

V-200

内圧を受けるコンクリート球シェルの挙動計測

日本鋼管(株) 正員 大石 博

正員 瀧尾 順一

島岡 久壽

1. はじめに

中華民国高雄県に100,000KLのLNG地下タンクを3基建設した。LNG地下タンクの屋根構造は内圧を受けることから、日本国内に建設されたものは全て鋼製の球シェル構造で計画されているが、同国の国情により防爆に重点が置かれ、当タンクの屋根はコンクリート構造で計画された。球シェル構造は内圧に対し面内引張力により抵抗し、今回建設されたコンクリート屋根は内圧作用時に全断面引張状態となるコンクリート球シェルである。本報告は、耐圧試験時に計測されたコンクリート屋根の挙動について報告する。

2. 屋根構造の特徴

建設されたコンクリート屋根は、図1に示すように内面半径53.2m、支間長64.5m、一般部版厚0.45m、辺縁部版厚1.20mの球シェル構造であり、壁厚2.7mの側壁(円筒シェル構造)に支持されている。通常のLNG地下タンクに架けられる鋼製屋根の上にコンクリート屋根を重ねた構造となっており、鋼・コンクリートの複合構造物である。設計上はコンクリート屋根を構造材とし、鋼製屋根はコンクリート屋根施工時の下型枠及び支保工と、タンク完成後のガス・シール材と考えている。タンク完成後の荷重に対してはコンクリート屋根単独で抵抗できるよう設計し、同時に複合構造物としての挙動を検討することによりガス・シール材としての鋼製屋根の安全性を確認している。コンクリート屋根は、タンクの気密性を利用して打設コンクリート重量相当の空気圧を支保工とするAir Support工法により施工された。

3. 耐圧テストの実施と変位計測

設計内圧 3.0 t/m^2 の1.25倍の内圧に対する屋根構造の安全性確認と、配管・マンホール類の気密テストが義務づけられている。最大内圧 3.75 t/m^2 を一時間継続後、各部の気密確認が行なわれる。気密テスト終了後、設計内圧の0.85~1.0倍の範囲で安全弁の作動テストを数回繰り返した後、内圧0まで降圧する。コンクリート屋根の変位計測は、この過程でコンクリート打設時の内圧 1.25 t/m^2 と0から 0.75 t/m^2 毎に内圧を一定に保って行なわれた。T-101タンクでは、3タンクの安全弁調整を行なう為、再度設計内圧までの昇降圧が行なわれ、このときは回数を減らして計測を行った。

4. 計測結果

T-101及びT-102タンクの計測結果を、計測時の内圧と変位の関係として図2及び図3に示す。FEM解析による計算値を同図に一点鎖線で示す。1.25 t/m^2 の内圧作用下でコンクリートを打設し、硬化養生後に内圧を0に戻した後の初めての載荷であり、1.25 t/m^2 で無応力状態と考えれば、1.25~3.75 t/m^2 の内圧によりコンクリートは引張状態になる。図より、1.25 t/m^2 までは計算値に近い値で変形が増大するが、処女載荷となる1.25~3.75 t/m^2 で

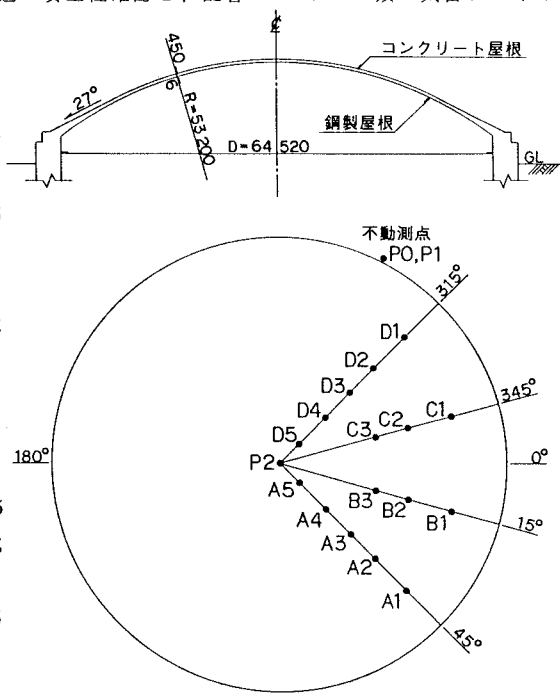


図1. 屋根形状と測点の配置

は、T-101は内圧の増加に対し変位が小さくなる逆の動きを示した後、最大内圧時に大きく変形し、最大内圧作用時の変位は、辺縁部で計算値より大きく、中央部で小さくなっている。T-102は、 2.25 t/m^2 で大きく変形し、一夜おいた後の内圧の増加に対し一度変位が小さくなった後、最大内圧時にP2以外は計算値よりやや大きい変位を示している。最大内圧作用後の挙動は、T-101では最大内圧からの除荷時は中央部以外はほぼ計算値に近い勾配で挙動している。再載荷時（●◆印）は $0\sim 3.0\text{ t/m}^2$ まではほぼ計算値の勾配で変位が増大し、除荷時も 0 t/m^2 で変形が残る傾向があるものの計算値の勾配で変位が減少している。T-102では最大内圧からの除荷時に一度変位が増大し、その後下がっている。T-102では0に戻す前に再載荷を行なったが、 $1.25\sim 2.25\text{ t/m}^2$ では変位が増大するが、 $2.25\sim 3.0\text{ t/m}^2$ では変位が小さくなっている。 3.0 t/m^2 からの除荷時は、ほぼ計算値の勾配で変位が減少するが、 $0.75\sim 0\text{ t/m}^2$ で大きくなっている。

最大内圧 3.75 t/m^2 による変形は、計算上は 15°C の温度上昇による変形に相当する。変形計測中のコンクリートの温度変化を同時に計測したが、日照の影響による表面温度の上昇はあるが、中央及び下面でのコンクリート温度に大きな変化は見られなかった。計測値は、計測時のコンクリート温度の変化による変形を含んでいるが、内圧による変形に対してその割合は少ない。また、計測日間で一夜おいて同じ内圧で計測した変位に 2 mm 程度の差があるが、温度変化によるものとは考え難い。

5. あとがき

耐圧テストの前後でコンクリートにひびわれは発生しておらず、コンクリートの引張強度により内圧に抵抗したと考えられる。また、処女再載荷時を除けば内圧-変位関係はおおむね計算値の勾配に等しく、コンクリート屋根は計算で用いたコンクリートの圧縮剛性で挙動していると云える。

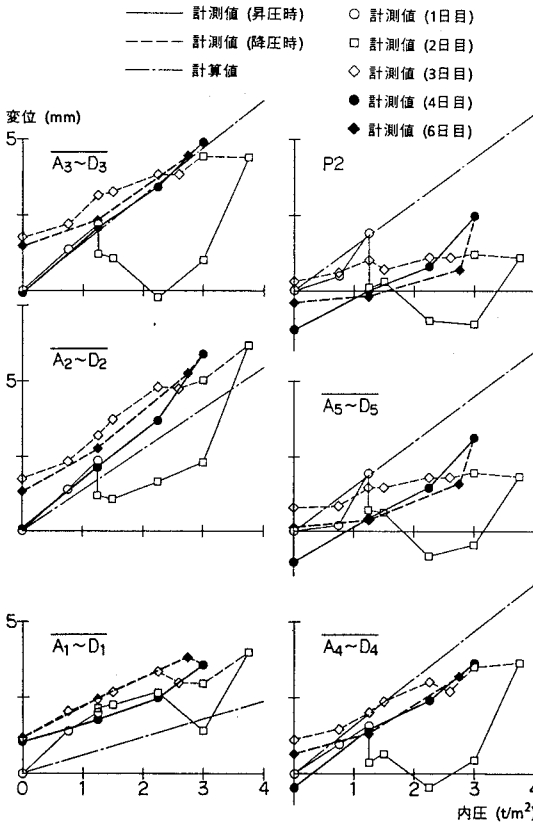


図2. T-101タンク変位-内圧

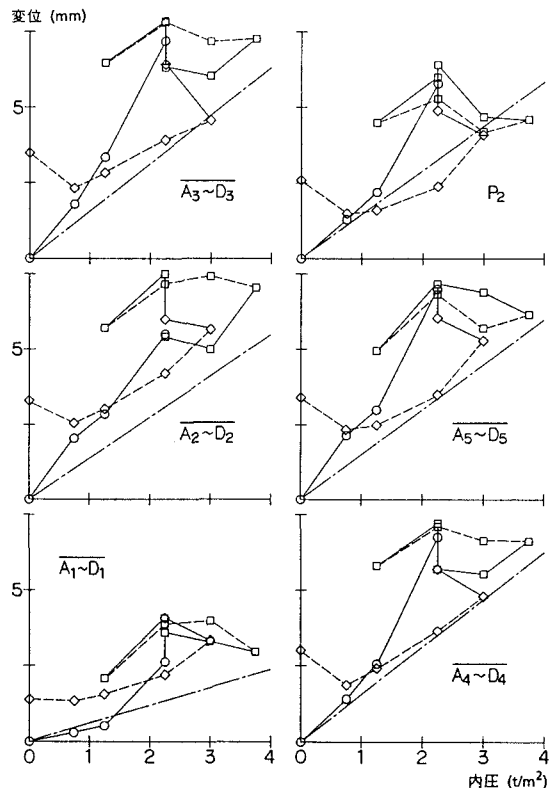


図3. T-102タンク変位-内圧