

(II-72) 空気の流れに影響を受ける粒子の運動特性

宇都宮大学工学部 学生員 塩谷 哲司
宇都宮工業高校 正会員 桑川 高德
宇都宮大学工学部 正会員 長谷部 正彦

1. はじめに

日本の日本海側は比較的水に恵まれた地域である。なぜなら、冬時期、広範囲にそして大量に雪が降る深雪地帯だからである。水使用の増加に伴って水資源としての積雪の利点が注目されてきた。それは冬時期に積雪として山地に貯えられた雪が春から夏にかけて長期間安定した水資源を人間社会に供給してくれるいるからである。

しかし一方、大量の降雪は交通機関に大きな影響を与えるほか、建造物の屋根(例えば、LNG用のタンクのドームなど)に積雪するなど好ましくない点が多々ある。このLNG用ドームの屋根の積雪を回避するための方法の1つとして、降雪の初期時に屋根部分に風を当てることで積雪を防ぐ方法が考えられる。

本研究では、利雪・克雪の観点から、粒子が空気の流れによってどのような挙動するかについて、実験及び解析することを目的とする。

2. 空気の流れによる粒子の運動⁽¹⁾

粉粒体が気流に乗って運動する場合、粉粒体の運動径路は気流の進路とは一般的には一致しない。したがって、粉粒体の運動を正確に知るには気流のみを調べるだけでは不十分である。まず、粒子が空気中で運動する場合に受ける空気の抵抗について考えてみると、この値は粒子の速度の比較的小さい場合は速度に比例し、速度の大きい範囲では速度の2乗に比例する。粒子が空気中を落下する場合には重力の作用で速度は漸次増大し、これに伴ない抵抗も増大する。しかるに上述の抵抗と速度との関係があるため、ついに重力と抵抗が等しくなって粒子は等速運動をするようになる。この速度が終速度(terminal velocity)あるいは沈降速度と呼ばれるものである。いま粒子径を d 比重量を γ_s とすると粒子の重力は

$$W = (\pi/6)d^3\gamma_s \text{ -----(1)}$$

で、これが受ける浮力は

$$P = (\pi/6)d^3\gamma \text{ -----(2)}$$

$$\gamma = \rho g$$

ρ は空気の密度であるから、粒子を沈降せしめる力は

$$W - P = (\gamma_s - \gamma)(\pi/6)d^3 \text{ -----(3)}$$

となる。粒子の終速度を u_m とし、抵抗係数を C で表わすと

$$R = C \frac{\pi}{4} d^2 \frac{\gamma u_m^2}{2g} \text{ -----(4)}$$

(3)(4)式から

$$u_m = \left(\frac{3}{4} \frac{gd}{C} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ -----(5)}$$

が得られる。

キーワード： 粉粒体、レイノルズ数、抵抗係数

連絡先: 〒321 - 0912 栃木県宇都宮市石井町 2735 宇都宮大学工学部建設学科 TEL028-689-6214

3. レイノルズ数 R_e と抵抗係数 C との関係

もし C が一定であれば $u_m \propto d^{1/2}$ となるが C の値は一般に Reynolds 数によって変化する。それを表 1 に示す。

流れの状態	レイノルズ数 R_e	抵抗係数 C	終速度 u_m	法則名
層流	$10^{-4} < R_e < 6$	$C = 24/R_e$	$u_m = \frac{d^2 (\rho_s - \rho) g}{18 \mu}$	Stokes
中間流	$6 < R_e < 5 \times 10^2$	$C = 0.4 + (40/R_e)$	$u_m = \left\{ \frac{4 (\rho_s - \rho)^2 g^2}{225 \mu \rho} \right\}^{1/3} d$	Allen
乱流	$5 \times 10^2 < R_e < 2 \times 10^5$	$C = 0.44$	$u_m = \left\{ \frac{3 g (\rho_s - \rho) d}{\rho} \right\}^{1/2}$	Newton

表 1

4. 実験方法

4. 1 実験装置

実験には図 1 に示す高さ 70 mm、幅 1220 mm、奥行き 160 mm の実験装置を使用する。素材はアクリル樹脂である。先端は幅 1200 mm、厚さ 10 mm の噴出口になっている。後部にはブロワから送られてくる空気を取り入れるための $\phi 3.5$ mm の空気取り入れ口が 3 カ所設けてある。(図 2)

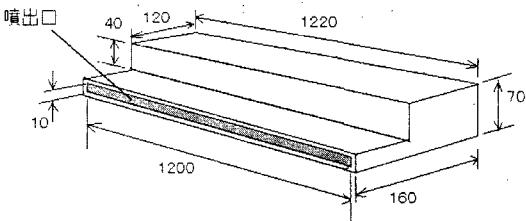


図 1 実験装置(前)

4. 2 実験方法

実験は、幅 1200 mm、厚さ 10 mm の噴出口から風を吹き出させ、そこに雪に見立てた粒子を落下させ、粒子の動きを測定する。実験条件を下の表 2 のように変化させ、それぞれでのデータを収集し、検討する。

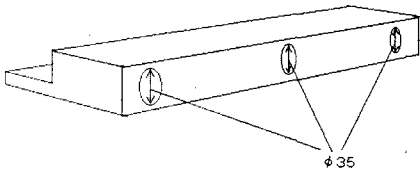


図 2 実験装置(後)

風速	1, 2, 3, 4, 5, 6 (m/sec)
球の密度	0.05, 0.10 (g/cm ³)
噴出口の角度	0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°

表 2

(球の密度は、新雪の密度が 0.10 (g/cm³) 以下なのでこの値を採用する。)

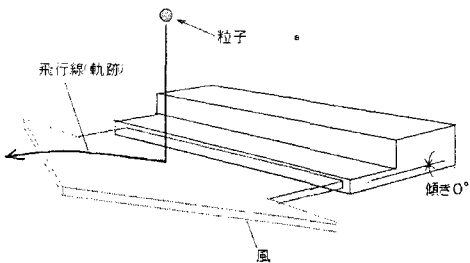


図 3 実験方法(かたむき0°の時)

{参考文献}

(1) 久保輝一郎、水渡英二、中川有三、早川宗八郎 共編 ; 粉体 理論と応用、丸善株式会社