

運輸省水三港建設局 正会員 ○ 永井康平

田村 勇

豊島照雄

1. ま え が き 静穏な港内域を確保するための防波堤配置計画においては、最も重要な検討事項の一つとして港外から防波堤背後への波の回折現象が解析される。その場合、今日では、現地波の不規則性を考慮するのが一般化してきた。¹⁾ すなわち現地の不規則波を周波数と方向に因して分散を有するスペクトル波と考え、それが含んでいるある周波数と方向の成分波（規則波）の回折の線型重ね合わせにより、その回折値が求められる。換言すれば、波をエネルギー的に分解、解析、重合するものである。同じエネルギー的に波を考えるのであれば、仮に防波堤背後への波のエネルギーの回り込み（回折）を無視し、港外波（不規則波）の成分波のエネルギーが防波堤の遮蔽領域の方向には入らず、直接侵入領域にのみ直進するとしたら、上記の厳密な不規則波の回折計算と比べどれ程の差違あるいは意味があるかを数値計算により検討してみた。

2. 回折法と分散法との比較 不規則波の成分波にとって、防波堤により遮蔽されている領域へ回折することが許される計算法を回折法、上述の回折が許されない計算を分散法と呼ぶ。分散法は物理的には生起しえない現象であるが、計算は簡単であり、考へ方は P-N-J 法によるうねりの方向分散と同様である。²⁾ ここでは港外波として次の方向スペクトル $D(f, \theta)$ を用いた。¹⁾

$$D(f, \theta) = F(\theta, \theta_{\max}) S(f) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 f は周波数、 θ は方向（卓越波向を 0）、 $F(\theta, \theta_{\max})$ は方向分布関数、 $S(f)$ は周波数スペクトルで、

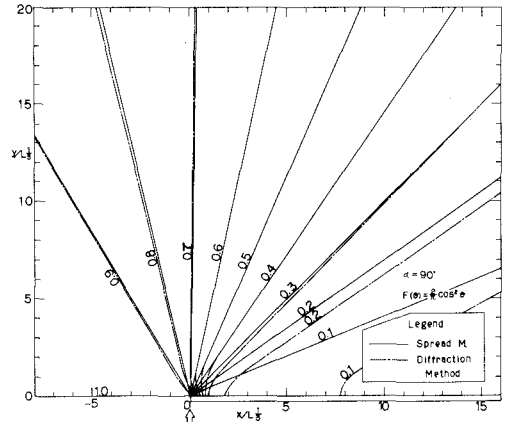
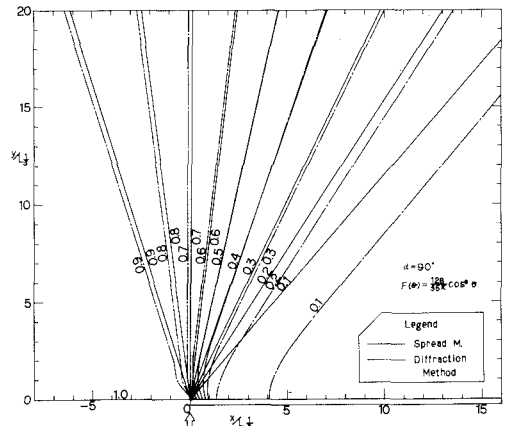
$$F(\theta, \theta_{\max}) = \frac{2\ell//}{(2\ell-1)//2\theta_{\max}} \cos^{2\ell}\left(\frac{\pi}{2} \frac{\theta}{\theta_{\max}}\right) \quad \text{----- (2)}$$

$$S(f) = a f^{*-5} \exp(-b f^{*-4}) \quad \text{----- (3)}$$

$a = H_{1/3}^2 T_{1/3} b/4$, $b = 0.675/0.9^4$, $f^* = T_{1/3} f$ である。

$D(f, \theta)$ の成分波の分割数は、 f は等エネルギー的に 15、 θ は等間隔に $36 (4\theta = 5^\circ)$ とした。なお回折法の計算法は参考文献¹⁾を参照されたい。本稿では式(2)の $\ell = 1, 4$, $\theta_{\max} = \pi/2$, 直角入射 ($\alpha = \pi/2$) について報告する。

(1) 半無限堤 正弦波相当義波波長 $L_{1/3}$ を用いて、半無限堤背後の波高分布（回折係数 K_d ）を求めたのが図-1、2である。当然、回折法では成分波のエネルギーが堤背後へ回り込めため、遮蔽域での波高の低下が緩やかである一方、分散法ではそれがないため、波高分布は堤頭部から直線放射状となり、かつ遮蔽域での低下が相対的に急である。両者の値が一致するのは $K_d \approx 0.5$ である。しかし、 $0.3 \leq K_d \leq 1$ では両者は驚く程よく合っており、さらに距離が遠くなる程両者は漸近してくる。また方向分布幅が広い程（ ℓ が小さい方が）差が小さい。なお入射波の延長方向で $K_d = 0.7$ であること（注） $x// = x(x-2)(x-4) \dots$

図-1 半無限堤による回折及び分散 ($\ell=1$)図-2 半無限堤による回折及び分散 ($\ell=4$)

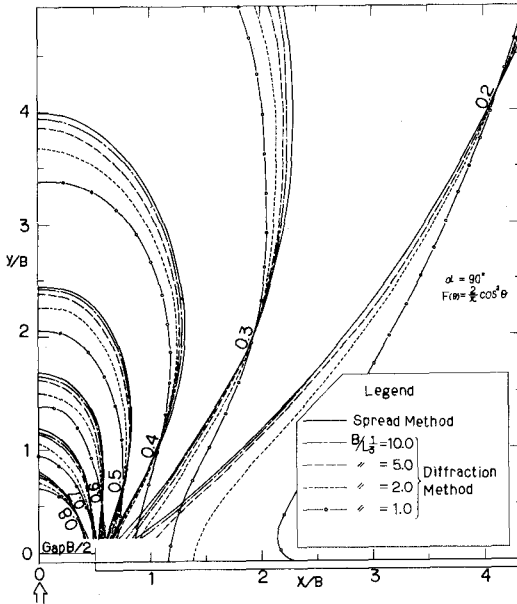


図-3 南口堤による回折及び分散 ($l=1$)

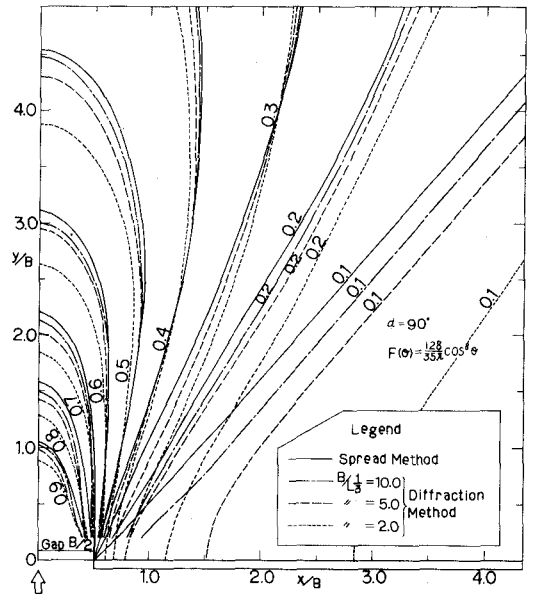


図-4 南口堤による回折及び分散 ($l=4$)

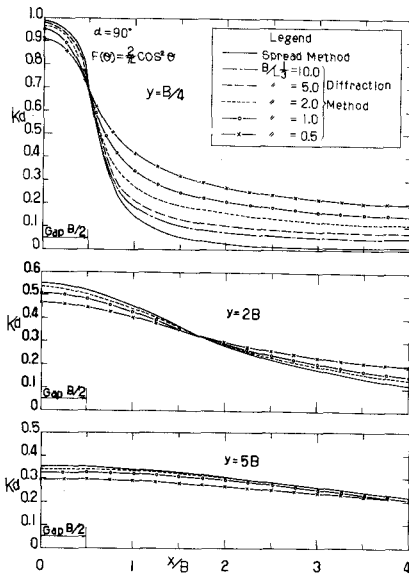


図-5 K_d の横断面分布 ($l=1$)

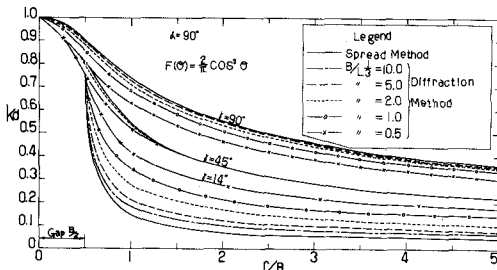


図-6 K_d の放射方向分布 ($l=1$)

とは、港外波のエネルギーの半分が侵入していることを示している。

(2) 南口堤 南口幅 B の半無限直線上南口堤で、右半平面での K_d の分布を図-3, 4 に、また図-3 の $y = B/4, 2B, 5B$ の断面でのその分布を図-5 に、さらに南口部中心から進入波延長方向からの偏角 $\theta = 90^\circ, 45^\circ, 14^\circ$ の放射方向の分布を図-6 に示した。これらの図から $L_{1/3}$ と比べ南口幅が広い程回折法の値は分散法の値に漸近し、 $B > 2L_{1/3}$ では両者の差は顕著でないことが分かる。但し、堤頭部と防波堤直背後では(1)で述べたと同様の原理的な差が現れている。また、南口堤においても方向分布幅が広い程、両者の差が小さい。すなわち、うねりのような単一正弦波に近い波の侵入においては、方向分散によるエネルギー平均効果が低く、分散法で無視した回折効果がよりきいてくる訳である。

3. あとがき 不規則波の回折計算は複雑であり、適用に当たって本稿の結果に注意すれば、分散法がかなり有効な代替計算手段となる。なお、斜め入射波の場合等も含め、本テーマの詳細について“調設公報”Vol. 2 (オミ港建, 近刊) に発表の予定である。

4. 参考文献 1) 永井康平 (1972) : 不規則な海の波の屈折および回折の計算, 港湾技術報告, Vol. 11, No. 2, pp. 47~119. または, 不規則な海の波の防波堤による回折の計算, オミ回海講, 土木学会, pp. 337~343.

2) Pierson, W. J., Jr. et al. (1955) : Practical Method for Observing & Forecasting Ocean Waves by Means of Wave Spectra & Statistics, U. S. Navy H. D. Pub. No. 603, 284 p.