

Ⅲ-581

打撃音のA E計測における周波数減衰に基づいた岩盤特性評価

熊本大学工学部 学生員 ○江嶋 謙 (株)フジタ技術研究所 正 員 秩父 顕美
 熊本大学工学部 正 員 大津 政康 (株)フジタ技術研究所 正 員 吉野 広司

1. はじめに

A E波は、様々な分野への適用が検討されており、近年は、特に施工管理への適用が活発に研究されている¹⁾。本研究ではロッド先端のビットが地山を削孔する際に発生するA E波の特性から切羽前方の地盤の状況を把握する手法を開発することを試みた。そして周波数減衰特性に基づいて切羽前方数mの地山の状況を把握する方法について検討した。

2. 実験概要

今回の計測には、図-1に示すように事前に削孔した孔内（深度1m）に塩ビ管を用いて加速度センサ（2000mB）を取り付け、音の伝播をよくするために先端を急結モルタルで充填した。計測したA E波は聴覚的に判断することも考慮し、可聴音帯域まで計測可能な圧電型のセンサ（1800mV/G）を用いた。受信された信号は、プリアンプで増幅された後100Hz～10kHzのバンドパスフィルターを介して計測し、DATテープレコーダに録音した。削孔方法は、ロッドを3本継ぎ足して計8.5mの深さまで削孔し、この間連続して計測を行った。センサを設置するため削孔した位置を図-2に示す。

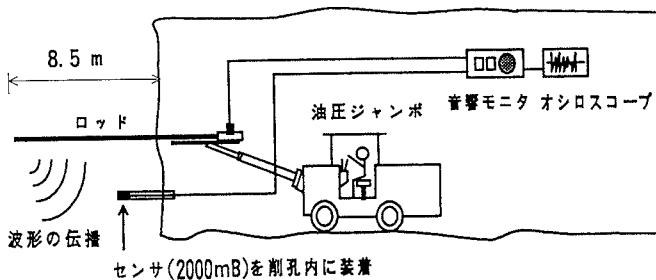


図-1 計測状況図

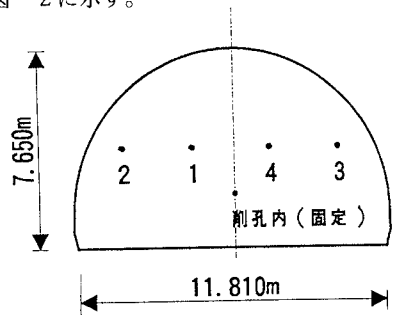


図-2 削孔位置

3. 解析手法

ビットの削孔に伴って発生するA E波形の距離伝播特性を分析するには、周波数スペクトルを求めることが必然的に必要となる。従って、デジタル処理のためテープに記録されたデータを高速波形記憶装置によりディスク上に変換記録させることにした。ここでは、連続的に記録された波形をサンプリング時間50μsecで1024個のデジタル波形として全て変換させた。デジタル量として記録された時系列データは、FFT法によって周波数領域へ変換し、A E波形の周波数スペクトルを求めることができる。そこで波形記録データについてそれぞれ周波数スペクトルを求めた。そして、これらと削孔長との関係を明確にするため、同じ計測地点の同じ削孔長で記録されたA E波形のスペクトルは、全て重ね合わせるにより各削孔長での平均スペクトルを求めた。その結果いづれも1～2kHzの間にピーク周波数を有することが特徴的であった。A E（弾性）波の伝播に際して一般の材料は、完全弾性体ではないため波の伝播中にエネルギー消費が行われる。その程度は、材料により異なることから、それを定量化する目的でQ値と呼ばれる物理量が定義されている。それは、エネルギーレベルEの波が1波長伝播する間に失うエネルギー量をΔEとしたとき

$$Q = 2\pi E / \Delta E \quad (1)$$

と定義される。つまり完全弾性体では、ΔE=0となることよりQ=∞となる。この定義より粘性などの影響などによって波の距離減衰がある場合に波の振幅Uは、周波数成分fと伝播距離dに対して

$$U(f, d) = \exp[-\pi f d / (VQ)] \quad (2)$$

と表される。ここでVは、弾性波の伝播速度である。そこで2種類の削孔長d1、d2の地点で得られたス

ペクトルを考えれば

$$U(d1,f)=C \cdot \exp [-\pi f d2 \cdot f/(VQ)] \quad (3)$$

$$U(d2,f)=D \cdot \exp [-\pi f d2 \cdot f/(VQ)] \quad (4)$$

と表現できる。

これより2つのスペクトルの比を取り、対数表現すれば以下のように理論的には1次式の勾配としてQが得られることが分かる。

$$U(d2,f)/U(d1,f)=D/C \exp [-\pi(d2-d1) \cdot f/(VQ)] \quad (5)$$

$$\log[U(d2,f)/U(d1,f)]=-\pi(d2-d1) \cdot f/(VQ)+\log(D/C) \quad (6)$$

そこで、各計測地点において削孔長(0.0-1.0m)に対する他の削孔長でのスペクトルの比を求めた。その例を図-3に示す。ほぼ式(6)のような1次式となるようではあるが実験データとしてのばらつき及び各周波数成分での変動なども見られる。そこでスペクトル比を最小二乗法によって1次式に近似することにより、式(6)の周波数fに比例する係数を図中の実線のように求めた。

4. 考察

式(6)より理論的に求められる勾配の係数部 $\pi(d2-d1)/(VQ)$ の結果を図-4に示す。係数の値は、正となるべきであるがほとんどが負となっている。ただし、いずれも小さな値であり減衰の少なさを裏付けているものと考えられる。そこで、Q値を理論式に従って評価するため式(6)によって得られたスペクトルを最大ピーク値で正規化し勾配のみを求めた。その解析例を図-5に示す。そして、これより式(6)に従って距離の影響($d2-d1$)を考慮しVQ値として求めた。結果は図-6に求められている。各計測点で変動はあるが平均値としては $VQ=200000$ 程度の値となっておりこの地盤のP波伝播速度を2000m/sとすれば $Q=100$ 程度となりほぼ妥当な値と思われる。ただし、その削孔長による変動は距離が長くなるにつれてQ値は大きくなっている。これは、10m程度の深さに対する減衰は小さく、切羽から岩盤奥に向かって減衰の少ない良好な岩盤となっていることを示唆しているものと考えられる。このように、ビットの削孔により発生するAE波を検出し、周波数減衰を求めることにより定量的に岩盤特性評価を行う可能性が示されたと考えられる。

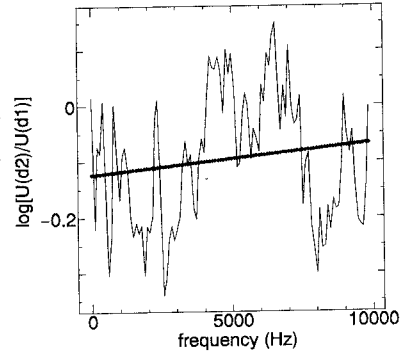


図-3 距離減衰のスペクトルでの比較
計測地点2 (1.0-2.0)/(0.0-1.0)

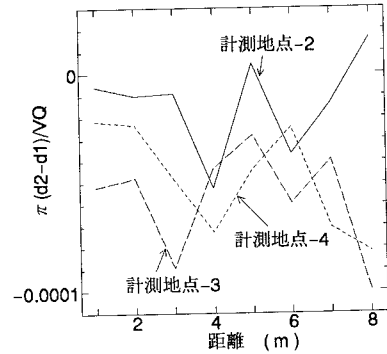


図-4 減衰の係数aの変化
計測地点2

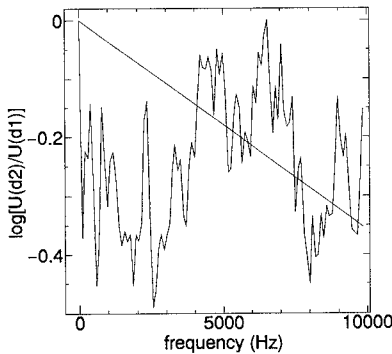


図-5 正規化スペクトル比による減衰評価
計測地点2 (1.0-2.0/0.0-1.0)

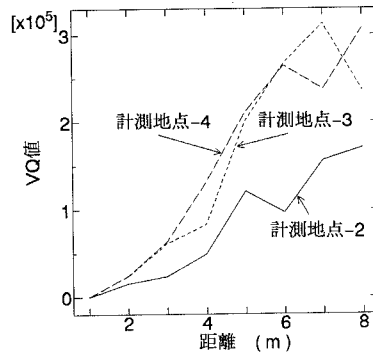


図-6 VQ値の変化

参考文献 1) 大津政康；コンクリート工学におけるAE研究の歴史と現状 土木学会論文集

No. 496/V-24 pp. 9-9 1994