

大分高専 正員 ○上床隆彦

" " 津崎喜市

九州大学

湯村やす

1. まえがき

最近、消波岸壁の開発、研究が盛んに行なわれ、各地で建設が進んでいる。新しく開発された消波護岸の消波効果を表わす方法として反射率が多く用いられている。反射率は多くの場合、模型実験や理論計算によって求められており、現地で施工された消波護岸の反射率の実態はあまりはっきりされていない。

現地での反射率測定を困難にしているのは第一には従来、波の反射率は Healy の方法等により算出していたのが現地観測のような不規則波に対してはこの方法が適用できなかったからであり、第二には施工された現場で波の観測をするのに簡単で精度の良い方法があまりなかったからである。

著者は先にステレオ式波高計を用いて防波堤前面の波を観測し、方向スペクトル等を得た⁽¹⁾。本報告では光の結果から防波堤前面で入射波と反射波の方向スペクトルが分離できたので、周波数スペクトルを用いて波の反射率を求めた。又防波堤前面の2点間の Co-spectrum, quad-spectrum を計算して不規則波の反射率を算定する方法⁽²⁾を先の観測資料に適用して反射率を求めて方向スペクトルによるものとの比較を行った。結果は波の入射方向が防波堤に直角でなかったため2点観測法で求めた反射率が実際の波の反射率を示しているかは、はっきりしなかったが方向スペクトルによって求めたものと大差がなが、たので実用に使うことが可能であり、2点観測は測点数も少なく、観測が容易に行える利点があるので、不規則波に対しても今後観測例を増して防波堤等の前面における波の反射率を求めて行く予定である。又現地において2点観測を行うのに簡便な方法として容量式波高計の検出部を防波堤付近の任意点に設置する方法についてもその概要を報告する。

2. 防波堤前面の方向スペクトル

図-1 は茶多漁港(福岡県)の防波堤前面で得られた方向スペクトルである。入射波の方向と反射波の方向に強いエネルギーが現われている。入射波向は防波堤に直角ではなく、反射波向は入射波が反射すべき方向とは異なっている。これは海岸線の影響を受けているためである。

3. 方向スペクトルによる反射率の計算

図-1 の方向スペクトルで入射波のスペクトルと反射波のスペクトルは周波数により変化しており、方向も異なっている。波の反射率は次式により求められる。

$$r(f) = \left\{ \frac{\sum E_r(f, \theta)}{\sum E_i(f, \theta)} \right\}^{1/2} \quad \dots (1)$$

但し $E_r(f, \theta)$ = 反射波の方向スペクトル

$E_i(f, \theta)$ = 入射波の方向スペクトル

$r(f)$ = 反射率(周波数 f)

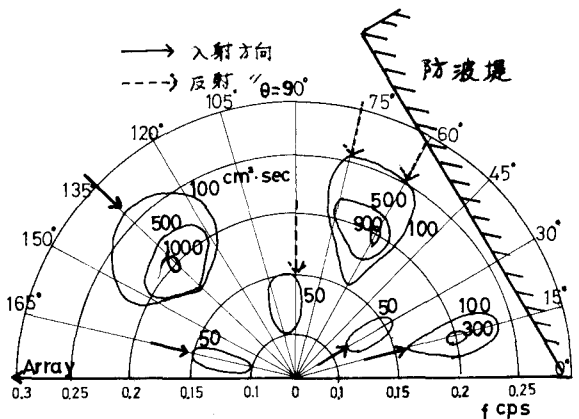


図-1 防波堤前面の方向スペクトル(茶多)

図-1 の方向スペクトルより反射率 $r(f)$ を求めると図-2 となる。図-2 において波の主方向($\theta = 135^\circ$)の時の周波数 $f = 0.15 \text{ cps}$ 、 0.25 cps において反射率が小さいことを示している。なお方向スペクトルによる反射率の測定範囲は防波堤前面40m ~ 70m の領域である。図-3 には図-1 より求めた(1)式中の $\sum E_r(f, \theta)$ および $\sum E_i(f, \theta)$ を示している。

4. 2点観測による反射率測定

防波堤に直角方向の海面に距離 δ の間隔をもった2点, A, Bを設け, A, Bを結ぶ方向(AB array)に α の方向から波が入射した場合, 点Bの水面変動を $\eta(t)$, $w(t)$ とすると, それらの相互相関より Co-spectrum $C_s(f)$, quad-spectrum $Q_s(f)$ が求められる。
また, $\eta(t)$, $w(t)$ より点Aまたは点Bの Power-spectrum $C_o(f)$ が得られると防波堤前面の波の反射率 $R(f)$ は次式より求まる。

$$R(f) = \left\{ \frac{C_o^2(f) + C_s^2(f) + Q_s^2(f) - 2C_o(f)C_s(f)\cos k\delta' + 2C_o(f)Q_s(f)\sin k\delta'}{C_o^2(f) + C_s^2(f) + Q_s^2(f) - 2C_o(f)C_s(f)\cos k\delta' - 2C_o(f)Q_s(f)\sin k\delta'} \right\}^{1/2}$$

但し $\delta' = \delta \cos \alpha$ (2)

(i) 奈多漁港の場合

観測資料は先に報告した奈多漁港の例を用いる。方向スペクトルに用いた観測点4点, のうち $\delta = 5.0m$ の間隔をもった2点(防波堤より $40 \sim 45m$ の海面)の観測値より計算を行った。なお入射角 α は方向スペクトルよりエネルギー強度の大きい方を採用し, AB arrayの方向より $\alpha = 45^\circ$ とした。

防波堤前面の $C_o(f)$, $C_s(f)$, $Q_s(f)$ は 図-4 に示す。これらの値から式(2)を用いて反射率 $R(f)$ を求めると 図-2 になる。方向スペクトルから求めた反射率と比較すると Power spectrum $C_o(f)$ のピークの周波数(すなわち主方向の周波数)付近でよく近似をしている。反射率の値 $R(f) = 0.75$ は実際海面の値としては大きいようである。これは入射角および反射角が防波堤に直角でなかったことによるものである。

(ii) 容量式波高計による平面水槽の場合

施工現場において波の反射率を求めるには防波堤護岸等の前面を容易に移動できて, 精度の良い波浪観測計が必要となる。著者等はその方法として容量式波高計の検出部を陸上から海面に出して任意点に移動させて固定する方法を用いた。固定には電管パイプを用い, 移動にはパイプを使用し, 水深に対応するため, パイプは接続式にした。検出器の固定は陸上部から遠隔操作によって行った。図-5 は検定用に平面水槽(25m プール)で自然風(風速7m)が吹いた時の表面波の反射率を求めたもので Power spectrum $C_o(f)$ も同時に示している。波は護岸に直角に入射しており反射率 $R(f) = 0.68$ も妥当な値である。

なお, 現在現場におけるこの方法による観測を神埼海岸(大分県佐賀市)において実施中であり, 後日その結果を報告の予定である。

5. あとがき

2点観測法により防波堤前面の波の反射率が求められることがわかったので今後, 現場の観測例を増して研究を進めて行く予定である。

参考文献 (1) 井島・松尾; お16回海岸工学講演会講演集(1969) (2) 鹿島達一; お15回海岸工学講演会講演集(1968)

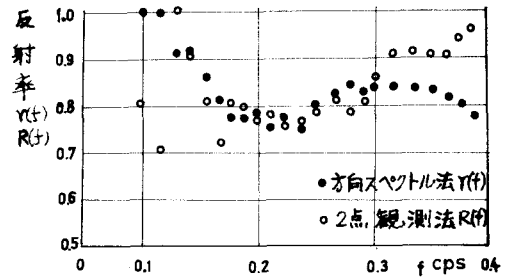


図-2 周波数スペクトルによる反射率(奈多)

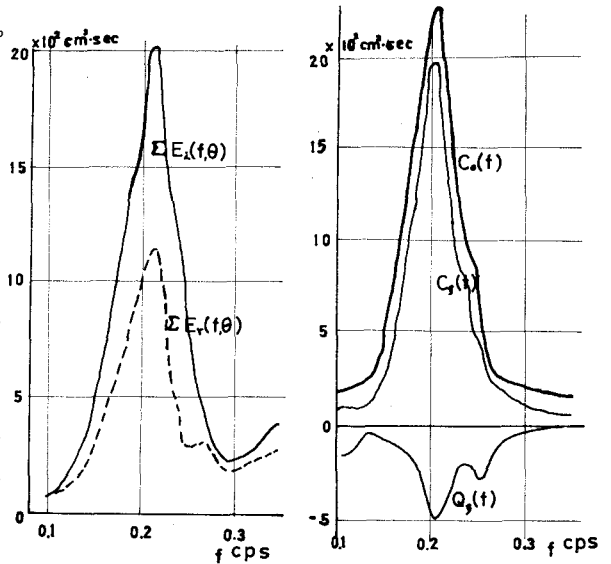


図-3 方向スペクトルより求めた $\Sigma E_s(f, \theta)$, $\Sigma E_r(f, \theta)$

図-4 防波堤前面の $C_o(f)$, $Q_s(f)$ (奈多)

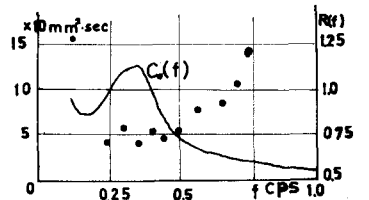


図-5 平面水槽の反射率 $R(f)$, $C_o(f)$