

III-61 ECL工法による信濃第二水路トンネルの 地山変位計測結果

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 川名英二
東日本旅客鉄道株式会社 須藤正弘
鉄建建設株式会社 正会員 高野佳博

1. はじめに

新潟県小千谷市の信濃川水力発電第二水路トンネルにおいて我国では初めての直打ちコンクリートライニング工法（ECL工法）による本格的トンネル施工が行われ、平成元年7月無事故で施工完了した。ECL工法は、地山を緩めることなく覆工を完了する画期的工法として注目されているが、施工時及び施工完了後における地山、覆工等の挙動は未解明の領域が多い。当トンネル工区においては、各種の計測による地山及び覆工の挙動の定量化を試みた。その計測結果の概略を以下に述べる。

2. 工事の概要

（1）工事諸元

当工事の諸元は、以下のごとくである。

① 工事件名	信濃第二水路トンネル山本工区工事	② 掘削外径	φ 8 4 0 0 mm
③ 仕上り内径	φ 7 6 0 0 mm	④ 覆工厚	t = 4 0 0 mm
⑤ トンネル延長	L = 3 1 0 0 m	⑥ 掘削方法	半機械掘り式

（2）地質条件

当工区の地質は、新第三紀鮮新世から第四紀洪積世にわたる魚沼層群で、レキ岩、砂岩、シルト岩及び軽石質ないし、シルト質凝灰岩から構成され、それらが互層状に累積する岩相変化に富んだ地質であり、全体としてシルト岩優勢な互層となっている。シルト岩の一軸圧縮強度は18～62kgf/cm²程度である。又、背斜構造が非常に発達しており、切羽では、しゅう曲構造が多く観察された。図-1に縦断図を示す。

（3）施工実績

昭和62年8月工事着手以来、シールドの製作・組立・仮設設備・発進基地などの施工を経て、63年2月から試運転を兼ねた初期掘進に入り、平成元年7月9日無災害で貫通した。その間の平均月進は180m/月、最大月進は340m/月、最大日進は15.6m/日であった。

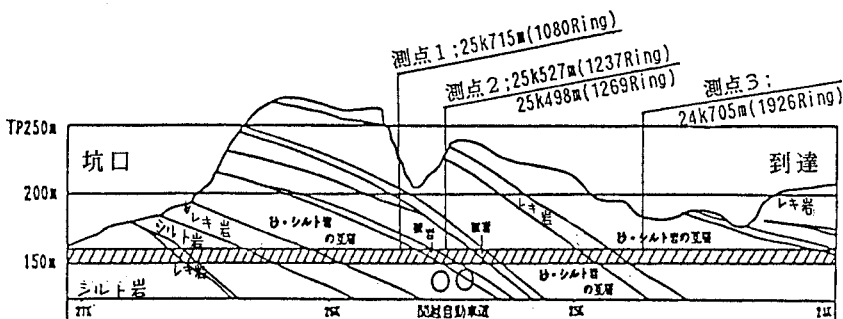


図-1 縦断及び測点位置図

3. 計測及び解析結果

25km715m（測点1）、25km527m（測点2）、24km705m（測点3）の3測点を設置し、地中変位計、傾斜計による坑外計測及び型枠、覆工コンクリートの歪計測、内空変位測定等の坑内計測を行った。（測点位置は、図-1参照。）又、FEM解析による計測結果の整合性の確認を行った。掘削の進行に伴う地山の挙動及びステップ毎のFEM解析結果を表-1に、坑外計測計器設置図を図-2に示す。尚、FEM解析のステップ及び土質定数は下記のごとくである。

1ステップ：掘削前（初期応力状態）

2ステップ：掘削完了（トンネル断面要素削除＋掘削相当外力解放率40%）

3ステップ：コンクリート打設（打設圧＋これと釣り合う掘削相当外力）

4ステップ：覆工強度発現（覆工要素追加＋残存掘削相当外力）

5ステップ：コンクリート打設圧(2kgf/cm²)の反作用の覆工への載荷

土の単体重量： $\gamma = 1.9 \text{ tf/m}^3$ 内部摩擦角： $\phi = 25^\circ$

粘着力： $C = 7.0 \text{ tf/m}^2$ 弾性係数： $E = 80000 \text{ tf/m}^2$

ポアッソン比： $\nu = 0.42$ 初期側圧係数： $K_0 = 0.9$

G.L.

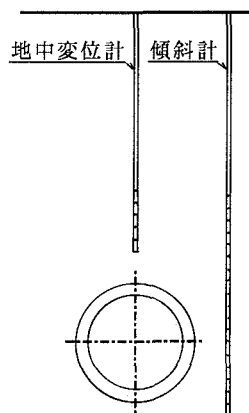


図-2 計器設置図

表-1 地山変位計測及び解析結果（単位 mm）

測点	計測位置及び計測方向	切羽距離 計器	切羽距離毎の計測結果				ステップ毎FEM解析結果			
			-D	0	D	3D	2	3	4	5
1	クラウン上1.0m鉛直変位	地中変位計	0.0	0.0	2.5	3.2	2.7	3.2	3.7	3.4
	スプリング横1.0m水平変位	傾斜計	0.0	0.6	1.4	2.2	1.9	1.5	1.7	2.0
2	ボトム下1.3m鉛直変位	地中変位計	-1.9	-2.4	-2.5	-2.6	-2.9	-2.1	-2.9	-3.8
	ボトム下7.1m鉛直変位	地中変位計	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-1.0	-0.6	-1.0	-1.4
3	クラウン上1.0m鉛直変位	地中変位計	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.0	2.2	1.9
	スプリング横1.0m水平変位	傾斜計	0.1	2.3	3.6	3.2	1.1	1.0	1.0	1.3

鉛直変位：下方を正 水平変位：内空方向を正 D＝掘削外径＝8.4m

4. 結論

地山の変位は、切羽距離に換算して-Dから0Dより始まり、コンクリート打設をもってほぼ収束する。（打設位置は切羽から1.5D。）さらに、変位量は、隣接NATM工区での内空断面計測によるが10～60mmであるのに対して、当工区は天端上法1mで3mm程度と非常に小さく、FEM解析結果との整合性、コアリングによる岩着の確認等からECL工法が地山を緩めることなく覆工を完了する方法であることが確認された。