

重量床衝撃音遮断性能の発生系と 予測手法に関する基礎的研究

環境研究グループ 研究員 平川 侑

I はじめに

居住空間の音環境の快適性をどのように向上させられるかは、今も昔も音の研究に関わる分野の人間にとって大きな課題です。集合住宅のクレームとして遮音に関する問題が挙げられていることは特筆されるべきで、根本的に何の音が快で、何の音が不快かという問題になると、その発生源の家主や音の事を「好んでいるか」「好んでいないか」などの問題に帰着する事もあります。特に音の研究に携わらない人からはこのような意見を頂く事も多いのですが、あまりうまく返せた記憶がありません。

また、重量床衝撃音の研究をしているとえば、「うちも上からの音が聞こえるのですがどうすればいいですか？」等と聞かれることがあります。その場合、コンクリートスラブ厚を厚くするなど、即時的な対応ができる回答が思いつきません。そこで、そもそも問題が発生しないように、音に関する問題の対策をする必要があります。このためには、設計段階できちんと予測しておくことが大切で、予測手法が大きな役割を果たすのだと考えられます。

本稿では、床衝撃音の発生源について、また、発生経路について、発生経路までを含めた予測手法を紹介します。

II 床衝撃音とは

床衝撃音という名称から想像できるように、主に上階の室内から、下階の室内における音の事を示します。しかしながら、床衝撃音には「ドスン」という重い音（子供の飛び跳ね音や、大人の歩行音など）と、「コツン」という軽い音（椅子の引きずった音、靴履き歩行の音など）の二種類が存在します。

靴を脱いで生活をする日本の集合住宅における騒音のクレームは、主に「ドスン」という音でした。これをもとに、1978年にJISにより重量床衝撃音の測定が規格化され、2010年にはISO化されました。

日本では当初、普通乗用車のタイヤを85cmの高さから落下させていましたが、その後バングマシンという自動タイヤ落下装置を作成し、現在ではシリコンラバーを使用したボールを1mから落下させる測定方法も、バングマシンの測定とともに規定されています。

欧米諸国では靴履きの生活様式から、上階からの物音は主に「コツン」という音でした。あちらでは1960年に軽量床衝撃音の測定方法を規定しています。これは1927年から1928年にアメリカのBureau of Standardsにおいて、2lb(約0.9kg)の5つの並列に並べられたハンマーを0.2s間隔で落下させることで床を加振する研究から現在に至ります[1]。

床衝撃音に関する日本の法律は、住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）において規定されています。

直接音以外の音の伝わり方について

音源は必ずしも直上の室が音源であるとは限りません。側路伝搬音も重要な要素になってくる場合があります。

重量床衝撃音における側路伝搬音とは、図1に示すように、上階の床から天井を通して室に透過する直接音の他の経路を辿って、室内に放射される音を言います。このような現象は建築物においては非常に重要で、ドアの開閉音やトイレや風呂の排水、設備機器の振動に起因する騒音等も、遠く離れた場所から居住者の元に届いてしまうことがあります。

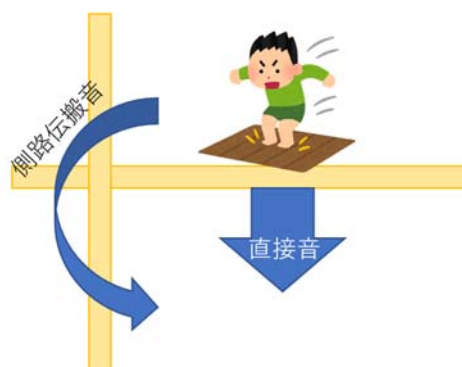


図1 直接音と側路伝搬音

III 予測手法

これまで、汎用的に使用されていた重量床衝撃音遮断性能の予測手法は、インピーダンス法 2009[1]といい、天井と居室のみを考えた場合でした。本研究では、側路伝達音までを考えた予測手法について紹介します。

過渡応答向け統計的エネルギー解析法

過渡応答向け統計的エネルギー解析法（以下：TSEA）は、統計的エネルギー解析法（以下 SEA）を過渡応答（衝撃音など）に向けた発展形の予測手法です。SEA は、ロケット等の複雑な構造体の高い周波数の振動応答の予測に使用されます。構造体の精密な形状の情報を必要としないことから、複雑な形状をもつ構造体の分析でも手軽に行うことができる統計的な予測手法です。

高い周波数における共振周波数は材料特性や形状、拘束条件などによる不確実性が無視できないため、一つのモードの応答を正確に予測することは、有限要素法などの決定論的な予測手法を用いても困難であることから、統計的な予測手法として、その地位を築いてきています。

SEA の考え方として、ある構造体を、要素に分割します。その図解を図 2 に示します。加振対象の上階の床（天井）と室のみを考える場合は、天井が要素 1、下室は要素 2 となり、2 要素のモデルとなります。また、これに東西南北の壁（4 つ）、室の床を考えれば全部で 7 要素になります。図 2 で示しているのは、7 要素のモデルです。矢印で示す間にはエネルギーの行き来があり、これを統計的に計算するのが SEA です。

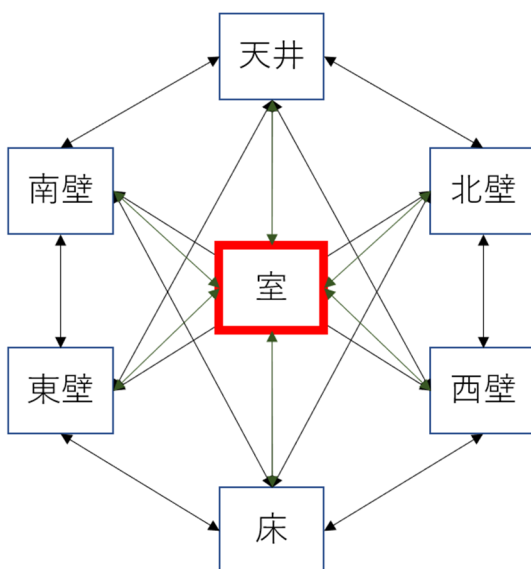


図 2 室要素とその周辺の要素の関係について

過渡応答向け統計的エネルギー解析法では、下式にて各要素におけるエネルギー（周波数帯域別、かつ、時刻ステップ別に）が計算されます[2, 3]。

$$E_i(t_{n+1}) = E_i(t_n) + \Delta t(W_{in}(t_n) + \sum_{j(j \neq i)} \omega \eta_{ji} E_j(t_n) - \omega \eta_i E_i(t_n))$$

ここで、 η_{ji} 、 η_i は接合損失係数、統合損失係数項で、行列化されています。

建築音響においては、構造自体は容易に見えますが、接合部の拘束条件や材料特性における不確実性が大きいことから、統計的な予測手法を使うことで、設計段階である程度の遮音性能を予測しておくことができる事がメリットになります。

今後の課題

重量床衝撃音に関しては、乾式二重床構造における重量床衝撃音の予測など、要素が複雑になった場合の予測の向上を試みる必要があります。また、側路伝搬音を加味した、利便性の高い予測手法の早期開発が必要不可欠であると考えます。

側路伝搬音については、床衝撃音以外でも必要性が高いものだと思います。具体的には、設備騒音や断熱材性能と音環境の関係などが考えられます。

参考文献

- [1] 子安, 床衝撃音測定方法の問題点と関連規格, 騒音制御, 1990;14:4:166-169
- [2] 日本建築学会編. 建物の床衝撃音防止設計. 技法堂; 2009
- [3] Robinson M, Hopkins C. Prediction of Maximum Time-Weighted Sound and Vibration Levels Using Transient Statistical Energy Analysis . Part 1: Theory and Numerical Implementation 2014;100:46-56. <https://doi.org/10.3813/AAA.918685>
- [4] Robinson M, Hopkins C. Prediction of Maximum Time-Weighted Sound and Vibration Levels Using Transient Statistical Energy Analysis . Part 2: Experimental Validation 2014;100:57-66 <https://doi.org/10.3813/AAA.918686>.