

13. 社会資本ストックをより長く使うための維持・管理技術の開発と体系化に関する研究

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：橋梁構造研究グループ長 松浦 弘

研究担当グループ：技術推進本部（先端技術），材料資源研究グループ（新材料，基礎材料），地質・地盤研究グループ（施工技術），水工研究グループ（水工構造物），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，寒地保全技術研究グループ（耐寒材料）

1. 研究の必要性

高度経済成長にあわせて加速度的に整備を進めてきた社会資本のストックが，今後，一斉に更新時期を迎えるが，国・地方の財政の逼迫やそれに伴う管理体制の制約等から，従来型の維持管理手法では更新すら容易でないと懸念されている。なかでも，構造物・設備等の重大損傷は人命の安全に直接的に関わることから，安全の確保のため，持続可能で戦略的な維持管理の推進が求められている。

これまでの技術開発においては，各種構造物・設備における損傷・変状に対する精度の高い調査点検技術やその結果に基づく適切な診断技術，合理的な補修・補強技術等の個別要素技術が開発されるとともに，それぞれを有機的に結合し戦略的にマネジメントするシステムが開発されてきた。しかし，今後のストックの高齢化，財政的な制約，安全確保等を踏まえた場合，構造物・設備に求められる管理水準を社会的な重要度等に応じて合理的・体系的に差別化していくことが求められ，こうした管理水準に応じたストックマネジメントを支える要素技術及びそれらを組み合わせたマネジメント技術の開発が求められる。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では，各種構造物・設備について，社会的な重要度等に対応する管理水準に応じた合理的な維持管理の各種要素技術（調査・点検，診断・評価，補修・補強）及びマネジメント技術の開発を行うことを研究の範囲とし，以下の達成目標を設定した。

- (1) 管理水準に応じた構造物の調査・点検手法の確立
 - ・ 土工構造物の破壊モードや進行過程，変形と限界状態の関係性の明確化に基づく健全度評価手法の提案
 - ・ 路面性状の効率的取得技術の提案
 - ・ トンネルの重要度等に応じた管理水準設定に関する技術の開発とそれに基づく点検手法の提案
 - ・ 冗長性の低い橋梁（トラス・アーチ・PC 橋）の崩壊メカニズムを踏まえた調査手法の提案
- (2) 構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術の確立
 - ・ 土工構造物の変形の進行に合わせた安全性・とるべき対応策に関する診断・評価技術の提案
 - ・ ダムの各種劣化・損傷機構の類型化及び安全性に及ぼす影響度を踏まえた劣化・損傷評価手法の提案
 - ・ 既設舗装の構造的健全度評価方法の提案
 - ・ トンネルの安全状態を簡易に診断する手法の提案
 - ・ 橋全体の構造的冗長性を踏まえた橋梁（トラス・アーチ・PC 橋）の耐荷性能，安全性評価手法の提案
- (3) 構造物の多様な管理水準・構造条件・損傷状態に応じた効率的な補修・補強技術の確立
 - ・ 土工構造物の壁面・前面パネルの補修・補強技術
 - ・ コンクリート構造物補修工法の基本的な考え方及び材料・施工管理標準等の提案
 - ・ コンクリート補修材料の国際規格制定の場への成果の提示
 - ・ 幹線道路におけるライフサイクルを見据えた維持修繕手法の提案
 - ・ 生活道路における簡略的な維持修繕手法の提案
 - ・ 道路橋桁端部の腐食環境改善，安全性や施工性に配慮した補修方法の提示

13. 社会資本ストックをより長く使うための維持・管理技術の開発と体系化に関する研究

- (4) 構造物や機械設備における管理水準を考慮した社会的リスク評価技術と、これを活用したマネジメント技術の確立
- ・ 個別の土木機械設備の維持管理手法の提案
 - ・ 関係する複数土木機械設備のグルーピングによる維持管理手法の提案
 - ・ 土木機械設備の総合的維持管理計画の立案手法及びその実施体制モデル・運用技術の提案
 - ・ ダム管理技術者支援のための基本計測項目・箇所選定手法の提案
 - ・ 道路橋の損傷リスク及びリスク発生による影響評価手法の提案
 - ・ 橋梁管理システムへの組み入れを想定した道路橋リスク評価手法の提案

3. 個別課題の構成

本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) 土木機械設備のストックマネジメントに関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 擁壁等の土工構造物の管理水準を考慮した維持管理手法の開発に関する研究（平成 23～27 年度）
- (3) コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立（平成 23～27 年度）
- (4) ダムの長寿命化のためのダム本体維持管理技術に関する研究（平成 23～25 年度）
- (5) 既設舗装の長寿命化手法に関する研究（平成 23～27 年度）
- (6) 道路トンネルの合理的な点検・診断手法に関する研究（平成 23～27 年度）
- (7) 落橋等の重大事故を防止するための調査・診断技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (8) 道路橋桁端部における腐食対策に関する研究（平成 23～27 年度）
- (9) 橋梁のリスク評価手法に関する研究（平成 23～27 年度）

4. 研究の成果

本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 26 年度に実施し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) 管理水準に応じた構造物の調査・点検手法の確立

「擁壁等の土工構造物の管理水準を考慮した維持管理手法の開発に関する研究」においては、維持管理手法の構築を目的に実大補強土壁の計測を実施し、日常的な点検手法としての写真測量を検証した結果、複数台のカメラで同時撮影できる架台を使うことで被写体に寸法が既知のものを設定せずに写真測量が実施可能であることを確認した。

「既設舗装の長寿命化手法に関する研究」においては、簡易測定車を用いた路面評価手法にわだち掘れ形状把握システムを後付装置として開発し、MRP によるわだち掘れ形状とよい一致を示す結果を得られることが分かった。

「道路トンネルの合理的な点検・診断手法に関する研究」においては、実トンネルにおける変状の継続的な調査とともに、供用中のトンネルにおける既往の点検結果の分析を行うことにより、発生している変状実態とその進行状況の確認を行った。その結果、初回判定区分から判定が変化する割合は NATM に比較して矢板工法により建設されたトンネルで高く、材質劣化の変状については S 判定とされた 3～4 割の変状において判定区分が進行する場合があることが確認された。

(2) 構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術の確立

「擁壁等の土工構造物の管理水準を考慮した維持管理手法の開発に関する研究」においては、実大模型実験を実施し、壁面振動計測を検証した結果、起振器振動による壁面の振動特性は補強材の破断により変化することを確認した。また、補強材の破断による補強土壁の壁面の振動特性の変化は、基本モードではなく高次のモードに着目する必要があることを示唆する結果が得られた。

13. 社会資本ストックをより永く使うための維持・管理技術の開発と体系化に関する研究

「既設舗装の長寿命化手法に関する研究」においては、実大供試体の繰り返し載荷試験の結果より、本舗装の疲労は繰り返し載荷とともに蓄積するが、条件によってその傾向は異なり、特に、路面の雨水湛水の有無や路盤への地下水の付与の有無は大きな影響を与えうること分かった。

「道路トンネルの合理的な点検・診断手法に関する研究」においては、トンネルの覆工に過大な応力が発生しているかを簡易に判定し、致命的な損傷に至る可能性があるか否かを判断する手法の検討として、実大規模の覆工コンクリートの載荷試験により、破壊に至るまでの覆工内の音速変化率を把握した。その結果、トンネルの覆工コンクリートに外力等が作用して応力状態が変化した場合、音速の変化に着目し、あらかじめ覆工の音速を事前に把握しておくことで致命的な損傷に至る前にその状態を把握できる可能性があることが分かった。

「落橋等の重大事故を防止するための調査・診断手法に関する研究」においては、腐食劣化の生じた鋼トラス橋斜材を対象に載荷試験及び FEM 解析を行い、破壊性状及び残存耐荷力を把握するとともに、腐食した橋梁部材の耐荷力評価手法を整理した。

また、撤去 PC 桁の耐荷力評価の研究としては、塩害により劣化したポストテンション PC 桁を対象として、塩害による劣化で撤去されたポストテンション PC 桁で実施した載荷試験を 3 次元非線形有限要素法により再現したものに対し、簡易解析モデルを用いた手法の適用性の検討と耐荷力評価手法を整理した。

(3) 構造物の多様な管理水準・構造条件・損傷状態に応じた効率的な補修・補強技術の確立

「コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立」においては、実橋梁等において温湿度の分布と経時変化を長期観測するとともに、含水状態の評価方法の検討および施工条件を変化させた表面被覆材の屋外暴露試験を行った。長期観測の結果より、表面被覆材の不具合発生を抑止するためには、施工において注目すべき箇所や時間帯等の管理指標を明確化する必要があることを示した。含水状態の評価では、測定原理に留意し、含水状態を管理することが重要であることを示した。施工条件を変化させた表面被覆試験体の屋外暴露試験については、低温湿潤環境で施工する場合に表面被覆材の接着性は著しく低下することを確認し、同環境で施工する場合の影響を明らかにした。

「既設舗装の長寿命化手法に関する研究」においては、生活道路の簡略的な補修技術として、舗装面を加熱・かきほぐし転圧するだけで舗装面を改善するワンパス施工による技術、特殊な機械を必要とせず簡単に施工できるポリマーセメント系常温型補修技術を開発し、それぞれ舗装走行実験場内及び構内道路にて試験施工を行った。その結果、良好な供用性を示したのものや、試験条件によっては粗悪な路面となる箇所もあることを確認した。

「道路橋桁端部における腐食対策に関する研究」においては、a) 桁端部の腐食環境を迅速に改善するための腐食環境改善方法の提示、b) 安全に配慮した PC 橋桁端部の調査、補修方法の提示、c) 施工性に優れた鋼橋桁端部の補修方法の提示を目的として、桁端部からの漏水に起因する下部構造の劣化に関する調査、コンクリート道路橋に用いる桁端部用排水装置の改良と実橋の狭い遊間での再試験施工、及び PC 定着体付近における側面へのドリル削孔が周囲の応力状態と破壊性状に及ぼす影響に関する実験的検討を実施した。

(4) 構造物や機械設備における管理水準を考慮した社会的リスク評価技術と、これを活用したマネジメント技術の確立

「土木機械設備のストックマネジメントに関する研究」においては、道路管理用機械設備に関する社会的影響度評価手法の検討、社会的影響度を評価するための手法として前年度までに作成した、互いに関連する複数の土木機械設備を有するネットワーク型河川 GIS モデルに関する操作性の改善及び要素モデルの改良、及び複数の機械設備の社会的影響度等に基づく優先順位の考え方に関する検討を実施した。その結果、1 次元河道不定流モデルに関し数値計算方法の変更による改良を行い、昨年度までのモデルで生じていた流量・水位の計算結果の変動は概ね解消された。また、この改良により、既往 3 洪水に関する実績の水位流量観測値とシミュレーション結果の整合性も改善された。あわせて、本モデルを活用して他河川においても河川 GIS モデルを構築・利用できるように、モデルを構築するための「実務者向けマニュアル」及びモデルを利用するための「利用者向けマニュアル」を作成した。

「橋梁のリスク評価手法に関する研究」においては、重大損傷のデータから重大損傷に至るまでの過程で、安

13. 社会資本ストックをより長く使うための維持・管理技術の 開発と体系化に関する研究

全性の低下の程度の評価につながる項目を整理した。社会的影響の評価では、分析マニュアルを参考に評価の流れを提案した。定量的評価方法の検討では、ハザードの特定に適した手法を選定し、リスクの見積はリスクマトリックスを利用する方法を提案した。

**RESEARCH ON DEVELOPMENT AND ORGANIZATION
OF MAINTENANCE TECHNOLOGY
IN ORDER TO UTILIZE INFRASTRUCTURES FOR LONG DURATION**

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Director of Bridge and Structural Engineering Research Group
MATSUURA Hiroshi

Research Group : Construction Technology Research Department (Advanced Technology)
Materials and Resources Research Group (Advanced Materials, Concrete and Metallic Materials)
Geology and Geotechnical Engineering Research Group (Construction Technology)
Hydraulic Engineering Research Group (Dam and Appurtenant Structures)
Road Technology Research Group (Pavement, Tunnel)
Bridge and Structural Engineering Research Group
Cold-Region Maintenance Engineering Research Group (Material)

Abstract : In the past development, independent elemental technologies of maintenance for damages and deteriorations of structures and facilities, such as high-precision survey and inspection, diagnosis based on them, and rational repair and reinforcement, were developed along with the development of strategic management systems that combine them in the organized manner. However, considering the aging stocks, financial restriction, securement of safety, and so forth, rational and organized differentiation of maintenance levels for structures and facilities depending on their social importance is required. And development of independent elemental technologies to support stocks based on their maintenance levels and management technologies which combine them is required. In order to achieve this, following research projects were conducted.

- 1) Research on the systematic technique of utilizing the existing machine plants effectively and attaining extension of life-span
- 2) Development of maintenance for earth structure with consideration for the control level
- 3) Establishment of repair technologies to prolong the service life of concrete structures
- 4) Maintenance technology for extension of lifespan of dams
- 5) A study on method for extension of life cycle about existing pavement
- 6) Research on methodology of rational inspection and diagnosis for road tunnel
- 7) Research on technology of survey and diagnosis in order to prevent catastrophic accident of bridges
- 8) Research on retrofitting for corroded girders around expansion joints
- 9) Research on the risk assessment of bridges

Key words : structures, facilities, maintenance, maintenance level