

透過性堤防内部における分散係数と流速変動の測定

武蔵工業大学大学院 学生員 ○熊倉孝雄

武蔵工業大学工学部 正 員 長岡 裕

1. はじめに

透過性堤防を利用した水質浄化は、堤防内部の付着微生物による有機物の分解により行われるが、その浄化効率は堤防内部における物質輸送に依存していると考えられる。そこで本研究では、透過性堤防内部における分散係数と流速変動を測定することにより、堤防内における物質輸送機構の解明を試みた。

2. 実験概要

2-1 実験装置および実験条件

実験には、Fig.1に示すような幅0.6m×高さ1.0m×長さ26.0mの造波水路を使用し、造波装置から約18.2mの位置に、直径75mmの発泡スチロール球を536個積み重ねた透過性堤防を設置した。各Caseにおける実験条件をTable1に示す。ただし、各指標は容量式波高計を使用し、ゼロアップクロス法により決定した。

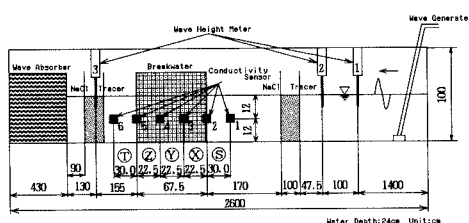


Fig.1 Experimental Setup.

2-2 分散係数の測定方法

エタノールで比重調整したNaCl溶液(100mg/l)を実験1では堤防上流、実験2では堤防下流にある柵の中に投入し、波の到達と同時に柵を開け、各センサー域における導電率の経時変化を測定した。導電率測定センサーには、30mm×30mm×1mmの銅板を使用し、Fig.1に示す水路側面の位置に計6組取り付け付けた。各センサーのリレー間隔は3秒(実験1のCase1～Case3のみ5秒)とし、30分間測定を行った。NaCl溶液には着色インクを投入し、視覚的に物質輸送の様子を観察できるようにした。また、同様な波動条件による導電率測定を3回行い、これらを平均化した導電率変化を、一次元フィック型拡散方程式を用いることにより分散係数の算出を行なった。

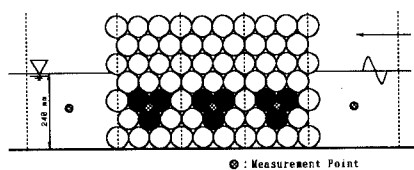
Fig.2 Measurement Point of Velocity.
(a side view of permeable breakwater)

Table1 Experimental Conditions.

Case	T(s)	H(cm)	h(cm)	A _m (cm)	V _m (cm s ⁻¹)
Case 1	1.7	7.6	2.1	3.8	28.5
Case 2	2.4	5.4	1.8	2.7	18.0
Case 3	1.4	8.1	2.0	4.6	32.1
Case 4	1.4	6.1	1.5	3.1	21.1
Case 5	1.7	1.6	0.5	0.8	5.1
Case 6	2.3	3.2	1.0	1.6	8.7
Case 7	1.4	4.8	1.6	2.4	15.8
Case 8	2.3	4.3	1.3	2.2	14.3
Case 9	2.4	7.4	1.9	3.7	23.3
Case10	1.8	8.2	2.4	4.1	19.7
Case11	1.8	6.5	1.9	3.3	24.8
Case12	2.4	5.4	0.7	2.7	13.1

T: Cycle H: Wave Height
h: Permeated Wave Height
A_m: Amplitude V_m: Max Velocity

2-3 流速の測定方法

流速の測定には、後方散乱型2次元光ファイバーレーザードップラー流速計を用い、周波数100Hz、サンプル数4096で導電率測定実験と同じ条件下で行い、測定後にはパーソナルコンピュータを用いてスペクトル解析を行った。測定ポイントは、Fig.2に示すように分散係数を算出した区域の中央部で、水路底面より120mm、水路壁面より75mmおよび37.5mmの位置で行った。スペクトル解析にはFFT(高速フーリエ変換)を用い、さらに波動成分分離法¹⁾により、流速変動を波動成分と乱れ成分に分解した。分離した境界周波数は、波成分と思われる突出部がなくなる位置で、3.5Hz付近までとした。

3. 実験結果

(1) 物質輸送状況および分散係数の算出結果

実験1のCase2における導電率の経時変化をFig.3に示す。導電率は上流側センサーから順に上昇し、ピークに達した後一定となっていることから、堤防内部において物質の拡散が行われていることが解る。

同じ波動条件である実験1と実験2から算出された分散係数は、ほぼ同値となったため、これらを平均した

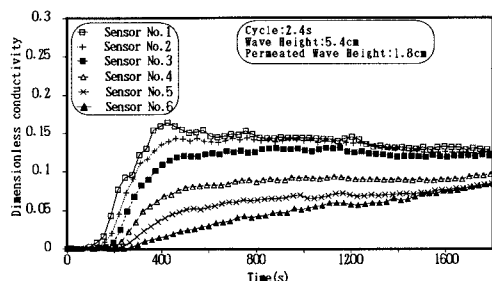


Fig. 3 Variation of Conductivity. (Experiment1-Case2)

値を各Caseにおける分散係数とした。これらの値を各区域について幾何平均した結果をFig.4に示す。ただし、トレーサ投入側センサーの導電率とその隣り合うセンサーとの導電率が逆転していた場合は、分散係数を算出不能とした。Fig.4より、堤防内部において、下流方向へ分散係数が徐々に減少する傾向が見られることから堤防内部の上流程、分散による物質輸送が盛んに行われていることが解る。また、堤防透過前のS域では分散係数が非常に大きく、堤防透過後のT域では堤防内部より比較的上昇することが解った。

(2) 流速の測定結果

堤防内部における物質輸送は波の振幅に依存していると考えられるため、Fig.5,6に振幅別に分類した流速変動と透過距離との関係を示す。振幅および透過距離は発泡スチロール球の直径($d=75\text{mm}$)で、流速変動は最大流速 V_m とで無次元化した。なお、堤防内部については流速変動に空隙率($\lambda=0.445$)を乗じた。Fig.5に流速変動の波成分をFig.6に乱れ成分を示す。堤防内部における流速変動には、波成分と乱れ成分とが存在し、波成分は透過距離に応じて徐々に減衰の傾向を示すが、乱れ成分はほぼ一定になる傾向がある。測定ポイント75mmの場合における無次元化した波成分の流速変動は、振幅が大きい程低い値を示している。これは、波の振幅が大きい程堤防による減衰率が高いことを示している。

4. 考察

堤防の各領域における分散係数を流速変動の波動成分と乱れ成分に関して重回帰した結果をFig.7に示す。多少のばらつきはあるが、分散係数とこれらの要素との間に相関性があると考えられる。

参考文献

- 1) 青野, 服部(1983): 崩れ砕波による乱れの構造特性に関する実験的研究, 中央大学理工学部紀要第26巻, pp77~pp127

謝辞

本研究を行うにあたり、塩沢孝洋氏、久保田嵩仁氏に協力をしていただいたことに深く感謝いたします。

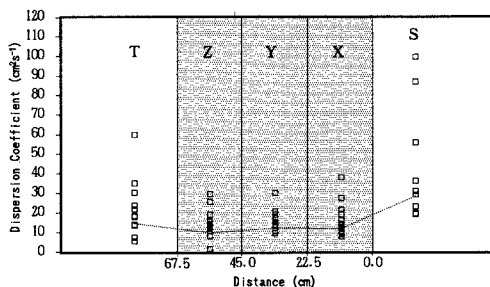
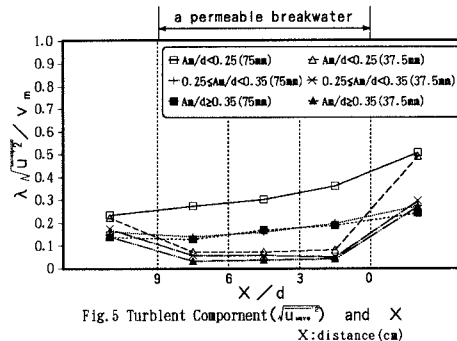
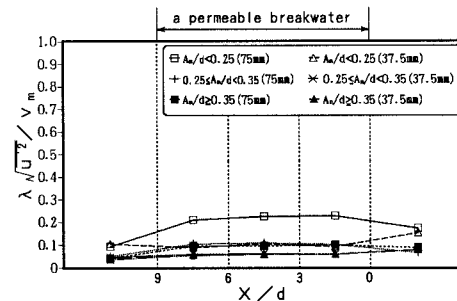
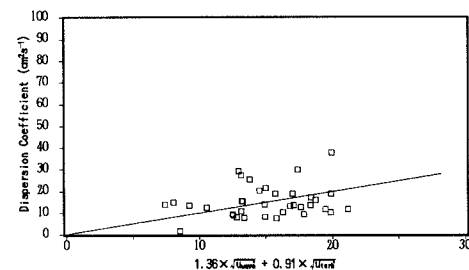


Fig. 4 Dispersion Coefficient and Distance.

Fig. 5 Turbulent Component ($\lambda \sqrt{U'^2}/V_m$) and X
X: distance (cm)Fig. 6 Turbulent Component ($\lambda \sqrt{U'^2}/V_m$) and X
X: distance (cm)Fig. 7 Dispersion Coefficient and $1.36 \times \sqrt{U'^2} + 0.96 \times \sqrt{U'^2}$