

純ラーメン構造の重量床衝撃音性能に関する 正方形共振の影響について

騒音問題総合研究所（代表：橋本典久）

〒039-1111 青森県八戸市東白山台4丁目5-3

TEL (FAX) : 0178-27-7025

E-mail : noiselabo@snow.plala.or.jp

1. 床スラブと大梁の連成振動状態

技術資料 J-01 で示したように、純ラーメン構造やそれに準じた床構造においては、床スラブと大梁の連成振動が生じる。この連成振動とはどういう状態なのか、この点について、数値計算法を用いて具体的に説明する。なお、用いた数値計算法は弊所が開発した「面内面外変位連成型有限要素法」であり、ホームページから自由にダウンロードできる。

まず図1は、技術資料 J-02 で示した純ラーメン構造における重量床衝撃時の振動加速度分布である。この加速度分布では実際の大梁や床スラブの動きが分からないため、新たに、同じ床構造の瞬時の振動モードを求めた。その結果が図2である。この場合には衝撃点は室の中央1点のみであり、応答振幅が最大値を記録した時のモードを基準化して示している。

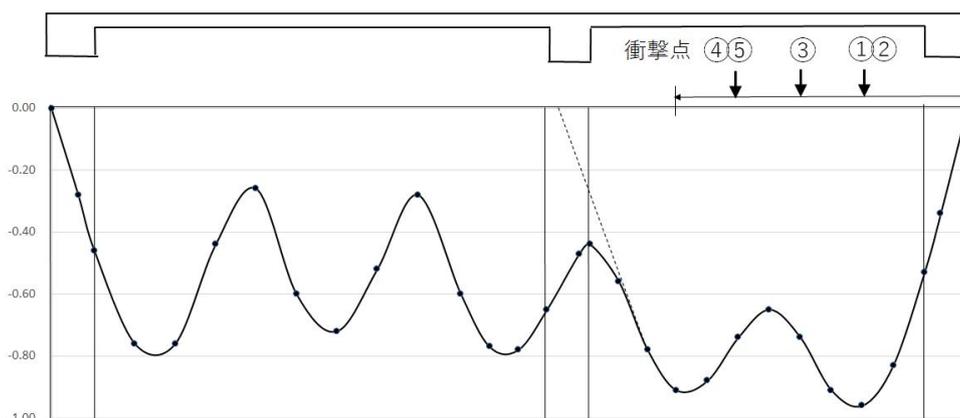


図1 重量床衝撃時の振動応答解析結果（63Hz 帯域、振動加速度分布）

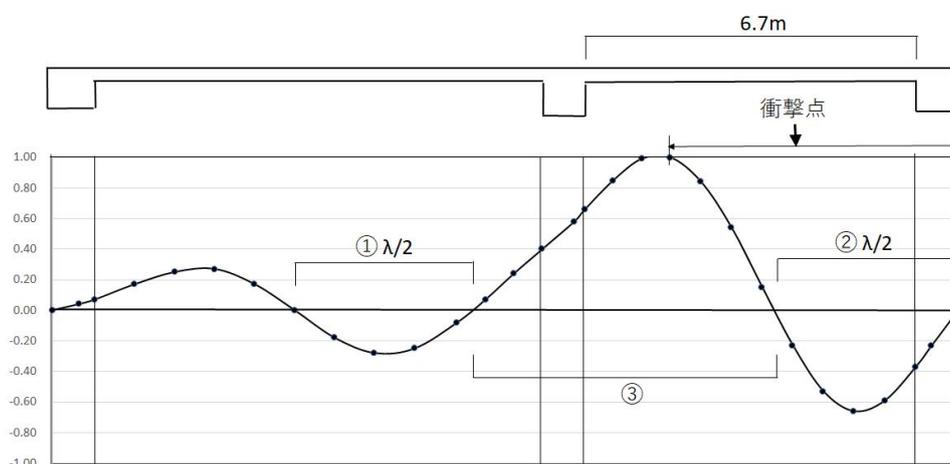


図2 重量床衝撃時の最大値を記録した時の瞬時の振動モード（63Hz 帯域、振動加速度）

この床構造はボイドスラブであり、密実スラブに換算した時の等価スラブ厚は246mm、換算単位体積重量は1840 kg/m³であり、これより63Hzの曲げ波の波長(λ)を計算で求めると5.1mとなる。図2を見ると、床スラブにおける①や②の曲げ波の半波長は、概ね計算値と同程度の長さとなっているが、大梁を含む部分の③はこれよりかなり長くなっている。すなわち、大梁部分が揺れて、それに引きずられて床スラブが振動している形である。衝撃点は床スラブ上であるから、その振動が伝わって大梁を揺らし、それに引きずられて床スラブが大きく振動する形となっている。このような状態が大梁と床スラブの連成振動状態であり、大梁の影響により最大振幅の位置も衝撃点を外れて大梁側に寄っている。

2. 純ラーメン構造の正方形共振について

純ラーメン構造やそれに準じた床構造では、重量床衝撃時において大梁と床スラブの連成振動が生じ、従来のRC壁付き大梁などで囲まれた床スラブとは、重量床衝撃音性能で大きな差が生じる場合がある。この場合の重量床衝撃音の性能評価に関しては、技術資料J-01で示したように、等価寸法倍率という方法を用いて拡散度法で計算は可能である。

ところが、大梁で囲まれた(一部がRC壁の場合も含む)床スラブの形状が正方形に近く、かつ、その面積が30m²弱(大梁内々面積)の小面積の場合、63Hz帯域で共振が発生し、正方形であるためにその増幅が強調され、重量床衝撃音性能が極端に悪化する場合がある。

図3はその代表的な実測例であり、表1の測定物件の条件表にある通り、床スラブの厚みが250

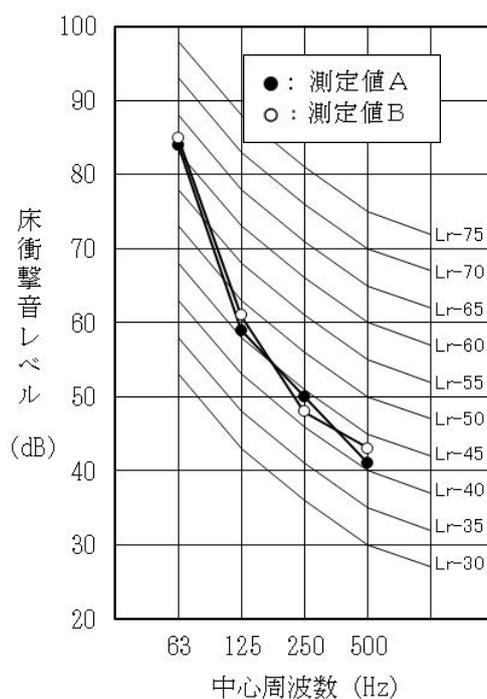


図3 重量床衝撃音の測定結果

表1 測定物件の床スラブの条件

| 物件 | 大梁内々寸法(m) | 大梁内々面積(m ²) | 床スラブ条件 |
|------|-------------|-------------------------|-----------------|
| 測定値A | 5.48 × 5.02 | 27.5 | ボイドスラブA、床厚250mm |
| 測定値B | 5.59 × 5.00 | 28.0 | ボイドスラブB、床厚300mm |

mmや300mmであるにも拘わらず、測定値の重量床衝撃音性能（L値）はL-62、L-61となっている。この測定結果では、63Hzの床衝撃音レベルが125Hzに較べて25dBも大きくなっており、これはかなり強い共振状態が生じていると言える。表1に示されるように、床スラブの厚みは250mmと300mmと大きく異なるものの、重量床衝撃音の測定結果はほぼ同一の特性であり、床スラブの形状はほぼ正方形、大梁内々寸法は30m²弱となっている。従来の床構造では考えられない性能であるが、これが純ラーメン構造における正方形共振の影響による結果である。

正方形共振について解析例を用いて説明する。図4は解析対象とした純ラーメン構造の床スラブである。固有値解析結果によれば、検討対象部分の床スラブの1次固有振動数は46.7Hzであり、63Hz帯域に含まれている。重量床衝撃時の大梁の影響を確認するため、図4に示す加振点1、および加振点2に、重量床衝撃の加振力に相当する正弦半波の衝撃力を加えた時の振動応答を解析した。図5(a)はスラブ中央の加振点1を加振した時の振動加速度分布の結果であるが、大梁は殆ど振動しておらず、床スラブのみの振動となっている。確認のため、大梁に近い加振点2の場合も解析したが、やはり大梁は殆ど振動せず、床スラブ部分のみが振動する形となっている。更に確認のため、加振力を正弦半波ではなく63Hz帯域のオクトブバンドノイズとした場合も解析したが、振動加速度分布は同様であった。なお、結果は省略したが、床スラブの形状が正方形から長方形に変化してゆくと、大梁部分に徐々に振動が発生し、床スラブと大梁の連成振動状態となってゆくことが確認されている。

このように、純ラーメン構造の床スラブが正方形の場合、本来は大梁が連成振動する部分のエネルギーが床スラブの振動のみに集中するため、床スラブの振動が極端に大きくなる。そのため、図3で示したように、床スラブ厚が250mmや300mmであるにも拘らず、重量床衝撃音性能がL-60を超えるような性能となる現象が生じることになる。これは、単に1次の固有振動数が63Hz帯域に入る事だけではなく、床スラブと大梁の連成振動における特殊な条件下の現象と考えられるが、正方形になると大梁の連成振動が抑えられる詳細な振動メカニズムについては現在はまだ不明である。

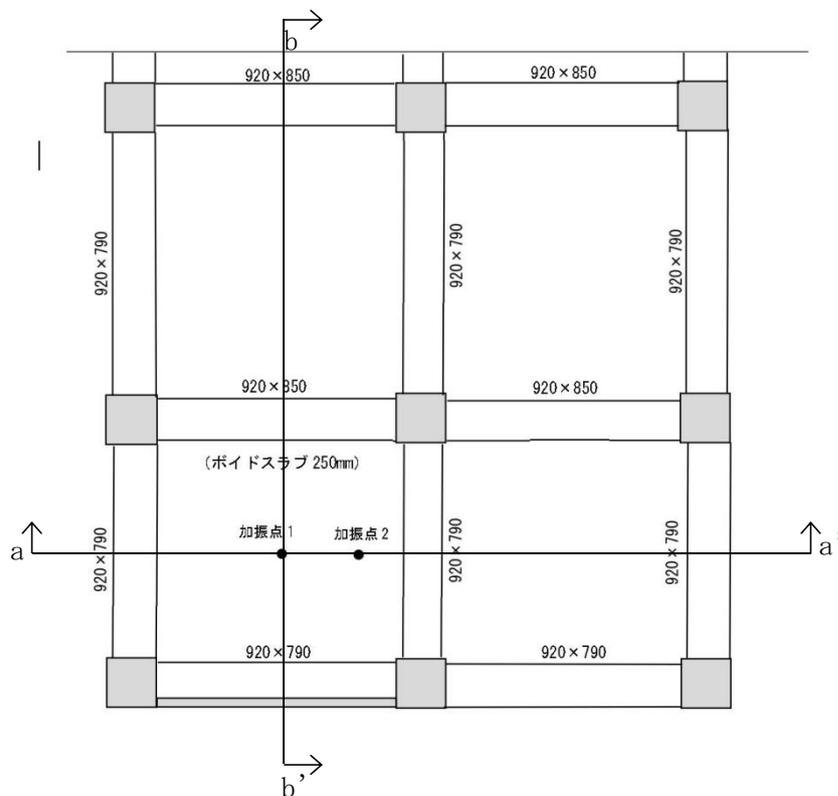
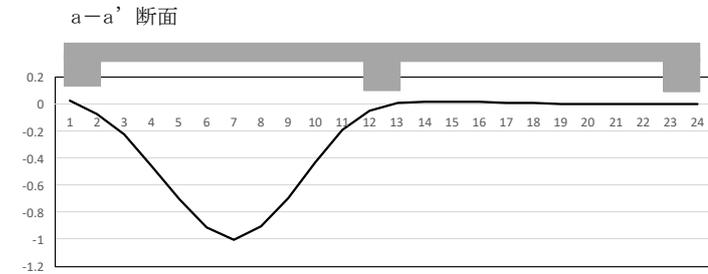
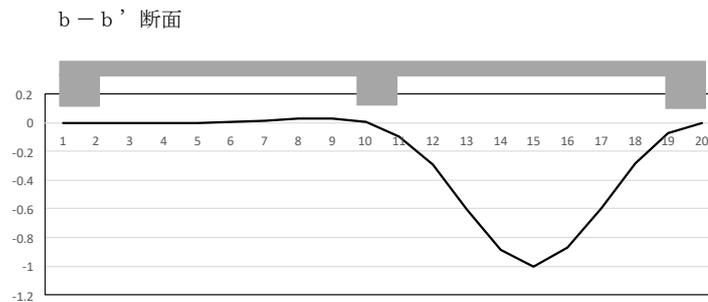
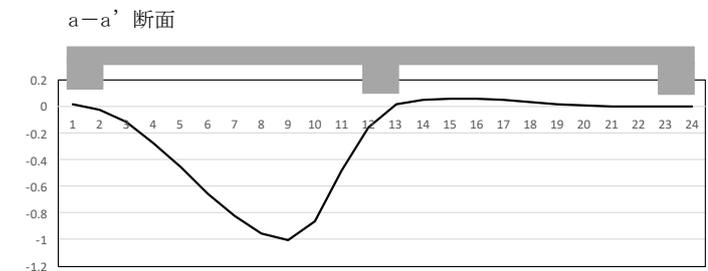
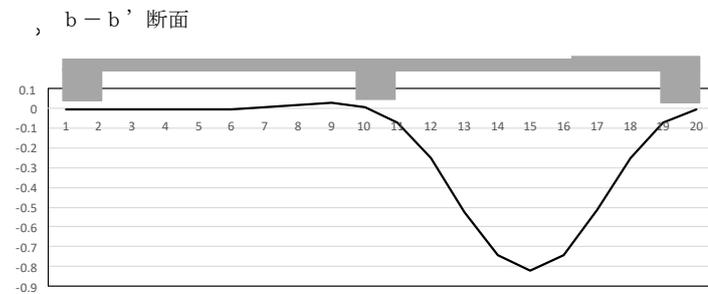


図4 純ラーメン構造の解析対象



(a) スラブ中央（加振点1）を加振



(b) 大梁寄りの点（加振点2）を加振

図4 正弦半波加振時の振動加速度分布（最大値記録時）

3. まとめ

純ラーメン構造やそれに準じた構造における重量床衝撃音の性能評価においては、従来のRC壁付きの大梁で囲まれた床スラブとは異なり、床スラブと大梁の連成振動を考慮する必要がある。

この連成振動を考慮した評価法としては、技術資料J-01で示した等価寸法倍率があり、これにより実際に考慮すべき振動の範囲を評価して、拡散度法により重量床衝撃音性能を計算できる。

もう一つの問題が、当技術資料で示した正方形共振の影響である。これに関しては、等価寸法倍率とは別の問題となるため、別途、その影響を考慮する必要がある。

以上の内容を整理すると、純ラーメン構造やそれに準じた構造における重量床衝撃音の性能評価においては、

- ① 床スラブと大梁の連成振動に対する等価寸法倍率を考慮した計算。
- ② 小面積床スラブでの正方形共振の影響の考慮。
を行うことが必要となる。

今後も高層集合住宅の建設は増加の一途を辿ると考えられ、構造形式として純ラーメン構造が採用されることも多いと思われる。また、集合住宅での床衝撃音問題というのは、生活の質を決定する最も大きな要因と言っても過言ではない。そのような中、重量床衝撃音性能がL-60以下という劣悪な性能の建物が造られてしまう可能性があるということは大問題である。その観点に立てば、正方形共振に関しては、重量床衝撃音の性能評価の問題ということではなく、建築設計自体の問題であると言える。重量床衝撃音問題の観点からは、**純ラーメン構造及びそれに準じた床構造において、大梁で囲まれた（一部がRC壁の場合も含む）床スラブの形状が正方形に近く、かつ、その面積が30m²弱（大梁内々面積）の小面積となるような設計をしないことが何より肝要であるといえる。**建築設計者が十分に留意されることを期待する。