

洞海港における設計波の推定について

第四港湾建設局洞海湾工事々務所長 尾 崎 重 雄

“ ” 工 事 専 門 官 三 根 昭 吾

1. 緒 言

防波堤及び海岸保全施設を設計するに当つては、先ず第一にその支配的な外力である設計波を決定しなければならない。

この設計波の見積り方として、以前には明確なる波浪の推定方法がなかつたため、当該港湾において来襲波の中から現地の構造物に適した波を経験的立場から検討して設計波を見積ると言う方法が採られていた。

しかし、最近各海域における波浪の予報技術がかなり研究されるに至り、波浪の推算方法が一応標準化されつつある現状である。

即ち、深海域に於いては、S.M.B法、浅海域においては Thijssse, Molitor 及び Bretschneider の方法によつて波浪の諸元を推定することが推奨されている。

しかしながら Thijssse 及び Molitor の方法は、現地への適用性を欠き、その推定方法が合理的でない。

以上の観点から現在において波浪の推算方法として最も良好な方法と考えられる、Bretschneider の方法を用いて響灘の波浪を推定した。

一方本港において昭和31年より波浪観測を実施し、良好な成果が得られている。

そこで、本報告では、波浪の推算値と実測値との比較結果並びに防波堤の耐用年数に応じた設計波を順序統計学を用いて決定する一試案について述べるものである。

2 波 浪 観 測

実際の浅海域における波は一律に連続した波ではなく、種々な波の合成されたもので、場所的にも、時間的にも変化する。荒天時に実際の海面を観ていると全く不規則であり、本港での記録をみると、7つ波、即ち7つ目毎に大きな波が出来る様な波で、波頂線は不連続である。

この不規則なものを明瞭にするためと、波の解析を行う場合の必要性から、最近波が統計的な量として取扱われている。そのため定義されている名称を列記すると次の通りである。

○ $\frac{1}{N}$ 最大波 ($H_{\frac{1}{N}}$) 有義波とも言う。

10分～20分間の連続した波形記録から最も大きい波高を示す波から数えて全部の波の個数の $\frac{1}{N}$ だけを拾い上げ、それらの波高の平均波高を $H_{\frac{1}{N}}$ と云い、それらの波の周期の平均値を $T_{\frac{1}{N}}$ と言う。

同様な考え方で $\frac{1}{10}$ 最大波 ($H_{\frac{1}{10}}$) 最高波高 (H_{max}) 平均高 (H_{mean}) $T_{\frac{1}{10}}$ T_{ma} $\times$ T_{mean} 等がある。

2-1 観測の概要

(1) 観測器械及びその方法

使用した観測は写真1～5に示す通りである。

a、波高計

水圧式波高計 (自記)	沖波の測定用	協和商工KK製
ケーブル式 { 電源 1.2 V バッテリー 2 個 ベンオツシロにて記録 }		一台
直結式 { 電源 3 V 及び 9.0 V 乾電池 ベンオツシロにて記録 }		一台
S. R 式波高計 (自記)		協和商工KK製

堤体壁面への衝突波高を測定するため設けた。Plug間隔 5 cm 全部で 110 plug 全長 5.5 m であり、電磁 オツシロで波圧と同時記録電源 6 V バッテリー

b、波圧計

抵抗線歪計型波圧計 (運研型) 東洋測器KK製

測定方法は変位法、電源 1.2 V バッテリー 2 個

搬送周波数 1500 c/s 電磁 オツシロで記録 4 要素

c、本観測は洞海港北防波堤の設計波浪及びその作用を調査する目的で実施しているため、常時における観測は省き、荒天時 (主に台風時) での観測を主として行つたものである。

波圧の観測は現在まで良好な成果が得られていない。

観測はすべて 20 分間連続観測である。

(2) 観測器械の設置状況

各観測器械は図～1～2に示す通りであつて、沖波、波圧、越波が一貫して同時観測出来るように設置し、現在もお継続して観測している。

写真 - 1

水圧式波高計

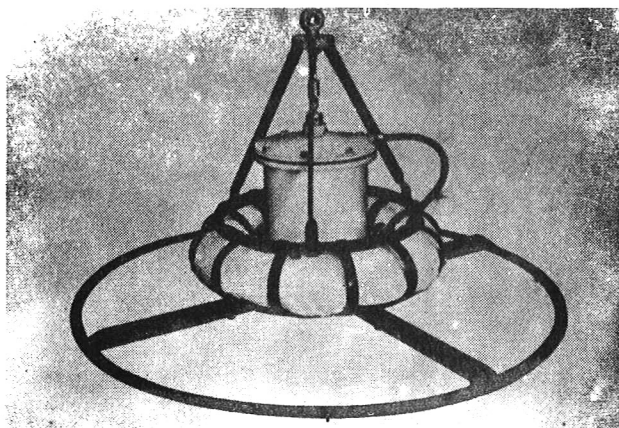


写真 - 2

波の衝突状況

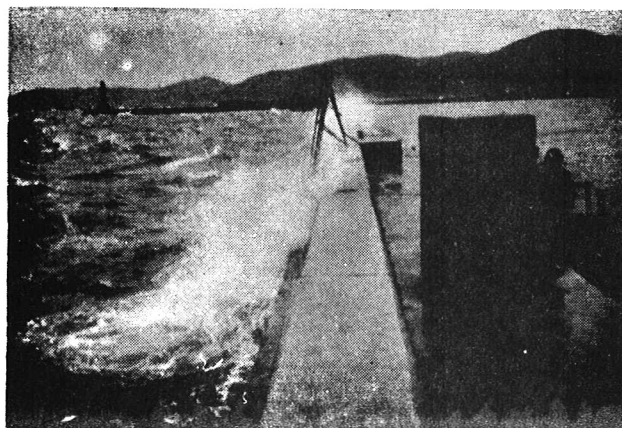


写真 - 3

S R 式波高計 (Pick-up)

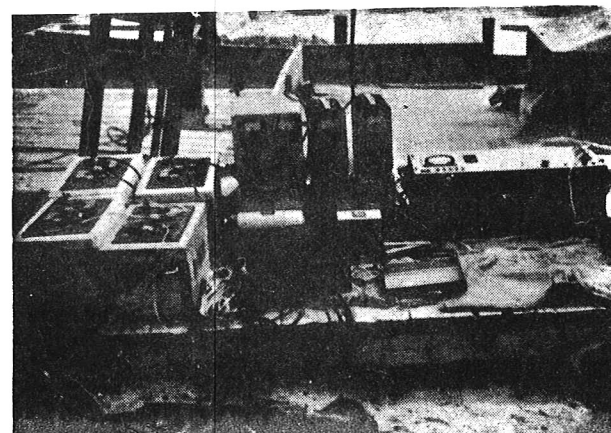
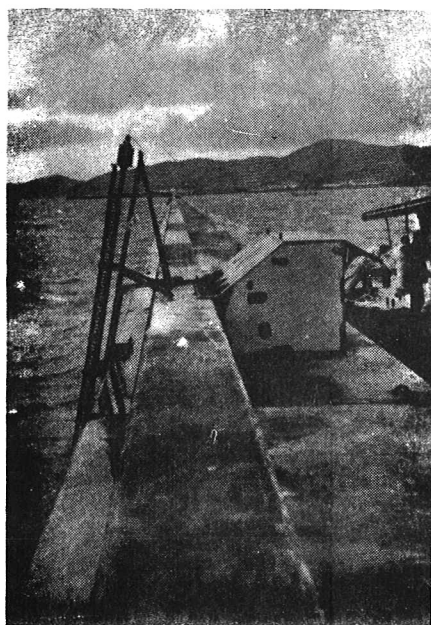


写真 - 4

波圧計記録装置

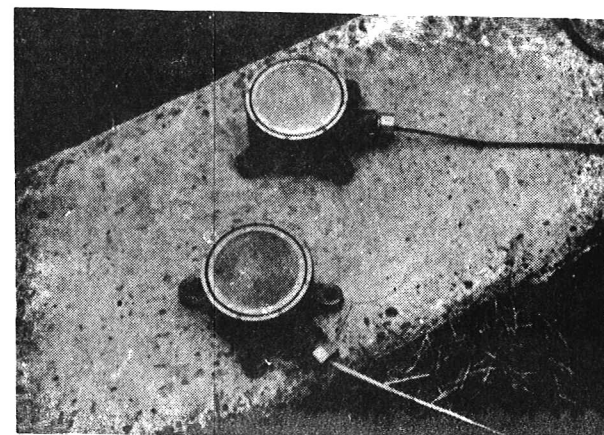


写真 - 5

波圧計 (Pick-up)

2-2 観測値の解析

得測した資料を解析した結果は次の通りである。

(1) 波高、周期の頻度分布及び来襲方向

縦軸に頻度を横軸に波高または周期をとつて颱風時、夏季秋季別にそれぞれの分布状態をplotした結果図-3が得られた。

これによれば、波高 ($H_{\frac{1}{10}}$) は対数正規分布¹⁾に周期 ($T_{\frac{1}{3}}$) は正規分布に従っていることがわかる。

観測期間中の最頻度は波高 0.5 ~ 0.7 m 周期 5 ~ 6 秒であり、颱風時と秋季の荒天時における来襲波の規模および分布に関しては大差がないようである。又来襲波の主方向は NW 方向である。

(2) 波高と周期

観測値について波高と周期との関係をplotした結果は図-4に示す通りであり、 H_{max} の波は一般に同期が短く平均して Steepness $\delta = \frac{H}{L} \div 0.1$ 程度で波形勾配が著しく大きく波頂が砕け始める時の δ の値に近い。

各波の波形勾配の平均値を列記すれば次の通りである。

	H_{max}	$H_{\frac{1}{10}}$	$H_{\frac{1}{3}}$	H_{mean}
δ	0.095	0.045	0.026	0.019

(3) 特性波高比

$H_{\frac{1}{3}}$ と H_{mean} $H_{\frac{1}{10}}$ H_{max} との比を算出した結果は次の通りである。

$$\frac{H_{\frac{1}{10}}}{H_{\frac{1}{3}}} = 1.32 \quad (1.29) [1.3] \quad \frac{T_{\frac{1}{10}}}{T_{\frac{1}{3}}} = 0.93$$

$$\frac{H_{\frac{1}{10}}}{H_{mean}} = 1.48 \quad (1.57) [1.4] \quad \frac{T_{\frac{1}{10}}}{T_{mean}} = 0.90 [1.0 \sim 1.2^{\frac{1}{2}}]$$

$$\frac{H_{max}}{H_{\frac{1}{3}}} = 1.75 \quad (1.87) [1.8] \quad \frac{T_{max}}{T_{\frac{1}{3}}} = 0.85$$

但し () は深海に於ける米国での値、[] は小名浜、新潟、酒田、名洗港に於ける観測結果 (井島氏) である。

一方 Bretschneider 浅海波の特性波高比として次の式を示している。

$$H_{max} / H_{\frac{1}{3}} = (145 \frac{gh}{U^2})^{0.1} \pm 10\%$$

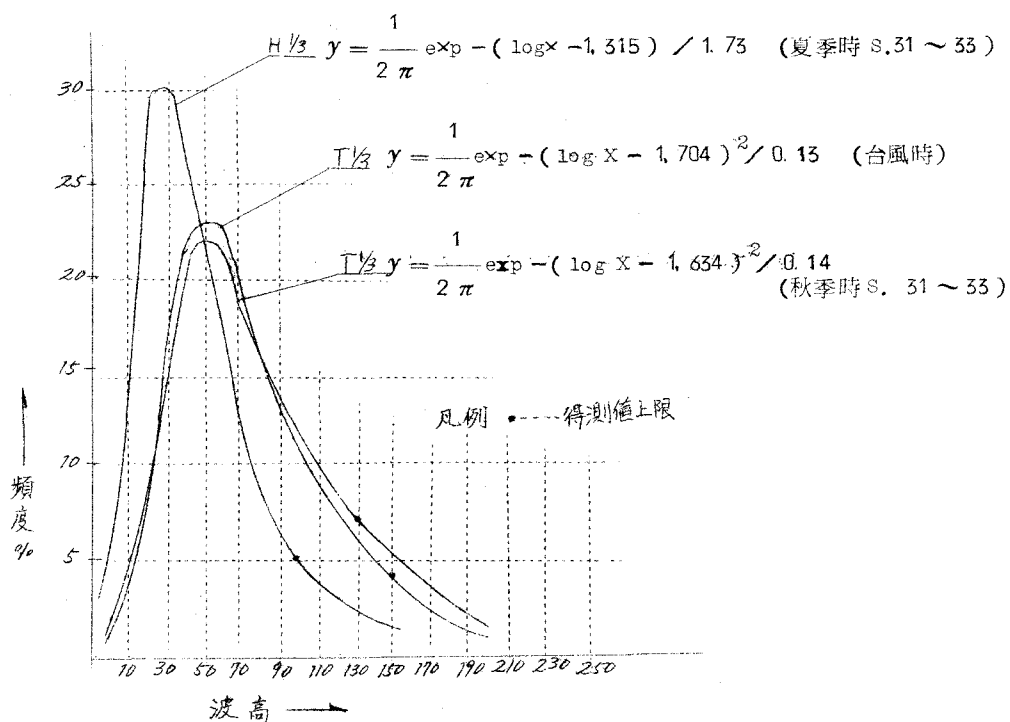
$$H_{\frac{1}{10}} / H_{\frac{1}{3}} = 1.23 \pm 10\%$$

$$H_{mean} / H_{\frac{1}{3}} = 0.675 \pm 10\%$$

$$\text{式 中 } \begin{cases} U : \text{風 速} & \text{m/sec} \\ G : 9.8 \text{ m/sec}^2 \\ H : \text{平均水深 m} \end{cases}$$

図-3 波高・周期の分布

波 高 分 布



周期分布

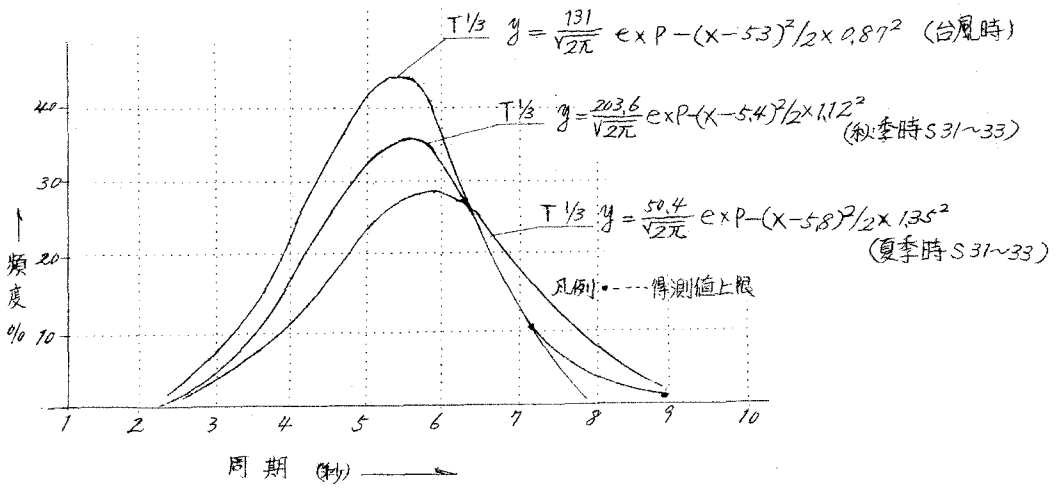
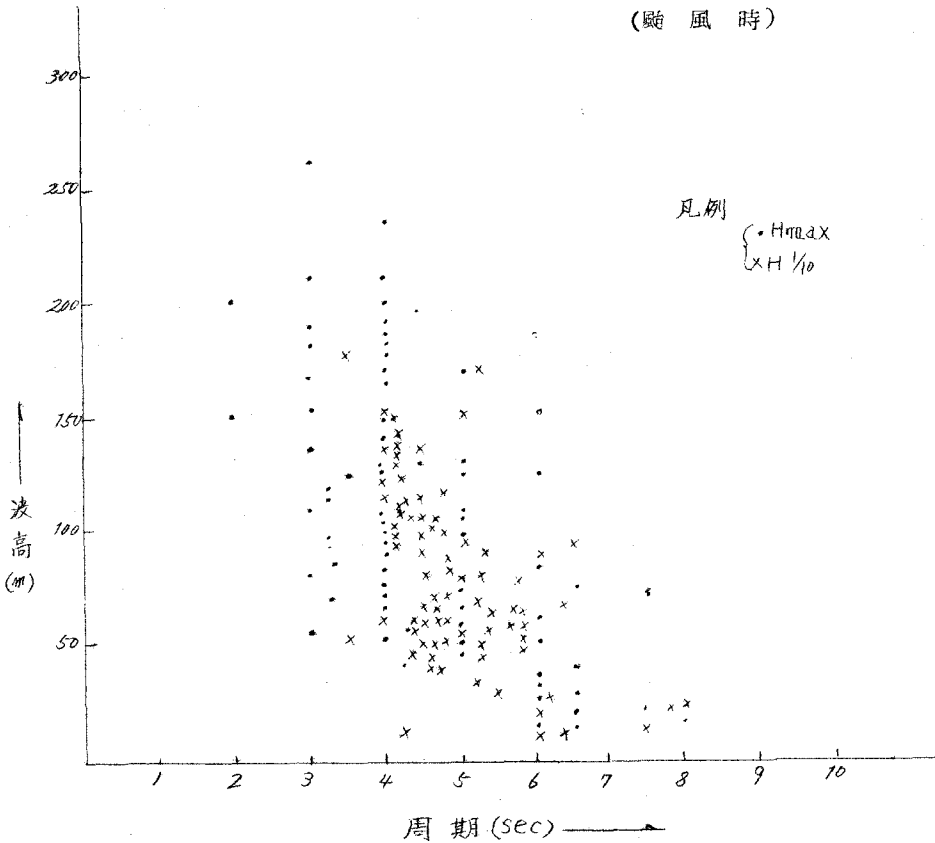


図-4 周期と波高との関係 (実測値)



2-3 風速と波高

波高 H が風速のみに関係すると考えた従来の半経験式による値と実測値とを比較するため縦軸に 20 分間の実測波高を、横軸に 10 分間平均風速をとつて plot した結果図-5 が得られた。

又、従来の実験式（風速のみにより求める公式）は次の通りである。

$$\text{一般式} \quad H = a V^n \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{広井公式} \quad H = 0.002 V^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{佐藤公式} \quad H = \frac{4}{3} V^{0.6} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Comish公式} \quad H = 0.48 V \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{White公式} \quad H = V^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Zimmerman公式} \quad H = 0.44 V \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Here} \begin{cases} H : \text{波高 m} \\ V : \text{風速 m/sec} \end{cases}$$

図-5 に従来の各式による値を画いてみると、図に示す如く殆んど一致しない。

これは、各式が実験又は半経験式であること、地域的条件が支配的に影響すること、次元を無視した式であること等に起因するものと考えられる。

しかし、波高 H と風速 V との間には密接な関係が実際にある筈である。そこで、最大波高 (H_{max}) に着目している従来の式に対し、本港での実測値の有義波 ($H_{\frac{1}{3}}$) を対象にして $H_{\frac{1}{3}} = f(V)$ の経験式を求めると、

$$H_{\frac{1}{3}} = 0.043 V + 0.526 \dots\dots\dots (6)$$

なる直線式が得られた。

この式の算定に当つては、すべての $\frac{1}{3}$ 最大波の観測値を包含させると云う考え方で、各風速毎の $H_{\frac{1}{3}}$ の最大値を最小自乗法で求めたものである。

本港においては特殊な気象時以外の場合、即ち $V = 25 \text{ m/sec}$ 程度までは、上記の式より求めた波高を採つても充分であらうと思われる。

3. 設計波の推定

3-1 浅海域波浪の推算方法

深海域に於ける波浪の予報法は S.M.B 法によつて一応の理論が完成されているが、浅海域に於ける波浪の推算は未だその域に達していない。現在浅海域での波

浪の推算方法には

- ① Thij sse
- ② Molitor
- ③ Bretschneider

の方法が提唱されている。

①②は実験や湖での観測資料に基づいたものであり、次に述べる様な欠点がある。

(1) Molitorの図表について

Fetch (km) と風速 V_m / sec を与えれば波が決定できる様になつているが、この図表からは

- a、波の周期がわからない。
 - b、Steepnessがわからない。
 - c、水深の factor が入っていない。従つて風向の如何によつては全然現象と異なつた値を与える。
- 等の欠陥がある。

(2) Thij sseの図表について

形式上は吹送距離、風速水深が既知であれば使用してよい様に思われるが、この図表は風洞実験による実験値をもとにして作成されたものである (1949) その後現地の観測結果によつて修正することになつていたものであるが、現在まで修正されていない。この図表からは

- a、波高が大きき周期が小さく従つて波長が短かく出る。
- b、水深が大きい時は深海波と一致しなければならないが、S.M.B図表と一致しない。

以上の理由から本港に於ける浅海域波浪の推算方法には Bretschneiderの方法を採用することにする。

3-1-1 Bretschneiderの方法

Bretschneiderの方法は、S.M.B法によつて深海域での波高及び周期を求めこの深海波が浅海域に進行する場合、進行波がどの様に変化するかを、浅海域での各種のエネルギー損失すなわち……

- (1) 海底地盤の摩擦
- (2) " 透過性 (滲透流)
- (3) " 波動運動

及び水深の変化、屈折に伴う波の変形を考慮して或る区間毎に逐次推算する方法である。

この方法は Bretschneider が Mexico 湾及び Okeshobee 湖に於ける実測値に基づいたものであつて、海底断面を標準化する事によつて任意の場所に適用することができ、普遍性をもっている。又他の方法が深海波との連絡を無視しているのに対し、本方法は深海波との接続が良くできており、考え方が現在に於いては最も合理的であると思われる。

3-1-2 Bretschneider の基本式

Bretschneider は深海波が浅海域に進行して来た場合、水深の変化に伴う波高の変化を、波の屈折、海底の透過性によるエネルギー損失を無視し、海底摩擦によるエネルギー損失のみを考慮して、定常状態に於ける基本式を次の如く与えている。

$$\frac{\partial (C_g E)}{\partial x} = C_g \frac{dE}{dx} + E \frac{dC_g}{dx} = R_h + R_o - D_f \dots\dots\dots (7)$$

Here C_g : 群速度

E : $\frac{1}{8} \rho g H^2$ 波のエネルギー

R_h : 波高増大についやされるエネルギーの割合

R_o : 波速増大についやされるエネルギーの割合

D_f : 海底摩擦による損失エネルギーの割合

然かし、Eq(7) の一般解が困難であるため、一定水深で不浸透性の海底上に屈折しない波が進行すると言う特定の条件を用い、海底の摩擦係数と浅水度係数とを考慮した近似解を次の如く示した。

$$H = H_1 \left[\frac{f H_1 \phi f \Delta x}{K_s T^4} + 1 \right]^{-1} \dots\dots\dots (8)$$

H : X 点に於ける波高

H_1 : $X = X_1$ "

Δx : $X_1 - X_2$ 測点間の水平距離 (Feet)

f : 海底摩擦係数 (無次元)

T : 周期 (秒)

K_s : shoaling Factor (浅水度係数)

$$\phi f : \frac{64 \pi^3}{3 g} \left[K_s / \sinh 2 \pi h / L \right]^3 \sec^4 / ft^2$$

h : 水深 (Feet)

L : 波長 $gT^2 / 2\pi \cdot \tanh 2\pi h / L$ (Feet)

g : 重力の加速度 feet / sec²

K_f : H / H_1

上式を整理すると

$$K_f = \frac{H}{H_1} = \left[1 + \frac{64}{3} \pi^3 f_{Hi} \Delta x \cdot \frac{K_s^2}{g^2 T^4} \left(\frac{1}{\sinh kd} \right)^3 \right]^{-1} \dots \dots \dots (9)$$

Eq (9) の誘導過程

(1) Shaaling factor : K_s

海底の摩擦や波の屈折によるエネルギーの損失がない場合には、深海波が浅海域に進行して来ても、一波長当りの波の伝播エネルギーは両者間に於いて変化しないから

$$\frac{1}{2} C_0 E_0 = C_g \cdot E \dots \dots \dots (10)$$

Here E_0 : 深海波のエネルギー $= \frac{1}{8} \rho g H_0^2$
 E : 浅海波のエネルギー $= \frac{1}{8} \rho g H^2$
 C_0 : 深海波の伝播速度
 C_g : 浅海波の群速度

故に浅海波と深海波との波高比は

$$\frac{1}{2} C_0 \frac{1}{8} \rho g H_0^2 = C_g \frac{1}{8} \rho g H^2$$

$$\therefore K_s = \frac{H}{H_0} = \sqrt{C_0 / 2 C_g} \dots \dots \dots (11)$$

C_0, C_g の値は浅海波の伝播速度を C とすると

$$C_0 = \frac{L_0}{T_0} = \frac{L_0}{T} = \frac{L_0}{L} = C \frac{gT / 2\pi}{gT \tanh kh / 2\pi} = C \coth kh$$

波が群波として進行する場合、その進行速度は

$$C_g = n \cdot c \quad n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right)$$

であるから

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \cdot C = \frac{1}{2} (1 + 2kh \operatorname{cosech} 2kh) \cdot C$$

よつて Shoaling factor K_s は C_0, C_g の値を eq. (11) に代入して

$$K_s = \left[\frac{C_0 \coth kh}{1 + 2kh \coth kh} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (12)$$

K_s は水深と波長及び周期との函数關係にあるから、その關係を

$$K_s = f_1 \left(\frac{h}{T} \right) = f_2 \left(\frac{h}{L} \right) \text{ とおいて、} K_s \text{ の値が簡単に求められる図を}$$

Bretschneider と同様に永井教授が m-sec 単位で作製されている (図-6 参照)

(2) 波高比 K_f

浅海波の海底摩擦による単位時間当りの平均エネルギーの散逸率 $\left(\frac{dW}{dt} \right)$ を岸氏は次の如く与えている。

$$\frac{dW}{dt} = \frac{4}{3} \pi^2 f_p \left(\frac{H}{T \sinh kh} \right)^3 \dots \dots \dots (13)$$

Here f : 海底の摩擦係数

p : 流体の密度

H : 波 高

T : 周 期

h : 水 深

k : $\frac{2\pi}{L}$

L : 波 長

等水深で $T = \text{const}$ の場合は C_g も一定であるから、 Δx 区間を波が進行する間に失うエネルギーは Δt 時間での損失エネルギーと等しくなくてはならないから、eq. (7) の左辺は $\frac{dW}{dt}$ に等しい。

$$\frac{\partial (C_g E)}{\partial x} = \frac{dW}{dt} \quad \text{今 } C_g = \text{const} \text{ であるから}$$

$$C_g \frac{dE}{dx} = \frac{dW}{dt} = \frac{4}{3} \pi^2 f_p \left(\frac{H}{T \sinh kh} \right)^3 \dots \dots \dots (14)$$

$$K_s^2 = \frac{C_0}{2C_g} \quad C_0 = \frac{gL}{2\pi} = \frac{gT}{2\pi} \text{ であるから}$$

$$\therefore K_s^2 = \frac{gT}{4\pi C_g} \quad \text{or} \quad C_g = \frac{gT}{4\pi K_s^2}$$

これらを eq (14) に代入し

$$\frac{g T_s}{4\pi K_s} \cdot \frac{1}{8} \rho g 2H \frac{dh}{dx} = -\frac{g}{4} \pi^2 f p \left(\frac{H}{T_s \sinh kh} \right)^3$$

$$\frac{1}{H_2} dH = -\frac{64}{3} \pi^3 \cdot f \cdot \frac{k_s^2}{g^2 T^4} \left(\frac{1}{\sinh kh} \right)^3 dx$$

これを integral して

$$\int_{X=X_1}^{X=X_2} \frac{1}{H_2} dH = -\frac{64}{3} \pi^3 f \cdot \frac{K_s^2}{g^2 T^4} \cdot \left(\frac{1}{\sinh kh} \right)^3 \int_{X=X_1}^{X=X_2} dx$$

但し H_1, H_2 は $X=X_1, X=X_2$ に於ける波高、 $\Delta x = X_2 - X_1$

$$K_f = \frac{H_2}{H_1} = \left[1 + \frac{64}{3g^2} \pi^3 \cdot f \cdot \frac{H_1 K_s^2}{T^4} \cdot \Delta x \cdot \left(\frac{1}{\sinh kh} \right)^3 \right]^{-1}$$

上式によつて所定区間 ($X_1 \sim X_2$) に於ける波高の海底摩擦による増減が算出出来るが面倒な計算をはぶくため、 K_s の値と同様、永井教授が図表化されている。(図-7 参照)

3-1-3 推算の順序

計算の順序は次の通りである。

- (1) 風速 V が決まるとこの V に対して $S = h/L = 0.5$ に至るまでの吹送距離 $Ro = R_{min}$ 周期 To_1 、波高 Ho_1 が S.M.B 法によつて決定する。
- (2) 深海波を推定した点 ($S = 0.5$ の点) から今考えている海岸の方向へ海底縦断面 (浅海域) を決定し、この部分を適当に幾つかの区域 ΔF に分割する。次に ΔF 間について平均水深 h_{ave} を求め等水深と見做す。これは Bretschneider の仮定が Constant depth となつているからである。
- (3) 最初の ΔF についてその区間の終端に於ける波高 Ho_2 、周期 To_2 は ΔF 間でのエネルギー損失を無視し、Fetch, length $F = Fo + \Delta F \leq R_{min}$ として S.M.B 法により求まる。
- (4) ΔF 間での沖波平均波高及び周期は $H_{ave} = \frac{1}{2} (Ho_1 + Ho_2)$ $T_{ave} = \frac{1}{2} (To_1 + To_2)$ として求められ、この波がうねりとしてこの区間を進行するものと見做す。
- (5) このうねりが ΔF 間を進行する割合各種のエネルギーの損失によつて波高を減ずる。従つて ΔF 間での終端に於ける沖波波高 Ho_2^I 及び実際の有義波

高 H_s は次式によつて計算される。

$$H_o_2 = H_{ave} \cdot K_r \cdot K_s \dots\dots\dots (13)$$

K_r : 増分 ΔF 上の屈折係数

K_s : Soaling factor (図-6 より求める)

$$H_s = H_{ave} \cdot K_r \cdot K_s \cdot K_f \dots\dots\dots (14)$$

K_f : 波高減少率 H/H' { eq(9) 又は図- (7) から求める }

(6) かくて ΔF_2 (第二の区域) に進行する沖波々高 H_o_2 が求まり、次に H_o_2 を深海域で発達した波浪と考えるとそれに相当する相当対岸距離 Pe が S. M. B 法から求められ、又この Pe から ΔF_2 区域に入射する周期も求められる。

(7) ΔF_2 区域終端に於ける沖波々高及び周期は $F^1 = Pe + \Delta F_2$ として夫々求められる。

(8) 以下これを (3~7) 反覆する事によつて任意地点の波高、周期が求められるのである。

以上が Bretschneider の浅海域波浪の予報法であるが、この方法の適用限界は $S = 0.5$ の水深から水深約 20 feet までであるが、風速が余り大きくない時は水深約 12 feet まで適用できる。

3-2 洞海港に於ける波浪の推算

3-2-1 推算前の考察

(a) 風 資 料

八幡製鉄KKの戸畑工場の海岸附近に於いて、昭和29年より風向、風速が記録されている。本記録所は海面上約15mの高さを有し、本港の波浪を取扱う場合立地条件としても充分と考えられるので、同所の風記録を使用することにした。風向はN-Wの範囲内を対象に考えれば充分である。記録は八鉄の海工掛で行われておりその位置は図-1に示す通りである。

(b) Fetch length の決定 (風域の限界の推定)

本港の地形上からN-Wの範囲内に於いてはFetch length が有限でない。従つて吹送距離 (風域の長さ) を天気図より推定しなければならないわけであるが、これについて現段階に於いては定説がない。そこで本報告では井島技官 (運研) が適用されている方法を採用し、天気図 (下関測候所) より風域の長さを推定した。

(c) 洞海港に於いて考慮すべき損失エネルギー

※海底摩擦による損失エネルギー

響灘の海底土質は大体砂礫である。海底土質が砂質なる場合に Bretschneider は海底摩擦係数を $f = 0.01$ としている。

本港に於いても一応 f 値を 0.01 として $K_f (= \frac{H_2}{H_1})$ の値を計算する。

※海底の透過性に基く損失エネルギー

本港に於いては当然考慮すべきであると思われるが、未だこれについて明らかにされていない様である。従つて本港では省略する。

※海底泥土の波動運動による損失エネルギー

これは海底地質が極めて軟弱で、ゼラチン状の泥土から出来ているような場合に考慮すべきものであつて本港では該当しない。

(d) 来襲波の屈折

海底地形は図—1 に示す如く、北防波堤前面は水深—5.0～6.0 m の平坦な海底が約 8 km に亘つて存在し、水深—20～30 m の等深線は堤前方約 12 km の地点を西方より北方に走っている。その間には白島、藍の島、六連島、白洲の瀬等が点在し、海底地形は極めて複雑なる様相を呈している。

従つて来襲波の屈折図を画くことは非常に難しい。そこで簡単に次の如く想定した。今考えている来襲波の主方向 (NW) のみに限定し幅 2 km をとつて屈折係数を求めた結果、若松灯台附近で波が収斂し ($K_r = 1.4$) 北防波堤計画延長 2,300 m の中央附近より沖側では発散 ($K_r = 0.8$) の傾向を示す様である。従つて堤前面での K_r を平均的に考え $K_r = 1$ として取扱つた。

(e) 海底の標準縦断面の決定

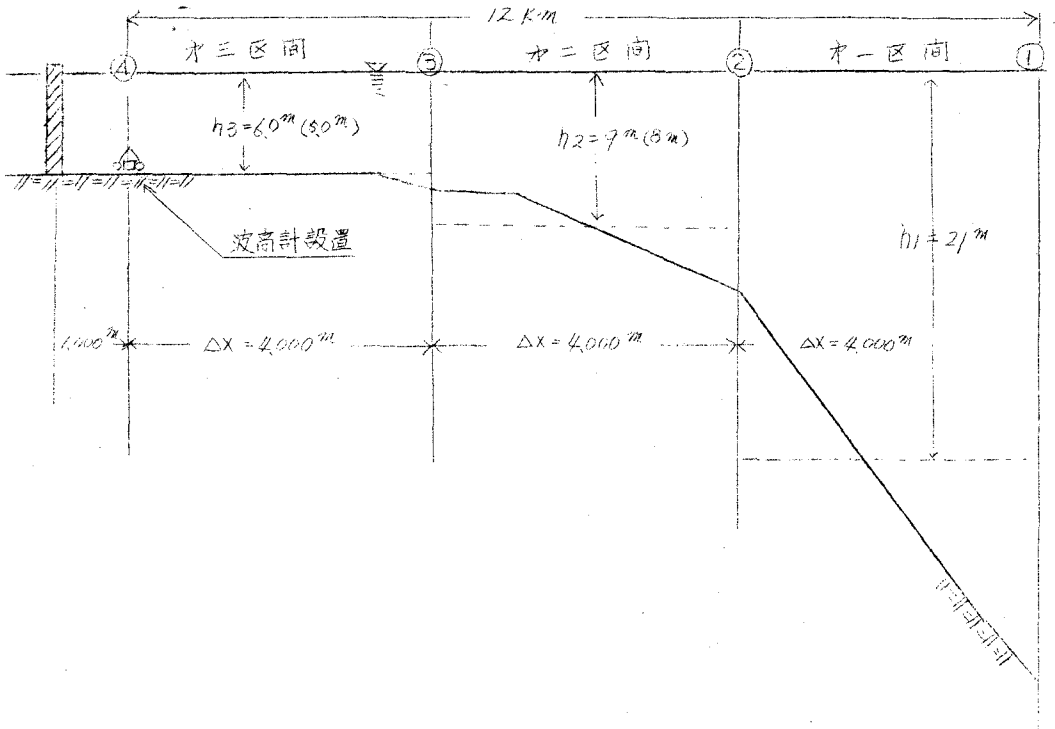
深海域から浅海域へ波が進行する径路を図—1 に示す如く想定すると、浅海域の長さは約 12 km である。但し Shallowness $S = \frac{h}{L} = 0.5$ とした。次に想定経路長を 3 等分し、各区間毎の平均水深を求め標準縦断面図を作成すると図—8 に示す通りである。

3—2—2 浅海波の推算

波浪を観測した資料の中から比較的連続して測得した資料を選びその時の気象条件を用いて夫々波浪の推算を行つた。

推算結果は表—1 に示す通りである。但しこの推算では浅海域に於ける風の影響を無視し「うねり」が浅海域を進行するものとして取り扱つた。計算方法を、

図-8 浅海域標準従断面図



2.3 例記すれば次の通りである。図-9、図-10に風資料を示す。

(1) 昭和32年9月7日 台風10号

深海波の決定

浅海波浪観測間と対比させた気象資料から深海波の最大値を与える様な気象条件を求めると、 $V=14.6 \text{ m/sec}$ $t=6 \text{ 時間}$ 、 $F=110 \text{ km}$ となる。これを用いてS.M.B図表より深海波を求めると $H\frac{1}{3}=3.2 \text{ m}$ $T=7.2 \text{ sec}$ である。この波が浅海域を「うねり」として進行するものと仮定する。

浅海波の推算

$H\frac{1}{3}=3.2 \text{ m}$ $T=7.2 \text{ sec}$ の波が防波堤前面まで進行してきた時の波の諸元を推算する。図-8を参照以下Hはすべて $H\frac{1}{3}$ のことである。

第一区間

①の点右側の波浪

$H_0=3.2 \text{ m}$ $T=7.2 \text{ sec}$ (深海波)

第一区間の水深を平均して、 $h = 20$ m の等水深と見做し、 $T = \text{const}$ と考えると第一区間に於ける波は、($f = 0$ とした場合の) e_p (13) より求める。

$$H_{o1} = H_o \cdot K_r \cdot K_s$$

$$K_s \text{ は図-6 より } \frac{h_1}{T^2} = \frac{21}{7.2^2} = \frac{21}{51.84} = 0.51 \text{ であるから、} K_s = 0.95 \text{ 又 } K_r = 1$$

$$\therefore H_{o1} = 3.2 \times 0.95 = 3.04 \text{ m}$$

故に第一区間での終端に於ける沖波 (f を考慮) は、

$$H_1 = H_o \times K_f$$

K_f の値は図-7 より

$$\frac{f \cdot H_{o1} \cdot \Delta X}{h_1^2} = \frac{0.01 \times 3.04 \times 4,000}{21^2} = 0.29$$

$$\text{よつて } K_f = 0.9925$$

$$\therefore H_1 = 3.2 \times 0.9925 = 3.18 \text{ m}$$

第二区間

平均水深 $h_2 = 9.0$ m 上記同様 $T = 7.2$ sec 第二区間に於ける波は

$$\text{図-6 より } \frac{h_2}{T^2} = \frac{9}{7.2^2} = 0.17 \therefore K_s = 0.92$$

よつて

$$H_{o2} = H_o \cdot K_r \cdot K_s = 3.18 \times 1 \times 0.92 = 2.83$$

第二区間での終端波高

図-7 より K_f は

$$\frac{f \cdot H_{o2} \cdot \Delta X}{h_2^2} = \frac{0.01 \times 2.83 \times 4,000}{9^2} = 1.4$$

$$\therefore K_f = 0.835$$

$$\text{従つて } H_2 = H_1 \times K_f = 3.18 \times 0.835 = 2.66$$

第三区間

平均水深 $h_3 = 6.0$ m $T = 7.2$ sec

第三区間に於ける波

$$\text{図-(6) より } \frac{h_3}{T^2} = \frac{6}{7.2^2} = 0.12 \therefore K_s = 0.96$$

$$\text{よつて } H_{o3} = H_2 \cdot K_r \cdot K_s = 2.66 \times 1 \times 0.96 = 2.55$$

第三区間での終端波高

図-7 より

$$\frac{f \cdot H_0 \cdot \Delta X}{h_3^2} = \frac{0.01 \times 2.55 \times 4,000}{6^2} = 2.84$$

$$\therefore Kf = 0.69$$

$$H_3 = H_2 \cdot Kf = 2.66 \times 0.69 = 1.83$$

第三区間での終端に於ける実際の波は e_2 (14) より

$$H_s = H_2 \cdot Kr \cdot Ks \cdot Kf = H_3 \cdot KrKs = 1.83 \times 0.96 \times 1 = 1.76 \text{ m}$$

故に波高計設置位置附近に於ける推定浅海波は、 $H = 1.76 \text{ m}$ $T = 7.2 \text{ sec}$

である。この波は当該位置まで碎波しなくて進行してくる。

(2) 昭和32年10月17日 季節風

深海波の決定

$$(1) \text{と同様にして } V = 12.5 \text{ m/sec} \quad t = 7 \text{ 時間、} F = 9.4 \text{ km } H_0 = 2.5 \text{ m}$$

$$T = 6.6 \text{ sec}$$

第一区間に於ける波

Ks の値 図-(6) より

$$\frac{h}{T^2} = \frac{21}{6.6^2} = 0.483 \quad \therefore Ks = 0.95$$

$$H_0 = H_b \cdot Kr \cdot Ks = 2.5 \times 1 \times 0.95 = 2.38 \text{ m}$$

第一区間での終端波高

Kf の値 図-(7) より

$$\frac{f \cdot H_0 \cdot \Delta X}{h_1^2} = \frac{0.01 \times 2.38 \times 4,000}{21^2} = 0.2155$$

$$\therefore Kf = 0.9935$$

$$\therefore H_1 = H_0 \cdot Kf = 2.38 \times 0.9935 = 2.37 \text{ m}$$

第二区間に於ける波

Kf の値 図-(6) より

$$\frac{f \cdot H_0 \cdot \Delta X}{h_2^2} = \frac{0.01 \times 2.27 \times 4,000}{9^2} = 1.12$$

$$\therefore Kf = 0.875$$

$$\therefore H_2 = H_1 K_f = 2.49 \times 0.875 = 2.17 \text{ m}$$

第三区間に於ける波

Ks の値 図-(6)より

$$\frac{h}{T^2} = \frac{6}{6.6^2} = 0.138 \quad \therefore K_s = 0.943$$

$$\therefore H_{o3} = H_2 \times K_r \times K_s = 2.17 \times 1 \times 0.943 = 2.05 \text{ m}$$

第三区間の終端波高

Kf の値 図-(7)より

$$\frac{f \cdot H_{o3} \cdot \Delta X}{h^2} = \frac{0.01 \times 2.05 \times 4,000}{6^2} = 2.23$$

$$\therefore K_f = 0.74$$

$$H_3 = H_2 \cdot K_f = 2.17 \times 0.74 = 1.61 \text{ m}$$

第三区間終端に於ける実際の波高

$$H_s = H_2 \cdot K_r \cdot K_s \cdot K_f = H_3 \cdot K_r \cdot K_s = 1.61 \times 1 \times 0.943 = 1.51 \text{ m}$$

よつて所定位置の推定浅海波

$$H = 1.51 \text{ m} \quad T = 6.6 \text{ sec}$$

で進行中碎波しない。

(3) 昭和33年9月26日 台風22号

深海波の決定

(1)と同様にして

$$V = 13.8 \text{ m/sec} \quad t = 7 \text{ 時間} \quad F = 100 \text{ km}$$

$$H_o = 2.90 \text{ m} \quad T = 7.0 \text{ sec}$$

第一区間に於ける波

Ks の値 図-(6)より

$$\frac{h}{T^2} = \frac{21}{7^2} = \frac{21}{49} = 0.43 \quad \therefore K_s = 0.938$$

$$H_{o1} = H_o K_r \cdot K_s = 2.9 \times 1 \times 0.938 = 2.72$$

第一区間での終端波高

Kf の値 図-7より

$$\frac{f \cdot H_{o1} \cdot \Delta X}{h^2} = \frac{0.01 \times 2.72 \times 4,000}{21^2} = 0.247$$

$$\therefore Kf = 0.91$$

$$\therefore H_1 = H_o \cdot Kf = 2.90 \times 0.91 = 2.67 \text{ m}$$

第二区間に於ける波

Ks の値 図-(6)より

$$\frac{h}{T^2} = \frac{9}{7^2} = 0.184 \quad \therefore Ks = 0.9$$

$$H_{o2} = H_1 \cdot Kf \cdot Ks = 2.67 \times 1 \times 0.9 = 2.40 \text{ m}$$

第二区間での終端波高

Kf の値 図-(7)より

$$\frac{f \cdot H_{o2} \cdot \Delta X}{h^2} = \frac{0.01 \times 2.40 \times 4,000}{9^2} = 1.18$$

$$\therefore Kf = 0.86$$

$$H_2 = H_1 \cdot Kf = 2.67 \times 0.86 = 2.30 \text{ m}$$

第三区間に於ける波

Ks の値 図-(6)より

$$\frac{h}{T^2} = \frac{6}{7^2} = \frac{6}{49} = 0.122 \quad \therefore Ks = 0.958$$

$$H_{o3} = H_2 \cdot Kf \cdot Ks = 2.3 \times 1 \times 0.958 = 2.21$$

第三区間での終端波高

Kf の値 図-(7)より

$$\frac{f \cdot H_{o3} \cdot \Delta X}{h^2} = \frac{0.01 \times 2.21 \times 4,000}{8^2} = 2.46$$

$$\therefore Kf = 0.72$$

$$H_3 = H_2 \cdot Kf = 2.3 \times 0.72 = 1.66 \text{ m}$$

第三区間終端に於ける実際の波高

$$H_s = H_2 \cdot Kf \cdot Ks = 1.66 \times 0.958 = 1.59 \text{ m}$$

よつて所定位置の推定浅海波は

$$H = 1.59 \text{ m} \quad T = 7.0 \text{ sec}$$

で進行中砕波しない。

以下同様にして台風時及び季節風時に於ける浅海波を推定した結果は、表—1に示す通りである。

图-9 风向风速图

昭和廿二年10月17日季節風

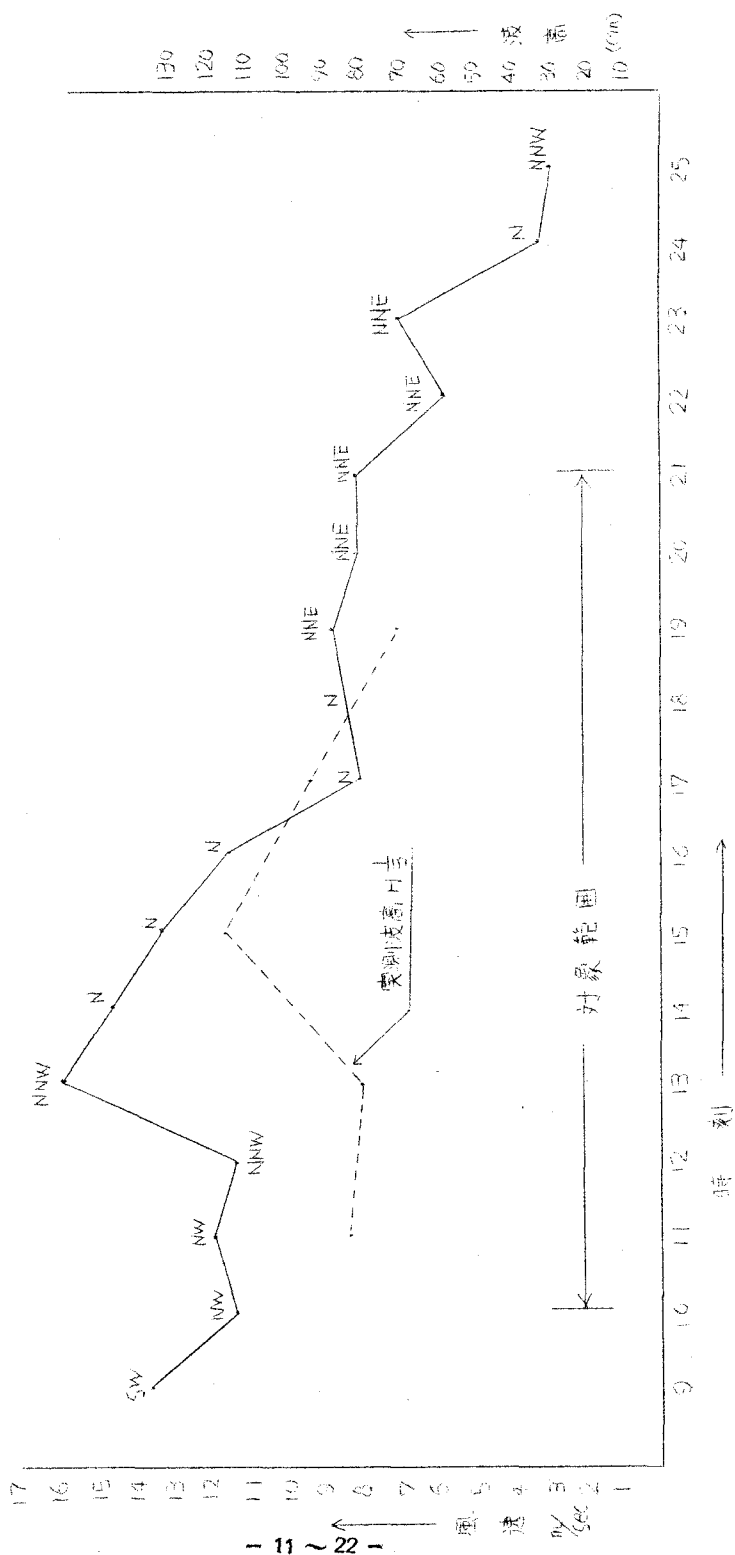


圖-10 風 向 風 速 圖

昭和23年1月台風27号

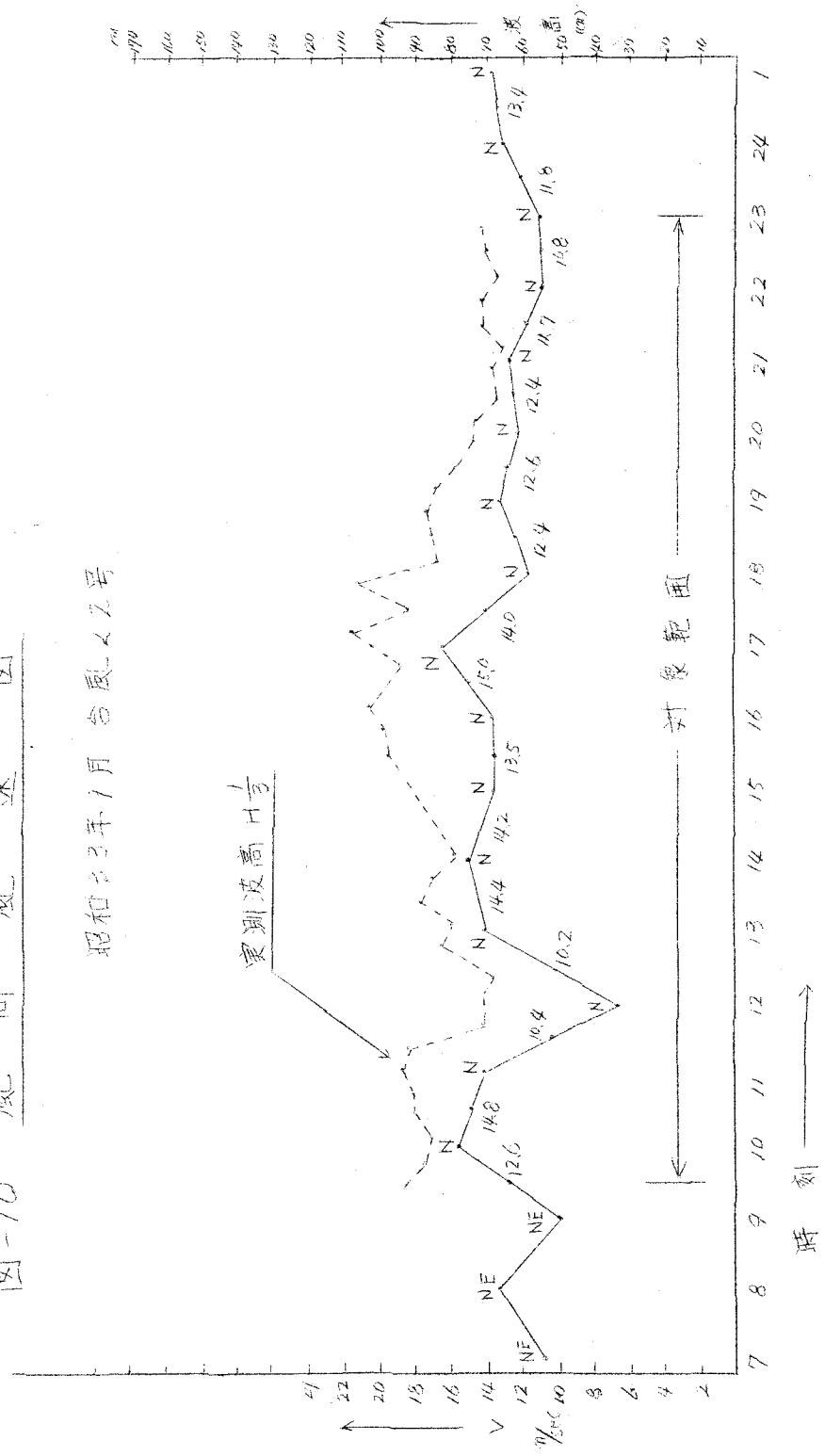


表 - 1 実測値と予報値との比較

観 測 年月日	気 象 条 件			深 海 波		予 報 値 (A)		実 測 値 (B)		A / B		摘 要
	V_m sec	t hr	F km	H ₀ m	T ₀ sec	$H_{\frac{1}{3}}$ m	$T_{\frac{1}{3}}$ sec	$H_{\frac{1}{3}}$ m	$T_{\frac{1}{3}}$ sec	$H_{\frac{1}{3}}$	$T_{\frac{1}{3}}$	
33. 10. 15	8. 3	6	58	1. 30	5	1. 01	5	0. 67	4. 6	1. 51	1. 07	季節風
32. 9. 7	14. 6	7	100	3. 20	7. 2	1. 76	7. 2	1. 30	5. 1	1. 35	1. 41	10号台風
32. 10. 17	12. 5	7	95	2. 50	6. 6	1. 51	6. 6	1. 14	5. 4	1. 32	1. 22	季節風
32. 10. 18	5. 6	5	35	0. 70	3. 3	0. 69	3. 3	0. 52	6. 5	1. 33	0. 51	"
32. 11. 11	9. 4	8	92	1. 72	5. 7	1. 20	5. 7	0. 70	3. 8	1. 71	1. 50	"
33. 9. 17	11. 6	8	110	2. 40	6. 7	1. 43	6. 7	0. 78	5. 4	1. 83	1. 24	21号台風
33. 9. 25	6. 7	10	100	1. 10	4. 8	0. 80	4. 8	0. 56	3. 8	1. 43	1. 26	季節風
33. 9. 26	13. 8	7	100	2. 90	7. 0	1. 66	7. 0	1. 10	4. 7	1. 50	1. 49	22号台風
33. 10. 18	8. 2	7	70	1. 30	5. 0	1. 11	5. 0	0. 93	4. 7	1. 18	1. 07	季節風
33. 10. 22	6. 9	5	38	0. 90	4. 0	0. 79	4. 0	0. 56	3. 3	1. 41	1. 21	"
33. 11. 20	9. 3	7	76	1. 60	5. 4	1. 51	5. 4	1. 30	5. 6	1. 16	0. 69	"

图-6

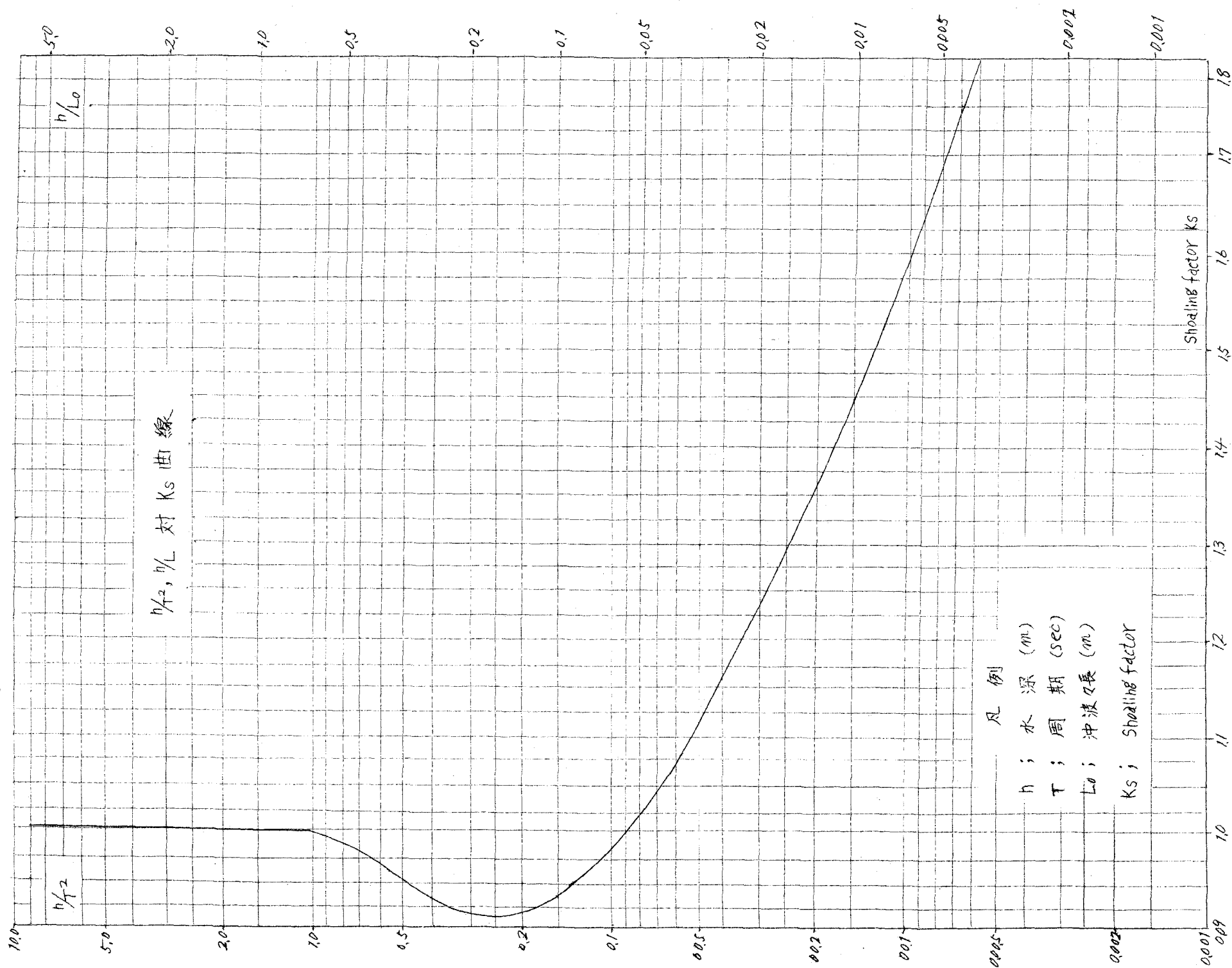
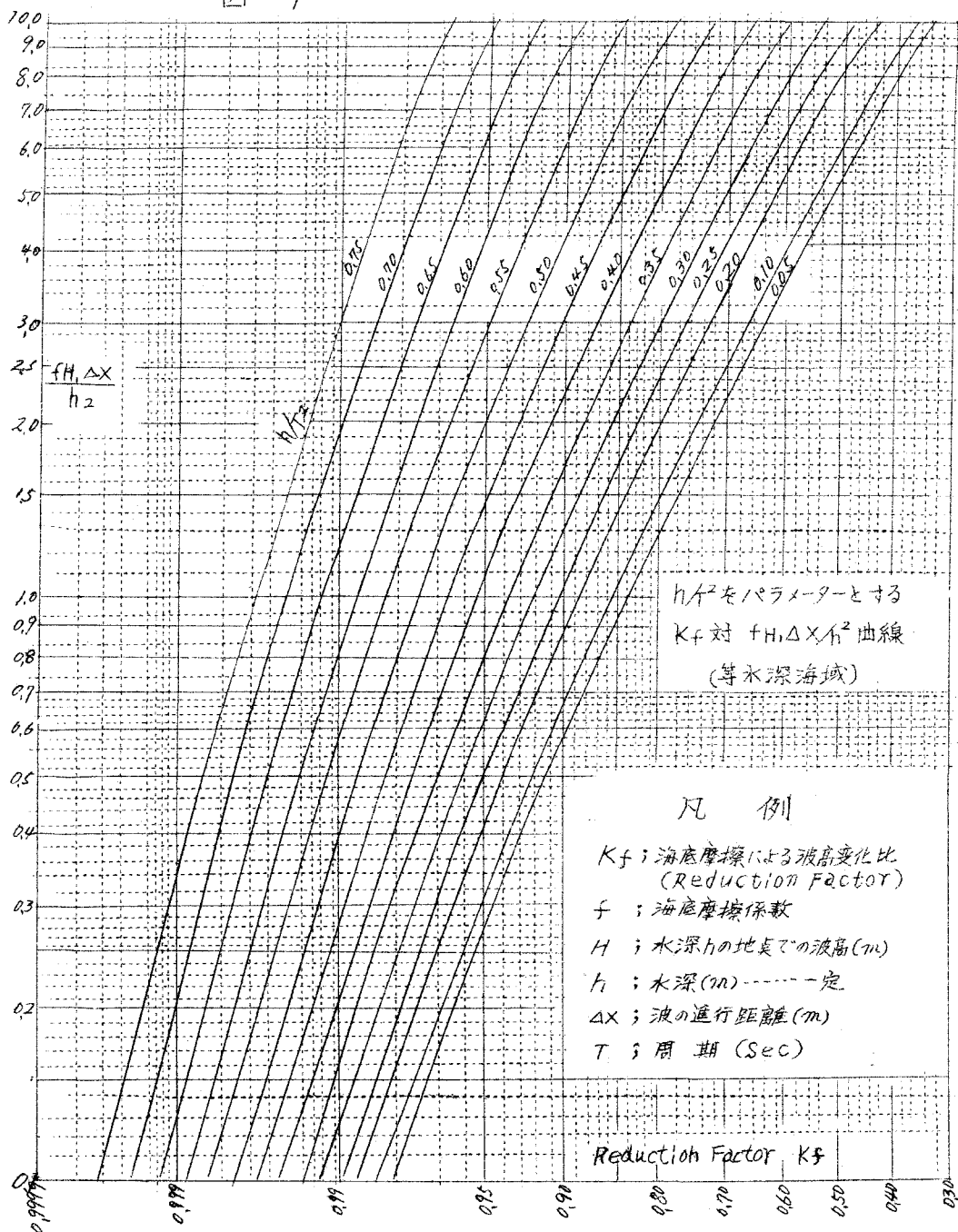


図 - 7



3-3 実測値と推算値との比較

実測値と推算値とを比較する場合次の2つの場合が考えられる。

- (1) 予報法による計算値の信頼性を確かめる事は出来ないで、一つの推算法に従つた値が実測時と一致しない場合は実測値に一致する様予報法を修正する。
- (2) 両者が一致しない場合でも予報法の修正は行わず(予報は一定にしておいて)両者の関係を明確にし、実測値に一致させるための換算係数を算定する。

本報告では(2)の方法を採用した。

前記で推算した浅海波と実測波浪とを対比させて纏めた結果を表-2に示す。表-2から波高及び周期について推算値と実測値との関係を求めると図-11、図-12に示す如く、次の関係式が得られた。

$$\text{波高} \cdots \cdots \cdots H = 0.7 H' \cdots \cdots \cdots (15)$$

$$\text{周期} \cdots \cdots \cdots T = 0.8 T' \cdots \cdots \cdots (16)$$

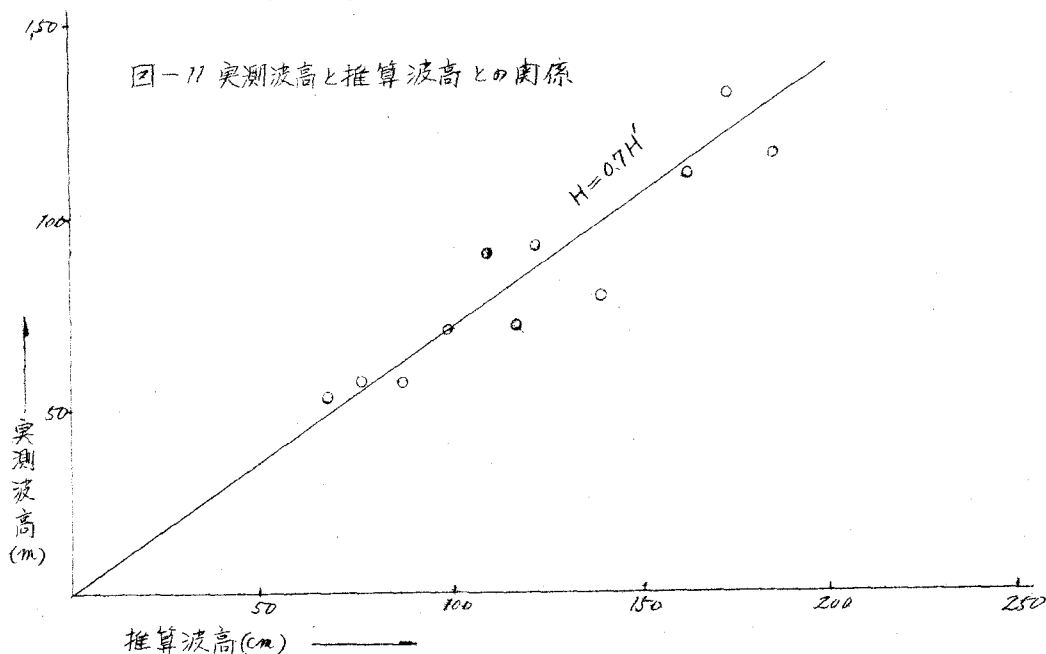
Here H : 実測波高

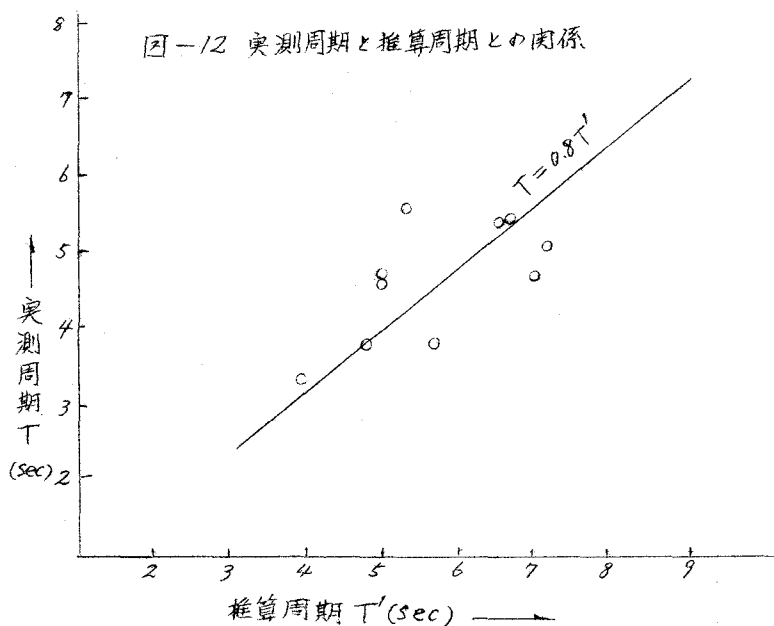
H' : 推算波高

T : 実測周期

T' : 推算周期

従つてeq (15) (16) によつて推算値を修正すればよい。





3-4 設計波の決定

設計波を決定する場合、我々が先ず第一に当惑する問題は各種波の予報法による推定値の信頼性である。前述の如く実測値と予報値との比較を行つた結果によれば、両者にはかなりの差異が生じている。

この原因としては気象条件のとり方とか、当該海域の地形等によるものと思われる。幸にして本港に於ては(15)(16)式によつて推算値を修正する事が出来るから信頼性については充分であらう。

次に何年に1回生起する波を対象に考えれば良いかと云う事であるが、本防波堤は本港の将来計画上からみて、今後30年間、波力に耐え得れば充分である。

従つて生起確率年を30年として設計波を推定する。

設計波の推定に当つては、先ず、実測値の不足を補うため過去23年間に亘る風資料を求め、これから各年に於ける年最大波高を算定し、その波高をもとにして、順序統計学によつて、設計波を推定する。以下これについて述べる。

3-4-1 推算前の考察

(a) 風 資 料

本防波堤に影響を与える波に対して計画風の風向はN-W範囲を対象とする。風の記録は(1)八鉄海上掛(戸畑の埋立地)の記録と(2)下関測候所での記録を用い、昭和10年～33年までの23年間分について整理した。

この場合問題となる事は風速風向計の海面上の高さと観測所と防波堤との位置の関係である。八鉄での記録は海上約15mの高さの記録であり、当該浅海域との場所的關係もS.M.B法を使用する際にその条件を充分満足し得るものと思われるが、下関測候所は海上約65mの高さに於ける記録であり、又当該海域との距離も約20kmを有し、地形の影響をも考慮しなければならない。そこで(1)(2)両者の關係を次の如く検討して計画風を決定した(八鉄の記録は昭和29年より開始されているからである。)

(i) (1)(2)両者の風向との關係を求めた所、多少plot点の散乱が見られたが大体に於いて相関係数は1に近い値が得られた。従つて風向は両者略々一致するものとして取扱つた。

(ii) 両者の風速の關係も同様にして試みた結果、相関性は(i)の場合よりもplot点の散乱を示したが、相関性は充分有るものと認められたので下関測候所の記録をそのまま使用する事にした。

但し、昭和29年～33年は八鉄の記録値を使用した。

(b) その他必要な事項については3-2-1項で述べたものと同様である。

3-4-2 各年に於ける年最大波浪の推定

前項で述べた各年計画風の中から年間最大波高を与える気象条件即ち風速、吹送時間を求めS.M.BによつてShallowness = 0.5の点に於ける深海波 Ho.Toを算出し、3-2-2項で述べた推算方法によつて所定位置の浅海波を推算した。

この推算値をeq (15)・(16)によつて修正し実際の浅海波を算出し、波高の大きい順序に並らべて纏めた結果は表-2に示す通りである。

表-2

各 年 推 定 最 大 波 高

年 月 日	順 位	気 象 条 件			深 海 波		推算値 (浅海波)		実際の 浅海波		摘 要
		V_m sec	thr	F_{km}	H_o m	T_o sec	$H_{1/3}$ m	$T_{1/3}$ sec	$H_{1/3}$ m	$T_{1/3}$ sec	
17. 8. 28.	1	20.1	6	100	4.60	8.5	2.02	8.5	1.71	6.8	16号台風
18. 8. 20	2	15.7	7	100	3.43	7.5	2.02	7.5	1.71	6.0	
20. 9. 17~18	3	20.2	6	100	4.35	8.5	1.99	8.5	1.69	6.8	枕崎台風
12. 7. 25	4	15.2	7	100	3.40	7.5	1.98	7.5	1.69	6.0	
14. 8. 20	5	15.4	7	100	3.35	7.4	1.98	7.4	1.69	5.9	
26. 10. 15	6	17.0	7	100	3.75	7.7	1.82	7.7	1.57	6.2	ルース台風
32. 9. 7	7	14.6	7	100	3.20	7.2	1.79	7.2	1.55	8.8	10号 "
31. 9. 27	8	15.5	7	100	3.35	7.4	1.76	7.4	1.53	5.9	15号 "
19. 9. 17	9	15.2	7	100	3.35	7.4	1.75	7.4	1.53	5.9	
21. 7. 30	10	14.1	7	100	3.05	7.1	1.74	7.1	1.52	5.6	9号 "
11. 7. 23	11	12.8	7	94	2.64	6.7	1.71	6.7	1.50	5.9	
16. 10. 1	12	14.2	7	100	3.10	7.1	1.71	7.1	1.50	5.6	
33. 9. 26	13	13.8	7	100	2.90	7.0	1.65	7.0	1.45	5.6	22号 "
27. 7. 9	14	13.4	7	97	2.75	6.9	1.57	6.9	1.40	5.3	
9. 9. 20~21	15	13.0	7	96	1.70	6.7	1.56	6.7	1.39	5.3	室戸台風
29. 10. 12	16	12.1	8	100	2.45	6.6	1.50	6.6	1.35	5.3	
15. 9. 12	17	12.3	7	93	2.40	6.5	1.49	6.5	1.34	5.2	
22. 10. 9	18	11.4	8	100	2.25	6.4	1.42	6.4	1.30	5.1	
30. 8. 8	19	11.0	7	87	2.35	6.0	1.34	6.0	1.24	4.0	
24. 8. 19	20	9.5	9	100	1.75	5.8	1.17	5.8	1.12	4.6	シュデイス台風
28. 9. 2	21	8.5	9	100	1.50	5.5	1.08	5.5	1.06	4.4	
25. 9. 3	22	8.0	9	76	1.38	5.3	1.06	5.3	1.04	4.2	シエーン台風
13. 5. 23	23	8.1	9	98	1.40	5.4	0.97	5.4	0.98	4.3	

以上で過去23年間に於ける最大波高が求められたわけであるが、防波堤の耐用年数を前述した如く30年としたから、設計波は30年に1回発生する様な波を対象を考えるべきであろう。

確率年を30年とした波の推定方法として、本報告では Gumbel 法を採用した。

Gumbel 分布は

$$y = \ln \{ -\ln F(X) \} \dots\dots\dots (9)$$

$$= a (X - b)$$

$F(x)$: 標本上調整非超過確率

a, b : 常数

で与えられる。

年最大波高を X とすれば、 $N = 23$ 個の標本値 (年最大波高) X_i ($i = 1, 2, \dots, N$) と、それに対する標本上調整非超過確率 $F(X_i)$ とから a, b の 2 常数を決定し媒介度数 y を介して、 X と $F(x)$ の関係が求められ eq (9) から $1 - F(x) = W(x)$ や確率年 T との関係を描定する事が出来る。以下これについての計算概要を述べる。

先ず年最大波高 (x) を大きさの順に並べると表-4 の如くなる。

標本上調整非超過確率の計算

$$F(\bar{X}_1) = \exp(-\frac{1}{N}) = e^{-\frac{1}{23}} = 0.09874$$

$$F(\bar{X}_n) = (\ln N - 1) / (N \ln N - 1) = (\ln 23 - 1) / (23 \ln 23 - 1) \\ = 0.03005$$

$1 < i < N$ に対しては

$$F(\bar{X}_i) = F(\bar{X}_n) + (N - i) \{ F(\bar{X}_1) - F(\bar{X}_n) \} / N - 1 = F(X_i)$$

によつて求める。次に $F(\bar{X}_1)$ の値を eq (9) に代入し、 y_1 の値を算出する。

常数 a, b の決定

$$\frac{1}{2}a = [(\bar{X}_1^2 - \bar{X}_n^2) / (\bar{y}_1^2 - \bar{y}_n^2)]^{0.5} = [(2.1048 - 1.4339^2) / (1.4406 - 0.504^2)]^{0.5} \\ = 0.20265$$

$$b = \bar{X} - (y/a) = 1.4339 - 0.20265 \times 0.504 = 1.3317$$

$$\therefore X = b + (\frac{1}{a}) y \text{ より } X = 1.3317 + 0.2026 y \dots\dots\dots (10)$$

確率年 T との関係は $F(x)$ 、 $W(x) = \frac{1}{T}$ から $F(x)$ の値を求め、これを eq (9) に代入し y の値を算出し eq (10) より、 X の値、即ち確率年を T とした年最大波高が求められる訳である。

$$\text{例へば } T = 5 \text{ 年とすれば } F(X_5) = (1 - \frac{1}{5}) = 0.8$$

$$y = -\ln(-\ln 0.8) = 1.4992$$

$$\therefore X = 1.3317 + 0.2026 \times 1.4992 = 16.355 \div 1.64 \text{ m}$$

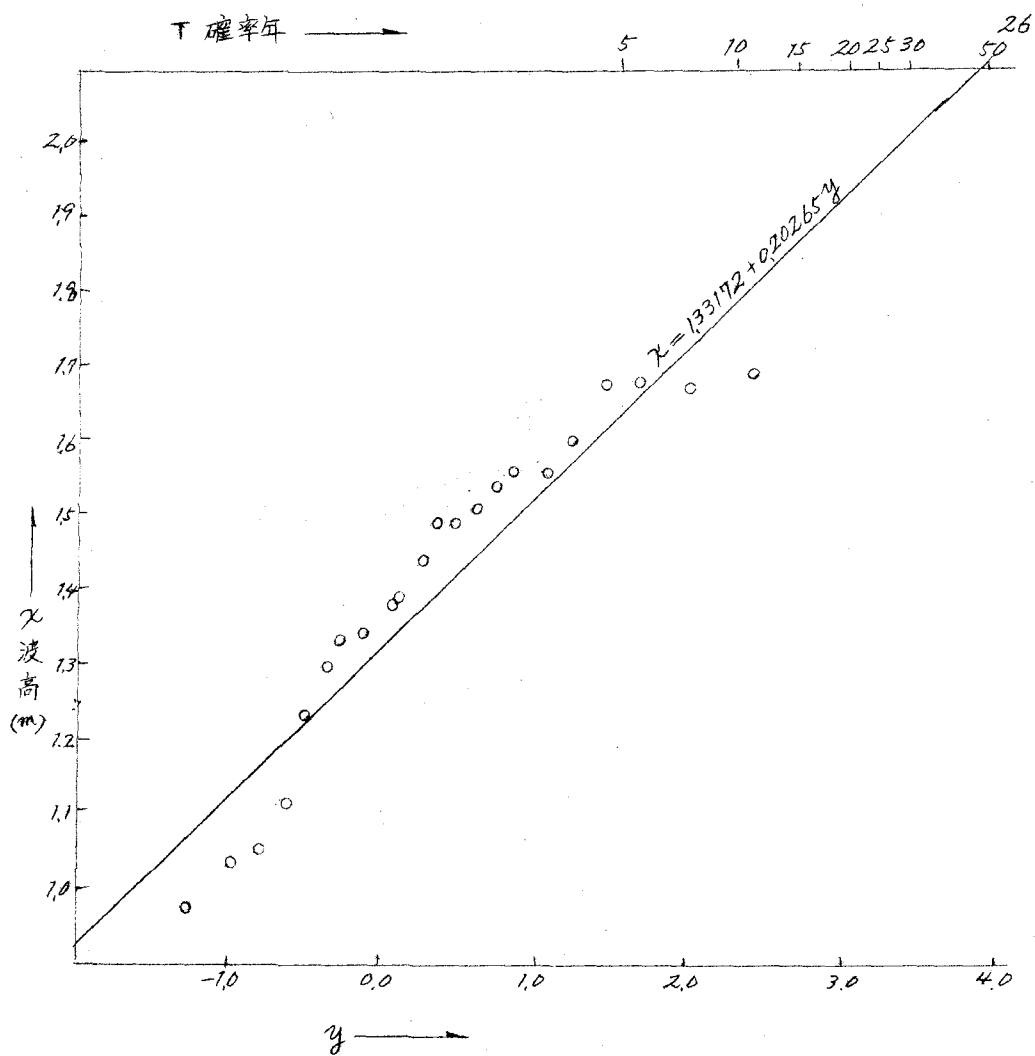
以上の計算結果は表-3に示す通りであり、確率年と波高との関係は図-10に示す通りである。

図-13より確率年を30年とした年最大波高を求めると、 $H_{\frac{1}{30}} = 2.0 \text{ m}$ が得られる。

表-3 波 高

年	順番	χ 各年最大波高	χ^2	標本上調整 超過確率 $F(x)$	$y_i = -\ln \left\{ \frac{1-F(x_i)}{F(x_i)} \right\}$	y_i^2
17	1	1.76	2.922	0.9574	3.136	9.834496
18	2	1.71	2.922	0.9153	2.425	5.880625
20	3	1.69	2.860	0.8733	1.998	3.992004
12	4	1.69	2.860	0.8313	1.687	2.345969
14	5	1.69	2.590	0.7888	1.439	2.070721
19	6	1.61	2.466	0.7473	1.233	1.520289
26	7	1.57	2.466	0.7043	1.047	1.096209
31	8	1.57	2.466	0.6625	0.824	0.678976
32	9	1.55	2.403	0.6203	0.739	0.546121
21	10	1.52	2.31	0.5780	0.6015	0.361802
11	11	1.50	2.25	0.5363	0.473	0.223729
16	12	1.50	2.25	0.4935	0.348	0.121104
33	13	1.45	2.103	0.4518	0.230	0.052900
27	14	1.40	1.960	0.4097	0.114	0.012996
9	15	1.39	1.930	0.3675	0.076	0.005776
29	16	1.35	1.821	0.3250	- 0.116	0.013456
15	17	1.34	1.795	0.2826	- 0.234	0.054756
22	18	1.30	1.69	0.2408	- 0.345	0.119025
30	19	1.24	1.535	0.1988	- 0.4785	0.228962
24	20	1.12	1.254	0.1566	- 0.615	0.378225
28	21	1.06	1.125	0.1146	- 0.773	0.597529
25	22	1.04	1.08	0.0725	- 0.965	0.931225
13	23	0.98	0.96	0.0303	- 1.252	1.567504
Σ		32.98	48.41		11.592	33.134399
ave		1.4339	2.1048		0.50400	1.440626

图-13



3-4-3 各年最大風速による年最大波高の推定

前項に於いては波高を対象として推定したが本項に於いては各年の最大平均風速を過去23年間に亘つて求め、前項と同様に Gumbel 法によつて確率年と年最大平均風速との関係を求めた。その結果は表-4、図-14に示す通りである。

かくして求められた年最大平均風速を2-3項で述べた eq-(6) に代入すればその時の波高が算定出来る。確率年を30年とした年最大平均風速は図-14より $V = 28 \text{ m/sec}$ であるから波高は

$$H_{\frac{1}{3}} = 0.043 V + 0.526 = 0.043 \times 28 + 0.526 = 1.70 \text{ m}$$

となる。

図-14

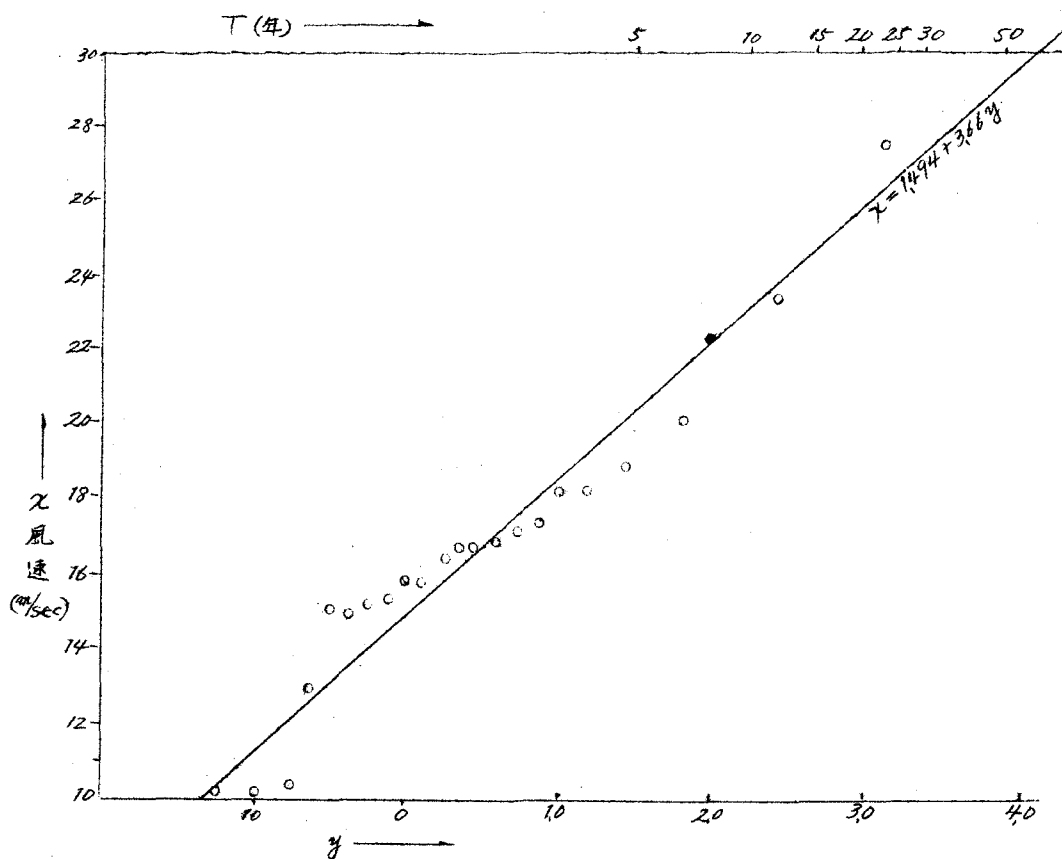


表-4

風

速

年	順位 i	各年最大風速 X	X^2	$F(X_i)$	$y_i = \ln\{-\ln F(x_i)\}$	y_i^2
	1	27.5	756.25	0.957432	3.1355	9.83136
	2	23.5	552.25	0.91528	2.4224	5.86802
	3	22.4	501.76	0.87312	1.9951	3.98042
	4	20.2	408.04	0.83097	1.8189	3.30840
	5	18.9	357.21	0.78882	1.4388	2.07015
	6	18.3	334.89	0.74666	1.2303	1.51364
	7	18.2	331.24	0.70450	1.0490	1.10040
	8	17.4	302.76	0.66234	0.8870	0.78677
	9	17.0	295.84	0.62018	0.7390	0.54612
	10	17.0	289.00	0.57812	0.6012	0.36144
	11	16.8	282.24	0.53589	0.4719	0.22369
	12	16.7	278.89	0.49373	0.3485	0.12145
	13	16.5	272.25	0.45157	0.2294	0.05262
	14	15.8	249.64	0.40941	0.1133	0.01284
	15	15.8	249.64	0.36725	- 0.0014	0.0000
	16	15.4	237.16	0.32506	- 0.1166	0.01360
	17	15.2	231.04	0.28290	- 0.2333	0.05443
	18	15.0	225.00	0.24074	- 0.3805	0.14478
	19	15.0	225.00	0.19858	- 0.4803	0.23069
	20	12.9	166.41	0.15640	- 0.6180	0.38192
	21	10.3	106.09	0.11425	- 0.7745	0.59985
	22	10.1	102.01	0.07210	- 0.9669	0.93490
	23	10.1	102.01	0.03005	- 1.2542	1.57302
	Sum	386.2	6856.62		11.6546	33.70951
	Mean	16.79	298.11		0.50672	1.46568

3-4-4 推定設計波の決定

3-4-2、及び3-4-3項に於いて夫々次の如く浅海波を推定した。

$$H_{\frac{1}{3}} = 2.0 \text{ m} \quad (3-4-2 \text{ 項})$$

$$H_{\frac{1}{3}} = 1.7 \text{ m} \quad (3-4-3 \text{ 項})$$

図-13 及び図-14 に示す如く前者よりも後者がよく Gumbel 分布にのつて
いる様に思われるが両者共に夫々推定の誤差が含まれている。従つて両者の信頼
度を同一とし両者の平均値をもつて所定位置の浅海波と推定すれば次の如くなる。

$$H_{\frac{1}{3}} = 1.85 \text{ m} \quad H_{\frac{1}{10}} = 2.4 \text{ m} \quad H_{\max} \times = 3.2 \text{ m}$$

次に問題になるのは上記波高の中から波力の最大値を与える波高（設計波）と
して何れを採るかと言うことである。この設計波の取り方について下記事項を参
考とした。

(1) 阪大 田中教授 海岸工学講演習 S 31

波のエネルギーは群速度をもつて伝達されるものであり群波の中で前に進む
個々の波はエネルギーの伝達を伴わない。最大波高の 7.07% に相当する波の
みが保存波となる。

(2) 黒田静夫氏「港湾の災害とその対策」

堤体に及ぼす波の作用を論ずる場合、この値として $\frac{1}{10}$ 最大波高を考えるこ
とが妥当である。

(3) 設計要覧（日本港湾協会）

防波堤の項

波の諸元は原則として有義波をとる。但し捨石重量の決定には、 $\frac{1}{10}$ 最大波
を採用する。

(4) 本港での観測結果より

得測した資料より、 $H_{\frac{1}{3}}$ 、 $H_{\frac{1}{10}}$ 、 $H_{\max}$ について夫々 Steepness の平均値
を求めると、2-2 項で述べた如く $H_{\max}$ は波形勾配が非常に大きく波形を保
ちうる極限の値 ($\delta = 0.14$) に近く、20 分間に唯一波のみ生ずるものである。
従つて永続的な進行性を有しないものと考えられる。然るに $H_{\frac{1}{10}}$ 、 $H_{\frac{1}{3}}$ は安
定した波形勾配を有している。

以上の結果から設計波高を $H_{\frac{1}{10}} = 2.4 \text{ m}$ 周期は、表-2 の値から 5-6
sec と判定した。よつて設計波の諸元は次の通りである。

$$H_{\frac{1}{10}} = 2.4 \text{ m} \quad T = 5 \sim 6 \text{ sec}$$

4・結 論

Bretschneiderの方法によつて所定位置の浅海波を推算し、この推算値と実測値との比較によつて、修正係数を求め、過去の風資料をもとにして設計波を決定したのであるが、まだ完全なものでない。今後尚検討を要する事項は

- (1) 水圧式波高計の誤差
- (2) 海底摩擦係数 f 値の修正
- (3) 気象条件の取り方 ($F \cdot t_{min}$ 等)
- (4) 浅海域での風の影響を考慮した場合の推算値
- (5) 波の屈折

である。当工事事務所では本年も継続して観測を行い、実測値に一致する様に Bretschneiderの方法を検討したいと考えている。

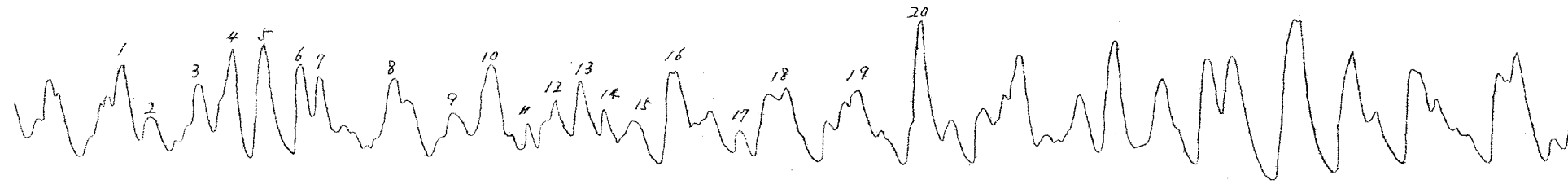
参 考 文 献

- (1) J.Darbysire : A statistical method based on observations, The dock and harbor authority May 1956
- (2) Bretschneider : Wave forecasting relationships for the Gulf of Mexico, B.E.B. Technical memorandum No. 84 December 1956
- (3) 永井莊七郎
堤 道夫 : 大阪港の設計波の計算 土木学会年次講演会 昭和34年5月
- (4) 岩井 重久 : 米国に於ける水文統計学について, 水工学最近の進歩 土木学会昭和28
- (5) 井島 武士 : 波高計による波浪の観測 運輸技術研究所報告
- (6) 高橋 淳二 : 新潟海岸の波と流れについて 海岸工学講演会、講演集昭和31年11月
- (7) 永井莊七郎
久保 弘一 : 伊勢湾台風時の愛知県及び三重県の北部海岸における最大波浪の推定

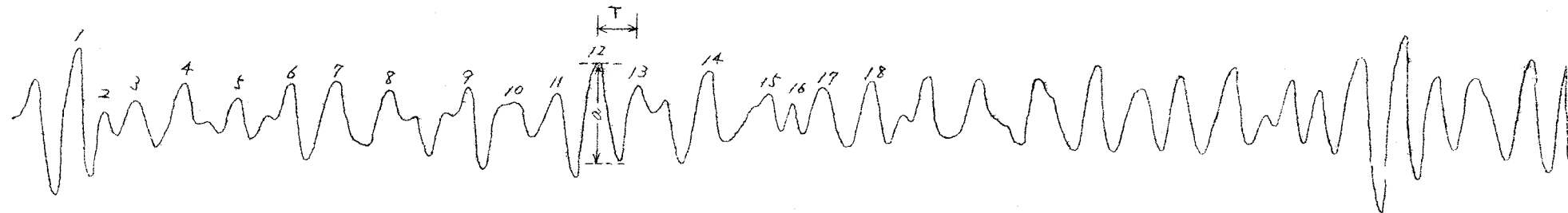
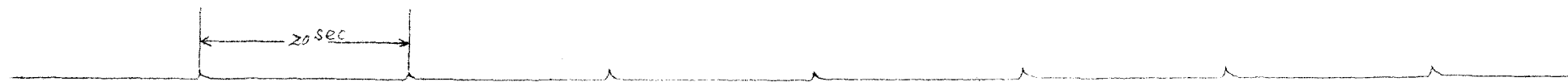
土木学会誌 第45巻5 昭和35年5月

図-5 波高記録例

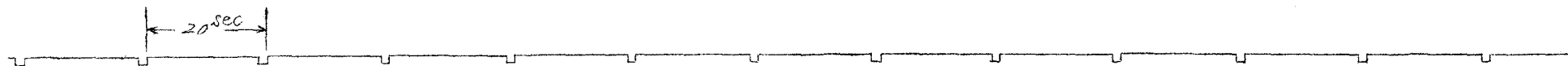
S. 35. 11. 27. 1450m

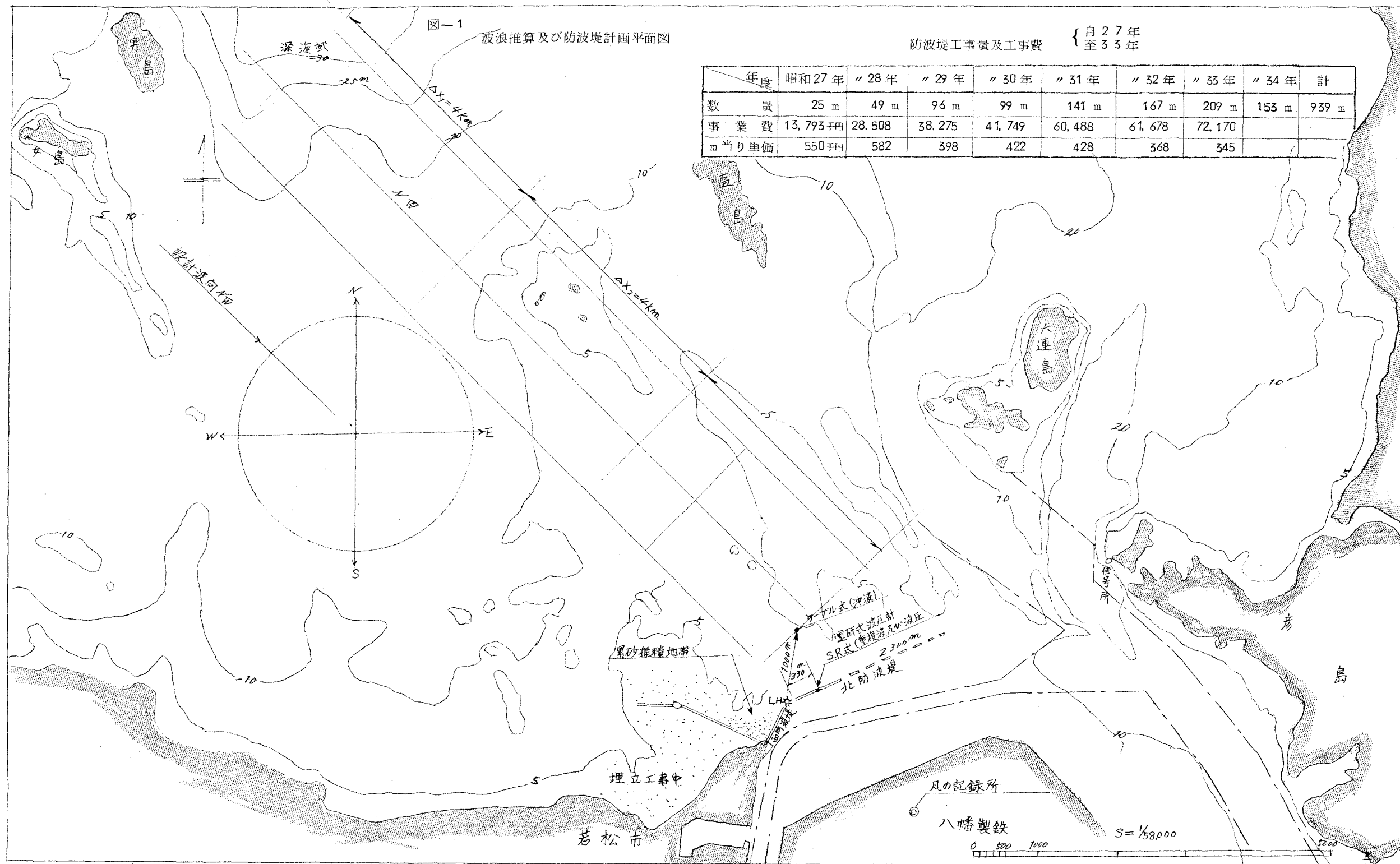


階段抵抗式波高計

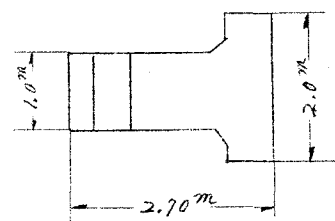


水压式波高計





側面図



- 11 ~ 43 • 44 -

図-5 風速と波高との関係

