

II-337

Kochin 関数を用いた波向制御構造物の性能評価

九州大学 正会員 武若 聡 入江 功

1. はじめに 著者等はテーパー型潜堤¹⁾を用いて、海浜に入射する波の波向を偏向し、沿岸流²⁾と沿岸漂砂³⁾を制御することを試みている。本研究では Kochin 関数を用いてテーパー型潜堤の波向制御効果を評価する方法について述べる。従来の研究では潜堤周辺の複数の小領域を成分波推定法⁴⁾により解析し、各小領域の波浪場を構成する成分波を求めて潜堤の性能を評価していた¹⁾。この方法は直感的な理解が容易であったが、1つの潜堤の性能を評価するのに複数の小領域の解析結果を利用するので、異なる潜堤間の性能比較が難しかった。

2. Kochin 関数 本研究ではポテンシャル接続法⁵⁾を用いて得られるテーパー型潜堤上の波動場解から Kochin 関数⁶⁾を求め、これを波向制御効果の評価指標に用いる。Kochin 関数は波浪場中におかれた物体から発生する散乱波の遠方での方向毎の強度を表すものである。ここでは種々の潜堤について Kochin 関数を求め、所定方向の散乱波強度が高まった時に波向制御効果が高まったと考える。

ポテンシャル接続法より $z = 0$ の潜堤上の境界 $B(= \vec{x}_B)$ におけるポテンシャル関数 Φ が求まる(図-1)。 Φ は入射波ポテンシャル ϕ_I と散乱波ポテンシャル ϕ から成り、後者は回折波成分 $\phi_0(\vec{x}_B)$ と減衰波成分 ϕ_E から成る。潜堤から十分に離れた位置 $\vec{x}$ における散乱波ポテンシャル $\phi_S(\vec{x})$ は次式より求まる。

$$\phi_S = \frac{i}{4} \oint_B \left\{ \phi_0 \frac{\partial}{\partial n} - \frac{\partial \phi_0}{\partial n} \right\} H_0^{(1)}(kR) ds \quad (1)$$

ここに、 $H_0^{(1)}$ は 0 次第 1 種 Hankel 関数、 i は虚数単位、 k は入射波の波数、 $R = |\vec{x} - \vec{x}_B|$ 、 $|\vec{x}| \gg |\vec{x}_B|$ である。極座標表示 $\vec{x} = r(\cos \theta, \sin \theta)$ と $\vec{x}_B = r_B(\cos \theta_B, \sin \theta_B)$ を導入して式(1)の計算を若干進めると次式が得られる。

$$\phi_S = -\frac{i}{4} \sqrt{\frac{2}{\pi k r}} e^{i(kr - \pi/4)} H(\theta) \quad (2)$$

$$H(\theta) = \oint_B \left\{ ik \cos(\theta - \theta_n) \phi_0 + \frac{\partial \phi_0}{\partial n} e^{-ik(x_B \cos \theta + y_B \sin \theta)} \right\} ds \quad (3)$$

ここで θ_n は潜堤上の境界 B の外向き法線方向と x 軸とがなす角度である。 $H(\theta)$ が Kochin 関数と呼ばれ、潜堤の形状、潜堤上の ϕ_0 に依存する量である。式(2)は潜堤から遠方での散乱波ポテンシャルが原点からの距離 r に依存する部分と角度 θ に依存する部

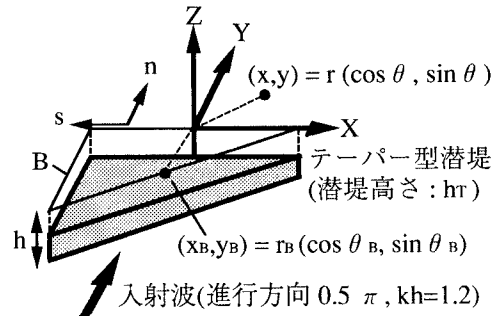
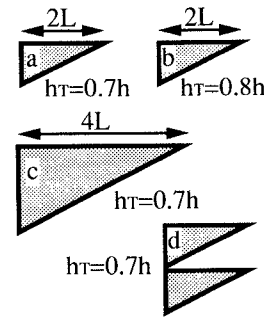


図-1 テーパー型潜堤と座標の定義

図-2 テーパー型潜堤の形状 (L : 入射波波長)

分に分離できることを示している。 $H(\theta)$ を求めることにより、潜堤から発生する散乱波の強度を潜堤からの位置とは無関係に評価できる。

3. 波向制御効果の評価 図-2 に本研究で検討したテーパー型潜堤の形状を示す。潜堤 a と潜堤 b の比較により潜堤高 h_T が波向制御効果に与える影響を調べ、潜堤 c と潜堤 d の比較により大きい潜堤で得られる波向制御効果を小さい潜堤の組み合わせにより獲得することの可能性を調べる。本研究では入射波の進行方向を 0.5π に設定しているため、テーパー型潜堤上を通過した波の進行方向が $0.5\pi \sim \pi$ の間に偏向されれば波向の制御がなされたと考える。

図-3 に各潜堤の $|H(\theta)|$ の分布を示す。 $0 < \theta < \pi$ の $|H(\theta)|$ は $y > 0$ 方向に進行する散乱波の強度を代表する。これらの内、 $0.5\pi < \theta < \pi$ の散乱波が制御を意図したものであり、 $0 < \theta < 0.5\pi$ の散乱波はその発生を抑制することが望ましいものである。 $\pi < \theta < 2\pi$ の $|H(\theta)|$ は潜堤からの反射散乱波の強度を代表する。

潜堤 a と潜堤 b の $|H(\theta)|$ の分布形に着目する

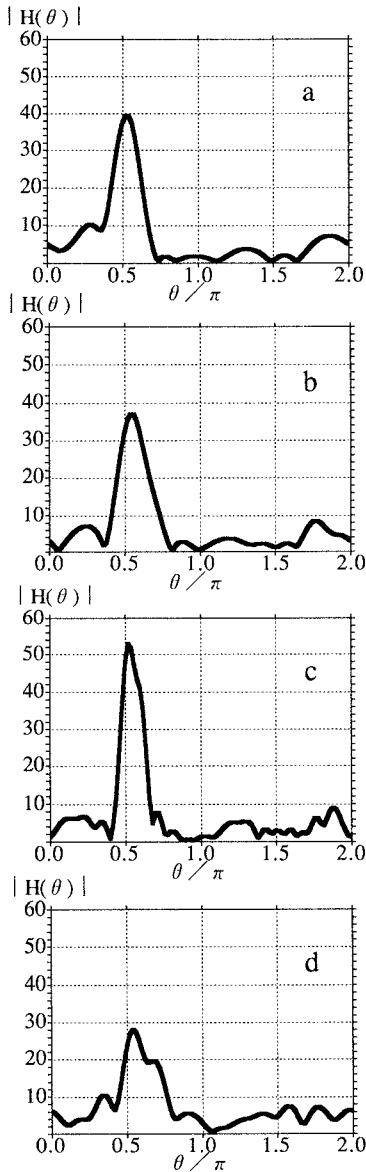


図-3 Kochin 関数の分布

と、ピーク値が 0.5π を越えた位置に出現している。図-4 には式(2)から求めた潜堤周辺の散乱波の発生状況(図上段)とこれに入射波を重ね合わせた波浪場の状況(図下段)を水位分布の形で示す。潜堤近傍の波浪場は式(2)より正確に求めることができないので空白とした。図-4より、散乱波は図-3の $|H(\theta)|$ の分布に対応して 0.55π 方向に強く発生していること、潜堤を通過した波の波面が傾いて進行していること、等が読み取れる。 $0.5\pi < \theta < \pi$ の $|H(\theta)|$ の積分値を求めたところ潜堤bの値が潜堤aの値に比

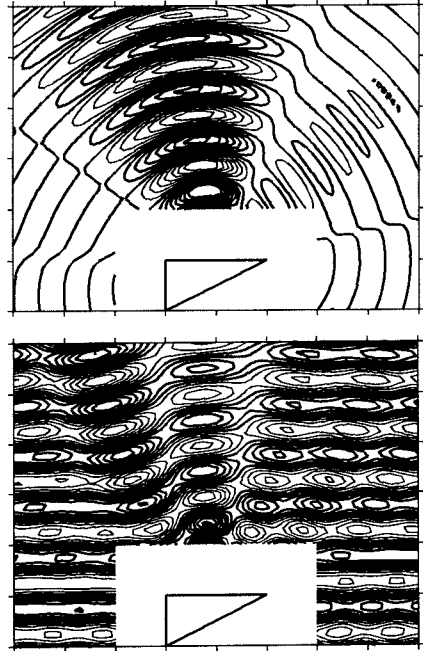


図-4 上: Kochin 関数より求めた散乱波(潜堤b)
下: 散乱波 + 入射波 (1目盛の長さは1波長)

較して大きくなった。すなわち、波向制御効果は潜堤が高い時に高まる。矩形潜堤の $|H(\theta)|$ の分布においてはピーク値が $\theta = 0.5\pi$ に現れ、分布はここを境に対称形となる。

潜堤cと潜堤dの $0 < \theta < 0.5\pi$ と $0.5\pi < \theta < \pi$ の間の $|H(\theta)|$ の積分値を各々比較した結果、これらの値はほぼ一致した。これは潜堤cとほぼ同一の機能を半分の体積の潜堤dで獲得し得ることを意味する。

謝辞 九州大学経塚雄策教授には Kochin 関数に関する文献を紹介して頂きました。

参考文献

- 1) 武若, 入江, 黒田(1994): テーパー型潜堤による波向き制御, 海岸工学, Vol.41.
- 2) 武若, 入江, 辻(1994): テーパー型潜堤を用いた沿岸流制御の試み, 海岸工学, Vol.41.
- 3) 山口, 武若, 入江(1995): テーパー型潜堤を用いた汀線形状制御, 西部支部研究発表会.
- 4) 武若(1995): 規則重合波浪場の成分波推定法, 土木学会論文集, No.515.
- 5) 吉田, 村上, 小野(1992): ポテンシャル接続法の選点解法による3次元波動境界値問題解析法, 海岸工学, Vol.39.
- 6) Mei, C.C(1989): The applied dynamics of ocean surface waves, World Scientific.