

大土被り低強度地山における調査坑の力学挙動特性

国土交通省中部地方整備局飯田国道事務所

桑原 良輝

清水建設(株)名古屋支店土木部 正会員

○清原 雅俊

清水建設(株)名古屋支店土木部 正会員

八木田茂生

1. はじめに

長野県と静岡県を結ぶ国道474号三遠南信自動車道の内、県境に位置する青崩峠トンネルは延長5kmであり、中央構造線に近接する。静岡側の池島トンネル調査坑は、将来の避難坑にあたり全長1,239mである。本調査坑では、地山強度比が2を下まわる低強度地山の出現が予想されていた。この脆弱区間に対しては、吹付けコンクリート作用土圧を理論式で推定、必要耐荷力を算定し、リング構造の早期閉合トンネル(Ecp)を設計し施工している。本書では、標準地山において一般的なアーチ構造トンネル(D I s)を施工した中で、土被り高h300m以下でのアーチ構造トンネルの特徴が明らかになったので報告する。

2. 地質概要

地質は、珪質変成岩、斑状マイロナイト、泥質変成岩からなり、脆弱な多数の断層を介在する(図-1)。主要断層における脆弱部での一軸圧縮強度は、 V_p から換算すると、 $q_u=0.4\sim 0.5\text{N/mm}^2$ と推定され、土被りがh=400mを超える箇所では、地山強度比cfが0.1を下まわる。

3. 調査坑トンネル構造

リング構造の小断面トンネル標準支保パターンに加え、脆弱区間では掘削影響域を推定し、必要耐荷力からリング構造のEパターンを設けている。土被り高hが300m程度の標準地山では、切羽評価結果に基づき小断面トンネルで標準となる、馬蹄形のアーチ構造支保工(D I s)で施工した(図-2)。

4. 施工法と計測工

調査坑はタイヤ方式小断面トンネルであり、全断面発破掘削とし、標準断面と、重機離合および土壌調査ボーリングに必要な拡幅断面を90m間隔で設けている。計測工A断面は10~20m間隔とし、主要断層に設けた計測工B断面は、吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工応力測定を基本として、1時間ごとの自動測定である(図-2)。

表-1 調査坑トンネル構造諸元

地山等級・支保パターン*1	D I s	Ecp1	Ecp1-L	Ecp2
想定地山強度比 cf (-)	$2 \leq$	< 2	< 2	< 0.5
想定土圧の土被り相当高 H(m)	20	40	40	60
一掘進長 (m)	1.00	1.00	1.00	1.00
変形余裕量 (cm)	0	10	10	10
支保構造	吹付け厚 (cm)	10	15	20
	圧縮強度 (28day, N/mm ²)	18	36	
	鋼アーチ支保工	H100	H100	H125
	ロックボルト工	L=2m, 110kN (@1.0m)		
早期閉合構造	早期閉合部材	上・下半と同様		
	構造半径比 (r3/r1)	-	1.5	1.5
	早期閉合距離 Lf (m)	-	4	4
覆工	巻厚 (cm)	-	20	20

*1: Ecp1, Ecp2 はタイヤ方式標準断面早期閉合パターン, Ecp1-L は拡幅断面早期閉合パターンをあらわす。

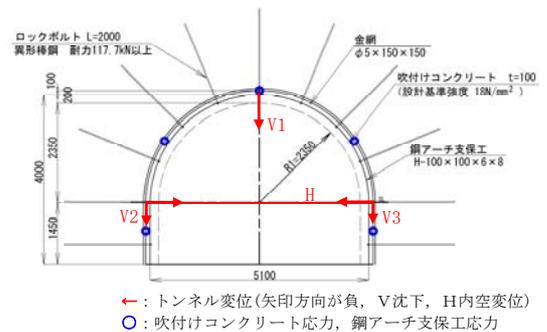


図-2 標準D I sパターン計測工測点概要

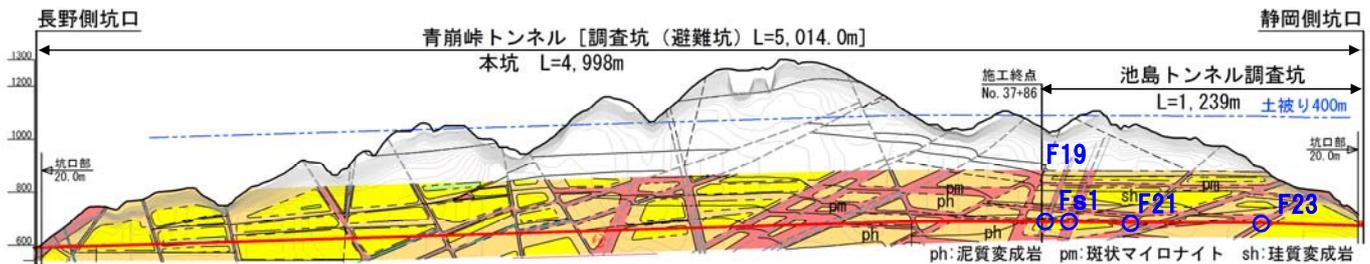


図-1 地質縦断 (池島トンネル調査坑)

キーワード : 大土被り, 低強度地山, タイヤ方式小断面トンネル, 土圧土被り相当高, アーチ構造

連絡先 : 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1丁目3-7, Tel. 052-203-1498, Fax. 052-202-0125

5. 計測結果と考察

No. 41+80 までの825m間は標準DISパターンで施工した。計測データから、以下のことがいえる。

①内空変位 HsL は、土被りが120m以上や、切羽評価点が25を下回ると増加傾向となり、地山性状の影響を大きく受ける。天端沈下V1は、-15mm以下の沈下である(図-3)。

②吹付けコンクリート軸応力は、切羽が330m(65D:Dは掘削幅)進行しても掘削影響を大きく受ける。グラウンドアーチ形成が困難な低強度地山の挙動特性が現れ、アーチ構造のトンネルが不安定状態である事が分かる(図-4)。

③吹付けコンクリート軸力の最大は、天端部に発生し、11.5N/mm²の圧縮である。側壁部では、その約1/2~1/3と小さく、掘削外力の保持は困難である。吹付けコンクリートの分担率は、60~80%である(図-5)。

④鋼アーチ支保工縁応力の最大は、310 N/mm²の曲げ圧縮であるが、吹付けの拘束で変状は生じていない(図-6)。

⑤土被りが300mを超える場合、標準DISパターンのアーチ構造の側壁部における鋼アーチ支保工は、片持ちりによる土圧保持状態であると推定され、左肩部は降伏強度を超え、不安定となっている(図-6)。

⑥吹付けコンクリートによって、天端部では、土被り高で20m相当土圧の保持が推定される(図-7)。

今後はアーチ構造の不安定状態を考慮し、大土被り低強度地山では、その地山性状に応じて早期閉合トンネルEcp1などを採用し、トンネルの安定を確保して施工を確実にする。

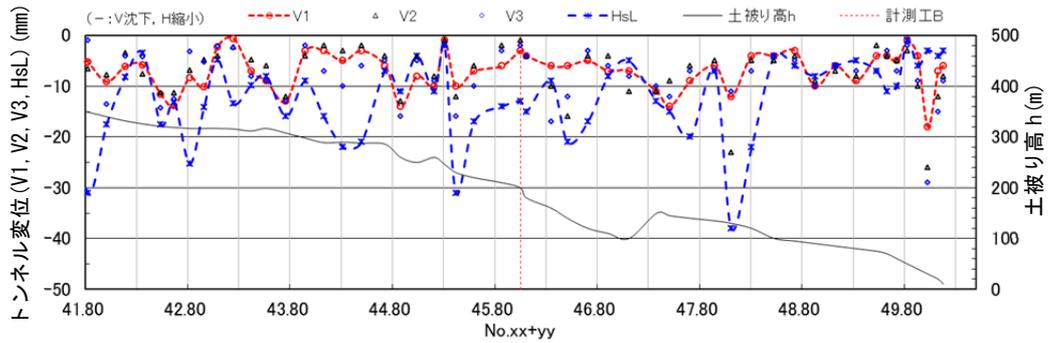


図-3(1) トンネル変位

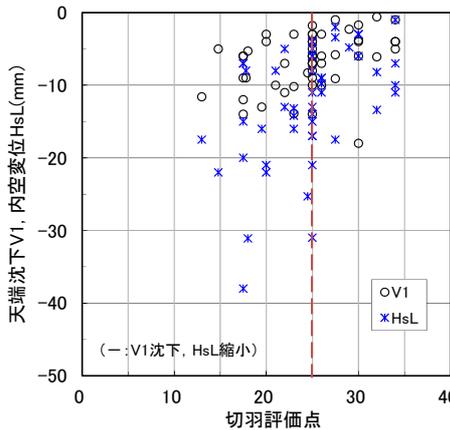


図-3(2) 切羽評価点と変位

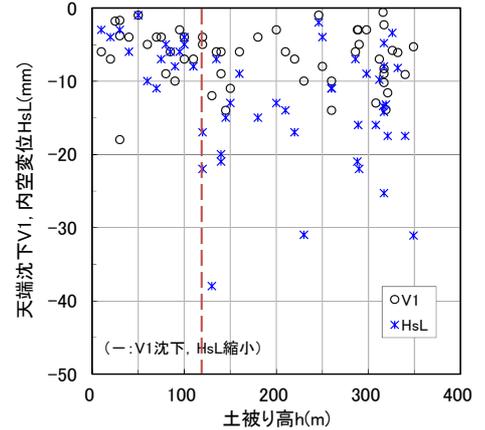


図-3(3) 土被り高hと変位

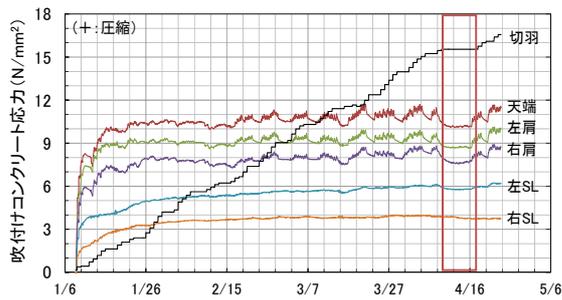


図-4 吹付けコンクリート軸力経時変化

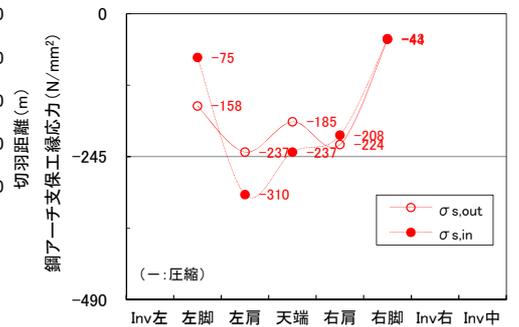


図-6 鋼アーチ支保工縁応力

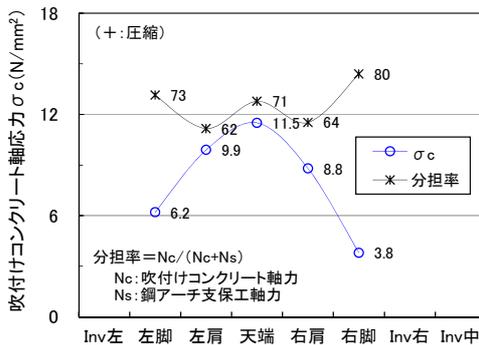


図-5 吹付けコンクリート応力と軸力分担

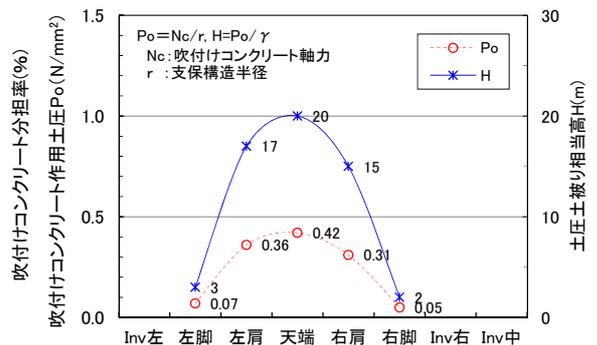


図-7 PoとH

1) 楠本太, 西村和夫, 城間博通: 早期閉合トンネル力学パラメータに関する考察, JSCE, 第66回年次学術講演会, VI395, 2011.