

株式会社竹中土木 正 員○中尾 成孝
京都大学大学院 正 員 山口 隆司

京都大学大学院 フェロー 小林 昭一
関電総合技術研究所 正 員 吉川 太

1. はじめに

多くの工業用金属材料の応力—ひずみ関係は、微小変形の範囲では線形とみなされているが、岩石やコンクリートのような岩質材料では非線形性が卓越することが一般的に知られている。この非線形性は、応力状態によって弾性係数が変化することを意味する。弾性波の伝播速度はほぼ（弾性係数／密度）の平方根に比例することがわかっており、岩石などの材料中を伝播する弾性波の伝播速度は応力の関数として変化することが予想される。この現象は音弾性効果と呼ばれる。したがってこの効果を利用することで、ある材料や構造要素内に存在する応力を推定することが可能であると思われる。金属材料においては、このような音弾性効果が存在することは認められている。本研究では、岩石においても上述のような音弾性効果が存在するのを実験的に検証し、岩質材料内の応力状態を推定することが可能であるかどうかを検討することを目的とする。

2. 実験の目的および概要

2.1. 実験装置

実験の目的は応力を変化させたときに供試体の二点間を通る超音波の伝播時間の変化の様子を調べ、応力とその関係を調べることである。ここでは伝播時間を計測するためにシングア라운드周期計測法を用いる。この計測系ではシングア라운드装置から電圧パルスを出す。この電圧パルスは送信振動子によって超音波パルスに変換され、供試体中を伝播して受信振動子に受信される。受信した超音波パルスは単一パルスに変換され、遅延回路を通り再び送信回路をトリガーする。この送信—供試体—受信—遅延—送信のループを繰り返す系（シングア라운드）の周期を測定することにより、供試体中の伝播時間を計測する。計測システムを図1に示す。

2.2. 供試体と測定法

供試体として、輝石安山岩、黒雲母花崗岩および砂岩から切り出した円柱を用いた。この円柱供試体の中央高さの直径高さの両端面に送受信振動子として圧電素子（村田製作所製、PZT-7）をエポキシ系の接着剤で接着した。安山岩と花崗岩には 1MHz、砂岩には 500kHz 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高さに二軸ひずみゲージを接着した。

測定にはまず 無載荷状態での縦波のシングア라운드周期を計測し、ついで圧縮荷重を暫増および暫減しつつ、供試体の応力、ひずみおよびシングア라운드周期計測をおこなった。なお、シングア라운드周期計測には、 10^3 回の繰り返し計測を行い、さらにそれを 5 回計測して平均した。

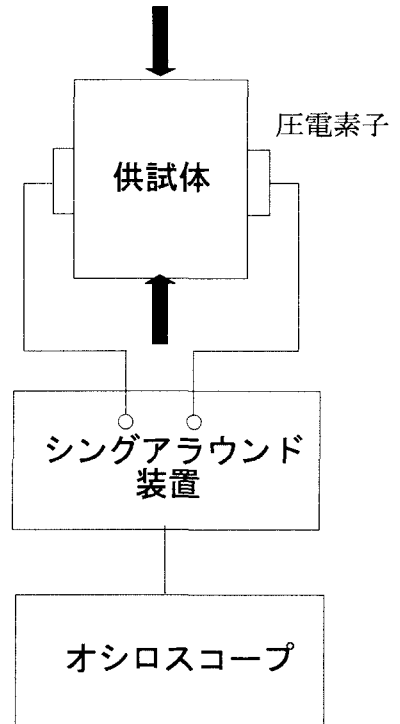


図1 計測システム

3. 試験結果と考察

3.1. 伝播速度と応力

伝播距離を L 、伝播時間を T として、添え字 0 は初期状態をあらわすとすると、

$$L = L_0(1 + \varepsilon)$$

$$T = (SAP) - \tau_0$$

で与えられる。ここで (SAP) はシングア라운드周期、 ε は横ひずみ、 τ_0 は固有遅延時間である。この二つの値より、伝播速度 V は

$$V = L/T$$

で求められる。また、応力については荷重を公称断面積で割ったものを用いた。

3.2. 計測結果と考察

円柱の直径方向に伝播する超音波の伝播速度と応力との関係を図2に示す。

この図より次のことがわかる。

- 1) 岩石に特有の応力—伝播速度関係が存在する。
- 2) 安山岩では応力と伝播速度とはほぼ比例する。
- 3) 花崗岩と砂岩ではそれは非線形である。
- 4) 安山岩において、履歴最大応力点では曲線の勾配が急変する。
- 5) 花崗岩および砂岩においては、比較的応力レベルの高い範囲で同様の傾向が見られる。

これらの結果、特に 4)、5) の事実から、超音波の伝播速度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できる。

4. まとめ

上述のように供試体中の超音波の伝播時間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。さらに詳細な実験が必要であるが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。

参考文献

小林昭一，下山洋一，鈴木聡：岩石の縦波伝播速度の応力依存性，土木学会第 50 回年次学術講演会 650-651

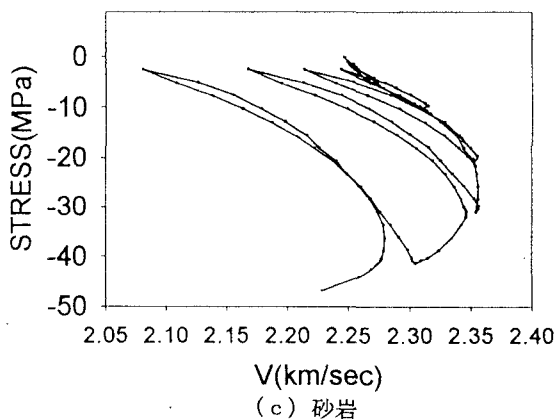
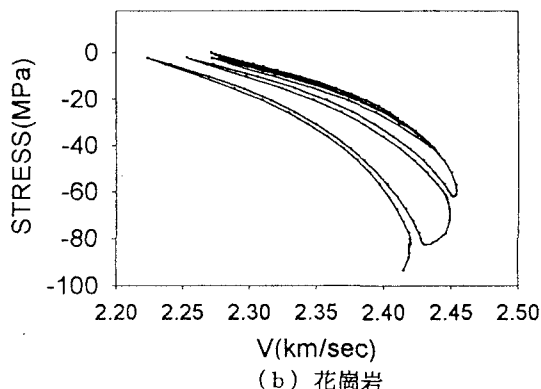
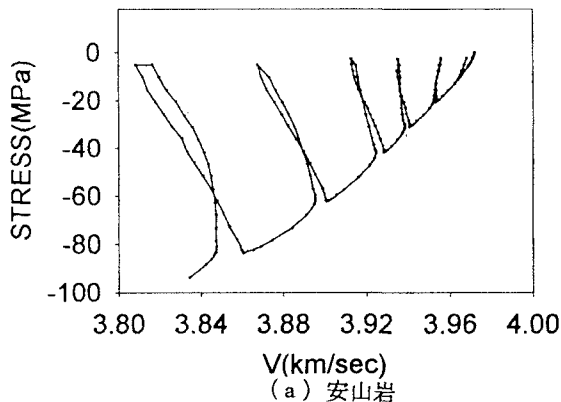


図-2 応力—伝播速度曲線 (直径)