

III-384 トンネル補強工事における長期内空変位測定と補強効果の確認

(財)鉄道総研 ○ 正 小野田 滋
 (財)鉄道総研 正 河田 博之
 JR東日本 新潟支社 阿部 正強

1. 緒言

建設トンネルにおいて施工管理のために必要な内空変位計測期間は、一般に変位量が収束するまでとされ、通常は十数日～数十日の範囲で行われる。しかし、変質岩や第三紀の泥岩などの地山では変位が一旦収束したと認められても長期的観点では変位が進行している場合もしばしばあり、このようなトンネルでは変状現象を生じることがある。本報告ではある鉄道トンネルにおける内空変位計測の長期測定結果と、補強工事の効果確認事例について紹介する。

2. トンネルの概要

今回計測を実施したトンネルは、新潟県と福島県の県境付近に位置する単線鉄道トンネルで、昭和45年に竣工した。地質は新第三紀の緑色凝灰岩を主体とし、測定区間における最大土被りは約500m、平均400mである。構造はすべて場所打コンクリート造りで、施工は矢板工法により行われた。変状は開業直後より発生し、塑性圧による盤ぶくれ、ひびわれ・圧さの発生、側壁の押し出し等が認められたため、昭和48年度以降、インバート工や落下防止工などの対策工が随時行われ、内空変位測定による変状監視が実施された。

3. 計測結果

図-2は、昭和54年度に補強工事を行った各断面における内空変位量の経時変化を示したもので、昭和51年6月の測定値を初期値として昭和62年11月までのデータをプロットした。変位量の変化は線形性を示しているのが特徴である。補強工の設計はロックボルトと吹付けコンクリートを主体とし、補強工Bの区間のみストラットを追加施工した(図-3、図-4)。以下、各補強区間ごとの内空変位測定結果について考察する。

(1) 補強工A……補強工Aの区間は側壁にロックボルトを打設し、吹付けコンクリート(スチールファイバー入り)により内巻きを行ったが、施工前の変位速度と施工後の変位速

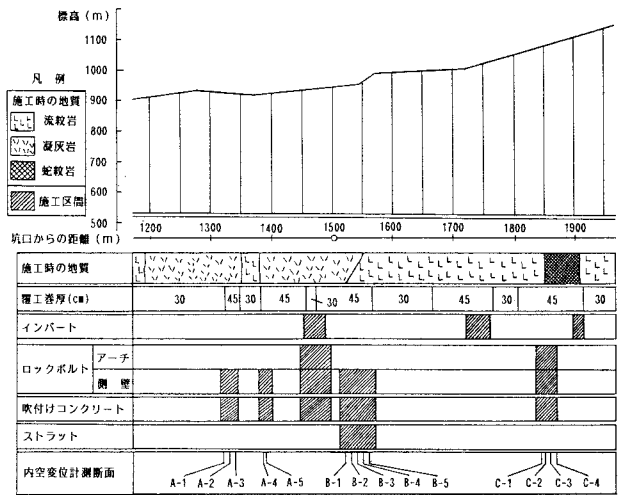


図-1 トンネル縦断面と計測位置

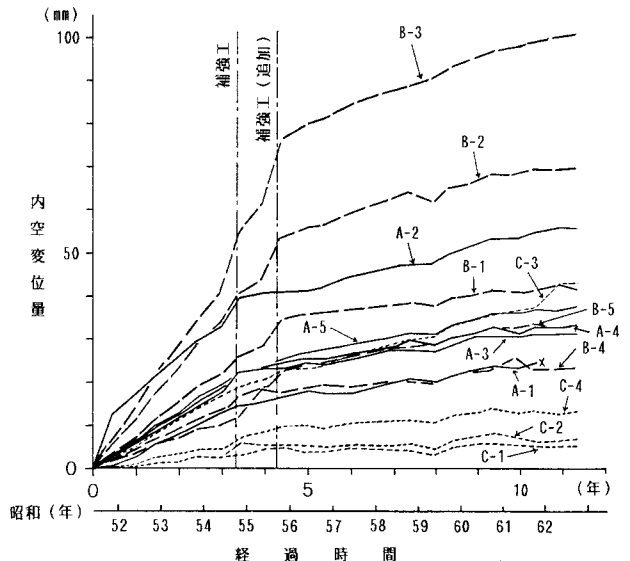


図-2 内空変位量の経時変化

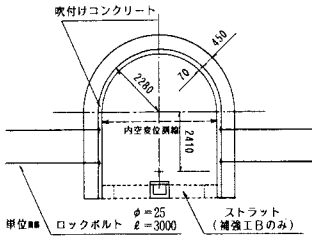


図-3 補強工Aおよび補強工B施工図

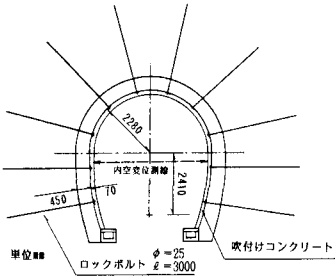


図-4 補強工C施工図

表-1 補強施工前と施工後の変位速度の比較

工種	測点番号	補強工施工前 (mm/年)	補強工施工後 (mm/年)	変位速度比 (施工前=1)
補強工A	A-1	4.1	1.3	0.32
	A-2	11.7	2.0	0.17
	A-3	6.5	1.1	0.17
	A-4	6.5	1.3	0.20
	A-5	6.4	1.8	0.28
補強工B	B-1	7.5	1.1	0.15
	B-2	11.7	2.6	0.22
	B-3	15.7	3.8	0.24
	B-4	3.3	1.0	0.30
	B-5	4.9	1.7	0.35
補強工C	C-1	1.3	0.1	0.08
	C-2	1.8	0.2	0.11
	C-3	5.7	3.0	0.53
	C-4	2.0	0.7	0.35

注) 補強工Aおよび補強工Cの施工前は51.6~54.11の年平均変位量、施工後は55.5~62.11の年平均変位量。
補強工Bの施工前は51.6~54.11の年平均変位量、施工後は55.8~62.11の年平均変位量。

度を比較すると（表-1）、対策前の約 1/5~1/3 に減少していることが認められる。

(2) 補強工B……昭和54年度に補強工Aと同一の対策工を行ったが、変位速度は減少傾向を示さなかった。そこで、昭和55年度に側圧を抑え、盤ぶくれを防止する目的でストラット工を追加施工し、これにより変位速度を補強工施工前の約 1/7~1/3 に収めることができた。

(3) 補強工C……この区間はロックボルトを全周に打設したが、C-1とC-2の断面で施工後の変位速度が約1/10に減少したものの、C-3、C-4の断面では約 1/3~1/2 と他の断面に比べやや高い値を示した。

4. まとめと考察

図-5は補強工の施工前の変位速度をX軸、施工後の変位速度をY軸にとって図示したもので、全体に0.24の勾配を持つ正の相関関係を示した。このうち、C-3は他の断面に比べ施工後の変位速度が高い値を示しているが、施工時の地質記録によればこの付近には蛇紋岩が貫入しており、より大きい塑性圧が発生しているか、貫入に伴う圧砕により地山の強度が低下しているためと考えられる。

今回の測定で、本トンネルにおいて、1)内空変位量の経時変化が線形性を示すこと、2)補強工の施工により変位速度を施工前の平均1/4程度に抑えることが可能となること等が確認された。従って、補強工による変位速度低減の目安を施工前の約1/4とするならば、今回行った補強工は、特に変位速度が大きい領域（6mm/年以上）において充分にその機能を発揮したものと判断される。また、今回の測定結果を用いて直線回帰することによって容易に変位量の予測ができ、対策工による変位速度の低減効果を考慮することによって補強工の施工時期を判断することも可能となる。本トンネルでは昭和61年度にもロックボルトを用いた補強工を実施しており、今後も変位挙動の長期監視を行うことによりその効果を確認するとともに、力学的検討を加えて行きたいと考える。最後にデータの解釈について（財）鉄道総研地盤・防災研究室吉川室長より種々御助言をいただいた。謝して結びとする。

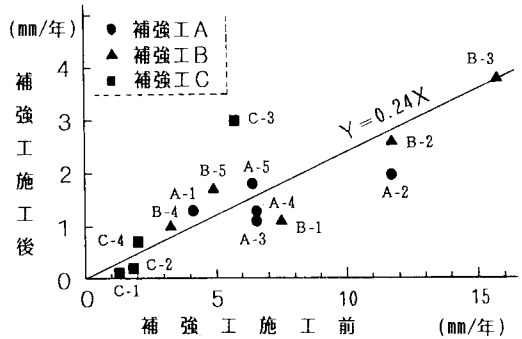


図-5 補強工施工前と施工後の変位速度の相関