

日本鐵道建設公團東京支社 正員 ○友田 孝
鶴 利雄
野村 守夫

1、はじめに

トンネル掘削における膨張性地質の土圧の発生機構については、現在のところ、十分に解明されているとは言
い難い。それゆえ、この膨張性土圧に的確に対処し得る設計・施工法あるいは地山挙動の予測手法を確立するこ
とが困難なことから、難工事を強いられる場合が多い。

本報告は、膨張性を呈する超軟弱の泥岩地帯で施工中の北越北線鍋立山トンネルにおいて、より合理的で経済的な設計・施工法の探究と、膨張性土圧の発生機構解明の資料とすることを目的として実施している各種の計画等を中心に、トンネルの設計・施工法について、その概要を紹介する。

2. 地質概要

当トンネルの位置する東頸城地方における褶曲運動は、現在なお進行中であることから、活褶曲として紹介されている。その主なる地質は、新第三紀鮮新世・中新世の泥岩であるが、もまれて粘土化するとともに鏡肌を呈しており、強大な膨張性土圧に加え、可燃性ガスや石油の湧出を伴い、工事には厳しい条件となっている。

表-1に岩石の試験結果の一部を示す。これより、地山強度比($\sigma_{\text{岩}}/\sigma_c$)を求めると、0.03~1.2という低い値が得られる。なお、地表から実施した鉛直ボーリング調査において、ケーシングを孔底付近まで挿入しているにもかかわらず、掘進休止後12時間以内に孔壁崩壊及び噴泥現象が観察され、特に深度100m以奥(トンネル位置は地表から約150m)において顕著であった。

3. 設計・施工概要

断面は、ショートベンチ工法における上半断面の仮インバート閉合時点の主圧に対する有利性と、経済性を考慮して卵形断面とした。変形余裕量は、当トンネルの他区間における過去の計測結果の分析等から、上半で10cm、下半で5cmと仮定したが、今後、数値解析を含めた計測等の結果を基に、地山性状等に適応した値に修正してゆく予定である。

支保パターンは、溶接金網(φ6^{mm}×150^{mm}×150^{mm})で補強した吹付コンクリート厚20^{cm}(二層)、鋼製支保工150H(1^mピッチ、全断面閉合)及びロックボルト(D25×3.0~4.0, 1断面1本)としている。なお、二次覆工コンクリート厚は30^{cm}である。

表-1 岩石試驗結果

試料番号	一軸圧縮強度 kgf/cm ²	ポアソン比	弾性係数 kgf/cm ²	単位体積重量 g/cm ³	縦性限界 %	横性限界 %	塑性指数	粒 度			
								砂	シルト	粘土	2mm以下
1	20.78	0.28	533×10^3	1.991	146.5	22.8	123.7	1	26	73	56
2	33.32	0.41	151×10^4	2.052	159.0	23.8	135.2	2	32	66	50
3	3.65	—	71.6	1.923	127.2	25.1	102.1	1	35	64	50
4	1.55	—	64.6	1.901	111.5	25.9	85.6	1	34	65	53
5	3.37	0.32	136×10^3	1.894	94.0	23.4	70.6	2	37	61	47

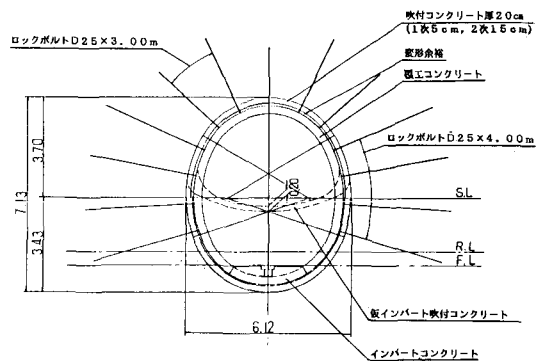


図-1 断面及び支保パターン

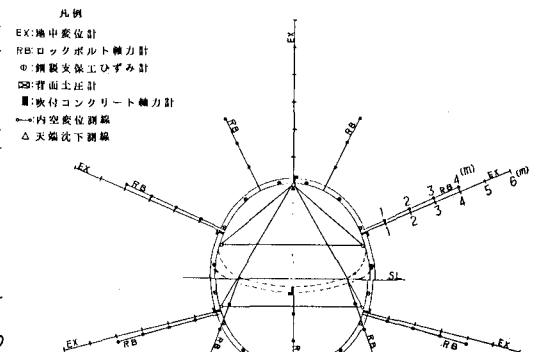


圖-2 計測項目及び配図

施工は、ショートパンチ工法(パンチ長約13m)で、上半にカッターローザ、下半にバックホーを使用している。切羽の自立性が悪いため、ロックボルト(D25×3.0, 1断面1本)による先受工を、アーチ部分120°の範囲に施工した後リングカットし、鏡を含めた掘削面は直ちに厚5cmの吹付コンクリートで覆っている。また、厚20cmの仮インバート吹付コンクリートは、出来るだけ切羽に近づけて施工しているが、数日後に著しい変状の発生することが観察されたため、ロックボルト(D25×3.0, 1断面5本)で補強している。現在、日進は約1.5mで、一次支保の断面閉合には約10日を要している。

3. 計測及び結果の概要

日常の施工管理のための内空水平変位及び天端沈下測定は、5m間隔を標準として行っているが、地山挙動の特性と支保に生ずる応力変化等をさらに詳細に把握するために、今回実施した計測項目及び配置を図-2に示す。

現在までに得られたその結果の一部について以下に述べる。

(1) 内空変位は、下半閉合時点まで急激に進むが、その後は収束に向っており、下半閉合の効果は大きい。なお、下半閉合時点までの変位量は、全変位量の約9割を占めている。下半閉合後も変位は緩やかに継続し、収束には長時日を要する傾向にある。

(2) 地中変位は、側壁部で大きな値を示し、壁面から2~3mの位置までの変化が大きい。なお、内空変位と同様、下半閉合後の挙動は小さい。

(3) ロックボルト軸力は、地中変位の挙動によく追従しており、側壁部ロックボルトの一部は破断に至っている。

(4) 吹付コンクリート応力は、天端部で特に大きく、最大60MPa以上の値を示している。なお、側壁部では下半掘削時に反力が解放されるため、一時、応力が低下している。

上記の計測及び切羽から採取した地山試料の物性試験とも、現在、継続中であるが、今後は、得られたデータを詳細に分析し、当地山に適合した管理基準値を設定して合理的に、安全に施工を進めるとともに、膨張性土圧発生機構解明のための種々の試みを行いたい。

参考文献

- 1) 仲野良紀:膨張性地山の实体、トンネルと地下、Vol.6 No.10
- 2) 桜井春輔:トンネル工事における変位計測結果の評価方法、土木学会論文集第317号
- 3) 桜井春輔・武内邦文:トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法、土木学会論文集第337号
- 4) 変形の大きいトンネルでの計測管理事例:高橋文雄他、土と基礎、Vol.39.No2

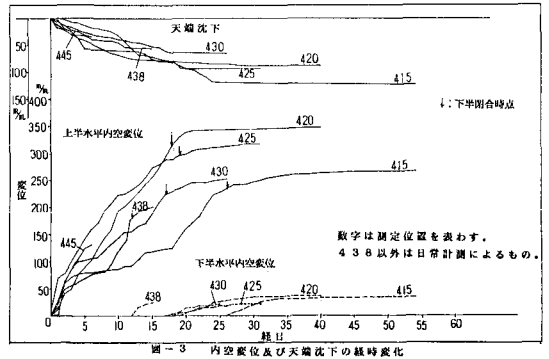


図-3 内空変位及び天端沈下の経時変化

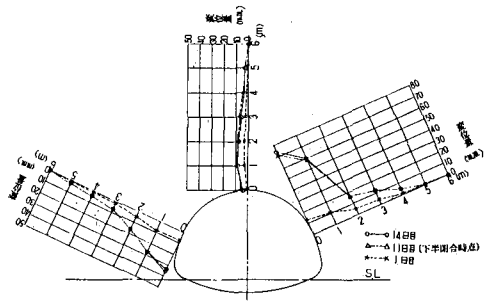


図-4 地中変位の経時変化(上部)

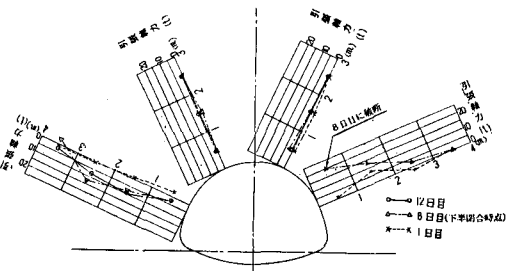


図-5 ロックボルト軸力の経時変化(上部)

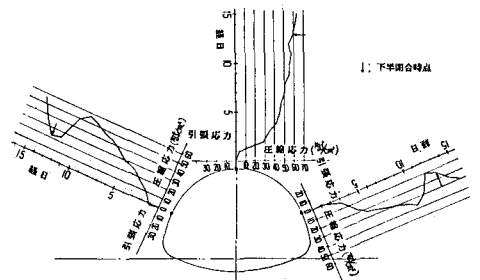


図-6 吹付コンクリート応力の経時変化(上部)