

運輸省 第一港湾建設局 新潟調査設計事務所 ○正会員 古市正彦
 運輸省 第一港湾建設局 新潟調査設計事務所 正会員 北澤壮介
 運輸省 第一港湾建設局 新潟調査設計事務所 正会員 井福岡介

1. はじめに

戦後急速に蓄積されてきた我が国の社会資本の多くは、21世紀初頭にその耐用年数を迎えること、さらに今後の公共投資の著しい伸びが期待できないこと等を考え合わせると、21世紀初頭の我が国における社会資本の維持管理費は総公共投資額の大半を占める可能性があることが報告されている¹⁾。このような状況に鑑み、本研究では、従来メンテナンスの必要がないと考えられてきた防波堤について、その変状実態からメンテナンスの必要性を示し、我が国の典型的な防波堤の例としてケーソン式混成堤をケース・スタディに取りあげ、①メンテナンスしない場合の期待復旧費、及び随時補修を行う場合の維持補修費の試算を行い、防波堤のメンテナンスの有効性について検討する。

2. 防波堤の変状実態からみたメンテナンスの必要性

運輸省第一港湾建設局では、日本海側主要7港の第一線防波堤において、調査延長12,102mにわたる堤体工、基礎工、消波工、及び海底地盤に関する変状実態調査を実施している。調査対象防波堤はすべて砂地盤上のケーソン式混成堤であり、その変状の特徴についてみると、堤体工や消波工に比べ、基礎工及び海底地盤のようなマウンド関連の変状が大きい傾向にある。これは、日本海沿岸地域では冬期間に設計波に近い波と毎年数回程度遭遇するという自然条件の特徴によるものと考えられる。

- このような変状実態の下では、防波堤のメンテナンスは次のような観点からその必要性は高いと考えられる。
- ① 日本海沿岸地域では、冬季波浪を原因とする変状を避けられないことから、これらの変状に対してはメンテナンスで対応する必要がある。
 - ② また、マウンド関連の変状に対しては段階施工による補修が可能である場合が多く、これらの変状に対してはメンテナンスによる対応が最も合理的かつ効果的であるとえられる。
 - ③ さらに、変状は平面的に一樣に発生するわけではなく、その発生場所の予測が困難なことから、設計時から変状を見込んだ設計を行うと必要以上に過大な設計となる可能性があり、変状が発生した時点で補修するというメンテナンスによる対応のほうが経済的に有利になる可能性が高い。

3. 防波堤の変状連鎖

防波堤に作用する外的要因は多様で波のように不確定なものであるため、その変状機構は複雑となっているが、ある要因がその結果として最初の変状を引き起こし、さらにその変状が次の変状を引き起こすというように変状自体も相互に関連していることに着目すれば、連鎖構造として変状を把握することが可能となる。変状を病気に例えれば、変状を変状連鎖として把握することにより、その変状が単なる風邪なのか、それとも、と深刻な病気の前兆なのかの判断ができるようになり、維持補修を検討するうえで変状連鎖は非常に有効な手段であると考えられる。

ケーソン式混成堤の変状連鎖としては、石渡や柳生が既に提案しているが、これらのすべての連鎖が頻繁に起こるわけではない。そこで発生頻度の高い連鎖及び

表-1 主要変状連鎖の推定

被災した場合の復旧費の大きい連鎖を主要変状連鎖と呼ぶこととし、変状実態データの頻度分析を基に発生頻度の高い主要変状連鎖を推定した結果、表-1に示す4本の連鎖に集約された。これらの

①	海底地盤の洗掘→波高の増大→ケーソンの移動
②	海底地盤の洗掘→被覆工（根固工）の散乱→マウンド捨石の散乱→ケーソンの滑動・傾斜・沈下
③	被覆工（根固工）の散乱→マウンド捨石の散乱→ケーソンの滑動・傾斜・沈下
④	堤体工のひび割れ・損傷→ケーソン中詰砂の流出→ケーソンの滑動・傾斜

変状実態のうち、海底地盤の洗掘に関する主要変状連鎖①を想定し、防波堤のメンテナンス費用の試算を行う。

4. 防波堤のメンテナンス費用の試算

主要変状連鎖①に沿って変状が進行すると想定した場合のケーソン式混成堤における期待復旧費（変状を放置した時の被災確率と被災形態からの復旧費の積）と維持補修費について、以下のような条件と仮定の下で図-1のフローに従って試算する。

〈設計条件〉

- ・設計波は50年確率波、水深 $h=13.5\text{ m}$
- ・ $H_{1/3}=8.01\text{ m}$ 、 $H_{\max}=11.12\text{ m}$
- ・ $T_{1/3}=14.0\text{ sec}$ 、波向 $\beta=21^\circ$

〈試算の仮定〉

- ・波高と再現期間との関係から得られる安全率1.0の波との遭遇確率を被災確率とする。
- ・被災形態はケーソンの港内側への滑落とする。
- ・復旧方法はケーソンの再据付と消波工の設置を同時に行う。
- ・被災後復旧した断面は以後2度と被災しないものとする。
- ・補修方法は、変状が進行し安全率が1.15まで低下した段階で港内側に裏込捨石を設置し、安全率を1.20に回復させるものとする。
- ・この試算は変状が著しく進行した時のものである。現在の実態ではこのように著しい変状が進行している箇所は防波堤の一部で見られるに過ぎないが、今後はもっと増加するものと思われる。

試算にあたっては、実態調査データに基づいて図-2に示すように、

- ④変状の進行が最大限に速い場合、⑤変状の進行が平均的な場合、の2つのケースを設定した。それぞれについて試算した結果は図-3に示す通りであり、④、⑤どちらの場合についても、防波堤の完成後4～5年以降は維持補修費のほうが安くなることが明らかになった。

5. 結 論

- (1)防波堤の変状は、マウンド関連において他の部分より大きい傾向にあり、そのまま放置すれば構造の安定性が脅かされる可能性があることから、変状実態調査の継続と十分な検討が今後とも必要である。
- (2)ケーソン式混成堤には固有の主要変状連鎖があり、日本海沿岸地域では4本の主要変状連鎖に集約された。
- (3)種々の仮定の下での試算ではあるが、変状の進行速度と変状の大きさによって、防波堤においても維持補修を行うほうが被災後に改良・復旧する場合よりも経済的に有利になる可能性があることが明らかになった。

〈参考文献〉

- 1) 坂井順行：国富および社会資本ストックの推移と維持管理問題、土木学会誌、1983.10
- 2) 石渡友夫：維持管理の技術手法（港湾）、土木学会誌、1983.10
- 3) 柳生ほか：港湾構造物の変状現象点検手法、港湾技研資料NO.409、1982.3

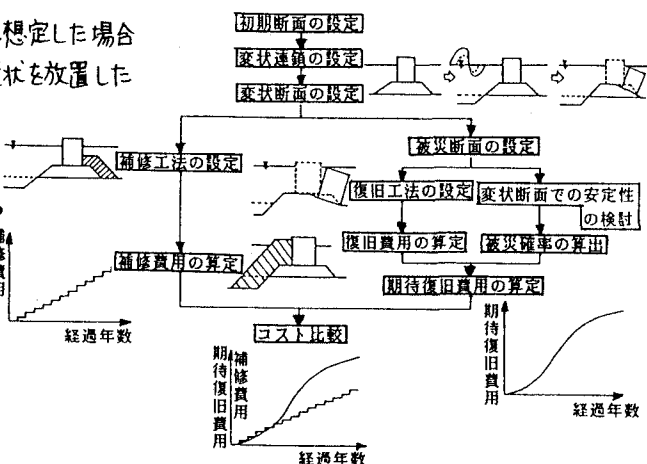


図-1 海底洗掘による変状連鎖①のコスト比較の計算手順

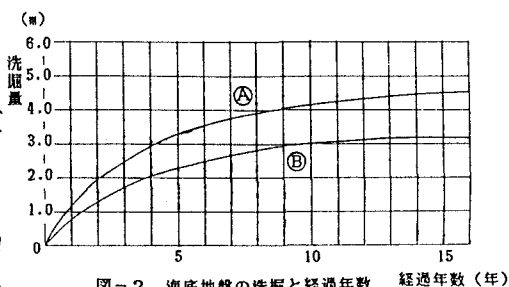


図-2 海底地盤の洗掘と経過年数

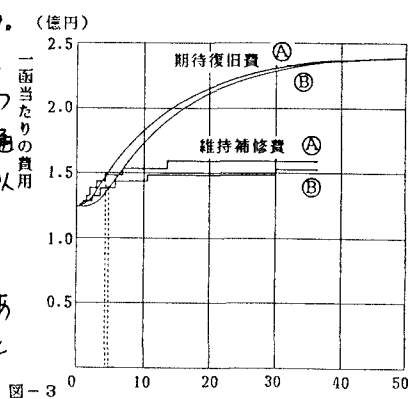


図-3 海底洗掘による変状連鎖①の場合のコスト比較