

地下構造物の維持管理上の要件とライフサイクル設計

Requirements for management and maintenance of underground structures and life cycle design

平井光之*・藤原康政**・粕谷太郎***・山田和男****

Mitsuyuki HIRAI, Yasumasa FUJIWARA, Taro KASUYA, Kazuo YAMADA

Since the postwar high economic growth, underground structures such as tunnels have been constructed at a remarkably rapid pace. Currently, an increased number of such structures are suffering from deterioration due to aging. On the other hand, because of change in use mode, structures requiring renewal have been ever increasing.

The management and maintenance sub-committee under the committee on underground space research of Japan Society of Civil Engineers listed, through case analysis, technical problems related to reparation, reinforcement, renewal of underground structures, and feedback items for planning and design work. These problems and items are summarized as proposal subjects. In addition, the life cycle cost of some underground structures was estimated, and problems to be tackled were investigated.

Key words : underground structure, management and maintenance, life cycle cost

1. はじめに

戦後の高度成長期から始まった我が国社会資本の整備と共に、トンネルや下水道管、地下街等の地下構造物の建設も急速な伸びを示した。これらの構造物はすでに30～40年経ており、経年劣化による老朽化が進んでいる。また利用形態の変化による機能の拡充や、建設当時との環境変化による補修・補強などが必要となる構造物も増大している。一方で、我が国の少子化と高齢化に伴い、メンテナンスに関わる人手不足が現実化していることや、地下構造物の更新には多大の費用と期間がかかること、さらに地下構造物は公共性が高いため補修・補強・更新を実施するには、供用しながらの施工となるなど、地下構造物の維持管理を行う上で難しい問題が残されている。

土木学会地下空間研究委員会維持・管理小委員会では、地下構造物の維持管理に関する、今までの事例分析を通して、補修・補強・更新時に生じる技術的課題や、計画、設計あるいは建設段階で考慮すべき事項の抽出を行い、新たな提案事項としてまとめた。また、地下鉄道と下水道管路を取り上げ、ライフサイクルコスト試算を試み、今後の課題について考察した。

キーワード；地下構造物、維持管理、ライフサイクルコスト

- * 正会員 ハザマ土木本部技術設計部
- ** 正会員 清水建設土木本部技術第二部
- *** 正会員 鉄建建設エンジニアリング本部技術企画部
- **** 正会員 竹中土木技術本部技術部

2. 地下構造物の建設と維持管理に見る変遷

表－1 分野別老朽化度

我が国のトンネル建設のあけぼのとなったのは、1874年に開通した石屋川鉄道トンネルといえる（表－1）。それ以降、鉄道トンネルや電力施設の水路トンネルが次々と造られてきた。そして、1927

分野	初期の建設	老朽化施設割合
道路トンネル	(1963に初めて高速道路開通)	・1950年以前のトンネル約20% ・1970年以前約50%
鉄道トンネル	・石屋川トンネル開通(1874)	・50年以上経たトンネル約30% ・100年以上経たトンネルもある
地下鉄道	・銀座線浅草～上野間開業(1927)	・50年以上経たトンネル約7% ・25～50年約40%
下水道	・明治時代に初めて建設	・50年以上経た管路約13%（東京都）
地下街・共同溝	・須田町ストア地下街開設(1932)	
電力施設	・明治中期に建設	・50年以上経た水路トンネル約55% ・100年以上経たトンネルもある

年には我が国初めての地下鉄道が、1932年には須玉町ストアの地下街が開設されるなど、各種の地下構造物が建設された。また戦後の成長期にはインフラ整備と相まって、トンネルや下水道、地下街等の地下構造物の建設は急速な伸びを示した。特に道路トンネル建設は、モータリゼーションの到来や高速道路の普及と共に、1960年代以降著しく増加した。

一方、地下構造物の取り替えには多大の費用と期間がかかることもあり、古くなった施設を維持・補修しながら利用し続けているのが現状である。コンクリート構造物の耐用年数とされている50年を経過した構造物の割合は、水路トンネルが55%と極めて多く、次いで鉄道トンネルの30%、道路トンネルの20%などとなっている。また鉄道トンネルや電力施設の水路トンネルには、100年を越えてなお現在供用され続けているものもある。

表－2 施工方法およびマニュアル類の変遷

時代	地下構造物の施工法	地下構造物マニュアル類
1950年代	・開削およびトンネル工法は木製支保工方式。 ・岩盤掘削には導火線発破。 ・コンクリートは現場練りシュート打設方式が主流。	・国鉄より「土木建造物保守心得（案）」制定(1956)。
1960年代	・開放型シールド工法が普及発展。 ・開削およびトンネル工法は鋼製支保工方式に移る。 ・岩盤掘削に電気管を使用。 ・コンクリート打設はエアー方式のブレース等普及。	・土木学会より「トンネル標準示方書」発行(1964)。 ・各事業者毎に保守、検査、変状調査、取り替え修繕等の書類が整備され始める。
1970年代	・開放型シールド工法の大断面化と共に密閉型シールド工法とコンクリートセグメントの開発普及。 ・開削工法は地下連続壁工法が普及。 ・鋼製支保工を用いた複線トンネルが多くなる。 ・生コンクリートによるポンプ打設の普及。	・国鉄より「土木構造物の取替標準」発行(1974)。 ・日本道路協会より「道路トンネル便覧」発行(1975)。 ・日本道路協会より「道路維持修繕要綱」発行(1978)。
1980年代	・大断面密閉型シールド工法とセグメントの発展。 ・大深度地下連続壁を用いた開削工法の発展。 ・NATMの急速な普及により大断面山岳トンネル技術の発展と都市域土砂NATMの普及。	・土木学会より「トンネル標準示方書（開削編、シールド編、山岳編）」の改訂版発行(1986)。 ・各事業者毎に地下構造物に対する維持管理要領が整備され、さらに補強、補修、近接施工マニュアルも整備され始める。
1990年代	・2連、3連大断面密閉型シールド、異型断面シールドの開発と発展。 ・鋼製連続壁、SMW工法等多様な山止工法による開削工法の発展。 ・ケーソン工法の自動掘削開発。 ・アンブレラ工法等NATMの補助工法の多様化等による大断面都市域NATMの発展。 ・TBM工法の普及。	・日本道路協会より「道路トンネル維持管理便覧」発行(1993)。 ・土木学会より「トンネル標準示方書（開削編、シールド編、山岳編）」の再改訂版発行(1996)。 ・鉄道総研より「変状トンネル対策工設計マニュアル」発行(1998)。 ・各事業者毎に地下構造物に対する耐震補強の見直し、工事の実施。 ・新規工事に維持管理を考慮したメンテナンスフリーなどの設計が採用され始める。 ・地下構造物の維持管理における不具合事例を新規建設時の設計にフィードバックされ始める。

また、表－2に示すように、地下構造物の施工方法は近年めざましい発展を遂げている。特に、山岳トンネルにおいて1980年代以降、急速に普及が進んだNATMでは、防水シートを用い、コンクリートを全面打設するため漏水がほとんどなく、維持管理の上でもトンネル工法の画期となった。最近では、NATMの補助工法が発達し、幅広い地層と大断面への対応も可能となっている。一方、シールド工法は、1960年代から地下鉄道等を中心に普及し始め、1970年代からは様々なシールド工法の開発により、現在では開放型から密閉型がほとんどを占めるようになってきている。最近では多連や異型断面シールドなど、応用技術の開発が盛んに行われている。

マニュアル類については、1964年に初めて体系だったマニュアルとして「トンネル標準示方書」が土木学会から発行された。その後、土木学会、建設省、道路公団が示方書、基準類の発行改訂を重ねてきた。また、維持・補修面では、1956年に国鉄で「土木構造物保守心得（案）」が制定されたが、まだこの頃は戦後の復興時期であり、関心はもっぱら新規建設に向いていた。しかし近年になって、鉄道総研から「トンネル補強・補修マニュアル」や「変状トンネル対策工設計マニュアル」、日本道路協会から「道路トンネル維持管理便覧」などの維持管理に関するマニュアル類が出された。

地下構造物建設ピーク時の施設は建設後すでに30～40年経ており、施設の老朽化に伴う補修・補強が今後急激に増大する傾向にある。

3. 地下構造物別建設の現状と課題

3.1 鉄道トンネル

表－3 鉄道トンネルの主な改築事例¹⁾

(a) 鉄道トンネルの現状

鉄道トンネルは、1994年現在、JR全体で約3,600ヶ所、総延長は約2,100Kmに及んでいる。このうち、新幹線トンネルは約570kmあり全体の3割弱を占めている。また、総延長の30%以上が戦前に建設されており、中には供用後100年を経たトンネルもある。表－3の改築事例に示すよう

トンネル名	目的	改築範囲	作業条件	既設覆工
背函T	維持・管理		活線	コンクリート
篠ノ井線 冠着T	変状対策		活線	レンガ
函館本線 神居T	変状対策		活線	コンクリート
信越本線 塚山T	変状対策		活線	コンクリート
只見線 六十里越T	変状対策		活線	コンクリート
飯山線 内ヶ巻T	変状対策		全面停止	Cブロック
伊豆急行 稲取T	震災復旧		全面停止	コンクリート
神戸電鉄 東山T	震災復旧		全面停止	Cブロック
山陰線 白鹿T他	電化	アーチ部拡幅	活線	レンガ
箱根登山鉄道塔の峰T	複線化	全断面拡幅	活線	レンガ、石積
江差線 別当T	電化	全断面拡幅	活線	
筑肥線 白石・姉子T	電化	アーチ部拡幅	活線	コンクリート
総武本線 蛇園T	電化、劣化	全断面拡幅	活線	コンクリート
羽越本線 折渡T	電化、高速化	全断面拡幅	別線切替	シールド
福知山線 日出坂T	電化	全断面拡幅	全面停止	レンガ、石積
田沢湖線 仙岩T	電化	アーチ部拡幅	全面停止	コンクリート

に、覆工材料はコンクリート、レンガ、石積み、など種々存在している。今後経年劣化によるトンネルの補修・再生件数が益々増大していくことが予想される。また、鉄道トンネルでは電化に対応するための改築が多いことがわかる。

(b) 維持・管理上の要件

作業条件としては活線改築が多い。もとより鉄道トンネルは公共性が高く、迂回路線が少ないことから活線改築が多いことは当然といえる。また、メンテナンスを計画的に実施するためには建設時の記録を残すことが重要であり、鉄道総研では、鉄道保守に関するデータベース化を図っている。

(c) 補修・再生工事実施上の課題

対策工を施工する場合は、対策工によって引き起こされる影響を含めて検討する必要がある。古いトンネルはレンガ積みのものが多いため、レンガに対応したはつり作業の技術開発が今後必要と考えられる。

また、活線化での改築が中心となるため、材料運搬方法、施工方法、安全確認方法等の研究も重要である。

3.2 道路トンネル

(a) 道路トンネルの現状

鉄道トンネルや下水道管路に比較して、道路トンネルの歴史は浅く、本格的な道路トンネルが各地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、それ以降、急速に道路トンネルが建設されることになる。

維持管理の歴史も当然浅いが、道路トンネル延長の急速な増大を鑑みると、その取り組みの重要性が急速に増している。また、トンネル部は明かり部に比べ、保守点検、側壁などの清掃費、光熱水費などの供用後の維持管理費が約 6 倍程度高く、建設時に維持管理を踏まえた構造物を作ることが極めて重要である。表－4 にこれまで実施された主な改築事例を示す。

交通量の増大に伴う拡幅、増設が改築の大きな動機になっていることがわかる。

表－4 道路トンネルの主な改築事例²⁾

トンネル名	目的	改築範囲	作業条件	既設覆工
国道 8 号線郷津T	廃線トンネルを拡幅	拡幅		レンガ
国道 25 号線・関T	変状対策	補修、補強	全面停止（新設トンネルに切替）	コンクリート
東名高速道路日本坂T	劣化（火災）	補修	全面停止	コンクリート
一般国道 387 号・引治T	交通量増大・劣化	拡幅	活線	コンクリート
一般国道 45 号線 松島T	交通量増大・劣化	拡幅	活線	
国道 168 号 磐船T	交通量増大	拡幅	活線	コンクリート
神戸市第 2 布引T	交通量増大	拡幅、増設	活線	コンクリート
瀬田アートT	交通量増大・美観	拡幅	全面停止	コンクリート
横浜新道（拡幅）保土ヶ谷T	交通量増大	拡幅、増設	全面停止（新設トンネルに切替）	コンクリート
新門司港大里線 鹿喰T	交通量増大	拡幅、増設	全面停止（新設トンネルに切替）	Cブロック
スエズの塩害T	劣化	補修、補強	活線（夜間作業）	セグメント
都市計画道路北方線 見晴T	交通量増大	拡幅、増設	全面停止（新設トンネルに切替）	Cブロック
一般県道宮古港線 小山田T	変状対策	補修・補強	全面停止（歩行者の通行確保）	コンクリート
東名改築 都夫良野T	交通量増大・劣化	補修、拡幅	全面停止（新設トンネルに切替）	コンクリート
天王山・梶原T	交通量増大・劣化	拡幅	全面停止（新設トンネルに切替）	コンクリート
国道 17 号芝原T	劣化	補修	活線	コンクリート

(b) 維持管理上の要件

トンネルの改築に当たっては、通常の道路交通を確保することが望まれる。そのため、既設トンネルの拡幅工事では、交通の確保のためプロテクターによる保護が行われたり、既設トンネルに並列して、新規にトンネルを増設し交通を確保した上で、既設トンネルを拡幅するなどの方法が採用されている

(c) 補修・再生工事実施上の課題

構造物としての耐用限界よりも早く、交通渋滞の発生等、機能的耐用年数の限界のため、拡幅、増設等が必要になる場合が多い。そこで、将来の交通量増大を予測し、増設に対応しやすいような坑口の位置を適切に選定しておくなど計画時の配慮が望まれる。

既設トンネルを撤去して拡幅する場合、旧トンネルの覆工等の解体に伴って発生する廃棄物の処理、再資源化も近年の大きな課題である。天王山、梶原トンネルの例では、解体した覆工コンクリートガラを 10cm 以下の粒径にクラッシャーで破碎し、盛り土材として再利用した。

3.3 電力施設

(a) 電力施設の現状

各種電力施設の中で地下構造物の代表は、水力発電所の導水路・放水路トンネル、地中送電用洞道といえる。我が国の電力会社の保有する水力発電所は約 1200 箇所あり、水路トンネルの延長は 5000km 近くに及

んでいる。これらの発電所は明治 20 年から昭和 30 年にかけて数多く建設されており、建設後 50 年を経過している水路トンネルは約 2600km に達しており、全体の約 55%を占めている。地中送電線用洞道は昭和 30 年代以降の高度経済成長に伴った電力需要の増大に合わせて建設が進められてきた。その結果、現在 600km 以上の洞道が供用されている。

(b) 維持管理上の要件

水路トンネルの半分以上が建設後 50 年以上経過しているため、多くのトンネルで、洗掘による覆工の摩耗や表面コンクリートの経年劣化とそれに伴うひび割れの発生が進行している。また、水路トンネルの供用中に発生した事故の多くが「落盤」と「地表面の陥没」であり、その原因としては「トンネル背面の空洞」、「覆工コンクリートの巻き厚不足」等の施工不良によるものが多い。このように経年劣化と施工不良に起因した不良個所の補修が今後さらに増加してくると思われる。

水路トンネルの補修は、断水に伴う発電停止を余儀なくされるので、その期間を極力少なくするために健全度（劣化）診断のための点検・調査と施工の急速化が要求されている。

(c) 補修・再生工事実施上の課題

現在、補修・再生を必要とする地下電力施設は圧倒的に発電所水路トンネルが多い。対策工としては

- ①覆工コンクリートやインバートコンクリートの撤去・再構築
- ②覆工コンクリートやインバートコンクリートの表面はつりと内巻きコンクリート打設
- ③裏込め注入

などが代表的なものとなっている。このような対策工の実施にあたっては、前述したように発電所休止期間を極力短縮するための施工の高速化を進める事とともに、補修後に水流による表面の劣化を少なくするために高耐久性の材料を使用する事が重要であり、さらなる研究開発が望まれる。また、背面空洞等の施工不良がある場合には、同時にその対策も合わせて実施することが必要と言える。

対策の必要性、緊急性等を的確に客観的に判定するためには、施工不良の状況も同時に判定できる「劣化度評価方法」と「余命予測方法」等が重要な役割を果たすが、現状ではまだ不十分であり、データの蓄積に基づく技術の確立が望まれている。

また、「劣化度評価方法」と「余命予測方法」を考慮した合理的な補修・補強設計方法の確立が今後の重要な課題である。

3.4 都市地下鉄道

(a) 都市地下鉄道の現状

都市地下鉄道は、昭和 2 年東京地下鉄道(株)により銀座線浅草～上野間(2.2km)で初めて開業して以来、現在では全国 9 都市で約 600km の路線延長に達している。建設時期は概ねそれぞれの都市における社会経済の発展段階とリンクしており、東京、大阪、名古屋で昭和 30 年代～40 年代に、他の地方中心都市がこれに続いている。

構造的には箱形トンネル、シールドトンネルが主体で、それぞれ総延長の 68%、20%を占める。建設時期との関連では、当初、開削工法による箱形トンネルが主体であったのが、近年はシールドトンネルの割合が増えてきている。この背景には、①開削工事による道路交通への影響、②輻輳する埋設物への影響、③施工技術の進歩、などがある。

(b) 維持管理上の要件

都市地下鉄道の維持管理上の対象となる事象は、①漏水、②コンクリートのひび割れ、剥離、③鉄筋の腐食などである。構築物の劣化の原因としては、コンクリートの中性化、海水による塩害、周辺地盤の圧密沈下などが考えられる。

大都市の大量輸送機関としての性格上、安全の確保はもとより、列車の正常な運行の確保が最優先される。このため、構築物の劣化を未然に防止し、あるいは適切な処置を講ずるために検査基準と検査体制の充実が

不可欠である。さらに検査結果に基づく健全度の判定、補修が必要と判断された場合の適切な施工方法の選定、長期的に見た抜本的対策の立案などが要求される。

(c) 補修・再生工事実施上の課題

近年の維持管理、補修・再生の事例から指摘される課題として以下のようなものがある。

① 漏水処理費用

構造物内へ流入する周辺地下水について、従来から線路内排水溝へ導水し、最終的に下水道へ放流してきたが、この下水道料金の負担が維持管理上の大きな悩みの種となってきた。より止水性の高い構造物の設計手法、あるいは補修時の止水方法の高度化などが望まれる。

② 設計条件の変化による影響

近年の都市部の揚水規制によって地下水位が回復してきた結果、構造物に作用する水圧が当初建設時に比べ大きくなる、あるいは地下鉄道に近接して他の地下構造物が新たに建設されるなど、周辺環境の変化による構造物への影響の評価、対策工の検討の必要性が増している。

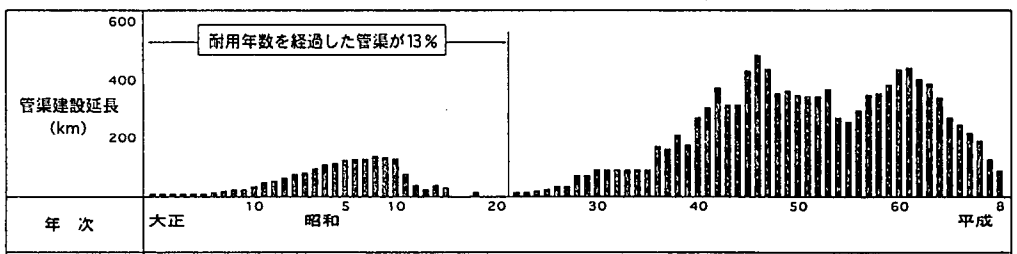
例えば、営団地下鉄銀座線赤坂見附～虎ノ門間では一部トンネルの作り替えが実施されている。これは長期にわたる地下水揚水が原因で周辺地盤の圧密沈下が生じトンネルが変状を起こしたためである。このような営業線でのトンネル更新（再構築）には莫大な費用と工期を要することを考えると、当初設計時に設計条件の将来予測を充分考慮することや補修・補強に考慮した内空断面の確保などが望まれる。

3.5 下水道

(a) 下水道の現状

我が国の下水道管路施設は約 100 年前の明治時代にその起源をもち、全国での普及率は平成 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。特に東京都では平成 8 年度末に区部で 100%、多摩地区で 88% の高普及率に達している。

建設後の経過年数がコンクリート構造物の耐用年数である 50 年を越えた管路施設は 13 政令指定都市で 4361km に達している。東京都では図－1 に示すように建設後 50 年を経過したものが全体の 13% に達し、経年劣化により管の耐力が失われ、ひび割れや断面の欠損などが生じ、下水管の破壊のみならず道路陥没の原因となっている。



図－1 下水道管渠建設延長の経年分布（東京都）³⁾

(b) 維持管理上の要件

下水道管路の破損は、壁面ひび割れ、たるみ、蛇行、継ぎ手部のずれ、もしくは硫化水素による管の腐食に伴う劣化等がある。一般市民が目撃あるいは体験する下水道管路の破損に関する状況としては、道路面のひび割れ、道路の陥没、管路の閉塞等による溢水等がある。これらの下水道管破損による被害が発生してからの対応は社会的影響の大きさもさることながら、費用も嵩むことから、未然にそれを防止するための予防的な対応の必要性に関する認識が高まりつつある。

予防的維持管理を行うためには、計画的に管内の状況を調査・点検し、劣化の程度と優先順位を明らかにした上、必要な清掃や補修についての適切な手法を用いて補修を実施することが効率的である。さらには、この予防的維持管理に要する費用とこれによって軽減されると予測される故障や事故、あるいは管路の更新

費用との比較検討を管路のライフサイクルを見据えて実施することが重要である。

(c) 補修・再生工事実施上の課題

管路施設の材料であるコンクリート、陶器、塩化ビニル、鋳鉄、FRPM等の耐用年数は50年を目途に考えられており素材としての考え方は問題ないが、力学的に荷重が大きくかかる箇所、地盤沈下などによる損傷、腐食の影響の大きい箇所などについては場所を特定した上、重点的に補修を行うなどの対応が必要である。豊富な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益々重要となってくると推定される。

3.6 地下街・共同溝

(a) 地下街・共同溝の現状

我が国の地下街建設は昭和7年、東京の地下鉄駅（須田町駅、京橋駅）のコンコースを利用した地下街の開設に始まる。本格的な地下街建設は昭和32年に東京池袋東口地下街、渋谷名店街、名古屋地下街、地下鉄名古屋駅地下街、地下鉄栄地下街、大阪なんなんタウンなど9地下街がいきよに開設されたのを皮切りに大規模な建設が始まった。

共同溝については、道路の掘り返しによる交通障害等の防止の目的で、関東大震災後の復興事業の一環として試験的に3ヶ所で建設されたことに始まる。その後、昭和38年に「共同溝の整備等に関する特別措置法」（共同溝法）が制定され道路付属物としての共同溝の法的位置づけが明確になり、費用負担方式が規定されてから本格的な共同溝整備が始まった。平成7年には共同溝整備基本計画により今後長期にわたって共同溝を整備すべき都内の幹線道路約650kmを抽出されるなど政策的な整備が着々と進められている。

(b) 維持管理上の要件

地下街、共同溝などは都市地下鉄道のように列車通行等による検査・点検時間帯の制限、あるいは下水道のように人間が直接観察できないなどの制約条件はほとんどないと考えられる。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、他の都市地下構造物で共通の課題である地下水の流入（漏水）等に関しては同様の対応がなされていると推定される。

(c) 補修・再生工事実施上の課題

阪神・淡路大震災では、共同溝に収容された公共物件の被害はほとんど見られず、ライフラインを直接埋設した場合に比べた地震時安全性が実証された。

一方、利用者増に対応した都市部地下利用の高度化要求は今後ますます大きくなるものと予想される。例えば、横浜駅西口地下街3、4階駐車場建設工事のように、需要増に対応するため、既設構造物をアンダーピニングしながら、その下部地下空間を掘削して地下駐車場を増設するなどの事例がある。

共同溝整備事業と地下街、地下駐車場、地下鉄道等の建設は一体化して事業計画を立案することのメリットは大きく、ライフサイクルコストの削減をも念頭においた長期的な視野からの計画がますます望まれる。

4. 地下構造物とライフサイクルコスト（LCC）

ここでは、比較的大きい地下構造物の一つである都市地下鉄道と我が国では歴史の古い下水道管路におけるライフサイクルコストの試算例を紹介する。

4.1 都市地下鉄道

初期投資額と維持管理費用の関係を都市地下鉄道の路線の事例から大まかに比較してみたのが表-5である。①路線はオリンピック前後に急ピッチで施工され、建設費を抑制ぎみにしたケース、②路線は昭和60年前後に施工され、

表-5 路線による建設費と維持管理費の傾向

	建設費 (H9年度単価・指数)	維持管理費 (元年～8年実績・指数)
①路線	100	100
②路線	230	30

注)①路線の工事費を100として比較した。

設計指針なども充実した条件で、十分な建設費を投入したものである。

両者の路線延長は概ね同一である。一方、①路線の方が②路線より地上構造物を多く含んでいるという条件の違いがあるが、区分けするに足る資料がないためここではそのまま比較した。

比較指標は土木構造物（一部地上構造物含む）に関わる建設費と維持管理費で、建設費は建設年度の違いを考慮し建設省公表のデフレータを用いて補正した。一方、維持管理費は、土木構造物の機能保持を目的とした維持費と、機能改善を目的とした改良費からなり、平成元年度～平成8年度の値である。

比較結果から、十分な設計・施工を行い、工事費を手当したものは、そうでないものに比べて維持管理費が低くなる傾向がみられる。ただし、古い路線と新しい路線では20年程度の供用年数の差があり、当然古い路線の方が老朽化によるコスト増を含んでおり、本来、この点の補正が必要であるが、ここではそこまで考慮していない。

4.2 下水道管路

東京都下水道局において、東京都区部の管渠全体のライフサイクルコスト分析に基づく経済的耐用年数を試算したところ、概ね75年という結果を得ている（図－2）。

同図は、健全な管渠や軽微な損傷の管渠は補修などで延命化を図り、90年・100年でも使用するが、重大な損傷が発生している管渠は50年でも更新することとした場合、管渠全体の経済的な更新年齢が概ね75年前後であるということを示している。

また、別の試算では、

①計画的に維持管理を行うことにより故障・閉塞などの障害の発生件数が1/3程度となる。

②施設の加齢とともに、障害の発生件数は増加し、計画的な維持管理を行わない場合、現況における発生件数の10～20倍以上の障害発生がピーク時には予想される。

などの結果が得られている。

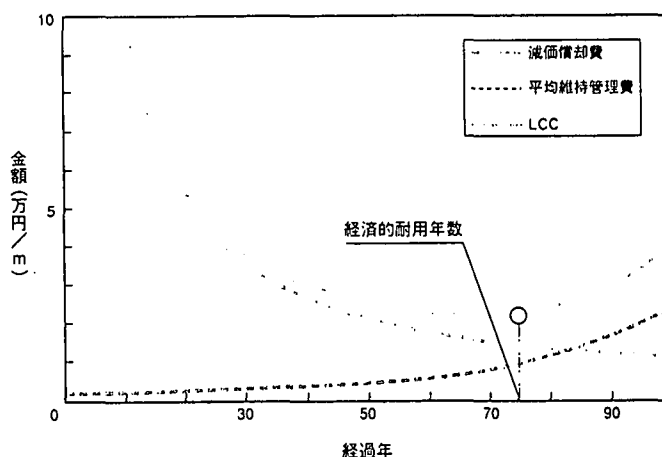
5. おわりに

地下構造物の補修・再生事例から計画、設計、あるいは建設の各段階で考慮すべき事項について検討した。今後、こういった知見の共有化をさらに進め、地下構造物の整備、維持管理方法の向上に繋げていきたい。

最後に、本報告は、本小委員会メンバーである清水建設（株）土木本部技術第二部竹林亜夫、帝都高速度交通営団工務部山村明義、戸田建設（株）土木工事技術部関根一郎の各氏との共同研究成果である。ここに記して謝意を表する。

（参考文献）

- 1) 例えば、片寄他：緩やかな膨圧現象と付き合って30年、トンネルと地下、1997.3
- 2) 例えば、寺尾他：わが国初の高速道路トンネルを拡幅改良－名神高速道路天王山トンネル－、トンネルと地下、1997.11
- 3) 東京都下水道局：下水道施設の再構築－老朽化施設のリニューアル－



図－2 管渠のライフサイクルコスト試算例³⁾