

漸変縦型スリット式防波堤の海水交流特性

徳島大学工業短期大学部 正員 村上 仁士
同 上 正員 細井 由彦
徳島大学大学院 ○学生員 合田 吉孝

1. 緒言 直立消波透過性防波堤は、反射波による擾乱の滅殺、およびそれ自体の軽量化などに効果的である。また、これらのことと共に、現在問題となっている港湾などの停滞水域における水質保全という観点から、海水交換を有するという性質の積極的利用による有効性の検討が必要であろう。そこで、本研究においてはこれらの水理特性を把握することにより、水質保全面と関連づけて検討することを目的として、まず、単純な漸縮、漸拡スリットモデルを用い、水理特性を考察するとともに水質特性についても若干の考察を行なった。

2 理論 (1) 漸縮スリットの場合の反射率および透過率

図-1 に示すように座標系をとり、3つの領域に分けて考える。ただし、ここでは次の仮定に基づき解析を行なった。1) 波は堤に直角に入射する微小振幅長波である。2) 堤沿い方向に波は変化しない。3) 透過波は無限に進行する。4) 全領域の水深は一定である。まず、領域ⅠおよびⅢにおいて水位変動を η 、水平水粒子速度 u 、重力加速度を g とすると、運動方程式および連続式は次のように表わされる。

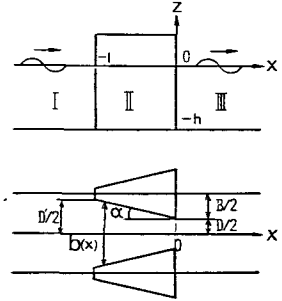


図-1 座標系および記号の説明

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

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

また、領域Ⅱにおいて連続式は次のように表わされる。

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

境界条件としてはエネルギーおよび質量保存則より

$$\eta_1 - \eta_2 = (C_A / 2g) u_1 |u_1|, \quad x = -l \quad (4) \quad \eta_2 - \eta_3 = (C_B / 2g) u_3 |u_3|, \quad x = 0 \quad (5)$$

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

となる。ここに、 C_A 、 C_B はエネルギー損失を表わす係数である。(4)、(5)式は右辺の項を u_1 、 u_3 の一次の項 ϕu_1 、 ϕu_3 とおいた近似式として

$$\eta_1 - \eta_2 = \psi u_1, \quad x = -l \quad (4)' \quad \eta_2 - \eta_3 = \phi u_3, \quad x = 0 \quad (5)'$$

をここでは用いることにする。これより、反射率 r_R および r_T が以下のように求められる。

$$r_R = \{ \sqrt{(E\beta + p\delta)^2 + (p\beta - \varepsilon\delta)^2} \} / \{ \beta^2 + \delta^2 \} \quad (10)$$

$$r_T = \{ \lambda \sqrt{\beta^2 + \delta^2} \} / \{ \beta^2 + \delta^2 \} \quad (11)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} B &= (mD'IF - nDLE - mD'MA + nDHG) / p, & \delta &= (-mnDD'I/L/p^2 - EF + mnDD'HM/p^2) / p \\ \varepsilon &= B - 2D'(IF + AM) / p, & \rho &= \delta + 2DD'n(IL - MH) / p^2, & \lambda &= 2D(HF - LA) / p \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} A &= J_0(kD/r), & E &= J_0(k\{l + (D/r)\}), & F &= N_0(kD/r), & G &= N_0(k\{l + (D/r)\}) \\ H &= J_1(kD/r), & I &= J_1(k\{l + (D/r)\}), & L &= N_1(kD/r), & M &= N_1(k\{l + (D/r)\}) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$m = 1 + \psi g / C, \quad n = 1 + \phi g / C, \quad p = D + B, \quad C = \sqrt{gh}, \quad k = 2\pi / L$$

ただし、 J_0 、 J_1 はベッセル関数、 N_0 、 N_1 はノイマン関数の0次と1次をそれぞれ表わすものとする。

(2)漸拡スリットの場合

漸縮スリットの場合と同様の手法で反射率 R および透過率 T を求めると以下の式を得る。

$$R = \{ \sqrt{(\epsilon' B' + P \delta')^2 + (P B' - \epsilon' \delta')^2} / \{ B'^2 + \delta'^2 \} \} \quad (14)$$

$$T = \{ \chi \sqrt{B'^2 + \delta'^2} / \{ B'^2 + \delta'^2 \} \} \quad (15)$$

ただし

$$B' = \{ AL - n(DHG + DLE) / P - m D' I F / P \}, \quad \delta' = \{ -AG - mn DD' (ML - LI) / P^2 + FE \} \quad (16)$$

$$\epsilon' = B' + 2D(HG - EL) / P, \quad P' = \delta' + 2DD' m (MH - LI) / P^2, \quad \chi = 2D'(-IG + ME) / P$$

である。

表-1 実験諸元

NO.	μ	L (cm)	D (cm)	B (cm)
1	0.0625	0	1.1	17.1
2	0.125	0	2.3	15.9
3	0.25	0	4.6	13.6
4	0.0625	9.4	1.1	17.1
5	0.125	9.4	2.3	15.9
6	0.25	9.4	4.6	13.6
7	0.0625	18.8	1.1	17.1
8	0.125	18.8	2.3	15.9
9	0.25	18.8	4.6	13.6

3. 実験装置および方法

長さ14.4m,幅20cm,深さ30cmの一次元

元造波水槽に造波板から約10mの位置に単

一板または漸縮スリットモデルを設置し

周期 $T=0.75$ sec,水深 $h=15$ cmのもとで行

なった。表1に実験諸元を示すが表中の μ は $D/(D+B)$ で表わされる開口比である。反射率はHealyの方法,透過率は容量式波高計を用い算出された。また,濃度変化は食塩水で堤内の濃度を一様にした後,波による濃度変化を測定した。

4. 反射・透過・エネルギー損失 濃度減衰特性

図-2は, R および T と μ との関係を示したもので,漸拡をG・E漸縮をG・Cと略称し,丸印は実験値,理論値は線表示してある。図より理論値と実験値を比較すると T の場合,エネルギー損失を考慮しない $\phi=\psi=0$ では実験値より過大な値となっている。また,実験値は漸縮の方が R , T ともに小さな値となっているので水理面からは有利といえよう。理論値で逆の傾向となったのは単に $\phi=\psi$ といたためであり, ϕ , ψ の定量的評価は今後の問題である。図-3は, R および T と堤体幅の関係で, R の場合, T に比べ堤幅に左右されやすく,また,極大値となる堤幅の存在が実験値,理論値の両面から示唆される。図-4はエネルギー損失 $\epsilon=1-R^2-T^2$ と μ との関係を示したものである。これより漸縮の場合の方がエネルギー損失が大きく μ に左右されやすいことがわかる。図-5は単一板の場合の港内の初期濃度 C_0 に対する任意の時間 t における港内濃度 C_t との比 C_t/C_0 と経過時間 t との関係を示したもので,これより μ が大きいからといって濃度減衰されやすいとは限らないということがわかる。

5. あとがき

今後の課題として,先に述べたエネルギー損失を考慮に入れた解の問題,濃度減衰実験における再現性にやや疑問があること,漸拡,漸縮の角度の影響などが残ったので今後検討したい。最後に本研究は文部省科学研究費(自然災害特別研究 代表者 尾島 勝 徳島大学助教授)による研究の一部であることを付記して謝意を表わす。

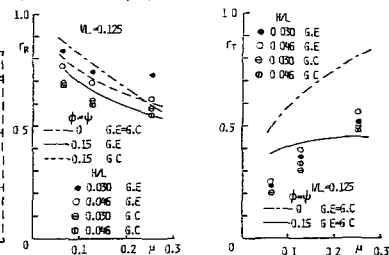


図-2 R と μ および T と μ との関係

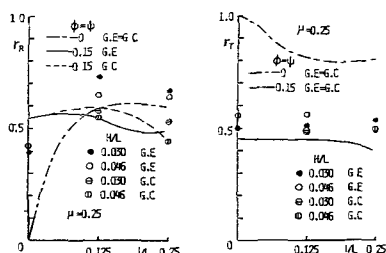


図-3 R と L/L および T と L/L との関係

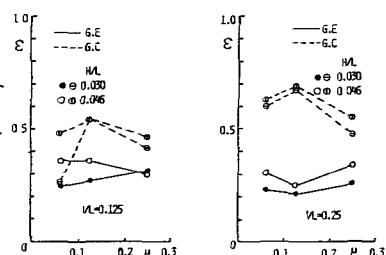


図-4 ϵ と μ との関係

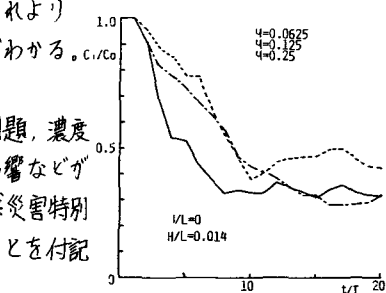


図-7 C_t/C_0 と t/T との関係