

環境振動に関する説明資料とその意義 Explanatory material on environmental vibration habitability and the significance of accountability

石川孝重
ISHIKAWA Takashige

日本女子大学住居学科, 教授, 工学博士 (ishikawa@fc.jwu.ac.jp)

性能設計においては, これまでのような法律の遵守にとどまらず, 個別の建築環境に求められる性能の目標値を, 建築主自身が明確にすることが求められる。このような性能設計の枠組みにおいて, 設計者や専門家に求められるのは, 建築主ら発注者が適切な目標性能を定められるような技術的支援であり, 彼らの意思決定に際しては, 職能としての説明責任を果たすことが求められる。環境振動に関しては, 居住性能評価指針を性能設計に対応すべく改定し, 建築主とのコミュニケーションを支援し, 意思決定に資する説明資料を掲載している。

環境振動, 説明責任, 目標性能, 居住性能, 性能設計, 性能評価
environmental vibration, accountability, target performance,
habitability, performance-based design, habitability assessment

1. はじめに

現代のように, 多様で大量な情報が瞬時にいきかう高度な情報化社会において, 以前にもまして建物が原因で, 個人や社会活動に支障を生じることがははや許されにくくなった。グローバル化により進展したノンストップの経済システムのなかで, 建物倒壊・機能保持に対する危機感を高める必要がある。

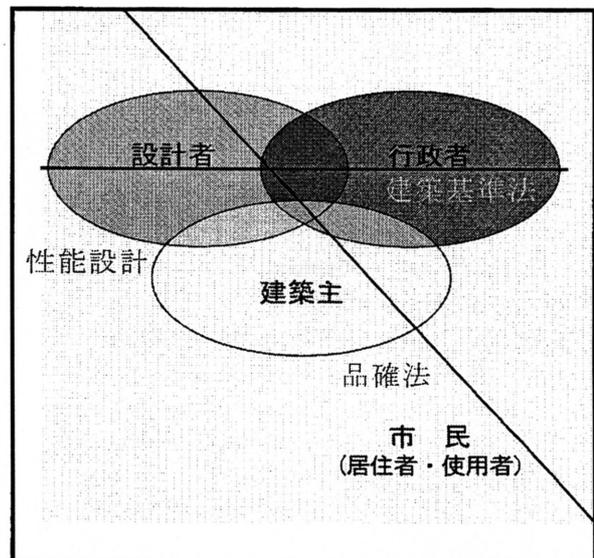
これまでは社会全体として, 法制度に頼った「安心社会」の構築を目指してきたが, 今後来るであろう「信頼社会」を築き上げるうえでは, まず供給側の「安心の自主的提供」が求められよう。市民側でも, リスクを曖昧にして引き受ける体制から, リスクとその責任範囲を明確にする体制が基本となり, そのシステム作りが急務となる。建築でいえば, 建築主やユーザーとのリスクコミュニケーションが重要な意味をもつことになる。

このように建築も, 社会のなかの一要素として, その社会的意味づけの再構築を迫られている。具体的には2000年の「建築基準法」改正と「住宅に関する品質確保の促進等に関する法律(品確法)」の公布になって現れた。設計現場としてその影響は, 「仕様設計」から「性能設計」への移行へとつながることになる。

2. 性能設計における意思決定と設計者の役割

これまでの建築の設計は, 設計者をはじめとする専門家に任せられ, 設計者は法律を遵守することで設計してきた。図1の建築物の意思決定にかかわる概念図の中で, 横線で示したのが, このことを表している。

一方, 斜線で示したのは今後の意思決定のあり方を提示したものである。最終的には建築は私有財産であることが多く, その場合は資金提供者である建築主などのユーザーが性能選択の権利と責任をもつことになる。設計者をはじめとする専門家は, その判断が適切に行えるよ



注: 横線は従来の安全性レベルの決定主体,
斜線は今後のレベル決定主体を示す

図1 建築に関わる意思決定主体

う, 支援することが求められる。もちろん, 単体規定はともかく, 公共の福祉などを担保するために必要な集団規定は, 建築基準法をはじめとする関連法令で最低限規制されることになる。

特に建築は一品生産であることが多く, 設計者をはじめとする専門家には, 個々の建築に求められる環境を建築主の要求に応じて設計することが求められ, その多様な建築主や市民ユーザーの要求に即した性能を実現するための総合的な判断力が必要になる。

このような建築にかかわる意思決定主体にかかわる意識の変化は, 1999年の市民アンケート調査¹⁾にもみられる。図2のように, 現在と今後の安全性の決定主体を問

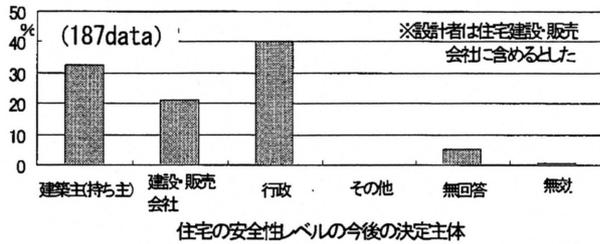
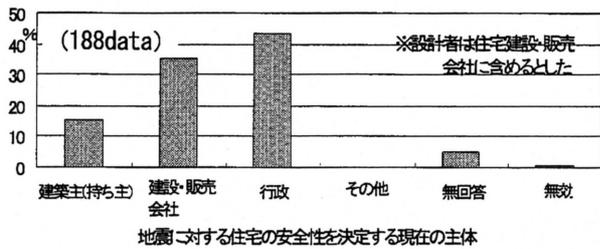


図2 構造安全性レベルの今後の決定主体

うと、行政にあるという意見はどちらも40%程度でさほど変わらないが、建築主にあるという意見がほぼ15%から30%超に増える。一方、設計者を含めて建設会社・販売会社にあるという意見はほぼ半減する。別の調査結果からも、市民は自分で構造安全性のレベルを設定することを希望し、その責任もある程度までは理解していることがわかる。また、市民は専門知識をもつことを希望し、住宅の危険性についても情報公開を望んでいる。

このように、今後の社会では、設計者・専門家、建築主・居住者、行政(法律)のそれぞれの立場・職能に応じた責任を果たすことが求められる。供給側の責任は、「どうつくるか」だけでなく、「どんなものをつくったか」を明示する方向へ移行し、性能を具体的に説明することが求められるようになる。

設計者をはじめとする専門家は、責任をとるような事態になる前に、社会・市民に対する対応を急がなければならない。対象物件個々の目標性能レベルについての合意を形成し、「いくら金額」を出して「どのくらいの性能」を確保するのか、これには市民にも最低限の知識が求められるが、設計者にもわかりやすい表現で性能を語ることで、地道で、粘り強い建築主やユーザーとの対話が必要不可欠になる。

3. 性能設計における目標性能の設定

住宅の品質確保の促進等に関する法律、建築基準法の改正施行をきっかけに、現在の建築設計は確実に性能設計

へと移行しつつある。これに基づけば、設計者の裁量による自由度は高くなり、個別の要求と環境に即した設計条件を設定し、それぞれに適した手法で性能を担保すればよいことになる。一方で、目標とした性能が実現されなかった場合は、設計者の職能としての責任は重くなり、責任追及が厳しくなることが容易に予想される。

図3は、性能設計の枠組みをフローとしてまとめてみたものである。性能設計における最初の重要なステップは、各建築に対して個別に決定される目標性能の設定である。この決定主体は、あくまで建築主やオーナーであり、したがってその最終責任も彼らにあることになる。プロである設計者にここで求められるのは、性能に関する知識をもたない建築主が適切な性能レベルを選択できるよう、専門家としての高度な知識と経験に基づいた支援を行うことである。目標性能レベルの決定の際には、各種性能に関する建築基準法の本質と時代背景をも含めた社会の総意(潜在的な要求)を十分に理解した上で行う必要がある。特に公共性の高い建築物など、建築主と使用者(居住者)が異なるような建物については、そのような配慮が強く求められる。

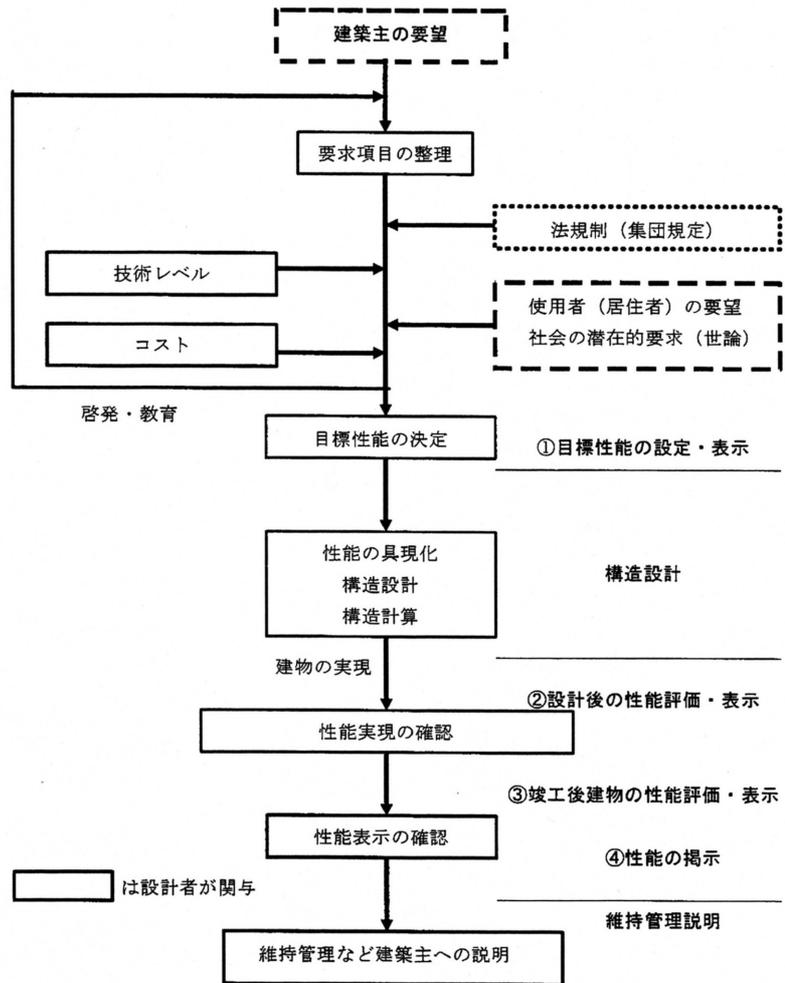


図3 性能設計の実現フロー

建築にまず求められるのは構造安全性であり、ユーザーの重視度もかなり高い¹⁾。しかし、このもととなる地震外乱の再現期間はあまりに長い。建築主も含めてユーザーにとって、一生の間で遭遇しないかもしれない数百年、千年に一回の地震について判断を求められても実感がともなわない。彼らには、間取り、日々の日照、近隣からの騒音、前面道路の交通による振動など、日常的な性能の方が関心ごとであり、具体的な要求としてまとめやすい。

このようなユーザーの意識をふまえると、再現期間が短く、ユーザーが日常で感じられる居住性能や使用性能に立脚した設計体系を構築することが考えられる。居住性能や使用性能ではもともと剛性確保を目的としたものが多く、それらを満足させた上で耐震性能を検証する設計システムを構築することはそれほど難しくない。これによって身近な性能が要求指標となり、ユーザー理解の促進につながることを期待できる。

社会的な理解が深まってはじめて、建築は社会基盤に立脚した揺るぎないものとなる。理解が得られれば耐震安全性の向上や、性能レベルと建築価格との適正化にも寄与することになる。両者の間に適正な関係が築かれてはじめて、ランクづけされた性能レベルがユーザーの要求に対応する選択肢として機能する。

4. 性能設計における説明責任

テクノロジーが工業から情報へと急激にシフトする現代社会において、性能設計とその表示は情報開示であり、時代の要請に適っている。もちろん現在の性能表示基準の項目自体で十分であるはずもない。が、この制度は設計情報の開示という効果にとどまらず、構造設計の観点でいえば、従来の「専門知識を有した専門家に一任」という社会規範を、「インフォームド・コンセントに基づく性能の設定」という新しいパラダイムへと転換させる意味をもつ。

現代医療ではインフォームド・コンセントがすでに基本理念となっており、工業界ではPL法による製造物責任は自明のものとなっている。わが国では、建築は建築主やオーナーの財産であり、命をもとにユーザーが自己責任を負うものであるがために、医療と同様に設計者・技術者は職能としての責任を問われることになる。

逆の言い方をすれば、技術者がこの社会的潮流に積極的に参画してゆくことで、建築主をはじめユーザーの責任感覚を促し、その結果建築への投資が促進され、良質な建築ストックの形成が期待できることになる。そのためには、ユーザーとのコミュニケーションが不可欠である。これまで市民に伝えられてこなかった構造などの性能情報を、誰にもわかりやすく、実感できるように開示することが求められる。

大半のユーザーは建築物の性能、ましてや構造性能に関する専門的な知識も興味も薄い。要求が語られたとし

ても日常的な言葉で性能を表現する。例えば、地震に対する安全性を表現する指標として震度がもっともわかりやすいとする市民ユーザーが多い²⁾。より日常的な性能の場合、その表現は快い、不快である、感じる、感じないといった感覚的なものとなることが多い。こういったユーザーの曖昧な要求を、設計指標とどうとり合わせるのか、これが設計者・技術者の直面する課題である。これを解決するには、ユーザーが実感できるようにわかりやすく性能を説明する必要がある、そのためのノウハウ作りが急がれる。

5. 性能表示制度とわかりやすい性能説明

品確法によって、それまでユーザーにとっては明確にみえにくかった住宅の品質を、性能というかたちで客観的に明示できる尺度の提示が試みられている。この住宅性能の表示の適性化を図るための共通ルールとして日本住宅性能表示基準が定められた。これらの法律の目的は、住宅の品質を確保し、建築主や買い手の利益を保護することであり、瑕疵担保責任の義務づけや紛争処理機関の設立なども含めて、消費者保護として機能するものと期待している。

この制度では現状でも、音や光、熱など、再現期間の短い身近な性能をいくつか取り上げている。その一つとして、任意項目の音環境で用いられているJISの遮音等級は材料の性能を定量的に示すものであり、これもひとつの評価法である。他の性能も同様であるが、住宅性能表示基準で示されているのは、建築物としての住宅の性能である。日常的な振動でいえば、加振源からの入力評価と振動応答としての出力評価との比較から、住宅が振動をどの程度低減する効果をもつか、を等級として表現することとなる。すなわち、現在の住宅性能表示基準は、あくまで供給側の視点による性能評価の域をでていない。設計者としては、周辺環境や建物特性をできるかぎり正確にとらえ、性能評価の対象となる出力に対する評価の精度を上げなければならない。予測法の精度がそれにたえるものになっているか否か、なかなか難しい問題である。しかしこのままでは、消費者の利益の保護を目的とした性能表示にあって、建築主やユーザーが求める性能評価には遠いものとなる。

居住者が真に求めるのは、個々の環境に満足できるか否かという絶対評価である。日常的な振動を例にして極端に言えば、居住者にとって、その建物の振動が何によって発生しているか、原因となる加振源はさほど重要ではなく、建物の中でユーザー自身が受ける振動を、どう感じるか、許容できるか否か、満足できるか否かが、評価の基準となる。この判断では、個別の建物における応答振動に対する絶対評価が重要であり、それに対するユーザーの評価をどこまでに抑えられるかが、ユーザーとのインターフェースでもっとも重要なポイントになる。

6. 環境振動にかかわる居住性能評価と性能設計

日常的な道路交通や鉄道，風などによって生じる環境振動は，ユーザーに身近な性能として取り上げることができ，かつその性能レベルを確保するには構造的な検討が不可欠である。

制定後13年を経て2004年5月に改定した「建築物の振動に関する居住性能評価指針」³⁾では，要求性能レベルの設定を個々の物件ごとに設計者が建築主の意向をふまえて決定することとした。性能設計において，最初のもっとも重要なステップは，要求（目標）性能レベルの決定にある。設計者が性能レベルを決定できるような資料の提示や建築主などの市民レベルが分かりやすく理解できるような資料が必要になる。

そのための方策として改定版居住性能評価指針では，図4，図5の評価曲線を知覚確率と対応させ，「〇%程度の人が感じる可能性がある」というようにどの程度の振動が暴露されるのかをわかりやすく表現した。例えば，鉛直振動では，V-10が知覚確率10%，V-30が知覚確率30%にほぼ相当するレベルである。日常的な振動に関する居住性能を建築主に説明する上で，「〇%の人が感じる」という確率的な表現は，改定作業に先立って実務者に行ったアンケート調査⁴⁾でも，建築主に受け入れられる可能性がある指摘されたものである。

環境振動の居住性能評価に際しては，振動を受けた際の居住者らの状況をできるかぎり把握することが望ましい。そこで改定版居住性能評価指針の付録には，より多角的な性能説明資料の一例として，知覚確率および感覚評価の回答確率と，設計指標となる加速度最大値との関係を，振動数ごとに図6，図7のように例示した。

縦軸にとった知覚確率や回答確率の違いで性能のグレードを表現し，横軸に設計指標となる加速度最大値をとることで，発生する振動の振動数・加速度で，どの位の人がどの程度の感覚を生じるのかを読みとれる資料を

示している。この資料を用いることで，建物に生じている振動によって居住者がどのような状況になるのかを，具体的に説明することができる。

この資料の活用を進めれば，性能設計の過程のなかでユーザーの要望を引き出し，建築物の振動に対する要求性能レベルから目標性能を設定することも難しくはない。建物や住宅が竣工した後，振動によって何らかの支障が生じた場合，躯体などの剛性を高める方法で後追い対策しても大きな効果は望めない。さらに，制振装置などの設置にはまだかなりのコストがかかる。振動性能を確保するためには，竣工後の改善にすぎたよりは，設計時点での地盤や躯体に対する検討がきわめて重要である。設計における要求性能の決定時点で，設計者が積極的に建築主などに働きかけ，彼らの意識を啓発し，要求性能を引き出すことが効果的である。

7. 環境振動に対する感覚評価とその説明

この資料では，従来の環境振動評価で基盤とされている知覚閾を知覚確率で表現することにより，「約〇%の人が振動を感じる可能性がある」というように，各性能レベルをより直感的に理解しやすいようにした。

さらに，高層建物などで風による水平振動が生じる低振動数範囲では，視覚から振動を認識できることで，知覚確率が著しく厳しくなる場合がある⁵⁾。この場合の例として，図6の水平振動0.25Hzの体感と視覚による知覚確率が参考になる。なお，鉛直振動の場合は，実存する床スラブの固有振動数などを考慮すると，比較的高い振動数になるため，視覚の影響は小さいと考えられる。

知覚確率のほか，不快感や不安感，振動の大きさや強さなど，心理的な感覚評価を説明項目に加えた。居住者の日常的な表現に近い言葉を用いることで，各性能レベルにおけるユーザーの状況を実感しやすく，より具体的に説明することが目的である。

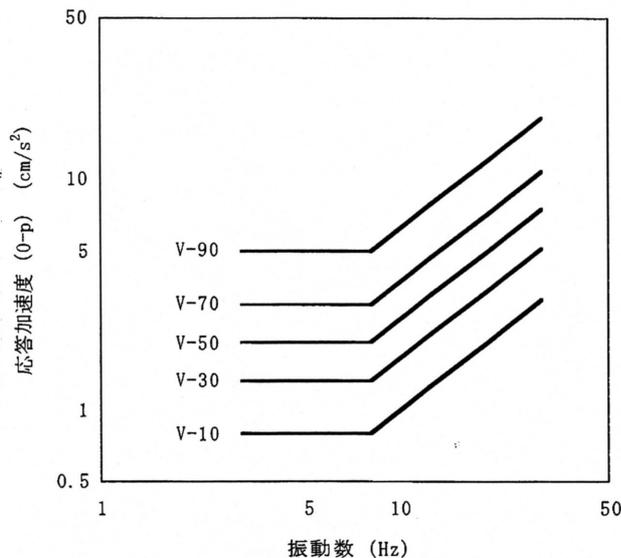


図4 鉛直振動に関する性能評価曲線

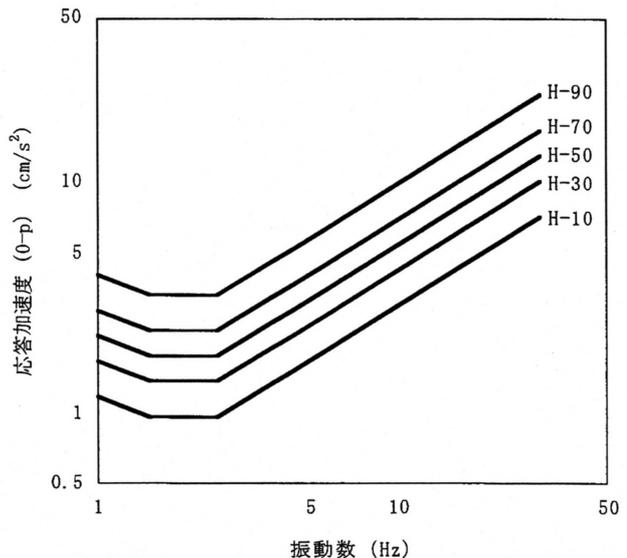


図5 交通による水平振動に関する性能評価曲線

○— まったく感じない ---◇--- とても小さい · + — まったく不安を感じない ▲ — 体感による知覚確率
 □— あまり感じないまで × — まったく不快でない ...▽... とても弱い ■ — 体感と視覚による知覚確率

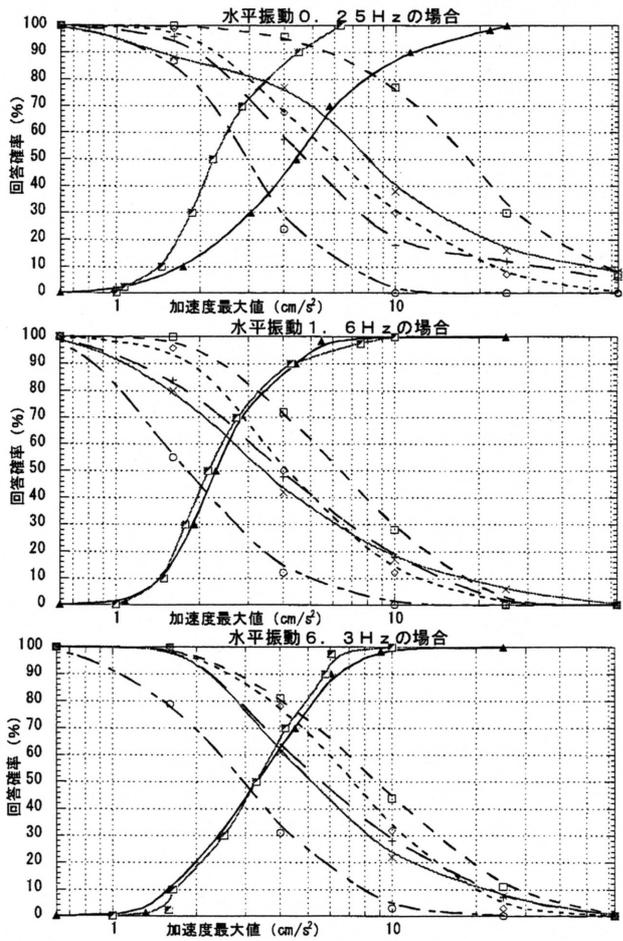


図6 水平振動に関する性能説明資料の一例

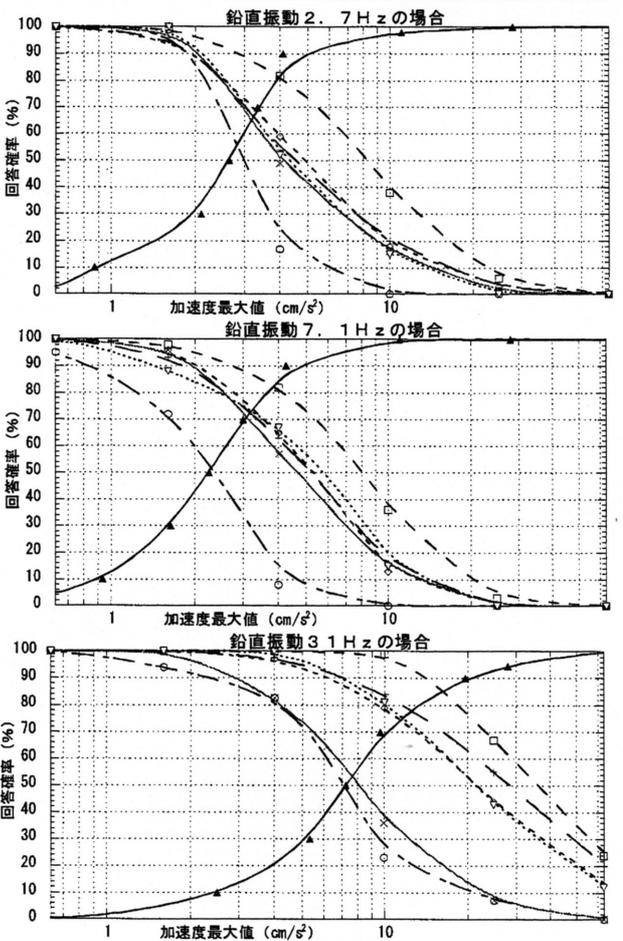


図7 鉛直振動に関する性能説明資料の一例

知覚閾と異なり、「とても小さい」「まったく不快でない」「まったく不安を感じない」などの心理的な要素の強い表現は、加速度が比較的大きい範囲にもあてはまる人がいて、回答にばらつきが大きい。特に不快感や不安感などの心理的な要素がより強い表現は、個人差や居住者の意識や状況によるばらつきが大きいため、性能レベルの説明を補う項目と

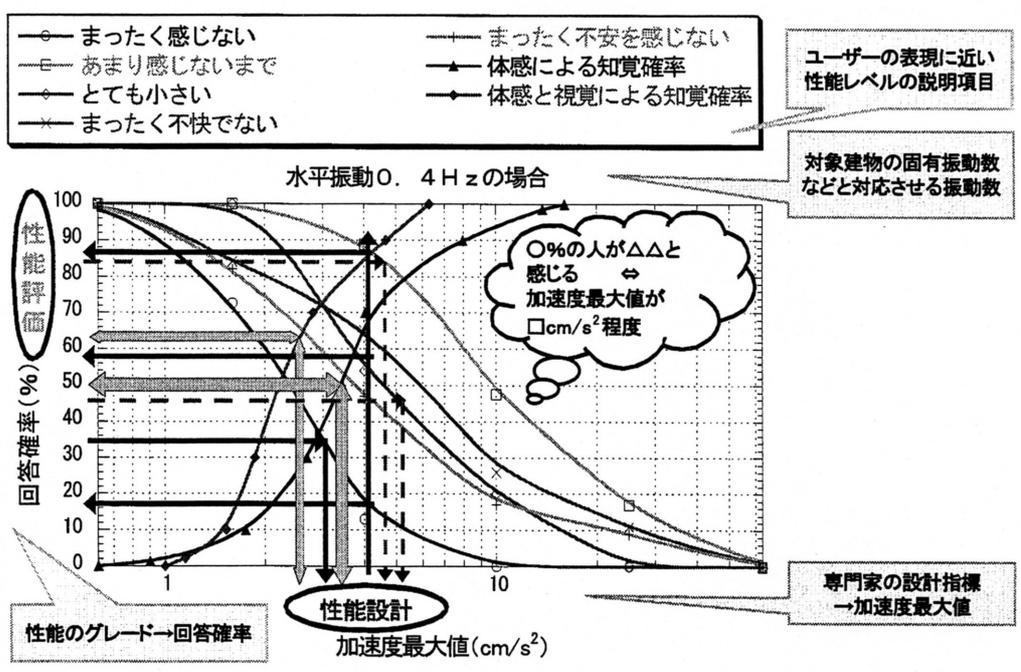


図8 説明資料を用いた性能評価と性能設計

して用いるのが適切であろう。

図6、図7では、横軸を設計指標となる加速度最大値としているが、説明が求められる対象によって、振動加速度レベルを用いたり、性能としてのランクをわかりやすく表したりするなど工夫することで、より理解しやすい資料とすることができる。

8. 説明資料を用いた性能評価と性能設計

居住性能評価においては、主体が居住者の感覚評価にあることから、外力条件のばらつきだけでなく、評価指標である感覚評価にも個人差として大きなばらつきが存在する。このばらつきを、平均値などの一律のレベルで評価することは難しく、回答確率を軸として性能のグレードを設定することが有効である。

図8のように、既存の建物に生じる振動に対して居住性能を評価する場合、何らかの方法で対象建物に生じる振動の実測データや想定される応答振動のデータを得る。該当する振動数の資料を選択し、発生している振動の加速度最大値をあてはめ、その振動に対するユーザーの状況を「〇%の人が振動を感じる一方、まったく感じない人も〇%いる。また、〇%の人が振動をとて小さいと感じる」などのように性能を説明できる。このようなユーザーの視点にたった具体的な説明を行うことで、建築主はじめ居住者らの実感をともなった理解を得られる可能性が大きくなる。

またこれをさらに進め、性能設計において建築主の要求に基づいて、建物に付与する性能レベルを検討することも考えられる。すなわち、「〇%の人が振動をまったく感じないようにしたい。感じる人でも〇%位の人が振動をとて小さいと感じるようにしたい」などのように、建築主の要求を引き出す。それらを回答確率として、対象建物に予測される応答振動の振動数のグラフに照合することで、建築主の要求性能レベルを加速度最大値に置換できる。

複数の表現を用いる場合、各項目として語られる建築主の要求はばらつくことが予想されるが、その場合は、そのなかでも高い性能レベルを設定するなど、設計者としての総合的な判断が必要になる。また、それぞれの表現による要求を、相互にすりあわせる努力も重要である。その際にもこの資料を活用して、それぞれの表現に対応した要求性能レベルの違いをビジュアルに示しながら、建築主との合意を経て、設計条件を決定することができると考えている。

振動に対する竣工後の事後対処は効果が望めない場合も多い。環境振動に関するユーザーの理解が高いとも限らないため、設計時点で建築主との十分な意志疎通を行い、目標性能を明確に設定することがトラブル防止に有効である。そのために不可欠な建築主とのコミュニケーション手段の一助として、これらの資料を活用することも可能であろう。

9. おわりに

設計者はクライアントのために建物を作り上げていくのが本来の姿である。すでに市民社会の到来を目前にして、誰にも情報が公開され、それに基づく評価がくだされる。建築設計のプロセスでも、これは例外ではない。市民ユーザー、設計者、行政のそれぞれの意思決定が重要になり、それぞれの立場に応じた責任を果たすことが求められる。

このような変容する社会に対応する有能な設計者には、社会のニーズをよみとり、柔軟に対応していく姿勢が問われる。また一方では、責任範囲を明確にするためのシステム構築が早急に求められる。「安心の自主的提供」を果たすための手段としての性能設計は、目標の明示、保証の明確化に対応できる。その一方、構造性能の保証が現実的に可能かという問題もあり、これを取り合わせるには、性能表示と十分な事前の説明とを組み合わせる必要がある。こういった品質保証をいかに確立するかは、今後の社会で極めて重要であり、設計内容のチェック、およびそのフェールセーフとして、第三者保証の必要性も感じている。

今後の社会では、この保証内容に基づく明確な情報開示が求められ、契約の重要性が増し、その契約関係に基づいて、それぞれの職能における責任が追及されることになる。この一連のプロセスのなかで、設計者の説明責任はきわめて重要な意味をもつ。信頼社会は契約社会であり、根拠が客観的に明らかであること、契約を結ぶ双方に合意が成り立つことがポイントになる。ユーザーの要求性能に基づいた明確な設計が提示され、それによって建築の性能とコストとが適正な関係で連動するシステムが構築されてはじめて、建築が健全に社会基盤に根ざしたものとなる。

引用文献

- 1) 平田京子, 石川孝重: ユーザーの要望をふまえた性能表示と構造安全性のあり方に関する調査—その1 住宅の性能表示に対するユーザーの要望—, 1999年度日本建築学会関東支部研究報告集 (構造), pp.57~60, 1999年度.
- 2) 坂田知子, 石川孝重, 平田京子: 居住者が求める住宅の安全性能とその説明に関する意識調査—その2 居住者にとってわかりやすい構造安全性能の説明方法—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造I), pp.23~24, 1999年9月.
- 3) 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1日.
- 4) 石川孝重, 塩谷清人ほか: 「建築物の振動に関する居住性能評価指針」に関するアンケート調査結果—その1; その2—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学I), pp.315~318, 1999年9月.
- 5) 野田千津子, 石川孝重: 視覚が水平振動感覚に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第525号, pp.15~20, 1999年11月.