

境界要素法による潜堤解析

九州産業大学 正員○加納 正道 福岡大学 正員 黒木 健実
九州産業大学 正員 赤坂 順三 九州産業大学 学員 原野 秀文

1.はじめに

潜堤は、景観を損なうことなく、海岸災害の防止ができ、優れた海水交換性を発揮することで高い評価を得ている。本研究では、境界要素法(BEM)を用いて、非線形波の解析を行い、また、二次元造波装置と直立潜堤を用いて実験し、数値解析結果と実験結果を比較・検討している。

2.潜堤模型実験

実験は、二次元造波装置と直立潜堤を用いて、波高(H)、周期(T)を変化させて行った。潜堤の前後に波高計を設置して、入射波高、伝達波高を測定し、伝達率、反射率を求めた。

実験装置、実験条件の概要は図1、表1のとおりである。潜堤に関しては、図2、3のように、直立潜堤の天端にスリットを設けたもの、天端および側壁部両面にもスリットを設けたもの、不透過型の三種類の模型を用いている。

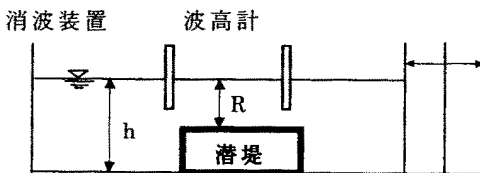


図1 実験装置の概念

表1 実験条件 (縮尺 1/36)

	実海域	模型
水深 h (m)	10.2	0.283
天端上水深 R (m)	2.98	0.083
波形勾配(H/L)	0.005~0.03	
周期 T (sec)	6.0~12.0	1.0~2.0
波長 L (m)	48.6~114.1	1.35~3.17
波高 H (m)	0.25~3.1	0.007~0.09

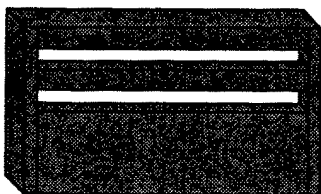


図2 潜堤模型(スリット側壁)

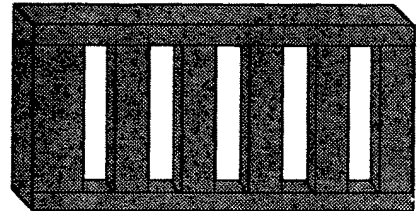


図3 潜堤模型(スリット天端)

3.境界要素法を用いた解析

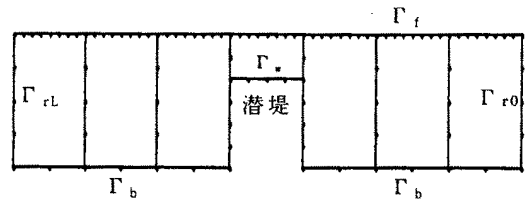


図4 BEM 解析モデル

本解析では、境界要素法(BEM)の特徴である、インプットデータの数や計算時間が短縮されるような解析モデルを用いた。時間依存型の速度ポテンシャル $\phi(x, z, t)$ をもちいて、鉛直(x,z)平面における、二次元渦なし流れを示すために、ラプラス方程式を採用した。

境界 Γ を持つ流体領域 Ω におけるラプラス式は(1)で示される。

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad \text{in } \Omega \quad (1)$$

自由表面の Γ_f 上でポテンシャル ϕ は、非線形な運動及び動的な二つの境界条件(2-1)、(2-2)を満たす。

$$Dr/Dt = u = \nabla \phi \quad (2-1)$$

$$D\phi/Dt = -gz + 1/2 \cdot \nabla \phi \nabla \phi - Pa/\rho \quad (2-2)$$

ここで、 r は、自由表面の流動性粒子の位置ベクトルを表し、 g は重力加速度、 Pa は大気圧であり、 ρ は、水の密度である。

時間 $t, t+\Delta t$ で積分を行い、テーラー展開を用いれば、自由表面の境界条件は、(3)、(4)として表される。

$$r(t+\Delta t) = r(t) + \Delta t \cdot (Dr/Dt) + \left\{ \Delta t^2 / 2 \right\} \cdot (D^2 r / Dt^2) \quad : \Gamma_f \text{上} \quad (3)$$

式(3)が自由表面の位置、そして、(4)がポテンシャルのための境界条件である。

$$\phi(r(t+\Delta t)) = \phi(r(t)) + \Delta t \cdot (D\phi(r(t))/Dt) + \left\{ (\Delta t)^2 / 2 \right\} \cdot (D^2\phi(r(t))/Dt^2) : \Gamma_f \text{上} \quad (4)$$

波は、ピストン型造波装置で作られる。その境界 Γ_{r0} の運動 \bar{x} 、及び造波板の速度は下のように示す。

$$\bar{x} = A / \omega (1 - \cos \omega t) \quad (5)$$

$$\nabla \phi \cdot n = -A \sin \omega t \quad (6)$$

底部 Γ_b 、仮想境界部 Γ_{rL} および潜堤の不透過部 Γ_v の境界条件は次式となる。

$$\partial \phi / \partial n = 0 \quad (7)$$

4. 模型実験結果、BEM 計算結果

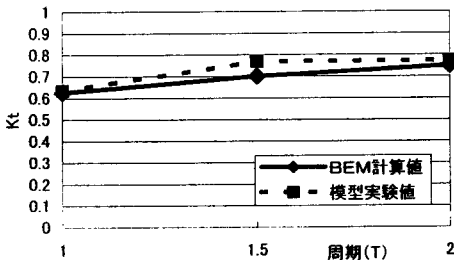


図5 天端部スリット潜堤 H=2.0cm

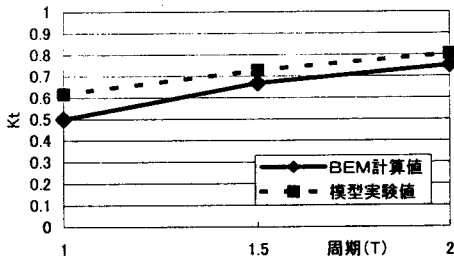


図6 天端部スリット潜堤 H=3.0cm

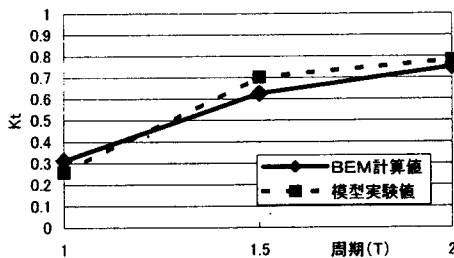


図7 天端部スリット潜堤 H=4.0cm

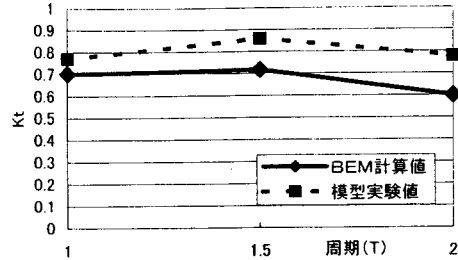


図8 天端、側面部スリット潜堤 H=3.0cm

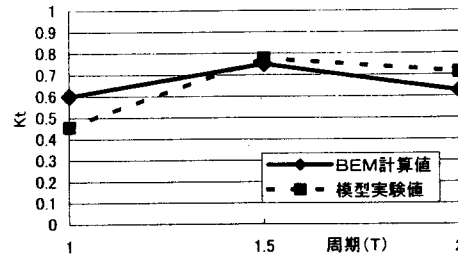


図9 天端、側面部スリット潜堤 H=4.0cm

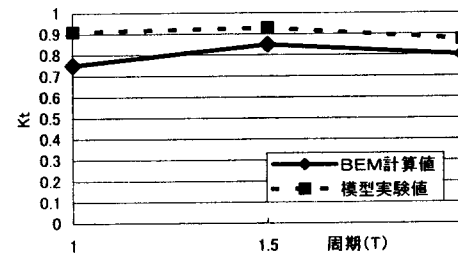


図10 不透過潜堤 H=3.0cm

模型実験結果とBEM計算結果は、近い値を示している。天端上のみにスリットを設けた潜堤では、周期が短いほど伝達率(Kt)が小さく消波効果が大きい傾向がみられた。天端上、側面の両方にスリットを設けた潜堤では、周期の変化による Kt の変化は小さい傾向がある。不透過潜堤と比較して、スリットあり潜堤はいずれも Kt が小さく消波効果が大きい。

5. まとめ

潜堤模型実験の結果とBEM非線形波解析の結果を比較した本研究では、実験結果、解析結果が近い値を示し、同じような傾向がみられ良好な結果が得られた。

参考文献

Kanoh, M., Okuzono H. and Kuroki T., Boundary element analysis of large amplitude of water motion against permeable submerged breakwater, Proc. of 23rd Int. Conf. on Boundary Element Method, eds. D. E. Beskos & C. A. Brebbia and et al., WITpress, Lemnos, Greece, PP. 371-379, 2001