# メンブレン方式の新LNG低温岩盤貯槽の成立性に対する検討(その1)

清水建設	技術研究所	フェロー会員	〇百田	博宣
清水建設	技術研究所	正会員	米山	一幸
清水建設	技術研究所	フェロー会員	風間	広志

## <u>1. はじめに</u>

天然ガスは石油代替エネルギーとして注目されており、液化天 然ガス(LNG:沸点-162℃)を地上タンク、地下タンクに貯蔵する技 術は確立しているが、LNG低温岩盤貯槽の研究開発も始まってい る。この研究開発では、凍結方式の欧米での失敗事例を通じて、 最近では図-1のメンブレン方式が有力視されており、韓国Daejon で実証試験が行われた。図-1の貯蔵では、建設時・貯蔵初期に貯 槽周辺に不飽和ゾーンを形成し、メンブレン等の建込み時の外水 圧除去や貯蔵時の熱応力緩和等を行うが、確実性に懸念があると 共に、排水トンネル・ボーリングがコスト高の要因になる。

そこで本研究では、図-2のメンブレン方式の新LNG低温岩盤貯 槽を提案し、熱伝導解析や熱応力解析を行って、外水圧除去や熱 応力緩和等への効果を検討し、提案方式の成立性を把握する。

## 2. 提案方式の貯蔵概念

図-2の貯槽は、二次吹付コンクリート内に湧水対策用の排水パ イプを設置し、メンブレン建込み時の外水圧除去を行う。また、 躯体コンクリート(RC)中に凍結防止用配管(t-タ-)を設置し、LN G貯蔵時に温水等のブラインを循環させ、RCおよびその外側の吹 付コンクリート・岩盤の凍結を防止する。このため、貯蔵時も排 水パイプによる外水圧の除去が可能で、熱応力も緩和できる。

#### <u>3. 解析条件</u>

解析は、①自重解析,②掘削解析+RC打設時解析,③熱伝導解 析,④熱応力解析、の4段階であり、解析モデルを図-3に示す。 地質はC<sub>H</sub>級上限相当の花崗岩盤、貯槽は円形空洞(掘削 ¢ 20m) であり、熱伝導解析と安定性解析(①,②,④)の境界条件と岩盤 物性値も図-1に併記した。また、貯槽構造は図-2に記した寸法

値で物性値は表-1である が、熱解析では保冷材は 非構造部材として考慮し ないため、熱伝導解析で は保冷材を熱伝導体とす る場合と熱伝達率(熱伝 導率/厚さ)でモデル化す る場合を解析する。

なお、安定解析は弾性

衣「町宿即物の物性値						
項目	保冷材	RC, 吹付C				
熱伝導率(w/m・℃)	0.0267	2. 326				
熱伝達率(w/m <sup>2</sup> ・℃)	0.0891					
比熱(J/kg・℃)	1046.5	837.2				
密度(kg/m <sup>3</sup> )	50.0	2400.0				
弾性係数(GPa)	教亡士	25.0				
ポアソン比	解析では	0.2				
粘着力(MPa)	考慮せず	4.0				
内部摩擦角(°)		55.0				
引張強度(MPa)		0.4				
線膨張係数(℃-1)		1.0E-5				

表−1 貯槽部材の物性値

キーワー	ード	LNG	低温岩盤貯槽	メンブレン	方式	排水パイプ	ヒータ			
連絡先	〒135-	8530	東京都江東区越	中島3-4-17	清水建	まむ(株)技術研究	昭所 社会	≹基盤技術C	TEL	03-3820-8364



図-1 メンブレン方式のLNG低温岩盤貯槽







解析である。③については、掘削+RC打設完了後(t=0日)~1日間はクールダウン期間、1日~18250日(50年) は貯蔵期間であり、50年間の非定常熱伝導解析である。初期条件は保冷材を熱伝導体とする場合は保冷材内 面を15℃、保冷材を熱伝達率でモデル化する場合はRC内面を15℃とし、それぞれ定常解析により設定する。

## 4<u>. 解析結果および考察</u>

熱伝導解析結果として、S.L近傍のヒーター(凍結防止用配管)ピッチの中央に位置するAライン位置で、温 度低下が最も大きい保冷材・RC接触部の温度の経時変化を図-4に示す。まず,保冷材のモデル化の影響につ いては,貯蔵期間を通じて工学的に有意な差異はないことがわかる.また,温水等のブライン温度は10℃の 条件であるが、温水循環なしの場合は、50年後(18250日)に-50℃程度まで低下するのに対し、温水循環をす る場合は、比較的初期に温度低下が見られるものの、50年後まで約5℃に保たれることが認められる。この ため、排水パイプは凍結せず、建設時および貯蔵時に排水機能を維持できるものと考えられる。

次に、温水循環をした場合の熱応力解析結果として、S.LとAライン位置のRCの内側(R=9.3m)と外側(R=9. 8m)の最大主応力σ<sub>1</sub>の経時変化を図-5に示す(引張:正値)。これより、S.L位置がAライン位置より引張 応力度が高いことが把握されたので、S.Lライン位置で代表時点のσ<sub>1</sub>とσ<sub>y</sub>の分布を図-6,図-7に示す。両 図より、貯蔵時にRCと吹付コンクリートに最大3MPa以下の引張応力が発生するが、岩盤部には引張応力は発 生しないことがわかる。これは、ヒーターなしの場合に岩盤部に生じる熱応力が殆ど除去されたことを意味 し、ヒーター設置による熱応力緩和効果を確認できる。また、コンクリート部に引張応力が発生しているが、 ヒーターなしの場合に比べて大幅に低減されたものと推察され、鉄筋で十分対応可能なレベルと考える。

### <u>参考文献</u>



-834-