

16.4 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

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地道路保全チーム，寒地機械技術チーム

研究担当者：丸山記美雄，吉川敏之，吉井昭博，井谷雅司，
牧野正敏，三浦豪，石川真大，中村隆一

【要旨】

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及び対策が求められている．本研究は冬期の歩行者にとって望ましい路面性能を明らかにし適切な路面を提供するための路面管理手法についての検討及びすべり止め材のみによらない冬期歩道路面処理技術の提案を目標としている．初年度は積雪期の歩道の現状の把握や冬期の歩道に関する既往文献調査を行うとともに，様々な測定機器を用いて冬期歩道路面性状の測定を試み路面評価手法としての適用性を検証した．また，現状の冬期歩道の維持管理実態を把握するため，道路管理者及び維持管理業者へのヒアリングを実施した．加えて，雪氷路面の破碎や破碎した雪の排雪をおこなう装置を試作して調査試験を行い，装置の能力や適応性を確認した．

キーワード：冬期歩道路面，路面性状評価，ヒアリング，氷板圧雪路面処理

1. はじめに

人口減少や少子高齢化，厳しい財政状況の中で地域の活力を維持していくためには，交通基盤を効果的・効率的に維持・向上する戦略的維持管理技術が求められている．積雪寒冷地では，冬期において歩道の積雪や路面の凍結により歩行者の転倒事故が多発しており，特に高齢者が除雪が不十分で傾斜のある歩道を避けて車道を歩くことによる交通事故の危険性や，冬期の外出を控えがちになるなどの問題も生じている．

冬期歩道路面のすべり対策としては除雪およびすべり止め材等の散布が行われているが，区間により管理レベルが異なり，路面状態が不連続となり歩きにくい路面ができることがある．こうした現状を踏まえて，冬期でも快適な歩行空間を確保するための技術開発が求められている．

本研究は，冬期の歩行者にとって望ましい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設計手法，路面管理手法，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．

研究初年度である平成 23 年度は，積雪期の歩道の現状の把握や冬期の歩道に関する既往文献調査を行うとともに，冬期歩道の維持管理実態を把握するため，道路管理者及び維持管理業者へのヒアリングを実施した．また，様々な測定機器を用いて冬期歩道路面性状の測定を試み路面評価手法としての適用性を検証した．加えて，雪氷路面の破碎や破碎した雪の排雪をおこなう装置を試作して調査試験を行い，装置の能力や適応性

を確認した．

2. 積雪期の歩道の現状把握

2.1 冬期歩道路面管理の実態調査（ヒアリング）

現在の冬期維持管理の実態を把握することを目的に，道路管理者及び維持管理業者からヒアリングを実施した．

2.1.1 調査方法

国道だけではなく地方道の現状も把握するため，道・札幌市・帯広市も対象にヒアリング調査を行った．

ヒアリングは，歩道除雪の形態，歩道路面状況の実態，歩道除雪可否の決定方法，歩道除雪の優先順位のつけ方等に着眼し実施した（写真-1）．



写真-1 ヒアリング状況

2.1.2 調査結果

ヒアリングの結果、歩道除雪の出動基準については、国においては「冬歩行者の従行が困難になったとき、又はおそれがあるとき」と仕様書に定められているが、多くの維持管理業者が通学路等については概ね降雪量5cm程度以上で出動していた。また、自治体では降雪量10cm～15cm程度で出動することとしていた。歩道除雪の作業時間については、通学・通勤前に終了することが指定されている。小型歩道機械除雪で行っているため生活道路以外については一定の幅2.00mを確保している。

仕上げ厚さは歩道部の点字ブロック・景観歩道においてはレンガ等の損傷防止のため、10cm程度を残している。基本的に歩道部においては苦情があった場合を除き防滑材の散布は行っていないのが現状である。地域（民家・コンビニ）に防滑材を配布している自治体もある。路面管理の注意点として、多くの管理者がすべり抵抗性・段差について最も注意を払っていることがわかった。また、札幌市では小型除雪機の後部に路面整正用装置（鉄製のブラシ）により凍結路面を粗面化し、一定期間効果のあるすべり対策を行っていた。

表-1 除雪現場として冬期路面に求めているもの・注意しているもの

国道	車両の乗り入れ箇所は段差となる場合が多いため、解消方法として歩道構造をマウントアップ形式からフラット形式の検討が必要と思う。
道道	スピードを出す車両が多いので、直線部や緩やかなカーブで除雪カスといったこぼれ雪を残さないようにしている。
札幌市	ロードヒーティングとの項目は、水板となりやすいため、段差やすべりに対して注意している。
帯広市	歩行者の安全のために、防滑材の散布又は札幌市のような小型ロータリーに装着の路面粗面化ブラシにより路面整正をやってみたい。

3. 寒冷地歩道の路面性能評価法の検討

冬期の歩道に関して既往文献を調査した結果、冬期歩道路面の評価は主観による評価がほとんどであり、路面性状の定量的な評価は行われていないこと、また、現在提案されている歩道路面性状の測定手法は乾燥・湿潤路面が対象であり、雪氷路面への適用性は確認されていないことがわかった。

表-2 試験項目一覧

評価項目	試験法	試験場所					
		石狩吹雪実験場	R12 大麻 駅	R230 石山	R453 平岸	R120 川沿	札幌市道
横断凹凸	・横断プロファイラ	○	○				
平坦性	・手押し式プロファイラ(DAM)	○	○				
	・歩道用DFテスタ	○	○				
すべり抵抗性	・PPDスリップメータ			○	○	○	○
	・振り式スキットレジスタンステスタ			○	○	○	○
弾性係数	・GB試験			○	○	○	○
雪密度	・雪密度試験			○			○
雪硬度	・雪硬度試験(標準木下式)			○			○
	・雪硬度試験(硬雪用木下式)			○			○

そこで、冬期路面性能の評価手法の適用性を解明することを目的として、表-2に示す札幌市周辺をフィールドとして各種路面評価手法の冬期路面性状評価手法としての適用性の検証を行った。路面性状の測定は、歩道に圧雪・シャーベット・こな雪・凍結等の路面状態が発生したときを対象とした。

3.1 平坦性試験

冬期歩道路面の平坦性を調査することを目的として、歩道の各種路面状態（新雪・圧雪・シャーベット・アイスバーン）にて平坦性を測定した。

3.1.1 測定方法

平坦性の測定には、手押し式プロファイラ（DAM）を用いた（写真-2）。この装置は、変動輪の変位を計測することで10mmのサンプリング間隔で路面高さを計測することができ、歩道路面形状を人の歩行速度で効率よく高精度で計測できるという特徴を持っている。



写真-2 手押し式プロファイラ（DAM）

3.1.2 測定結果

冬期歩道路面の平坦性の路面性状を調査するため、手押し式プロファイラ（DAM）にて冬期路面の平坦性を測定した。石狩吹雪実験場、R12 大麻において各路面状態ごとに4回の測定した結果の平均値を図-1に示す。

平坦性はシャーベットがもっとも悪く、アイスバーン、圧雪、新雪の順で平坦性が良い結果が得られた。「技術基準」や「舗装設計施工指針」には歩道の平坦性に関する基準値は示されていないが、舗装性能評価

法別冊¹⁾によると乾燥路面における平坦性 σ と歩きやすさの関係は、平坦性 σ が 4mm 程度の場合歩行者は「歩きやすくも難しくもどちらでもない」と感じ、9mm 程度ではほとんどの歩行者が「歩きにくい」と感じると報告されているが、冬期歩道路面の基準をどの値に置くべきかは、主観評価などと組み合わせた検証が必要と考える。

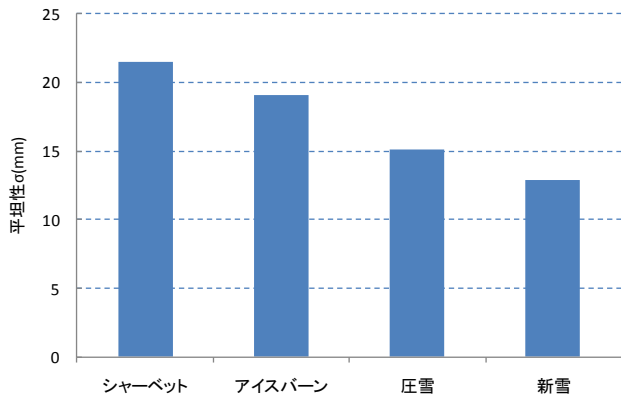


図-1 各種路面状態の平坦性

3.2 すべり抵抗性

路面のすべり抵抗値を測定する方法は、数多く提案されているが、どの測定法が冬期歩道路面のすべり抵抗性を適切に評価できるかは検証された例は少ない。そのため、冬期歩道路面のすべり抵抗を適切に評価できる試験法を検討することを目的に代表的なすべり試験法により路面性状の測定を実施した。

3.2.1 測定方法

すべり抵抗性の測定装置は、乾燥・湿潤路面において測定実績が多い歩道用 DF テスタ (S-DFT)、振り子式ポータブルスキッドテスタ (BPN)、PPD スリップメータを対象として冬期歩道路面への適用性の検証を行った。



写真-3 歩道用 DF テスタ (S-DFT)

歩道用 DF テスタ (S-DFT) (写真-3) は、DF テスタをベースとした摩擦ホイール型の測定装置で、ゴムスライダが路面に接触しながら回転するとき生じる摩擦力から、回転速度 0~15km/h の範囲で静止および動摩擦係数を求めるものである。

振り子式ポータブルスキッドテスタ (写真-4) は、英国で開発されたポータブルな振り子式試験機で、1960 年代初めから室内や現場で広く使用されており、日本にも早くから導入された試験機である。ゴムスライダが路面と規定の長さで接触するように高さを調整した振子を振り下ろし、振子が路面を擦った後振りあがる高さを読み取るものである。この振り上がる高さはゴムスライダが路面摩擦によって失うエネルギーで決まり、その値は 0~140 の範囲で測定される。



写真-4 振り子式ポータブルスキッドテスタ

PPD スリップメータ (写真-5) は、小型で測定が容易なデジタル摩擦測定器である。計測機本体につながっている四角錐を静止状態から引張るときの抵抗力を測定し、摩擦係数へ変換した値を出力する装置である。



写真-5 PPD スリップメータ

3.2.2 測定結果

石狩吹雪実験場, 一般国道 12 号大麻において歩道用 DF テスタ (S-DFT) を用いて各路面状態において 4 回すべり抵抗値を測定した結果の平均値を図-2 に示す。

シャーベット路面はすべり抵抗値が大きく, それ以外の舗装はすべり抵抗値が低い結果となった。

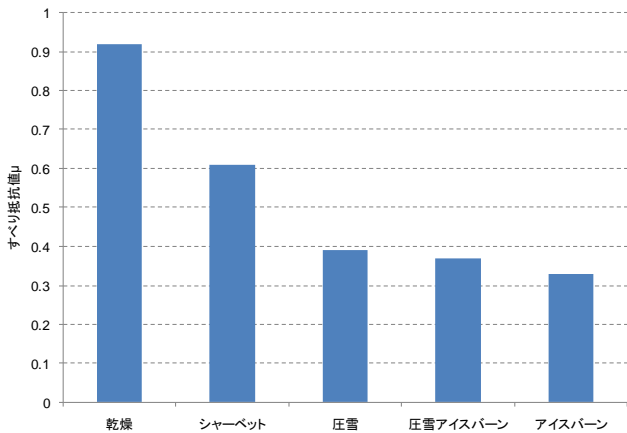


図-2 各種路面状態のすべり抵抗値 (S-DFT)

一般国道 230 号石山, 一般国道 453 号平岸, 一般国道 120 号川沿, 札幌市道にて振り子式スキッドレジスタンステスタ (BPN) および PPD スリップメータにてすべり測定した結果を路面状態別にプロットしたものを図-3 に示す。測定値にばらつきが大きく路面ごとの特徴が明確に表れなかった。これらの手法を冬期歩道路面のすべり評価に用いるためには, 路面の下地処理を行うなど, 何らかの改善が必要であることがわかった。

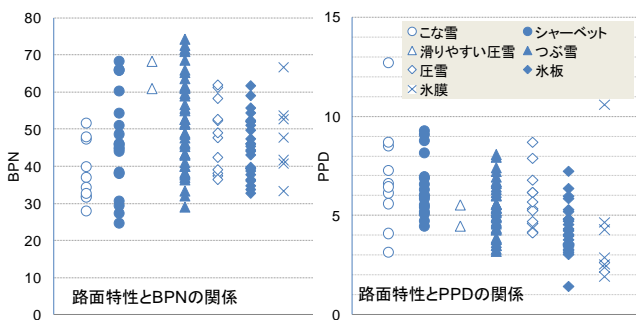


図-3 路面状態別の BPN, PPD の分布

3.3 弾性係数

乾燥路面における弾性係数は値が小さいほど身体に対する負担が少ないと考えられている。そこで, 各種冬期歩道路面 (こな雪, シャーベット, 圧雪等) の歩きやすさを弾性係数により評価することの可能性を検

証することを目的に各種歩道路面にて弾性係数の測定を実施した。

3.3.1 測定方法

弾性係数の測定には乾燥路面で多く使用されている GB 試験を用いた。GB 試験とはゴルフボールを 100cm の高さから自由落下させ, ゴルフボールの反発高さを読み取るものである。試験状況を写真-6 に示す。



写真-6 GB 試験

3.3.2 測定結果

一般国道 230 号石山, 一般国道 453 号平岸, 一般国道 120 号川沿, 札幌市道にて GB 反発度を測定した結果を路面状態別にプロットしたものを図-4 に示す。こな雪・シャーベット・つぶ雪・圧雪・滑りやすい圧雪では GB 反発度は低い傾向にあり, 氷板・氷膜では比較的高い値が測定される傾向は得られたが, 測定値のばらつきは大きい。

路面性状から推察すると, 反発度が大きいほど歩きにくく, 滑りやすい路面と評価できる可能性がある。ばらつきの原因の一つとして雪氷の硬度の違いが考えられる。

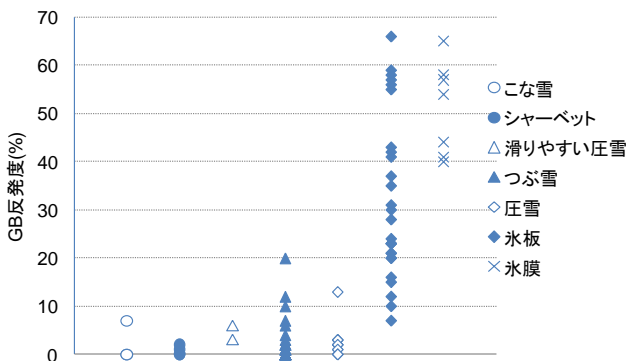


図-4 路面状態別の GB 反発度 (%) の分布

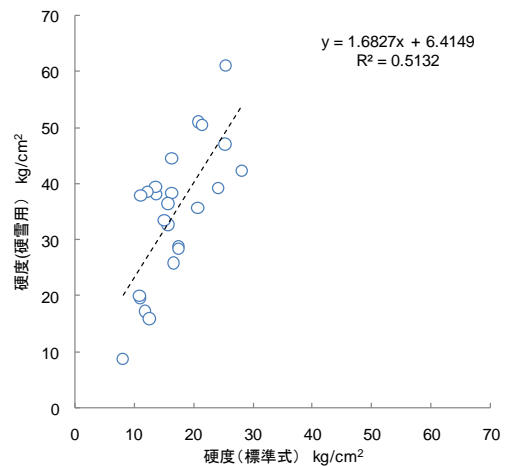


図-5 硬度計の違いによる硬度の散布図

3.4 雪硬度

3.3 のとおり GB 反発度はばらつきが見られたが、その原因として雪硬度のばらつきが考えられる。雪硬度の測定方法は標準式木下式と硬雪用木下式が提案されているが、雪の状態の評価方法として、いずれの測定方法が路面特性を適切に評価できるか2つの試験法の特性的検証を試みた。

3.4.1 測定方法

雪硬度の測定には標準式木下式と硬雪用木下式(写真-7)を用いた。いずれの測定方法も錘を一定の位置から落下させたときの貫入深さから雪硬度を算出するものであるが、標準式は円盤、硬雪用は先端のとがった三角錐状のものを雪面に貫入させる点が異なる。



写真-7 硬度計(硬雪用木下式)

3.4.2 測定結果

2種類の雪氷硬度計(標準木下式, 硬雪用木下式)により、一般国道230号石山、札幌市道において圧雪路面・凍結路面・シャーベット路面を対象に雪硬度の測定を行い相関関係の確認を行った。2種類の硬度計による測定結果を図-5に示す。

相関関係は比較的高いものの、硬雪用の硬度計の値の方が1.5倍程度大きい測定値が得られた。標準式の硬度計は比較的硬い歩道積雪に対して通常の積雪に比べて貫入しづらく、値が低く出るものとする。以上のおお硬度は同一路面においても測定方法により異なる値が得られることが判明した。

4. 冬期歩道路面処理技術の検討

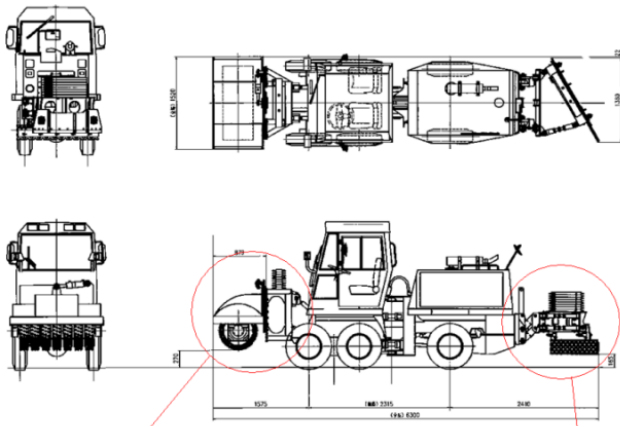
すべり止め材のみによらない冬期歩道路面の処理方法として、構造が単純で、特別な動力を必要とせず、また、施工速度が速く、歩道部の冬期路面の破碎効果が期待できる海外での雪氷路面の破碎処理技術に着目した。

そこから、歩道部の冬期路面の破碎及び破碎雪の排雪を行う装置を試作し、冬期歩道における当該技術の適応性について調査試験を行った。

4.1 装置の概要

装置は歩道部に形成された氷板及び圧雪等を破碎処理するもので、歩道除雪で使用している小形除雪車に装着した氷板・圧雪路面処理装置及び後方排雪装置から構成される。

氷板・圧雪路面処理装置は車両前方に装着し、施工により発生する破碎雪を排雪する後方排雪装置は車両後部に装着した(図-6)。



氷板・圧雪路面処理装置

後方排雪装置

図-6 装置全体図



写真-9 後方排雪装置

4.1.1 氷板圧雪路面処理装置

氷板・圧雪路面処理装置（写真-8）は、鋼製のピックを円筒形の回転体に装着したもので、装置幅を既存の小形除雪車のロータリー装置とほぼ同じ1.52mとした。

この装置は施工のために特別な動力を必要とせず自重(1,230kg)により発生する押付圧を利用し、車両の推進力により施工を行うもので、ウエイト(200 kgまで)を装着することにより押付圧の変更が可能である。



写真-8 氷板・圧雪路面処理装置

4.1.2 後方排雪装置

後方排雪装置（写真-9）は、歩行路面上の破碎雪の排雪を行うもので、粗面効果を得るため網状のエッジを装着した。

この装置は平行リンクにより昇下降することができ、リンクを組み替えることで排雪方向を変更可能とした。

4.2 調査試験

氷板・圧雪路面処理装置及び後方排雪装置の性能把握、適応性確認のため試験用歩道及び現道で調査試験を行った。

4.2.1 試験用歩道試験

石狩吹雪実験場に設置した試験用歩道において、各装置の能力及び特性を把握するため氷板路面及び圧雪路面を作製し、調査試験を行った。

試験では気温、路面温度、雪密度、雪硬度を計測し、氷板・圧雪路面処理装置及び後方排雪装置で施工を行い、装置の路面追従性、施工後の路面状況を確認した。

なお、氷板・圧雪路面処理装置については現道試験での適切な押付圧を把握するため、ウエイト量を調整した。また、後方排雪装置については破碎雪の排雪効果の検証を行った。

その結果、ウエイトがない装置自重のみの状態でも破碎効果があることを確認した。

施工後の路面状況は、氷板・圧雪路面処理装置のみの施工で雪氷路面が破碎処理されたが、残った破碎雪により歩きにくい状態となった（写真-10）。

また、後方排雪装置の併用施工を行った結果、路面への不陸追従性が低く、破碎雪を残してしまう状態が生じた。



写真-10 氷板・圧雪路面処理装置のみによる施工
(破砕雪の大きさは5cm×5cm程度)



写真-11 後方排雪装置の併用施工
(路面へ追従した場合)

しかし、路面へうまく追従した場合は破砕雪が排雪され、網状のエッジにより表面が粗面状となり歩きやすい路面となった(写真-11)。

なお、氷板・圧雪路面処理装置のピックが路面に2cm程度刺さりこむため、氷板・圧雪の厚さが薄い場合は舗装路面への影響に注意が必要である。

4.2.2 現道歩道試験

現道歩道試験は北海道開発局札幌開発建設部岩見沢道路事務所の協力のもと、一般国道12号文京台の歩道で各装置の現場適応性について調査試験を行った。

現道についても、試験用歩道の試験と同様に気温、路面温度、雪密度、雪硬度の測定を行った。

なお、試験用歩道で得られたデータを基に氷板・圧雪路面処理装置にウエイトは載せずに装置自重のみで試験を行った。

その結果、氷板・圧雪路面処理装置は雪氷路面の表面を破砕することが可能であることを確認した。しかし、後方排雪装置は、路面の不陸によっては破砕雪の

取り残しが見られた。また、後ろのオーバーハングが大きいためハンドル操作時の装置端部のはみ出しによる工作物との接触に注意が必要であった。

5. まとめ

実態調査及び各種路面調査の結果、以下の知見が得られた。

- (1) 道路管理者および維持管理業者へのヒアリングの結果、多くの管理者がすべり抵抗性・段差について最も注意を払っていることがわかった。また、基本的に苦情が出ない限り防滑材の使用は行っていないことがわかった。
- (2) 手押し式プロファイラ(DAM)による現道の測定の結果、平坦性は、シャーベットのほうがもっとも悪く、アイスバーン、圧雪、新雪の順で良くなる傾向にあった。
- (3) 振り子式ポータブルスキッドテスト、PPDスリップメータによるすべり抵抗性の評価は値のばらつきが大きく、冬期歩道路面のすべり評価に用いるには何らかの改善が必要である。
- (4) こな雪・シャーベット・つぶ雪・圧雪はGB反発度が低い傾向にある。氷板・氷膜は比較的高い値が計測されたが値のばらつきが大きい。GB反発度が大きいほど歩きにくく、すべりやすい路面と評価できる可能性がある。
- (5) 冬期歩道の雪硬度は硬度計により測定値が異なる。

また、氷板・圧雪路面処理装置及び後方排雪装置について、以下のことを確認した。

- (6) 氷板・圧雪路面処理装置を施工することにより、雪氷路面の表面を破砕することが可能である。
- (7) 歩道施工においては雪氷路面を破砕するだけでなく、施工後の破砕雪を排雪することが必要である。
- (8) 後方排雪装置の不陸追従性が低く破砕雪を残してしまうため、装置の改良が必要である。
- (9) 氷板・圧雪路面処理装置による舗装路面への影響調査が必要である。

6. おわりに

今後は、冬期歩道の現状調査で得られた、路面管理上の課題を踏まえ、歩道の設計手法や路面管理手法による改善策を提案していく。また、路面性能評価については、被験者試験などの主観的評価試験を行い、主観評価値と今回得られた定量的評価値の相関について

検討し、必要な路面性状を明らかにする。加えて、氷板・圧雪路面処理装置及び後方排雪装置について調査試験で得られたデータを基に装置の改良等を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 舗装性能評価法別冊：(社)日本道路協会，H20.3
- 2) 舗装設計施工指針：(社)日本道路協会，H18.2

RESEARCH OF SAFE AND COMFORTABLE SIDEWALK SURFACE MANAGEMENT TECHNOLOGY DURING SNOW SEASON

Budget : Grants for operating expenses
(General account)

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Road Maintenance Research Team
Machinery Technology Research Team

Author : MARUYAMA Kimio, YOSHIKAWA Toshiyuki,
YOSHII Akihiro, ITANI Masashi
MAKINO Masatoshi, MIURA Go,
ISHIKAWA Masahiro, NAKAMURA Ryuichi

Abstract : In snowfall and in cold areas, accidents of pedestrians due to accumulated snow and freezing of road surfaces occur. Specially, road surface management methods and countermeasures are required to improve sidewalks for aged persons and disabled persons from a viewpoint of being traffic barrier-free. This study clarifies desirable road surface characteristics for pedestrians in winter and aims at a proposal of sidewalk surface treatment technology in winter that does not only depend on an anti-slipping agent. In the first year, the current situation of sidewalks in the snow season and former documents on winter sidewalks were investigated. Further, characteristics of sidewalks in winter were evaluated using various measuring instruments and their applicability as road surface evaluation methods was verified. Additionally, road managers and management agencies were interviewed. Machines to break snow and ice and to remove broken snow on roads were made on a trial basis. Capacity and applicability of the machines were confirmed.

Key words : Sidewalk surfaces in winter, Road surface characteristics evaluation, Hearing, Treatment of compacted snow and ice on the road.