

固有振動測定による亀裂伸長モニタリング法の実験的開発

西松建設（株） 正会員○平野 享、木村 哲
北海道大学 藤井義明、石島洋二

1. まえがき

背面亀裂をもつ岩盤において、背面亀裂の伸びは岩盤崩落の予兆であるため、岩盤崩落が災害に結びつくおそれのある場所では管理すべき事項である。背面亀裂の伸びを管理する方法として、岩盤の固有振動を測定するモニタリング法を提案する。本研究の目的は、このモニタリング法の有効性を原理的に確かめることにある。そこで、スリットを入れた凝灰岩ブロックの固有振動スペクトルを測定した。その結果、凝灰岩のスリットで分断された部分を片持ち梁として近似すれば、その理論値に近い固有振動のピークが現れるのが観察された。固有振動のピーク周波数から亀裂の長さを逆算すると、誤差 15%程度で一致することが得られた。また、亀裂が片持ち梁を分断する方向に伸長すると固有振動のピークは大きく変動することが確かめられた。これらの事実から、岩盤においても固有振動を測定する方法を適用すれば、背面亀裂の伸長をモニタリングする方法が可能であると考えられる。

2. 実験装置と実験方法

固有振動を測定する試験体として支笏溶結凝灰岩を用意した。支笏溶結凝灰岩を寸法 430mm×430mm×200mm の直方体ブロックに切り出した。この直方体ブロックの図1に示す位置に、木工用ノコギリを使ってスリットを導入した。スリットで分断されたブロックの各々の領域は、実験室内の自然ノイズによって常に微動している。この常微動を観測するので、加速度計とプリアンプを用意して、常微動をデジタルストレージオシロスコープに蓄積できるようにした。蓄積した波形は、後にパソコンを用いてフーリエスペクトルを計算するために利用する。実験装置のブロック図を図2に示す。

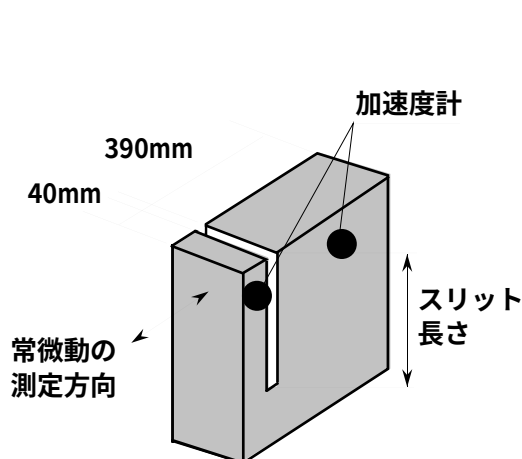


図1 スリットを導入した直方体ブロック

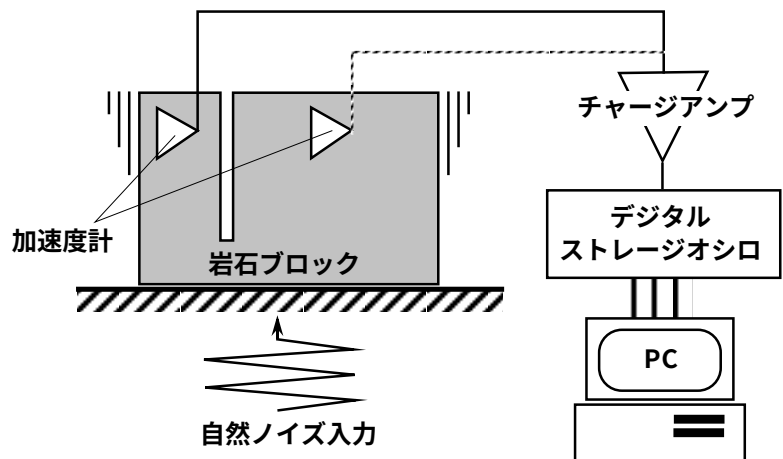


図2 実験装置の構成

3. 測定結果

スリットを導入したことで、スリットで分断されたブロックの各領域は、ブロック全体とは異なる固有の周波数に共鳴する。図3.1、3.2に、スリットの長さが200mmの場合のフーリエスペクトルを示す。

キーワード 岩盤モニタリング、常微動、固有振動数

〒242-8520 大和市中鶴間2570-4 TEL 046-275-0055 FAX 046-275-6796

図 3.1 と 3.2 の違いは、加速度計の位置であり、これは図中の模式図に表した。それぞれ時間を変えて、2 回測定したものを示す。縦軸のフーリエスペクトルは相対強度である。なお、フーリエスペクトルを計算するのに使用した波形は、6.4kHz のサンプリングレート、分解能 10bit で記録されるようにした。また、加速度計の感度域は 1Hz～7kHz である。

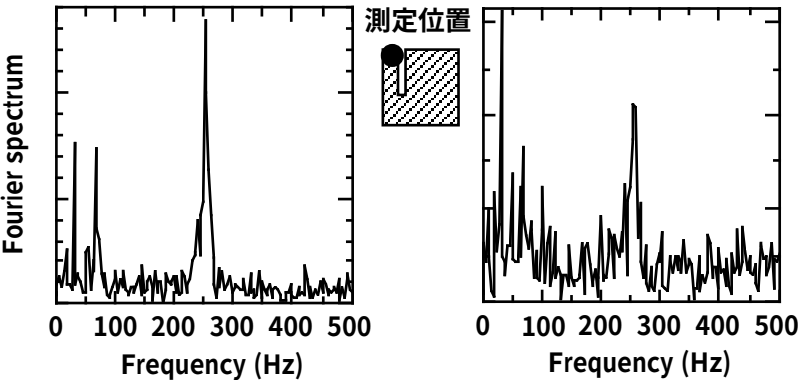


図 3.1 薄い側の領域における常微動の周波数特性

4. 実験に対する考察

スリットを導入して分断した各領域を、片持ち梁とみなすと、固有振動数が計算で求められる¹⁾。片持ちばりの固有振動数は、材料定数と寸法で決まり、振動する方向によって異なる。実験では梁を曲げる方向の振動を扱うことにした。このとき梁の長さ L、厚み H として、L/H 比が小さいほど固有振動数は高くなる。

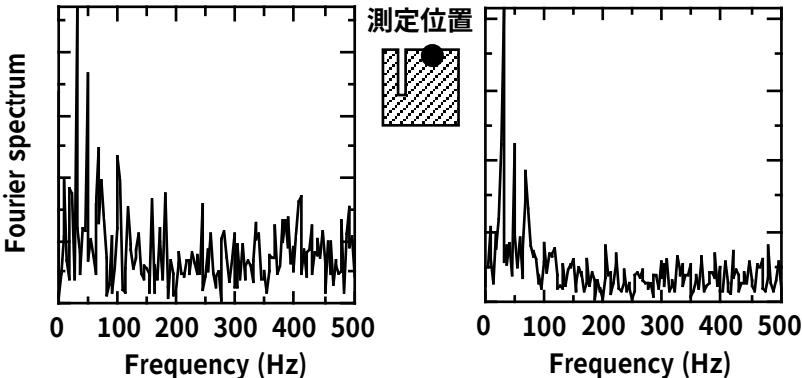


図 3.2 厚い側の領域における常微動の周波数特性

図 3.1 において、2 回の測定でフーリエスペクトルのピークを 250Hz 付近に認めるのに対し、図 3.2 ではそれがない。測定位置を含む側の領域を片持ち梁とみなして計算した固有振動数は、片持ち梁の H が小さい（薄い）側の領域で 320Hz であり、H が大きい（厚い）側では 500Hz 以上である。よって、誤差はあるものの、250Hz のピークは、スリットで分断された領域が持つ固有振動であると考えられる。

つぎに、得られたフーリエスペクトルのピーク周波数が固有振動数であるとして、そのときの梁の L、すなわち導入したスリットの長さを逆算する。これは実用時に、モニタリング結果から背面亀裂の伸びを推定する作業に相当し、本研究の目的である。結果を表 1 に示す。

実用時では、梁を折る方向に亀裂が伸びることがもっとも懸念される事態と考えられる。実験では、スリットの先端にそのような亀裂を入れて、前と同様の測定を行った。その結果、フーリエスペクトルに現れたピーク周波数は数 100Hz 変化した。この変化量は逆算したスリットの長さに換算して 3 桁の違いであり、これはあきらかに異常値として認識できるものであった。

表 1 ピーク周波数から逆算したスリット長さ

導入したスリット長, mm	80	120	160	200	240
ピーク周波数による推定長, mm	76	169	175	225	263
誤差, %	5	40	9	13	10

5. まとめ

本研究によって、実験的には、固有振動数から亀裂長さを推定することが可能となった。次の段階では、実サイズの、背面亀裂の発生により片持ち梁状にある岩塊をモニタリングすることが可能と考えている。

参考文献

1) 鈴木浩平：例題で学ぶ振動工学，丸善，1994.