

II-83 最適設計波高に関する一考察

福岡大学工学部 正廣 吉田 信夫

1. 要旨 防波堤の設計波高も、防波堤の建設費、維持補修費、防波堤建設で得られる便益額、設計波高よりも大なる波高の発生で災害が生じた際、損害額、耐用年数、波高の超過確率、物理的寿命（特に鋼材を使用した防波堤の場合）等を考えあわせて、防波堤の建設によって得られる利益周回数も最大にするように決めようとするものである。今回は上記に関して、利益周回数、基本式、設定、および、波高の超過確率算定のための風速の超過確率について若干述べるものとする。

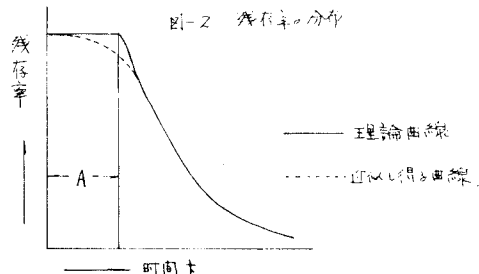
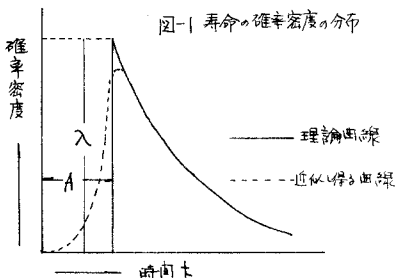
2. 基本式の算定。 $f(p)$: 防波堤建設によって得られる利益周回数、 B : 防波堤建設によって得られる便益額、 C : 防波堤建設費、 D : 設計波高よりも大なる波高の出現により災害が生じた際の損害額、 M : 維持補修費、 T : 耐用年数、 p : 波高の超過確率、とすれば利益周回数 $f(p)$ は次のとおりと表わすことができる。

$$\begin{aligned} f(p) &= -DP + (B-M)(1-p)p - D(1-p)p + 2(B-M)(1-p)^2p - D(1-p)^2p + \dots + (n-1)(B-M)(1-p)^{n-1}p \\ &\quad - D(1-p)^{n-1}p + n(B-M)(1-p)^n \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} \{ (n-1)(B-M) - D \} (1-p)^{n-1}p + T(B-M)(1-p)^T \\ &= \frac{1-p}{p} (B-M) \{ 1 - (1-p)^T \} - D \{ 1 - (1-p)^T \} \end{aligned} \quad (1)$$

もし、防波堤の建設費を年利率 i で S の金額を年々返済するものとするとき、この際、利益周回数は、(2)式で表わすことができる。

$$f(p) = \frac{1-p}{p} (B-M) \{ 1 - (1-p)^T \} - D \{ 1 - (1-p)^T \} - S \log \left(\frac{1-i}{1-ci} \right) / \log(1+i) \quad (2)$$

3. 防波堤の物理的寿命を考慮する場合、防波堤はその存続上、 $MAPI^{(1)}$ に示されているように、操業劣化 g は考慮しなくてはならない。しかし最近、鋼材を使用した防波堤が各地に設計施工されている場合には鋼材の腐蝕の問題を考慮する必要がある。一般に鋼材の物理的寿命は腐蝕の進行速度に相対し腐蝕の進行速度は時間と共に小さくなるといわれているので、図-1、図-2、(3)(4)(5)式の寿命と表わすことができる。



寿命の確率密度関数 : $f(t) = \lambda \exp(-\lambda t + \lambda A)$ (3)

寿命の分布関数 : $F(t) = \int_0^t f(t) dt$ (4)

残存率 : $R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$ (5)

いま $n = 1$ 年目における鋼材の寿命の残存率を $R_{n-1}(t)$ とおけば、防波堤の利益関数(6)式で示すことができる。

$$f(p) = \sum_{n=1}^T \left\{ (n-1)(B-M) - D \right\} (1-p)^{n-1} p R_{n-1}(t) + T(B-M)(1-p)^T R_n(t) \quad (6)$$

つまり、防波堤は各ブロック毎に鋼材を使用し建設し、それぞれのブロックが1箇で破壊すれば、防波堤の機能が失われるモデルを考へる。この場合各ブロックの物理的寿命が(3),(4),(5)の分布と同様の分布であれば、個々のブロックの中で寿命の最も短いブロックの寿命の確率密度関数、分布関数、残存率は(7),(8),(9)式で表わすことができる²⁾。

寿命の確率密度関数 $g(t) = N\lambda \exp(-N\lambda t + N\lambda A)$ (7)

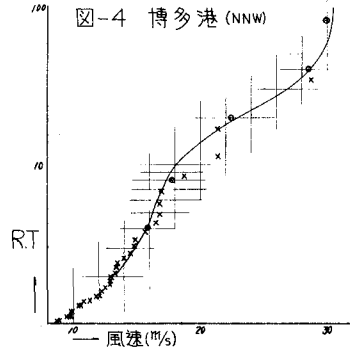
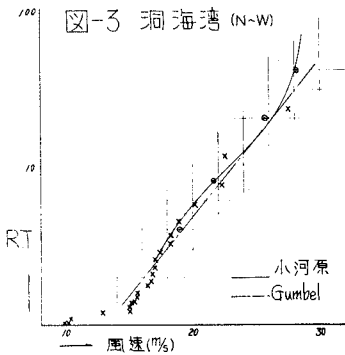
寿命の分布関数 $G(t) = \int_0^t g(t) dt$ (8)

残存率 $S(t) = 1 - G(t) = \int_t^{\infty} g(t) dt$ (9)

したがって、この場合の防波堤の利益関数 $p(t)$ は(6)式と同様に考へる事ができ、(10)式となる。

$$f(p) = \sum_{n=1}^T \left\{ (n-1)(B-M) - D \right\} (1-p)^{n-1} p S_{n-1}(t) + T(B-M)(1-p)^T S_n(t) \quad (10)$$

卓越確率の計算 利益関数に含まれる卓越確率の計算には従来から水文統計の分野で Foster, Hazen, Glade, 若杉, Gumbel, 等がそれぞれ独自の方法を提案している。設計波高の推定に使用する風速(10分間平均風速)については、気象研究所の小河原氏³⁾の方法が経験的再現期間によく一致するところから、洞海湾、博多港の設計に使用する設計風速(洞海湾⁴⁾についてはN~W, 博多港についてはNNW)についての計算結果を図-3, 図-4に示す。



以上より、今回は最適設計波高と決定するための基本式の設定を $n=1$ としたものであるが、今後は防波堤の建設による便益額、損害額の算出にもついで実施計算を $n=1$ と予定である。

参考文献 1) 村川武雄：設備投資の経済理論とその計算
 2) 高田昇, 島田正三：「数例による風空居寿命の推定法」
 3) M. Ogawara: Stochastic Limits for Maximum Possible Amount of Precipitation.
 4) 尾崎三枝：洞海湾における設計波の推定について。
 その他、運輸省、東北国産輸港技術研究所研究資料。