

振動加速度レベルによる除雪トラックフレームに作用する 作業種別毎の負荷傾向について

(国研) 土木研究所寒地土木研究所
(国研) 土木研究所寒地土木研究所

○植野 英睦
山田 充

1. はじめに

積雪寒冷地における冬期の円滑な道路交通の確保は、地域住民の生活にとって必要不可欠であり、確実な道路除雪体制が求められている。

一方で近年、購入・整備予算の逼迫により、除雪機械の更新が遅れ、老朽化した機械が増加し、除雪トラック(写真-1)のフレームの破断(写真-2)などによる突発的な作業不能、ひいては廃車となるケースが見られるなど、除雪作業の停止日数も増加傾向にあり、道路除雪体制への影響が懸念される。そのため、限られた予算の中、除雪機械の効果的かつ効率的な維持管理手法が求められている。

寒地土木研究所では、この維持管理手法の提案に向け、指標となる除雪機械の劣化に対する定量的評価手法や、車両を構成している部位部品の劣化度診断手法などの構築に取り組んでいる。

その一つとして、破断時即廃車となる危険性の高い除雪トラックフレームの診断手法について、フレームにかかる外力などによる負荷を振動加速度レベルで検証している。

本報は、除雪作業種別による除雪トラックフレームの負荷について、新たに振動加速度レベルを追加検証したので報告する。



写真-1 除雪トラック²⁾

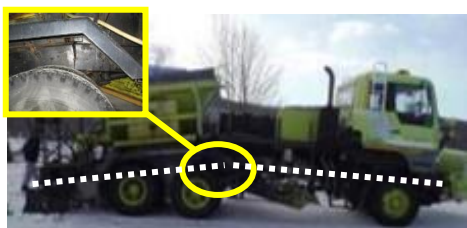


写真-2 除雪トラックフレーム破断イメージ

2. 振動加速度レベルの測定

除雪トラックのフレームは破断時、即時廃車となる場合もあるなど、重要構成部品の一つである。

寒地土木研究所では、その除雪トラックフレームの劣化度診断手法の構築について検討しており、まず、除雪トラックのフレームに掛かる負荷傾向について、振動加速度レベルでの把握を検証した。

2.1 振動加速度レベル

振動加速度レベルは、加速度ピックアップを設置して測定が可能で、振動の物理的なエネルギーの大きさをデシベル(dB)で表わしたもので、建設作業振動や工場振動、道路交通振動等の計測で広く活用されている。

振動加速度レベルは、次式で定義される。

$$L_a = 20 \text{Log} (a/a_0)$$

L_a : 振動加速度レベル (dB)

a : 振動の振動加速度 (m/s^2)

a_0 : 基準となる振動加速度 (10^{-5}m/s^2)

数値は運動エネルギーの大きさを示すため、フレームの振動加速度レベルの数値が大きいほどフレームに作用する外力などによる負荷が大きいと考えられる。その数値の大きさの目安として、気象庁震度階級の解説内「気象庁震度階級表」³⁾より算出した振動加速度レベルと震度階級の関係を表-1に示す。

また、加速度ピックアップをフレームの複数箇所に設置することで、箇所毎、作業種別毎の比較による負荷傾向の把握が期待できる。

2.2 振動加速度レベルの測定内容

測定は、北海道石狩市の浜益区、厚田区等の北部にて、実際に除雪作業をしている除雪トラック(10t級6×6、ワンウェイブラウ、路面整正装置)にて行った。

表-1 震度と振動加速度レベル(dB)

震度階級	7	6強	6弱	5強	5弱	4	3	2	1
振動加速度レベル(dB)	~115	~110	~105	~100	~95	~85	~75	~65	~55

除雪トラックのフレームの底面 8 箇所に加速度ピックアップを設置し、回送も含め一連の除雪作業における、3 方向 (X, Y, Z) の振動加速度レベルを 3 箇年 10 回にわたり計 1,671 分間測定した (図-1、表-2)。

加速度ピックアップの設置は、まずフレームにアルミテープを貼り、その上に瞬間接着剤で固定、飛散する雪氷からの保護のため、シールパテを盛り、再度アルミテープにて据え付けた。配線もコルゲートチューブにて保護をした (図-2)。

作業種別毎の測定時間を表-3 に、除雪作業の作業種別と内容を表-4、写真-4 に示す。測定は 100ms 間隔の連続データで行っているが、本報は表記の簡素化のため、主に平均値の結果を示す。

3. 測定結果と検証

測定結果の例として、4 回目 6:00~7:00 にお

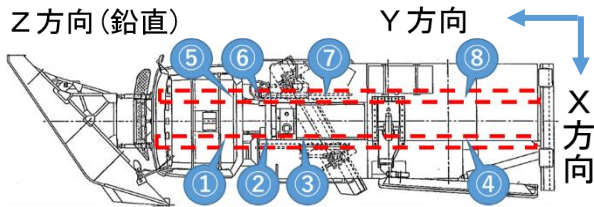


図-1 フレーム測点と方向

表-2 測定日時

測定回	年目	月日	時間
1 回目	1	12/15	14:02 ~ 17:24
2 回目	1	12/16	2:51 ~ 6:41
3 回目	1	12/16	14:01 ~ 15:59
4 回目	1	12/17	2:56 ~ 7:13
5 回目	2	12/16	17:33 ~ 18:48
6 回目	2	12/17	8:32 ~ 9:23
7 回目	2	12/18	3:02 ~ 6:38
8 回目	3	12/19	13:29 ~ 17:14
9 回目	3	12/20	2:59 ~ 6:12
10 回目	3	12/20	14:00 ~ 16:24

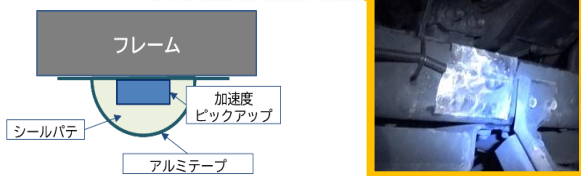


図-2 加速度ピックアップ設置状況

表-3 作業種別毎の測定時間(分)

除雪 (I, G)	除雪 (I)	除雪 (G)	回送	待機	合計
721	24	256	187	483	1,671

る作業種別と測点⑤Z 方向で測定した平均値 (1 分毎) のグラフを図-3 に示す。この結果から、作業種別や雪質の違いによる負荷傾向について検証した。

3.1 3 方向の傾向

X 方向と Z 方向は Y 方向に比べて振動加速度レベルが大きく、①~⑧の全測点で同様の傾向を示していた。測点⑤の例を図-4 に示す。

表-4 作業種別と作業内容

作業種別	作業内容	
待機	格納庫等にて待機 (停止) 中	
回送	作業をせず路面を走行している状態	
除雪作業	除雪 (I)	前方のブラウで新雪等を路外へよける作業
	除雪 (G)	車体下のブレードで、踏む固められ凸凹になった雪等を平坦にする路面整正作業
	除雪 (I, G)	除雪 (I) と除雪 (G) を同時に行う作業



写真-4 除雪 (I) と除雪 (G) の作業イメージ

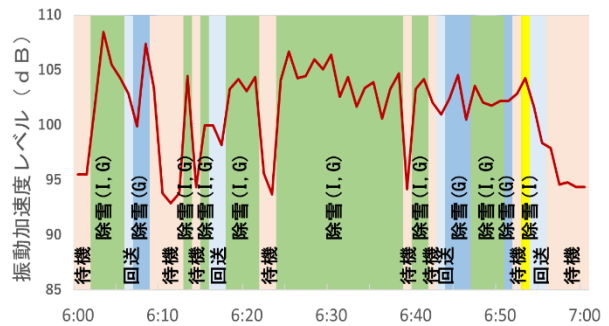


図-3 測点⑤Z 方向 4 回目 6:00~7:00 時の計測結果 (平均値 [1 分毎])

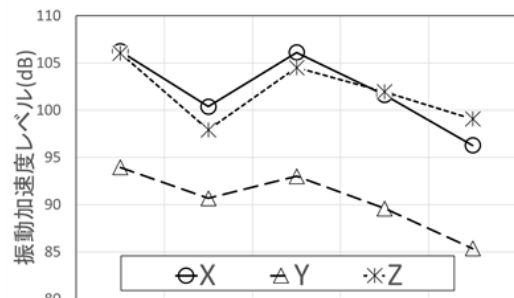


図-4 測点⑤ 全方向 (全作業種別)

3.2 フレーム測点毎の傾向

フレーム測点毎の傾向としては、車両右側前方の測点⑤が、作業種別によらず大きい傾向を示した。作業種別毎、全測点の X 方向の例を図-5 に、全測点の X 方向、除雪(I,G)の例を図-6 に示す。

測点毎、作業種別毎に様な関係がみてとれるため、数値の大きい測点⑤を基に、測点毎の振動加速度レベルの相関関係について整理した。除雪(I,G)の例を表-5 に示す。測点⑤と各測点の相関係数が 0.7 以上と高く、測点毎にある程度一定の傾向が確認できた。これにより測点⑤を測定することで全測点の負荷量の把握も期待できることがわかった。

3.3 作業種別毎の傾向

測点毎のトータルの負荷を把握するため 3 方向の振動加速度レベルを合成した結果を図-7 に示す。車体下のブレードを路面に押しつけて作業をする除雪(I,G)と除雪(G)が、フレームに作用する負荷が大きい傾向や、さらに除雪作業全般で、車体の前方及び進行方向に向かって右側の負荷が大きい傾向

も確認できた。

前方のプラウを接地させることで作業をする除雪(I)と、ブレードを押しつけて作業する除雪(I,G)及び除雪(G)との振動加速度レベルの差は大きく、除雪(G)に除雪(I)が加わる除雪(I,G)の負荷は除雪(G)よりやや大きい傾向もわかった。

また、稼働中にフレームがうける負荷の総量を、振動加速度レベルの累積により試算した例を表-6 に示す。

単年度ではあるが、測定車両と同一規格で、似たような稼働実績の除雪トラック A, B について図-7 の作業種別毎の 3 方向合成した振動加速度レベルの全測点計に作業稼働時間を乗じ累積振動加速度レベルとして比較した。稼働の実績値は近いが、フレームが受けた累積された負荷の総量は除雪トラック A の方が大きいと推察できた。

作業種別毎の振動加速度レベルに作業稼働時間を乗じ総和をとることで、稼働距離や稼働時間以外のフレームにかかる負荷量把握の 1 指標として

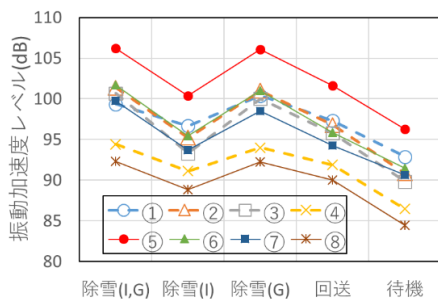


図-5 全測点 X 方向 (全作業種別)

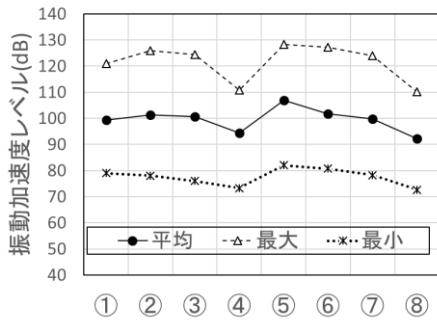


図-6 除雪 (I,G) X 方向 (全測点)

表-5 各測点、方向毎の相関係数 (除雪 (I,G))

測定箇所	⑤に対する相関係数		
	X方向	Y方向	Z方向
①	0.84	0.97	0.92
②	0.93	0.98	0.96
③	0.91	0.97	0.94
④	0.79	0.92	0.73
⑥	0.92	0.99	0.95
⑦	0.89	0.98	0.94
⑧	0.77	0.98	0.79

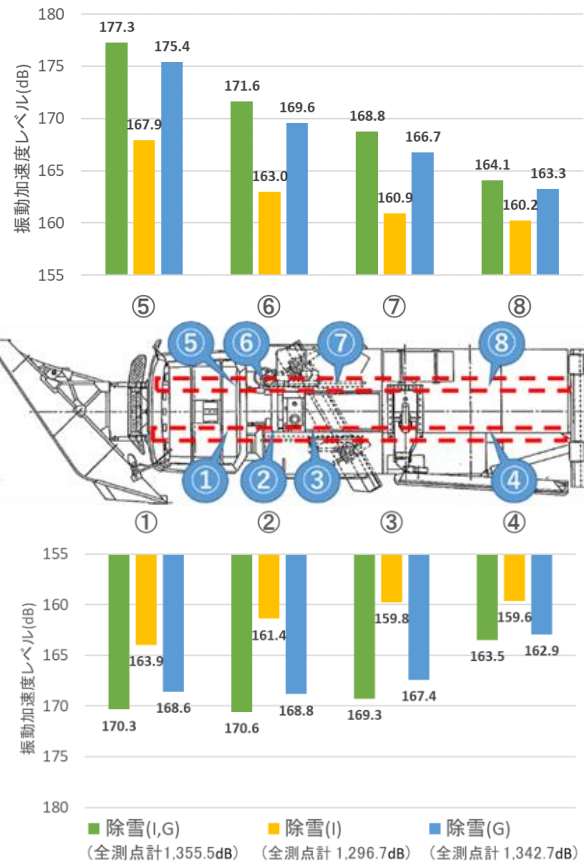


図-7 3方向合成した振動加速度レベル (作業種別毎)

表-6 累積振動加速度レベル比較例

車両	稼働時間 (H)	稼働距離 (km)	稼働日数	作業稼働時間 (H)			累積振動加速度レベル (dB)
				除雪(I,G) (1,355.5dB)	除雪(I) (1,296.7dB)	除雪(G) (1,342.7dB)	
A	552:20	7763.3	109	381:20	4:40	5:40	22,107
B	559:20	7420.1	107	306:50	4:20	48:30	20,277

の可能性を確認できた。

今後、複数の工区や除雪トラックで測定を継続し、フレームの劣化診断手法構築のため、振動加速度レベルによる作業種別毎の負荷の定量化や、測定箇所の集約化について検証していきたい。

3.4 雪質による作業負荷の傾向

雪質の違いによる作業負荷への影響についても振動加速度レベルにて検証した。

測定した除雪トラックは、積雪10cmで出動することになっているため、測定回毎に積雪量に大きな差異はなく、雪質の違いを降水量にて比較した。

降水量は、降った雪を解かし水量として換算するので、同じ積雪量であれば、降水量が少ないと軽い雪となり、多いと重く湿った雪となる。

降水量の値は、作業工区に最も近い石狩市浜益区のアメダスデータを使用し、前回除雪した後から道路上に積雪されている分の降水量を累積降水量として整理した。測定回毎の累積降水量を表-7に示す。累積降水量0.0mmは、降雪があっても1時間あたりの降水量が0.5mm以下の場合0.0mmと記録されるため、そのまま累積降水量も0.0mmとした。

累積降水量毎に振動加速度レベルを整理した結果を表-8に示す。

累積降水量は、より傾向が掴めるように降水量の多い15mmと5mmの2つと、降水量が少ないものは0~0.5mmと1~1.5mmの2つでまとめ、計4つの区分で整理した。作業種別は、除雪(I)の測定時

表-7 測定回毎の累積降水量

測定回	累積降水量 (mm)	測定回	累積降水量 (mm)
1回目	1.5	6回目	1.5
2回目	0.5	7回目	15.0
3回目	1.0	8回目	0.0
4回目	5.0	9回目	0.5
5回目	0.0	10回目	0.5

表-8 測定回毎の累積降水量

作業種別	累積降水量 (mm)	測定回	作業時間 (分)	平均速度 (km/h)	振動加速度レベル (dB)
除雪(I,G)	0~0.5	2,5,8,9,10	359	24.1	177.7
	1~1.5	1,3,6	232	23.3	176.1
	5	4	119	24.7	179.1
	15	7	11	23.5	176.2
除雪(G)	0~0.5	2,5,8,9,10	91	19.8	174.7
	1~1.5	1,3,6	32	20.1	175.1
	5	4	8	20.4	175.7
	15	7	125	21.2	176.4

間計24分で各回0~4分程度しかないため、ある程度まとまった測定時間があった除雪(I,G)、除雪(G)で整理した。振動加速度レベルは最も負荷の高い測点⑤の3方向合成した振動加速度レベルにて算出した。

その結果、作業の平均速度の差異も少なく、累積降水量の差における振動加速度レベルの明確な差は確認できなかった。特に7回目の降水量15mmは、除雪されていない道路では、乗用車は通常走行が困難な程の重い雪質であったが、特に負荷が大きい結果とはならなかった。除雪トラックの牽引力、駆動力に比べ、雪の質量はそれほど大きな負荷ではなく、かつしっかりブレードを押しつけての作業のため、積雪10cm程度の作業では、差が出なかったと思われる。

4. まとめ

除雪トラックのフレームの劣化度診断手法の構築に向け、除雪作業種別毎にかかる負荷を振動加速度レベルにて検証した。

その結果、以下について確認できた。

- (1) ブレードを押しつけて作業をする除雪(I,G)、除雪(G)の負荷が大きいことが確認できた。
- (2) フレームが受ける累積される負荷量把握の1指標としての活用の可能性を確認した。
- (3) 測定した機種を除雪トラックにおいて、積雪10cm程度での作業では、雪質の違いによる負荷への影響は確認できなかった。

今後、測定を継続し、振動加速度レベルによる作業種別毎の負荷の定量化や、測定箇所の集約化についても検証していきたい。

参考文献

- 1) 植野英睦、山田充：振動加速度レベルによる除雪トラックフレームの負荷傾向把握について、令和5年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集pp.79~83, 2023年
- 2) 国土交通省北海道開発局網走開発建設部HP：
https://www.hkd.mlit.jp/ab/douro_seibi/v6dkjr0000002r7c.html(一部加工)
- 3) 気象庁HP：気象庁震度階級の解説(平成21年3月)(参考5)「気象庁震度階級表」の気象庁告示(抜粋) p.17
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/jma-shindo-kaisetsu-pub.pdf>