

制限水路内の多列円柱浮体に作用する波力について

九州大学・総理工 ○国武正大・経塚雄策

1 はじめに

沿岸域に超大型浮体構造物を設置して種々の目的に使用するという計画が現在進行中であるが、大規模かつ複雑な海洋構造物の流体力を精度良く推定することは構造物の安全性を考える上で不可欠である。Kagemoto & Yue¹⁾の相互干渉理論は具ら²⁾によって拡張されて現在では相当複雑な海洋構造物に対しても適用可能であることが知られているが、超大型浮体では構造物全体の流体力と同時に局所的な流体力も重要である。

そこで、本研究では制限水路内の多列円柱浮体の波力について考えてみた。この場合は鏡像により多列無限個の円柱群となるが、固有関数展開法によって準解析的なアプローチが適用できる。5列までの円柱群について水槽実験を行い計算結果と比較した結果を報告する。

2 理論解析

図1の座標系において、一定水深の水路の中に浮かぶ円柱群に作用する波力について考えるが、水路壁における条件は開領域において無限個の鏡像を考えれば満足される。速度ポテンシャルの存在を仮定し、Yeung & Sphaier³⁾にしたがって問題を記述する。その概略は、j番目の円柱の周りの領域を円柱下部とそれ以外の外部に分け、各々の領域において速度ポテンシャルを固有関数展開する。鏡像円柱を含めて円柱間の相互干渉については発散波の項のみを考慮し、局部波による相互干渉については無視する。相互干渉項の計算では、図2のような場合には、bessel関数の加法定理を使うと

$$H_n^{(1)}(r_{jk}^+) \cos n\theta_j^+ + H_n^{(1)}(r_{jk}^-) \cos n\theta_j^- = 2 \sum_{p=-\infty}^{\infty} H_{n+p}^{(1)}(u) J_p(r_0) \cos p\theta_0 \cos\{(p-n)\pi/2 + (p+n)\beta\} \quad (1)$$

となるので基準円筒座標系で計算できる。2つの領域における固有関数の係数は、接合部での条件によって決定されるが、その際固有関数の直交関係を利用して連立1次方程式を導く。

実際の数値計算では、鉛直方向と円周方向の固有関数項数は5～6個程度とれば波力の計算については十分な精度で計算できる。

3 実験

実験は2次元水槽 ($L \times B \times D = 16m \times 0.3m \times 0.6m$) において水深 $h = 0.3m$ で実験した。円柱模型は市販のエンビ管 ($D = 0.11m$) を加工して用い、喫水を ($d = 0.11m$) とした。波は周期 ($T_W = 0.4 \sim 2sec$) の規則波と集中型の過渡水波を用いた。波力は水槽中央部に設置した1個の模型によって計測したが、多列の場合にはダミー円柱を使い3列と5列について順番を変えて実験した。なお、今回は水槽長手方向の間隔も水槽幅と同じ $l = 0.3m$ とした。

4 結果および考察

図3、4は1列円柱の水平力と鉛直力の計算と実験結果の比較である。横軸は水槽幅を入射波長で割ったもの (w/λ) を採った。計算値は側壁のない場合の結果も比較のために書き入れてあるが、この比較から判るように単円柱の場合には水路の影響は水平力より大きく現れ、特に $w/\lambda=1$ の付近でスパイク状に現れる。実験結果については、計算値よりもやや小さな結果となっているが計算との一致は良い。ただ、水槽幅が $0.3m$ なのでそれ以下の波長の規則波の発生が難しく、 $w/\lambda = 1$ 以上の実験は信頼性が低いと思われる。図5、6は3列円柱、図7、8は5列円柱の実験結果をまとめて示した。多列になると円柱間の相互干渉が複雑になってくるので、波長に対する変化が激しくなっている。一般的には、水平力に対する水路影響が大きなこと、入射波側円柱の方が受ける波力が大きなことなどが判るが、入射波長によっては逆の場合もあるので注意が必要である。なお、現在のところ多列円柱の計算にまだ不備があるので、計算との比較については講演会の折りに述べる。

参考文献

- [1] Kagemoto, H. & Yue, D.K.P. (1986): J.F.M., 166, 189-209.
- [2] 具滋三 (1989): 日本造船学会論文集、第165号, 193-202.
- [3] Yeung, R.W. and Sphaier, S.H. (1989): J. Eng. Math., 23, 95-117.

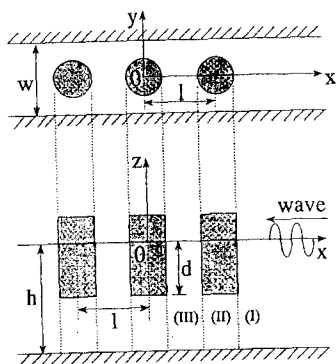


図1 座標系

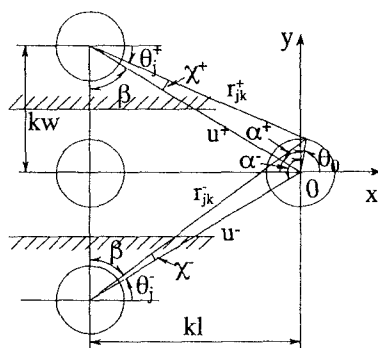


図2 相互干渉項の計算座標系

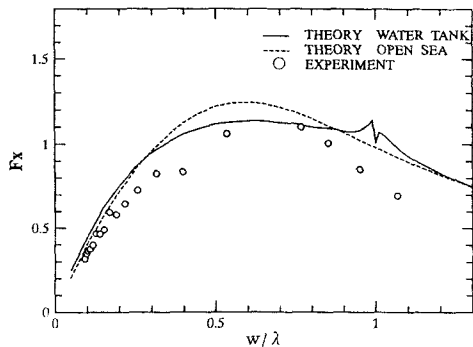


図3 1列円柱の水平力応答

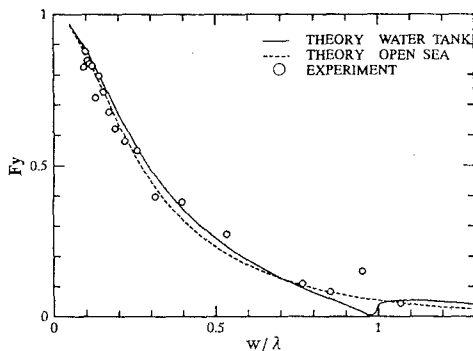


図4 1列円柱の鉛直力応答

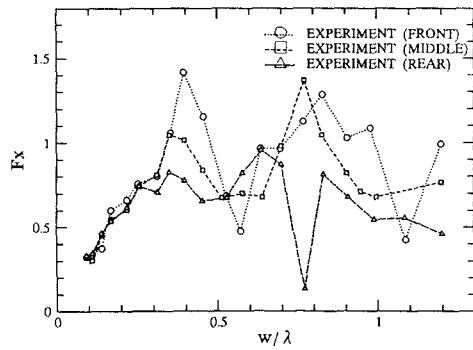


図5 3列円柱の水平力応答

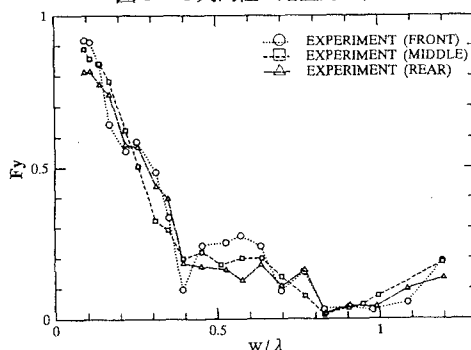


図6 3列円柱の鉛直力応答

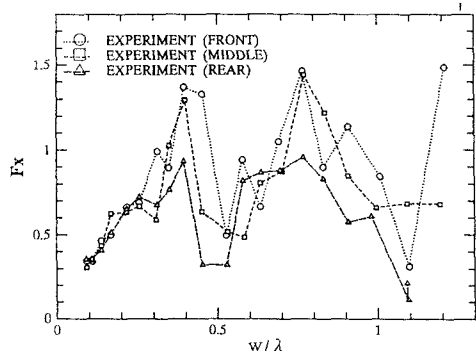


図7 5列円柱の水平力応答

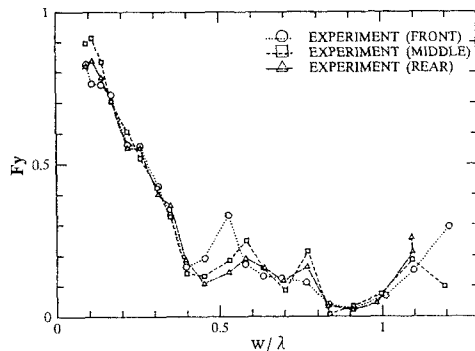


図8 5列円柱の鉛直力応答