

京都大学工学部 学生員 ○東良宏二郎
 京都大学防災研究所 フェロー 高山知司

1. はじめに

防波堤は、外洋からの波を遮蔽して港内を静穏に保ち、船舶の航行や停泊、係留船舶の荷役を安全に、また円滑に行うことができるようにするために港口部に建設される構造物である。このような防波堤は、外洋からの波に直接晒されるため、現在までに非常に多くの被災を受けてきている。そこで、防波堤の設計精度を向上させるために、現在、堤体の期待滑動量に基づいた信頼性設計法が検討されている。しかしながら、実際の防波堤の被災を調べてみると、単に水平に滑動被災を起こしているものだけでなく、傾斜した状態で滑動しているもの、滑動せずに回転しているもの、あるいは転倒しているものなど非常に複雑な被災形態となっている。防波堤の信頼性設計の精度を向上させるためには、これらの複雑な被災特性を考慮することが重要になる。そこで本研究においては、防波堤の被災事例を調べて被災形態を分類し、そのような被災形態が起きる頻度や条件を明らかにしようとした。

2. 研究の内容

旧運輸省港湾技術研究所（現国土交通省国土技術政策総合研究所）は、被災状況や被災時の海気象状況、復旧方法に関してとりまとめを行い、被災防波堤集覧として4巻を既に発行している。第1巻は港研資料 No.58 として、1954 年から 1964 年の 20 港、68 被災例を記載している。第2巻は港研資料 No.200 として、1965 年から 1972 年の 49 港、63 被災例を記載している。第3巻と第4巻はそれぞれ港研資料 No.485 と No.765 として、1973 年から 1982 年の 39 港、54 被災例および 1983 年から 1991 年の 47 港、69 被災例を記載している。記載する被災例の基準は各巻ごとに異なり、全ての被災例が記述されているわけではない。しかしながら、防波堤の被災特性を調べる資料としては十分であると判断した。

これらの被災事例に基づいて、防波堤をまず断面形状により、直立堤と混成堤、傾斜堤に分け、さらにそれを構成している材料によって、ケーソン、ブロック、捨石などに分けた。そして、構造別にどのような被災が起きているのかを調べた一部を図-1に示す。防波堤を被災させた原因を台風や冬期風浪、移動性の低気圧に分類し、被災原因別にどのような割合で被災が発生したかを調べた。被災事例から堤体本体の変位形態を図-2のように①滑動、②転倒、③支持力破壊、④複合破壊（滑動と支持力破壊）の4つに分類し、これらが起きる条件を調べた。図-3は変位形態をアスペクト比について調べたもので、縦軸に堤体高さ、横軸に堤体幅を取り、被災形態ごとにプロットしたものである。また堤体に作用する波力を、被災防波堤集覧に記載してある被災時の波浪条件から合田公式を用いて算定し、水平波力と抵抗力、あるいはモーメントを調べて、変位形態との相関を調べた。結果を図-4と5に示す。

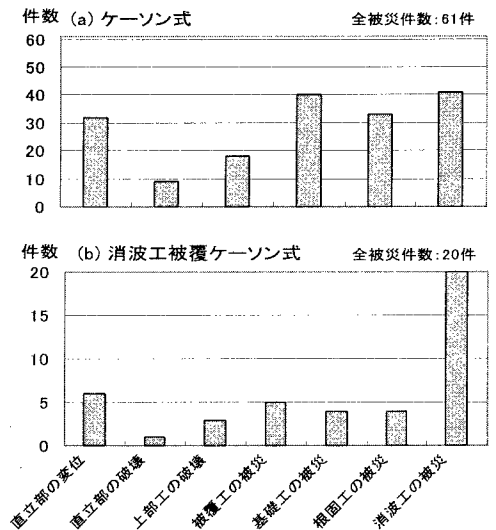


図-1 構造形式別被災形態

3. 結論

本研究によって得られた結論は、以下のようである。

- 1) 消波工被覆堤では、堤体本体が変位する割合は混成堤の場合に比して小さい。これは、消波工が実際に波圧を低減していることを示している。
- 2) 冬期風浪で堤体本体が変位する割合は、台風や低気圧に比して小さい。これは冬期風浪が、台風などに比して例年安定しており、設計波力を大きく上回るような波力を受け難いためである。
- 3) 滑動以外の堤体の変位を傾斜とすると、本体が傾斜した防波堤の方が水平方向にのみ変位したものよりもアスペクト比は大きい傾向があった。
- 4) 水平波力が抵抗力に比して大きいほど、また水平波力によるモーメントが大きいほど、堤体は傾斜しやすいことがわかった。

参考文献

(財)沿岸開発技術研究センター (1999)：港湾構造物設計事例集 (下巻)，pp.2-1～2-53.

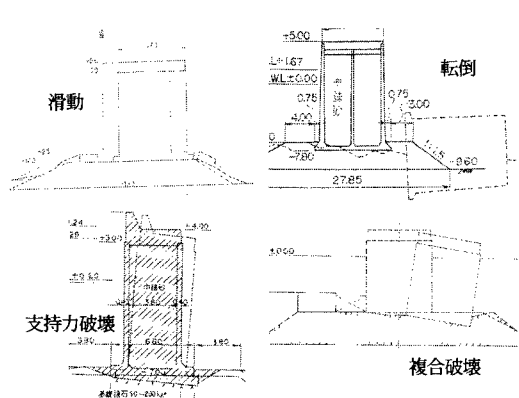


図-2 堤体の変位形態

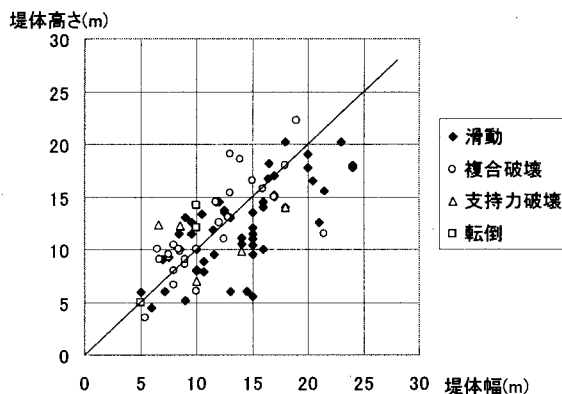
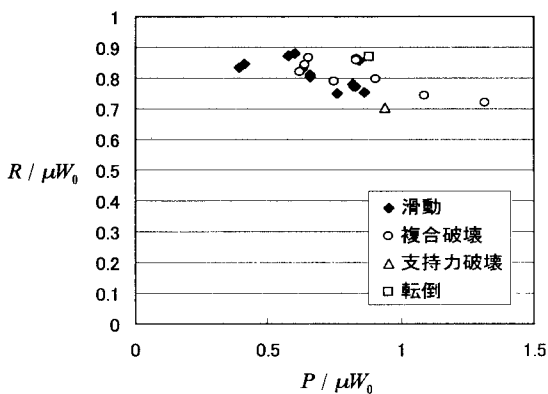


図-3 変位形態とアスペクト比



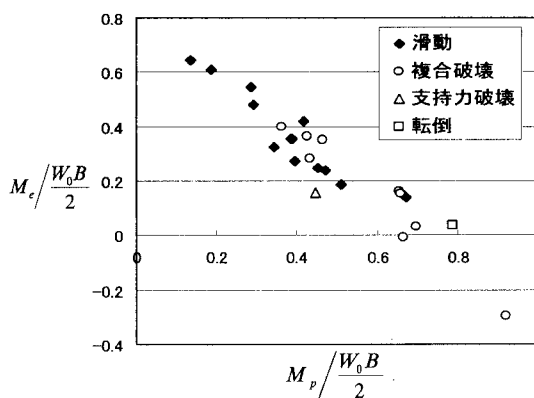
W_0 ：堤体の水中重量

μ ：堤体とマウンドの摩擦係数

P ：水平波力

R ：抵抗力

図-4 堤体が変位した防波堤における
水平波力と抵抗力の関係



B ：堤体底面幅

M_p ：水平波力によるモーメント

M_u ：鉛直波力によるモーメント

M_c ： $M_c = W_0 B / 2 - M_p - M_u$

図-5 変位形態と水平波力による
モーメント