

双設トンネルの緩み域評価のための弾性波トモグラフィの試行

(株) フジタ 技術センター 正会員 ○村山 秀幸

西日本高速道路株式会社 関西支社 新名神兵庫事務所 浜田 文年 岡村 哲司

(株)フジタ・アイサワ工業(株)特定建設工事共同企業体 福田 秀樹 角南 宗彦

1. はじめに

双設トンネルを新設する場合、掘削に伴う影響領域を考慮してその中心間隔を弾性地山において掘削幅の2倍、軟質地山において5倍程度確保すれば相互の影響がほとんどないとされている¹⁾。しかしながら、実際の地山は不均一であり施工時に予期せぬ相互影響が発生する場合もある。施工中に相互影響が生じた場合、トンネルの長期安定性を担保するために、ボーリング調査を実施し孔内載荷試験やB計測によって緩み域とその工学的性状を把握し対処する事例が多い。一方、これらの調査や計測は、切羽掘削を中断して実施するため工程の遅延や工費の増大をまねく。よって、掘削時に簡便な調査手法で双設トンネルにおける坑壁間緩みを評価することが望まれているといえる。本稿では、双設トンネルに発生する坑壁間地山の緩み域評価のために弾性波トモグラフィを試行した結果について述べる。弾性トモグラフィ探査は、掘削サイクルに影響を与えない掘削発破を震源とする切羽前方探査手法である連続SSRT²⁾を応用した。

2. 適用現場と探査方法

適用現場は、双設トンネルを新設する新名神高速道路六石山トンネルである。図-1に地質平面図と縦断図を示す。本トンネルは、周辺環境に配慮して下り線を先行開通させ、先行トンネルを土運搬道路に活用する計画である。よって、坑壁間トモグラフィの測定は、先行開通させた下り線の小土かぶり区間で実施した。

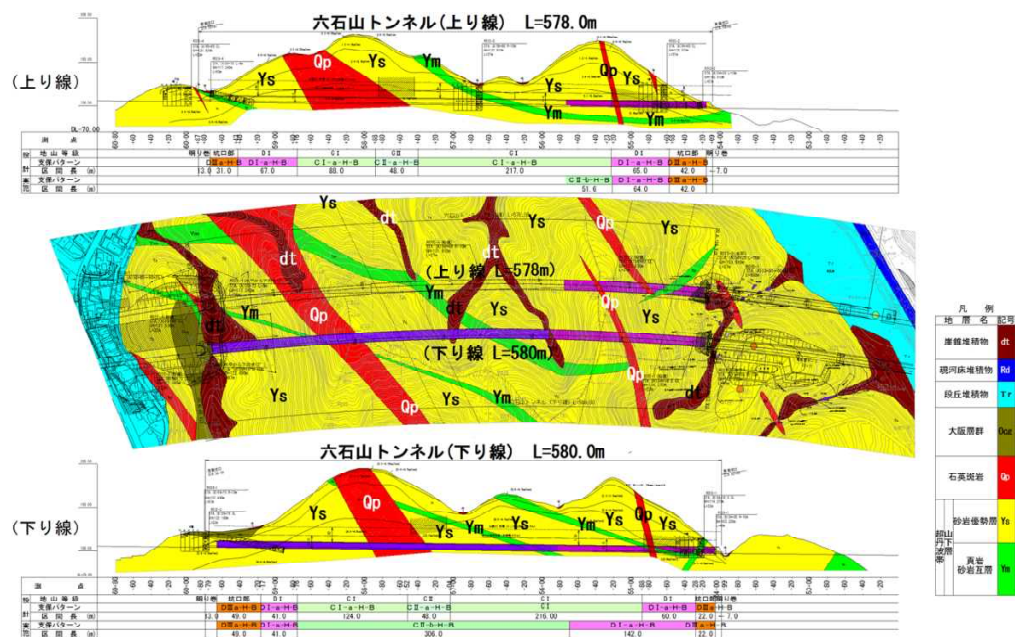


図-1 地質平面図と縦断図（上り線，下り線）

図-2に探査機器の配置と坑壁間トモグラフィ実施領域を示す。探査測線は、下り線で最も小土かぶりとなるSTA.56+88を中心として受振器12chを4m間隔で設置した。トモグラフィ処理領域としては、下り線STA.56+88を境として上り線切羽が近づいてくる50m区間を領域①、切羽が離れていく50m区間を領域②として、最終的に領域①と②の差分を求め弾性波速度の変化を評価する共通領域を設定した。

下り線坑内の発破振動記録装置（受振器 12ch, 1ms 間隔計測）には、坑内では GPS 信号が受信できず装置の内部時計校正用にルビジウム原子時計（精度 10^{-6} 秒以下、野外で GPS 時刻に校正後数ヶ月間精度が保証）を併設した。発破の起爆時刻は、上り線点火小屋に設置した発破信号検出器から坑口の原子時計を用いた発破時刻記録装置に伝送した。

キーワード 双設トンネル, 緩み域, 切羽前方探査, 弾性波トモグラフィ

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株) フジタ 技術センター TEL:046-250-7095

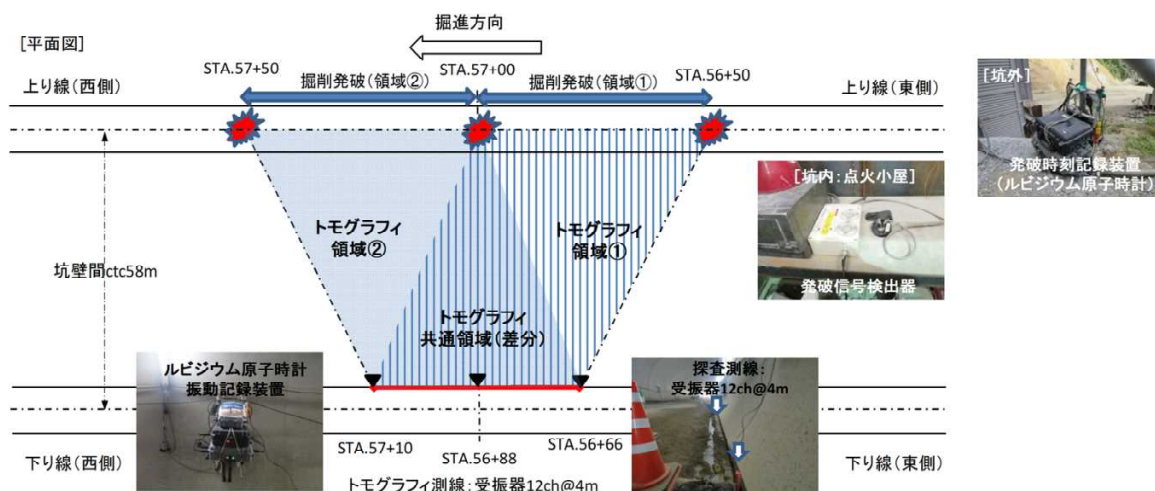


図-2 探査機器の配置と坑壁間トモグラフィ実施領域（領域①，領域②，共通領域）

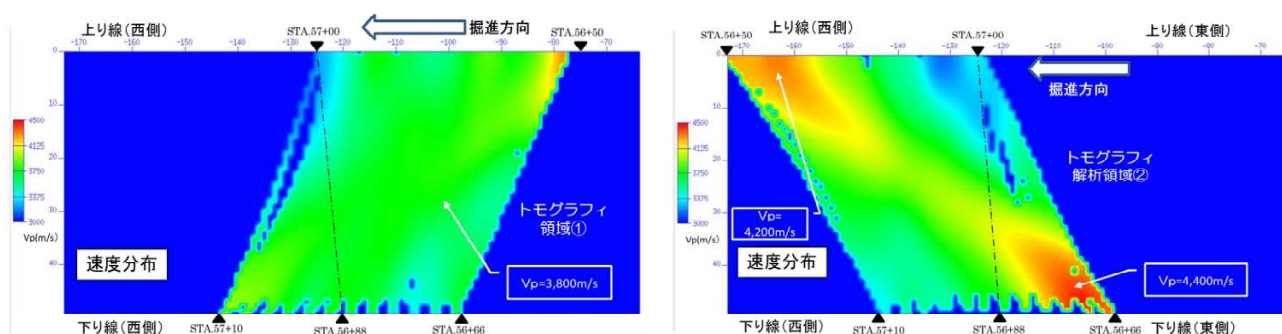


図-3 弾性波トモグラフィ処理による坑壁間地山の速度分布（左図：領域①，右図：領域②）

3. 測定結果と考察

図-3 に領域①と②における坑壁間地山の速度分布を示す。図より，領域①では変化がないが領域②において弾性波速度が上昇する領域が確認できる。図-4 に領域①と②の差分となる共通領域の速度差分布を示す。図-4 から図-3 と同様に，速度の上昇領域が確認できる。一般に，双設トンネルで相互影響が生じた場合，坑壁間地山が緩み速度が低下すると想定されるが，今回の結果はその逆となっている。一方，下り線と上り線の切羽観察結果から，下り線（東側）側の受振器位置には砂岩優勢層（Ys）より硬質な石英斑岩（Qp）が分布することを確認しており，この石英斑岩は図-1 の地質平面図で示されるようにトンネルと斜交する方向性を有する。よって，この速度上昇領域は石英斑岩の分布に相当し，その方向性から領域②において顕著に検出できたと考えられる。以上から，今回試行した弾性波トモグラフィ結果から，掘削に伴う坑壁間地山の緩みはほとんど発生しておらず健全な状態にあり，本手法によって坑壁間地山の地質構造を把握できる可能性を示唆した。

図-4 に領域①と②の差分となる共通領域の速度差分布を示す。図-4 から図-3 と同様に，速度の上昇領域が確認できる。一般に，双設トンネルで相互影響が生じた場合，坑壁間地山が緩み速度が低下すると想定されるが，今回の結果はその逆となっている。一方，下り線と上り線の切羽観察結果から，下り線（東側）側の受振器位置には砂岩優勢層（Ys）より硬質な石英斑岩（Qp）が分布することを確認しており，この石英斑岩は図-1 の地質平面図で示されるようにトンネルと斜交する方向性を有する。よって，この速度上昇領域は石英斑岩の分布に相当し，その方向性から領域②において顕著に検出できたと考えられる。以上から，今回試行した弾性波トモグラフィ結果から，掘削に伴う坑壁間地山の緩みはほとんど発生しておらず健全な状態にあり，本手法によって坑壁間地山の地質構造を把握できる可能性を示唆した。

4. おわりに

本稿では，双設トンネルにおける坑壁間地山の緩み域評価のために弾性波トモグラフィを試行し良好な結果を得たことを述べた。今後は，軟質な地山に対する本手法の適用性を検証していきたい。

参考文献

- 1) 例えば，東日本・中日本・西日本高速道路(株)：設計要領第三集，トンネル編，p. 5, 2012.
- 2) 村山秀幸，丹羽廣海，大野義範，押村嘉人，渡辺義孝：ルビジウム刻時装置を用いた連続的な切羽前方探査の開発と適用，土木学会トンネル工学報告集，第 20 巻，pp. 51-58，2010. 11.