

# 直立円筒構造物に作用する波力の性質

海洋構造物の沖合展開に対する基本技術への貢献

## The Characteristics of Wave Forces Acting on a Vertical Cylindrical Structure

Aiming at the Contribution to Develop Offshore Structures

(電力技術研究所 水理G)

近年、海洋構造物の大水深化に伴い、波の多方向性を考慮に入れた耐波設計が必要となってきた。そこで直立円筒構造物（単体、2体）に作用する波力特性を水理模型実験より検討した。単一円筒の場合、波の多方向性が大きくなるにつれ作用波力 $F_x$ （主波向き成分）は減少し、 $F_y$ （主波向きと直交する成分）は増加する。2体の円筒を設置した場合、波の多方向性に加え、円筒間での波の相互干渉が波力に大きな影響を与えることが明らかとなった。

(Electric Power Research & Development Center, Hydraulics Engineering Group)

Lately ocean structures tend to be constructed in the offing, where multi-directional random waves act on the offshore structures. In this study, we carried out a hydraulic experiment to clarify the characteristics of wave forces acting on vertical cylinders caused by multi-directional random waves. The more random the direction of the waves is, the more wave force ( $F_x$ ) decreases and the more its right-angled force ( $F_y$ ) increases in the case of one cylinder. In the case of two cylinders, wave forces are influenced by the interference between each cylinder as well as by multi-directional random waves. A design based on the behavior of multi-cylindrical structures being subjected to multi-directional random waves is expected to decrease the construction cost of offshore structures.

### 1

#### 研究の背景、目的

近年の海洋構造物は、大水深域での建設が目立つようになりその目的も様々である。これまでは水深の浅い所での構造物建設が主流であったために1つの方向に進行する波（一方向不規則波）に対する設計を行えば良く、この波が現行の設計基準に使用されている。しかし、今後の沖合での開発に対しては、さまざまな方向から来る周期と波高の異なる波（多方向不規則波）に対する設計が必要とされる。本研究では、当波浪水理実験棟内で沖合の波を再現させ構造物に作用する波力を明らかにし、現行設計との比較検討を行った。

めに、水深の深い沖合を対象に現行の設計を行うと安全性に余裕を多く見込んだ設計となる。

一方、多方向不規則波は風の影響により発達した「風波」、風域を離脱した「うねり」など現象が複雑に変化するため設計に対する評価方法は画一されていない（第1表参照）。

### 3

#### 実験装置の概要

実験は当波浪水理実験棟内の平面水槽(30×23×1.2 m)で行い、波を発生させる装置として多方向不規則波造波装置を使用した。造波装置は横一列に連続して配置された造波板50cmの造波機42台を有し、従来の一方向波の他に、斜め波、多方向不規則波を再現することが可能である。今回、大水深域を対象に大口径円筒構

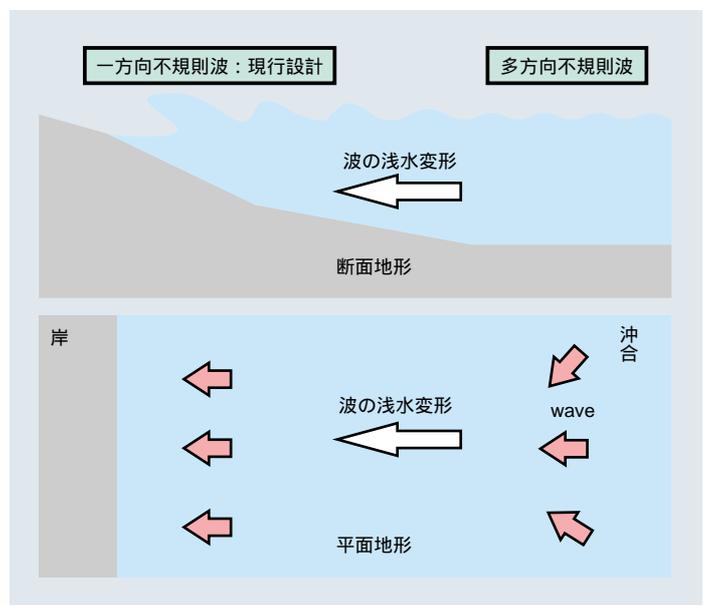
### 2

#### 現行設計との比較

水深の深い沖合の波は、さまざまな方向に進む波が重なり合い、周期、波高が異なる。このような波を「多方向不規則波」と呼ぶ。この波が水深の浅い海域へ来ると海底地形の影響を受け1つの方向へ進む「一方向不規則波」へと変化する（第1図参照）。現行の設計は一方向不規則波を用い浅水域を対象としているた

第1表 設計波の比較

設計波	一方向不規則波	多方向不規則波
対象域	浅水域	深水域
対象構造物	護岸、防波堤	沖合人工島、海上ヘリポート
問題点	深水域を対象とした設計では過大評価となる	検討事例が少ない現象が多種多様評価方法
その他	現行の設計基準	

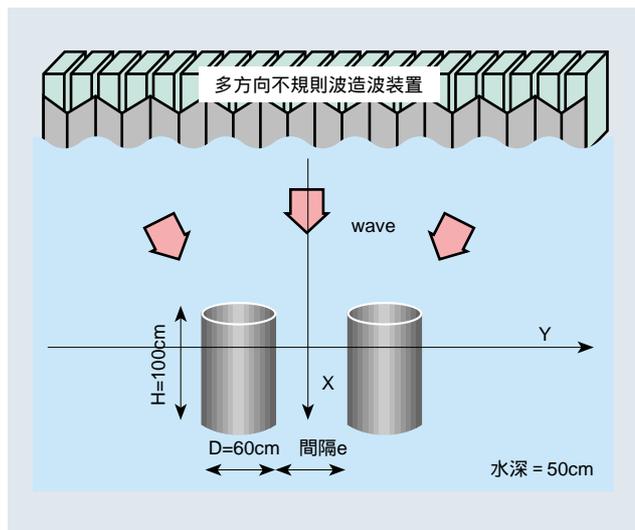


第1図 水深に伴う波の変化

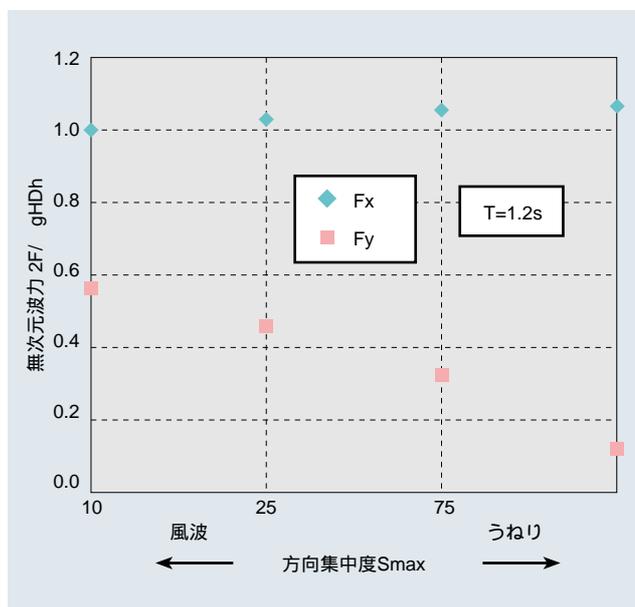
造物（直径・波長比が0.2以上）を単体、2体で設置し、構造物に作用する波力を検討した。特に2体の場合は設置間隔が波力に及ぼす影響についても検討した（第2図 参照）。実験波は第2表に示すとおり方向集中度  $S_{max}$ （波の方向性パラメータ）を「風波」、「うねり」、「一方向不規則波」と変化させ、構造物に作用する波力の測定には6分力計（3成分の力、3成分のモーメント）を使用した。

## 4 結果

第3図は、単一円筒構造物に作用する波力を方向集中度  $S_{max}$  別に評価した結果である。構造物に作用する波力は、方向集中度  $S_{max}$  が小さくなるほど、すなわち一方向波から風波に近づくにつれ波の進行方向（主波



第2図 実験概要図



第3図 方向集中度  $S_{max}$  と波力の関係

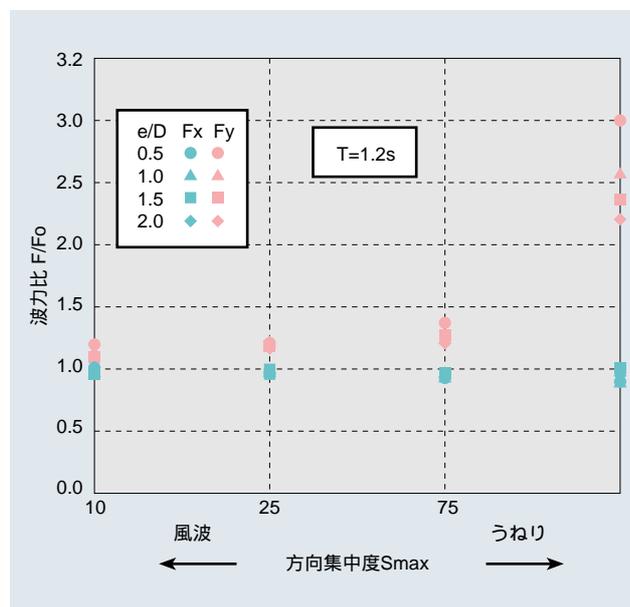
向き) に対する作用波力 ( $F_x$ ) は1割程度減少した。一方、主波向きの直交成分に対する作用波力 ( $F_y$ ) は2~3倍まで増大した。第4図は、設置間隔  $e$  を変化させて2体の円筒構造物に作用する波力を単一円筒の波力に対する比で評価した。2体の場合、作用波力は方向集中度  $S_{max}$  による変化に加え、設置間隔に大きく支配される結果となった。特に  $F_y$  は、一方向不規則波に近づくにつれ増大し、設置間隔  $e/D=0.5$  の場合では単一円筒の3倍の波力が働く。間隔が狭いほど円筒間の水面は乱れ、波の相互干渉が生じるため波力が大きくなったものと考えられる。

## 5 まとめ、今後の課題

沖合構造物の設計面で重要な作用波力には、波の多方向性および設置間隔が大きな影響を与えることが明らかとなった。また、広い海域での多方向不規則波がどのような特性なのか未解明な部分もあるため、今後さらなる詳細な検討を行い、設計指針の一手法の確立を目指したい。

第2表 実験波の諸元

方向集中度 $S_{max}$	風波 10, 25	うねり 75	一方向不規則波
周 期	1.0 ~ 1.6s		
波 高	4.0 ~ 9.5cm		



第4図 単体と2体の作用波力の比較