

## 18 飛砂により構造物に働く抗力に関する実験

建設省土木研究所 ○矢島 重美

石川 芳治

山田 孝

### 1. はじめに

現在、地球的規模で問題となっている砂漠化を防止・軽減していく上で砂漠化防止施設を開発することが重要である。このような施設を設計する場合は、一般の構造物と違って飛砂を含んだ風により作用する力を考慮することが必要と考えられる。

これまで、堆砂垣等の砂漠化防止施設に関する実験的研究は行われているが、飛砂により構造物に作用する力に関する実験的研究はあまり行われていない。そこで、風洞実験装置を用いて飛砂により構造物に作用する抗力の特性に関する基礎的な実験を行ったので以下に報告する。

### 2. 実験の概要

実験は図-1に示すような実験装置を用いて行った。この装置は流路の端部に風を供給するファンを備えており、流路側面は透明アクリル製で、3mの区間にわたって側面から流路内の状況を観察できる。また、風速はピトー管式の自動流速計によって測定することが可能である。

実験は以下に示すような順序で行った。まず、図-2に示すような形状の模型をアルミニウム棒によって固定した。このアルミニウム棒には、ひずみゲージが取り付けられており、図-3に示すような測定機器によって抗力を測定することができるようになっている。風速は8, 10, 12m/secの3通り、飛砂濃度は0, 125, 250ppmの3通りに変化させて各々の抗力を測定した。なお、実験には粒径0.1~0.3mmの砂を使用した。

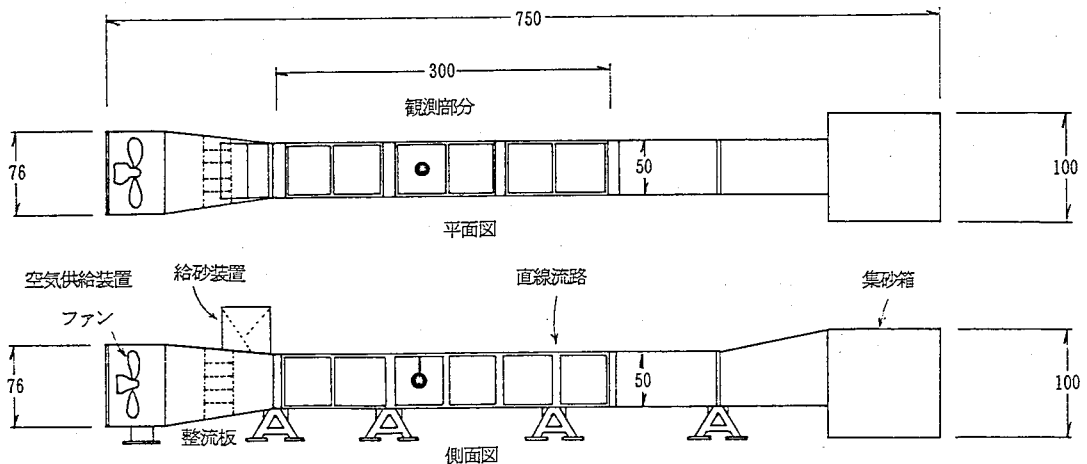


図-1 飛砂風洞実験装置 (単位: cm)

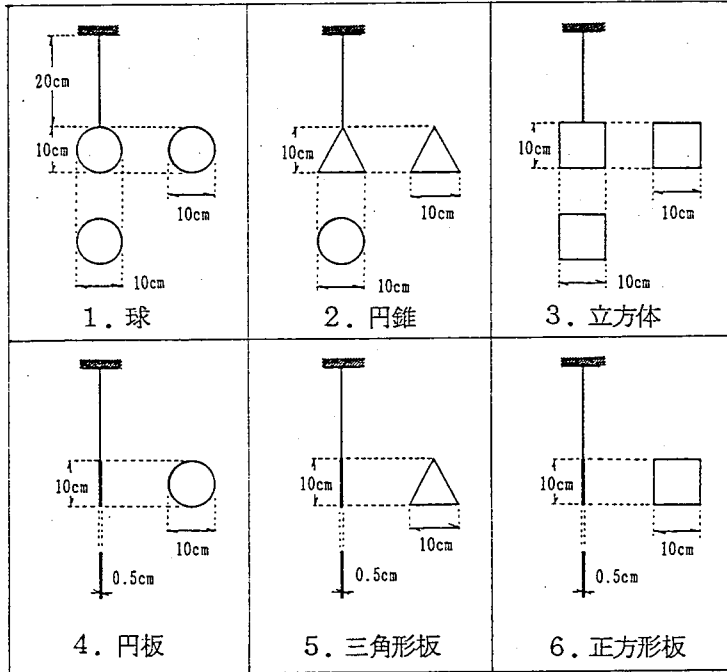


図-2 模型の形状

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 抗力と抗力係数

一般に、一様流中の物体の抗力 $F$  ( $g \cdot f$ ) は次式で表せる。

$$F = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \quad \dots \quad \text{①}$$

ただし、 $V$  : 流体の流速 ( $cm/s$ ),

$\rho$  : 流体の密度 ( $g \cdot f \cdot s^2/cm^4$ ),

$A$  : 物体の投影面積 ( $cm^2$ ),

$C_D$  : 抗力係数

①式を変形すると、

$$C_D = \frac{2 \cdot F}{\rho \cdot V^2 \cdot A} \quad \dots \quad \text{②}$$

となり、②式に、実験で得られた抗力 $F$ を代入することによって抗力係数 $C_D$ を求めることができる。

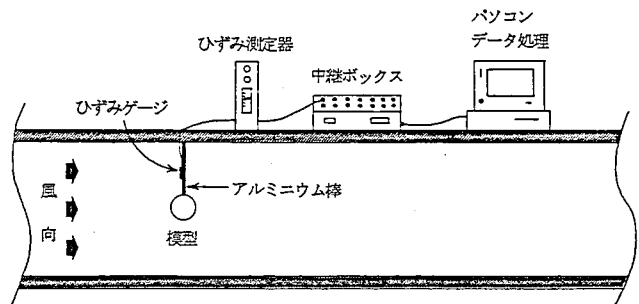


図-3 測定機器の概要

### 3.2 抗力に関する考察

土砂濃度が0 ppmの場合の風速と抗力の関係を図-4に示す。図-4より、全ての模型において、風速が大きくなると抗力も大きくなっており、また風速が8 m/secから12 m/secになると抗力は約2倍程度になっていることがわかる。同じ風速について抗力が大きい順にならべると、正方形板>円板>立方体>三角形板>円錐>球の順という結果になった。

風速10 m/secの場合の飛砂濃度と抗力の関係は図-5に示すとおりである。図-5より各模型において、飛砂濃度が増加すると抗力が大きくなっていることがわかる。また、飛砂濃度が125 ppm、250 ppmのいずれの場合も、抗力の大きい順は0 ppmとほぼ同じ順序であった。

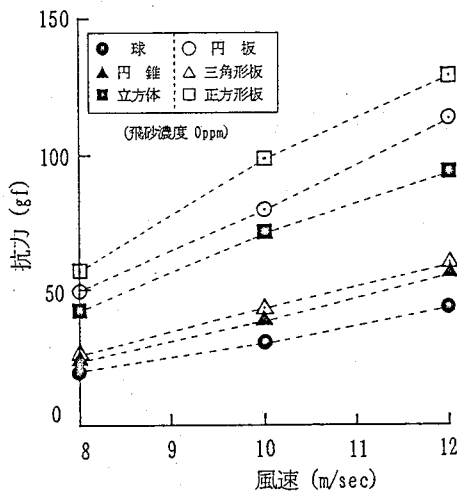


図-4 風速と抗力の関係

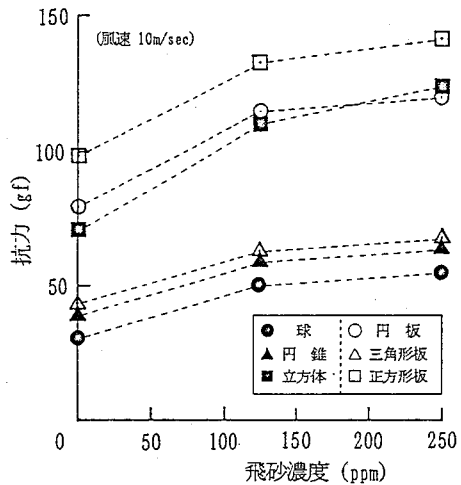


図-5 飛砂濃度と抗力の関係

### 3.3 抗力係数に関する考察

次に測定された抗力を用いて②式より土砂濃度が0 ppmの場合の抗力係数 $C_D$ を求めて図示すると、図-6のようになる。今回行った実験の風速の範囲内では、同じ形状の模型については抗力係数 $C_D$ はほぼ一定であった。球の抗力係数 $C_D$ は、これまでの実測値<sup>1)</sup>によると0.5程度であり、今回の実験では少し大きめの値であった。これらの模型について抗力係数 $C_D$ は、円板>正方形板>三角形板>円錐>立方体>球という順になる。概ね、立体の模型より平板の模型の方が抗力係数 $C_D$ が大きくなっている傾向がある。飛砂が混入した場合も同様の結果となった。しかしながら、抗力係数 $C_D$ を計算する際に模型の投影面積が分母にかかるため、面積の小さい方が抗力係数 $C_D$ が大きく算出される影響も考えられる。

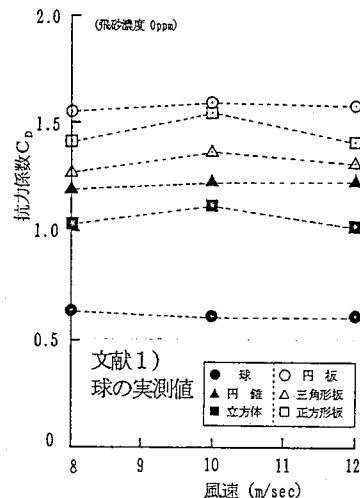


図-6 風速と抗力係数の関係

球と円板について飛砂濃度と抗力係数の関係を示すと図-7のようになる。図-7より、円板は球に比較して抗力係数が2倍以上となっており、また、飛砂濃度が増加すると抗力係数 $C_D$ も大きくなる傾向がある。図-8に円錐と三角形板について、飛砂濃度と抗力係数との関係を示す。円錐と三角形板の抗力係数は大きな差異はないが、球、円板と同様に、飛砂濃度が増すと抗力係数 $C_D$ も大きくなる傾向がある。また、立方体と正方形板についても図-9に示すとおり、他の形状と同様の傾向がある。これは、飛砂が混ざることにより流体の粘性係数及び動粘性係数が大きくなり、その結果 $Re$ 数が小さくなって、抗力係数 $C_D$ が大きくなるためと考えられる。

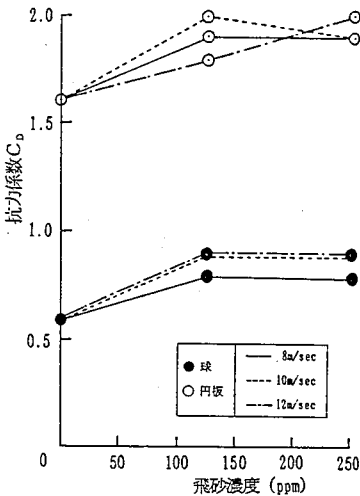


図-7 飛砂濃度と抗力係数の関係 (球と円板)

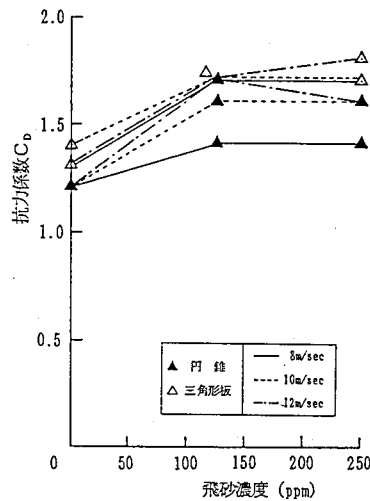


図-8 飛砂濃度と抗力係数の関係 (円錐と三角形板)

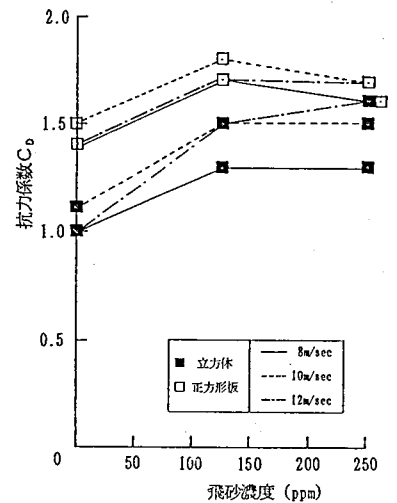


図-9 飛砂濃度と抗力係数の関係 (立方体と正方形板)

#### 4. まとめと今後の課題

今回行った実験によって、①模型の形状が、抗力や抗力係数に影響している、②風に含まれる飛砂の濃度が増加すると抗力は増加し、抗力係数も大きくなる傾向があるという結果が得られた。

しかし、用いた風速の範囲が非常に狭く、飛砂濃度に関しても2通りと少ないため、今回の実験だけで定量的に結論づけるにはまだ問題がある。今後は、模型の大きさを変えることによって、より広範囲の $Re$ 数について抗力の測定を行い、抗力係数 $C_D$ の評価を行う必要がある。また、飛砂濃度に関しても多くのケースを設定して実験を行い、飛砂濃度と抗力係数 $C_D$ の関係をより詳細に調べる必要がある。また、飛砂が混合した場合の粘性係数の変化を測定して $Re$ 数を求め、 $Re$ 数と抗力係数 $C_D$ との関係を明らかにすることも今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 粉体工学便覧；粉体工学会編，昭和61年2月