

応力下における岩石供試体の弾性波速度について

関西大学工学部 正 員 谷口 敬一郎
 関西大学工学部 正 員 楠見 晴重
 関西大学大学院 学生員 ○森本 耕司

1. 諸言

岩石試験の一方法として、超音波による弾性波速度の測定が広く用いられている。一般に供試体の弾性波速度の測定は応力解放下の状態で行われているが、しかし実際の岩盤中の岩石は地圧その他の応力下に拘束された状態にある。

本研究では、鋼鉄製容器および硫黄によって供試体側面を拘束し、軸方向の载荷によって生じる側圧を作用させることにより、簡易的な三軸圧縮状態を作り、この場合の弾性波速度を測定して、従来の方法による結果と比較検討を行った。

2. 実験装置および実験方法

実験にはモルタル、砂岩、花崗岩の供試体を用いた。各供試体の力学特性は表-1に示す通りである。供試体寸法は直径50mm、高さ100mmの円柱供試体とした。実験装置は図-1に示すように加圧方向と弾性波の伝播方向を同一とし、

表-1 供試体の力学特性

	モルタル	砂 岩	花崗岩
一軸圧縮強度 (kg/cm^2)	466	1500	1163
ポアソン比	0.20	0.10	0.20
弾性係数 $\times 10^3$ (kg/cm^2)	2.00	2.90	5.77
断性係 $\times 10^5$ (kg/cm^2)	0.83	1.32	2.41
密度 (g/cm^3)	2.11	2.41	2.67

発振子、受振子はP、S波とも固有振数50kHzのチタン酸バリウム圧電子を用い、中空にした鋼鉄製加圧容器内に納めて保護した。加圧方法は、一軸圧縮状態と、内径50mm肉厚10mmの鋼鉄製円筒容器に供試体を納め、供試体と容器の間に熱して溶かした硫黄を流し込み、固結によって供試体を拘束し軸圧を加えることにより簡易的な三軸圧縮状態とする側面拘束圧縮状態の二種類とした。加圧時には、弾性波速度測定と共に供試体側面にはり付けたひずみゲージより、縦および横ひずみを測定した。载荷重は上限を10tonとした。

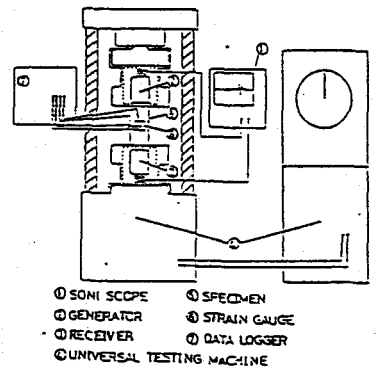


図-1 実験装置

3. 実験結果および考察

図-2は、モルタル供試体の一軸圧縮状態、側面拘束圧縮状態の応力ひずみ曲線である。これより、側面拘束状態では、縦、横、体積ひずみとも一軸状態と比較して、小さくなる傾向を示す。また、砂岩、花崗岩についても同様の結果が得られ、このことから側面拘束圧縮状態が軸対称三軸圧縮状態となることが確かめられた。

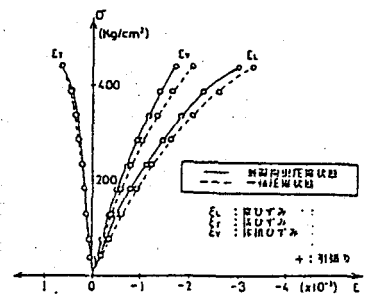


図-2 応力-ひずみ曲線 (モルタル供試体)

図-3、4は、供試体を軸方向に载荷した時の弾性波速

Keiichiro TANIGUCHI, Harushige KUSUMI, Koji MORIMOTO

度の変化を初期状態（载荷重0）の伝播速度 V_{po} , V_{so} との比で示している。各供試体の初期状態の伝播速度は表-2に示す通りで、密度、静弾性係数が大きくなるにつれて弾性波速度は速くなっている。P波速度について図-3より、一軸圧縮状態においては各供試体とも応力が増すに従って V_p/V_{po} は増加しているが、その増加割合は徐々に減少し、ある応力に達するとほぼ一定の値に落ち着く。側面拘束圧縮状態においても同様な V_p/V_{po} の増加傾向を示すが、 V_p/V_{po} が一定する値は一軸圧縮状態の場合より大きい。一軸圧縮状態において V_p/V_{po} の一定となる値はモルタル、砂岩、花崗岩の順に大きくなるが、側面拘束圧縮状態においては、その値は砂岩、花崗岩、モルタルの順に大きくなり、モルタルの応力状態の異なることによるP波速度の変化が顕著である。一軸圧縮状態での V_p/V_{po} の一定値と側面拘束圧縮状態での V_p/V_{po} の一定値との比はモルタル1.31、花崗岩1.17、砂岩1.09となり、モルタルが最も大きい値を示す。これは、応力状態が異なることでP波速度の変化する割合が大きいほど、表-1に示すように一軸圧縮強度が低くなることに一致している。図-4より、それぞれの圧縮状態におけるS波速度はP波同様の V_s/V_{so} の増加傾向を示しているが、P波におけるようなモルタルの側面拘束状態での V_s/V_{so} の顕著な増加は見られなかった。

測定された弾性波速度（P、S波）より、それぞれの圧縮状態で一定となる伝播速度をもとに、モルタル、砂岩供試体の動ポアソン比 ν_d 、動弾性係数 E_d を求めた値を表-3、4に示す。 ν_d はモルタルにおいて、初期状態、一軸圧縮状態、側面拘束圧縮状態と応力状態が異なるとそれぞれの状態で増加するが、砂岩においてはあまり変化しない。 E_d は、モルタル、砂岩とも応力状態がそれぞれ変わるとともに増加している。

4. 結言

本研究は、応力下における弾性波伝播速度の特性について、主として、実験的に検討を行った。弾性波速度の応力载荷による増加は、供試体内部の微小亀裂の閉口、構成組織内の伝播経路の変化等が考えられ、三軸圧縮状態においては、これらの諸因が助長されるものと考えられるが、この原因については、今後さらに検討する必要がある。

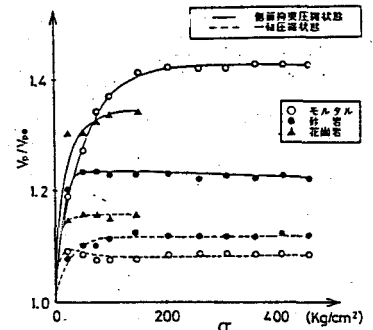


図-3 V_p/V_{po} -応力曲線

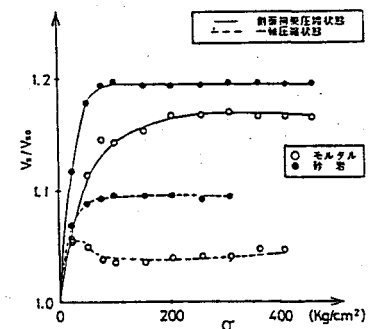


図-4 V_s/V_{so} -応力曲線

表-2 初期弾性波速度

初期弾性波速度(km/sec)	モルタル	砂岩	花崗岩
P波速度 (V_{po})	3.84	4.36	5.52
S波速度 (V_{so})	2.16	2.31	2.93

表-3 ν_d 値の変化

	初期状態	一軸圧縮状態	側面拘束圧縮状態
モルタル	0.26	0.29	0.36
砂岩	0.31	0.32	0.33

表-4 E_d 値の変化 ($\times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$)

	初期状態	一軸圧縮状態	側面拘束圧縮状態
モルタル	2.4	2.7	3.5
砂岩	3.5	4.5	5.5