

繰返し荷重を受ける花崗岩の疲労特性

SMES, CAES用地下空洞の開発をめざして

Fatigue Characteristics of Granite under Cyclic Loading

Aiming at development of underground chamber for SMES, CAES

(電力技術研究所 土木研究室)

将来の電力貯蔵システムとして注目を集めている超電導エネルギー貯蔵 (SMES: Superconducting Magnetic Energy Storage)、圧縮空気貯蔵 (CAES: Compressed Air Energy Storage) では、電磁力や圧縮空気圧が長周期で支持岩盤に繰返し作用する。このため、立地可能性の高い花崗岩の室内一軸圧縮試験 (円柱や角柱に整形した岩石に軸方向にのみ圧縮力を加える試験) を行い、長周期載荷に対する疲労特性を検討している。

Electric Power Research & Development Center,
Civil Engineering Research Section

Super conducting magnetic energy storage (SMES) and Compressed air energy storage (CAES) are regarded as promising electric power storage systems of the future. As these systems would be housed in underground chambers, supporting rocks will be subject to pulsating compressive force of very low frequencies due to the electromagnetic force or compressed air pressure. In order to elucidate the effects of these pressures, we conducted a strength test of granite which is highly probable to become the walls of such chambers. Granite blocks were subjected to uniaxial compression tests (breakage of prism or cylinder of granite by compressive load in the axial direction only) to determine the fatigue characteristics of granite in response to low frequency loading.

1 検討の必要性

新しい電力貯蔵システムとしてSMES、CAESなどが提案され各方面で実用化に向けての検討が進められている。

SMESでは超電導コイルから発生する電磁力の支持構造として、CAESでは高圧空気の貯蔵容器として岩盤が考えられている。

この岩盤には貯蔵サイクルに合わせて長周期の繰返し荷重が作用する。

そこで、岩盤の疲労特性を把握するための基礎的な検討事項として、岩石固有の疲労特性について把握する必要がある。

2 試験概要

試験に用いる岩石は、愛知県東加茂郡足助町に分布する花崗岩とした。

試験は一軸圧縮下とし、岩石の強度特性が含水状態の影響を受けるため乾燥状態と含水状態で行った。(第1図)

試験では、疲労試験に先立って載荷速度が静的強度に与える影響を把握し、続いて載荷周波数が疲労強度に与える影響、応力比-破壊回数曲線 (S-N曲線) に関して試験を実施した。

ここで、応力比 ($S = \sigma / \sigma_c$) とは、疲労試験を行うときの載荷応力 (σ) と静的強度 (σ_c) の比である。

3 試験結果

乾燥状態、含水状態とも同様の傾向を示した。以下乾燥状態の結果についてのべる。

(1) 載荷速度が静的強度に与える影響

静的強度は載荷速度の影響を受け、ひずみ速度 ϵ 、周波数 F の低下に伴い強度が低下する。(第2図)(第3図)

ここで周波数とは、載荷を開始して破壊に至るまでの時間を半波長として換算した周波数である。

(2) 載荷周波数が疲労強度に与える影響

周波数が低くなるに伴い繰返しに耐えうる応力が低下し、疲労強度は周波数依存性を示す。(第4図)

これに対して、応力比を求めるときの基準の強度をそれぞれ周波数に対応する静的強度 (第3図) として整理した場合S-N曲線はほぼ一致し、周波数に依存しない。(第5図)

このため、試験に長時間を要する長周期載荷におけるS-N曲線を試験時間の短い短周期載荷の試験から推定できる。

(3) S-N曲線

以上から、比較的短周期の載荷周波数 (0.5Hz) で繰返し回数12万回 (載荷日数3日) まで載荷してS-N曲線を求めた。その結果は第6図に示すとおり応力比と破壊繰返し回数に相関が見られる。

(4) まとめ

長周期載荷による花崗岩の疲労強度は比較的短周期のS-N曲線 (第6図) からの繰返し回数による破壊応力と求めようとする載荷周波数における静的強度 (第3図) とを乗ずることにより推定することができる。

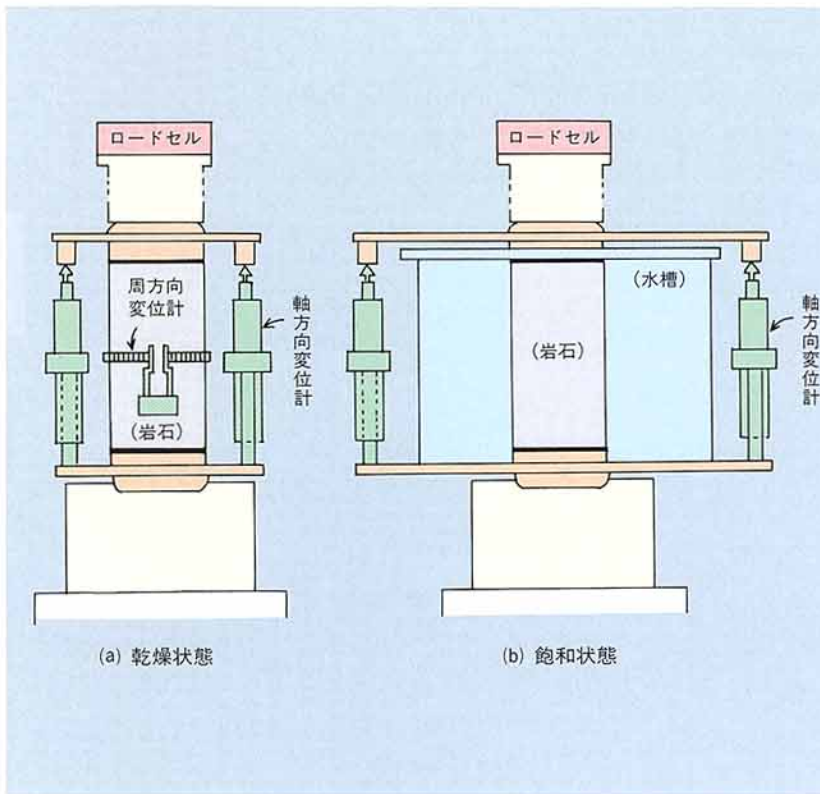
この方法によれば、例えば1日1周期の場合の疲労強度は、1万回疲労強度で通常の静的強度の約50%、10万回疲労強度で約40%に低下する。

4 今後の課題

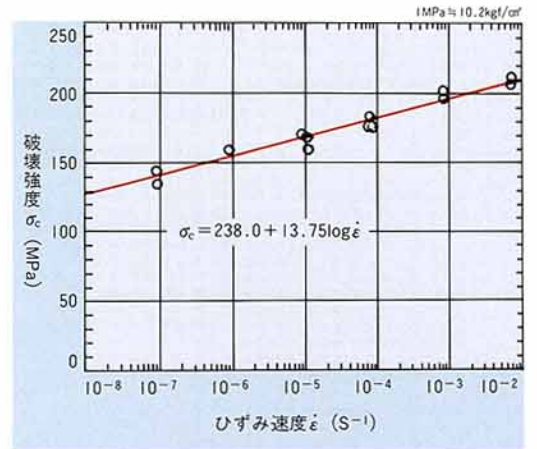
岩石の力学特性は一般的に拘束圧に依存すること、

およびSMES、CAESの岩盤構造物が地下に立地されることから、今回用いた花崗岩についても拘束圧の影響を把握しておく必要がある。

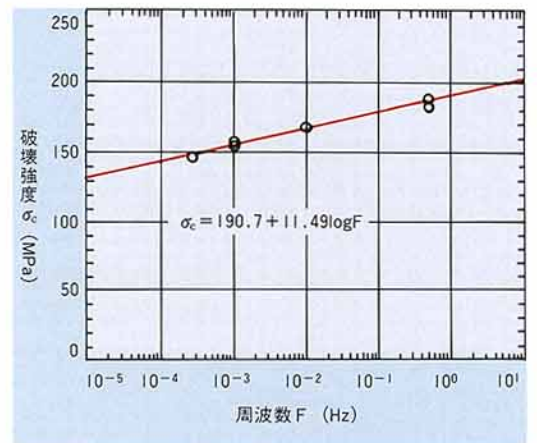
さらに、岩盤の疲労特性は原位置の地質状況に大きく影響されることから、最終的には、原位置岩盤において検討しなければならない。



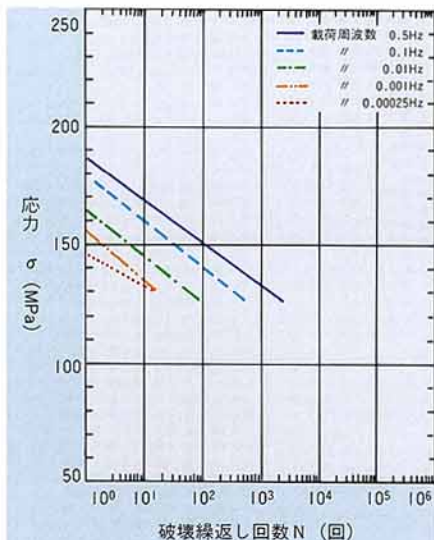
第1図 試験状況



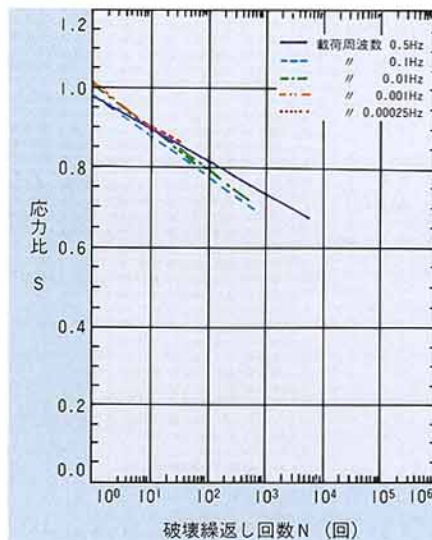
第2図 ひずみ速度—軸圧縮強度関係 (乾燥)



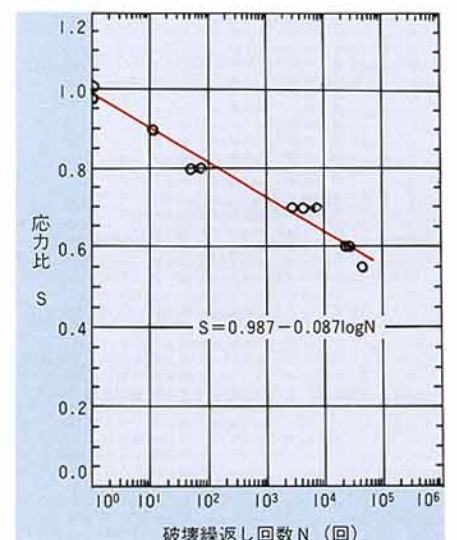
第3図 周波数—軸圧縮強度関係 (乾燥)



第4図 各周波数に対するσ-N曲線 (乾燥)



第5図 各周波数に対するS-N曲線 (乾燥)



第6図 周波数0.5Hzに対するS-N曲線 (乾燥)