

## III-553 超音波による凍土厚の測定に関する一考察

東京都下水道局 中部建設事務所 萩原 春男  
 飛島建設(株) 構造技術部 正 近久 博志  
 飛島建設(株) 構造技術部 正 藤原 雅博  
 飛島建設(株) 構造技術部 正○筒井 雅行

## 1. はじめに

地盤凍結工法において、凍土造成管理は重要な管理項目であり、凍土が切れ目なく連続的に造成されているかどうか、また設計凍土厚まで造成されたかどうかを確認する必要がある。今回、筆者らはコンクリートの厚みが超音波により測定可能であることに着目し、超音波による凍土厚の測定を試みたのでここに報告するものである。

## 2. 超音波による凍土厚の測定方法

測定を実施したのは、図-1に示すような凍結立坑工事である。測定の原理および手順を示すと、次のようになる。

本測定で採用した共振法は、周波数を変えて共振状態を生じさせ、試験体の厚さが、 $n$ 次共振時の波長の $n/2$ に相当することを用いたものである。表面波と試験体内部からの反射波とによる合成検出波を、FFTアナライザーでフーリエ解析することによって反射波のみを分離し、1次共振時の振幅が最大となる超音波パルスの発振間隔（反射波が到達するのに要する時間に相当する）から超音波の到達時間を求める。

共振周波数の測定は、図-2に示すように超音波センサを発振と受信とを並べて凍土表面に密着させ、超音波パルスを発振する。測定は、予備計測と本計測の2回に分けて行った。予備計測は、凍土厚に対する大略的な共振周波数を求める計測であり、本計測は、予備計測で得られた1次共振周波数付近を共振法で密に調査して、凍土の正確な厚さを求めるものである。

音速は、図-3に示す厚さが既知の凍土片中の超音波の伝播速度測定から(1)式により求めた。

$$c = l / t \quad \dots \dots \dots (1)$$

$c$  : 音速 (m/sec)

$l$  : 凍土片の測定厚さ (m)

$t$  : 超音波の伝播時間 (sec)

求められた音速に対して、凍土厚  $d$  は、1次共振周波数  $f$  を使って、(2)式により求められる。

$$d = c / 2 f \quad \dots \dots \dots (2)$$

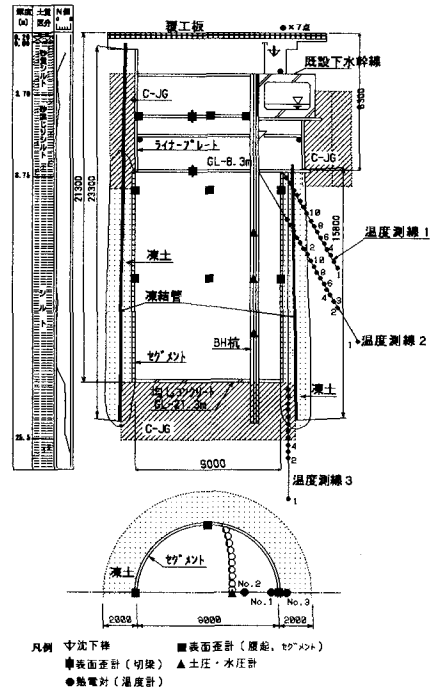


図-1 立坑断面図および熱電対位置

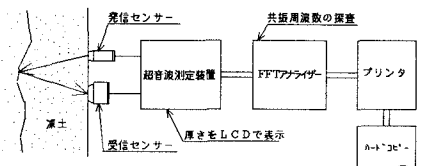


図-2 凍土厚測定装置の構成

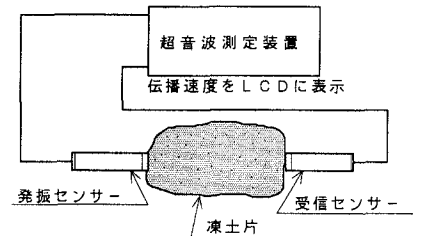


図-3 音速測定状況

### 3. 計測結果と考察

図-4に示すように、予備計測では送波スペクトルの次のスペクトルが求める厚さの共振周波数に近い値となっており、本計測で、予備計測で得られた周波数の近傍を共振法で探査することにより、共振周波数を得ることができた。

凍土片の音速測定結果を表-1に示す。凍土の剛性は温度が低いほど大きく、音速も凍土の剛性によって異なると考えられ、現地の凍土の温度も $0\sim-25^{\circ}\text{C}$ で分布しているため、ここでは、 $-5\sim-20^{\circ}\text{C}$ の範囲で温度の異なる3個の凍土片を用いて音速を測定し、これらの平均値(2701m/sec)を現地の凍土の音速を代表するものとして片側凍土厚を算出した。

超音波による片側凍土厚の測定値と別途地盤中に埋設した熱電対による片側凍土厚の測定値とを比較して図-5に示す。図中に■で示した1点は、熱電対設置位置での測定値である。超音波による片側凍土厚の測定値は、熱電対により測定された片側凍土厚を中心に分布しており、両者の差は、 $-8.0\text{cm}\sim+16.7\text{cm}$ (熱電対による測定値に対して2.5~14.0%)であった。また熱電対設置位置での両者の測定値の差は、0.3 cm(熱電対による測定値に対して2.5%)であった。

図-6は、立坑の周りに設置した測温管の温度から、凍結開始後84日目の片側凍土厚を推定し、それを頻度分布で表したものであるが、このデータから、片側凍土厚は測定位置によって15cm程度の差があることがうかがえる。このことから、前述の $-8.0\sim+16.7\text{cm}$ の測定値の差は、この測定位置による凍土厚のばらつきを示しているものと考えられる。

### 4. おわりに

超音波を使ったコンクリートの非破壊試験として開発された装置を用いて凍土厚の測定を試みた結果、比較的精度の良い結果が得られた。特に、熱電対設置位置と測定位置が一致するものは1点だけであったが、その誤差は0.3 cmと小さく、精度は非常に良いものであった。

超音波による凍土厚の測定は、予め測温管や熱電対などを埋設しなくても、任意の場所と時刻に凍土厚を測定できるという利点がある。その測定値は、凍土の音速の違いにより影響を受けるが、今回の測定のように、現地で得られる凍土片の音速測定結果を用いた場合でも、実用の可能性があるものと考えられる。

今後は、さらに信頼度の高い測定法にしていけるために、温度変化に伴う凍土の剛性の変化と音速の関係について実験や検証を行いたいと考えている。

最後に、計測についてご協力をいただいた、(株)東横エルメスの丸茂文夫氏に改めて感謝の意を表します。

【参考文献】 1)山口：新しいコンクリートの厚さ測定法と測定装置、非破壊検査, Vol. 39, No. 3, 1990

2)山口、丸茂：コンクリートのひび割れ深さと厚さの測定法、コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 12, No. 1, 1990

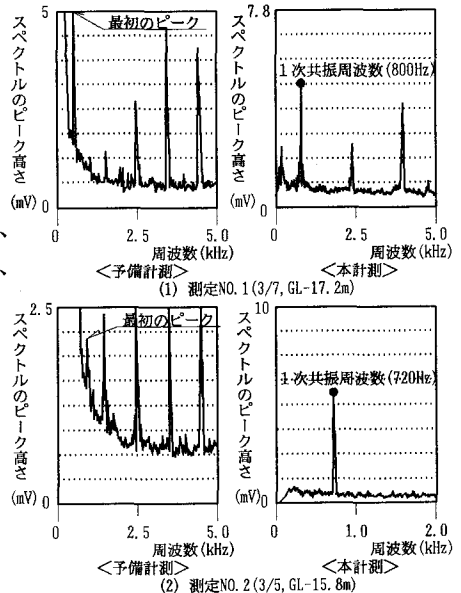


図-4 反射波スペクトルの例

表-1 音速測定結果

| NO      | 1    | 2    | 3    | 平均   |
|---------|------|------|------|------|
| 音速(m/s) | 2547 | 2862 | 2693 | 2701 |

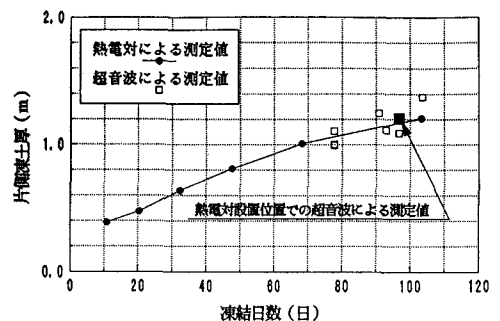


図-5 凍土厚の測定結果の比較

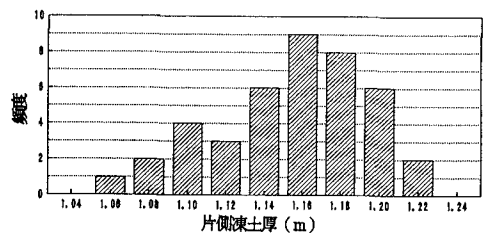


図-6 測温管の温度から推定した凍土厚の頻度分布(凍結開始後84日目)