

岩盤貯槽プラグ構造物に対するマスコンクリートの温度管理手法-波方 LPG 貯槽工事-

大成建設 正会員 ○下野 正人 正会員 島屋 進

正会員 白井 達哉

(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄 山本 浩志

1. 目的

波方 LPG 貯槽工事では、地下水圧によって、高圧の液化石油ガス(LPG)を岩盤内に封じ込めて貯蔵する水封式地下岩盤貯蔵方式を用いている。LPG の岩盤貯槽と作業坑や配管・換気竖坑との境界に構築されるプラグコンクリートは、水封式岩盤貯槽の中でも気密性・水密性を確保するための最も重要な構造物である。本報告では、マスコンクリートであるプラグ構造物の施工管理方法として、3次元温度応力解析により、温度上昇量と発生応力を推定し、ひび割れ発生を抑制するパイプクーリング方法と温度管理方法を検討し、本設の頂設プラグコンクリートへ実際に適用した結果を報告する。

2. プラグ構造物の施工管理

頂設プラグ位置を図1に示す。プラグ構造物における漏気、漏水の経路としては、①コンクリートに発生したクラック、②コンクリートと岩盤の境界や③埋設物周辺の隙間が考えられた。また頂設プラグは 8.8m×10m×7.5m で拡幅部を含めると 1000m³ 程度のボリュームがあり、コンクリートの発熱に伴う温度ひび割れ等が懸念された。プラグ構造物を施工する際に、発生するひび割れ抑制、隙間のない密実なコンクリートの打設が必要であり、ひび割れ抑制対策(マスコンクリート対策)としては、低発熱・膨張型高流動コンクリート¹⁾とパイプクーリング工法を適用して施工管理を行った。

3. パイプクーリング配置

頂設プラグのパイプクーリング配置は、プラグコンクリート施工試験(以後、プラグ試験と呼ぶ)でのパイプクーリング配置やクーリング効果をもとに上下8系統で横断方向に渦巻き状に配置した(図2)。ここでの特徴は、コンクリートの最高温度を抑制することに加えて、プラグコンクリート構造物を均一に冷却し、構造物内の温度差を抑制するために0.8m~1.0mの配管ピッチとした。また、クーリング水の出入の温度差を抑制し、冷却効果を均一するために1系統のパイプクーリングの延長を100m前後とした。

4. コンクリートの温度管理方法 コンクリートの温度管理方法の概念図を図3に示す。プラグコンクリートでは、ひび割れ指数 1.75 を確保することを品質目標として、①打設温度、②最高温度、③1次クーリング停止、④2次クーリング開始を管理項目とし、3次元温度応力解析により温度管理基準値を設定した。特にプラグ下部では外部拘束を受け引張応力が発生しやすいことから、その周辺箇所の温度およびコンクリート引張応力の発生状況の把握に重点を置き温度管理を実施した。①打設温度は、コンクリートの打設量が多く、40時間連続打設となることから打設温度の変動が予想された。事前解析を実施し、3段階(下部から設計路盤高まで23℃、設計路盤高からSLまで25℃、SLより上部27℃)で上限値を設定した。②最高温度は、プラグ下部の外部拘束により引張応力が発生してひび割れ指数が小さくなる箇所で重点管理を行うこととし、すべての

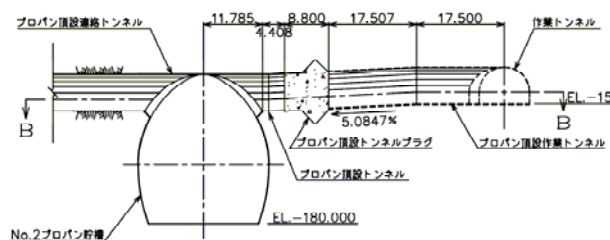


図1 頂設プラグ位置

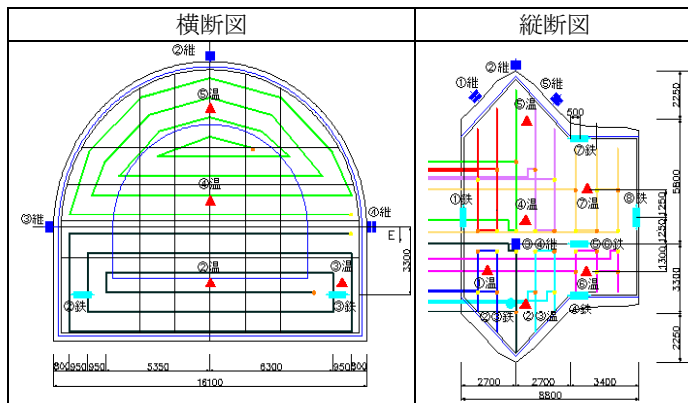


図2 パイプクーリング配置

キーワード 高流動コンクリート, 膨張材, パイプクーリング, 温度管理, マスコンクリート対策

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 土木設計部 TEL 03-5381-5296

計測箇所における最高温度到達の上限値を設定した。最高温度抑制のため打設前からクーリング配管に通水し、最高温度到達までは設備上可能な限りクーリング水温を低く、流量を多くするため、クーリング水温を10℃以下、通水量を300 l/分以上を管理した。③1次クーリング停止は、最高温度到達後、材齢初期段階での温度低下が大きい場合は、ひび割れ指数を低下させるため、下降後の温度下限値を設定して、クーリングによる急激な温度低下を防ぐよう管理した。最高温度を確認した後、クーリング水温15℃±5℃、通水量300 l/分で管理し、温度下降量の上限値、1次クーリング停止後の温度リバウンド量を管理した。④2次クーリングの開始は、全計測点の計測温度が目標到達温度（岩盤温度）以下に達した時点でひび割れ指数1.75を満足できる最速日を解析により設定し、クーリング開始後は、鉄筋計から計測されたひずみから逐次コンクリートの応力を算出し、急激な温度低下によるひび割れ指数1.75以下の発生を防ぐよう温度管理を行った。

5. 打設結果 ①打設温度はすべて23℃以下となり、各段階とも上限値以下となった。②最高温度は、全計測点で、各最高温度上昇値以下で抑制できた。③1次クーリングの停止は、約10日目、プラグ内のコンクリート温度上昇量、最高温度到達以降の温度低下は、解析で想定した値とほぼ同等（図5）となり、パイプクーリングによって温度下限値以上で管理ができた。④2次クーリング開始以降は、解析と比較して温度低下は緩やかに岩盤温度以下になるよう調整し、2次クーリングによる急激な低下によるコンクリートの品質へ影響を小さく抑えることができた。また、鉄筋計から計測されたひずみから算出したコンクリートの引張応力は、ひび割れ指数1.75となる応力以下に抑えることができた（図5）。以上①～④の各ステップで綿密に温度管理を行い、全計測点においてひび割れ指数を満足する温度管理ができた。

6. まとめ 本体プラグの温度上昇量や発生応力を推定し、コンクリートのひび割れ発生を抑制するための温度管理手法は、マスコンクリート施工管理手法として非常に有用である。また、本管理手法は温度の推定精度が重要であり、本体プラグの計測と実測がほぼ一致する結果となったのは、プラグ試験で同定した各種温度パラメータや境界条件²⁾の設定精度が高いことが示唆される。今後、残りの底設プラグ、配管堅坑プラグのコンクリート打設にも本手法を適用し品質管理を行う予定である。

参考文献 1) 臼井ら：低発熱・膨張型高流動コンクリートを用いたマスコンクリートへのパイプクーリング工法の適用，第63回年次学術講演会 5-443，pp885-886，2) 山仲ら：プラグコンクリート温度応力検討時における岩盤拘束効果の評価，第63回年次学術講演会 5-449，pp897-898

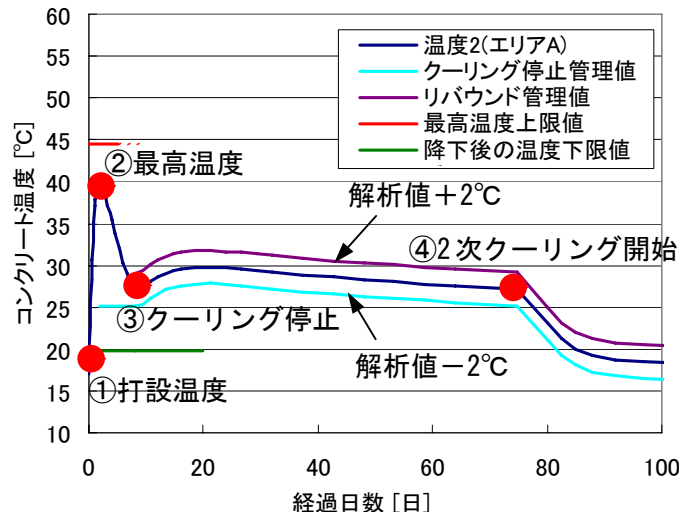


図3 温度管理概念図

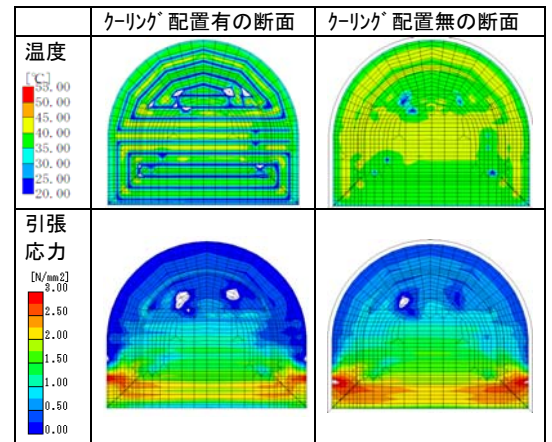


図4 事前解析結果

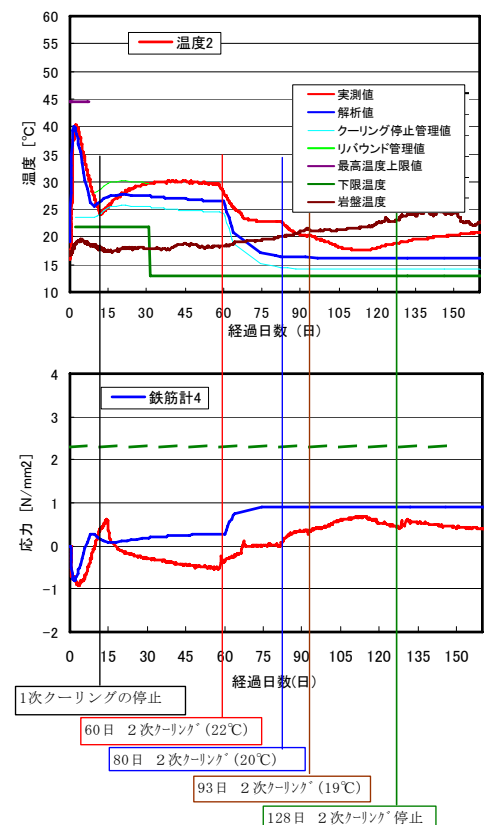


図5 温度および応力の経時変化