

関西大学大学院 学生員 ○田中克彦
 関西大学工学部 助田 暁

ニュージェック 正会員 殿最浩司
 関西大学工学部 横田純弥
 関西大学工学部 正会員 井上雅夫

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）はバラツキのない確定値として取り扱われている。しかしながら、これらの推定外力は、実際にはかなりのバラツキをもっていることが知られている。特に、越波現象は、水理学的に見ても非常にバラツキが大きいものであり、推定した越波流量には相当量のバラツキ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。しかしながら、海岸・港湾護岸の機能設計に、信頼性設計手法を導入した検討例はあまり見られない。したがって、今後の海岸・港湾護岸の機能設計に、信頼性設計手法を導入していくためには、越波流量の推定誤差分布の特性を把握しておくことが必要不可欠である。しかしながら、これまで越波流量の推定誤差分布については、定量的な評価はほとんど行われていない。そこで本研究では、合田らの実験結果に、著者らが新たに行った水理実験の結果を追加して、越波流量の推定誤差分布の特性について検討を行った。

2. 実験装置および方法

二次元不規則波造波水槽内に勾配が 1/30 の傾斜海浜を設け、その背後に直立護岸を設置して、不規則波による一連の越波実験を行った。実験条件の詳細については、表-1 に示すとおりである。

3. 実験結果および考察

(i) 越波流量の実験値と推定値との比較

図-1 は、合田らおよび本研究で得られた越波流量の実験値と、合田らによって作成された越波流量算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、合田らや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、このバラツキ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、合田らや著者らの実験結果を合わせた

表-1 実験条件

期待スペクトル	Bretschneider・光易型
護岸型式	直立護岸
海底勾配	1/30
周期 $T_{1/3}$ (s)	1.0, 1.5
換算沖波波高 H_0' (cm)	2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0
のり先水深 h (cm)	0, 6.0, 10.0, 16.0, 20.0
護岸天端高 h_c (cm)	4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0

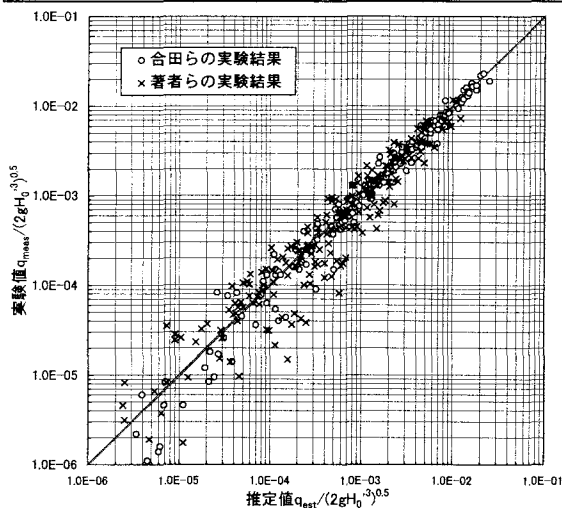


図-1 越波流量の実験値と推定値との比較

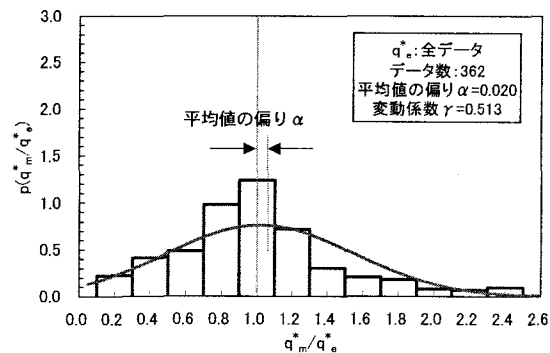


図-2 越波流量の推定誤差分布（全データ）

362 個の全データについて、越波流量の推定誤差分布を示したものである。なお、 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いる。

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

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り、平均値の偏り α を用いて表すと、式 (2) のようになる。また、データのバラツキの度合を表す変動係数 γ は式 (3) で表される。

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

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

これによると、越波流量の推定誤差分布は、正規分布と若干異なる分布形を示しているが、全般的には正規分布に一致しているものと評価することができる。なお、平均値の偏り α は 0.02 であり、越波流量の実験値と推定値とは、平均的にはよく一致していると言える。また、変動係数 γ は 0.51 となり、波浪変形計算の変動係数 γ (高山らの結果では 0.04) あるいは波力算定の変動係数 γ (高山らの結果では 0.17) と比較するとかなり大きい。すなわち、越波流量の推定誤差のバラツキは、他の外力のものに比べて、非常に大きいと言える。

図-3 は、推定値の無次元越波流量 q_e^* のオーダー別にその推定誤差分布を示したものである。これらによると、 q_e^* が 10^{-4} 以下の推定誤差分布は、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。なお、平均値の偏り α は、 q_e^* が 10^{-4} 以下では 0.276 であり、若干大きな値になるが、 q_e^* が 10^{-4} 以上では -0.04 程度であり、越波流量の実験値と推定値とは、平均的にはよく一致していると言えよう。また、変動係数 γ は q_e^* が小さくなるほど大きくなる。すなわち、無次元越波流量が小さくなるほど、越波流量の推定誤差が大きくなることを実証している。以上のように本研究では、直立護岸における越波流量の推定誤差分布の特性を明らかにすることができた。このことは、越波流量の推定誤差を考慮した海岸・港湾護岸の機能設計に活用することができるものと考えられる。

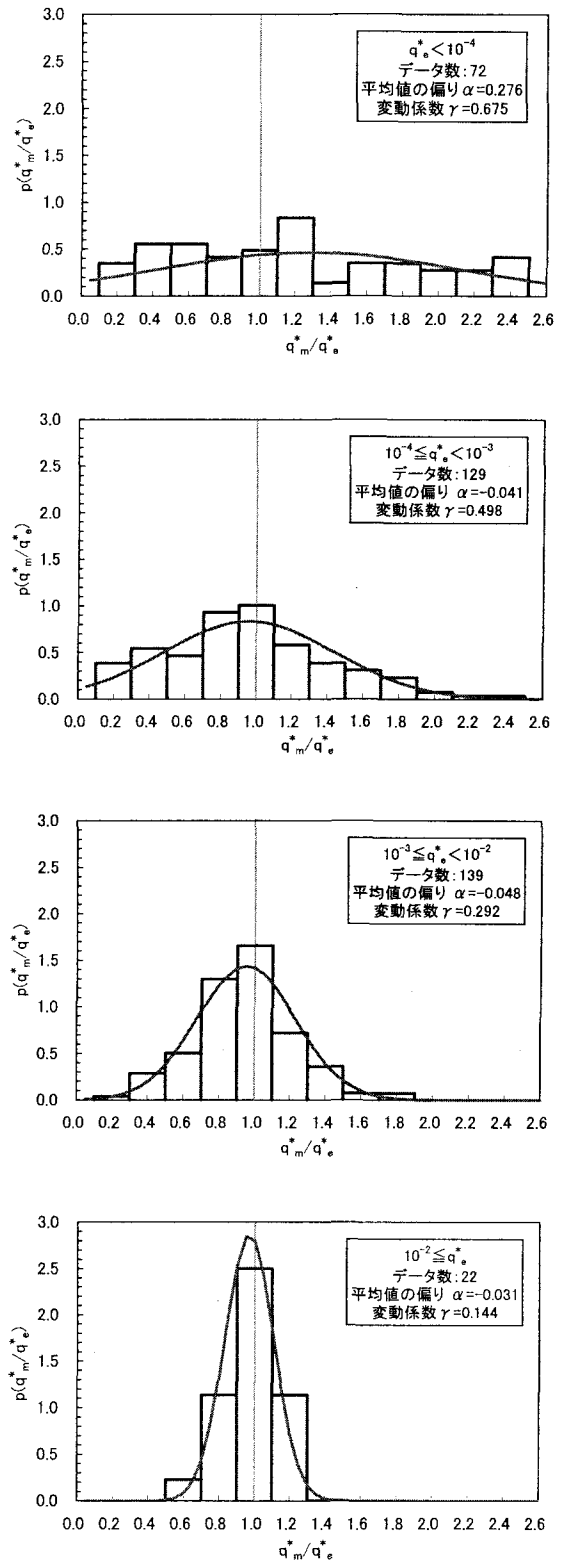


図-3 越波流量のオーダー別の推定誤差分布