

新技術「ダメージトレラント防波堤」の試み

新潟港湾空港技術調査事務所 正会員 吉永 宙司、高松 恭文
土肥 俊満、岡本 博

1. はじめに

ダメージトレラント構造とは、建築物等の設計において、大地震等による被害を集中させる部材をあらかじめ特定し、柱・梁などの主要構造部分に被害が及ぶのを防ぎ、犠牲となる部材を簡易に復旧することが可能な工法であり、近年建築の分野で注目されている。

本検討は、このダメージトレラント構造の設計思想を防波堤上部工の設計に導入し、構造物全体としての機能低下の抑制と復旧が迅速かつ簡便に行える防波堤上部工構造を成立させる設計法を当所で検討したものである。イメージを図-1に示す。

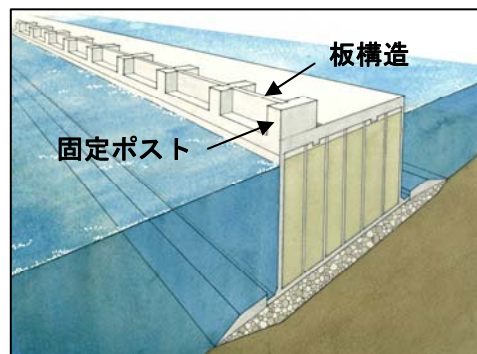


図-1 適用した防波堤のイメージ

2. 検討手法

本検討に際して、標準設計法による防波堤断面を図-2に示す。これに対して、防波堤上部工にダメージトレラント構造を適用した構造として、図-1に示す上部工の一部分を薄い板構造にし、固定ポストや上部工に角落とし(溝)を設けハメ込んだ形状を検討モデルとした。なお、このモデルでは、ある一定以上の波力により破壊する部材を板構造とし、その板構造を支える部材を固定ポストと呼称した。

検討フローを図-3に示す。検討手順としては、上部工の構造検討を行い、上部工被災前後の防波堤全体の安定性検討および期待被災回数・期待総費用(トータルコスト)の算出を行う。その結果を基に、防波堤の初期建設費に耐用期間中の復旧費を加えた期待総費用(トータルコスト)が最小になる最適な上部工構造を選定した。なお、期待総費用等の算出には、下迫ら¹⁾(1998)の期待滑動量の概念および合田ら²⁾(1999)の期待総費用の概念を適用して検討を行った。

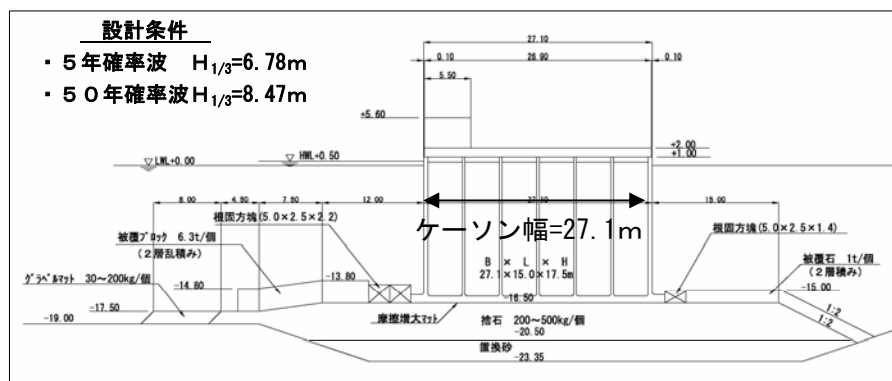


図-2 標準設計法の防波堤断面

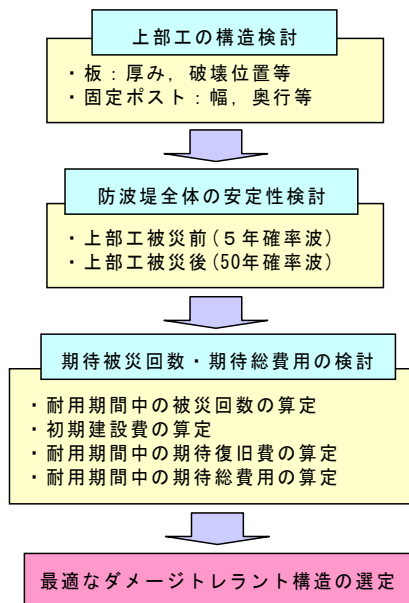


図-3 検討フロー

検討ケースは、板構造のスパン長を $L=3.0\text{m} \sim 13.0\text{m}$ に変化させて検討を行った。板構造の厚みに関しては、ダメージトレラント構造を適用するため、ある程度の頻度で板構造が被災(破壊)することが必要であり、予備検討において耐用期間50年間で10回程度(5年に1回程度)被災する場合で期待総費用が最小になることが判ったため、5年確率波を対象に検討を行った。

また、被災後の低天端構造による波圧低減効果については、中田ら³⁾(1984)および藤原ら⁴⁾(1996)の研究結果を基に、合田式により算定された波力の0.83倍を用いることとした(図-4参照)。

キーワード ダメージトレラント構造, 防波堤上部工, 低天端防波堤, 期待被災回数, 期待総費用

連絡先 〒951-8011 新潟市中央区入船町 4-3778 国土交通省 新潟港湾空港技術調査事務所設計室 TEL 025-222-6115

3. 検討結果

図-5は、上部工を板構造としスパン長 $L=5.5\text{m}$ にした場合のケースを示す。この例では、板の両端と下端の3辺で支持させる構造としている。この他、板の両端のみを支持させる2辺支持も考えられるが、両者を比較検討した結果、3辺支持の方がより安価になるため3辺支持構造を採用するものとした。

3辺支持板の詳細構造は、両端および下端の近傍で無筋コンクリート部分(弱点部)を設け、5年確率波以上の波力作用時に、その部分で板が破壊する構造とした。また、無筋部分の部材厚さ(溝部)は、5年確率波の波力を基にFEM解析により曲げモーメントを算定し、それに耐用した部材厚さを設定した。

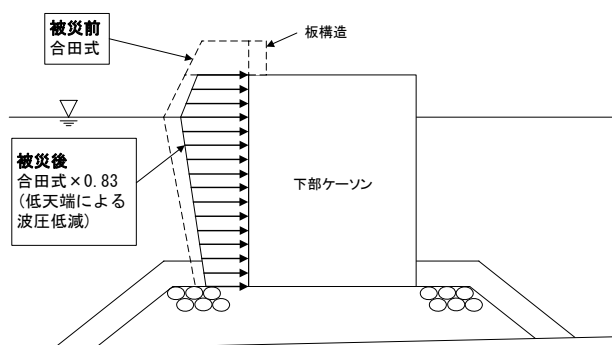


図-4 被災前後の波力の考え方

この構造について、前述した手法により期待被災回数を算定すると耐用期間50年間で10.7回となった。この期待被災回数を復旧の回数とし、初期建設費に回数分の期待復旧費を加算したものを期待総費用として算出した。

表-1は、スパン長を変化させた期待総費用と標準設計防波堤の建設費に対する

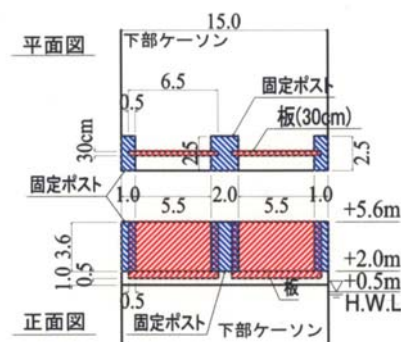


図-5 板構造の検討例(スパン長 $L=5.5\text{m}$)

表-1 期待総費用算定結果

スパン長 (m)	下部ケーソン 幅(m)	初期建設費 (百万円/m)	期待復旧費 (百万円/m)	期待総費用 (百万円/m)	標準設計防波堤との比率	固定ポスト の基数
$L=13.0\text{m}$	20.8	21.27	2.17	23.44	0.88	2
$L=11.0\text{m}$	22.0	22.52	1.61	24.13	0.91	2
$L=9.0\text{m}$	23.2	23.16	1.27	24.44	0.92	2
$L=7.0\text{m}$	24.4	23.85	0.91	24.76	0.93	2
$L=5.5\text{m}$	22.0	22.50	1.37	23.86	0.90	3
$L=3.0\text{m}$	23.2	23.17	1.33	24.50	0.92	4

比率を整理し示す。期待総費用は標準設計法で求めた堤体断面の建設費(26.64百万円/m)を下回り、約10%前後のコスト低減効果が図れる。検討ケースの内スパン長 $L=13.0\text{m}$ のケースが最も安価になり、標準設計防波堤の建設費に比べて約12%のコスト低減が図れた。その要因の1つに低天端断面による波力低減効果から、下部ケーソンの幅を大きく低減出来たことが上げられる。

4. まとめ

本検討では、ダメージトレラント構造の設計思想を防波堤上部工の構造設計に導入し、種々の構造タイプで検討を行い、初期建設費に耐用期間中に必要な上部工復旧費を加えた期待総費用を算出した。

その結果、上部工を3辺支持の板構造にすることで、期待総費用が標準設計法の堤体断面の建設費に比べて期待総費用が安価になり、費用的にダメージトレラント構造が成立することが確認できた。

今回、検討対象とした防波堤においては、ダメージトレラント構造を導入することで標準設計法で求めた断面に比べて最大12%のコスト低減効果が図れた。

参考文献

- 1) 下迫健一郎・高橋重雄(1998): 期待滑動量を用いた混成防波堤直立部の信頼設計法、港湾技術研究所報告、第37巻、pp.3-30.
- 2) 合田良実・高木恭士(1999): 信頼性設計法におけるケーソン防波堤設計波高の再現期間の選定、海岸工学論文集、第46巻、pp.921-925.
- 3) 中田邦夫・寺内 潔・西田仁志・梅木 功(1984): 低天端混成堤の諸特性について、海岸工学論文集、第31巻、pp.532-536.
- 4) 藤原隆一・貝沼憲男・興野俊也・石崎崇志・小竹康夫・津田宗男(1996): 低天端ケーソン堤に作用する波力特性について、海岸工学論文集、第43巻、pp.761-765.