

1. まえがき

公共の海面埋立土地造成において、埋立工事の竣工後に数年間の比較的短期間に終了する地盤沈下が生ずる場合がある。本文はこのような場合に、高潮発生頻度、埋立土地の建設費、土地利用に対する *damage potential* の高潮浸水被害の危険性を考慮して初期埋立地盤高を決定する方法の理論的考察を行なったものである。すなわち、初期埋立地盤高を沈下の終了時に地盤沈下が生じない場合の最適埋立地盤高に収束するように算定する。

地盤沈下が生じない場合の最適埋立地盤高は、建設費 M と年間高潮浸水被害の期待値 ψ_0 の累年の和の現在価値 J が最小となる場合の埋立地盤高と定義する。この場合の J は次式で与えられる。¹⁾ :

$$J = M + \frac{\psi_0}{r} \quad (r = \text{社会的割引率}) \quad (1)$$

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、 ψ_0 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、対数極値分布および Gumbel 分布と仮定すると (1) 式は次のようになる:

$$\text{指数分布を用いた場合} \quad J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n k}{\lambda r} e^{-\lambda(y-\epsilon)} \quad (2)$$

$$\text{対数極値分布を用いた場合} \quad J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n k}{r} \left\{ (x_i - \epsilon_i) \gamma(K, \eta) - (y - \epsilon_i) (1 - e^{-\eta}) \right\} \quad (3)$$

$$\text{Gumbel 分布を用いた場合} \quad J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n k}{r} \left[-\frac{\psi_0}{\lambda_g} - (y - x_g) \{ 1 - \exp(-e^{-\mu}) \} \right] \quad (4)$$

ここに、 y は基準面から測った埋立地盤高、 m_1, m_2 は護岸、係船岸、埋立等の工費に関する係数、 m_0 は上記と補償費および整地費に関する定数、 n は年間高潮発生度数、 k は被害係数、 $\lambda, \epsilon, \epsilon_i, x_i, \lambda_g, x_g, \mu$ はそれぞれの高潮の発生分布関数のパラメータ。 $K = 1 - (\lambda_i^{-1})$, $\eta = \left\{ (x_i - \epsilon_i) / (y - \epsilon_i) \right\}^{\lambda_i}$, $\gamma(K, \eta)$ = 第1種不完全ガンマ関数, $\delta = e^{-\mu}$, $\mu = \lambda_g (y - x_g)$, $\psi_0 = \int_0^\infty e^{-u} \ln u \, du$.

2. 短期沈下終了の場合の埋立地盤高の計算式

埋立地盤高を y としたときに予測される埋立地の基礎の圧密層の最終圧密沈下量を土の圧縮指数 C_c を用いて予測すると

$$y = y_0 + \beta_1 \ln(\beta_2 + \beta_3 y) \quad \left(\begin{array}{l} \beta_1 = 0.43429 C_c H_0 / (1 + e_0), \\ \beta_2 = 1 + \{ (x_i - x_w) h + g \} / p_w, \quad \beta_3 = x_i / p_w. \end{array} \right) \quad (5)$$

と書ける。また体積圧縮係数 m_v を用いると

$$y = y_0 + \gamma_1 + \gamma_2 y \quad \left(\begin{array}{l} \gamma_1 = m_v H_0 \{ (x_i - x_w) h + g \}, \quad \gamma_2 = m_v H_0 x_i. \end{array} \right) \quad (6)$$

と書ける。ここに y_0 は沈下のない場合の最適埋立地盤高である。(5) および (6) 式を満足する y が最終沈下において最適埋立地盤高に収束する初期埋立地盤高である。なお H_0 = 圧密層の厚さ、 e_0 = 初期間隙比、 h = 埋立予定地の平均水深、 x_i = 土の単位体積重量、 x_w = 海水の単位体積重量、 g = 地表に作用する平均鉛直圧力。

3. 計算例

泉州沖の海面を対象として仮設の埋立土地造成計画について、埋立地盤高を決定するための *parameter* を変化させて、最終的に y_0 になるように初期埋立計画地盤高 y を試算した結果を示す。この場合、埋立面積 = 1,230 ha, 護岸延長 = 17,000 m, 係船岸延長 = 300 m; 護岸工費 a_1 , 係船岸工費 a_2 , 埋立工費 a_3 , 被害関数の係数 k , および社会的割引率については表-1 および表-2 のように変動を大きくとることにし、これに対応する埋立地盤高を (2), (3) および (5) 式を用いて計算した。なお高潮発生頻度分布は淡輪検潮所の観測値 (1954 ~ 1978 年) を用いた。すなわち、高潮

の発生頻度分布として、指数分布および対数極値分布を用いた場合を比較試算した。埋立計画地の海底地盤には沖積粘土層があり、この土層が埋立工事の完成後も埋立土の自重と土地利用にともなう地表に作用する荷重により、圧密沈下をするものとし、土質定数が次のように与えられたとする。

圧密降伏力 $P_0 = 25,000 \text{ kgf/m}^2$, $q = 5,000 \text{ kgf/m}^2$, $\gamma_s = 1,700 \text{ kgf/m}^3$, $\gamma_w = 1,030 \text{ kgf/m}^3$, $e_0 = 1.5$, $C_c = 0.5$, 圧密係数 $c_v = 10 \text{ m}^2/\text{year}$, $H_0 = 30 \text{ m}$, $h = 20.7 \text{ m}$ (図-1 参照)

地盤沈下をしないものとした場合の最適埋立地盤高および基礎地盤を短期沈下終了とみなした場合の初期埋立計画地盤高の試算結果は、それぞれ表-1 および表-2 のようである。

4. 結 言

表-1 および表-2 からわかるように、建設費が大となるにつれ(すなわち a_1, a_2 が大となる意味で、本例では a_2 を一定としたが、 a_2 が大となっても同様)、 y_0 および y の計算値は小さくなる傾向がある。この原因は高潮浸水被害も、建設投資も貨幣価値による数量評価において同一視するためである。また基礎地盤の沈下が短期終了とみなして y を計算する場合は、

最終圧密沈下量が小さい場合に適し、大きな場合には、 y はかなり高い値に算定され、経済的に不適当となる場合によっては、この様な地盤の箇所での施工法の再検討のような計画の判断資料を与えることになる。

経済変動が埋立地盤高の計算値に与える影響は、社会的割引率 r の値の変化で知ることのできるが、この変化量はわずかである。次に高潮の発生頻度分布型の仮定のみに反ばす影響も小さくと言える。

以上により本文は高潮発生頻度、埋立土地建設費、社会的割引率、土地利用の damage potential、基礎地盤の沈下などの自然条件、工学的条件および社会的条件を考慮した埋立地盤高の決定法と言える。

1) 川北米良：海面埋立土地造成における最適地盤高のメソッド・リサーチによる決定法、第4回土木計画学研究発表会講演集、1982年1月。

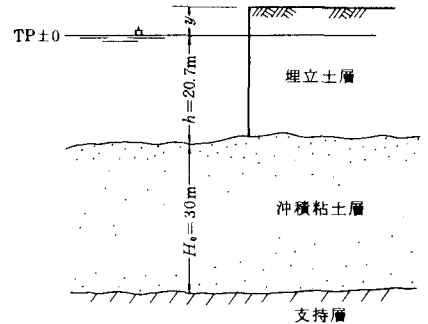
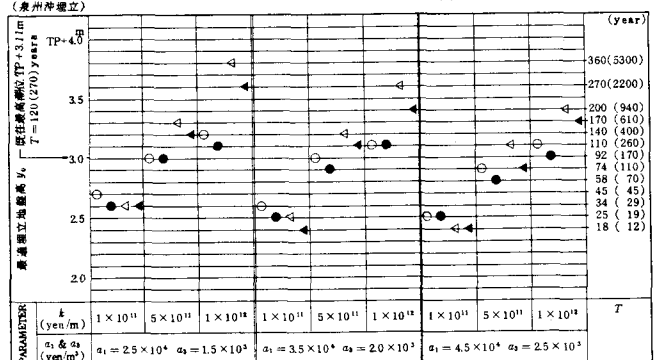


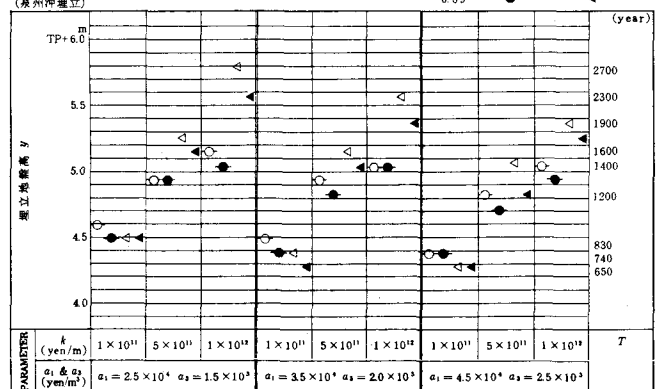
図-1 埋立計画地の土層(仮定)

表-1 地盤沈下のない場合の最適埋立地盤高 y_0 および Return Period T



(注) T の値は、無断弧の数値が対数極値分布で、断弧の数値は指数分布による。

表-2 短期沈下終了モデルを用いた場合の地盤高 y と Return Period T



(注) T の計算は、対数極値分布を用いた場合の値である。