



Title	パイプにかかる凍着凍上力の冬期間変化について
Author(s)	福田, 正己; FUKUDA, Masami; 木下, 誠一 他
Citation	低温科学. 物理篇, 43, 185-187
Issue Date	1985-03-18
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18513
Type	departmental bulletin paper
File Information	43_p185-187.pdf



Masami FUKUDA and Seiiti KINOSITA 1984 Short Report: Changing Process of the Ad-freezing Force to a Pipe Within the Freezing Ground During the Winter. *Low Temperature Science, Ser. A, 43.*

パイプにかかる凍着凍上力の冬期間変化について*

福田正己・木下誠一

(低温科学研究所)

(昭和59年11月受理)

寒冷地において土が凍るとき、地中に鉛直に埋設したパイプには凍着凍上力が作用する。そのためパイプが破損することもある。従ってこの凍着凍上力がどう作用するかを予測することは、寒冷地における地下導管類の埋設設計にとって重要なことである。筆者等は、苫小牧凍上観測現場において、この凍着凍上力の実測を行なった。その結果の解析から、凍着凍上力の冬期間の変化過程を表す予測式を導き出した。

実験方法

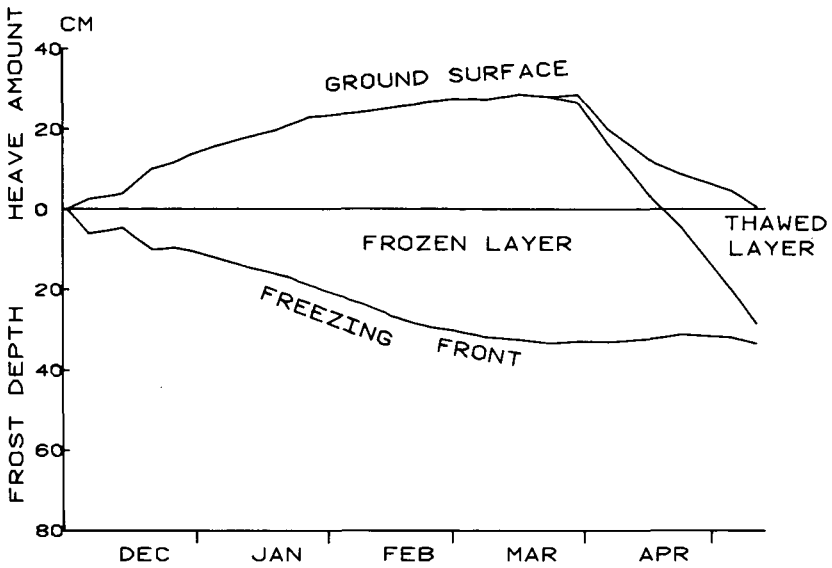
深さ2 m、広さ5×5 mの内面防水の地下タンクに、凍上性の土がつめられている。タンク中央部には、直径4 cmの鉄棒2本が、90 cmの間隔で鉛直に立上っている。下端はともにタンク底部に固定されている。地上部分は40 cmである。この2本の鉄棒の地上部分の中央に、外径6 cm、長さ1 mの鉄パイプを鉛直に埋めた。土中部分80 cm、地上部分20 cmにした。2本の鉄棒の上端にわたってL型アングルを水平にはめる。パイプの上にロードセルをのせ、土が凍る前に、ロードセルの上端をアングル下面に密着させる。2本の鉄棒がはめこまれているアングル両端部分をネジで固定する。土が凍り始めると、凍った土はパイプに凍着する。地面が凍上を始めても、パイプは固定されているので動かない。しかし、パイプを凍った土と一緒にもち上げようとする。従って、ロードセルに圧縮力が働く。この力が凍着凍上力である。もし水平にすえられているアングルが、この力に耐えられないと、破損することになる。

実測と結果の解析

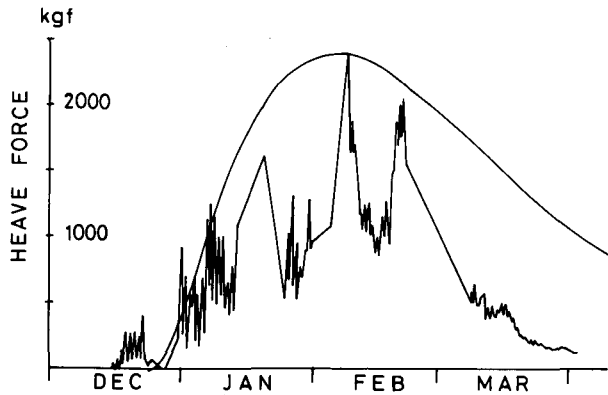
この冬(昭和58~59年)の土の凍結と凍上の状況を第1図に示す。土は12月はじめに凍り始め、同時に凍上も始まった。3月下旬には最高27 cmの凍上量に達し、凍結は冬の始めの地面より下35 cmに達した。77%の凍上率で、自然界で実現される最大のものである。パイプに作用した凍着凍上力は第2図のジグザグ線で示されるもので、増大減少をくりかえしながら推移した。最大は2月上旬の2300 kgで、凍着の単位面積当りでは、約3 kg/cm²に相当した。実際に地下埋設の導管類が破損事故を起すのは、2月上旬が最も多いということである。

凍着凍上力の増大減少については、先に木下等²⁾が報告している。気温の上昇で寒気が弱まり、地面凍上速度がゼロになると、凍土内に作用していた力が、凍土の粘弾性のため、緩和を起す。いったん緩和をしても、次に寒気が来て、凍上が始まると、直ちにもとの凍上力の大

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2688号



第1図 苫小牧凍上観測試験タンクにおける土の凍結・凍上過程 (昭和58~59年冬期)



第2図 凍着凍上力の変化過程 (ジグザグ線が実測値, 包絡曲線が計算値)

きさに復帰する。従って、冬期間全体としては、ある曲線で包絡されるように見える。

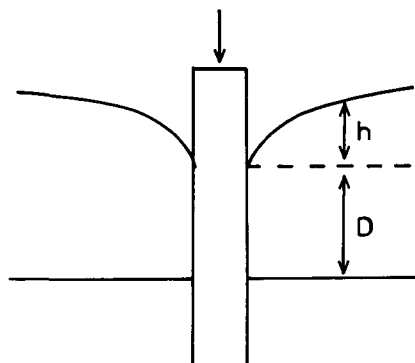
第3図に、この実験の状況を模式的に示す。パイプは上から凍上力で抑えられ、パイプの周りには厚さ D (冬の始めの地面からの凍結深) の凍土がくっつく。周りの地面は h だけ凍上する。凍土の粘弾性を考えると、凍上力は dh/dt に比例し、パイプにくっつく凍土の接触面積 D 、或いは周囲の凍土の体積 D^3 に比例することが想像される。そこで、凍上力 P を次のように仮定した。

$$P = P_0 \cdot \frac{dh}{dt} \cdot D^2 \quad (1)$$

P_0 は比例常数、 Z は1と3の間の常数である。ここで凍土の厚さ D の変化は、第1図から近似的に時間の平方根に比例して増大すると考えてよいので、

$$D = a\sqrt{t} \quad (2)$$

と仮定する。ここでこの D は必ずしも凍土とパイプのくっ付きの厚さではない。くっ付きの上端部は第3図のように、深く凹んだ形になる筈であるが、実際には、日中の暖気や日射を受けるなどで凍土表面が融け、この凹みの中へ流れこむ。次の寒気でそれが凍るので、パイプと凍土とのくっ付き部分は D よりも大きくなる。



第3図 パイプの凍着凍上力発生の様式図 (h は凍上量, D は冬の始めの地面からの凍結深)

dh/dt についても、実測のデータから求めてみると、第4図のようになる。気温の変化に伴い凍上速度もジグザグ線になるが、全体としては、冬のはじめが大きく、以後次第に減少して行く。これを一つの減衰曲線で表わすと、次のようになる。

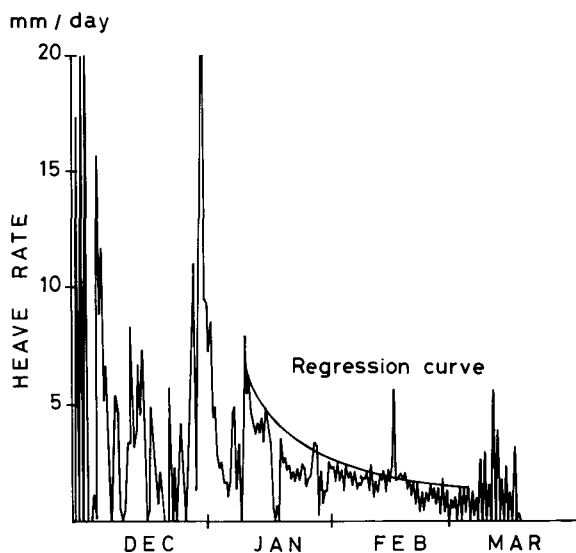
$$\frac{dh}{dt} = a' \exp(b't) \quad (3)$$

a' と b' は実測から求められる常数である。従って、(2)と(3)から、凍着凍上力の冬期間の推移は、

$$P = P_0 a' \exp(b't) (a\sqrt{t})^2 \quad (4)$$

で表される。

今冬の実測データから常数を求め、凍上力最大の値を合わせるように P_0 の値をきめ、更に Z を 2.5 として書いたのが、第2図の包絡曲線である。2月上旬に最大値が来るようになり、実測と一致する。従って、(4)の式は、凍着凍上力の冬期間変化を表す良い予測式と云える。



第4図 凍上速度の変化過程, 1月上旬から3月上旬にわたる範囲で、実測値を包絡する減衰曲線を示す

なお3月下旬以後の融解期に入ると、凍上がもはや進むことがないので、凍上力も作用しない。

本研究に要した費用の一部は、文部省科学研究費補助金によってまかなわれた。

文 献

- 1) 木下誠一・鈴木義男・堀口薫・福田正己・井上正則・武田一夫 1977 低温科学, 物理篇, 35, 307-319.
- 2) 木下誠一・大野武敏 1963 凍上力 I. 低温科学, 物理篇, 21, 117-139.