

10. 道路構造物の維持管理技術の高度化に関する研究

研究期間 : 平成 18 年度～22 年度
 プロジェクトリーダー : 橋梁構造研究グループ長 吉岡淳
 研究担当グループ : 技術推進本部（施工技術）、材料地盤研究グループ（新材料）、
 道路技術研究グループ（舗装、トンネル）、橋梁構造研究グループ

1. 研究の必要性

国土交通省が所管する膨大な道路構造物を効率的に維持管理していくためには、損傷・変状に対する精度の高い調査点検技術、調査点検結果に基づく適切な診断技術、合理的な補修・補強技術の各要素技術を開発するとともに、それぞれを有機的に結合し、戦略的にマネジメントしていくシステムを構築する必要がある。

前中期計画までの研究において、個々の要素技術については、一応の成果を上げつつある。しかし、多様な現場条件に対応した維持管理を実施していくためには、さらに多くの要素技術を開発する必要がある。また、これらの要素技術を有機的に結合するシステムについて、これまでの検討は十分ではない。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、道路構造物の維持管理技術について、緊急度の高い要素技術を開発するとともに、補修・補強の要否の判断、優先順位付け等の作業を支援するアセットマネジメントの概念に基づくシステムについて検討することを研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 新設構造物設計法の開発
 - ・土構造物の排水施設の設計法
- (2) 調査・点検手法の開発
 - ・土構造物の排水性能の調査技術
 - ・コンクリート中塩分調査箇所選定手法
 - ・トンネル変状原因推定法
- (3) 診断・評価技術
 - ・既設コンクリート道路橋の耐荷性能評価手法
 - ・橋全体系の耐荷性能を考慮した状態評価手法
 - ・道路橋診断・対策事例ナレッジDBの構築
- (4) 補修・補強技術の開発
 - ・土構造物排水機能回復技術
 - ・コンクリート中の塩分除去技術
 - ・コンクリート補修補強材料耐久性評価技術
 - ・鋼橋防食工の補修技術
 - ・鋼床版補修補強技術
- (5) マネジメント技術の開発
 - ・舗装管理目標設定手法
 - ・舗装維持修繕手法
 - ・トンネル変状対策工選定手法

3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 土構造物の排水性能向上技術に関する研究（平成 18～21 年度）
- (2) 塩害を受けるコンクリート構造物の脱塩による補修方法に関する研究（平成 17～19 年度）
- (3) 被覆系コンクリート補修補強材料の耐久性に関する研究（平成 17～21 年度）
- (4) 鋼橋防食工の補修に関する研究（平成 18～22 年度）
- (5) 既設鋼床版の疲労耐久性向上技術に関する研究（平成 16～20 年度）
- (6) 舗装の管理目標設定手法に関する研究（平成 17～21 年度）
- (7) 効率的な舗装の維持修繕手法に関する研究（平成 18～22 年度）
- (8) 既設トンネルの変状対策工の選定手法に関する研究（平成 17～19 年度）
- (9) 既設コンクリート道路橋の健全性評価に関する研究（平成 20～22 年度）
- (10) 既設鋼橋の致命的な損傷を防ぐための状態評価技術に関する研究（平成 20～22 年度）
- (11) 道路橋の診断・対策事例ナレッジDBの構築に関する研究（平成 20～22 年度）

このうち、平成 20 年度は、(1)、(3)～(7)、(9)～(11)の 9 課題を実施している。

4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 20 年度に実施してきた研究と今後の課題について要約すると以下のとおりである。

(1) 新設構造物設計法の開発

本目標に対して、新設盛土等についての排水施設の設計手法について提案することを目標としている。平成 20 年度は、被災事例の多い盛土構造の一つである傾斜地盤上の盛土（盛土材料は飽和透水係数 10^{-5} m/s の山砂）を対象として、排水対策として有効と考えられる単粒砕石を用いた排水ブランケットをパラメータとした浸透流解析及び模型を用いた浸透実験と解析を行い、盛土内部への排水ブランケットの敷き幅の増加による地下水位低下効果、排水増大効果がきわめて大きいことを明らかにした。

(2) 調査・点検手法の開発

本目標に対して、土構造物の排水性能の調査技術に関しては、盛土内の地下水位調査を目的とした非破壊探査手法、およびカメラによる排水管内部の調査法の適用性について調査した。その結果、非破壊探査手法については各種手法が提案されているが精度等に課題があり、継続的に精度良く地下水位を把握するためには、ボーリング孔を用いた地下水位モニタリングが現時点では有効であることが分かった。また、カメラによる排水管内部の調査については、管が直線であれば数十 m の調査が可能であるが、管が屈曲している場合には適用が難しいことが分かった。

また、コンクリート中塩分調査箇所選定手法、トンネル変状原因推定法に関しては、平成 19 年度末で研究課題としては終了したが、研究成果の公表、成果の普及を引き続き行った。

(3) 診断・評価技術

本目標に対して、既設コンクリート道路橋の耐荷性能評価手法に関しては、損傷状況に応じた既設コンクリート道路橋の耐荷性能評価手法を提案することを目的としている。平成 20 年度は、塩害を受けて撤去された PC 橋から採取した PC 鋼材の力学特性や促進腐食劣化させた RC および PC はり部材の耐荷特性について実験的に検討するとともに、コンクリート道路橋の代表的な損傷事例の現地調査を行った。

橋全体系の耐荷性能を考慮した状態評価手法に関しては、部材の損傷が橋全体系の構造安全性に重大な影響を与える恐れのある鋼トラス、鋼アーチ橋に特に着目し、腐食等による部材の損傷の影響を評価する手法を提案することを目標としている。平成 20 年度は、鋼トラス橋の全体系 FEM 解析を行い、モデル作成上の各種の仮定が解析結果に与える影響や、損傷部材ごとの橋全体系挙動への影響を明らかにした。また、次年度に予定している実橋載荷試験の載荷パターンに応じた解析を実施した。

道路橋の診断・対策例ナレッジDBの構築については、高度な診断にあたり必要な情報の共有化と迅速な情報把握、道路管理者への情報提供などが必要であり、橋梁管理システムを構築、管理していくための技術開発を目標としている。平成20年度は、過去に実施した技術相談案件や著名な損傷例等を抽出し、データベースの基礎資料整理を実施することで、データベースへ入力すべき項目や検索しやすいシステムの構築に向けインデックス及びDBフォーマットについて検討を行った。また、補修補強の工事制約条件と対策後の現状などを把握するため追跡調査を実施した。

(4) 補修・補強技術の開発

本目標に関して、土構造物排水機能回復技術について、平成20年度は水平排水パイプの増設による地下水位低下手法を中心に、被災事例の多い盛土構造の一つである傾斜地盤上の盛土（盛土材料は飽和透水係数 10^{-5} m/s の山砂）を対象として実大盛土に対する浸透流解析及び模型を用いた浸透実験と解析を行い、排水パイプの縦断配置間隔と地下水位低下量、パイプ1本あたりの排水量との関係性を評価し、水平排水パイプを密に配置するほど飽和面積比が減少し、総排水量が増加する傾向が認められた。ところが水平排水パイプ1本あたりの排水量に着目すると、実大盛土の計算において配置間隔の減少に従い排水パイプの集水域がお互いに干渉することにより排水量が減少するが実験においてはそのような傾向は認められなかった。

コンクリート補修補強材料の耐久性評価技術については、開発されている様々な工法の合理的な選定のために必要なライフサイクルを通じたコスト評価の基本となる適用環境に応じた耐久性に関する基礎資料を得るために、長期暴露中の供試体や補修構造物の調査から、各種被覆系工法の耐久性に関する情報を整理すると共に、耐久性の評価・向上に関する試験検討を行っている。平成20年度は、塩害対策工法の比較評価を目的に様々な被覆材が施工された新潟県の塩害橋について、補修後23年の詳細調査を実施した。また、ASR対策工法の比較評価を目的に各種被覆材を施工した暴露試験体について、20年後の解体調査を行った。その結果、被覆系補修補強材料の塩害及びASRの補修・抑制効果等に関する情報が得られ、適用性や耐久性に関する資料を整理できた。さらに、被覆材の補修効果に大きな影響を与える施工時の温湿度環境について、現場における長期観測を行って施工基準等の検討のための資料を得た。

鋼橋防食工の補修技術については、各種防食工（耐候性鋼、溶融亜鉛めっき、金属溶射）の劣化程度（3水準）と、素地調整程度並びに方法を組み合わせて塗装で補修した試験片を作成し、沖縄と朝霧で暴露試験を開始した。また、新設時に金属溶射した橋梁と、塗装を金属溶射に変更した橋梁の調査を行った。新設橋では、部材端部など外力で傷付いた部位および溶接ビード部の溶射皮膜が一部剥がれていた。塗装を溶射に変更した橋では、漏水を受けている部位と、狭隘部で施工しにくい部位の皮膜が劣化し鋼材も腐食していた。金属溶射は、良好な施工を行わないと比較的早期に劣化する。また、傷を生じた場合も適切な塗装による補修が不可欠であることが明らかとなった。

鋼床版の補修補強技術については、既設鋼床版における主要なき裂に対して、その損傷原因の解明と疲労性状改善効果が期待できる補修・補強工法の開発を目標としている。平成20年度は、デッキプレートとUリブ間の溶接部のき裂の対策について、舗装構造を改良する方法を対象に、実大鋼床版試験体を用いた輪荷重走行試験を平成19年度に引き続き実施し、補強構造としての疲労耐久性の確認を行った。また、主桁ウェブ垂直補剛材上端の溶接部、縦リブと横リブの交差部、およびUリブ突合せ溶接部のき裂の対策について、実大鋼床版試験体を用いた定点疲労試験および輪荷重走行試験を実施し、各損傷部位周辺の応力軽減・疲労耐久性の改善効果、他の溶接部への影響、補強構造としての疲労耐久性、施工性等の検討を行った。さらに、これらの検討により得られた知見に基づいて、工法を適用する際的设计・施工に関する技術資料のとりまとめを行った。

(5) マネジメント技術

本目標に関して、舗装管理目標設定手法については、管理目標設定の技術的根拠を明らかにするとともに、実情に応じた舗装の管理目標値の設定手法をとりまとめることを目的としている。平成20年度は、密粒度舗装と排水性舗装を対象として路面性状と構造的健全度の関係を調査し、データをさらに蓄積した。その結果、路面性状の中でも特にひび割れと舗装の構造的な健全度には一定の関連性があり、これを用いて舗装の健全度を評価でき

る可能性があることを把握した。また、排水性舗装特有の破損形態である骨材飛散の定量化手法に関する検討を実施し、データをさらに蓄積した結果、排水性舗装表面の凹凸を1 mm 以下の間隔で測定したデータから区間のプロファイル深さの算術平均である MPD (Mean Profile Depth) を算出することにより評価できる可能性があることを把握した。

舗装維持修繕手法については、維持工法も含めた効率的な維持修繕手法を提案することを目標としている。平成 20 年度は、舗装走行実験場でクラックシール材と排水性舗装の維持修繕方法について耐久性の確認を行った。その結果、材料の品質によってシール材のズレ、ひび割れの再発生等に差が生じることが分かり、室内試験の結果とも合わせ、クラックシールの品質規格(案)の提案を行った。また、排水性舗装のわだち掘れ修繕方法(パッチング)として行った表層のみを密粒度混合物で補修した場合と基層まで排水性舗装用混合物と密粒度混合物で補修した場合では、表層のみを密粒度混合物で補修した方がわだち掘れが進行し耐久性がないことが分かった。

RESEARCH ON ADVANCEMENT OF MAINTENANCE TECHNOLOGY FOR HIGHWAY STRUCTURES

Abstract : Now with the decreasing funds available for new infrastructure because of the falling birthrate and aging society, we need to carry out rational repair and reinforcement that is based on the result of the precision inspection and diagnosis done on damaged highway structures which support our life and economic activities. However, because there are many highway structures under various conditions, we are being asked to make more advances in maintenance technology. To develop the maintenance technology, the following research projects were conducted:

- 1) Improvement of drainage system for road embankments and retaining walls;
- 2) Research on the desalination method for concrete structures deteriorated by salt attack;
- 3) Research on durability of coating system for concrete repair and reinforcement materials;
- 4) A study on repair of steel bridge anti-corrosion methods;
- 5) Research on improvement of fatigue durability for existing orthotropic steel decks
- 6) A study on institution of rational pavement management index;
- 7) A study on maintenance mending technique of efficient pavement;
- 8) Study on selection method for countermeasures against deformation in existing tunnel;
- 9) Study on load-carrying capacity of existing concrete bridges;
- 10) Research on evaluation technique for preventing from fatal damage of existing steel bridges; and
- 11) Developing The Knowledge Database of Structural Diagnosis, Prognosis, and Rehabilitation for Damaged Highway Bridges.

Key words : maintenance, bridge, earth structure, tunnel, pavement, management