

Ⅲ-A355 100m以上の測線での高精度弾性波速度測定技術

西松建設技術研究所 正会員○諸岡敬太，平野 享，稲葉 力
 山口大学工学部 正会員 佐野 修

1. はじめに

放射性廃棄物のように、100～1000年にわたり漏れが許されない有害物質は、これまでにない厳重な保管が要求されている。地下空間は、これら廃棄物の保管スペースとして優れた遮蔽性と安定性をえられるので、その利用が期待されている。これは同時にその性能を監視・保証する岩盤モニタリング技術を要求している。岩盤モニタリング技術は、保管物の性格上、将来の破壊を予知できなければならない。岩盤の弾性波速度変化はそのための監視パラメータとなりうるが、測定に非常に高い精度が求められる。田中ら¹⁾が行った測定は、距離20mでこの精度を満足している。しかし実際の構造物のサイズを考えると測線長は100m以上が望ましい。そこでシステムに改良を加え、距離126mの測定を試みた。

2. 測定の特徴

2-1 高精度弾性波測定

本測定では、発振点から受振点への弾性波の伝播時間（トラベルタイム）を測定している。従来の方法で測定できるトラベルタイムの測定精度は1～数%である。破壊の予知には弾性波速度の低下量が一つの指標となる。しかし、例えば50年先の破壊につながる弾性波速度の低下量は月単位にするとときわめて小さく、そのモニタリングには 10^{-6} 精度の分解能が必要とされる¹⁾。

2-2 波動の減衰

田中ら¹⁾のシステムは距離20m、発振周波数50kHzの計測を実現している。これを距離100mまで延長させると、問題となるのが、距離による波動の振幅減衰である。伝播距離>>波長のときは平面波の減衰として取りあつかうことができる。平面波の振幅低下率と伝播距離との関係を図1に示す。発振周波数を50kHzのまま、距離120mに延長すると、およそ30桁もの振幅低下が起こる。この波動を受振するには、非常に高出力な発振が必要となる。そこで振幅低下率を変えずに距離120mを実現できる周波数を調べると、発振周波数を10kHz以下にすればよいことがわかる。測定では発振周波数を8kHzとした。

2-3 非破壊測定

一般に弾性波速度測定に用いられる発振源は爆薬や雷管である。これらは

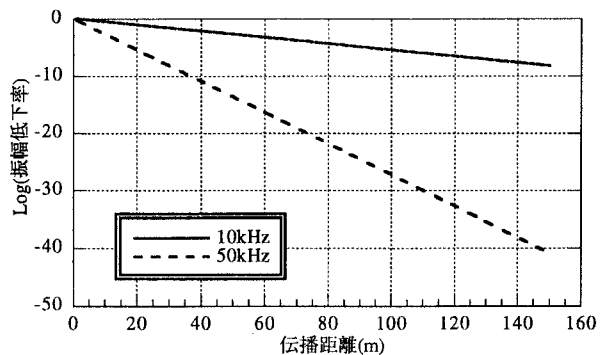


図1 平面波における振幅低下率と伝播距離の関係

振幅低下率 (A_x / A_0)

$$A_x / A_0 = \exp(-f \cdot \pi \cdot x / Q / V_p)$$

 A_x : 伝播距離 x での振幅 A_0 : 発振地点での振幅 f : 発振周波数 x : 伝播距離 Q : Q 値 V_p : P 波速度

平面波の振幅減衰の式

キーワード 弾性波速度 非破壊 現場計測
 〒242-8520 大和市中下鶴間2570-4
 〒755-0000 宇部市常盤台2557

TEL0462-75-1135 FAX0462-75-6796
 TEL0836-35-9447 FAX0836-35-9429

発振出力は大きい、発振点周辺の岩盤に損傷を与えるため、構造物の安定性を監視する測定には不向きである。本研究のように、発振源に圧電振動子を用いると、大きな発振出力は得難いが、周波数を固定したパルス波を岩盤へ与えることが容易となる。そこで測定では、圧電振動子を用いて、1回の発振出力を低く抑え、再現性のある波動を繰り返し与えた。そしてこれらを重ね合わせてS/N比の向上を計った。

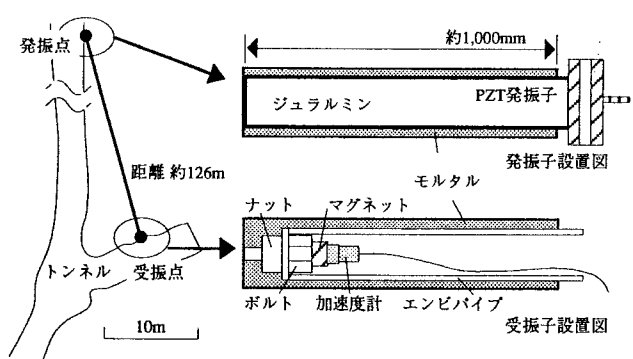


図2 発振子・受振子の設置方法・位置

3. 測定その他

測定は堅硬な花崗閃緑岩に掘られたトンネルで行った。測線長は126mとした。発振子および受振子の設置方法と配置を図2に示す。計測地点における地山の弾性波速度はおおむね6km/sである²⁾。

4. 計測結果

ひとつの受振波形と、それを400回、16万回とそれぞれスタックしたものを図3～5に示す。ランダムノイズがきわめて多いので、ひとつの受振波形では初動が認識できない。スタックを400回行えば、初動は認識できるが、まだノイズは多い。スタックが16万回になると、初動および後続波の様子が鮮明にうかび上がる。この状態になってはじめて 10^{-6} 精度でトラベルタイムが判定できる。

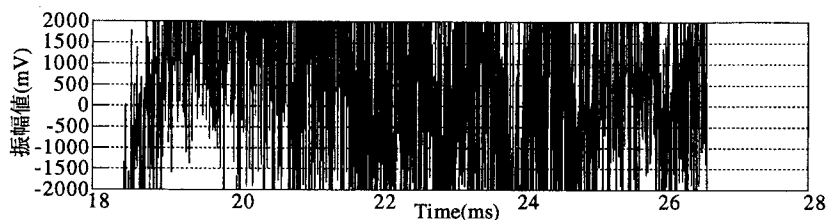


図3 スタックなしの受振波形

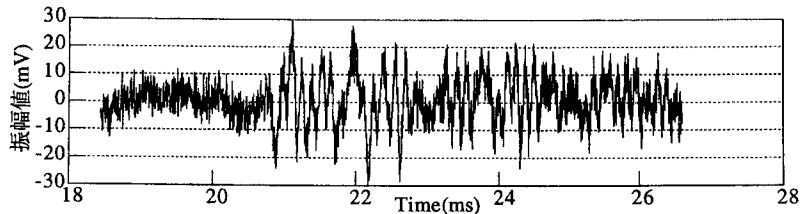


図4 スタック400回での受振波形

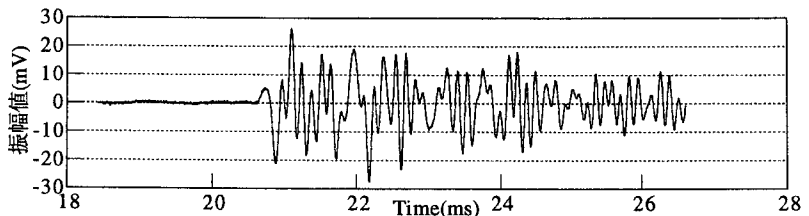


図5 スタック16万回での受振波形

5. 結論

発振源に圧電振動子を用いて、距離126m、発振周波数8kHz、スタック16万回の条件で、鮮明な伝播波形が取得され、 10^{-6} 精度でトラベルタイムを判定できた。

【参考文献】

- 1) 田中義晴, 平田篤夫, 石田一成, 佐野修: 釜石鉱山における弾性波速度の高精度手法の開発とその応用, 第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp539～543, 1995.
- 2) 田中義晴, 石田一成, 佐野修: 釜石鉱山における弾性波を用いた岩盤モニタリング技術の開発, 土木学会第50回年次学術講演会, pp718～719, 1995.