

地下鉄トンネルにおける変状評価に関する考察

新才 浩之¹・日比野 直彦²・森地 茂³

¹正会員 東京地下鉄株式会社 (110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6)

E-mail:h.shinsai@tokyometro.jp

²正会員 政策研究大学院大学准教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木 7-22-1)

E-mail:hibino@grips.ac.jp

³名誉会員 政策研究大学院大学特別教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木 7-22-1)

E-mail:smorichi.pl@grips.ac.jp

日本国内の高度経済成長期に整備された社会資本は、今後急速に高齢化することが懸念されている。東京メトロが維持管理している土木構造物は2012年時点で23%が50年以上経過しており、今後10年で約55%に急増する。本研究では、今後さらに高齢化が進行する土木構造物の維持管理の重要性を勘案して、東京メトロの地下鉄トンネルを対象とし、トンネル内に発生する変状について、過去の定期点検のデータを活用したデータベースを作成する。さらに、変状の種類及び程度に着目し、複数の指標による複合的な要因があることを明らかにするものである。

Key Words : *subway tunnel, maintenance, periodic check, deterioration*

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下東京メトロという）は、平成20年に開業した副都心線を含め全9路線、営業キロ195.1kmの土木構造物を維持管理している。維持管理対象である土木構造物のうち約85%をトンネルが占めており、約60%が開削トンネル、約25%がシールドトンネルである。最も延長が長い開削トンネルには供用開始から80年以上経過している区間も含まれている。また、供用開始から50年以上経過している延長は2012年時点で約23%を占め、さらに10年後の2022年には約55%の延長が50年以上経過することになる。したがって、事業者にとっては、経年劣化する地下鉄トンネルの特性を把握した上で、今までの維持管理の経験を活かし、これまで以上に効果的かつ効率的な維持管理が必要であることが明確である。

現在の東京メトロの維持管理は、運転保安、列車の正常運行及び旅客、公衆等の安全の確保を前提に、日常の巡回、定期的実施している全般検査、劣化が著しい箇所等に対して行われる個別検査、異常時に行われる随時検査に体系化されている。これらの検査によって作成された検査記録を基に、変状の種類や程度により日常的に補修工事を実施している。しかしながら、軽微な変状も含めた全ての変状に対策を施すことは難しく、今後土木構造物が高齢化するにしがた、増加すると考えられる変状に優先順位を付けると伴に、事後保全だけでなく、長寿命化を視野に入れて、劣化の進行が予測できる箇所

においては予防保全を実施することで効果的かつ効率的に維持管理することが重要である。

数多くの行政機関や事業者においては予防保全への取り組みとして土木構造物のアセットマネジメントを試行または導入しつつある。東京メトロにおいても、独自にアセットマネジメントを必要なマネジメント手法として、平成17年度に開発検討に着手した。しかしながら、システム上不可欠な劣化予測式が完全には確立されていないこと、予測に必要な測定指標にばらつきが多くあること等の理由から、導入に関しては客観性、論理性に欠ける段階であると判断している。

以上を踏まえて、本研究では東京メトロの路線について、蓄積された検査記録を活用して維持管理に必要と考えられるデータを作成すること、また変状の種類及び程度に着目し、複数の指標による影響を明らかにすることを目的とする。

検査記録は、これまで2年以内に定期的実施している通常全般検査の記録を活用する。対象とする変状は平成16年度から平成23年度までに発生したものとす。検査記録は補修計画を策定するための記録として作成しているため、検査年代の基準で作成していることや検査員の判断により判定を変更していることなど必ずしも構造物の程度をそのまま表記しているものではない。したがって、純粋な構造物の劣化を評価するために、検査記録を見直し集計することでデータを作成し、分析している。

2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

土木構造物の維持管理者には、管理対象である土木構造物を常に利用者が不都合なく利用できる状態に維持し続けることが求められる。コンクリート構造物の維持管理の基本的な考え方については、土木学会「コンクリート標準示方書〔維持管理編〕」¹⁾において示されている。また、鉄道のコンクリート構造物については、鉄道技術総合研究所「鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）」²⁾において示されている。

近年、時間制約、予算制約など様々な制約の下、より効率的な維持管理をしていくための手段として、将来の劣化を予測し、維持管理計画を策定するアセットマネジメントが注目され、試行・導入されつつある。

劣化予測については、目視点検データを利用したものがこれまで数多く研究されてきている。貝戸ら³⁾は統計的劣化予測を主体とした方法論を構築してきており、目視点検データが、アセットマネジメントの初歩的な情報である一方で点検マニュアルそのままに判定されているのではなく、なんらかの判断を加味した意思決定の結果が健全度として集約されたものであると指摘している。

また、実際の構造物を対象に目視点検データを利用した効率的な維持管理手法の研究が進められている。加藤ら⁴⁾は橋梁を対象とした津田ら⁵⁾の研究をもとに、山岳トンネルの劣化予測を行っている。また、堀江ら⁶⁾は通信トンネルを対象に、統計的手法に基づく分析と力学的メカニズムに基づく分析により維持管理計画の最適モデルを構築している。

また、現在まで検討されているアセットマネジメントの課題として、那須⁷⁾はシステム内で利用する劣化モデルが最適化機能と整合する精度レベルではなく、特に劣化現象が複雑なコンクリート構造物において様々な劣化モデルが複合的に適用されているものの、その精度確認があまり行われていないことを挙げている。

さらに、土木学会「最近のアセットマネジメント適用現状とその課題及びトンネル構造物へのケーススタディ」⁸⁾では、国、地方自治体、鉄道、道路、エネルギー、通信他の計150の行政期間担当局、事業者のアセットマネジメントの導入状況のアンケートを実施している。アンケートを集計した結果、重要な課題として、データベースの構築、劣化予測システムの構築を挙げている。

以上を踏まえて、本研究では地下鉄トンネルを対象に目視・打音による定期点検データを活用してデータを作成する。また、アセットマネジメントの構築の前提となる現時点での維持管理重点箇所の発生・遷移要因を把握するために、鉄筋コンクリートの劣化に起因すると考えられる複数の指標で複合的に評価することで、今後の維持管理の重点箇所を明らかにするものと位置付ける。

3. 東京メトロの維持管理の概要

(1) 劣化・変状

地下鉄トンネルに生じる劣化・変状による不具合としては、ひび割れに起因したトンネル背面の地下水の漏水やトンネル表面の水分によるコンクリート中の鉄筋腐食の加速（＝耐久性の低下）、レールの電食や信号等の施設への悪影響（＝使用性の低下）などが挙げられる。また、鉄筋の腐食膨張の進行による表面（かぶり）コンクリートの剥離もリスクとして存在し、大きなひび割れや空洞の存在は鉄筋腐食を加速させる要因となる。

(2) 検査・補修

東京メトロの維持管理は、日常の巡回（徒歩及び列車による巡回）、2年毎の通常全般検査（目視調査及びハンマーによる打音調査）及び昨年度から実施している20年毎の特別全般検査により、コンクリート表面のひび割れや漏水、鉄筋露出、浮き等の各変状の抽出と進展を確認している。通常全般検査においては、開始されてから3カ月以内に終了することとし、検査終了後4カ月以内に補修計画を定めることとしている（個別調査等で期間を要する場合はこの限りではない）。策定した補修計画に基づき、次回検査時までに必要な措置を施し、記録を蓄積することとしている。

以前は検査員の経験重視の判定がなされていたが、経験のある社員の退社、検査の外注化が進む中、近年の調査・研究で得られた根拠にできるだけ基づき、ばらつきのない検査判定を実施することを目的として、「維持管理の手引き」を作成している。「維持管理の手引き」では地下鉄トンネルに特化するひび割れ、鉄筋露出及び漏水などの変状の状態を分類し、観察すべきポイントや変状の状態と耐久性判定の根拠、具体的な判定フローといった項目をできるだけ可視化して具体的な表現で示している。また、平成19年度には土木構造物の検査・計画に特化した部署を設置し、体制を強化することなどで土木構造物の維持管理を行ってきた。

補修に関しては、検査時に判断した判定区分により漏水が見られた場合は、旅客や施設物への影響度を勘案し、できるだけ止水する工法で補修している。

また、コンクリートに浮きが見られた場合は、除去して、断面修復を行い、耐久性を回復させるとともに、ひび割れ補修等の工事も日常的に実施している。さらに、必要に応じて非破壊・微破壊検査により測定する詳細調査も行っており、コンクリートの中酸化深さや塩分濃度、鉄筋の腐食度状況などの各検査結果に応じて必要な補修・補強などの対策を実施している。

4. 対象構造物・路線の選定，データ作成及び劣化判定の整理

研究対象の構造物及び路線については，今後の維持管理重点箇所を見出すことを目的に選定する．データ作成については，複数の検査記録から情報を抽出し，本研究のみならず，今後の維持管理で活用しやすいデータとして一元化する．劣化判定の整理については，蓄積された検査記録を基に，マニュアルに記載されている通りの現在の維持管理の基準で客観的に見直し，変状1箇所ごとに再度判定し，整理する．

(1) 対象構造物・路線の選定

本研究の対象構造物・路線については銀座線，日比谷線及び東西線の開削トンネルの駅間とする．図-1に50年以上経過する路線延長を示す．銀座線は東洋初の地下鉄として1927年に開業してから85年経過し，全延長が既に経年50年以上と最も高齢化している路線である．日比谷線は5年後には全延長が経年50年以上となる東京メトロでは3番目に古い路線であり，近い将来維持管理を重点的に実施する必要もあると考えられる路線である．東西線は高度経済成長期に埋め立て地や河川下に建設されていることもあり，既に重点的に補修が必要であることに加え，10年後には全延長が経年50年以上となる路線である．

対象3路線は，地上部，地下部（開削トンネル・シールド）で構成されている．本研究では全体に占める延長が最も長い開削トンネル区間を対象とする．さらに，駅部においては，旅客への直接的な被害を防止するため，多くの箇所でも表面被覆を実施するなど，既に対策を実施していることから，今後特に対策が必要と考えられる駅間を対象とする．以上より選定した対象構造物・路線の概略図を図-2に示す．

(2) データ作成

現在東京メトロで検査記録として管理しているデータは表-1に示す通り，主に4種類の記録表があるが，重複した項目があり，活用が容易な状態ではない．本研究ではこれら記録表をまとめることとする．構造物の諸元に関する情報としては，本研究で使用するトンネル型式，建設年度（経年），施工会社及び表層地盤のゆれやすさの4項目を追加する．また，変状の諸元に関する情報としては，変状発生部位及び損傷内容の2項目を追加する．

本研究では限られたデータを一元化するが，さらに施工時の構造物のデータも併せて一元管理し，閲覧や追加修正しやすい状態にしておくことが構造物の維持管理の基本になると考える．

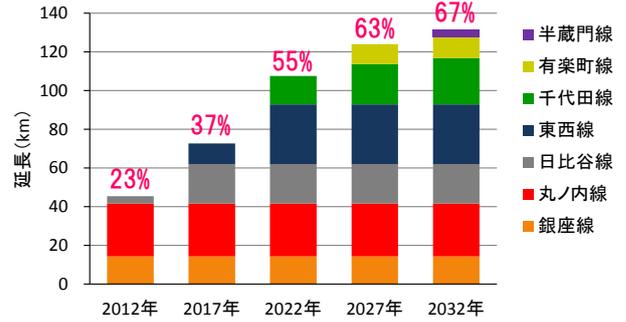
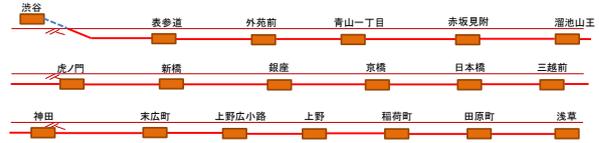
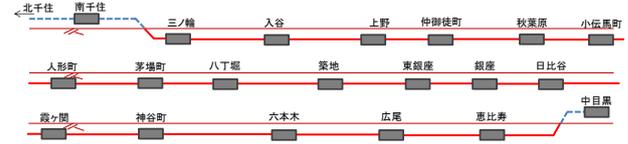


図-1 50年以上経過する路線延長

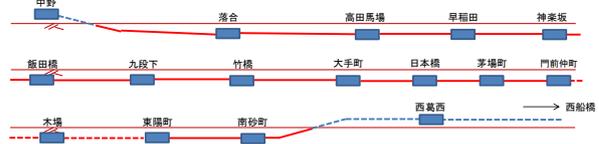
銀座線概略図



日比谷線概略図



東西線概略図



--- 地上
 — 開削トンネル
 - - - シールドトンネル

図-2 対象構造物・路線の概略図

表-1 現在の管理データと作成したデータの項目比較

構造物の諸元 変状の諸元	項目	現在管理しているデータ					作成したデータ
		構造物等 管理区分一覧	構造物等 検査報告書	構造物等 検査台帳	構造物等 変状調査書	トンネル 検査記録表	トンネル維持 管理一覧表
構造物の諸元	整理区分番号	○		○			○
	構造物名称	○				○	○
	整理区分(キロ程)	○					○
	トンネル型式						○
	建設年度(経年)						○
変状の諸元	施工会社						○
	表層地盤のゆれやすさ						○
	検査年度			○	○		○
	検査年月日		○	○	○		○
	変状調査整理番号		○	○	○		○
	キロ程		○	○	○	○	○
	変状の概要		○	○	○	○	○
	経過又は処置		○	○	○	○	○
	判定ランク		○	○	○	○	○
	変状写真				○		○
変状発生部位						○	
損傷内容						○	

(3) 劣化判定の整理

東京メトロでは構造物の検査を国土交通省、鉄道総合技術研究所制定の「鉄道構造物等維持管理標準・同解説」に基づき、2年毎に通常全般検査を実施している。検査では変状に対して判定し、判定に基づき補修計画を策定している。以下各判定の概要について規程等から抜粋して紹介する。

B判定は、構造物の状態としては「将来、健全度Aになるおそれのある変状等があり、必要に応じて監視等の措置を必要とするもの」としている。監視対象の変状を示す判定であり、コンクリートの浮き、小中量の漏水及びひび割れ等が該当する。

A2判定は、構造物の状態としては「変状等があり、将来それが構造物の性能を低下させるおそれがあり、適切な時期に措置を必要とするもの」としている。全ての補修対象箇所において優先順位を考慮し、必要な時期に措置すべき変状を示す判定であり、多量の漏水や鉄筋の

露出が見られる変状が該当する。

A1判定は、構造物の状態としては、「進行している変状等があり、構造物の性能が低下しつつあるもの、または、大雨、出水、地震等により、構造物の性能を失うおそれがあり、早急に措置を必要とするもの」としている。事業計画で最優先補修箇所として扱い、早急に措置が必要な変状が該当する。また、**C判定**以上の**B判定**、**A2判定**、**A1判定**を記録し蓄積している。図-3に補修することで健全な箇所として記録している**S判定**も含めて事例を紹介する。

また近年、検査基準の明確化や社内体制の強化が図られてきた。それにより、平成20年度以降に判定ランクの変更が行われている。また以前から、検査担当者により補修順位を考慮したランク上げが行われている。維持管理においては経験による感覚を日常業務の中で反映することも重要であり、安全性が保たれていると考えるが、本研究では、構造物の劣化程度を評価するために、現在の基準で検査記録の見直しを行う。対象とする検査記録は定期的に行っている通常全般検査のものとし、直近の検査記録を含め蓄積されている過去4回分とする。図-4に劣化判定数及び図-5に劣化判定変更割合を示す。銀座線は平成16年～平成22年、日比谷線及び東西線は平成17年～平成23年の検査記録を活用する。11,349箇所の劣化判定総数に対して判定を変更した割合は、平成19年以前は51%～69%、平成20年以降は3%～8%となる。

B判定事例



A2判定事例



A1判定事例



S判定事例



図-3 劣化判定事例

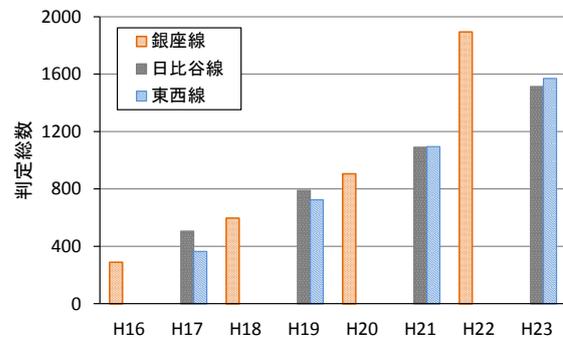


図-4 劣化判定数

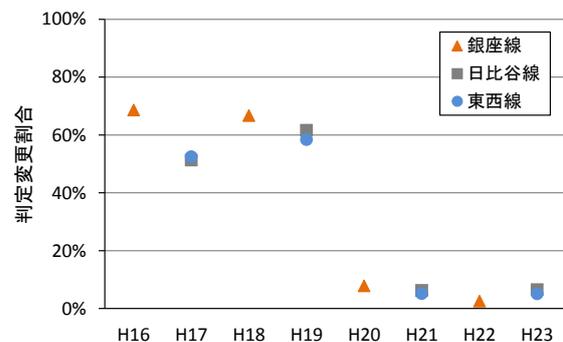


図-5 劣化判定変更割合

5. 評価対象の概要

本研究では、対象構造物・路線において、蓄積された検査記録を見直した判定区分について、以下4指標にて評価する。本章では各指標の概要を示す。

(1) トンネル型式の概要

劣化には、構造ごとに異なる影響があると考え、トンネル型式を一評価指標とする。トンネル型式は並列型、上下型、異高型、潜函型、鉄鋼框型及びアーチ型の全6種類の型式で構成される。図-6に示す通り、銀座線は潜函型を除く5種類の型式、日比谷線は並列型及び潜函型の2種類の型式、東西線は並列型、上下型、異高型及び潜函型の4種類の型式で構成される。並列型が最も占める割合が多く対象路線・区間の74%を占める。一方でアーチ型は銀座線の1区間のみの型式であり、最も占める割合が少なく0.4%である。

(2) 経年の概要

劣化には、構造物の老朽化による影響があると考え、経年を一評価指標とする。図-7に供用開始から直近の検査年度までの経年の内訳を示す。日比谷線及び東西線は43年～51年経過し、銀座線は72年～83年経過している。

(3) 表層地盤のゆれやすさの概要

劣化には環境条件が影響すると考え、表層地盤のゆれやすさを示す計測震度増分を一評価指標とする。全国の表層地盤について、中央防災会議で公表している表層地盤のゆれやすさマップを用いる。図-8に表層地盤のゆれやすさ全国マップに、対象3路線を重ね合わせたものを示す。各メッシュは1km四方、メッシュ毎の数値は計測震度増分を示す。

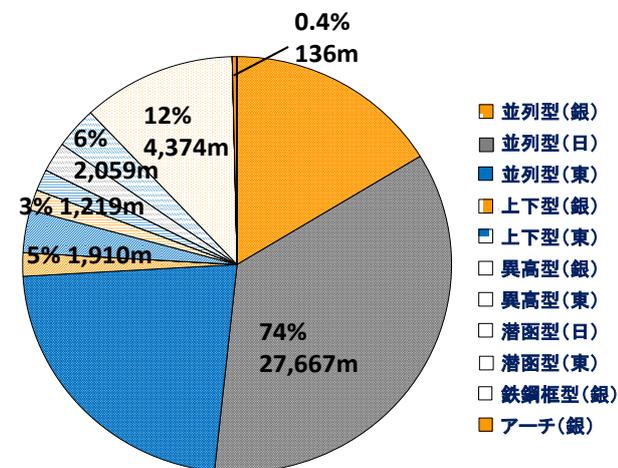


図-6 トンネル型式の内訳

6. 変状と評価指標の関係

変状の発生数について表-5に損傷内容の分類を示す。さらに、維持管理上の視点で3グループにより整理し、100m当たりの発生数を対象に評価指標との関係を考察する。なお、山本ら⁹⁾により調査されている銀座線の発生数が著しく多い鉄鋼框型及び同様の状況であるアーチ型区間は除く。

(1) 維持管理上の視点による変状の整理

第1グループは、補修工法の見直しが必要な区間を整理している。補修後再劣化している変状である表-2の6, 7, 8, 9, 10が該当する。補修後に再劣化している変状については現状の補修工法では効果が持続しないことを示しており、補修工法を見直し、再発しないよう今後の維持管理で注力しなければならないと考える。

第2グループは、止水有無の判断が必要な区間を整理している。変状のうち鉄筋が露出している表-2の4, 5が該当する。全ての鉄筋露出箇所は漏水との複合であるこ

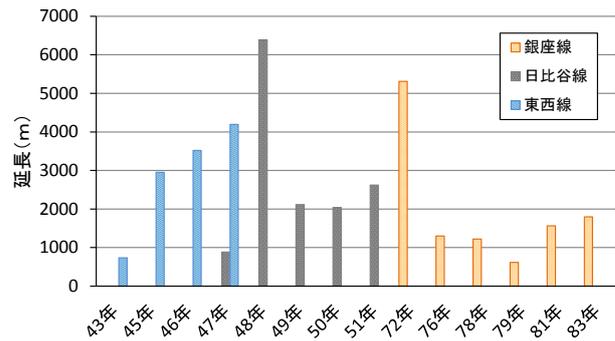


図-7 経年の内訳

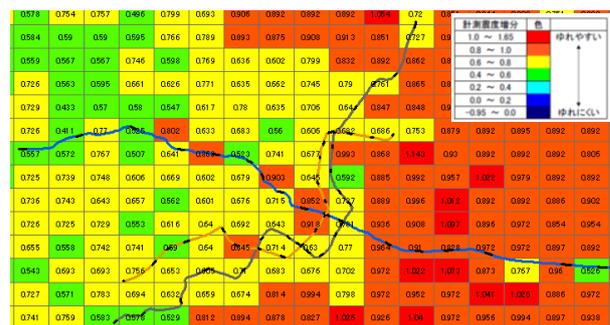


図-8 計測震度増分の内訳

表-2 変状の分類

	変状				
	漏水			鉄筋露出	
	漏水跡、にじみ	滴下、流下	中大量	小規模	大規模
新規発生劣化	①	②	③	④	⑤
補修後再劣化	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

とが記録表で確認できる。トンネル躯体の背面からの漏水が原因か、トンネル内の水分が原因かいずれかによって補修工法を選択する必要がある。

第3グループは、軌道の電食に注意が必要な区間を整理している。漏水のうち少なくとも検査時に流出している表-2の2, 3, 7, 8が該当する。流出している漏水は施設物をはじめ軌道に掛かることで電食を誘発する一要因となり、運行に支障するおそれがあるため、補修あるいは常に注意して監視する必要がある。以上、3グループごとに評価指標と比較し考察する。

(2) 平均発生数と発生数の分散

評価対象である3路線の延長を1区間を100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 駅間で分割し比較する。100m当たりの平均発生数及び発生数の分散を図-9, 10に示す。図-9から、100m当たりの平均発生数は分割延長を変えても変動は少ないことが見て取れる。また図-10からは発生数の分散が分割延長300mの前後で大きく変動していることが見て取れる。維持管理上の視点では、現状の検査体制、検査期間を考慮した分割延長で評価するべきであるが、本研究では1例として1区間を300mで分割して評価することとする。

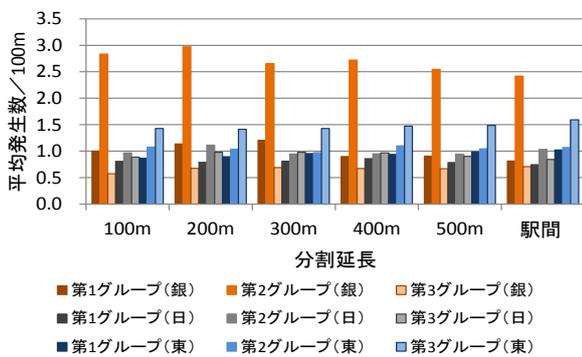


図-9 平均発生数

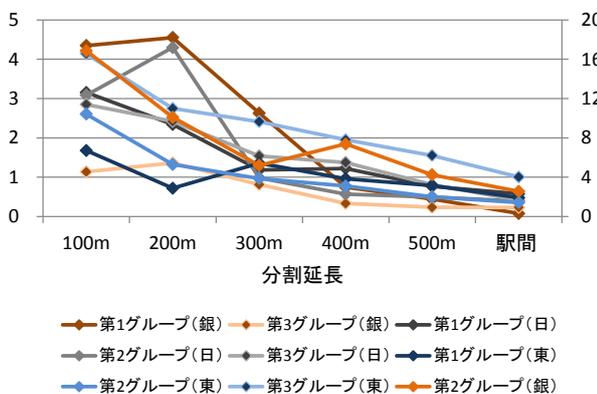


図-10 発生数の分散

(3) 変状の分類

図-11に表-2で示した変状の10分類の事例として記録表から抜粋して紹介する。トンネル内に発生している変状の漏水と鉄筋露出は記録表からも見て取れる。

鉄筋露出している箇所は漏水の程度は様々ではあるが漏水と複合していることが分かる。したがって、変状1箇所につき漏水と鉄筋露出それぞれで分類しているものも多くある。ただし、漏水量については写真で判断が難しい場合は記録表の記述を参考にして分類している。

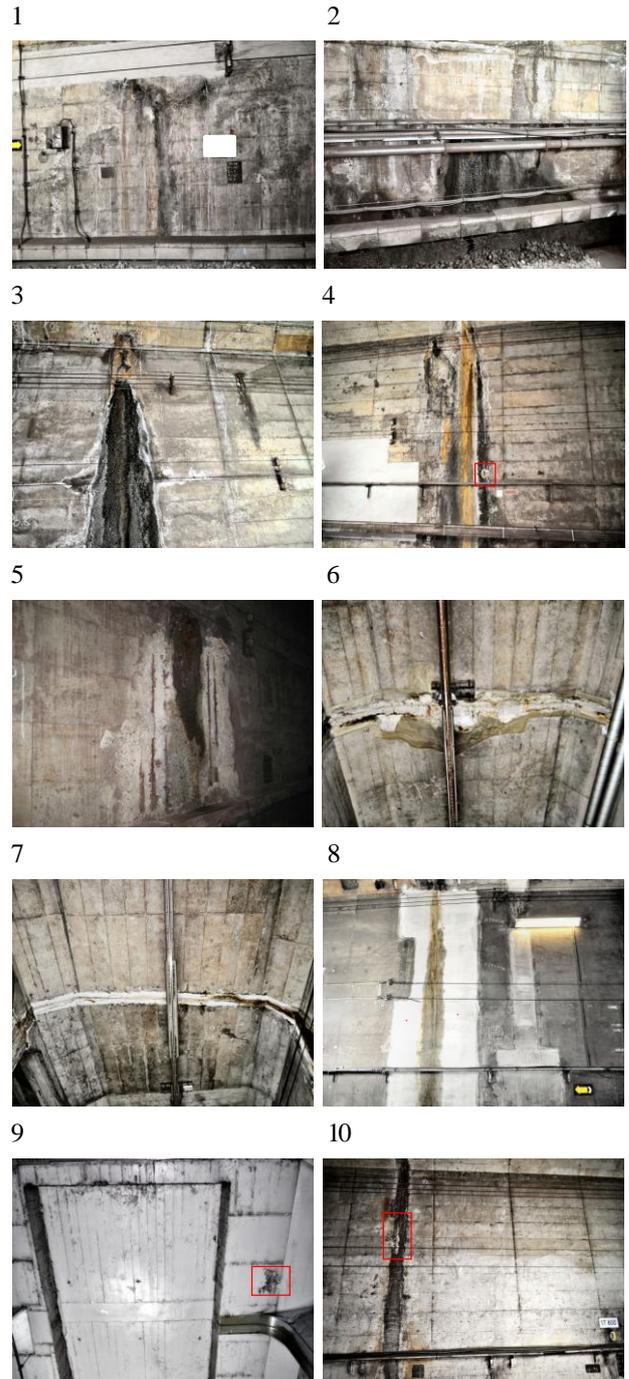


図-11 変状の分類事例

(4) 変状分類と評価指標の関係

変状分類を維持管理上の視点でグループ化した第1グループから第3グループの分布を図-12, 13, 14に示す。

評価指標はトンネル型式、経年及び表層地盤のゆれやすさとして図-15, 16, 17に示す。それぞれのグループでの分布と評価指標から発生数が多い区間にどのような傾向が見られるか確認する。なお第1グループから第3グループまでのそれぞれのグループにおいて100m当たりの平均発生数の平均値の2倍以上発生している区間を発生数の多い区間として考察する。対象3路線を300mで分割すると全132区間となる。

a) 第1グループの傾向

劣化の発生数が多い区間としては、全132区間中23区間(17%)が該当する。トンネル型式別で評価すると並列型のみが23区間中20区間を占め、経年別では3路線が同程度占めており、計測震度増分では、計測震度増分が0.8以上の区間が10区間と多く占めることから、第1グループの補修工法の見直しが必要な区間の特徴としては、並列型で計測震度増分が0.8以上の区間に多く発生していると言える。

b) 第2グループの傾向

劣化の発生数が多い区間としては、全132区間中17区間(13%)が該当する。トンネル型式別及び計測震度増分では傾向が見られない。経年別では銀座線において多く発生していることが見て取れる。したがって第2グループの止水有無の判断が必要な区間の特徴を捉えるには至らなかった。銀座線が他の2線と建設年代が連続的ではないことが原因のひとつとして考えられるが、鉄筋露出に感度の高い指標が必要である。

c) 第3グループの傾向

劣化の発生数が多い区間としては、全132区間中25区間(19%)が該当する。トンネル型式別では傾向が見られない。経年別では東西線が多く占めており、計測震度増分では、特に計測震度増分が0.8以上の区間に集中して発生している傾向が見られることから、第3グループの軌道の電食に注意が必要な区間の特徴としては、計測震度増分が0.8以上の区間で集中して発生し、特に東西線に多く発生していると言える。

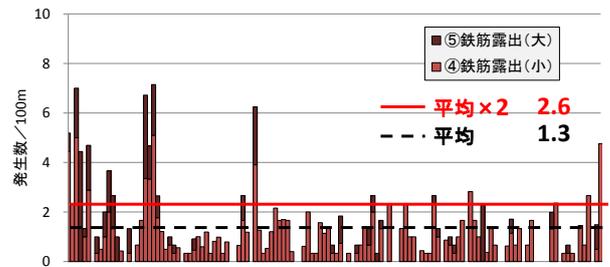


図-13 第2グループ

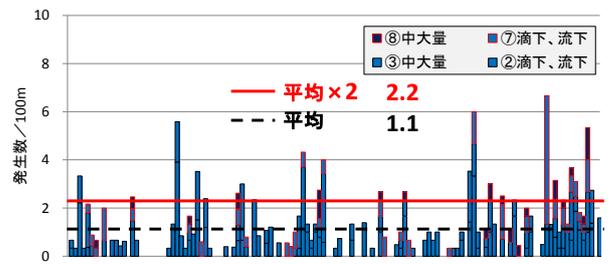


図-14 第3グループ

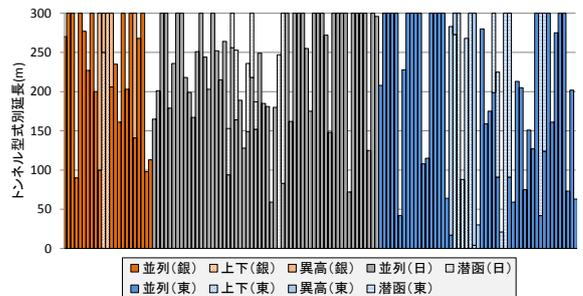


図-15 トンネル型式別延長

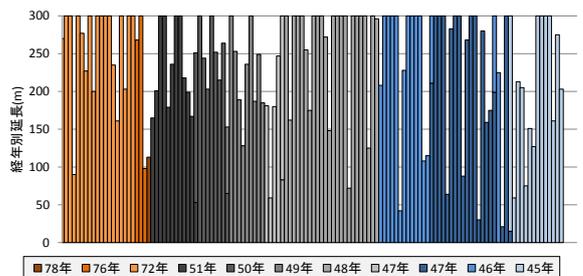


図-16 経年別延長

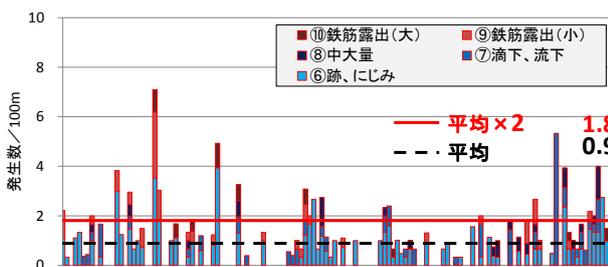


図-12 第1グループ

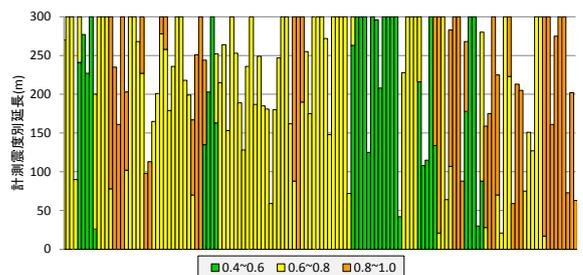


図-17 計測震度増分延長

7. おわりに

本研究では、高齢化が進む東京メトロの路線について、蓄積している検査記録を基に、変状の種類及び程度に着目し、複数の評価指標による複合的な要因があることを明らかにすることを目的として分析した。

(1) 結論

分析に必要となるデータについては、構造物の諸元に係る情報及び検査記録に係る情報を追加して一元化したデータを作成した。現在東京メトロで管理しているデータを整備することで分析可能なデータとすることができることが分かった。

本研究で対象とした路線の中では、社内でも調査を実施しており既に維持管理重点区間であると言える銀座線の鉄鋼区間やアーチ区間は分析対象からは除いている。損傷種類及び程度を維持管理上の視点で整理し、傾向を見ることで本研究で用いた指標のみの評価であっても異なる傾向が見られた。

(2) 今後の課題

構造物の維持管理には一元化したデータベースが構築されていることが重要であると考えられる。現在既にデータベースが構築されている事業者もあるように東京メトロにおいても本研究で作成したデータに加え、昨年度から実施している特別全般検査の検査結果など、より構造物の状態が見て取れる詳細な情報も利用しやすい環境に整備することが必要と考える。

また、発生した変状の種類及び程度を把握するためには、他の路線においても、部位や損傷内容ごとに整理し、構造物の諸元に関する情報や検査記録を追加し、分析することが必要であると考えられる。さらに詳細に地下鉄トンネルにおける今後の維持管理重点箇所の特徴を明らかにすることが課題である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕，2007.
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編），2007.
- 3) 貝戸清之，青木一也，小林潔司：実践的アセットマネジメントと第2世代研究への展望，土木技術者実践論文集，Vol. 1，pp. 67-82，2010.
- 4) 加藤隆，上田孝行，森地茂：山岳トンネルの維持管理段階におけるリスクの定量化についての研究，政策研究大学院大学学位論文，2008.
- 5) 津田尚胤，貝戸清之，青木一也：橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定，土木学会論文集，No. 801/I-73，69-82，2005.
- 6) 堀江豊司，上田孝行，森地茂：通信用トンネルの効率的な維持管理に関する検討，政策研究大学院大学学位論文，2010.
- 7) 那須清吾：アセットマネジメントシステムの考え方，土木技術，Vol. 67/No. 11，2011.
- 8) 土木学会地下空間研究委員会維持管理小委員会：最近のアセットマネジメント適用現状とその課題及びトンネル構造物へのケーススタディ，2011.
- 9) 山本努，松川俊介：建設から75年経過した開削SRCトンネルの調査・診断，トンネル工学報告書第15巻，pp. 395-402，2005.

A STUDY ON EVALUATION OF DETERIORATION FOR SUBWAY TUNNELS

Hiroyuki SHINSAI, Naohiko HIBINO and Shigeru MORICHI

Aging of the social capital constructed at the rapid economic growth period in Japan will advance to urgency from now on. Also in the line of Tokyo Metro, about 23% of all the extension of a civil engineering structure will pass for 50 years increases rapidly to about 55% in 10 years later.

In this research, the importance of the maintenance management of the civil engineering structure in which aging will advance further from now on was taken into consideration, the data of the past periodic check was utilized for 3 lines object of Tokyo Metro, and the database was created.

Furthermore, paying attention to kind and degree of deterioration, influence by the complex factor by two or more indices was clarified deterioration which occurs in tunnels.

Key Words : 地下鉄トンネル, 維持管理, 定期点検, 変状