

I Cレコーダーを利用した簡易弾性波探査による土岩判定への適用について

安藤ハザマ 正会員○山本浩之 正会員 中谷匡志 古川浩司 崎井優仁 田邊一真
国土交通省関東地方整備局 甲府河川国道事務所 渡邊行朗 朱通恭章

1. はじめに

造成現場などでは、土軟硬区分による施工性を判定するために、目視観察に加えて原位置で弾性波探査やシュミットロックハンマー試験などを実施し、土および岩の分類を定量的に評価することが多い。特に弾性波探査は、割れ目を含んだ岩盤強度の定量的な指標が得られ、施工性との相関が高く、土岩判定において有効な調査手法の一つである。

ここで、土岩判定において弾性波探査を実施する場合は、受振器は1〜3程度、起振源は大ハンマーなどをによる簡易な弾性波探査が行われる。しかし、起振源としての大ハンマーなどは起振エネルギーが小さいことから、測線が長い場合や岩盤のゆるみが著しい場合、減衰の影響で波形の初動の読取りが難しく精度が低下することが良くある。

そこで、今回ICレコーダーを利用した簡易弾性波探査を考案し、起振源をブレーカーとすることで起振エネルギーを大きくし、簡便にかつ探査精度を向上させることを試みた。

本報は、実際の造成現場の土岩判定において適用し、良好な結果が得られたので探査方法および結果を報告する。

2. 探査方法および測線

探査機器は、図-1に示す市販品のICレコーダー（TEAC製DR-05, 2ch, 24bit/96kHz）に2台の地震計（ジオフォン、固有周波数28Hz）を取付けたものを使用した。

探査方法および探査測線は、図-2に示すように、所定の位置でブレーカーにより起振し、起振点から1m離れたところから0.5m間隔で受振点4地点（No.1〜4）を設定し、2地点ごとに2台の地震計で弾性波を受振し、ICレコーダーで同期収録した。具体的には、第1回目はNO.1, 2の位置、第2回目はNo.2, 3の位置、第3回目はNo.3, 4の位置でそれぞれ3回測定し、初動差から各区間走時を求め、地盤の平均弾性波速度を算出した。計測波形例を図-3に示す。

3. 探査状況

本検討は、国土交通省関東地方整備局発注の中部横断帯金地区改良（その2）工事で実施した。地質は、新生代新第三紀中新世富士川層群身延累層礫岩（Mg）および砂岩（Ms）から構成され、EL.276.8m盤においては、目視観察で灰〜灰白色を呈する新鮮・硬質なCM級岩盤が出現している。そこで、CM級岩盤においてICレコーダーを利用した簡易弾性波探査実施し、土岩判定の根拠の資料とした。地質状況を図-4、探査位置図を図-5に示す。

キーワード：造成現場、弾性波探査、ICレコーダー、土岩判定

連絡先：〒107-8658 東京都港区赤坂六丁目1番20号 TEL:03-6234-3670 FAX:03-6234-3704



図-1 システム構成



図-2 探査方法および測線

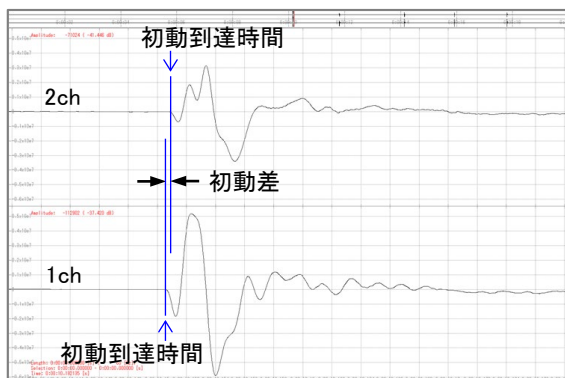


図-3 ICレコーダーによる計測波形例

4. 探査結果

今回実施した区間の弾性波測定結果を表-1、図-6 に示す。表-1 は、各測定区間の初動差および 3 回の平均値を示している。また図-6 は、表-1 の結果（平均値）に基づき、No.1 受振位置を原点とし、各受振点間における測定距離と初動到達時間との関係（走時曲線）を整理したものである。

図-6 より、相関係数は $r=0.99$ を示し精度良く探査ができているものと判断される。ここで、測定区間（No.1～4 区間）を均質な地山と仮定した場合、走時曲線より弾性波速度は $V_p=2.5\text{km/s}$ （図-6 に示す $V_p=1/a$ ）が得られた。

これに対して、表-2 に示す土木工事共通仕様書²⁾の土および岩の分類表と弾性波速度との関係を見ると、軟岩Ⅱ～中硬岩とされる。さらに、表-3 などの既往文献³⁾による一般的な第三紀砂岩および礫岩の 2.5km/s は“硬岩およびやや割れ目がある場合”に分類され、中硬岩相当の CM 級岩盤は妥当であると考えられる。なお、ハンディビュア McSEIS-3（応用地質㈱製）でも 2.2km/sec のほぼ同様の結果が得られており、土岩判定で中硬岩と判定され、機械掘削から発破掘削への工法変更が行われた。

5. おわりに

今回、ICレコーダーを利用した弾性波測定を実施し、精度良く探査を行うことができた。当探査法は、各区間の弾性波の到達時間から走時曲線を求め弾性波速度を得ることで、発振点のトリガーが不要となる利点がある。

特に起振力の大きいブレーカーなどを発振源として利用できることから、初動の読取りがし易く、精度の良い探査が可能となる。これにより、造成工事などで大型重機がある現場では、当探査を用いることにより、簡便に精度の良い探査できることから、土岩判定の有効な手法の一つになるものとする。

参考文献 1) 山本浩之・中谷匡志・金田仁志・石田良一・戸田有紀: ICレコーダーを利用した簡易弾性波探査による支保パターンの妥当性の検証, 土木学会第72回年次学術講演会講演概要集, VI-214, pp.427-428, 2017. 2) 国土交通省関東地方整備局: 土木

工事共通仕様書平成31年版(令和元年6月改訂), 第1編共通編第2章土工, I-36, 2019. 3)三木幸蔵ほか: 土木技術者のための岩石・岩盤図鑑, 鹿島出版, p3, 1983.

表-2 土および岩の分類表（抜粋）

名 称			地山弾性波速度
A	B	C	
岩または石	軟岩	軟岩Ⅰ	700～2800m/sec
		軟岩Ⅱ	
	硬岩	中硬岩	2000～4000m/sec
		硬岩Ⅰ 硬岩Ⅱ	3000m/sec以上

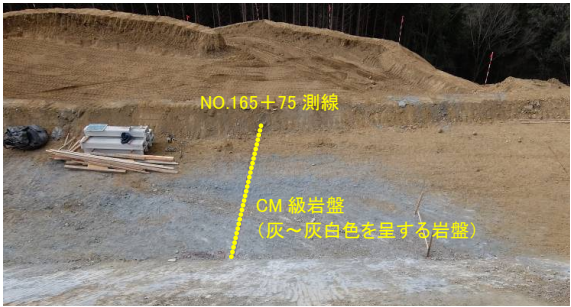


図-4 地質状況

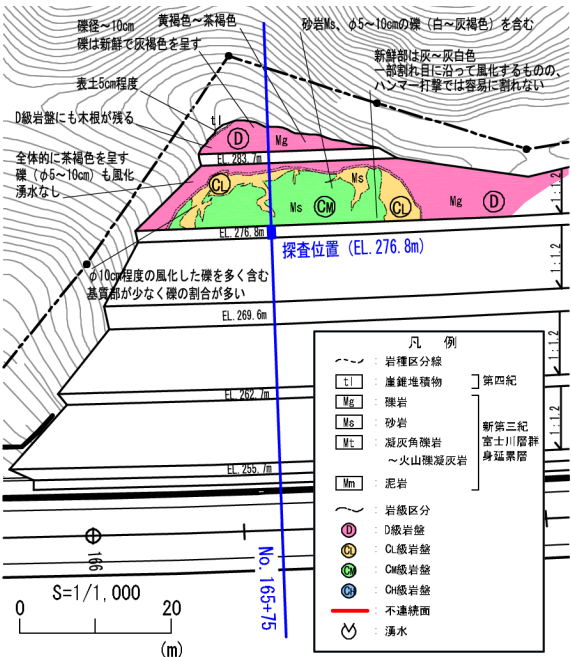


図-5 探査位置図（岩級区分図）

表-1 各測定区間の初動差

測定区間	区間長L(m)	1回目(ms)	2回目(ms)	3回目(ms)	平均(ms)
No.2-1	0.5	0.198	0.208	0.198	0.201
No.3-2	0.5	0.198	0.198	0.188	0.195
No.4-3	0.5	0.198	0.219	0.198	0.205

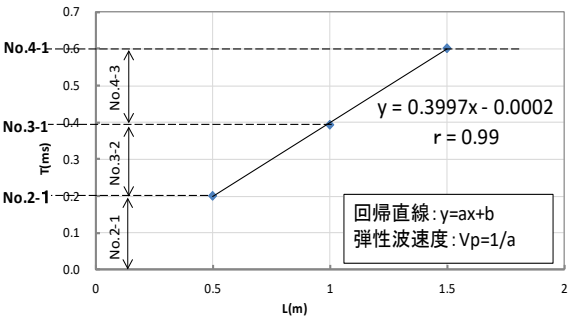


図-6 弾性波探査結果（走時曲線）

表-3 各種岩盤の P 波速度（抜粋）³⁾

名 称		速 度 (km/sec)						
		1	2	3	4	5	6	7
第三紀層	頁岩	---	---	---	---	---	---	---
	珪質頁岩	---	---	---	---	---	---	---
	砂岩および礫岩	---	---	---	---	---	---	---
	凝灰岩	---	---	---	---	---	---	---
	凝灰角礫岩	---	---	---	---	---	---	---
集塊岩		---	---	---	---	---	---	---
		----- 硬岩およびやや割れ目がある場合 ----- 普通程度に割れ目が多いか、または風化した場合						