

戸田建設(株)	正会員	関根 一郎
同 上	正会員	日景 秀治
同 上	正会員	西牧 均

1. はじめに

LPG等の低温液化ガスの岩盤内備蓄を考えると、岩石の低温特性の把握が重要になる。本報では、各種岩石の熱衝撃試験、及び、凍結融解試験を行い、岩石が熱変化を受けた場合の強度劣化、変形特性の変化について考察した。

2. 実験概要

実験に用いた岩石試料は、茨城県稲田産の花崗岩、山梨県甲府産の安山岩、宮城県牡鹿郡産の頁岩、福島県西白河郡産の溶結凝灰岩、栃木県大谷産の凝灰岩の5種類である。これらの試料の初期の有効間隙率、飽和湿潤密度、弾性波速度は表-1に示した通りである。これらの岩石試料から直径5cm、高さ10cmの一軸圧縮試験用供試体と直径5cm、高さ5cmの圧裂引張試験用供試体を各実験条件について3個づつ作成し、自然の岩盤の状態を考慮して飽和状態で実験を行った。

熱衝撃試験では、液体窒素を用いて所定温度にコントロールした冷媒(フロンII)に岩石試料を浸し、試料内部の温度が一定に達した後直ちに流水中(約15℃)に浸して常温に戻るまで放置する。この操作を熱衝撃サイクル1回とし、1サイクルの所要時間は熱電対を挿入した供試体を用いた予備実験とFEMによる解析から冷媒中で30分、水中で30分の計60分とした。

凍結融解試験は、飽和した岩石試料をガーゼで包み、水分を供給した状態でを行った。熱衝撃試験と同様に予備実験から1サイクルの所要時間は図-1に示したように19時間とした。

冷却温度は熱衝撃試験、凍結融解試験ともに -45°C とし、5回、30回、50回のサイクル終了後は一軸圧縮試験、圧裂引張試験、物性試験等を行った。

3. 実験結果、及び、考察

図-2は、熱衝撃、凍結融解の繰り返しを受けた供試体の一軸圧縮強度の変化を示したものである。尚、熱衝撃試験では、花崗岩の -80°C の結果も併記した。有効間隙率が大きい凝灰岩と溶結凝灰岩は、1サイクルの

表-1

	$n(\%)$	$\gamma_{\text{sat}}(\text{g/cm}^3)$	$V_p(\text{km/s})$
Andesite	3.13	2.71	5.05
Shale	0.635	2.74	5.47
Granite	0.677	2.62	4.83
Welded tuff	21.4	2.28	2.92
Tuff	43.5	1.79	2.03

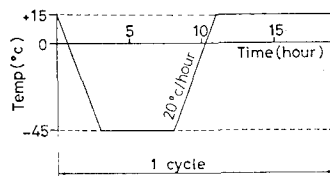
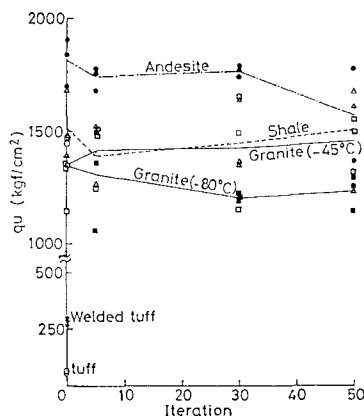
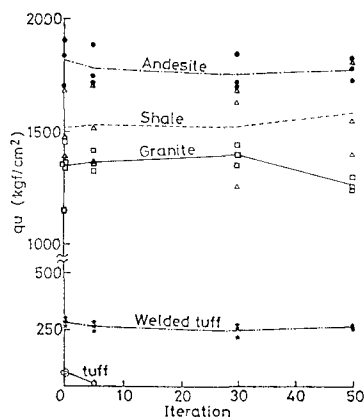


図-1 凍結融解試験 温度サイクルパターン



(a) 熱衝撃試験



(b) 凍結融解試験

図-2 繰り返しにともなう一軸圧縮強度の変化

熱衝撃と与えただけで縦方向に明瞭な引張クラックを生じ破壊した。また、凍結融解試験では凝灰岩でクラックが無数に発達し、5サイクルの繰り返しを終了した時点でほとんど強度を失ったが、溶結凝灰岩では若干の強度低下が生じたものの目視できるクラックの発生、有効間隙率の増加は認められなかった。このことから急激な温度変化によって破壊する岩石も、ある程度の温度勾配をつけられれば強度劣化が防げると思われる。他の硬岩に属する安山岩、花崗岩、頁岩では強度のバラツキが大きいが急激な変化はみられなかった。

図-3は、繰り返しにともなう圧裂引張強度の変化を示したものである。頁岩、溶結凝灰岩では引張強度の低下が見られるが、花崗岩、安山岩ではあまり変化していない。

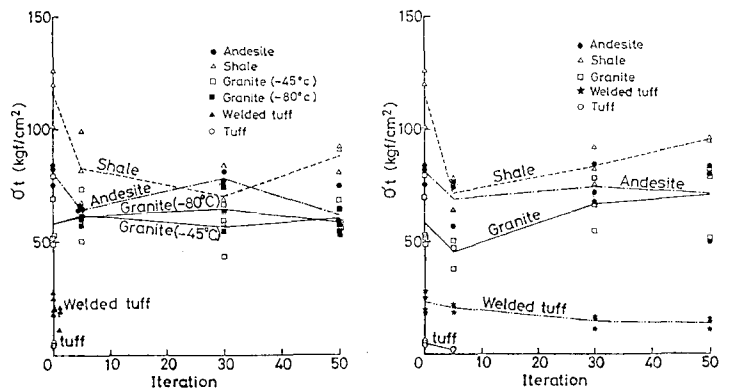
図-4は、一軸圧縮試験でひずみゲージを用いて測定した割線弾性係数 E_{50} の値の変化を示したものである。熱衝撃試験、凍結融解試験とも繰り返しの初期の段階で E_{50} の低下が大きいが、これを E_{50} の低下率をもとめてまとめ直したのが図-5である。この図より E_{50} の低下率は繰り返し数の増大にともなうて収束する傾向にあることがわかる。また、低下率は、冷凍温度 -80°C で熱衝撃の繰り返しを受けた花崗岩と間隙率が21%の溶結凝灰岩で25%と比較的大きいが、他の場合は15%以内になっている。

4. あとがき

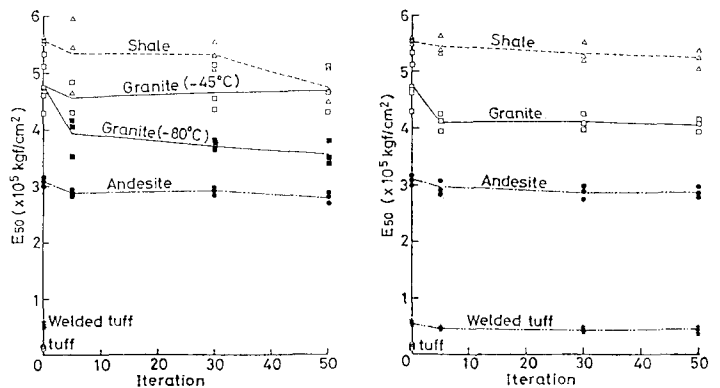
熱衝撃試験、凍結融解試験を行い、各種岩石が冷熱の繰り返しを受けたときの材質劣化について調べた。その結果、硬岩では圧縮強度の急激な変化は生じないこと、割線弾性係数は繰り返し初期で低下が顕著であるが、低下率は繰り返し数が増大しても収束する傾向にあることがわかった。末算ながら、本研究を進めるにあたり、添田弘基氏より貴重な助言を得た。厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

稲田善紀, 八木則男, (1979), "低温の影響を受けた岩石の力学特性", 「材料」, 才28巻, 才313号



(a) 熱衝撃試験 (b) 凍結融解試験
図-3 繰り返しにともなう引張強度の変化



(a) 熱衝撃試験 (b) 凍結融解試験
図-4 繰り返しにともなう割線弾性係数の変化

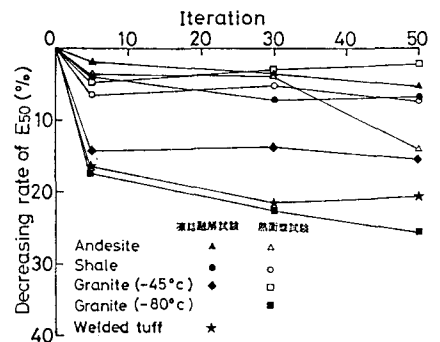


図-5 E_{50} の低下率