

凍結融解試験結果に見られる 東北地方の火山岩の特性について

サンコーコンサルタント(株) 丸 井 正 道

1. はじめに

自然界に存在する岩石は、種々の風化作用により風化・変質をしていくものである。堤体材料等に用いる岩石については風化作用に対する抵抗性（耐久性）が大きな問題となる。

風化作用は化学的なもの、物理的なものに起因する2つに大別される。この内、凍結融解作用（凍結破碎作用）は最も厳しい物理的風化作用の一つで、特に東北地方のような寒冷地においてはその影響が大きい。

ここでは、東北地方のあるダム調査（原石山調査）において実施した凍結融解試験の実例から得た火山岩の耐久性に見られる特性について報告する。

2. 試験試料

本試験に用いた試料は東北地方のグリーンタフ地域に分布する火山岩脈～溶岩、火山碎屑岩である。周辺の地質は新第三紀中新世の地層が広範囲に分布し、これらを買いて粗粒玄武岩（D o）、流紋岩（R h y）、凝灰質安山岩（T - A n）が岩脈～溶岩として広がっている。今回の試験試料は原石山候補地のT - A nとその周辺に分布するD o、R h y、と火山礫凝灰岩（ℓ P・T f）で、ボーリングコア及び切土斜面から岩塊を用いて試験に供した。表1に試験試料の一覧を示す。

表1 試験試料一覧

岩 相	記 号	産 状	記 事
火山礫 凝灰岩	ℓ P・T f	砂岩と互層している。	基質が砂質で、緻密、硬質
凝灰質 安山岩	T - A n	安山岩溶岩の最上部。	白濁した斜長石の斑点を含み緑灰色～紫灰色。基質は火砕岩質の安山岩で弱い流理を持つ。
流紋岩	R h y	切土斜面に岩脈として分布。	多少風化により緑灰～紫灰色を示す。石英粒が比較的粗い。塊状。
粗 粒 玄武岩	D o	火山碎屑岩中のシート	結晶度が高く粗粒。切土岩塊は新鮮で黒灰色・硬質。コアは径年により割目沿いに弱い風化を受ける。

3. 試験方法

凍結融解試験は、岩石を水浸状態にして急速に温度変化させる事により、岩石内の空隙中の水を凍結融解させ、岩石の劣化を促進させるものである。試験は建設省土木研究所（案）に準拠し、その試験条件は次の通りである。本試験により表2に示される物性値が得られる。試験の流れを図1に示す。

温度範囲 : $-18^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$
 温度勾配 : $25^{\circ}\text{C}/\text{時間}$
 最高最低温度持続時間 : 0.5時間
 1 サイクル時間 : 3時間
 日当たりリサイクル数 : 約8サイクル

表2 測定項目

測定項目	得られる物理量等
供試体の記載 スケッチ 写真撮影	形状の変化
乾燥空中重量 湿潤空中重量 湿潤水中重量	重量損失、乾燥密度、湿潤密度、有効間隙率、吸水率
超音波伝播速度 (V_p, V_s) 動弾性係数	伝播速度比、動弾性係数比

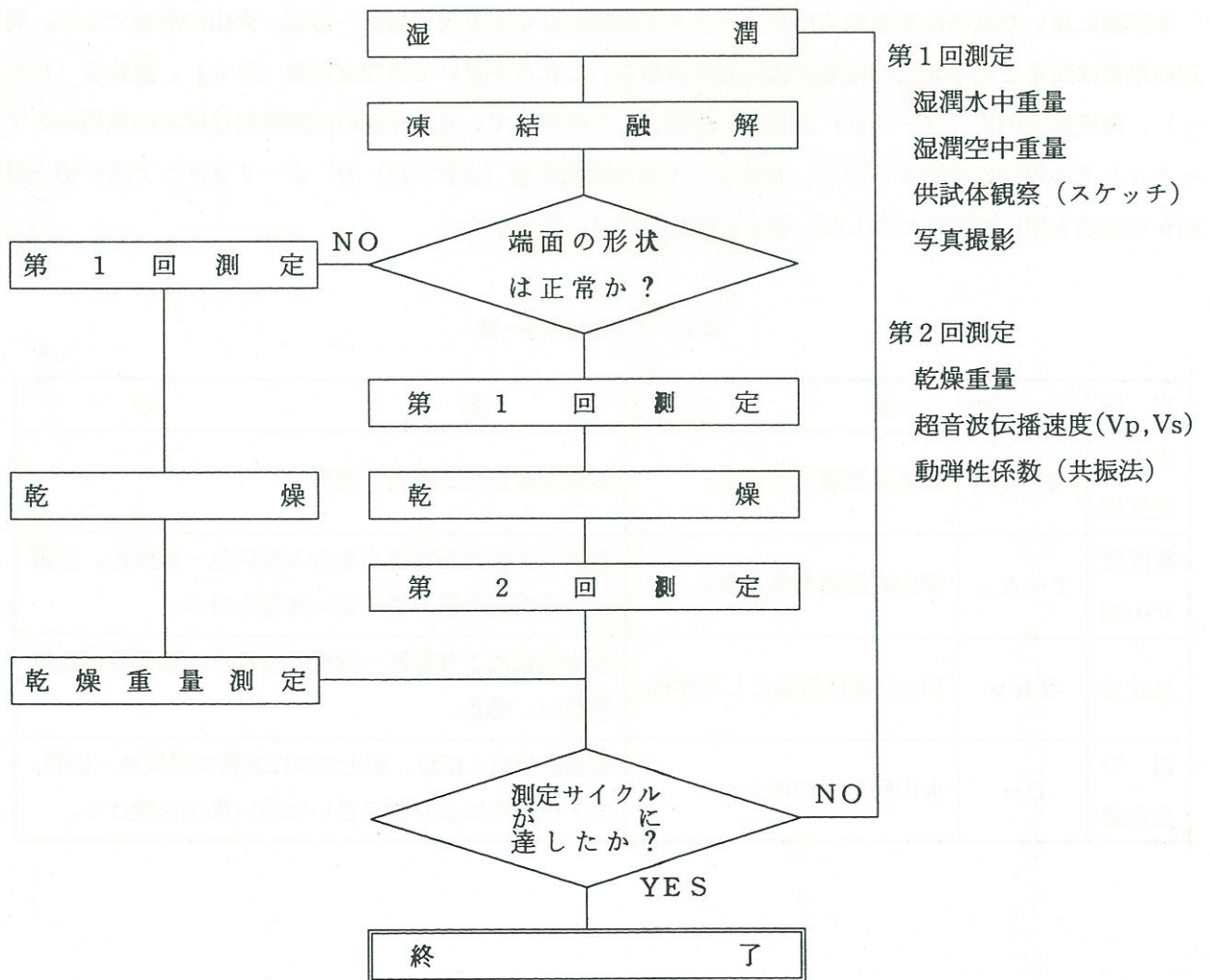


図1 凍結融解試験フローチャート

4. 試験結果

本試験試料の物理・力学特性は表3の通りで、以下に凍結融解試験の重量損失と動弾性係数比について述べる。また、図2に凍結融解回数～重量損失・動弾性係数比を、図3に凍結融解回数～乾燥密度・吸水率を示す。

表3 物理・力学試験結果の平均値

項目 岩相	供試体数 (個)	乾燥密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	P波速度 (km/sec)	S波速度 (km/sec)	動弾性係数 ($\times 10^6$ KN/m ²)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	X線回折定量分析 (スメクタイト含有量) (%)
ℓP・Tf	36	1.996	11.9	2.771	1.550	1.392	316.4	4.31
T-An	30	2.110	9.7	3.165	1.785	1.961	221.8	なし
Rhy	18	2.326	4.9	4.114	2.314	3.334	940.6	なし
Do	30	2.660	1.4	5.199	2.368	4.252	705.9	9.01

①重量損失

火山礫凝灰岩は8サイクルで崩壊し、重量損失の値は急激に低下する。

凝灰質安山岩も8～32サイクルで崩壊しているが、16サイクルまでは緩やかな勾配を示しており重量損失だけでは明瞭な崩壊の兆候は見られないという特徴がある。なお、凝灰質安山岩の崩壊時の重量損失は早いサイクルの崩壊のものも含め全体に小さく、これは細片化する前に組織構造が破壊するためと考えられる。

玄武岩は全ての試料が最終サイクルまで実施されており、重量損失も極めて良好な値を示している。供試体劣化速度も緩やかな直線勾配を示しているのが重量損失が1%以下の試料で、多少階段状に変化するものが1%を越えるものである。これらの違いは潜在亀裂の有無によるものと推定される。

流紋岩は48～88サイクルで崩壊しているが各供試体とも32サイクルまでは非常に緩やかな直線勾配を示しており、試料によって32サイクルから急激な変化を示している。試料が比較的結晶質であることや、ほぼ48サイクルで崩壊していることから考えると亀裂性のものでなく基質からの崩壊と見なすことができる。サイクル数は異なるものの、多少凝灰質安山岩に似た傾向がある。

②動弾性係数比

火山礫凝灰岩は8サイクルでほぼ50%に低下し、その勾配も急激である。

凝灰質安山岩では吸水率が緩慢な増加であるのに対し相対動弾性係数はいずれに供試体でも急低下を示し、ある試料では32サイクルで28.0%まで下がっており劣化の変化がよく現われている。

玄武岩については供試体によりバラつきがあり各サイクルでの相対動弾性係数が20%以上の幅をもつものがある。径時変化の特徴として吸水率が8,88サイクルに変曲点があるのに対し、相対動弾性係数は8～16、64～88サイクルに変化点がある。従って吸水率の変化が量的に小さいために動弾性係数の変化として現われてこない可能性がある。

流紋岩の相対動弾性係数は崩壊時で大きなバラつきが発生するパターンで、サイクルと相対動弾性係数のグラフは比較的急な勾配となっており、10%以下になるものも認められる。

5. まとめ

今回報告の試験結果より各岩石の耐久性評価は次のように判定できる。

①火山礫凝灰岩

8サイクルで崩壊する。耐久性は玄武岩に比べ極めて低いが、短期の凍結・融解に対しては比較的抵抗性をもった岩質である。

②凝灰質安山岩

8～32サイクルで崩壊し、耐久性が劣る。火山礫凝灰岩より良好である。

③玄武岩

108サイクルでの重量損失は1.14%で、耐久性は良好である。しかし、動弾性係数比が60%近くまで低下する。要因としてスメクタイトの存在が考えられるが、長期的な耐久性については検討の余地が残る。

④流紋岩

48～88サイクルで崩壊する。耐久性は玄武岩より劣る。

この結果、寒冷地において耐久性の要求される材料を使用するにあたり、凍結融解試験は重量損失と動弾性係数比で評価されるが、岩種によっては見かけ以上に堅岩であっても耐久性が劣る場合があることが判明した。従って、その使用に当たっては本試験による検討が必要と思われる。

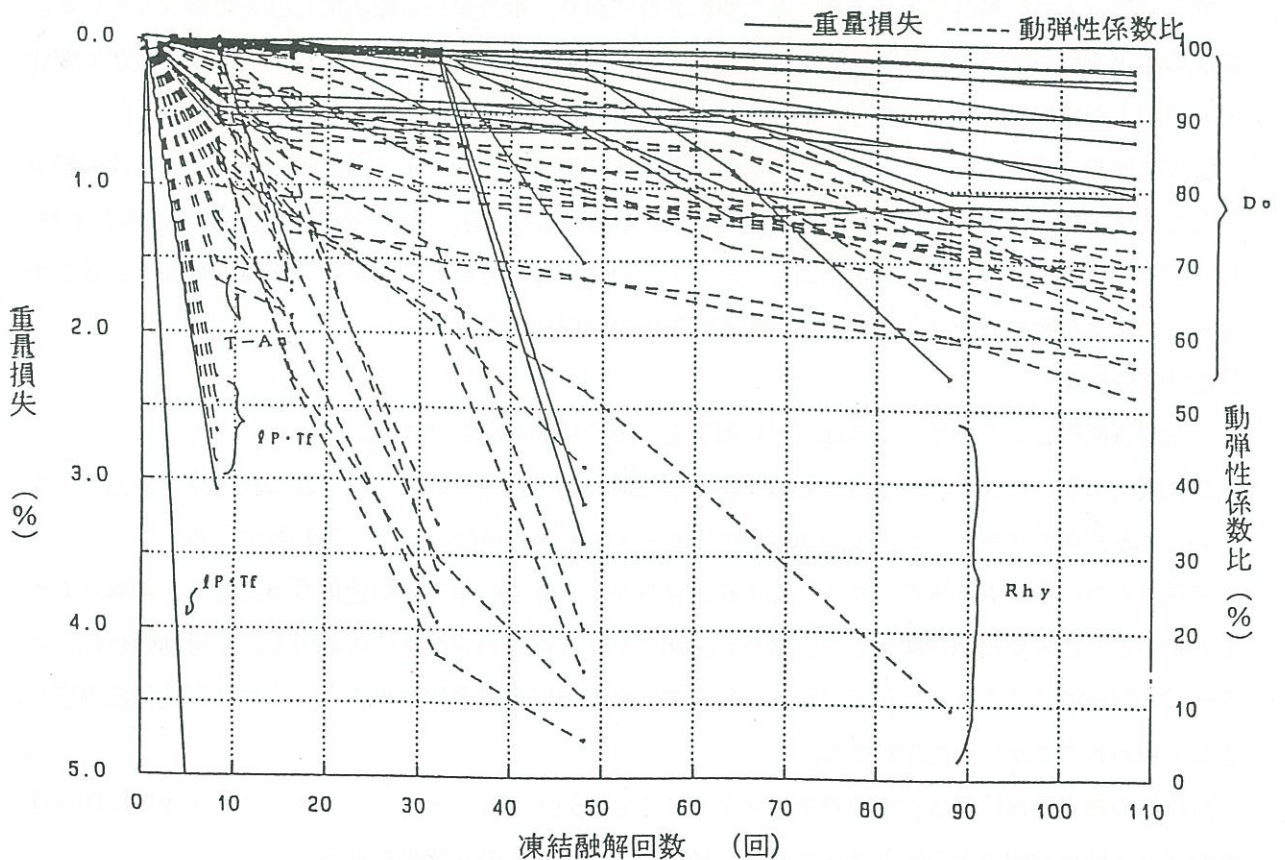


図2 凍結融解回数と重量損失および動弾性係数比との関係

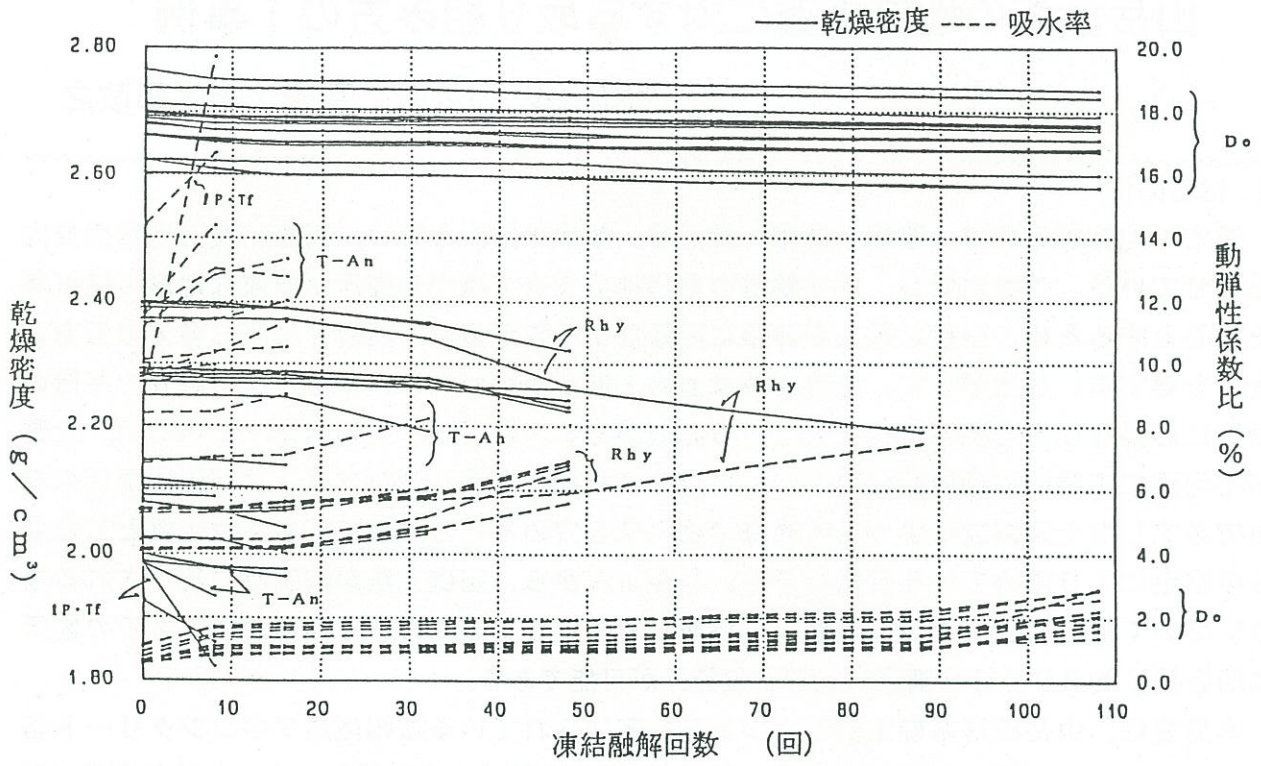


図3 凍結融解回数と乾燥密度および吸水率との関係

