

大深度地下構造物の要求性能に関する一考察

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 岡野法之
 パシフィックコンサルタンツ(株) 岡嶋正樹
 (株)セントラル技研 正会員 池尻 健

1. はじめに

平成 11 年には山陽新幹線福岡トンネルをはじめ、築後 20 数年のトンネルにおいて、続けてコンクリート覆工片剥落事故が起こった。いずれの事故もトンネル構造本体の安定を脅かすものでは無かったが、福岡トンネルではコンクリート剥落片が新幹線に直接衝突し、死傷事故にもつながりかねない重大な事故であった。

一方、平成 12 年 5 月に、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案」(以下、「大深度法」という)が公布された。バブル経済がはじけてから後、停滞していたジオフロント開発が今後進むものと思われる。

大深度地下構造物は公共目的で建設されるため、補修・補強が必要となった場合には、供用しながらの施工が前提となり、また、改築は困難と考えられる。したがって、上述の一連の事故を考え合わせると、大深度地下においては耐久性の高い構造が求められ、これまでの地下構造物の現状や維持管理状態から、要求性能を明確にすることが重要であると考えられる。

本報告では土木学会 地下空間研究委員会 維持・再生小委員会劣化WGを通じて得られた知見から、大深度地下構造物の要求性能について考察した事柄について述べる。

2. 地下構造物の要求性能

地下構造物に要求される性能を大きく 構造的性能、 第三者影響度に関する性能、 環境負荷・社会的要請による性能の 3 つに分類し整理したものを表 1 に示す^{1), 2)}。

地下構造物でも特にトンネルのような地盤による反力を受けるアーチ構造物は、曲げ引張りひび割れの発生や鉄筋の降伏に伴い、部材の剛性が低下した場合でも、モーメントの再配分により一箇所の部材の破壊により直ちに構造系全体が破壊に至ることはない。

しかし、地下空間を不特定多数の人間が日常的に使用する場合には、構造系全体の破壊が起こらなくても、1. で述べたコンクリート剥落事故のように、使用上もしくは第三者の安全を損ねることがあるので注意が必要である。また、その場合は、表 1 中の美観性、快適性が非常に重要となるが、本報では議論の対象外とする。

表 1 地下構造物に要求される性能

要求される性能	項目	具体的内容
構造的性能	安全性	使用期間中に希に作用する荷重や材料劣化等が使用期間内のいかなる時期に発生したとしても、地下構造物が破壊・崩壊しないこと。
	使用性	建設中に作用する施工時荷重や使用期間中に作用する確率の高い荷重・環境下で使用性(変形・振動・防水性等)や機能(供用における満足度)が使用期間にわたって確保されなければならないこと。
	耐久性	材料強度の経時的劣化による欠陥など使用性能の低下に対して、構造物の所定レベルの修復補強を行うことにより使用性が確保されなければならないこと。
第三者影響度に関する性能	安全性	コンクリート片が落下するなどして人命を損なわないこと。
	美観性	使用期間中の構造物表面の状態が地下構造物内の人間に不快感を与えないこと。
	快適性	地下構造物内の人間に閉鎖性や圧迫感を感じさせず、また、時間や方向感覚を欠如させないこと。
環境負荷・社会的要請による性能		得られる便益に対し環境負荷が大きくなり、また、ライフサイクルコストが経済的であること等。

キーワード：大深度地下構造物，要求性能

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel：042-573-7266 Fax：042-573-7248

3. 地下構造物の現状³⁾

大深度法の適用範囲である都市圏を前提に、トンネル施工法として開削工法、シールド工法および都市部山岳工法で施工されたトンネルの現状について表2に示す。

いずれの場合も漏水が共通項目としてあげられる。漏水を放置するとコンクリート内部が常に水と空気に曝されることになり、コンクリートの中性化が促進され、鉄筋の腐食膨張によるコンクリート構造物の劣化が進行することとなる。対策として、モルタル等のコーキングで補修する事例が多い。

表2 地下構造物の現状

トンネル種別	主な劣化状況	特 徴
開削トンネル	漏水 ひび割れ コンクリートの剥離・剥落 鉄筋の露出・腐食等	か、もしくはその両方の変状を示す事例が多い。
シールドトンネル	～ RC セグメントにおいて開削トンネルと同様。 鉄鋼製セグメントの腐食 継手金具・ボルトの腐食 止水材の劣化等	部材・材質が多岐にわたるため、劣化の状況も多岐にわたっている。 ～ についてはほとんどの場合漏水を伴う。
都市部山岳工法トンネル	施工継目部からの漏水 襖部の覆工コンクリートの浮き等	現在施工例が増加しているものの他の2工法に比べ、施工実績、経年数ともかなり少なく、変状事例も少ない。

るコンクリート構造物の劣化が進行することとなる。対策として、モルタル等のコーキングで補修する事例が多い。

4. 現状を考慮した大深度地下構造物の要求性能

3. で述べたとおり、現在の都市部におけるトンネルの変状は、地下水の上昇等の影響で漏水を伴うことが多い。浅い深度のトンネルでさえ、一度生じた漏水を完全に止水することは困難であり、止水のためのモルタルが剥離・剥落する例も多い。まして大深度となれば、0.4～0.5MPa以上の水圧が覆工に作用することとなり、止水はもちろんのこと、導水すらも困難となる可能性がある。したがって、大深度地下構造物の要求性能を考える場合、表1に示した各性能を満たすことは当然であるが、特に、構造物の長寿命化だけではなく、ランニングコスト（下水処理費等）の観点からも、防水性が重要なポイントとなると考えられる。

防水性確保についてシールド工法の例を示すと、現在セグメント組立ておよびシールド推進時にセグメントの端部やボルトボックス周辺にクラック、欠けやそれに伴う漏水を発生させてしまうケースが少なくない。

一方で、大深度地下を想定すれば、特に洪積粘性土層（いわゆる土丹層等）では自立性が高く、セグメント覆工にほとんど土圧が作用しない場合も考えられ⁴⁾、比較的薄肉の覆工となる可能性がある。しかし、地盤が硬質な分だけ、掘進トルクやジャッキ推力が必要となり、よりセグメント端部等のクラックを発生させやすくなる恐れがある。さらに、そのジャッキ推力が長期間にわたり残留する可能性もあり⁴⁾、条件によっては、覆工設計時に考慮する荷重を従来の土・水圧主体から施工時荷重主体にする必要がある。また、もしクラックや漏水等の変状が発生した場合でも、確実かつ容易に補修可能であること等の修復性能も併せて必要となる。

5. おわりに

今回は地下構造物の要求性能および地下構造物の現状を整理し、現状における大深度地下構造物に対する要求性能に関して、ある一つの考え方を示した。

地下構造物の要求性能はその用途や修繕性（供用空間の内空に占める割合による修繕のし易さ）によっても大きく異なるので、今後、さらなる詳細な検討が必要であろう。

<参考文献>

- 1) 蔣・棚橋・吉田・松井：地下構造物の性能設計に関する考察，
地下空間シンポジウム論文・報告集，第5巻，土木学会，pp.95～102，2000.1
- 2) 河田：深部地下鉄道駅の構造計画と構築工法に関する研究，1994.12
- 3) 岡島・池尻・岡野・塚本：地下構造物の劣化現象と対策について，
地下空間シンポジウム論文・報告集，第6巻，土木学会，pp.267～274，2001.1
- 4) 例えば，小山・岡野・清水・藤木・米島：洪積地盤におけるシールドトンネルの現地計測結果と考察，
トンネル工学研究論文・報告集，第5巻，土木学会，pp.385～390，1995.11