

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 柳見晴重

1. まえがき

通常、岩石供試体の弾性波伝播速度の測定は、超音波振動子を供試体両端面に接触させることによって測定されている。しかし、この方法では、供試体周囲は応力が解放された状態であるために、測定された弾性波伝播速度は、実際の岩盤中での速度とは異なり、真の弾性波伝播速度と正しく評価していないものと考えられる。

本研究では、応力下にある岩石の弾性波伝播速度（主としてP波）を測定するために、独自に考案した実験装置によって応力と弾性波速度について検討を行った。供試体に応力を載荷させる方法としては、軸方向のみ作用させる一軸圧縮状態と供試体側面を簡易的に拘束して軸圧を作用させる三軸圧縮状態の2種類とし、それぞれについて同一試料の弾性波伝播速度の測定を行い、比較検討したのでここに報告する。

2. 実験装置および方法

実験に用いた供試体は、物理特性のばらつきを少なくするために、モルタルによって作製した。作製時のセメント・水・砂の重量比は、3:5:10として、養生日数7, 14, 28日の3種類とし、それぞれ乾燥状態、湿潤状態で試験を行った。各供試体の一軸圧縮強度は、7日、約125 kg/cm²、14日、約140 kg/cm²、28日、約220 kg/cm²であり、供試体寸法は、直径30 mm、高さ60 mmの円柱供試体とした。

実験は、供試体に作用させる軸方向圧力と弾性波伝播速度との関係を探るために、伝播方向と加圧方向は図-1に示すように同一とした。発振子、受振子は共振周波数20 KHz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板内に納めて保護した。この場合、加圧板の穴は加圧面に対して十分小さいのでほとんど影響はない。加圧時には供試体側面2ヶ所において、それぞれ縦、横方向のヒズミを同時に測定した。加圧方法は、一軸圧縮状態と図-1に示すように内径40 mm、肉厚10 mm、高さ60 mmの鋼鉄製容器の中に供試体を入れて、容器と供試体との間に約60℃程度に熱したイオウを流し込んで固まらせることによって供試体側面を拘束して軸圧を加える簡易的な三軸圧縮状態との2種類とした。なお、加圧試験機の荷重速度は3 kg/sec、最大載荷重30 tである。

3. 応力とヒズミの関係

イオウによって供試体側面を拘束した簡易的な三軸圧縮試験の場合、実際に側面に拘束力が働いているかどうか、確かめる必要がある。図-2, 3は、乾燥状態における7日、28日供試体の一軸、三軸圧縮状態の応力-ヒズミ曲線を示している。なお、各図中の軸方向のヒズミは圧縮側、横方向のヒズミは引張り側である。これらの図より、イオウで供試体側面を拘束した方が、同じ応力に対して軸および横方向とも、供試体のヒズミ

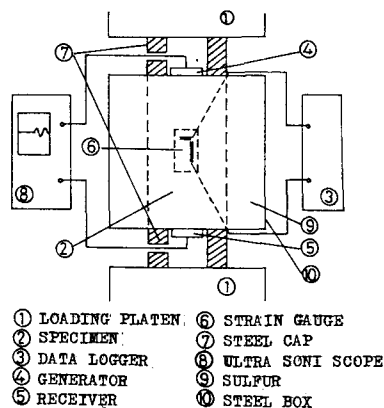


図-1 実験装置

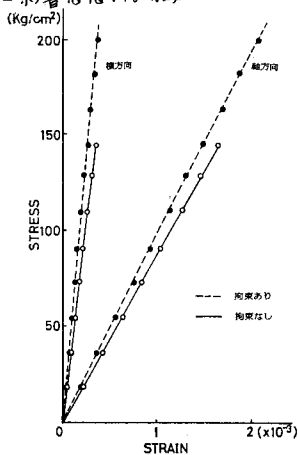


図-2 応力-ヒズミ曲線
(7日供試体 乾燥)

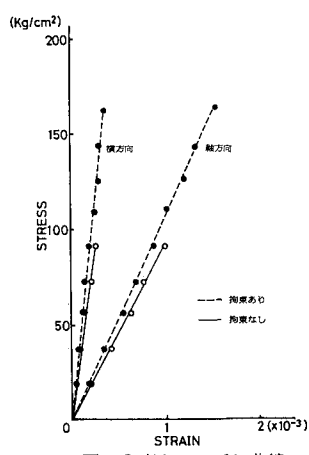


図-3 応力-ヒズミ曲線
(28日供試体 乾燥)

は小さくなっており、供試体側面には拘束圧が働いていると考えられる。また、破壊強度は、応力-ヒズミ曲線から予測すると、イオウで拘束した方が高くなると思われる。以上の実験結果は他の供試体もしくは、湿潤状態についても同様の結果が得られており、それらの応力-ヒズミ曲線から求めた力学的定数を表-1, 2に示す。これらの結果から、明らかなようにイオウによって側面を拘束した場合、軸対称三軸圧縮状態とほぼ類似した試験結果が得られている。通常の三軸圧縮試験と比べて、本実験は拘束圧を任意に変化させることはできないが、応力-ヒズミ特性は、ほぼ同様の傾向を呈しており、実際の三軸試験とあまり大きな差はないように考えられる。

4. 応力と弾性波速度

各供試体において、一軸圧縮状態、三軸圧縮状態での弾性波伝播速度の変化を示したのが図-4.5.6である。各供試体とも乾燥状態および湿潤状態について測定した。これらの図より、応力と載荷させない状態のとき、弾性波伝播速度は、養生日数が長い供試体ほど速くなっており、

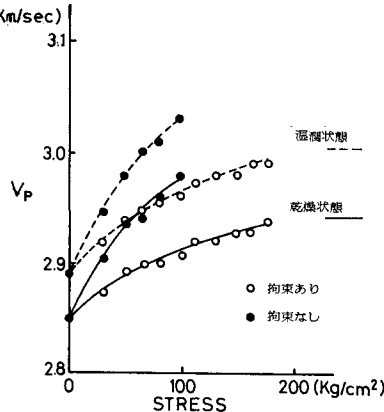


図-4 弾性波速度と応力の関係 (7日)

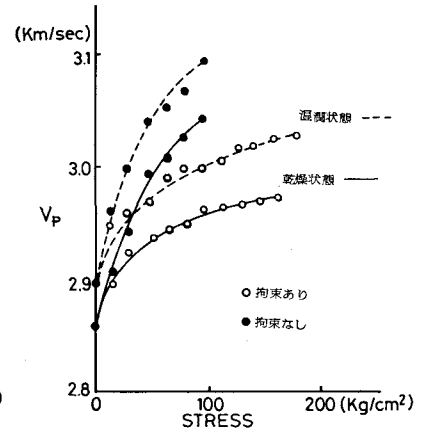


図-5 弾性波速度と応力の関係 (14日)

また、乾燥状態よりも湿潤状態の方が伝播速度は速くなっている。応力と載荷させた場合、各供試体とも応力の増加に伴って、弾性波伝播速度(V_p)は増している。このとき、乾燥および湿潤状態ともに三軸圧縮状態よりも一軸圧縮状態の方が弾性波伝播速度の増加は著しい。この原因としては、一軸圧縮では三軸圧縮と比べて、同じ応力下では軸方向のヒズミは大きいことは図-2,3で示したが、このことより、供試体の空隙の閉塞は一軸圧縮状態の方が大きいと思われる、弾性波伝播速度の増加率は高いものと考えられる。また、一軸および三軸圧縮状態において、各供試体とも低い応力レベルにおいて、弾性波伝播速度の増加率は大きく、応力の増加とともにその変化率は小さくなり、三軸圧縮状態ではほぼ一定の値に近づくものと思われるが、一軸圧縮状態では必ずしも一定の値とはならず、供試体は破壊するものと思われる。

5. まとめ

以上の実験結果より、応力下の弾性波伝播速度は応力の載荷方法が異なれば、その伝播特性も異なることが明らかとなった。今後は、この原因についてさらに深く追求するとともに、S波についても同様に測定できる装置を考案する必要があると思われる。

参考文献

1) 斎藤・蓮香・安井: 径方向変形制御による岩石の三軸圧縮試験, 第15回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, PP.36

表-1 諸弾性係数 (乾燥状態)

	拘束あり			拘束なし		
	ポアソン比	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	せん断弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	ポアソン比	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	せん断弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)
7日供試体	0.24	11	4.4	0.26	9.2	3.6
14日供試体	0.31	8.7	3.3	0.36	6.7	2.5
28日供試体	0.18	9.7	4.1	0.21	8.6	3.6

表-2 諸弾性係数 (湿潤状態)

	拘束あり			拘束なし		
	ポアソン比	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	せん断弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	ポアソン比	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	せん断弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)
7日供試体	0.22	11	4.5	0.21	9.1	3.8
14日供試体	0.34	8.4	3.1	0.37	6.8	2.5
28日供試体	0.26	9.6	3.8	0.34	8.7	3.2