

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：熊谷政行，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，山崎貴志，中村隆一
 齋藤要，鶴澤利樹

【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 25 年度は、バリアフリー区間の縦断勾配設計に関する検討および雪氷路面処理装置が舗装に与える影響の検証を行った。その結果、舗装構造に関してはバリアフリー基準準用することで問題ないことや舗装路面への影響の抑制、走行時の雪氷の厚さの基準値の設定等の適用条件の検討が必要であることがわかった。また、雪氷路面処理装置については、過年度の試験で抽出した課題の対策を行い、能力や適応性を確認した。その結果、硬い氷板で雪氷を破碎するためには、複数回の施工が必要なことを確認した。さらに、アイスバーン及び圧雪路面へのすべり止め材及び雪氷路面処理装置による対策効果に関して、歩行実験による主観評価を行った。その結果、アイスバーンにおいても雪氷路面処理装置の評価値が大きく改善することが判明した。

キーワード：冬期歩道路面，すべり止め材，雪氷路面処理装置，主観評価，縦断勾配

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及び対策が求められている。

平成 25 年度は、バリアフリー区間に関しては道路の移動等円滑化整備ガイドラインに示される歩道部のすり付

け部の縦断勾配の最急値は 5%と示されているが、寒冷地の歩道においてもこの基準を準用して設計することの妥当性について検討した。また、すべり止め材のみによらない冬期歩道の雪氷路面処理技術として取り組んでいる雪氷路面処理装置が舗装に与える影響を検証するため、各種舗装路面にて雪氷路面処理装置の走行試験を実施した。また、冬期路面のすべり対策としては碎石散布、防滑材散布（塩化ナトリウム等）が行われているが、それに加え雪氷路面処理装置が歩きやすさへ与える効果について被験者試験にて評価した。加えて、過年度の試験で抽出した雪氷路面処理装置の課題に対して、改良を行い、冬期歩道部における装置の適応性について確認した。

2. 積雪や除雪に対応した歩道の設計技術の提案

2.1 バリアフリー区間の縦断勾配設計に関する検討

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おり、道路構造に関しては「道路の移動等円滑化整備ガイドライン」が示されてい

る。本ガイドラインにおいては歩道部のすり付け部の縦断勾配の最急値は5%と示されている(図-1)。また、「移動等円滑化のために必要な道路の構造を定める省令(H18.12.19国土交通省令第116号)」において、「歩道等の縦断勾配は、5%以下とするものとする。ただし、地形の状況その他の特別の理由によりやむを得ない場合においては、8%以下とすることができる。」と定められている。

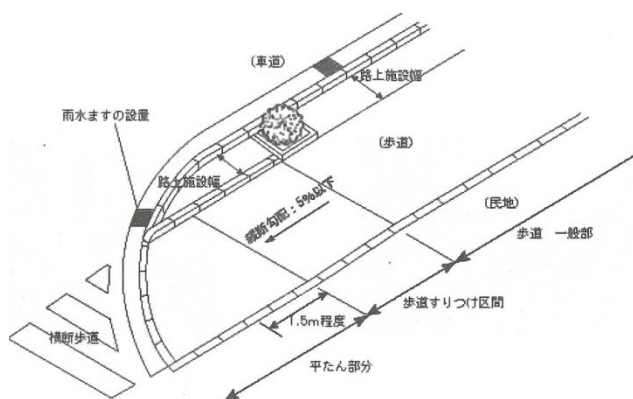


図-1 歩道すり付け区間の縦断勾配概念図

積雪寒冷地の歩道部はアイスバーンとなり、高齢者にとっては歩行困難となるケースが懸念される。このため、寒冷地の歩道においてもこの基準を準用して設計することの妥当性について検討するため、縦断勾配0%、5%のアイスバーンにて、高齢者擬似ツール装着者による評価値の変化を確認した。

2.1.1 試験方法

構内フィールドに延長10m×幅1m、横断勾配2%(道路構造令に準拠)、縦断勾配0%、5%の平坦なアイスバーンを作成し、歩行実験(アンケート評価)を実施した。

また、すべり止め材の散布量及び雪氷路面処理装置による対策効果の差異を検証するため、4種類のすべり対策条件(無対策、塩化ナトリウム、碎石(2.5mm~5.0mm)、雪氷路面処理装置)とし、散布量は道路管理者による実際の散布量を碎石:30,60,100g/m²、塩化ナトリウム:10,20,30g/m²とした。これらの路面を、高齢者による歩行をシミュレートするため、高齢者擬似ツールを装着した健常者20名(男女)が歩行し、その際の被験者の主観評価に関するアンケート調査を行った(写真-1)。アンケート調査は乾燥路面を10点とした場合の総合評価値として実施した。

また、靴の違いによる調査結果への影響を排除するため、被験者の靴は同一のものとした(写真-2)。



写真-1 高齢模擬者の勾配部の歩行状況



写真-2 試験に使用した靴

2.1.2 試験結果

縦断勾配0%、5%における高齢者擬似ツール装着者の歩行実験の結果を図-2に示す。

歩行者の主観評価値は、バリアフリー構造部で定められている5%程度の勾配では、高齢者(擬似)においては、歩行に関する評価値は大きな差異はみられない。また、路面对策の効果も平坦路面と大きな違いはみられない。このことより、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が冬期路面時においても妥当と考えられる。

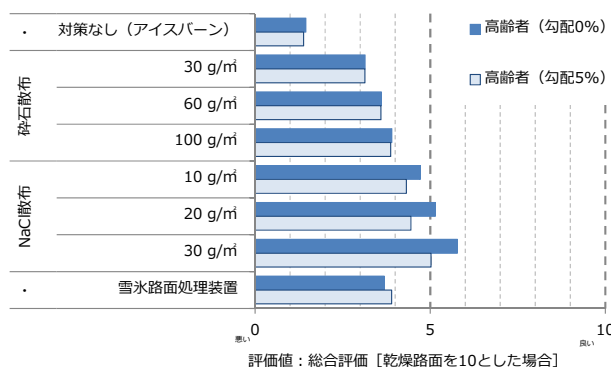


図-2 縦断勾配の違いと評価値の関係

2.2 雪氷路面処理装置が舗装路面に与える影響の検証

開発中の雪氷路面処理装置は、鋭利な先端を雪氷破碎の自重(1,230kg)により雪氷を破碎する構造(写真-3)であるが、雪氷が薄い場合などには、舗装に損傷を与えることが懸念される。



写真-3 雪氷路面処理装置の破碎部

雪氷路面処理装置が舗装に与える影響を検証するため、各種舗装路面にて雪氷路面処理装置の走行試験を実施した。なお、路面は、雪氷による荷重分担の影響を受けない危険側の状況を想定し、舗装の上には雪氷がない状態にて、走行試験を行い、損傷状態の観察を行った。

2.2.1 試験方法

試験は、石狩吹雪実験場に舗装した試験舗装路面にて実施した。試験舗装路面は、細粒度舗装、平板ブロック舗装、インターロッキング舗装、排水性舗装の4種類で各工区10mの延長で舗装した。なお、細粒度舗装には障害者誘導ブロックを設置し、その損傷状態の観察も併せて実施した。

雪氷路面処理装置の走行回数は、年間20回走行することを想定し10年分の200回走行を行った。なお、アスファルト舗装は外気温によりその強度特性が変化することから冬期に走行試験を実施した。試験当日の気温は0°C程度であった。20回走行する毎に舗装クラックやMRPによるきめ深さ(MPD)の測定を行った。

2.2.2 走行試験結果

写真-5~8に雪氷路面処理装置による舗装の損傷状況を示す。また、MRPにて測定したきめ深さ(MPD)の推移を図-3に示す。

図-3より雪氷がない状況では、いずれの路面においても走行回数の増加に伴いきめ深さ(MPD)は増加する傾向にある。特に、排水性舗装ではその影響は大きいことを確認した。

損傷形態は、ブロック系の舗装では、ブロックの角かけや割れが目立つ。アスファルト系舗装(細粒度舗装、排水性舗装)は、雪氷路面処理装置の刃先により深い傷が生じることがわかる。特に排水性舗装では、走行毎に骨材飛散が発生し、骨材飛散の影響が大きいことを確認した。また、障害者誘導ブロックは、凹凸が早期にかけて行くことを観察した。これらの結果から、舗装路面へ

の影響の抑制、走行時の雪氷の厚さの基準値の設定等の適用条件の検討が必要と考える。



写真-5 排水性舗装の損傷



写真-6 平板ブロック舗装の損傷



写真-7 インターロッキングブロック舗装の損傷



写真-8 細粒度舗装、障害者誘導ブロックの損傷

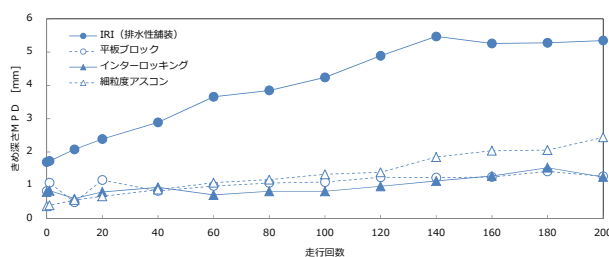


図-3 走行試験によるきめ深さ (MPD) の推移

3. 新しい歩道部の冬期路面処理機械の開発

過年度に行った試験で抽出した、路面の不陸による破碎氷の取り残しなどの課題に対して雪氷路面処理装置の改良を行い、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。

3.1 雪氷路面処理装置の概要

歩道除雪で使用している小形除雪車に装着し、歩道に形成された滑りやすい雪氷路面を破碎処理するもので、破碎部と排雪部で構成される（写真-9、図-4）。



写真-9 装置の全景（小形除雪車装着）

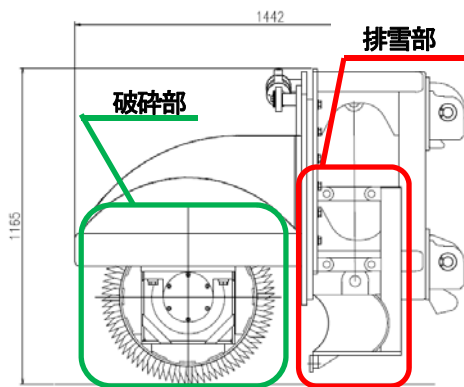


図-4 雪氷路面処理装置の全体図

3.1.1 破碎部

破碎部は先端を斜めに切断した丸鋼をドラム状の回転部の表面に装着（写真-10）し、装置の自重により路面に押し付け、車両の走行により自然回転させることで雪氷路面の破碎を行う。



写真-10 雪氷路面処理装置の破碎部

3.1.2 排雪部

排雪部は破碎部によって発生した破碎氷を歩行路面の左右に排除する。

過年度の試験で、破碎部の近傍での排雪作業が、不陸追従性や機械の操向性の向上において効果があることを確認したため、排雪部を破碎部の近傍に装着し、リンク機構で路面への追従を可能とした（写真-11）。なお、押付は排雪部の自重により行う。

また、不陸追従性を維持しつつ、排雪施工によりフレーム内へ抱え込んだ破碎氷を左右へ流すため、進行方向に対して推進角 90° の高さが低いエッジと、中心から左右に各 74° の推進角を付けたブレードを組み合わせた。



写真-11 排雪部

3.2 調査試験

装置改良後の性能把握、適応性の確認のため、現道歩道施工試験及び雪氷路面施工試験を行った。

3.2.1 現道歩道施工試験

現道での装置の適応性を把握するために北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所所管の一般国道 274 号（札幌市厚別区上野幌）の歩道で試験を行った。

試験では気温、路面温度、雪密度及び雪硬度の計測を行い、装置の施工性、路面追従性、路面処理能力及び施工後の路面状況を確認した(写真-12)。



写真-12 現道歩道の施工状況

試験の結果、現道での装置の施工性は問題がなく、改良した排雪部についても自重により破碎部とは独立して可動することで不陸路面に追従し、破碎氷の取りこぼしもほとんどなく排雪できることを確認した。

また、破碎氷を推進角のついたブレードで左右に排雪することで、施工時の負荷が少なく、施工中の車両運転に支障はないことをオペレータからの聞き取り調査で確認した。

3.2.2 雪氷路面施工試験

寒地土木研究所構内に雪氷路面(35m×2m)を作製し、試験を行った(写真-13)。

雪氷路面施工試験についても現道歩道施工試験と同様に気温、路面温度、雪密度及び雪硬度の計測を行い、装置の施工性、路面追従性、路面処理能力及び施工後の路面状況を確認した(写真-14)。



写真-13 作製した雪氷路面(氷板)



写真-14 雪氷路面での施工状況

試験の結果、現道歩道と同様、装置による雪氷破碎及び排雪が可能であることを確認したが、平均雪硬度が200kg/cm²程度の硬い氷板の場合は、1回の施工では表面の滑りやすい平面部(写真-15)が残ることがわかり、合計4回の施工を行った結果、滑りにくい路面状態にするには2回以上の施工が必要であることを確認した(写真-16)。



写真-15 残った滑りやすい平面部(1回施工)

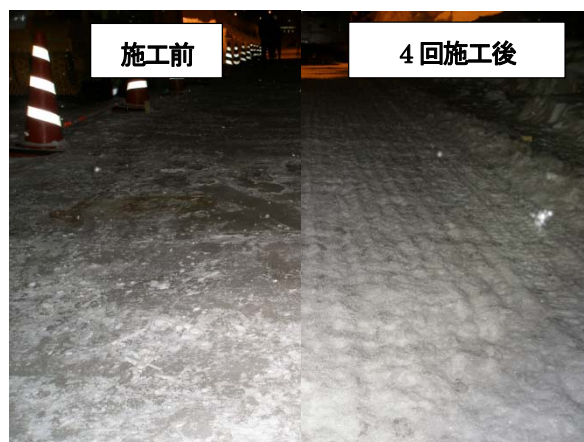


写真-16 施工前と4回施工後の雪氷路面

4. 最適な冬期歩道路面管理技術の提案

4.1 危険性が高いアイスバーンへの対策効果検証

アイスバーン（つるつる路面）は転倒事故が発生しやすく特に高齢者にとっては危険な路面である。アイスバーンの対策には、主に碎石散布、塩化ナトリウム散布が行われているが、散布効果が定量的に把握された例は少ない。このため、すべり止め剤の散布量および開発中の雪氷路面処理装置による対策効果の検証を被験者の歩行によるアンケート調査により行った。

4.1.1 試験方法

構内フィールドに延長10m×幅1m、横断勾配2%（道路構造令に準拠）の平坦なアイスバーンを作成し、歩行実験（アンケート評価）を実施した。

また、すべり止め材の散布量及び雪氷路面処理装置による対策効果の差異を検証するため、4種類のすべり対策条件（無対策、塩化ナトリウム、碎石（2.5mm～5.0mm）、雪氷路面処理装置）とし、散布量は道路管理者による実際の散布量を参考とし碎石：30、60、100g/m²、塩化ナトリウム：10、20、30g/m²、とした。これらの路面を、高齢者による歩行をシミュレートするため、高齢者疑似ツールを装着した健常者20名（男女）が歩行し、その際の被験者の主観評価に関するアンケート調査を行った。アンケート調査は乾燥路面を10点とした場合の「歩きやすさ」「すべりにくさ」「総合評価」として実施した。また、靴の違いによる調査結果への影響を排除するため、被験者の靴は同一のものとした。試験路面を写真-17、18に示す。試験日の気温は約-1℃で晴天であった。



写真-16 構築したアイスバーン状況（碎石散布）



写真-17 雪氷路面処理装置施工後のアイスバーン

4.1.2 試験結果

アイスバーンにおける高齢者疑似ツール装着者の主観評価の結果を図-5に示す。

碎石散布および塩化ナトリウム散布により、評価値は改善し、散布量が増すほど、評価値が大きくなる傾向である。また、雪氷路面処理装置についても評価値がすべり止め材と同程度に改善することが判明した。

このことより、雪氷路面処理装置による処理の有効性が確認された。ただし、これらの評価値は試験日の気象条件等における対策直後のものであり、長期的な効果の持続性についてはさらなる検証が必要と考える。

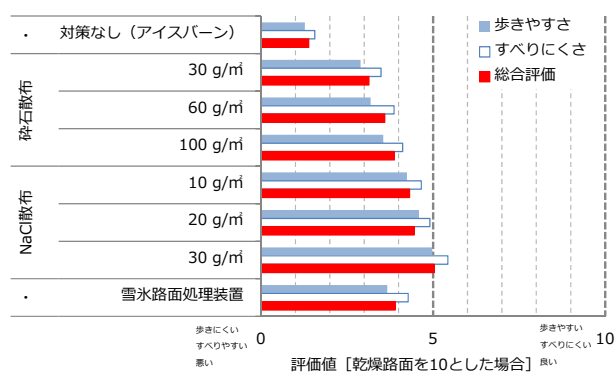


図-5 アイスバーンにおける対策技術の評価値（高齢者疑似）

4.2 圧雪路面への対策効果検証

圧雪路面での雪氷路面処理装置およびすべり止め材の効果検証を目的として、国道274号（札幌市厚別区上野幌）の実歩道にて雪氷路面処理装置及びすべり止め材（碎石（最大粒径2.5～5.0mm）、塩化ナトリウム）による路面対策を行った際の効果を被験者試験により検証した。試験日の気温は約-5℃であった。

4.2.1 試験方法

すべり止め材の散布量および調査方法は、4.1に述べたアイスバーンと比較することを考慮し、同様の方法で実施した。雪氷路面処理装置により生成された試験路面の状況を写真-18に示す。



写真-18 雪氷路面処理装置施工後の圧雪路面

4.2.2 試験結果

圧雪路面（実歩道）における主観評価の結果を図-6に示す。全体的にアイスバーンより高い評価値が得られていることがわかる。

砕石、塩化ナトリウムは散布量が増すごとに評価値が増加する傾向である。特に塩化ナトリウムが評価値が高い傾向であった。また、圧雪路面においては、雪氷路面処理装置は、施工後の路面凹凸により「すべりにくさ」に高い評価が得られた。これは、砕石や塩化ナトリウムと同等もしくはそれ以上の対策効果が得られることを示唆するものである。ただし、これらの評価値は対策直後のものであり、長期的な効果の持続性についてはさらなる検証が必要と考える。

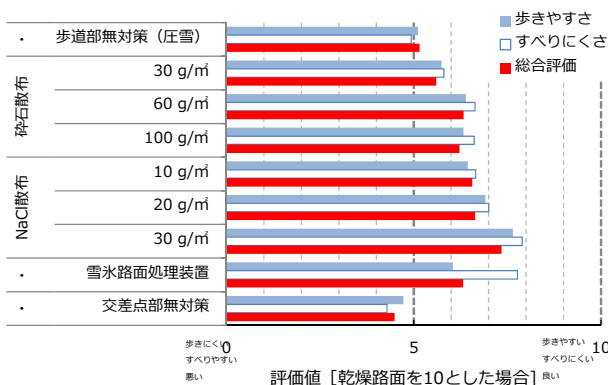


図-6 圧雪路面（実歩道）における各種対策の評価値

4.3 対策技術の主観評価分析— t 検定による分析—

アイスバーン・圧雪路面に対して、対策なしの路面と対策技術を実施した際の被験者の「総合評価値」に有意な差があるのかについて t 検定を実施し、どの対策がどのような場合に効果的（有意）なのか統計的に分析を実施した。

4.3.1 分析結果

t 検定による対策効果の分析結果を表-1に示す。

圧雪路面に対しては、塩化ナトリウム散布が有意な差が得られる。また、高齢者に対しては、塩化ナトリウム散布に加えて雪氷路面処理装置が有意な差が得られる結果となった。圧雪に対して砕石散布が有意な差が得られなかった原因としては、砕石が歩行より雪に埋まってしまい効果を発揮しない場合があるためだと考えられる。

また、アイスバーンに対し得ては、いずれの路面でも有意な差が得られる結果となった。雪氷路面処理装置による対策の有効性について統計的に有意であったといえる。ただし、気象条件等により異なる結果となることが想定されるため、今後も検討を進める。

表-1 t 検定による対策効果の分析結果

路面	被験者属性	対策技術	平均値		平均値の差	両側P値	判定	
			対策なし	対策あり				
圧雪 (現場検証)	健常者	砕石	30 g/m ²	5.16	5.60	0.44	0.6357	
			60 g/m ²	5.16	6.33	1.17	0.1821	
			100 g/m ²	5.16	6.22	1.07	0.2177	
		NaCl	10 g/m ²	5.16	6.56	1.40	0.0966 *	有意水準5%で有意差がある
			20 g/m ²	5.16	6.64	1.48	0.0909 *	有意水準5%で有意差がある
			30 g/m ²	5.16	7.34	2.19	0.0099 **	有意水準1%で有意差がある
	雪氷路面処理装置	5.16	6.32	1.16	0.1850			
	高齢者 (模擬)	砕石	30 g/m ²	3.90	4.13	0.22	0.7659	
			60 g/m ²	3.90	4.69	0.78	0.3076	
			100 g/m ²	3.90	4.79	0.89	0.2626	
		NaCl	10 g/m ²	3.90	4.88	0.98	0.2122	
			20 g/m ²	3.90	5.23	1.33	0.0896 *	有意水準5%で有意差がある
30 g/m ²			3.90	5.79	1.89	0.0104 **	有意水準1%で有意差がある	
雪氷路面処理装置	3.90	6.05	2.14	0.0086 **	有意水準1%で有意差がある			
アイスバーン (模擬路面検証)	健常者	砕石	30 g/m ²	2.00	3.71	1.71	0.0034 **	有意水準1%で有意差がある
			60 g/m ²	2.00	4.05	2.05	0.0004 **	有意水準1%で有意差がある
			100 g/m ²	2.00	4.30	2.30	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある
		NaCl	10 g/m ²	2.00	5.12	3.12	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある
			20 g/m ²	2.00	5.33	3.33	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある
			30 g/m ²	2.00	5.87	3.87	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある
	雪氷路面処理装置	2.00	4.71	2.71	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある		
	高齢者 (模擬)	砕石	30 g/m ²	1.56	3.49	1.93	0.0026 **	有意水準1%で有意差がある
			60 g/m ²	1.56	3.87	2.31	0.0002 **	有意水準1%で有意差がある
			100 g/m ²	1.56	4.12	2.56	0.0001 **	有意水準1%で有意差がある
		NaCl	10 g/m ²	1.56	4.66	3.10	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある
			20 g/m ²	1.56	4.91	3.35	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある
30 g/m ²			1.56	5.43	3.87	0.0000 **	有意水準1%で有意差がある	
雪氷路面処理装置	1.56	4.28	2.72	0.0001 **	有意水準1%で有意差がある			

*p<0.10 **p<0.05 p:両側t検定での平均値の差の有意確率

5. まとめ

平成 25 年度の各種検討結果より、以下の知見が得られた。

- (1) バリアフリー区間に関しては、道路の移動等円滑化整備ガイドラインに示される歩道部のすり付け部の縦断勾配の最急値 5%と示されているが、アイスバーンにおける高齢者（擬似）の歩行実験における評価値には大きな差異はみられず、対策技術の効果も平坦路面と大きな違いはみられない。
- (2) よって、バリアフリー区間に関しては、現行の基準を踏まえて歩道の設計を行うことが冬期路面時においても妥当と考えられる。
- (3) 雪氷路面処理装置は、雪氷がない状況では、走行回数増加に伴い舗装の路面性状に与える影響があることを確認。
- (4) 特に、排水性舗装では、骨材飛散の影響が大きいことを確認。
- (5) アイスバーンにおいても雪氷路面処理装置の評価値が大きく改善することが判明。
- (6) 塩化ナトリウム散布、雪氷路面処理装置、砕石散布の順に評価値が大きくなる傾向である。
- (7) 圧雪路面においては、砕石、塩化ナトリウムは散布量が増すごとに評価値が増加する傾向。特に塩化ナトリウムの方が評価値が高い傾向がある。
- (8) 圧雪路面においては、雪氷路面処理装置は、施工後の路面凹凸により「すべりにくさ」に高い評価が得られ、砕石や塩化ナトリウムと同等もしくはそれ以上の対策効果が得られることが示唆された。
- (9) 交差点部はスタッドレスタイヤに磨かれすべりやすい状態であり、歩行者の評価値は低い傾向がある。

る。

- (10) t 検定結果より、アイスバーンにおける雪氷路面処理装置の有効性を確認した。
- (11) 雪氷路面処理装置の排雪部を破砕部の近傍で独立して可動させたことにより、不陸路面への追従能力が向上し、破砕氷の取りこぼしが少なくなった。また、推進角を付けたブレードによる破砕氷の排雪効果を確認した。
- (12) 雪硬度が 200kg/m² 程度の硬い氷板では、雪氷路面処理装置による 1 回の施工のみでは雪氷路面の平面部を残してしまい、2 回以上の施工が必要なことを確認した。

6. おわりに

今後は、すべりやすい路面の対策技術の検討に加えて、

危険な路面が発生しないような路面処理技術についても検討を進める予定である。また、雪氷路面処理装置の舗装への影響、及び路面状態の違いによる必要性能を調査、整理し、改良を行う予定である。

参考文献

- 1) 舗装性能評価法別冊：(社) 日本道路協会, 2008.3
- 2) 舗装設計施工指針：(社) 日本道路協会, 2006.2
- 3) 防雪・除雪ハンドブック：日本建設機械施工協会, 2004.12
- 4) 改訂版 道路の移動等円滑化整備ガイドライン：大成出版社, 2008.2

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 : KUMAGAI Masayuki, MARUYAMA Kimio, HOSHI Takumi, ISODA Takuya, ITANI Masashi, OYAMA Kentarou
OOTSUKI Toshiyuki, MAKINO Masatoshi, MIURA Go, YAMAZAKI Takashi, NAKAMURA Ryuichi, SAITOU Kaname, TURUSAWA Toshiki

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 2013, we investigated the designing of longitudinal slopes in barrier-free zones, and we verified the effect of a maintenance machine for snow- and ice-covered surfaces. Our findings confirmed that the present standard for barrier-free zones can be appropriate for designing winter walkway pavements and that the maintenance machines need to give consideration to mitigating damage to the pavement and need to have a criterion value of snow and ice thickness in order to operate. Meanwhile, we made improvements to the winter road surface maintenance machine by addressing issues raised during the tests performed in the previous fiscal year. Thus we confirmed the improved capabilities and applicability of the machine. We also found that road surface processing is necessary several times per operation to break hard snow and ice on the road. Then, we carried out a subjective evaluation of the effect of anti-skid materials and winter road surface maintenance on an extremely slippery road surface or a compacted-snow road surface by conducting walking trials on the road. The use of the maintenance machine was found to improve walking performance on the extremely slippery surface.

Key words : winter walkway surface, anti-skid material, winter road surface maintenance machine, subjective evaluation, longitudinal slope