

Ⅲ-686

花崗岩の異方性に関する基礎的研究（常温）

(株)竹中工務店 正会員 高治 一彦 正会員 鈴木 吉夫
正会員 下河内隆文 正会員 岩本 宏

1. はじめに

地下岩盤内貯蔵施設や、放射性廃棄物処分施設などの地下空間利用に関連した研究の対象の多くは花崗岩類である。花崗岩には潜在クラックが存在し、そのクラックが配向性を有するため力学的に異方性を示すとされている^{1) 2)}。今回は、新しく導入した岩石試験機の測定精度について確認するとともに、基礎データとして花崗岩の異方性を考慮し、弾性波速度の測定、一軸圧縮試験、圧裂試験を行った結果について報告する。

2. 供試体および実験の概要

今回実験に用いた試料は茨城県産の一般に稲田花崗岩と呼ばれているものである。工藤ら¹⁾に従い、図-1のように各plane(割れやすい順からrift-plane, grain-plane, hardway-plane)に直交するR, G, H軸の3方向に5本ずつ計15本のコアを抜き、直径約50mm、長さ約100mmの円柱形に整形したものを用意した。これを常温、気乾状態で数日間保管した後、寸法、重量、パルス透過法による弾性波速度(縦波)を測定してから、一軸圧縮試験を行った。

一軸圧縮試験は、今回新しく導入した最大軸荷重4500kNのMTS社製油圧式サーボコントロール試験機を用いた。一軸圧縮試験時の軸ひずみの測定には供試体接触型ひずみ計(以下軸方向ひずみ計と記す)を用い、端部の影響を受けない供試体中央部で測定した。周ひずみの測定には、供試体円周方向に円周より約20mm短いチェーンを巻きつけ、チェーン端部間の変位を測定する変位計(以下周方向変位計と記す)を用い、得られた値をひずみに変換した。一軸圧縮試験の制御方法には、強度破壊点を過ぎた後の急激な破壊を避けるため、周方向の伸び一定制御($\dot{\epsilon}_r = 2.25 \times 10^{-6}/\text{sec}$ 相当)を用いた。

圧裂試験は同試験機を用い、直径約50mm、長さ約50mmの円柱形に整形したH軸、G軸方向の供試体について、R、G、H面を圧裂面として行った。載荷速度を0.1kN/secとし、試験本数はH面で2本、R、G面で3本とした。

3. 予備実験

力学試験を行うに当たって、軸方向・周方向のひずみの測定精度を調べるために、種々の測定法との比較によってその妥当性を検討した。軸方向の測定方法は、ひずみ計、ゲージ長5mmと10mmのひずみゲージ、ダイヤルゲージによる加圧板上下の変位量から求める方法、載荷ピストンの変位量から求める方法の5種類とし、周方向の測定は、変位計、ゲージ長5mmと10mmのひずみゲージの3種類とした。載荷速度一定制御(0.5kN/sec)により0MPa、26MPa、52MPaの間で載荷・除荷を行い、それぞれの段階で3分間保持させ、その間にひずみを測定した。軸方向の2回の測定結果を表-1に示す。これによると、ダイヤルゲージ、載荷ピストン変位による値は他の方法による値より大きく、軸方向ひずみ計での測定はひずみゲージによる値に近い値を示している。また、周方向も同様な結果であり、軸方向ひずみ計と周方向変位計での測定は通常用いられているひずみゲージと同等の計測が可能なが確認された。

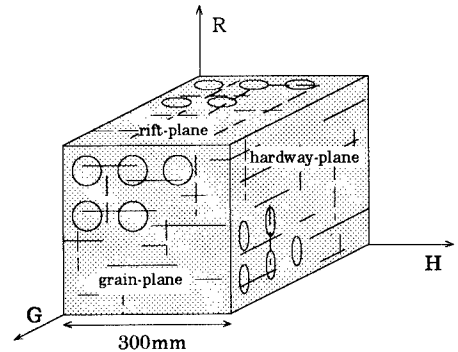


図-1 石目の模式図とコアサンプリング

表-1 測定方法によるひずみ測定値の違い

測定方法	軸方向 ひずみ計	10mm ゲージ	5mm ゲージ	ダイヤル ゲージ	ピストン 変位
26MPa (載荷)	-442	-489	-431	-846	-1729
	-449	-493	-432	-917	-1688
52MPa (載荷)	-814	-902	-789	-1345	-2893
	-818	-905	-786	-1427	-2839
26MPa (除荷)	-456	-509	-441	-917	-1798
	-461	-511	-443	9948	-1736
0MPa (除荷)	8	-3	0	0	105
	9	-6	-6	0	0

的には既往の研究³⁾に近い値であった。

次に力学特性に関する各実験結果を表-1に示す。履歴前の値は6本、履歴後の値はその内の3本の平均値で示している。ただし圧裂試験は1本ずつの結果である。重量の測定は、加温前後にひずみゲージを貼付した形で行ったが、150℃の温度履歴によりリード線の一部が溶けたため、単位体積重量の算定値に信頼性を欠いたので割愛した。

弾性波速度は履歴温度の上昇に伴い、履歴前に対し100℃履歴で7~9%、150℃履歴で17~20%減少している。これは、温度履歴による潜在クラックの拡大や、鉱物粒子間の線膨張係数の違いによる微小クラックの発生によるものと考えられる。

150℃履歴の一軸圧縮強度は100℃履歴に対してH軸で7%、G軸で12%、R軸で4%増加しているが、H軸とR軸で強度に差がなくなっている。破壊応力の20%時の割線弾性係数については、150℃履歴が100℃履歴に対して10%前後減少しているが、これについても150℃履歴で異方性の影響が小さくなっているようである。同様に破壊ひずみ、最小体積ひずみについても150℃履歴で若干異方性の影響が小さくなっている。

圧裂強度の結果は1本ずつの結果ではあるが、150℃履歴で強度が若干上がっており、また、履歴温度が高くなっても、R面で顕著に低い値を示している。

図-3、4は一軸圧縮試験による2水準温度履歴の各方向別供試体の応力ひずみ曲線の一例である。100℃履歴に対し、150℃履歴の体積ひずみ挙動で3方向の差が小さくなっている。

4. おわりに

異方性を考慮し、温度履歴を受けた花崗岩について各種の物性値を求めた。履歴温度が2水準と少ないが、温度履歴を受けることにより、各物性値及び異方性に影響を及ぼし、温度履歴が高いもの(150℃)の方が剛性は小さくなるが、強度は高くなり、3つの軸方向での異方性状が違ってくる結果となった。今後、異方性と温度をパラメータとした力学特性について、更に詳細な検討を加える予定である。

参考文献

- 1) たとえば佐野、工藤、水田、中川：花崗岩の力学的異方性と岩石組織欠陥の分布、土木学会論文集、第370号/Ⅲ-5、pp. 189-197、1986
- 2) 高治、鈴木、下河内、岩本：花崗岩の異方性に関する基礎的研究(常温)、土木学会第50回年次学術講演会、1995(投稿中)
- 3) たとえば木下、阿部：拘束圧下における花崗岩質岩石の熱膨張特性に関する研究、第19回岩盤力学シンポジウム講演論文集、pp. 241-245、1987

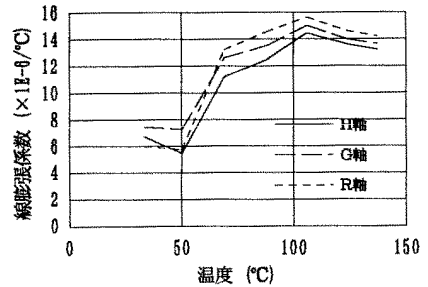


図-2 線膨張係数と温度の関係

表-1 温度履歴を受けた花崗岩の諸物性

		Hardway	Grain	Rift
単位体積重量 (g/cm^3)	履歴前	2.62	2.62	2.62
	100℃	2.62	2.62	2.62
	150℃	—	—	—
弾性波速度 (km/sec)	履歴前	4.76	4.75	4.41
	100℃	4.40	4.35	4.41
	150℃	4.05	4.06	3.65
一軸圧縮強度 (MPa)	100℃	189.0	194.6	194.7
	150℃	202.7	217.6	203.1
破壊ひずみ ($\mu mm/mm$)	100℃	2920	3080	3090
	150℃	3280	3390	3270
割線弾性係数 (MPa)	100℃	53389	56687	51261
	150℃	46833	51876	46144
最小体積ひずみ ($\mu mm/mm$)	100℃	1000	1150	1210
	150℃	1280	1220	1360
圧裂強度 (MPa)	100℃	9.2	8.3	6.1
	150℃	9.7	9.7	6.6

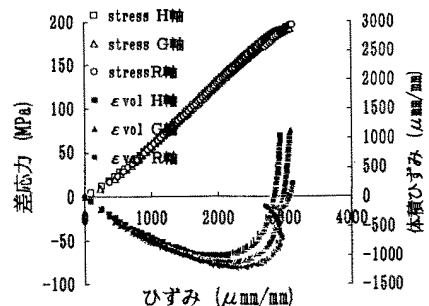


図-3 応力ひずみ線図 (100℃)

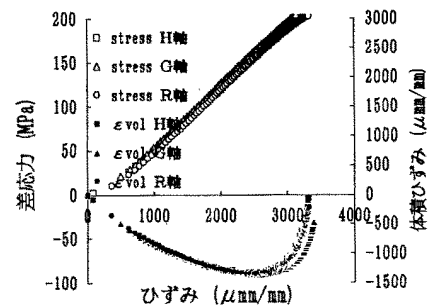


図-4 応力ひずみ線図 (150℃)