

透過性防波堤の海水交流に関する一考察

鹿児島大学工業短期大学部 正岡 村上 三士

1. まえがき： 港湾地を静穏にするという防波堤本来の機能と逸脱しはいかず、水質汚染の防止という見地に立てば、ある程度の透過性を計しても防波堤の機能を損ねず港内外の海水の交流がなされる透過性防波堤が有効であろう。こうした透過性及び反射・透過特性については従来から多くの研究がなされているが、海水の交流特性に関する研究例は多くない。ここでは、この種の研究の基礎資料を得ようとする試みから、最も簡単な単一壁の透過堤を考え、反射・透過および海水交流特性に関する若干の実験的考察が行われている。

2. 実験方法： 長さ14m、幅50cm、深さ75cmの1次元透過水槽の中央部に多孔壁（透過堤）を設置し、一定水深（40cm）のもとで実験が行われた。透過堤の空隙率 μ は、0.103, 0.229, 0.412 および0.524の4通りである。実験には、港内に透過した波が湾奥に向って無限に進行する場合（湾奥からの反射波がない場合）と、その透過波が湾奥で反射する場合の2種類に分けられた。こうした場合の透過堤の反射率および透過率の測定方法は通常の方法であるが省略する。一方、透過堤の海水交流を調べるために、港内に一定濃度とばらばらに食塩（約300ppm）を混和し静置した後、波動による港内の導電率を測定し、その濃度変化によって海水交流特性を調べた。ただし、導電率計の検出部の設置位置は防波堤より港内側25cm、設置深さ20cmである。

3. 湾奥からの反射波がない場合の実験結果とその考察： (1) 透過および反射特性 — 図-1は空隙率 μ の変化に伴う透過堤の透過率 T の変化を示したもので、 μ が大きくなるに伴い T が増大し、一定の空隙率については相対水深 h/L が大きくなるほど T が増大することがわかる。図中の実線は、腹起の理論¹⁾による計算結果で式に基づいている。 $T = (2R/B)(h/L)\{\beta + (kh/\tanh kh)\}^{-1} + \sqrt{1 + (\theta/h)(h/L)\{\beta + (kh/\tanh kh)\}^{-1}}$ (1) に対し、 $\alpha = (kh/\sinh kh)\{1 + (\sinh^2 kh/3)\}$, $\beta = (1/2)(kh/\tanh kh)\{1 + (2R/\sinh 2R)\}$, $\theta = (2g)\{[(C\mu)^{-1} - 1] - 2[(C\mu)^{-1} - 1]^2\}$ で、 H_2 は入射波高、 $k = 2\pi/L$, L は波長、 C は流量係数である。 C は μ によって異なるが、計算に用いるには、 $\mu = 0.103, 0.229, 0.412$ および0.524について、それぞれ $C = 0.476, 0.358, 0.412$ および0.294が用いられている。一方、図-2は上述の場合の反射率 R を示したもので、 R は T と逆の傾向を示し、理論曲線と合わせ $R = 1 - T$ は実験値よりも若干の値を大きく見積ることがわかる。図-3は空隙率の変化に伴う透過堤によるエネルギー透過率 E （入射波のエネルギーに対する堤による損失エネルギー）の変化を示しており、 μ が大きくなるに伴い E が大きくなり、 h/L が小さいほど一定の μ に対してエネルギー透過率が大きいことがわかる。ただ、本実験では μ が最小の場合で0.103であるが、 μ がさらに小さくければ E の極大値が存在するはずであるが、今回の実験では不明である。

(2) 海水交流特性 — 図-4は空隙率 μ の変化と港内濃度 C_i との関係を示したもので、入射波の濃度と C_0 として $C_0 - C_i$ （ C_0 は初期濃度）を求め、20波および35波目で平均した濃度 $C_0 - C_i$ を初期濃度で無次元化して表示している。したがって、入射波まで港内濃度の減衰がなければ $(C_0 - C_i)/C_0$ は0と等しいはずである。図から、空隙率 μ が小さくほど $C_0 - C_i/C_0$ は大きく、港内の濃度減衰は大きく、海水交流が促進されること、また当然のことながら、波数が増えるにつれて海水交換量が增大することがわかる。

以上のことから、透過堤の空隙率を小さくしたために海水交流が阻害されることには必ずしもならないことが明らかになった。

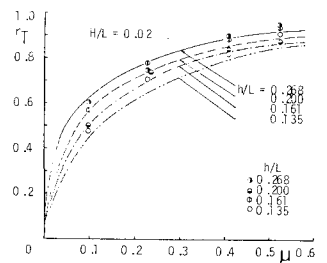


図-1. T と μ の関係

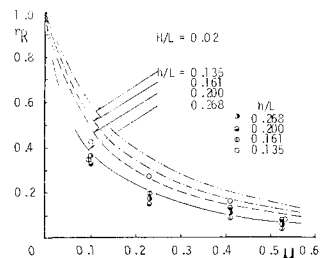


図-2. R と μ の関係

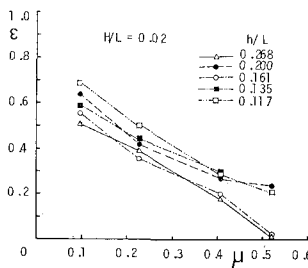


図-3. ε と μ との関係

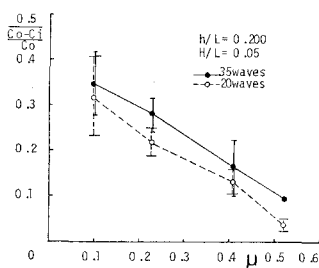


図-4. 濃度特性

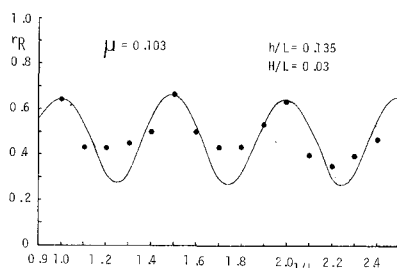


図-5. R_r と l/L との関係

4. 湾奥からの反射波がある場合の実験結果とその考察:

(1) 透過堤前面の反射率および湾内波高特性 — 図-5は港湾長さ l の変化に伴う透過堤前面での反射率 R_r の変化を示してあり、港湾長さ l の変化につれて R_r は周期的に変動することがわかる。参考のため、図-2の $\mu = 0.103$, $l/L = 0.135$ の実験値の印の値と比較すると $l/L = n/2$ ($n=0, 1, 2, \dots$) のとき、この値よりもかなり R_r は大きな値をとることがわかる。図中の実線は、橋本らの理論に基づく計算結果で詳細は原論文と参照されたい。図-6は、湾内の水面振動の最大値 R_b の変化を示し、縦軸に水面振動の最大値と入射波高 H_i との比 R_b/H_i 、横軸に相対港湾長さ l/L ととてある。図中の実線は前述の橋本らの理論による計算結果で、 $l/L = n/2$ ($n=0, 1, 2, \dots$) のとき湾内で波高の極大値が生ずる。極大値についてみれば計算値は実験値よりもかなり大きくなっているのは流体的な端角はほぼ一致しているといえる。したがって、湾外の反射率を減少し、かつ湾内の波高を減ずるには $l/L = (2n+1)/4$ ($n=0, 1, 2, \dots$) とすればよい。(2) 海水交流特性 — 図-7は空隙率 μ が 0.103 の場合について l/L の変化に伴う湾内濃度の変化を示したものである。湾内濃度は周期的に変化する様相がうかがえ、 l/L が 1.1 および 1.7 のとき海水交流は速く、 l/L が 1.2 および 1.8 のときそれはいくつか遅いが、湾内波高との関連のみみると最適港湾長はみつけがたい。図-8は湾内波高が極小値に近い値をとる $l/L = 1.29$ の場合について、空隙率 μ の変化に伴う湾内濃度の変化の様子を示したものである。 μ が小さくほど海水交流は促進されるが、 μ がある値以下になれば湾内外の海水交換が期待できなくなる可能性も図は示唆している。

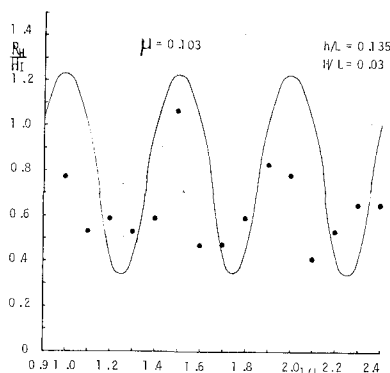


図-6. R_b/H_i と l/L との関係

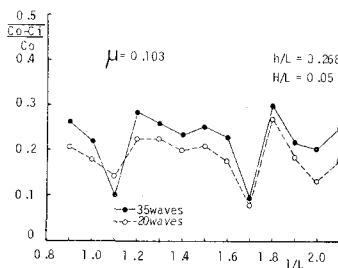


図-7. 濃度特性

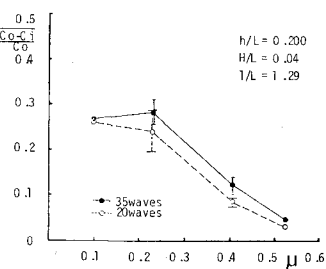


図-8. 濃度特性

5. あとがき: 透過堤の海水交流特性はある程度把握しえたが、空隙率 μ が 1 以下の場合で海水交流が最も促進される可能性があり、その限界については明確にしえなかった。さらに、湾奥から反射波がある場合についても港湾長さ l と海水交流との関係は今後より一層明確にすべきである。

最後に本研究にあたり、実験および資料整理に御協力いただいた水田輝彦君(元学視学生)に謝辞の意を表す。

参考文献

- (1) 服部: 多孔壁式防波堤の水理特性, 第18回海洋工学講演会論文集, pp. 115-120, 1971.
- (2) 橋本・岩田: 多孔壁式消波岸壁の水理特性に関する二、三の考察, 工学会論文報告集, No. 220, pp. 53-63, 1973.