

# III-B 369 凍結・融解試験に伴う、原位置試験場の岩石の透水性変化について

(株)西松建設 正会員 浅井功  
 埼玉大学大学院 学生会員 小池裕史  
 (株)西松建設 正会員 石山宏二  
 埼玉大学工学部 正会員 渡辺邦夫

## 1 はじめに

実岩盤の凍結融解時における熱特性や力学特性を調べるために、釜石鉱山 550m レベル坑道内において原位置凍結融解試験を 1992 年より 1995 年 5 月まで行った。実験は凍結・融解を 1 サイクルとして、13 サイクル行った。また、3 次元の熱・浸透流解析をおこない、岩盤内の温度変化及び浸透流の変化を実測値と比較し、かなり良く一致することがわかった<sup>1),2)</sup>。今回、凍結融解の繰り返しによる実岩盤の透水性の変化に注目し、試験場において温度履歴の異なる岩石のサンプルを採取し、透水係数の場所的差を検討した。

## 2 原位置凍結融解試験の概要

凍結融解試験は、トンネル底面部に深さ 2.5m、径 7.6cm の凍結管を 9 本配置し、-20℃の不凍液（ブライン液）を循環させることによって岩盤底面部を凍結させ、不凍液の循環を止める。あるいは+20℃で不凍液を循環させて融解する試験である。試験区域は釜石鉱山の 550m 坑道内に設定した。図-1 にその概念図を示す。

## 3 透水試験

凍結融解の繰り返しに伴う実岩盤の透水性の変化を把握するために透水試験を行った。まず、図-2 に示すように、原位置試験場において N-1 から N-14 までの 14 ヶ所ボーリングを行ってコアサンプルを採取した。岩盤内の温度変化による透水性の変化を検討するために、今回図-1 に示す凍結管から 25cm 間隔で順次とれる N-9、N-8、N-7、N-13 を対象とした、各々深さ 1m 付近のコアをサンプルとして透水試験を行った。透水係数の測定方法としてはトランジェントパルス法を用いた。透水試験条件を表-1 に記す。

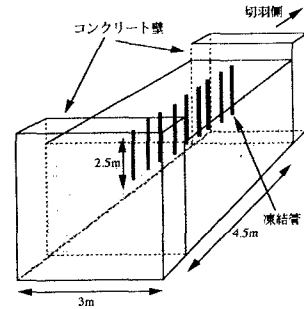


図-1 凍結融解試験場概念図

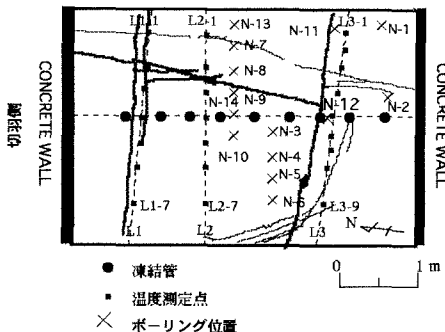


図-2 温度測定地点及びボーリング位置

|            |                             |
|------------|-----------------------------|
| 採取深度       | 550m                        |
| 室温変化       | 20.5±0.8℃                   |
| 貯留槽温度(v1)  | 22.2℃ ~                     |
| 貯留槽温度(v2)  | 21.4℃                       |
| 拘束圧力       | 112.5kgf/cm <sup>2</sup>    |
| 間隙圧力(P1)   | 60.0 kgf/cm <sup>2</sup>    |
| 間隙圧力(P2)   | 55.0 kgf/cm <sup>2</sup>    |
| 圧力差ΔP      | 5.0 kgf/cm <sup>2</sup>     |
| 収束差：(Pf)   | 57.5 kgf/cm <sup>2</sup>    |
| 貯留槽の体積(V1) | 1108cm <sup>3</sup>         |
| 貯留槽の体積(V2) | 1108cm <sup>3</sup>         |
| 流体の圧縮率(β)  | 0.468×10kgf/cm <sup>2</sup> |
| 流体の粘性係(μ)  | 1.002cp                     |
| 有効応力       | 55.0 kgf/cm <sup>2</sup>    |

表-1 透水試験条件

#### 4 試験結果

透水係数値を測定したそれぞれの地点で、凍結融解試験において実際にどの程度温度変化があったのかを把握するために各地点付近の L2-1, L2-2, L2-3, L2-4 の深さ-1m での温度変化グラフを図-3 に示す。L2-1, L2-2, L2-3, L2-4 は、それぞれ N-13, N-7, N-8, N-9 に対応する。今回は代表的な第 4 サイクルでの結果を示す。凍結管から近い N-9 は凍結開始 50 時間において 0℃ となり、凍結終了後は -15℃ まで下がる。それに対し一番遠い N-13 は 0℃ になるのに 150 時間かかる。凍結終了後においても -2℃ である。他サイクルにおいても凍結時間に差があるが同様の傾向がみられた。また、それぞれの地点での有効間隙率、透水係数値を表-2 に示す。

今回の計測結果からまだ 4 本の結果でありその点問題であるが、以下のことが言える。

一般に、凍結融解の繰り返しにより間隙が増大し透水係数が増加する事が考えられる。図-3 に見られるように温度履歴に差があるため透水性の場所的差も大きくなり凍結管に近いサンプルほど、間隙率や透水性が大きくなる事が想定された。しかし、その傾向は、今回は、はっきりと見られなかった。

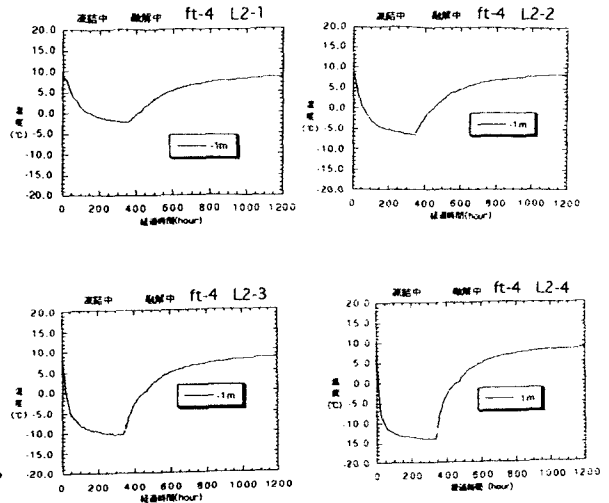


図-3 凍結融解による温度変化グラフ

| 位置   | 凍結管からの距離 | 有効間隙率(%) | 透水係数 (cm/s)      |
|------|----------|----------|------------------|
| N-9  | 25cm     | 1.13     | $1.89 \times 10$ |
| N-8  | 50cm     | 0.44     | $2.83 \times 10$ |
| N-7  | 75cm     | 0.68     | $2.63 \times 10$ |
| N-13 | 100cm    | 0.88     | $1.32 \times 10$ |

表-2 各地点での有効間隙率及び透水係数

#### 5 今後の課題

実岩盤の凍結融解の繰り返しによる透水性の場所的变化を調べたが、本研究によって今後下記の点についての検討が必要と考える。

- 1 原位置試験であるため各地点での凍結融解試験前の透水係数値を測定していないので、実際はかなり影響があったことも考えられる。今後室内試験等でのさらに詳細な検討が必要である。
- 2 岩盤中を流れる水は、必ずしも 0℃ で凍らないという報告がある。その場合、岩盤中の水が、凍結していなかった可能性も考えられる。そのため実際の岩盤微小空隙内の水が何度で凍るのかを調べる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 石山宏二, 野本寿, 渡辺邦夫, 山辺正, 武田聖司, Paul Bossart: 釜石鉱山における岩盤凍結融解試験 (その 1), 第 24 回岩盤力学に関するシンポジウム論文集
- 2) 石山宏二, 野本寿, 渡辺邦夫, 山辺正, 武田聖司: 釜石鉱山における岩盤凍結融解試験 (その 2), 第 24 回岩盤力学に関するシンポジウム論文集