

低土被り山岳トンネルの施工について

可児誠¹・大前伸友¹

¹名四国道事務所 工務課（〒467-0847 名古屋市瑞穂区神穂町5番3号）

国道23号蒲郡バイパスは名豊道路の一部として計画し、国道1号及び23号の交通渋滞の緩和及び名古屋、衣浦、東三河の物流の円滑化を目的として計画された道路である。現在、名四国道事務所では、未開通区間である豊川為当IC～蒲郡IC間の約9.1kmにおいて、開通を目指し事業を推進している。3箇所のトンネルのうち、最初に着手した五井トンネル（仮称）は、延長299m、全線で低土被りを呈する山岳トンネルを施工するものである。本トンネルにおいて、施工管理、品質管理や受発注者間の協議にCIMを活用した試行事例について報告する。

キーワード：トンネル、CIM、低土被り、未固結地山、施工管理

1. はじめに

現在、国土交通省では、「ICTの全面的な活用」の推進に向け、三次元モデルを活用し、社会資本の整備、管理の効率化・高度化を図るCIMを土工、トンネル、橋梁、ダム等の土木工事へ導入するために整備を進めており、土工では平成28年度から全面的に適用されている。五井トンネル（仮称）工事は、全線が低土被り部であるうえ、送電用の鉄塔が35mの離隔で近接していることから、三次元モデルによりトンネルを視覚的に表現することが有効であると考え、三次元化したCIMを用いて現場の施工管理や受発注者間の協議に活用することにした。今回、その試行事例について報告する。

2. 地形地質概要

図1に本トンネルの地形・地質概要図を示す。本トンネルは、延長299m、最大土被りが24m（2D以下、D：掘削幅）であり、全線でDIIIパターン（坑口パターン）が採用されている。地質は、地表付近に崖錐堆積物や扇状地堆積物、トンネル断面内には領家花崗岩類の土砂化した非常に軟弱な強風化～風化片麻岩が分布していた。また、起点側坑口部から約150m付近に中部電力の鉄塔がトンネルと35mの離隔で近接（図2-1）し、200m付近に土被りが3m以下となる最低土被り区間が約40mにわたって連続（図2-2）していた。

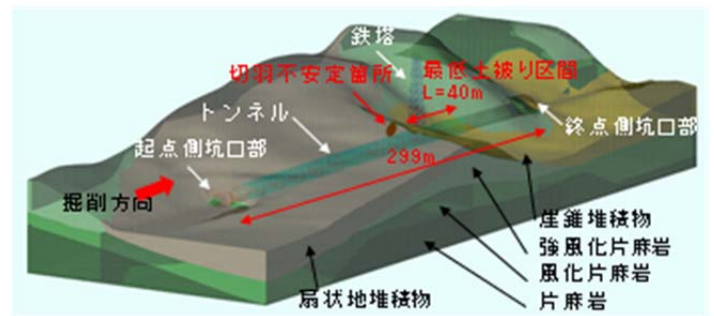


図1 地形・地質概要図

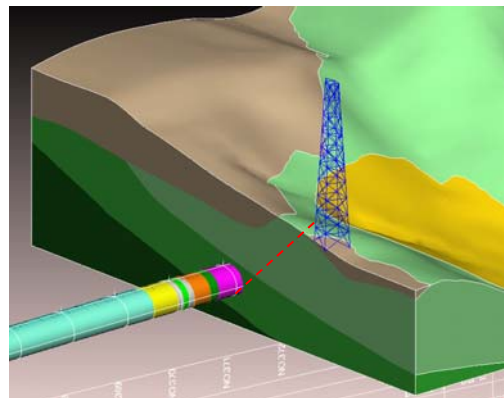


図2-1 鉄塔近接状況

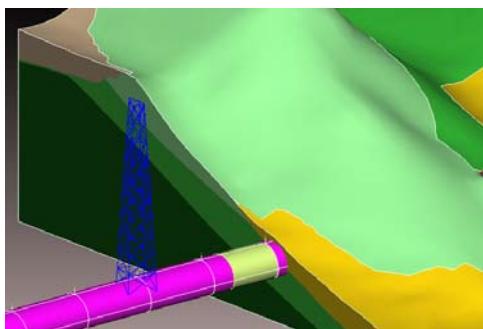


図2-2 最低土被り厚3m

3. トンネル情報の三次元可視化

本トンネルではパソコンのデータ容量やメモリー消費量が少なく、日常業務で使用するパソコンで十分対応できる山岳トンネル専用のCIMソフトを使用した。また、このソフトは三次元の地形・地質モデルやトンネル支保モデルの作成、属性データのひも付け、切羽前方探査結果の三次元表示等が行える点が長所である。

4. 本トンネルの施工状況

本トンネルでは機械掘削が採用され、起点側坑口部の23m間において土砂化した扇状地堆積物の天端安定対策として長尺鋼管先受け工法を実施した。その後、トンネル断面内に茶褐色の土砂化した強風化片麻岩や亀裂の発達した風化片麻岩が出現したため切羽が不安定化し、肌落ちを繰り返しながら掘削を進めていた。しかし、起点側坑口部から約120m付近まで掘削した段階で、切羽の不安定化が顕著になり天端が抜け落ちた（写真1）ため、トンネル掘削を中断し、切羽不安定箇所の補強対策とそれ以降のトンネル掘削方法を検討した。



写真1 天端抜け落ち状況

5. 切羽不安定箇所の補強対策

(1) 削孔検層

切羽不安定箇所の補強対策を検討するにあたり、削孔中の機械データから地山の硬軟を確認できる削孔検層を実施するとともに、挿入式レーザースキャナーを用いた空洞調査により詳細形状を把握した。その結果、抜け落ち形状は高さ19.7m、幅7.5m、奥行き11.1mとなり、その内部には穿孔エネルギー値（ $E=20\sim50\text{J}/\text{cm}^3$ ）の非常に低い崩積土が堆積し、地表付近には約 25m^3 の空洞が確認された（図3）。

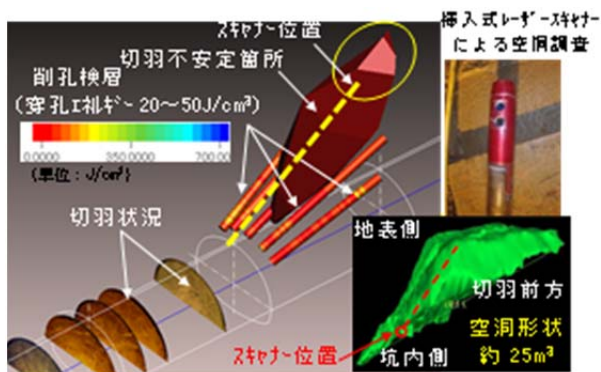


図3 地質調査結果（切羽不安定箇所）

(2) CIMの活用

崩落以後は、15～30mに1回（3箇所/回）の削孔検層を行い、その結果を三次元モデル化し、CIMへ取り込み、地層・地質（ボーリングデータ等）や既掘削区間の切羽観察等から前方地山を評価し、補助工法の採否を判断した。（図4-1、図4-2、図4-3）

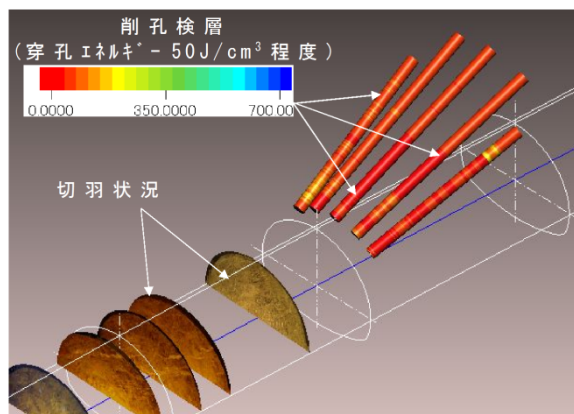


図4-1 削孔検層結果（120m付近）

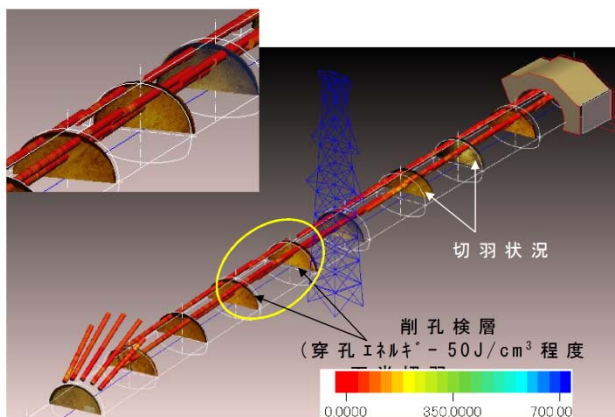


図4-2 削孔検層結果 (120m以降)

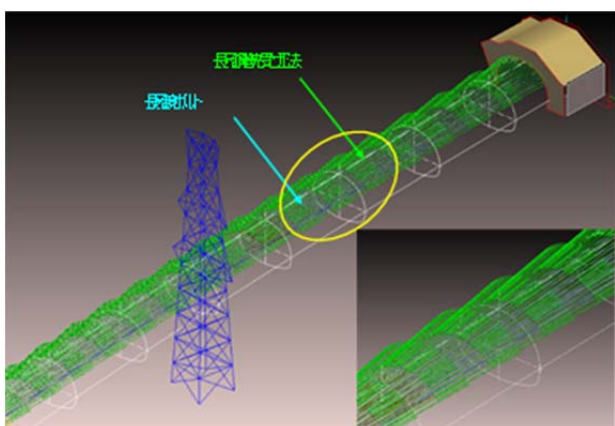


図4-3 補助工法

6. 坑門過密鉄筋の可視化

今回、本トンネルにおける起点側の覆工コンクリートは、将来、近接する下り線のトンネル掘削影響を考慮して複鉄筋構造が採用されている。これにより、起点側坑門工と覆工コンクリート1ブロック目の取り合いが過密となっている。

起点側坑門工と覆工コンクリートの取り合い部を三次元CADで図化（図5-1）して過密配筋状況を確認するとともに、過密配筋に対しての重点生の優れるコンクリート配合を検討した結果、起点側坑門工の右側面壁部で鉄筋の最小離隔が35mm程度（図5-2）、左側面壁部で最小離隔が70mm程度になり、充填不良やコールドジョイントを防止するため、コンクリートのスランプを増加させ流動性を向上させ、コンクリートの品質を確保した。

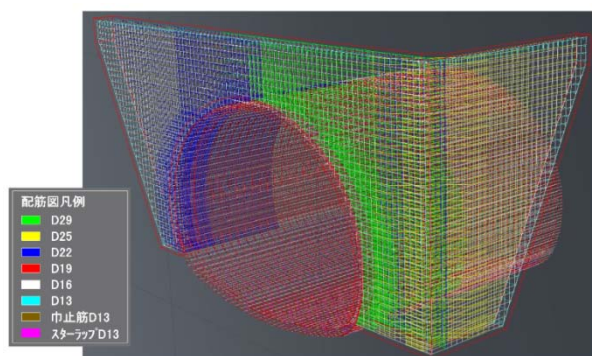


図5-1 坑門鉄筋の3Dモデル

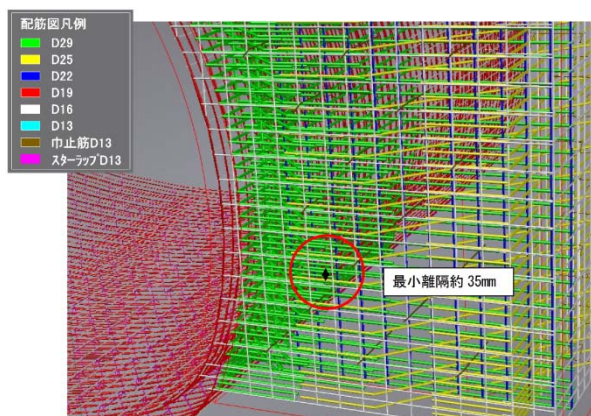


図5-2 坑門過密鉄筋

7. 施工管理・出来型管理

施工段階における、品質管理記録、計測管理記録、出来形管理記録をCIMへ取り込み（図6-1、図6-2、図6-3）、竣工検査時に検査官への説明に活用した。

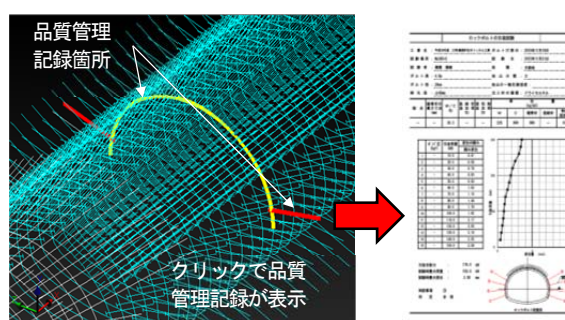


図6-1 品質管理記録の表示例

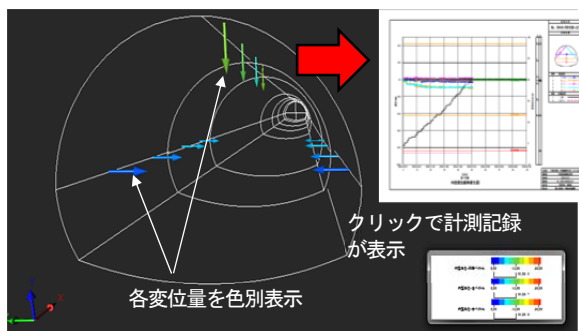


図6-2 計測管理記録の表示例

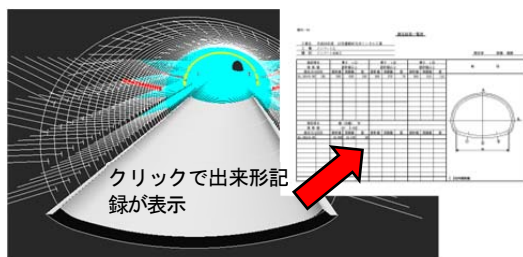


図6-3 出来形管理記録の表示例

8. おわりに

今回、低土被り未固結地山を呈する五井トンネルにおいて、削孔検層による切羽前方探査を実施し、CIMを活

用して地形や地質、トンネル支保部材、切羽前方探査結果を三次元表示することで、現場の施工管理や受発注者間の協議に効率化が図れ、無事施工を完了できた。しかし、一方でCIM運用にあたっては、技術者の育成や外注コストの増大といった問題点を抱えていることもわかった。

今回の経験を生かし、今後増えていくことが想定される土木工事のCIM活用現場において、各工種に応じたCIM活用の長所短所を整理し、導入方法を検討していきたいと思う。

謝辞：論文の執筆にあたり、ご協力いただいた関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 遠藤太嘉志：トンネル施工の3次元可視化による安定性と安全性の迅速な判断と維持管理への活用，北海道土木技術会トンネル研究委員会地方小委員会(旭川・稚内・留萌・網走地区) 2016年度 トンネル勉強会，2016.