

斜面計測監視 ICT システム「ハモニス」によるトンネル坑口部の施工

ハザマ 土木事業本部 正会員 ○山口 雄大, 河邊 信之
ハザマ 九州支店 山田 弘, 小原 正幸

1. 起点側坑口部の施工上の問題点

(1) 地質状況

トンネルの起点側坑口付近の地質状況は、地表部に厚く崖錐堆積物が分布し、下位には基岩である凝灰角礫岩が存在している。この崖錐堆積物は基盤岩類の風化岩屑や溶結凝灰岩の転石・岩塊を主とする礫質土砂で構成されており、その基質の土砂層はN値が10程度で非常にルーズであった。また、坑口から約30m付近と坑口から約70m付近の2箇所で農道がトンネル直上を横断しており、それぞれの土被りは6mと11mで、いずれも1D以下(D: トンネル径≒12m)となっていた。

(2) 当初設計における補助工法

当初設計における補助工法は、天端安定対策として坑口付け部より33.2mまでの区間(DⅢ-3)では土被りが6mで農道が横断していることからパイプルーフ工が、それ以降の43m区間(DⅢ-2)では土被り11mで農道が横断していることから注入式長尺先受工が計画されていた。また、上半脚部の地山は、基岩である凝灰角礫岩であるため地耐力は十分あると判断されており、脚部安定対策としての補助工法は採用されていなかった。

(3) 地層境界の見直しと坑口施工時の問題点

工事着手後、上半盤までの切土掘削を行ったところ、1mを超える巨礫を含むルーズな崖錐堆積物が上半盤まで分布しており、想定以上の湧水を伴っていたことから、切土のり面の小崩落が発生した。切土掘削状況や既往のボーリング調査の結果を基に地層境界の見直しを行ったところ、坑口から33m区間においてはトンネル上半盤の脚部に切土のり面と同様のルーズな崖錐堆積物が分布しており、大きな脚部沈下が起こる懸念があった。起点側坑口付近において地層境界を見直した結果を図-1に示す。

2. 斜面計測監視 ICT システム「ハモニス」による地表面挙動の自動計測

農道と土被り6mで交差するDⅢ-3区間においては、脚部安定対策として上半ウイングリブ付き鋼製支保工を採用した。図-2にDⅢ-3区間で採用した支保パターン図を示す。トンネル掘削時は農道などの地表面沈下により一般通行車両の走行に影響を及ぼすことがないように、三段階のレベルに分けた基準値を設けて地表面挙動を計測管理することとした。地表面沈下量の管理レベルおよび対策を表-1に示す。

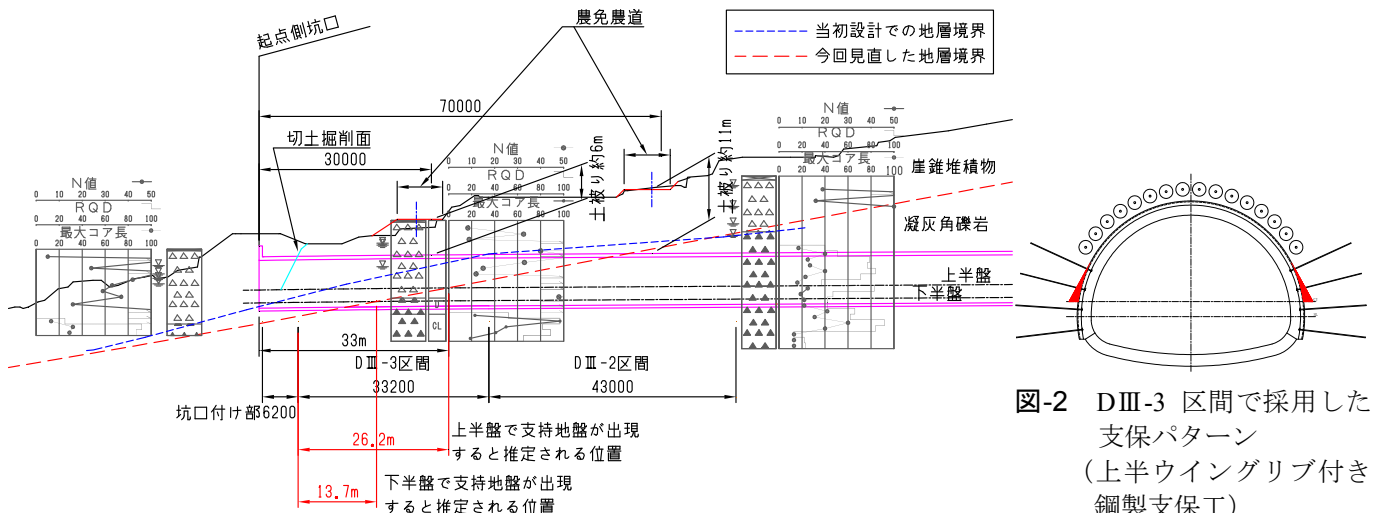


図-1 起点側坑口付近における地層境界の見直し

図-2 DⅢ-3区間で採用した支保パターン(上半ウイングリブ付き鋼製支保工)

キーワード トンネル, 坑口部, 脚部安定対策, 補助工法, 早期閉合, 斜面計測

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 ハザマ 土木事業本部 技術第三部 TEL: 03-3588-5771

表-1 地表面沈下量の管理レベルおよび対策

管理レベル	管理基準値	施工体制	対策工
I	30mm	・支保工の安全性は確保されており、引き続き観測施工を行う。	(上半ウイングリブ付き鋼製支保工) *
II	45mm	・計測の頻度を増やし、慎重に施工する。 ・計測項目毎のデータの関連性と変位の発生状況を詳細に把握する。	
III	60mm	・計測間隔を縮小するとともに計測頻度を増加させる。	インバート吹付けによる早期閉合
		・切羽の進行を止めて収束状況を確認する。	支保構造の抜本的な見直し

*地表面沈下の計測値に関係なく実施した。

トンネル切羽の到達に伴い農道等における地表面沈下量が管理レベルⅡの45mmを超える場合には、脚部沈下対策として最も効果があるインバート吹付けによる早期閉合を実施することとした。

起点側坑口区間のトンネルの安定性評価と上部農道の安全監視の目的から、リアルタイムに地表面の安定性を判定できる斜面計測監視 ICT システム「ハモニス」を導入した。以下に本現場で適用した「ハモニス」のシステム概要を示す。

- ・本システムは GPS 地表面沈下測定、パイプルーフ沈下測定、ボーリング孔内沈下測定、ボーリング孔内傾斜測定をすべて自動計測し (図-3 参照)、計測データを現場事務所でリアルタイムに一元管理することができる。
- ・各種計測結果の変位量や変位ベクトルなどから、独自の判定フローを用いて地山の安定性を自動的に定量評価し、「ハモニス」のシステム上でこれらの結果を自動的に表示することができる (図-4 参照)。
- ・各種計測結果は、ID とパスワードを供与する複数の関係者においてウェブ上でリアルタイムに確認でき、トンネル安定性評価の情報共有ができる。
- ・GPS 地表面沈下測定の計測データが管理レベルⅡを超えた場合、監視センターから現場担当者の携帯電話に直接通報が入るため、異常時において速効性のある対応をとることができる。

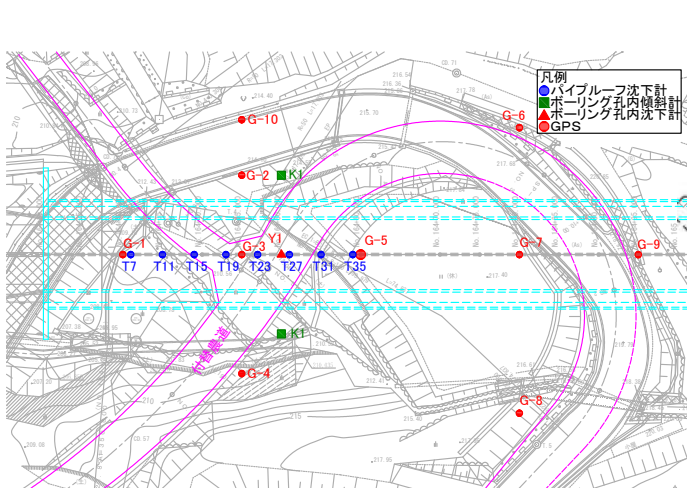


図-3 「ハモニス」の計測機器設置平面図

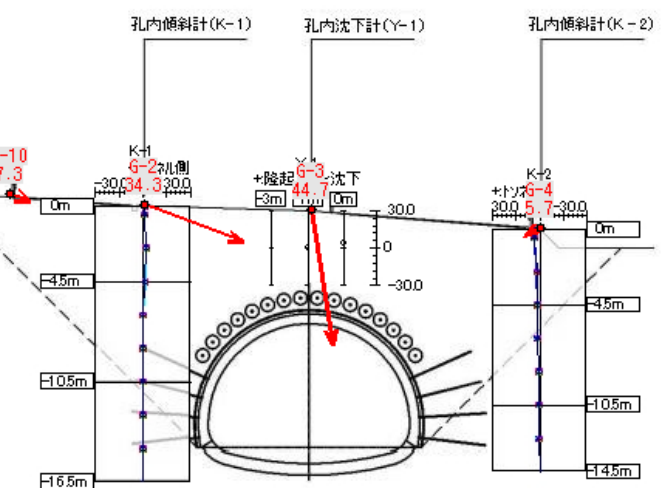


図-4 「ハモニス」による変位ベクトル断面図

3. 施工結果

DⅢ-3, DⅢ-2 区間掘削時の地表面沈下はいずれも管理レベルⅡの45mm以内で収束し、掘削を無事完了することができた。これは、「ハモニス」により地表面挙動および地山挙動を迅速かつ詳細に把握できたことで、上部に農道が横断する坑口区間について、施工性、経済性、安全性に優れた施工ができたものと評価できる。このようにトンネル坑口部掘削により地表面沈下が特に懸念される場合においては、坑内からの沈下抑制対策工に加え、本システムのようなリアルタイムの計測監視が有効であるといえる。