

西松建設(株) 正員 ○稲 垂 力
 西松建設(株) 土橋 吉輝
 西松建設(株) 正員 斎藤 顕次

1. まえがき

室内と室外で低温地下タンクのモデル実験を行った。今回は室内実験の結果を報告する。実験土槽にモデルタンクを1基(実験A-1)あるいは2基(実験B-1)埋設し、液化炭酸ガスで内部を -40°C に冷却した。タンク1基の場合測定された温度分布は、FEMで計算した値とよく一致した。2基の場合は鉛直、水平の2断面で解析し一応満足すべき解が得られた。凍結工圧に関して、今回は実験値を報告する。

2. 実験方法および試料土の性質

図1に示す形状の鋼製容器で行った。図中に熱電対と土圧計の位置を示す。地表面の変位は、地表面においたアクリル製小板の変位をダイヤルゲージで測定した。また、反力梁に取付けたロードセルで凍上圧を測定した。実験に用いた試料土は木更津産の山砂で砂分79~91%、シルト分6~16%、粘土分3~6%であり、三角座標分類法では砂質粘土ロームないし砂質ロームになる。試料土は厳密には不飽和だが、締め固め時の散水、実験土槽の水位調節により飽和土として熱定数を計算した。

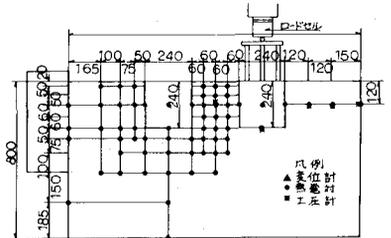


図1. 測定計器配置図(正面)

3. 実験結果と解析

タンク2基の場合、タンク外壁の温度変化は図2のようであり1基の場合も同様である。図中のNo.は熱電対の番号である。図3に実験値とFEMの対比を示す。図中の破線は(○)と(△)にそれぞれ対応する計算値である。図4は実験A-1における実験値と計算値の対比である(8時間後)。図5は温度~距離~時間の関係である。群設タンクの解析をするために、まずタンク2基

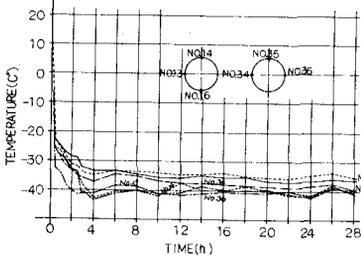


図2. 実験A-1モデルタンク断面温度変化

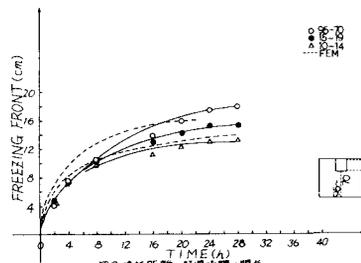


図3. 凍結距離~経過時間の関係

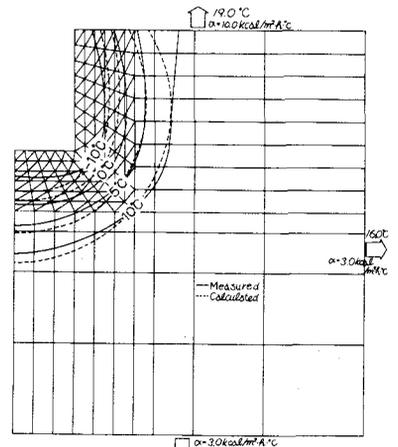


図4. 8時間経過後の等温線(実験A-1)

の解析を考える。タンク2基のFEMは計算容量の縮小を考えタンク深さの中間における水平断面、両タンク

の中心線を通る鉛直断面で平面解析する。図6.7はそれぞれ水平断面、鉛直断面における8時間後の実験値とFEMの結果を比較している。 0°C の等温線を除き精度は比較的良いと考えられる。タンク間の値は計算値の方が実験値よりかなり温度低下が早いようである。計算に用いた熱伝達率 α は(α =ステンレスの厚さ/熱伝導率)で与えた。図8.9はそれぞれ水平、鉛直断面で求めた温度~距離~時間の関係である。

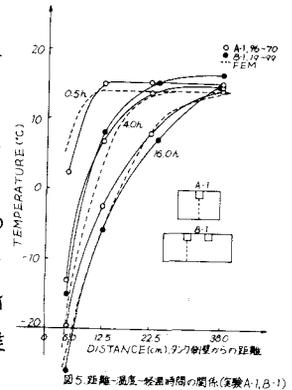


図5. 距離-温度-経過時間の関係(実験A, B-1)

反力梁に取付けたロードセルで測定した凍上圧を図10に示す。実験B-1の値はA-1の値より大きい。これは隣接タンクの影響と考えられる。同図中に凍上力をモデルタンク底面積でわったものを示す。図7に示してあるようにモデルタンク側面から12cm離して地表面から12cmの位置に土圧計を埋めた。この土圧計で測定されるものは、当初凍土内の応力が時間とともに増大する。次に土圧計の位置まで凍結線が達した時凍結膨張圧が測定され後は凍土内の応力を測定する。この凍土内の土圧は同時刻のタンク側壁の凍結土圧とほとんど同じと考えられる。図11に4種類の測定値を示している。図中の(↓)は土圧計の位置まで凍結線が到達した時間を示している。(↓)以降、測定値は3種類が同じ形状で推移している。この形状は(↓)以降、図10に見られる形状と同じであると考えられる。C4が時間的に遅れているのは実験誤差であろう。図11のC3はタンク中間(側壁より12cm)で測定した土圧であるが、(↓)まではタンク1基の場合とほぼ同じ値をとっており、それ以降は急激に値が増加している。この場合は、50 t/m²付近から、ほとんど増加していない。

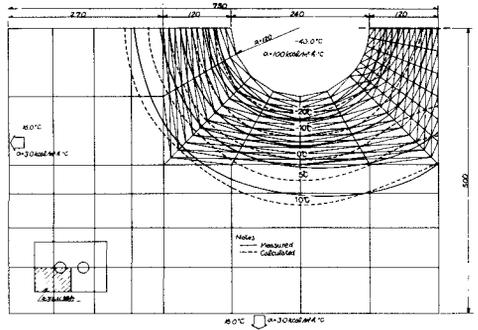


図6. 8時間後の温度分布と計算値(水平断面)

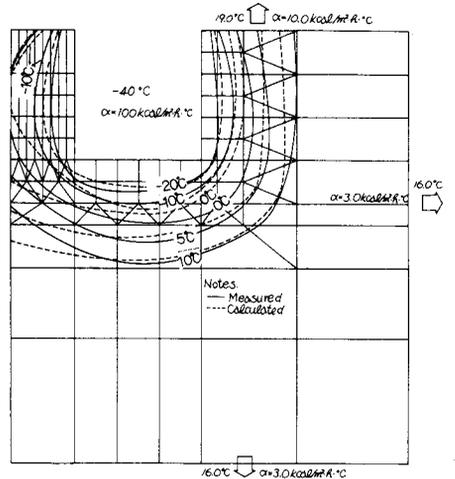


図7. 8時間後の温度分布と計算値(鉛直断面)

4. まとめ

- (1) 実験で測定した温度分布、凍結前線はそれぞれFEMによる計算値とよく一致した。
 - (2) タンク2基の解析は、タンク間の中心に限って言えば、平面解析で比較的良い精度が得られる。
 - (3) 土圧の測定では、凍上圧は凍結土圧と同様の傾向で増加する。
- 以上の成果を踏まえ、複数タンクの解析を平面解析で更に進めること、凍結土圧プログラムを利用して、凍結土圧の解析を進めることを考えている。

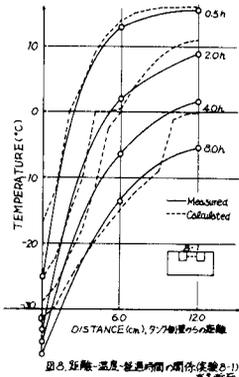


図8. 距離-温度-経過時間の関係(実験A-1) 水平断面

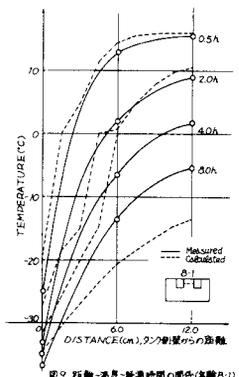


図9. 距離-温度-経過時間の関係(実験B-1) 鉛直断面

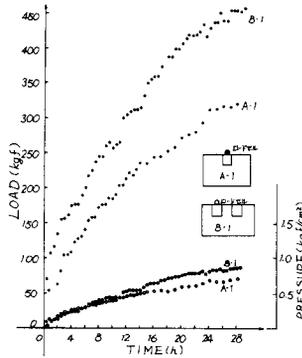


図10. 凍上力(圧)-経過時間の関係(実験A-1, B-1)

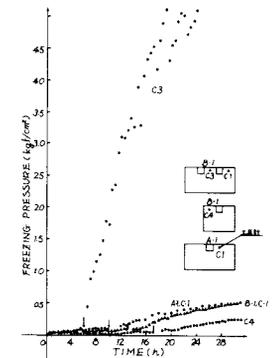


図11. 凍結土圧-経過時間の関係