

II-137 乱れの減衰と粒子の沈降

東京大学工学部 正員 工博 石橋 多聞

学生員 工修 松尾 友矩

学生員 安田 正志

I はじめに

粒子の沈降に影響を与える要因の一つとして、沈降の場の乱れが考えられる。今回の実験においては、静止させた水槽内に振動乱れを与えたときの、沈降速度の変化の様子、及び沈降の場を小区画化するための意味で吊り下げたガラス管の乱れに対する減衰効果について調べてみた。

II 実験

・装置 (図-1) 参照

・使用粒子; スチレン樹脂, 比重 1.07, 球形 (径 500μ ~ 600μ , 700μ ~ 800μ , 900μ ~ 1000μ) の 3 種類。

・与えた振動乱れ; 使用グリッド, 穴面積/全断面積 = $\frac{\pi \cdot 0.7^2}{\pi \cdot 1.5^2} = 0.38$, モーターの回転数を n rpm とすれば $n(0, 100, 200, 300)$ グリッドの上下する速度 v は、 $v = r\omega(\sin\omega t + \frac{\lambda}{2}\sin 2\omega t)$

$$a = r\omega^2(\cos\omega t + \lambda\cos 2\omega t)$$

但し $\omega = \frac{n}{60} \times 2\pi$, $\lambda = \frac{r}{L}$ ($\frac{r}{L} \ll 1$ で省略)

・ガラス管の径; 25mm, 35mm, 45mm, 70mm の 4 種

・測定法; グリッドを上下に振動させて槽内の乱れをおこしながら、粒子をガラス管内で沈降させ、その沈降速度を(図-1)の 0~VIII の 9 区間についてストップウォッチで測定した。

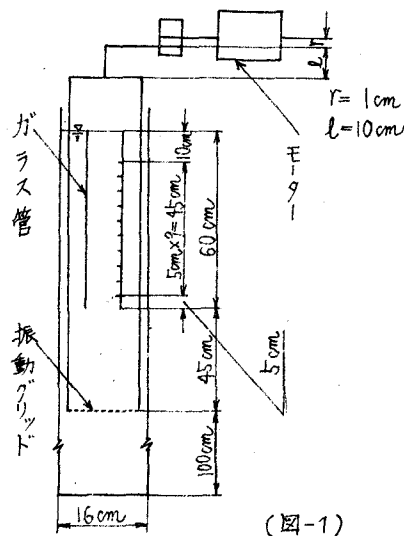
水中に落下した粒子は、水面より I までの沈降で既に終速度に達していると認められたので、この速度と II 以下の区間の沈降速度の変化の模様を追跡することにした。

III 解析

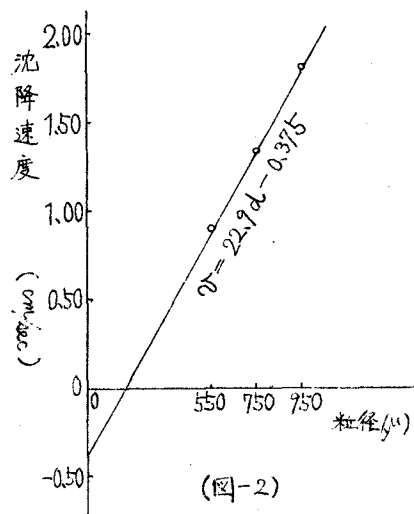
乱れによる仮想の加速度 α を仮定し、それが粒子と同体積の水塊による力として働くと考え、みかけの沈降速度 v は

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{1}{C_D} \left\{ \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) g + \alpha \right\} d} \quad (1)$$

但し ρ_s ; 粒子の比重 ρ ; 水の比重 g ; 重力の加速度 C_D ; 抵抗係数 d ; 粒子の直径 α ; 乱れの加速度として求められる。一方乱れのない場合の粒径と沈降速度との関係は、静水中での測定の結果(図-2)のようになった。



(図-1)



(図-2)

よって $v = 22.9d - 0.375$ (2)

粒子のレイノルズ数は5~20であること、(図-2)のリニア

アな関係を考慮して、 $C_0 = k\sqrt{Re}$ (3)

と仮定し、(図-2)の直線の勾配が、(1)式において $\alpha = 0$

とおいた時の式 $v = \left\{ \frac{4}{3} \frac{1}{k} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) g \right\}^{\frac{2}{3}} d$ (4)

の係数に等しいとにおいて、(1)、(2)、(4) の関係から(3)式の k の値、 $k = 7.29$ を得る。

乱れによる力の加速度 α を求めると、以上の式から次のようになる。

$$\alpha = (v + v_0)^{\frac{3}{2}} \times \frac{3}{4} \times 7.29 \times \frac{\mu^{\frac{1}{2}}}{d^{\frac{3}{2}}} - \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g \quad \text{.....(5)}$$

$$v_0 = 0.375, \rho_s = 1.07, \rho = 1.00, \mu = 1.31 \times 10^{-2}$$

$g = 980$ として (5)式を計算すると

$$\alpha = 30.5 \times (v + 0.375)^{\frac{3}{2}} - 68.6 \quad \text{.....(6)}$$

である。

(6)式によ、て回転数をパラメーターとしてガラス管の径と加速度 α の減衰の様子を示すと (図-3) のようになる。また、径70mmのガラス管について、回転数と加速度の関係を示すと (図-4) のようになる。(図-3)、(図-4) の場合は共に、測定区間はⅡについてである。

管径をパラメーターとして、乱れの影響の及ぶ領域を回転数との関係で示すと、(図-5) のように示される。

IV 考察

以上のことから、乱れの大きさと管径との関係、減衰する距離との関係などといった事項について定量化は、まだ出来ないが、(図-3)、(図-5) からわかるように、ガラス管の径を小さくしてゆくことによる乱れの減衰の傾向は、著しいものがある。沈降の場を小区域に区切ることは、沈降の場を安定化させる意味で大きな効果が期待出来るということが確認されたと思われる。

しかし、乱れの加速度としては、沈降速度を加速するような形で現われてしまい、初期の予想とは逆の結果が出てしまった。この関係については、改めて考えてみたいと思っている。

