

インバート下部に大口径のさや管が設置されるトンネルの施工について

安藤ハザマ 正会員 ○辰巳 順一
 安藤ハザマ 西川 篤哉
 安藤ハザマ 佐々木 淳

1. はじめに

山岳トンネルのインバートの下部には、中央排水管が埋設される場合はあるものの、上下水道管などのパイプラインが埋設される事例はほとんどない。今回報告するトンネルは、宮城県に位置する延長 1,285m の山岳トンネルで、上水道管を挿入するための大口径のさや管がトンネル全線でインバート下部に設置される非常に特殊な構造であった（図-1）。このことから、本トンネルのインバートの施工方法は通常とは大きく異なるため、インバートおよびさや管の施工時、支保工の変状および工程の遅延が懸念されていた。

上記の懸念事項に対して各種対策を実施したことから、本稿でその詳細について報告する。

2. 施工上の課題

さや管はコンクリート製ヒューム管（ $\phi 1.0\text{m}$ 、 $L=2.43\text{m}$ ）で、インバート掘削後、インバート床付け面から高さ約 1.74m、幅約 1.76m のトレンチを掘削し、トレンチ内にヒューム管を敷設する。敷設完了後、埋戻しコンクリート、およびインバートコンクリートを打設する。

このような施工方法のなか、インバートおよびさや管の施工時に以下に示す大きな課題があった。

2.1 支保工の変状防止

本トンネルは、一般的なトンネルと比較して、インバート掘削時のトンネル下部の開放面積が大きくなるとともに、さや管のトレンチ掘削によりトンネルがリング形状ではなくいびつな形状になる。また、本トンネルの掘進側坑口区間（ $L=59.4\text{m}$ ）の地質は、岩盤等級 D～C_L 級の脆弱な風化砂岩が主体となっていた。このため、インバートおよびさや管の掘削に伴ってトンネルの変位が増大し、支保工が大きく変状することが懸念された。

以上から、インバートおよびさや管掘削時の支保工の変状防止が大きな課題であった。

2.2 ヒューム管敷設作業に伴う工程遅延防止

本トンネルは全線でインバートが設置され、インバート栈橋を採用してインバートを全断面で施工する計画であった。この場合、ヒューム管敷設作業はインバート栈橋上に小型移動式クレーンを据え付けての作業となるため、インバート施工区間が約 2 時間全面通行止めとなる。しかし、インバート栈橋上は、トンネル掘削ずり運搬用のダンプトラックも通行する。このため、ヒューム管敷設作業とトンネル掘削ずりの運搬作業が重なった場合、いずれかの作業を中断する必要があり、工程が遅延することが懸念された。

以上から、ヒューム管敷設作業に伴う工程の遅延防止が大きな課題であった。

3. 対策工および結果

3.1 支保工の変状防止対策

(1) 二次元 FEM 解析によるトンネル掘削前の影響予測

インバートおよびさや管の掘削開始前に二次元 FEM 解析を実施し、インバートおよびさや管掘削時のトンネル
 キーワード さや管、二次元 FEM 解析、インバート栈橋、三次元レーザーキャナ

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 建設本部土木技術統括部技術第三部 TEL03-6234-3673

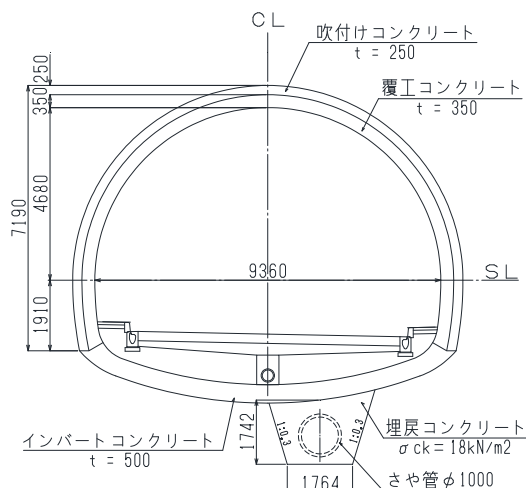


図-1 トンネル標準断面図

ルの安定性を検討した。解析方法は線形弾性解析とし、解析に用いた物性値は、上半断面の掘削時に切羽で採取した岩塊の地山資料試験の結果をもとに設定した。解析断面は、掘進側坑口区間の最大土被りの位置とした。

解析結果を表-1に示す。トンネルの変位は、さや管掘削完了時に累計で最大16mmであった。また、支保工に発生する応力も全て許容応力以下であった。

表-1 解析結果

	変位量			最大発生力		
	天端沈下	上半 内空変位	下半 内空変位	鋼製支保工 応力	吹付けコンクリート 応力	ロックボルト 軸力
解析値	16mm	16mm	12mm	103.8 N/mm ²	6.9 N/mm ²	60 kN
許容値	—	—	—	210 N/mm ²	10.5 N/mm ²	176.5kN

(2) 吹付けコンクリートによるトレンチ側面ののり面安定対策

さや管のトレンチ側面は、掘削高さ約1.7m、勾配1:0.3の素掘りののり面となる。ヒューム管敷設作業は、作業員がトレンチ内に入っての作業となるため、のり面が崩落した場合は作業員に危険が伴う。二次元FEM解析の結果トンネルの安定性に問題がないことが判明したが、掘進側坑口区間においては、トレンチ側面ののり面崩壊を防止するために、吹付けコンクリート（t=30mm）を施工することとした。

対策結果は、施工中ののり面崩壊等の不具合もなく、安全に施工することができた。

(3) トンネル壁面の変位挙動の詳細把握

掘進側坑口区間のトンネルの変位計測には、通常の計測Aによる天端沈下・内空変位計測に加えて、自社で開発した三次元レーザースキャナを用いた変位計測システム「3Dラスタム」を使用した（図-2）。3Dラスタムは、三次元レーザースキャナで測定したトンネル断面形状とトンネル内の基準点座標を組み合わせることで、トンネル壁面全面の変位を詳細に把握できるシステムである¹⁾。

トンネル壁面の変位量は累計で最大23mmであり、追加対策検討の目安となる管理レベルⅡ以下に収まっていることを確認した。

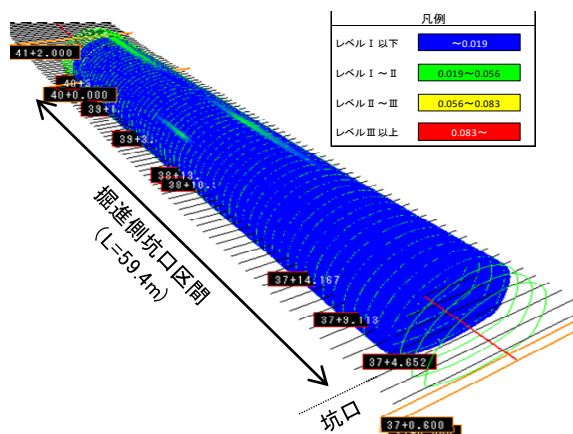


図-2 3Dラスタムによる計測結果

3.2 トンネルの工程遅延防止対策

(1) ヒューム管敷設専用クレーンの設置

インバート栈橋にヒューム管敷設作業専用のクレーンを設置した。クレーンは、インバート栈橋の手摺に設置したレール上をトンネル縦断方向に移動可能であるため、施工完了区間での玉掛け、移動、据付けを繰り返すことでトレンチ内にヒューム管を据え付けることが可能となった（図-3）。

専用クレーンの設置により、ヒューム管施工時のインバート区間の通行止めを解消し、工程の遅延を防止できた。



図-3 専用クレーンによるヒューム管の敷設

4. まとめ

本トンネルは、インバート下部に大口径のさや管が設置される特殊な工事であったが、各種の対策工により無事に施工を完了することができた。本稿が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 湯本建寛，河邊信之，黒台昌弘：三次元レーザースキャナを用いたトンネル変位計測技術の開発，トンネル工学報告集，pp. 205-208，土木学会，2012