

九州大学 工学部 正員 平野 宗夫  
大学院 学生員 〇角 利津夫

### 1. まえがき

前報<sup>(1)</sup>において、銅球における抗力の実験結果について報告したが、今回は、ピンポン球にアルルダイトを充てんした球の抗力および揚力を測定したので、その実験結果および考察について報告する。

### 2. 実験装置

本実験に用いた球は、直径 $d=3.80$  cm のピンポン球にアルルダイトを充てんした球(比重1.06)を真ちゅう棒( $\phi 5$  mm)に結合し、それにストレインゲージを、スゲージ法ではりつけ、図-1, 2の状態に抗力 $F$ と、揚力 $L$ と浮力 $U$ との和を測定した。測定は、球をポイントゲージにとりつけ、アクリライト水路(20×20×360 cm)に水面より2 mm ずつ水没させて、前報と同様にストレインメーターよりペンレコーダーで記録させたが、流れが射流のため出力の変動が激しいので、その平均値をとり、検定曲線より力を読みとった。流速は、ピトー管により流速分布を測定した。

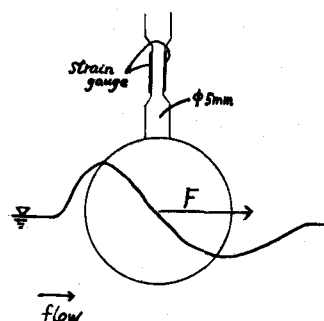


図-1 抗力測定

### 3. 実験結果および考察

図-3に示すように、喫水 $h$ を変化させながら求めた抗力 $F$ を用いて、(1)式で表わされる抗力係数 $C_D$ について検討した。

$$C_D = \frac{F}{A_d \cdot \rho \cdot U^2 / 2} \quad (1)$$

ここで、 $A_d$ は流れの当たっている投影面積、 $\rho$ は水の密度、 $U$ は流速である。 $A_d$ は喫水 $h$ を用いて計算したもので、 $U$ は喫水 $h$ の流速分布を平均断面法で求めたものである。

図-4のように $C_D$ と $h/d$ (喫水 $h$ を球の直径 $d$ で割って無次元化したもの)の関係をプロットしてみると、 $C_D$ は $h/d$ の増加とともに減少する傾向が見られ、 $h/d$ が小さい範囲では $C_D$ は少々ばらつきがあるが、 $h/d=0.7 \sim 1.0$ ではほぼ一定値(0.3~0.4)に近づいている。

ここで、 $h/d$ の小さい範囲でのばらつきは、 $A_d$ を仮想的な $h$ で求めて $C_D$ を計算した結果と考えられる。

図-3

喫水、かぶり高  
およびかぶり厚

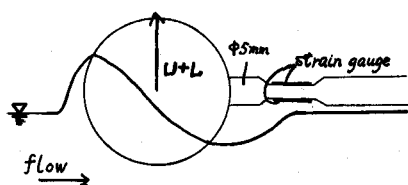
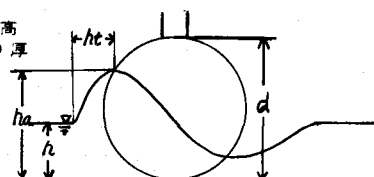


図-2 揚力測定

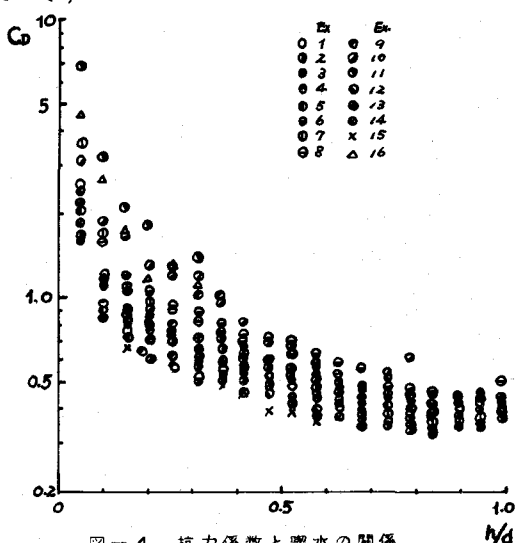


図-4 抗力係数と喫水の関係

えに(1)式の  $Ad$  のとり方にその原因があるものと思われた。即ち、 $Ad$  は流れの作用を受けやすく、本実験のように射流 ( $Fr=1\sim 10$ ) で、かつ表面の乱れが著しい流れでは、球の表によるかぶり高  $ha$  (図-3参照) およびかぶり厚  $ht$  (図-3参照) の変動が  $Fr=U/\sqrt{gh}$  によって変化すると思われるので、図-5に示すように、 $ha/h$  と  $Fr$  の関係を調べると、 $Fr$  が大きくなると、かぶり高  $ha$  も大きくなる傾向が認められた。又この時のかぶり厚  $ht$  は流速とともに変化すると思われるが、本段階では未測定のため定かではないが、今後の課題である。

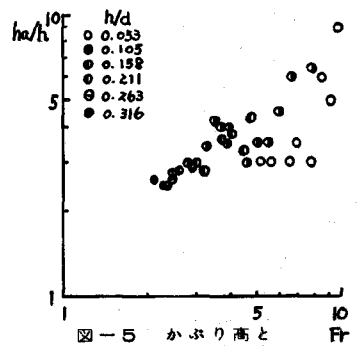


図-5 かぶり高とフルード数の関係

次に、 $C_D$  と  $Fr$  の関係を図-6に示した。図より、 $C_D$  は  $Fr$  が1付近では減少し、 $Fr=1.7\sim 2.0$  以上になると  $C_D$  は  $Fr$  とともに増加する傾向が見られる。また、一定の  $Fr$  では、流速の小さいものの  $C_D$  が大きくなるが、これは進流抵抗による影響があると考えられる。

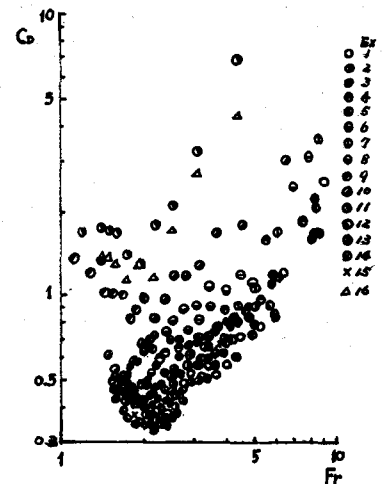


図-6 抗力係数とフルード数の関係

次に、図-2に示すように、揚力  $L$  と浮力  $U$  の和を求めたものを示すと、図-7のようになる。ここで、 $U$  は、静水中で働く浮力を各喫水によって計算したものである。この浮力が、開水路の射流において、そのまま適合できるかどうかは今後の問題点の一つである。又揚力  $L$  が負の値で出てきている(このことは、谷口氏<sup>(2)</sup>も報告している)のは、球が半没しているため、球下部の速い流速によるマグナス効果によるものと思われる。

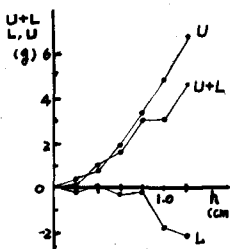


図-7 揚力、浮力と喫水の関係

また、本実験では、 $h$  が  $1.2\text{ cm}$  以上になると、真ちゅう棒のストレインゲージに水面が当たる場合と当たらない場合が生じる。その時の力は、増大されて測定されるが、実質的な力の検出は水側部分の水圧分割が難しいため、今回は  $h=1.2\text{ cm}$  までの測定値をそのまま採用した。

#### 4. あとがき

最後に、今後残されている問題点を列挙すると

- (1)  $Ad$  を求める際に、 $h$  をどこで代表させるか。又  $ht$  の測定と、これが  $C_D$  にどのように関係しているか。それに伴って付加質量をどのように考慮すべきか。
- (2) 流速が速い場合 ( $Fr > 10$ ) は、どのようなになるか。
- (3) 動水中で、浮力  $U$ 、揚力  $L$  がいかに働くか。

等が考えられる。

これらを解明することによって、将来土石流の巨礫集中、流動過程、堆積過程を解明する研究に役立つことを願望したい。

#### (参考文献)

- (1) 平野, 川延, 角: 急流における礫に作用する流体力について 西部支研究発表会論文集(昭50.2)
- (2) 谷口 義信: 土石流の基礎的研究(3) - 泥しょう流中の礫に作用する流体力 - 砂防学会年講(昭49)