

II-284

振動格子乱流場における浮遊物質濃度について

神戸大学大学院 学生員 森信 広一 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 神戸大学工学部 正 員 宮本 仁志 建設技術研究所 正 員 岩見 収二

1. まえがき 微細粒子からなる懸濁物質は、流水、波動、乱れなどの流れの作用により水域内で浮遊・滞留するため、水質汚濁などの水環境問題を引き起こしている。本研究では、乱れの作用が懸濁物質の沈降に与える影響を調べるために、振動格子によって発生する乱流場を対象として浮遊物質の濃度計測を行った。

2. 実験の概要

2.1 実験装置 図-1 に実験装置の概要を示す。実験に用いた水槽は縦 25 cm、横 25 cm、高さ 50 cm のアクリル製水槽であり、懸濁水の水深は 40 cm である。水表面を原点として鉛直下方に z 軸をとる。水深 $z=35$ cm の位置に設置したアクリル製の格子をモーターで振動させることにより、振動格子乱流場を形成する。格子の幾何形状は玉井ら¹⁾と同様で、格子要素が 1 cm 角で、格子要素間隔 M が 5 cm である。懸濁水中の浮遊物質材料としてカオリナイトを使用する。計測前に懸濁水を一様濃度に調整した後、格子を振動させる。浮遊物質濃度は鉛直方向 6 点 ($z=4, 8, 12, 16, 20, 24$ cm) に設置した濁度計で計測する。濁度計のサンプリング周波数は 10 Hz、測定時間は 300 分である。

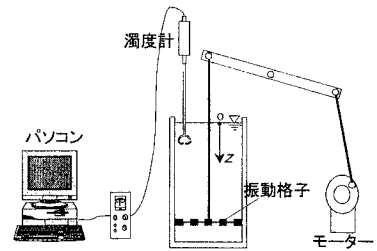


図-1 実験装置の概略

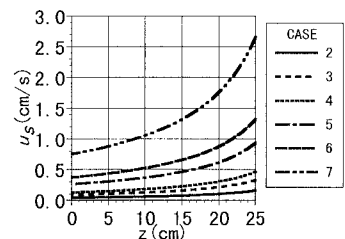
表-1 実験条件

CASE No.	振幅 S (cm)	周波数 f (Hz)
1	0	—
2	2.4	1.0
3	2.4	2.0
4	4.8	1.0
5	4.8	2.0
6	9.6	1.0
7	9.6	2.0

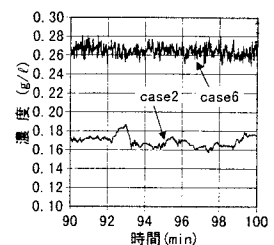
2.2 実験条件 実験条件を表-1 に示す。振動格子によって発生する乱れを、格子の振幅 S および周波数 f の変化により制御することで、水槽内に浮遊物質の濃度分布を作成する。ここで CASE1 は振動格子による乱れない場合である。Hopfinger・Toly²⁾は均質密度場において、振動格子によって発生する乱れ強度を次のような半経験式により表している。

$$u_s = c \cdot f \cdot S^{3/2} M^{1/2} z_0^{-1} \quad (1)$$

ここに、 u_s (cm/s)は乱れ強度、 z_0 (cm)は格子からの距離であり $z_0 = 35 - z$ である。 c は実験定数であり 0.2 とした²⁾。図-2 に各 CASE における水深 z と式 (1) による u_s の関係を示す。同じ水深では CASE2 から CASE7 に、同じ実験条件では水深が深くなるにしたがい乱れ強度 u_s が増加している。なお、本研究はカオリナイト懸濁水中の乱流場を取り扱っているため式 (1) の適用対象外であるが、懸濁水中の乱れ特性を近似的に表現し得るという仮定のもとで、式 (1) を使用した。

図-2 乱れ強度 u_s と z の関係

3. 濃度の経時変化 図-3 に CASE2 と CASE6 の水深 $z=12$ cm における濃度計測値の一例を示す。浮遊物質濃度は乱れの作用により激しく変動しているのが確認できる。また、乱れ強度 u_s が大きいほど濃度の変動も大きい値を示している。濃度分布の時間変化を図-4 に示す。濃度の値は 180 秒の移動平均処理を施したものである。図-4(a) (CASE1) では振動格子による乱れないため、時間とともに懸濁物質が沈降し、濃度が減

図-3 濃度の変動 ($z=12$ cm)

キーワード 浮遊物質、濃度、振動格子、乱流、沈降

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL:078-881-1212 FAX:078-803-1050

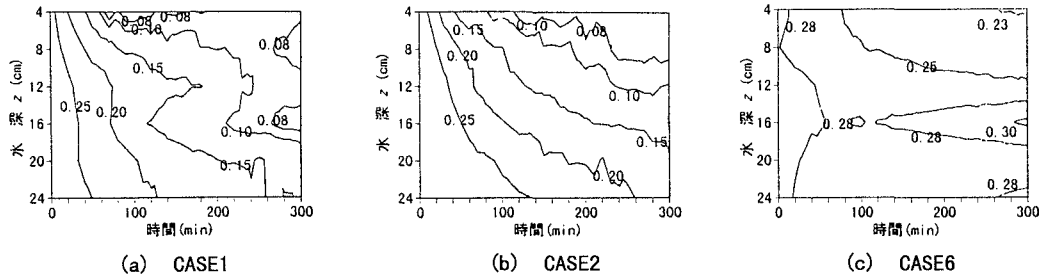


図-4 濃度分布の経時変化（図中の数値は濃度（g/l））

少していくのが確認できる。図-4(b) (CASE2) は乱れ強度が弱いケースであり、濃度の減少が CASE1 に比べ若干抑制されている。また濃度は水深方向に単調増加している。図-4(c) (CASE6) は乱れ強度が強いケースである。この場合、全水深で濃度の減少は著しく抑えられており、時間が経過しても水槽内ではほぼ一様の濃度分布が保たれている。

4. 沈降の抑制 図-5 に水深 $z=8$ cm における乱れ強度 u_s と沈降の抑制量 c' との関係を示す。ここで、 c' は各 CASE の濃度計測値から振動格子による乱れの存在しない CASE1 の値を差し引いたものとして定義した。

乱れ強度 u_s が増加するのにしたが、抑制量 c' も増加している。また時間が経過するほど抑制量 c' は増加している。これらの特徴はすべての水深において確認できており、振動格子によって発生する乱れ強度が、懸濁物質の沈降を抑制していることが確認できる。

5. 周波数スペクトル 図-3 に示した濃度変動の特性を調べるために、そのパワースペクトルを求めた。図-6 に (a) CASE2 と (b) CASE6 の濃度変動成分 c' のパワースペクトル $E(f)$ を示す。ここに c' は計測値と移動平均処理値（180 秒）との差である。スペクトルは乱れ強度が弱い CASE2 で

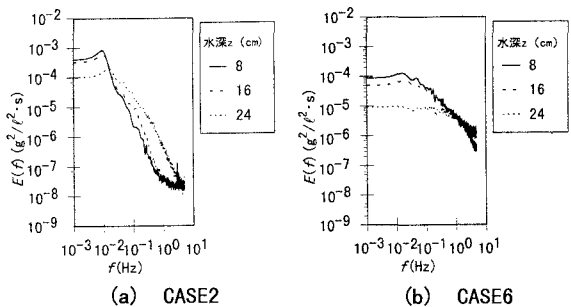


図-5 乱れ強度 u_s と沈降の抑制量 c' との関係（ $z=8$ cm）

図-6 濃度変動量 c' のスペクトル

では低周波成分が卓越しているが、乱れ強度が強い CASE6 では高周波成分が高い値を示している。図-7 に 4 つの周波数（ $f=5, 1, 0.1, 0.01$ Hz）のパワースペクトル $E(f)$ と乱れ強度 u_s との関係を示す。乱れ強度 u_s が増加するにしたがい、濃度変動のスペクトル値が周波数間で一樣になる傾向を示している。

6. あとがき 本研究では振動格子乱流場において浮遊物質の濃度分布の経時変化を計測し、乱れ強度が大きくなるに従い浮遊物質の沈降が抑制されることを示した。次に濃度の変動特性と乱れ強度との関係を示したが、これについては今後さらに検討を加えるつもりである。

<参考文献> 1)玉井・村岡・清水：粒子沈降により生じる乱流場と振動格子乱流の相互作用に関する解析，水工学論文集，第 38 巻，pp.571-576,1994.

2)Hopfinger,E.J. and Toly,J.A. : Spatially decaying turbulence and its relation to mixing across density interfaces ,J.Fluid Mech,Vol.78,pp.155~175,1976.

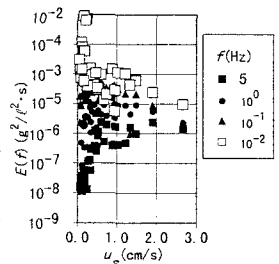


図-7 スペクトル $E(f)$ と u_s との関係