

大成建設(株) 正会員 初崎 俊夫
〃 小林 理市
〃 野口 憲一

§1. はじめに

近時、欧米先進国では、外部からの飛来物衝撃に対する安全性と耐久性から、低温液化ガス貯槽に対しPC構造の外槽が注目されている。PC二重殻低温液化ガス貯槽は我が国での建造実績はなく、海外でも極めて少数例しかないといわれている。著者らは、実験等により要素技術の検討を行い、その裏付けに基づいて設計概念を構築しプロトタイプを計画した。本稿はその報告である。

§2. 基本設計概念

1) 一般構造形式

- ・タンク形式は、地上式二重殻平底球面屋根付円筒形状貯槽とする。
- ・貯槽は、直接貯液する内槽、防液堤機能を有する外槽およびその間の保冷層から構成される。
- ・内槽、外槽ともPC構造とし、コンクリートは高強度かつ水密性のあるものとする。
- ・保冷材には合成樹脂系断熱材を用い、外槽内側に接して設置する。
- ・外槽底板は杭あるいはバタ基礎上の地盤に接する構造で、凍結防止用ヒーティング配管を内蔵する。
- ・配管：計装などタンクを貫通する設備は、すべて屋根部分の貫通孔を通して設備する。

ii) 貯槽の気密保持性能

貯槽からのガス漏れについては、万一漏れても周辺にその影響が及ばないよう十分な安全性を確保しなければならない。二重殻低温液化ガス貯槽から外へのガス漏れ防止策として、2つの方法が考えられる。

一つは完全気密内槽である。コンクリート構造の内槽を考えた場合、コンクリートだけで完全気密内槽を構成することは困難であり、気密保持用ライニングを施す必要がある。

もう一つは不完全気密内槽であるが、内外槽間に漏れるガスが許容限界濃度を超えないようにイネートガスで換気する方法である。打継ぎなどのある実構造物では、コンクリートの透気係数は 10^{-8} cm^3/sec 程度であると考えられ、計算によれば透過ガス量はボイルオフ量の約1%と推定される。したがって、コンクリート構造の内槽も技術的には十分可能と思われる。

しかしながら、現在、日本における高圧ガス貯槽は完全気密貯槽であることが要求されており、ここでは、コンクリート内槽内側に気密保持用ライニングを施すこととした。

iii) 内槽コンクリート構造の温度応力制御

保冷層を内外槽間に設けることで内槽のコンクリート構造は貯液時には全体がほぼ液温となるため、形状による局所的な温度応力が生じるほかには温度応力はほとんど生じない。

むしろ、クールダウン時、ウォームアップ時に断面内に温度勾配が生じることが問題となる。構造上コンクリートの厚さは45~50cmとなるが、この断面に温度応力によるひび割れを発生させないようにクールダウンする必要がある。1例として図-1に示すような温度制御が考えられ、この場合は10日程度要する。

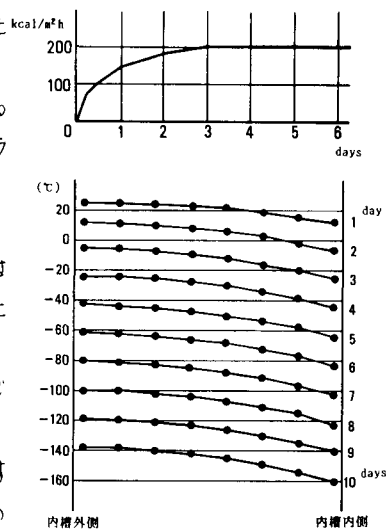


図-1 ワールドダウン時の温度制御

IV)外槽コンクリート構造の耐衝撃性

a)冷熱衝撃

外槽は、内槽からの万一の液漏れに対して、防液堤の役割りを果たす。この場合、漏液時の急冷および内外温度差による温度応力の評価が重要な問題となる。

45cm厚の実大部材を液体窒素(-196℃)で片面から急冷した実験では、曲げのみの拘束による剛性残存率は0.6~0.7、曲げおよび軸変形拘束の場合のそれは、0.35程度になるという結果が得られている。

本設計概念としては、図-2に示すように外槽内側に液密性のある保冷層を設け、正常時、漏液時とも低温液体からの温度応力をごく小さくする構造とする。

b)外的衝撃

外的衝撃(ミサイルや飛行機の衝突、爆発の衝撃圧)の作用に対して、その抵抗性を高めるためにはコンクリートを厚くすることが有効である。ちなみに、ミサイル等の衝突による貫通厚さを衝突速度100 m/secとして Modified NDRC式によって計算すると表-1に示すとおりで1m前後のコンクリート厚が必要となる。

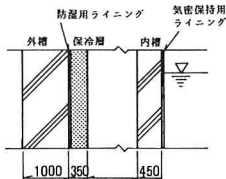
§3. まとめ

基本設計概念に基づき、80,000 KL 用LNG貯槽のプロトタイプを計画した。内槽は、常時の液圧に耐えると同時に耐震性を考慮して断面を決めた。内側には気密保持用のライニングを施した。外槽は、漏液時の液圧に耐えることおよび外的衝撃に耐えることを考慮して断面を決めた。内側には防湿用のライニングを施した上に液密性のある保冷材を取り付けた。耐震性、液密性を高めるため内、外槽とも底板からの立上がり部分は剛結構造とした。以下に概要を示す。

i)主要寸法

	内 槽	外 槽
内径	60.0 m	63.9 m
高さ	29.3 m	33.2 m
屋根半径	48.0 m	49.2 m

ii)主要断面(円筒部)



参考文献

- 渡部昭一他2名；低温時のコンクリートの透気抵抗に関する実験、第40回土木学会年次学術講演会 (S60.9)
- 川崎宏二他2名；鉄筋の低温動的引張試験、第40回土木学会年次学術講演会 (S60.9)
- 貞光誠人他2名；低温領域で温度勾配を受けるPC部材の強度特性について、第40回土木学会年次学術講演会 (S60.9)
- R.F. de la Reguera, et al; An 80,000m Double Prestressed Concrete Wall LNG Tank: Its Design, Construction and Commissioning; Proceedings of GASTECH82; Paris; Oct.,1982
- R.P. Kennedy; A Review of Procedures for The Analysis and Design of Concrete Structures to Resist Missile Impact Effects;

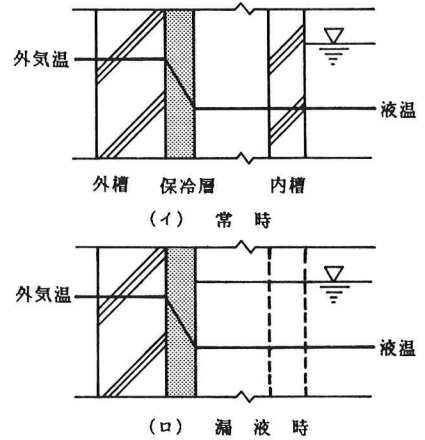


図-2 液密性のある保冷層

表-1 ミサイルと貫通コンクリート厚さ

	ミサイル重量 W (kg)	ミサイル径 d (mm)	貫 通 厚 t (mm)
仮想ミサイル1	1000	400	107
2	500	200	78
3	100	100	45
ロケット発射筒	3.45	89	25

