

冬期歩道路面の対策技術に関する検討

Study on Sidewalk Surface Management Technology during Snow Season

(国研) 寒地土木研究所 ○正員 井谷雅司 (Masashi Itani)
 同 正員 三浦豪 (Go Miura)
 同 正員 星卓見 (Takumi Hoshi)
 同 正員 木村孝司 (Takashi Kimura)

1. はじめに

北海道のような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。

日本において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。しかしながら、これらの指針は、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「つつる路面」等に関しては、例えば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状況である。

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。

そこで本研究では、北海道における歩行者の転倒事故の状況、転倒事故対策として開発している雪氷路面処理装置の能力や適応性を確認した。また、防滑材の効果や歩道の構造に関して、バリアフリーを考慮した歩道縦断勾配の影響に関する検討を行った。

2. 転倒に起因する救急搬送者数の実態調査

冬期の歩道における転倒事故の実態を把握するため、北海道の札幌市及びアイスバーン路面が発生しやすい釧路市の冬期歩道路面における救急搬送者（過去5年）の特徴を分析した。分析結果をまとめたものを図-1に示す。また特徴を以下に挙げる。

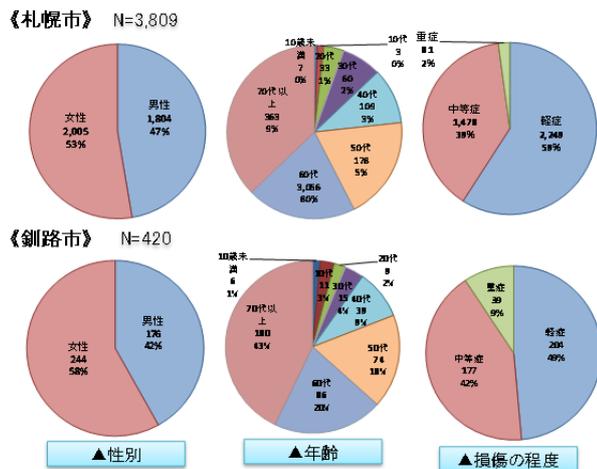


図-1 救急搬送者の属性

- 1) 札幌市，釧路市ともに「女性」の救急搬送者が半数を超えており多い。
- 2) 札幌市，釧路市ともに「60代」，「70代以上」といった高齢の救急搬送者が半数以上と多い。
- 3) 札幌市，釧路市ともに損傷の程度は「軽症」が多いが，アイスバーンが発生しやすい釧路市では「重症」の割合が札幌市よりも多い。

この分析結果より、冬期におけるアイスバーンにおける高齢者の転倒は重症事故につながる可能性が高いことが伺え、高齢者に対する冬期路面の対応が求められる結果となった。

3. 雪氷路面処理装置の開発

すべり止めに効果がある砕石等の散布量は、大量となると春先の堆積土処理量増加の要因にもなることが指摘されている。

そこで、すべり止め材のみによらない冬期歩道の雪氷路面処理方法として、構造が単純で特別な動力を必要とせず、雪氷路面の破碎効果が期待できる装置を開発し、その効果について検討を行った。雪氷路面処理装置（以下、「装置」という）は北海道の歩道除雪で使用している小形除雪車に装着し、歩道部に形成された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。なお、装置の寸法は作業幅を考慮し、小形除雪車の全幅に近い1.52mとした。（写真-1）



写真-1 装置の全景（小形除雪車装着）

雪氷路面処理装置の構造は、先端を斜めに切断した丸鋼をドラム状の回転体の表面に装着し、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-2）。

また、破碎により発生した破碎雪氷は排雪部（写真-3）により歩行路面の左右に排除するとともに、路面の敷均しを行う構造としている。



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

3.1 雪氷破碎処理機械の現場適用性の検証

実際の歩道での装置の適応性を把握するために札幌市内の国道の歩道で冬期の雪氷路面に対して走行試験を行った。試験では気温、路面温度、雪氷の密度及び硬度の計測を行い、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。

試験の結果、現道歩道での装置の施工性に問題はなく、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、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、機械での走行により雪氷は適度に破碎され、歩行しやすい状況となったことを確認した(写真-4)。



写真-4 処理前(左), 処理後(右)

4. 冬期の歩道路面のすべり対策について

冬期の歩道における路面のすべり対策として、碎石の散布および塩化ナトリウムの散布により対策が行われている。しかしながら、これらの散布量と歩行者に与える効果については定量的な見解は得られておらず、最適な散布量は明らかとなっていない。そのため、碎石、塩化ナトリウムの散布効果、及び、開発した雪氷破碎処理装置の効果を被験者の歩行によるアンケート調査により検証を行った。

4.1 アイスバーン路面への対策効果

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-5, 6に示す。試験日の気温は約-1℃で晴天であった。



写真-5 構築したアイスバーン状況(碎石散布)



写真-6 雪氷路面処理装置施工後のアイスバーン



写真-6 高齢模擬者の勾配部の歩行状況

4.1.2 試験結果

アイスバーンにおける高齢者擬似ツール装着者の主観評価の結果を図-2に示す。

砕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。

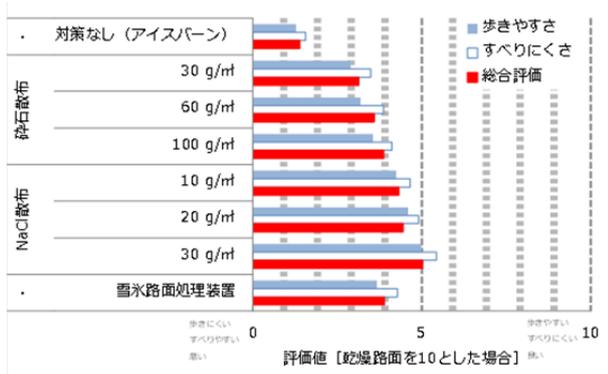


図-2 アイスバーンにおける対策技術の評価値 (高齢者擬似)

4.2 圧雪路面への対策効果検証

4.2.1 試験方法

札幌市内の国道の歩道にて雪氷路面処理装置及びすべり止め材 (砕石, 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。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-7に示す。



写真-7 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-3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。

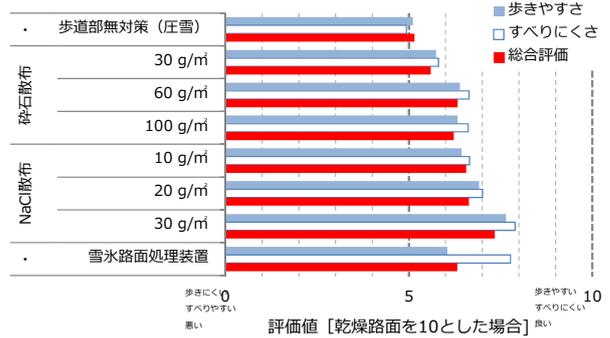


図-3 圧雪路面 (実歩道) における各種対策の評価値

4.3 対策技術の主観評価分析 (t検定)

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。

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		両側P値	判定
			対策なし	対策あり		
圧雪路面 (現場検証)	健康者	砕石 30 g/m ²	5.15	5.50	0.44	0.6357
		砕石 60 g/m ²	5.15	5.33	1.17	0.1821
		砕石 100 g/m ²	5.15	6.22	1.07	0.2177
		NaCl 10 g/m ²	5.15	6.56	1.40	0.0666 *
		NaCl 20 g/m ²	5.15	6.64	1.48	0.0909 *
		NaCl 30 g/m ²	5.15	7.34	2.19	0.0089 **
	雪氷路面処理装置	5.15	6.32	1.16	0.1850	
	高齢者 (模擬)	砕石 30 g/m ²	3.90	4.13	0.22	0.7658
		砕石 60 g/m ²	3.90	4.69	0.78	0.3076
		砕石 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
		NaCl 20 g/m ²	3.90	5.23	1.33	0.0896 *
NaCl 30 g/m ²		3.90	5.79	1.89	0.0104 **	
雪氷路面処理装置	3.90	6.05	2.14	0.0086 **		
アイスバーン (模擬路面検証)	健康者	砕石 30 g/m ²	2.00	3.71	1.71	0.0034 **
		砕石 60 g/m ²	2.00	4.05	2.05	0.0004 **
		砕石 100 g/m ²	2.00	4.30	2.30	0.0000 **
		NaCl 10 g/m ²	2.00	5.12	3.12	0.0000 **
		NaCl 20 g/m ²	2.00	5.33	3.33	0.0000 **
		NaCl 30 g/m ²	2.00	5.87	3.87	0.0000 **
	雪氷路面処理装置	2.00	4.71	2.71	0.0000 **	
	高齢者 (模擬)	砕石 30 g/m ²	1.56	3.48	1.93	0.0026 **
		砕石 60 g/m ²	1.56	3.87	2.31	0.0002 **
		砕石 100 g/m ²	1.56	4.12	2.56	0.0001 **
		NaCl 10 g/m ²	1.56	4.66	3.10	0.0000 **
		NaCl 20 g/m ²	1.56	4.91	3.35	0.0000 **
NaCl 30 g/m ²		1.56	5.49	3.93	0.0000 **	
雪氷路面処理装置	1.56	4.28	2.72	0.0001 **		

*p<0.10 **p<0.05 ***p<0.01 両側検定での平均値の差の有意水準

