

波により形成される没水球体まわりの渦の特性

名古屋大学 正 岩田 好一朗 学 ○ 水谷 法美
 名古屋大学 学 川角 信彦 学 松岡 滋治

1. はじめに： 構造物の代表径が入射波長に比べて充分小さければ、構造物に作用する波力は Morison式で算定されることが多い。Morison式は、簡単な式で使い易い式である反面、全ての複雑な要因が流体力係数の中に含まれており、流体力係数の特性を知っておくことは非常に重要である。流体力係数は、構造物まわりの流況に大きく支配されるため、構造物まわりの流況を詳しく調べることは、流体力係数の水理学的特性を正確に知るために必要不可欠である。本報では、波動場に設置された没水球体まわりの流況の可視化実験結果について報告するものである。

2. 水理実験： 実験は、名古屋大学工学部土木工学科の片面ガラス張りの二次元鋼製水槽(25m x 0.95m x 0.7m)で行われた。水路床には、前端部に 1/8の傾斜部を持つステップ型水平床が設置されており、その一部はアクリル製になっている。静水深(h)は45cmで一定とし、球の直径(D)を3種類(6.35, 2.5, 0.95cm)、球の設置水深(d)を4種類(-10, -16, -32, -40cm)変化させた。また、発生波の周期(T)を3種類(1.15, 1.5, 2.0秒)、波高(H)を2種類(5, 10cm)変化させた。球近傍の流況をコンテンスミルク法により観察し、同時に16mm高速シネカメラ(50コマ/秒)により側面から、また、二台のモータードライブ付き35mmカメラ(5コマ/秒)により側面とアクリル床の下側から同時に撮影した。また、別の実験により、各々の条件での水位変動、水平、鉛直方向の流速、および波力を計測した。

流況の解析は主に16mmフィルムにより行った。また、Morison式((1)式)中の流体力係数を時間の関数として計算し、渦の発生等の流況と合わせて検討を加えた。

$$F = \frac{1}{8} C_d \rho \pi D^2 V V + \frac{1}{6} C_m \rho \pi D^3 \dot{V} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、F：波力ベクトル、V：流速ベクトル、ρ：水の密度、C_d：抗力係数、C_m：慣性力係数、である。

3. 結果および考察： 本実験で得られた流況は、大きく二つのパターンに分類できる。すなわち、図-1に示されるように、球表面で形成された渦糸が球表面を回転するタイプと、図-2に示されるように、波進行方向の往復運動が卓越し、球の前後で渦輪が交互に形成されるような、振動流での流況¹⁾とよく似たタイプの二つに大別されることが判明した。図-1、図-2に示される典型的なパターンについて、側面からみた流況を詳しく観察すると次のようになる。まず、前者のパターンでは、①の位相では、特に球の下側の流線が集まり、②の位相では上側から集まった流線が下側から集まった流線の下部に巻き込まれ渦糸が形成され、③の位相では渦糸はかなりはつきりとする。④、⑤の位相では渦糸が球表面を回転移動し、⑥の位相では渦糸が乱れ太くなり、⑦の位相では渦糸ははつきりしなくなる。その後⑧の位相で、再び流線が集まり新しい渦糸を形成し始める。また、渦糸を形成する流線は、側面からみた中心部から外縁の方向へ向かっており、反対側の流線と出会い球から離れる。この際、下方から撮影した写真から判断する限り水槽の奥行き方向(波進行方向と直角方向)の非対称性はほとんど認められなかった。このパターンの流況のものについては、Keulegan-Carpenter数(K.C.数)が4.4より大きくなると、図-1の④、⑤で見られるはつきりした渦糸が一周期にわたり、安定した状態で球表面を回転し、⑥、⑦の位相で見られたような乱れはなくなる。

つぎに、図-2に示されるパターンについて説明する。まず、①の位相では、球の背後に流線が激しく巻き込む。このとき、前の波でできた渦輪が流されている。②の位相では、流速が小さくなるため流線の巻き込みが弱くなり、それにともない巻き込みの部分は大きくなり逆方向へ移動しようとする。③の位相では、②で大きくなった巻き込みの部分が渦輪のようになり、球の上下まで移動する。④の位相では、逆方向へ流線が巻き込み始め、渦輪は外側へ広がる。⑤の位相では、渦輪は流され、また球背後で流線の巻き込みが激

しくなり、次の渦輪の形成が始まる。⑥の位相では、②の位相と同様に渦輪の部分が大きくなり、流れと反対方向に動こうとする。⑦、⑧、⑨の位相では、それぞれ③、④、⑤の位相と同様な現象が対称な向きに起こる。

これらの典型的な渦のパターンは、水平円柱周りの可視化の結果²⁾によく似ており、また、その出現特性も同様である。すなわち、波が深海波に近く、水粒子の軌跡が円に近い場合は前者のパターン、逆に浅海波に近くなり、水粒子の軌跡が直線に近くなると後者のパターンとなる。このように、球近傍の流況に大きく差があれば、流体力係数も大きく変わると考えられる。図-3と図-4は抗力係数、慣性力係数の一周期内的変化を示したもので、位相①-⑨は図-1、2の位相に対応する。図-3は、前者のパターンのもので、図-1のケースより渦糸が一周期内で安定した状態で回転するもの、また図-4は後者のパターンのもので、図-2と同一のケースに対応するものである。図-3と図-4より、流況の差による影響は、流体力係数の変動の差によく表れているのがわかる。実際に Morison式で使われる流体力係数は、時間平均的な値が使用されることが多く、また、流体力係数の特性を議論する場合についても、流体力係数は時間的に変化しないと仮定して得られる値が議論されることが多いが、実際には流体力係数は流況により時間的に大きく変動し、その変動のしかたにも差があるため、流況の特性を充分考慮しなければならない。

4. あとがき： 以上、球体近傍の流況について二つの代表的なパターンを中心に検討してきた。今後更に詳しく渦の特性について調べるとともに、その成果を従来より検討を加えてきた流体力係数の特性の解明に生かすべく研究を進めていく所存である。

参考文献 1)中村、他 第30回海講論文集、1983 2)増田、他 第40回年講概要集、1985

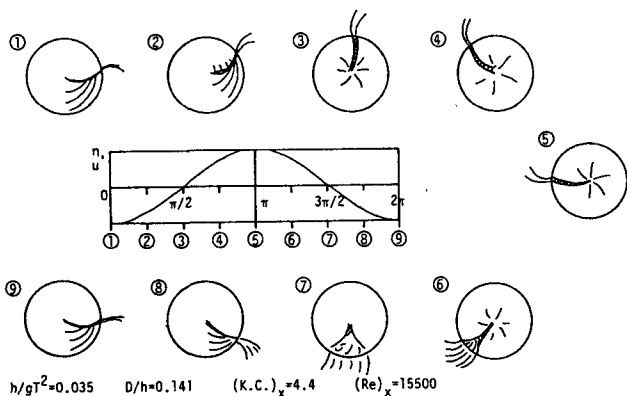


図-1 球近傍の流況(その1)

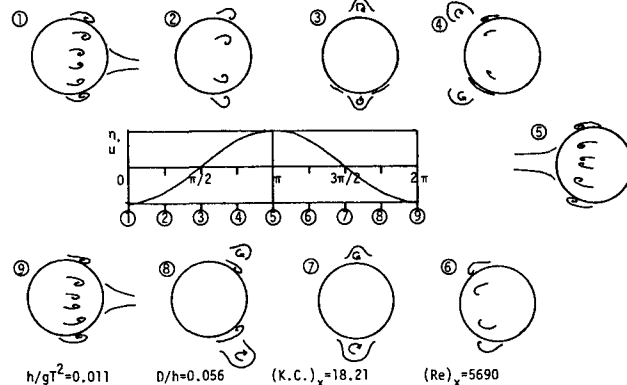


図-2 球近傍の流況(その2)

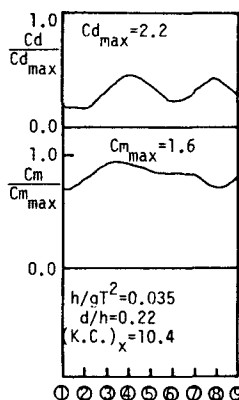


図-3 Cd, Cmの時間変化(その1)

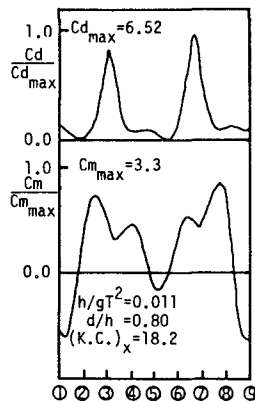


図-4 Cd, Cmの時間変化(その2)