

東京トンネルの変状と対策について

東日本旅客鉄道(株) 正会員 山崎 貴之
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 神谷 弘志
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 藍郷 一博

1. はじめに

東京都の地下水位は、1971年の地下水汲み上げ規制以降、30年間で約30m上昇している。(図-1)そのため1971年以前に建設された地下構造物は、地下水対策が不十分なものも多く、当社の地下構造物においても漏水やそれに伴う構造物の劣化が発生している。変状が著しかった総武快速線東京・両国間の総武トンネルでは、平成元年～平成15年にかけて2次覆工を施工した。本発表では、総武トンネルとともに多くの変状が発生している横須賀線東京トンネルについて、各種の調査を行い、その結果から対策工の検討を行ったので報告する。

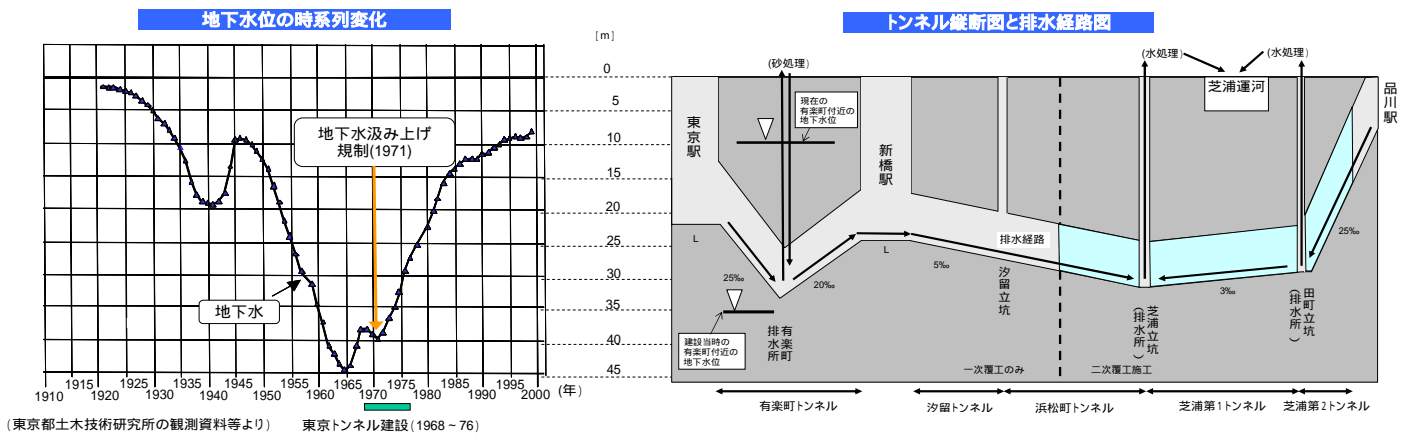


図-1: 地下水位の変化とトンネル縦断面図

2. 東京トンネルの概要

横須賀線東京トンネルは、京浜地区からの急増する通勤客に対応するため、輸送力増強を目的として東京・品川間に、1976年10月に開業した(経年約30年)全長約12.4kmの単線並列シールドトンネル(うち約2.0kmは新橋駅等開削構造)である。(図-2)1次覆工セグメントには設計上載荷重の違いにより中子型、コンポジット型等5種類が使用されている。建設中より漏水が見られた新橋・品川間の約6.2km(全体の約59%)には2次覆工が施工されている。

3. 覆工の変状

トンネル建設中に東京都の地下水汲み上げ規制が行なわれたため、地下水の上昇に伴いトンネル内に漏水が多く発生するようになった。漏水量は現在約4700m³/日である。漏水中の塩化物イオン濃度は、最も濃度が高い箇所約4100mg/Lであり、海水の20～30%程度の塩分を含んでいる。このため、特に1次覆工のみの区間でセグメントの鉄筋、ボルト等の腐食やコンクリートの剥離などトンネルの劣化が進行している。またレールや電気設備の腐食により各種機能障害も発生している。これらの変状について調査を行い、総武トンネルのデータと比較した。

1) セグメントコンクリートの劣化

セグメントの劣化状況を調べるため、シュミットハンマーによるコンク



図-2: 位置平面図

表-1: コンクリート劣化状況試験結果

項目	強度	中性化深さ	塩化物含有量	最小のぶり厚
単位	N/mm ²	mm	%	mm
基準値			0.4	18
総武トンネル	1985年 31.1	3	0.037	15
東京トンネル	1985年 30.3	3		2.5
	1999年 33	2	0.049	

キーワード トンネル漏水, セグメント継手ボルト, 覆工背面調査, 2次覆工

連絡先 〒101-8612 東京都千代田区外神田 1-17-4 東日本旅客鉄道(株) 東京土木技術センター Tel:03-3257-1694 Fax:03-5298-6920

リート強度測定、中性化、塩化物含有量を測定した。(表-1)その結果、東京・総武両トンネルに大きな差異は見られず、また経年による劣化もほとんど確認されなかった。しかしかぶり不足による鉄筋の腐食、かぶりコンクリートの剥離剥落が発生しており対策が必要である。

2) 継手ボルトの腐食

セグメント継手ボルトの腐食が見られるため、腐食率と引張強さを測定した。その結果を図-3,4 に示す。腐食率はボルト頭幅と首径を測定し、設計寸法と比較した。東京トンネルの腐食は急速に進行しており総武トンネルの腐食率を上回っている。引張強さは1985年の時点では東京・総武両トンネルでほぼ同値であったが、東京トンネルでは約20年間で2割程度減少しており、腐食によりボルト耐力が減少していると考えられる。今後腐食が進行し、継手ボルトが破断した場合、キーセグメントの落下などの重大な事故につながるため、腐食を進行させない対策が必要である。

4. 覆工背面からの砂の流出

総武・東京両トンネルの全線にわたり微量の砂分噴出が観察され、特に有楽町トンネルでは多量の細砂が漏水とともに流出している。砂の流出により覆工背面に空隙ができ、トンネルの変形や地上構造物への影響が懸念されたため覆工背面の調査を行った。

1) ボーリング調査

有楽町トンネル付近で、ボーリング調査及び標準貫入試験を実施した。試験結果を図-5 に示す。トンネルの深さにおけるN値は、トンネルから2.3mの位置で2~13と周辺地山より大きく減少しており、トンネルの背面地山が緩んでいることが確認された。

2) 背面探針調査

トンネル周辺地山の緩みを確認するため、覆工背面探針調査を24箇所49点で行った。調査結果の代表例を図-6 に示す。1次覆工区間の全長に渡って20~40cmの緩み領域(先端抵抗力が概ね0の区間)があることが確認された。現在も砂の流出が続いていることから、緩み領域が拡大していくことが懸念され、漏水及び砂の流出を止める対策が早急に必要である。

5. 対策工の検討

前記の調査結果より、東京トンネルの現状は総武トンネルが対策を開始した平成元年の状況よりも悪化している事が確認されたため、早急な対策が必要であると判断し、対策工の検討を行った。その結果、漏水及び砂の流出防止、キーセグメントの脱落防止、コンクリートの剥離剥落防止、鉄筋、ボルト等の腐食防止などの効果が一体的に得られる方法として、漏水の多い1次覆工区間に2次覆工を施工することとした。2次覆工は総武トンネルでも対策工として施工され、輸送障害件数の減少等の効果が確認されている。さらに緩み領域の大きい箇所には背面地盤注入も検討している。

6. まとめ

総武トンネルの2次覆工には、延長約3kmの施工に約15年を費やした。今回の調査結果より、東京トンネルは総武トンネルより早急に対策工を施工する必要があるとあり、施工速度の向上やコストダウンを目指した工法を開発中である。今後も地下水位の計測、トンネル検査等を定期的に継続し、適切な維持管理を行っていきたい。

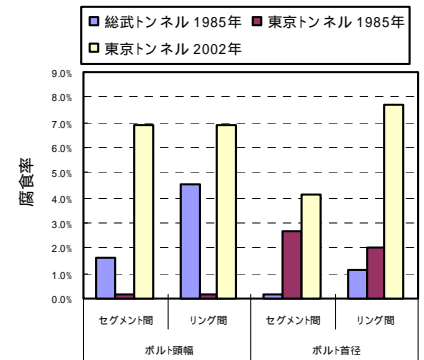


図-3: ボルト腐食率

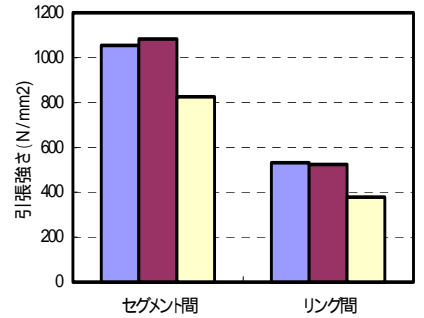


図-4: ボルトの引張強さ

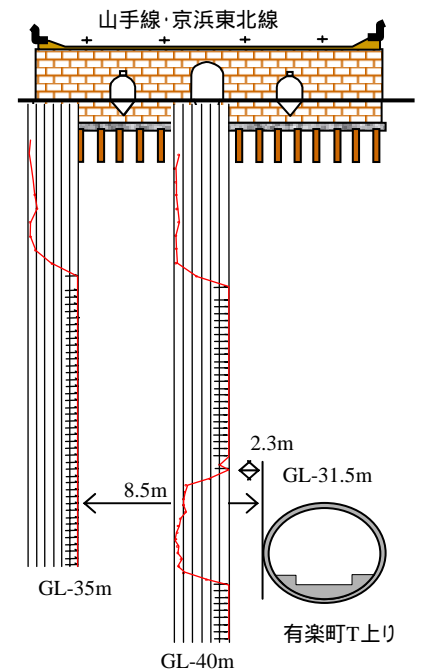


図-5: 有楽町T周辺ボーリング調査結果

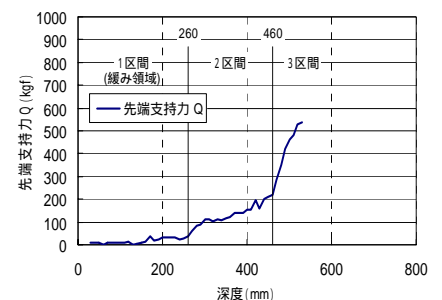


図-6: 背面探針調査結果