

(株) 間 組 技術研究所 正員 山口 靖紀

同 正員 清水 洋次

同 正員 三原 正哉

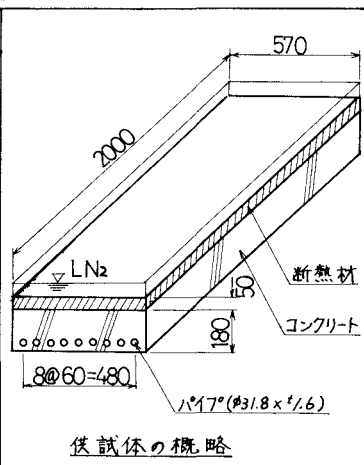
1. まえがき

LNG地下タンクでは、LNGからの冷熱により周辺地盤が凍結し膨張するため、タンク側壁に凍土圧が作用したり、周辺地盤が凍上するなどの問題が発生している。そこで、LNG地下タンクのタンク躯体内に流体を循環させ、タンクからの冷熱が周辺地盤に伝わるのを遮断することにより、周辺地盤の凍結を防止する方法を提案し、この方法を実用化するための基礎的なデータを得るための実験を行った。本報告は、その実験結果について述べたものである。

2. 実験概要

表-1 実験内容の一覧および供試体の概略

実験 シリーズ	流体	流入パイプ 数	流速 (m/hr)	流量 (cc/min)	流入温度 ($^{\circ}C$)
1	なし	—	—	—	—
2	水	5	17.80	960	20
3	〃	5	4.45	240	20
4	〃	5	8.90	480	20
5	〃	9	4.45	430	20
6	〃	3	17.80	570	20
7	グライ液	5	4.45	240	-10
8	〃	5	4.45	240	-5
9	〃	5	4.45	240	5



供試体(180×570×2000mm)は、流体を循環させるパイプ(薄肉電線管 $\phi 31.8 \times 2.6 \times 9$ 本)を配管した後、コンクリートを打設し作製した。供試体には、断熱材(ポリウレタンフォーム 厚さ50mm)を通してLN₂により冷熱を作用させ、周囲からの熱の影響を受けないように、供試体全体を厚さ150mmの断熱材で覆い実験を行った。

実験では、パイプの間隔・流体の流速および流入温度を変化させ、それがコンクリートの温度分布に与える影響を調べた。実験内容の一覧および供試体の概略を表-1に、打設したコンクリートの配合を表-2に示す。グライン液は、重量濃度71.5%のグライン液(主成分エチレングリコール)を使用した。パイプに流体を流さない場合

* パイプ数が5本・3本の場合は、中央のパイプと中央のパイプからそれぞれ1本・2本とばしで流体を流す。

表-2 コンクリートの配合

G _{max} (mm)	スランピング (cm)	空気量 (%)	w/c	S/a	単 位 量 (Kg/m ³)				混和剤 Pozz 5L
					W	C	S	G	
15	12±2	4±1	53	49	167	315	884	917	0.7875

には、パイプ両端にゴム栓をしそれを断熱材で覆い、パイプ内の空気が密封されるようにした。温度の測定は、供試体各部に埋め込んだ熱電対(銅-コンスタンタン)により行った。

流体の流入温度は、温度調節計と連動した熱交換器を用い常に一定となるようにしたが、外気温の影響などで設定温度に対し±1℃程度のバラツキが生じた。流量はバルブにより調整したが、わずかの流量にもかかわらず全シリーズで設定流量の±5%以内に調整することができた。またLN₂の液高は常に一定(50mm)に保った。

温度測定は、LN₂を貯め流体を循環させた状態で供試体を3日程度放置し、供試体の温度がほぼ定常状態に落ち着いたのを確認して行った。

なおコンクリート・断熱材の熱伝導率を測定したところ、常温でそれぞれ1.54・0.025(Kcal/m・h・ $^{\circ}C$)であった。

3. 実験結果

(1) 流入温度の影響

流体を流さない場合(実験シリーズ1)と、流体の流入温度を+20℃、+5℃、-10℃(実験シリーズ3, 9, 7)

とした場合の供試体中央部鉛直方向の温度分布の比較を図-1に示す。図より流体を循環させた場合は、流体を循環させない場合と比較して、コンクリートの温度が大幅に上昇していることがわかる。また、コンクリートの温度分布は、流入温度に大きく影響され、それぞれ流入温度差分だけ平行移動すればほぼ一致する。以上のことから、タンク躯体内に流体を循環させることにより、タンク躯体の温度を高い状態に保ち、LN₂地下タンクの周辺地盤の凍結を防止する方法は、きわめて有効であることがわかる。

(2) 流速の影響

流体の流速を4.45, 8.90, 17.80 m/s (実験シリーズ3, 4, 2)と変化させた場合の供試体中央部鉛直方向の温度分布の比較を図-2に、また流速と低下温度の関係を図-3に示す。なお低下温度とは、供試体中央部の流線方向1m間の流体の温度低下を示している。図-3より流体の温度低下は、流速の増加とともに双曲線的に小さくなる傾向がある。これは、上記3シリーズにおける断熱材の温度勾配の差が3%と小さく、入冷熱量が3シリーズともほぼ同じ値であるため、流速と低下温度の積が一定という関係が成り立つためである。

(3) 流入パイプ数の影響

流入パイプ数を3, 5, 9本(実験シリーズ2~6)と変化させた場合の流入パイプ数と低下温度の関係を図-4に示す。図に示す全シリーズに於いても、

(4) 流速の影響の項で述べたように入冷熱量がほぼ等しいことから、流速と流入パイプ数と低下温度の積はほぼ一定となることがわかる。

4. あとがき

現在、本実験結果と計算結果の比較を行い、実用タンクへ適用する場合の計算方法を検討しており、また模型タンクによる検証実験も実施中である。それらに関しては当日報告する予定である。

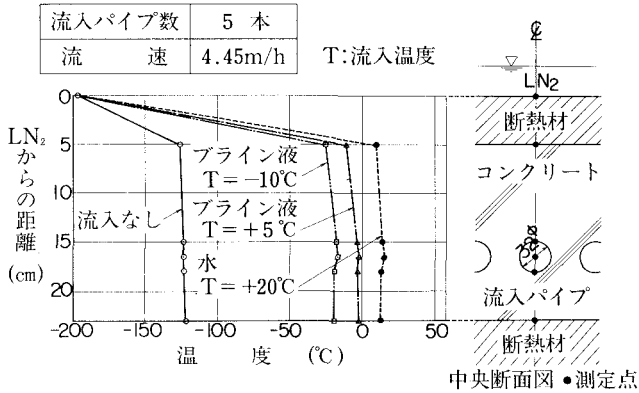


図-1 流入温度の供試体中央部鉛直方向の温度分布への影響

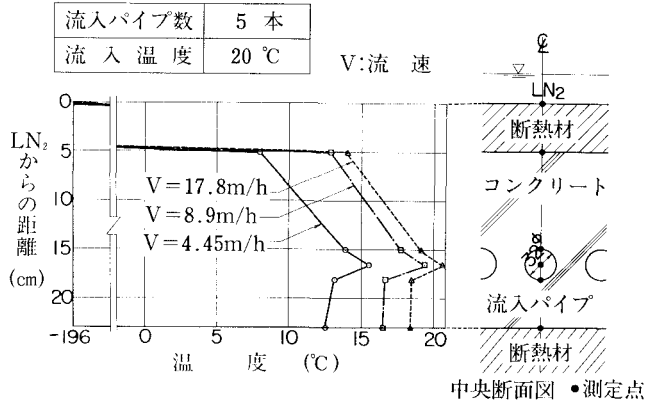


図-2 流速の供試体中央部鉛直方向の温度分布への影響

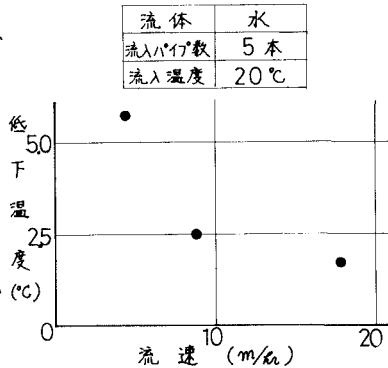


図-3 流速と低下温度の関係

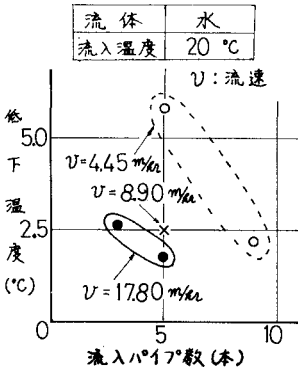


図-4 流入パイプ数と低下温度の関係