

円柱に作用する砕波衝撃力の時間・空間分布特性とその評価について

熊本大学 工学部 正 員 滝川 清・山田文彦・外村隆臣
熊本大学 工学部 学生員 〇原田 泰幸・平田隆一

1. はじめに

荒天時における波浪は、不規則で且つ非線形特性が出現し、また容易に砕波し、海洋構造物も波浪外力を受けて大きな動揺、振動及び変形が生じることとなる。それゆえに、その動的挙動の解明は構造様式の選定及び安全上からも重要な課題の一つである。本研究は円柱に作用する砕波波力の時間・空間分布を解析および実験的に調べ解明し、円柱部材の最適断面及び最適形状を決定する際の資料を得ようとするものである。

2. 本研究の概要

本研究の流れ図を図-1に示す。砕波波力の計算において本研究ではモリソン式と合田衝撃式(1966)の和で評価するが、問題点としてモリソン式中で用いる水粒子速度の評価をどのように行うかという点がある。今回は砕波のような非線形、非対称な波でも精度のよいとされるDeanの流れ関数法を用いて流速を推定することとするが、Deanの理論では波形が既知でなければならぬ。そこで本研究では、①.実験で求めた波力実測値、②.実験で求めた波形実測値より流速を推定し求めた波力計算値、③.パラメータを用いた波形設計値より流速を推定し求めた波力計算値、の各々について比較、検討を行った。

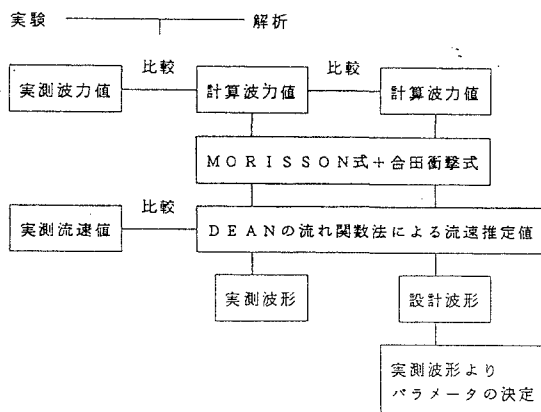


図-1 本研究の流れ

3. 実験装置及び実験方法

図-2に示す実験水路(斜面勾配 $i=1/20$)の斜面上の砕波地点に波力測定用円柱・電磁流速計・波高計を設置し各々の値を測定した。波力測定用円柱は、外径89.1mm、厚さ4mmのスチールパイプを使用し、高さが2cmあるいは4cmの円柱を積み重ねた構造となっており、鉛直方向の波力分布を同時に測定できるようになっている。また波力を測定する部分は、図-3のように先に述べたスチールパイプを剛性板バネによって芯中に固定した構造となっており、また図に示す位置に歪みゲージが接着しており、この部分に発生する曲げ歪みを測定することによってある高さでの局所波力を測定できるようになっている。実験ケースは表1に示すように砕波形態別に巻き波、崩れ波の2ケースについて実験している。

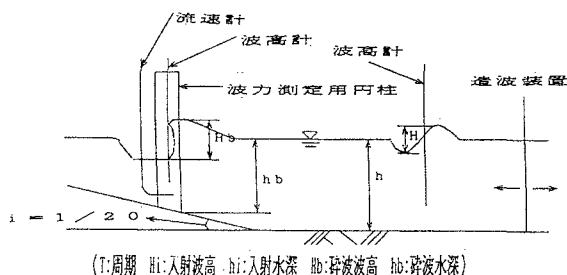


図-2 実験装置

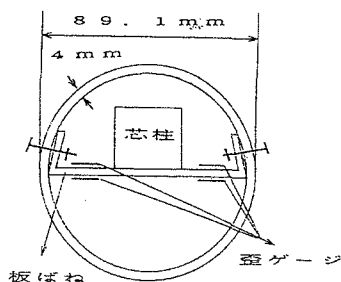


図-3 波力測定用円柱

表-1 実験の諸元

実験ケース、状況	T(SEC)	Hi(cm)	hi(cm)	Hb(cm)	hb(cm)
CASE1 (巻き波)	2.26	12.1	47.0	15.4	18.4
CASE2 (崩れ波)	1.14	15.0	49.0	13.5	20.4

(T:周期 Hi:入射波高 hi:入射水深 Hb:砕波波高 hb:砕波水深)

4. 解析方法及び考察

波力算定には以下の式を用いる。

$$F = \int_{-h}^{\eta_c(1-\lambda)} dF_D + \int_{-h}^{\eta_c(1-\lambda)} dF_M + \int_{\eta_c(1-\lambda)}^{\eta_c} dF_I \cdot X_{max}$$

$$dF_D = \frac{w_0}{2g} C_D |u| u dz \quad \dots \text{坑力項} \quad dF_M = \frac{w_0}{g} C_M \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} dz \quad \dots \text{慣性力項}$$

$$dF_I = \frac{\pi w_0}{2g} C_a^2 D \left(1 - \frac{t}{\tau}\right) dz \quad \dots \text{衝撃力項} \quad \lambda: \text{砕波巻き込み率、D: 円柱の直径}$$

X_{max} : 衝撃力応答係数、 w_0 : 水の単位体積重量、 η_c : 砕波の峯高

図-4 に砕波波力の鉛直分布を示す。水底付近では解析値と実験値はよく一致しているが、水底より遠ざかるに従って解析値が実験値を上回っており、砕波衝撃力の評価方法に問題があると考えられる。従来、衝撃力係数 X_{max} は同一波では一定の係数として扱っているが、衝撃力は水塊が衝突した瞬間が最大となり、徐々に減衰するものと考えられる。そこで衝撃力応答係数 X_{max} は直線的に減衰するものと考え、次式のように修正を行う。

$$X_{max} \rightarrow X_{max} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$$

修正式により計算を行った結果を図-5 に示す。図より、解析値と実験値は水面付近においてもよく一致しており、修正式の妥当性が伺える。

5. 終わりに

従来から円柱に作用する波力についてはモリソン式が使われているが、砕波による衝撃波力の算定には適さないため、どのような算定式を用いるか、また算定式の適用性を検討する必要があり、実験的にも検討の余地が残っていると思われる。砕波波力の時間・空間分布を考慮した波力算定式や、解析および実験結果の詳細については、講演時に発表の予定である。

参考文献

- 1) 合田良美 他: 直柱に働く衝撃砕波力の研究 港湾技研報告 第5巻6号
- 2) 谷本 勝利他: 円柱に作用する衝撃砕波力に関する実験的研究 港湾技研研究所報告 第25巻2号

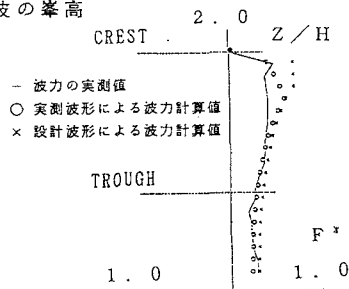


図-4 CASE1の砕波波力の鉛直分布(修正前)

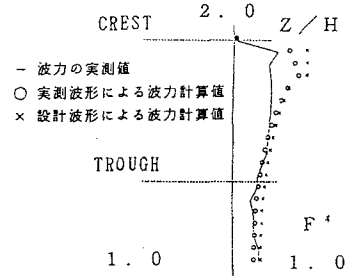


図-5 CASE1の砕波波力の鉛直分布(修正後)