

係留索を用いた石油備蓄タンクの津波漂流阻止に関する実験的検討

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

1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震津波では、多くの石油備蓄タンクが津波により漂流・破壊して被害の拡大を招いた。例えば、宮城県気仙沼では石油備蓄タンクからの漏洩油により大規模火災が発生した。

津波による石油備蓄タンクの被害を抑制するための研究は様々な観点から実施されている。例えば、藤井ら¹⁾は石油タンクの設計外力を推定する方法として、津波遡上水位から作用波力を算定する方法を手案している。一方で、津波が作用した際の石油備蓄タンクの漂流を阻止する観点での研究例は極めて少ない²⁾。

本研究は、係留索を用いて石油備蓄タンクの漂流を阻止する漂流対策工法の効果と適用性を水理実験により明らかにすることを目的に実施した。

2. 実験概要

実験は、長さ10m、横幅0.4m、高さ0.7mの水平床の開水路を用い、縮尺1/70程度を想定しておこなった。水路中央に石油備蓄タンクを模した直径0.2mの亚克力製の円筒構造物を設置し(図-1参照)、水深が約13cm、平均流速が約0.34m/sとなるように流量を調整した。

水路内に係留した円筒構造物に流水が作用すると、円筒構造物は内容量に応じて浮き上がり、流水中で動揺す

る。本研究では、内容量の違いによる円筒構造物の動揺特性を把握するため、円筒内容積の0%~80%を水で満たす条件を設定した。

円筒構造物の動揺は、水路側面と上面から撮影したビデオ画像から読み取った。本研究では、図-2に示すように円筒下面の0度の箇所に基準点を設け、その変位から上下動の変位を求めた。また、円筒上面の90度の箇所に基準点を設け、その変位から左右動の変位を求めた。

実験は、係留索の本数、係留索の長さ、係留索の取り付け高さ等を変えた18ケースについておこなった(表-1参照)。本研究では、津波が陸域に浸水する過程で石油備蓄タンクが内陸側に漂流することを阻止する機能を評価す

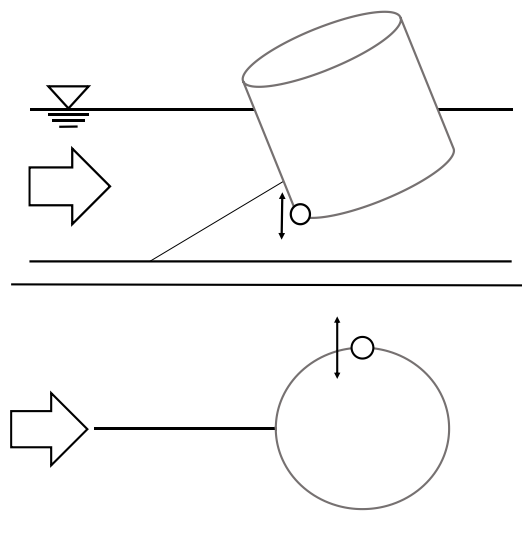


図-2 変位量の読み取り箇所

表-1 実験ケース

Case	係留索の数	係留索の長さ	係留点の高さ
Case1-1-1	1	26cm	3cm
Case1-1-2	1	26cm	6cm
Case1-1-3	1	26cm	9cm
Case1-2-1	1	13cm	3cm
Case1-2-2	1	13cm	6cm
Case1-2-3	1	13cm	9cm
Case1-3-1	1	7cm	3cm
Case1-3-2	1	7cm	6cm
Case2-1-1	2	26cm	3cm
Case2-1-2	2	26cm	9.25cm
Case2-1-3	2	26cm	13cm
Case2-2-1	2	26cm	3cm
Case2-3-1	2	26cm	3cm
Case2-4-1	2	26cm	3cm-9.25cm
Case2-4-2	2	26cm	3cm-13cm
Case2-4-3	2	26cm	5.5cm-13cm
Case3-1-1	4	26cm	3cm-9.25cm
Case3-1-2	4	26cm	3cm-13cm

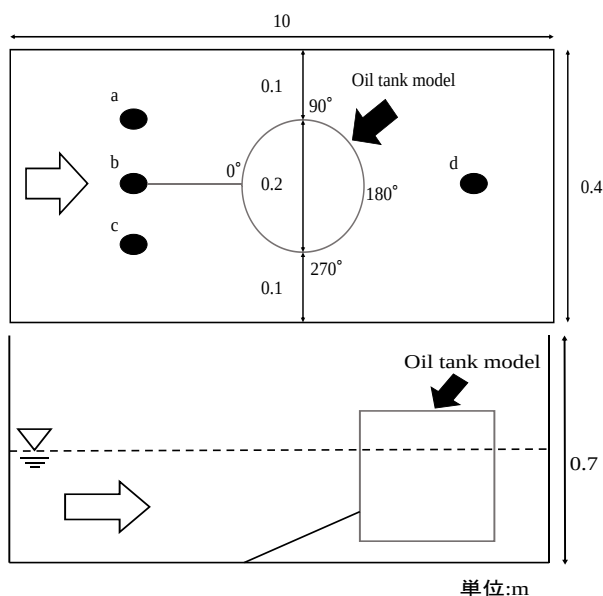


図-1 実験装置の概要

ることとし、石油備蓄タンクの海側に係留点を設定する条件を主とした。

Case1-1-1~Case1-3-2 の 1 点係留は、係留索を水路床の b 点から円筒側面 0° の位置に取り付けた。2 点係留では、係留索を水路床の a 点と c 点から円筒側面 0° の位置に取り付けた場合(Case2-1-1~Case2-1-3)、a 点と c 点から円筒側面の 90° と 270° の位置にそれぞれ平行に取り付けた場合(Case2-2-1)、係留索を b 点と d 点から円筒側面の 0° と 180° の位置に取り付けた場合(Case2-3-1)、b 点から円筒側面 0° の位置に高さを違えて取り付けた場合(Case2-4-1~Case2-4-3)を設定した。さらに、4 点係留では、水路床の a 点と c 点から円筒側面の 0° の位置に係留索を取り付け、各点からの係留索の取り付け高さを違えた場合(Case3-1-1, Case3-1-2)を設定した。

3. 実験結果

津波流水中の石油備蓄タンクの運動は、タンクの内容量によって大きく異なる。80%の内容量では円筒構造物は水路床に完全に着定した状態で、上下および左右の変位は生じなかった。内容量が 60%の条件では、円筒構造物は浮上せず、構造物底面を着定した状態（一部が接触した状態を含む）で左右に動揺する。また、40%では一部の条件で水路床面と接触する場合があります、20%以下では Case1-1-1 のみで接触があったが、その他は完全に浮上した状態で上下・左右に動揺した。

石油備蓄タンクの設置基準では、隣り合うタンクは直径と等しい間隔に配置することが義務づけられている。本研究では、流水中で動揺するタンク群の接触を避ける目的から、左右動をタンク直径の半以下に抑制できる係留方法を検討した。

図-3 に一点係留の場合の左右動を計測した結果を示す。係留索の長さによらず係留点の位置を高く取った条件で動揺量が抑制される傾向が読み取れる。ただし、動揺量をタンク直径の半以下に抑制するには至らなかった。そこで、係留点の位置を高く取った状態で係留策数を更に増やした条件(Case2-4-1~Case2-4-3, Case3-1-1, と Case3-1-2)を設定して実験をおこなったが、十分な抑制効果は得られなかった。なお、本実験ケース内では、Case3-1-1 の条件（4 点係留）で上述の条件を満足する結果を得た。

図-4 に一点係留の場合の上下動を計測した結果を示す。上下動の場合と同様に、係留方法や係留索の長さによらず、係留点の位置を高くすることで動揺量が抑制される傾向が見られる。なお、係留点の位置を高く取った状況

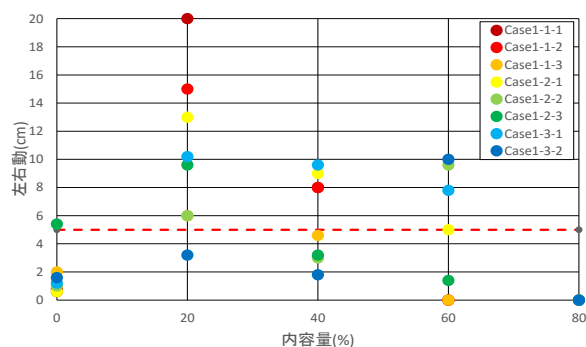


図-3 左右方向の動揺変位

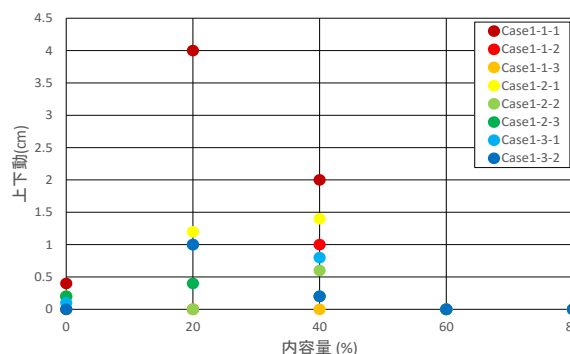


図-4 上下方向の動揺変位

で係留策数を更に増やした条件では、上下の動揺量が更に抑制する効果は見られなかった。石油備蓄タンクの上下動揺量を抑制するためには、係留索の取り付け高さが重要であることが伺える。

4. まとめ

係留された石油備蓄タンクの左右動と上下動は、係留点の位置を高く取ることによって抑制されることを確認した。また、係留策数を増やすと共に係留方法を工夫することで左右方向の動揺量を十分に抑制できる可能性を得た。

石油備蓄タンクの動揺特性は、係留方法と共にタンク内容量の影響が大きい。特に、内容量によってはタンク底面が床面に打ち付ける現象が生じ、タンク自体の損傷が懸念される。左右動の抑制に加え、タンク内容量によらずタンク底面が床面を打ち付けない係留方法の検討が必要と考える。また、引き波時に生じる海側への石油備蓄タンクの漂流阻止についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.