

## 大深度地下構造物の耐久性について

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

## 1. はじめに

大都市の地下構造物は、地下街、地下鉄、道路、共同溝等の経済・社会基盤施設として、数多く建設され、構造物の多様化に伴い各種の施工法も技術開発されてきた。一方では、これら既存の各種地下構造物を維持管理する過程で構造物の劣化状態が調査分析され、設計へのフィードバックによる地下構造物の耐久性向上も実現しつつある。また各種地下構造物の維持管理を通してライフサイクルコスト（LCC）分析も行われはじめ、構造物の予防保全、延命化技術も進展しつつあり、施設更新を迎えた地下構造物では、改築等の再生手法と廃棄する手法等の検討事例も見られる。

本文は、土木学会 地下空間研究委員会 維持・再生小委員会の研究活動の一環として、主に文献調査により、既存の長寿命トンネルと最近の地下構造物の耐久性を調査し、大深度地下構造物の維持管理技術の方向性について報告するものである。



図-1 大沙川隧道(1877年建設)<sup>1)</sup>

## 2. トンネルの耐久性

明治以降、鉄道や水路トンネル等の各種の地下構造物が次々と造られ、100年を経て現在に至るも使用されているトンネルが幾本もある（例：図-1）。各種トンネルの供用延長と長期間使用しているトンネルの割合等は表-1のように導水路トンネル、鉄道トンネルで50%以上、道路トンネルにおいても20%が、50年を経過し使用されている。

一方、内外を問わず、維持管理を行なってきた中で明らか

となった種々の技術的問題を克服した技術が、新設の地下構造物にフィードバックされ、建設品質は確実に向上してきた。海外ではユーロトンネルやドイツ新幹線（ケルン～フランクフルト間）で二十数本のトンネル建設において、100年以上の耐久性、使用性を考慮した性能規定契約が行われている。国内でも最近では、図-2に示すアクアラインのトンネルのように、100年の耐久性を持った各材料を使用したトンネル部材の防水、防食方法を採用することにより、高い耐久性の実現を図る例も多くなっている。

## 3. 大深度地下構造物の維持管理技術の方向性

大深度地下構造物では、制度上の対象範囲を考慮しなくても、その必要性等から主に3大都市圏での建設が予想されるので、表-2に示す特徴を列挙できる。表-2より、大深度地下構造物では特に、メンテナンスフリー的な性能が求められると考えられる。しかし、表-3のような技術問題が存在しており、完全なメンテナンスフリー構

表-1 トンネルの供用延長と長期間使用トンネルの割合<sup>1)</sup>を基に作成

分野	供用延長	長期間使用しているトンネル	調査時点
道路トンネル	約2,200Km	・1950年以前に供用されたトンネルが約20%存在 ・1970年以前に供用されたトンネルは約50%	1995年現在
鉄道トンネル (JR全体)	約2,100Km	・約50%が戦前に建設された ・100年以上経たトンネルが20本以上存在	1994年現在
導水路トンネル	約4,700Km	・建設後50年を経過したものが約55%	1997年現在
下水道トンネル (東京都区部)	約15,000Km	・建設後50年を経過したものが約13%	1997年現在

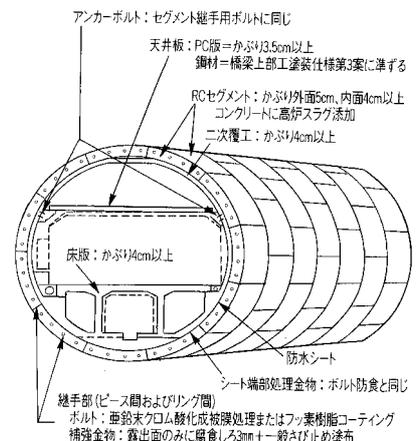


図-2 トンネル部材の防水、防食方法<sup>1)</sup>

キーワード：大深度地下構造物，維持管理，技術課題

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

造物は実現困難な状況にあることから、当面はより大きな耐久性の確保と、効率的な維持管理のための技術開発が目標となる。

表-2 大深度地下における維持管理の特徴

<ul style="list-style-type: none"> <li>・恒常的に地下水位を低下させることが難しいので、常に大きな水圧の作用を考慮しなければならないこと</li> <li>・複合利用により、従来なかった組合せの施設で共同利用が行われ、劣化現象をより複雑化する可能性のあること</li> <li>・地表への影響や施設供用後の利用頻度の高さ、大深度での作業環境等を考慮すると廃棄、再構築の選択性は小さいこと</li> <li>・都市施設であり、供用後の利用頻度の高さにより、維持管理作業自体も制限されること（ex. 都市内道路であれば、常に交通量が多く、長期間の維持管理作業が困難である等）</li> </ul>
---

表-3 メンテナンスフリーを阻む技術的課題

<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート構造物のひび割れを完全に防止することは困難である。</li> <li>・コンクリートのひび割れおよび打継ぎ部等からの漏水を完全に防止することは困難である。</li> <li>・設計時点で考慮されない、地下水位の変動、近接施工、地震等の外部環境の影響から構造物に変状が発生する場合がある。</li> <li>・構造物の使用時に火災、水害等の内部から構造物に変状が発生する場合がある。</li> </ul>
---

これらを実現させるためには、施設の計画・設計段階から、施工段階、供用段階、再生段階まで一貫した、維持管理への対応が求められる。設計、施工、供用、再生の各段階それぞれについて考えられる課題および具体策の例を表-4に示す。

表-4 技術開発項目の例

(1) 設計段階

コンクリート等の材料の耐久性向上をどの程度まで見込むのか等についての検討が必要になる。技術課題として、①構造部材の耐久性の向上、②リスク(地震、火災等)を見込んだライフサイクルコスト(LCC)を考慮した設計手法の開発、があげられる。

(2) 施工段階

設計で規定された性能を保証するために、施工の確実性と施工品質の確保が必要となる。技術課題として、①構造物の劣化・損傷が発生しにくい施工技術の開発、があげられる。

(3) 供用段階

LCC の検討による適切な維持管理の予測と現実の維持管理結果のフィードバックを検討し、効率的な維持管理を実施することが必要となる。技術課題として、①維持管理に必要な LCC を考慮した維持管理評価システムの開発、②構造物調査技術及びその結果に基づいた確実な補修技術の開発、があげられる。

4. おわりに

本文では、大深度地下構造物の維持管理技術の方向性について考察したが、今後は、各既存施設の維持管理上のデータを総括して収集分析し、より詳細で具体的な技術開発課題抽出へと発展すべきと考える。

最後に本報告をまとめるにあたり、貴重な資料のご提供およびご助言を頂きました土木学会 地下空間研究委員会 維持・再生小委員会の竹林 前委員長をはじめ、委員の皆様へ感謝の意を表します。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局企画課大深度地下利用企画室：平成13年度大深度地下利用に関する技術開発ビジョンの検討に関する調査報告書，2002.3

	対象構造物	検討項目	具体項目
躯体構造部材の耐久性向上を向上させる技術の開発	コンクリート一般 ⇒シールドセグメント ⇒NATM 覆工体 ⇒開削躯体	引張強度の高い(ひび割れの発生しにくい)コンクリートの開発	☞ SFRC 等の混入による性能向上 ☞ 合成構造の採用検討 ☞ レジン等新規材料の使用 ☞ 設計断面厚の増加
	NATMの鋼製支保工とロックボルト等	鋼製材料の防錆、防蝕	☞ 防錆塗布材の検討 ☞ 錆や腐食に強い新規材料の検討
	開削トンネル	連壁コンクリートの止水性向上	☞ ベントナイト安定液中でのコンクリート品質の向上
LCCを考慮した設計手法の開発	シールドセグメント NATM 支保・覆工体 開削躯体	・既存地下構造物における事例調査 ・合理的な設計基準の検討	☞ 使用用途、構造物毎のLCCの検討 ☞ 施設建設のトータルコストの検討
必要な耐久性の設定に基づく設計・施工技術の開発	シールドトンネル	・一次覆工の技術 ・二次覆工完全充填技術 ・セグメント破損防止技術	☞ 裏込注入材料の開発 ☞ 覆工内外防水工の検討 ☞ 二次覆工材料の開発 ☞ 方向制御、組立て技術の検討
	NATMトンネル	・一次支保工変形防止技術 ・二次覆工の完全充填技術	☞ 的確な補助工法の検討 ☞ 地下水対策技術の開発
	開削躯体トンネル	・本体利用連壁の品質向上	☞ 連壁施工精度の向上化技術の開発 ☞ ベントナイト泥水以外の安定液の開発 ☞ 連壁以外の施工技術の検討
LCCを考慮した維持管理評価システムの開発	シールドトンネル NATMトンネル 開削躯体トンネル	・個別施設における要求性能の整理 ・躯体調査技術と、その結果に基づいた補修技術 ・維持管理評価基準	☞ 初期(建設)コストの整理 ☞ ライフサイクルコストの検討 ☞ LCCを考慮した要求性能の絞り込み ☞ 大深度環境を考慮したモニタリング技術の検討