

プラグコンクリート温度応力検討時における岩盤拘束の再評価 -波方基地プロパン貯槽工事-

大成建設(株) 正会員 ○ 一枝 俊豪 正会員 廣末 龍文 正会員 坂本 淳
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄

1. はじめに

LP ガス国家備蓄波方プロパン貯槽工事は、花崗岩中に高さ 30m、幅 26m の空洞(貯槽)を掘削し、岩盤から貯槽内に向かう地下水の流れにより、常温高压で LPG を貯槽内に封じ込める水封式地下岩盤貯蔵方式による備蓄基地である。ここで貯槽と作業トンネルおよび堅坑の境界に構築されるプラグコンクリート(以下、プラグ)は、貯槽の水密性を確保する上で最も重要な構造物となる。プラグの配合選定にあたっては、水密性を確保するため、低発熱・収縮低減型高流動コンクリートを採用し、密実なコンクリートを打設した。また、プラグ打設時には温度ひび割れの抑制を目的として、パイプクーリング工法を採用した¹⁾。このとき、温度応力解析を用いて温度上昇に伴う発生応力を予測して、ひび割れ指数によりプラグの温度応力に対する健全性を評価した。本論文は、過去に試験プラグにおいて設定したプラグと岩盤の拘束効果を、その後施工された頂設・底設プラグにおける計測データ(鉄筋計ひずみ値)をもとに再評価したものである。

2. 解析モデル

底設プラグのモデル形状を図-1に示す。山仲ら²⁾は、本設プラグに先立って現地に施工された試験プラグにおいて、プラグ上方のみ引張に抵抗しないテンションカット要素をモデル化した場合、プラグ上方のコンクリート有効応力度と事前解析値がほぼ一致し、岩盤の拘束効果を良く再現できるとした。その後打設された頂設・底設プラグにおいても、当初はこの知見を元に拘束効果のモデル化を行った。当初の拘束条件(Case1)を図-2に示す。

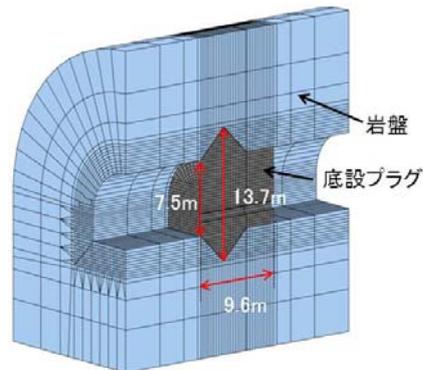


図-1 解析モデル図

3. 計測結果(頂設プラグ)

頂設プラグにおいて、実測の鉄筋計ひずみ値より算出したコンクリート有効応力度と事前解析値を比較したものを図-3に示す。これより、プラグ下方に設置した鉄筋計において、事前解析値では 2.2N/mm^2 (引張)であったのに対し、実測値では -0.9N/mm^2 (圧縮)となっており、解析は有効応力度を過大に評価、すなわちひび割れ指数を低く見積もっていることが認められた。そこで、底設プラグにおいては、プラグ下方のより正確な応力状態の再現をするため、当初の拘束条件のケース(Case1)と図-4に示すプラグ下部側方にも一部テンションカット要素をモデル化したケース(Case2)の2ケースについて検討を実施した。

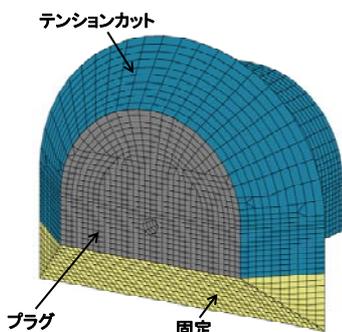


図-2 拘束条件
(Case1:当初モデル)

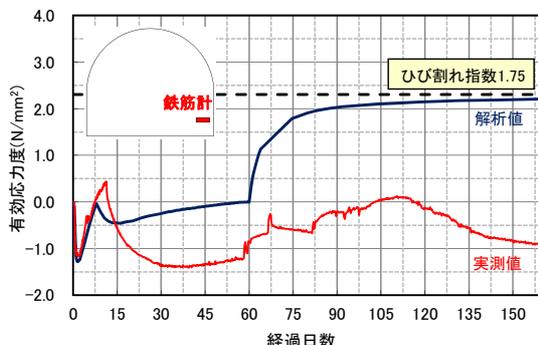


図-3 コンクリート有効応力度
(頂設プラグ)

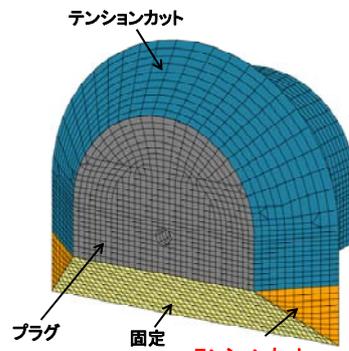


図-4 拘束条件
(Case2)

キーワード プラグコンクリート, 温度応力解析, 拘束条件

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

4. 計測結果 (底設プラグ)

プラグ下部の鉄筋計ひずみ (鉄筋計①・②) より算出したコンクリート有効応力度と解析結果を比較したものを図-5 および図-6 に示す。また、打設開始より 60 日経過した時点におけるコンクリート有効応力度の比較を表-1 に示す。これらより、底設プラグにおいても頂設プラグと同様に、Case1 の場合、鉄筋計①では約 2.5 倍、鉄筋計②では約 1.7 倍と引張応力を過大に評価していることが分かった。一方、Case2 の結果は実測値とほぼ一致しており、プラグ下部の拘束条件としては、Case2 の方が実際の拘束条件に近いと考えられる。この原因として、プラグ下部側方の拘束度は、プラグ下方の拘束度よりも小さいことが考えられる。

Case2 のプラグ最大拡幅部横断方向のひび割れ指数分布図を図-7 に示す。これより、Case2 では岩盤による拘束度が低減された結果、プラグ下部側方のひび割れ指数が改善した。このとき、プラグ中央および側方部において、ひび割れ指数が 1.75 以下の領域があるものの、その領域は連続していない。

以上より、プラグの構造上の特性が拘束度に影響を与えた結果、Case1 に比べ、Case2 の方が実挙動に近い挙動を示したものと考えられる。

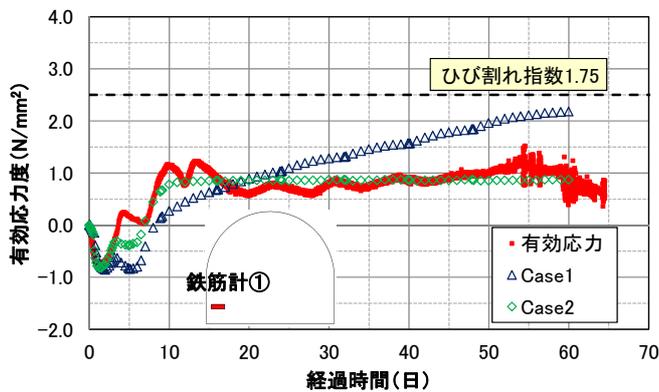


図-5 コンクリート有効応力度 (鉄筋計①)

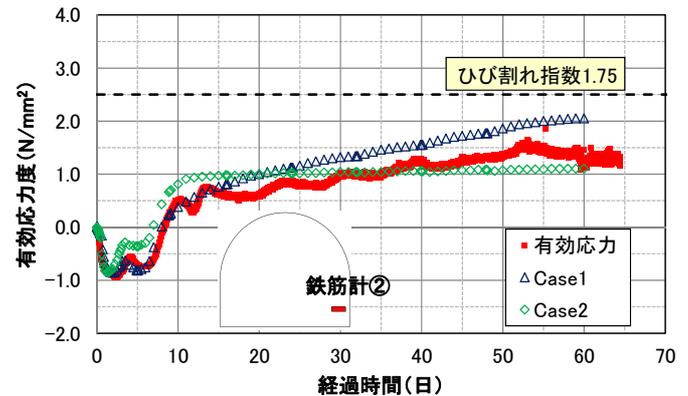


図-6 コンクリート有効応力度 (鉄筋計②)

5. まとめ

波方プロパン貯槽工事における作業トンネル充水後に実施したプラグ耐圧試験の結果、頂設プラグで約 160m、底設プラグでは約 180m 相当の水圧が作用したが、貯槽への漏水は認められず、プラグの水密性を確認することができた。

プラグ施工時のプラグ内部の応力計測結果は、岩盤とコンクリートを完全拘束境界として温度応力解析を行った結果と比較して両プラグとも小さな値が得られた。そこで、本報では底設プラグの応力計測結果を用いて、山仲ら²⁾の提案した拘束条件を再評価し、実挙動に即した拘束条件 (Case2) でモデル化して解析的な検討を行うことにより、プラグ内部の応力挙動を再現できることを示した。本報で得られた知見が、今後の高度なマスコン対策が要求される施工の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 坂本淳, 島屋進, 山本浩志, 前島俊雄: “低発熱・収縮低減型高流動コンクリートとパイプクーリング工法を適用した岩盤貯槽プラグの施工-波方国家石油ガス備蓄基地-”, コンクリート工学, Vol. 47, No. 10, pp. 31-36, 2009. 10
- 2) 山仲俊一郎, 下野正人, 島屋進, 前島俊雄, 山本浩志: “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 回土木学会年次学術講演会, 2008. 9

表-1 コンクリート有効応力度比較

	実測値 (N/mm ²)	Case1 (N/mm ²)	Case2 (N/mm ²)
鉄筋計①	0.87	2.18	0.86
鉄筋計②	1.20	2.05	1.10

(打設開始から 60 日後)

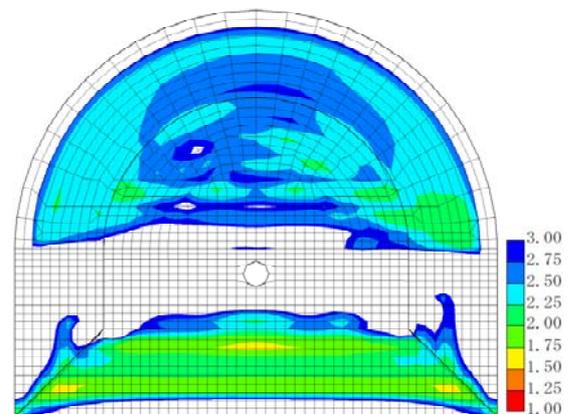


図-7 ひび割れ指数分布 (Case2)