

### 国道が近接した未固結地山の双設トンネル掘削

中日本高速道路(株) 間井 博行  
 (株)大林組 正会員 棚池 誠 (株)大林組 正会員 秋山 幸一  
 (株)大林組 正会員 藤井 研介 (株)大林組 正会員 伊藤 敦信

#### 1. はじめに

稲木トンネル他1トンネル工事は、新東名高速道路のうち、愛知県東部に位置する新城市内約2.3km区間の工事である。主な工事内容は、上下線合計4本の山岳トンネル(稲木トンネル、臼子トンネル)と切盛土工である。本工事の東側に位置する臼子トンネルの貫通側坑口部は、深部までマサ土が分布し、トンネル斜め上部に国道301号線が近接している。本工事では、切羽の安定を確保し、国道の沈下を30mm未満に抑制することが課題であった。特に、先行する上り線トンネルについては貫通期日が指定されていた。本稿では、上記の施工条件のもと、三次元FDM解析により対策効果を比較し、トンネル補助工法を選定した経緯および施工結果について述べる。

#### 2. 臼子トンネル概要

臼子トンネルは、中央構造線の北側に位置し、西南日本の地質構造区分では領家帯に区分される。図-1に示すように、貫通側となる東側は、マサ化した石英閃緑岩(Gd)がインバートより下方まで分布し、弾性波速度2.0km/s以下、N値50以下、RQDが0で容易に砂状となる未固結土が出現する。また、マサ化した石英閃緑岩が分布する上り線STA.361+20付近では、トンネル側壁から10m北側の28.5m上方に国道301号線が近接している。

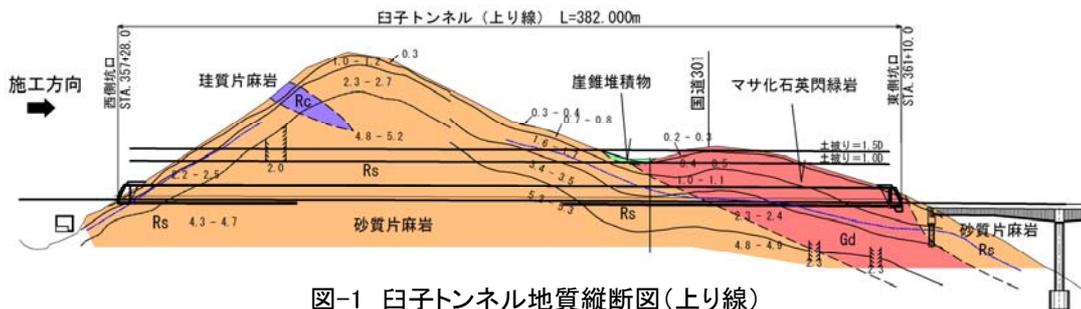


図-1 臼子トンネル地質縦断面図(上り線)

#### 3. 技術的課題

上記の地質・立地条件を踏まえ、臼子トンネルの掘削施工における技術的課題は以下のとおりである。

マサ化した石英閃緑岩部のトンネル掘削時の切羽安定確保

国道301号線に対するトンネル掘削の影響抑制(国道の沈下許容値30mm)

特に、先行する上り線は、上記の課題を克服するとともに工期3か月という厳しい工程管理も必要であった。

#### 4. 解決策と対策実施結果

上り線掘削補助工法の選定

トンネル掘削による周辺地山挙動や国道の沈下を予測するために、三次元有限差分法(FDM)により解析を行った。解析モデルは、マサ化した石英閃緑岩が分布する範囲を網羅した図-2に示す190m×190mの範囲とした。地山地層区分は、弾性波速度区分に基づき、地表よりDL、DM、CL層の三層構造とした。解析ケースを表-1に示す。当初設計では、貫通側39mの区間で補助工法を採用している。一方、比較検討した3ケースは、マサ化している貫通側110m区間に補助工法を採用し、仕様および組み合わせを変更した。

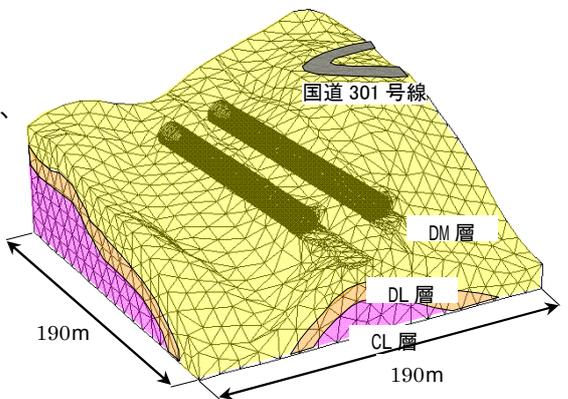


図-2 三次元FDM解析モデル

キーワード 未固結地山、近接施工、沈下抑制、三次元FDM解析、掘削補助工法

連絡先 〒441-1351 愛知県新城市稲木1469 (株)大林組 第二東名稲木工事事務所 TEL0536-24-6166

各解析ケースの上り線掘削完了時の国道および坑内の最大沈下量の解析結果と所要工程を表-2 に示す。ケース 1 では、約 50 日で上り線を貫通させることができるが、国道の沈下量が 52.2mm と許容値 30mm を大きく超えた。補助工法が最も多いケース 3 は、国道の沈下量は 21.5mm に抑制できるものの、所要工程が 4 か月超となり、貫通期日を達成できない。よって、国道の沈下抑制と貫通期日達成の相反する 2 つの課題に対し、以下のように補助工法を選定した。

a) 国道の沈下量が 30mm に迫る値であるが、貫通期日を達成できるケース 2 を採用し、期日内の上り線貫通を目指す。

b) ケース 2 の掘削初期段階の国道沈下挙動

を評価し、実測値が解析値より大きい場合はケース 2 からケース 3 の補助工法に切替え、国道の沈下を抑制する。

上り線掘削施工実績

補助工法の採用により、崩落等は発生せず、上り線を貫通することができた。切羽進捗に伴う国道の最大沈下量を図-3 に示す。対策区間の初期では実測値

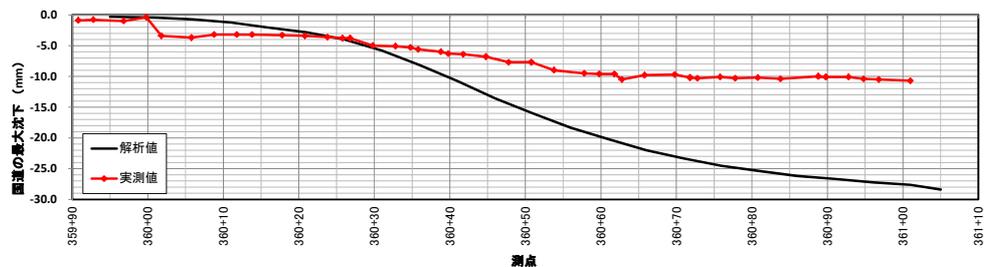


図-3 上り線掘削における解析・実測の比較(国道の最大沈下)

が解析値をやや上回ったものの、その他の区間では解析値より小さく、ケース 2 の補助工法を変更することなく掘削を完了できた。また、国道の沈下量は最大 10.7mm で解析値 28.4mm の 38% となった。

上り線施工実績を加味した逆解析の実施および三次元解析による下り線最終予測

上り線掘削完了時の国道の沈下は、実測値と解析値が大きく乖離した。しかし、上り線センター直上の地表面沈下は、実測値と解析値がほぼ一致したことから、図-4 のように、国道近傍の DM 層、CL 層の上部境界をそれぞれ 20m 上方に移動し、逆解析

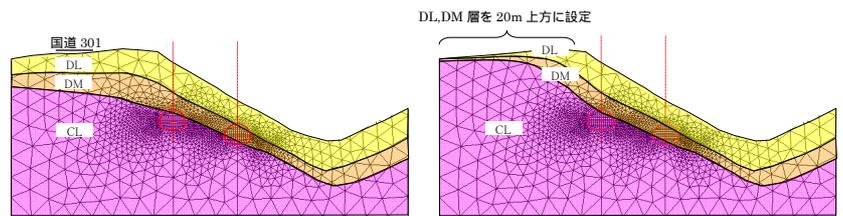


図-4 修正解析モデル

を実施した。その結果、国道の最大沈下の解析値は 12.2mm となり、概ね実測値(10.7mm)と一致した。また、下り線掘削解析は、当初設計の垂直縫地ボルトおよびウイングリブ付鋼製支保工を採用し実施した。国道の最大沈下の解析値は 15.8mm となり、許容値である 30mm 以下となったため、当初設計のまま下り線を掘削できると判断した。

下り線掘削施工実績

注入式フォアポーリングおよび吹付けインバートを部分的に追加実施したが、概ね当初設計の補助工法により、トンネル周辺地山の安定を確保し、下り線を貫通できた。国道の沈下実測値は最大 17.7mm であり、注入式フォアポーリングおよび吹付けインバートの効果は含んでいないが、解析結果の 15.8mm に近い値となった。

5. おわりに

未固結地山を対象としたトンネル掘削において、三次元 FDM 解析により地山挙動や国道の沈下を予測し、技術的課題を解決した。今後、同種の工事の一助になれば幸いである。

表-1 上り線 解析ケース

| 測点<br>(STA.) | 掘削工法   |        | 補助ヘンチ付全断面掘削 |                   | 上半先進ヘンチカット |                       |
|--------------|--------|--------|-------------|-------------------|------------|-----------------------|
|              | 天端安定対策 | 鏡面安定対策 | 無           | 鏡ボルトL12.5m(9mシフト) | 無          | AGF120° L12.5m(9mシフト) |
| 359+75       |        |        |             |                   |            |                       |
| 359+85       |        |        |             |                   |            |                       |
| 359+95       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+05       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+15       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+25       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+35       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+45       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+55       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+65       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+75       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+85       |        |        |             |                   |            |                       |
| 360+95       |        |        |             |                   |            |                       |
| 361+05       |        |        |             |                   |            |                       |

表-2 FDM 解析結果および所要工程(上り線掘削完了時)

| 解析<br>ケース  | 最大国道沈下<br>解析値 (mm) | 坑内最大天端沈下 |            | 所要工期<br>(暦日) |
|------------|--------------------|----------|------------|--------------|
|            |                    | 解析値 (mm) | (発生測点)     |              |
| ケース1(当初設計) | 52.2               | 138.1    | STA.360+53 | 51日          |
| ケース2       | 28.4               | 58.8     | STA.360+39 | 94日          |
| ケース3       | 21.5               | 43.1     | STA.360+40 | 130日         |
| ケース4       | 26.8               | 54.8     | STA.360+49 | 104日         |