

北陸地域の特性を考慮したコンクリート橋の維持管理マネジメントの取組み

森山 守¹・石川 裕一²・宮里 心一³

¹正会員 中日本高速道路(株) 金沢支社 保全・サービス事業部 (〒920-0365 石川県金沢市神野町東170)

E-mail: m.moriyama.aa@c-nexco.co.jp

²正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 金沢支店 (〒920-0025 石川県金沢市駅西本町3-7-1)

E-mail: y-ishikawa.a@c-nexco-hen.jp

³正会員 金沢工業大学 大学院工学研究科 環境土木工学専攻 (〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1)

E-mail: miyazato@neptune.kanazawa-it.ac.jp

NEXCO中日本 金沢支社が管理する北陸自動車道は、我が国の高度経済成長期に建設ピークを迎え、金沢西～小松IC区間では供用40周年を迎える。金沢支社管内のコンクリート構造物は、経年劣化によるコンクリート中の鋼材腐食やアルカリシリカ反応が生じる事例が多く、これらを補修する投資額は漸増する現状にある。この論文は、北陸自動車道を健全な状態で後世に引継ぐため、コンクリート橋を対象にして、効率的な維持管理のスキームを議論する。具体には北陸地域の特性を考慮した点検、評価、補修に関する仕組みや手法を議論し、数値目標による定量化や、PDCAサイクルを循環させた維持管理マネジメントを提案する。また熟練技術者の経験をもとに北陸地域の特性を考慮した構造物補修マニュアルを整備することで、地域特性に合致したコンクリート橋の維持管理法を伝承する。

Key Words : Asset Management, Key Performance Indicator, PDCA cycle, Technology Transfer

1. はじめに

NEXCO中日本 金沢支社（以下、金沢支社）では高速道路の供用期間を100年以上に設定し、将来において、高速道路を健全な状態で保持する管理目標としている。図-1は、金沢支社が管理する橋梁の延長と、その供用期間の平均年数を示す。すなわち、1971年に北陸自動車道金沢西～小松IC区間が供用を開始し、現在の管理橋梁の延長は約73kmとなる。北陸自動車道の建設ピークは、わが国の高度経済成長期であった1970年代で、2030年には供用年数が平均50年を超える高齢橋が多くなる。

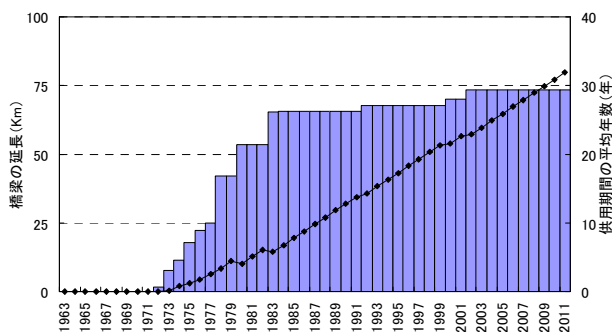


図-1 金沢支社管内の橋梁の建設時期

金沢支社が管理する橋梁の現状を図-2、図-3に示す。橋梁の種別は、図-2のように鋼橋（ME橋）が約4割であることに比べ、コンクリート橋（RC橋・PC橋）が約6割と多い。コンクリート橋の主たる劣化要因について、2011年のデータベースから集計したところ、図-3に示すようにコンクリートの塩害による経年劣化でコンクリート中の鋼材が腐食したり¹⁾、アルカリシリカ反応によりコンクリート表面にひび割れが生じる事例²⁾が多いことがわかる。また近年では、冬期に多くの凍結防止剤（主にNaCl）を使用しているため、老朽化した橋梁ジョイントの近傍では局所的な塩害が多く発生している。このような背景から、コンクリート橋の変状を補修する投資額

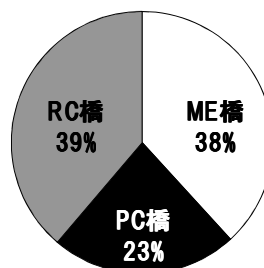


図-2 橋梁種別の構成

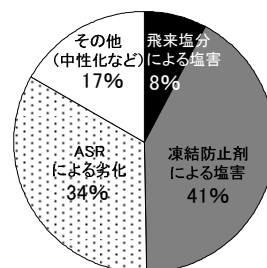


図-3 コンクリート橋の主たる劣化要因

は漸増する傾向にあり、将来において高速道路を健全な状態で維持し、土木構造物の資産群を後世に引継ぐには、より一層、コンクリート構造物の維持管理を効率的にする仕組みや、手法が必要となる。

この論文は、北陸自動車道を健全な状態で後世に引継ぐため、コンクリート橋を対象にして、効率的に維持管理するためのスキームを議論する。具体には北陸地域の特性を考慮した点検、評価、補修に関する仕組みや手法を提案し、その分析を行うことでPDCAサイクルを循環させ、数値目標による資産群マネジメントを提案する。また熟練技術者の経験をもとに北陸地域の特性を考慮した構造物補修マニュアルを整備することで、地域特性に合致したコンクリート橋の維持管理法を伝承する。

2. 金沢支社土木資産統合マネジメントシステム

高速道路の供用期間を100年以上に設定する百年道路を実現させるためには、土木資産群に対する維持管理に関しての全体マネジメントが必要である。そのため、全体マネジメントとして、目標の設定、システムの設計方針、人材の育成法、費用対効果の向上、ならびにライフサイクルコストの予測の5つの項目に区分し、それぞれの項目に対して“あるべき姿”を検討し、図-4に示す土木資産統合マネジメントシステムの体系を提案する。各項目ごとに議論された“あるべき姿”を更に具体的な施策とするため、全体マネジメントを2つの段階のマネジメントに区分する。ここでは、資産群の長寿命化を推進する仕組みや手法を「資産群マネジメント」と称し、個別資産の現状評価に基づく修繕計画の効率化を推進する仕組みや手法を「個別資産マネジメント」と称する。

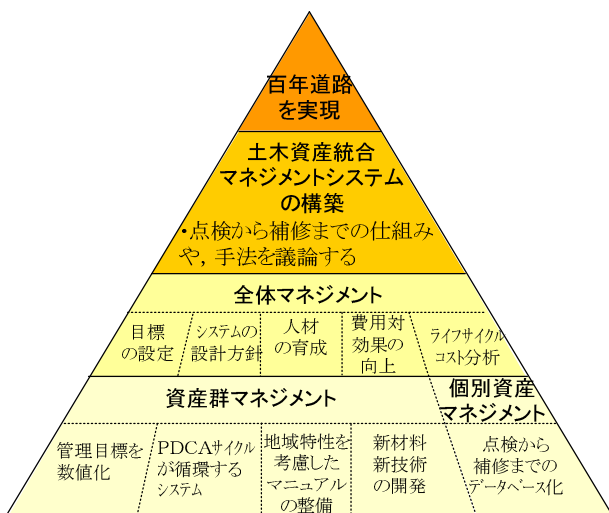


図-4 土木資産統合マネジメントシステムの体系

3. 資産群マネジメント

(1) 目標の設定

資産群マネジメントでは、コンクリート橋の点検から補修までの維持管理に対して、PDCAサイクルを循環させるシステムを求める。このため資産群マネジメントの管理目標は、橋梁保全率と橋梁修繕率の2つのKPI (Key Performance Indicator) により定量化して評価する。表-1は、北陸自動車道の橋梁をKPIにより評価した例を示す。ここで橋梁保全率とは、今後5～10年間に於いて補修の必要が無い橋梁の割合を示す指標として定義し、点検による変状グレードがⅠおよびⅡの割合を指す。また橋梁修繕率とは、今後5年間は補修の必要が無い橋梁の割合を示す指標として定義し、点検による変状グレードがⅠ、ⅡおよびⅢの割合を指す。2つの管理目標を設定し、点検から補修まで同一尺度による評価を継続的に相対比較することで、分析の効率化ができると期待される。

(2) システムの設計方針

システムの設計方針は、図-5に示すように長期、中期、短期の3つの計画期間に分けて整理し、PDCAサイクルによる時点修正が容易となるよう配慮している。

長期計画は、計画期間を100年に設定し、橋梁群の特性を考慮した管理方針を設定するものと位置付ける。

中期計画は、計画期間を5年に設定し、点検から補修の具体的な時期や予算を計画するものと位置付ける。

短期計画は、計画期間を1年に設定し、単年の計画立案、点検や補修の実施、評価を行うものと位置付ける。

表-1 橋梁保全率や橋梁修繕率による評価例

点検による変状グレード			橋梁保全率 (目標値)	橋梁修繕率 (目標値)
I・II	III	IV・V		
324橋	142橋	18橋	67%	96%
合計 484橋			(91%)	(100%)

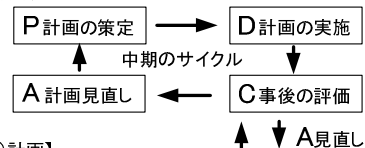
※変状グレードは、V>IV>III>II>Iで劣化進行を指す。

【長期(100年)計画】

道路ネットワークの長期的な安全性の確保の観点から、北陸地域の特性を考慮した上で維持管理方針を計画する。

【中期(5年)計画】

長期計画を実現するため、5年毎に点検、評価、補修に関する具体的な時期、予算などを計画する。



【短期(1年)計画】

中期計画を実現するため、単年毎に計画立案、事業の実施、実施などを計画する。

図-5 資産群マネジメントのシステム設計

(3) 人材の育成

資産群マネジメントでは、北陸地域の特性に配慮したコンクリート橋の維持管理法を後世に伝承するため、学識者を主査に置き、NEXCO中日本グループによる複数の技術者で構成する4つのワーキングを設けマニュアルの整備を行っている。これらのワーキングでは、北陸地域で見られる特徴的なコンクリート劣化を整理し、調査、補修の詳細内容をNEXCO中日本グループの技術者が協同で議論する。このような取組みを行うことで、維持管理の技術を育む体制づくりを推奨することができ、NEXCO中日本 金沢支社およびグループ会社の全体に対して技術伝承している。

a) 点検マニュアル

点検マニュアルでは、北陸地域の特性を考慮した点検体系を整理し、高速道路の利用者が安全で円滑に情報収集することを基本としている。構造物の劣化の判定、規模をデータベースに記録し、客観性ある点検結果の記録と蓄積の手法について整理している。

b) 橋梁けた端部の調査・補修マニュアル

北陸地域では冬期に凍結防止剤を使用するため老朽化した橋梁ジョイントの周辺に局部的な塩害が生じている場合が多い。この調査・補修マニュアルは、橋梁けた端部における塩害を概説し、調査、補修に関する技術の要点を整理している。

c) 鋼橋RC床版の調査・補修マニュアル

北陸地域の高速道路の鋼橋RC床版は、交通荷重により疲労した事例はあまり報告されず、ポットホールが多く発生することによるRC床版上面の劣化が多い。この調査・補修マニュアルは、北陸地域で報告されている鋼橋RC床版の劣化の現状を概説し、調査、補修に関する技術の要点を整理している。

d) ASRの調査・補修マニュアル

ASRによりコンクリートにひび割れが生じた構造物は、富山県に多く分布しており、これまでにASR対策として種々の調査、補修が実施されている。この調査・補修マニュアルは、北陸地域で見られるASRの劣化の現状を概説し、調査、補修に関する技術の要点を整理している。

(4) 費用対効果の向上

金沢支社では、橋梁の安全性を確保し、かつ費用対効果の向上を図るため、コンクリート橋の劣化に対する新しい材料・技術の導入に取り組んでいる。以下の2工法は、金沢支社が提案するコンクリート橋のけた端部劣化に対する新技術・新工法の一例である。

a) 複合防食工法³⁾⁴⁾

複合防食工法は、亜鉛線を鉄筋に沿わせて設置し、高濃度の防錆剤混入で断面修復するもので、中期的には犠

牲陽極材（亜鉛線）による防錆効果が発揮され、長期的には防錆剤による防錆雰囲気形成が図られる工法である。本工法の基本的な考え方を図-6に示す。

b) RC連結ジョイント⁵⁾

橋梁けた端部の凍結防止剤による塩害を抑制するにはジョイントからの漏水を防止することが重要である⁶⁾。この問題を解決するため、図-7に示すRC連結ジョイントを提案している。RC連結ジョイントは中小規模の既設コンクリート橋を対象に、路面水の漏出を防止し、走行性改善、維持コストの削減および環境負荷低減ができる。本工法は、温度変化により桁は伸縮するが、基礎構造や下部構造の変形がそれに追従する構造特徴を持つ。

4. 個別資産マネジメント

個別資産マネジメントでは、個別資産の現状評価に基づく修繕計画の効率化を推進する仕組みや手法に関する基本的な考え方を議論している。図-8は個別資産マネジメントの業務フローを示したもので、多視点から効果的な維持管理が行えるように、中期計画、短期計画、評価の3つの段階で分類し、各段階でPDCAサイクルを循環させている。

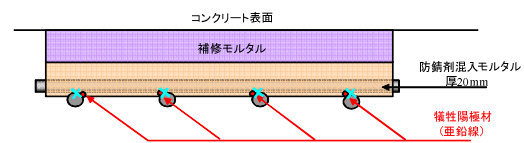


図-6 複合防食工法の模式図

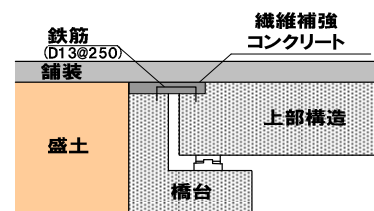


図-7 RC連結ジョイントの模式図

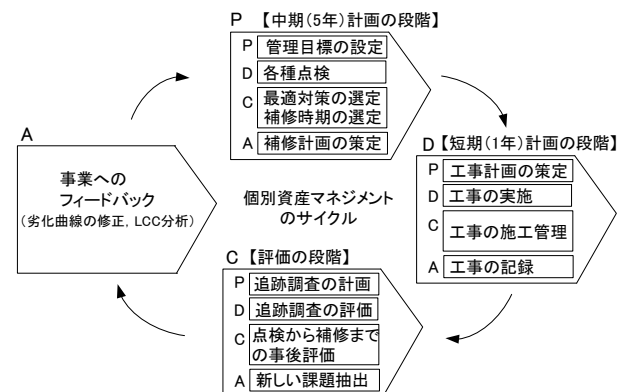


図-8 個別資産マネジメントの業務の流れ

個別資産マネジメントの中期計画の段階では、個別資産が位置する路線重要度や、使用環境の条件から管理目標を設定し、点検による現状把握を行った後に最適対策の選定、対策時期を立案する。短期計画の段階では、工事計画を策定し、工事の実施の一連の流れを行っている。また評価の段階では、点検から補修の流れに対する一連の流れに対する事後評価や、補修対策の経過観察による追跡調査を行い、コンクリート構造物の劣化を予測する曲線の修正や、補修費を分析することによるライフサイクルコストの試算に関する精度向上など事業へのフィードバックを行える仕組みとしている。

5. まとめ

NEXCO中日本 金沢支社で取組んでいる北陸地域の特性を考慮したコンクリート橋の維持管理マネジメントの概要を紹介した。この取組みは、2011年4月から開始したもので、有識者を交えながらNEXCO中日本グループの技術者が協同で議論し、維持管理の技術を育む体制づくりができたという、喜ばしい成果が得られている。高度経済成長期に建設ピークを迎えた北陸自動車道は、2030年で大半が高齢橋（50年橋）となるが、継続してPDCAサイクルを循環させ、北陸地域の特性を考慮した点検、評価、補修に関する仕組みや手法を実施していきたいと考える。

また今後は、コンクリート橋が将来において発生するかもしれない不確実な事象（リスク）を考慮したリスクマネジメントも議論していきたい。

謝辞：この論文は、NEXCO中日本金沢支社が中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株）に委託する「金沢支社管内コンクリート構造物に関する検討委員会」の検討内容を整理したものです。本検討委員会の委員の方より、多大なるご尽力を頂いておりますことに深く感謝申し上げます。

金沢支社管内コンクリート構造物に関する検討委員会の委員名簿

	氏名	所属機関
委員長	宮里 心一	金沢工業大学 環境・建築学部 教授
委員	伊藤 始	富山県立大学 工学部 准教授
委員	深田 宰史	金沢大学 理工研究域 准教授
委員	久保 善司	金沢大学 理工研究域 准教授
委員	小林 孝一	岐阜大学 工学部 准教授
委員	宮内 秀敏	中日本高速道路株
委員	青木 圭一	株高速道路総合技術研究所
委員	青山 實伸	中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株

参考文献

- 1) 青山實伸：現場技術者のための塩害対策ノート，中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋，2012
- 2) 川村満紀：現場技術者のための ASR 対策ノート，中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋，2010
- 3) 特許第 4091953 号，「既設鉄筋コンクリート構造物の断面修復構造」，2008.3
- 4) 特許第 43200403 号，「鉄筋コンクリート構造物の断面修復構造」，2009.6
- 5) 特許開 2012-1974，「橋梁ジョイント構造」，2012.1
- 6) 熊谷和夫，高橋秀喜，青山實伸：北陸地方の橋梁けた端部のコンクリート部材の損傷特性と劣化推移，土木学会論文集，Vol.798/IV-68，pp.31-39，2005.9
(2012.10.31 受付)

DISCUSSION ABOUT ASSET MANAGEMENT SYSTEM FOR CONCRETE BRIDGES IN THE HOKURIKU EXPRESSWAY

Mamoru MORIYAMA, Yuichi ISHIKAWA and Shinichi MIYAZATO

The Hokuriku expressway has been constructed between 1971 and 1985. Their average age at 2012 is around 30 years old. That is, they are now many aged concrete bridges. Typical damages of aged concrete bridge were corroded reinforcing steel bar due to chloride attack and cracked concrete due to Alkali-Silica aggregate reaction. Therefore, the repairing cost is dramatically increasing.

This paper describes about asset management system of concrete bridges in the Hokuriku expressway. The authors discuss about a scheme of strategical management system, investigation system, cost-effective evaluation and maintenance methods. As for the concepts of asset management, a quantitative level of key performance indicators are set and the spiral rise by the PDCA cycle are carried out. Moreover, some technical manuals for aged concrete bridges are prepared to succeed the precious maintenance knowledges.