

IV-62 神戸港ポートアイランドの高潮災害に対する最適埋立地盤高

日大理工学部 正員 川北 米良

1. まえがき 本文は主として台風の襲来にともなって発生する異常高潮に対する海面埋立地の水害防御の事例研究として、神戸港における高潮発生状況を調べ、その結果を用いてポートアイランドの高潮災害に対する最適埋立地盤高の計算を行った。ポートアイランドは総事業費5,300億円を投じて、15年の歳月をかけて1981年2月に完成した。その建設目的は21世紀の海上都市をめざして、外国貿易貨物の量的増大と港湾輸送方式の質的変革に対処しうる近代的な港を建設し、神戸の都市機能を充実させるための新しい都市空間を創造することにある（図1）¹⁾。

このような海面埋立地の高潮防災対策の基本は計画当初に埋立地盤高を適切に決定することである。

最適埋立地盤高の算定には、既発表の著者のOR手法²⁾を用いた。

2. 地盤高の算定モデル²⁾ 一般に埋立地盤高を高くすると建設費は増大し、高潮被害の期待値は減少する。逆に埋立地盤高を低くすれば建設費は減少するが、高潮被害の期待値は増大する。すなわち高潮防御対策はまれに起こる高潮災害に対して、費用を防御のために費すか、被害のために失うかの問題に帰着する。そこで埋立地の建設費と埋立地の毎年の高潮被害期待値の現在価値の累年の和との合計 J を

$$J = M + (\psi_0 / r) \cdots \cdots (1)$$

で計算し、この J の値を最小ならしめる埋立地盤高 y を(1)式から求め、この y の値を最適埋立地盤高 (y_0) と定義する。ここに M は埋立地の建設費、 r は社会的割引率 (年率)、 ψ_0 は埋立地の年間高潮被害高の期待値である。

3. 神戸港の高潮発生頻度分布 神戸港における高潮発生状況は、神戸市生田区メリケン波止場に設置された気象庁所属の神戸検潮所で観測された1954～1981年の28年間の月別最高潮位観測記録で示される（図2）。神戸港の朔望平均満潮位 (HWL) は1981年潮位表によると $TP + 0.728m$ である。また神戸港において観測された既往最高潮位は1934年9月21日8時37分に室戸台風にともなって発生した $TP + 2.87m$ である。最適埋立地盤高の試算においては、高潮防災の観点からこの観測潮位を補足資料として追加することにした。平均年間高潮発生度数 n は22.714回/年である。図2を見ると、神戸港の高潮発生頻度分布のモードは朔望平均満潮位より約0.1m低い $TP + 0.6m$ にある。このモードより低い分布域は天文潮位の影響を強く受けた潮位の発生頻度を示し、モードより高い分布域は熱帯低気圧や大型台風に起因する高潮の偏差過高の影響が強く現われ、これに天文潮が重合してできた領域と考えられる。したがって低い分布域と高い分布域では高潮の発生原因が異質である。埋立地盤高の計画に対しては、モードより高い分布域を用い、これに適合する高潮の発生確率密度関数として指数分布、対数極値分布およびGumbel分布を仮定する。これらの分布関数に使用する分布域は極値統計のサンプリングとの近似を考慮して、 n が1に近い値となる潮位以上の分布域とし、 $HWL + 0.3275m (= TP + 1.0555m)$ 以上の分

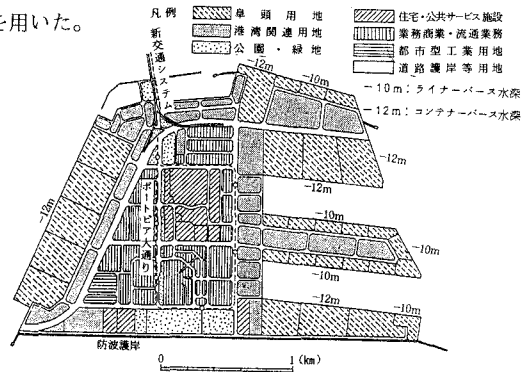


図1. ポートアイランドの土地利用計画¹⁾

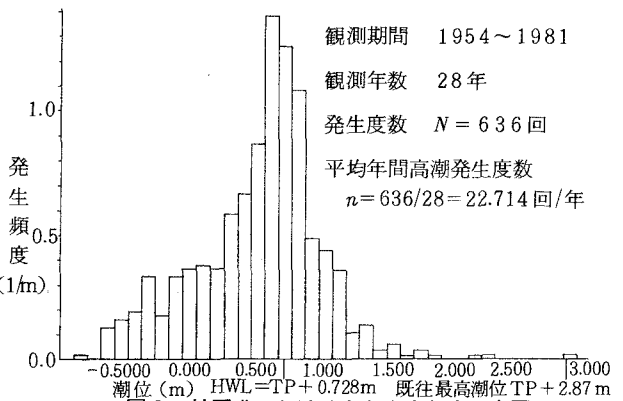


図2. 神戸港における高潮発生頻度分布図

布域（ $n=1.8571$ 回/年， $N=52$ 回）と $HWL+0.4275m (=TP+1.1555m)$ 以上の分布域（ $n=1.0357$ 回/年， $N=29$ 回）の2つの分布域についてそれぞれの分布関数のパラメータを決定し試算した。その結果は表1のようである。

4. 最適埋立地盤高算定の諸定数 ポートアイランドの埋立面積は $A=436$ 万 m^2 で、この埋立水域の平均水深は $h=TP-13.5m$ である。その他の計算諸元は表1のようである。

5. y_0 の計算結果 表1の48通りの諸元に対する最適埋立地盤高の計算値は3種の高潮頻度分布毎に $0.1 \sim 0.2m$ の差で近似または一致している（表2）。

y_0 の値は高潮頻度分布形の仮定により差異が出ている。最高値は $y_0=TP+3.2m$ である。なお使用した高潮観測値の統計期間はわずか28年間であり、高潮発生頻度の分布関数のパラメータの決定のために十分な統計資料とは言いがたいが、表2の y_0 の全体的な計算結果と神戸港における既往最高潮位 $TP+2.87m$ の記録から見て、実際に完成したポートアイランド

の埋立地盤高は

$TP+3m$ であり、ほぼ妥当な高さであると考えられる。

表2の y_0 の計算値は、被害係数が大きくなるほど、すなわち土地利用が高度となるほど最

表1. ポートアイランドの最適埋立地盤高の試算のための諸元

高潮発生頻度分布	$N=52$ 回				$n=1.8571$ 回/年			
指数分布	$\lambda=2.9223$				$b=0.9704m$			
対数極値分布	$\lambda_{\ell}=3.7365$				$b_{\ell}=0.3897m$			
Gumbel 分布	$\lambda_g=3.5343$				$x_g=1.0961m$			
工費の係数	$a_1=1 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$				$a_1=2 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$			
	$a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=1.5 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$				$a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=3 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$			
	$a_3=2 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$				$a_3=3 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$			
被害係数 (k)	$5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$		$7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$		$5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$		$7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	
社会的割引率 (r)	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09
高潮発生頻度分布	$N=29$ 回				$n=1.0357$ 回/年			
指数分布	$\lambda=2.6133$				$b=1.0967m$			
対数極値分布	$\lambda_{\ell}=5.0134$				$b_{\ell}=0.0885m$			
Gumbel 分布	$\lambda_g=3.0627$				$x_g=1.2142m$			
工費の係数	$a_1=1 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$				$a_1=2 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$			
	$a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=1.5 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$				$a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=3 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$			
	$a_3=2 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$				$a_3=3 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$			
被害係数 (k)	$5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$		$7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$		$5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$		$7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	
社会的割引率 (r)	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09

表2. 神戸ポートアイランドの最適埋立地盤高 y_0 の試算結果

定数	確率密度関数	$N=52$ 回 $n=1.8571$ 回/年				$N=29$ 回 $n=1.0357$ 回/年			
		$a_1=1 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=1.5 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=2 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=2 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=3 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=3 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=1 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=1.5 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=2 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=2 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=3 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=3 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=1 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=1.5 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=2 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=2 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=3 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=3 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=1 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=1.5 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=2 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$	$a_1=2 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_2^{(1)}=a_2^{(2)}=a_2^{(3)}=3 \times 10^4 \text{ yen/m}^3$ $a_3=3 \times 10^3 \text{ yen/m}^3$
指数分布	r	$k=5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$	$k=7.5 \times 10^{10} \text{ yen/m}$
	$y_0=2.5m$	$y_0=2.7m$	$y_0=2.4m$	$y_0=2.5m$	$y_0=2.6m$	$y_0=2.8m$	$y_0=2.4m$	$y_0=2.6m$	$y_0=2.6m$
対数極値分布	0.07	2.5	2.6	2.3	2.4	2.5	2.7	2.3	2.5
	0.09	2.9	3.2	2.6	2.8	2.7	2.9	2.5	2.7
Gumbel 分布	0.07	2.7	3.0	2.4	2.6	2.6	2.8	2.3	2.5
	0.09	2.4	2.5	2.3	2.4	2.5	2.7	2.4	2.5
Gumbel 分布	0.07	2.4	2.5	2.3	2.4	2.5	2.7	2.4	2.5
	0.09	2.3	2.4	2.2	2.3	2.4	2.6	2.3	2.4

適地盤高は高く算定され、工費の係数が大きくなるほど、すなわち建設費が高くなるほど最適地盤高は低く算定されている。これらの計算結果は現実の社会常識とよく一致している。

参 考 文 献

- 1) 神戸市開発局：神戸ポートアイランド，1977。
- 2) 川北米良：海面埋立土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，1982。