

45. 除雪グレーダの振動制御機構の開発

建設省：池田 八郎・佐々木重和
*須田 正浩

1. はじめに

除雪機械は、冬期交通の確保に重要な役割を果たしており、中でも除雪グレーダは道路除雪の主力機械として大いに活躍している。しかし、現在の除雪グレーダは一旦振動が発生すると収束しにくく、ある特定の車速になると共振作用により振動量が増大してオペレータの作業環境を著しく悪化させるとともに、車両の安定性低下や作業速度の低下にともなう交通渋滞等を招く原因となっている。

また、平成2年1月には、除雪機械等の最高速度が50km/hから70km/hに緩和されたが、車体の共振が作業・回送速度の領域にあることにより、除雪グレーダの高速化をめざすうえでも大きな問題点となっていることから、振動の低減を図った振動抑制機構を開発したので、ここに報告するものである。

2. 開発目標

振動抑制装置の開発にあたって、乗用車程度の振動レベルまで低減することを目標とした。また、装置自体もできるだけ単純な構造として、既存車両等への装着が可能なものをめざした。

2.1 機器の構造

今回開発した振動抑制装置は、カウンターウエイトと車体の間に油圧シリンダとアキュムレータを取り付け、カウンターウエイトが揺動する機構を持ったウエイト式振動抑制装置と、ブレードリフトシリンダの回路にアキュムレータを組み込んで、ブレードが振動する機構を持ったブレード式振動抑制装置の、2種類を組み合わせ使用できるようになっているもので、既存の車両にも取り付けができる構造になっている。取付姿勢と油圧回路の構成を図-2.1に示す。

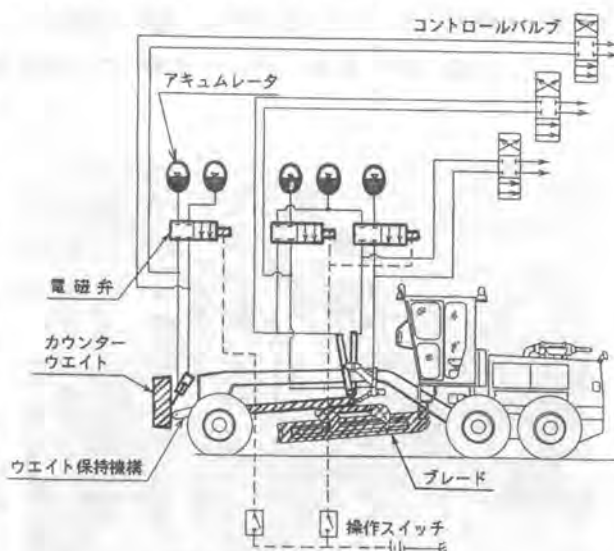


図-2.1 油圧回路の構成

3. 実機調査概要

今回の調査を行うにあたって、調査対象の車両は山形工事事務所管内尾花沢除雪工区に配備されている除雪グレーダを使用した。また、振動抑制装置の装着にあたっては油圧回路の改造・アキュムレータの追加およびカウンターウエイト部の改造を行った。調査対象車両の主要諸元を表-3.1、振動抑制装置の諸元を表-3.2に示す。

3.1 調査条件

調査の中では次の4つの項目を、重点的に調査することとした。

表-3.1 調査車両主要諸元表

除雪グレーダ4.0m 230PS級	
全長	10,055 mm
全幅	2,480 mm
全高	3,580 mm
軸距	6,250 mm
クマデ中心距離	1,520 mm
前輪輪距	2,045 mm
後輪輪距	2,065 mm
車両総重量	19,960 kg
前輪荷重	6,810 kg
後輪荷重	12,790 kg
タイヤサイズ	14.00-24-20PR
クマデタイプ	H 型



写真-3.1 調査車両外観

表-3.2 振動抑制装置諸元

項目	規格	「ウエイト式」	「ブレード式」
(1)型式	7キムレーク式	受動型	受動型
(2)ウエイト重量		1,400 kg	
(3)電気系統			
電磁電圧		DC24V	DC24V
消費電流		1.5A以下	3.0A以下
(4)油圧装置			
7キムレーク		2 個	3 個
シリンダ		1 本	2 本
電磁弁		1 個	2 個
圧力スイッチ	リリース用	1 個	—
(5)操作部			
操作スイッチ	自照式押しボタン	1 個	1 個

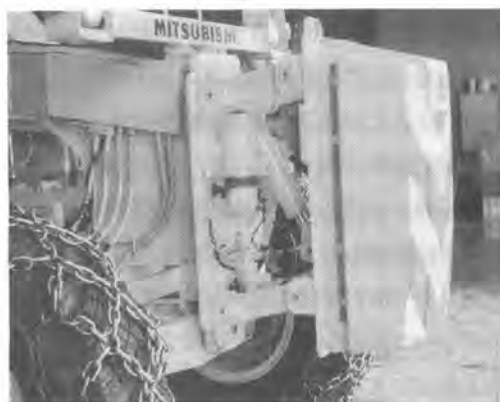


写真-3.2 振動抑制装置装着状況

- (1) 走行速度と振動レベルの関連（共振車速の確認）
- (2) 周波数毎の振動レベル強度の確認（周波数分析）
- (3) 振動低減効果の確認（周波数分析）
- (4) 振動低減効果の評価と課題の抽出

車速については、共振車速での振動が最も大きくなる車速付近について調査した。また測定箇所については、オペレータに伝達される部分を問題としているので、シートブラケットの上下振動に注目している。これらの振動は加速度計を用いて測定した。取得したデータは振動解析の一般的な手法であるデシベル値換算で行った。調査速度条件を表-3.3、測定箇所を図-3.1に示す。

表-3.3 調査速度条件

条件	速度[km/h]								
	5	12	18	19	24	35	38	45	
回	OFF	○	○	○	/	/	○	○	○
	ウエイト式ON	○	○	○	/	/	○	○	○
	ブレード式ON	○	○	○	/	/	○	○	○
送	ON	○	○	○	/	/	○	○	○
	OFF	○	○	○	○	○	/	/	/
業	OFF	○	○	○	○	○	/	/	/
	ウエイト式ON	○	○	○	○	○	/	/	/

ON:作動 OFF:停止

4. 調査結果

4.1 走行速度と振動レベルの関連

車速と振動レベルの関連について調査解析した。調査にあたっては表-3.3の速度条件により振動レベ

ルを測定して図-4.1のように解析した。

このグラフで見ると、35km/h付近の振動レベルが急激に大きくなり共振車速であることがわかる。また、振動抑制装置作動時には通常時に比べ振動レベルを低減でき、低減率は全車速域で30~50%となった。

また、図全体を見ると通常走行時の振動レベルより振動抑制装置を作動させた時の振動レベルが、小さい単純な線図ではなく車速毎に大きくなったり小さくなったりする複雑な線図となった。これは、車速毎に振動抑制装置の有効な作動方法が異なることを意味しているため、今後更に詳細な車速の調査を行って振動抑制装置の効果的な動作が行えるように工夫する必要がある。

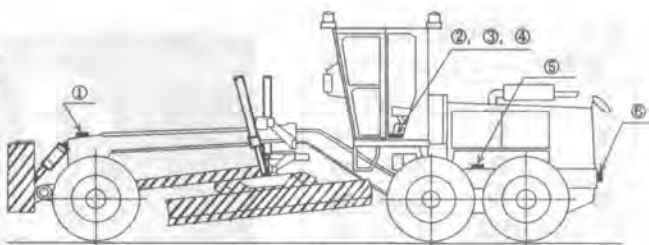
4.2 振動周波数分析

振動レベルが最も大きくなる時の振動を周波数毎に分解して、強さを解析した。その結果、2~3Hzの車体の固有振動と20~30Hzのチェーン振動が振動レベルを大きくしている原因であることがわかった。

また、二つの山をもつ波形のうち2~3Hzの車体固有振動をISO2631(作業の正確さを維持しうる時間)の評価基準により評価すると通常時108dB・16分から振動抑制装置の作動時94dB・24分となり、振動レベルで14dB、作業の正確さを維持しうる時間として15倍の改善を図ることができた。しかし、当初目標として設定した乗用車の振動レベルは86dB・16時間程度であることから、さらに振動抑制装置の改善を検討する必要があることがわかった。

20~30Hzのチェーン振動を同評価基準によって評価すると振動レベルは101dB・60分で振動抑制装置の作動による低減効果は見られなかった。そこで、振動抑制装置とは別にチェーンの振動を低減させる装置の検討が必要であることがわかった。

5. シミュレーション概要



- ① フレーム先端 → 上下方向加速度、変位
- ② シートブラケット → 前後方向加速度、変位
- ③ シートブラケット → 左右方向加速度、変位
- ④ シートブラケット → 上下方向加速度、変位
- ⑤ タンダムケース(左側) → 上下方向加速度、変位
- ⑥ フレーム後端 → 上下方向加速度、変位

図-3.1 測定箇所

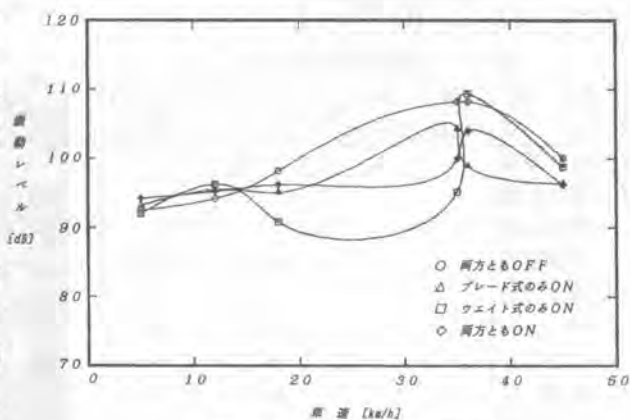


図-4.1 共振車速の相関図

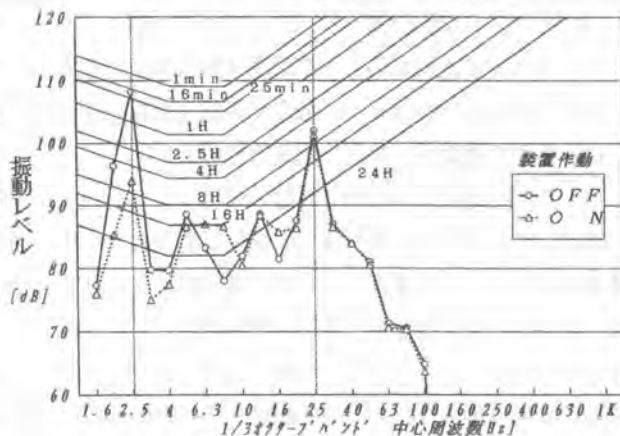


図-4.2 振動レベル周波数分析

実機の調査では、時間評価で15倍の改善が図れたが、一方で乗用車レベルへの振動低減やチェーン振動の除去等課題も残されたので、他の振動抑制方法としてサスペンション方式とフローティングキャブ方式の振動抑制装置を検討することとした。検討にあたっては、短期間で合理的に調査の行えるコンピュータシミュレーションにより振動抑制効果の調査を行った。

5.1 シミュレーションモデル

シミュレーションでは、直轄の主力機種である除雪グレーダを想定し、次に示すような計算モデルを設定した。計算モデルの概要を図-5.1に示す。

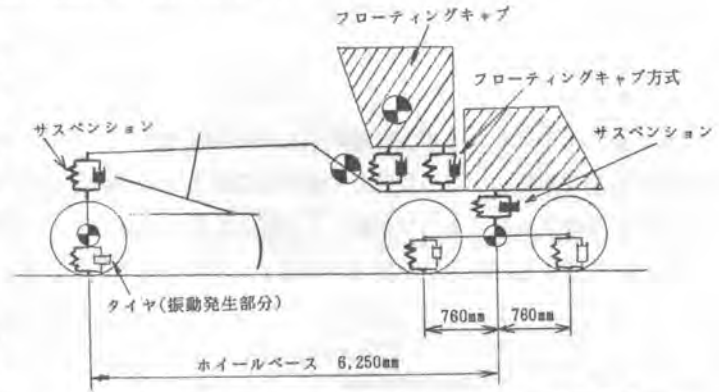


図-5.1 コンピュータシミュレーションモデル

5.2 シミュレーション結果

シミュレーションにあたって入力したデータは車体固有振動とチェーン振動だけであったため実機

のような周波数分析の表が作成できなかった。しかし、通常車両、サスペンション方式、フローティングキャブ方式、その両方の4条件について比較すると両方を作動させた場合に振動レベルを乗用車程度にまで低減できることがわかった。また、サスペンション方式では振動抑制装置と同様2~3Hzの車体固有振動の低減に効果があった。フローティングキャブ方式では20~30Hzのチェーン振動の低減に効果があった。図-5.2に4条件の振動波形を示す。

車速 [km/h]	通常車両	フローティングキャブ方式	サスペンション方式	フローティングキャブ方式+サスペンション方式
19				
37				
評価	108dB 除雪グレーダ現状	102dB トラック荷台程度	94dB 軽トラック程度	86dB以下 乗用車程度

図-5.2 シミュレーションの振動波形

6. おわりに

今回の調査では、除雪グレーダの振動を乗用車程度に低減できることが確認された。この振動低減技術により特定の作業車速域での共振が無くなり作業速度範囲の拡大や回送速度の向上を図ることができ、更には振動による作業員の苦渋性も大幅に解消することが可能となった。これからは、これを実現するため振動抑制装置とフローティングキャブを組み合わせた振動低減装置の製作、車速や作業形態などを自動的に検知して、振動低減が最適に行えるような自動振動抑制装置の開発等残された課題に取り組んでいきたい。今後、この振動抑制型除雪グレーダを購入時の標準機として導入する等普及に努め、建設現場における環境改善の一端としたい。