

西松建設(株)技術研究所 正会員○田中義晴
 (株)浅沼組(元山口大学) 石田一成
 山口大学 社会建設工学科 正会員 佐野 修

1. はじめに

近年、岩盤を利用した公共施設や地下発電所、石油備蓄基地などの地下構造物が計画あるいは施工されている。このような岩盤を利用した構造物の施工中または施工後の長期的な安定性をモニタリングする技術の開発は重要な課題である。岩盤や岩石の弾性的性質は、亀裂の発生や既存亀裂の幅の変化あるいは亀裂の含水状態に影響を大きく受けるので、弾性波がこれらの変化を検出するのに有効な手法であることは既に報告されている¹⁾。本論文は、釜石鉱山において高精度に弾性波を測定する計測システムを用いて、実際に岩盤モニタリングを行った結果を述べるものである。

2. 釜石鉱山における計測概要

本計測システムは、同一な発振パルスを出し伝播してきた弾性波を高分解能でサンプリングそしてスタッキングすることにより、S/N比を向上させるものである²⁾。なお、発振子はPZTを使用した適切な周波数の同一な発振パルスを繰り返し出力することができるものである。

実験サイトは、Fig. 1に示すような岩手県釜石鉱山の標高550m坑口より約2km奥に入った蟹岳花崗閃緑岩帯にあり、土被りは約430mである。岩盤は細粒花崗岩の硬質岩盤で構成され、亀裂は存在するが密着している。また、Table. 1にボーリングコアを採取し岩石試験を行った結果を示す。発振子の設置は、Fig. 2(a)に示すように長さ1mのボーリング孔にウェーブガイドとしてジュラルミン棒を埋設し、ネジで固定した。受振子はFig. 2(b)に示すように長さ1mのボーリング孔の底面にボルトをセメントで埋め込み加速度計を磁石で設置した。

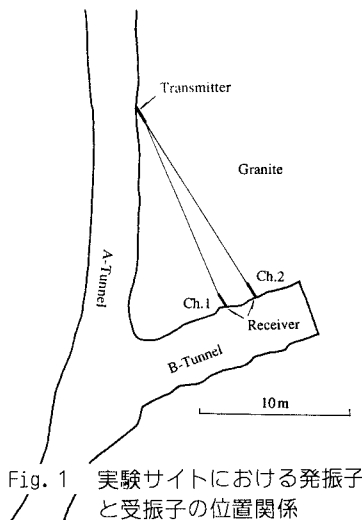


Fig. 1 実験サイトにおける発振子と受振子の位置関係

Table. 1 岩石試験結果

Density	(g/cm ³)	2.66
Uniaxial Compressive strength	(MPa)	300
Tensile strength by radial compression test	(MPa)	12
Young's modulus	(GPa)	73
Poisson's ratio		0.24
P wave velocity		5800±100

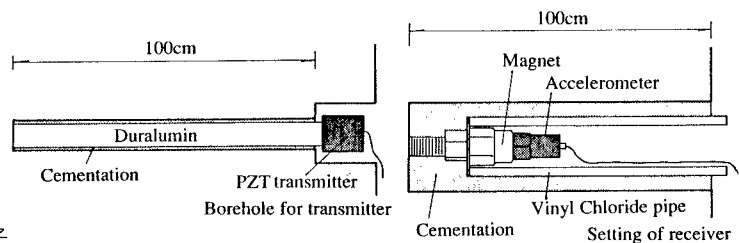


Fig. 2 発振子と受振子の設置方法

3. 計測結果および考察

計測は現在も継続して行われているが、本論文で示すものは1994年11月2日から1995年1月8日までの計測結果である。計測条件はTable. 2に示し、測定波形例をFig. 3に示す。岩盤物性の時間的変化を調べるために、初動振幅と初動到達時間の変化を解析した。初動振幅の決定方法は、初動前のノイズレベルを平均し0レベルとし初動の最大振幅値を求めた。また、初動到達時間の決定方法は、初動振幅を求める方法と同じ方法で0レベルを求め、図3に示すように初動を含む区間のデータを3次関数で補間し、立ち下がり部分とある決められたしきい値との交点を初動到達時間とした。

Fig. 4(a),(b)に初動振幅と測定時間、Fig. 5(a),(b)に弾性波速度と測定時間の関係を示す。なお、横軸は1994年11月1日0:00を0hとして表わしている。図中に示すように、12月28日21:19にM7.2の三陸はるか

沖地震が起こり、M6.9の余震が1月7日7:37に起こった。両方の地震に、初動振幅は地震が起こるまで徐々に大きくなり、地震直後急激に小さくなる。また、弾性波速度は地震が起こるまで速くなり、地震直後急激に遅くなる。これらの急激な変化は、電源変動の影響の可能性もあるが、比較的電源変動の影響を受けにくい弾性波速度においても変化していることから、地震による岩盤中の応力変化など地震による岩盤内の変化をとらえたものであると考えられる。初動振幅および弾性波速度のばらつき幅と地震直後の変化量についてまとめたものをTable. 3に示す。本計測結果は、百数十km離れた地震という現象に対して、S/N比で約2.0~5.0程度の精度で初動振幅および弾性波速度の変化をとらえたものである。特に弾性波速度については、岩盤の弾性波速度が $V_p=5140\text{m/s}$ とすると約0.03%の微少な変化を検出できたといえる。すなわち、計測の対象が土木構造物の破壊や岩盤中の地下構造物周辺のゆるみの場合、岩盤物性の変化量がこれに比べて大きいので、この程度の精度で充分モニタリングが可能であると考えられる。

4. おわりに

PZT発振子を用いた弾性波を高精度に測定するシステムを開発し、釜石鉾山において現場計測を行った。

現段階では電源変動の影響を完全に除去できていないが、地震による応力降下が引き起こしたと考えられる弾性波の変化を検出できた。弾性波速度で約0.03%の微少な変化量を検出でき、地下構造物周辺の岩盤モニタリング

には充分適用可能であると考えられる。最後に、計測に当たり御協力ならびに御指導頂きました熊本工業大学の平田氏に感謝いたします。

【参考文献】1)伊藤一郎他:き裂の存在および伸張にともなう弾性波伝搬特性,第4回岩の力学シンポジウム講演集,pp55~60(1973) 2)田中義晴他:釜石鉾山における弾性波速度の高精度測定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,pp539~543(1995)

Table. 2 計測条件

Pulse width	(μsec)	38
Output	(kV)	1
Sampling time	(nsec)	100
Words	(word)	3838
Input range	(Vp-p)	0.8
Stacking number		4000
Delay words	(kword)	27
Measurement interval	(min)	55
Amplitude		500

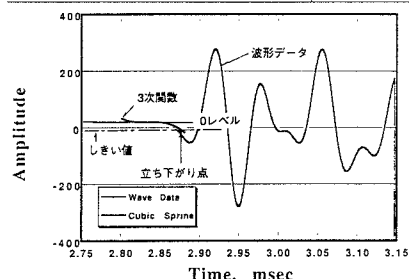


Fig. 3 測定波形と初動到達時間の決定方法

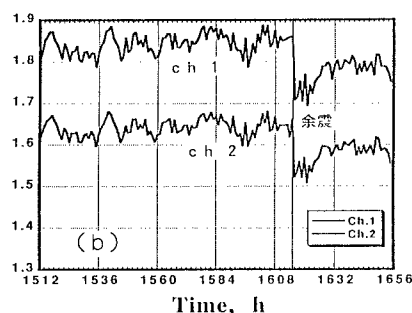
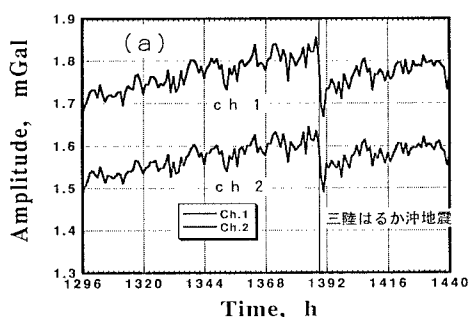


Fig. 4 初動振幅と測定時間の関係

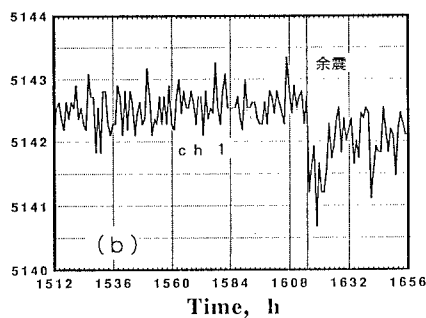
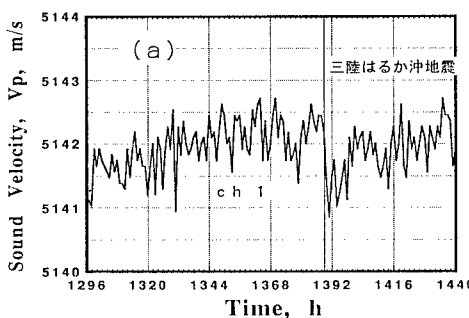


Fig. 5 弾性波速度と測定時間の関係

Table. 3 弾性波速度と初動振幅のS/N比

		ばらつき幅	地震後の変化量	S/N比
弾性波速度 (m/s)	三陸はるか沖地震	0.8	1.6	2.0
	余震	0.8	1.5	1.9
初動振幅 (mgal)	三陸はるか沖地震	0.04	0.19	4.8
	余震	0.04	0.16	4.0