

1. はじめに

一様な流れの場に置かれた構造物に働く流体力は、通常、抗力係数を用いて流速の2乗に比例する量として算定される。代表的な形状の構造物に対して従来より定められている抗力係数は、自由表面を持たない流れによる実験条件に基づいたものである。本報は、曳航時あるいは係留状態の構造物に働く流体力を算定する際に重要となる、構造物の吃水および潮流迎角が抗力係数に及ぼす影響に関して実験的に検討したものである。

2. 実験条件および方法

実験は、長さ32m、幅5m、深さ0.6mの2次元水路を用いて行った。図-1に実験に用いた4種類の柱状構造物模型の平面形状を示す。これらの模型は塩化ビニール製でできており底板はついていない。模型を上方から支持し、一様水深($h=41\text{cm}$)で、2種類の流速に対し、吃水を4段階、模型主軸と流れのなす角度を7段階に変化させて実験を行った(表-1参照)。潮流力は、模型上面に設置した3分力計を用いて計測した。平均流速は、鉛直方向3地点でプロペラ流速計により測定された値から算定した。

抗力係数は次式から求めた(図-2参照)。

$$C_{DX} = \frac{F_x}{WBD(V^2/2g)} \quad C_{DY} = \frac{F_y}{WBD(V^2/2g)}$$

$$C_M = \frac{M_z}{WB^2D(V^2/2g)}$$

ここに、 C_{DX} 、 C_{DY} ：模型長軸短軸方向の抗力係数、
 C_M ：模型図心鉛直周りのモーメント係数、 w ：水の単位体積重量、 B ：模型短軸方向幅、 D ：吃水、 V ：平均流速、 g ：重力加速度

3. 実験結果および考察

実験水路内で発生させた流れは、水路底面付近で若干流速が低下する傾向があったものの、ほぼ一様な定常流となった。ところが、潮流力は、3成分共平均値の上下に有意な変動成分を含むものであった。この原因は、模型側壁から発生する交番渦(カルマン渦)によるものと考えられる。この変動量は、平均値の数割から大きい場合には5割程度に達する場合があり、設計上、最大潮流力の検討を行う場合には留意する必要があると考えられる。構造物模型の短軸幅を代表長さとし R_e を算定したところ、今回行った実験は $R_e = (1 \sim 2) \times 10^5$ の亜臨界領域に入った。このこともあり、2種類の流速による抗力係数の顕著な違いは見られなかった。

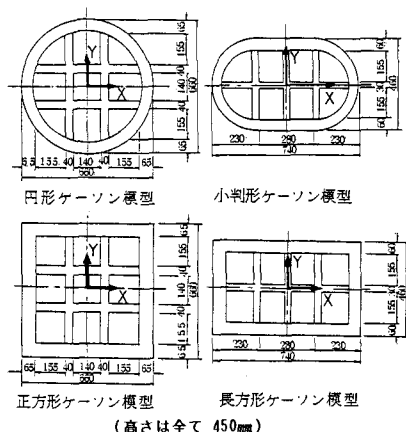


図-1 構造物模型の平面形状

表-1 実験条件

模型形状	4種類(図-1)
水深	$h=41\text{cm}$
潮流流速	$v=25, 45\text{cm/sec}$
吃水	$D=10, 20, 30, 40\text{cm}$
潮流迎角	$\Theta=0^\circ \sim 90^\circ$ (15° 毎)

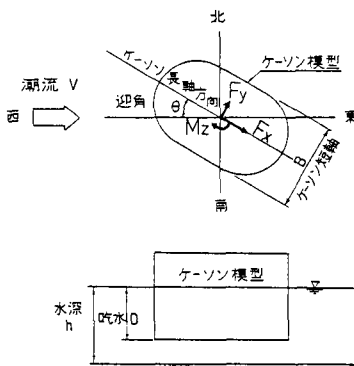


図-2 模型と諸量の関係

以下に、計測された潮流力の各成分の平均値から算定した抗力係数を対象とし、構造物吃水、潮流迎角が及ぼす影響について検討する。

(1) 吃水の影響……水面上に構造物の一部が出た状態で有限水深に構造物が固定されている場合、構造物周囲の水位変化、造波抵抗、流れの構造物底部への回り込み等の影響により、一般に、吃水の増加に伴ない抗力係数は増大する傾向にあると言われている^{2) 3)}。図-3は、潮流迎角 $\theta = 0^\circ$ 及び 15° の場合の吃水変化に伴ない抗力係数の変化を示したものである。 $\theta = 0^\circ$ の場合は正方形断面を除けば上記のような傾向は見られない。ところが $\theta = 15^\circ$ になると、潮流力の各成分により若干異なるものの、円形断面以外のものでは、抗力係数は吃水増加に伴ない一般的に漸増する傾向にある。他の潮流迎角に関しても $\theta = 15^\circ$ の場合と同様の傾向があった。いずれの場合も円形断面の抗力係数は吃水の影響を受けにくい傾向にあることがわかった。

(2) 潮流迎角の影響……図-4は、吃水 $D = 10\text{cm}$ 及び 30cm の場合に、潮流迎角 θ が抗力係数に及ぼす影響を示したものである。円形断面の場合潮流力の合力は θ によらず一定であるため、 C_{DX} 、 C_{DY} はそれぞれ $\cos\theta$ 及び $\sin\theta$ に比例して単調に増減し、 C_M は0となる。他の形状の特徴として、 C_{DX} および C_{DY} がそれぞれ潮流迎角 0° (x軸方向) 及び 90° (y軸方向) の場合に必ずしも最大とはならず、むしろ 30° 及び 60° 付近に極大値を持つということが挙げられる。この傾向は角ばった形状断面でより顕著であることから、流れの剥離現象との関係が大きいものと考えられる。

4 まとめ

4種類の断面形状の柱状構造物について吃水、潮流迎角を変化させて、抗力係数に関する実験を行った結果以下のことが明らかになった。

- 円形断面形状構造物の抗力係数は、吃水及び潮流迎角の影響を受けることは少なく、 $C_D = 1.0$ と考えることができる。
- 他の断面形状(正方形、長方形、小判形)の抗力係数は、吃水及び潮流迎角の影響を受け易く、特に潮流迎角 30° 及び 60° 付近で潮流力は最大となる傾向にあることに留意する必要がある。

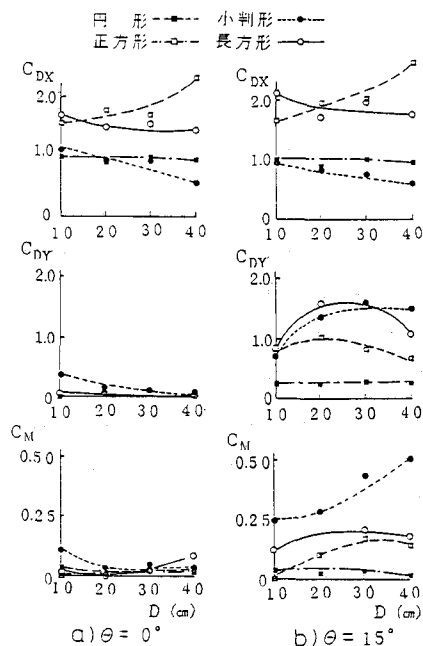


図-3 吃水と抗力係数の関係

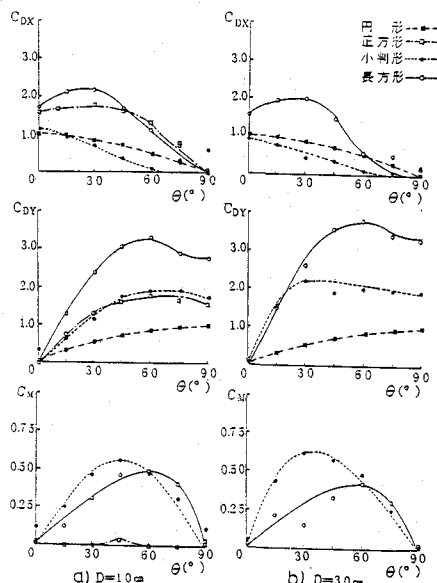


図-4 潮流迎角と抗力係数の関係

参考文献 1) 土木学会編：海洋鋼構造物設計指針(案) 解説 昭和48年 8月

2) 日本造船研究協会：箱型海洋構造物の運動特性および繫留システムに関する研究報告書

3) Hoerner, S.F : Fluid Dynamic Drag, 1958