

低温の熱履歴が岩石の強度・変形特性に及ぼす影響

愛媛大学工学部	フェロー会員	稲田善紀
愛媛大学工学部	正会員	木下尚樹
(株)日産建設	正会員	松尾 暁
愛媛大学大学院	学生員	○田淵 徹
(株)芙蓉調査設計事務所	正会員	山田公雄

1. はじめに

近年我が国では、石油代替エネルギーとしてLNGおよびLPGの需給量が増加している。一方、食生活の多種多様化より冷凍食品の需給量も増加している。これら低温物質の貯蔵施設の一つとして地山岩盤内に設けた空洞に直接貯蔵することが考えられる。しかし低温物質を地山岩盤内空洞に貯蔵した場合、LNGおよびLPGの貯蔵量の変動、空洞の整備、点検等により熱履歴を受け、空洞周辺岩盤の強度低下が予想される。そのため、空洞の安定性を検討するには熱履歴を受けた岩石の強度・変形特性を明らかにする必要がある。本研究では空隙率の異なる二種類の岩石に熱履歴を与えた後、強度・変形特性を求め、比較し考察した結果について述べる。

2. 実験に用いた試料

本実験に用いた試料は愛媛県越智郡宮窪町大島産の花崗岩および栃木県宇都宮市産の凝灰岩である。それぞれの試料に以下に示す処理を行い、異なる2種類の含水状態のものを用意した。

- ① 室内で1週間自然乾燥させ、さらにデシケータ内で1週間乾燥させた。
- ② 花崗岩の場合は、①の状態のものを蒸留水を満たしたデシケータ内で真空ポンプにより5時間脱気した。凝灰岩の場合は花崗岩と同様に、真空ポンプで1時間脱気した。

以後①の状態のものをDry、②の状態のものをWetと呼ぶ。

3. 実験方法

本実験ではLNG(-162℃)を貯蔵することを想定し、熱サイクル試験装置を用いて15℃(常温)から-160℃の熱履歴を与えた。まず、供試体を15℃から熱衝撃の影響を受けないと考えられる範囲の1℃/min¹の降温速度で冷却して、-160℃で60分間保温し、同じく1℃/minで昇温し、15℃で60分間保温した。以上の過程を1サイクルとし、10サイクルまで熱履歴を与えた。次に、各サイクルおよび熱履歴を与えていない場合において常温下と低温下で、それぞれの岩石に対して試験を行った。

4. 岩石の強度・変形特性

一軸圧縮試験より求めた圧縮強度を図1(a),(b)に示す。履歴回数が増加するにつれてわずかながら強度が低下していることがわかる。これは温度変化に伴う各構成鉱物粒子の膨張および収縮の変化量が異なるために鉱物粒子間にマイクロクラックが生じたか、あるいは拡大されたためと考えられる。しかし、花崗岩においては履歴回数が増加するにつれて強度低下の割合は次第に減少し、5～10サイク

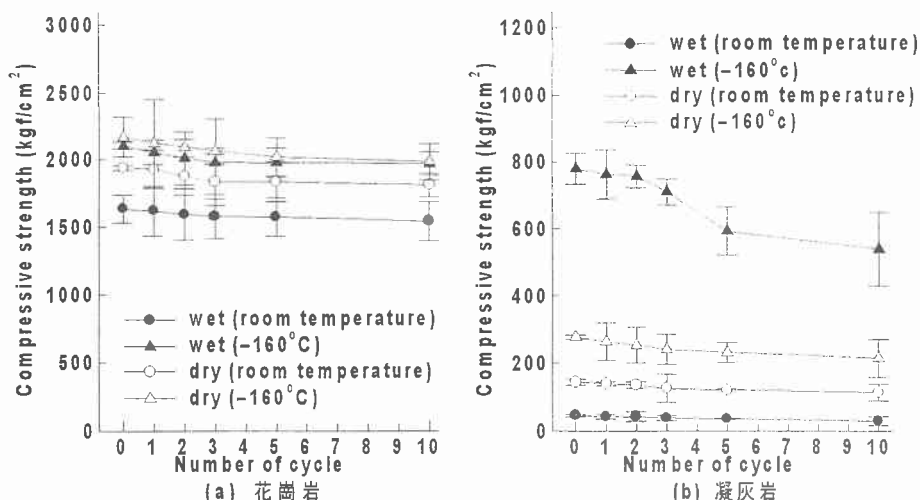


図1 岩石の圧縮強度

ルではほぼ同じ値をとり、収束する傾向がうかがえる。しかし、凝灰岩においては10サイクルの場合でも強度低下の割合は比較的大きい。また花崗岩に比べて強度低下の割合が大きく、特にWetの場合その傾向が強い。10サ

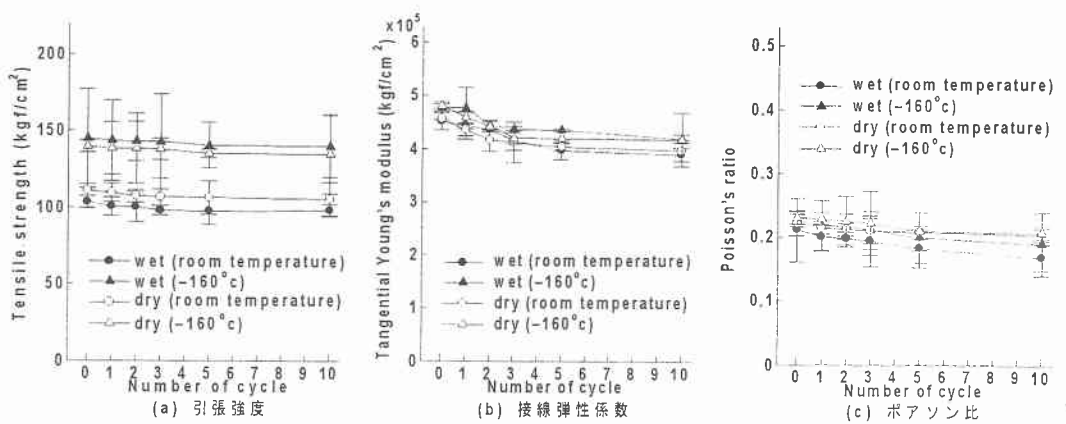


図2 花崗岩の引張強度、接線弾性係数、ポアソン値

イクルの熱履歴を与えた場合の強度は、熱履歴を与えていない場合と比較すると、花崗岩が90～95%、凝灰岩が70～80%であった。これは凝灰岩は花崗岩に比べて構成粒子間の結合力が小さく、また凝灰岩の空隙率は約37%と、花崗岩の約2%に比べて非常に大きいため、間隙中の水の影響を大きく受けることに起因しているものと考えられる。また、いずれの岩石においても常温下の場合より低温下の強度の方が大きく、凝灰岩のWetにおいてその傾向が特に強い。これは低温下では鉱物粒子が収縮、硬化したためと考えられるが、凝灰岩のWetにおいてはそれに加えて間隙中の水が氷結し、氷の膠結物質としての効果が大きく影響したのと考えられる。また、代表例として図2(a)～(c)に花崗岩の引張強度、接線弾性係数およびポアソン比を示す。熱履歴回数の増加に伴い値が低下し、低下の割合は次第に減少、収束する傾向がうかがえた。

各岩石の常温下および低温下での弾性波伝播速度を図3(a),(b)に示す。いずれの岩石においても熱履歴回数の増加に伴い、わずかながら値の低下が認められ、マイクロクラックが増加および拡大していることがうかがえる。また花崗岩においては値の低下の割合が次第に減少し収束する傾向を示し、マイクロクラックの増加および拡大は収束することがうかがえる。

これは、前述の強度変化の傾向と

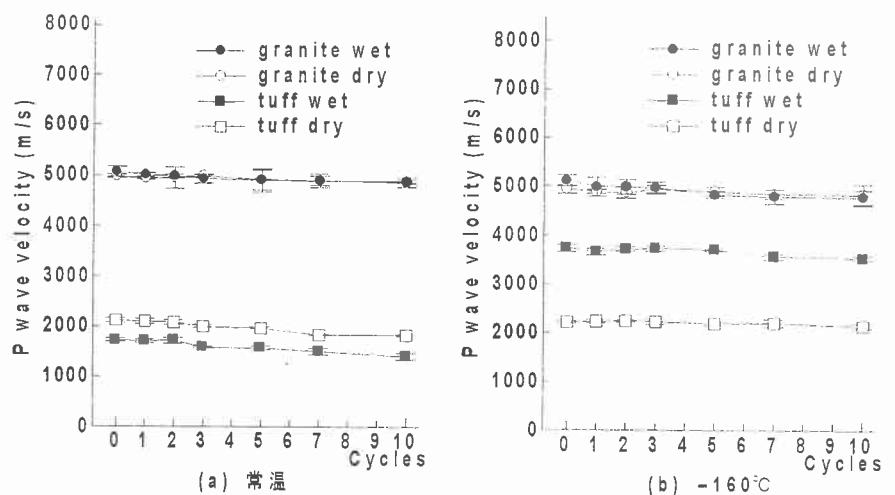


図3 岩石の弾性波伝播速度 (P波速度)

一致している。またいずれの岩石も低温下での値が常温下より大きい。この傾向はWetにおいて非常に顕著に現れ、特に凝灰岩の値はかなり大きくなっている。これは氷の低温下での弾性波伝播速度が大きく²⁾、空隙率の大きい凝灰岩にはその影響が顕著に現れたものと考えられる。

5. おわりに

岩石の強度は履歴回数の増加に伴い低下する。Wetにおいてその傾向が強く、特に空隙率の大きい凝灰岩において顕著に現れた。花崗岩においては強度が低下する割合は次第に減少し、収束する傾向がうかがえた。また、弾性波伝播速度もそれらを裏付ける傾向を示した。

参考文献

- 1) 山口梅太郎, 宮崎道雄: 熱による岩石の変化あるいは破壊について, 日本鉱業会誌, 第86巻, 第986号, pp347～348, 1970.
- 2) 稲田善紀, 甲村雄一: 極低温下における氷の力学的挙動, 第10回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, pp253～257, 1990.