

1. まえがき

先に合田・山田(1992)は、波の屈折効果を利用した新しい形式の縦型傾斜式離岸堤を提案し、その水理特性について実験結果を報告した(以下では前報と称する)。その際は、波高伝達率の概略値を得ることを主目的としていたため、離岸堤周辺の波高分布などは十分に調べていなかった。また、非定常緩勾配方程式による数値計算の結果にも問題が残されていた。今回は、これらの点について検討した結果を報告する。

2. 実験水路および離岸堤模型

前報では幅60cm、長さ17.0mの造波水路で実験したが、今回は都合により幅50cmの水路を使うことになった。このため、前報のモデルA(横斜面の勾配1/2.5、前後面の勾配1/2)のうちの天端長B=1.0m、

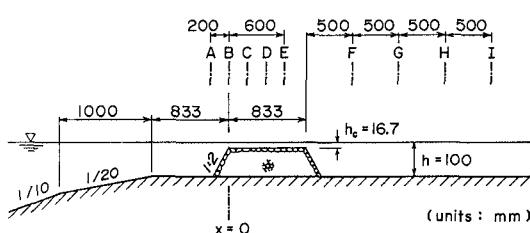


図-1 模型離岸堤の側面図

堤高t=10cm、天端水深h_c=2.0cmのケースを対象として、長さの諸元を5/6に縮小して実験を行なった。離岸堤の模型はふるい目20~30mm通過の碎石で作った。図-1に模型の側面図を示す。

実験にあたっては、あらかじめ図-1のx=0mの地点の通過波高を検定し、これを入射波高H_Iとした。模型設置後は、図中のA~Iの測線について横断方向の波高を10cmごとに測定するとともに、

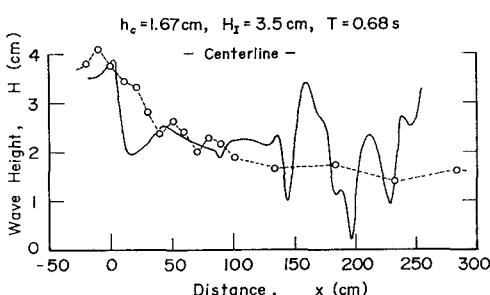
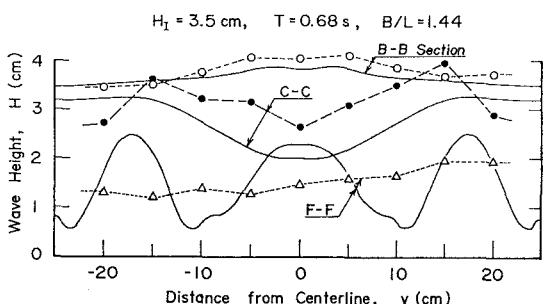
離岸堤中心線上の波高を10cm間隔で計測した。実験は、規則波と不規則波の両者を用いた。規則波は8種類で、周期がT=0.58~1.27s、波高はすべてH_I=3.5cmである。不規則波は、JONSWAP型スペクトル($\gamma=3.3$)を目標とした3種類で、周期がT_{1/3}=0.75~1.16s、波高がH_{1/3}=2.7~2.9cmである。

3. 放物型方程式による数値計算

今回は、平口・丸山(1986, 1987)が誘導した放物型方程式に基づく数値計算を試みた。この計算法では、水面変位ηの偏微分方程式の中にf_{D'}ηの碎波減衰項が付加されている。この係数f_{D'}は

$$f_{D'} = \alpha_D S_D / (2h) [a/(\gamma h) - 1]^{1/2} : a \geq \gamma h \quad (1)$$

として与えられる。ここに、 α_D は減衰の強さを表す係数、S_Dは平均海底勾配、hは水深、aは波の振幅、 γ は碎波限界に係わる係数である。平口・丸山(1987)は球面浅瀬の計算例で、 $\alpha_D S_D = 0.5$ 、 $\gamma = 0.25$ の値を使用している。一方、藤原ほか(1991)は、レンズマウンドによる波浪変形の検討において、 $\alpha_D S_D = 0.5$ 、 $\gamma = 0.1$ の値を使うと実験値に近い計算値が得られたと述べている。今回は、次に述べる実験値との対比に基づいて、 $\alpha_D S_D = 0.1$ 、 $\gamma = 0.15$ の値を採択した。

図-2 離岸堤中心線上の波高分布
(実線:計算値; 破線:実験値)図-3 離岸堤横断方向の波高分布
(実線:計算値; 破線:実験値)

数値計算は $\Delta x = \Delta y = 2.5$ cm の格子間隔を用い、時間ステップは $\Delta t = 1/60$ sとした。なお、実験した離岸堤の横斜面勾配は1/2.5であるけれども、計算では斜面勾配を1/5と緩やかに設定した。

4. 波高分布の実験および数値計算結果

図-2は、周期 $T = 0.68$ sの規則波の場合の、離岸堤中心線上の波高分布の実験値と計算値の比較である。離岸堤の天端上($x = 0 \sim 0.83$ m)では碎波減衰に係わる係数を上述のように設定したことによって、両者がほぼ一致する。しかし、離岸堤の背後では、計算値が場所的に大きく変動するのに対し、実験ではそのような変動が見られない。図-3は、同じ波について横断面上の波高分布を調べた結果である。 $x = 0$ m

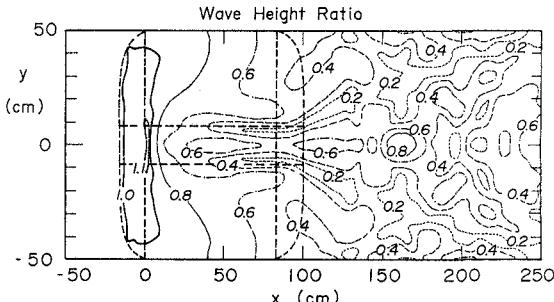


図-4 等波高比線の計算結果の例 ($H_I = 3.5$ cm, $T = 0.68$ s)

のB-B断面では、波の屈折効果によって中央付近で波高が高まっている。その20cm後方のC-C断面では、碎波減衰の効果で中央部で波高の落ち込みが見られる。一方、 $x = 1.33$ mのF-F断面では、波高の計算値が上下に大きく振れているのに対し、実験値は緩やかにしか変化しない。この波について、数値計算による波高比の分布を示したのが図-4である。離岸堤の後半部では、天端面の脇に沿って波高の極小値の谷が入り込んでいるのを始めとして、波高分布は複雑な様相を呈している。

一方、図-5は $T_{1/3} = 1.0$ sの不規則波の実験値のうち、横断方向の有義波高の分布を各種の断面について示したものである。不規則波では、離岸堤の天端上で波高が大きく、図-3のC-C断面のような落ち込みは見られない。これは、波高の小さい波が碎波することなしに離岸堤の天端上で增幅されるためであろう。不規則波についての数値計算は、波高の出現確率を考慮した重ね合わせが有効かと思われる。

5. 縦型傾斜式離岸堤の波高伝達率

図-6は、波高伝達率 K_T の実験値と計算値を相対天端長 B/L に対して表示したものである。実験値はF-I断面の全測定値の2乗平均波高、計算値は $x=1.25 \sim 2.08$ mの間の全格子点における波高の2乗平均値を入射波高で除して波高伝達率としている。不規則波に対する計算は、 $T = T_{1/3}$, $H = H_{rms}$ に等しい規則波としての値である。前報で用いた非定常緩勾配方程式に基づく数値計算では、周期の僅かの変化で波高伝達率が大幅に変化したが、今回の放物型方程式の計算ではそうした問題はない。ただし、 B/L による変化が小さく、実験値の傾向とやや異なる。なお、前報と比べて波高伝達率が低めに出ていている。

謝辞： 放物型方程式の数値計算にあたっては、電力中央研究所の榎山 勉氏から種々ご教授頂くとともに多大の便宜を図って頂いた。ここに記して深く謝意を表す次第である。

参考文献 合田良実・山田晶子(1992)：海岸工学論文集、第39巻、pp. 566-570.

平口博丸・丸山康樹(1986)：第33回海岸工学講演会論文集、pp. 114-118.

平口博丸・丸山康樹(1987)：電力中央研究所報告・研究報告、U86045、23p.

藤原隆一・芳田利春・宇多高明・小俣 篤(1991)：東洋建設技術研究所報告、第18巻、pp. 13-27

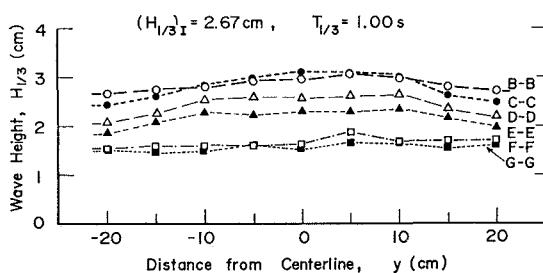


図-5 不規則波の場合の波高の横断分布

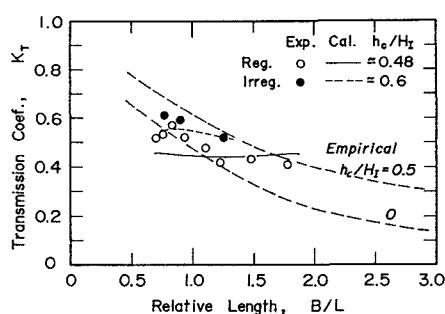


図-6 波高伝達率の実験値と計算値