

### III-24 大阪港の設計波の計算

大阪市立大学工学部 正員 工博 永井 莊七郎  
大阪市港湾局 正員 堤 道夫

#### 1. 大阪港における波浪予報曲線

大阪湾のような比較的水深の浅い海域における波浪の予報にはSMB法を適用することはできないが、最近浅海域波浪の予報技術がかなり研究されており、BretschneiderやThijssseによる方法はすでに各地で用いられている。前者はMexico湾の実測値に基づいて、SMB法に浅水の影響による各種のエネルギー損失を考慮したものであり、後者は風洞実験および潮水での観測資料から作成された予報技術であって、ともに一般性を有しているものと考えられる。一方わが国においては岸博士によりMolitorの経験式がSMB値( $S=0.95$ )と $S=0.17$ におけるSavilleの実測値との間にあり、かつその値が合理的な配列をしていることが指摘され、浅海波高の算定式として推奨されているが、SMB値とSavilleの実測値とに囲まれる範囲は一般常識的に考えられる波高値とすべて含む範囲のものであり、このことはMolitor式が観測値により作られた式であることの証明にすぎず、この式が浅海波高の算定式として適当であることの証明にはならない。これに対しBretschneiderの方法は理論的、系統的裏付けがあり、また任意の海底断面の水域にも近似的に拡張して用いられるから、比較的其他の地域的条件を満足している。以上の観点から大阪港の予報曲線の作成はBretschneiderの方法を採用することとした。

さて損失エネルギーを考慮した浅海域波浪発達式はBretschneider-Reidによって(1)式で与えられるが、この厳密解を求めることはできない。しかし風から波への伝達エネルギー量も、また波に与えられるエネルギーのうち波速、波高に費される割合とともに深海に於けるそれと等しいと仮定すれば、これを近似的に解くことができる。著者は上記のBretschneiderの仮定について、岸博士の求めた浅海域波浪発達の諸式を用いて検討した結果、両者とも $S=0.2\sim0.3$ 以上の水域ではこの仮定は安全であることを確かめた。

$$C_g \frac{dE}{dx} + E \frac{dC_g}{dx} = R_T \pm R_N - R_R \quad \text{----- (1)}$$

ただし $C_g$ は群速度、 $E$ は波の単位面積当りのエネルギー、 $R_T \pm R_N$ は風から波への伝達エネルギーの割合、また $R_R$ は波の損失エネルギーの割合で、その主なものゝ海底摩擦によるものであるが、大阪湾のような軟弱な泥土からなる海底ではMexico湾の実測値が示すように海底泥土の波状運動による損失エネルギーも無視できない。今一定周期 $T$ 、入射波高 $H_1$ なる波が等水深 $h$ の水域を $4X$ 進行するとき、これらによる波高減少率 $K_f$ 、 $K_b$ は次(2)、(3)式で与えられる。なおSavageの実験から大阪湾においては海底地質の透過性に基づく損失エネルギーを考慮する必要はない。

$$K_f = \frac{H_2}{H_1} = \left[ \frac{64}{3} \pi^3 f H_1 4X K_s^2 / g^2 T^4 (\sinh \frac{2\pi}{L} h)^3 + 1 \right]^{-1} \quad \text{----- (2)}$$

$$K_b = \frac{H_2}{H_1} = \exp \left[ -\frac{1}{4} r \frac{4X}{L} K_s^2 \left( e^{-\frac{2\pi}{L} h} + \text{sech} \frac{2\pi}{L} h \right)^2 \right] \quad \text{----- (3)}$$

ただし $K_s$ はShoaling factor、 $L$ 、 $L_0$ は波長および沖波波長、 $H_2$ は $4X$ 進行後の波高であ

る。なお上式の摩擦係数 $f$ は一般に $0.01 \sim 0.02$ 程度であり、また $\tau$ 値はMexico湾の実測では $0.015 \sim 0.02$ であった。大阪湾については一応 $\tau=0$ 、 $f=0.015$ を採用したが、計算の結果波高は $\tau=0.015$ 、 $f=0.01$ としたときの波高よりやや大きい値とある。

Brutschneiderによる予報方法は上記の仮定に基づき、浅海域をいくつかの区域 $AF$ に分けて等水深と考之、SMB法からこの区間の平均波高、周期を算出してこれをうねりとみなし、さらに(2)式で与えられる波高の減少をSMB法から有効Fetchの減少に換算して次々と数値計算をしていくものである。

図は大阪港の計算結果の例としてSW方向の予報曲線を示すが、この図からSMB値がかなり過大な値を与え、Molitor式が過小な値を与えていることがわかる。

## 2 計画波浪の推定

波浪の推定は大阪湾に関する資料の不足から、米国

におけるハリケーンのEnergy Index Mapのような概念を用いることができないため、風速と潮位を統計して間接的に波浪を推定した。風速は過去32年間にあける台風記録から最小吹送時間中の平均風速の年最高値をSSW~WSW方向それぞれの成分を用いて算出し、Gumbel法によって統計した。潮位はすでに気象庁の橋本美愛氏等によって統計されているが、紀伊水道から来襲する台風時の高潮は副振の影響が大きく、そのPeakが最小吹送時間中継続しないため、これらについては最小吹送時間中の平均値をとり、改めてGumbel法により統計した。この結果の一例としてSW方向については

$$X_2 = 0.2564 + 2.261 \dots \dots \dots (4) \quad U_2 = 4.8714 + 9.485 \dots \dots \dots (5)$$

$$y = -\ln\{-\ln(F(x))\} \dots \dots \dots (6)$$

ここに $X_2$ 、 $U_2$ はそれぞれSW方向の潮位(m)、風速(m/sec)、 $F(x)$ は調整非超過確率を表す。次に風速と潮位との相関係数を求めなければならないが、資料が不備なためこの関係とすることはできなかった。しかし両者はともに台風という同一要因に基くものであるから、両者の相関はかなり大きいと考之られる。したがって一応この両者が同一の $y$ に対応するものと仮定して図から波高、周期を求めると、大阪港に来襲する有義波と超過確率年との関係は次表の通りとなる。この結果大阪港に来襲する波は、有義波高3m~3.2mにあれば充分安全であることが知られる。

|         | S W  |      |      | W S W |      |      | S S W |      |      |
|---------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| 超過確率年   | 100年 | 70年  | 50年  | 100年  | 70年  | 50年  | 100年  | 70年  | 50年  |
| 波高(m)   | 3.18 | 3.10 | 3.02 | 3.28  | 3.19 | 3.09 | 3.27  | 3.17 | 3.07 |
| 周期(sec) | 7.15 | 7.06 | 6.96 | 7.25  | 7.15 | 7.05 | 7.31  | 7.19 | 7.08 |

