

シールドトンネルの維持管理に関する取組み

- (財)地域 地盤 環境 研究所 正会員 粥川幸司
- (株)セントラル技研 正会員 池尻 健
- パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 岡嶋正樹
- 東京電力(株) 正会員 高橋 晃
- (株)ロード・エンジニアリング 正会員 田島聖一
- (株)ニュージェック 水口尚司

1. はじめに

シールドトンネルは、我が国にその技術が導入されてから 80 年以上が経過しており、数々の技術的改良を加えながら、今や都市部におけるトンネル構築には欠かすことのできない工法となっている。その一方で、供用後長期間を経過したシールドトンネルの劣化の進行が懸念され、その機能の確保についても注意、懸念すべきケースが増加することが予想される。

このような背景のもと、本研究では、シールドトンネルを対象として、その必要な機能および要求性能を整理し、現状行われているシールドトンネルの維持管理事例を調査し、これらの知見を踏まえて、今後のシールドトンネルのあり方に関して考察した。

2. シールドトンネルの要求性能

シールドトンネルの用途には道路、鉄道など人を移動させることや、電力洞道や上下水道、ガス、通信など、エネルギーや物質を移動させること、と言ったように、様々な機能がある。これらの機能を果たすために、一般にシールドトンネルには表-1 に示す 6 種類の性能^{1) 2)}が要求される。

表-1 シールドトンネルの要求性能^{1) 2)}

項目	具体的な内容
構造性能	漏水がない。内空変位が発生しない。荷重に対して覆工が安定（構造安定）。
安全性能	覆工が剥離しない。非常退避路を確保。耐火性がある。消火活動が可能。
利便性能	走行性がよい。閉塞感がない。十分な照度がある。換気が良好。
環境影響性能	騒音振動がない。地下水への影響がない。
維持管理性能	点検が容易。補修補強し易い。
経済性	建設費、維持管理費が安価。LCCが安価。

3. シールドトンネルの維持管理の現状

シールドトンネルの維持管理に関する報告について、鉄道、電力トンネルの場合の事例が文献^{3) 4)}に報告されている。

文献³⁾の鉄道トンネルの場合では、当初、地下水位が低いので二次覆工省略型のシールドトンネルとして計画、建設されたが、昭和 46 年頃からの地下水採取の規制強化で、地下水位が上昇し、セグメント継手部から塩素イオンを含んだ多量の漏水が生じ、トンネル本体、坑内設備の劣化が発生した。本事例では、地下水位上昇という周辺環境の変化の結果、表-1 で示した「漏水がない」という構造性能、維持管理性能の要求性能に対して、漏水が過大となり、以降のトンネル本体、坑内施設の維持管理に手間を要する結果になったものである。

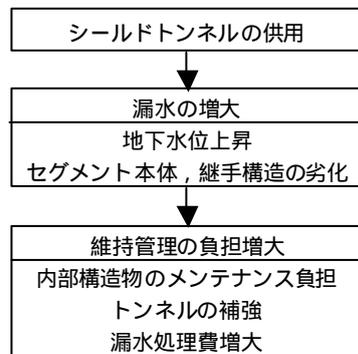


図-1 シールドトンネルの維持管理に関する事例の課題点

文献⁴⁾の電力洞道の場合は、軟弱粘性土地盤中に建設されたものであるが、トンネル坑内への漏水によりトンネル周辺地盤の圧密が促進された。その結果、有効応力が増加し相対的に鉛直方向の作用荷重が増大し、トンネルの鉛直方向の変形が発生したと報告された事例である。

上記の事例ではどちらも「坑内への漏水」が維持管理上の課題となっている。特に後者の事例では漏水に起因したトンネルの変形もあり、「荷重に対する覆工の安定」についても重要な項目であるといえる。したがって、シールドトンネルの要求性能のうち、「漏水がない」と「構造安定」ということが最も重要な性能であると考えられる（図-1）。またこれらの事例によらず、一般にトンネル坑内の漏水は下水処理とした場合、多額

キーワード：シールドトンネル，要求性能，維持管理，漏水，覆工

連絡先：(財)地域 地盤 環境 研究所 東京事務所 TEL：03-3812-4792 FAX：03-3812-4793

の費用が必要であり，その費用は維持管理費増大の原因の一つとなっている．

4．シールドトンネルの維持管理に関する今後の取組み

(1)トンネル覆工の設計・施工での取組み

トンネル覆工の設計では，トンネル機能に応じた要求性能を理解し，設計条件を整理する必要がある．特に上記の事例を参考とすれば，将来的に問題となりそうな要因について把握し，設計に盛り込む必要もある．そのためには必要とされる立地条件調査，支障物件調査，地形および土質調査，環境保全調査を，将来的な予測も踏まえて検討することが重要といえる．

シールドトンネルの覆工に関する新技術としては，空間機能への合理性（複円形，異形断面シールド，拡大シールド等），施工の合理性（現場打ちライニング，クイックジョイント等） 耐久性の確保（漏水対策，継手部の防食材等）など各機能に応じて，様々なものが開発，実施されている．今後は，各要求性能に応じた新技術，新工法への対応が重要と考えられる．

(2)維持管理時の取組み

現状の維持管理技術では，コンクリートの非破壊検査法を代表とする維持管理への利用を目的とした個別の技術開発が盛んに行われている．その予測の手法としては，長期にわたる部材の劣化状況を調べる実験やそのシミュレーション技術があり，その技術開発が進められている．さらには，これらをコストに換算する LCC 予測技術，最適な維持管理を目的としたアセットマネジメント技術も研究開発されつつある．

シールドトンネルは，安定した円形の構造物であること，セグメントが工場製作であり，材質のムラがなく高品質であること，もともと高強度で緻密なコンクリートであること，などから，他の地下構造物に比べて劣化速度は遅いものと言われている．しかし経年的にその構成材料が劣化し，さらに外的環境の変化（主には地下水位の変動，近接施工の影響，温度変化，利用形態の変化，などに起因する作用荷重の変化）によって要求性能を満足できないケースが生じる可能性も高くなるものと想定される．したがって今後は，覆工に対する補修・補強の頻度も高くなるものと考えられ，具体的な維持管理方法の検討が必要と考えられる．このため，構造物の必要な機能と要求性能を把握し，これに対する具体的な指標を選定すること，さらに既存の開発された技術を取り入れて，構造物の機能，性能に着目し，LCC の考えを取り入れた総合的な状況判断ができるような診断，評価技術の開発が必要と考えられる．

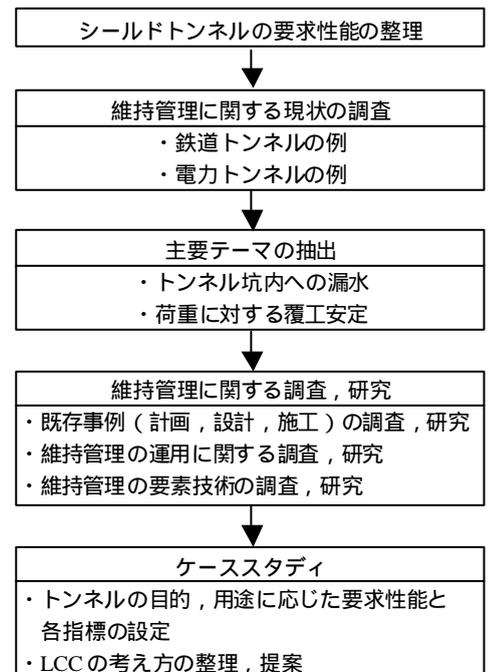


図-2 研究の流れ

5．おわりに

本報では，シールドトンネルの維持管理のあり方に関し，事例から得られる知見と今後の取組みに関する考察を行った．今後はシールドトンネルの要求性能と維持管理についてその関連を考慮しながら，適切な計画，設計，施工，維持管理について研究を進めていくことを考えている（図-2）．なお，本研究は土木学会地下空間委員会維持再生小委員会（シールド洞道 WG）の活動成果をまとめたものである．

参考文献

- 1) 水口，粥川，高橋，田島：シールドトンネルにおける要求性能の一考察，土木学会，地下空間シンポジウム論文・報告集，vol. 10，pp. 233-240，2005. 1
- 2) 池尻，岡嶋，粥川，高橋，田島，水口，：シールドトンネルの要求性能に関する一考察，土木学会第 60 回年次学術講演会，2005（投稿中）
- 3) 輿石，相沢：都市部の地下水変動による鉄道トンネルへの影響，トンネルと地下，第 35 巻，pp41～48，2004. 4
- 4) 山崎，有泉，五十嵐：シールド掘進に伴う地盤変状入門(14)シールド新時代に向けて(その 2) - 維持管理における新たな技術的課題 - ，トンネルと地下，第 35 巻，1 号，pp. 65～71，2004. 1