

II-389

多方向不規則波浪場における大口径円筒に作用する波圧特性

鹿島技術研究所 正会員 池谷 毅・岩瀬浩二・南 誠信

1 緒論

近年、円筒形状を有する海洋構造物が様々な目的で建造されている。海洋構造物は、今後ますます沖合いに建設されるようになると予想され、特に波の方向不規則性を考慮することが耐波設計上重要と考えられる。

円筒周辺の波高分布を調べた前報¹⁾に続き、本報告では、円筒構造物に作用する波圧特性について、多方向不規則波造波装置を用いた水理実験と線形回折理論を重合せた理論解析とから、その特性を明らかにすることを目的とする。

2 水理実験

表-1 実験条件

	直径 (m)	水深 (m)	波高 (m)	周期 (秒)
現地	200.0	25.0	5.0	9.0
模型	4.0	0.5	0.1	1.3

表-1に実験で想定した現地条件と縮尺1/50のフルード相似則に従った実験条件を示す。波浪の周波数スペクトルには JONSWAP 型を、方向関数には光易型を用いている。

実験には鹿島技術研究所大型平面水槽(幅20m、長さ45m)の多方向不規則波造波装置(パネル幅50cm、枚数36枚)を用いた。多方向不規則波造波装置の造波信号の作成は、前報¹⁾の方法を用いて行い、造波装置から13m離れた断面に所定の波を造波した。大口径円筒はその中心が造波目標位置に一致するように設置しており、水槽側壁は目標位置から沖側を反射型に、岸側を消波型としている。

波圧分布の計測には、円筒模型の表面に設置した波圧計(三計エンジニアリング社製 P310-02)により行った。計測点は円周方向30度刻み12点、鉛直方向10cm刻み6点、総計72点で、計測時間は5分間である(図-1参照)。ゼロアップクロス法により、波圧波形から個々の波を定義し、それぞれの波の最大値と最小値を統計処理し、有義最大波圧 $p_{+1/3}$ と有義最小波圧 $p_{-1/3}$ を求めた。

3 解析理論

多方向不規則波浪場での大口径円筒に作用する圧力変動 p は、次式に示すように MacCamy・Fuchs の線形回折波理論²⁾を重合せることにより評価できる。

$$p = \rho g \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{mn} \frac{\cosh k_m(h+z)}{\cosh k_m h} \left[\sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{2i\beta_{\nu} \cos \nu(\theta - \phi_n)}{\pi k_m a H_{\nu}^{(1)\prime}(k_m a)} \right] e^{-i(2\pi f_m t - \epsilon_{mn})} \quad (1)$$

ここに、 r, θ, z :円筒座標系、 J_{ν} : ν 次の第1種ベッセル関数、 $H_{\nu}^{(1)}$: ν 次の第1種ハンケル関数、 a :円筒の半径、 k_m :成分波の波数、 f_m :周波数、 ϕ_n :波向き、 ϵ_{mn} :乱数、 $\beta_{\nu} = 1$ ($\nu = 1$ の場合)、 $\beta_{\nu} = 2i^{\nu}$ ($\nu \geq 1$ の場合)

成分波の振幅 a_{mn} は、方向スペクトル $S(f, \phi)$ との関係から次式で与えた。

$$a_{mn} = \sqrt{2S(f_m, \phi_n) \Delta f \Delta \phi} \quad (2)$$

ここに、 $\Delta f, \Delta \phi$ は、周波数、方向の分割幅である。なお、ここでは、 $M = 50, N = 31$ として計算している。

各算定点での有義最大・最小波圧を求める場合は、各点で時系列信号を算出し統計処理することが定義に厳密であるが、計算時間がかかることから、ここでは、各点での変動圧力の標準偏差 σ を求め、これから、これから有義最大・最小波圧を求めた。

4 実験結果及び解析結果

$S_{max} = 25$, $\gamma = 1$ の場合の計算された波圧分布を図-2に示す。波圧は沖側静水面付近で最大となり、岸側水底付近で最小となる分布をとることがわかる。

$S_{max} = 25$, $\gamma = 1$, $H_{1/3} = 0.15m, 0.05m$ の実験で計測された有義最大波圧及び有義最小波圧を図-3に示す。図中の実線は、解析結果を示す。これを見ると、計測された波圧は、概ね計算結果と一致するが、押しに比べ引き

の圧力が大きくなっていることがわかる。これは、本実験条件が、 $h/L_{1/3} = 0.28$ と大水深の条件となっているためと思われる。

以上のように、波圧の分布については、線形理論の重ね合わせは、波圧分布の概要を説明できるものの、より正確に波圧を算定するためには非線形性と多方向不規則性をともに考慮した解析方法が必要である。

5 結論

本研究を通して、以下の知見を得た。

1. 多方向不規則波による円筒に作用する波圧を算定する簡便な方法を示し、水理模型実験により、本方法が波圧分布の定性的な傾向を表現することを明らかにした。
2. 定量的により正確な圧力分布を算定するためには、波の多方向不規則性と非線形性を同時に考慮した解析が必要であると考えられる。

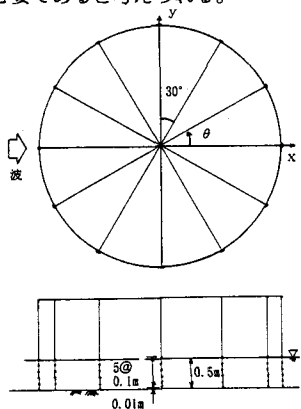


図-1 座標系と波圧の計測位置

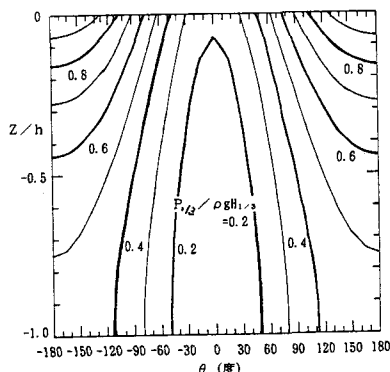


図-2 線形重ね合わせによる多方向不規則波による有義最大波圧分布 ($\gamma = 1.0, S_{max} = 25$)

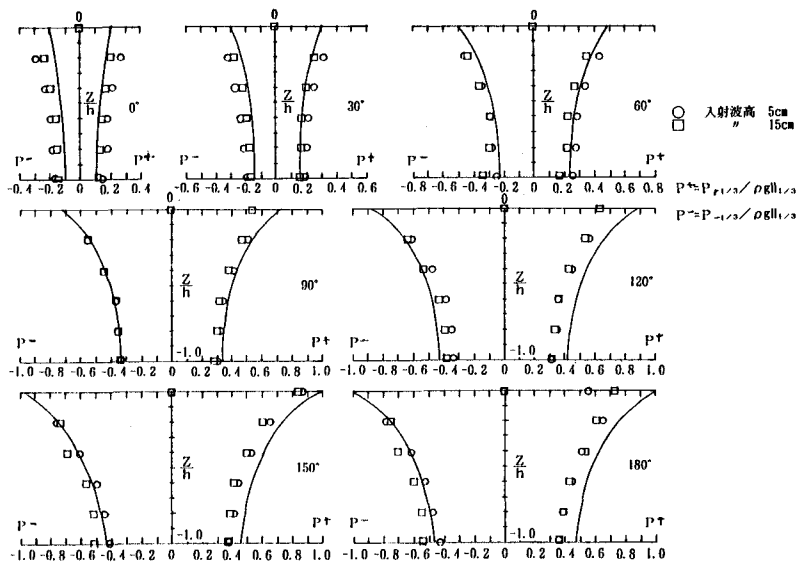


図-3 有義最大波圧、最小波圧の計測値と計算値の比較 ($\gamma = 1.0, S_{max} = 25$)

参考文献 1) 池谷・岩瀬・南：多方向不規則波浪場における大口径円筒周辺の波高分布について，第48回土木学会年講，pp.876-877. 2) 例えば，T. Sarpkaya, M. Isaacson: Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures, pp.388 - 396.