

不規則波による港内波高分布の予測手法について

(財)電力中央研究所 正会員 丸山 康樹
 中部電力(株) ヲ 宮地 克人
 ヲ ヲ 原 隆幸

1. ま え が き

火力および原子力発電所等の港湾施設の利用率を検討するにあたっては、実海域の波の不規則性を考慮した港内波高を推定することが必要である。近年、港湾設計を目的とした水理実験設備は、周波数スペクトルの不規則波により検討が行えるようになってきている。しかし、実海域の波は、波の進行方向についても不規則な方向スペクトルを有する波である。入射波の方向分散性は港内波高分布に顕著な影響を及ぼすため、港内波高の推定は方向スペクトルで検討することが重要となる。

著者らは、簡便な不規則波での港内波高の予測手法として、位相折返し法による港内波高の計算手法を提案した。¹⁾ 本研究では、この手法の周波数スペクトルによる計算精度を水理実験結果より検証し、方向スペクトルを用いた港内波高の予測手法を検討したものである。

2. 水 理 模 型 実 験

実験は図-1に示すように長さ30m、巾23m、深さ1.2mの水槽に現地海岸の模型(海底勾配が約1/70の単斜面上に近い海底地形)を縮尺1/25で製作し、 $H_{1/3}=4\text{m}$ 、 $T_{1/3}=9\text{sec}$ (原型値)のBretschneider-光易型周波数スペクトルを造波機により発生させた。図-2に示したモデル港湾を地形模型上に設置し、造波機設置角 θ_1 を 42.8° 、 21.6° 、 0° 、 151.3° (θ_1 は訂線に対して反時計回りに読んだ値)の4ケースに変え、それぞれ $\Delta x = \Delta y = 20\text{m}$ (原型値)ピッチに港内波高の測定を行った。

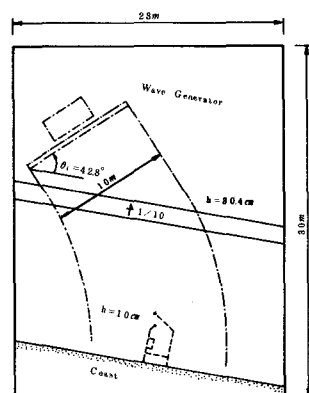


図-1 実験概要

3. 不規則波の港内波高の計算

位相折返し法による不規則波での波高計算¹⁾は、成分波(規則波)の合成で行う。ここに、港内へ入射する方向スペクトルを $S(f, \theta)$ とし、周波数方向に M 個、角度方向に N 個に分割し、 $M \times N$ 個の成分波 (f_i, θ_j) を考える。それぞれの成分波を規則波として入射波高に対する港内波高比を $K_{a ij}$ とする。不規則波の入射波高を $(H_{1/3})_E$ とすれば、港内波高 $H_{1/3}$ は次式で与えられる。

$$H_{1/3}/(H_{1/3})_E = \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (K_{a ij})^2 \cdot \Delta E_{ij} \right]^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 ΔE_{ij} は成分波のエネルギー密度の全エネルギー密度に対する割合であり、 $M \times N$ 個の規則波の港内波高の重ね合せで方向スペクトルによる港内波高が求まる。また、周波数スペクトルによる港内波高は、周波数方向のみの重ね合せとして求められる。

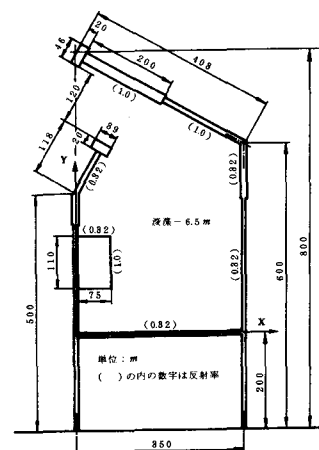


図-2 モデル港湾概要

4. 周波数スペクトルでの整合性

モデル港内の波高分布を周波数スペクトルにより検討した。数値計算は、港口部の入射波を水理模型実験と同様に Bretschneider 光易型周波数スペクトルで与え、周波数分割数を $M=5$ とし、計算間隔を $\Delta X = \Delta Y = 20m$ で行った。また、計算に用いた反射率は別途実施した規則波での断面実験より有義波の波形勾配で推定し、港内での反射回数なる回までとした。図-3 に計算値と実験値を比較した一例を示した。港内波高の実験値は、防波堤設置前の自然海浜状態において港口部予定地点周辺で測定した有義波高との比 (K_d 値) で示してあり、計算値も同様な値である。図より計算値と実験値は比較的良く一致し、周波数スペクトルに対して位相折返し法が十分な精度をもつことが確認された。

5. 方向スペクトルによる予測

現在のところ方向スペクトルを再現できる水理実験設備が実用化されていないため、位相折返し法などにより推定せざるを得ない。ここでは方向スペクトルによる港内波高を予測する手法として、入射角(造波機設置角)を数ケース変えて行った周波数スペクトルの水理実験結果を合成することを考えた。この合成は方向スペクトルを周波数方向に積分した $E(\theta)$ を、周波数スペクトルの入射角で分割し全エネルギー密度に対する割合をもって重ね合わせることにした。重ね合わせを行うための水理模型実験を4ケース実施したが、地形模型(図-1)により屈折を伴うケースでは港口部で多少の方向分散が生じる。このため、重ね合わせは港口部での方向スペクトルを仮定し、有義波周期の港口部への入射角を求め、 $E(\theta)$ の分割は4ケースの入射角が中心となるようエネルギー密度比を定めた。また、重ね合わせを行う港内波高の実験値は、あらかじめ測定した入射波高との比 (K_d 値) を用いた。図-4 に一例として光易型方向スペクトル ($S_{max}=50, \theta_p=270^\circ$) による重ね合わせ結果と位相折返し法により $M=5, N=11$ の分割で計算した結果を比較して示した。図より実験値の重ね合わせと計算値は比較的良い一致を示し、また、 S_{max} の値を変えて比較した結果においても同程度の一致を示すことから、本手法は方向スペクトルによる港内波高推定の妥当な方法と考えられる。

6. あとがき

水理実験結果の重ね合わせ数は、方向スペクトルの S_{max}, θ_p の値と大きな関係をもつと考えられ、さらに検討が必要である。今後、現地観測結果にもとづいた精度の検証を行い、不規則波による港内波高の予測手法を確立してゆきたいと考えている。

〈参考文献〉1) 丸山ほか; 港内波高計算手法の提案—各成分波の位相折返しを考慮した多重反射域の波高計算法—, 電力中央研究所 研究報告 No. 381035, 1982.

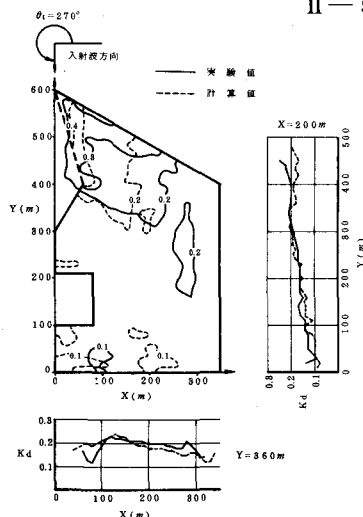


図-3 等 K_d 値の実験値と計算値の比較
($H_{1/3}=4m, T_{1/3}=9sec, \theta_r=270^\circ$)

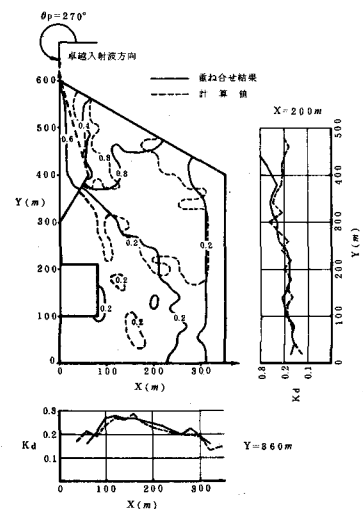


図-4 重ね合わせ結果と計算値の比較
($H_{1/3}=4m, T_{1/3}=9sec, S_{max}=50, \theta_p=270^\circ$)