

エネルギー低温岩盤貯蔵における施工時プレクーリング方法の検討

清水建設 技術研究所 フェロー会員 百田 博宣

清水建設 技術研究所 正会員 ○米山 一幸

1. はじめに

海外では、LPGやLNGの低温岩盤貯槽の商用プラントまたは実証プラントが建設されている。比較的貯蔵温度の高いLPG（沸点 -42°C ）の場合は図-1の凍結方式が実用化されており、極低温のLNG（沸点 -162°C ）の場合は図-2のメンブレン方式が有力視されている。しかし、凍結方式では水封トンネル・水封ボーリング、メンブレン方式では排水トンネル・排水ボーリングが水理地質条件によっては必要な場合もあり、施工期間や経済性等の観点から、これらのトンネル・ボーリングを省略しうる技術開発も必要と考える。

本研究では、施工時プレクーリングの概念を提案し、実現の可能性検討の第一ステップとして、熱伝導解析による基礎検討を行う。

2. 施工時プレクーリング方法の概念

施工時プレクーリング方法の概念を図-3に示す。本方法は空洞切羽前方に冷却用ボーリングを設置し、冷媒を循環させて次段階の空洞掘削予定線の近傍に凍結ゾーンを形成し、切羽を進行させるものである。これにより、空洞掘削時の湧水は遮断され、凍結ゾーンより上部に地下水位を維持することを目的とした図-1の水封トンネル・ボーリングは省略できる可能性が出てくる。また、図-2のメンブレン方式では、施工時の外水圧や湧水対策に排水トンネル・ボーリングが設けられているが、これらも事前の凍結ゾーンの形成により省略できる可能性が出てくる。

3. 解析条件

凍結ゾーンの形成時間・範囲を把握するため、2ヶ月間の非定

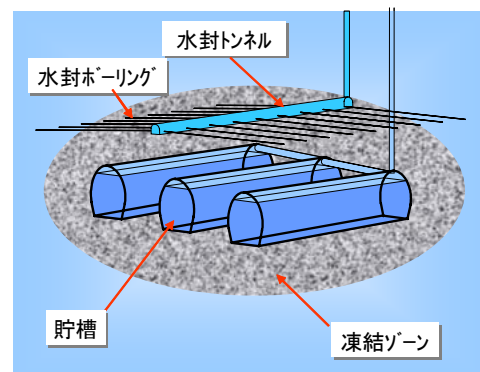


図-1 凍結方式のLPG低温岩盤貯槽

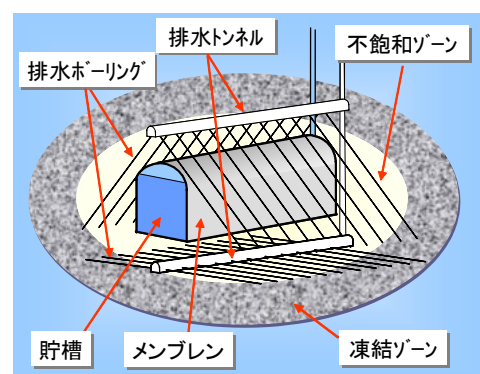


図-2 メンブレン方式のLNG低温岩盤貯槽

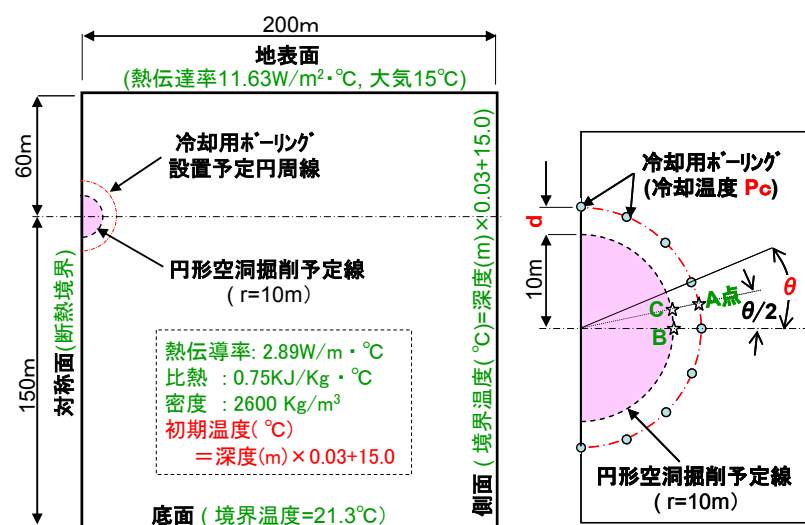


図-4 熱伝導解析モデルの全体図および部分拡大図

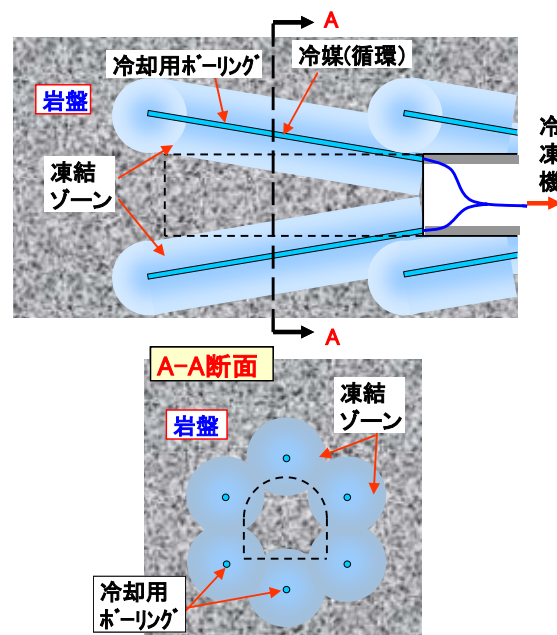


図-3 施工時プレクーリングの概念

キーワード 低温岩盤貯蔵 凍結方式 メンブレン方式 施工時プレクーリング 凍結ゾーン

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設(株)技術研究所 企画部 TEL 03-3820-8362

常熱伝導FEM解析を行う。解析モデルは図-4であり、半径10mの円形空洞(深度-60m)から離間距離 d の円周上に角度 θ 間隔に冷却用ボーリング(冷却温度 P_c)を設置する。 d, θ, P_c は解析パラメータであり、 $d=1, 2, 3\text{m}$ 、 $\theta=45, 22.5, 11.25, 5.625^\circ$ 、 $P_c=-20, -40, -60^\circ\text{C}$ と設定した。なお、初期条件・境界条件は図-4の通りであり、岩盤は花崗岩を想定し、熱伝導特性は既往の文献¹⁾²⁾を参考にして設定している。

4. 解析結果および考察

凍結ゾーンは冷却用ボーリング孔の周方向にリングを形成し、かつ空洞掘削予定線まで広がる必要があるため、ここでは図-4中のA, B, C点の温度低下傾向に注目する。まず、最も凍結が遅れると予想されるC点の全ケースの7日後の温度を図-5に、代表的な条件下におけるA, B, C点の温度の経時変化を図-6に示す。両図より、 θ, d が小さく P_c が低いものほど温度が低下し、① $P_c=-60^\circ\text{C}$, $d=1\text{m}$, $\theta=5.625^\circ$, ② $P_c=-40^\circ\text{C}$, $d=1\text{m}$, $\theta=5.625^\circ$, ③ $P_c=-60^\circ\text{C}$, $d=1\text{m}$, $\theta=11.25^\circ$ の場合は、7日後にはC点は凍結していることがわかる。また、 P_c を高くするとA, B, C点とも温度低下が鈍くなること、 d を大きくするとB, C点の温度低下が鈍くなること、 θ を大きくするとA, C点の温度低下が鈍くなること等、解析パラメータの影響を把握できた。次に、③条件の7日後の温度分布を図-7に例示したが、掘削予定線まで凍結ゾーンがリング状に形成されたことが認められる。

施工時プレクーリング期間中は切羽の進行を止めることになるため、ここでは7日以内を目安にした結果、上記①～③の3条件が得られ、本方法の可能性が示唆されたと考える。今後、同方法の具体的な施工方法、工期および経済性等を検討し、同方法の適用性を評価する予定である。

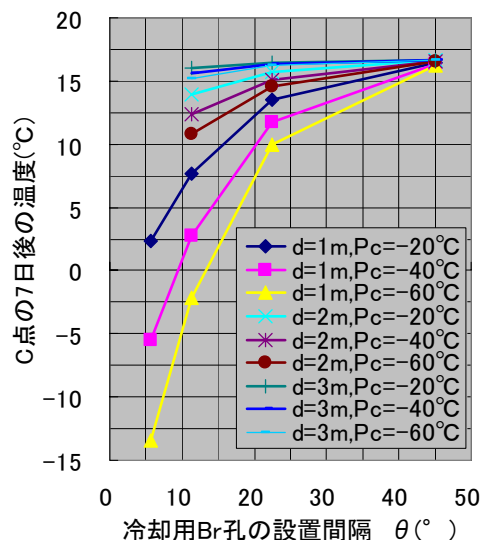


図-5 全ケースのC点の7日後の温度

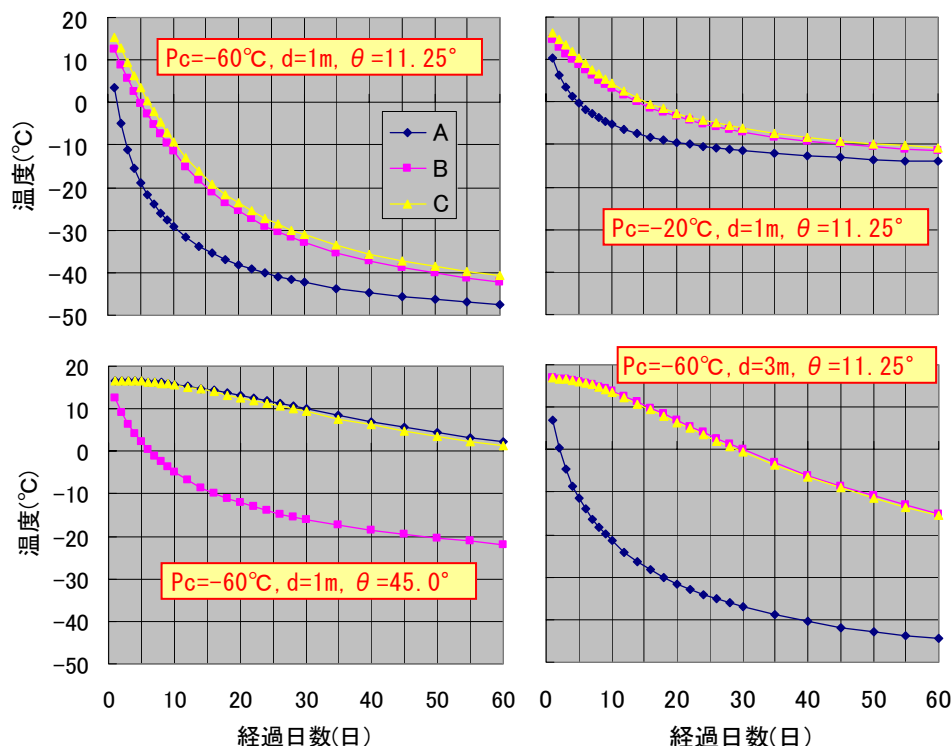


図-6 代表的条件におけるA, B, C点の温度の経時変化

参考文献

- 1) 新・北野：電力中央研究所報告(調査報告:U87010), pp. 1-14, 1987. 07
- 2) 米山・宮下・石塚・八田：清水建設研究報告, Vol. 82, pp. 7-14, 2005. 10

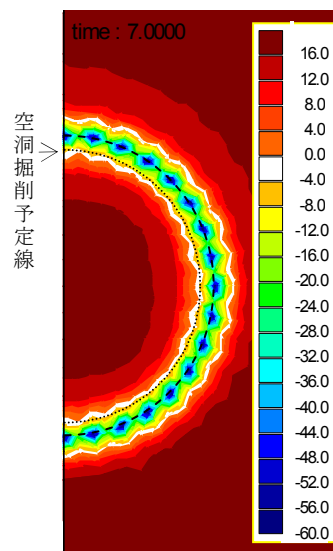


図-7 $P_c=-60^\circ\text{C}$, $d=1\text{m}$, $\theta=11.25^\circ$ の7日後の温度分布(°C)