大土被り区間の脆弱泥岩地山部における二重支保工の施工報告について

中日本高速道路(株)　南アルプス工事事務所　正会員　○菅　浩亮
国土交通省　関東地方整備局　甲府河川国道事務所　非会員　星野　実
大成建設(株)　東京支店　正会員　吉野　兼央
(株)竹中土木　東京本店　非会員　浦橋　伴仁

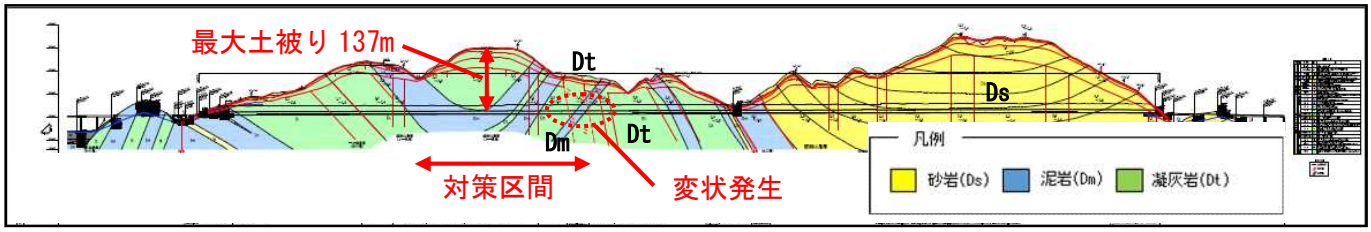
１．はじめに

中部横断自動車道は，静岡県を起点に，山梨県を経由して長野県に至る延長約 132km の高速自動車国道である．この内，国土交通省　関東地方整備局　甲府河川国道事務所では，山梨県区間における富沢 IC～六郷 IC の延長約 28km を担当している．城山トンネルは，中富 IC（地域活性化 IC）～六郷 IC の間に位置する（**図－１**）全長 2087m の二車線トンネルである．本文は，二重支保工の採用，施工時に生じた課題とその対策工の検討・施工について報告する．

図－１　城山トンネルの位置図

２．城山トンネルの特徴について

本トンネルは，非常に脆弱な泥岩が出現する大土被り区間（最大土被り 137m）において，後述する大きな変形を生じた．トンネルの岩盤は砂岩，泥岩，凝灰岩などであり，泥岩部では地山強度比は 1.0 を下回る．**図－２**に城山トンネルの地質縦断図を示す．



図－２　城山トンネルの地質縦断図

３．変状の発生と原因

脆弱な泥岩が出現後，切羽崩落，地山膨張によるロックボルトの陥没や吹付インバートの変状（**写真-1**）が発生した．吹付インバートにおいては，隆起したクラックが生じており，リング支保機能が無く，健全な状態ではなかった．これは，側圧が大きくかかり吹付インバートの圧縮強度を超過するような内空変位が生じた事で，圧縮破壊を伴う隆起したクラックが生じたと推察する [1)]．

写真－１　トンネルの変状

４．対策工の検討

変状が生じた箇所より約 40m 高い大土被り区間（最大 137m）の施工を前に，さらに大きな変状が予想された．そこで，これまでの変位計測結果より，地山状態を想定し支保パターンを選定した．検討断面を定め，再現解析から得られた地山物性値を用いて支保パターンを検討した．検討断面は切羽評価点が低く（20 点以下）、かつ変位量が大きい（150mm 以上）断面とした．対策工は大土被り区間とその緩衝区間として支保仕様のランクアップ（以下，対策工Ⅰ）と大土被り

表－１　対策工の概要

支保パターン		対策工Ⅰ	対策工Ⅱ
標準案からの仕様変更点		支保仕様ランクアップ 掘削形状変更	2重支保工 掘削形状変更
吹付けコンクリート設計基準強度(N/mm2)		36	36
一次支保工	上・下半	t=300、H-250	t=250、H-200
	インバート	t=300、H-250	t=250、H-200
二次支保工	上・下半	—	t=200、H-150
	インバート	—	t=200、H-150
構造半径比Ri/Ru		1.5(準円形)	1.5(準円形)
適用土被り（解析結果より設定）		80～100m	100m～137m(最大土被り)
変位量（解析結果）	天端沈下	-66.9mm (H=100m)	-109.5mm (H=137m)
	上半内空変位	40.0mm (H=100m)	50.8mm (H=137m)

キーワード　二重支保工，早期閉合，脆弱泥岩，大土被り，NATM
連絡先　〒400-0405　山梨県南アルプス市下宮地 445-5　中日本高速道路(株)　ＴＥＬ055-244-3315

区間の二重支保工（以下，対策工Ⅱ）の二つを選定した．対策工の概要を**表－１**に，対策工Ⅱの施工サイクルを**図－３**に示す．また，**図－４**に対策工Ⅱ施工後の A 計測結果を示す．一次管理基準値を 45mm で管理していたが，結果として 20mm 以内で施工できた．

５．対策工の課題と対策

対策工Ⅱの施工により，トンネルの安全性が確保されたが，当然一サイクル当たりの施工時間が増加する事になった．対策工Ⅱの月進距離は 20m 程度であり，このままでは掘削工で平成 30 年 5 月までかかる見込みとなった．当該区間の供用目標は平成 30 年度を見込んでおり，このままトンネルの完成やその後の土木工事および施設工事を待つと供用目標を満足できない事が分かった．

図－４に示した計測結果より，二重支保工延長 1.5D 程度切羽が進行すると内空変位が収束している事が読み取れる．そこで，工程課題を解決するため支保の軽量化を検討した．**表－２**に対策工Ⅰから DⅡ標準パターンまでの支保パターンについて示す．変形余裕量 100mm を確保した緩衝区間を設置し，段階的に支保ランクを軽減して掘進速度を確保する事にした．これにより，トンネル構造物として平成 29 年度末に完成する事ができる 6 ヶ月以上短縮された現実的な工程を立案できた．

６．対策工Ⅰでの施工

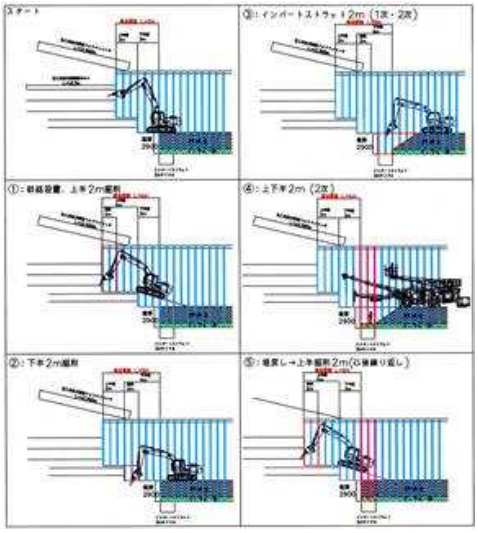
図－５に対策工Ⅰ施工後の A 計測結果を示す．一次管理基準値 45mm に対し 30mm 程度で推移しており，対策工Ⅰで施工（**写真－２**）してもトンネルの内空変位の収束が読み取れる．これは，**図－６**に示した切羽評価点の推移からも，膨張性の傾向が和らいだ事に起因するものと推察する．それは地山強度比が変状区間の 0.1 と比較して 0.6～4.7 と増加している事からも裏付けられ，段階的な支保軽量化は有益な判断だったと考える．

７．まとめ

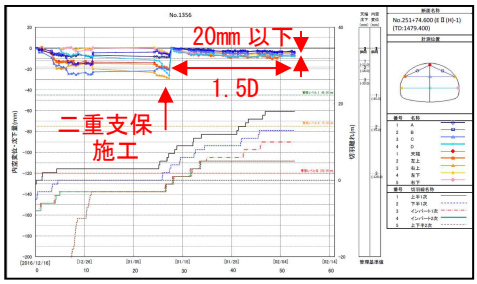
・対策工の採用により一次管理基準値以内で施工できた
・供用目標を満足し，掘進速度を確保すべく，段階的な支保軽量化を検討
・支保を軽量化した対策工Ⅰでも A 計測結果から施工の安全性を確認
・支保軽量化は切羽評価点や地山強度比からも有益な判断だったと考える

以上より，地山強度比が 1.0 以下，最大土被り 137m の難渋区間と施工時に生じた課題対策工を安全に施工できた．引き続き注視し施工を進める．

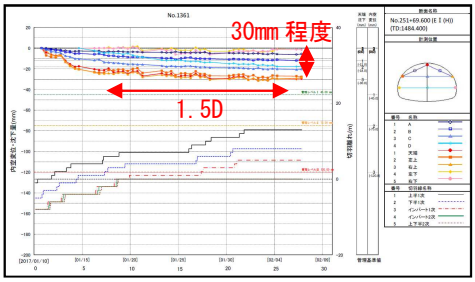
参考文献　1)一枝俊豪，星野実，竹渕俊和，大塚勇，吉野兼央：脆弱泥岩地山における二重支保工の設計と施工，トンネル工学報告集，第 26 巻，Ⅰ-1，2016.11



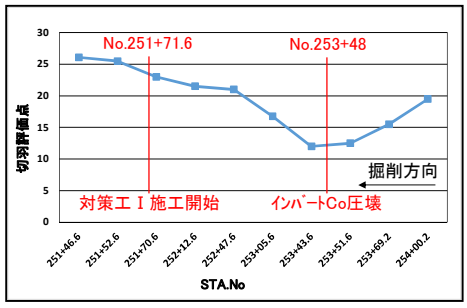
図－３　対策工Ⅱの施工サイクル



図－４　対策工Ⅱ施工後の A 計測結果



図－５　対策工Ⅰ施工後の A 計測結果



図－６　切羽評価点の推移

支保パターン		対策工Ⅰ				
		EⅠ	DⅡ(1)	DⅡ(2)	DⅡ(3)	DⅡ
標準案からの仕様変更		支保仕様ランクUP	緩衝区間			標準
吹付Co設計基準強度(N/mm2)		36	36	36	18	18
一次支保工	上・下半	H-250、t=300	H-200、t=250	H-150、t=200	H-150、t=200	H-150、t=200
	インバート	H-250、t=300	H-200、t=250	H-150、t=200	H-150、t=200	
変形余裕量（一次）	上半	150	100	100	100	100
	下半	150	100	100	100	100
	インバート	150	50	50	50	50
ロックボルト		高耐力 L=6.0m	標準 L=6.0m	標準 L=4.0m	標準 L=4.0m	標準 L=4.0m
閉合距離		6m	1D以内	1D以内	1D以内	-

表－２　対策工から標準までの支保パターン

写真－２　対策工Ⅰでの施工状況