

地下鉄開削トンネルの変状に対する耐荷性能の評価（その１）～変状要因の分析～

東京地下鉄株式会社 正会員 小西真治, 非会員 江原文武, 正会員 ○亀井啓太
東電設計株式会社 正会員 阿南健一

1. はじめに

経年 50 年程度の地下鉄の開削トンネルにおいて、トンネル軸方向の一部に局所的に大きな沈下が生じていることが確認された。沈下が大きい箇所では、躯体に多くのひび割れも確認され、変状に伴い発生したとみられ、安全性を評価するため、耐荷性能の照査が必要となっていた。耐荷性能は、将来に対しても評価する必要があるため、調査や計測結果から変状要因を推定し、今後の変状を予測することが重要となる。

耐荷性能評価を行うために必要となる変状要因および変状の推定結果について報告する。

2. トンネルの概要

検討対象のトンネルの概要を図 1 に示す。トンネルは、経年 50 年程度で、1 層 2 径間(幅 8.8m, 高さ 6.5m)の開削工法により施工されている。トンネルは軟弱な粘性土地盤中に位置し、軟弱粘性土がトンネル下方に厚く堆積している。

3. トンネルの変状状況

対象となるトンネルでは、2 か所で大きな沈下が発生し、最大で 177mm の沈下が観測されていた(図 1)。沈下は、沈下開始から 1 年程度で急激に進行し、その後、緩やかに継続しているような状況がみられる(図 2)。また、沈下箇所付近の躯体には、多くのひび割れが確認されていた。トンネル中壁には斜め方向のせん断によるものと考えられるひび割れが多く見られた(図 3)。側壁には横断方向ひび割れが多数確認された。

4. 変状要因の分析

変状の要因として、沈下が始まったところに施工され

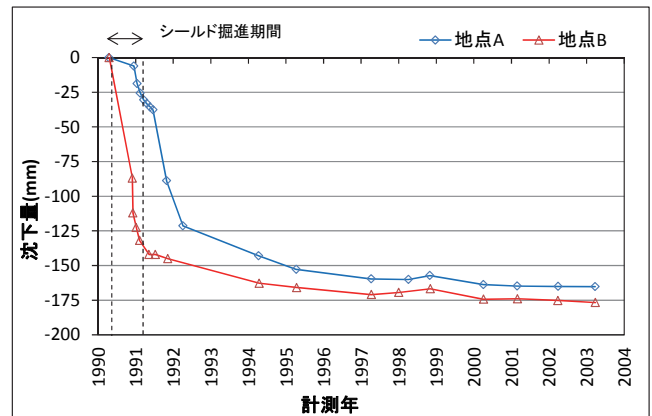


図 2 トンネル沈下の経時変化

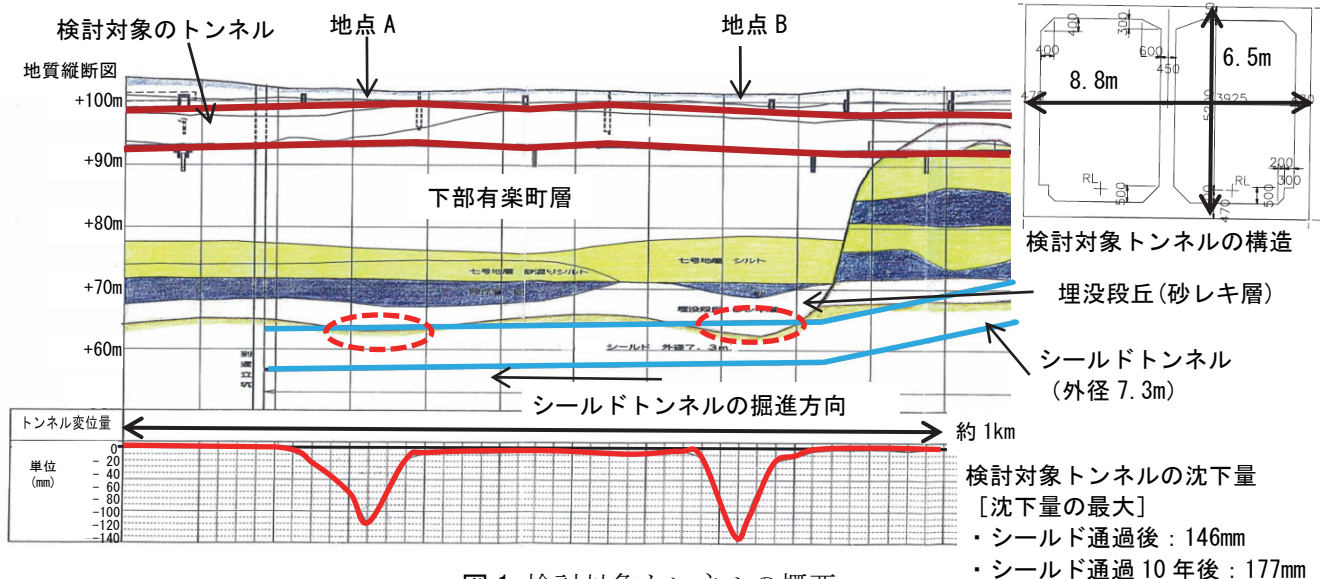


図 1 検討対象トンネルの概要

検討対象トンネルの沈下量
[沈下量の最大]
・シールド通過後：146mm
・シールド通過 10 年後：177mm

キーワード：開削トンネル, 近接施工, 圧密沈下

連絡先：〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6

東京地下鉄株式会社 鉄道本部 工務部 土木課 TEL 03-3837-7264

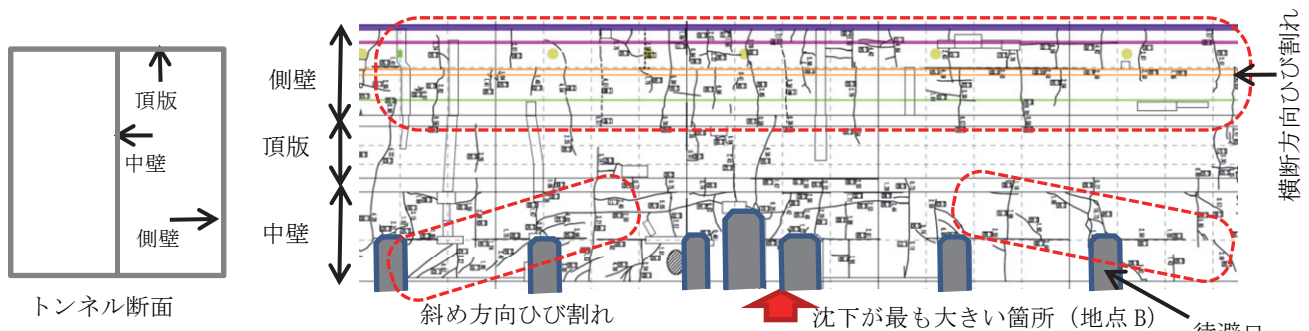


図3 トンネルのひび割れ状況

たシールド工事（外径 7.3m）が考えられた。

シールド工事は、掘進地盤（江戸川層）や検討対象トンネルとの離隔（20～29m）から、一般的に、近接施工の影響は大きくないと考えられる。しかし、沈下が生じている2か所の沈下開始時期の順序（地点Bが先に沈下開始）とシールド工事の掘進方向（地点Bから地点Aの方向）、急激な沈下が発生した期間を比較したところ、整合する結果となった。そこで、地質縦断図から、シールド通過地盤を確認すると、沈下が発生した箇所でシールドの上端部が埋没段丘（砂礫層）の一部を通過していた（図1の破線箇所）。シールド工事の詳細な記録は得られていないが、沈下の発生メカニズムを以下のように推測した。

- 1) 沈下箇所付近の砂礫層が原因でシールド付近の地盤が局所的に沈下、2) 沈下が上部の軟弱粘性土に達した、3) 粘性土にせん断変形が生じて圧密沈下が発生し沈下が進行、4) 二次圧密状態に移行し沈下が継続的に発生。

5. 将来の沈下量の推定

沈下の要因が圧密によるものであることを確認したことから、将来の沈下量を圧密沈下曲線から推定した。沈下量の推定結果について、その後実施されている沈下計測や測量の結果を追記したのが図4である。この結果、季節による変動が見られるものの、数年単位の変動の傾向は、推定した沈下の程度と同程度となった。この結果からも沈下の要因が圧密であることが確認され、沈下は今後も継続することが見込まれる。

そこで、圧密沈下曲線から、将来の沈下量を推定した結果、最後に沈下量が計測された時期（177mm）から現状の沈下量を推定すると184mm、17年後が190mm、37年後が196mmとなった。なお、沈下には1年周期の変動が見られていたが、降雨量と相関があることが確認できた。

6. おわりに

トンネルの沈下は、検討対象のトンネルの下方のシールド工事が起因となり、軟弱粘性土の圧密沈下により発生したと結論づけられた。このため、今後も、圧密沈下の二次圧密として沈下が継続するとみられ、将来の沈下量の推定を行った。

トンネルの中壁には、沈下の状況と相関がみられる斜めひび割れが中壁に多くみられたことから、将来の沈下により、トンネル軸方向の曲げやせん断破壊にいたることも考えられる。このため、将来の沈下量なども考慮した耐荷性能の評価を行い、対策の要否などについて検討することが必要となった。

耐荷性能の評価については、（その2）で報告する。また、耐荷性能の評価の結果から、当該箇所は、2017年度に補強工事を行う予定である。

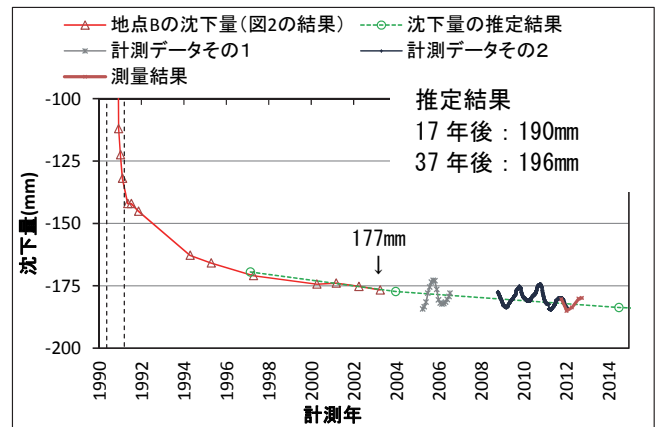


図4 将来のトンネル沈下量の推定結果