

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 27

担当チーム： 寒地保全技術研究グループ（寒地道路保全チーム）

技術開発調整監付（寒地機械技術チーム）

研究担当者：木村孝司，丸山記美雄，星卓見，磯田卓也，

井谷雅司，大山健太郎

大槻敏行，牧野正敏，三浦豪，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合せ手法について提案することを目的としている。平成 26 年度は、新しい歩道部の冬期路面処理機械の開発を目的に、過年度の試験で抽出した雪氷路面処理装置の課題の対策を行い、処理能力や路面に対する適応性を確認した。また、実路面における雪氷路面処理装置の粗面効果の持続性の検証を行った。さらに、最適な冬期歩道路面管理技術の提案を目的に、車道の凍結リスク予測等で路面管理に試験的に運用されている冬期路面管理支援システムの歩道路面予測への適用の可能性調査を行った。加えて、冬期歩道路面対策として散布されている砕石および塩化ナトリウムの散布効果の判断指標に関して主観評価と生体情報について検討を行った。

キーワード：冬期歩道路面，すべり止め材，雪氷路面処理，路面予測，判断指標

1. はじめに

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多発しており、特に高齢者が除雪が不十分な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等の問題も生じている。歩行空間の改善については、高齢者や移動制約者も含め、歩行者全般のニーズを踏まえた指針作り等がなされている。代表的な例として、「歩道等整備ガイドライン(案)」や「道路の移動等円滑化整備ガイドライン」が挙げられる。これらは、主に夏期を対象とした内容となっており、積雪寒冷地特有の「つるつる路面」等に関してはロードヒーティング等の事例に触れているが、詳細な提案に至っているとは言い難い。積雪寒冷地では、冬期に歩行困難な路面が頻出しており、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。

平成 26 年度は、新しい歩道部の冬期路面処理機械の開発を目的に、過年度の試験で抽出した雪氷路面処理装置の課題の対策を行い、処理能力や路面に対する適応性を

確認した。また、実路面における雪氷路面処理装置の粗面効果の持続性の検証を行った。さらに、最適な冬期歩道路面管理技術の提案を目的に、車道の凍結リスク予測等で路面管理に試験的に運用されている冬期路面管理支援システムの歩道路面予測への適用の可能性調査を行った。加えて、冬期歩道路面対策として散布されている砕石および塩化ナトリウムの散布効果の判断指標に関して主観評価と生体情報について検討を行った。

2. 新しい歩道部の冬期路面処理機械の開発

冬期歩道上に形成された雪氷の処理技術として、防滑材のみによらない、機械施工により雪氷を破碎処理する、雪氷路面処理装置の試作および改良を行い、冬期歩道部における当該技術の適応性について試験を行った。

2.1 雪氷路面処理装置の概要

雪氷路面処理装置は歩道上に形成された雪氷面を破碎処理することで、すべりやすい雪氷面を排除して不陸部の平坦性を高め、通行しやすい路面にすることを目的とする。装置は破碎部と排雪部から構成され、歩道除雪で使用される小形除雪車に装着し、雪氷の破碎処理を行う。

また、装置は小形除雪車の作業装置用アタッチメントを使用することにより、体を改造せず、装置を付け替えることで装着が可能である（写真-1）。

前年度の試験で課題として抽出した薄い雪氷の処理に対応するための改良を行った。



写真-1 装置の全景（小形除雪車装着）

2.1.1 破碎部および排雪部の特徴

破碎部は先端を斜めに切断した丸鋼の刃を回転部に装着し、装置の自重による降下および車両の推進力により自然回転させて、雪氷面を連続的に破碎処理するものである（写真-2）。排雪部は破碎部によって発生する雪氷片を自重で降下したブレードをリンク機構で不陸に追従させて左右に排除するものである（写真-3）。



写真-2 雪氷路面処理装置の破碎部



写真-3 雪氷路面処理装置の排雪部

2.1.2 抽出した課題の対策

釧路市街等の冬期歩道に形成される薄い雪氷では、破碎処理時に破碎部の刃が雪氷厚より深く刺さる可能性があり、既設舗装路面に刃が接触することで、舗装路面が損傷する恐れがある。

対策としては、破碎部の刃の形状変更、破碎深さの制御機能が考えられるが、刃の形状変更は破碎処理能力が低下し、硬い雪氷の破碎処理ができなくなるため、破碎処理能力が低下しない破碎深さ制御機能で対応することとした。

2.1.3 破碎深さ制御機能

破碎深さ制御機能は破碎部のフレーム左右側面にリンク機構により手動で高さ調整が可能なソリを設置することで、破碎深さを制御するものである（図-1）。

また、巻き込み防止ガードを装着することで施工時の安全対策を施した（写真-4）。

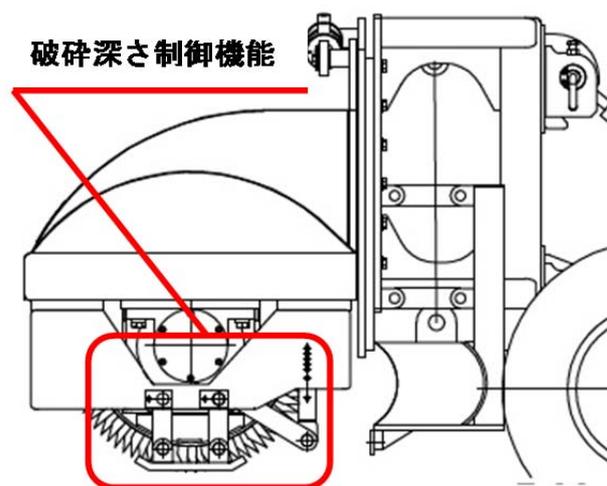


図-1 破碎深さ制御機能の全体図



写真-4 巻き込み防止ガード

2.2 適応性試験

破砕深さ制御機能装着後の処理能力把握、適応性の確認のため、雪氷路面施工試験を行った。

試験では各種計測（気温、路面温度、雪密度、雪硬度）を行い、装置の施工性、路面追従性、破砕深さの制御状態、雪氷路面処理能力および施工後の路面状況を確認した。

2.2.1 雪氷路面施工試験

寒地土木研究所構内に雪氷路面（幅 2m×延長 35m×厚さ 10cm）を作製し、試験を行った（写真-5）。

試験の結果、破砕深さ制御機能を使用することで破砕深さの設定が 5mm では 5.7mm，設定が 10mm では 9.7mm とほぼ設定どおりの深さとなり、破砕深さ制御機能が良好に作用していることを確認した。

また、アメリカンスリップメータ（ASM）を使用した雪氷の静摩擦係数値を計測し、施工により静摩擦係数値が大きくなることを確認した（写真-6）（図-2）。



写真-5 雪氷路面作製状況



写真-6 ASMでの計測

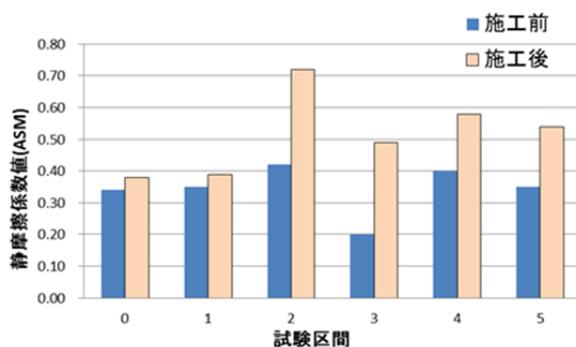


図-2 雪氷路面での静摩擦係数値

2.3 改良した雪氷路面処理装置が舗装に与える影響の検証

先にも述べたとおり、過年度の調査より破砕部全自重により雪氷を破砕する構造では、特に雪氷が薄い場合、舗装の表面に傷を付ける可能性があることが懸念された。その対応として、今年度は破砕部に手動で高さ調整が可能なソリを設置し、破砕深さを制御できる機構とした。その効果を検証するため、雪氷路面処理装置の走行実験を実施し、既設舗装に与える影響の検証を行った。

2.3.1 検証方法

幅 2m×延長 10m×厚さ 3cm のアイスバーンを作成し、雪氷路面処理装置走行前後の舗装路面の路面状態を観測し、既設舗装に与える影響を検証した。

雪氷路面処理装置は、ソリにより破砕深さを 10mm に制御するよう設定し、実路面での運用と同様に排雪部も稼働させ、検証を実施した。

雪氷路面処理装置走行後の路面状況を写真-7に示す。



写真-7 雪氷路面処理装置走行後の路面状況

2.3.2 検証結果

写真-8 に雪氷路面処理装置走行後にアイスバーンを撤去し露出させた舗装路面の状況を示す。クラック調査、刃先の食込み深さの測定を予定していたが、目視観測より刃の傷や損傷は見られず、対策前の状態と同じ状態であることを確認した。

また、マルチロードプロファイラ (MRP) にて雪氷路面処理装置の走行中央部および端部付近の縦断プロファイルをレーザにて測定し、10cm ピッチにきめ深さ MPD[mm] を算出処理した結果を図-3 に示す。走行前後において、MPD の平均値および最大値に変化はなく、傷による凹み等が計測されなかったことが確認できる。

これより、雪氷路面処理装置を破砕深さ制御機能により改良したことにより、舗装に与える影響を制御することが可能であることが確認されたといえる。



写真-8 破砕処理後に雪氷を撤去した舗装路面 (損傷はない)

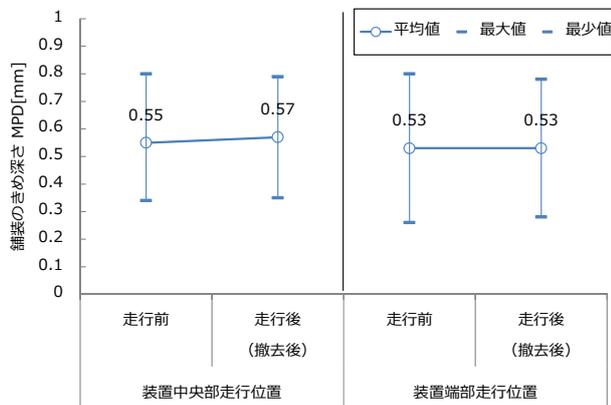


図-3 走行前後の舗装路面テクスチャの変化 (変化なし)

3. 最適な冬期歩道路面管理技術の提案

最適な冬期歩道路面管理技術の提案することを目的に雪氷路面処理装置の粗面効果の持続性の確認を行った。また、車道の凍結リスク予測等で路面管理に試験的に運用されている冬期路面管理支援システムの歩道路面予測への適用の可能性調査を行った。さらに、冬期歩道路面対策として散布されている砕石および塩化ナトリウムの

散布効果の判断指標に関して主観評価と生体情報について検討を行った。以下にこれらの内容について示す。

3.1 雪氷路面処理装置の粗面効果の持続性の確認

施工路面と未施工路面の比較と施工路面における粗面効果の持続性について経過を確認するため、施工翌日から連続した4日間の静摩擦係数値をアメリカンスリップメータ (ASM) で計測した。

計測の結果、静摩擦係数値は施工路面が未施工路面よりも数値が大きく、施工4日経過後でもほぼ同程度の値であった(写真-9)(図-4)。

なお、施工路面における粗面効果の持続性については、試験期間内の気温条件(終日0°C以下、降雪なし)の条件下では5日程度は効果が持続することを確認した。

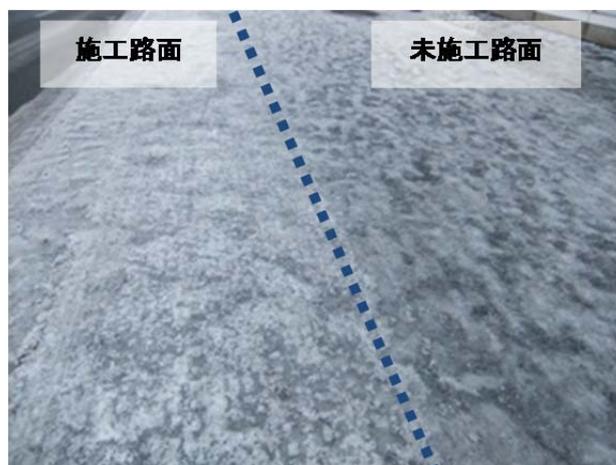


写真-9 施工4日経過後の歩道路面

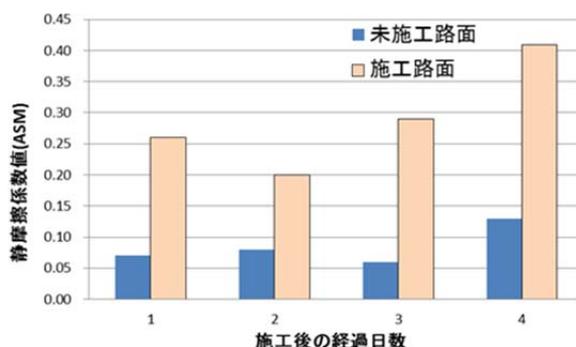


図-4 時間経過による静摩擦係数値の変化

3.2 凍結リスクが高い冬期歩道路面の出現予測

道路管理者による除雪や住民参加による防滑材等の散布を効率的に実施するためには、冬期歩道の路面状態を予測し対応の判断を適切かつ効率的に実施することが安全な歩道路面管理を目指す上で重要な要素である。そこで、凍結路面のような転倒リスクの高い路面の発生の予測について、以下の検討により検証を行った。

3.2.1 冬期路面管理支援システムの歩道路面予測への適用性の検証

当研究所（寒地交通チーム）では、道路管理者による車道の冬期路面管理の効率性向上のため、冬期道路マネジメントシステムの試験運用を行っている。本システムは、道路テレメータ等からの気象観測データ・路面温度観測データおよび気象機関からの日射、雲量、湿度といった気象実況データ、予測データをもとに、気象予測、路面温度、凍結リスク等に関する現況値、予測値を道路管理者に提供するものである。本システムの冬期歩道路面における適用性を検証するため、システムによる凍結リスクの予測値と冬期歩道路面の観測結果との整合性の検証を行った。

3.2.1.1 検証方法

図-5 に示す札幌市内の17地点の歩道にて平成26年1月27日から平成26年3月28日に観測した計575個の歩道路面の調査結果と冬期路面管理支援システムの凍結リスクの予測値の整合性を検証した。なお、歩道路面の調査は、目視及び歩行にて行い表-1 に示す指標を記録した。

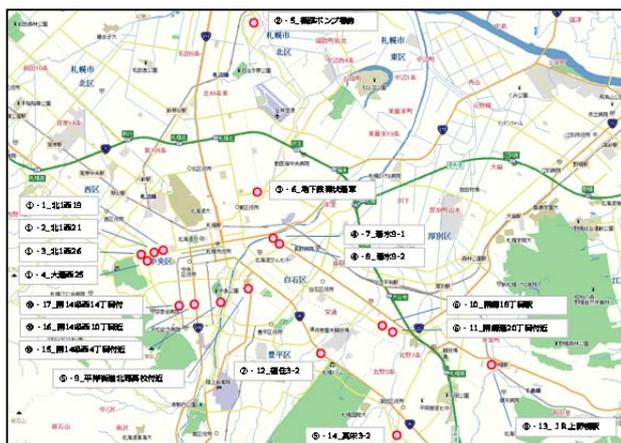


図-5 調査位置

表-1 歩道の目視調査指標

	1	2	3	4	5	6
日当たり具合	日向	日陰	-	-	-	-
風の強さ	強	弱	無	-	-	-
路面の状況	積雪	圧雪	アイスバーン	アラカアイスバーン	乾燥	湿潤
路面形状	凹凸	平坦	-	-	-	-
砂利の散布状況	散布あり	散布なし	-	-	-	-
滑りやすさ	かなり滑る	滑る	滑らない	-	-	-

3.2.1.2 冬期路面管理支援システムの検証結果

冬期路面管理支援システムにおける凍結リスク予測値は「高」「中」「低」で出力される。本検討では、凍結リスク「中」のデータが少なかつたため、「高」「低」の予測値を用いて分析を行う。また、路面条件の判定の精度を上げるため、分析に用いたデータは砕石が散布されていない条件で抽出したものをを用いた。

a) 車道の凍結リスク予測値と歩道の路面状況

車道の凍結リスクの予測値が「高」の場合は、アイスバーンやブラックアイスバーン発生時の凍結路面が多くなることを意味する。図-6 に車道の凍結リスク予測値「高」「低」別の歩道の路面種別の件数を示す。車道の凍結リスクが高い場合、歩道では圧雪・積雪の出現が多い傾向にあり、また、車道の凍結リスクが「低」と予測された日においても、歩道では凍結路面が出現しているなど、歩道においては車道の凍結リスクが高い場合に凍結路面が多く出現しているとは限らないことがわかる。

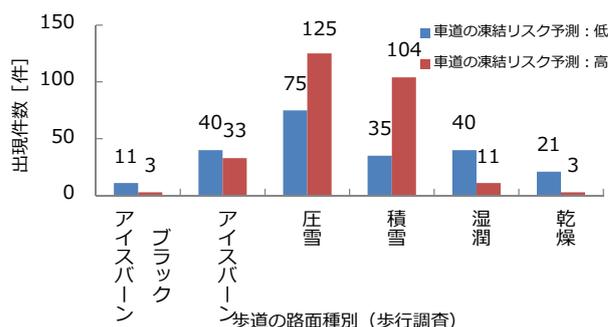


図-6 凍結リスク予測結果別の出現路面

b) 車道の凍結リスク予測値と歩道の路面のすべりやすさ

図-7 に車道の凍結リスクの予測値が「高」「低」のときの実際の歩道路面（先にも述べたとおり、砕石散布路面は排除）のすべりやすさ別の出現件数を示す。車道の凍結リスクが「高」の場合は「かなりすべる」「すべる」の評価値が高くなることが予想されるが、実際の路面は、車道の凍結リスクが「高」「低」に関わらず、すべらない場合がほとんどであった。

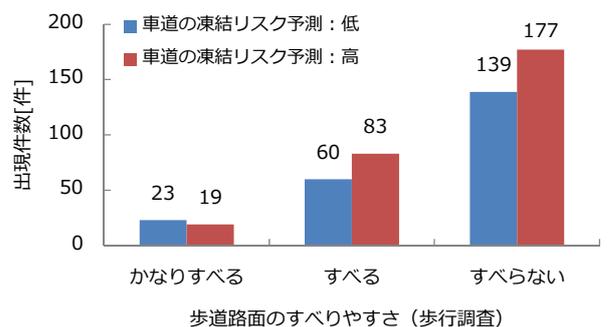


図-7 凍結リスク予測結果別の路面のすべりやすさ

3.2.1.3 冬期路面管理支援システムの歩道路面予測への適用について

以上の結果から、車道で運用している冬期路面管理支援システムの凍結リスクの予測値は、歩道の路面状況と整合性が高くないといえる。

冬期路面管理支援システムは、気象観測データ等をもとに車道の凍結リスクを予測するものであるが、車道の凍結リスク予測値が歩道の路面状況と整合しなかった理由として、歩道路面は路面に雪を残した状態で管理する機会が多いことなど、車道と管理水準が異なり、路面の初期条件が違っていることが考えられる。今後、危険な路面がどのような条件（気象条件、日照条件、管理条件等）で発生するのかについて検証を進め、対策が必要な路面の出現条件の分析を行う予定である。

3.3 アイスバーンに対する砕石、塩化ナトリウムの有効な散布量の判断指標の検討

過年度までの調査結果において、砕石散布（最大粒径 2.5mm～5.0mm（通称：7号砕石））、塩化ナトリウムの散布量の増加に伴い、冬期歩道路面（圧雪、アイスバーン等）のすべりにくさや歩きやすさが改善することを歩行実験によるアンケート調査や有意差検定（t検定）により確認している。本年度は、アイスバーンに対するすべり止め対策として砕石（最大粒径 2.5mm～5.0mm）、塩化ナトリウムの有効な散布量の判断指標を検討することを目的として歩行実験を実施した。

3.3.1 実験方法

銚路市屋外に延長 10m のアイスバーンを作成し、20代から 60 代の各年代の被験者、男女各 5 名（計 10 名）が 2 分間往復歩行した後、すべりやすさ等に関するアンケート調査を実施した。さらに、歩行中の生体反応を測定することを目的に心拍調査を実施した。評価する路面は、乾燥路面、アイスバーン無対策路面、砕石散布路面（2パターン：50g/m²、100g/m²）、塩化ナトリウム散布路面（2パターン：15g/m²、30g/m²）の 6 パターンである。なお、散布量は道路管理者により実施されている散布量の最大値とその半分の散布量とした。また、靴の影響を除去するため、同一の靴（写真-10）を装着させた。なお、靴は歩道路面の対策効果を明瞭に判定し、かつ安全な歩行に配慮した検証を行うため、夏靴を使用した。実験状況を写真-11 に示す。歩行実験は気温変化や日照の影響を排除するため夜間に実施した。実験時の外気温は-10℃以下であった。



写真-10 歩行試験に使用した靴



写真-11 歩行実験状況

a) アンケート調査方法

アンケート調査は、乾燥路面に対する評価値を得ることを目的に、事前に乾燥路面を歩行させ、それを 100 点とした場合の各種路面の評価値の採点（主観評価値）およびコメントを被験者が記入する方法とした。

b) 心拍調査方法

アンケート調査結果で影響を受ける可能性がある個人の思考等の偏り（主観的なバイアス）を補間する目的で生体情報のひとつである心拍の測定を行った。

実験では被験者に心拍計（心拍変動リアルタイム解析プログラム（MemCalc/Bonaly Light（GMS社製））を装着させ、歩行中の心拍変動をリアルタイムに計測した（測定モニタ：図-8）。心拍変動の模式図を図-9 に示す。心拍鼓動の間隔（R-R）は、msec レベルで常に変動しており、その変動をパワースペクトル解析することにより副交感神経活動を分離し評価を行うことができる。心拍数は R-R 間隔を 100Hz の精度で計測し、高周波領域 HF（High Frequency 0.15～0.40Hz）を求めることができる。HF は副交感神経活動を反映し、副交感神経（休息の神経）が働くと血管が広がって血流が良くなり、身体全体がリラックスした状態になると言われており、HF の値も増大する特徴がある。

砕石、塩化ナトリウムの散布量に応じてこれらの値がどのような変動を示すか、また、散布効果を定量化するために有効な指標となり得るか検討するため、心拍変動に基づく指標値の分析を行った。



図-8 心拍変動の測定状況

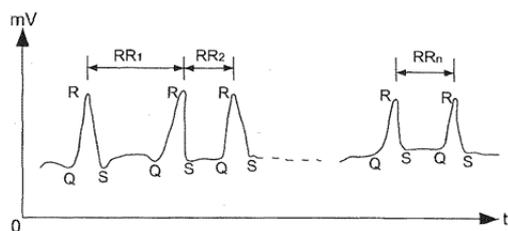


図-9 心拍変動の模式図

3.3.2 評価指標に関する検討結果

3.3.2.1 アンケート調査結果に基づく路面評価

a) すべり対策に対する被験者のコメントの傾向

表-2 に被験者が各路面を歩行した後に調査票に記載したコメントを示す。コメント別に「高評価」「低評価」にグループ分けをした。各種路面に対する感想は同一の靴を履いているにもかかわらず、個人により様々だが、対策を行った路面は高評価が多い傾向である。

表-2 各路面に対する被験者のコメント

路面条件	コメント	評価グループ分類		
		高評価	低評価	
対策なし	対策なしなので滑る。		✓	
	リンクみたい、ツルツルで楽しい。	✓		
	速く滑りやすかった。		✓	
	方向を変えるときにすべる。		✓	
	とてもすべりやすかった。		✓	
	非常に歩きやすかった。	✓		
砕石	普通に歩けた、早足でも良い。	✓		
	最も滑りにくく歩きやすかった。	✓		
	気がならない。違いが分からない。	✓		
	グリップがきいていた。	✓		
	意外と歩きやすい。	✓		
	対策なしより歩きやすい。	✓		
	対策なしよりは歩きづらかった。		✓	
	問題なく歩けた。	✓		
	50g/m ²	砕石50g/m ² と大差ない。	✓	
		砂でもたまに滑るので不安。		✓
		一番滑りにくかった。	✓	
		砕石50g/m ² と変わらず。	✓	
砕石50g/m ² より歩きやすい。		✓		
乾燥路面よりは歩きづらい			✓	
100g/m ²	普通に歩けた。	✓		
	塩カルにより水が溶け、表面水が張っていたので滑りやすく感じた。		✓	
	ぬれてるが均一で大丈夫。	✓		
	ぬるっとした感じがした。		✓	
	見た目よりすべらない。	✓		
	見た目つるつるしてるため、慎重になって早く歩けない。		✓	
NaCl	砕石50g/m ² よりは歩きづらかった。		✓	
	少し滑りやすかった。	✓		
	表面水はほぼなくなっていたので④とあまり変わらない。	✓		
	デコボコに固まり、危なく感じるようになった。		✓	
	思ったより滑らなかつた。	✓		
	最も安全に歩けた。	✓		
30g/m ²	NaCl15g/m ² とあまり変わらない	✓		
	乾燥路面よりは歩きづらい		✓	
	NaCl15g/m ² より滑りやすかった。	✓		

b) すべり対策に対する被験者の評価値

砕石および塩化ナトリウムの散布量と被験者の評価値の関係を図-10, 11 に示す。被験者の評価値はばらつきや傾向に差があるが、近似直線(赤線)より、散布量の増加するに伴い評価値が増加する傾向にあることがうかがえる。評価値にばらつきが生じた原因は、人によりある程度のすべりは許せる者や、少しのすべりでも危険を感じる者など個人の運動能力や思考の違い等が影響したた

めだと考えられる。

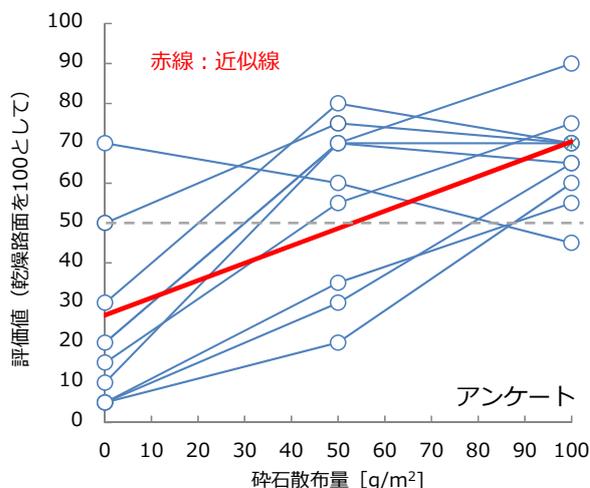


図-10 砕石の散布量と評価値の関係

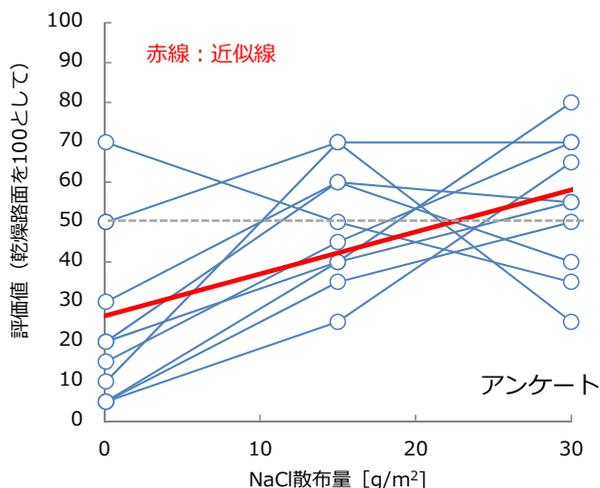


図-11 塩化ナトリウム散布量と評価値の関係

3.3.2.2 すべり対策に対する被験者の生体反応

a) 心拍振動の分析範囲について

図-12 に心拍振動の測定結果の一例を示す。心拍は一定値ではなく揺らぎながら脈を刻む。図-13 に R-R のローレンツプロットを示す。ローレンツプロットとは、n 回目の脈の間隔(時間[msec])を X 軸に n+1 回目の脈の間隔を Y 軸にプロットしたもので、心拍活動の安定度を示す指標ともなるものである。この図より歩行後半(※後半1分)に点が集中しており、心拍振動が安定していることがわかる。よって、散布量ごとの生体情報の分析には、後半の心拍データを使用することとする。後半のデータは、歩きやすさ変化に加え、路面への慣れの影響も含まれ、両方の影響が反映された指標となる。

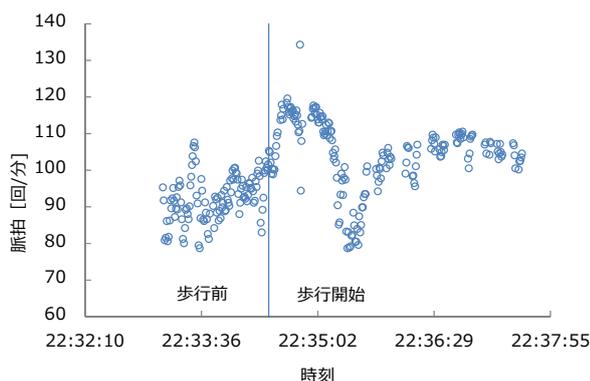


図-12 歩行試験中の心拍変動の例

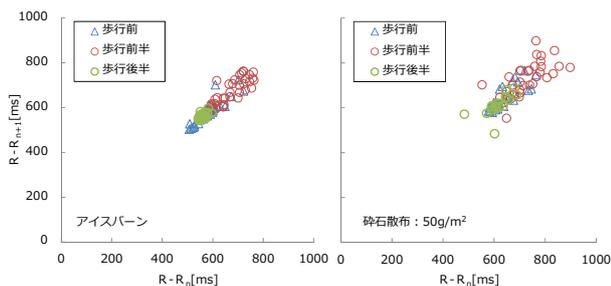


図-13 ローレンツプロットの分析結果

b) 心拍振動の分析結果について

図-14 に砕石・塩化ナトリウムの散布量と R-R の関係を示す。R-R の値が大きくなるほど、心拍間隔が長くなっていることを示す。R-R 値は、人により値が異なるが、全体的には、散布量が増加すると、心拍間隔が長くなる傾向を示しており、散布量の増加に伴い、歩行が容易となり、心拍数が減少していることを示すものと考えられる。また、図-15 に砕石・塩化ナトリウムの散布量と HF の関係を示す。HF はリラックスした状態になると値が増加する特徴がある。ばらつきや変動が大きい、散布量の増加に伴い、HF 値は上昇の傾向を見せ、アイスバーンの状態よりも緊張状態が緩和され、リラックス状態に移行する傾向が伺える。これらの結果より、砕石、塩化ナトリウムの散布効果を定量化するための指標として、心拍振動分析は有用な指標となり得るが、データのばらつきが大きいことなどに課題があることを確認した。

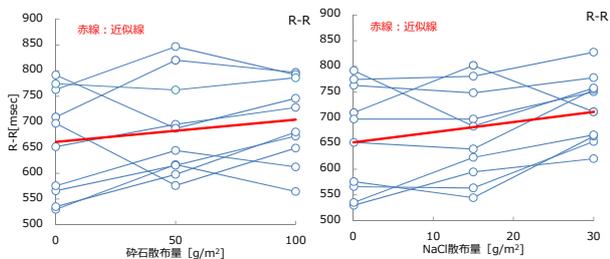


図-14 散布量と R-R の関係

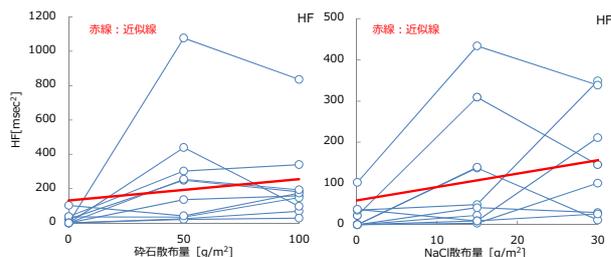


図-15 散布量と HF の関係

4. まとめ

今年度の検討により、新しい歩道部の冬期路面処理機械の開発について、以下のことを確認した。

- (1) 薄い雪氷での施工による舗装路面への影響はあると考えられるが、破砕深さ制御機能により、舗装路面への影響を軽減できることを確認した。
- (2) 雪氷路面処理装置の施工により雪氷面の静摩擦係数値が大きくなることを確認した。

また、最適な冬期歩道路面管理技術の提案に関して、以下のことを確認した。

- (3) 雪氷路面処理装置の施工路面における粗面効果の持続性については、試験施工を実施した気温条件（終日 0℃以下、降雪なし）では5日程度は効果が持続することを確認した。
- (4) 歩道路面は車道と管理水準が異なり、路面に雪を残した状態で管理する機会が多いことなどから、車道で運用されている冬期路面管理支援システムを歩道路面の凍結リスク予測にそのまま適用することは適切ではないことを確認した。今後、危険な路面がどのような条件で発生するのかについて検証を進め、対策が必要な路面の出現傾向の分析を行う予定である。
- (5) 砕石、塩化ナトリウムの散布効果を定量化するための指標として、アンケート調査や心拍振動分析は、データのばらつきなどに課題は残るものの有用な指標となり得ることを確認した。今後これらの指標による、有効な散布量の検討を行う予定である。

5. おわりに

冬期路面特性と歩行者の感覚から適切な路面管理を実施するための知見を実験・情報収集により把握し、成果を冬期路面管理マニュアルなどの道路管理者の基準などに反映させる予定である。加えて、今後、雪氷路面処理装置の実機に向けた最終仕様をとりまとめていく。

以上

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

Budget : Grants for operating expenses
(General account)

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Road Maintenance Research Team
Machinery Technology Research Team

Author : KIMURA Takashi, MARUYAMA Kimio, HOSHI Takumi, ISODA Takuya, ITANI Masashi, OYAMA Kentarou
OOTSUKI Toshiyuki, MAKINO Masatoshi, MIURA Go, NAKAMURA Ryuichi

Abstract :

Pedestrians in snowy cold regions often slip and fall on icy or snowy roads in winter. From the viewpoint of improving "barrier-free" accessibility, pedestrian walkways must be managed in winter such as to make the walkways more accessible to elderly people and people with limited mobility. Toward providing convenient spaces for walking in winter, our study aims to identify favorable road surface properties in winter, to propose methods for designing comfortable walkways, and to suggest the most appropriate combination of mechanical snow removal and road surface management.

In FY 2014, we developed measures to remedy issues that were identified in previous years regarding a winter road surface maintenance machine. We clarified the degree to which these remedies were able to improve the machine's processing capacity and the applicability of these measures to the pavement surface. The functions of the machine, such as that for controlling the crushing depth, proved to be useful in mitigating adverse effects on the pavement surface. We also tested how long the machine-generated rough surface persisted on actual roads and confirmed that the rough surface persisted for five days unless there was snowfall. A feasibility study was made on applying the Winter Maintenance Support System, which has been used on a test basis for forecasting carriageway icing, to sidewalk icing forecasts. It was confirmed that the current Winter Maintenance Support System itself cannot be used to forecast sidewalk icing. To determine the snow and ice control effectiveness of abrasives, such as crusher-run, and sodium chloride applied to sidewalks, we studied a subjective valuation indicator and a pedestrian vital sign indicator. The subjective evaluation indicator was studied by questionnaire survey. The pedestrian vital sign indicator relied on heart rate. Although there is the issue of large variances in the data, these indicators have the potential for application.

Key words: winter sidewalk surface, abrasives, winter road surface maintenance, winter road condition forecasting, indicator