

II-440 透過性堤防内部における分散係数の測定

武蔵工業大学大学院 学生員 永尾 浩一
武蔵工業大学工学部 正 員 長岡 裕

1. はじめに

本研究は、海岸構造物(透過性堤防)を利用して、沿岸域における水質を浄化するための基礎的研究である。透過性堤防内部に付着した生物膜による浄化効率は、その堤内の物質輸送速度に依存すると考えられる。本研究では透過性堤防内部における分散係数を実測し、その機構解明を試みた。

2. 実験装置及び実験方法

(1) 実験装置

実験にはFig.1に示すような幅0.6m×高さ1.0m×長さ26.0mの造波水路を用いた。造波装置より14.9mの位置に小型テトラポットを871個積み重ね、堤防を作り上げた。堤内の空隙率は49.3%であった。実験条件をTable1に示す。各指標は、容量式波高計を用いてゼロアップクロス法により算出した。

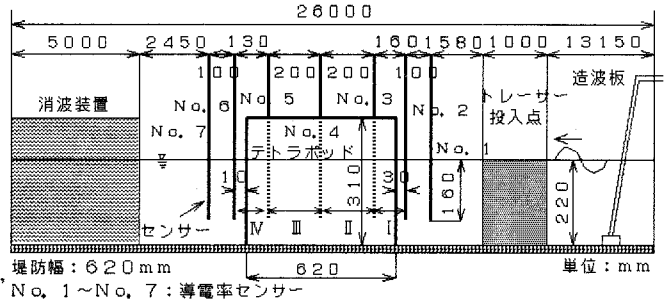


Fig. 1 実験装置及びセンサーの位置

Table 1 実験条件

Case	堤防中心から上流側 450.0cm入射波			堤防中心から下流側 200.0cm透過波		
	周期 (s)	波高 (cm)	波速 (cm/s)	周期 (s)	波高 (cm)	透過率 (%)
Case1	1.9	1.0	71.4	1.95	0.5	50.0
Case2	1.9	2.0	76.9	1.95	0.5	25.0
Case3	1.9	5.1	90.9	2.0	1.0	19.6
Case4	1.9	6.8	142.9	1.9	1.5	22.1
Case5	1.9	7.2	166.7	1.9	1.5	20.8
Case6	1.9	1.0	71.4	1.95	0.5	50.0
Case7	1.9	7.2	166.7	1.9	1.5	20.8

(2) 堤防内の分散係数の測定

導電率測定用のセンサーは2本の鉄心(φ1.5mm)を用いて自作した。センサーはFig.1に示すように堤防上流側2本、下流側2本、及び堤防内3本の7箇所設置した。

トレーサー実験における導電率範囲は、1.0mS/cm以下であり、導電率と塩水濃度との線形性を確認した。

実験にはエタノールで比重調整した100g/Lの食塩水を赤色のインクで着色し、その溶液1Lを堤防上流に設けた柵の間に投入した。投入後に波を起こし、投入点に波が到着すると同時に柵を開け、着色液の分散の状態を可視化すると同時に、各センサーにおける導電率を15秒間隔で測定した。測定値が安定した後、その間隔を、30秒、10分とした。測定終了後、水路内の塩分濃度が均一となった後の導電率の値を基に出力の補正を行った。

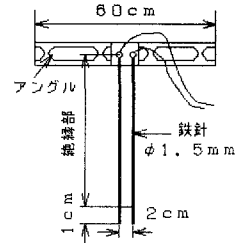


Fig. 2 分散係数測定用導電率センサー

3. 実験結果

(1) 物質輸送状態

測定結果の一部をFig.3, Fig.4に示す。波高が大きいはど堤防上流から下流への物質輸送速度が大きくなり、堤防内の導電率は下流側に行くほどゆっくりと物質輸送が行われていることがわかる。また、テトラポット堤防付近の分散の様子を観察したところ、本研究における物質輸送現象は、一次元的な扱いが可能であることがわかった。

(2) 分散係数の計算

テトラポット堤防内の上流から下流方向への物質輸送現象は一次元フィック型分散方程式

$$\frac{\partial c(t, x)}{\partial t} = K \frac{\partial^2 c(t, x)}{\partial x^2} \quad (1)$$

で表現できる。但し、 $c(t, x)$: 濃度, x : 距離(長さ),

t : 時間, K : 分散係数である。上流側に取り付けられたセンサーの地点 $x=0$ における濃度変化が

$f(t)$ で与えられる場合，初期条件及び境界条件は

$$c(0, x) = 0 \quad (2) \quad c(t, 0) = f(t) \quad (3) \quad \lim_{x \rightarrow \infty} c(t, x) = 0 \quad (4)$$

となり，この境界条件の下で式(1)解くと，

$$c(t, L) = \frac{L}{2\sqrt{\pi K}} \int_0^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{3/2}} \exp\left\{-\frac{L^2}{4K(t-\tau)}\right\} d\tau \quad (5)$$

を得る．ここで K を透過性堤防内の分散係数とし， L を各センサー間の距離と考え，式中の $f(\tau)$ として上流側センサーの出力を与えると，式(5)の左辺は下流側センサーの出力を表すことになる．よって，実測値のフィッティングにより，分散係数を測定することができる．フィッティングはセンサー No.2～No.6からの出力を用い，Fig.1に示すⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳの各領域における分散係数を求めた．

(3) 分散係数の計算結果

Fig.5は堤防の上流から下流までの分散係数の変化を表したものである．分散係数は堤防内でしだいに小さくなることが示されている．テトラポッド堤防内部における分散係数 K と，堤内流速と空隙スケールとの積との関係をFig.6に示す．流速としては水平方向最大速をとり，空隙スケールとしては，堤内空隙体積をテトラポッド全表面積で除した値を用いた．なお堤内流速は，堤外の流速より線形補間を行い計算した．本実験の水理条件の範囲においては，分散係数は流速の増加にほぼ比例して大きくなり，空隙スケールと水平最大流速との積で表されることが示された．

4. 結論

透過性堤防内の分散係数は波動による水平方向最大流速と堤内の空隙スケールとの積で表されることがわかった．また，堤内の空隙スケールは堤内空体積を前提内表面積で除した値で表現できることが示唆された．

謝辞

本研究は，平成3年度科学研究費補助金（奨励研究(A)，課題番号03750468）の補助を一部受けた．ここに記して謝意を表す．

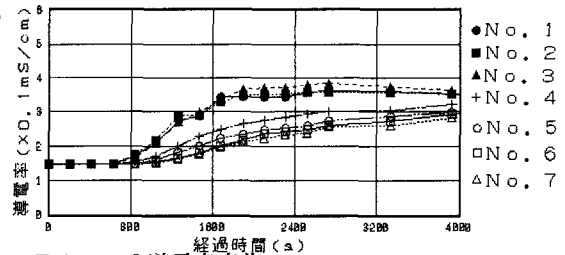


Fig. 3 導電率変化 (平均波高 1.0 cm)

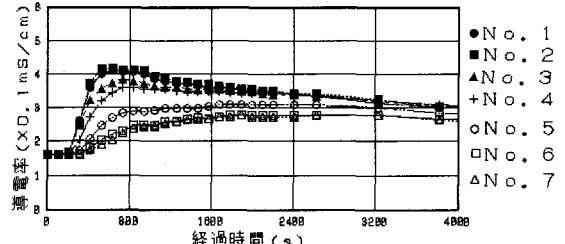


Fig. 4 導電率変化 (平均波高 7.2 cm)

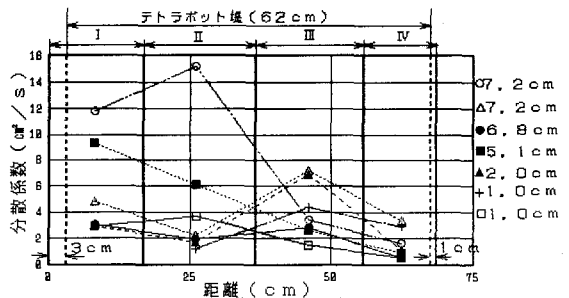


Fig. 5 堤防内の分散係数

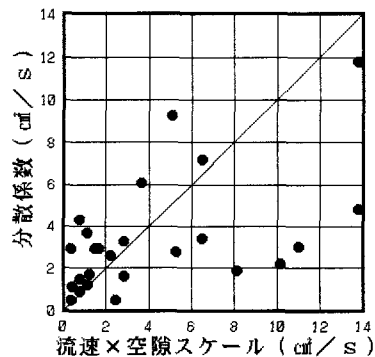


Fig. 6 堤防内分散係数と，水平方向流速と空隙スケールの積との関係