

トンネルのデザインとマネジメント (その3)

ー トンネルの機能と要求性能の整理 ー

東京地下鉄正会員 ○山本 努 日本シビックコンサルタント 正会員 白井 孝典
 前田建設工業正会員 野田 賢治 東京電力正会員 内藤 幸弘
 NTTインフラネット正会員 藤橋 一彦

1. はじめに

トンネルの設計法を性能規定へ移行することを考えた場合、対象となるトンネルが保有すべき機能と性能を明確化する必要がある。そのため、筆者らは、平成16年度からトンネルの施工方法および用途別に、機能と要求性能（以下、単に性能と称す）について、既往文献の整理や各事業者の実例等の検討を行ってきた¹⁾。本報文は、こうした検討の中からトンネルの機能と性能の整理結果例について報告するものである。

表1 機能と性能の整理ケース

用途 \ 工法	山岳	シールド	開削
鉄道	○	○	○
道路	○	○	○
電力		○	○
通信		○	○
ガス		○	
下水道		○	○
地下河川		○	○

2. 山岳トンネルの機能と性能の整理例

筆者らは、表1に示す工法と用途に対して機能と性能の整理を行った。ここでは、山岳工法による鉄道トンネルの場合の整理例を表2に示す。

表2 機能と性能の整理例（施工方法：山岳工法，用途：鉄道）

目的 (機能)	性能 (要求性能)			
	大項目		中項目	小項目
所定の供用期間中、列車を安全・快適・円滑に走行させることができる	利用者の安全性能	利用者が安全にトンネルを利用できる	列車が安全に走行できる	走行安全性を支障するようなトンネル変形が生じない 1
				線形が適切、走行安全性を支障する軌道変位を起こすようなトンネル変位、路盤部の泥ねい化が生じない 2
				走行安全性を支障するような剥落・漏水(つらら含む)が生じない 3
			利用者の安全を直接脅かさない	利用者の安全性を脅かすような剥落・漏水(つらら含む)が生じない 4
			非常時に防災設備が確実に機能できる	防災設備を適切に配置・使用でき、利用者の避難経路が確保されている 5
	利用者の使用性能	利用者が快適にトンネルを利用できる	乗り心地がよい	線形が適切、乗り心地を悪化させる軌道変位を起こすようなトンネル変位が生じない 6
			利用者に不快感・不安感を与えない	利用者が不快感・不安感を持つような変状(ひび割れ・剥落・漏水・錆汁等)が見られない 7
	構造安定性能	想定される荷重に対して安定している	常時作用する荷重に対して安定している	【構造計算を必要としない化粧巻き覆工】覆工が安定している(無筋コンクリート) 8-1
				【構造計算を必要とする構造覆工】覆工が安定している(RC) 8-2
			地山が安定している	地山が安定を保ち、トンネルに荷重が作用しない 8-3
			必要な耐震性能を有している	供用期間中に想定される地震レベルに対して、必要な耐震性能を有している 9
	耐久性能	想定される劣化要因に対して耐久性がある	防食性がよい	鉄筋等の発錆速度が最小限に抑えられている(中性化・塩害に対して) 11
			覆工材が安定している	コンクリートが侵食・劣化しない(化学的浸食・アルカリ骨材反応等に対して) 12
			防水性がよい	覆工・諸設備の劣化原因となる漏水が最小限に抑えられている 13
	管理者の使用性能	管理者が適切に施設を供用(使用)できる	必要な需要を満足できる	必要な線路数と諸設備を収容できる内空断面の確保、必要な列車速度を出せる線形の確保 14
			列車が安定的に(定時に)運行できる	列車運行に関わる諸設備の機能を支障する剥落・漏水(つらら含む)が生じない 15
			列車運行のための諸設備が確実に稼働できる	列車運行に関わる諸設備を適切に配置・使用できる 16
				トンネル内の水が適切に排水され諸設備に影響しない 17
	維持管理性能	適切な維持管理が確実に実行される	安全・容易に点検できる	日常の巡回・点検が安全、容易にできる 18
			安全・容易に補修ができる	補修工事の足場仮設・資材仮置が大きな支障なくできる 19
	周辺への影響度	周辺への影響度が最小限に抑えられる	地下水への影響が少ない	地下水位変動が最小限である 20
			地表面への影響が少ない	地表面の沈下・隆起が最小限である 21
			周辺の物件への影響が少ない	近接建物・埋設物等への影響が許容範囲である 22
			周辺での振動・騒音が少ない	列車走行等による周辺での振動・騒音が最小限である 23
			景観・美観を著しく損なわない	坑門が周辺の環境と調和する 24

キーワード：トンネル、維持管理、マネジメント、機能、要求性能

連絡先：〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 鉄道本部工務部 Tel.03-3837-7230

3. 山岳トンネルとシールドトンネルの違い（シールドトンネルの機能と性能の整理例）

機能と性能の整理に際しては、基本的に表 2 における大項目、中項目はトンネル工法に関係なく極力統一することとした。しかし、工法の特徴から必ずしも統一できない項目もあると考えられる。本部会では、シールドトンネルの機能と性能を整理する上で、山岳工法とシールド工法との違いを表 3 のように整理した。

表 3 機能と性能の整理の上での山岳工法とシールド工法の違い

		山岳工法	シールド工法
1	覆工構造	覆工コンクリートは、構造部材ではない。 (基本的には無筋コンクリート)	覆工(セグメント)が構造部材である。 セグメントは、RC・鉄鋼・合成等があり、多くの継手を有する。
2	路盤	インバートがない場合は路盤部が変状することがあり、 この場合、走行安定性に直接影響を与える。	円形でありインバートが変状する事例はほとんど無い
3	建設場所	主に山岳部、郊外部等(トンネル内の凍結を考慮する)	主に都市部(トンネル内の凍結は考慮しない)
4	坑口	基本的に坑門が存在する	基本的には坑門が無い
5	施工時	一般に施工時荷重は考慮不要	施工時荷重により変状を生じることがある 施工時に切羽保持のために泥水を使用する場合がある

表 4 は、上記の違いを踏まえたシールド工法による鉄道トンネルの整理例であり、山岳工法(表 2)と内容の異なる項目のみを示す。山岳工法と異なる内容については網掛けをして示した。それ以外の項目は、表 2 と同一である。なお、表 2 の No8-3、24 は山岳トンネル特有の項目、表 4 の No10-2 はシールドトンネル特有の項目である。

表 4 機能と性能の整理例(施工方法:シールド工法, 用途:鉄道)

目的 (機能)	性能(要求性能)			
	大項目		中項目	小項目
所定の供用期間中、車両を安全・快適・円滑に走行させることができること	利用者の安全性能	利用者が安全にトンネルを利用できる	列車が安全に走行できる	線形が適切、走行安全性を支障する軌道変位を起こすようなトンネル変位、 <u>路盤部の泥ねい化</u> が生じない 2
			利用者の安全を直接脅かさない	走行安全性を支障するような剥落・漏水・ <u>(つらら含む)</u> が生じない 3
				利用者の安全性を脅かすような剥落・漏水・ <u>(つらら含む)</u> が生じない 4
	構造安定性能	想定される荷重に対して安定している	常時作用する荷重に対して安定している	<u>常時作用する荷重に対して必要な耐荷性能を有している</u> 8
			想定される荷重の変化に対して安定している	想定される近接施工による影響や周辺環境の変化等、荷重条件の変化に対して <u>必要な耐荷性能を有している</u> 10-1
			<u>想定される施工時荷重に対して安定している</u>	<u>施工時に想定される荷重に対して、必要な耐荷性能を有している</u> 10-2
	耐久性能	想定される劣化要因に対して耐久性がある	防食性がよい	<u>鉄筋・鋼製セグメント・継手金物等、鋼材の発錆速度が最小限に抑えられている</u> 11
	管理者の使用性能	管理者が適切にトンネルを供用(使用)できる	列車が安定的に(定時に)運行できる	列車運行に関わる諸設備の機能を支障するような剥落・漏水・ <u>(つらら含む)</u> が生じない 15
	維持管理性能	適切な維持管理が確実に行える	安全・容易に補修ができる	補修・補強工事の足場仮設・資材仮置が大きな支障なくできる <u>内空断面に補修・補強余裕が確保されている</u> 19
	周辺への影響度	周辺への影響度が最小限に抑えられる	地下水への影響が少ない	地下水位変動が最小限である <u>周辺への地下水汚濁の影響がない</u> 20

網掛け部: 山岳工法とシールド工法とで異なる部分。取り消し線: 山岳工法では考慮したがシールド工法では考慮しない内容。

4. 考察

本報文では、山岳工法における鉄道トンネルの機能と性能の整理結果、およびシールド工法との違いについて示した。その結果、機能と性能を整理する上で最も影響した違いは、覆工が構造部材か否かの違いであり、特に構造安定性、耐久性、維持管理性に大きく影響する結果となった。なお、紙面の都合上紹介できなかったが、開削工法の場合は、覆工が構造部材でありシールド工法の場合に近い整理結果となっている。

5. おわりに

本報文は、土木学会トンネル工学委員会「トンネル構造物の設計法の将来像と国際標準の対応に関する検討部会」において検討中である「トンネルの機能と性能(要求性能)の明確化」の一部である。

参考文献

- 1) 畑生浩司, 栗木実, 野城一栄, 鈴木尊, 粥川幸司: トンネルのデザインとマネジメント(その2), 土木学会第62回年次学術講演会講演概要集, VI, 2007. 9