

居住性能評価の現状

THE ACTUAL SITUATION OF ASSESSMENT OF HABITABILITY

石川 孝重

Takashige ISHIKAWA

1. はじめに

本年の「建築基準法施行令・告示」及び「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の施行にともない、性能設計に対する社会的な機運はますます高まっている。環境振動に対しては居住性や作業性、機能性、保健衛生性などの性能を確保することが求められる。性能を評価する主体は建物の使用者・利用者であり、これら一般ユーザーの意識が、今後より一層高まることが容易に予想される。また風や交通などによる揺れに対する居住性能は、地震などの非日常的な災害に対する安全性能よりも短い再現期間の事象を対象とするため、ユーザーが実感しやすい性能として、要求レベルを抽出しやすい傾向にある。

実際にも、建物や構造形式の多様化や建物を取り巻く社会的環境の変化によって、従来の高層建物における風揺れや床の鉛直振動だけでなく、より広い範囲の環境振動に対して評価を求める状況が発生している。

本報では居住性能に着目した環境振動評価の現状と動向について、規準類や最近の研究をふまえて概括したい。

2. 環境振動に対する居住性能評価

最近の状況を加味して、環境振動評価にかかわる要素を概括してまとめたのが図1である。これまで、建物における環境振動評価を取り扱う上では、加振外力によって振動の特性が異なるため、振動源ごとに検討されることが多く、規準類もそれぞれ別個に整備されることが多かった。

ISO10137¹⁾でも述べられているように、環境振動の受振対象は、建物の構造、建物の積載物、建物内の人間の3種類が考えられる。そのなかで、居住性能評価の主な対象となるのは、振動が人間に及ぼす影響である。振動を受けることで、人間には感覚、心理、作業効率などに対して様々な影響が生じ、居住環境において支障となる場合がある。

環境振動が発生し、それが居住者あるいは設備機器などの建物内部の受容者（物）へ到達するまでを明らかにするためには、振動源とその加振力の評価、伝搬経路や建物に発生した振動の測定などが必要となる。

加振外力によって振動が発生し、地盤などを通して建物に伝搬する。加振外力の評価については、これまでも議論・研究が進められてきたが、統一した見解に至るまでには追究の余地がある。荷重指針²⁾の次回改訂にむけて本学会の荷重関係の委員会で議論されていることなどもふまえ、それとの整合をはかりながら、居住性能評価としての加振外力の取り扱いを検討する必要がある。

また実存の建物における振動を評価する上では、対象建物に発生する振動を正確にとらえることが基本になる。建設される建物に発生するであろう振動をいかに予測するかを含めて、振動の性状を測定・把握する方法についても幅広く研究が進められてきた。本環境振動小委員会からも、環境振動予測・解析WGが「環境振動予測・解析の現状」³⁾を纏め、環境振動測定法WGが「環境振動・固体音の測定技術マニュアル」⁴⁾を出版した。

例えば振動の測定は従来より行われているが、分野ごとに歴史的経緯があり、測定器、測定物理量、解析方法などさまざまで、公表された測定結果も引用しにくい場合が多い。測定方法が明確に表され、測定誤差が推定できれば公表された各々の結果の有用性はより高くなる。そのため各分野で用いられている振動測定法を調査し、それらを分類・整理した上で標準測定方法を提案する方向性も模索されている。

また建物の主要部位における振動応答を予測することは建物の設計上必要かつ重要なことであるが、これまでは成果の蓄積が少なく、予測法として纏めるまでには至らなかったのが現状である。そこで最近では予測方法の実状・精度を調査し、今後必要な研究項目などの洗い出しが行われている。環境振動の制御は建物の設計時点で行うことが多く、有効な対策の基本は精度の高い予測法の確立にある。近年では大会発表題数も増加しており、予測法の必要性・重要性が認知されており、予測システ

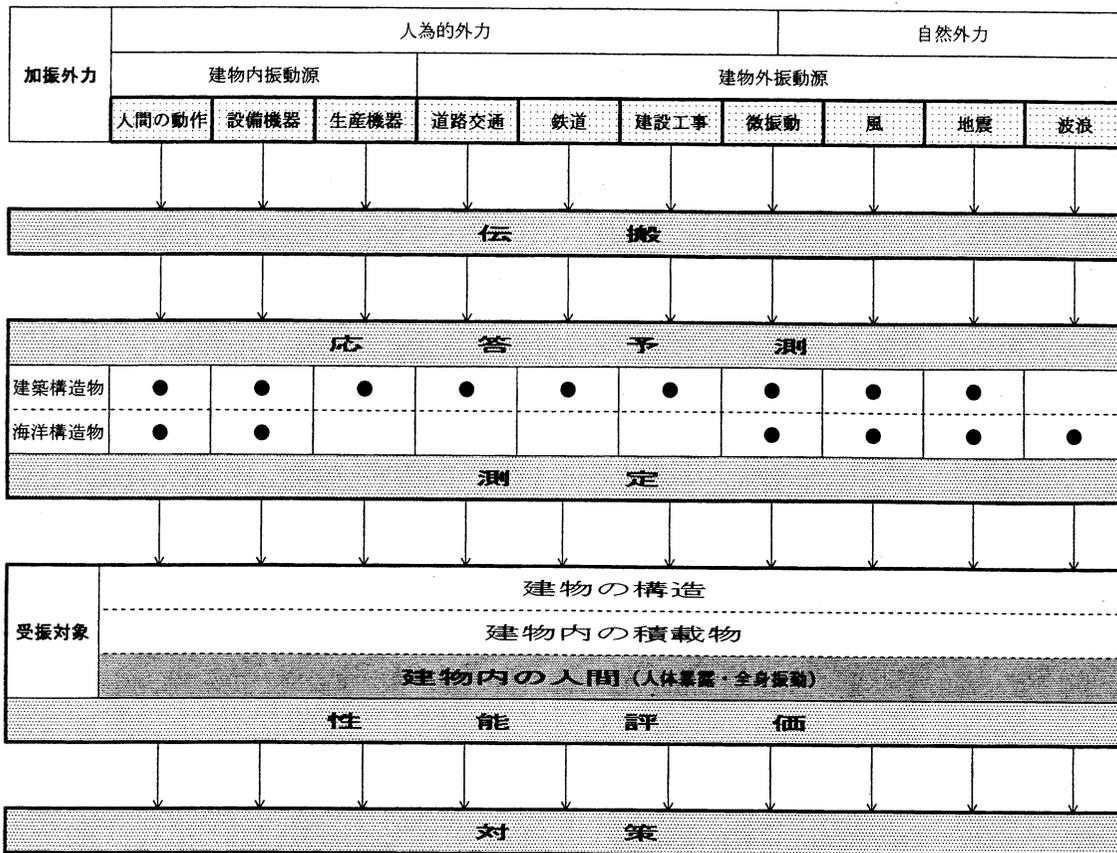


図1 環境振動評価にかかわるフロー

ムの確立も期待できよう。

その一方、近年では加振源や構造物の多様化にともない新しい領域における環境振動が居住性能に支障をきたす事例が増えており、環境振動評価とそれに対する対策が求められている。評価については後で詳しくふれるが、対策については各社が個々の事例に対応するかたちでとり組んでいる。基本的には設計段階から建物の形状や構造形式、部材寸法などに反映させ、環境振動に配慮して設計されることが望ましい。建物竣工後に環境振動に対する問題が発生した後は、基礎も含めた躯体レベルでの対応を要することが多いため、問題の解決をはかることが難しい場合も多い。これまでの主な対策方法としては、風揺れであれば制振装置やダンパ等が採用される場合が多く、工事振動などについては、防振壁や防振溝などが用いられることも多い。

最近では、性能設計への移行をふまえ、建築主の要求に基づいて、居住性能の確保を目的として制振などの新しい技術を導入する物件も多くなっている。今後は、建築主やユーザーの居住性能に対する意識も一層の高まりをみせ、要求レベルを実感しやすい性能として、居住性能から建物の性能レベルを決定していく可能性もある。

3. 居住性能評価にかかわる規準類

居住性能評価に関しては、加振源ごとに表1のような規準類が国内外に制定されている。ISO2631-2⁵⁾などの国際基準も整備されているが、わが国では独自に規準類を制定し、評価してきた。しかし全身振動評価の基盤となるISO2631-1⁶⁾が1997年に大幅に改訂されたことを受け、関連する国際規準類も改訂・整理される方向にあり、国際的動向への配慮を意識せざるを得ない状況にある。

先に述べたように、振動源ごとに制定されている評価規準類は互いに別個の考え方によっているため、互いの評価値を位置づけることが難しいのが現状である。実務においては振動源ごとに個別の規準類に照らして評価する必要があり、振動問題について全体を概括してとらえることはあまりない状況にあった。その一方で、各々の規準類は複数の加振源に対する評価に適用されており、全身振動評価の基盤となるISO2631-1を中心として互いに連関をもっている。例えば、床振動に対する規準類の連関図を示すと図2のようになる。

わが国では、居住性能評価に対して本学会から建築物

表1 環境振動の発生源と評価方法

振動源	評価方法
全身振動: 一般 (水平, 鉛直)	ISO2631-1(1997), BS6841, ISO2631-1(1985), マイスター曲線, 三輪曲線等
建築物における振動: 一般風振動 床振動(一般, 人間の動作) 設備振動 道路交通 鉄道(新幹線, 在来線, 地下鉄) 建設工事 発破 地震 微振動	ISO2631-2(1989), ISO4866(1990), ISO10137(1992)等 建築物の振動に関する居住性能評価指針(1991), ISO6897(1984), カナダ基準, ECCS 構造物に及ぼす風の影響の算定指針(1987)等 建築物の振動に関する居住性能評価指針(1991), 鉄筋コンクリート構造計算基準(1991), 鋼構造限界状態設計規準(案)(1990), 日本建築学会設計規準値(案)(1959), BS6472(1992), ANS13.29(1983), GSA, CSA等 環境基本法(1993), 振動規制法(1976), 道路交通振動の(要請)限度(1976)等 環境基本法(1993), 振動規制法(1976), 自治体条例等 振動規制法(1976), 特定建設作業振動に関する基準(1976)等 全国火災類保安協会コンクリート構造物発破解体工事保安技術指針等
海洋構造物における動揺・振動: 固定式海洋構造物 (水平) 浮遊式海洋構造物 (鉛直) 船舶	ISO6897(1984)等 ISO2631-3(1985), 日本建築学会海洋構造物構造設計指針 (浮遊式) 等 ISO6954(1984)等

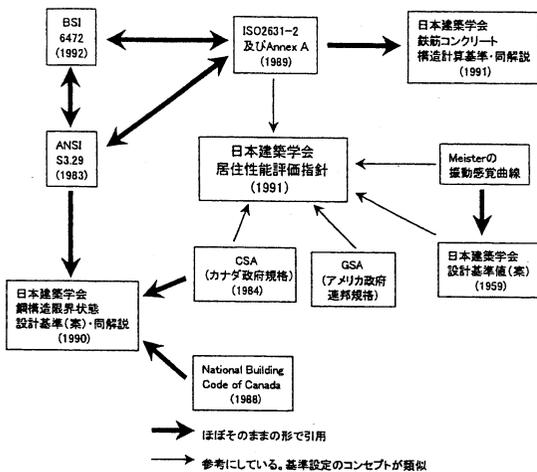


図2 床振動の評価にかかわる規準類

床の鉛直振動と建築物の水平振動を対象とした居住性能評価指針⁷⁾が刊行されている。測定事例などをもとに固有振動数や卓越振動数、予測される応答加速度・変位振幅を同指針の評価曲線に照らし合わせて、居住性能を確認する手続きが一般的である。対象振動数範囲は水平振動に関しては超高層・高層建物の風揺れを想定して0.1~1.0Hz, 床の鉛直振動に関しては居住者の動作を中心に考えて1~30Hzとなっている。

本小委員会の居住性能評価検討SWGが学会指針に関して設計者や専門家などにアンケート⁸⁾したところ、特に設計実務において改善が求められる点があがっている。

例えば、水平振動では想定する加振外力の拡大やそれともなう評価対象となる振動数範囲の拡大などが第一に求められている。現行の指針では超高層住宅における風揺れを主な対象としていたが、現状では、3階建て戸建て住宅における交通振動や、中・低層建物における風揺れなど、比較的高振動数範囲で水平振動が卓越し、そ

れが居住性能の支障につながっている事例が多くなっている。こういった社会的な変化により、環境振動評価をとりまく状況も大きく変化していることがわかる。また、評価レベルに対して厳しすぎるという意見も聞かれ、実務における経験との整合を求める声が多い。

その他、鉛直振動に対しては、本学会から別途刊行されている設計規準類における評価基準との整合をはかりつつ、評価値、評価方法、加振外力の評価や応答予測方法などの定義を明確化することなどが求められている。

その他の振動源別にみると、評価方法の現状や拘束力はさまざまである。

例えば道路交通振動に関しては、土木などの分野において主に地盤振動を対象として研究が進められているが、発生した振動が地盤を伝搬し、建物へ入り、建物内の人間へ及ぼす影響については、十分な蓄積となっていないのが現状であろう。一方規準類については、道路交通振動だけを対象として体系化されているのではなく、工場や建設工事にともなう振動と同等の公害振動として定められており、環境基本法⁹⁾や振動規制法¹⁰⁾の規制を受けている。

また鉄道振動に関しても法制化されておらず各自治体の条例によっていたり、各路線の供給主体などによる個別事例に対する技術的解決にまかされていることが多い。鉄道は地域還元性が強い上に振動の伝搬形態もいまだ研究レベルの段階で不明の部分が多く、規準を制定しにくい状況にある。環境影響評価法によって、事業者による個別の対応が義務づけられているが、明確な規制値の設定がないため、逆に厳しい規制がかかる場合もある。

一方、生産機器による振動は、環境基本法の実施法である振動規制法に基づく法的規制に依存するところが大きい。その他、振動に直接関係する法律としては、環境影響評価法、特定工場における公害防止組織の整備に関

する法律がある。

また建設工事による振動としては、著しい騒音、振動を発生する作業として特定建設作業として定められているものについて、指定地域内で実施する場合には振動規制法の規制を受ける。それ以外にも、各地方公共団体の多くは、公害防止条例などを設けて、ブルドーザなどの指定建設作業に対して規制を実施している例が多い。それ以外には未規制の建設作業もあり、そのなかでも、発生する騒音、振動が著しく大きいにもかかわらず規制基準が定められていない作業として、発破作業がある。東京都は発破による解体・破壊時の振動を条例で定めているが、振動規制法などの法律による規制はない。

地震による振動については、大地震に対する安全性能の確保を目的として設置された免振装置が、中小地震時にも応答を低減する効果を発揮し、一般建物に比較して地震による恐怖感が軽減され、居住性能改善の効果があることが報告されている。^{11, 12)} 地震時に対しては、居住者の感覚に及ぼす影響だけでなく、家具などの積載物がどのような挙動を示すかという観点からも研究が進められている。

一方海洋構造物に関しては、ISO6897¹³⁾ や本学会の各指針^{14, 15)} を参考にすることが多い。従来では上下動揺に対する船酔い限界の閾値として、ISO2631-3¹⁶⁾ が重視されていたが、ISO2631-1の改訂にもなって廃止され、これに吸収された。

それ以外にも、半導体製造工場や研究施設など高精度の架構や計測を必要とする施設の増加に伴い、設計条件として機器に対する厳しい振動許容値が提示されるようになり、常時微動や交通振動などによって生じる微小レベルの振動に対して、構造的な検討、評価が必要とされるようになっていく。

これらの規準・指針類については、評価値の設定根拠が明らかにされていないものや他の規準類をほぼ踏襲したものもあり、互いの連関を把握して評価値や評価方法の位置づけを吟味した上で、今後の評価方法を見せる必要がある。

評価対象となる振動の物理量も加速度や速度、あるいは振動レベル、振動加速度レベルなど、さまざまな測定物理量が各分野で用いられている。また既存の評価方法の多くは振動数と加速度・速度・変位振幅などで表現された評価曲線に対して、測定・予測結果をあてはめて評価するカタチが一般的である。しかし実際に発生する振動はランダムな変化をとまなうものであり、どのようにして物理量としての代表値を抽出するかが問題となる。これにも一般化されたものではなく、最大値やr.m.s.値などのなんらかの平均処理をしたものなど、個々の判断と工夫に基づいていくつかの提案が行われているが、評価値相互の対応関係を明確に位置づける必要がある。

また公害振動などに関しては、評価の主体である居住者は建物内部にいる一方、法規制では規制の主体である行政側が関与できる敷地境界線における測定が求められている。建築側の立場からは建物内における振動を評価することになるため、敷地境界線でおさえられた振動の伝搬経路などを明らかにした上で、建物の応答性状を把握し、評価する必要がある。使用者に到達するまでの建物性状などがとりうる値を鑑みた上で、評価値を見直していくことも必要となる。

一方最近では、構造物や振動源の多様化にもかかわらず、これまで顕在化しなかった振動による問題も生じている。例えば、4、5階程度の中層建物において風揺れによってクレームが発生したり、3階建てプレハブ住宅における道路交通振動などの比較的短周期の水平振動の測定事例が報告されたり、大スパンの床における比較的長周期の鉛直振動なども注目されつつある。実務設計では、対象建物に生じる振動の範囲を包含した規準類を準用して評価している場合もあるが、新たな振動源、あるいは評価基準がない範囲について判断が求められることもある。今後も個々の事例に対応しつつ、その蓄積を活かして幅広い環境振動の発生に対処することが求められることになる。

4. 居住性能評価にかかわる研究動向

環境振動に対する居住性能評価の規準として、これまでは知覚閾が主な基盤とされており、知覚閾に関する研究の蓄積も多くある。その他にも、振動を受けた際の人間の反応として、より大きい振動に対する不快感や不安感、感じた強さや許容限界などの感覚・心理的反応、船酔い症状などを含む生理的反応、歩行難易度や注水作業の難易度などによる作業効率、行動支障などが検討されてきた。近年では、これまでの基礎的な知見を一步進め、より実情に即した居住性能評価を追究する研究が多く見られる。

例えば振動条件については、1方向の並進振動だけでなく、ねじれ振動や2方向の並進振動の合成、ランダム振動を対象とした評価を検討する研究^{17, 18)} がある。ねじれ振動に対しては、設計者からも評価対象として考慮して欲しいという意見が多く⁹⁾、今後検討すべき課題の一つである。一方でねじれ振動に対しては応答予測・解析が難しいため、荷重指針などとの整合も鑑み、適切な応答評価手法を検討する必要がある。

また設計者からの要望の多い対象振動数範囲の拡大について、例えば腰掛け位の場合について既往の水平振動に対する知覚閾を纏めると図3のようなになる。知覚閾それぞれの引用文献については文献¹⁹⁾ を参照されたい。例えば水平振動に関しては中低層建物における風揺れ・交

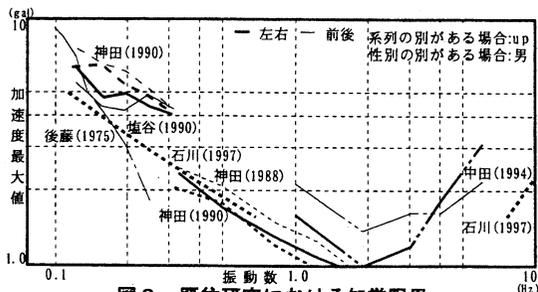


図3 既往研究における知覚限界

通振動などが居住性能に支障を及ぼした事例が報告されているが、その要因は2Hz程度を中心とした比較的短周期の水平振動である。図3の結果からも2Hz付近の水平振動をもっとも敏感に感じる事がわかる。これまでの主な対象であった低振動数範囲では振動数が低くなるほど感じにくくなる傾向にあるが、比較的短周期の振動に対してはこれまでの指針を踏襲するのではなく、別の評価指標が必要であることがわかる。低振動数範囲に関しては数多くの研究が報告されているが、高振動数範囲の水平振動に関しては我が国のデータ蓄積が少ないため今後の充実が望まれる。

居住性能評価指針の基準値設定の根拠にもみられるように、これまでは居住環境に対する振動は感じないことを前提としてきた。同指針も水平振動に関しては振動の大きさを居住者が感じるか否かが評価の基本としており、知覚閾が評価の基盤となっている。床の鉛直振動に関しては、アメリカ連邦政府規格²⁰⁾やカナダ政府規格²¹⁾などの海外の基準類を含め、既存の評価値を吟味した上で基準値が設定されている。この元になった基準類も振動を感じる強さによる評価が基本である。しかし現状を鑑みると、今後ますます多様化、高層化が予想される振動環境において、振動を感じない範囲におさえるという知覚閾だけを対象とした評価では難しくなることが予想される。

全身振動に関するISO2631-1⁹⁾では健康、快適性、知覚、動揺病といった振動に関する居住性能にかかわる項目に対してfrequency weighting curve（周波数重みづけ曲線）を示しており、個々の項目について別個に評価できるようにしている。目前に迫った性能型設計への移行をふまえると、設計者は個々の対象建物に要求する性能の決定主体である建築主にわかりやすく、性能レベルのグレードを説明することが求められる。その際には、振動数や加速度などの物理的な大きさをそのまま用いるのではなく、振動によって居住者がどのような状況になるかという観点にたった説明が有効になる。説明に用いる評価項目の数や種類が多いほど、建築主にとっては性能レベルのグレードをとらえやすくなる。そのためにも要求性能にかかわる構成要素の特性を明らかにすることが、今後ますます求められるようになる。設計者はこ

の建築主の要求をふまえて、それを技術的に実現するために、建築主の要求を具体的な設計条件に展開することが求められる。

また、体感以外の振動知覚のきっかけとして、アンケート調査¹¹⁾などからもあがっている視覚的な要因に着目する研究もある^{22, 23)}。その結果から、体感で感じない振動に対しても、窓の外の景色の動きを見ることで揺れていると認識するため、知覚に対する視覚の影響は大きいという指摘もみられ、視覚による影響を考慮した評価の必要性が認められる。ISO2631-2の改訂作業においては音による影響の評価を検討する動きがあり、こういった体感以外の周因的要因による影響を総合した評価が望まれる。

今後は視覚以外についても感覚に対する影響を検討し、特性を明らかにした上で、周辺要因を取り込んだ評価方法を追求することが求められる。現行の居住性能評価指針でも若干ふれているように、ほとんどの評価値が実験研究資料に基づいたものであり、これらの評価値と居住空間における評価との間には、何らかの違いがあることはこれまでも指摘されている。そのため文献^{24, 25)}など、実存建物におけるアンケートや実測による実態調査が数多く行われてきた。しかし実態調査では、発生した振動の物理的性状とその際の居住者の反応を同時に調査することはきわめて難しく、免震建物を対象とした文献¹¹⁾などに限られる。実情により即した評価を行うためには、日常環境と実験結果の間にあるギャップを埋めるようなアプローチも必要になる。その一例として、居住環境に近い状況を実験室に再現した上で、振動の入力を事前に知らせずに実験を行うなどして、被験者の状況が異なる場合に知覚閾に及ぼす影響を検討した研究もある。²⁶⁾

こういった周因的な要因は、性別や振動方向などの要因以上に振動の知覚に影響を及ぼす上、実際の居住環境においてさまざまに存在し得るものである。今後は、これらの要因が振動の知覚に及ぼす影響を個別に明らかにしながら、それらを統合した評価を検討し、できるかぎり実状に即した評価を追求する必要がある。

5. おわりに

居住性能評価の現状と題して、環境振動評価にかかわる要素をまとめ、加振外力ごとに規準類を中心に、その全体像を概括してみた。さらに、今後評価基準類において検討していくべき最近の研究動向について若干ふれた。

これらの内容は、環境振動評価刊行WGで刊行の準備を進めている「居住性能にかかわる環境振動評価の現状と規準」で、より詳しく纏めている。本報を纏めるにあたって、各委員が執筆された内容を引用・参考とした部分が多々ある。目次構成は以下のようである。

居住性能に関する

「環境振動評価の現状と規準」

はじめに

I 居住性、作業性に関する評価

1. 建築構造物における振動
 - 1.1 風による振動
 - 1.2 人間の動作による振動
 - 1.3 設備機器による振動
 - 1.4 道路交通による振動
 - 1.5 鉄道による振動
 - 1.6 工場などの生産機器による振動
 - 1.7 建設工事による振動
2. 海洋建築物における動揺・振動
3. その他
 - 3.1 地震動に対する評価
 - 3.2 微振動に対する評価

II 振動の人体暴露に関する評価

資料 規準類の概要

本書の主なる目的は、環境振動に係わる評価の全体像を概括することにある。そこで、加振外力ごとに加振外力→伝搬経路→応答予測(測定)→性能評価→対策までの一連の流れを意識して纏めている。これによって、個別の考え方で制定された規準類の違いや類似点を明らかに示し、相互の位置づけをはかることができるものと考えている。また資料編では、主な規準類の概要を一覧できるようにしている。

性能型設計への移行を目前に控え、環境振動に関する要求性能への認識も高まりつつある。建物を実際に使用する居住者や建築主の要求にできるかぎり対応するためにも、彼らにわかりやすい性能の表示が早急に求められよう。そのためには、研究分野でのデータの充実を進め、性能レベルのグレード設定に関する詳細な検討と方法の提案が求められるところである。性能レベルのグレードを建築主によりわかりやすく説明するためには、できるかぎり性能表示項目を多く検討することが、まず必要であろう。その上で居住性や作業性、保健衛生性など、複数の要求性能を統括し、すりあわせた評価法の提示が求められることになる。

【引用文献】

- 1) ISO10137: Bases for design of structures -Serviceability of buildings against vibration-,1992.
- 2) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, 第3版, 1993年6月.
- 3) 環境工学本委員会, 環境振動小委員会, 環境振動予測・解析WG: 環境振動予測・解析の現状, 日本建築学会, 1999年2月.
- 4) 日本建築学会: 環境振動・固体音の測定技術マニュアル, オーム社, 平成11年3月.
- 5) ISO2631-2: Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration Part2: Vibration in buildings (1 to 80 Hz), 1989.

- 6) ISO2631-1: Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part1: General requirements, 1997.
- 7) 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1版, 1991年4月.
- 8) 塩谷清人, 石川孝重ほか: 「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.
- 9) 環境庁: 環境基本法, 1993年11月.
- 10) 環境庁: 振動規制法, 昭和51年6月.
- 11) 中村敏治, 神田順, 塩谷清人, 長屋雅文: 免振建物における地震時振動知覚の統計調査, 日本建築学会構造論文集, 第472号, pp.185~192, 1995年6月.
- 12) 神田順(研究代表者): 免振建物における地震時振動知覚に関する研究, 平成3年度日本建築センター助成研究.
- 13) ISO6897: Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0.063~1Hz), 1984.
- 14) 日本建築学会: 海洋建築物構造設計指針(浮遊式)・同解説, 第1版, 1990年.
- 15) 日本建築学会: 海洋建築計画指針,第1版,1991年2月.
- 16) ISO2631-3: Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part3: Evaluation of exposure to whole-body vibration z-axis vertical vibration in the frequency range 0.1 to 0.63Hz, 1984.
- 17) 塩谷清人, 神田順, 田村幸雄, 藤井邦雄: 2次元水平振動の知覚閾に関する検討-(その3) ランダム振動に対する知覚閾-, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学), pp.27~28, 1992年8月.
- 18) 後藤剛史, 古川修文, 野口憲一: 長周期水平振動における正弦波と実測波に対する感覚反応の比較実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学), pp.309~310, 1991年9月.
- 19) 石川孝重: 建築における環境振動に関する性能評価現在の研究状況および今後必要な研究内容, 第16回環境振動シンポジウム 環境振動における要求性能への対応, pp.35~42, 1998年1月28日.
- 20) General Services Administration, Washington U.S.A.
- 21) Canadian Standards Association.
- 22) 新藤智, 鈴木健一郎, 鶴巻均, 後藤剛史: 高層建築物における長周期ねじれ振動が振動知覚に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学I), 1999年9月.
- 23) 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.
- 24) 山田水城, 後藤剛史, 前島修: 強風時における超高層ビルの揺れに対する居住者の反応について(その1);(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(計画系), pp.1137~1140, 昭和55年9月.
- 25) 石川孝重, 一力ゆう, 野田千津子他: 高層住宅の居住性をふまえた揺れ感覚に関する調査研究-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), pp.95~98, 1993年9月.
- 26) 野田千津子, 石川孝重: 水平振動を受ける被験者の状況が知覚閾に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文集, 第524号, pp.9~14, 1999年10月.