

トンネル支保パターン選定における切羽前方探査の活用効果についての検討

(株) フジタ

正会員 ○丹羽 廣海

正会員 村山 秀幸

(独) 土木研究所寒地土木研究所

正會員

岡崎 健治

正会員 伊東 佳彦

1. はじめに

山岳トンネルの調査・設計段階で得られる地質情報は、種々の制約から多くの不確実性を含んでいるため、施工段階に確認される地質条件に合わせて設計や施工法を合理的に修正することが、工事の安全性と経済性を確保する上で重要となる。近年では、施工中に実施する切羽前方探査が各種示方書¹⁾や技術指針²⁾に記載され、設計段階における限定的な地質情報を施工時に補完しようとする適用事例が増えてきている。本稿では、いくつかの山岳トンネルの施工記録の調査を行い、当初設計段階の限られた地質情報に基づく地山評価と、切羽前方探査結果に基づき見直した地山評価に対して、実際の施工で採用した支保パターンを対比することによって切羽前方探査(先進ボーリングと反射法弾性波探査)の活用効果を検討した結果について報告する。

2. 先進ボーリングの活用効果

施工時に先進ボーリングが実施された北海道の国道4トンネルについて資料調査を行い、次の①～③の段階別に支保パターンの変遷をまとめた(①設計段階で選定された支保パターン、②先進ボーリング結果に基づき判定された支保パターン、③施工段階で実際に採用した支保パターン)。図-1に一例としてAトンネルの支保パターンの変遷を示す。図の下段に示した階段状のグラフの一点鎖線が①設計段階、点線が②先進ボーリング実施段階、実線が③施工段階に判定された支保パターンを示しており、線が重なる区間は判定が一致したことを表す。図より、トンネル中央付近のSP.10,850～11,020m間では、当初設計でDⅡ～Eパターンと判定されていたのに対して施工時はDⅠパターンを採用しており、設計時の想定よりも実際の地山状態が1～2ランク良好であったことが分かる。このようにして、4トンネルについて設計段階と先進ボーリング実施段階で判定された支保パターンに対する施工時の採用支保パターンとの乖離幅ごとの合計延長をまとめた。図-2は、各段階の採用支保パターンとの乖離幅の割合をグラフにして示したものである。図-2より、設計段階の判定と施工時の採用支保パターンが一致したものは39.0%であったのに対して、先進ボーリング段階の判定では85.2%に46.2ポイント向上している。また、2ランク以上の乖離は設計段階で10%程度あったのに対して先進ボーリング段階ではほぼ無くなっている。以上より、先進ボーリングの効果が定量的に確認できた。

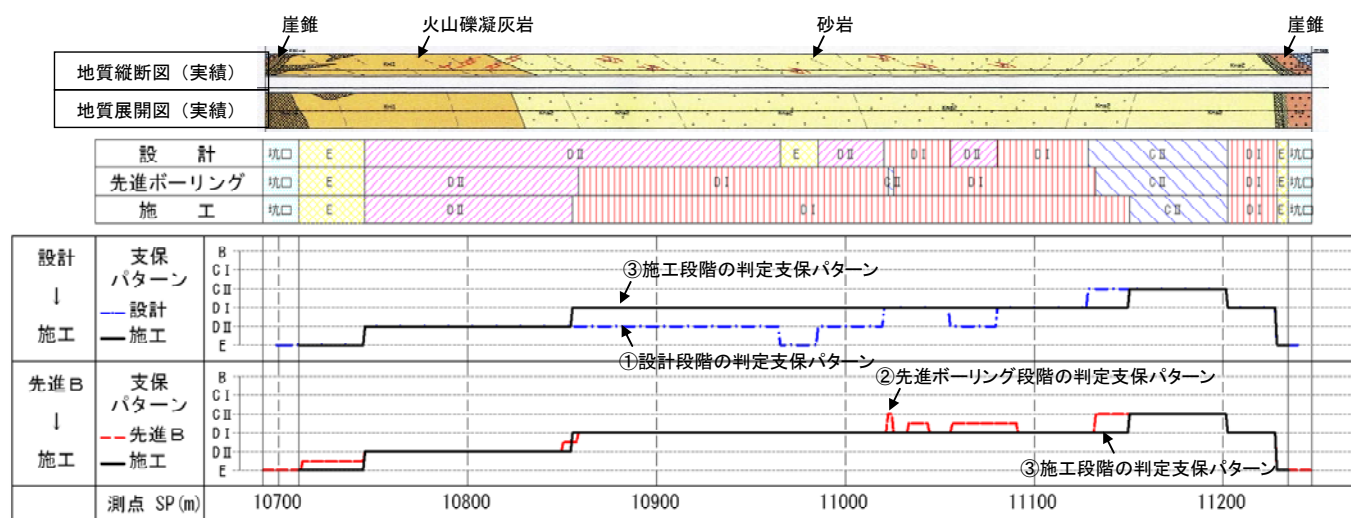


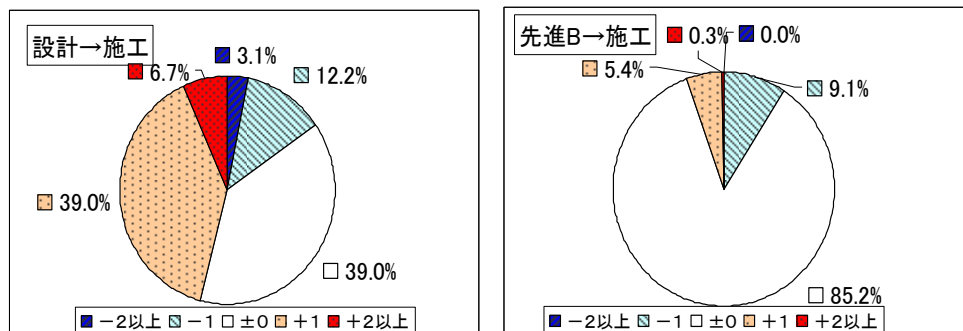
図-1 当初設計段階および先進ボーリング実施段階の地山評価と施工支保パターンの対比（Aトンネル）

キーワード トンネル，切羽前方探査，先進ボーリング，反射法弾性波探査

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

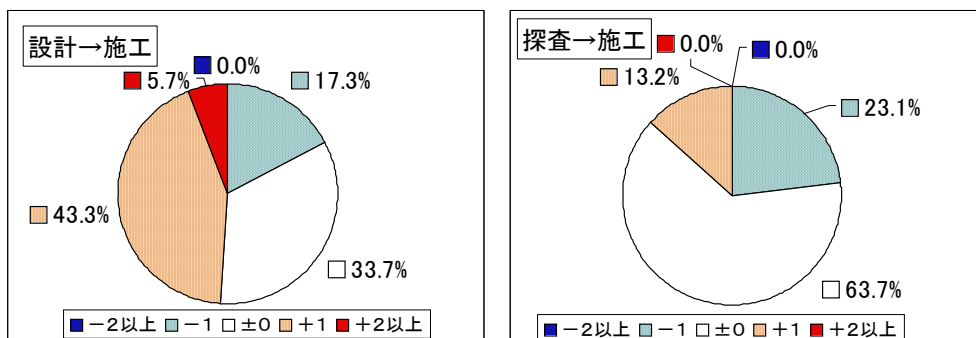
3. 反射法弾性波探査の活用効果

先進ボーリングを実施した4トンネルと同様に、反射法弾性波探査³⁾が実施された本州の国道2トンネル(合計延長1,014m)について、支保パターンの乖離幅を図-3にまとめた。図-3より、設計段階の判定と施工時の採用支保パターンが一致したものは33.7%であったのに対して、反射法弾性波探査段階の判定では63.7%に30.0ポイント向上している。また、2ランク以上の乖離は、設計段階で6%程度あったのに対して、反射法弾性波探査段階では無くなっている。以上より、反射法弾性波探査の効果が定量的に確認できた。



(-: 支保が軽くなる, +: 支保が重くなる)
-2: DII→CIIなど, -1: DI→CIIなど, ±0: 乖離無し, +1: CII→DIなど, +2: CII→DIIなど

図-2 段階別の支保パターンの乖離(先進ボーリング)



(-: 支保が軽くなる, +: 支保が重くなる)
-2: DII→CIIなど, -1: DI→CIIなど, ±0: 乖離無し, +1: CII→DIなど, +2: CII→DIIなど

図-3 段階別の支保パターンの乖離(反射法弾性波探査)

4. 対費用効果の検討

山岳トンネルでは一般に、予期せぬ地山の急変により縫い返しや掘進停止を余儀なくされる場合があり、施工管理上のコストが発生する。よって、切羽前方探査により地山状況を適切に予測することによって、これらのコストを回避することが出来ると考えられる。今回の検討結果から得られた採用支保パターンとの一致率から単純に試算すると、1,000mのトンネルでは切羽前方探査を実施しない場合に比べて、先進ボーリングにより462m(46.2%)、反射法弾性波探査により300m(30.0%)の区間で支保パターンの事前予測が可能となることになる。先進ボーリングのコストを5.0万円/m(5,000万円/1,000m)、反射法弾性波探査のコストを3.0万円/m(3,000万円/1,000m)と考えると、地山急変により発生するコストが10.9万円/m(5,000万円/462m)以上であれば、先進ボーリングを実施した方がトータルコストは有利となり、同様に反射法弾性波探査の場合は支保パターン変更コスト10.0万円/m(3,000万円/300m)以上であれば有利となると試算される。以上は、今回整理した限られたデータに基づく単純な試算であり、今後更なるデータの蓄積が必要であるが、切羽前方探査の対費用効果を検討する上で一つの目安となると考える。

5. おわりに

山岳トンネルにおいて、設計から施工に至る各段階で判定された支保パターンを整理した結果から、切羽前方探査実施後の地山評価の方が、実際に採用された支保パターンとの整合性が設計段階に比べて向上することが確認された。以上より、調査・設計段階の不確実性を含む地質情報に対して、施工中の切羽前方探査による地質情報の補完が合理的な支保パターン選定に寄与していると考えられる。今後は、切羽前方探査の対費用効果に関する知見を深め、効果的なトンネル前方地山の評価法について検討してゆきたい。

参考文献

- 1) 土木学会：2006年制定トンネル標準示方書[山岳工法]・同解説，pp.23-25，2006.7
- 2) 社団法人日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針，pp.69-80，2009.2
- 3) 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.