

I-541

アンカー・ストラップ付きタンクの傾斜実験(大型相似模型実験と理論解析)

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

1 まえがき

著者等はアンカー・ストラップ付きタンクの耐震安全性を検討するために、直径 9.8m のアルミニウム製大型相似模型による傾斜実験を実施した。実験の概要は、別にすでに報告してある(文献1)、2)。ここでは、傾斜時側板に生じる軸力を中心に、実験結果と理論解析について論じる。

2 側板下端固定条件における解

傾斜時、液圧が円筒シェルに作用し、それによる転倒モーメントにより発生する側板下端の軸力は次式により表される。

$$N_z = \gamma H^2 \sin \phi \left(\left(\frac{5}{2} + \frac{\lambda^2}{8} \right) \cos \theta - \lambda \cos 2\theta + \frac{3}{8} \lambda^2 \cos 3\theta \right) \quad (1)$$

ただし、 $\theta = 0^\circ$ から 180° 方向に向かって傾斜させるものとする。ここで、

γ : 液比重、 ϕ : 傾斜角、 H : 液深、 D : 円筒シェル内径、 $\lambda: (D/2H) \tan \phi$

この式を NASTRAN による解と比較すると、図 1 のようになる。図中 NASTRAN の解としては、高さ 4.6m の位置に断面変形を拘束するためのリングを取り付けた場合を屋根有り、リングの付いていない場合を屋根無しと呼んでいる。 $\theta = 180^\circ$ の付近では、若干値が異なるものの、(1)式はいずれの場合にも精度の良い近似解であることが分かる。

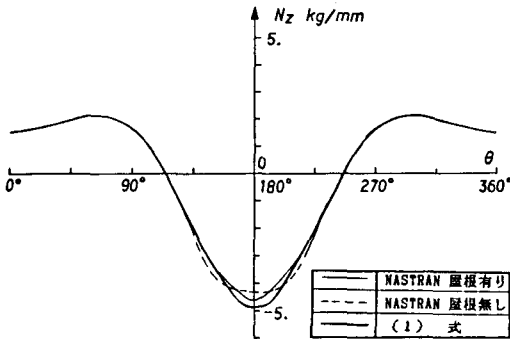


図1 15°傾斜させた場合の側板下端軸力分布

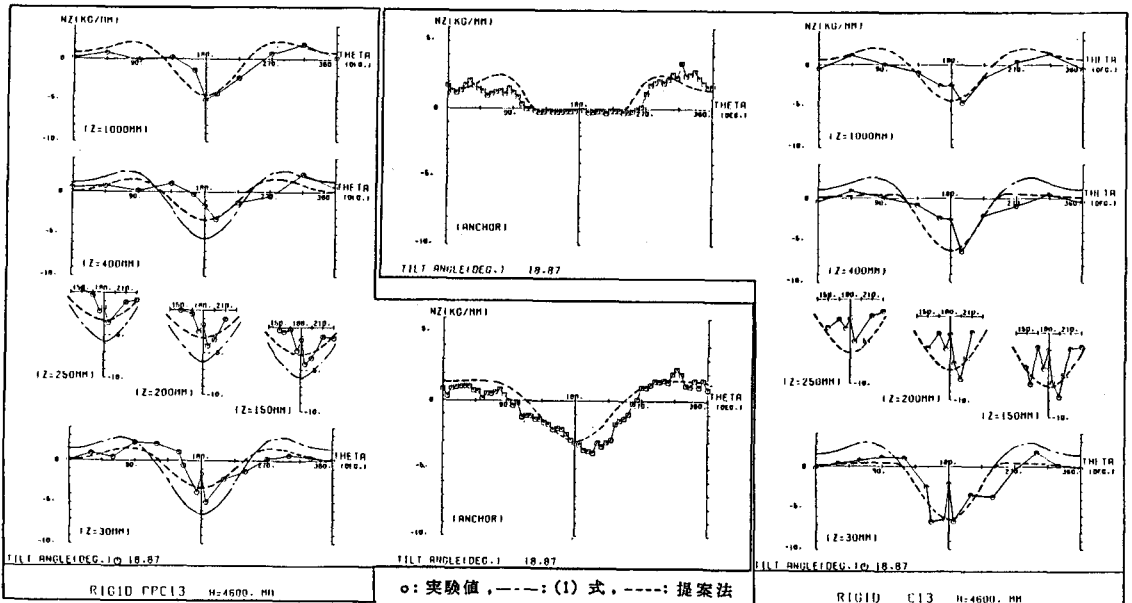


図2 傾斜時、側板下端およびアンカーに生じる軸力増分

3 アンカーの影響を考慮した解析法

図2を見ると、アンカーの有る場合は明らかにアンカーの無い場合とは異なる結果が出ていることが分かる。アンカーの有る場合の解析法については、まだ確立しているとは言えない状況にあり、ここでは側板下端に生じる軸力に対しアンカーの及ぼす影響を求めるため、図3に示すような梁モデルを用いた有限変位・接触問題解析を行なった。モデルの側板に相当する部分には、側板が半径方向に変位した場合に生じるフープ膜力の効果を考慮するため、各接点にそれと等価な水平方向バネを設けている。

図3の解析例は、アンカーとしてM16の鋼製丸棒60本を使用し、プレストレスとしてアンカーに4kg/mmの張力を入れた、水深4,800mmの時の解である。地震時転倒モーメントにより側板に3kg/mmの張力が生じたとして、その時の変形とアンカーの張力を計算したのが図3(3)である。これを見ると、側板上部に負荷した張引力3kg/mmのうち、アンカーで1.2kg/mm、側板で1.8kg/mm負担されるという結果になっていることが分かる。

4 実験結果と計算結果との比較

以上のモデルにより、傾斜時の側板下端軸力およびアンカー張力を計算した。結果の例を図2に示す。左側のグラフは、アンカーにプレストレスを導入した場合であり、右側はプレストレスを入れ無かった場合である。実験では、底板と基礎との当り具合により、軸力が大きく出る所と小さく出る所があるが、全体として実験値と計算値は良く一致していることが分かる。

5 まとめ

このように、ここで提案した解析法による結果はアンカーの細い場合などの実験結果とも良く照合しており、本手法はアンカーの影響（プレストレスの有無も含めて）を良く反映できる解析法と言える。ただし、実験結果は基礎との当り具合により、計算値を若干オーバーする場合も見られるので、設計時にはこれを見て少し余裕をとるのが望ましいように思われる。

なお、実験実施に当り、協力して下さった大阪ガス（株）を始めとする関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 面谷、坂井他 大型相似模型によるアンカー・ストラップ付き平底円筒タンクの傾斜実験
第40回土木学会年次講演概要集
- 2) 坂井、面谷他 大型相似模型による平底円筒タンクの地震時挙動の研究
第41回土木学会年次講演概要集

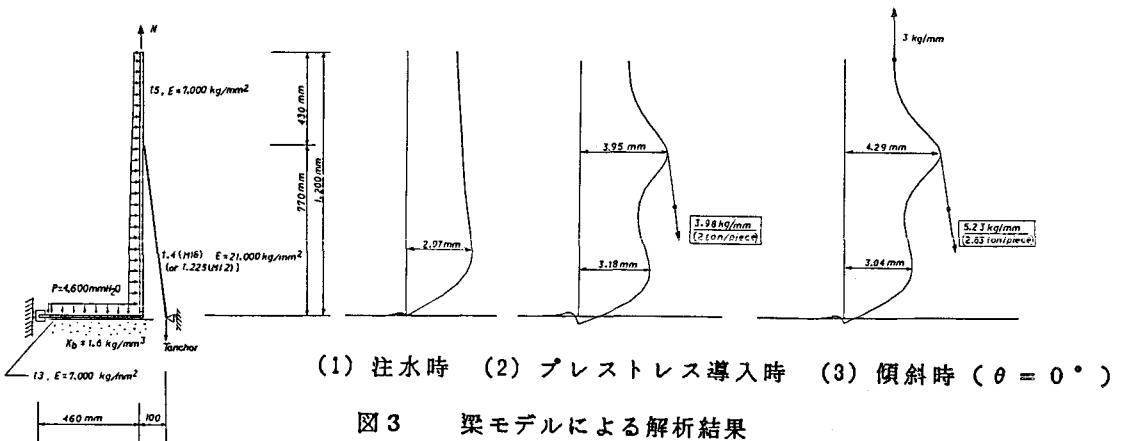


図3 梁モデルによる解析結果