

京都大学工学部 正 長尾義三

京都大学工学部 正 黒田勝彦

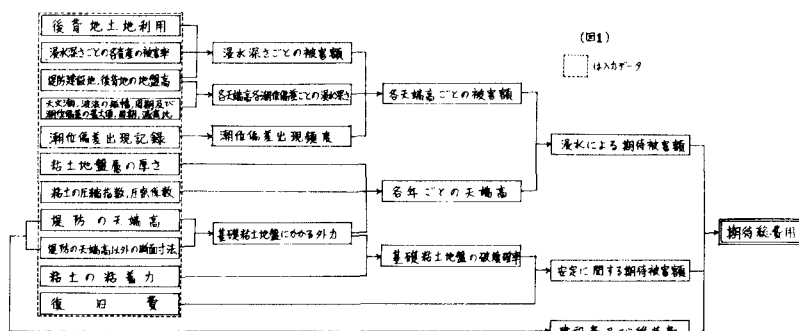
京都大学大学院 学○税所 朗

【Ⅰ】はじめに

土木構造物を建設するにあたって、計画・設計・施工・管理のいずれの段階においても、不確定性の処理は大きな問題である。また本研究における例のように、海岸堤防の建設といった公共事業においても、便益と費用との差すなわち純便益を最大ならしむべく設計するという考え方は、限られた資源の効率よい配分という目的からいって大きな役割を持っている。

そこで本研究では、巨波浪下量の大きい海岸地盤上に堤防を建設する場合を取り上げ、設計の段階で入ってくる様々の不確実性をいかに処理して、費用便益理論上合理的な海岸堤防を設計するかという問題について述べる。

【Ⅱ】フローチャート



【Ⅱ】問題の定式化

仮定(1)天文潮，波浪，潮位偏差はいずれも三角関数で近似できる。

仮定(2)潮位偏差の最大は海水面が平均海水面の状態に生ずる。

仮定(3)潮位偏差の最大値と出現頻度の対数との間には線形関係がある。¹⁾

仮定(4)粘土の圧縮指数，粘着力の測定値は正規分布をなす。²⁾

仮定(5)堤防構造は波力、水圧などの外力によつては破壊しない。

いま後背地において、堤防直下の地盤高を基準とする地盤高 y の等高線上にある資産 i の占める面積を $a_i(y)$ 、
「浸水深さ」を堤防直下での浸水深さとして定義し、それを x 、資産 i の浸水深 w に関する被害率を $p_i(w)$ とおくと、
浸水深 x ごとの被害額は、

(i) $C(x) = C[x, \phi_1(w), \phi_2(w), \dots] = \int_0^x \sum_i a_i(y) \phi_i(x-y) dy$

で求まる。また天文潮、波浪の振幅および周期をそれぞれ H , T ; η , τ , 潮位偏差の最大値, 周期, 減衰比を γ , τ , κ , 平均海面の高さを MWL とおくと、堤防付近での海面の高さに関する推移は、仮定 (1), (2) より

$$(ii) \quad \eta(t) = H \sin \frac{2\pi}{T} t + r \left(\frac{1}{\kappa} \right)^{\frac{t}{\tau_r}} \cos \frac{2\pi}{T} t + h \sin \frac{2\pi}{T} t + MWL$$

である。また堤防の天端高を H_t 、堤防建設地の海底の地盤高を $-W$ 、堤防延長を l とおくと、各天端高、各潮位偏差ごとの後背地への単位時間あたりの浸水量は、

$$(iii) \quad g(H_t, r, t) = \begin{cases} 0.385 \sqrt{2g} [\max\{\eta(t) - H_t, 0\}]^{\frac{3}{2}} l & \cdots \cdots X+W-H_t \leq \frac{2}{3} \max\{\eta(t) - H_t, 0\} \\ \sqrt{2g} [\max\{\eta(t) - H_t, 0\} - (X+W-H_t)] (X+W-H_t) l & \cdots \cdots \frac{2}{3} \max\{\eta(t) - H_t, 0\} \leq X+W-H_t \leq \max\{\eta(t) - H_t, 0\} \\ -\sqrt{2g} [(X+W-H_t) - \max\{\eta(t) - H_t, 0\}] \max\{\eta(t) - H_t, 0\} l & \cdots \cdots \max\{\eta(t) - H_t, 0\} \leq X+W-H_t \leq \frac{2}{3} \max\{\eta(t) - H_t, 0\} \\ -0.385 \sqrt{2g} (X+W-H_t)^{\frac{3}{2}} l & \cdots \cdots \frac{2}{3} \max\{\eta(t) - H_t, 0\} \leq X+W-H_t \end{cases}$$

nとす

である。しかるに各天端高，各潮位偏差ごとの浸水深さは，

$$(iv) \quad \max_t \int_0^l g(H_t, r, t) dt = \int_0^l \int_0^\infty \max[X(H_t, r) - Y(X, Y)] dX dY$$

を満足する $X(H_t, r)$ である。ただし X, Y は後背地の縦および横方向への座標である。

次に潮位偏差出現頻度は仮定(4)より $f(r) = \alpha \cdot 10^{-\alpha r}$ で表わせるから，各天端高ごとの被害額は，

$$(v) \quad C(H_t) = \int_0^\infty C[X(H_t, r)] f(r) dr$$

となる。一方仮定(4)より圧縮指数の値に不確実性が入るため，各年ごとの天端高の推定値もばらつく。いまその平均値を μ_{H_t} ，標準偏差を σ_{H_t} とおくと，浸水による期待被害額は各年について，

$$(vi) \quad C_1 = \int_0^\infty C(H_t) \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{H_t}} e^{-\frac{(H_t - \mu_{H_t})^2}{2 \sigma_{H_t}^2}} dH_t \cdot \left(\frac{1+E}{1+S}\right)^n \cdot (1+\alpha)$$

である。ここに E, S は経済成長率，社会的割引率であり， α は間接被害額／直接被害額である。ところで仮定(4)より粘土の粘着力の値にも不確実性が入るため，破壊確率の概念が必要となってくるが，いま破壊確率を P_f とおく。なお建設当初にすべりが生じない場合，以後は粘土地盤の圧密のために粘土の粘着力が増加するから，また当初すべりが生じた場合も復旧を，2度とすべりが生じないように行なうから，次の年以降すべりは生じないとみなしてよい。さてすべりが生ずると復旧費 C_R を要するから，安定に関する期待被害額は当初の年のみ生じ，

$$(vii) \quad C_2 = C_R P_f$$

である。次に維持費として毎年，当初建設費 C_0 の $100\beta(\%)$ だけ見込むとすると建設費および維持費は，

$$(viii) \quad C_3 = \begin{cases} C_0 + \beta C_0 & (\text{当初}) \\ \frac{\beta C_0}{(1+S)^n} & (\text{次の年以降}) \end{cases}$$

従って本研究におけるモデルは，

$$(ix) \quad \sum_{n=0}^N C_1 + C_2 + \frac{C_3}{S} \longrightarrow \text{minimize}$$

を満たす天端高を決定することと定式化される。

【Ⅳ】数値計算の結果

後背地は横方向には一様で縦方向に 0.5% の勾配を持つ 1 km 四方の土地とし，堤防構造様式としては(図2)，(表1)のような混成堤を採用する。実際に用いたデータは(表2)の通りであるが，後背地土地利用および浸水深さごとの各資産の被害率については2つを組み合わせたところの浸水深さごとの被害額の関数形を示してある。以上の結果，最適解，

$$H_c = 8.35\text{ m}, H_t = 12.35\text{ m}$$

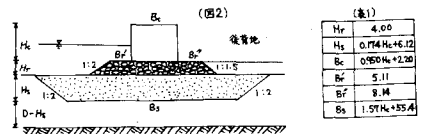
を得た。

【Ⅴ】おわりに

感応度分析を行なった結果からみると，最適解決定に大きな影響を与える要因として経済成長率と社会的割引率との差，耐用年数などが考えられ，逆に地盤改良を含むところの復旧費などは余り影響を及ぼさない。

— 参考文献 — 1) Yoshimi Nagao, The Economical Heights of Sea Walls for Coast Protection in Japan

2) 黒田陽彦，安全率，土木学会関西支部昭和48年度講習会テキスト



(表1)

Hr	4.00
Hs	0.074 Hc + 6.02
Bc	0.050 Hc + 2.20
Bt	5.11
Bb	9.14
Bs	1.57 Hc + 35.4

(表2)

H	1.25	Cv	10 ⁻³	損傷率	9561 × 10 ⁻⁴ (無損)
T	12 hr	D	20 m	Cc	N [1.2, 0.26] ²
Tc	12 hr	α	0.1	Cu	N (4.9, 1.44) ²
K	2	β	0.02	Cs	6 (Hc < 1) 0.1 (Hc > 1)
W	4 m	MWL	1.25 m	Cs	56 + Cs 万円
C	4.704 × 10 ⁶ (66 × 4), -5.107 (X - 1) ² + 158.3 (45 × 60)				