

トンネル掘削発破を震源とする 連続的な切羽前方探査の適用

村山 秀幸¹・丹羽 廣海²・福田 秀樹³・黒田 徹⁴・東中基倫⁴

¹正会員 工博 (株)フジタ 技術センター 基盤技術研究部 (〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1)
E-mail:murayama@fujita.co.jp

²正会員 (株)フジタ 技術センター 基盤技術研究部 (〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1)

³(株)フジタ 九州支店 土木部 (〒812-8568 福岡市博多区博多駅中央街 8-36 博多ビル)

⁴株式会社地球科学総合研究所 (〒112-0012 東京都文京区大塚 1丁目 5-21 茗溪ビルディング)

筆者らは、施工中に実施する切羽前方探査技術として、トンネル浅層反射法探査 (Shallow Seismic Reflection survey for Tunnels) を開発し適用を進めている。通常、前方探査作業は坑内を占有するために、掘削作業のない休日に各種震源や記録装置を準備して実施される。しかしながら、発破掘削のトンネルでは、掘削に起爆力の大きな発破を用いており、この掘削発破を探査用震源として活用すれば、掘削サイクルに拘わらず連続的に切羽前方地山を評価することが可能となる。

本稿では、四国横断自動車道の久礼坂トンネル工事 (延長927m) において、掘削発破を震源とする切羽前方探査を坑内および坑外において連続的に実施し、探査結果を施工に反映した事例について報告する。

Key Words : *geological prediction ahead of tunnel face, Shallow Seismic Reflection survey for Tunnels(SSRT), excavation blast, Seismic While Excavation(SWE)*

1. はじめに

筆者らは、施工中に実施する切羽前方探査技術としてトンネル浅層反射法探査 (Shallow Seismic Reflection survey for Tunnels, 以下SSRTと称す) を開発し各種トンネルに適用を進めてきた^{1)~9)}。SSRTは、弾性波反射法のVSP解析を基本とする探査手法であり、発破以外に機械震源としてパイプレータや油圧インパクトなどを使用できることが特徴である。通常、発破を用いる切羽前方探査では、震源と受振器等の探査測線を坑内に配置しなければならないので、トンネル掘削が100m程度進行した段階に達しない限り探査を実施できない。しかしながら、SSRTは坑口周辺で測線を展開できる条件が整えば、機械震源を用いて坑口付けを実施する以前に坑外から探査を実施することも可能である⁹⁾。

一般に、坑内で切羽前方探査を実施する場合には、探査測線が坑内を占有するため掘削サイクルに合わせて休日等に探査作業を実施している。一方、トンネル掘削に発破を用いている現場では、1日数回大きな起爆力によって振動を発生していることになり、この発破振動を切羽前方探査に活用できれば特に探査工程を設定しなくても切羽前方探査を実施できることになる。

筆者らは、トンネル掘削発破を探査震源に用いる手法に関して基礎的な現場実験を実施し、その適用可能性と課題に関して既に報告している⁹⁾。

本稿では、四国横断自動車道の久礼坂トンネル工事 (延長927m) において、掘削発破を震源とする切羽前方探査を坑内および坑外において連続的に実施し、探査結果を施工に反映した事例について報告する。

なお、トンネル掘削中に掘削発破を震源として用いて探査する手法を、石油やガス等の掘削井で実施される掘削中の探査方法であるSWD(Seismic While Drilling) から、SWE-SSRT(Seismic While Excavation using SSRT)と称することとし、本稿では連続SSRTと呼ぶこととした。

2. 掘削発破による探査方法の既往研究と課題

(1) 既往研究

前述のように、通常の切羽前方探査、例えばTSP、HSP¹⁰⁾等では探査測線が坑内を占有するため掘削作業との平行作業を実施することはできない。当然ながら、坑内で実施する通常のSSRTも同様である。

トンネル施工中に掘削発破を用いた探査事例としては、

篠原ら^{11)~13)}の報告がある。篠原らは、坑外のトンネル延長上の地表面に受振器を数箇所設置し、発破点火器と受振器に取り付ける記録装置の時計をGPS信号で同期して1ms（ミリ秒）程度の精度で発破時刻と伝播した弾性波を記録することにより、弾性波トモグラフィー手法によって切羽前方を予測する探査手法を提案している。

篠原らの手法は、坑内に設置する探査機器が発破点火器に装着する発破時刻の記録装置だけであり、坑内を探査機器が占有することがないので掘削サイクルに影響を与えない。しかしながら、坑内で連続した発破記録を解析に用いた手法ではなく、数10mあるいは数100mおきに、発破信号を記録する装置を坑内の発破点火器に装着して記録を取得したと考えられる。地表に設置した受振器の記録装置は、GPS信号を常時受信することができるが、坑内ではGPS信号を受信することができない。よって、一般的な記録装置の内部時計の精度を勘案すれば、発破直前に記録装置の内部時計を坑外でGPSに同期し坑内に持ち込んで記録したと推測され、坑内に探査装置を常設した連続的な探査方法ではない。

以上から、坑内および坑外に探査機器を配置して連続的に切羽前方の探査を実施するためには、記録装置の時計を探査精度内で同期させることが重要となる。

一方、坑内で実施するVSP処理による前方探査（TSP、HSP、SSRT）では得られた反射面の位置を地山の弾性波速度から換算して同定している。すなわち、坑内の測線位置で得られる地山弾性波速度と事前に実施された地表からの弾性波屈折法によって得られた地山弾性波速度を基に、反射波の位置同定を実施している。よって、坑外に受振器と記録装置を配置し常時記録を取得すれば、坑内で実施するVSP処理における位置同定を実測値によって換算でき探査精度を向上させる効果が期待できる。

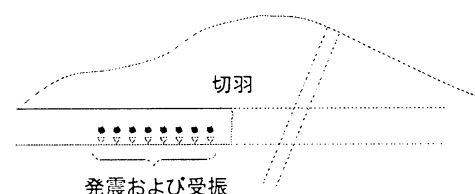
図-1に、通常のSSRTにおける測定機器の配置と連続SSRTにおける配置を比較して示す。

(2) 連続SSRTの課題と検証

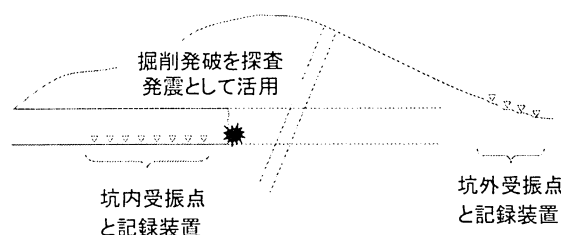
既報⁹⁾における連続SSRTの課題とその検証結果の概要について以下に述べる。

①掘削発破は10段程度の段発発破であるがこの記録から前方探査が可能であること

DS（デシセコンド）雷管を用いた段発発破における段間時間は、一般に1段目(瞬発)から9段目までが数10msの誤差で250msとなるように加工されている。そこでこの段間時間と受振器設置位置を検証する目的で切羽から150m程度離れた位置に受振器を設置して段発発破を計測した。その結果、瞬発雷管を1段目として使用すれば2段目以降の波が到達するまでには少なくとも200ms程度の時間差が発生することを確認した。この時間差200ms



(a)通常の坑内におけるSSRT



(b)掘削発破を震源とする連続SSRT(SWE-SSRT)

図-1 通常のSSRTと連続SSRTにおける探査装置の配置

は地山弾性波速度4.0km/sの地山で往復走時を考慮した反射波が切羽前方400mから戻ってくる時間に相当し、切羽後方150m程度に測線を配置しても十分な探査距離を確保できることが明らかとなった。

一方、トンネルで使用する通常の瞬発雷管は通電から起爆まで3ms以下の誤差で加工されている。SSRTでは受振器からのアナログデータを1ms毎に記録しているので3msの誤差は致命的な誤差となる。探査用に市販されている雷管は0.1ms以下に加工されていることから、探査用雷管と通常の瞬発雷管での時間誤差に対する比較実験を既に報告している⁹⁾。その結果から、通常の瞬発雷管でも時間誤差は1ms以下であることがわかっており、掘削における段発発破において瞬発雷管を用いた記録によって切羽前方予測が可能であることが検証された。

②探査機器を常時坑内に配置できること

掘削発破では飛石等に対する安全性確保から切羽から100m～150m付近に退避可能な点火小屋を配置し、発破器を用いて点火する。さらに発破後は、坑内からずりを搬出するため受振器を配置する箇所は限定される。そこで切羽から150m付近の側壁脚部に3m間隔で20点の受振器（ジオフォン）を配置した。記録装置はGPS信号が受信可能な坑外に配置し内部時計を常に同期させ、連続的な切羽での発破記録を取得し解析を実施した。その結果をあらかじめ坑内で実施していた通常のSSRT探査の記録と比較して十分な精度を確保できることを確認した。

なお、本実験は坑口から300m程度の位置で実施しており受振器と記録装置をケーブルで接続し記録装置をGPS信号が受信可能な坑外に設置することができたが、トンネル延長が長くなるとケーブルへの外来雑音が大きくなり振動記録の精度が低下するという問題が発生する。

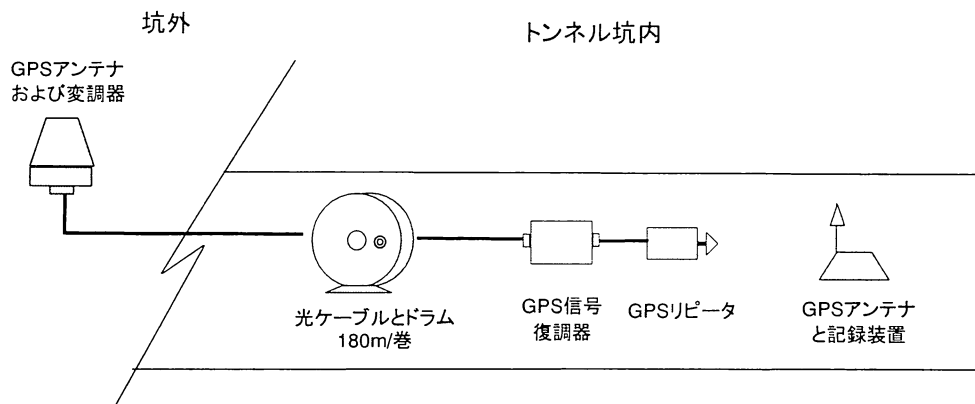


図-2 光ケーブルを用いたGPS信号伝送装置の概念図

③掘削発破の起爆信号を正確に記録・取得すること
一般に、弾性波探査で震源に発破を用いる場合には、起爆信号を得るために専用の発破器（通電と同時にパルス信号を記録装置に伝播する）を用いたり、TSPのように発破母線に分岐ボックスを設置し、通常の発破器から起爆信号を記録装置に取り出せるように工夫する。

連続SSRTでは通常の掘削サイクルで発破振動を記録するので、発破母線や発破器に特別な装置を常時接続することは好ましくなく。そこで、非接触の電流計を発破毎に発破母線に通して発破信号を検出する装置を開発した。この発破信号検出器から得られるパルス信号をGPSに同期した記録装置に伝送し発破時刻を1ms以下の精度で取得することを可能とした。

④通常のSSRTでは発震と受振位置がほぼ一致するが、発震となる掘削発破位置が発破毎に異なること

掘削発破で瞬発雷管を使用する発破孔の位置は、発破毎に異なりしかも複数である。よって、SSRT解析処理では、瞬発雷管は切羽センターで起爆したと仮定して解析を実施した。その結果、各発破における波形データに解析精度を低下させる要因となる時間ずれが検出されなかったことから、発破切羽の座標を用いて解析を実施可能であることが検証できた。

以上から、連続SSRTを実用化するためには、坑内の記録装置の内部時計を常時GPS信号に同期させ、探査精度を確保することが重要であると言える。

3. 坑内記録装置のGPS同期方法と連続SSRTの特徴

(1) 坑内記録装置のGPS同期装置の開発

GPS衛星から発信されている刻時に必要な情報は1.5GHz帯(L1帯)で伝播されているが、この信号はトンネル等の地下や屋内で受信することはできない。そこで、屋内でGPS機器を開発する目的で屋外にGPSアンテナを

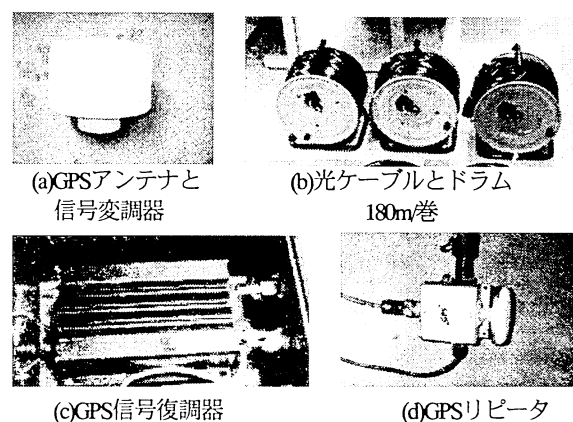


写真-1 GPS信号光伝送装置の主要装置写真

設置し受信した信号を屋内で再放射する装置（以下、GPSリピータと称す）が市販されている。しかしながら、GPSリピータで1.5GHz帯の信号を再放射できる電界強度は、電波法によって $35 \mu\text{V/m}$ 以下に制限されており、GPS信号の到達距離は環境条件によって異なるが20m程度が限界となる。よって、トンネルにおいて坑外にGPSアンテナを設置し、坑内でGPS信号を再放射する方式では、その到達距離が短かすぎて実用性がない。

そこで、図-2に示すようなGPS信号を変調・復調し光ケーブルを用いたGPS信号の伝送装置を開発した。本装置は、GPS信号を変調して光ケーブルで伝送することによって、信号減衰を少なくし数kmまでGPS信号の伝送を可能としている。光ケーブルは同軸ケーブルと比較して軽量なので運搬・設置が容易であり、坑内での延長を考慮して180m巻きのドラムに収納した。

なお、記録装置の汎用性を考慮して復調したGPS信号をGPSリピータで再放射して、記録装置にGPS信号を伝播する方式とした。

写真-1に、GPS信号光伝送装置の主要装置を示す。

以上のGPS信号の光伝送装置によって、坑内の記録装置の内部時計を常時GPS信号に同期させ、連続SSRTにおける課題を解決した。

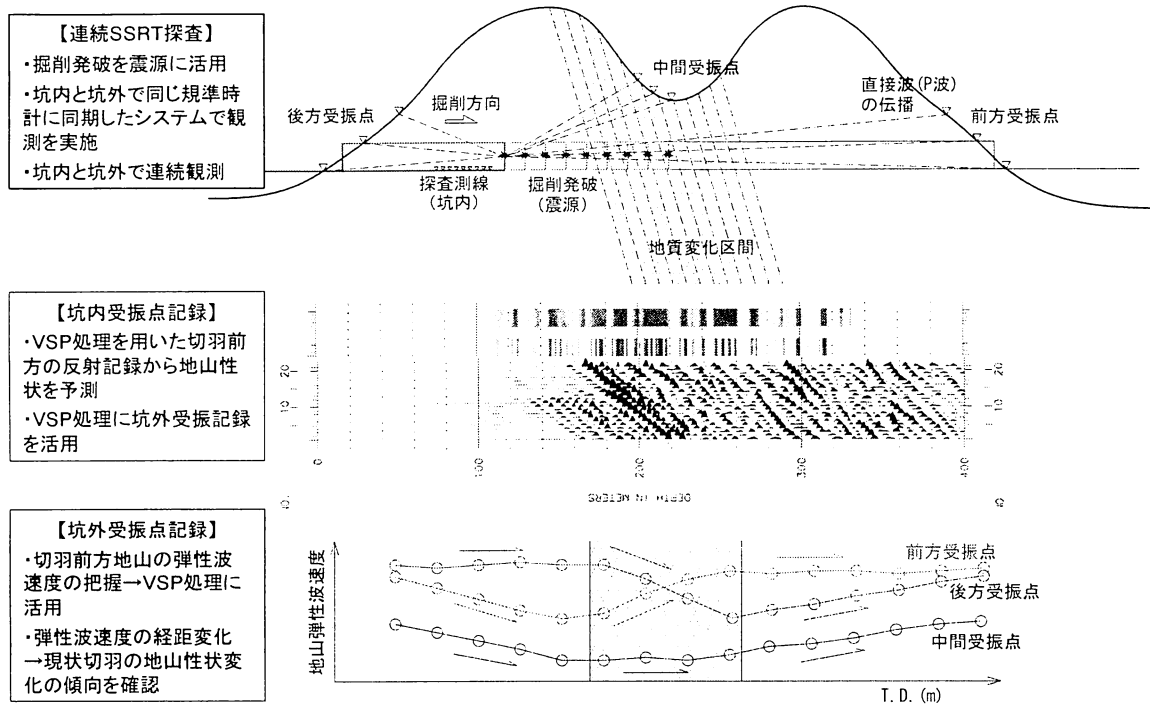


図-3 連続SSRTにおける観測機器の配置と得られる情報の概念図

(2) 連続SSRTの特徴

連続SSRTの特徴は以下である。図-3に、連続SSRTにおける観測機器の配置と得られる情報の概念図を示す。

- 掘削発破を震源とする切羽前方探査である。
- 坑外と坑内に同時に受振器と記録装置を設置して掘削発破の振動と発破時刻を記録する。
- 坑内での受振記録は、ある程度発破記録が蓄積した段階でVSP処理を行い切羽前方の反射記録を得る。よって即時性はない。
- VSP処理する際に、坑外受振記録から得られた切羽前方の地山の弾性波速度を参照して反射面の距離同定を実施する。
- 坑外で受振された初動時刻を連続的に記録し地山弾性波速度を算出することによって、現状切羽の地質性状を確認することができると考えられる。

4. 現場での検証実験

(1) 久礼坂トンネルの概要

a) 地形・地質概要

久礼坂トンネル（高知県中土佐町久礼地内）は、四国横断自動車道の須崎新荘から窪川間に計画されている2車線道路トンネルである。図-4に現場位置を示す。

トンネル周辺は標高200～300mの小起伏の山地からなる。山地を結ぶ主要な稜線は東西あるいは北東から南西方向に延び、これと直交するように尾根が発達する。ト

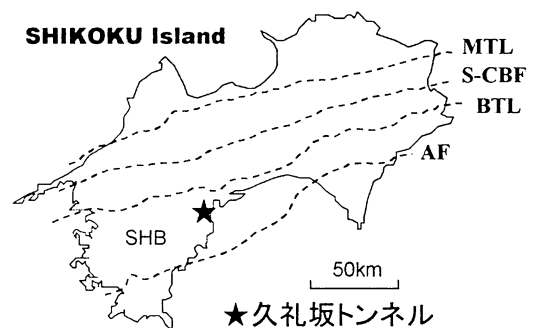


図-4 久礼坂トンネル位置図

ンネルルートは、東西方向に延びる稜線を横断すると共に、この稜線から南北に延びる尾根筋に沿った線形で計画されている。

当該地域は、四万十北帯に属しトンネル中央部の断層を境界として北側に下津井層の砂岩優勢互層や黒色頁岩優勢互層が分布、南側に久礼メランジェが分布する。久礼メランジェは大陸起源と遠洋性の堆積物が乱雑に混在しておりトンネルでは主にメランジェ頁岩が分布すると想定されていた。

b) 施工課題

本トンネルでは中央部に下津井層と久礼メランジェを堺する断層が発達し、久礼メランジェは頁岩を主体とする混在層と考えられ地山の脆弱化が懸念された。しかしながら、事前調査では地形条件等の制約から断層位置や久礼メランジェの性状が十分把握されていなかった。そこで、施工時の切羽前方探査として連続SSRTを適用

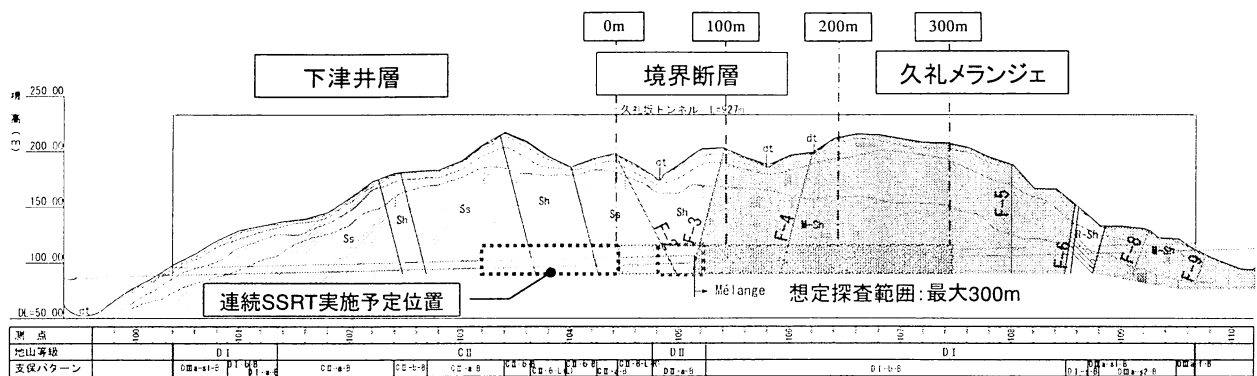


図-5 久礼坂トンネル地質縦断図と連続SSRTの概略実施位置

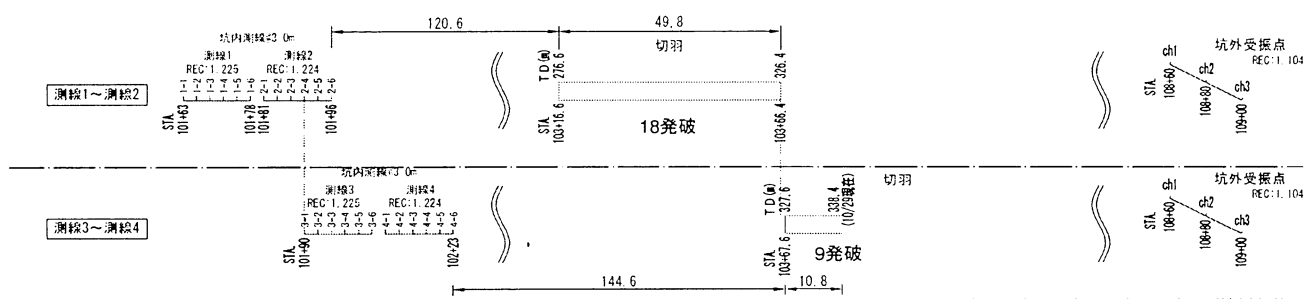


図-6 連続SSRT探索機器の平面配置と掘削発破位置

し、境界断層の位置と久礼メランジェの性状を把握する計画とした。

図-5にトンネル地質縦断図と連続SSRTの概略実施位置を示す。

(2) 連続SSRTの適用

a) 連続SSRTの実施

図-6に連続SSRT探索機器の平面配置と掘削発破位置図を示す。坑内には、図-2、写真-2で示したGPS信号光伝送装置を設置し、坑内の受振記録装置と発破時刻記録装置の内部時計をGPS同期して探査精度を確保した。

写真-3(a)に示す受振記録装置は、受振器（ジオフォン）を6ch接続することができるので2台1組で受振器12ch、間隔3mでの観測を基本として切羽から離隔約120mの位置に測線1,2を設置した。

この測線1,2において切羽進行長49.6mにおける18発破の記録を取得した（休日を含めて連続9日間、その後3日間は解析および移設準備のためデータを取得していない）。その後、受振記録装置、発破時刻記録装置、GPS信号光伝送装置を切羽側に移設し、測線3,4として切羽から離隔約145mで切羽進行長10.8mにおける9発破（連続4日間）を記録した。

振動受振記録と発破時刻は、坑内に配置したLANによって現場事務所から坑内のPDAをリモート制御して回収し、社内LANを経由して技術センターにデータを回収す



(a)坑内に設置した受振記録装置(GSP同期)



(b)坑外に設置したソーラー電源と受振記録装置(GPS同期)

写真-2 受振記録装置写真(坑内, 坑外)

ることができる。さらに、発破切羽の座標データを加えてVSP解析が実施できる。

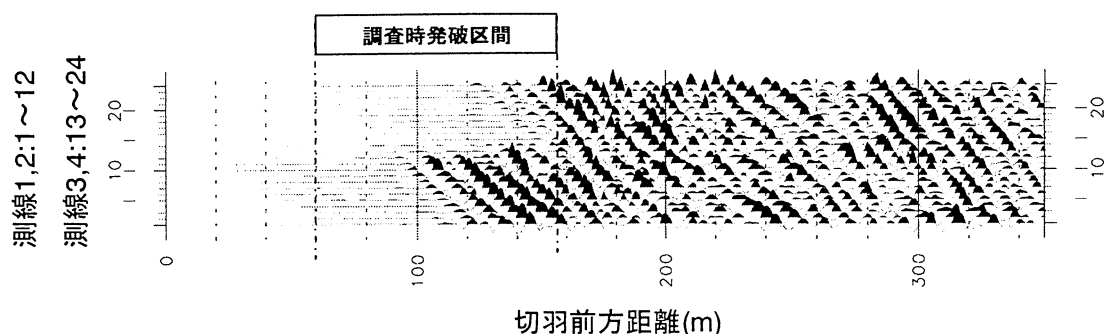


図-7 連続SSRTで得られた切羽前方の反射面強調処理結果

一方、図-6、写真-3(b)に示したようにトンネル出口側の地表に坑内と同じ受振記録装置を配置し受振器を3箇所に設置した。設置場所は商用電源が利用できないためのソーラー電源を使用し、データの回収は週1回現地にPDAを持参して実施している。

b) 解析結果

図-7に測線1,2と測線3,4で得られた切羽前方の反射面強調処理結果を合成して示す。図-8に坑内測線1,2,3,4における発破データの初動読み取りから得られる地山弾性波速度と坑外受振器における地山弾性波速度を示す。

図-8から、地山弾性波速度は坑内測線から3,460m/sとなり、坑外受振点から3,180m/sとなる。事前調査で実施した弾性波屈折法からは砂岩優勢互層で3,700~4,100m/s、頁岩優勢互層で4,000~4,300m/s、低速度帯で3,200m/sとなっている。以上から、坑外受振点における記録は地表付近の風化帯の影響を受けていると考えられることから、3,460m/sを図-7の切羽前方の反射面距離換算に利用した。この値は事前調査結果とも整合している。

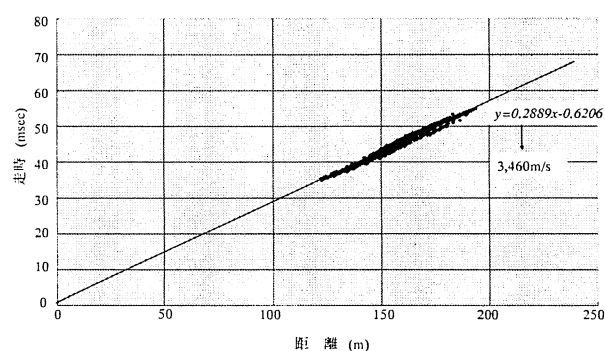
このように、連続SSRTでは坑外受振点における実測データを評価しながら、反射面の距離換算における弾性波速度を見積もることができる。

図-7における反射面の強調処理結果は、測線1,2と測線3,4を合成しているが切羽前方に連続性の高い反射記録を得ることができ、掘削発破震源によって良好な記録を得ることができたと考えられる。

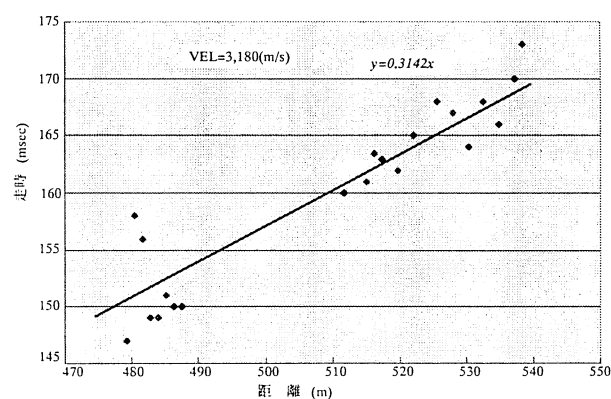
c) 坑外受振記録の考察

坑外での受振記録は、前述の切羽前方における反射面の距離同定以外に、連続的な受振記録を得ることによって、図-9に示すように現状切羽の状況と予測に活用することができる。図より、例えば地山弾性波速度が切羽進行に伴い低下傾向を示す場合、現状より弾性波速度の低い破碎帯などが切羽前方に存在する可能性が考えられる。同様に、弾性波速度が上昇傾向を示せば現状切羽より弾性波速度が速い地山が切羽前方に分布する可能性が考えられる。

図-10に坑外受振点で得られた弾性波速度と切羽評価



(a) 坑内測線1,2,3,4における初動読み取り値

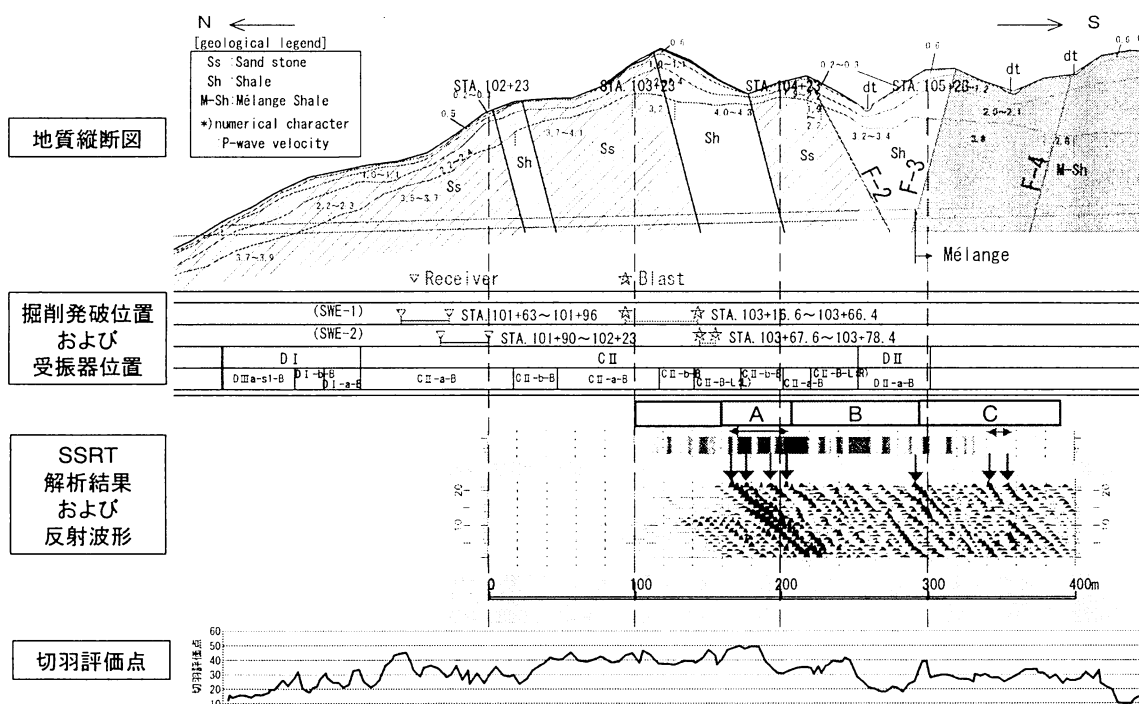
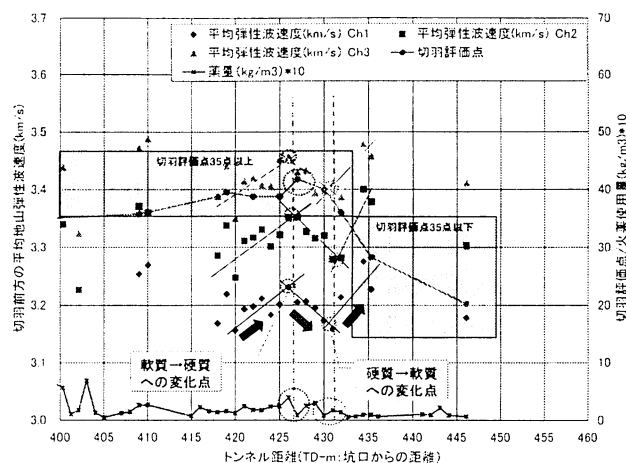
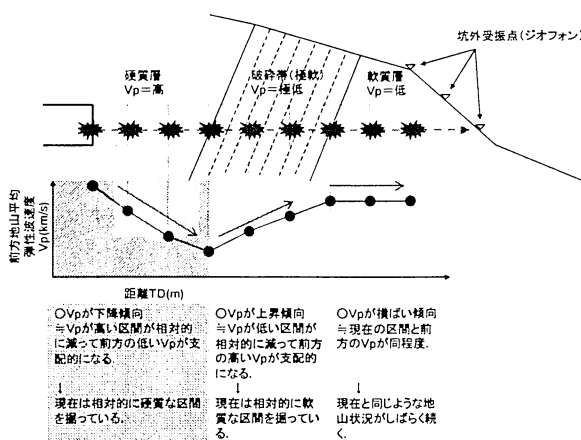


(b) 坑外受振器における初動読み取り値

図-8 初動読み取りによる地山弾性波速度

点を対比して示す。図のように、切羽の硬軟変化に相当する切羽評価点の変化点と弾性波速度の変化点とがほぼ一致し、弾性波速度3,500m/s以上の場合切羽評価点が35点以上に相当する結果となっており、現状切羽の評価と予測に利用可能と考えられる。

しかしながら、坑外受振点における弾性波速度の変化点は発破後に得られることから、現状切羽の状況と今後の予測に関する相対的な傾向を知ることができる程度であり絶対的な評価はできない。また、坑外で得られる初動記録は、直接波や屈折波など発破位置と基盤の地質構造によって様々な伝播経路と取ると考えられるのでその評価を一概に実施することはできない。



(3) 連続SSRTによる予測結果と施工記録との対比

図-11に、総合評価図として当初想定地質縦断、連続SSRTにおける切羽前方の反射面強調記録(反射面の集中箇所を視覚的に表現するために反射面の振幅強度をカラーバーで表示^{8) 9)})、切羽評価点を併記して示す。

連続SSRTの反射面記録から、以下の3区間に切羽前方地山を区分し予測した。

[A区間: STA.104+0~+40(区間長40m)]: 比較的強い反射面構造が確認でき岩質や岩相の変化が予測される。

[B区間: STA.104+40~STA.105+30(区間長90m)]: この区間は前後と比較して反射面が比較的少ないゾーンに相当し地山変化が比較的少ないと予測される。

[C区間: STA. 105+30~+80付近(区間長50m)]: 連続性高く強い反射面が確認できF-3断層やF-4断層に相当する地山変化が想定される。

トンネル施工結果から、上記の予測区間において以下のような地山性状を確認した。

[A区間: STA.104+0~+40(区間長40m)]: STA.104+10付近を堺として起点側は切羽評価点40~50点、終点側は20~40点となり地山性状の変化が明瞭に確認された。この地山変化から支保パターンをSTA.104+18地点からCⅡからDⅠに変更して対応した。この区間では切羽の小崩落等も確認された。よって、連続SSRTの予測結果はほぼ妥当であったと考えられる。

[B区間: STA.104+40~STA.105+30(区間長90m)]: この区間は前後と比較して反射面が少ないことから安定していると考えたが、DⅡ施工中のSTA.104+80~105+10の30m区間で切羽評価点20点以下の脆弱地山に遭遇した。この区間においても連続性の高い反射面が確認されていたことから地山区分の設定を誤ったと考えられる。

[C区間：STA. 105+30～+80付近（区間長50m）]：切羽評価点は30～40点で比較的安定しているゾーンであり、部分的に切羽評価点が下がり地山劣化する傾向も見られたが連続性は低かった。明確な断層は確認できなかったが、連続性の低い地山劣化部が連続SSRTにおける強反射位置に相当すると考えられる。

以上から、連続SSRTに反射面構造の地質解釈に一部相違があったが、予測結果を支保パターン選定に活用することができ施工に反映できたと考えられる。

5. おわりに

本報告は、久礼坂トンネル工事において坑外および坑内にGPS信号によって時刻校正された記録装置を配置し掘削発破を震源とする連続SSRTを適用し、切羽前方地山の予測を試みた。その結果、探査結果を施工に反映できることを確認した。連続SSRTにける今後の課題を列挙すると以下のものである。

- ・GPS信号光伝送装置における光ケーブルは覆工コンクリートの打設作業等に伴う電線盛り替えに時に切断され易いため、記録装置の刻時方法に関しては更なる改良が必要であると考えられる。

- ・探査測線の設置位置が限定されるため更なる観測機器の軽量、小型化が望まれる。

- ・高温多湿の坑内に精密機器を長期に放置するため防水、防塵加工が重要となる。

参考文献

1) 加藤卓朗, 柳内俊雄, 村山益一, 清水信之: 油圧インパクトを起振源とする切羽前方弾性波反射法探査の開発と適用, 土木学会第31回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.22-28, 2001.

- 2) 加藤卓朗, 村山秀幸, 清水信之, 岡村浩孝, 望月齋也: トンネル坑内および地表からの弾性波反射法を用いた切羽前方探査, 土木学会トンネル工学研究論文・報告集, 第11巻, pp.171-176, 2001.11.
- 3) 加藤卓朗, 村山秀幸, 浦木重伸, 浅川一久, 柳内俊雄: 弾性波反射法とトモグラフィ解析を用いた坑口周辺部の地山評価, 土木学会トンネル工学研究論文・報告集, 第12巻, pp.263-268, 2002.11.
- 4) 村山秀幸, 末松幸人, 萩原正道, 間宮圭, 清水信之: 異なる起振源を用いたトンネル切羽前方探査の比較実験について, 土木学会トンネル工学研究報告集, 第15巻, pp.227-234, 2005.12.
- 5) 大野義範, 渡辺正, 吉田泰士, 村山秀幸, 清水信之: トンネル掘削発破を起振源とした切羽前方弾性波探査の開発と現場適用, 土木学会トンネル工学研究報告集, 第15巻, pp.219-226, 2005.12.
- 6) Shimizu, N., Murayama, H., Asada, H., and Hagiwara, M., 2006, The Comparison of Different Seismic Sources in the new method for Seismic Reflection Survey ahead of a Tunnel Face, *Proceedings of The 2nd International Conference on Environmental and Engineering Geophysics, Chinese Geophysical Society & CUG*.
- 7) 村山秀幸, 上野博務, 福田秀樹, 黒田徹: TBM先進導坑内における切羽前方探査の適用, 土木学会トンネル工学研究報告集, 第16巻, pp.99-106, 2006.11.
- 8) 村山秀幸, 丹羽廣海, 中島耕平, 川中卓, 黒田徹: トンネル坑口部における坑外からの切羽前方探査の適用, 土木学会トンネル工学研究報告集, 第17巻, pp.67-73, 2007.11.
- 9) 丹羽廣海, 村山秀幸, 青山高明, 黒田徹, 東中基倫: トンネル全線における切羽前方探査の適用, 土木学会トンネル工学研究報告集, 第17巻, pp.75-80, 2007.11.
- 10) 例えば, ジオフォロント研究会新技術相互活用分科会前方探査WG: トンネル切羽
- 11) 篠原茂, 小松敏宏, 森良弘: 発破振動によるトンネル切羽前方の弾性波速度分布の予測, 土木学会第57回年次講演会概要集, pp.1332-1334, 2002.9.
- 12) 篠原茂: トンネルの事前調査および施工中にける弾性波探査について, 土木学会第58回年次講演会概要集, pp.313-314, 2003.9.
- 13) 篠原茂, 塚本耕治, 浜田元: トモグラフィ的解析手法によるトンネル切羽前方の弾性波速度分布の予測, 土木学会トンネル工学報告集, 第14巻, pp.77-82, 2004.11.

FIELD APPLICATION FOR THE SHALLOW SEISMIC REFLECTION SURVEY UNDER TUNNEL EXCAVATION USING EXCAVATION BLASTING AS A SEISMIC SOURCE

Hideyuki MURAYAMA, Hiroumi NIWA, Hideki FUKUDA,
Toru KURODA and Motonori HIGASHINAKA

Authors has developed the Shallow Seismic Reflection survey for Tunnels(SSRT) to evaluate the geological features ahead of tunnel face under construction. In general, the seismic survey under tunnel excavation needs to specify locations of seismic sources and sensors which are specially arranged. And, it causes interruption of tunnel excavation work. However, a huge initiation strength is used to tunnel excavation, if this excavation blasting is used as a seismic survey source, and it becomes possible not to be related at the tunnel excavation cycle and to continuously evaluate the geological features ahead of tunnel face. We named this method Seismic While Excavation using SSRT. This paper describes the field application for SWE-SSRT survey on the case of the Kuresaka tunnel of the Shikoku crossing highway.