

京都大学工学部 正員 住友 恒
 京都市下水道局 〆 〆 弘元 晋市
 京都大学工学部 学員 松尾 直規

§1. はじめに

本研究は、水質物質の掃流による流出量を定量化することを主目的とする。昨年度、標題に関し、炭酸カルシウム(沈降性)をモデル物質として選定し、定性的にはあるが種々の特性を指摘した¹⁾。本年度は、ひきつづき、上述のごとく、炭酸カルシウムの掃流流出量を定量化することを目的としたが、その定量化に当っては予期以上の困難な問題点に直面した。結論的にはこの種の定量化に当っては水質物質の物性、流体の挙動が結果にきわめて鋭敏な影響を及ぼすことが明らかになった。したがって、以下、結果のみならず測定方法についても若干の提言を試みる。

§2. 管内開水路における水理特性と水質物質の物性について

実験方法はまず、炭酸カルシウムを水道水で湿潤状態にした後、内径約6cm、長さ150cmのガラス管に流しこみ、しかる後、温風にて乾燥固着させる。しかる後、上流端より水流を与え掃流される物質量を測定してゆく方式である。本研究でいう定量化とは次式の a 、 b (いずれも定数)を定量化してゆくことであるが、その際、掃流力の大きさもさることながら、掃流作用をうける物質面の性状、大きさを十分正確に定量化しておく必要があることが明らかになった。

$$q = a \cdot T^b \quad \text{————— (1)}$$

したがって、実験にともなう諸元を図一における θ_i の関数としてつぎのように厳密に把握しておく必要があることを指摘しておく。

図一

2-1. 乾燥後の物質の平均含水率

熱風によって炭酸カルシウムを乾燥する場合について。

熱風によって炭酸カルシウムを乾燥しているが、その際の恒率乾燥速度 R は

$$R = -\frac{W}{A} \frac{dw}{dt} = h(T - T_w) / \gamma_w \quad \text{————— (2)}$$

ここに、 w ；含水率、 W ；無水重量、 A ；乾燥面積、 h ；伝熱係数、 T_w ；湿球温度、 γ_w ；蒸発潜熱

また、炭酸カルシウム層の任意位置での温度を

$$T = f(\operatorname{erf}(x/2\sqrt{Dt})) \quad \text{————— (3)}$$

と表現し、時間が十分大きいと、 $T = T_0$ で一定とみなせるので

$$x/2\sqrt{Dt} = k_0 = \text{const.} \quad \text{————— (4)}$$

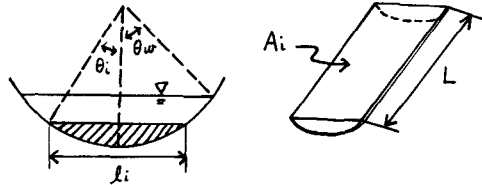
(2)と(4)式より

$$-2\gamma_w \frac{W}{A} k_0^2 D \frac{1}{x} \frac{dw}{dx} = h(T_0 - T_w) \quad \text{————— (5)}$$

(5)式を積分すると

$$W_{x2} = W_{x1} - A_0/2 (x_2^2 - x_1^2) \quad \text{————— (6)}$$

ここに、 $A_0 = h \cdot (T_0 - T_w) / 2\gamma_w \cdot \frac{W}{A} \cdot k_0^2 D$



ここで、炭酸カルシウム層での温度が凝縮方向に一定であるとする、区間 $x_1 \sim x_2$ での平均含水率 $\bar{w}$ は

$$\bar{w} = \frac{(w_{x_1} + \frac{A_0 D^2}{8} \cos^2 \theta_1) \left\{ \theta_2 - \theta_1 - \frac{1}{2} (\sin 2\theta_2 - \sin 2\theta_1) \right\} - \frac{A_0 D^2}{32} \left\{ \theta_2 - \theta_1 - \frac{1}{4} (\sin 4\theta_2 - \sin 4\theta_1) \right\}}{\theta_2 - \theta_1 - \frac{1}{2} (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)}$$

したがって、例えば、炭酸カルシウムの底での含水率 w_b を仮定すれば、 A_0 が求まり炭酸カルシウム層での含水率の分布が決まる。

2-2、物質表面積とそれに働くせん断応力について

内角 θ_i における掃流力 T_i と水質物質の表面積 A_i は

$$T_i = \rho g \frac{D}{2} (\cos \theta_i - \cos \theta_w) \quad (7)$$

$$A_i = \ell_i L = D L \sin \theta_i \quad (8)$$

§3. 実験方法について

すでに式(7), (8)からわかるように、実験開始後、初期物質量は掃流作用によって徐々に物質量を失ない、内角 θ_i は時々刻々変化し、厳密には炭酸カルシウムの物性としての含水率、その表面積、さらにはそれに働くせん断応力も刻々変化する。この種の変化を無視しえないことが明らかになっているので、式(1)の Q などの定量化は単位微小時間毎に定量化する方式をとった。したがって、式(1)から次式を用いる。

$$\int_{t_i}^{t_{i+1}} Q \cdot C \, dt = a \cdot \bar{A}_i \cdot \bar{T}_i^b \quad (9)$$

ここで、上つきバー記号はそれぞれ t_i と t_{i+1} における平均値を表わす。したがって、 a は次式によって算定する。

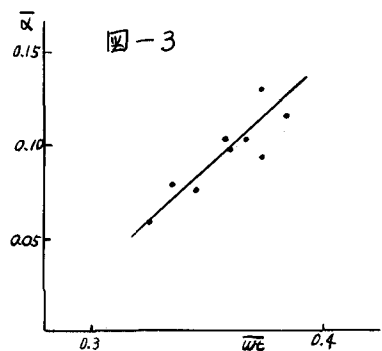
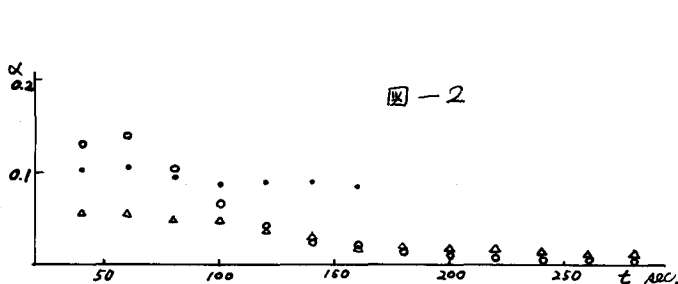
$$a_i = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} Q \cdot C \, dt}{\frac{\rho g I L D^2}{4} (\sin \theta_i + \sin \theta_{i+1}) \left(\frac{\cos \theta_i + \cos \theta_{i+1}}{2} - \cos \theta_w \right)}, \quad (b=1 \text{ のとき}) \quad (10)$$

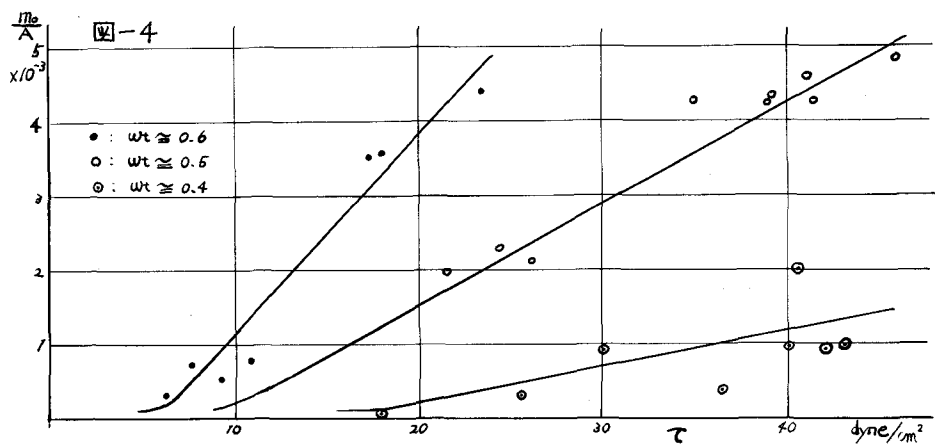
当然、このときの含水率は式(6)と対応させる。

§4. 実験結果について

式(10)にしたがい時々刻々の a_i を求めた一例が図-2である。これらの分析から定量的に得られた結果を例示したのが、図-3、図-4である。特に図-3では、総括的に、実験開始前の初期含水率と図-2に示す a_i の時間的な平均値と対応させたもので、式(9)、あるいは式(10)の a_i は含水率（あるいは物性）によって変化するものであることが示唆される。

そこで、数多くの図-3に示すような a_i の結果を含水率ごとにまとめてプロットしたのが図-4であり、本研究としての初期の目的を達成しえたことがわかる。





§ 5. おわりに

図-4に示した最終結果には示していないが、含水率が高く(約60%以上)勾配が大きい場合($I > 0.03$)などは、必ずしも図中の直線的関係を示さず、不規則な挙動を示した。この種の問題の原因探究、さらには、実験対象の拡大(たとえば、水質物質が完全溶解の場合)など、今後、さらに究明しなければならぬ問題を多く残してはいるが、以上、第一段階の結果として報告しておく。

なお、本研究に当、ては、末石 富太郎教授の指導をうけた。

さらに、本研究は昭和47年度、文部省試験研究 705098の結果の一部である。ここに謝意を表す。

参考文献： 末石，佐友，弘元，大久保

“水質物質の稀釈に関する実験研究”

昭和47年度、土木学会年次講演会