

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っ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2 cm、天端沈下4 cmで、変位量としては、注意レベルⅡに入っただけ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ったため（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) 局所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

項 目	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
湧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, 8
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
掘削の進捗が著しい、又は、変位挙動が大きい収束しない	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, 9	5 9 5, 10
ロックボルトの変状	H, L	EX SR SC RB SO	3 1 2 2, 3, 4, 8, 9, 10 6, 7, 9	5 9 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, 9	5 9 5

注) 本表に対策工を具体的に示しているが、これらは単なる目安であり、実際の適用にあたっては、個別の事象や状況に十分に検討し、決定する必要がある。

表-3 対策工（記号）の説明

記 号	対 策 工
EX 1	リングカットにする（壁を残す）
EX 2	部分掘削する（加圧割りを小さくし、自立出来る範囲で掘削と吹付けコンクリートを繰り返し、所定の断面を仕上げる）
EX 3	ベンチ高を短くする（リング閉合距離を短くする）
EX 4	施工ピッチを短くする（一掘進長を短くする）
EX 5	掘削工法を変更する（サイロット工法等）
EX 6	掘削を拘束、高力、ブレイカー等で掘削する
SR 1	鋼支保工の使用、もしくは、ランクを上げる
SR 2	鋼支保工の建て込み時に予定形状分だけ上げ越し、抜け越す
SR 3	鋼支保工の底版の下にシートパイル等を設置し、支持面高を増やす
SR 4	鋼支保工に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型鋼支保工のウエブにルーフボルト用の孔を開ける
SC J	掘削後、早期に吹付ける
SC 2	急結剤の添加量を増す
SC 3	吹付けコンクリートによって、トンネル縦断方向の連続性を増す
SC 4	壁を吹付ける
SC 5	吹付け厚さを増す
SC 6	増し吹付けを施工する（側断部は、ハツリ落とす）
SC 7	掘削の吹付けを施工する
SC 8	脚部の吹付け厚を増し、支持面高を大きくする
SC 9	上半壁に吹付けコンクリートによって環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、ラップを十分に取る
SC 11	目の細かい金網を施工し、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	斜めボルトを施工する
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	ベアリングプレートが大きくなる
RB 9	ベアリングプレートを鋼支保工にかける
RB 10	ベアリングプレートを二枚使用する（厚くする）
RB 11	定着用モルタルに急結剤を使用する
RB 12	定着剤を樹脂系（ウレタン等）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	挿入タイプの定着剤を使用する
SO 1	掘削工法（ミニパイプ、先行掘削法等）を採用する
SO 2	集水工（水抜きボーリング、ウェルポイント等）を採用する
SO 3	排水工（RB孔周辺の水抜き、掘削面の排水ドレン、掘削の排水等）を採用する
SO 4	止水（注入）工法を採用する
SO 5	地盤改良工法を採用する
SO 6	インバート（もしくは底盤コンクリート）によって早期リング閉合する
SO 7	支持地盤の劣化（泥酸化も含む）を防止する（吹付けコンクリートでセールしたり、排水を良くする）
SO 8	変形余量量を増ける
SO 9	支保壁側のランク上げる
SO 10	掘削
SO 11	掘削
SO 12	掘削

（凡 例） EX：掘削、SR：鋼支保工、SC：吹付けコンクリート
RB：ロックボルト、SO：補助工法及びその他