

## 16 寒冷地域における冬期道路のパフォーマンス向上技術に関する研究

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：寒地道路研究グループ長 三木 雅之

研究担当グループ：寒地道路研究グループ（寒地交通チーム）

寒地保全技術研究グループ（寒地道路保全チーム）

技術開発調整監（寒地機械技術チーム）

### 1. 研究の必要性

豊かで質の高い国民生活を支え、地域の活力を引き出すためには道路交通が担う機能の維持と向上が不可欠である。迫りくる人口減少や少子高齢化、厳しい財政事情の中では、その機能をより効果的・効率的に維持・向上させる戦略的な維持管理技術の導入が求められる。特に寒冷地では、冬期道路状況に応じて事業投入と機能が均衡する冬期道路管理技術が重要である。また、冬でも快適な歩行空間の確保を図るため、バリアフリーに加え転倒を防止するための技術開発が必要であり、さらに冬期の交通事故に有効な対策技術の向上も非常に重要な課題の一つである。

### 2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、寒冷地の冬期道路交通のパフォーマンスを維持・向上させるため、冬期道路のパフォーマンスに最も影響する冬期路面水準の評価・判断支援・対策技術の開発、路線・区域全体の除雪効率化向上のための技術開発、冬期歩道の安全性・信頼性向上技術の開発及び冬期の交通事故に有効な対策技術の開発を行うための研究に取り組むこととし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 冬期道路管理の効率化、的確性向上技術の開発
- (2) 冬期歩道の安全性・信頼性向上技術の開発
- (3) 冬期交通事故に有効な対策技術の開発

### 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) 冬期路面管理水準の判断支援技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 効率的な冬期路面管理のための複合的路面処理技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (3) ICTを活用した効率的、効果的な除雪マネジメント技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (4) 積雪期における安心・安全な歩道の路面管理技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (5) 郊外部における車線逸脱防止対策技術に関する研究（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に関して、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標を踏まえて、平成 23～27 年度に実施した研究内容と成果は以下のとおりである。

#### (1) 冬期路面管理水準の判断支援技術に関する研究

本研究は、連続路面すべり抵抗値測定装置の活用により路線の路面管理の適切な実施判断に資する技術開発に取り組むものである。冬期における安全・円滑な道路交通確保に向けて、効率的・効果的な冬期道路管理の判断支援に資する技術開発を進めるために、冬期路面管理水準の妥当性検討、路線におけるすべり特性の把握と診断技術の開発に関する検討および道路気象と診断技術に基づいた冬期路面管理水準の判断支援技術の検討を行った。

- ・冬期路面管理水準の妥当性検討

連続路面すべり抵抗値測定装置により測定した路面のすべり抵抗値を用いて、今後の冬期路面管理水準の妥当性の検証するために、現道における路面すべり抵抗モニタリング調査を行った。具体的には、一般国道 230 号の KP1.0~45.0 の区間において、1~2 月の平日計約 40 日間（2 往復/日）にわたり、路面管理作業実施前後においてモニタリング調査を実施した。また、過年度に取得したモニタリング調査結果、冬期道路管理作業記録データも用いて、冬期路面管理水準の妥当性検討に向けた基礎解析を行った。本解析により、路面すべり抵抗値、気象および路面管理作業データは相互に関連することが分かった。また、これらのデータより冬期道路管理水準の妥当性を検証できた。

- ・路線におけるすべり特性の把握と診断技術の開発

既往のシステムに集約・蓄積したデータを用いて、路線における冬期路面状態（すべりやすさ）の出現傾向、要注意箇所・条件等、路線のすべり特性を把握するための基礎的分析を行った。具体的には、一般国道 230 号のすべり抵抗モニタリングデータを、気象条件（日最低気温および夜間 12 時間降雪量）と前日の路面状況（路面すべり抵抗値）で 13 区分に分け、気象・路面状況別に路線の路面すべり抵抗値分布の再現性を検証した。すべり特性の基礎的分析を行い、気象条件毎の路線のすべり傾向分布図（フリクションマップ）の作成手法を構築した。フリクションマップを作成することにより、路線における要注意箇所を把握できるとともに、道路気象や道路構造を考慮して路線のすべり特性の評価・診断が可能になる。

- ・道路気象と診断技術に基づいた冬期路面管理水準の判断支援技術の検討

実際に管理の現場で活用されることを想定し、気象条件によるフリクションマップの分類数の集約、フリクションマップ作成に必要なデータ数とフリクションマップの信頼性を検証し、冬期路面管理事業への適用方法としてフリクションマップ活用マニュアルを提案した。

## (2) 効率的な冬期路面管理のための複合的路面処理技術に関する研究

本研究は、舗装の種類・特性に応じた凍結防止剤の散布技術を確立し、散布剤、散布技術及び散布機械の改良による複合的な凍結路面処理技術を開発することで、より効果的・効率的な凍結路面对策の実施に資する技術開発に取り組むものである。より効果的・効率的な凍結路面对策の実現に資するため、舗装種類に合致した効果的・効率的な凍結防止剤等の散布技術の検討、散布剤や散布技術の改良、散布機械の改良も合せた凍結路面処理技術に関する検討を行った。

- ・舗装種類に合致した効果的・効率的な凍結防止剤等の散布技術の検討

舗装種類毎の適切な散布技術を確立するため、凍結防止剤散布後のすべり抵抗値( $HFN$ )や路面すべり摩擦係数 $\mu$ を推定する手法の確立が必要となる。密粒度舗装、排水性舗装および機能性 SMA 舗装を対象とした室内実験を実施し、 $\mu$ と路面氷膜厚の関係、および凍結防止剤の散布量に対して舗装内部に浸透する量の割合を明らかにした。これらの知見を基に、凍結防止剤散布後の $\mu$ を推定する手法（路面すべり推定法）を構築し、さらに同手法を粗面系舗装に拡張し、車両通過の影響も組み込んで精度を向上させた。この路面すべり推定法を基に、適切な凍結防止剤散布量を推定するとともに、凍結防止剤散布が不適切な場合には他の冬期路面管理作業を推奨する冬期路面改善シミュレータ（Winter Road Improvement Simulator : WIRIS ウィリス）を開発した。

- ・散布剤や散布技術の改良、散布機械の改良も合せた凍結路面処理技術の提案

- ① 機械的改良による散布技術の検討：防滑材の定着性向上を図るために、散布機械の改良による防滑材と加熱水の湿式散布（防滑材加熱水混合散布）について検討した。加熱機器 2 台と熱交換器 1 台などから構成される加熱ユニットを介して水溶液タンク内の水を加熱する加熱水混合散布システムを、既

存の凍結防止剤散布車に搭載する方式で試作機を製作した。なお、試作機は、運転室からの加熱ユニット操作により、最適な温度の加熱水混合散布が可能である。

- ② 散布剤の改良による散布技術の検討：海外で実績のある防滑材加熱水混合散布の導入を図る目的で、試験道路にて野外試験を実施し、路面上の防滑材の量とすべり抵抗値(*HFN*)の関係を明らかにした。加熱水の温度および混合割合が防滑材の路面残存率に及ぼす影響を明らかにし、防滑材加熱水混合散布の防滑材路面定着特性と路面すべり抵抗値改善効果を定量的に評価した。そして実道における防滑材加熱水混合散布と従来方式の湿式散布の比較試験から、防滑材加熱水混合散布後の路面すべり抵抗値は湿式散布後のそれより高い傾向にあることを実証した。

### (3) ICTを活用した効率的、効果的な除雪マネジメント技術に関する研究

本研究は、除雪作業を効率的・効果的に実施するため、詳細な除雪機械稼働情報（位置・作業）や、気象情報等の分析を行い、ICT(Information Communication Technology)を活用して除雪出動判断・除雪機械運用を支援する除雪マネジメント技術を提案するものである。

- ・気象情報と除雪機械の稼働（位置・作業）情報の可視化による、除雪作業効率の分析・評価技術の提案
  - ① 除雪作業を可視化、分析・評価する方法を検討し、「除雪作業効率分析・評価手順資料（案）」にとりまとめた。また、可視化、分析・評価を容易に行うため、除雪機械の位置情報データを、道路距離票と除雪作業時刻を軸とした折れ線グラフで表示する機能を開発した。
- ・気象情報・除雪機械稼働情報の分析とICT技術を活用した情報共有による、除雪出動判断・除雪機械運用支援技術の提案
  - ① 降雪量に応じた出動タイミングの判断を支援するため、各除雪工区の代表的な除雪ルート及び除雪作業所要時間を算出し、その情報を除雪作業グラフで表示する除雪出動判断機能を開発した。
  - ② 大雪時などに、隣接工区の除雪作業の支援を行った場合の効果を定量的に把握するため、除雪作業所要時間を予測する除雪機械運用支援機能を開発した。
- ・除雪機械の位置・作業情報を活用した、除雪機械作業効率化マネジメント技術の運用方法の提案
  - ① 上記の成果を基に、「除雪機械作業効率化マネジメント技術資料」を作成した。

### (4) 積雪期における安心・安全な歩道の路面管理技術に関する研究

積雪寒冷地の冬期歩道路面では、積雪や路面の凍結により歩行者転倒事故が発生しており、特に交通バリアフリーの観点からも高齢者・移動制約者等に対して歩道空間を改善する路面管理手法および対策が求められている。本研究では、冬期でも快適な歩行空間を提供するため、冬期の歩行者にとって快適な路面性能を明らかにし、適切な路面を提供するための歩道の設計手法、機械除雪と路面管理の最適な組み合わせ手法について提案することを目的としている。

- ・高齢化社会に対応した寒冷地歩道の路面性能の解明
 

冬期歩道路面の様々な路面性状を調査し、冬期歩道の歩行に与える影響が大きい要因を抽出を行った。また、乾燥・湿潤時の歩道路面のすべり抵抗を評価する手法として基準化されている試験法(BPT)では、冬期歩道路面を適切に測定できないため、歩行実験をもとに適切にすべり抵抗値を測定する方法(PPD)を提案した。
- ・積雪や除雪作業に対応した歩道の設計技術の提案
 

冬期歩道路面における救急搬送者数の調査結果より、冬期歩道路面における事故の特徴を把握を行った。また、バリアフリー区間の縦断勾配設計に関して、歩行者(健常者・高齢者)の主観評価試験を実施し、バリアフリー区間の現行の基準を踏まえて歩道の設計を行うことの妥当性確認を行った。また、開発中の雪氷路面処理装置が舗装に与える影響を検証するため、雪氷がない各種舗装路面にて走行試験を実施し、舗

装に与える影響の確認を行った。

- 新しい歩道部の冬期路面処理機械の開発

構造が単純で特別な動力を必要とせず、すべり止め材のみによらずに雪氷路面の改善効果が期待できる海外での雪氷路面破碎処理技術を活用し、歩道部の雪氷路面処理装置の開発を行った。活用した破碎機構に加え、破碎によって発生する雪氷片を歩行部から排除する排雪部、薄い雪氷路面に対応するための破碎深さ制御機能を備えた装置を試作した。性能を検証する試験を行い、施工による静摩擦係数値の増加、大きな不陸の解消、及び車両の取り回しや作業性に問題がないことを確認した。また、実機に向けた雪氷路面処理装置の仕様を作成した。

- 最適な冬期の歩道路面管理技術の提案

被験者調査により、アイスバーン、圧雪路面への雪氷路面処理装置及びすべり止め材による路面対策効果の検証を行い、効率的な冬期路面対策方法としてすべり止め材等の散布量及び雪氷路面処理装置による路面処理技術の効果を提案した。

### (5) 郊外部における車線逸脱防止対策技術に関する研究

本研究は寒冷地域等における道路交通の安全性を維持・向上させるため、①郊外部において死亡事故に至る割合の高い車線逸脱事故の防止対策技術として、諸外国で既に効果を挙げているワイヤロープ式防護柵に着目し、各道路区分に対応した性能、仕様の検討、施工・維持管理手法の検討や路肩への適用性検証、効果の測定の実施を通じて、我が国の条件に適した緩衝型ワイヤロープ式防護柵の開発すること、および、②工作物衝突事故対策箇所の選定手法、対策手法等について検討し、工作物衝突事故対策手法の提案を行うこと、から構成される。

- 緩衝型ワイヤロープ式防護柵

車両の路外逸脱対策技術として物理的に車線逸脱を防ぐことを目的に、CG シミュレーション、性能確認試験を行って高速道路用(Am種)および一般道路用(Bm種)の緩衝型ワイヤロープ式防護柵を開発した。実道への導入に向け、カーブ・サグ等の道路線形条件が厳しい箇所、および橋梁やボックス等の構造物上の条件に適した構造と設置工法の開発、暫定2車線区間への導入方法の検討を行った。さらに、ワイヤの張力が低下した時の衝突時たわみ量を減少させることを目的としたロープ連結材を考案し、性能確認試験を実施して規格を確定した。これらの成果をまとめ、「緩衝型のワイヤロープ式防護柵整備ガイドライン(案)」を作成した。開発した新型防護柵は全国的高速道路等に試行導入され、効果の検証が行われている。

- 工作物衝突事故対策手法

車線逸脱事故データの分析を行い、道路条件や交通条件を点数化して要対策箇所を選定する手法を作成し、現地調査手法と対策事例を取りまとめ、「工作物衝突事故対策立案マニュアル(案)」を作成した。個別の工作物衝突事故対策技術として、大型車への警告効果が高いランブルストリップスの開発のため、夏期・冬期走行実験、被験者実験を実施して大型車対応ランブルストリップスの推奨規格を作成し、新たに工作機械の開発も行った。これらの成果を取りまとめ、既存の「ランブルストリップス整備ガイドライン(案)」に追加した。

## RESEARCH ON PERFORMANCE IMPROVEMENT OF WINTER ROAD IN COLD REGION

**Budget:** Grants for operating expenses General account

**Research Period:** FY 2011-2015

**Research Team:** Traffic Engineering Research Team,  
Road Maintenance Research Team,  
Machinery Technology Research Team

**Abstract** : It is essential to maintain and improve functions of roads in order to support the wealthy and quality citizens life and draw forth the vitality of the regions. It is desired to introduce the strategic maintenance technologies that maintain and improve the functions in the circumstances of the looming population decline, lowering birthrate and aging society. Particularly in cold regions, the winter road maintenance technologies are desired which match the balance of cost and performance in response to winter road conditions. In order to secure the comfortable pedestrian spaces also in winter, development of the technologies for prevention from pedestrian's falling down are necessary adding to barrier-free measures. Furthermore, the improvement of countermeasure technologies effective to traffic accidents in winter is one of the highly significant subjects. In order to correspond to such above subjects, the research teams performed researches as below.

- Research on technology for decision making support of winter road surface maintenance level
- Research on technology of composite road surface treatment for efficient winter road maintenance
- Research on technology of efficient and effective snow removal management utilizing, ICT, Information and Communications Technology
- Research on technology for secure and safe pedestrian's road surface maintenance in snow season
- Research on technology of countermeasures for lane departure accident in suburban area

**Key words** : winter road maintenance, decision making support, snow removal, information and communications technology, pedestrian space, lane departure