

149

I S S N 0386—5878
土木研究所資料2024号

土木研究所資料

建設機械の振動対策に関する調査試験 (第2報)

—建設機械のオペレータに伝達される
振動の測定方法—

昭和58年10月

建設省土木研究所
機械研究室

Copyright © 58年度 by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

まえがき

一般に、ブルドーザ、トラクタショベル、スクレーパなどの塔乗式建設機械、ブレーカ、レッグドリル、ハンドガイド振動ローラなどの手持工具等のオペレータは、機械の構造および作業の性質上、比較的大きな振動にさらされていることが予想される。

従来より、乗用車、船舶、航空機、林業機械の分野においては、発生する振動の実態、あるいは振動発生メカニズムに関する研究が比較的進んでおり、種々の振動対策も図られてきた。また、近年ISO（国際標準化機構）においても、人体に暴露される全身振動ならびに局所振動の測定、評価に関する規格が審議、制定されつつある。

それに対し、建設機械に関しては、従来施工能力向上に関する研究例が多かったが、最近になり工事の安全施工等の理由から、振動対策に関する研究の重要性が認識され、研究実施例が増加しつつある。

本調査は、オペレータへ伝達される振動の低減化を図った建設機械の振動低減効果の評価、あるいは、振動対策を必要とする機械の選定等に資することを目的として、塔乗式建設機械ならびに建設工事用手持工具等の統一的なオペレータ振動測定方法を提案することとしたものである。

昭和58年10月

機 械 研 究 室

室 長	伊 藤 豪 誠
研 究 員	多 田 和 弘
	前 田 孝 司
	豊 田 実

目 次

まえがき	
1. 概 要	1
2. 調査検討の経緯	3
2.1 オペレータ振動対策委員会の設置	3
2.2 振動測定評価関連規格、既存資料の調査	3
2.3 建設機械オペレータ振動測定要領(案)の提案とその作業条件の検証	4
3. 関連規格、既存資料調査結果	5
3.1 振動測定、評価に関する関連規格	5
3.1.1 概 要	5
3.1.2 全身振動に関する規格	5
3.1.3 局所振動に関する規格	18
3.2 塔乗建設機械の振動測定に係る既存資料	26
3.2.1 資料数	26
3.2.2 測定方法、測定条件	27
3.2.3 振動の実態	27
3.3 建設工事用手持工具等の振動測定に係る既存資料	37
3.3.1 資料数	37
3.3.2 測定方法、測定条件	37
3.3.3 振動の実態	38
3.4 ま と め	43
4. 建設機械オペレータ振動測定要領(案)の作業条件の検証結果	47
4.1 概 要	47
4.2 塔乗建設機械の作業条件の検証結果	49
4.2.1 ブルドーザ	49
4.2.2 履带式トラクタショベル	52
4.2.3 車輪式トラクタショベル	53
4.2.4 振動ローラ	54
4.3 建設工事用手持工具等の作業条件の検証結果	59
4.3.1 ブレーカ	59
4.3.2 レッグドリル	61
4.3.3 ハンドガイド振動ローラ	62

4.3.4 振動コンパクト, タンバ	63
4.4 ま と め	68
4.4.1 塔乗建設機械の作業条件	68
4.4.2 建設工事用手持工具等の作業条件	68
4.4.3 その他	69
5. 建設機械オペレータ振動測定要領(案)	70
5.1 概 要	70
5.2 塔乗建設機械オペレータ振動測定要領(案)	70
5.3 建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領(案)	78
あ と が き	86
参 考 文 献	87
資 料	
(I) オペレータ振動対策委員会名簿	91
(II) 振動レベル波形の例	92
(III) 振動測定状況写真集	107
(IV) 建設機械オペレータ振動測定要領(案)に基づく測定値と現場計測データ	111
(V) ピックアップ形状の影響	113

1. 概 要

本調査は、昭和55年度よりスタートした建設機械整備費による「建設機械の振動対策に関する調査試験」の一環として、振動対策機械の振動低減効果の評価に資する目的で、昭和55年度より3ヶ年間で、塔乗式建設機械ならびに建設工事用手持工具等のオペレータ振動測定要領の提案を行なったものである。

なお、提案作業は、財団法人日本建設機械化協会内に、“オペレータ振動対策委員会”を設置し、委員会を通じて実施した。昭和55年度は、振動測定に関する関連規格調査、既存振動測定データの収集を、昭和56年度は、前年度の結果に基き、“建設機械オペレータ振動測定要領(一次案)”の提案、並びにブルドーザ、履带式トラクタショベル、車輪式トラクタショベル、ブレーカ、レッグドリルに関する“要領(一次案)”の検証の為の振動測定を、昭和57年度は、振動ローラ、ハンドガイド振動ローラ、振動コンパクタ、タンバに関する“要領(一次案)”の検証の為の振動測定並びに“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”の最終案の提案を実施した。他に、当委員会に於いては、建設機械振動低減策の検討の一環として“オペレータ振動対策システムツリー”の制作、ならびに新型履帯系走行装置の振動対策面からの検討を行なったが、これらに関しては、後日、改めて報告するものとする。

ここで、参考までに、本調査試験の全体計画、ならびに、“オペレータ振動対策委員会”における作業内容のフローを図1-1～2に示す。

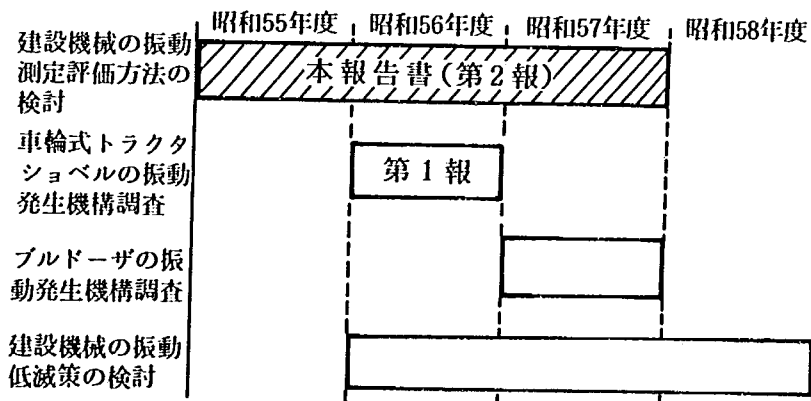


図1-1 建設機械の振動対策に関する調査試験フロー

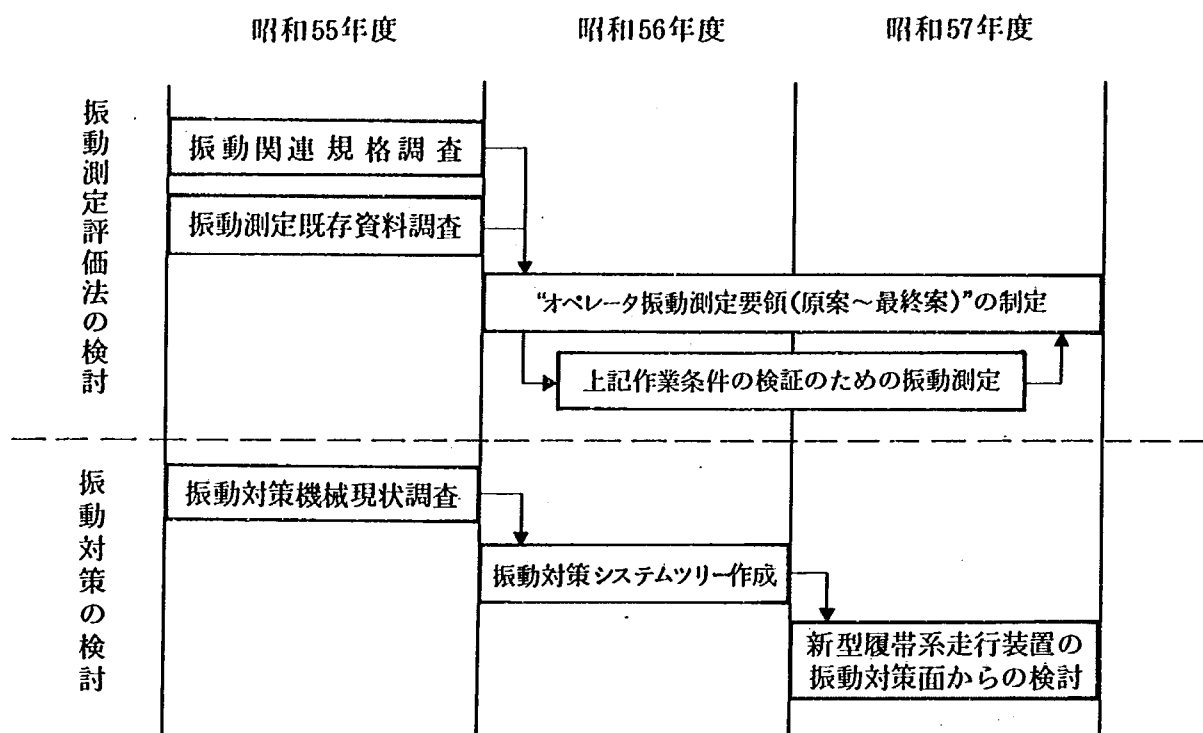
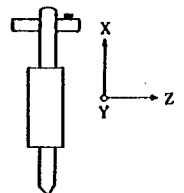


図1—2 “オペレータ振動対策委員会”活動のフロー

表 2-2 建設機械振動実態調査表(手持・ハンドガイド機械)

提出例 機種名 ・ ブレーカ 型式〇〇 △ kg 標準空気圧△kg/cm² - 打撃数〇~〇 blow/min 振動の大きさ <table border="1"> <thead> <tr> <th>VL値(G)</th> <th>VAL値(G)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>Z</td> </tr> </tbody> </table> ・ オクターブバンド分析図 ——— 別添 ・ 振動レベル波形 ——— 別添 測定方法  ピックアップ: ハンドルにホースバンドで固定 PU 半導体式 3方向タイプ 手持振動レベル計 レベルレコーダ VL値 VAL値 データレコーダ 実時間分析機 オクターブバンド分析	VL値(G)	VAL値(G)	X	X	Y	Y	Z	Z	測定条件 ・ 現場条件 - 室内実験場 - 供試体: 花崗岩 比重 2.6 - 圧縮強度 915kg/cm² ・ 作業条件 - 空気圧 〇 kg/cm² (〇 blow/min) - 作業内容: ・ 測定条件 - 岩破砕時 3分間記録 データ処理 ・ VL値 VAL値 - レベルレコーダの記録より読み取り。 (レベル変動は、ごくわずかであった。) ・ オクターブバンド分析 - 瞬時値を記録 (時定数 △秒)
VL値(G)	VAL値(G)								
X	X								
Y	Y								
Z	Z								

2.3 建設機械オペレータ振動測定要領(案)の提案とその作業条件の検証

昭和56, 57年度は, 55年度の調査結果に基づき, “建設機械オペレータ振動測定要領(案)”を提案すべく, その適用範囲, 計測する物理量とその表示法, 計測器, 測定箇所, 測定条件, 記録方法, データ整理方法などを検討しとりまとめた。特に測定条件のうち, 機械の作業条件を決定するに当たっては, 各作業条件におけるデータの再現性を確認するため, 測定器, データ解析法等他の条件は統一して検証のための実測を実施した後, その結果に基づいて最終的な決定を下した。

3. 関連規格，既存資料調査結果

3.1 振動測定，評価に関する関連規格

3.1.1 概 要

一般的な人間—機械系に関する振動評価基準，測定方法或は，建設機械の振動評価基準等について，ISO，JIS等で目下基準化が進行中である。ここでは，これらを全身振動に関するものと局所振動に関するものとに分類し，その動向を追っていくこととした。

まず，全身振動に関するものから述べる。ISO関係では，主なものとして，ISO2631（全身振動の測定，評価），及びISO7096（土工機械運転席の振動の測定，評価）並びに，これらに対する追補，提案，さらに農業機械の振動評価に係るものとして，ISO5007，5008がある。JIS関係では，JISC1510（振動レベル計）JISZ8735（振動レベル測定方法）が，その他諸外国の基準としては，VDI2057，SAEJ1013，BSI/DD32等がある。以上の基準のうち，VDI2057以外は，すべてISO2631に定められた振動評価基準を踏まえて制定されたものであると云える。なお，建設機械等のオペレータの全身振動評価に関する国内行政機関からの通達等は現在のところ出されていないのが実情である。

次に，局所振動に関するものについて述べると，まづISO関係では，DIS5349（手から伝達する振動の測定，評価），JIS関係では，JISC1511（手持工具用振動レベル計）がある。また，国内では，古くは林業機械であるチェーンソー使用に伴う振動障害に端を発し，現在では手持ち工具一般に関しても，振動障害予防に関する種々の通達等が労働省或は林野庁より出されている。なお，諸外国の局所振動に関する基準としては，ソビエト保健省，チェコスロバキア等で提案されたものがある。

以下に，上に述べてきた基準の概要を，全身振動に関するもの，局所振動に関するものの別に，それぞれISO，JIS，その他のものの順に述べてゆく。

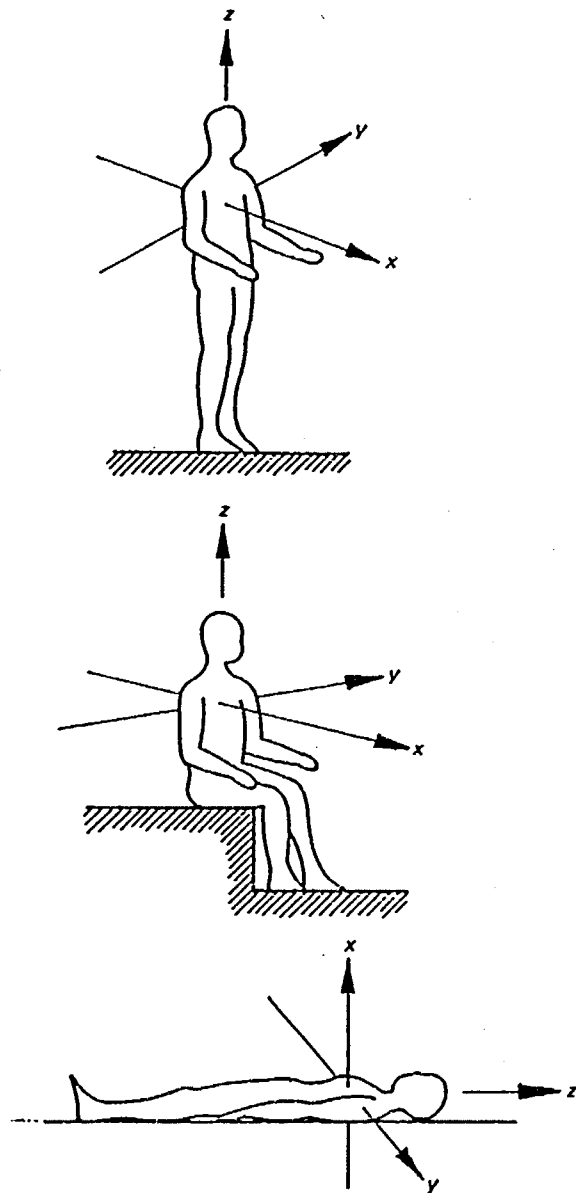
3.1.2 全身振動に関する規格

(I) ISO規格

ISOでは，第108部会で，一般的な振動測定評価方法に関する基準が，第127部会で，土工機械に関する基準が第23部会で農業機械に関する基準がそれぞれ審議中である。以下に，その概要を述べる。

□ ISO2631（Guide for the evaluation of human exposure to wholebody vibration）

この規格は，立位，座位にある人体への周波数1～80Hzの間の正弦，ランダム，非周期



a_x, a_y, a_z = acceleration in the directions of the x, y, z axes

x axis = back-to-chest

y axis = right-to-left side

z axis = foot (or buttocks)-to-head

FIGURE 1 — Directions of co-ordinate system for mechanical vibrations influencing humans

図 3 — 1 (ISO 2631) 振動測定軸の設定

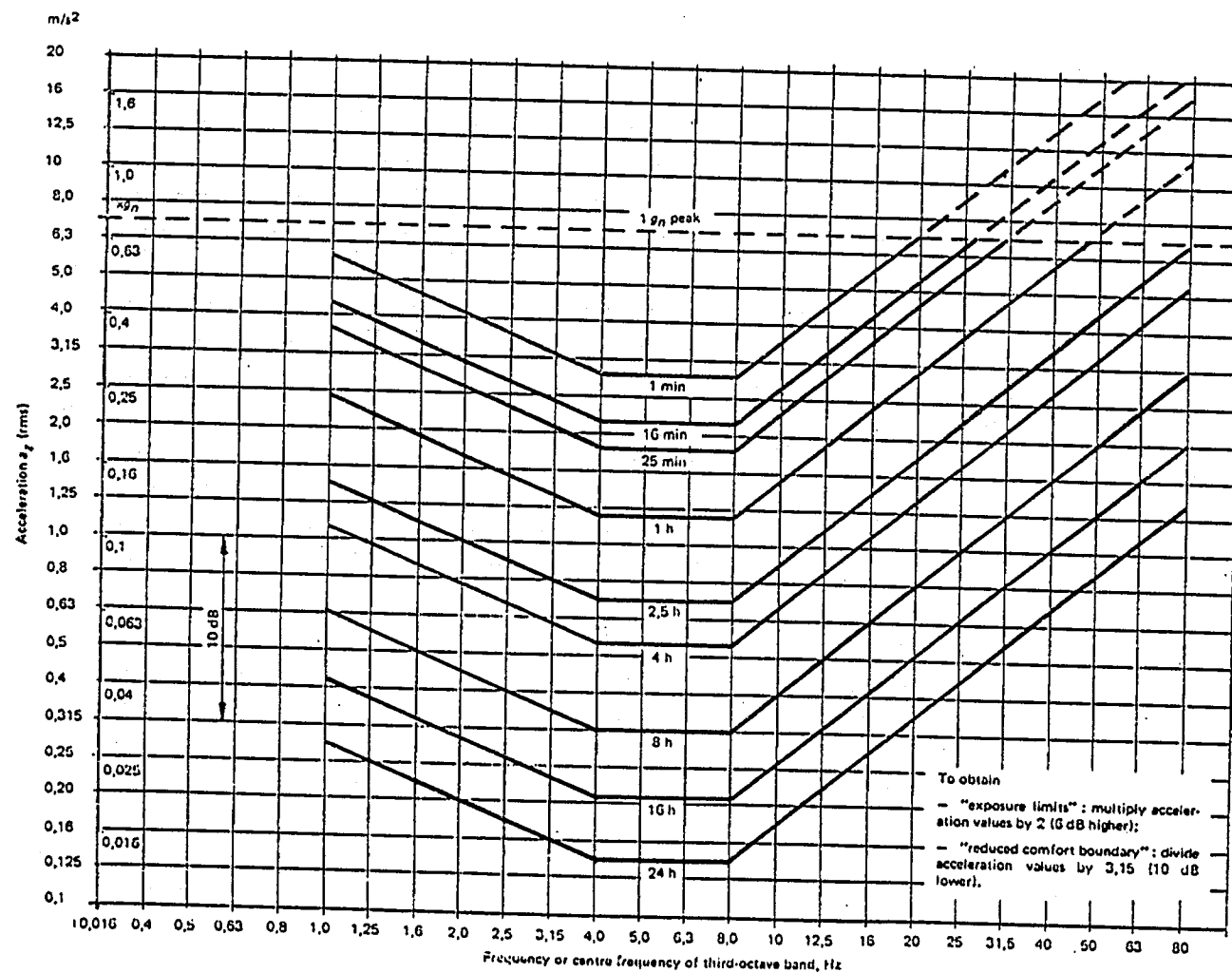


図 3-2 (ISO 2631) Z 軸方向の振動評価基準 (疲労限界)

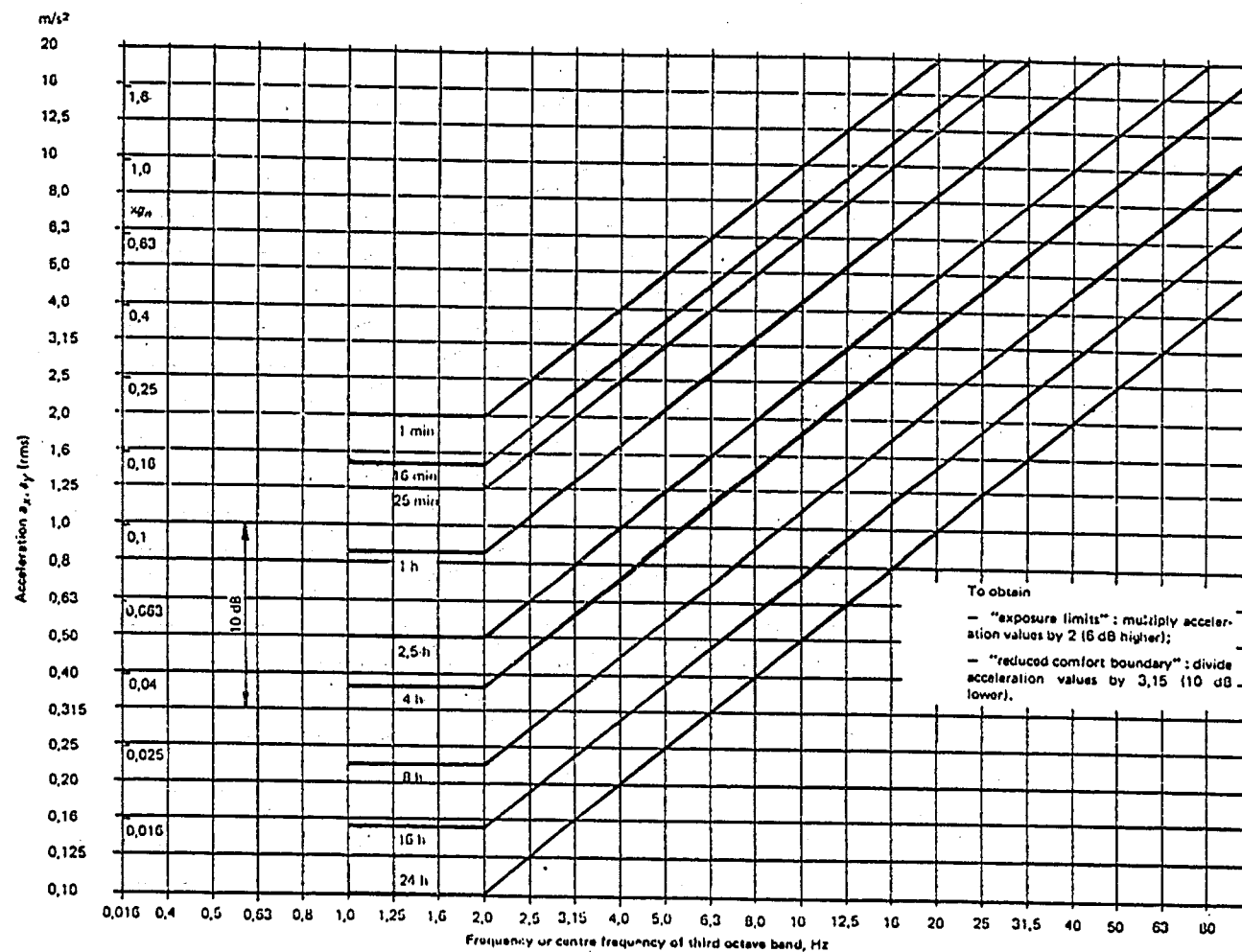


図3-3 (ISO 2631) X, Y軸方向の振動評価基準 (疲労限界)

振動（クレストファクタ3以下）を取り扱っている。

基準限界としては、不快限界（快適性の限界）、疲労限界（疲労熟練度低下の限界）、負荷限界（健康、安全面の限界）の3つを、水平方向並びに上下方向に関してそれぞれ提案している。（図3-1～3参照）不快限界は疲労限界より10dB下がった値、負荷限界は疲労限界に6dB加えた値であると規定している。なお、仕事によってこれら限界は修正される。

さらに、振動測定部位、振動測定機器、振動解析（周波数分析）方法についても規定している。振動の大きさは、加速度（単位は m/sec^2 を用いるが、Gでも可）のRMS値で表示することを規定している。

評価に関しては、各方向成分別に1/3オクターブバンド毎に、その中心周波数で図3-2～3と比較して評価を行うことを原則とするが、振動感覚補正回路を通した信号をメータで表示させ、その指示値のRMS値と、図3-2の水平部分と比較評価を行ってもよいとしている。但し、各帯域毎に行った評価より安全側に評価される。（1974年7月）

□ ISO 2631/DADI

この規格は、建物内の人々が受ける振動の評価方法を規定したものであり、任意の測定軸に関して図3-4及び表3-1に示される評価方法を取り入れた点が注目される。

（1980年7月）

□ ISO/TC 108 SC 4 WG 2 45 E (Guide for the evaluation of whole-body vibration exposure for drivers of wheeled "off the road" vehicles)

これは、ISO 2631に対して、1976年6月～9月にフランスより提出された提案の一つであり、3方向成分の合成、衝撃振動への対応等について述べてある。

なお、3方向成分の合成に関しては、1982年4月、ISO 2631に追加された。合成は、次の要領によることとしている。

$$a = \sqrt{\{(1.4 a_{xw})^2 + (1.4 a_{yw})^2 + a_{zw}^2\}}$$

ここに、 a : 3方向合成振動加速度 (m/sec^2)

a_{xw} : 前後方向の感覚補正振動加速度 (m/sec^2)

a_{yw} : 左右 " " " (")

a_{zw} : 上下 " " " (")

振動の大きさの評価は、上式による a の値を、図3-2中の4～8 Hzの暴露基準値と比較することによりなされるとしている。

□ ISO/TC 108 SC 4 N 49 (Evaluation of Exposure to whole body vibration in the frequency Range 0.1 to 1.0 Hz)

これも、ISO 2631に対する提案であり、1 Hz以下の振動の評価方法について提案

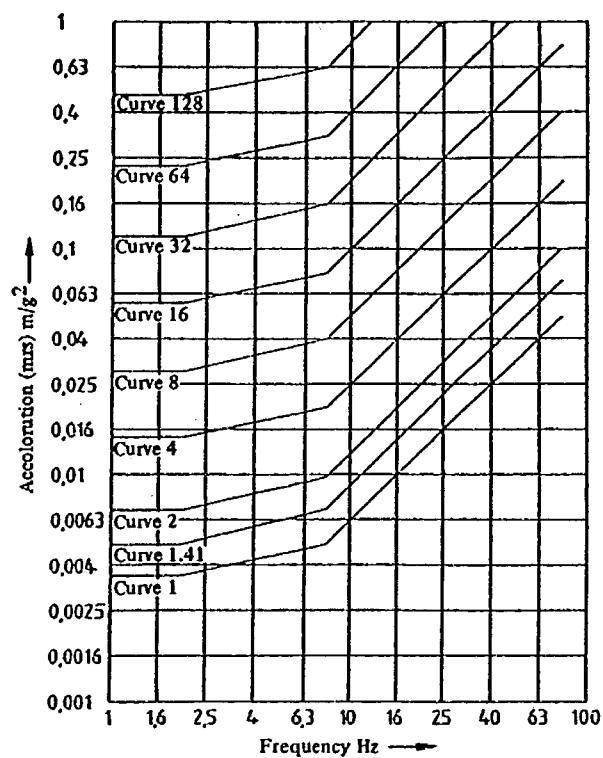


図 3-4 (ISO 2631) 任意方向成分の振動評価基準 (建物内)

表 3-1 (ISO 2631) 図 3-4 の評価基準の修正係数

Weighting factors for acceptable building vibration
with respect to human response

Place	Time	Continuous or intermittent vibration and repeated impulsive shock		Impulsive shock excitation with approximately three occurrences per day	
Hospital operating theatre and critical working areas	Day	1	See note 2	1	See note 1
	Night	1		1	
Residential (minimum complaint level)	Day	2		16	See note 2
	Night	1.4		1.4	
Office	Day	4		128	See note 3
	Night	4		128	
Workshop	Day	8		128	See note 3
	Night	8		128	

NOTE - Weighting factors above basic level of curve 1.

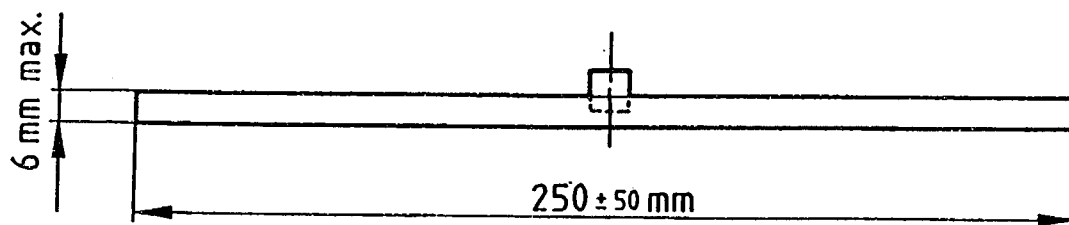
を行っている。

(1977 年7月)

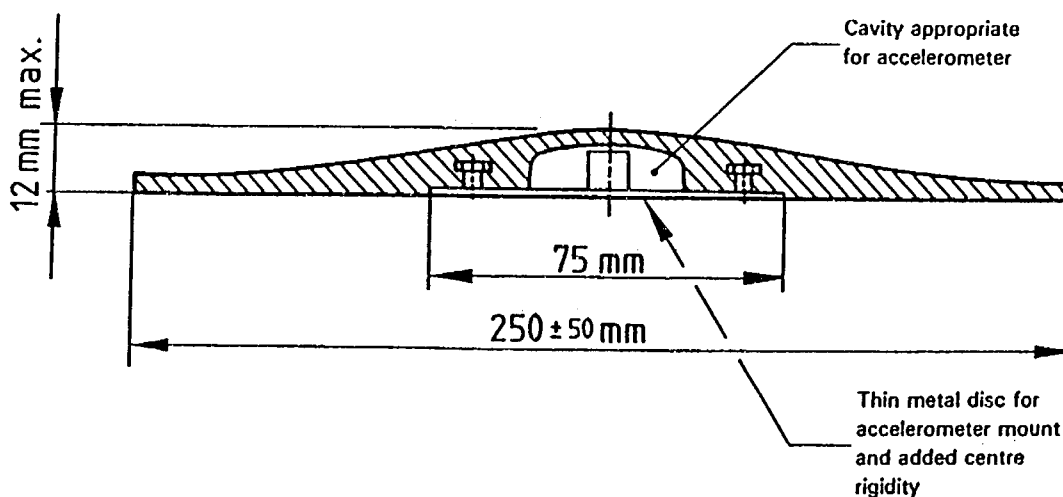
□ ISO 7096 (Earthmoving machinery – Operator seat – Measurement of transmitted vibration)

本規格は、土工機械用座席シートの上下方向の振動伝達特性の評価に関するものである。
本規格の主な内容は次の通りである。

- (1) 振動の評価は ISO 2631 による。(ただし上下方向のみ)
- (2) 測定機器に関する規定 (ピックアップに関しては、図 3-5 を参照)
- (3) 分析方法に関する規定 (サンプリングタイムは最低 300 秒であること、周波数分析方法について、エネルギー平均値を代表値とすること、など。)
- (4) 振動試験台に関する規定 (図 3-6 を参照)



Design for rigid disc with accelerometer assembly bonded at centre



Design for semi-rigid disc of approximately 80-90 durometer (A-scale)
moulded rubber, plastic, etc.

図 3-5 (ISO 7096) 座席上の振動ピックアップの例

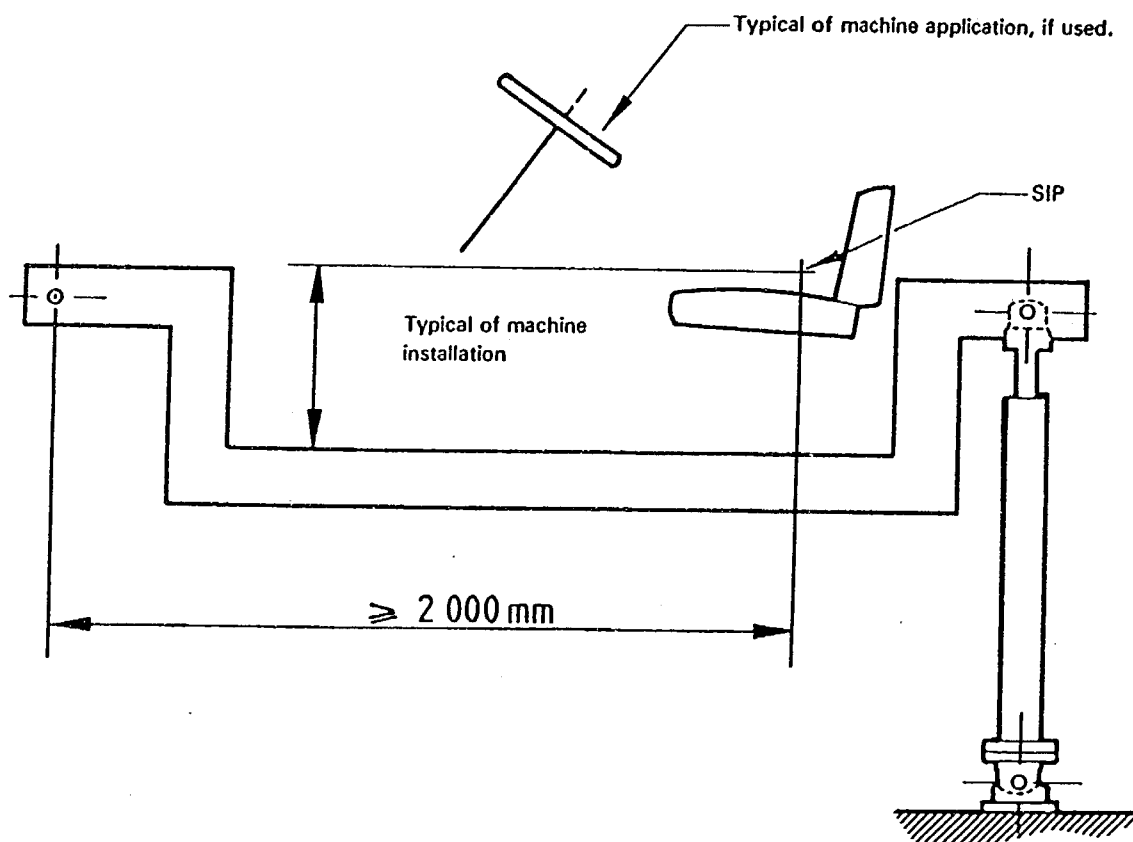


図 3 - 6 (ISO 7096) 座席試験用振動台

- (5) 試験座席、オペレータ体重等に関する規定
- (6) 試験入力振動に関する規定（表 3 - 2, 図 3 - 7 を参照）
- (7) 上記振動台を用いた試験方法に関する規定
- (8) 許容レベル ($V L = 1.25 \text{ m/sec}^2$)
- (9) 結果報告要領

上記のように、この草案は、運転席足元への入力信号を規定して、その振動に対する座席の振動伝達率を測定するものとなっており、上下方向振動のみを対象としている。

(1982年2月)

- ☐ ISO 5007 (Agricultural wheeled tractors - Operator seat - Measurement of transmitted vibration and seat dimensions)
- ☐ ISO 5008 (Agricultural wheeled tractors and field machinery -

表 3 - 2 (ISO 7096) 振動パターンによる建設機械のクラス分類

Class	Machine	Configuration
1	Tractor-scraper	Open bowl or elevating. Two axles, articulated steer. Front axle or two axle drive. No axle suspension and no vibration absorber hitch.
2	Tractor-scraper	Same as class 1, except with either front axle suspension or vibration absorber hitch.
3	Wheel loader	Rigid or articulated frame. Two wheel or four wheel drive. Excluding three wheel machines, skid-steer machines, and utility machines under 5 000 kg operating weight.
	Wheel tractor	Same configuration range as wheel loader.
4	Crawler tractor	All.
	Crawler loader	All.

1) Future studies could result in additional classes (for example graders, backhoe loaders).

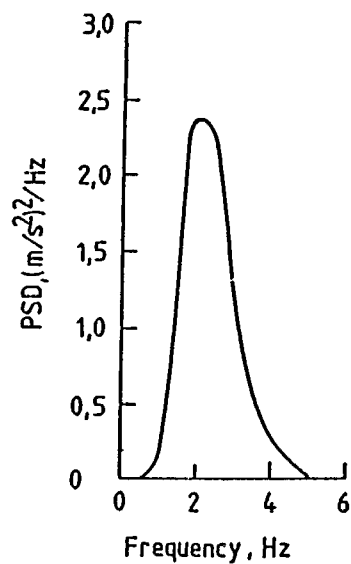
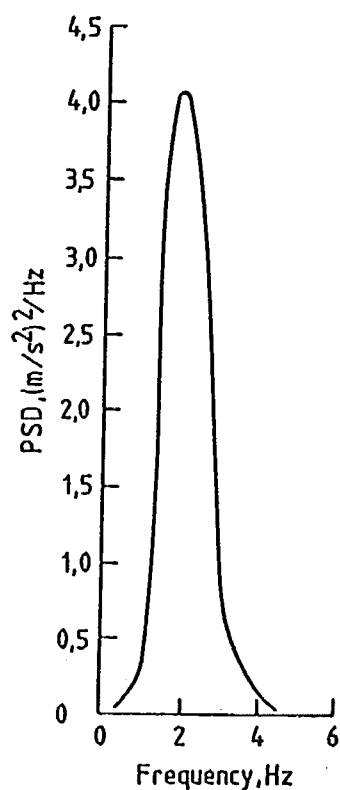


図 3 - 7 (ISO 70.96) 振動台入力波形—その 1

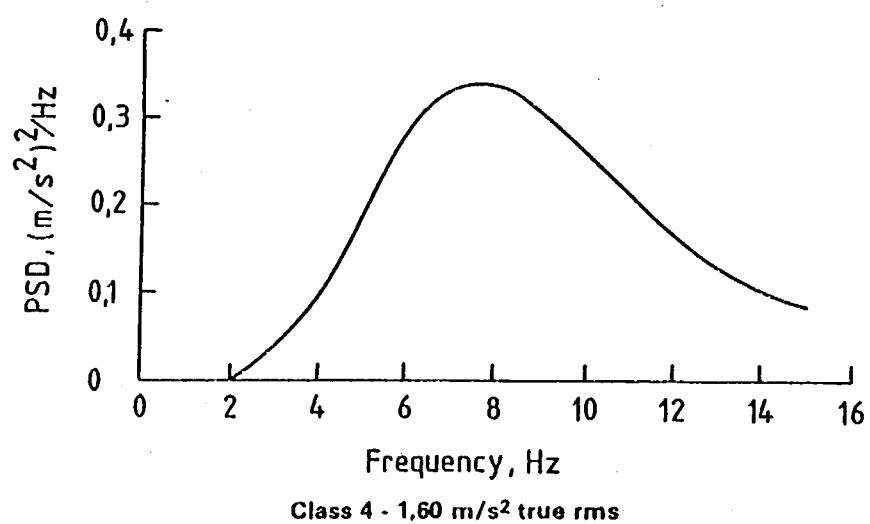
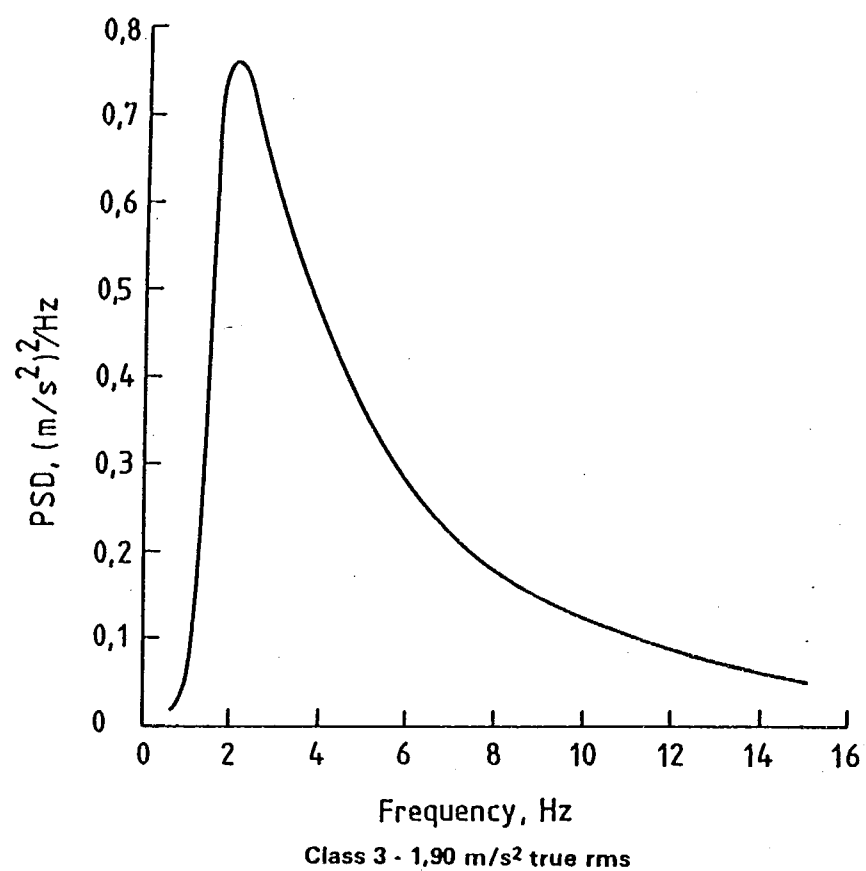


図 3 - 7 (ISO 7096) 振動台入力波形 — その 2

Measurement of whole-body vibration of the operator)

この2者は、ISO 7096の農業機械版とも云うべきものである。

ISO 5007では、振動台を用いた座席の試験方法のみならず、実機に搭載して試験が行えるように、テストコースに関する規定も盛り込まれている。ISO 5008は、実機に乗ったオペレータへの伝達振動の測定要領を規定している。測定機器、振動の評価法はISO 7096の規定とほぼ同じであり、また、上下方向振動のみを取り扱っている点も同じである。

(1977年4、5月)

(2) JIS規格

JISでは、“公害用振動レベル計”，並びに“公害用振動レベル計を用いた振動レベル測定方法”が規定されている。

□ JIS C1510 (公害用振動レベル計)

この規格は、公害、作業環境などとの関連において用いる振動レベル計について規定しており、ISO 2631を基準として作成されている。振動は加速度で表わし、振動(加速度)レベルとしてデシベル(dB)表示をすることとしている。以下、振動レベル計の特性について規定がなされている。(図3-8)

□ JIS Z 8735 (振動レベル測定方法)

これは、公害用振動レベル計を用いた公害振動(主として地盤の振動)の測定法を規定したものであるが、次に示す変動する指示値の読み方、整理方法については参考となろう。

- (1) 指示がほとんど変動しない場合は、その指示値を表示する。
- (2) 指示がわずかに変動する場合は、指示値を多数回読取り、その平均値をもって表示する。
- (3) 指示が周期的または間欠的に変動する場合は、変動ごとの最大値を十分な数になるまで読取り、その平均値をもって表示する。必要ある場合には変動のしかた(例えば、周期、度数など)も付記する。
- (4) 指示が不規則かつ大幅に変動する場合は、ある任意の時刻から始めて、ある時間ごとに指示値を読取り、読取り値の個数が十分な数になるまで続ける。得られた読取り値から適当な方法により L_a を求め、この値をもって表示する。

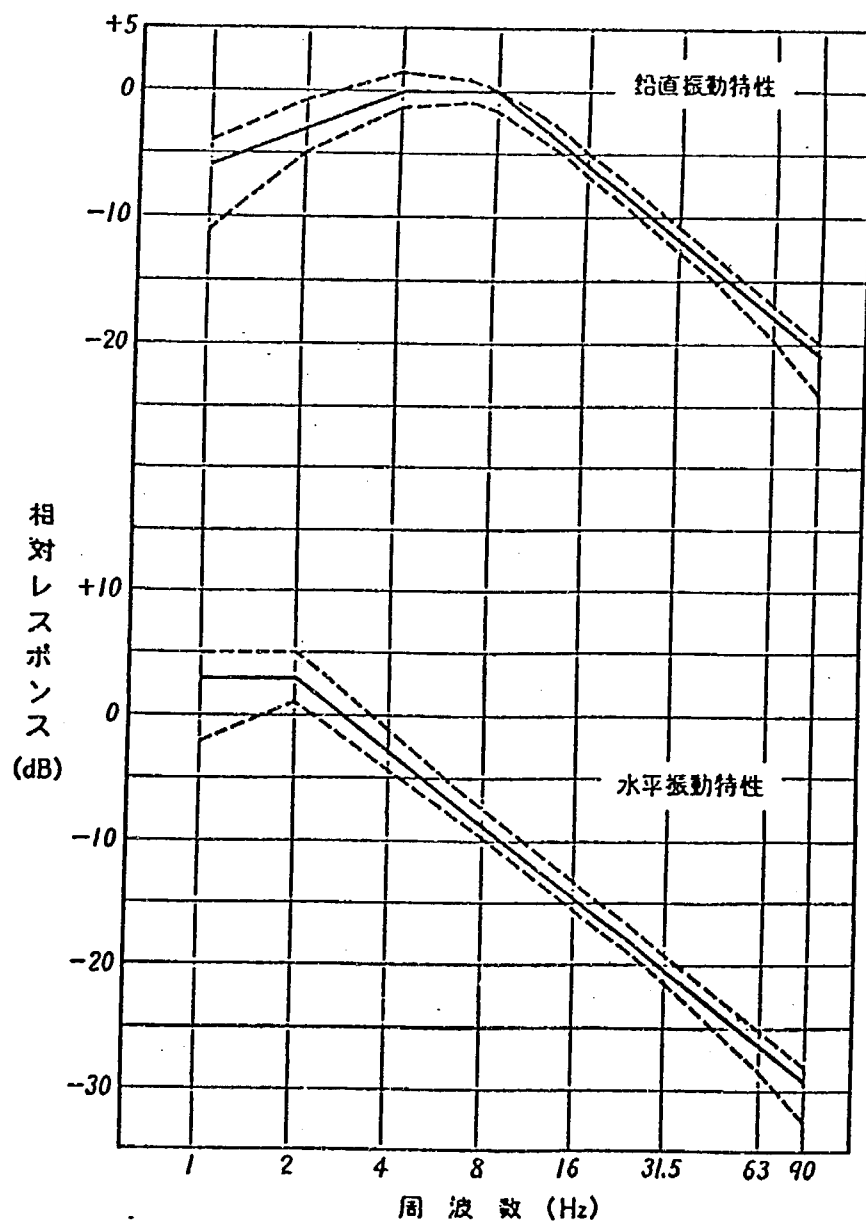


図 3-8 (JIS C 1510) 公害用振動レベル計周波数特性

(3) その他の規格等

□ VDI 2057 (DIN 4150)

DINでは次式で示される感覚強度“K値”を定め、表3-3に示すように振動感覚と対応させている。表3-3“レベル”に示されるアルファベットは、図3-9中のアルファベットで示される各領域と対応している。

表3-3 感覚強度“K値”

認知強度 (K)	レベル	認知の状態	暴露耐性
0.1	A	認知不能	認知閾値
0.25	B	かろうじて認知可能	短時間の中断または中断せずに居住できる
0.63	C	認知可能	長時間の中断が居住のために必要である
1.6	D	よく認知可能	中断なく肉体労働可能
4.0	E	強く認知可能	肉体労働には短時間の中断が必要
10.0	F	非常に強く認知可能	自動車やトラックによる長い旅行
25.0	G	区別は不能	肉体労働のためには長時間の中断が必要
63.0	H		自走器材の運転
	I		短時間の自動車やトラックによる旅行

各々の周波数に対するK値は、

$$K = b \frac{a}{\sqrt{1 + (f/f_0)^2}}$$

$$K = v \frac{\beta \cdot f}{\sqrt{1 + (f/f_0)^2}}$$

$$K = a \frac{r \cdot f^2}{\sqrt{1 + (f/f_0)^2}}$$

ここに、 b : 加速度 (m/sec^2) (RMS)

v : 速度 (mm/sec) (")

a : 振巾 (mm) (")

f : 振動数 (Hz)

定数は、 $f_0 = 10 \text{ Hz}$ $\alpha = 18.0$ $\beta = 0.112$ $p = 0.71$

種々の振動数成分を持つ振動のK値は、

$$K = \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + \dots + K_n^2}$$

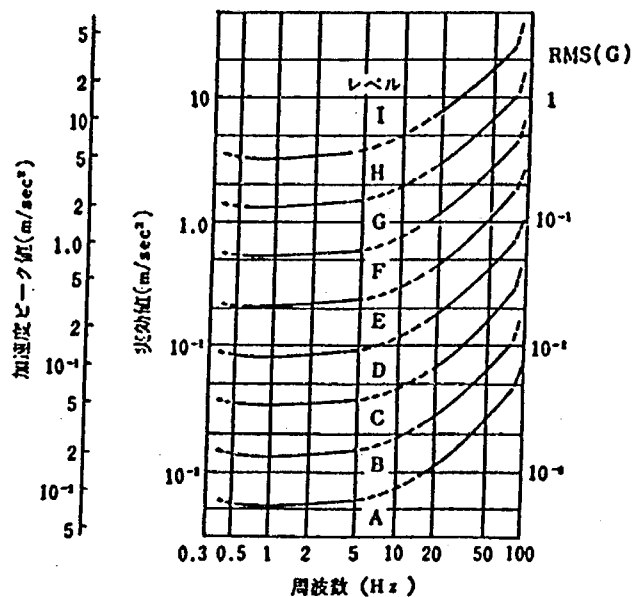


図3-9 (VDI 2057) 振動評価基準 (K値)

ここに, K_n : 周波数 f_n を持つ振動成分に対するK値

□ SAE-J1013 (Measurement of whole-body vibration of the operator of agricultural equipment)

これは, アメリカの基準であり, ISO 5007, 5008 とほぼ同じ内容のものである。

□ BS1/DD32 (Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration)

これは, イギリスの基準であり, 内容的には ISO 2631 に準じている。

(1974年)

3.1.3 局所振動に関する規格

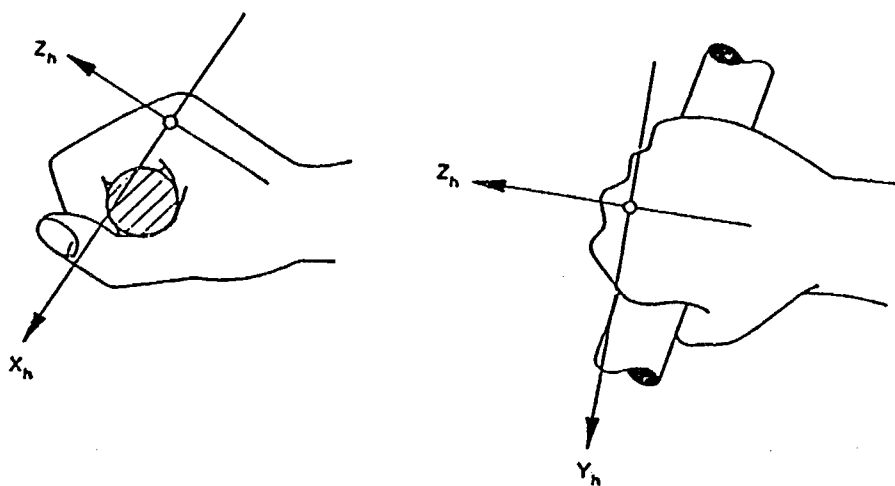
(1) ISO規格

ISO 108部会では, 全身振動に少し遅れて局所振動に関する審議が継続中である。

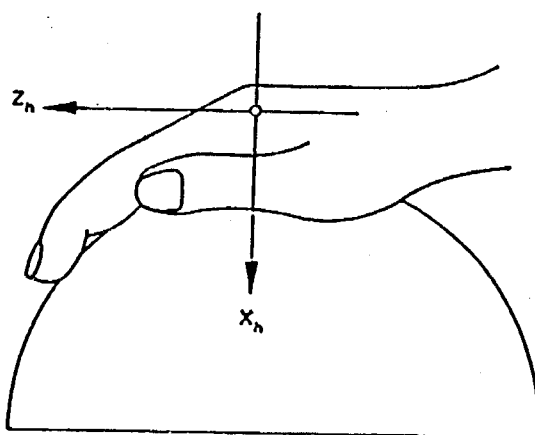
□ DIS 5349 (Principles for the measurement and the evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand)

本草案は, 手の振動暴露における振動測定法, 記述法, 振動暴露限界を提案したものである。測定法としては, 各測定機器の特性, 測定部位, 測定軸(図3-10参照)等を規定してお

a) "Handgrip" position



b) "Flat palm" position



a) In the "handgrip" position (standardized grip on a cylindrical bar of radius 2 cm)

b) In the "flat palm" position (hand pressed onto ball of radius 5 cm)

The origin of the system is deemed to lie in the head of the third metacarpal and the Z (hand)-axis to be defined by the longitudinal axis of that bone. The X-axis projects backwards from the origin when the hand is in the normal anatomical position (palm facing forwards). The Y-axis passes through the origin and is perpendicular to the X-axis.

図 3 - 10 (D I S 5 3 4 9) 振動測定軸の設定

り、測定周波数は8～1000 Hz、測定値は、加速度 (m/sec^2) または速度 (m/sec) のRMS値となっている。評価指標としては、図3-11-1～2に示す暫定的暴露基準が提唱されている。暴露時間による本基準の修正係数は表3-4に示されている通りである。

(1979年7月)

□ DIS 5349 Second Draft (Guide for the Measurement and the Assessment of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand)

この規格は、前述のDIS 5349の修正案である。主な改訂点は次の通りである。

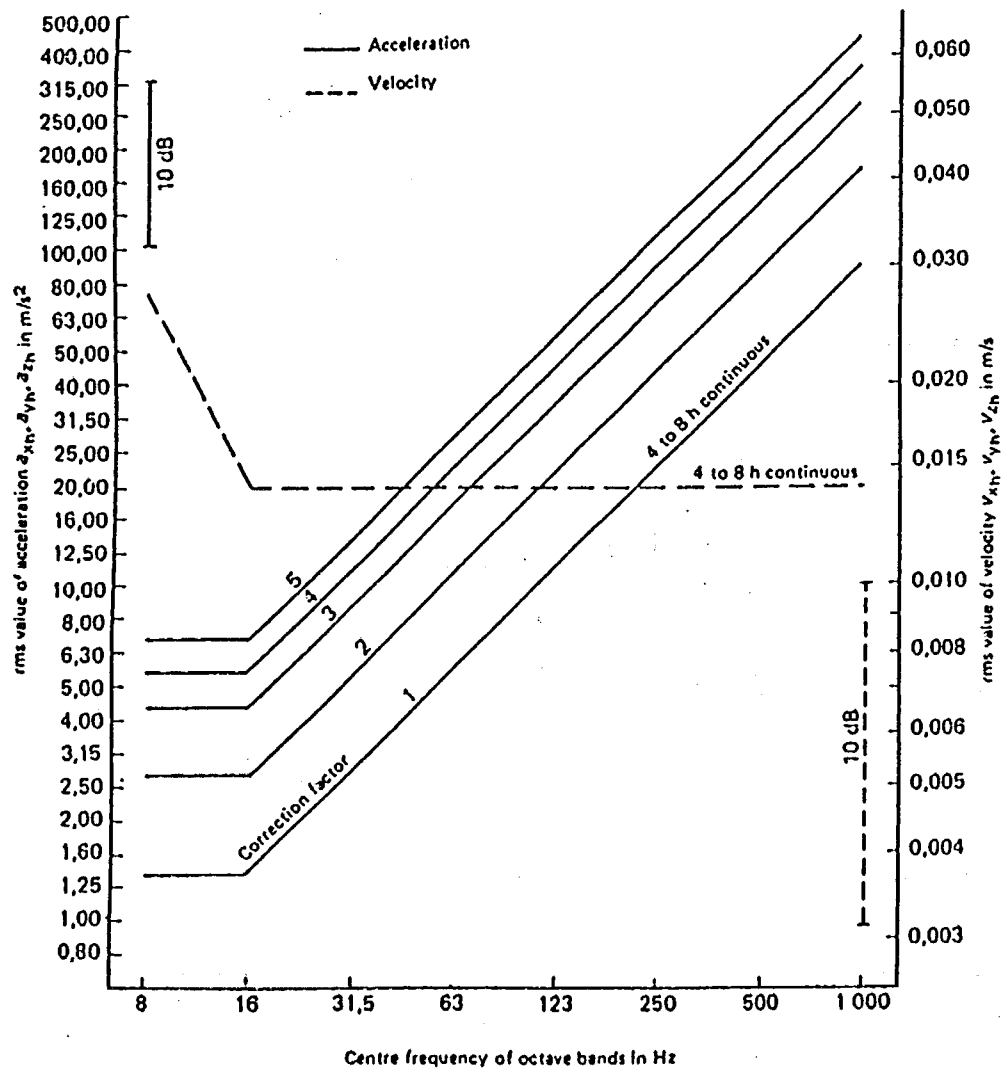


図3-11-1 (DIS 5349) 1/1オクターブバンド分析による振動暴露基準

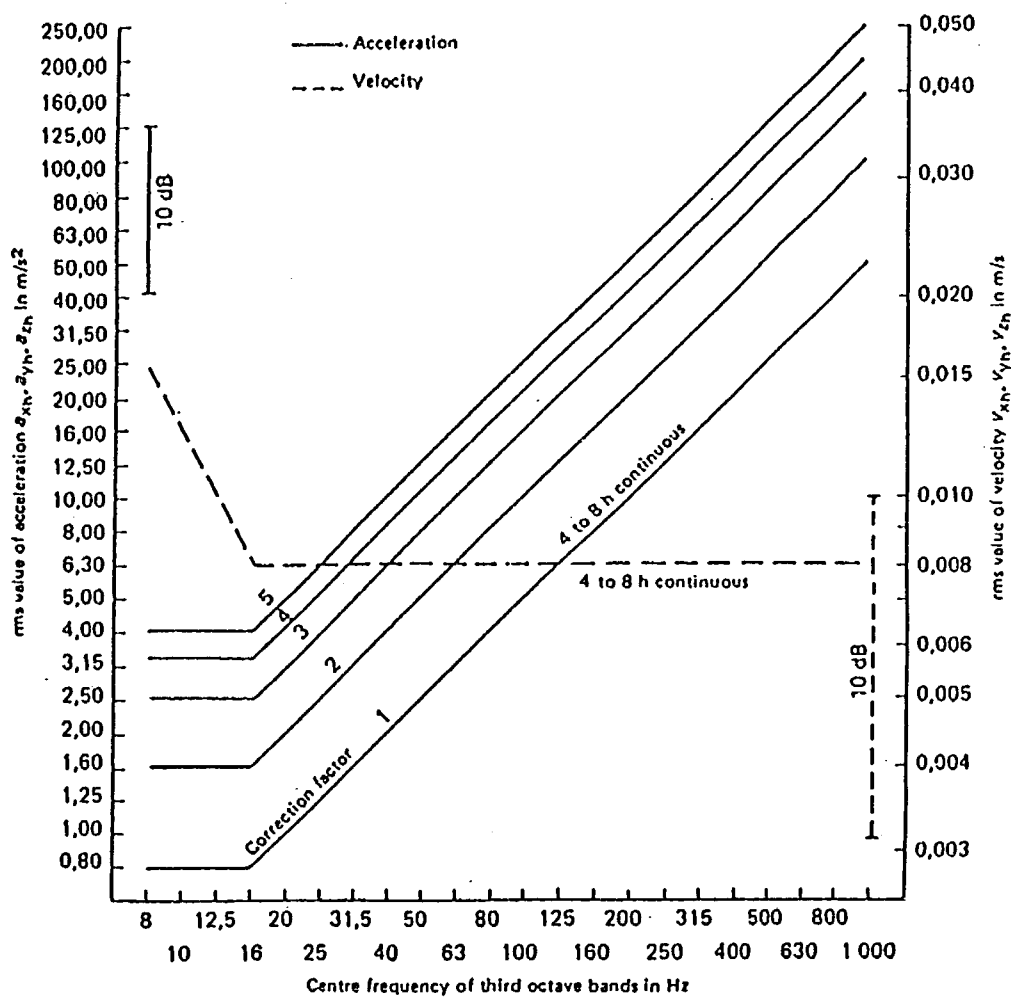


図3-11-2 (DIS 5349) 1/3 オクターブバンド分析による振動暴露基準

1) 振動は、次式で示される振動レベル L_{hw} で定義する。

$$L_{hw} = 20 \log_{10} \left(\frac{a_{hw}}{a_0} \right) \text{ dB}$$

ここに a_{hw} : 感覚補正振動加速度 (m/sec^2)

a_0 : 基準加速度 (10^{-6} m/sec^2)

注) JISでは a_0 として 10^{-5} m/sec^2 を採用している。

2) 計測結果は、次式による“4時間感覚補正換算等価振動レベル $L_{hw(4)}$ ”で示す。

$$L_{hw(4)} = L_{hw(T)} + 10 \log_{10} \frac{T}{4} \quad (\text{dB})$$

ここに $L_{hw(T)}$: 作業時間 T における感覚補正等価振動レベル (dB)

T : 1日の作業時間 (hr)

- 3) 振動評価には, 3方向成分の測定値のうち最も高い値のみを用いれば充分である。
- 4) 評価の参考として, 図3-12を掲げている。これは, オペレータが暴露した感覚補正振動加速度 (m/sec^2) と, 振動病発病までの期間 (年数) との関係を, 発病確率との関連において示したものである。

(1983年1月)

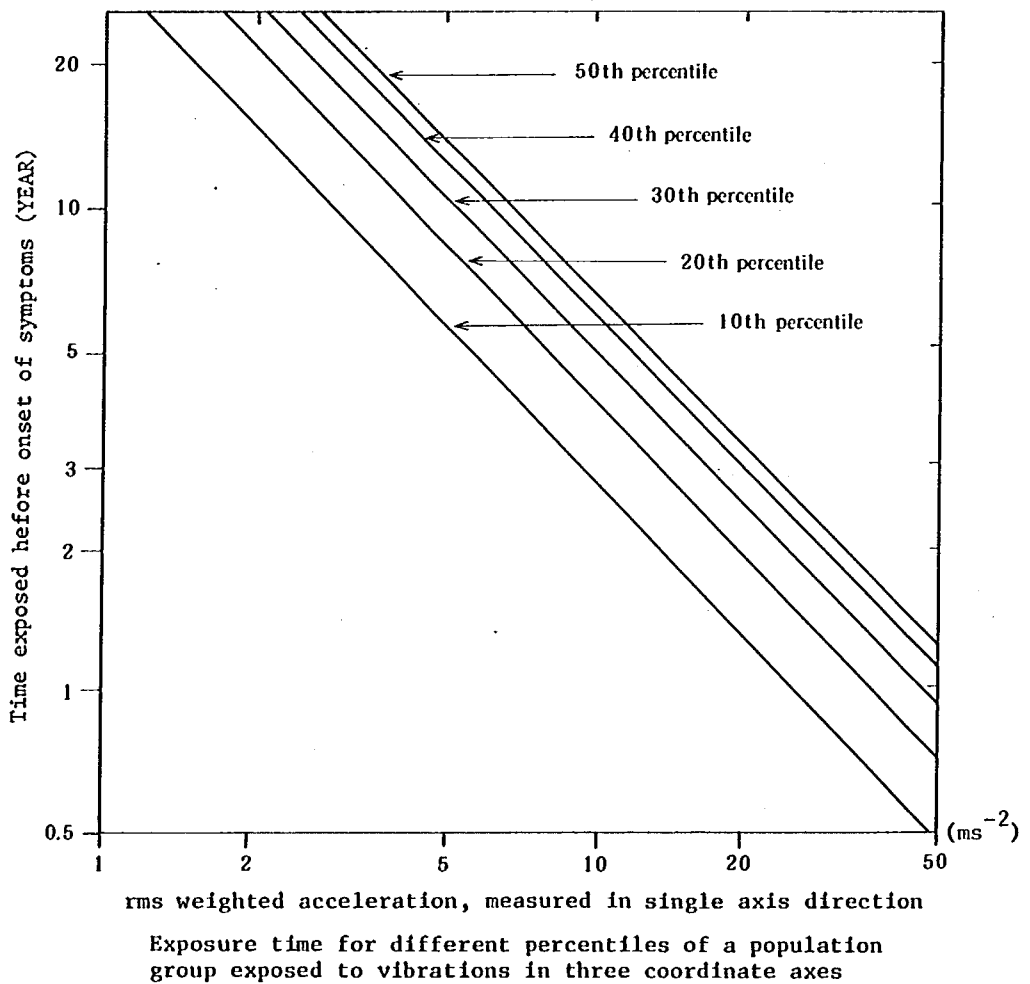


図3-12 暴露振動と振動病発症率の関係 (DIS 5349, 2nd)

表 3 - 4 (DIS 5349) 暴露時間による修正係数

Tentative correction factors for uninterrupted or not regularly interrupted and regularly interrupted vibration exposure during daily shift (8 h)

Exposure time during daily shift (8 h)	VIBRATION EXPOSURE					
	Uninterrupted or not regularly interrupted	Regularly Interrupted				
		Duration of recurrent time interval without vibration (in minutes per working hour)				
		up to 10	more than 10 up to 20	more than 20 up to 30	more than 30 up to 40	more than 40
up to 30 min	5	5	—	—	—	—
more than 30 min up to 1 h	4	4	—	—	—	—
more than 1 h up to 2 h	3	3	3	4	5	5
more than 2 h up to 4 h	2	2	2	3	4	5
more than 4 h up to 8 h	1	1	1	2	3	4

(2) J I S 規格

☐ J I S C 1 5 1 1 (手持工具用振動レベル計)

この規格は、振動が手に伝わる工具、機械などの振動を測定する手持工具振動レベル計についての規定がなされており、D I S 5 3 4 9 をもとに作成されている。(図 3 - 13 参照)

(1979 年 4 月)

(3) その他の規格等

ここでは、主としてわが国における行政機関より出された通達等について記述する。

☐ チェンソー以外の振動工具の取り扱い業務に係る(特殊健康診断
振動障害予防)について、

労働省基発 4 5 号 基発 6 0 8 号～6 1 0 号
昭和 4 9 年 1 月 2 8 日 昭和 5 0 年 1 0 月 2 0 日

本通達には工具の選定、作業時間、工具操作法、施設、保護具、健康診断、健康管理等に関する指針が述べられている。工具の選定の項では、ハンドルが防振ゴムでおおわれており、握り部は、防振材料でおおわれていることを規定している。

なお、対象となる振動工具としては、さく岩機類、ブレーカ、ピックハンマ類、ドリル類などの打撃工具、チェンソーを除くエンジン内蔵工具、研削盤、その他を規定している。

☐ 手持ち動力工具の工具振動レベルの測定方法について、 労働省基発 2 0 7 号
昭和 5 4 年 7 月 1 1 日

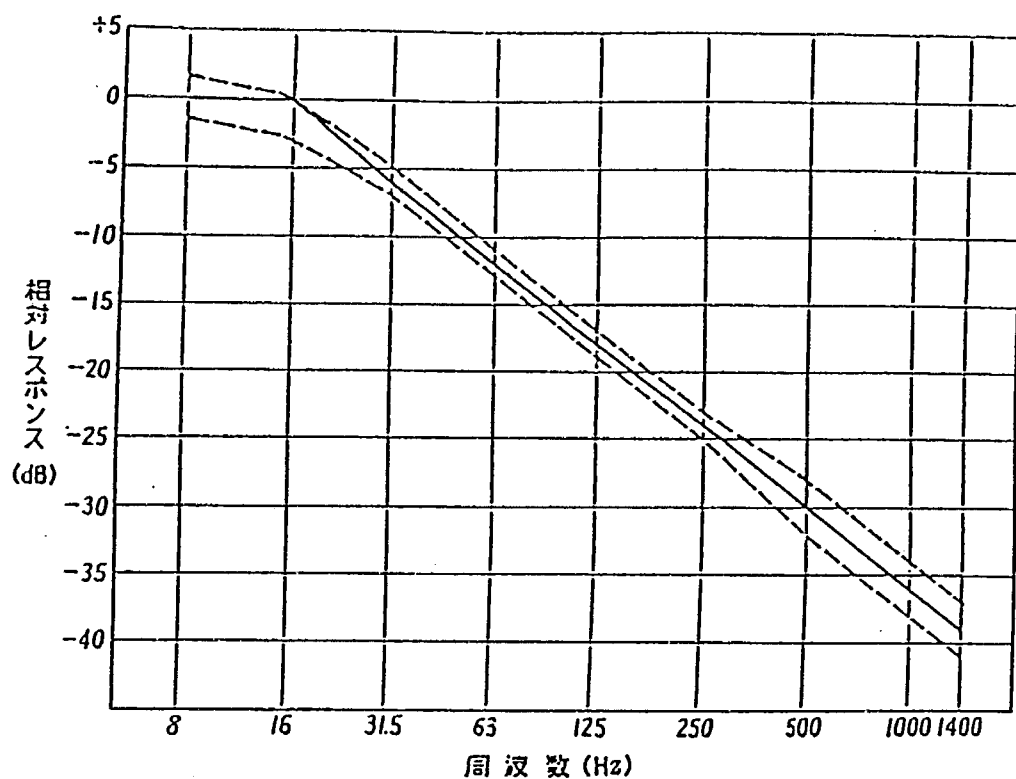


図 3-13 (JISC 1511) 手持工具用振動レベル計周波数特性

本規定は、労働省労働基準局より都道府県労働基準局宛に通達されなものであり、JISC 1511に定める振動レベル計を用い、DIS 5349に準じて計測を行うこととしている。対象機種は前者と同一である。

参考までに、チェンソーに係る通達等としては、次に挙げるものがある。

- ☐ チェンソーの防振対策について、

労働省安発第 38 号
昭和 42 年 10 月 5 日

本通達は、林野庁での防振装置の開発結果に基づいて、労働省より出されたものであり、改良ハンドルの使用により、従来 10 G であった振動が 3 G 以下に低減されると記している。

- ☐ チェンソー使用に伴う振動障害の予防について、

労働省基発 134 号
昭和 45 年 2 月 28 日

本通達には、1 日 2 時間という作業時間規制、健康診断と予防、その他について規定がなされている。

□ チェンソーの規格

労働省告示 85 号

昭和52年9月29日

チェンソーの機構、振動測定方法、振動の限度（各1/3オクターブバンド中心周波数毎に 29.4 m/sec^2 以下であること）等に関する規定が盛り込まれている。

□ 振動障害に関する規定（44林協第45号）

□ 振動機等に関する覚書（44林協第48号）

最後に、振動病の認定基準に関する通達としては、チェンソーならびにブシュクリーナに関して、労働省基発501号（昭和50年9月22日）、その他の手持工具の局所振動に係るものとして、労働省基発307号（昭和52年5月18日）がある。

なお、海外での振動暴露基準値の主なものを図3-14にまとめて示す。

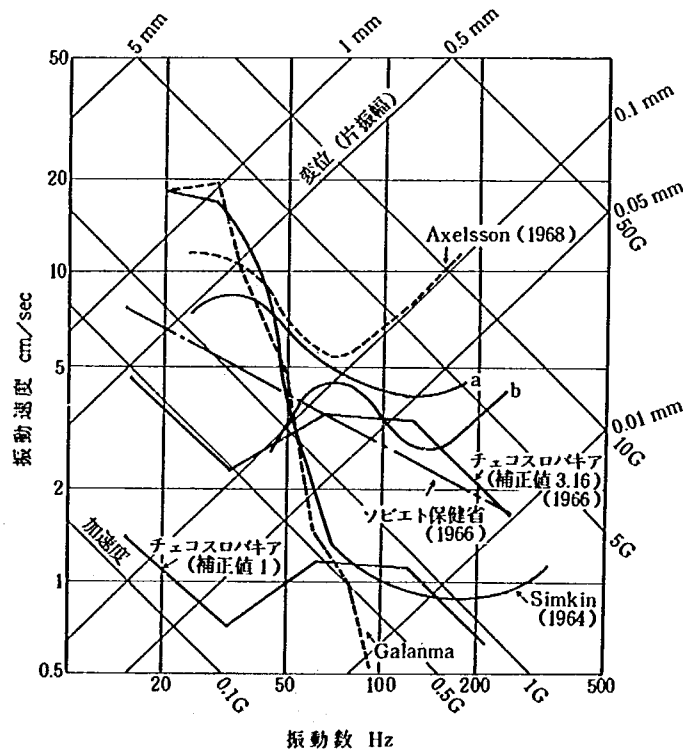


図3-14 諸外国の局所振動許容基準

3.2 搭乗建設機械の振動測定に係る既存資料

本項は、表2-2に示す調査表により得られた、搭乗建設機械の振動測定例に関して、採用されていた測定方法、測定値を中心にとりまとめたものである。

3.2.1 資料数

今回の調査で得られた資料は、ブルドーザ16機種25例、履带式トラクタショベル8機種11例、車輪式トラクタショベル19機種19例、モータスクレーパ2機種7例、振動ローラ6機種6例であった。その内訳を表3-5に示す。わが国で主に使用される規格範囲を大旨カバーする資料が得られたと言える。

表3-5 搭乗建設機械の資料数

機種	項目	規格と資料数 (台)						合計(台)
ブル ドーザ		重 量 (t)						25
		～10	11～20	21～30	31～40	41～50	51～	
		4	6	2	7	4	2	
履 帯 式 トラクタショベル		バ ケ ッ ト 容 量 (m ³)						11
		～1.0	1.1～1.5	1.6～2.0	2.1～2.5	2.6～		
		0	2	2	6	1		
車 輪 式 トラクタショベル		バ ケ ッ ト 容 量 (m ³)						19
		～1.0	1.1～2.0	2.1～2.5	2.6～3.5	3.6～4.5	4.6～	
		5	3	4	2	2	3	
モ ー タ ス ク レ ー パ		ボ ウ ル 容 量 (m ³)						7
		23.0			33.6			
		5.うち(ツインエンジン2台) 振動吸収ヒッチ付1台			2.うち(ツインエンジン1台) 振動吸収ヒッチ付1台			
振 動 ロ ー ラ		重 量 (t)						6
		2.8	4.0	4.2	8.1	9.7	12.7	
		1	1	1	1	1	1	

3.2.2 測定方法、測定条件

搭乗建設機械の振動測定に於いて採用されていた測定方法、測定条件等を一覧表としてまとめたものが表3-6である。

これらの測定方法と、各機種との対応は次の通りであった。

。ブルドーザ	—————	I-A, B, C
。履带式トラクタショベル	—————	I-A, B, C
。車輪式トラクタショベル	—————	I-A, D, E
。モータスクレーパ	—————	I-A
。振動ローラ	—————	I-C, F

測定値は、ISO 2631あるいはJISC 1510に規定される感覚補正を行った振動加速度(表3-6中のVL)で表示する傾向が見られたが、単位としては、dB表示、 m/sec^2 による表示の2種類が見られた。また、データ処理の方法に関しては、パワー平均を求める方法、 L_{50} を求める方法、最大値を読みとる方法などが混在していた。また、一部に周波数分析を行った例も存在した。

測定時の機械の作業条件に至っては、全く統一がとられていないと言っても過言ではなからう。

3.2.3 振動の実態

ここでは、収集された資料に報告されている振動測定データのうち、オールパス(VAL)あるいは、感覚補正(VL)振動加速度のレベルの値を(m/sec^2 の形で報告されているものは、JISC 1510に示される振動レベルの形に換算して)紹介する。なお、換算は次式によった。

$$VL = 20 \log_{10} (a_w / a_0) \quad (dB)$$

$$VAL = 20 \log_{10} (a / a_0) \quad (dB)$$

ここに、 a_0 : 基準加速度 $10^{-5} m/sec^2$

a_w : 感覚補正(JISによる)を行った振動加速度実効値 (m/sec^2)

a : 感覚補正しない振動加速度実効値 (m/sec^2)

(I) ブルドーザ

座席上の上下振動のVL値(dB)を表3-7に示す。この表によれば、ブルドーザの場合93~109dBの範囲にあるが、作業条件、作業サイクル、測定方法および解析方法等が統一されておらず、そのまま比較あるいは評価するには、問題があると思われる。但し、全体の傾向を見るため、表3-7の作業サイクル平均のVL値を重量別にグラフに表わしたものを図3-15に示す。ISO 7096の許容基準である $1.25 m/sec^2$ (102dB)

表 3 - 6 搭乗建設機械振動測定法の実態調査結果 (その1)

測定法 条件	I - A	I - B	I - C
振動の表示	*VL (m/sec^2)	VL (dB)	VL (dB)
測定方法	DIS7096に準拠したピックアップ(圧電型) データレコーダ → FFTアナライザ → X-Yプロッタ (パワースペクトル) データレコーダ → 振動レベル計 (フィルタ) → ミニコン → ラインプリンタ (VL値) (測定点) 座席上 1方向、座席取付部3方向 VL値は上下方向のみ解析	300×300×30mmの薄箱内に圧電型ピックアップを内蔵したもの。 データレコーダ → 等感度フィルタ → 時間定数計 → VL₁₀ (測定点) 座席上のみ1方向	DIS7096に準拠したピックアップ(圧電型) データレコーダ → 1/3オクターブ分析器 → デジタル解析器 → 瞬時値ペンチ 電算機 → VL値パワー平均 / 1/3オクターブ各帯域毎のパワー平均 (測定点) 座席上、座席取付部各々3方向
測定条件	ブルドーザー 現場での押土作業 試験場内での押土作業 履帯式トラクタショベル 試験場内でのV作業 車輪式トラクタショベル 現場での作業 試験場内での作業 モータスクレーパー 現場での作業	ブルドーザー 碎石場でのリッピング作業 および掘削押土作業 履帯式トラクタショベル 碎石場での押土作業 試験場内でのV作業 および押土作業	現場での作業状態 約20～30分間記録
データ処理	VL値: 公害振動計フィルタを通し、各作業内容毎及び1サイクルのパワー平均 パワースペクトル: サンプル間隔 5msec " 個数 1024個 ウィンドウ ハニングウィンドウ 分解能 195.3125mHz アベレーシング回数 387～2089	人間の振動等感度フィルタ(ISO2631)を通し振動レベルを求め、その累積曲線の50%値を求めた。 { サンプル間隔 0.3秒 サンプル個数 1000個	1/3オクターブバンド分析器を通し、各帯域毎に2秒間隔で180個のVAL瞬間値をペンチ。 次いで電算処理により各帯域毎及びVL値のパワー平均を求めた。 注) 作業間隔に不明確な点有り。

*本表内で用いられているVL、VALは、単に感覚補正を行ったか否かという意味で使用されており、表示単位、平均値のとり方は、本表内の方法を採用している。

表 3 - 6 搭乗建設機械振動測定法の実態調査結果 (その 2)

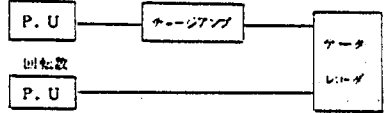
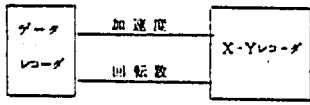
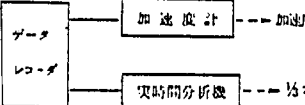
測定法 条件	I - D	I - E	I - F
振動の大きさ	V A L (m/sec^2)	V A L (dB)	V L , V A L (dB)
測定方法	φ250mmの鋼製円板にビックアップを固定 座席上 加速度 (上下)  回転数  	φ200mmの鋼製円板にビックアップを固定 座席上 (上下)  座席取付部 (上下)   --- 加速度レベル値時値記録 --- 1/3オクターブ分析	ビックアップを座席とオペレータの間にはさみ込んで使用  V L 値、V A L 値をメータより直読。 圧電型 (測定点) 座席上、座席取付部各々上下方向について計測
測定条件	定位停止状態 オペレータ体重: 70kg 測定: エンジン回転数をスリップさせ連続記録	路面: コンクリート舗装 作業: 定置、走行 (F1) (F3)、けん引 (F1) オペレータ体重: 70kg 測定: 各状態について 5 分程度	1 ~ 2 Km/h 前後進、エンジン最高回転 (振動最高の速度段) メーカー試験場内で測定。
データ処理	加速度最大値を記録	• VAL: 5 秒間隔で 50 秒間、VAL 値瞬時値のサンプリングを行ない、10 秒平均を求めた。 • 1/3オクターブ分析: F3 走行時について瞬時値を記録。	メータより V L 値 V A L 値を直接読み取った。

表3-7 ブルドーザ振動実態調査結果（座席上振動のVL値（dB））

全装置 重量(t)	方 向 作業区分	上 下 方 向				前後方向	左右方向	測定方法
		リッピン	押 土	後 退	1サイクル (平均)	1サイクル (平均)	1サイクル (平均)	
3.5		-	108	105	107	-	-	I - A
7.2		-	99	103	101	-	-	
10.1		-	101	102	101	-	-	
13.8		-	109	103	107	-	-	
16.0		-	106	100	104	-	-	
17.1		-	104	106	105	-	-	
21.0		-	106	98	102	-	-	
22.6		-	98	100	99	-	-	
31.6		-	101	102	101	-	-	
31.6	97		99	102	100	-	-	
42.1	-		96	95	96	-	-	
42.1	-		105	108	106	-	-	
42.1	98		98	99	98	-	-	
50.9	103		102	100	102	-	-	
86.0	-		93	94	93	-	-	
6.2		-	-	-	98	81	81	I - C
6.2		-	-	-	102	100	99	
14.5		-	-	-	102	98	94	
15.7		-	-	-	104	100	101	
31.6		-	-	-	99	96	95	
42.1		-	-	-	106	84	83	
39.0		-	-	-	102*	-	-	I - B
39.0		-	-	-	95*	-	-	
39.0		-	-	-	101**	-	-	
39.0		-	-	-	96**	-	-	

注) *リッピン作業
**掘削押土作業

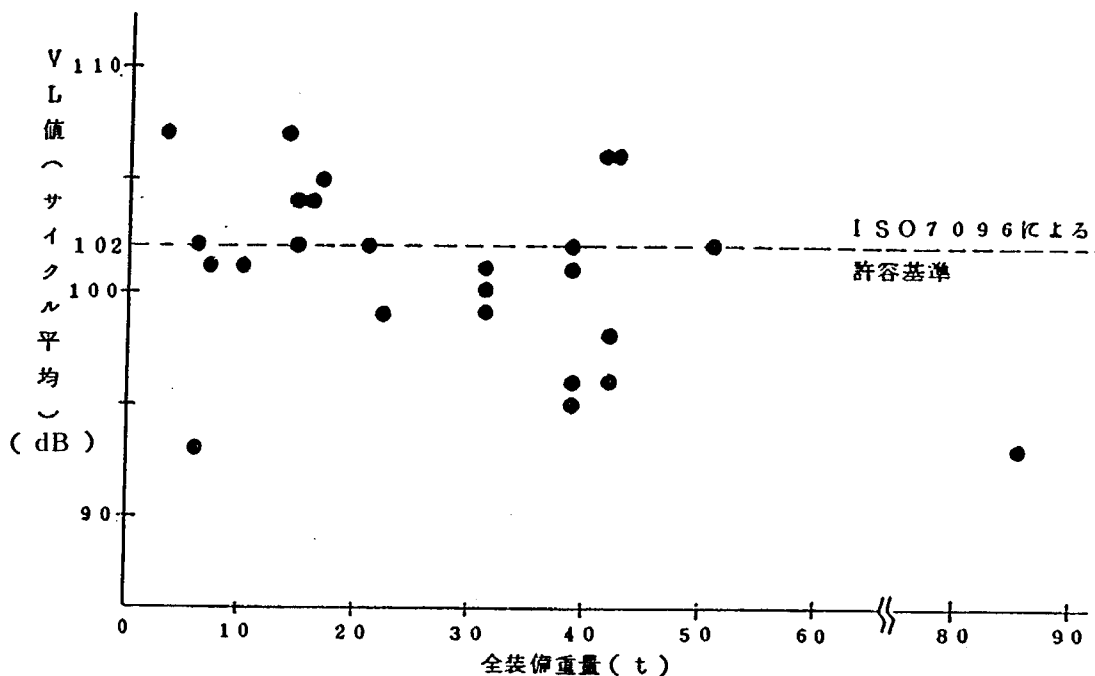


図 3-15 ブルドーザの座席上の上下振動の VL 値と全装備重量の関係

と照合して見ると、小形 (3.5 ~ 17.1 t) では 102 dB を超えるものが多く、大形 (21.0 t 以上) では少ない。

オペレータの振動を考える場合、上下方向のみでなく、水平方向 (前後、左右) についても考慮すべきであるという意見もあるが、水平方向の測定データはきわめて少なく、またその測定条件もあいまいな点があることから今回の調査では傾向を掴み得るには至らなかった。

(2) 履帯式トラクタシヨベル

座席上の振動の VL 値を表 3-8 に示す。これらのデータによると、81 ~ 107 dB の範囲となっているが、ブルドーザの場合と同様な理由で、そのまま比較あるいは評価の対象とするのは困難である。表 3-8 の上下方向の VL 値をバケット容量別にグラフに表わしたものを図 3-16 に示す。一部に ISO 7096 による基準 (102 dB) を超えるものがあるが、同一規格間でのばらつきが大きく、また現場条件、作業条件、車両状況等で不明確な点もあり、更に調査が必要であろう。

水平方向 (前後、左右) についても、測定データが少なく、またその測定条件もあいまいな点があることから、傾向を掴み得るには至らなかった。

表 3-8 履帯式トラクタショベル振動実態調査結果 (座席上振動のVL値 (dB))

バケット容量 量山積 m^3	V L 値 (dB)			作業内容	測定方法
	上下	前後	左右		
1.3	99	-	-	ストックパイル Vシフト	I-A
1.8	99	-	-	"	
2.1	102	-	-	"	
3.9	96	-	-	"	
1.4	93	88	81	不明	I-C
1.8	104	82	102	"	
2.1	102	82	82	"	
2.2	99	105	104	押土	I-B
2.2	89	-	-	堀削排土, Vシェーブ	
2.2	107	-	-	"	
2.2	85	-	-	押土整地	

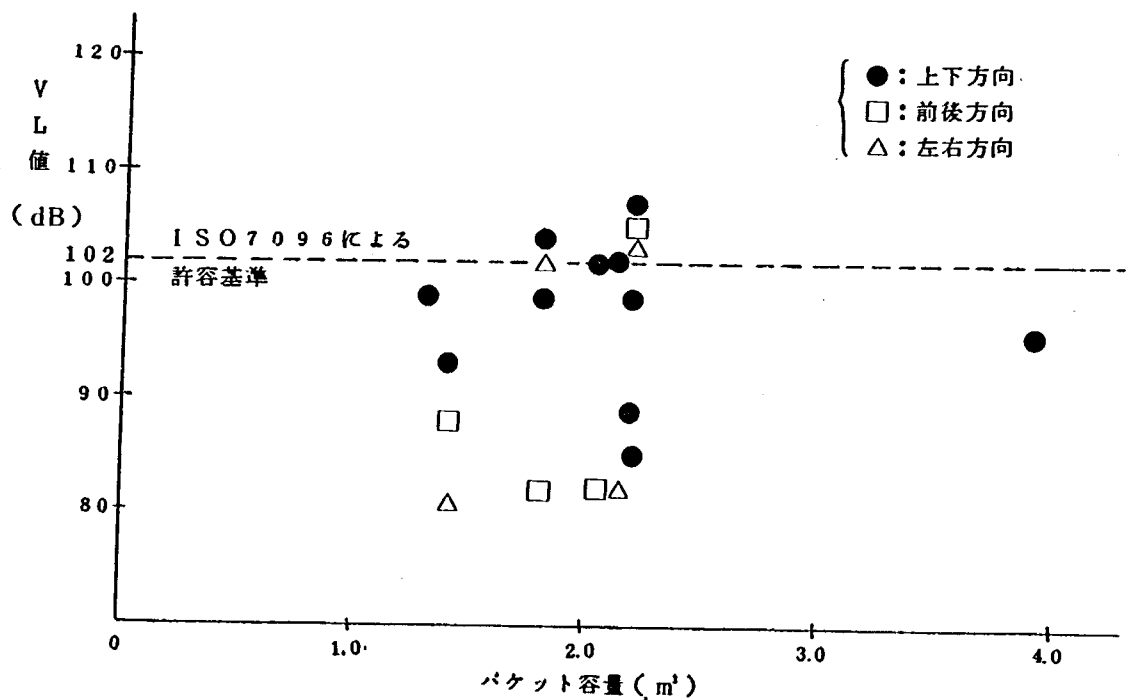


図 3-16 履帯式トラクタショベルの座席上振動のVL値とバケット容量の関係

(3) 車輪式トラクタショベル

測定条件がそろっている座席上および座席取付部の上下方向の測定値についてまとめると表3-9及び図3-17のとおりで、座席取付部と座席上のVAL値による振動レベルの比較では15dBの差で座席取付部の方が高くなっている。また、これら資料からおおよそぎのことが考察される。

- a) 機械の規格の大きさによる振動レベルの相違はみられない。
- b) コンクリート路面走行時の振動レベルは車両停止エンジン回転時とあまり差がない。

なお、上記の比較はVAL値によるものであるが、車輪式トラクタショベルの機構上、低周波成分に大きく支配されるVL値で比較した場合、全く異なった傾向を示すことも予想されるので注意を要する。

(4) モークスクレーパ

資料数が少ないので精度の高い解析は無理であるが、運転席上の上下方向の振動加速度について全般的な傾向をまとめると表3-10及び図3-18のとおりである。作業1サイクルの中において掘削時はVL値で95~100dBと幾分低く、運搬、捨土、回送の時はVL値で100~110dBと高い傾向を示すことがわかる。

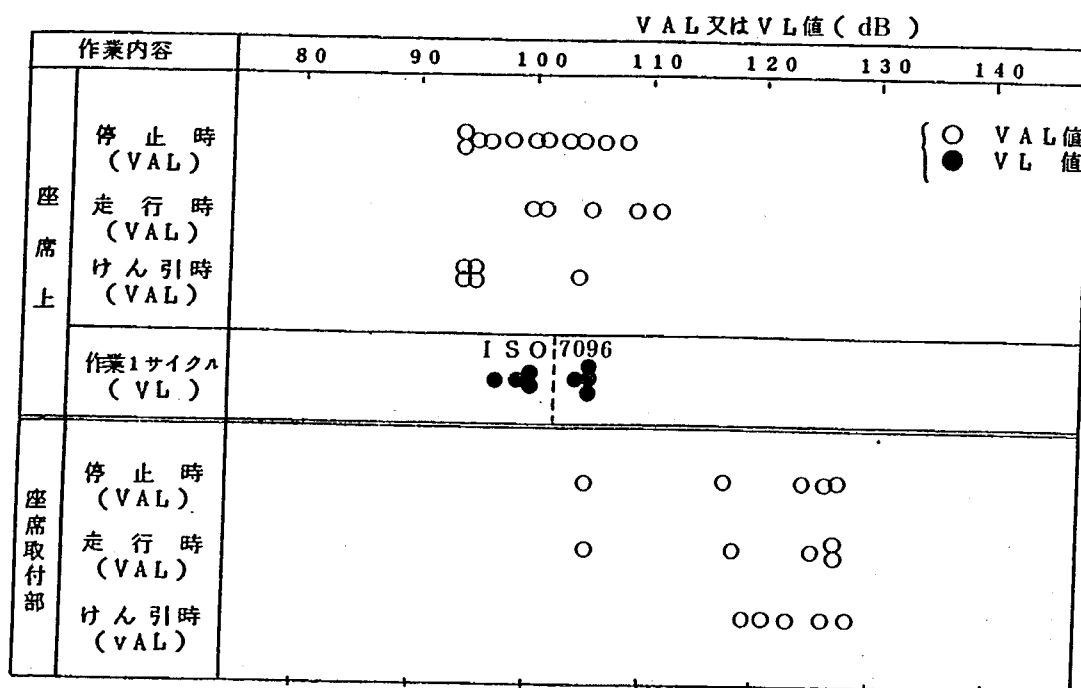


図3-17 車輪式トラクタショベルの上下方向振動 (VAL値, VL値) と作業内容との関係

表 3-9 車輪式トラクタショベル振動実態調査結果 (上下方向振動のVAL値VL値)

走行時

上下方向、VAL (dB)

バケット容量 (m^3)	加 速 度 VAL (dB)						測定方法
	座 席 上			座席取付部			
	F 1	F 3	けん引時	F 1	F 3	けん引時	
0.6	109.4	107.8	104.4	126.3	126.7	128.1	I - E
1.2	101.4	103.3	93.8	124.4	125.4	121.4	
1.6	97.9	99.8	95.4	127.4	127.4	123.3	
2.0	105.4	110.7	93.8	104.5	104.5	105.8	
3.2	93.8	101.4	94.6	117.9	117.9	118.9	

停止時

上下方向、VAL (dB)

バケット容量 (m^3)	加 速 度 VAL (dB)		測定方法
	座 席 上	座席取付部	
0.75	98	-	I - D
1.0	101	-	
2.3	104	-	
3.3	92	-	
3.9	100	-	
5.6	94	-	
0.6	107.8	125.8	I - E
1.2	101.4	124.4	
1.6	92.9	127.4	
2.0	105.8	104.9	
3.2	91.9	116.7	

作業時 (1作業サイクル平均)

上下方向、VL (dB)

バケット容量	加速度 VL (dB)	＊作業場所	測定方法
0.6 (m^3)	座席上 100	A	I - A
1.0	" 105	B	
1.7	" 104	B	
2.1	" 105	B	
2.3	" 100	A	
4.0	" 99	B	
5.4	" 105	B	
9.6	" 97	B	

＊ A 建設機械化研究所試験場 B、メーカー試験場 (秩父)

表 3-10 モータスクレーバ振動実態調査結果（座席上上下方向振動のVL値(dB)）

規 格 バケット容量 m³	掘 削	運 搬	捨 土	回 送	1サイクル 平 均	作業場所	*** 測定方法
2 3.0 *	102	110	109	104	107	A	I-A
2 3.0	96	100	105	105	103	A	
2 3.0	98	108	101	102	103	A	
2 3.0 *	101	104	108	107	106	B	
3 3.6 *	102	101	103	104	102	C	
2 3.0 **	96	106	104	101	102	A	
3 3.6 * **	99	104	-	104	-	C	

作業場A、Bは造成工事現場、Cは土取り工事現場

*；ツイソエンジン

**；クッションヒッチ付

***；測定法表 1.2.2 参照

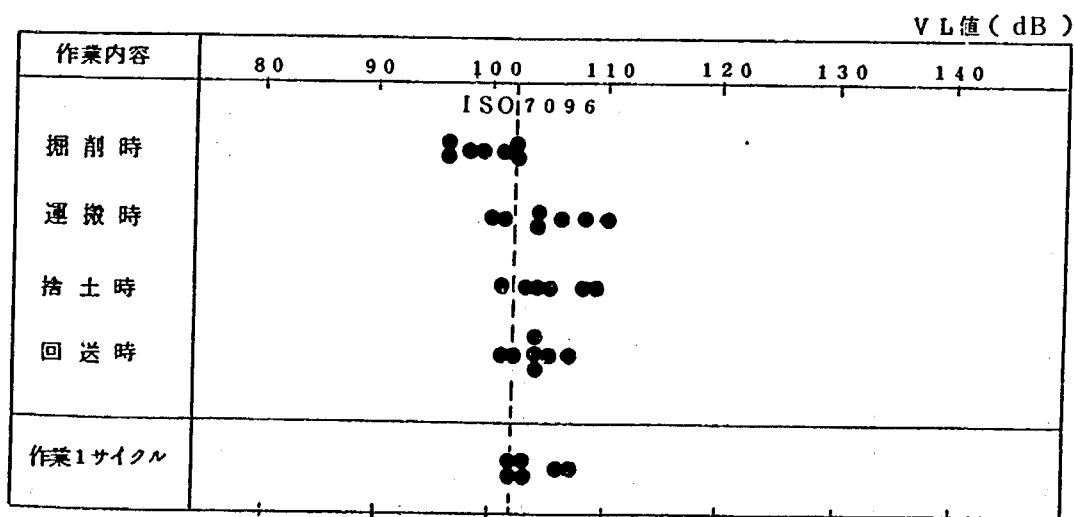


図 3-18 モータスクレーバ座席上の上下方向振動VL値と作業内容との関係

また、これらの資料から、およそつぎのことが考察される。

- a) シングルエンジンに対しツインエンジンの方が振動レベルが高いようである。
- b) 機械の規格の大きさによる振動レベルの相異ははっきりしない。
- c) 作業現場の違いによる振動レベルの相異もはっきりしない。
- d) 座席上の加速度レベルに関する限り振動吸収ヒッチの効果はあまりはっきりでない。

(5) 振動ローラ

振動ローラは他の建設機械と異った振動の様相を示す。一部の大型土工用振動ローラを除き一般に比較的平坦な路面を低速で走行するため起振機による振動が主となる。このため運転席の振動は起振機回転数に高次の振動を重ねた定常振動を示している。起振機の回転数は2,000～3,000 rpm(33～60 Hz)であり、振動の方向は起振機がほとんど一軸偏心式のため上下、及び前後に表われている。

振動は他機種に比べ高周波域にあるためISO 2631による振動評価曲線で人体に影響を与えるとされる低周波域の振動は小さい。

振動の実測値は実測データ数が少ないが表3-11及び図3-19に収集データの値を示す。振動ローラは形態、構造がさまざまであり収集データからは傾向はつかみにくい。座席上では上下方向VL値で84～112 (dB) 取付部で92～99 (dB) を示している。

表 3-11 振動ローラ振動実態調査結果

VL値又はVAL値 (dB)							
重 量	座 席 上				座席取付部		測定方法
	前 後	左 右	上 下		上 下		
	VL	VL	VL	VAL	VL	VAL	
2.8 ^t	-	-	96	110	95	102	I - F
4.0 ^t	104	98	112	-	96	-	I - C
4.2 ^t	95	104	103	-	99	-	
8.1 ^t	-	-	90	105	92	108	I - F
9.7 ^t	-	-	93	101	93	105	
12.7 ^t	-	-	84	96	93	103	

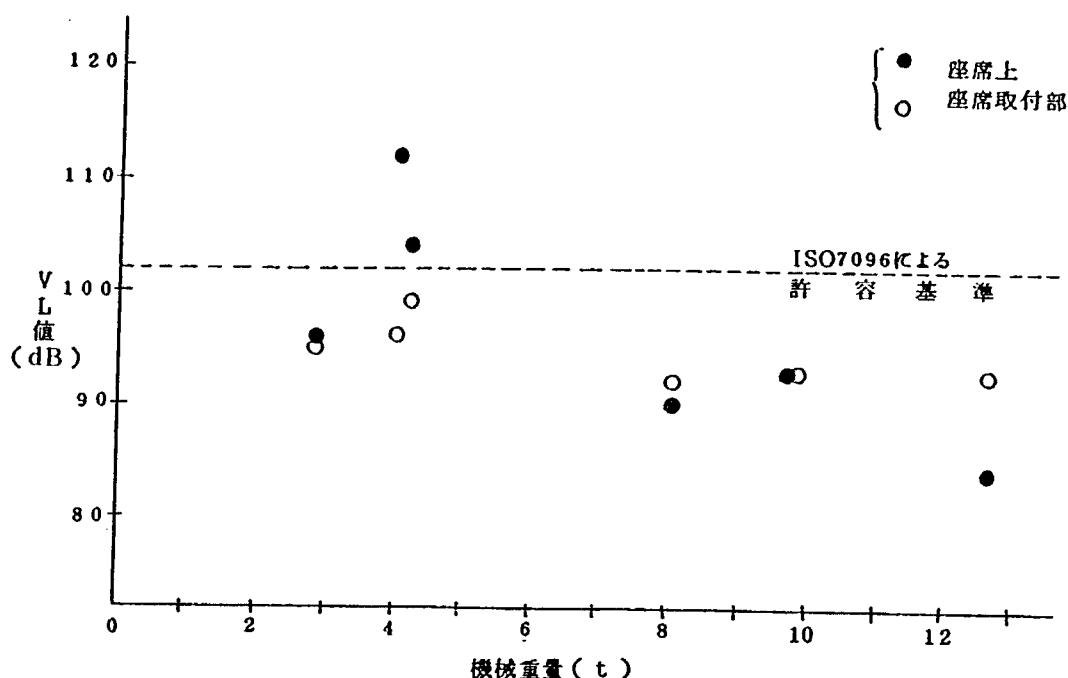


図 3-19 振動ローラの上下方向振動 VL 値と機械重量との関係

3.3 建設工事用手持工具等の振動測定に係る既存資料

本項は、表 3-3 に示す調査表により得られた、建設工事用手持工具等の振動測定例に関して、採用されていた測定方法、測定値を中心にとりまとめたものである。

3.3.1 資料数

今回の調査で得られた資料は、ブレーカ 11 例、レッグドリル 5 例、振動コンパクタ 2 例、タンバ 2 例、並びにハンドガイド振動ローラの振動測定に係る文献が 1 例であった。その内訳を表 3-12 に示す。一般に振動が大きいとされているブレーカ、レッグドリルに関しては、その振動測定例も多いようであるが、他の機械に関する測定例は非常に少ないことがわかった。

3.3.2 測定方法、測定条件

手持工具等の振動測定において採用されていた測定方法、測定条件等を一覧表としてまとめたものが、表 3-13 である。

これらの測定方法と、各機種との対応は次の通りであった。

- ブレーカ ————— II-A, B
- レッグドリル ————— II-A, B
- ハンドガイド振動ローラ ————— II-C

表 3 -12 建設工事用手持工具等の資料数

機 種 \ 項 目	規 格 と 資 料 数 (台)			合 計 (台)
ブ レ ー カ	重 量 (kg)			1 1
	20kg 級	30kg 級	35kg 級	
	3	6	2	
レ ッ グ ド リ ル	重 量 (kg)			5
	20～30	31～40	41～50	
	1	3	1	
ハンドガイド 振 動 ロ ー ラ	文献によるため不明			—
振 動 コ ン パ ク ト	重 量 (kg)			2
	60		90	
	1		1	
タ ン パ	重 量 (kg)			2
	60		80	
	1		1	

。振動コンパクタ ————— II - A

。タンパ ————— II - A

測定値は、DIS5349あるいはJISC1511に規定される感覚補正を行った振動加速度（表3-13中のVL）をdB表示する方法が大多数であった。データ処理の方法としては、レベル波形からの直読によるもの、マイコンを使用したもの、振動計の指示値の直読によるものの3種類であったが、この結果は、測定法が少数にまもっていたというのではなく、測定例が僅少であったという事実に起因するものである。

3.3.3 振動の実態

ここでは、収集された資料に報告されている振動測定データのうち、オールパス（VAL_h）および感覚補正（VL_h）振動加速度のレベルの値を（Gの形で報告されているものは、JISC1511に示される工具振動レベルの形に換算して）紹介する。なお、換算は次式によった。

表 3-13 建設工事用手持工具等振動測定法の実態調査結果

測定法	Ⅱ - A	Ⅱ - B	Ⅱ - C
条件 振動の表示	* VAL_h , VL_h (dB)	VL_h (dB)	VAL_h (g)
測定方法	ハンドル P.U. → 手持工具用 3方向圧電型 → 振動レベル計 → データ レコーダ データ レコーダ → 実時間 分析器 → レベル レコーダ → レベル波形 オクターブ分析図 VL_h値, VAL_h値	ハンドル P.U. → 手持工具用 3方向圧電型 → 振動レベル計 → データ レコーダ データ レコーダ → A-D 変換器 → マイクロ コンピュータ VL_h値 (L_{eq}, L_{10}, ピーク値) 1/3オクターブバン ド分析	ハンドル P.U. → 汎用 1方向圧電型 → 振動計 マークを直読 (上下, 前後方向 に付けかえて使 用)
測定条件	室内試験, レバー全開 供試体 { 橋梁コンクリート桁 (圧縮強度 211kg/cm ²) プレーカ 整地された地面 振動コンパクタ 小石を敷いた土の上 タンバ レンダリル	メーカ試験場, 空気圧 5kg/cm ² 供試体: 稲田花崗岩 (圧縮強度 2000kg/cm ²)	不明
データ処理	VL_h 値, VAL_h 値: レベルレコーダより直接読み取り オクターブバンド分析: 瞬時値を記録	VAL_h 値: AD変換したデータを0.1秒毎に60秒間、マイ コンに取り込み、 L_{eq} , L_{10} , ピーク値を求めた。 1/3オクターブバンド分析: AD変換後マイコン処理 3分間取り込み、5回の平均 をとった。	振動形のマークを直読

* 本表内で用いられている VL_h , VAL_h は、単に感覚補正を行ったか否かという意味で使用されており、表示単位、平均値のとり方は本表に示す方法を採用している。

$$VL_h = 20 \log_{10} (a_{hw} / a_o) \quad (\text{dB})$$

$$VAL_h = 20 \log_{10} (a / a_o) \quad (\text{dB})$$

ここに, a_o : 基準加速度 10^{-5} m/sec^2

a_{hw} : 感覚補正 (ISO又はJISによる) を行った振動加速度実効値 (m/sec^2)

a : 感覚補正しない振動加速度実効値 (m/sec^2)

(1) ブレーカ, レッグドリル

ブレーカ, レッグドリルの振動測定値を表3-14に示す。なお, ブレーカに関しては, 一部に測定器の測定レンジを明らかにオーバーしていると判断されるもの (表中 () で示す) があったので, 以下, これらは検討の対象外とした。

ブレーカに関しては, その振動が最大となる方向軸の工具振動レベル (VL) は, 規格に関係なく $122 \sim 123 \text{ dB}$ であることが判明した。また, 一部にハンドルをゴム被覆して防振を図ったものもあったが, 全く効果が認められないようである。

レッグドリルについては, 同じく $126 \sim 129 \text{ dB}$ であり重量の大きなものの方が若干工具振動レベルが増大する傾向にあることが明らかになった。振動の大きさと規格との関係を図3-20に示す。

(2) ハンドガイド振動ローラ

小型のハンドガイド式機械については, オペレータの振動評価は殆どが“手感”によりおこなわれており, 実測を行った例は, 非常に少ない。

ハンドガイド振動ローラに関しては, 汎用振動計による計測値が, 水平方向で $1.5 \text{ G} \sim 2.5 \text{ G}$ ($123 \sim 128 \text{ dB}$), 上下方向で $2 \text{ G} \sim 5 \text{ G}$ ($126 \sim 134 \text{ dB}$) であったと報告されている。なお, 測定方法は, II-Cによっている。

(3) 振動コンパクト, タンパ

振動コンパクトに関しては, 加速度の値は VL 値で上下方向が $117 \text{ dB} \sim 133 \text{ dB}$, 水平方向の内, 機体前後方向が $116 \text{ dB} \sim 125 \text{ dB}$, 左右方向 $110 \text{ dB} \sim 117 \text{ dB}$ となっており, 偏心軸の回転方向である上下方向, 前後方向に大きい値がでている。

タンパに関しては, 振動加速度の VL 値は上下方向で 123 dB , 水平方向の内, 機体前後方向が 120 dB , 左右方向が 120 dB となっており, 上下方向が水平方向に比べ, 3 dB 大きい値となっている。これはタンパの運動がクランクによる上下運動のためと思われる。(表3-15参照)

表 3-14 ブレーカ、レッグドリル振動実態調査結果

機種	規格 (kg)	振動加速度レベル VAL _h (dB)	工 具 振 動 レベル VL _h (dB)			備 考	測定法
ブ レ ー カ	20	(160)*	(160)*				Ⅱ-A*
	20	131	123			ハンドルゴム被覆 ガソリンエンジン	
	22	(160)*	(153)*				
	28	130	121			ガソリンエンジン	
	30	(151)*	(148)*				
	30	134	122			ハンドルゴム被覆	
	30	(157)*	(153)*			油 圧 式	
	32	(157)*	(153)*			油 圧 式	
	34	(151)*	(148)*				
	35	134	122				
	30					打撃数 1400 bpm	Ⅱ-B
		前後	L _{eq}	L ₁₀	ピーク		
		左右	113	114	131		
		上下	115	116	137		
レ ッ グ ド リ ル	32.1	143	128				Ⅱ-A*
	36.5	146	129				
	38.5	144	129				
	42.0	143	129				
	25.5					打撃数 1800~1850 bpm	Ⅱ-B
		前後	L _{eq}	L ₁₀	ピーク		
		左右	127	127	142		
		上下	123	124	137		
			125	126	145		

* 測定法Ⅱ-Aによるものは、3方向成分の測定値のうち、振動が最大となるものが報告されている。

* () 内の数値は、測定器のレンジをオーバーしていると判断されるもの。

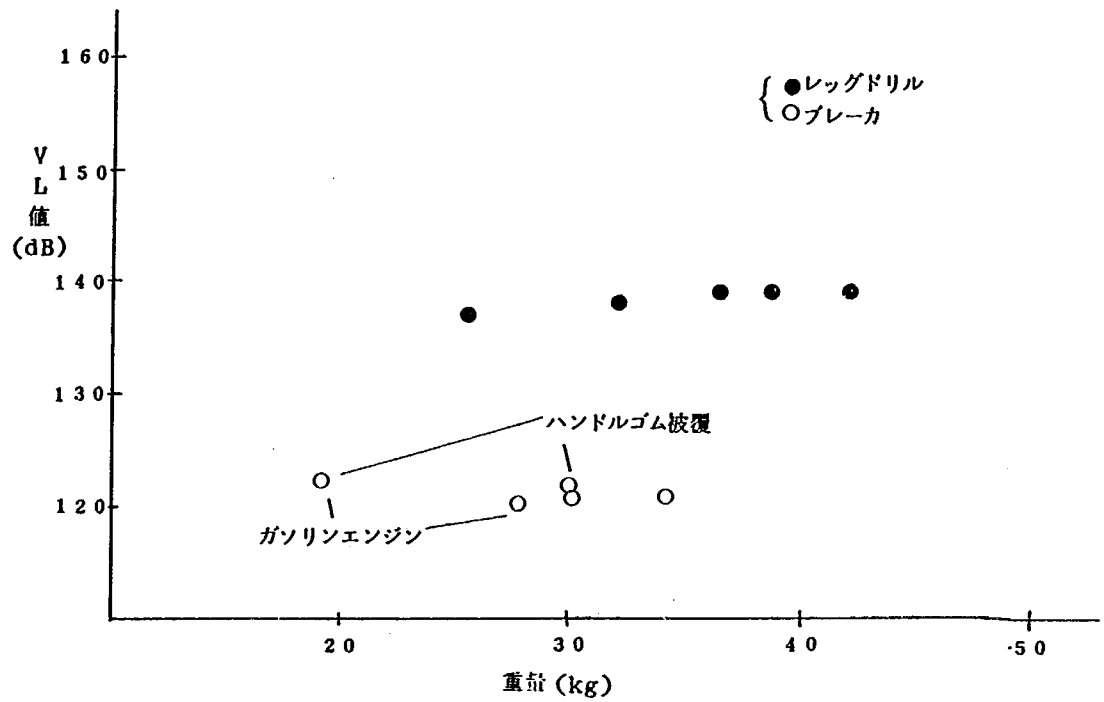


図3-20 ブレーカ、レッグドリル振動VL値（3方向のうちの最大値）と機械重量との関係

表3-15 振動コンパクタ、タンバ振動実態調査結果

機 種	重 量 (Kg)	振動加速度レベル V A・L (dB)			振 動 レ ベ ル V L (dB)			測定方法
		上 下	前 後	左 右	上 下	前 後	左 右	
振 動 コンパクタ	60	134	128	128	117	116	117	Ⅱ - A
	90	145	130	125	133	125	110	
タ ン パ	60	137	134	135	123	120	120	
	80	137	140	139	120	124	115	

3.4 まとめ

人間-機械系に関する振動測定に係る規格等の動向として、全身振動の測定、評価については、ISO 2631がその原点となる。具体的な加速度ピックアップの形状、データ処理方法については、ISO 7096が、振動計測器および表示単位に関しては、JISC 1510が参考となる。測定時の各機械の作業条件については、新たに統一をとる必要があるが、JISで制定されている各種性能試験方法における標準作業を基に、データの再現性を念頭に置きながら決定するのが妥当であろう。

局所振動の測定、評価については、DIS 5349がその基本となり、また、振動計測器および表示単位に関しては、JISC 1511に規定されている。機械の作業条件は、新たに統一をとる必要があることがわかった。

ここで、今回調査した規格のうちで、特に重要であると判断されるISO 2631、ISO 7096、JISC 1510、JIS Z 8735、DIS 5349、JISC 1511、労働省基発207号の主な内容を項目別に表3-16~17に示す。

なお、振動加速度の表示単位としてJISでは、 10^{-5} m/sec^2 を基準加速度とするdB表示が採用されているが、1983年以降、ISOでは、 10^{-6} m/sec^2 を基準加速度とするdB表示を採用することが決定されたので、諸外国の文献によるデータを採用する時には注意を要する。

次に、振動測定に関する既存資料調査結果より、振動測定方法については、建設機械メーカー各社間で特に統一された方法は存在しないことが判明した。特に、手持工具等に関しては、ブレーカ、レッグドリルを除いて、測定例も皆無に等しいことがわかった。

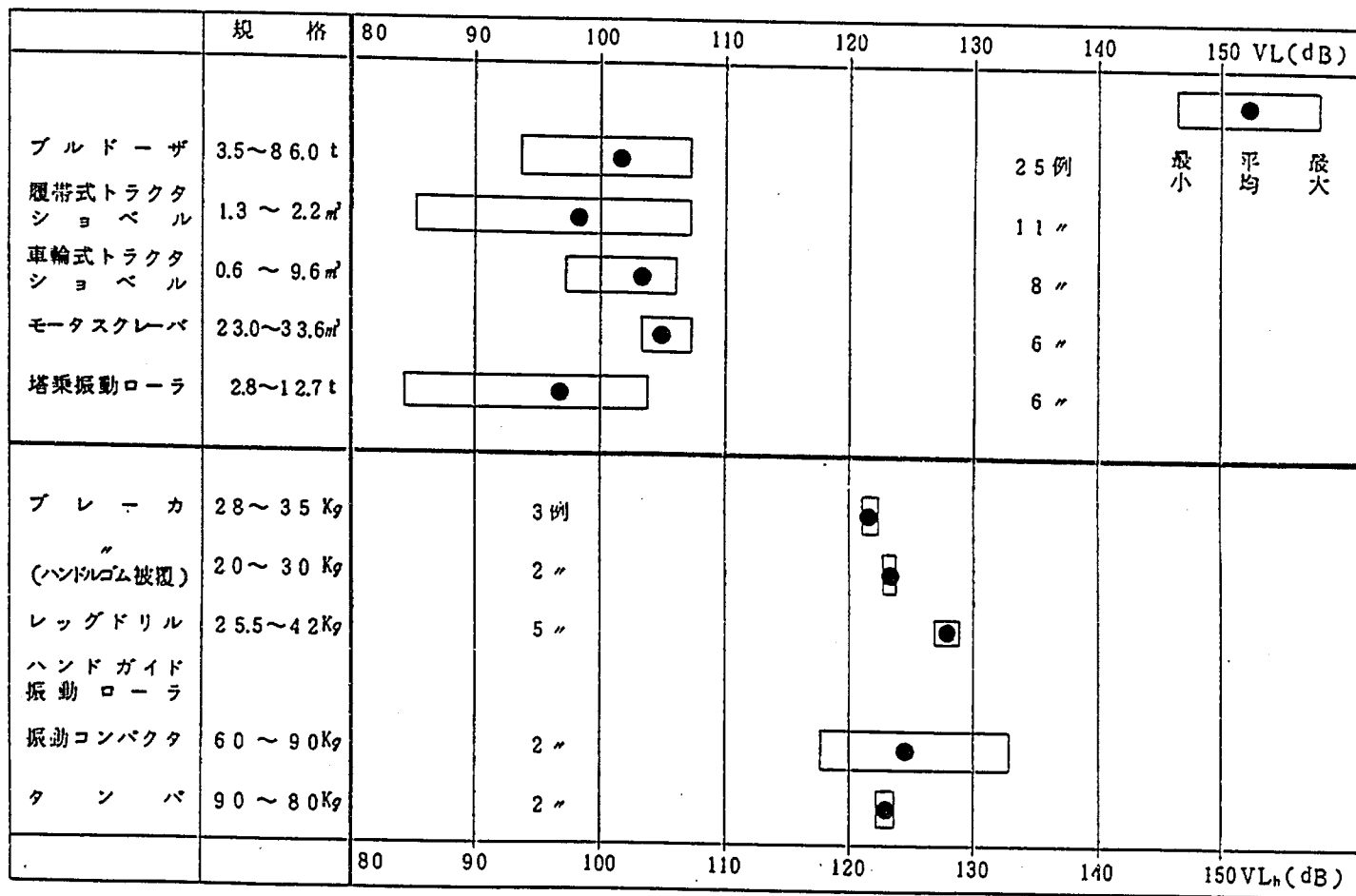
報告された振動の大きさについては、振動の大きさが振動レベル(VL)、工具振動レベル(VL_h)で報告されたものに限り、搭乗建設機械では、座席上の上下方向振動の作業1サイクル平均の測定値を、手持工具等では3方向のうち振動の大きさが最大となる方向の数値を採用し、一覧表としてまとめて図3-21に示す。測定方法、条件等が統一された上での測定値ではないので一つの表に一括して掲載、比較することには若干の抵抗も感じられるが、建設機械振動の実態を概観するための一助となろう。

表 3-16 搭乗建設機械の振動測定に係る規格等

項目	ISO 2631	ISO 7096	JISC 1510	JISZ 8735	問題点
適用範囲	車輛、諸機械類から立位又は、座位の人間に 入力される振動の測定 方法、評価方法につい て 1~80Hz 3方向成分	建設機械振動のオペレ ータシートによる伝達 特性の試験、計測、評 価方法について。 1~80Hz 上下方向成分	地盤振動、職場環境振 動の測定用機器につい て。(振動レベル計) 1~90Hz 3方向成分	地盤振動の測定方法に ついて。 1~90Hz 3方向成分	測定軸は1方向か3方 向か。
計測器	ピックアップ、増巾器、 指示計、記録計につい て。(IEC 184.222 に準ずる。) — 加速度実効値で表 示。感覚補正回路 etc.	ピックアップ、記録計、 感覚補正について。 — 測定範囲 0.8~40Hzで±2.5% 40~80Hzで±6% の誤差を持つディスク 伏P.U.を規定	← ISO 2631に基く が、水平方向感覚補正 特性、周波数範囲が若 干異なる。 — 時定数0.63秒	← JISC 1510 に 規定されるものを使用 する。	ディスク伏P.U. は 入手が困難である。 遮断特性の扱い。
測定箇所	振動が人体へ入力する 地点にピックアップを 挿入する。	オペレータシートと人 体との間にディスク伏 P.U.を挿入、及び座 席取付部に固定。	—	—	座席取付部を測定する か否か。
測定 (作業) 条件	—	(特定バクーン入力に対 する座席の特性試験)	—	—	測定条件の規定 速度、作業内容、オ ペレータ、機械姿勢 地面の状況
記録 方法	指示計を直読するか、 或は、後での解析の便 の為にデータレコーダ を使用する。	← ISO 2631に同じ。 データレコーダ特性 1~80Hzで±3% (rms値)の精度を 要求。	—	指示計直読。レベルレ コーダ、データ処理装 置、データレコーダ等 目的に応じて使用する。	
データ 整理 方法	広帯域ランダム振動の 場合は、IEC 225 に 規定される 1/1, 1/2 又は1/3 オクターブバ ンド分析を行い、各バ ンド毎の加速度実効値 を表示する。	① 1/3 オクターブバ ンド分析等を行い、 感覚補正値を算出す る。 ② 感覚補正回路使用時 は、 $a_{w1} = (\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2 dt)^{1/2}$ により、感覚補正値 を求める。 ①、②とも、室内試験時 は、1~20Hz、屋外試 験時は、1~80Hzの周 波数範囲を対象とする。	—	① 指示が変化しない時 →その値を読みとる ② わずかに(3dB以下) 変動する時→最大値 ③ 周期的に変動する時 →各ピークレベルの 算術平均値 ④ 大きく(3dB以上) 変動する時→80%レ ンジ 上端値=L ₁₀	L ₁₀ による表示(JIS) かL _{eq} による表示 (ISO)か
試験 回数	—	2つの測定値が両者の 算術平均値の±5%以 内に入るまで測定を繰 り返す。	—	—	試験回数を規定する必 要性は。
データ 表示法	各バンド毎の加速度実 効値で表示。便宜上感 覚補正値で表示するこ とも可。(m/sec ²)	シート上感覚補正加速 度実効値で表示。 (m/sec ²)	振動レベル(感覚補正) で表示。(dB)	振動レベル(感覚補正) で表示。(dB)	m/sec ² かdBか。
付記 事項	—	(シートの型式、加振 時間等)	—	測定日、測定場所、 測定器、 測定値の整理方法。	

表3-17 手持工具、ハンドガイド機械の振動に係る規格等

項目	DIS 5349	JISC 1511	労働省基発207号	問 題 点
適用 範囲	手持機械から手を通して人体へ入力される振動の測定並びに評価方法について。 8~1000Hz、3方向成分	手持機械から手を通して、人体へ入力される振動の測定機器について。 8~1400Hz、3方向成分	手持機械(チェンソーを除く)から手を通して人体へ入力される振動の測定方法について。 8~1400Hz、3方向成分	測定軸は機械に固定するか否か。
測定器	ピックアップ、増巾器、指示計、記録計について(IEC 184及び222に準ずる。) — 加速度実効値で表示。感覚補正回路について etc.	←DIS 5349に基くが周波数範囲は、8~1400Hz — 時定数0.63秒	←JISC1511に規定されるものを使用する。	遮断特性の扱い。
測定 個 所	手への振動入力地点或はその至近点にP、Uを設置する。	—————	標準的にハンドルを握る部位又はその至近点とする。	P、U、取付個所
測定 (作業) 条 件	手と機械のカップリング状態により、振動が大きく異なるので注意を要する。 将来は、伝達エネルギーを測定することが妥当となろう。 測定軸：右手を基準	—————	標準的な作業条件で行う。 (具体的記述ナシ) 測定軸：DIS 5349に同じ。	測定条件の規定 材料、押し付け力、 地面の種類 回転数
記 録 方 法	指示計を直読するか、又は後での解析の為、データレコーダを使用する。	—————	—————	—————
データ 整 理 方 法	広帯域ランダム振動の場合は、IEC 225に規定される1/1、1/2又は1/3オクターブ分析を行い、各バンド毎の加速度実効値を表示する。	—————	①指示値の変動が5dB以下の時→最大値 ②指示値の変動が5dB以上の時→80%レンジ上端値(L ₁₀) ③間欠的に変動する時→最大値の平均値 ※ Leqによる表示も併記	L _α による表示(JIS=労働省)かLeqによる表示(ISO)か。
試 験 回 数	—————	—————	—————	試験回数を規定する必要性は。
データ 表 示 方 法	各周波数帯域毎の加速度実効値で表示する。便宜上感覚補正值で表示することも可。 (m/sec ²)	振動レベル(感覚補正)で表示する。(dB)	振動レベル(感覚補正)で表示する。(dB)	m/sec ² かdBか。
付 記 事 項	—————	—————	測定年月日、場所等 工具の名称、原動機諸元等 被加工物、作業状況等 レベル計の型式等 ピックアップの型式等 指示の読み方	—————



{ 塔乗機械は、作業時平均の座席上の上下方向のVL値を、
手持機械は、3方向のうち、振動の大きさが最大のVL_h値を採用。

図3-21 昭和55年度既存データ調査結果（オペレータ振動対策委員会）

4 建設機械オペレータ振動測定要領(案) の作業条件の検証結果

4.1 概 要

第5章で述べるオペレータ振動測定要領(案)を決定するに際し、特に作業条件を決定するに当たっては関連規格に基づく机上検討のみならず、机上検討結果に基づく暫定一次案による振動測定を実施し、データの再現性などを検証し、その結果に基づき一次案を修正し最終案とした。本項では、上記作業条件の検証結果を紹介する。

ここで、一次案で暫定的に定めた作業条件の概要を表4-1に紹介する。この際、提案の基本原則として、塔乗建設機械は、走行時と作業時について、手持工具等は、作業時について測定をすることとし、作業条件は、原則としてJIS（各機械の性能試験方法）に基づくこととした。スクレーバに関しては、日本国内での市販台数が少ない等の理由から、現場における測定を標準とすることとしている。

なお、本章における測定の作業条件以外の他の条件（計測器、測定部位、データ処理法など）に関しては、第5章を参照されたい。作業条件に関しては、表4-1に示す条件の他、以下各項で述べる他の2～3の条件での測定も実施し、データ再現性の検討に資することとした。

表 4-1 暫定一次案における各機械の作業条件

塔乗建設機械		ブルドーザ	履 帯 式 トラクタショベル	車 輪 式 トラクタショベル	振 動 ロ ー ラ	ス ク レ ー バ
走 行 時	(走 路)	平 坦 土 道	←	コンクリート道	転 圧 土 道	
	(速 度)	中間速度段 前 後 進	中間速度段 前 進	←	←	
	(走行距離)	30 m 以 上	←	50 m 以 上	20 m 以 上	
	(走行回数)	3 回 以 上	←	←	←	
	(デ ー タ)	各回の速度の 安定した期間 のLeqのパー 平均値(dBVL)	←	←	←	
作 業 時	(測定場所)	平坦な作業場	←	←	転 圧 土 道	作 業 現 場
	(供試材料)	—	4 号 砕 石	←	—	—
	(速 度)	2 速	1 速～2 速	←	2 km/h	—
	(作 業)	溝掘削, 運搬	V方式積込作 業	←	前後進による 転圧	掘削～運搬～ 排土～回送
	(サイクル)	3サイクル以上	←	←	←	—
手 持 工 具 等	(デ ー タ)	全サイクルの Leq (dBVL)	←	←	←	←
手 持 工 具 等		ブ レ ー カ	レッグドリル	ハンドガイド 振 動 ロ ー ラ	振動コンパクト	タ ン バ
作 業 時	(供 試 体)	高強度コンクリ ート(又は花崗岩)	花 崗 岩	砂 地 盤	←	←
	(運転条件)	標準空気圧 軽く押し付け る	標準空気圧 レッグ角30° で自重	速度 2km/h 前 後進 最大起振力	前 進 最大起振力	前 進 最大起振力
	(測定時間)	1 回 当 り 30 秒 以 上	←	←	←	←
	(測定回数)	3 回 以 上	←	←	←	←
	(デ ー タ)	各回安定した 期間のLeq の パー平均値 (dBVL _h)	←	←	←	←

※各機種 “エンジン全開,” J I S による “標準状態” とする。

4.2 塔乗建設機械の作業条件の検証結果

4.2.1. ブルドーザ

(1) 調査機種

11t クラスブルドーザ1台 (昭和56年度)

(2) 調査場所

キャタピラ三菱(株)秩父センター, デモンストレーション用グラウンド

(3) 測定, 解析方法

測定は, 図4-1中Ⅲ, 解析は, 図4-2中の㊦, ㊧によった。

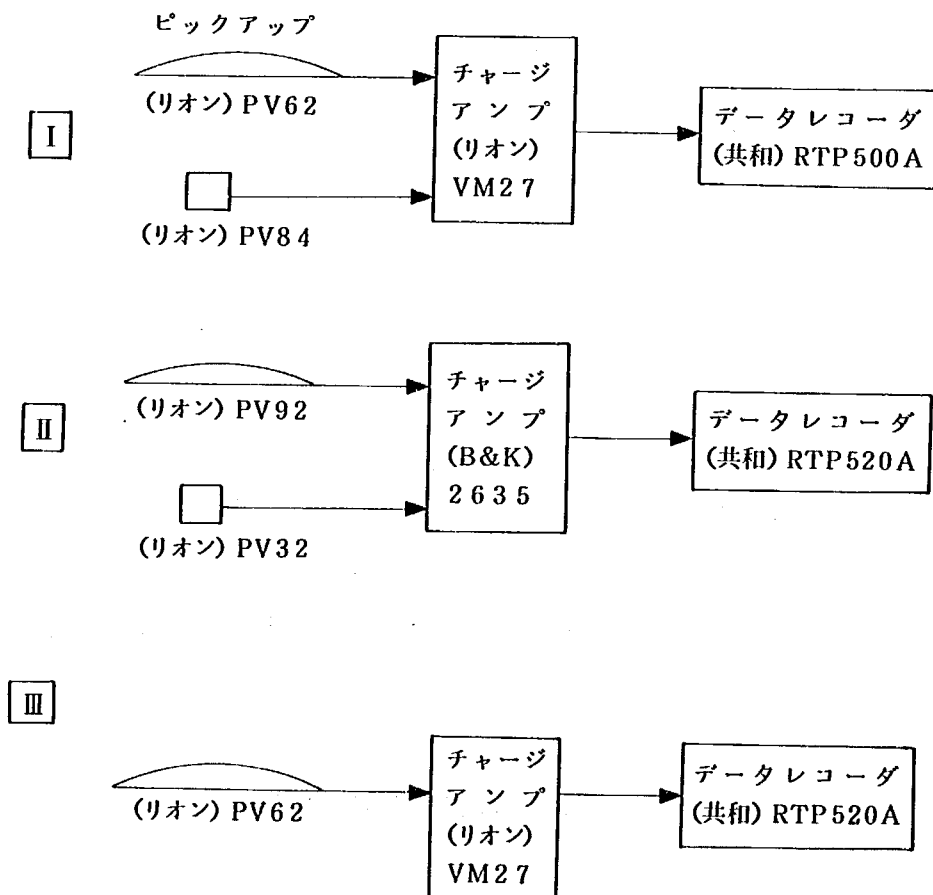
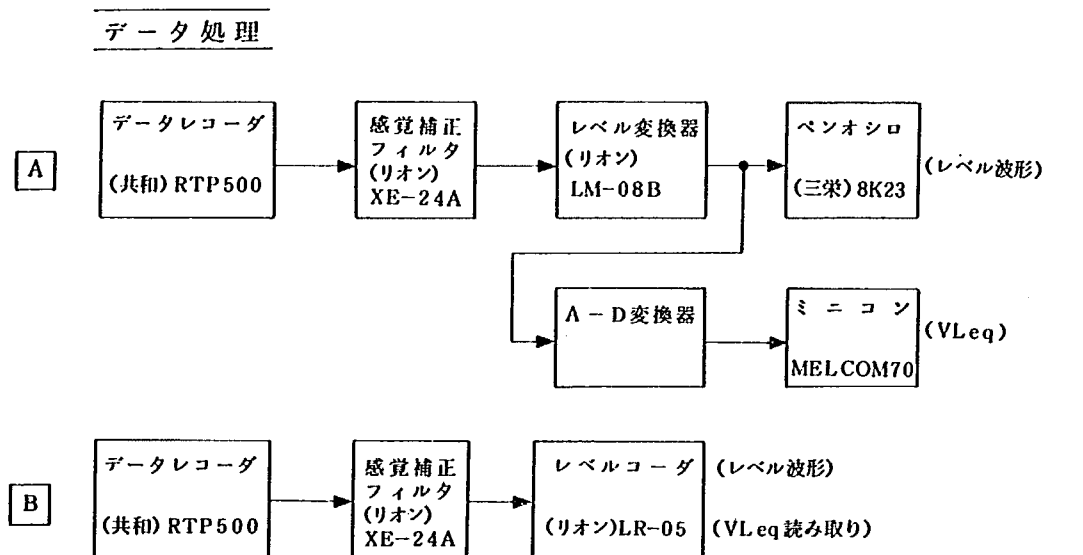


図4-1 塔乗建設機械の振動測定機器フロー



各集計表中の※を付した値は図によったものである。

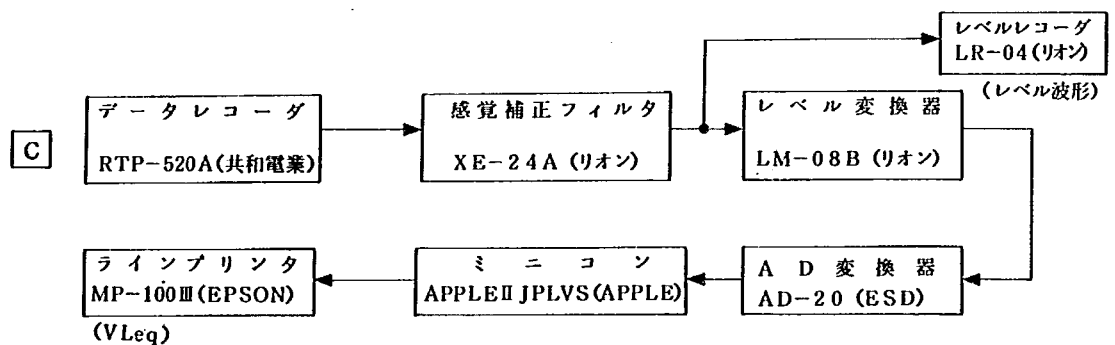


図 4-2 塔乗建設機械の振動解析機器のフロー

(4) 測定条件, 測定結果

測定条件と測定結果を表 4-2 に示す。これらの結果より、次に示す項目に関して測定値の変動に関する傾向が把握された。

イ) 速度の影響

○1 速から 2 速, 2 速から 3 速へと速度が上昇すると振動レベルは、各々 2~4dB 上昇する。

表4-2 ブルドーザ(11t)の振動測定集計表

測定 番号	測 定 条 件	測定 回 数	サンプリ ング間隔 m SEC	座席取付部 VL _{eq} (dB)			座 席 上 VL _{eq} (dB)		
				X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Y 方向	Z 方向
1	1 速 走 行 (土 道)	1 回 目	2 0 0	8 8	8 9	9 7	9 0	9 4	9 1
		2 回 目	2 0 0	9 0	8 8	9 7	9 1	9 3	9 1
		平 均	2 0 0	8 9	8 9	9 7	9 1	9 3	9 1
2	2 速 走 行 (土 道)	1 回	2 0 0	9 0	9 4	9 9	9 2	9 7	9 4
3	3 速 走 行 (土 道)	#	2 0 0	9 4	9 8	1 0 3	9 4	9 9	9 5
4	リ ッ パ 作 業 1 サ イ ク ル	#	2 0 0	9 1	8 8	9 6	9 3	9 2	9 1
5	押 土 作 業 5 サ イ ク ル	#	2 0 0	9 3	9 3	9 8	9 6	9 6	9 7
	作業時の各サイクルごとの VL _{eq} (dB)								
	押 土 作 業	1 回 目	5 0 0				※ 9 5	※ 9 8	※ 9 4
		2 回 目	5 0 0				※ 9 7	※ 9 9	※ 9 5
		3 回 目	5 0 0				※ 9 6	※ 1 0 1	※ 9 6
		4 回 目	5 0 0				※ 9 8	※ 1 0 0	※ 9 8
		5 回 目	5 0 0				※ 9 7	※ 9 9	※ 9 6
		5 サイクルの平均	5 0 0				※ 9 7	※ 1 0 0	※ 9 6
	注 1. 上記※印は、レベルコーダに記録した波形から、0.5秒間隔で、読み取り、VL _{eq} の計算を行ったものである。								

ロ) 作業の種類の影響

○2速走行時と押土作業の間では、振動レベルには大きな差異は認められない。

○今回のリッパ作業は、岩の掘削ではなかったので、振動レベルの大きさの議論をすることは適切ではない。

ハ) くり返し測定による変動

○1速走行を2回実施したが、その間の差異は1dB以内であった。

○押土作業の5往復中、各サイクル間での変動は、3～4dB以内であった。

以上の試験結果より、一次案による測定値は、比較的安定した値を示すと判断される。

4.2.2. 履带式トラクタショベル

(1) 調査機種

2.1 m³ (山積) クラス履带式トラクタショベル1台 (昭和56年度)

(2) 調査場所

キャタピラ三菱(株)秩父センター、デモンストレーション用グラウンド

(3) 測定、解析方法

測定は、図4-1中㊦、解析は、図4-2中㊦、㊧によった。

(4) 測定条件、測定結果

測定条件と測定結果を表4-3に示す。これらの結果より、次に示す項目に関して測定値の変動に関する傾向が把握された。

イ) 速度の影響

○1速と2速、2速と3速の間で、各々2～3dBの振動レベルの上昇がみられる。

ロ) 作業の種類の影響

○2速走行時と、4号砕石V作業時との間では、座席取付部でX、Y、Z方向の順にそれぞれ12、8、3dB作業時の方が高い値を示した。座席上においても、後者の方が7～10dB高くなる。

○4号砕石V作業時と、レキ魂V作業時とを比較すると後者の方が、座席取付部で5～10dB、座席上では1～3dB高い値となった。

ハ) 路面の影響

○締固められた路面走行時と柔かい路面走行時(2速)における振動レベルの差異は、±2dB以内であった。

ニ) くり返し測定による変動

○4号砕石V作業時の各サイクル毎の変動は、座席上で2dB以下であった。

ホ) データサンプリング間隔の影響

○レベル波形からのサンプリングに際し、0.2秒間隔で行なった場合と1.0秒間隔で行なった場合の差異は認められなかった。

以上の試験結果より、走行路面に関しては、履帯系走行装置の場合締固め度に若干の差があっても測定値には影響を与えないこと。作業時の対象物は何らかの種類に規定する必要があることがわかった。以上を規定することにより安定した測定値が得られるものと判断される。

表 4-3 履帯式トラクタショベル(2.1m³)の振動測定集計表

測定 番号	測定条件	測定 回数	サンプリ ング間隔 msec	座席取付部VLeq(dB)			座席上VLeq(dB)		
				X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1	1 速走行(土道)	1 回	200	87	83	93	89	86	89
2	2 速走行(土道)	#	200	87	86	97	90	88	90
3	2 速走行 (少しやわらかい土道)	#	200	89	85	97	91	87	93
4	3 速走行(土道)	#	200	89	88	100	92	91	93
5	V作業(4号碎石)	#	200	101	93	100	99	95	98
	5 サイクル	#	1000	100	93	100	99	95	98
6	V作業(石)5サイクル	#	200	111	108	105	101	97	101
作業時の各サイクルごとのVLeq(dB)									
V 作 業 (4号碎石)		1 回目	500				※98	※97	※96
		2 回目	500				※99	※98	※97
		3 回目	500				※100	※98	※98
		4 回目	500				※98	※99	※96
		5 回目	500				※98	※98	※96
		5サイクル 平均	500				※99	※98	※97
注 1. 上記※印は、レベルレコーダに記録した波形から、0.5秒間隔で読み取り、VLeqの計算を行ったものである。									

4.2.3. 車輪式トラクタショベル

(1) 調査機種

車輪式トラクタショベル 1.4 m³ (山積) クラス, および 2.3 m³ (山積) クラス各 1 台

(昭和56年度)

(2) 調査場所

(社)日本建設機械化協会建設機械化研究所テストコース, および東洋運搬機(株)竜ヶ崎工場内

試験場

(3) 測定, 解析方法

測定は, 図4-1中㉓, ㉔, 解析は, 図4-2中㉕, ㉖によった。

(4) 測定条件, 測定結果

測定条件と測定結果を表4-4~5に示す。これらの結果より, 次に示す項目に関して測定値の変動に関する傾向が把握された。

イ) 速度の影響

○座席取付部, 座席上共, 1速, 2速, 3速について, X, Y方向は大きな変化は無かったが, Z方向については3dB程度ずつ速度と共に上昇した。

ロ) 作業の種類の影響

○2速走行時と4号砕石V作業時との間では, 作業時の方が座席取付部で8~15dB, 座席上では, 5~7dB高い値を示した。

○4号砕石V作業時とレキ交り土又は土I作業時との間での差異は±2dB以内であった。

ハ) 路面の影響

○平坦土道走行時とコンクリート道走行時とでは, 後者の方が1~2dB低い値を示した。

ニ) くり返し測定による変動

○走行時の各サイクル毎の差異は, 座席取付部では2dB以下であったが, 座席上では5dB程度のバラッキが見られる機種もあった。

○作業時の各サイクル毎の差異は, 座席上で2dB以下であった。

○オペレータが変わった場合, 作業時において, 座席取付部に関しては大きな変動は見られなかったが, 座席上では2~5dB程度の変化があった。

ホ) サンプルング間隔の影響

○走行時についてサンプルング間隔を0.2秒, 0.5秒, 1.0秒, 1.5秒, 2.0秒に変更したが, これによる差異は認められなかった。

以上の試験結果より, 作業対象物は, 4号砕石より粒度の小さいものでは, 測定値に大きな影響は見られないこと。オペレータの影響が無いとは云えないこと。振動レベル波形からサンプルングを行なう場合, サンプルング間隔は, 2.0秒程度まで長くしても, 実際問題としては差し支えないことが判った。

4.2.4. 振動ローラ

(1) 調査機種

4t クラス振動ローラ 1台 (昭和57年度)

(2) 調査場所

表4-4 車輪式トラクタショベル(1.4 m³)の振動測定集計表

測定 番号	測定条件	測定 回数	サンプリ ング間隔 msec	座席取付部VL _{eq} (dB)			座席上VL _{eq} (dB)		
				X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1	1 速走行(土道)	1 回	200	85	90	90	89	91	94
2	2 速走行(土道)	#	200	84	86	93	91	88	97
		#	500	84	86	93	91	88	97
		#	1000	84	86	93	91	87	97
		#	1500	84	86	92	91	88	97
		#	2000	84	86	92	91	88	97
3	2 速走行 (コンクリート道)	#	200	82	84	90	88	86	95
4	3 速走行(土道)	#	200	86	87	97	94	91	102
5	V作業(4号碎石) 5 サイクル	#	200	98	94	100	101	95	102
6	I作業(原石)5サイクル	#	200	100	96	100	102	98	102
7	I作業(土)5サイクル	#	200	99	92	100	101	95	102
作業時の各サイクルごとのVL _{eq} (dB)									
V 作業 (4号碎石)		1回目	500				※100	※97	※103
		2回目	500				※99	※95	※102
		3回目	500				※100	※95	※101
		4回目	500				※100	※95	※101
		5回目	500				※98	※95	※101
		5サイ クルの平均	500				※99	※96	※102
注1. 上記※印は、レベルレコーダに記録した波形から、0.5秒間隔で読み取り、VL _{eq} の計算を行ったものである。									

表 4-5 車輪式トラクタショベル(2.3 m³)の振動測定集計表

測定 番号	測 定 条 件	測 定 回 数	サンプリ ング間隔 msec	座席取付部VLeq(dB)			座 席 上 VLeq(dB)		
				X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Y 方向	Z 方向
1	2 速 走 行 (コンクリート道)	1 回 目	200	96	92	96	104	98	104
		2 回 目	200	96	92	95	109	103	99
		3 回 目	200	96	90	95	106	101	99
		平 均	200	96	91	95	107	101	101
2	V 作業 (4号碎石) 6サイクル オペレータ A	1 回 目	200	98	96	99	115	106	104
3	V 作業 (4号碎石) 6サイクル オペレータ B	"	200	98	97	100	117	110	109
4	V 作業 (土) 4サイクル オペレータ A	"	200	97	99	100	112	104	102
5	V 作業 (土) 6サイクル オペレータ B	"	200	97	97	99	118	107	106
作業時の各サイクルごとのVLeg (dB)									
V 作 業 (4号碎石) オペレータ A		1 回 目	500				※109	※101	※101
		2 回 目	500				※111	※103	※102
		3 回 目	500				※110	※103	※102
		4 回 目	500				※112	※103	※103
		5 回 目	500				※111	※103	※102
		6 回 目	500				※112	※104	※104
		6サイク ルの平均	500				※111	※103	※103
注 1. 上記※印は、レベルレコーダに記録 した波形から、0.5秒間隔で読み取り、 VLeq の計算を行ったものである。									

土木研究所建設機械屋外性能実験場

(3) 測定、解析方法

測定は、図4-1中(四)、解析は図4-2中(四)によった。

(4) 測定条件

測定は、作業時と走行時に関して次の要領で実施した。

作業時：軟かくした土道上を最大起振力、速度 2km/h で走行し、地盤が軟かい状態から硬くなるまで（転圧されるまで）を測定し、転圧後、3回の前後進を測定した。

次に最大起振力で速度を 1km/h 及び 3km/h と変化させた時、3回の前後進をそれぞれ測定した。また、アスファルト舗装上において速度 2km/h の作業走行時の測定も実施した。

走行時：転圧された土道上を、振動ローラを起振させない状態で速度 3km/h の走行を、前後3回実施した。

(5) 測定結果

測定結果を表4-6に示す。これらの結果より、次に示す項目に関して測定値の変動に関する傾向が把握された。

イ) 地盤による影響

○土とアスファルトでは、アスファルト舗装面上が $1\sim 6\text{dB}$ 高い値となっている。

ロ) 締固め回数に伴う変化

○締固め回数の増加に伴いY方向の振動レベルには、減少してゆく傾向が見られたが、X、Y方向についてはこの傾向は見られなかった。

ハ) 速度の影響

○時速 1km/h 、 2km/h の時に比べ、時速 3km/h の時は、 3dB 程度大きくなった。

ニ) くり返し測定による差異

○各条件、一往復毎のデータの変動は $1\sim 2\text{dB}$ 以下であった。

以上の試験結果より、時速 2km/h 以下で当該機械で3回以上締め固めた地盤上で測定を実施することにより再現性のあるデータが得られるものと判断される。

表 4-6 振動ローラ (塔乗式) 振動測定集計表

地盤	稼働状態	測定点			座席上					
		振動の速度	進行方向	回数	1	2	3	4	5	平均
土	作業時	1 km/h	X	前進	82.6	82.9	82.5	-	-	82.7
				後進	78.8	79.0	78.1	-	-	78.7
			Y	前進	91.4	91.8	91.3	-	-	91.5
				後進	91.9	92.9	92.7	-	-	92.5
			Z	前進	78.7	83.5	82.2	-	-	81.9
				後進	82.6	84.4	84.1	-	-	83.8
		2 km/h	X	前進	80.8	80.5	79.8	80.4	80.3	80.4
				後進	80.4	78.0	78.2	77.8	78.1	78.6
			Y	前進	93.1	91.7	91.4	91.0	90.5	91.6
				後進	95.4	93.6	92.7	92.2	91.8	93.3
			Z	前進	82.4	85.9	86.1	85.2	85.4	85.2
				後進	82.8	85.2	85.7	84.5	84.1	84.6
	走行時	3 km/h	X	前進	83.1	81.9	81.5	-	-	82.2
				後進	81.6	80.5	80.6	-	-	80.9
			Y	前進	94.6	94.4	93.4	-	-	94.2
				後進	94.6	93.6	94.1	-	-	94.1
			Z	前進	88.5	90.0	88.0	-	-	88.9
				後進	88.3	87.7	87.3	-	-	87.8
			X	前進	79.4	80.1	79.6	-	-	79.7
				後進	78.9	78.8	78.3	-	-	78.7
アスファルト	作業時	2 km/h	X	前進	84.3	83.9	86.1	-	-	84.9
				後進	84.0	84.3	88.2	-	-	86.0
			Y	前進	96.0	94.0	95.2	-	-	95.1
				後進	96.2	97.1	97.2	-	-	96.9
			Z	前進	87.2	84.0	83.7	-	-	85.3
				後進	86.8	86.2	87.8	-	-	87.0

(注) 振動の方向 X : 前後方向
Y : 左右方向
Z : 上下方向

単位 dB (VL)

4.3 建設工事用手持工具等の作業条件の検証結果

4.3.1. ブレーカ

(1) 調査機種

ブレーカ30Kg級, および40Kg級各1台 (昭和56年度)

(2) 調査場所

古河鋳業(株)吉井工場内試験場

(3) 測定, 解析方法

測定は, 図4-3中Ⅰ, 解析は, 図4-4中Ⅰによった。

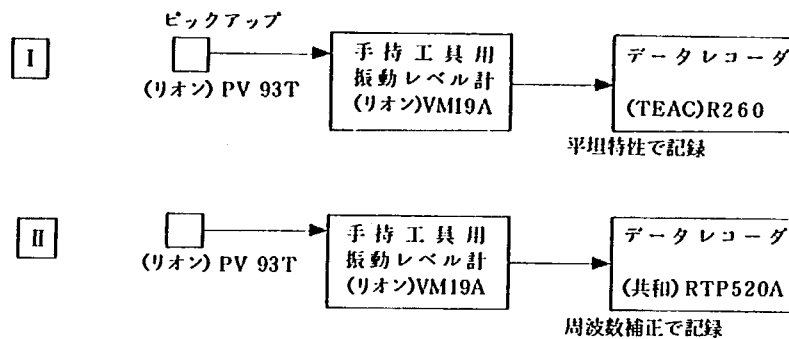


図4-3 手持工具等の振動測定機器のフロー

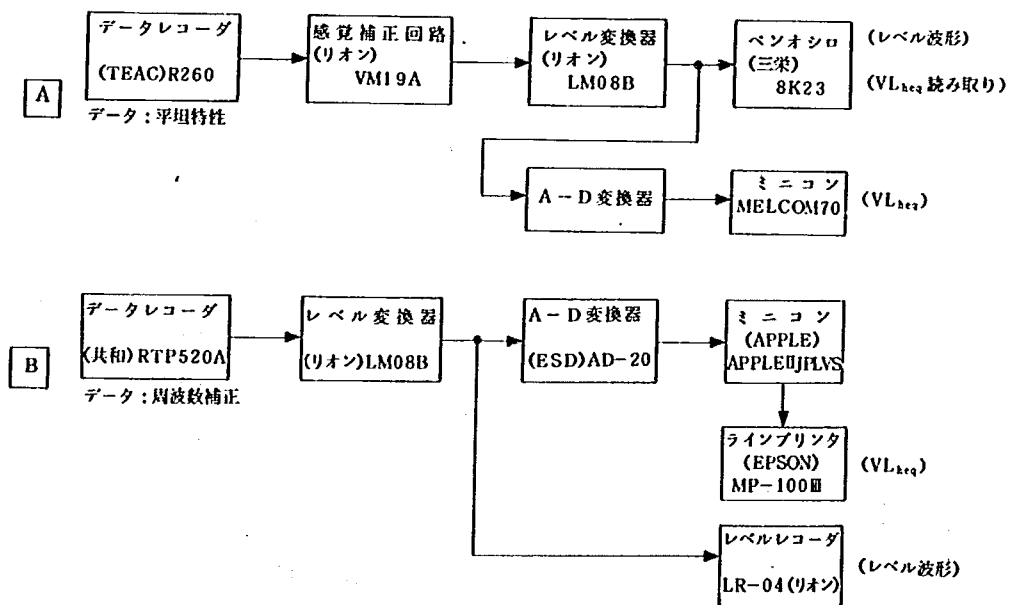


図4-4 手持工具等の振動解析機器のフロー

(4) 測定条件, 測定結果

測定条件と測定結果を表4-7に示す。これらの結果より次に示す項目に関して測定値の変動に関する傾向が把握された。なお、ピックアップ接続ケーブル不良のため解析不可能なデータが一部にあった。

イ) 空気圧の影響

○空気圧を5 $\frac{Kg}{cm^2}$ から7 $\frac{Kg}{cm^2}$ に上げることにより、工具振動レベルは、Z方向（打撃方向）で2～4dB上昇した。

○同じくX、Y方向では、8～10dBの上昇となった。

ロ) 推力（保持方法）の影響

○30Kg級ブレーカの場合、通常の力を負荷した場合（表中“人力”）と、ブレーカの自重のみの場合（表中“自重”）では、後者がZ方向で5dB高くなった。他の方向では、変化は見ら

表4-7 ブレーカ振動測定集計表

測定 番号	形 式	推 力	作 動 圧 力 Kg /cm ²	対 象 物	オベ レ ー タ	サンプリ ング間隔 m sec	ハンドル部 VL _{heq} (dB)		
							X 方向 (前後)	Y 方向 (左右)	Z 方向 (上下)
1	30 Kg 級	自 重	5	コンクリート	A	1,250	109	※109	127
2		〃	7	〃	〃	—	119	120	129
3		〃	5	花 崗 岩	〃	1,250	※112	※115	126
4		人 力	〃	コンクリート	〃	1,250	110	110	※122
5		〃	〃	〃	B	1,250	※112	※112	※124
6		カウンタウエイト	〃	〃	A	—	110	—	125
7		人間がつり下げ “ から打ち ”	〃	—	〃	—	112	—	129
8	40 Kg 級	自 重	〃	コンクリート	〃	—	112	—	126
9		〃	7	〃	〃	—	120	—	130
10		〃	5	花 崗 岩	〃	1,250	※117	※116	126
11		人 力	〃	コンクリート	〃	—	113	—	125
12		〃	〃	〃	B	—	112	—	—
13		カウンタウエイト	〃	〃	A	1,250	※115	—	124
注 1. ※印は、1.25 秒間隔でサンプリングし、 VL _{heq} を計算したものである。									
注 2. ※印のないものは、振動レベル変動が3dB 以下のもので、その最大値を読んだもので ある。									

れなかった。(1dB 以内)

○同じく、通常の力を負荷した場合と、10Kgのカウンタウエイトを負荷した場合(表中“カウンタウエイト”)では、後者がZ方向で3dB 高くなった。

○40Kg級ブレーカの場合では、上述の3者間で大きな差異はなかった。

○オペレータが吊り下げた状態(表中“人間がつり下げ”)では、通常の力を付加した場合に比らべて、Z方向で7dB 程度高くなる。

ハ) 供試体の影響

○コンクリートと花崗岩では、後者がZ方向で1～4dB, X, Y方向で2～5dB 高くなる。

ニ) オペレータの影響

○オペレータが替わることにより2dB 程度の変動が見受けられた。

以上の結果により、ブレーカに関しては、上下方向に比べ、水平方向は、測定値の安定性が小さいこと、軽量のブレーカでは、データの変動が大きく、測定条件には注意を払う必要があることがわかった。水平方向のデータの変動が大きいのは、ブレーカを垂直に静止した状態で保持することが難しく、横ぶれが生ずるためと思われる。また、推力をかけた方が振動が小さくなるが、これは、打撃エネルギーが供試体へ伝わる割合が大きくなっていることを示すものと判断される。

また、コンクリートより花崗岩を破壊する時の方が、振動は2～3dB 程度高くなっているが、材料の入手の問題等から供試体をコンクリートのみに規定し難いであろう。

4.3.2. レッグドリル

(1) 調査機種

レッグドリル20Kg級、および30Kg級各1台 (昭和56年度)

(2) 調査場所

古河鉱業(株)吉井工場内試験場

(3) 測定、解析方法

測定は、図4-3中図、解析は、図4-4中図によった。

(4) 測定条件、測定結果

測定条件と測定結果を表4-8に示す。これらの結果より次に示す項目に関して測定値の変動に関する傾向が把握された。

イ) 空気圧の影響

○空気圧を5Kg/cm²から7Kg/cm²に上げることにより工具振動レベルは、Z方向(打撃方向)で2～3dB 上昇した。

ロ) 推力(レッグ角)の影響

○レッグ角を30°から45°に変えることにより、工具振動レベルは、各方向とも1～2dB 上昇

表 4-8 レッグドリル振動測定集計表

測定 番号	形 式	推 力	作 動 圧 力 Kg /cm ²	対 象 物	オ ペ レー タ	サンプリ ング間隔 m sec	ハンドル部 VL _{heq} (dB)		
							X方向 (上下)	Y方向 (左右)	Z方向 (前後)
1	20 Kg 級	レッグ角 30°	5	花 崗 岩	A	200	125	123	127
2		" "	7	"	"	"	126	128	129
3		" 45°	5	"	"	"	126	122	128
4		" "	"	"	B	"	125	122	129
5		" "	7	"	A	"	126	122	131
6	30 Kg 級	" 30°	5	"	"	"	121	121	127
7		" "	"	"	"	"	123	115	124
8		" "	7	"	"	"	122	122	130
9		" 45°	5	"	"	"	122	121	129
10		" "	"	"	B	"	123	121	129
11		" "	7	"	A	"	124	123	131
		注 1. 測定番号7は、防振ハンドルを装着して測定した。							

した。

ハ) オペレータの影響

○オペレータが変わることにより、1～2dB 程度の変化が見られる。

以上より、ブレーカに比べ、レッグドリルは比較的安定した値が得られることがわかった。空気圧、レッグ角は、標準的な条件（一般に 5 Kg/cm²、30°）に統一する必要があるう。

4.3.3. ハンドガイド振動ローラ

(1) 調査機種

ハンドガイド振動ローラ 1台 (昭和56年度)

同上 950 Kg級新, 旧各 1 台および 700 Kg級 1 台 (昭和57年度)

(2) 調査場所

土木研究所海底作業実験場 (昭和56年度)

土木研究所建設機械屋外性能実験場 (昭和57年度)

(3) 測定, 解析方法

測定は, 図4-3中図, Ⅲ, 解析は, 図4-4中図, Ⅲによった。

(4) 測定条件

昭和56年度は, エンジン全開, 起振状態で, アスファルト舗装路上で前進→後進→前進を, 砂地盤上で5往復連続測定を2回実施した。

昭和57年度は, 下記によった。

作業時: 950 Kg級2機種に関しては, 転圧された砂及び土地盤上において, 3回の前後進の測定を実施した。

700 Kg級の機種に関しては, 軟らかくした砂及び土地盤上を最大起振力, 変速段Lowの状態で行き, 地盤が軟らかい状態から硬くなるまで(転圧されるまで)を測定した。

また, 転圧後, 3回の前後進の測定を実施した。

走行時: 十分転圧された地盤上を, 起振させない状態で走行させ測定を実施した。また, 950 Kg級2機種については土地盤上, 700 Kg級の機種については砂地盤上とした。

(4) 測定結果

測定結果を表4-9~10に示す。これらより次のことがわかった。

イ) 地盤による影響

○土と砂地盤による工具振動レベルの差異はほとんど見られなかった。

○砂地盤とアスファルト舗装路上では, X, Z方向の差異は1dB以内であったが, Y方向(横方向)は, アスファルト上の方が4dB高い値を示した。

ロ) 締固め回数に伴う変化

○締固め回数の増加による工具振動レベルの変化は, 3回目以降においてはほとんど差異がなかった。

ハ) 機械の新旧による影響

○機械の新旧による工具振動レベルの差異は, ほとんど見られなかった。

以上より, 十分締固めた後に測定を実施することにより, かなり安定した測定値が得られるものと判断される。また, 砂と土地盤との差異がほとんどないことから, いずれの地盤において測定してもさしつかえないものと判断される。

4.3.4. 振動コンパクタ, タンバ

(1) 調査機種

振動コンパクタ60Kg級新, 旧各1台および80Kg級1台 (昭和57年度)

表 4-9 ハンドガイド振動ローラの振動測定集計表(昭和56年度)

測定 番号	測定条件	測定 回数	サンプリ ング間隔 m sec	ハンドル部 VL_{heq} (dB)		
				X方向 (上下)	Y方向 (左右)	Z方向 (前後)
1	アスファルト舗装路締固め (前進)	1回目	200	119	116	111
		2回目	200	118	116	113
		平均	200	119	116	112
	アスファルト舗装路締固め (後進)	1回	200	118	116	112
2	砂上締固め (5往復)	1回目	200	119	110	113
		2回目	200	119	110	113
		平均	200	119	110	113

タンバ80Kg級新・旧各1台 (昭和57年度)

(2) 調査場所

土木研究所建設機械屋外性能実験場 (昭和57年度)

(3) 測定、解析方法

測定は、図4-3中図、解析は、図4-4中図によった。

(4) 測定条件

振動コンパクタ

作業時：60Kg級新および80Kg級機種に関しては、軟らかくした土道上を作業走行させ、地盤が軟らかい状態から硬くなるまで（転圧されるまで）を測定した。そして、転圧後3回の測定を実施した。

また、砂地盤に関しても同様の測定を実施した。

60Kg級旧機種に関しては、転圧された砂及び土地盤上を各3回作業走行させ測定した。

タ ン バ

作業時：転圧された砂及び土地盤上を作業走行させ、3回の測定を実施した。

(4) 測定結果

測定結果を表4-11～12に示す。これらより、次のことがわかった。

表4-10 ハンドガイド振動ローラの振動測定集計表(昭和57年度)

地盤	稼働 状態	規格 振動速度 の方向	回数 方向	950 kg 新				950 kg 旧				700 kg					
				1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	4	5	平均
土	作業時	Lo	X	前進	122.4	120.6	120.3	121.2	121.0	121.1	121.1	104.7	103.0	103.7	103.7	104.1	103.9
			X	後進	120.9	120.0	120.1	120.4	121.4	121.3	121.3	104.9	103.7	103.7	103.6	104.0	104.0
			Y	前進	117.7	116.7	114.0	116.5	115.6	115.8	115.7	108.2	106.8	106.7	106.5	106.5	107.0
			Y	後進	114.7	113.6	114.6	114.3	116.1	115.8	116.0	108.5	107.1	107.0	106.7	106.8	107.3
			Z	前進	112.8	112.2	111.9	112.3	109.6	109.8	109.9	103.4	101.8	102.0	101.9	101.6	102.2
			Z	後進	112.4	111.9	111.6	112.0	109.7	109.8	109.8	103.5	101.8	101.8	101.6	101.7	102.1
砂	作業時	Lo	X	前進	120.3	120.3	120.3	120.3	122.4	122.2	122.0	103.7	103.9	104.3	104.7	104.9	104.3
			X	後進	120.5	120.6	120.4	120.5	122.3	122.2	122.1	104.3	104.1	104.8	104.9	104.7	104.6
			Y	前進	114.1	112.7	113.2	113.4	115.7	115.3	115.3	106.7	106.7	107.1	107.2	107.2	107.0
			Y	後進	114.0	114.9	114.0	114.3	116.6	116.3	116.2	107.8	107.1	107.0	107.0	106.8	107.2
			Z	前進	111.8	111.9	111.9	111.9	109.6	109.4	109.4	102.3	102.2	102.2	102.3	102.4	102.3
			Z	後進	111.9	111.9	112.0	111.9	109.5	109.4	109.5	102.5	102.2	102.1	102.3	102.3	102.3
土 (700 kg のみ砂)	走行時	Lo	X	前進	116.0	117.1	-	116.6	115.4	115.0	115.5	115.3	103.9	104.1	-	-	104.0
			X	後進	116.2	-	-	116.2	115.6	115.7	115.5	115.6	104.2	104.0	-	-	104.1
			Y	前進	109.9	110.1	-	110.0	111.4	111.0	110.7	111.0	107.2	106.9	-	-	107.1
			Y	後進	109.9	-	-	109.9	111.2	110.8	110.4	110.8	106.5	106.2	-	-	106.4
			Z	前進	111.5	111.6	-	111.6	102.3	102.3	102.3	102.3	100.7	100.7	-	-	100.7
			Z	後進	111.5	-	-	111.5	102.9	102.9	102.9	102.9	100.5	100.7	-	-	100.6
		Hi	X	前進	-	-	-	-	115.4	115.1	115.1	115.2	-	-	-	-	-
			X	後進	-	-	-	-	115.3	115.7	115.3	115.4	-	-	-	-	-
			Y	前進	-	-	-	-	110.5	109.9	109.9	110.1	-	-	-	-	-
			Y	後進	-	-	-	-	109.7	109.8	109.5	109.7	-	-	-	-	-
			Z	前進	-	-	-	-	102.8	102.8	102.8	102.8	-	-	-	-	-
			Z	後進	-	-	-	-	103.0	103.0	103.1	103.0	-	-	-	-	-

(注) 1. 振動の方向 X: 下記の2軸の直交軸方向

単位 dB (VLh)

Y: ハンドル握り部軸方向

Z: ハンドル中心線方向

2. 速度段 Lo: ローアイドル

Hi: ハイアイドル

表 4-11 振動コンパクタの振動測定集計表

規 格	振動の回数 地盤 方向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	
60 kg 新	土	X	111.5	111.9	110.8	110.6	110.3	110.7	109.7	109.8	109.0	112.0	110.7
		Y	104.7	104.8	104.1	106.6	104.7	106.2	104.9	104.9	104.3	105.5	105.1
		Z	116.0	116.4	115.7	115.4	115.0	115.4	114.8	115.0	114.0	116.2	115.4
	砂	X	116.1	117.1	117.4	117.3	116.2	115.6	-	-	-	-	116.7
		Y	115.3	115.5	114.5	115.8	113.9	115.5	-	-	-	-	115.1
		Z	116.9	116.7	117.0	116.4	117.1	116.2	-	-	-	-	116.7
60 kg 旧	土	X	114.5	114.5	114.5	-	-	-	-	-	-	-	114.5
		Y	104.5	106.5	104.8	-	-	-	-	-	-	-	105.4
		Z	108.2	109.2	108.3	-	-	-	-	-	-	-	108.6
	砂	X	115.4	114.9	114.9	-	-	-	-	-	-	-	115.1
		Y	105.4	107.2	105.8	-	-	-	-	-	-	-	106.2
		Z	109.2	109.8	108.8	-	-	-	-	-	-	-	109.3
80 kg	土	X	114.6	114.8	114.5	114.6	115.1	114.4	114.6	114.3	114.7	-	114.6
		Y	110.4	110.6	110.1	108.6	112.2	109.9	111.9	111.9	111.4	-	110.9
		Z	115.4	115.1	115.2	115.0	116.1	115.7	115.7	115.7	115.7	-	115.5
	砂	X	116.6	117.4	116.8	117.0	116.8	116.8	-	-	-	-	116.9
		Y	111.6	113.4	112.2	112.8	112.2	112.7	-	-	-	-	112.5
		Z	116.1	116.2	116.1	116.0	115.8	115.8	-	-	-	-	116.0

(注) 振動の方向 X : 下記 2 軸の直交軸方向
 Y : ハンドル握り部軸方向
 Z : ハンドル中心線方向

単位 dB (VLh)

表4-12 タンバの振動測定集計表

規 格	振 動 の 方 向	回 数	1	2	3	4	5	6	平均
80kg 新	土	X	117.8	120.2	120.3	120.1	121.8	119.9	120.2
		Y	110.8	112.6	112.6	112.5	114.6	113.2	112.9
		Z	120.8	121.1	121.2	121.1	121.4	121.1	121.1
	砂	X	121.7	121.9	123.0	121.7	121.8	121.3	121.9
		Y	109.9	111.0	114.1	112.6	110.6	109.9	111.6
		Z	123.2	123.1	122.9	123.0	123.0	123.2	123.1
80kg 旧	土	X	117.4	117.2	117.9	118.0	-	-	117.6
		Y	115.4	116.0	116.4	117.2	-	-	116.3
		Z	120.7	120.2	119.7	119.9	-	-	120.1
	砂	X	117.5	118.8	119.3	116.9	-	-	118.2
		Y	114.9	115.3	115.8	115.1	-	-	115.3
		Z	119.7	119.8	119.3	118.9	-	-	119.4

(注) 振動の方向 X: 下記2軸の直交軸方向

単位 dB (VLh)

Y: ハンドル握り部軸方向

Z: ハンドル中心線方向

イ) 地盤による影響

○振動コンパクタは、土地盤より砂地盤の方が工具振動レベルがわずかに高くなる傾向が見られた。

○タンバは、土と砂地盤における工具振動レベルの差異は見られなかった。

ロ) 締固めによる影響

○振動コンパクタ、タンバ共に、締固め3回目以降において、X、Z方向では振動レベルの変化は見られなかったが、Y方向では、2dBの差があった。

ハ) 機械の新旧による比較

○タンバは、旧型機がY方向では3～4dB高く、X、Z方向では1～3dB低い値であった。

○振動コンパクタは、旧型機種がZ方向で6～7dB低い値であった。

以上の結果より、十分締固めを後なった後において測定を実施することにより、かなり安定した値が得られるものと判断させる。また、砂と土地盤とにおいて、振動レベルの差異がほとんどないことから、いずれの地盤により測定を実施してもさしつかえないといえる。

4.4 ま と め

塔乗建設機械の作業条件の検証結果および建設工事用手持工具等の作業条件の検証結果より、次のことがいえる。

4.4.1 塔乗建設機械の作業条件

ブルドーザの走行時は、安定した値が得られるが、作業時は、バラツキが大きくなる傾向は避けられない。また、走行時については、作業の性格上、前進時のみでなく後進時も測定時間に含めるものとする。

履带式トラクタショベルの走行時および作業における振動レベルは、安定値が得られる。

車輪式トラクタショベルの走行時については、路面の小さな凹凸も、そのピッチによっては車体の大きな共振現象を生むことがあるので注意を要する。また、作業対象物として4号碎石を規定しているが、これより粒径の小さな対象物の場合でも測定値に大きな差異はない。

振動ローラ（塔乗式）において、3回以上締固めを行なった後における測定値の差異はない。また、地盤の土質の違いによる測定値は小さいが、硬化後のアスファルト、砂利等の上での測定は避けることとする。なお、地盤上では、機械が沈下して走行不能となる場合があるので注意を要する。

4.4.2 建設工具用手持工具等の作業条件

ブレーカは、コンクリート破砕に用いられることが多く、供試体としてもコンクリートが望ましいが、供試体入手の容易さ等の関係上花崗岩を用いてもよい。

ブレーカ、レッグドリル共に、空気圧の違いにより測定値に影響があるので、空気圧は一定の

条件で行なうようにする。

ハンドガイド振動ローラ、振動コンパクタ、タンバ共に、3回以上締固めを行なった状態で測定することにより、振動レベルの差異はない。また、地盤の土質の違いによる測定値の差異はほとんどないが、粘性土上では、コンパクタ、タンバは円滑に前進できない場合があるので注意を要する。なお、長いパイプ状のハンドルの場合その握り方により測定値に大きな差を生ずる場合があるので、条件を一定にするよう注意が必要である。

4.4.3 そ の 他

データ処理において、レベル波形よりサンプリングする場合は、サンプリング隔間を2秒程度まで長くしても実際上は差しつかえがない。

検証で規定した作業条件は、各々の機械、工具にとって最も理想的な作業形態である。従って、一般の作業現場では施工管理の良否により、本検証結果の測定値より高い値が計測されることがあり得る。

5. 建設機械オペレータ振動測定要領（案）

5.1 概 要

第3章の関連基準調査結果（表3-16～17）ならびに第4章の作業条件の検証結果に基づき提案した“塔乗建設機械オペレータ振動測定要領（案）”、“建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領（案）”を次項以下に紹介する。提案の経緯は、昭和56年度、関連規格に基づき骨子（一次案）を提案し、56、57年度、特に作業条件を中心とした検証のための測定を実施し、57年度、最終案の提案に至ったものである。なお、各測定要領（案）共“解説”が付随している。

5.2 塔乗建設機械オペレータ振動測定要領（案）

塔乗建設機械オペレータ振動測定要領（案）

§1 適用範囲

本測定要領（案）は、塔乗建設機械の運転席での振動の測定に際して使用されるものである。

§2 用語の意味

2-1 振動レベル

$20 \log_{10} (a_w / a_0)$ で定義された値をいい、単位はdBで表わす。ここで、 a_w はJISC1510に規定された周波数補正特性で重みづけられた振動加速度の実効値、 a_0 は基準加速度で、 10^{-5} m/sec^2 とする。記号はVLで示す。

2-2 等価振動レベル

測定時間内で振動レベルが時間とともに変化する場合、これと等しい振動加速度実効値を与える連続定常振動のレベルをいい、次式で定義される。記号はVLeq、単位は、dBで表わす。

$$VLeq = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \frac{a_w(t)^2}{a_0^2} dt$$

ここで、 $a_w(t)$ はJISC1510に規定された周波数補正特性で重みづけられた振動加速度の瞬時値とし、 a_0 は基準加速度で、 10^{-5} m/sec^2 とする。Tは測定時間を示す。なお、JISC1510に示される振動レベル計に基づく、振動レベル波形からデジタル演算を行う場合は次式による。

$$VLeq \simeq 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right)$$

ただし、 L_i ：振動レベルの瞬時値

N：サンプリング個数

なお、サンプリング間隔は1秒以下が望ましい。

§ 3 測定機器

3-1 加速度変換器及び増幅器

加速度変換器及び増幅器の性能は、JISC1510を満足するものとする。

3-2 振動感覚補正回路

加速度信号は、JISC1510に規定する振動方向に応じた振動感覚補正を行う。

また、遮断特性もこれに従う。

3-3 データレコーダ

加速度変換器からの電気信号を、後で分析する場合はデータレコーダを用いる。

§ 4 測定方法

4-1 測定箇所及び振動測定軸

測定箇所は、座席上及び座席取付部（強度部材上）とする。また、振動測定軸は、機械に対して前後、左右、上下の互いに直角な3つの軸とし、それぞれ順にX、Y、Z軸と定義する。

加速度変換器は、次に示す方法で設置するものとする。

(1) 座席上

加速度変換器は、付図-1に示すように直径 250 ± 50 mmの弾力のある円板の硬い中心部（直径75mm）に取付け、これをバンド等で座席上に固定し、オペレータと座席の間に置く。

(2) 座席取付部

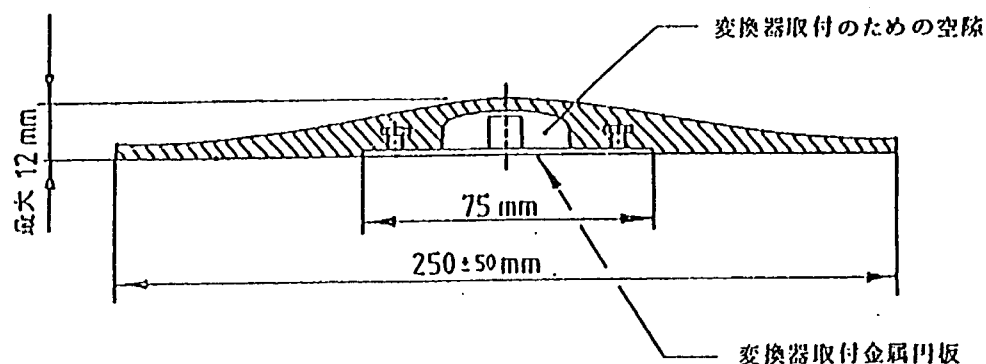
加速度変換器は、座席の鉛直投影面の中心にできるだけ近い座席取付部の堅固な部分に固定する。

4-2 機械の状態

測定時の機械及びエンジンの状態は、それぞれ次に示す規格により規定される“運転整備状態”及び“作業負荷状態”（走行時にはフルスロットル）とする。

- | | |
|----------------|------------|
| (1) ブルドーザ | JIS D 6507 |
| (2) 履带式トラクショベル | JIS D 6505 |
| (3) 車輪式トラクショベル | JIS D 6505 |
| (4) モータスクレーパ | JIS D 6504 |
| (5) 振動ローラ | JIS A 8801 |

なお、オペレータの体重は、60~70 kg の間とする。



付図-1 座席上加速度変換器取付用円板

4-3 作業条件

4-3-1 ブルドーザ

(1) 走行時

特に整地しない平坦な土道の30m以上の区間を中間速度段(変速段数が偶数の場合は中間に近い速度段のうち高い方、また、無段変速のものは最高速度の1/2の速度)で、前進及び後進走行を3回(3往復)以上行う。測定時間は、各サイクル毎に前後進それぞれ走行速度の安定している中間の任意の時間とする。なお、前後進の切り換えが滑らかに行われた場合は測定時間を上記全サイクル連続としてもよい。

(2) 作業時

平坦で土質ができるだけ均一な場所で、溝掘削運搬作業を3回以上行う。溝幅はブレード幅とし、掘削距離はブルドーザ全長の2倍の長さを目標として、運搬区間内に土を搬出するものとする。また、変速段は第2速とし、測定時間は上記全サイクル連続とする。

4-3-2 履带式トラクショベル

(1) 走行時

特に整地しない平坦な土道の30m以上の区間で、バケットをJIS D 6505による運行姿勢にし、中間速度段(または最高速度の1/2の速度)で前進走行を3回以上行う。測定時間は、各サイクル毎に走行速度の安定している中間の任意の時間とする。

(2) 作業時

平坦な地面に山積みされた十分な量の土砂に対して、JIS D 6505に規定されるV方式による積込作業を3サイクル以上繰返す。運搬車両に積込む代わりに積込想定場所で排土してもよい。速度段は、前後進は第2速、突込み時は第1速とし、移動距

離は、前後進とも10m以下とする。測定時間は、上記全サイクル連続とする。

4-3-3 車輪式トラクタショベル

(1) 走行時

コンクリートまたはアスファルト舗装路の50m以上の区間で、バケットをJIS D 6505による運行姿勢にし、中間速度段（または最高速度の1/2の速度）で前進走行を3回以上行う。測定時間は各サイクル毎に走行速度の安定している中間の任意の時間とする。

(2) 作業時

履带式トラクタショベルの作業時に同じ。

4-3-4 モータスクレーパ

掘削、運搬、排土、回送からなるサイクルの作業を行う。

4-3-5 振動ローラ

(1) 走行時

被測定振動ローラで十分に転圧した砂又は土道の長さ20m以上の区間を、中間速度段（または最高速度の1/2の速度）で起振しないで前進走行を3回以上行う。測定時間は、各サイクル毎に安定した走行の行われている任意の時間とする。

(2) 作業時

被測定振動ローラで十分に転圧した砂又は土道の、長さ20m以上の区間において、速度は2 km/h、または至近速度段で、起振力の変えられるものは最大起振力で、前後進による転圧作業を3回（3往復）以上行う。測定時間は、上記全サイクル連続とする。

§ 5. データ処理方法

- (1) データは、走行時、作業時に分けて個々に解析を行う。
- (2) 測定結果は、測定時間中の等価振動レベルで示すものとする。
- (3) 単位記号として dBVL を用いる。

§ 6 報告すべき事項

- (1) 被測定機械の型式、製造業者、主要諸元、製造年、アワーメータの読み
- (2) 座席の型式、製造業者
- (3) 測定年月日
- (4) 測定場所
- (5) 測定結果（走行時及び作業時におけるオペレータ座席上並びに座席取付部の3方向成分を個々に示す。）
- (6) 使用測定器の型式、製造業者

- (7) データ処理方法
- (8) 走行路面の状態
- (9) 被測定機械の運転条件
- (10) オペレータの体重

塔乗建設機械オペレータ振動測定要領（案）解説

§ 1 適用範囲

本測定要領（案）は、塔乗建設機械の座席の振動低減対策をたてる前段階として、上記建設機械の座席の振動を測定、評価するために使用されるものであり試験場における測定を対象とするものである。ここで規定する塔乗建設機械とは次の5機種である。

- (1) ブルドーザ
- (2) 履帯式トラクタショベル
- (3) 車輪式トラクタショベル
- (4) モータスクレーパ
- (5) 振動ローラ

なお、座席振動の実態調査等の現場測定を行う場合は、4－3項の作業条件の項目を除いて適用することができる。

§ 2 用語の意味

我国においては、振動が人体へ与える影響を評価する量として、ISO2631（1978年）“全身振動に対する暴露の評価に関する指針”をもとに制定されたJISC1510“振動レベル計”に定義されている“振動レベル（記号VL）”が最も一般的である。なお、“振動加速度レベル（記号VAL）”と混同しないよう配慮が必要である。また、最近の傾向として、騒音の分野でも時間とともに変動する物理量をエネルギー的に平均した“等価レベル”というものが、とり入れられている。したがって、本要領（案）では座席の振動を評価する量として“等価振動レベル（記号VLeq）”を採用した。なお、この等価振動レベルの基準加速度（ a_0 ）の値はJIS（ 10^{-5}m/sec^2 ）とISO（ 10^{-6}m/sec^2 ）とでは異なるので注意されたい。さらに、JISC1510とISO2631では、感覚補正特性が若干異なり、特に水平方向では3dBの差異を生ずるので注意を要する。

§ 3 測定機器

測定は、ほとんどの場合データレコーダが使用されるものと思われるが、ISO7096“土工機械 — オペレータシート — 伝達される振動”では、必要周波数範囲で±3%以内の再生精度を要求しているが、これは、かなり厳しい値である。また、データレコーダに記録する場合、特に座席取付部の振動はエンジンの振動による高周波成分が大き

いので、データレコーダのダイナミックレンジを考慮しながら、ローパスフィルタをかけるなど注意が必要である。

§ 4 測定方法

4-1 測定箇所及び振動測定軸

本要領（案）では、座席上及び座席取付部の2箇所それぞれにおける前後、左右、上下の3方向の振動を測定することを規定しているが、座席の背もたれ、さらにそれらを総合した評価も将来は必要となると思われる。しかし、現段階では、解明されていない点も多く、評価法が確立されていないので、本要領では取り上げない。

また、本測定要領（案）では、付図-1に示したような円板を規定したが、これは、ISO7096に提示されている2例のうちの1つである。座席上の振動は、加速度変換器を取付ける板の形状、大きさ等による差異が明らかでないため、統一をはかる意味で、図-1に示したものの、もしくは、類似形状のものを使用することとする。

4-2 機械の状態

機械の状態及び運転時のエンジンの状態を統一し、単純化するために、各機種毎のJISの性能試験方法に規定される運転整備状態、作業時負荷状態を選んだ。

4-3 作業条件

4-3-1 ブルドーザ

走行時は、安定した値が得られるが、作業時は、バラツキが大きくなる傾向は、避けられない。

また、オペレータの挙動による測定値への影響を極力押さえるために、姿勢はできるだけ一定の状態を保つことが望ましい。

なお、走行時については、作業の性格上、前進時のみでなく、後進時も、測定時間に含めるものとする。

4-3-2 履带式トラクタショベル

作業時の対象物としては、4号碎石を規定しているが、これより粒径の小さい対象物の場合は、測定値に大きな差異は現れない。

4-3-3 車輪式トラクタショベル

走行時については、路面の小さな凹凸も、そのピッチによっては、車体の大きな共振現象を生むことがある。そのような現象が認められる時には、走行路の見直しが必要である。

作業対象物に関しては、4-3-2項と同じことが当てはまる。

4-3-4 スクレーパ

スクレーパ作業を、小さな試験場内で再現することは適切であるとは云えないと判断

されるため、実際の施工現場での作業時に於いて、測定を行うものとする。

4-3-5 振動ローラ

“十分転圧した”とは、3回以上締め固めた状態をいう。地盤の土質の違いによる測定値の差異は小さいが、硬化後のアスファルト、砂利等の上での測定は避けることとする。なお、砂地盤上では、機械が沈下して走行不能となる場合があるので注意を要する。

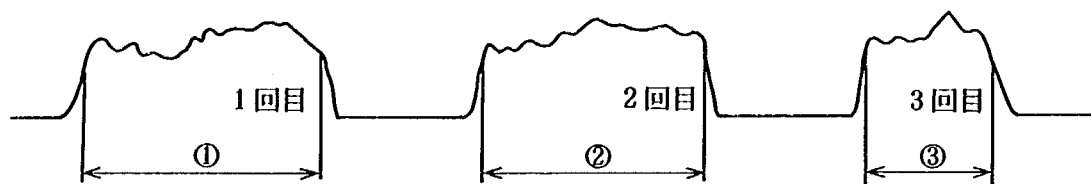
4-3-6 作業条件と測定値の関係

本測定要領(案)で規定する作業条件は、各々の機械にとって、最も理想的とされる作業形態である。従って一般の作業現場では、施工管理の良否により、本測定要領(案)による測定値より高い値が計測されることがあり得る。

§ 5 データ処理方法

等価振動レベルの算出の為のサンプリングは下記の例によるものとする。

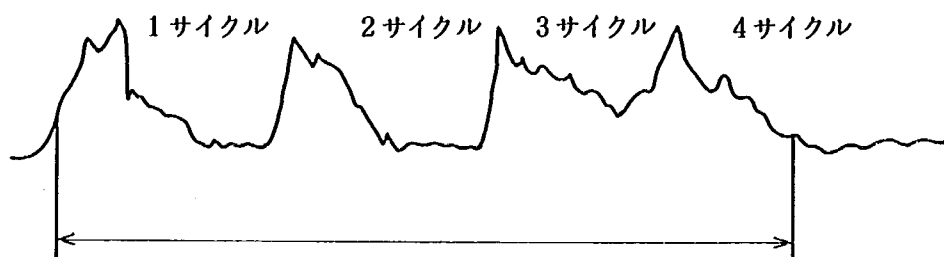
例1 3回の測定を実施した場合(走行時等)



ア) ①, ②, ③の個所のみを連続してサンプリングし、§ 2, 2-2項に示す方法により、一括して等価振動レベルを求める。

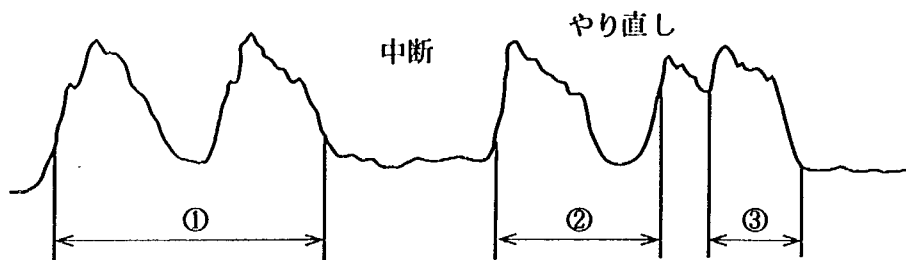
イ) ①, ②, ③の各回毎に§ 2, 2-2項に示す方法により等価振動レベルを求め、それらの値のパワー平均値を代表値とする。

例2 連続作業の場合



全作業時間に渡ってサンプリングし、等価振動レベルを算出する。

例3 連続作業中に作業の中断、やり直し等があった場合



①, ②, ③の部分に関して、例1 ア)の方法で等価振動レベルを求める。

なお、レベル波形からのサンプリングの場合(§2, 2-2の後者の方法),その間隔は、2秒程度まで長くしても、実際上は、大きな影響はみられない。

§6 測定値の評価

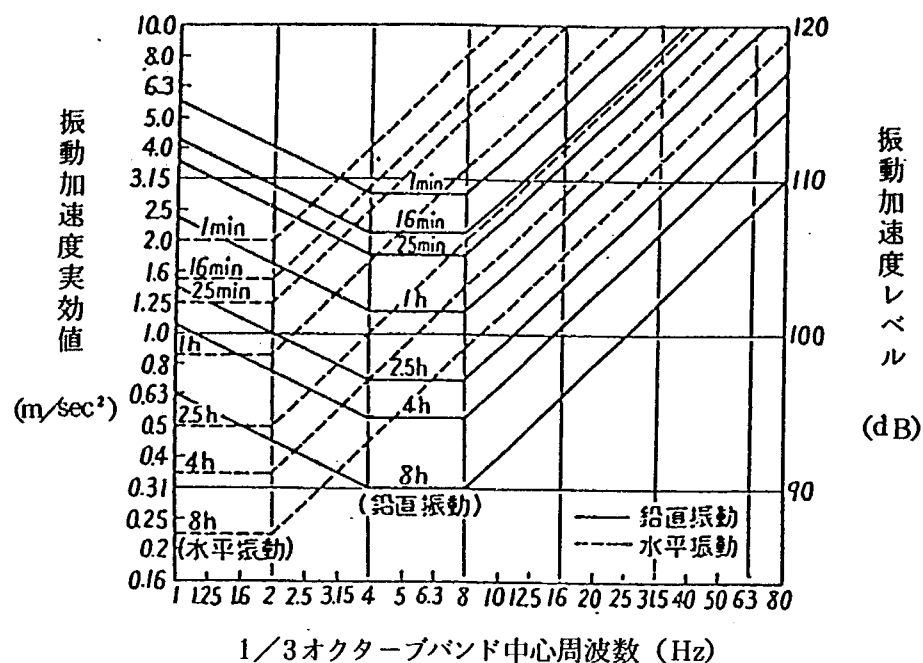
振動の評価はISO2631(1978年)“全身振動に対する暴露の評価に関する指針”の中で、付図-2に示す振動暴露限界が提案されている。

図中における曲線は被労一作業能率減退を表わす規準曲線であり、主として飛行機のパイロット及び自動車の運転手による実験から得られたものであるが、建設機械の運転員へ伝達される振動の評価に際しても、一つの目安となろう。

本測定要領(案)により計測された振動レベルは、鉛直振動暴露規準値の4~8Hzの振動レベルと比較することにより評価が可能である。ISO2631ではこの方法は近似方法にすぎないが、普通の場合は1/3オクターブバンド幅で詳しく評価する方法と感覚補正回路により全域帯で評価する方法とにおける振動測定の結果の差は小さいとしている。しかしながら、詳細な検討の為に、1/3オクターブバンド周波数分析による評価が必要である。

人体の健康に支障をきたすとされている負荷限界は、被労一作業能率減退と同じ形態の曲線を示すが、対応する振動レベルは6dB高い値である。

なお、本測定要領では、振動加速度の大きさを“単位dB”で表わしているが、ISO2631では m/sec^2 で表示されているので換算する必要がある。



作図－2 振動暴露限界

5.3 建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領（案）

建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領（案）

§ 1 適用範囲

本測定要領（案）は、建設工事に供する手持工具並びにハンドガイド機械に於いてハンドル部での振動の測定に際して使用されるものである。

§ 2 用語の意味

2-1 工具振動レベル

$20 \log_{10}(a_{hw}/a_0)$ で定義された値をいい、単位はdBで表わす。

ここで a_{hw} は、JISC1511 に規定された周波数補正特性で重みづけられた振動加速度の実効値、 a_0 は基準加速度 10^{-5} m/sec^2 とする。記号は VL_h で示す。

2-2 等価工具振動レベル

測定時間内で工具振動レベルが時間と共に変化する場合、これと等しい振動加速度実効値を与える連続定常振動の工具振動レベルをいい、次式で定義される。記号は VL_{eq} 、単位はdBで示す。

$$VL_{heq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \frac{a_{hw}(t)^2}{a_0^2} dt$$

ここで、 $a_{hw}(t)$ は、JISC1511 に規定された周波数補正特性で重みづけられた振動加速度の瞬時値とし、 a_0 は、 10^{-5} m/sec^2 とする。T は測定時間を示す。

なお、JISC1511 に示される工具振動レベル計に基づく、振動レベル波形からデジタル演算を行う場合は、次式による。

$$VL_{heq} \approx 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{Li/10} \right)$$

ただし、

Li : 工具振動レベルの瞬時値

N : データ個数 (サンプリング個数)

なお、サンプリング間隔は 1 秒以下が望ましい。

§ 3 測定機器

3-1 加速度変換器及び増巾器

加速度変換器及び増巾器の性能は、JISC1511 を満足するものとする。

3-2 周波数補正回路

加速度信号は、JISC1511 に規定する周波数補正を行う。また、遮断特性もこれに準ずる。

3-3 データレコーダ

加速度変換器からの電気信号を後で分析する場合は、データレコーダを用いる。データレコーダは、8 ~ 1400 Hz の周波数範囲をカバーできるものでなければならない。

なお、被測定振動の性質上、記録レベルの設定は慎重に行い、ダイナミックレンジにも十分注意を払わなければならない。

§ 4 測定方法

4-1 測定箇所

加速度変換器は、標準的にハンドルを保持した時の手の位置、又はその至近点に金属製の取り付け具 (ネジ又はバンド等) を用い、確実に取り付けるものとする。当該個所がゴム等で被覆されている場合は、加速度変換器は剛体的とみなせる程度に充分堅く取り付け、特に加速度変換器の取り付け共振が、測定周波数範囲内で発生しないよう留意する。加速度変換器取付位置の例を次に示す。

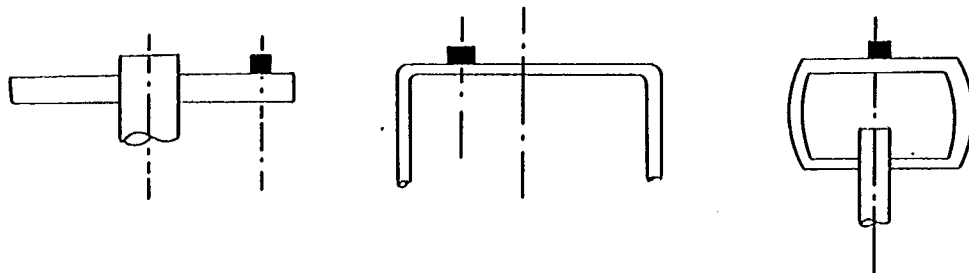


図-1 ピックアップ取付位置の例

4-2 測定軸の設定

測定する振動の方向は、直交座標系の3軸方向（X、Y、Z）の各方向成分とし、各軸は次に従うものとする。

4-2-1 ブレーカ、レッドグリル

- { Z 軸……………機械長軸方向（打撃方向）
- { Y 軸……………ハンドル握り部軸方向
- { X 軸……………上記2軸の直交軸方向

4-2-2 振動ローラ、振動コンパクタ、 タンバ

- { Z 軸……………ハンドル中心線方向
- { Y 軸……………ハンドル握り部軸方向
- { X 軸……………上記2軸の直交軸方向

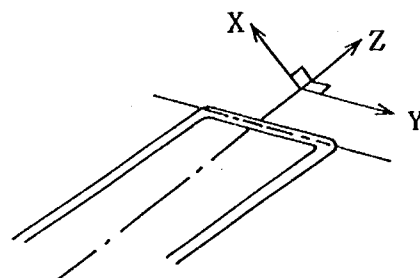
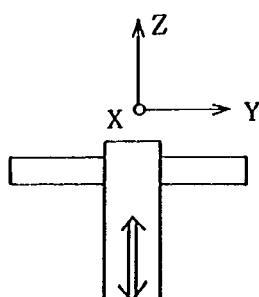


図-2 測定軸の設定

4-3 作業条件

4-3-1 ブレーカ

供試体は圧縮強度の明らかな品質がほぼ均一なコンクリート又は、花崗岩とする。（ただし、圧縮強度 200 kg/cm^2 以上とする。）測定は、本体を垂直に保持し、標準的な使

用条件で運転している状態において行い、オペレータはハンドルを軽く保持し、通常作業時の推力をかけるものとする。

測定時間は、安定した運転状態の保たれている時間（30秒以上が望ましい）とし、上記測定を3回以上くり返すものとする。

4-3-2 レッドグリル

供試体は、圧縮強度の明らかな品質がほぼ均一な花崗岩とする。測定は、本体を水平に支持し、標準的な使用条件で運転している状態において行い、オペレータは、ハンドルを軽く保持し、特に推力を付加しないものとする。レッグ角は30°とする。

測定時間、測定回数は、4-3-1に同じとする。

4-3-3 振動ローラ、振動コンパクタ、タンバ

被測定機械で、十分に転圧したまき厚20cm以上の砂又は土上で原動機をフルスロットルとし、起振周波数を変更できる機種では、最大締固め力の得られる周波数で、測定を行う。振動ローラは、前後進について速度2 km/h又は至近速度で測定する。

測定時間、測定回数は、4-3-1に同じとする。

§ 5 データ処理方法

- (1) 測定結果は、測定時間中の等価工具振動レベルで示すものとする。
- (2) JISC1511に規定される工具振動レベル計を用いたとき、レベル計の指示値の変動が3 dB以下の場合は、その指示値を代表値としてもよいものとする。
- (3) 単位記号としてdBVL_hを用いる。

§ 6 報告すべき事項

- 6-1 被測定機械の型式、製造業者、主要諸元、製造年
- 6-2 測定年月日
- 6-3 測定場所
- 6-4 測定結果（ハンドル部の3方向を個々に示す。）
- 6-5 使用測定器の型式、製造業者
- 6-6 データ処理の方法
- 6-7 供試体の種類、状態、或いは路面の状況
- 6-8 被測定機械の運転条件

建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領（案）解説

§ 1 適用範囲

本測定要領（案）は、建設工事用手持工具等の振動低減対策をたてる前段階として、上記建設機械のハンドル部の振動を測定、評価するために使用されるものであり、試験

場における測定を対象とするものである。ここで規定する建設工事用手持工具等とは次の5機種である。

- (1) ブレーカ
- (2) レッドグリル
- (3) ハンドガイド振動ローラ
- (4) 振動コンパクタ
- (5) タンバ

なお、ハンドル部の振動の実態調査等の現場測定を行う場合は、4-3の作業条件の項目を除いて適用することができる。

また、本測定要領(案)は、4-3項を除き、おおむね、労働省、「手持動力工具の工具振動レベル測定方法(案)」(基発第207号、昭和57年3月29日)と同じものである。

§2 用語の意味

我国においては、局所振動が手等へ与える影響を評価する量として、ISO/DIS 5349“手に伝達される振動の測定と評価に関する原則”をもとに制定されたJISC 1511“手持工具用振動レベル計”に定義されている“工具振動レベル(記号 VL_h)”が最も一般的である。なお、“振動加速度レベル(記号 VAL)”と混同しないよう配慮が必要である。また、最近の傾向として、騒音の分野でも時間と共に変動する物理量をエネルギー的に平均した“等価レベル”というものがとり入れられている。従って、本要領ではハンドル部の振動を評価する量として“等価工具振動レベル(記号 VL_{heq})”を採用した。なお、この等価工具振動レベルの基準加速度 a_0 の値は、JISC($10^{-5}m/sec^2$)とISO($10^{-8}m/sec^2$)で異なるので注意を要する。

§3 測定機器

3-1 加速度変換器、及び増巾器

労働省「手持動力工具の工具振動レベル測定方法(案)」では、加速度変換器の重量は、「30g以下のものが望ましい」としている。

特に、打撃工具の場合、クレストファクタ(ピーク値の実効値に対する割合)が高く、増巾器の飽和に注意を払いながら、測定レンジの設定を慎重に行う必要がある。

3-2 周波数補正

JISC1511に規定される「周波数補正回路」は、DIS5349で規定されている「周波数荷重」とは、周波数帯域上限値が若干異なっている。

3-3 データレコーダ

建設工事用手持工具等の振動記録に際しては、その振動の性質上、データレコーダの記録レベル設定は、慎重に行い、S/N比の低下に気を付ける必要がある。また、デー

タレコードのダイナミックレンジは50dB以上のものが望ましい。なお、信号を周波数補正加速度で記録することにより、S/N比の大巾な改善がなされる場合もあり得る。

§ 4 測定方法

4-1 測定箇所

測定中の、取付金具等のゆるみには、注意を払う必要がある。

4-2 測定軸の設定

本文中4-2-1, 4-2-2に示された設定法により難しい場合は、ハンドル握り部軸方向をY軸、標準的に手持工具等を保持した時の第3中手骨長軸方向をZ軸とし、上記2軸に直角にX軸をとることとする。

4-3 作業条件

4-3-1~2 ブレーカ、レッグドリル

ブレーカは、建設工事に於いては、コンクリート破砕に用いられることが多く、供試体としても、コンクリートが望ましいが、供試体入手の容易さ等の関係上、花崗岩を用いてもよい。

ブレーカ、レッグドリル共、空気圧の管理は充分に行い、運転操作も、一定の条件で行うよう努める。

4-3-3 ハンドガイド振動ローラ、振動コンパクタ、タンパ

“十分転圧した”とは、3回以上締め固めた状態をいう。地盤の土質の違いによる測定値の差異は殆んど無いが、粘性土上では、コンパクタ、タンパは円滑に前進できない場合があるので注意を要する。

なお、長いパイプ状のハンドルの場合、その握り方により、測定値に大きな差を生ずる場合があるので、特に、条件を一定にするよう注意を払う必要がある。

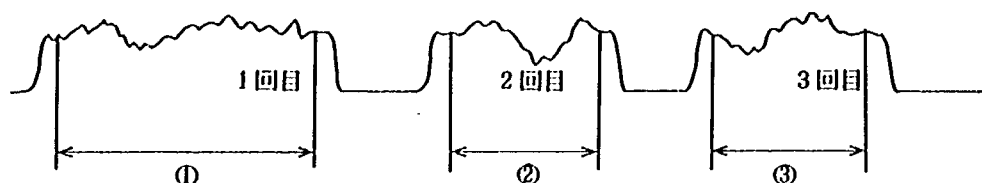
4-3-4 作業条件と測定値の関係

本測定要領(案)で規定する作業条件は、各々の機械、工具にとって最も理想的な作業形態である。従って、一般の作業現場では、施工管理の良否により、本測定要領(案)による測定値より高い値が計測されることがあり得る。

§ 5 データ処理方法

等価工具振動レベルの算出は、下記の例、ア)、イ)のうちいずれによってもよい。

例3 3回の測定を実施した場合



ア) ①, ②, ③の個所のみを連続してサンプリングし, § 2, 2-2項に示す方法により, 一括して等価工具振動レベルを算出する。

ロ) ①, ②, ③の各回毎に, § 2, 2-2に示す方法により, 等価工具振動レベルをそれぞれ算出し, それらの値のパワー平均値を代表値とする。

なお, レベル波形からサンプリングする場合 (§ 2, 2-2に示される後者の方法による場合), サンプリング間隔は, 實際上, 2秒間隔程度まで長くしても差しかえない。

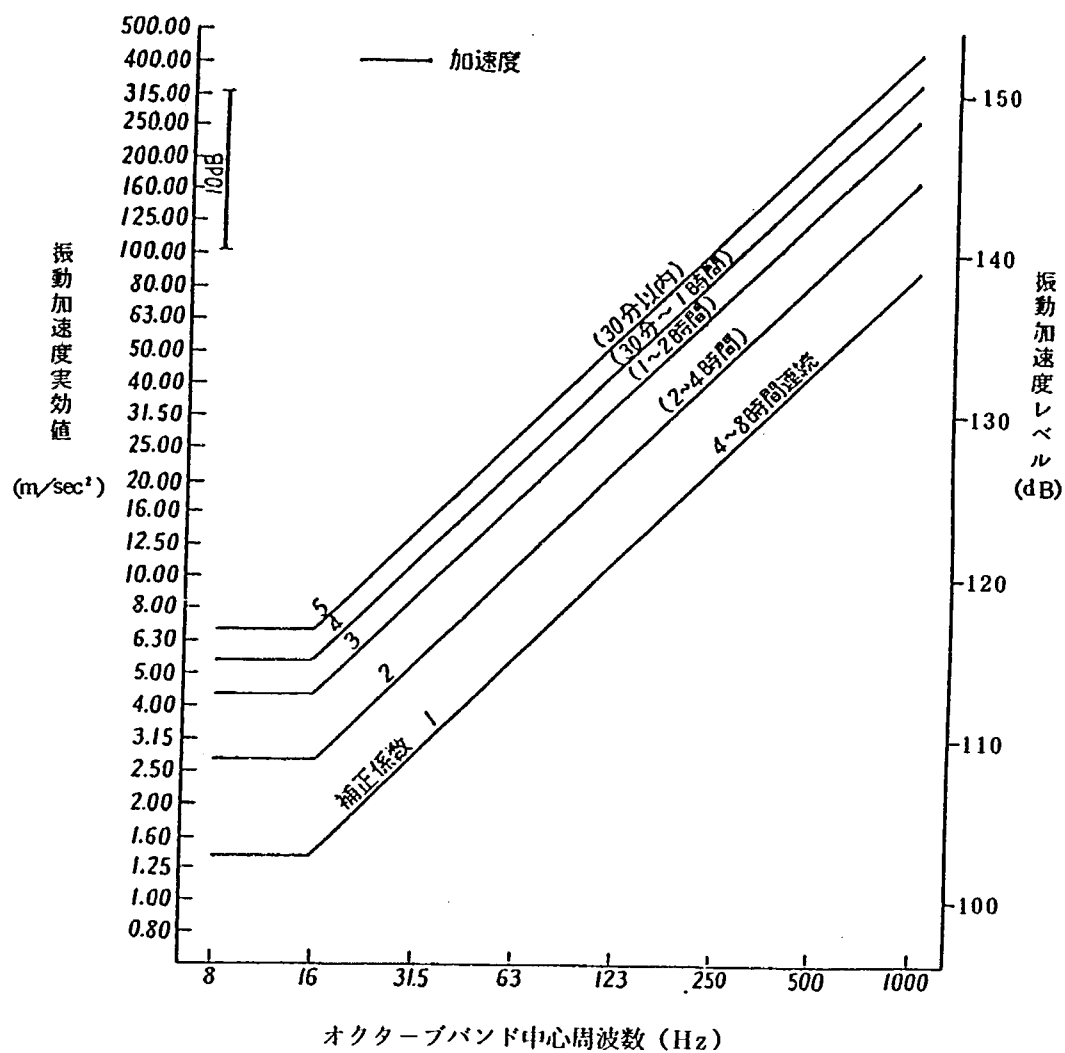
§ 6 測定値の評価 (手持工具等)

振動の評価に関しては, ISO/DIS 5349 (1979年) “手に伝達される振動の測定と評価に関する原則” の中で, 付図-3に示す振動暴露限界が提案されている。

図中の曲線は, 暫定暴露規準であるとされているが, 局所振動の評価に関する一つの指針を与えていると云えよう。

本測定要領 (案) により計測された工具振動レベルは, オクターブバンド暴露規準値の 8~16 Hz の振動レベルと比較することにより評価が可能である。しかしながら, この方法は近似方法であり, 詳細な検討のためには, 1/3 オクターブ又はオクターブバンド周波数分析による評価が必要である。

なお, 本測定要領では, 振動加速度の大きさを “単位 dB” で定義しているが, ISO/DIS 5349 では m/sec^2 で表示されているので換算する必要がある。



付図3 振動暴露指針値(DIS 5349)

あ と が き

本調査により、建設機械の運転員へ伝達される振動の大きさの実態の目安が得られると共に、これらの値は、ISOで定めている暴露基準に比して、必ずしも満足のできるものでないこともわかった。

さらに、収集された関連資料に基き、“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”を提案したが、今後、各メーカ、研究所等で建設機械オペレータ振動を測定する際の一助となれば幸いである。また、このような統一的な条件下での測定データが集積されること、あるいは、これら測定を通じて本測定要領(案)の問題点が指摘され練り直されることを望むところでもある。

なお、本調査検討を実施するに当たっては、(社)日本建設機械化協会「オペレータ振動対策委員会」各委員の方々、および、建設機械化研究所 藤本義二氏、飯盛洋氏の多大な協力を得た。末尾ながら感謝の意を表する。

参考文献

- ISO 2631 / Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration / 1978.1
- ISO / DIS 5349 / Principles for the measurement and the evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand / 1979.7
- ISO 7096 / Earthmoving machinery—Operator seat—Transmitted Vibration / 1982.2
- JIS C 1510 / 振動レベル計 / 1976.1
- JIS C 1511 / 手持工具用振動レベル計 / 1979.4
- 沢田茂良, 多田和弘, 豊田実 / 建設機械の振動対策に関する調査試験 / 土木研究所資料 1925 号 1983.3
- 藤本義二 / 建設機械の運転席における振動評価方法 / 建設の機械化 1981.2
- 狩野幸司 / 建設業における振動機械工具作業者をめぐる諸問題と今後の動向 / 建設の機械化 1980.11
- 三浦豊彦 / 手持式振動建設機械の人体に及ぼす影響 / 建設の機械化 1979.9
- 三輪俊輔 / 作業環境における振動の問題 / 騒音制御 1979.6
- 山崎和秀 / 振動の人体への影響 / 騒音制御 1979.6
- 労働省 / 手持動力工具の工具レベル測定方法について / 基発第 207 号 1982.3
- さく岩機振動障害対策委員会 / 活動概要報告書 / 鉱業労働災害防止協会 1978.8
- オペレータ振動対策委員会 / 建設機械運転員への振動防止に関する調査報告書 / (社)日本建設機械化協会 1981.3
- オペレータ振動対策委員会 / 建設機械振動の測定方法ならびにオペレータへの振動防止策に関する調査報告書 / (社)日本建設機械化協会 1982.3
- オペレータ振動対策委員会 / 建設機械オペレータ振動測定要領(案)の検証ならびに新型履帯系建設機械の振動対策面からの検討報告書 / (社)日本建設機械化協会 1983.3

資 料

- (I) オペレータ振動対策委員会名簿
- (II) 振動レベル波形の例
- (III) 振動測定状況写真集
- (IV) 建設機械オペレータ振動測定要領（案）に基づく測定値
と現場計測データ
- (V) ピックアップ形状の影響

1914-1915

1916-1917

1918-1919

1920-1921

1922-1923

1924-1925

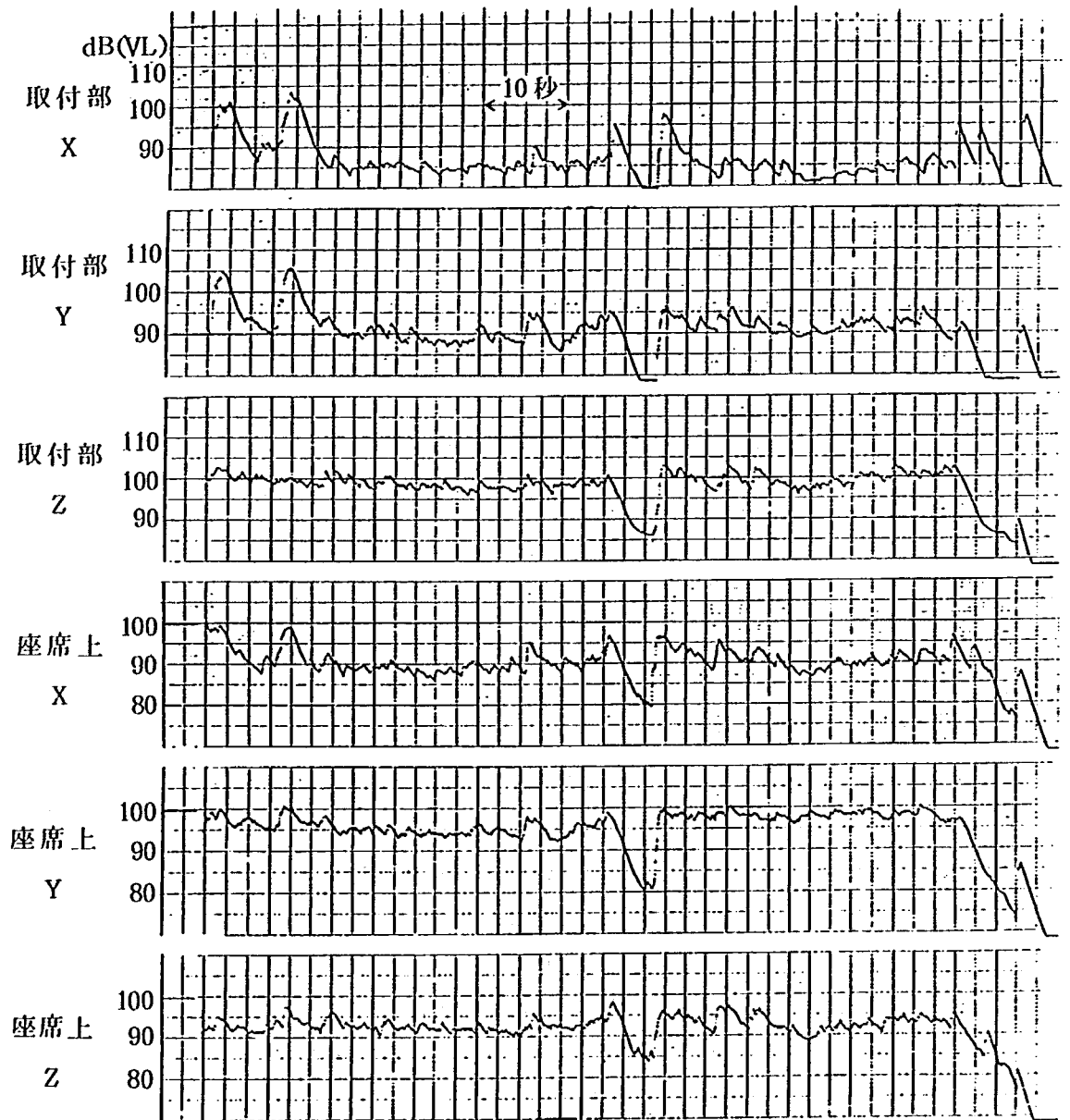
(I) オペレータ振動対策委員会名簿

(順不同, 敬称略)

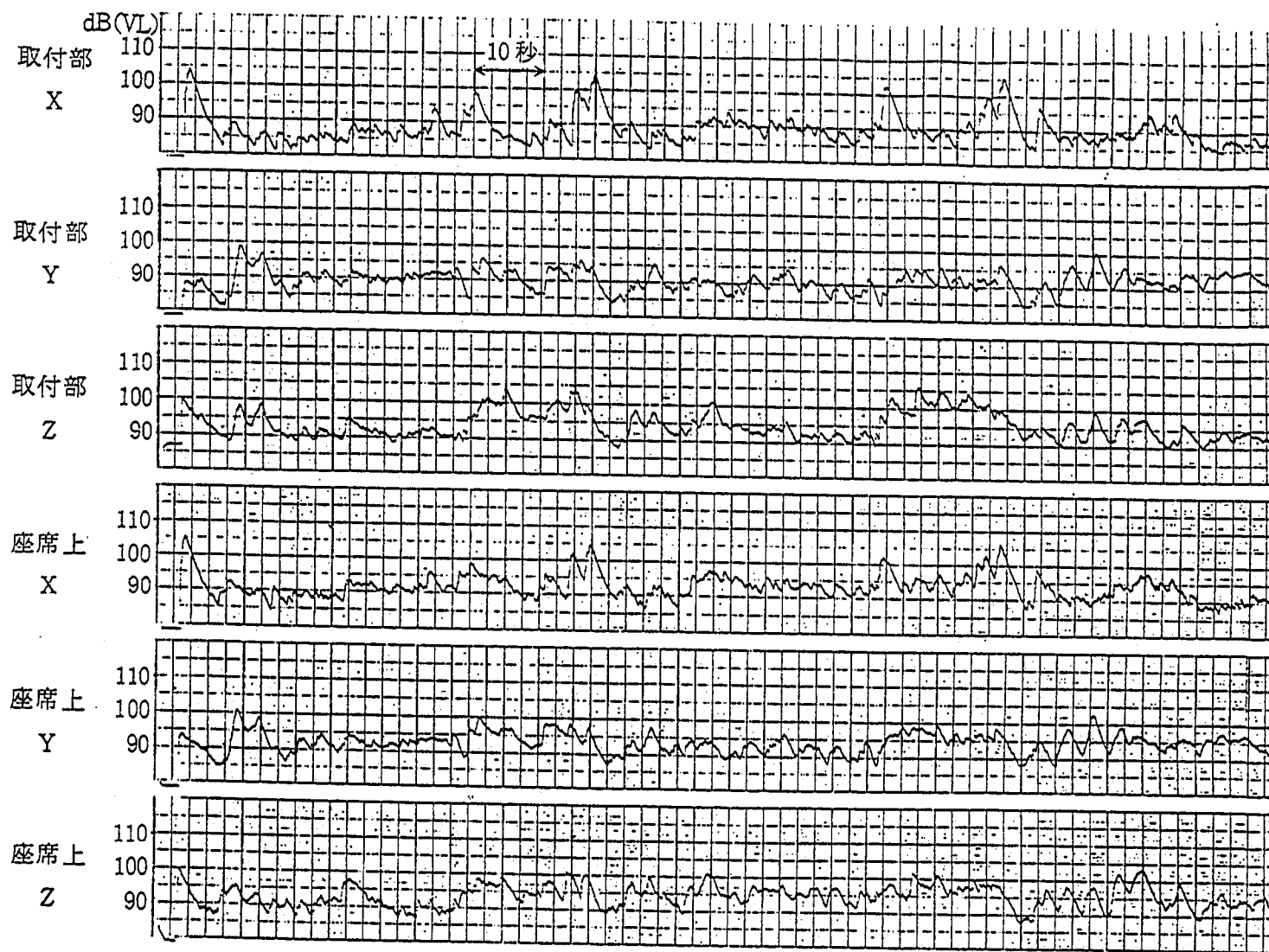
	氏 名	所 属
委員長	藤 本 義 二	建設機械化研究所 技師長
委員	三 輪 俊 輔	労働省産業医学総合研究所 人間環境工学研究部長
"	袴 塚 禎 三	労働省産業安全研究所 機械研究部主任研究官
"	高 橋 務	㈱小松製作所技術本部技術管理部主査
"	和 田 英 男	キャタピラ三菱㈱ 技術部主任研究員
"	伊 東 正 義	古河鋳業㈱ 機械生産本部機械技術部技師長
"	三 井 晃	酒井重工業㈱ 技術開発部設計一課課長代理
"	磯 部 健一郎	三笠産業㈱ 技術研究所技術部次長
"	牧 弘	㈱明和製作所 第2工場設計課係長
"	赤 根 晴 雄	東洋運搬機㈱ 竜ヶ崎工場技術研究室
"	清 水 洋 一	日揮ユニバーサル㈱ 御殿場工場開発課
旧委員	野 末 康 博	㈱小松製作所 技術研究所主任研究員(56年まで)
"	渡 辺 務	東洋運搬機㈱ 技術開発部企画室部長(56年まで)
委託者側	津 田 弘 徳	建設省 関東技術事務所長
"	染 谷 晃	" 大臣官房建設機械課係長
"	大 平 喜 男	" 関東技術事務所機械課長
"	千 田 昌 平	" 土木研究所機械施工部長
"	伊 藤 豪 誠	" 土木研究所機械研究室長
"	多 田 和 弘	" 土木研究所機械施工部機械研究室
旧委員	江 本 平	" 大臣官房建設機械課係長(56年まで)
"	熊 谷 元 伸	" 関東技術事務所機械課長(55年)
"	沢 田 茂 良	" 土木研究所機械研究室長(56年まで)
受託者側	内 田 保 之	㈱日本建設機械化協会 調査部長
"	飯 盛 洋	㈱日本建設機械化協会 建設機械化研究所試験部

注) 旧委員の所属は、委員会在籍当時のものである。

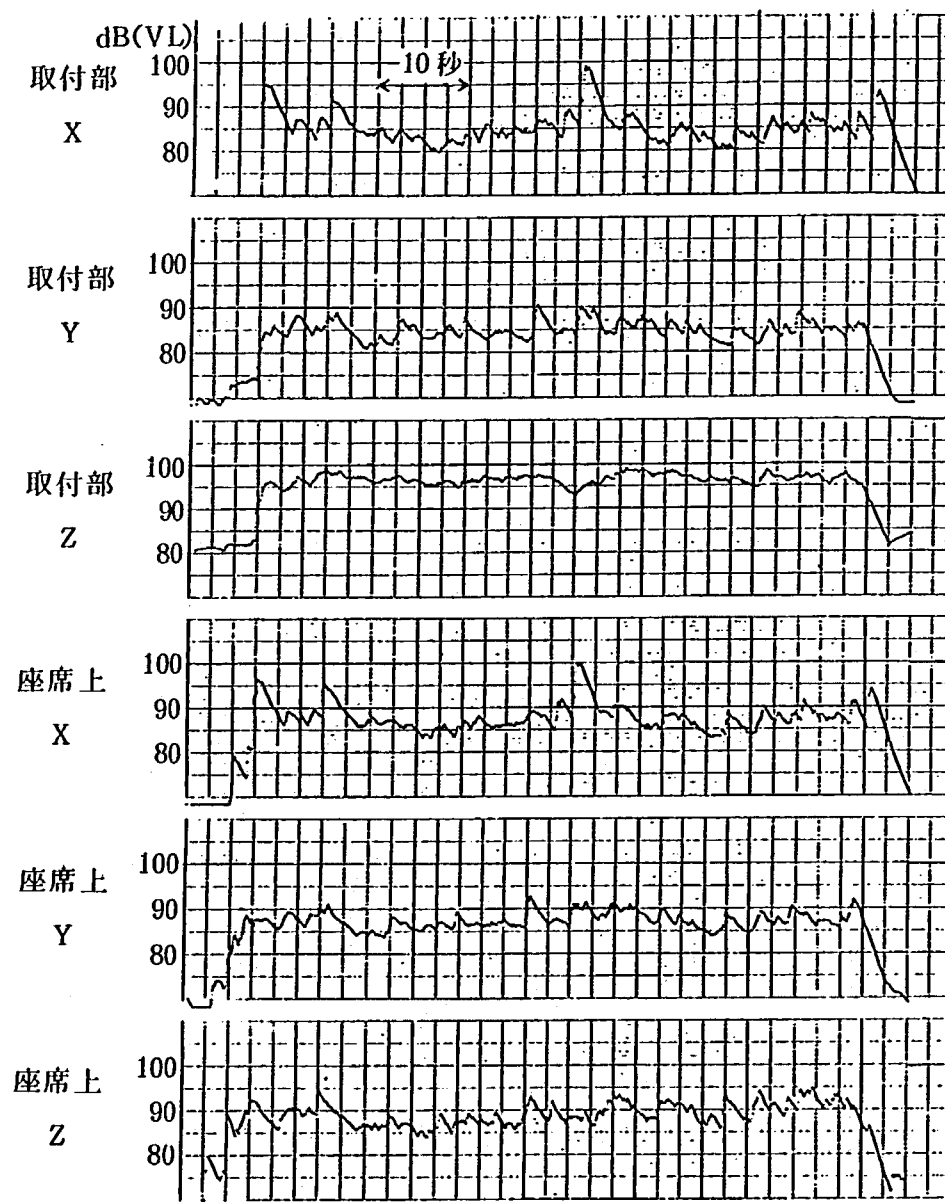
(Ⅱ) 振動レベル波形の例



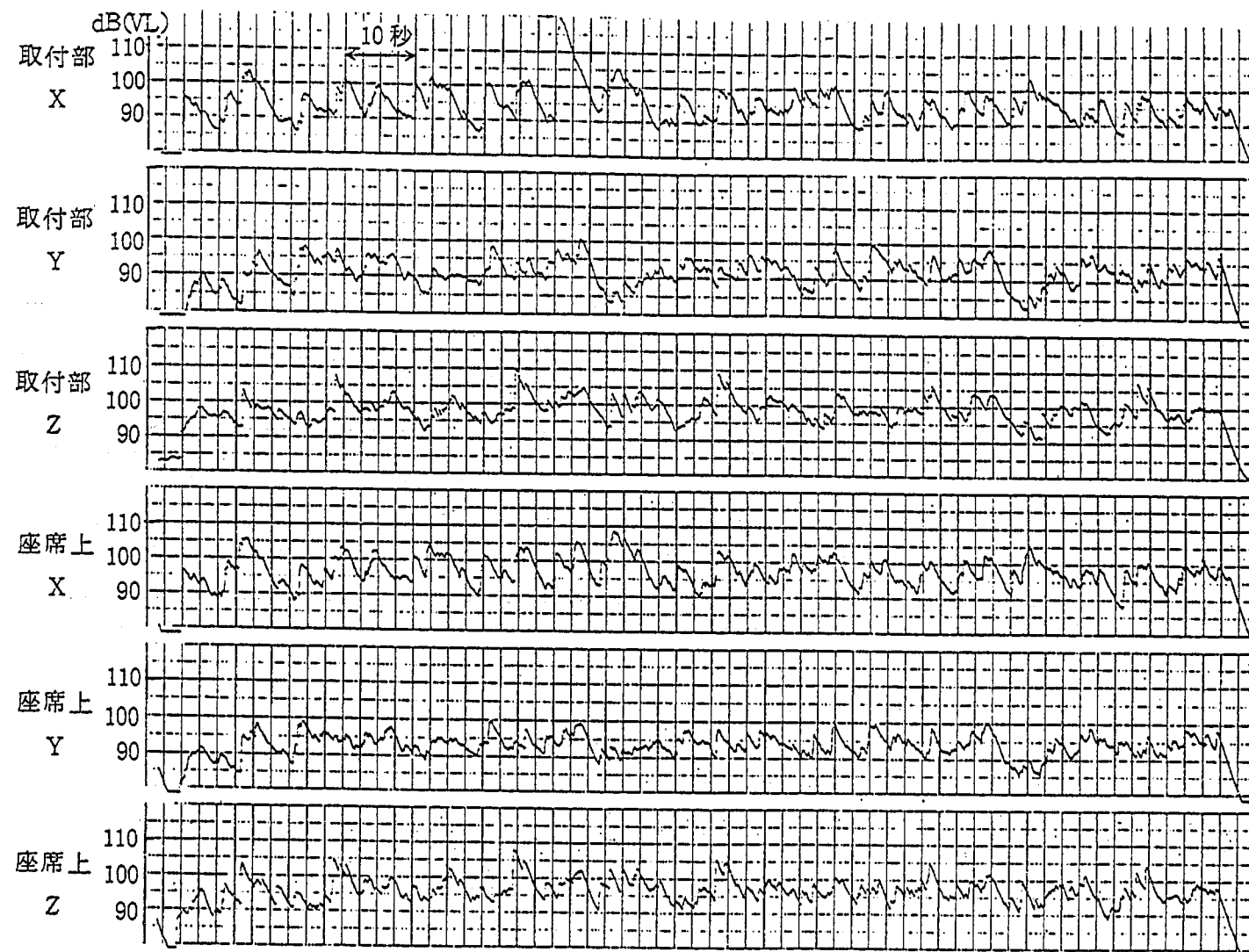
図Ⅱ－1 ブルドーザ(11 t) 2速走行(土道)



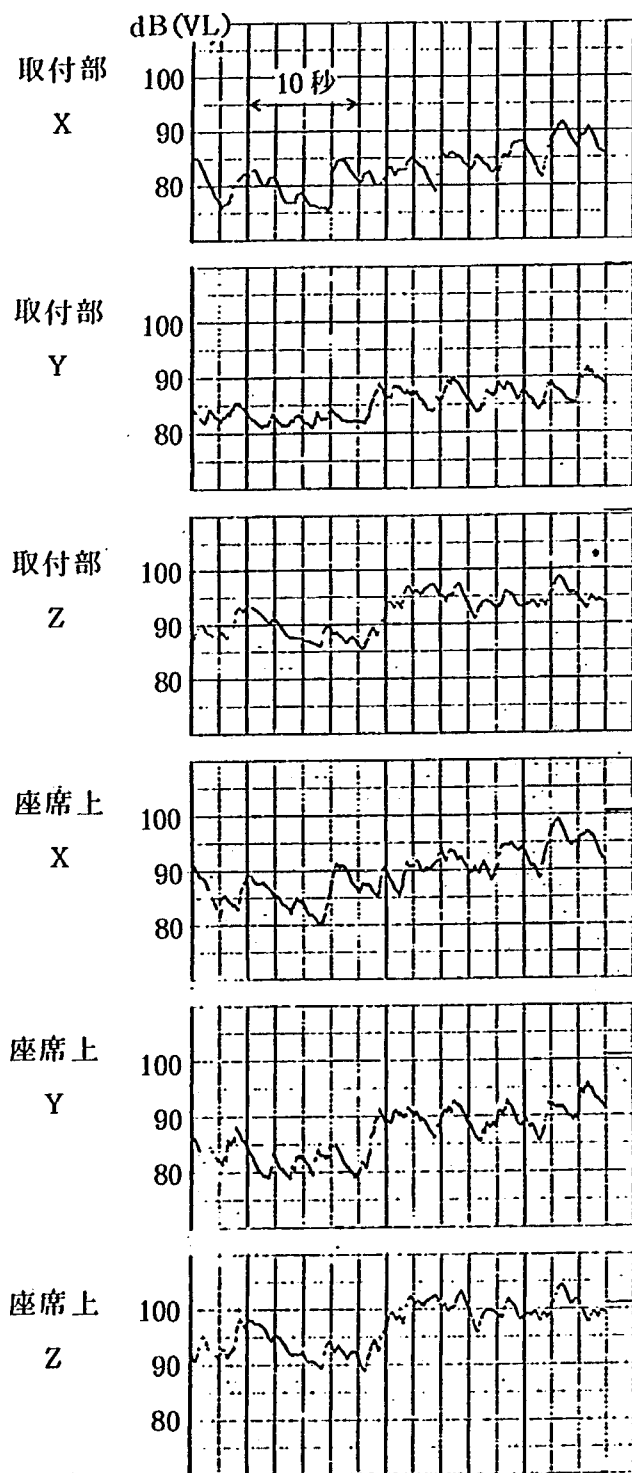
図Ⅱ-2 ブルドーザ(11t) 押土作業



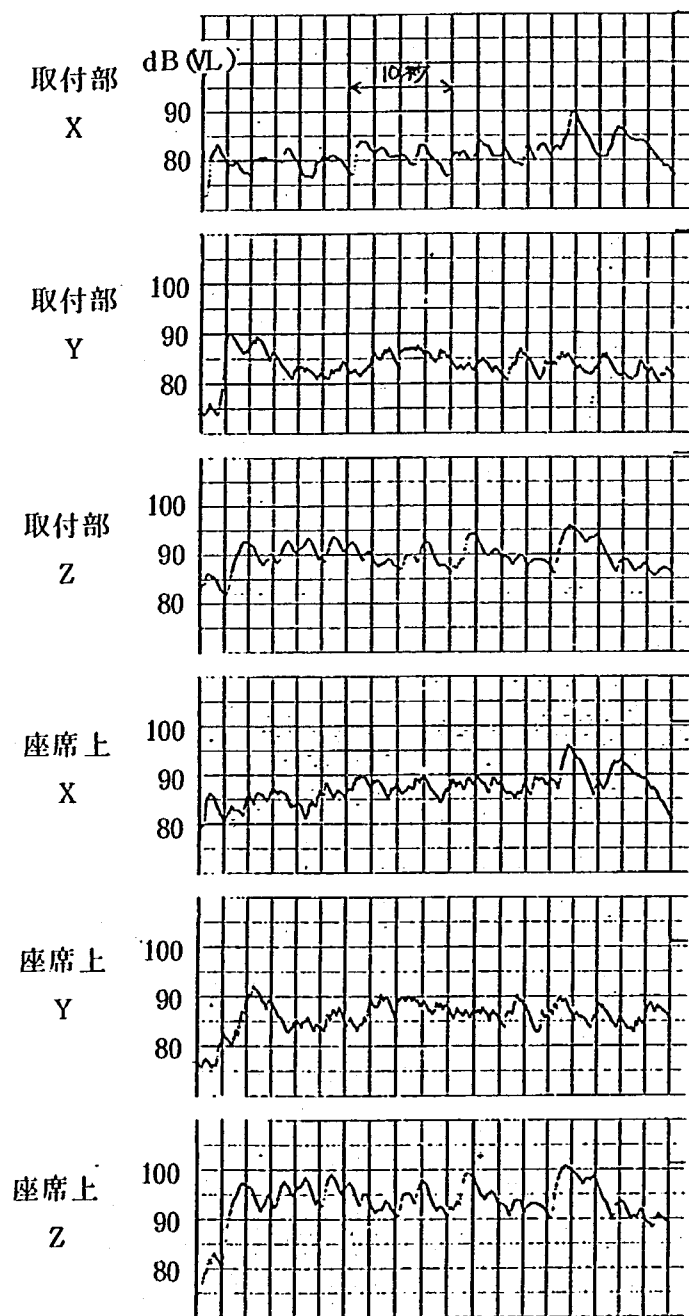
図Ⅱ-3 履帯式トラクタショベル(2.1 m³) 2速走行(土道)



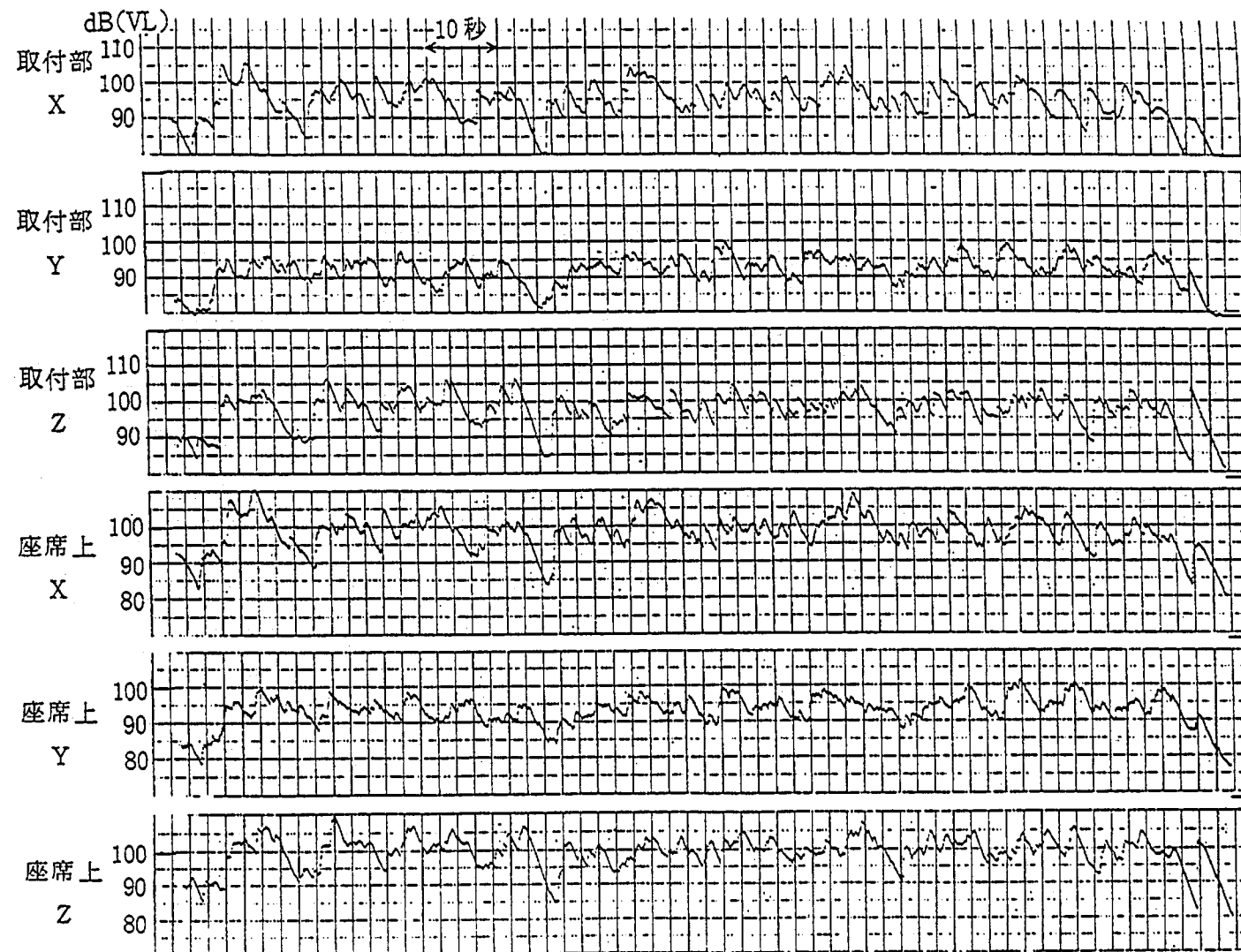
図Ⅱ-4 履帯式トラクタショベル(2.1 m³) V作業(4号碎石)



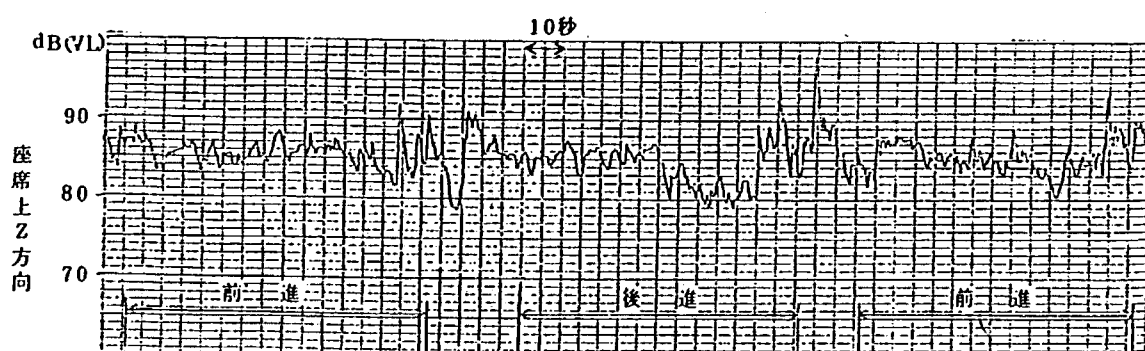
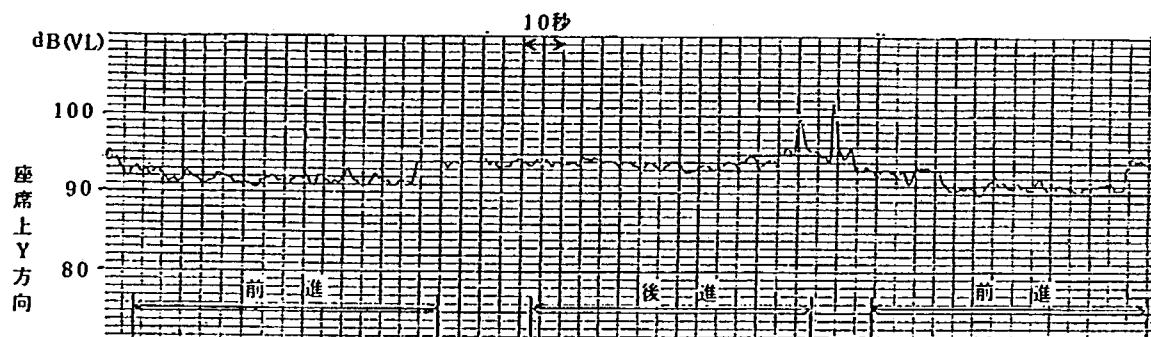
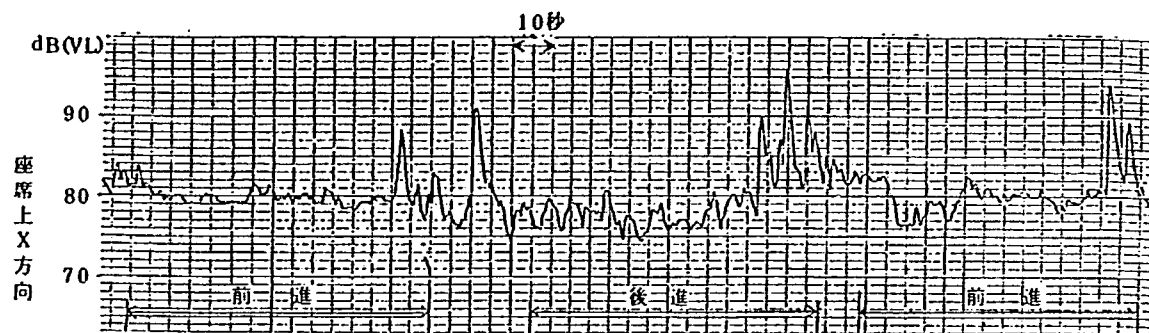
図Ⅱ-5 車輪式トラクタショベル(1.4 m³)
2速走行(土道)



図Ⅱ-6 車輪式トラクタショベル(1.4 m³)
2速走行(コンクリート道)



図Ⅱ-7 車輪式トラクタショベル(1.4 m³) V作業(4号砕石)



図Ⅱ-8 振動ローラ(塔乗式 4 t) 作業時(土) 2 km/h

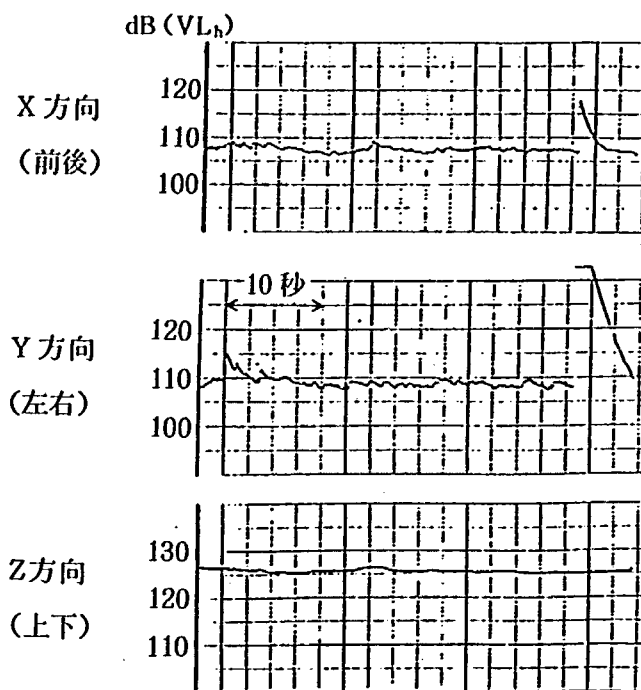


図 II - 9 ブレーカ(30kg級) コンクリート (5 kg/cm²)

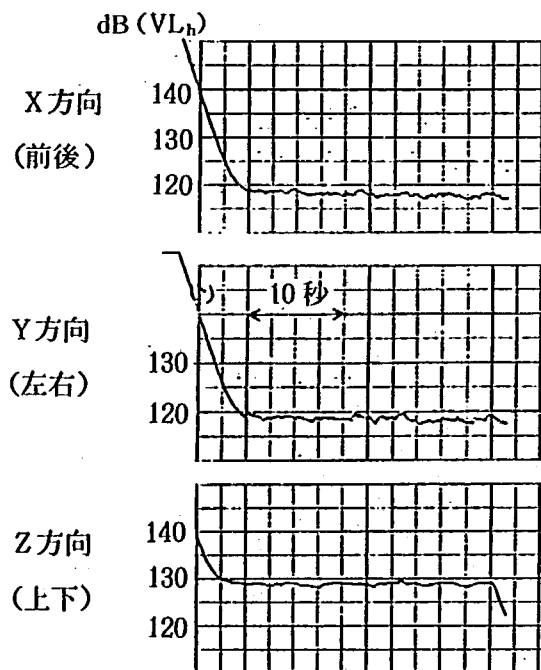


図 II - 10 ブレーカ(30kg級)
コンクリート (7 kg/cm²)

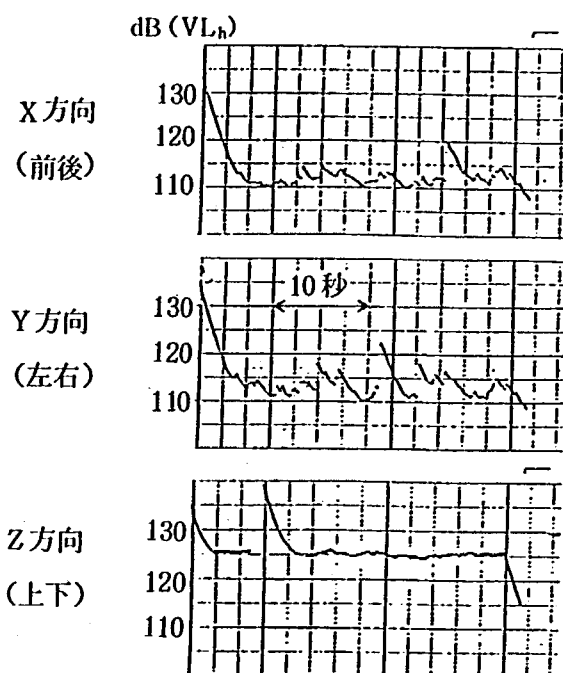


図 II - 11 ブレーカ (30kg級) 花崗岩 (5 kg/cm²)

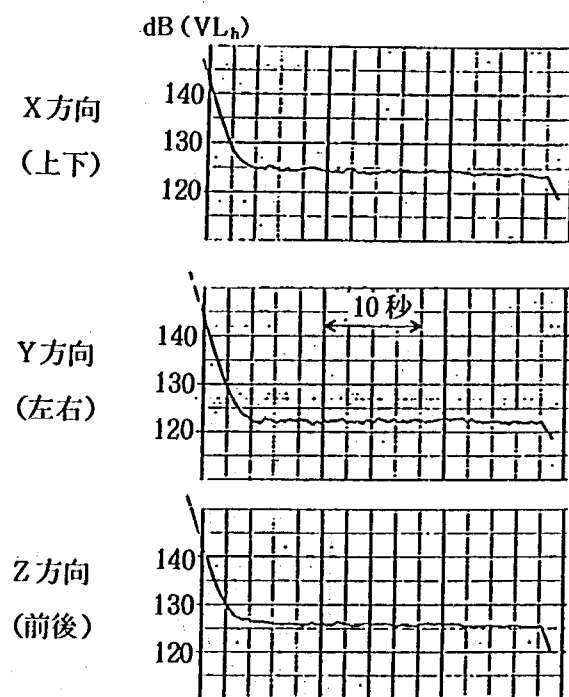
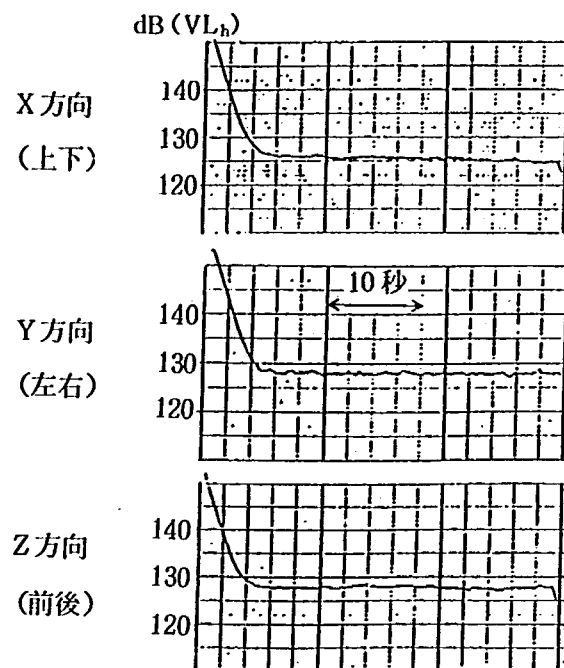
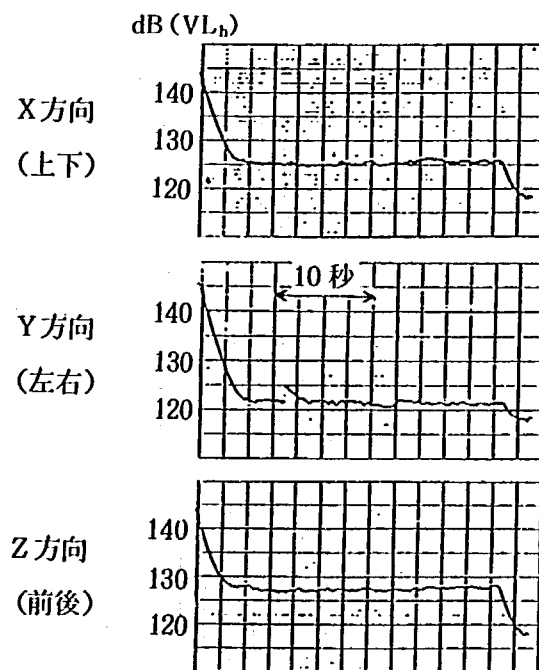


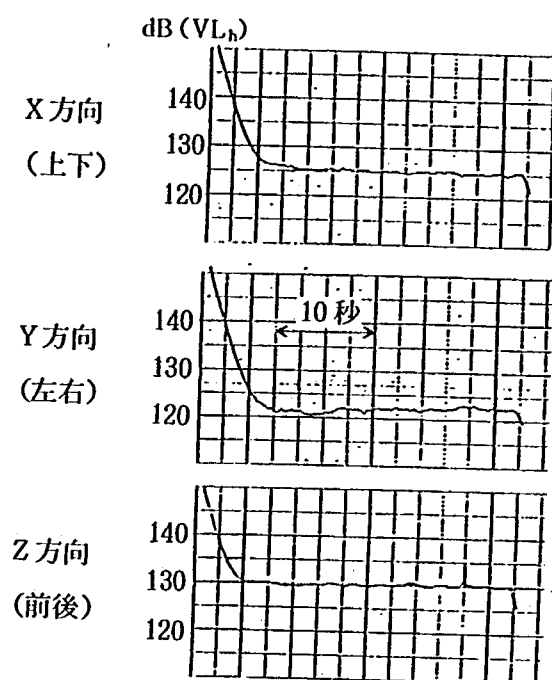
図 II - 12 レッグドリル (20kg級)
レッグ角 30° (5 kg/cm²)



図Ⅱ-13 レッグドリル (20kg級)
レッグ角30° (7 kg/cm²)



図Ⅱ-14 レッグドリル (20kg級)
レッグ角45° (5 kg/cm²)



図II—15 レッグドリル(20kg級)
レッグ角45°(7 kg/cm²)

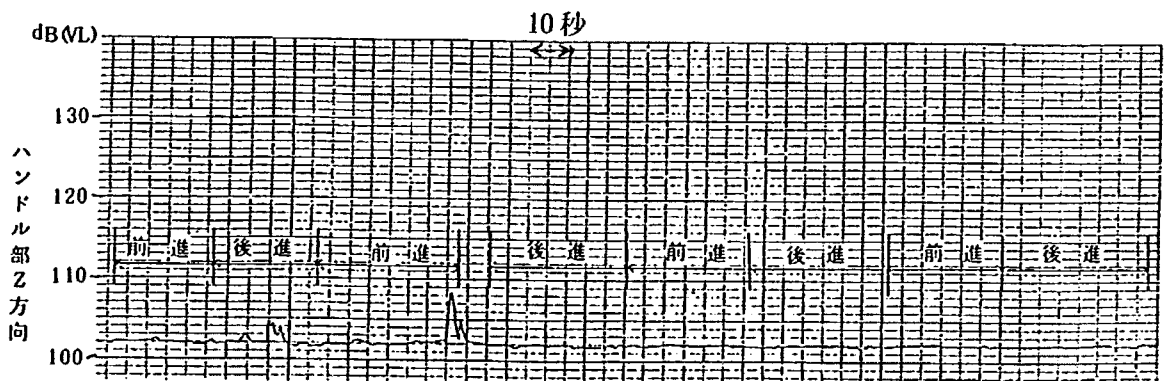
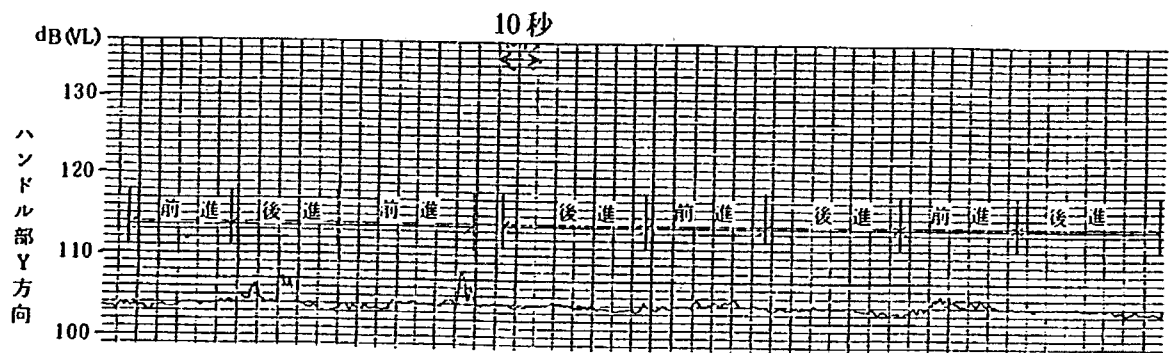
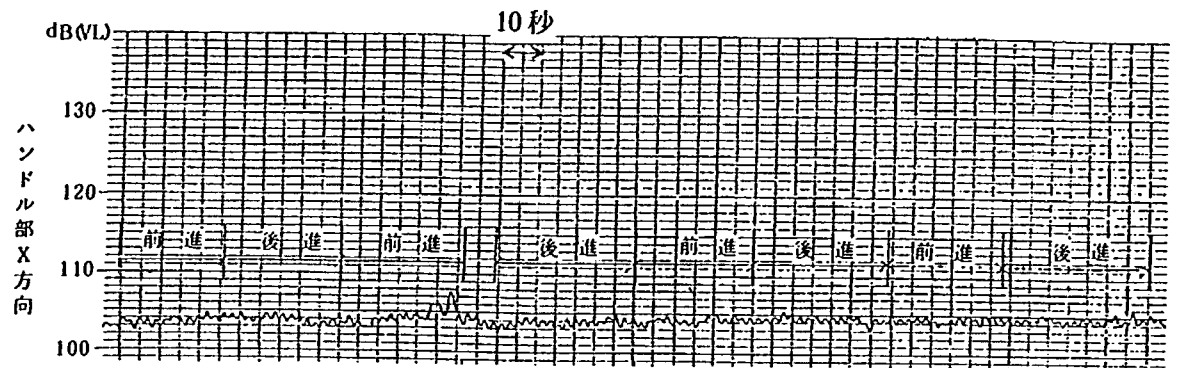


図 II - 16 振動ローラ (ハンドガイド式 700 kg 級)
作業時 (砂)

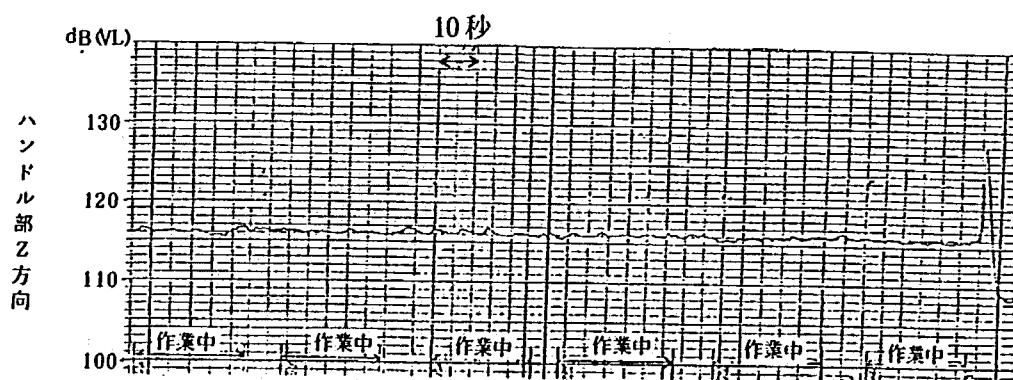
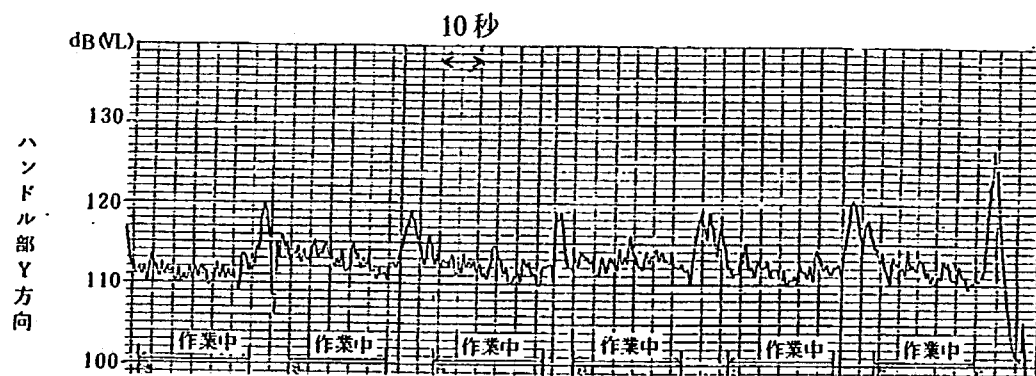
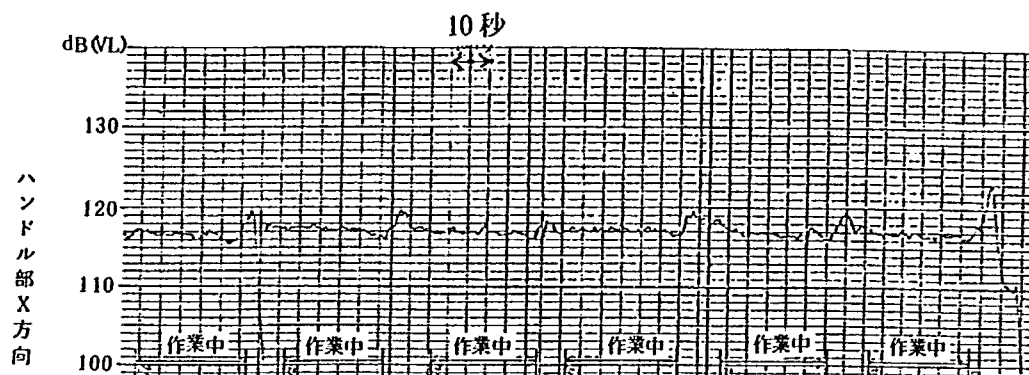
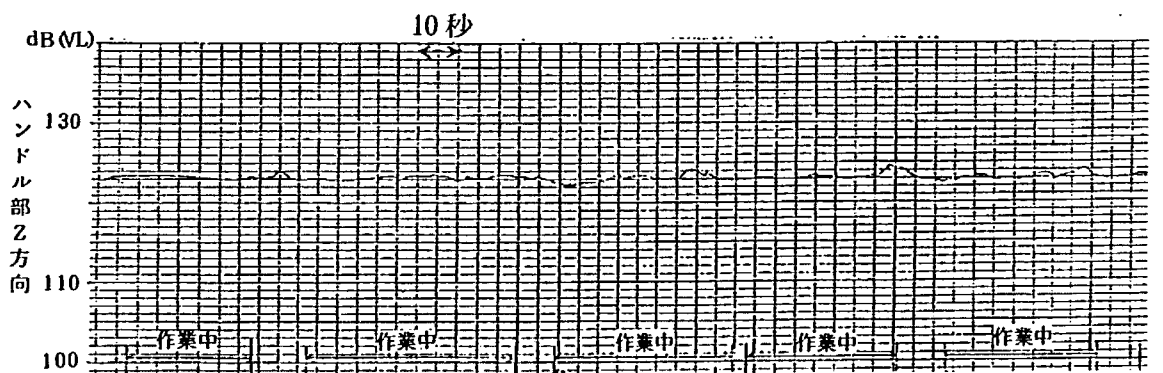
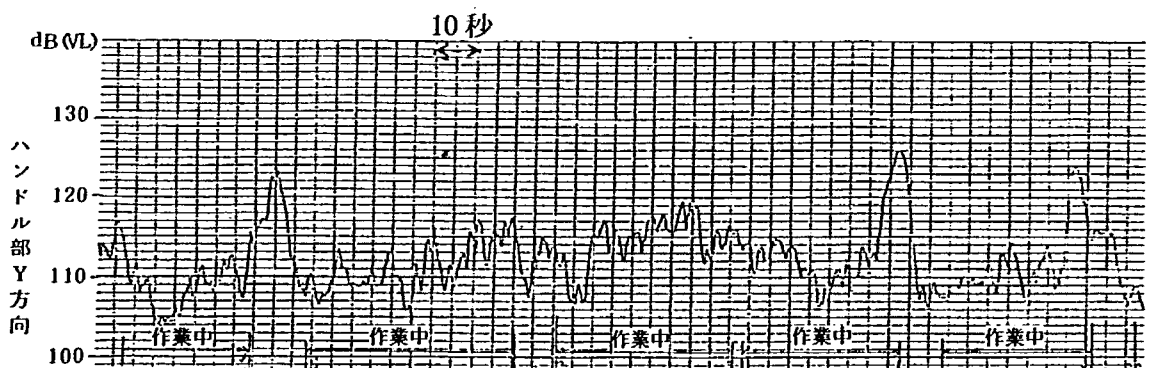
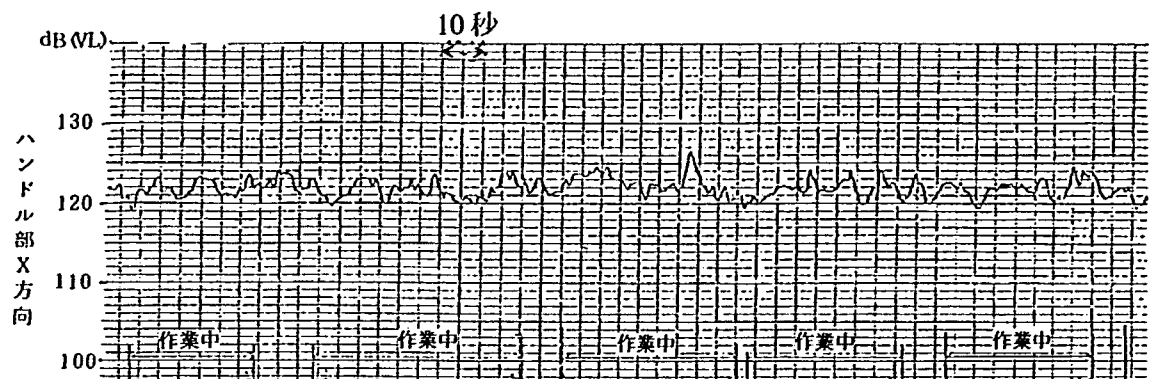


図 II - 17 コンパクト (80kg級) 作業時 (砂)

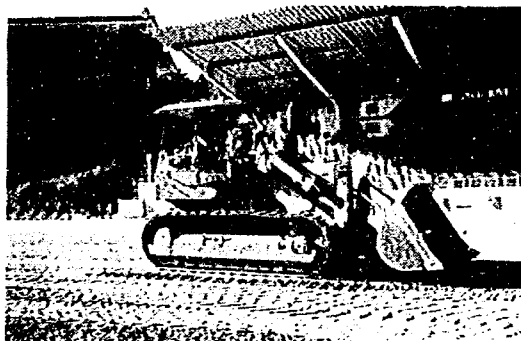


図Ⅱ-18 タンパ(75kg級) 作業時(砂)

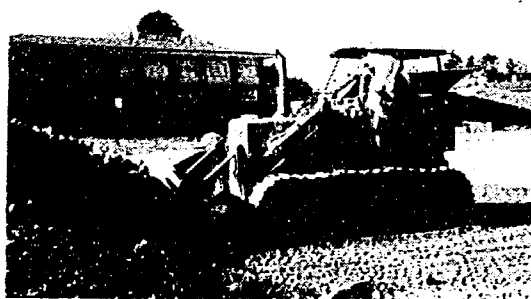
(Ⅲ) 振動測定状況写真集



写真Ⅲ-1 ブルドーザの押土作業



写真Ⅲ-2 履帯式トラクタショベル
の走行



写真Ⅲ-3 履帯式トラクタショベルの
V方式による積込作業
(4号碎石)



写真Ⅲ-4 車輪式トラクタショベル
の走行



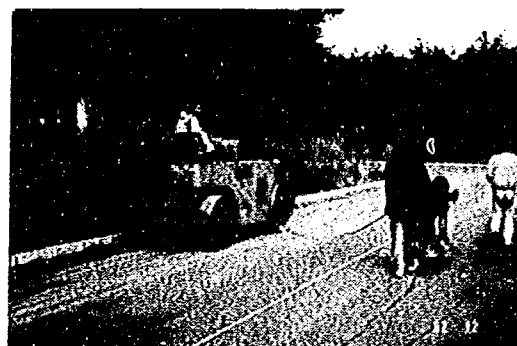
写真Ⅲ-5 車輪式トラクタショベルの
V方式による積込作業
(4号碎石)



写真Ⅲ-6 車輪式トラクタショベルの
V方式による積込作業(土)



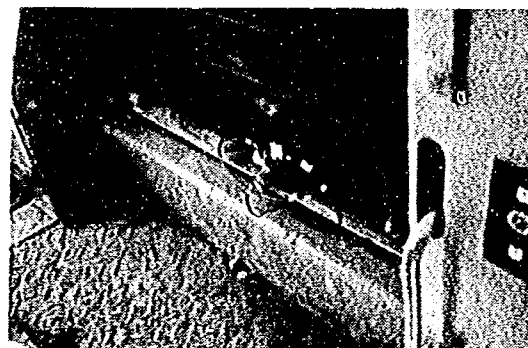
写真Ⅲ－７ 振動ローラ(塔乗式)
の作業(土)



写真Ⅲ－８ 振動ローラ(塔乗式)
の作業(アスファルト)



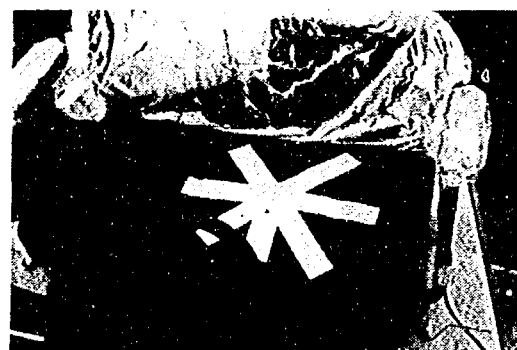
写真Ⅲ－９ 運転席振動測定装置
取付け状況



写真Ⅲ－１０ 車体振動測定用加速度
ピックアップ取付け状況



写真Ⅲ－１１ データレコーダ, チャージ
アンプ等取付け状況



写真Ⅲ－１２ 座席用振動ピックアップ
取付け状況



写真Ⅲ-13 レッグドリルによる削孔
(レッグ角 30°)



写真Ⅲ-14 レッグドリルによる削孔
(レッグ角 45°)



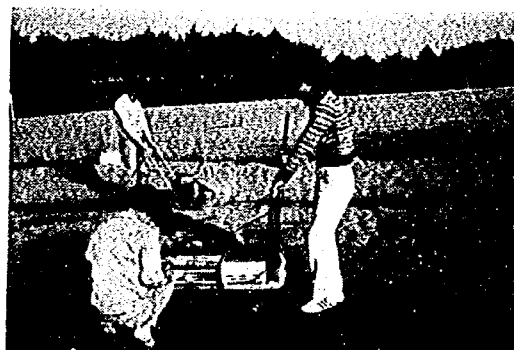
写真Ⅲ-15 ブレーカによるコンクリート
破碎



写真Ⅲ-16 タンバの作業(砂)



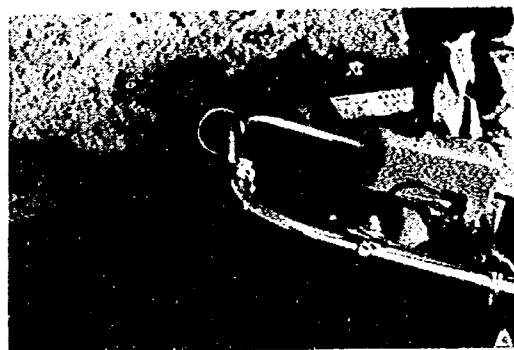
写真Ⅲ-17 コンパクタの作業(土)



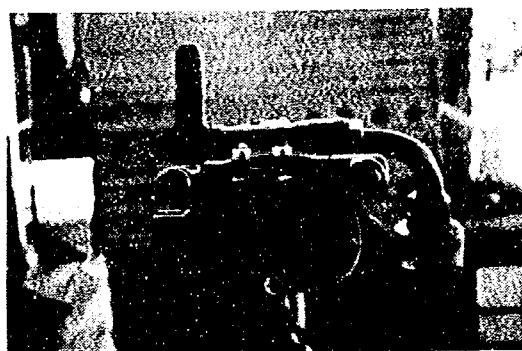
写真Ⅲ-18 コンパクタの作業(砂)



写真Ⅲ-19 コンパクトのピックアップ
取付け状況



写真Ⅲ-20 タンバのピックアップ
取付け状況



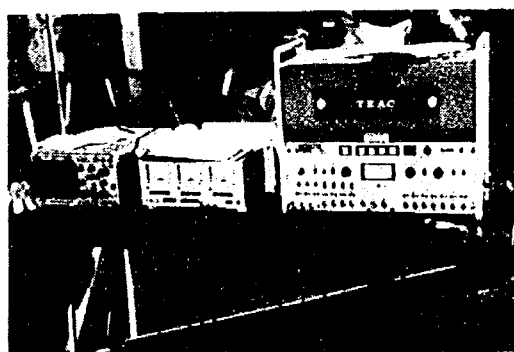
写真Ⅲ-21 レッグドリルのピックアップ
取付け状況



写真Ⅲ-22 ブレーカのピックアップ
取付け状況



写真Ⅲ-23 振動ローラ(ハンドガイド式)
のピックアップ取付け状況



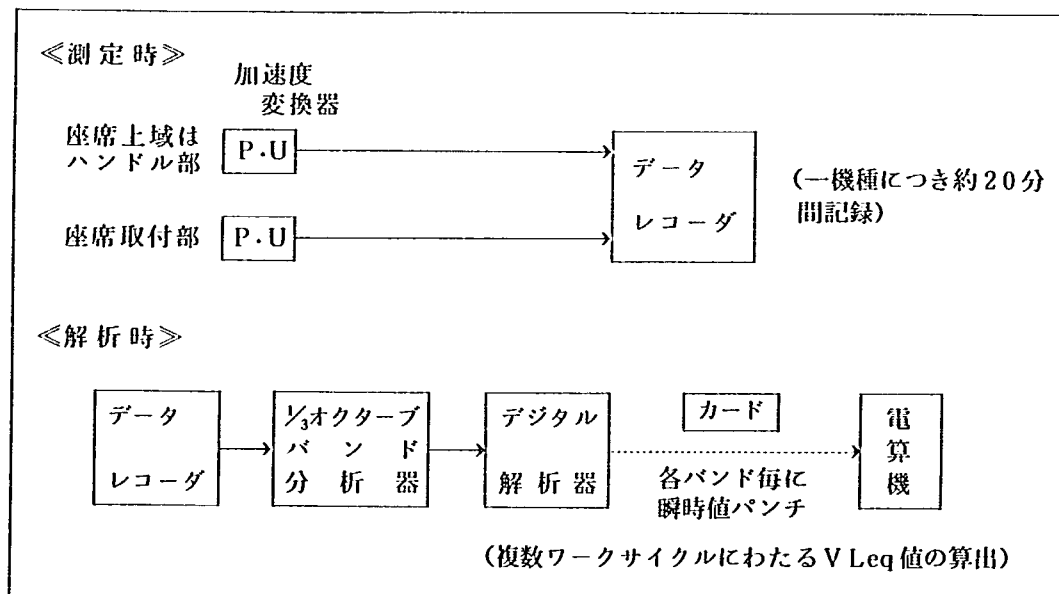
写真Ⅲ-24 データレコーダ, 手持工具用
振動レベル計等

(IV) 建設機械オペレータ振動測定要領(案)による現場における振動測定データ

(建設省四国技術事務所)

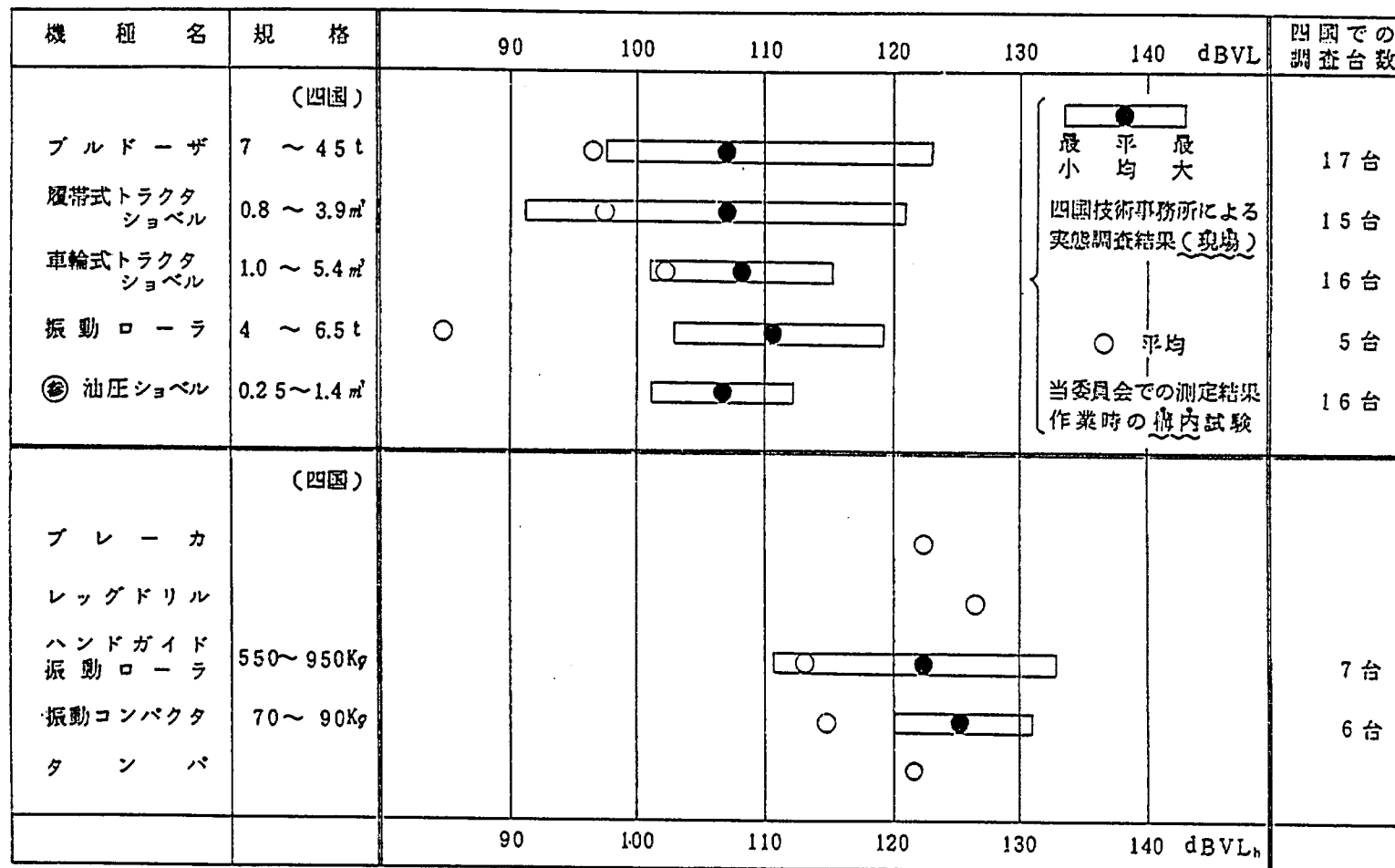
昭和55年度より58年度まで、建設省四国技術事務所に於いて、建設機械、工具のオペレータ振動の作業現場における実態を調査中である。その結果の一部を図IV-2に紹介する。

なお、図中の白丸(○)は、昭和56年度及び57年度に、当委員会メンバの各メーカの協力で測定された試験場における(建設機械オペレータ振動測定要領(案)に規定される作業条件に基く)データである。なお、四国技術事務所における測定は、図IV-1によった。



図IV-1 四国技術事務所における振動計測フロー

両者を比較すると、作業現場における測定値の方が、試験場における標準作業に基くものより、全機種にわたって平均約20 dBVL高い値を示すことが確認された。このことは、作業方法の改善、施工管理の徹底などにより、機械の改良によらなくとも、相当程度の振動の改善がなされ得ることを示していると言える。



塔乗機械：シート上の上下方向VL値。手持工具等：振動の大きさが最大となる方向のVL_h値。

図IV-2 オペレータ振動測定要領(案)に基づく振動測定結果

(V) ピックアップ形状の影響

ピックアップ取付部鋼製円板径 ϕ 300 mm と ϕ 75 mm のものについて、その測定値の差異を調べるため、下記に示す試験を56年度に実施した。

油圧振動台に建設機械座席(油圧ショベルのもの)を取り付け前後及び上下方向に2 Hz及び8 Hzの正弦波による加振を実施し、振動台上及び座席上における振動加速度レベルを記録した。その結果を表に示す。

ピックアップ形状による振動レベル測定値の差異

		円板径 ϕ 75	円板径 ϕ 300
垂 加 直 振	2 H z	99 (97.5)	98.5 (97)
	8 H z	98 (97)	98.5 (97.5)
水 加 平 振	2 H z	98 (97)	98 (97)
	8 H z	99 (99)	98 (98)
() 内は振動台上の測定値		(単位 dBVAL)	
() のないものは座席上の測定値			

座席上の測定値と振動台上の測定値の差は、円板径 ϕ 75 mm の場合と ϕ 300 mm の場合で差異はなく、2 Hz、8 Hz の正弦波の測定に関しては、上記2者のピックアップの間で測定値に差異を生じないことがわかった。今後、実機の振動を再現して、検証を実証する必要がある。

建設機械の振動対策に関する調査試験
(第2報)

—建設機械のオペレータに伝達される
振動の測定方法—

キーワード：建設機械，運転員，振動，測定方法

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第2024号

昭和58年10月(1983年)

建設省土木研究所機械研究室

伊藤豪誠，多田和弘

前田孝司，豊田 実

要 旨

本調査は，オペレータへ伝達される振動の低減化を図った建設機械の振動低減効果の評価等に資することを目的として，建設機械のオペレータ振動測定方法を提案したものである。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

40円切手
をはって
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

機械研究室 御中

No. 149

配布先氏名

配布先住所

No. 149





土木研究所資料第2024号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

