

潜堤天端高さ選定と潮位変動について

Characteristics of Tidal Level and Crown Height of Submerged Breakwaters

岡本弘司 *・奥藺英明 **

Hirosi Okamoto and Hideaki Okuzono

In contrast to the variable and unpredictable nature of waves, the rise and fall of the tide is normally regular and predictable, but like waves it exerts a considerable influence on wave damping of submerged breakwaters.

The depth of water on the submerged breakwater affects wave damping greatly. The calculation of the tidal level in some places was carried out in this paper. The height of the submerged breakwater can be chosen suitably from the figures made here.

Keywords : Submerged breakwater, Tidal level, Wave damping

1. はしがき

潜堤は一般には、潮位変動によらず常に水面下にあり、潜堤天端は水面上には現われない海岸構造物として考えられている。しかし、潮位変化の大きい所では、満潮時に潜堤天端上の水深が大きくなることにより、伝達率が大きくなる傾向にある。しかも、潜堤幅を大きくして幅広潜堤または人工リーフとしても、伝達率を小さくするには限界がある¹⁾。そこで、満潮時にも潜堤の消波効果が得られるように、天端を朔望干潮面よりもある程度高くすることが考えられる。一方、景観上は天端はできるだけ低い方が望ましい。ここでは、潜堤天端高さの適切な選定のための潮位変動特性について検討を行った。

2. 計算方法

基本水準面を基準とした潮位は式(1)のように表わされる。

$$\eta = \sum_{i=1}^{60} f_i H_i \cos(Voi + u_i + \omega i t - \kappa_i) \quad (1)$$

式(1)において、 H_i : 分潮の振幅、 κ_i : 分潮の遅角、 f_i : 太陰の昇降点の黄経によって変わる係数、 Voi : 分潮の引数で時間とともに変化する量、 u_i : 分潮の引数で時間とともに緩い変化をする量、 ωi : 角速度であり、これらを求める方法は海上保安庁から発行されている日本沿岸潮汐調和数表²⁾に掲載されているので、ここでは省略する。以上の値がある時刻 t に対して求まれば、各対象となる地点の潮位の推算ができる。ここでは60分潮を用いて計算を行った。

図-1は、日本全国65港の潮差を100cmきざみに分けた潮差別分布図であり、その個数を図-2に示す。潜堤の天端高さを決定する際に、●、▲で示した潮差が200cm未満だと、最大干潮値に設定したとしても常に天端上水深が200cm未満になるので伝達率は小さくできる。また×、◎で示した潮差が400cm以上になる港では、満潮時に潜堤天端上の水深が大きいため、伝達率が大きく、潜堤よりも離岸堤を設置する方が多い。

ここでは、○、△で示した潮差が200cm以上400cm未満の港に潜堤を設置したときの天端高さ選定について考察する。潮差が200cm以上400cm未満の地域は関東以西の太平洋岸と瀬戸内海、九州、沖縄に広く分布し、また65港中34港で約52%を占める。

* 学生会員 九州産業大学工学研究科土木工学専攻

** 正会員 九州産業大学工学部土木工学科 (〒813 福岡市東区松香台2-3-1)

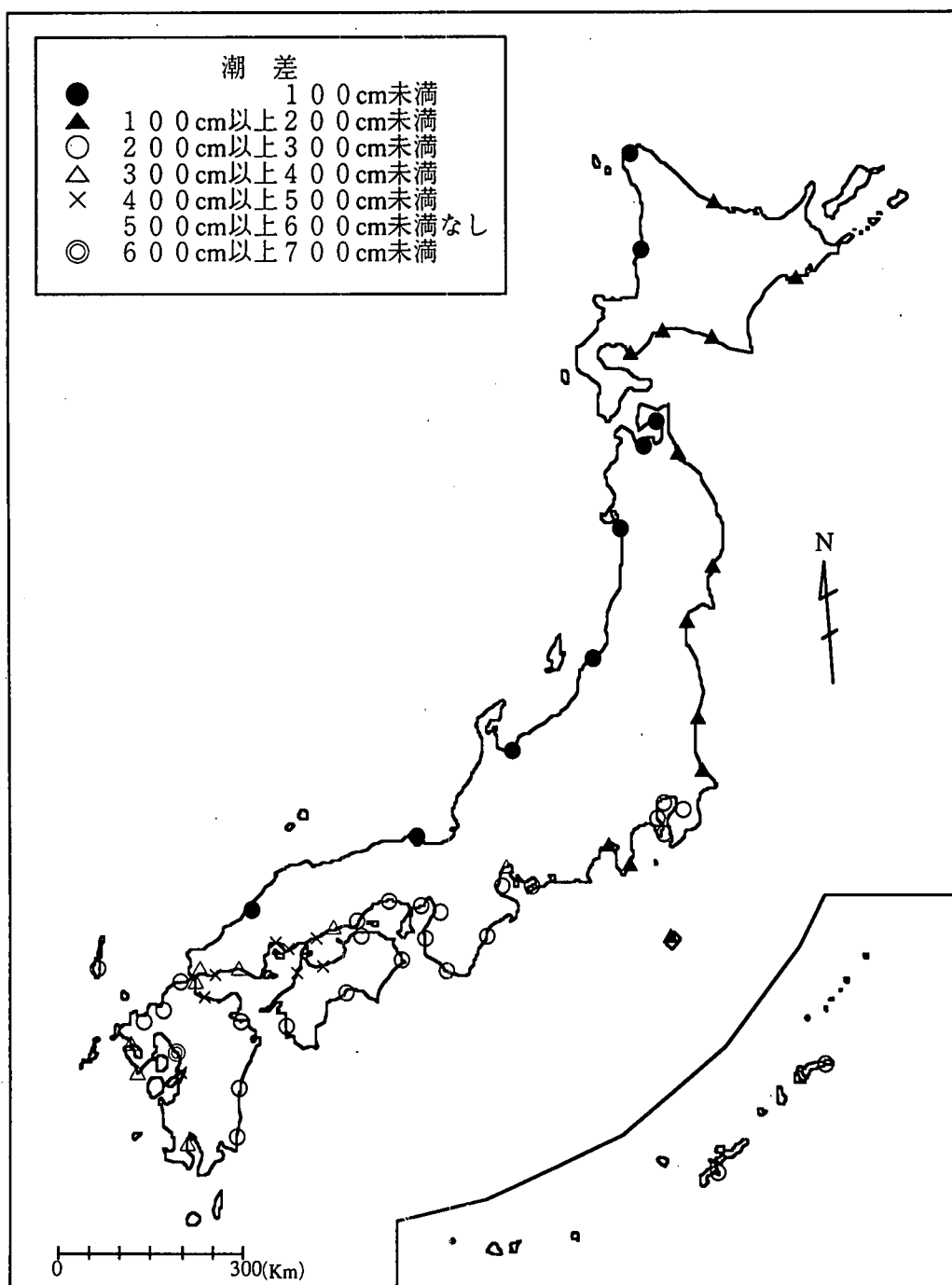


図 - 1 日本における潮差別分布 (65 港)

3. 潜堤の伝達率について

図 - 3 は海底勾配 1/20 の海域に、潜堤高さ 5 m、堤体幅 40 m、被覆ブロックとして 20t 型 X ブロックを想定した模型潜堤¹⁾の伝達率 K_t を示す。入射波は現地スケールで周期 6 秒、入射波高 $H_i = 1 \sim 6$ m である。入射波高の増大に伴って潜堤近傍での碎波により K_t は小さくなるが、天端上水深が $R = 1$ 、2、3 m と大きくなるに従って K_t が大きくなるのがわかる。

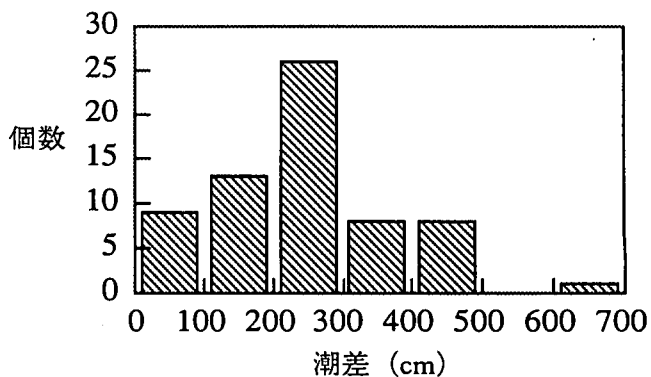


図 - 2 日本における潮差別分布個数 (65 港)

4. 計算結果と考察

図 - 4 は博多港の1996年の1月1日から3日までの3日間の潮位変化を横軸に時間（日）、縦軸に潮位として表わしたものである。図 - 5 は博多港の1996年の1月1日から3日までの3日間の潮位変化を、横軸に潮位、縦軸にある潮位以上になる時間が3日間のうちの何%であることを示したものである。ここでは、これを潮位変動特性 α と呼ぶことにする。例えば、図 - 5 で潮位（横軸）が100cmの時、 α （縦軸）は50%を指している。これは、基本水準面からの潮位が100 cm 以上になる時間が3日間（72時間）のうちで50%（36時間）であることを意味する。図 - 4 では図の横軸の全体長さを100%とすると、そのうちの太線部分の総計が50%であることを意味する。同様に、図 - 5 で潮位（横軸）が50cmの時、 α （縦軸）が91%を指しているのは、潮位が50 cm以上である時間が3日間（72時間）で91%（約65時間31分）であることを意味する。図 - 4 では図の横軸の全体長さのうちの細線部分の総計が91%あることを意味する。

図 - 6 は同様に博多港の1996年の1年間の潮位変動特性を表わしたものである。この図から、潜堤の天端高を決めると、年間の天端出現率が具体的にわかる。例えば、潜堤の天端高を基本水準面から50cm に設置したとすると、年間にして88%の時間、天端は水面下にあることが分る。このように以上の図は潜堤の天端高を決定する時に参考にすることができる。

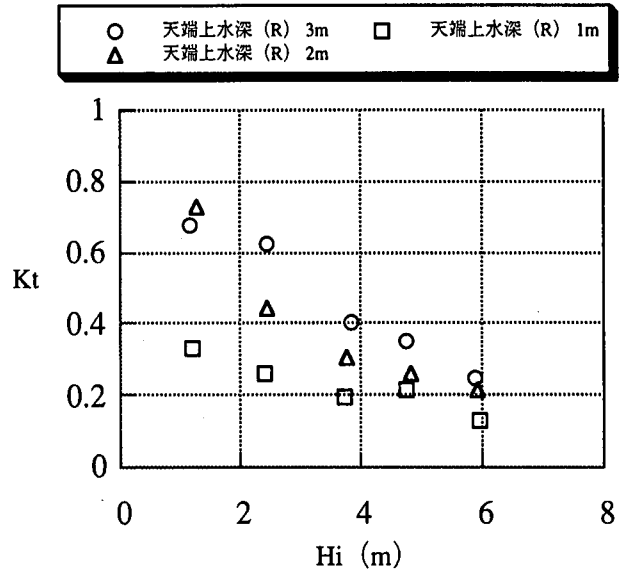


図 - 3 周期6秒の時の潜堤の伝達率

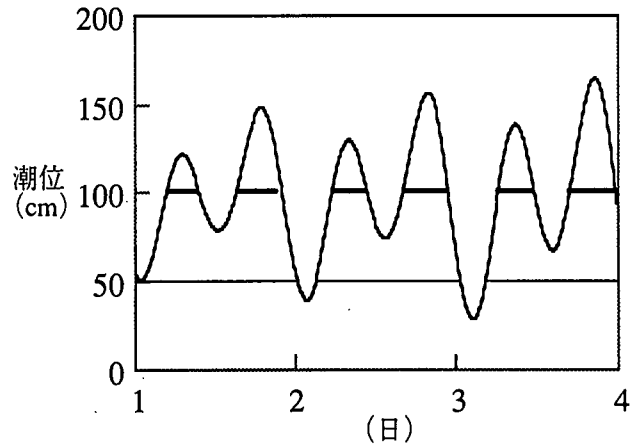


図 - 4 1996年の博多港の潮位変化
(1/1 ~ 1/3)

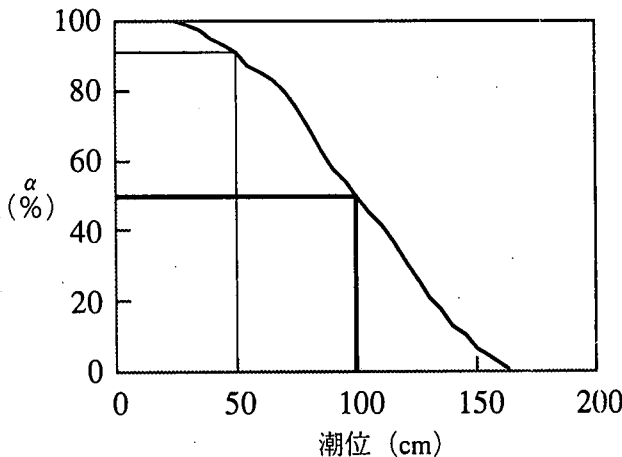


図 - 5 1996年の博多港の潮位変動特性
(1/1 ~ 1/3)

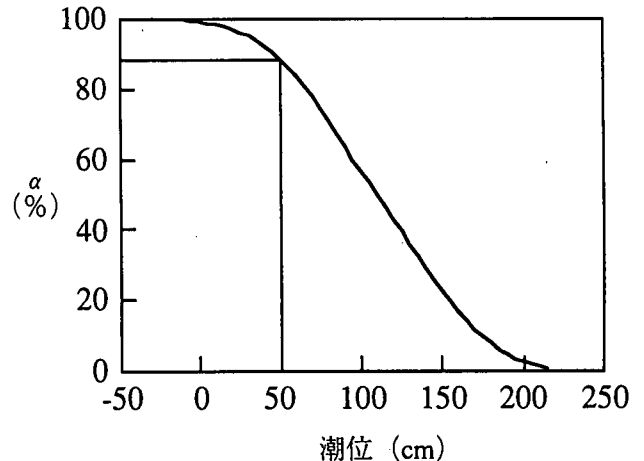


図 - 6 1996年の博多港の潮位変動特性
(1年間)

図 - 7 は 1996 年の春（3～5 月）、夏（6～8 月）、秋（9～11 月）、冬（12～2 月）の季節ごとの潮位変動特性を博多港について示したものである。気温と気圧などの関係により夏期には潮位が高く、冬期には低いことがわかる。この平均海面の差は地域によらず約 40 cm である。このように、夏期に平均海面が高いことは海水浴などの夏期の海浜利用にとっては、潜堤の天端が水面上に出現する時間が短いことになり、景観上は好都合となる。

潮汐の 1 日 2 回潮での各 2 回ずつの高潮と低潮の高さが異なる日潮不等現象は各地点によって異なるが、日潮不等の異なる 3 港の 60 分潮による 1996 年の 8 月の潮位推算値を次に示す。

図 - 8 の油津港では高低潮、低高潮は共に比較的高い位置にあり、図 - 9 の博多港は日潮不等が小さい例である。図 - 10 の外ノ浦（浜田港）は油津港とは逆に、高低潮、低高潮は共に比較的低い位置にある。

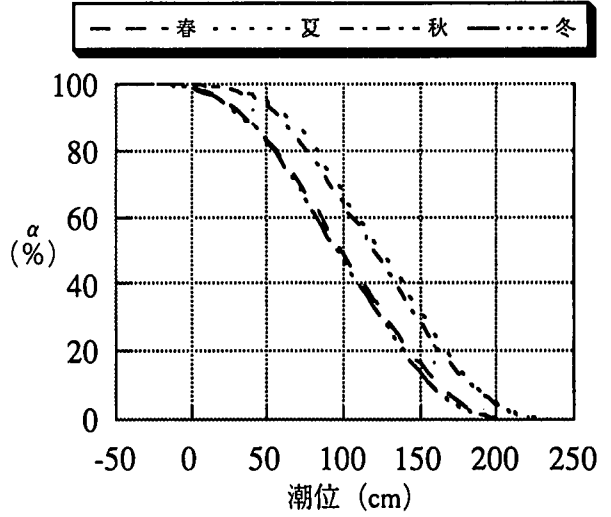


図 - 7 1996 年の博多港の各季節別の潮位変化

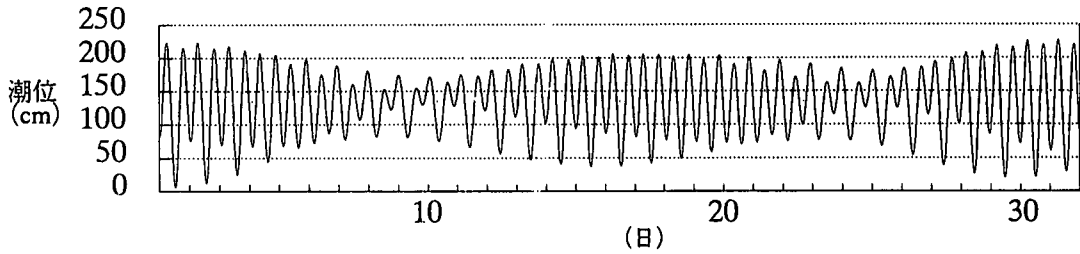


図 - 8 1996 年 8 月の油津港の潮位変化

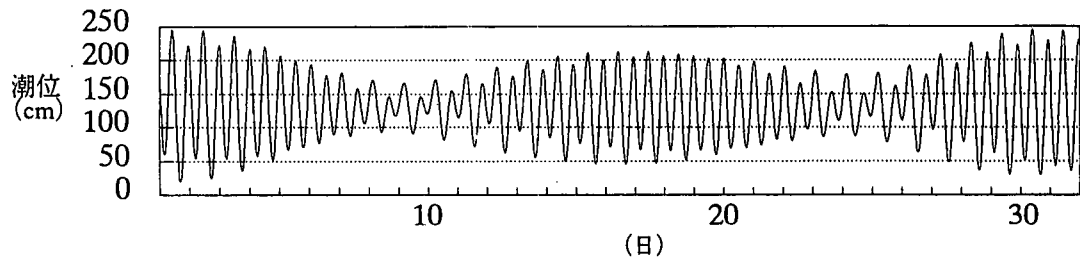


図 - 9 1996 年 8 月の博多港の潮位変化

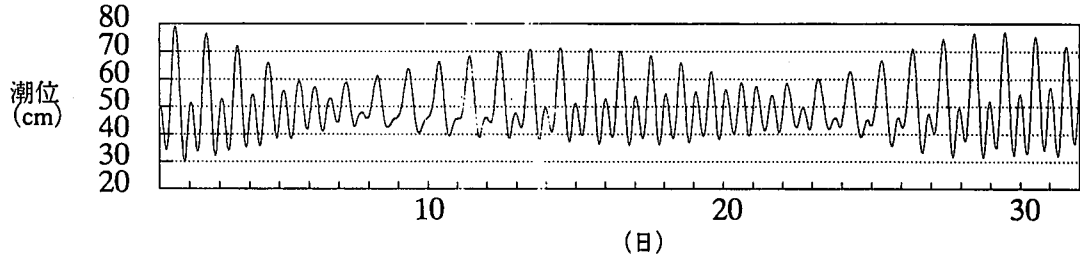


図 - 10 1996 年 8 月の外ノ浦港（浜田港）潮位変化

図 - 11 は、図 - 6 に示したような潮位変動特性において、横軸の潮位 η を油津、博多、外ノ浦の各港の大潮差 η_0 で無次元化したものである。横軸が 0.5 の時 ($\eta/\eta_0 = 0.5$ の値は大潮差の中間点にあたる) の縦軸の α の値は油津港、博多港、外ノ浦港でそれぞれ、62、49、38% となる。これより、油津港の平均水面は大潮差の中間点よりも高く、博多港は平均水面と大潮差の中間点がほぼ同じであり、外ノ浦港では平均水面は大潮差の中間点よりも低い位置にあることがわかる。

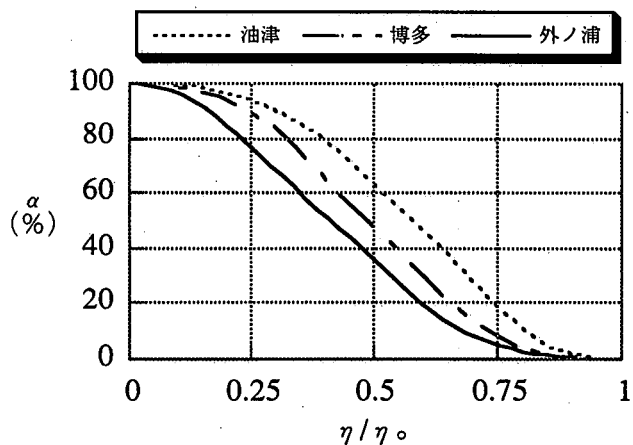


図 - 11 潮位変化を大潮差 (η_0) で無次元化した場合 (1年間)

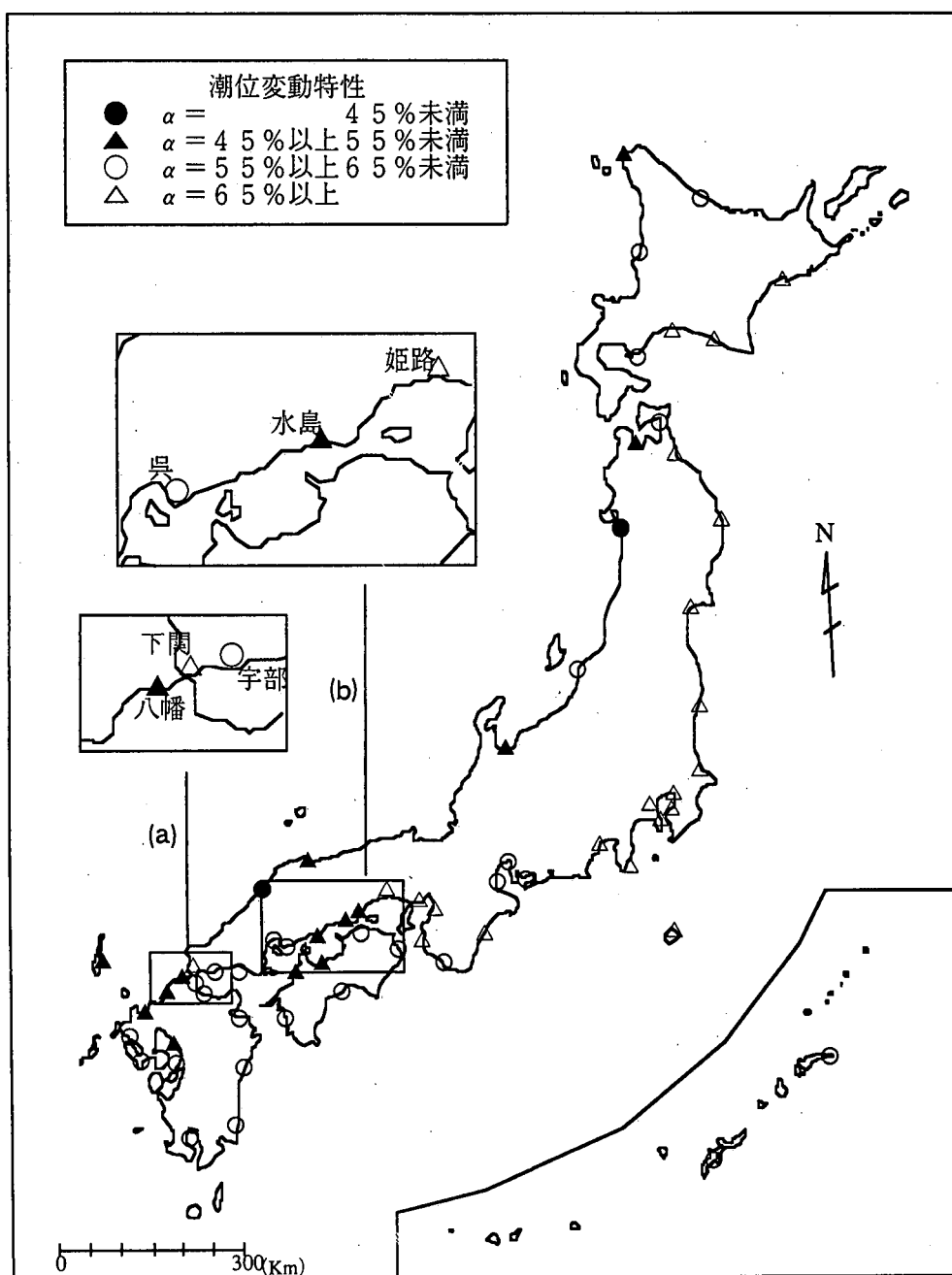


図 - 12 潮位変動特性の分布 (全国 65 港)

図 - 1 2 は同様に潮汐表³⁾に示されている日本全国の65港について $\eta/\eta_0 = 0.5$ となる時(大潮差の中間点)の潮位変動特性 α (%) を10%きざみに分けて示す。図 - 1 3 はその個数を5%きざみにして示している。これより55%から70%の個数が多く、我が国においては、平均水面は大潮差の中間点よりも高い位置に多くあることがわかる。 α が55%未満となる地域は、日本海側と瀬戸内海の一部、北部九州に見られる程度で少ない。

また、図 - 1 2 中の拡大図(a)を見ると、下関、宇部、八幡の3港はともに比較的近い位置にあるのにも関わらず、 $\eta/\eta_0 = 0.5$ となる時の潮位変動特性 α (%) の値はそれぞれ異なる。拡大図(b)の姫路、呉、水島も同じことが言える。各場所の潮位変化を大潮差で無次元化した図 - 1 4、1 5 からその特性がよくわかる。

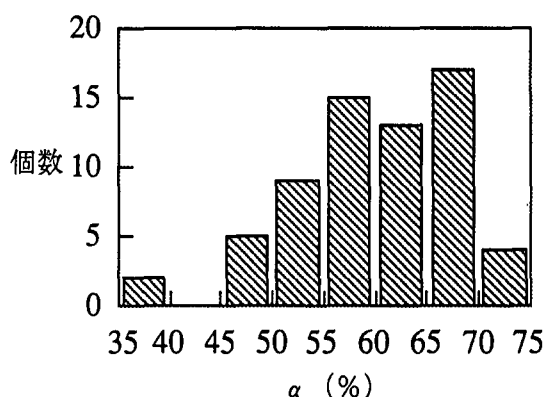


図 - 1 3 潮位変動特性の分布個数(全国65港)

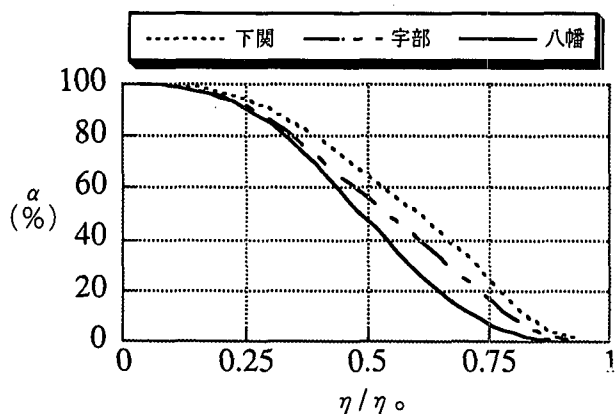


図 - 1 4 潮位変化を大潮差 (η_0) で無次元化した場合 (1年間)

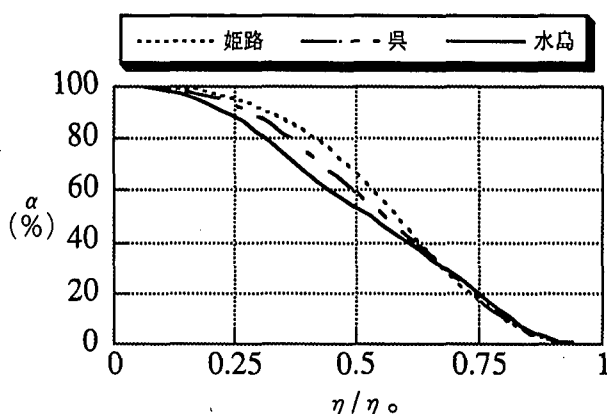


図 - 1 5 潮位変化を大潮差 (η_0) で無次元化した場合 (1年間)

以上のことから、潮位変動の大きい海域に朔望干潮面よりもある程度潜堤天端を高くすることを考える場合、ここで示したように各計画地点の潮位変動特性を十分考慮する必要があると考えられる。

5. むすび

ここでは、年間の潮位がある値以上となる時間を百分率で示し検討した。しかし、潜堤の天端高さの選定にあたっては

- ① 水面上に潜堤天端が現われる時間とともに水面上の潜堤高さと景観との関係
- ② 景観上実際に問題となる、夏期の日出から日没までの潜堤出現率
- ③ 目標伝達率と潜堤出現率との関係

などが重要であり、さらに検討する必要があると考える。

本研究は株式会社テトラの前田 建、我原弘昭の両氏の貴重な助言に基づく委託研究の一部としての行ったものであり、記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 奥藺英明・高橋克佳・阿部孝行・前田 建・我原弘昭：環境保全型潜堤に関する実験的研究，海洋開発論文集，Vol.12，pp.497～502，1996.
- 2) 海上保安庁水路部：日本沿岸 潮汐調和定数表，pp.68～101，1993.
- 3) 海上保安庁水路部：平成8年 潮汐表 第1巻，pp.1～454，1996.