

III-178 応力下における結晶片岩の弾性波伝播特性について

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
 関西大学大学院 学生員 松井誉志成
 関西大学大学院 学生員 寺岡 克己

1. まえがき

一般に結晶片岩等の縞状組織をなす岩石は層理、片理方向によって力学的性質が大きく異なることがよく知られている。とくに伝播方向の違いによる弾性波速度の異方性に関しては、種々の研究がなされている。これらの研究はいずれも大気圧下での実験例であり、三軸応力下での弾性波速度異方性について論じた研究は極めて少ない。本研究は緑色片岩を対象として高压三軸試験機を用い、三軸応力下における弾性波伝播速度の異方性ならびに弾性波伝播挙動に及ぼす拘束圧の影響について検討を行ったものである。

2. 実験方法

実験装置は、最大軸荷重100tf,最大側圧能力500kgf/cm²の高压三軸試験機を用いた。軸方向のP波速度を測定するために、試験装置の上下加圧盤内に、固有振動数300kHz、直径15mmのチタン酸バリウム磁気圧電子を埋め込んだ。

実験方法は、高さ10cm、直径5cmに整形した円柱供試体を高压セル内に設置し、所定の拘束圧で等方圧縮させた後、供試体が破壊するまで軸圧を徐々に負荷させた。その間、加圧方向のP波速度を適当な間隔で測定した。このときの載荷方式はひずみ制御とし、ひずみ速度は0.05%/minである。供試体のひずみ測定は縦ひずみのみとしセル外のカンチレバー式変位計によって測定した。なおこの実験は0、25、50、75、100kgf/cm²の拘束圧下において実施した。

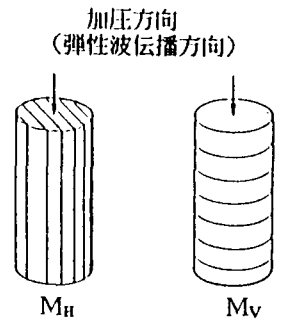


図-1 供試体の片理方向

表-1 緑色片岩の諸物性

	P波速度 (km/sec)	S波速度 (km/sec)	動ポア ソン比	密度 (g/cm ³)	比 重	吸水率 (%)	有効間隙率 (%)
M _V	4.136	2.137	0.32	2.95	3.04	0.39	1.19
M _H	5.414	2.867	0.31				

3. 緑色片岩の応力-ひずみ特性

図-2は、拘束圧 $\sigma_3 = 50\text{kgf/cm}^2$ 下における緑色片岩M_V, M_Hの軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$) - 縦ひずみ ϵ_L 曲線を示したものである。この図よりM_H供試体の応力-ひずみ関係は、ほぼ直線的であるが、M_V供試体では載荷初期においてひずみ量の増加は著しく、下に凸の形状を呈し $\sigma_1 - \sigma_3$ (kgf/cm²) ($\sigma_3 = 50\text{kgf/cm}^2$) ている。すなわちM_V供試体では載荷初期において潜在する不連続面の閉塞が生じているものと考えられる。

4. 各供試体の弾性波伝播特性

図-3は $\sigma_3 = 0, 50, 100\text{kgf/cm}^2$ 下におけるM_V, M_H供試体の軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)とP波速度 V_P との関係を示したものである。この図より、M_V供試体は初期の応力状態下においてどの拘束圧下においてもP波速度は著しい増加を示し、応力が増すにしたがってその増加割合は減少してゆき、($\sigma_1 - \sigma_3$)が約900kgf/cm²前後において、P波速度はほぼ一定の値となっている。これに対して、M_H

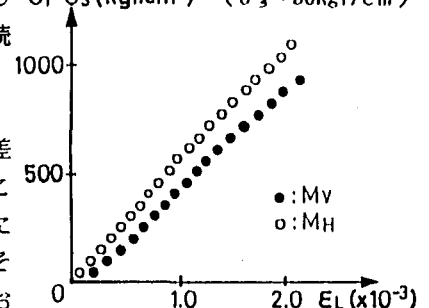


図-2 応力-ひずみ関係

供試体は M_V 供試体と比べて、P波速度の増加傾向はかなり低くなっている。これは M_H 供試体は M_V 供試体と比べて弾性波伝播経路の連続性が高いことに起因しているものと考えられる。またどの応力下においても、P波速度は M_V 供試体よりも M_H 供試体のほうが高い値を示しており、片理が発達した岩石は三軸応力下においても弾性波速度の異方性は見られることが認められた。

図-4、5は拘束圧をパラメータとして軸差応力に対するP波速度の増加割合を示したものである。ここで V_{P0} は大気圧下におけるP波速度である。これらの図からも M_V 供試体と M_H 供試体とではP波速度の増加はかなり異なることが認められ、P波速度の最大値を V_{Pmax} とすると V_{Pmax}/V_{P0} の値は M_H 供試体では約1.10~1.14と、応力に対するP波速度は10%前後の増加であるのに対し、 M_V 供試体では約1.37~1.47

と約40%程度の増加を示して 図-4 $V_P/V_{P0} - (\sigma_1 - \sigma_3)$ 曲線 図-5 $V_P/V_{P0} - (\sigma_1 - \sigma_3)$ 曲線 いる。このことより、P波速度の増加率は弾性波伝播経路が片理に対して平行と垂直とでは、約4倍程度異なることが判明した。

5. 弾性波速度の異方性に及ぼす拘束圧の影響

上述したことより、弾性波速度の異方性は三軸応力下においても存在することを示したが、図-3からも明らかなように $(\sigma_1 - \sigma_3)$ が高くなるにしたがって M_V と M_H 供試体のP波速度の差が小さくなっていくことから、応力が増加するにつれてその異方性の程度は低くなるものと考えられる。この傾向を具体的に表したものが図-6である。図中において V_{PH} 、 V_{PV} は M_H 、 M_V 供試体の応力下における弾性波速度である。ここで $(V_{PH}/V_{PV} - 1) = Da$ を応力下における弾性波速度の異方性の度合を表す指標とすると、図-6より各拘束圧下において、 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ が大きくなるにしたがって Da は減少しており、とくに低い応力状態下において、 Da の減少は著しい傾向が見られる。これより、三軸応力下において弾性波速度の異方性は存在するが、応力の増加に伴ってその程度は低くなり、とくに $\sigma_3 = 0$ では高い応力下において弾性波速度の異方性がみられない。図-7は、拘束圧と Da の最小値との関係を示したものである。これより、拘束圧が大きいほど $(Da)_{min}$ は大きくなっていることより、弾性波速度の異方性は低い拘束圧下において、その度合は小さくなるものと考えられる。

参考文献

- 1) 下谷、山口、下村：日本鉱業会誌 Vol.89, No.1026, 1973.
- 2) 槽谷：応用地質 Vol.28, No.3, 1979.

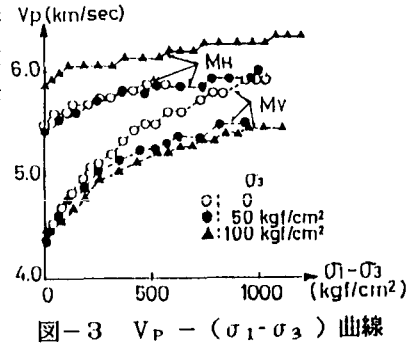


図-3 $V_P - (\sigma_1 - \sigma_3)$ 曲線

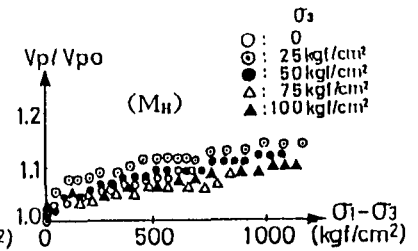


図-4 $V_P/V_{P0} - (\sigma_1 - \sigma_3)$ 曲線

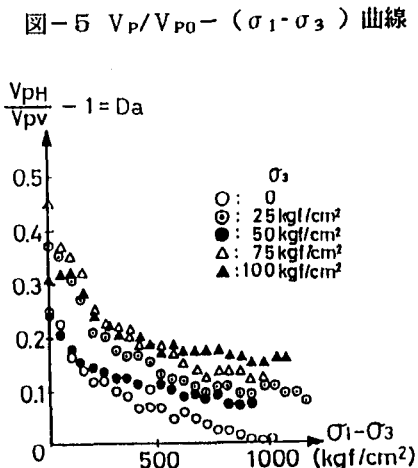


図-5 $V_P/V_{P0} - (\sigma_1 - \sigma_3)$ 曲線

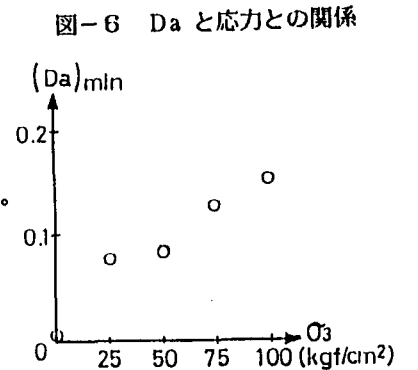


図-6 Da と応力との関係

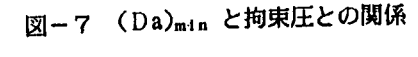


図-7 $(Da)_{min}$ と拘束圧との関係