

## 小土被り堰堤直下のトンネル掘削による影響検討

西松建設株式会社 新幹線久山西出張所 正会員 ○松寄 千彩希  
 西松建設株式会社 新幹線久山西出張所 正会員 鈴木 健  
 西松建設株式会社 新幹線久山西出張所 永田 謙一郎

### 1. はじめに

「九州新幹線（西九州）久山トンネル（西）他工事」は、九州新幹線（西九州）ルートの新設工事のうち、久山トンネルの西側の武雄温泉起点 50km955m～53km395m（延長 2,440m）間のトンネル工事である。このうち 51km003m～51km066m 区間は、最小土被り 10m で直上には久山川の堰堤（図-1）がある。このことから、トンネル掘削によって堰堤への影響が懸念された。本工事では、この掘削時のリスクを回避するため、事前に数値解析等の検討を行い、支保パターンの変更や補助工法の追加をすることとした。本稿は、当該部の検討内容等について報告する。

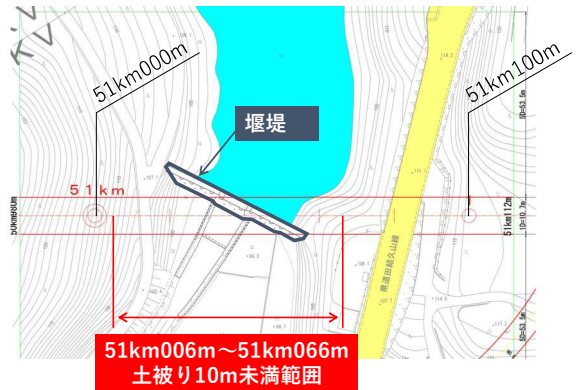


図-1 トンネルと堰堤の位置関係

### 2. 堰堤直下の地山の評価

本トンネルと久山川堰堤は、51km035m 付近で交差する。久山川堰堤の底盤の標高は、施工当時の図面が確認できなかったことから、現場で堰堤頂部から非破壊検査を実施して底盤位置を確認した。その結果、堰堤下部とトンネルとの離隔距離は、10m 程度であることがわかった。このことから、トンネル掘削によって堰堤が沈下することが懸念された。これを回避するため、トンネル掘削前に数値解析を実施してトンネル掘削時の堰堤の挙動を確認することとした。数値解析は、トンネルと堰堤の交差角度が 28° であったことから 3 次元数値解析を採用することとした。

当該部の検討を行うにあたり、まず掘削する地山の性状を把握した。地山の性状の確認には、堰堤付近での鉛直ボーリング 2 箇所（起点側 1 箇所、終点側 2 箇所）および坑内から水平ボーリング（左右 1 本、合計 2 本）を実施した。鉛直ボーリング結果を確認すると、終点側の調査深度 11m 以浅は表層（N 値 10～30 の土砂）、起点側の調査ボーリングでは、調査深度 7m 以浅は表層であった。この調査結果位置から表層と軟岩の境界を推定した。

次に水平ボーリング調査結果を確認すると、調査開始位置の 51km112m から 50m 位置までは軟岩（泥岩優勢、3 次元数値解析（図-5）では「長崎側泥岩」と称した）が出現することを確認した。水平ボーリング調査施工時には、穿孔エネルギーを取得（図-2）し、その結果を確認すると調査始点（51km112m）から 20m 区間は 100J/cm<sup>3</sup> 程度、20m 位奥は、100J/cm<sup>3</sup>～150J/cm<sup>3</sup> であり、採取された地山は、泥岩優勢で軟弱だった。

本工事において、同様の地質で 100J/cm<sup>3</sup> 程度の穿孔エネルギーを取得した区間（51km170m 付近）にて地山の浸水崩壊度試験を実施したところ、試験結果は浸水崩壊度 4 であり、吸水によってスレーキングしたことを確認（図-3）した。

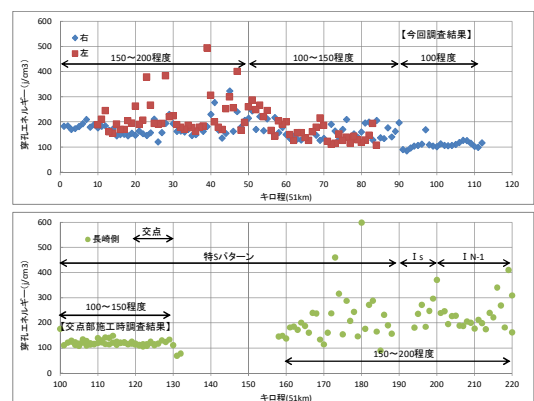


図-2 穿孔エネルギー分析結果



図-3 浸水崩壊度試験結果（試験結果 4）

キーワード 小土被り, 早期閉合, 泥岩, 特Sパターン, 3次元数値解析

連絡先 〒105-6301 東京都港区虎ノ門1-17-1 西松建設株式会社 土木設計部 TEL 03-3502-7637

先行して施工した 51km170m 付近の掘削では、内空変位量が 100mm を超える等大きかったことから、支保パターンを特 S パターン（吹付け  $t=200\text{mm}$ 、鋼製支保工 H-200 による断面閉合）に変更した。以上より、今回の調査結果から、本区間においても同様の地質の出現が予想され、小土被りで地表面に堰堤があることを考慮して、当該部の支保パターンは、当初から特 S パターン（図-4）を採用し、早期閉合を行いながら掘削することとした。

また堰堤直下部は、小土被りであり、かつ地質が脆弱であることを考慮して、天端部に補助工法として長尺フォアパイリング（AGF）を打設する計画とした。AGF の打設範囲は、堰堤からの影響範囲を考慮して、51km012m～51km066m（ $L=54\text{m}$ ）とした。注入材は、堰堤付近で湧水がある可能性が高いことを想定して、ウレタン系注入材を採用した。

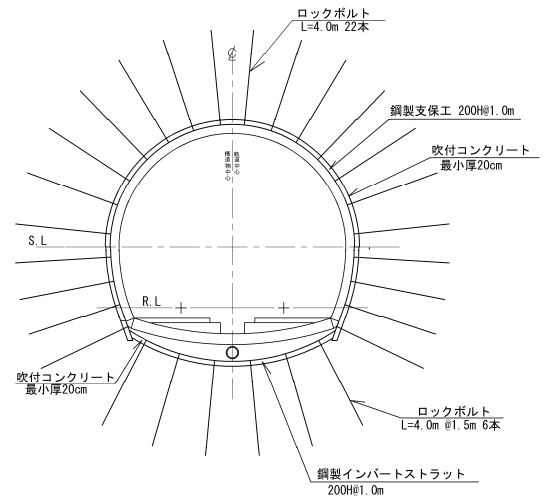


図-4 特 S パターン

### 3. 3次元数値解析

トンネル掘削時の堰堤への影響を推定するため、前章で計画した掘削工法および補助工法を考慮した 3次元数値解析を実施した。3次元数値解析での解析モデル（地層）は、前章で述べた鉛直ボーリングおよび水平ボーリングから地層境界および土質定数を推定して設定（図-5）した。解析時は、掘削サイクルを考慮して、切羽から 6m 位置で断面閉合をモデル化した。解析を行った結果、堰堤の沈下量は、収束沈下量で 20mm と予測された。一方、堰堤の沈下に対する管理基準値は 30mm であったことから、前述した支保パターンおよび補助工法は妥当であると判断した。次に坑内変位量を確認したところ、スレーキングが懸念される泥岩（解析：長崎側泥岩）の掘削範囲は、天端沈下量は 40mm 程度、上半内空変位 70mm 程度となり、特 S パターンの変形余裕量未満であることを確認した。この結果から、支保パターンは妥当であると判断し、計画した内容で掘削を実施した。

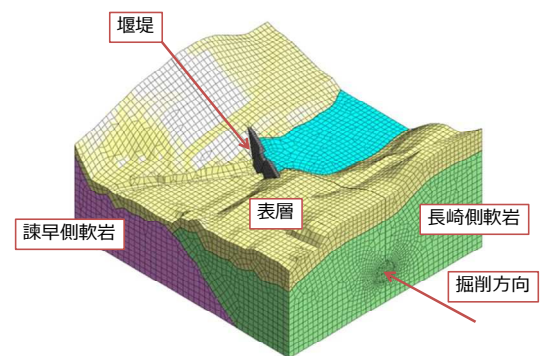


図-5 3次元数値解析 解析モデル

### 4. 施工実績

実施工においては、久山川堰堤の頂部に計測用ミラーを設置して、定時に自動計測を行って計測値と管理値を比較しながら施工を進めた。計測した結果、堰堤の沈下量は最大で 14mm（図-6）であり、管理値未満で収束したことを確認した。また堰堤直下区間となる 51km020m～51km050m のトンネル掘削時の実際の内空変位と解析結果を比較（表-1）すると、概ね等しいか、小さい値となった。これは実施工において、支保パターンを特 S パターンとし、早期断面閉合しながら施工したことによる効果と考えられる。

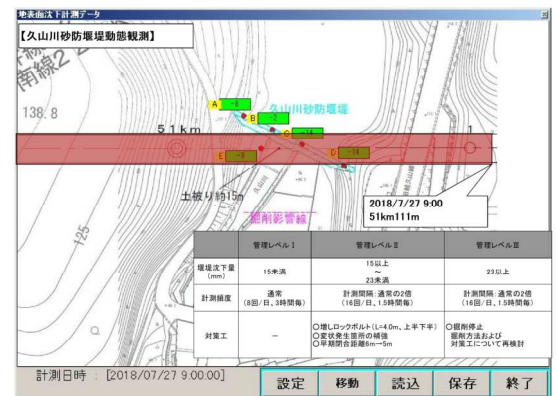


図-6 施工時の堰堤沈下管理システム

### 5. おわりに

本トンネルの一部の区間において、小土被りで、かつ地表面に堰堤が存在した。このため、トンネル掘削によって堰堤へ影響を与えないよう事前に地質調査や数値解析を実施し、かつ本トンネルのこれまでの施工実績を考慮して、支保パターンや補助工法の見直しを実施した。その結果、当該部は安全に、かつ地表面への影響を抑制して掘削することができた。

表-1 解析結果と実際の変位

（上：解析結果，下：実際の変位）

	51km020m	51km035m	51km050m
天端沈下 (mm)	-24.9	-19.9	-19.4
上半内空変位 (mm)	-38.9	-40.6	-43.2

	51km020m	51km035m	51km050m
天端沈下 (mm)	-11.6	-9.4	-18.8
上半内空変位 (mm)	-11.1	-10.3	-10.2