

1. ま え が き

従来、海面水域の埋立による土地造成の際の計画埋立地盤高は、その地域の海象条件に基づき朔望平均満潮位あるいは台風期の朔望平均満潮位に最大潮位偏差と経験的な余裕高を加えた高さに決定されている。基礎地盤が軟弱な場合は、その高さに埋立竣工後の地盤沈下の予測値が加えられる。また、隣接の在来地盤高との関連を考慮して決める場合もある。こうして通常、埋立地盤高は朔望平均満潮位上1～2mに定められている。もし、その海岸における発生可能な絶対最高潮位がなんらかの方法で求められれば、高潮浸水災害に関する限り、この潮位に基づいて埋立地盤高を決定すれば安全であるが、このような絶対最高潮位の推定は現在のところ不可能である。よって従来、計画のための潮位偏差としては、既往最大の高潮偏差、あるいはモデル台風が当該地に最大の高潮を発生させると考えられる経路を通った場合の潮位偏差の推算値が用いられている。このモデル台風には過去に大被害をもたらした最大規模の台風が想定される。けれども、こうして決定された高潮の偏差値は、さらに大きな高潮の発生により、計画値としての意味が薄れ、埋立地の高潮に対する安全性に疑問が生じ、その都度計画に用いた高潮偏差値の更新と埋立地盤高あるいは防潮施設の天端高の嵩上げの必要に迫られる場合がある。このような事態は日本においては特に1959年9月26日の伊勢湾台風の襲来以来、伊勢湾、大阪湾、東京湾などの沿岸における高潮防潮事業計画に見られる。例えば、東京都の高潮対策事業における計画高潮位の経年推移を見ると、1949年8月31日襲来のKitty台風時の高潮に基づき1950年に計画高潮位はAP+3.15mに定められ、1956年には1917年10月1日の台風による既往最高潮位AP+4.12mに改定され、さらに1959年の伊勢湾台風により再び改定されてAP+5.10mとなった。また高潮偏差の実測値と推算値について見ると、1966年9月25日の6626号台風による駿河湾奥部の田子の浦における高潮偏差の実測値は1.06mであるのに対し、推算値は0.42mであり、1970年8月21日の7010号台風による土佐湾奥部の桂浜での偏差の実測値は2.35mであるのに対し、推算値は0.85mであり、高潮偏差の推算値より実測偏差の方が大きいことがある。さらにまた、実測潮位と設計天端高の比較例を見ると、1953年2月1日のRotterdamにおける暴風による最高潮位は、海岸堤防の設計天端高より0.5～0.7mも高い平均海面上3.75m、偏差2.7mであった。このような計画高潮位の更新にともなう埋立地盤高あるいは防潮施設の嵩上げ工事は、沿岸の土地利用が高度であればあるほど諸機能の活動の障害となり、工事が困難となることが多い。よって、海面埋立土地造成においては当初に合理的で妥当な埋立地盤高に計画することが肝要である。

本論文は公共の海面埋立土地造成を対象とし、高潮発生頻度、埋立工事の竣工後の地盤沈下の有無、埋立土地の建設費、土地利用に対応するdamage potentialの高潮浸水被害の危険性および土地利用の機能上の利便性を考慮した埋立地盤高の決定法について理論的考察を行なったものである。埋立地盤高の算定モデルは、建設費と高潮浸水被害の期待値の和を最小にする確率的計画法によって、地盤沈下のない場合、地盤沈下が短期間に終了する場合、および地盤沈下が長期間にわたる場合の3つについて設定されている。そして泉州沖の埋立土地造成を例にとり、この方法を適用し、それぞれのparameterを変動させて埋立地盤高の試算を行ない、本方法の妥当性と合理性を検討した。

2. 最適埋立地盤高とその算定モデル

一般に埋立土地造成の建設費 M は埋立地盤高 y を高くすればするほど増大するので、 M は y の関数と考えられる。また、埋立予定地の海岸において発生する高潮の潮位 x の発生頻度は、通常、長期的に見るとき無作為の確率事象とみなされる。したがって、埋立地が完成後に高潮の浸水被害を受けた場合を想定すると、被害の予測値は埋立地の年間高潮浸水被害の期待値 Ψ で評価することができる。そして埋立地のdamage potentialを一定とすると、 Ψ は、地盤沈下を考慮に入れると、 y と t の関数と考えられる。ここに t は経過年数であり、 Ψ は金額表示できるものとする。 x および y は、それぞれある潮位基準面より測った潮位および埋立地盤高で、本論文においては、この潮位基準面を東京湾平均海面(TP±0)に定める。埋立地盤高の変化に対する建設費と年間高潮浸水被害の期待値との関係は、 y を高くすれば M は大となり、 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。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、費用を防備のために費すか、被害のために失うかの問題に帰着する。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、建設費と年間高潮浸水被害の期待値の累年の和の現在価値 J を求める。一般に y の変化に対する J の変化の様子は単一の極小値を有する連続関

数である。\$J\$ が最小となる場合が investment-risk trade off の状態で、この場合の埋立地盤高をこのモデルにおける最適埋立地盤高と定義する。モデルの定式化を簡単にするため、埋立土層は圧縮締固めがすでに終了し、計画強度を有するように施工され、埋立土層の圧縮はもはや生じないものとする。計画埋立地盤高はモデルによる最適埋立地盤高の計算値に、係留施設その他の土地利用の機能上の支障の有無、地盤高を越える高潮発生 of return period、事業予算、隣接地域との関連性などについての適否の検討が加えられて最終的に決定されるものとする。埋立地の水際線における波浪の越波および津波などに対する防護施設は必要に応じて別途計画されるものとして、ここでは論及しない。また、高潮と津波の同時発生の可能性は非常に小さいから、このような複合現象は考えないことにする。

2.1 地盤沈下のない場合のモデル このモデルは埋立区域の海底基礎地盤が堅固で沈下することなく、計画埋立地盤高が一定に保持されるものとみなし得る場合に適用する。

地盤沈下のない場合の年間高潮浸水被害の期待値を、特に \$\Psi_0\$ で表わす。\$\Psi_0\$ は \$y\$ のみの関数となる。土地利用開始の年を初年度とすれば第 \$t\$ 年期末の \$J\$ は次式のように書ける：

$$J = M + \sum_{i=1}^t \frac{\Psi_0}{(1+r)^i} = M + \frac{1}{r} \{1 - (1+r)^{-t}\} \Psi_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

埋立土地の耐用年数は理論的には無限大とみなされ、埋立地周辺の護岸や係船岸などの諸施設の耐用年数についても \$t = 50 \sim 80\$ 年と、かなり大きな値である。また社会的割引率については、\$r = 0.06 \sim 0.1\$ の値が想定されるので、(1)式の \$(1+r)^{-t}\$ の値は 1 に比してはるかに小さいから省略する。よって、建設費と年間高潮浸水被害の期待値の累年の和の現在価値は \$t \rightarrow \infty\$ に対する(1)式の収束値

$$J = M + \frac{\Psi_0}{r} \quad \dots\dots\dots(2)$$

を用いることができる。(2)式で与えられる \$J\$ は \$y\$ のみの関数である。(2)式の \$J\$ を最小ならしめる \$y\$ の値が地盤沈下のない場合の最適埋立地盤高で、この地盤高を \$y_0\$ で示す。

2.2 短期沈下終了モデル 埋立土層の自重および土地利用による載荷重に起因する基礎の圧密層の沈下が数年以内の比較的短期間に終了する場合には、初期の計画埋立地盤高 \$y\$ は沈下終了時において、地盤沈下のない場合の最適埋立地盤高 \$y_0\$ に収束するように、予め \$y_0\$ に高さの増分を加えて \$y\$ を決定する方法が考えられる。埋立地盤高を高くすれば埋立土の自重が増し、そのために基礎の圧密層に加わる鉛直圧力が増大して最終圧密量 \$S_0\$ が増す。いま地盤高を \$y\$ とした場合の基礎の圧密層の最終圧密沈下量を \$S_0\$ とすれば、\$S_0\$ は \$y\$ の関数

$$y = y_0 + S_0(y) \quad \dots\dots\dots(3)$$

と書ける。(3)式を満足する \$y\$ がこのモデルにおける計画埋立地盤高である。しかし、経済的には最適値とならない。

2.3 長期沈下継続モデル 埋立予定地の基礎地盤に軟弱層があり、地盤改良工法の施工が不可能な深さを有し、埋立土地造成の竣工後に残留沈下量があり、長年にわたり緩やかな沈下速度で圧密現象が継続することが予測される場合には、(3)式を用いると過大な埋立地盤高となるため経済的に不適当となり、埋立土地造成事業が実現不可能となることがある。このような場合にこのモデルを適用して最適埋立地盤高を求める。そして諸施設の耐用年数と考え合わせて、ある期間を経過した将来の時点で地盤高を更新する計画を当初より立案する手法が考えられる。

地盤沈下のある場合は、年数の経過とともに高潮被害が増大する傾向にあるので、年間高潮浸水被害の期待値 \$\Psi\$ は \$y\$ と \$t\$ の関数と考えられ、これを次のようにおく：

$$\Psi = \Psi_0 + \delta_t \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここに、\$\delta_t\$ は第 \$t-1\$ 年期末から第 \$t\$ 年期末までの 1 年間の地盤沈下による埋立地の年間高潮浸水被害の期待値の増分であり、\$t\$ は埋立土地利用開始の年を初年度とする経過年数である。(4)式を用いれば第 \$t\$ 年期末の \$J\$ は次式のように書ける：

$$J = M + \frac{1}{r} \{1 - (1+r)^{-t}\} \Psi_0 + \sum_{i=1}^t \frac{\delta_i}{(1+r)^i} \quad \dots\dots\dots(5)$$

\$t\$ は大きな値をとるので \$(1+r)^{-t}\$ は無視することができる。ゆえに建設費と年間高潮浸水被害の期待値の累年の和の現在価値は \$t \rightarrow \infty\$ に対する(5)式の収束値

$$J = M + \frac{\Psi_0}{r} + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\delta_i}{(1+r)^i} \quad \dots\dots\dots(6)$$

で与えられる。(6)式で与えられる \$J\$ は \$y\$ のみの関数で、この \$J\$ を最小ならしめる \$y\$ の値がこの場合の最適埋立地盤高である。

3. 建設費

埋立土地造成の建設費 \$M\$ を護岸工費 \$M_1\$、係船岸工費 \$M_2\$、埋立工費 \$M_3\$、およびその他諸費 \$M_4\$ の項に分ける。\$M_1\$、

M_2 および M_3 はそれぞれ埋立地盤高 y の連続関数とし、最適埋立地盤高を中心にその近くにおいて近似的に

$$M_1 = a_1 l_1 (y + h_1)^2, \quad M_2 = a_2 l_2 (y + h_2)^2, \quad M_3 = a_3 A (y + h) \quad \dots\dots\dots(7)$$

で表わせるものとする。ここに l_1 は護岸の延長、 l_2 は係船岸の延長、 A は埋立面積、 h は埋立予定地の平均水深、 h_1 は護岸施工箇所の水深、 h_2 は係船岸のバースの水深、 a_1 および a_2 はそれぞれ最適埋立地盤高を対象とする護岸および係船岸の工費の式の係数、 a_3 は単位体積当りの埋立工事単価である。 M_4 は整地費および補償費など埋立地盤高に関係しない諸費を一括した定数である。そのほか埋立地の完成後に年数の経過とともに維持費が必要となるが、この経費は他の費用に比べてはるかに少ないので、年間高潮浸水被害の期待値に含めて考慮することにする。建設費 M は(7)式を用いて次のように書ける：

$$M = \sum_{i=1}^4 M_i = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\left. \begin{aligned} m_0 &= a_1 l_1 h_1^2 + a_2 l_2 h_2^2 + a_3 A h + M_4, \\ m_1 &= 2(a_1 l_1 h_1 + a_2 l_2 h_2) + a_3 A, \\ m_2 &= a_1 l_1 + a_2 l_2. \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(9)$$

4. 高潮浸水の被害関数

式 J の要因 Ψ_0 の定式化のためには、埋立土地造成計画実現の将来のある時点において、埋立地が高潮に襲われて浸水災害を被った場合を想定し、その場合の埋立地内における damage potential の高潮浸水被害を数量的に評価しなければならない。高潮の発生により埋立地に生ずる高潮浸水被害は、一般の災害における被害と同様に直接被害、間接被害、および心理的被害などがあり、これらのすべての被害を総括的に取扱うことは困難である。また、高潮浸水被害には物量表示あるいは金額表示により数量評価が可能のものと困難なものがある。物量表示による被害評価は被災対象物により、それぞれ物理的な数量単位が異なるので、1つの物量単位で被害数量を総合統一表示することが不可能である。したがって、被害の大きさの総合的比較検討に不便である。金額表示による被害評価は諸種の被災対象物の被害を貨幣価値で統一表示するので、貨幣単位で被害を総合的に数量評価できる便利さがある。しかし、被害を貨幣価値に換算する際に種々の考え方があるため、被害額の推算値の妥当性が問題になる。例えば、被災対象物の被害額として、使用年数を考慮した残存価値に対する被害額を用いる場合と、被災前の効用回復のための復旧費を用いる場合がある。また、金額表示による被害評価は物価変動の影響に支配されるので、年次の異なる被害額については基準年次の物価を用いて修正統一する必要が生ずる。数量評価の困難な被害には、例えば、人命、心理的民生安定、利便性、景観、歴史および芸術的資産などの有形無形の損害がある。これらについては数量化の可能性はあるが、さらに研究を要する。さらに、また複合災害の原因別評価の問題および時の経過による被災対象物の効用に対する価値観の変遷の問題がある。これらについては適当な配慮がなされるものとして、本論文では埋立地の高潮浸水による被害を対象として、その総合的数量評価に便利で、かつ資料の比較的多い金額表示を採用することにする。このような被害評価の不確実性のほかに、人為的に行なわれる damage potential の時間的推移もあり得る。したがって、計画時点における埋立地盤高の算定モデルに用いる高潮浸水被害の推定値としては将来を考慮した概数値をとらざるを得ない。そこで高潮が発生したとき、その潮位が埋立地表面以下の場合には、埋立地内に高潮による被害は生じないものとし、潮位が埋立地表面以上の場合には、埋立地内に潮位と埋立地盤高との差の浸水深さに比例した高潮被害が生ずるものと仮定し

$$\varphi(x, y, t) = \begin{cases} k\{x - y + S(y, t)\}, & (x > y) \\ 0, & (x \leq y) \end{cases} \quad \dots\dots\dots(10)$$

とおく。ここに $\varphi(x, y, t)$ は1回の高潮の発生による埋立地内の浸水被害の推定額で、これを被害関数と呼ぶことにする。 $S(y, t)$ は埋立地盤高を y に定めた場合の基礎の圧密層の時刻 t における圧密沈下量である。また k は被害の程度を表わす係数である。

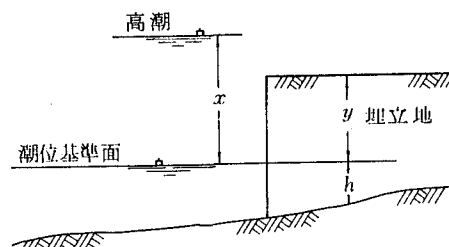


図-1

5. 年間高潮浸水被害の期待値

埋立地が完成した後に高潮の襲来により浸水災害が発生した場合の年間被害期待値は、地盤沈下の継続する場合を考えると、計画実現後の年数の経過とともに増大する。いま、 t を計画実現の時点からの経過年数とし、 $t=0$ における埋立地盤高が y に計画されたとすると、 $(t-1)$ 年から t 年までの1年間の高潮浸水被害の期待値 $\Psi(y, t)$ は次式で与えられる：

$$\begin{aligned}
\Psi(y, t) &= n \int_{t-1}^t \int_y^\infty \varphi(x, y, \tau) f(x) dx d\tau = nk \int_{t-1}^t \int_y^\infty \{x - y + S(y, \tau)\} f(x) dx d\tau \\
&= nk \left[\int_y^\infty (x - y) f(x) dx + \int_{t-1}^t \int_y^\infty S(y, \tau) f(x) dx d\tau \right] \\
&= \Psi_0(y) + \delta_t(y, t). \quad (t = 1, 2, 3, \dots)
\end{aligned}$$

$$\text{ここに} \quad \Psi_0(y) = nk \int_y^\infty (x - y) f(x) dx, \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$\delta_t(y, t) = nk \int_{t-1}^t \int_y^\infty S(y, \tau) f(x) dx d\tau \quad \dots\dots\dots(12)$$

$f(x)$ は高潮の発生頻度分布, n は平均年間高潮発生度数である. $\Psi_0(y)$ は地盤沈下のない場合の埋立地の年間高潮浸水被害の期待値を意味する. また $\delta_t(y, t)$ は, 埋立地の年間高潮浸水被害の期待値の地盤沈下による増分を意味する. $f(x)$ に指数分布, 対数極値分布, および Gumbel 分布, また圧密沈下量 $S(y, t)$ の推算に C_c 法および m_v 法を, それぞれ適用して, (11)式から $\Psi_0(y)$, (12)式から $\delta_t(y, t)$ を計算し, これらを(2)および(6)式に用いて J を求めることができる. 次にその算定式 J を記す.

6. 最適埋立地盤高の算定式 J

6.1 地盤沈下のない場合のモデルの式 J (2), (8), (9) および(11)式を用いて, 次式を得る:

(1) 指数分布を用いた場合

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{nk}{\lambda r} e^{-\lambda(y-b)} \quad \dots\dots\dots(13)$$

ここに λ および b は指数分布のパラメータである.

(2) 対数極値分布を用いた場合

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{nk}{r} \{ (x_t - b_t) \gamma(\kappa, \eta) - (y - b_t)(1 - e^{-\eta}) \} \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{ここに} \quad \kappa = 1 - \frac{1}{\lambda_t} \quad , \quad \eta = \left(\frac{x_t - b_t}{y - b_t} \right)^{\lambda_t} \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$\gamma(\kappa, \eta) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-1)^j \eta^{\kappa+j}}{j! (\kappa+j)}, \quad (j = 0, 1, 2, \dots) \quad \dots\dots\dots(16)$$

x_t , b_t および λ_t は対数極値分布のパラメータ, $\gamma(\kappa, \eta)$ は第1種不完全ガンマ関数である.

(3) Gumbel 分布を用いた場合

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{nk}{r} \left[-\frac{\vartheta(\sigma)}{\lambda_g} - (y - x_g) \{ 1 - \exp(-e^{-\mu}) \} \right] \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{ここに} \quad \sigma = \exp\{-\lambda_g(y - x_g)\} = e^{-\mu} \quad , \quad \mu = \lambda_g(y - x_g) \quad , \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$\vartheta(\sigma) = \int_0^\sigma e^{-u} \ln u \, du \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$\left. \begin{aligned} \vartheta(\infty) &= \int_0^\infty e^{-u} \ln u \, du = -C \\ \text{Euler 定数} \quad C &= 0.5772156649 \dots \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(20)$$

x_g および λ_g は Gumbel 分布のパラメータ, $\vartheta(\sigma)$ の値は数値積分によって求められる.

6.2 短期沈下終了モデルにおける埋立地盤高の計算式 埋立地盤の残留沈下量の推算に1次元圧密理論を適用し, C_c 法および m_v 法を用いる.

(1) C_c 法を用いる場合. 地盤高を y としたときに予測される最終圧密沈下量 $S_0(y)$ は(2)式で与えられ(3)式により

$$\beta_1 = \frac{0.43429 C_c H_0}{1 + e_0}, \quad \beta_2 = 1 + \frac{(r_t - r_w) h + q}{p_v}, \quad \beta_3 = \frac{r_t}{p_v}, \quad \text{ととき} \quad S_0(y) = \beta_1 \ln(\beta_2 + \beta_3 y) \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$y = y_0 + \beta_1 \ln(\beta_2 + \beta_3 y) \quad \dots\dots\dots(22)$$

と書ける。ここに C_o は圧縮指数, H_o は圧密層の厚さ, e_o は初期間隙比, p_v は圧密降伏応力, γ_s は土の単位体積重量, γ_w は海水の単位体積重量, q は地表に作用する平均鉛直圧力, h は埋立予定地の平均水深である。

②式を満足する y が沈下終了時において, 沈下のない場合の最適埋立地盤高 y_o に収束するための計画地盤高である。

②式より y を求めるには iterative method による。すなわち, y の初期値を y_o とおき, y の逐次近似値を $y_j (j = 1, 2, 3, \dots)$ とすれば, 数値計の process は

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= y_o + \beta_1 \ln(\beta_2 + \beta_3 y_o), & y_2 &= y_o + \beta_1 \ln(\beta_2 + \beta_3 y_1), \\ &\dots\dots\dots, & y_j &= y_o + \beta_1 \ln(\beta_2 + \beta_3 y_{j-1}), \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (23)$$

と書ける。この process で $y_{j-1} = y_j$ となったときは収束値で, これが y の解となる。この方法は, 実例では $j = 3 \sim 4$ で, 高い精度の収束値が得られる。

(2) m_v 法を用いる場合, S_o は埋立地盤高の関数として次式で与えられ

$$\gamma_1 = m_v H_o \{ (\gamma_t - \gamma_w) h + q \}, \quad \gamma_2 = m_v H_o \gamma_t, \quad \text{とおき} \quad S_o(y) = \gamma_1 + \gamma_2 y, \quad \dots\dots\dots (24)$$

と書ける。ここに m_v は体積圧縮係数である。②4式を(3)式に代入すれば

$$y = y_o + \gamma_1 + \gamma_2 y$$

よって, 計画埋立地盤高 y は次式で与えられる。

$$y = \frac{y_o + \gamma_1}{1 - \gamma_2} \quad \dots\dots\dots (25)$$

6.3 長期沈下継続モデルの式 J 埋立地盤の残留沈下量の推計のために著者は Terzaghi の 1 次元圧密度 U の式を指数関数で最小自乗近似させた近似式を用いることにした。

すなわち

$$\left. \begin{aligned} U &\simeq 1 - \exp\left(-\frac{\alpha c_v}{H^2} t\right) = 1 - e^{-\nu t}, \\ \nu &= \frac{\alpha c_v}{H^2} = \frac{2.858 c_v}{H^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

著者の圧密度の近似式②6は Terzaghi の理論式にかなり良く近似しており, 実用的に許される精度を有することが図-2よりわかる。

圧密度 U に対する圧密時間 t は, ②6式を変形して

$$t = -\frac{1}{\nu} \ln(1 - U) \quad \dots\dots\dots (27)$$

で簡単に求められる。

式 J の形は地盤沈下の推算法と高潮発生の頻度分布形の仮定によつて, 次の 6 通りの場合が示される:

(1) 指数分布と C_e 法を用いる場合の式 J

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_o + \frac{nk}{\lambda r} e^{-\lambda(v-b)} + nk \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu})^{-1}\}} \right] (\gamma_1 + \gamma_2 y) e^{-\lambda(v-b)} \quad \dots\dots\dots (28)$$

(2) 指数分布と m_v 法を用いる場合の式 J

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_o + \frac{nk}{\lambda r} e^{-\lambda(v-b)} + nk \beta_1 \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu})^{-1}\}} \right] \ln(\beta_2 + \beta_3 y) e^{-\lambda(v-b)}. \quad \dots\dots\dots (29)$$

(3) 対数極値分布と C_e 法を用いる場合の式 J

$$\begin{aligned} J = m_2 y^2 + m_1 y + m_o + \frac{nk}{r} \{ (x_t - b_t) \gamma(\kappa, \eta) - (y - b_t)(1 - e^{-\eta}) \} \\ + nk \beta_1 \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu})^{-1}\}} \right] \ln(\beta_2 + \beta_3 y)(1 - e^{-\eta}). \quad \dots\dots\dots (30) \end{aligned}$$

(4) 対数極値分布と m_v 法を用いる場合の式 J

$$\begin{aligned} J = m_2 y^2 + m_1 y + m_o + \frac{nk}{r} \{ (x_t - b_t) \gamma(\kappa, \eta) - (y - b_t)(1 - e^{-\eta}) \} \\ + nk \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu})^{-1}\}} \right] (\gamma_1 + \gamma_2 y)(1 - e^{-\eta}). \quad \dots\dots\dots (31) \end{aligned}$$

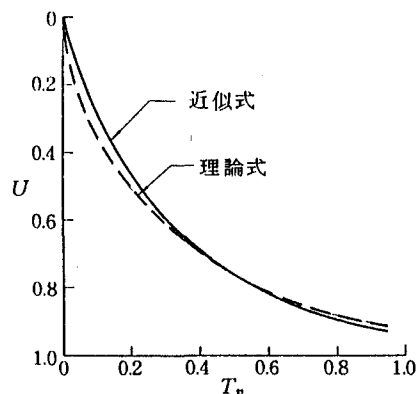


図-2 Terzaghi の圧密度と近似式②6の fitting

(5) Gumbel 分布と C_e 法を用いる場合の式 J

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{nk}{r} \left[-\frac{\vartheta(\sigma)}{\lambda_g} - (y - x_g) \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \right] + nk\beta_1 \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu}) - 1\}} \right] \ln(\beta_2 + \beta_3 y) \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \quad (32)$$

(6) Gumbel 分布と m_v 法を用いる場合の式 J

$$J = m_2 y^2 + m_1 y + m_0 + \frac{nk}{r} \left[-\frac{\vartheta(\sigma)}{\lambda_g} - (y - x_g) \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \right] + nk \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\nu \{1 + r(1 - e^{-\nu}) - 1\}} \right] (r_1 + r_2 y) \{1 - \exp(-e^{-\mu})\} \quad (33)$$

上の式 J の中から、いずれか条件の適合した式 J を選び、その式 J の y に順次、数値を与えて J の値を数値計算し、 J の値を最小ならしめる y の値を探し求めれば、その y の値が、長期間地盤沈下が継続する場合の最適埋立地盤高である。

7. 泉州沖の埋立地盤高の試算

泉州沖埋立水域の潮位については淡輪検潮所の観測資料を用い、 $HWL = TP + 0.762m$ 、埋立計画水域の平均水深 $h = 20.7m$ 、護岸の平均水深 $h_1 = 21.0m$ 、係船岸の平均水深 $h_2 = 21.0m$ であるとする。また、埋立面積 $A = 1,230ha$ 、護岸延長 $L_1 = 17,000m$ 、係船岸延長 $L_2 = 300m$ 、係船岸工費の式の係数 a_2 は、総トン数 $40,000$ トン船舶を対象とし係船岸工費 $M_2/L_2 = 3 \times 10^7 yen/m$ 、 $y + h_2 = 24m$ と仮定すれば、(7)式より $a_2 = 52,083 yen/m^3$ となる。

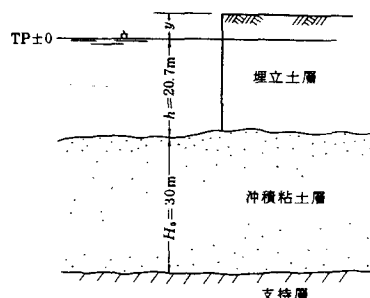


図-3 埋立計画地の土層(仮定)

a_1 、 a_3 、 r および k の値は表-1 のように変化させ、圧密層については片面および両面透水の場合について表-2 のように想定し、それぞれ地盤沈下のない場合、および長期沈下継続の場合について最適埋立地盤高の試算を行なった。なお高潮の発生頻度分布については淡輪における $HWL + 0.943m (= TP + 1.705m)$ 以上の高潮観測記録を用い $n = 2.04/year$ 、指数分布を仮定する場合 $b = 1.658m$ 、 $\lambda = 4.340$ 。対数極値分布を仮定する場合 $b_L = 1.0508m$ 、 $\lambda_L = 3.195$ 、 $x_L =$

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

(凡例) r 指数分布 対数極値分布
0.07 ○ ◁
0.09 ● ●

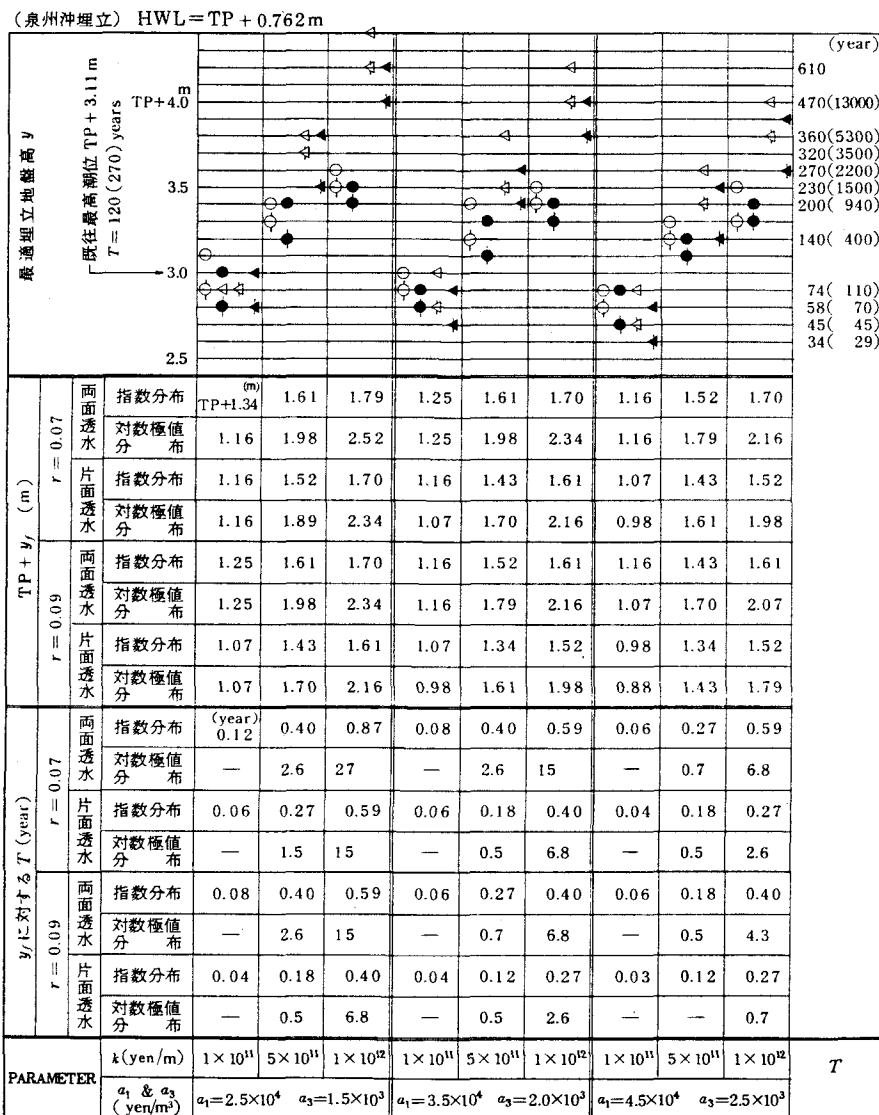
PARAMETER		(泉州沖埋立)									(year)	
k (yen/m)	a_1 & a_3 (yen/m ³)	1×10^{11}	5×10^{11}	1×10^{12}	1×10^{11}	5×10^{11}	1×10^{12}	1×10^{11}	5×10^{11}	1×10^{12}	T	
	$a_1 = 2.5 \times 10^4$ $a_3 = 1.5 \times 10^3$											360 (5300)
												270 (2200)
												200 (940)
												170 (610)
												140 (400)
												110 (260)
												92 (170)
												74 (110)
												58 (70)
												45 (45)
												34 (29)
												25 (19)
												18 (12)

(注) T 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。

$$\begin{aligned} p_v &= 0.24517 \text{ MPa} \\ q &= 0.04903 \text{ MPa} \\ r_t &= 0.01667 \text{ MPa} \\ r_w &= 0.01010 \text{ MPa} \\ e_0 &= 1.5 \\ C_c &= 0.5 \\ c_v &= 10 \text{ m}^2/\text{year} \\ H_0 &= 30 \text{ m} \end{aligned}$$
$$H = \begin{cases} 15 \text{ m} & \text{(上下両面透水の場合)} \\ 30 \text{ m} & \text{(片面透水の場合)} \end{cases}$$

地盤沈下のない場合の最適埋立地盤高は(13)および(14)式により計算した。また将来地盤沈下が継続する場合については、埋立地盤の残留沈下量を C_c 法で予測し、最適埋立地盤高を(28)および(30)式で試算した。

表-2 長期沈下継続モデルによる最適埋立地盤高 y ，沈下終了時の地盤高 y_f および Return Period T



(注) T 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。

(記号)

〔圧密沈下の終了時間 t_f 〕

	指 数 分 布		对数極值分布	
	$r = 0.07$	$r = 0.09$	$r = 0.07$	$r = 0.09$
両面透水	○	●	◁	◄
片面透水	⊙	⦿	◁	◄

両面透水の場合	$t_f = 22.5 \text{ years}$
片面透水の場合	$t_f = 90 \text{ years}$

8. 結 言

以上により、本論文は高潮の発生頻度確率、埋立土地造成の建設費、社会的割引率、土地利用の状況に対応する damage potential の高潮浸水被害、計画水域の基礎地盤の沈下の有無などの自然条件、工学的条件および社会的条件を考慮した算定式による埋立地盤高の決定法として有意義であると考える。