

IV-211

海面埋立土地造成における埋立地盤高の決定法
—Gumbel分布を用いた泉州沖埋立地盤高の試算—

日大理工学部 正員 川 北 米 良

1. まえがき. 海面埋立土地造成の際の埋立地盤高の決定法について, すでに発表した手法¹⁾の中で, 本文は高潮発生の頻度分布にGumbel分布を用いた場合の決定法を, 泉州沖の埋立土地造成の地盤高の試算に適用し, この手法の妥当性を吟味した.

2. Gumbel分布を用いた場合の最適埋立地盤高の決定法.

泉州沖の高潮発生頻度分布として淡輪における1954~1978年の25年間のHWL+0.943m以上の高潮観測値を用いる(図-1). これによると淡輪における大きな高潮の平均年間発生度数 n は20.4回で, その頻度分布は近似的に指数分布, 対数極値分布及びGumbel分布等で表わすことができ, 本文においては当海域において適合度の良いGumbel分布を採用する(その他の分布を用いた場合については発表済み¹⁾).

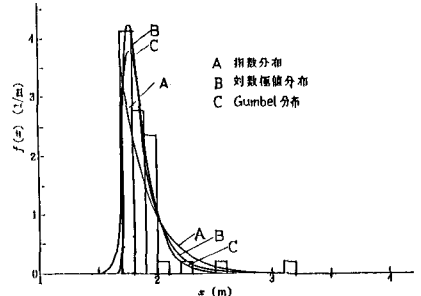


図-1 淡輪におけるHWL+0.943m (m)以上の高潮発生頻度分布

一般に埋立地盤高 y を高くすれば埋立土地造成の建設費 M は大きくなり, 年間高潮浸水被害の期待値 ψ は小となる. 逆に y を低くすれば M は小となり ψ は大となる. よって M と ψ との間にtrade offの関係が成立する. そこで M と ψ の累年の和の現在価値 J を求め, J を最小ならしめる y の値を最適埋立地盤高と定義する. J は経過年数を大きくすると終局的に

$$J = M + \frac{\psi_0}{r} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{d_t}{(1+r)^t} \quad (1) \quad \begin{cases} \psi_0 = \text{地盤沈下がない場合の年間高潮浸水被害の期待値, } t = \text{経過年数,} \\ d_t = \text{第} t \text{-1期期末から第} t \text{期期末までの高潮浸水被害期待値の増分, } r = \text{社会的割引率.} \end{cases}$$

で与えられる. さらに M は護岸・係船岸・埋立等の工費, 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, 高潮発生頻度分布にGumbel分布を適用すると

$$\text{地盤沈下のない場合: } J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n k}{r} \left[-\frac{\vartheta(\sigma)}{\lambda g} - (y - x_g) \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \right] \quad (2)$$

長期沈下継続の場合(沈下量の予測に C_c 法を用いる):

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{n k}{r} \left[-\frac{\vartheta(\sigma)}{\lambda g} - (y - x_g) \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \right] + n k \beta_1 \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu})\}} \right] \ln \{ \beta_2 + \beta_3 y \} \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \quad (3)$$

$$\text{ここに } \vartheta(\sigma) = \int_0^{\sigma} e^{-u} \ln u \, du, \quad \vartheta(\infty) = \text{Euler 定数} \quad (4)$$

$\vartheta(\sigma)$ の値は $f(u) = e^{-u} \ln u$ とおくとGaußの数値積分法を用い

て, 次式より求めることができる:

$$\begin{aligned} \int_0^{\sigma_0 + h} f(u) \, du &= 0.173927423 h \left\{ f(\sigma_0 + 0.069431844 h) \right. \\ &\quad + 1.874762316 \left\{ f(\sigma_0 + 0.330009478 h) + f(\sigma_0 + 0.669990522 h) \right\} \\ &\quad \left. + f(\sigma_0 + 0.930568156 h) \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sigma = e^{-\mu}, \quad \mu = \lambda g (y - x_g).$$

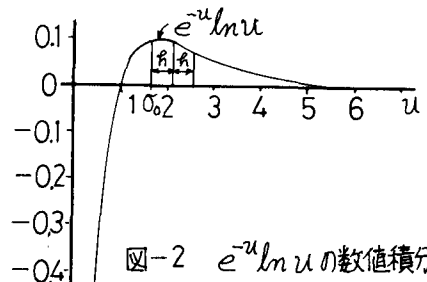


図-2 $e^{-u} \ln u$ の数値積分

m_0, m_1, m_2 は諸工費に関する定数, α は被害係数, λ と γ は Gumbel 分布のパラメータ, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 及び ν は埋立基礎地盤の圧密層の土質に関する定数からなる定数である。

3. 泉州沖埋立地盤高の試算。潮位及び埋立地盤高の基準面を $TP \pm 0m$ にとる。泉州沖埋立計画水域の HWL は淡輪検潮所の観測資料から $TP+0.762m$, 平均水深 $h_1=20.7m$, 護岸平均水深 $h_2=21.0m$, 係船岸平均水深 $h_3=21.0m$, 埋立面積 $A=1,230ha$, 護岸延長 $l_1=17,000m$, 係船岸延長 $l_2=300m$, 係船岸工費の係数 $a_2=52.083 yen/m^3$ と仮定する。

Gumbel 分布のパラメータは $\lambda \gamma = 10.520$, $\gamma \gamma = 1.799m$ (TP 基準) である。圧密層の土質定数については次のように仮定した:
 $\rho_v = 0.24517 MPa$ $e_0 = 1.5$
 $q = 0.04903 MPa$ $C_c = 0.5$
 $\gamma_f = 0.01667 MN$ $c_v = 10 m^2/year$
 $\gamma_w = 0.01010 MN$ $H_0 = 30m$ (層圧)

なお護岸工費の係数 a_1 , 埋立工費の係数 a_3 および ν , α の値は表-1 のように変動させることにし, 地盤沈下のない場合並びに長期沈下継続の場合について, それぞれ(2)及び(3)式により最適埋立地盤高の試算を行った。また埋立土地の完成後の圧密沈下の予測には, 片面透水の場合と両面透水の場合を試算し, 沈下継続時間の長短が最適埋立地盤高の計算結果に及ぼす影響を吟味した。

4. 結 言。表-1 及び(2)には高潮発生頻度分布として Gumbel 分布その他, 指数分布, 対数極値分布を仮定した場合¹⁾を示しているが, これらの仮定は本文の最適埋立地盤高の計算においては許容されることが試算結果から分かった。また ν は被害係数 α が大なるほど大きくなり, 建設費が高くなるほど低く算定される。式(3)の中には埋立計画の策定段階においては未確定な α, a_1, a_2, a_3, q などの定数が含まれているが, これらに対しては概数値を与えれば安定した ν の値が算定できる。さらに埋立地の完成後に基礎地盤が圧密沈下する場合は, 最適埋立地盤高は沈下時間が長期間徐々に継続する場合は低く, 短期に終了する場合は高く算定される。式(3)には著者の圧密度の近似式が Terzaghi の一次元圧密度の式のかわりに用いられているが, 計算式の簡略化と適合性において有効であることがわかった。

1) 川北米良「海面埋立地造成における埋立地盤高の決定方法とその泉州沖埋立への適用について」, 第10回海洋開発シンポジウム, 1985年6月, 土木学会

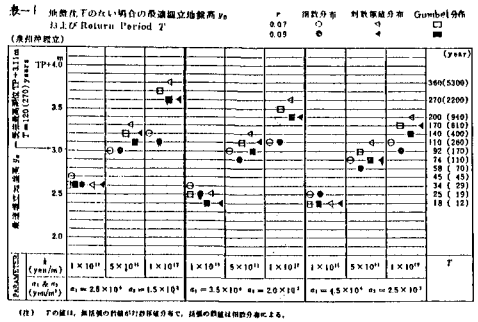
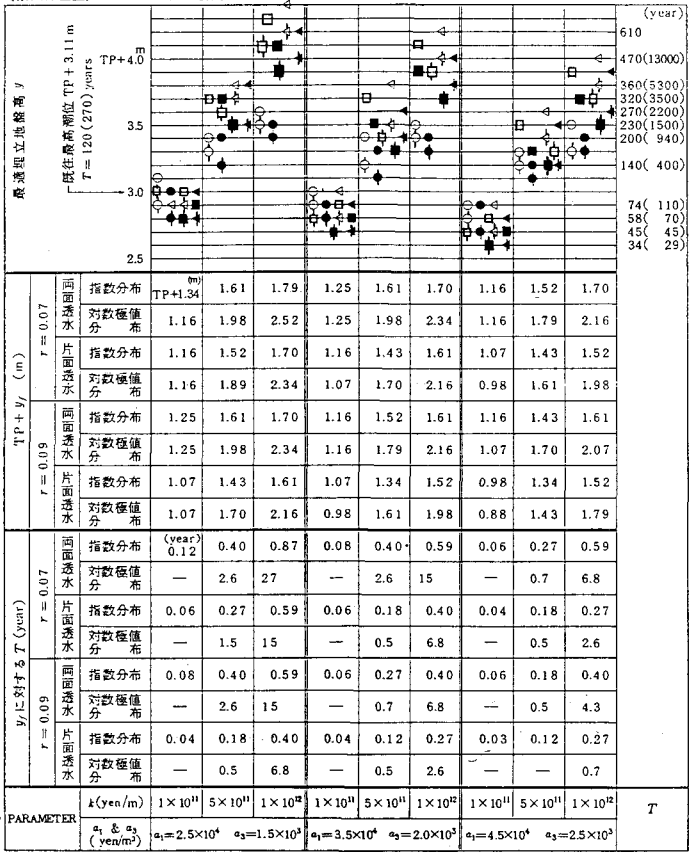


表-2 長期沈下継続モデルによる最適埋立地盤高 ν , 沈下終了時の地盤高 ν_f および Return Period T (泉州沖埋立) HWL = $TP + 0.762m$



(注) ν の値は, 無括弧の数値が対数極値分布で, 括弧の数値は指数分布による。

土質	指数分布		対数極値分布		Gumbel分布	
	$r=0.07$	$r=0.09$	$r=0.07$	$r=0.09$	$r=0.07$	$r=0.09$
両面透水	○	●	○	●	○	●
片面透水	◇	◆	◇	◆	◇	◆