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

安藤ハザマ　土木事業本部　正会員○山本浩之　正会員　中谷匡志
安藤ハザマ　北陸支店　金田仁志　石田良一　戸田有紀

１．はじめに

山岳トンネルにおける支保パターンの設計は，事前調査で実施される調査ボーリングや弾性波探査結果に基づき行われるが，主に弾性波速度が地山等級区分を決定する上で大きな要素となっている．このため，実施工において採用した支保パターンの妥当性については，目視観察による切羽観察とともに，地山の弾性波速度を把握することが重要であると考えられる．

そこで今回，IC レコーダーを利用した簡易な弾性波測定方法を考案し，実際の山岳トンネル現場へ適用した [1)]．本報告は，探査方法および探査結果を示すとともに，実際に採用された支保パターンの妥当性について比較，検証したので結果について報告する．

２．探査方法

探査機器は，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．探査方法は，図-1，写真-1 に示すように，切羽の所定の位置においてブレーカーで発振し，4～10m 後方のロックボルト頭部に設置した 2 台の地震計で弾性波（直達波）を受振し，IC レコーダーで同期収録した．計測した弾性波波形例を図-2 に示す．

具体的な測定方法は，図-1 に示すように，第 1 回目は G1，G2 の位置（NO.1，2），第 2 回目は G2，G1’の位置（No.2，3），第 3 回目は G1’，G2’の位置（No.3，4）でそれぞれ 3 回測定し，初動差から各区間走時を求め，坑壁の平均弾性波速度を得ることとした．

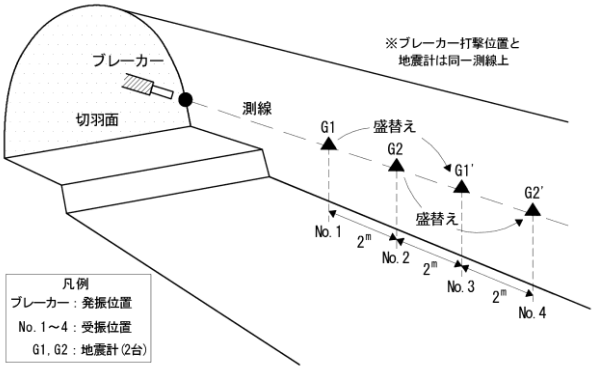

図-1　探査方法の概念図

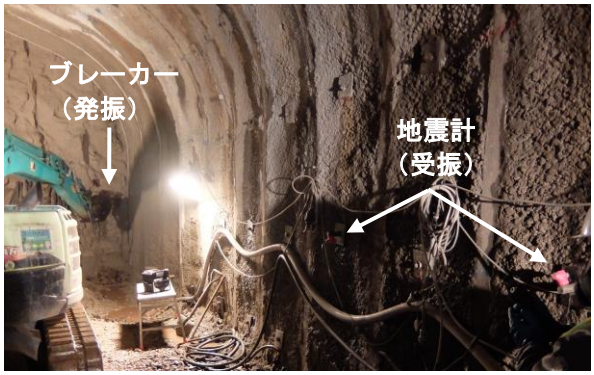

写真-1　探査状況

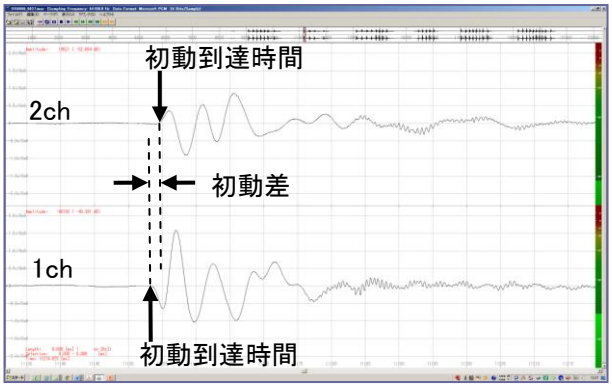

図-2　ＩＣレコーダーによる計測波形例

３．探査状況

本検討は，仮排水路トンネル工事（L=67.8m）において，立坑より下流側 TD.12.6～22.4m 区間で実施した．地質は，中生代～古生代のチャートから構成される．探査を実施した位置を表-1，地質縦断図を図-3 に示す．

なお探査を実施した区間の施工については，当初吹付けコンクリート工（t=10cm，掘進長 1.0m）であったが，割れ目が卓越する岩盤であったため，実績では ＤＩパターン（鋼製支保工 H-100，ロックボルト工 l=2.0m，吹付けコンクリート工 t=10cm，掘進長 1.0 m）が採用された．

表-1　測定位置

測定位置		TD.（m）
発振位置		22.4
受振位置	No.1	18.5
	No.2	16.6
	No.3	14.5
	No.4	12.6

キーワード：山岳トンネル，弾性波探査，IC レコーダー，支保パターン
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

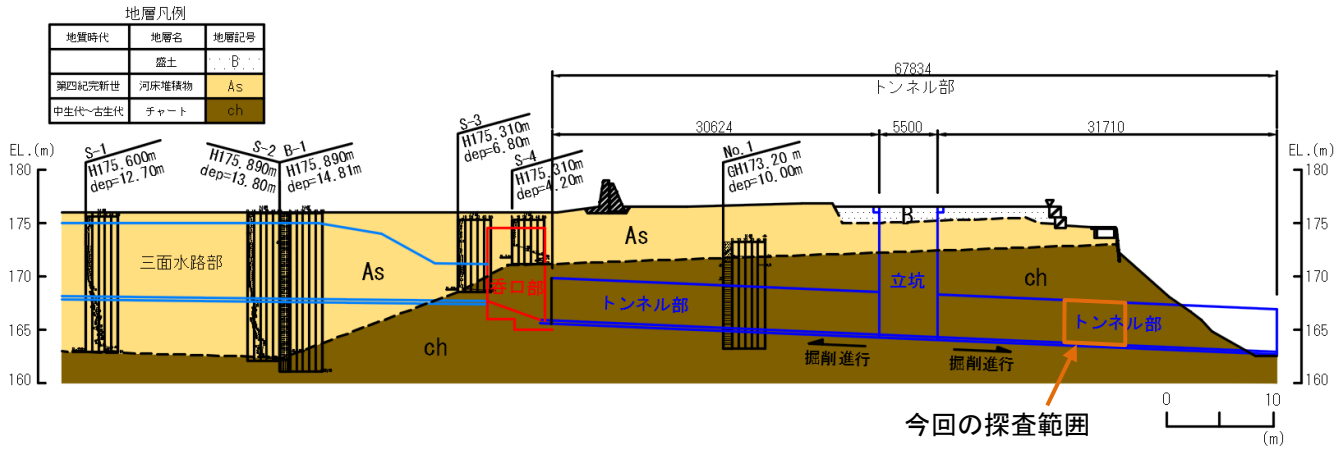

図-3　地質縦断図（当初設計）

4．探査結果

今回実施した区間の弾性波測定結果を表-2，図-4 に示す．表-2 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-4 は，表-2 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-4 より，相関係数は r=0.99 を示しており精度良く探査ができているものと考えられる．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 *Vp*=1.8km/s が得られた．

これに対して，表-3 に示す既往の文献[2)]に示されている代表岩石種（中古生層砂岩，チャート）別における地山等級と弾性波速度との関係を見ると，採用された D I パターンは（2.0）～3.4km/s 程度とされる．今回の探査結果と比較するとやや低い数値を示すものの概ね妥当な数値が得られており，精度良く探査されているものと考えられる．

表-2　各測定区間の初動差

測定区間	1回目(ms)	2回目(ms)	3回目(ms)	平均(ms)
No.1-2	0.907	0.839	0.862	0.869
No.2-3	1.383	1.383	1.519	1.428
No.3-4	1.156	1.202	1.247	1.202

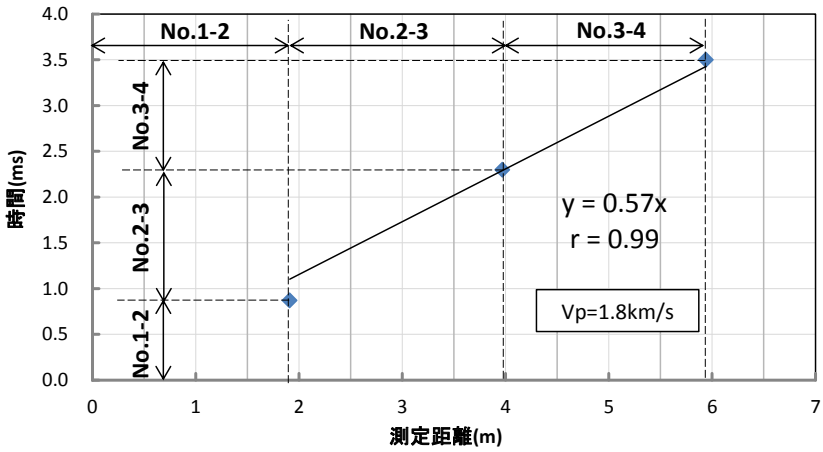

図-4　弾性波測定結果（走時曲線）

表-3　地山等級と弾性波速度との関係
（中古生層砂岩，チャートの場合）

地山等級	弾性波速度(Km/s)
B	---
C Ⅰ	3.8～4.6
C Ⅱ	3.0～4.1
D Ⅰ	(2.0)～3.4
D Ⅱ	(1.4)～3.3

5．おわりに

今回実際のトンネル現場において，ICレコーダーを利用した弾性波測定方法を考案し適用した結果，坑壁の弾性波速度を精度良く探査できることがわかった．当探査方法の場合，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．これによりブレーカーなどを発振源として利用し簡便に探査できることから，支保パターンの妥当性において有効な手法の一つになるものと考える．

参考文献　1) 山本浩之・中谷匡志・浅野雅史・佐々木照夫：掘削発破を利用した坑内弾性波探査によるトンネル切羽評価方法の検討，土木学会第69回年次学術講演会講演概要集，VI-035，pp.69-70，2014.

2) 土木学会：2016年制定トンネル標準示方書[共通編]・同解説／[山岳工法編]・同解説，土木学会，p.48，2016.