

# MÁY XẢ SÓNG, THIẾT BỊ KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỊU SÓNG TRÀN CỦA MÁI ĐÊ BIỂN TRỒNG CỎ

**Lê Hải Trung, Vũ Minh Cát**

*Trường Đại học Thủy lợi*

**Jentsje W. van der Meer**

*Van der Meer Consulting B.V.*

**Tóm tắt:** Máy xả sóng là một thiết bị có khả năng mô phỏng (tạo ra) các con sóng tràn trên đỉnh và mái trong của đê biển thực tế. Cơ sở của thiết bị này là khi xem xét hiện tượng sóng tràn qua đê thì không cần phải mô phỏng toàn bộ con sóng thực tế mà chỉ cần mô phỏng phần sóng tràn qua đỉnh. Bên cạnh đó, lý thuyết về sóng tràn đã được nghiên cứu trong nhiều năm, có thể miêu tả chi tiết diễn biến thủy lực trên đỉnh đê. Nước được cấp liên tục vào Máy xả sóng với một lưu lượng không đổi và được xả ra tại những thời điểm tính toán trước, tạo ra con sóng tràn. Máy xả sóng đã được sử dụng để kiểm tra khả năng chịu sóng tràn của mái đê trồng cỏ tại Hải Phòng, Nam Định và Thái Bình trong năm 2009 và 2010. Bài báo này giới thiệu cơ sở lý thuyết, thiết kế và chế tạo thiết bị Máy xả sóng.

## **Giới thiệu**

Do các hạn chế kỹ thuật, sóng tràn qua đê biển thường được xem xét dưới hai khía cạnh khá độc lập nhưng có quan hệ chặt chẽ với nhau. Một là nghiên cứu các tham số sóng tràn tương ứng với các điều kiện sóng và hình dạng mặt cắt đê biển và có thể được tiến hành trong các máng sóng hay bể sóng với mô hình tỷ lệ nhỏ. Hai là độ bền của đỉnh đê và mái đê dưới tác động của hiện tượng sóng tràn thường được xem xét riêng do những tính chất của cường độ vật liệu như đất đắp và cỏ rất khó có thể hay thậm chí là không thể thu nhỏ. Vấn đề này đòi hỏi phải được nghiên cứu trên mái đê thực tế hay mô hình nguyên hình trong những máng sóng lớn. Hiện nay tại Việt Nam chưa có máng sóng nào đủ lớn để xây dựng mô hình mặt cắt đê tỷ lệ 1:1. Bài báo này giới thiệu Máy xả sóng là thiết bị được sử dụng để kiểm tra khả năng chịu sóng tràn của mái đê biển trồng cỏ ngoài thực tế.

## **Cơ sở nghiên cứu phát triển Máy xả sóng**

Việc nghiên cứu phát triển một thiết bị có khả năng mô phỏng các con sóng tràn trên đỉnh và mái đê phía trong dựa trên các cơ sở:

- Hiện tượng sóng vỡ trên mái dốc và tạo ra nước tràn qua đê đã được nghiên cứu đầy đủ;
- Các tham số sóng tràn như thể tích, phân

bố, vận tốc và chiều dày dòng chảy trên đỉnh đê đều có thể tính toán được;

- Khi mô phỏng sóng tràn, không nhất thiết phải mô phỏng toàn bộ con sóng thực tế;
- Tiến hành thí nghiệm trên đê thật chi phí thấp hơn và đúng với thực tế hơn thí nghiệm trong máng sóng.

Dưới tác động của sóng tràn, mái đê phía trong có độ dốc lớn có thể bị hư hỏng do cung trượt sâu như đã xảy ra trước đây ở Hà Lan, Việt Nam. Đây chính là lý do các thiết kế đê biển gần đây trên thế giới thường có mái trong thoải với hệ số nhỏ hơn 1:3 để tránh hình thành cung trượt sâu, Van der Meer (2006). Tuy nhiên tại Việt Nam hiện nay, mái đê phía trong có hệ số mái lớn hơn 1:3 khá phổ biến. Theo các quan sát và ghi nhận thực tế, một số hiện tượng có thể xảy ra trên mái đê thoải trồng cỏ dưới tác động của sóng tràn là:

- Mái cỏ bị xói cục bộ, hình thành các rãnh và hố trên mái cỏ;
- Trượt nông dưới lớp cỏ che phủ khoảng 0,2 tới 0,3 m, hệ thống rễ cỏ phát triển chủ yếu trong phạm vi này;
- Trượt nông dưới lớp đất ngoài cùng thường được đắp bằng đất thịt dày 0,5 tới 1,0 m.

Trong các tài liệu hướng dẫn hiện thời, thông

tin về độ bền của mái trong đê biển còn khá sơ sài, và hầu hết đều dựa trên các nghiên cứu dòng tràn chứ không phải sóng tràn. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu lý thuyết về cơ chế hư hỏng mái đê gây ra bởi sóng tràn đã được thực hiện ví dụ như mô hình trượt nông (Young, 2005). Tuy nhiên, các mô hình lý thuyết này cần được kiểm nghiệm bằng các kết quả quan sát, đo đạc và thí nghiệm mô hình.

### Mục đích của Máy xả sóng

Mục đích của Máy xả sóng là để mô phỏng (tạo ra) các con sóng trong một cơn bão xác định tràn qua đỉnh đê thực tế, nhằm nghiên cứu sự ổn định và cơ chế hư hỏng của đỉnh và mái đê phía trong dưới tác động của hiện tượng sóng tràn.

### Các đặc trưng sóng tràn trên đỉnh đê

Hiện tượng sóng tràn thường được đặc trưng bởi một lưu lượng tràn trung bình  $q$  trên 1 đơn vị chiều dài, tính bằng  $m^3/s/m$  hay lít/s/m, được tính bằng tổng lượng nước tràn qua đê trong một thời gian xác định, chia cho tổng thời gian đó. Tuy nhiên giá trị trung bình này đối lập với diễn biến thực tế của hiện tượng sóng tràn mang tính động và ngẫu nhiên. Tại một số thời điểm các con sóng lớn leo tới đỉnh và trong một vài giây tạo ra những lượng nước lớn tràn qua đỉnh. Toàn bộ quá trình thủy lực này đã được nghiên cứu trong nhiều năm và kết quả thu được có thể được sử dụng để miêu tả chi tiết Máy xả sóng cần phải hoạt động như thế nào.

Các công thức tính toán lưu lượng sóng tràn trung bình được đưa ra trong TAW (2002), EA Manual (Besley, 1999) và trong EAK (2002). Công thức sóng leo và sóng tràn của TAW (2002) được sử dụng để tính toán thiết kế Máy xả sóng, những sẽ không được nhắc tới trong bài báo này.

Chiều cao sóng leo 2% theo TAW (2002) có thể được sử dụng để tính toán phần trăm các con sóng tràn qua một chiều cao lưu không nào đó, với giả thiết rằng các chiều cao sóng leo tuân theo phân bố Rayleigh. Mỗi con sóng tràn tạo ra một thể tích xác định,  $V$ , tràn qua đỉnh. Phân bố của các thể tích tràn này có thể được miêu tả bởi một phân bố Weibull với hệ số hình dạng 0,75 và hệ số tỷ lệ  $a$ , phụ thuộc vào lưu lượng sóng

tràn trung bình và xác suất của một con sóng tràn,  $P_{ov}$ , xem TAW (2002). Hàm phân bố xác suất có dạng:

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

với  $a = 0,84T_m q / P_{ov}$

Máy xả sóng cần phải thỏa mãn hàm mật độ xác suất trong công thức (1). Gần đây một số nghiên cứu về vận tốc và chiều dày dòng chảy trên đỉnh đê đã được thực hiện. Schüttrumpf và Van Gent (2003), đưa ra công thức vận tốc lớn nhất,  $u_{A,2\%}$ , và chiều dày dòng chảy lớn nhất,  $h_{A,2\%}$ , tại vị trí chuyển tiếp giữa mái ngoài và đỉnh đê, mà chỉ có 2% số con sóng tới vượt qua.

$$\frac{u_{A,2\%}}{\sqrt{gH_S}} = c_{A,u}^* \sqrt{\left(\frac{R_{u2\%} - R_c}{H_S}\right)} \quad (2)$$

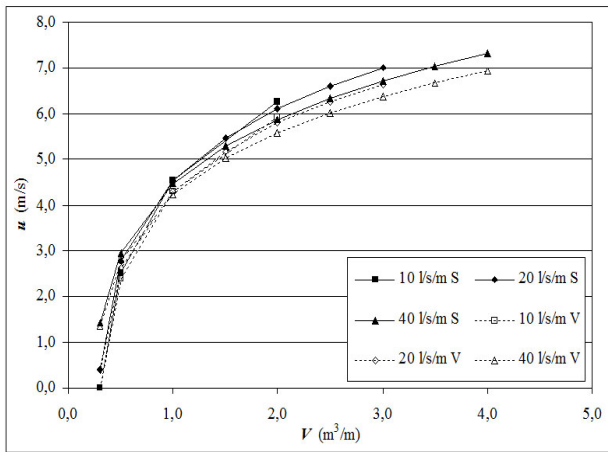
$$\frac{h_{A,2\%}}{H_S} = c_{A,h}^* \sqrt{\left(\frac{R_{u2\%} - R_c}{H_S}\right)} \quad (3)$$

trong đó  $R_{u2\%}$  là chiều cao sóng leo 2% và  $R_c$  là chiều cao lưu không đỉnh đê.

Các hệ số kinh nghiệm  $c_{A,h}^*$  và  $c_{A,u}^*$  được xác định trong hai nghiên cứu độc lập, xem Schüttrumpf (2002) và Van Gent (2002). Các hệ số có giá trị lần lượt là  $c_{A,h}^* = 0,33$  và  $0,15$  và  $c_{A,u}^* = 1,37$  và  $1,30$ . Hệ số đối với vận tốc lớn nhất có giá trị tương tự nhau, nhưng đối với chiều dày dòng chảy thì sự chênh lệch lên tới hơn 2 lần. Trong bài báo này, cả hai giá trị hệ số cho chiều dày dòng chảy sẽ được sử dụng. Đối với vận tốc dòng chảy lớn nhất giá trị trung bình  $c_{A,u}^* = 1,33$  sẽ được sử dụng.

Các công thức trên chỉ đúng với các giá trị 2%. Việc tính chiều dày và vận tốc dòng chảy lớn nhất ứng với mỗi giá trị phần trăm là có thể, và do đó cũng có thể tính toán cho mỗi giá trị thể tích tràn, nếu như sóng leo được giả thiết có phân bố Rayleigh. Bằng cách làm như vậy, giá trị vận tốc và chiều dày dòng chảy lớn nhất có thể được tính toán cho mỗi thể tích tràn xảy ra trong một trận bão đặc trưng bởi một lưu lượng tràn trung bình xác định.

Hình 1 biểu diễn giá trị vận tốc lớn nhất cho các lưu lượng tràn 10; 20 và 40 l/s/m tại mép phía biển của đỉnh đê. Các lưu lượng tràn trung bình khác nhau cho các giá trị vận tốc tương tự đối với cùng một thể tích của một con sóng tràn. Về mặt lý thuyết, điều này là hợp lý, vì bản thân cùng một thể tích tràn gần như độc lập với lưu lượng tràn trung bình. Một thể tích tràn đơn vị 1000 l/m do lưu lượng tràn trung bình 10 l/s/m tạo ra cũng tương tự như thể tích tràn 1000 l/m do lưu lượng tràn trung bình 40 l/s/m tạo ra. Sự khác nhau ở đây là lưu lượng trung bình lớn hơn tạo ra nhiều cấp thể tích tràn này hơn, nhưng bản thân cấp thể tích tràn không thể khác nhau quá nhiều khi mà chu kỳ sóng gần như bằng nhau.



Hình 1. Vận tốc dòng chảy lớn nhất tại mép phía biển của đỉnh đê phụ thuộc thể tích tràn của từng con sóng; trường hợp  $H_s = 1,5\text{ m}$ ,  $T_p = 6\text{ s}$ , mái dốc phía biển  $\tan \alpha = 0,25$ .

### Con bão đặc trưng với các tham số tràn

Lượng sóng tràn qua đê phụ thuộc vào các điều kiện biên về sóng (chiều cao sóng, chu kỳ và hướng, mực nước) phía trước đê và đặc trưng hình học của đê. Nhìn chung, con sóng với chiều cao khoảng 1,5 m và chu kỳ khoảng 6 giây xuất hiện khá phổ biến dọc bờ biển miền Bắc Việt Nam. Trong thực tế chiều cao sóng có thể khác 1,5 m, nhưng để kiểm tra với Máy xả sóng thì giá trị 1,5 m được xem là hợp lý. Các tham số sóng được sử dụng để thiết kế Máy xả sóng như sau:

- Chiều cao sóng  $H_s = 1,5\text{ m}$ ;
- Chu kỳ đỉnh  $T_p = 6,0\text{ s}$  (độ dốc sóng  $s_{op} = 0,032$ );
- Chu kỳ trung bình  $T_m = 5,22\text{ s}$  (sử dụng quan hệ  $T_p = 1,15T_m$ )

Giả thiết mái phía biển có hệ số 1:4 và thời gian kéo dài một cơn bão là 4 giờ. Với các giá trị này cùng với các tham số sóng trên đây, các tham số sóng tràn có thể được tính toán cho một giá trị lưu không đỉnh đê cho trước với các lưu lượng tràn trung bình 0,1; 10; 20 và 40 l/s/m, Bảng 1. Với các đặc trưng sóng như trên, chiều cao sóng leo 2% là 3,65 m trên mực nước tĩnh. Nếu cao trình đỉnh ngang với chiều cao sóng leo 2%, thì lưu lượng tràn là 5,8 l/s/m và trong khoảng thời gian 4 giờ có 52 cơn sóng tràn qua đỉnh.

Sự khác nhau chủ yếu trong Bảng 1 là số lượng các cơn sóng tràn. Với 10 l/s/m chỉ có 610 cơn sóng tràn qua đỉnh trong vòng 4 giờ, với 40 l/s/m con số này là hơn 1300.

Bảng 1. Tham số sóng tràn với mái dốc 1:4, cơn bão trong 4 giờ và  $H_s = 1,5\text{ m}$ ,  $T_p = 6\text{ s}$

Lưu lượng tràn	(l/s/m)	0,10	10,00	20,00	40,00
Xác suất tràn	(-)	0,003	0,221	0,334	0,474
Số cơn sóng trong 4 giờ	(-)	2760	2760	2760	2760
Số cơn sóng tràn	(-)	7	610	923	1307
Thể tích tràn lớn nhất	(l/m)	416,21	2363,97	3395,45	5122,86

### Yêu cầu đối với Máy xả sóng

Bảng 1 chỉ đưa ra thể tích tràn lớn nhất trong một trận bão. Tuy nhiên các thể tích tràn của các

con sóng tuân theo luật phân bố như công thức (1), phân bố này cần phải được Máy xả sóng tạo ra (mô phỏng) một cách tương đối chính xác bởi

một số lượng cố định các thể tích tràn. Mô phỏng chính xác từng thể tích sóng tràn về mặt lý thuyết là không thực sự cần thiết và về mặt kỹ thuật là khá phức tạp.

**Bảng 2.** Yêu cầu hiệu chỉnh Máy xả sóng

$V$ (l/m)	$u$ (m/s)	Biên độ (m/s)	$t$ (s)
50	2,0-2,5	1,5-3,0	1,5-2,5
150	2,9-3,2	2,5-3,5	1,5-2,5
400	4,1-4,3	3,5-5,0	2,0-3,0
1000	5,7	5,0-6,5	3,0-4,0
2500	6,9	6,0-8,0	3,5-5,0
3500	7,6	6,5-8,5	3,5-5,0

Để đảm bảo mô phỏng đúng với thực tế thì các thể tích tràn cần phải được tạo ra theo một thứ tự ngẫu nhiên. Bên cạnh các giá trị vận tốc dòng chảy lớn nhất và chiều dày dòng chảy lớn nhất trên đỉnh đê (công thức 2 và 3), dòng chảy cũng tạo ra những giá trị khác theo thời gian. Máy xả sóng cần phải thực sự mô phỏng được biến đổi theo thời gian của vận tốc dòng chảy và chiều dày dòng chảy chứ không phải chỉ những giá trị lớn nhất. Để thiết kế và hiệu chỉnh Máy xả sóng, thời gian để toàn bộ thể tích của một con sóng chảy qua đỉnh đê cần phải được xác định. Ta giả thiết rằng thời gian duy trì dòng chảy lớn nhất khoảng  $(0,5 - 0,8)T_p$  mô phỏng các thể tích lớn (kéo dài 3 tới 5 giây) và khoảng  $(0,3 - 0,5)T_p$  thì mô phỏng các thể tích nhỏ (kéo dài 2 tới 3 giây).

Dựa trên Hình 1 với các giá trị vận tốc dòng chảy ước lượng, các yêu cầu đã được thiết lập cho Máy xả sóng như trong Bảng 2.

#### **Thiết kế và hiệu chỉnh Máy xả sóng**

Các con sóng tràn phân bố ngẫu nhiên theo thời gian và tạo ra các thể tích tràn khác nhau ứng với mỗi con sóng. Đối với một thể tích tràn cho trước, dòng chảy được đặc trưng bởi một vận tốc xác định trên đỉnh và mái trong, với một chiều dày dòng chảy nhất định và trong một thời gian xác định, như Bảng 2. Máy xả sóng cần phải mô phỏng đúng sự biến đổi vận tốc và chiều dày dòng chảy theo thời gian trên đỉnh đê

đối với mỗi thể tích tràn.

Chiều cao khối nước phía trên cửa van xác định vận tốc dòng chảy tại cửa van (Bernoulli). Với chiều cao áp lực,  $x$ , sơ bộ có thể giả thiết vận tốc tại cửa van là:

$$u = \sqrt{2gx} \quad (4)$$

Với thể tích tràn xác định và giá trị vận tốc yêu cầu tại đỉnh đê trong Bảng 2, có thể tính được chiều cao áp lực và chiều rộng,  $b$ , của thùng chứa tương ứng yêu cầu như Bảng 3.

Hình dạng của mỗi thể tích tràn được minh họa bằng các nét mảnh trong Hình 3. Thể tích tràn nhỏ yêu cầu chiều cao áp lực nhỏ và chiều rộng nhỏ. Thể tích tràn lớn yêu cầu chiều cao khá lớn và chiều rộng vẫn phải nhỏ. Những yêu cầu lý thuyết này dẫn tới thùng chứa có dạng mảnh.

Các giá trị vận tốc được tính trực tiếp tại đỉnh đê. Trong thực tế cần có khoảng không để bố trí bộ phận chuyển tiếp thay đổi phương dòng chảy từ thẳng đứng thành nằm ngang. Do đó cửa van được bố trí cách đỉnh đê một khoảng xác định. Với mục đích tạo ra thể tích nhỏ gần đỉnh và tạo ra chiều cao áp lực đủ lớn cho thể tích lớn, hình dạng thùng chứa được chọn như trong Hình 2 để thiết kế. Chiều cao thùng có thể được điều chỉnh bằng các chân. Cửa van bướm được đặt ở phần đáy thùng.

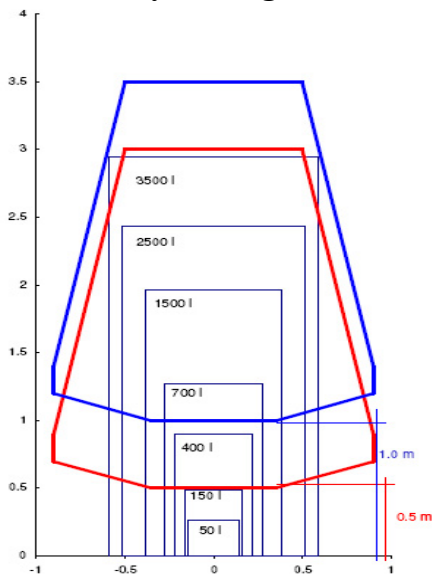
**Bảng 3.** Chiều cao áp lực, chiều rộng yêu cầu

$V$ (l/m)	$u$ (m/s)	$x$ (m)	$b$ (m)
50	2,0-2,5	0,27	0,19
150	2,9-3,2	0,49	0,31
400	4,1-4,3	0,90	0,44
700	4,8-5,1	1,27	0,55
1500	6,2	1,96	0,77
2500	6,9	2,43	1,03
3500	7,6	2,94	1,19

Nhằm tối ưu hóa sự vận hành của Máy xả sóng, cần phải hiệu chỉnh các thông số thiết kế sơ bộ như hình dạng và kích thước đoạn chuyển tiếp, khoảng cách từ đáy thùng tới đỉnh đê, tốc độ và độ rộng mở cửa van.

Một số lượng đáng kể các đo đạc, quan sát đã được thực hiện với một phiên bản thử nghiệm thu nhỏ của Máy xả sóng dẫn tới các yêu cầu thiết kế cho Máy xả sóng thực tế. Van xả có độ rộng mở yêu cầu là 0,5 m và phải được mở tối đa, vận hành đóng mở cửa van được thực hiện bằng hệ thống xilanh thủy lực. Đoạn chuyển tiếp phải được nối trực tiếp vào phía sau của van, tạo ra sự chuyển hướng nhịp nhàng của dòng chảy. Ống bơm được bố trí cấp nước từ đỉnh thùng nhằm tạo ra lưu lượng ổn định.

**Kích thước Máy xả sóng**

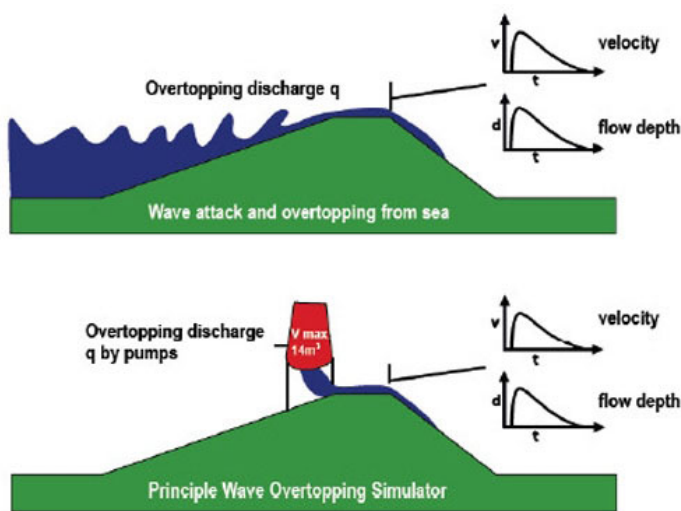


Hình 2. Mặt cắt lý thuyết thùng chứa tương ứng với mỗi thể tích tràn và mặt cắt lựa chọn tại 2 chiều cao, Van der Meer (2007).

Các thông số thiết kế sau đó đã được điều chỉnh cho phiên bản Việt Nam với các giá trị như sau:

- Thể tích đơn vị lớn nhất 5,5 m<sup>3</sup>/m, với 4 m chiều rộng máy tổng thể tích là 22 m<sup>3</sup>, có thể mô phỏng lưu lượng tràn 100 l/s/m;
- Thùng có dạng quả trám cao và mảnh, nhằm tạo ra vận tốc lớn của các thể tích lớn, kích thước cơ bản 4,2 x 5,0 x 3,0 m;
- Cửa van có độ mở lớn nhất 0,7 m và được đóng mở bằng xilanh thủy lực;
- Chiều cao máy so với đỉnh đê có thể thay đổi được nhờ 6 chân gấn xilanh thủy lực.

Thiết bị về cơ bản là một thùng chứa nước có thể di chuyển được. Nước được bơm vào thùng máy liên tục với một lưu lượng yêu cầu và được xả ra tại các thời điểm xác định qua cửa van xả đáy để mô phỏng lưỡi sóng tràn trên đỉnh và mái đê. Điều kiện biên là giá trị lưu lượng tràn trung bình xác định của cơn bão được mô phỏng, đây chính là lưu lượng được bơm vào thùng máy. Ngay khi thùng máy đạt một thể tích nước thiết kế,  $V$ , nào đó, cửa van được mở xả nước xuống máng chuyển tiếp để chảy trên đỉnh đê. Lưu lượng nước được xả ra sao cho vận tốc và chiều dày của dòng nước chảy ra tương đương với các đặc trưng dòng chảy được mô phỏng trên đỉnh đê. Hình 3 thể hiện nguyên lý hoạt động của Máy xả sóng và minh họa sự vận hành tại hiện trường.



Hình 3. Máy xả sóng: trái, nguyên lý hoạt động và phải, vận hành xả sóng trên mái đê thực tế

## **Kết luận**

Xuất phát từ nhu cầu kiểm tra khả năng chịu sóng tràn của mái đê trồng cỏ thực tế và dựa trên cơ sở lý thuyết sóng tràn hiện nay, Máy xả sóng đã được nghiên cứu phát triển tại Hà

Lan (van der Meer, 2006). Phiên bản Máy xả sóng chế tạo ở Việt Nam năm 2008 có khả năng mô phỏng các con sóng tràn trong bão với lưu lượng tràn trung bình lên tới 100 l/s/m, chiều cao sóng 1,5 m và chu kỳ 6 s.

## **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] Young, M.J., 2005. Wave Overtopping and Grass Cover Layer Failure on the Inner Slope of Dikes. MSc thesis WSE-CEPD-05.03, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- [3] TAW, 2002. Wave run-up and wave overtopping at dikes. Technical Report Technical Advisory Committee for Flood Defence in the Netherlands (TAW), Delft.
- [4] Schüttrumpf, H. and Van Gent, M.R.A., 2003. Wave overtopping at seadikes. ASCE. Proc. Coastal Structures 2003, 431-443.
- [5] Schüttrumpf, H., J. Möller and H. Oumeraci, 2002. Overtopping flow parameters on the inner slope of seadikes. ASCE. Proc. ICCE 2002, Cardiff, UK.
- [6] Van Gent, M.R.A., 2002. Low-exceedance wave overtopping events. Delft, Delft Hydraulics.
- [7] Van der Meer, J.W., 2007. Design, construction, calibration and use of the wave overtopping simulator. Comcoast, Workpackage 3: Development of Alternative Overtopping – Resistant Sea Defences, Phase 3.

## **Abstract**

### **WAVE OVERTOPPING SIMULATOR, A DEVICE TO TEST THE GRASSED DIKE SLOPES IN SITU**

*The hydraulics of wave breaking and overtopping on a sea dike can be scaled down in a wave flume and gives the hydraulic response, see TAW 2002. However, soil and grass on the inner slope can not or hardly be scaled down. It is required to test a grassed slope in situ. The Wave Overtopping Simulator is a device that can simulate overtopping wave tounges on a real dike crest and then on the inner slope. This paper focuses on the theory, boundary conditions and design of the Wave Overtopping Simulator.*