

# 市街地における大断面山岳トンネルの施工報告

小川 慧一郎\*

Keiichiro Ogawa

西田 幸弘\*

Yukihiro Nishida

## 1. はじめに

本工事は、広島高速5号線のトンネル（ $L \approx 1.8$  km）のうち、起点側から409 mの区間をNATM工法にて施工するものである。本トンネル坑口部は住宅地と非常に近接しており、掘削時の周辺民家に対する振動・騒音の配慮及び地表面沈下を抑制する必要があるため、この対策として機械掘削を実施した。しかしながら、坑口から72 m付近から硬質な花崗岩が出現し、機械掘削が困難となった。この対策として、非火薬破砕材による掘削を行った。

本報告では、坑口部掘削で実施した地表面沈下対策、硬岩対策について報告する。

## 2. 施工上の課題

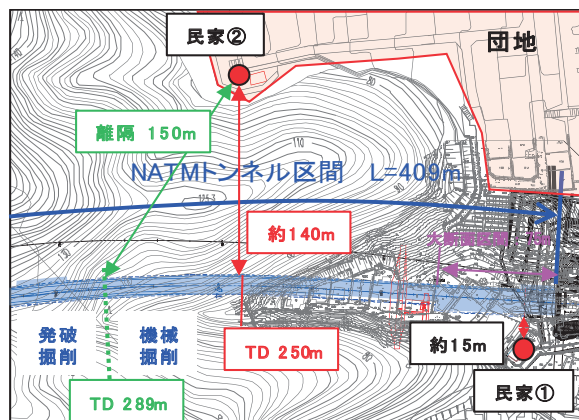
### (1) 近接する民家の沈下

トンネルに近接する民家及び住宅地の位置関係を図一1に示す。トンネルと最も近接した民家との離隔距離は15 m（図一1：民家①）であり、当該部の土被りは9 mであった。また本トンネルの坑口から75 m（以下、坑口からの距離をTDと称す）は、ランプ区間であり大断面区間（約160 m<sup>2</sup>～200 m<sup>2</sup>）で計画されていたため、トンネル掘削に伴う民家の沈下が懸念された。

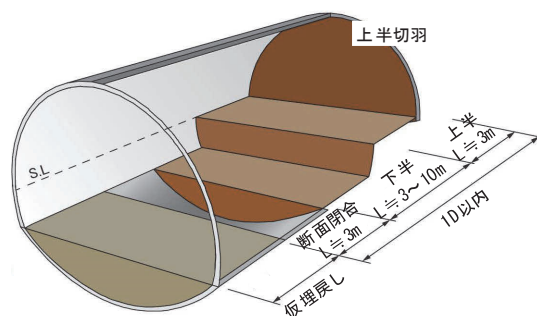
### (2) 硬岩の出現による対応について

トンネル掘削方向に対して北側には団地が存在する（図一1）。当初設計においては、発破掘削時の影響対策として、切羽と団地との離隔距離が150 m以上となるTD289 mまでは機械掘削が設定されていた。

そこで、本工事では、大型の自由断面掘削機（350 kW級）を用いて機械掘削を実施した。しかしながら、TD72 m地点で硬質な花崗岩（一軸圧縮強さ $q = 140$  MPa）が出現し、掘進長が50 cm/日以下となった。この切羽位置から前方探査（DRISS）を実施したところ、 $q = 100$  MPa以上の岩盤が連続することが確認された。よって、機械掘削に変わる新たな掘削工法を選定する必要がある。



図一1 周辺民家とトンネルの位置関係



図一2 早期断面閉合

表一1 民家①位置における管理基準値

|                    | 管理レベルⅠ<br>管理レベルⅢ×50% | 管理レベルⅡ<br>管理レベルⅢ×75% | 管理レベルⅢ<br>解析結果※ |
|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 地表面沈下量<br>(坑口民家位置) | 7mm                  | 11mm                 | 15mm            |

※トンネル掘削完了時の解析結果

## 3. 対策の実施と施工成果

### (1) 早期閉合掘削の実施

地表面沈下対策として、坑口部の掘削では早期閉合を実施した（坑口～TD75 m）。閉合距離は、図一2に示すとおり1 D 以内（上半3 m，下半3 m～10 m，インバート3 m）とした。

### (2) 地下水位低下に伴う沈下を想定した管理値及びフローの作成

当初設計では、掘削による地下水位低下に伴う沈下が懸念されていた。そのため、地表面沈下管理及び地下水位管理それぞれに管理基準値を設定し、かつ管理値に応じた対策を設定した。表一1に地表面沈下の管理基準値を、表一2に管理レベルごとの対策工一覧表を示す。また地下水位低下及び地表面沈下の管理レベルに応じた領域図（図一3，4）を作成し、日々の計測値と管理レベルを確認しながら掘削を実施した。

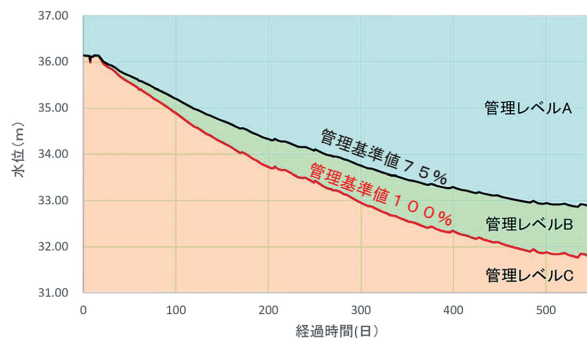
### (3) 非火薬破砕材を用いた掘削、制御発破の実施

機械掘削に代わる掘削工法として、まずは非火薬破砕材（ロックラック）による掘削を実施することとした。こ

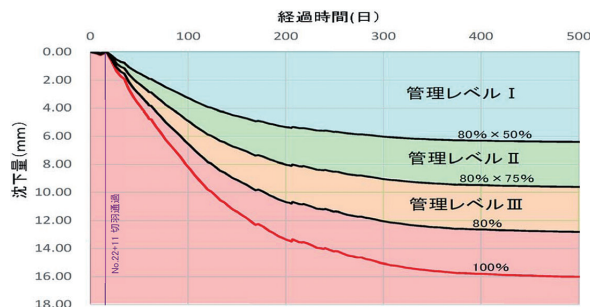
\* 西日本（支）広高トンネル（出）

表一 管理レベルごとの対策工

| 地下水位    |                            | 地表面沈下           |                                                                      |
|---------|----------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| 管理レベル   | 対策工                        | 管理レベル           | 対策工                                                                  |
| LEVEL A | ・特になし<br>(1回/日の計測)         | LEVEL I         | ・特になし<br>(1回/日の計測)                                                   |
| LEVEL B | ・地下水位測定<br>頻度を2回/日と<br>する  | LEVEL II        | ・地表面沈下測定<br>頻度を2回/日とす<br>る                                           |
| LEVEL C | ・地表面沈下測定<br>頻度を2回/日と<br>する | LEVEL III       | ・地表面沈下測定<br>頻度<br>2回/日を継続する<br>・リチャージウェル(地下水復水)を<br>実施<br>・対策工(薬液注入) |
|         |                            | LEVEL III<br>超過 | ・掘削を停止し、<br>対策工を実施                                                   |



図一三 地下水位管理基準値

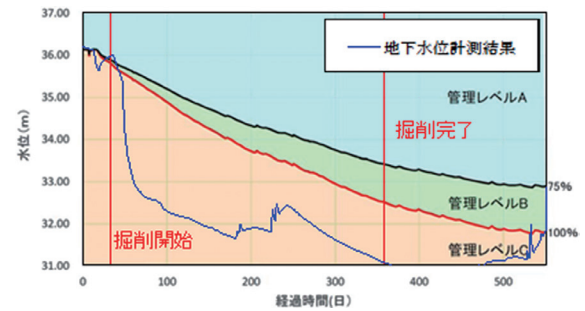


図一四 地表面沈下管理基準値

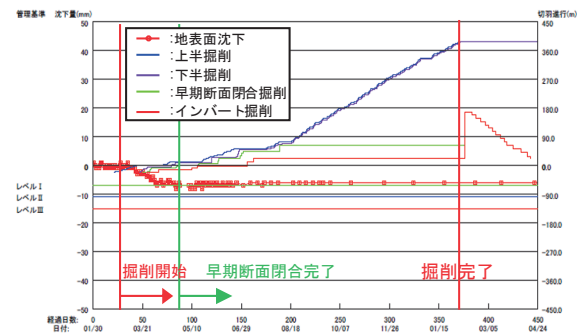
のロックラックは爆薬と比べて発生振動が小さく環境への影響も少ないことが特徴である。実施工では、TD72 m～TD75 m 区間でロックラックによる試験発破を実施し、振動速度を計測して、周辺民家への影響の有無や、住民へのヒアリング実施を行った。その結果、EDD 雷管を用いた制御発破を実施できることが確認できたため、TD76 m から爆破掘削（制御発破）を実施した。

#### (4) 対策の実施成果

図一五に地下水位観測結果を示す。トンネル掘削が進むに従い地下水位は急速に低下し管理レベル C を大きく超過したため、早急に地下水位及び地表面沈下の計測頻度を増加させた。その結果、地表面沈下量は、図一六に示す通り、管理レベル I 以内で推移していることが確認され、トンネル掘削を継続した。なお地表面沈下量は、断面を閉合すると収束した。地下水位は掘削完了後も低下傾向を示したものの、地表面沈下の増加は確認されなかったことから、地下水位低下に伴う沈下の発生はな



図一五 地下水位観測結果



図一六 地表面沈下観測結果

ったと考えられる。

ロックラックによる試験発破を行った結果、民家①での振動レベルは 58 dB で環境基準値以下となった。一方、騒音レベルは 65 dB となり、環境基準値を超過するものとなった。しかしながら当該部の普段の周辺騒音（車両通行音 70 dB 程度）よりも小さい値であったこと、住民からの苦情もなかったことより、発破掘削が実施可能と判断した。計測結果から地山の K 値を推定して爆破掘削時の振動予測検討を行った結果、EDD 雷管を用いた 1 孔 1 段制御発破であれば、周辺民家に対する振動規制値（昼間 60 dB）を下回ると推定できた。実際の発破掘削時の振動計測結果においても、昼間の振動規制値（60 dB）を下回ることが確認できた。ただし、夜間の振動規制値（55 dB）を下回ることがなかったため、昼間のみの掘削を継続することとした。また切羽が民家から離れても伝播する振動レベルが低下しなかったため、掘削完了地点の TD409 m まで制御発破掘削を継続した。

#### 4. まとめ

本工事の坑口部は大断面であり、掘削による民家への影響が懸念された。実施工では、地下水位の低下はあったものの、地表面沈下は管理レベル I 以内の沈下量で収束した。また断面閉合が完了した段階で収束傾向が見られたことから、断面閉合が変位抑制に効果的に機能したと考えられる。

また、TD72 m から硬岩が出現し、機械掘削不可となってしまうが、非火薬破砕材による掘削で振動影響を確認し、制御発破掘削が可能であることを確認して、トラブルなく掘削を完了することができた。