

Ⅲ - B314

低温下の微小間隙中にある水の凍結温度と体積膨張の評価

西松建設(株) 正会員 石山宏二
 埼玉大学大学院 学生員 小池格史
 埼玉大学工学部 正会員 渡辺邦夫

1. はじめに

岩盤の凍結融解過程における熱・力学・浸透流特性の把握のために、釜石鉱山坑道内にて原位置凍結融解試験を実施した¹⁾。また、その試験結果の評価を目的に単一割れ目モデルによる三次元の非定常熱伝導・浸透流解析を行った²⁾。その結果、湧水量の算定に関して、凍結過程で実測値の方が早い時期での低下を示した。その原因として色々考えられるが、一つの要因として、設定した水の凍結温度が挙げられる。一般に水は0℃で凍るため、これを設定凍結温度としていたが、岩盤のような微小間隙に含まれる水の多くは、土粒子表面の吸着場、あるいは溶解している塩類等の影響により0℃以下で凍る可能性は高いと考えられる³⁾。そこで、本報告では微小間隙中の水の凍結温度を調べるために室内凍結温度試験を行った。その結果を踏まえて非定常熱伝導・浸透流解析を実施し、原位置試験結果と比較検討を行う。

2. 室内凍結温度試験

水の凍結温度の測定方法として、2つの方法が考えられる。1つは、凍結時に水は潜熱を発生し、温度が一定となる時間があるのでそれに着目する。もう1つは、水が凍る時に体積変化(膨張)を起こすので、その温度を測定する。今回、図1に示すような両者の方法で凍結温度を測定する実験装置を採用した。

実験では、釜石鉱山坑内で採取された水、あるいはその水で飽和した微小間隙を有する供試体(標準砂・ベントナイト・木節粘土)を図中の恒温恒湿養生箱内に設置し、養生箱内が-20℃で一定になるよう強制的に冷却、その後自然に室温に戻す間の供試体温度および体積の経時変化を測定した。温度変化を高精度で測定するために、供試体との接触面積が増えるよう渦巻き状にした0.4級のK型シース熱電対を3つ、内部に設置している。システム全体の測定誤差は±0.5℃(at 0℃)である。また、供試体が充填されたリング状のスペーサー(厚さ5~10mm、内径6cm)を10cm四方の上下盤で挟み、上盤を上下方向のみ移動可能にして、上盤四隅にそれぞれ設置した薄型変位計で凍結に伴う供試体の凍上変位を温度とともに1分毎に自動計測した。

厚さ5mmの各供試体を冷却したときの平均温度および平均変位を図2に、また厚さ10mmの飽和した木節粘土の凍結および融解過程における温度および変位の経時変化を図3に示す。微小間隙中の水の相変化に伴う挙動は、いずれの供試体においても凍結過程において、温度低下とともに変位は負(収縮)となり、その後供試体の凍結に伴う体積膨張により急激に増加する傾向を示す。収縮に関しては、いわゆる低温化に伴う

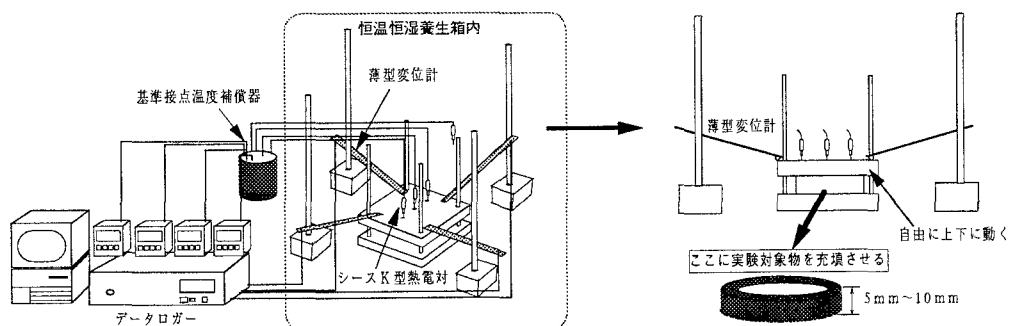


図1 凍結温度試験概念図

キーワード：凍結融解試験、凍結温度、熱伝導、浸透流、数値解析

〒242 大和市下鶴間2570-4 TEL 0462-75-1135 FAX 0462-75-6796
 〒338 浦和市下大久保255 TEL 048-858-3571 FAX 048-855-1378

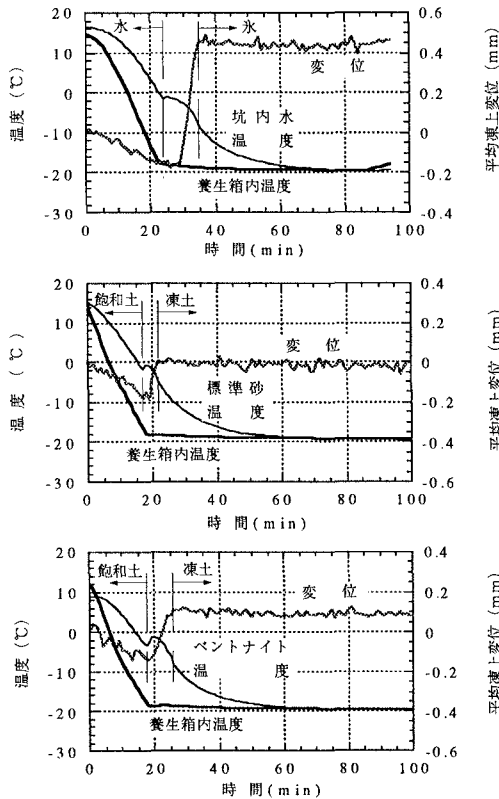


図2 凍結過程の各供試体(厚さ5mm)温度と変位

全体の温度収縮と考える。膨張は水の相変化に伴う約9%の体積膨張の結果と言える。供試体温度は、 -2°C 前後まで低下した後わずかに上昇し、潜熱の影響と思われる温度一定、もしくは上に凸の曲線を描く温度低下傾向が読みとれる。その後、下に凸に変化し、 -20°C の設定温度へと漸次近づく。温度と変位の関連に着目すると、供試体が小さい場合、実際に相変化が生じる極近傍で温度測定が行われるため、図2では温度曲線と変位曲線の変化時期(水の相変化の始点と終点)はほぼ一致する。反対に、比較的供試体の大きい図3において、変位と温度の変化点は一致せず、変位のほうがより鋭敏に相変化の始まりを捉えることがわかる。また本実験を通して、微小間隙中の釜石鉾山の坑内で採取された水の凍結温度は約 -2°C と推定される。

3. 凍結温度の差による非定常熱伝導・浸透流解析結果への影響

凍結温度実験の結果を踏まえて、凍結温度を 0°C および -2°C としたときの湧水量に関する連成解析結果および原位置試験結果を図4にて比較する。その結果、凍結温度を下げることによって、水みちとなる割れ目が凍結により遮断される時期が遅れ、算定される湧水量の低下時期も遅くなったと考えられる。したがって、凍結温度を従来の 0°C とするより -2°C にした方が、より原位置試験結果に近づくことがわかった。

4. おわりに

室内凍結温度実験によって得られた微小間隙中の水の凍結温度を基に、原位置試験で得られた湧水量の同定を試みた。その結果、実測値と良い一致を示すことができた。

【参考文献】 1)石山・渡辺・山辺・野本：低温熱環境下における岩盤の温度分布特性，応用地質，Vol.37，No.2，1996。2)石山・小池・渡辺：低温熱環境下における岩盤からの湧水量算定に関する考察，第32回地盤工学研究発表会，1997(投稿中)。3)石崎：水の不思議な性質，土と基礎，Vol.41，No.1，1993。

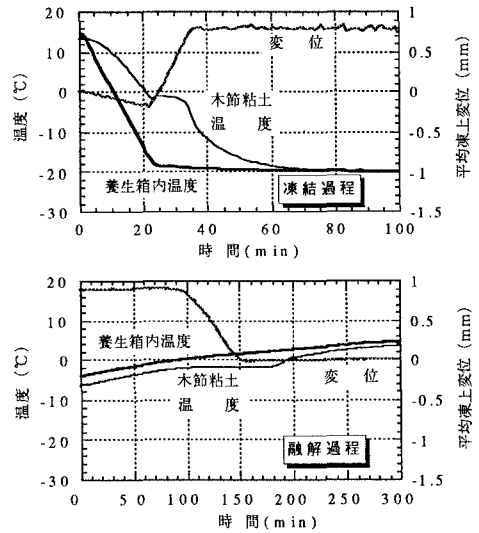


図3 凍結融解過程の木節粘土(厚さ10mm)温度と変位

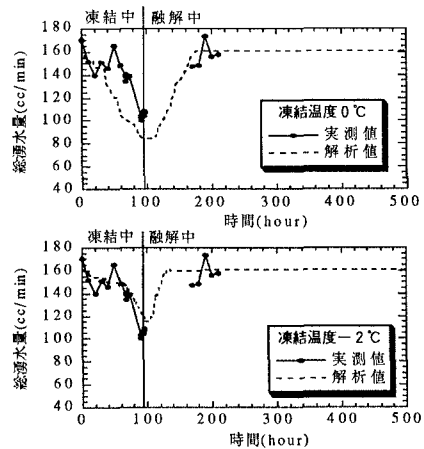


図4 凍結温度による算定湧水量への影響