

規則的に配置された離岸堤群による長周期波の回折

名古屋工業大学 学生員〇三喜純一郎

学生員 長嶋 禎泰

正 員 喜岡 渉

1. はじめに

離岸堤による長周期波の回折は、背後の堆砂効果や護岸越波量の低減効果に密接に関連していると考えられるが、その特性については明らかでない。喜岡ら(1990)は、すでに単一の連続離岸堤による長周期波の回折特性を調べているが、一般には開口部を設けて不連続堤とすることが多いので、開口部からの回折波の影響や堤体数などの影響を明らかにしておく必要がある。本研究では、規則的に配置された不連続離岸堤についてその背後の長周期波の特性を調べるもので、単一波群による実験結果に数値解析の結果を加えて検討するものである。離岸堤まわりの水深は一定としたが、長周期の定常波の形成との関連において重要となる汀線からの反射についても検討を加えるため、堤体背後に急斜面を設けたケースについても調べた。

2. 長周期回折波の表示式

長周期成分の回折波は基本的には非線形であり、不規則波群に拘束される成分と自由波として $\sqrt{gh}$ で散乱する成分により成る。非線形回折問題を厳密に取り扱うことは多大な計算労力を必要とするため、ここではmultiple-scaleせつ動法を用いることとし、速度ポテンシャル Φ および水位変動 ζ をそれぞれ次のように波群を構成する短周期波の平均周波数 ω についてフーリエ級数表示する。

$$\Phi = \sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon^n \sum_{m=-n}^n \phi_{nm}(x, y, z, x_1, y_1, t_1) e^{-im\omega t} \quad (1)$$

$$\zeta = \sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon^n \sum_{m=-n}^n \zeta_{nm}(x, y, x_1, y_1, t_1) e^{-im\omega t} \quad (2)$$

ここに短周期波の波形勾配のオーダーの微小パラメータを ε として、 $(x_1, y_1, t_1) = (\varepsilon x, \varepsilon y, \varepsilon t)$ である。上式(1)、(2)をラプラス方程式および境界条件式に代入して整理すると、 ε の各オーダーにおける基礎方程式を得ることができる(Mei, 1983)。長周期波は2次のオーダーで現われ、次式のように線形ポテンシャル Φ_{11} の自己干渉項 $\zeta_{(1)}$ とset-down波 $\zeta_{(2)}$ の和として与えられる。

$$\zeta_{20} = \zeta_{(1)} + \zeta_{(2)} \quad (3)$$

ただし、

$$\zeta_{(1)} = -\frac{1}{g} \left[|\nabla \Phi_{11}|^2 - \frac{\omega^2}{g} \left(\Phi_{11} \frac{\partial \Phi_{11}}{\partial z} + * \right) \right] \quad (z=0) \quad (4)$$

$$\zeta_{(2)} = -\frac{1}{g} \frac{\partial \Phi_{10}}{\partial t_1} \quad (5)$$

上式をさらに変形すると、長周期波は結局次式で表すことができる。

$$\zeta_{20} = \zeta_{20}' - \frac{1}{g} \frac{\partial \Phi_{10}^s}{\partial t_1} \quad (6)$$

ここに、 ζ_{20}' は式(7)で与えられる長周期の入射成分を示し、 Φ_{10}^s はset-down波の自由波成分で式(8)、(9)およびradiation条件を満足する関数として数値的に求めることができる(喜岡ら, 1990)。

$$\zeta_{20} = - \frac{g|A'|^2}{2(gh - C_e^2)} \left(\frac{2c}{C_e} - \frac{1}{2} \right) \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 \phi_{10}^s}{\partial t_1^2} - gh \left(\frac{\partial^2 \phi_{10}^s}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \phi_{10}^s}{\partial y_1^2} \right) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial \phi_{10}^s}{\partial n} = - \frac{\partial \phi_{10}^i}{\partial n} \quad (\text{on } S) \quad (9)$$

上式において C 、 C_e はそれぞれ短周期波の波速および群速度を示し、 A' は入射波の包絡波形で、 ϕ_{10}^i は波群に拘束される set-down 波の入射成分を示す。

3. 実験方法

実験には長さ 1.0 m、幅 1.6 m、高さ 0.6 m のコンクリート製の 2 次元造波水槽を用い、水槽中央に長さ 1.2 m、幅 0.12 m の不透水の離岸堤模型を設置した。離岸堤左右の鉛直側壁からの距離を 0.15 m とすることによって設置間隔 0.3 m で無限個の不連続堤を想定したことになる。入射波としては、造波板によって生じる自由長波の発生を極力抑えるために単一波群を用い、個々の波の周期は一定として 0.8 sec ~ 1.2 sec の範囲で変化させ、波の発生数を変化させることによって波群長を変えた。水深は一定で常に 15 cm とした。なお、長周期波の抽出は入射波の波群中央付近の平均周期を用いた移動平均によった。

4. 結果と考察

図-1 は、離岸堤背後の回折波の振幅を入射波の振幅で割って無次元表示したもので、図中の曲線は計算結果で、数値は測定点における実験結果（カッコ内の数字は短周期波の回折係数）を示す。計算結果は、背後の回折波は堤体数が 5 基以上増えることによってほとんど変化しなかったことから、堤体数 9 基のものを示している。理論値は堤体直背後を除くと実験値より大きい回折係数を与えているものの、0.6 以下にはならず離岸堤による振幅低減の効果は短周期波のものと比べて小さくなっていることがわかる。

5. おわりに

不連続離岸堤背後の長周期波の変動は、set-down 波の回折によって支配されており、短周期波に比べると離岸堤による振幅低減率は小さいことがわかった。汀線による反射も取り入れた検討も行ったが、その結果については論演時に報告する。

参考文献

- 喜岡 渉・飯田耕三・水谷隆夫(1990): 離岸堤まわりの長周期水位変動の変形特性, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 609~613.
 Mei, C.C(1983): The applied dynamics of ocean surface waves, Wiley - Interscience, 740p.

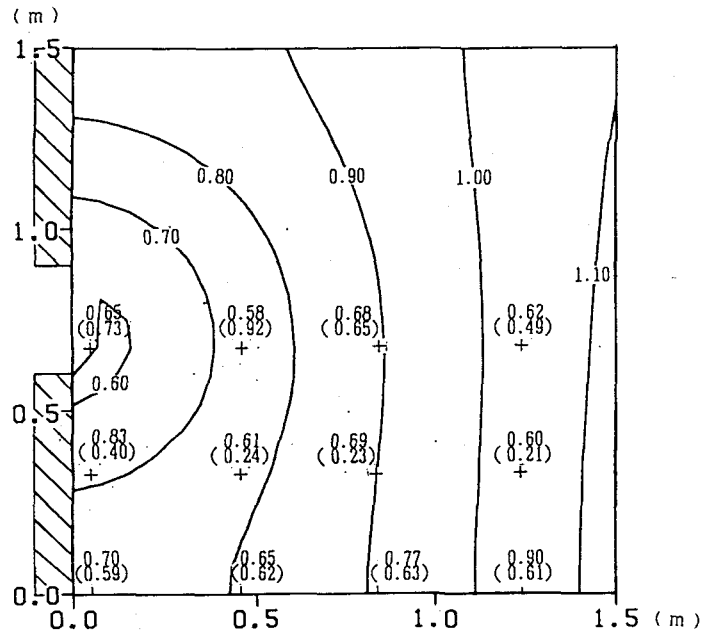


図-1. 離岸堤背後の長周期波(搬送波の周期 $T=1\text{sec}$, 波群の波の数5個)