高速度カメラによる振動測定（予報）

林業試験場：辻隆道・石井邦彦

Takamichi TUJI, and Kunihiro ISHII : Analysis of Vibration in Power Saws with HYCAM speed camera.

1. は じ め に

林業機械のなかで、チェーンソー、刈払機などの2サイクルエンジンを装備している小型可搬式機械の使用者に、これらの機械の振動が原因して生ずるといわれている「レイノー氏現象（はくろう病）」という振動障害が発生している。

この振動障害の防止対策として、機械の改良、作業方法の改善、医学的な予防法などの面で研究が進められて今日に至っている。しかしながら、機械の改良についてはハンドル部分の改良にとどまり、人間の局所振動に対する許容限界の下限まで振動を減衰させるように改良するには時間が必要のようであり、また医学的な面での予防対策、治療対策にも効果的なものがみられない現状である。

以上のような現状から、現在の振動がある機械を使用する場合、残された問題は作業方法の改善、すなわち使用面からの防止対策が必要となってくる。われわれの研究室では数年前から、この点に主眼をおき、機械整備や切刃の目立状況と振動の関係を調査したところ、整備が不良なほど振動が大きく、また目立が悪ければ振動も大きいという結果を得たので、チェーンソーの整備基準、ソーチェーンの取扱要領などを作成し、作業員に対する指導訓練の強化によって使用面からの防止対策に効果をあげてきた。

さらに、このような対策の指導強化によって、振動の減衰が幾分でも可能になったとしても、チェーンソーを使用する作業員の作業姿勢、作業動作の良し悪しによって、人体に受ける振動の影響も違ってくる。即ちわれわれの現地においては常に足場の傾斜がともない、それに応じて作業姿勢が変化してくるので、作業姿勢の変化と機械の重量及び重心の位置などによって保持力は変化してくる。それがために合理的な姿勢を求めるとともに、変化する自然条

件のもとで要求される機械重量、重心のあり方、握る位置などの改善を求める必要がある。

さらに一歩進んで、機械を保持する握力と、それによって人体局所に伝わる振動の関係も防止対策として考えねばならない。今回、16 μ m高速度撮影機を利用した測定を行なったところ、この種の装置を利用することで、振動の伝播状況を解明できるメドがついたのでその概略を報告する。

2. 測 定 方 法

機械の振動測定方法はいろいろあるが、チェーンソーのように各機種によって握部の太さがことなるので、便法としてホースグリップでピックアップを固定しているが、この方法では、われわれの実験において500 Hz以上の振動測定は無理であった。なお振動する機械を保持した時の指、手背、肘に対する実際の振動の伝わり方や局所において吸収される振動の量などは、機械的な測定では困難である。なぜならば皮膚の上に振動ピックアップを取りつけることはできても、皮膚自体が柔軟であるため、筋肉のちょっとした変化、例えば握る力の変化によって、筋肉の緊張にともない、ピックアップが動き、振動の一部として測定されてしまうからである。

そこでわれわれは無接触な方法による測定方法として、作業中の機械、人体の各測定点にマークをつけ、それを16 μ m高速度カメラ（米国製ハイカム）で撮影し、フィルムモーション解析装置、自動変位読取装置を使用して、フィルム上から各測定点の振動波形を求める方法を用いた。

この測定に使用したチェーンソーは防振ハンドル付チェーンソーで、測定点はチェーンソーで3点（前ハンドル、グリップハンドル、マフラー取付部）と局所3点（左手背、左肘、右手背）である。撮影は実際の玉切鋸断中にとり、撮影速度は2000 $\frac{1}{s}$

とした。

3. 分 析 結 果

フィルムモーション解析装置および自動変位読取装置を用い、フィルム上の各測定点を読取り、その点をプロットすると振動波形がかけ、第1図はその例である。

チェンソーの振動の主なるものはエンジンの回転数と同じ周波数のところに多くでてくるので、エ

ンジン回転数6000rpmのときの周波数は100cpsであるから、1周期の駒数は、2000駒/100回=20駒・となる。従って20駒の移動点を追跡すると100cpsにおける1周期の振動波形がえられ、振幅も読みとれるわけである。第1図は分析した一部分であるが、フィルムの撮影速度を速くすると、この波形はもっとはっきりしてくる。

このようにしてかかれた波形から、振動方向別に

第1図 各部位の振動波形

振幅を読みとると第1表のようになる。

この数値は各測定点における1周期についてだけ求めたものであるから、これがこのチェーンソーの振動をすべてあらはすものではない。従ってもっと多くの周期について求める必要がある。

上述した方法でチェーンソーの振動と局所に伝わる振動の振幅は解析できることがわかった。この例についていえばエンジン部に近いマフラー部における振幅を100とすると各ハンドル部における振幅は上下方向で171～196、水平方向で133となる。従ってエンジン本体よりもハンドル部の振幅が大きくあらわれているということになる。局所に伝達される振動はこのハンドル部を通して伝わるのであるが、ハンドル部の振幅を100とすると上下方向で後ハンドルが74、前ハンドルが43、水平方向で後ハンドルが74となっている。従って各ハンドル部の振幅より25～57%減衰された形となっておりあらわれている。しかしこの減衰率もある程度局所に振動が吸収された形での減衰率であることはたしかである。

ここで問題になるのは、ハンドルを保持する握力の強さと振動の関係である。一般的に言って、われわれは軽い物を持つときは手を軽く握ってもつが、重い物を持つときは手に力を入れて強く握るであろう。このようなことはチェーンソーを保持する時にもあてはまることで、強く握った時はそれだけ振動が局所に吸収され、軽く握った時は吸収も少ない。この関係を明らかにしたいため、2方向押圧計を試作し、調査したが、データの分析がすんでいないので発表できないが、スウェーデンのアクセルソンによる報告では次のような第2図を示し、握力と振動の関係を明らかにしている。すなわち、運転する時のハンドルの握り方によって、局所に伝わる振動の範囲が非常に違ってくる。強く握った場合、ハンドル部における振幅は約0.07mmも小なくなる。このことを逆に言うと軽く握った時よりも、強く握った方が指や手に振動が強く伝わるということである。

今までは、振動方向別にみた波形をみてきたが、局所に振動が伝達される量を波形から求めようとしたわけであるが、実際の振動はこのような単純な正弦波形でなく、もっと複雑なものである。

第1表 チェーンソー作業時の各部位別振動方向別の振幅

測定部位	振 幅			
	上下方向		水平方向	
	mm	%	mm	%
右 手	0.093	74	0.075	75
グ リ ッ プ	0.125	171	0.100	133
マ フ ラ ー	0.075	100	0.075	100
ハ ン ド ル	0.147	196	0.100	133
左 手	0.063	43	—	—
左 肘	0.056	38	—	—

第2図 握り方による振動の違い (AXELSSON 前ハンドル、垂直方向、6000rpm)

A 普通に握った場合
B 強く、強く握った場合

フィルムを映写して観察した時、チェーンソーの各測定点が8の字型に運動する傾向がはっきりあらわれ、特にグリップハンドルにその傾向が顕著であった。グリップハンドルは横長の8の字で、前ハンドルは縦長の8の字で運動していた。さらに機械全体の運動は必ずしも同一方向で運動はしておらず、エンジン本体とハンドルの運動方向は正逆の関係にあることも認められた。そこで読みとった数値から運動軌跡を書いてみたところ、一定の形ではないが、上述したことと類似する傾向がみられた。

4. 問 題 点

高速度 影によってチェーンソーの振動分析は可能であることがわかったが、今後この研究を進めるため問題点を述べると次のようになる。

フィルムの撮影速度を速くすること、それによって、より一そう細かい解析ができる。すなわち、測定器を用いた周波数分析と同じように、各周波数ごとの振動波形を求めることができるわけである。それによって、各周波数ごとに、チェーンソーが発する振動のうちどの周波数が手、肘、腕などの局所へ、多く伝わっているかと言う点が明らかになり、同時に、機械を保持する握力の強さと振動伝播の関係についても明らかにすることができる。

次にチェーンソー本体の中での振動伝播状況は測定点を多くすることで求められるから、一般的に言われているピストンの回転運動がこの種機械の振動

源といわれているが、機械構造上、外部に出される振動がどのような形で各所へ伝達され、その伝達率がどのように変化するものなのか、あるいは玉切鋸断中の振動源が実際はどこにあるのかなどを知って、作業的な面からみたハンドルの機構に対する資料を与えることができる。

今1つは、各所における運動軌跡が上述したような形であるのが検討する必要も残されている。

5. あ と が き

作業方法の改善、すなわち使用面からの振動防止対策のデータを得る目的で、玉切鋸断中におけるチェーンソーの振動を高速度カメラで撮影し、その測定方法、分析結果、今後の問題点をかいつまんで報告したが、この種の方法によって振動分析も可能であることがわかったので、将来よりいっそうの研究を進め振動障害をなくすよう努力したいと思う。