

沖合防波堤設計上の諸問題 (新潟港防波堤災害の考察)

森平倫生*・神田勝己**・国田 治***

1. ま え が き

運輸省第一港湾建設局管内における防波堤は、港内をより静穏に保つため、年々防波堤の延長が図られているが、それに伴い、防波堤設置水深の大水深化を招くこととなり、今まで以上に大水深化について設計上の対応が必要となっている。

昭和51年10月28日から11月1日にかけての低気圧によってもたらされた新潟西港および東港での防波堤の被災は、以下の章で紹介するように、沖合、大水深地点に建設される防波堤の設計に関する数々の貴重な教訓を与えるものと考えられ、ここに被災概要を紹介し、防波堤設計上の今後の課題を報告する¹⁾。

2. 被災概要

(1) 新潟西港地区第二西防波堤の被災

西港防波堤の平面図、縦断面図、標準断面図、被災断面図を 図-1～図-3 に示す。

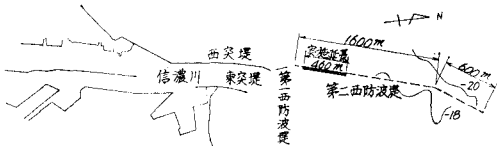


図-1 西港計画平面図

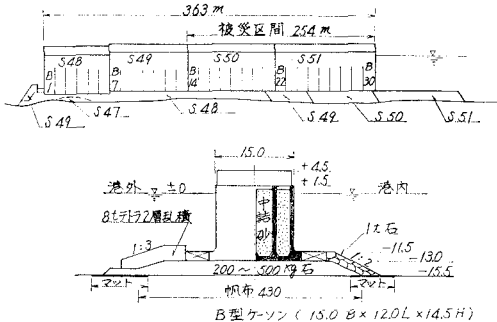


図-2 西港B区間、縦断面図・標準断面図、(S. 47～S. 51 年度施工分)

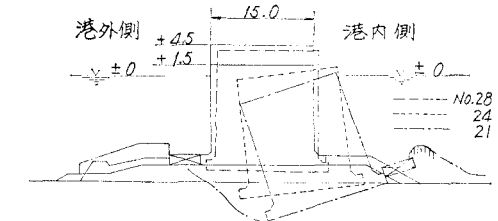
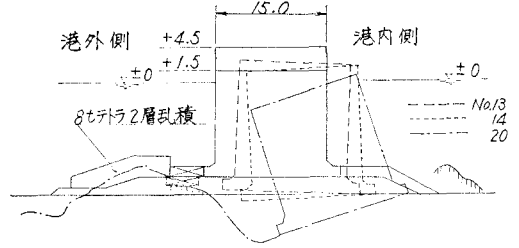


図-3 西港、第二防波堤 (B区間) 被災断面比較図

(2) 新潟東港地区西防波堤の被災

東港防波堤の平面図、縦断面図、標準断面図、被災断面図を 図-4～図-6 に示す。

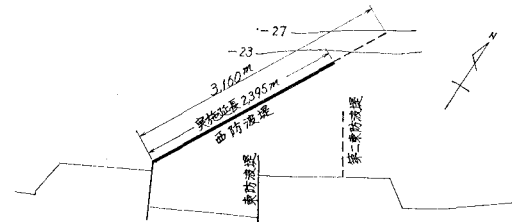


図-4 東港計画平面図

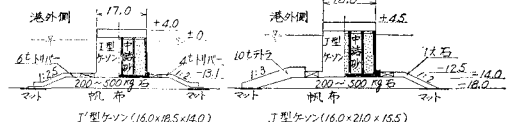
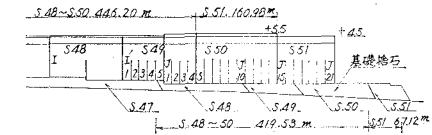


図-5 東港縦断面図、標準断面図

* 正会員 運輸省第一港湾建設局 新潟調査設計事務所所長
 ** 正会員 (前) 運輸省第一港湾建設局 新潟調査設計事務所建設専門
 *** 運輸省第一港湾建設局 新潟調査設計事務所建設専門官

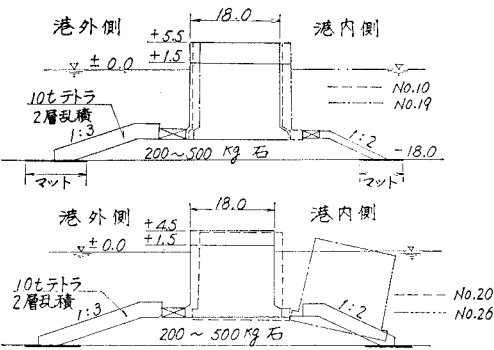


図-6 東港、西防波堤 (J 区間) 被災断面比較図

(3) 被災から復旧までの経過

表-1 に被災から復旧までの経過を示す。

3. 被災条件と安定計算

(1) 気象・海象条件

気象・海象条件を図-7 に示す。

(2) 構造物の安定

被災時条件を設定し、安定計算を行うと表-2 の結果を得る。

(551.10.28~10.30)

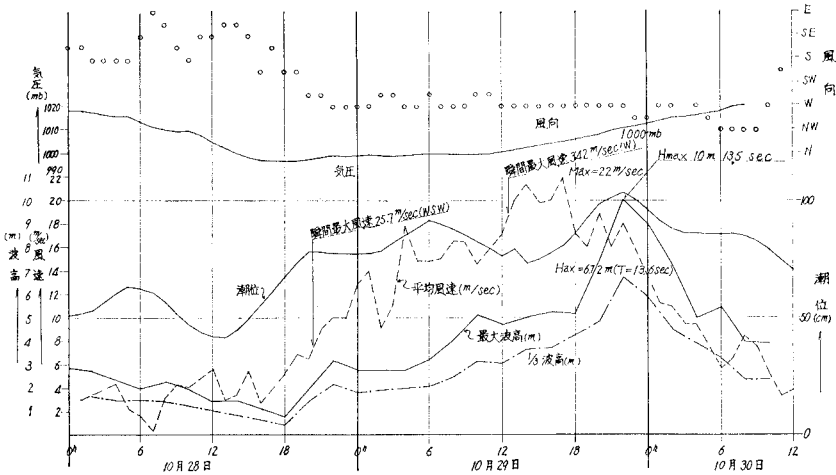


図-7 西港地区の気象・海象図

表-2 安定計算結果

		設 計 時			被 災 時		
		西 港	東 港		西 港	東 港	
		B 区 間	I 区 間	J 区 間	B 区 間	I 区 間	J 区 間
(設計条件)	波 高	7.0 m	7.0 m	7.5 m	7.1 m	7.5 m	7.5 m
	周 期	13.0 sec	13.0 sec	13.5 sec	13.5 sec	13.5 sec	13.5 sec
	入射角 β°	31 °	22 °	22 °	0 °	0 °	0 °
	$H \cos^2 \beta$	5.14 m	6.02 m	6.36 m	7.1 m	7.5 m	7.5 m
	(b)/(a)	—	—	—	1.38	1.25	1.18
安定計算結果	潮 位	+ 0.5 m	+ 0.5 m	+ 0.5 m	+ 0.7 m	+ 0.7 m	+ 0.7 m
	水 深	-17.0 m	-14.0 m	-18.0 m	-17.0 m	-21.0 m	-21.0 m
	滑 動	1.30	1.24	1.25	0.94	0.99	1.06
	転 倒	2.22	2.22	2.25	1.61	1.78	1.81
	端 趾 圧	40.5 t/m ²	43.3 t/m ²	45.7 t/m ²	58.80 t/m ²	54.3 t/m ²	53.7 t/m ²

4. 被災の特徴

(1) 波 浪

被災時の波向きは、ミ
リ波レーダーの観測によ
り、ほぼ防波堤直角方向
の W ないしは WNW
と判断された。

しかしながら 図-8 に
示す新潟港と佐渡ヶ島の
位置関係によれば、佐渡
を迂回した波が佐渡海峡で針路を変え、W ないしは
WNW 方向から防波堤に進んで来たと考えなくてはな
らず、図-9 において、このような波は過去に例を見な
い特異な波であることが分る。

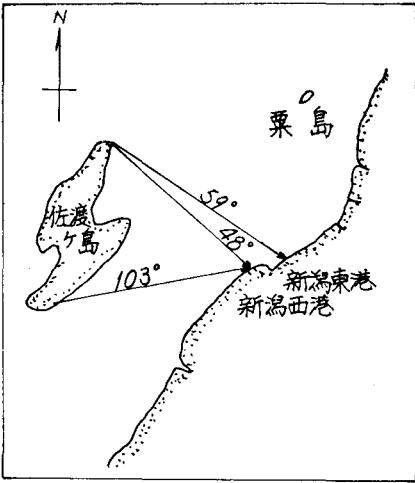


図-8 新潟港と佐渡ヶ島

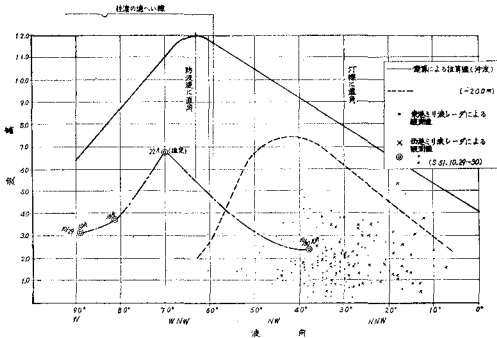


図-9 波向、波高の相関図

(2) 蛇行 災 害

両港でのケーソンの滑动状況は、伊藤・谷本²⁾によ
て示された防波堤の蛇行災害とその傾向が一致してい
る。

図-10 に小舟らの方法³⁾による波高分布と滑动量の比
較図を示す。

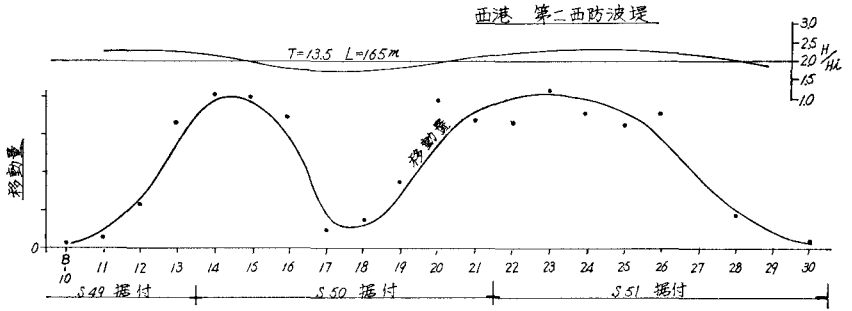


図-10 防波堤の移動量と波高分布

(3) ケーソンの傾斜

ケーソンの被災のうち、西港におけるケーソンは、水
平方向の滑动のみならず、鉛直下方への移動と、港外方
向への回転を伴った傾斜が見られる。

港湾技術研究所漂砂研究室において行われた被災状況
再現実験の結果を 図-11 に示す。ある条件のもとでの
海底砂のすい出し洗掘による堤体の沈下・傾斜のパター
ンが再現できた。なお堤体のロッキングによる動的荷重
が基礎構造に影響を及ぼしたことも考えられる。

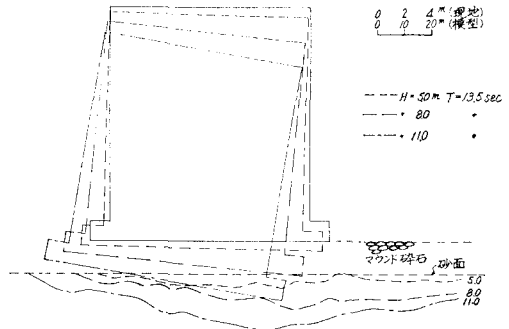


図-11 災害原因の再現

(4) 深 浅 変 化

西港、東港における深浅変化の状態を 図-12～図-13
に示す。防波堤前面水深の変化は、限界波高に変化をも
たらずので、設定した波力以上の波力が作用する危険性
がある。深浅変化については、平常時のみならず、激浪

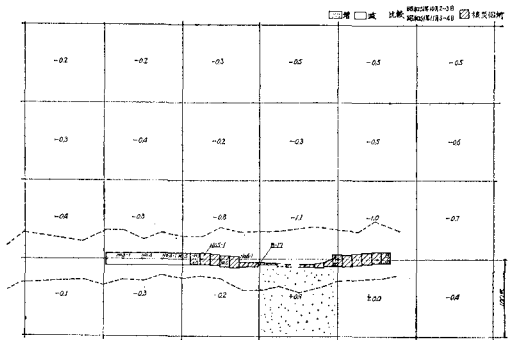


図-12 西港第二防波堤付近土量増減図

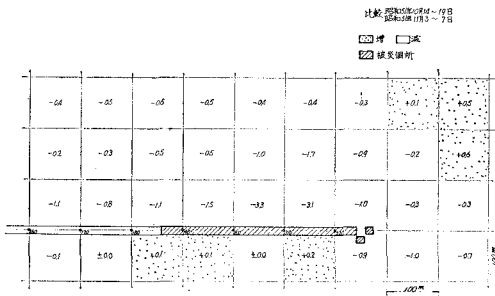


図-13 東港西防波堤付近土量増減図

時の状態に注意が必要であると考えられる。

5. 復旧工法

西港復旧断面を図-14に、東港復旧断面を図-15に示す。

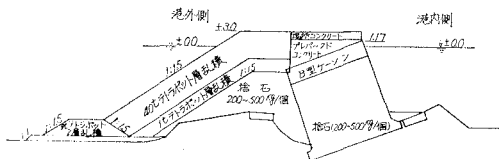


図-14 西港復旧断面図

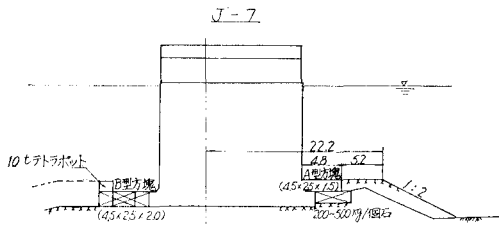


図-15 東港復旧断面図

西港復旧断面の特徴は次のとおりである。

- 地盤砂のすい出し防止のため、ケーソン基部に 10 kg/個 $\sim$ 30 kg/個の小さい石を投入した。
- ケーソンがこれ以上前傾しないよう 200 kg $\sim$ 500 kg 石を前面に捨込み、受働土圧で抵抗させる。
- 捨石の被覆および波圧減殺を目的とし、表層に 40 t 消波ブロック 2 層、中間層に 4 t 消波ブロック 2 層をおいた。

東港復旧断面は、前面水深が以前より深くなったことを考慮し、背後に被覆石を捨て込んだ。なお堤頭部の 2 両については浮揚して据直す工法をとった。

6. 沖合防波堤設計上の課題

以上、新潟西港および東港における防波堤の被災の特色ならびに復旧断面の考え方を紹介した。

これら被災の教訓として、今後更に深い地点での防波堤設計を考えるうえで、残された課題を要約すると、以下の通りである。

(1) 沖合波浪条件の正確な把握

沖合の水深においては、波向きが低気圧の通過とともに刻々変化する。従って波高および波向きはピーク時のみならずピーク周辺についても注意が必要であろう。

また島しょ・半島の遮へい領域での回折後の進行、発達過程が究明される必要がある。

(2) 防波堤沿いの波高分布

防波堤の法線計画に対応した設計手法については、延長途中、完成時等、各段階での対応が、今後さらに議論されなければならないと考えられる。

(3) 動的荷重への対応

防波堤設置位置の大水深化は、必然的にケーソンの大重量化を招き、端趾圧の増大をもたらす。このため、ロッキングによるくりかえし荷重の、地耐力、摩擦係数等に対する影響は、想像以上に大きいことが考えられる。動的荷重が砂質地盤に作用するときは、地盤の流動化の懸念が考えられ、一部に粘性土を含む場合には、間隙水圧の増大が考えられる。ケーソンとマウンドの摩擦係数に関しては、荷重のくり返しがマウンド石のかみ合せに変化をもたらすことが考えられ、動的荷重の影響を再評価する必要があるのではないかと考えられる。

(4) 防波堤前面の水深変化⁴⁾

防波堤前面水深の変化は、水深が深い場合にはそれ程大きくないと考えられがちであるが、防波堤の存在は、予想以上に海底砂をかく乱させ、法線の伸長は流れを助長することが考えられる。また防波堤から離れた地点では海底砂のかく乱が少ないことから、砂の供給バランスが失われるため大水深化地点での防波堤前面水深変化は、浅い地点での水深変化をしのぐことが考えられる。

(5) 波浪観測体勢強化の必要性

波浪データの取得は、古くて新しい問題といえる。観測地点の沖合化は、データ取得に、より多くの困難をもたらすが、激浪時の波高記録の確実な取得および波向観測の頻繁な実施は重要である。

7. む す び

以上、新潟港防波堤の被災を通して今後の沖合防波堤設計上の課題を紹介した。今後の技術開発に際して、本論文がささやかなりともヒントになれば幸いである。本論文に関し、諸賢の御叱責を乞う次第である。

参 考 文 献

- 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所：新潟港防波堤被災原因に関する調査報告書（第一報），新調査 52-5，1978。
- 伊藤喜行・谷本勝利：混成防波堤の蛇行災害，港研資料 No. 122，1972。
- 小舟浩治・大里睦男：防波堤隅角部付近の波高分布に関する研究，港研報告 15-2，1976。
- 佐藤昭二・田中則男・佐々木克博：鹿島港建設に伴う海底地形の変化について，港研報告 13-4，1974。