

(13) 実験室内水路における浮遊流砂に関する実験

神戸大学工学部

工博

田中

茂

○ 杉本 修一

河川の浮遊流砂の理論に関する従来の研究に何らかの意味にありて不満足を感じ筆者達が昨年11月11日京都大学にありて開催された土木学会関西支部主催学術講演会にありて発表した試みに基いて今回は実験室内の水路を使用して実験を行い理論の妥当性を確かめたものである。

いま流水の状態を定常流で、二次元流として、完全なる乱流であると予え、且つ同一粒径の砂が浮遊しているものとする。座標は底面に原点とし、 x 軸を流水の方向に、 z 軸を上方にとる。そして m を単位体積内に含まれている砂の量、 η を乱水の交換係数、 ω_0 を浮遊流砂の静水中における沈降速度とすれば z 軸上の任意の点における m の値に関して

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial m}{\partial z} \right) = -\omega_0 \frac{\partial m}{\partial z}$$

なる関係が成立する。この式の両辺を積分して整理すれば

$$\frac{dm}{m} = -\frac{\omega_0 h}{\eta} d\xi, \quad \text{茲に} \quad \xi = \frac{z}{h}, \quad h: \text{流水の水深}, \quad (1)$$

が得られる。いま u を底面より z の位置における流速、 l を乱水の混合距離とし、砂は流体と同一の運動をするとすれば乱水による交換係数 η は理論上

$$\eta = l^2 \left| \frac{du}{dz} \right|$$

で与えられる。しかるに砂は流体と同一の運動をするものではないので、この砂の運動に対応する乱水の混合距離を l' として、これが流体の乱水の混合距離 l に比例する、即ち

$l' = Kl$, 茲に K は比例常数 とすれば砂に対する交換係数 η' は

$$\eta = l'^2 \left| \frac{du}{dz} \right|, \quad l' = Kl \quad (2), (3)$$

で表示することができる。しかるに l は筆者達の理論的な研究によれば

$$\frac{l}{h} = A (1 - e^{-B\xi}), \quad A, B \text{ はそれぞれ積分常数} \quad (4)$$

で与えられる。また一方 Navier-Stokes の方程式より

$$\frac{du}{dz} = \frac{1}{h} \frac{du}{d\xi} = \frac{1}{2h} \frac{1}{(l/h)^2} \left[\frac{\gamma}{h} + \frac{l}{h} \sqrt{1-\xi} \sqrt{4gh \sin \theta} \right] \quad (5)$$

が与えられる。式(3)、(4)及び(5)を式(2)に代入し、さらにその式(2)を式(1)に代入して積分すれば

$$\frac{m}{m_0} = \exp \left[-\frac{2\omega_0}{K^2} \int_0^\xi \frac{d\xi}{\left[\frac{\gamma}{h} + \frac{l}{h} \sqrt{1-\xi} \sqrt{4gh \sin \theta} \right]} \right] \quad (6)$$

$$\frac{m}{m_0} = \exp \left[-\frac{\omega_0}{K^2} \frac{1}{\sqrt{gh \sin \theta}} \int_0^{\xi} \frac{d\xi}{\ell/h \cdot \sqrt{1-\xi}} \right] \quad (7)$$

と得る。これより式(6)及び(7)が筆者達によって理論的に求められた式である。

実験水路は神戸大学工学部土木工学教室水理実験室に設備された2つの回流式可変勾配水路を用いた。その水路は幅24 cm, 高さ32 cm, 長さ1.8 mの鉄製枠に底面及び両側面がガラス張りのもので9個連結した総延長16.4 mのものであつて, その流入口近くには整流壁が設けられてある。測定位置は下流端より4 mの水路中央である。流速測定方法は内径2 mmの銅管を先端より10 cmのところで直角に曲げPilot管としたものを用いた。この管を採水管にも使用した。実験方法はまず鷹取山(神戸市)のSilt系土を放水側水槽に投入し, 水路より放水された流れによって攪拌混合させながら水路内を回流させる。しかし濃度分布が定常状態に達するまでには約2時間と要するから測定はその後に行つた。水路勾配は $1/200$, $1/300$ 及びその他の勾配とした。つぎに流速を所定位置において測定した。採水はこの流速に対応してSiphon作用により行つた。最後にこの採水された水について濁度を測定した。これは濃度が非常に薄く且つ計量困難なためと浮遊物がSilt系であるため上水道方面において通常用いられる濁度測定を以つて濃度測定に代える方が適当と見たからである。

実験結果の解析方法はまず流速流曲線と解析して式(4)の常数A及びBを決定し, この式(4)と式(7)にして濃度分布を計算するのであるが, 浮遊物が非常に細く, 且つ粒径が不均一であるため ω 及び K を予め測定しておくことは殆ど不可能に近い。そこで適当に常数を定め式(7)を適用すれば下図の如くよく実験値と一致する濃度分布曲線が得られる。

