

半没水した円筒構造物に作用する流体力の評価に関する研究

宮崎大学工学研究科 学生会員 ○松木尚諒 前田 翼
宮崎大学 正会員 村上啓介 真木大介

1. 背景と目的

津波による漂流物対策の重要性が指摘されている。例えば、石油備蓄タンクが津波によって漂流し、火災などの二次災害が発生することへの対策が挙げられる。二次被害を最小限度に抑制するためには、津波による石油備蓄タンクの漂流阻止が重要となる。

石油備蓄タンクの漂流対策に関しては、藤井ら¹⁾の研究を含めて幾つかあり、それらはタンクを地表面に固定した状態を対象にしている²⁾。他方、係留策を設けて漂流を阻止するアイデアが提案されている³⁾。係留策を用いる方法は、浮上したタンクを安全に係留する方法や係留時に作用する流体力の評価が重要となる。

本研究では、浮上した石油備蓄タンクを半没水円筒構造物とみなし、半没水構造物に作用する流体力の評価へのモリソン式の適用性と抗力係数の特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験条件

本研究では、石油備蓄タンク(円筒構造物と呼称)に作用する流体力を水理模型実験により計測した。流体力の計測にはロードセル(分力計)を用いた。実験は、長さ 10m、横幅 0.4m、高さ 0.7m の二次水路を用いて行った(図-1)。模型縮尺は 1/75 程度を想定し、円筒直径(D=0.1m, 0.2m)と、水槽底面と円筒下端との距離(W=0m, 0.02m, 0.04m, 0.05m, 0.06m)を変えて実験を行った。

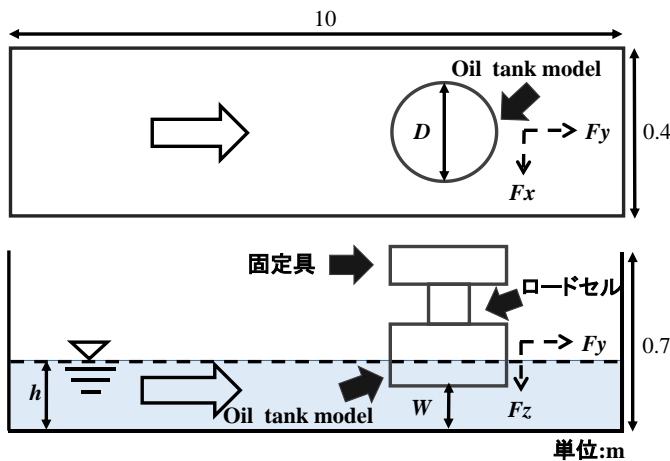


図-1 実験装置の概略図

また、計測したものは F_x , F_y , F_z (図-1)で、各成分は同期計測で PC に収録した。

3. 実験結果

本発表では流れ方向に作用する力(F_y)について検討する。実験条件が $D=0.2m$, $W=0m$ の場合の結果を図-2に示す。図-2より流量が増すにつれて作用する力が増しているのが確認できる。

次に、計測した F_y を次式のモリソン式にあてはめた。

$$F_y = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho \times A_u \times u^2 \dots (1)$$

ここで、 C_D は抗力係数、 ρ は水の密度、 A_u は投影面積、 u は流速である。

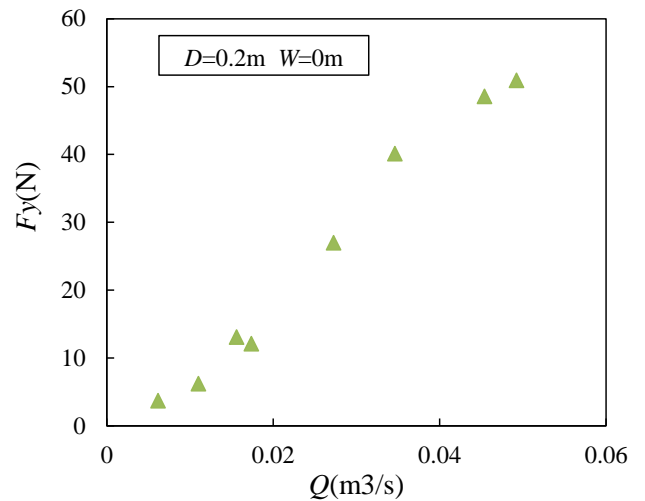


図-2 作用する力(F_y)と流量の関係

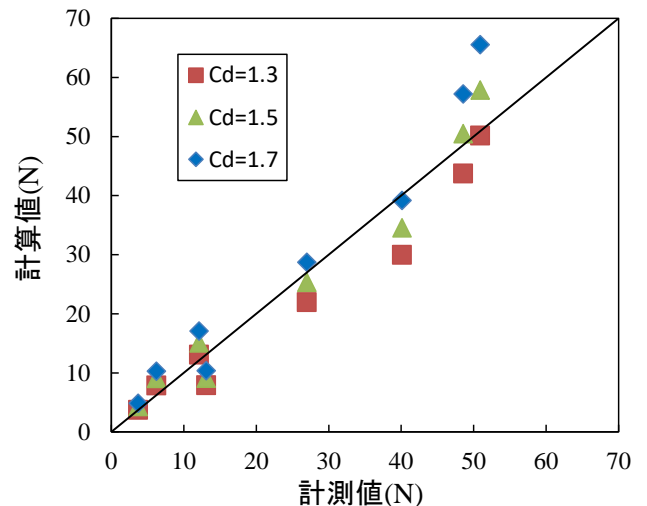


図-3 計算値と計測値の比較

図-3 は、図-2 に示した実験条件をモリソン式にあてはめ、計算値と計測した値を比較したものである。この実験条件は、水底面に着底した円形断面の構造物に相当する。例として抗力係数 $C_D=1.3, 1.5, 1.7$ を与えた結果を示している。図-3 より、抗力係数 $C_D=1.5$ をモリソン式に適用したときが最も計測値と一致していることが確認できる。

次に、抗力係数を $C_D=1.5$ とし、 D を0.1m、0.2m、 W を0m、0.02m、0.04m、0.05m、0.06m と変更した結果を図-4 に示す。横軸は計測値、縦軸は計算値である。図-4 より W が大きくなるにつれて計測値と計算値は一致しなくなる。 W が大きくなるにしたがってモリソン式で評価した流体力は過大評価になっており、 W に応じて抗力係数を適切に設定する必要があることが読み取れる。本研究では、次元解析より抗力係数が円筒管下のクリアランスと円筒直径の比に関係すると考え、抗力係数と W/D の関係について検討した。

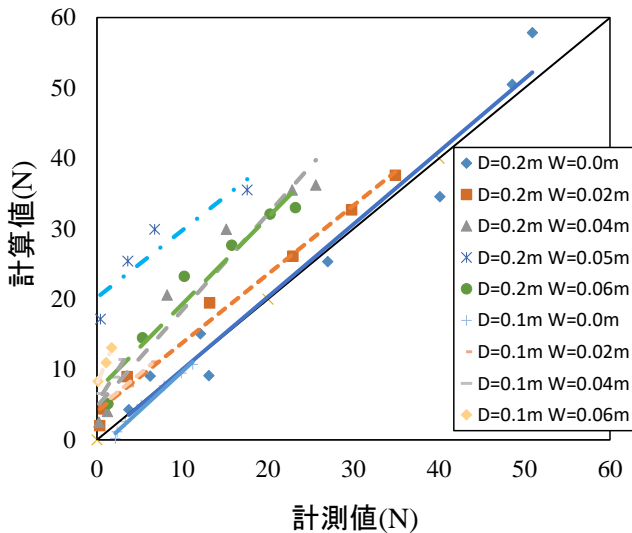


図-4 計算値と計測値の比較

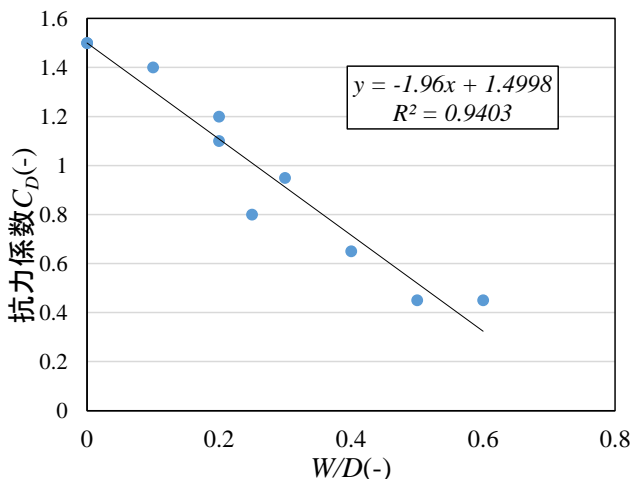


図-5 抗力係数と W/D の関係

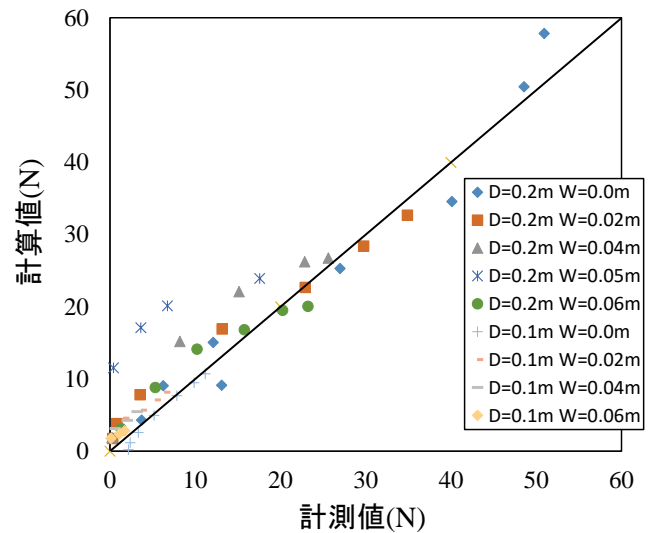


図-6 計算値と計測値の比較

図-5 は抗力係数と W/D の関係を示したものである。円筒構造物の下にクリアランスがある場合の抗力係数は W/D に対して線形的に減少する特性を持つことが確認できる。抗力係数は物体の形状に依存する係数であるが、物体下にクリアランスがある状況の抗力係数は完全に着底した場合に比べて小さい値を取ることが確認できる。

図-6 は、図-5 で得られた抗力係数の推定式をモリソン式に適用した計算値と計測値を比較したものである。図-6 より全てのケースで計算値が計測値をよく表していることが確認できる。クリアランスがある場合は、抗力係数は図-5 で得られた式を適用すれば、計算により流体力を求められると考えられる。

4. まとめ

水理模型実験を行い、半没水円筒構造物に作用する流体力を測定し、モリソン式の適用性を評価した。モリソン式を適用する際は、抗力係数を適切に与えることで流体力が評価できることを確認した。また、半没水円筒構造物に対する抗力係数は、構造物下のクリアランスと構造物径の比で与えられることを明らかにした。

参考文献

- 1) 藤井直樹, 大森政則, 池谷毅, 朝倉良介 :津波による石油タンクに係わる被害について, 地域安全学会梗概集 (16), pp. 87-90, 2005.
- 2) 藤井直樹, 大森政則, 池谷毅, 稲垣聡:石油タンクに作用する津波波力と被害予測手法, 海岸工学論文集, 第53巻, pp. 271-275, 2006.
- 3) 坂本圭子, 他4名:貯蔵タンクの津波漂流対策についての検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, p.1_949-954, 2016.