

高波の継続時間の統計的特性に関する研究

愛媛大学工学部 正員 山口正隆 愛媛大学大学院 学生員 ○田窪宏朗
愛媛大学工学部 大福 学 ㈱日産建設 近藤雅哉

1. はじめに：防波堤や護岸のような海岸構造物の破壊は、単一の巨大波浪の作用によって短時間の内に生じるといった形態のみならず、長時間継続する高波によって、一部の破損箇所が時間の経過とともに拡大し、ついには大規模な破壊に至るといった形態をも取りうると考えられる。したがって、海岸構造物の設計にあたっては、波高（周期・波向）のみならず、高波の継続時間を考慮する必要があるが、未だその特性は十分には明らかにされていない。そこで、ここでは気象庁長期波浪観測記録の統計解析に基づき、高波の継続時間の統計的特性とその推定法を検討する。

2. 波浪観測資料と解析法：解析対象とする波高観測資料は、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21時の間におけるものである。解析にあたっては、まず資料を通年資料および季節別資料に分け、波高資料に対する各種確率分布のあてはめから、確率分布に含まれる母数の推定を最尤法により行う。この場合あてはめに用いる確率分布は、Weibull分布（3母数・2母数）、3母数対数正規分布、超ガンマ分布（ただし、母数の推定は積率法）である。次に、3時間ごとの波高時系列データを直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（ $H_{1/3}=0.50\text{m}$ から 0.25m 間隔）を越える波高の継続時間を算出して、波の継続時間資料を作成する。したがって、継続時間は3時間の整数倍という離散値でなく、連続値である。そして波高資料と同様に継続時間資料に対しても各種確率分布のあてはめから母数の推定を最尤法により行うが、ここでは主として2母数Weibull分布についての結果を述べる。

3. 長期波高分布：図-1は波高通年資料に対する各種確率分布のあてはめ結果である。これを見ると、3母数Weibull分布は低波高から高波高まで波高資料を平均的によく近似するのに対して、超ガンマ分布は高波高部を非常によく近似する。しかし、ここでの超ガンマ分布は原点母数を0としているため、低波高部での適合度が十分でない。また、その数値計算はかなり難しく、現時点では高波高部の未超過確率を適切に評価できない場合もあった。一方、3母数対数正規分布の高波高部あるいは低波高部に対する適合度は不十分である場合が多いので、長期波高分布の表現にはあまり適当ではない。以上のことから、波高分布の表現には3母数Weibull分布が適切であると考えられる。

4. 高波の継続時間：図-2は波高2m以上の継続時間通年資料に対する各種確率分布のあてはめ結果である。これを見ると、3母数Weibull分布と2母数Weibull分布では、当然3母数Weibull分布の

適合度がよいが、資料のばらつきを考慮すると、2母数Weibull分布も十分適用しうる。一方、3母数対数正規分布の場合には、資料の両端部で理論分布との隔たりが大きくなるので、継続時間分布の表示にはあまり

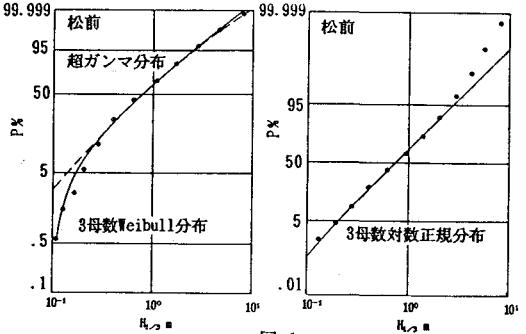


図-1

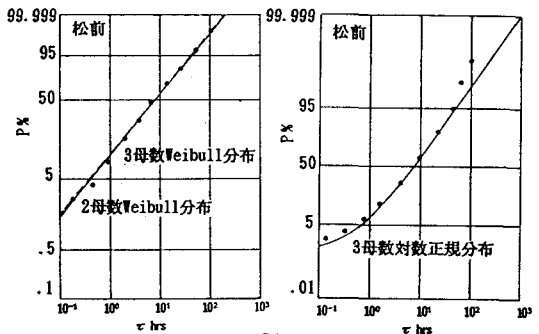


図-2

適していない。こうしたことから、継続時間分布の表示には、母数の数が少なく、したがって母数の統計的安定性が高く、しかも観測資料をかなり精度よく近似する2母数Weibull分布の使用が適切であるといえる。

図-3は継続時間通年資料に対する2母数Weibull分布母数と基準波高との関係を示したものである。図中にはベキ乗関数によるあてはめ曲線 ($k = \alpha_1 (H_{1/3c})^{\beta_1}$, $x_0 = \alpha_2 (H_{1/3c})^{\beta_2}$) も示される。これによると、 $H_{1/3c}$ の増加とともに、 k は微増し、 x_0 は急減する挙動がベキ乗関数によってよく近似される。図-4は11地点の継続時間通年資料にあてはめ

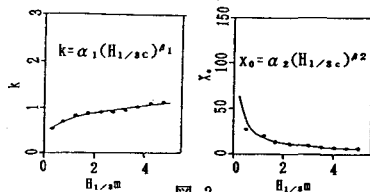


図-3

た2母数Weibull分布の母数と基準波高との関係を近似する上記のベキ乗関数の係数 (α_1 , β_1 , α_2 , β_2) と、波高資料に対する3母数Weibull分布の母数 k_H との関係を示したものである。これ

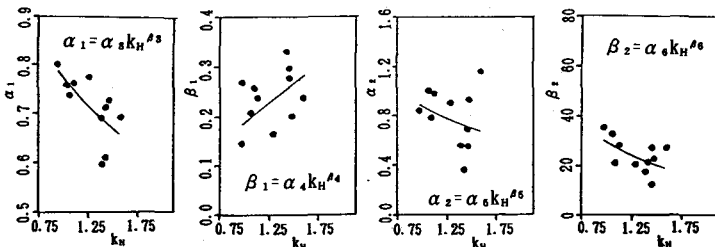


図-4

らの係数は、 k の増加とともに減少あるいは増加傾向を示すが、この挙動はベキ乗関数 ($\alpha_1 = \alpha_3 k_H^{\beta_3}$, $\beta_1 = \alpha_4 k_H^{\beta_4}$, $\alpha_2 = \alpha_5 k_H^{\beta_5}$, $\beta_2 = \alpha_6 k_H^{\beta_6}$) によって比較的よく近似される。

5. 高波の継続時間の推定：以上の結果から、長期波高分布に対する3母数Weibull分布の母数 k_H を与えれば、高波の継続時間の推定が可能になる。すなわち、図-4あるいはこれらの関係に対するベキ乗関数近似式によって既与の k_H から、 α_1 , β_1 , α_2 , β_2 が推定され、ついで、これらの係数を使用したベキ乗関数 $k = \alpha_1 (H_{1/3c})^{\beta_1}$, $x_0 = \alpha_2 (H_{1/3c})^{\beta_2}$ から既与の $H_{1/3c}$ に対する2母数Weibull分布の母数 k , x_0 、したがって平均継続時間 $\bar{\tau}$ 、継続時間の標準偏差 σ と継続時間分布が得られる。

図-5はこれらの諸量に対する計算結果と観測結果との比較であり、波高分布に対する2母数Weibull分布の母数 k_H を入力値とするKuwa shima-Hogben(K-H)モデルも点線で示される。本研究の結果は観測結果に対する回帰式に基づいて計

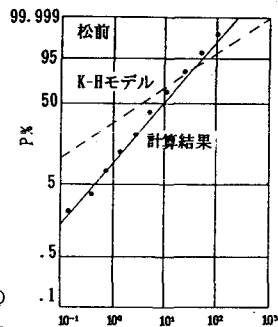
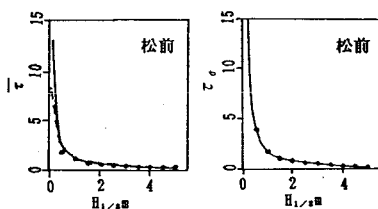


図-5

算されているので、観測結果とかなりよく一致するが、回帰式作成時のデータのばらつきを反映して若干のずれが存在するし、回帰式からの偏りが大きいデータに対しては計算結果と観測結果との相違は増大する。しかし、全般的には波高分布を近似する3母数Weibull分布の母数 k_H を与えれば、継続時間特性が比較的よい精度で推定できるといえる。また、K-Hモデルは平均継続時間および標準偏差をよく再現するが、継続時間分布に対する適用性は十分でない。

6. まとめ：以上の検討によれば、(1)長期波高分布は3母数Weibull分布により比較的よく近似される、(2)継続時間資料に対してあてはめた2母数Weibull分布の母数 k , x_0 と基準波高との関係をベキ乗関数で近似した場合の係数は、波高分布に対する3母数Weibull分布のあてはめから推定された母数 k_H と比較的よい相関をもつことから、 k_H を与えることにより、継続時間分布を比較的精度よく推定することが可能になる、という結論が得られる。