

I-558 平底円筒貯槽におけるアンカー・ストラップの耐震効果に関する研究

川崎重工業(株) 正員 磯江 暁 正員 坂井 藤一
正員 面谷 幸男

1. はじめに

LNGおよびLPG用の平底円筒貯槽は、ガス内圧や地震による底板の浮き上がりを防止するため、アンカー・ストラップにより基礎に固定されている。しかしながら、アンカー剛性や導入すべきプレストレス量を決定するための耐震設計法は、必ずしも確立しているとは言えない現状である。先に著者らは、平底円筒貯槽の耐震安全性を調査する目的で、直径9.6mのアルミニウム合金製大型相似模型による傾斜実験を実施した^{1, 2)}。実験では、アンカー剛性やプレストレス量の異なるケースを種々実施しており、またそれら実験結果と非線形梁プログラムによる解析結果との比較検討から、地震時に生じる側板軸力およびアンカー張力を解析的に求める方法をすでに提案している(Fig.1 参照)。ここでは前記解析法による結果を用いて、アンカー剛性およびプレストレス量がタンクの挙動に及ぼす影響を検討し、耐震上必要となるアンカー剛性およびプレストレス量を決定するための一つの考え方を示す。

2. アンカー剛性の影響

最初に、アンカー剛性が側板軸力およびアンカー張力に及ぼす影響について示す。Fig.2(a)は、横軸が水平震度、縦軸が側板軸力およびアンカー張力を表わしており、横軸の正方向が引っ張り側(転倒モーメントにより側板に張力が生じる側)、負方向が圧縮側である。 $\square$ は各水平震度に応じ側板およびアンカー・ストラップに負荷する全鉛直方向荷重を示しており、静的な状態ではガス圧による初期張力が存在するので、 $\square$ 中Aの位置にある。次にあるプレストレス力が加わった状態がそれぞれB, B', C, C'である。 $\square$ には実線および破線で、それぞれアンカー剛性の高いケースと低いケースの挙動が示してある。タンクに負荷する荷重 $\square$ は、側板とアンカー・ストラップにより負担されるが、アンカー剛性の高い場合は $\square$ の中のかんりの部分をアンカーが負担し、側板軸力の変化とアンカー張力の変化はほぼ同程度になっている。これに対しアンカー剛性の低い場合は、荷重 $\square$ をアンカーが負担する率が小さく、 $\square$ の変化に伴い側板軸力が大きく変化する。またこの場合、引っ張り側で地震力がある程度以上大きくなると側板下端と基礎の間にすきまが生じ(E, E')、その後引っ張り力 $\square$ はほとんどアンカーのみで負担され、場合によっては、設計震度 K_h において、アンカー張力が許容値 N_{a2} を越えたり、側板軸圧縮力が座屈許容値 N_{cr} を越えたりする。

3. プレストレス量の影響

次に、プレストレス量が側板軸力およびアンカー張力に及ぼす影響について示す。Fig.2(b)には実線と破線で、それぞれプレストレスの大きいケースと小さいケースが示してある。プレストレスが小さい時には、震度がある程度以上大きくなると、引っ張り側では側板下端と基礎の間にすきまが生じ、荷重 $\square$ がほとんどアンカーのみにより負担される。逆に圧縮側では、アンカー・ストラップに導入したプレストレスが完全に抜け、アンカーに遊びが生じる。震度が過大にならない範囲において、プレストレスの小さい場合の方が、側板軸力やアンカー張力は、プレストレスの大きい場合より小さいが、地震時のタンク挙動が動的なものであることを考えると、アンカー・ストラップに遊びが生じることは、アンカー・ストラップに衝撃的な力が作用することを意味するであろう。

4. アンカー剛性およびプレストレス量の決定法

Fig.3 は、タンクに設計水平震度相当の荷重が作用した場合の、側板およびアンカー・ストラップの状態を、アンカー剛性およびプレストレス量に着目して4通りに区分した図である。図の横軸はアンカー剛性(アンカー・ストラップの総断面積をタンク周長で割った平均的板厚 t_a)、縦軸はアンカー・プレストレス

（全アンカーの総プレストレス量を周長で割った値 N_a ）である。

領域①は、圧縮側のアンカー・ストラップに遊びが生じる範囲、領域②は、引っ張り側の側板下端と基礎との間にすきまが生じる範囲、領域③は、アンカー・ストラップに過大な張力が入り塑性化する範囲を示す。領域④は、以上3種類の現象が生じない範囲である。

地震時、タンクに衝撃的な力が作用したり、アンカーが塑性化することを回避するためには、アンカー剛性およびプレストレス量を領域④に入るように決定することが望ましいものと考えられる。ここではそれを検討する一つの手法を示したものである。

1) 坂井、磯江、平川、面谷：平底円筒タンクの大型相似模型による傾斜実験、第7回日本地震工学シンポジウム、1986-12

2) 坂井、磯江、平川、面谷：大型相似模型による平底円筒貯槽の傾斜実験、土木学会論文集 第404号／I-11、1989（掲載予定）

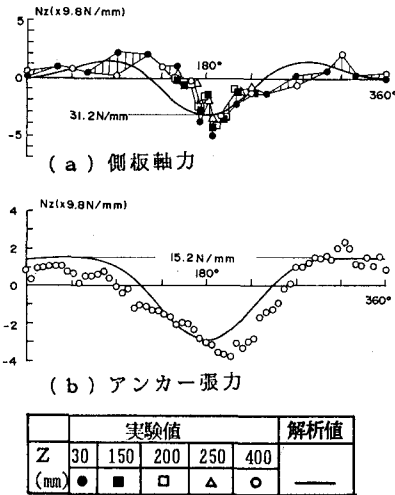
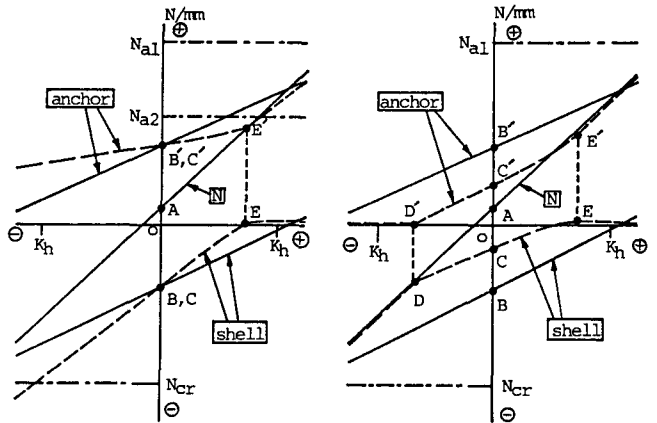


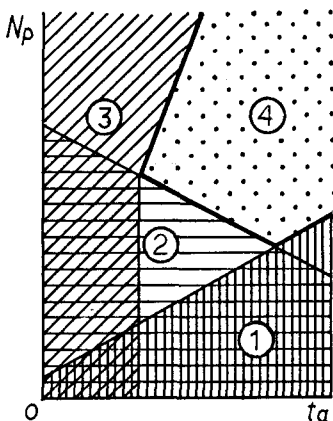
Fig.1 側板軸力およびアンカー張力の周方向分布 (Case RppC13)



(a) アンカー剛性の影響

(b) プレストレス量の影響

Fig.2 水平震度と側板軸力およびアンカー張力の関係



- ① 圧縮側でアンカー・ストラップに遊びが生じる領域
- ② 引っ張り側で側板下端と基礎との間にすきまが生じる領域
- ③ アンカー・ストラップが塑性化する領域
- ④ 上の3つの現象が生じない領域

Fig.3 設計水平震度におけるアンカー剛性、プレストレス量とタンク挙動の関係