

透過性防波堤周辺の水質変化特性

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
 徳島大学 大学院 学生員 ○ 網野雄治

1 まえがき 近年のウォーターフロント開発による海域の高度利用が活発になるにともない、水域の環境維持や保全がますます重要となってい、そして防波堤についても消波機能ばかりか汚濁物質の浄化機能を持つ堤体の開発が急務になっている。透過堤の水理特性についてはかなり明らかにされているが水質浄化、再ばつき機能を総合的に判断しようとする研究はあまり行われていない。本研究は、風波および長周期のセイシュ、潮流などを模した一様流場に設置された各種スリット式透過堤が周辺の水質変化に及ぼす影響について考察しようとするものである。

2 波動場における堤による物質の拡散特性

1) 実験装置および解析方法 昨年度の本学会で発表したものと同一透過堤モデルを1次元造波水槽に据え付けた。図-1のように堤体から75cm離れた点に比重調整ずみの4000 ppmの食塩水100ccを瞬間投入し、堤体から2

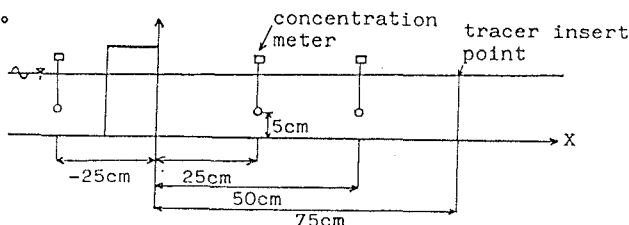


図1 実験装置の配置

5cm, 50cmの点に設置された濃度計により濃度 C を読み取る。堤体前面を $X = 0$ として、投入点の方向を正に X をとり、物質の投入総量を M 、投入点を X_0 、濃度計の位置を X 、経過時間を T とすると、拡散方程式から、堤体にある物質の反射率を r で表せば次式の解を得る。

$$C(X, t) = M / 2\sqrt{\pi DT} \left[\text{EXP} \left\{ -(X - X_0)^2 / 4DT \right\} + r \cdot \text{EXP} \left\{ -(X + X_0)^2 / 4DT \right\} \right] \quad (X > 0) \quad (1)$$

$$C(X, t) = M / 2\sqrt{\pi DT} \left[(1 - r) \text{EXP} \left\{ -(X - X_0)^2 / 4DT \right\} \right] \quad (X < 0) \quad (2)$$

この式により、実験値に最も近似するようにシンプレックス法を用いて拡散係数 D と反射率 r を求める。

2) 実験結果および考察 図-2より拡散係数が大きいほど物質の反射率も大きくなる。これは物質の透過能力の大きい方が、堤体内の物質が堤外に放出されやすく拡散が促進されること、一度堤の最小開口部から反対側に出た物質が往復流の働きで戻り易く、結果的に反射率も大きくなるためである。この特性

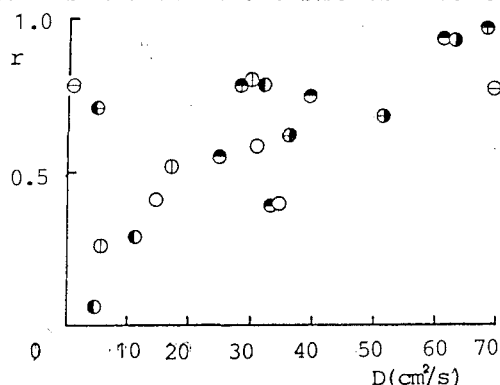


図2 沖側の拡散係数と物質の反射率

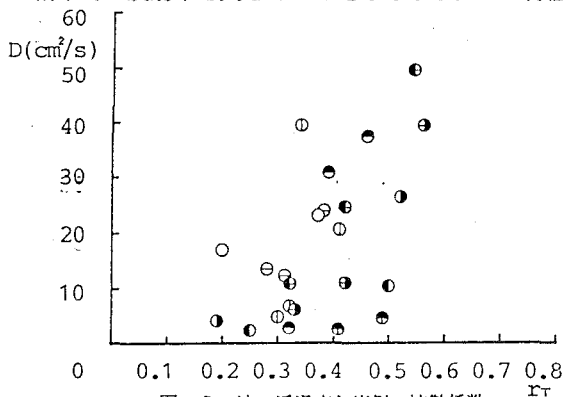


図-3 波の透過率と岸側の拡散係数

① G.C (L/4) ② C.E 1 ○ S.P は岸側についてもいえるが、拡散係数の値は沖側の方が大きい。
 ③ G.C (L/8) ④ C.E 2 ● R.S また、一般的に波のエネルギーは乱れとなって逸散するため、エ
 ⑤ G.E (L/4) ⑥ E.C 1 ネルギー損失率 ε が大きいほど拡散係数も大きくなると考えられ
 ⑦ G.E (L/8) ⑧ E.C 2 るが、乱れの発生場所の違いや物質の透過能力の違いによる拡散促進効果の影響もあり ε と D の明確な関係

は見いだせなかった。図-3に示すように、岸側の拡散係数に関しては、波の透過率 r_T が大きいほど大きくなる。岸、沖側とも拡散係数は開口比、漸変角度により大きく変わるが、一般的には、開口比が大きくなるほど岸、沖側とも拡散効率はよくなる。

3 流れ場における堤近傍の水利、水質特性

1) 実験装置および方法 実験は1次元水路に潮流やセイシュの流速を想定し、堤の縮尺を考慮して1cm/s, 3cm/sおよび5cm/sの流動場を与えた。堤に対して上流、下流側の水深、上下流の堤による水深変化部の代表水深をそれぞれ h_1, h_2, h_{c1}, h_{c2} として、理論的にエネルギー損失 h_L を求めると次式を得る。

$$h_L = \left[1 - \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2 + \frac{4 h_1 (h_1/h_2 - 1)}{h_1 + h_2} \right] \frac{V_1^2}{2g} + \frac{B}{B+D} \cdot \frac{h_{c1}^2 - h_{c2}^2}{h_1 + h_2} \quad (3)$$

ここで、 $h_L = C_L V_1^2 / 2g$ として、 $Fr_1^2 = V_1^2 / 2gh$, $\eta = h_2/h_1$, $\mu = D/(D+B)$:(開口比)を用いると C_L は次式で表される。

$$C_L = 1 - \frac{1}{\eta^2} + \frac{4}{\eta} \left[\frac{1-\eta}{1+\eta} \right] \cdot \frac{2}{Fr_1^2} \cdot \frac{F}{h_1} \quad (4)$$

ここで、 $F = (1-\mu)(h_{c1}^2 - h_{c2}^2)/(h_1 - h_2)$ である。いま、 $h_{c1} = h_1$, $h_{c2} = h_2$ と近似すると、(4)式は簡単になり次式で表わされる。

$$C_L = 1 - \frac{1}{\eta^2} + \frac{4}{\eta} \left[\frac{1-\eta}{1+\eta} \right] \frac{2}{Fr_1^2} (1+\eta)(1-\mu) \quad (5)$$

これより、エネルギー損失係数 C_L を理論的に求めることができる。また、堤の上流において比重調整済みの2000ppmの食塩水100ccを瞬間投入し上流50cmと下流100cmの位置で濃度の時間変化を読み取りモーメント法により拡散係数を求めた。

2) 結果および考察 エネルギー損失係数の実験値と水位差を与えたときの C_L の理論値は Fr_1 の増加にともない減少する。図-4は波と流れ場によるエネルギー損失の割合を比較するためのものである。損失エネルギー h_L を上流側のエネルギーで除して無次元化した堤によるエネルギー損失率 ϵ' を縦軸に、波動場におけるエネルギー損失率 ϵ を横軸にとっている。波動場においてエネルギーが20~60%損失されるのに対して一様流場でのエネルギー損失率は1~2%と小さいことがわかる。また、形状別についてもそれほど大差はない。図-5は ϵ' と濃度実験の結果得られた流れ場での拡散係数 K_f との関係を示している。これによるとエネルギー損失率 ϵ' が大きくなるほど拡散係数も大きくなるといえ、堤によるエネルギー

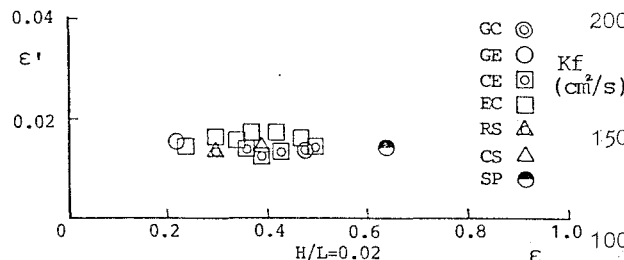


図-4 波動場と一様流場でのエネルギー損失率の比較

一の逸散が拡散に大きく寄与していることがわかる。

4 あとがき 流れ場においては堤の断面形状によるエネルギー損失、拡散特性に大差はないことがわかった。また、ここでは示さなかったが波動場における堤のばつき機能も調べている。本研究は文部省科学研究費(三井宏教授代表)による研究の一部であることを付記し、謝意を表す。

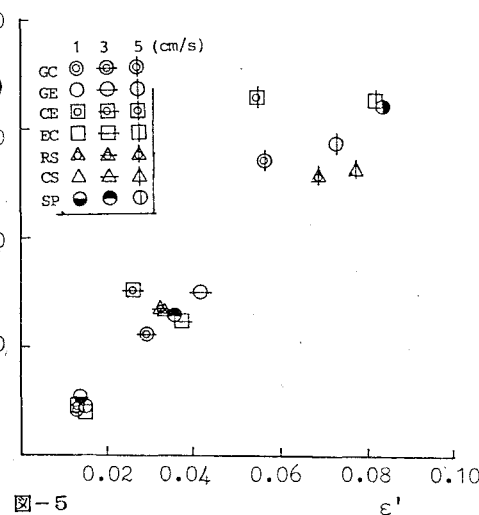


図-5 一様流場におけるエネルギー損失率と拡散係数の関係