

1. 本書の刊行経緯と目的

近年、コンクリート系共同住宅において、フリープラン等の消費者要求に対処するために、建築躯体構造や床仕上げ構造が変化してきている。床躯体構造は、同一住戸内の大梁や小梁を排除し1住戸1枚スラブとした、いわゆる「大型スラブ」化してきており、自由な間仕切り位置の設定を実現している。また、床仕上げ構造としては、従来の直張り系床仕上げから、設備配管類の自由な計画を可能にすることや建設後の補修・維持・管理を容易にするために、コンクリート躯体スラブと床仕上げ面の間に空気層を有する、いわゆる「乾式二重床」工法を採用するケースが目立ってきている。このような状況変化は、床衝撃音の発生系に大きな影響を及ぼすことから、床衝撃音遮断性能の設計法自体を再度見直す必要があるものと考えられる。

床衝撃音遮断性能の設計法については、有限要素法 (FEM)¹⁻¹⁾ など、インピーダンス法^{1-2),1-3),1-4)}、拡散度法¹⁻⁵⁾、統計的計算法¹⁻⁶⁾などが挙げられる。当学会では1988年7月に建築設計者・現場技術者向けとして、インピーダンス法による「建物の遮音設計資料：技報堂出版」を刊行し、今日に至るまで大きく貢献してきた。しかしながら、刊行後20年が経過し、前述したような理由から、建物の構造や仕様が大きく変化した最近の建物への適用性について再検討する必要があるものと考えられる。特に、現刊行本において床スラブ面積の適用範囲が10~30m²となっている部分については、拡張適用できるような修正が必要とされている。また、JIS A 1418 (建築物の現場における床衝撃音レベルの測定方法)などの規格が、ISOへの対応規格として2000年に改正され、特に標準重量衝撃源として、新たな衝撃源(ボール)が追加規定されたことなどへの対処を行う必要性が生じている。

本書の刊行を企画するにあたり、刊行小委員会では、当初1988年刊行の「建物の遮音設計資料」を改訂することが検討された。この「建物の遮音設計資料」は、I部：間仕切り壁の遮音設計、II部：床衝撃音防止設計の二部構成となっているが、I部の内容については、現状でもまだ十分利用可能な内容であるとの意見が多く、現時点で改訂する必要性はそれほど高くないという結論に達し、II部の床衝撃音の部分のみ独立させて新たな知見を導入し、書名を「建物の遮音設計(床衝撃音)」とし、新刊として刊行することが妥当であるとの結論に達した。

本書は、基本的にはコンクリート系共同住宅を対象としており、建築の設計時点において建築設計者が床衝撃音遮断性能の予測に利用できるものであること、建築現場において建築技術者が利用可能な内容のものであることなどを目的としたものであり、平易な記述・内容表現であることを条件とした。床衝撃音レベル予測計算方法としては、従来の「インピーダンス法」を踏襲することとし、特に最近の大型スラブへの適用性を考慮することとした。また、実現場において測定された床衝撃音データを入手し、遮断性能別・床躯体構造別などに分類整理し、性能別に床構造仕様が参照できる設計資料も整えた。さらに、床仕上げ構造別の「床衝撃音レベル低減量」の実験室データを

2 1. 本書の刊行経緯と目的

種類ごとに収集し、性能別に仕様選択が可能なように充実化を図った。

なお、本書の最後には床衝撃音の測定・評価関連の規格・基準類をまとめて掲載し、関連規格の理解と有効利用を促進させるとともに、建築の設計者や施工者、販売者等への情報提供も考慮に入れた。本書が、有効に活用されることを願っている。

2. 床衝撃音防止設計

2.1 床衝撃音の種類と防止法の考え方

床衝撃音とは、建物の上下階に連続する住戸において、上階の床で人が歩行したり、物の落下等により床に衝撃が加わることによって床が振動し、下階の居室に発生する衝撃性騒音をいう。床衝撃音は、その発生原因が衝撃力の床への入力にあることから、衝撃力の時間・周波数特性や床構造の振動特性、下階の受音室の音響特性に依存する。特に、床構造の振動特性は発生音を大きく左右し、予測計算を行う上では重要な要因となる。

床衝撃音は衝撃力の時間・周波数特性の変化によって、大きく2種類に分けて考えられる場合が多い。1つは、軽くて硬い衝撃源の落下によって発生する衝撃音であり、通常、軽量床衝撃音と呼ばれる。具体的には、掃除機の移動による発生音やナイフ、スプーンなどの食器類の落下によって発生する衝撃音であり、特に中・高周波数の衝撃力が影響する。この種の床衝撃音は、衝撃力が比較的小さいことから、基本的な対策は床表面仕上げ材の弾性（柔らかさ）によって行われる場合が多い。当然、床躯体構造の振動特性の影響を受けることになるので、床版の広さや周辺の拘束の程度、固有振動による影響を受けるため、床断面性能（質量や曲げ剛性）の向上も効果があるが、床表面仕上げ材の弾性による効果の方が大きいため、一般的には床表面仕上げ材によって対策を考える場合が多い。もう1つは、重くて柔らかい衝撃源の落下によって発生する衝撃音であり、通常、重量床衝撃音と呼ばれている。この種の衝撃源としては、人の跳びはねや走り回りなどが代表例として挙げられる。重量衝撃源は衝撃力自体が大きく、低周波数域の成分が卓越することから、床衝撃音自体が床躯体構造の振動特性によって決定されることになる。軽量床衝撃音に対して効果のある床仕上げ材は、衝撃力が大きいため圧密されてしまい衝撃源の弾性を上回ることが多く、緩衝効果を得ることはほとんどできない。よって、対策の基本は床躯体構造の曲げ剛性・質量の増加、スラブ周辺拘束の増加、振動減衰定数の増加、固有振動数の調整など、床躯体構造の対策が基本となる。

以上のように、床衝撃音の発生系は「衝撃源の衝撃力特性」⇒「床構造の振動特性」⇒「受音室の音響特性」となり、特に重量床衝撃音の場合には、床構造の振動特性をどのように定量的に捕らえるかが予測計算を行う上で重要なことになる。本書では、床躯体構造の振動特性を駆動点インピーダンス（衝撃力/振動速度）で表し、スラブの周辺拘束の程度やスラブの固有振動数域の振動増幅量などを駆動点インピーダンスの変化量として補正する方法を用いている。また、それらの補正量は実際の床構造を対象とした実測値に基づき決定する方法を採用している。なお、文献1-5)で示す「拡散度法」も「インピーダンス法」の一種であり、スラブの共振によるインピーダンス低下

量の算定にスラブの拡散性を表す「拡散度指数」を用いる方法が示されているが、本書では既往の手法を踏襲することとし、固有振動数帯域ごとにスラブ共振による影響を補正する方法を用いることにした。また、各要因に対する補正量については、最近の研究成果を導入し修正した。

2.2 床衝撃音防止設計の流れ

建築物の計画→設計→施工→竣工の一連の流れを床衝撃音防止設計の面からフローとして示すと図 2.1 のようになる。

本図は新築時の流れとしてまとめたものである。特に実施設計時の性能予測には、3 章、4 章で示す「インピーダンス法」、または第 7 章で示す「実測データの整理結果」を利用するとよい。

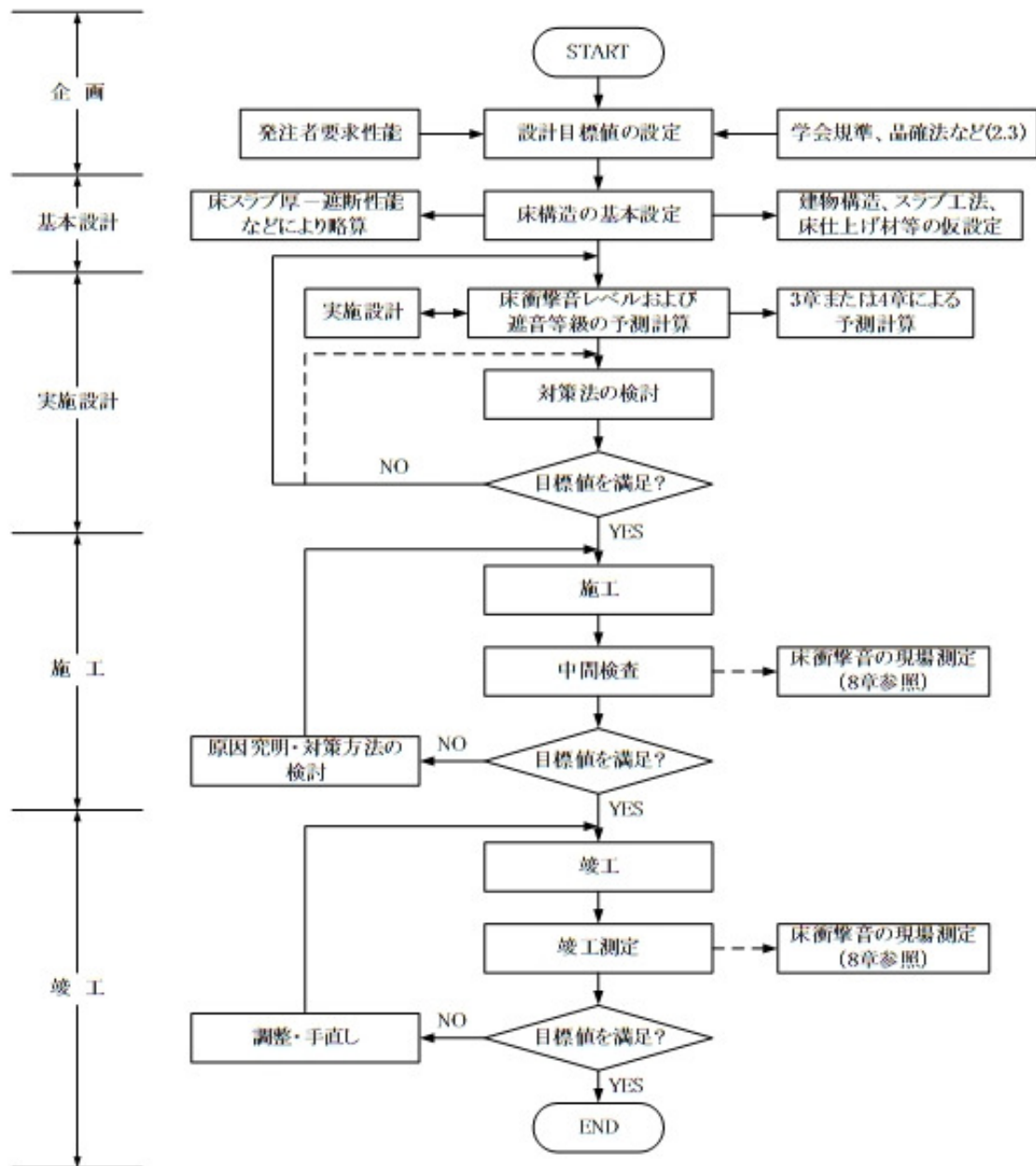


図 2.1 床衝撃音防止設計の流れ

3. 重量床衝撃音の実用的計算法

3.1 インピーダンス法による実用的計算法

JIS A 1418-2: 2000 に規定する標準重量衝撃源でコンクリート床スラブを衝撃したとき、直下室内に発生する床衝撃音レベルは、**図 3.1** に示す計算フローによって予測することができる。この計算フローは、床スラブの駆動点インピーダンスを基本としたもので、特に実用性を重視した計算体系を導入したものである。よって、各種物物理量の特定では実際の建築物における実測値を利用したものが多く、予測計算値は現場実測値の平均的な値を求めることを目的としている。

以下、**図 3.1** の計算フローに従い、計算例を示しながら計算法の解説を行う。なお、本計算フローは普通コンクリートの密度 $2,400\text{kg/m}^3$ 、ヤング率 $2.4 \times 10^{10}\text{N/m}^2$ の等価厚さ h (フロー中(2)で算出) をもつ均質単板スラブに置き換えて扱う体系としている。

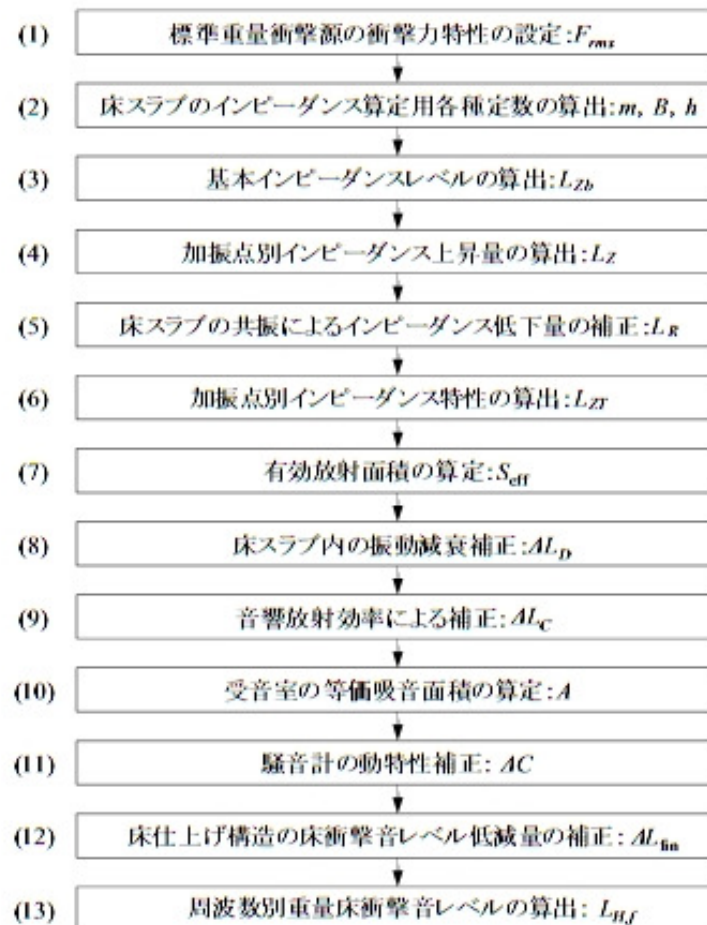


図 3.1 重量床衝撃音の計算フロー

(1) 標準重量衝撃源の衝撃力特性の設定： F_{rms}

JIS A 1418-2に規定されている2つの標準重量衝撃源のオクターブバンド別衝撃力を用いる。この2つの衝撃源の衝撃力暴露レベルを表3.1、図3.2に示す。2つの衝撃源は、衝撃力特性(1)、衝撃力特性(2)と表現されているが、本書ではそれを実現できる衝撃源として一般に用いられているタイヤ、ボールと表現する。なお、衝撃力暴露レベルは、オクターブバンドごとに1秒間当たりの衝撃力レベル実効値として表したもので、基準値を1NとしてdB表示したものである。

表3.1 標準重量衝撃源のオクターブバンド衝撃力暴露レベル

	オクターブバンド中心周波数 (Hz)				
	31.5	63	125	250	500
衝撃力特性(1) (タイヤ)	47.0	40.0	22.0	11.5	5.5
衝撃力特性(2) (ボール)	39.0	31.0	23.0	16.0	11.5

(単位：dB)

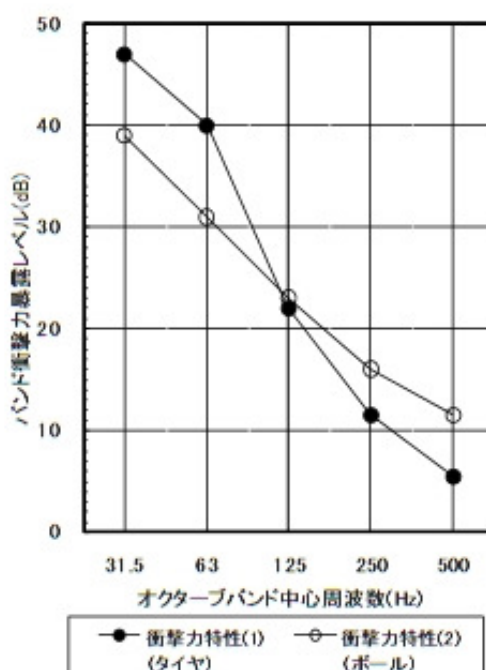


図3.2 標準重量衝撃源の衝撃力暴露レベルの周波数特性

(2) 床スラブのインピーダンス算定用各種定数の算出： m , B , h

計算対象とする床躯体スラブの駆動点インピーダンスを算出するうえで必要な床スラブ断面の曲げ剛性の計算を行うため、ポイドスラブやデッキプレートスラブ、増し打ちスラブなどの複合床断面については、次のような方法により、床スラブの面密度 m 、床スラブの曲げ剛性 B 、等価厚さ h の算出を行う。なお、増し打ちスラブの場合は、原則として各層の曲げ剛性の単純加算によって求めることとする。また、ここで求める等価厚さは普通コンクリートスラブ (密度： 2400kg/m^3 、ヤング率： $2.4 \times 10^{10}\text{N/m}^2$) に換算した値としている。

5. 床衝撃音レベル低減量

5.1 床衝撃音レベル低減量の測定方法

床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量 (AL_{fm}) は、基本的に実験室における測定で求められる。測定は、JIS A 1440-1:2007「実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法 ー第1部：標準軽量衝撃源による方法」、ならびに JIS A 1440-2:2007「同 ー第2部：標準重量衝撃源による方法」に規定される方法 (8.3 参照) により行われる。

なお、同 JIS が制定される以前は、JIS A 1440:1997「コンクリート床上の床仕上げ構造の軽量床衝撃音レベル低減量の実験室測定方法」や他の測定方法^{5-1),5-2)}などが用いられていたため、測定装置や測定方法が同 JIS と異なっていたことから、同じ床仕上げ構造でも AL_{fm} に差が発生している場合がある。そのため、床仕上げ構造の AL_{fm} を予測計算に利用する場合は、どの測定方法によって計測された値であるかを明確にしておく必要がある。

5.2 各種床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定例

集合住宅などで使用されることの多い代表的な床仕上げ構造として、カーペット・コルク床・塩ビシート・畳・直張り木質フローリング・乾式二重床・発泡プラスチック系床の断面例を図 5.1～図 5.3 に示す。また、これらの各種床仕上げ構造の軽量・重量床衝撃音レベル低減量の傾向を図 5.4～図 5.11 に示す。いずれも実験室のコンクリート床板 (厚 150 mm または 200 mm) を用いて測定されたデータであり、破線は最大値と最小値を示している。

JIS A 1440-1,2:2007 で示すカテゴリー I に分類される床仕上げ構造 (カーペット、塩ビシート) や比較的薄い床仕上げ材 (畳・薄畳、直張り木質フローリング) では、重量床衝撃音レベル低減量は 63～125 Hz 帯域ではほぼ 0 dB となる。また、軽量床衝撃音レベル低減量は断面仕様によって様々である。

同 JIS のカテゴリー II に分類される乾式二重床や発泡プラスチック系下地床は、特に、重量床衝撃音の場合、床仕上げ構造の上部面材の変化により 63 Hz 帯域～500 Hz 帯域で AL が大きく変化する。

以下、床仕上げ構造ごとに床衝撃音レベル低減量の傾向を以下に示す。

(1) カーペット

カーペットは上部のパイル部分と下部 (または下地) のクッション層から構成される。パイルの

形状には、ループパイル、カットパイル、またはその混合があるが、形状やパイルの長さによるよりも、パイルの目付け重量（単位面積当たりの重量）による変化が大きい。またクッション層については材料の違い（発泡体や不織布）よりも、その材質としての軟らかさや厚さによる影響が大きい。クッション層は一般には軟質の方が軽量床衝撃音レベル低減量は大きくなるが、あまり軟質であると衝撃に対してクッション層が簡単につぶれて硬くなってしまうため、逆に性能が低くなる例もある。

(2) 塩ビシート

材質が発泡性でない場合は、軽量床衝撃音レベル低減量は小さく、500 Hz 帯域以下の衝撃音に対しては、低減効果はほとんど 0 dB である。材質が発泡性のものや、下層に軟質のクッション層を有する場合は、軽量床衝撃音レベル低減量が大きくなる。

(3) 畳・薄畳

伝統的な稲わら畳（本畳とも呼ばれる）や、厚さが 55 mm 程度ある建材畳（心材に繊維板やポリスチレンフォーム板を挿入した畳）の軽量床衝撃音レベル低減量は大きく、安定している。バリアフリー化対応などのために従来よりも厚さの薄い 15 mm～35 mm 程度の畳は“薄畳”と呼ばれる。薄畳は、軽量床衝撃音レベル低減量の性能を高めるために、心材となる硬い層の上下に、軟質の発泡体などによるクッション層を挟んでいるものが多い。

軽量床衝撃音レベル低減量の大小は、このクッション層の軟らかさと厚さによってほぼ決定され、厚さ 15 mm の薄畳であっても、適当なクッション層を有するものは、軽量床衝撃音レベル低減量が大きい。

(4) 直張り木質フローリング

直張り木質フローリングは、上部の木質部と下部のクッション層からなる。木質部の基材には合板や MDF（中密度繊維板）が使われることが多いが、それ自体では材料が硬すぎるため、図 5.1 (c) に示すように鋸溝加工を施し柔軟化することで、軽量床衝撃音レベル低減量が大きくなる。

上部の木質部は、柔らかい方が軽量床衝撃音レベル低減量は大きくなるが、歩行感の悪化や床鳴りを発生させることもある。下部のクッション層は、軟らかさが適度な材料であれば厚いほど軽量床衝撃音レベル低減量は大きくなる。ただし、この場合も歩行感とのバランスが重要となる。また、クッション層の厚さが十分であっても材質が硬い場合には、軽量床衝撃音レベル低減量が極端に小さくなることもあるので注意を要する。

(5) 乾式二重床

乾式二重床は図 5.2 に示すように上部面材を防振ゴムを有する支持脚等で浮かした構造になっており、その多くはベースとなるパーティクルボードの上に仕上げ材となるフローリング等が施工される。また、居室への踏み込みや家具などの設置による沈み込み対策のために、室四周の壁際の