

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K06924

研究課題名(和文)結晶質岩の疲労劣化における構造的劣化促進要因の解析

研究課題名(英文) Analysis on textural effective factors of fatigue process during the cyclic compression test of crystalline rock

研究代表者

陳 友晴 (CHEN, YOUQING)

京都大学・エネルギー科学研究科・助教

研究者番号：80293926

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：長期にわたり繰り返される圧縮応力の変動によってもたらされる岩石の疲労劣化について、特徴的な劣化メカニズムを実際の室内岩石実験によって調査することを目指した。そのために必要となる精緻な実験システムを構築した。また、工学的に重要な岩種の1つである結晶質岩を対象として、岩石供試体内部に発生する欠陥やクラックの進展を観察、解析するための調査手法、観察手法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

長期にわたり徐々に進行する岩盤の劣化メカニズムは、地下岩盤構造物の長期安定性評価を行うために、解明の急がれる重要な課題である。しかしながら、不均質材料である岩石の疲労劣化現象に関する研究は十分に行われていないのが現状である。そこで、本研究では、長期にわたり繰り返される圧縮応力の変動によってもたらされる岩盤(岩石)の疲労劣化について、室内岩石実験から特徴的な劣化メカニズムを調査することを目指し、実験システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：In this study, aiming at analyzing fatigue process of crystalline rocks applying actual rock compression tests, the experimental system to perform the minute cyclic compression test of rock samples has been established. Furthermore, the analytical method, which realizes to observe very small defects and cracks appeared within the tested samples, has also been established.

研究分野：資源開発工学

キーワード：岩石試験 材料疲労 結晶質岩 クラック

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

岩盤・岩石の破壊に関する研究は地質工学の本質的な課題の一つであり、今なお多くの研究が続けられているが、疲労劣化に関する研究の歴史は比較的浅い。動的荷重が作用する岩盤構造物の長期安定性評価等を目的として、1960年代頃からいくつかの条件下で岩石の疲労試験が行われ、これらの結果を踏まえ、繰り返し載荷による疲労破壊寿命を推定するモデル等が提唱された。本研究で対象とする結晶質岩の疲労破壊寿命についても、実験結果とモデルによる解析結果が概ね一致するという報告もある。しかしながら、これまでは疲労破壊強度や疲労寿命に着目した研究がほとんどで、内部で徐々に進行する劣化のプロセスを詳細に検討した事例は数少ない。この点が解明されなければ、岩盤構造物の安全性評価として必要となっている、完全な破壊に至る前の段階での信頼性の高い評価への応用は難しい。そこで、本研究は疲労破壊に至るまでに進行する劣化のプロセスとメカニズムを明らかにすること、劣化を促進する構造的な要因を明らかにすることに着目し、研究を実施することとした。

複合材料である花崗岩を一般的な(すなわち繰り返しをしない単純な)圧縮試験に供すると、最終的な破壊に至るまでに試料内部に要因の異なるいくつかの特徴的なマイクロクラックの発生や伸張が起こることが知られている。また、これらは必ずしも同じ条件に達した際に同時に発生・伸張するわけではないことが分かっている。したがって、繰り返し載荷により花崗岩が劣化する場合、与える応力などの条件が異なれば必ずしも同じメカニズムで劣化が促進されるとは限らないことになる。申請者は、これまで花崗岩の圧縮破壊のメカニズムと破壊に至るプロセスについて研究を行い、花崗岩中に様々な要因で形成、伸張するマイクロクラック詳細に観察し、その構造的な要因を明らかにした。さらに、すでにいくつかの特徴的な載荷応力条件について、所属する研究室において開発してきた亀裂観察法(蛍光観察法)を用いて実験、解析を進めており、繰り返し載荷による劣化の進展は通常の破壊試験とは異なったメカニズムが示唆されることを報告している。本研究は、これらの研究をさらに発展させ、疲労劣化メカニズムの解明、劣化を促進する構造的な要因について明らかにするものである。花崗岩を含む結晶質岩の疲労劣化メカニズムの解明のためには、今後も継続した系統的な実験、研究が望まれる。

2. 研究の目的

結晶質岩を対象として、圧縮破壊強度の50-70%程度を最大載荷応力とする繰り返し応力変化によっておこる疲労劣化について、劣化プロセスを明らかにし、劣化を促進する構造的な要因を特定することである。具体的には、設定した実験条件下の一連の劣化プロセスにおいて、どの部分(鉱物種、粒子の大きさや方向、粒子境界の形状など)に、どの段階で、どの程度、どのようなクラックや欠陥構造が、形成もしくは進展するのかを、観察およびデジタル画像処理による統計的手法を用いて明らかにする。また、これらのクラックの伸張、連結、相互作用によって引き起こされる強度や浸透性の劣化メカニズムについても考察する。さらに、これらの解析結果をもとに、どのような内部組織構造や試験条件が岩石の劣化に大きな影響を与えるのかを解析、同定する。

3. 研究の方法

結晶質岩の疲労劣化プロセスについてより詳細な知見を得るため、珪岩及び花崗岩供試体を用いて一軸圧縮繰り返し載荷実験を実施し、実験中の供試体のひずみ挙動をモニタリングするとともに、実験後の供試体内部のマイクロクラックの観察を行い、その進展状況を解析する。実験は、供試体を破壊に至るまで載荷するのではなく、適宜試験を中断して劣化段階の異なる供試体を回収し、詳細な検討を行う。ひずみ挙動は劣化の過程をよく表すと考えられることから、試験中のひずみ挙動から回収したサンプルの劣化段階を判断する。得られるデータを解析し、載荷により試料内部に誘発されるマイクロクラックの進展状況、劣化プロセス、劣化促進要因の特定を試みる。本実験では、制御が難しいとされる推定圧縮強度の50-70%程度の最大載荷応力を設定した実験を行い、結晶質岩の疲労劣化プロセスの解明に取り組むこととした。

本研究の特徴は、多くのサンプルを用いて試験を行い、ひずみのモニタリングを通してサンプルの挙動を把握しながら、劣化の様々な段階における試料を回収し、それらの試料内部のマイクロクラックを直接観察、解析することにより、繰り返し載荷による劣化のプロセスとメカニズムを明らかにする点である。劣化の内部評価にあたっては、近年発展の著しいX線CT法などの非破壊検査手法も積極的に適用しつつ、これまで研究開発をすすめるノウハウを蓄積してきた亀裂観察法によって、高精度なマイクロクラックの観察と偏光顕微鏡による観察を同時に行う手法を用い、劣化促進の構造的な要因を明らかにする。

4. 研究成果

上記のように、長期にわたり繰り返される圧縮応力の変動によってもたらされる岩石の疲労劣化について、特徴的な劣化メカニズムを実際の室内岩石実験によって調査することを目指した。しかしながら、制御が難しいと考えていた実験において、当初の想定よりも大幅に多くの時間を実験システムの構築に費やすこととなった。

そこで、研究実施期間を1年間延長して、実験システムのデータ取得機器や載荷システムの安定性について検討を行った。それらの検討をもとに、岩石サンプルの疲労試験を行う上で、精度の高い制御を行い、実験データを取得できるシステムを構築することができた。しかしながら、

研究期間を通しては、当初予定をしていた十分な実験回数を行うことができず、目指していた疲労劣化に特徴的な構造的な劣化促進要因の特定には至らなかった。今後は、さらなる解析を実施する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----