

開水路流中における連結ボートに作用する流体力

日本大学大学院理工学研究科

学生員 ○鈴木 優一

日本大学理工学部

正会員 安田 陽一

1.はじめに

近年、市街化された河川において擁壁、橋の桁や架台にロープを用いて連結されたボートが繫留されている状態が増えている。河川管理上、出水時の連結ボートに作用する流体力、ボート周辺に発生する流況を解明することは、擁壁、橋の桁や架台の安全性を知る上で重要となってくる。従来、出水時に連結されたボートに作用する流体力、ボート周辺に発生する流況を検討した例¹⁾が少なく不明な点が多い。そこで、本研究では開水路流中における連結ボートに作用する流体力およびボート周辺の流況を解明することを目的とする。

2.実験

本実験は表-1の実験条件の下、図-1のようにボート(幅約10cm、長さ $L_b=25\text{cm}$ 、高さ4.5cm)、ロープ(直径3mm)、バネ量りを設置した。ボート設置位置は、水路幅 $B=0.4\text{m}$ では中央($t/B=0.5$)、側壁($t/B=0.125$)に設置し、水路幅 $B=0.8\text{m}$ では中央($t/B=0.5$)、側壁($t/B=0.0625$)、側壁から20cm離れた位置($t/B=0.25$)に設置した。また、繫留ロープの上流端がボート設置位置と一致するように固定した。流体力の測定にはバネ量りを用いた。なお、実験はフルードの相似則に基づき行われた。

表-1 実験条件

	水路幅 $B=0.4\text{m}$	水路幅 $B=0.8\text{m}$
ボート隻数 N	0~26隻	
ボート設置間隔 $S(\text{m})$	0.3 0.6 0.9	
フルード数 Fr	0.434~0.633	
流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	0.046~0.067	0.087~0.127
アスペクト比 B/h_1	2.1	4.3

3.ボート周辺の流況

流況はボートに接近するフルード数 $Fr (=V_1/\sqrt{gh_1})$ 、アスペクト比 B/h_1 (V_1 =ボート直上流の断面平均流速、 h_1 =ボート直上流での水深、 B =水路幅)、隻数 N 、ボート設置間隔 S/L_b によって変化する。表-1に示す実験条件において、ボートの船首、船尾から衝撃波が形成される。また、ボートの設置間隔 S/L_b が1.2以下の場合、ボート隻数 N 、アスペクト比 B/h_1 によって個々のボートから発生する衝撃波同士が干渉するようになり、うろこ状の水面波形(縦横断に形成される連続波形:写真-1)を有する流況が形成される。なお、ボートの設置位置による流況の違いは本実験の範囲では認められなかった。うろこ状の水面波形が形成されるための水理条件を図-2に示す。図に示されるように、隻数 N が7隻以上でアスペクト比 B/h_1 が2.1の場合、本実験で検討しているフルード数の範囲 $0.43 \leq Fr \leq 0.63$ では常にうろこ状の水面波形が形成される。また、 $B/h_1=4.3$ でボートが7隻以上連結されている場合、ボートに接近するフルード数 Fr が0.55以上になると、うろこ状の水面波形が形成されるようになる。なお、うろこ状の水面波形の形成はボートの安定性を低下させ、転覆の危険性を与える。

4.連結されたボートに作用する流体力

ボートに作用する流体力を示す無次元量 $C_d\{=D/(0.5\rho V_1^2 A)\}$ [ρ =水の密度; $A=0.00213\text{m}^2$:流下方向のボート投影面における水面下の面積(ボート高さの47%から水面下となる場合を基準としている); D =ボートに作用する流

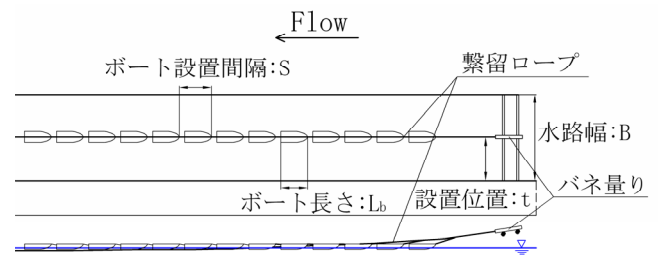


図-1 ボート設置位置図

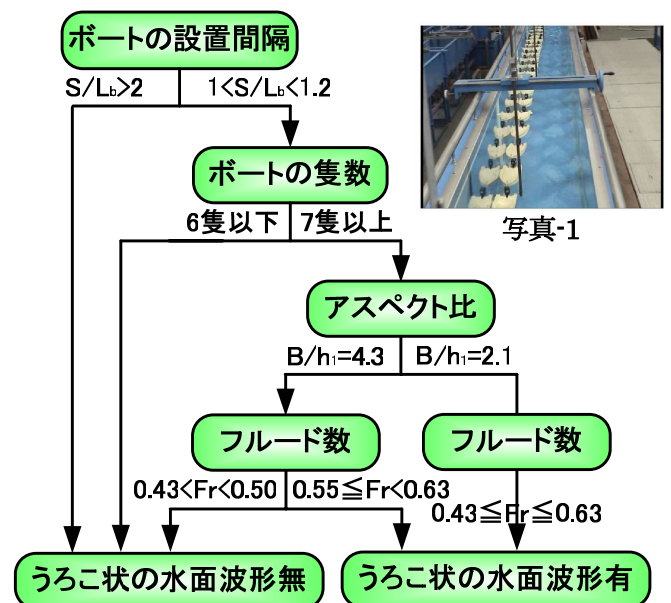


図-2 うろこ状の水面波形の形成条件

キーワード: 流体力 造波抵抗 繫留ボート プレジャーボート 河川管理

連絡先〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 Tel&Fax.03-3259-0409

体力 V_1 =ボートに接近する流速 U]は、次元解析的考察からフルード数 Fr 、アスペクト比 B/h_1 、ボート設置位置 t/B 、ボート設置間隔 S/L_b 、連結ボートの隻数 N によって変化するものと考えられる。 C_d に対するフルード数 Fr 、隻数 N 、ボート設置位置 t/B 、およびボート設置間隔 S/L_b の影響を図-3～6 に示す。

図-3.4 に示されるように連結ボートの隻数 N が大きくなるにつれて、抵抗係数 C_d の値が大きくなる。なお、与えられた t/B 、 B/h_1 、 Fr に対して、ボート設置間隔 S/L_b を変化させた場合、図に示されるように S/L_b の値に関わらず C_d の値は N によって定まる。

また、ボート設置間隔を一定とした場合、図-5.6 に示されるように、 $B/h_1=2.1$ と $B/h_1=4.3$ の場合ではフルード数 Fr 、ボート設置位置 t/B による抵抗係数 C_d の変化が異なる。 $B/h_1=4.3$ の場合、接近するフルード数 Fr が大きくなるにつれて抗力係数 C_d が増加する。これは、ボートの自速走行²⁾と異なり、フルード数 Fr が増加しても連結されたボートが浮上しなかったため流体力が大きくなったものと考えられる。一方、 $B/h_1=2.1$ の場合、 $Fr < 0.53$ では Fr の増加に伴う C_d の増加傾向を示すものの、 $Fr \geq 0.53$ では抗力係数 C_d は一定、またはフルード数 Fr の増加に伴い減少傾向を示す。これは、フルード数 Fr の増加に伴い、ある段階で波の干渉により波の凹凸高が小さくなり流体力が上がらなかったためと考えられる。

ボート設置位置 t/B を変化させた場合、ボートを側壁に沿って設置した場合($B/h_1=2.1$ の場合、 $t/B=0.125$; $B/h_1=4.3$ の場合、 $t/B=0.0625$)の抗力係数 C_d に比べ、中央に設置した場合($t/B=0.5$ の場合)より小さくなる。これは、ボートを側壁に沿わずることにより、側壁側には波の形成が見られなくなり、流体力が軽減されたためと考えられる。また、ボートを側壁から 20cm 離れた場合($t/B=0.25$ の場合)、フルード数 Fr の値によってボートを中央に設置した場合より大きくなる。これは、ボートの両側に形成される波において、側壁から 20cm 離れた区間で形成される凹凸が、波の干渉によりボートを中央部に設置した場合より大きくなったため、流体力が大きくなったものと考えられる。

5.まとめ

開水路流中に設置された連結ボート周辺の流況特性を明らかにした。また、連結されたボートに作用する流体力を示す無次元量 $C_d=D/(0.5\rho V_1^2 A)$ はボートに接近するフルード数 Fr 、アスペクト比 B/h_1 、隻数 N 、ボート設置位置 t/B によって変化することを明らかにし、その変化特性を示した。

参考文献

- 1)小島優: 放置艇解消のためのプレジャーボート係留・保管対策の推進、港湾、第74巻、第6号、pp.45～48、日本港湾協会、1997。
- 2)池田勝: 小型船の馬力と速力、pp.36～40、海文堂

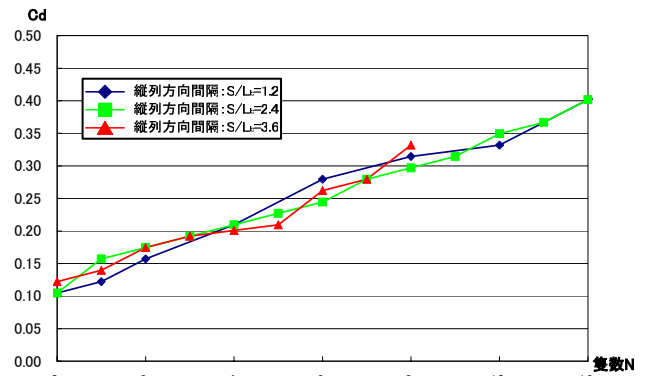


図-3 ボート設置間隔を一定とした C_d 値の変化
($t/B=0.5$ $B/h_1=2.1$ $Fr=0.53$)

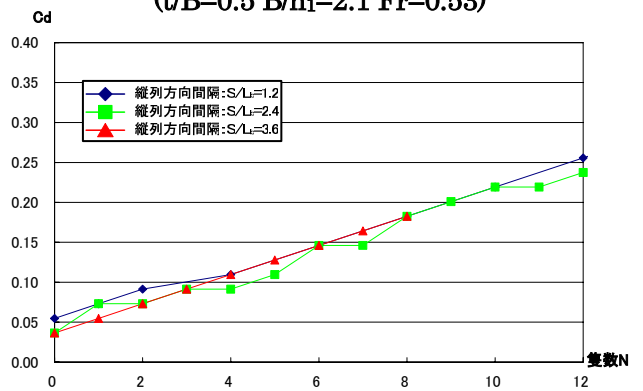


図-4 ボート設置間隔を一定とした C_d 値の変化
($t/B=0.5$ $B/h_1=4.3$ $Fr=0.53$)

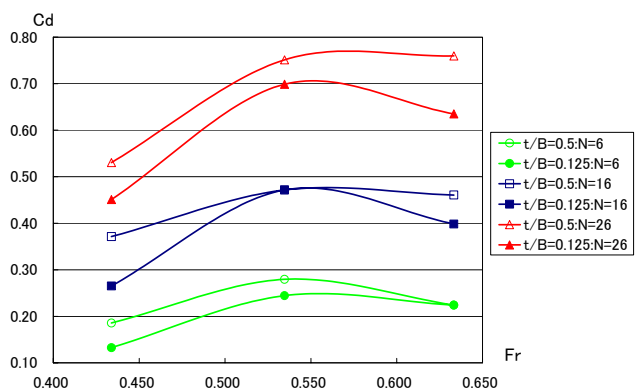


図-5 Fr およびボート設置位置による C_d の変化
($B/h_1=2.1$ $S/L_b=1.2$)

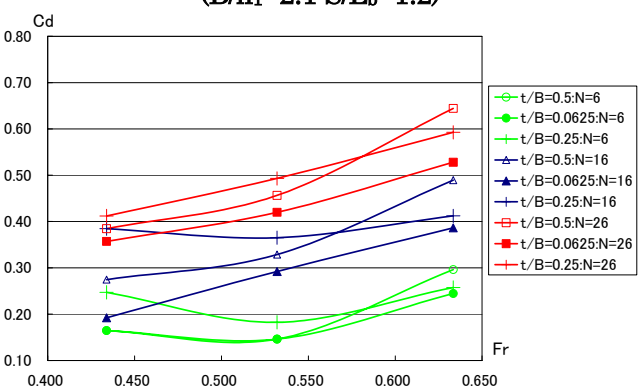


図-6 Fr およびボート設置位置による C_d の変化
($B/h_1=4.3$ $S/L_b=1.2$)