

第Ⅱ部門 設計波の推定誤差に関する検討

京都大学防災研究所 正 員 高山知司
京都大学工学部 学生員 ○池末俊一

1 はじめに

海岸や港湾、海洋の構造物を設定するにあたって最も重要なことの一つはこれらの構造物に作用する波力を正確に推定することである。そのために、現行の設計法では沖波の最適な分布を推定し、それを用いて、一般の構造物においては50年、重要なものでは100年といった再現期間の沖波波高を計算し、設計沖波波高としている。しかし、有限個の波高データを用いて沖波を推定することの影響については、現行の設計法では考慮されていない。本研究では現行の方法による設計沖波の推定の際に生ずる誤差について数値シミュレーションによる検討を行い、その結果をふまえた上で、その誤差を考慮に入れた新しい設計沖波の推定法を提案する。

2 設計沖波の信頼性についての検討における数値シミュレーション方法

本研究では現行の方法によって求めた設計沖波波高の誤差分布を以下で示す計算フローに従って調べた。

- 1) 異常波浪の母集団の分布形を仮定する。
- 2) 極大波高の抽出期間 K とデータ個数 N 、および設計沖波波高の算定に用いる再現期間 R_p を設定する。
- 3) 1)で仮定した母集団から2)で設定したデータ個数分の極大波高データを乱数列を用いて無作為に抽出する。
- 4) 得られた極大波高データから現行の推定法に従って母集団の最適分布形を推定する。
- 5) 4)で推定した最適分布形と2)で設定した再現期間から設計沖波波高 X_R を計算する。
- 6) 1)で仮定した母集団の分布形と2)で設定した再現期間から計算した設計沖波波高 X_p を求め、 X_R と X_p の比を求め設計波高比 $R=X_R/X_p$ を求める。
- 7) 3)～6)を1サイクルとしこれを異なる乱数列を用いて M 回繰り返すと M 個の R が得られる。この M 個の R の分布をヒストグラムで表し、さらに平均値、標準偏差を求め、それから得られる正規分布と比較する。なお、繰り返し回数 M の値としては設計波高比 R の分布の変動性を考慮し1000を用いている。

3 設計沖波の信頼性についての検討

設計波高比 R の分布のヒストグラムは図-1のようになった。この図から、設計波高比 R は一定の値をとらず、おおそ正規分布に近い分布形で分布していることがわかる。よって、有限個のデータから得られる設計沖波波高は正規分布に大体従っているといえる。また、設計波高比 R の標準偏差 σ_R の値は図-2と図-3より、データの観測年 K とデータ個数 N に対して反比例しており、各々の値が増加すると設計波高比 R のばらつきが小さくなり設計沖波波高の誤差が小さくなっていることがわかる。また、 σ_R はデータの観測年 K とデータ個数 N によって次式のように近似される。

$$\sigma_R = \frac{0.84}{K^{0.2} N^{0.4}} \quad (1)$$

これより、標準偏差 σ_R の値には K の値より N の値が主に影響していることがわかる。

4 修正出現頻度分布を用いた設計沖波の推定

3で示したように、現行の方法で推定した設計沖波波高は、極大波浪を抽出する対象年数 K および抽出した極大波高の個数によって大きくばらつくことが判明した。そこで、このよう

な設計波高のばらつきに配慮して、推定した沖波の出現頻度分布を修正することを考える。K年間にける異常沖波波高のN個のデータから推定した最適な沖波波高の出現頻度分布 $P_e(X_e)$ とする。推定した出現頻度分布は限られた数の波高データを用いているために、この出現頻度分布が沖波波高の母集団の正確な分布形を表しているとは限らず、推定誤差が含まれると考えられる。沖波波高を X_e と推定したときの実際の波高を X_0 とすると X_0 は X_e の周りに平均的な偏りを持って、次式のような誤差分布をしていると仮定する。

$$P_{0E}(X_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0^2} \exp\left\{-\frac{(X_0 - \bar{X}_0)^2}{2\sigma_0^2}\right\} \quad (2)$$

ここに、平均値 $\bar{X}_0$ と標準偏差 σ_0 は X_e と次式のような関係を持つと仮定する。

$$\begin{cases} \bar{X}_0 = (1+\alpha)X_e \\ \sigma_0 = \gamma_0 X_0 \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 α_0 は推定した波高 X_e に対する実際の波高 X_0 の平均的な偏りを表すが偏りはほとんどないので0とおく。 γ_0 は実際の波高 X_0 に対する変動係数で、3における設計波高比Rの標準偏差 σ_R と考えることができる。変動係数は X_e の未超過確率Fとデータ個数Nと分布形の形状によって変化するがここでは $F=0.98$ に固定してその値をNと分布形状から計算することにした。この仮定によって沖波波高の出現頻度分布は次式のように修正することができる。

$$P_0(X_0) = \int_0^\infty P_{0E}(X_0) P_e(X_e) dX_e \quad (4)$$

図-4はWeibull分布について修正を加えた分布形の一例である。このように修正を加えた分布形を用いて設計沖波波高を計算した結果が表-1である。この表より修正を加えた分布形から計算された設計沖波波高は元の分布形から計算されたものと比べて1.05~1.18倍くらいの大きさになっていることがわかる。

参考文献 [1]合田良実(1988): 波浪統計における確率波高の信頼区間, 第35回海岸工学講演会論文集 p153~p157 [2]合田良実(1988): 極値統計におけるプロットング公式ならびに推定値の信頼区間に関する数値的検討, 運輸省港湾技術研究所 [3]合田良実, 小舟浩治(1989): 波浪の極値統計における分布関数のあてはめ基準, 海岸工学論文集 第36巻 p134~p138 [4]合田良実(1990): 極値統計における異常値の棄却基準とその応用, 土木学会論文集 第417号/II-13 p245~p254 [5]高山知司, 藤井 久(1991): 信頼性理論による滑動安定性に関する理論的検討, 運輸省港湾技術研究所

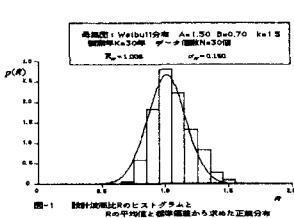


図-1 設計波高比RのヒストグラムとRの平均値と標準偏差から求めた正規分布

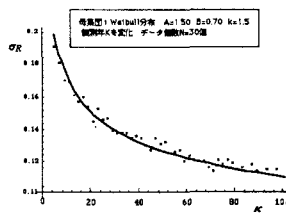


図-2 観測年Kと設計波高比Rの標準偏差との関係

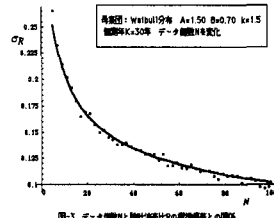


図-3 データ個数Nと設計波高比Rの標準偏差との関係

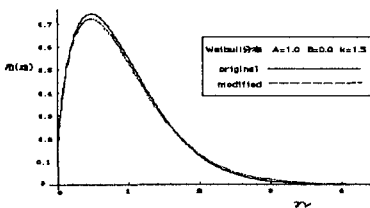


図-4 観測年Kと元分布、修正した分布の出現頻度の関係

表-1 修正された分布形から求めたHgmと元の分布形から求めたHdの比較

(a) 観測年K=30年、データ個数N=30個

	Hgm	Hd	Hgm/Hd
k=1.0	12.97	11.85	1.11
k=1.1	11.82	10.23	1.16
k=1.25	10.35	8.95	1.16
k=1.5	8.64	7.71	1.12
k=2.0	6.97	6.45	1.07

(b) 観測年K=40年、データ個数N=40個

	Hgm	Hd	Hgm/Hd
k=1.0	12.54	11.65	1.08
k=1.1	11.36	10.23	1.11
k=1.25	9.94	8.95	1.11
k=1.5	8.35	7.71	1.08
k=2.0	6.75	6.44	1.05