

大分高専 正員 上床隆彦
九州大学 湯村やす

緒言

砕波帯における波の反射率の測定については波の不規則性等の原因により、困難とされてきた。筆者等はこの問題を解決するために周波数スペクトルを用いて波の反射率の測定を行ってきた。⁽¹⁾⁽²⁾入射波が防波堤等の構造物に直角に入射する場合の反射率についてはその測定値は実用上使用が可能なのことがわかったが直角に入射しない波や多方向から入射する波の反射率は2点法をそのまま適用するとかなり異なった値となり現象と一致しなかった。

今報告では多方向入射の波を方向スペクトルを用いて方向角を分離し、入射角と反射角を求めて、これを2点法による周波数スペクトルの中に方向角の要素として入れて反射率を求めることを行った。この方法を現場に應用するために佐賀県海岸(大分県)で測定を行なったのでその結果についても報告する。

①. 入射方向、反射方向の推定

方向スペクトルを用いるとエネルギーの強い波の方向角がいくつか表われる。その方向角は周波数によっても異なっている。この方向角と現場の地形や防波堤の形状と考慮に入れて分離すると入射角と反射角が推定される。

方向スペクトルを測定した例としては奈多(福岡県)漁港があるのでこのデータを用いて入射角、反射角を周波数別に分離したものをまとめると図-1となる。図中の方向角は防波堤法線に直角な方向を0°として右廻りに入射角とし、左廻りは反射角を一で示している。

②. 多方向入射の波の反射率

入射方向(α)、反射方向(β)が周波数(f)によって異なっている場合の波の反射率は波が防波堤等に直角に入射して、反射する場合とは同じに考えることはできない。しかしながら厳密解を求めることも実用的ではない。そこで2点法による反射率の計算式に方向角(α, β)を入れることで近似式を求めた。すなわち反射率 $r(f)$ は

図-1 方向スペクトルによる入射方向、反射方向(奈多)

$$r(f) = \frac{C_0^2(f) + C_g^2(f) + Q_g^2(f) - 2C_0(f)C_g(f)\cos\theta_g' + 2C_0(f)Q_g(f)\sin\theta_g'}{C_0^2(f) + C_g^2(f) + Q_g^2(f) - 2C_0(f)C_g(f)\cos\theta_g'' - 2C_0(f)Q_g(f)\sin\theta_g''} \quad \dots\dots (1)$$

ここで $C_0(f)$, $C_g(f)$, $Q_g(f)$, $C_g(f)$, $Q_g(f)$ は2点法の Power spectrum, G-spectrum, Quad-spectrum.

$\theta_g' = \theta \cos \beta$, $\theta_g'' = \theta \cos \alpha$, θ = 防波堤に直角な2測点間の距離。

(1)式に図-1のデータを入れて求めたものが図-2に示す多方向入射の波の反射率である。これを既に報告した値と比較してみるとスペクトルのピーク(0.15~0.25 cps)で反射率が大きく変化しており、その値も現場の波の反射率にはほぼ同じになっている。

したがって(1)式により多方向入射の波の反射率を求めることは実用上可能であると考えられる。なお多方向入射の波の反射率は方向スペクトルより直接求めることも出来る。⁽²⁾

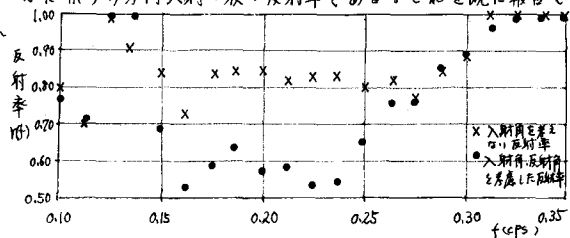


図-2 多方向入射の波の反射率(奈多)

[3]. 佐賀関海岸の実測例

多方向入射波の反射率が(1)式によって求められることがわかったので、現地での実測を行った。図-3に示すような佐賀関海岸(大分県)にある防波堤での波の反射率を求めた。

波の観測は容量式波高計の観測部を海面へスボのガイドパイプにより移動させて測点(任意点)で支柱パイプに固定させる。パイプの観測部はブイにより移動させ、水深に対応するためパイプは接続式とした。2点法による測定であるので波高計を2台使用し、防波堤に直角に配置する。2台の間隔はスペクトルの分解能を考えると、 $\Delta = 3m$ とする。波向は防波堤にはほぼ直角となっていたが目視であったので正確ではなかった。

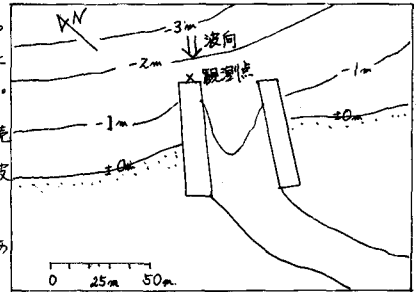


図-3 佐賀関海岸(大分)測点図
(昭和49年6月)幸崎漁港

(i) Power spectrum ($C_0(f)$)

反射率の計算に用いる測点のパワースペクトルは図-4に示している。スペクトルのピークが $T=8\sim 9sec$ と $T=3.5sec$ に分れており、このことから波向が2方向であることが推定される。周波数の有効な範囲は図より $f=0.50cps$ と思われる。したがって、測点間隔 Δ は $T=2sec$ の時の波長 $6m$ の半波長 $3m$ が適当であることがわかる。図-4には同時に、入射波の推定パワースペクトルも示している。

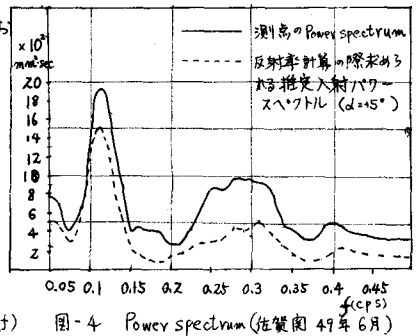


図-4 Power spectrum (佐賀関 49年6月)

(ii) Co-spectrum, Quad-spectrum ($C_g(f)$, $Q_g(f)$)

2測点での Co-spectrum, Quad-spectrum は図-5に示している。 $C_g(f)$ は $C_0(f)$ によく対応しているが $Q_g(f)$ には乱れがみられる。これは $f=0.3cps$ での Power spectrum の値が大きいため $Q_g(f)$ の対応ができなかったと思われる。

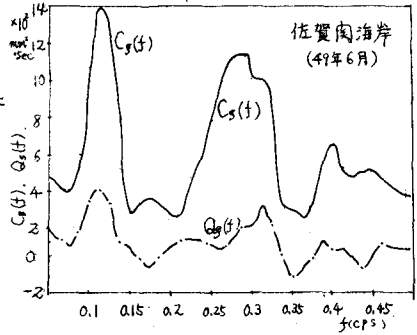


図-5 Co-spectrum, Quad-spectrum.

(iii) 反射率 $\gamma(f)$

反射率 $\gamma(f)$ を(1)式を用いて算定するためには図-4、図-5に示した $C_0(f)$, $C_g(f)$, $Q_g(f)$ の他に入射方向角 α と反射方向角 β が必要となるが目視観測しか行っていないため、直角に防波堤に入射した場合を求めたとこの図-6に示すように $\gamma(f)$ はほとんど1.0以上となった。そこで α , β に $\pm 5^\circ \sim \pm 30^\circ$ までの方向角をふえて反射率を求めたとこの図-6に示すような結果を得た。反射率はスペクトルのピークで最小値を示しておりその値も妥当なものである。入射波向が2方向あると思われるが反射率からは判断できなかった。なお反射方向角は物理的な反射をした波と仮定している。

[4]. あとがき

現場における波の反射率を実測により求めることが可能になったので今後、波向測定と波高観測と同時に、多方向入射の波の反射率を求める予定である。最後に移動式容量式波高計の製作に際して大分県津久喜市氏にお世話になりました。厚くお礼申し上げます。

図参考文献

- (1) 上床隆彦: 昭和49年 西部支部 研究発表会 (49年2月)
- (2) 上床・津崎・湯村: 第29回年次講演会 (昭和49年10月) P52 ~ P53

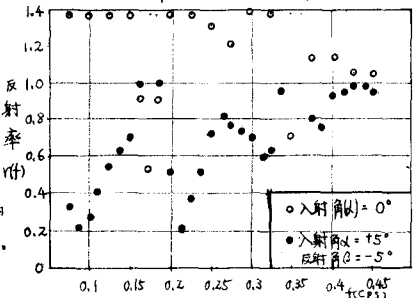


図-6 現地観測による反射率 $\gamma(f)$