

修復レベルと予防年齢を考慮した 海岸保全施設における保全問題

公共システム研究室 妹尾 優大

1. はじめに

海岸保全施設は長期におよぶ供用期間において性能設計を維持しなければならない。しかし公共性が高い構造物には維持費用として社会的に容認される値に上限がある。安全性と経済性を上手くバランスさせるためには適切な維持管理計画の確立が必要と考えられる [1]。

本研究では海岸保全施設の耐力値は時間とともに減少し、外部負荷が耐力値を上回るとき破壊が起きる状況を想定する。施設が破壊された後に補修を行う事後保全と、供用期間内において一定間隔で補修を行う予防保全の2種類の保全を扱う。また予防保全の間隔および、事後保全修復レベルを制御変数と設定し、施設の補修・更新の意思決定問題として維持管理費用最小化問題について考察する。

2 モデルについて

海岸保全施設が供用後、供用期間 TR にいたるまで定期予防保全を行う。予防保全は一定間隔 T で実施し、施設の初期耐力値 R_0 まで修復する。予防保全以前に施設が破壊された場合、事後保全として任意の耐力値 $R_1 (\leq R_0)$ まで修復する。

施設破壊は、施設の耐力を波浪の持つ外力が超えたとき発生する。そのため施設破壊は異常波浪の到着時における施設の耐力および負荷量に依存する。施設の耐力は再生点からの時刻 y において劣化量 $D(y)$ で減少する。負荷量閾値 l_m を定め、この閾値 l_m を超過し、破壊の可能性を持つ波について考察する。また波浪による損傷量分布を $G(x)$ と定義する。

損傷量分布 $G(x)$ は損傷量が x 以下である確率を表しており、 $G(x) \equiv 0 (x < 0)$ である。このとき年齢 t における施設の非破壊確率は次式として求まる。

$$\begin{aligned} \bar{F}_1(t) &= \exp \left\{ -\lambda \int_0^t \bar{G}(R_0 - l_m - D(y)) dy \right\}. \end{aligned} \quad (1)$$

ここで $\bar{G}(x) \equiv 1 - G(x)$ である。

各再生区間における期待事後保全費用を $A_T(R_1)$ とし、次式で求めた。

$$\begin{aligned} A_T(R_1) &= c_2(R_1) \int_0^T [1 + M(R_1, T - t)] dF_1(t). \end{aligned} \quad (2)$$

関数 $M(t)$ は期待事後保全回数あり、次式で求める。

$$M(R_1, t) = \lambda \int_0^t \bar{G}(R_1 - l_m - D(y)) dy. \quad (3)$$

また供用期間内における予防保全回数を $H(T)$ 、予防保全費用を c_1 とおくことで総期待保全費用は次式として求まる。

$$C_T(R_1, T) = c_1 [H(T) - 1] + A_T(R_1) H(T). \quad (4)$$

3. 数値例

供用期間を考慮したモデルにおいて、オランダ北西部デンヘルデルの海岸防波堤の一部で観測された値を用い数値実験を行った。

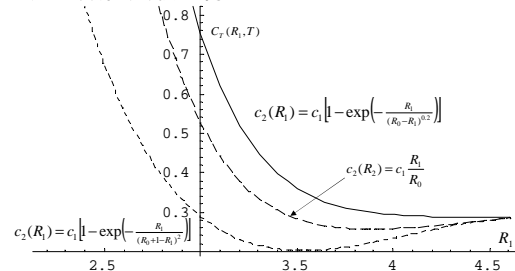


図1 各費用関数における総期待保全費用

図1は費用関数 $c_2(R_1)$ が図1にある各関数で表される場合、総期待保全費用 $C_T(R_1)$ を表している。このときの劣化関数 $D(y)$ は比例型であり、最適予防保全間隔は100年であった。図1より初期耐力値 R_0 まで修復するよりも、総期待保全費用 $C_T(R_1)$ を抑える、修復レベル $R_1 (< R_0)$ が確認できた。

4. おわりに

本研究では供用期間を考慮した海岸保全施設において、修復レベルと予防保全間隔を考慮し総期待保全費用最小化問題を考察した。これより総期待保全費用を最小化する修復レベルと予防保全間隔の最適値があるという結果を得た。

参考文献

1. 農林水産省農村振興局防災課ほか [ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案), 平成20年2月]