

没水球体に作用する波力に及ぼす Bottom Proximity の効果について

名大工学部 正 岩田 啓一朗 名大大学院 学 O 水谷 法美
 名古屋鉄道(株) 正 葛西 信三 名大工学部 学 鈴木 正恵

1. はじめに: 構造物に作用する波力の特性を明らかにすることは、海岸・海洋構造物を設計する上で重要である。本論は、球体に作用する波力に及ぼす底面境界の影響について、水理実験に基づき検討するものである。

2. 水理実験: 実験は、長さ 25m, 幅 0.7m, 深さ 0.95m の二次元銅製水槽で行われた。静水深(h)は、56cm で一定とし、入射波の周期(T)を 3 種類(1.0, 1.5, 1.85 秒)、球の設置水深(d)を 6 種類(5, 10, 20, 40, 50, 54cm)変化させ、それぞれの T に対して波高(H)を 2~4 種類(1.0~12.1cm)変化させ、水位(η)、波進行方向、鉛直方向の流速(u, w)と波力(F_x, F_z)を同時に計測した。なお、波力は、Cantilever 型波力計により計測された。また、球の直径(D)は、2.5cm と 0.95cm の 2 種類である。

3. 解析方法: 実験で得られた水位、流速、波力の時間波形を全 2 サンプルングタイム Δt = 0.05 秒で離散化し、無次元最大波力などの無次元量、波力の振幅スペクトル、および波力算定式としてモリソン式(1)、(2)を採用し、同式中の流体力係数を計算した。流体力係数は最小自乗法により、2 決定した。なお、実験の流速と Airy 理論の流速はよく合っており、このことが認められたので、解析には、Airy 理論による流速・加速度を使用した。

$$F_x = \frac{1}{8} C_{Dx} \rho \pi D^2 u \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{6} C_{Mx} \rho \pi D^3 \dot{u} \quad \text{---(1)} \quad F_z = \frac{1}{8} C_{Dz} \rho \pi D^2 w \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{6} C_{Mz} \rho \pi D^3 \dot{w} \quad \text{---(2)}$$

ここに、C_{Dx}, C_{Dz} は抗力係数、C_{Mx}, C_{Mz} は慣性力係数であり、ρ は水の密度である。

4. 実験結果及び考察: (i) 無次元最大波力 図-1 に鉛直方向の無次元最大波力 F_{zmax} と K.C 数の関係を示す。無次元最大波力は、K.C ≤ 10 の範囲ではほぼ K.C 数の 1/2 乗に比例して減少する傾向が認められる。同図より、球の設置水深が深くなると値はばらつく傾向が認められる。これらのばらつきは、D/h = 0.045 の場合は下側、すなわち小さい方にばらつき、D/h = 0.017 の場合は大きい方にばらつく。

(ii) 波力の振幅スペクトル ここでは図示していないが、F_z の振幅スペクトルで 2 倍周波数成分が卓越する T-スプ、底面直ぐでよく認められた。そこで、F_z の振幅スペクトルについて、基本周波数成分に対する 2 倍周波数成分の比率、水深方向にどのように変化するか調べた結果を図-2 に示す。同図より、底面に近づく、2 倍周波数成分が卓越する傾向が認められる。また、その傾向は、D/h が大きい方が顕著である。これは、球の直径に対する底面と球との距離が、D/h が大きい方が小さいためであろう。同図ではあまり明瞭ではないが、波高が大きい方が、あるいは、周期が長い方が 2 倍周波数成分が大きくなるようである。これは、波高が大きくなる、あるいは周期が長くなることは、K.C 数が大きくなることに相当し、そのため、やはり大きくなるためであろうと推察される。

(iii) 流体力係数 T. Yamamoto et al.¹⁾ は、水平円柱に作用する波力の研究の中で、慣性力係数は、円柱が底面に近づくとき小さくなることを報告しているが、球体に関する慣性力係数について、その影響を調べたのが図-3 である。なお、図-3 の横軸は、球の中心から底面までの距離 δ と球の直径 d で無

次元化したものである。図4より、値はばらつくものの Ch_2 は、底面に近づくとき大きくなることばかりかる。また、その値は、 $D/h=0.017$ の場合の方が大きいことば認められる。この Ch_2 の D/h による差は、無次元最大波力のばらつきに対応するものである。また、図-2の結果を考慮すれば、 D/h によるこれらの差異は、2倍周波数成分の波力に大きく影響を及ぼしていると考えられるが、この点については、現在検討中である。なお、2倍周波数成分が卓越するケースでは、モリソン式により計算される計算波力波形と実際の波力波形とを比較すると、最大値については、ほぼ同様の値になるが、波形そのものにはのり差が認められ、このようなケースにモリソン式を適用することには問題があると言えよう。

5. おわりに： 以上、球体に作用する波力に及ぼす Proximity Effect の効果について述べた。限られた範囲での議論ではあるが、球が底面に接近すると慣性力係数は大きくなり、無次元最大波力も変化する。また、 $D/h=0.045$ のケースでは、2倍周波数成分が卓越し、その結果、モリソン式では波力の時間波形は表現できないことが確認された。しかし、その原因については、まだ不明な点が多く残っており、今後更に検討を加える所存である。

参考文献 1) T. Yamamoto et al. ; Wave forces on cylinders near plane boundary. Proc. ASCE, WJ4, 1974

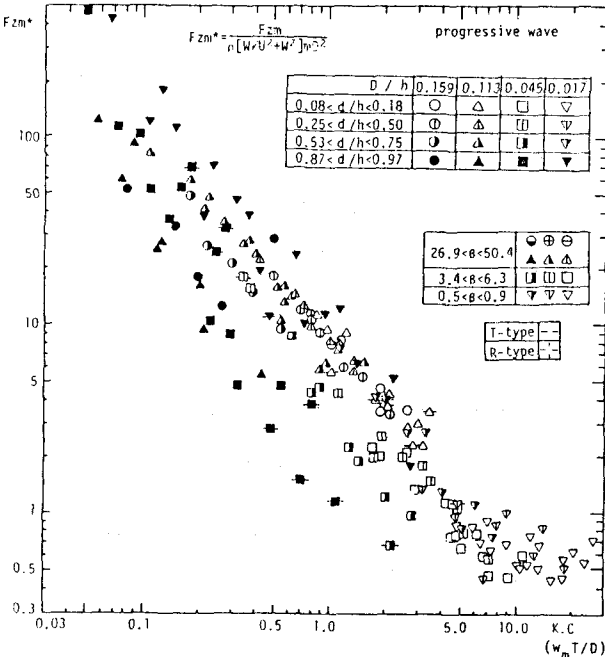


図-1 無次元最大波力と K.C. 数の関係

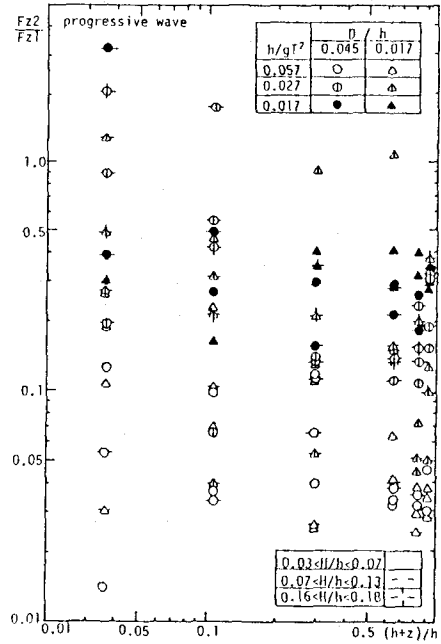


図-2 F_{z2}/F_{z1} と Ch_2/h の関係

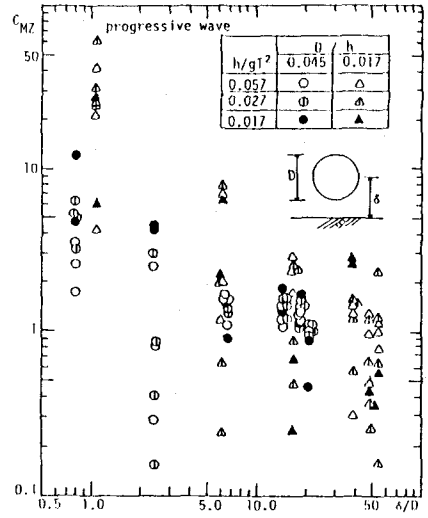


図-3 Ch_2 と δ/D の関係