

特殊地山条件における山岳トンネルの構造および施工法に関する一考察

鴻池組・本間組・矢作建設工業特定建設工事共同企業体 正会員 ○宮本 武司  
 NEXCO 東日本関東支社宇都宮工事事務所 今井 恵史  
 鴻池組・本間組・矢作建設工業特定建設工事共同企業体 牛口 美信  
 (株)鴻池組 土木技術部 正会員 山田 浩幸

1. はじめに

北関東自動車道は、群馬県高崎市を起点とし、茨城県ひたちなか市に至る延長約 150km の高速道路で、茨城・栃木・群馬 3 県の主要都市と常陸那珂港を連結し、東京港に一極集中する物流体系を再編する機能を有するとともに、北関東の沿線地域の交流と連携を促進して、新たな経済文化圏の創造に寄与する重要な幹線道路である。

佐野東工事の出流原トンネルはその内、寺久保町～出流原（いずれも）間の上下線トンネル 2 本を NATM により新設するものである。報告では数値解析に基づくトンネル構造及び施工法の検討結果について述べる



図-1 トンネル位置

2. 工事および検討概要

出流原トンネルは、当初めがねトンネルで計画されたが、道路線形の見直しによりトンネル中心間約 30m の離隔を確保した併設トンネルへと計画変更された。元設計では地形・地質の特徴を踏まえ、図-2 に示すとおり、開削カルバート、トンネル工法カルバート、山岳工法といった複数の構造形式が選定され、FEM による解析検討に基づきトンネル設計が実施されていた。

- しかしながら、トンネル設計上の追加の検討条件として
- ①中間部の地山は埋土（建設残土・鉱山廃棄物シルト）であり、設計当初の盛土高さに比べ高くなったこと。
  - ②トンネルの解析条件（土質定数、除荷時変形係数）を追加調査により再確認したこと。
  - ③用地収用の関連で工事着手が遅れ、工期短縮が必要となったこと。

以上の設計時点からの変更点をふまえた上で、トンネル構造の連続性といった観点から全線を山岳工法により施工するものとし、再度数値解析を実施してトンネル構造の見直しを行い、トンネル施工時の挙動の把握、切羽安定のための対策工（補助工法）、施工手順、計測工管理基準値の設定といった項目に関して確認した。

また、本トンネルの対象地山の特殊性を考慮して耐震解析による照査を実施した。

表-1 工事概要一覧

工事名称	北関東自動車道 佐野東工事(出流原トンネル)
工事場所	栃木県佐野市寺久保町～出流原町
工期	2006.12.23～2010.10.27
発注者	東日本高速道路株式会社 関東支社
施工者	(株)鴻池組・(株)本間組・矢作建設工業(株)特定建設工事共同企業体
工事内容	延長
	上り線 L=279.0m
	下り線 L=188.0m
	断面
	・上り線：内空 A=68.7㎡、掘削 A=87.1㎡ ・下り線：内空 A=77.7㎡、掘削 A=98.5㎡
施工法	NATM
掘削方式	発破工法、機械掘削
掘削工法	DIIIa、E-K <sup>※1</sup> パターン（上半先進ベンチカット工法） DIパターン（補助ベンチ付き全断面掘削）
補助工法	深層混合改良

注1) E-Kは耐震検討パターン

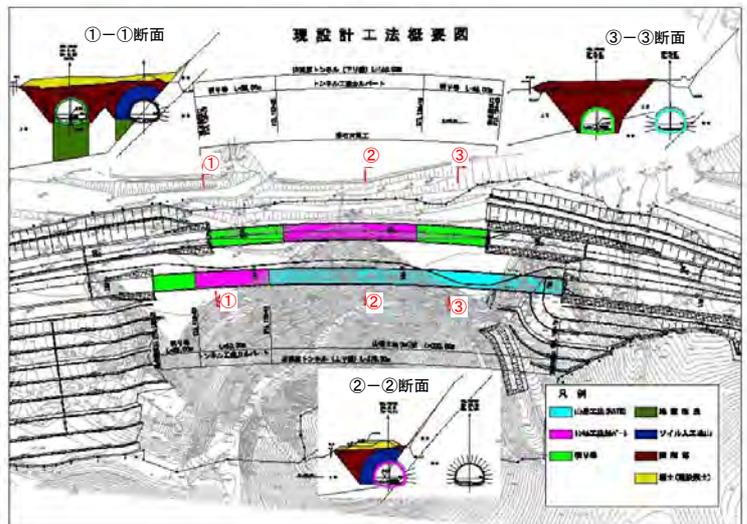


図-2 元設計トンネル構造

キーワード 山岳トンネル, 特殊地山, 非線形弾性解析, 非線形動的解析, トンネル構造

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田 3-4-5 毎日インテシオ (株)鴻池組土木技術部 TEL06-6343-3290

### 3. 数値解析に基づくトンネル構造及び対策工の検討

数値解析に基づくトンネル構造及び対策工の検討結果に関しては図-3に示すフローに基づき実施した。なお、数値解析の詳細に関しては関連発表を参照願いたい。以下にその要点をまとめた。

#### (1) トンネル施工法の検討

地山条件的に最も厳しい盛土が深い断面(図-2:①-①断面)を基本断面としてFEM(非線形弾性解析)による挙動解析に基づき開削工法と非開削工法(トンネル工法)の比較検討を行い、トンネルの地質構造の違いを考慮して、追加解析により比較検討を行った。なお、地山条件、地形条件を踏まえて、施工時の安定対策工としては地盤改良が選定され、その改良範囲を解析結果により評価した。

その結果、トンネルにおける変位の影響や緩み分布、上り線基盤岩と盛土の境界での応力集中による影響を考えると非開削工法の方が有利であると考えられた。また、対策工の範囲に関しては、改良厚3mではトンネル右側上部の基盤と改良部の境界部分において破壊領域が発生していたが、4mと5mに関しては緩み領域に大差はなく、経済性に配慮して4m範囲と設定した。

#### (2) 動的解析に基づく耐震検討

一般に、山岳工法で施工されるトンネルは耐震性があり、特別な場合を除いて耐震設計の必要性は少ないものと考えられている。

出流原トンネルは、図-2に示したように、軟岩と埋土の境界を通る計画であり、地震時には軟岩と埋土が異なる挙動となることが予測される。したがって、二次元非線形動的解析(地盤:非線形, 構造物:非線形)地震時の安全性評価を行い、必要に応じて覆工厚さ及び配筋(覆工厚40cm, せん断補強)を決定した。

### 4. まとめ

今回、埋土(建設残土・鉱山廃棄物シルト)、および軟岩との境界部分にトンネルが計画された特殊地山条件における山岳トンネルの構造及び施工法の検討を数値解析(予測解析, 耐震解析)に基づき実施し、トンネル全線を非開削工法(トンネル工法)で施工する優位性が確認されるとともに、対策工としての地盤改良範囲や耐震照査に基づく配筋(せん断補強)を決定した。3月末現在、トンネルの施工は60mの掘削を完了している。今後、計測工(A, B)の評価による設計の妥当性、掘削時の挙動を確認しながら安全性確保に努める所存である。

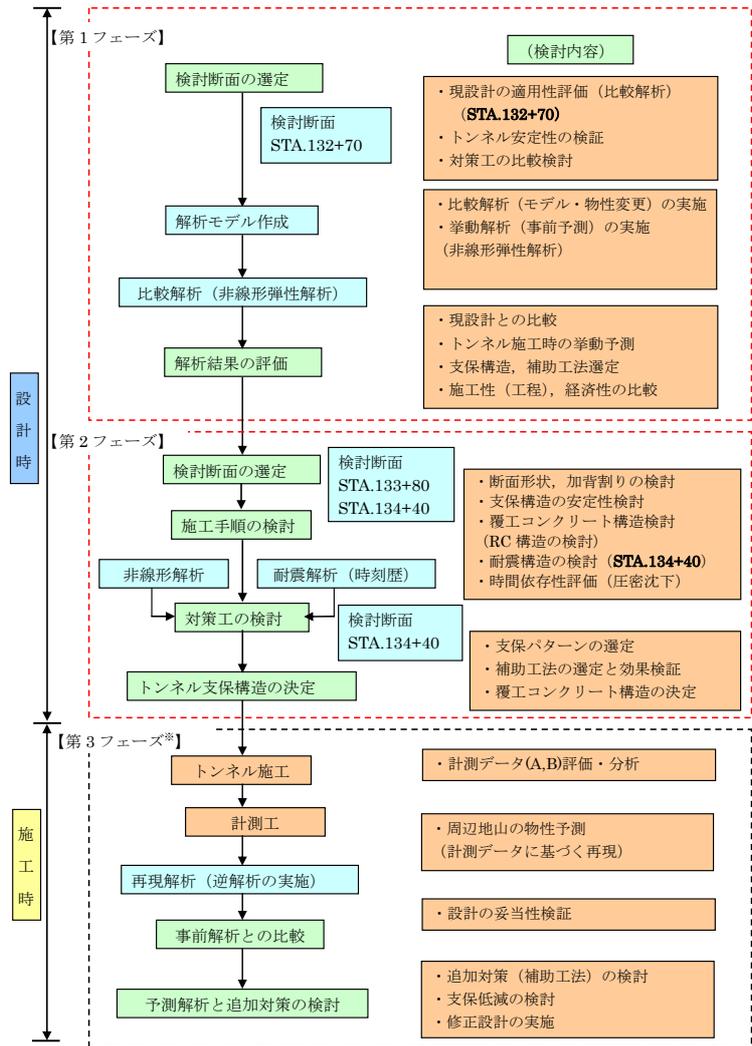


図-3 数値解析に基づく検討フロー



写真-1 出流原トンネル坑口状況