



ĐỀ XUẤT ÁP DỤNG MỘT SỐ GIẢI PHÁP TIÊU NĂNG CHO CÔNG TRÌNH CỐNG DƯỚI ĐƯỜNG CÓ ĐỘ DỐC LỚN Ở VIỆT NAM

Phạm Thành Nam¹

Tóm tắt: Căn cứ vào các kết quả thí nghiệm trong phòng và ngoài hiện trường đã có đối với cống hộp không áp, bài báo đã nghiên cứu đề xuất sử dụng một nhóm các giải pháp tiêu năng khả thi và phù hợp, do đơn giản về kết cấu, ở ngay trong phạm vi thân cống hộp có độ dốc lớn, cho công trình cống đường giao thông miền núi ở Việt Nam, bao gồm: (1) Giải pháp sử dụng phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau; (2) Giải pháp sử dụng hỗ trợ thêm đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau; (3) Giải pháp sử dụng hỗ trợ thêm bậc thụt cùng với đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau.

Từ khóa: Giải pháp tiêu năng; cống, kênh dẫn; vận tốc xả ra; nước nhậy; tiêu năng tích hợp, bậc nước.

Abstract: Based on results of available model testing and prototype observations for closed open box culverts, the paper has proposed application of energy dissipator strategies for highway culverts on steep slopes in VietNam. These strategies are feasible and appropriate as simple structure. Some strategies are: (1) Double and single broken-back culverts; (2) Broken-back culvert with outlet weir; (3) Broken-back culvert with drop followed by weir.

Keywords: Energy dissipator; culvert, channel; outlet velocity; hydraulic jump; internal dissipator, drop structure.

Nhận ngày 15/8/2013, chỉnh sửa ngày 30/8/2013, chấp nhận đăng 30/9/2013

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam hiện nay, công tác thiết kế thủy lực cống qua đường phục vụ giao thông đường bộ còn nhiều bất cập. Các tài liệu hướng dẫn thiết kế ở Việt Nam khi áp dụng vào thực tế vẫn chưa hoàn toàn phù hợp, dẫn đến xuất hiện hư hỏng cống dẫn nước qua đường, do hiện tượng xói lở xảy ra ở cửa vào và cửa ra của cống [2]. Nguyên nhân cơ bản là chưa có nghiên cứu đầy đủ và toàn diện loại công trình cống dẫn nước qua đường trong công trình giao thông đường bộ. Các công trình loại này có đặc điểm là nhỏ về quy mô, nên ở Việt Nam thường chưa được kiểm chứng tính toán bằng mô hình vật lý, mặc dù đây là loại công trình hàm chứa nhiều nét đặc thù do vị trí đặt cống phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện thiên tạo. Vì vậy, kiểm soát chế độ thủy lực qua cống, trong đó có tình hình xói lở trước và sau cống, càng trở nên khó khăn. Do đó, để khống chế được hiện tượng xói lở bất thường đối với cống dẫn nước qua đường, ngoài vấn đề tính toán chế độ thủy văn của cống để có được lưu lượng thiết kế đúng, còn đòi hỏi các giải pháp tiêu năng phải đa dạng, không chỉ mang tính bị động chống đỡ dòng chảy xiết ở cửa ra, như là bể, tường tiêu năng đối với cống lấy nước trong công trình thủy lợi [1, 3, 4, 5], mà còn mang tính chủ động đối phó, như là bố trí các loại công trình tiêu năng phù hợp ngay tại khu vực cửa vào hoặc ngay trong phạm vi thân cống hay tiêu năng ngay cả đối với dòng chảy êm [8].

¹ TS, Khoa Xây dựng Công trình thủy. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: giangnguyen9@yahoo.com

Hiện nay, việc tính toán thủy lực cống dưới đường đang tồn tại một số hạn chế như sau:

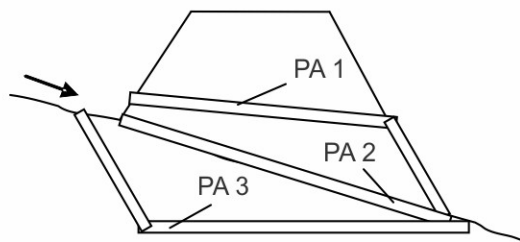
- Sơ đồ tính toán chưa đa dạng, không phản ánh đủ và đúng điều kiện làm việc thực tế của cống dưới đường, là loại cống có chiều dài ngắn, do mới chỉ sử dụng các sơ đồ tính cống loại tháo lũ dưới đập của công trình thủy lợi, là cống có chiều dài tương đối lớn và có điều kiện thủy lực cửa vào đã được chủ động thiết kế rất thuận về thủy lực. Trong khi đó, điều kiện thủy lực cửa vào của cống dưới đường, nhìn chung, phải lựa theo điều kiện địa hình tự nhiên để bố trí thuận nhất về thủy lực, nếu có thể;

- Sơ đồ tính toán mới chỉ đề cập chủ yếu đến tình huống thân cống đơn có một độ dốc và độ dốc bé. Còn tình huống thân cống có độ dốc lớn (độ dốc thân cống lớn hơn độ dốc phân giới), là trường hợp thường hay phải đối mặt đối với công trình cống đường miền núi, thì chưa xây dựng được cơ sở tính toán và do đó cũng chưa có chỉ dẫn tính toán cụ thể;

- Các công thức tính toán và các bảng tính toán được xây dựng dựa trên tính toán ở chế độ gần phân giới hoặc phân giới.

Những hạn chế nêu trên có thể dẫn đến tình trạng thiết kế cực đoan, đặc biệt đối với công trình cống đường miền núi, nơi địa hình tự nhiên có độ dốc lớn hơn độ dốc phân giới rất nhiều, có thể lên tới 20% và 30% hoặc có thể lớn hơn nữa.

Với sơ đồ mặt cắt dọc cống điển hình của cống đường miền núi (hình 1), có thể có 3 phương án (PA) đặt cống cực đoan. Ngoài các vấn đề khối lượng đào và ổn định mái dốc (liên quan đến địa hình và địa chất), cả 3 phương án đều bất lợi về thủy lực liên quan trực tiếp đến vấn đề tiêu năng và xói lở, nếu không có các giải pháp thiết kế công trình tiêu năng cho cống dưới đường hữu hiệu hơn.



Hình 1. Sơ đồ mặt cắt dọc cống

Nếu không có giải pháp khắc phục thích hợp, phương án 1 sẽ bất lợi về chế độ thủy lực cửa vào, phương án 3 sẽ bất lợi về chế độ thủy lực cửa ra, còn phương án 2 sẽ bất lợi cả về chế độ thủy lực trên phần thân cống và cửa ra.

Với những lý do trên, bài báo này nghiên cứu đề xuất sử dụng một số giải pháp tiêu năng, có kết cấu đơn giản, ở ngay trong phạm vi thân cống hộp có độ dốc lớn, nhằm hạn chế xói lở cho loại công trình cống, đặc biệt cống đường miền núi, phục vụ giao thông đường bộ ở Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

Kết hợp nghiên cứu lý thuyết và kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong phòng và ngoài hiện trường đã có của các tác giả thuộc Ủy ban đường cao tốc liên bang (Federal Highway Administration - FHWA), của Viện đường cao tốc quốc gia (Nation Highway Institute-NHI), Hoa Kỳ. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm này là cơ sở khoa học để xây dựng phương pháp tính toán thủy lực cho một số giải pháp tiêu năng, được lựa chọn đề xuất áp dụng trong số nhiều giải pháp khác nhau

3. Nhóm các giải pháp tiêu năng ở ngay trong phạm vi thân cống hộp có độ dốc lớn

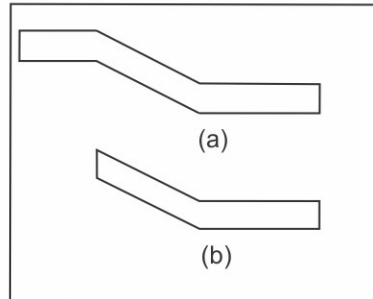
3.1 Giải pháp sử dụng phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Một giải pháp có thể được lựa chọn khi phải bố trí đặt cống trên địa hình có độ dốc lớn là tạo ra một đoạn cống có độ dốc lớn hơn cả độ dốc địa hình ở gần cửa vào và được nối tiếp với đoạn thân cống xả nằm ngang. Giải pháp này thực hiện chiến lược tiêu năng ngay trong phạm vi thân cống và gần cửa ra, nếu nó được thiết kế sao cho nước nhảy xảy ra trên đoạn cống xả nằm ngang.

Hình 2 minh họa 2 trường hợp: Thân cống gồm 3 đoạn (hình 2a) và thân cống gồm 2 đoạn (hình 2b). Trong cả hai trường hợp, đoạn thân cống xả ra cần bố trí nằm ngang.

Dưới điều kiện cụ thể của cống và các mực nước hạ lưu, nước nhảy sẽ hình thành trong đoạn thân cống xả nằm ngang, làm giảm vận tốc ra từ vận tốc của dòng chảy xiết trong cống xuống vận tốc của dòng chảy êm. Việc điều chỉnh đoạn thân cống xả nằm ngang được sử dụng để điều khiển nước nhảy trong phạm vi thân cống.

Để tính toán các vấn đề thủy lực cho loại cống này, cần phải tính đường mặt nước trong phạm vi thân cống từ cửa vào đến đoạn thân cống xả nằm ngang và dựa vào mực nước hạ lưu để xem nước nhảy có xảy ra hay không. Nếu nước nhảy xảy ra thì cần phải đảm bảo nước nhảy được giới hạn trong phạm vi của đoạn thân cống xả nằm ngang. Vị trí của nước nhảy được tính từ mặt cắt đầu của đoạn thân cống xả nằm ngang. Đối với thân cống tròn, chiều dài nước nhảy bằng 6 lần độ sâu liên hiệp sau nước nhảy, độ sâu này được tính theo công thức kinh nghiệm [10].



Hình 2. Thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Giải pháp này được sử dụng trong điều kiện giới hạn như sau [11, 12, 13]:

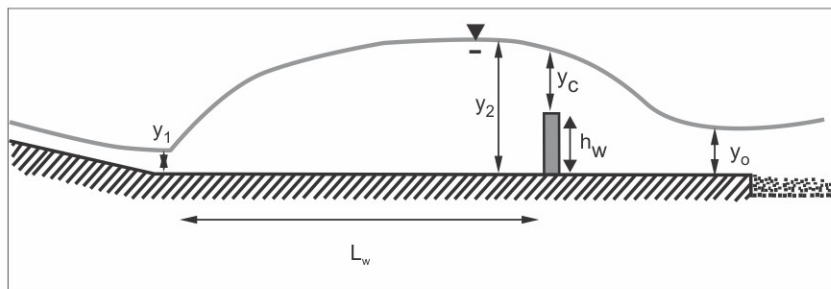
- Độ dốc của đoạn thân cống được đặt dốc phải nhỏ hơn hoặc bằng 1,4:1 (tức là 140%);
- Nước nhảy phải được xảy ra trong phạm vi thân cống.

Trong trường hợp đoạn thân cống xả nằm ngang quá ngắn hay mực nước hạ lưu không đủ để tạo ra nước nhảy trong phạm vi thân cống, thì có thể sử dụng giải pháp hỗ trợ thêm đập nhỏ hoặc bậc thụt (bậc nước) bố trí ở trên đoạn thân cống xả nằm ngang, được trình bày trong mục 3.2 và 3.3 dưới đây.

3.2 Giải pháp sử dụng hỗ trợ thêm đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Đặt một đập nhỏ gần chỗ ra của cống có thể tạo ra nước nhảy (hình 3). Đập này có chiều rộng bằng chiều rộng của cống hộp và được đặt cách 3m tính từ mặt cắt ra của cống về phía thượng lưu. Vị trí này sẽ tạo thuận lợi cho sự di chuyển của vật nổi ở phía thượng đập. Các lỗ thoát nước ở trên đập để phòng tránh hiện tượng nước dâng đứng do ảnh hưởng của dòng không ổn định. Khoảng cách L_w được tính từ mặt đầu của đoạn thân cống nằm ngang. Trần cống cần phải lớn hơn độ sâu y_2 . Do bố trí đập trong thân cống nên yêu cầu gia cố kênh hạ lưu sẽ được giảm nhẹ.

Hotchkiss và các cộng sự (2005) [13] đã kiểm nghiệm các chế độ làm việc tương tự với các chế độ đã được nghiên cứu bởi Foster và Skrinde (1950) [9]. Các đập đặt gần cửa ra của cống sẽ tạo ra nước nhảy có số Froude trước nước nhảy khoảng từ 2 đến 7.



Hình 3. Đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Giải pháp này được sử dụng trong điều kiện giới hạn như sau:

- Số Froude trước nước nhảy trong khoảng từ 2 đến 7;
- Chiều cao đập trong khoảng 0,7y₁ đến 4,2y₁;
- Cống hộp chữ nhật.

Các chế độ thủy lực có thể được xác định đối với phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau, có hình dạng bất kỳ. Tuy nhiên, các thử nghiệm mới chỉ được nghiên cứu đối với cống hộp chữ nhật.

Thiết kế đập chủ yếu liên quan đến lựa chọn vị trí và chiều cao của đập. Hệ thức thực nghiệm liên quan giữa chiều cao, độ sâu liên hiệp và số Froude trước nước nhảy là:

$$h_w = (0,0331F_1^2 + 0,4385F_1 - 0,6534) y_1 \quad (1)$$

trong đó: h_w là chiều cao đập và y₁ là độ sâu tại đầu đoạn thân cống xả nằm ngang, được coi bằng độ sâu liên hiệp trước nước nhảy.

Khoảng cách từ đầu đoạn thân cống xả nằm ngang đến đập, gần bằng chiều dài nước nhảy và được xác định theo công thức kinh nghiệm được rút ra từ dữ liệu thí nghiệm:

$$L_w = 5y_2 \quad (2)$$

Để tính toán các yếu tố hạ lưu của đập, gần chỗ ra của cống, cần giải phương trình năng lượng để xác định độ sâu hạ lưu đập với giả thiết bỏ qua tổn thất:

$$h_w + y_c + \frac{\left(\frac{Q}{B.y_c}\right)^2}{2g} = y_3 + \frac{\left(\frac{Q}{B.y_3}\right)^2}{2g} \quad (3)$$

trong đó: y₃ là độ sâu hạ lưu lý thuyết của dòng chảy xiết tại mặt cắt ra của cống và B là độ rộng cống.

Độ sâu hạ lưu lý thuyết của dòng chảy xiết được điều chỉnh khi có xét đến tổn thất năng lượng từ số liệu thực nghiệm của Hotchkiss và các cộng sự (2005) [13]:

$$y_o = 1,23 y_3 + \alpha \quad (4)$$

trong đó: y_o là độ sâu tại mặt cắt ra của cống và hằng số α = 0,015 (m).

Trình tự tính toán thiết kế có thể được tiến hành như sau:

- Bước 1: Tính độ sâu tại đầu đoạn thân cống xả nằm ngang y₁, vận tốc V₁ và số Froude F₁ tương ứng;

- Bước 2: Tính độ sâu phân giới y_c:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

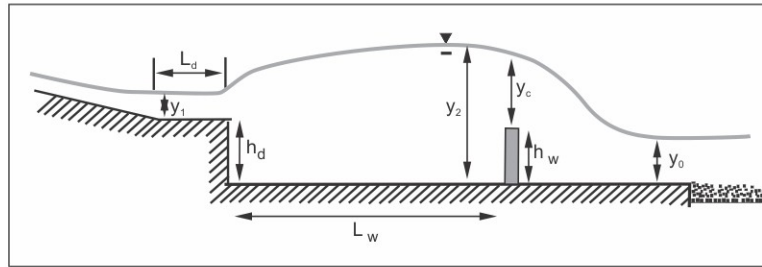
- Bước 3: Tính chiều cao đập theo công thức (1) và vị trí đập theo công thức (2);

- Bước 4: Tính độ sâu hạ lưu lý thuyết của dòng chảy xiết theo phương trình (3);

- Bước 5: Tính độ sâu tại mặt cắt ra của cống y_o theo công thức (4) và vận tốc tương ứng. Đánh giá hiệu quả tiêu năng của giải pháp và kiểm tra độ hở của tràn cống để đảm bảo dòng chảy không áp trong cống.

3.3 Giải pháp sử dụng hố trợ thêm bậc thực cùng với đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Bậc thực cùng với đập nhỏ đặt trong phần thân cống xả nằm ngang được thể hiện như trong hình 4. Bậc thực sẽ làm giảm đáng kể độ dốc của đoạn cống dốc đứng, trong khi đập nhỏ sẽ tạo ra nước nhảy giữa bậc thực và đập tràn. Bậc thực cũng có thể được sử dụng nếu mực nước của dòng chảy sau nước nhảy trong cống chạm vào tràn cống.



Hình 4. Bậc thực cùng với đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Cơ sở để tính toán thiết kế cho giải pháp này dựa trên số liệu thí nghiệm của Hotchkiss và Larson (2004) [11] và của Hotchkiss và các cộng sự (2005) [12, 13]. Một loạt các thực nghiệm mở rộng đã được thực hiện để định rõ sự giảm bớt về năng lượng và vận tốc tại mặt cắt ra của cống do bố trí thêm bậc thực cùng với đập. Các kết quả thí nghiệm đã thiết lập được mối liên hệ kinh nghiệm giữa chiều cao bậc thực, h_d , với số Froude và chiều cao đập h_w .

Giải pháp này được sử dụng trong điều kiện giới hạn như sau:

- Số Froude trước nước nhảy trong khoảng từ 3,5 đến 6;
- Tỷ số giữa chiều cao đập và độ sâu cuối đoạn cống dốc đứng h_w/y_1 trong khoảng 1,3 đến 4;
- Đề nghị không bắt buộc: $h_d = (0,6 \div 0,65) \cdot h_w$;
- Cống hộp chữ nhật.

Các chế độ thủy lực có thể được xác định đối với phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau, có hình dạng bất kỳ. Tuy nhiên, các thử nghiệm mới chỉ được nghiên cứu đối với cống hộp chữ nhật.

Thiết kế đập chủ yếu liên quan đến lựa chọn vị trí và chiều cao của đập. Hệ thức thực nghiệm liên quan giữa chiều cao đập, h_w , chiều cao bậc thực, h_d , độ sâu y_1 và số Froude F_1 là:

$$h_w = \frac{h_d}{h_w} \left(0,9326F_1^2 - 6,8218F_1 + 14,859 \right) y_1 \quad (5)$$

Khoảng cách từ bậc thực đến đập là:

$$L_w = 6 \left(y_c + h_w \right) \quad (6)$$

Để tính toán các yếu tố thủy lực hạ lưu đập, gần chỗ ra của cống, cần giải phương trình năng lượng (3) để tìm độ sâu lý thuyết của dòng chảy xiết ở hạ lưu của đập, với giả thiết bỏ qua tổn thất. Độ sâu lý thuyết, được tính toán từ phương trình (3), được điều chỉnh theo công thức (4) khi kể đến tổn thất.

Trình tự tính toán thiết kế có thể được tiến hành như sau:

- Bước 1: Tính độ sâu tại đầu đoạn thân cống xả nằm ngang y_1 , vận tốc V_1 và số Froude F_1 tương ứng;

- Bước 2: Tính độ sâu phân giới y_c :

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

- Bước 3: Tính chiều cao đập theo công thức (5), vị trí đập theo công thức (6) và chiều cao bậc thực;

- Bước 4: Tính độ sâu hạ lưu lý thuyết của dòng chảy xiết theo phương trình (3);

- Bước 5: Tính độ sâu tại mặt cắt ra của cống y_0 theo công thức (4) và vận tốc tương ứng. Đánh giá hiệu quả tiêu năng của giải pháp và kiểm tra độ hở của tràn cống để đảm bảo dòng chảy không áp trong cống.



4. Áp dụng tính toán

Áp dụng trình tự tính toán đã được trình bày trong mục 3.2 và 3.3 cho một bài toán cụ thể nhằm mục đích minh chứng cho hiệu quả của các giải pháp tiêu năng.

4.1 Giải pháp sử dụng hố trợ đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Thiết kế hố trợ đập nhỏ trong đoạn xả của cống hộp bằng bê tông và xác định các yếu tố tại chỗ ra. Cho biết: độ sâu đầu đoạn xả của cống hộp là $y_1 = 0,375$ m; Lưu lượng thiết kế $Q = 14,2$ m³/s; Chiều rộng cống $B = 4,3$ m; Chiều cao cống $D = 2,44$ m.

Theo trình tự các bước tính toán, kết quả như sau:

- Bước 1: $V_1 = 8,81$ m/s; $F_1 = 4,6$;
- Bước 2: $y_c = 1,036$ m;
- Bước 3: $h_w = 0,774$ m; $y_2 = 2,255$ m; $L_w = 11,27$ m;
- Bước 4: $y_3 = 0,561$ m;
- Bước 5: $y_o = 0,705$ m; $V_o = 4,7$ m/s; $F_o = 1,787$.

Nếu vận tốc này chấp nhận được thì giải pháp thiết kế này là hợp lý. Cũng vậy, kiểm chứng rằng, độ sâu bên trong cống không vượt lên chạm vào trần cống. Trong tình huống này, chiều cao của cống lớn hơn độ sâu 2,255 m, vì vậy giải pháp thiết kế này có thể chấp nhận được.

4.2 Giải pháp sử dụng hố trợ đập bậc thụt cùng với đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau

Thiết kế hố trợ đập nhỏ trong đoạn xả của cống hộp bằng bê tông và xác định các yếu tố tại chỗ ra. Cho biết: độ sâu đầu đoạn xả của cống hộp là $y_1 = 0,375$ m; Lưu lượng thiết kế $Q = 14,2$ m³/s; Chiều rộng cống $B = 4,3$ m; Chiều cao cống $D = 2,44$ m.

Theo trình tự các bước tính toán, kết quả như sau:

- Bước 1: $V_1 = 8,81$ m/s; $F_1 = 4,6$;
- Bước 2: $y_c = 1,036$ m;
- Bước 3: $h_w = 0,771$ m; $y_2 = 2,255$ m; $L_w = 10,87$ m; $h_o = 0,49$ m;
- Bước 4: $y_3 = 0,568$ m;
- Bước 5: $y_o = 0,714$ m; $V_o = 4,7$ m/s; $F_o = 1,776$.

Nếu vận tốc này chấp nhận được thì giải pháp thiết kế này là hợp lý. Cũng vậy, kiểm chứng rằng, độ sâu bên trong cống không vượt lên chạm vào trần cống. Trong tình huống này, chiều cao của cống lớn hơn độ cao (2,255 - 0,49) m, vì vậy giải pháp thiết kế này có thể chấp nhận được.

4.3 Đánh giá hiệu quả tiêu năng

Có thể phân tích đánh giá sơ bộ hiệu quả tiêu năng như sau:

- Nếu không sử dụng các giải pháp tiêu năng: Vận tốc và số Froude tại cửa ra lần lượt là 8,81 m/s và 4,6;
- Nếu áp dụng giải pháp tiêu năng sử dụng đập nhỏ và hố trợ đập bậc thụt cùng với đập nhỏ: Vận tốc và số Froude tại cửa ra đều giảm xuống xấp xỉ lần lượt là 4,7 m/s và 1,8.

Như vậy, nhờ áp dụng hai giải pháp tiêu năng có hiệu quả này, dòng chảy ở cửa ra của cống đã chuyển thành dòng xiết nhẹ, giảm đáng kể nguy cơ xói lở hạ lưu cống. Có cần thiết các biện pháp tiếp tục làm giảm vận tốc dòng chảy, chuyển về dòng êm hay không sẽ tùy thuộc vào đánh giá cụ thể điều kiện địa chất nền hạ lưu cống.



5. Kết luận và kiến nghị

Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu phân tích một số vấn đề bất cập và những hạn chế về tính toán thủy lực công trình cống dưới đường làm giảm hiệu quả sử dụng các giải pháp tiêu năng, đặc biệt đối với cống dưới đường miền núi hiện nay ở Việt Nam.

Căn cứ vào các số liệu thí nghiệm đã có trong phòng và ngoài hiện trường đối với cống hộp không áp, bài báo đã nghiên cứu đề xuất sử dụng một số giải pháp tiêu năng đáng tin cậy do có cơ sở khoa học rõ ràng, khả thi và phù hợp do không chỉ đơn giản về kết cấu mà còn có hiệu quả tiêu năng tốt, ở ngay trong phạm vi thân cống hộp có độ dốc lớn, bao gồm:

- Giải pháp sử dụng phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau;
- Giải pháp sử dụng hỗ trợ thêm đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau;
- Giải pháp sử dụng hỗ trợ thêm bậc thụt cùng với đập nhỏ trong phần thân cống có 2 hoặc 3 đoạn có độ dốc khác nhau.

Kết quả nghiên cứu đề xuất áp dụng ba giải pháp tiêu năng ở trên đã tiếp tục bổ sung hoàn thiện các kết quả nghiên cứu đã có về thủy lực cống qua đường hiện nay ở Việt Nam và góp phần khắc phục những hạn chế trong công tác thiết kế cống dẫn nước qua đường ở Việt Nam.

Kiến nghị

- Khi sử dụng các giải pháp tiêu năng đã được đề xuất, ngoài lưu ý các điều kiện giới hạn khi áp dụng, cần quan tâm tăng cường kết cấu trên đoạn cống có xảy ra nước nhảy, để chống lại hiện tượng xói xâm thực do áp lực mạch động của nước nhảy gây ra.

- Đối với cống tròn không áp, do các số liệu thí nghiệm cho đến nay vẫn chưa có, nên chưa xây dựng được phương pháp tính toán thủy lực cho các giải pháp tiêu năng tương ứng. Vì vậy, nếu điều kiện cho phép, cần phải tiến hành thí nghiệm mở rộng để thu được công thức thực nghiệm để phục vụ tính toán thiết kế cho cống tròn không áp.

- Muốn nâng cao hiệu quả sử dụng của các giải pháp tiêu năng đã đề xuất, cũng cần phải nghiên cứu đề xuất sử dụng các mô hình tính toán thủy văn cầu cống có lưu vực nhỏ phù hợp trong điều kiện Việt Nam, để tăng độ chính xác của lưu lượng thiết kế cống.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Xuân Đặng, Ngô Trí Viêng (2005), *Công trình tháo lũ trong đầu mối hệ thống thủy lợi*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.
2. Phan Sỹ Kỳ (2000), *Sự cố một số công trình thủy lợi ở Việt Nam và các biện pháp phòng tránh*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
3. Trần Đình Nghiên (2010), *Thủy lực công trình thoát nước*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.
4. Trần Đình Nghiên (2010), *Thiết kế thủy lực cho công trình giao thông*, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.
5. Nguyễn Xuân Trúc (2006), *Thiết kế đường ô tô-Công trình vượt sông, tập 3*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
6. Federal Highway Administration (2001), *Introduction to Highway Hydraulics*, Report No FHWA-NHI-01-019, HDS No. 4.
7. Federal Highway Administration (2001), *Hydraulics Design of Highway Culverts*, Report No FHWA-NHI-01-020, HDS No. 5.
8. Federal Highway Administration (2006), *Hydraulics Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels*, Report No FHWA-NHI-06-086, HEC No. 14.
9. Foster, J. W and R. A. Skrinder (1950), *Control of hydraulic Jump by Sills*, Transactions, ASCE, Vol. 115, pp. 973-987.
10. Frech, Richard H.(1985), *Open-Channel Hydraulic*, NewYork, McGraw-Hill Book Co.
11. Hotchkiss, R. H., P. J Flanagan, and K. Donahoo (2004), *Hydraulics of Broken-back Culverts* Transportation Research Record 1851, p. 35-44.
12. Hotchkiss, Rollin H., Emily A. Larson, and David M. Admiraal (2005), *Energy Dissipation in Culverts by Forced Hydraulic Jump Within a Barrel*, Draft Report NDOR Research Project SPR-p1(04) P566, Nebraska Department of Roads.
13. Hotchkiss, Rollin H., Emily A. Larson, and David M. Admiraal (2005), *Energy Dissipation in Culverts by Forced Hydraulic Jump Within a Barrel*, Transportation Research Record, Transportation Research Board, Issue 1904.