

低温の影響による岩石の劣化に関する基礎的研究

－ 3 種類の岩石の比較による凍上メカニズムの解明－

北見工業大学 正会員 中村 大
北見工業大学 平松 雅宏

北見工業大学 後藤 隆司
北見工業大学 正会員 森 訓保
北見工業大学 陳 天城

1. はじめに

近年、北海道のいたる所で岩盤の崩落事故が起こっている。事故を引き起こす要因としては凍結融解作用による岩盤の劣化をあげることができ、これらの事故を回避するために、今日まで多くの人々が岩石の劣化に関する研究を行っている。しかし、これまで行われてきた研究は岩石に冷気を全面からあてて行うものであり、現実の自然環境下における岩石の劣化とは、掛け離れたものとなってしまっている。自然環境下における岩石は、外気と接触している面からのみ冷却されるため岩石内部には、ほぼ一方向の温度勾配が生じる。また、それと同時に岩石下部からは水の供給もある。

本研究では、より自然環境に近い状態で岩石に低温の影響を与えることのできる実験装置を作成して、岩石の劣化のメカニズムを解明することに取り組んだ。

今回は、札幌軟石、大谷石、来待砂岩の3種類の岩石を比較した実験の結果について発表する。

2. 研究概要

本研究では、より自然環境に近い状態で岩石に低温の影響を与えるために、図1に示すような実験装置を作成した。

岩石資料は、札幌軟石、大谷石、来待砂岩の3種類の岩石を用いた。供試体は、直径55mm、長さ150mmの円柱形となるようにカット及び整形し、作成した。実験には湿潤状態の供試体を用いた。札幌軟石、大谷石は蒸留水中に3日間、来待砂岩は7日間放置して湿潤させた。

3種類の岩石供試体を用いて凍結実験を行った結果、表1のようになった。札幌軟石は破壊及び凍上が起きなかったが、大谷石、来待砂岩には亀裂が生じアイスレンズが形成され凍上が起こった。

このような結果をふまえ、凍上が起こる岩石と凍上が起こらない岩石が生じる原因を解明するために、以下のような実験を行った。

①圧縮・引張試験（乾燥、湿潤状態）：

乾燥、湿潤状態の強度を比較。

②ポロシメータ：空隙の大きさを比較。

③吸水実験：吸水性を比較。

④X線回析：鉱物組成の比較。

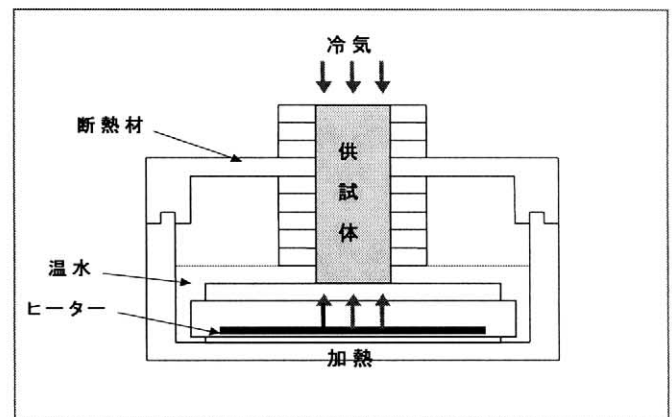


図1 実験装置概略

	大谷石		来待砂岩	
凍結時間	1 週間	2 週間	1 週間	2 週間
実験前	151.05	151.23	152.41	152.49
実験後	154.88	159.84	152.41	154.42
長さの差	3.83	8.61	0	2.03

表1 凍結前、凍結後の供試体の長さの比較

キーワード：岩石 凍結 実験装置 札幌軟石 大谷石 来待砂岩

連絡先：〒090-8507 北海道北見市公園町 165 北見工業大学 岩盤工学研究室 (tel) 0157-26-9484

3. 実験結果

実験結果①：結果は表 2、3 のようになった。

大谷石、来待砂岩の湿潤状態での圧縮・引張強度は、乾燥状態でのそれに比べ、極端に小さくなる傾向がある。

札幌軟石は乾燥状態でも湿潤状態でも、強度に差は見られない。

実験結果②：結果は図 2 のようになった。

札幌軟石では細孔半径 $10^3 \sim 10^4 \text{ nm}$ の空隙が多く存在し、大谷石、来待砂岩では細孔半径 $10 \sim 10^2 \text{ nm}$ の空隙が多く存在していることがわかった。

実験結果③：結果は図 3 のようになった。

札幌軟石は2時間で約 100 g 吸水したが、大谷石、来待砂岩は24時間でも 20 g に満たない程度しか吸水しなかった。

実験結果④：結果は表 4 のようになった。

大谷石、来待砂岩には膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトが存在する。

岩石名	鉱物組成
札幌軟石	火山ガラス 「石英」、「長石」
大谷石	輝沸石－斜ブチロル沸石系鉱物 「オパールCT」、「石英」、「長石」 「スメクタイト」
来待砂岩	斜長石、石英 輝沸石－斜ブチロル沸石系鉱物 イライト／スメクタイト混合物

表 4 X線回析結果

岩石名	乾燥状態	湿潤状態
札幌軟石	123	125
大谷石	150	55.5
来待砂岩	699	240.4

表 2 圧縮試験結果 (kg / cm^2)

岩石名	乾燥状態	湿潤状態
札幌軟石	11.7	12.1
大谷石	13.9	5.12
来待砂岩	29.4	14.1

表 3 引張試験結果 (kg / cm^2)

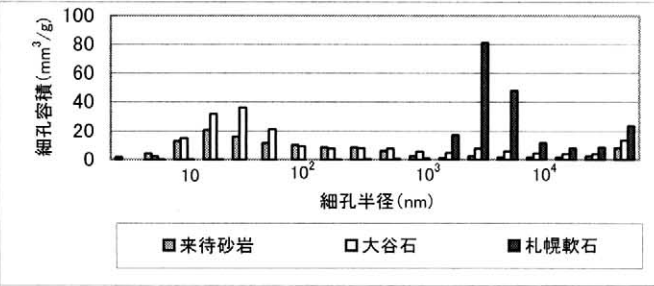


図 2 細孔半径と細孔容積

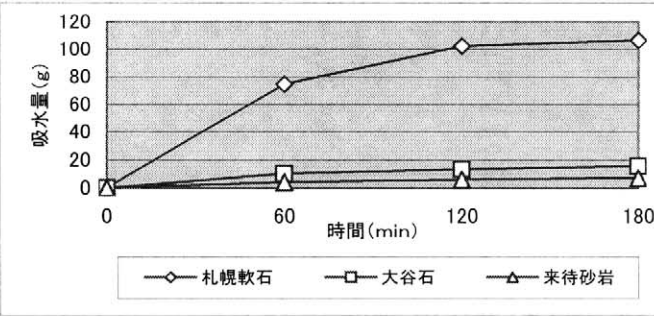


図 3 吸水実験結果

4. 考察

以上の結果に基づいて、大谷石、来待砂岩には破壊が起こり凍上し、札幌軟石には破壊が起こらず凍上しない原因について以下のように考察した。

実験①の結果より、大谷石、来待砂岩の湿潤状態における圧縮・引張強度は、札幌軟石に比べると極めて低いことがわかる。このため、凍結時において大谷石、来待砂岩は水が氷へ相変化する際に生じる膨張力に耐えうるだけの強度を持っておらず、破壊に至ってしまったと考えられる。

実験②の結果より、大谷石、来待砂岩は札幌軟石に比べて微細な空隙の占める割合が多い。

実験③の結果より、大谷石、来待砂岩は札幌軟石に比べ吸水性に乏しいが、大谷石、来待砂岩に比較的多い微細な空隙に吸水量が規制されてしまうためではないかと考えられる。吸水性に乏しいということは、水が岩石内を移動しづらいことを意味するので、空隙内に満たされた水が氷へ相変化する際、水の移動を押さえて、空隙内部の圧力の上昇を助けている可能性がある。

実験④の結果において、3種類の岩石の鉱物組成で最も注目すべき点は、大谷石、来待砂岩に含まれるスメクタイトの存在である。スメクタイトは膨潤性粘土鉱物で、自重の何倍もの水分を吸水し保持する性質を持っている。このことと、凍上現象の関わりについては今後の課題である。