

## 反射トモグラフィ“TRT”の現場適用結果

鹿島技術研究所	正会員	白鷺 卓	山本 拓治
日本道路公団静岡建設局富士工事事務所	正会員	佐藤 淳	
鹿島建設第二東名高速道路富士川トンネル東工事事務所	正会員	本庄 竹志	西岡 和則

### 1. はじめに

最近の山岳トンネル工事を取りまく施工環境には、都市化・大断面化などの急激な変化が見られ、複雑かつ脆弱な山におけるトンネル物件も多くなっている。その一方で、急速性と安全性及び合理性がますます求められていることから、切羽前方地山をより迅速かつ正確に予測し、施工に反映することが非常に重要となっている。現在、多用されている前方探査としては、コアボーリングを実施する方法や、パーカッションボーリングの機械データとスライム等により判断する方法、あるいは、弾性波の反射波を利用する方法がある。これらの方法のうち、より簡易で、切羽を長時間ストップさせない方法は弾性波（P波）を利用した手法（TSP等）であるが、測定精度に若干の問題があると言われている。また、これらの方法は、いずれも切羽の掘削作業のない時に測定を行う必要があり、3次元の評価が難しい。

今回、筆者らが開発・適用した反射トモグラフィ“TRT”(True Reflection Tomography)は、探査のための特別な発破作業が必要なく、通常のトンネル掘削作業での発破、ブレイカー、TBM等から発生する振動を利用できるうえ、探査の時間が短い。また、比較的解析も簡単で、探査範囲も広く確保でき、かつ3次元評価が可能である。筆者らはこれまでに3ヶ所のトンネルにおいて、発破作業やTBM掘削作業を利用した精度確認試験を実施しており、事後のトンネル掘削実績との比較から、本システムの探査結果が適正なものであることを確認している。<sup>1)</sup>

ここでは、TRTの特長である広い探査範囲と3次元評価を活用し、TBM工法で掘削中の富士川トンネル上り線導坑において、主にトンネル上部の地質分布推定を目的とした前方探査を実施し、探査結果と掘削と併行して実施していた鉛直ボーリングのコア観察結果及び掘削実績を比較した結果、比較的良好な相関が得られたので報告する。

### 2. 探査目的

当現場付近には、第四紀の安山岩とそれを角礫として含む凝灰角礫岩、その上位には鷲の田礫層が分布しており、既存資料の地表踏査結果や弾性波探査解析結果では、この礫層

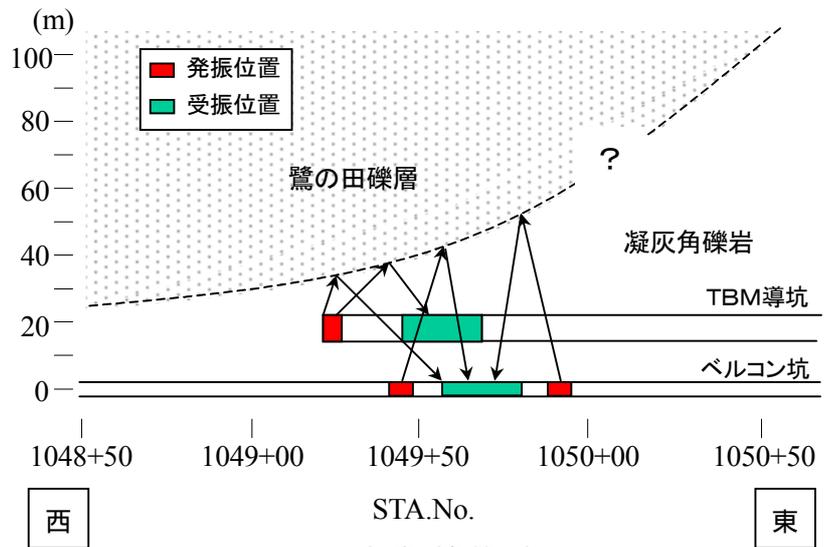


図 - 1 探査対象範囲概要

の下端が計画トンネルの天端付近に分布するものと予想されていた(図-1)。鷲の田礫層は未固結である上、多くの地下水を賦存しているため、TBMによる掘削は不可能であると予想されていた。TBM導坑の下方約20m、側方約30mには、これに平行して、先にベルコン坑が掘削されており、掘削実績から、ベルコン坑には鷲の田礫層が出現しなかったことはわかっている。現在まで、TBM導坑では過剰な湧水が確認されていないことから、TBM導坑の上部には、遮水層の存在が予測できるが、その下端境界がTBM導坑の中やゆるみ範囲にあれば、突発湧水やそれに伴う土砂流出等、TBM施工上、重大な影響を及ぼす可能性があった。また、地上からのボーリングは制約があり、離れた位置で1本しか実施できない現状であった。そこで、礫層の下端境界の位置を的確に把握し、施工方法を事前に検討する

キーワード：反射トモグラフィ，切羽前方探査，弾性波探査，トンネル

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7081 FAX 0424-89-7083

ために、TRTを適用した。

3. 探査概要

今回は、ベルコン坑内に受振センサーを設置し、ベルコン坑内でのハンマー打撃を発振源とした計測と、導坑TBMの掘削振動を発振源とした計測を行い、さらに、導坑に受振センサーを設置し、導坑内でのハンマー打撃を発振源とした計測と、導坑TBMの掘削振動を発振源とした計測を行った(図-1)。受振点配置は、ベルコン坑、TBM導坑とも図-2に示す通りである。

4. 探査結果

トンネル上部の未固結で非常に脆弱な鷺の田礫層と凝灰角礫岩層の境界の出現位置を予測する目的で実施された反射トモグラフィ結果を図-3に示す。探査可能範囲は、TBM導坑掘進方向に80m(TD1070~1150m)、トンネル上方に80m(EL160~240m)であった。この結果から、EL200m付近より上部に、細かな影が多数見られる。つまり、EL200m付近に礫層と凝灰角礫岩の層境があると予測できる。また、その境界は、走向NNE-SSW、傾斜20°E程度であり、将来的にTBM導坑に上位の礫層が出現することはないと予測できる。

一方、併行して行っていた鉛

直ボーリングのコア観察によると、礫層と凝灰角礫岩の層境はEL250mであった。予測結果とは50mの差があるが、コア観察結果から、層境周辺の凝灰角礫岩上部には上位の礫層と岩質の似た、風化を受け脆弱化した凝灰角礫岩が確認されており、またEL200~250m間には、部分的に岩片状、礫状に破碎された凝灰角礫岩も確認されている。EL200m以深のコアは、比較的硬質で短棒状である。脆弱化した凝灰角礫岩と上位の礫層の弾性波速度に大差がないことから、反射トモグラフィによって予測された境界EL200mは、地層境界というよりは、むしろ脆弱で破碎質の凝灰角礫岩と比較的硬質な凝灰角礫岩の地質境界を捉えたと考えられる。

また、事後のTBM導坑掘削実績からも、予想した通り、上位の礫層が出現しなかったことを確認している。

5. まとめ

今回の適用によって、前方探査システムとしての反射トモグラフィの実用性、適用性をさらに高めることができた。今後も、さらに適用事例を増やし、本システムの信頼性を向上させていく所存である。

【参考文献】

1) 白鷺 卓他：反射トモグラフィによる切羽前方探査について、第55回年次学術講演会講演概要集，III-B051。

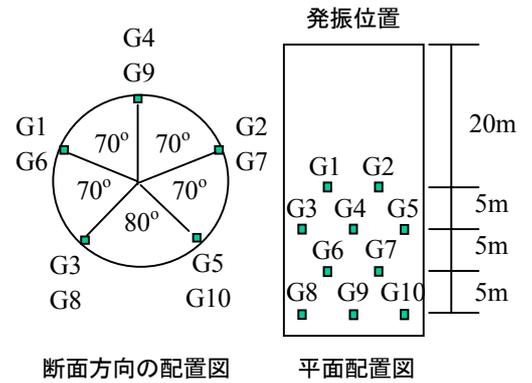


図-2 受振器配置図 (ベルコン坑、TBM導坑とも共通)

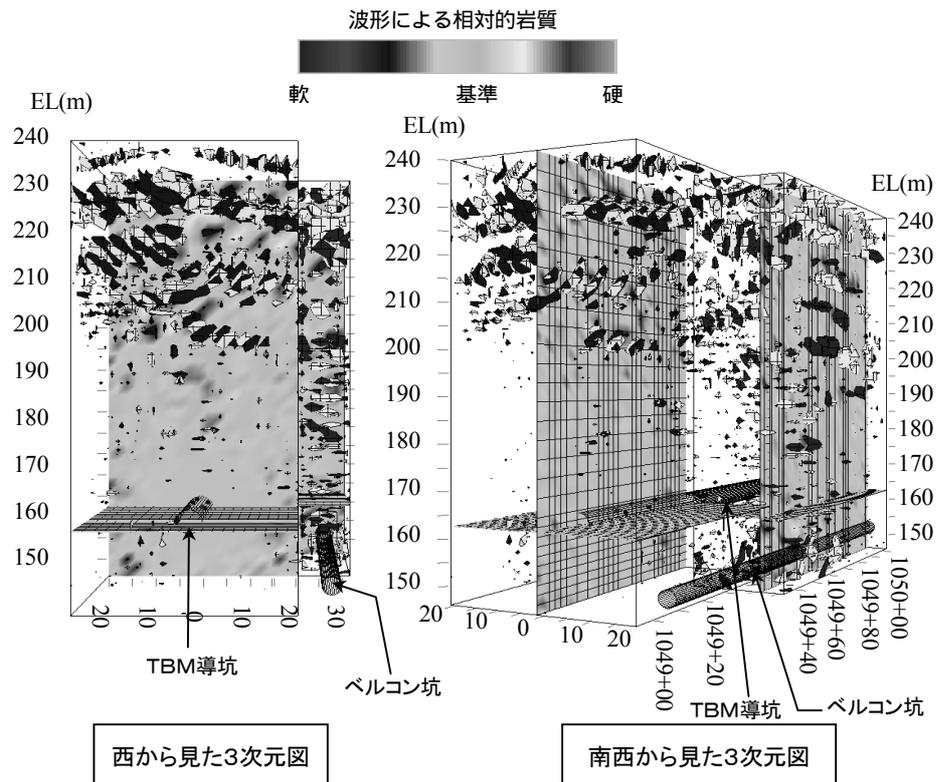


図-3 反射トモグラフィ結果