

漸変スリット壁透過堤の海水交流に関する二、三の考察

徳島大学工業短期大学部 正 村上仁士

徳島大学工業短期大学部 正 細井由彦

徳島大学大学院

学○合田吉孝

まえがき 港湾の水質汚濁が社会問題化しているが、本研究では透過性の消波構造物が堤内外の水を交換し、湾内の汚染水を希釈するのに有効なものではないと考え、堤体断面の平面形状が漸拡あるいは漸縮をもつ縦型スリット式防波堤をモデルとし、反射、透過特性を求めるとともに、拡散特性についても検討した。

実験方法 長さ15 m、幅18 cm、深さ30 cmの一次元造波水槽にモデルを設置して行った。モデルは開口比 $\mu = D / (D + B)$ を3種類厚さ l を2種類それぞれ変え、漸変角度を 19° と一定にしたものを用い、また、堤体厚さがなく場合に対応する単一板についても同様の開口比のものとした。海水交流特性についての実験装置の配置を図1に示しているが、このように堤背面部を締め切り港外側を食塩により一様濃度とし、3点に濃度計を設置し濃度変化を測定すると同時にスリット部の交流量および流向と時刻の関係を求めるために流速計を設置して流速の計測を行った。

理 論 (1) 反射率、透過率 図2に示すように座標系をとり3つの領域に分けて考える。まず、仮定として波は堤に直角に入射する微小振幅長波であるとする。領域IIについて運動方程式および連続式は次式のようにあらわされる。

$$\partial u / \partial t + g \partial \eta / \partial x = 0 \quad (1) \quad \partial \eta / \partial t + (h/b) \partial (bu) / \partial x = 0 \quad (2)$$

領域IおよびIIIについては連続式が次式のようにあらわされる。

$$\partial \eta / \partial t + h \partial u / \partial x = 0 \quad (3)$$

境界条件はエネルギーおよび質量保存則より次式が得られる。

$$\eta_1 - \eta_2 = (C_A/g) \{ (D+B)/D - 1 \} |u_1| |u_1|, \quad x=0 \quad (4)$$

$$\eta_2 - \eta_3 = (C_B/g) \{ 1 - (D+B)/D \} |u_3| |u_3|, \quad x=l \quad (5)$$

$$(D+B)u_1 = Du_2 \quad x=0 \quad (6), \quad D'u_2 = (D+B)u_3 \quad x=l \quad (7)$$

ここに、 C_A 、 C_B はエネルギー損失をあらわす係数である。

以上のもとで反射率 r_R および透過率 r_T が以下のように求められる。

$$r_R = \sqrt{(\epsilon \beta + \rho \delta)^2 + (\rho \beta - \epsilon \delta)^2} / (\beta^2 + \delta^2) \quad (8)$$

$$r_T = \sqrt{(\xi \beta + \gamma \delta)^2 + (\gamma \beta + \xi \delta)^2} / (\beta^2 + \delta^2) \quad (9)$$

ただし $\phi = C_A/g \{ (D+B)/D - 1 \} |u_1|$, $\psi = C_B/g \{ 1 - (D+B)/D \} |u_3|$

$$\epsilon = \beta + S, \quad \rho = \delta + U, \quad S = 2DHG/p - 2DEL/p$$

$$U = 2DHl'/p - 2DLj/p, \quad \xi = 2D'ME/p - 2D'l'G/p$$

$$\gamma = 2D'Mj/p - 2D'l'l'/p, \quad \beta = AL - f'G + h'E - Fj'$$

$$f' = (1 + \phi g/c)(DH/p), \quad h' = (1 + \phi g/c)(DL/p)$$

$$j' = (1 + \psi g/c)(D'l'/p), \quad l' = -(1 + \psi g/c)(D'M/p)$$

$$\delta = -AG - f'l' + h'j' + FE, \quad b = D + 2x \tan \alpha, \quad A = J_0[kD/\gamma]$$

$$F = N_0[kD/\gamma], \quad H = J_1[kD/\gamma], \quad L = N_1[kD/\gamma]$$

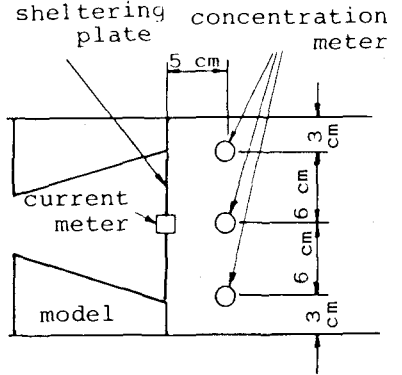


図-1 実験装置の配置

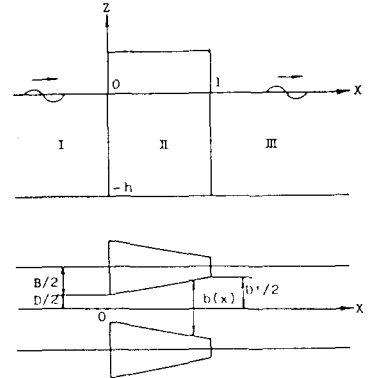


図-2 座標系

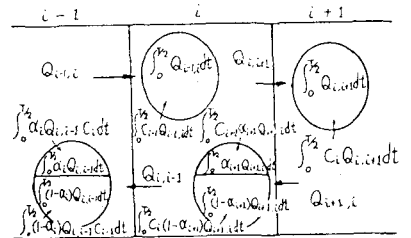


図-3 ボックスモデルの理論

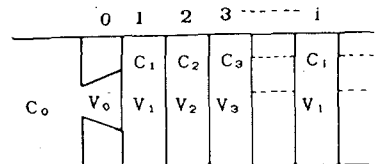


図-4 ボックスの分割方法

$$E = J_0[k(1+D/\gamma)], \quad G = N_0[k\{1+(D/\gamma)\}]$$

$$I = J_1[k\{1+(D/\gamma)\}], \quad M = N_1[k\{1+(D/\gamma)\}]$$

$$p = D+B$$

漸縮スリットの場合についても同様の手法で求めた。

(2) 拡散 海域をボックスに分割し、図3に示すような記号を用い物質の保存則より考えると一周期間の物質量の増加 ($V_i \Delta C_i$) は次のようになる。

$$V_i \Delta C_i = \int_0^T C_{i-1} Q_{i-1, i} dt - \int_0^T C_i Q_{i, i+1} dt - \int_0^T C_{i-1} (1-\alpha_i) Q_{i, i-1} dt$$

$$- \int_0^T C_i Q_{i, i+1} dt + \int_0^T C_{i+1} \alpha_{i+1} Q_{i+1, i} dt + \int_0^T C_i (1-\alpha_{i+1}) Q_{i+1, i} dt \quad (10)$$

ここで、 $Q_{i-1, i} = Q_{i, i-1}$, $Q_{i, i+1} = Q_{i+1, i}$
 $\int_0^T C_i \alpha_i Q_{i, i+1} dt / \int_0^T Q_{i, i+1} dt = \alpha_i \bar{C}_i$, $\int_0^T Q_{i-1, i} dt = \bar{Q}_{i-1}$, $\int_0^T Q_{i, i+1} dt = \bar{Q}_i$
 とおくと(10)式は次のようにかきかえられる。

$$V_i \Delta C_i = \bar{Q}_{i-1} \bar{\alpha}_i (\bar{C}_{i-1} - \bar{C}_i) + \bar{Q}_i \bar{\alpha}_{i+1} (\bar{C}_{i+1} - \bar{C}_i) \quad (11)$$

式(10)より $i=1, 2, \dots, n$ まで加えあわせると

$$\sum_{i=1}^n V_i \Delta C_i = \bar{Q}_0 \bar{\alpha}_1 (\bar{C}_0 - \bar{C}_1) + \bar{Q}_n \bar{\alpha}_{n+1} (\bar{C}_{n+1} - \bar{C}_n) \quad (12)$$

となり $n \rightarrow \infty$ にとると、 $\bar{C}_{n+1} \approx \bar{C}_n$ となるので 0-1 領域の交換率 $\bar{\alpha}_1$ は

$$\bar{\alpha}_1 = \sum_{i=1}^n [V_i \Delta C_i] / \bar{Q}_0 (\bar{C}_0 - \bar{C}_1) \approx V_1 \Delta C_1 / A_{0,1} U_{0,1} (C_0 - C_1) T / \pi \quad (13)$$

ただし、 ΔC_1 : 1 領域における一周期間の濃度変化、 C_0 : 初期濃度
 $\bar{C}_1$: 半周期間の濃度の平均値、 $U_{0,1}$: 0-1 領域間の最大流速

である。本研究においては図4のように分割して計算を試みた。

反射、透過および拡散性 図5に反射、透過特性の一例として反射率 r_R と堤体幅 $1/L$ の関係を示してある。ここでの理論値において $C_A=20$, $C_B=-3$ として計算している。漸拡の場合、反射率は堤体幅の増加とともに大きくなるが、ある値以上になるとそれほど大きくなり、その傾向は開口幅が大きくなるほど顕著である。また、漸縮の場合開口比 μ が 0.0625 と小さければ堤体幅の増大とともに反射率は小さくなるが、開口比が大きくなると、堤体幅がある値で極大値をもつ。一方、透過率は漸縮、漸拡の場合ともに堤体幅の影響をほとんど受けないということがわかった。図7には、拡散特性の一例として波数と3点での平均濃度の関係を示してある。漸縮と漸拡を比較すると濃度変化は後者の方が大きくなっており、また単一板の場合これら以上に濃度変化が大きくなっている。さらに、濃度特性を考察するために(13)式で求められる交換率を一波ごとに求め、それを20波めまでの平均値をとることにより計算を試みた。その結果、海水交換率の平均値は漸縮、漸拡スリット堤による差がほとんどみられず、その値はほぼ 0.1 前後となっていた。

あとがき 本研究は文部省科学研究費自然災害特別研究(代表者 岩垣雄一 京都大学教授)による研究の一部であることを付記し謝意を表する。

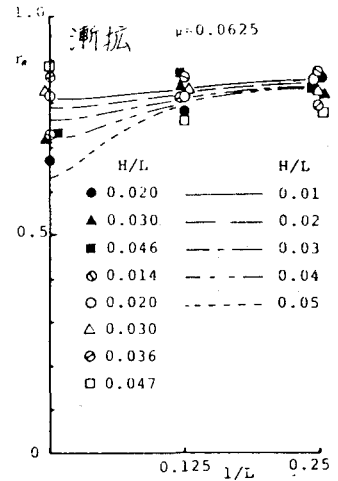


図-5 反射率と堤体幅の関係

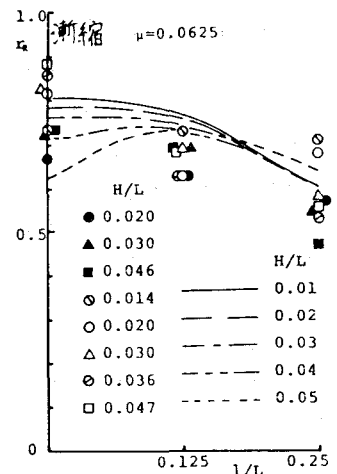


図-6 反射率と堤体幅の関係

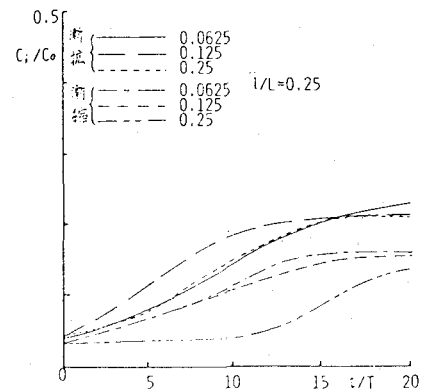


図-7 波数による平均濃度変化