

# (VI-32) LNG地下式貯槽におけるRC覆工屋根の設計と計測値の比較

清水建設株式会社 正会員 ○延藤 達  
東京ガス株式会社 正会員 渡辺 修  
清水建設株式会社 正会員 黒田 正信

## 1. はじめに

LNG (Liquefied Natural Gas: 液化天然ガス) は、天然ガスを輸送・貯蔵の便のために $-162^{\circ}\text{C}$ という超低温に液化したものである。このLNGを貯蔵するLNG地下式貯槽は、貯蔵液が地表に流出することがないように、貯蔵最高液面を地表面以下に抑えており、本質的に安全な貯槽である。

東京ガス(株)根岸工場に建設された世界最大の20万kl LNG地下式貯槽は、コンクリート覆工屋根(RC屋根)という新技術を採用している(図-1)。このRC屋根は、国内で初めて鋼製屋根(耐圧気密部材)の外면을50cm厚の鉄筋コンクリートで覆工したものであり、鉄筋計が設置されており、完成後の鉄筋発生応力度が計測されている。本稿は、RC屋根の鉄筋応力度について計測値と計算値を比較することにより、RC屋根の完成後挙動について考察を行ったものである。

## 2. RC屋根の鉄筋応力度

鉄筋計は屋根内部に30箇所配置されており、半径方向及び周方向の鉄筋応力度が計測されている(図-2)。鉄筋計の設置数を方向別にまとめると表-1の通りとなる。

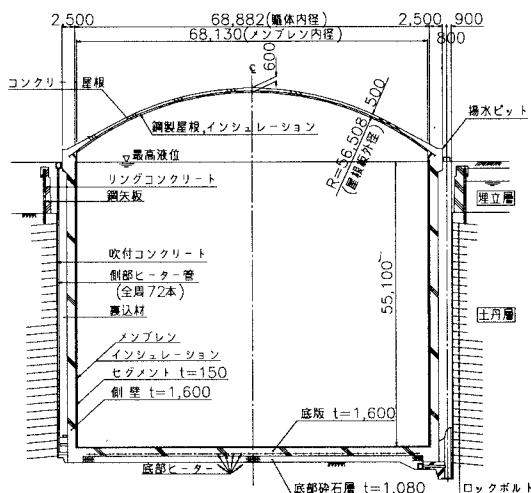


図-1 20万kl LNG地下式貯槽断面図

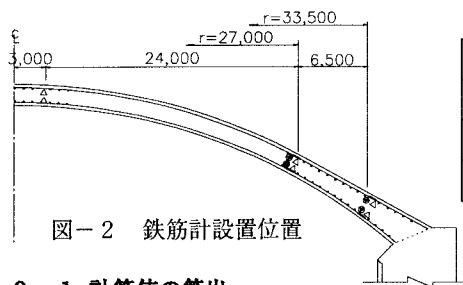


図-2 鉄筋計設置位置

### 2.1 計算値の算出

計測値と比較するために、予測鉄筋応力度を計算する。計測開始以降に作用した荷重として、LNG液圧・LNGガス圧・温度荷重・凍結土圧を考慮し、特に温度荷重については、季節変動による2ケースを考

表-1 鉄筋計一覧表

|         | 上筋  |      |      | 下筋  |      |      | 左図凡例 |
|---------|-----|------|------|-----|------|------|------|
| 中心距離(m) | 3.0 | 27.0 | 33.5 | 3.0 | 27.0 | 33.5 | —    |
| 半径方向    | —   | 3    | 4    | —   | 3    | 4    | ◎    |
| 円周方向    | 2   | 2    | 4    | 2   | 2    | 4    | △    |

表-2 断面力の組合せケース

| ケース<br>No. | 温度 | 液位<br>状態 | 凍土<br>状態 | 荷 重 |         |         |      |    |  |
|------------|----|----------|----------|-----|---------|---------|------|----|--|
|            |    |          |          | 液圧  | ガス<br>圧 | 凍土<br>圧 | 温度荷重 |    |  |
|            |    |          |          |     |         |         | 夏季   | 冬季 |  |
| 1          | 有  | 空        | 有        |     |         | ○       | ○    |    |  |
| 2          |    |          |          |     |         | ○       |      | ○  |  |
| 3          |    | 満        |          | ○   | ○       | ○       | ○    |    |  |
| 4          |    |          |          | ○   | ○       | ○       |      | ○  |  |

【キーワード】 LNG地下式貯槽、コンクリート屋根、鉄筋計、計測結果

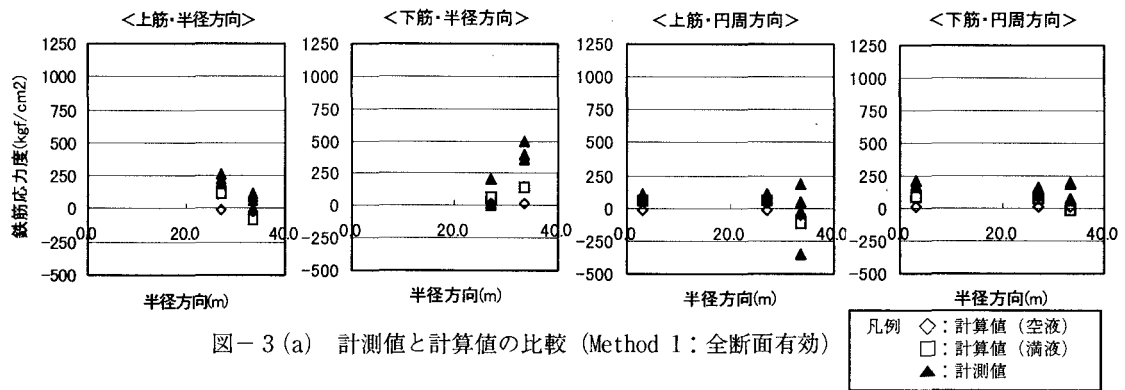
【連絡先】 〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 TEL 03-5441-0595 FAX 03-5441-0511

慮する。これらの荷重による断面力を当初設計通りの方法により算定後、4 種類の状態を想定して組合わせを行う（表－2）。組合わせ後の断面力を用いて、計測点における鉄筋発生応力度を以下の 2 通りの方法で算定する。

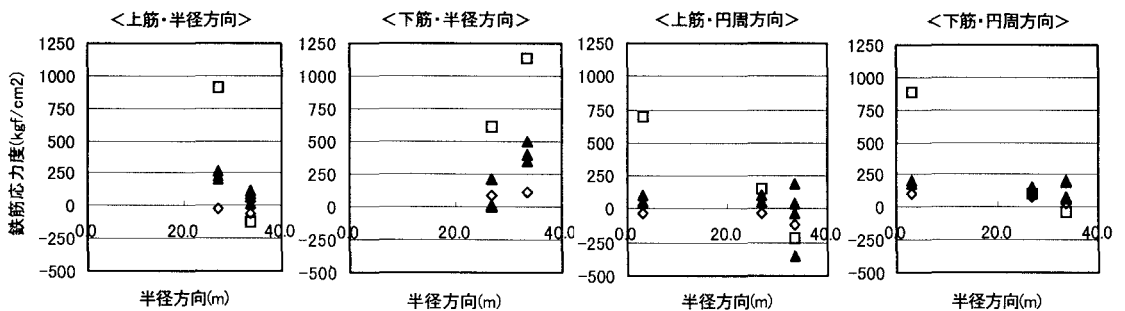
- Method 1：全断面有効として鉄筋発生応力度を算出
- Method 2：通常の RC 計算により（ $n=E_s/E_c=1.5$ ）、鉄筋発生応力度を算出

2. 2 計測値と計算値の比較

2. 1 で算出した計算値のうち、冬季のケースのみについて計測値と比較して図－3 (a) 及び(b)に示す。同図より、計測値は Method 1 と Method 2 の計算値の間に位置していることがわかる。屋根コンクリートの引張強度は、 $f_{tk}=27\text{kgf/cm}^2$ （ $f'_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ ）であり、鉄筋応力度が  $174\text{kgf/cm}^2$ （ $=E_s/E_c \times f_{tk}=200/31 \times 27$ ）以下である部位については、コンクリートにひび割れが発生しておらず、全断面有効状態にあるものと思われる（コンクリートの実発生強度が、通常  $f'_{ck}$  以上になることを考慮すれば  $200\text{kgf/cm}^2$  程度までひび割れは発生しない）。計測値は、全体的には Method 1 の計算値に近いが、Method 2 により設計しておけば、安全側であることがわかる。なお、夏季のケースについても同様な結果である。



図－3 (a) 計測値と計算値の比較 (Method 1：全断面有効)



図－3 (b) 計測値と計算値の比較 (Method 2：RC 計算)

3. おわりに

本検討結果より、RC 覆工屋根の完成後挙動は設計で用いた計算方法により断面力を算定し、全断面有効として応力を計算することにより、かなりの精度で把握可能であることがわかった。更に、設計としては、通常の RC 計算（ヤング係数比=1.5）を行うことにより適切な安全性を有する断面照査が可能となることがわかった。今後は、本検討結果が合理的な設計方法を検討する上で参考になれば幸いである。

【参考文献】

1) 高木 淳・中下 兼次・和賀 秀悦・名倉 健二：世界最大 20 万 kL LNG 地下タンクの開発と施工，コンクリート工学 Vol.34 No.2, P.23～P.32, 1996.2