

III-203 応力による岩石の変形特性と弾性波伝播特性との関連性について・2(花崗岩)

関西大学工学部 正会員 谷口敬一郎
 関西大学工学部 正会員○楠見 晴重
 サンコ・コンサルタント(株) 正会員 森本 耕司

1. まえがき

応力下における岩石の弾性波伝播速度は、岩石の破壊強度以下の応力状態下においては、応力解放時に比べて速くなることを、先の研究¹⁾で明らかにしたが、その変化状態は岩石の種類ならびに変形特性によって大いに異なるものと思われる。

本研究は、岩石の分類上は同じ花崗岩と呼ばれるものの、それぞれの地質的履歴を異にする花崗岩について、三軸圧縮状態下における弾性波伝播速度を測定し、それぞれの岩石の変形特性と弾性波伝播特性との関連性について検討を行ったものである。

2. 実験装置ならびに方法

実験は、最大荷重100tf、側圧能力500kgf/cm²の高圧三軸試験装置を用いた。この装置の上下加圧盤内には固有振動数300kHzの圧電子を埋め込み、加圧方向と同一方向の供試体のP波伝播速度を測定した。実験方法は、所定の側圧で等方圧縮させた後、軸圧を徐々に負荷させながら、供試体のP波伝播時間を適当な間隔で測定した。また供試体2箇所貼り付けたひずみゲージにより縦ひずみ ϵ_L 、横ひずみ ϵ_T をも測定した。載荷方式はひずみ制御とし、ひずみ速度は0.05%/minとした。

実験に用いた岩石は、京都府亀岡産六甲花崗岩および、富山県黒部川産の黒部花崗岩である。六甲花崗岩は風化部、節理はみられず、新鮮な状態である。黒部花崗岩は所々に弱いミロナイト化と思われる流紋組織が存在している。これらの岩石の諸物性は表-1に示す通りである。

表-1 岩石の諸物性

	P波速度 (km/sec)	S波速度 (km/sec)	ポアソン比	弾性係数 $\times 10^6$ (kgf/cm ²)	圧縮率 (%/cm ³)	比重	吸水率 (%)	吸水率 (%)
六甲花崗岩	5.32	2.86	0.30	5.80	3.68	2.80	0.53	1.45
黒部花崗岩	4.00	2.44	0.30	3.44	2.40	2.64	0.22	0.84

3. 各岩石の変形特性

図-1, 2は六甲花崗岩($\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)、黒部花崗岩($\sigma_3=20\text{kgf/cm}^2$)の応力-ひずみ曲線である。ここで体積ひずみ ϵ_v は、 $\epsilon_v=\epsilon_L+2\epsilon_T$ として算出した。Beniawski²⁾は岩石の三軸圧縮過程での変形状態は、領域(1):潜在する微小クラック、間隙が閉塞する。領域(2):弾性的変形。領域(3):Griffith理論に基づく安定クラックの発生による内部破壊の進展。領域(4):不安定クラックの発達。の4つの領域に区分することができるとしている。

図-3, 4は各岩石における領域(1)~(4)の接線弾性係数E、接線体積弾性係数Kおよびポアソン比 ν の($\sigma_1-\sigma_3$)に対する変化を示したものである。これらの図より、低い応力領域において六甲花崗岩では、Eおよび ν は($\sigma_1-\sigma_3$)に対して増加していることから、領域(2)の存在が認められない。これらの相違に関しては、各岩石の組成構造に起因すると考えられる。すなわち、黒部

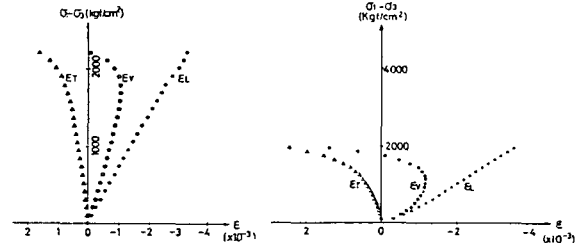


図-1 応力-ひずみ曲線
(六甲花崗岩: $\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)

図-2 応力-ひずみ曲線
(黒部花崗岩: $\sigma_3=20\text{kgf/cm}^2$)

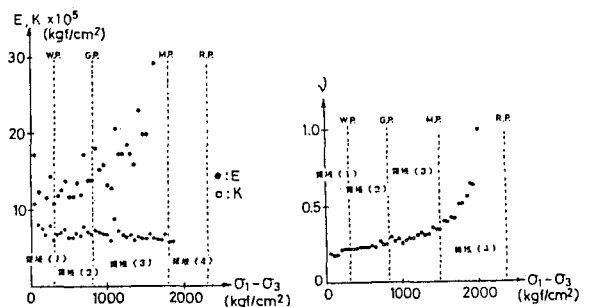


図-3 応力下における各力学定数の変化
(六甲花崗岩: $\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)

花崗岩には、所々にミロナイト化がみられることから、過去に過大な応力履歴を受け、そのため微小クラックが発達し、そのクラック内には、自生もしくは他生による二次鉱物が充填されていたものと考えられる。このことは付近の地質条件や、通常の花崗岩に比べて有効間隙率が小さいことから類推することができる。したがって六甲花崗岩は粒状体の集合体、黒部花崗岩は粒状体間の間隙が充填された密な岩質と区別することができる。

4. 各岩石の弾性波伝播特性

図-5、6は六甲花崗岩($\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)と黒部花崗岩($\sigma_3=20\text{kgf/cm}^2$)における($\sigma_1-\sigma_3$)とP波伝播速度 V_p との関係を示したものである。それぞれの岩石とも、低い応力領域において、軸差応力が増すとP波速度は増加している。しかしその増加割合は黒部花崗岩の方が高くなっている。また六甲花崗岩では領域(3)でP波速度は、ほぼ一定値となっているが、黒部花崗岩では領域(3)でもP波速度は徐々に増加し、領域(4)でほぼ一定値となっている。

図-7、8は図-5、6の同一条件下における各岩石の ε_v と V_p との関係を示したものである。この両図より、 ε_v に対する V_p の増加傾向は著しく異なり、黒部花崗岩においては、 ε_v と V_p とは領域(3)までほぼ一次的な増加傾向を示していることが認められた。

図-10、11は σ_3 をパラメータとしたときの ε_v と V_p との関係を示したものである。これらの図より σ_3 の値に関係なく、各岩石は図-7、8とほぼ同じ傾向を示していることが認められた。

これらの原因については、前述した岩石の組成構造ならびに変形特性の相違によるものと思われる。すなわち、応力下における六甲花

崗岩のP波速度の変化は、領域(1)における微小クラックの閉塞による伝播経路の変化が主要因と考えられるが、黒部花崗岩では、微小クラックの閉塞による伝播経路の変化ならびに微小クラック間に充填されている二次鉱物の圧縮性が、P波速度の変化に著しい影響を及ぼしているものと推定される。

(参考文献)

1)谷口、楠見、森本:61年度物探春季 2)Hoek, E. and Bieniawski, Z.T.: Intern. Jour. Fract. Mech. Vol. 1.

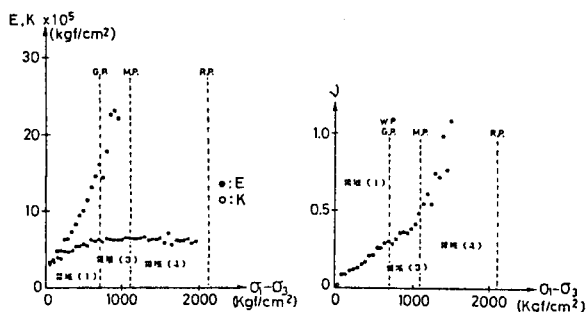


図-4 応力下における各力学定数の変化
(黒部花崗岩: $\sigma_3=20\text{kgf/cm}^2$)

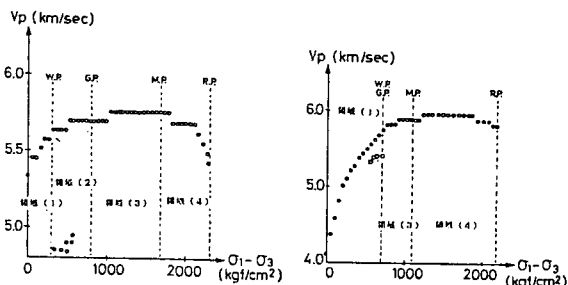


図-5 ($\sigma_1-\sigma_3$)と V_p との関係
(六甲花崗岩: $\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)

図-6 ($\sigma_1-\sigma_3$)と V_p との関係
(黒部花崗岩: $\sigma_3=20\text{kgf/cm}^2$)

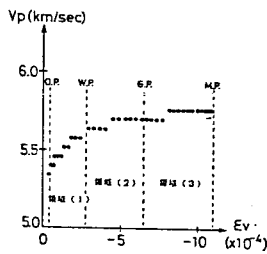


図-7 ε_v と V_p との関係
(六甲花崗岩: $\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)

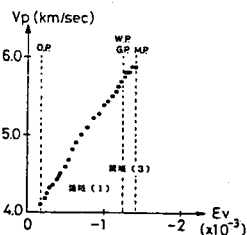


図-8 ε_v と V_p との関係
(黒部花崗岩: $\sigma_3=20\text{kgf/cm}^2$)

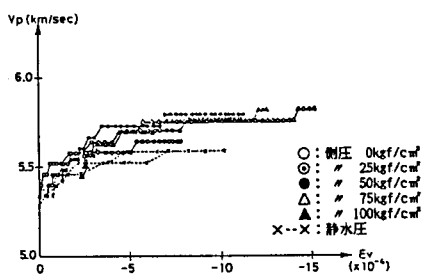


図-9 ε_v と V_p との関係
(六甲花崗岩)

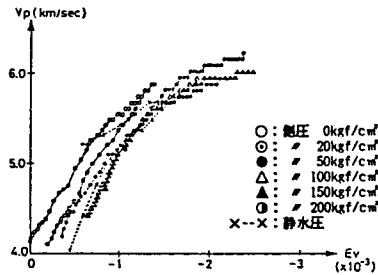


図-10 ε_v と V_p との関係
(黒部花崗岩)