

トンネル地山評価システムによる前方地山予測と対策に関する一考察

島根県益田県土整備事務所

三原 康一

鴻池組・大畑建設・原工務所共同企業体

正会員 ○石川 恭義

鴻池組・大畑建設・原工務所共同企業体

小山 起男

鴻池組・大畑建設・原工務所共同企業体

笠原 光生

鴻池組 土木技術部

正会員 山田 浩幸

1. はじめに

山岳トンネルは、地中の線状構造物という特殊性から、事前地質調査によって得られる情報には限界があるため、通常の土木構造物とは異なり、一般に設計では標準支保パターンを用い、施工時に得られる切羽観察や計測結果に基づき地山の変化に応じた最適支保パターンに修正する。

近年、長尺鋼管ファイバークラウプをはじめとする補助工法のめざましい進歩により、厳しい環境条件（未固結地山、破碎帯、湧水地山、近接施工等）の下においても安全に施工することが可能となってきた。

本論文では、切羽前方地山予測をコア技術としたトンネル地山評価システムを実現場で適用した結果について報告する。

2. システムの概要

今回、実施したトンネル地山評価システム（K-tes：Konoike tunnel estimation system）ではドリルジャンボの穿孔時の機械データに基づき切羽前方の地質を穿孔エネルギーとして定量的に評価する。

一方、施工の進捗とともに得られる支保パターン毎の切羽評価点や計測データといった施工情報をデータ化するとともに、システム内に蓄積された施工データと前方探査により得られた穿孔エネルギーを比較し、地山の変化に基づく適切な支保パターンの選定や必要な対策工（補助工法）の検討が可能となる。

本システム導入により、これまでは、個別に実施して整理していた前方探査結果と切羽観察（評価点）、計測データを一元管理し、図-1に示すように巻物（展開図）的に整理することで情報化施工の効率化が図れる。

以下に現場における適用事例を示す。



写真-1 切羽における前方探査実施状況

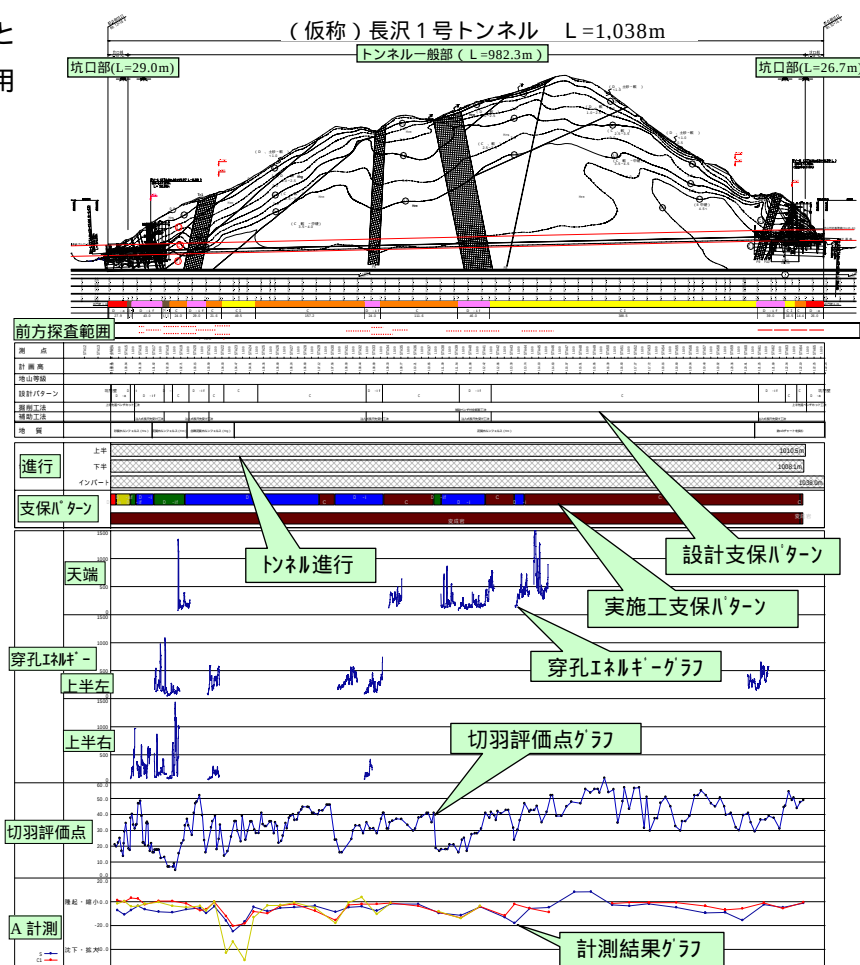


図-1 トンネル地山評価システムによる出力

キーワード 山岳トンネル, 前方探査, トンネル地山評価システム, 補助工法, 支保パターン

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田 3-4-5 (株)鴻池組大阪本店土木技術部 TEL 06-6343-3290

3. 適用トンネルの概要

今回、一般国道 488 号長沢 1 号トンネル工事において、トンネル地山評価システムを適用して破砕帯の位置確認、補助工法の検討および支保パターンの妥当性を評価する際の参考データとした。トンネルの概要を表 - 1 に示す。

本トンネルの地質は鹿足層群と呼ばれ、トンネル部分では、泥質ホルンフェルスが主体であり、5 つの主要な断層破砕帯が存在していた。断層付近は、特に著しくせん断された黒色泥質ホルンフェルスからなっており、熱変成を受けたチャートや緑色岩および砂岩などが、大小さまざまなブロックまたはスラブ状を呈して分布する複雑な地質構造であることが想定されていた。以上のことから断層破砕帯想定箇所では、当初より突発湧水や支保の変状等の懸念があり、設計において長尺鋼管フォアパイリングが計画されていた。

4. トンネル評価システムによる分析

実施した前方探査の結果を図 - 2, 3 に示すように、切羽評価点(加重平均: 旧 JH 法)と穿孔エネルギー(E_d)の指標で整理した。切羽評価点と穿孔エネルギーの関係には線形関係が見られた。施工時には、切羽観察や計測結果の結果等の施工実績もふまえ、穿孔エネルギー(E_d)が $200 \text{ (J/m}^3\text{)}$ 以下、切羽評価点が 20 点以下という閾値を補助工法が必要であるという目安として設定し、前方探査の結果を切羽評価点、計測結果と同様に補助工法の必要性の判断材料とした。

また、図 - 3 に坑口から 600m までの前方探査結果を示すが、切羽評価点の急激な変化(地山の急変)と穿孔エネルギーが比較的良い相関を示している。なお、実施工においては断層破砕帯が想定される区間において切羽前方探査の結果を踏まえて対策工の区間の決定を行っている。

5. まとめ

今回、トンネル地山評価システムを実現場に適用して補助工法の必要性や区間を決定する判断資料に利用した。

破砕帯や地質の変化の著しい地山において前方の地山状況を適切に評価できることは、作業の安全性確保と同時に必要な対策の検討を掘削に先立ち実施することが可能となり、施工区間や施工範囲の決定にも有効であると考えられる。

本トンネルでは地山特性から削孔水が地山の亀裂に逸散して穿孔不能といった事態を生じたため保護鋼管を設置した穿孔を行った。また、湧水を伴う破砕帯では写真 - 2 に示すように、前方探査の鋼管を利用した先行水抜きを行った。

現在、トンネルの施工は $L=1,014\text{m}$ の掘削を完了している。今後も実現場での適用事例を増やし、補助工法の判断指標の確立に努める所存である。

表 - 1 トンネル工事概要

工 事 名 称	一般国道488号長沢バイパス改築(改良) (仮称)長沢1号トンネル工事
工 事 場 所	島根県益田市長沢町柿原地内～匹見町澄川地内
工 期	2006/3/17～2008/12/26
発 注 者	島根県(益田県土整備事務所)
施 工 者	鴻池組・大畑建設・原工務所JV
延 長	$L=1,048\text{m}$
断 面	・トンネル延長 $L=1,038\text{m}$ ・掘削断面: $A=54.8\text{m}^2 \sim 68.7\text{m}^2$ (2車線)
施 工 法	NATM
掘削方式	発破工法
掘削工法	・D パターン(上半先進ベンチカット工法) ・C , C , D パターン (補助ベンチ付き全断面工法)
補助工法	・長尺鋼管フォアパイリング ・注入式フォアボーリング

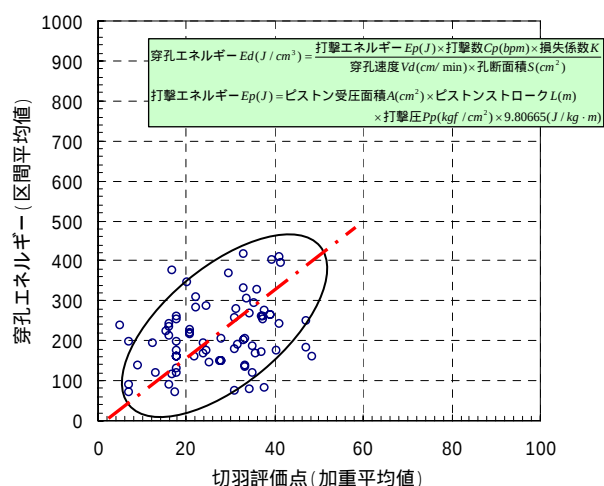


図 - 2 切羽評価点と穿孔エネルギーの関係

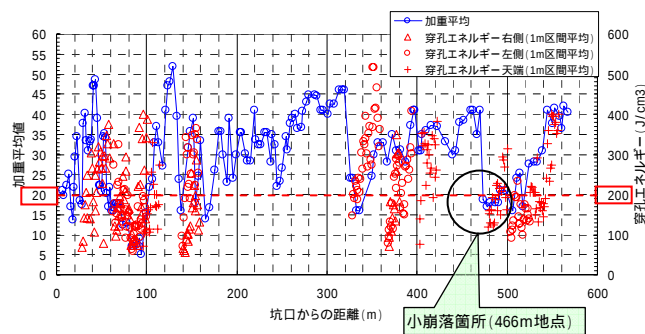


図 - 3 前方探査結果と補助工法の選定



写真 - 2 前方探査を利用した湧水対策