

シールドトンネルの要求性能に関する一考察

（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
 （財）地域 地盤 環境 研究所 正会員 粥川幸司，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

都市の地下利用は、限られた国土しかない我が国の社会資本を充実させるためには不可欠である。最近では、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が制定されたことによって、地下空間をより迅速、合理的に使用する路が拓かれ、都市再生が叫ばれている¹⁾。

本報文では、大深度地下構造物を構築する際の代表的な工法であるシールド工法に着目し、シールドトンネルを合理的に設計、施工および維持管理する際に考慮すべき要求性能について考察する。

2. シールドトンネルの構造とその特徴

(1) シールドトンネルの構造

シールドトンネルは、図-1 に示すように覆工体にプレキャスト部材であるセグメントを用いて土水の流入を防ぐものである。セグメント同士の締結には、一般的にはボルト継手が用いられている。ただし、近年では、ボルトを用いない継手を有するセグメントも実用化されている。

(2) シールドトンネルの特徴

シールドトンネルの構造上の主な特徴を以下に示す。

- ・ 構造物の負担している外荷重の状態が不明確である。
- ・ 内空側からしか構造物を確認できず、外側の劣化状態が確認できない。
- ・ 継手が存在するため、トンネルの全体の剛性はセグメント本体の剛性よりも弱い。
- ・ トンネル単体（自重のみが作用している状態）よりも、周辺の土圧、水圧で支えられた方が構造的に安定する。
- ・ トンネル全体の動きは、地盤の挙動に支配されている。
- ・ 地下水位以下に建設される場合が多い（防水トンネル）。

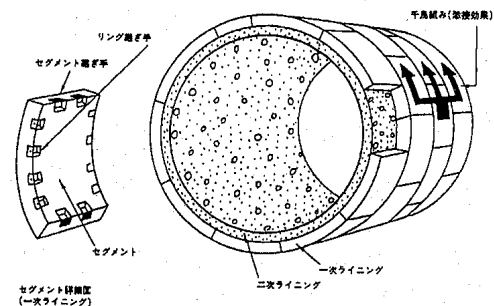


図-1 シールドトンネル覆工構造²⁾

3. シールドトンネルの要求性能

前述の特徴を有するシールドトンネルを対象に、KJ 法³⁾を用いてそれらの要求性能を検討した。KJ 法とは、対象となる問題の本質を追究して整理する方法で、考えられうる項目（目標、課題、方法等）を体系的に組み立てるものである。つまり、ブレンストーミング等で出された意見から、テーマの解決に役立つヒントを生み出していこうとするものである。KJ 法により抽出されたシールドトンネルの要求性能を表-1 に示す。

表-1 KJ 法により抽出されたシールドトンネルの要求性能

項目	具体的な内容
構造性能	内空変位が発生しない、荷重に対して覆工が安定、漏水がない
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	建設費が安価、維持管理費が安価、LCCが安価

キーワード：大深度地下構造物、シールドトンネル、要求性能

連絡先 東京都八王子市元横山町 1-2-13（株）セントラル技研 TEL：0426-45-8276 FAX：0426-45-8307

さらに、シールドトンネルの要求性能の特徴を明確にする目的で、前述の表-1 に示したシールドトンネルの要求性能と表-2 に示した一般的な構造物（コンクリート）で維持管理の対象となる要求性能⁴⁾を比較した。その検討結果を表-3 に示す。表中に示す「○」は両者の要求性能が一致するもの、「」は表-2 に示す各要求性能の「具体的な内容」には記述がないものの両者の要求性能が一致すると考えられるものを示す。ただし、「耐久性能」は、表-2 に挙げた要求性能全てに含まれるので、今回は除外した。また、表-1 に示した「経済性」は、両者に同じ重みで要求される性能と考えられるので除外した。

同表より、「構造性能」に関しては、一般的な構造物の安全性能および使用性能に対応している。ただし、漏水に関しては、使用性能のみならず水圧等の耐荷性能（安全性能）にも関連している。また、前述のとおり、シールドトンネルの外荷重については不明確なものが多く、耐荷性能の照査は一般的な構造物のそれに比べ困難である。「安全性能」に関しては、一般的な構造物は主に耐荷性能であるのに対して、地下構造物であるシールドトンネルでは防火性、避難路の確保等の防災に関する要求性能が多いのが特徴である。「利便性能」に関しては、表-3 に示すように一般的な構造物の使用性能に対応すると考えられるものの、それらの具体的な内容は地下構造物特有のものとなっている。「環境影響性能」に関しては、前述のシールドトンネルの特徴で示したように、地下水の挙動が考慮されている。「維持管理性能」に関しては、シールド工法で構築する地下構造物が主に鉄道、道路、ライフライン等に利用されることから、それらの点検、補修、補強等を容易に実施可能なことが要求性能として挙げられる。

なお、本報文では、一般の構造物の要求性能である「美観・景観」および「安全性能」に含まれる「耐震性能」については、シールドトンネルの要求性能としては考慮されていない。

4. おわりに

本報文では、シールドトンネルの構造上の特徴を考慮し、KJ 法を用いてそれらの要求性能を抽出した。そして、それらを一般的な構造物の要求性能と比較することで、それらの特徴を明確にした。その結果、シールドトンネルの要求性能の主な特徴として、地下水に関すること、防災に関すること、維持管理の容易さ等を考慮していることが挙げられた。最後に、本報文の検討結果の一部は、土木学会 地下空間研究委員会 維持再生小委員会 シールド洞道 WG の活動成果⁵⁾をまとめたものであり、同 WG メンバーの皆様に謝意を表します。

5. 参考文献

- 1) 例えば土木学会地下空間研究委員会：地下空間シンポジウム論文・報告集, vol.10, 2005. 2) 松本嘉司：最新シールドトンネル, 日経 BP 社, pp.73, 1994. 3) 川喜田二郎：川喜田二郎著作集(5)/KJ 法, 中央公論社, 1996. 4) 土木学会：コンクリート標準示方書 維持管理編, pp.6-8, 2001. 5) 例えば水口尚司・粥川幸司・高橋晃・田島聖一：シールドトンネルにおける要求性能の一考察, 地下空間シンポジウム論文・報告集, vol.10, pp.233-240, 2005.

表-2 一般的な構造物の要求性能

要求性能	具体的な内容
安全性能	耐荷性能(含耐震性能、衝撃荷重) その他の安全性能(転倒や滑動等)
使用性能	使用性(変形、振動、防水性等) 機能性(供用における満足度)
第三者影響度に関する性能	コンクリート片落下の防止 周辺の騒音防止
美観・景観	ひび割れ、錆汁、エフロレッセンス 等による汚れの防止等
耐久性能	供用期間中、要求性能を満足する性能

表-3 要求性能の比較結果

要求性能	安全性能	使用性能	第三者影響度	美観・景観
【構造性能】				
内空変位が発生しない		○		
荷重に対して覆工が安定	○			
漏水がない		○		
【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】				
走行性が良い				
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				