

歩道部における 氷板・圧雪路面処理技術の開発について —試験路面及び現道での適応性試験—

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○三浦 豪
牧野 正敏
中村 隆一

冬期歩道管理は除雪やすべり止め材散布が行われているが、環境や気象条件によって不陸路面が形成されたり、歩行者の転倒事故が発生するため、道路利用者が安全に歩ける快適な歩行空間を確保することが必要である。

本稿では、すべり止め材のみによらない処理方法として、歩道部の機械施工による雪氷路面破砕処理技術について試験を行ったので概要とその結果を報告する。

キーワード：歩道、冬期路面、氷板処理、圧雪処理

1. はじめに

積雪寒冷地の冬期歩道は、積雪と融解の繰り返しで氷板・圧雪路面が形成され、歩行者により踏み固められることで、滑りやすい雪氷路面（写真-1）となり、歩行者の転倒事故が多発する要因となっている。



写真-1 歩道の雪氷路面

冬期歩道管理として除雪及びすべり止め材の散布が行われているが、環境や気象条件によっては不陸路面が形成されることがある。

特に高齢者がこれらの冬期歩道を避け、除排雪された車道を歩くと、通行車両との接触事故の危険性が高まる。また、すべり止め材の大量な散布は、春先の堆積土処理量増大の要因にもなる。

道路利用者が安全に歩ける快適な歩行空間を確保するため、冬期の雪氷路面对策については様々な取り組みが行われている。佐藤¹⁾らは小形除雪車に粗面形成装置（レーキタイプ）を取り付け、歩道で実施した調査試験において、粗面形成装置で雪氷路面に溝を付けて、滑り抵抗を増加させることで、雪氷路面のすべり止め効果における装置の有効性を明らかにした。

しかし、粗面形成装置は雪氷路面の表面に溝をつけるもので、歩行者により踏み固められて厚くなった雪氷路面を処理することができない。さらに、形成された粗面のすべり止め効果が降雪や融解等により消えてしまう可能性がある。

そこで、本研究では、すべり止め材のみによらない処理方法として、海外での雪氷路面を破砕する施工事例に着目し、わが国の冬期歩道部における当該技術の有用性について試験を行ったので報告する。

2. 装置概要

歩道除雪で使用している小形除雪車に装着できる、氷板・圧雪路面処理装置（以下、「処理装置」という）及び後方排雪装置（以下、「排雪装置」という）を試作した。

処理装置は、歩道部に形成された氷板・圧雪等を破砕処理するもので、排雪装置は、その施工により発生する破砕雪氷の排雪を行う。

(1) 氷板・圧雪路面処理装置

処理装置は先端を斜めに切断した丸鋼（ピック）を複数個、主になる回転部（エレメント）に装着し、これを装置の自重（1,230kg）により路面に押し付けて、走行の推進力により回転させて、雪氷路面を破碎処理するものである（写真-2）。

この装置の特徴として、エレメントを回転させるための油圧等の動力は必要なく、エレメント自体が自由回転することにより、装置の押付圧と小形除雪車の推進力のみで施工が可能である。押付圧は自重のみで発生させるため、ウエイトを本体に設置することにより調整を行うものとした。

処理装置の寸法は特に作業幅について注意し、通常の小形除雪車と同等の全幅 1.5m に近づけた。



写真-2 氷板・圧雪路面処理装置



写真-3 後方排雪装置

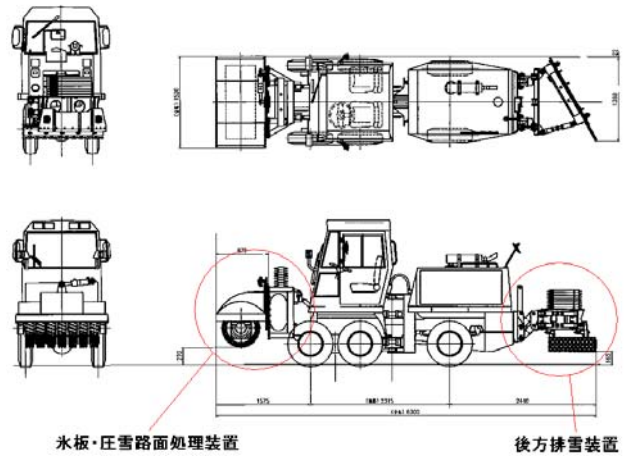


図-1 小形除雪車概略図

(2) 後方排雪装置

排雪装置は処理装置と同様、装置の自重（700kg）により網状のエッジを路面に押し付けて、処理装置によって発生した破碎雪氷をエッジで斜め後方へ排雪する構造とした（写真-3）。

この装置の昇降はチェンブロックによる手動操作で行っており、作業時と回送時の状態にすることが可能である。

さらに、装着したエッジは網状のため、路面に対して粗面効果が期待できる。

また、このエッジはシャープピン（機械保護のため一定の負荷が掛かると切断されるピン）の取付位置を変えることで、路面に対する設置角度を調整することができる。

この2つの装置を1台の小形除雪車に装着することで、同時施工を可能とした（図-1、2）。

各装置の寸法等については表-1に示す。

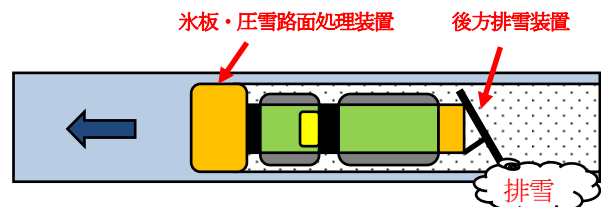


図-2 路面処理イメージ

表-1 各装置諸元

【氷板・圧雪路面処理装置】

全 長：1,440mm

全 幅：1,520mm

重 量：1,230kg

作業幅：1,210mm

【後方排雪装置】

全 長：1,260mm

全 幅：1,380mm

重 量：700kg

3. 試験方法

処理装置及び排雪装置を装着した小形除雪車を用いて、土木研究所寒地土木研究所の石狩吹雪実験場及び国土交通省北海道開発局札幌開発建設部岩見沢道路事務所管轄の江別市文京台の国道12号の歩道（以下、「現道」という）で試験を行った。

3.1 試験用歩道試験

石狩吹雪実験場内に試験用歩道（一般区間及び重複区間）（図-3）を作製した。

一般区間（幅2.0m、長さ30m）の路盤構成は、全延長を歩道舗装の一般区間（細粒度アスコン30mm）²⁾とした。

また、重複区間（幅2.0m、長さ40m）は一般区間、インターロッキング、平板ブロック、排水性の4種類の舗装の構成とした。各舗装の延長10mのうち5mを重車両出入区間（細粒度アスコン30mm+粗粒度アスコン40mm）に設定し、一般区間にはマンホールを設置した。

この試験用歩道に氷板路面、圧雪路面を作製し、

外気温、路面温度、雪硬度、雪密度を計測して、処理装置の単独施工及び排雪装置との併用施工を行い、装置施工後の雪氷路面の破砕深さ、施工幅、施工路面状況等を確認した。なお、雪硬度の計測は木下式雪硬度計を使用し、雪密度の計測は100×100×100mmの鉄枠を用いて雪氷を採取し計測を行った（写真-4、5）。

(1) 圧雪路面処理試験

試験用歩道の一般区間及び重複区間に型枠、タンパ等を用いて、雪硬度20~170kg/m²、雪密度450~750kg/m³³⁾を目標に厚さ10cmの圧雪路面を作製し、1月24日、1月31日の2日間で試験を行った（表-2）。

圧雪路面では自重及びウエイト25kg、50kgの条件で処理装置単独施工及び排雪装置の併用施工を行い、処理装置の単独施工で、路面を破砕処理することを確認した（写真-6）。排雪装置の併用施工では、自重を掛けて施工した場合に、排雪装置のエッジが圧雪路面に刺さり、車両がスタックしてしまうことがあった。

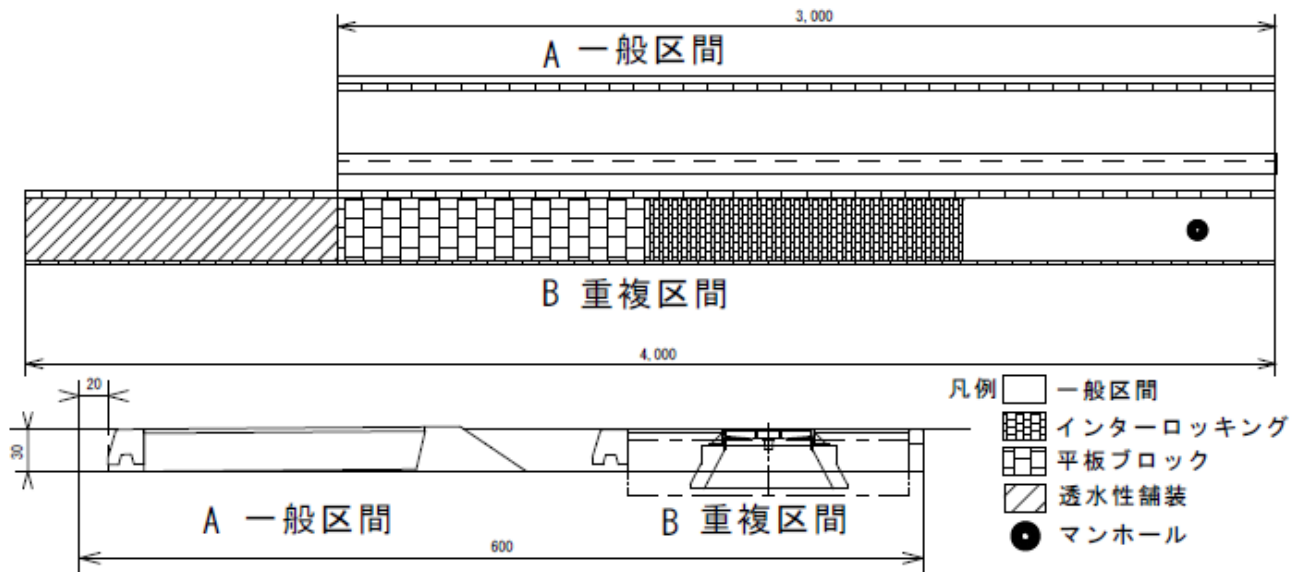


図-3 試験用歩道



写真-4 木下式雪硬度計での計測



写真-5 雪密度の計測

表-2 圧雪路面処理試験コースデータ

月日	試験時間	天候	降雪	気温(°C)	路温(°C)	雪硬度 (kg/cm ²)	雪密度 (kg/m ³)	雪氷厚さ	判定
1月24日	10:00~16:00	雪	有	-5.9~-3.0	-7.8~-4.9	75~124	452~584	8.67~11.58	圧雪
1月31日	10:30~15:30	晴	無	-7.0~-2.5	-8.9~-4.4	14~19	473~508	11.36~13.44	圧雪



写真-6 処理装置施工後の路面状態及び破碎雪氷



写真-7 排雪装置併用施工後の路面

そこで、装置を昇降用チェーンブロックで吊り上げ、エッジが路面から少し浮いた状態（地面合せ）で試験を行った。

施工後の路面状態は、単独施工では、約 50×50mm の破碎雪氷（写真-6）が路面上に残るが、排雪装置の併用施工によって、それらを排雪できることを確認した（写真-7）。圧雪路面での試験結果は表-3 のとおりとなり、10~20mm 程度の深さで破碎できることがわかった。また、ウエイトによる破碎深さの変化はみられなかった。

(2) 氷板路面処理試験

圧雪路面と同様に型枠、散水、タンパ等を用いて、

表-3 圧雪路面処理試験データ

試験日	施工条件			破碎深さ (mm)
	処理装置	排雪装置	チェーン長さ (mm)	
1月24日	自重	施工なし	—	8~19
	ウエイト25kg	施工なし	—	13~19
	ウエイト50kg	施工なし	—	6~19
	自重	シャープン使用 角度30°	地面合せ	3~34
	ウエイト25kg	シャープン使用 角度30°	地面合せ	9~16
	ウエイト50kg	シャープン使用 角度30°	地面合せ	12~15
1月31日	自重	施工なし	—	13~22
	ウエイト25kg	施工なし	—	7~14
	ウエイト50kg	施工なし	—	11~17

雪硬度 90~300kg/cm²、雪密度 750kg/m³以上³⁾を目標に厚さ 10cm の氷板路面を一般区間及び重複区間に作製し、2/23、2/27、3/8 の 3 日間試験を行った

（表-4）。

試験は日中を予定していたが、気温が高かったため、夜間試験に変更した。3 日間の試験内容は圧雪路面とほぼ同様であるが、処理装置の押付圧を 1 日目は自重、50kg、100kg、2 日は自重、50kg、100kg、150kg とし、処理装置単独施工を行わず、併用施工のみでの試験とした。

3 日目(3/8)は気温が高く試験用歩道に試験路面が作製できなかったため、国土交通省北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所で使用している厚別川第一雪堆積場(札幌市白石区)の氷板路面で試験を行った。

1、2 日目の試験では、氷板路面での併用施工で処理装置に問題はなかったが、排雪装置は不陸が大きい路面で施工を行うと、エッジを固定しているシャープンが切れることがあった。そこで、シャープンを外し、エッジを進行方向に対して、前後方向にフラップ状に可動（写真-8）できるようにすることで、不陸でも施工を可能にした。高さについては、進行方向に対しエッジに角度（ブレード角 30°）があり、左側が先に路面に接するため、左側のチェーン長さを 5mm 短くし、エッジの接地の均等性を確保して施工を行った（写真-9）。

表-4 氷板路面処理試験コースデータ

月日	試験時間	天候	降雪	気温(°C)	路温(°C)	雪硬度 (kg/cm ²)	雪密度 (kg/m ³)	雪氷厚さ	判定
2月23日	20:00~22:00	雪	有	-1.2~-0.3	-1.6~0.5	93~145	671	6.38~10.82	氷板
2月27日	20:00~22:00	曇	無	-10.8~-7.9	-7.7~-6.0	125~196	764~958	6.78~9.15	氷板
3月8日	21:00~1:00	晴	有	-2.2~0.5	-4.4~1.2	122~165	607~733	15.50以上	氷板



写真-8 シャーピンを外して排雪装置をフラップ状に可動させた状態



写真-9 チェーン長さの調整

3 日目については、排雪装置のエッジを進行方向に対して垂直（ブレード角 0°）に設定し、かつ、左右のチェーン長さを同じ状態にし、形成した破碎雪氷の排雪が行えるか確認した。

排雪装置の破碎雪氷の抱え込み量は、エッジに角度を付けていた時とほとんど変わらず、垂直でも特に問題は生じなかった。さらに、不陸の追従性向上を目的に排雪装置を吊った状態でチェーンを 5mm ずつ伸ばし、路面に接地しても自重が全て路面に掛からない状態で施工した。

これによって不陸に追従しやすくなり、排雪することができたが、破碎雪を抱え込んでいくと、その重量によって、エッジが後方に傾斜して浮き上がってしまい、破碎雪氷が残る箇所が見られた。このため、今まで外していた固定用シャーピンを装着し、再度、試験を行った（写真-10）。

同じ条件で施工すると、フラップ状の時よりも破碎雪氷の抱え込み量が増えたが、問題なく排雪が行えた。しかし、エッジ下げ幅の制限で、それを超える不陸箇所は、破碎雪氷を残す箇所があったため、チェーンを完全に伸ばして吊らない状態にし、自重での施工を行った。

自重での施工は、不陸に追従し、破碎雪氷もほとんど残さずに施工でき、かつ、網状のエッジにより、氷板路面を粗面状態にすることを確認した（写真-11）。試験データを表-5 に示す。

施工後の破碎深さは、圧雪路面と同様に 10～20mm 程度であった。



写真-10 シャーピン取付によるエッジ状態の違い



写真-11 粗面状になった氷板路面

表-5 氷板路面処理試験データ

試験日	施工条件			破碎深さ (mm)
	処理装置	排雪装置	チェーン長さ (mm)	
2月23日	自重	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	11~29
	ウイト50kg	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	23~26
	ウイト100kg	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	17~35
2月27日	自重	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	7~11
	ウイト50kg	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	8~15
	ウイト100kg	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	10~12
	ウイト150kg	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	7~12
3月8日	自重	シャーピンなし 角度0°	L:480 R:480	11~14
	自重	シャーピンなし 角度0°	L:485 R:485	9~13
	自重	シャーピンなし 角度0°	L:490 R:490	11~20
	自重	シャーピンなし 角度0°	L:495 R:495	9~16
	自重	シャーピン使用 角度0°	L:470 R:470	7~13
	自重	シャーピン使用 角度0°	L:475 R:475	12~16
	自重	シャーピン使用 角度0°	L:480 R:480	8~17
	自重	シャーピン使用 角度0°	L:485 R:485	11~16
	自重	シャーピン使用 角度0°	L:490 R:490	7~16
	自重	シャーピン使用 角度0°	L:フリー R:フリー	11~21

3.2 現道試験

現道試験は2月2日、2月14日、2月16日の3日間実施した。

外気温、路面温度、雪硬度、雪密度の計測を行い、処理装置と排雪装置の併用施工とし、施工後の雪氷路面状況や施工性、旋回性などの現場適応性を検証した(表-6)。試験データを表-7に示す。

処理装置は雪氷を5~20mm程度破碎することができたが、排雪装置はチェーンで吊り下げて固定用の

シャーピンを外して施工したため、破碎雪氷を路面に残す箇所が多く発生した。

現道での施工性及び旋回性については、処理装置は問題がなかったが、排雪装置は施工中にエッジ角度が原因でハンドルが取られることが多かった。さらに、使用している小形除雪車はセンターピン方式のアーティキュレート車のため、ハンドルを切ると、後方オーバーハング先端にあるエッジが左右の工作物に接触する可能性があることがわかった。

表-6 現道試験コースデータ

月日	試験時間	天候	降雪	気温(°C)	路温(°C)	雪硬度(kg/cm ²)	雪密度(kg/m ³)	雪氷厚さ	判定
2月2日	21:00~24:00	雪	有	-8.2~-6.8	-5.0~-2.6	74~103	623	3.56~9.72	圧雪
2月14日	21:00~24:00	曇	無	0.2~0.8	-4.2~-0.2	111~201	588~811	3.18~6.14	氷板
2月16日	21:00~24:15	晴	無	-9.6~-11.1	-8.9~15.3	94~180	965	4.59~8.35	氷板

表-7 現道試験データ

試験日	施工条件			破碎深さ(mm)
	処理装置	排雪装置	チェーン長さ(mm)	
2月2日	自重	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	1~7
	自重	シャーピンなし 角度30°	L:460 R:465	2~23
2月14日	自重	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	4~28
2月16日	自重	シャーピンなし 角度30°	L:470 R:475	7~12
	自重	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	1~7
	自重	シャーピンなし 角度30°	L:465 R:470	5~18

4. まとめ

試験用歩道における試験では、氷板及び圧雪路面を処理装置により10~20mm程度の厚さで破碎することが可能であったが、ウエイトによる破碎厚さの変化はみられなかった。

排雪装置の併用施工では、路面に形成された破碎雪氷を排雪し、平坦な路面処理ができた。

しかし、路面状況によっては、自重を掛けると路面にエッジが刺さりこむため施工が難しかった。

装置昇降用チェーンブロックでエッジを吊って、路面に掛かる荷重を調整し、かつ、エッジ固定用シャーピンを外してエッジをフラップ状に可動させることで不陸に対応できたが、エッジ下げ幅の制限を超える不陸では、破碎雪氷を路面に残す箇所が多く見られた。

エッジを進行方向に対して直角(ブレード角0°)に設定し、固定用シャーピンを装着してチェーンを完全に伸ばして吊らない状態では不陸に追従し、破碎雪氷もほとんど残さずに施工することができた。

現道試験では、装置施工によって、圧雪及び氷板試験と同様の結果となった。

ただし、排雪装置のエッジが進行方向に対して角度が大きかったため、直進安定性が低下した。また、後方オーバーハングが長いため、狭い場所での操舵時にエッジが工作物に接触する可能性があることがわかった。

5. あとがき

処理装置で施工することにより、歩道に形成される滑りやすい雪氷路面を破碎処理することが可能である。しかし、雪氷厚が薄い箇所や舗装の露出部など、舗装路面に対する影響について調査する必要がある。

また、排雪装置は雪氷路面を処理するうえで重要であることがわかった。しかし、不陸追従性能が低く、装置全長が長いため、改良の必要がある。

本装置は試作機のため、課題等はあるが改良を行い、両装置を組み合わせることで、歩道の氷板・圧雪路面処理における装置の有用性は高いと考える。

最後に、本試験の実施にあたり御協力頂いた国土交通省北海道開発局札幌開発建設部岩見沢道路事務所をはじめ、関係各位に深く感謝いたします。

6. 参考文献

- 1) 佐藤健一、工藤修一:凍結路面对策用粗面形成装置の開発、機械技術管理業務報告書、pp182 - 184
- 2) 北海道開発局、2012:北海道開発局 道路設計要領第1集 道路、pp1-5-30 - 1-5-34
- 3) (社)日本建設機械化協会 2004:2005 除雪・防雪ハンドブック(防雪編)、p33