

高温下における岩石のせん断強度特性

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
愛媛大学大学院	学生員	松嶋信行
愛媛大学大学院	学生員	○篠原淳一

1. はじめに

近年我が国は、生活水準の向上により、エネルギー資源の消費量やゴミの排出量が増加している。そこで、ゴミ焼却時の廃熱を利用して水を熱水に換え、それを家庭への給湯システムや温水プール、養魚等、多目的に利用することが考えられる。しかし、一日の時間帯や季節の使用量の変動による影響を受けることなく、安定した供給を行うための一時的な貯蔵が必要となってくる。その一つの方法として、地山岩盤内に設けた空洞に熱水を貯蔵することが考えられる。この場合、空洞周辺岩盤には熱膨張による圧縮応力が発生することから¹⁾、空洞の安定性を検討するためには、高温下での岩石のせん断強度特性を明らかにする必要がある。

本研究では、花崗岩および凝灰岩について、プロトジャコノフ型の一面せん断試験機を用いて、高温下におけるせん断強度試験を行い、その特性について考察した。また、圧縮強度試験と引張強度試験の結果から推定したせん断強度の値と比較し考察した結果について述べる。

2. 実験に使用した試料

本実験に用いた試料は、空隙率の異なる2種類の岩石、花崗岩（愛媛県越智郡宮窪町大島産）および、凝灰岩（栃木県宇都宮市産）である。供試体は、 $\phi 3 \times 6$ cmに成形し、以下に示す2通りの方法で処理したものを用いた。

① 室内で7日間自然乾燥させ、さらにデシケータ内で7日間乾燥させた。

② ①の状態、花崗岩の場合は、蒸留水で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、凝灰岩の場合は、蒸留水で満たしたデシケータ内で真空ポンプにより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. 岩石のせん断強度特性

本実験では、プロトジャコノフ型の一面せん断試験機を用いて、高温下におけるせん断強度試験を行った。供試体をボックス内で加熱し、 15°C および 100°C の場合について行った。熱衝撃の影響を受けないように昇温速度は $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とした²⁾。せん断試験機概念図を図1に示す。ダイスの角度(α)を適当に選択することにより、様々な傾斜角に対する破壊時のせん断応力(τ)および垂直応力(σ)の値を求めることができる。ダイスの角度は、供試体がせん断応力方向に一面せん断破壊する範囲において実験を行った。

実験により得られた値を最小二乗法により近似した結果、最も相関の高かった2次の近似曲線とMohrの破壊包絡線³⁾とを比較したものを図2(a)~(f)に示す。図の σ_c は一軸圧縮強度、 σ_t は引張強度を表している。Mohrの破壊包絡線は、引張強度を頂点とし一軸圧縮強度の応力円に接する2次曲線であり、図中の実線で表し、実験結果より求めた2次の近似曲線は点線で示している。花崗岩は、いずれも、せん断試験から求めた近似曲線と破壊包絡線とは、ほぼ一致している。凝灰岩は室温下においては、いずれも、これら2つの曲線はよく一致していた。温度が 100°C の場合も同様な結果が得られた。

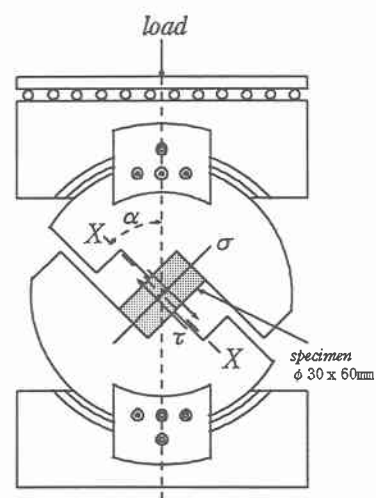


図1 せん断試験機概念図

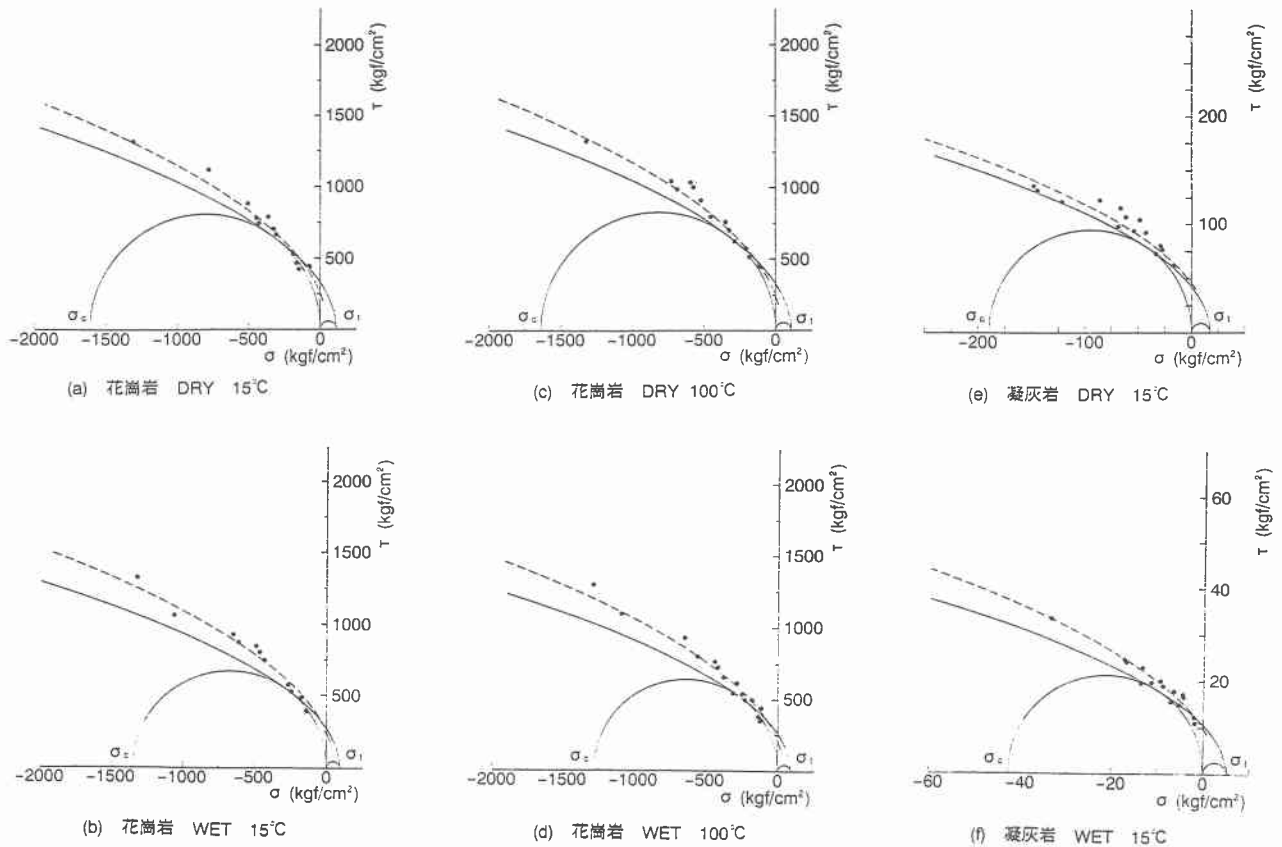


図2 Mohrの破壊包絡線と2次の近似曲線

(σ_c : 一軸圧縮強度, σ_t : 引張強度, — : Mohr の破壊包絡線, - - - : 2 次の近似曲線)

次に, Mohrの破壊包絡線より求めたせん断強度と, 2 次の近似曲線より求めたせん断強度の値を比較した結果を表1に示す。 S_1 は Mohrの破壊包絡線と τ 軸の交点から, S_2 は実験結果より求めた2次の近似曲線と τ 軸の交点から求めたせん断強度である。花崗岩においては, S_2 の方が小さな値を示しているが, どの条件においても S_1 と S_2 は同様な傾向を示していた。凝灰岩においては, S_1 と S_2 はほぼ一致していた。温度上昇による強度の低下は, 花崗岩においてはあまりみられなかったが, 凝灰岩においては顕著にみられた。

表1 高温下における岩石のせん断強度

(S_1 : 破壊包絡線から求めたせん断強度 [kgf/cm²]
 S_2 : 実験結果より求めたせん断強度 [kgf/cm²])

			15°C	100°C
花崗岩	Dry	S_1	327	326
		S_2	253	242
	Wet	S_1	273	260
		S_2	247	208
凝灰岩	Dry	S_1	42	28
		S_2	46	23
	Wet	S_1	11	10
		S_2	10	9

4. おわりに

花崗岩においては, 常温でのせん断試験から求めたせん断強度は Mohrの破壊包絡線より求めたせん断強度よりもわずかに小さな値を示しているが, 2つの曲線はほぼ一致しており, 凝灰岩においては, これら2つの曲線は, よく一致していることがわかった。さらに温度が100°Cの場合でも同様な結果が得られた。

また, 温度上昇によるせん断強度の低下は, 花崗岩においてはあまりみられなかったが, 凝灰岩においては顕著にみられた。

参考文献

- 1) 稲田善紀, 木下尚樹, 中崎英彦, 上田貴夫 : 土木学会論文集, 424/III-14, pp. 227~234, 1990.
- 2) 山口梅太郎, 宮崎道雄 : 日本鉱業会誌, 86, 986, pp. 347~348, 1970.
- 3) 稲田善紀 : 岩盤工学, pp. 85~87, 森北出版, 1997.