

平成18年6月19日
振動障害等の防止に係る作業管理のあり方検討会 第3回 資料

電動工具メーカーの振動表示及び振動測定

(騒音についても振動と類似していますが、ここでは振動について紹介します)

株式会社マキタ
技術研究部 畝山 常人

(1)動力工具の振動値表示

現在、EU加盟国内で販売されるすべての手持ち式及び/又は手誘導式動力工具は、その取扱説明書に振動値を記載することが規定されています。(EU加盟国以外では規定している国は無い)
これは、EU機械指令

DIRECTIVE 98/37/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 June 1998

on the approximation of the laws of the Member States relating to machinery

の 2.2 Portable hand-held and/or hand-guided machinery に essential health and safety requirements として下記が規定されているためです。

Instructions

The instructions must give the following information concerning vibrations transmitted by hand-held and hand-guided machinery:

- the weighted root mean square acceleration value to which the arms are subjected, if it exceeds $2,5 \text{ m/s}^2$ as determined by the appropriate test code. Where the acceleration does not exceed $2,5 \text{ m/s}^2$, this must be mentioned.

If there is no applicable test code, the manufacturer must indicate the measurement methods and conditions under which measurements were made.*1

機械指令に規定されている事項を順守しなければ、CEマーキングを行うことは出来ず、それはEU加盟国での販売が出来ないことを意味します。

機械指令では、取扱説明書に適切な試験規定*2により得た機械の振動値が 2.5m/s^2 を超えるものはその振動値を、 2.5m/s^2 を超えないものはその旨を明記することが規定されています。振動値を取り扱い説明書のどの部分にどのように記載するかについては規定されていません。(CE適合宣言と共に記載する、又は機械仕様の一部として記載することが多いようです。)

次ページに振動値記載の例を示します。

日本では「ユーザーが取扱説明書を読むことはほとんど無い」と言われますが、欧州（特に英国）では、工具はハイヤー業者（レンタル業者）から借りるケースが多く、ハイヤーが自社のレンタル工具のカタログに取扱説明書から抽出した振動値を一覧で記載しユーザーの便を図っているケースが多くあります。

Makita の記載例（CE適合宣言とともに記載）

For Model HR4011C

For European countries only

Noise and Vibration

The typical A-weighted noise levels are

sound pressure level: 93 dB (A)

sound power level: 104 dB (A)

– Wear ear protection. –

The typical weighted root mean square acceleration value is 4 m/s².

These values have been obtained according to EN60745.

EC-DECLARATION OF CONFORMITY

We declare under our sole responsibility that this product is in compliance with the following standards of standardized documents, EN60745, EN55014, EN61000 in accordance with Council Directives, 73/23/EEC, 89/336/EEC, 98/37/EC.

Yasuhiko Kanzaki CE 2005



Director

MAKITA INTERNATIONAL EUROPE LTD.

Michigan Drive, Tongwell, Milton Keynes, Bucks MK15 8JD, ENGLAND

Boschの記載例（CE適合宣言とともに記載）

Noise/Vibration Information

Measured values determined according to EN 50 144.

The A-weighted noise levels of the machine are typically: Sound pressure level: 89 dB (A); sound power level: 102 dB (A).

Wear hearing protection!

84/537/EEC: Noise level is lower than 108 dB (A).

The weighted acceleration is typically 11 m/s².

CE Declaration of Conformity

We declare under our sole responsibility that this product is in conformity with the following standards or standardized documents: EN 50 144, EN 55 014, EN 61 000-3, HD 400 in accordance with the regulations 73/23/EEC, 89/336/EEC, 98/37/EC.

CE 98

Dr. Alfred Odendahl

Dr. Eckerhard Strötgen



Robert Bosch GmbH
Geschäftsbereich Elektrowerkzeuge

Hiltiの記載例（機械仕様表の一部として記載）

Noise and vibration information (measured in accordance with EN 50144):

Typical A-weighted sound power level (L_{WA}): ≤ 105 dB (A)

Typical A-weighted sound pressure level (L_{PA}): ≤ 92 dB (A)

Wear ear protection!

Typical weighted vibration at the grips: ≤ 8 m/s²

Right of technical changes reserved

(2)振動の測定規格

a)振動測定に関連する規格（代表的なもの）

動力工具の振動測定規格（規定）には、主なものとして次のようなものがあります。

1. **ISO 5349-1**：手腕振動測定の基本概念及び一般要求事項
2. **ISO 5349-2**：作業現場での実務的手腕振動測定方法（**JIS B 7761-2** IDT）
3. **ISO 8041**：手腕振動・全身振動の測定装置（**JIS B 7760-1**, **JIS B 7761-1** MOD）
4. **ISO 8662**シリーズ：第1部で一般要求事項を、第2部～第14部で個別工具群の振動測定方法を規定
5. **ISO 22867**：エンジン駆動チェーンソー及び刈払い機の振動測定方法の規格
6. **ISO 20643**：手持ち/手誘導機械の振動Emission評価のための原則（**ISO 8662-1**に代わるもの）
7. **EN 50144**シリーズ：電気モータ駆動手持ち工具の安全、第1部で一般要求事項を、第2部-1から-18で個別工具群の振動測定方法を規定、**EN 60745**に置き換えられた^{*3}
8. **EN 60745**シリーズ：モータ駆動電動工具の安全、第1部で一般要求事項を、第2部-1から-20で個別工具群の振動測定方法を規定
9. **EN 12096**：振動Emission値の宣言と検証（機械指令に対応）

^{*3} **EN 60745**の振動測定は3軸測定になるが、現在は暫定的に**EN 50144**のそれを引用しており振動測定の条項は順次改正されることになっている。3軸に改正されているものは数部のみ。

<**ISO 8662**, **EN 50144**, **EN 60745**の各部対象工具群については**表1**に示す>

b)適用する規格

EUでは、適用する試験規格 [(1)の^{*2}] 優先順位を下記のように定めています。

- (1)欧州規格（**EN**規格）
- (2)該当する**EN**規格がない場合は、国際規格（**ISO**, **IEC**規格等）
- (3)欧州規格・国際規格とも該当する規格のない場合は、EU加盟国の国内規格
- (4)(1), (2), (3)いずれもない場合は [(1)の^{*1}] , 試験方法・条件等を記載するとしています。

マキタの製品は電動工具であるため、優先順位(1)の欧州規格である**EN 60745**を適用することになります。（空圧・油圧工具であれば**ISO 8662**を、エンジンチェーンソー・刈払い機は**ISO 22867**を適用します。

日本では、工具振動値の表示を規定した法令はなく、振動測定方法も評価方法も確定していないため、会社のデータとして**EN**準拠の振動測定（3軸でおこなっています）を行いデータをプールしていますが、現状それを公開することはしておりません。（国内メーカーの多くが同様と考えます）

実際の規格の適用は、該当工具が**EN 60745**に規定されておれば**EN 60745**を、**EN 60745**に規定されていなければ**EN 50144**を適用しています。

EN 60745は、3軸測定を規定するものですが、実際には3軸測定への改正は過渡期にあり、**EN 50144**の単軸測定を暫定的に個別工具群に適用しているものが多いのが実状です。測定は3軸測定を行っていますが、CEに対応する宣言は各規格に規定するもの（単軸値又

は3軸値) を記載しています。

<参考> ISO 8662, EN 50144, EN 60745で振動測定が規定されている工具群

ISO 8662 Hand-held portable power tools – Measurement of vibration at the handle

Part 1	1998	General
Part 2	1992	Chipping hammers and rivetting hammers
Part 3	1992	Rock drills and rotary hammers
Part 4	1994	Grinders
Part 5	1992	Pavement breakers and hammers for construction work
Part 6	1994	Impact drills
Part 7	1997	Wrenches, screwdrivers and nut runners with impact, Impulse and ratchet action
Part 8	1997	Polishers and rotary, orbital and random orbital sanders
Part 9	1996	Rammers
Part 10	1998	Nibblers and shears
Part 11	1999	Fastner driving tools
Part 12	1997	Saws and files with reciprocating action and saws with oscillating or rotary action
Part 13	1997	Die grinders
Part 14	1996	Stone-working tools and needle scalers

EN 50144 safety of hand-held electric motor operated tools –

Part 1	1999	General requirements
Part 2-1	2000	Particular requirements for drills
Part 2-2	2000	Particular requirements for screwdrivers and impact wrenches
Part 2-3	2002	Particular requirements for grinders, disk type sanders and polishers
Part 2-4	2000	Particular requirements for sanders
Part 2-5	2000	Particular requirements for circular saws and circular knives
Part 2-6	2000	Particular requirements for hammers
Part 2-7	2000	Particular requirements for spray guns
Part 2-8	1996	Particular requirements for sheet metal shears and nibblers
Part 2-9	1996	Particular requirements for tappers
Part 2-10	2001	Particular requirements for jig saws

Part 2-11	1997	Particular requirements for sable saws and double blade reciprocating saws
Part 2-12		
Part 2-13	2002	Particular requirements for chain saws
Part 2-14	2001	Particular requirements for planers
Part 2-15	2001	Particular requirements for hedge trimmers
Part 2-16	2003	Particular requirements for tackers
Part 2-17	2000	Particular requirements for routers
Part 2-18	2000	Particular requirements for lamine trimmers

EN 60745 Hand-held motor operated electric tools – Safety

Part 1	2003	General requirements
Part 2-1	2003	Particular requirements for drills and impact drills
Part 2-2	2003	Particular requirements for screwdrivers and impact wrenches
Part 2-3		
Part 2-4	2003	Particular requirements for sanders and polishers other than disk type
Part 2-5	2003	Particular requirements for circular saws
Part 2-6	2003	Particular requirements for hammers
Part 2-7		
Part 2-8	2003	Particular requirements for shears and nibblers
Part 2-9		
Part 2-10		
Part 2-11	2003	Particular requirements for reciprocating saws (jig and sabre saws)
Part 2-12		
Part 2-13		
Part 2-14	2003	Particular requirements for planers
Part 2-15	2004	Particular requirements for hedge trimmers (Proposal for modification of prEN 60745-2-15)
Part 2-16		
Part 2-17	2003	Particular requirements for routers and trimmers
Part 2-18		
Part 2-19		
Part 2-20	2003	Particular requirements for band saws

注)EN 50144-2-12, EN 60745-2-3, -7, -9, -10, -12, -13, -16, -18, -19は2006年5月現在未発行。

EN 60745は、手持ち式モータ駆動電動工具の安全性を規定した国際規格IEC 60745に振動・騒音測定規定を付加してCENERECが欧州規格としたもの。

<参考>

現在、手持ち式工具の動力源としては(1)油空圧(2)電気(AC, DC)(3)内燃エンジンが主なものであり、電動工具が60%以上を占めていると言われている。

ISO 8662シリーズは、ISO/TC 118:Compressors, pneumatic tools and pneumatic machinesがIEC/TC 61:Safety of household and similar electrical applianceと共同で制定したものであるが、主に油空圧工具を対象としている。EN 50144はCENEREC TC 61F:Hand-held and transportable motor operated electric toolsにより電動工具を対象に制定されたものである。ISO 8662とEN 50144は測定方法において類似しているが、細部で異なっている点が多く、動力源が異なるだけの同種の工具で測定方法が異なり、結果として測定結果(振動値)が異なるという問題がある。

内燃エンジン工具については、主なものはチェーンソー及び刈払い機であり、エンジンという特殊性(アイドリングがある等)から、油空圧式及び電動式と異なる測定方法が規定される(ISO 22867:ISO/TC 23/SC 17 Tractors and machinery for agriculture and forestry, Manually portable forest machineryが作成)のはやむを得ないと考えられる。

ISO 5349の改正に伴い、EN 60745の制定・ISO 8662の改正作業が進められているが、EN 60745の制定はCENEREC TC 61Fが担当し、ISO 8662の改正はISO/TC 118/SC 3/WG 2とCEN/TC 231/WG 2の共同作業で進められている。ISO 5349に準拠するための3軸測定への変更がその大きな部分であるが、油空圧工具と電動工具の振動測定方法が統一されるという見込みは少ないと思われる。

CEN Comite European de Normalisation : 欧州標準化委員会

CENEREC Comite European de Normalisation Electrotechnique : 欧州電気標準化委員会

(3) 株式会社マキタでの規格振動測定

3-1 測定装置

測定装置(機器)は、ISO 5439-1, ISO 8041 (JIS B 7761-1)に適合するものが要求されます。

マキタで保有している測定装置(機器)は2006年5月現在下記です。

- ・B&K社製 PULSEシステム(16ch) 1式
- ・B&K社製 PULSEシステム(12ch) 1式

[ポータブルタイプ]

- ・Larson Davis HVM100 2台 <使用ピックアップ: 356M71>
- ・Rion VM-54 1台 <使用ピックアップ: PV-97C>

規格測定には、B&K PULSE 12chにB&Kピックアップ4374Lをアダプタに3軸固定したもの(2セット)及び騒音測定用にマイクロフォン5台を接続して使用。

HVM100, VM-54はフィールド測定用に使用。

3-2 測定室

マキタでは、EU指令で要求される振動値・騒音値を同時に測定しているため、測定は **ISO 3745 (JIS Z 8732)** に適合した半無響室 (10.2×5.5×3m) にて測定を行っています。

3-3 測定治具類

測定治具類は、**ISO 8662, EN 50144, EN 60745**に規定されるものを製作し保有しています。周辺機器も規格の要求に適合したものを使用しています。

3-4 被削材

被削材・試験用コンクリートブロック等は、**EN 50144, EN 60745**に規定されるものを常備しています。

3-5 試験者・測定者

規格測定においては、試験者・測定者の技量が大きな要素となります。

経験15年以上のベテランをはじめとし、十分な経験と技量を有する人員を配置しています (専用要員3名+試験者4名, 他に試験が行えるもの数名)。これらの人員は、規格の詳細を熟知していると同時に“試験の勘どころ”を知り尽くしているメンバーです。



ポータブル振動測定器

上: RION VM-54

右: Larson Davis HVM100



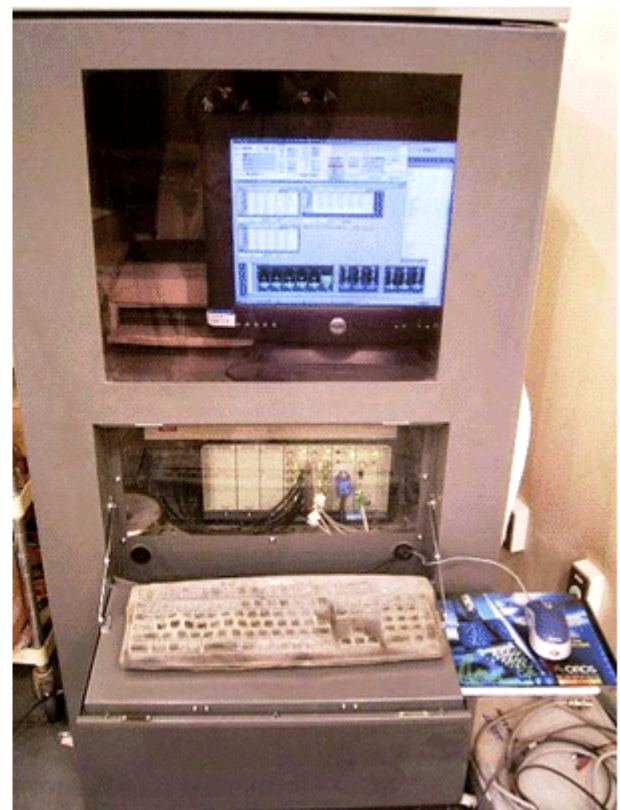


測定室（半無響室）

騒音は工具を中心とする半径2mの球面上の5本のマイクにて測定

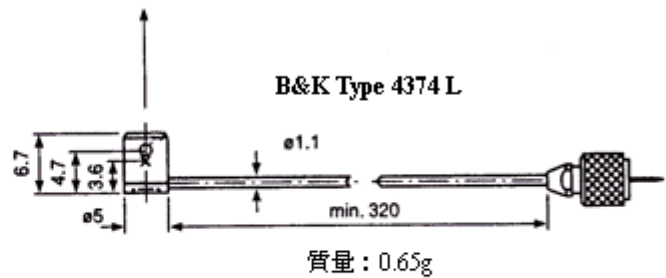


振動測定



測定装置（B&K PULSE SYSTEM 12ch）

熟練作業者がはかりの上に乗って押付け力をモニタしながら作業する



アダプタ（ピックアップ 4374Lを直行3軸に装着）と
ピックアップ

写真は、電動ハンマの測定の様子で、**EN 60745-2-6**に従って、騒音測定と振動測定を同時に行っているところを示します。

次ページに、**EN 60745-2-6: Particular requirements for hammers** の振動測定部分の抜粋を紹介します。騒音値と振動値は同一試験条件で測定することになっており、ビットが回転しないハンマ（ブレーカなど）については、**ISO 8662-2: Chipping hammers and riveting hammers**などと同様な負荷装置（エネルギー吸収装置：Figure Z104）を用いて、ビットが回転するハンマ（ロータリハンマ）は、Table Z102に規定するコンクリートブロックを用い、Table Z103に規定するドリルビット・Table Z104に規定する試験条件で測定を行うことを規定しています。

写真の試験はビットが回転しないハンマの試験であり、騒音測定のためエネルギー吸収装置は防音ボックスで覆われています。

Ⓒ Rotary hammers are tested under load as shown in Figure Z106 and in accordance with the conditions shown in Tables Z102, Z103 and Z104.

Table Z102 — Concrete formulation (per cubic metre)

Cement	Water	Aggregate	
330 kg	99 kg	1844 kg	
		Particle size	Fraction (%)
		0 to 2 mm	38 ± 3
		0 to 8 mm	50 ± 5
		0 to 16 mm	80 ± 5
		0 to 32 mm	100
Compressive strength after 28 days to be 40 N/mm ² .			

Table Z103 — Drill bit size

Tool mass kg	≤ 3,5	> 3,5 ≤ 5	> 5 ≤ 7	> 7 ≤ 10	> 10 ≤ 18	> 18
Diameter of drill bit mm	10	16	20	25	32	40
Usable length of drill bit mm	100		200		250	

Table Z104 — Test conditions for rotary hammers

Orientation	Drilling vertically down into a concrete block having the formulation specified in Table Z102 and having the minimum dimensions 500 mm x 500 mm and 200 mm in height and supported on resilient material. The concrete block, its support and the tool shall be so oriented that the geometric centre of the tool is 1 m above the reflecting plane. The centre of the concrete block shall be located under the top microphone.
Tool bit	Drill bit as recommended by the manufacturer for drilling in concrete and of the size defined in Table Z103
Feed force	The feed force applied to the tool in addition to its weight shall be just sufficient to ensure stable operation
Test cycle	Measurement starts when the drill bit has reached a depth equal to its diameter and stops when the depth has reached 80 % of its usable length or 180 mm, whichever is the shorter

6.2.2.4 Operating conditions

Modification:

6.2.2.4.101 Percussion hammers without rotary action (concrete breakers and picks, chiselling hammers) Ⓒ

Ⓒ For hammers without rotary action all speed setting devices shall be adjusted to the highest value.

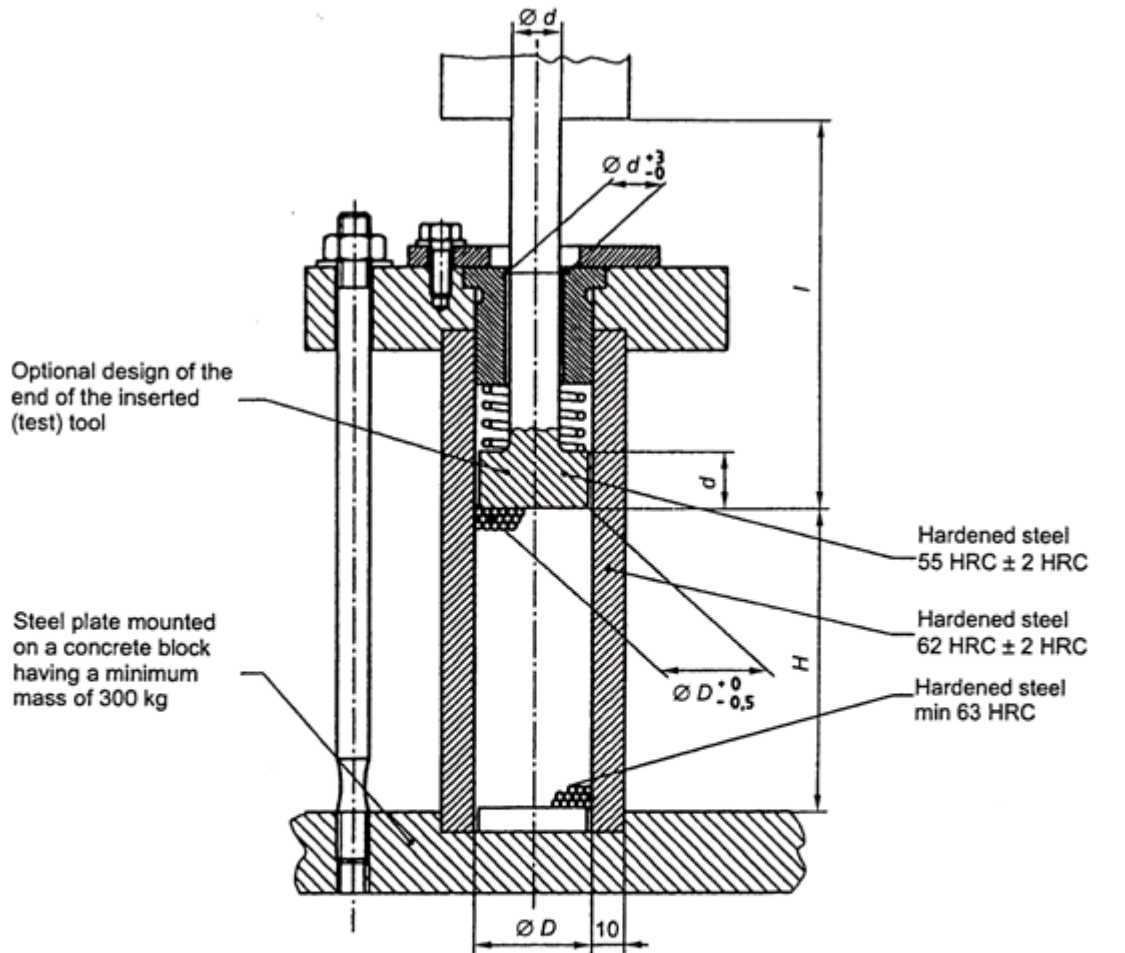
Hammers without rotary action are tested under load in the loading device shown in Figure Z104 and described in 6.1.2.5.102, which is mounted on a concrete block having the minimum dimensions specified in Table Z104.

When using the loading device shown in Figure Z104, the force to be applied to the tool in addition to its weight shall be just sufficient to ensure stable operation.

6.2.2.4.102 Rotary hammers

For rotary hammers the speed setting shall be that recommended by the manufacturer for the drill bit size defined for the test for drilling in concrete.

Hammers with rotary action are tested under load as shown in Figure Z106 and in accordance with the conditions shown in Tables Z102, Z103 and Z104. Ⓒ



Dimensions in mm

l Length of the inserted (test) tool

Loading device parameters

Dimension <i>d</i> mm	Steel tube diameter <i>D</i> mm	Steel ball diameter mm	Ball column height <i>H</i> mm
≤ 23	40	4	100
> 23	60	4	150

Figure Z104 - Loading device for percussion hammers ①

(4)規格試験による振動値と実作業で暴露される振動

「規格試験＝形式試験」で得られる振動値は、実作業で暴露される振動と整合しているのか？ということがしばしば問題にされます。欧州でも、宣言値をそのままリスク評価に用いることが出来るのか？ということが大きな問題になっています。規格試験は大きく分けて

- ・ 模擬付加によるもの（グラインダ・インパクト工具・ハンマなど）
- ・ 実作業によるもの（ロータリハンマ・振動ドリル・サンダ・のこぎりなど）

の二つに分類されます。

規格では“実際の作業環境における振動加速度と近い値となる（ISO 8662-3）”とされていますが、一方“異なる動力工具又は同じ種類の異なる形式の動力工具を比較するために用いることを目的にする”また“振動暴露の評価が必要な場合には実作業状態で測定することが必用となる（ISO 8662-4など）”とも明記されており、規格試験（形式試験）で得た振動値をそのまま人体への影響の評価に用いることが出来るかどうかには疑問があります。

規格試験は、「いつでもどこでも再現可能であること」が重要でありそのために詳細な測定方法

を規定しているもので、その結果を「異なる動力工具又は同じ種類の異なる形式の動力工具を比較する」ために用いるときには信頼に足るデータとなりますが、実作業で人体が暴露される振動は規格試験に含まれない多くの要素が関係してきますので、規格試験で得た値をそのまま人体への評価に用いることには問題があると考えられます。

模擬負荷を使用する規格試験では、模擬負荷が実作業を代表する振動を発生するものであるかどうか大きな問題点になります。

実負荷試験においても、負荷状態は厳密に規定されていますが、実作業で発生する振動は、

- ・作業内容（例：同じグラインダを用いる作業でも、研削砥石を用いる研削・ダイヤモンドホイールなどを用いる切削・カップブラシなどを用いる塗装剥がしなどで同じ工具を用いても発生する振動は大きく変化する）
- ・作業対象（例：同じグラインダに同じダイヤモンドホイールを装着して切断作業を行う場合、被削材がコンクリート、石材、煉瓦、瓦など異なれば、発生する振動は大きく異なる。また砥石での研削作業でも砥石の粒度により振動値は異なる。）
- ・作業状況（例：同じ工具を用いても、重作業か軽作業かなどで振動値は異なる）
- ・作業者の技量（作業者の技量で振動値が大きく異なってくることは良く知られている）
- ・用いる先端工具の状況（例：コンクリートハツリ作業で、プルポイントが摩耗してくれば振動値は数倍に増大するケースもある）

などなど多くの要因で人体が暴露される振動は大きく異なってきます。

欧州では、規格試験で得た振動値から実作業時に暴露されるであろう振動値を推定するための係数を設定する試みもなされています（**CEN TR15350**）が、前田先生の調査ではその信頼性はあまり無いようです。

同じ工具を使用しても多種多様な条件により工具から発生する振動の大きさが大きく異なることはメーカーとしても承知しており、ある条件下での振動に対する問い合わせなどがある場合は、出来る限りその条件を再現して振動測定を行う、又は作業現場へ伺い実作業での振動測定を行うことは実施していますが、工具振動値を公表する場合には、規定された試験方法に基づいた形式試験値を用いざるを得ないと考えています。

振動の人体への影響を評価する場合、実作業で暴露される振動を直接測定するのが最良ですが、

- ・形式試験で得る値が可能な限り実作業で生じる振動に近づくよう試験規定を定める
- ・実作業を想定し、得た形式試験値を実際の値に換算するための係数を（作業条件に応じ複数）定める
- ・形式試験値から想定する実暴露振動値に安全率を持たせる

ことなどの検討が必要であろうと考えます。

[トップへ](#)

[戻る](#)