

(既) 電力中央研究所 正員 緒方信英
 “ “ 林 正夫
 “ “ 片岡哲之

1. はじめに

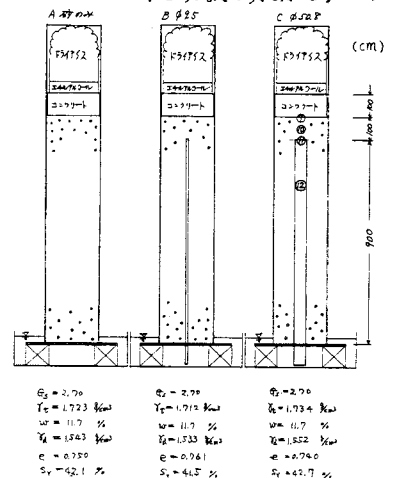
高性能の熱伝導素子として、ヒートパイプが各方面で注目され、種々の用途が開発されている。土木に関連した分野でも、トンネルのつうら防止やアラスカのパイプラインに用いられた例等が報告されている。

ヒートパイプには色々な型式のものがあるが、本質的には液体と気体の相変化に伴う熱の授受を利用したもので、1942年にGM社のGauglerによってその原理が発見され、その後、Grover等によってヒートパイプと名付けられ研究が行なわれたが、脚光を浴びはじめたのは、NASAを中心として人工衛星の放熱あるいは均熱に実用化されて以来といえる。近年、ヒートパイプの熱伝導素子としての性能が注目され、民生用にも研究開発が進められているが、本報告は、ヒートパイプの土木分野への利用の可能性を調べるための一例として、LNG地下タンクのヒートフエンスに用いることを目的として、予備実験を行なった結果をとりまとめたものである。ヒートパイプには種々の特長があるが、ここでは①多量の熱を速かに伝達できること②均熱性がすぐれていること③ヒートパイプ自体は維持費が不要なこと④構造が簡単で可動部がなく故障の心配がないことに注目した。

2. 実験方法

実験は図-1に示すように、塩ビパイプ(直径約24cm、長さ4m)に砂を詰め、砂の中の温度分布を測定してヒートパイプ(以下単にH.P.)の効果を調べた。実験に用いた供試体は、A:砂のみのもの、B:φ8.5mmのH.P.を埋設したもの、C:φ50.8mmのH.P.を埋設したものの3本である。所期の目的がLNGの冷熱による地盤凍結問題を解決することにあるため、今回の実験では、砂供試体の上部をドライアイスによって冷却して、低温下における砂層中の温度分布と変化を調べた。砂層の上部には約10cm厚さのコンクリートをうち、実験時には、コンクリート表面の温度分布を均一にするために、エタールアルコールを深さ約5cm入れてある。なお、砂供試体の下部の温度は、水道水を流すことによって一定の温度を保つようにしたが(実験①)、φ50.8mmのH.P.を埋設した砂層については、実験①終了後、水槽にヒーターを投入し、40~50℃に加熱する実験(実験②)も行なった。実験①では、(i)H.P.がある場合とない場合の温度下降度の比較、(ii)深さ方向の温度分布の比較(均熱性)、(iii)H.P.の寸法の効果を調べた。実験②では、まず、水槽の水を空にして、H.P.を空中にさらしたままにして、ドライアイスを上部に投入し、約7時間経過後水槽に約40℃の湯を入れて加熱した。そして、H.P.による伝熱の速さを調べた。

図-2は、今回の実験に用いたH.P.の最大熱輸送量と温度との関係を示したものである。実験に用いたH.P.は、電気銅焼なましのパイプにフレオンIIをパイプの居槽にして約20%充填したものである。なお、このH.P.にはウィックは使用されていない。



3. 実験結果と考察

砂層中の温度分布について……図-3は、砂層中の温度分布を時間 図-1 装置概要と温度測定位置

経過毎に示したものである。ドライアイス投入前の温度分布は、C
供試体の温度がや、高いが、殆んど同じ傾向を有している。ドライ
アイス投入後、30分経過した時の温度分布は、3供試体とも殆んど
投入前と変わらず、砂層の最上部にや、低温域が見られるだけである。
1時間後には、砂層上層部に供試体毎に温度差が表われ、A,B,Cの
順序で温度が低くなっている。また、14時間経過後の温度分布に傾
向が明瞭に認められるが、Aでは冷熱が下方に伝達されにくく、そ
れだけ凍結領域が広がっている。しかし、B,Cにおいては、H.P.の
頂部付近までは急激に温度が低下しているが、H.P.が埋設されて
いる位置より下部においては、上部の冷熱がH.P.によって下方に

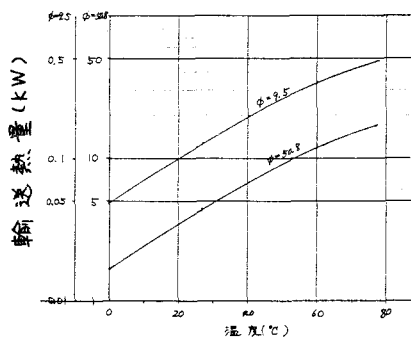


図-2 H.P.の最大輸送熱量と温度

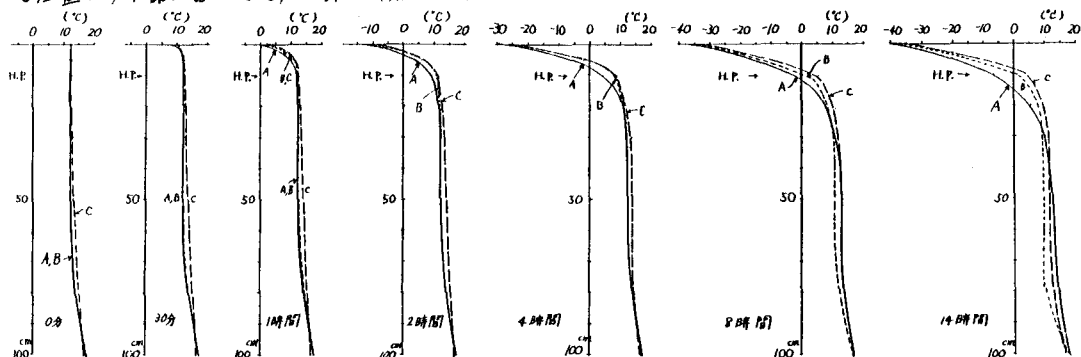


図-3 時間経過毎の砂層中の温度分布 (A:砂層のみ, B: $\phi=2.5\text{mm}$ H.P., C: $\phi=50.8\text{mm}$ H.P.)

伝達されるので、凍結領域が少なくなっている。さらに、H.P.が温度分布の均等
化に効果があること、H.P.の寸法が温度分布に影響を与えていることが図から
認められる。

伝熱速度について……図-4は、実験②の結果を示したものである。ドライ
アイス投入後約7時間経過した状態を初期条件としてH.P.の下端を温水により
加熱し、砂層の温度分布の時間毎の変化を示したものである。非常に単時間で熱
が伝達される様子がわかる。さらに、H.P.の下端部のみの加熱によて、熱が
直接H.P.の上部に伝えられ、しかもH.P.の大部分において、ほぼ一様な温度
分布を得ている。図-5は、図-1に示す測定位置での温度の変化を示したも
のである。この図からも伝熱の速さが非常に早いことが認められる。同時に、⑩の
温度記録は、氷の融解現象が生じていることを示している。

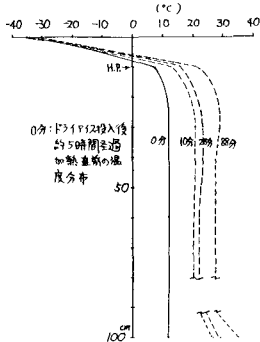


図-4 温度分布の変化

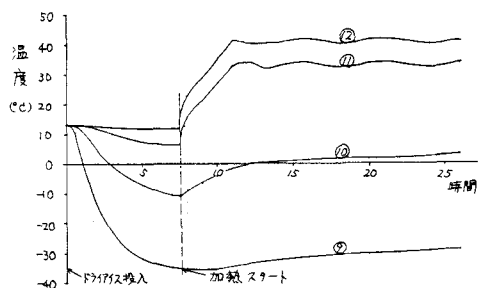


図-5 温度の時間変化

本実験は、H.P.を土中に埋設したとき、どのような挙動を
示すかを、特に低温域について調べたものである。結果はまだ
予備実験の段階のものであるが、H.P.の伝熱素子としての良
好さは示されている。なお、H.P.は伝熱素子としてはすぐれ
ているが、熱を集めたり、放熱したりする能力はない。本報告
では、これらについては取り扱っていないが、H.P.を実際
に用いるためには、今後の重要な課題である。

古河電工(株)の岩田善輔氏にはH.P.の技術的なことおよび
H.P.の製作に御助力を戴いた。末等ながら深く感謝致します。