

日大理工学部 正員 川北 米良

1. まえがき

海面埋立による公共の土地造成の際の埋立地盤高は、その海域における異常高潮位の発生頻度分布、建設費、土地利用に対する *damage potential* の高潮浸水による危険性、地盤沈下などを考慮して適切な高さに決定すべきである。筆者は、このような埋立地盤高の決定のためのOR手法を発表してきた^{1), 2), 3)}。本文はこの手法を用いて志布志湾における臨海埋立土地造成の場合の地盤高の試算を行ったもので、地盤沈下は生じないものとした場合を考えている。

2. 埋立地盤高の算定モデルと最適埋立地盤高

埋立地盤高 y 、建設工費 M および当該地が高潮浸水被害を受けた場合を想定したときの年間高潮浸水被害の期待値 ϕ の関係は、 y を高くすれば M は大きくなり、 ϕ は小となる。逆に y を低くすれば M は小となり ϕ は大きくなる。すなわち、埋立地の高潮対策はまれに起こる高潮災害に対して、費用を防衛のために費すか、被害のために失うかの問題になる。そこで毎年期末の社会的割引率を年率 r の複利計算として、 M と ϕ の累年の和の現在価値 J を求めると、 J が最小となる場合が *investment-risk trade off* の状態で、この場合の y の値をこのモデルにおける最適埋立地盤高 y_0 と定義する。 J の式は経過年数を大きくすると終局的に次のように書ける：

$$J = M + \frac{\phi}{r} \quad (1)$$

M は護岸、係船岸、埋立などの工費と整地費および補償費で構成され、 ϕ は埋立地の高潮浸水被害を浸水深さに比例するものとして、高潮の発生頻度分布を指数分布および対数極値分布と仮定すると(1)式は次のようになる：

$$\text{指数分布を用いる場合: } J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n \phi}{\lambda r} e^{-\lambda(y-\phi)} \quad (2)$$

対数極値分布を用いる場合;

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n \phi}{r} \left\{ (x_1 - \phi_2) \gamma(k, \eta) - (y - \phi_2)(1 - e^{-\eta}) \right\} \quad (3)$$

ここに、 m_0, m_1 および m_2 は護岸、係船岸、埋立等の工費および整地、補償費に関する定数、 n は年間高潮発生度数、 ϕ は被害係数； $\lambda, \phi, \phi_2, x_1$ はそれぞれ指数分布および対数極値分布関数のパラメータ、 $\gamma(k, \eta)$ は第1種不完全ガンマ関数； $k = 1 - (\lambda_1^{-1})$ 、 $\eta = \{(x_1 - \phi_2)/(y - \phi_2)\}^{\lambda_1}$ である。

一般に y の変化に対する J の変化の様子は、図-2.に示すように単一の極小値を有する連続関数である。

3. 志布志湾の埋立地盤高の試算

志布志湾沿岸の埋立海域の異常高潮の発生状況については、油津検潮所における1954～1982年の29年間の潮位観測資料を用いる。また志布志湾海域の潮位平均満潮位(HWL)としては、油津検潮所における1982年の値 $TP + 0.78m$ を用いることにした。そして埋立地盤高の計算においては $HWL + 0.3205m (= TP + 1.1005m)$ 以上の高潮発生頻度分布を対象とした。分布関数の選択には性質の異なる指数分布および対数極値分布を近似的に適用して、比較検討することにした。その分布の様子は図-3.のようであり、パラメータの数値は

(指数分布) $\lambda = 3.958$ $\phi = 1.110m$, (対数極値分布) $\lambda_1 = 16.501$ $\phi_2 = -1.420m$ $x_1 = 1.225m$

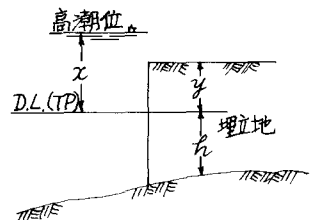


図-1. 潮位基準面、埋立地盤高、水深

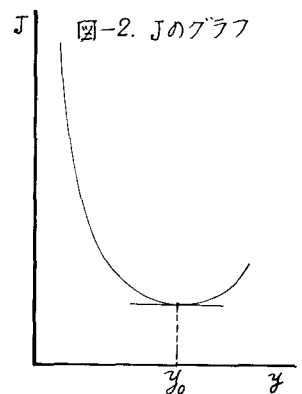


図-2. Jのグラフ

$$n = 0.571 \text{ (1/year)}$$

である。ここに

指数分布: $f(x) = \lambda e^{-\lambda(x-\ell)}$
 $(\ell \leq x < \infty)$,

対数極値分布: $f(x) = \frac{\lambda}{x-\ell_2} \exp(-\xi - e^{-\xi})$,
 $\xi = \lambda \ln \frac{x-\ell_2}{x_0-\ell_2}$,
 $(\ell_2 < x < \infty)$.

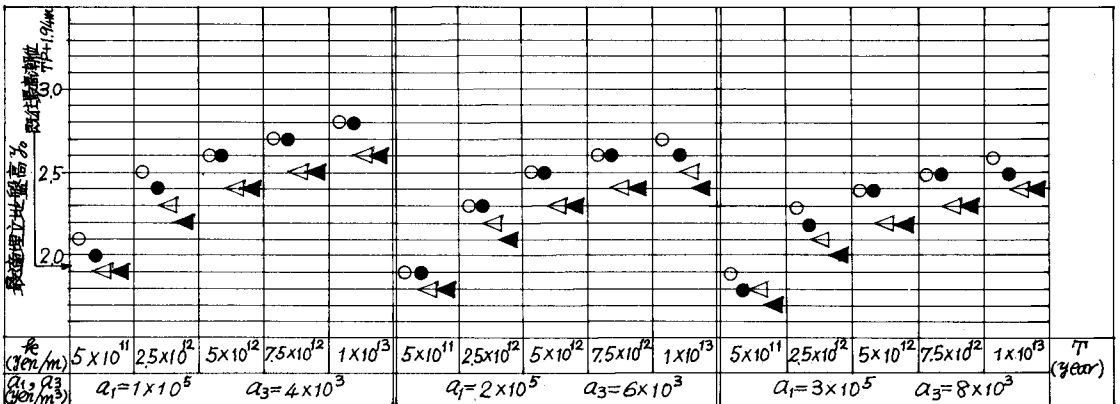
埋立計画に関するデータとしては、次のような数値を想定して試算した:

埋立面積 $A = 13,300,000 \text{ m}^2$,

護岸延長 $l_1 = 16,985 \text{ m}$,

係船岸延長 $l_2 = 840 \text{ m}$, 埋立計画水域の平均水深 $h = 6 \text{ m}$, 護岸の平均水深 $h_1 = 8 \text{ m}$, 係船岸の平均水深 $h_2 = 11 \text{ m}$, 護岸工費の式の係数 $a_1 = 1.0 \times 10^5, 2.0 \times 10^5, 3.0 \times 10^5 \text{ (yen/m}^3\text{)}$ の3通り, 係船岸工費の式の係数 a_2 は建設費を6650億円(1980年価格)と仮定し $a_2 = 170,108 \text{ (yen/m}^3\text{)}$ とした. 埋立工事単価 a_3 は $4 \times 10^3, 6 \times 10^3, 8 \times 10^3 \text{ (yen/m}^3\text{)}$, その他諸費として $M_4 = 2 \times 10^{11} \text{ (yen)}$ を仮定した. また被害係数 $h = 5.0 \times 10^{11}, 2.5 \times 10^{12}, 5 \times 10^{12}, 7.5 \times 10^{12}, 1 \times 10^{13} \text{ (yen/m)}$, 社会的割引率 $r = 0.07, 0.09$ の場合を試算した. これらのパラメータの組合せによる(2)および(3)式の計算結果から得られたそれぞれの場合の最適埋立地盤高の一部を表示すれば、表-1のようである.

表-1 地盤沈下のない場合の最適埋立地盤高 y_0 (凡例) r 指数分布 対数極値分布
 (志布志湾の埋立土地) 0.07 0.09 ● ▲



4. 結 言. 最適埋立地盤高の計算値は h が大なる程 y_0 が大となる. すなわち埋立地の利用が高度である程最適地盤高は高くなり、建設費が高なる程、埋立地盤高は、わずかではあるが低く算定される. 高潮頻度分布の仮定の γ に対する影響も(2)式と(3)式では大差なく、また埋立計画の段階で不確定な要素の多い定数 h, a_1, a_2, a_3, M_4 などは概数値で充分である. さらに r の変化による y_0 にはほとんど影響を与えない. すなわち、使用したモデルは経済変動に対しても充分な安定性を有する. よって、本文で使用した(2)および(3)式は合理性を有するものと考えられる.

- 1) 川北米良: 臨海埋立地造成における地盤高の決定に関するORについて, 土木学会第32回年次学術講演会, 第4部, 1977.
- 2) " : 海面埋立地造成における最適地盤高のオペレーションズ・リサーチによる決定法, 第4回土木計画学研究発表会, 1982.
- 3) " : 海面埋立地の造成において短期の地盤沈下を有する場合の埋立地盤高の決定法, 土木学会第37回年次学術講演会, 第4部, 1982.