

TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU SÓNG TRÀN CỦA MÁI ĐÊ BIỂN TRỒNG CỎ VỚI MÁY XẢ SÓNG

Lê Hải Trung, Vũ Minh Cát, Nguyễn Quang Lương và Thiều Quang Tuấn

Trường Đại học Thủy lợi

Jentsje W. van der Meer - Van der Meer Consulting B.V.

Tóm tắt: Vấn đề ổn định và độ bền của đỉnh đê và mái đê phía trong, đặc biệt là mái đắp đất trồng cỏ thường được nghiên cứu trên mô hình vật lý tỷ lệ 1:1 hoặc trong máng sóng kích thước lớn vì do rất khó thu nhỏ các đặc trưng của vật liệu như đất đắp, đất trồng cỏ, loại cỏ trồng trên mái. Hiện nay ở Việt Nam chưa có phòng thí nghiệm nào đáp ứng được yêu cầu của các thí nghiệm tỷ lệ lớn, nhưng đã có các nghiên cứu đánh giá khả năng chịu sóng tràn của mái đê biển trồng cỏ bằng thiết bị máy xả sóng tại một số tuyến đê biển miền Bắc Việt Nam. Mỗi thí nghiệm tại một điểm thông thường diễn ra trong khoảng 1 tuần, mái đê được kiểm tra với nhiều cấp lưu lượng tăng dần từ nhỏ tới lớn, cho tới khi hư hỏng xảy ra. Quy trình thí nghiệm và số liệu đo đạc được thực hiện theo hướng dẫn thí nghiệm ở Hà Lan và có điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện Việt Nam. Kết quả đã chỉ ra rằng với cỏ bản địa, đồng đều, lưu lượng tràn lên tới 70 l/s/m mới xuất hiện tình trạng xói mái, trong khi cỏ hỗn hợp có lẫn cây lớn trên mái thì khi lưu lượng tràn mới chỉ 20l/s/m đã xuất hiện hố xói trên mái, bắt đầu từ vị trí của cây lớn.

Giới thiệu

Máy xả sóng là thiết bị có khả năng mô phỏng các cơn sóng tràn qua đê [1 và 4], đã được dùng để kiểm tra và đánh giá độ bền của một số dạng mái đê biển trồng cỏ ở Hải Phòng, Nam Định và Thái Bình. Cho tới nay Việt Nam là một trong những nước đầu tiên thực hiện thí nghiệm kiểm tra đê biển thực tế với Máy xả sóng. Quy trình thí nghiệm được dựa trên hướng dẫn thí nghiệm của Hà Lan và điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Bài báo này trình bày nội dung một thí nghiệm đánh giá khả năng chịu sóng tràn của mái đê trồng cỏ với thiết bị Máy xả sóng từ việc lựa chọn vị trí, tính toán điều khiển Máy xả sóng, trình tự thực hiện thí nghiệm và các phương pháp đo đạc, quan sát. Bên cạnh đó, một số dạng kết quả thí nghiệm cũng được giới thiệu.

Lựa chọn vị trí thí nghiệm

Trong hai năm 2009 và 2010, thí nghiệm kiểm tra khả năng chịu sóng tràn của mái đê đã được thực hiện tại 3 tuyến đê biển thuộc Hải Phòng, Nam Định và Thái Bình. Các điểm thí nghiệm được lựa chọn phải thuận lợi cho vận chuyển, các xe tải nặng và xe cẩu khoảng 25 tấn có thể dễ dàng tiếp cận điểm thí nghiệm. Bên cạnh đó, chiều rộng đỉnh đê tối thiểu là 4 m đảm

bảo cho các xe có thể di chuyển an toàn và đủ mặt bằng để bố trí các thiết bị thí nghiệm như Máy xả sóng, máy phát điện, máy bơm, v.v... Điểm thí nghiệm là mái đê đắp đất và trồng cỏ; hệ số mái không lớn hơn 1 : 2,5. Gần đê cần có nguồn nước để cung cấp nước cho thí nghiệm.



Hình 1. Mái đê trồng cỏ Gà, Nam Định.

Tuyến đê biển 1 Đồ Sơn – Hải Phòng là nơi thí điểm triển khai thí nghiệm đầu tiên đảm bảo các yêu cầu về vận chuyển, mặt bằng thi công được ưu tiên hàng đầu. Mái phía biển, đỉnh đê, một phần mái phía trong và cơ đê được bảo vệ bằng các cấu kiện bê tông, nửa dưới của mái trong trồng cỏ Vetiver.

Một đoạn đê biển tuyến 2 thuộc Hải Hậu – Nam Định đã được chọn cho đợt thí nghiệm thứ

hai. Đỉnh đê rộng 4,5 m trải bê tông, mái đê phía biển có hệ số m=3 được trồng cỏ Gà trên lớp đất thịt dày khoảng 80 ÷ 100 cm. Chân đê được che phủ bằng cỏ Giày và nối tiếp với kênh nước.

Tại Thái Bình, thí nghiệm được tiến hành trên tuyến đê biển 7 Thái Thụy. Đỉnh đê trải bê tông, rộng gần 6 m đủ cho bố trí các máy móc thiết bị. Mái đê phía sông trồng cỏ Gà kết hợp với Vetiver, dài khoảng 9m với hệ số mái m=3, nối tiếp với cơ đê nằm ngang trồng cỏ Giày, rộng 8 ÷ 9 m.

Điều kiện biên

Các điều kiện biên sóng (chiều cao sóng, chu kỳ và mực nước) trước chân đê được lựa chọn đảm bảo tính tiêu biểu cho việc đánh giá mức độ an toàn của đê biển tại mỗi một vùng. Đối với đê biển miền Bắc, đoạn thuộc địa phận Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định các đặc trưng sóng được chọn như sau:

- chiều cao sóng hiệu quả $H_s = 1,5$ m
- chu kỳ đỉnh phổ sóng $T_p = 6$ s
- chu kỳ phổ đặc trưng $T_{m-1,0} = T_p / 1,1 = 5,46$ s
- chu kỳ trung bình $T_m = T_p / 1,15 = 5,22$ s.

Để kiểm tra khả năng chịu sóng tràn của mái đê trong bão thì cần phải mô phỏng (tạo ra) một cách chính xác chuỗi sóng liên tiếp tác động lên công trình trong suốt thời gian thí nghiệm. Căn cứ vào thời gian tác động thực tế của các cơn bão lên bờ biển miền Bắc, lựa chọn thời gian mô phỏng là 4 giờ. Quá trình mô phỏng cần đảm bảo số lượng các cơn sóng tràn, thể tích tràn tương ứng cũng như thời điểm tác động thích hợp để sao cho các hư hỏng nếu xuất hiện sẽ diễn biến tương tự như trong thực tế.

Tính toán điều khiển Máy xả sóng

Công thức sóng leo và sóng tràn của TAW 2002 [2] được sử dụng để tính toán điều khiển Máy xả sóng theo các bước trình bày sau đây. Sử dụng lưu lượng tràn trung bình, q , để tính toán hàm phân bố xác suất thể tích tràn của mỗi cơn sóng, V . Hàm này tuân theo phân bố Weibull với hệ số hình dạng 0,75 và hệ số tỷ lệ, a , có giá trị phụ thuộc vào lưu lượng, q , và xác suất của các cơn sóng tràn, P_{ov} . Hàm phân bố xác suất có dạng:

$$P_V = P(\underline{V} \geq V) = \exp\left(-\left(\frac{V}{a}\right)^{0,75}\right) \quad (1)$$

Trong đó :

P_V là xác suất mà thể tích sóng tràn trên một cơn sóng \underline{V} nhỏ hơn hoặc bằng V (m^3/m), q là lưu lượng tràn trung bình thời gian ($m^3/s/m$)

với

$$a = 0,84 \cdot T_m \cdot q / P_{ov} = 0,84 \cdot T_m \cdot q \cdot N_w / N_{ow} \quad (2)$$

$P_{ov} = N_{ow} / N_w$ là xác suất tràn của một cơn sóng, trong đó N_{ow} là tổng số các cơn sóng tràn trong suốt thời gian bão và N_w là tổng số các cơn sóng trong suốt thời gian bão.

Xác suất tràn của một cơn sóng phụ thuộc vào tỷ lệ giữa chiều cao lưu không và chiều cao sóng leo 2%, được tính toán như sau:

$$P_{ov} = \exp\left[-\left(\sqrt{-\ln 0,02}(R_c / R_{u2\%})\right)^2\right] \quad (3)$$

Công thức trên áp dụng đối với giả thiết rằng phân bố xác suất của chiều cao sóng leo tuân theo phân bố Rayleigh. Chiều cao sóng leo ứng với 2%, $R_{u2\%}$, được tính như sau:

$$R_{u2\%} / H_{m0} = 1,75 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \xi_0 \quad (4)$$

Với giá trị lớn nhất khi chỉ số tương tự sóng vờ, $\xi_0 = \tan \alpha / \sqrt{s_0}$, lớn:

$$R_{u2\%} / H_{m0} = \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot (4,3 - 1,6 / \sqrt{\xi_0}) \quad (5)$$

trong đó độ dốc sóng tính theo chu kỳ phổ đặc trưng, $T_{m-1,0} = T_p / 1,1$, như sau:

$$s_0 = 2 \cdot \pi \cdot H_{m0} / (g \cdot T_{m-1,0}^2) \quad (6)$$

Để đơn giản, các hệ số ảnh hưởng của cơ đê, γ_b , ảnh hưởng do độ nhám của các cấu kiện trên mái, γ_f , ảnh hưởng do góc sóng tới, γ_β , đều được lấy bằng 1. Lưu lượng sóng tràn đơn vị trung bình được tính như sau:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = \frac{0,067}{\sqrt{\tan \alpha}} \xi_0 \exp\left(-4,3 \frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_0}\right) \quad (7)$$

với giá trị lớn nhất không phụ thuộc ξ_0

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,2 \cdot \xi_0 \cdot \exp\left(-2,3 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) \quad (8)$$

Từ các thông số sóng thiết kế, tính được chiều cao sóng leo 2% trên mực nước tĩnh

$R_{u2\%} = 3,65$ m theo (4). Lựa chọn một giá trị lưu lượng tràn đơn vị trung bình dự kiến mô phỏng, ví dụ 20 l/s/m để tính chiều cao lưu không tương ứng theo (7) hoặc (8). Dựa vào tỷ số giữa chiều cao lưu không và chiều cao sóng leo, $(R_c / R_{u2\%})$ để tính xác suất sóng tràn, $P_{ov} = 0,344$ theo (3). Lựa chọn thời đoạn mô phỏng để thuận lợi cho việc quan sát, theo dõi diễn biến hư hỏng trên mái dề, ví dụ 1 giờ = 3600 s, tương ứng với tổng số con sóng $N_w = 3600 / T_m = 690$. Như vậy số con sóng tràn sẽ là $N_{ow} = N_w \cdot P_{ov} = 231$.

Tiếp tục tính hệ số tỷ lệ, a , của hàm phân bố xác suất thể tích tràn của mỗi con sóng theo (2). Lập bảng tính với các cấp thể tích tràn đơn vị, V , từ nhỏ tới lớn tương ứng với một giá trị lưu lượng tràn đơn vị trung bình, q , theo (1). Trong đó, $P_v = i / N_{ov}$, với i là số thứ tự giảm dần từ $N_{ov} = 231$ tới 1. Với lưu lượng máy bơm thực tế cấp vào thùng máy, q_p (l/s/m), tương ứng với mỗi thể tích, V_i , tính được thời gian tích nước vào thùng

là $\Delta t_{pi} = V_i / q_p$. Cộng dồn chuỗi các giá trị

được mô phỏng. Bảng 1 thể hiện trích đoạn bảng điều khiển Máy xả sóng trong 1 giờ bao gồm các thể tích tràn, thời gian bơm cần thiết và chuỗi thời điểm mở cửa van để xả nước.

Bảng 1. Trích đoạn bảng điều khiển.

TT	P_v	V [m ³ /m]	Δt [s]	Thời điểm hh : mm : ss
231	1,000	0,00	0,00	0:00:00
...				
224	0,970	0,01	0,54	0:00:02
...				
41	0,177	0,60	30,21	0:34:56
40	0,173	0,61	30,65	0:35:27
39	0,169	0,62	31,09	0:35:58
...				
3	0,013	1,52	75,92	1:03:15
2	0,009	1,66	83,00	1:04:38
1	0,004	1,90	95,12	1:06:13

Trình tự thí nghiệm

Trình tự thực hiện một thời đoạn thí nghiệm bao gồm: kiểm tra sự vận hành của các thiết bị, xác định lưu lượng máy bơm thực tế, tạo bảng điều khiển, tiến hành thí nghiệm, đo đạc và chụp ảnh. Trình tự thực hiện, yêu cầu về thời gian và nhân lực cho mỗi công đoạn được trình bày trong Bảng 2.

Một cơn bão mô phỏng được chia thành 4 thời đoạn, mỗi thời đoạn 1 giờ, giữa các thời đoạn thí nghiệm, mái dề được đo đạc và chụp ảnh để theo dõi diễn biến hư hỏng. Các phần sau đây lần lượt trình bày phương pháp đo đạc và dạng kết quả thu được sau khi xử lý.

Bảng 2. Trình tự tiến hành một thời đoạn thí nghiệm.

TT	Công việc	Giờ	Người	Ghi chú
1	Chuẩn bị và khởi động các thiết bị	0,5	03	xác định lưu lượng bơm
2	Tạo bảng điều khiển Máy xả sóng	0,2	01	tương ứng một lưu lượng mô phỏng và một lưu lượng bơm
3	Tiến hành xả nước thí nghiệm	1,25	03	khoảng 1 giờ
4	Vệ sinh rọ bơm, khu vực hút	0,25	03	
5	Chụp ảnh mái dề	1,0	2	Máy ảnh, bảng tên
6	Đo đạc mặt cắt	0,5	3	Thước, bảng ghi
7	Đo đạc, chụp ảnh hồ xói	0,5	3	Thước dây, máy ảnh, bảng ghi
	Tổng cộng	4,2		

Đo mặt cắt mái dề

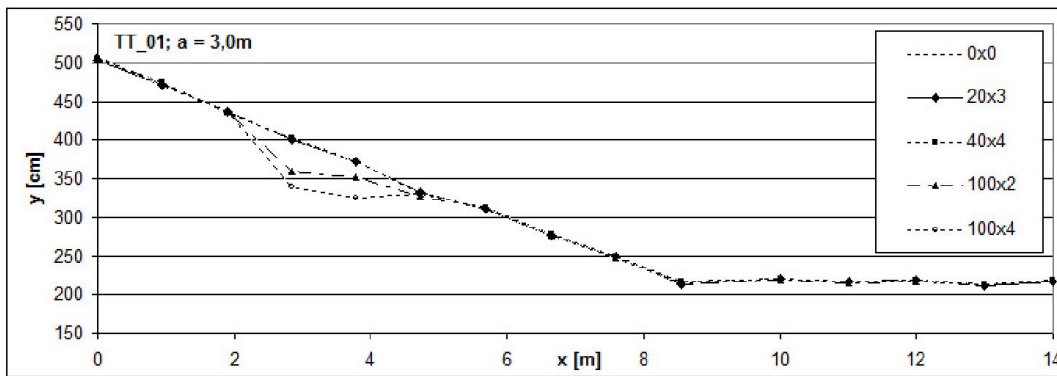
Để đo mặt cắt mái dề, sử dụng một thanh ngang, trên có vạch chia khoảng cách, đặt trên hai thanh đỡ có thể di chuyển bên ngoài hai tường bên. Một thước thẳng được giữ thẳng đứng tại các

vị trí cần đo, 1 điểm / 1 m dọc mái dề từ trên xuống, 1 điểm / 0,5 m ngang mái dề song song với đỉnh và chân dề. Đọc số chỉ trên thước tại giao điểm giữa thước thẳng và thanh ngang rồi ghi vào bảng lập sẵn. Tọa độ của một điểm là cặp giá trị:

khoảng cách trên mái dốc từ đỉnh đê tới điểm đo và giá trị số đọc trên thước thẳng. Tọa độ này sẽ được xử lý để vẽ mặt cắt mái đê. Sai số của đo đạc này vào khoảng 5 cm. Mật độ điểm đo càng lớn thì thời gian đo đạc càng kéo dài. Trung bình cần khoảng 30 tới 45 phút để đo 5 mặt cắt mái đê sau mỗi thời đoạn thí nghiệm. Hình 2 minh họa cách thức đo mặt cắt mái đê trồng cỏ tại Thái Bình giữa hai thời đoạn thí nghiệm. Hình 3 thể hiện mặt cắt mái đê của một vị trí kiểm tra tại các thời điểm khác nhau trong quá trình thí nghiệm. Hồ xói hình thành rõ nét khi xả lưu lượng 100 l/s/m, và sau 4 giờ kiểm tra với lưu lượng này hồ xói đạt chiều sâu lớn nhất khoảng 70 cm, chiều dài khoảng hơn 3 m. Hư hỏng đã không hình thành ở chân đê.



Hình 2. Đo mặt cắt mái đê.



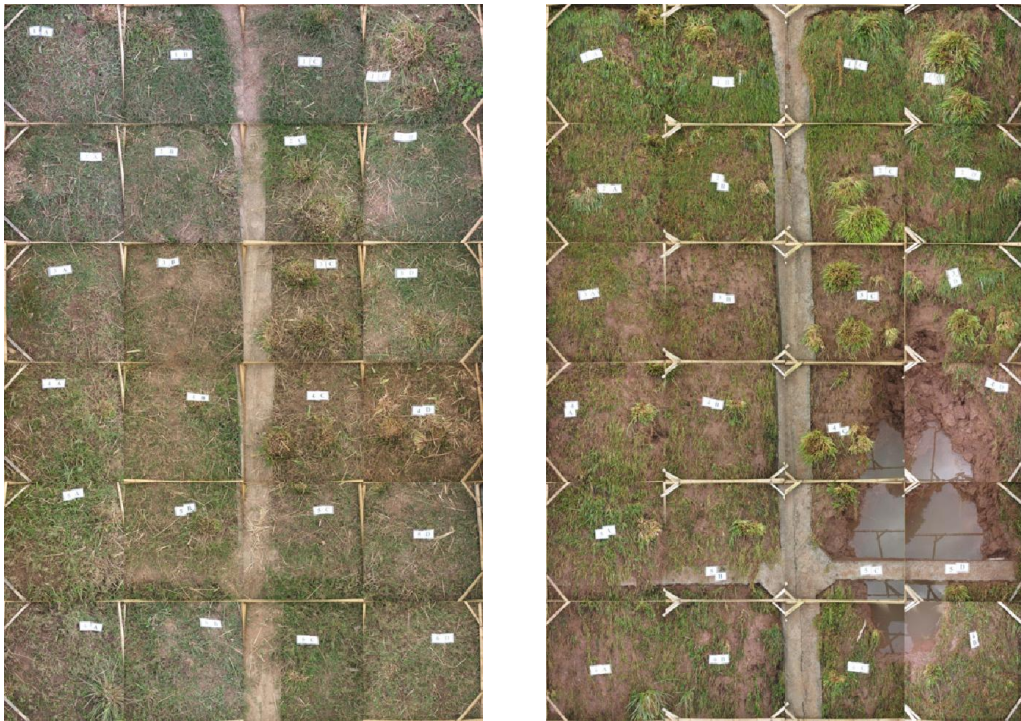
Hình 3. Diễn biến mặt cắt mái đê dưới tác động của các cấp lưu lượng tràn.

Hình ảnh mái đê

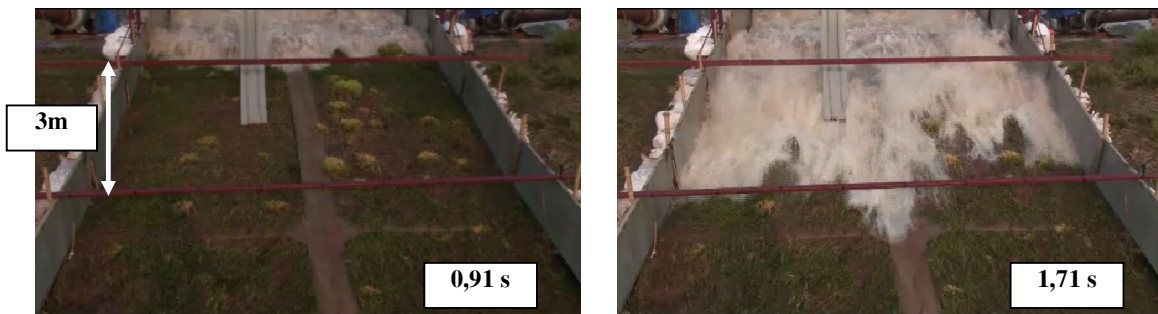
Phương pháp đơn giản và trực quan nhất để theo dõi sự biến đổi mái đê cỏ dưới tác động của sóng tràn là chụp ảnh tại các thời điểm khác nhau để so sánh. Sử dụng khung tre hình chữ nhật, kích thước 4x1m để chụp ảnh từng ô vuông diện tích 1x1m mái đê theo thứ tự định sẵn. Từng tấm ảnh 1x1m được cắt thành hình vuông, sau đó được ghép lại thành ảnh hoàn chỉnh của cả diện tích mái theo dõi, chiều rộng 4 m bằng khoảng cách giữa hai tường bên và chiều dài tùy thuộc vào chiều dài mái đê. Hình 4 so sánh tình trạng mái đê trồng cỏ trước và sau thí nghiệm với lưu lượng lớn nhất là 120 l/s/m. Hình ảnh của khu vực mái đê kiểm tra được ghép từ các ảnh nhỏ chụp từng ô 1x1m. Hình ảnh dạng này giúp ta theo dõi vị trí xuất hiện hư hỏng đầu tiên và xu hướng mở rộng của hư hỏng dưới tác động của dòng chảy được Máy xả sóng tạo ra.

Đo đạc dòng chảy trên mái đê

Dòng chảy trên mái đê là nguyên nhân chính gây hư hỏng, do đó việc xác định các đặc trưng dòng chảy như vận tốc và chiều dày lớp dòng chảy đã được thực hiện trong các đợt thí nghiệm. Dòng chảy được máy xả sóng tạo ra có đặc điểm là lượng hàm khí lớn, xem Hình 5, vận tốc có giá trị lớn và dòng chảy không liên tục. Các thiết bị đo dòng chảy liên tục trong phòng thí nghiệm không phù hợp cho dạng dòng chảy này. Sử dụng một ván gỗ mỏng, một đầu dễ dàng được nâng lên khi có dòng chảy, một đầu gắn với bản lề có thể quay quanh một trục cố định nằm ngang, trục này được gắn thiết bị đo góc quay. Dòng chảy nâng một đầu ván gỗ lên và quay, góc quay này được ghi lại và chuyển đổi thành chiều dày dòng chảy. Vận tốc phân đầu của dòng chảy trên mái đê được xác định bằng máy quay kỹ thuật số. Hình 5 thể hiện 2 hình ảnh của dòng chảy dịch chuyển một khoảng 3 m trên mái đê trong 0,8 giây, do đó vận tốc phân đầu dòng chảy là $3 / 0,8 = 3,75$ m/s.



Hình 4. Tình trạng mái cỏ ban đầu (trái) và sau khi thí nghiệm (phải), đê Thái Bình.



Hình 5. Phần đầu dòng chảy dịch chuyển một đoạn 3 m trong 0,8 giây. Thể tích tràn 500 l/m.

Vận tốc dòng chảy

Đo đạc vận tốc được thực hiện với thể tích tràn đơn vị khác nhau, tăng từ nhỏ tới lớn như 500; 1000; 2000; 3000; 4000 và 5000 l/m. Đo đạc được lặp lại 3 lần cho mỗi giá trị thể tích đơn vị. Tập hợp các giá trị đo đưa ra quan hệ giữa thể tích tràn và vận tốc dòng chảy/chiều dài dòng chảy. Hình 6 minh họa kết quả đo vận tốc dòng chảy trên mái đê trồng hỗn hợp cỏ Gà và cỏ Vetiver, hệ số mái $m=3$ ở Thái Bình. Có thể nhận thấy rằng khi thể tích tràn tăng lên thì vận tốc dòng chảy cũng tăng lên.

Khả năng chịu sóng tràn của mái đê

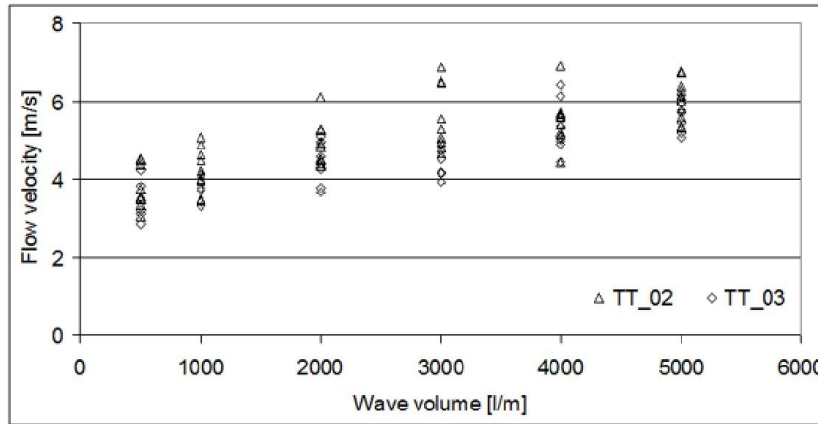
Một trong những mục đích chính của thí nghiệm với Máy xả sóng là xác định khả năng

chịu sóng tràn của mái đê cỏ. Tại mỗi vị trí mái đê kiểm tra, các lưu lượng được mô phỏng tăng dần từ nhỏ tới lớn, mỗi cấp lưu lượng kéo dài tối đa 4 giờ. Thí nghiệm được dừng lại khi mái đê bị phá hoại đáng kể, hư hỏng đạt kích thước lớn có thể gây mất ổn định đê. Trong phạm vi 50 m thuộc tuyến đê biển Hải Hậu – Nam Định, 3 vị trí kiểm tra thể hiện 3 khả năng chịu sóng tràn khác nhau và diễn biến hư hỏng cũng rất khác nhau [3]. Vị trí thứ nhất, mái đê bằng phẳng không có các vết xói hay hang chuột, cỏ Gà mọc tốt che phủ đều đặn trên toàn diện tích kiểm tra, lưu lượng lớn nhất 70 l/s/m. Kết thúc thí nghiệm, hố xói vẫn chưa phát triển tới lõi đê bằng cát, chiều dày lớp đất thịt bên ngoài

khoảng 100 cm. Vị trí thứ hai, mái đê có sẵn một số vết xói, khoảng giữa mái có một cây phi lao, đường kính đo tại gốc 7 cm, cỏ Gà và một số loại cỏ địa phương mọc không đều, lưu lượng lớn nhất 20 l/s/m. Lớp đất thịt pha cát bọc ngoài nhanh chóng bị xuyên thủng, chiều dày khoảng 80 cm, hố xói phát triển tới lõi đê cát do đó thí nghiệm phải dừng lại.

Cơ chế hư hỏng mái đê

Dựa trên quan sát trong quá trình thí nghiệm, bước đầu đã xác định được những vị trí xung yếu, dễ bị phá hoại trên mái đê trồng cỏ do sóng tràn: những vị trí chuyển tiếp hình học, chuyển tiếp vật liệu và tại những vết xói hay chướng ngại vật sẵn có trên mái đê. Những yếu tố chi phối quá trình hư hỏng như vận tốc dòng chảy, đặc tính của vật liệu đất có chứa rễ cỏ đang được tiếp tục tìm hiểu và nghiên cứu.



Hình 6. Quan hệ giữa thể tích tràn đơn vị và vận tốc dòng chảy trên mái đê cỏ hỗn hợp.

Tài liệu tham khảo

- [1] Van der Meer, J.W., Snijders, W., and Regeling, E., 2006. The wave overtopping simulator. ASCE, proc. ICCE 2006, San Diego, 4654-4666.
- [2] TAW, 2002. Wave run-up and wave overtopping at dikes. Technical Report Technical Advisory Committee for Flood Defence in the Netherlands (TAW), Delft.
- [3] Lê Hải Trung, van der Meer, J.W., Schiereck, G.J., Cat, V.M., van der Meer G., 2010. Wave overtopping simulator tests in Viet Nam. ASCE, proc. ICCE 2010, Shanghai, China.
- [4] Lê Hải Trung, Vũ Minh Cát, van der Meer, J.W., 2011. Máy xả sóng, thiết bị kiểm tra khả năng chịu sóng tràn của mái đê biển trồng cỏ. Tạp chí KHKT Thủy Lợi & Môi Trường, số 32.

Abstract

EXPERIMENTAL PROCEDURE OF TESTING WITH THE WAVE OVERTOPPING SIMULATOR

The simulator has been used to test the wave overtopping resistance of different grass-covered dike slopes in the North of Viet Nam. Test locations were selected to satisfy conditions of logistics and experiment. Steering file controlling the bottom valves is calculated using overtopping formulae of TAW 2002. All tests were conducted in a common procedure lasting about more than 4 hours including measurement of the slope profile, photography of the grass slope. Besides, flow velocity and flow depth were measured with the digital camcorder and the flow board giving relations between overtopping volume and these flow parameters. After testing, maximum overtopping discharge at each slope section was determined.