

Chương 3

KẾT CẤU GIA CỐ MÁI DỐC ĐẬP ĐẤT ĐÁ

Biên soạn: GS. TSKH. Trịnh Trọng Hàn

3.1. TỔNG QUÁT

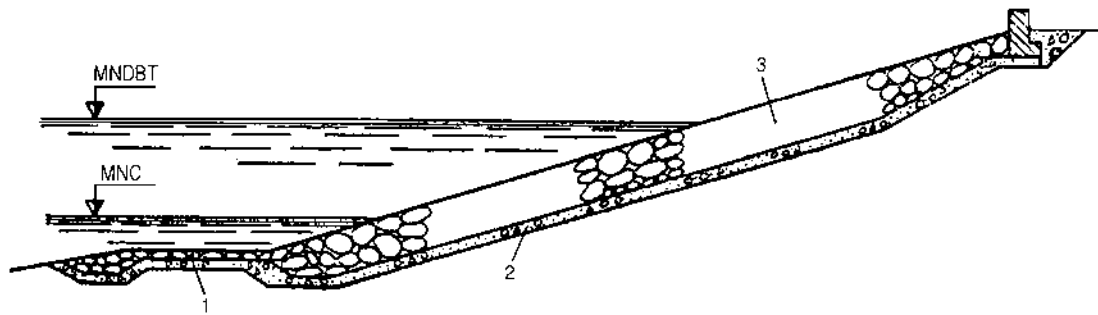
Kết cấu gia cố để bảo vệ mái dốc của đập đất đá và mái dốc đất đá của công trình thủy nói chung bao gồm năm bộ phận sau:

- 1) Kết cấu gia cố cơ bản để bảo vệ mái dốc đất đá chống xói lở do tác động thường xuyên của sóng gió, dòng chảy và các tác động cơ học khác;
- 2) Kết cấu gia cố nhẹ hoặc lớp che phủ bố trí trên mái dốc và ở chân mái dốc ngoài phạm vi được bảo vệ bởi kết cấu gia cố chủ yếu, ở vùng chịu tác động yếu và không thường xuyên hoặc vùng chịu ảnh hưởng gián tiếp của các tác động cơ học nêu ở trên;
- 3) Kết cấu chuyển tiếp, dạng lớp đệm lót hoặc tầng lọc ngược phía dưới các bộ phận gia cố cơ bản và gia cố nhẹ, để liên kết các bộ phận gia cố với mái dốc đất đá và bảo vệ các hạt đất đá của mái dốc không bị xói ngầm, đồng thời làm chức năng tiêu thoát nước thấm ở mái, bờ khi mực nước ngầm cao hoặc khi mực nước hồ chứa hay lòng dẫn dao động với biên độ lớn;
- 4) Kết cấu tựa đỡ, bố trí ở dưới chân bộ phận gia cố cơ bản để chống trượt cho bộ phận gia cố cơ bản và nối tiếp liên kết giữa bộ phận gia cố cơ bản với gia cố nhẹ;
- 5) Kết cấu hạn chế phạm vi lan truyền tác động của dòng chảy hay tác động sóng, còn gọi là tường chắn sóng, cho phép giảm quy mô và khối lượng của bộ phận gia cố.

Trong trường hợp độ vượt cao của đỉnh đập so với mực nước tính toán lớn hơn trị số độ vượt cao dự trữ cần thiết có kể đến sóng leo thì không làm tường chắn sóng. Như vậy việc lựa chọn phương án kết cấu tường chắn sóng được quyết định theo so sánh về kinh tế kỹ thuật.

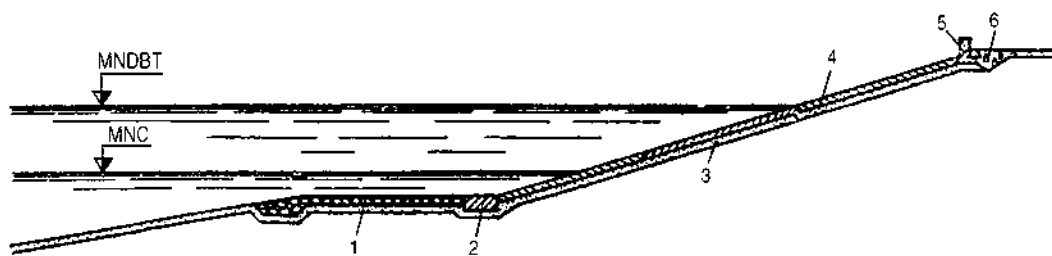
Kết cấu gia cố cơ bản có thể được làm bằng nhiều loại vật liệu khác nhau, như đá (đá đổ, đá lát, đá xây...), bê tông và bê tông cốt thép (nguyên khối - đúc tại chỗ hoặc các tấm rời lắp ghép), bê tông nhựa đường, gỗ, v.v...

Vật liệu được sử dụng phổ biến để gia cố là đá và bê tông. Đá để làm gia cố cơ bản có thể được chọn lọc hoặc không chọn lọc về thành phần hạt. Khi sử dụng đá chọn lọc có kích thước đồng đều cần phải có luận chứng thích đáng về kinh tế kỹ thuật, nhất là khi chiều cao sóng tính toán lớn hơn 2m phải dùng đá cỡ lớn.



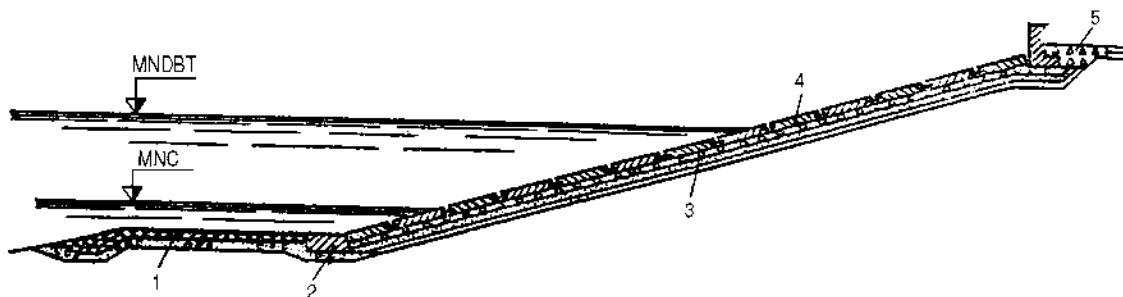
Hình 3-1. Sơ đồ gia cố mái dốc bằng đá đổ

1- gia cố nhẹ; 2- lớp chuyển tiếp lọc ngược; 3- gia cố cơ bản bằng đá.



Hình 3-2. Sơ đồ gia cố mái dốc bằng bê tông nguyên khối

1- gia cố nhẹ; 2- gối tựa của gia cố cơ bản; 3- lớp lót chuyển tiếp;
4- gia cố cơ bản bằng bê tông cốt thép; 5- tường chắn sóng;
6- đắp lại bằng đá dăm hoặc đất cát sỏi.



Hình 3-3. Sơ đồ gia cố bằng tấm bê tông cốt thép lắp ghép có các mối nối hở

1- gia cố nhẹ; 2- gối tựa của gia cố cơ bản; 3- lớp đệm lót chuyển tiếp;
4- gia cố cơ bản bằng tấm bê tông cốt thép có mối nối hở;
5- lớp đắp lại bằng đá dăm.

Kết cấu gia cố bằng bê tông cốt thép đổ liền khối được chia thành những tấm riêng trong quá trình đổ, sau đó đổ lấp kín các khe nối giữa các tấm. Loại gia cố này thuộc kết cấu gia cố cứng, được sử dụng khi sóng lớn có chiều cao sóng trên 2m và cấu tạo mái dốc bằng loại đất đòi hỏi phải có lớp bảo vệ có độ cứng cần thiết.

Gia cố bằng tấm bê tông cốt thép có hai hình thức:

1) Đúc tại chỗ (trên mái dốc) để tranh thủ áp dụng biện pháp cơ giới hoá đồng bộ công tác đổ bê tông, tăng cường độ và giảm thời gian thi công, tạo lớp phủ liên tục không thấm nước, không trôi đất;

2) Sử dụng các tấm bê tông lắp ghép có mối nối hở trong điều kiện mái dốc có khả năng lún không đều với độ lún lớn, hoặc do các yếu tố khác, ví dụ thi công dưới nước, mái dốc có dòng thấm chảy ra thường xuyên, thi công trong điều kiện thời tiết không thuận lợi cho việc đổ bê tông, v.v...

Khi thiết kế và lựa chọn hình thức gia cố cần nghiên cứu những khuyến nghị về việc sử dụng vật liệu gia cố trong điều kiện cụ thể cũng như các dự báo về sự diễn biến thay đổi chế độ làm việc của kết cấu gia cố ở những vùng khác nhau trên phạm vi mái dốc đập theo dọc tuyến và theo chiều cao công trình.

Do điều kiện làm việc khác nhau theo độ cao cho nên phải chọn loại gia cố khác nhau và quy mô kết cấu gia cố khác nhau. Ví dụ, trong phạm vi gia cố cơ bản nên chọn cùng một hình thức gia cố nhưng chiều dày gia cố có thể giảm dần từ trên xuống và giảm ở vùng thường xuyên ngập nước so với vùng nước dao động.

Giới hạn trên của gia cố cơ bản được lấy cao hơn mực nước tính toán (MNDĐT) một đại lượng bằng $(h_l + \Delta h)$ hoặc $(0,8h_s + 0,5 \text{ m})$ và không thấp hơn mực nước kiểm tra, trong đó h_l - chiều cao sóng leo; h_s - chiều cao sóng tính toán; Δh - chiều cao dâng thêm của mặt nước do tác dụng của đà gió. Giới hạn dưới của gia cố cơ bản lấy thấp hơn mực nước chết một đại lượng bằng H_K hoặc $2h$ (H_K - độ sâu phân giới, nơi xảy ra sóng đổ lần đầu tiên).

Tiếp theo gia cố cơ bản là gia cố nhẹ. Gia cố nhẹ kết thúc ở vị trí không có dòng chảy hoặc dòng chảy không có khả năng gây xói mái dốc.

3.2. THIẾT KẾ TẦNG ĐỆM D ỜI KẾT CẤU GIA CỐ

3.2.1. Tổng quát

Nhiệm vụ của tầng đệm là nối tiếp bộ phận gia cố với đất mái dốc, vì vậy hình thức cấu tạo của lớp đệm phụ thuộc vào điều kiện làm việc của nó. Tầng đệm có thể cấu tạo gồm một lớp hay nhiều lớp.

Theo chế độ vận hành của công trình thủy và điều kiện làm việc của kết cấu gia cố, tầng đệm có thể có các chức năng sau:

- Thoát nước ngầm từ trong mái dốc chảy ra;
- Tiêu hao năng lượng của dòng chảy có sóng;
- Thoát nước thấm từ thượng lưu qua các khe hở của kết cấu gia cố hay nước thấm qua lớp gia cố dưới tác dụng của cột nước làm việc của đập hoặc do tác dụng sóng;
- Phân bố tải trọng từ kết cấu gia cố sang mái dốc theo hướng có lợi để giảm biến dạng lún không đều;
- Bảo vệ vật liệu mái dốc không bị xói ngầm cục bộ và xói tiếp xúc do tác dụng của thấm theo cả hai hướng - thấm ngược về phía thượng lưu và thấm dọc theo mái dốc (khi sóng rút hoặc mực nước hồ hạ đột ngột);

- Thực hiện chức năng riêng theo yêu cầu của công nghệ thi công kết cấu gia cố, hoặc theo hỗn hợp một số chức năng kể trên.

Cấu tạo vật liệu tầng đệm không được chứa các tạp chất có thể bị hoà tan trong nước. Tỷ lệ hạt bụi đường kính $d \leq 0,1$ mm không vượt quá 5%.

3.2.2. Tầng đệm d ới kết cấu gia cố bằng lớp che phủ liên tục

Khi sử dụng lớp gia cố phủ liên tục trên bề mặt mái dốc như bê tông cốt thép đổ liền khối hoặc đổ theo các tấm sau đó bịt lấp khe nối, v.v..., thì cần phải thoát nước ngầm hoặc nước thấm ngược khi mực nước hồ dao động thường xuyên với biên độ lớn. Trong trường hợp này tầng đệm làm việc theo chức năng tầng lọc ngược. Việc thiết kế và lựa chọn cấu tạo của tầng đệm tiến hành theo các quy định và chỉ dẫn đối với tầng lọc ngược của công trình thủy.

Trong trường hợp lớp gia cố dạng lớp phủ liên tục có đủ độ cứng với các mối nối được bịt lấp đảm bảo không thấm nước thì có thể không cần làm tầng đệm nếu có các điều kiện sau:

- Mực nước thượng lưu trước mái dốc tương đối ổn định hay thay đổi chậm;
- Không có nước dâng do nước ngầm ở phía sau lớp gia cố tạo nên;
- Đất của mái dốc có độ thấm lớn đảm bảo không sinh ra áp lực dư ở phía sau lớp gia cố.

Đối với lớp phủ gia cố để bảo vệ mái dốc được cấu tạo bằng đất hạt bụi, đất mềm dẻo hoặc vật liệu có khả năng lún lớn thì cần phải có tầng đệm liên tục dưới lớp gia cố.

Trường hợp cần thoát nước thấm hoặc tạo điều kiện cho sự cố kết của lớp phủ thì tầng đệm được làm bằng đá dăm hoặc bằng loại đất có thành phần hạt khác nhau xen các hạt lớn đắp thành một lớp dày 15 ÷ 20 cm.

Cấu tạo của tầng đệm phía dưới các khớp nối nhiệt - lún thường có dạng nhiều lớp lọc xếp thành băng dài dọc theo đường khớp nối. Khoảng cách giữa các khớp nối thường lấy bằng 40 ÷ 60 m đối với kết cấu gia cố nguyên khối và bằng 30 ÷ 40 m đối với lớp phủ ghép. Cấu tạo thành phần hạt của tầng đệm được xác định theo yêu cầu của kết cấu gia cố có mối nối hở làm việc trong điều kiện chịu tác động sóng.

Trường hợp mái dốc là đất dính có hiện tượng bị trương nở thể tích khi nhiệt độ âm thì phía dưới lớp đệm bằng hạt thô cần có lớp chuyển tiếp bằng đất cát có tác dụng hạn chế không khí lạnh từ môi trường không khí bên ngoài xâm nhập trực tiếp vào bề mặt đất mái dốc. Lớp cát được gọi là lớp giữ ẩm cho đất của mái dốc. Chiều dày lớp cát được lấy theo điều kiện khí hậu của vùng xây dựng, theo loại kết cấu lớp gia cố và lớp đệm gia cố.

3.2.3. Tầng đệm d ới gia cố bằng tấm bê tông có khe nối hở

Dưới các tấm bê tông cốt thép có khớp nối hở (không đổ bê tông lấp kín khe nối) hoặc tấm bê tông cốt thép có các lỗ thoát nước làm việc trong điều kiện tác động sóng là tầng đệm được cấu tạo bằng vật liệu chọn lọc đắp thành hai hoặc ba lớp theo tính chất tầng lọc ngược. Trong trường hợp này cũng có thể làm tầng đệm một lớp bằng vật liệu cỡ hạt khác nhau với cấu tạo thành phần hạt xác định theo tính toán.

Nếu sử dụng tầng đệm một lớp và nếu mái dốc là đất dính, thì cấu tạo tầng đệm gồm các hạt trung và hạt thô được chọn theo yêu cầu không xảy ra xói ngầm tiếp xúc giữa các lớp kề nhau.

Trong trường hợp sử dụng tầng đệm nhiều lớp và mái dốc là đất cát hạt bụi, thì lớp đệm dưới cùng tiếp xúc với đất của mái dốc được làm bằng cát.

Trường hợp mái dốc là đất dính hoặc đất cát bụi thì có thể sử dụng tầng đệm một lớp bằng đất cát cỡ hạt khác nhau và được đầm chặt.

Tầng đệm phía dưới kết cấu gia cố bằng các tấm bê tông cốt thép lắp ghép trên mái dốc có nhu cầu phải thoát nước thấm (do mực nước hồ dao động lớn hay do vị trí mực nước ngầm cao hơn mực nước hồ) được tính toán và thiết kế theo quy định đối với tầng lọc ngược ở các bộ phận có áp của công trình thủy. Riêng lớp trên cùng của tầng đệm còn được chọn kích thước hạt theo điều kiện chịu tác động sóng của kết cấu gia cố.

Vật liệu của tầng đệm một lớp phía dưới kết cấu gia cố bằng tấm bê tông cốt thép có khớp hở hoặc có các lỗ hổng được xác định theo các thông số sau:

- Tỷ lệ kích thước hạt lớp đệm và kích thước khe hở hoặc kích thước lỗ hổng trong các tấm gia cố;

- Kích thước hạt đất của mái dốc cần bảo vệ;

- Độ không đồng nhất của hạt lớp đệm (biểu thị bằng hệ số không đồng nhất η về thành phần hạt hoặc độ không đồng nhất của vật liệu $K_{60/10}$).

Đối với tầng đệm một lớp, giới hạn cho phép về độ không đồng nhất của vật liệu được lấy bằng:

$$K_{60/10} = D_{60} / D_{10} = 5 \div 20 \quad (3.1)$$

Trong đó:

$K_{60/10}$ - độ không đồng nhất của vật liệu (ý nghĩa tương tự như hệ số η theo V.X. Istômina);

D_{60} và d_{10} - đường kính của nhóm hạt lớn và nhóm hạt nhỏ có số hạt kích thước nhỏ hơn chúng chiếm tỷ lệ tương ứng 60% và 10% theo khối lượng.

Khi gia cố bằng các tấm có khe nối hở còn yêu cầu $D_{60} \leq 50 \div 60$ mm. Nếu sử dụng tấm gia cố có các lỗ hổng thì tỷ lệ kích thước ngang của tiết diện lỗ hổng (b) so với kích thước hạt của tầng đệm một lớp được xác định theo biểu thức sau:

$$b \leq 0,6D_n \quad (3.2)$$

Trong đó: n - tỷ lệ số hạt (tính theo % khối lượng) cho phép bị xói ra khỏi lớp đệm với điều kiện không gây biến dạng có hại cho tấm gia cố. Đối với tấm gia cố có khe nối hở lấy $n \leq 25 \div 30\%$.

Nếu trục dọc của khớp hở hoặc trục dọc các lỗ hổng vuông góc với đường mép nước thì tỷ lệ giữa kích thước các hạt của tầng đệm so với kích thước ngang (b) của khe hở hoặc của các lỗ hổng được lấy trong phạm vi sau:

- Với chiều cao sóng tính toán tần suất 1% đạt tới 2 m ($h_{1\%} \leq 2$ m)

$$3 \text{ cm} \geq b \leq 0,6 D_n \quad (3.3)$$

- Với chiều cao sóng tính toán tần suất 1% có giá trị lớn hơn 2 m ($h_{1\%} > 2$ m)

$$2 \text{ cm} \geq b \leq 0,6 D_n \quad (3.4)$$

Nếu trục dọc của khớp hở hoặc của hàng lỗ hổng nằm song song với đường mép nước thì lấy đại lượng b trong phạm vi:

$$4 \text{ cm} \geq b \leq 0,8 D_n \quad (3.5)$$

Kích thước hạt của tầng đệm một lớp D_{10} được chọn theo điều kiện có kể đến cỡ hạt trung bình của đất cát tạo nên mái dốc (d_{50}) theo quan hệ sau:

$$D_{10}/d_{50} \leq 30 \quad (3.6)$$

Đối với tầng đệm gồm hai hoặc ba lớp, thì lớp dưới cùng của tầng đệm tiếp xúc trực tiếp với mái dốc bằng đất cát được chọn theo yêu cầu về độ không đồng nhất của thành phần hạt như sau:

$$K_{60/10} \leq 20 \quad (3.7)$$

Ngoài ra, tỉ lệ kích thước hạt của lớp đệm tiếp xúc với mái dốc (D) so với kích thước hạt (d) của đất mái dốc phải trong phạm vi:

$$\text{hoặc} \quad \left. \begin{array}{l} D_{10} / d_{10} \leq 10 \\ D_{50} / d_{50} \leq 10 \end{array} \right\} \quad (3.8)$$

Thành phần hạt của lớp đệm nằm trực tiếp dưới các khe hở của tấm gia cố được xác định theo 3 chỉ tiêu sau (đối với tầng đệm nhiều lớp):

1) Độ không đồng nhất của vật liệu lớp đệm:

$$K_{60/10} \leq 2 \quad (3.9)$$

2) Giá trị của hệ số quan hệ giữa kích thước hạt trung bình của lớp xem xét (D_{50}) và lớp đệm kế tiếp phía dưới nó (d_{50}), gọi tắt là hệ số quan hệ lớp K_l :

$$K_l = D_{50}/d_{50} = 3 \div 4 \quad (3.10)$$

3) Tỉ số giữa kích thước D_M của các hạt nhỏ nhất của lớp đệm trên cùng (lớp xem xét) và kích thước ngang của lỗ hổng l trong tấm gia cố phải nằm trong giới hạn:

$$b \leq 0,6 D_n \quad (3.11)$$

Nếu trục dọc của mối nối hở hoặc các lỗ hổng nằm vuông góc với đường mép nước, thì tỉ lệ giữa kích thước hạt của lớp đệm trên cùng và kích thước ngang của khe hở hoặc của lỗ trong tấm gia cố được lấy theo quy định sau:

- Khi chiều cao sóng tính toán tần suất 1% có giá trị $h_{1\%} \leq 2$ m:

$$3 \text{ cm} \geq b \leq 0,6 D_M ; \quad (3.12)$$

- Khi chiều cao sóng tính toán tần suất 1% có giá trị $h_{1\%} > 2$ m:

$$2 \text{ cm} \geq b \leq 0,6 D_M \quad (3.13)$$

Nếu trục dọc của khớp nối hoặc của hàng lỗ nằm song song với đường mép nước thì lấy trong phạm vi:

$$4 \text{ cm} \geq b \leq 0,8 D_M \quad (3.14)$$

Thành phần hạt của lớp giữa và lớp dưới cùng trong tầng đệm ba lớp được xác định theo các yêu cầu sau:

a) Giá trị của hệ số giữa lớp

$$k_g \leq 20 \quad (3.15)$$

b) Tỷ số giữa các đại lượng về độ không đồng nhất của các hạt

$$K_{60/10}/k_{60/10} \leq 12 \quad (3.16)$$

3.2.4. Chiều dày của các lớp đệm dưới gia cố bằng bê tông cốt thép

Chiều dày của tầng đệm một lớp δ dưới các tấm gia cố có khớp nối hở hoặc có các lỗ thoát nước được lấy trong phạm vi:

$$35 \text{ cm} \leq \delta \leq 10D_{50} \quad (3.17)$$

Chiều dày tầng đệm một lớp dưới gia cố bằng bê tông cốt thép đổ liền khối và liên tục, hoặc gia cố bằng bê tông cốt thép đổ theo tấm sau đó đổ bê tông lấp kín các khe nối, được lấy trong phạm vi:

$$15 \text{ cm} \leq \delta \leq 4 D_{50} \quad (3.18)$$

Chiều dày mỗi lớp đệm trong tầng đệm hai hoặc ba lớp khi thi công bằng cơ giới trên mái dốc được lấy không nhỏ hơn 20 cm đối với đất hạt thô, đá dăm; không nhỏ hơn 15cm đối với cát hạt lớn.

3.2.5. Tầng đệm dưới gia cố bằng đá

Gia cố bằng đá (đá đổ, đá xếp) thuộc loại gia cố hở và mềm dẻo, do đó ngoài những chức năng chung nêu ở mục 3.2.1, tầng đệm dưới gia cố đá còn phải đảm bảo yêu cầu không bị xói qua các khe hở của lớp đá gia cố dưới tác dụng thấm ngược từ phía mái dốc ra hồ chứa trong các trường hợp:

- Mực nước hồ hạ đột ngột và nhanh chóng;
- Tác động sóng, nhất là khi sóng rút;
- Nước ngấm trong mái dốc có nguồn bổ sung với lưu lượng khá lớn, ví dụ do mưa rào.

Tùy theo cấu tạo của gia cố đá, cấu tạo của đất mái dốc và thông số sóng, tầng đệm có thể gồm một lớp hoặc hai lớp, trong đó kích thước hạt của lớp đệm được lấy như sau:

a) Lớp đệm tiếp xúc với đất mái dốc:

$$D_{15}^l / d_{85} \leq 5 \quad (3.19)$$

Trong đó:

D_{15}^l - kích thước hạt của lớp đệm có số hạt nhỏ hơn nó chiếm tỉ lệ 15% theo khối lượng hạt của lớp đệm;

d_{85} - kích thước hạt đất của mái dốc có số hạt nhỏ hơn nó chiếm tỉ lệ 85% khối lượng hạt của mái dốc.

b) Lớp đệm tiếp xúc với đá gia cố:

$$D_{15}^g / d_{85}^l \leq 10 \quad (3.20)$$

Trong đó:

D_{15}^g - đường kính hạt của đá gia cố;

d_{85}^l - đường kính hạt của lớp đệm (lớp lót) dưới đá gia cố.

c) Kích thước hạt của lớp đệm theo điều kiện chịu tác động sóng:

Khi chiều cao sóng lớn nhất $h_{\max} < 120$ cm, $d_{85}^l \geq 4$ cm

Khi chiều cao sóng lớn nhất $h_{\max} = 120 \div 300$ cm; $d_{85}^l \geq 5$ cm

Nếu mái dốc gồm đất hạt mịn có độ dính nhỏ, thì tầng đệm phải cấu tạo thành 2 lớp, trong đó lớp đệm tiếp giáp với đất mái dốc phải có bề dày lớn hơn 15 cm.

Tầng đệm dưới gia cố bằng đá không chỉ là lớp chuyển tiếp trung gian giữa đá gia cố với đất mái dốc cần bảo vệ, mà còn làm chức năng tầng lọc ngược.

Theo nghiên cứu rất cơ bản của viện sỹ Istômina V.X, tiêu chuẩn để lựa chọn vật liệu tầng đệm nhiều lớp (2 ÷ 3 lớp) là hệ số không đồng nhất của cấp phối hạt ($\eta = d_{60}/d_{10}$) và hệ số quan hệ kích thước hạt của hai lớp kề nhau ($\xi = D_{50}/d_{50}$), trong đó d_{60} , d_{10} là đường kính hạt trong cấp phối có số hạt nhỏ hơn nó chiếm tỉ lệ tương ứng là 60% và 10% theo khối lượng; D_{50} , d_{50} - đường kính trung bình của lớp hạt lớn và lớp hạt nhỏ kề nhau. Trong một số trường hợp còn sử dụng chỉ tiêu $\xi' = D_{60}/d_{40}$, gọi là hệ số tỉ lệ kích thước hạt của hai lớp tiếp xúc nhau.

Khi thiết kế tầng đệm và tầng lọc ngược trong đập đất đá cũng như trong các công trình thủy nói chung ở Liên Xô (cũ) thường lấy giá trị của các hệ số η , ξ , ξ' như sau:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 5;$$

$$\xi = \frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 10;$$

$$\xi' = \frac{D_{60}}{d_{40}} \leq 10 \div 15.$$

Trung Quốc và một số nước phương Tây sử dụng hệ số ξ'' với:

$$\xi'' = \frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

tương tự hệ số quan hệ kích thước lớp đệm tiếp xúc với đất mái dốc, (xem công thức 3.19).

Chiều dày mỗi lớp trong tầng đệm nhiều lớp được lấy $10 \div 15$ cm.

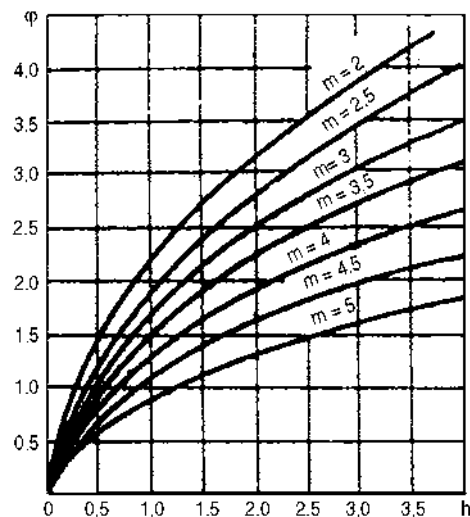
Bằng nghiên cứu thực nghiệm, Sankin P.A thấy rằng, để đảm bảo ổn định của lớp gia cố, tầng đệm một lớp phải có độ dày lớn hơn tầng đệm nhiều lớp, do đó nếu chỉ chọn tầng đệm theo điều kiện "không bị chui lọt" qua các hệ số η , ξ , ξ' ở trên thì sẽ không kinh tế. Trên quan điểm đó Sankin đã đề nghị xác định hệ số ξ theo công thức:

$$\xi = \frac{D_{50}}{d_{50}} \leq \frac{12}{\varphi} e^{0,21 \frac{t}{D_{50}}} \quad (3.21)$$

Trong đó: t - tổng chiều dày của tầng đệm; φ - hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào thông số sóng và hệ số mái dốc, xác định như sau: khi $\lambda/h \geq 15$ lấy giá trị φ theo đồ thị hình 3-4; khi $\lambda/h < 15$ lấy giá trị tính toán (φ_t) theo công thức:

$$\varphi_t = \varphi - 0,33 \left(15 - \frac{\lambda}{h} \right) \quad (3.22)$$

Trong đó: φ được tra theo đồ thị hình 3-4.



Hình 3-4. Đồ thị xác định hệ số φ

Công thức tính chiều dày tầng đệm nhiều lớp theo Sankin P.A

$$t = 11 D_{50} \lg \left(\frac{\varphi}{12} \cdot \frac{D_{50}}{d_{50}} \right) \quad (3.23)$$

Kết cấu tầng đệm xác định theo các công thức (3.21) ÷ (3.23) còn phải thỏa mãn điều kiện:

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_{50}}{d_{50}} &\geq \frac{14,8}{\varphi} \\ \lg\left(\frac{\varphi}{12} \cdot \frac{D_{50}}{d_{50}}\right) &\geq 0,425 \end{aligned} \right\} \quad (3.24)$$

Theo Sankin, nếu không thỏa mãn điều kiện (3.24) sẽ có hiện tượng chuyển dời hạt của tầng đệm, nghĩa là hiện tượng các hạt nhỏ chui vào kẽ hở của lớp hạt lớn.

Trong trường hợp gia cố bằng đá xếp thì có thể sử dụng tầng đệm một lớp với kích thước trung bình của hạt tầng đệm lấy theo quy định sau:

$$d_{50} = (0,2 \div 0,25) D \quad (3.25)$$

Trong đó: d_{50} - đường kính trung bình của hạt tầng đệm;

D - đường kính trung bình của đá xếp.

Chiều dày tầng đệm một lớp có thể xác định theo công thức (3.23), trong đó D_{50} và d_{50} tương ứng là đường kính trung bình của đá xếp và của cấp phối tầng đệm.

Tính toán gia cố theo công thức (3.23) được áp dụng cho trường hợp dòng thấm có phương vuông góc hoặc gần vuông góc với mái dốc theo điều kiện không xảy ra hiện tượng hạt tầng đệm chui qua khe hở của lớp đá gia cố.

Trong trường hợp tác động thường xuyên của sóng với các pha sóng leo lên mái dốc và sóng rút xuống, thì sẽ hình thành sự chuyển động của dòng chảy dọc theo mái dốc bao gồm dòng chảy dọc theo lớp gia cố và dọc theo tầng đệm. Sự chuyển động dọc của dòng chảy có thể gây xói ngầm vùng tiếp giáp giữa lớp đệm với lớp gia cố gọi là hiện tượng xói ngầm tiếp xúc dọc.

Điều kiện ổn định của hạt tầng đệm không bị xói ngầm tiếp xúc dọc được biểu thị bởi quan hệ:

$$J_d < J_{ph} \quad (3.26)$$

Trong đó: J_d và J_{ph} tương ứng là gradien thấm tiếp xúc dọc thực tế và gradien thấm tiếp xúc dọc phá hoại.

Giá trị của J_d có thể xác định theo công thức Sankin P.A:

$$J_d = 1,5 \cdot h \cdot e^{-\sum_1^k \left(n \frac{\delta}{D_{50}} \right)} \quad (3.27)$$

Ở đây: h - chiều cao sóng (m);

k - số lớp của tầng đệm;

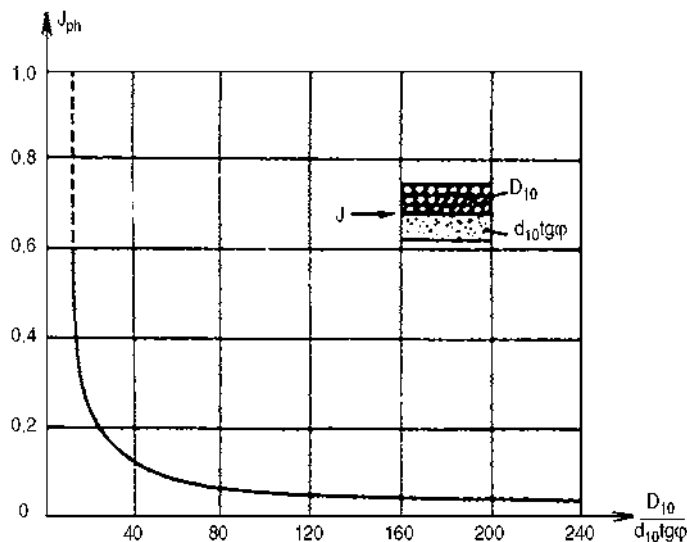
δ - chiều dày mỗi lớp của tầng đệm;

D_{50} - đường kính trung bình của cấp phối hạt trong lớp đệm;

n - hệ số thực nghiệm, $n = 0,21$ đối với lớp đệm đồng chất, $n = 0,30$ đối với lớp đệm không đồng chất.

Giá trị gradien thấm tiếp xúc phá hoại J_{ph} được xác định theo đồ thị hình 3-5.

Ngoài ra, kích thước hạt của tầng đệm làm chức năng lớp lọc được lấy theo quy định: $d_{50} = 0,15 \div 1$ mm đối với lớp đệm hạt nhỏ và $D_{50} = 1 \div 3,5$ mm đối với lớp đệm hạt lớn.



Hình 3-5. Đồ thị xác định gradien phá hoại J_{ph}

3.3. THIẾT KẾ GIA CỐ BẰNG ĐÁ

3.3.1. Tổng quát

Trong trường hợp vùng xây dựng có đủ đá về khối lượng và chất lượng thì hình thức gia cố bằng đá rất thích hợp, cho phép sử dụng được vật liệu tại chỗ ít tốn kém.

Đá gia cố có thể được chọn lọc hoặc không chọn lọc. Đá chọn lọc đòi hỏi khâu công tác lựa chọn đá, nhưng khả năng ổn định chống trượt lại cao hơn, do đó chiều dày của lớp gia cố sẽ nhỏ hơn so với lớp gia cố bằng đá không chọn lọc.

Để bảo vệ mái dốc đất chống sạt lở bởi tác dụng của sóng hay dòng chảy thường sử dụng phổ biến loại gia cố bằng đá không chọn lọc.

Gia cố bằng đá chọn lọc chỉ áp dụng trong một số trường hợp cá biệt khi có đủ số đá cần thiết ở khu vực xây dựng và có luận cứ kinh tế kỹ thuật thích đáng.

Đá đổ không chọn lọc để bảo vệ mái dốc bằng đất cát và đất dính được thi công lên trên lớp đệm bằng vật liệu đất hạt thô.

Khi thiết kế gia cố bằng đá đổ không chọn lọc cần xác định các thông số đặc trưng sau đây:

- 1) Kích thước tính toán tối thiểu của viên đá trong khối đá đổ theo điều kiện ổn định dưới tác động của sóng;
- 2) Kích thước tính toán của các viên đá được sử dụng để tạo ra hệ thống khung bao quanh các ô nhằm bảo vệ khối đá đổ cỡ hạt nhỏ hơn ở bên trong ô, đồng thời đảm bảo sự ổn định chung cho toàn bộ kết cấu gia cố dưới tác động sóng;

3) Chiều dày của lớp đá đổ theo điều kiện ổn định dưới tác động sóng;

4) Ổn định chung của lớp gia cố phải kể đến khả năng bóc tách các viên đá khỏi lớp gia cố do các lực tác dụng khác nhau, ví dụ ở vùng khí hậu có băng giá là lực lôi cuốn của băng khi mực nước hồ rút xuống, còn ở điều kiện bình thường là lực lôi cuốn của sóng khi sóng rút, v.v...

Theo tài liệu thống kê thực tế, khi sử dụng gia cố bằng đá đổ không chọn lọc để bảo vệ mái dốc đất chống tác động xói lở của sóng và dòng chảy, hiệu quả kinh tế - kỹ thuật sẽ là tối ưu nếu hệ số mái dốc mặt ngoài của lớp gia cố bằng hoặc lớn hơn 3 ($m_n \geq 3$).

3.3.2. Tính gia cố bằng đá đổ

Gia cố bằng đá đổ không chọn lọc có ưu điểm là sử dụng được phương tiện thi công cơ giới, cho phép nâng cao năng suất và rút ngắn thời gian xây dựng. Vì vậy hình thức gia cố bằng đá đổ không chọn lọc hiện nay được áp dụng phổ biến nhất, đặc biệt khi khối lượng gia cố lớn.

Kích thước tính toán nhỏ nhất của viên đá D_{\min} (m) được quy đổi thành hình cầu đối với gia cố bằng đá đổ không chọn lọc và hệ số mái dốc trong phạm vi $m = 2 \div 5$ được xác định theo công thức:

$$D_{\min} = 0,12C \frac{h_{1\%}}{m_{h1\%}} (m_{h1\%}^2 + 10) \cdot \frac{2,8m - 0,8}{1,8m + 1} \frac{\gamma_a}{\gamma_d - \gamma_a} \quad (3.28)$$

Trong đó:

C - hệ số cản thủy lực, lấy bằng 0,2 khi đường kính viên đá lớn hơn 15cm và chiều cao sóng trên 0,5m;

$m_{h1\%}$ - độ dốc của sóng ứng với tần suất 1% và được lấy bằng 7 đối với sóng ở hồ chứa;

γ_a - dung trọng nước có hàm khí trong dòng chảy do sóng vỗ đập vào mái dốc đá đổ, lấy bằng $0,8\text{g/cm}^3$;

γ_d - dung trọng viên đá.

Đường kính viên đá D_{\min} tính theo công thức (3.28) được áp dụng cho các viên đá thuộc cấp phối hạt nhỏ nhất trong khối gia cố đá đổ theo điều kiện không bị rơi lọt xuống dưới lớp gia cố qua các khe hở. Công thức (3.28) cũng áp dụng cho trường hợp sóng tác dụng thuộc khu vực sóng đổ (vùng III trên sơ đồ phân vùng sóng), trong đó các viên đá nằm ở tư thế có một nửa đường kính nhô ra khỏi mặt cắt ngang của lớp gia cố.

Kích thước viên đá để tạo ra khung bao quanh các ô đá đổ và giữ ổn định chung cho lớp gia cố trên mái dốc có hệ số mái $m = 2 \div 5$ được tính theo công thức:

$$D_b = 1,5C \cdot h_{1\%} \left(\frac{\sqrt[3]{m_{h\%}}}{m} + 0,5 \right) \frac{m + 1,8}{(1,8 - 1)} \cdot \frac{\gamma_a}{(\gamma_d - \gamma_a)} \quad (3.29)$$

Trong đó:

C - hệ số cản thủy lực, lấy bằng 0,2 đối với đá có kích thước lớn hơn 15cm và chiều cao sóng trên 1 m;

γ_a - dung trọng nước có hàm khí chảy ra khỏi lớp gia cố sau khi sóng rút, $\gamma_a = 10 \text{ kN/m}^3 (1 \text{ g/cm}^3)$.

Các công thức (3.28) và (3.29) là những công thức được sử dụng trong Quy phạm thiết kế gia cố đá đổ không chọn lọc của Liên Xô (cũ) [29].

Ngoài ra, trên cơ sở nghiên cứu điều kiện ổn định cân bằng của đá và tổng kết sự làm việc thực tế của lớp gia cố bằng đá đổ, nhiều tác giả đã đề nghị các công thức kinh nghiệm để tính toán gia cố bằng đá. Dưới đây là một số công thức tham khảo.

1. Công thức tính trọng lượng viên đá trong kết cấu gia cố bằng đá đổ

Công thức Sankin P.A:

$$Q = \frac{A \cdot \gamma_d h^3}{(\gamma_d - 1)} \cdot \left[\frac{\sqrt{1 + m^2}}{m(m + 2)} \right]^3 \quad (3.30)$$

Trong đó:

A - hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào thông số sóng, $A = 7,2$ khi $\frac{\lambda}{h} < 15$;

$A = 8,2$ khi $\frac{\lambda}{h} > 15$;

γ_d - dung trọng đá (T/m^3);

h, λ - tương ứng là chiều cao sóng và bước sóng;

m - hệ số mái dốc.

Công thức quy phạm CH.92-60 của Liên Xô (cũ):

$$Q = \eta \gamma \frac{\mu \gamma_d h^2 \lambda}{(\gamma_d - \gamma)^3 - \sqrt{1 + m^2}} \quad (3.31)$$

Trong đó:

γ_d, γ_n - tương ứng là dung trọng đá và dung trọng nước (T/m^3);

μ - hệ số kinh nghiệm kể đến kích thước viên đá, $\mu = 0,017$ đối với đá nhỏ, $\mu = 0,05$ đối với đá lớn;

η - hệ số an toàn, $\eta = 2,0$ đối với đá không chọn lọc, $\eta = 1,5$ đối với đá chọn lọc.

Công thức quy phạm của Trung Quốc [4]:

$$2,12Q_{50}^{3/8} (bm)^{3/5} = \frac{2h}{\left[th \frac{2\pi H}{2L} \right]^a} \quad (3.32)$$

Trong đó:

H - độ sâu nước trong hồ ở trước đập, tính bằng mét (m);

a và b - các hệ số, lấy theo bảng 3-1, phụ thuộc vào hệ số mái dốc m;

2h và 2L - chiều cao sóng và chiều dài bước sóng (m).

Bảng 3-1. Giá trị của các hệ số a, b

m	2	2,25	2,5	3,0	5,0
a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33
b	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00

Cấp phối đá gia cố tính theo công thức 3.32 được chọn theo quy định sau:

$$\left. \begin{aligned} Q_{\max} &= (3 \sim 4)Q_{50} \\ Q_{\min} &= \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5} \right) Q_{50} \end{aligned} \right\} \quad (3.32')$$

Trong đó:

Q_{\max} , Q_{\min} - trọng lượng của viên đá lớn nhất và nhỏ nhất trong khối đá gia cố, tính bằng tấn (T);

Q_{50} - trọng lượng trung bình của viên đá.

2. Công thức tính chiều dày gia cố bằng đá đở

Công thức Sankin P.A

$$t = 2h \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m(m+2)} \quad (3.33)$$

Công thức Iribarren và Nahales

$$t = 0,25 \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m-1} \quad (3.34)$$

Công thức quy phạm Trung Quốc

$$t = \left[\frac{Q_{\max}}{0,75\gamma_d} \right]^{1/3} \quad (3.35)$$

Công thức Bojik. R.K

$$t = 0,42h \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \quad (3.36)$$

Công thức Bodvin X

$$t = 0,63 \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{m - 0,8}} - 0,15 \quad (3.37)$$

Công thức Puskin B.A

$$t = 0,21\eta h \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \quad (3.38)$$

Trong đó: η - hệ số an toàn, lấy phụ thuộc vào cấp công trình như sau:

Cấp công trình	I	II	III	IV và V
η	1,5	1,4	1,3	1,2

Ngoài ra, giáo sư Puskin B.A còn sử dụng khái niệm đường kính tính đối (d') xác định theo biểu thức:

$$d' = \frac{t}{h} \cdot \frac{\gamma_d - \gamma}{\gamma_d} \quad (3.39)$$

Giá trị của d' tính ra gần bằng trị trung bình của các viên đá, vì vậy có thể xác định chiều dày lớp gia cố đá đổ bằng công thức:

$$t = \eta h d' \frac{\gamma_d - \gamma}{\gamma_d} \quad (3.40)$$

Trị số d' được lấy theo hệ số mái dốc như sau:

m	2	3	4	5	6
d'	0,33	0,27	0,25	0,24	0,23

Chiều dày lớp gia cố đá đổ (t) trong mọi trường hợp phải không nhỏ hơn hai lần đường kính tính toán của viên đá (d_t), nghĩa là $t \geq 2d_t$, đồng thời phải thoả mãn điều kiện.

$$t \geq 2,5 \sqrt[3]{\frac{Q_d}{\gamma_d}} \quad (3.41)$$

Trong đó:

Q_d - trọng lượng của viên đá;

γ_d - dung trọng của đá đổ.

Theo "Sổ tay thiết kế thủy công" của Liên Xô (cũ), thành phần hạt của đá đổ không chọn lọc trong kết cấu gia cố đá đổ phải chứa không dưới 50% theo thể tích đá có đường kính tính toán lớn nhất D_b , không dưới 25% theo thể tích đá có kích thước trong phạm vi giữa đường kính đá tính toán lớn nhất D_b và nhỏ nhất D_{\min} và không vượt quá 25% theo thể tích đá có kích thước nằm ngoài giới hạn tính toán [theo các công thức (3.28) và (3.29)].

Khi thiết kế tổ chức thi công lớp gia cố đá đổ cần chú ý đến các giải pháp công nghệ có khả năng đảm bảo sự phân bố đều cấp phối đá trên mặt cắt ngang và trên toàn bề mặt lớp gia cố.

Chiều dày lớp gia cố bằng đá không chọn lọc được xác định đối với điều kiện chịu tác động sóng theo quan hệ sau:

$$t = (2 \div 2,1)D_b \quad (3.42)$$

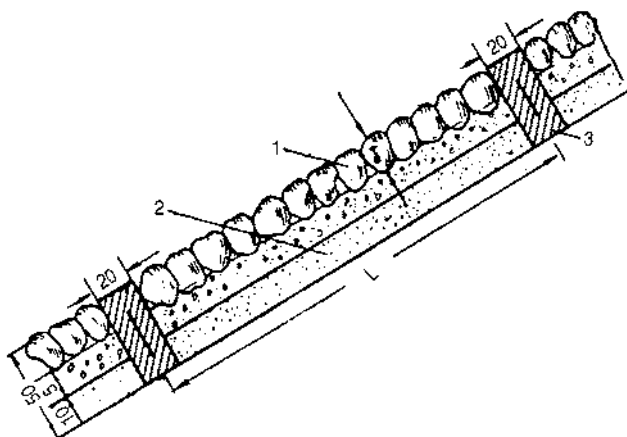
Tại giới hạn dưới của lớp gia cố bằng đá đổ nên làm gối tựa theo hình thức lạng trụ đá hoặc trụ bê tông cốt thép, hoặc hình thức kết cấu chuyển tiếp để tạo phản lực tựa kết hợp với gia cố nhẹ (xem hình 3-6).

3.3.3. Gia cố bằng đá xếp

Gia cố bằng đá xếp hay còn gọi là đá xây khan (không có vữa) đòi hỏi thi công bằng phương pháp thủ công, do đó chất lượng gia cố phụ thuộc vào tay nghề của thợ xây dựng. Tuy nhiên nếu chất lượng thi công tốt sẽ giảm được khối lượng đá gia cố, ví dụ chỉ cần 1 - 2 lớp đã xếp so với 3 lớp đá đổ. Theo kinh nghiệm của Trung Quốc, hiệu quả lớp gia cố bằng đá đổ dày 90 cm chỉ tương đương lớp đá xếp 30 ÷ 45 cm.

Kích thước đá xếp thường được chọn tương đối đồng đều, đôi khi còn được đẽo gọt để tăng độ khít chặt của lớp đá xây nhằm tăng ổn định cho kết cấu gia cố.

Để khắc phục hậu quả sụp đổ cả mảng lớn, lớp đá xếp được bố trí theo ô có khung bao quanh, kích thước ô có thể vuông (1×1 m) hoặc chữ nhật ($0,8 \times 1,5$ m), cạnh ô đặt chéo theo mái dốc tạo với phương mái dốc và phương nằm ngang góc 45° .



Hình 3-6. Gia cố bằng đá xếp một lớp có khung bảo vệ

1- đá xếp; 2- tầng đệm; 3- dầm bê tông cốt thép.

Chiều dày của lớp gia cố đá xếp có thể xác định theo các công thức sau:

Công thức Sankin P.A

$$t = A \cdot \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma} \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{(m + 1)m} \cdot h \quad (3.43)$$

Trong đó:

A - hằng số,

A = 1,7 khi $\lambda/h < 1,5$;

A = 1,85 khi $\lambda/h > 15$.

Công thức Bojik P.K

$$t = \frac{0,31h_{\max}}{\gamma_d - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \quad (3.44)$$

Công thức Lupinxki L.M

$$t = 1,36 \sqrt[3]{\frac{Q}{\gamma_d}} \quad (3.45)$$

Trong đó:

h_{\max} - chiều cao sóng lớn nhất;

Q - trọng lượng viên đá xếp, lấy bằng $Q = 11 \cdot K \cdot h^3$;

K - hệ số, bằng $1,25 \div 1,5$;

h - chiều cao sóng tính toán.

Công thức trong "Sổ tay thiết kế thủy công" của Trung Quốc [4]:

Độ dày của lớp bảo vệ mái dốc bằng đá xây khan

$$t = 1,36 \sqrt[3]{\frac{Q}{\gamma_d}} \quad (3.46)$$

Nếu sử dụng đá xếp không quy tắc thì đường kính trung bình của viên đá được xác định như sau:

$$D_m = D/0,85 \quad (3.47)$$

Gia cố bằng đá xếp đòi hỏi nhiều nhân lực thủ công, thi công tương đối phức tạp, do đó chỉ sử dụng đối với các công trình nhỏ, khối lượng gia cố không lớn.

Trong thiết kế sơ bộ, gia cố bằng đá có thể dùng công thức Sankin P.A để xác định trọng lượng và kích thước tính toán của viên đá, đồng thời có thể lấy chiều dày lớp gia cố $t = 2D$ nếu là đá đổ chọn lọc và $t = 3D$ nếu là đá đổ không chọn lọc (D - đường kính tính toán của viên đá).

3.4. THIẾT KẾ GIA CỐ BẰNG LỚP PHỦ BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỔ LIÊN KHỐI HOẶC ĐỔ THEO TẦM LỚN SAU ĐÓ LẤP KÍN CÁC KHE NỔ BẰNG BÊ TÔNG

3.4.1. Tính toán ổn định chung của lớp gia cố

Ổn định chung của kết cấu gia cố cứng dạng lớp che phủ liên tục bằng bê tông cốt thép được đánh giá bởi khả năng chống đẩy trôi dưới tác dụng của áp lực ngược. Điều kiện ổn định được đảm bảo nếu chiều dày của lớp gia cố bê tông cốt thép không nhỏ hơn giá trị tính theo các công thức dưới đây [29]:

$$\delta_1 = \frac{h_{1\%}^2 \xi n \psi \gamma \left[3B_1(1+k) + h_{1\%} \psi(1,5+k)^2 \right]}{3 \left[B^4 \gamma_t - (B^2 - B_1^2) \gamma \right] \cos \alpha} \quad (3.48)$$

$$\delta_2 = \frac{h_{1\%}^2 \xi n \psi \gamma \left[3B_2(1+k) - h_{1\%} \psi(1,5+k)^2 \right]}{3 \left[B^2 \gamma_t - B_2^2 \gamma \right] \cos \alpha} \quad (3.49)$$

Trong các công thức trên:

$h_{1\%}$ - chiều cao sóng tính toán ứng với tần suất gió bão 1% (đơn vị: m);

ξ, ψ, k - các tham số đặc trưng kích thước một chiều của biểu đồ áp lực đẩy nổi của sóng, lấy giá trị trong bảng 3-2;

n - hệ số vượt tải, $n = 1,1$;

B_1 - khoảng cách từ mép nước trên mái dốc ứng với mực nước tĩnh tính toán đến giới hạn trên của lớp gia cố bê tông cốt thép (tính bằng mét);

B - khoảng cách giữa giới hạn trên và giới hạn dưới của lớp gia cố tính toán, (m);

γ_t - dung trọng của vật liệu gia cố (bê tông cốt thép);

B_2 - khoảng cách từ mép nước ứng với mực nước tĩnh tính toán đến giới hạn dưới của lớp gia cố, (m).

Bảng 3-2. Giá trị của các tham số ξ, ψ, k

Hệ số mái dốc m	$\xi = \frac{P}{\gamma h_{1\%}}$	$\psi = \frac{l_1}{h_{1\%}}$	$k = \frac{l_2}{l_1}$
2,0	0,40	1,2	1,2
2,5	0,30	1,2	1,1
3,0	0,30	1,6	1,1
3,5	0,30	1,6	0,9
4,1 - 4,5	0,25	1,9	0,8

Trong bảng 3-2: P - tung độ của biểu đồ áp lực đẩy nổi của sóng;

l_1, l_2 - kích thước một chiều của biểu đồ áp lực đẩy nổi của sóng trên mái dốc.

Chiều dày của lớp gia cố nguyên khối bằng bê tông cốt thép (δ) được lấy không nhỏ hơn $0,1h_{1\%}$, theo các điều kiện tấm có lưới cốt thép, khớp nối được đổ bê tông lấp kín và đầm chặt đảm bảo tính nguyên khối của kết cấu và lớp gia cố đảm bảo làm việc bền vững lâu dài.

3.4.2. Tính độ bền và biến dạng của lớp gia cố bê tông cốt thép

Theo quy phạm CHuΠ II-21.75 và II-56-77 của Liên Xô (cũ), kết cấu gia cố bảo vệ mái dốc loại tấm phủ liên tục bằng bê tông cốt thép được kiểm tra về độ bền và biến dạng dưới tác dụng của áp lực đẩy nổi do sóng theo giá trị cực đại của mômen uốn M_{\max} và lực cắt Q_{\max} . Các đại lượng này được xác định theo biểu đồ tải trọng đẩy nổi theo các công thức sau [29]:

$$M_{\max} = \gamma h_{1\%}^3 \xi \psi^2 \left[M_A - \frac{\bar{x}^2}{2r} + A\bar{x} + \frac{k(\bar{x} - a + k/3)}{2} - \frac{(\bar{x} - a)^2(\bar{x} - a - 3)}{6} \right]; \quad (3.50)$$

$$Q_{\max} = \gamma h_{1\%}^2 \xi \psi \left[A - \frac{x}{r} + \frac{1}{2K}(x - a + K)^2 \right]; \quad (3.51)$$

$$\left. \begin{aligned} M_A &= \frac{l^2}{24r} - \frac{1 + K + K^2}{36r} - \frac{Al}{2}; \\ A &= \frac{1}{90} \left[\frac{2(K^4 - 1) + 5(K^2 - 1)}{l^3} \right]; \\ a &= \frac{k - 1}{3} + \frac{l}{2}; \end{aligned} \right\}; \quad (3.52)$$

Trong đó:

ξ, ψ, K - các tham số có ý nghĩa như trong các công thức (3.48) và (3.49), giá trị tương ứng lấy theo bảng 3-2;

r - tham số đặc trưng quan hệ giữa tải trọng đẩy nổi và trọng lượng lớp gia cố.

$$r = \frac{\xi r h_{1\%}}{q \cos \alpha} \quad (3.53)$$

ở đây:

q - trọng lượng đơn vị của lớp gia cố có kể đến lực đẩy nổi tĩnh $q = \delta(\gamma_t - \gamma)$;

α - góc nghiêng của mái dốc, (độ).

Đại lượng \bar{x} và x xác định theo các công thức:

$$\bar{x} = \frac{r - 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + 2(Ar - ar + 0,5r^2k)}}{r} \quad (3.54)$$

$$x = a - K + K/r \quad (3.55)$$

Đại lượng l là chiều dài tương đối của phân lớp gia cố bị nâng lên bởi tải trọng đẩy nổi và có thể được xác định từ điều kiện cân bằng giữa các lực tác động lên kết cấu gia cố, cụ thể là:

$$\text{Khi } r \geq 2: \quad l = 0,5r(1 + K)$$

$$\text{Khi } 1 < r < 2: \quad l = 0,5r(1 + K) - \Delta$$

Trong đó: Δ là thông số phụ thuộc vào r và K , lấy giá trị ở bảng 3-3;

$$\text{Khi } r < 1: \quad l = 0$$

Bảng 3-3. Giá trị của Δ

Tham số r	Giá trị Δ ứng với tham số K				
	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8
1,75	0,020	0,18	0,017	0,018	0,020
1,50	0,083	0,079	0,075	0,079	0,083
1,25	0,186	0,174	0,165	0,174	0,186

Trong trường hợp này không cần kiểm tra độ bền và biến dạng của kết cấu gia cố bởi vì tải trọng tác động (áp lực đẩy nổi) được cân bằng với trọng lượng bản thân của tấm gia cố, mômen uốn không xuất hiện.

Để tránh hiện tượng dịch chuyển lớp gia cố trên mái dốc có thể gây ra sự biến đổi bất lợi về cấu trúc của đất ở phía dưới lớp gia cố, cần tính toán kiểm tra sự biến dạng cục bộ của kết cấu gia cố dưới tác dụng tải trọng đẩy nổi của sóng. Trong trường hợp này đại lượng biến dạng đàn hồi cho phép của tấm trên mái dốc ($\sum f$) phải thỏa mãn điều kiện:

$$\sum f < d_{50} \quad (3.56)$$

Trong đó: d_{50} - đường kính trung bình của các hạt nằm phía dưới tấm gia cố.

Độ võng lớn nhất của tấm bê tông cốt thép đổ liền khối trên mái dốc được xác định theo công thức:

$$\sum f = \frac{\gamma h_{1\%}^5 \xi \Psi^4}{D} \left[M_A \frac{l^2}{8} + A \frac{l^3}{48} - \frac{l^4}{384r} + \frac{l^4}{144} + \frac{(l - 2a + 2K/3)^3}{96K} - \frac{(l/2 - a)^4 (l/2 - a - 5)}{120} + \frac{(45a - 17)}{3^3 \cdot 120} \right] \quad (3.57)$$

Trong đó:

$$D - \text{độ cứng hình trụ của tấm, } D = E_t I / (1 - \nu_t^2);$$

$$I - \text{momen quán tính của tấm, } I = \frac{\delta^3}{12};$$

E_t và ν_t tương ứng là môđun đàn hồi và hệ số Poisson đối với vật liệu tấm;

Các kí hiệu còn lại tương tự như trong các công thức (3.50) ÷ (3.52).

Tính toán cường độ (độ bền) của kết cấu gia cố bằng bê tông cốt thép đổ liền khối được tiến hành theo sơ đồ tấm trên nền đàn hồi. Đặc trưng nền được lấy theo loại đất của mái dốc đập hoặc đất của mái dốc bờ có tấm gia cố.

Khi tính cường độ của tấm chịu tải trọng va đập của sóng trên mái dốc có thể sử dụng sơ đồ mẫu về áp lực sóng, trong đó tung độ lớn nhất của áp lực sóng được đặt trùng với tâm của tấm gia cố. Chú ý rằng, vị trí áp lực sóng cực đại ($P = P_{\max}$) khi sóng đổ không trùng với vị trí của áp lực ngược lớn nhất ($W_n = W_{n\max}$) khi sóng rút (hình 3-7). Vị trí của $W_{n\max}$ thường ở độ sâu $z = 0,9h/m$ kể từ mực nước tĩnh tính toán (h - chiều cao sóng tính toán; m - hệ số mái dốc). Giá trị của áp lực ngược lớn nhất (áp lực đẩy nổi) có thể xác định theo công thức:

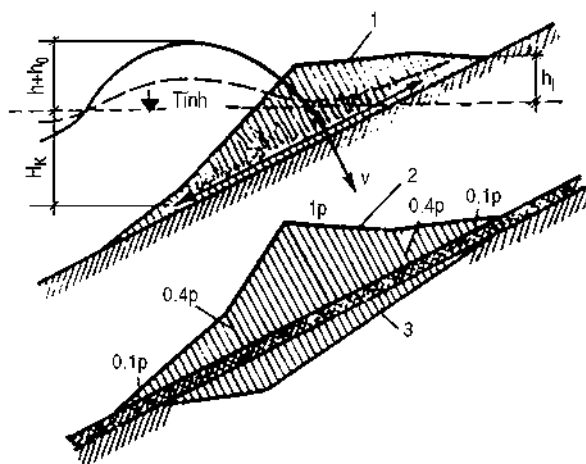
$$W_{n\max} = 0,46\gamma h_l \sqrt{1 + m^2} \quad (3.58)$$

Trong đó:

- γ - dung trọng của nước;
- h_l - chiều cao sóng leo;
- m - hệ số mái dốc.

Tải trọng sóng dọc theo đường mép nước có thể quy ước xem như phân bố đều với giá trị tương ứng biểu đồ áp lực sóng tính toán.

Trong tính toán động học đối với tấm có chiều dày phổ biến $10 \div 40$ cm, tần số dao động bản thân trong phạm vi $100 \div 300$ s⁻¹ khi thời gian phát triển của tải trọng va đập của sóng bằng $0,05 \div 0,1$ s, cho phép lấy hệ số động học bằng 1 đơn vị.

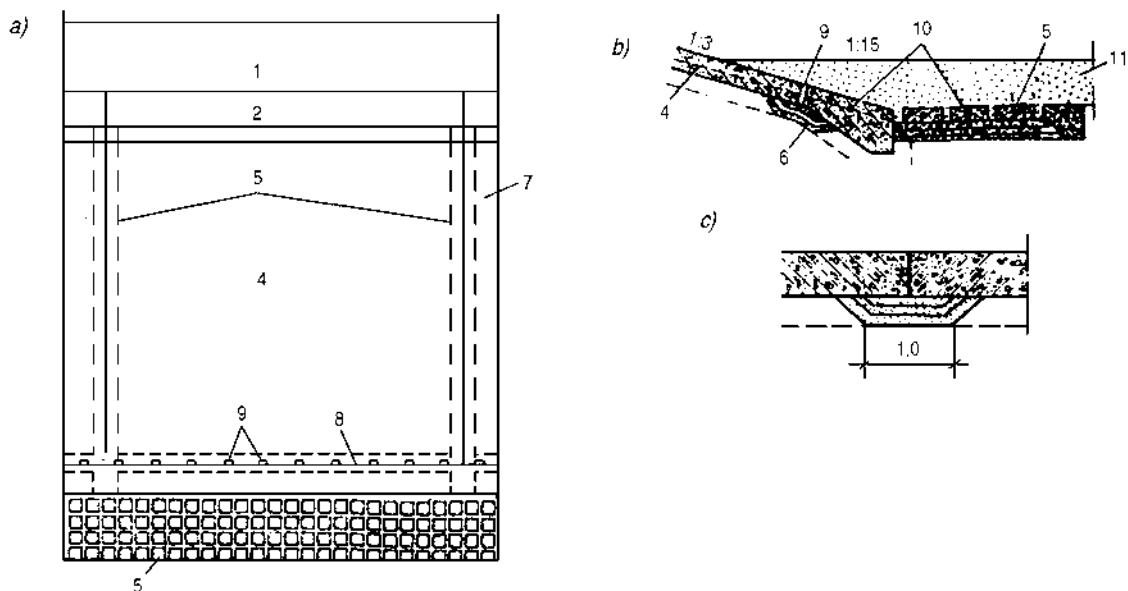


Hình 3-7. Tác động sóng trên mái dốc

- 1- biểu đồ phân bố vận tốc; 2- biểu đồ phân bố áp lực sóng (khi sóng đổ);
- 3- biểu đồ áp lực ngược (áp lực đẩy nổi khi sóng rút);
- v- hướng vận tốc khi sóng đổ; 1p- giá trị cực đại của áp lực sóng đổ.

3.4.3. Cấu tạo của lớp gia cố bê tông cốt thép đổ liền khối

Theo điều kiện biến dạng lún - nhiệt và yêu cầu thi công, lớp gia cố bằng bê tông cốt thép liền khối được chia thành những tấm có kích thước mỗi cạnh tối đa tới 20 m (hình 3-8). Khoảng cách giữa các khớp nhiệt - lún được lấy không lớn hơn $40 \div 60$ m.



Hình 3-8. Sơ đồ cấu tạo của gia cố mái dốc bằng tấm bê tông cốt thép đổ liền khối

- a) Mặt bằng của kết cấu gia cố; b) Chi tiết phân chân lớp gia cố;
c) Tầng lọc ngược phía dưới khớp nối;

1, 2- gia cố nhẹ ngoài giới hạn sóng leo; 3- cơ bê tông; 4- tấm bê tông cốt thép;
5- đệm bằng bê tông cốt thép; 6- tầng lọc ngược; 7, 8- khớp nối; 9- lỗ thoát nước;
10- lưới cốt thép; 11- lớp gia tải.

Kết cấu chống thấm ở các khớp nối có thể bằng tấm gỗ (được tẩm chất chống mối mọt và dựng nghiêng cạnh trong khe nối), bằng đệm cao su, tấm atphan, nhựa đường trát xi măng bảo vệ, tấm bê tông cốt thép, hoặc vật liệu hỗn hợp nào đó có tác dụng chống xói khi sóng va đập và có khả năng làm việc bền vững lâu dài.

Hình thức gia cố bằng lớp phủ liên tục có thể gồm các tấm bê tông cốt thép sau khi lắp ghép trên mái dốc sẽ được liên kết lại (bằng mối hàn hoặc móc nối cốt thép) và được lấp kín khe nối bằng vữa hoặc bê tông. Để đảm bảo độ cứng của kết cấu ghép trong phạm vi mái dốc ngập dưới nước, mỗi cạnh bên của tấm bố trí ít nhất hai thanh nối.

Chiều dày của tấm liền khối được kiểm tra về khả năng chống đẩy nổi toàn bộ tấm dưới tác dụng của áp lực ngược theo biểu thức [27]:

$$\delta = 0,07k_a h \frac{\gamma}{\gamma_t - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \sqrt[3]{\frac{\lambda}{B}} \quad (3.59)$$

Trong đó:

B - chiều dài tấm theo phương vuông góc với đường mép nước;

k_a - hệ số dự trữ (an toàn), $k_a = 1,25 \div 1,5$.

Nếu sử dụng lớp gia cố bằng các tấm bê tông cốt thép ghép nối, thì sai số cho phép về kích thước tấm so với thiết kế được lấy như sau:

Theo chiều dài và chiều rộng tấm	$\pm 5 \text{ mm}$
Theo độ dày tấm	$\pm 2,5\%$
Theo chiều dài đường chéo	$\pm 15 \text{ mm}$
Theo khối lượng tấm	$- 5\%$
Theo chiều dày lớp bảo vệ	$+ 5 \text{ mm}$.

Đối với tấm ghép nên sử dụng cốt thép hai lớp để hạn chế vết nứt trong quá trình vận chuyển hoặc bốc dỡ, cũng như do lún không đều của mái dốc. Vừa để lấp các khe nối nên sử dụng loại vật liệu có tính nở thể tích trong quá trình đông kết. Ngoài ra, phía dưới các khe nối có thể dùng đệm bê tông hoặc vật liệu đệm lót nào đó để tăng chất lượng liên kết khi đổ vữa bê tông vào các khe nối.

Phía dưới các tấm bê tông dùng lớp đệm bằng đá dăm hoặc cát sỏi để đảm bảo cho các tấm nằm sát với bề mặt mái dốc.

3.5. THIẾT KẾ GIA CỐ HỖ BẰNG TẤM BÊ TÔNG CỐT THÉP LẮP GHÉP

3.5.1. Tính ổn định và cường độ của tấm gia cố

Ổn định của tấm gia cố nằm tự do trên mái dốc chịu tác động của sóng phụ thuộc chủ yếu vào kích thước tấm trên bình diện và độ dày của tấm.

Kích thước tấm trên mặt bằng được lựa chọn căn cứ vào trọng tải của cần trục và các thông số kỹ thuật khác của các phương tiện nâng chuyển cũng như năng lực sản xuất của nhà máy bê tông.

Độ dày của tấm đặt tự do trên mái dốc, có hệ số mái (m) trong phạm vi $2 \div 5$, khi tổng diện tích các lỗ thoát nước bằng $2,5 \div 6\%$ tổng diện tích của tấm, tải trọng tác động sóng có kể đến lực đẩy nổi tĩnh và hệ số vượt tải $n_1 = 1,2 \div 1,3$, được xác định theo công thức:

$$\delta = 0,6 \frac{n_2 \bar{h}^2 \sqrt[4]{B_t}}{B \cos \alpha} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_t - 0,3K_n \cdot \gamma} \quad (3.60)$$

Trong đó:

n_2 - hệ số vượt tải bổ sung, lấy bằng 1,1 đối với công trình cấp I ÷ III theo điều kiện có thể xuất hiện sóng do gió bão tần suất nhỏ hơn 1%, các trường hợp khác lấy $n_2 = 1$;

\bar{h} - chiều cao trung bình của sóng ứng với gió bão tính toán, m;

B_t - chiều dài tương đối của cạnh bên của tấm, $B_t = B/\bar{h}$;

B - chiều dài cạnh bên của tấm theo phương vuông góc với đường mép nước, m;

γ - dung trọng của nước;

γ_t - dung trọng của vật liệu tấm;

K_n - hệ số ngập tương đối của tấm trong môi trường nước có hàm khí dưới tác động tải trọng đẩy nổi tính toán, lấy theo bảng 3-4.

Bảng 3-4. Giá trị của hệ số K_n

$B_t = B/\bar{h}$	K_n	$B_t = B/\bar{h}$	K_n
< 1,0	1,00	3,5 - 4,3	0,6
1,2 - 1,5	0,75	5,0 - 6,0	0,5
2,2 - 2,8	0,67	> 6,0	0,5

Tải trọng sóng dọc theo đường mép nước được thừa nhận phân bố đều với giá trị tương ứng với biểu đồ áp lực sóng tính toán.

Độ bền của tấm được tính toán theo sơ đồ bản trên nền đàn hồi với các thông số địa kỹ thuật của đất mái dốc, không kể đến tính nén của tầng đệm vì độ cứng của tầng đệm lớn hơn rất nhiều so với độ cứng của đất mái dốc.

Độ bền của tấm lắp ghép trong quá trình bốc dỡ vận chuyển và lắp đặt trên mái dốc được xác định theo sơ đồ tính toán định hình có kể đến trọng lượng bản thân của tấm với hệ số động học bằng 1,5.

Cường độ của tấm trong trường hợp mái dốc lún không đều có thể được kiểm tra theo sơ đồ lực, trong đó tấm chỉ tựa trên mái dốc ở phần giữa trên phạm vi 1/2 cạnh bên và chịu tác động của lực tập trung ở hai phía có giá trị bằng 1/2 trọng lượng của tấm nằm kê nó (cũng có thể sử dụng sơ đồ tính toán khác đối với trường hợp lún không đều).

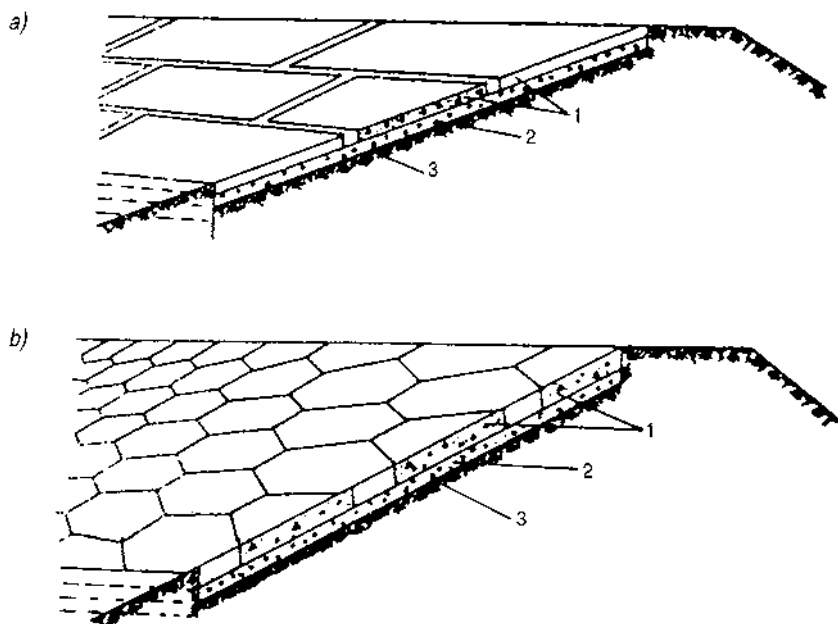
3.5.2. Cấu tạo của gia cố hở

Khi thiết kế kết cấu gia cố hở cần tham khảo các chỉ dẫn đối với gia cố liên khối thuộc loại tấm lắp ghép với mối nối lắp kín, đồng thời có xét đến các đặc điểm riêng của loại tấm lắp ghép đặt tự do.

Hình dạng tấm trên mặt bằng có thể là chữ nhật hoặc đa giác. Cạnh dài của tấm đặt song song với đường mép nước trên mái dốc; các tấm đặt so le nhau với độ so le bằng 1/2 kích thước cạnh bên để các khe nối không tạo thành đường thẳng liên tục từ trên xuống dưới theo phương mái dốc. Tấm gia cố được liên kết với nhau bằng khớp bản lề hoặc thanh giằng mối nối hàn, dùng thép tròn $\phi 16$ mm. Phần thép lộ ra ngoài để nối các tấm được sơn phủ lớp vật liệu chống gỉ (quét 3 ÷ 4 lớp).

Tấm bê tông lắp ghép được đặt trên lớp đệm đầm chặt với bề mặt bằng phẳng. Để tăng ổn định cho các tấm, mái dốc được sử dụng loại gia cố bằng tấm lắp ghép nên lấy với hệ số mái dốc bằng 3,5 hoặc lớn hơn ($m \geq 3,5$).

Sai số cho phép về kích thước tấm lắp ghép được lấy như trong mục 3.4.3.



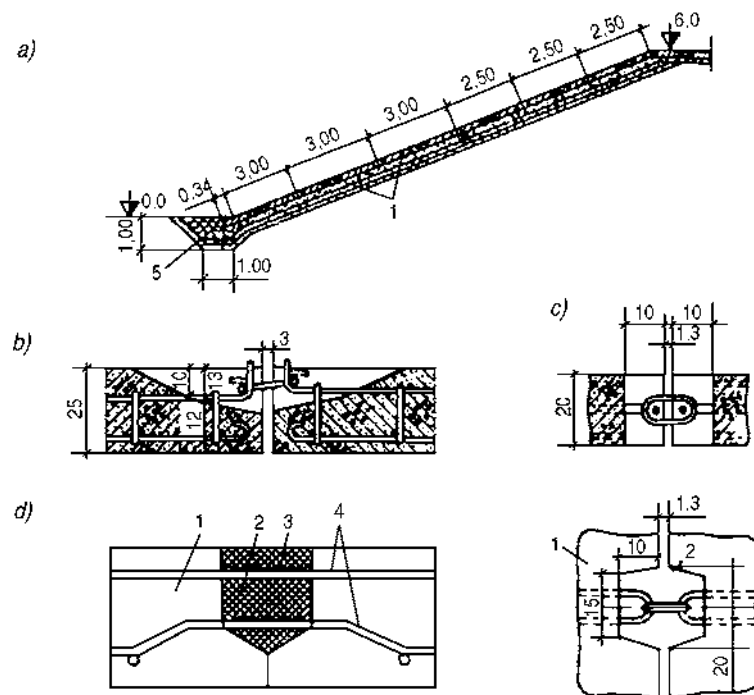
Hình 3-9. Gia cố mái dốc bằng tấm bê tông cốt thép lắp ghép

a) Đặt tấm hình chữ nhật trên mái dốc; b) Tấm đa giác;

1- tấm gia cố bảo vệ mái dốc; 2- tầng đệm dưới tấm gia cố; 3- đất mái dốc.

Sai số về chiều rộng khớp nối không được quá ± 5 mm hoặc không lớn hơn $\pm 10\%$ kích thước quy định theo thiết kế.

Trong trường hợp sử dụng tấm bê tông lắp ghép để gia cố bảo vệ mái dốc có cấu tạo đất dễ bị nhão, ví dụ đất sét bụi dạng đất lớt (hoàng thổ), cát hạt mịn hoặc cát bụi, v.v..., thì tầng đệm dưới các tấm được bố trí trên một lớp cát cỡ hạt khác nhau có khả năng tiêu thoát nước thấm. Chiều dày lớp cát thoát nước và cấu tạo thành phần hạt của nó được xác định phụ thuộc vào tính chất của đất mái dốc, các tham số về giá trị và tính chất của tải trọng, kích thước của tấm và các yếu tố khác. Các thông số này có thể xác định bằng thí nghiệm.



Hình 3-10. Sơ đồ cấu tạo tấm bê tông cốt thép lắp ghép

- a) Mặt cắt ngang lớp gia cố; b) Khớp nối bản lề;
 c) Nối bằng thanh thép có móc hình khuyên; d) Khớp được lấp kín;
 1- tấm gia cố; 2- lắp khớp nối bằng vữa bê tông nhựa đường;
 3- mối hàn; 4- sợi cốt thép; 5- gối tựa.

Theo số liệu quan trắc đối với gia cố bằng các tấm lắp ghép, các tấm nằm ở vùng mép nước chịu áp lực đẩy nổi lớn nhất. Trong nhiều trường hợp, đại lượng tải trọng tính toán được quyết định không phải do sóng có năng lượng lớn nhất mà phụ thuộc vào cấu trúc mái dốc, vị trí sóng đập và các tham số tạo sóng khác. Ngoài ra, độ hàm khí có ảnh hưởng đáng kể đến lực đẩy nổi, nhất là khi dung trọng nước hàm khí ở trong phạm vi $\gamma = 0,25 \div 0,3 \text{ g/cm}^3$.

3.6. MỘT SỐ LOẠI GIA CỐ KHÁC

3.6.1. Gia cố bằng bê tông atphan

Loại gia cố này chưa được áp dụng ở Việt Nam, nhưng lại là hình thức gia cố đang có xu hướng sử dụng phổ biến trên thế giới, bởi vì nó có một số ưu điểm rất cơ bản, đó là:

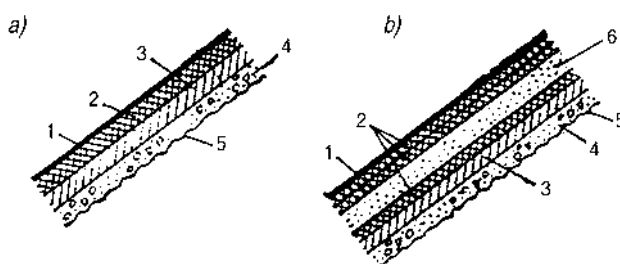
- Có tính mềm dẻo, ít xuất hiện vết nứt khi mái dốc biến dạng lún không đều;
- Có tính chống thấm tốt, do đó có thể kết hợp làm gia cố bảo vệ mái dốc và làm vật chống thấm cho thân đập (thay thế tường nghiêng hoặc lõi chống thấm).

- Cho phép cơ giới hoá toàn bộ các khâu thi công lớp gia cố với năng suất và chất lượng cao, sửa chữa đơn giản;

- Giá thành không cao (so với kết cấu bê tông cốt thép thì bê tông atphan có thể còn rẻ hơn).

Nhược điểm chính của bê tông atphan là sự lão hoá. Biện pháp hạn chế là quét phủ lớp sơn màu sáng hoặc dùng lớp phủ bê tông, song phổ biến là không có lớp phủ.

Gia cố bằng bê tông nhựa đường thường được thi công bằng phương pháp đổ trực tiếp trên mái dốc với cấu tạo một hoặc hai lớp, mỗi lớp dày ít nhất $4 \div 6$ cm (xem hình 3-11).



Hình 3-11. Gia cố bằng bê tông nhựa đường

a) Kết cấu một lớp; b) Kết cấu hai lớp;

1- lớp mattit nhựa đường; 2- bê tông nhựa đường; 3- lớp liên kết;

4- lớp bê tông nhựa để tạo mặt phẳng; 5- tưới nhựa đường $1,5 \text{ kg/m}^2$;

6- lớp thoát nước.

Theo kinh nghiệm sử dụng gia cố bằng bê tông nhựa đường ở Cộng hoà Liên bang Đức thì nên dùng kết cấu một lớp, vì loại kết cấu hai lớp thường bị hỏng do sự trương nở của lớp bên trên. Chiều dày gia cố một lớp lấy bằng $8 \div 12$ cm.

Nếu sử dụng gia cố bằng bê tông atphan kết hợp để chống thấm thì lớp bê tông nhựa đường được cấu tạo từ chân đập tới đỉnh đập và hạn chế số khớp nối ít nhất. Phần chân của lớp gia cố (bê tông nhựa đường) được liên kết với bộ phận chống thấm ở nền (chi tiết xem kết cấu tường nghiêng bằng bê tông atphan).

Ngoài hình thức gia cố bằng bê tông nhựa đường đổ liền khối trực tiếp trên mái dốc, có trường hợp sử dụng kết cấu bê tông nhựa đường đúc sẵn. Tấm bê tông nhựa đúc sẵn phải có lưới cốt thép (dùng thép $\phi 5 \text{ mm}$ tạo ô lưới kích thước ô 20×20 cm) và có thanh thép ($\phi \sim 16$ mm) để nối tấm khi lắp đặt trên mái dốc. Kích thước tấm đúc sẵn có thể là $0,5 \times 0,5 \times 0,06$ m đối với loại tấm nhỏ, hoặc $4 \times 3 \times 0,10$ m đối với tấm lớn.

3.6.2. Gia cố bằng vữa cát nhựa đường liên kết với đá

Cấu tạo của loại gia cố này gồm 3 lớp: bê tông dầu cặn dày 8 cm, lớp vữa cát nhựa đường dày 5 cm và lớp đá có khe hở giữa các viên đá khoảng 2 cm trong đó đổ vữa cát nhựa đường. Loại gia cố này làm việc tốt ở vùng khí hậu lạnh.

3.6.3. Gia cố mái dốc bằng đất xi măng

Cấu tạo của lớp gia cố gồm cát thô, cát trung và cát mịn trộn với 7 ÷ 12% xi măng (theo trọng lượng) và nước. Vữa hỗn hợp đất xi măng được trộn đều, đổ rải thành lớp dày khoảng 15 cm và đầm chặt. Bề mặt của hỗn hợp vữa xi măng đất sau khi đầm chặt có thể dùng đất ướt phủ lên trên để bảo dưỡng. Tổng chiều dày của đất xi măng không nhỏ hơn 0,6 ÷ 0,8 m (theo chiều vuông góc với mái dốc).

Theo kinh nghiệm sử dụng ở một số đập của Trung Quốc, lớp gia cố bằng vữa xi măng đất có thể chịu được sóng lớn nhất tới 1,8m, mà không bị hư hỏng, trừ số ít trường hợp có vết nứt.

Cấp phối hạt nên sử dụng là đất cát pha sỏi, không lẫn chất hữu cơ, trong đó cỡ hạt 5 ÷ 50 mm chiếm khoảng 55 ÷ 60%, cỡ hạt nhỏ hơn 0,1 mm chiếm khoảng 10 ÷ 25%.

3.6.4. Gia cố mái dốc bằng dầm gỗ

Đối với các hồ chứa nhỏ, đập thấp, ở vùng có sẵn gỗ có thể sử dụng gia cố mái đập bằng các dầm gỗ.

Kết cấu gia cố bằng gỗ chỉ nên sử dụng ở vùng mái dốc thường xuyên ngập nước để hạn chế mục nát.

Để tiết kiệm gỗ có thể sử dụng kết cấu bảo vệ mái chống sóng bằng bè phao (với chiều cao sóng $h < 0,5$ m).

3.6.5. Sử dụng mái dốc thoải không có gia cố

Trong một số trường hợp (đập thấp, sóng gió trung bình, v.v...) có thể dùng biện pháp làm mái dốc thoải, đảm bảo ổn định khi có sóng, do đó không cần lớp gia cố bảo vệ mái dốc.

Trên hình 3-12 a giới thiệu đồ thị để xác định hệ số mái dốc ổn định phụ thuộc vào sóng [$m = f(h)$] và đồ thị quan hệ vận tốc tới hạn của sóng bắt đầu phá huỷ mái dốc bằng đất cát (hình 3-12 b).



Hình 3-12. Đồ thị quan hệ mái dốc ổn định phụ thuộc vào chiều cao sóng: $m \sim h$, (a) và quan hệ vận tốc tới hạn xói tùy theo đường kính hạt: $v \sim d$, (b).

3.7. THIẾT KẾ GIA CỐ NHẸ

Gia cố nhẹ được sử dụng để bảo vệ phần mái dốc và đáy công trình thủy chịu tác động sóng ở độ sâu lớn hơn chiều sâu phân giới H_k , nghĩa là ở khu vực kế tiếp với giới hạn dưới của gia cố cơ bản (chi tiết 1 ở các hình 3-1 ÷ 3-3), trong đó H_k được lấy bằng $H_k \geq 2h_{1\%}$, $h_{1\%}$ - chiều cao sóng tính toán ứng với gió bão tần suất 1%.

Gia cố nhẹ được làm bằng đất hạt thô hoặc đá dăm.

Giới hạn dưới của gia cố nhẹ được lấy đến độ sâu, nơi dòng chảy đáy không có khả năng gây xói đối với hạt đất của mái dốc hoặc vật liệu của công trình.

Nội dung tính toán gia cố nhẹ là nhằm xác định kích thước cần thiết d_{50} của vật liệu gia cố, đảm bảo ổn định dưới tác dụng của dòng chảy đáy với vận tốc v_d do sóng tính toán gây ra ở mực nước thiết kế. Trong trường hợp này vận tốc đáy phải không lớn hơn vận tốc xói đối với cỡ hạt tính toán, nghĩa là $v_d \leq v_x$.

Vận tốc đáy do sóng tạo ra ở độ sâu $z = H_k \geq 2h_{1\%}$ được xác định theo công thức

$$v_z = \frac{n\pi h_{50\%}}{\sqrt{\frac{\pi\lambda_{50\%}}{g} \cdot \operatorname{sh} \frac{4\pi z}{\lambda_{50\%}}}} \quad (3.61)$$

Trong đó: n - hệ số phụ thuộc vào thông số sóng,

$$n = 0,8 \text{ khi } \frac{\lambda}{h} \geq 20;$$

$$n = 0,7 \text{ khi } \lambda/h \leq 10;$$

$h_{50\%}$ - chiều cao sóng tần suất 50% ứng với gió bão tính toán;

λ - chiều dài bước sóng ứng với chiều cao sóng $h_{50\%}$ và được xác định theo sóng có độ thoải lớn nhất;

z - chiều sâu thay đổi trên mái dốc hoặc độ sâu gần đáy công trình ở vùng bố trí kết cấu gia cố nhẹ, $z \geq 2h_{1\%}$.

Chiều dày lớp gia cố nhẹ δ_n được lấy theo tỉ số sau:

$$\delta_n = 10d_{50} \quad (3.62)$$

Trong đó: d_{50} - đường kính trung bình của cấp phối hạt trong lớp gia cố nhẹ.