

振動について

第3回 振動に対する感覚について

日本大学理工学部建築学科 富田 隆太

■はじめに

本セミナーでは、典型7公害のうち振動について、振動に関する知見のある方々から、実務を通じて得られた知見や、振動に関連した規制、測定方法、対策等について、地方公共団体の公害関連部局担当職員の方に向けて分かりやすく解説していただきます。

第3回目は、振動に対する感覚です。

1 振動とその感覚の現状について

本稿では、振動に対する感覚について説明します。第1回[1]でも解説されていましたが、令和2年度公害苦情調査結果報告書[3]の被害

(振動)の種類別公害苦情受付件数(図1)を見ると、「感覚的・心理的」がかなり多くの件数を占めています。特徴的な図なので、本稿でも示しました。

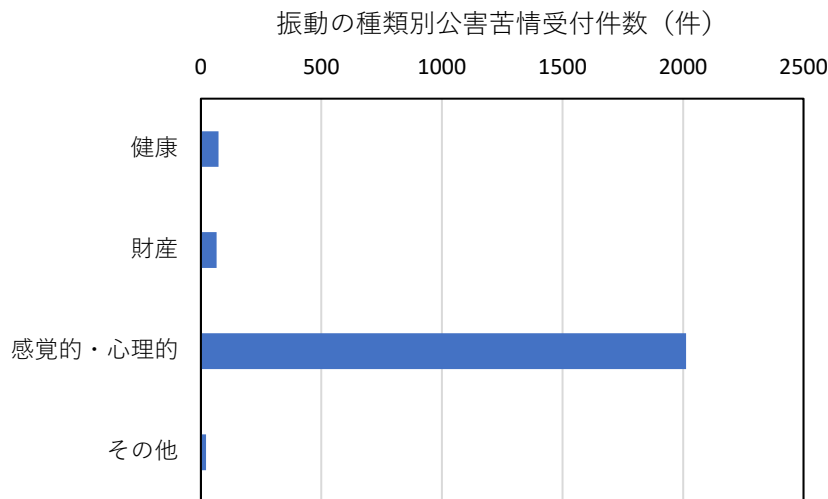


図1 被害(振動)の種類別公害苦情受付件数^[3]より作成

図2には、令和2年度公害苦情調査結果報告書の結果より作成した、公害の種類別「感覚的・心理的」被害の件数の割合を示します。図を見

ると、他の公害に比べて、「感覚的・心理的」被害が大きいことが分ります。これらからも、振動に対する感覚は重要だと考えられます。

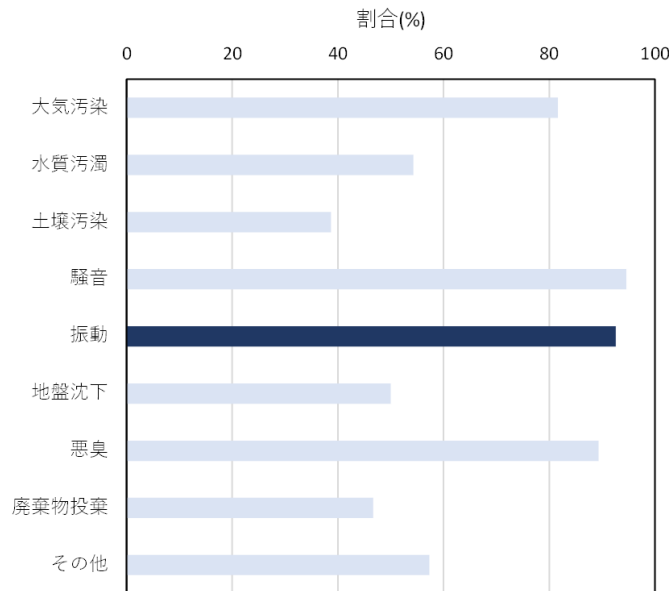


図2 公害の種類別「感覚的・心理的」被害の件数の割合^[3]より作成

以上の結果は、都道府県及び市町村（特別区を含む。）の「公害苦情相談窓口」による結果です。

一方で、筆者らは文献[4]にて、苦情によらないアンケート調査結果を報告しています。文献[4]は、平成28年から29年までの期間において、742名を対象に過去1年間の振動について

回答してもらった結果です。概ね、居住地は東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県、茨城県でした。「振動を感じるか」については、約37%の居住者が「はい」と回答しました。図3に建物の構造と知覚率の関係を示します。図を見ると、全体的にはRC造¹の建物に比べて、木造やS造は知覚しやすい傾向が見られます。

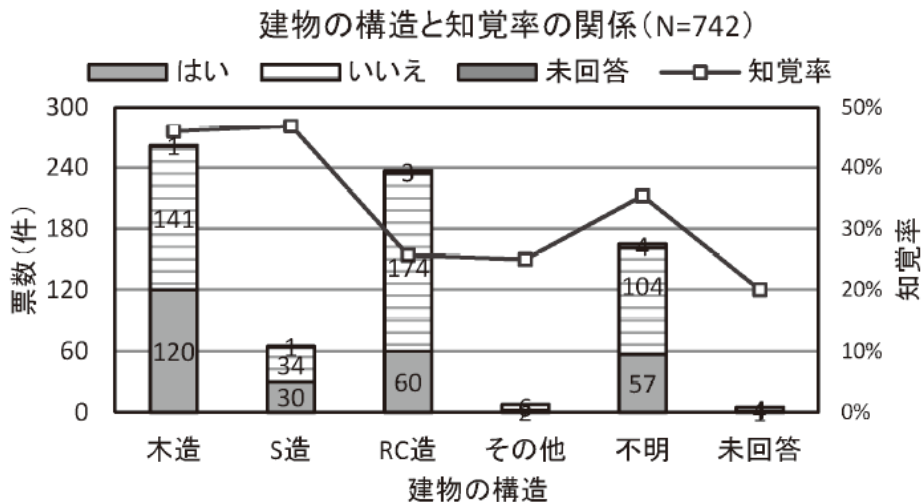


図3 建物の構造と知覚率の関係^[4]

¹ RC造（鉄筋コンクリート造）は、柱や梁などの主要構造部を鉄筋コンクリートで構築している建物構造。耐火性・耐震性に優れており、マンションやビルで多く採用されている。S造（鉄骨造）は、建物の骨組みに「鉄」を使用した構造。マンションやアパート、その他に倉庫、工場といった大空間建築物まで幅広く使われている。

図4に振動を知覚した回答者の振動源内訳を示します。令和2年度公害苦情調査結果報告書では、振動公害の主な発生原因として、「工事・建設作業」が1,535件(70.6%)を示して

いますが、図4の結果からは、車が最も多い傾向が見られます。このように「苦情」か「日常生活の中での知覚」かによって、振動源が異なることは興味深い結果であると考えられます。

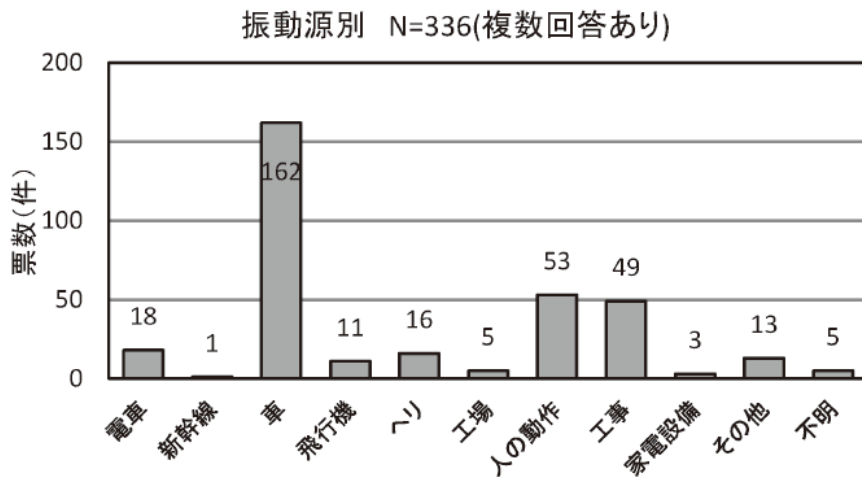


図4 振動を知覚した回答者の振動源内訳[4]

図5に振動を知覚した回答者の振動評価を示します。「振動を感じるが気にならない」と「振動を感じるが少し気になる程度」の合計が

約77%となっています。一方で「振動がストレスとなりできる事なら引っ越したい」という回答も5件(2%)見られました。

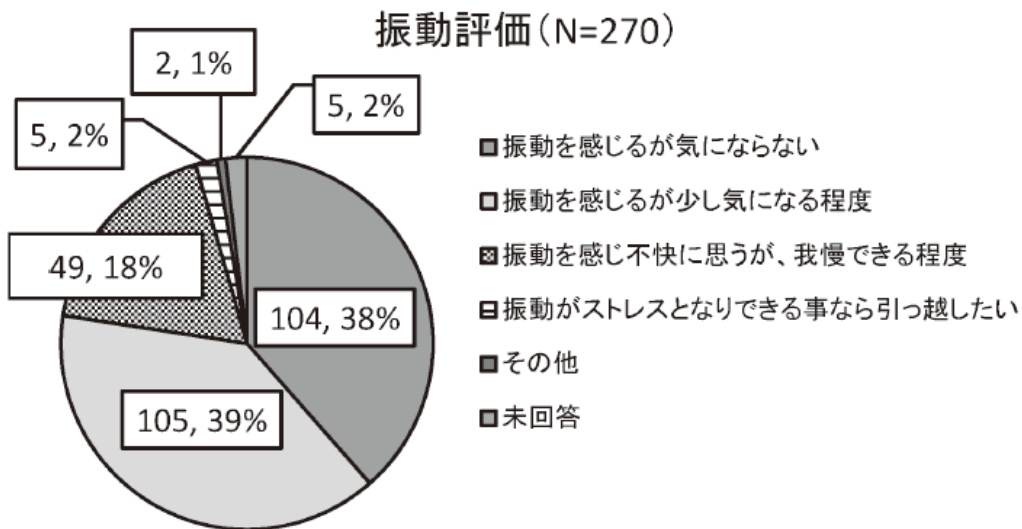


図5 振動を知覚した回答者の振動評価[4]

図6に振動を知覚した回答者の振動による影響を示します。振動の影響として、「いらいらする」、「集中できない」、「地震と間違える」な

どが上位を占めていました。また、「眠れない」「起きてしまう」などの睡眠影響も計6件見られました。

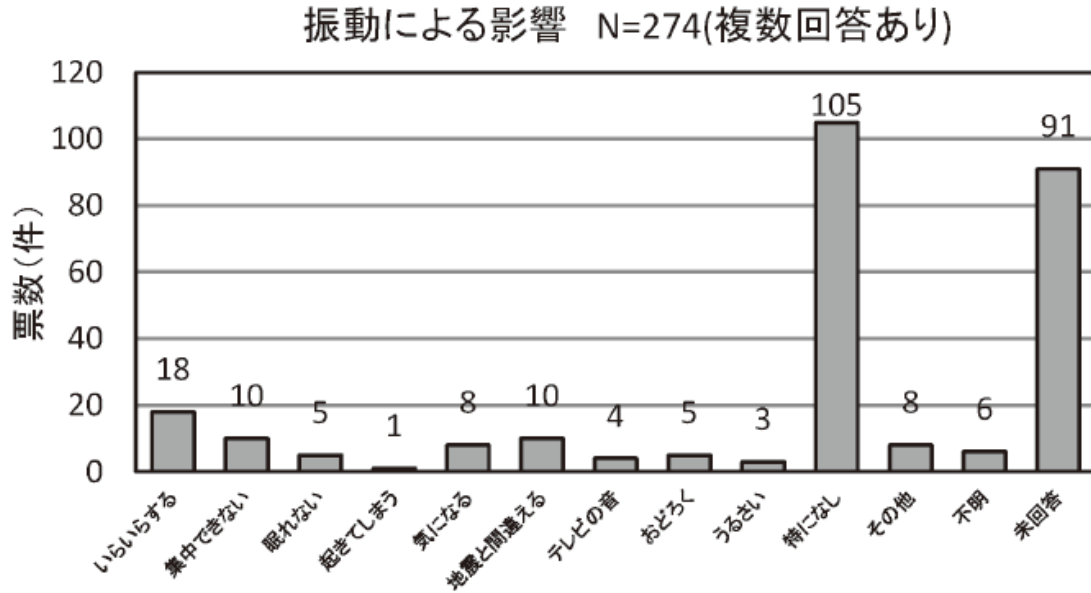


図6 振動を知覚した回答者の振動による影響[4]

コロナ禍であった令和3年においても、文献[4]と同様なアンケート調査を行っています[5]。

その結果については、別の機会に紹介したいと思います。

2 人の振動感覚と周波数特性について

第2回[2]で振動の測定方法の説明がありました。振動規制法（昭和51年法律第64号）に準じた振動の測定では、振動レベル計を用いて、振動レベルにより評価するものとされています。

ます。さらに、振動レベルとは、「付表1に示す鉛直特性又は水平特性で重み付けられた振動加速度の実効値を基準の振動加速度² ($10^{-5}m/s^2$)で除した値の常用対数の20倍。単位はデシベル。単位記号はdBとする。」と示されています。

JIS C 1510-1995[6]では、鉛直特性として「鉛直方向の振動に対する全身の振動感覚特性に基づく付表1の周波数特性」が、水平特性として「水平方向の振動に対する全身の振動感覚特性に基づく付表1の周波数特性」が示されてい

図7に、JIS C 1510-1995の付表1より作成した、鉛直特性の基準レスポンスと許容差を示します。これを見ると、私たちの振動に対する鉛直方向の周波数特性は、4~6.3Hzは大きいと感じやすく、高い周波数になるほど、小さく感じる事が分ります。

² 振動している物体の加速度をいう。振動速度の時間微分をいう。

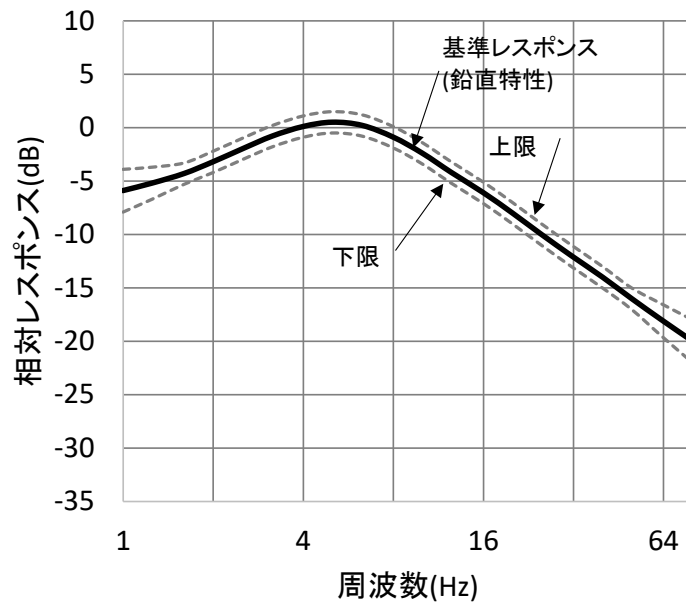


図7 鉛直特性の基準レスポンスと許容差 (JIS C 1510-1995)

図8に、JIS C 1510-1995の付表1より作成した、水平特性の基準レスポンスと許容差を示します。これを見ると、私たちの振動に対する

水平方向の周波数特性は、1～2 Hzは大きいと感じやすく、高い周波数になるほど、小さく感じる事が分ります。

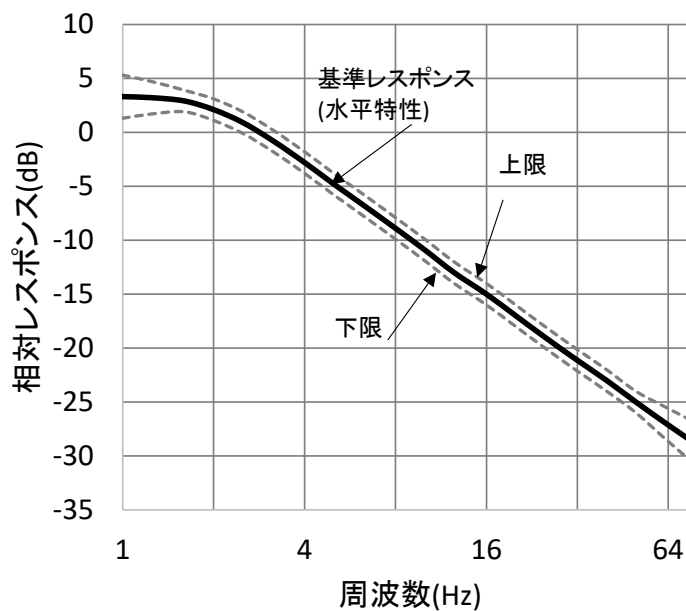


図8 水平特性の基準レスポンスと許容差 (JIS C 1510-1995)

以上のように、振動レベルは人の振動に対する大きさの補正をした尺度と言えます。これは、

音の分野に用いられる騒音レベルと同様な考え方と言えます。

3 振動規制法と規制基準について

第1回、第2回でも解説がありました。振動規制法と規制基準については、重要なところとなりますので、改めて述べたいと思います。詳細については、第1回、第2回を確認してください。

文献[7]に記載されているように、振動規制法で使用される振動レベルは鉛直方向における振動感覚補正を加えたものになります。また、^{いきち}閾値は10%の人が感じる振動レベルでおおよそ55dBとされています。

また、文献[8]には、特定工場等における規制基準値、特定建設作業に伴って発生する振動の規制に関する振動の大きさ、道路交通振動の要請限度が値として記載されています。これらは、第1回で解説されています。また、測定方法や評価方法の具体例は、第2回で解説されています。それぞれ確認してください。

4 建物内での評価等について

(1) 建物内での評価

居住者からの振動苦情について考えてみますと、住宅を中心とした建物内で実際に居住している床上での値が重要だと思います。もちろん、振動規制法に定められた基準値と対比はできませんが、建物内の測定結果も蓄積していくことが、とても大切だと思います。振動に関わる様々な立場の技術者が、建物内の測定結果を共有すると共に、振動苦情を減少するための議論を深めていくことが重要ではないでしょうか。

建物内での評価については、日本騒音制御工学会 環境振動評価分科会が作成した「振動測定マニュアル」[9]があります。第2回でも注意

点を含めて紹介されています。このマニュアルには、「工場・事業場、建設作業、道路交通、及び鉄道から発生する振動により苦情が発生し、かつ振動規制法による対応では苦情の解消が困難な場合に、問題解決に向けた振動対策に資する技術資料を作成することを目的としている。」と記載されています。ご興味を持たれた方は、参考文献から、ダウンロードできますので、ご確認ください。

また、「振動測定マニュアル」には、「外部振動源による建物振動の評価に係る資料」[10]も追加されています。資料には、定常的な振動に対する人の振動知覚閾の目安も記載されています。それは、定常的な振動に対する人の振動知覚閾の目安を、既往の研究を参考に、個人差を考慮して作成されています。資料では、「ただし、発生している振動が苦情につながるか否かは、人が振動を知覚した上で、さらにその振動を心理的にいかに感じ取るかなどによるため、図に示した範囲内の条件の振動が、必ずしも苦情につながる訳ではないことに注意が必要である。」と示されています。なお、他の規格、指針等との比較も記載されており、ご興味を持たれた方は、参考文献から、ダウンロードできますので、原文をご確認ください。

(2) 交通振動の測定事例

本稿の最後に、交通振動の測定事例を紹介します。ここでは、道路交通振動を対象とした実住宅（RC造）での1週間の振動測定事例を紹介します[11]。図9に対象住宅の平面図及び測定位置を示します。

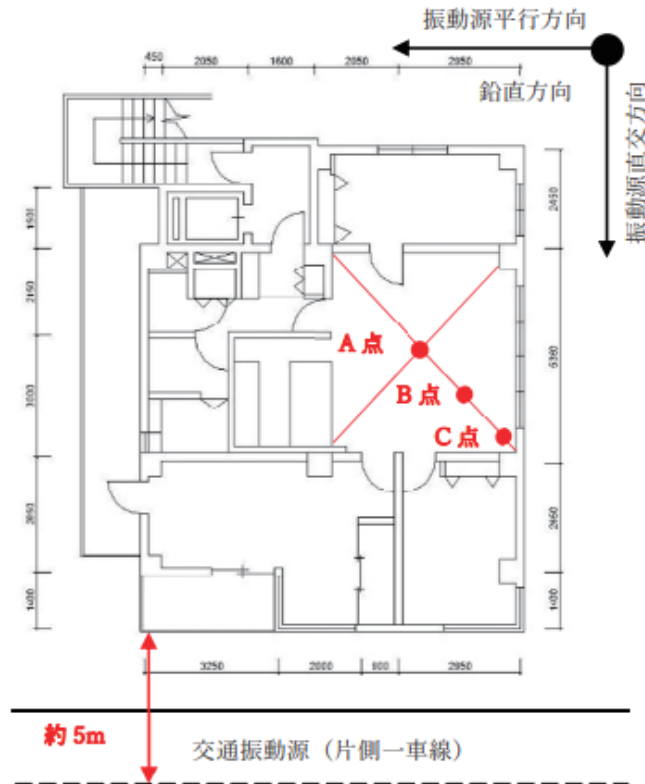


図9 対象住宅の平面図及び測定位置[11]

1週間測定した振動レベルから、1時間ごとに、時定数 630ms^3 で分析を行った結果を図10に示します。図4に示すように、昼間と夜間で交通量に差があるため、振動レベルは、21時以

降下がり始め、4時から上昇している傾向が見られます。文献[11]では、振動発生 の主な原因がバスのため、その運行時間に左右されていると考えられます。

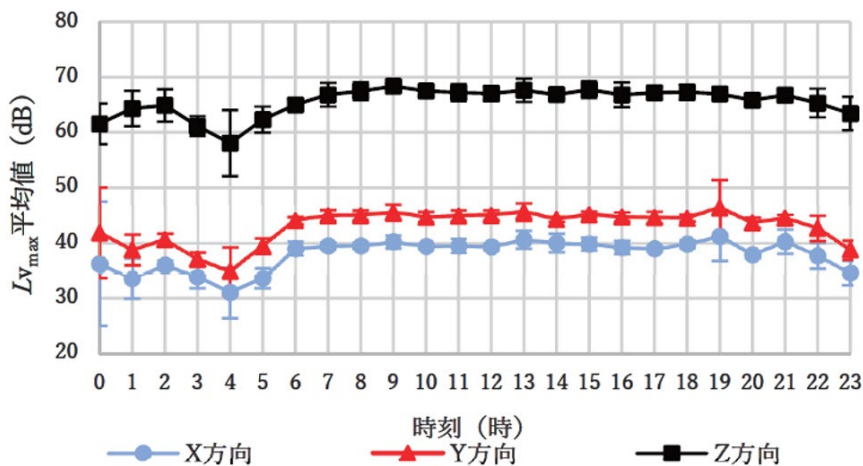


図10 A点における各振動方向の時間ごとの $L_{v_{\max}}$ 平均値[11]
(実験パターン1)

³ ミリ秒 (千分の1秒)。

⁴ 図10に示す方向は、図9の場合、X；振動源平行方向、Y；振動源直交方向、Z；鉛直方向。

次に、1日の中で、最大値を示した1時間の鉛直振動のうち、振動レベルで最も大きいと判断した1イベントの波形（7～12秒程度）を対象に、時定数10msで1/3オクターブバンド⁵分析した結果を図11に示します。ここで、評価は日本建築学会から出版されている「建築物の振動に関する居住性能評価規準・同解説」[12]で行っています。これは、建築分野において、建物内での振動評価について利用されている文献です。なお、文献[12]では、振動の継続時間に応じた加速度振幅の低減が示されてい

ますが、図11では行っていません。また、文献[12]では1/3オクターブバンド分析による最大値を照合することになっており、最大値が算出できない場合には、時定数10msを用いることが望ましいとされています。時定数が630msではない点に注意が必要です。図11を見ると、最大約81dB（文献[12]でV-VI）が測定されています。V-VIの評価レベルは、文献[12]によれば、気になる具合は「かなり気になる」、不快は「かなり不快である」という結果となります。

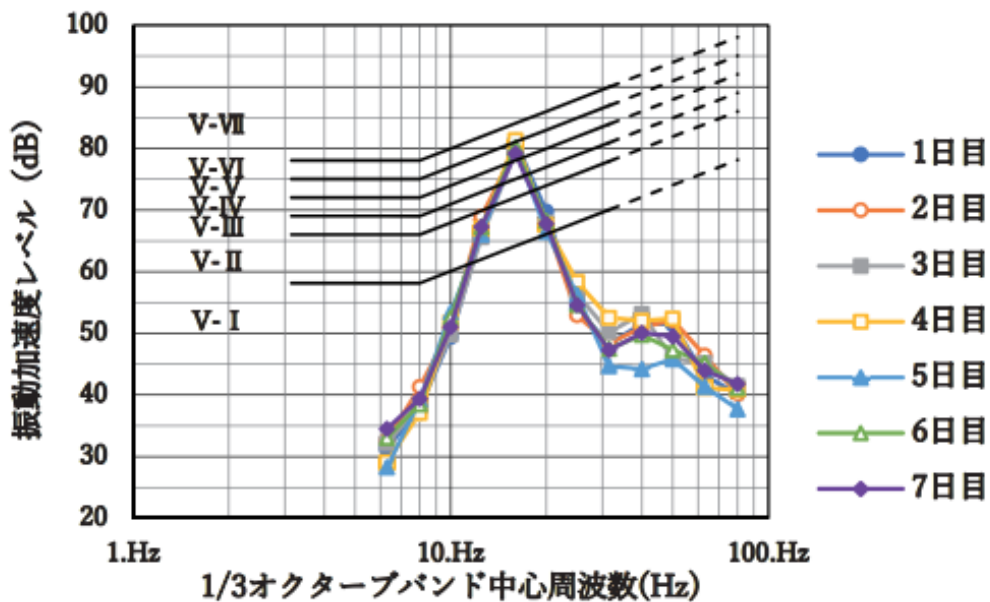


図11 24時間の時間帯として最大値を示した鉛直振動
(実験パターン3のA点) [11]

おわりに

本稿では、振動に対する感覚について、アンケート調査結果、人の感覚と周波数特性、建物

内での評価を中心に紹介しました。読者の皆様の参考になれば幸いです。

⁵ ある周波数を中心として上限と下限の周波数の比が2となるように分割した周波数帯域。建築の環境振動では、さらに細かく分割した1/3オクターブバンドが用いられることが多い。

参考文献

- [1] 横島潤紀：第1回 振動に係る苦情の状況および法令等、ちょうせい第109号、pp.14-24（令和4年）
https://www.soumu.go.jp/main_content/000816264.pdf（アクセス令和4年10月）
- [2] 林健太郎：第2回 振動の測定方法、ちょうせい第110号、pp.16-25（令和4年）
https://www.soumu.go.jp/main_content/000832392.pdf（アクセス令和4年10月）
- [3] 公害等調整委員会事務局：令和2年度公害苦情調査結果報告書（令和3年）
https://www.soumu.go.jp/kouchoi/knowledge/report/kujyou-r2_index.html（アクセス令和4年10月）
- [4] 坪井恒太郎、井上勝夫、冨田隆太：住宅の周辺条件を考慮した環境振動評価に関するアンケート結果の分析、日本音響学会 騒音・振動研究委員会、N-2018-27（平成30年）
- [5] 佐藤勇輝、冨田隆太、青木怜依奈：コロナ禍における環境振動評価に関するアンケート調査結果の分析、日本騒音制御工学会秋季研究発表会（令和4年）
- [6] JIS C 1510-1995：振動レベル計（平成7年）
- [7] 環境省：第2章 振動の測定と評価
<https://www.env.go.jp/content/900405117.pdf>（アクセス令和4年10月）
- [8] 環境省：振動規制法の概要
<https://www.env.go.jp/content/900405084.pdf>（アクセス令和4年10月）
- [9] 日本騒音制御工学会 環境振動評価分科会：振動測定マニュアル
<https://www.ince-j.or.jp/subcommittee/kankyoshindohyoka>（アクセス令和4年10月）
- [10] 日本騒音制御工学会 環境振動評価分科会：振動測定マニュアル、外部振動源による建物振動の評価に係る参考資料
<https://www.ince-j.or.jp/subcommittee/kankyoshindohyoka>（アクセス令和4年10月）
- [11] 青木怜依奈、冨田隆太：道路交通振動を対象とした実住宅における1週間の振動レベル測定結果と考察、日本建築学会技術報告集、第28巻、第69号、pp.721-726（令和4年）
- [12] 日本建築学会編：建築物の振動に関する居住性能評価規準・同解説、丸善（平成30年）

■次回予定

次回の誌上セミナー「振動について」（第4回）では、振動に対する対策、傾向等についての解説を予定しています。引き続き御活用ください。