

佐久間第2トンネルにおける施工時の工夫について

～ 山岳トンネルにおける大規模変状と前方探査による工法選定 ～

浜松河川国道事務所 工務第二課 松本・川原

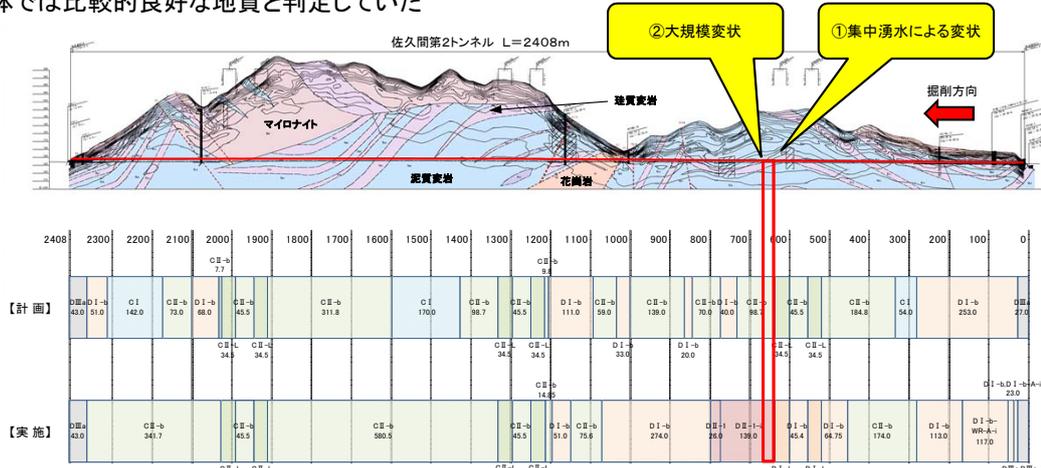
- 佐久間第2トンネルは中央構造線近傍で施工された延長約2.4kmの山岳トンネル
- 掘削過程において発生した支保の変状事例とその対策、前方探査を活用した切羽安定対策の選定事例の紹介

トンネル位置と地質

- ・トンネル地質は泥質変岩が大部分であるが、一部で珪質変岩、花崗岩及びマイロナイトが分布
- ・断層、破碎体は確認されていたがトンネル全体では比較的良好な地質と判定していた



佐久間道路・三遠道路と中央構造線の位置関係



地質縦断面・支保パターンの計画と実績

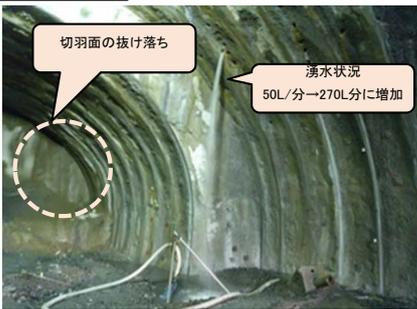
【計画】	2408		2300		2200		2100		2000		1900		1800		1700		1600		1500		1400		1300		1200		1100		1000		900		800		700		600		500		400		300		200		100		0														
	DI-b	CI	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b																
【実施】	DI-b	CI	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b	CE-b	DI-b	CE-b	CI	CE-b																
	43.0	51.0	142.0	73.0	68.0	45.5	311.8	1700	98.7	45.5	111.0	95.0	139.0	70.0	80.0	95.1	45.5	184.8	54.0	253.0	27.0	43.0	51.0	142.0	73.0	68.0	45.5	311.8	1700	98.7	45.5	111.0	95.0	139.0	70.0	80.0	95.1	45.5	184.8	54.0	253.0	27.0	43.0	51.0	142.0	73.0	68.0	45.5	311.8	1700	98.7	45.5	111.0	95.0	139.0	70.0	80.0	95.1	45.5	184.8	54.0	253.0	27.0

①集中湧水による変状とその対策

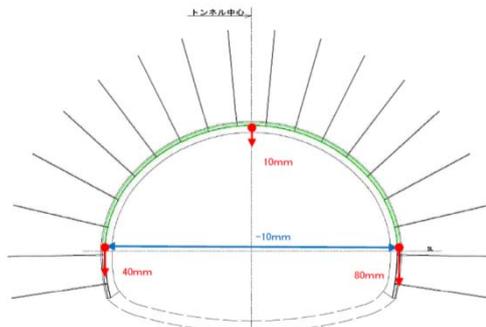
○掘削完了後、吹き付けコンクリート施工中に切羽後方で湧水量が増加。掘削による水みちの変化により周辺地山が軟弱化し、切羽面の抜け落ちや支保の変状が約46mにわたり発生したため以下対策を実施。

- 1) 湧水処理、増しロックボルトおよび吹付けインバートによる早期閉合により変位の抑制を実施
- 2) 前方探査を兼ねた水抜きボーリングと支保のランクアップ(D I → D II)により掘削を再開 → ②の変状が発生

変状状況



湧水発生による切羽面の抜け落ち及び湧水状況



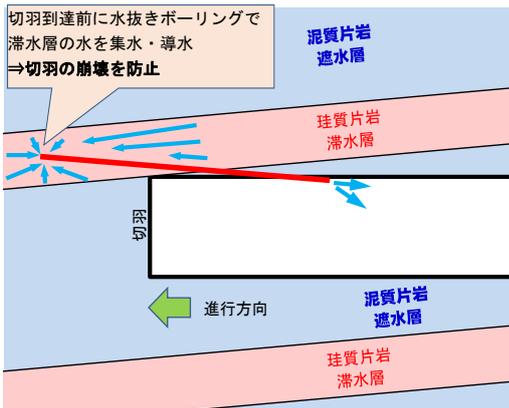
変位状況

応急対策

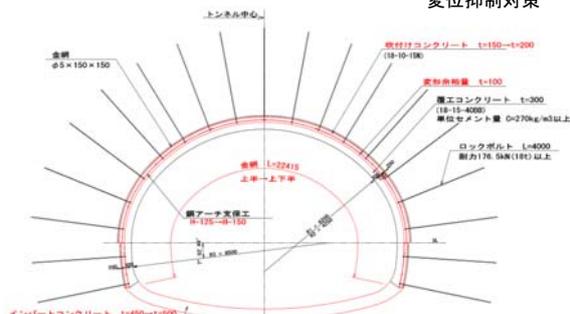


変位抑制対策

対策



水抜きボーリング概要図



	現行パターン D I-b	変更パターン D II
鋼製支保工	H-125	H150
吹付けコンクリート	t=15cm 18N/mm ²	t=20cm 18N/mm ²
変形余裕量	なし	10cm

支保パターン変更概要

②大規模変状とその対策

OD IIパターンによる掘削再開後、**50cmを超える大規模変位**が発生し、鋼製支保工の座屈やロックボルトの破断等、支保構造の崩壊状況に直面したが、以下対策により支保の異常発生を抑えた。

- 1) 小口径長尺鋼管フォアパイリングによる背面地山改良後、更にランクアップした支保による**断面修正**を実施
- 2) 更に**剛性を高めた支保**を**早期閉合**をする事で変位の抑制を実施

変状状況



鋼製支保工の座屈

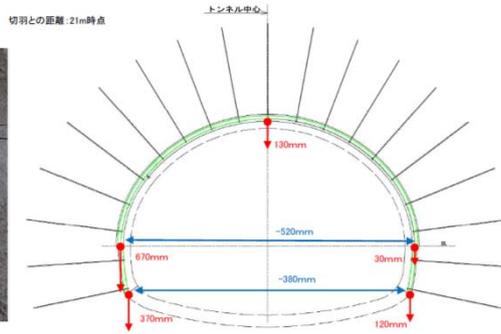


座屈した支保

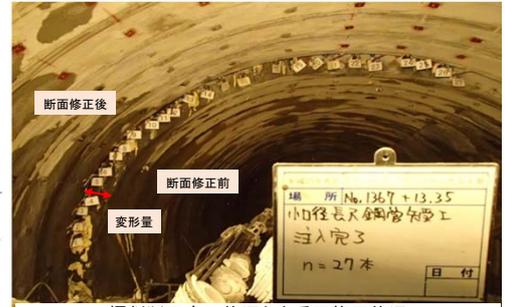
破断したロックボルト



吹付けコンクリートのせん断クラック、押し出し

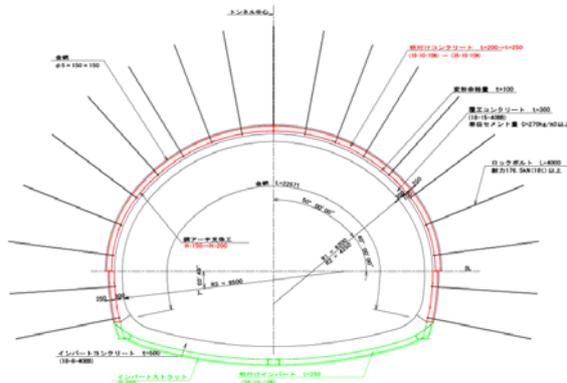


変位状況



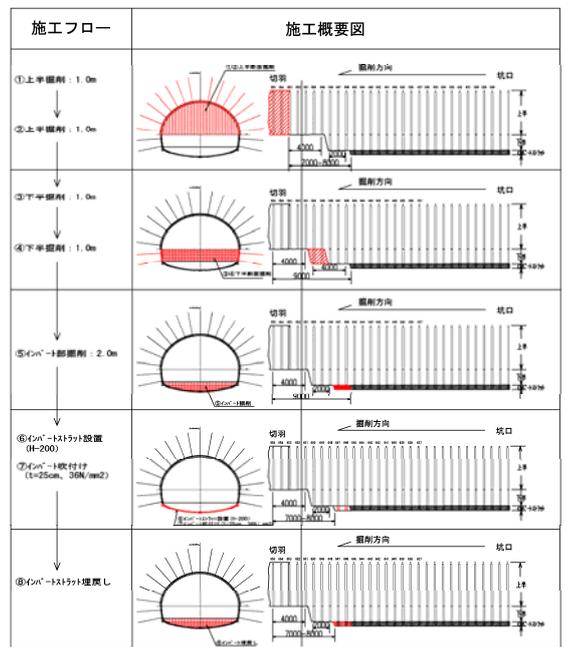
掘削断面変形状況と先受工施工状況

対策



	当初パターン D I -b	変更パターン D II	最終パターン D II -1
鋼製支保工	H-125	H150	H200
吹付けコンクリート	t=15cm, 18N/mm ²	t=20cm, 18N/mm ²	t=25cm, 36N/mm ²
変形余裕量	なし	10cm	10cm
早期閉合	なし	なし	あり

支保パターン変更概要

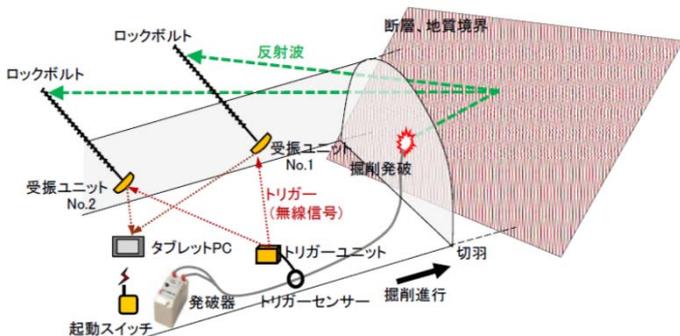


早期閉合施工フロー

③前方探査による切羽安定対策のフロー化

○既往調査で想定できなかった湧水や地質状況により大規模な変状が発生したことから、**切羽前方の地山予測を行うことが今後のリスクを回避する上で重要**と考え以下対策により異常に備えた施工を行い工事完成を迎えた。

- 1) 水抜き(探り)ボーリングに追加して掘削作業を中断せずに前方探査可能な**弾性波探査(TFT)**を活用
- 2) 双方の結果から**切羽安定対策工法の選定をフロー化**する事により、対策工法の**事前準備が可能となり早期かつ安全な施工が可能**



トンネルフェイステスター(TFT探査)
NETIS登録番号:TH-170003-A

	(I) 断層の可能性:大	弾性波探査(TFT探査)に基づく想定結果	
		(II) 湧水・地質変化の可能性:大	(III) 湧水・地質変化の可能性:小
探り(水抜き)ボーリング結果	① 補助工法の可能性:大	天端 長尺鋼管フォアパイリング 鏡面 長尺鏡ボルト 脚部 ウェッジ、吹付けイハート(※) 湧水 水抜きボーリングの追加	天端 長尺鋼管フォアパイリング 鏡面 長尺鏡ボルト 脚部 ウェッジ、吹付けイハート(※) 湧水 長尺鋼管フォアパイリングの追加
	② 補助工法の可能性:中	天端 長尺鋼管フォアパイリング 鏡面 鏡ボルト 脚部 脚部補強ボルト 湧水 -	天端 長尺鋼管フォアパイリング 鏡面 鏡ボルト 脚部 脚部補強ボルト 湧水 -
	③ 湧水対策の可能性:大	天端 - 鏡面 - 脚部 - 湧水 水抜きボーリングの追加	天端 - 鏡面 - 脚部 - 湧水 水抜きボーリングの追加
	④ 湧水対策の可能性:小	天端 注入式フォアパイリング 鏡面 鏡ボルト 脚部 脚部補強ボルト 湧水 -	天端 注入式フォアパイリング 鏡面 鏡ボルト 脚部 脚部補強ボルト 湧水 -

(※)応急処置実施後、支保パターンの変更を伴うため岩質判定委員会を後日開催

- (I)、(II)かつ①の場合は、変化点近傍で、ドリルジャンボによる短尺探りボーリングを実施し、せい弱部の位置(天端、脚部等)を確認する。
- 前方探査および切羽観察にて総合的に判断する。

前方探査に基づく切羽安定対策選定フロー
に基づく対策工法選定表(一部抜粋)