

III-252

崩積土地山における内空変位と天端沈下の挙動に関する一考察

清水建設㈱ 正会員 水谷 文 俊
 清水建設㈱ 正会員 河田 孝 志
 日本道路公団 尾崎 清 明
 日本道路公団 谷 井 敬 春

1. はじめに

NATMの計測管理項目の中で、内空変位と天端沈下は最も計測頻度が多く、トンネル施工の安全性を評価する指標として重要である。また、これらの指標は、①支保パターン、②加背割、③地質状態、等によって、①変位の形状パターン、②最終変位量、③変位の収束時期、等が異なってくるものと考えられる。ここでは、内空変位と天端沈下の計測項目について上述した観点より考察を加え、その変形特性を明らかにしようとするものである。

対象トンネルは北陸自動車道泊トンネルである。

2. 地形・地質概要

図-1に地質縦断面図を、表-1に主要地質の土質定数を示す。

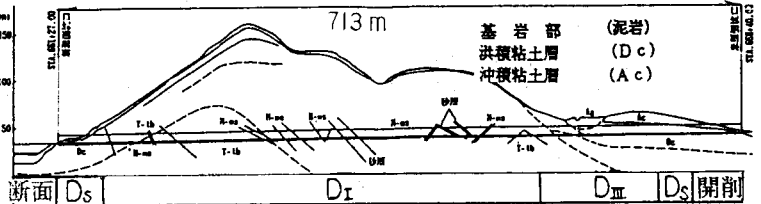


図-1 地質縦断面図

表-1 土質定数

試 験 項 目	沖積粘土層 (Ac)		洪積粘土層 (Dc)		基 岩 部 (Dc)	
	モ-リング	モ-リング	カツパツ法	モ-リング	カツパツ法	モ-リング
地 質	自然含水比 (%)					
クッション性	液性限界	53	49	60		26.3
	塑性限界	35	30	27		24
特 性	開 隙 比	1.11	1.07	1.21		0.75
	飽和度 (%)	96	96	96		
性 質	比 重	2.67	2.64	2.69		
	単位体積重量 γ (t/m^3)	1.77	1.79	1.75		1.77
力 学 性 質	圧縮強度 q_u (kgf/cm^2)	0.31	1.72	1.68		35.6
	変形係数 E (kgf/cm^2)	13	67	57		8600
三軸試験	粘着力 C (kgf/cm^2)	0.23	0.56	1.12		25.6
	内摩擦角 ϕ ($^\circ$)	7.1	13	0		12.1
性 質	平板載荷試験 極限支持力 (t/m^2)	60	159	—		—
	平板載荷試験 極限支持力 (t/m^2)	—	—	93		—
性 質	N 値	5~30	5~30	—		—
	堆山傾度比 $q_u/\gamma h$	0.26	0.54	0.90		15.4

3. 標準支保パターンと施工法

表-2に代表的な標準支保パターンと施工法を示す。坑口付近の礫混り粘性土地山では、許容支持力が小さいため支保工脚部の沈下が予想されることなどから判断して側壁導坑先進工法とした。

全断面にわたって比較的固結度の高い洪積粘土層が分布する区間に関しては、ショートベンチによるNATMとした。ただし、洪積粘土層の許容支持力が小さく、脚部が沈下する恐れがあるため、脚部にウイングリブを設けた。

基岩部に関しては沈下の恐れはないため、ウイングなしの構造とした。基岩部には、多量の湧水が予想されたため水抜き導坑を先進させた。

なお、洪積粘土層区間で天端崩落の危険がある箇所では、補助工法としてフォアパイリングを用いた。

表-2 標準支保パターン

支保パターン	側壁導坑先進工法	ショートベンチ工法	ショートベンチ工法 (水抜導坑)
	Ds	DIII (NATM)	DI (NATM)
加 背 割			
代 表 的 地 質	礫混り粘性土	粘性土	泥 岩
掘進断厚 (cm)	50 (70~150)	40 (70~150)	30 (70~150)
吹付断厚 (cm)	—	20	15
ロックボルト (長さ・間隔)	—	4.0m×1.2m	3.0m×1.2m
鋼製支保工	H-200	H-200	H-150
支保工間隔 (m)	0.75	1.00	1.00

4. 内空変位と天端沈下の挙動

内空変位と天端沈下の変位形状をパターン分類したものを表-3に示す。

内空変位のパターンは次の3つに分類できる。

① Dsパターン：計測開始とともに内側に変形し、下半掘削の影響をほとんど受けないパターン

② DⅢ, DⅢ-I, DⅢ-IIパターン：計測開始とともに外側に変形し、下半の切羽が近づくに従い今度は内側に変形するパターン

③ DⅢ-Ⅲ, DⅠ, DⅠ-I：計測開始とともに内側に変形し、いったん収束した後、下半の切羽が近づくに再び内側に変形が進行するパターン

天端沈下については変位の収束時期は異なるもののほぼ同様な傾向を示す。

内空変位に関して上述の②のような傾向を示しているのは、比較的土被りが薄い粘性土地山であり、上載荷重が卓越し、一方、脚部の支持地盤の地耐力が十分でないため、トンネル脚部が沈下し脚部が開いたものと考えられる。

上半掘削時に内空変位がどの程度生じているかを示したものが図-2である。この図より、DⅢパターンの上半掘削時の変位量の割合はDⅠパターンと比べて小さな値となっている。一方、天端沈下に関しては、図-3に示すようにDⅢパターンの方がDⅠパターンと比べて若干高い値を示している。

この結果は、上半掘削時までに生じたDⅢパターンの変位に関しては側方よりも鉛直方向の荷重が卓越し、そのため、内空変位が外側に変形し、下半掘削後変位が最終的に落ち着くまでの変位の割合が小さくなったものと考えられる。

5. おわりに

当トンネルの粘性土地山では鉛直方向の荷重が卓越しており、脚部の沈下が懸念される。このような地山においては沈下防止のためトンネル脚部の拡幅は効果があるものと考えられる。

参考文献

谷井, 梅沢, 千葉, 竹林, 河田: 崩積土地山のトンネルにおける計測結果の考察, 第18回土木学会・岩盤力学に関するシンポジウム

表-3 変位形状パターン

変位形状	変位パターン	側壁掘削先進上り断面工法	ショートベンチ工法	ショートベンチ工法 (水圧破壊)
		Ds	DⅢ (NATM)	DⅠ (NATM)
変位形状				
代地	変質	硬泥り粘性土	粘性土	泥岩
内空変位	変位パターン			
	最終変位 (mm)	16.5	7.9	6.3
	収束時期 (日)	2D	5D	6.5D
	天端沈下			
天端沈下	最終変位 (mm)	6.4	4.4	2.4
	収束時期 (日)	2D	5D	6.5D

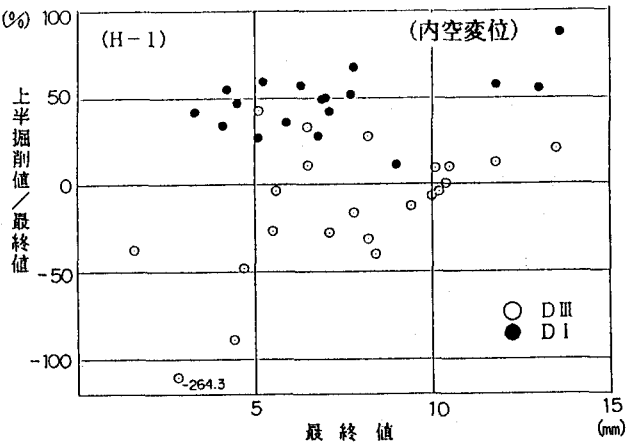


図-2 最終変位と上半掘削時の変位量の関係

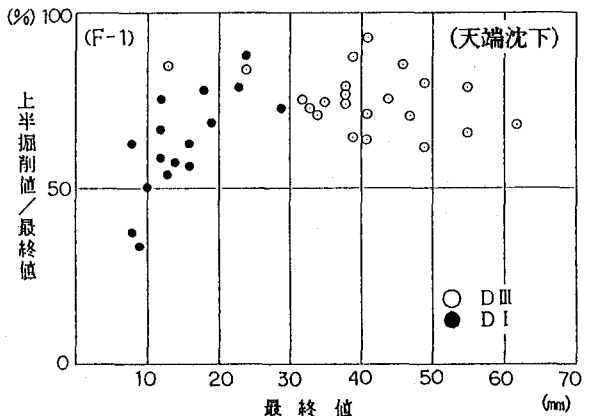


図-3 最終変位と上半掘削時の変位量の関係