

III-143 LPG地下タンクの実験及び大型LNG地下タンクへの適用

日本海事協会

秋田好雄

石川島播磨重工業

小林昭夫

〃

西川秀樹

〃

矢田敏夫

〃

正員 ○ 柳沢一郎

東京ガス株式会社

瀬戸正幸

1. まえがき

本研究の目的は軟弱地盤に地下タンクを構築する場合のセグメント工法の適用性及び著者がこれまでに地下タンクに伴う種々の熱現象について理論解析を行ってきたが、この解析結果がLPG地下タンクの実験結果と一致するか否かを検討し、 $10\text{万}\text{m}^3$ という大型低温地下タンクの熱現象を定量的に推定することであった。

そこでコンボジットセグメントを用いて、内径 3m 、深さ 33m 、側壁厚さ 0.07m で内容積 20m^3 のLPG用(-43°C)の地下タンクをウエルポイントとセグメント工法を併用して構築した。構築場所はN値零、飽和度100%の軟弱シルト質土の臨海埋立地であった。

なお本実験は短期間に熱現象を把握するために地下タンクに断熱材を付けずに行なわれた。

LPGの液の受入れに際しては、タンク容量の85%に相当する 17m^3 のLPGの液がクールダウンを含めて62時間で $1\text{万}\text{m}^3$ の地上タンクから地下タンクに注入された。ここで液の受入れは一旦中止し自然蒸発によって貯蔵量が80%に相当する 16m^3 になると 17m^3 になるまで液の受入れを続けた。この様なサイクルを約2200時間繰返し3000時間まで各種計測を行った。

2. 理論解析及び実験結果

これまでに著者は、地下タンクの強度部材及び土壌の熱現象を定量的に推定する際に基礎となる温度分布の解析方法として、一次元のモデルに置き換え、土壌が凍結しても土の熱係数は変りなく、潜熱を零と仮定して近似計算を行った。¹⁾ このために計算値はある時期から実験値よりも大きくなる傾向があった。しかし文献(2)によると、一次元のモデルに於いて、未凍土の熱係数を使って潜熱を零として計算した値が最も厳密解に近く、誤差は17~27%である。しかしこの計算値は円管冷却の場合には必ずしも成立しない。このことは土壌の凍結前後の熱的性質より、タンク(又は円管)の径の方が熱現象に大きく影響を与えていることを物語っており著者がタンクの径が小さくなる程計算値と実験値の誤差が大きくなることを経験した。

そこで数値計算に用いる係数即ち未凍土の熱伝導率を実際の値よりも幾分小さく見積ると好結果が得られた。この小さく見積る割合はこれまでの各種の実験からタンクの半径の二乗に比例しかつ時間に逆比例すると推定される。ここで K_2 :数値計算に用いる未凍結土の見かけの熱伝導率、 K_{20} :未凍結土の実際の熱伝導率(測定値)、 R :タンクの半径、 t :適用限(時間) としてこれらの係数及び変

数の間には次式が成立するものと仮定する。

$$0 < \frac{K_2}{K_{20}} = C' \frac{R^2}{t} \leq 1.0$$

ここに C' は実験的に求められる係数であって、著者の実験から $C' = \frac{1000}{3}$ (h/m^2) となる。この様にして係数を補正したものを文献(1)に示す各式に入れて計算すれば一次元のモデルであるが、ある程度半径と潜熱の影響の入った実験と良く合う計算値が得られた。20万 m^3 LPG地下タンクの凍結深度と凍上量の実験値と係数補正した計算値を図-1に示す。図-1をみると適用限の手前で計算値の方が実験値より大ましくなっているが、この程度の誤差であれば適用限まで係数補正法を併用して一次元の近似計算法は大きな貯蔵物のタンクの熱現象の定量的な把握に適用できる。

そこで内径60m、深さ39m、側壁厚さ3.5m(R.C.)、断熱材の厚さ0.25m($K_1 = 0.025 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$)の10万 m^3 の地下タンクにLPG(-43°C)及びLNG(-163°C)を貯蔵した場合の凍結深度を図-2に示す。

なお20万 m^3 LPG地下タンクの場合の2500時間という適用限は10万 m^3 の地下タンクでは約70年に相当するものと仮定する。

3. 結 論

本実験の様子にタンクが小さいヒュエルポイントを用いてもよいが、もっと大きなタンクで深さが15m~40mにわたるヒュエルポイントの併用だけでは不十分である。温度分布、蒸発量、凍結深度、凍上等の非定常な熱現象を定量的に推定するのに係数補正した一次元近似計算法が適用可能である。本論文の詳細については論文報告集に今秋発表する予定である。

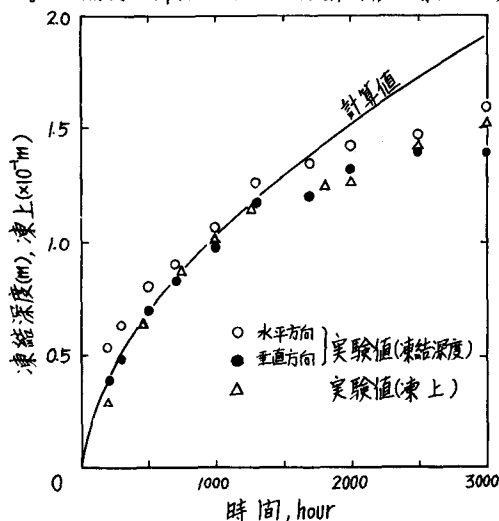


図-1 20万 m^3 LPG地下タンクの凍結深度と凍上

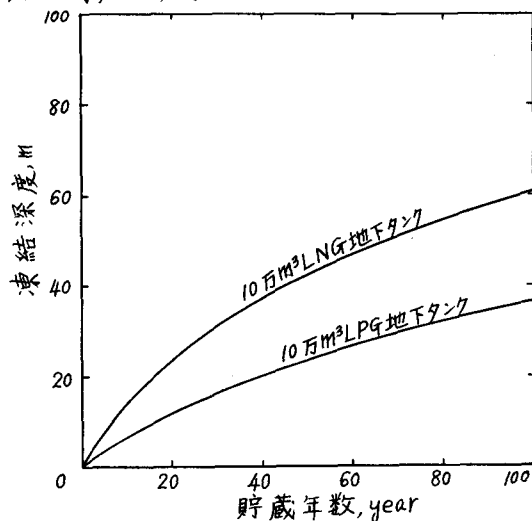


図-2 10万 m^3 低温地下タンクの凍結深度

参考文献

- 1) 秋田好雄, 矢田敏夫, 柳沢一郎 : 低温液体貯蔵地下タンクに関する基礎的研究——本体及び土壌の冷却に伴う諸現象について—— 土木学会論文集第157号 昭和43年9月
- 2) 高志 勤, 和田正八郎 : 土壌凍結工法(1) 冷凍36巻408号