

鉄道土木構造物の定期検査結果を活用した劣化予測・維持管理方法に関する検討

東急建設株式会社 正会員 ○加藤 雄太 畑中 達郎
 早川 健司 青木 大 伊藤 正憲
 非会員 津島 史人
 東急電鉄株式会社 正会員 犬塚 真一
 非会員 長倉 忍 白田 英明 道具 健太郎
 東京都市大学 正会員 丸山 収

1. はじめに

鉄道の安全運行および第三者災害の防止のためには、鉄道施設の定期点検が不可欠であり、東急線においても鉄道土木構造物の定期検査を実施している。定期検査は鉄道構造物維持管理標準に準拠して実施しており、グレーディング法による健全度判定結果は毎年蓄積されている。この結果から検査時点における今後の維持管理方法および数量を把握することは可能であるものの目視検査結果からだけでは劣化予測が困難であることから、補修対策費用の平滑化を図るなど効率的かつ効果的な維持管理のためには、蓄積された検査結果から劣化予測手法を構築し、劣化進行により変化する将来的な劣化数量等を考慮した維持管理計画の立案が有効である。

本論では東急線における鉄道土木構造物の定期検査の実施方法および記録保存方法を示すとともに、定期検査結果の有効活用を目的として構築した劣化予測手法ならびに本手法を用いた劣化予測の試算結果について報告する。

2. 定期検査の実施概要

東急線全線(計 106.7km)の土木構造物を対象とし、特別全般検査は近接目視・打音検査により 10 年に 1 回、通常全般検査は目視検査を主として 2 年に 1 回行うことを基本としている。

定期検査は、図 1 に示すようなフローに沿って行っており、計画で定めた各路線において、写真 1 に示すように軌道内外の構造物を一昼夜計 4 班(10 人/班)程度で検査をしている。検査中は、所定のデータシートに構造物の状態、位置等の情報を記録する。検査終了後、鉄道構造物維持管理支援システム¹⁾への登録および管理を行っている。このシステムは 2001 年度から運用を開始しており、従来の紙台帳を高度化させたもので、検査部位や健全度評価等をテキストや写真の電子記録にして、約 20 年間のデータが蓄積されており、現在では約 6 万点に及ぶデータが格納されている。本システムに登録された結果を基に、各年度の定期点検により健全度を判定し、最終的には毎月実施される構造物評価会議を経て健全度評価が確定されている。



図 1 定期検査のフロー



写真 1 点検状況

3. 劣化予測手法の概要

本手法は、ポアソン型確率微分方程式により、ばらつきのある点検データのモデル化を行い、モンテカルロ法を用いたシミュレーションから近未来の確率分布関数を求める方法である(図 2)。

図 3 に劣化予測のフローを示す。本検討では、まず部位、変状種別、判定結果から各変状種別を点数換算したものを劣化点数(入力データ)とし、1 構造物当たり 5000 回のシミュレーションを実施して劣化過程を予測する。補修による劣化点数の変化は補修シナリオを設け、補修実施時期の補修量に応じ劣化点数を減じることで表現している。

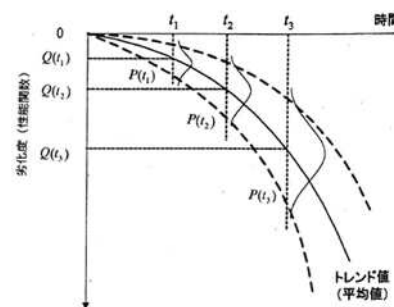


図 2 劣化予測例²⁾

キーワード：定期検査, 維持管理, 劣化予測, モンテカルロシミュレーション

連絡先：〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設(株)技術研究所 土木材料 G TEL 042-763-9507

4. 劣化予測の試算

試算条件を表1に示す。劣化予測はボックス型トンネルの約1.2kmを対象とし、試算においてはトンネル延長10mを1つの構造物と見なし、10年後までの劣化予測を行った。

表2に各変状の点数化の例を示す。検査結果の点数化は、構造物や第3者、列車運行へ及ぼす影響等を考慮し、重みを加味して部位、変状種別、健全度(A2～S)のそれぞれ点数換算し、それらに乗じて各変状の劣化点数とした。各変状の劣化点数の合計を各区間の劣化点数として、過去13年(13回分)の劣化点数を用いて劣化予測を実施した。劣化予測においては、各予測年の確率密度関数、および設定した閾値の超過確率を算出した。ここで超過確率の閾値は構造物の重要度等に応じて定めることになるが、閾値が小さいほど安全側の維持管理となる。

図4に補修シナリオを設定しない場合の予測年数と超過確率の関係を示す。ここでは、超過確率の閾値を1000点としており、超過確率1は対象区間の劣化点数が1000点以上であることを示している。予測時点の劣化点数が大きい劣化順位1～20位の区間の超過確率は1.0で一定であるが、劣化順位の低い区間は劣化進行により劣化点数が増加し、閾値の超過確率が経年により増加した。また、予測時点での劣化順位86位および98位に着目すると、劣化進行に差が生じ、約6年で超過確率が逆転しており、劣化予測が将来的な補修優先順位を設定する判断目安となる。

図5に補修シナリオを設定した場合の予測年数と超過確率の関係を示す。劣化順位1～10位の区間は、閾値の超過確率が大きいままであり、超過確率を小さくするための補修量として不十分であること、11位、15位については設定した補修の実施により、補修効果が見込まれ、閾値の超過確率が減少した。このように、種々の補修計画(実施時期、区間、補修量)を仮定することにより、補修の実施に伴う劣化予測を行うことが可能であり、維持管理計画の検討に利用できると考えられる。

5. おわりに

これまで膨大に蓄積されてきた定期検査結果を有効活用して維持管理計画を策定することを目的に、点数化した検査結果による劣化予測に関する検討を行った。この劣化予測により、構造物の劣化速度を考慮した補修優先順位の判定や劣化進行により変化する将来の工事量の算定に利用できると考えられる。また、補修工事の順序や平準化などの効率的、効果的な維持管理計画策定の基礎資料としての活用が可能になると考えられる。引き続き、予測結果と実点検結果との比較や他形式の構造物への適用を検討していく予定である。

参考文献

1) 長倉 忍：東京急行電鉄におけるRC構造物の維持管理への取り組み、JREA Vol.45、No.11、pp.47-51、2002.11
2) 須藤 敦史他：寒冷地トンネルの覆工点検データによる覆工の劣化過程の同定、土木学会第62回年次学術講演会、2007、pp.627-628

表1 試算条件

対象構造物	ボックス型トンネル	
使用データ	過去13年(13回分)の検査結果	
予測年数	10年	
閾値の設定	Σ(部位×変状種別×判定結果)=1000点	
補修シナリオ	補修なし	ー
	補修あり	実施時期:1年毎に1区間 ・劣化順位1～10位の区間(大規模補修) 補修量:劣化点数×0.7を減じた ・劣化順位11～20位の区間(中規模補修) 補修量:劣化点数から補修点を減じた ・劣化順位21位以降 補修はしない

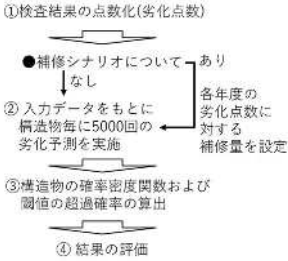


図3 劣化予測のフロー

表2 点数化の例

部位	点数	変状種別	点数	判定結果	点数
スラブ	10	浮き	10	A2	10
側壁部	5	剥落	5	B	5
中壁	2	漏水	3	C	3
中柱	1	エフロレンス	0.1	S	0
...	...	...	...		

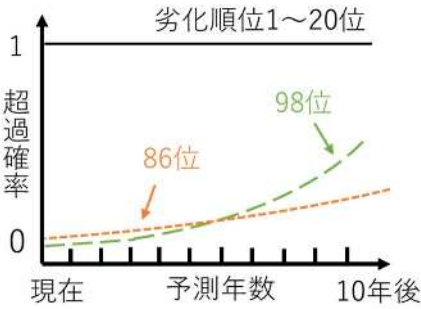


図4 結果のイメージ(補修なし)

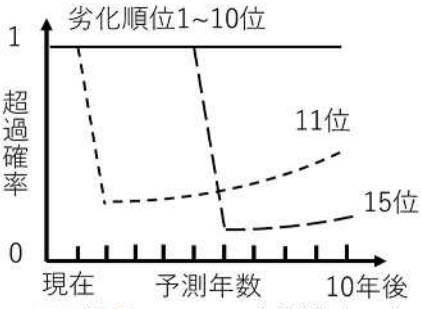


図5 結果のイメージ(補修あり)