

III-71 地下蓄熱槽周囲の地盤内熱挙動に関する研究

清水建設(株) 正会員 米山一幸
清水建設(株) 正会員 小野勇司
清水建設(株) 正会員 八田敏行

1. はじめに

近年、エネルギー需要の増加が進行する一方で、地球環境保護の立場から化石燃料の使用削減が叫ばれており、その解決策のひとつとして、清掃工場、下水等の都市排熱や、河川水の持つ温度差エネルギー等を活用した、地域熱供給システムが注目されている。これらの未利用エネルギーを有効に活用し、安定した熱供給を実現するためには、熱源と需要家の間の位置的・時間的なギャップの解消が重要な課題であり、都市域の各所で発生する多様な質、形態の熱エネルギーを一括的に集積、管理する施設が必要となる。その構成要素のひとつである蓄熱槽は、大規模な熱需要家に対応できる容量を有し、加えて、近年の都市域の土地事情の悪化を考慮すると、敷地を極力必要としない省スペース型であることが望まれる。このような背景のもと、筆者らは、ボーリングマシン等で掘削された径数m、深度数百mの大深度立坑に、内部を蓄熱流体で満たした細長い鋼製の槽を埋設した立型地下蓄熱槽を提案し、その成立可能性についての検討を行っている。

立型地下蓄熱槽は、省スペースという本来の特質の他に、鉛直方向に非常に細長い形状のため、

- ・大気への放熱による熱ロスが少ない
- ・槽内部の対流による熱ロスが少ない

等の長所を持つ。しかしその一方、槽容積に対する表面積の比が大きく、蓄熱効率を論ずる上で、槽表面での熱の流出、流入量の予測が重要な項目となる。本報告ではその第一段階として、槽周囲の地盤の簡単なモデルを作成し、数値解析により熱移動量の大きな推定を行った。その結果を以下に報告する。

2. 解析の概要

数値解析手法は、有限要素法による非定常熱伝導解析を用いた。図-1、表-1、2に解析モデル、

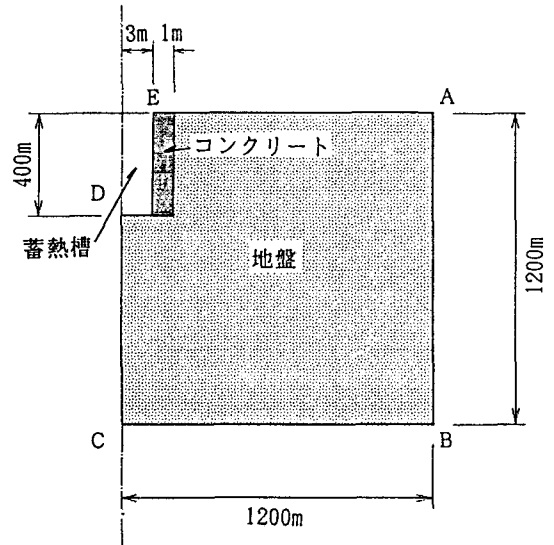


図-1 解析モデル

表-1 物性値一覧表

物 性	地盤	コンクリート	大気
熱伝導率 (kcal/m・hr・℃)	1.5	2.2	-
密 度 (kg/m ³)	1900	2400	-
比 熱 (kcal/kg・℃)	0.40	0.25	-
熱伝達率 (kcal/m ² ・hr・℃)	-	-	20.0
温 度 (℃)	-	-	15.0
地温勾配 (℃/m)	2.32×10^{-2}		

表-2 境界条件

境界	境 界 条 件
A B	等温境界 $T = 0.0232d + 15$
B C	等温境界 $T = 42.8$
C D	断熱境界 $q = 0$
D E	等温境界 $T = \begin{cases} -0.0167d + 47.92 & (\text{温水貯蔵}) \\ -0.0133d + 14.00 & (\text{冷水貯蔵}) \end{cases}$
E A	熱伝達境界 $q = 20.0(T - 15.0)$

T : 温度 (℃), q : 熱流束 (kcal/m²・hr), d : 深度 (m)

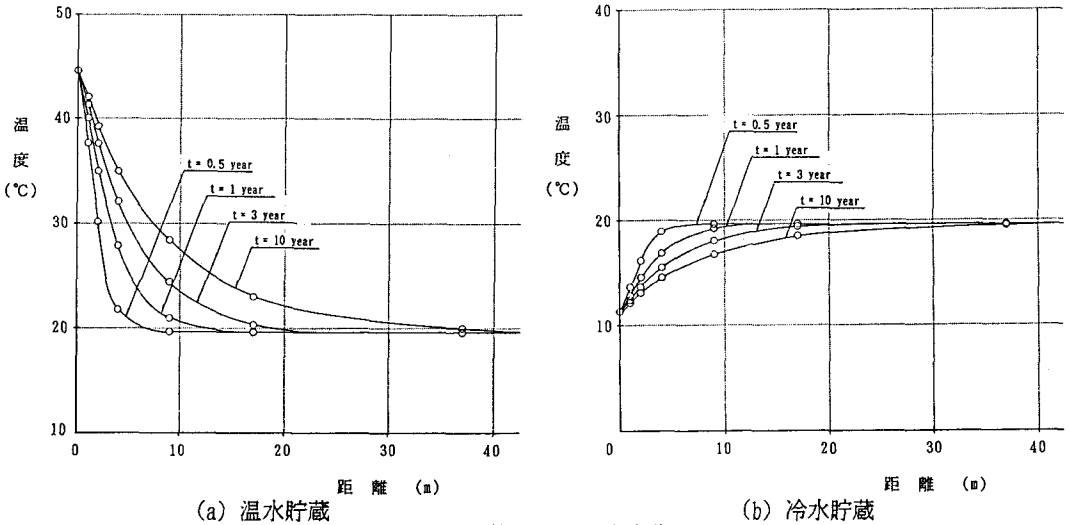


図-2 蓄熱槽周囲の温度変化

構成要素の物性値および境界条件を示す。地盤は均質等方とし、関東地方の平均的な地温勾配により初期温度を与えた。また、蓄熱運転は昼夜間の負荷平準型を想定し、24時間単位で蓄熱-放熱を繰り返すものとした。

3. 解析の結果

図-2に、計算により求められた槽中央部（深度200m）近傍の地盤内温度の経時変化を示した。槽との熱授受により周辺地盤内に温度変化域が形成され、時間とともに拡大する様子が示されている。

図-3に、槽と地盤の熱授受による熱損失量が全蓄熱量に占める割合（熱損失率）の経

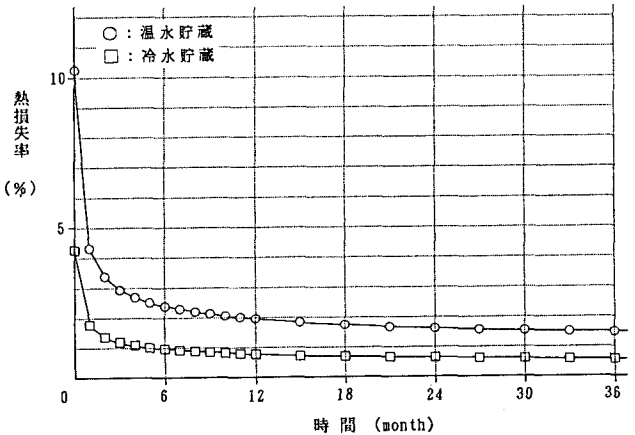


図-3 槽表面からの熱損失

時変化を示した。蓄熱開始直後は、温水貯蔵で10%、冷水貯蔵で4%程度の熱量が地中へと失われるが、この値は半年～1年の間に急激に減少し、以後は温水貯蔵で2%以下、冷水貯蔵で1%以下となる。槽内を温水（冷水）で満たした状態で一定の放置期間を設ける等の方法により、初期段階でのロスを低減することができれば、槽表面からの熱損失は全体的にはかなり小さな値となり、槽内部の蓄熱流体の対流、流体搬送部分での熱ロス等の他の要因と比べ、蓄熱効率に与える影響はわずかである事が予想される。

4. まとめ

本報告では、立型地下蓄熱槽周囲の熱挙動について解析を行い、槽表面からの熱損失量が比較的小さな値になるとの結果を得た。今回の解析では簡略化されたモデルを用いたが、今後、表面熱損失、周辺環境への熱的影響等をさらに正確に評価するために、より詳細なモデルを用いた解析が必要になると思われる。

本報告は、通商産業省資源エネルギー庁の支援を受けて推進している「未利用エネルギー高度活用負荷平準化冷暖房技術開発」の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、財団法人ヒートポンプ技術開発センター、日揮株式会社及び清水建設株式会社が行った共同研究成果である。