

# 弾性波の高精度測定手法の開発と 原位置適用例

田中 義晴\*  
Yoshiharu Tanaka

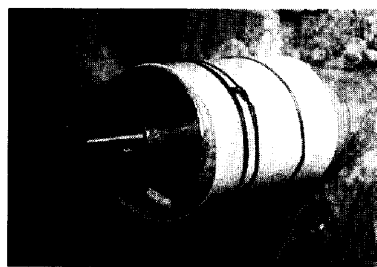


写真-1 PZT発振子

## 1. はじめに

地下発電所や原子力発電に伴う核廃棄物の保管などの地下構造物の建設は、近年我が国においても盛んになりつつある。これに伴い、地下構造物の施工中および施工後数百年の長期的な安定性は重要な課題となっている。このため、長期間における構造物周辺岩盤の弾性的性質の微小変化を監視できる技術の開発は必要不可欠である。本研究は、この監視する手段に弾性波を用い、高精度に測定できるシステムを開発し、原位置に適用して弾性波による岩盤監視の可能性について検討したものである。

## 2. 弾性波速度の測定精度

仮に、弾性波速度が5000m/sの健全な岩盤が50年かけて3500m/sまで低下したとすると、測線長を20mとして1ヵ月で約200nsec程度の変化を検出できる精度が必要であるといえる。ところが、従来の原位置において測定される弾性波速度は一般に10kHz以下の低周波が用いられているため、数 $\mu$ sec以下の精度は要求できない。

## 3. 計測システムの開発

精度良く弾性波を測定するためには下記の点に留意する必要がある。

- ①適切な周波数の同一振動を繰り返し発振させること。
- ②スタッキングによる受振波形のS/N比の向上。

従来、発振源にはダイナマイト、ハンマーなどが使用されているが、発振源周辺の岩盤を傷めてしまうことや、発振波形の再現性が悪いため①、②を行うことは不可能である。そこで、PZTを用いた発振子(写真-1)を作

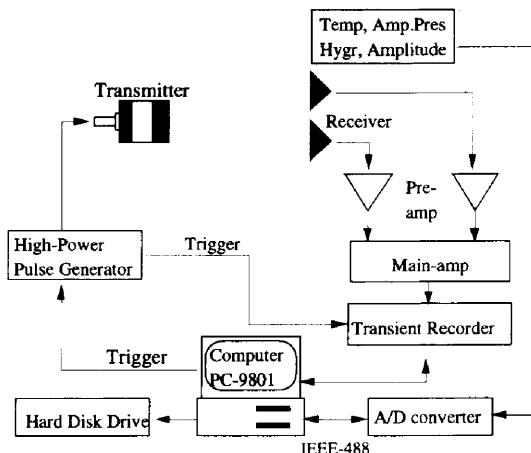


図-1 測定システムの構成図

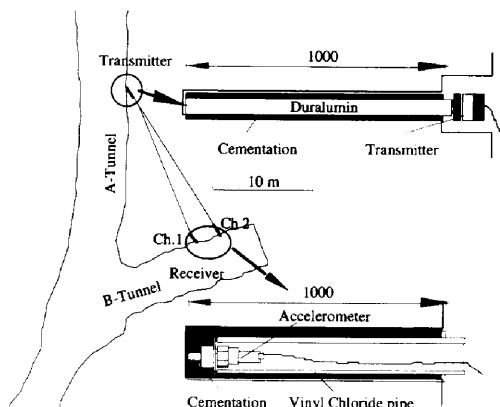


図-2 発振子と受振子の位置関係

製し、図-1に示すような計測システムを開発した。PZTの振動の大きさは与えられる電圧に比例するため、ハイパワーパルスジェネレータによりPZT発振子に高電圧をかけ、パルスを発振する。岩盤中を伝播した振動を加速度計で受振し、増幅した後、トランジェントレコーダで波形を記録する。これら一連の流れを繰り返し行い、波形をスタッキングし波形データをパソコンに保存する。

## 4. 原位置における計測概要

本計測システムを用いた、原位置における弾性波測定実験を岩手県釜石鉾山の坑内(図-2)で行った。実験

\*技術研究所土木技術課

表-1 岩石試験結果

単位体積重量	(g/cm <sup>3</sup> )	2.66
軸圧縮強度	(MPa)	300
引張圧縮強度	(MPa)	12
ヤング率	(GPa)	73
ポアソン比		0.24
P波速度	(m/s)	5800±100

表-2 測定条件

パルス幅	( $\mu$ sec)	38
出力	(kV)	1
サンプリング時間	(nsec)	50
スタッキング回数		4000
測定時間間隔	(min)	60
増幅率		500

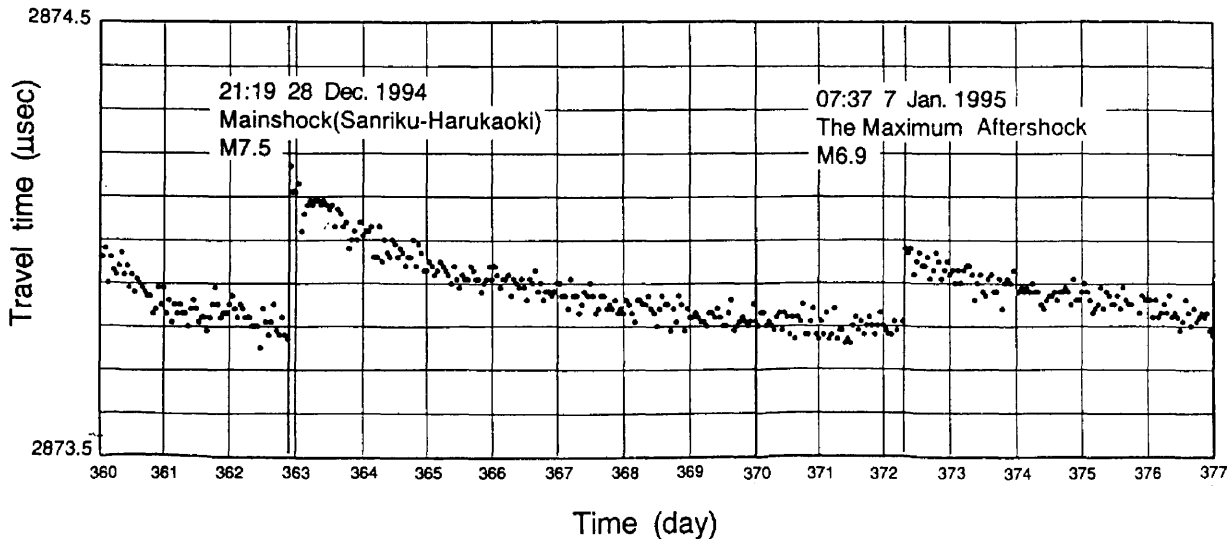


図-3 計測結果

現場は蟹岳花崗閃緑岩帯にあり、土被りは430mである。岩盤は細粒花崗岩の硬質岩盤から構成され、亀裂は多いが密着している。また、表-1に岩石試験を行った結果を示す。実験現場は発破によって掘削されたもので、壁面近傍の岩盤は損傷を受けているため、図-2に示すように発振側、受振側ともに1mのボーリングを行い、発振子および受振子の設置をした。

## 5. 計測結果および考察

計測は、1995年11月から始まり、現在も継続して行っている。測定は、表-2に示すような条件で1時間に1回の間隔でスタッキング(4000回)をし、1つの波形データが得られるものである。これから、初動の到達時間を求め、岩盤物性の時間的変化を解析した。

計測結果の一例を図-3に示す。縦軸は初動の到達時間で横軸は計測日時(1994年1月1日からの総日数)である。初動の到達時間のばらつき幅は0.1 $\mu$ sec以下であり、非常に高い精度で決定できたといえる。また、1994年12月28日21:19と1995年1月7日7:37に実験現場から約150km離れた地点を震源とする三陸はるか沖地震(M7.5)とその最大の余震(M6.9)が起こった。これに対応して、初動の到達時間は、地震直前までは徐々に早くなり、地

震直後にジャンプして遅くなるという変化を示した。これらの変化量は、最大の余震で0.2 $\mu$ sec程度のごく微小なものであるが、本計測システムはこれらの微小変化を検出することができたといえる。そして、これらの変化は地震による岩盤中の何らかの変化を捕えたものであることは明らかであり、原因は岩盤中の応力変化による亀裂の開閉および進展や、亀裂中に含まれる水の移動などが考えられる。

## 6. おわりに

原位置において弾性波を高精度に測定できるシステムを開発した。具体的には、適切な周波数の同一発振パルスを繰り返して発振できるPZT発振子を作製し、また、受振波形を数千回スタッキングすることでS/N比を向上させるものである。このシステムを実際に原位置に適用した結果、初動到達時間のばらつき幅は0.1 $\mu$ sec以下であり、約0.2 $\mu$ secの岩盤中の微小な状態変化を検出できた。すなわち計測の対象が岩盤を利用した地下構造物の破壊やゆるみの場合、岩盤物性値の変化量はこれに比べて大きい。この程度の測定精度があれば岩盤を監視するのに充分であると考えられる。