

第Ⅲ部門 岩石の弾性波伝播速度応力依存性とその記憶効果

株式会社リクルートコスモス 正 員○ 福井 裕
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

岩石供試体の弾性波伝播速度は履歴最大荷重で変化することがわかってきた。この現象を利用すると、地山から採掘した岩石コアの弾性波伝播速度の変化を計測することにより地山の初期応力を推定することができる¹⁾。しかし、地山から採掘した岩石供試体がどれだけの期間その履歴最大荷重を記憶しているかはまだ不明である。

本研究は、岩石がどの程度履歴最大荷重を記憶しているかについて実験的に検討するとともに、本手法の適用性を調べるためにまだデータの得られていない幾つかの岩石について伝播速度の応力依存性も検討したものである。

2. 実験の概要

2.1 実験システム及び計測システム

応力と伝播速度の関係を調べるために、円柱供試体を用いた圧縮繰り返し载荷を行った。なお、弾性波の入射方向は、载荷方向と垂直とした。実験システムの概要を図1に示す。これは、载荷装置、伝播時間計測システム、荷重及びひずみ計測システムの3つから構成されている。このシステムの中心的役割を果たすのは伝播時間計測システムであり、計測の流れは以下のようなものである。まず、シングアラウンド装置より超音波パルスが発生され、送信子を励起し、超音波が供試体に入射される。そして、供試体内を伝播した超音波は受信子で受信され、その信号はシングアラウンド装置に入力される。シングアラウンド装置では、この入力信号にゲートをかけて波動の到達を判定するのに必要な部分のみを取り出し、トリガーをかけて周期測定を開始し、供試体内の波動が十分に減衰するだけの遅延時間を加算して、再びパルスを送信する。シングアラウンド装置では、この一連のプロセスを何度も繰り返し、これに要した送時間を計測し、最後に繰り返し回数で除した平均周期を計測するようになっている。

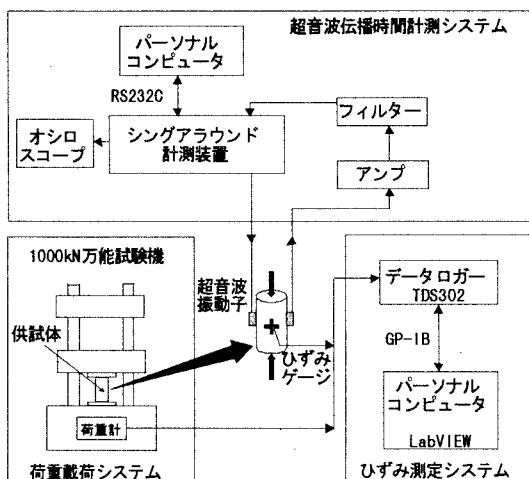


図1 実験システムおよび計測システム

2.2 载荷パターン

弾性波速度応力依存性の実験、記憶効果の実験の2通りの载荷パターンをそれぞれ図2-(a)・(b)に示す。

2.3 供試体

円柱供試体(直径 50mm, 高さ 100mm)を用い、中央高さの直径の両端面に縦波用、横波用がそれぞれ対向するように超音波送受信子(圧電素子(PZT-7, 1MHz, 500kHz))をエポキシ接着剤で接着し、円柱表面の中央高さに対向するようにひずみゲージを貼り付けた。なお、横波用圧電素子に関しては振動波面が水平面上を伝播する方向

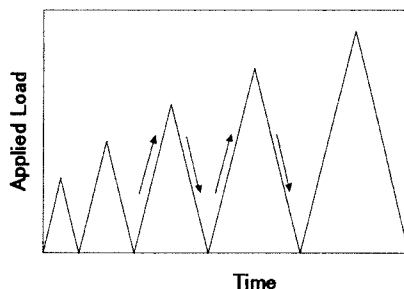


図2(a) 载荷パターン1

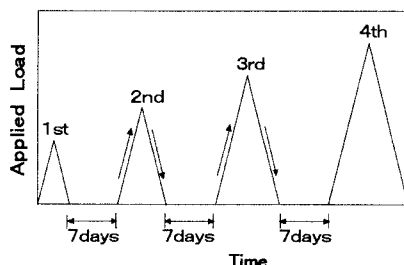


図2(b) 载荷パターン2

Hiroshi FUKUI, Shoichi KOBAYASHI, Takashi YAMAGUCHI and Tadashi YOSHIKAWA

に接着してある。

3. 実験結果と考察

3.1 弾性波速度の応力依存性

実験から得られた縦波の橄欖石玄武岩の応力-SAP（シングア라운드周期）関係を図3に示す。図において履歴最大応力で履歴最大応力で顕著な曲線の勾配変化が認められ、弾性波速度の応力依存性が確かめられる。結晶質石灰岩、頁岩については両者ともに履歴最大応力で顕著な勾配変化が認められなかった。

3.2 記憶効果

実験から得られた輝石安山岩の応力-SAP 関係（横波）を図4に示す。図において第2サイクル以降、履歴最大応力での曲線の勾配変化が認められ、強度の約5%の応力レベルで1

週間以上の記憶効果があることが判明した。以下に得られた結果を示す。なお、各岩石の強度を表1に示す。

- 1) 輝石安山岩は強度の約5～10%の応力レベルで1週間以上、約20%以上の応力レベルで2週間以上、履歴最大応力を記憶している。
- 2) 橄欖石玄武岩は強度の約5%の応力レベルで1週間以上、約10%以上の応力レベルで2週間以上、履歴最大応力を記憶している。
- 3) 結晶質石灰岩は強度の約28%の応力レベルにおいても履歴最大応力の記憶は認められない。
- 4) 和泉砂岩は強度の約6%以上の応力レベルで1週間以上、履歴最大応力を記憶している。
- 5) 白浜砂岩は強度の約5%以上の応力レベルで1週間以上、履歴最大応力を記憶している。

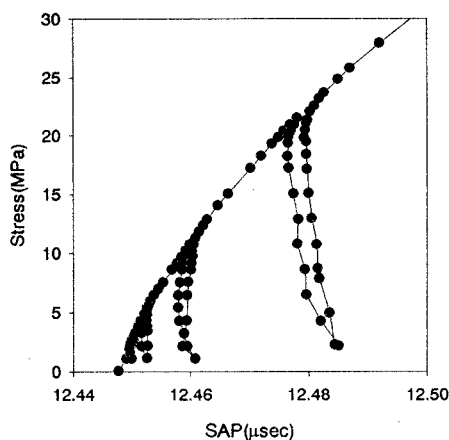


図3 応力-シングア라운드関係（縦波）

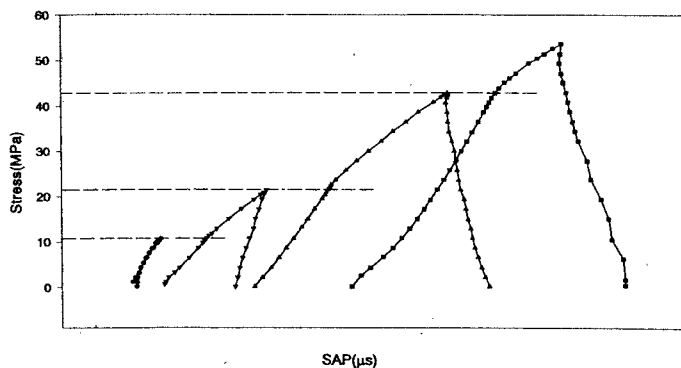


図4 応力-シングア라운드関係（横波）（輝石安山岩）

表1 各供試体の強度一覧

岩石供試体	終局強度
輝石安山岩	214MPa
橄欖石玄武岩	222MPa
結晶質石灰岩	194MPa
和泉砂岩	186MPa
白浜砂岩	53MPa

4. まとめ

試験した岩石の内、顕著な記憶効果を有する岩石は輝石安山岩、橄欖石玄武岩、和泉砂岩、白浜砂岩の4種類である。実験精度を上げれば、これらの岩石では、岩石供試体を用いた初期応力測定が可能と思われる。さらに、この地山初期応力測定法を実用化するためには多くの岩石の特性を把握することが必要であるととも、精度を向上させることが必要である。

参考文献

- 1) 小林昭一他：超音波による地山初期応力推定，第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，岩の力学連合会，pp.677-678，1998年1月。