土木学会第50回年次学術講演会(平成７年９月)

Ⅱ－327　多方向不規則波浪場において直柱に作用する波力に関する一考察

鹿島建設（株）　正会員　奥津　一夫
正会員　三浦　一彦
竹本　まほ

1. はじめに

近年、海洋波浪場の研究が著しく進展し、海洋構造物の設計において波浪の不規則性を考慮する傾向にある。特に、水深の深いサイトに建設される人工島、大水深橋脚、大水深防波堤等については、波浪の不規則を考慮することにより、合理的な設計が行える可能性が高い。波浪不規則性には、波高・周波数の不規則性と方向の不規則性がある。本報では特に方向の不規則性に注目して、構造物の設計におよぼす影響について考察した。考察は問題を単純化するために単柱に作用する波力に注目して行った。

2. 多方向不規則波理論[1)]

通常、波のスペクトルの一般形は (1) 式の形で表現される。

$$S(f,\ \theta)=S(f)G(f\ ;\theta) \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

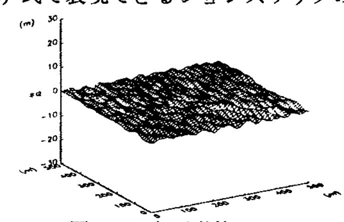
ここに、　f　：周波数　　θ　：波の主方向からの編角　$G(f\ ;\theta)$：方向関数
$S(f,\ \theta)$：方向スペクトル　$S(f)$：周波数スペクトル

周波数スペクトルは、いくつかの形が提案されているが、本報では (2) 式で表現できるジョンスワップのスペクトルを用いる。

$$S(f)=B_J H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} f^{-5}\exp\left[-1.25\,(T_p f)^{-4}\right]\times\gamma^{A} \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

ここに $A=\exp\left[-(T_p f-1)^2/2\sigma^2\right]$

γ　：ピークの鋭さを表すパラメータ
B_J　：γの関数
T_p　：$T_{1/3}$とγの関数
σ　：周波数に応じて決定される値



図－1　水面形状

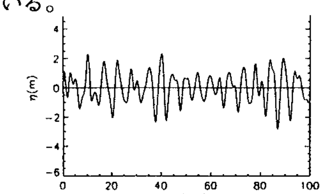
また、方向関数は光易型方向関数を合田らにより修正されたものを用いる。

$$G(f\ ;\theta)=G_0\cos^{2S}\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (3)$$

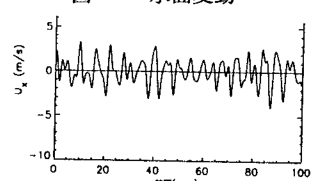
$$\text{ここに}\ G_0=\left[\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}}\cos^{2S}\left(\frac{\theta}{2}\right)d\theta\right]^{-1}$$

$$S=\begin{cases} S_{\max}\cdot(f/f_p)^5 & : f<f_p \\ S_{\min}\cdot(f/f_p)^{-2.5} & : f\geqq f_p \end{cases}$$

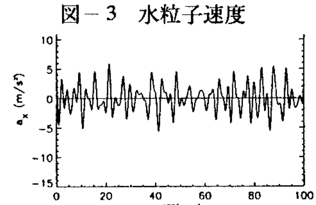
$$f_p=1/(1.05\,T_{1/3})$$



図－2　水面変動



図－3　水粒子速度



図－4　水粒子加速度

3. 数値シミュレーション

(1) 式～ (3) 式の定式化をもとに任意位置，任意時刻の水面変動，水粒子速度等を求める。求め方には、①ダブルサンメーション法と②シングルサンメーション法の２通りの方法があるが、本報では②の方法を用いて行う。図－１～図－４にシミュレーション例としてある瞬間の水面形状，任意位置の水面変動の時刻歴，波の主方向の水粒速度と水粒子加速度の時刻歴を示す。計算条件は水深10ｍ，$H_{1/3}=4$ｍ，$T_{1/3}=$ 5sec，$S_{\max}=25$，$\gamma=1$である。

4. 波力算定

小口径柱に作用するモリソン波力を考え、多方向不規則場における波力について考察する。

傾斜小口径柱に作用するモリソン波力は (4) 式で表現できる。

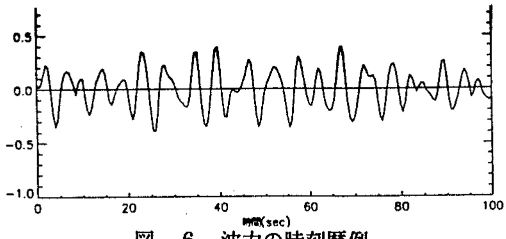
$$d\vec{F}=\left\{\frac{\omega_0}{2g}\cdot C_D\cdot D\cdot\left|\vec{V_n}\right|\cdot\vec{V}+\frac{\omega_0}{g}\cdot C_M\cdot\left(\pi D^2/4\right)\cdot\left(d\vec{V}/dt\right)\right\}dS \quad\cdots\cdots\cdots (4)$$

ここに、$\vec{F}$は波力ベクトル, $\vec{V}$は水粒子の速度ベクトル, $\vec{V}_n$は円柱直角方向の水粒子ベクトルである。また、Dは柱径, ω_0は水の単位重量, C_Dは抗力係数, C_Mは質量力係数である。

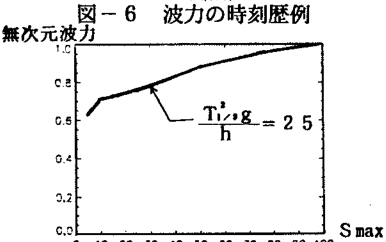
(4) 式をもとに直柱に作用する波圧分布を計算した例を図－5に示す。ある時点から1秒間隔で示している。図には斜め上方からの図（側面図と呼称）と直上からみた図（平面図）を示している。一見して、一方向波浪場では考えられない複雑な波圧分布になっていることが判る。

次に波圧分布を積分して求めた波力について説明する。図－6に波の主方向の波力の時刻歴例を示す。計算条件は$S_{max}=5$, $\gamma=1$, $T_{1/3}=5sec$, $H_{1/3}=0.5\,m$, 水深 (h) 10 m, 柱径1 mである。図－7に波の主方向の波力の計算結果を示す。横軸は波浪集中パラメータS_{max}、縦軸は最大波力（1/1000期待値）であるが、$S_{max}=100$の場合の波力で正規化している。

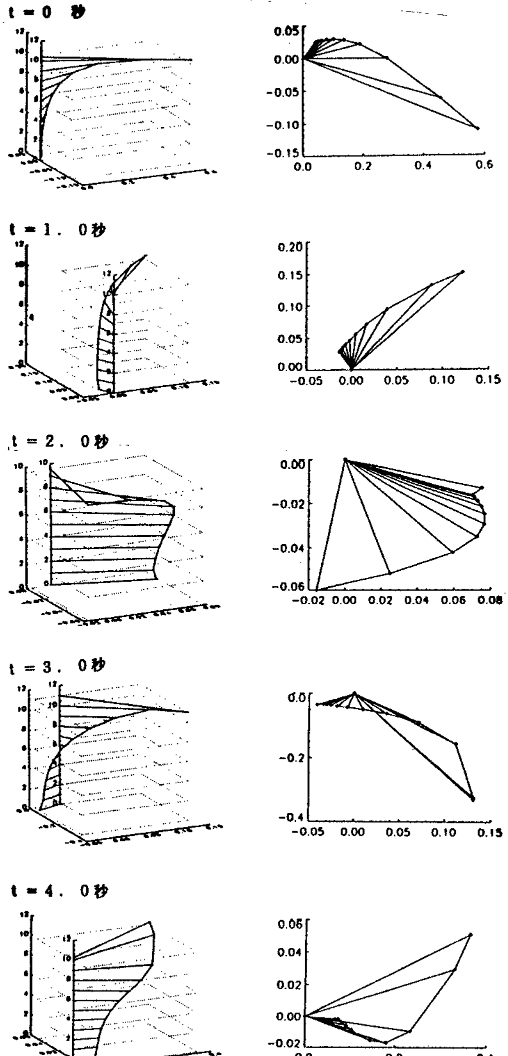
波浪集中パラメータが小さくなる程（方向分散性が大きい程）波力が小さくなっていることが判る。



図－6　波力の時刻歴例



図－7　S max と最大波力の関係



側面図　　平面図

図－5　波圧分布例

5. まとめ

多方向不規則波浪場における波力についてモリソン波力を用いて考察した。その結果、波浪の集中度に応じて波力が変化することが判明し、波の多方向性が強い場合、一方向波として設計するのに比して、より合理的（経済的）な設計の可能性が示唆された。今後、数多くのパラメータスタディーを実施するとともに模型水理実験での検証を考えていきたい。

【参考文献】1) 例えば、合田良實：港湾構造物の耐波設計, 鹿島出版会, 1990