

Wave induced failure mechanisms of sea dikes during a typhoon

Nguyen Van Thin¹, Ngo Tri Vieng², Nguyen Ba Quy²

Cơ chế phá hoại đê biển do sóng trong trường hợp có bão lớn

Nguyễn Văn Thìn¹, Ngô Trí Viêng², Nguyễn Bá Quy²

1. Giới thiệu

Hệ thống đê biển hiện nay đã được nâng cấp đáng kể, đây là cơ sở quan trọng cho việc phát triển kinh tế các vùng ven biển. Tuy nhiên, cần tiếp tục đầu tư nâng cấp hệ thống đê biển lên một tầm mới vì:

- Việc nâng tầm đê biển lên một bước mới sẽ là tiền đề thúc đẩy phát triển tổng hợp kinh tế, xã hội và du lịch tại các vùng ven biển. Đồng thời, đê biển sẽ góp phần tạo ra một phòng tuyến vững chắc bảo vệ an ninh, quốc phòng vùng ven biển như định hướng phát triển các vùng của Đảng “kết hợp chặt chẽ phát triển kinh tế với bảo vệ an ninh, quốc phòng”.

- Đê biển chưa là một chỉnh thể đồng bộ, bền vững: nhiều vị trí chưa có kè bảo vệ nên nguy cơ sạt lở mái phía biển là rất lớn; một số vùng biển tiến mặc dù đã có kè mái đê phía biển nhưng chưa có giải pháp bảo vệ bãi nên khả năng mất ổn định chân kè khi bãi bị bào mòn, hạ thấp; mặt đê dễ xói lở, sinh lầy khi mưa bão hoặc sóng to nên không thể ứng cứu được khi xảy ra sự cố; thân đê đắp bằng đất cát pha (có nơi bằng cát) nên rất dễ bị xói mòn, rửa trôi; cống dưới đê đã xây dựng từ lâu chưa được tu sửa, không đảm bảo an toàn cho đê, chưa đủ số lượng để kiểm soát mặn phục vụ phát triển kinh tế.

- Do tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu, sự gia tăng về tần số và cường độ của thiên tai (bão) đe dọa đến an toàn của đê biển (theo thống kê sơ bộ, trong những năm gần đây số cơn bão xuất hiện ở Biển Đông có ảnh hưởng đến nước ta nhiều hơn, đặc biệt số cơn bão có sức gió mạnh cấp 10, cấp 12, giạt trên cấp 12 chiếm tỷ lệ lớn hơn so với các thập kỷ trước).

- Công nghệ mới phát triển: Hệ thống kè mỏ hàn ngang bảo vệ bãi biển Hải Hậu trước đây đã thi công bằng đá đổ bị hư hỏng, mất dần tác dụng theo thời gian. Hiện nay, với sự phát triển của khoa học, công nghệ và mở rộng hợp tác quốc tế có thể áp dụng nhiều loại kết cấu mới bền vững hơn và đã thử nghiệm thành công ở chính vị trí này.

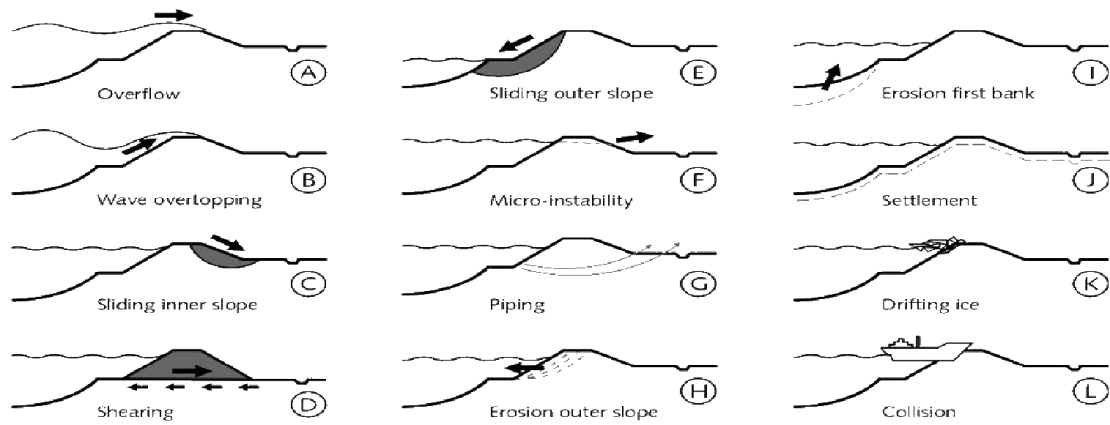
- Nếu không tiếp tục nâng cấp, củng cố thì hàng loạt đoạn đê biển có nguy cơ sạt lở, mất đi những thành quả đã đạt được của các dự án đã đầu tư.

Khối lượng cần tu bổ, nâng cấp và hoàn thiện hệ thống đê biển, đê cửa sông các tỉnh ven biển từ Quảng Ninh đến Quảng Nam là rất lớn, do đó việc xác định điều tra độ ổn định của đê biển đoạn từ Quảng Ninh đến Quảng Nam là cần thiết để từ đó có cơ sở khoa học cho việc xác định nâng cấp đê biển hiện có.

¹ Water Resources University; 175 Tay Son, Hanoi, Vietnam

² Water Resources University; 175 Tay Son, Hanoi, Vietnam

2. Mô phỏng các hình thức phá hoại đê biển



Hình 1. Các hình thức phá hoại đê biển

Một số dạng đê kè bị hư hỏng thường gặp trên tuyến đê biển Việt Nam



Hình 2. Dòng ven và sóng gây xói, mái đê và kè phía biển dưới chân kè



Hình 3. Sóng leo và nước dâng gây trượt mái đê phía biển



Hình 4. Sóng leo lớn gây nước tràn qua mặt đê dẫn đến xói mặt đê và mái đê phía sau



Hình 5. Sóng tràn qua đỉnh đê có không có tường chắn sóng



Hình 6. Sóng tràn qua đỉnh đê có tường chắn sóng



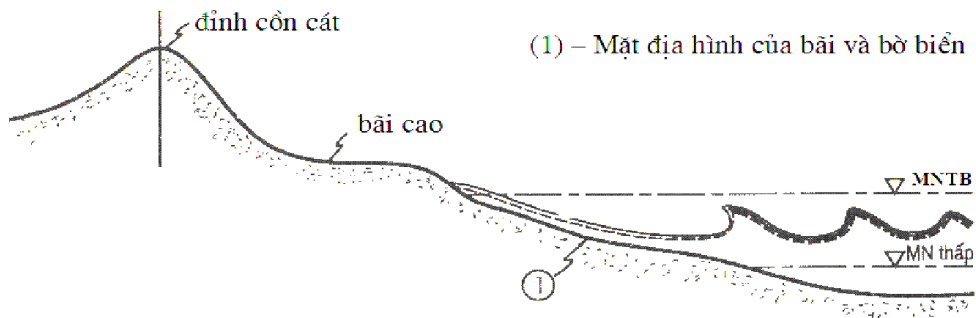
Hình 7. Sóng tràn sạt mái đê phía trong đồng

Tác động của sóng

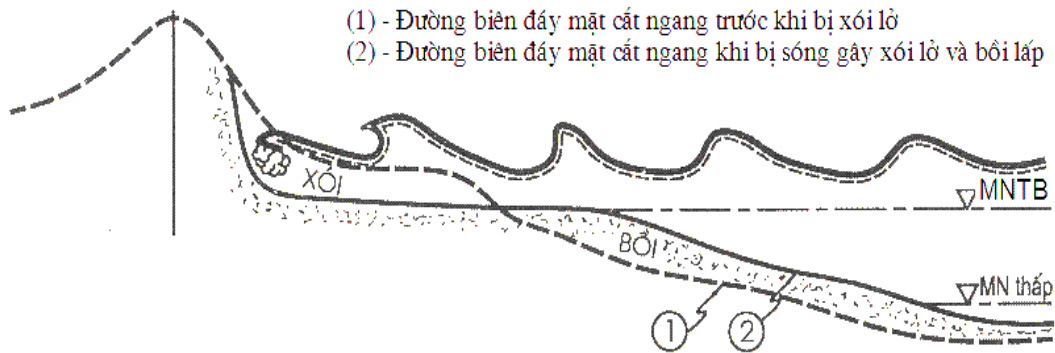
Sóng biển gây ra các tác động mạnh có thể gây xói lở bờ, bãi và đáy biển, cũng như có thể làm mất ổn định và phá vỡ các kết cấu công trình bảo vệ bờ, bãi và đáy biển.

Thông thường, có hai trạng thái sóng đặc trưng, đó là sóng bình thường và sóng lớn.

Hình 8 là sơ đồ thể hiện sóng bình thường hàng ngày tác dụng vào bờ và bãi biển. Mái dốc của bờ và bãi biển ở trạng thái cân bằng ổn định trong điều kiện sóng và dòng chảy bình thường.



Hình 8. Sơ đồ sóng bình thường vỗ vào bờ biển



Hình 9. Sơ đồ sóng lớn gây xói lở bờ biển

Hình 9 là sơ đồ thể hiện sóng lớn khi có gió bão tác dụng vào bờ và bãi biển; mái dốc của bờ và bãi biển bị xói lở và lấp xuống chân mái dốc của bãi biển; bờ và bãi biển đang ở trạng thái mất ổn định.

I. Cơ chế phá hoại đê biển trong trường hợp mực nước triều thấp

Trong trường hợp triều thấp Biểu đồ áp lực được tính như sau:

Bảng 1: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 9 với mức nước triều (+2.0): (Cao trình bãi -0.00)

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
0,7	17	2	0,0412	24,286	1,0089	1,35	3,3	30,866	12,346	3,0866
0,7	17	4	0,0412	24,286	0,9702	1,35	3,3	29,682	11,873	2,9682

Bảng 2: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 10 với mức nước triều (+2.0):

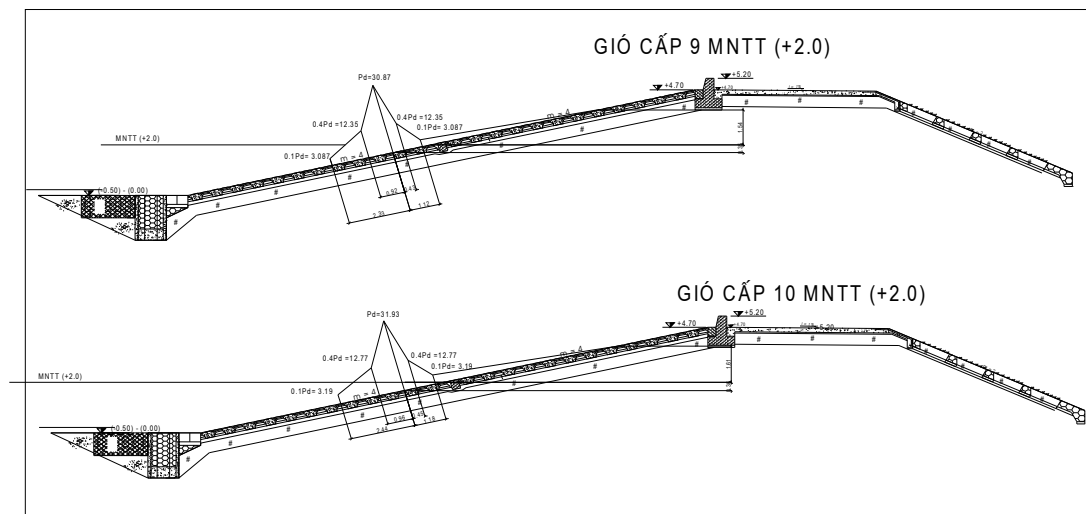
H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
0,740	17,800	2	0,042	24,054	1,010	1,340	3,250	31,929	12,771	3,193
0,740	17,800	4	0,042	24,054	0,970	1,340	3,250	30,676	12,270	3,068

Bảng 3: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 11 với mức nước triều (+2.0):

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
0,780	18,300	2	0,043	23,462	1,013	1,340	3,120	32,392	12,957	3,239
0,780	18,300	4	0,043	23,462	0,971	1,340	3,120	31,048	12,419	3,105

Bảng 4: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 12 với mức nước triều (+2.0):

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
0,840	19,200	2	0,044	22,857	1,015	1,320	3,000	33,134	13,253	3,313
0,840	19,200	4	0,044	22,857	0,971	1,320	3,000	31,677	12,671	3,168



Hình 10. Biểu đồ áp lực sóng tác động lên mái kè m=4 gió cấp 9-10

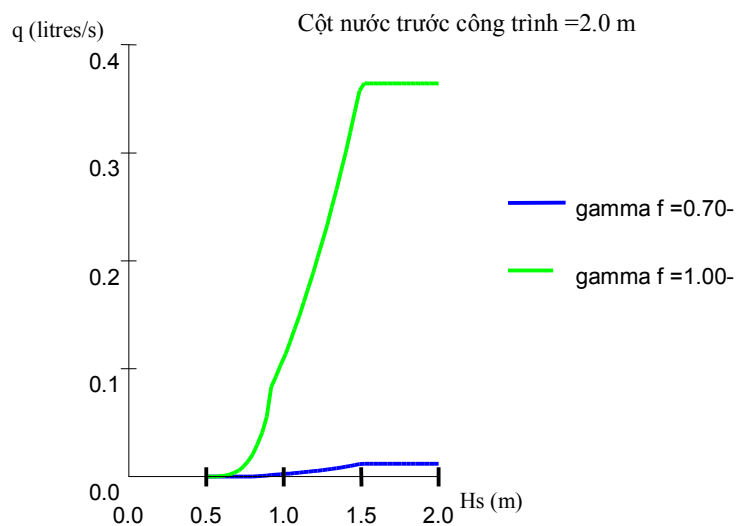
Các thông số để tính sóng tràn:

Input Parameters		Output parameters	
H_s	significant wave height	1.28	m
T_p	peak period of incoming wave	7.6	sec
beta	angle of incidence of waves	30	degrees
freeboard	height of crest above SWL	1.60	m
n_1	slope of the construction above	4.0	-
n_2	slope of the construction below	4.0	-
B	berm width	0	m
d	depth of berm below SWL	0.00	m
n_b	slope of the berm (horizontal =	0	-
γ_f	roughness of slope (see table)	0.70	-
crestprm	long-crested (0) or	1	-
dh	depth of bottom in front	4.5	m
P	probability of exceedance	50	%
ks		2.10	-
gamma		reduction coefficients	0.63
alpha		equivalent slope of	4.00
Bopt		First estimate of a better berm	7
q		overflow (average)	5.06 litres/s

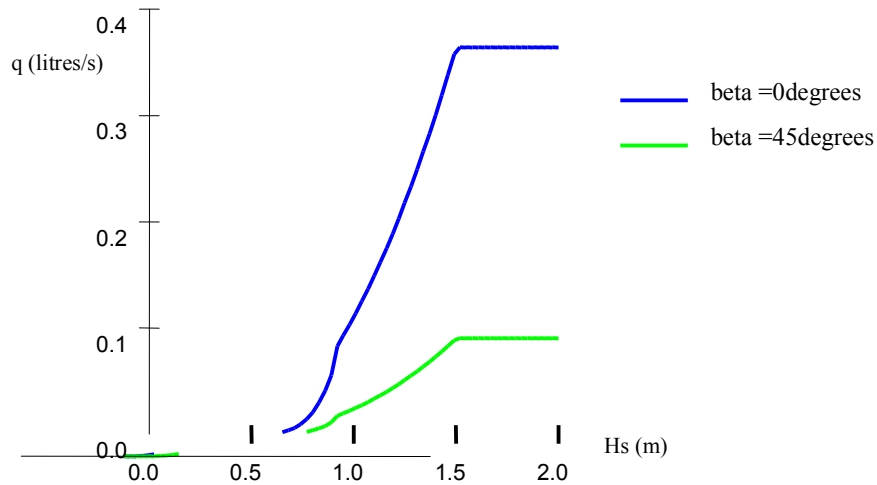
Hình 11. Tính sóng tràn bằng CRESS242

Bảng 5: Các thông số để tính sóng tràn qua đê

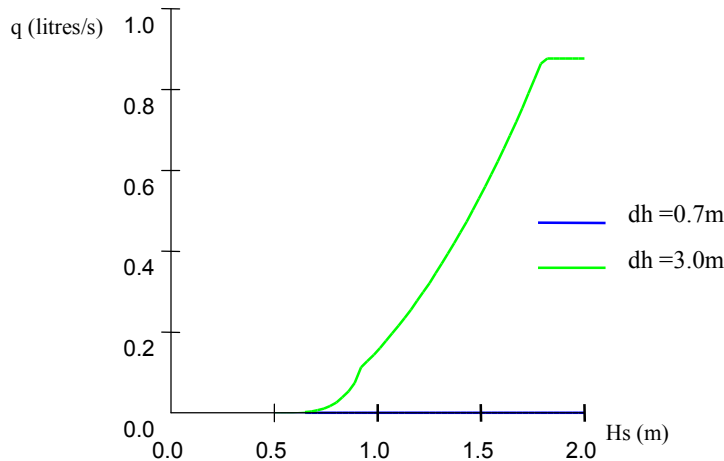
TT	trị số	Giá trị			
		Cấp 9	Cấp 10	Cấp 11	Cấp 12
	U (m/s)	24	27	30	35
	D (km)	208	192	167	143
	H (m)	2	2	2	2
		3	3	3	3
		4.5	4.5	4.5	4.5
1	Hs (m)	0.7	0.74	0.78	0.84
		0.95	1.00	1.06	1.14
		1.28	1.33	1.43	1.55
2	Tp	4.2	4.3	4.5	4.6
		4.8	5	5.1	5.3
		5.4	5.6	5.8	6.1
3	Beta	0	0	0	0
		30	30	30	30
		45	45	45	45
4	Freeboard	3.3	3.3	3.3	3.3
5	n1	4	4	4	4
6	n2	4	4	4	4
7	b	0	0	0	0
8	D	0	0	0	0
9	nb	0	0	0	0
10	Gamma	0.7	0.7	0.7	0.7
		0.8	0.8	0.8	0.8
		0.9	0.9	0.9	0.9
11	crestprm	1	1	1	1
12	dh	3.2	3.2	3.2	3.2
13	p	50%	50%	50%	50%



Hình 12. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa lưu lượng tràn và chiều cao sóng trong trường hợp MN trước công trình xấp xỉ +2.0 m với vật liệu khác nhau



Hình 13. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa lưu lượng tràn và chiều cao sóng trong trường hợp MN trước công trình xấp xỉ +4.0 m với hướng gió khác nhau



Hình 14. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa lưu lượng tràn và chiều cao sóng trong trường hợp MN trước công trình xấp xỉ +4.0 m với độ sâu bãi khác nhau

Nhận xét

Trong trường hợp mức nước triều thấp với các loại vật liệu khác nhau, hướng gió khác nhau, độ sâu bãi khác nhau) Trường hợp xấu nhất hướng gió vuông góc với bờ, cấu kiện bê tông phẳng không có mố giảm sóng và độ sâu bãi $< (-1.00)$ đê kè bị phá hoại ở phía chân kè. Lưu lượng tràn qua đê phá đê từ phía sau không đáng kể. Qua quan sát thực tế cơ chế phá hoại đê kè được thể hiện như sau:

Áp lực sóng tác động vào mái kè một phần sóng cuộn xuống chân kè moi cát và các vật liệu nhẹ ra biển kết quả chân kè bị xói bào mòn các vật liệu nhẹ bị cuốn trôi ra ngoài. các vật liệu này chưa kịp trôi đi đã bị các cơn sóng tiếp theo cuốn đập trở lại và các vật liệu này tác động lên mái kè gây hư hỏng và bào mòn mái kè. Chúng tôi đã quan sát trong thời gian dài nhận thấy các viên đá bị lăn trên mái kè sau một thời gian các viên đá sắc cạnh trở thành các viên cuội tròn. Các viên cuội này bị trôi dạt thành đồng tại các khu vực cuối kè hay tại các tường ngăn.



Hình 15. Cầu kiện bị sóng đánh trôi dạt trên mái kè



Hình 16. Các viên đá bị cuốn trôi thành bãi đá cuối kè

Phần tác động sóng thứ 2 tạo thành sóng leo. Do mái kè dài và không có vật cản các cơn sóng leo rất cao lên mái kè và rút xuống tạo áp lực âm. Các đợt sóng khác nhau đợt trước chưa rút khỏi mái kè thì đợt sau đã ập vào giữa 2 đợt sóng trên có hướng vận chuyển trái ngược khi gặp nhau gây xung đột tạo thành vùng sóng cuộn giữa khu vực mái kè tạo thành vùng xung lực moi các viên vật liệu trong mái kè ra và gây hư hỏng kè. Trong trường hợp mực nước thấp mái đê kè thường bị hư hỏng nặng từ cao trình (+2.00) trở xuống. Bãi bị thoái mạnh chân khay bị hư hỏng.



Hình 17

II. Trường hợp triều trung bình $MNTT = 3,0\text{ m}$ (Cao trình bãi -0.0)

Bảng 6: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 9 với các mức nước triều:

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
0,95	23,65	2	0,0402	24,895	1,0064	1,35	2,83	35,834	14,334	3,5834
0,95	23,65	4	0,0402	24,895	0,97	1,35	2,83	34,538	13,815	3,4538

Bảng 7: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 10 với các mức nước triều:

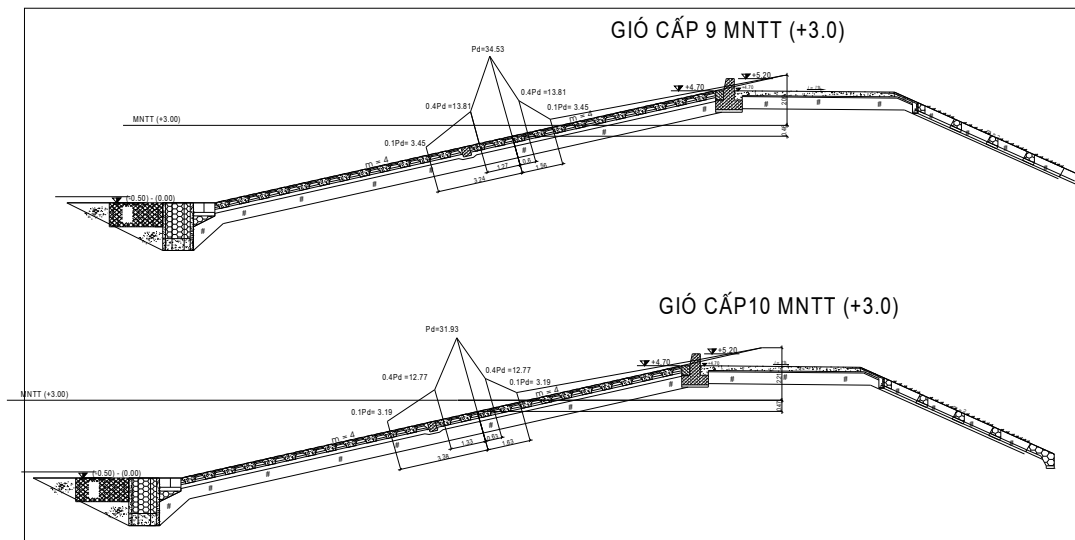
H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,000	24,600	2	0,041	24,600	1,008	1,350	2,800	37,365	14,946	3,736
1,000	24,600	4	0,041	24,600	0,970	1,350	2,800	35,974	14,390	3,597

Bảng 8: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 11 với các mức nước triều:

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,060	25,500	2	0,042	24,057	1,010	1,340	2,740	38,558	15,423	3,856
1,060	25,500	4	0,042	24,057	0,970	1,340	2,740	37,046	14,818	3,705

Bảng 9: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 12 với các mức nước triều:

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,140	26,700	2	0,043	23,421	1,013	1,330	2,500	37,659	15,063	3,766
1,140	26,700	4	0,043	23,421	0,971	1,330	2,500	36,089	14,436	3,609



Hình 18: Biểu đồ áp lực sóng tác động lên mái kè m=4 gió cấp 9+10

Nhận xét

Trong trường hợp mức nước triều trung bình với các loại vật liệu khác nhau, hướng gió khác nhau, độ sâu bãi khác nhau. Trường hợp xấu nhất hướng gió vuông góc với bờ, cấu kiện bê tông phẳng không có mô giảm sóng và độ sâu bãi < (-1.00) đê kè bị phá hoại mạnh ở phía chân kè và đỉnh kè. Lưu lượng tràn qua đê phá đê từ phía sau vượt chỉ tiêu cho phép 10 lít/s trong trường hợp bão có gió cấp 10 cấp 11 trở lên nếu mặt đê không được gia cố mái phía đồng không được gia cố tốt sẽ bị xói mặt và mái đê phía đồng. Các tác động phá hoại mái kè như trong trường hợp mực nước triều thấp như mức độ phá hoại mạnh hơn các khu vực sập ở cao trình cao hơn xuống tới chân kè

III. Trường hợp triều cao MNTT > 3,7 m (Cao trình bãi -0.80)

Bảng 10: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 9 với các mức nước triều:

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,28	32,5	2	0,0394	25,391	1,0045	1,35	2,52	42,909	17,164	4,2909
1,28	32,5	4	0,0394	25,391	0,9699	1,35	2,52	41,431	16,573	4,1431

Bảng 11: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 10 với các mức nước triều:

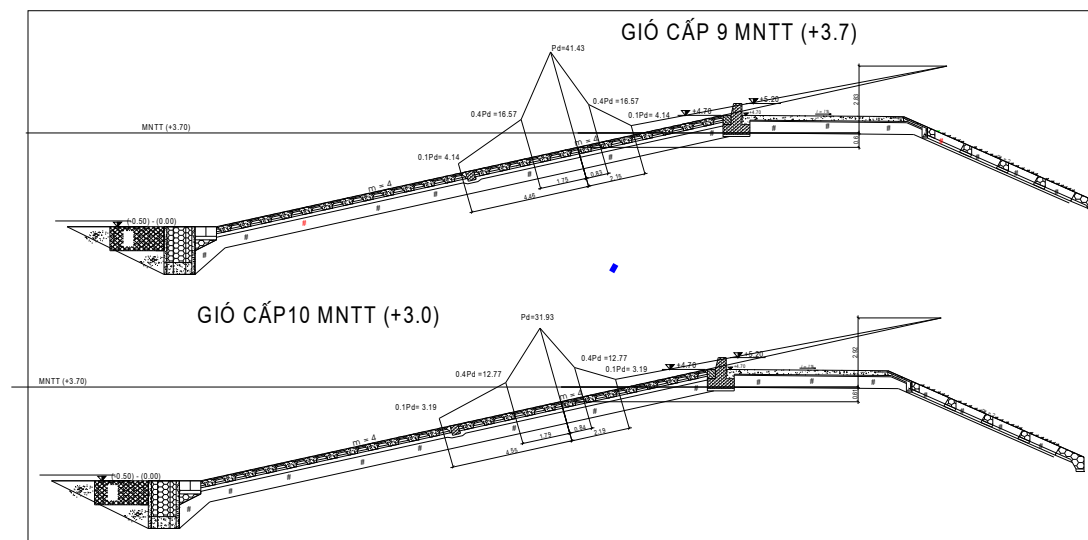
H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,330	33,200	2	0,040	24,962	1,006	1,350	2,470	43,774	17,510	4,377
1,330	33,200	4	0,040	24,962	0,970	1,350	2,470	42,202	16,881	4,220

Bảng 12: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 11 với các mức nước triều:

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,430	34,900	2	0,041	24,406	1,008	1,350	2,360	45,071	18,028	4,507
1,430	34,900	4	0,041	24,406	0,970	1,350	2,360	43,362	17,345	4,336

Bảng 13: Tính áp lực sóng lên mái nghiêng cho bão cấp 12 với các mức nước triều:

H_s	L_s	m	H_s/L_s	L_s/H_s	K_s	K_t	P_{tel}	P_d	$0,4P_d$	$0,1P_d$
1,55	35,5	2	0,044	22,903	1,015	1,330	2,300	47,219	18,887	4,722
1,55	35,5	4	0,044	22,903	0,971	1,330	2,300	45,152	18,061	4,515



Hình 19: Biểu đồ áp lực sóng tác động lên mái kè m=4 gió cấp 9

Nhận xét

Trong trường hợp mực nước triều trung bình tần suất thiết kế 5% ứng với mực nước tại Văn Lý (+2.29) với các loại vật liệu khác nhau, hướng gió khác nhau, độ sâu bãi khác nhau. Trường hợp xấu nhất hướng gió vuông góc với bờ, cấu kiện bê tông phẳng không có mô giảm sóng và độ sâu bãi < (-1.00) đê kè bị phá hoại mạnh ở phía chân kè và đỉnh kè. Lưu lượng tràn qua đê phá đê từ phía sau rất lớn vượt chỉ tiêu cho phép 10 lít/s trong trường hợp bão có gió cấp 9 cấp 10 trở lên nếu mặt đê không được gia cố mái phía đồng không được gia cố tốt sẽ bị xói mặt và mái đê phía đồng. Trên tất cả tuyến đê Nam Định Gặp trường hợp này nhiều đoạn đê sẽ bị phá hỏng từ phía trong đồng gây sập và vỡ đê. Các khu vực trọng điểm bãi thấp khả năng vỡ đê rất lớn. Ngược lại với các trường hợp trên khu vực chân kè tương đối ổn định. đê kè bị phá hoại ở phần đỉnh đê trở xuống trường hợp này đã xảy ra trong bão số 7 năm 2005 và đã xuất hiện các dạng hư hỏng phổ biến như sau:

Phá vỡ kết cấu mái kè từ cao trình (+2.00) trở lên

Trong dự án PAM 5325 kết cấu công trình bảo vệ được thiết kế như sau:

Chân khay ông buy bê tông dài 1,5 m đặt tại cao trình (0.0)-:- (-0.50)

Lát cấu kiện hình lục lăng trong lương xấp xỉ 100 kg đến cao trình (+3.00)

Từ cao trình (+3.00) đến đỉnh đê (+5.00) dùng đá hộc lát khan

Xây tường đầu kè đến cao trình (+5.50)

Khi gặp mực nước triều cao tác động phần đá lát khan bị hư hỏng toàn bộ. Đoạn đê phía dưới đắp bằng đất thịt sự hư hỏng đỡ hơn những đoạn đê đắp bằng đất cát ngoài bọc đất thịt.



Hình 20. Phần đá lát khan bị sóng đánh hư hỏng toàn bộ



Hình 21. Toàn bộ mặt đê bị phá sập

Nước tràn qua đê gây sạt đê từ phía trong đồng dẫn đến vỡ đê

Khi phần lát khan bị hư hỏng gặp triều cao, nước tràn qua đê gây xói mòn và hạ thấp cao trình đê Hiện tượng này rất phổ biến và diễn ra trên nhiều đoạn đê:



Hình 22. Sóng tràn qua đê và hạ thấp cao trình đê tạo lỗ vỡ



Hình 23. Sóng tràn qua và gây vỡ đê Táo khoai Hải Hậu

Phá hoại mái đê phía đồng

Nhiều trường hợp sóng tràn qua mặt đê do chưa kịp phá hoại kè phía trước các cơn sóng phá hoại đê từ phía sau Hiện tượng nay xảy ra hầu hết trên các tuyến đê:



Hình 24. Sóng tràn qua gây sạt lở đê từ trong đồng

Bào mòn hạ thấp cao trình đê

Với các đoạn đê đắp bằng đất thịt có kết cấu tốt thời gian bão chưa đủ phá vỡ đê chỉ hạ thấp cao trình đê tạo các hố trên tuyến đê:



Hình 25. Cao trình đê bị hạ thấp tại những đoạn đê đắp bằng đất thịt

Kết luận

Qua thực tế những lần sạt lở và vỡ đê trong lịch sử, có 3 dạng sạt lở chính sau

Dạng thứ nhất (chiếm đa số): do tác dụng của sóng và các yếu tố động lực khác từ biển xói lở chân đê làm cho mái đê mất ổn định, dẫn đến sạt lở khi gặp các yếu tố thời tiết bất lợi.

Dạng thứ hai (dạng này ít xảy ra hơn): nước bị ú đọng ở phía đồng không thoát kịp qua các cống, tràn lên mặt đê và mái đê gây ra xói lở cục bộ sạt sụp mái đê

Dạng thứ 3 (dạng này xảy ra ngay trong cơn bão số 7 năm 2005): triều cường, nước dâng cao kết hợp với sóng mạnh trong bão tràn đê gây xói mái phía đồng, làm mất ổn định dẫn đến vỡ đê.

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo hiện trạng và phương hướng bảo vệ, củng cố đê biển tại các tỉnh có đê từ Quảng Ninh đến Quảng Nam “Cục ĐĐ&PCLB_ Bộ NN&PTNT”
2. Báo cáo tổng hợp thiên tai Tỉnh Nam Định từ năm 1976 đến năm 2005.
3. Báo cáo tổng hợp thiên tai tại 3 cơn bão số 2, 6 và 7 đối với đê biển Hải Phòng.
4. Báo cáo tổng hợp thiên tai trong những năm gần đây đối với đê biển Thanh Hóa.
5. Hướng dẫn thiết kế đê biển - 14RCN 130-2002.
6. Coastal Engineering Manual - U.S.Army Corp Engineers, Engineer Manual, Washington D.C.USA.
7. VanderMeer; Janssen, W., 1995. Wave Run-up and Overtopping at Dikes, Wave Forces on Inclined and Vertical Wall Structures, ed. NewYork, USA.
8. Mai Van Cong, Van Gelder, P.H.A.J.M & Vrijling, J.K., 2007. Failure Mechanisms of sea dike: inventory and sensitivity analysis. In Proceedings of Coastal Structures 2007 - International Conference.