

環境振動の性能グレードに関する構造設計者のデルファイ法による評価

環境工学—環境振動

正会員 石川 孝重*

環境振動 性能設計 性能グレード

設計者 目標性能 デルファイ法

§ 1 はじめに

性能設計では、性能グレードの決定主体はあくまで建築主であるが、目標性能設定に関して設計者の果たす役割は大きい。特に環境振動の場合、その対象は居住性能であり、最低限の性能が法規制で定められている構造安全性能と比べてその自由度が大きい。したがって設計者は、設計の前段階で、建築主へのヒアリング等を通して十分なコミュニケーションをはかり、建築主の意向を反映した目標性能を設定する必要がある。

当然のことながら、目標性能を決定する上では、建築主の意向をくみ取るだけでなく、設計者として、社会の多数を占める市民のニーズ、すなわち社会的要求性能もふまえる必要があり、社会ストックの観点からの性能レベルの理解も大切になる。性能設計でこの役割を担うのが構造設計者である。

環境振動に関しては、本会の居住性能評価指針¹⁾を用いて、それぞれの建築がどの程度の性能を有するかを評価できる。同指針では、性能評価曲線として知覚確率との関係を示している。しかし、社会や市民の要求、あるいは設計者らの観点など、評価については言及していない。そこで筆者らは、建築主となり得る市民の観点から求められる性能グレードを調査分析し報告した。^{1, 2)}

これらの研究結果の提示に続き、本研究では、設計者が日頃の設計活動を通じて培った、環境振動の性能グレードに関する見解や認識について明らかにするべく、構造設計者を対象としたデルファイ法による分析を試みた。その経緯と結果について報告する。

§ 2 調査の概要と前提

調査にあたっては、本会の環境振動性能設計ハンドブック刊行小委員会委員の協力を得た。日頃の実務を通して、環境振動に対する居住性能を考慮した設計に携わった経験のある、建設会社、設計事務所等の構造設計者（6名）が主な対象者である。

今回の調査では、道路交通や鉄道による床スラブの鉛直振動および風や道路交通、鉄道などによる建物骨組みの水平振動を想定し、主として事務所ビルにおける環境振動の性能評価を対象とした。

本研究では、環境振動に関する居住性能を、**図1**のように4段階に等級分けすることを試みている。この性

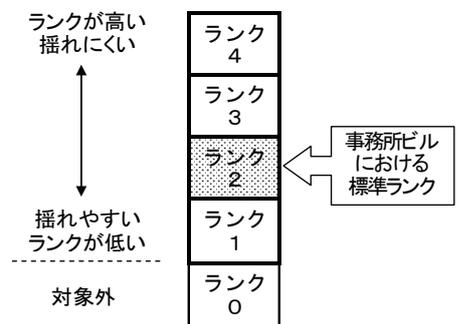


図1 性能グレードの考え方

能グレードに対する考え方は、これまでに行った設計者らのブレインストーミング⁴⁾に基づいている。図に示すように、環境振動に関する性能は4段階のグレードに分けられ、下から2番目を事務所ビルにおける標準ランクとする。また、設計の対象外となるランク0を設定し、ランク1との境界を定めようとした。

設計者らの話し合いを実施する際に、居住性能評価指針¹⁾の性能評価曲線に相当する振動の体感実験を行った。その実験の前後に、**図1**のような性能グレードに関する見解や認識をアンケートにより調査し、対象者自身の回答を提示しながら話し合いを行うデルファイ法を採用した。調査は、振動体感実験の直後と、その際の意見を集約した結果を改めて提示して行った後日の合計2回に分けて実施した。

§ 3 性能グレードに対する構造設計者のとらえ方

居住性能評価指針¹⁾の性能評価曲線に相当する振動台を用いた体感実験の後に行ったアンケートの結果から、環境振動を考慮した設計を行う上で、設計者がとらえている性能グレードと知覚確率との関係を探った。

図1のうち、「標準」であるランク2と、その1段階上の「よい」性能のランク3について、相当する振動の

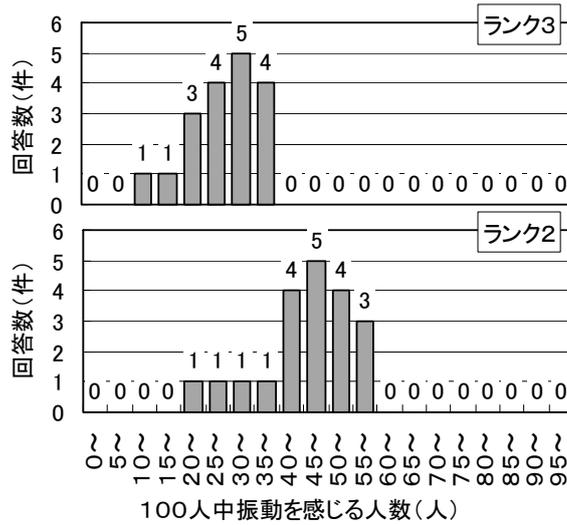
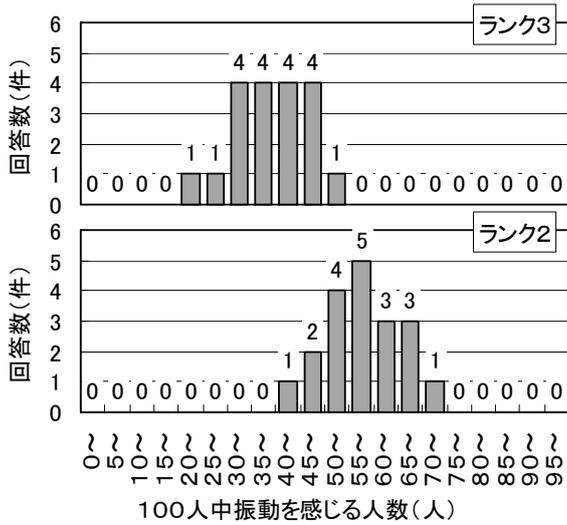


図2 構造設計者がとらえる環境振動に関する性能グレードと知覚確率との関係

知覚確率を「100人中○人～○人が感じる」というかたちで回答した結果を図2に示す。

全回答数は少ないが、床の鉛直振動については、ランク2を知覚確率50～70%程度、ランク3を30～50%程度の範囲でとらえている設計者が多い。一方、建物骨組みの水平振動については、ランク2を40～60%程度、ランク3を20～40%程度の範囲でとらえている設計者が多い。いずれも、標準とその1段階上のグレードとの差は、知覚確率で20%程度と評価されているが、床の鉛直振動と比較すると、建物骨組みの水平振動の方が、全体的に知覚確率で10%程度厳しく評価されている。

このような性能グレードのとらえ方をふまえて、設計者が、非木造の事務所ビルに適切と考えるグレードに関

する回答が図3、既存の非木造事務所ビルの多くに相当するグレードに関する回答が図4である。床の鉛直振動に関しては、ほとんどの設計者は、「標準」に相当するランク2を適切ととらえており、既存の

非木造事務所ビルの多くもその程度にあると考えている。一方、建物骨組みの水平振動に対しては、適切なグレードは「標準」に相当するランク2とする設計者が多い一方、既存の非木造事務所ビルでは、1段階上のランク3程度に相当する事例も多いと考えられている。

§4 アンケート結果に基づくデルファイ法による検討

図2に示した性能グレードと対応した知覚確率の分布を提示した上で、図1に示した環境振動に関する性能グレードが、どの程度の知覚確率に相当するか、デルファイ法により調査を続けた。

その過程では、標準的なグレードのとらえ方について、設計者によって意見が分かれた。一方は、標準ととらえる性能グレードを知覚確率70～80%程度とし、最低限の性能としての意味づけをもたせる方が、建築主への説明のしやすさなどから妥当と考える意見である。他方、一般的な「標準」という概念を考慮すると、平均として意味づけをもつ知覚確率50%を超えるのは妥当でないという指摘もあった。

一方、設計者に共通した見解も得られた。例えば、ランク3程度の「よい」性能ととらえられるグレードに対しては、建築主にコストの支出を求めることが可能な範囲で設定する必要があること、ランク4程度の「とてもよい」性能とされるグレードは、特別な事例でのみ適用するグレードと位置づけるのが妥当であることなどである。

また振動方向によって、性能グレードのとらえ方が異なることが示唆された。

例えば水平振動の場合、アンケートの前に体験した居

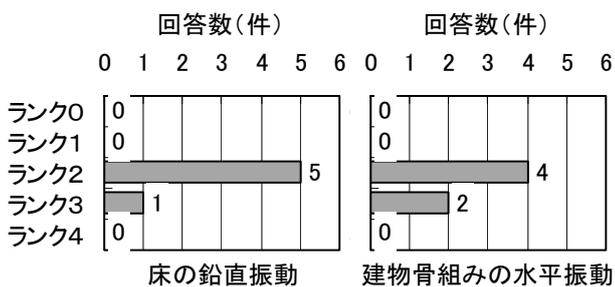


図3 非木造の事務所ビルに適切と考えるグレード

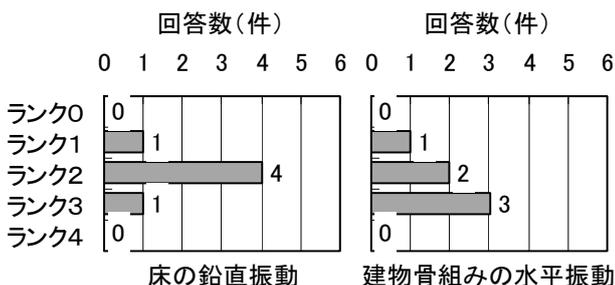


図4 既存の非木造事務所ビルに相当するグレード

住性能評価指針¹⁾と対応させた実験における感覚をふまえて、風による振動が想定される低振動数範囲と、交通振動などが想定される振動数が比較的高い範囲では、振動に対する感じ方の違いが大きく、居住性能としての評価は異なるのではないかと、この指摘があった。

このような指摘をふまえ、加振源による評価の違いに関する議論があり、風のように再現期間1年を想定する加振源と、交通振動や人の動作による床の鉛直振動などのように、日常的に発生することが想定される加振源では、性能グレードを評価する際の基準を同様に考えるのは適当ではない可能性があるとの指摘も聞かれた。

§ 5 振動体感後のデルファイ法による性能グレード

その後振動台による体感実験を実施し、その直後に話し合いを再開した。構造設計者らが日頃の設計において、環境振動の居住性能評価に関してもっていた意識と、実際に振動を体感した際の感覚との違いも指摘され、評価の主体となる建築主側の感覚と、設計指標である性能グレードを、どのように整合させるかなどを論点に、議論が交わされた。

この段階での意見を集約し、知覚確率と対応させた性能グレードとして図5に示す。構造設計者らによって示唆された性能グレードと知覚確率との関係を、居住性能評価指針²⁾の性能評価曲線に基づいて再評価したものである。各ランクの境界に相当する知覚確率の加速度は、同指針の解説中の知覚確率が対数正規分布に従うなどの条件をふまえて算出した。

1回目のデルファイ法による話し合いでは、各グレードの境界を明確に定めるまでには意見が集約されなかったため、図5では、構造設計者から提示された各グレードの境界を併記している。図中のアンダーラインは、設計者の支持が比較的多かった知覚確率の範囲である。

床の鉛直振動の場合は、設計者らの意見が比較的集約しやすく、ランク3と4の境界が知覚確率20%か30%程度、ランク2と3の境界が知覚確率40%程度という意見が多かった。一方、建物骨組みの水平振動の場合は、対象となる振動数範囲が広いことなどが関連して、性能グレードのとらえ方に設計者間の違いがみられ、図に示すような様々な範囲が提示された。いずれも、設計対象外であるランク0は、構造安全性に関連する限界が想起され、知覚確率との対応からは定められないとの意見が多く、ここではランク1と0の境界を示していない。

§ 6 構造設計者の観点からとらえた性能グレード

図5に示した1回目のデルファイ法による話し合いによる性能グレード結果を提示しながら、2回目の話し合いを行った。環境振動に関する性能グレードを設計上で用いる際の使いやすさや用途による違いの考え方が中心に議論された。

例えば、本調査は非木造の事務所ビルを想定した性能グレードを対象としているが、事務所と住宅などの用途による違いを、設計にどのようなかたちで反映するかについて意見が交わされ、住宅を想定した場合、事務所と同じ評価でよい、あるいは、住宅の方の評価がより厳し

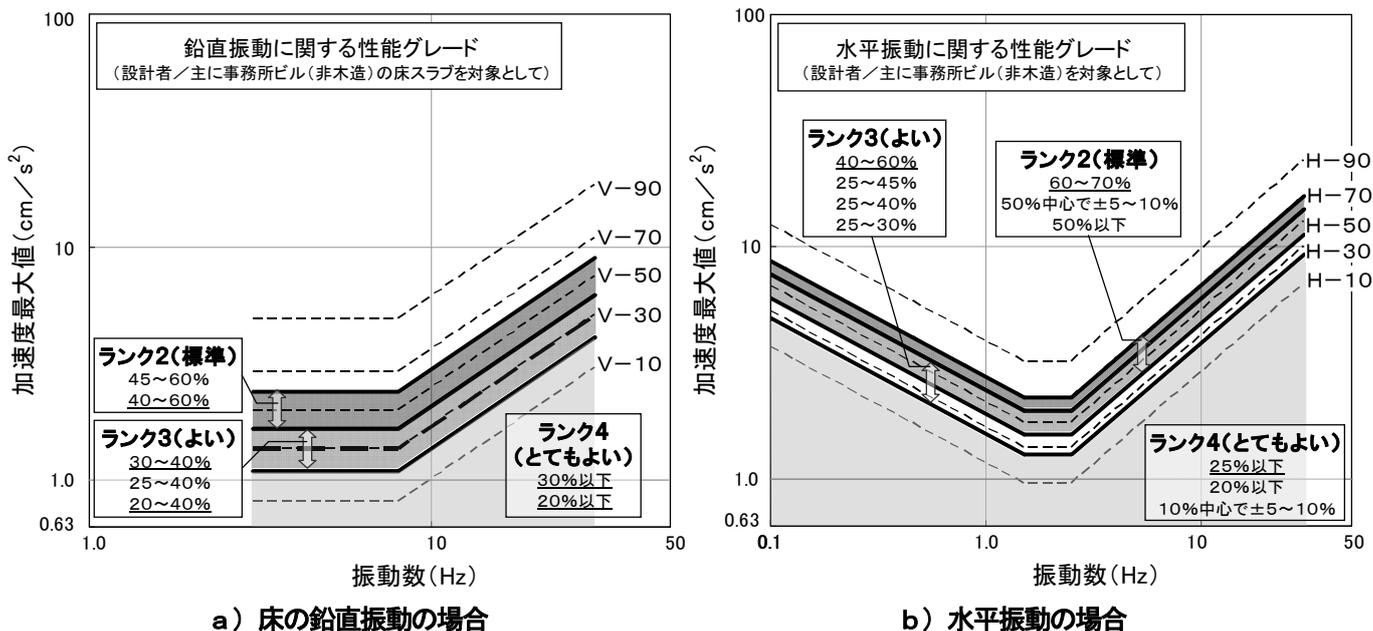
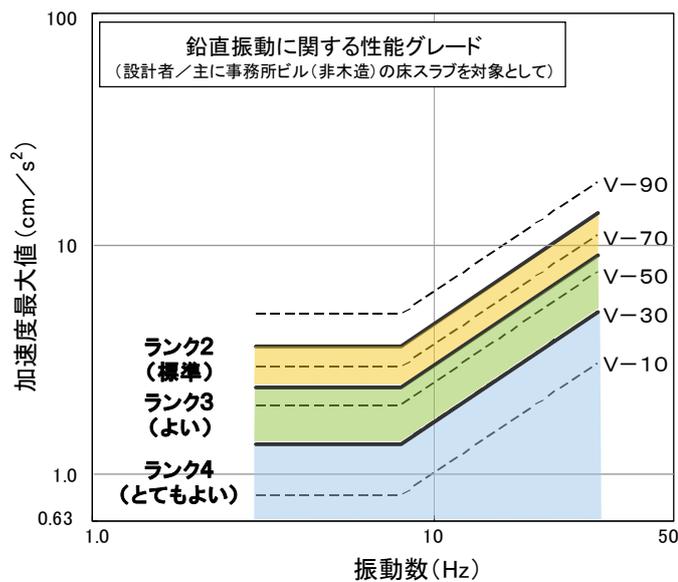
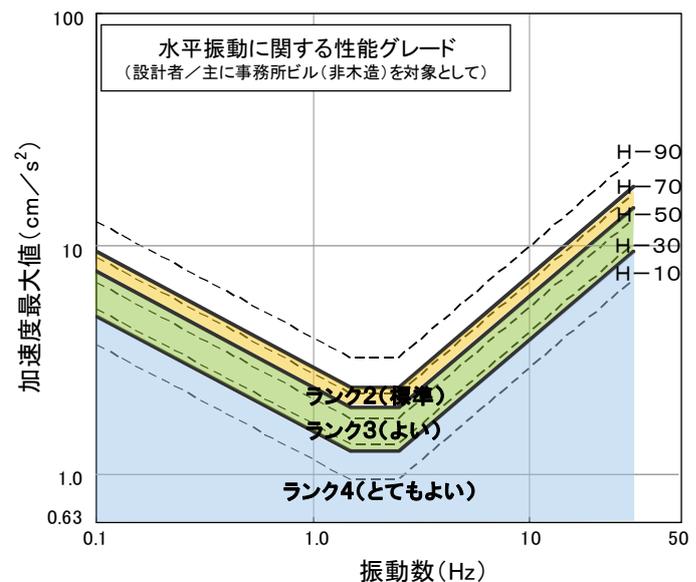


図5 振動体感後に集約した環境振動に関する性能グレード



a) 床の鉛直振動の場合



b) 水平振動の場合

図6 構造設計者の観点からとらえた環境振動に関する性能グレード

いとす意見に分かれた。その結果、本調査では提示する性能グレードは非木造の事務所ビルを想定した1種類とし、そのなかで「よい」とされる性能グレードを、住宅を対象とした場合の標準的な性能としてとらえる、あるいは、「標準」とされるグレードに相当する知覚確率の範囲で高い性能を目標とするなど、設計の運用上で対応するのが妥当であろうという見解に至った。

また、「標準」の意味づけについて再度議論がなされ、標準的なグレードが提示されることにより、実務上では、基本的に標準以上を設計することになるため、事務所などを想定した場合、標準より下のグレードを目標性能とできる可能性を残す必要があるとの指摘もあった。

さらに、各グレードの幅を知覚確率で等間隔とすべきか、目標性能とされる可能性が高いであろう、標準より一段階上のランク3を、若干広い範囲とするかなど、設計上での運用を考慮した議論が交わされた。

このように2回に渡る検討を重ねることで意見の集約が得られた。構造設計者の観点からとらえたデルファイ法による環境振動の性能グレードの見解と認識を図6に示す。床の鉛直振動の場合はランク4が知覚確率30%以下、ランク3が30~60%、ランク2が60~80%、建物骨組みの水平振動の場合はランク4が25%以下、ランク3が25~60%、ランク2が60~75%に相当する。各グレードに相当する知覚確率の範囲を考慮して、水平振動のランク2と3の境界を、知覚確率50%とする可能性も示唆された。

§7 おわりに

デルファイ法に基づく話し合いによる検討を重ね、設計者らの意見を集約した結果、非木造の事務所ビルを主要対象とした床の鉛直振動、建物骨組みの水平振動に関し、構造設計者の観点による性能グレードの評価としてまとめた。実務上では、対象建物に応じた個々の設計者らの判断が求められるが、市民の意識調査結果⁴⁾と取り合わせることで、環境振動の目標性能を設定する際の有用な資料になるものと考えている。

調査には本会環境工学委員会企画刊行運営委員会環境振動性能設計ハンドブック刊行小委員会の協力を得た。

【2009年度 環境振動性能設計ハンドブック刊行小委員会】

主査：石川孝重（日本女子大学） 幹事：小泉達也（大林組）
委員：小田島暢之（竹中工務店）、片岡達也（山下設計）、川久保政茂（円石コンサルタント）、川本聖一（三菱地所ホーム）、野田千津子（日本女子大学）、原田浩之（三井住友建設）、平田京子（日本女子大学）、日吉寛（積水ハウス）、山下淳一（日本設計）、吉松幸一郎（梓設計）

【引用文献】

- 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、第2版、2004年5月。
- 2) 野田千津子、石川孝重：床振動に対する居住者意識に基づいた性能ランクの設定に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第638号、pp.435~441、2009年4月。
- 3) 石川孝重、野田千津子他：水平振動に関する居住者意識に基づいた性能ランクの設定—その1—〜その6—、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学I）、pp.365~376、2009年8月。
- 4) 野田千津子、石川孝重：居住者の意識調査に基づいた環境振動に対する性能評価ランクのあり方に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学I）、pp.385~386、2007年8月。

* 日本女子大学住居学科 教授・工学博士