

ĐIỀU TIẾT LŨ THEO CƠ CHẾ VỠ CỦA ĐẬP TRÀN SỰ CỐ HỒ CHỨA NƯỚC YÊN LẬP- QUẢNG NINH

Phạm Thị Hương¹

Tóm tắt: Tràn sự cố được xây dựng để xả lũ vượt thiết kế nhằm tránh sự cố có thể xảy ra đối với cụm công trình đầu mối và đảm bảo an toàn cho hồ chứa. Bài báo trình bày kết quả tính toán mô phỏng cơ chế vỡ của đập tràn sự cố hồ chứa nước Yên Lập, tỉnh Quảng Ninh bằng mô hình toán EMBANK. Từ đó làm căn cứ tính toán điều tiết lũ xác định mực nước trong hồ chứa, kiểm tra sự an toàn của cụm công trình đầu mối.

Từ khoá: đập tràn sự cố, đập tràn cầu chì, nước tràn đỉnh đập, cơ chế vỡ đập.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phần lớn các đập đất ở nước ta được thiết kế, thi công trong khoảng 30 đến 40 năm trước đây nên yêu cầu về thiết kế thấp (lũ nhỏ). Ngày nay, do ảnh hưởng của nhiều yếu tố (biến đổi khí hậu, thay đổi thảm phủ...) làm cho thời tiết cực đoan, mưa lớn, lũ lớn dẫn đến dễ gây ra nước tràn đỉnh đập. Hầu hết các đập nhỏ không đáp ứng được tiêu chuẩn lũ hiện nay, khả năng nước tràn qua đỉnh đập khi có lũ là rất lớn.

Để tăng khả năng tháo lũ, cùng với việc nghiên cứu mở rộng tràn chính, nâng cao trình đỉnh đập, người ta còn nghiên cứu tràn sự cố tháo kết hợp với tràn chính để giảm giá thành công trình tràn xả lũ.

Tràn sự cố kiểu nước tràn qua đỉnh đập đất gây vỡ là loại tràn được sử dụng khá phổ biến hoạt động theo nguyên lý khi mực nước lũ vượt qua đỉnh đập đất đắp trên ngưỡng tràn sự cố, gây vỡ đập và tràn sự cố hoạt động. Thân đập đất trên ngưỡng tràn có thể là một khối cùng loại được dùng ở hồ vừa, nhỏ hoặc hai khối: khối thượng lưu chống thấm, khối hạ lưu thường là cát để gây mài phá vỡ đập khi có nước tràn qua (Phạm Ngọc Quý, 2008).

Trong lĩnh vực nghiên cứu thí nghiệm về mô hình vỡ đập và vỡ đề chủ yếu được thực hiện bởi hai đơn vị là Viện Năng lượng (Trung tâm Thủy điện) và Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động

lực học sông biển). Các nghiên cứu điển hình liên quan đến vấn đề này có thể được kể đến bao gồm:

Đề tài “Nghiên cứu cơ chế thủy lực và tính toán vỡ đập cầu chì trong các công trình thủy điện, dự án thủy điện Sông Hình” (Viện Năng Lượng, 2003), “Báo cáo kết quả nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực tràn sự cố dự án thủy điện Trung Sơn” (Viện Năng Lượng, 2011). Dự án đã tiến hành thí nghiệm mô hình vật lý nghiên cứu hiện tượng vỡ các đập tràn sự cố kiểu đập đất tự vỡ khi nước tràn đỉnh đập như tràn sự cố của thủy điện Sông Hình và thủy điện Trung Sơn. Kết quả thí nghiệm đã xác định thời gian vỡ và hình dạng đường viền xói theo thời gian.

Đề tài “Nghiên cứu đánh giá rủi ro đối với thượng, hạ du khi xảy ra sự cố các đập trên hệ thống bậc thang thủy điện sông Đà” do Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam tiến hành (Lê Văn Nghi, 2016). Liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu vỡ đập, đề tài có một phần nội dung xây dựng mô hình vật lý và đánh giá hiện tượng vỡ của đập đá đổ công trình thủy điện Hòa Bình khi cho nước tràn đỉnh đập, xác định các đặc trưng thủy động lực học của dòng chảy khi đập bị vỡ.

Cụm công trình đầu mối hồ chứa nước Yên Lập được xây dựng trên sông Míp thuộc địa phận huyện Hoành Bồ tỉnh Quảng Ninh từ năm 1978 và sử dụng khai thác từ năm 1988 đến nay. Cụm công trình bao gồm các hạng mục chính: 01 đập chính, 02 đập phụ, 01 tràn xả lũ chính, 01 tràn sự

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

cổ; 01 cống lấy nước, và hệ thống kênh, v.v...Cao trình đỉnh đập chính và các đập phụ là 33,5m; Tràn sự cố kiểu nước tràn qua đỉnh đập đất gây vỡ, cao trình đỉnh là 31,8m.

Khi tính toán lũ với tần suất $P=0,01\%$ theo tiêu chuẩn đảm bảo an toàn của ngân hàng thế giới (WB), đơn vị tư vấn coi như tràn sự cố vỡ ngay lập tức và hoàn toàn khi mực nước trong hồ chạm mốc 31,8m. Theo một số nghiên cứu thực nghiệm cơ chế vỡ của các đập tràn sự cố hồ thủy điện sông Hinh (Viện Năng Lượng, 2003), hồ thủy điện Trung Sơn (Viện Năng Lượng, 2011), thực tế vỡ đập phụ số 2 đầm Hà Động-Quảng Ninh năm 2014 thì thấy một điểm chung là các đập đất khi nước tràn đỉnh sẽ bị xói và vỡ dần theo thời gian. Vì vậy, quan điểm của đơn vị tư vấn dùng trong tính toán là chưa phù hợp với thực tế.

Tác giả đặt ra vấn đề cần tính toán mô phỏng cơ chế vỡ của đập tràn sự cố theo thời gian để có căn cứ khoa học phục vụ cho tính toán điều tiết lũ nhằm kiểm tra sự làm việc an toàn của đập chính.



Hình 1. Đập tràn sự cố hồ Yên Lập

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Công thức tính tốc độ xói của đất

Nghiên cứu quá trình vỡ đập đất khi nước tràn đỉnh thường phải gắn liền với nghiên cứu cơ chế xói của đất đắp đập. Các nhà khoa học trên thế giới đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về lĩnh vực này và thường chủ yếu bằng các nghiên cứu thực nghiệm, rất nhiều các công thức tính tốc độ xói đã được đề cập. Các công thức này thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ xói của đất với ứng suất cắt hiệu quả và vận tốc dòng chảy. Bảng 1 tập hợp các công thức của một số nhà nghiên cứu.

Bảng 1. Các công thức tính tốc độ xói đất (Y.H. Chen, Bradley A. Anderson, 1987)

TT	Tác giả	Công thức	Số hiệu	Giải thích
1	Wiggert & Contractor	$E_s = \alpha v^\beta$	(1)	Công thức này được xây dựng từ các con đập vật liệu địa phương bị xói do nước tràn đỉnh. Trong đó E_s là tốc độ xói (Tấn/ngày/mét); v là vận tốc dòng chảy trên mái hạ lưu (mét/giây); $\alpha = 0,25$ và $\beta = 3.8$ cho cả đất rời và đất dính.
2	Cristofano	$\frac{Q_s}{Q_w} = K e^{-x}$	(2)	Công thức tính tốc độ xói cho đập đất bị vỡ do nước tràn đỉnh. Trong đó Q_s là tốc độ xói; Q_w là lưu lượng dòng chảy tràn; K là hệ số; $x = (b/H)\tan\phi$; b là chiều dài đáy vết vỡ; H là chiều cao cột nước tràn và ϕ là góc ma sát.
3	Ariathurai & Arulanandan	$E = M \left(\frac{\tau}{\tau_c} - 1 \right)$	(3)	Công thức dùng để tính toán xói đất dính. Trong đó M là hệ số tốc độ xói, có giá trị thay đổi từ 0,00012 đến 0,0012 (lb/ft ² /s); τ là ứng suất cắt do dòng chảy và τ_c là ứng suất cắt tới hạn của đất.
4	Agricultural Research Laboratory	$E = K_d (\tau - \tau_c)^\alpha$	(4)	Công thức dùng để tính tốc độ xói của đất dính. Trong đó K_d là hệ số xói; τ là ứng suất cắt do dòng chảy và τ_c là ứng suất cắt tới hạn của đất; α là một hệ số. K_d , τ_c , α là các thông số phụ thuộc vào tính chất đất và được xác định thông qua thí nghiệm.

Dựa vào việc đánh giá, so sánh các kết quả tính toán từ các công thức trên với dữ liệu thí nghiệm từ các phòng thí nghiệm trên thế giới và các nghiên cứu trước đây, dạng công thức phù hợp được lựa chọn là công thức (4).

Y.H. Chen và các cộng sự đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm và xây dựng nên công thức tính tốc độ xói của ba loại đất như sau (Y.H. Chen, Bradley A. Anderson, 1987):

Với đập được đắp bằng đất có tính dính cao như các loại đất sét (chỉ số dẻo $PI \geq 10$)

$$E = 0,000086 (\tau - 0,085)^{0,91} \quad (5)$$

Với đập được đắp bằng đất có tính dính thấp như các loại đất á sét, á cát (chỉ số dẻo $PI \leq 5$)

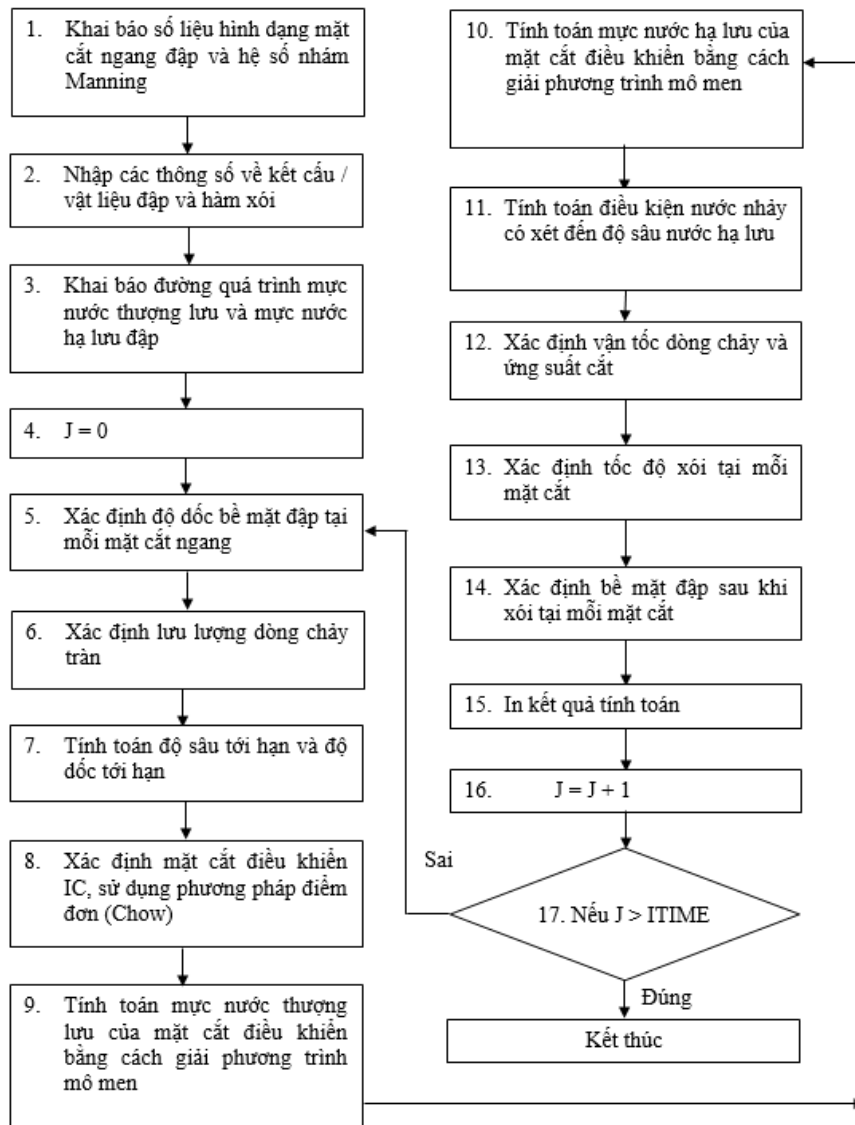
$$E = 0,00022 (\tau - 0,053)^{0,43} \quad (6)$$

Với đập được đắp bằng đất không dính

$$E = 0,00324 (\tau - 0,05)^{1,3} \quad (7)$$

2.2. Mô hình toán

Y.H. Chen và Bradley A. Anderson đã phát triển chương trình tính toán EMBANK để xác định đường mặt nước tràn trên đỉnh đập và bề mặt mái hạ lưu, vận tốc và ứng suất cắt của dòng chảy tràn bằng cách cân bằng phương trình mô men và kết hợp với mối quan hệ thủy lực của dòng chảy qua đập bao gồm: hệ số lưu lượng dòng chảy (đồ thị thực nghiệm), chế độ dòng chảy (đồ thị thực nghiệm), quan hệ của nước nhảy (V. T. Chow, 1959), mối liên hệ giữa vận tốc và ứng suất cắt (hàm thực nghiệm). Hình thể hiện sơ đồ tính toán của chương trình.



Hình 2. Sơ đồ khối chương trình EMBANK

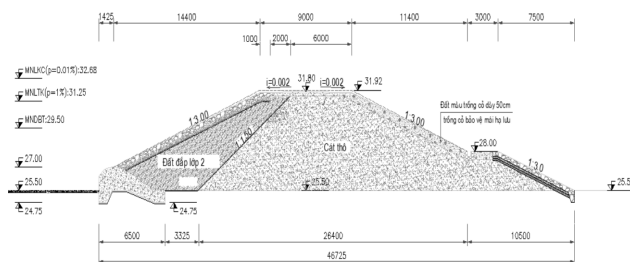
Dữ liệu đầu vào của chương trình EMBANK gồm kích thước mặt cắt ngang đập, mực nước thượng hạ lưu và công thức tính tốc độ xói của đất (thể hiện tính chất đất) – dạng công thức (4). Dữ liệu xuất ra là vận tốc dòng chảy, ứng suất cắt do dòng chảy tại các điểm trên bề mặt mái hạ lưu, tọa độ điểm sau khi bị xói tại mỗi thời đoạn tính toán.

Mô hình đã được tác giả sử dụng để tính mô phỏng cơ chế vỡ của đập phụ số 2, hồ chứa đầm Hà Động, Quảng Ninh. Kết quả tính toán được đánh giá là khá tương đồng so với vết vỡ thực tế (Phạm Thị Hương, 2018).

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

3.1. Bài toán

Đập tràn sự cố hồ chứa nước Yên Lập gồm có bộ phận ngưỡng tràn bê tông mặt cắt thực dụng. Bên trên ngưỡng tràn là hai khối đất đắp: khối đất chống thấm phía thượng lưu và khối cát thô để gây môi vỡ đập phía hạ lưu (sơ đồ hình 3). Hạng mục công trình tràn sự cố được xây dựng năm 2010 có các thông số kích thước thể hiện trên hình 3:



Hình 3. Mặt cắt thiết kế của đập tràn sự cố hồ Yên Lập

(Công ty tư vấn và CGCN-Đại học Thủy Lợi, 2011)

Từ mặt cắt thực tế, sơ đồ hóa tính toán như sau: khối cát phía hạ lưu đập là đất không dính, lấy công thức (7) để tính toán xói; khối đất phía thượng lưu (đất đắp lớp 2) là đất á cát có tính dính thấp phù hợp với công thức (6); lớp đất màu trồng cỏ trên bề mặt mái hạ lưu nên ứng suất cắt tối hạn lấy tăng lên 40%, lấy theo công thức (8)

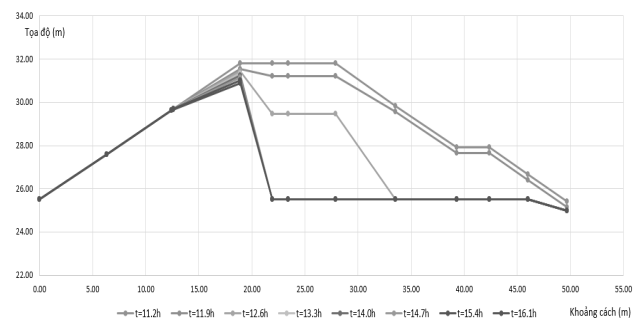
$$E = 0,00022 (\tau - 0,0742)^{0,43} \quad (8)$$

Đưa số liệu vào mô hình toán EMBANK để mô phỏng vỡ đập kết hợp với việc tính toán điều

tiết lũ thử dần từ kết quả tính toán mô phỏng vỡ đập. Đầu vào của mô hình EMBANK là mực nước thượng lưu, đây lại là một biến thay đổi theo thời gian và phụ thuộc vào kết quả tính điều tiết lũ. Trong tính toán tác giả phải tính thử dần, tức là ban đầu giả thiết mực nước hồ tăng dần, xác định được cao trình đập đất bị vỡ theo thời gian, quay lại tính điều tiết lũ xác định mực nước trong hồ, lấy kết quả này thay trở lại vào mô hình. Lặp lại các bước này một số lần thì các dữ liệu dần hội tụ.

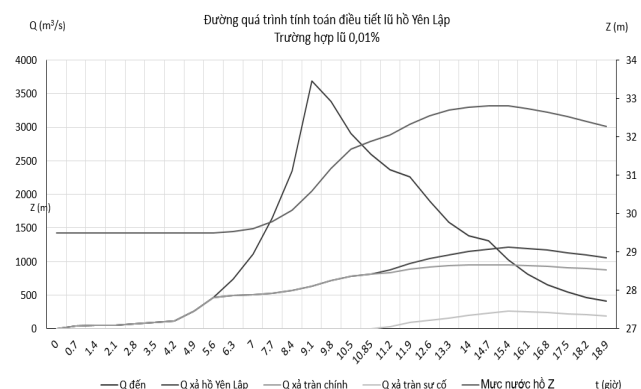
3.2. Kết quả tính toán

Kết quả tính toán từ mô hình EMBANK mô phỏng quá trình vỡ của đập tràn sự cố theo thời gian kể từ thời điểm nước bắt đầu tràn qua đỉnh đập.

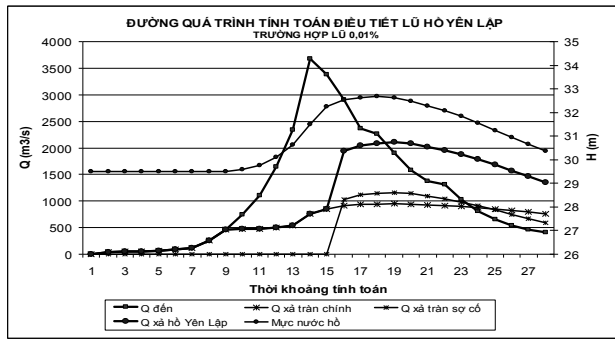


Hình 4. Quá trình vỡ của đập tràn sự cố

Tính toán điều tiết lũ xác định quá trình xả lũ qua tràn chính và tràn sự cố (cao trình tràn sự cố hạ thấp dần theo quá trình vỡ) và đường quá trình mực nước trong hồ.



Hình 5. Đường quá trình xả lũ và mực nước hồ tính toán



Hình 6. Đường quá trình xả lũ và mực nước hồ theo tính toán của đơn vị tư vấn

3.3. Nhận xét

Từ hình 5 có thể thấy rằng tại $t = 11,2$ giờ, tính từ thời điểm bắt đầu của trận lũ, nước lũ tràn qua đỉnh của đập tràn sự cố. Tuy nhiên, theo hình 4 mô phỏng quá trình vỡ của đập, tại thời điểm này tràn sự cố chưa bị vỡ ngay lập tức, mà tràn bị vỡ tại thời điểm $t = 11,9$ giờ (tức là sau khi nước tràn qua đỉnh đập 0,7 giờ). Cao trình đỉnh đập cũng không ngay lập tức hạ xuống cao trình 25 (cao trình của ngưỡng tràn bê tông) mà được hạ thấp dần theo thời gian, điều này là phù hợp với thực tế quá trình vỡ của đập đất.

Mực nước lớn nhất trong hồ là 32,8m lớn hơn so với kết quả tính toán của đơn vị tư vấn là 32,6m. So với cao trình đỉnh đập chính 33,5m thì mực nước này thấp hơn, có nghĩa là đập chính

được đảm bảo an toàn trong trường hợp có lũ PMF ($p=0,01\%$).

Tuy nhiên, để khẳng định kết quả tính toán cũng cần phải đánh giá lại khả năng tự vỡ của đập tràn sự cố do có nhiều nguyên nhân tác động. Ví dụ như trong quá trình làm việc, đất đắp đập được nén chặt, cổ kết nên khả năng xói gây vỡ đập khó khăn hơn, hoặc tình hình phát triển của cỏ trên mái hạ lưu đập, các khuyết tật gây xói tập trung trên mái hạ lưu...

4. KẾT LUẬN

Mô phỏng cơ chế vỡ của đập tràn sự cố kiểu đập đất tự vỡ là việc làm cần thiết nhằm kiểm chứng sự làm việc an toàn của công trình. Qua quá trình tính toán cho hồ chứa nước Yên Lập, tỉnh Quảng Ninh có thể thấy rằng:

Cơ chế vỡ của đập tràn sự cố kiểu đập đất tự vỡ là một quá trình theo thời gian, nếu tính toán điều tiết lũ mà coi đập vỡ hoàn toàn ngay khi nước bắt đầu tràn đỉnh đập là cực đoan, có thể gây nguy hiểm cho công trình chính.

Kết quả cũng cho thấy mực nước trong hồ tính toán dựa theo quá trình vỡ đập lớn hơn mực nước tính toán của đơn vị tư vấn. Mặc dù đối với hồ Yên Lập, mực nước này vẫn đảm bảo an toàn. Tuy nhiên, đối với các hồ khác thì chưa thể kết luận được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Công ty tư vấn và CGCN-Đại học Thủy lợi, (2011), *Kế hoạch sẵn sàng trong tình trạng khẩn cấp (EPP) và kế hoạch ứng phó sẵn sàng trong tình trạng khẩn cấp (EPP) hồ Yên Lập – tỉnh Quảng Ninh*.
- Lê Văn Nghị và nnk, (2016), *Nghiên cứu đánh giá rủi ro đối với thượng, hạ du khi xảy ra sự cố các đập trên hệ thống bậc thang thủy điện sông Đà*. Đề tài KC08.22/11-15.
- Phạm Ngọc Quý, (2008), *Tràn sự cố trong đầu mối hồ chứa nước*, Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Hà Nội.
- Phạm Thị Hương, (2018), *Nghiên cứu cơ chế xói mặt của đập đất khi nước tràn đỉnh*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.
- Viện Năng lượng, (2003), *Nghiên cứu cơ chế thủy lực và tính toán vỡ đập cầu chì trong các công trình thủy điện, dự án thủy điện Sông Hinh*. Đề tài cấp bộ.
- Viện Năng lượng, (2011), *Báo cáo kết quả nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực tràn sự cố dự án thủy điện Trung Sơn*. Dự án sản xuất.
- V. T. Chow, (1959), *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Y.H. Chen, Bradley A. Anderson, (1987), *Development of a methodology for estimating embankment damage due to flood overtopping*, US. Department of transportation, No FWA/RD-86/126.

Abstract:
**FLOOD CONTROL DUE TO EMERGENCY SPILLWAY BREAK
MECHANISM OF YEN LAP RESERVOIR, QUANG NINH PROVINCE**

Emergency spillway works for discharging PMF (probable maximum flood) to avoid failure of headworks and ensure safety for reservoirs. This paper presents the calculation results of breaking mechanism of emergency spillway of Yen Lap reservoir, Quang Ninh province using EMBANK software. This result is used to calculate flood control to determine the water level in the reservoir, checking the safety of the headworks.

Keywords: Emergency spillway, Fuse plug spillway, dam overtopping, dam-breaking mechanism

Ngày nhận bài: 24/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 23/8/2019