

防波堤近傍水域の物質拡散特性

徳島大学工業短期大学部 正員 村上仁士
 徳島大学工業短期大学部 正員 細井由彦
 兵庫県 正員 ○網野雄治

1 まえがき 近年の沿岸部利用の高度化, 多様化にともない, 沿岸部の水質保全が非常に重要な課題となっている。透過性防波堤は堤内外の海水交換を促進するため, 水質浄化の点で非常に有効な構造物であるといえる。しかしながら, 透過堤近傍の水質変化特性に関しては, これまでわずかししか研究が行われていない。そこで, 本研究は透過性防波堤の一種として縦型スリット式透過堤を取りあげ, 風波などの短周期の波動の作用する場および潮流, セイシュなどによる長周期流れの卓越する場に堤を設置した場合について, 堤近傍の水質変化特性を検討しようとするものである。

2 波動場における堤による水質変化特性

1) 実験装置および解析方法 図1に示すような単純な四角柱型の透過堤モデルの開口比 $\mu (=D/B+D)$ を 0.125, 0.25, 0.4, 0.5 の4通り, 堤体幅を $L/8$ (9.4cm), $L/4$ (18.8cm), $L/2$ (37.5cm) の3通りに変化させ, 1次元造波水槽に据え付けた。図-2のように, 堤体から $1/2$ 波長離れた点 (37.5cm) においてトレーサー (4000 ppm食塩水) を瞬間投入し堤体から 20cm, 10cm の点において濃度を読み取る。水槽内の濃度物質の拡散が

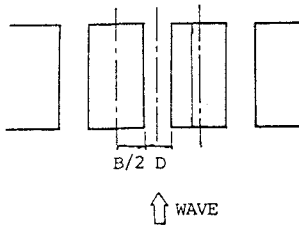


図-1 透過堤モデル

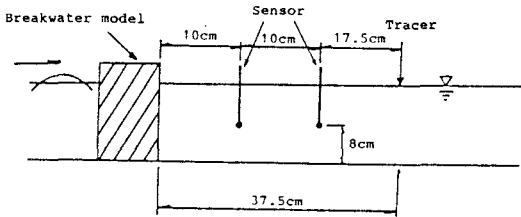


図-2 実験装置の配置

1次元拡散方程式にしたがうとし, 堤による水質物質の反射率を r とすれば堤体からの距離 X_0 の点にトレーサーを投入した場合の点 X における t 時間経過後の濃度は次式で表せる。

$$C(X, t) = (M/2\sqrt{\pi Kx t}) \{ \exp \{ -(X-X_0)^2 / 4Kx t \} + r \cdot \exp \{ -(X+X_0)^2 / 4Kx t \} \} \quad : (X > 0)$$

$$C(X, t) = (M/2\sqrt{\pi Kx t}) \{ (1-r) \exp \{ -(X-X_0)^2 / 4Kx t \} \} \quad : (X < 0)$$

ここで, M は物質の投入総量, Kx は拡散係数である。実験から得られた濃度がこの理論解とよく一致するように Kx および r をさだめる。

2) 実験結果および考察 図-3は, 実験により得られた岸側および沖側における拡散係数 Kx と開口比 μ の関係を示したものである。この図より Kx と μ の間に明瞭な関係はみられない。全体に Kx は $1 \sim 6 \times 10 \text{ cm}^2/\text{sec}$ の値を示しており, これは同様の方法により求めた静水中における拡散係数と比較して $10^3 \sim 10^4$ 倍, 堤設置前と比較して約10倍程度の値となっており, 堤の設置により物質拡散能力が向上していることがわかる。また, ここには示していないが, r の値は, 開口比および堤体幅をを極端に変化させた場合でも, さほど変化はみられず全体に0.1程

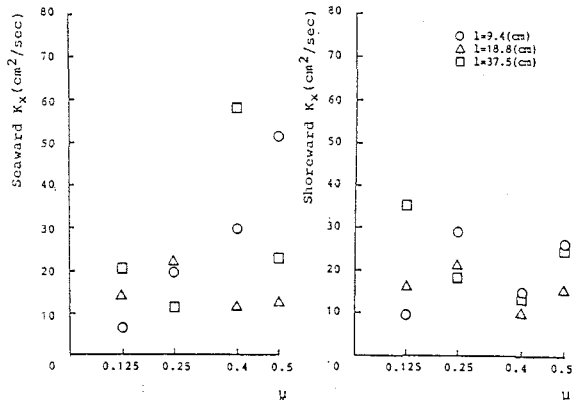


図-3 拡散係数と開口比の関係

度の値となっている。

3 流れ場における堤近傍の物質拡散特性

1) 実験装置および方法 実験は潮流やセイシュを模した一様流を1次元水路に発生させて行われた。設定流速は現地におけるこれらの流れの流速を考慮し、Froudeの相似則より1cm/sec, 3cm/sec, 7cm/secの3通りとし図-1に示したモデルおよび昨年度の本学会で発表したようなさまざまな開口形状をもった透過堤モデルを据え付けて行われた。堤の上流2.5mの点においてトレーサー(20000ppm食塩水100cc)を瞬間面源として投入し、堤の上流0.5mの点と堤の下流1.5mの点および堤の上流0.5mの点と堤の下流2mの点のおおの2点における濃度-時間曲線を用いて移流分散係数 $Kx1$, $Kx2$ を決定した。また同時に堤の上流および下流において水深を測定することによりエネルギー損失率 ε も求めている。

2) 実験結果および考察 図-4は実験により得られた $Kx1$ の値を堤設置前の移流分散係数 $K0$ で除して無次元化した値 $Kx1/K0$ と開口比の関係を示したものの一例である。この図より $Kx1/K0$ の値は開口比、堤体幅が小さいほど小さくなるのがわかる。また、流速が大きくなれば $Kx1/K0$ の値は小さくなり流速の小さな場のほうが堤の設置による拡散促進の効果は大きいといえる。 $Kx1/K0$ の値は全体に2~25程度となっている。図-5は堤体幅18.8cmの堤体について ε と $Kx1$ の関係を開口比、堤体形状および設定流速をパラメータとして示したものである。この図より $Kx1$ は ε の増大とともに増大することがわかり堤によるエネルギーの逸散が拡散に大きく寄与していることがわかる。図-6は等しい開口比および堤体幅をもつ堤体について分散係数 $Kx1$ とエネルギー損失率 ε を比較したものである。この図より分散係数はR.SおよびG.Cタイプが大きくエネルギー損失率はR.S, E.Cタイプで大きくなっており μ および堤体幅が同じであっても開口形状により $Kx1$, ε は異なり Kx の大きさが ε のみによってきまるものでないことがわかる。

4 あとがき 本研究により、波動場においては堤の開口幅を極端に大きくしても水質浄化には、さほど影響しないこと、流れ場においては堤の開口比、堤体幅が小さいほど物質拡散の効果は大きいことがわかった。また、開口比、堤体幅が同じであっても開口形状が異なれば拡散およびエネルギー損失特性に与える影響が異なることがわかった。本研究は文部省科学研究費(三井宏教授代表)および徳島大学教育研究学内特別経費による研究の一部であることを付記し、謝意を表す。

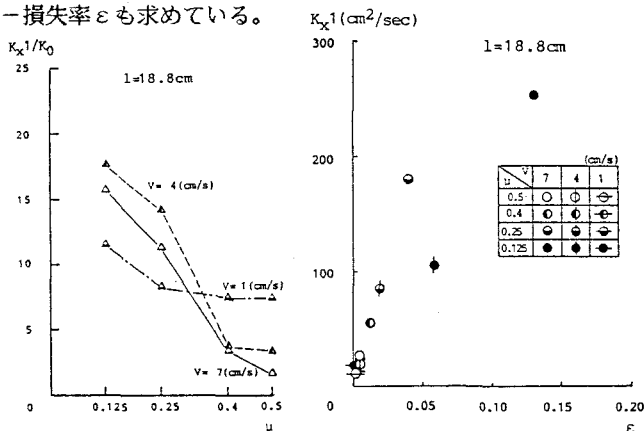


図-4 無次元分散係数と開口比の関係

図-5 分散係数とエネルギー損失率の関係

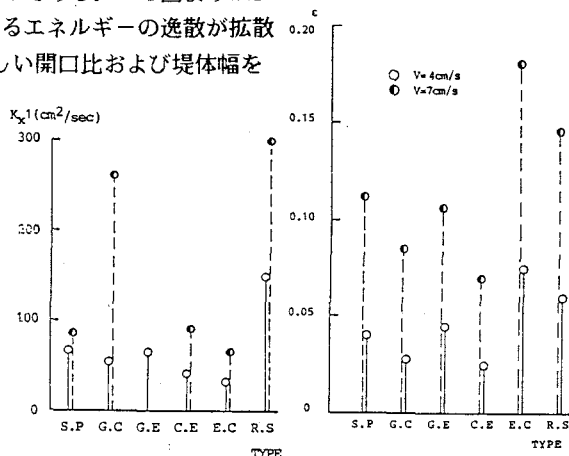


図-6 各形状の透過堤モデルの分散係数およびエネルギー損失率