

II-386

円柱に作用する砕波波力の時間・空間分布特性とその評価

熊本大学 工学部 正 員 滝川 清・山田文彦
日本地研(株) 正 員 李 海欣

1 はじめに

荒天時における波浪は、不規則でかつ非線形特性が出現し、容易に砕波し、また構造物もこの波浪外力を受けて大きな動揺と振動および変形が生じることになる。その動的挙動特性の解明は構造成式の選定および安全上からも重要な技術的課題のひとつである。本研究は砕波波力を正確に評価するため円柱に作用する砕波波力の時間・空間的変動特性を実験的に調べ解明し、円柱部材の最適断面及び形状を設計する際の資料を得ようとするものである。

2 実験装置および実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。1/20傾斜勾配の斜面上の砕波地点に円柱・流速計・波高計を設置し各値を測定したものと砕波地点及び波が進行してくる方向へ1m間隔に合計4地点に波高計だけを設置し、波の浅水変形にともなう砕波波形を把握するために測定したものと大きく分けて2つの実験を行っている。波力測定用円柱は、直径48.6mm厚さ3.5mmのスチールパイプを使用し測定部分に長さの違う円柱を付け変えることにより、鉛直方向に測定位置を変化させることができるようになっている。また、波力を測定する部分には図-2のようにラーメン構造を用いた2枚の鋼性板バネに表裏で2枚ずつ、合計4枚の歪ゲージが接着しており、ある高さでの局所波力を直接測定できるようになっている。波力の測定は水深より3.5cmから2.5cmずつ測定していき波力の反応がある高さまで、巻き波・崩れ波の2ケースについて実験している。

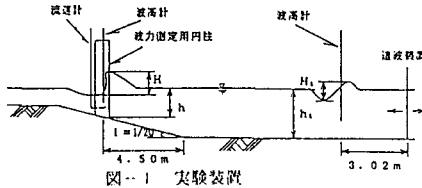


図-1 実験装置

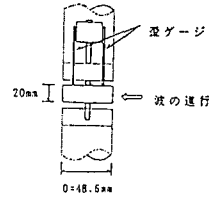


図-2 円柱の波力測定装置

3 実験解析の概要

(i)波高計で測定して得た砕波波形からDeanの流れ関数法を利用して水面下の流速を推定しその流速値からモリソン式に修正した衝撃力算定式を加えて算定した波力値と、(ii)流速の実測値より推定した波力値および、(iii)波力の実測値とを比較検討する。(i)のDeanの流れ関数法を利用する方法では、砕波波形に対応した波力を推定できる。このため砕波波形を図-3のように無次元パラメータを設け、これに対応する波力を推定する。右にこの砕波波形の提案式とモリソン式に修正した衝撃力算定式を示す。

波形:

$$\eta = H_b \exp[-m(X - T_r)^2] - H_b(1-K)$$

$$m = \frac{-\ln(1-K)}{(T_A - T_r)^2} \quad X \leq T_r \quad \text{--- ①}$$

$$m = \frac{-\ln(1-K)}{(T_A + T_B - T_r)^2} \quad X \geq T_r \quad \text{--- ②}$$

波力:

$$F_T = \int_{-h}^{\eta} dF_D + \int_{-h}^{\eta} dF_M + \int_{\eta}^{\eta} dF_I$$

$$dF_I = \left\{ \frac{\pi \omega_0}{2g} u^2 D \left(1 - \frac{t}{\tau}\right) dz \right\} \cdot X_{max} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$$

H_b : 砕波波高, λ : 砕波巻き込み率, X_{max} : 衝撃応答係数, ω_0 : 水の単位体積重量, D : 円柱の直径

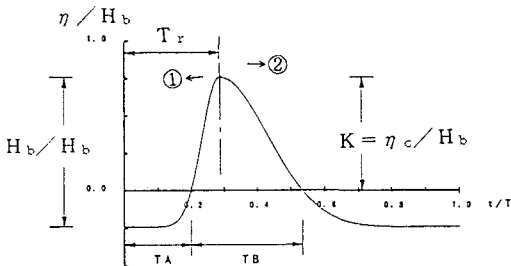


図-3 波形の無次元パラメータ定義図

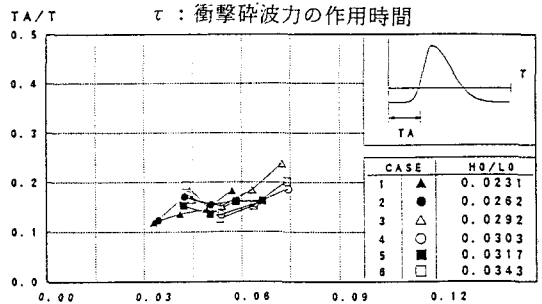


図-4 巻き波の前傾度 h/L_0

4 実験結果と考察

砕波波形を把握するために行った実験結果が図-4である。 T_A , T_B , T_r , K の各値を巻き波・崩れ波と砕波形態別に調べているが、砕波地点は不規則であり測定位置また解析段階での砕波地点の決定など、もう少し詳細に検討する必要がある。次に波力測定用円柱を使用した実験の結果を示す。ここでの実験波としては表-1に示す諸元の波を用いた。図-5はCASE1の砕波地点での波形の時間変化を実測値とDean理論による理論値とで比較したもので、どのケースも良く近似できている。図-6はCASE1の水底より高さ6.0cmでの流速の実測値とDean理論による流速とを比較したものである。Dean理論を利用した水粒子速度の推定に関しては、実測値に比べて崩れ波・巻き波の順に、また水底からの高さが高くなるにつれて差が大きくなるものの、良く近似できていると妥当であるといえる。波力の検討にあたっては、最適設計のために時間・空間的にどのように分布・変動しているかという波力データが必要である。図-7ではCASE1での(a)局所波力の最大値による鉛直分布と(b)水底より高さ6.0cmでの局所波力の時間変化とを表したもので3の(i), (ii), (iii)で示した3つの波力値をそれぞれ比較している。このような時間・空間的な波力データを多くとりDean理論の適用性や砕波による衝撃力を検討する。

5 おわりに

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、この式は砕波による衝撃波力までは表すことができないため、その部分をどのような算定式を使いどこまで適用性があるかを検討する必要がある。時間・空間的変動を考慮した砕波波力の提案式や、各実験結果及び考察の詳細については講演時に発表する。

参考文献

- 1) 合田良美・原中祐人・北畑正記: 直柱に働く衝撃砕波力の研究、港研報告、第5巻、第6号、1966、pp. 1~30.

表-1 実験波の諸元

実験ケース、状況	$T(\text{sec})$	$H_1(\text{cm})$	$h_1(\text{cm})$	$H_b(\text{cm})$	$h_b(\text{cm})$
CASE1 (巻き波)	2.26	14.2	49.0	24.7	28.0
CASE2 (崩れ波)	1.44	13.7	48.4	16.6	24.8

(T :周期 H_1 :入射波高 h_1 :入射水深 H_b :砕波波高 h_b :砕波水深)

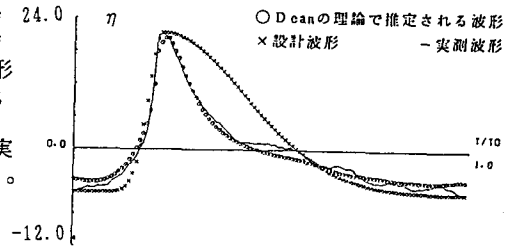


図-5 CASE1波形

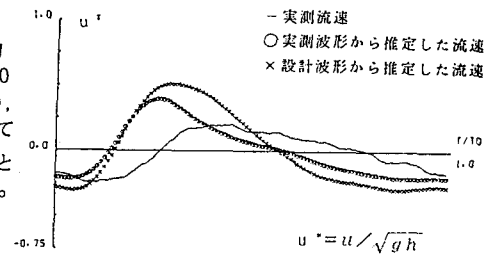


図-6 CASE1の速度の時間変化

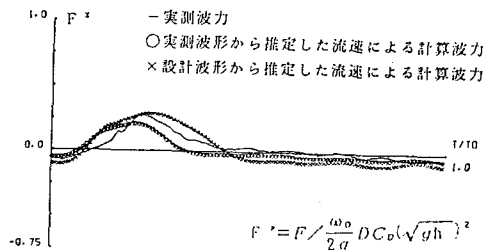


図-7 (b) CASE1の波力の時間変化

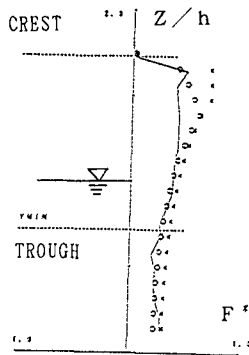


図-7 (a)

CASE1の波力の鉛直分布

計算係数: $C_D = 1.17$ $C_M = 2.0$
 巻き込み率 $\lambda = 0.4$
 円柱固有振動数 $f = 12.5 (\text{c/s})$