



Title	凍上した土の構造と弾性波速度
Author(s)	福田, 正己; FUKUDA, Masami; 井上, 正則 他
Citation	低温科学. 物理篇, 32, 283-286
Issue Date	1974-03-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18268">https://hdl.handle.net/2115/18268</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	32_p283-286.pdf



## 凍上した土の構造と弾性波速度\*

福田 正 己

(低温科学研究所)

井 上 正 則

(北海道大学大学院理学研究科)

(昭和49年10月受理)

## I. はじめに

凍結した土の弾性波速度については、すでに報告されている<sup>1),2),3)</sup>。この場合、測定試料は攪乱土に所定の水分量を加えて作られたもので、凍土内の水分条件は一応均一と見なされる。しかし、野外で実際に形成される凍結土は、凍上によって不均一な水分状態を呈する。断面観測によれば、表層部に氷のレンズが多数形成されていることが多い。そこで今回は、苫小牧凍上観測用試験槽で凍上した凍結土を用いて弾性波速度を測定した。測定方法は、前回と同じ超音波パルス法を用いた<sup>3)</sup>。また、従来なされてきた凍上した試料のみかけ密度・含水比の測定に加えて、直接法及び間接法による空隙率の測定を試みた。

以上の測定と観察によって、凍上した土の構造の特異な性質がある程度把握できたので、そのうちの若干の例について報告する。

## II. 測定方法と試料整形

凍上した状態の試料を未攪乱で採取する為に、まず直径10 cmの電動式ボーリングサンプラーを用いて約20~30 cmのコアサンプルを採取する。土中に含まれる礫をも切断することを目的として、とくにピット部分にはダイヤモンドが埋め込んである。コンクリート切断用のものをそのまま用いた。回転数は毎分250である。試料採取に際して、コアの表面数mm程度が融解するだけで、回転時の摩擦熱による損失はほとんど生じない。コアサンプルは、直ちに-10°Cの低温室において融解を防ぐ。次に岩石試料用円板カッターを用いて、所定の幅(この場合5 cm)に切断する。直径30 cmのダイヤモンドブレードを不凍液で浸して、切断面とブレードとの潤滑液とし、切断面ができるだけ平滑になるようにした。直径10 cm、高さ5 cmの円柱状の試料が構造解析の最小単位である。この円柱状の試料をさらに縦方向に二分する。この時の切断面で凍土の構造の観察、断面接写を行った。接写ののち、半分を使って縦波速度と横波速度とを測定する。残り半分をケロシンに浸して液中秤量を行い、また空气中秤量を行ってみかけ密度を求めた。さらにデシケーターに十分に脱気したケロシンを入れ、その中

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1334号

に試料をおいて真空ポンプで脱気する。その状態を4時間保って空隙にケロシンを浸透させる。液中秤量ののち、みかけ空隙率が得られる。最後に残った試料を110°C・24時間炉乾燥して含水比を求め、乾燥後ピクノメーターによって土粒子の真比重を求める。必要に応じて粒度組成分析を行う。

参考の為に、以上の手順で得られる諸量の計算式を挙げておく。

凍土のみかけ密度： $\rho \text{ g/cm}^3$

$$\rho = \frac{W_a \cdot \gamma_k}{W_a - W_s}$$

凍土の空隙率： $P$

直接法

$$P = \frac{W_0 - W_s}{W_a - W_s}$$

間接法

$$P = 1 - \frac{0.9 \rho (0.9 + \gamma_s w)}{\gamma_s (1 + w)}$$

ここで、

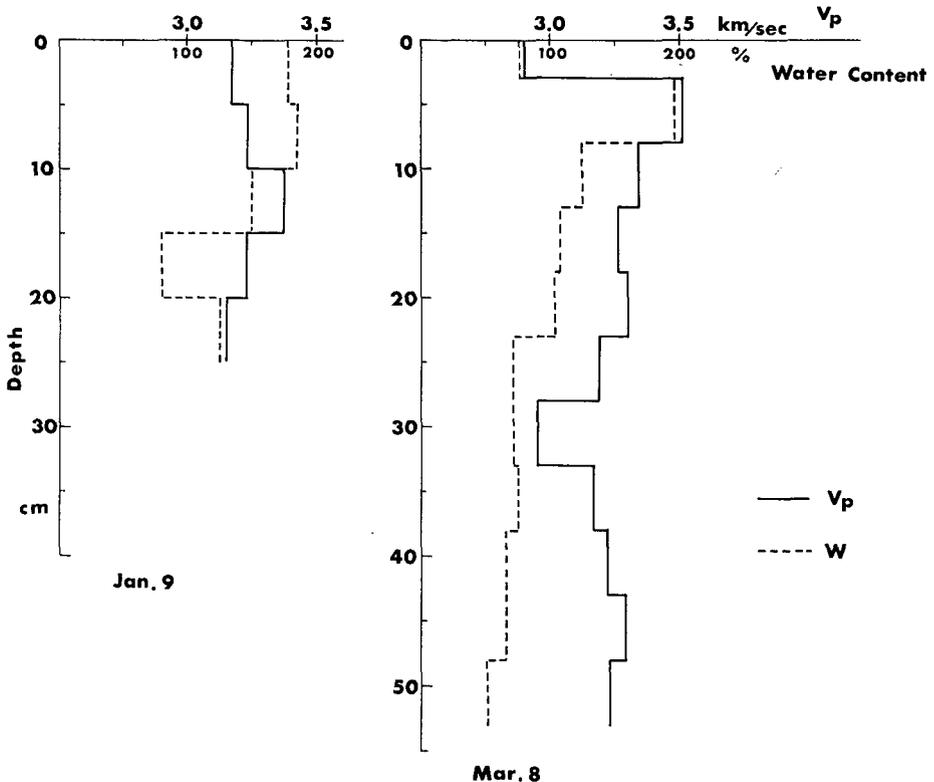
$\gamma_s$ : 土粒子の真比重

$\gamma_k$ : ケロシンの比重

$W_a$ : 凍土の空気中重量

$W_s$ : 凍土のケロシン中重量

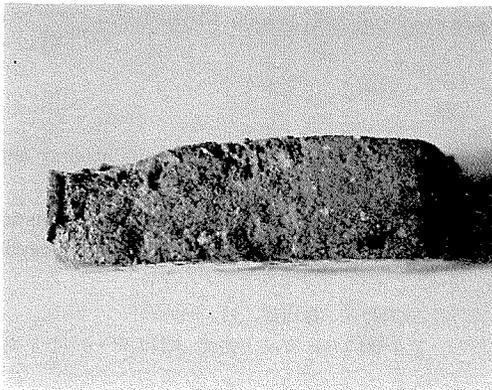
$W_0$ : 凍土内空隙をケロシンで満たした時の液中重量



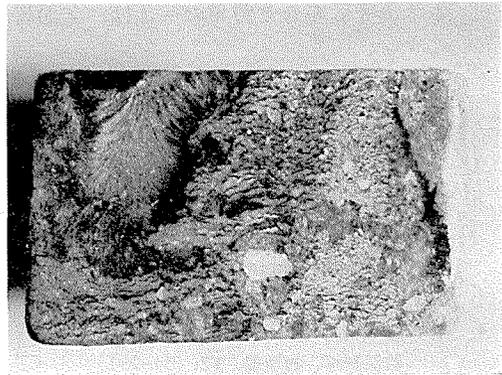
第1図 含水比と弾性波速度の垂直分布

### III. 測定観察結果

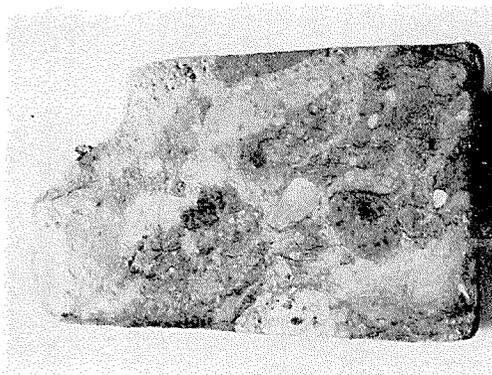
今シーズンは1月9日と3月8日にボーリングを行い、試料の観察と測定を行った。各時点での凍上量等の一般観測データについては、木下らの報告<sup>4)</sup>を参照されたい。3カ所で観測を行ったが、そのうちの1例について述べる。 $V_p$ は各5 cm 厚さごとの値であり、垂直方向の伝播速度を示してある。 $V_p$ の誤差は2~3% 以内におさまる。第1図は3つの試験プールでは比較的凍上性の弱い土の場合である。3月8日の総凍上量は約13 cm であった。1月の段階では、まだ凍結深も浅く、顕著な表層部への氷晶分離は見られない。3月にはすでに日最高気温はプラスとなり、表面が凍結一融解を繰り返すようになる。その為に、表層0~3 cm では、既存の凍上した構造が破壊される。表面からの水分の蒸発も卓越する為に、水分量も減少する。第2図 a に示されるように、氷レンズなどの構造は全く見られない。従って  $V_p$  の値も小さくなる。3~8 cm の層は、氷晶分離の著しい特徴を示しており (第2図 b)、氷が全体の1/3 を占めている。微細な氷レンズが良く発達しており、200% を越える含水比を持つ。すでに報告したように<sup>3)</sup>、凍土の  $V_p$  は、同一温度であれば、含水量の多い程大きくなる。それは、弾性波を伝播する媒質として、氷の連結部が有効になるからである。 $V_p$  はこの部分では3.5 km/sec に



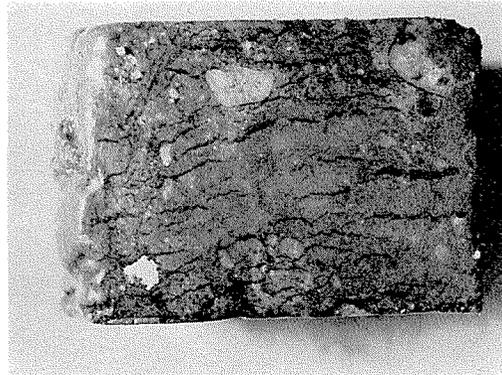
a (0~3 cm)



b (3~8 cm)



c (28~33 cm)



d (43~48 cm)

第2図 凍上した土の断面

達しており、このような顕著な氷晶分離を生じた土の構造をよく反映している。第1図が示すように、含水比は深くなるにつれて減少しているが、 $V_p$ は28~33 cmの部分に最小値を持つ。第2図cはその低速度層である。極くわずかな氷レンズが形成されているにすぎず、いわゆる均一なコンクリート状凍結土の特徴があらわれている。これに対して、43~48 cmの部分(第2図d)は、含水比はやや減少しているにもかかわらず、 $V_p$ は再び大きくなっている。つまり、含水量としては両者に差がないのに、 $V_p$ が異なる。しかし、43~48 cmではかなり明瞭な氷のレンズが形成されており、両者の構造に差が見られる。この2つの部分がほぼ同一の土質であることを考慮するなら、含水比(全水分量に対する水の量)が極端に異なることはない。すなわち、 $V_p$ の差を未凍結水分量の違いで説明することはできない。この差は写真で明らかのように、氷の分散状態つまり構造の違いに由来するのであろう。このことは、氷晶が全体に分散した均一な凍土と氷レンズを形成した凍土とでは、同一の含水条件でも $V_p$ の異なることを意味している。従来の凍土の $V_p$ に関する測定は、全て前者の均一な構造をもつ凍土について行われており、今回のような、不均一な構造をもつ凍土の $V_p$ については、考慮されていない。こうした構造の差が、弾性波の伝播に与える影響及び弾性波の伝播機構については、今後の問題となろう。

この研究に要した費用の一部は、文部省科学研究費補助金から支出された。

#### 文 献

- 1) Nakano, Y., R. J. Martin III, and M. Smith 1972 Ultrasonic velocities of dilatational and shear waves in frozen soils. *Water Resour. Res.*, **8**, 1024-1030.
- 2) Вотяков, И. Н. 1973 Структурные переобразования в мерзлых грунтах при изменении их температуры. II Международная Конференция по Мерзлотоведению, Якутское Книжное Издательство, Якутск, Вып. 4, 78-82.
- 3) 福田正己・井上正則 1973 凍土の動的性質について I. 低温科学, 物理篇, **31**, 245-259.
- 4) 木下誠一・鈴木義男・堀口 薫・福田正己・井上正則 1974 苫小牧における凍土観測(昭和48~49年冬期). 低温科学, 物理篇, **32**, 251-260.