

関西大学大学院 学生員 ○田中克彦
 関西大学工学部 正会員 井上雅夫

ニュージエック 正会員 殿 最 浩 司
 関西大学工学部 森 栗 昌 英
 関西大学工学部 佐土原淳史

1. まえがき

現行の海岸・港湾護岸の機能設計に際しては、推定外力（設計沖波、設計高潮位、波浪変形、越波流量等）はばらつきのない確定値として取り扱われている。しかし、これらの推定外力は、かなりのばらつきをもっていることが従来から指摘されている。特に、越波現象は、水理学的に見ても非常にばらつきが大きいものであり、推定した越波流量には相当量のばらつきがあるものと考えられる。近年、このような外力の推定誤差を考慮して、構造物を設計する手法の一つとして信頼性設計法が提案され、各種構造物の構造設計などに取り入れられている。しかし、海岸・港湾護岸の機能設計に、信頼性設計法を導入した検討例はあまり見られない。そこで本研究では、越波流量の推定誤差を考慮した合理的な海岸・港湾護岸の機能設計法の確立を目的として、越波流量の推定誤差分布について検討を行い、その結果を用いてモンテカルロ法によって耐用期間中の期待被害額を算定し、それに初期建設費を加えた期待総費用が最小となる設計手法を提案した。

2. 越波流量の推定誤差に関する検討

(i) 越波流量の実験値と推定値の比較

図-1は、合田らおよび本研究で得られた全326個の消波ブロック被覆護岸における越波流量の実験値と、合田らの越波流量推定図より算定した越波流量の推定値とを比較したものである。これによると、合田らおよび著者らの実験結果はいずれも勾配が1:1の直線を中心にかなりばらついている。また、このばらつきは越波流量が小さくなるほど、大きくなる傾向が見られる。

(ii) 越波流量の推定誤差分布

図-2は、無次元越波流量のオーダー別の推定誤差分布を示したものである。ここで、 q_m^* は実験値の無次元越波流量、 q_e^* は推定値の無次元越波流量を表している。また、図中の曲線は、式(1)で表される正規分布を示しており、その特性を表す平均値の偏り α および変動係数 γ は式(2)および式(3)で表される。

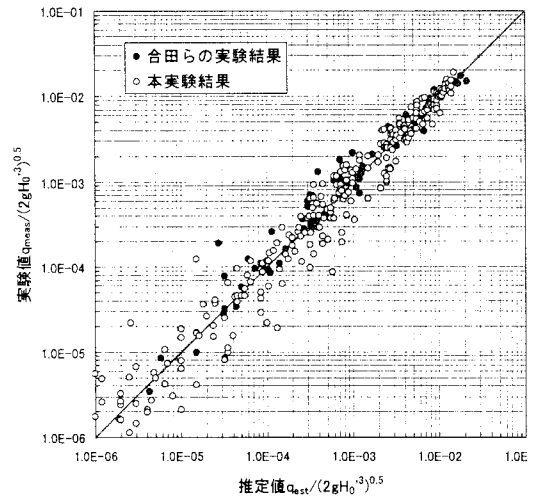


図-1 越波流量の実験値と推定値の比較

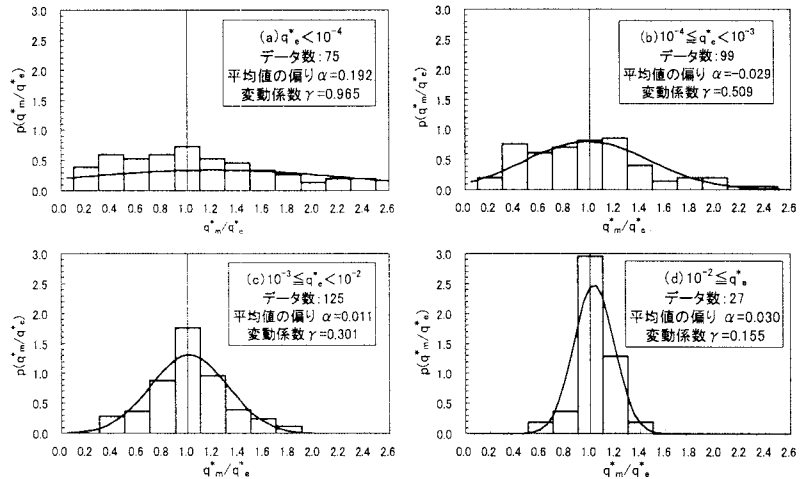


図-2 無次元越波流量のオーダー別の推定誤差分布

$$p(X_m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(X_m - \bar{X}_m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

$$\bar{X}_m = 1 + \alpha \quad (2)$$

$$\gamma = \sigma / \bar{X}_m \quad (3)$$

ここで、 X_m は q^*_m と q^*_e との比、 σ は標準偏差、 $\bar{X}_m$ は X_m の全データについての平均値である。

これによると、 q^*_e が 10^{-4} 未満の推定誤差分布は、正規分布にあまり一致せず、一様分布に近い分布形を示すが、 q^*_e が 10^{-4} 以上の推定誤差分布は、正規分布に比較的良好に一致している。

3. 期待総費用および期待被害額の計算例

モンテカルロ法による期待被害額および期待総費用の計算は、図-3に示す手順に従って行った。検討に際しては、護岸天端高を変化させて、期待総費用および期待被害額の算定を行った。また、護岸背後地の資産額を20万円/m²、10万円/m²および5万円/m²の3種類とし、沖波の出現分布を太平洋側モデルと日本海側モデルの2種類とした。

図-4は、この手法を用いて護岸天端高を変化させた場合、初期建設費、期待被害額および期待総費用がどのように変化するかを調べた一例であり、太平洋側モデルで背後地の資産額を10万円/m²とした場合の結果を示している。この例では、護岸天端高 h_c が11mで期待総費用が最小となり、それより護岸天端高を低くすると、期待被害額は著しく増加する。逆に、それより護岸天端高を高くすると、期待被害額は小さくなり、期待総費用は護岸の初期建設費とほぼ等しくなる。

図-5は、期待総費用に及ぼす背後地の資産額の影響を調べた結果を示している。この図の縦軸は各護岸天端高で算定した期待総費用とその護岸断面の初期建設費との比であり、横軸は、各護岸天端高 h_c と現行設計法で設計した場合の護岸天端高 h_{c0} との比である。これによると、護岸天端高が低い場合には、期待総費用には背後地の資産額の影響が顕著に現れる。また、この例では、期待総費用が最小となる最適護岸天端高は、背後地の資産額を10万円/m²とした場合に、現行設計法で設計した護岸天端高とほぼ等しくなる。また、図示はしていないが、期待総費用に及ぼす沖波の出現分布特性の影響を調べた結果、護岸天端高が低い場合には、沖波の出現分布特性の影響が顕著に現れる。しかし、護岸天端高が高くなると、両者の期待総費用には、ほとんど差がなくなる。

以上のように、本研究では、まず越波流量の推定誤差分布について検討した。また、その結果を用い著者らが考案した手法によって、背後地の資産額や対象海域の沖波の出現特性に応じた海岸・港湾護岸の機能設計が合理的に行えることを具体的な計算例で示した。

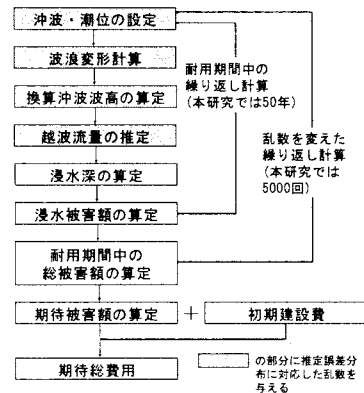


図-3 期待被害額および期待総費用の計算手順

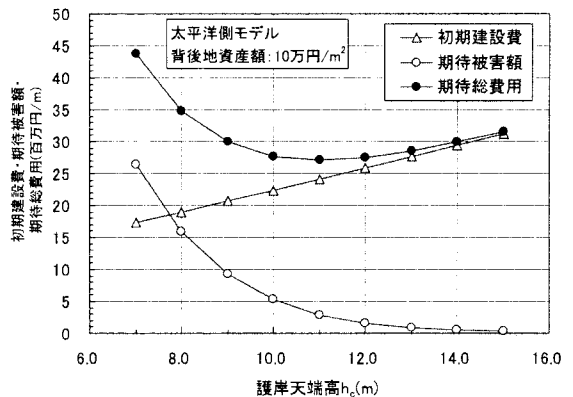


図-4 期待被害額および期待総費用の計算例

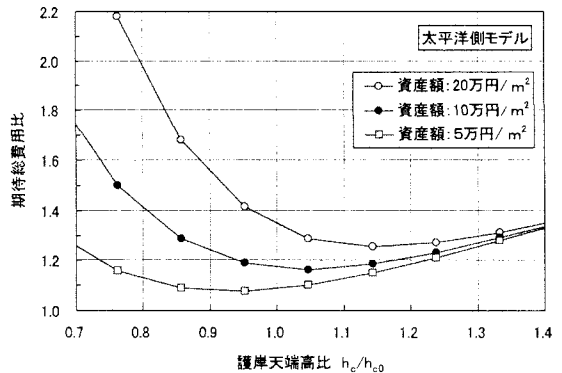


図-5 期待総費用に及ぼす背後地資産額の影響