NGHIÊN CỨU VỀ BIẾN DẠNG CẮT CỦA VẬT LIỆU ĐÁ TRONG THÂN ĐẬP PHÒNG CHỐNG LŨ VÀ XÓI MÒN DẠNG KHUNG NHỎ

TS Đặng Quốc Dũng[1], GS. TS Yoshiharu Ishikawa[2]

1. Viện Kỹ Thuật Biển, 2. Trường Đại Học Nông Nghiệp và Công Nghệ Tokyo, Nhật Bản

Tóm tắt: Đập phòng chống lũ và xói mòn dạng khung nhỏ có cấu kiện đá hộc đổ vào bên trong thân còn được gọi là đập rọ đá. Độ ổn định của loại đập này phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau trong đó có biến dạng cắt dưới tác động của áp lực đất. Đây là một yếu tố quan trọng phải được xét đến trong tính toán ổn định cũng như trong thiết kế. Để kiểm tra lực kháng cắt và mặt trượt của vật liệu đá đổ vào do biến dạng cắt, tiến hành thí nghiệm mô hình. Dựa trên những kết quả thí nghiệm sẽ phát triển công thức tính toán lực kháng cắt.

Từ khóa: thí nghiệm mô hình, biến dạng cắt, đá hộc đổ vào, đập phòng chống lũ và xói mòn.

Summary: Small check dams with rockfill materials have the two main types, namely wooden crib or steel frame. The stability of them depends on various factors in which the shear deformation under the actions of earth pressure is an important factor that must be considered in computing stability and in design. The dam model experiments were conducted to examine the

I. GIỚI THIỆU

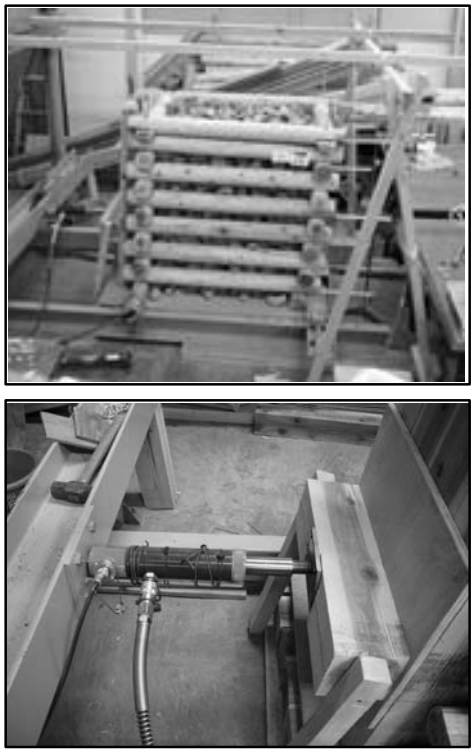
Độ ổn định của đập khung gỗ hoặc thép rất khác so với đập bê tông và đập đất, phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau trong đó biến dạng cắt là một yếu tố rất quan trọng cần phải được xem xét trong việc tính toán độ ổn định cũng như trong thiết kế. Dưới tác động của áp lực đất, đập sẽ bị biến dạng. Độ lớn của biến dạng cắt sẽ phụ thuộc vào vật liệu đổ vào khung. Do đó, việc xác định ảnh hưởng của sự thay đổi vật liệu đổ vào trên biến dạng cắt là hết sức cần thiết. Thân đập dạng khung được đổ đầy bằng đá có cạnh với độ thấm cao để loại bỏ áp lực thủy tĩnh và kháng lại áp lực đất. Liên quan tới sức kháng cắt của vật liệu đá và đất trong cấu trúc đập, Terzaghi (1945) cho rằng cấu trúc bị phá hỏng do lực cắt trong đất xuất hiện theo mặt phẳng thẳng đứng dọc theo đường trung tâm của khung đập thép dạng tròn do bị nghiêng gây ra. Bên cạnh lý thuyết kháng cắt dọc của Terzaghi, Cummings (1957) đưa ra lý thuyết "kháng cắt ngang" về sự hư hại của đập thép khung tròn do lực cắt ngang trong đất đổ vào. Để đạt được độ ổn định, kháng cắt của đất theo mặt phẳng dọc hoặc ngang cùng với ma sát giữa các khóa liên động của khung phải bằng hoặc lớn hơn ngoại lực tác động. Kitajima (1962) kiến nghị một phương pháp tính toán độ ổn định do biến dạng cắt của đập khung tròn bằng cách so sánh mômen kháng cắt

của đất đổ vào với mômen của ngoại lực. Katsuki và nnk (1991) giới thiệu một phương pháp ước lượng lực kháng cắt và mômen của đá trong đập khung thép bằng thí nghiệm. Itoh và nnk (1997) giới thiệu phương pháp tiếp cận biến dạng cắt bằng thí nghiệm và lời giải số. Áp dụng công thức của các nghiên cứu trên vào tính toán biến dạng cắt, khi ngoại lực tập trung tác dụng lên tường sau đặt tại vị trí 2/3 chiều cao đập (tính từ trên xuống) cho thấy: áp lực đất và mômen kháng cắt tính ra là rất nhỏ so với thực tế điều kiện của dạng đập khung, lý do là vì phương thức thí nghiệm và mục đích thí nghiệm khác nhau. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện thí nghiệm mô hình có kích thước chuẩn theo phương pháp thiết kế được đề xuất bởi TS. Đặng Quốc Dũng và nnk (2007) cho đập khung gỗ. Thí nghiệm được thực hiện tại phòng Nghiên cứu Kỹ thuật Kiểm soát Xói mòn và Thủy văn, Trường Đại Học Nông Nghiệp và Công Nghệ Tokyo, Nhật Bản. Thứ nhất, thí nghiệm nhằm làm rõ tính chất của lực kháng cắt của vật liệu đá bên trong thân đập. Thứ hai, góc trượt của vật liệu đá khi đập bắt đầu chịu áp lực được quan sát để nghiên cứu sự thay đổi trạng thái kháng cắt của toàn cấu trúc. Dựa trên những kết quả thí nghiệm, công thức tính toán cho lực kháng cắt của loại đập này sẽ được phát triển. Đồng thời, cơ bản sẽ hiểu được trạng thái hư hại do biến dạng cắt đối với đập khung, qua đó có hướng giải quyết để cân nhắc tốt hơn trong thiết kế.

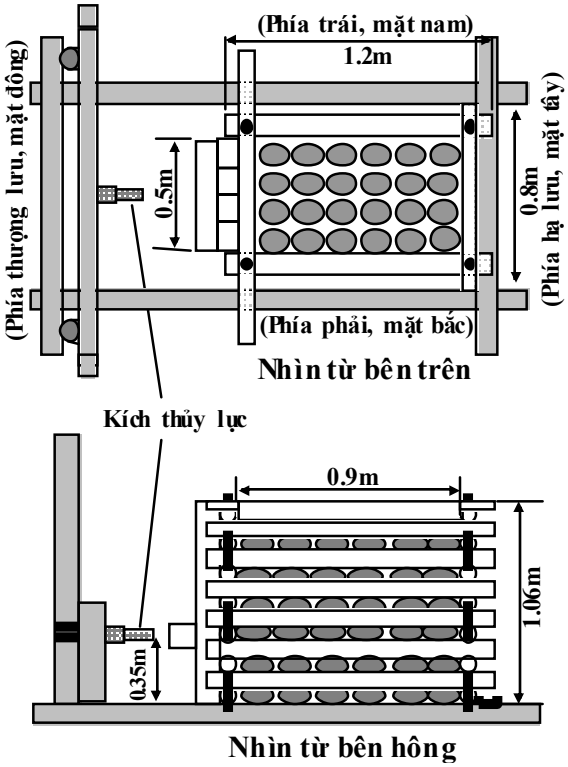
II. BỐ TRÍ MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

Gỗ thông (*Cryptomeria japonica*) được sử dụng để xây dựng mô hình thí nghiệm, đây là loại cây được trồng rất nhiều tại Nhật Bản và đang nằm trong chương trình tỉa thưa hàng năm của chính phủ. Việc chọn khung gỗ sẽ cho phép thực hiện thí nghiệm nhiều lần thay vì khung thép chỉ thực hiện được 1 lần do ứng suất vượt qua giới hạn dẻo. Mô hình đập với kích thước 0.8m x 1,2m x 1.06m, trong đó phần kích thước bao quanh rọ đá là 0.5m x 0,9m x 1.06m (hình 1 & 2). Cấu trúc được kết hợp từ gỗ tròn đường kính 100mm và gắn kết bởi bu-lông đường kính 12mm. Công cụ thí nghiệm bao gồm: kích thủy lực (dung lượng tải nạp 100kN) dùng để tác động tải trọng lên thân đập, vị trí đặt kích xem hình 2. Độ cao đặt tải nạp tương đương với điểm đặt của tổng áp lực đất (ngoại lực) tác dụng lên tường sau trong thực tế. Tải trọng được truyền trực tiếp qua toàn bộ cấu trúc thông qua lớp đệm

gỗ tại tường sau của mô hình.



Hình 1: Thiết bị và mô hình thí nghiệm

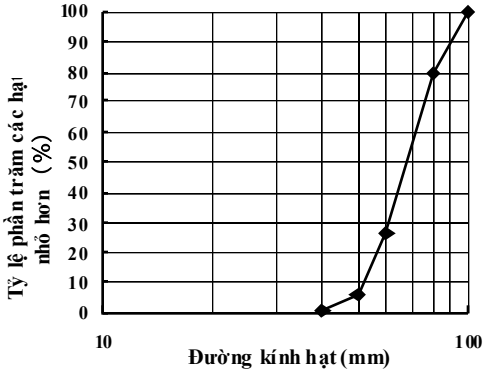


Hình 2: Mô hình nhìn từ bên trên và bên hông

Nền và khung thân được cố định bởi các neo mômen và khung thép bên dưới khung đá không bị trượt và lật nhào. Do đó, chỉ có kháng lực cắt xuất hiện trong thí nghiệm. 6 thước đo chuyển vị được theo phương ngang tại đỉnh (1.0m), giữa (0.6m) và gần cuối chân đập (0.13m) tính từ nền. Trong đó, 3 thước theo mặt phải lần lượt được đặt tên là R-top, R-middle, và R-low; 3 thước theo mặt trái là L-top, L-middle, và L-low. Để đo độ chuyển vị thẳng đứng của mặt phía thượng lưu, 2 thước đo được thiết định thẳng đứng lần lượt tại vị trí tường trái và tường phải và được gọi là R-vertical and L-vertical. Ngoài ra một thiết bị đo chuyển vị tự động cũng được lắp đặt ngay giữa tường trước của mô hình tại độ cao 1.0m để kiểm tra lại mức độ chuyển vị ngang của 6 thước đo. Tải nạp từ kích thủy lực được ghi tự động cùng với chuyển vị thông qua máy tính gắn kết với cảm biến. Đá đổ vào có hệ số đồng nhất C_u = 1.39 (bảng 1). Đường cong cấp phối hạt được chỉ ra trong hình 3. Khe hở giữa các thành phần cấu thành khung là 60mm để đá không bị lọt ra ngoài trong khi thí nghiệm.

III. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

3.1 Thí nghiệm xác định lực kháng cắt



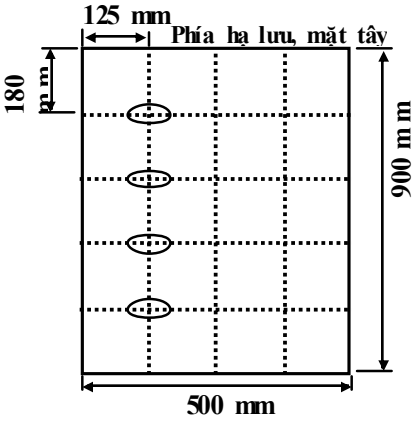
Hình 3: Đường cong cấp phối hạt

Tải trọng và chuyển vị ngang được đo tự động một cách đồng thời mỗi giây 1 lần bởi cảm biến kết nối với máy tính. Mức gia tải 2kN cho phép quan sát tốt biến dạng dẻo mà vẫn đảm bảo đúng chức năng làm việc của khung đập. Sau mỗi cấp gia tải, áp lực sẽ được trả về 0kN, sau đó lại tiến hành bước gia tải tiếp theo. Tại thời điểm chuyển vị của R-top và L-top vượt quá 120mm (khoảng 10% chiều rộng đập) thí nghiệm sẽ dừng lại do mô hình không còn đảm bảo đúng chức năng tại mức chuyển vị này. Mức chuyển vị ngang 120mm là điều kiện để kết thúc một lần thí nghiệm. Các trường hợp thí nghiệm lần lượt như sau:

- Thí nghiệm kích tải nạp khi chỉ có khung, không có đá đổ vào, (trường hợp 1): thực hiện 4 lần.

Bảng 1. Chi tiết vật liệu đá đổ vào

Trường hợp 2	Khối lượng (kg)	Khối lượng thể tích (T/m^3)	Hệ số đồng nhất C_u
Lần 1	683.51	1.43	1.39
Lần 2	681.04	1.43	



Hình 4: Vị trí của 4 dây kẽm trong vật liệu đá (4 điểm khoanh tròn)

- Thí nghiệm kích tải nạp khi khung có đá đổ vào (trường hợp 2): thực hiện 2 lần.

Sau mỗi lần hoàn thành 1 trường hợp thí nghiệm, mô hình sẽ được xử lý sạch sẽ và đổ đá mới lại từ đầu để đảm bảo lần thí nghiệm sau đạt trạng thái tốt nhất, loại trừ thấp nhất khả năng có sai số do lần thí nghiệm trước để lại.

3.2 Thí nghiệm xác định mặt trượt

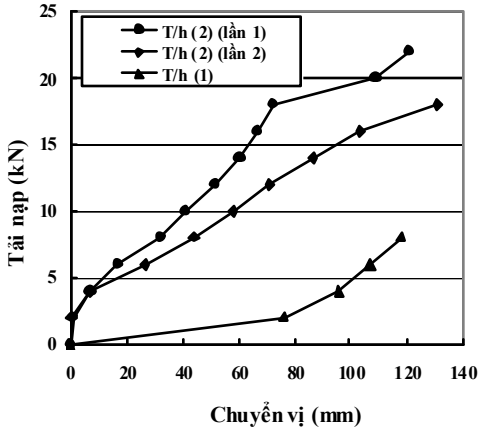
Thí nghiệm để xác định mặt trượt được thực hiện bằng cách sử dụng 4 dây thép mỏng không liên kết với nhau (mỗi dây dài 1.3m, đường kính 1.5mm) đặt thẳng

đứng bên trong vật liệu đá và dọc theo chiều rộng đập (hình 4). Việc định vị các dây ở vị trí thẳng đứng sẽ được tiến hành trước, sau đó đá sẽ được đổ đầy vào thân đập. 4 điểm bị uốn cong lớn nhất trên 4 dây kẽm chỉ ra mặt trượt của đá. Thí nghiệm sử dụng dây thép mỏng nhằm hạn chế tối đa lực kháng của dây lên mô hình và dễ quan sát điểm uốn cong hơn.

IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

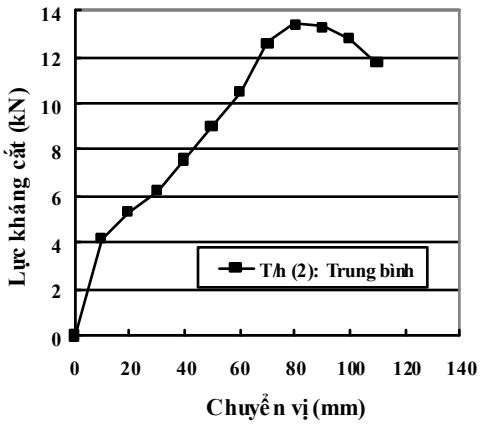
4.1 Kết quả đánh giá lực kháng cắt và mặt trượt

Tải trọng tác dụng và chuyển vị trong trường hợp 1 & 2 được chỉ ra trong hình 5. Sức kháng cắt của khung được tính trung bình từ 4 lần thí nghiện của trường hợp 1. Lực kháng cắt được tính bằng cách lấy tải nạp trừ cho kháng khung. Kháng cắt của đá được tính trung bình từ 2 lần thí nghiệm của trường hợp 2. Lực kháng cắt đạt giá trị lớn nhất là 13.4 kN tại chuyển vị 80mm (hình 6).

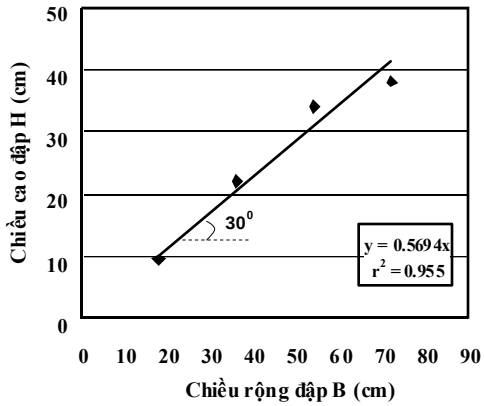


Hình 5: Tải nạp và chuyển vị

Đối với mặt trượt, giá trị 4 điểm bị uốn cong lớn nhất (quan sát tại chuyển vị ngang 120mm sau khi đã dừng thí nghiệm) được xấp xỉ tuyến tính như trên hình 7. Do vậy, ta thấy góc mặt trượt là khoảng 30^0 khi chuyển vị đạt 120mm.



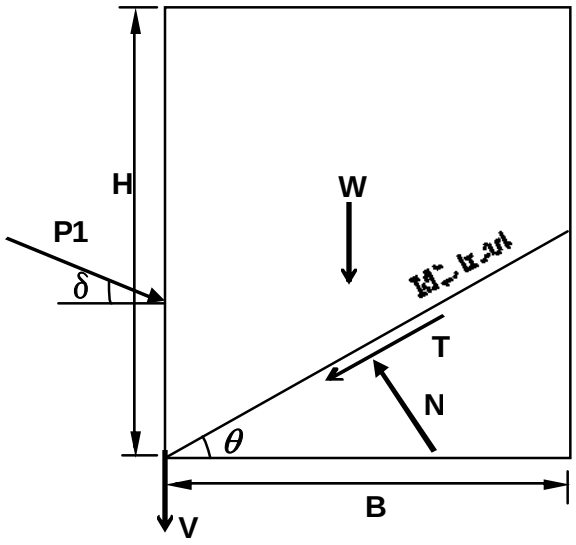
Hình 6. Lực kháng cắt của đá



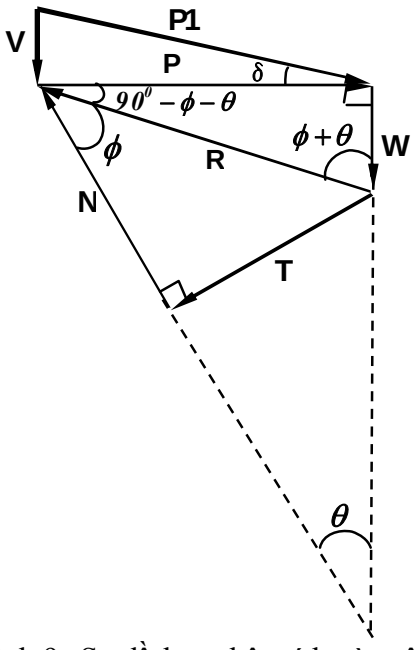
Hình 7: Xác định mặt trượt của đá

4.2. Kết quả tính lực kháng cắt bằng phương pháp giải tích

Thí nghiệm về mặt trượt cho thấy áp lực đá chủ yếu là áp lực thụ động. Áp lực chủ động là tương đối nhỏ và có thể bỏ qua. Lực tác động lên khối đá trên mặt trượt



Hình 8: Lực tác dụng lên vật liệu đá



Hình 9: Sơ đồ lực phân tích từ mô hình

được biểu diễn trong hình 8. Kết quả tính toán áp lực đá thụ động từ sơ đồ lực (hình 9) trên một mét chiều dài đập như sau:

$$P_{max} = \frac{\gamma}{2} B \tan\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\phi}{2}\right)\left[2H - B\tan\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\phi}{2}\right)\right]\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2}\right) \quad (1)$$

P_{max} khi $\theta = \frac{\pi}{4}-\frac{\phi}{2}$

Trong đó:

H, B: chiều cao và rộng đập; P1: tải nạp; P: áp lực đá thụ động (tương ứng với lực kháng cắt của đá); W: trọng lượng khối đá trên mặt trượt; T: ma sát tại mặt trượt; N: phản lực lên khối đá trên mặt trượt; V: lực neo để cố định thân đập vào nền đập; δ: góc ma sát giữa tải nạp và tường sau; θ: góc mặt trượt; ϕ, γ: góc ma sát trong và trọng lượng riêng của đá.

Cùng với thí nghiệm xác định lực kháng cắt và mặt trượt, chúng tôi đồng thời tiến hành thí nghiệm xác định góc ma sát trong của đá đổ vào với kết quả tính toán $\phi = 44^0$. Tuy nhiên, qui trình thí nghiệm và kết quả chi tiết về góc ma sát sẽ được trình bày trong một bài báo khác. Áp dụng công thức (1) cho các thông số của mô hình: H = 1.06m, B = 0.9m, L = 0.5m, $\gamma = 14.3 kN/m^3$, $\phi = 44^0$ ta thu được P_{max} = 13.2kN. Kết quả này gần đúng với kết quả thí nghiệm là 13.4kN. Do vậy lý thuyết tính toán đưa ra là hợp lý và công thức (1) đưa vào thực tế thiết kế biến dạng cắt là khả thi.

V. KẾT LUẬN

Kết quả cho thấy không giống như nghiên cứu riêng biệt của Terzaghi và Cummings cho đập thép khung tròn, hư hại do biến dạng cắt xuất hiện theo mặt phẳng ngang và dọc. Đối với đập khung chữ nhật (gỗ

hoặc thép), khi tổng áp lực đất tại tường sau (ngoại lực) đặt tại 2/3 chiều cao đập tính từ trên xuống, mặt trượt sẽ xuất hiện theo mặt nghiêng Góc trượt khoảng 30^0 khi chuyển vị đạt 120mm. Lực kháng cắt của vật liệu đá đổ vào đã được làm rõ. Áp lực kháng của đá bên trong đóng vai trò như áp lực bị động và chiếm ưu thế toàn bộ quá trình. Dựa trên những kết quả thí nghiệm, công thức tính toán lực kháng cắt đã được phát triển. Hiểu về cơ chế biến dạng cắt của đá hộc trong thân đập sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển phương pháp gia cường kháng lại biến dạng cắt trong tương lai gần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cummings, E.M. (Sept., 1957) Cellular coffers dam and docks, ASCE Proceedings WW-3.

2. Itoh, K., Katsuki, S., Ishikawa, N., Abe, S. (1997): Shear resistance of filled material considering the compaction effect and an application to the cellular check dam design. Journal of Japan Society of Civil Engineers, No.570/I-40, pp. 187-201 (in Japanese).

3. Katsuki, S., Ishikawa, N., Ohira, Y., Suzuki, H. (1991): An estimation method of shear resistance force and earth pressure of fill materials in the steel made Sabo structure. Journal of Japan Society of Civil Engineers, No.410/I-15, pp. 97-106 (in Japanese).

4. Kitajima, S. (1962): Destruction of cellular structures on bedrocks, Soil and Foundation, Vol.10, No.8, p.25-33 (in Japanese).

5. Quoc Dung Dang, Yoshiharu Ishikawa, Hiroyuki Nakamura, Katsushige Shiraki. Evaluating method of durability of small wooden crib dams with considering the deterioration rate, the Journal of Japan Society of Erosion Control Engineering (JSECE), Vol.60, No.2, pp.13-24, July 2007.

6. Terzaghi, K. (1945): Stability and stiffness of cellular cofferdams, ASCE, Transaction, Vol.110, 1945.