

2. 日本および海外の環境振動計測に関する紹介

山下 広大 (Kodai Yamashita)
リオン株式会社
(技術開発センター)

1. はじめに

日本における振動に関する規制は、振動規制法に定められる。同規制法によれば、工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる振動について、JIS C 1510:1995に適合した振動レベル計を用いて行われる必要がある。また、計量証明に用いるためにはJIS C 1517:2014に適合した振動レベル計を用いる必要がある。これらの振動レベル計に関する規格は基本的には日本独自の規格であり、多くの海外の国および地域では振動レベル計の規格は採用されていない。その他海外においてはISO 8041-1:2017やDIN 45669-1:2010-09に適合するか、または参照した計測器や測定方法、評価方法が定められている場合が多い。各種規格においてその内容は異なっているが、それらで定められる特性は対象が人体の振動知覚を考慮した特性が含まれている。そのためこれらの規格を理解した上で計測器を選択することにより、振動が原因の苦情解決や振動の対策についてより助けになるはずである。

弊社では、国内の環境振動(公害や作業環境)の測定に最適な計測器である振動レベル計VM-55と、欧州・東南アジア等で参照されている振動測定規格に準拠した計測器であるVM-56を製造・販売している。本稿ではそのVM-55およびVM-56の特徴的な仕様や、関連する規格とそれぞれの利用シーンなどについて紹介させていただく。

2. 振動測定に用いる計測器の紹介

VM-55およびVM-56は振動ピックアップと計測器本体から構成されている。写真1にVM-55を写真2にVM-56を示す。当社から提供しているケーブルは標準付属で約3m程度であり振動ピックアップからやや離れた場所で本体の設置を行える。

更に、別売品として200mの延長可能なケーブルも提供しており測定者が測定地点から離れている状況での測定も可能としている。振動の測定において振動

ピックアップの設置状況は重要であり、柔らかい地面や絨毯の上では計測可能な周波数領域に共振周波数が存在するようになってしまい、正しい測定ができなくなってしまう。そのため正確な測定を可能にするためには、振動ピックアップを設置する場所が柔らかい地面の場合には踏み固めることが重要であり、屋内では絨毯などを避けるような設置を行うことが重要である。

VM-55は前項にて記載したように日本の環境振動向けの振動計でJIS 1510:1995に適合する計測器である。振動レベル計として定義されており、振動レベルを測定可能である必要がある他にもその他の性能などが規定されているが、本稿では割愛させていただく。VM-56は正式名称がTri-axial Groundborne Vibration Meterであり、日本語で表現すると三軸地盤振動計となる。海外規格では振動計に対して明確な名称の定義自体は存在していない。

日本と海外での振動測定値の最も大きい差分としてはJIS 1510:1995においては加速度をベースにデシベル(dB)基準値を $10^{-5}(\text{m/s}^2)$ に定めている。ISO 8041:2017-1においてはデシベル基準値を $10^{-6}(\text{m/s}^2)$ に定められており、日本は歴史的な背景から海外規格と基準



写真1 振動レベル計 VM-55



写真2 Tri-axial Groundborne Vibration Meter VM-56

表 1 VM-55及びVM-56の特徴的な仕様

型式	VM-55	VM-56
製品名	振動レベル計	Tri-axial Groundborne Vibration Meter
測定軸	XYZ 3軸	XYZ 3軸
周波数 (Hz)	1~80	0.5~315
測定可能な周波数重み付け	振動レベル L_v 振動加速度レベル L_{va}	加速度: W_b, W_d, W_m MTVV, VDV 速度: KB, H_v (帯域制限フィルタ含)
適合規格	JIS C 1510 : 1995 JIS C 1517 : 2014	ISO 8041 : 2017-1 DIN 45669-1 : 2010-09 (周波数特性および振動レベル値) SBR : 2010 Meten en beoordelen van trillingen part A・B

値が異なっている。測定値以外にも振動に対しての考え方の違いがあり、日本国内の環境振動測定は振動規制法を例とすると、敷地境界線の振動レベルと振動規制法に定められた基準を比較し、規制値を超過した場合に事業者は振動源への処置が要求される。つまり日本の環境振動においては人体への影響度合いについての評価を行っている。

VM-56はISO 8041-1 : 2017やDIN 45669-1 : 2010-09といった海外規格に適合しており(DINに関しては測定範囲、周波数範囲に適合)、振動源周辺の建物に伝搬する振動や建物内の人体暴露振動を評価する違いがある。欧州や東南アジアにおいては、各国の振動測定規格に規定されている規制値と比較して構造物が受ける振動を対象とした場合には速度の波形の絶対値とその卓越振動数を指標とし、監視を行う。この速度の波形の絶対値をPPV(Peak Particle Velocity)と呼称する。

表 1 に VM-55 と VM-56 の仕様の一部を示す。

3. 各規格の測定量

それぞれの規格において、測定量は異なっている。その測定量の測定対象や特性についての紹介と、それらの測定はどのようなケースで主に使用されているかといった点に関して、VM-55およびVM-56で測定可能なJIS規格、ISO規格、DIN規格を紹介させていただく。

3.1 JIS規格

JIS C 1510 : 1995 においては振動レベル L_v 、振動加速度レベル L_{va} が規定されている。振動レベルに関しては、水平方向と鉛直方向で人体の知覚する周波数が異なることから周波数特性が異なっている。人体の全身に対しての振動の評価であり、ウェーバー・フェヒナーの法則に従いデシベル値での評価となる。これは人間の感覚量は、受ける刺激の強さの対数に比例する

というもので、人間の五感への刺激に対して良い近似となることから振動レベルはデシベルが採用されている。JIS規格に適合した振動レベル計の用途としては振動規制法への対応が必要となる自治体や環境コンサルティング企業での環境振動の測定、建設工事向けの表示機としても多く使用される。

3.2 ISO規格

ISO 8041-1 : 2017において振動計測器としての規定がされており、測定対象によって各種周波数重み付け特性が定められている。人体への振動暴露に関する評価に用いることが可能であり振動に暴露される人体が立位、伏位、坐位ごとの対応した振動量の評価値の測定が可能である。人体への振動は姿勢や暴露される箇所によって受けやすい周波数が異なっているため複数の周波数重み付けが存在する。建物内の人体暴露振動を評価する場合、周波数重み付け W_m を行った加速度波形を用いて評価する。クレストファクタ(C.F. Crest Factor)の値によっては最大過渡振動値(MTVV)、振動暴露量値(VDV)などを用いて評価する。これらはデシベルでの評価のほか、加速度波形で評価するものである。ISO規格に適合した振動計の使用ユーザは振動測定規格や測定ガイドラインを参照する海外の環境コンサルティング企業、建設会社などである。日本国内でも全身振動に対する暴露の評価や建屋内部での快適性の評価などに用いられる場合がある。

3.3 DIN規格

DIN 45669-1 : 2010-09において振動計測器としての規定がされており、海外の振動規格に対応した多くの振動計は前項のISO規格かDIN規格、もしくはそれ以外の国地域に対応した規格のみを測定可能な振動計であるケースが多い。DIN規格においては、建屋内部に

おける振動に暴露される人体の評価および振動が建造物へ与える影響への測定に対して定められている。

建物内の人体暴露振動を評価する場合は、周波数重み付けした速度波形KB値の30秒間の実効値(KBFT)にて評価を行う。DIN4150-2:1999に準じた評価をする場合、KBFTから算出するエネルギー平均値(KBFT_r)や、総測定期間の最大値(KBFT_{max})を規定値と比較し評価する。

建造物自体が受けるダメージの評価にはPPVでの評価を行う。公共施設や産業施設、住居に対するもの他、文化的に重要度の高い建造物に対するものもある。日本ではイメージがしづらいが、海外の沿線道路や列車は世界遺産や重要建造物のそばを走っているケースもあることから、人体への影響だけではなく建屋へのダメージに関しての測定や監視を行っている。

3.4 測定量

JIS 1510:1995, ISO 8041:2017-1, DIN 45669-1:2010-09 における測定量に関する周波数特性を図1～3に示す。

JIS で規格化された人体の全身振動への振動レベルの鉛直特性および水平特性を示したのが図1である。

ISO で規格化された建物内での全身振動(全方向)用の補正特性(W_m)、水平全身振動(X軸またはY軸、座位、立位、仰臥位)用の補正特性(W_d)が示されている。乗り物による全身振動の垂直方向(Z軸、座位、立位、仰臥位)用の補正特性(W_b)を図2に示している。

DIN規格で規格化されたKB特性はJISとISOとは異なり速度波形に対して周波数重み付けした特性であるがおよそその W_m の周波数特性と近い特性となっている(図3)。

各図に示す周波数特性から人体の振動の感じ方は振動の方向によって異なることが分かる。また人体の姿勢(座位、立位、仰臥位)によっても異なるとされている。これらの特性から、人体は水平振動に対しては1～2Hz、鉛直振動に対しては4～8Hzの振動に対して知覚しやすいことを示している。

4. 計測器のその他の性能

VM-55およびVM-56は上記に記載したような周波数特性を持った計測値が収録され、これらのデータはSDカードが使用可能な場合に後処理がしやすいCSV形式で保存される。他にも、周辺機器や本体にインストール可能なオプションソフトなど様々な機能を有して

いる。それらによってSDカードへのデータ収録、長時間測定結果の収録や再分析可能なWAVEファイルの収録、1/3オクターブ分析、更にはレポート化機能を有するPCソフトウェアなどといった、測定・分析・対策結果の確認などを効率的に行うことが可能である。本体を直接操作する以外にもRS-232CもしくはUSB通信によってPCからコマンドによる制御することにより遠隔地からの設定、測定や測定データの収集も可能とする。

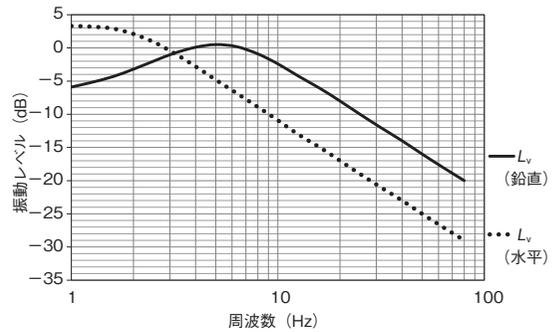


図1 JIS C 1510:1995の水平、鉛直周波数特性

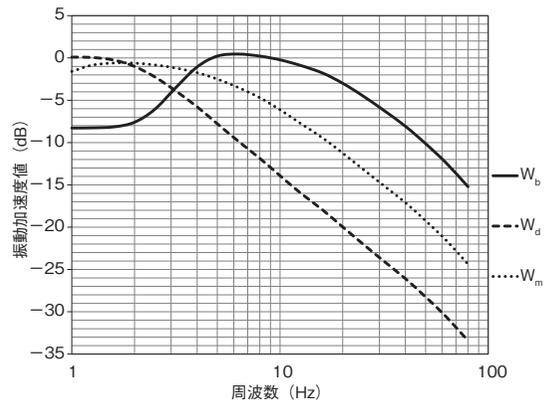


図2 ISO 8041:2017-1の W_b , W_d , W_m 周波数特性

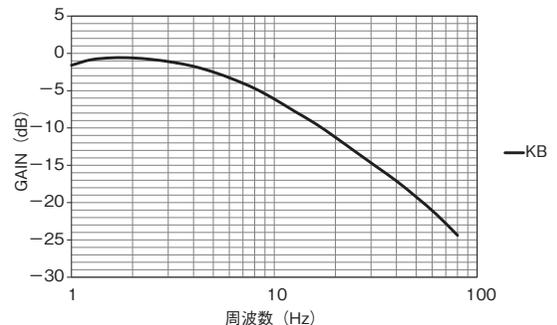


図3 DIN45669-1:2010-09のKB値周波数特性

5. おわりに

国内用の環境振動計測向けの振動レベル計VM-55および、海外向けの環境振動計測に使用可能なVM-56とその測定値や主要な仕様、機能、日本と海外の振動測定規格の違いなどに関して紹介を行った。日本と海外において振動への考え方が異なり、周波数範囲、周波数特性がそれぞれ規格化されている。

環境振動以外の振動への評価にも振動レベル計VM-55とその周辺機器およびオプションソフトによって1/3オクターブバンド分析が可能である。よって建屋の振動に対する対策前後の測定も可能であり、環境振動以外の計測シーンに利用可能な場合もある。

海外の振動に関する規格は日本国内の環境振動の考えとは異なっている点はあるが、VM-56は日本においても建屋への評価などにおいてVM-55より高い周波数に対する測定や実音収録とその後の再分析、1/3オクターブ分析を用いることが可能な振動計となっている。したがって振動レベル計よりも高い周波数まで測定したい場合や、海外での規格にも対応している計

測、評価を行いたい場合にはVM-56を使用する場合はほうがより有用なケースもある。ただし、JIS C 1510：1995に適合した振動レベル計ではない点、デシベルの基準値が異なる点や、測定値によって加速度や速度での評価値である点には留意する必要がある。

弊社ではその他にも騒音計や産業向けの振動計測器や分析器などの多様な計測シーンに対応可能な製品を提供している。音響振動分野の計測実施を検討している場合や課題を抱えている場合には以下のリンク先の製品などを参照、お問い合わせをいただいて課題への解決等につながれば幸いである。これからも音響振動分野の計測に対して幅広く対応した製品を提供し続け、多くのユーザーに貢献できる製品の開発に尽力したい。

(以下リンク先から資料請求、ダウンロードが可能)

リオン株式会社 音響・振動計測器HP

<https://svmeas.rion.co.jp/>

リオン株式会社 音響・振動計測器HP(海外向)

<https://rion-sv.com/>