

II-390

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

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、外力として波浪の影響が大きくなる傾向があり、特に波の方向不規則性を考慮することが重要と考えられる。

沖合いにおいて、安全で経済的に円筒構造物を設計・施工するために、円筒周辺の波高分布を基本情報として知る必要がある。本報告では、多方向不規則波造波装置を用いた水理実験と MacCamy・Fuchs の線形回折理論を重ね合わ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、今井ら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、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。

円筒周辺の波高分布の計測は、台車に取り付けた直線配置の容量式波高計群を用いて、円筒周辺の 9.0 × 10.0m の領域内の総計 117 点で行った。計測時間は 5 分間とし、統計処理により有義波高を求めた。

3 解析理論

多方向不規則波浪場での大口径円筒周辺の水面変動 η は、次式に示すように MacCamy・Fuchs の線形回折波理論²⁾を重ねせることにより与えた。

$$\eta = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{mn} \left[\sum_{\nu=0}^{\infty} \beta_{\nu} \left\{ J_{\nu}(k_m r) - \frac{J'_{\nu}(k_m a)}{H_{\nu}^{(1)\prime}(k_m a)} H_{\nu}^{(1)}(k_m r) \right\} \cos\{\nu(\theta - \phi_n)\} \right] e^{-i(2\pi f_m t - \epsilon_{mn})} \quad (1)$$

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。

各算定点での代表波高を求める場合は、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、各点での水面変動の標準偏差 σ を求め、これから、波高がレイリー分布従うとして、 $H_{\frac{1}{2}} = 4.004\sigma$ なる関係を利用して、有義波高を求めた。

4 実験結果及び解析結果

$S_{max} = 25$ 、JONSWAP スペクトルのパラメータ $\gamma = 1$ の場合の計測された波高分布を図-2 に、 $\gamma = 3.3$ の場合を図-3 に示す。一方、同じ条件に対する解析結果を図-4, 5 に示す。なお参考のために、有義波周期を持つ規則波に対する計算結果も図-6 にあわせて示す。

図-1 から 4 より、計測された波高分布は、定性的にも定量的にも計算結果と良好な一致を示すことがわかり、不規則波浪場における円筒周辺の波高分布の推定法として、線形理論の重ね合わせ法が有効であることがわかる。

また、図-3 から 5 より、多方向不規則波の波高分布は、規則波の波高分布に比べて、大きく異なることがわかる。円筒前面の反射領域は、規則波、 $\gamma = 3.3$ 、 $\gamma = 1.0$ とスペクトルの幅が大きくなるほど、小さくなるがわかる。これは、円筒から離れた地点では、不規則性が強いほど各成分波間で節腹のパターンが打ち消すようになるためと考えられる。また、円筒背後の回折領域では、多方向不規則波の方が規則波に比べて波高が大きく、回折領域の範囲が小さい。これは、方向不規則性の影響で様々な方向から来襲する波浪が回り込んだことによる影響と考えられる。

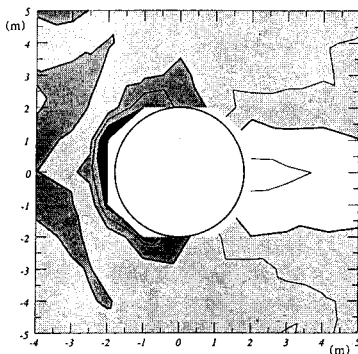


図-1 入射波高に対する増幅率の分布
（実験値， $\gamma = 1.0$ ）

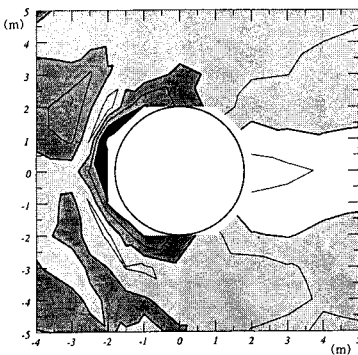


図-2 入射波高に対する増幅率の分布
（実験値， $\gamma = 3.3$ ）

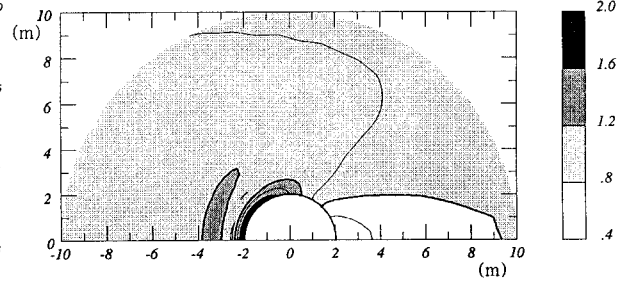


図-3 入射波高に対する増幅率の分布（計算値， $\gamma = 1.0$ ）

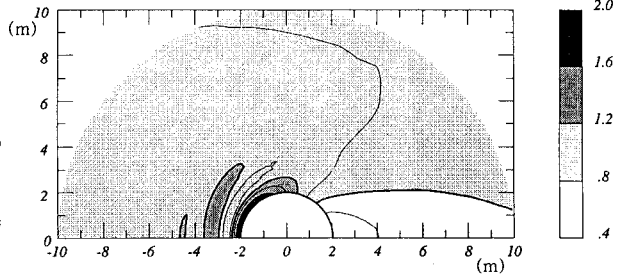


図-4 入射波高に対する増幅率の分布（計算値， $\gamma = 3.3$ ）

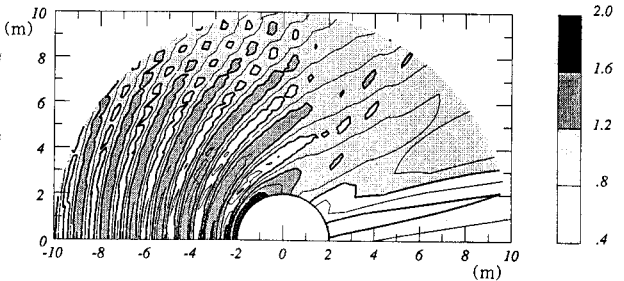


図-5 入射波高に対する増幅率の分布（計算値，規則波）

5 結論

本研究を通して、以下の知見を得た。

1. 多方向不規則波浪場における大口径円筒の波高分布に与える影響の範囲は、規則波における場合に比べて小さい。
2. 多方向不規則波浪場における大口径円筒周辺の有義波高分布は、線形理論の重ね合わせとして、精度良く評価することができる。

参考文献

- 1) 今井貫爾他 (1990) : パネルセグメント型造波装置の造波特性, 鹿島技研年報第 38 号, pp.147 - 154
- 2) 例えば, T. Sarpkaya, M. Isaacson: Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures, pp.388 - 396.