

(II-17) 直円柱に作用する波力におよぼす反射波の影響について

防衛大学校 学生会員 栗原 基 正 会員 林 建二郎
正 会員 藤間 功司 正 会員 重村 利幸

1. はじめに

作用波の波長 L に比べて円柱径 D が小さい小口径円柱に作用する波力の算定式には、モリソン式が多く用いられている。この式の適用においては、作用波の水粒子速度および加速度を正確に評価する必要がある。

本研究は、柱状海洋構造物に作用する波力の算定において重要な波の水粒子速度の算定精度に関するものとして、規則波中に鉛直に設置された小口径円柱（直円柱）に作用する波力（波の進行方向波力全 F_x および全揚力 F_y ）に及ぼす消波斜面からの反射波の影響を室内模型実験により調べたものである。

2. 実験装置および方法

実験には、長さ $40m$ 、幅 $0.8m$ 、高さ $1m$ の吸収式造波装置付き 2 次元造波水槽を用いた。水槽の他端には、厚さ約 $15cm$ のサンドマットで表面を仕上げた $1/17$ 勾配の消波斜面を設けた。三分力計に片持梁形式で取り付けられたアクリル製円柱パイプ（外径 $D=3cm$ 、内径 $=2cm$ 、長さ $=83cm$ ）を図-1 に示すように鉛直に設置し、円柱

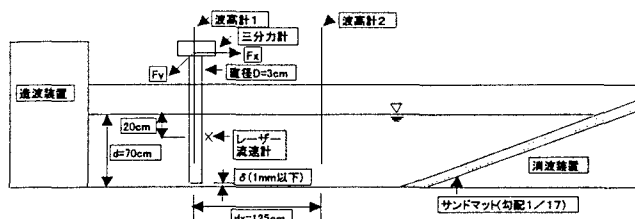


図-1 実験装置の概略

に作用する波の進行方向波力 F_x と揚力 F_y を計測した。円柱下端と水槽床部との間隔 δ は $1mm$ 以下とした。

実験には静水深 $d=70cm$ を有する規則波を使用した。容量式波高計を円柱から真横に $20cm$ 離れた位置とその点から岸方向に $dx=125cm$ 離れた位置に設置した。これら 2 台の波高計の時系列記録より、入射波高 H_i と消波斜面からの反射波高 H_r を分離・推定¹⁾し、反射率 $K_{rh} (=H_i/H_r)$ を求めた。円柱の真横に設置された波高計の時系列記録よりゼロアップクロス法を用いて算定した平均波高を作用波波高 H_a とする。波の水粒子速度の水平方向成分 u の計測にはレーザ流速計を使用した。流速の計測位置は、円柱から真横に $30cm$ 、水路方向に $2cm$ 離れた位置における静水面下 $20cm$ ($z=-20cm$) の点とした。円柱真横の波高計記録とこの流速測定記録からも反射率 K_{rh} を算定した。実験に用いた作用波の波長水深比 (L/d) の範囲は $6.6 < L/d < 8.7$ である。作用波波高 H_a は円柱径 D の約 5 倍 ($H_a/D=5$)

に固定した。静水面の位置における Keulegan-Carpenter 数である CKC は 21 から 25 の範囲である。得られた出力信号は、サンプリング周波数 $25Hz$ で AD 変換しフロッピーディスクに記録した。サンプリング数は 2048 個とした。

3. 結果および考察

作用波の波高 H_a/D と波長水深比 L/d の関係を図-2 に示す。作用波波高は $H_a/D=5$ にほぼ保たれている。波の進行方向全波力および全揚力の無次元値 $F_{xmean}/(\rho g D^3)$ 、 $F_{yrms}/(\rho g D^3)$ の波長水深比 L/d に対する変化特性を図-3 に示す。 F_{xmean} は実測波力 F_x の各波周期

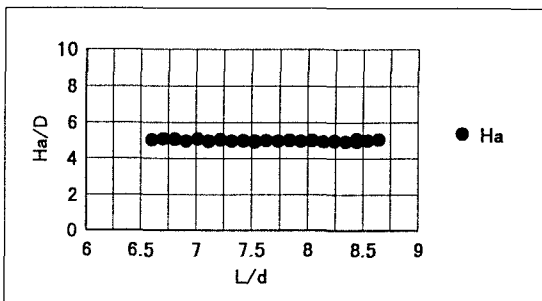


図-2 作用波波高 H_a と L/d の関係

キーワード（波力、直円柱、反射波、入射波・分離、微小振幅波）

連絡先：239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 Tel 0468(41)3810 ex.3524 Fax 0468(44)5913

における片幅振幅値の平均値である。 F_{yrms} は揚力 F_y の実効値 (rms. 値) である。 F_{xmean} および F_{yrms} は L/d 値に対して変動している。静水面下 $Z=-20cm$ の位置における波水粒子速度の水平方向成分 u の片幅振幅値 U の L/d に対する変化特性を図-4 に示す。図中の $U_{1/3}$ は、レーザ流速計による実測値 u の有義片幅振幅値である。 U_a は、実測された作用波波高 H_a を用いた微小振幅波理論による $z=-20cm$ の位置における u の片幅振幅値である。 U_c は、反射波の影響をも考慮した (1) 式で示される u の微小振幅波理論値の片幅振幅値である。

$$u = (\pi/T) \cdot \{ \cosh(k(d+z)) / \sinh(kd) \} \cdot \{ H_i \cos(-\sigma \cdot t + \theta_i) - H_r \cos(\sigma \cdot t + \theta_r) \} \quad \text{---(1)}$$

式中、 T : 作用波周期、 $k=2\pi/L$ 、 $\sigma=2\pi/T$ 、
 d : 水深、 H_i : 入射波高、 H_r : 反射波高
 θ_i : 入射波の位相差、 θ_r : 反射波の位相差
 z : 静水面から流速計測点までの距離
 t : 時間

実測値 $U_{1/3}$ および推定値 U_c は、 L/d に対し同様に変動し、 F_{xmean} および F_{yrms} が低下する L/d 値の領域では共に低下していることが分かる。2本の波高計記録および円柱真横の波高計記録と流速計記録より求めた反射率の L/d に対する変化特性を図-5 に示す。 K_{rhh} と K_{rhv} の一致度はあまり良くないが、反射率の変動範囲は 0.04 から 0.12 であることが分かる。 F_{xmean} および F_{yrms} の実測流速 $U_{1/3}$ に対する変化特性を図-6 に示す。両者とも $U_{1/3}$ の2乗値にほぼ比例して増加していることが認められる。

4. おわりに

消波斜面からの波の反射が小さい場合 (反射率 < 0.1) でも、反射波の影響により波の水粒子速度が変化する結果、直円柱に作用する波力が大きく変化する現象を明らかにした。水粒子速度の評価においては反射波の影響をも考慮し、モリソン式中の抗力係数と質量係数を調べることを、今後の課題とする。

参考文献

- (1) 合田、鈴木、岸良、菊池；不規則波による入・反射波の分離推定法、港湾技研資料、No.248、1976。

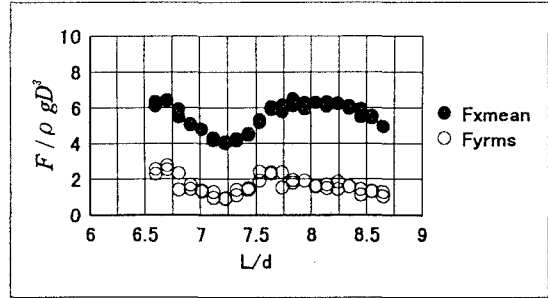


図-3 波力 (F_{xmean} 、 F_{yrms}) の L/d に対する変化

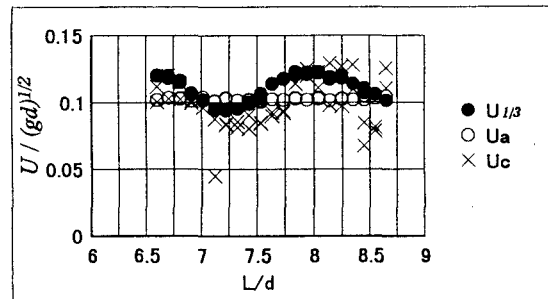


図-4 水粒子速度 (U_a 、 $U_{1/3}$ 、 U_c) の L/d に対する変化

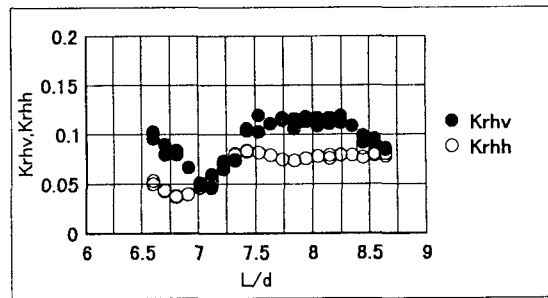


図-5 反射率 (F_{xmean} 、 F_{yrms}) の L/d に対する変化

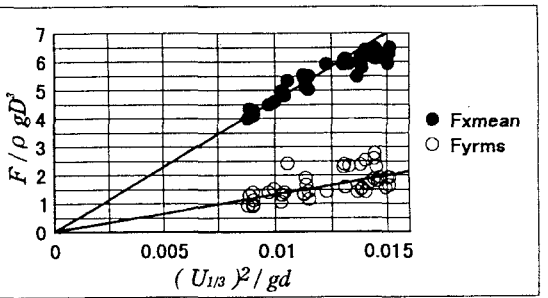


図-6 波力 (F_{xmean} 、 F_{yrms}) と水粒子流速の関係