

浅見トンネルにおけるTSPとDRISS による切羽前方探査について

笠羽 紀宏・熊谷 久典

近畿地方整備局 福井河川国道事務所 嶺北国道維持出張所 (〒910-1211 福井県吉田郡永平寺町法事岡 6-11)
近畿地方整備局 福井河川国道事務所 工務第二課 (〒918-8015 福井県福井市花堂 2-14-7)

浅見トンネルの地質調査は調査活動等に種々の制約条件があり、トンネル中央部の弾性波探査や地表地質踏査が出来ていない。このためトンネル工事を施工するための地質情報としては不足した状態であり、施工時に切羽前方の情報を捕捉しながら実際の地山に整合した構造に見直すことが必要であった。このことから、浅見トンネル工事では切羽前方の地質状況を把握することを目的とした弾性波探査、TSP(3成分弾性波反射法)とDRISS(穿孔探査システム)を併用し、より詳細で正確な探査を行った結果、的確な支保パターンが選択され良好で安全な掘削が行えた。本報告が今後の同種工事の参考となり、より安全にトンネルの施工ができることを期待するものである。

キーワード TSP DRISS 切羽前方探査

1. はじめに

中部縦貫自動車道は、長野県松本市を起点に飛騨・奥越地方を通り、福井市に至る延長約160kmの高規格幹線道路である。

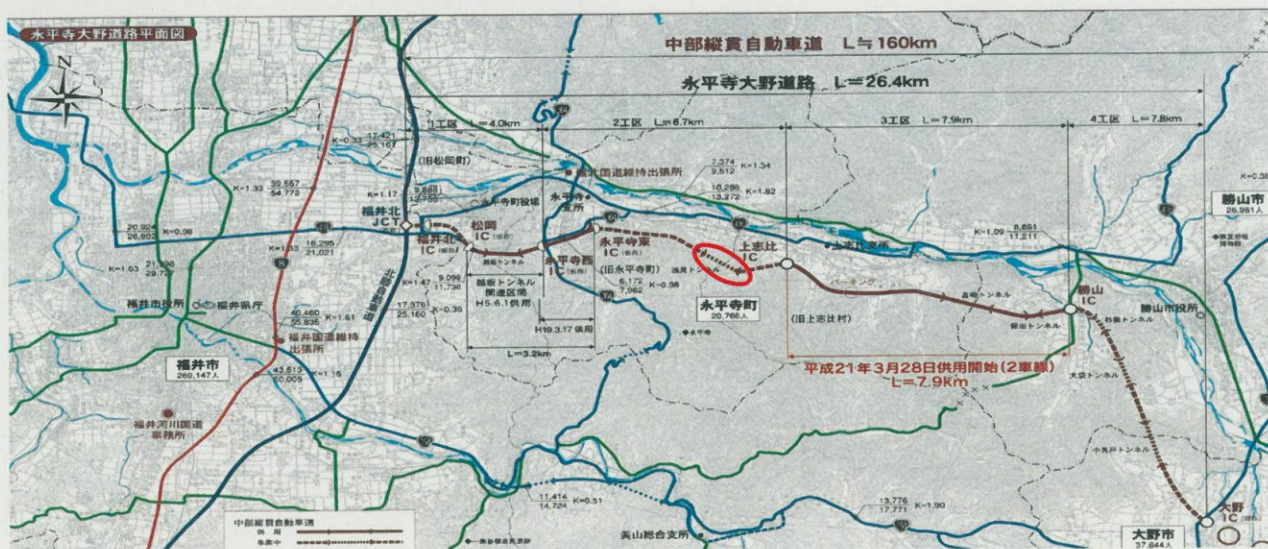
永平寺大野道路は、中部縦貫自動車道の一部を構成し、大野市から福井市に至る26.4kmの自動車専用道路であり、交通渋滞の緩和、高度医療施設へのアクセス向上、災害時における安定した交通の確保、文化・地域資源を活かした沿線地域の活性化を図ること等を目的としたものである。

浅見トンネルは福井県永平寺町に位置し、延長936mのトンネルである。本報は、トンネル地質調査に種々の制約条件があり、トンネル中央部の弾性波探査や地表

地質踏査が出来ていない未調査区間の施工において適用した地山調査TSP・DRISSについて報告するものである。

2. 工事概要

工事名称：永平寺大野道路浅見トンネル工事
発注者：近畿地方整備局 福井河川国道事務所
施工者：アイサワ工業株式会社
施工箇所：福井県吉田郡永平寺町轟～浅見地内
工期：平成21年10月28日～平成24年3月10日
トンネル延長：L=936m
掘削方法：NATM(発破工法)補助ベンチ付全断面掘削 上半先進ベンチカット工法



3. 地形概要

施工地域は、福井県吉田郡に位置し、越前中央山地の北端部、大野勝山盆地との境界付近に当たる。

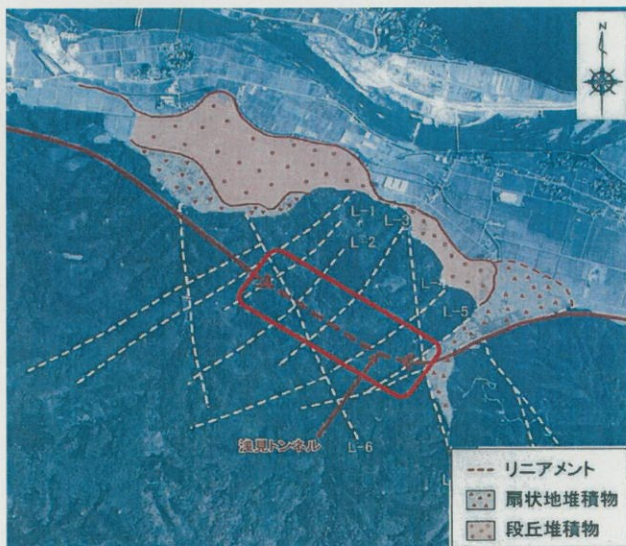
越前中央山地と勝山盆地の境界には、一級河川である九頭竜川が西方へ流下する。トンネル区間は、九頭竜川左岸の山地部（山裾）にあたり、犀川・浅谷川や越前山地に源を発する小規模の谷沢がそれぞれ北流した後、九頭竜川に合流する。平地部では九頭竜川の流域周辺で沖積平野が発達しており、山裾付近には段丘地形が発達し、所々に段丘性の平坦面が見受けられる。山地部の特徴としては大佛寺山（807.4m）を最高峰として概ね600m以上の尾根が続上の尾根が続いている。

4. 地質概要

浅見地区周辺の地質は飛騨変成岩、古期花崗岩類、および面谷流紋岩類の各岩類を基盤とし、新規の噴出岩である糸生累層等が広く覆っている。また、現況河川の周辺域ではこれらを覆って段丘堆積層や沖積層等が分布している。飛騨変成岩類は、カンブリア代に形成されたものと推定され、日本最古の一つと考えられている。古期花崗岩類は花崗岩質から閃緑岩質の深成岩で、中生代前期に貫入したものと推測されている。面谷流紋岩類は、中生代白亜紀後期に噴出・堆積した溶岩および火山砕屑岩で凝灰質の泥岩も伴っている。

糸生類層は新生代新第三紀に形成され、安山岩質の溶岩およびその火砕岩より構成され変質が進んで緑色を呈することが多い。

トンネル周辺にはこれらのうちの大部分が沖積層や段丘堆積層、崖錘層等の新規の堆積物で被覆され、地表部に露出する箇所が殆どないことにより、基盤の構成岩類やその構造等に関する詳細は不明な部分の多い地域であった。



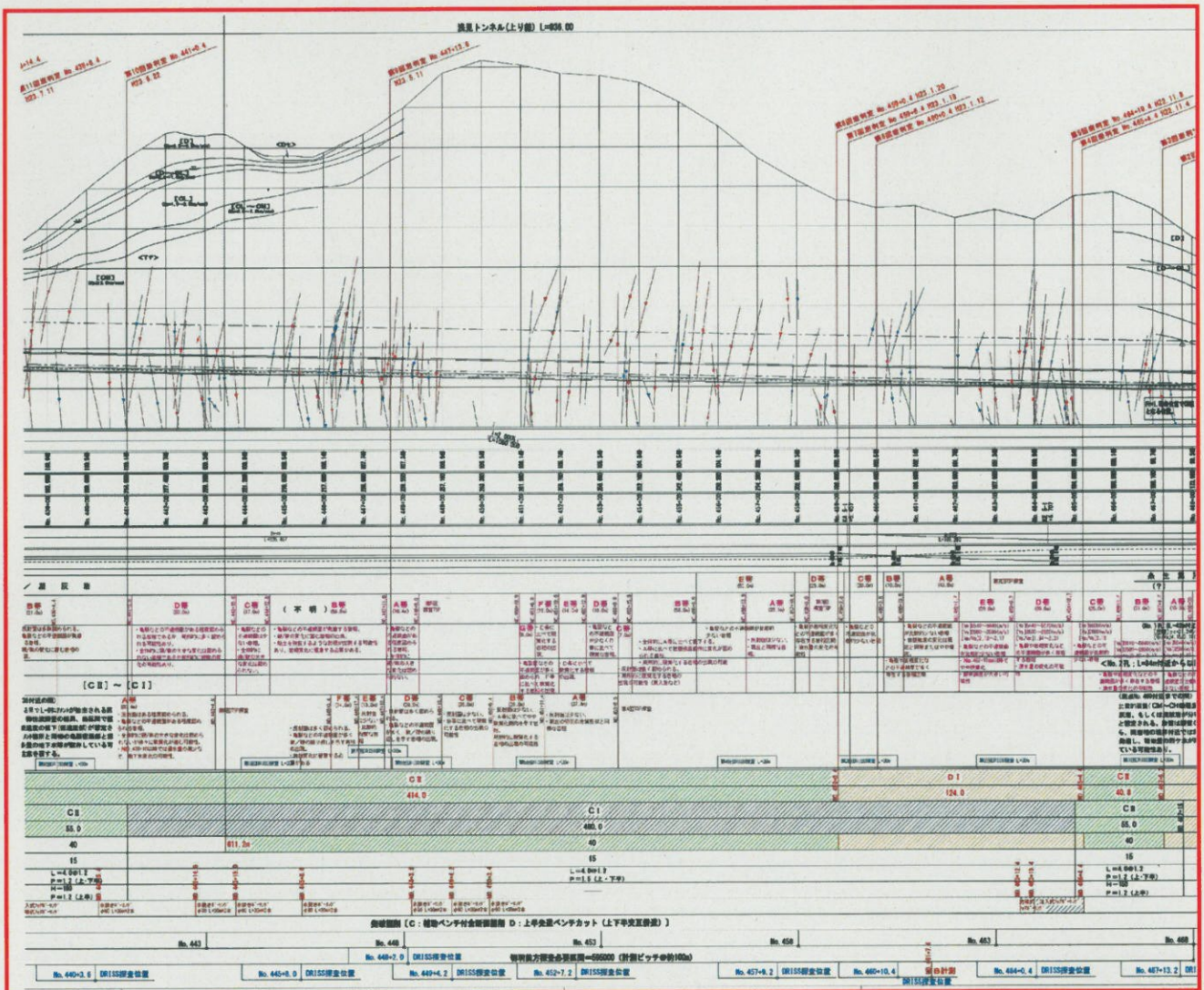
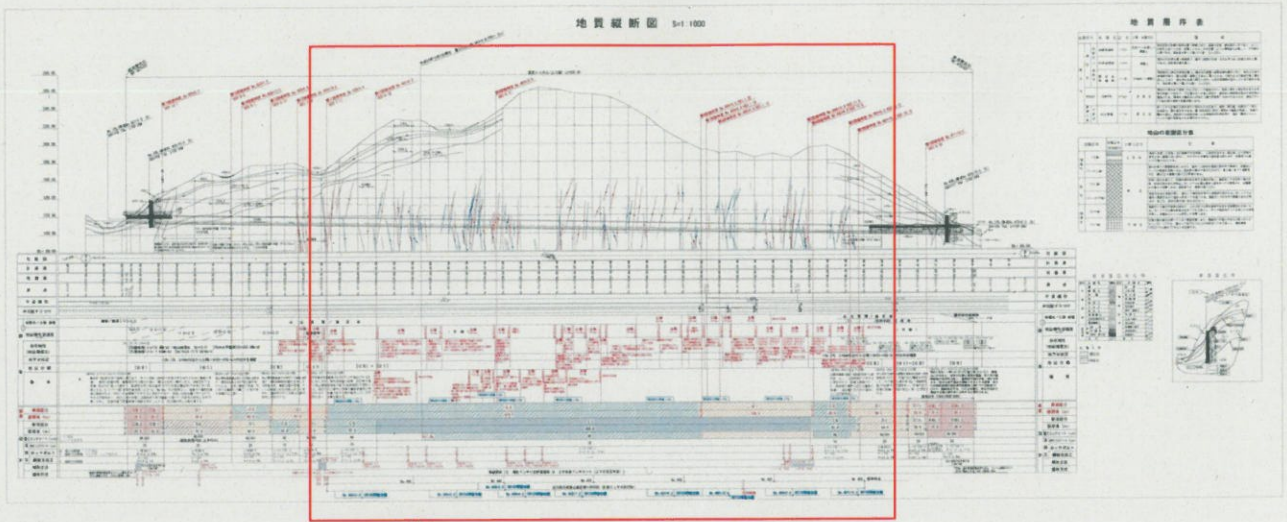
5. 掘削実績

当初、未調査区間（トンネル延長の60%）は、周辺のトンネルを参考にした支保工パターンCⅠの設計となっていたが、岩判によりCⅡ及びDⅠへの変更となった。その支保パターンの決定の根拠として、今回実施したTSP・DRISSのデータを参考にした。未調査区間は結果として湧水や切羽が自立しないような区間であり事前の対策等を想定するうえでも事前の調査が必要であった。

既往の地質調査では、トンネル湧水量は比較的少ないものとされていたが、局所的に突発湧水423 L/minを確認するなど、全体湧水量120 t/hで比較的多いものであった。また、亀裂が発達した層理面に沿って剥離しやすい性質を有するため、切羽が不安定となり局所的に補助工法の施工も必要となった。

以下にトンネル切羽写真と補助工法位置図を示す。

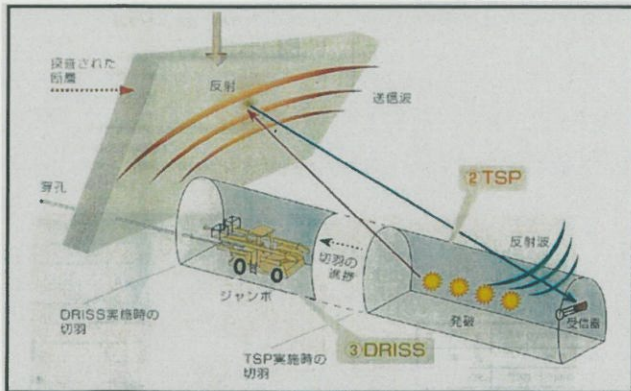




6.トンネル切羽前方探査法TSPとDRISS

(1) TSPとDRISSの検討について

前述のようにこのトンネルでは、トンネル中央部の弾性波探査や地表地質踏査が諸事情によりされておらず、トンネル掘削における地質情報が不足していた。吉峰トンネルや四工区のトンネルの設計や施工事例を参考に支保パターンの設計を実施されていたが、低速度帯などの詳細な情報が捉えきれないため、施工時に切羽の前方を探査し地山に整合したトンネル構造で安全に施工することが必要であった。TSPは1回の探査により100m～130m程度の探査が可能であり、早期に探査が行え弱層部を面で捉えることができる。しかし、複雑に変化する地山では必ずしも高正確の探査とは言い難いので、切羽の進行と共にDRISS（1回の探査は30m程度）によりさらに精度の高い探査を適用することで、向上させることができる。



(2) TSPとは

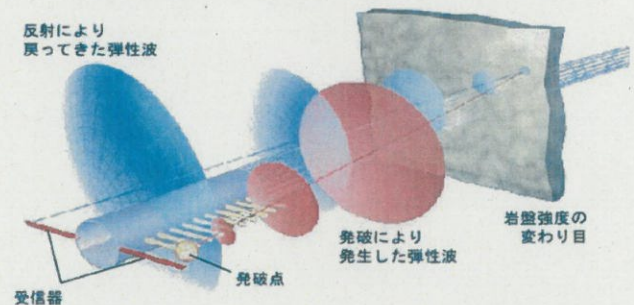
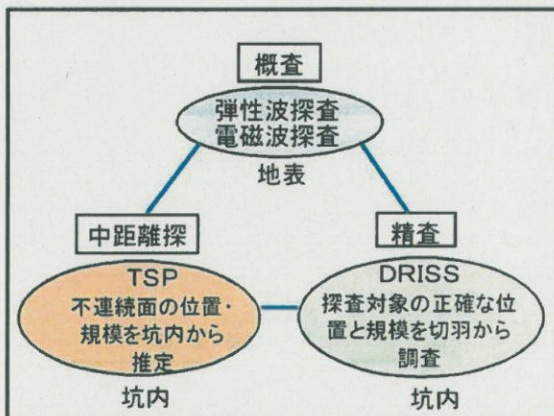
TSPは3成分弾性波反射法に属するトンネル切羽前方探査である。トンネル側壁に複数の発振孔を設け、発破を用いて順次振動を発生させ、断層等で反射した反射波を受信することにより、トンネル前方の地山状況を3次的に評価・予測するものである。反射法探査の原理を次に示す。

トンネルの側壁で発破すると、その振動が岩盤内を球面状に拡大しながら伝播する弾性波として伝わる。

そして、弾性波が地質不連続面に代表される岩盤強度（硬/軟）の変化面に到達すると、弾性波から岩盤強度（硬/軟）の変化量に応じた反射波を生じ、この反射波がトンネル側に戻ってくる。この現象を、トンネル側壁に設置した振動計（受信器）を用いて高精度に測定すると、反射波が戻ってきた方向と発破から要した所要時間（数ミリ秒～数十ミリ秒程度）が得られる。このデータを多数集めて立体的に分析することで反射面、すなわち岩盤強度（硬/軟）の変化面の位置を知ることができる。特徴として、測定方法がトンネルに特化され、受信器を少なくして探査を短時間の工程（坑内での探査作業は3時間程度でおこなえる。準備から解析まで2日程度）で済むようにし、また、解析手順を一定のフローに定めたパソコンプログラムを用いて探査結果が素早く報告できるものとなっている。いずれの項目についても地山状況（岩盤の固さ、土被り等）より仕様が異なる可能性がある。

システム仕様

項目	内容
探査範囲	切羽から前方 100～130m 程度
分解能	±5m 程度
精度	±10m 程度（脆弱層の位置の場合）



2011/6/8

第6回永平寺大野道路浅見トンネルにおけるTSP切羽前方探査速報

1. 実施概要

- ①実施場所
永平寺大野道路浅見トンネル
- ②実施日時
2011年6月8日 10:00~12:00
- ③探査位置および側線
探査時の切羽位置(No.): No. 443+4.8
受振孔位置(No.): 445+19.4
受振孔から切羽までの距離: 54.60m
発振孔間隔: 1.20m
発振孔本数: 28本

2. 探査結果

受振孔から185mの前方結果が得られ、A~D帯の4つに区分した。

A帯(切羽位置~135m): 反射面はある程度認められる。Vpは118m以降で増加する傾向を示し、Vsは

- NO.443+4.8~NO.439+4.4
- 大きな変化は認められないもの緩やかな減少傾向を示す。
 - 亀裂などの不連続面がある程度認められる岩相
 - 全体的に硬/軟の大きな変化は認められないが徐々に軟質化が進む可能性。
 - 118m以降では湧水量の減少など、地下水変化の可能性

B帯(135~156m): 反射面は多数認められる。VpおよびVsは値の増減を繰り返す。

- NO.439+4.4~NO.435+3.4
- 亀裂などの不連続面が発達する岩相
 - 硬/軟の変化に富む岩相の出現

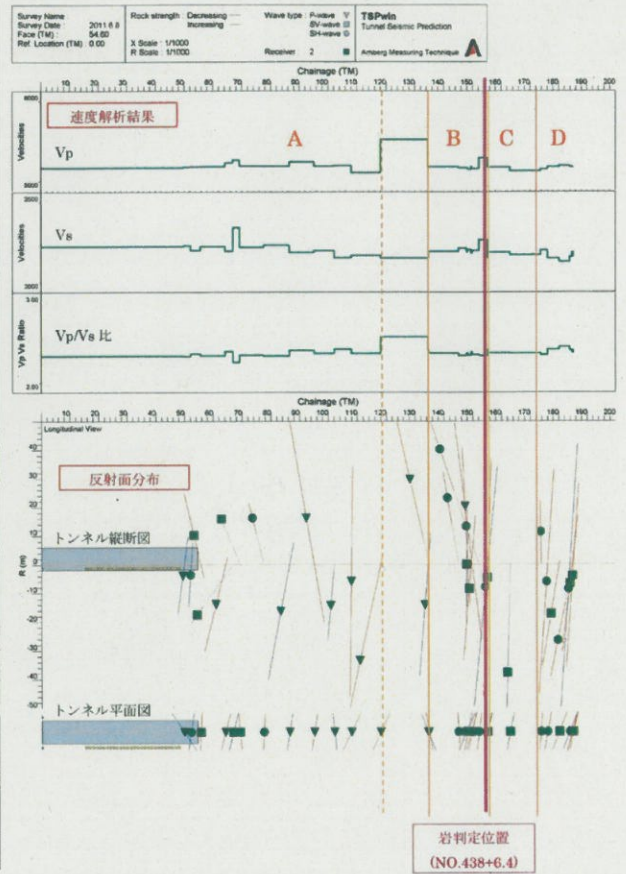
C帯(156m~173m): 反射面は少ない。VpおよびVsは大きな変化は認められない。

- NO.438+3.4~NO.437+6.4
- 亀裂などの不連続面は少ない岩相。
 - 全体的に硬/軟の大きな変化は認められない岩相

D帯(173m~185m): 反射面は多数認められる。VpおよびVsは値の増減を繰り返す。

- NO.437+6.4~NO.436+14.4
- 亀裂などの不連続面が発達する岩相
 - 硬/軟の変化に富む岩相の出現

今回の探査結果は、B帯およびD帯は反射面が多く認められ、小さいながらも値の増減を繰り返す傾向を示すことから、亀裂が多くなり、硬軟の変化に富む岩相であると判断しております。このどちらかの帯については、既存の地質縦断面図でのNo.438~No.437付近の「低速度帯」に相当する可能性が考えられます。



7. 結果の活用

浅見トンネルは糸生累層安山岩が主体であり、岩質が安定していたためTSPによる反射面の特定がしやすく、反射面のタイプによって亀裂などの不連続面や軟質硬質の岩盤状態は推測できるが、岩相の厚みや性状の予測・判断が難しいためDRISSや切羽観察などの他の地質情報と組み合わせて判断する必要があった。

TSPにて岩層の変化場所を特定し、併せてDRISSによる穿孔探査を行うことで岩層の厚みや性状および湧水量の把握が行え、地山に適した掘削支保工の選定や湧水対策や補助工法の早期対策検討が行え、安全にトンネル施工をすることができた。

8. おわりに

今回の切羽前方探査は、トンネル中央部である事や地質が未固結層を挟んだ亀裂の多い層を含みながらも、比較的安定した硬質な岩であり、TSPとDRISSに加え入念な切羽観察・計測を確実に行うことで、的確な支保パターンが選択され良好な掘削が行えた。TSP単独では局所的に軟質化傾向を示す脆弱な岩相部分や層厚また湧水量までは把握出来ず、切羽付近での突発的な湧水による天端からの小崩落や切羽の押し込みまでは予見できない。トンネル施工は、すぐに大事故につながりかねないので、施工前における入念な地質調査・探査を行うことと、DRISS・切羽観察・計測を確実にを行い、地質を把握することで、より安全に施工できるものと思われる。

最後に、本報告が今後の同種工事の参考となれば幸いです。