

V-360

Air Support工法によるコンクリート球シェルの施工

日本鋼管(株) 正員 瀧尾 順一
島岡 久壽
棚辺 隆

1. はじめに

LNG地下タンクの屋根構造は内圧を受けることから、日本国内で建設されたものは全て鋼構造で計画されている。中華民国高雄県に建設されたLNG地下タンクの屋根は、同国の国情により防爆に重点が置かれコンクリート構造で計画された。コンクリート構造の屋根を有するLNG地上タンクの例はあるが、LNG地下タンクにコンクリート屋根を架けたのは初めてである。本報告は、当タンクの設計・施工のうち、コンクリート打設に用いられたAir Support工法の概要と施工時の安定確認の為にこなわれたモニタリングの概要を報告する。

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。鋼製屋根は、H型及びBOX断面の梁を傘状及び同心円状に配した骨組に6mm厚の鋼板を貼った構造である。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に設計し、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。タンク完成後は、設計荷重として 3.0t/m^2 の内圧が作用し、全引張となるコンクリート球シェル構造である。

3. Air Support工法によるコンクリート打設

Air Support工法は、打設コンクリートの重量を支持する支保工の代りに空気圧を利用する工法である。今回の施工では、機密性を確保したタンク内部に空気を送り込み内圧を外圧より高くし、鋼製屋根下面に作用する空気圧を支保工として利用した。

コンクリートの打設ロット割は、鋼製屋根の強度と荷重載荷、1-ロット当りのコンクリート打設量、球面仕上げ面積等を考慮し、全体を同心円状に6ロットに分割した。1~4ロットは各ロット一夜で、5、6ロットは一夜での打設とし、図1に示すように、1~4ロットは3グループで 120° を、5、6ロットは2グループで 180° づつ打設するものとした。載荷重の対称性を計るため、各グループの経時打設量が等しくなるよう、各グループの進捗を生コン車の配車によりコントロールした。支保工の代りとなるタンク内の空気圧は、タンク完成後の複合構造物としての挙動と鋼製屋根の強度を考慮して、コンクリート屋根一般部の自重にはほぼ等しい値とし、外気圧変動及び温度変化による内圧変動に対し $1.15\sim 1.20\text{t/m}^2$

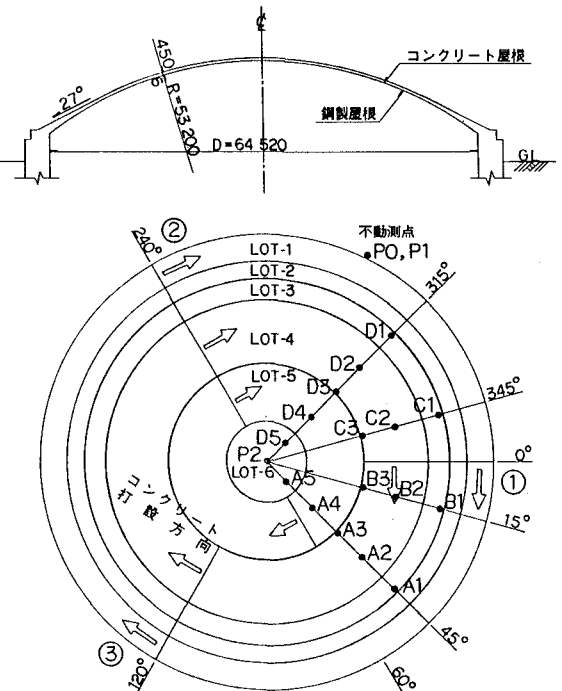


図1. 測点の配置とコンクリート打設 LOT 割

の範囲で制御した。鋼製屋根に作用する総荷重は、図2に示すように打設開始時は内圧により上向き荷重となるが、打設コンクリート重量により第4ロットで逆転し下向き荷重となる。内圧とバランスするコンクリート重量以上は、鋼製屋根が支持することになる。

4. 施工時のモニタリング

鋼製屋根は薄鋼板を骨組で補強した球シェル構造であり、鋼板が引張状態となる内圧に対しては強いが、圧縮状態になる外荷重に対しては弱い構造である。打設コンクリート重量は外荷重として作用するため、施工時の鋼製屋根の安定性を確認する目的で、鋼製屋根の変形挙動計測を計画した。変位計測点は、コンクリート打設が120°分割であることから各ロットの1/4打設量に対応し、鋼製屋根の主骨組上となる30°毎に、図1に示すA, B, C, Dの測点を、頂部にP2測点を設けた。コンクリート打設中の各測点変位は、0°方向4ヶ所に設けたレベル設置台から側壁上に設けた不動測点P0, P1をバックサイトとして各測点の比高をレベルで計測し、初期計測比高との差として求めた。レベル設置台はコンクリート打設により変動するが、バックサイトと測点の比高を計測する短時間の変動は無視できる。コンクリート打設中の変位計測は1.5時間おきの定時観測とし、そのつど計算値と比較し鋼製屋根が予測された挙動を示すことを確認し、施工を継続した。

5. 計測結果

図3に、計測変位と計算変位の経時変化を比較した例を示す。上段に温度変化及び内圧変化を補正した計測値を、下段にFEM解析による計算変位を示した。図に示した測点の位置にコンクリートが打設されるのは第4ロットであり、コンクリート打設によりB2, A2, D2, C2の順に大きく下がっている。第1~3ロット及び5, 6ロット打設時は上方に変位している。計測値は第1~3ロット打設時に計算値より大きく上がっているが、これはコンクリートの硬化熱の影響と考えられる。第4ロット打設時の計測変位は計算値より小さいが、これは既打設コンクリートの強度発現により支間長が小さくなった為と考えられる。

6. あとがき

計算値は、定量的・定性的にコンクリート打設時の鋼製屋根の挙動を推定し得たと云える。

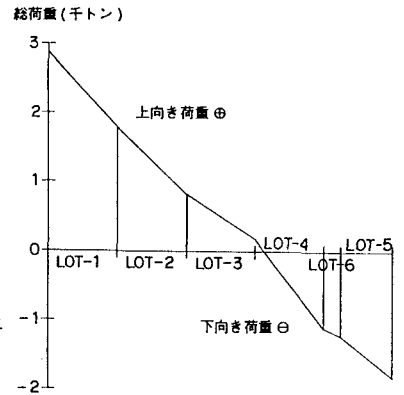


図2. 総荷重の推移

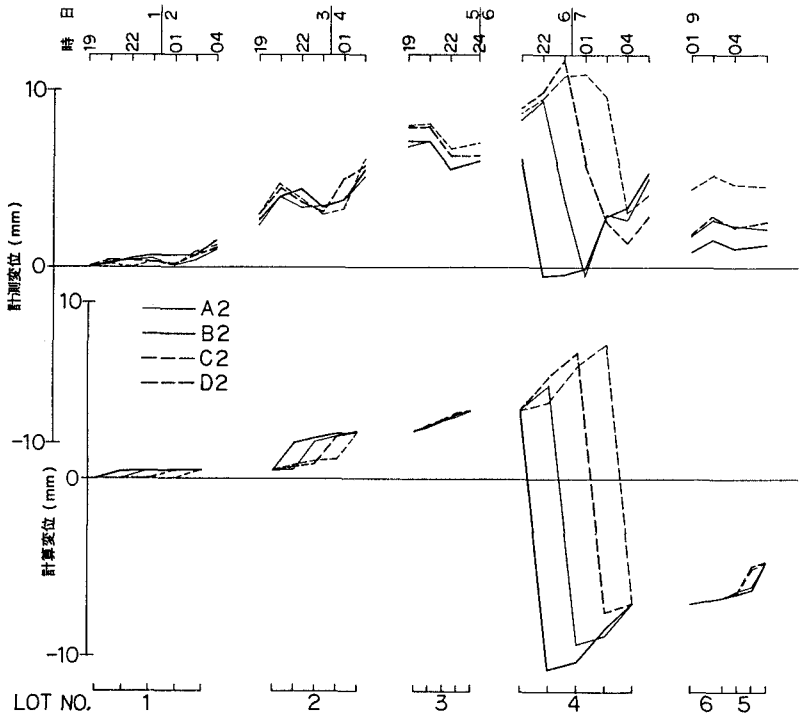


図3. 測定変位と計算変位の経時変化