

二重管式水平版サポートシステムの抵抗特性

九州大学工学部 ○清田逸雄 村上啓介

吉田明德 入江 功

1. まえがき 波浪制御構造物として用いられる没水平版は、設計波に対してその版長及び天端水深を適切に選ぶことにより高い波浪制御効果が得られる。しかし、実際の海域では潮汐や波浪により平均水面は常に変動するため、固定式あるいは係留式にしる従来の構造形式では水平版の天端水深を一定に保つことはむずかしい。そこで、このように時々変化する平均水面に追従して水平版の天端水深を常に最適な水深に保つような新しい係留方式として2重管式サポートシステムが考えられている。本文は、波浪中で周期的に振動する2重管サポートシステムに作用する流体抵抗の基本的な特性を検討したものである。

2. 実験方法の概略 2重管式水平版サポートシステムの概略を図-1に示す。このようにサポート部を2重管構造にすることにより、水平版は水平方向運動が拘束され鉛直方向のみに運動することになり、鉛直運動する内管には、2重管の隙間を流れる流体による摩擦抵抗力、ピストン隅部および管口に生じる渦による抗力、内管底面に働く流体力が作用する。実験装置の概略を図-2に示す。実験は、内管直径 $D=14\text{cm}$ のピストンを振幅 $a=1.25\text{cm}$, 2.5cm , 3.75cm 、周期 $T=0.47\text{秒} \sim 2.47\text{秒}$ で強制的に振動させて行い、隙間間隔 $e=5\text{mm}$, 10mm , 15mm 、ラップ長 $L=16.6\text{cm}$, 49.8cm , 66.4cm について各々内管に作用する抵抗力を内管の鉛直変位と同期して測定した。ただし、内管の振動による造波抵抗の影響を少なくするために、内管上面が常に水面よりも上にある状態で実験を行った。測定は、平均位置における内管の水中重量を0とし、デジタルレコーダーを用いてサンプリング周波数 100Hz で行い、力については移動平均法を用いてデータの平滑化を行った後、慣性力及び静水圧を差し引いた。

3. 実験結果と考察 図-3,4は、ラップ長 $L=66.4\text{cm}$ 、隙間間隔 $e=5\text{mm}$, 10mm の場合について振幅を変化させた場合のレイノルズ数と内管に作用する抵抗力 F との関係を示したものである。ただし F の値は、内管底面に作用する単位深さ当たりの静水圧で無次元化されている。図中の実線は、次式で示される狭い隙間を有する同心2重管管内を流れる定常流の摩擦損失ヘッドを表す実験式¹⁾より内管に作用する摩擦力を算定したものである。

$$\Delta h = 0.3677(2Re)^{0.25} \frac{1}{4m} \frac{v^2}{2g}, \quad m = \frac{R-r}{2} \quad \dots\dots (1)$$

(l : 管路長、 R : 外管半径、 r : 内管半径、 v : 管内平均流速、適用範囲: $Re=4000 \sim 10000$)

この図より、隙間が狭く内管の振幅が大きい場合、実験値は(1)式で示される実験式とほぼ一致し、内管に作用する抵抗力として壁面での摩擦力が支配的であることがわかる。一方、振幅が小さい場合あるいは隙間間隔が大きい場合は、実験値は(1)の実験式よりはずれてくる。同様の傾向はラップ長が短い $L=16.6\text{cm}$ の場合についても言えるが、隙間間隔 e が同じであれば(1)の実験式との一致の程度はラップ長が長い $L=66.4\text{cm}$ の方が良い。これは、2重管端部の影響が摩擦抵抗に比べ相対的に小さくなり、(1)の実験式の条件に近くなることによる。図-5,6は、ラップ長 $L=16.6\text{cm}$ 、振幅 $a=3.75\text{cm}$ の場合について、 Re 数と抵抗力 F および抵抗力 F の内管の変位に対する位相差の関係を示したものであり、隙間間隔 e が大きくなれば内管に作用する抵抗力は小さくなることを示している。また、抵抗力は Re 数が増加するにつれいったん減少した後増加する傾向にあるが、このとき抵抗力 F の内管の変位に対する位相が同位相から逆位相へと変化する。このような傾向はラップ長が長い $L=66.4\text{cm}$ の場合には見られず、位相は Re 数によらずほぼ逆位相になっている。図-7は、隙間

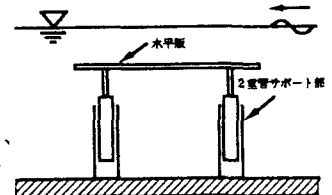


図-1 2重管式システムの概略

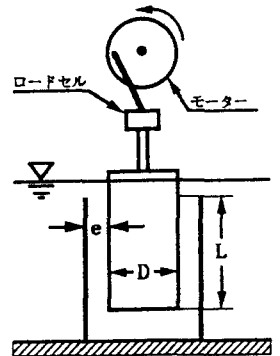


図-2 実験装置の概要

間隔 $e=10\text{mm}$ 、振幅 $a=3.75\text{cm}$ の場合について示したものである。ラップ長 L が長くなれば摩擦抵抗が増加するため内管に働く抵抗力は増加することを示しており、その増加の割合は L の増加にほぼ比例しているが、 Re 数の小さい領域では必ずしも比例関係にはない。図-3, 4によれば、内管に作用する抵抗力 F は Re 数によらず内管の振幅が大きいほど小さくなることを示している。このことより、ラップ長 $L=49.8\text{cm}$ の場合について、横軸を $U \cdot T/D$ (KC 数、 U : 間隙内最大流速) とし、抵抗力 F との関係を示したものが図-8である。 Re 数が大きくなれば内管に作用する抵抗力も大きくなることを示しているが、いずれの場合も KC 数が小さい領域ではデータ同じ傾向を示しながらばらつき、ばらつきの程度は Re 数が小さいほど大きい。

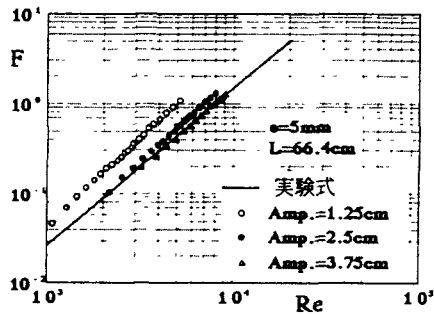


図-3 振幅と抵抗力の関係 ($e=5\text{mm}$, $L=66.4\text{cm}$)

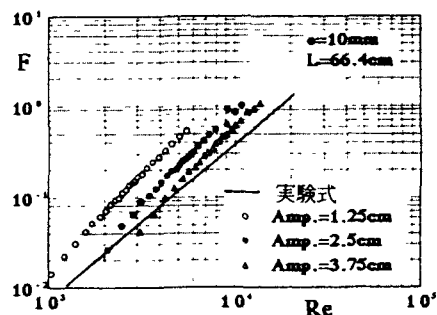


図-4 振幅と抵抗力の関係 ($e=10\text{mm}$, $L=66.4\text{cm}$)

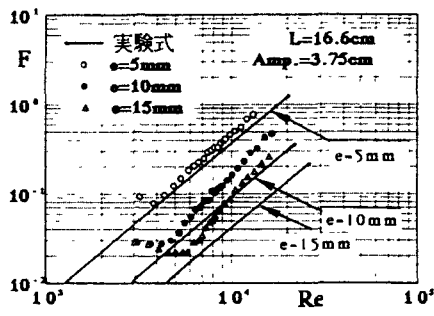


図-5 隙間間隔と抵抗力の関係
($L=16.6\text{cm}$, $a=3.75\text{cm}$)

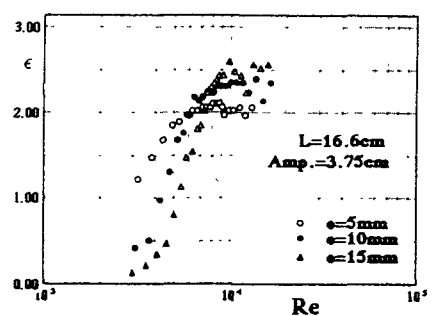


図-6 隙間間隔と位相の関係
($L=16.6\text{cm}$, $a=3.75\text{cm}$)

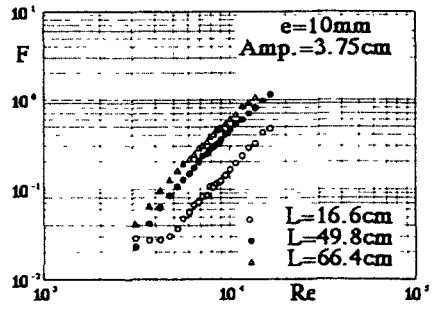


図-7 ラップ長と抵抗力の関係 ($e=10\text{mm}$, $a=3.75\text{cm}$)

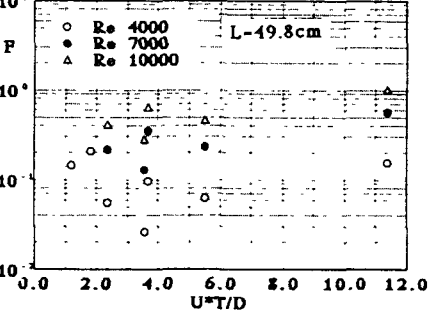


図-8 KC 数と抵抗力の関係 ($L=49.8\text{cm}$)

参考文献：1) 富田・山崎：最新機械工学講座 水力学，産業図書，119p.