

## 覆工背面地盤に緩みのある鉄道シールドトンネルに対する裏込め注入試験について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 鈴木 延彰  
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 渡邊 誠司  
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 長谷川真吾

## 1．はじめに

横須賀線東京・品川間に位置する東京トンネルは、増加する京浜地区から東京都心への通勤旅客需要に対応するため、東海道線の輸送力増強を目的として建設され、昭和51年に開業した単線シールドトンネルである。建設当初はトンネルより下に位置していた地下水位は、東京都の地下水揚水規制以降急激に上昇し、現在トンネルは完全に地下水位下に位置している。

単線シールド全長10,520mのうち、トンネル建設中に地下水位の上昇により漏水量が多くなった浜松町付近から品川方の6,180mについては、建設時に二次覆工が施工されているが、東京方の4,340mは一次覆工のみの状態となっている。

地下水位の上昇に伴い、一次覆工のみの区間においてセグメント継ぎ目や腐食した注入孔からの漏水が年々増大するようになった。また、漏水とともにトンネル覆工背面の砂がトンネル内に流入しており、これに伴うトンネル周辺地盤の緩み及び地上構造物への影響等が危惧されるようになった。

## 2．覆工背面の緩みが及ぼす影響

トンネル内には、漏水をポンプで排出するための排水所が数箇所設置されているが、このうち一次覆工のみの区間に有楽町排水所がある。この排水所の沈砂槽には漏水とともにトンネル内に流入した砂が年間約2t堆積する。覆工背面の砂が流入することにより、覆工背面の緩み範囲が拡大し、トンネルの地盤反力の局所的な低下によるトンネルの変形、水みちができることによる漏水量の増大、地盤の緩みによる地盤沈下や構造物の変状、のような影響が生じると考えられる。

## 3．現状調査

覆工背面の緩みの現状を把握するため、ボーリング調査と探針調査を行った。

ボーリング調査は、漏水とともに流入する砂が多い有楽町排水所付近で実施した。トンネルから2.3m離れた箇所では、GL-24～-34m付近でN値2～13程度の緩み領域を確認した（トンネルはGL-28～-35m）。

一方、探針調査は一次覆工のみの区間全長（4,340m）にわたって実施し、有楽町排水所付近と第三有楽町高架橋下付近の2箇所において奥行き1～2m程度の大きな緩み領域が存在する事が判明した。

## 4．試験注入

覆工背面に特に大きな緩みが認められ、2．で述べたような影響が今後発生する恐れのある箇所については、地山の強度回復、安定化を図るために注入工を施工する必要がある。今回、覆工背面の地山の状態に対して最も効果のある注入材を選定するために、トンネル内で試験注入を行った。

## (1) 可塑性グラウト材

当初、覆工背面の緩みは、砂が抜けた部分が山岳トンネルにあるような空洞となっていて、その空洞部分

---

キーワード：覆工背面地盤の緩み、裏込め注入

連絡先：〒101-8612 東京都千代田区外神田 1-17-4 (TEL)03-3257-1696 (FAX)03-5298-6925

に地下水が充満している状態であると想定していたため、可塑性グラウト材を空洞部分に充填することとして試験注入を行った。

注入に際しては、事前に注入孔から探針調査により緩み厚を測定している。また、注入後は充填状況を確認するために注入孔からコアリングし、採取したサンプル中に占める注入材の長さを測定した。緩み厚と注入量、コアによる充填確認の結果を表 - 1 に示す。

注入量があらかじめ想定していた量をかなり下回ったので、その原因を明らかにするため覆工背面の状態を調査する必要が生じた。トンネルが地下水位下にあり、直接目視確認することができないので、間接的な調査方法となった。最初に注入孔からボアホールカメラを挿入して覆工背面の状態確認を試みたが、画面が真っ暗で全く確認できなかった。次に注入孔のバルブを開いて漏水を

バケツ1杯程度採取し、漏水と共に流出した砂の割合を調査した（写真 - 1）。結果は表 - 1 に示すように平均して50%を砂が占めており、覆工背面の状態は当初考えていたような空洞ではなく、地下水中で流動する非常に緩い砂の層が存在していることが判明した。これは、地下水が漏水としてトンネル内に流出する流れにより、地山の砂層が少しずつ侵食され、その結果トンネルの周囲に緩みが形成されたものと考えられる。

このため、可塑性材料は注入孔付近の限られた範囲で地下水中で流動する砂を押し退けつつ充填されたものの、覆工背面で押し退けた砂が締まってすぐ閉塞し、それ以上注入できない状態となったものと想定された。

## （2）恒久性グラウト材

可塑性グラウト材では、地山の強度回復効果が十分に得られないため、1.5ショットで数秒から1時間程度のゲルタイムを有する複数の注入材（恒久性グラウト材）を選定し、あらかじめ注入試験を行った（表 - 2）。

可塑性グラウト材の注入試験時と比べて、事前調査による緩み区間が小さく、さらに緩み区間の砂の割合が大きくなっているにも関わらずより注入量が多くなった。写真 - 2 は、ゲルタイム60分の恒久性グラウト材のコアである。ゲルタイムが長い分、薬液が砂層に浸透して固結している状態が確認できた。

表 - 1 可塑性グラウト材注入試験結果

No	事前調査による緩み厚 (cm)	注入量 (kg)	コアによる充填確認 (cm)	砂の割合 (%)
1	8	120	8	33
2	15	112	5	43
3	53	40	12	80
4	13	44	0	34

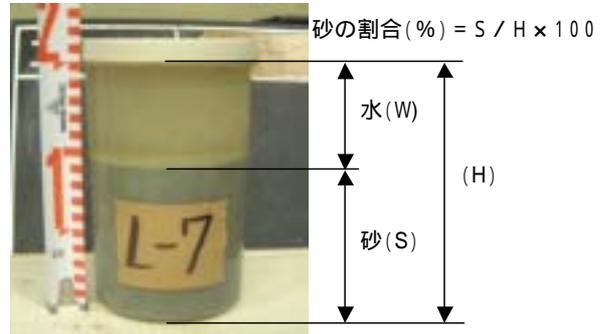


写真 - 1 砂の割合

表 - 2 恒久性グラウト材注入試験結果

No	ゲルタイム	事前調査による緩み区間 (cm)	注入量 (kg)	コアによる充填確認 (cm)	砂の割合 (%)
5	6秒	13	14	0	-
6		27	174	1	76
7	26秒	20	186	10	-
8	15分	13	134	0	86
9	60分	10	542	7	77



写真 - 2 コア採取状況

## 5. おわりに

今回の注入試験により、覆工背面の地盤の状態は山岳トンネル等に見られる空洞ではなく、非常に緩んだ砂が地下水中で流動していることが判明した。そのため、地盤の緩みを回復するための注入材は恒久性グラウト材のようなゲルタイムを有するものが適当であると考えられる。

今後は、これまでの調査により明らかになった2箇所の大きな緩み領域について、作業時間の短いトンネル内において本格的な裏込め注入を行うための注入方法について検討していく。