

39. 建設機械の運転員に伝達される 振動測定法に関する一試案

建設省土木研究所 *多田和弘・豊田 実

1. まえがき

近年、建設機械に関して施工能力や耐久性の向上のみならず、良好な作業環境の確保に関する要求も高まってきた。このうち、耳元騒音の低減、ワークスペースの適正化などについては早期より改善が図られた機種も登場しているが、運転員に伝達される振動の低減について関心が払われるようになったのは、ごく最近のことである。しかしながら、建設機械から運転員へ伝達される振動の定量的な定義付けが未だあいまいであり、従って振動の測定方法、評価方法も定まったものが無いのが現状である。そこで建設省土木研究所では(社)日本建設機械化協会の協力を得て“建設機械オペレータ振動対策委員会”を設置し、その活動の一環として“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”を作成し、今後建設機械の運転員の作業環境を定量的に把握する必要の生じた際に活用してゆくこととした。

本報告は、最近の振動の測定・評価に関する国際規格の動向、および上述の“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”の概要を報告することにより、関係各位の御意見・御批判を仰ぎ今後の検討の参考にしてゆこうとするものである。

2. 振動の測定・評価に関する規格類

機械等から人間に伝達される振動の測定・評価については、全身振動と局所振動でその考え方が大きく異っている。まず全身振動に関するもので、建設機械の振動の測定評価の参考になる規格類とし

表-1. 振動の測定評価に関する規格類の概要

	全身振動に関するもの				局所振動	
	ISO 2631	ISO 7096	JIS C 1510	JIS Z 8735	DIS 5349	JIS C 1511
適用範囲	車両、諸機械から伝達される全身振動の測定評価法。	土工機械用シート の振動伝達特性の測定 評価。	地盤振動、作業環境 振動の測定用計測器 について。	地盤振動の測定法に ついて。	手持工具から手に伝 達される局所振動の 測定評価法。	手持工具の振動測定 用計測器について。
計測器	対象：1~80 Hz。 感覚補正回路（鉛直、 水平）など。	ISO 2631に準ずる ディスク状ピックアップ を規定。	対象：1~90 Hz。 水平方向感覚補正回 路がISOと3 dB異 なる。	—	対象：8~1000 Hz。 感覚補正回路など。	対象：8~1400 Hz。 他は概ねDIS 5349 に準ずる。
データ処理	3方向の各々の感覚 補正加速度の実効値 の二乗和の平方根を 求める。	感覚補正加速度の実 効値（エネルギー平 均）を求める。	—	感覚補正加速度の80 dBレンジを求める。	3方向のうち、最大 となる方向成分の4 時間換算。感覚補正 等価振動加速度。	—
データ表示	10^{-6} m/sec^2 を基準 加速度とするdB表示 または m/sec^2 。	ISO 2631に同じ。	10^{-5} m/sec^2 を基準 加速度とするdB表示。	JIS C 1510に同じ。	ISO 2631に同じ。	JIS C 1510に同じ。
評価法	許容騒音基準を示す。 （図-1参照）	加速度 1.25 m/sec^2 、 伝達率 2.0 を越えて はならない。	—	—	参考として、振動レ ベルと振動障害発生 確率を示す。 （図-2参照）	—

て ISO 2631 (全身振動の測定評価法), ISO 7096 (土工機械用座席の振動伝達率測定法), ISO 5007, 5008 (農業機械及び農業機械用座席の振動伝達率測定法), JIS C 1510 (振動レベル計), JIS Z 8735 (地盤振動レベル測定法)を, 局所振動に関するものとして ISO/DIS 5349 (手から伝達する振動の測定評価法), JIS C 1511 (手持工具用振動レベル計), 労働省通達 基発 207 号 昭 54. 7. 11 (工具振動レベル測定法) を挙げるができる。これらの詳細は, 過去にも種々の雑誌¹⁾等で頻繁に紹介されているため省略することとし, その概要および最近の改正点を表-1に示す。

3. 建設機械オペレータ振動測定要領(案)

オペレータ振動対策委員会では, 振動の測定評価に関する ISO, JIS などの規格を検討, 整理し, 建設機械から運転員へ伝達される振動の定量的な定義付けを行なうと共に, 測定機器, 測定方法等を規定し, 実際にブルドーザ, 履带式トラクタショベル, 車輪式トラクタショベル, 振動ローラ, プレーカ, レッグドリル, ハンドガイド振動ローラ, 振動コンパクタ, タンパについて振動測定を実施し, データの再現性などを確認, 問題点を検討した上で, “搭乗建設機械オペレータ振動測定要領(案)”, ならびに “建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領(案)”²⁾を提案した。これら要領(案)は, 各々本文とその解説より成っており, 提案の方針は次の通りである。①振動の周波数範囲, 感覚補正は, JIS C 1510, 1511 によることとし, 従って振動計測に用いる計器も同 JIS 規格に準ずる。②搭乗建設機械用の振動加速度計は ISO 7096 によることとし, 建設工事用手持工具への加速度計の取り付けは本測定要領(案)の定めるところによる。③振動加速度の単位は 10^{-6}m/sec^2 を基準加速度とする dB 表示とする。④測定時の建設機械等の条件は本測定要領(案)で定めるところによる。⑤変動するデータの処理は ISO 2631, DIS 5349 が定める通りエネルギー平均を採ることとする。ここで本測定要領(案)の概要を表-2に示す。

なお, 本測定要領(案)は, 実験場等における性能試験と並行して振動測定を実施することを念頭に置いて作業条件を決定しているが, 実際の作業場における振動の実態を測定する場合は, 表-2中の “作業条件” の項を除いて適用すれば良い。

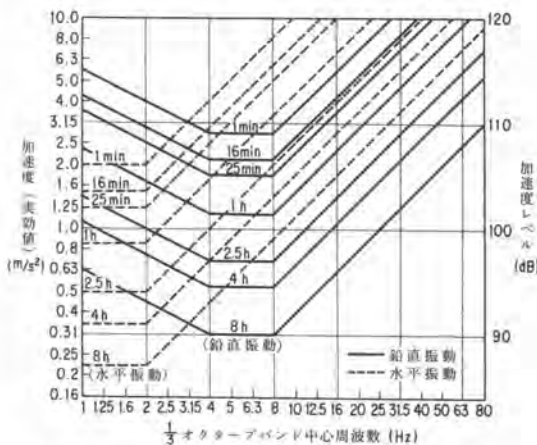


図-1. ISO 2631による全身振動暴露基準(鉛直方向)

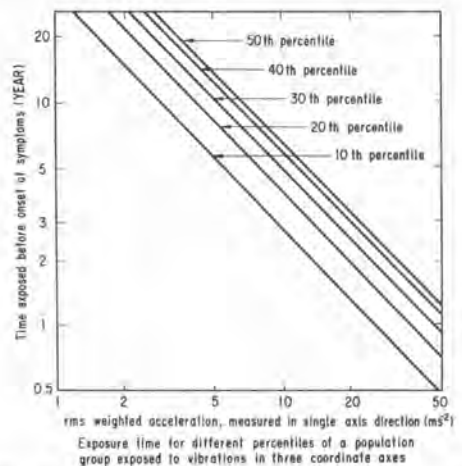


図-2. DIS 5349による局所振動評価の参考資料

表-2. 建設機械オペレータ振動測定要領(案)の概要

名称 項目	搭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)
適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> 搭乗建設機械の運転席における振動の測定に用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> 手持工具、ハンドガイド機械のハンドル部の振動の測定に用いる。
用語の意味	<ul style="list-style-type: none"> 振動レベル(VL) 等価振動レベル(VL_{eq})について 	<ul style="list-style-type: none"> 工具振動レベル(VL^h) 等価工具振動レベル(VL_{eq}^h)について
測定機器	<ul style="list-style-type: none"> 加速度変換器及び増幅器 JIS C 1510を満たすもの。 振動感覚補正回路 JIS C 1510に従う。 	<ul style="list-style-type: none"> 加速度変換器及び増幅器 JIS C 1511を満たすもの。 周波数補正回路 JIS C 1511に従う。
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> 測定箇所及び振動測定軸 座席上及び座席取付部における直交3軸方向。座席上の加速度変換器は、直径200mmの弾力のある円板中央に取付け、座席上に固定する。(X:前後, Y:左右, Z:鉛直) 機械の状態 JIS D 6504, 同6505, 同6507 JIS A 8801に規定される“運転整備状態”及び“作業時負荷状態”とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 測定箇所 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加速度変換器を確実に固定する。 振動測定軸 直交3軸方向とし、一軸はハンドル握り部軸方向へ、他の一軸を機械長軸又は、ハンドル中心線方向へ一致させる。 (Y:左右, Z:機械長軸またはハンドル中) (心線方向: X:Y, Z軸に直交)
作業条件	<ul style="list-style-type: none"> ブルドーザ 平坦土道走行時(中間速度段で前後進)及び掘削運搬作業時。 履帯式トラクタショベル 平坦土道走行時(中間速度段で前進)及びV方式積込作業時。 車輪式トラクタショベル 平坦舗装路走行時(中間速度段で前進)及びV方式積込作業時。 振動ローラ 土道走行時(中間速度段で前進)及び前後進による転圧作業(2km/h, 最大起振力)。 ※測定時間は、走行時については、安定した走行の行なわれている間とし、3回以上測定をくり返す。作業時については、5サイクル以上の全作業時間を測定時間とする。 ※オペレータ体重は60~70kgfとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ブレーカ 供試体:コンクリート又は花崗岩。 標準的な使用条件で。 レッグドリル 供試体:花崗岩。 標準的な使用条件で(レッグ角30°) 振動ローラ、振動コンパクト、タンバ まき厚20cm以上の砂または土の上での締固め作業。 速度2Km/h, 最大起振力で。 ※測定時間は、安定した作業の行なわれている間とし、3回以上測定する。
データ処理方法	<ul style="list-style-type: none"> 測定結果は、走行時、作業時別々に全測定時間中の等価振動レベルで示す。 	<ul style="list-style-type: none"> 測定結果は、測定時間中の等価工具振動レベルで示す。
報告すべき事項	<ul style="list-style-type: none"> 被測定機械の型式、諸元等 シート型式 測定年月日、場所 測定結果 測定計器の型式等 データ処理方法 路面の状態、運転条件、オペレータ体重 	<ul style="list-style-type: none"> 被測定機械の型式、諸元等 測定年月日、場所 測定結果 測定計器の型式等 データ処理方法 供試体の種類等 運転条件

4. 測定要領(案)による振動測定例

4.1 搭乗建設機械の振動測定例

測定要領(案)の適否の検証のため表-3に示す機種を対象として種々の条件下において振動測定を実施した。その結果各機種に共通して次の傾向が認められた。①走行時は各シーケンス間でのデータの変動は1dB程度と小さい。②作業時は各ワークサイクル間での変動が2~3dB程度あるが、数回の測定値のエネルギー平均値を採ることにより安定したデータが得られると判断される。③オペレータの体重が大きく変わった場合、座席上の測定値が3~4dB異ってくる。④トラクタショベルの作業対象物が土と碎石の場合は同一の結果であるが、径10cm以上の玉石の場合、5~10dB振動が大きくなる。⑤速度段が1段増加する毎に2~3dBの振動レベル上昇が見られる。以上の点を考慮して測定要領(案)の標準作業条件を決定した。ここで、標準とした条件における測定結果の一例を表-3に示す。

表-3. 各種建設機械の振動レベル

機 種 名		振動レベル(dBV _{req} あるいはdBVL _{eq})						
		座席取付部			操 縦 上			
		X	Y	Z	X	Y	Z	
掘 削 機	ブルドーザ (11t)	走行時	90	94	99	92	97	94
		掘削作業時	93	93	98	96	96	97
装 載 機	履带式トラクタショベル(21m ³)	走行時	87	86	97	90	88	90
		V作業時	101	93	100	99	95	98
建 設 機	車輪式トラクタショベル(14m ³)	走行時	82	84	90	88	86	95
		V作業時	98	94	100	101	95	102
機 械	車輪式トラクタショベル(23m ³)	走行時	96	91	95	107	101	101
		V作業時	98	96	99	115	106	104
等	振動ローラ (4t)	走行時	-	-	-	80	93	88
		転圧作業時	-	-	-	79	91	85
		マシ ン ド ル 部						
		X	Y	Z				
建 設 工 事 用	ブレーカ (30kg)		109		109		127	
			112		-		126	
手 持 工 具	レックドリル (20kg)		125		125		127	
			121		121		127	
等	ハンドガイド (700kg)		105		107		102	
	振動ローラ (950kg)		120		114		112	
等	振動コンパクタ (80kg)		117		113		116	
	タ ン パ (80kg)		122		112		123	

4.2 建設工事用手持工具等の振動測定例

いわゆるハンドガイド機械についても同様の目的で振動測定を実施した。測定の対象とした機種と測定要領(案)で標準とした条件下での測定値が表-3中に並記して示してある。以上の種々の条件下における測定結果から次の点が明きらかとなった。①ブレーカ・レックドリルの場合、空気圧が5kg/cm²から7kg/cm²に上昇すると工具振動レベルは2~4dB上昇する。②供試体がコンクリートと花崗岩の場合では最大となる方向の工具振動レベルは変化しない。③振動ローラ・振動コンパクタ等では、3回程度転圧すると、その後工具振動レベルは変化しない。④土・砂地盤上のいずれの場合も工具振動レベルは同程度である。

なお、表-3に示す測定値は、本測定要領(案)に示すような充分管理された条件下におけるものであり、施工管理等の異なる工事現場での実測値³⁾とは異なる場合もあるので注意を要する。

5. あとがき

今回提案した“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”が、今後各方面でのオペレータ振動の測定の際の一助となれば幸いである。さらに問題点等御意見が寄せられることを望む次第である。また、末尾ながら“オペレータ振動対策委員会”委員各位に感謝の意を表する。

- 参考文献 1) 山崎和秀/振動の人体への影響/騒音制御1979. 6 など
 2) 多田, 豊田他/建設機械の振動対策に関する調査試験/土木研究所資料 2024 号
 3) 萩原, 泉川他/土工機械の振動に関する調査試験/第36回建設省技術研究会報告