新技術開発探訪

除雪トラックによる 圧雪処理能力の向上について

国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 まえた みつあき 施工調査・技術活用課 前田 光昭

1. はじめに

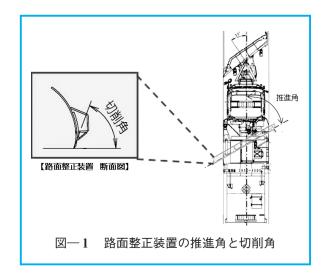
除雪作業における圧雪処理の主力機械である大型除雪グレーダ4.3m級(235kW)は、特定特殊自動車の排ガス規制の強化などにより製造・販売が2013年に中止となったため、代替機の開発が急務となった(※その後、2015年より土工用グレーダをベースとした除雪グレーダ4.0m級(160~180kW)が販売を再開した)。

圧雪処理の代替機械として期待できる除雪トラック(写真—1)は、路面整正装置を備えているが、装置が運転席後方の車体下部にあり、作業状態を直接目視できないため、路面状況の変化に応じた適切な操作が難しい。



写真一1 除雪トラックによる圧雪処理 (路面整正装置付)

また,路面整正装置のブレード切削角及び推進 角が可変できないなど構造的な問題により,除雪



グレーダと比較して圧雪処理能力や使い勝手が劣る実態がある(図-1)。

本検討は、除雪グレーダと除雪トラックの性能 比較により除雪トラックの課題を整理し、路面整 正装置の改良等により、除雪トラックの施工性向 上を目的に検討を行ったものである。

2. 除雪トラックの課題と対策の 検討

除雪グレーダと除雪トラックが有する機能及び付加装置の比較、除雪オペレータへのヒヤリング結果から、除雪トラックの「課題」、それに対応する「検討項目」、「検討内容」の整理を行い、現地試験等により、課題の検証及び能力向上の検討を行った(表—1)。

表一1 除雪トラックの課題と対策					
課題	検討項目	検討内容			
圧雪処理能力不足	牽引力	牽引力の比較 圧雪処理能力の比較			
	サスペンションの影響	ブレード・車体の振動比較 除雪後の路面平坦性の比較			
	切削角可変	路面整正装置の改良			
WGの動作速度が遅い	油圧系統	・油圧系統の改良			
ウィンドロー処理が困難	サイドシャッタ動作				
WGが視認できない	路面整正装置の視認性	既存技術応用による視認性の改善			
(注) 「WG」=除雪幅可変型路面整正装置					

3. 既存除雪トラックの現場試験等 による課題検証

(1) 牽引力の比較

大型除雪グレーダ4.3m (235kW), 再販モデル に近い3.7m (147kW) 及び除雪トラック (10t級 6×6) の3機種で牽引能力を比較した。

試験は、山間部での使用を考慮して、各車両に タイヤチェーンを装着させ雪上にて除雪ドーザを アンカー車として試験を実施した(写真—2)。



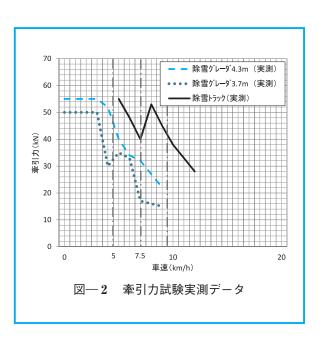
写真-2 除雪トラックの牽引力試験状況

試験年月日:2014年1月22日

試験場所:新潟県妙高市(国道18号江口ST)

能力の評価は、試験の実測値により行い、比較する牽引力は、牽引速度 5 km/h, 7.5km/h, 10km/h時の平均値を採用した。

結果は、除雪グレーダ4.3mを基準に、除雪グレーダ3.7mは実測値で約20%低く、除雪トラックは実測値で約15%高い牽引力を示し、除雪トラックは除雪グレーダと同等以上の牽引力を有することを確認できた(図-2)。



(2) 圧雪処理能力の比較

圧雪処理能力試験は、下記の条件で実施した。

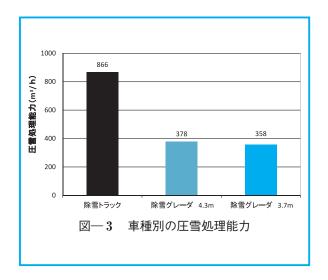
試験年月日:2014年1月22日~23日 試験場所:新潟県妙高市(県道399号)

試験距離:50m/データ 平均縦断勾配:上り7% 圧雪硬度:0.4~0.6kN/cm²

能力比較は、除雪の深さ、幅、速度のデータから処理能力(m³/h)を算出し比較した。

結果は、除雪グレーダ4.3mに対し、除雪グレーダ3.7mは若干劣る処理能力、除雪トラックは倍以上の処理能力を有する結果となった(図一3)。

試験コースは縦断勾配約7%の上り区間であり、総輪駆動である除雪トラックの方が牽引能力



をより有効に路面に伝えることができるため、圧 雪硬度0.4~0.6kN/cm²の場合では、時間当たり圧 雪処理能力が高くなったものと推測される。

(3) ブレード・車体の振動の比較

除雪トラックは、サスペンションを装備してお り、これにより圧雪除去時に路面整正装置が振動 して、路面凹凸を発生させる可能性が考えられる ことから影響を調査した。

調査は、除雪グレーダ及び除雪トラックの路面 整正装置と後輪側車体に加速度計を設置(車体進 行方向(X軸), 車体横方向(Y軸), 上下方向(Z 軸)) し、圧雪処理能力試験時における振動(加 速度) の発生状況と、サスペンションの伝搬状況 を確認するため振動を計測した (写真-3, 4)。

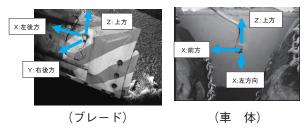


写真-3 除雪グレーダ3軸加速度計取付状況

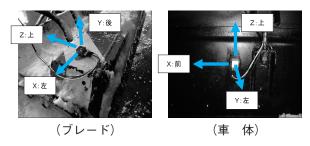
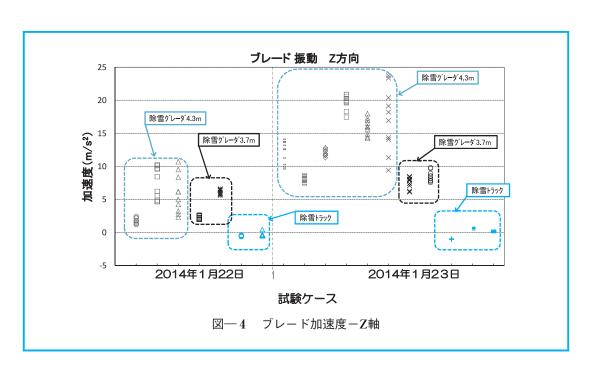


写真-4 除雪トラック3軸加速度計取付状況

1) ブレード振動

ブレードの上下振動(Z軸)については、除 雪グレーダ4.3m, 3.7mに比べて, 除雪トラッ クの振動は小さい結果となった(図─4)。

なお、X軸については、バラツキが大きく顕 著な差は見られなかった。Y軸についてはZ軸 同様の傾向であった。



2) 車体振動

車体の上下振動については、除雪グレーダ 4.3m、3.7m及び除雪トラックともに顕著な差 は見られなかった。

(4) 除雪後の路面平坦性の比較

除雪後の路面凹凸の発生は、平坦性評価として 測定用のパトロールカー(計測車)の座席にピックアップを設置し、振動を測定する方法を採用した。

結果は、上下方向(Z軸)の加速度実効値で、除雪トラック、除雪グレーダ4.3m、除雪グレーダ3.7mの順に大きくなる傾向となり、特に除雪トラック除雪後の路面平坦性は相対的に小さく、乗り心地が不快となるレベルより低かった。

以上の結果から、除雪トラックのサスペンションによる、除雪後の平坦性への影響(圧雪除去時の凹凸の発生)はないと判断される。

4. 除雪トラックの圧雪処理能力 向上の検討

(1) 路面整正装置の改良

1) 切削角可変機構

路面整正装置の圧雪処理能力の向上を期待 し、切削角を現状の70°固定から、82.5°~90° に可変できる機構に改造した。

この改造に伴い、カッティングエッジを湾曲型から平型に形状及び取付方法を変更し、ブレード前後のエッジ隙間を小さくすることにより、切削角可変時の路面とエッジ段差を現状の

最大 (90°時) 9.2mmから2.3mmに抑えられる ように改良を加えた。

これにより切削角を可変しても除雪の仕上がり影響を最小限とした(図-5)。

2) 改良機構の現場試験(圧雪処理能力試験)

上記の改良を施した除雪トラック(切削角82.5°~90°可変),改良前の除雪トラック(切削角70°固定)及び除雪グレーダ4.3mの3機種で圧雪処理能力の比較試験を実施した。

能力評価は、「圧雪処理深さ」、圧雪処理後の 「路面露出率」、「路面の平坦性」の比較により 評価を行った。

試験年月日:2015年1月17日~18日

試験場所:新潟県妙高市(県道399試験コース)

試験距離:50m/データ 平均縦断勾配:上り7% 圧雪硬度:0.3~0.4kN/cm²

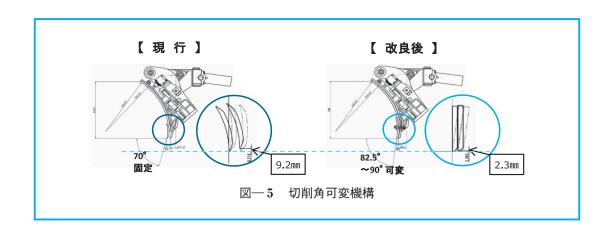
① 圧雪処理深さ(圧雪の取れ具合)

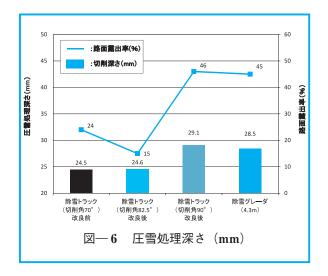
圧雪処理前後で計測を行い,取れた圧雪深 さ(2回平均値)で評価を行った。

改良後除雪トラックの能力は、切削角82.5°時は改良前除雪トラック(切削角70°)と同程度の圧雪処理力であったが、切削角90°に可変時は、除雪グレーダ4.3m以上の圧雪処理力が確認される結果となった(図—6)。

② 路面露出率(路面の白黒を二値化処理)

除雪後の路面を動画で撮影し、残雪路面と 露出路面を白と黒の2階調に変換し、路面が 露出している割合で評価した。圧雪処理深さ





と同様の傾向結果であった(図-6)。

③ 路面の平坦性

パトロールカー(計測車)での計測による, 路面凹凸(加速度実効値)は、いずれも乗り 心地が不快と感じるレベルに達しない値であった。

3) 改良機構の評価

圧雪処理能力試験の結果,切削角82.5°と切削角90°の試験結果で極端な差が見られたため,エッジの刃先状況を確認した。

切削角90°では写真—5に示すように、刃先前面から約10°のテーパーが付いており、路面に対して刃先前方の尖った部分が接触したため、圧雪処理能力が向上したものと推測される。

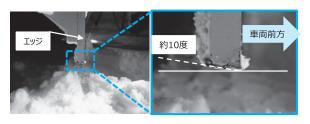


写真-5 切削角90°時の刃先

これに対して切削角82.5°は、試験前の除雪作業でも同じ切削角82.5°で使用していたことから、刃先が磨り減り刃先全面で路面に接触したため、圧力が分散し能力が低下したものと推測される。

以上から、切削角を変えることでエッジ刃先

の尖った部分を繰り返し使える本機構は, 圧雪 処理作業において有効であることが実証された。

(2) 作業装置動作速度の改善

路面整正装置の伸縮・上下・反転,サイドシャッタの動作速度向上を目的に,油圧ポンプ容量アップの改良を行い,動作速度を約1.5倍向上させた。

なお、油圧ポンプ容量アップにあたっては、現 状の油圧シリンダ及び配管をそのまま使用できる 最大容量とし、経済性にも配慮した。

(3) 既存技術応用による視認性の改善

除雪トラックの路面整正装置は、直接目視できないことから視認性向上を目的に、既存技術を応用した以下の試験により、操作性・安全性の検証を行った。

1) カメラによる状態監視

ブレード状態及び除雪後路面を確認するため、車両後部の左右2箇所にカメラを設置し、映像は室内モニターに表示した(写真-6)。





写真-6 室内モニターの設置及び画面状況

2) 角度センサーによる状態監視

ブレードの反転機構部に角度センサーを取り付け、検知した角度を室内の表示パネルに切削 角として数値で表示した。

- 3) アラウンドビューモニターによる状態監視 広角カメラを車両の前後左右4箇所に設置, 上空から車両を見たような画像に処理し,画像 は室内モニターに表示した。
- 4) スライドセンサーによる状態監視

ブレードのスライド機構部に位置センサーを 取り付け、除雪幅及び車体からの張出幅を室内 のLEDランプ式表示パネルで表示した。

5) LED式小型ブレードマーカー(左側)の 追加

サイドシャッタ装着車両は、ブレード左側に スペースが無く通常のブレードマーカーは装着 できないため、装着可能な小型LEDマーカー を取り付けた。

5. 改良項目の適応性評価

改良した除雪トラックを北陸地方整備局管内5 箇所の除雪工区(妙高,藤沢,長岡,湯沢,二居) で実作業に導入し,使い勝手等についてオペレー タ14人にヒヤリングによる調査・評価を行い,以 下のようにとりまとめた。

(1) 圧雪処理の仕上がり状況

- 1) 直線区間 仕上がりは良好。
- 2) 交差点区間,急カーブ区間 仕上がりは良好だったが,進行方向右側から ウインドローの発生が確認された。

(2) 改良項目評価のまとめ

切削角可変機構,各動作速度アップについては、オペレータから高い評価を得たが、装置の状態監視については、あまり高い評価とならなかった。操作性・安全性を確保するための視認性向上には、引き続き検討する必要がある(表-2)。

表一2 改良の効果及び評価					
改良項目	効果	状態監視	必要性	総合評価	
路面整正装置の切削角可変機構	0	-	0	0	
路面整正装置の各動作速度アップ	0	-	0	0	
カメラによるブレード状態監視	Δ	Δ	0	Δ	
角度センサーによるブレード状態監視	0	Δ	Δ	Δ	
LED式小型ブレードマーカー(左側)装着	Δ	×	0	Δ	
スライドセンサーによるブレード状態監視	Δ	Δ	×	X	
アランドビューモニターによる状態監視	×	×	×	×	

6. まとめ

◎:良好 ○:やや良好 △:再検討要 ×:悪い

今回改良した切削角可変機構,各油圧装置の動作速度アップにより,除雪トラックの圧雪処理能力及び作業性能を向上できることが確認された。

圧雪処理作業では、交差点等が少ない山間部で

あれば、改良後除雪トラックで対応可能と推測されるが、雪の抱え込み量が増える交差点処理や急カーブ区間のウインドロー処理などの課題が残る結果となったため、今後も除雪作業に試験導入し、より多くの状況下での能力及び操作性を検証する追跡調査・改良検討を実施していく予定としている。