

低土かぶりで保安物件直下を通過する NATM の施工管理計画

ー北陸新幹線、長峯トンネルー

(独)鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 北陸新幹線建設局 飯山鉄道建設所 非会員 張信一郎
 (独)鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 北陸新幹線建設局 飯山鉄道建設所 非会員 都築保勇
 株式会社フジタ 本社土木本部土木技術総括部設計部 非会員 池内正明
 フジタ・吉川特定建設工事共同企業体 非会員 明石太郎
 株式会社フジタ 技術センター土木技術部 正会員 村山秀幸

1. はじめに

北陸新幹線、長峯トンネルは長野県飯山市内飯山駅予定位置終点方(高崎起点 147k560m～147k675m)に位置する全長 115m のトンネルである。長峯トンネルは、急崖斜面を有する高さ約 30m の帯状丘陵地を斜方向に通過する線形となっており、土かぶりは最大で 1D 程度と浅く、トンネル上部の本線左右に家屋が存在する(図-1)。また、起点・終点方とも坑口が急斜面に位置し(起点方は県の急傾斜地崩壊危険区域指定地)、周辺斜面には表層崩落や地すべりの跡も確認できるなど、坑口部施工及びトンネル掘進においては十分な検討が必要である。本稿では、長峯トンネルの施工管理の計画について報告する。

2. 地質概要

当該区間の地質は、屋敷層(Ya 層)が基盤を形成し、その上位に奈良沢層(Na 層)の粘性土または砂

質土が被覆している(図-2)。Ya 層は風化のし、その上位に奈良沢層(Na 層)の粘性土または度合いにより、強風化部と風化部に区分されている。強風化部は不規則に分布し、礫混じり粘土状を呈しており、風化部は強風化部より強度が高く、砂礫状もしくは矩柱状を呈している。長峯トンネル掘削前に実施した地質調査結果により、Na 層の約 60%は N 値 10 程度の粘性土で、残りの 40%が砂質土(N 値 7 程度)であることが分かっている。また、終点方には表層にロームが被覆しており、その層厚は粘性土より厚くなっている。

3. 数値解析による影響検討(3次元 FEM 解析)

3-1) 数値解析の目的

地山変形の数値解析は、近接構造物への影響予測及びトンネル掘削の安定性を検討し、管理値を設定することを目的としている。本トンネルは両坑口の地形的な特徴に加え、掘削延長が短いことから縦断

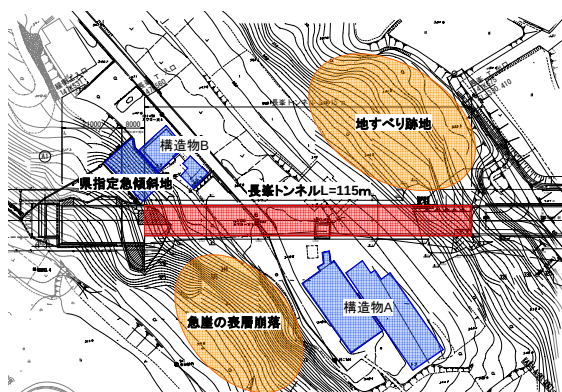


図-1 長峯トンネル平面図

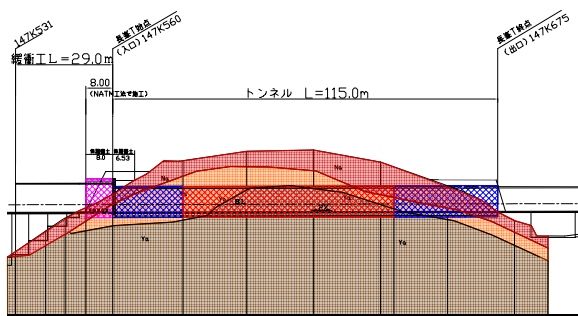


図-2 長峯トンネル地質縦断面図

表-1 3次元 FEM 解析概要

解析種別	3次元 FEM 弾性解析および弾塑性解析					
解析領域	横断方向⇒影響領域を考慮し、トンネル中心左右に3D以上(B=100m) 縦断方向⇒保護盛土・仮設盛土等を考慮できる範囲 起点側：坑口から50m、終点側：坑口から40m 当初設計トンネル延長ℓ=110mと合せて計200mの範囲					
地質条件	要素タイプ	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	粘着力C (kN/m ²) CASE-2	内部摩擦角 φ (°)
	Na層 平面ひずみ	18.5	14,000	0.40	33.0	0.0
	Ya1層 平面ひずみ	18.5	14,000	0.40	33.0	0.0
	Ya2層 平面ひずみ	19.0	110,000	0.35	236.0	20.0
※ Na層、Ya1層の層厚は一律5.0mとした。						
解析Step	トンネル逐次掘削を考慮					
解析CASE	CASE1:弾性解析、CASE2:弾塑性解析					
評価指標	変形量・せん断ひずみ・局所安全率等					

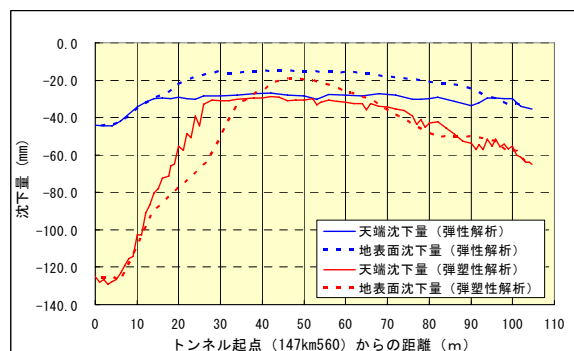


図-3 トンネル中心縦断面における沈下量分布図

地形的な特徴に加え、掘削延長が短いことから縦断方向の影響も無視できない。したがって、ここでは3次元 FEM 解析により地山とトンネル全体をモデル化し、トンネルの逐次掘削による周辺環境への影響を予測するものとする。解析概要を表－1に示す。

3－2）解析結果

図－3は数値解析の結果で、トンネル中心縦断面の沈下量分布コンターである。一般に地山が塑性化すると変位は大きくなるが、ここではトンネル中間部における変位差が比較的小さくなっている。一方、坑口付近においては、弾性解析の沈下量に対し、弾塑性解析の沈下量が1.5～3倍に大きくなっている。Na 層の岩相の不連続性と地山物性のばらつきによってさらには大きな沈下量が発現する恐れがあることから、坑口付近では補助工法を採用し、弾性解析の範囲に収まるように施工管理を行う必要がある。

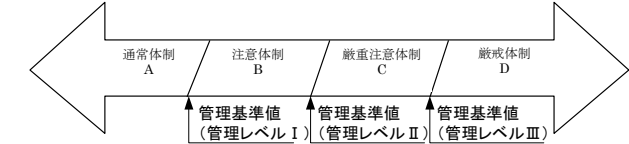
4．補助工法の選定

一般に土被りが小さく未固結地山が主体となる場合、地山強度が低くわずかな変位が地山の緩みにつながりやすいため、剛性の高い一次支保と補助工法を併用することで、内空変位量及び地表面沈下を抑制することが重要である。補助工法として長尺鋼管フォアパイリング（AGF）工法を考慮した3次元弾性解析の結果、天端沈下量を最大で50%程度低減できることを確認した。そこで本トンネルでは、両坑口部（9m@3 スパン）において天端安定対策工として、AGF 工法を天端 120° 範囲にピッチ 450 mmで配置する計画とした。トンネル中間部については、数値解析結果の沈下量が比較的小さいことから、掘削中の地山の状況を見ながら、補助工法の検討を行う。

5．計測管理計画

計測工の目的は、①トンネル周辺地山の挙動を把握し、地山の安定性を確認すること②周辺構造物の挙動を把握し、トンネル掘削による影響の有無を判断することである。①に対しては通常の内空変位計測に加え、地表面沈下計測と地中側方変位計測を実施する。②に対しては、対象となる構造物の沈下及び傾斜を計測する。地表面沈下量の計測は、トンネル標準示方書〔山岳工法編〕の内空変位及び天端沈下量の計測頻度に準拠し、構造物沈下・傾斜測定及び地中側方変位計の計測頻度は、1回／時とする。

各計測項目に対しては、図－4に示すような管理



A：通常体制・・・定時計測
B：注意体制・・・計測体制の強化、軽微な対策工の実施
C：嚴重注意体制・・・施工の停止、変状要因・傾向の解析、トンネル補強の検討
D：厳戒体制・・・施工の即時停止、緊急対策の実施

図－4 長峯トンネル掘削時の管理体制

表－2 長峯トンネル掘削時の管理基準値一覧

地表面沈下測定	計測項目	管理値(解析値)		
	三次元光波	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
	起点側(147k570)	36	71	107
	中間部(147k625)	10	19	29
	終点側(147k650)	17	33	50
天端沈下測定	計測項目	管理値(解析値)		
	三次元光波	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
	起点側(147k570)	34	69	103
	中間部(147k625)	11	22	33
	終点側(147k650)	18	36	54
地中側方変位測定	計測項目	管理値		
	両坑口斜面	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
	自動計測			
	変位(mm)	1mm/10日	5～50/5日	-
構造物A	計測項目	管理値		
	自動計測	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
構造:RC造3階建 基礎:コンクリート 経過年数:36年	構造物沈下計(mm)	0.3	0.6	0.9
	構造物傾斜計(rad)	0.5×10^{-3}	1.0×10^{-3}	1.5×10^{-3}
構造物B	計測項目	管理値		
	自動計測	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
構造:木造2階建 基礎:コンクリート 経過年数:36年	構造物沈下計(mm)	7	15	22
	構造物傾斜計(rad)	1.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}
土留め擁壁	計測項目	管理値		
	自動計測	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
構造:RC造	構造物沈下計(mm)	17	35	52
	構造物傾斜計(rad)	0.5×10^{-3}	1.0×10^{-3}	1.5×10^{-3}
法枠	計測項目	管理値		
	自動計測	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
構造:RC造	絶対変位(mm)	5～50mm/5日	10mm/日	100mm/日

体制のもと、計測管理基準値を決定した。天端及び地表面沈下については数値解析結果をもとに、支保のランク、地山等級などから、現場の施工管理における妥当性を考慮し、3次元弾塑性 FEM 解析の結果を管理レベルⅢとすることとした。

構造物の沈下、傾斜角については日本建築学会編集「建築基礎構造物設計指針 2001 年改定版」に準拠することとした。表－2に本トンネルの掘削における管理基準値の一覧を示す。

6．おわりに

長峯トンネルの特徴を考慮し、3次元 FEM 解析を用いて、トンネルの逐次掘削による管理値を決定した。またその結果を踏まえ、第三者に対する災害を未然に防止するため、周辺環境の影響監視計測を計画した。今後、施工中の計測結果をもとに、3次元解析結果の現地における適合度を検証したいと考えている。また、掘削の開始（12月初旬）にあたっては、本施工管理計画をもとに、日々の施工管理及び計測管理を徹底し、安全に施工を進めていきたい。