

III-245 変状観察を中心としたトンネルの計測管理手法について（その2）

日本道路公団 谷井 敬春
 飛島建設 梶 山口 高生
 正 近久 博志
 正 ○ 黒坂 智介

1) はじめに

その1では、変状観察を中心としたトンネルの計測管理手法について説明したが、ここでは、本手法を活用した北陸自動車道城山トンネル（延長 1578 m）を例に、その適用について考察する。

2) 対策工の検討

現場では、計測管理表を記入し、支保部材の異常の有無や進行状態を確認しながら、計測することが大切である。そして、計測管理を実施して、異常があると判断された場合には、まず、何に起因する異常であるか見極める必要がある。また、対策はその主因に対するものでなければならない。しかし、実際は、原因が複雑で、不明瞭であることが多いため、原因があいまいなままで、対応を余儀なくされることも多い。また、異常状態に達してから、対策を考えているのでは、施工的にかなり遅れることにもなる。こうした背景を理解して、過去の実績に基づいて表-2、表-3のように、事前に対策工を設定した。

3) 適用

本トンネルの地質は、新第三紀の笹川層砂質泥岩と宮崎層凝灰角れき岩から成り、トンネルのほぼ中央を2分している（図-1）。そして、STA 649+30付近までの地山は安定した塊状の砂質泥岩であったが、その後、厚さ5cm程度の粘土を挟む断層破碎帯や粘土フィルムをかむ割れ目等、地質の変化が生じた（図-2）。しかし、掘削直後の掘削面は比較的安定していたために、支保パターンを変更することなく施工を継づけたが、掘削後1週間もしないうちに、「a）上半脚部付近のロックボルトの座金が大きく湾曲し、押抜かれる、b）吹付けコンクリートがロックボルトによって押抜きせん断破壊する」等、注意レベルIVに達する部分も生じ始めた。このため、急きよ、脚部の地耐力不足を補ない、支保の補強を行うために、a) 鋼支保工の脚部止め工、

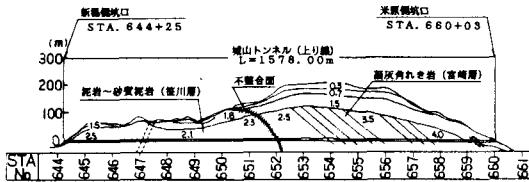


図-1 地質縦断図

表-1 計測結果一覧表		
測定点 (起点から当該点)	STA 650+80.0 (STA 655.0) STA 651.0	
高さ (m)	17	
支保の量 (mm)	MS 570 380	
支保材	1.2	
アーチ (山側)	1.2	
アーチ (谷側)	1.2	
エンバート (山側)	1.2	
エンバート (谷側)	1.2	
壁面支保パターン	D-1-1	
支保材の厚さ (mm)	15.0	
支保工 (種類)	H-150	
支保工距離 (m)	4.0	
ドリブル (孔径) (m)	4.0	
切羽	18.0	
初引張張力 (kN)	2 2 2 2 2 2 2 2	
切羽	厚度	3 3 3 3 3 3 3 3
地質	風化	2 2 2 2 2 2 2 2
状況	割れ目	4 3 4 4 4 4 4
観察	割れ目形状	2 2 2 2 2 2 2 2
現象	割れ目形態	3 4 4 3 3 4 3 3
	涌水	1 1 1 1 1 1 1 1
K：鋼支保工	M: ロックボルト	
L: ロックボルト	N: モルタルコンクリート	
状	状	
状	状	
内空変位 (mm)	100.0 80.0 60.0 40.0 30.0 20.0 10.0 0.0	
測	内空変位 (mm)	
計	天端沈下 (mm)	
A	天端沈下 (mm)	
対	剪断ボルト	
策	剪断止まり	
工	剪断吹付けコンクリート	
	剪断ボルト	
	吹付けコンクリート	
	止めボルト	
等 (備考)		

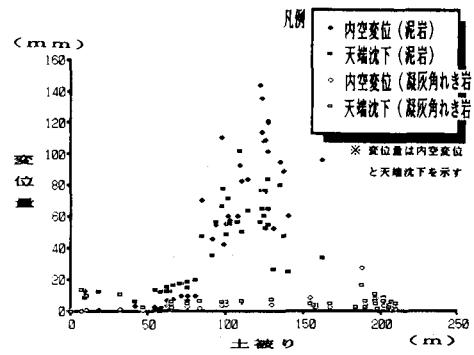


図-2 土被りと変位量の関係

b) 上半脚部の根固吹付けコンクリート、c) 増し吹付け、増しボルトを実施した。この結果、補強後は、ロックボルトより吹付けコンクリートや鋼支保工の方が、変状のレベルが高くなってきた。これは、上半脚部の反力が増したため構造物としての剛性が高くなつたためであると考えられる。また、特に、上半切羽付近では、内空変位2cm、天端沈下4cmで、変位量としては、注意レベルⅡに入ったばかりの状態であるにも拘らず、吹付けコンクリートや鋼支保工の変状は、注意レベルⅢになっていた。更に、切羽の掘削は行われていないにも拘らず、天端沈下は収束の傾向すら窺えなかつたため（内空変位はかなり収束の傾向を示していた）、変状箇所の補強を行うと共にインバートコンクリートによるリング閉合を急いだ。

4) おわりに

変位計測はトンネルの安定を調べる良い指標であるが、それだけで管理しきれない部分も多い。そのため、ここでは、地山や支保部材の安定を知るのに適した変状調査結果をレベル分けして管理項目に組み込んだ。これによって、「a) 連続した支保部材や地山の安定指標が得られるため、対策区間等の設定がきめ細かくできる、b) 支保部材の効果や耐力の余裕・作用地圧の方向が大略推定できる、c) 局部的な挙動が把握できる」等の利点が生じる。また、切羽や変状のスケッチに注意レベルを記入したり、総合的な判断がし易いように表-1のように整理することによって、対策工の検討がより容易になる。更にこうしたデータは、他の施工現場に対しても有効的なものとなる。従って、今後、こうしたデータの集積に努め、トンネルのより合理的な設計や施工法の確立に努めたい。

表-2 対策工の目安

現象	管理項目	分類	注意レベル3	注意レベル4
切羽が不安定	A	EX SR SC RB SO	1, 4, 6 5 1, 4 5, 6, 7 1, 11	2, 5 5
天端等が不安定	B	EX SR SC RB SO	1, 4, 6 1, 5 1, 3, 5, 10 1, 6, 7, 11 1, 11	2, 5 5
涌水及び水による劣化	C, J	EX SR SC RB SO	1 1, 2, 11 1, 11, 12, 13, 14 2, 3, 7	2, 5 4, 5, 6
地山の支持力不足	C, D E, F G, H I	EX SR SC RB SO	3 1, 2, 3, 4 1, 3, 7, 8, 10, 12 1, 2, 4, 9 6, 7, 8	5 9 5, 10
縫みの発進が著しい、又は、変位挙動が大きいか収束しない	D, E F, (H)	EX SR SC RB SO	3 1, 2, 4 3, 5, 6, 10, 12 2, 3, 4, 9 6, 7, 8, 9, 11	5 9 5, 10
鋼支保工の変状	G, K	EX SR SC RB SO	3 1, 3, 4 3, 5, 6, 7, 8, 10 2, 3, 4, 9 6, 7, 8	5 9 5, 10
ロックボルトの変状	H, L	EX SR SC RB SO	3 1 3 2, 3, 4, 8, 9, 10 6, 7, 8	5 9 5 5
吹付けコンクリートの変状	I, M	EX SR SC RB SO	3 1, 3, 4 3, 5, 6, 7, 8, 10 2, 3, 4, 8, 9 6, 7, 8	5 9 5 5

(注) 本表に対策工を具体的に示してあるが、これらは単なる目安であり、実際の適用にあたっては、個別の事象や状況を十分に検討し、決定する必要がある。

表-3 対策工(自己号)の説明

記号	対策工
EX 1	リングカットにする（様を残す）
EX 2	部分掘削する（加背削りも小さくし、自立出来る範囲で掘削と吹付けコンクリートを繋ぎ返し、所定の断面を上げる）
EX 3	ベンチ長を短くする（リング閉合距離を短くする）
EX 4	ベンチ長を短くする（一端進長を短くする）
EX 5	掘削工法を変更する（サロット工法等）
EX 6	薬を抑え、張力、フレーカー等で掘削する
SR 1	鋼支保工の使用、もしくは、ランクを上げる
SR 2	鋼支保工の確込み時に横変形分だけ離し、抵げ離す
SR 3	鋼支保工の底板の下にシートパイル等を設置し、支持面積を増やす
SR 4	鋼支保工の脚部止め工を施工する
SR 5	ルーフボルトを施工する場合、H型鋼支保工のウェブにルーフボルト用の孔を開ける
SC 1	掘削後、早期内吹付ける
SC 2	急結晶の添加量を増す
SC 3	吹付けコンクリートによって、トンネル継続方向の連續性を増す
SC 4	龍を吹付ける
SC 5	吹付け厚さを増す
SC 6	増し吹付けを施工する（側縫部は、ハツリ等とす）
SC 7	側縫み吹付けを施工する
SC 8	脚部の吹き戻を厚くし、支持面積を大きくする
SC 9	上半壁に吹付けコンクリートによって便インバートを施工する
SC 10	吹付けコンクリート施工前に、補強金網を施工し、ラップを十分にとする
SC 11	脚部の側縫を施工し、地山と吹付けコンクリートの付着を良くする
SC 12	吹付けコンクリートによってインバートを施工し、早期内リング閉合する
RB 1	早期に施工する
RB 2	ロックボルトの本数を増す
RB 3	ロックボルトの長さを長くする
RB 4	増しボルトを施工する
RB 5	縫合ボルトを施工する
RB 6	斜めボルトを施工する
RB 7	ルーフボルトを施工する（必要に応じて注入タイプを用いる）
RB 8	ペアリングフレームを大きくする
RB 9	ペアリングフレームを鋼支保工にかける
RB 10	ペアリングフレームを一枚使用する（奥くくする）
RB 11	定着用モルタルに急結晶を使用する
RB 12	定着用モルタルにセメント系（ケレラン等）に変更する
RB 13	注入タイプのロックボルトを用いる
RB 14	注入タイプの定着剤を使用する
SO 1	縫地工法（ミニパイプ、先端鋼板等）を採用する
SO 2	排水工（R B孔周辺の水抜き孔、縫制面の排水ドレイ、路盤の排水等）を採用する
SO 3	止水（注入）工法を採用する
SO 4	地盤改良工法を採用する
SO 5	インバート（もしくは底盤コンクリート）によって早期内リング閉合する
SO 6	支持地盤の劣化（乾燥化含む）を防ぐ（吹付けコンクリートでシールしたり、排水を良くする）
SO 7	変形余裕量を設ける
SO 8	支保規格のランク上げる
SO 9	駆逐する
SO 10	駆止め
SO 11	墨直縫地工
SO 12	

(凡例) EX: 縫割、 SR: 鋼支保工、 SC: 吹付けコンクリート

RB: ロックボルト、 SO: 対策工法及びその他