

18. 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

(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、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みられるなど、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、除雪機械のより効果的かつ効率的な維持管理が求められている。

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。

本報は、部位部品の中で、破断時廃車となる危険性が高い除雪トラックフレームの診断手法の構築に向け、振動加速度レベルに着目しフレームへの除雪作業種別、箇所毎の負荷を測定し検証したので報告する。



写真-1 除雪トラック¹⁾

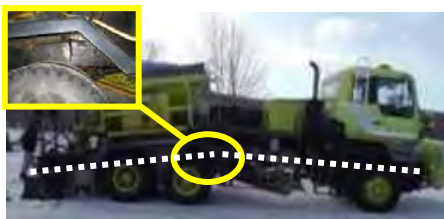


写真-2 除雪トラックフレーム破断イメージ

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、振動加速度レベルの把握を試みた。

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の設置での測定が可能で、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。

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

La : 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)

目安として、気象庁震度階級の解説内「気象庁震度階級表」²⁾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。

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を測定した場合、数値が大きいほどフレームに作用する外力による負荷が大きいと考えられる。また、加速度ピックアップを設置することで測定ができるため、フレームの複数箇所を設置し、除雪作業種別によるフレームの箇所毎の負荷傾向の把握を試みた。

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

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、ワンウェイプラウ、路面整正装置)にて行った。

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、新雪除雪、路面整正作業等の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2カ年7回にわたり計1,106分間測定した(図-1, 表-2)。

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加速度ピックアップを固定、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(写真-3)。

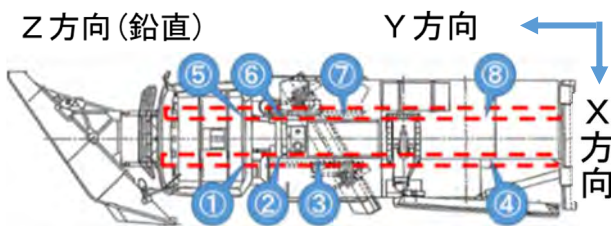


図-1 フレーム測点と方向

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



写真-3 加速度ピックアップ設置状況

表-2 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	作業が不要な路面を走行している状態	
除雪作業	除雪(I)	前面のプラウで新雪等を路外へ除ける作業
	除雪(G)	車体下のブレードにより、路上の積雪を整える路面整正作業
	除雪(I,G)	除雪(I)と除雪(G)を同時に行う作業

除雪作業の作業種別と内容を表-2、写真-4に、作業種別毎の測定時間を表-3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. 測定結果と考察

測定結果の例として、7回目4:00~5:00における作業種別と測点⑤Z方向で測定した平均値(1分毎)のグラフを図-2に示す。この結果から、3方向や作業種別などの負荷傾向について検証した。

3.1 3方向の傾向

測定した結果、方向においては、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-3に示す。



写真-4 除雪(I)と除雪(G)の作業イメージ

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
449	17	171	131	338	1,106

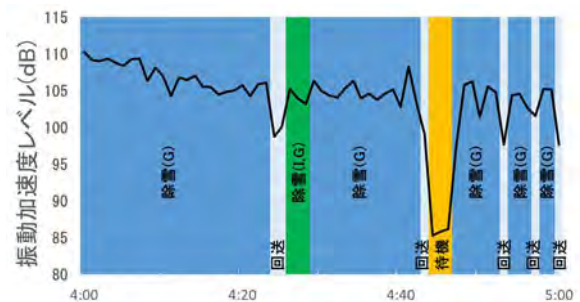
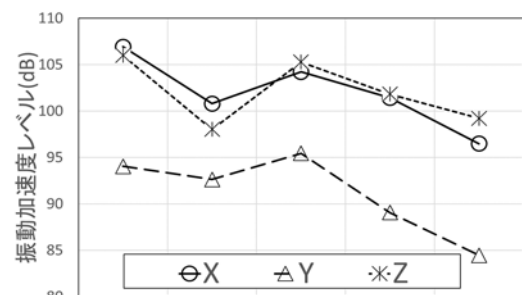


図-2 平均値(1分毎)
(測点⑤Z方向7回目4:00~5:00)



除雪(I,G) 除雪(I) 除雪(G) 回送 待機
図-3 測点⑤全方向(全作業種別)

3.2 フレーム測点毎の傾向

振動加速度レベルは、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-4に、全測点のX方向、除雪(I,G)の例を図-5に示す。

測点毎、作業種別毎に一様な関係がみてとれるため、測点毎の振動加速度レベルの相関関係について、数値の大きい測点⑤を基に整理した、除雪(I,G)の例を表-4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負荷傾向が確認できた。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。

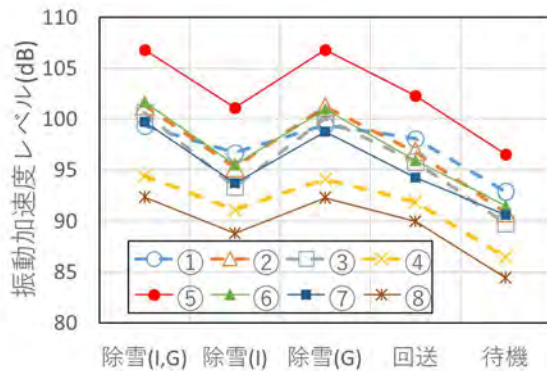


図-4 全測点 X 方向 (全作業種別)

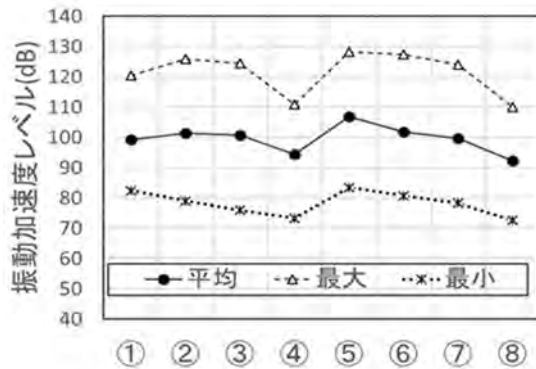


図-5 除雪 (I,G) X 方向 (全測点)

表-4 各測点、方向毎の相関係数

測定箇所	⑤に対する相関係数		
	X方向	Y方向	Z方向
①	0.83	0.97	0.92
②	0.93	0.98	0.96
③	0.90	0.97	0.94
④	0.78	0.92	0.74
⑥	0.92	0.99	0.95
⑦	0.88	0.98	0.94
⑧	0.77	0.98	0.79

また、外力の方向について、作業種別により測点毎に大まかな傾向があると想定していた。しかし、3方向毎や、3方向の振動加速度レベルを合成した方向などで検証したが、複数の方向から複雑に外力がかかっており、方向の傾向は掴めなかった。

3.3 作業種別毎の傾向

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が確認できた(図-4)。

また、図-3、図-4より除雪(I)と回送の振動加速度レベルがほぼ変わらなかった。これは、除雪(I)は除雪作業をしているが速度域1~11km/h、平均6.8km/hと回送に比べ低速で走行しており、回送は作業をしていないが速度域1~68km/h、平均36.2km/hと除雪(I)に比べ高速で走行しており、速度も影響していたと考えられる。しかし、除雪(I)の測定時間は17分と短く、今後測定を継続し、さらに検証していきたい。

一方で、除雪作業は様々な条件下で行うために作業速度が各作業種別内での差異による振動加速度レベルへの影響も考えられる。しかし、作業種別毎の速度(表-5)、とその箱ひげ図(図-6)のとおり、様々な条件下でも、除雪(I,G)、除雪(I)、除雪(G)では、ばらつきがなく安定した速度で作業を行っており、除雪作業の作業種別内では速度変化による影響の少ない結果となった。

表-5 作業種別毎の速度 (km/h)

作業種別		速度域	平均速度
除雪作業	除雪 (I, G)	1~49	22.8
	除雪 (I)	1~11	6.8
	除雪 (G)	1~41	20.3
回送		1~68	36.2

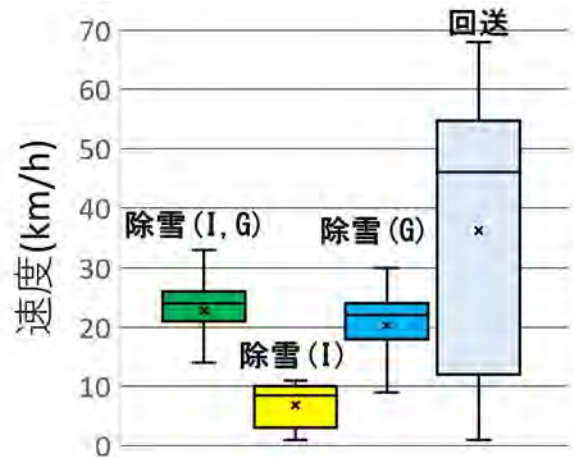


図-6 作業種別毎の箱ひげ図 (外れ値未表示)

また、雪質による振動加速度レベルの違いについても検証した。

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おり、測定回毎に積雪量に大きな差異はないため、雪質の違いを降水量にて比較した。降雪期、降水量は、降った雪を溶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。

降水量の数値は、作業工区に最も近い石狩市浜益区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と考えられる累積の降水量を算出した。累計降水量が 5mm の 4 回目と、特に降水量が多かった累計降水量が 15mm で雪の質量として 4 回目に比べ 3 倍の 7 回目の比較を表-6、図-7 に示す。

雪質の違いは、作業種別の作業時間に明確に影響があった。4 回目は、軽い雪質のためプラウ(I)で雪を除きながら、路面整正装置(G)で路面整正を行っているため、除雪(I,G)での作業時間が長い。7 回目は、プラウ(I)では重い雪は除けないため、路面整正装置(G)のみでの作業時間が長くなった。

しかし、それ以外の平均速度などには明確な差異はなく、重力加速度レベルにも大きな影響は見られず、雪質の差による違いは確認できなかった。

表-6 4 回目と 7 回目の測定結果比較

4 回目 (累積降水量 5mm)		
作業種別	除雪(I,G)	除雪(G)
作業時間(分)	119	8
平均速度(km/h)	24.7	20.4
振動加速度 レベル(dB) (測点⑤)	X	108.5
	Y	95.4
	Z	105.9
7 回目 (累積降水量 15mm)		
作業種別	除雪(I,G)	除雪(G)
作業時間(分)	11	125
平均速度(km/h)	23.5	21.2
振動加速度 レベル(dB) (測点⑤)	X	103.5
	Y	96.1
	Z	105.3

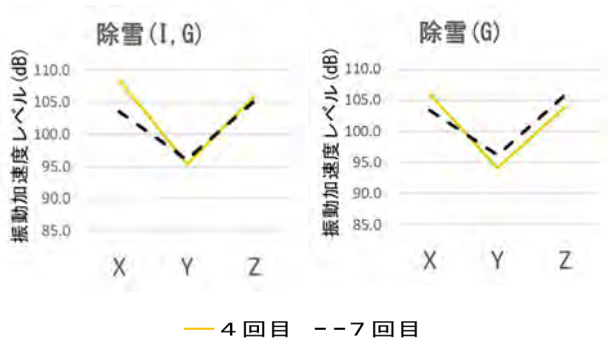


図-7 4 回目と 7 回目の振動加速度レベルの比較

3.4 フレームへの負荷傾向

上項よりフレームの箇所(測点)毎、作業種別毎のフレームに掛かる負荷傾向が把握できた。今後振動加速度レベルと劣化度合いの検証など必要であるが、例えば作業種別毎に稼働時間をかけ、合算することで、フレームに掛かる累積される負荷量把握の 1 指標としての可能性が確認できた。複数台の車両からフレーム点検対象車両のスクリーニングの判断材料としての活用も期待できる。

また、当初想定していた雪質による負荷量の増減や作業種別による外力の方向性などは、確認できなかった。

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、除雪作業種別やフレームの各箇所にかかる負荷を、振動加速度レベルに着目し測定した。その結果以下について確認できた。

- (1) 作業種別においてフレーム(測点毎)の負荷傾向が、概ね一定であることが確認できた。
- (2) フレームに複数の方向から複雑に外力がかかっているため、作業種別毎等方向の傾向は掴めなかった。
- (3) 作業種別毎のフレームに掛かる負荷の傾向が確認できた。
- (4) 作業において雪質による負荷量の差異は確認できなかった。
- (5) フレームに掛かる負荷量把握の 1 指標としての可能性を確認した。

今後、測定を継続し、振動加速度レベルの数値がフレームに与える劣化度合い等についても検証していきたい。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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>