

14. 寒冷な自然環境下における構造物の機能維持のための技術開発

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：寒地基礎技術研究グループ長 西本 聡

研究担当グループ：寒地基礎技術研究グループ（寒地構造、寒地地盤）

寒地保全技術研究グループ（耐寒材料、寒地道路保全）

寒地水圏研究グループ（寒冷沿岸域、水産土木）

寒地農業基盤研究グループ（水利基盤）

技術開発調整監付（寒地機械技術）

1. 研究の必要性

気象条件などの厳しい積雪寒冷地における社会資本ストックは、低温、降雪、凍結融解、気候変動および低温地域に分布する特殊土地盤等の影響を大きく受けている。特に土木構造物は、その影響による機能低下によって、健全性や耐久性に深刻な問題を生じる場合が多いことから、これらに適切に対処し、その機能を維持することが重要となっている。このため、社会資本ストックを健全な状態で維持管理できる、また、厳しい自然環境や特殊地盤条件下における土木構造物の機能が保持される技術開発が求められている。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、寒冷な自然環境下における社会資本ストックの安全性・機能性を確保するために、土木構造物の戦略的な維持管理を可能とする技術開発を目的とし、とりわけ、凍結融解や塩害の影響を受けるコンクリートの材料と構造物としての機能を維持するための技術、近年の気象変化の影響を受けている道路舗装および沿岸構造物の劣化・損傷対策技術、さらには道路機能を維持する土構造物の安定化に資する技術の開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 寒冷な気象や凍害、流氷の作用に起因する構造物の劣化に対する評価技術の開発と機能維持向上のための補修・補強・予防保全技術の開発
- (2) 泥炭性軟弱地盤の長期沈下予測法を活用した土構造物の合理的な維持管理技術の開発
- (3) 積雪寒冷地における農業水利施設と自然環境調和機能を有する沿岸施設の維持管理技術の開発

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) 高機能防水システムによる床版劣化防止に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 凍害・塩害の複合劣化を受けた壁高欄の衝撃耐荷力向上対策に関する研究（平成平成 23～27 年度）
- (3) 農業水利施設の凍害劣化の診断手法と耐久性向上技術に関する研究（平成平成 23～27 年度）
- (4) 泥炭性軟弱地盤における盛土の戦略的維持管理手法に関する研究（平成平成 23～27 年度）
- (5) 融雪水が道路構造に与える影響及び対策に関する研究（平成平成 23～27 年度）
- (6) 海水作用や低温環境に起因する構造物劣化・損傷機構の解明と対策に関する研究（平成平成 23～27 年度）
- (7) 寒冷海域における沿岸施設の水調査技術に関する研究（平成平成 23～27 年度）
- (8) 自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持・管理手法に関する研究（平成平成 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研究成果は、本総括報告書に続く個別課題報告書に取りまとめているが、ここでは「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 23 年度から 27 年度に実施した研究により得られた達成状況(成果)を要約して述べるものである。

(1) 寒冷な気象や凍害、流水の作用に起因する構造物の劣化に対する評価技術の開発と機能維持向上のための補修・補強・予防保全技術の開発

高機能防水システムによる床版劣化防止に関しては、床版防水層の機能低下要因を確認し、防水工の防水性・耐久性・安全性等に係る要求性能を提案した。また、舗装・防水層・床版構造体の新たな性能評価方法や規格値を提案した。さらに、現状の排水工の課題点に対する機能向上を図った高耐久排水ますを開発した。以上より、舗装・防水工・排水工から成る床版防水システムとそれらの施工方法等も含め、床版の高耐久化技術をとりまとめた。

凍害・塩害の複合劣化を受けた壁高欄の衝撃耐荷力の診断技術に関しては、現場調査結果を反映した壁高欄の載荷実験や、両引き付着試験、衝撃載荷実験などによって鉄筋腐食やコンクリートの劣化が耐荷力に与える影響を評価した。また、壁高欄の補修の判断指標として、リスクマトリクスを用いた方法を提案するとともに、複合劣化進展過程を予測し補修・補強が必要となる劣化状態を示し、複合劣化と衝撃を受ける壁高欄の維持管理対策を提案した。

融雪水が道路構造に与える影響に関しては、融雪水の浸入や凍結融解作用が舗装体に及ぼす具体的な変化と舗装損傷のメカニズムを明らかにし、融雪水による舗装損傷が発生しやすい条件を明示した。また、対策として、融雪水などの寒冷地条件を考慮した舗装補修材料に要求される性能、耐久性評価方法、指標および規格値を提案するとともに、道路舗装の耐久性向上に向けて留意すべき事項を整理した技術ハンドブックを作成し、様々な耐久性向上策を提示した。融雪期のポットホール発生の中長期的な予測に基づき、ライフサイクルコストの低減に効果的な方法として予防的な舗装補修対策を提案した。

海水作用や低温環境に起因する構造物劣化・損傷機構の解明に関しては、鋼材のアブレシブ摩耗（海水中の砂による研磨作用）の損耗が腐食摩耗と同等以上に大きく無視できない劣化機構であること、低温のオホーツク海の腐食速度の方が温暖な海域より大きくなる場合があることを明らかにした。また、腐食対策として多く使用される電気防食工法および被覆防食工法は、海水の作用により損傷する可能性があり、海水が活発に運動する氷海域への適用は適当ではないことを実証した。アブレシブ摩耗や腐食速度増大がある氷海域に適した低コスト・高耐水性の鋼構造物の劣化対策工法として、犠牲鋼板と新型陽極による2つの新型工法を提案した。

水中構造物内部の劣化・損傷状況探査および可視化技術については、鋼矢板を透過し背後の空洞の奥行きを計測できるパラメトリックプローブ、パラメトリックプローブをバックホウに搭載し計測を行うための計測システムおよび取得したデータを解析するためのソフトウェアを開発した。音響計測技術を利用した沿岸施設に近づく海水の計測技術については、回転装置にマルチビームソナーを取り付け、海底から海水下面形状を計測する装置および取得したデータから海水の体積や移動距離等を把握するソフトウェアを開発した。これらの技術について、適用範囲や運用方法についてとりまとめを行い、寒冷海域における沿岸施設の水中調査技術ハンドブックを作成した。

(2) 泥炭性軟弱地盤の長期沈下予測法を活用した土構造物の合理的な維持管理技術の開発

泥炭性軟弱地盤における盛土の維持管理技術に関しては、泥炭性軟弱地盤上の盛土の補修実態調査および泥炭性軟弱地盤の特異な性質を考慮した長期沈下解析を行い、EPS置換えによって地盤を過圧密状態とすることで残留沈下を抑制する技術の効果を確認した。さらに、EPS置換え厚さや施工時期が残留沈下の抑制効果に与える影響を明らかにした上で、過圧密化による長期沈下対策の合理的な設計法を提案した。

また、新しい対策工法の確立を目指して、冬期中層混合処理工法などを確実に施工するための覆土の適用性を明らかにしたほか、経済的な「低改良率地盤改良+砕石マット併用工法」の改良効果を現場計測およびFEM解析を行って把握し、最終的に、これらの対策工の設計法を提案した。

(3) 積雪寒冷地における農業水利施設と自然環境調和機能を有する沿岸施設の維持管理技術の開発

農業水利施設の凍害劣化の診断手法と耐久性向上技術に関しては、開水路の凍害診断技術、寒冷地における農業水利施設の維持管理技術の開発を行った。凍害診断技術の開発では、凍害劣化部に対する温度変化と凍結融解作用時の融雪水の影響を確認し、目視調査による凍害診断における留意点を整理した。また、各種非破壊調査手法などによる凍害劣化深さの推定・特定手法、内部変状の検出手法を確立し、「開水路の凍害診断マニュアル（案）」を作成した。維持管理技術の開発では、補修材の耐久性評価のための凍結融解試験方法を開発した。また、表面被覆材の耐用年数の試算を行った。さらに、機械インピーダンス法による表面被覆材の浮き・剥離の検出手法に関する検討を行い、加えて、凍害劣化により変状を生じた開水路の更生工法、補修後の開水路におけるモニタリング手法を開発した。

自然環境調和機能を有する沿岸施設の維持管理技術に関しては、喫緊の課題である磯焼け対策への有効性の観点か

14. 寒冷な自然環境下における構造物の 機能維持のための技術開発

ら藻場創出機能に着目し、現地調査等による現状把握と同機能の低下原因を分析し、低下した藻場創出機能を回復させるための対策手法の検討を行った。対策手法として防波堤の既存背後小段天端の嵩上げにより流動環境をウニの摂餌活動抑制に適した環境に改変する手法を考案するとともに、現地実証試験により藻場回復効果を検証し、寒冷地における自然環境調和型（藻場造成型）沿岸構造物に関する順応的な維持管理手法を提案した。さらに、藻場創出機能の発現状態を適切に把握するための評価体系を構築し、機能の維持・保全に関する診断手法を開発するとともに、モデル漁港での現地検証により現場における実用性と診断手法の妥当性を確認した。

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT FOR MAINTAINING FUNCTIONS OF STRUCTURES IN COLD ENVIRONMENTS

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Director of Cold-Region Construction Engineering Research Group

Research Group : Cold-Region Construction Engineering Research Group

(Structures, Geotechnical)

Maintenance Engineering Research Group (Materials, Road Maintenance)

Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group (Port and Coast, Fisheries Engineering)

Cold-Region Agricultural Development Research Group

(Irrigation and Drainage Facilities)

Cold-Region Technology Development Coordination (Machinery Technology)

Abstract : Infrastructures in cold and snowy regions are subjected to snowfalls, low temperatures, repeated freezing and thawing, and climate changes. Especially, civil engineering structures that have functionally declined as a result of that exposure are likely to have serious problems with soundness and durability. It is important to address such functional decline and maintain the original performance of the structure. There is particular need to develop technology to maintain the performance of concrete materials and the concrete itself as a structure in cold and snowy regions affected by frost and salt damage, countermeasures against deterioration and damage in asphalt pavements and coastal structures affected by the recent abnormal weather and climate changes, and technologies contributing to the stabilization of earth structures that maintain the road function. In this research, we are conducting various verification tests and on-site field investigation/demonstration tests to develop the following technologies necessary towards maintaining the function of civil engineering structures in cold environments.

(1) Development of deterioration assessment techniques for road structures and coastal structures resulting from cold climates, frost damage and sea ice action, and development of repair, reinforcement and preventive maintenance technologies for maintaining and improving performance

(2) Development of rational maintenance and management technologies for earth structures, utilizing the long-term settlement prediction method of peaty soft ground

(3) Development of maintenance and management technologies for irrigation and drainage infrastructure and coastal infrastructure in cold and snowy regions

Keywords : cold and snowy regions, civil engineering structures, frost damage, maintenance management, durability evaluation