

矩形柱に働く多方向不規則波の波力特性

大阪市立大学工学部 正 員 小田 一紀

日立造船 正 員 〇尾川 仁俊

奈良県 松重 嘉章

1. まえがき 実際の海では様々な波高, 周期を持った波が重なり, また, それらの波が1方向ではなくて, ある幅を持って多方向に分散しながら進行する, いわゆる多方向不規則波が形成されていることは既によく知られていることである。方向分散性を考慮した波力の研究は, 円柱に関してはすでにある程度なされているが, 橋脚ケーソンなどに用いられる矩形柱に関しては, まだほとんど研究がなされていないのが実状である。本研究は, 以上の観点に立ち, 大断面の矩形柱を対象にして, これに働く多方向不規則波の波力特性を積分方程式によって理論的に明らかにしようとするものである。

ここでは, まず積分方程式法による解析を不能にする, いわゆる Irregular Frequency の問題の解決法を示し, その上で, 多方向不規則波の1/3 最大波力の特徴を入射波の主方向および1/3 最大波の波長との関係で明らかにする。

2. Irregular Frequency の除去 構造物による散乱問題に適用される積分方程式法では構造物の大きさと入射波の波長の比によって Irregular Frequency という現象¹⁾が生じ, そこでは数値計算が不能となることが知られている。この Irregular Frequency とは, 柱体の内部領域における仮想水面の固有振動に対応した周波数と考えられている。一般に, 積分方程式を離散化表示すると, $\sum_{j=1}^N ((E + \bar{A})_{ij}) \phi(P_j) = - \sum_{j=1}^N A_{ij} \bar{\phi}(P_j)$ (1) となる。ここで, E は単位行列, A_{ij} , $\bar{A}_{ij}$, $\bar{\phi}(P_j)$ は, 境界条件などによって決定される係数, および, P_j は構造物表面上の点である。Irregular Frequency は, 結局, 式(1)中の行列 $(E + \bar{A})_{ij}$ の行列式が0になるときの周波数に相当する。そこで, 本研究では, 原口・大松の方法²⁾, すなわち, 柱体の内部に波動が生じないように, 柱体内部の任意点で, $\hat{\phi} = 0, \partial \hat{\phi} / \partial x = 0, \partial \hat{\phi} / \partial y = 0$ という条件を付加する方法を採用した。但し, $\hat{\phi}$ は内部領域での速度ポテンシャルである。この方法を用いると, 柱体壁面上での未知ポテンシャル $\phi(P_j)$ の数は同じであるが, 条件式が3つ増えることになるため, 未知ポテンシャルを求めるとき最小二乗法を適用する³⁾。図-1に従来の積分方程式法と改良した方法による計算結果の比較の一例を示すが, 従来の方法では, $b/L = 1.43$ 付近で解が発散しているが, 改良した方法では解の発散問題は解消されていることがわかる。

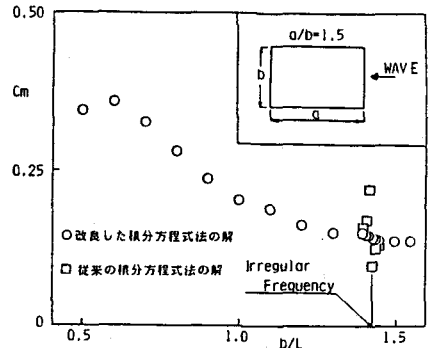


図-1 Irregular Frequency の除去

4. 1/3 最大波力分力 本研究では周波数スペクトルにはブレットシュナイダー 光易 Kazuki ODA, Hirotoishi OGAWA, Yoshiaki MATSUSHIGE

型、方向分布関数には光易型を用い、計算条件は表-1に、座標系は図-2に示すとおりである。計算によって得られた1/3 最大波力分力の無次元量（質量力係数 C_m ）と b/L （ただし、 L は有義波の波長）の関係を $a/b=1.5$ の場合について示したのが図-3である。図-3より、計算を行った $b/L < 0.4$ の範囲内では b/L が大きくなると、 C_m はすべて減少していることがわかるが、これは規則波の場合に見られる傾向と同じである。また、波の主方向が壁面に直角であっても、それと直角方向の波力が生じており、この直角方向の波力は波の主方向が短辺に直角、つまり、 $\beta=0^\circ$ のとき比較的大きくなっている。また有義波の諸元を持った規則波として取り扱った場合の波力

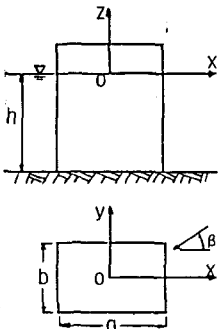


図-2 座標系

表-1 計算条件

周波数スペクトル 方向分散関数 水深 h 有義波高 $H_{1/3}$ 矩形柱の短辺長 (基準長)	ブレードシュナイダー・光易型 光易型方向関数 1.0 m 1.5 m 2.0 m 0.2, 0.3, 0.4 1.5 0.30, 45, 60, 90 10, 75
b/L a/b β (degree) S_{max}	

分力 $F_{xr}(F_{yr})$ に対する多方向不規則波の1/3 最大波力分力 $F_{xir}(F_{yir})$ の比と b/L の関係を示したのが図-4である。 $S_{max}=75$ のとき、 x, y 軸方向ともに波力比は波の主方向によってあまり大きく変化してい

ないが、 $S_{max}=10$ のときかなり変化している。また、波の主方向や b/L によっては、波力比が1.0 よりも小さくなる場合もあり、逆に、1.0 より大きくなる場合もある。しかし、これらの傾向は、 a/b および b/L の値によって変わることは言うまでもない。

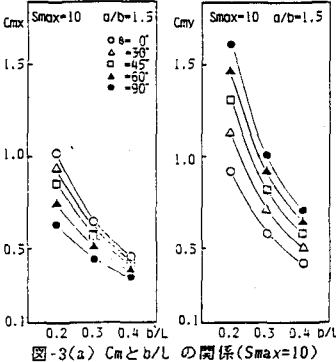


図-3(a) C_m と b/L の関係 ($S_{max}=10$)

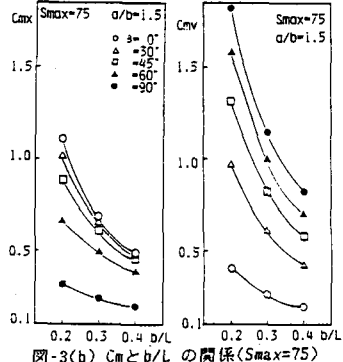


図-3(b) C_m と b/L の関係 ($S_{max}=75$)

5. 結論 今回の計算条件の範囲内では、 $S_{max}=10$ という風波の領域では、波の主方向によっては低減率が大きく変化しているが、規則波波力に対する低減率は最大20% 程度である。ま

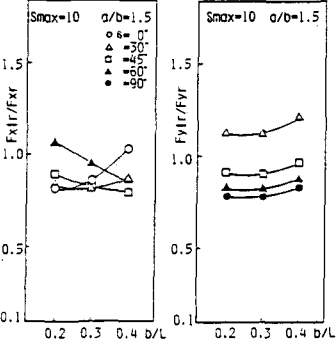


図-4(a) 規則波波力分力との比 ($S_{max}=10$)

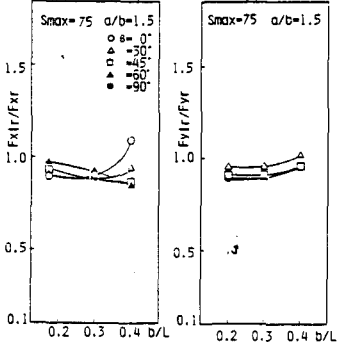


図-4(b) 規則波波力分力との比 ($S_{max}=75$)

た、 $S_{max}=75$ という減衰距離の長いうねりの領域では、波の主方向に関係なく低減率が10% 程度となっている。しかし、波の主方向や断面の大きさと波長との比によっては逆に規則波波力よりも不規則波波力の方が大きくなる場合があるので注意を要する。

(参考文献) 1) C.C.Mei: The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves, pp 341
2) 原口他: 水面と直交しない浮体の動揺問題の解法と Irregular Frequency の簡易な除去法, 西部造船会会報第66号, p p 9
3) C.R.Wylie: Adanced Engineering Mathematics, pp 126