

施設更新時における大深度地下構造物の再生・廃棄方法に関する一考察

Renovation and Disposal for Remodeling of Deep Underground Structures

岡田正之*, 粕谷太郎**, 藤原康政***

Masayuki Okada, Tarou Kasuya, Yasumasa Fujiwara

Construction for remodeling of deep underground structures requires restrictions on carrying-in of materials, carrying-out of demolished materials and excavated muck, installation of temporary construction facilities, and more. Compared with shallow underground structures, reconstruction and repair of deep underground structures requires greater labor and costs and have many technological problems.

Based on the present renovation and disposal technology for major shallow underground structures, technological problems and directions for technological development were examined for renovation and disposal of deep underground structures. Consequently, we found that reuse of materials of existing deep underground structures is important for recycling. Also, we found that, for renovation and disposal, it is important to anticipate future repair and reinforcement at the time of construction or remodeling.

Key words: Deep underground, Renovation, Disposal

1. はじめに

大深度地下構造物では施設更新時の建設工事に際し、資材の搬入、解体材料や掘削ずりの搬出、工事用仮設備の設置などにおいて、種々の制約を受ける。このため浅深度の地下構造物の改築・改修等に比べ、多くの労力や費用を要するとともに技術的課題も多いものと考えられる。また、工事箇所周辺の交通渋滞等の社会問題、近隣住民への騒音等の公害対策などの課題も挙げられる。

ここでは、まず浅深度の一般地下構造物の再生・廃棄の現状と課題について示し、それらを踏まえ、大深度地下構造物を再生または廃棄する場合の技術課題と技術開発の方向性について明らかにする。

2. 一般地下構造物の再生・廃棄の現状

積極的な投資による社会資本整備が必要とされる時代が終わり、今後は既設構造物を補修・補強しながら

キーワード：大深度地下、再生、廃棄

- | | | | |
|-----|-----|---------|------------|
| * | 正会員 | (株)ドーコン | 構造部 |
| ** | 正会員 | 鉄建建設(株) | エンジニアリング本部 |
| *** | 正会員 | 清水建設(株) | 土木事業本部 |

その寿命を延ばしていくことが必然的に求められている。一方で、経済・社会の進展に伴い構造物がその時代の要求性能にそぐわなくなった場合には、新たな機能を付加して再生したり、あるいは障害とならないように廃棄するなどの必要がある。しかし、地下構造物の施設更新に伴う再生事例は、電化に伴う鉄道トンネルの改築や交通量増大による道路トンネルの拡幅、下水道管の敷設替えなどで見られるが、その件数は少ないといえる。理由としては、地下構造物の取替えは多くの費用と時間を要することや、地下構造物であるがゆえに検査・診断が難しい等のためと考えられる。

今後、耐用年数を超えた地下構造物が急激に増加することから、地下構造物の再生方法あるいは廃棄における各種の問題が大きな課題となってくる。以下に代表的な地下施設別に再生の現状と課題について記す。

2・1 鉄道トンネル

鉄道トンネルの歴史は古く、1871年に我が国初の鉄道トンネルとして石屋川トンネルが完成し、その後鉄道ネットワークの拡大により多くのトンネルが造られた。鉄道トンネルでは、総延長の約30%以上が戦前に建設されたものであり、覆工材質はレンガ、石積み、コンクリートなど種々のものがある。

鉄道トンネルの再生事例としては、電化や高速化に対応するための改築がある。鉄道トンネルの改築作業は、迂回路線が少ないことから活線での夜間工事となるため、材料運搬方法、施工方法、安全確認方法等の研究開発が今後重要となる。またレンガ積みトンネルが多いため、はつり作業の技術開発も必要である。鉄道トンネルでは、路線の廃線に伴い廃線トンネルを道道や遊歩道、さらには食品の貯蔵庫として有効利用している例が見られる。今後鉄道トンネルの老朽化に伴う補修や再生件数は増加するものと予想される。

2・2 道路トンネル

道路トンネルが本格的に建設されるようになったのは、昭和30年代になってからであり、鉄道や下水道に比べると歴史は浅いといえる。しかし一般国道と高速道路におけるトンネル建設の伸びは急激であった。

道路トンネルの場合、トンネル構造物の耐用年数よりも早く、車両の大型化や交通量の増加等により機能的限界が生じ、トンネルの増設や拡幅がなされてきた。増設などで旧トンネルを廃線とする場合、管理上から旧トンネルの坑口をコンクリート等で閉塞するケースが多く見られる。またトンネルの拡幅工事は、道路交通を確保するためプロテクターによる保護を行なうことや、狭隘な作業空間となる等のことから、一般に工事費が高くなっている。今後、活線下におけるトンネル拡幅工法の開発が望まれる。図-1には独立行政法人土木研究所と民間会社などが共同でトンネル拡幅技術を開発している例を示す。さらに旧トンネル解体時に発生する廃棄物の処理や再資源化も課題である。

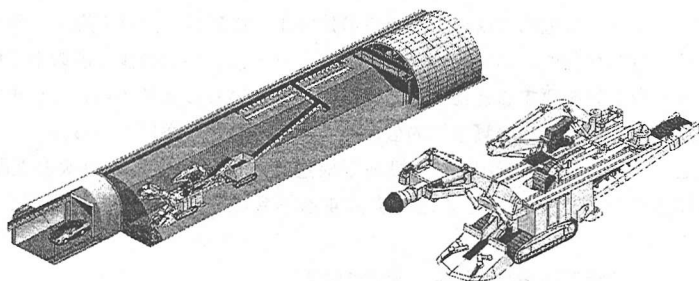


図-1 開発中のトンネル拡幅技術例²⁾

2・3 電力施設

地下構造物としては、水力発電所の水路トンネルや地中送電用洞道が挙げられる。明治20年から昭和30年にかけて数多く建設された水路トンネルの延長は5,000km近くに及び、建設後50年を経過している水路トンネルは全体の約55%になっている。また送電線用洞道は、高度経済成長に伴い増大した電力需要に合わせて建設が進められた結果、600km以上が供用されている。

今後の課題としては、発電所休止期間を極力短縮するための高速施工や、水流による表面の劣化を少なく

するための高耐久性の材料開発などが挙げられる。また、劣化度評価・寿命予測手法の確立も今後の課題である。

2・4 都市地下鉄道

都市地下鉄道は、昭和2年に銀座線浅草～上野間(2.2km)が初めて開業して以来、全国9都市で約600kmの路線延長に達している。古くは開削工法による箱形トンネルが主であったが、近年はシールドトンネルが主体となっている。都市地下鉄道では、地下水位の回復によりトンネル内の漏水の増大から下水道料金の増加が大きな負担となっている。さらに、地下水の回復に伴う水圧から変状が生じ改築された例もある。

今後の課題としては、新設・補修を含めた止水技術の開発や、環境の変化による構造物への影響の予測・評価技術の向上等が挙げられる。

2・5 下水道

下水道管路は明治時代にその起源があり、全国の普及率は平成7年度末現在で54%、管路総延長は25万km以上に達している。建設後の経過年数が50年を越えた管路は13政令指定都市で4,360km以上に達している。下水道管路の経年劣化により、ひび割れや断面の欠損などが生じ、下水管の破壊や道路陥没の原因となっている。さらに硫化水素による管の腐食に伴う劣化等がある。

下水道の再生法としては、従来から開削工法による既設管の撤去、更新管の布設が行われているが、近年は、工事中の環境保全のため非開削工法による「更新推進工法」が各種開発されている。今後は、データベースをもとにした補修時期、箇所の特定ならびに費用の平準化が課題である。

2・6 地下街・共同溝

我が国の地下街建設は、昭和7年東京の地下鉄駅地下街の開設に始まる。昭和30年代になってから一挙に大規模な建設が始まった。共同溝は関東大震災の復興事業の一環として建設されたことに始まる。その後、昭和38年に共同溝法が制定されてから、本格的な整備が始まった。歴史が浅いこともあって、補修、再生等に関する工事例はあまり紹介されていないが、地下水の流入等に関しては、他の地下構造物と同様の対応がなされていると推定される。

今後はますます地下利用の高度化が進むと予想されることから、LCC（ライフサイクルコスト）の削減を念頭においた長期的視野からの事業計画の立案が課題と考えられる。

3. 大深度地下構造物の再生と廃棄

大深度地下においては各種施設を更新する際、一般の地下構造物に比べ、解体材や掘削ずりの搬出、資材の搬入、工事用仮設備の設置、既施設の供用など、工事実施に際してより多くの制約を受けることとなる。このため、大深度地下の特性を踏まえた再生と廃棄技術が要求される。

3・1 技術的課題

大深度地下では施設更新時における構造物の再生・廃棄を考える場合、既存の地下構造物の転用を視野に入れて検討することが必要である。転用する理由としては、

- ①地下または地上に新規に施設を建設するよりは、再利用した方が低コストと考えられる。
- ②余剰スペースなど、地下の空きスペースの有効利用を図ることができる。
- ③早期に建設することが可能となる。

などを挙げることができる。

転用対象となる地下構造物としては、

- ①需要増による容量不足などから、別途新規に建設され、廃棄に至った施設。
- ②需要が落込み余剰空間が発生した施設。
- ③材料劣化など構造上の理由により廃棄に至った施設。

などが考えられる。

これらを踏まえ、大深度地下構造物を再生あるいは廃棄する場合の技術的課題について、以下に列挙する。

(1) 大深度地下構造物の再生

- ・大深度における資材の搬入および掘削ずりの搬出方法の検討。
- ・施設供用下での安全で効率的な再生施工法の開発。
- ・既設地下構造物の劣化度や耐力評価手法の確立。
- ・長期にわたる地山安定度の調査および評価手法の検討。
- ・近接地下構造物への影響回避方法の検討。
- ・止水技術の高度化。
- ・LCC（ライフ・サイクル・コスト）、LCA（ライフ・サイクル・アセスメント）の算定手法の確立。

(2) 大深度地下構造物の廃棄

- ・既設構造物解体材の搬出方法の開発。
- ・地下水・土壌等周辺環境に配慮した閉塞や埋め戻し技術の開発。
- ・廃棄材の埋戻し材料への転用方法の検討。

3・2 技術開発の方向性

以上のような技術的課題を解決するために必要となる技術の開発の方向性について以下に示す。

(1) 再生する場合

- ・新設時において、補修補強を考慮した内空の確保など、維持管理を踏まえた構造物を作っておくことが重要である。
- ・大深度に共同化利用の線状施設を構築し、施設の改築や増設に際しサービストンネルとして利用できるようにしておく。
- ・不要となった浅深度および中深度にある既存線状施設については、他の用途への転用を図っておき、施設更新時、工事基地や換気坑等へ活用可能としておく。
- ・改築工法は更新推進工法や拡大シールド工法などの非開削工法を用いざるを得ないことから、掘削機の組立スペースを確保しておくことが必要である。
- ・更新工法の採用にあたっては、大深度における水圧等の対策も重要である。

このような再生技術の代表例として、下水道管路における「更新推進技術」について以下に示す。

①リフレッシュ・シールド工法

図－2に示す管渠布設替の新技術であるリフレッシュ・シールド工法は、開削方法によらず既設管渠と同位置で管渠断面を大きくし、管渠流量を増大する工法である。掘削機前面に装備したローラカットで既設管や周辺地盤を掘削し、掘削ずりは、掘削機の回転カット内で上方にかきあげ、土砂ホッパ、ベルトコンベアを通じ坑外へ搬出する。

新設管の構築は、推進管圧入やセグメント組立により、掘進機の推進は新設管の圧入ジャッキあるいは掘進機の推進ジャッキにより行う。下水道の場合は施工中でも通水可能である。掘進作業は遠隔監視方式により、無人化施工を可能としている。

②リプレース工法

図-3に示すリプレース工法は、老朽下水道管渠を破碎しながら新管を同時に布設する工法である。掘進機は泥土圧セミシールドとしており、掘進機に装備してあるリボンスクリュの中心部を利用して、下水を流しながら施工することが可能である。ローラビットで鉄筋コンクリート管の破碎を行い、また管渠の増径、推進延長の長距離化にも対応可能で、非開削工法による新管の同時再構築工法である。

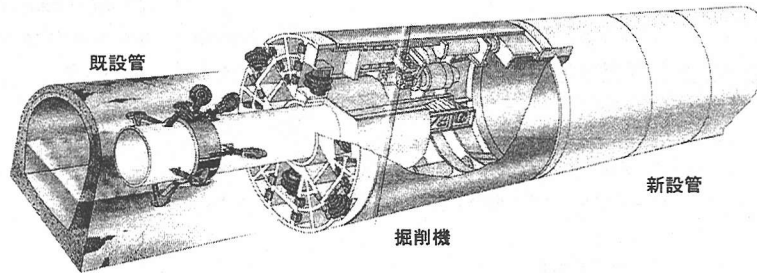


図-2 リフレッシュ・シールド工法

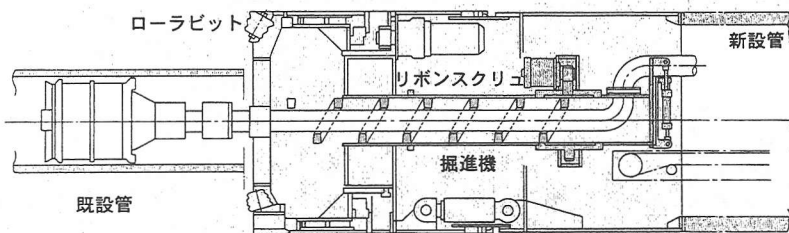


図-3 リプレース工法

(2) 廃棄する場合

- ・ 既設構造物の解体材（コンクリートガラ等）を搬出するのは環境保全やコストの面で不利と考えられることから廃棄材を埋戻し材へ転用することが必要である。
- ・ 解体材の坑内での分別、再利用方法や埋戻し材料の坑内搬入ならびに混合処理方法、高水圧化での圧入方法等の検討が必要になる。
- ・ 新設時点において地下水や土壌汚染等、周辺環境への影響を事前に予測し、閉塞材料や閉塞方法について検討しておくことが重要である。

以上を踏まえ、撤去埋め戻し技術における技術開発の方向性をまとめ、表-1に示す。

4. おわりに

以上、代表的な地下構造物における再生・廃棄の現状と、大深度地下構造物の再生と廃棄における技術的課題について述べるとともに、開発の方向性については下水道管路における更新技術を基に記した。いずれにしても大深度地下構造物の再生・廃棄を考える上で、既設構造物の転用を考慮して検討することが重要と

表－１ 既設管非開削撤去における技術課題と方向性

技 術 課 題	既設管渠等地下構造物の非開削撤去技術	
技術開発の必要性・背景		期待される効果
・不要あるいは老朽化した地下構造物は、将来地下利用計画のないところでは、内部を埋戻す等により廃棄できるが、通常の場合は撤去する必要がある。 ・このため、管渠等地下構造物を設置時と同様に、開削工法等により撤去作業が行われると、道路等の交通渋滞、周辺住民への環境対策が必要である。		・周辺環境、経済活動への悪影響をなくす。 ・地下構造物の撤去により発生する建設副産物の抑制効果が期待される。 ・撤去後の空間に他場所で発生した建設副産物の処理が可能となる
技 術 開 発 の 方 向 性	1. 地下構造物を非開削工法により撤去するシールド工法および施工技術 ①セグメント等をトンネル内で撤去可能なシールド機械 ②トンネル内で鉄筋、鉄板等の建設副産物以外の材料分別方法 ③分別されたコンクリートガラ等の建設副産物を他場所で発生した土砂等の建設副産物と混合し、撤去トンネル跡に埋戻す技術 (性状改善、再利用技術) 既設管渠等地下構造物の非開削撤去技術の模式図 2. 大量の埋戻し材料の坑内への投入・搬入技術 既設トンネルへの土砂搬入技術 (圧送、空気カプセル輸送等) ゼロエミッションが求められている現状では、破砕したコンクリートガラ等の建設副産物を内部の埋戻し材料として、再利用ができるためニーズにかなった方法である。	

言える。また地下構造物は取替えに多くの費用と時間を要することや、構造物の検査・診断が困難であるなどから、技術の方向性としては、地下構造物建設時に補修・補強を考慮して構築することが重要と考える。

最後に、本稿は土木学会地下空間研究委員会維持・再生小委員会の活動としてまとめたものである。メンバーの亀村勝美氏（大成建設（株））、安藤慎一郎氏（（株）竹中土木）、高瀬行廣氏（横浜市下水道局）、田中徹氏（戸田建設（株））、梨本裕氏（前田建設工業（株））の各氏にここで謝意を表する。

参考文献

- 1) J T A 保守管理委員会：建設・保守管理へのフィードバック（1），トンネルと地下，1998.5
- 2) 日経コンストラクション：「機能アップ」次の一手，2002.7.12
- 3) 平井光之、藤原康政、粕谷太郎、山田和夫：地下構造物の維持管理上の要件とライフサイクル設計，地下空間シンポジウム論文・報告集，第4巻，1999.1
- 4) 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（長期耐久性部門），2002.3