

付加体が分布する地山でのトンネル施工

滋賀県湖東土木事務所道路計画課 監督員 濱田 大輔

戸田・昭建・金子建設工事共同企業体 非会員 秋月 健一, 非会員 森 智治

非会員 鷲坂 讓典, 正会員 ○古屋 諒

1. はじめに

原松原線補助都市計画街路工事（仮称：原松原トンネル）は、彦根中心部から約1.5km東に位置し、国道306号の慢性的な渋滞の解消を目的とした、原松原線都市計画街路事業におけるトンネル工事である。

本トンネルには付加体（丹波帯）が分布していることから、付加体の特徴を踏まえた支保パターンの選定および補助工法が設計段階で考慮されていた。しかし実施工においては脆弱層が多数出現し、一部区間においては著しい内空変位・天端沈下の増大に伴う対策工の実施が必要となった。

本報では、設計と施工における支保選定の考察および対策工について述べる。

2. 地形・地質概要

当該地区は、佐和山から連なる丘陵地が人工改変により平坦化され、起点側ではトンネル上部に「アウトドアレジャー施設」、終点側にかけては「ゴルフ場」となっている。本トンネルの地質は、中生代三畳紀～ジュラ紀に形成された丹波帯（美濃帯）であり主に砂岩、泥岩、砂泥互層から構成され、稀に緑色岩や石灰岩の小ブロックが分布する。トンネル区間の内、起点側坑口～No.13間には砂岩優勢混在岩、No.13～終点側坑口にはチャート優勢混在岩が分布する。（図-1）

3. 当初設計と実績の比較

事前調査において、トンネル直上に営業中のゴルフ場やアウトドアレジャー施設といった制約条件がある中で基準に基づいた調査を実施し、掘削対象地質が付加体であることに留意して追加のボーリング調査を行った上で地山分類がなされている。

設計では、弾性波速度と近傍のボーリングコアによりCII-bを基本とし、弾性波速度の落ち込みが見られる箇所についてはDI-bを設定していた。

実際の掘削におけるトンネル切羽は終点側坑口から頁岩主体の珪質岩を含んだ混在岩が出現し、粘性土や白色脈（石英や炭酸カルシウム）が介在する不連続な地山であった。また掘削に伴う応力解放による亀裂開口により地山が脆弱化し、天端の抜け落ち、鏡面の押し出し等が随所で発生するとともに、内空変位と沈下が増大したため、補助工法の追加とDIIパターンへ変更が必要となった。（図-2）

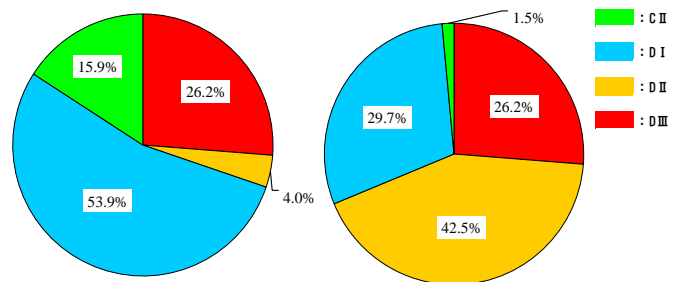


図-2 設計（左）と実績（右）の支保パターン

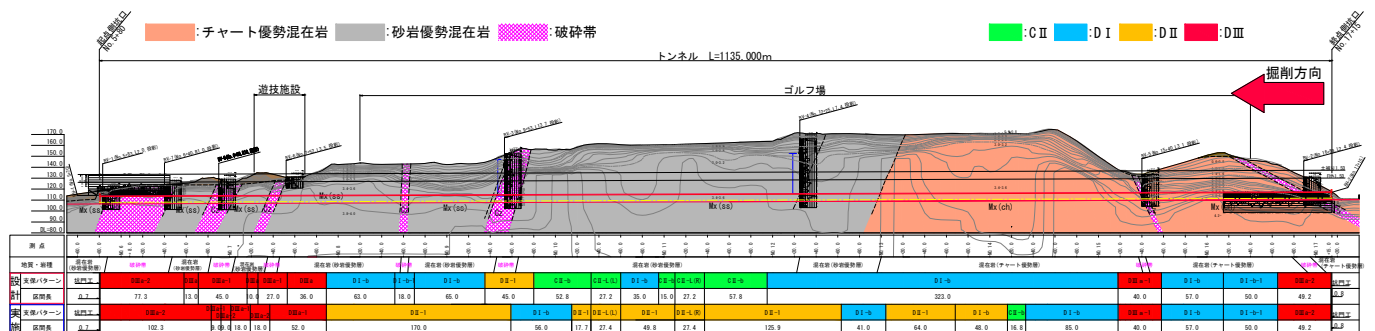


図-1 トンネル地質縦断面図および支保パターンの設計と施工比較図

キーワード 山岳トンネル, 付加体, 小土被り, 補助工法

連絡先 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町 1-13-47 戸田建設株式会社大阪支店 TEL : 06-6531-68

4. 想定外の地質に対する対策工

当現場の地山は切羽状況の変化が激しく、単一の切羽においても地質が入り乱れていた。(図-3)

特に粘性土が亀裂に介在している切羽が多く、上半半の脚部に粘性土が存在していた時は脚部沈下が卓越し(図-4)、追従するように内空変位が増加した。ここでは変位量増加時の対策工について述べる。

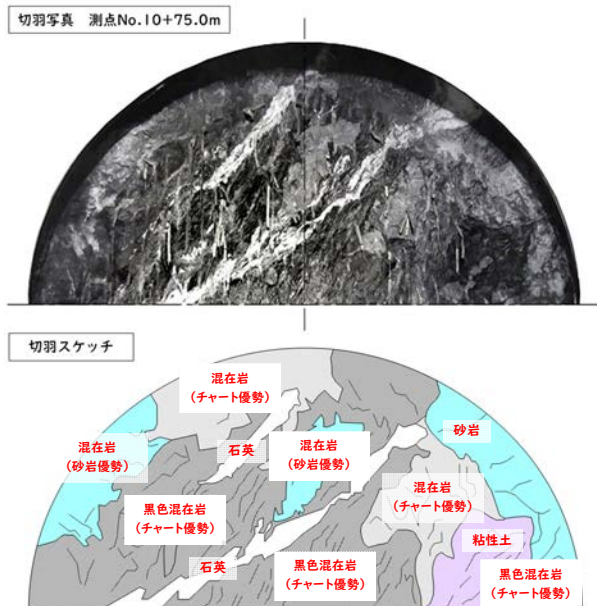


図-3 切羽写真およびスケッチ

機械掘削方式、上半先進ベンチカット工法を採用していたが、変位増大時には、

- (1) 変形余裕量を超える内空変位・天端沈下の発生
- (2) 掘削直後に急激な沈下の発生

といった特徴があったため以下のように掘削工法の変更と対策工を採用した。

(1)については、内空変位量・沈下量が増大することに伴うトンネル崩壊の恐れがあるため、ミニベンチカット工法に変更し、一次インバート工(ストラット併用)による早期閉合を採用した(図-5)。

(2)については、掘削直後に上半脚部の沈下が発生し、追従して内空変位が増大する傾向にあることから、上半掘削前に上半鋼製支保工下部(左右)に鋼管($\phi 76.3\text{mm}$)を打設し、シリカレジンによる地山改良を行うことで上半脚部の剛性を向上させた(図-6)。掘削前に対策を講じることで、掘削直後の初期変位速度を低減するとともに早期閉合により内空変位と沈下を抑制することができた。

上記対策工の実施後は初期変位を確実に捉えるため坑内計測を5m間隔とし、坑内目視確認の頻度を増やし、変状発生時は切羽作業を中止し安全を確保した。

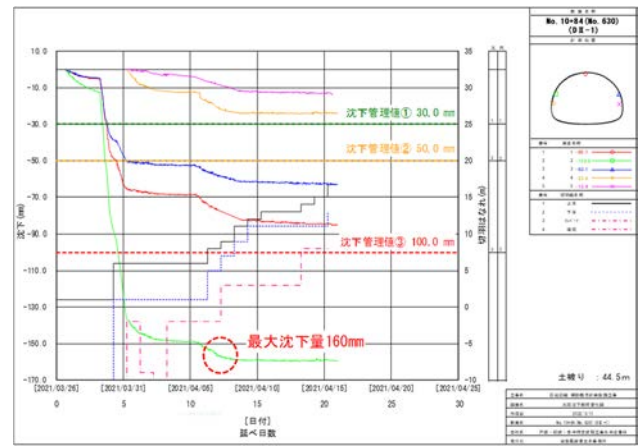


図-4 天端沈下経時変位図

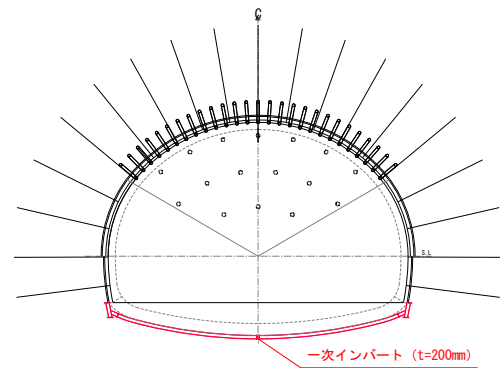


図-5 一次インバート工(ストラット併用)

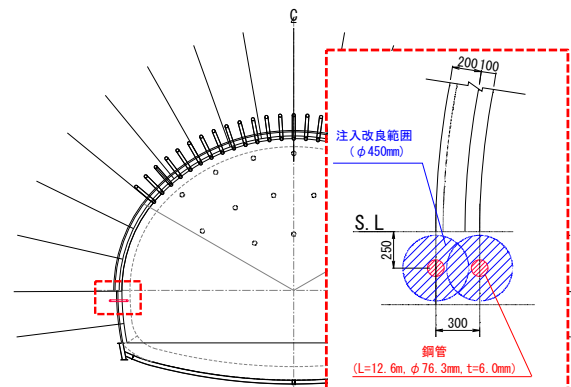


図-6 上半脚部補強工

5. まとめ

支保パターンとの設計と施工の実績について、図-2に示すように当初想定していたものより1~2ランク重い支保に変更になっているのがわかる。硬質部と軟質部が互層構造を成し地質が複雑に入り乱れていたことや、掘削に伴う応力解放により生じるゆるみの程度を設計段階で推定することは困難であり、施工との差異が大きくなったと考えられる。

掘削前に上半脚部の地山改良を行うことで掘削初期の変位速度を低減し、ミニベンチカット工法への変更と一次インバート工による早期閉合を実施したことで坑内変位を抑制することができた。