

電力中央研究所 正員 ○渡島 達一
同 上 正員 丸山 康樹

1. はじめに

石炭火力発電所は港湾施設が大規模になりつつあり、敷地の余裕やコールセンターとの近接度等サイトの特性により異なるが、例えば貯炭容量20日分に対しては石炭運搬船の着機荷役稼働率として年間90%程度が要求される。従って、港湾の荷役稼働率を精度良く推定することが建設費の面から重要となる。本報告は方向分散性のある不規則波に対する港内静穏度および稼働率計算の一手法について述べるものである。

2. 影響係数法(MIC)の概説

不規則波に対する港内静穏度計算にも規則波に対する計算手法が基本となる。その手法として、Biesel and Ranson (1961), Barailler and Gaillard (1967) により展開された Green 関数を用いる影響係数法(MIC)があり、現地への適用例としては山本・他(1975), 榎木・他(1979)などがあるが、計算時間の面からは必ずしも有利な方法ではなかった。一方、奥山・他(1978)は解析解の折返しによる計算方法を提案している。最近、大型計算機の演算時間の向上は著しく、前者の欠点はほとんど解消しつつある。

そこで、前者を規則波に対する港内静穏度計算手法として採用し、計算効率、非一様水深(step状変化)への拡張等の改良を行った。理論および計算手法は前述の論文に詳しいので、ここでは省略するが、計算精度の検討のため①離岸堤(長さ $B=3L$, L は波長)、②開口部を有する防波堤(開口幅 $W=2L$)に直角に入射する条件で計算した結果と解析解(合田・他(1971), 森平・他(1966))との比較を行い図-1, 2に示した。両例とも比較的良好に一致するが、榎木・他(1979)が指摘しているように、条件により精度が悪い例も見られ、基本的には開口部からの回折計算に向く手法と言える。

図-3は実際の港湾への適用計算例で、水理模型実験による検討の結果、十分な精度を有すると判断された。従って、影響係数法(MIC)は計算の容易性から実用的な手法と考えられる。

3. 入射波方向スペクトルの推定

不規則波に対する港内静穏度計算を行うためには、入射波方向スペクトルを推定することが第一段階となる。不規則波の方向スペクトルは一般に、グレットシェナイダー・光易型周波数スペクトル $S(f)$ と光易型方向関数 $G(f, \theta)$ の積で表現される。

$(H_{1/3})_0, (T_{1/3})_0$ の統計量を持つ沖波の方向スペクトルを $\phi_0(f, \theta)$ とし、入射角 θ の値をそれぞれ $(H_{1/3})_i, (T_{1/3})_i, S(f, \theta)$ とすれば、成分波について以下の関係が成立すると考えられる。

$$\phi(f, \theta) = \phi_0(f, \theta) \cdot K_0^2(f) \cdot K_1^2(f, \theta) \quad \text{----- (1)}$$

単純な平行等深線海岸では(1)式の関係を次式のように変形し、そ

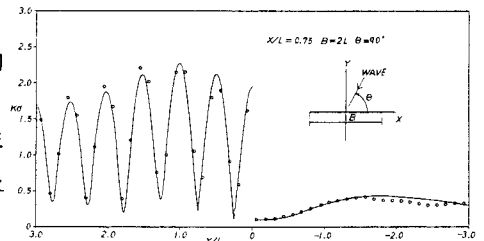


図-1 離岸堤解析解との比較

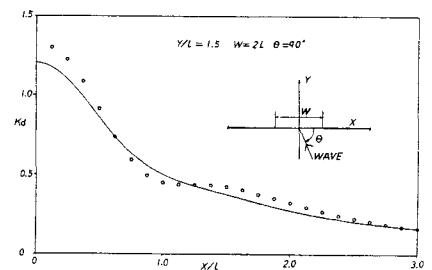


図-2 開口部解析解との比較

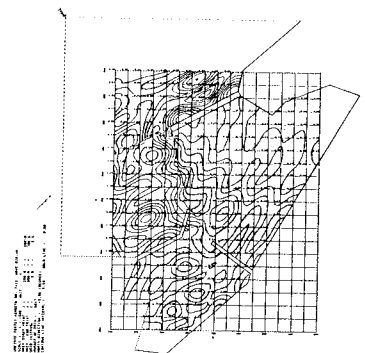


図-3 港湾への適用計算例

の関係が合田(1980)¹⁾により検討されている。

$$\left\{ \int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} \int_0^{\infty} S(f, \theta) df d\theta / \int_{\theta/2}^{\theta/2} \int_0^{\infty} S_0(f, \theta) df d\theta \right\}^{1/2} = (K_s)_{eff} \cdot (K_r)_{eff} \quad \text{---(2)}$$

$$(H_{1/3})_i = (H_{1/3})_0 \cdot (K_s)_{eff} \cdot (K_r)_{eff}$$

$K_s(f)$, $K_r(f, \theta)$ は成分波の浅水係数, 屈折係数で, $(K_s)_{eff}$, $(K_r)_{eff}$ は不規則波のそれに対応する。 θ_{max} , θ_{min} は地形あるいは構造物により, 入射波のエネルギーが制限される範囲を意味し, windowと呼ばれる。また, $(T_{1/3})_i$, 卓越波向 α_p , 波向集中度パラメータ S_{max} の変化についても検討されている¹⁾。以上の推定方法の概略を図-4に示すが, 碎波変形, サーフビートの発生等の問題もあり, 入射波の方向スペクトルを精度良く推定することがまず, 重要である。

3. 不規則波に対する港内静穏度計算法

周波数 f , 波向 θ の成分波(規則波)の港内波高と入射波高の比を静穏度と呼び, $K_d(f, \theta)$ とする。不規則波の静穏度は浅水変形, 屈折を無視し得るならば下式で与えられる。

$$D = \left[\int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} \int_0^{\infty} S(f, \theta) K_d^2(f, \theta) df d\theta / \int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} \int_0^{\infty} S(f, \theta) df d\theta \right]^{1/2} \quad \text{---(3)}$$

実際の計算では(3)式を以下のように級数展開に変換して行う。

$$D = \left[\frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{ij} \cdot K_{dij}^2 \right]^{1/2}, \quad m = \int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} \int_0^{\infty} S(f, \theta) df d\theta \quad \text{---(4)}$$

$$S_{ij} = \int_{\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}}^{\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}} \int_{f_j - \frac{\Delta f}{2}}^{f_j + \frac{\Delta f}{2}} S(f, \theta) df d\theta, \quad K_{dij} = K_d(f_j, \theta_i)$$

商山・他(1979)は角度分割数 M , 周波数分割数 N の計算誤差に与える影響を検討し, 最適分割数を提案している。この方法では, ①入射波卓越波向 α_p が変化すると共に成分波の K_{dij} を計算し直す必要があること, ②遮蔽領域では K_{dij} の角度および周波数に対する変化は連続的であり, ③このような領域では集中した方向スペクトルを離散化するこによる誤差がむしろ大きいことから, 成分波計算数 $I \times M$ (角度成分) $\times N$ (周波数成分)の K_d を影響係数法により求め, 方向スペクトル分割数 $M \times N$ 束の K_{dij} を図-5のように曲面近似で補間する方法を採用した。

港内の任意点 (x, y) での有義波高 $H_{1/3}(x, y)$ は(4)式の D から, $H_{1/3}(x, y) = D(x, y) \cdot (H_{1/3})_i$ ---(5)となり稼働率はこの $H_{1/3}(x, y)$ の値で判定される。規則波と不規則波を対象とした場合の稼働率計算法の相違を図-6に示す。

4. おわりに

港湾施設稼働率の推定にあたっては, 入射波の方向分布特性が重要な因子となるため, 各計画地塊においてこの面の波浪情報を取得する必要がある。また, 上記の手法の妥当性については今後現地観測により検証する計画である。なお, 数値計算については開発計算センターの定森良夫氏の協力を得たことを付記する。

5. 参考文献

1) 合田良実: 港湾構造物の耐波設計, 鹿島出版会(1980)

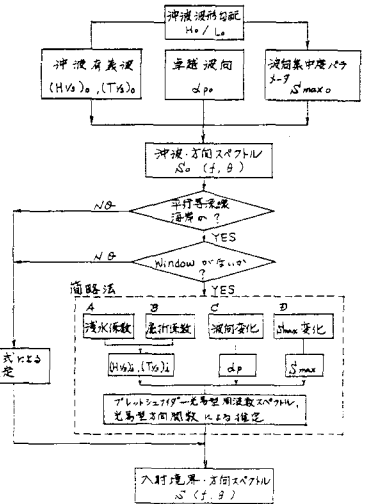


図-4 入射波方向スペクトル推定フロー図

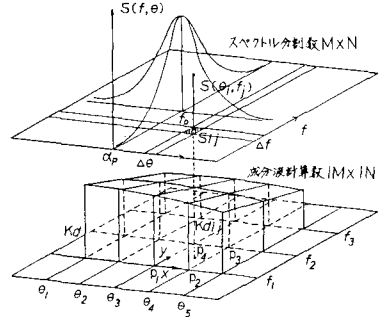


図-5 K_{dij} 補間法

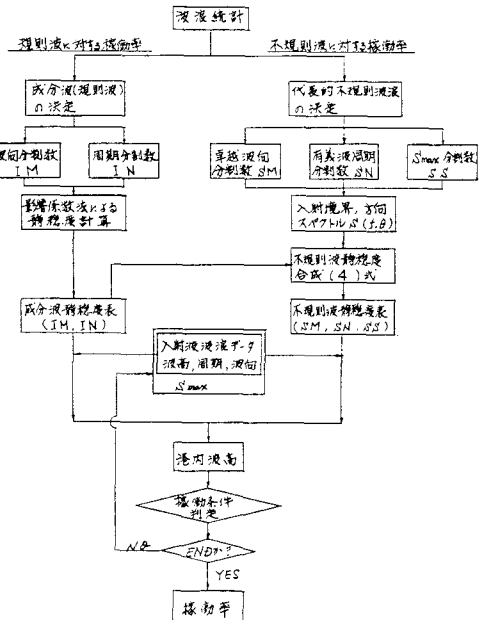


図-6 稼働率計算フロー図