

シールドトンネルの施工技術の変遷と劣化事象の整理

東京電力(株)	正会員	○中島 陽
東京電力(株)	正会員	葛城 真治
(財) 深田地質研究所	正会員	亀村 勝美

1. はじめに

東京電力における地中送電用シールドトンネルは、1963 年以降、電力ケーブルを収容する構造物として数多く建設され、現在の設備延長は 218km となっている。これらの多くは健全な状態にあるが、経年によりトンネル覆工の劣化事象が現れているものがあり、建設当時の使用材料等に応じた特徴的な劣化事象が見られることが分かってきた。

土木学会地下空間研究委員会維持管理小委員会においては、シールドトンネルの設計・施工技術の変遷と特徴的な劣化事象との関係を把握することにより、維持管理における点検や補修・補強の効率化に寄与することができると考え、各事業者のシールドトンネルの施工実績および劣化事象の整理を行っている。本稿は、一例として、東京電力のシールドトンネルの整理結果について報告するものである。

2. 主な劣化事象

東京電力のシールドトンネルにおける主な劣化事象を以下に示す。

(1) ダクティルセグメントの腐食 (劣化事象 1, 写真-1 参照)

ダクティルセグメントは、1960 年代後半の一時期のみに採用されており、防錆性能に優れるとの評価から二次覆工が省略されていた。トンネル内漏水に伴う塩害による主桁等構造物の腐食が見られる。



写真-1 劣化事象 1

(2) 中子形セグメントの腐食 (劣化事象 2, 写真-2 参照)

トンネル内漏水により、セグメント継手部のボルトの腐食や、組立筋のかぶり不足による腐食が見られる。



写真-2 劣化事象 2

(3) シールドトンネル内への多量漏水 (劣化事象 3)

セグメント継手部やグラウトホール部の隙間からトンネル内漏水が見られる。水深 10cm 以上の多量漏水が発生したケースもある。

(4) トンネルの軸方向ひび割れ (劣化事象 4, 写真-3 参照)

軟弱地盤における地下水位の変化等に伴い、トンネルが鉛直方向につぶれる荷重状態による曲げによるものと考えられる軸方向ひび割れの発生が見られる。



写真-3 劣化事象 4

(5) ボルトボックス閉塞部の脱落 (劣化事象 5)

二次覆工省略のコンクリート系セグメントにおいては、継手部のボルトや継手板の防錆のために、この部分の閉塞を行っている。材料劣化により、トンネル天端付近の閉塞部の脱落が見られる。

3. シールドトンネルの施工実績と劣化事象との関係

東京電力におけるシールド施工実績と使用材料の変遷および特徴的な劣化事象について整理した結果を表-1 に示す。ここでは、劣化への影響度合いが特に高いと考えられる覆工材料とセグメントシールド材の種類を詳細に示す。

キーワード シールドトンネル, 維持管理, 劣化事象

連絡先 〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3 東京電力(株) TEL 03-6373-4323

表-1 地中送電用シールドトンネルの施工技術の変遷と劣化事象

竣工年度		1960	1970	1980	1990	2000
シールド型式	全面開放型					
	部分開放型（ブラインド式）					
	密閉型（土圧式、泥水式）					
覆工種類	コンクリート系セグメント	二次覆工あり				
		二次覆工なし				
	鋼製セグメント	二次覆工あり				
		二次覆工なし				
	ダクトイルセグメント	二次覆工なし				
シールド材 ¹⁾	非膨張単体（未加硫フタルゴム）					
	非膨張複合（合成ゴム＋未加硫フタルゴム）					
	水膨張単体（水膨張単体シールド材＋クロップレンゴム）					
	水膨張複合（クロップレンゴム＋高吸水性ポリマー）					
	劣化事象（丸数字は、2. に示した劣化事象に対応）					
			①	②	③ ④	⑤ ④

(1) 覆工種類

ダクトイルセグメントは、1960年代のコンクリート系セグメントが採用される以前、二次覆工省略を図るために、鋼製よりも防食性能に優れる材料として採用されたが、トンネル内漏水による塩害腐食が顕著となっている（劣化事象1）。

二次覆工は、鋼製セグメントの防錆や高水圧箇所の防水を主目的としており、無筋コンクリートにより構築されたものが多い。コンクリート系セグメントの場合、1980年代を中心に二次覆工が採用されていたが、粘性土地盤において二次覆工を省略した事例が多く、1990年代半ばからは、セグメントの止水性能向上に伴い二次覆工省略が標準となっている。1980年代までの止水性能が十分でないトンネル内の漏水（劣化事象3）や漏水によるセグメント材料劣化（劣化事象1，2）および1990年代以降にボルトボックス閉塞部の脱落が増えてきていること（劣化事象5）の要因として二次覆工省略が考えられる。

また、軟弱地盤内に建設されたトンネルにおいては、各年代のコンクリート系セグメントにおいて、外力変化の影響と考えられる軸方向ひび割れが見られるものがある（劣化事象4）。

(2) シールド材

セグメント継手部のシールド材は、1980年代半ばまで非膨張タイプが採用されており、現状では材料劣化等により十分止水性能を発揮しているとは言い難く、トンネル内漏水（劣化事象3）や漏水によるセグメント材料劣化（劣化事象1，2）の要因になっていると考えられる。

4. 維持管理の効率化に向けた提案

東京電力における整理結果より、二次覆工の有無およびシールド材の材質と劣化現象との関係にある程度明らかにすることができた。設備管理者や点検実施者が、このようなシールドトンネルの使用材料と劣化事象との関係を事前に把握することで、効率的な点検や劣化調査の実施、補修・補強要否の迅速な判断が可能となり、維持管理のフローを早期に実行できると考えられる。

5. おわりに

本稿では、東京電力の検討事例を紹介した。各事業者によって、シールドトンネルの基本的な施工方法は同様であると考えられるが、セグメント等の使用材料や設計方針には相違がある。今後は、事業者毎の整理と比較を行って劣化事象のデータを蓄積することにより、シールドトンネルの維持管理の効率化への一助としたい。

参考文献

- 1) (社) 日本トンネル技術協会：セグメントシールド材による止水設計手引き，1997.1