

## 11. 土木施設の寒地耐久性に関する研究

研究期間：平成18年度～22年度

プロジェクトリーダー：寒地基礎技術研究グループ長 高橋守人

研究担当グループ：寒地基礎技術研究グループ（寒地構造、耐寒材料、寒地地盤）、  
寒地道路研究グループ（寒地道路保全）、技術開発調整監付（寒地機械技術）

### 1. 研究の必要性

積雪寒冷地の北海道においては、泥炭性軟弱地盤の比較的広範な分布、冬期の多量な積雪と低温などが土木施設の構築、維持管理に著しい影響を与える。このため、積雪寒冷地の特性に適合した土木施設の構築、保守に関する技術を開発する必要がある。

### 2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、泥炭性軟弱地盤対策工の合理的・経済的設計法を策定するとともに、耐凍害性に優れたコンクリート、積雪寒冷地における性能低下を考慮した構造物の耐荷力向上及び舗装の耐久性向上、土木施設のマネジメント手法など、積雪寒冷地における土木施設の耐久性を向上させる技術開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 寒冷条件が土木施設に及ぼす影響の判定手法および泥炭性軟弱地盤の長期沈下予測手法の開発
- (2) 土木施設の凍害等による劣化を防ぐ工法の開発
- (3) 土木施設の寒地耐久性を向上させる手法および泥炭性軟弱地盤の合理的対策の策定

### 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) 泥炭性軟弱地盤対策工の最適化に関する研究（平成18～22年度）
- (2) コンクリートの凍害・塩害による複合劣化挙動および評価に関する研究（平成18～22年度）
- (3) 積雪寒冷地におけるコンクリートの耐久性向上に関する研究（平成18～22年度）
- (4) 積雪寒冷地における性能低下を考慮した構造物の耐荷力向上に関する研究（平成18～22年度）
- (5) 寒冷地舗装の劣化対策に関する研究（平成18～22年度）
- (6) 積雪寒冷地における土木施設のマネジメント手法に関する研究（平成18～22年度）

### 4. 研究の成果

本重点研究プロジェクト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であるが、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18年度から22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) 寒冷条件が土木施設に及ぼす影響の判定手法および泥炭性軟弱地盤の長期沈下予測手法の開発

個別課題として、「コンクリートの凍害・塩害による複合劣化挙動および評価に関する研究」、「積雪寒冷地における土木施設のマネジメント手法に関する研究」および「泥炭性軟弱地盤対策工の最適化に関する研究」を実施した。

コンクリートの凍害・塩害との複合劣化挙動および評価に関する研究では、凍害・塩害の複合劣化を受けるコンクリート構造物に対する劣化診断支援システムの開発、劣化予測および合理的な耐久設計法の確立、力学的性能の解明等を目的として調査、試験等を行った。その結果、診断に関しては主に超音波を用いた非破壊試験により簡易に凍害深さを把握する手法を開発するとともにスキャナーによりスケーリング深さを定量的に把握する手法等を提案し、これらを組み込んだ劣化診断支援システムを凍害診断フローとして凍害の手引きへ反映した。また、劣化予測に関して

は、部材の水分供給条件を考慮した凍害劣化予測手法、水セメント比と凍結融解履歴から既存構造物のスケーリングの進行を簡易に予測できる手法を提案した。耐久設計に関しては、スケーリングの促進挙動の実験結果を解析し、水セメント比と透水係数を組み合わせた耐久性照査式を提案した。さらに、力学的性能に関しては、凍害劣化の進行に伴い、RC梁は、曲げ破壊型からせん断破壊型へ移行することおよび超音波伝播速度から推定した圧縮強度を用いてFEM解析することでおおよその最大荷重の推定が可能であることを明らかにした。

積雪寒冷地における土木施設のマネジメント手法に関する研究では、舗装と橋梁の健全度評価、劣化予測手法の開発を行った。舗装に関しては、マルコフ遷移確率モデルの作成や最新のデータに基づいて路面性状予測式を提案した。さらに、積雪寒冷地における排水性舗装路面の損傷程度を評価する手法の検討を行い、補修面積率による評価手法を提案した。また、舗装の予防的修繕工法の効果に関して追跡調査を行った結果から、シール材の積雪寒冷地での適用手法を確立した。これらの成果を基に、積雪寒冷地の地域特性を考慮した将来の路面性状の予測や対策工法の選定などを高い精度で行うことができる舗装マネジメントシステムを構築した。橋梁に関しては、定期点検結果等に基づく劣化予測手法や事業展開別の補修補強シナリオを提案し、ネットワーク型の橋梁マネジメントシステムを構築した。これらのシステムにより、補修箇所の選定作業や年度計画の立案作業の効率化が可能となった。

泥炭性軟弱地盤対策工の最適化に関する研究では、泥炭性軟弱地盤の長期沈下予測法として粘弾塑性モデルを用いた有限要素解析が有効なことを明らかにするとともに、二次圧密を支配するパラメータを含めて泥炭の特殊な工学的性質に対応した土質パラメータ決定法を提案できた。この方法は、維持補修（オーバーレイ）による荷重増を考慮できるなど、従来の方法と比べて、より精度の高い予測方法である。本研究成果の普及を図るため、「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」を改訂し、ホームページに公開した。

## (2) 土木施設の凍害等による劣化を防ぐ工法の開発

個別課題として、「積雪寒冷地におけるコンクリートの耐久性向上に関する研究」、「積雪寒冷地における性能低下を考慮した構造物の耐荷力向上に関する研究」、および「寒冷地舗装の劣化対策に関する研究」を実施した。

積雪寒冷地におけるコンクリートの耐久性向上に関する研究では、表面含浸材を塗布したコンクリートの耐久性、短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維メッシュを併用して補強したコンクリートの耐荷力・耐久性の試験調査を行った。その結果、防錆と撥水機能を有した表面含浸材を劣化した構造物に塗布した場合の鉄筋腐食速度の低減効果と適用可能な劣化程度を明らかにし、設計施工法を提案した。また、短繊維混入吹付けコンクリート等による補修補強工法については、吹付けコンクリートの性能と各種繊維材料による補強効果を明らかにし、設計施工法を提案した。

積雪寒冷地における性能低下を考慮した構造物の耐荷力向上に関する研究では、凍害等の影響を受けるRC床版の劣化プロセスを推定し、現有耐荷力算定式や床版疲労耐荷力算定式を含めた補修補強設計法、上面補修、下面補強工法等を提案した。また、寒冷地域において大きな性能変化が予想されるゴム支承の温度依存性を定量的に評価し、その成果に基づきマニュアル（案）を提案した。さらに、鋼橋に用いる厚板鋼材（母材および溶接継手部）の低温靱性を考慮した品質管理方法を提案した。

寒冷地舗装の劣化対策に関する研究は、長期的に高い耐久性が期待できる新たな舗装材料と工法を積雪寒冷地で適切に運用するための技術確立とともに、凍結融解や低温といった積雪寒冷地特有の条件を考慮したアスファルト舗装設計法の確立に取り組んだ。高耐久舗装材料・工法の適用技術としては、大粒径混合物、コンポジット舗装構造、骨材露出工法の積雪寒冷地での適用性を室内試験と現道での追跡調査により検討し、適用が可能であることを確認し、さらに、骨材露出工法の有用性を確認して、これら技術の適用方法を提案した。また、積雪寒冷条件に対応した舗装設計方法としては、理論的設計手法で用いる各種解析の妥当性を、試験施工区間などの現位置における載荷試験や現地調査および室内実験によって検討した。検討の結果、積雪寒冷地特有の各種の設計条件を適切に設定する方法を確立した。また、これらの設計条件を基に計算した理論値の妥当性も確認できたことから、得られた知見を集約して寒冷地舗装の理論的設計手順をとりまとめた、「積雪寒冷地舗装の理論的設計システム」を構築した。

## (3) 土木施設の寒地耐久性を向上させる手法および泥炭性軟弱地盤の合理的対策手法の策定

個別課題として、「積雪寒冷地におけるコンクリートの耐久性向上に関する研究」および「泥炭性軟弱地盤対策工の最適化に関する研究」を実施した。

積雪寒冷地におけるコンクリートの耐久性向上に関する研究では、複合劣化対策として改良セメントおよび各種混

和材を用いたコンクリート、撥水機能を有した表面含浸材を塗布したコンクリート、短繊維補強軽量コンクリート等の耐久性等の試験調査を行った。その結果、改良セメントコンクリートに関しては、セメントと混和材の組合せにより高耐久のコンクリートの製造を可能となること、表面含浸材を塗布したコンクリートに関しては、予防保全対策として効果が高いことを明らかにし、それらの設計施工法を提案した。また短繊維補強（軽量）コンクリートについては、施工性や耐久性を確保した配合と実構造物への合理的な設計施工法を提案した。

泥炭性軟弱地盤対策工の最適化に関する研究では、泥炭性軟弱地盤の合理的対策手法の策定に向けて、中層混合処理工法、敷き金網併用プラスチックドレーン工法およびキャップ付き真空ドレーン工法などの新工法の泥炭性軟弱地盤に対する改良効果の評価を行い、設計法・施工管理法を提案した。これにより、ライフサイクルコストの最小化に向けて、より合理的な対策工の選定が可能となった。本研究成果は、改訂した「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」に反映し、ホームページに公開した。また、河川堤防を横断する樋門・樋管部の空洞探査技術および変位計測技術について検討を行い、電磁波レーダー技術と堆砂除去装置を用いて、函体内の堆砂除去と函体底版下の空洞探査を同時に行う手法を提案しさらに、従来、1次元で計測している樋門・樋管函体の変位を、3次元で計測する変位計測技術を開発した。