

# TRÀN SỰ CỐ TRÊN ĐẬP ĐẤT SỬ DỤNG CẤU KIỆN BÊ TÔNG CÓ LIÊN KẾT - MỘT GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO AN TOÀN CHO CÁC ĐẬP VỪA VÀ NHỎ Ở VIỆT NAM

**Đinh Xuân Trọng, Vũ Bá Thao**

*Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam*

**Phạm Thị Hương**

*Trường Đại học Thủy lợi*

**Tóm tắt:** Lũ tràn đỉnh đập là một trong những nguyên nhân chính gây ra sự cố đối với đập đất. Một giải pháp ứng phó với loại sự cố này đã được ứng dụng thành công trên thế giới là sử dụng toàn bộ hay một phần chiều dài đỉnh đập như một tràn sự cố để chủ động cho phép nước tràn qua đỉnh đập khi công trình xả lũ hiện có của hồ chứa không hoạt động bình thường hoặc xảy ra lũ vượt tần suất. Vấn đề đặt ra là lựa chọn loại vật liệu có thể bảo vệ bề mặt đập chống lại sự xói mòn trong quá trình dòng chảy tràn. Bài viết trình bày cơ sở khoa học, khả năng áp dụng, một số vấn đề chính trong tính toán thiết kế cũng như kết quả ứng dụng thử nghiệm giải pháp tràn sự cố sử dụng cấu kiện bê tông đúc sẵn có khớp nối (Articulated Concrete Blocks - ACB) đảm bảo an toàn cho các hồ đập vừa và nhỏ ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Đập đất, lũ tràn đỉnh đập, tràn sự cố, cấu kiện bê tông có liên kết

**Summary:** Overtopping is one of the major causes of the failure of earth dams. Use all or a portion of the dam crest length as an emergency spillway to allow water to overflow at the top of the dam during major flood events. This solution was successfully applied to many old dams in the world. The question is what type of material to protect the dam surface helps prevent erosion caused by steep gradient, high velocity flow. This article presents scientific basis, potential application, some main issues in design calculations as well as the results of the test application of solution for emergency spillways using Articulating Concrete Blocks (ACBs) to reinforce the dam surface helps ensure the safety of medium and small earthen dams in Vietnam.

**Keywords:** Earthen dam, overtopping dam, emergency spillways, articulating concrete blocks

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xói mòn bề mặt đập dưới tác động của dòng chảy tràn là nguyên nhân chính gây ra sự cố đối với đập đất. Tác động của loại sự cố này đối với công trình và khu vực hạ du được đánh giá là rất nghiêm trọng, đặc biệt trong trường hợp xảy ra vỡ đập.

Nhiều đập cũ ở Việt Nam cần được nâng cấp, sửa chữa để ứng phó với sự cố lũ tràn đỉnh đập cũng như để đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn cao hơn. Khi kết quả tính toán thủy văn và thủy lực

chỉ ra rằng đập có nguy cơ bị tràn đỉnh, các giải pháp ứng phó có thể bao gồm: (1) Nhóm giải pháp tăng dung tích chống lũ của hồ chứa gồm nâng cao đập hoặc hạ thấp mực nước trước lũ; (2) Nhóm giải pháp tăng cường năng lực xả lũ gồm tăng khẩu độ tràn xả lũ (hạ thấp ngưỡng và làm cửa van hoặc mở rộng tràn), thay đổi hình thức ngưỡng tràn, xây dựng bổ sung tràn mới (tràn chính hoặc tràn sự cố).

Một giải pháp đã được ứng dụng thành công trên thế giới là sử dụng toàn bộ hay một phần

Ngày nhận bài: 02/3/2020

Ngày thông qua phản biện: 02/4/2020

Ngày duyệt đăng: 10/4/2020

chiều dài đỉnh đập như một tràn tự do để chủ động cho phép nước tràn qua đỉnh đập khi công trình xả lũ hiện có của hồ chứa không hoạt động bình thường hoặc xảy ra lũ vượt tần suất. Vấn đề cần quan tâm là bảo vệ bề mặt đập (đỉnh đập, mái hạ lưu và chân đập) chống lại sự xói mòn dưới tác động của dòng chảy có lưu tốc cao trên mái dốc.

Bài viết trình bày cơ sở khoa học, khả năng áp dụng, một số vấn đề chính trong tính toán thiết kế cũng như kết quả ứng dụng thử nghiệm giải pháp tràn tự do trên đập đất sử dụng cấu kiện bê tông có liên kết (Articulated Concrete Blocks - ACB) để gia cố bề mặt đập.

## 2. CƠ SỞ KHOA HỌC

### 2.1. Ứng xử của đập đất khi tràn đỉnh

Đất đập có thể bị xói mòn bởi tác động của dòng chảy và khả năng xói của đất.

Các tác động thủy lực được đánh giá bằng phương trình sau [1]:

$$H = \frac{V^2}{2g} + Y + Z$$

Trong đó: H – Cột nước tổng, m; Z – Khoảng cách từ mặt chuẩn đến đáy mái dốc, m; Y – Độ sâu dòng chảy theo phương vuông góc với mái dốc, m; V – Lưu tốc trung bình của dòng chảy, m/s, xác định theo công thức:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Với R – Bán kính thủy lực, m; S – Độ dốc thủy lực; n – Hệ số nhám.

Khả năng xói của đất được đánh giá bằng mối quan hệ dưới đây [1]:

$$E = k(\tau - \tau_c)^\alpha$$

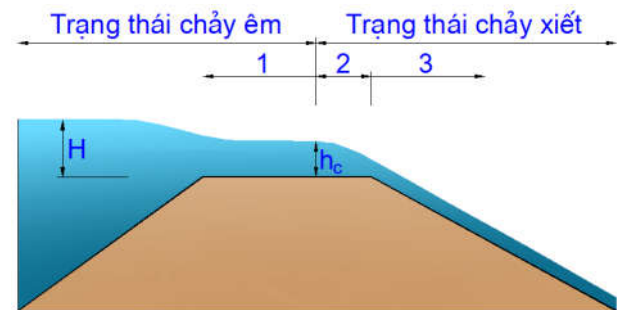
Trong đó: E - Tốc độ xói của đất, m/s;  $\tau_c$  - Ứng suất cắt tới hạn của đất, t/m<sup>2</sup>; k và  $\alpha$  – Các hệ số; và  $\tau$  - Ứng suất cắt của dòng chảy, t/m<sup>2</sup>, xác định theo công thức:

$$\tau = \gamma Y S$$

Với  $\gamma$  là trọng lượng riêng của nước, t/m<sup>3</sup>.

### 2.2. Chế độ thủy lực của dòng chảy tràn qua đỉnh đập

Dòng chảy tràn qua đỉnh đập, được coi như dòng chảy qua tràn đỉnh rộng với mái nghiêng thượng và hạ lưu, có thể phân thành 02 vùng như thể hiện ở Hình 1 [1]:



Hình 1: Chế độ thủy lực của dòng chảy tràn và phân vùng xói

- Vùng có chế độ chảy êm trên đỉnh đập: Bắt đầu từ mực nước tĩnh trong hồ chứa đến vị trí xuất hiện cột nước phân giới trên đỉnh đập ( $h_c$ ). Ở vùng này, các tác động về mặt thủy lực khá nhỏ do năng lượng của dòng chảy thấp (coi đỉnh đập là mặt chuẩn); độ dốc thủy lực nhỏ trong phạm vi đỉnh đập dẫn đến lưu tốc dòng chảy nhỏ; ứng suất cắt của dòng chảy thấp mặc dù độ sâu dòng chảy có thể khá lớn.

- Vùng có chế độ xiết trên phần còn lại của đỉnh đập và trên mái hạ lưu. Bắt đầu từ vị trí xuất hiện  $h_c$ ; năng lượng của dòng chảy, độ dốc thủy lực và vận tốc dòng chảy tăng đáng kể (cho đến khi đạt xấp xỉ điều kiện dòng chảy đều) so với vùng dòng chảy tới hạn; đồng thời, ứng suất cắt cũng gia tăng dẫn đến khả năng xói mòn cao.

### 2.3. Phân vùng và cơ chế xói của đập đất trong quá trình tràn đỉnh

#### 2.3.1. Phân vùng xói

Từ kết quả phân vùng chế độ thủy lực của dòng chảy tràn, có thể phân vùng xói thành 03 khu vực (Hình 1) [1]:

- Khu vực xói 1: Khu vực này trùng với vùng dòng chảy êm trên đỉnh đập. Do ứng suất cắt

của dòng chảy ở khu vực này nhỏ nên khả năng gây xói thấp, trừ khi đỉnh đập được làm bằng vật liệu có tính xói cao (Hình 2).



Hình 2: Ảnh hưởng của kết cấu gia cố đỉnh đập đến diễn biến xói [2]

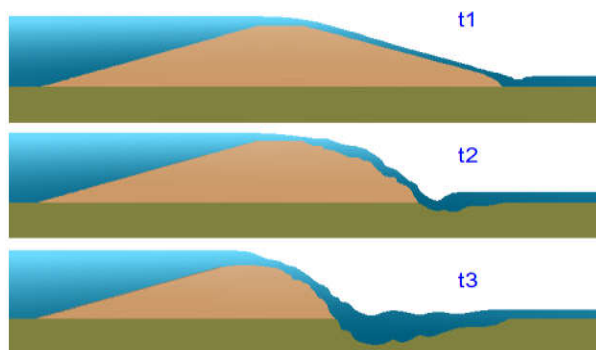
- Khu vực xói 2: Nằm trên phần còn lại của đỉnh đập và sau khu vực xói 1. Trong vùng này dòng chảy ở trạng thái chảy xiết với ứng suất cắt cao. Tuy nhiên, phạm vi duy trì ứng suất lớn ở khu vực này nhỏ, phụ thuộc vào cấu tạo của đỉnh đập (kích thước, độ dốc, kết cấu), nên khả năng xói có thể bắt đầu ở rìa hạ lưu đỉnh đập.

- Khu vực xói 3 nằm trên mái hạ lưu đập trong vùng dòng chảy xiết. Ở khu vực này ứng suất cắt của dòng chảy lớn nên khả năng gây xói cao. Quá trình xói có thể bắt đầu từ các vị trí thay đổi về độ dốc (ví dụ như cơ đập hoặc chân đập), hoặc tại một vị trí nào đó trên bề mặt mái đập bị nứt, lún, gồ ghề. Tuy nhiên, tùy thuộc vào điều kiện địa chất thân và nền đập, hình dạng đập, điều kiện mực nước hạ lưu mà quá trình xói có thể bắt đầu từ bất cứ vị trí nào.

### 2.3.2. Cơ chế xói

Khi đập bị tràn đỉnh, thông thường quá trình xói mòn sẽ bắt đầu tại khu vực chân đập. Tuy nhiên, tùy thuộc vào điều kiện địa chất, hình dạng đập và mực nước hạ lưu; sự xói mòn có thể khởi đầu ở bất cứ vị trí nào trên bề mặt đập. Nếu hiện tượng xói không được xử lý tức thời; dưới tác dụng của dòng chảy, vết xói sẽ phát triển về phía trung tâm đập và mở rộng dần. Khi vết xói bắt đầu cắt vào đỉnh đập, bề rộng đỉnh đập sẽ bị thu hẹp; và khi vết xói đạt đến thượng lưu của

đỉnh đập thì sự bào mòn diễn ra mạnh mẽ hơn, chiều cao đập giảm theo nhanh chóng đồng thời cũng vết vỡ tiếp tục mở rộng theo thời gian. Các giai đoạn của quá trình xói được mô tả tại Hình 3.



Hình 3: Các giai đoạn xói mái đập khi nước tràn qua đỉnh đập

### 2.3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình xói của đập khi bị tràn đỉnh

Đối với đập đất, một số yếu tố chính ảnh hưởng đến sự khởi đầu và tốc độ xói mòn, gồm:

- Hình dạng đập, loại đất đắp và độ chặt của đất đắp. Đập có độ dốc mái nhỏ (hoặc phẳng) hoặc đất đắp có độ chặt lớn sẽ ổn định hơn, tốc độ xói giảm.
- Vận tốc dòng chảy trên mái dốc: Yếu tố này quyết định bởi chiều cao của đập, chênh lệch giữa mực nước trong hồ chứa và mực nước hạ lưu, độ dốc mái, lưu lượng tràn và vật liệu bảo vệ mái (độ nhám);
- Sự không liên tục của mái dốc (ví dụ như cơ đập), các vết nứt hoặc lỗ rỗng trên mái, mức độ gồ ghề của mái đập làm nhiễu loạn dòng chảy và gây xói mòn tập trung;
- Mực nước hạ lưu: Sự tồn tại của mực nước hạ lưu làm tiêu hao năng lượng của dòng chảy trên mái dốc và làm giảm sự xói mòn ở khu vực chân đập;
- Sự tập trung dòng chảy tại các điểm thấp dọc theo chân đập hoặc tại các rãnh tiêu nước sẽ tạo ra các vùng xói cục bộ.

### 3. GIẢI PHÁP TRÀN SỰ CỐ SỬ DỤNG CẤU KIỆN ACB

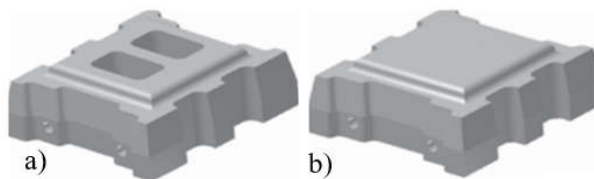
#### 3.1. Tổng quan về cấu kiện ACB

Cấu kiện ACB (Articulated Concrete Blocks) được phát triển từ năm 1978 với mục đích ban đầu chống xói lở bờ sông, gia cố lòng kênh thoát lũ, bảo vệ trụ cầu giao thông, bảo vệ bề mặt mái dốc. Đến thập kỷ 90, bắt đầu ứng dụng để bảo vệ mái đập khi bị tràn đỉnh và làm tràn xả lũ sự cố (Hình 4).



Hình 4: Ứng dụng cấu kiện ACB làm tràn sự cố trên đập đất [3]

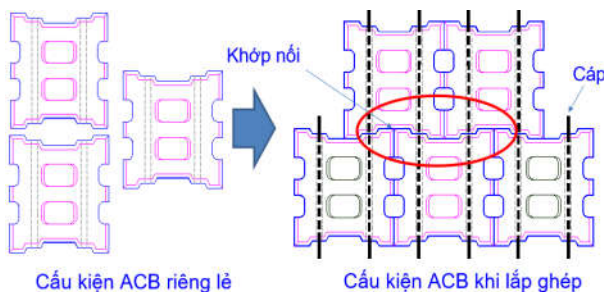
Cấu kiện ACB có 02 loại: Loại có lỗ hờ (Hình 5a) và loại kín (Hình 5b).



Hình 5: Các loại cấu kiện ACB

Đặc điểm cấu tạo (Hình 6):

- Cấu kiện ACB riêng lẻ được lắp ghép với nhau tạo thành thảm;
- Các cấu kiện liên kết với nhau nhờ các khớp và dây cáp.



Hình 6: Cấu tạo của thảm cấu kiện ACB

#### 3.2. Khả năng áp dụng ở điều kiện Việt Nam

- Theo báo cáo của Tổng cục Thủy lợi, Việt

Nam có 6.648 hồ thủy lợi; trong đó 91,58% là hồ đập vừa, nhỏ và 8,42% là hồ đập lớn. 346/560 hồ đập lớn và phần lớn các hồ đập vừa, nhỏ xây dựng trước năm 2000 không đảm bảo khả năng xả lũ theo tiêu chuẩn hiện hành.

- Chỉ có 513 hồ chứa được thực hiện từ nguồn vốn vay nước ngoài tiếp cận với tiêu chuẩn lũ quốc tế (ICOLD);

- Theo kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2016, do biến đổi khí hậu, lượng mưa gây lũ gia tăng 10 – 50%.

Từ đó cho thấy, việc nghiên cứu, ứng dụng những giải pháp công nghệ để ứng phó với các sự cố tràn qua đỉnh đập là rất cần thiết và cấp bách. Với những ưu điểm như chống xói tốt, tiêu năng trực tiếp trên mái dốc; liên kết giữa các cấu kiện là liên kết mềm nên thảm gia cố luôn tiếp xúc chặt chẽ với đất nền trong quá trình làm việc; thi công nhanh, không cần hạ thấp mực nước hồ; có giá trị thẩm mỹ, bền vững và thân thiện với môi trường; công nghệ thiết kế - thi công không phức tạp thì giải pháp sử dụng cấu kiện ACB để làm tràn sự cố đảm bảo an toàn cho các hồ đập vừa và nhỏ ở Việt Nam có tính khả thi cao.

#### 3.3. Một số vấn đề trong thiết kế

##### 3.3.1. Phạm vi áp dụng giải pháp

**Bảng 1: Phạm vi ứng dụng giải pháp tràn sự cố trên đập đất sử dụng ACB [3]**

| Chiều cao đập (m)                                                                                      | Lưu lượng đơn vị ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ ) | Cột nước tràn (m) | Vận tốc dòng chảy ( $\text{m/s}$ ) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| $\leq 12,0$                                                                                            | $\leq 2,8$                                          | $\leq 1,3$        | $\leq 8,0$                         |
| Ghi chú: Chiều cao đập là chiều cao lớn nhất từ ngưỡng tràn sự cố đến chân đập hạ lưu nơi bố trí tràn. |                                                     |                   |                                    |

##### 3.3.2. Bố trí và cấu tạo tràn sự cố sử dụng cấu kiện ACB

Giải pháp tràn sự cố sử dụng cấu kiện ACB có



thể làm trên thân đập hiện trạng (một phần hoặc toàn bộ chiều dài thân đập) hoặc trên sự cố nằm ngoài thân đập (Hình 7).

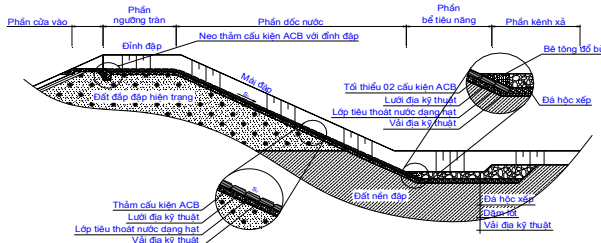


Hình 7: Tràn sự cố sử dụng ACB nằm ngoài và một phần thân đập [3]

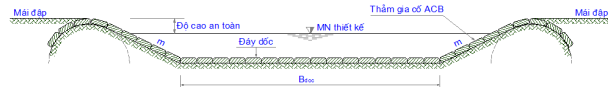
Các thành phần chủ yếu tràn sự cố gồm: cửa vào, ngưỡng tràn, dốc nước và bộ phận tiêu năng, kênh xả hạ lưu (nếu có).

Kết cấu gia cố thân tràn gồm: 01 lớp gia cố bằng cấu kiện ACB; 01 lớp thoát nước dạng hạt có nhiệm vụ tiêu thoát nước thấm, nước rò rỉ qua cấu kiện ACB trong quá trình tràn; lớp này còn có chức năng như một lớp đệm; 01 lớp lưới địa kỹ thuật được bố trí bên trên lớp thoát nước nhằm ngăn chặn sự di chuyển của vật liệu thoát nước qua thấm cấu kiện ACB; 01 lớp lọc ngược được đặt dưới lớp thoát nước nhằm ngăn chặn vật liệu đắp thân đập hoặc đất nền đập di chuyển bởi dòng thấm. Kết cấu lọc ngược có thể bằng vải địa kỹ thuật hoặc lớp lọc dạng hạt. Trong trường hợp dùng kết cấu lọc ngược dạng hạt, có thể thiết kế lớp tiêu thoát nước như là một bộ phận của tầng lọc ngược.

Hình 8 mô tả chi tiết cấu tạo của tràn sự cố sử dụng cấu kiện ACB; Hình 9 thể hiện mặt cắt ngang điển hình trên dốc nước của tràn sự cố.



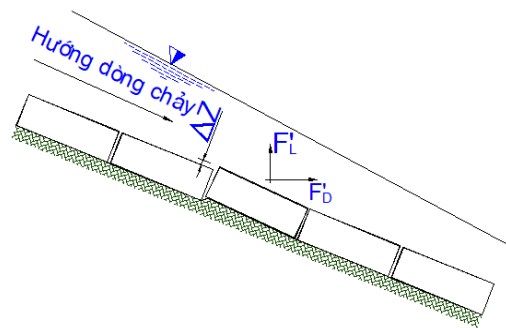
Hình 8: Cấu tạo tràn sự cố gia cố bằng cấu kiện ACB



Hình 9: Cắt ngang điển hình tràn sự cố bằng cấu kiện ACB

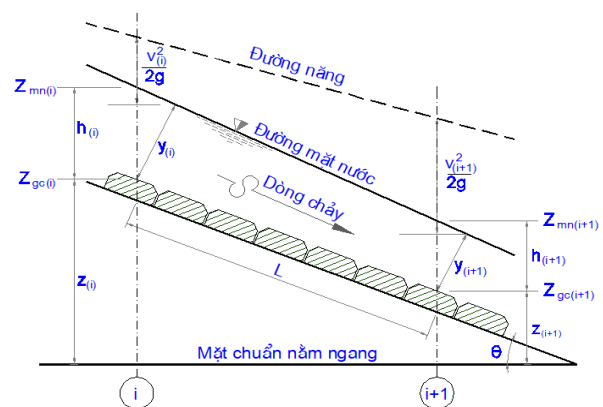
### 3.3.3. Độ nhô cho phép của cấu kiện ACB

Độ nhô cho phép  $\Delta Z$  của một cấu kiện ACB trong mặt phẳng của hệ thống ACB hoàn chỉnh (Hình 10), theo ASTM D6884 – 03 Standard Practice for Installation of Articulating Concrete Block (ACB) Revetment Systems, không vượt quá 13mm.



Hình 10: Độ nhô của cấu kiện ACB

### 3.3.4. Đường mặt nước trên dốc nước



Hình 11: Sơ đồ tính thủy lực trên dốc nước

Độ sâu dòng chảy trên thân dốc tại mặt cắt  $i$  (theo phương vuông góc với bề mặt gia cố - Hình 11) xác định theo công thức:

$$y_i = h_i \cdot \cos \theta = (Z_{mn(i)} - Z_{gc(i)}) \cdot \cos \theta$$

Trong đó:  $y_i$  là độ sâu dòng chảy tại mặt cắt  $i$ , m;  $h_i$  là độ sâu dòng chảy tại mặt cắt  $i$ , m;  $Z_{mn(i)}$  là cao độ mặt nước tại mặt cắt tính toán  $i$ , m;  $Z_{gc(i)}$  là cao độ đáy dốc (đỉnh cấu kiện) tại mặt

cắt tính toán  $i, m$ ;  $\theta$  là góc giữa đáy dốc và mặt chuẩn nằm ngang.

Độ dốc thủy lực  $J_i$  tại mặt cắt  $i$  tính toán theo công thức:

$$J_i = \frac{n^2 \cdot v_i^2}{y_i^{4/3}}$$

Với  $n$  - Hệ số nhám Manning,  $n = 0,026 - 0,033$  [3];  $v_i$  - Vận tốc dòng chảy tại mặt cắt  $i$ , m/s.

### 3.3.5. Ứng suất cắt thiết kế của dòng chảy

Ứng suất cắt thiết kế của dòng chảy trên thân dốc xác định theo công thức:

$$\tau_{des} = \gamma \cdot y \cdot S_f$$

Trong đó:  $\tau_{des}$  là ứng suất cắt thiết kế của dòng chảy trên thân dốc, kg/m<sup>2</sup>;  $\gamma$  là trọng lượng của

nước, kg/m<sup>3</sup>;  $y$  là độ sâu dòng chảy, m;  $S_f = S_0$  là độ dốc đáy dốc.

### 3.3.6. Tính toán lựa chọn cấu kiện ACB theo phương pháp hệ số an toàn

Tính toán thiết kế lựa chọn cấu kiện ACB theo phương pháp hệ số an toàn; có nghĩa là dựa trên cơ sở các điều kiện thủy lực đã xác định, lựa chọn kích thước cấu kiện ACB và tiến hành tính toán ổn định để xác định hệ số an toàn  $K$  cho cấu kiện [4].

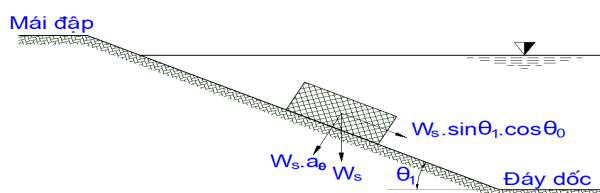
Hệ số an toàn ổn định của cấu kiện ACB không được nhỏ hơn hệ số an toàn cho phép  $[K]_{cp}$ . Hệ số an toàn cho phép  $[K]_{cp}$  xác định theo tiêu chuẩn hiện hành.

Hệ số an toàn cho cấu kiện ACB được tính toán chi tiết trong Bảng 2 [4].

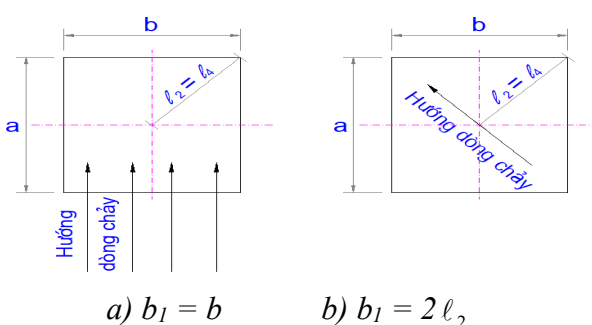
**Bảng 2: Các công thức tính toán cấu kiện ACB theo phương pháp hệ số an toàn [4]**

| Công thức                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Diễn giải                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $K = \frac{\frac{\ell_2}{\ell_1} \cdot a_\theta}{\sqrt{1 - a_\theta^2} \cdot \cos \beta + \eta_1 \cdot \frac{\ell_2}{\ell_1} + \frac{\ell_3 \cdot F'_D \cdot \cos \delta + \ell_4 \cdot F'_L}{\ell_1 \cdot W_S}}$ $\ell_1 = \frac{1}{2} \cdot t$ $\ell_2 = \ell_4 = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2}$ $\ell_3 = \frac{8}{10} \cdot t$ $W_S = W \cdot \frac{\gamma_b - 1}{\gamma_b}$ $F'_L = F'_D = 0,5 \cdot \Delta Z \cdot b_1 \cdot \rho \cdot V_{des}^2$ $a_\theta = \sqrt{\cos^2 \theta_1 - \sin^2 \theta_0}$ $\theta_0 = \arctg(S_0)$ $\theta_1 = \arctg\left(\frac{1}{m}\right)$ $\beta = \arctg \frac{\cos(\theta_0 + \theta)}{\left(\frac{\ell_4}{\ell_3} + 1\right) \cdot \frac{\sqrt{1 - a_\theta^2}}{\eta_0 \cdot (\ell_2 / \ell_1)} + \sin(\theta_0 + \theta)}$ $\delta = 90^\circ - \beta - \theta$ | <p><math>K</math>: Hệ số an toàn của cấu kiện ACB.</p> <p><math>\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ell_4</math>: Cánh tay đòn mô men của cấu kiện (Hình 15, Hình 16).</p> <p><math>a, b, t</math>: Chiều dài, chiều rộng và chiều dày của cấu kiện ACB, m.</p> <p><math>W_S</math>: Trọng lượng đơn vị đầy nổi của cấu kiện, kg.</p> <p><math>W</math>: Trọng lượng của cấu kiện, kg.</p> <p><math>\gamma_b</math>: Trọng lượng riêng của vật liệu chế tạo cấu kiện, kg/m<sup>3</sup>.</p> <p><math>F'_L, F'_D</math>: Lực nâng, lực cản gây ra bởi độ nhô của cấu kiện.</p> <p><math>\Delta Z</math>: Độ nhô cho phép của cấu kiện, mm.</p> <p><math>b_1</math>: Bề rộng cấu kiện theo phương vuông góc với dòng chảy (Hình 13), m.</p> <p><math>\rho = 1000</math> kg/m<sup>3</sup>: Dung trọng của nước.</p> <p><math>V_{des}</math>: Vận tốc dòng chảy thiết kế, m/s.</p> <p><math>a_\theta</math>: Hệ số góc của <math>W_S</math> theo phương vuông góc với bề mặt mái dốc (Hình 12).</p> <p><math>S_0</math>: Độ dốc đáy dốc.</p> <p><math>\theta_0</math>: Góc hợp bởi đáy dốc nước và phương nằm ngang (Hình 14).</p> <p><math>m</math>: Độ dốc của mái dốc nước.</p> <p><math>\theta_1</math>: Góc giữa mái dốc nước và phương nằm ngang (Hình 12).</p> |

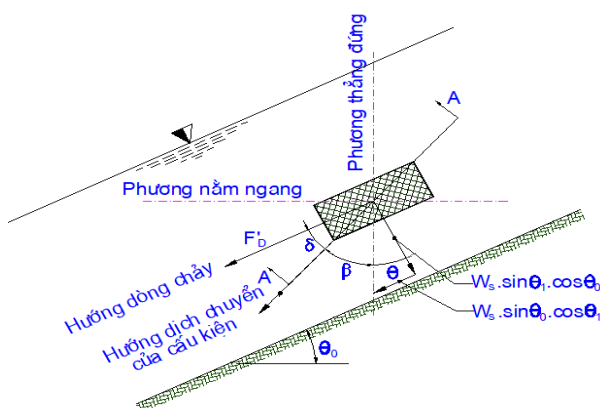
| Công thức                                                                                                                                                      | Diễn giải                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\theta = \arctg\left(\frac{\sin \theta_0 \cdot \cos \theta_1}{\sin \theta_1 \cdot \cos \theta_0}\right) = \arctg\left(\frac{tg \theta_0}{tg \theta_1}\right)$ | $\beta$ : Góc hợp bởi hướng di chuyển của cấu kiện và phương thẳng đứng (Hình 14).        |
| $\eta_1 = \left( \frac{\frac{\ell_4}{\ell_3} + \sin(\theta_0 + \theta + \beta)}{\left(\frac{\ell_4}{\ell_3} + 1\right)} \right) \cdot \eta_0$                  | $\theta$ : Góc giữa hình chiếu của $W_s$ lên mái dốc nước và phương thẳng đứng (Hình 14). |
| $\eta_0 = \frac{\tau_{des}}{\tau_c}$                                                                                                                           | $\delta$ : Góc giữa lực cản $F'_D$ và hướng di chuyển của cấu kiện (Hình 14).             |
|                                                                                                                                                                | $\eta_1$ : Hệ số ổn định trên bề mặt dốc.                                                 |
|                                                                                                                                                                | $\eta_0$ : Hệ số ổn định trên mặt phẳng ngang.                                            |
|                                                                                                                                                                | $\tau_{des}$ : Ứng suất cắt thiết kế của dòng chảy trên dốc, $kg/m^2$ .                   |
|                                                                                                                                                                | $\tau_c$ : Ứng suất cắt tới hạn của cấu kiện ACB trên bề mặt nằm ngang, $kg/m^2$ .        |



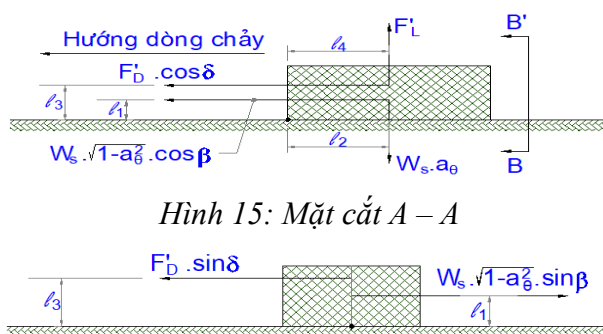
Hình 12: Mặt cắt ngang dốc



Hình 13: Mặt bằng của cấu kiện ACB



Hình 14: Mặt bằng của cấu kiện ACB



Hình 15: Mặt cắt A – A



Hình 16: Mặt cắt B – B

### 3.4. Kết quả ứng dụng thử nghiệm giải pháp công nghệ cho hồ Đắc Noh, tỉnh Đắk Nông

Hồ chứa Hồ Đắc Noh thuộc xã Đắc Nia - TX Gia Nghĩa - tỉnh Đắk Nông, được đưa vào khai thác năm 2005. Kết quả đánh giá an toàn chống lũ cho hồ chứa Đắc Noh dựa trên các số liệu khí tượng - thủy văn được cập nhật và công trình hiện trạng cho thấy: Hồ chứa đảm bảo chống lũ theo TCVN; không đảm bảo chống lũ 0,1% (mực nước lũ vượt đỉnh đập đất đắp hiện trạng); vì vậy cần có giải pháp đảm bảo an toàn chống lũ cho hồ.



Hình 17: Kết quả đánh giá an toàn chống lũ cho hồ Đắc Noh

Dựa trên kết quả tính toán điều tiết lũ; điều kiện địa chất, địa hình; hiện trạng đập; đề xuất giải pháp đảm bảo an toàn đập là xây dựng bổ sung tràn sự cố nằm ngoài thân đập với mục tiêu là cùng tràn chính tháo được lũ 0,1% đảm bảo mực nước không vượt quá đỉnh đập đất đắp 644,00m; kết cấu gia cố sử dụng cấu kiện ACB. Kết quả tính toán so chọn phương án xác định được cao trình ngưỡng tràn sự cố là 643,30m; bề rộng ngưỡng tràn 15,20m.

Bảng 3 dưới đây trình bày kết quả tính thủy lực, ứng suất cắt của dòng chảy cũng như kết quả tính toán lựa chọn kích thước cấu kiện ACB cho công trình.

**Bảng 3: Kết quả tính toán lựa chọn cấu kiện ACB cho hồ Đắc Noh**

| Nội dung                                   |                           | Thông số     | Đơn vị           | Giá trị |
|--------------------------------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------|
| Thông số công trình                        |                           | [K]          |                  | 1,300   |
|                                            |                           | $\Delta Z$   | mm               | 12,0    |
|                                            |                           | $S_0$        | mm               | 0,190   |
|                                            |                           | m            |                  | 1,500   |
| Kết quả tính toán thủy lực                 |                           | $V_{des}$    | m/s              | 6,049   |
|                                            |                           | $\tau_{des}$ | kPa              | 0,459   |
| Tính toán lựa chọn kích thước cấu kiện ACB | Thông số cấu kiện ACB     | W            | kG               | 62,5    |
|                                            |                           | b            | mm               | 400,0   |
|                                            |                           | a            | mm               | 450,0   |
|                                            |                           | t            | mm               | 220,0   |
|                                            |                           | $\tau_c$     | kPa              | 2,226   |
|                                            |                           | $\gamma_b$   | T/m <sup>3</sup> | 2,100   |
|                                            | Tính toán hệ số an toàn K | $l_1$        | mm               | 110,000 |
|                                            |                           | $l_2$        | mm               | 301,040 |
|                                            |                           | $l_3$        | mm               | 176,000 |
|                                            |                           | $l_4$        | mm               | 301,040 |
|                                            |                           | $W_s$        | kG               | 32,738  |
|                                            |                           | $\eta_0$     |                  | 0,21    |
|                                            |                           | $b_1$        | mm               | 400,000 |
|                                            |                           | $F'_L$       | kN               | 0,088   |
|                                            |                           | $F'_D$       | kN               | 0,088   |
|                                            |                           | $\theta_0$   | độ               | 10,758  |
|                                            |                           | $\theta_1$   | độ               | 33,690  |

| Nội dung |  | Thông số | Đơn vị | Giá trị |
|----------|--|----------|--------|---------|
|          |  | $a_0$    |        | 0,8108  |
|          |  | $\theta$ | độ     | 15,908  |
|          |  | $\beta$  | độ     | 15,341  |
|          |  | $\delta$ | độ     | 58,752  |
|          |  | $\eta_1$ |        | 0,181   |
|          |  | K        |        | 2,074   |

Hình 19a thể hiện hình ảnh công trình tràn sự cố Đắc Noh sau khi lắp đặt xong cấu kiện ACB; Hình 19b thể hiện công trình sau khi hoàn thiện.



a)



b)

*Hình 18: Hình ảnh công trình tràn sự cố Đắc Noh sử dụng cấu kiện ACB*

Một số vấn đề rút ra trong quá trình thiết kế công trình thử nghiệm Đắc Noh:

- Về mặt thủy lực: Bản chất của thảm cấu kiện ACB là tạo độ nhám, từ đó giảm lưu tốc trên dốc nước. Khi sử dụng cấu kiện ACB, mực nước trên dốc tăng 37%, lưu tốc dòng chảy giảm 29% so với bê tông thông thường;

- Về giá thành: Chi phí xây dựng cho mô hình tràn sự cố Đắc Noh là 1,122 tỷ đồng. So với kết cấu tràn bằng bê tông thông thường, chi phí xây dựng giảm 35%.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, dưới tác dụng của dòng chảy tràn, đập đất bị xói và trong nhiều trường hợp có thể dẫn đến vỡ đập. Giải pháp hạ thấp một phần hoặc toàn bộ chiều dài đỉnh đập để chủ động cho nước tràn qua như một tràn sự cố có thể là một giải pháp hiệu quả để đảm bảo an toàn cho các đập vừa và nhỏ ở Việt Nam. Cùng với đó, việc sử dụng cấu kiện ACB để gia cố bề mặt tràn chống lại sự xói mòn cũng mang



lại hiệu quả về kinh tế, kỹ thuật. Thiết kế và lựa chọn cấu kiện ACB cho công trình dựa trên phương pháp hệ số an toàn giúp cho các cấu kiện luôn đảm bảo ổn định dưới tác động của dòng chảy tốc độ cao.

Bài báo này là một phần kết quả của Đề tài độc lập cấp Quốc gia “*Nghiên cứu sử dụng puzolan tự nhiên trong xây dựng và bảo trì các công trình giao thông nông thôn, thủy lợi trên địa bàn tỉnh Đắk Nông*”.

#### Lời cảm ơn

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Powledge et al, 1989. “Mechanics of Overflow Erosion on Embankments II: Hydraulic and Design Considerations,” Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 115, No. 8.
- [2] Phạm Thị Hương, 2018. Nghiên cứu cơ chế xói mặt của đập đất khi nước tràn đỉnh, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi.
- [3] FEMA P - 1015, May 2014, Technical Manual: Overtopping Protection for Dams.
- [4] National Concrete Masonry Association (NCMA), 2010. Design Manual for Articulating Concrete Block (ACB) Revetment Systems. Second Edition., TR220A. 76 pp.