

徳島大学 正員 ○岡 部 健 士
同 正員 杉 尾 捨三郎
新居浜市 正員 曾 我 忠

1. ま え が き : 非平衡状態にある浮遊砂の挙動については未知な点が極めて多いが、著者らの知る限り、基礎的な実験例さえも少数である。そこで著者らは、非平衡状態において路床近傍濃度がいかなる性質を示すかを簡単な流れのモデルを利用して観察してみた。以下に実験概要、その結果、および 2、3 の考察を報告する。

2. 実 験 概 要 : 実験には図-1 のような円形回転水路が用いられた。本装置は、Mehta, A. J. and Partheniades, E. 考案の実験装置を模して作られたもので、中央の回転軸①を交流モーターで回転させることによりアーム②で支持されたドーナツ型の駆水板⑤を動かし、 $0 \sim 50 \text{ cm/sec}$ なる範囲の任意の流速をもつ流れを作ることができる。また水路外周壁④(透明塩ビ)には合計8個の吸水管挿入口⑦および一個のビーター管挿入口⑧が設けられ、採水および流速測定が可能である。しかし、水路床面上の平均せん断応力を測定するための設備は持たない。使用した砂は、平均粒径 0.04 mm 、比重 2.4 の比較的均一な微細砂であるが、これを路床に一様に敷き詰めて水を動かすと、横断面内に大きな砂面傾斜をもつ砂レンが形成されて計測上の著しい困難さをきたした。そこで、平均粒径が 15 mm 程度の球形人工粗骨材を約 30 mm の間隔で路床に接着したのち、これらを丁度覆い隠す程度の厚さに試験砂を敷き詰めた。こうすると、粗骨材の生みだす強い乱れと、しゃへい作用により砂面高さがある程度一様化された。ところで、本水路に生じる流れは通常の実験水路におけるものとはかなり異なるのは当然である。対数型流速分布則に類似した速度分布を呈するのは、骨材頂面から上方 2 cm 程度の高さまでであり、これより上では

遠心力の影響を受けるため横断方向の速度勾配が卓越し始める。そして、平衡状態における鉛直濃度分布も、上層内ではほぼ一様となる。しかし、底面近傍の濃度(骨材の頂面より $5 \sim 10 \text{ mm}$ 上方の濃度)特性は、開水路のものとはほぼ同様であることが図-2 よりわかる。なお、本図の u_{*} は、今本が提案した乱れの普遍関数式を用いて推算された。

非平衡実験は、浮遊砂量が流水の輸送力より大なる場合と、逆に小なる場合の双方について実施された。はじめに一つの平衡状態を作り出し、続いて回転速度を急変させ、その後の底面近傍濃度の変化を実測したのである。このとき、水路内の流速は急変後 $15 \sim 20 \text{ sec}$ ではほぼ定常になったが、濃度変化は少なくとも $7 \sim 8$ 分以上変化し続けた。すなわち、本実験は、ほぼ定常な流水中にその平衡輸送能力を越るかまたはそれに満たない浮流流砂量があるような流れを模したものである。

3. 結 果 と 考 察 : 図-3 および図-4 は、それぞれ浮遊砂量が過剰な場合(以下 Case B と呼ぶ)および不足する場合(Case D)の実験結果を示したものであり、Run No. の増加は与えた流速変化の増大を意味する。なお両図は、ある時刻に至るまでに生じた濃度変化($C_s - C(t)$)を最終的に達成される濃度変化($C_s - C_e$)で基準化して表示しているため、Run No. が小なるものほど変化が強調されている。

ここに、 C_s = 急変以前に設定された平衡状態における底面濃度、 C_e = 急変後に到達

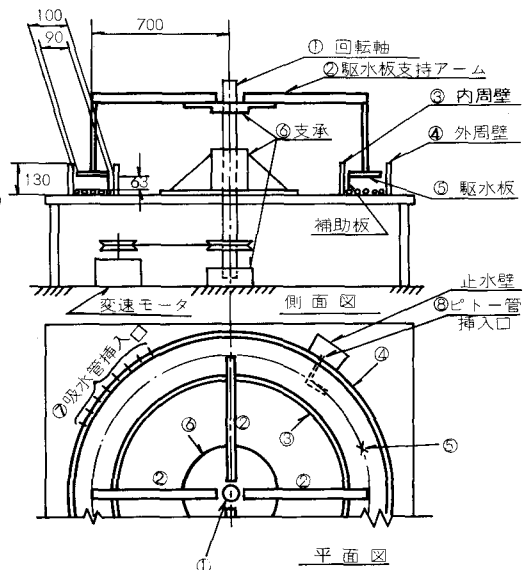


図-1 実験設備の概要図

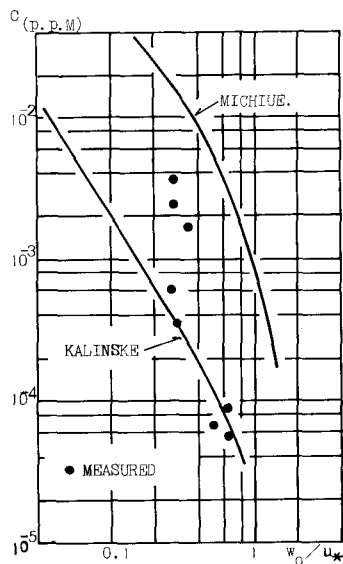


図-2 平衡状態における底面近傍濃度

された平衡状態における底面濃度、 $C(t) = \text{急変後 } t \text{ 分経過したときの底面濃度}$ 。

両図の描点群が示す性質は互いにかなり異なったものであることに注目される。すなわち、Case E では E 1 を除く全ての描点群が一本の傾向線上に集まり、 $\text{相対変化量 } (C_s - C(t) / C_s - C_e)$ が 1 を越えないが Case D では、Run No. ごとに変化特性がかなり異なり、しかも相対変化量がそれぞれ異なった時刻に 1 より大なる極値をもつ。Case D の結果は、浮遊砂量が増加しつつある場合には砂粒群に作用する重力の効果が平衡状態におけるものより小さいために現れたものか、あるいは、十分発達していない濃度分布を捕うために局所的に濃度が平衡状態のものより高くなったためかと推察されるが、未だ原因の確たるものを得ていない。この点については、実験方法の再検討も含めて今後の課題としたい。

ところで、実験された流れが仮に一次元流であると近似し得るならば、濃度変化は次式で表わされる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon \frac{\partial C}{\partial z} \right) + W_0 \frac{\partial C}{\partial z} \quad (1)$$

ここに、 $C = \text{濃度}$ 、 $\epsilon = \text{拡散係数}$ 、 $W_0 = \text{粒子沈降速度}$ 、 $z = \text{路床からの距離}$ 、 $t = \text{時間}$ 。上式を、路床面近傍以外では濃度勾配が極めて小さいとの条件（平衡状態ではほぼ妥当である—2. 参照—）と、次のような路床条件式：

$$\text{at } z=0, \quad \epsilon \frac{\partial C}{\partial z} = -W_0 C_e \quad (2)$$

を用いて積分すれば、次式を得る。ただし、 $h = \text{水深}$

$$\frac{C_s - C(t)}{C_s - C_e} = 1 - \exp \left[-\frac{W_0 t}{h} \right] \quad (3)$$

$h = 6.3 \text{ cm}$ 、 $W_0 = 0.12 \text{ cm/sec}$ として (3) 式を計算し、実測値と比較したのが図-5 である。Case E の実験結果をかなり良好に説明し得ることがわかる。

なお、式 (2) の代りに合田が提案した路床条件式：

$$\text{at } z=0, \quad \epsilon \frac{\partial C}{\partial z} = -K W_0 C(t) \quad (4)$$

ここに、 $K = \text{路床近傍の状態によって変る係数}$ 、 $\text{図-5 (3) 式の計算値と実験値との比較}$ を導入して実験結果を説明することを試したが、今のところ K の性質を十分解明するには至っていない。

4. ま と め

円形回転水路において、平衡状態から流速を急変させた後の浮遊砂濃度変化を実測した結果、浮遊流砂量が不足する場合と過剰な場合とでは変化特性にかなりの差異があることが認められた。また、濃度が単調に減少してゆく過程は、(2) 式のような路床条件を利用すれば再現し得ることがわかった。

(参考文献)

- 1) MESHTA, A.J. & PARTHENIADES E.: Effect of Physico-Chemical Properties of Fine Suspended Sediment on the Degree of Deposition, I.A.H.R., BANGKOK, 1973.
- 2) 今本：開水路流れにおける乱れの基本的特性について：土木学会論文集，第197号，1972，1月。
- 3) 声田：浮遊砂，水工学シリーズ，A-4，1974。
- 4) 合田：上水浄化における水理学上の基礎的諸問題，京大学位论文，昭和31年。

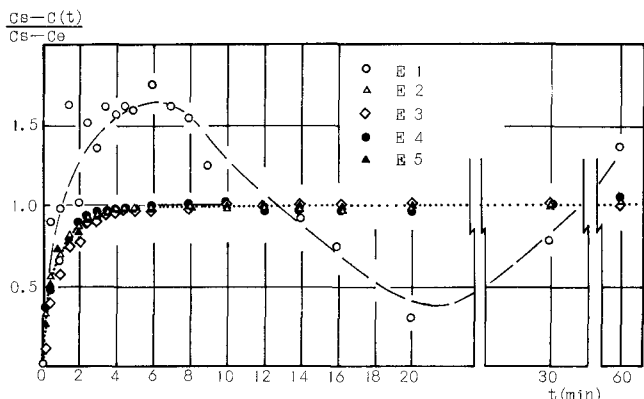


図-3 濃度変化と経過時間との関係 (Case E)

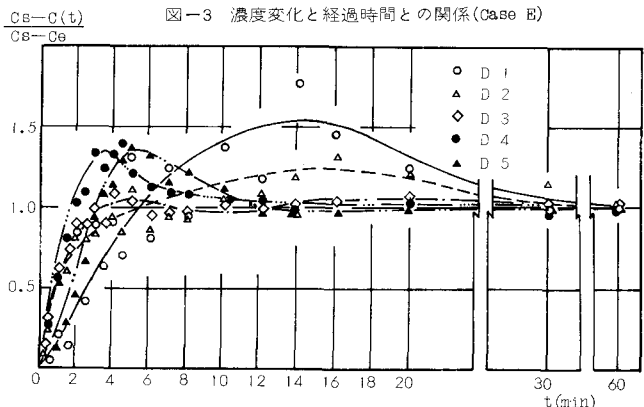


図-4 濃度変化と経過時間との関係 (Case D)

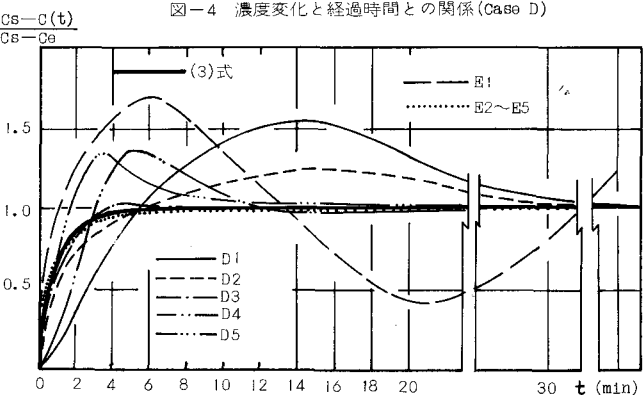


図-5 (3) 式の計算値と実験値との比較