

日大理工学部 正員 川北 米良

1. まえがき。臨海埋立土地造成における埋立地盤高の算定法については先に発表した¹⁾。今回はこの筆者の算定法を用いて、小松島港の北部、徳島市津田町の海岸地先に埋立造成された津田木材港の徳島県木材団地を例にとり、その埋立地盤高の試算を行ない、この算定法の妥当性を吟味した。

この木材団地は製材工業と木材商業を主体とする関連企業の集団合理化と貯木施設の防災を目的として1966年着工、1973年完工した。埋立面積Aは663,000 m^2 で、木材関連企業用地411,600 m^2 と公共用地251,400 m^2 からなる(図-1)。前者は15,000トン級貨物船用岸壁1バース(水深-10m,延長185m)を有し、後者は港湾用地、道路用地、市街地緩衝緑地を含み、製品積出用5,000トン級貨物船岸壁3バース(水深-5.5m,延長270m)とフェリー接岸施設を有する。

2. 埋立地盤高の算定。(1)係船岸および護岸の延長と水深および埋立地の完工前の平均水深。図-1のように配置された係船岸および護岸の標準構造の施工延長と施工箇所の平均水深は表-1のようである。またこの埋立地の完工前の平均水深は $TP-3.0m$ である。

(2)工費に関する係数。埋立高さの変化にともなう係船岸と護岸(標準構造)の工費は最適埋立地盤高の近くで、海床から埋立面までの高さの1次または2次式で近似評価できるものと考え、これらの式の係数を定める(表-1)。ただしこの時の埋立地盤高は $TP+1.9m$ と仮定し、この場合の実際建設工費を参考に用いる。工事資料によれば、埋立工事単価 α は440 $円/m^2$ である。

(3)既得権の補償費 M_6 。現地調査によれば、この埋立事業のための既得権の補償費は、漁業補償費17500万円、 η 1補償費2000万円、 η 2事後補償費5000万円であった。ゆえに合計 $M_6=245,000,000$ 円である。

(4)生産設備および付帯設備の投資額 M_7 。木材関連企業の集団化による生産設備投資額は648000万円、その他付帯設備投資額は791700万円と見込まれる。ゆえに合計 $M_7=14,397,000,000$ 円となる。この付帯設備投資の主な内容は当該埋立地に関連する

外防波堤、内防波堤、泊地、木材投下水面、分組堤、貯木場、貯木場係留施設、道路、緩衝緑地、橋梁および橋門等の建設費である。

(5)年利率 r および年間純利益 B 。確率償還モデルの年利率 r を0.1とする。また調査によると、当木材団地の年間純利益は年間生産額の2~5%で、これを $B=1,600,000,000$ 円/年と推定する。

(6)高潮の観測記録と発生超過確率。小松島港における1953~1977年の25年間の期望平均満潮潮位は $TP+0.773m$ である。そしてこの潮位以上($TP+0.78m$ 以上)の高潮位観測記録は1169箇、平均年間発生回数は46.76回で、潮位は $TP+0.78m$ から既往最高潮位 $TP+2.27m$ の範囲に分布しており、その頻度図は図-2のようである。この分布を左端有限、右端無限のSlade型分布と仮定し、岩井法でそのパラメータを決定すれば、期望平均満潮潮位以上の高潮の発生確率密度関数 $f(x)$ およびその超過確率 $W(x)$ は式(1)で与えられ、これらの数値計算結果は図-2および表-2のようである。

図-2によると $f(x)$ のfittingの様子はモードから右側では良く、左側では悪いが、通常、埋立地盤高は x のかなり大きい右端で決定される傾向があるので、左側におけるこの程度の差異は許されるものと考えられる。

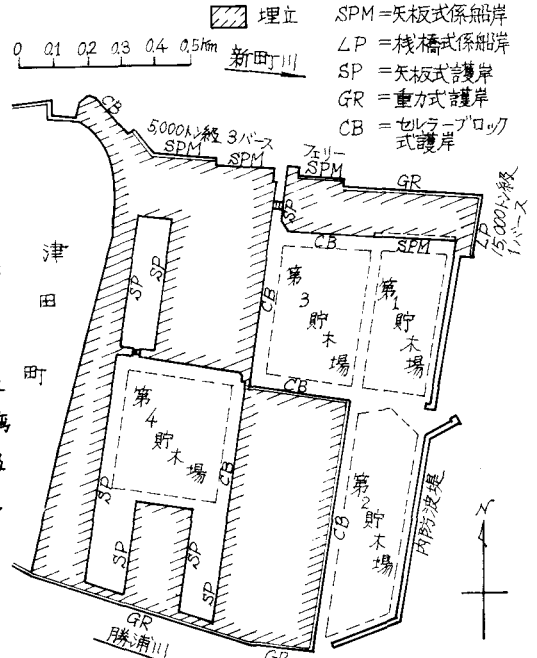


図-1 津田木材港徳島県木材団地

表-1

構造形式	延長(m)	施工箇所の平均水深(m)	工費(1/m)	工費評価式の係数	係数 a_i $i=1,2,3,4,5$
矢板式係船岸	$L_1=790$	$h_1=TP-5.2$	M_1	$a_1=\frac{M_1}{L_1(y+h_1)}$	59,530 $円/m^2$
栈橋式係船岸	$L_2=185$	$h_2=TP-11.1$	M_2	$a_2=\frac{M_2}{L_2(y+h_2)}$	241,538 $円/m^2$
矢板式護岸	$L_3=2948$	$h_3=TP-3.1$	M_3	$a_3=\frac{M_3}{L_3(y+h_3)}$	27,086 $円/m^2$
重力式護岸	$L_4=1,180$	$h_4=TP-1.9$	M_4	$a_4=\frac{M_4}{L_4(y+h_4)^2}$	8,693 $円/m^2$
セルラーブロック式護岸	$L_5=2,575$	$h_5=TP-4.2$	M_5	$a_5=\frac{M_5}{L_5(y+h_5)^2}$	5,247 $円/m^2$

$$f(x) = \frac{1.63565}{1.77245(x-0.671)} \exp\left\{-2.675351\left(\ln \frac{x-0.671}{0.216}\right)^2\right\}$$

$$W(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\xi}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{2}\right) d\xi, \quad x = T.P. \text{基準の潮位}(m)$$

$$\xi = 5.3263 \log_{10}(x-0.671) + 3.5449 \quad (1)$$

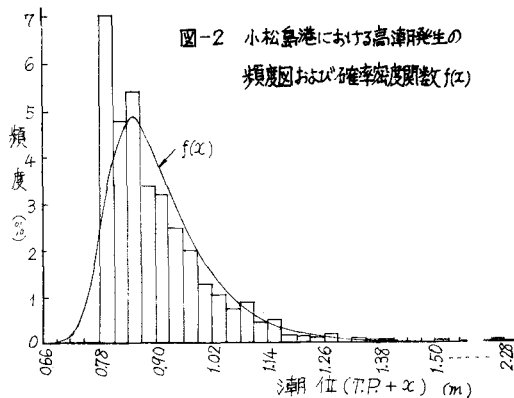


図-2 小松島港における高潮発生頻度図および確率密度関数 $f(x)$

表-2において再現期間 $= 1/nW(\xi)$, n は年間高潮発生回数である。近年は高潮発生回数が増加の傾向にあることと、造成地が高潮被害に対して安全側になるように地盤高を算定することを考慮して、 $n=75$ 回/年 にとる (図-3)。

(7) 高潮の被害関数 φ と年間高潮被害の期待値 ψ 。一般に高潮被害は不確定で数値的予測の精度に欠けるが、目安として埋立計画の実現後、1回の高潮による当該地区の予測被害を被害関数 φ と名付け、次式で与えられるものとする：

$$\varphi(x, y, t) = \begin{cases} 0, & (x \leq y) \\ \varphi_0 \{x - y + S(t, y)\}^\lambda, & (x > y) \end{cases} \quad (2)$$

ここに t = 時間, φ_0, λ = 定数, $S(t, y)$ = 埋立土による在来基礎地盤の沈下量。

当該の木材団地造成の場合は $\lambda=1$, $S(t, y)=0$ と考える。 φ_0 の値は埋立面が高潮により深さ $0.5m$ 浸水したとき、生産設備および付帯設備投資 M_7 の (A) 半額、(B) 全額に相当する直接間接の被害をこうむるものと想定して $\varphi_0 = \varphi/(x-y)$ より (A) の場合 $\varphi_0 = 1.44 \times 10^{10} \text{円/m}$, (B) の場合 $\varphi_0 = 2.88 \times 10^{10} \text{円/m}$ とし、以下両者の場合について試算を行うことにする。

次に年間高潮被害の期待値 ψ は
$$\psi(y) = \frac{n}{t_f} \int_0^{t_f} \int_y^{\infty} \varphi(x, y, t) f(x) dx dt \quad (3)$$
 t_f は在来基礎地盤の沈下終了時間である。

当該木材団地の造成の場合は $S(t, y)=0$ とみなしたので、

$$\begin{aligned} \text{(A) の場合} \quad \psi(y) &= 160.083 W(\xi_2) - 675(y-0.671) W(\xi_1), \\ \text{(B) の場合} \quad \psi(y) &= 320.166 W(\xi_2) - 1350(y-0.671) W(\xi_1), \end{aligned} \quad (4)$$

ここに $\xi_1 = 5.3263 \log_{10}(y-0.671) + 3.5449$, $\xi_2 = \xi_1 - 0.4323$ 。

(8) 確率償還年数 N と最適埋立地盤高 y_0 。埋立土地造成工事のための全投資額 M の毎年の償還額を $(B-\psi)$ とし、年利率 r の期末払の複利計算とする償還モデルを設定し、このモデルを確率償還モデルと名付け、その際の償還年数を確率償還年数と呼ぶことにすると

$$N = [\log_{10}(1+r)]^{-1} [\log_{10}(1-F(y))]^{-1}, \quad (5) \quad F(y) = \left(\frac{rM}{B}\right) / \left(1 - \frac{\psi}{B}\right), \quad (6)$$

$$\text{当該木材団地の造成の場合} \quad \frac{rM}{B} = \frac{r}{B} \sum_{i=1}^7 M_i = 0.00149 y^2 + 0.03848 y + 1.04879. \quad (7)$$

式(4)と(7)を(6)に用いれば $F(y)$ の値が得られる。 $F(y)$ を最小ならしめる y の値 y_0 は同時に N を最小にする。すなわち埋立地盤高を y_0 に決定すれば N が最小となり、単位投資額に対する実質的純利益 $(B-\psi)/M$ が最大となる。よって y_0 を最適埋立地盤高と呼ぶことにする。図-4より最適埋立地盤高は (A) の場合 $y_0 = T.P. + 1.8m$, (B) の場合 $y_0 = T.P. + 1.9m$ となる。後者に対する高潮再現期間は約400年である。

3. あとがき。(A) (B) の計算結果で φ_0 の影響が非常に少なく、 φ の適用が許容されることを示す。なお高潮被害を大きく想定したため $F(y_0) > 1$ となり、モデル上の償還は不能となった。 $y_0 = T.P. + 1.9m$ はほぼこの償還モデルにおける極限値である。完成された当該木材団地の実際の埋立地盤高は $T.P. + 1.9m$ で、本文の試算(B)の y_0 の値に一致している。投資額の計算には1970年前後の物価を用いたが、 $F(y)$ の式は物価単位を含まないので、各種経費および利益の間の相対変動率が算出できれば y_0 の値に影響はない。以上により、この臨海埋立地盤高の算定法は妥当であると考えられる。この試算については、江島地組の和佐昇登君の助成を得た。ここに感謝の意を表す。最後に、欧理工久宝保教授の指導に敬意を表す。

【文献】 1) 川北米良：臨海埋立土地造成における地盤高の決定に関するO.R.について、土木学会第32回年次学術講演会 IV-7, 1977。

表-2 小松島港における期望平均高潮位以上の高潮発生再現期間

潮位(m)	T.P.+1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
再現期間(年)	0.5	2	5	14	36	87	200	400	1000	2000	4000

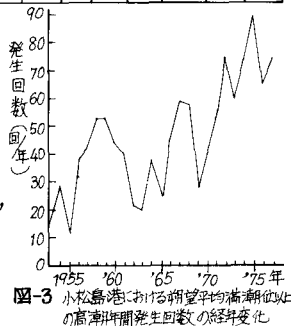


図-3 小松島港における期望平均高潮位以上の高潮年間発生回数の経年変化

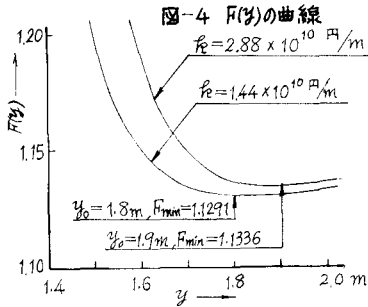


図-4 $F(y)$ の曲線