

大阪市立大学工学部 正会員

角野昇八

大阪市立大学工学部 学生員 ○

新谷尚弘

1. まえがき 円形セルを一行に並べたセル護岸構造物は、施工性と経済性において多くの特徴を有している。しかるに、その前面には連続した凹凸の平面形状があるために、前面波高分布がその影響を受けることになる。松村ほか¹⁾は、その影響を実験的ならびに非定常緩勾配方程式を用いた数値計算でその特性を明らかにしているが、本研究では、セル護岸構造物の前面波高分布を境界要素法を用いた数値解析により求め、セル接続部に設けたアーク部の効果について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、セル護岸構造物は、セル部とアーク部を持つ水面突出型直立式構造物で、一様水深 h の流体領域 Ω の海域に、平面的に規則配列されている。これより、構造物のセル部頂部を通る鉛直断面を対称に無限に規則配列された構造物であると考え、流体領域 Ω を境界 Γ_1 、 Γ_3 で領域分割した。境界 Γ_2 、 Γ_4 はそれぞれ、放射境界、構造物表面境界である。流体領域 Ω 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。いま、回折散乱波ポテンシャルの時間項を除く項 ϕ_s を式(1)のようにおくと、支配方程式および境界条件は次の式(2)～式(7)で表される。

$$\phi_s(x, y, z) = \hat{\phi}_s(x, y) \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \hat{\phi}_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \hat{\phi}_s}{\partial y^2} + k^2 \hat{\phi}_s = 0 \quad , \text{in } \Omega \quad (2)$$

$$\frac{\partial \hat{\phi}_s}{\partial n} + p \hat{\phi}_s - q = 0 \quad , \text{on } \Gamma \quad (3)$$

$$\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4 \quad (4)$$

$$p = 0 \quad , q = 0 \quad , \text{on } \Gamma_1, \Gamma_3 \quad (5)$$

$$p = ik \quad , q = 0 \quad , \text{on } \Gamma_2 \quad (6)$$

$$p = 0 \quad , q = -\frac{\partial \hat{\phi}_0}{\partial n} \quad , \text{on } \Gamma_4 \quad (7)$$

ここに、 $\hat{\phi}_s$ ：水表面における回折散乱波ポテンシャル、 k ：波数($2\pi/L$ 、 L ：波長)、 n ：境界外向き法線ベクトル、 i ： $\sqrt{-1}$ 、 $\hat{\phi}_0$ ：水表面における入射波ポテンシャルである。

(2) 基本解 式(2)で表される2次元Helmholtz方程式のGreen関数を ϕ^* とすると、 ϕ^* は次の式(8)で表すことができる。

$$\phi^* = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(kr) \quad (8)$$

ここに、 r はわき出し点 (ξ, η) と場の任意点 (x, y) との間の距離、 $H_0^{(1)}$ は、0次第1種のHankel関数である。 ϕ^* としてこの関数を選んだことによって、境界 Γ_2 の放射境界条件を解自体が満足していることになり、定式化するには、式(6)で表される放射境界条件を与えなくてよいことになる。

3. 計算結果 本数値解析手法の基本的な妥当性は、壁面を鉛直不透過面とした計算での確認、および松村ら¹⁾によって、設置水深 $h=15.0\text{m}$ 、セル部半径 $R_1=12.7\text{m}$ 、アーク部半径 $R_2=7.3\text{m}$ で、アーク部が1/4円のセル護岸構造物の条件を想定した、縮尺2/125の下行われた実験結果と比較し、ほぼ一致することにより確認した(図-2参照)

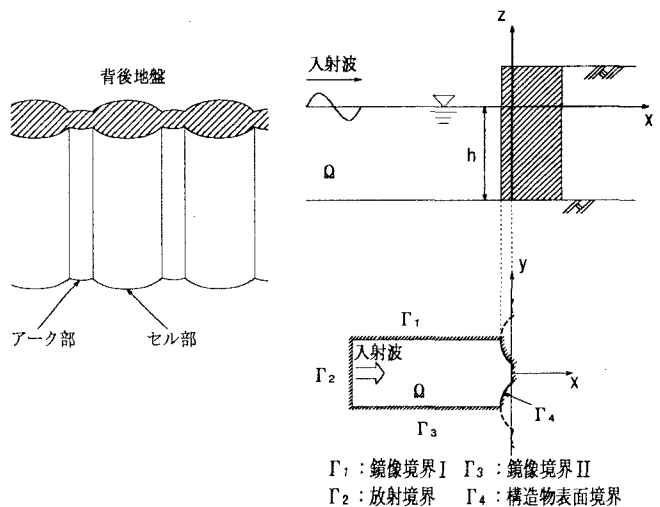


図-1 セル護岸構造物

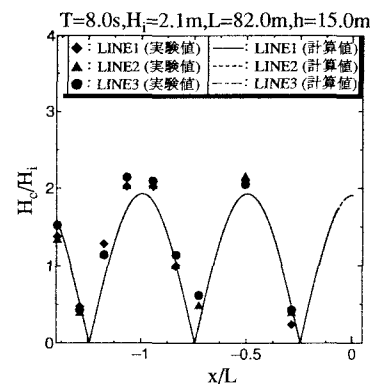


図-2 実験結果及び計算結果

(1)セル部半径が構造物前面波高分布に与える影響 セル部の半径が構造物前面波高に与える影響を探るため、セル部半径・波長比 R_1/L を変化させて計算を行った。アーク部は1/4円(アーク部半径・セル部半径比 $R_2/R_1=4/7$)とする。また、計算位置は、(i)セル部頂部、(ii)セル部とアーク部との接続部、(iii)アーク部頂部の構造物直前から沖側方向とし、それぞれ、LINE1、LINE2、LINE3とした。図-3～図-5に、 $T=5.8s$ 、 $L=50.0m$ 、 $h=15.0m$ の波の条件に対して、 R_1/L を変化させた時の構造物前面波高分布を示す。

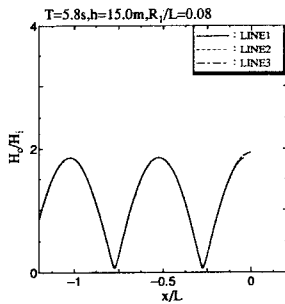


図-3 構造物前面波高分布
($R_1/L=0.08$)

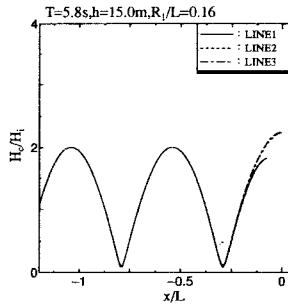


図-4 構造物前面波高分布
($R_1/L=0.16$)

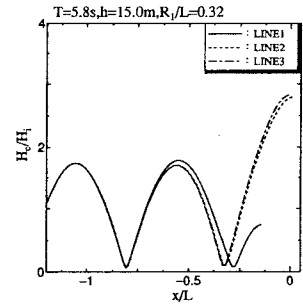


図-5 構造物前面波高分布
($R_1/L=0.32$)

図-3、図-4より、 $R_1/L=0.2$ 程度までは、前面波高分布の差が殆ど見られない。図-5に示すように、 $R_1/L=0.3$ 程度を越えると、LINEによって波高分布の差が見られ、特に、構造物直前で著しい。また、その影響範囲は半波長程度沖合までとなっている。また、LINE1のセル部頂部直前で低い波高値を示しているが、これは接続部での波高増大に対応する現象と思われる。

(2)アーク部の有無が前面波高に与える影響 前面波高分布に大きな影響が見られた $R_1/L=0.32$ ($R_1=16.0m$ 、 $L=50.0m$) の場合について、アーク部がない場合の計算を行い、その有無による前面波高分布に与える影響を探る。計算は、セル部頂部前面(LINE1)および接続部前面(LINE3)で行った。図-6は、その場合のLINE1およびLINE3上での波高分布の比較である。接続部直前の波の集中効果により、LINE3の接続部直前で波高がきわめて大きな値となっているのがわかる。また、図-7および図-8より、アーク部設置の効果は特に直前できわめて大きく、また、沖合にまで効果が及んでいることがわかる。図-8によれば、図-5同様、セル部頂部直前で低い波高値を示しているが、これは接続部での波高増大に対応する現象と思われる。

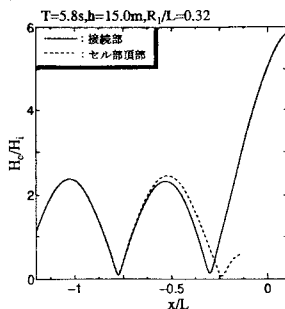


図-6 構造物前面波高分布

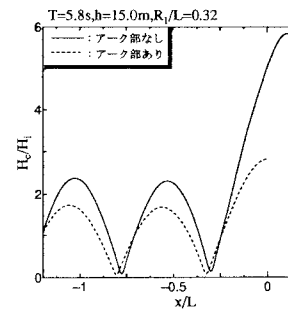


図-7 接続部前面波高分布

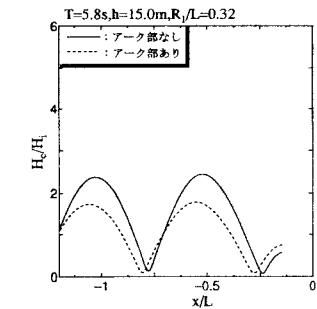


図-8 セル部頂部前面波高分布

4. 結論 以上、本数値計算結果から、セル護岸構造物のセル部半径波長比 R_1/L が0.3程度以上になると、護岸法線方向の位置によって異なる波高分布が現れること、またその範囲は沖合半波長程度までおよびことが明らかになった。また、アーク部の設置は、前面波高の抑制に大きな効果をもつことが本計算によっても明らかになった。

参考文献 1) 松村章子・小竹康夫・藤原隆一・宮本淳司・極川哲也：プレハブ鋼矢板セル前面における反射波特性について、関西支部,II-29,1997。