

建築物における環境振動に関する測定・分析・評価の課題と現状 —測定経験者を対象としたアンケート調査から—

ISSUE AND CURRENT STATUS OF MEASUREMENT, ANALYSIS, AND EVALUATION OF ENVIRONMENTAL VIBRATIONS IN BUILDINGS: RESULTS OBTAINED BY A QUESTIONNAIRE SURVEY OF MEASUREMENT EXPERIENCES

横島潤紀 — * 1 富田隆太 — * 2
小谷朋央貴 — * 3 伊積康彦 — * 4

Shigenori YOKOSHIMA — * 1 Ryuta TOMITA — * 2
Tomooki KOTANI — * 3 Yasuhiko IZUMI — * 4

キーワード：
環境振動, 測定, 分析, 評価, アンケート調査

Keywords:
Environmental vibrations, Measurement, Analysis, Evaluation, Questionnaire survey

Sub Committee on “Measurement and Analysis of Environmental Vibrations” in AIJ, carried out two questionnaire surveys related to measurement, analysis and evaluation of environmental vibrations in buildings. One is abstraction of the important issue and another is understanding of the current status. The surveys targeted for engineers and researchers who had measured building vibrations. From the results obtained by the both surveys, this technical report indicates the issue and current status of measurement, analysis and evaluation of building vibrations. Based on the results, we organize the basic points contributing to a draft of the measurement manual.

1. はじめに

1991年に刊行された「建築物の振動に関する居住性能評価指針」(以下「指針」と記す)は、2004年には建築学会のアカデミック・スタンダードとして大幅に改訂された¹⁾。改訂された指針の付録には振動測定法が記載されており、1)適用範囲、2)測定量、3)測定器、4)測定概要、5)測定方法、6)測定結果の整理方法、7)結果の表示に付加すべき事項の7項目で構成されている。しかし、その詳細については明確になっていない点も多く、測定者の判断に委ねられている部分も多い。本来、測定にはそれぞれの目的があり、その目的に応じた測定、分析そして評価手法を技術者が適用することが大前提である。その一方、得られた測定、分析、評価の精度を高めるには、測定及び分析手法を共通化することが重要である。このことにより、建築物の振動特性の解明につながるデータの蓄積が期待される。

環境振動運営委員会の傘下にある環境振動測定分析小委員会(以下「小委員会」と記す)は、建築物の振動に関する測定及び分析について種々の検討を行い、その結果を報告してきた²⁻⁷⁾。得られた知見をベースとし、現在、小委員会は建築物における環境振動の測定及び分析手法のマニュアル化に向けて作業を進めている。これに資することも一つの目的として、環境振動の測定に携わっている技術者・研究者を対象に、「環境振動測定方法の問題点の抽出に関するアンケート調査」(以下「課題抽出調査」と記す)及び「環境振動測定方法の現状に関するアンケート調査」(以下「現状把握調査」と記す)の2種類の調査を実施した⁸⁻¹⁰⁾。本報では、既報⁸⁻¹⁰⁾の内容を踏まえな

がら、両調査の結果を改めて分析し、建築物における環境振動測定マニュアルに記載する測定・分析の基本的事項について整理する。

2. アンケート調査の概要

アンケート調査は、環境振動測定に携わっている技術者や研究者を対象とし、EXCEL ファイルの調査票を送付し、その回答をE-mailで回収して行った。回答者数は両調査合わせて30人であった。

課題抽出調査は、表1に示す9項目で構成されており、回答者の経験に基づく記載を求めた。Q1~Q3は、測定、分析及び評価において回答者が悩んだ経験がある項目を選択(複数選択可)し、その具体的内容を記載する形式とした。Q4は、測定、分析及び評価を行う上で回答者が参考とした資料について、Q1~Q3と同様の形式で回答を得た。これらQ1~Q4それぞれの質問項目には「その他」の設問も加えていた。Q5~Q9は自由記述形式で、Q7~Q9は他の環境測定(音・熱・光・空気)との比較から、課題を抽出するための項目である。現状把握調査では、建築物の内部で、過去5年以内に実施した測定事例の記載を求めた。現状把握調査の調査票は、表2に示すとおりQ1~Q5で構成されている。Q1は回答者の職種、年齢、及び振動測定経験を選択する方式とし、Q2~Q5は事例ごとにそれぞれの質問項目の回答を求めた。なお、Q2(1)の選択項目は、内部振動源と外部振動源で異なる。また、Q4の質問項目では、(1)の分析方法で「1/Nオクターブバンド分析」を選択した場合にのみ(4)~(6)の質問項目を回答し、同様に(1)で「FFT分析」を選択した場合にのみ(7)~(8)

¹⁾ 神奈川県環境科学センター 博士(工学)
(〒254-0014 神奈川県平塚市四之宮1-3-39)

²⁾ 日本大学理工学部建築学科 准教授・博士(工学)
(株)フジタ

³⁾ 鉄道総合技術研究所 博士(工学)

¹⁾ Kanagawa Environmental Research Center, Dr. Eng.

²⁾ Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.
Fujita Corporation

³⁾ Railway Technical Research Institute, Dr. Eng.

の質問項目を回答する構成とした。

課題抽出調査の回答者数は 28 人、現状把握調査の回答者数も同じく 28 人(内部振動源は 21 人、外部振動源は 23 人、両振動源は 16 人)、両調査に共通の回答者数は 26 人であった。事例数は、内部振動源、外部振動源それぞれ 39 件、37 件であった。

表 1 課題抽出調査の概要

Q1 測定における課題 [無制限複数] ○測定機器(センサ・アンプ・記録器など) ○測定位置・点数 ○測定回数・時間 ○測定機器の設置方法 ○周波数範囲 ○加振方法 ○加振位置
Q2 分析における課題 [無制限複数] ○分析機器 ○分析方法(波形処理・周波数分析) ○分析諸元(加速度・速度・変位) ○分析定数(帯域幅・時定数) ○分析指標(最大値・平均値・暴露量) ○分析条件(サンプリング・取込み時間・窓関数) ○周波数範囲
Q3 評価における課題 [無制限複数] ○評価値の算出方法 ○評価指標
Q4 測定・分析・評価の参考資料 [無制限複数] ○居住性能評価指針 第 1 版 1991(指針 1991) ○居住性能評価指針 第 2 版 2004(指針 2004) ○JIS Z 8735「振動レベル測定方法」(JIS) ○環境振動・固体音のマニュアル(マニュアル)
Q5 測定・分析・評価の問題点 [自由記述]
Q6 今後必要となる機器 [自由記述]
Q7 他の環境測定との最大の違い [自由記述]
Q8 他の環境測定との時間や費用の比較 [自由記述]
Q9 他の環境測定との機器数の比較 [自由記述]

表 2 現状把握調査の概要

Q1 回答者の属性 (1) 職種 [多項選択] (2) 年代 [多項選択] (3) 振動測定経験 [多項選択]
Q2 振動源の種類 (1) 振動源 [多項選択]
Q3 測定について (1) 測定目的 [多項選択] (2) 建物用途 [多項選択] (3) 建物構造 [多項選択] (4) 床構造 [多項選択] (5) 床仕上げ [多項選択] (6) 測定点 [無制限複数] (7) 畳の場合の測定方法 [自由記述] (8) 絨毯の場合の測定方法 [自由記述] (9) 計測方向 [無制限複数] (10) 測定周波数範囲(水平・鉛直別) (11) 測定参考資料 [無制限複数] (12) 測定物理量 [無制限複数] (13) 測定機器 [無制限複数] (14) 記録装置 [無制限複数]
Q4 分析について (1) 分析方法 [無制限複数] (2) 分析機器 [無制限複数] (3) 分析物理量 [無制限複数] (4) 時定数 [無制限複数] (5) 帯域幅 [無制限複数] (6) 演算値 [無制限複数] (7) 演算関数 [自由記述] (8) 分析条件 [自由記述] (9) 分析周波数範囲(水平・鉛直別)
Q5 評価について (1) 評価物理量 [無制限複数] (2) 評価値の算出方法 [自由記述] (3) 評価指標 [無制限複数] (4) 評価対象周波数範囲 [水平・鉛直別]

3. 調査結果

3.1 振動測定経験

現状把握調査の結果から、Q1(3) 振動測定経験の集計結果を図 1 に示す。「10 年以上」の 9 人が最も多く、「20 年以上」の 6 人が続いた。測定経験が 5 年以上の回答者数は 25 人(89%)、また 10 年以上の回答者数は 22 人(79%)となった。このことから、本調査の回答は、振動測定に精通した技術者・研究者から得られたものである。

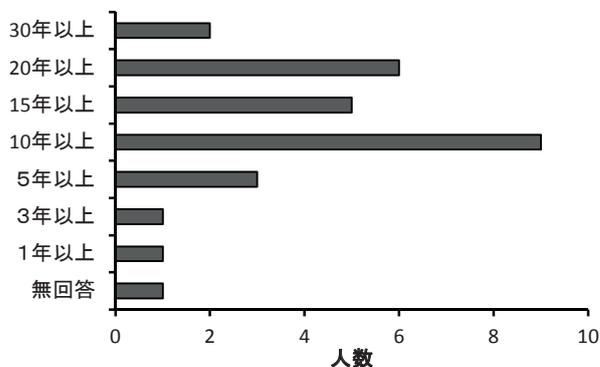


図 1 振動測定経験

3.2 振動源

Q2(1) 振動源の集計結果を表 3 に示す。内部振動源では、「歩行」が 16 件、「建設」が 6 件、「設備」が 4 件、「工場」が 2 件、「バンクマシン」、「砂袋」及び「ゴムボール」が合わせて 4 件、「その他」が 7 件であった。外部振動源では、「鉄道」、「道路」がともに 13 件、「建設」、「工事」及び「その他」が合わせて 11 件であった。以後の分析において、振動源別に集計を行う場合は表 3 に示す分類とした。すなわち、内部振動源は「歩行」、「固定」(「建設」・「設備」・「工場」)及び「衝撃」(「バンクマシン」・「砂袋」・「ゴムボール」・「その他」)の 3 分類、外部振動源も「鉄道」、「道路」及び「作業」(「建設」・「工場」・「その他」)の 3 分類とした。

表 3 振動源の集計結果(単位:件)

歩行	固定	衝撃	鉄道	道路	作業
16	12	11	13	13	11

3.3 測定目的・建物用途・建物構造・計測方向

Q3(1) から Q3(3) の質問項目について、事例別に集計した結果を表 4 から表 6 に示す。測定目的では、「研究」が 20 件と最も多く、「クレーム対応」、「竣工検査」が続いた。建物用途では、「戸建住宅」が 24 件と最も多く、「事務所」、「集合住宅」が続いた。建物構造(未回答 1 件)では、「RC 造」が 25 件で最も多く、S 造、木造が続いた。

なお、Q3(9) 計測方向では、すべての事例が鉛直方向を対象としており、水平方向を対象とした事例数は、内部振動源 17 件、外部振動源 32 件であった。

表 4 測定目的の集計結果(単位:件)

現状把握	竣工検査	クレーム対応	対策	研究	その他
13	15	18	5	20	5

表 5 建物用途の集計結果(単位:件)

商業施設	事務所	戸建住宅	集合住宅	学校	その他
6	19	24	15	2	10

表 6 建物構造の集計結果 (単位: 件)

S 造	RC 造	SRC 造	木造	その他
23	25	3	18	6

4. 測定における課題・現状

4.1 測定の課題

測定に係る課題の集計結果を図 2 に示す。8 項目の中では、「測定位置・点数」の指摘が 16 件と最も多く、過半数を超えていた。具体的な内容については、『測定位置が特に決まっているわけではないので、振動が問題になりそうな箇所を毎回選択している』、『具体的な苦情が無い場合、位置が決め難い』、『限られた時間の中で、どこを測るのか悩む』などの記述がみられた。このことから、測定の目的別にも、必須となる測定点を明示する必要があると考える。

次に指摘が多い項目は「測定機器の設置方法」であった。具体的な内容では、『畳やカーペットの場合、測定できないケースが多い』、『地盤がゆるい箇所の設置方法』などの記述がみられたことから、設置共振が発生する可能性が高い場合の対処方法が、現在も課題として残っていることがわかる。続いて、「測定回数・時間」の指摘が多く、『列車を何本測定すべきか』、『対象振動源に応じて、列車では普通上り 10 本、下りで 10 本、または列車速度や車両型ごとに設定』などの指摘があった。このような記述は鉄道振動に特徴的であり、鉄道振動の場合、測定本数の設定が課題であることが読み取れる。

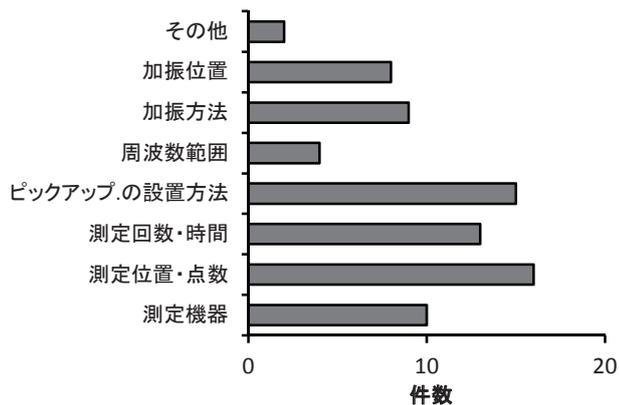


図 2 測定における課題

4.2 測定点の現状

測定の課題として指摘された項目の中から、最も指摘が多かった「測定位置・点数」に着目する。「Q3(6) 測定点」の回答について、測定目的別、建物構造別の集計結果を、それぞれ図 3、図 4 に示す。

図 3 から、「研究」の測定(事例数 20 件)では、「床中央」の事例数が 13 件と最も多く、「その他」の事例数が 10 件、「柱付近」の事例数が 8 件であった。「クレーム対応」の測定(事例数 18 件)では、「その他」の事例数が 13 件、「柱付近」の事例数が 12 件、「床中央」の事例数が 8 件であった。「竣工検査」の測定(事例数 15 件)では、「床中央」と「その他」の事例数がともに 10 件、「柱付近」の事例数が 8 件であった。また、竣工検査の測定では、クレーム対応の測定に比べて、対象となる床の中央で測定する事例の割合が多かったこともわかる。

図 4 から、「RC 造」の測定(事例数 25 件)では、「床中央」の事例数が 17 件、「その他」の事例数が 14 件、「柱付近」の事例数が 11 件であった。「S 造」の測定(事例数 23 件)では、「柱付近」が 16 件、「床

中央」と「その他」の事例数がともに 14 件であった。「木造」の測定(事例数 18 件)では、「その他」の事例数は 11 件、「床中央」と「柱付近」の事例数はともに 8 件であった。

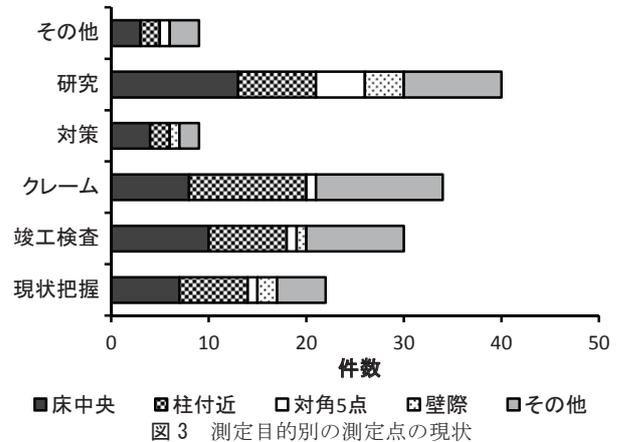


図 3 測定目的別の測定点の現状

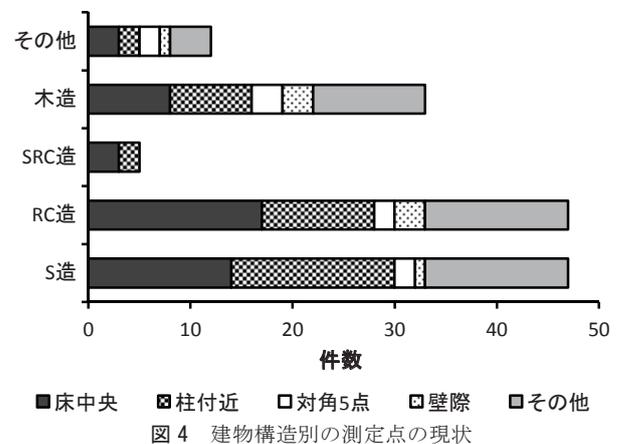


図 4 建物構造別の測定点の現状

ここで、すべての事例が鉛直振動を対象としていたことから、鉛直振動を中心に考察を加える。床中央での測定は、居住者に暴露される体感振動のうち、生活環境に最も影響を及ぼす鉛直振動を把握するためのものと考えることができる。続いて、測定点として「床中央」を選択しなかった事例のうち、「その他」で具体的な測定位置を記載した 28 件の事例に着目した。複数の回答が得られた事例は、『床上に設置するが、中央は特異な場所のため避ける』(事例数 9 件)、『居住実態に合わせた床の上』(事例数 7 件)、『梁のSPAN中央』(事例数 3 件)、『床中央で測定可能な点』(事例数 2 件)であった。このうち、『梁のSPAN中央』の事例は、すべて竣工検査の測定であり、『居住実態に合わせた床の上』については、7 事例のうち 6 事例はクレーム対応の測定であった。これらの測定点についても、生活環境への影響を把握するために設置されたと解釈することができる。このように、生活空間における居住者への振動暴露量を把握するための測定点を「暴露位置」(ただし「床中央」は集計から除外)と定義し、その事例数を再整理した。その結果、測定目的別の暴露位置の事例数は、「研究」、「クレーム対応」、「竣工検査」それぞれで 6 件、9 件、4 件となった。建物構造別の暴露位置の事例数は、「RC 造」、「S 造」、「木造」それぞれで 5 件、7 件、8 件となった。

以上のことから、クレーム対応の測定、または、S 造や木造構造の測定では、振動測定に精通している技術者・研究者は、床中央に

測定点を設定する場合も含めて、それぞれの状況を総合的に勘案して、居住者の生活環境に最も影響を及ぼすと想定される位置で、鉛直振動を測定していることが示唆される。特に、戸建住宅におけるクレーム対応の場合には、居住者が指摘する位置での測定¹¹⁾が重要であると考えられる。その他に、研究目的の測定では、「床中央」のみならず各測定点での事例数が相対的に多かったことを踏まえると、それぞれの目的に応じて必要な位置で測定を行っていることが窺える。一方、竣工検査の測定では、クレーム対応の測定に比べて、対象となる床や梁それぞれの中央で測定する事例の割合が多かったこともわかる。これは、竣工検査の場合には、同一測定点における測定事例を相互に比較し、床に生ずる鉛直振動の性状を把握することが目的の一つであることに起因しているのではないだろうか。

一方、「柱付近」での測定点の設置を建物構造別で比較すると、「S造」は23件のうち16件、「RC造」は25件のうち11件、「木造」は18件のうち8件となっていた。特に、「S造」の事例のうち、内部振動源の「固定」または外部振動源の事例(事例数は合わせて12件)に着目すると、11件の事例で「柱付近」を測定点としていた。このことは、近年増えている大スパンのS造建築物で、対象床の外部に起因する振動問題が懸念される場合には、対象床に入力される振動も把握するため、柱付近と暴露位置の2点の測定が必要と考える。

4.3 測定上限周波数の現状

課題としての指摘は少なかったが、「Q3(10) 測定周波数範囲」の回答を整理し、鉛直方向の上限周波数を対象として、その記述内容をカテゴリー化して振動源別に集計した結果を図5に示す。

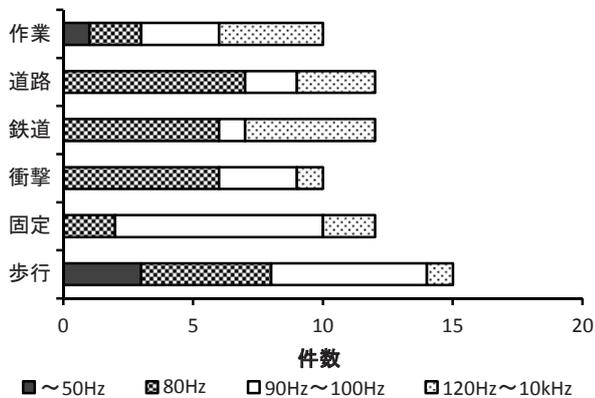


図5 測定上限周波数の現状

指針では、内部振動源、外部振動源ともに、鉛直方向の上限周波数を30Hzと規定しているが、これよりも高い範囲まで測定していることがわかる。また、内部振動源よりも外部振動源の測定の方が、上限周波数が高い傾向にあることが読み取れる。特に、「鉄道」の場合には630Hz以上の事例が7件もあった。建物内部における在来鉄道振動の卓越周波数が63Hz以上となる場合が多かったこと³⁻⁵⁾、本調査では集合住宅を対象とした測定が多く、そのため固体音の評価も見据えていたことなどにより、「鉄道」の事例で上限周波数が高くなっていると考えられる。水平方向についても、鉛直方向と同様に、指針で規定する上限周波数よりも高い領域まで測定している事例が多かった。なお下限周波数については、未記載の事例が多く、本報では分析を行わなかった。以上のことに加え、「Q3(13) 測定機器」

の結果から振動レベル計が多く使用されていることも踏まえると、測定の上限周波数は80Hzが望ましいと考える。

5. 分析における課題・現状

5.1 分析の課題

分析に係る課題の集計結果を図6に示す。8項目の中では、「分析定数(帯域幅・時定数)」の指摘が9件と最も多く、「分析条件(サンプリング・取込み時間・窓関数)」が8件で続いた。自由記述からは、『時定数の選択も人によって異なる傾向がある』など時定数に関する指摘が多くみられた。その他に、『衝撃性の場合、1/3オクターブバンド分析は良いのか』、『FFTの窓関数はいつも悩む』などの意見が得られた。

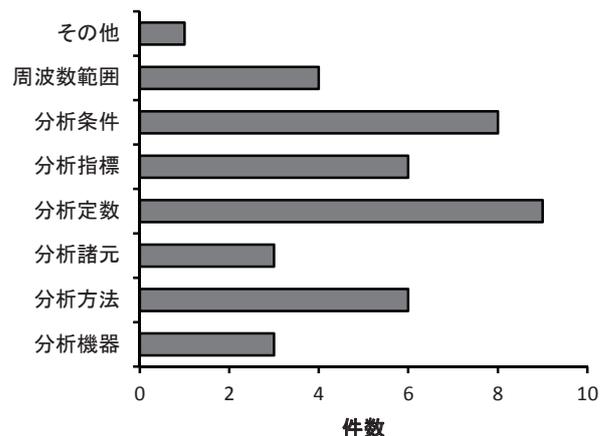


図6 分析における課題

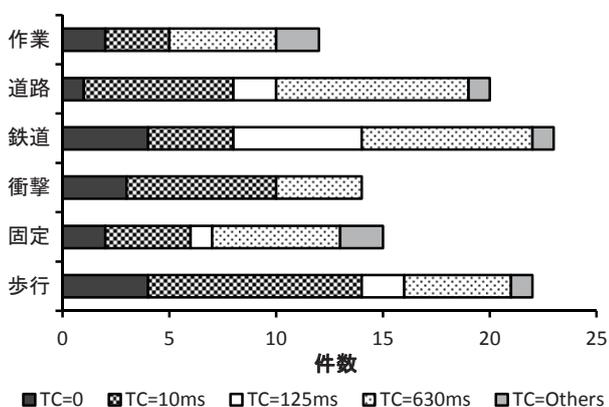
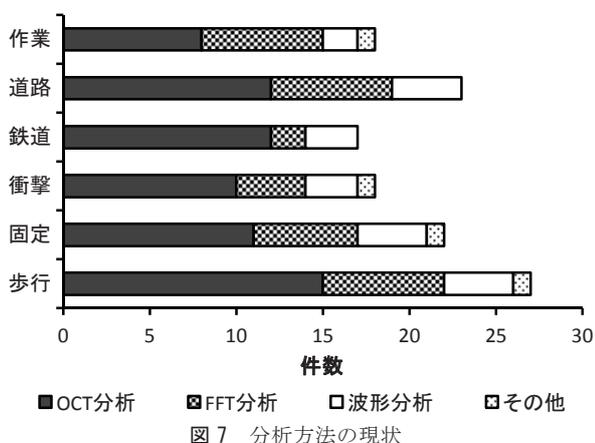
5.2 分析の現状

最初に、「Q4(1) 分析方法」の回答について、振動源別に集計した結果を図7に示す。内部振動源、外部振動源ともに、「OCT分析」の回答が最も多く、事例数は内部振動源で36件、外部振動源では32件であった。続いて「FFT分析」が多く、内部振動源の事例数は17件、外部振動源では16件であった。また、目的別に集計したところ、「クレーム対応」では「FFT分析」の割合が高い傾向にはあったものの、顕著な差はみられなかった。

ここで、「OCT分析」と「FFT分析」の両分析を併用している事例を調べると、内部、外部振動源ともに15件であったことから、「FFT分析」だけを用いている事例が少なかったことがわかる。特に、鉄道振動にFFT分析を適用した事例数は2件で、「道路」と「作業」の事例数がともに7件であったことと比較しても少なかった。FFT分析により得られる結果は、分析条件のパラメータの設定の如何により大きく異なることを考慮して、指針は1/3オクターブバンド分析を推奨している。また、前述のとおり、鉄道の測定では固体音も対象としていたため、FFT分析ではなく、音響分野で用いられる1/3オクターブバンド分析を用いる事例が多かったと考えている。現状では、卓越周波数の確認などの目的でFFT分析を用いることが多く、統一した手法で収集した測定事例の蓄積を続けるためにも、1/3オクターブバンド分析を中心とした事例収集の継続が重要であると考えられる。

引き続き「OCT分析」の事例に着目し、課題として指摘が多かった「Q4(4) 時定数」の回答について、振動源別に集計した結果を図8に示す。内部振動源では、「歩行」及び「衝撃」では「10msec」の事例が最

も多く、「固定」も含めた事例数は合計で 21 件であった。続いて、振動レベルの時定数「630msec」の事例数が 15 件と多かった。外部振動源では、「鉄道」、「道路」、「作業」ともに「630msec」の事例数が最も多く、それぞれ 8 件、9 件、5 件であった。続いて事例数が多かったものは、「鉄道」では「125msec」が 6 件、「道路」では「10msec」が 7 件であった。道路交通振動の場合には、振動規制法に則った測定との関連から「630msec」での分析に加え、大型車が段差等を通る際に発生する衝撃的な振動の特性を把握するために、「10msec」での分析を併用した事例が多いと推定できる。その一方、指針に規定されている分析では、時定数がない加速度の最大値(0-p)を求めているもの、現状では「TC=0」の事例は非常に少なかったことがわかる。市販の分析器では、時定数なしの分析ができないことを踏まえると、事例での回答が多かった時定数 10msec での分析を周知する必要もあると考える。



6. 評価における課題・現状

6.1 評価の課題

評価に係る課題の集計結果を図 9 に示す。「評価値の算出方法」の指摘は 14 件、「評価指標」の指摘は 13 件であった。「評価値の算出方法」の自由記述の内容については、『処理方法が適切なか悩む』、『振動発生状況により L_{v10} 若しくは最大値の平均どちらで評価するか』、『100 データの最大値のみの評価ではあまりに厳しすぎるが、居住性能評価指針は最大値評価なので施主の理解がでない。最大値のうちいくつかの平均値などの指標が欲しい』など、具体的な算出方法に関する指摘が多かった。「評価指標」の自由記述では、『鉄道振

動に対する適切な評価指標は何か』、『居住性能評価指針の上限周波数は 30 Hz であるが、31.5 Hz が卓越した場合は評価に悩む』、『指針 2004 では施主の理解が得られず、指針 1991 及び ISO2631/2:1989 を併記している』などの意見がみられた。

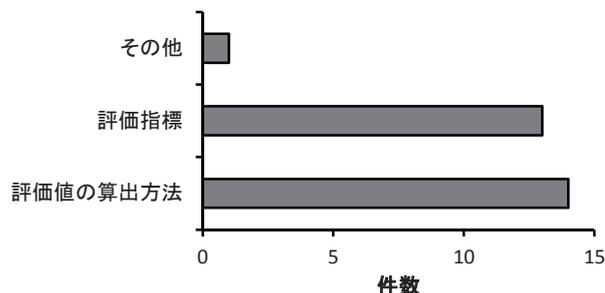


図 9 評価における課題

6.2 評価の現状

課題として指摘が多かった「Q5(2) の評価量の算出方法」に着目した。自由記述では、「すべての測定パターンを算出し、評価曲線にプロットした」、「最大値上位 5 データの平均値」、「時間帯別の統計値」、「5 分測定した結果を分割して、1/3 オクターブバンド帯域ごとの最大値」、「最大値または平均値」などが得られた。これらの内容を、全データプロット、最大値、統計値の 3 パターンに分類し集計を行った。なお、「最大値または平均値」の場合のように複数の評価量を算出している場合には、複数回答として個別に集計した結果を表 7 に示す。ここで、「Q4(6) 演算値」の集計結果から判断すると、内部振動源、外部振動源ともに、分析量(測定量)は 1/3 オクターブバンド分析による加速度の最大値を求めている事例が多かった(内部振動源で 36 件、外部振動源で 30 件)。このことは、最大値ベースの測定量(分析量)を用いて、平均値などの統計量により評価した事例が多いことを示している。測定の目的等により求めるべき評価量は異なるため、評価量の算出について、ある方法に固定することは難しいものの、いくつかの具体的な事例を含めて、最大値ベースの測定量を用いた結果の算出方法などを例示することが必要かもしれない。

表 7 評価量の算出方法

振動源種別	全データ	最大値	統計値
内部振動源	3 件	11 件	14 件
外部振動源	2 件	9 件	15 件

続いて、「Q5(3) 評価指標」の回答を振動源別に集計した結果を図 10 に示す。内部振動源については、「指針 2004」(事例数 21 件)の事例数が最も多く、「指針 1991」(事例数 15 件)が続いた。特に「歩行」(事例数 16 件)に関して、「指針 1991」が評価対象としていたこともあり、すべての事例で「指針 1991」または「指針 2004」のいずれかで評価していた。それに対して、「鉄道」及び「道路」の交通振動(有効事例数 24 件)では、「増幅量」の事例数が 14 件と最も多く、「指針 2004」の事例数は 10 件と半数未満であった。そのうち「鉄道」の場合には、卓越周波数が「指針 2004」の上限周波数 30 Hz より高くなる場合が多いことから、居住性能評価指針の適用には慎重となっていることが示唆される。建築物内部における鉄道振動を評価するためには、木造の戸建住宅のように固体音の影響が限定的になるような条件下

では、評価の上限周波数を 30 Hz よりも高くすることも一案ではないだろうか。一方、測定目的別に評価指標の回答を集計したところ、「現状把握」、「竣工検査」及び「クレーム対応」の場合には、いずれも半数以上の事例が「指針 2004」を適用していた。

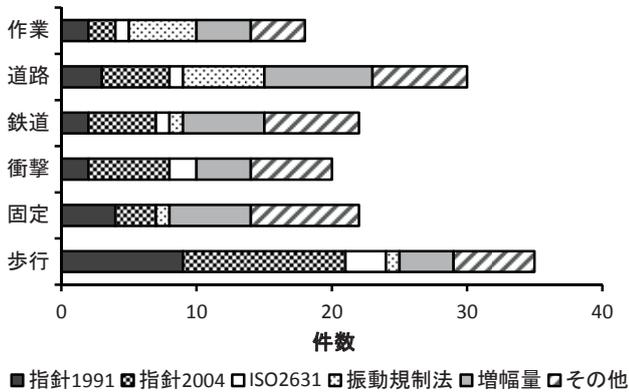


図 10 評価指標の現状

7. 測定・分析・評価の問題点

測定・分析・評価を通しての問題点について、記述内容を類型化して集計した結果を図 11 に示す。

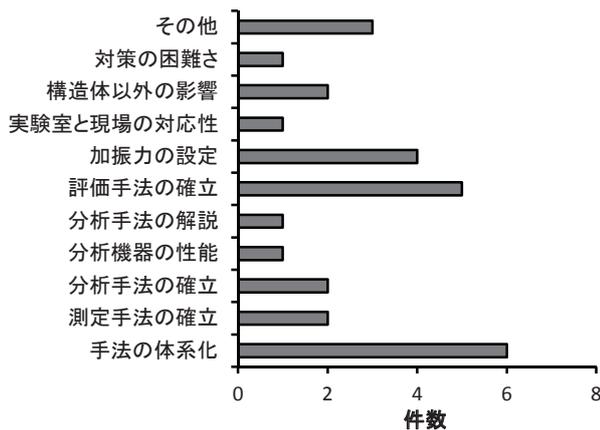


図 11 測定・分析・評価の問題点

『測定方法・評価方法が多様である』、『評価指針との関係』、『評価を行うための測定・分析の明示』、『現状、時定数が異なる場合の考え方』のような「測定・分析・評価手法の体系化」(図中では「手法の体系化」と記す)に関する指摘が 6 件と最も多く、測定-分析-評価を通じた問題点を整理していくことが必要と考える。加えて、「評価手法の確立」に関する回答が多かった。『〇%の知覚確率を現場でどのように評価したら良いかわからない』、『〇%が感じると言われても説明できないし、納得してもらえない』との記述もあり、指針 2004 で規定されている振動知覚確率のみでは、環境振動測定に精通した技術者でも、その評価について判断に迷っていたことが読み取れる。このことは、図 10 から、建築物・室用途別にランクが設定されていた指針 1991 を約 1/3 の回答者が参考にしていただけからも窺える。続いて、「加振力の設定」に関する回答も多かった。『加振源は特定されたものと良い』、『複数の建物の振動を比較する場合、加振力が全く同じになることはない』、『床の中央で加振したいが、床の中央には測定器も置きたい』などの意見があったこと

から、内部振動源の場合には、標準加振源を導入し、建築性能(床の部位性能)を評価する方法も併せて検討する必要があると考える。

8. まとめ

環境振動測定の経験者を対象としたアンケート調査から、建築振動の測定、分析及び評価の課題と現状を把握した。これらの結果を踏まえて、現在作成作業中である測定マニュアルの基本的事項を整理すると次のようになる。

- 1) クレーム対応や S 造・木造の測定では、居住者の生活環境に最も影響を及ぼすと想定される位置を選定することが重要である。
- 2) 周波数分析の手法としては、居住性能評価指針で推奨する 1/3 オクターブバンド分析の適用が主流となっている。今後も、1/3 オクターブバンド分析を中心とした事例収集の継続が重要である。
- 3) 評価量を算出するに当たり、全体の最大値よりも、平均値に代表される統計量を算出している事例が多い。
- 4) 測定、分析及び評価の上限周波数は、鉄道振動に代表される高周波数領域でピークを示す振動も評価できるように、現行の居住性能評価指針が規定する 30 Hz よりも高く設定することが望ましい。

【平成24年度環境振動測定分析小委員会(敬称略)】

主査: 富田隆太(日大) 幹事: 小谷朋央貴(フジタ)
 委員: 足立 大(リオン) 石橋敏久(鹿島) 伊積康彦(鉄道総研)
 川久保政茂(円石コンサルタント) 佐野泰之(愛工大)
 尻無濱昭三(鉄建) 平松和嗣(NTTファシリティーズ総研)
 平光厚雄(建研) 平尾善裕(小林理研) 松本泰尚(埼玉大)
 森川和彦(清水) 藪下満(YAB) 横島潤紀(神奈川県)

参考文献

- 1) 日本建築学会: 建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説, 2004
- 2) 平松他: 建築物の振動に関する居住性能評価のための測定手法について—床振動に関する実測事例からの検討—, 日本建築学会技術報告集, 23, pp. 197~200, 2006. 6
- 3) 横島他: 木造家屋内における鉄道走行時の振動実測結果について, 日本建築学会技術報告集, 24, pp. 203~206, 2006. 12
- 4) 佐野他: 木造家屋床面の振動モード解析: 鉄道により高振動数が卓越する床面の解析, 日本建築学会技術報告集, 29, pp. 151~154, 2009. 2
- 5) 小谷他: 木造家屋内における鉄道走行時の振動実測結果について—軌道の高架化前後における振動特性の比較—, 日本建築学会技術報告集, 46, pp. 1007~1010, 2014. 10
- 6) 富田他: 人の動作を対象とした建築空間の振動測定点に関する測定経験者へのアンケート調査, 日本建築学会技術報告集, 52, pp. 1017~1020, 2016. 10
- 7) 松田他: 交通機関を対象とした建築空間の振動測定点に関する測定経験者へのアンケート調査, 日本建築学会技術報告集, 54, pp. 521~524, 2017. 6
- 8) 小谷他: 環境振動測定に関するアンケート調査結果(その 1 測定・分析・評価方法の課題), 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp. 365~366, 2013. 8
- 9) 横島他: 環境振動測定に関するアンケート調査結果(その 2 測定・分析・評価方法の現状), 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp. 367~368, 2013. 8
- 10) 富田: 環境振動の現状とこれから 20 年について, U-40 が語る環境工学研究の最前線と分野連携について/建築学会大会環境工学部門研究懇談会資料, pp. 11~14, 2013. 8
- 11) 横島他: 振動測定マニュアルの解説, 日本騒音制御工学会春季研究発表会講演論文集, pp. 47-50, 2015. 4

[2017年6月7日原稿受理 2017年10月31日採用決定]