

○筑波大学 理工学研究科 学生員 関口 定男  
筑波大学 構造工学系 正 員 椎貝 博美  
筑波大学 〃 長谷部 清

## 1. 序 論

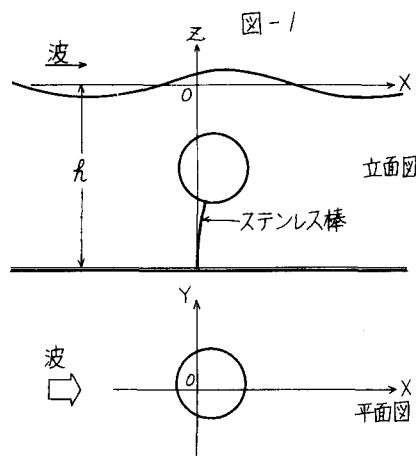
水中に設置された球状物体に波を作用させると、球体は波の進行方向、および波の進行に直角方向に振動する。後者の振動を横振動とよび、本文ではこれについて実験的研究を行なった結果を示す。

河野<sup>1)</sup>は水中に球体を板バネで支持し、これに波を作用させたときの横振動について、単独の球体の横振動、および2個の球体を波の進行に直角水平方向に置いた場合の横振動について実験的研究を行なっている。

上記の研究では、球を板バネで支持し、振動方向が規定され、一方向だけの振動測定が行なわれてきた。本研究においては、この点を特に改良し、球を丸棒で支持し、波の進行方向の振動と、横振動とを同時に測定した。

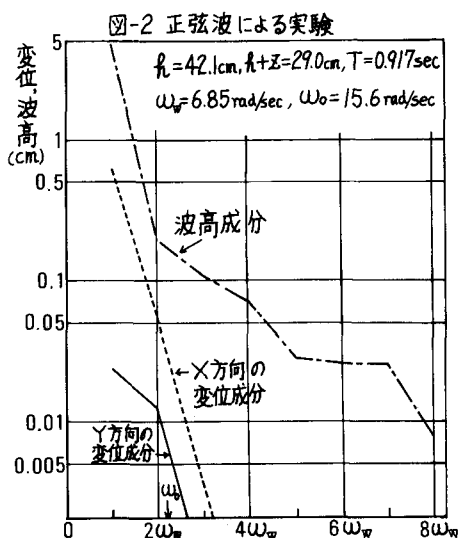
## 2. 実験装置および方法

図-1に示すように、実験で用いた球は直径118mmのプラスチック球で、これを直径2mmのステンレス棒で支持した。球の内部には小型加速度変換器を2つ取り付け、波の進行方向(以下X方向とする)と波の進行に直角水平方向(以下Y方向とする)の振動を同時に測定できるようにした。この装置を球体が完全に水没するように水路底に設置し、正弦波および海洋波をシミュレートした不規則波を作用させて波形と球の応答とを記録した。なおこの不規則波による実験は、建設省土木研究所の装置を利用して頂いた。同所の港湾研究室橋本宏室長に深甚なる謝意を表する。



## 3. 実験結果および考察

図-2および図-3に正弦波の波高、X方向の変位、およびY方向の変位についてフーリエ解析を行なった結果を示す。フーリエ解析は、波の振動数を基本振動数として、波の1周期に対応する波形および球体のX、Y両方向の応答波形を16等分し、8次成分まで求めた。図中の $h$ 、および $h+z$ は、各々水深、および球の水底からの高さを表わし、 $T$ 、 $\omega_w$ 、および $\omega_0$ は各々波の周期、波の角振動数、および球体の固有角振動数を表わす。図-2の場合には、球体はY方向に波と同じ振動数で振動しているが、2倍の振動数成分もかなり大きいことがわかる。図-3の場合には、波の振動数の4倍が球体の固有振動数にたまたま一致し、球体はY方向に固有振動数で振動していることがわかる。このように波の振動数の整数倍が球体の固有振動数にほとんど一致する場合には、固有



振動数成分が大きくなることがわかった。このことから、球体に不規則波を作用させると、球体は固有振動数で横振動することが予想された。また固有振動数でない場合には、波の振動数の2倍の振動数で球体が横振動することが観測された。

この場合にMöller<sup>3)</sup>らの結果より、ストローハル数を2と仮定して渦の発生に必要な水粒子速度を求めてみると、最大水粒子速度より小さい値をとることを考えると、渦の発生による横振動かと考えられる。さらに、球体の横振動の振幅が増減する、いわゆる「うなり」に似た現象も多く観測された。正弦波による球体の横振動では、上に述べたように、固有振動数で振動したり、波の振動数の2倍の振動数で振動することもあるが、波の振動数と同じ振動数で振動すること多い。その原因としては、椎貝・河野<sup>2)</sup>が示すように、剥離点が周期的に移動する効果や、河野<sup>2)</sup>が示すように、水路で発生した波の波頂線が一樣でないということも考えられる。

図-4に不規則波のスペクトル、およびX、Y両方向の変位スペクトルを示す。図中の $f_0$ は球体の固有振動数を表わす。この図から、X方向の変位スペクトルのピークは波のスペクトルのピークと一致しており、波による振動であることが明らかである。Y方向の変位スペクトルのピークは球体の固有振動数のあたりにあらわれており、波のスペクトルのピークとはかなりずれている。また、正弦波による横振動の場合にもみられた、「うなり」に似た現象があらわれていたことを考えると、球体はY方向には自励振動を行なっているものと推定される。

#### 4. 結 論

以上の実験結果から球体の横振動について最終的な結論を得るのは難しいが、現段階で次のことがわかった。

- i) 正弦波による球体の横振動の波形が複雑な場合、これについてフーリエ解析を行なうと、固有振動数成分が大きくなる。
- ii) 球体に不規則波を作用させると、球体はほぼ固有振動数で横振動する。このとき、球体は自励振動を行なっているものと推定される。

本研究にあたり、実験および実験結果の解析には筑波大学基礎工学類河本仁志君（現在白石基礎勤務）に協力して頂いた。ここに謝意を表す。また、本研究は文部省科学研究費の補助を受けたことを付記する。

#### 参考文献

- 1) 河野二夫：波の進行に直角水平方向の球の振動，土木学会論文報告集，第179号，1970年，pp. 49~60。
- 2) 椎貝・河野・山崎：水中におかれた球状物体の波による振動とその防止法，土木学会第24回年次講演会，昭44，pp. 23~26。
- 3) Möller, W. : Experimentelle Untersuchung zur Hydromechanik der kugel. phys. Z. vol 39, 1938, pp. 57~80。

