	1,44	1,50	1,50	1,51	1,54	1,54	1,23	1,27	1,30	1,30	1,30	1,30
1,0	1,28	1,58	1,68	1,79	1,79	1,79	1,87	1,98	3,30	3,30	3,36	3,36	2,50	2,80	2,85	2,89	2,93	2,93
2,0	1,44	1,91	2,39	2,60	2,80	2,96	2,61	3,05	3,25	3,60	3,75	4,30	3,28	3,84	4,06	4,06	4,14	4,35
3,0	1,44	2,04	2,80	3,16	3,48	3,65	2,71	3,70	4,29	4,78	5,03	5,21	3,51	4,88	5,27	5,48	5,71	6,06
4,0	1,44	2,04	2,86	3,32	3,80	4,17	2,76	3,85	5,01	5,54	5,94	6,45	3,57	5,66	6,16	6,50	6,75	7,46
6,0	1,44	2,04	2,90	3,43	3,90	4,37	2,76	3,91	5,41	6,69	7,31	7,66	3,57	5,96	7,55	8,11	8,48	9,33
8,0	1,44	2,04	2,90	3,43	3,95	4,48	2,76	3,91	5,51	6,90	7,90	8,76	3,57	6,01	7,82	9,33	9,95	10,81
10,0	1,44	2,04	2,90	3,43	3,95	4,48	2,76	3,91	5,51	7,06	8,05	9,06	3,57	6,01	8,01	9,86	10,81	12,27

Chiều cao sóng h_s và tích $2h_s \sqrt{\frac{\lambda}{h_s}}$ cho ở bảng (7 - 3), (7 - 4).

- Tốc độ gió tính toán phải qui đổi tốc độ gió tại về tốc độ gió ở độ cao cách mặt nước 10m, tính theo công thức:

$$W_{10} = W_T \cdot K_b \quad (7 - 14)$$

trong đó:

W_T : tốc độ gió tính toán theo tài liệu của trạm khí tượng ở độ cao H;

K_b : hệ số chuyển đổi từ tốc độ gió đo được ở trạm có độ cao H_m tới tốc độ gió ở độ cao cách mặt nước 10m.

H, m	2	4	6	10	12	14	17	20	30
K_b	1,30	1,15	1,05	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,93

- Khi không có số liệu quan trắc hay khi liệt quan trắc nhỏ hơn 10 năm, tốc độ gió tính toán nên lấy bằng:

+ $W_T = 20$ m/s nhưng không nhỏ hơn giá trị thực tế quan sát điều tra, đối với sông và hồ chứa tính với mực nước tính toán hoặc mực nước dâng có tần suất P = 0,33%.

+ $W_T = 30$ m/s nhưng không nhỏ hơn giá trị thực tế quan sát điều tra, đối với sông và hồ chứa, với những mực nước khác thấp hơn mực nước dênh và vùng cửa sông khi tính ở mực nước dồn ép do gió.

- Nếu hồ hẹp (hình 7-3) khi tỷ số chiều rộng ngập tràn trung bình B trên đà gió D không lớn hơn 0,7 thì đà gió tính toán có thể xác định theo công thức sau:

$$D_u = K_D \cdot D \quad (7 - 15)$$

Ở đây K_D hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào tỉ số B/D.

B/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	$\geq 0,7$
K_D	0,30	0,50	0,63	0,71	0,80	0,85	1,00

- Trong các đoạn sông dòng chảy hẹp có đường bờ phức tạp hoặc được giới hạn bởi một phần đảo ... chiều dài đà gió được xác định theo trình tự sau:

+ Từ những điểm nghiên cứu vạch những tia sóng chủ yếu. Theo những tia này, sóng phát triển chiều cao lớn nhất ở hướng ngược với gió và theo 2 tia ở 2 bên tạo thành góc $22^\circ 5'$ đối với tia chủ cho tới chỗ tia này cắt đường bờ sông.

+ Đo chiều dài của những tia này D(km) theo 5 hướng theo hình 7- 4.

+ Đà gió tính toán được xác định theo công thức:

$$D_u = 0,27 \cdot [D_0 + 0,85(D_{+1} + D_{-1}) + 0,5(D_{+2} + D_{-2})] \quad (7 - 16)$$

- Nếu trên bờ có cây hoặc bụi sú cản trở sóng thì chiều cao sóng lên mái dốc có thể giảm do xét hệ số hiệu chỉnh sau.

$$B_{qdr} = \frac{a \cdot B_r}{b^2} \quad (7 - 17)$$

$$B_{qdb} = \frac{0.16 B_b}{b^2} \quad (7 - 18)$$

trong đó:

B_{qdr} : chiều rộng qui đổi của dải rừng cây, m;

B_{qdb} : chiều rộng qui đổi của bụi cây, m;

B_r : chiều rộng thực tế của dải rừng cây, m;

B_b : chiều rộng thực tế của bụi cây, m.

a: hệ số, lấy bằng: 1; 1,4 và 1,8 ứng với đường kính trung bình của cây là 0,15; 0,2 và 0,25m;

b: khoảng cách thực tế giữa các cây hoặc bụi cây, m.

Chiều cao sóng có xét tới rừng cây xác định theo công thức:

$$h_{sr} = h_s \cdot K_r \quad (7 - 19)$$

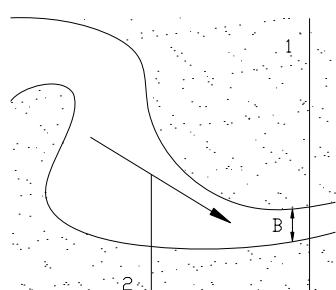
Trong đó hệ số K_r xác định theo hình 7-5.

- Trường hợp sóng xiên: $m > 1$ và $\beta \geq 30^\circ$ thì trị số sóng leo phải hiệu chỉnh hệ số:

$$K_\beta = \frac{1 + 2 \sin \beta}{3} \quad (7 - 20)$$

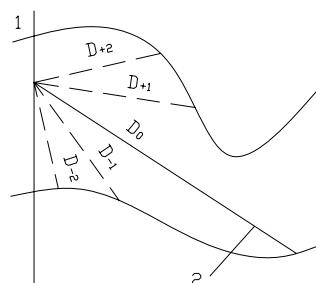
trong đó:

β : góc giữa tia sóng và đường mép nước lên mái dốc công trình.



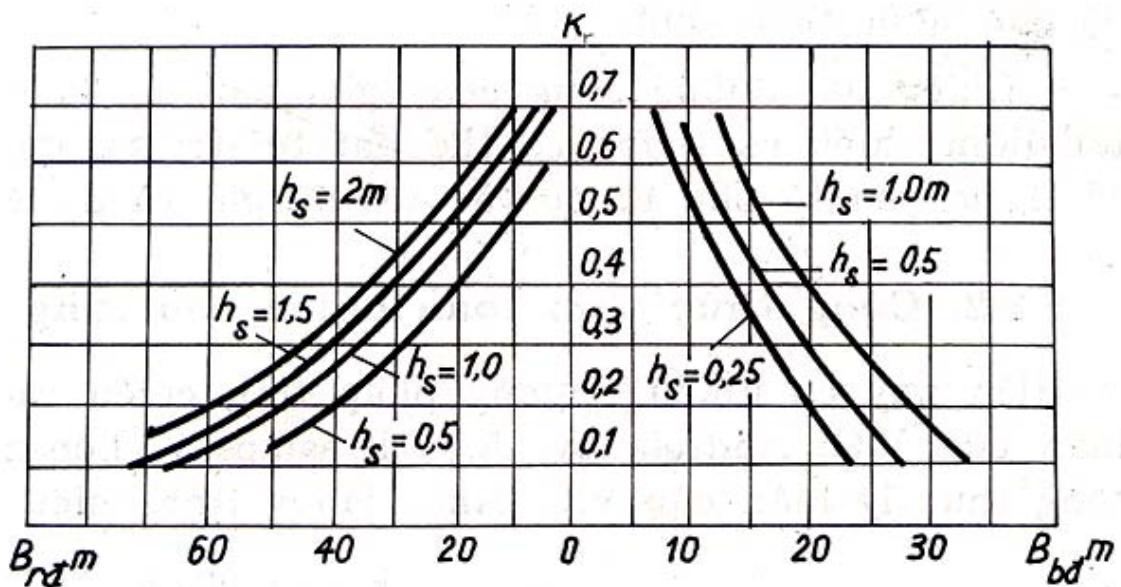
Hình 7.3 Bình diện hồ chứa hép

- 1 - Tuyến đường
- 2 - Hướng đà gió tính toán



Hình 7.4 Sơ đồ xác định đà gió tính toán

- 1 - Tuyến đường
- 2 - Hướng đà gió tính toán



Hình 7 - 5 : Biểu đồ xác định hệ số triết giảm độ cao sóng khi có rừng hoặc bụi cây

§ 7.2. Công trình điều tiết bảo vệ cầu

7.2.1. Khái niệm ban đầu

Công trình điều tiết là một bộ phận rất quan trọng trong thiết kế cầu. Tác dụng của nó là làm cho nước chảy vào cầu được thông thoát, phân bố lưu tốc trong phạm vi cầu được đều đặn, từ đó bảo đảm xói mòn dưới cầu, tránh hình thành bãi bồi và nước chảy xoáy trong phạm vi cầu (kể cả nền đường bãi sông). Đồng thời công trình điều tiết hợp lý sẽ bảo đảm mặt cắt dưới cầu ổn định, không uy hiếp móng trụ và công trình đầu cầu. Ở dòng sông chuyển dịch cần phải xây dựng công trình nắn dòng thích hợp tránh để khu vực dân cư hoặc trồng trọt cạnh đó bị ảnh hưởng do sự di động của dòng sông. Công trình điều tiết dựa vào tác dụng của dòng nước có thể phân làm hai loại:

- Công trình kiểu không ngập: bố trí để điều tiết lũ thoát qua như kè hướng dòng thẳng và cong như kè chữ T, kè thắt dòng.
- Công trình điều tiết kiểu ngập: dùng để điều tiết dòng nước có mức nước trung bình, như kè chữ T ngập nước và các loại công trình thấm nước khác nhau.

7.2.2. Chọn hình dạng chung công trình điều tiết và công dụng của nó

Thiết kế công trình điều tiết cần phải dựa vào loại dòng sông, địa mạo, đặc trưng thuỷ văn và cả tình hình tuyến đường ở khu vực vị trí cầu.

Sau đây sẽ giới thiệu loại công trình điều tiết thường dùng nhất trong thiết kế cầu và tác dụng của nó

a. Kè hướng dòng kiểu cong và thẳng

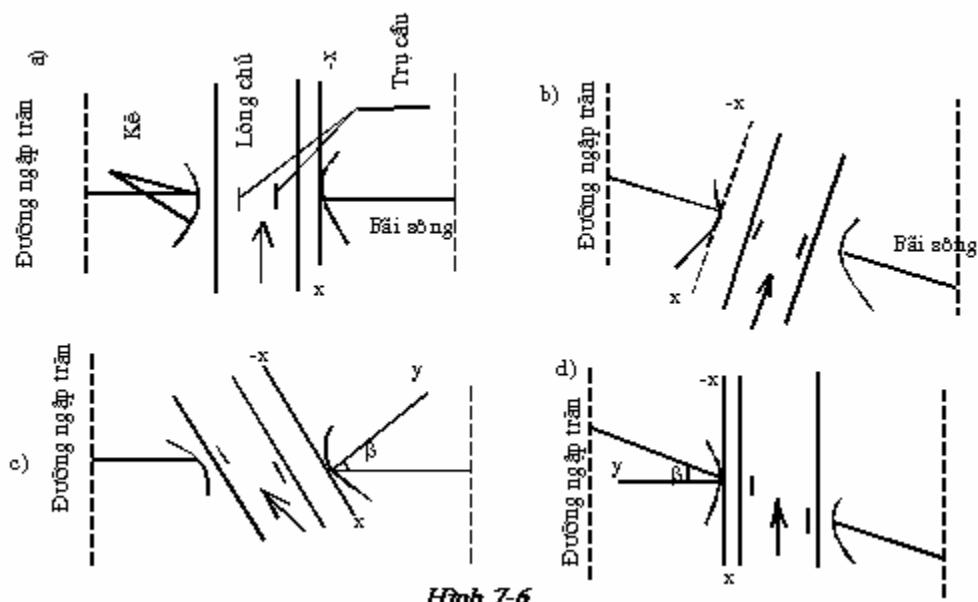
Ở sông đồng bằng vì dòng sông bị khâu độ cầu bóp hẹp, dòng nước bờ sông bị nền đường đâu cầu cắt ngang men theo nên đường chảy vào cầu, do đó hình thành hiện tượng dòng chảy không đều trong toàn bộ phạm vi khâu độ cầu. Một trong những công dụng chính của kè hướng dòng là điều chỉnh được hiện tượng lệch dòng dưới cầu, nếu bờ sông hai bên lớn nhỏ không đều, phía bờ sông lớn thường bố trí kè hình cong, còn kè hướng dòng thường bố trí ở phía bờ lõm.

Kè hướng dòng hình cong có tác dụng hướng dòng nước chảy nhẹ nhàng và đều qua cầu. Còn kè hướng dòng hình thẳng đẩy dòng nước chảy sang bờ đối diện. Về mặt hiệu quả sử dụng thì kè hướng dòng hình cong có bán kính khác nhau là hình thức tương đối hoàn thiện

Khi lưu lượng một bên bờ nhỏ hơn 15% tổng lưu lượng hoặc lưu lượng hai bên bờ nhỏ hơn 20% tổng lưu lượng, nói chung không bố trí kè hướng dòng mà dùng kè quả lê. Khi lưu lượng bờ sông nhỏ hơn 5% thì chỉ cần gia cố 1/4 nón đầu cầu. Khi chiều sâu ở bờ sông không đủ 1m, hoặc lưu tốc bình quân trước xói dưới cầu nhỏ hơn 1m/s, nói chung không cần xây dựng công trình điều tiết.

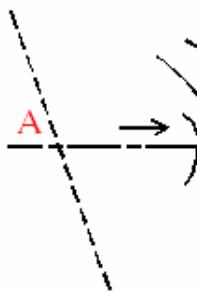
Nếu do tình hình đặc biệt của địa mạo vị trí cầu mà phải xây dựng công trình điều tiết thì không bắt buộc theo quy định trên.

Hình 7 - 6 giới thiệu cách bố trí công trình kè điều chỉnh dòng nước dưới cầu của một số trường hợp khác nhau:

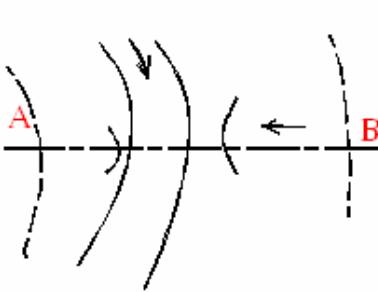


Ở các trường hợp trên thường bố trí kè hướng dòng hình cong. Tính hình dáng và kích thước của kè theo phương pháp sau đây:

Nếu cường độ thoát nước ở hai bên khẩu độ cầu chênh nhau khá lớn, để bớt gánh nặng ở bên dòng nước chảy mạnh, hoặc ở trường hợp dốc 1/4 nón mố cầu ở một phía dòng sông bị xói thì thường làm kè hướng dòng thẳng hoặc kè hướng dòng thẳng có hai đầu cong vào. Như hình (7 - 7) kè hướng dòng bố trí ở phía có lưu lượng bãi sông nhỏ, trừ bộ phận đầu ra thì còn lại đều là đường thẳng. Kè hướng dòng đoạn thẳng có hai đầu cong như ở hình (7 - 8) đều bố trí ở phía bãi sông có lưu lượng lớn. Kè hướng dòng thẳng phía thượng lưu hoặc đoạn giữa thẳng của kè phải có chiều dài bằng 1/2 khẩu độ cầu, còn chiều dài kè phía hạ lưu bằng 1/4 khẩu độ cầu. Ngoài ra tùy theo điều kiện cụ thể về địa hình, địa chất, thuỷ văn mà tăng, giảm chiều dài kè cho phù hợp.



Hình 7-7



Hình 7-8

b. Kè quả lê, kè chữ T và kè chắn nước:

Bố trí kè quả lê, kè chữ T và kè chắn nước là để điều tiết dòng nước bãi sông, tránh cho nền đường đầu cầu khỏi bị xói.

Khi cầu thẳng góc với lòng sông, mà nền đường bãi sông là đường cong lõm, để tránh mái dốc nền đường khỏi bị xói và để cải thiện điều kiện chảy trên bãi sông, sao cho dòng nước chảy nhẹ nhàng vào khẩu độ cầu, thì nền đường đầu cầu đoạn này tốt nhất làm kè quả lê, đặc không ngập và kè chữ T với số lượng thích hợp (xem hình 7 - 9, hình 7-10).



Hình 7-9

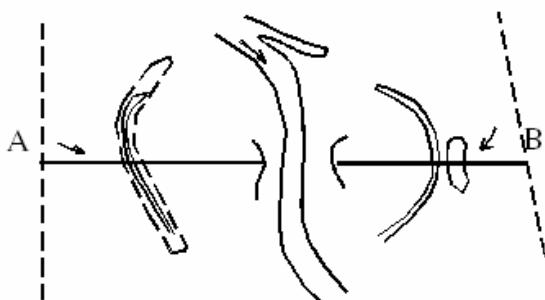


Hình 7-10

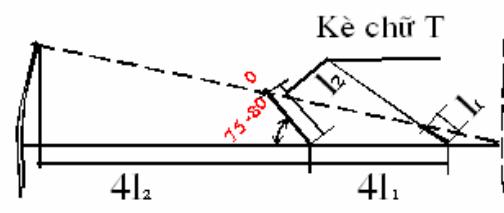
Phân kè quá lè phía bãi sông phải nối tiếp với nền đường đầu cầu. Thường dùng hai cung tròn ngược chiều, giữa là đoạn thẳng. Hình dạng của nó có thể tính theo phương pháp của Andrâyep. Khi cầu vượt qua khúc sông cong ở thượng hạ lưu nền đường có thể phát sinh ra dòng nước chảy dọc với tốc độ lớn. Muốn bảo vệ nền đường tránh bị dòng nước xói, hai bên nền đường có thể bố trí kè chữ T để tăng cường phòng hộ nền đường nơi đó (xem hình 7-11).

Khi cầu thẳng góc với dòng sông, phần đầu kè chữ T phải đặt trên đường thẳng kéo từ đầu kè hướng dòng tới điểm nối tiếp giữa nền với đường tràn ngập vì nền đường đoạn này nằm trong phạm vi khi lũ hay bị xói nguy hiểm (xem hình 7-12).

Khi nền đường bãi sông là hình cong lồi ngược chiều dòng nước, tạo thành túi nước thì phải xây kè chắn nước ở đầu cầu để mực nước hai phía nền đường đầu cầu trong phạm vi túi nước không chênh lệch nhiều làm hư hại nền đường.



Hình 7-11



Hình 7-12

c . Đê dài và nhóm kè chữ T

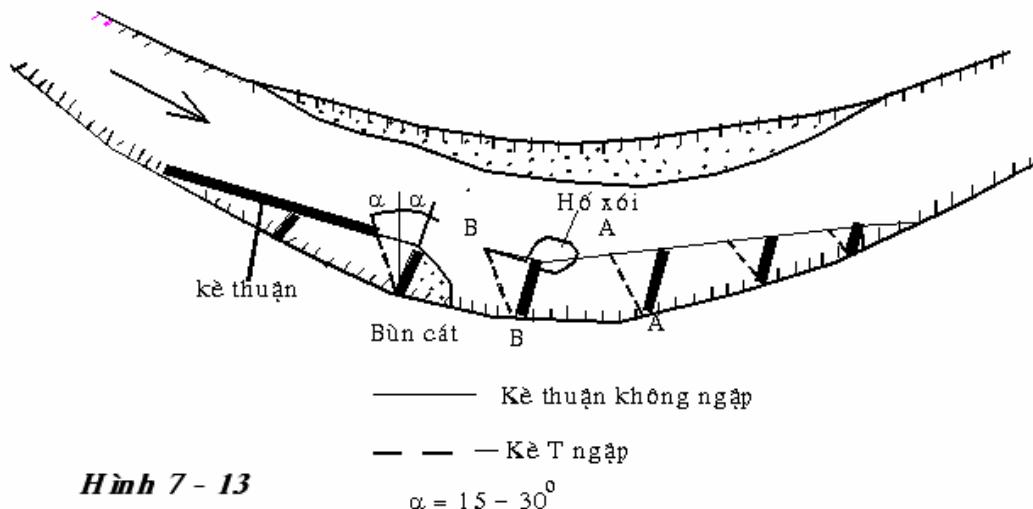
Khi cầu vượt qua dòng sông chuyển dịch có độ dốc tương đối lớn, muốn cho dòng nước cuộn theo phù sa thoát nhẹ nhàng qua khẩu độ cầu hoặc bảo vệ khu vực dân cư và trồng trọt có thể xây đê dài bóp hẹp dần dần miền chuyển dịch rồi nối với khẩu độ cầu. Muốn điều chỉnh dòng nước có hiệu quả ở kè hướng dòng xây thêm một số kè chữ T để chịu lực xung kích của dòng nước.

Khi phạm vi chuyển dịch dòng sông rất lớn, làm kè dài cần kinh phí công trình và kinh phí dưỡng hộ đất, có thể xét việc xây kết cấu phòng hộ kiểu lô cốt

cạnh đầu cầu và nền đường đầu cầu hoặc kè ngắn hình cong, nhưng nền đường đầu cầu chõ 1/4 nón và cả phần đầu kè nằm trong phạm vi miền chuyển dịch cần phải phòng hộ chắc chắn, bảo đảm chịu được tác động của dòng nước.

Nhóm kè chữ T, ngoài việc dùng đê điều tiết dòng nước phối hợp với kè hướng dòng phòng hộ nền đường đầu cầu còn là công trình điều tiết quan trọng để phòng hộ bờ sông và điều chỉnh dòng nước lòng sông. Khi dòng chảy lệch về phía bờ sông mà đất bờ sông rất khó xói thì dùng nhóm kè chữ T ngắn.

Nếu dòng nước thúc vào bờ sông đối diện như ở bờ lõm sông cong, ở bờ đối diện đất tương đối cứng, có thể chọn phương án kè chữ T dài, có khi kè chữ T được dùng phối hợp với kè thường (xem hình 7-13). Bố trí kè chữ T phải dựa vào tuyến nắn dòng sao cho phối hợp đều với bờ sông đã phòng hộ, phần đầu kè phải nằm trên đường cong tròn (tức tuyến uốn nắn dòng), độ cong của nó phải nhỏ hơn độ cong đường bờ sông. Kè chữ T không ngập thường làm thuận dòng, kè T ngập có thể làm ngược dòng nước.



7.2.3. Tính kích thước bình diện công trình điều tiết

a. Tính kè hướng dòng

Tính kích thước bình diện kè hướng dòng thường có 3 phương pháp sau đây:

Phương pháp Bôndacôp:

Trước tiên theo bảng 7-5 quyết định hình thức kè hướng dòng trên bình diện.

Bảng
7-5

Đặc tính dòng sông	Kiểu kè hướng dòng	
	Bờ phải	Bờ trái
Chiều rộng	Khi lưu lượng	Dòng chảy thẳng

hai bên không bằng nhau	bãi phải tương đối lớn	Bờ phải lồi, bờ trái lõm	Cong	Thẳng
		Bờ trái lồi, bờ phải lõm	Thẳng cảm trong lòng	Thẳng
	Khi lưu lượng bãi trái tương đối lớn	Dòng chảy thẳng	Thẳng	Cong
		Bờ phải lồi, bờ trái lõm	Thẳng	Thẳng cảm trong lòng
Chiều rộng hai bên bãi bằng nhau	Bờ trái lồi, bờ phải lõm		Thẳng	Cong
	Dòng chảy thẳng		Cong	Cong
	Bờ phải lồi, bờ trái lõm		Cong	Thẳng cảm trong lòng
Bãi một bên	Bờ trái lồi, bờ phải lõm		Thẳng cảm trong lòng	Cong
	Dòng chảy thẳng		Cong	
	Bờ phải lồi, bờ trái lõm		Cong	

Chú thích:

Chiều dài kè thẳng hay phần đoạn thẳng vào kè cong phía thượng lưu bằng $1/2$ toàn chiều dài khẩu độ cầu, phía hạ lưu bằng $1/4$ toàn chiều khẩu độ cầu, ngoài ra còn căn cứ vào thực địa để điều chỉnh.

- Nếu một bên là bãi, bán kính chủ yếu của kè hướng dòng cong là:

$$R = \lambda L_o \quad (7-21)$$

trong đó:

L_o : khẩu độ giả định, tính được từ giả định dưới cầu không đào và hệ số xói là 1,1 (lúc ứng dụng có thể dùng khẩu độ thực tế tính toán được L_o , không cần phải tính theo hệ số xói 1,4 nữa), m;

λ : hệ số, số % lưu lượng chảy qua bộ phận cầu ở trạng thái thiên nhiên, so với tổng lưu lượng (xem bảng 7- 6).

- Khi bãi hai bờ không đối xứng

Kích thước bình diện của kè hướng dòng dựa vào tỷ số lưu lượng giữa hai bãi. Bán kính kè hướng dòng cong phía thượng lưu tính theo công thức sau:

$$R = \alpha \lambda L_o \quad (7-22)$$

Còn kè hướng dòng thẳng, hình chiếu của nó trên trực dòng nước chảy là:

$$A = \beta \lambda L_o \quad (7-23)$$

trong đó:

α, β : hệ số tra bảng 7- 4;

Q_2 : lưu lượng bãi sông nhỏ, Q_3 là lưu lượng bãi sông lớn.

Bảng 7-6

Bảng 7-7

% lưu lượng chảy vào cầu ở trạng thái tự nhiên	λ	Q_2/Q_3	α	β
50	1,0	1,0	0,6	0,6
55	0,9	0,8	0,6	0,6
60	0,7	0,6	0,7	0,6
65	0,6	0,4	0,7	0,6
70	0,5	0,2	0,8	0,3
75	0,3	0,1	0,9	0,3
80	0,2	0	1,0	0,0
90	0,1			
100	0			

Ví dụ:

1. Trong hình 7-14 phân phối lưu lượng như sau:

Dòng chủ: $2840 \text{ m}^3/\text{s}$ Chiếm 71%

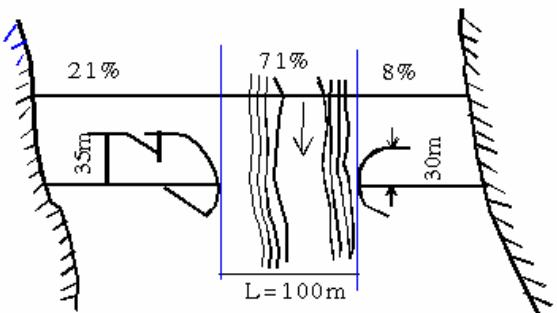
Bãi trái $320 \text{ m}^3/\text{s}$ Chiếm 8%

Bãi phải $840 \text{ m}^3/\text{s}$ Chiếm 21%

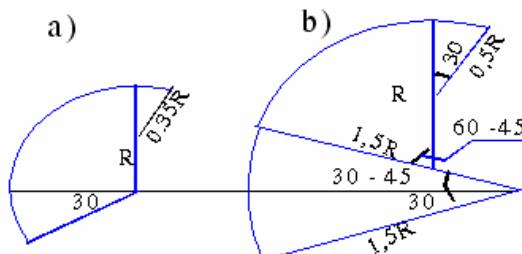
2. Phân phối lưu lượng ở trạng thái thiên nhiên là: $\frac{Q_2}{Q_3} = \frac{320}{840} = 0,38$

3. Theo bảng 7 - 6 tra được: $\lambda = 0,50$ và bảng 7-7 được: $\alpha = 0,70$; $\beta = 0,60$. Bán kính kè hướng dòng phía thượng lưu là: $A = 0,60 \times 0,50 \times 100 = 30\text{m}$

4. Vẽ hình kè phia thượng lưu có thể vẽ cung tròn góc 90° với bán kính chủ yếu (xem hình 7-15a), hoặc dùng $1.5R$ quay một góc $30^\circ \div 45^\circ$, sau đó dùng R quay $60^\circ \div 45^\circ$, phần đầu kè dùng bán kính là: $(1/3 \div 1/2)R$ nối liền, góc quay là 30° (xem hình 7-15b).



Hình 7-14



Hình 7-15

Phương pháp Andrayep:

Phương pháp Andrayep là dùng “bảng trị số toạ độ kè hướng dòng đường cong” và công thức bán kính đường cong để tính toạ độ các điểm ở đầu kè (hình 7 - 16).

Các bước tính toán như sau:

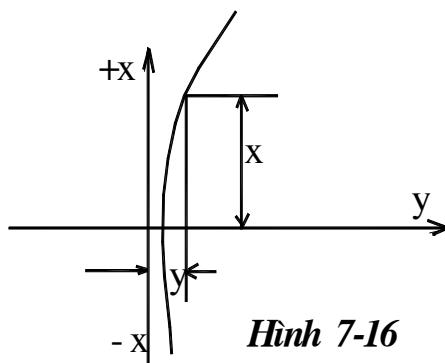
- Tính bán kính đường cong:

$$R = KL_{\min} \quad (7-24)$$

trong đó:

L_{\min} : khẩu độ nhỏ nhất của cầu (tức chiều dài cầu tính toán), tính theo hệ số xói cho phép lớn nhất và đào dưới cầu nhiều nhất;

K: hệ số xác định theo bảng 7 - 8.



Hình 7-16

Bảng 7 - 8

$Q_b/(Q_p + \Sigma Q_b)$	15	20	30	40	50	60	70	80
K	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35

trong đó:

Q_p : lưu lượng lòng sông, m^3/s ;

Q_b : lưu lượng bãi sông, m^3/s ;

ΣQ_b : lưu lượng toàn bộ bãi sông, m^3/s .

- Theo bảng 7 - 8 tính trị số toạ độ các bộ phận kè hướng dòng, toạ độ đầu kè phía thượng lưu là:

$$X = 2,35R; \quad Y = 1,438R$$

Đem các điểm này vẽ lên bình diện vị trí cầu, nếu do địa mạo đặc biệt cần phải thay đổi kích thước đầu kè (nên đặt phần đầu kè ở địa điểm tương đối cao hoặc tránh sông nhánh v.v...) vẫn dùng trị số trong bảng 7 - 9, nhưng thay đổi trị số cho thích hợp, đồng thời tính trị số toạ độ mới. Như vậy phần đầu kè có thể bố trí ở nơi muốn đặt. Căn cứ vào trị số R chọn được tính ra toạ độ của các điểm trên đường trực của kè theo bảng 7- 9.

- Hình dáng và kích thước kè hướng dòng nói trên chỉ coi là gần đúng, cần căn cứ vào điều kiện cụ thể và dựa vào tài liệu khảo sát: lưu hướng, lưu tốc, cường độ dòng nước bãi sông, vấn đề điều tiết tự nhiên dòng nước như dải đất cao, cây to... để điều chỉnh cho phù hợp.

- Chiều dài đường tim kè hướng dòng phía thượng lưu:

$$S_{gb} = 3,032R \quad (7-25a)$$

- Chiều dài đường tim kè hướng dòng phía hạ lưu:

$$S_{gn} = 1,180R \quad (7-25b)$$

Vị trí trục x và y như chỉ ra trên hình 7-16. Ở trường hợp cá biệt, cho phép trục y không trùng với đường trục vị trí cầu mà trùng với mép vai hộ đạo nền đường. Do đó giữa cuối kè thượng lưu với chỗ bắt đầu kè hạ lưu nối bằng đường thẳng hoặc đường cong.

Bảng 7-9

Bảng trị số tọa độ kè hướng dòng đường cong

Tên kè	Tính chất các đoạn	Các điểm trên trục kè	Trị số tọa độ các điểm trên trục kè		Hệ số phân bố lưu tốc không đều khi dòng nước chảy qua kè ϵ_g	Góc lệch giữa công trình và hướng nước chảy α^o	Ghi chú
			X/R	Y/R			
Thượng lưu		1	2,530	1,438	3,00	90	
		2	2,366	1,262	2,75	80	
		3	2,228	1,087	2,50	70	
		4	2,207	0,914	2,25	60	
		5	2,084	0,740	2,00	50	
		6	1,909	0,566	1,75	40	
		7	1,657	0,391	1,50	30	
		8	1,278	0,216	1,25	20	
		9	1,000	0,132	1,00	15	
	Cung tròn	10	0,672	0,058	1,00	10	Đường tim cầu
		11	0,336	0,015	1,00	5	
		12	0,000	0,000	1,00	0	
Hạ lưu	Đường thẳng	13	-0,336	0,015	1,00	5	Phân đầu kè phía hạ lưu
		14	-0,755	0,051	1,00	5	
		15	-1,175	0,088	1,00	5	

Phương pháp Lachencop:

- Lachencop, căn cứ vào kết quả thí nghiệm thấy rằng hình dạng kè hướng dòng phía thượng lưu tốt nhất là hình bầu dục. Tỷ số 1/2 trục dài và 1/2 trục ngắn hình bầu dục:

$$K = \frac{a}{b} = 1/5 \div 2,25, \text{ định hệ số } K \text{ dựa vào } Q_b/Q, \text{ tra bảng 7-10}$$

Bảng 7-10

Q_b/Q	<0,15	$0,15 \div 0,25$	$0,26 \div 0,35$	$0,36 \div 0,45$	$\geq 0,50$
---------	-------	------------------	------------------	------------------	-------------

K = a/b	1,50	1,67	1,83	2,00	2,25
---------	------	------	------	------	------

Chú thích: Q_b là lưu lượng bãi sông.

Kích thước uốn vòng b của kè hướng dòng phía thượng lưu (hình 7-17) tính theo công thức sau:

$$b = AL_p \quad (7-26)$$

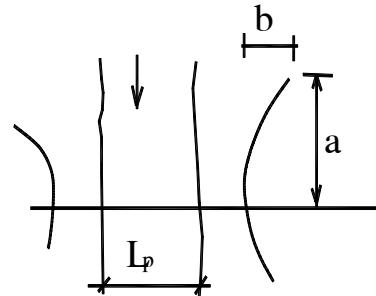
tong đó:

L_p : chiều rộng lòng sông, m;

A: hệ số tra bảng 7-11.

Nếu bãi hai phía không đối xứng, kích thước uốn vòng b của kè hướng dòng phía thượng lưu tính theo trị số A (bảng 7-11). Khi hai phía bãi sông đối xứng nhau khi đó tính $\frac{Q_b}{Q}$

lần lượt dựa vào $\frac{2Q_{bt}}{Q}$ và $\frac{2Q_{bp}}{Q}$.



Hình 7-17

Q_{bt} và Q_{bp} lưu lượng bãi trái, bãi phải bị nền đường đầu cầu chắn mực.

Như vậy kích thước uốn vòng của kè hướng dòng tính theo công thức sau:

$$\text{Bãi trái: } b_{bt} = A_{bt} L_p$$

$$\text{Bãi phải: } b_{bp} = A_{bp} L_p$$

- Vẽ kè hướng dòng phía thượng lưu, dùng trị số toạ độ đã ghi ở bảng 7-12 (xem hình vẽ 7-18)

Bán kính chính khúc nhỏ nhất của kè hướng dòng hình bầu dục chõ đầu kè là:

$$\rho_{\min} = \frac{b}{K} \quad (7-27)$$

a)

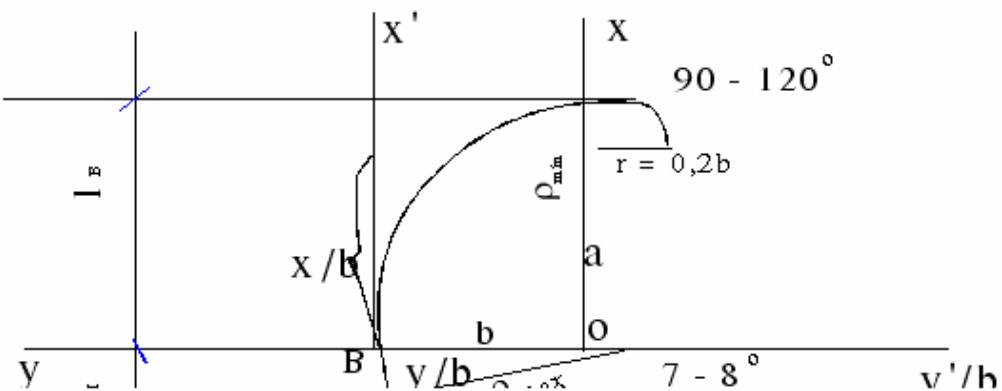
Bán kính chính khúc lớn nhất của kè hướng dòng hình bầu dục chõ tim kè là:

$$\rho_{\max} = K^2 b \quad (7-27b)$$

Phân đầu kè phía thượng lưu có thêm đường cong tròn, bán kính là $= 0,20b$, góc quay là $90^\circ \div 120^\circ$.

- Kè phía hạ lưu làm thành cung tròn, bán kính bằng bán kính chính khúc lớn nhất ρ_{\max} của kè hướng dòng hình bầu dục phía thượng lưu, góc $7 \div 8^\circ$, sau đó kéo dài cắt tuyến đầu cuối rồi uốn tròn, sao cho toàn chiều dài kè hướng dòng phía

hạ lưu bằng $1/2l_B$, chiều dài kè hướng dòng phía thượng lưu, đầu cuối kè hướng dòng hạ lưu thêm đường cong tròn, bán kính $r = (1/4 \div 1/6)l_H$.



Bảng 7-11

Q_b/Q	$A = b/L_p$		Q_b/Q	$A = b/L_p$	
	Bãi sông 2 bên đối xứng	Bãi sông một bên		Bãi sông 2 bên đối xứng	Bãi sông một bên
0,10	0,106	0,112	0,50	0,340	
0,15	0,150	0,170	0,55	0,365	
0,20	0,186	0,222	0,60	0,390	0,533
0,25	0,215	0,275	0,65	0,415	0,584
0,30	0,240	0,327	0,70	0,440	0,635
0,35	0,265	0,378	0,75	0,465	
0,40	0,290	0,429	0,80	0,490	
0,45	0,315	0,481			

Bảng 7-12

Số thứ tự	$a/b = 1.50$		$a/b = 1.67$		$a/b = 1.83$		$a/b = 2.00$		$a/b = 2.25$	
	x/b	y/b								
1	0,25	0,013	0,20	0,010	0,20	0,006	0,20	0,004	0,20	0,005
2	0,50	0,059	0,40	0,030	0,40	0,028	0,40	0,020	0,40	0,016
3	0,75	0,133	0,60	0,065	0,60	0,058	0,60	0,048	0,60	0,038
4	1,00	0,253	0,80	0,118	0,80	0,100	0,80	0,088	0,80	0,064
5	1,25	0,448	1,00	0,193	1,00	0,163	1,00	0,135	1,00	0,103
6	1,30	0,500	1,20	0,305	1,20	0,244	1,20	0,200	1,20	0,154
7	1,35	0,564	1,40	0,454	1,40	0,356	1,40	0,285	1,40	0,219
8	1,40	0,641	1,50	0,560	1,60	0,514	1,60	0,400	1,60	0,300
9	1,45	0,741	1,60	0,712	1,70	0,629	1,80	0,563	1,80	0,400

10	1,48	0,836	1,62	0,751	1,75	0,706	1,90	0,638	2,00	0,544
11	1,50	1,000	1,64	0,810	1,78	0,767	1,95	0,776	2,10	0,643
12			1,66	0,890	1,80	0,819	1,98	0,874	2,15	0,714
13			1,67	1,000	1,81	0,852	2,00	1,000	2,20	0,795
14					1,83	1,000			2,23	0,851
15									2,25	1,000

b. Xác định kích thước chủ yếu của kè chữ T

- Xác định chiều dài và khoảng cách kè chữ T

Kè chữ T là công trình uốn nắn dòng nước thường dùng để phòng hộ nền đường hoặc bờ sông, được bố trí thành từng nhóm nếu bố trí một kè chữ T sẽ gây dòng nước chảy xoáy, xói bờ sông hạ lưu. Quyết định chiều dài kè chữ T là căn cứ vào hình dạng bờ sông phòng hộ và tuyến uốn nắn dòng.

Thiết kế tuyến uốn nắn dòng thường dùng nhiều đường cong liên tục, giữa nối bằng đường thẳng (nhỏ hơn 3 lần chiều rộng sông). Thường có thể căn cứ vào bình đồ dòng sông giữa điểm đầu cuối bờ sông cần phòng hộ, phỏng theo hình dạng 2 bờ nối thành đường cong trơn nhẵn (xem hình 7 - 19), sau đó chọn đường cong thích hợp theo 2 phương pháp sau:

- Phương pháp đường cong
hình sin:

$$X_o = KR_o \frac{\pi}{2} \quad (7 - 28)$$

$$Y_o = K^2 R_o$$

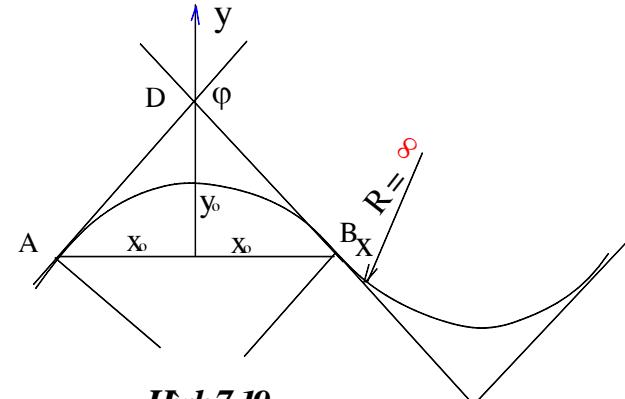
- Phương pháp dùng đường cong đàn hồi:

$$X_o = 2KR_o \quad (7 - 29)$$

$$Y_o = \frac{4}{3} K^2 R_o$$

trong đó:

R_o - Bán kính đã chọn, m;
bán kính nhỏ nhất của nó là 3B
(gấp 3 lần chiều rộng sông) nói chung dùng R_o = (5 - 8)B



Hình 7-19

$$K = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

Khoảng cách kè đặc không ngập tính theo công thức sau: (xem hình 7-20)

$$L \leq 6 l_c \sin\alpha \quad (7 - 30a)$$

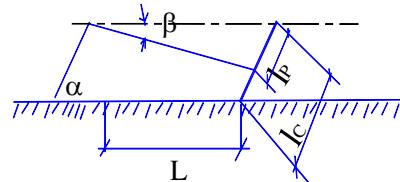
$$\text{Hoặc } L \leq 6 l_c \cos\beta \quad (7 - 30b)$$

trong đó:

l_c : chiều dài kè T, m;

α : góc kẹp bởi dòng nước với đường tim kè T;

β : góc khuyếch tán dòng nước chảy qua kè lệch về phía bờ sông, khoảng $5^\circ - 15^\circ$; ở đoạn đường thẳng, nói chung dùng $5^\circ - 7^\circ$.



Hình 7-20

Khoảng cách kè T có thể dùng trị số sau:

Đoạn đường thẳng:

$$L = 3l_T + l_H \quad (7 - 31)$$

trong đó:

L_T : chiều dài kè phía thượng lưu, m;

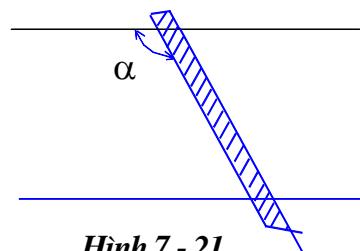
L_H : chiều dài kè phía hạ lưu, m.

Giả thiết khoảng cách kè T ở đoạn bờ lõi bằng 4 - 8 lần chiều dài kè, ở bờ lõm bằng 1 - 25 lần chiều dài kè.

Muốn đảm bảo chân kè an toàn tránh dòng nước xói thì cho chân kè ăn sâu vào bờ khoảng chừng $1/2$ chiều dài hữu hiệu của L_p . Nếu không phải gia cố thêm bờ sông phía thượng lưu, chiều dài của nó từ $0,2 - 0,31$ khoảng cách kè. Nếu bờ sông là đất cứng không có đá, chân kè cần cắm vào bờ tối thiểu $3 - 5$ m.

- Góc giao nhau giữa đường tim kè T với dòng nước.

Góc giao nhau giữa đường tim kè T với dòng nước có liên quan đến tốc độ nước chảy của dòng sông và tình hình nước ngập. Nói chung, bố trí góc kè T có thể xem ở bảng 7 - 13, hình 7 - 21. Nhưng kè T thứ nhất (và khởi điểm đập thuận) phải nằm ở chỗ dòng sông bắt đầu chuyển hướng, góc kẹp giữa nó với dòng nước không lớn quá, không được nhô ra bờ nhiều quá, để dẫn nước được dễ dàng.



Hình 7 - 21

Bảng 7 - 13

Khu vực	Loại kè và tình hình ngập	Góc giao nhau giữa đường tim đập cắt với dòng nước α	Tình hình dòng nước chảy và tình hình bờ sông
Khu vực đồi	Kè T kiểu không ngập	$60^\circ - 75^\circ$	Muốn giảm nhỏ lực xung kích dòng nước phân lớn bố trí thành kè T xuôi α cũng nhỏ tới 35°

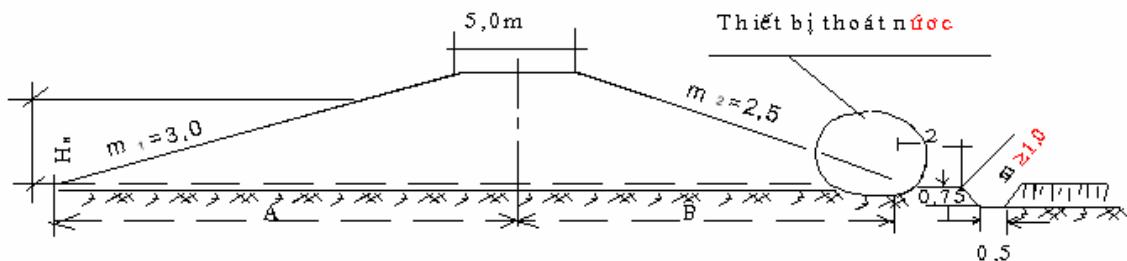
Khu vực đồng bằng	Kè T kiểu ngập	$\geq 90^{\circ}$	Lực xung kích dòng nước không lớn, muốn cho tốc độ bồi nhanh tạo thành bờ mới thường bố trí kè T ngược
Khu vực đồi	Kè T kiểu ngập	$\geq 90^{\circ}$	Nước lũ tràn thoát qua thân kè rồi, xói ven theo hướng dốc kè, cho nên kè T tràn bố trí thành kiểu ngược để bờ sông phía hạ lưu vị trí cầu và nền đường khỏi bị xói.
Khu vực đồng bằng	Kè T kiểu ngập	$100^{\circ} - 105^{\circ}$	Bờ sông thẳng
		$100^{\circ} - 102^{\circ}$	Bờ sông lõm
		90°	Bờ sông lồi

7.2.4. Xác định mặt cắt kè đập

Đập đất là công trình cầu tạo thường dùng nhất, khi thiết kế cần phải xét tối thiểu kiện thuỷ lực tác dụng lên đập dưới tác động của sóng, lực va chạm của vật trôi và tải trọng đặc biệt khác ; ngoài ra cần phải xét mức độ quan trọng của công trình và tính chất dòng sông (thoát lũ hoặc thoát úng) v.v... để quyết định mặt cắt của đập.

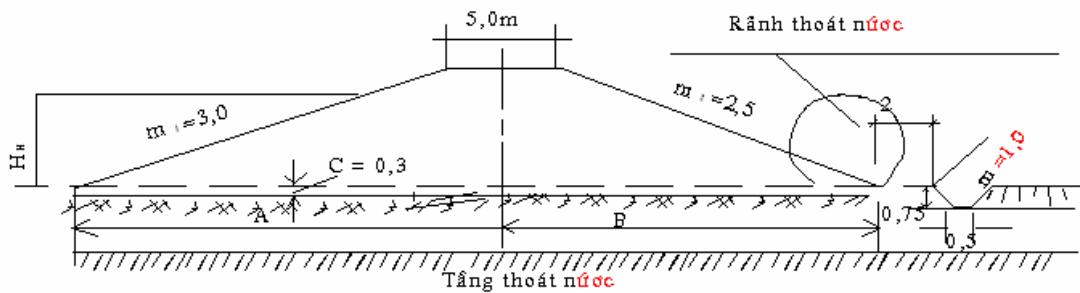
Thường đê phòng lũ, đập chắn lũ có chênh lệch mực nước hai phía của đê tương đối lớn, khi áp lực của nước từ 2 - 4m, không có thiết bị phòng ngầm mà dùng đất sét pha cát và dùng cát để xây thì kích thước mặt cắt xem hình (7 - 22) ; khi chiều cao tích nước nhỏ quá 2m, có thể đổi chiều rộng đỉnh đập trong hình vẽ này là 3m.

a. Nền đất: đất sét cát, đất sét



Hình 7-22a

b. Nền: đất cát sét



Hình 7-22b

c. Thiết bị thoát nước bằng đá xếp

- Khi chiều sâu nước phía hạ lưu h_h , chiều cao lăng thể đá thoát nước bằng:

$$h_g = h_h + C + 0,30 \quad (7-32a)$$

nhưng không được nhỏ quá 1m.

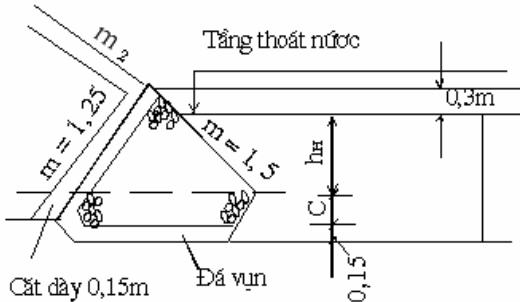
- Phương pháp xây đá phải dựa sát hòn đá tương đối lớn vào taluy ngoài.

d. Tầng nghiêng thoát nước

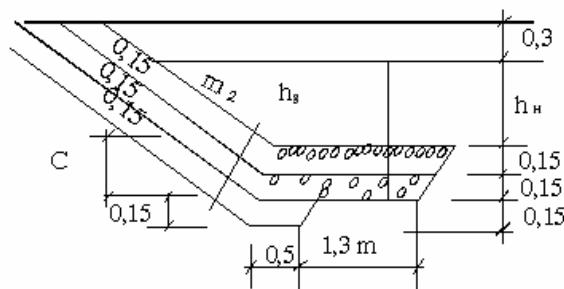
- Khi chiều sâu nước phía hạ lưu là h_h , chiều cao tầng thoát nước nghiêng bằng:

$$h_g = h_h + C \quad (7 - 32b)$$

Nhưng không được nhỏ quá 1,2m.



Hình 7-22c



Hình 7-22d

7.2.5. Xác định cao độ đỉnh kè hướng dòng và kè chữ T

Cao độ đỉnh kè hướng dòng xác định theo cấp tuyến đường. Quy phạm hiện nay quy định là cao độ đỉnh kè phải ở trên cao độ mực nước theo tần suất thiết kế của nền đường + trị số ứ đênh trước cầu + chiều cao sóng vỗ + 0,25m. Độ dốc ở đầu kè và cuối kè tính theo độ dốc thiên nhiên của mực nước thiết kế i).

Ví dụ:

- Tài liệu gốc:

Chiều dài kè phía thượng lưu $l_T = 330\text{m}$, kè phía hạ lưu $l_H = 105\text{m}$, khoảng cách từ chân kè tới kè T thượng lưu $l_{im} = 860\text{m}$, $i = 0,003$, $h_{sb} = 0,60\text{m}$; $h'_{sb} = 0,40\text{m}$ (xét tới rìa cây), lưu tốc bình quân dưới cầu trước xói: $V_m = 2,10\text{m/s}$; lưu tốc bình quân thiên nhiên khi chưa bị thắt hẹp: $V_o = 0,45\text{m/s}$, lưu tốc bình quân chảy vòng sau kè T: $V = 1,10\text{m/s}$, chiều sâu nước bình quân trên bãi $h_1 = 1,5\text{m}$, $H_u = 125,08\text{m}$, góc doanh của kè T phía hạ lưu $\alpha = 115^\circ$, $\Delta z = 0,33\text{m}$.

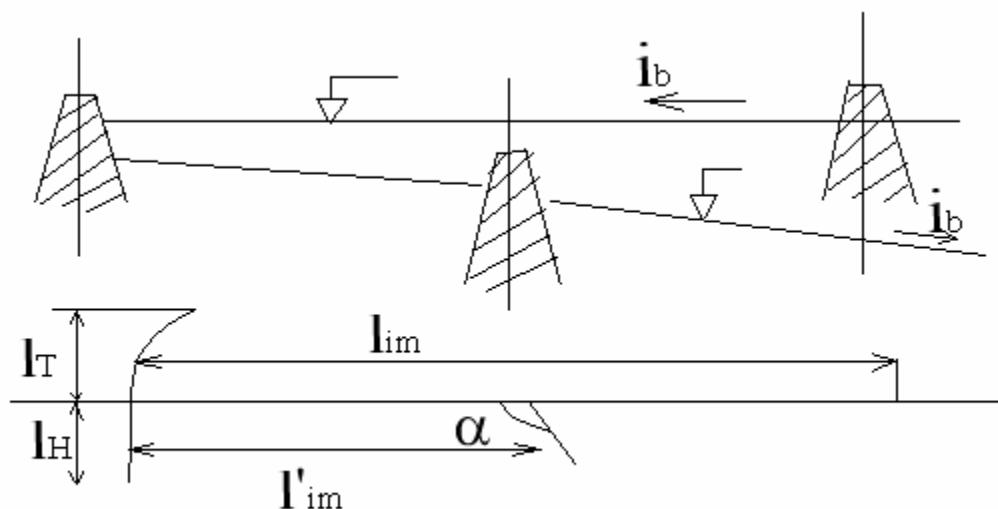
trong đó:

H_u : mực nước tính toán với tần suất thiết kế, m;

h_{sb}, h'_{sb} : chiều cao sóng xâm thực vào bờ nền đường về phía thượng lưu và hạ lưu, m.

ΔZ : chiều cao nước dâng cao nhất trước cầu, m.

- Bố trí tổng bình đồ cầu xem hình 7 - 23



Hình 7 - 23

- Tính toán

+ Độ dốc ngang của dòng nước phía thượng lưu, căn cứ vào công thức của M.B.Mikhailov:

$$\frac{h_1}{h_1 + \Delta z} = \frac{1,5}{1,5 + 0,33} = 0,82$$

Tra bảng 5 - 2 được $\varphi = 0,26$ vậy $i_b = 0,26 \times 0,003 = 0,0008$

+ Cao độ vai kè hướng dòng phía thượng lưu dựa vào mực nước đầu kè để tính (kể cả ứ đênh)

$$H_{vb} = H_{tt} + \Delta z + i l_T + h_{sb} + 0,25 \\ = 125,08 + 0,33 + 0,0003 \times 330 + 0,60 + 0,25 = 126,36m$$

+ Cao độ vai kè hướng dòng phía hạ lưu:

$$H_{VH} = H_{tt} + h'_{sb} + 0,25 = 125,08 + 0,40 + 0,25 = 125,73m$$

Cao độ vai kè T phía thượng lưu nền đường:

$$H_{TB} = H_{tt} + \Delta z + i l_T + i_b \cdot l_{im} + h_{sb} + 0,25 \\ = 125,08 + 0,33 + 0,10 + 0,00008 \times 860 + 0,60 + 0,25 = 126,43m.$$

+ Khi lưu tốc gần kè T vượt quá 0,5m/s, cao độ đỉnh kè phải xét tới cả chiều cao ứ lên do nước chảy trên kè. Chiều cao này tính theo công thức gần đúng của Litstovan.

$$\Delta h = 0,1V^2 (1+\cos\alpha)$$

trong đó:

V: lưu tốc cạnh kè T, m/s.

α : góc doäng của kè T thuận theo dòng nước

Chiều cao ứ do nước chảy ở kè T phía hạ lưu:

$$\Delta_h = 0,1 \times 1,10^2 (1 + \cos 115^\circ) = 0,07m$$

+ Cao độ đỉnh kè T phía hạ lưu nền đường:

$$H_{dH} = H_{tt} + \Delta h - i (l_H + l'_{im}) + h'_{sb} + 0,25 \\ = 125,08 + 0,70 - 0,0003 \times (105 + 580) + 0,40 + 0,25 = 125,59m$$

7.2.6. Tính xói ở công trình điều tiết

a. Xói chung hình thành do dòng nước luôn luôn bị kè hướng dòng bóp hẹp, phương pháp tính toán xem chương IV.

b. Xói cục bộ hình thành do lực xung kích của dòng nước đối với ta luy công trình, giả thiết góc xung kích.

$$h_{ch} = \frac{23V_c^2 \tan \frac{\alpha}{2}}{g\sqrt{1+m^2}} - 6 \frac{V_{cp}^2}{g} \quad (7 - 33)$$

trong đó:

V_{cp} : vận tốc cho phép không xói của đất lòng sông, m/s;

g: gia tốc trọng lực, $g = 9,81m/s^2$;

α : góc làm thành giữa hướng nước chảy và kè tại chỗ tính xói;

m: độ dốc mái công trình;

V_c : vận tốc nước chảy tại chỗ tính xói của kè, m/s.

Theo ý kiến của một số tác giả như Andrayev, Bondakov, nếu dạng kè thiết kế đúng thì trị số vận tốc tại các vị trí dọc kè có thể xem như không đổi và lấy bằng vận tốc dưới cầu lúc chưa có xói lở. Theo các tài liệu hướng dẫn tính toán thuỷ văn khác thì trị số V_c có thể tính theo công thức dưới đây:

$$V_c = \frac{Q_b}{B_b \cdot h_c} \times \frac{2\epsilon_g}{1 + \epsilon_g}$$

(7 -34)

trong đó:

h_c : chiều sâu nước tại công trình sau khi xói chung, m/s;

Q_b : lưu lượng bãi sông giữa mép lòng chính tới chân kè, m^3/s ;

B_b : chiều rộng thay đổi dòng nước trên bãi sông cạnh công trình (tính từ khoảng cách giữa mép lòng chính tới chân kè, do song song với đường trên cầu), m;

ϵ_g : hệ số lưu tốc phân phoi không đều trên mặt cắt, đối với kè hướng dòng cong là 1 - 3, đối với phần đầu kè thẳng có thể dùng 4;

α : góc dẫn nước thay đổi giữa đường tim dòng nước với tiếp tuyến của công trình

- Khi $\alpha < 20^\circ$ thì xói cục bộ do dòng nước chảy đập vào công trình không cần xét;

- Khi $\alpha = 90^\circ$, dòng nước đập vào phần đầu kè hướng dòng hoặc phần đầu kè mỏ hàn, lúc đó $\tan \frac{\alpha}{2} = 1$ và công thức tính xói cục bộ có dạng:

$$h_{ch} = \frac{23V_c^2}{g\sqrt{1+m^2}} - 6 \frac{V^2 h_{cp}}{g}$$

(7 -35)

Xói cục bộ đầu kè hướng dòng và tứ nón ở cầu (khi không có kè) có thể tính theo công thức (7 - 33) và dùng $\epsilon_g = 4$. Chiều rộng dòng nước bãi sông chỗ tứ nón dùng chiều rộng phần bãi chỗ cầu, nếu dưới cầu không có bãi sông, lưu tốc xói cục bộ có thể thay đổi tính theo công thức sau:

$$V_c = V_p \times \frac{2\epsilon_g}{1 + \epsilon_g}$$

(7 - 36)

trong đó: V_p - Lưu tốc tính toán dưới cầu sau xói chung, m/s;

Bố trí công trình chắn nước không ngập trong phạm vi lòng sông (như kè T, kè đinh xiên), xói cục bộ chỗ phần đầu tính theo công thức sau:

$$h_{ch} = \frac{23V_c^2 K_1^2 I}{g\sqrt{1+m^2}}$$

(7 - 37)

trong đó: K_1 - Hệ số lưu tốc cục bộ tăng do kè T thắt hẹp dòng nước gây nên.

Tra bảng 7 - 14, theo tỷ số $\frac{l_{KN}}{b}$

trong đó:

l_{KN} : chiều dài kè bị ngập lúc mực nước bình thường, đo từ đầu kè đến đường mép nước 2 bờ khi mực nước thường, m;

b: chiều rộng lòng sông khi mực nước thường, m.

Nếu những kè trên bị ngập nước thì phải kiểm tra trị số xói cục bộ khi kè bị ngập. Công thức tính xói cục bộ khi kè bị ngập có dạng tương tự như công thức (7 - 37) nhưng thay hệ số K_1 bằng hệ số K_2 .

Bảng 7 - 14

Biểu hệ số K_1, K_2

L_{KN}/b	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
K_1	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,75
K_2	1,40	1,50	1,80	2,20	2,60	3,00

Có thể tham khảo thêm các công thức giới thiệu trong chương IV về xói cục bộ ở mố cầu để tính toán xói lở ở đầu kè.

§7.3. Công trình điều tiết dòng sông

Trong thiết kế công trình điều tiết dòng sông, các vấn đề cần xét và tính toán cụ thể đều có liên quan mật thiết đến nền đường bờ sông, công trình cải sông và nắn thẳng, công trình phòng hộ và gia cố.

Ở đây chỉ giới thiệu một số công trình thường dùng trong cầu đường như kè ngang và kè thuận.

7.3.1. Khái niệm

a. Tính chất làm việc của công trình điều tiết dòng sông

Công trình điều tiết dòng sông và công trình phòng hộ bờ do tính chất làm việc khác nhau nên về bố trí bình diện hình thức và kết cấu cũng khác nhau. Công trình phòng hộ bờ là dùng trực tiếp bảo vệ, bờ sông hoặc nền đường tránh nước sông uy hiếp, nó cản bùn không làm thay đổi tính chất dòng sông, loại kiến trúc này dùng rất nhiều trong công trình chống xói nền đường.

Công trình điều tiết dòng sông chủ yếu là để thay đổi hướng nước chảy, nó làm thay đổi tính chất dòng nước, có khi cả tính chất dòng sông. Đó là công trình có tính chất chủ động, loại công trình này nếu thiết kế được tốt sẽ cản bản triệt được sự uy hiếp của dòng nước đối với nền đường.

b. Những điều cần chú ý khi bố trí công trình điều tiết

- Xây dựng công trình điều tiết để bảo vệ nền đường thì thường chỉ tiến hành trên một đoạn sông ngắn. Vì vậy người ta chỉ nghĩ đến việc điều chỉnh dòng nước đi để khỏi uy hiếp nền đường, còn sau khi xây dựng công trình đoạn sông phía thượng hạ lưu trở nên xấu tốt thường rất ít chú ý. Đó là điều không đúng, nhất là đối với sông thông thuyền hoặc sông có liên quan tới hệ thống công trình thuỷ lợi.

- Đối với sông không thông thuyền chỉ cần thuận theo xu thế của sông, không để lòng bị thắt hẹp nhiều gây ảnh hưởng tới an toàn của nền đường hoặc các công trình khác là được.

- Tránh tình trạng xây dựng công trình quá nhiều, thắt hẹp dòng sông sẽ dẫn đến mực nước dâng cao, làm ngập lụt ruộng đất và hệ thống tưới.

- Phải xét tới trường hợp sau khi bố trí công trình, dòng nước có khả năng hướng sang bờ bên kia làm xói bờ và ruộng vườn.

- Phải làm sao để công trình điều tiết phát huy được hiệu quả tối đa. Chủ yếu là thiết kế đường hướng dòng cho hợp lý, chọn đường hướng dòng cho thích đáng; bố trí công trình cho chính xác, còn thiết kế kết cấu bờ kè chỉ là thứ yếu.

- Khi chọn loại hình công trình điều tiết phải căn cứ vào lòng sông rộng hẹp, lưu tốc lớn nhỏ và điều kiện địa chất.

- Khi bố trí công trình điều tiết phải xét tới tính chất của công trình (tạm thời, bán vĩnh cửu hay vĩnh cửu) để chọn vật liệu.

- Khi quyết định loại công trình điều tiết, phải xét điều kiện thi công, nguồn vật liệu để giảm bớt giá thành công trình.

7.3.2. Phân loại và đánh giá các công trình điều tiết

a. Phân loại công trình điều tiết

- Công trình đặc:

Chia theo quan hệ với mực nước

- Kiểu ngập có kè đáy và kè mực nước trung;
- Kiểu không ngập còn gọi là kè mực nước cao.

Chia theo vị trí tương ứng với dòng sông

- Kè thuận: song song với hướng dòng nước, không ngăn trở dòng chảy;

- Kè chữ T: thẳng góc hay chéo góc với dòng nước, ngăn một phần dòng chảy;
- Kè ngăn sông: thẳng góc hoặc chéo góc với dòng nước chắn toàn bộ dòng chảy.

Chia theo vật liệu

- Kè đất: đắp đất sét cát, đất cát sét, đất sét, cát sỏi, đất lấp đá cuội;
- Kè đá: Kè đá đổ, kè đá xây;
- Kè rọ đá sắt: lấy thép sợi làm rọ thường dùng chung với cọc gỗ;
- Kè rọ đá tre: lấy tre mây làm rọ;
- Kè bê tông hay bê tông cốt thép.

- Công trình rỗng

Cho phép một phần dòng nước chảy qua công trình làm cho lưu lượng và lưu tốc trong lòng sông phân phối lại đẩy đường trực sông ra phía ngoài để bảo vệ nền đường.

Dưới đây là các loại đơn giản thường dùng.

- Cây ngầm, có tác dụng làm bùn cát bồi tích, bảo vệ ta luy hay bờ sông khỏi xói;

- Kè nổi dùng những bó cành cây treo trên giá, hay trên giá treo nhiều hàng có để lại một số khoảng trống. Kè nổi có tác dụng làm bùn cát sau khi di chuyển qua kè bồi tích lại tạo thành bờ sông mới;

- Phên chắn nước - có thể kết bằng cành cây cũng có thể bằng gỗ, có thể làm kiểu cố định hay kiểu di động. Trường hợp không có cây, có thể thay bằng lau sậy. Tác dụng của loại kè này là làm giảm lưu tốc ở đoạn cần phòng hộ.

- Kết cấu giá - loại này có thể làm bằng gỗ, sắt, hoặc bê tông cốt thép, có thể làm thành lăng thể tam diện hoặc tứ diện. Đặc điểm của loại kết cấu này là thi công tiện. Khi bị ảnh hưởng của tải trọng hoặc của dòng nước chân giá sẽ tự cảm xuống lòng sông. Thông thường làm kết hợp với bờ đá hoặc rọ đá.

Loại này có đặc điểm là có thể chống chịu với dòng nước có lưu tốc lớn, lượng hầm cát nhiều.

b. Đánh giá hai loại công trình điều tiết

- Loại công trình đặc dùng nhiều trong các công trình phòng lũ đường sắt, đặc biệt ở đoạn tuyến ven sông vùng núi có lưu tốc lớn. Vì nó là công trình vĩnh cửu, hay bán vĩnh cửu nên thích hợp với đường sắt luôn luôn không cho phép gián đoạn giao thông. Nó có thể chống chịu với lưu tốc 4 -10m/s, nhưng thi công phức tạp, giá thành cao.

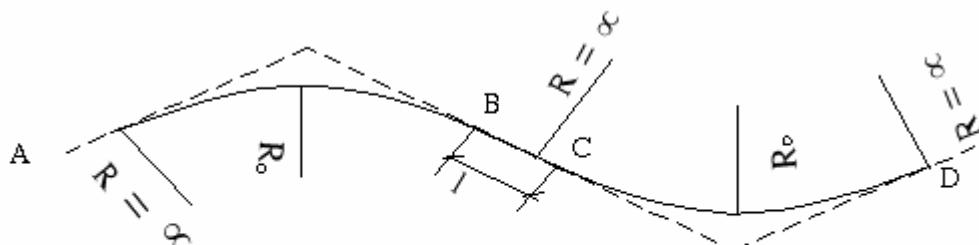
- Loại công trình rỗng: Chỉ dùng được ở những nơi lưu tốc nhỏ (dưới 3m/s), phần nhiều ở những sông vùng đồng bằng có bãi rộng. Ưu điểm của nó là

thi công giản đơn, dễ lấy vật liệu địa phương, giá thành hạ, phần nhiều chỉ dùng để phòng hộ tạm thời, thời hạn sử dụng ngắn và luôn luôn phải bảo dưỡng duy tu.

7.3.3. Thiết kế đường hướng dòng

a. Ý nghĩa đường hướng dòng và nguyên lý thiết kế:

Khi bố trí bình diện các công trình điều tiết, đầu tiên là phải thiết kế đường hướng dòng, đường hướng dòng thiết kế được chính xác hay không có liên quan đến hiệu quả của cả hệ thống công trình điều tiết. Khi thiết kế đường hướng dòng phải xét tới khả năng biến đổi động lực dòng chảy. Căn cứ vào nguyên lý thẳng thuận với dòng sông thiên nhiên chứ không phải trạng thái ổn định của dòng sông, đường trung tâm hướng dòng (tức đường trực sông), về lý luận tốt nhất là đường cong liên tục, giữa các đường cong có các đoạn thẳng ngắn nối tiếp (hình 7-24) đường biên hướng dòng (đường bờ sông dự định) tốt nhất là đường cong liên tục song song với đường trực hướng dòng.



Hình 7 - 24

1: đoạn quá độ ước bằng 4 lần chiều rộng ổn định của lòng sông

b. Cách vẽ đường hướng dòng

- Các điểm cần chú ý:

- Đầu đường hướng dòng nên chọn nơi dòng chảy tương đối thẳng thuận, ví dụ chỗ bắt đầu quá độ từ đoạn sông cong sang đoạn sông thẳng, hay chỗ bắt đầu từ quá độ từ đoạn sông thẳng sang đoạn sông cong, để phối hợp với xu thế của dòng nước đỡ phải làm các công trình hướng dòng kiên cố mà vẫn bảo đảm hướng nước chảy theo ý muốn. Ngoài ra, còn nên chú ý chọn nơi cơ sở có điều kiện địa chất tốt để công trình được ổn định an toàn mà lại kinh tế.

- Vị trí của đường trực sông thiên nhiên và đường bờ sông nên có quan hệ sau: ở đoạn quá độ, cự ly giữa hai mép bờ sông tới đường trực sông để bằng nhau, cự ly giữa bờ lõm đoạn cong tới đường trực ước: $(\frac{1}{3} - \frac{1}{4})B$ (B - chiều rộng ổn định của sông), đoạn cong chảy xiết lấy $(\frac{1}{4})B$, đoạn cong chảy êm lấy $(\frac{1}{3})B$.

- Công thức tính: (xem hình vẽ 7 - 25)

Khi vẽ đường hướng dòng nói chung dùng công thức sau:

$$Y = Y_o \cos \frac{\pi X}{2X_o} \quad (7 - 38)$$

trong đó:

$$X_o = \frac{\pi}{2} KR_o; \quad Y_o = K^2 R_o$$

$$K = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

R_o - Bán kính đoạn cong, có thể dùng lớn hơn bán kính của dòng sông thiên nhiên. Theo kinh nghiệm R_o dùng bằng 5 - 8 lần chiều rộng ổn định, không nhỏ hơn 3 lần mà tối đa không vượt quá 20 lần.

Toạ độ đường cong xác định rồi có thể vẽ đường hướng dòng.

Cũng cần chú ý là khi bố trí công trình điều tiết thuận với xu thế dòng sông thiên nhiên mà không đụng chạm đến lòng sông, thì ảnh hưởng tới sự biến hoá của dòng sông tương đối ít, khi đó có thể không cần tính đường hướng dòng. Theo kinh nghiệm đường hướng dòng thiết kế theo đường cong tròn thì không những giản đơn mà còn phù hợp với thực tế khách quan.

- Các bước thiết kế đường hướng dòng.
- Xác định khởi điểm đoạn hướng dòng;
- Đối chiếu với xu thế dòng sông kết hợp với hướng nước ở mức nước hướng dòng, định đường biên hướng dòng bình diện;
- Khi cần thiết phải tiến hành chỉnh lý dòng sông, chiều rộng sông hướng dòng phải thỏa mãn điều kiện chiều rộng ổn định của sông;
- Bố trí bình diện công trình điều tiết, xác định đoạn phòng hộ và gia cố.

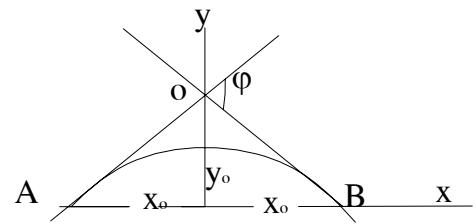
7.3.4. Lựa chọn và bố trí kè

a. Chọn mực nước hướng dòng

Mực nước hướng dòng sẽ quyết định theo tình hình dòng nước và hình dạng đoạn cầu được bảo vệ. Căn cứ vào đường hướng dòng đã xác định theo mức nước hướng dòng mà tiến hành bố trí bình diện công trình điều tiết, đồng thời chọn loại kè, tác dụng của các loại kè.

Kè thấp: Bố trí kè thấp nói chung chỉ để phòng xói ta luy nền đường và cơ sở các công trình phòng hộ hoặc chỉnh trị dòng sông ở mực nước thấp. Kè thấp thắt dòng nước ít nên hay dùng ở đoạn sông lòng hẹp. Kè thấp còn làm cho dòng nước chảy hỗn loạn, đẩy dòng nước khỏi chân ta luy, làm bồi tích chỗ lòng cầu nên thông thường xây ở chỗ lòng thấp bằng với lòng sông và theo hình thức kè chữ T.

Kè mực nước trung: Có tác dụng chống dòng nước từ mực nước trung trở xuống xói vào bờ, so với kè thấp tác dụng hướng dòng lớn hơn. Dòng sông miền núi do mực nước cao và lòng sông hẹp thường dùng kè ở mức trung để tránh thắt hẹp lòng sông quá nhiều. Do lưu lượng ở mức nước trung thường là lưu lượng tạo



Hình 7 - 25

lòng nên khi chỉnh trị dòng sông, kè mực nước trung được coi là công cụ chủ yếu để ổn định dòng sông. Gây bồi tích nhanh thành bờ sông mới. Kè mực nước trung có thể làm thuận hướng hoặc ngược với dòng nước.

Kè mực nước cao hay kè không ngập, tác dụng chủ yếu là hướng dòng nước cách xa tuyến đường đê phòng nước lũ uy hiếp nền đường. Khi tuyến đường sát lòng sông, kè mực nước cao còn có tác dụng như kè mực nước thấp. Do nó chiếm diện tích lòng sông tương đối nhiều đặc biệt khi dùng ở sông miền núi lòng hẹp, cần kết hợp địa hình địa chất đã tác động hình thức kè, thông thường không nên làm quá dài mà nên làm kè chữ T ngắn hoặc kè thuận.

b. Lựa chọn công trình điều tiết đơn hoặc tổng hợp.

Quyết định công trình điều tiết loại đơn hay tổng hợp chủ yếu là do tính chất dòng nước nơi đó mà điều kiện địa hình địa chất. Thông thường hệ thống điều tiết là một tập hợp nhiều loại chỉ khi nào đoạn cầu phòng hộ tương đối ngắn, địa hình dòng sông biến đổi ít, tính chất dòng nước không phức tạp mới dùng loại đơn.

Ưu khuyết điểm của kè chữ T và kè thuận xem bảng sau:

Bảng 7 - 15

Loại kè	Ưu	Khuyết
Kè thuận	<p>1-Dòng nước trước kè thẳng thuận, không phá hoại đặc trưng dòng chảy thiên nhiên, có lợi đối với sông thông thuyền.</p> <p>2 - Yêu cầu về điều kiện địa chất so với kè chữ T thấp hơn, mà khi hoàn thành lập tức phát huy tác dụng.</p> <p>3 - Nếu điều kiện địa chất giống như kè chữ T, thì phòng hộ mặt ta luy và thiết bị phòng xói chân tương đối ít, đặc biệt khi bố trí kè thuận dọc hồ sông phía lồi.</p>	<p>1-Giá thành cao hơn so với kè chữ T</p> <p>2-Nếu như đường hướng dòng không thích hợp mà cần sửa chữa sẽ gặp khó khăn hơn so với kè chữ T</p>
Kè chữ T	<p>1 - Có thể cải tiến hướng dòng nước và sau một thời gian nước chảy sẽ tạo thành lòng sông mới</p> <p>2 - Sửa đổi thiết kế dễ dàng</p> <p>3 - Nói chung giá thành so với kè thuận thấp hơn</p>	<p>1-Trước khi hình thành bờ sông mới nước chảy hỗn loạn thông thuyền khó khăn</p> <p>2-Do tác dụng nước dâng thường gây xói lở dòng sông.</p> <p>3-Yêu cầu về điều kiện địa chất tương đối cao</p>

c. Bố trí kè chữ T

- Kè chữ T ngắn**

- Thiết kế cự ly giữa các kè: Thông thường cự ly giữa kè là căn cứ vào đường hướng dòng đã xác định, dùng phương pháp đồ giải để tìm, nói chung phải bố trí trên bờ lõm dày hơn bên bờ lồi. Khi tính khối lượng công trình thì đoạn cong lõm của dòng sông miền núi phải dùng 1-2,5 chiều dài kè, ở đoạn thẳng thì 3-4 lần, ở bờ lồi thì 4 - 8 lần. Nếu xác định bằng tính toán thì có thể dùng bằng công thức sau: (xem hình 7 - 26)

$$l = l_p \cos \alpha + l_p \sin \alpha \cot g\beta \quad (7 - 39a)$$

trong đó:

l_p : chiều dài hữu hiệu của kè, m;

α : góc kẹp giữa kè chữ T với bờ sông;

$\Delta\alpha$: góc khuyếch tán khi dòng nước qua đầu kè, khoảng $5 - 15^\circ$.

Trị số l_p thường dùng $2/3 l_c$, mục đích là để giảm xói cho thuận kè phía dưới, bớt được tiêu chuẩn phòng hộ và gia cố. Khi $l_p = 2/3 l_c$ thì công thức tính toán là:

$$l = \frac{2l_c}{3} (\cos \alpha + \sin \alpha \cot g\beta) \quad (7 - 39b)$$

Khi α xấp xỉ 90° , β lấy bình quân là $9,5^\circ$, thì có thể tính gần đúng.

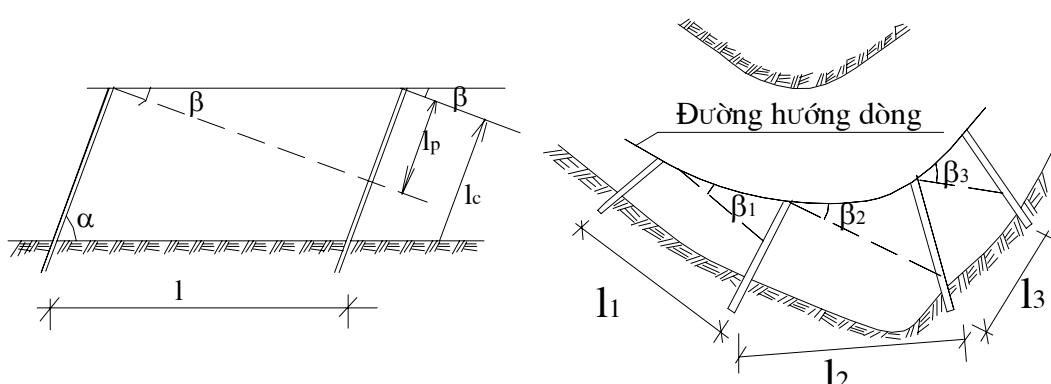
$$l = 4 l_c \quad (7 - 39c)$$

Cũng có thể dùng phương pháp sau để tính cự ly giữa các kè chữ T:

$$l = (12-15)H_{\max} \cos \beta \quad (7-40)$$

trong đó:

H_{\max} : chiều sâu lớn nhất chỗ đầu kè ở mực nước chính từ $\Delta\alpha$ góc giao giữa dòng nước với đường bờ sông thiết kế, m.



Hình 7 -26

Công thức trên là công thức kinh nghiệm, ưu điểm nó là xét được sự biến đổi của tình hình dòng nước theo chiều xây chỗ đầu kè, nhưng nhược điểm là quan

hệ với chiều dài kè chưa rõ ràng. Khi áp dụng, đối với kè dài dùng hệ số phía trước là 15, khi kè ngắn thì dùng 12.

Những điều cần chú ý khi bố trí kè chữ T ngắn:

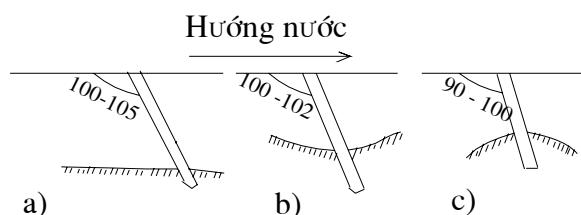
- Khi bố trí cự ly không những chỉ căn cứ vào con số tính toán, cần căn cứ vào đường hướng dòng kết hợp với hướng nước chảy và xét tới ảnh hưởng có thể phát sinh đối với dòng sông sau khi xây kè, dùng phương pháp đồ giải để tính cự ly giữa các kè như hình 7- 26.

- Khi bố trí kè thì làm dần từ thượng lưu về hạ lưu đầu tiên xác định vị trí và chiều dài kè thứ nhất rồi kè thứ 2, thứ 3 v.v...

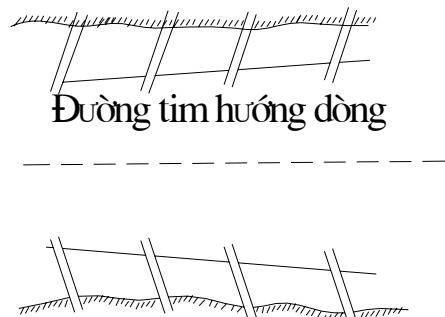
- Vì khó xác định được góc khuyếch tán dòng nước của kè thứ nhất, nên cự ly giữa kè thứ nhất và kè thứ hai nên bố trí ngắn một chút, để cho dòng nước trở lại trạng thái bình thường được nhanh. Cự ly giữa hai kè cuối cùng cũng nên ngắn một chút.

- Khi thiết kế chiều dài kè phải xét để mặt cắt dòng nước không bị thắt hẹp quá nhiều, chiều dài lớn nhất cũng không được quá 1/4 chiều rộng ổn định của dòng sông.

- Đối với kè chữ T ngập nước, hợp lý nhất là kiểu ngược dòng để dòng nước khi vượt qua đỉnh kè không gây xói lở mãnh liệt cho ta luy phía hạ lưu và bờ sông (hình 7 - 27).



Hình 7 - 27



Hình 7 - 28

Ghi chú: Các góc trong hình vẽ không phải là những trị số kinh nghiệm đã khẳng định, cần linh hoạt áp dụng.

- Ở những vùng đồng bằng hoặc sông bãi rộng vùng đồi dòng nước dễ di chuyển, lưu tốc và xung lực không lớn thì kè chữ T không ngập nước cũng cần bố trí kiểu ngược hướng nước chảy làm cho bồi tích nhanh chóng hình thành bờ mới, nhưng đối với đoạn sông hẹp vùng núi có lưu tốc và xung lực lớn thì kè chữ T không ngập cần bố trí kiểu thuận hướng dòng nước.

- Khi bố trí kè không ngập, thì ở đầu kè và gốc kè thường phát sinh xói lở (nếu là cả hệ thống kè thì kè thứ nhất bị xói mạnh nhất), do đó việc phòng hộ ta luy kè cần phải đặc biệt chú ý.

- Lực xung kích của dòng nước đối với kè và độ dốc ta luy mặt chịu áp lực lớn hay nhỏ, góc hẹp giữa dòng nước với đường tim kè to hay nhỏ đều có quan hệ với nhau, nếu hướng nước chảy thẳng góc với mái ta luy kè thì lực xung kích sẽ lớn nhất.

- Nếu dùng kè chữ T để gia cố 2 bờ ở đoạn thẳng hoặc hơi cong thì phải bố trí kiểu đối xứng như hình (7 - 28).

- Góc kè phải cắm chặt vào bờ sông khoảng 3 - 5m, chỗ đầu kè phải căn cứ vào chiều sâu xói mà thiết kế biện pháp phòng hộ.

- Kè chữ T dài

Kè chữ T dài có thể làm cho dòng chảy cũ biến đổi rõ rệt, và làm cho trực động lực dòng nước hướng sang bờ đối diện.

Do vì kè chữ T dài có thể uốn cong dòng nước nên làm giảm bớt độ dốc của lòng sông (hình 7 - 29).

Thiết kế cự ly giữa các kè: Thiết kế cự ly giữa hai đầu kè chữ T dài vẫn phải dùng công thức sau:

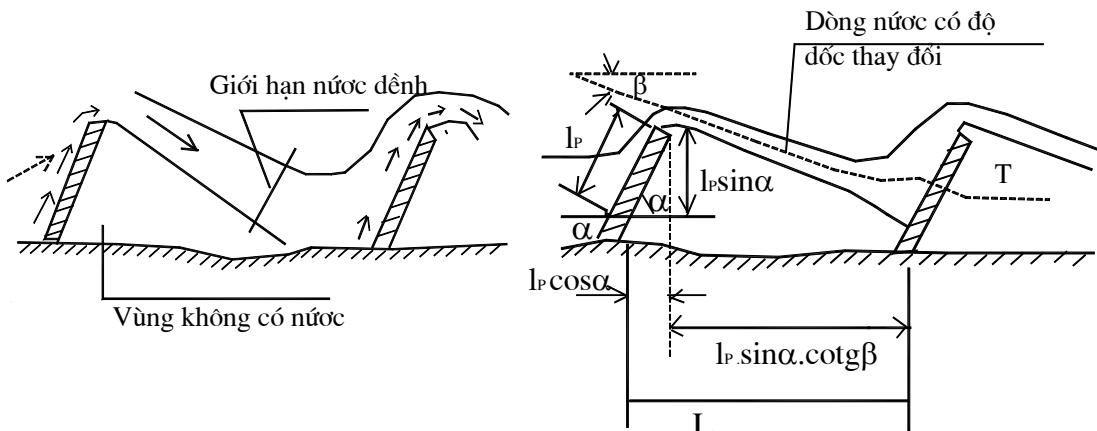
$$L = l_p \cdot \cos\alpha + l_p \cdot \sin\alpha \cdot \cot\beta \quad (7-41)$$

$$l_p = l_c - B_y \cdot K$$

trong đó:

$$B_y: \text{chiều rộng ổn định của sông, m: } B_y = \frac{V_p^5 n^4 A^2}{4 I^2}$$

K: hệ số mỗi con sông có một trị số riêng căn cứ vào đặc điểm sông ngòi, có thể lấy K = 0,5 - 1,0.



Hình 7 -29

Những điểm cần chú ý khi bố trí kè chữ T dài.

- Do vì kè chữ T dài gây ra hiện tượng nước dênh, nếu cự ly kè quá lớn thì tác dụng nước dênh không tới kè phía trên, cự ly không thể hoàn toàn làm cho dòng nước bị dâng lên, cho nên ở bờ sông vẫn có khả năng xói do hồi lưu.

- Vì kè chữ T dài có thể hướng dòng vào bờ đối diện cho nên khi bố trí phải chú ý không để dòng sông phía thượng hạ lưu trở nên sâu.

d. *Bố trí kè thuận*

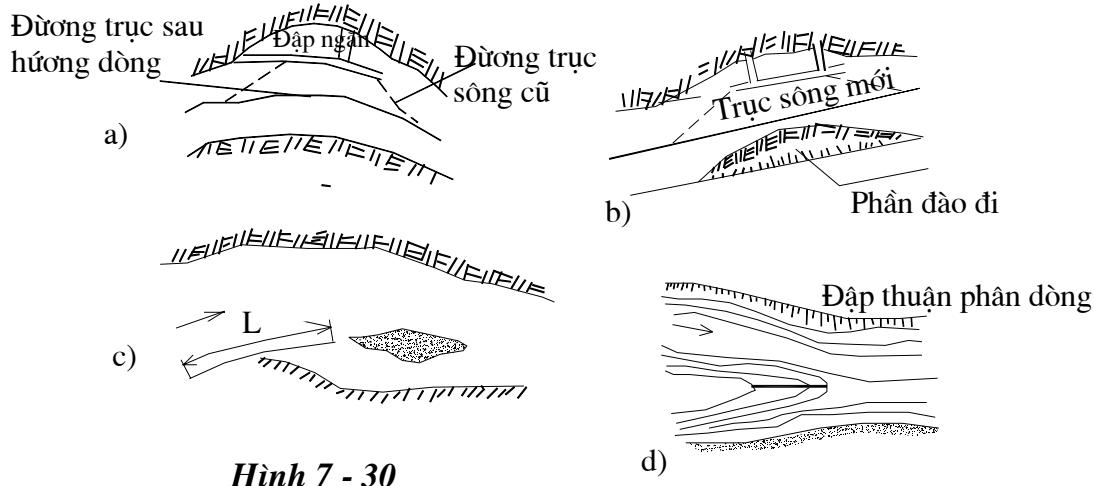
Điều kiện xây dựng kè thuận:

- Mặt cắt lòng sông nhỏ hẹp, không được phép lấn ra quá nhiều.
- Khi xây kè rồi khối lượng công trình gia cố phòng hộ bờ sông và mặt dốc vẫn quá lớn.
 - Điều kiện địa chất không thích hợp cho xây dựng kè chữ T.
 - Sau khi xây dựng kè trở ngại cho thông thuyền.

Nguyên tắc chung khi bố trí kè thuận.

- Bố trí kè thuận hướng dòng theo hướng đường hướng dòng có thể ở bờ lồi, cũng có thể ở bờ lõm như hình 7 - 30.
- Kè thuận phân dòng bố trí nơi hai sông gặp nhau như hình 7 - 30d, chiều dài cần phải đủ để hướng được dòng nước.
 - Đầu kè nên chọn ở đoạn quá độ dòng nước thẳng thuận để tránh xói, góc kè phải cắm chắc vào bờ sông khoảng 3 - 5m.
 - Điểm cuối của kè thuận phải nối tiếp thành một khối với bờ sông, nhưng thông thường đều thiết kế thành cửa mở để có lợi cho việc bồi lấp.

- Đối với kè dài mà điều kiện địa chất tốt có thể làm cửa mở ở giữa chừng, tạo điều kiện bồi lắng phía sau kè.



- Sử dụng liên hợp kè thuận và kè ngắn

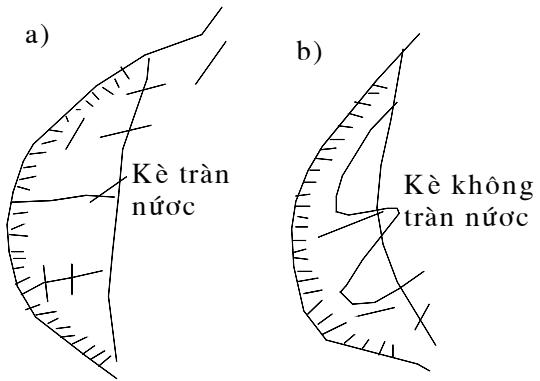
Khi kè thuận thiết kế thành kiểu tràn, cần nghĩ tới việc bố trí kè ngắn ở phía sau để tạo điều kiện bồi lắng và tránh ảnh hưởng xói bờ ta luy hoặc bờ sông như hình 7-31a

Kè ngắn có thể thiết kế thành hai loại tràn nước hoặc không tràn nước, loại sau là để dùng khi phòng hộ đoạn tương đối dài và cột nước tràn trên đỉnh đập tương đối lớn như hình 7-31b.

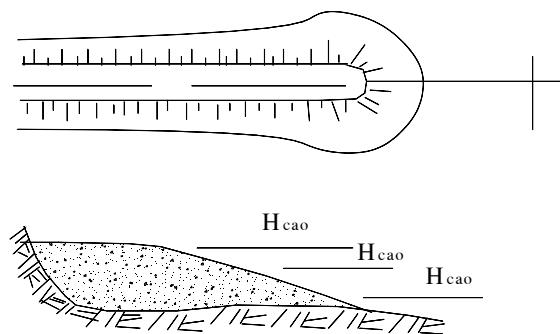
Cự ly giữa các đập ngắn sẽ quyết định theo tình hình thực tế trên nguyên tắc không làm cho nước chảy mạnh, khi kè dài quá 200m thì bố trí cự ly giữa đầu kè $0,25\ell$; cự ly giữa là $0,75\ell$ (ℓ là chiều dài kè thuận)

e. Thiết kế trắc dọc kè

Kè chữ T ngập nước đặc biệt là kè dài thì đỉnh kè phải có một độ dốc dọc khoảng 5 - 10%; để giảm bớt trạng thái hỗn loạn của dòng chảy, tránh thắt hẹp lòng sông nhiều có thể căn cứ vào tình hình cụ thể mà thiết kế trắc dọc kè thành một số độ dốc như hình 7-32.



Hình 7 - 31

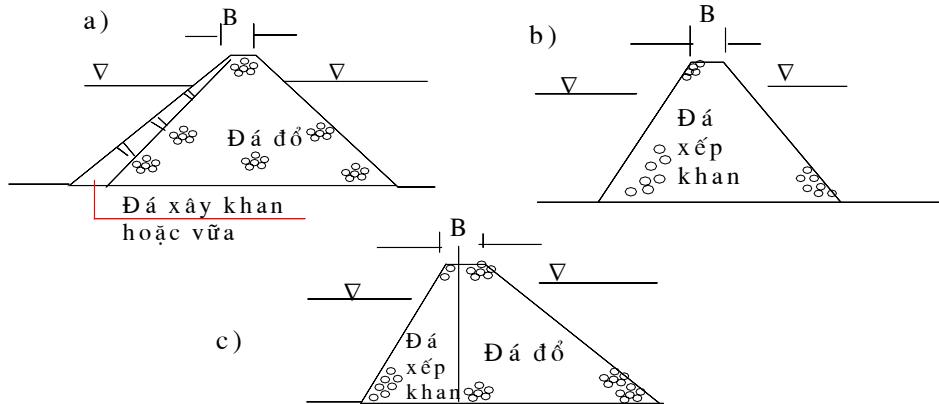


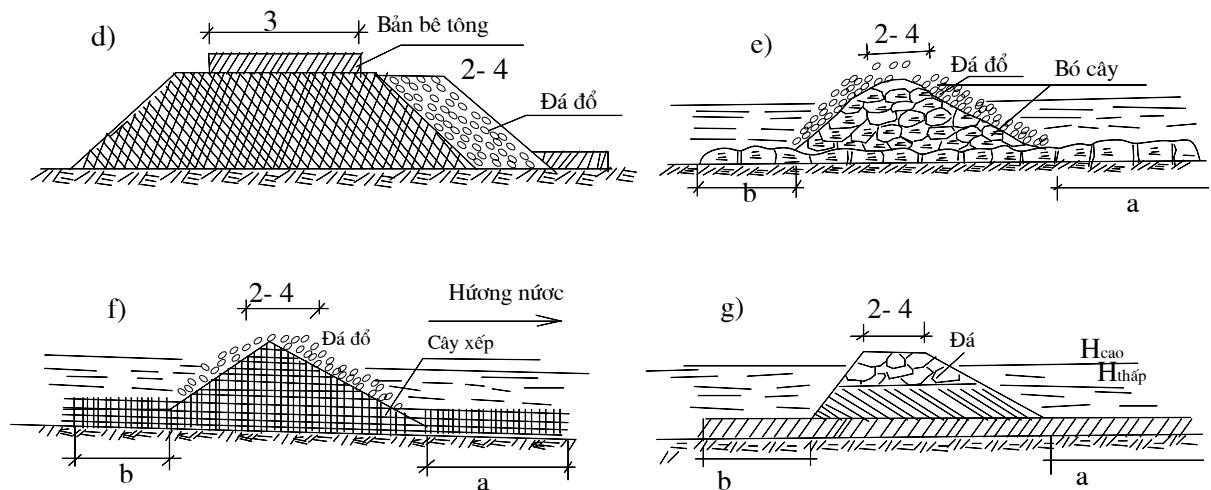
Hình 7 - 32

7.3.5. Thiết kế mặt cắt kè

Tùy theo vật liệu mà quyết định hình thức kết cấu và kích thước mặt cắt ngang của kè. Nếu đắp bằng đất, chủ yếu là đất thấm nước hoặc cây cối thì mặt cắt tương đối lớn, ta luy tương đối thoải. Nếu đắp bằng đá xây khan, xây vữa hay bê tông thì mặt cắt sẽ nhỏ, ta luy sẽ dốc.

a. Một số mặt cắt kè tham khảo





Hình 7 - 33

b. Các trị số kinh nghiệm về kích thước mặt cắt và độ dốc ta luy của một số kè thường dùng (kè có chiều cao dưới 10m). Xem bảng 7 - 16.

Khi chọn dùng các trị số trong bảng thì lấy trị số nhỏ cho sông vùng đồng bằng, trị số lớn cho sông vùng núi.

Bảng 7 - 16

Loại kè	Chiều rộng đỉnh kè	Ta luy đầu kè	Ta luy phía ngoài	Ta luy phía trong	Ghi chú
Kè đất	2,0-4,0	1: 2,5-1:4	1:2-1:2,5	1:1,5-1:2,5	Nếu là thấp dưới 3m và lưu tốc lớn thì chiều rộng đỉnh kè phải xác định theo tính toán
Kè đá		1:1-1:2	1:0,5 -1:1,3	1:0,5 -1:1,2	Chiều rộng đỉnh kè phải xác định theo tính toán (không kể trường hợp xây vữa)
	2 - 4	1:2,0 -1:4	1:1,75-1: 2,5	1:1,5 -1: 2,5	Chiều rộng đỉnh kè sẽ xác định theo tính toán

c. Tính toán ổn định mặt cắt kè:

- Tính toán ổn định theo kè không ngập nước: Thông thường phải kiểm toán ổn định theo hai điều kiện sau:

- Kiểm toán ổn định ta luy (xem phần nền đường bờ sông).
- Kiểm toán ổn định trượt.

Lực đẩy tác dụng vào thân kè được tính thông qua: áp lực thuỷ động thân kè (xem hình 7- 34)

Áp lực thuỷ động:

$$P = K\gamma_o h_o \frac{V^2}{2g} \sin \theta \quad (7 - 42)$$

trong đó:

γ_o : dung trọng nước lũ, tấn/m³, thường dùng 1 - 1,1;

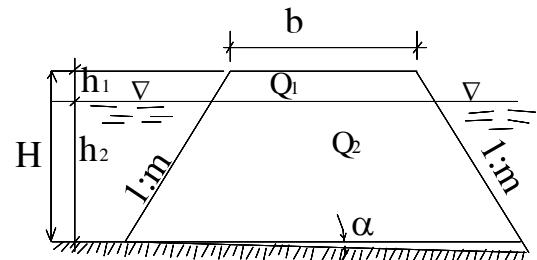
h_o : chiều sâu ở kè, m;

V : lưu tốc thiết kế chỗ vị trí kè, m/s, thường lấy lưu tốc phía thượng lưu kè, cũng có khi lấy lưu tốc này nhân với hệ số c phụ thuộc vào tình hình thắt hẹp lòng sông ($c = 1,2 - 1,3$);

θ : góc kẹp giữa kè và dòng nước;

K : hệ số động lực có quan hệ với độ dốc ta luy, độ nhám ta luy và mức độ ngầm nước của kè chọn theo bảng dưới;

g : gia tốc trọng lực; 9,81 m/s².



Hình 7 - 34

Bảng 7 - 17

θ (độ)	K
< 15	$1,4 \sin \theta$
15 - 25	0,6 - 0,8
25 - 45	1
45 - 90	1,5 - 2,0

Áp lực thuỷ tĩnh, do chênh lệch mực nước trước và sau kè. Thông thường rất nhỏ nên không tính.

Do trọng lượng bản thân kè mà sinh ra lực trượt (hình 7 - 34)

$$T = (Q_1 + Q_2) \sin \alpha \quad (7 - 43)$$

trong đó:

Q_1 : trọng lượng bản thân kè phần trên mặt nước:

$$Q_1 = \gamma_1 [(m+n)h_1 + 2b] \frac{h_1}{2}$$

Q_2 : trọng lượng bản thân kè phần dưới mặt nước:

$$Q_2 = \gamma_2 \left\{ [(m+n)H + 2b] \frac{H}{2} - \frac{Q_1}{\gamma_1} \right\} \frac{h_1}{2}$$

γ_1 : dung trọng vật liệu đắp trong không khí, T/m³;

γ_2 : dung trọng vật liệu đắp trong nước, T/m³;

α : góc nghiêng của mặt đất.

Nếu đất bằng thì lực ổn định là lực chống trượt do trọng lượng của bản thân kè sinh ra:

$$N.f = (Q_1 + Q_2)f \cdot \cos\alpha \quad (7 - 44)$$

trong đó:

f : là hệ số ma sát giữa vật liệu đắp và đất đáy móng ở trong nước.

Hệ số ổn định chống trượt của kè là:

$$K = \frac{Nf}{P \pm T} \quad (7 - 45)$$

Trị số K xác định theo quy trình và tình hình thực tế nói chung có thể dùng khoảng 1,5 - 2,0.

Trong công thức (7 - 45) trị số T là (+) khi dốc mặt đất thuận với hướng nước chảy, ngược lại là (-).

➤ *Những điểm cần chú ý khi thiết kế mặt cắt:*

- Vì phần đầu kè chữ T bị lực xung kích của dòng nước tương đối lớn nên kích thước mặt cắt phải tăng lên.

- Mặt cắt của kè chữ T dài có thể chia ra 4 phần để thiết kế (đầu kè và đoạn chân kè phía trước, đoạn chân kè phía sau và gốc kè).

- Khi lưu tốc nhỏ, góc kẹp giữa dòng nước và kè không lớn mà kè lại ngắn thì mặt cắt có thể thiết kế như nhau.

- Ông định mà kè phải xác định theo tính toán.

- Tính toán ổn định cho kè kiểu ngập

Tính toán ổn định cho mặt cắt kè kiểu ngập cũng tương tự như tính toán kè kiểu không ngập, chỉ khi tính áp lực thủy động phải dùng lưu tốc tối đa của các loại mực nước, đặc biệt là lưu tốc của mực nước lũ cao nhất khi tràn đinh đập, tức là lưu tốc tính đổi giữa đinh đập với đáy sông (hình 7- 35).

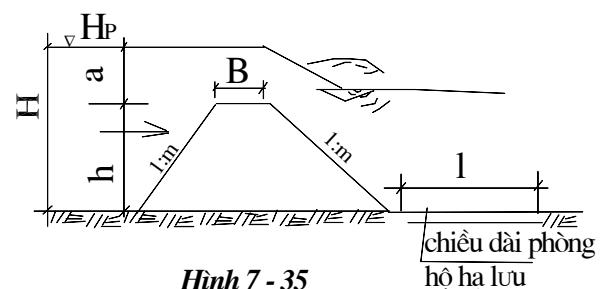
Tính đổi theo công thức sau:

$$V_{cp} = 0,837 V_n \quad (7 - 46)$$

trong đó:

$V_n = 20\sqrt{a \cdot i}$ - lưu tốc trên mặt, m/s;

V_{cp} : lưu tốc bình quân đinh kè, m/s;



Hình 7 - 35

a: chiều sâu tràn, m;

i : độ dốc đáy sông.

Đối với kè mực nước trung thông thường, nếu V_{cp} tính đổi nhỏ hơn lưu tốc bình quân của mặt cắt nơi đó thì dùng lưu tốc mặt cắt để thiết kế.

Chiều dài phòng hộ hạ lưu kè kiểu ngập nước tính theo công thức sau:

$$l = V_{cp} \sqrt{\frac{2(h+a)}{g}} > h \quad (7 - 47)$$

Cũng có thể dùng: $l = 2h$.

c. Tính chiều cao đỉnh kè, lưu tốc cục bộ đầu kè

- Tính cao độ đỉnh kè

$$H = H_p + h_{sl} + K \quad (7-48)$$

trong đó

H_p : mực nước thiết kế, m;

h_{sl} : chiều cao sóng leo, m;

K: hệ số an toàn.

- Tính lưu tốc cục bộ

- Đầu kè: Thường dùng công thức gần đúng.

$$V_m = (1,1 - 1,5)V_{cp} \quad (7 - 49)$$

Thường dùng $V_m = (1,2 - 1,3)V_{cp}$;

V_{cp} : lưu tốc bình quân dùng để thiết kế, m/s.

- Thân kè:

$$V_m = \frac{Q_1}{B_1 + H_1} \left(\frac{2\varepsilon}{\varepsilon + 1} \right) \quad (7 - 50)$$

trong đó:

Q_1 : lưu lượng bãi sông sau khi xây kè, m^3/s ;

B_1 : chiều rộng bãi sông, m;

H_1 : chiều sâu bình quân ở bãi sông, m;

ε : hệ số phân phối lưu tốc, công trình kiểu cong $\varepsilon = 1 - 3$; kiểu thẳng $\varepsilon = 4$.

Công thức trên chỉ dùng cho kè xây trên bãi.

d. Thiết kế phòng hộ và gia cố kè

Đầu kè chữ T bị lực xung kích của dòng nước lớn, bị xói nhiều, nên thông thường dùng gia cố phòng hộ loại nặng, ta luy đầu kè cần phải làm thoảii. Khi thiết kế kết cấu phòng xói phải căn cứ vào điều kiện địa chất và tình hình dòng nước phải tính xói chung và xói cục bộ. Đối với gốc kè chủ yếu là xét tác dụng của dòng nước chảy xoáy, nên phải cắm chặt vào bờ sông.

Gia cố mặt ngoài của kè chủ yếu là xét tới lực xung kích của sóng, cây cối. Mặt sau và đỉnh của kè ngập nước cũng cần phải gia cố. Đối với kè không ngập nước thì có thể căn cứ vào chiều dài kè, tình hình dòng nước sau kè mà có thể phân đoạn, dùng các tiêu chuẩn gia cố khác nhau.

7.3.6. Vấn đề duy tu công trình điều tiết

Các yếu tố tạo lòng của dòng sông thực là phức tạp, cùng một dòng sông ở các mức nước khác nhau tính chất của dòng nước cũng không giống nhau. Các công trình điều tiết trên mỗi con sông, thậm chí trên các đoạn khác nhau của cùng một con sông, cùng phát huy tác dụng không như nhau, cho nên khi thiết kế các công trình điều tiết, đặc biệt trên những con sông chưa hoàn toàn được chinh phục thì hệ thống điều tiết phải thiết kế trên phạm vi rộng nên cần phải nghiên cứu cẩn thận, có quy hoạch.

Trong trường hợp này thông thường không chỉ một lần mà thiết kế cả hệ thống được hoàn hảo. Do đó đối với các công trình điều tiết vĩnh cửu phải phân ra từng thời kỳ để xây dựng mới hợp lý.

Quá trình phân thời kỳ xây dựng cũng là quá trình quan sát nghiên cứu sửa đổi thiết kế (cũng có khi phân thời kỳ xây dựng là xuất phát từ điều kiện kinh tế, nhưng phải trên cơ sở đã bảo đảm điều kiện kỹ thuật). Đầu tiên xây dựng những bộ phận cần thiết mà đã nắm được chắc chắn qua một hai lần lũ, căn cứ vào tình trạng bồi tích mà kiểm nghiệm đường hướng dòng, góc khuỷu tán và cả hình thức công trình đã thiết kế xem có thích hợp hay không, mà xét việc sửa lại thiết kế cũ hoặc bổ xung. Có như vậy, việc bố trí cả hệ thống công trình điều tiết mới hợp lý và kinh tế.

Tất cả các công trình điều tiết đã có đều phải theo một nguyên tắc là:

Chỉ cho phép bản thân công trình phòng hộ khi lũ bị biến hình, nhưng không được từ đó mà cho nền đường hoặc các công trình được phòng hộ bị biến hình theo hoặc bị phá hoại. Bởi vì nếu bản thân công trình điều tiết bị biến hình hoặc bị phá hoại cục bộ thì có thể sửa chữa trong mùa khô nhưng các công trình được phòng hộ bị biến hình hay phá hoại thì sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới vận doanh bình thường của con đường.

§7.4. Công trình cải sông hoặc nắn thẳng

7.4.1. Khái lược

Mục đích cải sông trong xây dựng công trình nền đường là: dẫn dòng nước trực tiếp nguy hiểm cho nền đường chảy ra nơi khác, hoặc thoả mãn yêu cầu của nền đường mà chiếm luôn cả lòng sông, bắt sông phải nhường chỗ, đôi khi còn là cắt ngắn tuyến đường, giảm bớt cầu cống, hạ giá thành công trình.

Khi quyết định phương án thiết kế cải sông thì về mặt kỹ thuật phải tính toán kỹ, tức là lòng sông mới thiết kế này phải bảo đảm ổn định, dòng nước không quay trở lại lòng cũ; về mặt kinh tế, phải ưu việt hơn các phương án khác; đối với nông nghiệp, thuỷ lợi không có ảnh hưởng gì xâu.

Cần thấy là, cải sông để xây dựng nền đường thường làm phạm vi nhỏ, ở đoạn sông ngắn, và chỉ cần dựa vào xu thế của sông mà thiết kế cho phù hợp với đặc trưng tự nhiên của dòng sông là được, chưa cần thay đổi tính chất của dòng sông tự nhiên. Còn cải sông để xử lý dòng sông thường làm với quy mô lớn, có ảnh hưởng rộng, thường làm thay đổi cả tính chất dòng sông tự nhiên và có ảnh hưởng lớn tới các ngành kinh tế khác. Cải sông để thiết kế nền đường thường rất đơn giản nhưng ở nơi có hệ thống nông giang lớn hay sông thông thuyền thì phải chú ý cho thích hợp với điều kiện đặc trưng và yêu cầu của cơ quan quản lý địa phương.

7.4.2. Lý luận cơ bản về thiết kế cải sông

Sự hình thành lòng sông là do tác dụng lâu dài giữa cấu tạo địa tầng và dòng nước tự nhiên, mà chủ yếu là tác dụng tạo lòng. Chỉ có nắm chắc nhân tố tạo lòng của dòng sông nơi đó mới thiết kế cải sông được tốt.

a. Lưu lượng tạo lòng

Lưu lượng tạo lòng là lưu lượng để làm cho lòng sông biến đổi. Theo một số chuyên gia của Liên Xô trước đây thì nói chung lưu lượng này tương ứng với mực nước trung bình ngang mép bãi già ở sông ngòi vùng núi, lưu lượng tạo lòng tương đương với lưu lượng lũ có chu kỳ khoảng 6-11 năm. Theo kinh nghiệm của Trung Quốc thì lưu lượng tạo lòng mỗi đoạn dài của mỗi con sông ứng với mực nước xấp xỉ ngang bằng cao độ bình quân bãi già của đoạn đó. Lòng sông ứng với cao độ bình quân bãi sông và lòng sông ở mức nước trung bình gần như nhau, lưu lượng tạo lòng ước bằng lưu lượng lũ có chu kỳ 10-20 năm.

b. Mật cắt ngang giới hạn của lòng sông

Trên một đoạn sông, mật cắt ngang giới hạn của lòng sông là mật cắt ngang nhỏ nhất cho phép, phù hợp với lòng sông. Trên một con sông mật cắt giới hạn của mỗi đoạn không nhất thiết bằng nhau, khi thiết kế mật cắt, có thể so sánh và tham khảo mật cắt nhỏ nhất đoạn sông có địa tầng cùng loại ở thượng hạ lưu, nhưng không được dùng nhỏ hơn mật cắt giới hạn. Nếu dùng nhỏ hơn, thì dấu có công

trình phòng hộ bờ kiên cố, lòng sông tạo ra vân không ổn định. Dòng nước không những sẽ gây ra làm cho xói cục bộ quá sâu phá huỷ công trình phòng hộ bờ mà còn thúc vào một bên bờ làm lòng sông cong gấp và biến dạng đoạn hạ lưu.

c. *Hệ số ổn định của lòng sông*

Chiều rộng ổn định của lòng sông là chiều rộng lòng sông ứng với mực nước tạo lòng tại đoạn sông thẳng và lấy bằng chiều rộng bình quân của các đoạn sông ở thượng hạ lưu đoạn cải sông mà tình hình địa chất giống như ở đoạn này.

Hệ số ổn định của lòng sông K phụ thuộc chủ yếu vào tỷ số giữa chiều rộng mặt nước đoạn sông ổn định B với chiều sâu bình quân H_{cp} và có thể xác định bằng công thức sau:

$$K = \frac{B \cdot M}{H_{cp}} \quad (7-51)$$

B: chiều rộng ổn định của lòng sông tính theo công thức:

$$B = \frac{A \cdot Q^{0,5}}{I^{0,2}} \quad (7-52)$$

Với:

Q : lưu lượng tạo lòng, m^3/s ;

I : độ dốc dọc mặt nước (hoặc độ dốc dọc lòng sông), trị số $I^{0,2} = f(I)$;

A : hệ số ổn định mặt cắt ($A = 0,7 - 1,7$) hoặc dùng $A = nK_o$ để tính ;

n : hệ số nhám ;

V_p : lưu tốc không xói (khi chiều sâu 1m) , m/s ;

M: hệ số biến đổi có liên quan tới lưu lượng tạo lòng, với sông nhỏ thì nhỏ, với sông vùng đồng bằng thì lớn hơn, ở miền thượng du thì nhỏ hơn ở miền hạ du và có trị số biến đổi từ: 0,5 - 1,0.

Trị số K biến đổi trong phạm vi từ 8-16 và trung bình là 10; khi dòng sông khó xói, $K = 3 - 5$.

d. *Độ dốc ổn định là độ dốc không gây xói hay bồi có thể xác định theo công thức sau:*

$$I_y = A \left(\frac{V_p^5 n^4}{\sqrt{Q}} \right)^{10/22} \quad (7-53)$$

Nói chung, cải sông đều là cắt cong nắn thẳng, do đó sông rút ngắn lại, độ dốc tăng lên. Dòng chảy vượt quá độ dốc ổn định thường làm xói 2 bờ, sinh ra chảy vòng hay xói phía trên bồi phía dưới. Do đó, phải kiểm tra xem ở đoạn này

lòng sông có xói hai bờ hoặc có bồi tích hay không. Ở đoạn sông cong, dòng nước chảy vòng bị mất mát năng lượng và độ dốc giảm, vậy khi thiết kế nên dựa vào điều kiện địa chất lòng sông, cố gắng để dốc chỗ cửa vào cho dòng nước chảy vào được thuận lợi và nếu cần thiết tại đây có thể làm công trình gia cố phòng xói.

Bảng 7 - 18

I	0,010	0,005	0,003	0,001	0,0005	0,00036	0,00011	0,00008
$I^{0.2}$	0,398	0,346	0,251	0,225	0,204	0,164	0,152	0,152

Bảng 7 - 19

Bảng tham khảo trị số A

Loại sông	$A = \frac{BI^{0.2}}{Q^{0.5}}$		$K = \frac{B.M}{H_{cp}}$				$K_o = \frac{\sqrt{B}}{H_{cp}}$	
	a	B	a	b	a	b		
Sông miền thượng du, lòng có đá tảng, lưu tốc và độ dốc xấp xỉ với lưu tốc lâm giới và độ dốc lâm giới	0,7	0,9	1,0	0,8	16	10	2	3
Sông vùng núi, lòng có đá cát, nước chảy tương đối êm	0,9	1,0	0,8	0,62	10	9	3	5
Sông miền trung du lòng có sỏi sạn, cát, nước chảy êm	1,0	1,1	0,67	0,5	9	5,0	4	5
Sông miền hạ du, lòng có cát mịn bờ sông là sét cát	1,1	1,3	0,57	0,5	4,1	3	2,7	3
Như trên, nhưng bờ sông là cát, cát sét	1,3	1,7	0,54	0,5	8	1,0	8	10

Chú thích: a: đối với lòng sông mà 2 bờ không bị xói;

b: lòng sông mà cả 2 bờ lẫn đáy có thể bị xói.

$$H_{cp} = \left(\frac{nV_p}{\sqrt{I}} \right)^3 \quad (7 - 54)$$

e. Lưu tốc khống chế mực cắt

Lưu tốc khống chế mặt cắt là căn cứ để kiểm tra xem lòng sông có bị xói hay không. Đã biết kích thước bình quân hạt thô nhưỡng lòng sông thì có thể tính được lưu tốc bình quân cho phép làm căn cứ để thiết kế. Khi thiết kế mặt cắt, nếu lòng sông là cát sỏi, thì lưu tốc khống chế có thể tính theo công thức sau:

$$V_{bq} = 12\sqrt{d_{bq}} \text{ (m/s)} \quad (7 - 55a)$$

Để dự đoán khả năng di động của các tảng đá cá biệt trong lòng sông có thể dùng công thức:

$$V_{bq} = K\sqrt{d_{bq}} \text{ (m/s)} \quad (7 - 55b)$$

trong đó:

D_{bq} : đường kính bình quân của cát sỏi hay đá tảng, m; trị số này thường vào khoảng 0,25 - 0,33;

d_{max} : đường kính hạt lớn nhất của lòng sông, m;

K: hệ số thường lấy từ 5 - 6,5.

Xác định d_{bq} rồi có thể trực tiếp tra được lưu tốc cho phép ứng với các mức nước. (Xem bảng ở chương IV).

f. *Mặt bằng dòng sông.*

Vì dòng sông ổn định là dòng sông cong nên khi thiết kế dòng sông mới, đoạn thẳng nối tiếp hai đầu đoạn cong cũng không nên để dài quá. Công thức kinh nghiệm sau đây dùng để tính chiều dài đoạn cong ổn định.

$$L = (12 - 14)B \quad (7 - 56)$$

trong đó:

B: chiều rộng ổn định của đoạn sông thẳng (chiều rộng mặt nước), m.

Bán kính đường vòng của mỗi đoạn sông cong R có quan hệ với chiều rộng mặt nước ổn định tại đoạn đó và có thể điều tra thực tế mà tính được. Tốt nhất là:

$$R = (5 - 8) B \quad (7 - 57)$$

$$R_{min} \geq (2,5 - 3) B \text{ và } R_{max} \leq 20 B$$

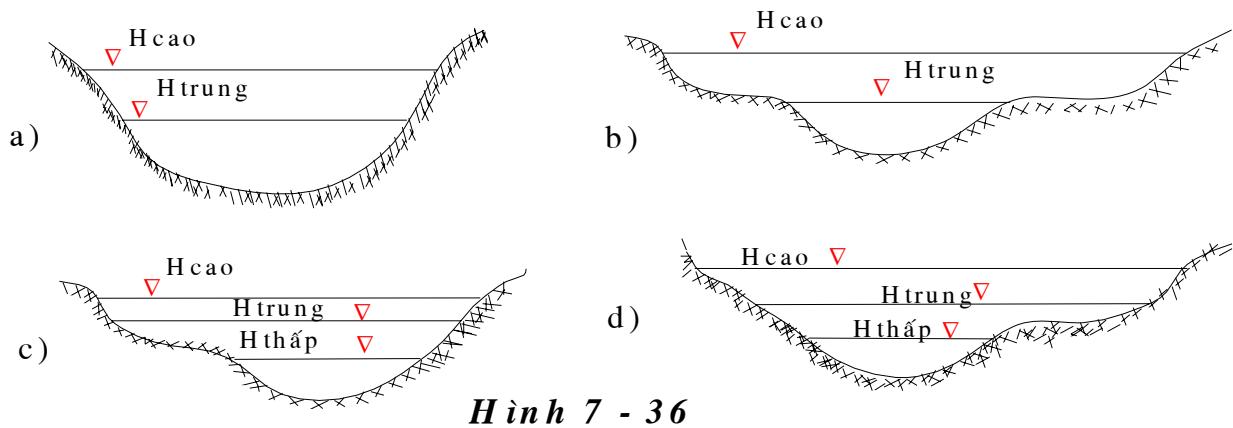
Khi $R > 20B$, dòng chảy xói vào bờ không rõ rệt, nhưng R quá to thì dòng nước không ổn định và làm lòng sông bị chuyển dịch.

Chiều rộng sông ở đoạn cong (B_K) nói chung chỉ bằng (0,5 - 0,7) chiều rộng sông ở đoạn thẳng B, đoạn cong vừa có thể dùng 0,5B; đoạn cong ngoặt dùng 0,75B.

Chiều dài đoạn thẳng giữa hai đoạn cong có thể thiết kế bằng 4B, nhưng thường không thực hiện được, nếu vượt quá trị số trên phải xét tới vấn đề chuyển dịch của lòng sông

g. Hình dạng mặt cắt ổn định

Hình 7- 36a, b là hình dạng mặt cắt đoạn sông thẳng, hình 7-36c và 7 - 36d là hình dạng mặt cắt đoạn sông cong.



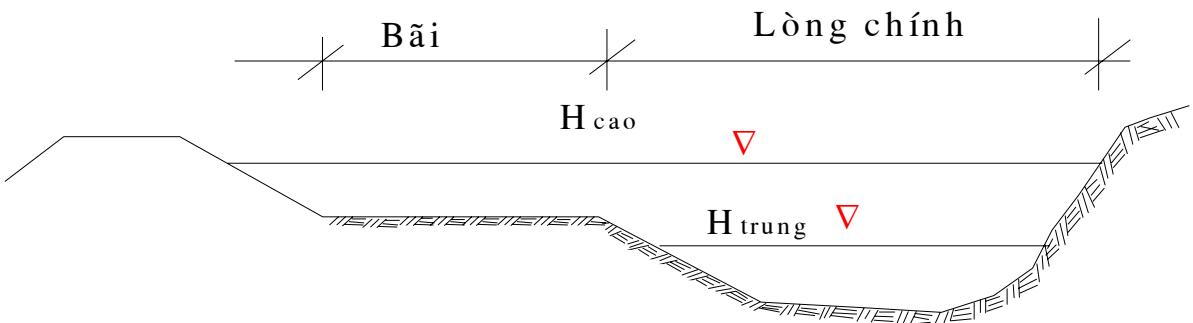
Chiều sâu bình quân H_K của đoạn sông cong ổn định và chiều sâu bình quân H của đoạn thẳng có thể tính theo công thức sau:

$$H_K = H \left(1 + \tau \sqrt{\frac{B}{r}}\right) \quad (7 - 58)$$

trong đó:

τ : trị số kinh nghiệm có quan hệ với $\frac{B}{r}$ (xem bảng 7 -20).

Để lũ bớt uy hiếp nền đường, bên lõm của đoạn cong có thể thiết kế thành lòng sông phức hợp, có nền bằng đặt ở phía nền đường và lòng sông chính ở cách nền đường xa một chút (hình 7 - 37)



Hình 7 - 37

Bảng 7 - 20

$\frac{B}{\gamma}$	0,16	0,2	0,25	0,33	0,50	0,70
τ	0,6	0,62	0,65	0,75	0,85	2,00

h. Quan hệ giữa lòng sông và các mực nước khác nhau

Sông thiên nhiên quan hệ về xói bồi giữa lòng sông và các mực nước tại đoạn thẳng và đoạn cong có khác nhau. Ở đoạn sông bãi rộng, khi nước thấp có phân luồng, khi lũ cao luồng sẽ hợp lại. Hình dạng lòng sông cũng do những nhân tố đó mà biến đổi.

- Xói và bồi.

- Khi nước thấp lòng sông ở đoạn thẳng sẽ dốc và nông nên sinh ra xói; còn ở đoạn cong, chỗ lòng sâu do ảnh hưởng của nước dênh tại đoạn thẳng phía hạ lưu nhỏ đi và lưu tốc ở đoạn thẳng cũng nhỏ hơn, nên phù sa từ chỗ đoạn thẳng đưa tới sẽ lắng đọng ở chỗ lòng sâu.

- Khi lũ lớn thì độ sâu ở lòng sâu và lòng nông không chênh lệch nhau mấy, hướng nước chảy thường chéo với đoạn sông thẳng, lưu lượng phần lớn tập trung về phía bờ lõm của đoạn cong, do đó lưu tốc ở lòng sâu sẽ lớn lên. Vì độ dốc ở lòng sâu lớn hơn ở đoạn thẳng, nên bùn cát sỏi ở đoạn sâu sẽ bồi tích ở đoạn thẳng.

- Ở đoạn thẳng lúc lũ lên thì bồi, lũ xuống thì xói; ở đoạn cong lúc lũ lên thì xói, lũ xuống thì bồi.

• Độ dốc ổn định của lòng sông có liên quan tới sự phân luồng ở đoạn cong: chỗ bãi rộng, khi nước thấp do sông nông, lòng bị bồi tích, và hình thành luồng cong hoặc phân luồng. Khi lũ, lưu lượng lớn, nước sông sâu thêm trực động lực dòng nước chuyển về trung tâm và chảy thẳng nên tăng xói đáy sông và giảm bớt xói bờ sông. Nhưng nếu bãi sông quá rộng, lưu tốc dòng chính ở mặt cắt không ổn định lại quá lớn thì sinh ra chảy xoáy 2 bờ khiến dòng nước chảy đi xuống làm

xói bờ sông hoặc làm dòng chủ di động, ở đoạn sông bãi rộng nước thường chảy xiết.

i. Quan hệ giữa mặt bằng và hình dạng mặt cắt

Nói chung, quan hệ này có các quy luật sau:

- Chỗ sâu nhất của lòng sông nằm ở phía hạ lưu dưới đầu đoạn cong và cách đầu đoạn cong đó chừng một phần tư chiều dài đoạn cong, còn chỗ nông nhất lại nằm phía hạ lưu đầu đoạn thẳng nối tiếp hai đoạn cong ngược chiều, chiều dài chuyển dịch về phía hạ lưu từ lòng sông trên tới lòng sâu dưới.

- Trên mặt bằng nếu đoạn sông cong biến đổi nhanh thì chiều sâu cũng biến đổi nhanh, nếu đoạn cong biến đổi chậm thì chiều sâu cũng biến đổi chậm.

- Bán kính đường cong càng nhỏ thì chiều sâu càng lớn.

- Với bán kính nhất định, nếu chiều dài đoạn cong tăng thì chiều sâu thoát tiên tăng rồi sau giảm xuống. Mỗi đoạn sông cong có một chiều sâu lớn nhất ứng với chiều dài đoạn cong đó.

7.4.3. Tài liệu cần cho thiết kế

- Lưu lượng lũ thiết kế lớn nhất xác định theo quy trình, chú ý là lưu lượng này sử dụng kết hợp với tài liệu về (1) loại sông (to hay nhỏ), (2) tình hình địa chất lòng sông, (3) đặc điểm địa phương (tầm quan trọng của lũ đối với khu dân cư, giá trị kinh tế của vùng đó). Với đoạn sông bãi rộng, còn cần thêm lưu lượng tạo lòng hoặc nếu không có thì xét lưu lượng chu kỳ 10-20 năm, mặt cắt địa chất ở điểm đầu và cuối đoạn cài sông và các tài liệu thuỷ văn khác như: mực nước, độ dốc, lưu tốc...

- Bình đồ địa hình địa chất: Tỉ lệ 1/500 - 1/1000 trên bản đồ cần có tím đường cài sông (nếu chỉ có sơ bộ cũng vẽ vào), đường tim này cần vẽ ở thực địa và liên hệ với tuyếen. Ngoài ra, để thấy rõ được xu thế dòng chảy ở thượng hạ lưu đoạn cài sông, cần có bản đồ địa hình với tỉ lệ 1/5000 - 1/10.000;

- Mặt cắt dọc địa chất tim tuyếen cài suối: Tỉ lệ cao: 1/200 - 1/500, ngang: 1/500 - 1/1000.

- Mặt cắt khống chế đoạn cài sông (kèm tài liệu địa chất) và mặt cắt nói chung.

- Bản thuyết minh địa chất, chú ý tới thuyết minh về địa chất lòng sông và tình hình, khả năng biến đổi lòng sông.

- Tài liệu thí nghiệm địa chất, nếu cần kiểm toán mái dốc bờ sông.

- Các tài liệu điều tra khác như lưu lượng tạo lòng, chiều rộng ổn định, độ dốc ổn định, mặt cắt giới hạn lòng sông, bán kính tối đa, tối thiểu của sông và chiều sâu xói lớn nhất trong thời kỳ lũ.

7.4.4. Thiết kế cải sông

a. Xác định các điểm đầu và cuối đoạn cải sông.

Căn cứ vào điều kiện địa chất, địa hình, vị trí công trình mà xác định các điểm đầu và cuối đoạn cải sông.

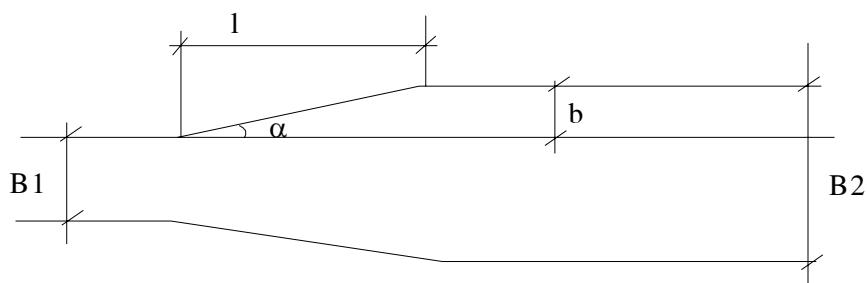
Khi xác định đầu và cuối đoạn cải sông, phải chú ý các điểm sau:

- Điểm đầu đoạn cải sông phải chọn cho hợp với xu thế tự nhiên của dòng sông chảy vào lòng chính, không nên gò ép.
- Điểm đầu đoạn cải sông tốt nhất là đoạn chọn ở nơi lòng sông khó bị xói lở, vì chỗ cửa vào thường để dốc hơn.
- Điểm cuối đoạn cải sông cần nối sao cho dòng nước chảy thuận vào sông thiên nhiên để giữ ổn định cho đoạn ở hạ lưu.

b. Thiết kế mặt bằng đoạn cải sông

- Ở điểm cuối đoạn cải sông nên bố trí kè hướng dòng để làm dòng nước chuyển hướng được đều, trên lòng cũ phải bố trí đập ngăn, nếu điều kiện cho phép thì phối hợp hai cái làm một.

- Đoạn thẳng nối tiếp 2 đoạn cong, chiều rộng đoạn cong, chiều dài và bán kính đường cong cần thiết kế cho phù hợp với tính chất sông, chủ yếu phải làm kết hợp phân tích tài liệu điều tra thực địa và tính toán để quyết định.
 - Thiết kế phải phù hợp với tình hình địa chất, không nên để khối lượng công trình lớn quá và xói quá nhiều;
 - Khi thiết kế cải sông nếu cần thay đổi mặt cắt thì phải thoả mãn hình 7 - 38.
 - Về thiết kế đường hướng dòng và bố trí công trình điều tiết xem § 7.3.



Hình 7 - 38

c. Thiết kế mặt cắt dọc đoạn cải sông

- Khi lòng sông có khả năng bị xói, thì dùng công thức (7 - 53) kiểm tra xem có bị xói không.

- Giữa hai độ dốc dọc khác nhau không cần dùng đường cong để nối tiếp nhưng độ dốc không được chênh nhau nhiều.

- Ở cùng một điều kiện địa tầng, nên thiết kế một độ dốc, dốc dài ngắn sẽ tùy tình hình cụ thể con sông đó nhưng không nên ngắn quá.

d. Thiết kế mặt cắt ngang đoạn cải sông

- Kích thước mặt cắt có thể tham khảo mặt cắt lòng sông có cùng điều kiện địa chất ở thượng hạ lưu sông cũ và kết hợp với tính toán để quyết định.

- Nếu lòng sông mới có khả năng bị xói, thiết kế mặt cắt phải dựa vào lưu tốc khống chế. Khi dùng công thức (7 - 55b) để tính lưu tốc khống chế thì trị số K lớn nhỏ sẽ tuỳ thời gian tác dụng của dòng nước dài ngắn, thông thường dùng bằng 5 và trong điều kiện đặc biệt bằng 6 - 6,5.

- Ở đoạn sông bãi rộng và khi thiết kế lòng sông phúc hợp, thì trong tính toán, ngoài lưu lượng lũ lớn nhất ra còn phải tính toán với lưu lượng tạo lòng và dùng công thức (7 - 52) để đối chiếu xem đã phù hợp yêu cầu về chiều rộng ổn định chưa. Nếu chiều rộng thiết kế lớn hơn trị số đó, sẽ sinh ra phân luồng, song chiều rộng và chiều sâu của lòng sông thiết kế không thể chênh lệch quá so với tình hình lòng sông nơi đó.

- Trong trường hợp chung, có thể không theo công thức (7 - 58) để tính chiều sâu đoạn cong.

- Khi giả định chiều sâu để tính mặt cắt, không để thượng lưu hay giữa hai đoạn sông lân cận có chênh lệch quá nhiều sẽ gây ra đường cong nước dênh.

- Khi kiểm tra xem lòng sông phức hợp có xói không phải xét tới lưu tốc bên bờ khi lũ lớn và cũng phải xét cả lưu tốc của lưu lượng tạo lòng.

- Căn cứ vào điều kiện địa tầng nơi đó, nếu lưu tốc thiết kế đủ để xói thông thoả nhuộng lòng sông thì để tiết kiệm khối lượng thi công, có thể xét đào lòng mới nhỏ bằng (0,5-1 lần) lòng sông thiết kế và để dòng nước tự mình tiếp tục khơi sâu mở rộng dần lòng sông sau này. Song trường hợp này phải xét tới ảnh hưởng của lũ ú dênh trước công trình khi chưa kịp xói thông hết lòng lạch thiết kế.

- Mái dốc (ta luy) lòng sông xác định chủ yếu theo điều kiện địa chất. Nếu điều kiện cho phép có thể dựa vào mặt cắt có lợi nhất để xác định mái dốc, khi cần thiết mái dốc sẽ xác định theo kiểm toán.

- Ở các đoạn có mặt cắt khác nhau đều phải tiến hành tính toán thuỷ lực.

e. Những điểm cần chú ý khi tính toán thuỷ lực

- Tính toán thuỷ lực cho sông lớn có thể dùng công thức Sêdi - Badanh, đối với sông vừa thì dùng công thức Sêdi - Manning, sông nhỏ thì dùng công thức Se di-Pavolôpski.

- Giữa 2 đoạn sông có mặt cắt khác nhau, nếu thoả mãn tình trạng như ở hình 7- 38, nói chung không cần xét tổn thất cột nước do khuếch tán;

- Ở đoạn chảy biến tốc lấy độ dốc năng lượng i_c (như ở hình 7 - 40) thay cho i trong công thức Sêdi và tính lưu lượng theo công thức 7- 68.

- Tổn thất cột nước ở đoạn cong có thể không cần xét.

f. *Những tính toán liên quan khác khi cải sông*

Những tính toán liên quan khác khi cải sông gồm có tính chiều cao sóng vỗ, xói chung, xói cục bộ, đường cong mặt nước...

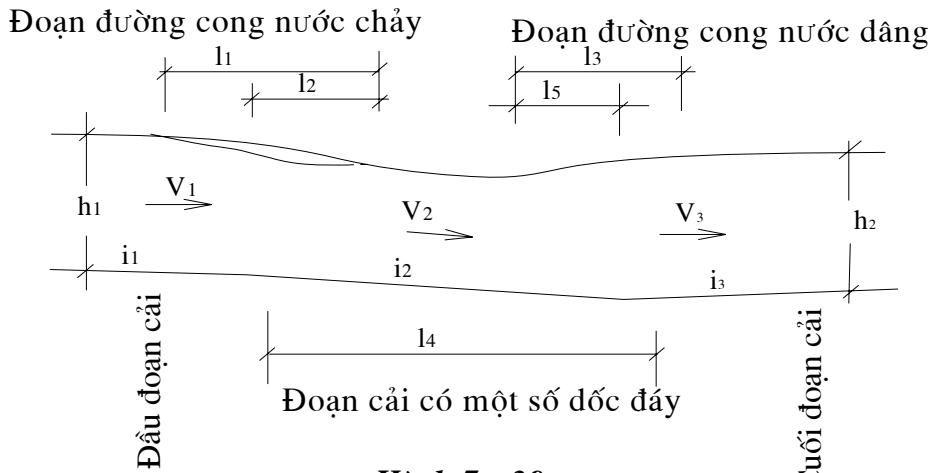
Khi tính đường cong mặt nước cần chú ý các điểm sau (trường hợp thông thường không xét các điểm này, chỉ cần đổi với các sông lớn):

Nói chung, cải sông thường là làm đoạn thẳng thay đoạn cong, sau cải sông thì mặt cắt dọc hay đường cong mặt nước có một số dốc đáy (khi cải sông dài), nhưng dốc đáy các đoạn nói chung đều lớn hơn dốc đáy lòng sông thượng hạ lưu tức là $i_2 > i_1$ và i_3 , đồng thời $V_2 > V_1$ và V_3 .

Nếu chênh lệch cao độ mặt nước của hai đoạn sông lân cận không nhiều, ảnh hưởng tới cao độ phòng hộ ít có thể không cần tính toán như đường cong mặt nước đoạn chảy biến tốc trong hình 7 - 39 mà có thể coi mặt nước biến đổi theo đường thẳng.

Nếu cần tính đường cong mặt nước thì phải tính L_1 và L_3 như ở hình 7 - 39. Tính chiều dài L_2, L_3 có thể theo phương trình Becnuli (công thức 7 - 71) như hình 7 - 42, chỉ cần biết chiều sâu của hai mặt cắt khác nhau thì có thể tính được chiều dài đường cong đoạn chảy biến tốc và hình dạng đường cong mặt nước.

Nếu cải sông trên một đoạn dài, hình dạng đường cong mặt nước có thể không đồng nhất, do đó khi thiết kế phải căn cứ vào tình hình cụ thể mà phân biệt tính toán.



Hình 7 - 39

h_1, h_2 - Chiều sâu bình thường trước và sau cài sông.

L_1, L_3 - Đoạn chảy bất đẳng tốc.

g. Xác định cao độ phòng hộ

Cao độ phòng hộ = cao độ mức nước tại mặt cắt đó + chiều cao sóng (cả sóng vỗ) + chiều cao an toàn (cho công trình phòng hộ là 0,25m ; cho trực tiếp phòng hộ mái ta luy nền đường là 0,5m).

7.4.5. Tính toán thuỷ lực

a. Hệ số tính đổi chu kỳ lưu lượng

Chu kỳ	500	300	100	50	25	20	10
Hệ số tính đổi	1,5	1,25	1,0	0,8	0,6	0,5	0,42

b. Các công thức tính mặt cắt ướt

Tính toán thuỷ lực cài sông là đã biết lưu lượng $lũ Q$; độ dốc đáy sông i , hệ số nhám lòng n ; cần tìm mặt cắt ướt hợp lý. Thông thường dùng công thức Sêdi (hay gọi phương pháp độ dốc bình quân).

- Tính cho đoạn chảy đều
- Đối với mặt cắt bất kỳ, công thức tính toán là:

$$V = C \sqrt{Ri} \quad (7 - 59)$$

$$Q = V \cdot \omega = \omega \cdot C \cdot \sqrt{Ri} \quad (7 - 60)$$

trong đó:

V : lưu tốc bình quân của mặt cắt, m/s ;

ω : diện tích mặt cắt nước chảy, m^2 ;

R : bán kính thủy lực của mặt cắt đó, m ;

C : hệ số lưu tốc của mặt cắt đó ;

i : độ dốc mặt nước của mặt cắt đó (nếu chảy đều thì lấy bằng độ dốc đáy).

- Đối với một đoạn sông thì mặt nước giữa hai mặt cắt có thể coi là một đường thẳng và trị số bình quân:

$$V_m = C_m \sqrt{R_m i_m} \quad (7 - 61)$$

$$Q_m = V_m \cdot \omega_m \quad (7 - 62)$$

Xác định trị số C có thể dùng công thức Ma-ninh

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (7 - 63)$$

trong đó: n - hệ số nhám sông;

Dùng công thức này thì công thức (7 – 60) thành:

$$Q = \frac{1}{n} \omega R^{2/3} i^{1/2} \quad (7 - 64)$$

Xác định hệ số C còn có 1 số công thức kinh nghiệm nữa như công thức Pavolőpski.

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

$$y = 2,5n - 0,13 - 0,75R(n - 0,1) \quad (7 - 65)$$

Phạm vi ứng dụng của công thức là:

$$0,1m < R < 3,0m$$

$$0,011 < n < 0,040$$

Trong phạm vi này tính theo Pavolőpski và Maninh không sai quá $\pm 8\%$.

Ngoài ra để tính hệ số C còn có công thức Badanh (dùng nhiều cho thiết kế mương máng).

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad (7 - 66)$$

trong đó:

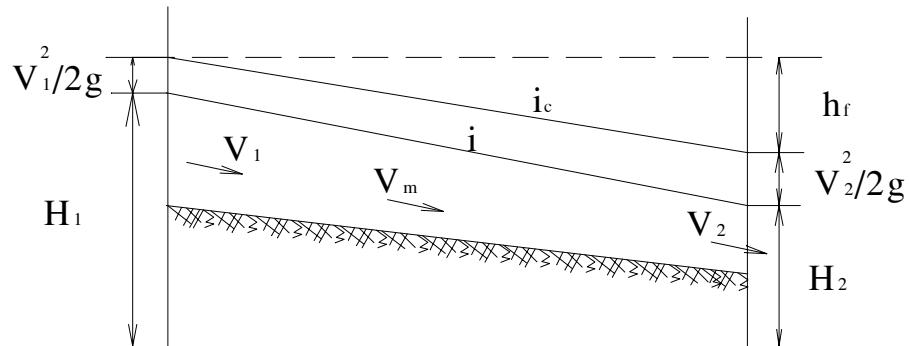
γ : hệ số nhám lòng sông (khác với n);

R: bán kính thuỷ lực, m.

- Tính theo đoạn chảy biến tốc: diện tích các mặt cắt ở đoạn sông biến đổi nhiều, độ nhám, cũng không giống nhau, đặc tính lưu lượng K giữa hai mặt cũng không giống nhau.

$K = \omega C \sqrt{R}$ và giả định K_1, K_2 là đặc tính lưu lượng của mặt cắt thượng hạ lưu. Đặc tính lưu lượng trung bình $K_m = \sqrt{K_1 \cdot K_2}$.

Trị số i trong công thức Sêdi sẽ thay bằng độ dốc năng lượng i_c như hình 7 - 40



Hình 7 - 40

$$i_c = \frac{h_f}{l} = \frac{\Delta H + \Delta \frac{V^2}{2g} - h_i}{l} \quad (7 - 67)$$

trong đó:

h_f : tổn thất cột nước do ma sát.

h_i : cột nước khôi phục khi động năng chuyển thành thế năng.

Khi: $V_1 > V_2$

$$h_i = \frac{1}{2} \Delta \frac{V^2}{2g}$$

ngược lại : $h_i = 0$

ΔH : chênh lệch mặt nước giữa 2 mặt cắt = $H_1 - H_2$;

$$Q = K_m \sqrt{\frac{\Delta H + \Delta \frac{V^2}{2g} - h_i}{l}} \quad (7 - 68)$$

Công thức 7 - 68 dùng để tính đoạn chảy biến tốc

Nếu mặt cắt thiết kế to dần về phía hạ lưu mà cần tìm cột nước tồn thất h_c do chảy khuyếch tán thì:

$$h_c = \alpha \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (7 - 69)$$

Do đó công thức 7 - 68 trở thành:

$$Q = K_m \sqrt{\frac{\Delta H + (1 - \alpha) \left(\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \right) - h_i}{l}} \quad (7 - 70)$$

$\alpha = 0 - 1,0$ thường dùng 0,5

c. Tính và vẽ đường cong mặt nước

- Mục đích vẽ đường cong mặt nước: Đường cong mặt nước là một trong những căn cứ để thiết kế cao độ phòng hộ đoạn chảy biến tốc, nhưng chỉ cần vẽ trong trường hợp 2 đoạn sông liên tiếp có mực nước và lưu tốc có chênh lệch ít.

- Phương pháp tính và vẽ:

Phương pháp tỷ năng mặt cắt: dùng phương trình Bernoulli có xét đến sự biến đổi của tỷ năng mặt cắt. Dùng phương pháp này để tính đường cong mặt nước thì tốt nhất là lưu tốc ở mặt cắt đầu và cuối không chênh nhau quá 25% - 30%.

Công thức cơ bản là:

$$h_H + \frac{\alpha V_H^2}{2g} + i_o \Delta l = h_K + \frac{\alpha V_K^2}{2g} + i_f \Delta l \quad (7 - 71)$$

Tỉ năng mặt cắt biến đổi:

$$(h_K + \frac{\alpha V_K^2}{2g}) - (h_H + \frac{\alpha V_H^2}{2g}) = \vartheta_K - \vartheta_H = \Delta \vartheta = (i_o - i_f) \Delta l \quad (7 - 72)$$

Cự ly giữa 2 mặt cắt:

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i_o - i_f} \quad (7 - 73)$$

Tổng chiều dài đường cong mặt nước:

$$l = \sum_{n=1}^m \frac{\Delta \vartheta_n}{i_o - i_f} \quad (7 - 74)$$

1 - Phân ra càng nhiều đoạn tính càng chính xác.
trong công thức:

h_H và V_H : chiều sâu và lưu tốc của mặt cắt đầu tiên, m;
 h_K và V_K : chiều sâu và lưu tốc của mặt cắt cuối, m;
 $i_o = \sin\alpha$: độ dốc thuỷ lực đáy đoạn sông tính toán;
 l : toàn bộ chiều dài đường cong mặt nước, m;
 g : gia tốc trọng lực, $g = 9,81 \text{m}^3/\text{s}$;
 α : hệ số phân bố lưu tốc không đều trong mặt cắt lòng sông, mặt cắt hình lăng thê $\alpha = 1$, nếu không phải là lăng thê hay trong các trường hợp lưu tốc phân bố không đều $\alpha = 1,1$;

i_f : độ dốc ma sát bình quân của đoạn sông tính toán:

$$i_f = \frac{i_{f_H} + i_{f_K}}{2} \quad (7 - 75)$$

$$i_{f_H} = \frac{V_H^2}{C_H^2 R_H}, \quad i_{f_K} = \frac{V_K^2}{C_K^2 R_K}$$

Ví dụ: Căn cứ vào các số liệu cho dưới đây, vẽ đường cong mặt nước của kênh hình thang:

$$Q = 64 \text{m}^3/\text{s} \quad i = 0,1 \quad m = 1,5$$

$$B_{\text{đáy}} = 10,6 \text{m} \quad n = 0,014$$

Chiều sâu ở mặt cắt đầu: $h_1 = 1,5 \text{m}$

Chiều sâu ở mặt cắt cuối: $h_n = 0,8 \text{m}$

Cho $h_2 = 1,5 \text{m}$, $h_3 = 1,0 \text{m}$; tính cự ly các mặt cắt Δl rồi tính tổng chiều dài đường cong mặt nước l .

Dựa vào các công thức áp dụng đối với sông hình thang xác định yếu tố thuỷ lực dòng chảy trong các mặt cắt tương ứng (hình 7 - 41)

Đối với mặt cắt có chiều sâu $h_1 = 1,5 \text{m}$

$$\omega_1 = bh_1 + mh_1^2 = 10,6 \times 1,5 + 1,5 \times 1,5^2 = 19,29 \text{m}^2$$

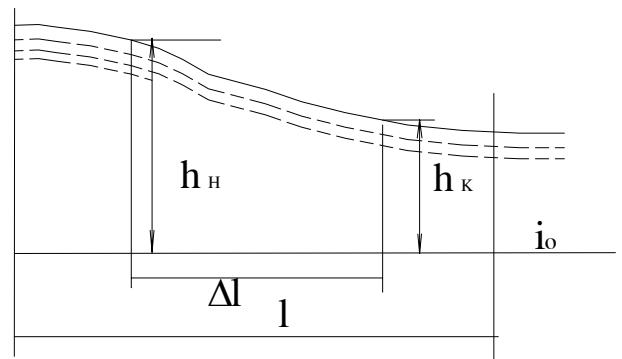
$$\chi_1 = b + 2h_1(1+m^2)^{0,5} = 16 \text{m}$$

$$R = \frac{\omega_1}{\chi_1} = \frac{19,29}{16} = 1,20m$$

$$C_1 = \frac{1}{n} R_1^y = \frac{1}{0,014} \times 1,2^{1/6} =$$

$$V_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{64}{19,29} = 3,32m/s$$

$$\frac{\alpha V_1^2}{2g} = \frac{1,1 \times 3,32^2}{2 \times 9,81} = 0,6m$$



Hình 7 - 41

Tỉ năng mặt cắt:

$$\vartheta_1 = h_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = 1,5 + 0,6 = 2,1m$$

Với mặt cắt có $h_2 = 1,2m$:

$$\omega_2 = 14,88 m^2, \chi_2 = 14,92m, R_2 = 1,0m$$

$$C_2 = 71,4, V_2 = 4,3m/s$$

$$\alpha \frac{V_2^2}{2g} = 1,03m, \vartheta_2 = 2,23m$$

$$\Delta \vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = 2,33 - 2,10 = 0,13m$$

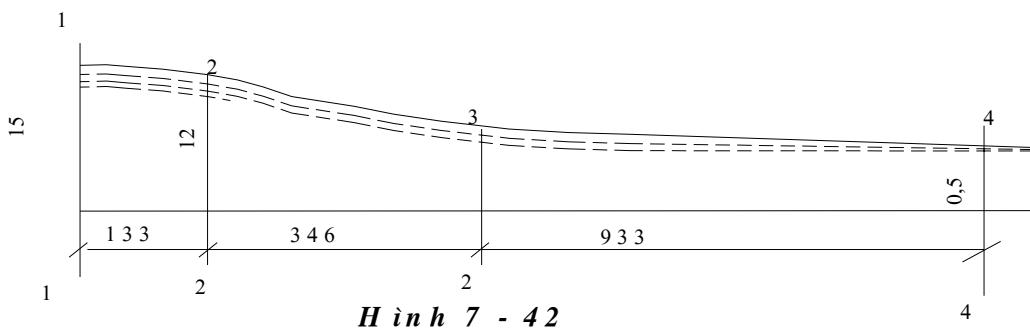
$$V_{cp} = \frac{1}{2}(1,2 + 1) = 1,1m, R_{cp} = \frac{1}{2}(3,32 + 4,3) = 3,81m$$

$$C_{cp} = \frac{1}{2}(73,6 + 71,4) = 72,5$$

$$i_s = \frac{3,81^2}{72,5^2 \times 1,1} = 0,0025$$

$$\text{Được } l_1 = \frac{0,13}{0,1 - 0,0025} = 1,33m$$

Cũng tính tương tự như vậy tìm được cự ly giữa hai mặt cắt có chiều sâu h_2, h_3 và h_4 kết quả ghi ở bảng 7 - 21 và hình 7 - 42.



Bảng 7 - 21

Bảng tính toán chiều dài đường cong mặt nước

Phù hiệu và công thức	Đơn vị	Mặt cắt 1-1	Mặt cắt 2-2	Mặt cắt 3-3	Mặt cắt 4-4
Chiều sâu h	m	1,50	1,20	1,00	0,80
Đáy sông B	m	10,6	10,6	10,6	10,6
Chu vi ướt χ	m	16,0	14,92	14,20	13,48
Diện tích ω	m^2	19,27	14,88	12,10	9,74
Bán kính thuỷ lực R	m	1,20	1,00	0,85	0,70
Hệ số lưu tốc C		73,60	71,40	69,50	67,30
Lưu tốc V	m/s	3,32	4,30	5,29	6,78
Động năng $\alpha V^2 / 2g$		0,60	1,03	1,56	2,58
Tỉ năng $\beta = h + \alpha V^2 / 2g$	m	2,10	2,23	2,56	2,38
Biến đổi tỉ năng	m	0,13	0,33	0,82	
Độ dốc đáy I		0,10	0,10	0,10	
V_{cp}	m/s	3,81	4,80	6,3	
R_{cp}	m	1,10	0,92	0,70	
C_{cp}		72,5	70,5	68	
Độ dốc ma sát bình quân i_f		0,0025	0,005	0,10	
Δl	m	1,33	3,46	9,3	
L	m		14,2		

§7.5. Công trình bảo vệ bờ sông chống lũ

7.5.1. Giới thiệu chung

Muốn để cho công trình nền đường đầu cầu hay mái dốc bờ sông v.v... không bị dòng chảy lũ hoặc các hiện tượng thiên nhiên khác phá hỏng, cần phải làm công trình bảo vệ bờ sông.

Cấu tạo kè lát mái bảo vệ bờ sông gồm ba bộ phận chính: Chân kè, thân kè và đỉnh kè

- Chân kè là phần đáy ở chân mái dốc, có tác dụng chống xói chân mái dốc và làm nền tựa cho chân kè, theo qui định cao độ đỉnh chân kè lấy cao hơn mực nước kiệt với tần suất 95% bằng 0,5 m

- Đỉnh kè là phần nằm ngang phía trên cùng của kè có tác dụng bảo vệ thân kè đối với tác động của dòng chảy mặt và các tác động khác, bề rộng đỉnh kè được lấy bằng 0,5 đến 2 m, cao độ đỉnh kè (H_{DK}) xác định theo công thức :

$$H_{DK} = H_{TT} + \Delta h_D + h_{SL} + a \quad (7-76)$$

trong đó

H_{TT} : cao độ mực nước tính toán, m;

Δh_D : độ dênh do cầu làm thắt hẹp dòng chảy, m;

h_{SL} : chiều cao sóng leo lên mái dốc, m;

a: độ an toàn kỹ thuật đối với nền đường dẫn bằng 0,5m; còn đê hướng dòng bằng 0,25 m;

- Thân kè là phần kể từ đỉnh chân kè tới đỉnh kè nó chịu tác động của dòng chảy, sóng, áp lực nước và áp lực dòng thấm.

Vận tốc, chiều sâu dòng nước, địa chất bờ sông, chiều cao sóng, thời gian ngập nước, điều kiện vật liệu địa phương là điều kiện cơ bản và cơ sở để chọn hình thức gia cố.

Khi thiết kế công trình bảo vệ bờ sông, thường dùng các loại phòng hộ gia cố như lát cỏ, xếp bó cây, rọ đá, đá xếp khan hoặc xây vữa, kết cấu bê tông đổ tại chỗ, bán bê tông cốt thép lắp ghép, hay trồng rừng giảm sóng v.v... Trước khi đi vào lựa chọn các dạng kết cấu gia cố bảo vệ có thể tham khảo bảng (7-22).

Bảng 7-22

a) Vận tốc cho phép không xói của các loại gia cố

T/T	Loại gia cố	Chiều sâu dòng nước, m			
		0,4	1,0	2,0	3,0
		Tốc độ nước chảy trung bình, m/s			
1	2	3	4	5	6

1	Lát cỏ nằm (trên nền chắc)	0,9	1,2	1,3	1,4
	Lát cỏ chồng thành tường	1,5	1,8	2,0	2,2
2	Đổ đá ba và đá hộc với kích thước đá từ 7,5 cm và lớn hơn	Theo bảng 7-22b nhân thêm với hệ số 0,9			
3	Đổ đá 2 lớp trong lưới đan với kích thước khác nhau	Theo bảng 7-22b nhân với hệ số 1,1			
4	Lát đá 1 lớp trên lớp guột hay rơm rạ lớp này ≥ 5 cm				
	a- loại đường kính 15 cm	2,0	2,5	3,0	3,5
	b - loại đường kính 20 cm	2,5	3,0	3,5	4,0
	c - loại đường kính 25 cm	3,0	3,5	4,0	4,5
5	Lát đá trên lớp đá dăm hay sỏi lớp đá dăm này ≥ 10 cm				
	a- bằng đá cỡ 15 cm	2,5	3,0	3,5	4,5
	b – bằng đá cỡ 20 cm	3,0	3,5	4,0	4,5
	c – bằng đá cỡ 25 cm	3,5	4,0	4,5	5,0
6	Lát đá cẩn thận các kẽ có chèn chặt đá con, trên lớp đá dăm hay sỏi, lớp đá dăm này ≥ 10 cm				
	a- bằng đá cỡ 20 cm	3,5	4,5	5,0	5,5
	b – bằng đá cỡ 25 cm	4,0	4,5	5,5	5,5
	c – bằng đá cỡ 30 cm	4,5	5,0	6,0	6,0
7	Lát đá 2 lớp trên lớp đá dăm (hay sỏi) lớp dưới đá cỡ 15 cm, lớp trên 20 cm (lớp đá dăm lót không bé hơn 10 cm)	3,5	4,5	5,0	5,5
8	Gia cố bằng bó thân cây hay cành cây trên nền đá đầm chặt (để gia cố tạm thời) a - lớp gia cố 20 - 25 cm b - với các chiều dày khác	-	2,0	2,5	
		Như mục 8a nhân với hệ số điều chỉnh $0,2\sqrt{h_{gc}}$; h_{gc} - chiều dày lớp gia cố			
9	Gia cố mềm bằng thân cây: a - khi chiều dày là 50 cm b - với các chiều dày khác	2,5	3,0	3,5	-
		Như mục 9a nhân thêm với hệ số điều chỉnh $0,2\sqrt{h_{gc}}$			

10	Lát đá tảng 0.5x0.5x1.0m	4,0	5,0	5,5	6,0
11	Lát đá khan bằng đá vôi có cường độ > 100 kg/cm ²	3,0	3,5	4,0	4,5
12	Lát đá khan bằng đá cứng với cường độ > 300 kg/cm ²	6,5	8,0	10,0	12,0
13	Gia cố bằng lớp áo bê tông Máy 200	6,5	8,0	9,0	10,0
	Máy 150	6,0	7,0	8,0	9,0
	Máy 100	5,0	6,0	7,0	7,5
14	Máng gỗ nhẵn, móng chắc chắn, dòng nước chảy theo thớ gỗ	8	10	12	14
15	Máng bê tông có trát nhẵn mặt Bê tông máy 200 - nt - 150	13	16	19	20
	- nt - 100	12	14	16	18
		10	12	13	15
	<i>Ghi chú:</i> các trị số trên không được nội suy, mà phải lấy trị số gần nhất				

b) Vận tốc không xói cho phép khi gia cố ta-luy và lòng suối

Loại gia cố	Cỡ đá (cm)	Chiều sâu dòng nước chảy, m		
		0,4	1,0	≥ 2
		Tốc độ trung bình, m/s		
- Lát đá ba: Cỡ nhỏ Cỡ vừa Cỡ lớn	7,5 - 10 10 - 15 15 - 20	2,5 2,6 3,2	2,6 3,0 3,5	3,0 3,5 4,0
- Lát đá hộc: Cỡ nhỏ Cỡ vừa Cỡ lớn và lớn hơn	20 - 30 30 - 40 40 - 50	3,7 -	4,0 4,5	4,5 4,8 5,2

7.5.2. Thiết kế cố thân kè

Kết cấu và vật liệu làm thân kè phải đảm bảo các yêu cầu: chống được sự kéo trôi của dòng chảy và sóng; chống được xói ngầm bờ sông do dòng thấm; chống được sự phá hoại do các vật trôi.

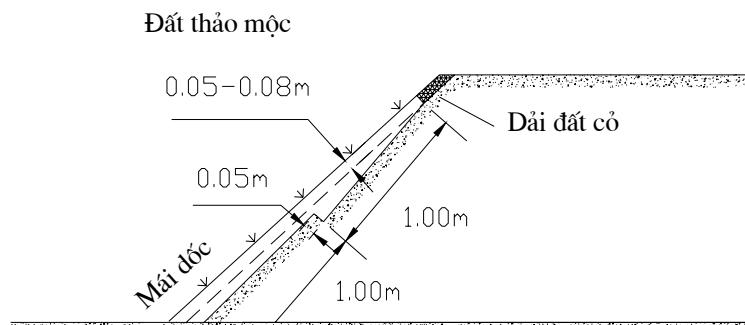
Vật liệu làm thân kè thường dùng là đá hộc khan, đá chít mạch, đá xây vữa bê tông, bê tông nhựa đường, bê tông và bê tông cốt thép ...

Trường hợp bờ cao quá 5m, thường sử dụng hai đến ba loại độ dốc, phần dưới thoái hơn phần trên, ở điểm thay đổi độ dốc có thể đặt bậc cơ rộng tùy theo yêu cầu, thường từ 0.6 đến 1m. Trường hợp bờ xây quá 3m đối với loại kết cấu (đá chít mạch, đá xây...) phải bố trí lỗ thoát nước. Phần thân kè, nơi có nhiều hoạt động kinh tế, sinh hoạt của con người vì vậy phải bố trí các bậc thang lên xuống, và chú ý đến yêu cầu cảnh quan, thẩm mỹ môi trường. Nơi có tàu thuyền neo đậu cần bố trí bích neo, trụ neo...

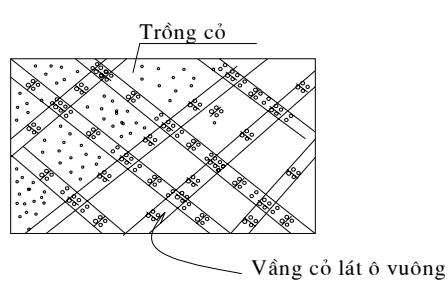
Lớp gia cố bảo vệ mái bờ sông (thân kè) tùy theo điều kiện đất bờ, lực tác dụng và khả năng kỹ thuật - kinh tế để lựa chọn hình thức thích hợp. Sau đây giới thiệu một số loại kết cấu thường dùng ở Việt Nam:

a. *Ta luy trồng cỏ*

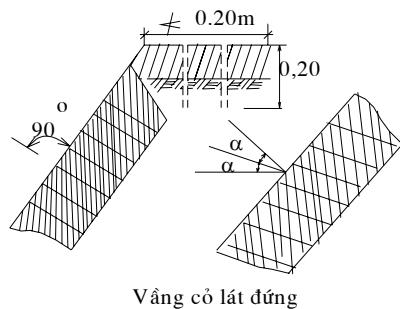
Khi tốc độ dòng chảy nhỏ hơn 1.5 m/s và thời gian ngập nước ít có thể áp dụng biện pháp trồng cỏ, khi sử dụng biện pháp trồng cỏ thì cần xem xét trước đất ở khu vực bờ sông đó có thuận lợi cho cỏ mọc và phát triển không. Nếu nền là đất cát hoặc đất nhiễm mặn thì trước lúc trồng cỏ phải phủ lên mặt mái dốc một lớp đất thảo mộc dày từ 15 đến 20 cm, bình thường thì mái dốc được phủ lên một lớp đất thảo mộc (làm lớp phủ) dày 5 đến 8 cm. Hình 7-43 giới thiệu một số dạng lát mái ta luy trồng cỏ:



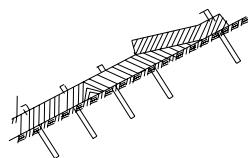
Hình 43a: Gia cố mái dốc bằng cách trồng cỏ



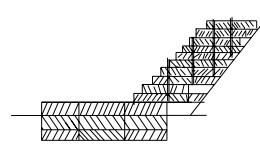
Hình 7-43b: Vâng cỏ lát ô vuông



Hình 7 -43 c: Vâng cỏ lát đứng



Hình 7 -43 d: Vâng cỏ dài ốp taluy

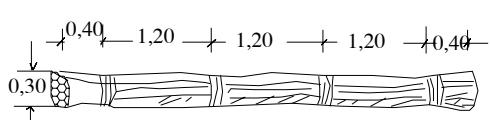


Hình 7 -43e: Vâng cỏ lát đè lên nhau

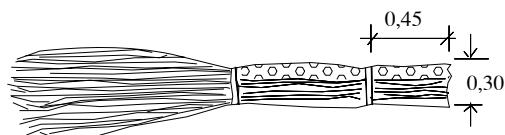
b. Bó cây

Công dụng chính của bó cây là phòng hộ bờ sông, làm vật liệu cho một số công trình chính trị ngoài ra còn làm vật liệu để tu sửa một số chỗ hỏng trong công trình.

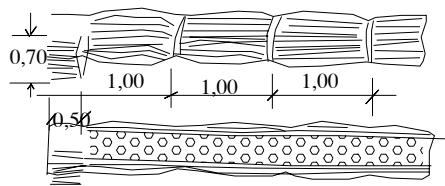
Bó cây làm bằng cành ngọn cùi vụn bó thành bó tròn dài, ngoài ra còn có loại cây có đuôi, và bó cây trong nhét đá (Xem tham khảo một số dạng trong hình 7-44).



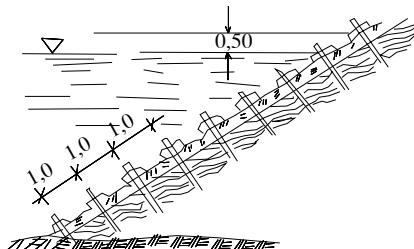
Hình 7- 44a: Bó cây thông thường



Hình 7 -44b: Bó cây có đuôi



Hình 7- 44c: Bó cây nhét đá



Hình 7-44d: Kiểu lát bó cây có đuôi

c. Đá hộc

Đá hộc làm thân kè thường dùng là đá hộc lát khan, đá chít mạch, đá xây vữa bê tông.

Dá hộc lát khan

Hệ số mái dốc thân kè m thường bằng 2 đến 3 và phải dựa vào tính toán ổn định thân kè, đá hộc phải xếp đứng và chèn chặt, dưới lớp đá hộc là lớp lọc thường làm bằng đá dăm dày 0,1 đến 0,15 m. Hiện nay việc dùng vải địa kỹ thuật (tên gọi chung các loại vải dệt hoặc không dệt chế tạo từ polyme tổng hợp) để thay thế lớp lọc truyền thống làm bằng cuội sỏi hoặc bêtông xốp đang được khuyến khích và sử dụng rộng rãi nhưng vẫn phải bố trí lớp đệm, chú ý rằng vải địa kỹ thuật (ĐKT) dễ bị lão hóa, đặc biệt khi đặt ở vùng nước thay đổi, chịu ảnh hưởng trực tiếp của nhiệt độ và ánh sáng, vải ĐKT có thể bị rách khi đặt trực tiếp dưới lớp đá hộc và khi nền lún không đều.

Các chức năng của vải ĐKT tùy theo lĩnh vực áp dụng có các chức năng sau:

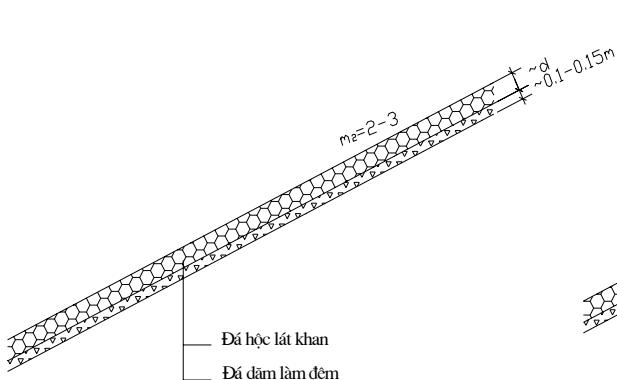
- Chức năng phân cách
- Chức năng lọc
- Chức năng tiêu thoát
- Chức năng gia cường
- Chức năng bảo vệ

Khi dùng vải ĐKT để thay thế tầng lọc ngược truyền thống phải chọn vải ĐKT đạt yêu cầu sau :

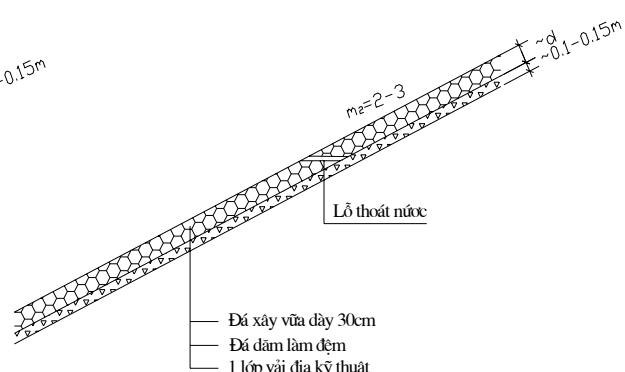
- Chặn đất tốt
- Thấm nước tốt
- Chống tắc
- Độ bền thi công
- Tuổi thọ

Việc chọn vải ĐKT nào cần phải thông qua tính toán trên cơ sở của tài liệu thủy văn, địa chất cụ thể của khu vực dự án.

Cấu tạo thân kè bằng đá hộc lát khan và đá xây vữa dùng vải lọc thay thế tầng lọc truyền thống được mô tả trong hình (7-45) và (7-46).



Hình 7-45



Hình 7-46

Đường kính viên đá lát được xác định theo 2 điều kiện:

- Chống được tác động của dòng chảy đường kính viên đá được xác định theo công thức:

$$\eta \cdot U = K \cdot 5,45 \cdot h^{0.14} \cdot d^{0.36} \quad (7-77)$$

trong đó:

η : hệ số ổn định cho phép được lấy bằng hệ số ổn định cho phép của đê có cấp tương đương. Trị số hệ số ổn định trên không được vượt quá hệ số ổn định cho phép 20%;

U: lưu tốc bình quân thuỷ trực lớn nhất thực đo tại vị trí xây dựng, m/s;

K: hệ số xác định theo công thức :

$$K = \sqrt{\frac{m_0 \times \sin \theta}{1 + m^2}} + \sqrt{\frac{m^2 - m_0^2 \times \cos^2 \theta}{1 + m^2}} \quad (7-78)$$

trong đó ;

m: hệ số mái dốc của chân kè hoặc thân kè;

m_0 : hệ số mái tự nhiên của đá thả rời trong nước;

θ : góc hợp bởi đường mép nước và hình chiếu hướng dòng chảy của dòng nước lên mái dốc;

h: chiều sâu của viên đá tính toán, m;

d: đường kính viên đá, m;

Trường hợp dòng nước húc thẳng vào bờ K = 0.6 ÷ 0.9

- Để chống được tác động của sóng, đường kính viên đá xác định theo công thức :

$$d = \eta \times d_0 \times h_s \times \sqrt[3]{\lambda} \times \frac{\gamma}{\gamma_d - 1} \quad (7-79)$$

trong đó :

d: đường kính viên đá, m;

η : hệ số ổn định cho phép được lấy bằng hệ số ổn định cho phép của đê có cấp tương đương. Trị số hệ số ổn định trên không được vượt quá hệ số ổn định cho phép 20%;

d_0 : hệ số phụ thuộc vào mái dốc thân kè;

khi $m = 2$, $d_0 = 0,13$

khi $m = 3$, $d_0 = 0,11$

h_s : chiều cao sóng leo lên mái dốc thân kè;

Chiều cao sóng leo lên mái dốc thân kè được xác định theo công thức :

$$h_{sl} = 0,0208 \times W^{\frac{5}{4}} \times D^{\frac{1}{3}} \quad (7-80)$$

trong đó:

w: tốc độ gió, m/s;

D: đà gió, Km;

γ_d , γ : trọng lượng riêng của đá và của nước, T/m³;

λ : tỷ số giữa chiều dài và chiều cao sóng;

Từ kết quả tính toán theo 2 điều kiện trên, chọn trị số đường kính viên đá lớn nhất để thiết kế thân kè.

Khi tính đường kính viên đá và chiều cao sóng leo lên mái dốc công trình ngoài 2 công thức (7-77), (7-79) có thể sử dụng các công thức đã giới thiệu trong các quy trình chuyên môn khác như:

- Trên những chỗ nước chảy, kích thước lớp đá trên mặt muối thật ổn định phải thỏa mãn yêu cầu sau :

$$d \geq \frac{v^2}{14.4} \quad (7-81)$$

d: đường kính viên đá, m;

v: lưu tốc bình quân ở cạnh khối đá, m/s.

- Chiều cao sóng leo lên mái dốc thân kè khi tính toán có thể sử dụng phương pháp đã nêu ở mục 7.1.4

Đá chít mach

Đường kính viên đá được xác định theo như đá hộc lát khan đã nêu ở trên, trong đó trị số d_0 được giảm đi 25% so với trị số ở trên và phải bố trí lỗ thoát nước, ngoài ra cần kiểm tra ổn định đẩy nổi theo công thức :

$$P_n \leq d_b \cdot \gamma_b \cdot \cos\alpha \quad (7-82)$$

trong đó :

P_n : áp lực đẩy nổi của nước tác dụng lên đá hoặc tấm bê tông, T/ m²;

d_b : chiều dày lớp gia cố, m;

γ_b : trọng lượng riêng của lớp gia cố, T/ m³;

α : góc nghiêng mái bờ so với mặt phẳng ngang.

2- *Dá xây*

Ở những nơi có sóng lớn, dòng chảy mạnh mà không có đá đú lớn thì phải xây đá. Xây đá thực chất là loại bêtông đổ tại chỗ, cho nên cần tuân theo những chỉ dẫn tương ứng cho loại gia cố này, xây đá yêu cầu đất nền phải rất ổn định, đồng thời rất dễ bị phá hoại bởi tác dụng của nước ngầm từ phía trong. Hình 7-46 mô tả cấu tạo thân kè bằng đá xây vữa.

d Gia cố bằng bêtông và bêtông cốt thép.

Loại gia cố này thường dùng đến vật liệu đất tiên và đòi hỏi các điều kiện kỹ thuật cao về thi công, cho nên chỉ dùng cho những trường hợp công trình đặc biệt về yêu cầu sử dụng, hoặc có lực của dòng chảy rất mạnh.

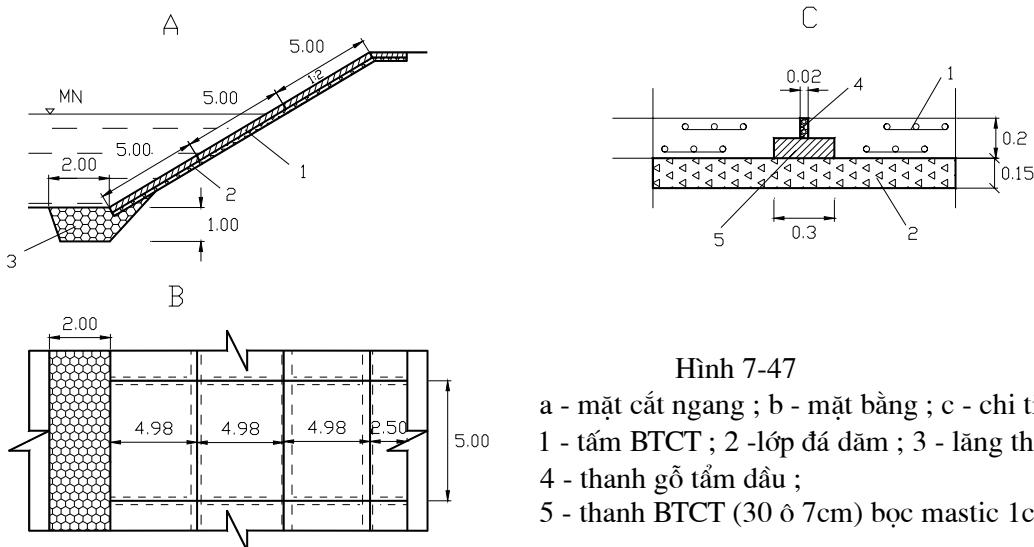
Bêtông đổ tại chỗ:

Bêtông đổ tại chỗ không có cốt pha chỉ có thể thực hiện được trên mái dốc có độ dốc lớn nhất là 1 : 2,5. Chiều dày lớp gia cố tùy theo trường hợp cụ thể, có thể từ 10 ÷ 20cm. Bêtông gia cố bờ cần kín đặc, bền vững. Tỷ lệ ximăng thường dùng là 200 ÷ 250 kg/ m³, có sử dụng phụ gia càng tốt và nên sử dụng đầm rung.

Khoảng cách giữa các khe kết cấu có thể từ 3 ÷ 7 m, với diện tích mỗi ô khoảng 25 ÷ 40 m². Khe kết cấu rộng 2 ÷ 3 cm, chạy ngang, dọc theo đường bờ và mái dốc. Khe nhiệt cách nhau 20 ÷ 30 cm tùy theo chênh lệch nhiệt độ và điều kiện làm việc của công trình.

Chú ý rằng dưới các lớp bêtông, cần có lớp đệm đá dăm và dọc theo các khe, lớp đệm có kết cấu như tầng lọc ngược.

Bêtông cốt thép đổ tại chỗ được sử dụng ở những vùng có sóng gió đặc biệt lớn, trên các kênh vận tải quan trọng. Cốt thép đặt giữa mặt cắt nếu chiều dày lớp gia cố mỏng hơn 15 cm và đặt thành 2 lớp nếu chiều dày lớn hơn. Tỷ lệ cốt thép đối với cả 2 phương lấy khoảng 0,3 ÷ 0,5 %. Khoảng cách giữa các khe lún là 10 ÷ 15 cm, giữa các khe nhiệt là 20 ÷ 25 cm. Để tham khảo trong hình 7 - 47 giới thiệu công trình gia cố bờ bằng bê tông cốt thép đổ tại chỗ.



Hình 7-47

a - mặt cắt ngang ; b - mặt bằng ; c - chi tiết khe nối
 1 - tấm BTCT ; 2 - lớp đá dăm ; 3 - lăng thẻ chân bờ
 4 - thanh gỗ tẩm dầu ;
 5 - thanh BTCT (30 ô 7cm) bọc mastic 1cm)

Tấm bêtông đúc sẵn:

Được sử dụng gia cố bờ ngày càng nhiều vì nó có khả năng công nghiệp hóa trong các khâu chế tạo và thi công. Chất lượng của tấm lát được bảo đảm vì chế tạo trong nhà máy, lượng tiêu hao ít hơn so với bêtông đổ tại chỗ.

Xét đến ứng suất phụ nảy sinh trong lúc vận chuyển, các tấm bêtông đúc sẵn thường phải đặt cốt thép. Hình dạng của tấm có thể là hình chữ nhật, hình lục giác nhưng thông thường nhất là hình vuông. Kích thước mỗi tấm phụ thuộc vào tình hình chịu lực và điều kiện thi công.

Có thể chọn kích thước tấm bêtông như sau :

- Bêtông thường : 0,5 x 0,5 x 0,1 m hoặc 1 x 1 x 0,2 m
- Bêtông cốt thép : 2 x 2 x 0,1 m

Đối với kè cấp III (tương đương với đê cấp đặc biệt), chịu tác động mạnh của dòng chảy và sóng, cần kiểm tra độ dày tấm bêtông theo công thức :

$$d_b = 0,108 \times h_{sl} \times \eta \times \sqrt[3]{\frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \times \frac{L}{m \times B}} \quad (7-83)$$

trong đó :

d_b : chiều dày tấm bêtông, m;

h_{sl} : chiều cao sóng, m;

γ_b , γ : trọng lượng riêng của bêtông và của nước, T/ m³;

m: hệ số mái dốc;

B: chiều rộng tấm bêtông, m;

L: chiều dài tấm bêtông theo chiều vuông góc với đường bờ, m;

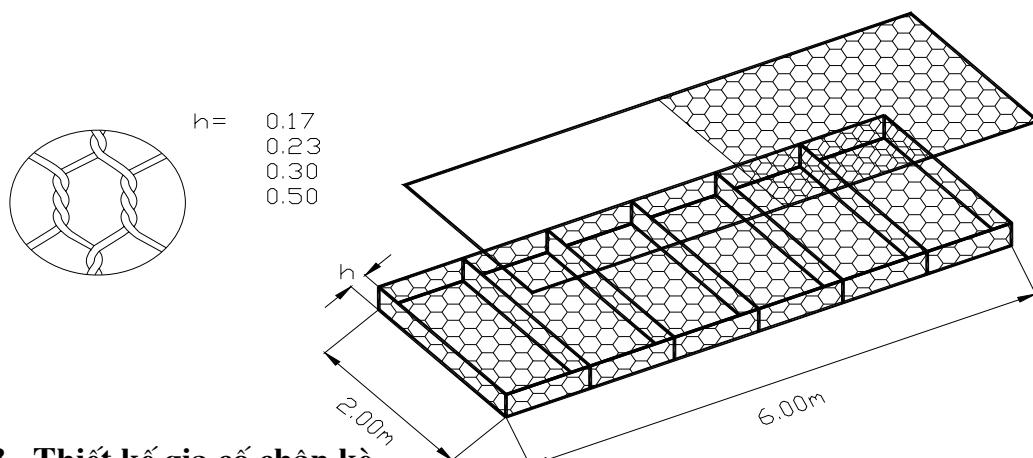
η : hệ số ổn định cho phép được lấy bằng hệ số ổn định cho phép của đê có cấp tương đương. Trị số hệ số ổn định trên không được vượt quá hệ số ổn định cho phép 20%.

Với mái bờ là đất thịt chắc nên chọn chiều dày lớp lọc bằng đá dăm là 0,1m ; với mái bờ là cát hoặc pha cát, nên chọn chiều dày lớp lọc là 0,15m. Có thể dùng hỗn hợp cát - sỏi để làm lớp lọc. Trường hợp này bề dày lớp lọc được lấy bằng hai lần lớp dăm.

Phải kiểm tra ổn định chống đẩy nổi của thân kè theo công thức (7 – 82).

e Gia cố bằng rọ đá và thảm đá

Khi lưu tốc dòng nước lớn có thể dùng rọ đá, thảm đá. Thảm đá là một dạng đặc biệt của rọ đá với độ dày và tỉ lệ bê mặt lớn hơn. Nó được gia công tương tự như rọ đá nhưng với ô lưới tráng kẽm nhỏ hơn loại dùng để sản xuất rọ. Vách ngăn được đặt cách nhau rộng 1 m. Ở mặt đáy, các mặt bên và mặt ngoài cùng của mỗi tấm thảm đá là các tấm lưới liên tiếp nhau tạo thành một khoang chứa nhiều ngăn có mặt trên hở. Mặt đáy, vách ngăn, nắp đáy cùng dùng loại lưới tương tự. Ở tất cả mép của tấm vách lưới có dây tráng kẽm với đường kính lớn hơn loại dây dùng để đan lưới nhằm tăng thêm khả năng chịu lực của kết cấu. Cũng như rọ đá, thảm đá tùy theo điều kiện sử dụng được bọc thêm lớp PVC.



7.5.3. Thiết kế gia cố chân kè

Công trìn **Hình 7 – 48**: Thảm đá tráng kẽm và bọc PVC g xuyên ngập nước, chịu tác động xói phun ngang của dòng xoan trực ược; chịu tác động ma sát của dòng chảy bùn cát. Công trình gia cố chân bờ ngập nước có hai chức năng: chống đỡ với tác động trên, đồng thời phải gánh một phần trọng lượng của công trình phía trên truyền xuống, rõ ràng ổn định của công trình gia cố chân bờ có ý nghĩa quyết định đối với toàn bộ công trình.

Kết cấu và vật liệu xây dựng chân kè phải thỏa mãn được các yêu cầu sau ;

- Chống được sự kéo trôi của dòng chảy và dòng bùn đá;

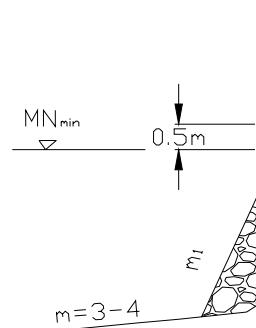
- Phải thích ứng với sự biến hình của lòng sông;
- Phải chống được xâm thực của nước;
- Thuận lợi cho việc thi công trong nước.

Thường sử dụng kết cấu và vật liệu bằng đá hộc, rọ đá, rồng tre hoặc bè chìm... làm chân kè.

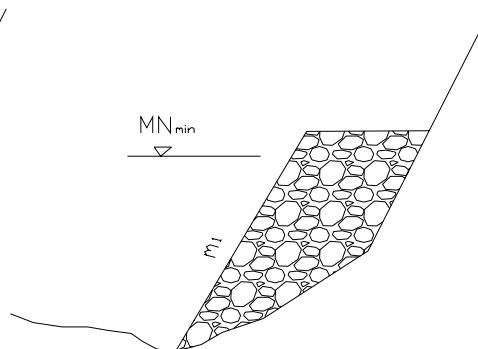
a. *Đá hộc thả rời*

Khi sử dụng đá hộc thả rời đường kính viên đá được tính toán theo công thức (7-77) và (7-79). Hệ số mái dốc chân kè nên chọn $m > 1,5$.

Khi tốc độ dòng chảy nhỏ hơn 2 m/s, đường lạch sâu cách xa bờ không có vực sâu nằm trong phạm vi xây dựng kè, nên kéo dài chân kè tối chõ mái bờ có hệ số mái dốc từ 3 đến 4 (hình 7-49). Khi dòng chảy thúc thẳng vào bờ, đường lạch sâu gần bờ, có vực sâu nằm trong vùng xây dựng kè, nên kéo dài chân kè tối lạch sâu (hình 7-50).



Hình 7-49



Hình 7-50

Trường hợp đáy chân kè nằm ở lòng sông có trị số hệ số mái dốc nhỏ hơn từ $3 \div 4$ cần phải thả một lớp rồng hoặc bè chìm để chống xói. Rồng và bè chìm phải đạt tối thiểu có hệ số mái dốc bằng $3 \div 4$ (xem hình 7-51).

Khi xói xảy ra ở đáy sông trước mái dốc, trong quá trình xói đá xếp dưới dạng lăng thể sẽ bị biến dạng, kích thước toàn bộ lăng thể quyết định theo tính toán sao cho một phần đống đá rơi xuống (lăng thể phá) đủ để bảo vệ mái dốc bị xói và phần còn (lăng thể tựa) đủ đảm bảo ổn định chống trượt do phần trọng lượng của thân kè phía trên tác động xuống.

Kích thước toàn bộ lăng thể đá chân kè phải kiểm tra từ 2 điều kiện :

- Lăng thể đá tựa đủ đảm bảo điều kiện chống trượt theo công thức :

$$\text{Khi độ dốc mái } 1/1 : G_{LTT} \geq 1,14 G_N + 0,72 G_K \quad (7-84 \text{ a})$$

$$\text{Khi độ dốc mái } 1/1,5 : G_{LTT} \geq 1,13 G_N + 0,09 G_K \quad (7-84 \text{ b})$$

c) Khi độ dốc mái 1/2 : $G_{LTT} \geq 0,72 G_N$ (7-84)

d) Khi độ dốc mái 1/2,5 : $G_{LTT} \geq 0,37 G_N$ (7-84)

đ) Khi độ dốc mái 1/3 : $G_{LTT} \geq 0,14 G_N$ (7-84)

trong đó :

G_{LTT} : trọng lượng tác động lên 1 m phần tựa của lăng thẻ, T;

G_N : trọng lượng tác động lên 1 m gia cố ta luy phần dưới nước, T;

G_K : trọng lượng tác động lên 1 m gia cố ta luy phần trên nước, T.

- Đủ thể tích đá trong phần phá hoại của lăng thẻ để bảo vệ mái dốc khi bị xói :

$$h = \frac{1.07x\omega x \sin \varphi}{d} \quad (7-85)$$

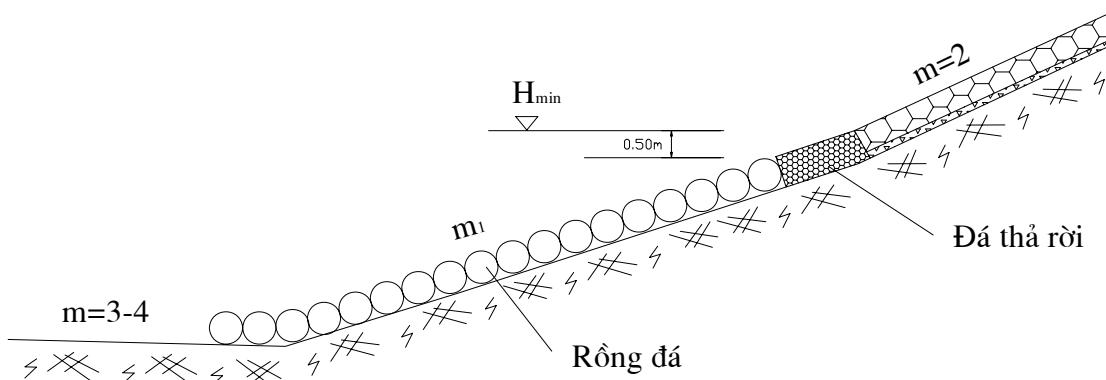
trong đó :

h: chiều cao mái dốc bảo vệ khi bị xói, m ;

d: đường kính viên đá, m;

φ : góc nghiêng của đất bị xói .

ω : diện tích mặt cắt ngang của khối đá bị phá (ω_p), m².



Hình 7.51: Chống xói chân kè bằng rồng hoặc bè chìm

Ví dụ:

1 - Lưu tốc tính toán bình quân trên đường thẳng đứng cạnh chân dốc taluy (trước lúc xói lở) $v = 1,70 \text{ m/s}$

2 - Chiều sâu của nước trước khi xói $h = 1,8 \text{ m}$

3 - Chiều sâu xói đáy móng taluy $h_{sx} = 2,56 \text{ m}$

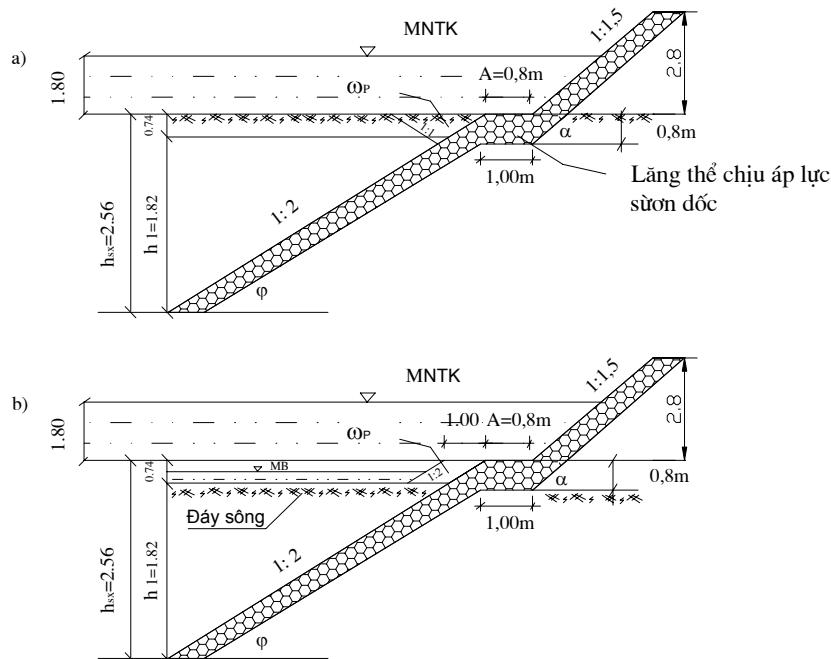
4 - Dung trọng của đá xây $\gamma = 2,3 \text{ T/m}^3$

Kích thước và các ký hiệu khác xem hình (7- 52)

Tính toán

1 - Kích thước đá dùng trong khối đá không được nhỏ quá:

$$d = \frac{1,70^2}{14,4} = 0,20m$$



Hình 7-52

2 - Chiều dài phần taluy ở dưới nước:

$$L_{DN} = \sqrt{1,8^2 + (1,8 \times 1,5)^2} = 3,25m$$

3 - Trọng lượng gia cố phần taluy ở dưới nước:

$$G_N = Ld(\gamma - 1) = 3,25 \times 0,2 \times (2,3 - 1,0) = 0,85T$$

4 - Chiều dài phần taluy ở trên nước:

$$L_{TN} = \sqrt{1,0 + 1,5^2} = 1,8m$$

5 - Trọng lượng gia cố phần taluy ở trên mặt nước:

$$G_K = 1,8 \times 0,2 \times 2,3 = 0,83T$$

6 - Trọng lượng G_n^1 cần thiết của bộ phận chịu áp lực sườn dốc ở khối đá xếp, tính theo vẽ phải của bất phương trình (7- 84b) khi taluy 1:1,5

$$G_n^1 = 1,13x0,85 + 0,09x0,83 = 1,04T$$

Thể tích đá trong mỗi mặt bản chấn là:

$$\frac{G_n^1}{\gamma - 1} = \frac{1,04}{1,3} = 0,80m^3$$

7 - Lấy chiều rộng của phần đáy dưới khối đá xếp là 1,0 m, chiều sâu ăn vào của khối đá 0,80 m.

Taluy giáp mặt nước chảy là 1:1, khoảng dự trữ từ chân dốc taluy đến mặt bản chấn $A= 0.80m$, lúc này toàn bộ diện tích của khối đá xếp là: $1,61m^2$.

8 - Góc tạo bởi đường độ dốc nghỉ của đất dưới nước kéo từ cuối đoạn A, $\varphi= 26^{\circ}25'$, như vậy khối đá xếp chia làm 2 bộ phận, bộ phận chịu áp lực sườn dốc và bộ phận phòng hộ.

9 - Trên đoạn khối đá bị phá hoại, kích thước diện tích mặt cắt ngang của phần bảo vệ khối đá, lấy $= 0,81 m^2$. Vì vậy diện tích phần chịu áp lực sườn dốc là $0,80m^2$ (tức là đá trong mỗi mét dài $0,80 m^2$).

10 - Theo công thức (7-85):

$$h = \frac{1,07x0,81x0,445}{0,20} = 1,93m$$

Vì trị số tìm được $h > 1,82$ m nên diện tích phần bảo vệ khối đá như vậy là đủ.

11 - Theo kết quả tính toán của 2 mục 6 và 9, ta thấy $G_n^1 \leq G_{LTT}$, nên diện tích phần chịu áp lực sườn dốc cũng đủ. Trong đó G_{LTT} : trọng lượng tác dụng trên 1 m phần lăng thể tựa.

b. Lăng thể bằng rọ đá hoặc rồng

Trong trường hợp đường kính viên đá thực tế không đáp ứng được yêu cầu thiết kế, có thể dùng rọ đá, rồng đá hoặc rồng đất sét ... làm chân kè, thực chất rồng cũng là một loại rọ đá.

Những đặc điểm của rọ đá thường dùng ghi ở bảng (7-23).

Bảng 7-23

Kích thước rọ đá hình hộp chữ nhật axbxc (m)	Diện tích bề mặt (m^2)	Thể tích (m^3)	Trọng lượng dây thép (kg) với các loại đường kính (mm)			
			2,50	3,00	4,00	5,00

3,0 x 1,0 x 1,0	14,00	3,0	18,1	24,1	36,6	60,7
3,0 x 1,0 x 0,5	10,00	1,5	13,7	17,6	24,5	52,0
4,0 x 1,0 x 0,5	22,00	4,0	27,4	36,1	55,0	97,0
2,0 x 1,0 x 0,25	5,50	0,5	8,1	10,3	15,5	25,0

trong đó :

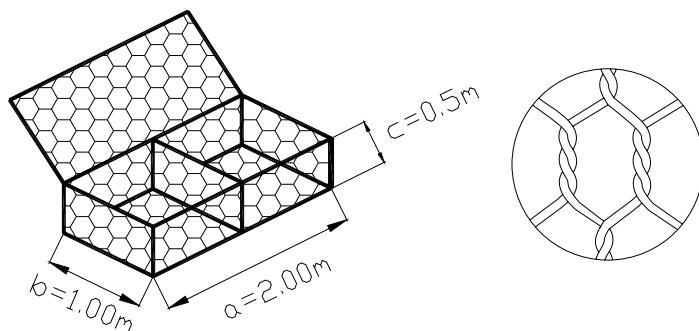
- a: chiều dài của hình hộp
- b: chiều rộng của hình hộp
- c: chiều cao của hình hộp

Rọ đá làm bởi những khung cốt thép đường kính 8 mm và các lưới thép mạ kẽm đường kính 2÷5 mm, để tăng cường độ rọ đá được chia thành những ô nhỏ bằng cách lắp vào các vách ngăn. Kích thước những viên đá xếp trong rọ phải lớn hơn các mắt lưới, phía ngoài thường dùng với kích thước $0.05 \times 0.07 \div 0.14 \times 0.18$ m, phần giữa của rọ có thể xếp bằng những đá nhỏ hơn

Dùng rọ đá gia cố chân kè có thể xếp theo hình bậc thang, độ dốc trung bình của độ dốc xếp theo kiểu này thường là 1:1 \div 1:0,5. Để tăng cường độ chịu lực dùng những dây thép bó các rọ lại với nhau, cự ly giữa các nút buộc là 15 \div 20 cm.

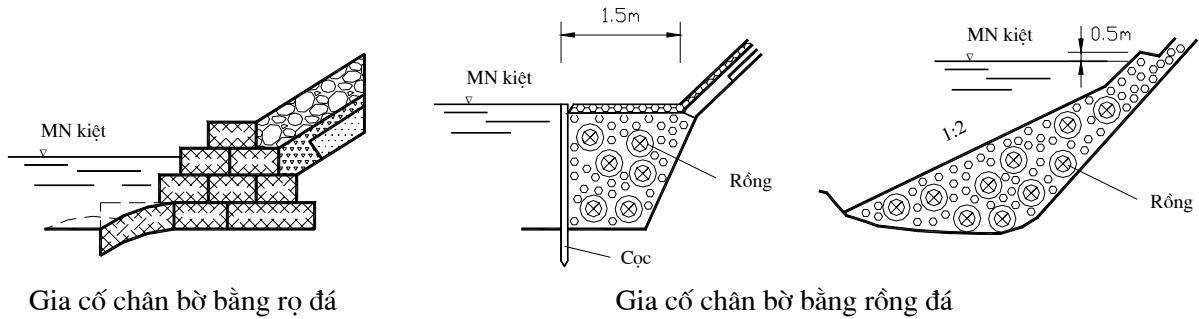
Rọ đá tráng kẽm và bọc nhựa PVC:

Tính chất của loại sản phẩm này tương tự như rọ đá tráng kẽm. Tuy nhiên dây tráng kẽm được bọc thêm một lớp vỏ bọc liên tục bằng loại PVC đặc biệt dày từ 0,4 \div 0,6mm. Do đó tạo ra một sự bảo vệ hoàn toàn chống lại sự xói mòn có thể xảy ra, làm cho rọ đá thích hợp cho việc sử dụng trong môi trường nước mặn và môi trường bị ô nhiễm. Sau khi lắp đầy đá, rọ đá trở thành một khối lớn, dẻo và nước thẩm qua được, cho phép xây dựng những kết cấu có phạm vi rộng lớn. Hình 7-53 giới thiệu rọ đá tráng kẽm và bọc nhựa PVC.



Hình 7-53 Rọ đá tráng kẽm và bọc nhựa PVC

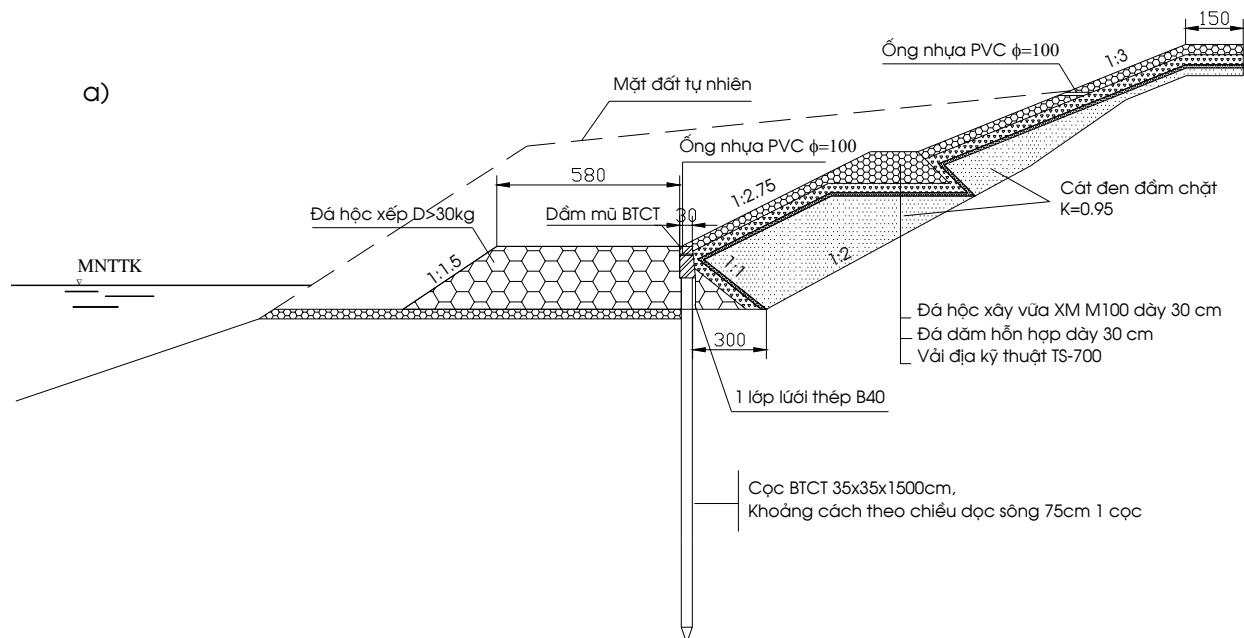
Hình 7-54. Giới thiệu một số dạng chân kè dùng kết cấu rọ đá và rồng

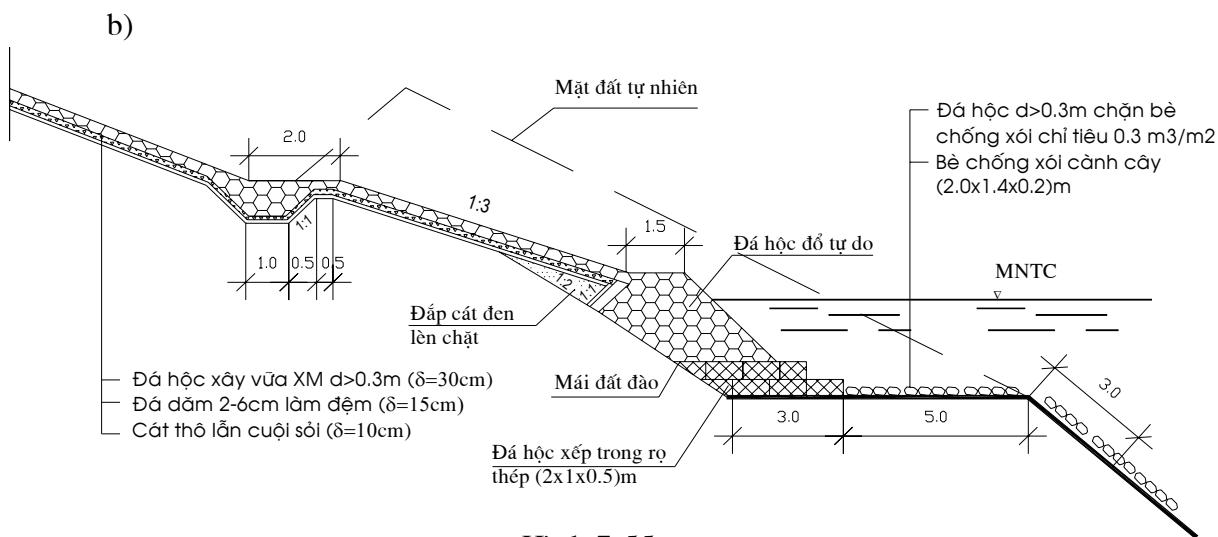


Hình 7-54

c. Gia cố chân bờ dốc bằng hình thức kết cấu hỗn hợp

Hình 7-55. Gia cố một số kết cấu gia cố chân bờ bằng hình thức kết cấu hỗn hợp.



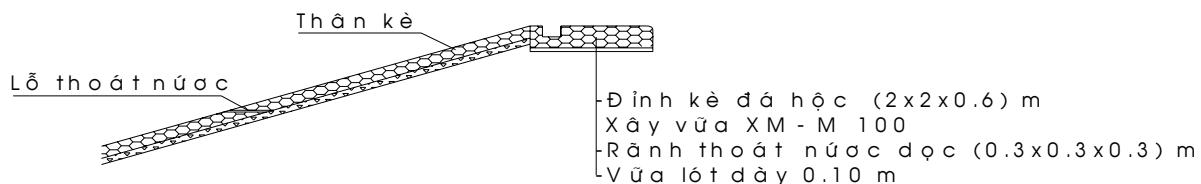


Hình 7-55

7.5.4. Kết cấu đinh kè:

Công trình gia cố kết cấu đinh kè chỉ nhằm để phòng tác dụng của mưa, của khí quyển và hoạt động của con người, của súc vật. Nhưng thực ra phần này thường rất ngắn, do đó sử dụng các loại kết cấu công trình bảo vệ bờ sông để làm kết cấu đinh kè, đồng thời kéo dài lên đinh bờ một đường viền rộng 1m đến 2m. Nếu thực sự xét thấy không cần thiết thì phần này chỉ nên trông cỏ là đủ.

Hình 7-56. Mô tả kết cấu đinh kè bằng đá hộc xây vừa kết hợp làm rãnh thoát nước ngang.



Hình 7-56

Tài liệu sử dụng trong Chương VII:

- [1]. Sổ tay tính toán thuỷ văn cầu đường (Viện TKGTVT dịch từ bản tiếng Trung Quốc).
- [2]. Quy phạm thiết kế công trình cải sông;
- [3]. 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).
- [4]. 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]. Công trình bảo vệ bờ sông để chống lũ – Quy trình thiết kế 14TCN 84 – 91.
- [5]. Công trình bảo vệ bờ sông của Vụ Phòng chống lũ lụt và quản lý đê điêu Bộ Thuỷ lợi cũ.
- [6]. Trị sông: Bộ môn Động lực sông ngòi và trị sông của Học viện Thuỷ lợi - Điện lực Vũ Hán, Trung Quốc.
- [7]. Động lực học lòng sông, trường Đại học Thuỷ lợi.
- [8]. Công trình cải tạo đường sông bằng đất của V.V Degtyarev –Nga.

CHƯƠNG VIII: TÍNH TOÁN THỦY VĂN, THỦY LỰC CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC DỌC TUYẾN

Chương này đề cập tới các công trình thoát nước thường được sử dụng trên tuyến đường, trừ các cầu lớn và cầu trung.

§8.1. Tính toán thủy văn, thủy lực cầu nhỏ và cống

8.1.1. Tài liệu cơ bản và thông số đầu vào

Để phục vụ tính toán thủy văn, thủy lực cầu nhỏ, cống, các tài liệu cơ bản, các thông số đầu vào cần phải tiến hành thu thập được chỉ ra dưới đây. Tuy nhiên tùy thuộc vào giai đoạn thiết kế cần có yêu cầu về mức độ chi tiết của số liệu và các thông tin cần thu thập.

- Bình đồ địa hình khu vực công trình. Đặc điểm địa hình dùng để xác định vị trí đặt công trình và các điều kiện kiểm soát thiết kế thủy lực bao gồm: cao độ, phạm vi lòng suối, kênh, mương tại vị trí và lân cận vị trí dự định đặt cống. Phạm vi khảo sát phụ thuộc vào địa hình cụ thể và độ dốc của lòng suối, song thường không nhỏ hơn từ 3 đến 4 lần chiều rộng dòng chảy tương ứng với mực nước lũ thiết kế.

- Bản đồ lưu vực công trình. Đây là yếu tố quan trọng để tính lưu lượng theo mưa rào và đánh giá khả năng tiềm ẩn của lũ, do vậy phải sử dụng bản đồ có tỉ lệ đủ lớn để xác định chính xác diện tích và các đặc điểm của lưu vực. Nếu bản đồ và thông tin không đủ tin cậy thì phải tổ chức đo đạc, lập bình đồ. Trong bản đồ phải thể hiện được diện tích không có tác dụng cung cấp nước, hồ ao, đầm lầy, mức độ sử dụng đất, mật độ và loại thực vật..., đê, đập, hồ chứa vì nó có thể làm thay đổi tính chất của dòng chảy. Phạm vi và tính chất của lưu vực nên được kiểm tra và đánh giá ngoài thực địa.

- Các số liệu khí tượng tại khu vực nghiên cứu, đặc biệt là các số liệu về mưa bao gồm: tổng lượng mưa năm, lượng mưa tháng, mùa mưa, lượng mưa 1, 3, 5, 7 ngày lớn nhất; lượng mưa thời đoạn ngắn; ...

- Các đặc trưng và đặc điểm của suối, kênh. Dòng chảy phải được mô tả đầy đủ về tính chất, đặc điểm, các mặt cắt ngang, mặt cắt dọc, địa hình đáy dòng chảy, tuyến dòng chảy trên mặt bằng, khu vực lòng sông, bãi sông, độ dốc đáy, độ dốc mặt nước nếu có. Tình hình địa chất bờ, đáy dòng chảy, lớp đá gốc nếu có, thảm thực vật, vật trôi và các yếu tố khác ảnh hưởng đến kích thước cống.

- Điều tra mực nước tại vị trí công trình: Công tác này rất quan trọng giúp cho tính toán và kiểm soát quá trình tính toán thủy lực. Mực nước điều tra này phải ở gần nơi định đặt công trình, song trong một số trường hợp có thể sử dụng mực nước từ thượng hay hạ lưu truyền về vị trí cống. Mực nước điều tra phải có cùng hệ cao độ với tuyến đường.

- Điều tra, đăng ký các công trình hiện có: Các công trình hiện có tại thượng và hạ lưu công trình dự kiến cần được điều tra cụ thể, đặc biệt là các công trình nằm gần công trình dự kiến, có thể gây ra các ảnh hưởng giữa hai công trình với nhau. Các thông tin cần điều tra ở công trình hiện có bao gồm:

- + Tên công trình, cơ quan quản lý, cơ quan khai thác;
- + Loại công trình, chức năng, chế độ vận hành công trình;
- + Các thông số chủ yếu của công trình;
- + Các kích thước chủ yếu của công trình;
- + Thời gian xây dựng;

- + Những lũ lớn đã qua, ngày tháng, vết lũ tại công trình;
- + Tình trạng công trình trong thời gian lũ lớn qua;
- + Phạm vi, độ lớn, vị trí xói lở gần công trình hay tại công trình;
- + Địa chất đáy, bờ dòng chảy;
- + Mức độ hư hỏng của công trình;
- + Sự thay đổi dòng chảy;
- + Phạm vi và mức độ ngập lụt gần công trình nếu có;
- + Sự bồi tích và tích đọng các vật trôi;
- + Các công trình, kết cấu phụ để bảo vệ cống, điều tiết dòng chảy;

8.1.2. Tính lưu lượng thiết kế

Các phương pháp tính toán lưu lượng đã được chỉ ra trong chương II. Tuy nhiên, đối với cầu nhỏ, cống diện tích lưu vực thường nhỏ sẽ có các đặc thù riêng. Trong tiêu chuẩn 22TCN220-95 “Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ” đã đưa ra các phương pháp tính toán lưu lượng thiết kế cho lưu vực nhỏ hơn 100km². Trong mục này sẽ không đưa ra chi tiết các công thức và phương pháp tính toán mà chỉ nêu ra các vấn đề cần phải xem xét khi tính toán lưu lượng thiết kế như sau:

- Khi áp dụng tiêu chuẩn 22TCN220-95 cần cập nhật các thông số về lượng mưa ngày tới thời điểm tính toán.
- Diện tích lưu vực cầu nhỏ, đặc biệt là cống nhiều khi nhỏ hơn 1km². Trong những trường hợp này nên tính toán theo phương pháp cường độ giới hạn được trình bày trong chương IX.
- Đối với cầu nhỏ và cống khu vực đồng bằng bắc qua các kênh tưới và tiêu chính cần quan tâm tới lưu lượng các công trình tưới tiêu đầu mối, hiện trạng và quy hoạch.
- Đối với cầu nhỏ, cống khu vực đồng bằng bắc qua các kênh nhánh cần xem xét tới các chỉ tiêu tưới, tiêu của khu vực hiện tại cũng như trong tương lai. Có thể tham khảo các hệ số dưới đây.

Bảng 8 – 1
Chỉ tiêu (hệ số) tưới và tiêu các khu vực đồng bằng

TT	Khu vực	Hệ số tiêu (l/s/ha)	Hệ số tưới (l/s/ha)
1	Ruộng lúa khu vực đồng bằng có đê, hệ thống thủy nông hoàn chỉnh	5,0 - 8,0	2,0 - 3,0
2	Như khu vực trên, có xen kẽ các khu dân cư, thị trấn nhỏ	6,0 - 10,0	2,0 – 3,0
3	Như khu vực trên, có các thị trấn, thị xã trong các ô nội đồng lớn, thoát nước ra cùng một trạm bơm đầu mối	8,0 - 15,0	1,5 - 2,5
4	Như khu vực trên, có xen kẽ các khu công nghiệp, thoát nước ra cùng một hệ thống trạm bơm đầu mối	12,0 - 15,0	
5	Như khu vực trên, nhưng tỷ lệ diện tích đô thị hoặc khu công nghiệp tương đối lớn, lớn	15,0 - 20,0	
6	Khu vực hệ thống thủy nông chưa hoàn chỉnh	3,0 - 5,0	1,0 - 2,0
7	Khu vực có xen kẽ nuôi trồng thủy sản	8,0 - 12,0	

8	Các khu vực nhỏ (1ha – 3ha) có canh tác đặc biệt	Theo nhu cầu, lớn hơn 10,0	Theo nhu cầu, lớn hơn 3,0
---	--	----------------------------	---------------------------

8.1.3. Tính khẩu độ cầu nhỏ

Thông thường tính toán thuỷ lực cầu nhỏ gồm hai phần:

- (1) Tính phần cửa vào;
- (2) Tính phần cửa ra.

a. Tính phần cửa vào và xác định các thông số

Chiều cao nước dâng trước cầu H_d , từ đó sẽ xác định được cao độ vai đường. Chiều sâu dòng chảy tại cửa vào cầu h_v , từ đó quyết định cao độ tối thiểu của đáy kết cấu dầm.

- Chiều sâu và tốc độ tại mặt cắt tính toán dưới cầu;
- Khẩu độ thoát nước dưới cầu;
- Chiều sâu dòng chảy ở cửa ra của cầu h_r , từ đó tính được tốc độ chảy ra khỏi cầu V_r và đoạn sau cầu.

b. Tính thuỷ lực phần cửa ra của cầu

Tính toán này để xác định điều kiện chảy sau công trình cầu, tính xói cục bộ và gia cố bảo vệ cầu phía hạ lưu, bảo vệ nền đường tức là lựa chọn kích thước gia cố phần cửa ra của cầu. Trường hợp cần thiết phải làm công trình tiêu năng để đảm bảo an toàn cho cầu và phương tiện vận tải, con người trong mùa lũ.

c. Sơ đồ tính thuỷ lực

Cầu nhỏ có thể có một nhịp hay nhiều nhịp đặt trên một số dạng mố trụ. Dòng chảy qua cầu nhỏ thông thường bị thu hẹp so với thượng và hạ lưu làm cho dòng chảy bị uốn cong khi vào cầu, do đó tuỳ thuộc vào loại trụ mố cầu mà có hệ số lưu lượng tương ứng dưới đây:

Bảng 8 – 2

Hệ số lưu lượng m

Hình dạng mố trụ	m
N.A Slovinski	0,32
Mố tường cánh	0,35
Mố chữ U	0,32 ÷ 0,36
Mố chân dê	0,32

Chiều rộng thoát nước dưới cầu thường nhỏ hơn chiều rộng dòng chảy, đã làm dâng nước trước cầu cột nước H. Cột nước dâng cho phép trước cầu H xác định theo công thức dưới đây:

$$H = \frac{H_d - \Delta}{\sigma_k} \quad (8 - 1)$$

trong đó:

H_d : chiều cao đường;

σ : hệ số giảm đường cong mặt nước tại cửa vào cầu ($\sigma = 0,75 - 0,85$).

$\Delta = h_{nhc} + \Delta_{min}$

h_{nhc} : chiều cao kết cấu nhịp cầu;

Δ_{\min} : chiều cao dự trữ kỹ thuật (an toàn) trên mực nước thiết kế lấy theo bảng dưới đây:

Điều kiện chảy	Đường ô tô	Đường sắt khi lưu lượng	
		Tính toán	Lớn nhất
Cột nước trước cầu $H \leq 1$ m	0,5	0,5	0,25
Cột nước trước cầu $H > 1$ m	0,5	0,75	0,25
Có cây trôi	1,0	1,50	1,0

Phương pháp tính toán thủy lực khẩu độ cầu lấy cơ sở lý thuyết của dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng, là sơ đồ thực tế cho phép tính chiều rộng thoát nước dưới cầu (gọi tắt là b hay L_c) thỏa đáng và phù hợp với các dạng gia cố lòng suối. Sơ đồ thủy lực cầu làm việc như đập tràn đỉnh rộng sẽ có mặt cắt co hẹp với chiều sâu tính toán $h_u = h_c < h_k$, tức là tốc độ ở mặt cắt tính toán lớn hơn tốc độ tại mặt cắt có chiều sâu phân giới h_k .

Dưới cầu có hai chế độ dòng chảy phụ thuộc vào cột nước thượng và hạ lưu cầu, đó là chế độ chảy tự do và chế độ chảy ngập.

Điều kiện chảy ngập

$$h_h \geq NH \quad (8 - 2)$$

trong đó:

N: tiêu chuẩn ngập, thể hiện mức độ ngập, phản ánh mức nước hạ lưu bắt đầu ảnh hưởng tới khả năng thông qua của cầu;

h_h : chiều sâu dòng chảy ở hạ lưu, thường lấy bằng độ sâu dòng chảy đều h_0 tương ứng với độ dốc và hình dạng dòng chảy lúc tự nhiên khi không có nước dâng ở hạ lưu.

Giá trị của N trong bảng dưới đây phụ thuộc vào hệ số lưu lượng m.

Bảng 8 – 3

Thông số tính toán để thiết kế thủy lực cầu nhỏ

m	$M = m\sqrt{2g}$	$\sqrt[3]{2m^2}$	k_l	N	a	ψ	ψ^2
0,32	1,42	0,59	0,45	0,84	2,56	0,76	0,58
0,33	1,46	0,60	0,47	0,83	2,35	0,78	0,62
0,34	1,50	0,61	0,49	0,81	2,05	0,81	0,65
0,35	1,55	0,63	0,52	0,80	1,85	0,83	0,68
0,36	1,60	0,64	0,54	0,78	1,64	0,84	0,71

Khi $h_h < NH$ thì dòng chảy dưới cầu làm việc theo sơ đồ đập tràn đỉnh rộng chảy tự do (không ngập); nếu $h_h > NH$ thì dòng chảy dưới cầu theo sơ đồ đập tràn đỉnh rộng chảy ngập.

Tính toán thủy lực dưới cầu tương ứng với các chế độ chảy như sau:

- Chảy tự do ($i_{oc} < i_l$)

Dòng nước dưới cầu dọc theo sông, suối chia làm ba giai đoạn: cuối đoạn cửa vào (đoạn 1) dòng chảy có độ sâu $h_l < h_k < H$ và $h_l < h_{oc}$; sau đoạn cửa vào (đoạn 2) độ sâu dòng chảy tăng lớn hơn h_k ; đoạn cửa ra độ sâu dòng chảy giảm $h_r < h_k$, i_l là độ dốc tương ứng với độ sâu h_l .

Chiều sâu tính toán:

$$h_t = h_1 = k_1 H \quad (8 - 3)$$

k_1 xác định theo bảng 8 – 3.

- Chảy tự do ($i_{oc} > i_1$)

Dòng chảy dưới cầu dọc theo sông suối chia thành hai đoạn. Đoạn cửa vào (đoạn 1) và cuối đoạn cửa vào có chiều sâu $h_{oc} < h_1 < h_k < H$; đoạn 2 sau phần cửa vào độ sâu dòng chảy giảm dần, $h_r < h_k$:

$$\text{Chiều sâu tính toán: } h_t = h_{oc} \quad (8 - 4)$$

h_{oc} là độ sâu chảy dưới cầu tương ứng với độ dốc lòng sông, suối dưới cầu i_{oc} .

Cả hai trường hợp trên áp dụng khi $L/H < 20$; trong đó L là chiều dài dòng sông, suối dưới cầu. Trường hợp ($i_{oc} > i_1$) có thể áp dụng cho thiết kế thủy lực cống bắn chảy tự do.

- Chế độ chảy ngập

Dòng chảy dưới cầu, dọc theo sông, suối chia làm hai đoạn: đoạn cửa vào (đoạn 1) có chiều sâu ở cuối đoạn $h_{ck} < h_{l_{ng}} < h_0$; đoạn sau cửa vào (đoạn 2) chiều sâu dòng chảy tăng bằng chiều sâu hạ lưu $h_r = h_h > h_k$.

$$\text{Chiều sâu tính toán: } h_t = h_{l_{ng}} = k_{ng} H \quad (8 - 5)$$

trong đó:

$h_{l_{ng}}$: chiều sâu có tính đến chiều cao phục hồi khi dòng chảy ra khỏi cầu;

k_{ng} : hệ số lấy theo bảng 8 – 4.

Bảng 8 – 4

Thông số tính toán thủy lực cầu nhỏ theo sơ đồ chảy ngập

N	M=0,32					m=0,33					M=0,34				
	σ_{ng}	K_{ng}	ψ^2	θ	θ_1	σ_{ng}	K_{ng}	ψ^2	θ	θ_1	σ_{ng}	K_{ng}	ψ^2	θ	θ_1
0,81											1	0,61	1	1,23	7,3
0,82											0,98	0,63	1,1	1,2	6,3
0,83						1	0,6	1,1	1,2	7,1	0,96	0,65	1,2	1,17	5,5
0,84	1	0,59	1	1,19	6,9	0,98	0,62	1,25	1,17	6,1	0,94	0,67	1,31	1,14	4,73
0,86	0,96	0,64	1,26	1,13	4,8	0,93	0,67	1,5	1,11	4,3	0,9	0,71	1,56	1,08	3,6
0,88	0,9	0,69	1,57	1,07	3,4	0,88	0,72	1,8	1,05	3	0,85	0,75	1,88	1,02	2,6
0,90	0,84	0,74	2,04	1	2,25	0,82	0,76	2,08	0,97	2,1	0,79	0,8	2,35	0,95	1,75
0,92	0,76	0,80	2,65	0,92	1,4	0,75	0,81	2,68	0,9	1,35	0,72	0,84	2,9	0,88	1,15
0,94	0,67	0,85	3,52	0,82	0,8	0,66	0,86	3,87	0,81	0,8	0,64	0,88	3,3	0,78	0,7
0,96	0,56	0,9	5	0,71	0,4	0,55	0,91	5,2	0,7	0,35	0,53	0,92	5,3	0,68	0,35
0,98	0,4	0,95	8,6	0,55	0,1	0,39	0,95	8,65	0,54	0,1	0,38	0,96	8,65	0,53	0,1
0,99	0,28	0,97	15	0,43	0,05	0,28	0,98	15	0,43	0,05	0,27	0,98	15	0,42	0,05

Bảng 8 – 4 (Tiếp)

N	m=0,35					m=0,34				
	σ_{ng}	K _{ng}	ψ^2	θ	θ_1	σ_{ng}	K _{ng}	ψ^2	θ	θ_1
0,78						1	0,64	1	1,28	8,08
0,80	1	0,63	1	1,25	7,75	0,97	0,67	1,14	1,23	6,5
0,82	0,97	0,67	1,18	1,19	6	0,94	0,71	1,34	1,17	5,1
0,84	0,93	0,7	1,36	1,13	4,6	0,91	0,74	1,54	1,11	4,05
0,86	0,89	0,74	1,61	1,07	3,6	0,86	0,77	1,77	1,05	3,05
0,88	0,84	0,78	1,94	1,01	2,55	0,81	0,81	2,11	0,99	2,25
0,90	0,78	0,82	2,36	0,94	1,8	0,75	0,84	2,53	0,92	1,55
0,92	0,71	0,85	2,9	0,86	1,15	0,69	0,87	3,05	0,85	1,05
0,94	0,62	0,89	3,8	0,77	0,65	0,6	0,9	3,9	0,76	0,6
0,96	0,52	0,93	5,2	0,57	0,35	0,51	0,93	5,2	0,67	0,35
0,98	0,37	0,96	8,65	0,53	0,1	0,36	0,97	8,7	0,52	0,1
0,99	0,27	0,98	15	0,42	0,05	0,26	0,98	15	0,41	0,05

Nếu chiều sâu hạ lưu $h_h > h_0$ thì chiều sâu tính toán bằng chiều sâu hạ lưu: $h_t = h_h$;

- Công thức xác định chiều dài thoát nước dưới cầu

$$b = \frac{Q}{\sigma_{ng} m \sqrt{2gH_0^{3/2}}} \quad (8 - 6)$$

trong đó:

σ_{ng} : hệ số ngập;

H_0 : cột nước dâng trước cầu, m;

$$H_0 = H + \frac{\alpha V_0^2}{2g} \quad (8 - 7)$$

Do tốc độ của dòng chảy trước cầu không lớn nên thường lấy $H \approx H_0$.

Tốc độ tại mặt cắt tính toán dưới cầu:

$$V_t = \frac{Q}{bh_t} \quad (8 - 8)$$

d. Trình tự tính toán

Trình tự tính thường chia ra làm các trường hợp sau đây:

- Trường hợp 1:

- Số liệu đã biết (đầu vào): Lưu lượng Q_P ; loại mố trụ (cho hệ số m); độ dốc dòng chảy i_0 , chiều sâu dòng chảy tự nhiên h_0 (hay h_h); độ dốc dòng chảy dưới cầu i_{oc} ; cột nước trước cầu H , hay điều kiện chảy.

- Yêu cầu tìm: chiều rộng thoát nước b; lựa chọn dạng gia cố dưới cầu.

Trình tự tính:

- Chọn loại mố cầu, xác định hệ số lưu lượng m; xác định tiêu chuẩn ngập N; sau đó tính NH; nếu $h_0 < NH$ thì dòng chảy dưới cầu là chảy tự do và $\sigma_{ng} = 1$;

- ✓ Xác định chiều rộng thoát nước dưới cầu b và chọn chiều dài cầu tiêu chuẩn (định hình) b_1 gần với b nhất;
- ✓ Xác định cột nước trước cầu tương ứng với b_1 theo công thức dưới đây:

$$H_1 = H^{\frac{3}{2}} \sqrt{\left(\frac{b}{b_1}\right)^2} \quad (8 - 9)$$

- ✓ So sánh h_0 với NH_1 ; nếu $h_0 < NH_1$ thì chế độ chảy vẫn là chảy tự do;
- ✓ Tìm k_1 và xác định chiều sâu tính toán $h_t = k_1 H_1$;
- ✓ Xác định dạng gia cố lòng sông dưới cầu phù hợp với tốc độ tính toán V_t và chiều sâu h_t ;
- ✓ Nếu $h_0 > NH_1$ thì tính b theo chế độ chảy ngập.

- Trường hợp 2:

- Số liệu đã biết (đầu vào): Lưu lượng $Q_{P\%}$; loại mố trụ; độ dốc dòng chảy i_0 ; chiều sâu h_0 (hay h_h); độ dốc dòng chảy dưới cầu i_{oc} ; tốc độ cho phép tại mặt cắt tính toán $[V_t]$ theo hình thức gia cố lòng cầu (song thường lấy $V_{maxt} \leq 4 - 5$ m/s)

- Yêu cầu: Xác định chiều rộng thoát nước dưới cầu b; cột nước trước cầu H; Kiểm tra dạng gia cố, tốc độ dưới cầu tương ứng

Trình tự tính

- ✓ Chọn dạng gia cố lòng sông tìm $[V_t]$;
- ✓ Chọn dạng trụ, xác định ψ , N , k_1 ;
- ✓ Giả thiết chế độ chảy tự do ($\sigma_{ng} = 1$) tính cột nước trước cầu:

$$H = \frac{\psi^2 [V_t]^2}{g^{\frac{3}{2}} 2m^2} \quad (8 - 10)$$

So sánh h_0 với NH , nếu $h_0 < NH$ thì dòng chảy tự do, sau đó:

- ✓ Xác định kích thước b:

$$b = \frac{Q}{m \sqrt{2g} H^{3/2}}$$

Chọn kích thước định hình b_1 gần với b nhất

- ✓ Tính lại cột nước trước cầu tương ứng với b_1 ;

$$H_1 = H^{\frac{3}{2}} \sqrt{\left(\frac{b}{b_1}\right)^2}$$

- ✓ So sánh h_0 với NH_1 ; nếu $h_0 < NH_1$ thì chế độ chảy là tự do (đúng với giả thiết);
- ✓ Xác định: $h_t = k_1 H_1$

$$V_t = \frac{Q}{b_t h_t}$$

Kiểm tra V_t với $[V_t]$; nếu $V_t < [V_t]$ thì dừng tính

- Trường hợp 3: Trạng thái chảy ngập

Khi trạng thái chảy dưới cầu chảy ngập thì việc tính toán phải theo phương pháp đúng dân vì σ_{ng} chưa biết. Trình tự tính toán như sau:

Trường hợp 1

- ✓ Tra bảng tìm giá trị m, N tính NH;
- ✓ Xác định mức độ ngập $n_1 = \frac{h_0}{H}$; tra bảng tìm σ_{ng1} theo n_1 và m.
- ✓ Xác định kích thước thoát dưới cầu b

$$b = \frac{Q}{m\sqrt{2g}H^{3/2}} \quad (8 - 11)$$

Chọn kích thước định hình b_1 phù hợp với b nhất

- ✓ Xác định hàm bổ trợ để tìm cột nước mới trước cầu H_1

$$\theta = \frac{H_1^3 \sqrt{\left(\frac{\sigma_{ng} b}{b_1}\right)^2}}{h_0} \quad (8 - 12)$$

Tra bảng với θ , m, tìm n_2 và σ_{ng2} ; nếu n_2 và σ_{ng2} không thay đổi so với n_1 và σ_{ng1} thì cột nước H_1 là cột nước H_1 đã biết.

- ✓ Xác định chiều sâu tính toán h_t và tốc độ tính V_t

$$h_t = k_{ng} H$$

trong đó:

k_{ng} : phụ thuộc vào m và n;

$$V_t = \frac{Q}{b_t h_t}$$

- ✓ Căn cứ vào kết quả tính xác định dạng gia cố lòng sông dưới cầu.

Trường hợp 2

- ✓ Tra bảng tìm m, N, ψ_2
- ✓ Giả thiết $\sigma_{ng} = 1$ tìm cột nước trước cầu

$$H = \frac{\psi^2 [V_t]^2}{g^3 \sqrt[3]{2m^2}} \quad (8 - 13)$$

Tính NH và so sánh h_0 với NH; $h_0 > NH$ thì chế độ chảy dưới cầu là chảy ngập nên tính tiếp.

- ✓ Xác định tốc độ lớn nhất có thể dưới cầu

$$V_{max} = \left(\frac{gh_0 \sqrt[3]{2m^2}}{N} \right)^{0.5} \quad (8 - 14)$$

Nếu $V_{max} > [V_t]$ thì $V_{max} = [V_t]$; Nếu $V_{max} < [V_t]$ thì lấy $V_t = V_{max}$

- ✓ Xác định hàm bổ trợ θ_1 để xác định cột nước trước cầu

$$\theta_1 = \frac{V^2}{h_0}$$

Sau đó tra bảng tìm σ_{ng1} , n , ψ^2 theo m và θ_1 ; và tính cột nước trước cầu lân thứ nhất H_1 :

$$H_1 = -\frac{\psi^2 V^2}{\sigma_{ng1} g \sqrt[3]{2m^2}} \quad (8 - 15)$$

Tính chiều rộng thoát nước dưới cầu

$$b = \frac{Q}{\sigma_{ng1} m \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}}$$

Chọn chiều dài định hình b_1 phù hợp với b nhất

- ✓ Xác định hàm số bổ trợ lân thứ 2 để xác định cột nước gần đúng lân thứ hai

$$\theta = \frac{H_3 \sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_{ng} b}{b_1} \right)^2}}{h_0}$$

Tra bảng tìm n_1 , σ_{ng2} theo m và θ :

$$H_2 = H_1 \sqrt[3]{\left(\frac{b \sigma_{ng1}}{b \sigma_{ng2}} \right)^2}$$

Tính $n_2 = \frac{h_0}{H_2}$ và so sánh với n_1 ; nếu $n_2 \neq n_1$ thì chọn n_3 khác và tính lại cột nước H_3

và so sánh H_3 với H_2 ; nếu chưa thỏa mãn thì tiếp tục tính cho đến khi thỏa mãn yêu cầu sẽ được cột nước dâng tương ứng với b_1 đã chọn;

- ✓ Xác định lại điều kiện chảy ngập: ($h_0 > NH$)
- ✓ Xác định chiều sâu tính toán dưới cầu

$$h_t = k_{ng} H$$

Tốc độ tính toán dưới cầu: $V_t = \frac{Q}{b_1 h_t}$

Như vậy điều kiện $V_t < [V_t]$ đã được giải quyết và các yêu cầu đặt ra đã được thực hiện.

- Tính cầu nhỏ nhiều nhịp

Lưu lượng qua cầu (công thức lưu lượng qua đập tràn) chảy tự do

$$Q = k_{tb} m n b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (*)$$

trong đó:

k_{tb} : hệ số trung bình các dòng chảy ở cửa vào cầu:

$$k_{tb} = \frac{k_{nhg}(n-2) + 2k_{nhb}}{n}$$

k_{nhg} và k_{nhb} : hệ số kể đến sự êm thuận dòng chảy vào nhịp giữa và các nhịp biên;

n: hệ số nhịp cầu đặt trên trụ đặc liên khối;
 k_{nhg} và k_{nb} đối với trụ, mố lượn tròn = 0,91; đối với mố và trụ thẳng, sắc mép = 0,83.

Từ (*) rút ra chiều dài thoát nước dưới cầu đối với chế độ chảy tự do:

$$b = \frac{Q}{k_{tb} mn \sqrt{2g} H^{3/2}} \quad (8 - 16)$$

Khi cầu bắc qua trụ cọc thì lưu lượng chảy dưới cầu có mặt cắt hình thang được tính theo công thức:

$$Q = m\varphi_{rc} b_k \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (**)$$

trong đó:

φ_{rc} : hệ số tổn thất cửa vào cầu do trụ cọc gây ra phụ thuộc vào tỷ số:

$$k_{rc} = \frac{b_k - \sum b_{rc}}{b_k}$$

$$b_k = b_d + m_{mdc} h_k$$

trong đó:

b_{rc} : chiều rộng của trụ cọc;

$b_k = m_{md} h_k + b_{0d}$

$b_{0d} = b_d - \sum b_{rc}$: chiều rộng đáy không kể cọc;

m_{mdc} : hệ số mái dốc của mặt cắt dưới cầu.

Chế độ chảy ngập đối với cầu nhiều nhịp tính gần đúng như cầu một nhịp. Lúc này công thức (*) và (**) phải thêm hệ số δ_{ng} .

8.1.4. Khẩu độ cống và các nguyên tắc tính toán thủy lực cống

Khi đặt cống ngang đường, do mặt cắt ngang cống thường nhỏ hơn mặt cắt ngang dòng chảy tự nhiên nên đã tạo ra nước dâng và một vùng bị ảnh hưởng nước dâng trước cống. Khẩu độ cống gắn liền với yếu tố này. Nếu khẩu độ cống lớn thì chiều sâu nước dâng và thời gian nước dâng sẽ nhỏ và ngược lại. Như vậy trước khi xác định khẩu độ cống cần quan tâm tới cột nước dâng trước cống và phạm vi dâng trước cống (tích nước trước cống) và đánh giá các điều kiện rủi ro:

- Thiệt hại tài sản vùng gần nơi đặt cống;
- Làm hỏng cống và đường.

Đối với kiểm soát hạ lưu, lưu lượng, hình thức và chế độ chảy của cống không chỉ do các yếu tố chi phối kiểm soát thượng lưu (tổn thất cửa vào và cột nước tốc độ trong cống) mà còn do cao độ mực nước ở cửa ra của cống, độ dốc, chiều dài và độ nhám của cống quyết định. Chế độ chảy của cống có thể là chảy không đầy hay chảy đầy cống phụ thuộc vào tập hợp các yếu tố đã nêu. Khi cột nước trước cống và khẩu độ cống xác định thì chiều dài cống, độ nhám cống và chiều sâu nước hạ lưu là yếu tố quyết định chính hình thức và chế độ chảy của cống còn kích thước và hình thức cửa vào là yếu tố thứ yếu.

Chế độ chảy của cống có thể phân chia thành các trường hợp sau:

- Chảy không ngập cửa vào và cửa ra (chảy tự do, chảy không áp);

- Ngập cửa vào, cửa ra không ngập, cống chảy không đầy cống;
- Ngập cửa vào, cửa ra không ngập, chảy đầy cống;
- Ngập cửa vào và cửa ra (chảy ngập hoàn toàn, chảy có áp).

Để tiện cho công tác tính toán và lựa chọn khẩu độ cống, khả năng thoát nước của các loại cống tương ứng với các điều kiện chảy nêu trên được lập thành bảng tra và xác định theo toán đồ.

a. Các xem xét khi thiết kế cống:

- Chiều cao nước dâng trước cống thông thường được giới hạn $H < 1,5D$. Đối với địa hình bằng phẳng thì $H < 1,0D$.

+ Đối với chế độ chảy tự do ở cửa vào cống, cao độ nền đường tối thiểu:

$$H_{\min} = D + \delta + h_d$$

+ Đối với chế độ chảy ngập ở cửa vào cống thì:

$$H_{\min} = H + \Delta$$

trong đó:

D: chiều cao (hay đường kính) của cống;

δ : chiều dày thành cống;

h_d : chiều cao đất đắp trên cống (thường $\geq 0,5$ m);

H: cột nước dâng trước cống;

Δ : chiều cao dự trữ trên cao độ nước dâng. Đối với cống khẩu độ nhỏ thì $\Delta \geq 0,5$ m; đối với cống khẩu độ lớn hơn và bằng 2m thì $\Delta \geq 1,0$ m.

Tùy theo điều kiện địa hình nhiều khi cần phải nắn suối, cải tạo địa hình tức là thiết kế kênh dẫn thương và hạ lưu cống sao cho dòng chảy êm thuận. Kích thước của kênh phải thoả mãn các điều kiện thuỷ lực. Tốc độ dòng chảy phải đủ lớn để ngăn cản lắng đọng bùn cát và cây cỏ phát triển (thường từ 0,6 – 0,9m/s) song phải đủ nhỏ để không gây xói lở. Trong một số trường hợp cần phải bảo vệ chống xói bằng gia cố bê mặt kênh, bỏ đá hay các biện pháp phòng xói khác khi thay đổi độ dốc vẫn không làm giảm tốc độ chảy. Tốc độ lớn nhất đối với một số vật liệu bảo vệ chống xói như bảng dưới đây.

Bảng 8 – 5

Tốc độ lớn nhất bảo vệ chống xói của một số vật liệu

Loại đất và lớp đất bảo vệ	Tốc độ lớn nhất V_{\max} (m/s)
Cát	0,6
Sét pha	0,6 - 0,9
Cỏ	0,6 - 0,9
Sét	0,9 - 1,5
Sét và sạn, sỏi nhỏ	1,2 - 1,5
Đất tốt, sỏi khô, cuội	1,2 - 1,8
Đá phiến mềm	1,8 - 2,5
Đá cứng, lát tấm bê tông	2,5 - 5,0

b. Các bước tính toán thuỷ lực cống:

Trong một số trường hợp cần tính toán thuỷ lực cống một cách chi tiết, các bước tính toán cần tiến hành như sau:

- + Tính thuỷ lực phần cửa vào;
- + Tính thuỷ lực phần cửa ra.

• Tính thuỷ lực phần cửa vào bao gồm xác định:

- Điều kiện làm việc của cống (cửa vào bị ngập hoặc không bị ngập); chiều dày đắp đất tối thiểu;

- Kích thước cống;
- Chiều sâu dòng chảy trước cống;

• Tính phần cửa ra sao cho đảm bảo cống được ổn định từ phía hạ lưu

- Tốc độ dòng chảy ở cửa ra, tốc độ không xói;
- Phạm vi gia cố, chiều sâu gia cố chống xói và công trình tiêu năng lượng;

Sau đây là một vài gợi ý về bảo vệ chống xói hạ lưu:

- Không cần bảo vệ chống xói riêng biệt: $v_r = 2,5\text{m/s}$;
- Lát đá và đổ đá trong phạm vi 3D: $v_r = 4,0\text{m/s}$
- Lát đá và có gờ chống xói: $v_r = 6,0\text{m/s}$;
- Công trình tiêu năng: $v_r > 6,0\text{m/s}$.

Đối với các tuyến đường đi qua vùng núi, thường phải xây dựng công trình nối tiếp. Công trình nối tiếp là những công trình đặc biệt, được xây dựng ở những nơi địa hình có độ dốc lớn để đưa nước từ cao xuống thấp. Các công trình này thường là bậc nước một cấp, bậc nước nhiều cấp và dốc nước. Tính toán thuỷ lực các công trình nối tiếp có thể tham khảo trong các giáo trình thuỷ lực.

8.1.5. Cầu nhỏ, cống khu vực đồng bằng

Các phương pháp tính toán khâu độ cống và cầu nhỏ đã được nêu trong các phần trên chủ yếu áp dụng cho các tuyến đường miền núi, trung du, nơi các lưu vực được phân chia khá rõ ràng. Khu vực đồng bằng, các lưu vực thoát nước nhiều khi không có ranh giới rõ rệt, ngoài ra khu vực đồng bằng dòng chảy bị chi phối nhiều bởi hệ thống thủy nông. Do vậy khi tính toán khâu độ công trình tại khu vực này cần xem xét tới các yếu tố nêu trên và đề xuất phương pháp tính toán phù hợp.

Khái niệm “khu vực đồng bằng” trong chương này được phân chia thành các loại chính như sau:

– **Khu vực nội đồng:** Đây là khu vực nằm trên châu thổ các sông lớn và có hệ thống đê bảo vệ. Trong khu vực nội đồng, diện tích chủ yếu là đất nông nghiệp và các khu dân cư. Đặc điểm thủy văn chủ yếu của khu vực này là hình thức thoát nước cưỡng bức trong mùa mưa. Nếu trong mùa cạn, khu vực này có thể thoát nước ra các sông lớn bằng hình thức tự chảy qua các cửa cống lớn dưới đê thì trong mùa lũ các cửa cống này đều phải đóng lại do mực nước sông cao hơn trong đồng. Khi đó việc thoát nước từ trong đồng ra ngoài sông chỉ thông qua hệ thống bơm cưỡng bức. Tuy nhiên do phải bảo vệ hệ thống đê, nên mỗi tuyến đê và mỗi trạm bơm có các quy định về vận hành trong mùa lũ. Do vậy nhiều khi nước vẫn ngập trong khu vực nội đồng mà vẫn không được phép bơm ra sông.

Có thể nói khu vực nội đồng là các khu vực mà chế độ thủy văn gần như hoàn toàn được kiểm soát và chi phối. Các “khu vực nội đồng” chủ yếu nằm trong vùng đồng bằng Bắc Bộ. Trong các khu vực nội đồng nhiều khi có cả các đô thị lớn. Ví dụ như nội thành thành phố Hà Nội là nằm trong một ô nội đồng lớn có ranh giới là đê Hữu Hồng và đê Tả Đáy. Trong đó các sông Tô Lịch, sông Kim Ngưu, thậm chí cả sông Nhuệ cũng đều được coi là các sông nội đồng, mặc dù sông Nhuệ cũng có hệ thống đê của riêng mình.

– **Khu vực ảnh hưởng nước dênh của sông lớn và thủy triều:** Đây là khu vực châu thổ nằm trên các sông lớn mà chưa có hệ thống đê bao bọc. Các khu vực này chủ yếu nằm tại đồng bằng sông Cửu Long. Đối với khu vực này, hướng thoát nước đều là ra các sông lớn theo phương thức tự chảy, do đó mực nước trên các kênh rạch chịu tác động của dao động thủy triều trên các sông lớn. Hiện tại trong khu vực đồng bằng sông Cửu Long đã hình thành một số vùng tương đối lớn có hệ thống đê bao ổn định và vượt cao trình đỉnh lũ cao nhất, nhằm mục đích chống lũ quanh năm. Những vùng này có chế độ thủy văn tương tự như khu vực nội đồng đã trình bày ở phần trên.

a. Mục nước và lưu lượng tính toán:

Phương pháp tính toán mực nước và lưu lượng được trình bày tại chương 2 và chương 5. Tuy nhiên, khi thiết kế các công trình cống, cầu nhỏ khu vực đồng bằng cần quan tâm tới các vấn đề sau:

– **Khu vực nội đồng:** Thông thường mực nước lớn nhất trong khu vực nội đồng là mực nước trong các kênh tưới. Do vậy khi xác định khẩu độ cống và cầu nhỏ cần quan tâm tới độ dênh tại thượng lưu kênh tưới. Độ dênh này cần đảm bảo để cao độ mực nước lớn nhất thấp hơn cao độ bờ kênh trong phạm vi cho phép. Đối với kênh tưới, thông thường chỉ xác định được mực nước lớn nhất mà không xác định được mực nước theo các tần suất thiết kế. Lưu lượng lớn nhất trong kênh tưới phụ thuộc vào lưu lượng của trạm bơm tưới.

Ngoài các vị trí kênh tưới, mực nước ngập lớn nhất trong khu vực nội đồng có thể xuất hiện bởi nhiều nguyên nhân khác nhau, do đó cần điều tra rõ nguyên nhân gây ra ngập lụt để có phương pháp xử lý thích hợp. Các nguyên nhân gây ra ngập lụt thông thường là: vỡ đê, mưa lớn dài ngày, chủ động giữ nước trong đồng, trạm bơm tiêu không hoạt động do sự cố hoặc không được phép bơm ra sông.

Lưu lượng lớn nhất trong kênh tiêu chính là lưu lượng của trạm bơm đầu mối, bao gồm cả thoát cưỡng bức và tự chảy. Do vậy khi thiết kế cần quan tâm tới công suất quy hoạch của các trạm bơm đầu mối.

Đối với khu vực này, mực nước lớn nhất và lưu lượng lớn nhất nhiều khi không xảy ra đồng thời, do đó khi tính toán các thông số thủy lực tương ứng với lưu lượng lớn nhất cần chỉ ra mực nước tính toán tại thời điểm này.

– **Khu vực chịu ảnh hưởng của nước dênh sông lớn và thủy triều:** Mực nước lớn nhất trong khu vực này thông thường là mực nước đỉnh triều hoặc đỉnh lũ trên các sông lớn. Tuy nhiên, dao động triều sẽ giảm dần khi vào sâu trong các kênh rạch. Do đó trên thực tế mực nước lớn nhất tại các khu vực nằm cách xa sông chỉ tương đương với mực nước trung bình trên các sông lớn. Thực tế cho thấy tại nhiều khu vực mặc dù nối thông với sông lớn nhưng mực nước lớn nhất lại thấp hơn trên sông chính từ 30cm tới 70cm.

b. Khẩu độ công trình:

Khẩu độ công trình cầu nhỏ, cống khu vực đồng bằng trước hết phải đáp ứng được các tiêu chí phục vụ sản xuất nông nghiệp và phải có sự chấp thuận của cơ quan quản lý địa phương. Ngoài các nguyên tắc thông thường khi xác định khẩu độ công trình căn cứ

trên lưu lượng dòng chảy, đối với khu vực đồng bằng cần phải quan tâm tới các vấn đề sau:

- Công trình phải đảm bảo yêu cầu tưới, tiêu trong giai đoạn hiện tại và tương lai, bao gồm cả lưu lượng, hướng chảy và độ dèn cho phép.
- Khảm độ công trình thoát nước cần phải tính đến khả năng sẽ đô thị hoá hoặc chuyển đổi mục đích sử dụng một phần diện tích lưu vực. Khi đó chỉ tiêu thoát nước sẽ tăng lên đáng kể.
- Thông thường công trình mới xây dựng phải có khả năng thoát nước tốt hơn các công trình hiện hữu trên tuyến kênh, mương.

c. Các vấn đề cần lưu ý khi thiết kế công trình thoát nước:

Khi thiết kế công trình thoát nước trong khu vực đồng bằng, cần quan tâm tới các yếu tố sau đây:

- Đảm bảo các yêu cầu của sản xuất nông nghiệp như: bố trí cửa phai hoặc khe phai để điều tiết dòng chảy (nếu cần thiết); Có các biện pháp gia cố tại cửa ra để không gây xói kênh mương.
- Cao độ đáy các công trình thoát nước cần phù hợp với cao độ đáy kênh mương sau khi nạo vét, hoặc thấp hơn cao độ dòng chảy hiện tại tối thiểu từ 20cm tới 30cm.
- Trong trường hợp thiết kế công trình cống, đặc biệt là các cống hộp, cống bắn không nên thiết kế cống chảy ngập, cần đảm bảo tĩnh không từ mực nước lớn nhất tới đỉnh cống để đảm bảo bèo rác trong kênh mương không bị dồn tắc tại vị trí cống.
- Vận tốc dòng chảy thiết kế trong các kênh mương khu vực đồng bằng nên nhỏ hơn 1,5 - 2,0m/s. Đối với kênh mương đã được bê tông hóa có thể lớn hơn, tuy nhiên không nên quá 2,5m/s.

§8.2. Đường tràn

Giải pháp sử dụng đường tràn rất hiệu quả đối với các suối, sông nhỏ có lòng chủ yếu đối cạn trong mùa khô, thời gian nước lên và xuống nhanh. Công trình đường tràn thường được áp dụng trên các tuyến đường cấp thấp, lưu lượng xe không lớn tại các sông suối miền núi và trung du. Tại khu vực đồng bằng, giải pháp đường tràn đôi khi còn được kết hợp với cầu vượt qua lòng chủ tại những khu vực có bãi sông rộng, dòng chảy ổn định.

Đường tràn theo khái niệm thủy lực là một dạng đập tràn đỉnh rộng với chiều cao thấp. Thông thường chiều cao đường tràn chỉ từ 1,0m tới 3,0m. Như vậy chiều rộng đường tràn lớn hơn chiều cao đập tràn từ 3 đến 5 lần. Đường tràn thường được xây dựng kết hợp cống thoát nước. Khả năng thoát nước của các cống dưới đường tràn thông thường phải lớn hơn lưu lượng trung bình mùa cạn để đảm bảo mặt đường tràn không có nước trong mùa cạn.

Các thông số thủy lực của đường tràn đã được nêu rõ trong “Quy phạm tính toán thủy lực đập tràn, QP.TL.C-8-76”. Trong mục này không đề cập lại chi tiết các công thức tính toán với các trường hợp cụ thể mà chỉ đưa ra các lưu ý khi tiến hành tính toán.

Thiết kế đường tràn cần chú ý các điểm sau:

- Chiều sâu mực nước tràn trên mặt đường không được vượt quá các trị số ghi trong bảng dưới đây.
- Đối với một số tuyến đường lượng xe ít, cho phép có thời gian tắc xe, chiều sâu nước tràn qua mặt đường tràn có thể lớn hơn các trị số trong bảng trên. Tuy nhiên trong trường hợp này cần đảm bảo lưu tốc dòng chảy không phá hỏng kết cấu đường tràn;

- Trên đường tràn phải bố trí hệ thống cọc tiêu để báo phạm vi phần xe chạy và cọc thủy chí để báo mực nước ngập;
- Độ dốc ta luy đường tràn quy định là $1:1 \div 1:1,5$ ở phía thượng lưu và $1:3 \div 1:5$ ở phía hạ lưu;
- Mái ta luy và mặt tràn phải đảm bảo không bị xói, thường là kết cấu bê tông, gia cố hoặc lát đá. Đặc biệt phải chú ý gia cố khu vực sát chân ta luy để phòng xói khi nước chảy từ mái ta luy xuống. Chiều rộng gia cố đối với thượng lưu là $2,0 \div 5,0$ m, hạ lưu ($2,5 \div 4,0$) lần vận tốc nước chảy.
- Đường tràn có thể làm kết hợp với cầu tràn, cống để tăng khả năng thoát nước và phù hợp với địa hình mặt cắt sông, suối.

Bảng 8 – 6

Chiều sâu nước tràn cho phép trên mặt đường tràn

Vận tốc nước chảy (m/s)	Chiều sâu nước tràn qua đường (m)		
	Ô tô	Xe xích	Xe thô sơ
< 1,50	0,50	0,70	0,40
1,50 ÷ 2,00	0,40	0,60	0,30
> 2,00	0,30	0,50	0,20

Khả năng thoát nước qua đường tràn được xác định dựa vào công thức đập tràn định rộng.

$$Q_{Tr} = \delta_{ng} mb \sqrt{2g H_0^{\gamma/2}} \quad (8-17)$$

trong đó δ_{ng} – hệ số triết giảm do hạ lưu bị ngập, phụ thuộc vào tỷ số $K_n = \frac{h_n}{H_0}$, lấy như sau:

Bảng 8 – 7

Bảng tra hệ số δ_{ng}

$K_n \leq$	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98
δ_{ng}	1,00	0,99	0,97	0,95	0,95	0,90	0,84	0,78	0,60	0,40

h_n : chiều sâu ngập ở hạ lưu tính từ mép đường tràn,

H_0 : chiều cao cột nước tính từ mép nền đường về phía thượng lưu,

m : hệ số lưu lượng khi đập chảy theo chế độ tự do,

b : chiều dài đường tràn hay chiều rộng của dòng chảy tràn qua đường phụ thuộc vào chiều sâu nước tràn qua đường, xác định theo trắc dọc đường;

g : gia tốc trọng trường.

Chiều sâu nước chảy trên đường tràn, loại chảy tự do ($h_n \leq 0,8H_0$) có thể xác định theo bảng dưới đây bằng cách nhân hệ số K_c với H_0 . Đối với loại chảy theo chế độ chảy ngập ($h_n > 0,8H_0$) chiều sâu nước chảy trên đường tràn.

$$h_c \approx h_n = h_\delta - H_{nen}$$

(h_δ : chiều sâu nước chảy lúc tự nhiên tại lòng sông ở hạ lưu đường tràn)

Khả năng thoát nước qua cống của đường tràn liên hợp được xác định theo công thức sau:

- Khi hạ lưu cống không bị ngập ($h_\delta < 1,3 h_k$):

$$Q_c = \varepsilon \psi \omega_d \sqrt{2g(H_{nen} + H_o - \varepsilon h_d)} \quad (8-18)$$

trong đó:

ε : hệ số thu hẹp, lấy bằng 0,65;

ψ : hệ số vận tốc, lấy bằng 0,85;

h_d, ω_d : chiều cao và tiết diện cống có khẩu độ d;

H_{nen} : chiều cao đắp nền đường.

- Khi hạ lưu cống bị ngập ($h_\delta \geq 1,3 h_k$)

$$Q_c = \varepsilon \psi \omega_d \sqrt{2g(H_{nen} + H_o - \varepsilon h_d)} \quad (8-19)$$

Vận tốc nước chảy trên đường tràn tính theo công thức:

$$v_{tr} = \frac{Q_{tr}}{bh_c} \quad (8-20)$$

trong đó:

h_c : chiều sâu nước tràn qua đường

Vận tốc nước chảy trên mái ta luy đường tràn xác định như trên dốc nước:

$$v_0 = \frac{q^{2/5} i^{3/10}}{n_a^{3/5}} \quad (8-21)$$

trong đó:

q: lưu lượng chảy trên 1 mét dài đường tràn:

$$q = \delta_{ng} m \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (8-22)$$

i : độ dốc mái ta luy đường tràn phía hạ lưu;

n_a : hệ số nhám có xét tới ảnh hưởng của bọt khí $n_a = n.a$;

n: hệ số nhám của mái ta luy;

a: hệ số lắn khí.

Bảng 8-8

$$\text{Hệ số lưu lượng } m \text{ và chiều sâu tương đối } K_c = \frac{H_c}{H_0}$$

(H_0 : Chiều sâu nước chảy tại mặt cắt thu hẹp trên đường tràn)

H_{nen}	Theo Pikalóp		Theo Chertauxôp		
	H_0	m	k _c	m	k _c
∞	0,300	0,424	0,300	0,447	
3	0,324	0,458	0,320	0,470	
2	0,329	0,483	0,328	0,490	

1	0,339	0,500	0,341	0,510
0,5	0,357	0,558	0,356	0,576
0,064	0,381	0,641	0,376	0,647

§ 8.3.Thoát nước nền đường

Để bảo đảm nền đường ổn định vững chắc phải kịp thời thoát nước mặt và nước ngầm có thể gây nguy hại cho nền đường ra khỏi phạm vi của nền đường. Thoát nước nền đường, nhất là thoát nước mặt là biện pháp kỹ thuật phòng ngừa hư hỏng của nền đường hữu hiệu và kinh tế. Thiết kế thoát nước nền đường bao gồm việc quy hoạch toàn bộ hệ thống thoát nước và thiết kế các kết cấu thoát nước cụ thể.

8.3.1. Phân loại các công trình thoát nước

Khi thiết kế thoát nước nền đường phải ngăn chặn các dòng nước mặt phía thượng lưu (sườn núi phía trên), nhanh chóng thu thập nước mưa rơi trên bề mặt nền đường, cắt, làm khô và hạ thấp nước ngầm gây nguy hại nền đường, dẫn các nguồn nước trên đây đến vị trí thích hợp hoặc thông qua cầu cống chảy vào các dòng chảy phía hạ lưu, không để cho các nguồn nước này ảnh hưởng xấu đến sự ổn định của nền đường.

Để hoàn thành nhiệm vụ thoát nước nền đường, cần sử dụng các công trình thoát nước khác nhau. Có thể phân loại các công trình thoát nước nền đường thành:

a. Các mương rãnh thoát nước mặt thường gồm có: rãnh biên, rãnh đỉnh, rãnh thoát nước, bậc nước và dốc nước...

Rãnh biên được bố trí ở các đoạn đào hoặc đắp thấp song song với tim đường để thu nước mưa rơi xuống mặt đường, vai đường, mái taluy và thoát đi nhằm giảm bớt độ ẩm của nền mặt đường.

Rãnh đỉnh còn gọi là rãnh ngăn nước được bố trí ở sườn núi phía trên taluy nền đào để ngăn và thoát nước mặt không cho chảy vào nền đường gây xói mòn và ẩm ướt taluy nền đào, và chân taluy nền đắp, làm giảm lưu lượng nước chảy vào rãnh biên, từ đó giảm độ ẩm ướt của nền mặt đường. Các đoạn đường có lượng mưa nhỏ, mặt đất thoái khói bị xói mòn hoặc có cây cỏ mọc dày thì có thể không làm rãnh đỉnh, trường hợp ngược lại khi cần có thể bố trí vài rãnh đỉnh song song nhau.

Thùng đấu hai bên đường thường được thiết kế kết hợp thành công trình thoát nước nền đường, có tác dụng như rãnh biên hoặc rãnh đỉnh.

Rãnh thoát nước còn gọi là rãnh dẫn nước có tác dụng dẫn nước từ rãnh biên, rãnh đỉnh, thùng đấu hoặc các chõ trũng hai bên đường cho chảy vào cầu cống, sông suối thiên nhiên hoặc một vị trí quy định nào đó ở xa nền đường. *Bậc nước* và *dốc nước* là hình thức đặc biệt của mương rãnh thoát nước mặt được bố trí ở các đoạn dốc lớn (dốc dọc của đáy rãnh lớn hơn 7%) thường dùng kết cấu xây đá hoặc bê tông và có biện pháp phòng hộ gia cố thích ứng. *Bậc nước* là rãnh hình máng mà đáy có bậc cấp, chia thành bậc nước một cấp và bậc nước nhiều cấp, dòng nước chảy qua bậc nước được tiêu năng, giảm tốc độ hoặc đổi hướng: Dốc nước là rãnh hình máng có độ dốc dọc rất dốc, dòng nước chảy xiết dọc đáy máng. *Bậc nước* và *dốc nước* thường được bố trí ở phần nối tiếp các mương rãnh thoát nước có độ chênh mực nước tương đối lớn hoặc ở cửa vào ra của đường hầm.

b. Ống rãnh thoát nước ngầm, là các thiết bị thoát nước ngầm gồm rãnh nổi, rãnh ngầm, rãnh thấm.

Rãnh nổi: bố trí ở phía trên hoặc hai bên nền đường để ngăn nước, dẫn thoát nước hoặc hạ thấp nước ngầm ở nông và có thể kiêm tác dụng ngăn và thoát nước mặt.

Rãnh ngầm: chôn ngầm dưới mặt đất dùng để dẫn thoát nước ngầm hoặc các dòng chảy ngầm tập trung, thường xây đá hoặc đổ bêtông.

Rãnh thấm: trong rãnh đắp bằng các vật liệu có độ thấm lớn dùng để cắt các dòng chảy của tầng chứa nước ngầm, hạ mực nước ngầm, làm khô và dẫn thoát nước ngầm trong mái đất, khi lượng nước tương đối lớn thì đáy rãnh thấm có thể đặt thêm ống thoát nước hoặc rãnh ngầm.

Lớp cách ly bố trí ở phần trên của nền đường cũng là một thiết bị thoát nước, lớp này làm bằng vật liệu thấm nước hoặc vật liệu không thấm nước, có thể dùng để điều chỉnh tình hình thuỷ nhiệt của nền đường.

c. Các công trình thoát nước qua đường: như cầu, cống, cống xiphông, máng dẫn nước, nền đường lọc nước, đường tràn...

d. Công trình tích nước: gồm có đê ngăn nước và hồ chứa nước, chủ yếu để chứa nước từ suối núi hoặc từ rãnh biên, rãnh đỉnh chảy về tại một địa điểm nhất định để cho bốc hơi hoặc thấm xuống đất.

Ngoài ra khi mương rãnh có săn cong quẹo hay giao nhau nhiều chỗ với đường, để cải thiện tình hình dòng chảy đề phòng xói lở nền đường, giảm số lượng cống có thể dùng các biện pháp chính trị dòng chảy như đập dẫn nước, kênh đào.

8.3.2. Thiết kế hệ thống thoát nước

Thiết kế thoát nước nền đường, trước hết phải tiến hành quy hoạch tổng thể và thiết kế tổng hợp, đối với một nguồn nước nào đó và thỏa mãn một yêu cầu nào đó, mà bố trí một hệ thống thoát nước thống nhất hoàn chỉnh gồm các công trình thoát nước (mương rãnh, đường ống, cầu cống...) phối hợp chặt chẽ với nhau, bố trí thích hợp, dòng chảy thuận lợi, tăng hiệu quả và hạ giá thành, hoàn thành toàn diện nhiệm vụ thoát nước.

Khi bố trí hệ thống thoát nước nền đường phải liên hệ với bình đồ, trắc dọc, trắc ngang của tuyến đường, với tình hình địa hình, địa chất, khí hậu và thuỷ văn dọc tuyến để tiến hành xem xét một cách tổng hợp. Trước hết phải điều tra rõ các loại nguồn nước, phân tích nghiên cứu mức độ phá hoại của nước đối với nền đường - Sau đó căn cứ vào dòng nước chảy đều hoặc chảy xiết mà bố trí các công trình thoát nước khác nhau để thoát đi các dòng nước nguy hiểm đối với nền đường một cách hữu hiệu. Việc bố trí mương rãnh thoát nước nền phải kết hợp với vị trí cầu cống. Khi bố trí cầu cống phải xét tới yêu cầu thoát nước nền đường để thoát nhanh nước trong các mương rãnh, khi cần thiết có thể tăng thêm cống. Khi bố trí các rãnh thoát nước nền đường phải căn cứ vào tình hình bố trí cầu cống để xác định hướng thoát nước của mương rãnh và vị trí của cửa thoát nước.

Việc thoát nước nền đường còn phải kết hợp với việc tưới tiêu trong sản xuất nông nghiệp. Ví dụ khi tuyến đường đi qua làm phá hoại hệ thống tưới tiêu hiện hữu thì phải có biện pháp như bố trí cống, cống xiphông, đường máng nước... để đảm bảo yêu cầu tưới tiêu được bình thường. Rãnh biên của nền đường không nên dùng làm mương rãnh thuỷ lợi - Khi phải sử dụng chúng thì phải mở rộng mặt cắt ngang, gia cố mương rãnh tránh ảnh hưởng đến nền đường và ảnh hưởng đến việc tưới tiêu.

Ngoài ra việc thiết kế hệ thống thoát nước nền đường phải bảo đảm sự liên hệ giữa các loại công trình thoát nước và xử lý tốt các cửa vào, cửa ra thành một hệ thống hoàn chỉnh bảo đảm tốt việc thoát nước.

Việc bố trí hệ thống thoát nước nền đường thường được tiến hành theo các bước sau đây:

- Vẽ các đường đỉnh taluy nền đào, chân taluy nền đắp, vị trí các đống đất thừa, các hố đấu... lên trên bình đồ tuyến đường.

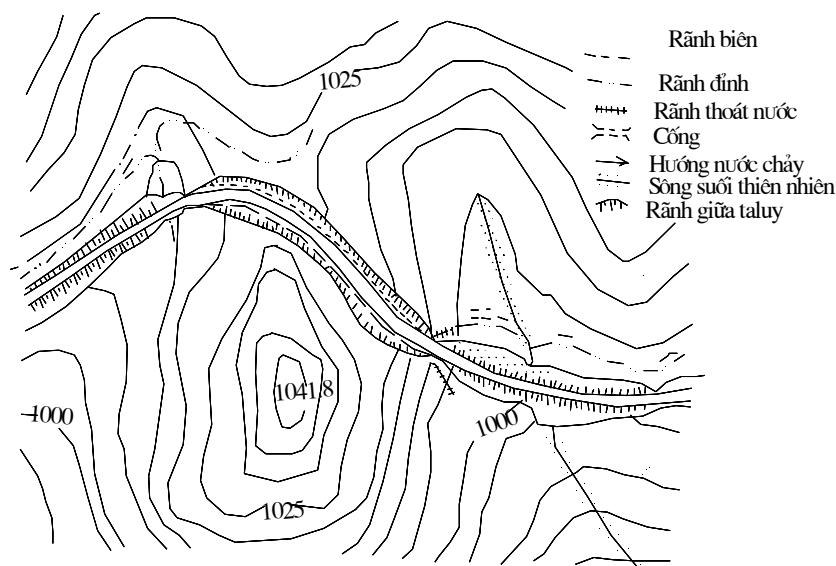
- Bố trí rãnh đỉnh trên sườn núi của taluy dương để ngăn nước mặt. Để bảo đảm hiệu quả ngăn nước tốt và giảm giá thành xây dựng, rãnh đỉnh nên bố trí dọc theo đường đồng mức. Nếu đổ đống đất thừa trên taluy nền đào thì phải đổ liên tục và phải bố trí rãnh đỉnh ở phía cao, không cho nước ở sườn núi chảy vào đống đất. Phía thấp của đống đất cứ 50 - 100m phải bố trí một chỗ hở rộng khoảng 1,0m để thoát nước.

- Hai bên nền đường khi cần phải bố trí rãnh biên hoặc lợi dụng thùng đấu để thoát nước mặt đường bảo đảm cho nền đường thường xuyên khô ráo.

- Làm mương rãnh dẫn nước từ rãnh đỉnh, rãnh biên đến sông ngòi hoặc cầu cống. Rãnh dẫn nước phải ngắn nhất, xa đường nhất và nối tiếp thuận lợi với các công trình thoát nước khác.

- Xác định vị trí cầu cống để cùng với các mương rãnh trên đây hình thành một mạng lưới thoát nước. Đối với các khe suối chảy qua đường trên vùng núi thường phải làm cầu, không nên đơn giản đổi thành cống.

Nếu có nước ngầm gây nguy hại đến nền đường thì phải bố trí thiết bị thoát nước ngầm kết hợp với hệ thống thoát nước mặt.



Hình 8 - 1: Giới thiệu việc bố trí hệ thống thoát nước nền đường của một đoạn đường ô tô vùng núi

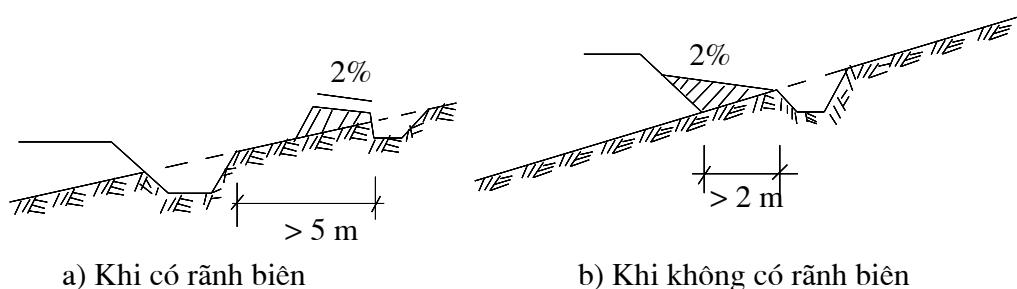
Khi thiết kế thoát nước nền đường cần phân biệt đoạn đường thông thường và đoạn đường đặc biệt. Tại các đoạn đường thông thường, nguy hại của nước tương đối nhỏ, việc thiết kế có thể đơn giản hơn. Khi đó chỉ cần tuân theo một số nguyên tắc và quy định liên quan và ghi chú trên trắc dọc và trắc ngang và trên bảng khối lượng công trình cho đơn vị thi công nắm được cụ thể. Còn trên các đoạn đường có điều kiện địa chất thuỷ văn phức tạp hoặc đã xảy ra các hư hỏng nền đường nghiêm trọng thì phải thiết kế thoát nước riêng. Bố trí hệ thống thoát nước trên bình đồ, xác định vị trí mặt bằng của các công trình thoát nước, hướng thoát nước, cấu tạo mặt cắt ngang, cửa vào cửa ra, độ dốc dọc...

8.3.3. Thiết kế rãnh thoát nước mặt

Sau khi bố trí xong hệ thống thoát nước nền đường, phải tiến hành thiết kế cụ thể các kết cấu thoát nước. Nội dung của việc thiết kế rãnh thoát nước mặt gồm có: Xác định vị trí trên mặt bằng, độ dốc dọc, kích thước mặt cắt và hình thức gia cố. Các nội dung trên đây liên quan với nhau, khi thiết kế phải xem xét một cách tổng hợp.

Vị trí cụ thể của rãnh thoát nước mặt, ngoài việc căn cứ vào yêu cầu thiết kế hệ thống thoát nước để xác định, đối với rãnh đỉnh và rãnh dẫn nước còn phải xem xét cụ thể sự ổn định và hiệu quả của bản thân các công trình đó. Các mương rãnh thông thường phải đặt ở các chỗ địa hình tương đối bằng phẳng và địa chất ổn định để tránh biến dạng dẫn đến hư hỏng do nước xói. Rãnh đỉnh phải cách đỉnh taluy nền đào hoặc chân taluy nền đắp một khoảng cách nhất định (hình 8 - 2) nhằm tránh không cho nước làm ẩm ướt mái đất hoặc chân taluy, nhưng cũng không nên cách quá xa vì như vậy tác dụng ngăn chấn nước ở suôn núi sẽ không phát huy đầy đủ và không thuận lợi cho ổn định của nền đường.

Rãnh thoát nước phải có độ dốc dọc nhất định để nước trong rãnh có thể thoát nhanh không bị ứ đọng. Độ dốc dọc nhỏ nhất của đáy rãnh thường quy định là 0,5%, trường hợp quá khó khăn cho phép giảm đến 0,2%. Đồng thời độ dốc dọc cũng không nên lớn quá nhằm tránh tăng tốc độ dòng chảy gây xói mòn. Độ dốc dọc của rãnh biên thường lấy bằng độ dốc dọc của đường, nhưng khi độ dốc dọc của đường không thể thỏa mãn yêu cầu thoát nước thì phải điều chỉnh độ dốc dọc của rãnh biên.



Hình 8 -2: Vị trí rãnh đỉnh của nền đắp trên suòn dốc

Mặt cắt ngang của các loại mương rãnh thường dùng kiểu hình thang với taluy từ 1:1 đến 1:1,5 tuỳ theo loại đất. Taluy của rãnh biên ở nền đào thường lấy bằng taluy đào. Rãnh biên đào qua đá hoặc xây bằng đá thì có thể làm theo mặt cắt ngang chữ nhật, khi thi công bằng máy thì làm rãnh biên tam giác với taluy trong từ 1:2 - 1:4, taluy phía ngoài thường lấy từ 1:1 - 1:2. Chiều sâu và chiều rộng đáy rãnh biên thường không nhỏ hơn 0,4m, vùng khô hạn có thể lấy 0,3m.

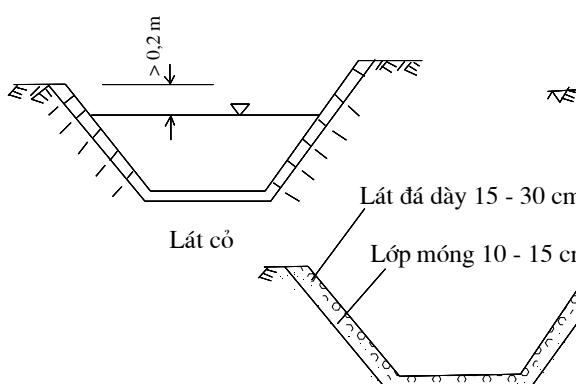
Kích thước mặt cắt ngang của rãnh được xác định theo lưu lượng thiết kế. Lưu lượng thiết kế được xác định theo các công thức kinh nghiệm (xem giáo trình thuỷ văn cầu cống) - Lưu lượng cho phép chảy qua mặt cắt ngang của rãnh được tính theo công thức chảy đều qua kênh hở (xem giáo trình thuỷ lực) - Nhưng mặt đỉnh của mương rãnh phải cao hơn mực nước thiết kế 0,2m (hình 8-3a).

Trong trường hợp thông thường rãnh biên có mặt cắt ngang tối thiểu đủ để thoát lượng nước trong rãnh, có thể không cần tính toán.

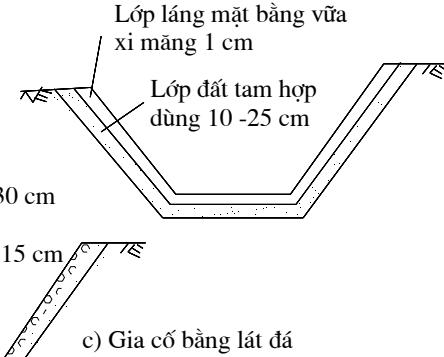
Chiều dài rãnh biên ở khu vực mưa nhiều không nên quá 300m nhằm tránh cho đường thoát nước quá dài và lưu lượng quá lớn, gây xói mòn và đọng nước. Với rãnh biên tiết diện tam giác thường không quá 200m. Nếu rãnh quá dài thì phải làm thêm cửa thoát nước hoặc thêm cống để thoát nước ngang.

Để chống xói mòn hoặc thấm nước phải tiến hành gia cố rãnh. Các biện pháp gia cố rãnh thường dùng gồm có: đầm chặt bê mặt, lát cỏ, dùng đất tam hợp (vôi + xi than + đất) (ba kiểu gia cố trên gọi là gia cố đơn giản), lát đá khan hoặc lát đá xây vữa (hình 8 - 3) - Khi chọn loại gia cố rãnh phải căn cứ vào dốc dọc đáy rãnh hoặc tốc độ nước chảy, tính chất của đất, yêu cầu sử dụng tình hình vật liệu... mà lựa chọn. Các kiểu gia cố ứng với các độ dốc dọc rãnh khác nhau có thể tham khảo trong bảng 8 - 9.

a) Gia cố bằng lát cỏ



b) Gia cố bằng đất tam hợp



c) Gia cố bằng lát đá

Hình 8 - 3: Các kiểu gia cố rãnh

Bảng 8 – 9
Quan hệ giữa kiểu gia cố và dốc dọc của rãnh

Độ dốc dọc đáy rãnh(%)	< 1	1 - 3	3 - 5	5 - 7	> 7
Kiểu gia cố	Không gia cố	- Đất tốt, không gia cố - Đất không tốt, gia cố đơn giản	Gia cố đơn giản hoặc lát đá khan	Lát đá khan hoặc lát đá miết mạch	Lát đá kẽ mạch hoặc biến thành dốc nước

8.3.4. Thiết kế rãnh, ống thoát nước ngầm

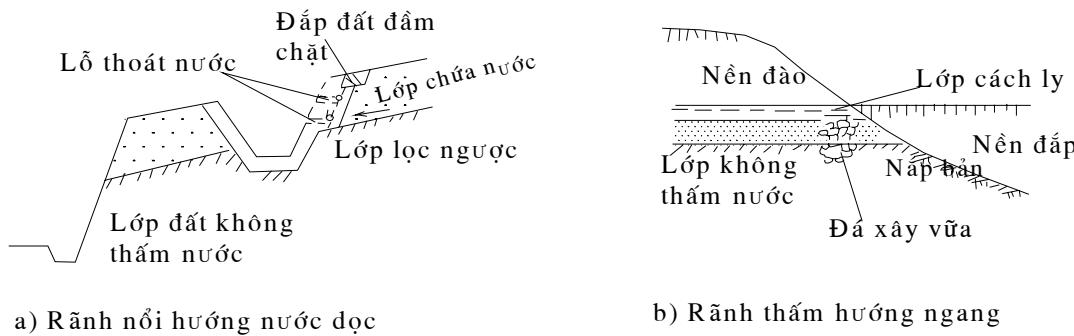
Khi thiết kế thoát nước ngầm phải làm tốt việc điều tra địa chất thuỷ văn, tình hình nước ngầm (chiều sâu, hướng chảy và lưu lượng...), căn cứ vào đó để xác định loại, vị trí, chiều sâu, cấu tạo và kích thước... của kết cấu thoát nước ngầm.

Việc xử lý nước ngầm có thể chia thành: Cắt, làm khô, hạ thấp và dẫn thoát.

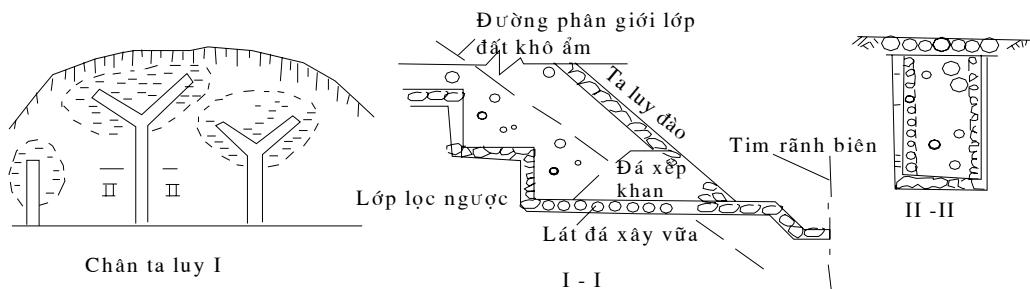
a. Cắt nước ngầm: Khi trong phạm vi nền đường lộ ra lớp đất chứa nước ngầm thì có thể bố trí rãnh nổi hoặc rãnh thấm (hình 8 - 4) để cắt và dẫn thoát khắc phục tình trạng dòng nước ngầm cuốn theo các hạt nhỏ trong đất xói rỗng mái taluy khiến cho lớp đất phía trên bị lún xuống. Rãnh nổi hoặc rãnh thấm phải sâu đến lớp đất không thấm nước phía dưới lớp ngầm nước.

b. Làm khô: khi mái đất của taluy nền đào tối xốp dễ bị các lớp ngâm nước phía trên hoặc nước mưa làm ẩm ướt có khả năng bị sụt trượt thì có thể bố trí các rãnh thấm kiểu chữ y hoặc kiểu vòm (hình 8 - 5) để làm khô và thoát nước ngầm trong mái taluy.

Đây của rãnh thấm ở taluy phải thấp hơn mặt đáy của lớp đất ẩm ướt, mặt trượt 0,5m và cố gắng bố trí trong lớp đất cứng không thấm nước. Nếu rãnh thấm của taluy được chôn sâu (trên 2m), đáy tương đối bằng phẳng thì ngoài tác dụng làm khô, rãnh thấm còn có tác dụng chống đỡ mái đất và gọi là rãnh thấm kiểu sườn chống.



Hình 8. 4: Rãnh nỗi hoặc rãnh thấm để cắt nước ngầm

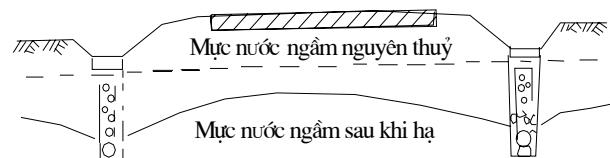


Hình 8 -5: Rãnh thấm ở mái taluy

c. Hạ mức nước ngầm: Khi mức nước ngầm ở cao phần trên của nền đường bị mềm ẩm do ảnh hưởng của nước mao dẫn thì có thể bố trí rãnh thấm dọc theo hai bên nền đường để hạ nước ngầm (hình 8 - 6). Chiều sâu chôn rãnh được xác định theo mức độ hạ mức nước ngầm yêu cầu.

d. Dẫn thoát: Khi trong phạm vi nền đường có những chỗ lộ mạch nước ngầm thì có thể dùng các ống rãnh thoát nước để thoát đi. Rãnh thấm dẫn nước và rãnh ngầm phải tận lượng đặt trên lớp đất không thấm nước để bảo đảm thoát nước thuận lợi, nước không chảy ngược đáy của cửa ra phải cao hơn mức nước ở ngoài rãnh ít nhất là 20 cm.

Rãnh nỗi thích hợp ở chỗ mực nước ngầm tương đối nông (trong khoảng 1 - 2m). Mặt cắt ngang của nó có hai kiểu, hình thang và hình chữ nhật - Taluy của mặt cắt hình



Hình 8 -6: Rãnh thấm hạ mức nước ngầm

thang thường từ 1 : 1 - 1 : 1,5, thường gia cố bằng đá xếp khan, rãnh nổi mặt cắt ngang chữ nhật có thể làm bằng bêtông hoặc đá xây còn gọi là rãnh máng. Phía mặt đón nước của rãnh nổi phải có lỗ thấm nước làm theo kiểu lọc ngược để chống ú tắc. Tầng lọc ngược đắp bằng các lớp đá cỡ hạt đồng đều, tỷ lệ đường kính hạt ở hai lớp gần nhau không được nhỏ hơn 1 : 4, chiều dày mỗi lớp không nhỏ hơn 0,15m. Độ dốc dọc của rãnh nổi không được nhỏ hơn 3%.

Rãnh ngầm thường dùng mặt cắt ngang chữ nhật, rãnh máng thường xây đá, đập nắp bêtông. Để đề phòng bùn cát lọt vào, đỉnh của rãnh ngầm có thể rải một lớp đá dăm trên đắp cát sỏi - độ dốc dọc của rãnh ngầm không được nhỏ hơn 1%.

Rãnh thấm có các kiểu: Rãnh thấm đắp đá, rãnh thấm kiểu ống, rãnh thấm kiểu cống. Rãnh thấm đắp đá làm bằng đá hộc, đá cuội to hoặc đá phiến (hình 8-5) - Loại rãnh này dựa vào tác dụng thẩm thấu của vật liệu hạt để thu thập và thoát nước. Khi lưu lượng nước ngầm tương đối lớn có thể dùng rãnh thấm kiểu ống với ống thoát nước đặt ở đáy rãnh (hình 8-6).

Để đề phòng rãnh thấm bị bùn cát làm ú tắc phải bố trí tầng lọc ngược về phía mặt đón nước. Để tránh không cho nước mặt thấm vào rãnh thấm phải bố trí một lớp cách ly ở trên đỉnh rãnh thấm. Lớp cách ly này có thể làm bằng các vắng cỏ đặt ngược trên đắp bằng đất sét dầm chật dày 0,5m hoặc bằng đá xây vữa. Kích thước mặt cắt ngang của rãnh thấm được xác định theo chiều sâu đặt rãnh, yêu cầu thoát nước và thi công. Chiều sâu đặt rãnh thấm đắp đá không nên sâu quá 3m, chiều rộng từ 0,7 - 1,0m, chiều cao đắp đá không nên thấp hơn chiều cao mực nước ngầm nguyên thuỷ và không nhỏ hơn 0,3m. Chiều sâu rãnh thấm kiểu sườn chống có thể đạt đến 10m, chiều rộng từ 2-4m. Chiều sâu của rãnh thấm kiểu ống hoặc kiểu cống có thể đạt đến 5 - 6m, chiều rộng không nên nhỏ hơn 1m, kích thước ống hoặc cống thì xác định theo lưu lượng - Thường dùng ống thoát nước bằng đất nung hoặc bê tông đường kính từ 0,1 - 0,3m vách có lỗ thoát nước. Độ dốc dọc của đáy rãnh thấm phải đủ dốc để bảo đảm hiệu quả thoát nước nhưng không gây xói mòn đáy rãnh, thông thường không được nhỏ hơn 0.5%. Độ dốc dọc của rãnh ngầm đắp đá do lực cản lớn không được nhỏ hơn 1%.

Khi chiều dài của rãnh thấm tương đối dài thì cứ cách từ 30 - 50m tại các chỗ gãy góc trên mặt bằng hoặc từ độ dốc từ - dốc sang phải, phải bố trí các giếng kiểm tra.

Tài liệu sử dụng trong Chương VIII:

- [1]. Công trình thuỷ lợi – các quy định chủ yếu về thiết kế TCVN 5060:1990.
- [2]. Quy phạm tính toán thuỷ lực đập tràn QP.TL.C-8-76
- [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]. PGS. TS. Trần Đình Nghiên. Thiết kế thủy lực cầu đường.
- [5]. Adolison. Phân tích bãi sông và thuỷ văn. Nhà xuất bản Wesley, 1992.
- [6]. Hướng dẫn thoát nước đường ôtô, AASHTO, 1982.
- [7]. Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ, 22TCN 220-95.
- [8]. Lục Đỉnh Trung, Trình Gia Cầu. Công trình nền – mặt đường. Đại học Đồng Tế, Trung Quốc.

CHƯƠNG IX - TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ MẠNG LƯỚI THOÁT NƯỚC

ĐÔ THỊ

§ 9.1. Hệ thống thoát nước

9.1.1. Khái niệm

Nước đã sử dụng cho các nhu cầu khác nhau có lẫn thêm chất bẩn, làm thay đổi tính chất hóa học, vật lý, sinh học so với ban đầu được gọi là nước thải.

Tùy thuộc nguồn gốc hình thành người ta phân biệt các loại nước thải sau:

- Nước thải sinh hoạt: theo bản chất các chất bẩn được chia thành;
- Nước thải sản xuất: tạo ra từ các dây chuyền sản xuất công nghiệp;
- Nước mưa.

9.1.2. Hệ thống thoát nước

Thoát nước bao gồm các bộ phận chủ yếu sau:

- Mạng lưới thoát nước trong nhà.
- Mạng lưới thoát nước ngoài sân nhà hoặc tiểu khu.
- Mạng lưới thoát nước ngoài đường phố.
- Các đầu mối thoát nước (trạm bơm, trạm xử lý, cửa xả đầu mối, hồ, ...)
- Các công trình làm sạch và các cống xả nước thải đã làm sạch ra nguồn.

Những đoạn mạng lưới để thu gom nước thải từ một hoặc vài lưu vực gọi là cống tập trung nước (cống gom).

Căn cứ theo tính chất và quy mô, các loại cống gom có thể được phân loại như sau:

- Cống gom lưu vực: thu gom nước thải từ các lưu vực riêng biệt.
- Cống gom chính: thu gom và vận chuyển nước thải từ nhiều cống gom lưu vực.
- Cống gom chính toàn thành phố: dẫn nước thải thành phố ra khỏi phạm vi thoát nước tới trạm bơm chính, trạm xử lý hoặc tới cửa xả ra nguồn tiếp nhận.

Phân loại các hệ thống thoát nước theo tính chất và phương thức vận chuyển nước thải như sau:

- Hệ thống thoát nước chung: là hệ thống, trong đó tất cả các loại nước thải được dẫn, vận chuyển trong cùng một mạng lưới tới trạm xử lý hoặc xả ra nguồn. Như vậy những lúc mưa to, lưu lượng nước thải sẽ rất lớn, nồng độ chất bẩn lại rất thấp.

- Hệ thống thoát nước riêng: là hệ thống, trong đó từng loại nước thải riêng biệt chứa các chất bẩn đặc tính khác nhau, được dẫn và vận chuyển theo các mạng lưới thoát nước độc lập. Với hệ thống thoát nước riêng hoàn toàn phải xây dựng ít nhất hai mạng lưới: một mạng để dẫn, vận chuyển nước thải sinh hoạt và nước sản xuất bẩn, gọi là mạng lưới thoát nước bẩn; một mạng để dẫn, vận chuyển nước mưa và nước sản xuất quy ước sạch, gọi là mạng lưới thoát nước mưa.

Mỗi hệ thống thoát nước nêu trên đều có các ưu điểm và nhược điểm nhất định. Trong các trường hợp cụ thể, cần so sánh nhiều chỉ tiêu tổng hợp để lựa chọn loại hệ thống thoát nước phù hợp.

§ 9.2.Tính lưu lượng nước mưa

Đặc điểm của hệ thống thoát nước mưa là dòng chảy rất không điều hòa. Nếu hệ thống thoát nước là riêng hoàn toàn thì cống thoát nước mưa thường có đường kính lớn nhất, nhưng thời gian làm việc lại không nhiều. Trong mùa khô hoặc ít mưa, trong hệ thống cống thoát nước mưa hầu như không có dòng chảy, tuy nhiên trong mùa mưa, đặc biệt là các trận mưa lớn, cống thoát nước mưa lại phải đảm nhiệm vai trò thoát nước chủ yếu.

Trong mỗi trận mưa, lưu lượng nước mưa chảy trong mạng lưới thoát nước tăng dần lên tới lưu lượng cực đại và sẽ duy trì lưu lượng này tới khi mưa ngớt, sau đó lưu lượng này sẽ giảm dần cho đến khi mưa tạnh hẳn và dòng chảy vẫn còn duy trì một thời gian sau đó.

Nhiệm vụ của việc tính toán lưu lượng nước mưa là xác định lưu lượng nước mưa cực đại tại mặt cắt xác định của hệ thống thoát nước mưa với các tần suất yêu cầu.

9.2.1. Phương pháp và công thức tính toán

Phương pháp chủ yếu để xác định lưu lượng tính toán được sử dụng phổ biến hiện nay là phương pháp Cường độ giới hạn. Lưu lượng nước mưa tại mặt cắt xác định của hệ thống thoát nước mưa đạt giá trị cực đại khi:

- Thời gian mưa đủ dài để nước mưa từ điểm xa nhất trên lưu vực tới được mặt cắt tính toán (thời gian mưa tính toán: T_{tt});
- Cường độ mưa đạt cực đại (sau khi mưa với thời gian lớn hơn hoặc bằng T_{tt});
- Hệ số dòng chảy đạt cực đại.

Phương pháp Cường độ giới hạn là phương pháp xác định lưu lượng tính toán căn cứ vào thời gian mưa và cường độ mưa cực đại. Công thức cơ sở của phương pháp cường độ giới hạn như sau:

$$Q_{tt} = \varphi \cdot q \cdot F \quad (9 - 1)$$

trong đó:

q : cường độ mưa, l/s/ha;

F : diện tích lưu vực thoát nước mưa, ha;

φ : hệ số dòng chảy.

9.2.2. Cường độ mưa, tính toán thời gian mưa thiết kế

a. Tính toán thời gian mưa

Giả thiết thời gian mưa chính bằng thời gian để nước mưa từ điểm xa nhất trong lưu vực chảy đến tiết diện tính toán.

Thời gian mưa tính toán được xác định như sau:

$$t_{tt} = t_m + t_r + t_o \quad (9 - 2)$$

trong đó:

t_m : thời gian tập trung nước mưa trên bề mặt từ điểm xa nhất đến rãnh, phụ thuộc kích thước địa hình của lưu vực, cường độ mưa, loại mặt phủ.

Theo L.I. Abramov (Nga):

$$t_m = \frac{1,5 \cdot n^{0,6} \cdot l^{0,6}}{Z^{0,3} \cdot i^{0,5} \cdot I^{0,3}}, ph \quad (9 - 3)$$

I: độ dốc bê mặt tập trung nước mưa;

Z: hệ số mặt phủ;

n: hệ số độ nhám Maning;

i: cường độ mưa, mm/ph;

l : chiều dài đoạn nước chảy, m.

Công thức trên xác định t_m áp dụng cho các bê mặt tập trung nước mưa đã được san nền không có rãnh, luống.

Giá trị t_m với một số khu vực có thể tham khảo như dưới đây:

- Nếu bên trong tiểu khu không có hệ thống thoát nước mưa, nước mưa chảy tràn trên mặt sân, $t_m = 8 - 12$ phút.
- Nếu bên trong tiểu khu có hệ thống thoát nước mưa, $t_m = 4 - 6$ phút.
- Đối với mặt đường nhựa rộng dưới 20m mỗi phía, $t_m = 1 - 2$ phút.
- Đối với mặt đường nhựa rộng dưới 20m và có cả vỉa hè lát gạch tự chèn rộng dưới 10m mỗi phía, $t_m = 2 - 3$ phút.
- Trường hợp cần thoát nước một phần diện tích phía ngoài vỉa hè (nhà dân, cơ quan), $t_m = 3 - 5$ phút.

t_r : thời gian nước chảy theo rãnh đường đến giếng thu gầm nhất:

$$t_r = 1,25 \frac{l_r}{v_r} \quad (\text{phút}) \quad (9 - 4)$$

các giá trị:

l_r, v_r : chiều dài rãnh đường, vận tốc nước mưa chảy trong rãnh;

t_o : thời gian nước chảy trong ống đến tiết diện tính toán:

$$t_o = M \frac{l_o}{v_o} \quad (\text{phút}) \quad (9 - 5)$$

trong đó:

l_o, v_o : chiều dài, vận tốc nước mưa chảy trong ống;

M: hệ số tính đến sự chậm trễ của dòng chảy nước mưa và được lấy như sau:

- $M = 2,0$ khi địa hình của lưu vực thoát nước mưa bằng phẳng;
- $M = 1,2$ khi địa hình của lưu vực thoát nước mưa dốc, $i_o > 0,005$.

b. Cường độ mưa tính toán

Trước khi tính toán lưu lượng nước mưa, cần lựa chọn công thức tính toán cường độ mưa q . Cho đến nay vẫn tồn tại nhiều quan điểm khác nhau và khó đưa ra một công thức phản ánh đầy đủ mọi biến động phức tạp của mưa.

Để xác định công thức cường độ mưa được chính xác phải có số liệu mưa của trạm khí tượng lưu trữ 15-25 năm. Cường độ mưa tính toán là cường độ mưa với tần suất xác định, tương ứng với thời gian mưa tính toán. Đối với các khu vực có trạm đo mưa tự ghi,

chuỗi số liệu đủ dài, các thông số mưa thời đoạn ngắn 5 phút, 10 phút, 20 phút, 30 phút, 60 phút là sẵn có để sử dụng và tính toán theo các phương pháp thống kê thông thường.

Tuy nhiên ở Việt Nam các trạm đo mưa thời đoạn ngắn tương đối rất ít, đồng thời chuỗi số liệu phân lớn là chưa đủ dài để đáp ứng yêu cầu tính toán. Do vậy việc xác định cường độ mưa thời đoạn ngắn vẫn chủ yếu tham khảo các công thức thực nghiệm. Đối với một số khu vực đã có số liệu đo mưa thời đoạn ngắn, nhưng chuỗi số liệu ít thì cũng cần tính toán theo công thức kinh nghiệm và nên đối chiếu với số liệu thực đo. Dưới đây là các công thức phổ biến hay dùng để xác định lượng mưa thời đoạn ngắn tại Việt Nam.

(1) Cường độ mưa được xác định theo công thức sau đây của Liên Xô:

$$q = \frac{20^n q_{20} (1 + C \lg P)}{t^n} \quad (9 - 6)$$

trong đó:

n, C: những đại lượng phụ thuộc đặc điểm khí hậu của từng vùng;

q_{20} : cường độ mưa tương ứng với thời gian mưa 20 phút của trận mưa có chu kỳ lặp lại một lần trong năm (đây là đại lượng không đổi với từng vùng đã biết);

P: chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán, bằng khoảng thời gian xuất hiện một trận mưa vượt quá cường độ tính toán, năm;

t: thời gian mưa tính toán, phút.

Theo tài liệu: “Công thức tính cường độ mưa khi thiết kế hệ thống thoát nước mưa ở Việt Nam” (Tuyển tập công trình của Viện Kỹ thuật xây dựng Moskva), đã đưa ra công thức sau:

$$q = \frac{35^n q_{20} (1 + C \lg P)}{(t + 15)^n} \quad (9 - 7)$$

Theo tài liệu “Phương pháp và kết quả nghiên cứu cường độ mưa tính toán ở Việt Nam”, với số liệu của 47 trạm theo dõi mưa, bằng phương pháp quy hồi tác giả Trần Việt Liễn đã đưa ra công thức sau:

$$q = \frac{(20 + b)^n q_{20} (1 + C \lg P)}{(t + b)^n} \quad (9 - 8)$$

- Nếu $b=0$ ta sẽ có công thức (9 - 6).
- Nếu $b=15$ ta sẽ có công thức (9 - 7).

Giá trị của các thông số b, C, n và q_{20} của 47 trạm được lấy ở bảng 9 -1

(2) Công thức của Tiến sĩ Trần Hữu Uyển:

Qua kết quả chỉnh lý số liệu mưa tại các trạm trong cả nước và căn cứ trên tính chất, điều kiện khí hậu từng vùng, Tiến sĩ Trần Hữu Uyển đã đưa ra công thức tính cường độ mưa cho các tỉnh, thành phố ở nước ta như sau:

$$q = \frac{A_0 (1 + C \lg P)}{(t + b_0 \cdot P^m)^n} \quad (\text{l/s/ha}) \quad (9 - 9)$$

trong đó:

P: chu kỳ tràn cống (≤ 20 năm), năm;

t: thời gian mưa tính toán, phút;

A_0, b_0, C, m, n : các thông số phụ thuộc vào từng vùng, xem bảng 9 -2.

Giá trị của các thông số b, C, n, q₂₀

TT	Tên trạm	Các thông số				Ghi chú
		b	C	n	q ₂₀	
1	2	3	4	5	6	7
1	Bắc Cạn	25,66	0,2615	0,9142	256,6	
2	Bắc Giang	29,92	0,2158	0,7082	423,4	
3	Bảo Lộc	27,2	0,2251	1,0727	328,9	
4	Ban Mê Thuột	12,09	0,2139	0,8996	224,7	
5	Cửa Tùng	49,95	0,2999	0,7369	234,9	
6	Cà Mau	13,29	0,2168	0,8872	310,5	
7	Đô Lương	2,61	0,2431	0,6666	303,9	
8	Đà Nẵng	2,64	0,3074	0,5749	226,5	
9	Hà Giang	19,03	0,2115	0,7862	269,6	
10	Hà Bắc	19,16	0,2534	0,8197	267,0	
11	Hà Nội	11,61	0,2458	0,7951	289,9	
12	Hồng Gai	11,13	0,2433	0,7374	303,6	
13	Hòa Bình	11,3	0,2404	0,8016	295,0	
14	Hưng Yên	18,32	0,2513	0,8158	280,7	
15	Hải Dương	15,52	0,2587	0,7794	275,1	
16	Hà Nam	19,66	0,2431	0,8145	274,0	
17	Huế	4,07	0,2603	0,5430	239,3	
18	Lào Cai	15,92	0,2528	0,8092	266,3	
19	Lai Châu	11,64	0,2186	0,7446	225,4	
20	Liên Khương	31,52	0,2321	1,023	240,9	
21	Móng Cái	25,24	0,2485	0,7325	342,6	
22	Nam Định	11,73	0,2409	0,7607	252,7	
23	Ninh Bình	17,01	0,2477	0,7945	310,5	
24	Nha Trang	12,90	0,2738	0,8768	156,4	
25	Phủ Liễn	21,48	0,2530	0,8434	283,4	
26	Plăycu	19,06	0,2329	0,899	242,2	
27	Phan Thiết	20,01	0,2533	0,9064	187,0	
28	Quảng Trị	6,21	0,2513	0,5843	216,3	
29	Quảng Ngãi	24,51	0,2871	0,7460	259,5	
30	Quy Nhơn	14,61	0,2745	0,6943	216,3	
31	Sa Pa	6,58	0,1781	0,6075	173,8	
32	Sơn La	12,45	0,2489	0,8677	217,3	
33	Sơn Tây	8,51	0,2314	0,7403	298,0	
34	Sóc Trăng	20,05	0,2291	0,9281	261,9	
35	Tuyên Quang	28,87	0,2483	0,9316	274,4	
36	Thái Nguyên	17,47	0,2570	0,7917	382,5	
37	Tam Đảo	3,42	0,1650	0,6693	246,0	
38	Thái Bình	17,85	0,2497	0,7870	305,6	
39	Thanh Hóa	11,10	0,2730	0,7003	262,1	
40	Tây Hiếu	13,54	0,2506	0,7785	247,7	
41	Tuy Hòa	3,57	0,3400	0,6972	197,2	
42	Tân Sơn Nhất	28,53	0,2286	1,075	302,4	
43	Việt Trì	20,04	0,2480	0,9076	306,6	
44	Vĩnh Yên	17,81	0,2451	0,8267	279,4	
45	Văn Lý	19,12	0,2491	0,7708	287,3	
46	Vinh	14,87	0,2827	0,6780	279,1	
47	Yên Báí	21,64	0,2367	0,8362	293,4	

Thống kê các thông số khí hậu của các thành phố

Thứ tự	Tên thành phố	A ₀	b ₀	C	m	n
1	Bắc Cạn	8150	27	0,53	0,16	0,87
2	Bảo Lộc	11100	30	0,58	0,24	0,95
3	Buôn Ma Thuột	4920	20	0,62	0,14	0,85
4	Cà Mau	9210	25	0,48	0,18	0,92
5	Đà Nẵng	2170	10	0,52	0,15	0,65
6	Hà Giang	4640	22	0,42	0,20	0,79
7	Hà Nội	5890	20	0,65	0,13	0,84
8	Hòn Gai	3720	16	0,42	0,14	0,73
9	Hải Dương	4260	18	0,42	0,17	0,78
10	Hòa Bình	5500	19	0,45	0,18	0,82
11	Huế	1610	12	0,55	0,12	0,55
12	Lào Cai	6210	22	0,58	0,18	0,84
13	Lai Châu	4200	16	0,50	0,22	0,80
14	Móng Cái	4860	20	0,46	0,16	0,79
15	Nam Định	4320	19	0,55	0,18	0,79
16	Ninh Bình	4930	19	0,48	0,16	0,80
17	Nha Trang	1810	12	0,55	0,15	0,65
18	Hải Phòng	5950	21	0,55	0,15	0,82
19	Plâycu	7820	28	0,49	0,16	0,90
20	Phan Thiết	7070	25	0,55	0,16	0,92
21	Quảng Trị	2230	15	0,48	0,23	0,62
22	Quảng Ngãi	2590	16	0,58	0,12	0,67
23	Quy Nhơn	2610	14	0,55	0,18	0,68
24	Sơn La	4120	20	0,42	0,15	0,80
25	Sơn Tây	5210	19	0,62	0,17	0,82
26	Tuyên Quang	8670	30	0,55	0,12	0,87
27	Thái Nguyên	7710	28	0,52	0,20	0,85
28	Thái Bình	5220	19	0,45	0,16	0,81
29	Thanh Hóa	3640	19	0,53	0,15	0,72
30	Tuy Hòa	2820	15	0,48	0,18	0,72
31	Hồ Chí Minh	11650	32	0,58	0,18	0,95
32	Việt Trì	5830	18	0,55	0,12	0,85
33	Vinh	3430	20	0,55	0,16	0,69
34	Yên Bái	7500	29	0,54	0,24	0,85

9.2.3. Hệ số dòng chảy

Tỷ số giữa lượng nước mưa chảy vào mạng lưới thoát nước mưa so với lượng nước mưa rơi xuống gọi là hệ số dòng chảy.

$$\varphi = \frac{q_c}{q_r} \quad (9 - 10)$$

trong đó:

q_c , q_r : lượng nước mưa rơi trên một diện tích xác định (1 ha) và lượng nước mưa chảy vào mạng lưới thoát nước từ diện tích nêu trên.

Trong mỗi trận mưa, hệ số dòng chảy tại từng thời điểm là thay đổi. Hệ số dòng chảy tính trong công thức (9 - 10) là giá trị trung bình của trận mưa.

Về cơ bản hệ số dòng chảy phụ thuộc vào các yếu tố chủ yếu sau:

- Địa hình khu vực: độ dốc, tính chia cắt,...
- Tính chất bê mặt địa hình: loại đất, mặt nước, lồi lõm,...
- Lớp phủ thực vật;
- Cường độ mưa;
- Thời gian mưa.

Hệ số dòng chảy đối với khu vực đô thị có thể tham khảo bảng 9 - 3.

Bảng 9 – 3

Dạng bê mặt	Hệ số dòng chảy
Mái nhà	0,95
Mặt đường bê tông nhựa	0,80 - 0,95
Mặt đường bê tông xi măng	0,85 - 0,95
Mặt đường cấp phối, gạch	0,70 - 0,85
Mặt đường đá hộc	0,45 - 0,65
Khu trung tâm thành phố	0,70 - 0,95
Khu ven thành phố	0,60 - 0,80
Khu công nghiệp	0,60 - 0,90
Khu sân ga	0,30 - 0,50
Khu sân chơi	0,25 - 0,40
Khu công viên cây xanh	0,15 - 0,30

Cần lưu ý rằng đối với các trận mưa kéo dài hoặc các trận mưa xảy ra liên tiếp trong mùa mưa, mặt đất thiên nhiên đã gần như bão hòa nước, lượng tổn thất do thấm khi đó là không đáng kể. Trong những trường hợp như vậy, hệ số dòng chảy tại thời điểm cực đại có thể đạt giá trị 0,90 - 0,95. Do vậy khi tính toán lưu lượng thiết kế cần xem xét áp dụng hệ số dòng chảy phù hợp đối với các trận mưa kéo dài.

9.2.4. Hệ số mưa không đều

Khi xác định lưu lượng tính toán nước mưa trên một khu vực tương đối lớn, cường độ mưa cực đại có thể xảy ra không đồng thời trên toàn bộ khu vực. Như vậy cần phải xét đến hệ số triết giảm đối với cường độ mưa cực đại. Thông thường với diện tích lưu vực lớn hơn 200ha - 300ha thì phải xét đến hệ số mưa không đều trên lưu vực. Khi đó công thức (9 - 1) có dạng như sau:

$$Q_{tt} = q \cdot F \cdot \varphi \cdot \eta \quad (9 - 11)$$

trong đó:

η : hệ số mưa không đều hay còn gọi là hệ số phân bố mưa:

$$\eta = q_{TB}/q_{max} \quad (9-12)$$

q_{TB} : cường độ mưa trung bình trên toàn diện tích thoát nước mưa, l/s/ha;

q_{max} : cường độ mưa lớn nhất cục bộ thuộc diện tích thoát nước mưa, l/s/ha.

Hệ số mưa không đều η phụ thuộc vào diện tích lưu vực thoát nước mưa và thời gian mưa được lấy theo bảng 9-4.

Bảng 9 - 4

Các giá trị của hệ số η

Diện tích lưu vực, (ha)	200	300	500	1000	2000	3000	4000
Hệ số phân bố mưa rào	0,95 0,98	0,93 0,95	0,90 0,93	0,87 0,90	0,83 0,87	0,80 0,83	0,75 0,80

§ 9.3. Tính lưu lượng nước thải

9.3.1. Cơ sở chung

Trong các đô thị của chúng ta hiện nay, hệ thống thoát nước về cơ bản vẫn là hệ thống thoát nước chung, nước mưa và nước thải thoát trong cùng một hệ thống cống. Với mạng lưới như vậy, nếu chỉ căn cứ theo lưu lượng thì nước mưa cực đại bao giờ cũng vượt trội so với nước thải. Trong hệ thống thoát nước chung nước thải thường phải thoát trong mạng lưới cống với khẩu độ lớn hơn yêu cầu, nhưng nhiều khi độ dốc không đảm bảo với dòng chảy có nhiều tạp chất gây ra lắng đọng trong đường ống, giảm mặt cắt thoát nước. Do vậy việc phân chia hệ thống thoát nước riêng không chỉ có ý nghĩa về mặt môi trường, quản lý mà còn đảm bảo yêu cầu về điều kiện dòng chảy. Trên thực tế, hệ thống thoát nước thải thường được xây dựng tại các tuyến đường và khu đô thị mới hoặc cải tạo, khu nghỉ mát, điêu dưỡng hoặc xí nghiệp công nghiệp, các khu chế xuất hay khu công nghiệp tập trung.

Việc tính toán và thiết kế thoát nước thải được thực hiện theo các tiêu chuẩn quy phạm và hướng dẫn thiết kế như: TCXD51-72 “Tiêu chuẩn thiết kế thoát nước đô thị”, 20TCN 51-84 “Tiêu chuẩn thoát nước - mạng lưới bên ngoài và công trình – Tiêu chuẩn thiết kế”.

Một trong những yêu cầu quan trọng nhất là đảm bảo khả năng thoát nước của hệ thống thoát nước thải tới cuối giai đoạn tính toán. Như vậy, để xác định lưu lượng tính toán cần có các số liệu hiện trạng và quy hoạch về dân số và các dữ liệu chi tiết về các khu đô thị, khu thương mại dịch vụ, xí nghiệp công nghiệp.

9.3.2. Tổng lưu lượng nước thải

Tổng lượng nước thải xét về lưu lượng (không xét tới thành phần) có thể phân chia như sau:

- Nước thải sinh hoạt (khu nhà ở, khu thương mại dịch vụ, bệnh viện, trường học, cơ quan, ...). Tại các khu vực này, diễn biến lưu lượng nước thải là có quy luật chung và không có các thay đổi bất thường.

- Nước thải công nghiệp là nước thải từ các khu vực nhà máy, xí nghiệp. Lưu lượng nước thải công nghiệp tuỳ thuộc vào thiết kế của nhà máy và tình hình sản xuất. Các khu vực này đôi khi có các thay đổi bất thường trong lưu lượng nước thải.

Tổng lượng nước thải tại khu vực được tính toán theo công thức sau:

$$W_t = n_0 M + W_{Kh} \quad (9 - 13)$$

trong đó:

W_t : tổng lượng nước thải ngày tại khu vực, m^3 ;

M : số dân trong khu vực tính toán, người. Thông số này thường được xác định căn cứ trên quy hoạch phát triển đô thị, hoặc căn cứ theo mật độ dân số quy hoạch;

n_0 : tiêu chuẩn thải nước ngày đêm. Tiêu chuẩn thải nước là lượng nước thải tạo ra do một người sử dụng hệ thống thoát nước hoặc tạo ra trên một đơn vị sản phẩm sản xuất ra của xí nghiệp công nghiệp. Tiêu chuẩn thải nước trong nhiều trường hợp có thể lấy bằng tiêu chuẩn cấp nước;

W_{Kh} : tổng lượng nước thải phát sinh từ các khu vực khác ngoài khu dân cư, m^3 ; ví dụ như cơ sở sản xuất, thương mại, dịch vụ, trường học, bệnh viện,... Trong nhiều trường hợp W_{Kh} cũng được tính tương tự như W_t , tức là căn cứ trên tiêu chuẩn thải nước đối với từng sản phẩm, giường bệnh, học sinh, hoặc m^2 mặt bằng.

Lưu lượng nước thải trung bình ngày được tính từ tổng lượng nước thải như sau:

$$Q_{tb} = \frac{W_t}{86.400} \quad (9 - 14)$$

trong đó:

Q_{tb} : lưu lượng nước thải trung bình ngày, m^3/s ;

Tuy nhiên lượng nước thải chảy vào mạng lưới thoát nước thường không điều hòa theo giờ trong ngày (cực đại là buổi sáng và buổi chiều tối), không điều hòa theo các ngày trong tuần.

Để xác định lưu lượng tính toán đối với nước thải, thông thường sử dụng các hệ số không điều hòa ngày đêm (K_{ngd}), không điều hòa theo giờ (K_h) và hệ số không điều hòa chung (K_{ch}) là tích của hai hệ số trên:

$$K_{ch} = K_{ngd} K_h = \frac{Q_{max.h}}{Q_{TB.h}} \quad (9 - 15)$$

trong đó:

$Q_{max.h}$: lưu lượng giờ lớn nhất trong ngày thải nước lớn nhất;

$Q_{TB.h}$: lưu lượng giờ trung bình trong ngày thải nước trung bình.

Tương tự như vậy, hệ số không điều hòa chung đối với lưu lượng nhỏ nhất cũng được tính toán như đối với lưu lượng lớn nhất. Hệ số không điều hòa chung đối với nước thải sinh hoạt (khu dân cư) tùy thuộc lưu lượng nước thải trung bình lấy như ở bảng 9 - 5 dưới đây.

Bảng 9 - 5
Bảng giá trị của hệ số không điều hòa chung

Lưu lượng trung bình, l/s		5	10	20	50	100	300	500	1000	>5000
K_{ch}	max	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
	min	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Trong trường hợp khu vực tính toán không chỉ là khu dân cư, mà có nhiều mục đích sử dụng khác, lưu lượng tính toán của các khu vực ngoài khu dân cư cần phải xem xét, phân tích và áp dụng các phương pháp tính toán thích hợp, ví dụ như căn cứ theo tiêu chuẩn cấp nước. Đối với các nhà máy, khu công nghiệp có sử dụng nhiều nước trong quy trình sản xuất, cần căn cứ theo biểu đồ nhu cầu nước theo yêu cầu công nghệ.

§ 9 .4. Đặc điểm chuyển động của nước thải đô thị

Mang lưới thoát nước thải sinh hoạt thường được tính toán với một phần độ dày cống. Điều này cho phép:

- Tạo điều kiện tốt để vận chuyển các chất bẩn lơ lửng không tan.
- Đảm bảo thông hơi để loại các chất khí độc hại tách ra từ nước thải.
- Tạo một phần tiết diện dự phòng để vận chuyển lưu lượng vượt quá giá trị tính toán.

Độ dày cống được đặc trưng bởi tỷ lệ giữa chiều cao lớp nước H và đường kính d hay chiều cao toàn phần của cống (H/d).

Để tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước người ta dùng công thức dòng chảy ổn định và đều:

$$Q = \omega \cdot v \quad (9 - 16)$$

$$v = C\sqrt{Ri}; i = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (9 - 17)$$

trong đó:

Q : lưu lượng nước thải, m^3/s ;

ω : diện tích mặt cắt ướt, m^2 ;

C : hệ số Sêdi;

v : tốc độ trung bình của dòng chảy, m/s ;

i : độ dốc thủy lực bằng độ dốc lòng ống cống khi chuyển động đều;

R : bán kính thủy lực, m ; $R = \omega/\chi$;

χ : chu vi ướt, m ;

g : gia tốc rơi tự do, $9,81\text{m/s}^2$.

9.4.1. Tiết diện cống và đặc tính thủy lực

Các loại tiết diện cống thoát nước thường dùng là cống tròn, cống vòm, cống hộp vuông, cống hộp chữ nhật, kên hình thang, rãnh hình chữ nhật. Kết cấu có thể là bê tông cốt thép, vòm gạch, đá hộc xây yêu cầu chung nhất là:

- Bảo đảm thoát nước tốt, không gây lắng đọng;
- Đủ sức chịu tải trọng tĩnh và động;
- Giá thành hạ;
- Tránh dùng nhiều loại cống khác nhau.

Trên thực tế, đối với đô thị tiết diện cống hay sử dụng nhất là cống tròn do có các ưu điểm về giá thành, khả năng sản xuất đồng loạt và tính dễ lắp ghép. Thông thường khi thiết kế mạng lưới thoát nước đô thị, các loại tiết diện cống chủ yếu được cân nhắc là:

- Cống tròn bê tông cốt thép đối với hệ thống thoát nước thải (nước bẩn);
- Cống tròn bê tông cốt thép đối với hệ thống thoát nước mưa, đường kính lớn nhất là 2,0m;
- Cống hộp bê tông cốt thép (đổ tại chỗ hoặc lắp ghép) tiết diện hình vuông hoặc hình chữ nhật, kích thước nhỏ nhất nên lớn hơn 1,0m;
- Rãnh thoát nước hình chữ nhật.

Công thức chung tính lưu lượng thoát nước của cống như sau:

$$Q = \omega \cdot V \quad (9 - 18)$$

$$V = C\sqrt{RI} = C\sqrt{Ri} \quad (9 - 19)$$

trong đó:

Q : lưu lượng m^3/s ;

ω : diện tích tiết diện ướt, m^2 ;

V : tốc độ nước chảy, m/s ;

R : bán kính thủy lực, m ;

I : độ dốc thủy lực, lấy bằng độ dốc cống i ;

C : hệ số Sê di. Theo công thức Pavlopki:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{-y} \quad (9 - 20)$$

trong đó:

n : hệ số nhám, phụ thuộc vật liệu và phương pháp chế tạo cống. Xem bảng 9 - 6;

y : số mũ, phụ thuộc độ nhám, hình dạng và kích thước của cống:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75(\sqrt{n} - 0,1) \quad (9 - 21)$$

Trong nhiều trường hợp, công thức vận tốc có thể viết như sau:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (9 - 22)$$

Bảng 9 - 6
Hệ số nhám n

Loại cống (kênh)	Hệ số nhám n
Cống:	
- Sành	0,013
- Bê tông và bê tông cốt thép	0,014
- Xi măng và amiăng	0,012
- Gang	0,013
- Thép	0,012
Kênh	
- Gạch	0,015
- Đá có trát vữa xi măng	0,017

Chú ý: Các trị số ở bảng neu trên tương ứng với điều kiện sản xuất hoàn chỉnh, nếu sản xuất bằng thủ công thì trị số nhám sẽ lớn hơn nhiều.

Đặc tính thủy lực tốt nhất của tiết diện cống xác định bằng khả năng thoát nước lớn nhất, khi cùng đạt một độ dốc và diện tích tiết diện ướt bằng nhau. Như vậy cống tròn là tốt nhất vì có bán kính thủy lực R lớn nhất.

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (9 - 23)$$

trong đó:

ω : diện tích tiết diện ướt, m²;

χ : chu vi ướt, m;

Do cống tròn thoát nước tốt, dễ chế tạo hàng loạt và bền vững nên được dùng rộng rãi, tới 90% số lượng trong mạng lưới thoát nước.

9.4.2. Tổn thất cục bộ trong mạng lưới thoát nước

Tổn thất cục bộ thường được tính ở giếng thăm, giếng chuyển bậc với cống có $d < 500\text{mm}$ và ở cửa xả ra kênh, sông thoát nước chảy qua đô thị. Do tổn thất cục bộ gây ra hiện tượng dânh nước, làm lắng đọng bùn rác, lâu ngày có thể làm tắc cống.

Cột nước tổn thất cục bộ được tính theo công thức:

$$h_r = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (9 - 24)$$

trong đó:

ξ : hệ số tổn thất cục bộ;

V : tốc độ dòng chảy ở mặt cắt sau chỗ tổn thất, theo chiều nước chảy, m/s;

g : gia tốc trọng trường, $9,81\text{m/s}^2$.

Tại cửa xả là nơi mở rộng đột ngột, có thể tính cột nước theo định luật Booc -đa:

$$H_{dm} = \frac{V_1 + v_2}{2g} \quad (9 - 25)$$

Khi áp dụng công thức nêu trên có thể kết hợp tính toán với đo đạc thực tế (như đo tốc độ V_2 của sông có nhiều cửa xả trong mùa ngập lụt).

Hệ số tổn thất cục bộ ξ có thể tính cho trường hợp thu hẹp đột ngột

$$\xi_{ch} = 0,05 \left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right)^2 \quad (9 - 26)$$

Trường hợp cửa xả:

$$\xi_{cx} = \left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right)^2 \quad (9 - 27)$$

trong đó ω, Ω là diện tích mặt cắt. Khi Ω lớn hơn nhiều so với ω thì $\xi_{cx} = 1$.

Bảng 9 – 7

Trị số ξ

Vị trí gây tổn thất cục bộ	ξ
- Cửa thu nước vào kênh mương	0,1
- Cửa thu nước vào ống gờ nhọn	0,5
- Cửa thu nước vào ống ở dưới mực nước	1,0
- Van khóa ở mức độ hở:	
Hoàn toàn	0,50
3/4	0,26
1/2	2,06
- Van ngược chiều	5,0
- Khuỷu ống 90° , $\emptyset 100 - 1000\text{mm}$	0,39 – 0,50

9.4.3. Đường kính tối thiểu và độ dày tối đa

Người ta quy định đường kính tối thiểu tùy theo loại nước thải, phạm vi sử dụng là để tránh bị tắc cống, giảm bớt chi phí quản lý.

Độ dày $a = h/d$, h/H được quy định thường nhỏ hơn 1 để bảo đảm điều kiện chảy không ngập của cống và còn để thông hơi, nhất là với cống nước thải sinh hoạt, loại nước bẩn. Riêng với cống thoát nước mưa, thoát nước chung thì có thể được dùng $h/d = 1$ khi đạt lưu lượng tối đa.

a. Đường kính nhỏ nhất của ống:

Kích thước nhỏ nhất của cống thoát nước là một trong những tiêu chí bắt buộc khi thiết kế. Kích thước nhỏ nhất được quy định để đảm bảo công tác duy tu, bảo dưỡng và vận hành. Thông thường kích thước nhỏ nhất phụ thuộc vào chiều dài cống, lưu lượng và tính chất dòng chảy. Đối với cống thoát nước ngầm, các cống có kích thước nhỏ thường là cống tròn. Dưới đây là đường kính nhỏ nhất của cống khi đặt ngầm.

- Cống tròn thoát nước thải sinh hoạt đặt ở đường phố 300mm.
- Cống tròn trong sân, ống thoát nước thải sản xuất 200mm.
- Cống tròn thoát nước mưa và thoát nước chung đặt ở đường phố 400mm, đặt trong sân 300mm.
- Cống tròn dẫn bùn có áp 150mm.
- Cống tròn nối từ giếng thu nước mưa đến đường cống 300mm.

Ghi chú:

- Các khu dân cư có lưu lượng nước thải dưới $500m^3/ngày$ cho phép dùng ống $\phi 200mm$ đặt ở đường phố.
- Trong các trường hợp đặc biệt, ống thoát nước thải sản xuất cho phép có đường kính dưới 200mm.

b. Độ dày tính toán của cống, phương pháp nối cống

Độ dày tính toán của cống phụ thuộc vào đường kính cống và quy định như sau:

- Cống tròn 200 -300mm không quá 0,6d;
- Cống tròn 350 - 450mm không quá 0,7d;
- Cống tròn 500 - 900mm không quá 0,75d;
- Cống tròn trên 900mm không quá 0,80d.

Ghi chú:

- Đối với mương có chiều cao H từ 0,9m trở lên và tiết diện ngang có hình dáng bất kỳ, độ dày không được quá $0,8H$.
- Đường ống thoát nước mưa và đường ống thoát nước chung được thiết kế dày hoàn toàn.
- Mương thoát nước mưa xây dựng trong phạm vi các nhóm nhà ở, chiều sâu dòng nước không vượt quá 1,0m và bờ mương phải cao hơn mức nước cao nhất từ 0,2m trở lên.
- Tốc độ chảy nhỏ nhất của nước thải lấy phụ thuộc thành phần và độ thô của các hạt lơ lửng có trong nước thải, bán kính thuỷ lực hoặc độ dày của ống hay mương.
- Khi cần thay đổi kích thước của cống thoát nước, cần thực hiện tại các ga nối cống. Thông thường kích thước các cống được tăng dần từ đầu nguồn tới cửa xả. Việc nối

các tuyến cống có kích thước khác nhau cần phải đảm bảo để cả hai cống cùng đáp ứng các yêu cầu về tốc độ, độ dày dòng chảy.

Thông thường các cống được nối trùng cao độ đỉnh, trong một số trường hợp cho phép nối trùng cao độ tim cống. Việc nối trùng cao độ đáy cống chỉ được thực hiện khi có các lý do cụ thể và phải đảm bảo khả năng thoát nước của cống phía kích thước nhỏ không bị ảnh hưởng.

9.4.4. Tốc độ và độ dốc

Công thức $V = C\sqrt{R.i}$ thể hiện rõ tốc độ phụ thuộc vào độ dốc, bán kính thủy lực, độ nhám... Khi thiết kế mạng lưới thoát nước đô thị, tốc độ phải đảm bảo không lắng đọng, không xói lở, xói mòn. Nhưng khó khăn thường gặp nhất ở đô thị vùng đồng bằng là bảo đảm vận tốc không lắng (còn gọi là vận tốc tự làm sạch), $V > [V_{kl}]$. Trong các trường hợp khó khăn khi không đảm bảo được vận tốc tự làm sạch, cần xem xét việc tăng số lượng ga thăm, để đảm bảo công tác nạo vét được dễ dàng hơn.

Đối với nước thải sinh hoạt và nước mưa, tốc độ chảy nhỏ nhất ứng với độ dày tính toán lớn nhất của ống quy định như sau:

Cống tròn có đường kính	150 – 250 mm:	$V_{min} =$	0,7m/s
	300 – 400 mm		0,8 m/s
	450 – 500 mm		0,9 m/s
	600 – 800 mm		1,0 m/s
	900 – 1200 mm		1,15 m/s
	1300 – 1500 mm		1,3 m/s
	> 1500 mm		1,5 m/s

Đối với nước thải sản xuất tốc độ chảy nhỏ nhất nên lấy theo quy định của cơ quan chuyên ngành hoặc theo tài liệu nghiên cứu.

Ghi chú:

- Đối với các loại nước thải sản xuất mà tính chất của các chất lơ lửng gần giống với nước thải sinh hoạt thì tốc độ chảy nhỏ nhất lấy như nước thải sinh hoạt.
- Đối với nước mưa có chu kỳ tràn cống P nhỏ hơn hay bằng 0,33 năm, tốc độ nhỏ nhất lấy 0,6m/s.
- Đối với các đoạn cống đầu mạng lưới không đảm bảo tốc độ nhỏ nhất đó quy định hoặc độ dày tính toán dưới $0,2d$ thì nên xây dựng các giếng rửa.

Tốc độ lớn nhất trong mương dẫn nước mưa và nước thải sản xuất được phép xả vào sông, hồ lấy theo bảng 9 – 8.

Bảng 9 – 8

Tên loại đất hay kiểu gia cố	Tốc độ chảy lớn nhất ứng với chiều sâu dòng nước $h = 0,4 - 1m$, m/s
Gia cố bằng các tấm bê tông	4,0
Đá vôi sa thạch	4,0
Đá lát khan	2,0
Đá lát có vữa	3,0 – 3,5
Cát nhỏ, cát vừa, pha sét	0,4
Cát thô, pha sét gầy	0,8
Pha sét	1,0
Sét	1,2
Lớp cỏ xép ở đáy mương	1,0
Lớp cỏ xép ở thành mương	1,6

Ghi chú:

Khi chiều sâu dòng nước h nằm ngoài khoảng trị số $h = 0,4 - 1,0m$, tốc độ ở bảng trên phải với hệ số điều chỉnh:

- Nếu h dưới $0,4m$, hệ số $0,85$.
- Nếu h trên $1,0m$, hệ số $1,25$.

Độ dốc đường ống mương và rãnh thoát nước

- Độ dốc nhỏ nhất đường ống, mương và rãnh phải chọn trên cơ sở bảo đảm tốc độ chảy nhỏ nhất quy định.

- Đối với tất cả các hệ thống thoát nước độ dốc nhỏ nhất ứng với độ dày tính toán quy định như sau:

Đối với cống:

$\phi 150mm$	$i_{min} = 0,008$
$\phi 200mm$	$i_{min} = 0,005$
$\phi 300mm$	$i_{min} = 0,004$
$\phi 400mm$	$i_{min} = 0,0025$
$\phi 500mm$	$i_{min} = 0,002$
$\phi 600mm$	$i_{min} = 0,0017$
$\phi 700mm$	$i_{min} = 0,0014$
$\phi 800mm$	$i_{min} = 0,0013$
$\phi 900mm$	$i_{min} = 0,0011$
$\phi 1000mm$	$i_{min} = 0,0010$
$\phi 1250mm$	$i_{min} = 0,0008$
$\phi 1500mm$	$i_{min} = 0,0007$
$\phi 1750mm$	$i_{min} = 0,0006$
$\phi 2000mm$	$i_{min} = 0,0005$

Ghi chú:

- Trong một số trường hợp đặc biệt cho phép lấy độ dốc $0,004$ đối với ống $\phi 200mm$; $0,007$ đối với ống $\phi 150mm$.

- Độ dốc đoạn nối từ giếng thu nước mưa đến đường ống $0,02$
- Theo công thức kinh nghiệm, đối với cống tròn, độ dốc nhỏ nhất lấy tỷ lệ nghịch với đường kính cống.

Độ dốc của rãnh, mương thoát nước mưa lấy theo bảng 9 - 9 dưới đây.

Bảng 9 - 9

Các hạng mục	Độ dốc nhỏ nhất của rãnh đường, mương
Rãnh đường mặt phủ át phan	0,003
Như trên – khi mặt phủ bằng đá dăm hoặc đá tảng	0,004
Như trên - rải cuội, sỏi	0,005
Các rãnh riêng biệt	0,005
Mương tiêu nước	0,005

§ 9.5. Thiết kế mạng lưới thoát nước

9.5.1. Một số nguyên tắc thiết kế

Khi phân lưu vực thoát nước và vạch tuyến đường ống cần chú ý đến điều kiện địa hình và quy hoạch chung của đô thị, phải tận dụng tối đa điều kiện địa hình để xây dựng hệ thống thoát nước tự chảy.

Đối với công tác cải tạo mạng lưới thoát nước thì cần nghiên cứu mạng lưới hiện có và biện pháp đấu nối với hệ thống hiện có.

Khi thiết kế mạng lưới thoát nước cho tuyến đường cản cứ theo quy hoạch thoát nước của toàn khu vực. Quá trình phát triển một khu vực, thông thường tuyến đường sẽ được xây dựng đầu tiên. Như vậy hệ thống thoát nước của tuyến đường vừa phải đảm bảo phù hợp với quy hoạch thoát nước trong tương lai, đồng thời phải đảm bảo thoát nước trong giai đoạn trước mắt, khi các khu vực đô thị chưa hoàn thành xây dựng theo quy hoạch. Trong một số trường hợp khi không dung hòa được cả hai nhiệm vụ thoát nước trước mắt và lâu dài, cần xem xét thiết kế hai hệ thống thoát nước, trong đó hệ thống để thoát nước trước mắt là hệ thống tạm. Trong trường hợp này, hệ thống thoát nước tạm nếu cần thiết có thể phải sử dụng cả hình thức thoát nước cưỡng bức hoặc đào hố chứa.

Trên mạng lưới thoát nước cần xây dựng các miệng xả dự phòng để xả nước thải vào hệ thống thoát nước mưa, hoặc vào hồ khi xảy ra sự cố. Trong phạm vi các khu dân cư, không được đặt các đường ống thoát nước mưa, nước thải nổi trên mặt đất. Nếu đi qua hồ sâu, sông, kênh tưới cần phải có biện pháp xử lý thích hợp. Khoảng cách trên mặt bằng và mặt đứng của công trình thoát nước tới các công trình khác cần tuân thủ theo các tiêu chuẩn hiện hành.

Khi thay đổi hướng hoặc độ dốc của tuyến cống cần phải thực hiện tại vị trí các giếng thăm của tuyến cống. Góc nối cống trên mặt bằng không được nhỏ hơn 90° . Khi nối rãnh với cống kín phải qua giếng thăm có hố khử cặn và song chắn rác.

9.5.2. Thiết kế mạng lưới thoát nước

a. Giếng thăm.

Trong các hệ thống thoát nước, giếng thăm trên mạng lưới cống cần đặt tại các vị trí như sau:

- Vị trí nối các tuyến cống.
- Tuyến cống chuyển hướng, thay đổi độ dốc hoặc thay đổi kích thước.
- Đảm bảo khoảng cách để duy tu, bảo dưỡng và vận hành. Khoảng cách này phụ thuộc vào kích thước tuyến cống. Đối với cống tròn có thể tham khảo theo bảng 9 -10.

Bảng 9 -10

Khoảng cách tối đa giữa các giếng thăm

Đường kính ống (mm)	Khoảng cách giữa các giếng thăm (m)
150 - 300	20
400 - 600	40
700 - 1000	60
> 1000	100

Ghi chú: Thông thường khoảng cách giữa các giếng thăm lấy nhỏ hơn giá trị trong bảng nêu trên và còn phụ thuộc vào lưu lượng tính toán, độ dày và vận tốc tính toán. Ví

dụ như đối với cống đường kính 400 – 600mm nếu độ dày dưới 0,5d và tốc độ tính toán bằng tốc độ nhỏ nhất thì khoảng cách giữa các giếng là 25m - 30m.

- Đáy giếng thăm trong hệ thống thoát nước mưa cần có hố thu cặn. Tuỳ theo mức độ hoàn thiện các khu vực được thoát nước, chiều sâu hố thu cặn lấy khoảng 0,3 – 0,5m.

b. Giếng thu nước mưa

- Giếng thu nước mưa đặt ở rãnh đường theo những khoảng cách xác định thông qua tính toán. Ngoài ra còn phải bố trí giếng thu tại các vị trí trũng trên trắc dọc, trước các ngã rẽ và trước dải đi bộ qua đường.

- Khoảng cách giữa các giếng thu nước cần được xác định để đảm bảo các tiêu chí bao gồm:

- (1) Tính chất của tuyến đường.
- (2) Chiều rộng phần mặt đường được phép ngập nước.
- (3) Thời gian cho phép ngập nước trên mặt đường.

Khi đường phố rộng dưới 30m (mỗi bên rãnh nhận nước từ giữa đường), khoảng cách lớn nhất giữa các giếng có thể tham khảo bảng 9-11.

Chiều dài của đoạn cống nối từ giếng thu đến giếng thăm không lớn hơn 40m.

Bảng 9 -11

Khoảng cách lớn nhất giữa các giếng thu

Độ dốc dọc đường phố	Khoảng cách giữa các giếng thu (m)
Nhỏ hơn hoặc bằng 0,004	50
Trên 0,004 – 0,006	60
Trên 0,004 – 0,01	70
Trên 0,01 – 0,03	80

Ghi chú:

- Quy định này không áp dụng đối với kiểu giếng thu cửa thu bó vỉa (giếng thu hầm éch).

- Khi chiều rộng đường phố lớn hơn 30m thì khoảng cách giữa các giếng thu không lớn hơn 60m.

- Đáy của giếng thu nước mưa phải có hố thu cặn, chiều sâu từ 0,3 – 0,5m và cửa thu phải có song chấn rác. Mặt trên song chấn rác đặt thấp hơn rãnh đường khoảng 20mm - 30mm.

- Nối mương hở với đường ống kín bằng giếng phải có hố thu cặn, phía miệng hố phải đặt song chấn rác có khe hở không quá 50mm; đường kính đoạn ống nối xác định bằng tính toán nhưng không nhỏ hơn 300mm.

Ví dụ tính toán:

• Số liệu đầu vào

Tính khẩu độ cống thoát nước dọc cho tuyến đường đô thị. Chiều rộng mặt cắt ngang (phạm vi chỉ giới đỏ) là 68m. Phạm vi thoát nước tính toán theo quy hoạch là 100m tính từ mép ngoài vỉa hè (đối với cả nước mưa và nước thải). Chiều dài đoạn tuyến từ điểm đầu tới vị trí cửa

xã là 1500m. Hệ thống thoát nước dự kiến là hệ thống chảy riêng hoàn toàn (thoát nước mưa và thoát nước bẩn theo hai hệ thống riêng biệt).

- ***Yêu cầu tính toán***

- Xác định lưu lượng thoát nước mưa dọc theo chiều dài đoạn tuyến. Dự kiến khẩu độ cống thoát nước mưa dọc tuyến.

- Xác định lưu lượng thoát nước thải dọc theo chiều dài tuyến. Kiểm tra khả năng thoát nước chung khi nước thải được thoát tạm thời trong hệ thống thoát nước mưa.

- ***Các bước tính toán***

Hệ thống thoát nước mưa

Đối với hệ thống thoát nước mưa dọc tuyến, các bước tính toán cần thực hiện như dưới đây. Trong bảng tính phía dưới sẽ trình bày toàn bộ các nội dung tính toán.

- Xác định diện tích thoát nước của hệ thống cống dọc. Trong ví dụ này, dự kiến dọc tuyến sẽ có 2 hệ thống thoát nước dọc hai bên đường. Như vậy, mỗi hệ thống cống dọc sẽ thoát nước cho phạm vi 34m trong mặt cắt ngang và 100m phía ngoài vỉa hè (cột 2, 3, 4).

- Xác định thời gian tập trung nước tới các mặt cắt yêu cầu. Thời gian tập trung nước bao gồm cả thời gian chảy tới cống và thời gian chảy trong cống. Trong ví dụ này xác định thời gian nước chảy tới cống là 10 phút. Thời gian chảy trong cống được xác định trên cơ sở chiều dài đoạn cống và vận tốc nước chảy trong cống (cột 5, 6, 7).

- Xác định cường độ mưa tính toán tương ứng với tần suất tính toán và thời gian tập trung nước (cột 8).

- Xác định hệ số dòng chảy tính toán. Hệ số dòng chảy căn cứ theo tính chất bê mặt phủ của đô thị và tính chất mưa khu vực (cần lưu ý với những trận mưa dài ngày thì hệ số thẩm giảm đi đáng kể). Trong ví dụ này hệ số dòng chảy xác định là 0,85.

- Tính toán lưu lượng tại các mặt cắt yêu cầu (cột 9).

- Thông số khẩu độ cống được dự kiến tại cột 10. Tuy nhiên việc xác định khẩu độ cống đối với từng đoạn còn phụ thuộc vào độ dốc đặt cống. Khẩu độ cống đề xuất tại cột 10 chỉ là cơ sở để xác định trắc dọc cống. Việc kiểm toán khẩu độ cống đối với từng đoạn cần thực hiện trên cơ sở trắc dọc cống thực tế.

Tính toán lưu lượng cống thoát nước mưa dọc tuyến

Trường hợp tính toán	Chiều dài đoạn cống	Chiều rộng thoát nước	Diện tích thoát nước	Thời gian tập trung nước			Cường độ mưa	Lưu lượng thiết kế	Khẩu độ cống đề xuất
				Đến cống	Trong cống	Tổng			
	L (m)	B (m)	A (ha)	t ₁ (ph)	t ₂ (ph)	t (ph)	I (l/s/ha)	Q _{TK} (m ³ /s)	D (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	134	1,34	10,0	1,7	11,7	419	0,48	D1000
2	200	134	2,68	10,0	3,3	13,3	404	0,92	D1000
3	250	134	3,35	10,0	4,2	14,2	396	1,13	D1000
4	300	134	4,02	10,0	5,0	15,0	389	1,33	D1000
5	350	134	4,69	10,0	5,8	15,8	382	1,52	D1250
6	400	134	5,36	10,0	6,7	16,7	376	1,71	D1250

7	450	134	6,03	10,0	7,5	17,5	370	1,90	D1250
8	500	134	6,70	10,0	8,3	18,3	364	2,07	D1250
9	550	134	7,37	10,0	9,2	19,2	358	2,24	D1250
10	600	134	8,04	10,0	10,0	20,0	352	2,41	D1500
11	650	134	8,71	10,0	10,8	20,8	347	2,57	D1500
12	700	134	9,38	10,0	11,7	21,7	342	2,72	D1500
13	750	134	10,05	10,0	12,5	22,5	337	2,87	D1500
14	800	134	10,72	10,0	13,3	23,3	332	3,02	D1500
15	850	134	11,39	10,0	14,2	24,2	327	3,16	D2000
16	900	134	12,06	10,0	15,0	25,0	322	3,30	D2000
17	950	134	12,73	10,0	15,8	25,8	318	3,44	D2000
18	1000	134	13,40	10,0	16,7	26,7	313	3,57	D2000
19	1050	134	14,07	10,0	17,5	27,5	309	3,70	D2000
20	1100	134	14,74	10,0	18,3	28,3	305	3,82	D2000
21	1150	134	15,41	10,0	19,2	29,2	301	3,94	D2000
22	1200	134	16,08	10,0	20,0	30,0	297	4,06	D2000
23	1250	134	16,75	10,0	20,8	30,8	294	4,18	D2000
24	1300	134	17,42	10,0	21,7	31,7	290	4,29	D2000
25	1350	134	18,09	10,0	22,5	32,5	286	4,40	D2000
26	1400	134	18,76	10,0	23,3	33,3	283	4,51	D2000
27	1450	134	19,43	10,0	24,2	34,2	279	4,62	D2000
28	1500	134	20,10	10,0	25,0	35,0	276	4,72	D2000
29	1600	134	21,44	10,0	26,7	36,7	270	4,92	D2000
30	1700	134	22,78	10,0	28,3	38,3	264	5,11	D2000

Hệ thống thoát nước thải

Lưu lượng thoát nước thải phụ thuộc rất lớn vào tính chất, loại hình và quy mô đô thị, quy mô dân số dọc tuyến. Thông thường các thông số này được xác định thông qua bài toán quy hoạch đô thị. Việc dự kiến khẩu độ công trình thoát nước thải phải được thực hiện bởi đơn vị lập quy hoạch vì vấn đề này có liên quan tới vị trí, quy mô các trạm bơm nước thải, các nhà máy xử lý. Thời điểm hoàn thành hệ thống thoát nước thải với đầy đủ các công trình đầu mối như trạm bơm, nhà máy xử lý, ... thường chậm hơn khá nhiều so với tuyến đường. Như vậy trong giai đoạn đầu nước thải thường thoát chung với hệ thống thoát nước mưa. Các bước tính toán lưu lượng nước thải dưới đây mang tính sơ bộ để kiểm tra khả năng thoát nước của hệ thống thoát nước mưa khi có nước thải thoát cùng. Các bước tính toán bao gồm:

- Xác định phạm vi thoát nước thải. Trong ví dụ này phạm vi thoát nước thải sẽ là 100m tính từ mép ngoài vỉa hè.
- Căn cứ trên quy hoạch, xác định loại hình đô thị và quy mô dân số trong phạm vi tính toán. Trong ví dụ này xác định là khu dân cư, mật độ dân số 800 (người/ha).
- Xác định chỉ tiêu nước thải n_0 . Trong ví dụ này chỉ tiêu nước thải là 200(lít/người/ngày đêm).
- Xác định tổng lượng nước thải W_t và lưu lượng nước thải trung bình Q_{TB} tại các mặt cắt yêu cầu tính toán.

- Xác định hệ số không điều hòa chung Kch.
- Xác định lưu lượng thải lớn nhất $Q_{max} = Kch * Q_{TB}$ tại các mặt cắt yêu cầu tính toán.
- Trong ví dụ này, tại mặt cắt cuối cùng các thông số tính toán lưu lượng nước thải như sau:

+ Tổng lượng nước thải: $W_t = (15*800)*200 = 2400$ ($m^3/ngày$)

+ Lưu lượng trung bình: $Q_{TB} = 2400*1000/86400 = 27,8$ (l/s)

+ Hệ số không điều hòa chung: $Kch = 1,85$

+ Lưu lượng thải lớn nhất: $Q_{Max} = 1,85*27,8 = 51,4$ (l/s)

- Như vậy lưu lượng nước thải lớn nhất tại mặt cắt cuối cùng chỉ tương đương 1,1% lưu lượng nước mưa lớn nhất.

Các vấn đề lưu ý khi thiết kế

- Việc chọn khẩu độ cống dọc thoát nước mưa cần căn cứ trên lưu lượng tính toán đối với từng đoạn tuyến. Khả năng thoát nước của cống còn phụ thuộc vào độ dốc đặt cống, tuy nhiên yếu tố này có liên quan tới trắc dọc cống, trắc dọc đường và các khống chế cao độ khác. Như vậy, sau khi tiến hành bố trí cống (khẩu độ, trắc dọc) cần kiểm toán khả năng thoát nước của cống trên cơ sở các thông số trắc dọc cụ thể.
- Trong trường hợp này khẩu độ cống thoát nước mưa đủ đảm bảo thoát nước cả nước mưa và nước thải. Do đó trong giai đoạn đầu, nước thải có thể thoát cùng với nước mưa mà vẫn không cần tăng khẩu độ cống.

Tài liệu sử dụng trong Chương IX:

- [1]. Cấp thoát nước. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, 1988.
- [2]. Thoát nước, Tập 1: Mạng lưới thoát nước. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, 2001.
- [3]. Thoát nước đô thị, một số vấn đề về lý thuyết và thực tiễn ở Việt Nam. Nhà xuất bản Xây dựng, 2002.
- [4]. Adolison. Phân tích bãy sông và thuỷ văn. Nhà xuất bản Wesley, 1992.
- [5]. Hướng dẫn thoát nước đường ôtô, AASHTO, 1982.
- [6]. Thoát nước mặt đường ôtô. Thông tin thuỷ lực công trình No.12-1984
- [7]. Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ, 22TCN 220-95.