

川崎重工 正員 〇鬼束 博文 川崎重工 磯江 暁
 埼玉大学 正員 秋山 成興 川崎重工 正員 坂井 藤一

1. まえがき

大型石油タンクは、一般に底板が地盤にアンカーされているため、地震時にタンクの一部分が地盤から浮上り、隅角部近傍に破断を生じたり、着地した時に座屈を生ずるといった事故例が報告されている。この浮上り挙動を生じた際の、タンク隅角部に生じる応力を知る事は、タンクの耐震安全性を評価するうえで重要な事であるが、その浮上り挙動は複雑で、今だに明らかではない。そこで著者等は力学的に相似なモデルを作成し、傾斜実験により先ず静的な浮上り挙動を明らかにすることと試みた。

2. 実験概要

傾斜実験とは、タンクを傾斜させることにより、2、地震時タンクに働く転倒モーメントに相当するモーメントを与え、その時の挙動を調べる実験である(図1)。あるアスペクト比のタンクに対し、震度 α で生じる転倒モーメント(ポテンシャル解)と等価な転倒モーメントが生じる傾斜角 ϕ を計算すると図2のようになる。模型タンクと実物を力学的に相似にするため、幾何学的な相似比と材料のヤング率の比とした。模型材料はルミラーと呼ばれるフィルム材である(ヤング率が鋼の40分の1)。模型原型は、モデルA、モデルBの2体である(表1)。また、地盤のモデルは、実際の地盤と同じになるように、ゴムを45mmの厚さに敷いた。モデルBについては地盤として、ゴム以外にスポンジおよび鉄板を使用した場合の3通りについて行なっている。

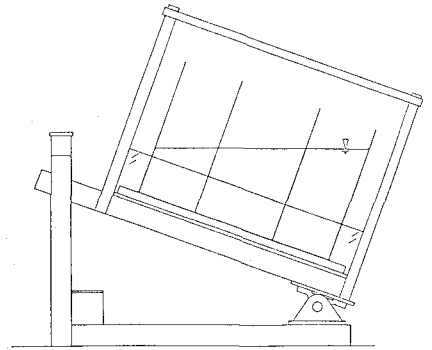


Fig. 1. 傾斜実験の模様

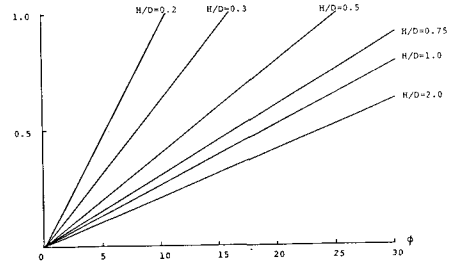


Fig. 2. 各アスペクト比に対する α - ϕ 関係

3. 実験結果

模型タンクの剛性が低いので、歪ゲージを使用することができなかった。種々の変位の測定した。タンクは半透明なフィルムによりできておるので、底板の浮上りやは、底板と地盤の間にあらかじめ流し込んでおいた色紙の具の模様から推定した。図3に例として示してあるのが、モデルBのスポンジを敷いた場合の傾斜角 10° に対する変形である。円筒の剛性が低いので、その断面形状が変化し、それとの連成で底板が図に示すように浮上る。このように計測されたデータから、一つの仮定、すなわち「底板浮上り部分に載った水すべてが、円筒を下に引き下げる力として有効に働いた」という仮定のもとに、 F_0 、 e_0 、 e_1 を計算し図示したのが図4である。 e_0 、 F_0 等は以下のように定義した。

F_0 : 底板浮上り部分に載った水の全重量。

e_0 : 底板浮上り部分に載った水の重心の位置。

F_1 : ($=F_0$) 円筒下端に生じている軸圧縮力合計。

Table 1. 諸元

	Model A	Model B
aspect ratio	1.0	0.4
Young modulus (Kg/mm ²)	510.	510.
water depth(mm)	488.	488.
diameter(mm)	488.	1220.
thickness of shell(mm)	.36	.54
thickness of annular(mm)	.28	.36
thickness of bottom(mm)	.20	.28
annular length(mm) (inside)	24.4	36.6
annular length(mm) (outside)	1.83	2.44

M_0 : F_0 が底板中心に対して作るモーメント。

T : 全転倒モーメント。

M_1 : ($= T - M_0$) F_1 が底板中心に対して作るモーメント。

e_1 : ($= M_1 / F_1$)

H_0 : $\theta = 0^\circ$ の位置の底板浮上り高さ。

W_0 : $\theta = 0^\circ$ の位置の底板浮上り巾。

図4中に、浮上り範囲を斜線で、 e_0 , e_1 の位置を○, ●印で示した。

4. まとめ

実験により以下の事柄が明らかとなった。

1). モデルA, Bいずれの場合も、底板浮上り部分は2つの円により区切られた三ヶ月状になり、又、底板にかなりのメンブレンストレスが生じている事が予想される。

2). モデルAは円筒下端の接触部が狭い部分に集中し、タンクは最終的にこの部分の軸力が保持できないことにより崩壊した。

3). モデルBは円筒下端の接触部は比較的広く、円筒の断面形状はかなり変形し、タンクは最終的に円筒の断面形状が保持できないことにより崩壊した。

4). タンクの浮上り挙動は、隅角部近傍の局所的な問題として考えられず、円筒の剛性が重要な役割を演じている。

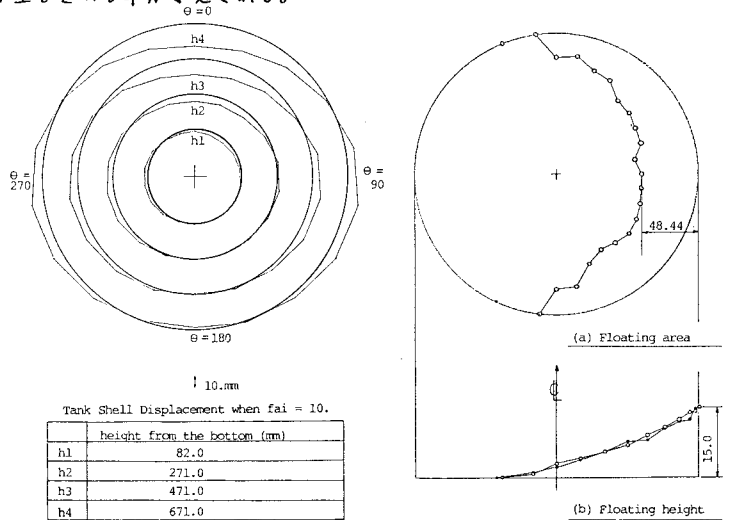


Fig. 3 モデルB 傾斜角 10° の時の変形 (地盤としてスポンジ使用)

(a) Model A				
fai (degree)	8	10	12	13
W ₀ (mm)	27.7	30.3	45.2	52.1
H ₀ (mm)	4.4	8.6	12.5	13.8
F ₀ (Kg)	7.5	9.6	13.5	16.0
T (Kg-mm)	3100.	3870.	4640.	5030.
(b) Model B				
fai (degree)	6	7	8	10
W ₀ (mm)	25.3	32.4	37.1	46.3
H ₀ (mm)	4.2	5.7	9.0	12.5
F ₀ (Kg)	12.6	22.0	26.5	33.8
T (Kg-mm)	14600.	17100.	19500.	24500.

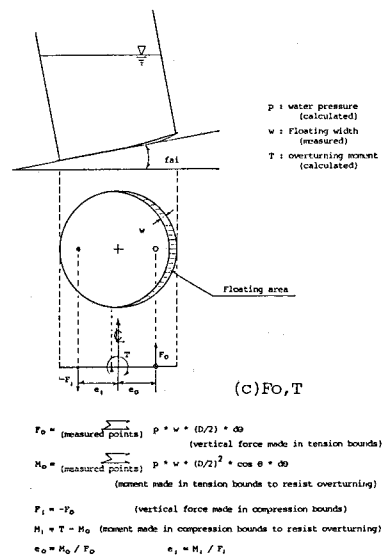


Fig4. モデルA, Bの傾斜に対する挙動