

大土被り・低強度地山の早期閉合トンネルの挙動特性

中日本高速道路(株)東京支社清水工事事務所 金崎 孝行
 中日本高速道路(株)東京支社清水工事事務所 高木 克典
 清水建設(株)名古屋支店樽峠トンネル南工事作業所 ○正会員 浅野 彰夫

1. はじめに

樽峠トンネル(仮称)は、中部横断自動車道の新清水JCTと富沢IC間に位置し、静岡県・山梨県境を跨ぐ、全延長4,999mの道路トンネル(仮称)である。このうち県境より静岡県側2,627mの樽峠トンネル南工事において、トンネル施工時に過大な変位や支保構造体の変状・破壊などが発生したので、計測工A,Bによる動態計測のもと全断面早期閉合工法で施工した。その結果、高耐力支保構造と早期閉合の有効性が示されたのと大土被りトンネルの挙動特性が明らかになったので報告する。

2. 地質概要

樽峠トンネル南工事の施工箇所に分布する地質は、新第三紀鮮新世の浜石岳層群一川合野類層一川合野礫岩層の礫岩、細礫岩、砂岩、砂岩・泥岩互層、泥岩などである。最大土被り高は約450mである。

南側坑口から1900m付近の以奥に、脆弱な低強度地山が出現する。土被りが350mを超えるようになるとトンネル挙動は押出し性を示し、『全断面早期閉合で多心円リング構造を形成し支保耐力の早期発現でトンネルの力学的安定を確保する』ことを基本として対策を行っている。

3. 施工方法と支保構造仕様

本坑は補助ベンチ付き全断面工法、避難坑は全断面工法である。掘削方式は、坑口部を除き、爆破掘削である。全断面早期閉合の施工単位は3～4mとし、上半切羽から7～8mの離れで、上・下半進行毎に早期閉合を行っている。補助工法は、切羽安定対策として鏡吹付けを基本とし、切羽面で行う前方探査の結果から、鏡ボルトを施工している。

早期閉合パターンの概要は表-1のとおりである。

表-1 早期閉合パターン仕様

支保パターン名	地山強度比 Cf	1掘 進長 (m)	吹付け コンクリート厚		鋼アーチ支保工		覆工厚		変形 余裕 (cm)	上半支保 構造半径 (mm)	下半支保 構造半径 (mm)	インバート 構造半径 (mm)	閉合構造 半径比 r3/r1	早期閉合構造部材
			アーチ (cm)	インバート (cm)	上下半 サイズ	インバート サイズ	アーチ (cm)	インバート (cm)						
D II-a-B (C1)	$1.0 < Cf \leq 2.0$	1.0	15	15	NH-150	—	30	50	0	5,600	11,200	14,000	2.5	吹付けコンクリート
D II-a-B (C2)	$0.5 < Cf \leq 1.0$	1.0	15	15	NH-150	NH-150	30	35	0	5,600	11,200	11,200	2.0	吹付けコンクリート+ 鋼インバート支保工
E I-a-B	$Cf \leq 0.5$	1.0	25	25	NH-200	NH-200	30	30	10	5,600	11,200	8,400	1.5	吹付けコンクリート+ 鋼インバート支保工

4. 計測工概要

計測工はA,Bを実施し、支保構造仕様の検証、トンネル挙動特性の把握とともに、支保パターン変更のための一助とした。計測工Bは、吹付けコンクリート応力、鋼アーチ支保工応力、ロックボルト軸力の測定とした。

支保構造は、高強度吹付けコンクリートを主要部材とする多心円リング構造とする為、設計基準強度以下であれば支保構造は安定していると判断できる。管理基準値の設定は、以下のとおりとした。

設計基準強度 $< 1/3$ であれば、支保の低減を検討。設計基準強度 $> 2/3$ であれば、支保の高耐力化を検討した。測点の配置は、図-1に示す。

キーワード 大土被り、押出し性、早期閉合、挙動特性

連絡先 東京都中央区京橋 2-16-1 Tel. 03-5441-0566, Fax. 03-5441-0510

5. 計測結果と考察

(1) トンネル変位

早期閉合 DII・EI パターンのトンネル変位量と土被りの関係を図-2 に示す。初期変位速度は、上半水平変位で概ね-10mm/日を超える。上半水平変位量は、土被り高さが350mを超えると概ね-30mmを超える。

上半水平変位の最終変位量は、DII パターンで-59mm、EI パターンで-51mmである。土被りの増加とともに吹付けコンクリートの剥離等の支保の変状が見られたために支保パターンをDII からEI パターンに変更した。支保パターンの変更により変位量は、同程度に抑制されている(図-2)。

(2) 支保構造の安定性

吹付けコンクリートの軸応力を図-2, 支保構造の軸力分担率を図-3 に示す。

①吹付けコンクリートの軸応力の最大値は、インバート中央で発生し、DII パターンで 23.3N/mm^2 の圧縮、EI パターンで 25.7N/mm^2 の圧縮である。SL部は、インバート部の0.2~0.5程度の値となっている。

②吹付けコンクリートは、トンネル支保構造体に発生する軸力のDII パターンでは、上半右を除き50~85%、EI パターンでは、天端部を除き70%以上を分担し、主要支保部材として機能する。

③全断面早期閉合位置から2.0D程度切羽が進行すると計測工Bの値は収束傾向を示す。

6. おわりに

吹付けコンクリートを主要支保部材とする大土被りに起因する押出し性土圧に見合う多心円リング構造トンネルを設計し、全断面早期閉合による補助ベンチ付き全断面掘削で施工を行った。計測結果から、この全断面早期閉合工法は、大土被り低強度地山のトンネル施工を確実にでき、トンネル設計・施工方法の適用性は高いが示された。また、計測工の結果を元に支保パターンの変更を行った結果、適切な支保パターン選定ができ、平成29年10月に無事、貫通することができた。

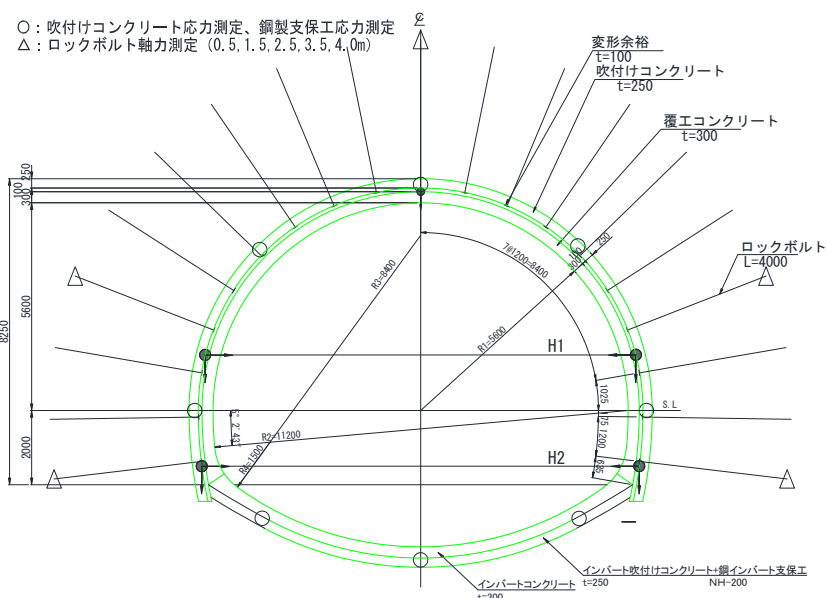


図-1 早期閉合EIパターンと計測工A, B測点

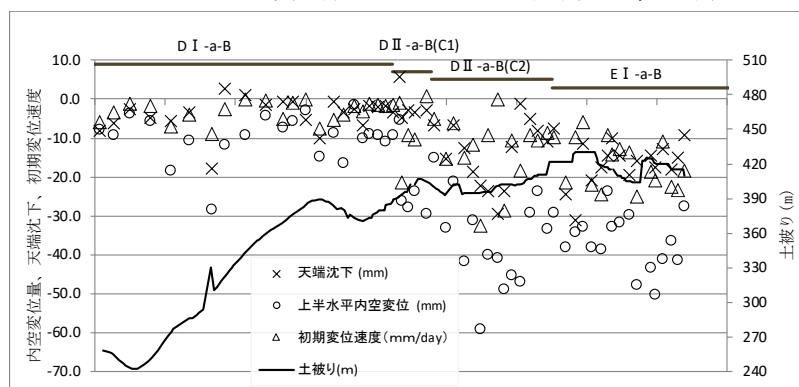


図-2 土被り高さと変位量

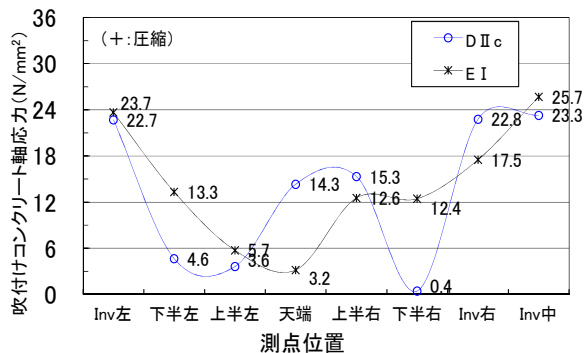


図-3 吹付けコンクリート軸応力

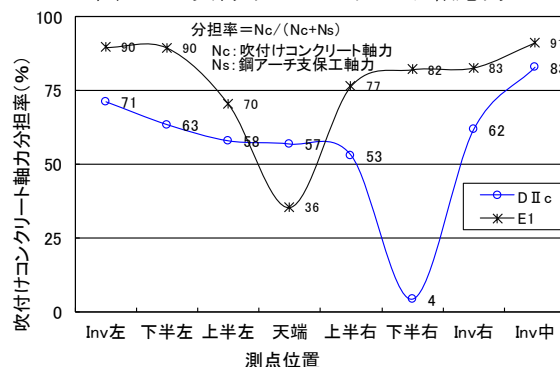


図-4 吹付けコンクリート軸力分担