

設計指針の概要

東京都市大学 名誉教授 濱本卓司

1. はじめに

環境振動に関する評価指針^{1),2)}の改定において、これまでと形式的に大きく異なる点は、評価と設計の分離という方針に基づき「評価規準」と「設計指針」がそれぞれ別個に出版されることである。「評価規準」で内容的に大きく変わるのは、時間効果の導入（継続時間の影響）と体感指標の導入（知覚確率の見直し）の2点である。「評価規準」はすでに次年度の出版に向かって最終調整段階に入っており、「設計指針」も「評価規準」の一年後に出版することを目指して策定作業を進めている。

「設計指針」に関しては、これまでの環境振動シンポジウムと日本建築学会大会パネルディスカッションを通じて、設計体系の要となる性能マトリクスを用いた全体的な枠組みとさまざまな振動源に対する基本的な設計フローを提示し、策定作業の状況を順次公表してきた³⁾⁻⁸⁾。「設計指針」の策定作業は環境振動設計指針策定検討WGによって進められている。WGは、自然振動源（風・地震）、内部人工振動源（人間活動・設備機器）、および外部人工振動源（道路交通振動・鉄道振動・工場）に対する設計方法をそれぞれ検討するSWGと振動計測による性能確認を検討するSWGに分かれて作業を行っている。

ここでは、WG全体としてのこれまでの進捗状況を紹介し、二年後に出版を予定している「設計指針」の概要を紹介する。

2. 環境振動設計

環境振動が対象とする振動源→伝搬経路→応答評価点の系において、構造設計の対象となる地盤、基礎、構造架構、構造部材は振動の主要な伝搬経路になる。このため、建築物の居住性にかかわる環境振動設計は、安全性にかかわる耐震設計や耐風設計などと並行して主に構造設計者によって進められる。

2.1 環境振動チェックリスト

構造設計者が環境振動設計に携わる場合、まずは現地における振動環境を体験し、さらにこれから建つ建物における内部・外部の振動環境をイメージしておくことが望ましい。短時間で効率的に振動環境を把握するには「環境振動チェックリスト」が役に立つ。環境振動チェックリストの例⁹⁾を表1に示す。現地での体験とイメージを含め、チェックリストには以下のような項目が並べられている。① 立地特性：建物を取り巻く環境下でどのような振動が発生しやすいかをチェックする。② 振動源特性：発生すると考えられる振動源の位置、大きさ、周波数特性、継続時間などをチェックする。③ 地盤特性：敷地および周辺の地盤を調べ、外部振動源から建物に届くまでにどの程度振動が減衰するのか、また敷地地盤の地形や共振などにより振動がどの程度増幅するのかをチェックする。④ 建物用途：建物の使用目的に対応した振動許容限界がどの程度のレベルになるかをチェックする。⑤ 建物規模：建物の高さ、階数、アスペクト比（高さとの比）、平面形状などから建物の固有振動数と減衰比を推定し、共振現象やねじり振動の発生可能性などをチェックする。⑥ 行為・行動：建物の中で人が

表 1 環境振動チェックリスト

外部			内部						
立地特性	振動源特性	地盤特性	空間特性				構造特性		
			用途	規模	行為／行動	機器／設備	構造種別	構造形式	基礎形式
1. 山間 2. 海浜 3. 田園 4. 郊外宅地 5. 郊外商業地 6. 都心宅地 7. 都心商業地 8. 工業地帯	1. 工場 2. 鉄道 3. 道路交通 4. 工事 5. 空港 6. 発破	1. 砂質 2. 粘土質 3. 砂礫室 4. 岩盤 5. 関東ローム 6. 埋め立て 7. 切土／盛土	1. 住宅 a. 戸建 b. タウンハウス c. アパート 2. 病院 3. ホテル 4. 劇場（映画館） 5. 福祉施設 6. 美術館・博物館 7. 図書館 8. 店舗 9. オフィス 10. 学校 11. 工場 12. 倉庫	1. 平屋 2. 2階建て 3. 3階建て 4. ペンシルビル 5. 中層 6. 高層 7. 超高層	1. 睡眠 2. 食事 3. 入浴 4. 回らん 5. 歩行・走行 6. 跳躍 7. 演奏 8. 接客 9. 机上作業 10. 精密作業 11. 工場作業	1. 空調機 2. 洗濯機 3. 発電機 4. ボイラー 5. 楽器 6. オーディオ 7. エレベーター 8. エスカレーター	1. 木材・在来 2. 木造・枠組壁 3. 軽量鉄骨 4. 重量鉄骨 5. RC造 6. SRC造 7. ハイブリッド	1. ラーメン構造 2. 壁付きラーメン構造 3. プレース付きラーメン構造 4. フラットスラブ構造 5. 壁構造 6. 免震構造 7. 制振構造	1. 束石基礎 2. フーチン 3. 布基礎 4. ベタ基礎 5. 杭基礎 a. 摩擦杭 b. 支持杭 6. ケーソン基礎

歩行，走行，跳躍などにより振動を引き起こす場所とそこで発生する振動の大きさをチェックする。⑦ 機器・設備：建物の中で振動を発生する機器・設備がどこに置かれ，どの程度の大きさ・重さになるか，その振動影響はどの程度になるかをチェックする。⑧ 構造種別：構造架構に使用する材料・工法の違いにより建物内部における振動がどの程度増幅あるいは減衰するかをチェックする。⑨ 構造形式：構造形式の違いにより建物内部における振動がどの程度増幅あるいは減衰するかをチェックする。⑩ 基礎形式：外部振動源からの振動が基礎を経て建物内部にどのように伝搬するかをチェックする。

2.2 事前の振動計測

環境振動チェックリストにおける①～③の項目に関しては，振動計測を行って設計作業に役立つ生データを収集しておくことが望ましい。設計前に行われる振動計測の目的は，建物の竣工後に予想される入力レベルの設定である。この段階では，建物はまだ存在していないので内部人工振動源は計測できない。計測できるのは自然振動源と外部人工振動源である。内部人工振動源の入力レベルは，建物の敷地には関係がなく，建物の用途，規模，構造から推定することができる。一方，自然振動源は環境振動の中では比較的頻度が低く，短期間の振動計測では合理的な入力レベルの設定はむづかしい。このような場合は，建築物荷重指針¹⁰⁾などを参考にすれば，中長期計測によるデータベースに基づき建物の敷地における入力レベルを推定できる。このため，建物の敷地における振動計測は，主に交通振動や工場振動のような外部人工振動源に対して行われることになる。

2.3 環境振動リスク

リスク論的な観点から振動の発生頻度と評価レベルの関係を表すと図1のようになる。縦軸には発生頻度，横軸には評価レベルをとることにする。発生頻度として，「めったに発生しない」，「あまり発生しない」，「ときどき発生する」，「しばしば発生する」

の4段階、評価レベルとして「ほとんど気にならない」、「少し気になる」、「かなり気になる」、「耐えられない」の4段階を考える。発生頻度の「めったに発生しない」は日常的な環境振動では扱わない領域であり、評価レベルの「耐えられない」は限度を超えた振動になるので、これらに関連した領域はここでは対象外とする。残りの3×3の領域を、発生頻度と評価レベルの組み合わせに着目して、たとえば「高リスク」、「中リスク」、「低リスク」の3つの振動リスクに分ける。発生頻度も評価レベルも小さければ「低リスク」、発生頻度も評価レベルも大きければ「高リスク」である。

この3つの振動環境を建物の敷地の分類に利用すると、図2に示すような振動環境マップが得られる。この図の場合、鉄道沿線や自動車道路の近くが「高リスク」、そこから離れるほど「中リスク」、さらに「低リスク」、と静かな振動環境になることを示している。このような振動環境マップがあると、環境振動設計の対象となる建物の敷地がどのような振動環境に置かれているかを事前に把握することができる。建物内部で同じ振動環境を確保するには、高リスクの敷地ではコストがかかり、低リスクの敷地ではコストの節約ができる。このような情報は、施主との合意形成を通じて建物内部の振動環境に関する要求性能を決定する上で重要である。

2.4 「設計指針」における「評価規準」の位置づけ

環境振動設計は通常の構造設計と同様に図3に示すような手順で進められる。構造システムの応答予測が目標性能としての設計クライテリアをすべて満足するまで構造システムは繰り返し修正される。このとき、設計クライテリアの抛り所となるのが「評価規準」である。この繰り返しプロセスにおいて重要な設計パラメータは入力と応答を関係づける伝搬特性を支配する固有振動数と減衰比である。環境振動設計では架構あるいは部材レベルの共振現象を回避することがとくに重要である。そのために、固

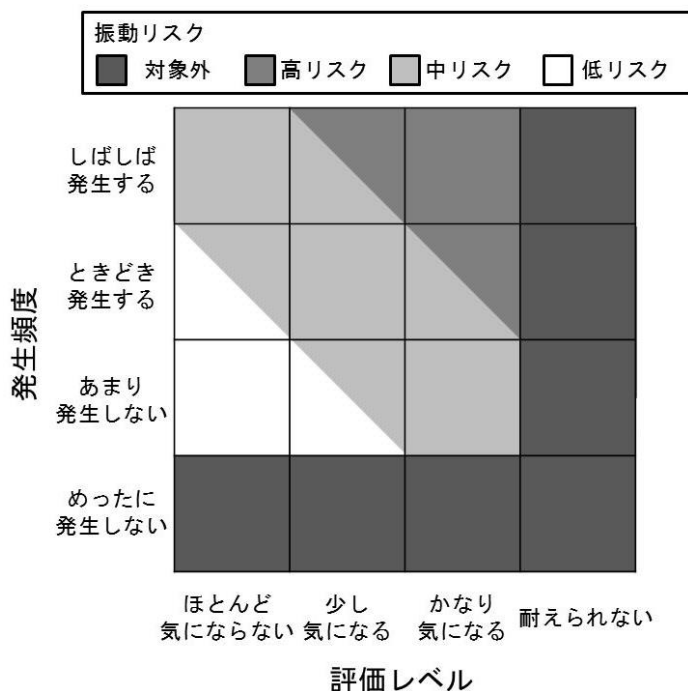


図1 環境振動リスクの考え方

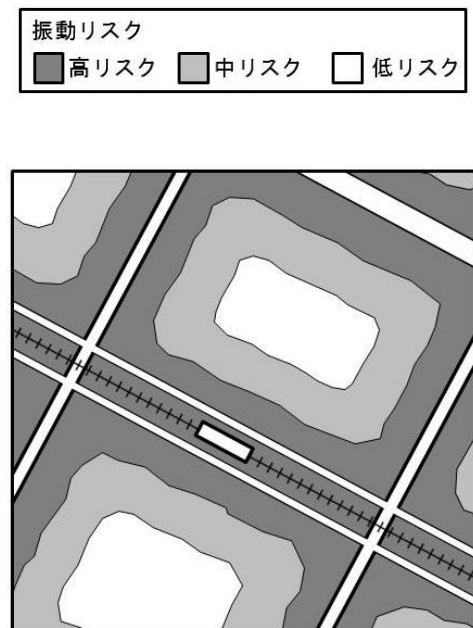


図2 環境振動マップの作成

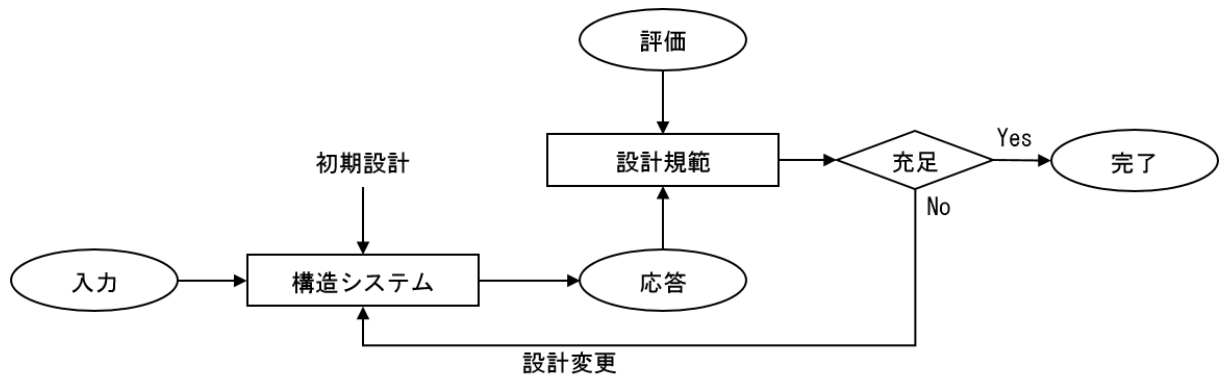


図3 環境振動設計における設計ループ

有振動数と減衰比を精度よく推定し、応答予測の際に共振の影響を十分に検討した上で、設計クライテリアとの合理的な比較を行うことのできる「設計指針」の策定を目指している。

3. 振動源グループの分類

「評価規準」では振動源に関する具体的な記述は行わない。振動源に関する具体的な記述はすべて「設計指針」に委ねられている。環境振動における最大の特徴は振動源の多様性にあるといっても過言ではない。この振動源の多様性に対処するために、振動源の種類ごとに設計方針を変えていたのではあまりに煩雑すぎる。そこで、これまでの評価指針の流れを維持しつつ、図4に示すように、環境振動で扱う振動源全体の見通しをよくするために、振動源を自然振動源、内部人工振動源、外部人工振動源の3グループに分類する。

3.1 自然振動源

自然振動源はこれまでの評価指針において風振動のみしか扱ってこなかったが、「設計指針」では長周期地震動に対する高層建物や免震建物の居住性を扱うことを考えている。風および長周期地震動に対する高層建物や免震建物の応答は主に1次モードが励起され、長時間にわたり定常的な正弦波状の振動が持続する傾向がある。このため、

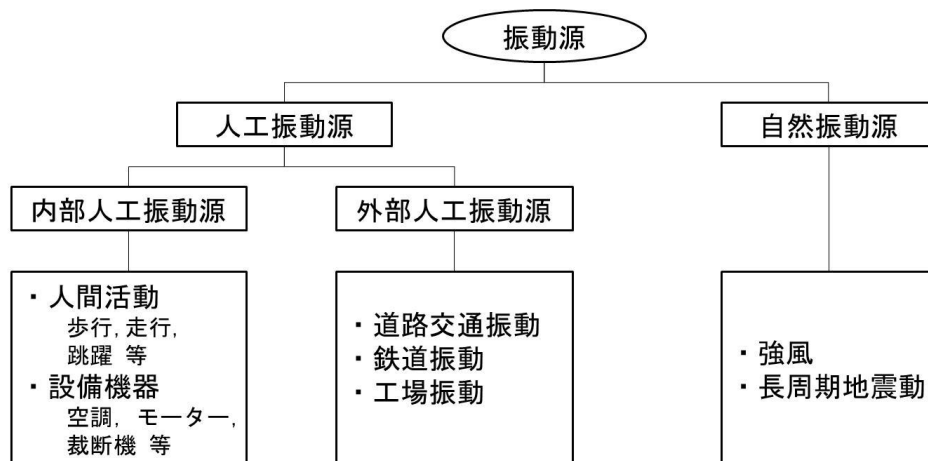


図4 振動源のグループ化

非定常的な振動に特有な時間効果の影響は小さい。

3.2 内部人工振動源

内部人工振動源はこれまでの評価指針と同じく人間活動と設備機器により励起される振動を対象とする。しかし、新しい「評価規準」では体感振動に与える時間効果を評価できるようになる。内部人工振動源の中でも、人間活動による振動は歩行、走行、跳躍など人間の動きによって発生し、移動振動源になることが多い。これに対し、設備機器の振動は主に設置場所で持続的に発生する固定振動源である。このため、人間活動に伴う振動では時間効果が大きくなるのに対し、設備機器から発生する振動は時間効果が小さい。時間効果が大きな振動は減衰特性への依存が大きく、制振装置の設置を含め設計における減衰特性への配慮が重要になる。「設計指針」では、大梁に囲まれた同一スラブ内で発生する振動の入力-応答関係だけでなく、階段や廊下などからの振動の伝搬のように、異なるスパン・異なる階で発生する振動の影響も考慮することになっている。

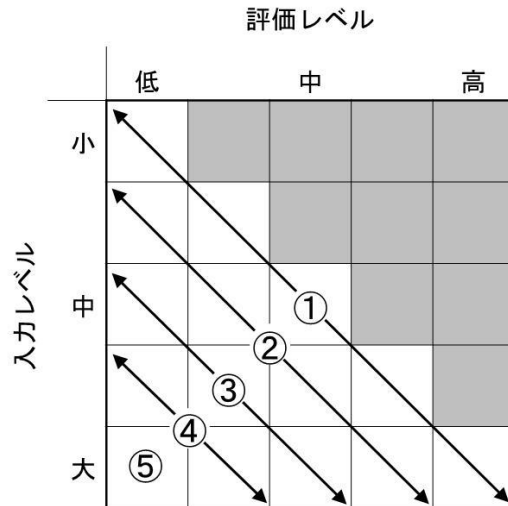
3.3 外部人工振動源

これまでの評価指針では外部人工振動源として交通振動のみを取り上げてきた。「設計指針」では近隣の工場から発生する振動も考慮する。交通振動と一口に言っても、道路交通振動は大小さまざまな車両が不規則に走行して発生時刻や揺れの大小の変動性が大きくなるのに対し、鉄道振動はほぼダイヤ通りに特定の車両が定時に通過するため変動性は比較的小さい。一方、工場振動は日々の生産工程がほぼ決まっているため発生する振動の変動性は小さくなる傾向がある。このように、外部人工振動源は振動源によって違いはあるものの、建物だけでなく周辺地盤による環境振動への影響が重要になるという点で共通項がある。地盤振動の影響が大きいときは、地盤改良を含めて設計方針を考えることもある。地盤振動は一般に 水平・鉛直の両成分を有しており、地盤と建物の増幅・減衰特性に応じて水平・鉛直のどちらの振動成分が卓越するかはわからない。このため、これまでの評価指針においても、交通振動は水平・鉛直両成分に関する評価曲線を提示している。

外部人工振動源の時間効果は、移動振動源となる交通振動で大きく、固定振動源となる工場振動では小さい。「評価規準」では水平・鉛直両成分に対して体感振動に与える時間効果を評価できるようになっており、「設計指針」でも外部人工振動源に関しては水平・鉛直両成分の時間効果を考慮した設計方法を考えている。

4. 性能マトリクス

環境振動設計は従来から性能設計の文脈で考えられてきた。耐震設計のように建築基準法という法律により最低基準が規定されているわけではない。あくまでも建築主の判断に基づき環境振動の要求性能は決定される。建築主が設計者との合意形成を通じて要求性能を決定するために、「設計指針」では、**図 5** に示すような性能マトリクスを用いる。性能マトリクスは、縦軸（列）に入力レベル、横軸（行）に評価レベルをとる。ここでは、縦軸の上から下に向けて入力レベルが大きくなるように、横軸の左から右に向けて評価レベルが高くなるように取られている。



性能ランク：①必要最低限 ②やや容認 ③ほぼ容認④かなり容認 ⑤十分容認

図 5 性能マトリクス

このとき、要求性能のランク（以下、性能ランク）は、性能マトリクスにおける斜めのライン①～⑤として表現される。性能ランクのどれを選択するかが決まれば、性能マトリクスの縦軸の入力レベルと横軸の評価レベルは一意的に関係づけられる。その結果、設計における目標性能が具体的に設定できるようになる。建物用途による要求性能の違いは性能ランクを上下にシフトさせることにより対応できる。たとえば、用途として住居系とオフィス系を考える場合、夜間の睡眠時間の確保が大切な住居系ではオフィス系よりも性能ランクを一つ上げて評価するといった判断が可能になる。性能ランクの数は、このような自由度を与えることができるように設定しておくことが好ましい。

5. 設計フロー

3つの振動源グループに共通となる基本的な設計フローを図6に示す。設計は、建築主の要求性能の決定に始まり、計測による竣工後の性能確認で終

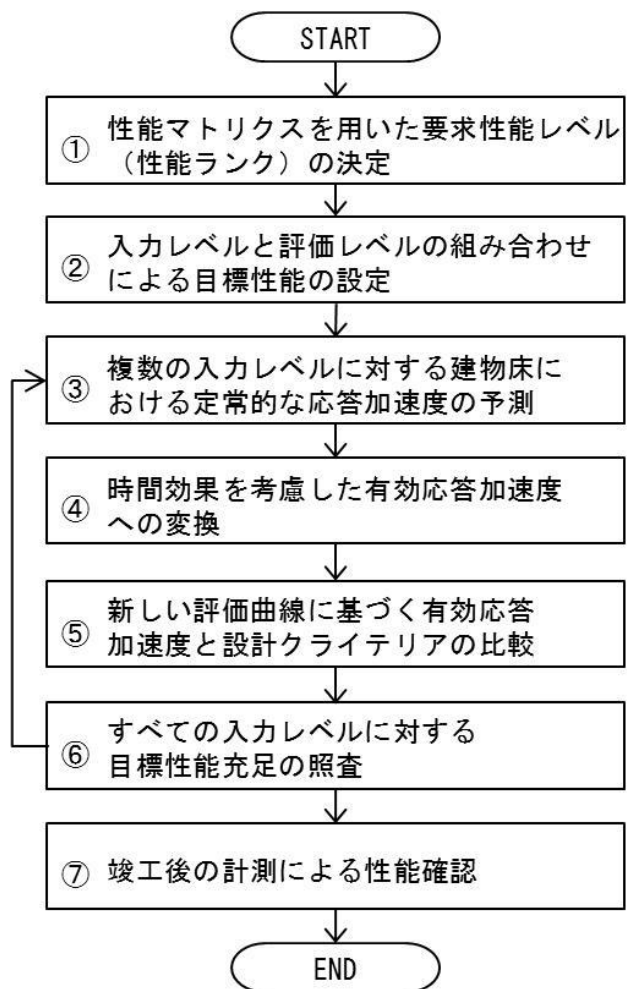


図 6 基本的な設計フロー

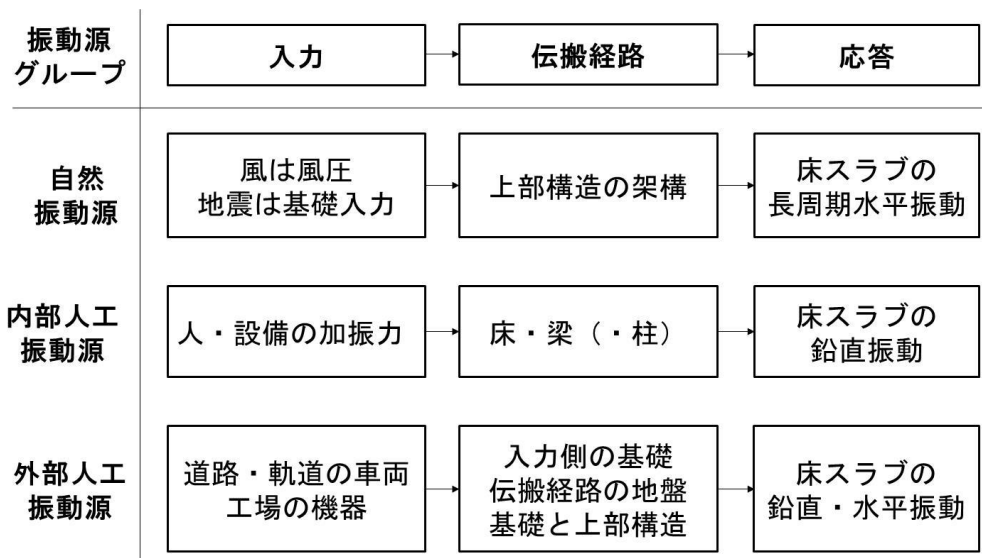


図7 物理量としての入力-応答関係

了する。具体的には以下の手順に従う。① 性能マトリクスを用いて建築主の要求性能に見合った性能ランクを決定する。② 性能ランクに対応する入力レベルと評価レベルの組み合わせを目標性能として設定する。③ 複数の入力レベルに対応する定常的な応答加速度を予測する。④ 定常的な（時間効果を無視した）応答加速度に時間効果に応じた低減係数を乗じて有効応答加速度に変換する。⑤ 入力レベルごとに求めた有効応答加速度を設計クライテリアと比較する。⑥ すべての入力レベルに対して目標性能が満足されていることを確認する。満足されていない場合は設計変更を行って満足するまで繰り返す。⑦ 竣工後、振動計測により建物が要求性能を満足していることを確認する。

6. 入力レベルの決定

環境振動設計における応答予測において、まず必要になるのが設計用入力である。設計用入力として必要な情報は、設計対象領域における入力位置と入力物理量である。たとえば、風振動の入力位置は建物の外壁面、入力物理量は風圧分布の時間変動になる。歩行振動の入力位置は建物内部の床スラブ、入力物理量は加振力である。交通振動の入力位置は建物の敷地境界、入力物理量は地盤加速度になる。

3つの振動源グループの実際の振動源の位置と入力物理量、それに対応する応答評価点の位置と応答物理量を図7に示す。対象とする振動源により入力位置と入力物理量は異なっている。そこで、環境振動が対象とする多様な振動源の設計用入力を全体として見通しよくするために、入力の大きさに関する共通概念として発生頻度を考えることにする。発生頻度と入力物理量の大きさは、概念的には図8に示すように、発生頻度が小さくなるほど入力物理量が大きくなる関係がある。

日本建築学会建築物荷重指針¹⁰⁾でも構造設計で扱うすべての荷重の大きさは発生頻度により統一的に表現されている。耐震設計や耐風設計では、設計用入力を決定するために再現期間という概念が一般に用いられている。再現期間は年間超過確率の逆

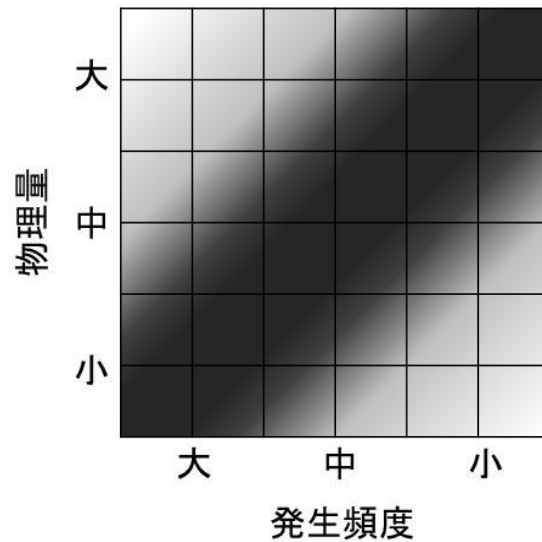


図 8 入力レベルの発生頻度と物理量の関係

数であり，ある入力レベルを超過する年間確率に着目している。環境振動設計においても，自然振動源に関しては，耐震設計と耐風設計との連続性を考え，発生頻度を年単位の再現期間に準じて表現する。

しかし，内部人工振動源と外部人工振動源は自然の繰り返しを表現する再現期間という概念には馴染まないため，超過確率の概念に戻って発生頻度を考える。人工振動源は自然振動源に比べて一般に発生頻度が高くなるので，年間超過確率ではなく日間超過確率，週間超過確率，月間超過確率などのように，より短期間の変動を表現できる超過確率を導入し，この超過確率の逆数として，再現期間を拡張した「対象期間」を定義する。このため，環境振動設計においては，自然振動源も含め，振動源の発生頻度は統一的に「対象期間」の用語を用いることにする。3つの振動源グループの入力物理量と対象期間の関係を表2に示す。図中で対象期間として示した数値はあくまで目安である。

表 2 入力レベルの物理量と発生頻度

振動源グループ	加振源	物理量	対象期間
自然振動源	風 地震動	風圧 (N/m ²) 地盤加速度 (cm/sec ²)	1年, 3年, 10年, 50年
内部人工振動源	人間活動 設備機器	加振力 (kN)	1日, 3日, 7日, 28日
外部人工振動源	車輛 (道路・鉄道) 工場 (生産機器)	地盤加速度 (cm/sec ²)	1週, 4週, 12週, 52週

7. 応答予測

環境振動設計においては、応答予測が合理的かつ精度よく行えるのであれば、どのような応答解析法を用いてもかまわない。応答解析法の選択は設計者に委ねられている。環境振動における応答予測の精度は、共振現象を適切に評価できるかどうかにかかっており、そのためには共振現象を特徴づける固有振動数と減衰比の推定が重要になる。自然振動源、内部人工振動源、および外部人工振動源に対する基本的な応答予測の考え方を図9に示す。

7.1 自然振動源

自然振動源に対する環境振動設計の一例として風振動を考える。風振動に対する設

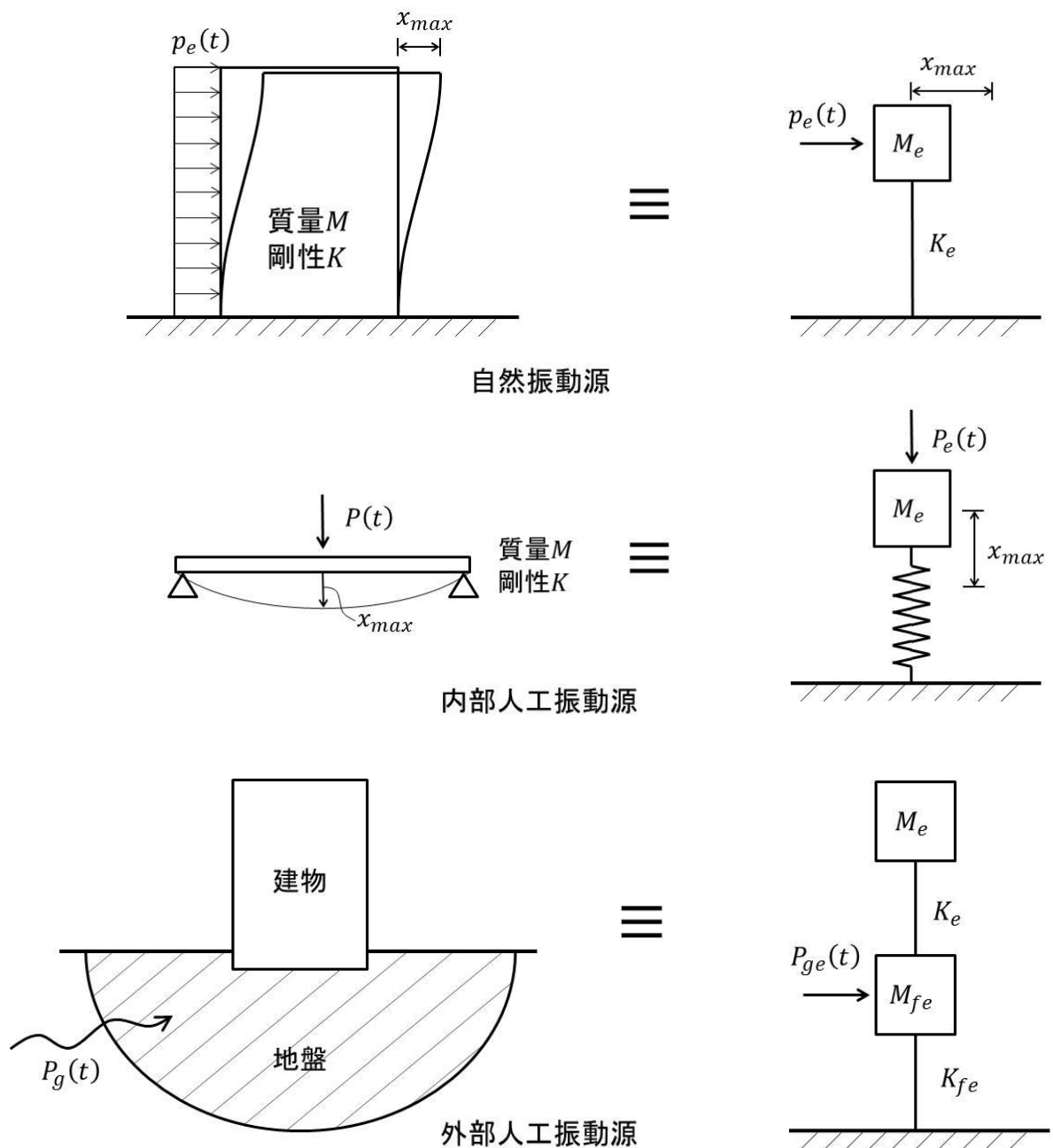


図9 応答予測のためのモデル化の考え方

計対象は建築物の全体架構であり、応答予測は床の水平加速度に関して行う。入力レベルは年間超過確率に基づく対象期間として、たとえば1年、2年、5年、10年などを考える。設計入力の物理量は、設定された対象期間に対応する建物外壁に作用する風圧分布である。

自然振動源に対する応答予測法はすでに確立しており、簡易予測法、周波数応答解析、時刻歴応答解析などが用いられている。簡易予測法では、並進2方向とねじれの各成分の1自由度系モデルを用いて最大応答加速度を算出する。周波数応答解析では、定常ランダム振動理論に基づき周波数領域で応答の標準偏差を求めたのち、ピークファクターを乗じて最大応答加速度を算出する。時刻歴応答解析では、変動風力の時刻歴波形を入力として直接積分法により時間領域で最大応答値を算出する。いずれも構造設計者には馴染みのある最大応答値を求めるための解析法であり、固有振動数と減衰比の推定を応答予測の要としている。

7.2 内部人工振動源

内部人工振動源に対する環境振動設計の一例として歩行振動を考える。歩行振動に対する設計対象は基本的に床スラブであり、応答評価は床の鉛直加速度に関して行う。ただし、梁のスペンが大きくなって剛性が低下すると、梁の振動が卓越し、梁と床が一体となって振動するようになるので注意が必要である。入力レベルは生活空間・作業空間としての行動範囲（面積）の違いを考慮したうえで、日間超過確率に基づいたたとえば1日、3日、7日、28日などを考える。設計入力の物理量は、設定された対象期間に対応する床への加振力である。したがって、中小規模のオフィスと大規模のオフィスでは、同じ有効期間であっても設計で考える加振力には差が生じる。設定された対象期間と建物規模に対応する床への加振力を、一人歩行、二人歩行、小走りなどにより表現することが検討されている。

内部人工振動源に関する応答予測法は設計者により異なっており選択の自由度が高い。床を1次元梁でモデル化し静的たわみから重量落下による影響を考慮して動的最大たわみを算定する方法、1次元梁の中央で加振力を与え加振点と応答評価点を一致させて最大応答値を算定する1質点モデルによる方法、1次元梁で加振力を移動させ応答評価点の最大応答値を算定する多振動源モデルによる方法、大梁・小梁・床スラブを一体とした3次元モデル上で加振力を移動させて最大応答値を算定するFEMモデルによる方法などがある。いずれの解析法を用いても歩調と床・梁の固有振動が共振する最も不利な状態を検討することができ、解析方法は整備されている。

現在の内部人工振動源の応答予測における問題点は、その後に応答値を1/3オクターブバンド分析に基づく評価曲線と比較する段階である。加振力として歩調と床・梁の固有振動が共振する状態に着目しているものの、応答予測の段階になると、もっとも重要な共振点を飛ばして評価してしまうという欠点がある。さらに、構造設計の基本である最大応答値を直接比較できるような設計クライテリアが与えられておらず、応答値を1/3オクターブバンド分析に基づく評価曲線と比較する際に、構造設計として異質な設計法を無理強いしているところがある。そこで「設計指針」においては、自然振動源の場合のように、床の最大応答値に基づく設計法を新たに提示した上で、最後に1/3オクターブバンド分析に基づく「評価規準」を満足していることを確認す

る方法を考えている。これは、さまざまな振動源に対する環境振動設計を統一的に整備するためにも、構造設計者が耐震設計や耐風設計と並行して環境振動設計を進めるためにも重要なことである。このためには、固有振動数と減衰比の推定に基づき最大応答値を算定したのち、その最大応答値を直接比較できる設計クライテリアを与える必要がある。今後の大きな課題として、1/3 オクターブバンド分析に基づく「評価規準」を最大応答値と直接比較しうる設計クライテリアへと変換することが挙げられる。

7.3 外部人工振動源

外部人工振動源に対する環境振動設計の一例として交通振動を考える。交通振動に対する設計対象は敷地内地盤を含む全体架構であり、応答予測は床の水平・鉛直加速度の両方に関して行う。入力レベルは短期的な交通量の変化と長期的な道路あるいは軌道の劣化や変形を考慮し、週間超過確率に基づく対象期間として、たとえば1週間、4週間、12週間、52週間などを考える。設計入力の物理量は、設定された対象期間に対応する建物の敷地境界における地盤加速度（水平・鉛直成分）である。

交通振動に関しては、これまで環境振動設計のための応答予測は全くといってよいほど手が付けられておらず、今回の「設計指針」において交通振動に対する設計法の基本的な考え方を提示することが求められている。交通振動に対する環境振動設計は、① 地盤振動の影響を適切に評価すべきこと、② 水平・鉛直の両成分を考慮する必要があること、③ 水平・鉛直の両成分とも非定常的な振動であることなどの課題があり、3つの振動源グループの中で最も応答予測がむづかしい領域といえる。

現時点では、自然振動源や内部人工振動源のように慣用的に用いられる解析モデルも確立されていないため、解析方法の例の提示を目的に、上部構造の1自由度モデルに基礎の質点と地盤ばねを加えた2自由度モデルを用いて入力損失と地盤ばねの影響を導入し、事前計測により記録しておいた水平・鉛直地盤加速度に対象期間に対応する倍率を乗じて設計用入力を作成し、時刻歴応答解析により最大応答加速度を求めて設計クライテリアと比較する方法などを検討中である。また、内部人工振動源でも記したように、1/3 オクターブバンド分析を準用した方法だと、共振点での照査を飛ばしてしまっただけでなく、最大応答値を設計指標に使えないという欠点がある。そこで、交通振動に対する設計体系を整備するに際し、内部人工振動源の場合と同じように、架構あるいは部材の最大応答値に基づく設計法を新たに提示し、最後に1/3 オクターブバンド分析に基づく「評価規準」を満足していることを確認する方法を考えている。

8. 設計クライテリア

環境振動設計において設計クライテリアを設定するときの根拠となるのが「評価規準」である。設計クライテリアとしての評価レベルは「評価規準」に基づいて設定される必要がある。しかし、環境振動設計においては、必ずしも「評価規準」をそのまま設計クライテリアとして使用する必要はない。「評価規準」はあくまで拠り所であり、設計クライテリアの設定は設計者に任されている。すでに述べたように、構造設計の基本は応答予測により求めた最大応答値を直接設計クライテリアと比較する枠組みであり、その基本からずれた設計を要求することは設計者に過度の負担をかけることになりかねない。「設計指針」の役割は、設計自由度を十分に保持しつつ、新しい「評価

規準」を設計者にとって利用しやすい枠組みとして提供することである。

これまでの評価指針は無感振動と有感振動の境界である知覚限界のみに着目して評価レベルを設定してきた。しかし、建築主が知りたいのは、感じるか感じないかということではなく、建物内で揺れの異なる有感振動をどのように感じるのか（不快になる、気分が悪くなる、耐えられなくなるなど）、あるいはその振動に対して人間はどのように反応するのかという体感レベルである。こうした要求に直接答えるには、現在の知覚確率による抽象的表現よりも体感レベルに関する具体的表現を用いる方が好ましい。このことは、建築主と設計者が要求性能を決定するプロセスにおいてとくに大切である。「評価規準」では、現在の知覚確率による表現を改め、体感レベルによる表現を採用することになった。これに対応し、「設計指針」における設計クライテリアも体感レベルに関する具体的表現を用いることになる。

「評価規準」が従来の評価指針からもっとも大きく異なるのが時間効果の導入である。これまでの評価指針で提示されている評価曲線は、正弦波の連続入力を受けたときの人間反応に関する室内被験者実験に基づいている。このため、衝撃的振動や間欠振動など継続時間が短い振動に対しては居住性能を過剰評価してしまう可能性が大きかった。「評価規準」では、振動の継続時間が短い場合には体感する振動の大きさが低減することが定量的に示される。「設計指針」では、この時間効果を導入した合理的な設計法を目指している。

具体的には、評価規準における時間効果の考え方に基づき、図 10 に示すように、横軸に振動の継続時間、縦軸に低減係数をとることにより時間効果を定量化する。継続時間が長くなると定常的な振動に収束し、短くなると非定常的な振動になる。設計者

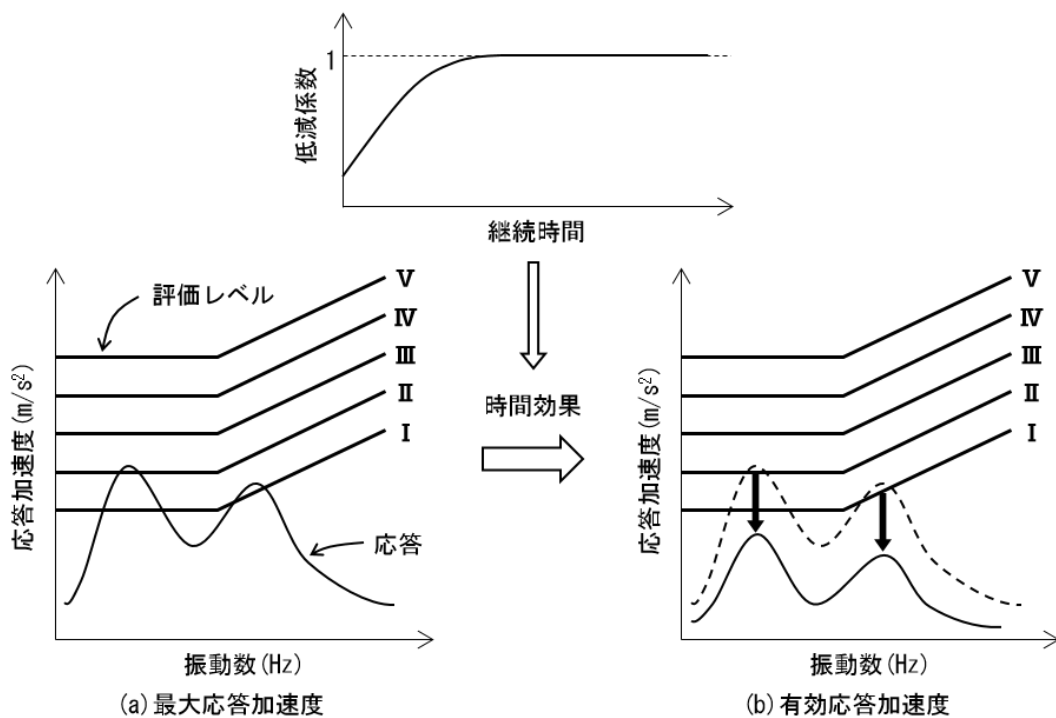


図 10 時間効果の導入

はまず定常的な振動として時間効果を無視した応答加速度を応答評価点で算定した上で、振動の継続時間に応じた低減係数を乗じることにより有効応答加速度に変換する。この有効応答加速度を設計クライテリアと比較することにより目標性能が充足されるかどうかを判定することになる。自然振動源に関しては、床振動の水平加速度の時間効果は小さいと考えられるので、設計フローにおける④を省略する。内部人工振動源に関しては、人間活動により発生する床振動の鉛直加速度の時間効果を考慮するが、設備機器からの振動は、使用状況にもよるものの、固定振動源として持続的に振動を発生している場合は時間効果を考える必要はない。外部人工振動源に関しては、移動振動源となる交通振動による床振動の水平・鉛直加速度の時間効果を考慮する。ただし、固定振動源から持続的に振動が発生している工場振動では時間効果を考える必要はない。

9. おわりに

環境振動設計指針策定検討 WG 全体としてのこれまでの進捗状況を紹介し、二年後に出版を予定している「設計指針」の概要を紹介した。今回の設計指針の改定は、評価と設計の分離という大きな決断のもとに進められている。「評価規準」の出版はアカデミックスタンダードとしての位置付けを明確にすることを、また「設計指針」の出版は「評価規準」に準拠した環境振動設計の進め方を推奨することを目的としている。評価と設計の分離により、それぞれのフィールドでの課題が明確になり、ある種の緊張感のもとで環境振動としての新たな発展が期待されている。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建物の振動に関する居住性評価指針同解説（旧指針），1991
- 2) 日本建築学会：建物の振動に関する居住性評価指針同解説（現指針），2004
- 3) 日本建築学会：第 31 回環境振動シンポジウム「住まいに入り込む環境振動」，2013
- 4) 日本建築学会：第 32 回環境振動シンポジウム「居住性能評価指針の新たな方向性－評価と設計の分離－」，2014
- 5) 日本建築学会：第 33 回環境振動シンポジウム「居住性能評価に応じた設計の枠組み」，2015
- 6) 日本建築学会：第 34 回環境振動シンポジウム「建築振動に関する安全性と居住性」，2016
- 7) 日本建築学会 2016 年度大会パネルディスカッション「建築物の振動に関する居住性能評価指針の改定に向けて」，2016
- 8) 日本建築学会：第 35 回環境振動シンポジウム「性能マトリクスを用いた環境振動設計」，2017
- 9) 後藤剛史・濱本卓司：わかりやすい環境振動の知識，鹿島出版会，2013
- 10) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説（2015），2015