

横浜市交通局 正会員 千野 彰
 (株) 銭高組 正会員 ○ 井田 隆久
 (株) 銭高組 正会員 大久保常雄

1. はじめに

トンネル施工法の一つであるNATMは、現在ではトンネルの標準工法といわれるまでに普及している。そして、計測管理はNATMでは重要な位置を占めるため、施工中の計測データについては、相当数蓄積されつつある。しかしながら、二次覆工後の計測値については報告例が少ない。それは、NATMにおける二次覆工は、一般に、掘削に伴う内空変位が収束した後に打設されるため、二次覆工は外力を負担しないと考えられているためであろう。今回、都市トンネルという条件で、二次覆工の応力測定を行ない、同時に、吹付コンクリート応力、地山圧力なども継続して測定したところ、興味あるデータが得られたので、その一部を報告する。

2. 施工・計測概要

トンネルは、横浜市の国道1号線下に位置する地下鉄駅部トンネル（三ツ沢下町駅）であり、サイロット式NATMにより施工された。地層は、第三期の三浦層群鶴川層で、泥岩と砂層の互層を成している。土被り厚は約22mである。断面図を図-1に示す。一次覆工は、外壁部は、吹付けコンクリート $t = 250$ 、鋼製支保工MU-29@ 1,000、内壁部は、吹付コンクリート $t = 150$ 、鋼製支保工H-100x100 @ 1,000であり、二次覆工はコンクリート厚 $t = 500$ 、鉄筋D=19@ 250である。

計測の使用機器は、地山圧力、吹付コンクリート応力は、グレーツェルプレッシャセル、覆工コンクリート応力はひずみゲージ式の鉄筋応力計を用いた。計測位置を図-2に示す。

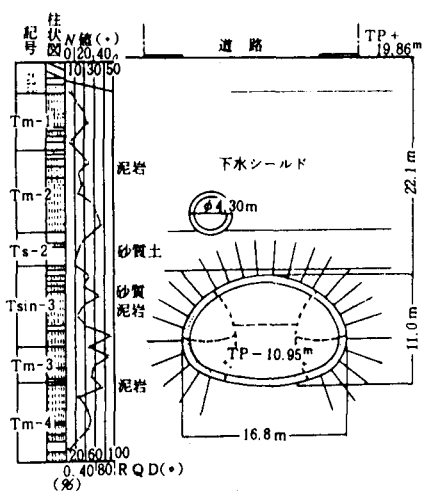


図-1 地質柱状図

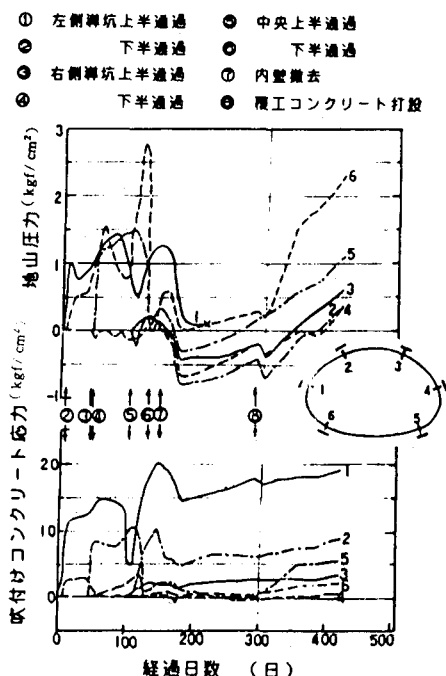


図-2 覆工応力の経時変化

3. 計測結果

地山応力および吹付コンクリート応力の経時変化を図-2に、同じく二次覆工打設後4ヶ月経過時の地山応力及び吹付けコンクリート応力の分布を図-3に、二次覆工のひずみ測定値を表-1に示す。

地山圧力および吹付コンクリート応力の経時変化を見ると、サイロット式固有の現象であるが、内壁撤去時に、両者の応力がかかなり減少している。この現象については、他の計測結果などを参照し、実際には、内壁撤去以前の中央部掘削時に、内壁にクラックが生じその時に起きたことがわかっていてる。その際にトンネル全体の形状が、内空変位、地山内変位では計測されない程度に微妙に変化し、地圧の再配分が行なわれた結果と推測している。これも興味深い現象であるが、今回は、その後の現象に着目している。

一度減少した吹付けコンクリート応力、地山圧力は、ほぼ安定、または、ゆるやかに増加している。内空変位もほぼ収束し、二次覆工後の変位は-0.02mmである。ところが、二次覆工打設後に、両方の応力は、速度を速め増加している。

ここで、地山圧力に負の値が計測され、不自然な値であるが、ブレッシャーセルの構造的にはあり得る。絶対量は評価できないが、値の増減傾向については、吹付コンクリートの応力変化とよく対応している。

二次覆工打設後の地山圧力は 0.9～2.2Kg f /cm²増加し、吹付コンクリート応力は 0.6～5.5Kg f /cm²増加しており過去の最大値付近まで回復していることがわかる。

この原因については、①地山が最終的な安定状態に向う過程で微妙な応力状態の変化が続いている。②吹付コンクリートは柔な構造で地山と共に変形可能な支保であり、地山荷重を受け流していたが、二次覆工を施工することによりライニングの剛性が増し、地山荷重に対し大きな反力を持つようになった。以上の2点を考えている。

ロックボルト軸力は、0.3～5.7tの引張力であったものが、二次覆工打設後 圧縮から 3.2tの引張力までに減少した。

二次覆工応力の測定結果については、表-1に示すようであり、-23～-187x10⁻⁶のひずみを生じている。トンネル外側の応力がいずれも小さいのは、防水シートによるアイソレーションを行なっているものの、背面拘束のためと考えられる。このひずみは、温度応力および乾燥収縮によって生じたものと思われる。

4. まとめ

- a) NATMの一時覆工（吹付コンクリート、ロックボルト）で一時平衡状態に収まっていたトンネル地山と支保の応力状態が、二次覆工を施工することにより、別の状態へ移行することがある。
- b) その場合、吹付コンクリート応力は増加するがロックボルト応力は減少する。
- c) 今回の計測は、精度、期間、などに不十分な点が多いが今後二次覆工後の計測データを集積し、二次覆工の設計に参考となるような資料としたい。

（参）横浜市交通局高速鉄道3号線三ツ沢下町工区計測結果報告書

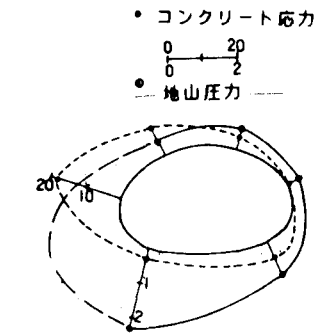
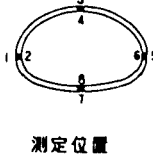


図-3 覆工応力の分布

表-1 覆工応力の計測結果

測定番号	計測ひずみ×10 ⁶
1	-85
2	-187
3	-23
4	-117
5	-31
6	-187
7	-70
8	-93



測定位置