

## 二重スリット堤の消波機能に与える堤体内水深の影響

大阪市立大学工学部 正会員

角野昇八,

NKK都市工学研究所

正会員

塩崎禎郎

大阪市立大学工学部 学生員 ○

新谷尚弘,

(株)大林組

服部哲史

1. まえがき 透過波および反射波の発生を抑えるだけでなく、港内潮流に与える影響が少なく、さらに港内外の海水変換の促進も期待できる二重スリット堤に関して、その透過率および反射率の特性に関する数値計算結果を報告した<sup>1)</sup>。本稿では、堤体の諸元を若干変えて行った計算結果とあわせて、その特性、特に堤体内水深の影響をより総合的に検討した結果を報告する。

## 2. 理論

## (1) 支配方程式と境界条件

図-1に示すように、二重スリット堤体の二次元断面を考える。堤体は、二重の縦スリット壁とその下部の不透過部からなっている。流体領域( $\Omega$ )では非圧縮・非回転の流れを仮定し、微小振幅波理論を適用する。以下に支配方程式と境界条件を示す。

$$\nabla^2 \phi = 0, \text{ in } \Omega \quad (1) \quad \partial \phi / \partial x = 0, \text{ on } S_u \quad (4)$$

$$\partial \phi / \partial y - \nu \phi = 0, \text{ on } y = 0 \quad (2)$$

$$\partial \phi / \partial y = 0, \text{ on } y = -h, -h_s \quad (3) \quad \lim \left( \frac{\partial \phi}{\partial |x|} - ik\phi \right) = 0, \text{ on } |x| \rightarrow \infty \quad (5)$$

ここに、 $\sigma = 2\pi/T$ ( $T$ :波の周期)、 $i$ :虚数単位、 $\nu = \sigma^2/g$ ( $g$ :重力加速度)、 $k$ :波数、 $S_u$ :不透過面である。式(5)の放射条件は、図-1に示す領域では、複素透過率: $\rho_T$ 、複素反射率: $\rho_R$ として以下のおくことができる。

$$\phi(x, y) \rightarrow (e^{ikx} + \rho_R e^{-ikx}) \frac{\cosh k(y+h)}{\cosh kh}, \quad x \rightarrow -\infty \quad (6)$$

$$\phi(x, y) \rightarrow \rho_T e^{ikx} \frac{\cosh k(y+h)}{\cosh kh}, \quad x \rightarrow +\infty \quad (7)$$

## (2) グリーンの定理による定式化(外的解)

図-1に示すように、流体領域をスリット壁を境界として3つの領域に分け、それぞれの領域についてグリーンの定理を適用すると、各領域内の速度ポテンシャルを未知関数とする3つの式を得る<sup>1)</sup>。

## (3) スリット近傍の流れを表す解(内的解)

前節で導出した解にはスリットの影響が考慮されていないので、そのままでは解としては不完全である。そこで、これらの解をスリットからある程度離れた地点での挙動を表す解(外的解)としてとらえ、別にスリット近傍の挙動を表す解(内的解)としてスリットを過ぎる流れを表す解を用意し、両者を接合することによって最終の解を得ることとする。内的解は以下に表わされる。

$$\phi(x, y) = (\xi \pm C(\eta))U(\eta) + C'_0(\eta) \quad (8)$$

ここに、正負符号はそれぞれ領域2, 3または領域1, 2に対応しており、 $U(\eta)$ は一樣流部での流速、 $C'_0(\eta)$ は任意定数である。また、 $C(\eta)$ は *blockage coefficient* と呼ばれる定数で、柱体列の平面断面から一義的に決定されるような理論実定数であり、単純断面に対しては既にその形が求められている。

## (4) 外的解と内的解の接合

スリット壁近傍において内的解と外的解を接合するために、2.(2)で外的解として求められた解のスリット壁近傍での漸近解を求め、それらの壁沖岸間での差をとる。これらを式(8)から求められる同様のポテンシャル差と等値すれば最終的に解くべき積分方程式として以下の式(9)、(10)を得る。

$$\int_{-h_s}^0 U_2(\eta) \{G_3(0-, y; 0-, \eta) + G_2(0+, y; 0+, \eta)\} dy - C_2(\eta) U_2(\eta)$$

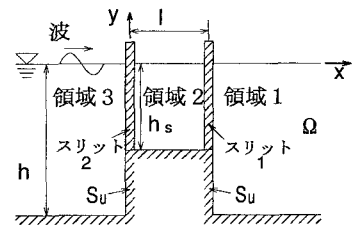


図-1 座標系

キーワード: 二重スリット堤, スリット堤, 境界積分法, グリーン関数, 透過率, 反射率

連絡先: 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学工学部土木工学科河海工学研究室 Tel.06-605-3078

$$= \phi_0(0_-, \eta) - \int_{-h_s}^0 \left\{ \phi_2(l_-, y) \frac{\partial G_2}{\partial x}(l_-, y; 0_+, \eta) - U_1(\eta) G_2(l_-, y; 0_+, \eta) \right\} dy \quad (9)$$

$$\int_{-h_s}^0 U_1(\eta) \{ G_2(l_-, y; l_-, \eta) + G_1(l_+, y; l_+, \eta) \} dy - C_1(\eta) U_1(\eta) \\ = - \int_{-h_s}^0 \left\{ \phi_2(0_+, y) \frac{\partial G_2}{\partial x}(0_+, y; l_-, \eta) - U_2(\eta) G_2(0_+, y; l_-, \eta) \right\} dy \quad (10)$$

ここに、 $\phi_0$ は入射波の速度ポテンシャルであり、 $\phi_i$ あるいは $G_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) は、領域  $i$  内の速度ポテンシャルあるいはスリット壁以外の境界条件を満たすグリーン関数である。

### 3. 計算結果

式(9)、(10)中の未知関数 $U_2(y)$ 、 $U_1(y)$ および $\phi_2(0_+, y)$ 、 $\phi_2(l_-, y)$ は、外的解に対する式(9)および式(10)を連立させて解くことにより求められる。その具体的操作は、積分回路を離散化することによってなされる。本計算手法の基本的な妥当性は、一様水深水域に設置された正方形断面角柱列( $h_s = h$ )の反射率・透過率に関する解析解<sup>2)</sup>と比較することにより確認した。前回の検討<sup>1)</sup>は、一様部水深 $h = 15\text{m}$ 、消波室幅 $l = 6\text{m}$ 、開口率(沖側)0.4、同(岸側)0.2とし、1m辺長の正方形断面の柱体列のスリット壁を対象として、その消波室内水深の影響を見たものであった(ケース1)。今回は、より現実的な堤体として、消波室幅 $l = 4\text{m}$ (他の諸元は前回と同じ)のもの(ケース2)と、0.5m辺長の柱体列のスリット壁(他の諸元は前回と同じ)のもの(ケース3)の特性も考慮に入れて考察を加える。

図-2および図-3は、ケース1の透過率( $K_T$ )および反射率( $K_R$ )を示す。また図-4および図-5はケース2の、さらに図-6および図-7はケース3の同様の図である。これらの図より、消波室幅を6mから4mに狭めても相対消波室幅( $l/L$ )に対する消波特性は殆ど変わらないことが明らかである。また、柱体断面を1m辺長のものから0.5m辺長のものにした場合には、反射率は全般に小さくなるものの、透過率は殆どの場合にやや大きくなる傾向にあることがわかる。なお、上述の観点からみたこの場合の最適の消波室内水深は、全水深に対して30～40%程度である。

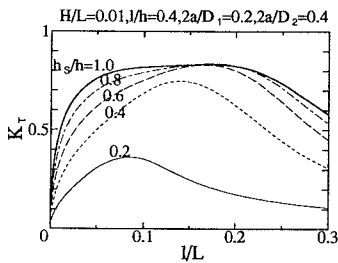


図-2 透過率(ケース1)

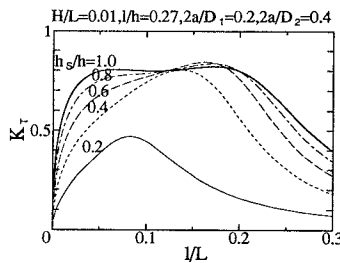


図-4 透過率(ケース2)

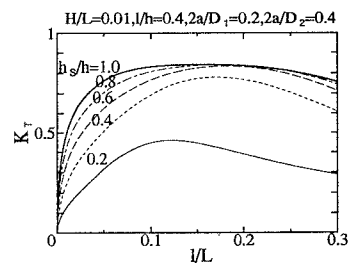


図-6 透過率(ケース3)

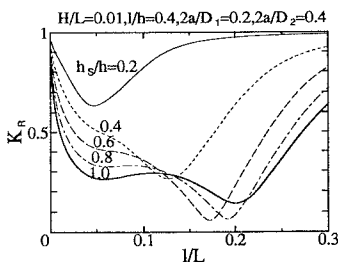


図-3 反射率(ケース1)

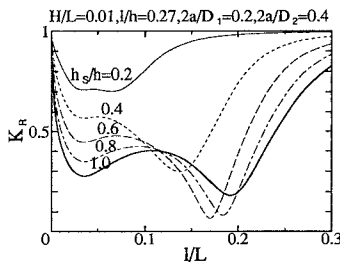


図-5 反射率(ケース2)

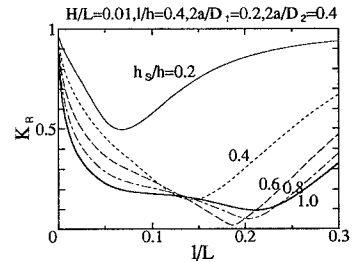


図-7 反射率(ケース3)

### 参考文献

- 1) 角野・塩崎・新谷・服部, 平成10年度関西支部論文集, 1998, (印刷中)
- 2) 角野・仲田, 海岸工学論文集第40巻, 1993, pp.661-665