

高波の継続時間に及ぼす観測時間間隔の影響

愛媛大学工学部 正員 山口正隆 愛媛大学工学部 正員 ○畑田佳男
愛媛大学工学部 大福 学 (株)新来島どっく 荒井雅人

1. はじめに: 海岸構造物の被災が段階的に進行する傾向にあることに注目すると、その計画や設計においては、従来のように波高(周期、波向)の極値だけでなく、高波の継続時間も今後考慮すべき重要な事項となろう。そこで、本研究では、気象庁および運輸省長期波浪観測資料の統計解析に基づき、長期波高分布、波の継続時間および継続時間内の極大波高(これらを総称して波候代表量と呼ぶ)に及ぼす観測時間間隔の影響とその影響の除去方法、および波候代表量の統計的予測法を検討する。

2. 波浪観測資料と解析法: 解析対象とする波浪観測資料は、わが国沿岸11地点で気象庁が展開している水深約50m地点での超音波波高計による3時間ごとの波浪記録のうち観測開始年から1989年12月31日におけるもの、および6地点での1時間ごとの波浪記録のうち1985年12月1日～1992年11月30日におけるものと、運輸省による3地点での2時間ごとの波浪記録のうち1982年1月1日～1989年12月31日におけるものである。解析では、まず波高資料に対して3母数Weibull分布をあてはめて母数を最尤法により推定する。ついで、各波高データを折れ線で結ばれる連続波高資料とみなすことにより、基準波高($H_{1/30}=0.50\sim5.00\text{m}$ まで0.25mごと)を越える波高の継続時間 τ を算出する。したがって、継続時間は観測時間間隔の整数倍という離散値ではなく、0に近い値もとる連続値である。継続時間資料に対しては、2母数Weibull分布をあてはめ、母数 k, x_0 を最尤法により推定する。また、それぞれの継続時間内の波高資料のうちの最大値を抽出して、極大波高資料も同時に作成すると

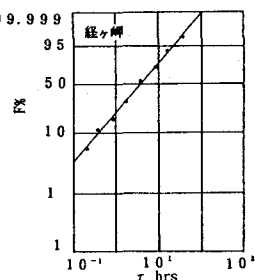


図-1

同時に作成するとともに、位置母数 b を固定した最尤法によって3母数Weibull分布をあてはめ、母数 k, x_0 を推定する。また、それぞれの継続時間内の波高資料のうちの最大値を抽出して、極大波高資料も同時に作成すると

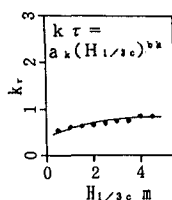


図-2

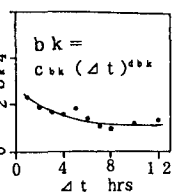
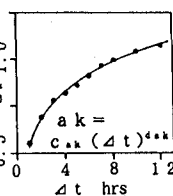


図-3

同時に作成するとともに、位置母数 b を固定した最尤法によって3母数Weibull分布をあてはめ、母数 k, x_0 を推定する。

3. 波候代表量に及ぼす観測時間間隔の影響: 解析に用いた資料は気象庁の1時間ごとのデ

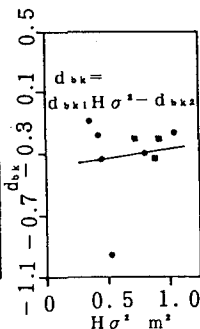
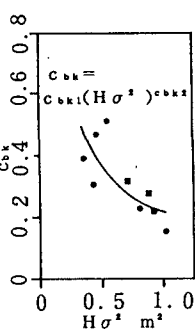
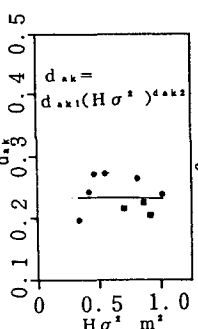
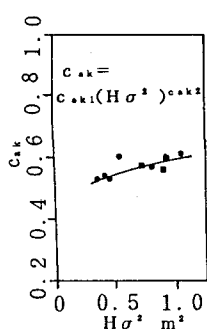


図-4

ータから観測時間間隔 $\Delta t=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12\text{hr}$ で抽出した10通りの資料、および運輸省の2時間ごとのデータから $\Delta t=2, 4, 6, 8, 10, 12\text{hr}$ で抽出した6通りの資料である。図-1は継続時間に対する2母数Weibull分布のあてはめ図であり、継続時間は2母数Weibull分布によってよく表示される。図-2は k と基準波高 $H_{1/30}$ の

関係を示した図であり、両者の関係はベキ乗関数($k_r = a_k(H_{1/3c})^{b_k}$)でよく近似される。ベキ乗係数 a_k, b_k と

Δt の関係を図示したものが図-3である。この関係はベキ乗関数($a_k = c_{ak}(\Delta t)^{d_{ak}}, b_k = c_{bk}(\Delta t)^{d_{bk}}$)によってよく表され、また、波の継続時間は Δt の影響をかなり大きく受けることがわかる。図-4は9地点における図-3中の各係数と波高の分散値 H_σ^2 の関係であり、これらは $c_{ak} = c_{ak1}(H_\sigma^2)^{d_{ak2}}, d_{ak} = d_{ak1}(H_\sigma^2)^{d_{ak2}}$

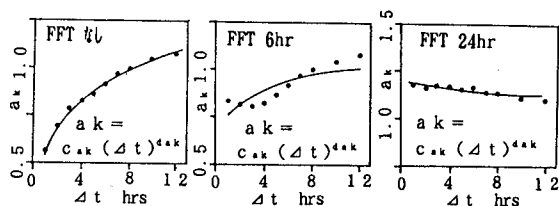


図-5

$d_{ak2}, c_{bk} = c_{bk1}(H_\sigma^2)^{d_{bk2}}, d_{bk} = d_{bk1}H_\sigma^2 - d_{bk2}$ により近似される。以上のことから、 $H_\sigma^2, \Delta t, H_{1/3c}$ を与えれば、 $c_{ak}, d_{ak}, c_{bk}, d_{bk}$ 、ついで a_k, b_k 、さらに k_r が得られ、同様にして、 $x_{0.}$ も求められるので、継続時間分布が推定できる。なお、長期波高分布は Δt の影響をほとんど受けないのに対して、継続時間分布および極大波高分布に及ぼす Δt の影響はかなり大きい。

4. 観測時間間隔の影響の除去: 波の継続時間が観測時間間隔によって変化するのは実用上不都合であるので、波候代表量に及ぼす Δt の影響を除去するために、FFTを用いて短周期成分をカットする方法を用いることとし、ここでは、FFTによる除去周期の影響を調べる。図-5は Δt の影響をFFTなし、6時間および24時間カット別に比較したものであり、指定除去周期の1/2以下の時間までは Δt の影響がほぼ除去されている。しかし、短周期成分の除去は継続時間の増加や極大波高の減少をもたらすので、実際に用いられている観測時間間隔を考慮するとき、FFTの除去周期を6時間とするのが望ましい。

5. 予測モデルの適用性: ここでは、わが国11地点において3時間ごとに得られた気象庁長期波浪観測資料および日本海沿岸3地点において2時間ごとに得られた運輸省長期波浪観測資料を使用する。まず、FFTの適用により波高時系列から周期3時間以下の成分を除去したのち、3.と同じ波候代表量の解析を行う。

図-6は k_r と $H_{1/3c}$ の関係であり、これは $k_r = a(H_{1/3c})^b$ のベキ乗関数で近似される。また、ベキ乗係数 a, b と H_σ^2 の関係は図-7のように示され、図中の関係はベキ乗関数($a = c(H_\sigma^2)^d, b = e(H_\sigma^2)^f$)によりよく表わされる。

したがって、波高の分散値 H_σ^2 および基準波高 $H_{1/3c}$ を与えると、これらの近似式を通じて2母数Weibull分布の母数が求まるので、継続時間分布が推定できる。図-8は回帰式に基づく2母数Weibull分布の計算値(点線)と実測値に基づく2母数Weibull分布(実線)の比較図であり、両者の良好な対応から、回帰式の精度がかなり高いことがわかる。また、極大波高資料に対する3母数Weibull分布のあてはめより得られる3母数 $k_0, b_0,$

$x_{0.}$ と基準波高の関係も同様にベキ乗関数で表され、得られたベキ乗係数は H_σ^2 と高い相関をもつので、 H_σ^2 および $H_{1/3c}$ を与えると、3母数 $k_0, b_0, x_{0.}$ が求まる。さらに、基準波高ごとの極大波高年平均発生数 $N_{0.0r}$ も $H_{1/3c}$ と高い相関をもち、この関係は $N_{0.0r} = p \cdot \exp\{-qH_{1/3c}^n\}$ で表示され、ベキ乗係数 p, q, n も H_σ^2 に関するベキ乗関数で近似されるので、極大波高年平均発生数が回帰式により推定できる。以上のことより、 $H_\sigma^2, H_{1/3c}$ 、波の継続時間 τ および極大波高 H_0 が与えられたとき、継続時間を考慮した極大波高 H_0 の再現期間 R_H は $1/R_H = N_{0.0r}(H_{1/3c})\{1 - F(H_0; H_{1/3c})\}\{1 - F(\tau; H_{1/3c})\}$ により求められる。

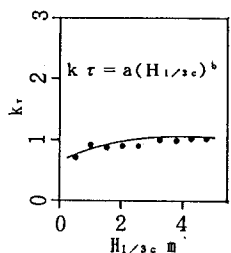


図-6

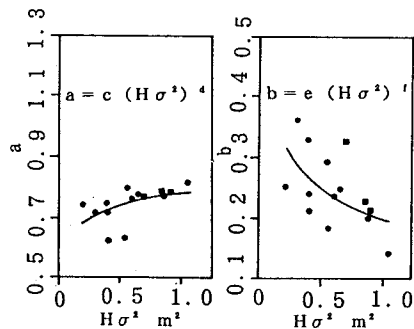


図-7

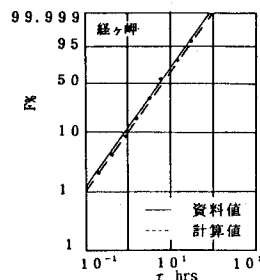


図-8