

Ⅲ-A334 岩石の弾性波伝播速度の応力依存性

京都大学大学院 フェロー 小林昭一 京都大学大学院 正員 山口隆司
 関電総合技術研究所 正員 吉川 太 (株)竹中土木 正員 中尾成孝

1. はじめに

岩石の応力-ひずみ関係は、一般に非線形であり、応力サイクルに対してヒステレシスを描くことはよく知られている。一方、弾性波の伝播速度は(弾性係数/密度)の平方根に比例する。これより、岩石中を伝播する弾性波の伝播速度が応力の関数として変化することが予想される。また、応力サイクルに伴うヒステレシスの存在は、過去に供試体が受けた最大応力(履歴最大応力)点で弾性波の伝播速度に変化が生じることを示唆している。このような特性を利用すれば、弾性波の伝播速度の変化を計測することによって履歴最大応力を推定することが可能であり、ひいてはボーリングコアを用いて、地山初期応力を推定することも可能であろう。この報文では、特に弾性波の伝播速度について行った基礎的な実験結果を報告する。

2. 実験

2.1. 実験システム

この実験の鍵は、弾性波の伝播速度を正確に測定することである。その目的には、シングア라운드周期測定法が適している。実験システムのブロック図を図-1に示す。測定原理は、シングア라운드装置で発生させた電圧パルスを用いて発信振動子を駆動して供試体内に弾性波を入射し、反対側で受信振動子で受信し、電圧に変換して検出し、その間に要した伝播時間を計測することである。シングア라운드装置は、受信信号を一定振幅に増幅すると共に、それを変換した電圧パルスが、遅延回路を通して再び送信回路をトリガーして、送信振動子を駆動する電圧パルスを発生するようになっており、その時間計測は、送信→供試体内の弾性波の伝播→受信→遅延→送信のループを繰り返す系(シングア라운드)の周期を測定するようになっている。用いたシングア라운드装置(電波工業(株)製、UVM-2)は、1万回の計測により0.1nsの精度で周期を計測できるようになっている。実験では、オシロスコープを用いて波形をモニターし、ゲート幅やトリガー位置を決定した。载荷には万能試験機を、ひずみ測定にはデータロガーを用い、 GPIB を介してデータをパソコンに収録した。

2.2. 供試体と測定法

供試体は、輝石安山岩(箱根火山古期外輪山溶岩、一軸圧縮強度:214Mpa)、花崗岩(稲田、大島)、および砂岩(白浜;一軸圧縮強度:53Mpa、和泉)から切り出した円柱(寸法:φ 50x100mm)である。この円柱供試体の中央高さの直径両端面に送受信振動子として、圧電素子(PZT-7、直径:10mm)をエポキシ系の接着剤で接着した。安山岩と花崗岩、および砂岩には、固有振動がそれぞれ1MHzおよび0.5MHzの圧電素子を使用した。また、軸ひずみおよび直径方向のひずみを測定するために、供試体の中央

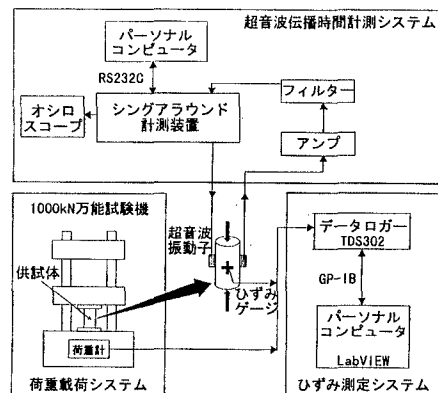


図-1 実験システム

キーワード: 弾性波, 伝播速度, シングア라운드周期測定, 応力測定, 地山初期応力

連絡先: 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科環境地球工学専攻 Tel:075-753-5114 Fax:075-761-0646

高さにクロスひずみゲージを接着した。

測定には、先ず無載荷状態でのシングア라운드周期とひずみを計測し、次いで圧縮荷重を漸増および漸減しつつ、荷重、ひずみおよびシングア라운드周期計測を行った。

3. 試験結果と考察

3.1. 伝播速度

弾性波の伝播速度は、伝播距離を伝播時間で割って求められる。伝播時間は、シングア라운드周期から測定系固有の遅延時間を引いて求められる。ここでは載荷方向と垂直な方向（円柱直径方向）に伝播する弾性波の伝播速度を測定した。この際、伝播距離は載荷に伴って変化することに注意されたい。

3.2. 計測結果と考察

応力の変化に伴う縦波の伝播速度の変化の例を図-2に、また、横波の伝播速度の変化の例を図-3に示す。

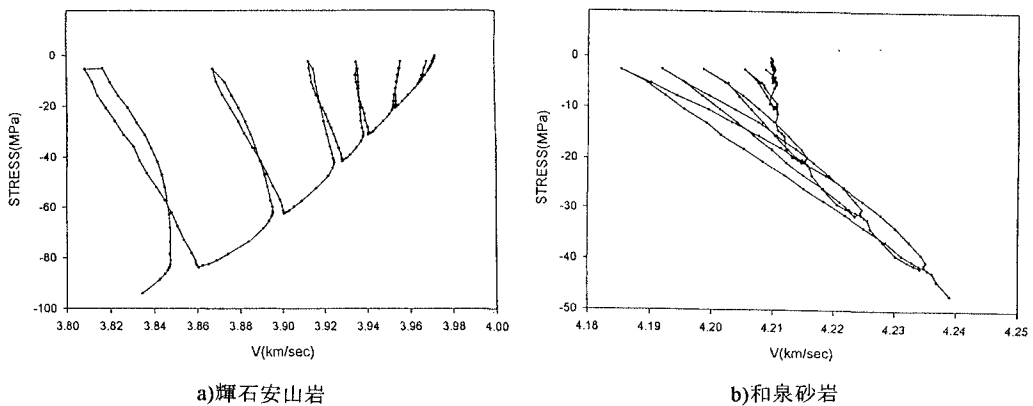


図-2 応力-伝播速度（縦波）

図-2から次のことが分かる。1)履歴最大荷重より低い荷重では、負荷-除荷では、安山岩と砂岩共に、応力-縦波の伝播速度の関係はほぼ直線的である。2)安山岩と砂岩共に、応力-縦波の伝播速度の処女曲線は非線形である。3)安山岩と砂岩いずれも、履歴最大応力点では、応力-縦波伝播速度曲線の勾配が急変する。また、図-3から、応力-横波の伝播速度の関係についても、縦波の場合とほぼ同様のことが言える。なお、横波の場合の方が少し明瞭な変化が見られるようである。

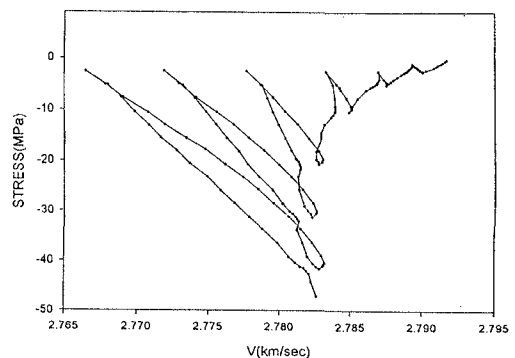


図-3 応力-伝播速度（横波），和泉砂岩

4. おわりに

上の結果、特に3)の事実から、漸増荷重のもとで供試体内の弾性波の伝播速度の変化を計測することにより、履歴最大応力を推定することができる。この事実を利用すれば、ボーリング・コアから整形した供試体を用いて、地山の初期応力状態を推定することが可能であろう。なお、その実用化に際しては、多軸応力、減退記憶、異方性などの影響について、さらに詳細な検討が必要であろう。