

川崎重工 正員 ○面谷 幸男 川崎重工 磯江 暁
 川崎重工 正員 坂井 藤一 川崎重工 平川 長

1. まえがき

地震により平底円筒タンクに転倒モーメントが作用し、アニュラー・プレートの一部に浮上りが生じると、タンク隅角部近傍に集中応力が生じ、軸圧縮側側板部のエレファント・フット・バルジや軸引張側アニュラー隅角部の破断等の原因となる。アニュラー浮上りを防止するためには、LNGおよびLPG地上式貯槽ではアンカー・ストラップ（以下アンカーと略す）が用いられる。著者等はこのような浮上り挙動とアンカーの耐震効果を検討するため、実物相似大型模型を用いた傾斜実験を実施した。その一部をここに報告する。

2. 実験概要

傾斜実験とは、地震時の動的な圧力、水平力、転倒モーメントに相当する荷重を台の傾斜により静的に実現して、その時の挙動を調査するものであり、振動実験に比べて設備、計測が容易であり、地震力によりタンクに生じる応力を詳細に調べられる等の長所がある。転倒モーメントが等しくなる場合の傾斜と地震動による液圧分布の比較を図1に示した。上図はバルジング（設計水平震度.845）を起こした場合の液圧分布と台を15°傾斜させた場合の液圧分布の比較、下図はスロッシング（三波強震時）を起こした場合の液圧分布と台を10°傾斜させた場合の液圧分布の比較である。バルジング時およびスロッシング時の液圧分布は、台を傾斜させる事によりほぼ十分に実現できる事が分かる。

模型タンクは無次元量が実機と相似になるように、縮尺1/6のアルミニウム合金製とした。実機と模型の諸元を表1に示す。実機にはステンレス製のアンカーが180本付いているが、模型では取扱いを容易にする為鋼製のアンカー60本にした。アンカーとしては、伸び剛性が実機相当となるM16の丸棒のもの、および断面積を変化させたものを用意した。

表1. 実機-模型の諸元対比（縮尺1/6）

		平底球面胴根付円筒内情	モデル
貯蔵容量		80,000 KL	333 KL
側板内径		58,500 mm	8,800 mm
側板高さ		28,800 mm	8,000 mm
最高液面高さ		28,772 mm	4,800 mm
胴根半径		47,800 mm	高さ4,800 mmの位置に剛なリングを取付けるなどにより代表させる。
ナックル半径		3,800 mm	
胴根高さ		9,318 mm	
ナックル高さ		2,995 mm	
全高さ		41,114 mm	8,000 mm
側板部最下段板厚		30.5 mm	5 mm
アニュラー板厚		18 mm	3 mm
底板板厚		18 mm	3 mm
アニュラー張出長		100 mm	18 mm
設計温度		-164 °C	常温
設計液比重		0.485	1.0
使 用 材 料	名 称	SL9NB0 (9%Ni鋼)	A50830 (アルミニウム合金)
	ヤング率	21,000 Kg/mm ²	7,000 Kg/mm ²
	降伏点	80 Kg/mm ²	13~18 Kg/mm ²
	引張強度	70 Kg/mm ²	

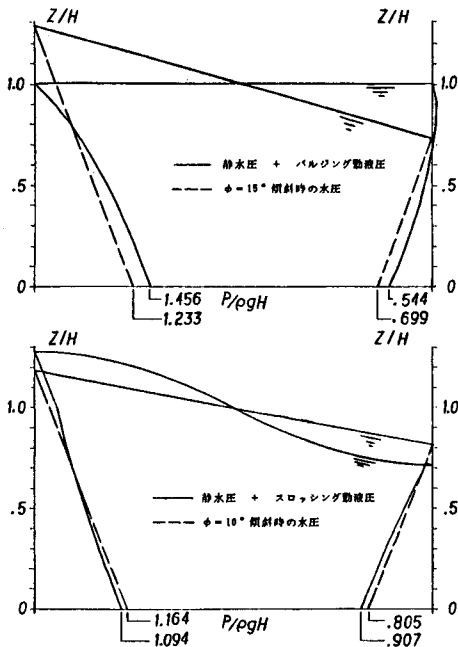


図1. 地震時と傾斜時の液圧分布比較

タンク水張り後アンカーに導入するプレストレスの量を、たとえばM16については2.0/1.0/.0(ton/本)の3種類に変化させて実験を行なった。又、実機基礎としてタンクに敷かれている保冷コンクリートの代わりに、模型の下に25mm厚の合板を敷いた。総測点数は、歪459点、変位38点である。

3. 実験結果

実験6ケース(アンカー2種類×プレストレス3種類)について比較した結果を以下に示す。図2(a),(b),(c)はこれらの中の1ケースの結果を示したものである。これらの図は、アンカー・プレストレス導入後の応力状態を基準とし、その後タンクを18.8°傾斜させた状態までの応力増分を示している(●印および太線)。図に細線で書き込まれている曲線は、側板下端完全固定とした場合の膜理論による釣合式を解いた理論解(以下膜理論解と呼ぶ)である。図2(c)の側板軸応力(Nz)には、高さ15cmから40cmまでの部分に設けられた33点の計測値をまとめて示してある。実験により以下の事柄が分かった。

- ① フープ応力(Nθ)、せん断応力(S)はアンカーの影響をあまり受けず、膜理論解と良く一致した。
- ② アンカー取付部より下の部分の側板軸力はアンカーの影響を大きく受け、一般に傾斜による軸力の増加は、プレストレスが大きいもの程小さかった。
- ③ これ等2種類のアンカーと3通りのプレストレスによるタンクの傾斜実験では、いずれの場合も傾斜角18.8°(水平震度.886に対応)までアニュラー部の浮上りは微小で、側板下端近傍におけるエレファント・フット・バルジ等の原因となるような集中応力は認められなかった。

4. まとめ

本実験によるタンクでは、地震時相当の転倒モーメントが作用してもアンカー部に浮上りが起らず、従って側板下部に集中的な応力は生じなかった。従って相応する実機タンクの耐震安全性が確認されたことになる。なお実験実施に当たり、大阪ガス㈱ 関係各位の御協力に謝意を表します。

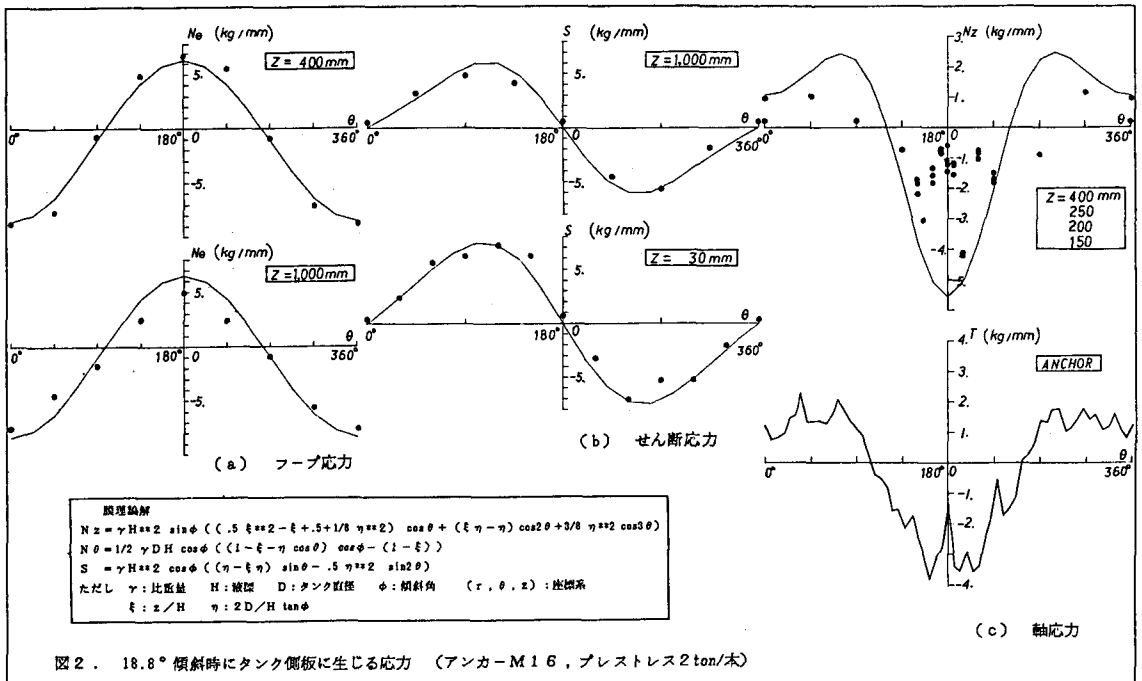


図2. 18.8°傾斜時にタンク側板に生じる応力 (アンカー-M16, プレストレス2ton/本)