

## 第6章 建築物床構造の条件変化による 音響域振動性状、固体音性状の影響評価

重量床衝撃音性能に係わる各種の要因、例えば板厚や床面積といったパラメーターの要因効果に関しては、実測結果あるいは解析結果をもとに各種の参考図表や選定図表が示されている<sup>1)</sup>。しかし、これらの資料は必ずしも万能であるわけではなく、また一部には、その正確度に疑問のあるものも見受けられる。重量床衝撃音など建築物としての主体構造に係わる事象では、一般に単一のパラメーターの影響が卓越することは希であり、複数の要因が重合された形で効果の発現がある。したがって、実測データーの蓄積を主としたアプローチでは、床構造の各種の条件変化の影響を単独に抽出して評価することや、統一的にデーターを蓄積することは困難である。ここでは、当研究で開発した解析手法を用いて、床構造の条件を実際の設計条件の範囲内で変化させたときの音響域振動および固体音への影響を評価し、工学的情報として提示する。解析の精度は、前章での検証により、十分に保証されていると言える。

検討内容は、

- ① 平板床構造を対象とした、版厚、床面積、スパンの影響の評価
- ② 小梁付床版を対象とした振動性状評価と平板構造との比較
- ③ 浮床構造を対象とした振動伝達低減効果の評価

である。①の平板スラブの評価に関しては、すでにいくつかの文献・報告<sup>2)</sup>が見られるが、ここで改めて解析した結果では、より性状が明確化された例や、従来の知見とかなり異なった結果が得られているものがある。また、②の小梁付床版に関しては、これまで殆ど研究が進んでおらず、定性的な振動機構も明確ではなかった。当研究では、曲げ振動時の板の中立軸の変化まで精密に解析しているため厳密な評価が可能であり、これにより小梁付床版の固体音性状を明確化している。③の浮床に関する検討においても、これまでの実測・実験検討では実現が困難であった条件についても解析を行い、固体音性能の統一的な評価を可能にしている。

## 6.1 平板床構造を対象とした基本床構造条件の影響評価

建築物床版の重量床衝撃音に対する性能検討は、これまで主に実測データーの蓄積により進められてきたため、統一的な条件変化のもとで各種要因の影響が評価されることは殆どなかったと言える。また、一部には、単なる推定をもとに参考データーが提示されている場合もあり、実測値による確実な裏付けがなされていない例も見られる。すなわち、現在一般的な知見と考えられている事項に関しても、かなりの不明確な点が含まれていると考えられる。ここでは、当研究で開発した床構造の重量床衝撃音の解析手法を用いて、各種の床構造条件の影響を定量的に評価する。解析検討の場合には、他の条件を固定して、单一の条件のみを変化させることができることから、実測結果を検討するのに較べ、各々の影響をより明確に、より正確に評価することができる。また、現実には不可能な床構造条件も実現できるため、評価対象の範囲を広げ、条件を網羅することにより、より確実な評価が可能となる。

### 6.1.1 床版版厚の影響

最も基本的な検討として、まず最初に床版の版厚の影響を検討する。解析モデルとして、図-6.1に示す平板スラブを用いた。境界条件は周辺固定とし、床版振動の平均は、周辺部分を除いた3m×4m部分とした。

各オクターブバンド毎に床版版厚の変化の影響を示したものを図-6.2に示した。白丸は床版中央（衝撃点No.3）を衝撃したときの結果、黒丸は5点衝撃時の結果である。床版中央衝撃の場合には、対称モードのみが励起されることになるため、応答特性が条件変化に対して比較的明確になる。5点衝撃では、実際の評価に近い床版面に関する空間平均的な結果が得られる。

1) 床版中央衝撃の63Hzの結果では、版厚150mm以下では1次の固有振動数が31.5Hz帯域に入るため（版厚120mmで40.0Hz、150mmで45.0Hz、180mmで50.0Hz）版厚増加とともにレベルが上昇しているが、180mm以上ではほぼ一様な傾きでレベルが低下している。基本固有振動数を含む周波数帯域では、ほぼこのような特性に従うと考えて良い。5点平均した場合には、各点の結果が均されて、比較的単調に版厚の変化に対応することになる。

2) 125Hz以上の帯域では、両結果とも版厚の上昇とともにレベルはほぼ一様に低下しており、傾きは、約 $30 \sim 40 \log(t/t_0)$ である。この加速度レベルの版厚による変化は、通常示されている重量床衝撃音の変化に較べると、やや傾きが小さい値となっている。

以上の結果を、レベル図にしたのが図-6.3、図-6.4であり、床版中央衝撃の場合には、63Hz以外ではほぼ一様に変化している。5点衝撃時の場合には、63Hzを含めて版厚とともにレベルが低下する傾向が

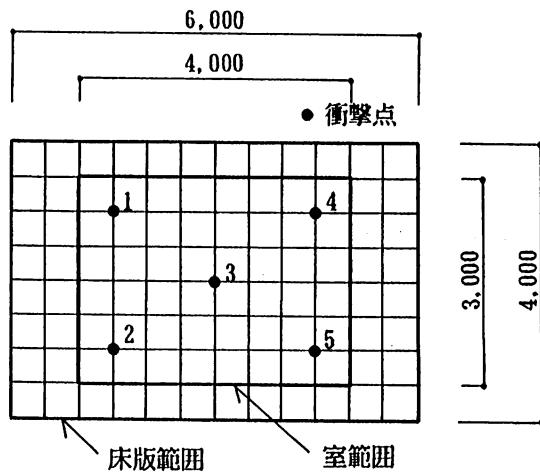


図-6.1 版厚検討のための解析モデル

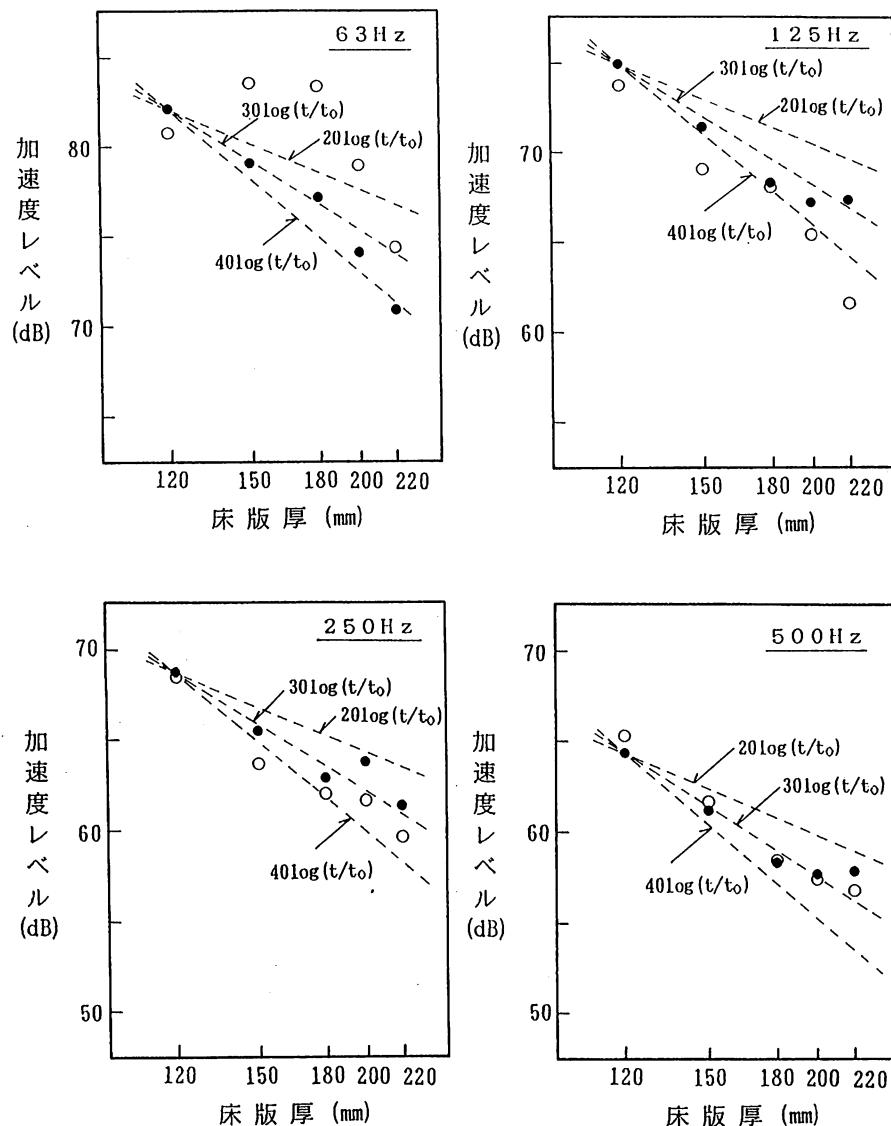


図-6.2 版厚と版面平均応答加速度レベルの関係  
(○床版中央衝撃時、●5点衝撃時の平均)

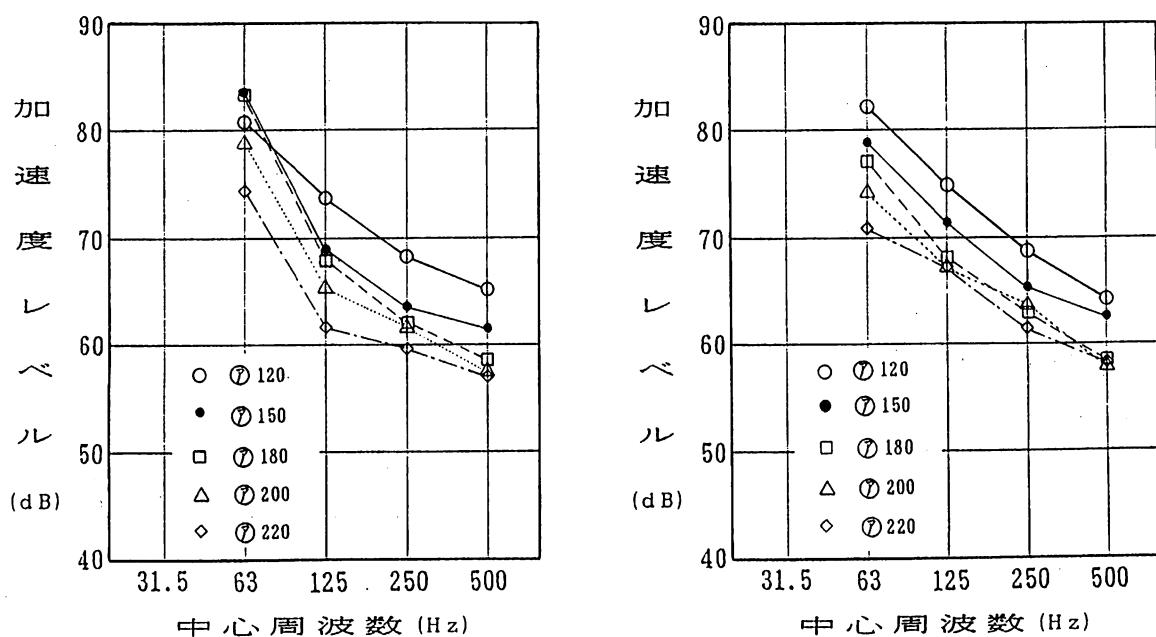


図-6.3 版厚変化による版面平均応答加速度レベルの変化  
(床版中央衝撃時)  
図-6.4 版厚変化による版面平均応答加速度レベルの変化  
(床版5点衝撃時の平均値)

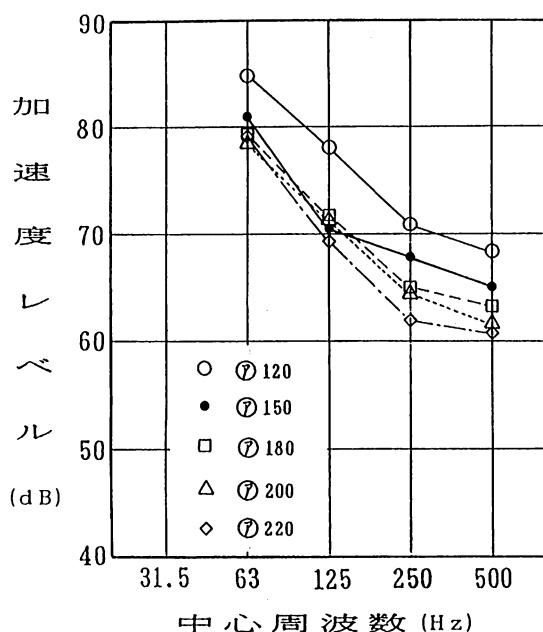


図-6.5 実測建物を対象とした版厚の影響評価  
(版面平均加速度レベルの変化)

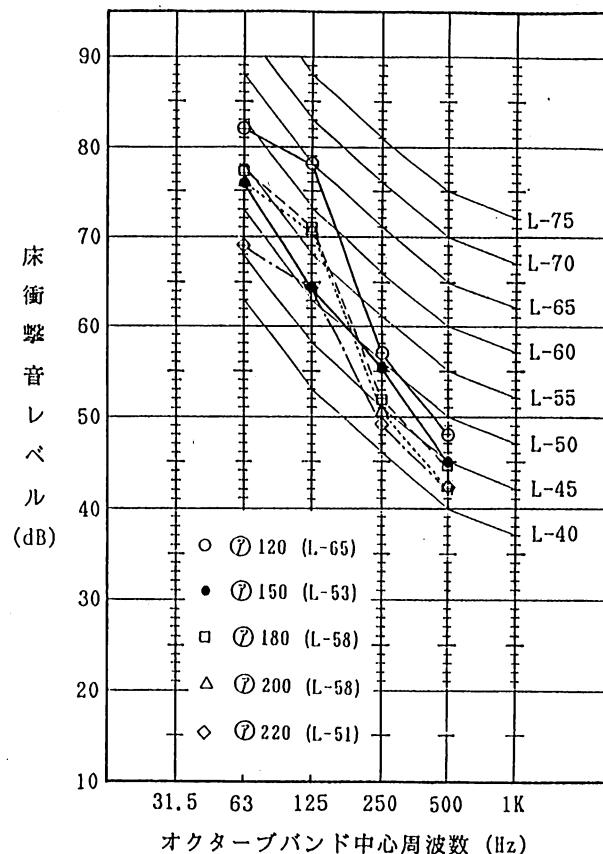


図-6.6 実測建物を対象とした版厚の影響評価  
(重量床衝撃音レベルの変化)

あらわれているが、必ずしも一様ではなく、例えば版厚180mmから220mmでは63Hz以外はあまり明確な差は見られなくなっている。これは各版厚によって振動特性（すなわち振動モード）の表われ方にかなり変化を生じることを示しており、静的な場合のように一様な変化をする訳ではないということである。すなわち、床版の条件や衝撃点の位置により励起されるモードは個々に変化し、そのモード振動によって性能が決定される周波数帯域では、必ずしも版厚を厚くすれば性能が良くなるとも言えず、この条件を詳細に検討する必要があると言える。もちろん、一般的には床版を厚くすれば性能は良くなると考えて良い。

図-6.5, 6.6は、5.4.2章で実測値と解析値の比較検討を行った平板スラブに対して、仮想的に版厚のみを変化させた場合の結果である。図-6.5の版面平均加速度レベルの結果では、120mmの結果を除いた150～220の値は、あまり大きな変化がない結果となっている。これは、検討対象部分が全体床版の端部であり、全体の特性を反映しないことによるものと考えらる。また、図-6.6に示すように、実際に重量床衝撃音を解析してみると、L-等級の変化も一様ではない。ただし、この場合には125Hzの帯域の結果のバラツキが若干大きいようであり、この影響が結果に利きすぎているといえるが、版厚が厚くなても性能が低下する状態も十分に考えられる。また、振動と音の結果を較べてみれば、版厚変化により生じる振動モードの変化に起因する音響放射効率の影響がかなり大きいことが理解され、単に加速度レベルだけの評価ではなく、基本的に振動モードを考慮した放射計算が必要であると言え

る。

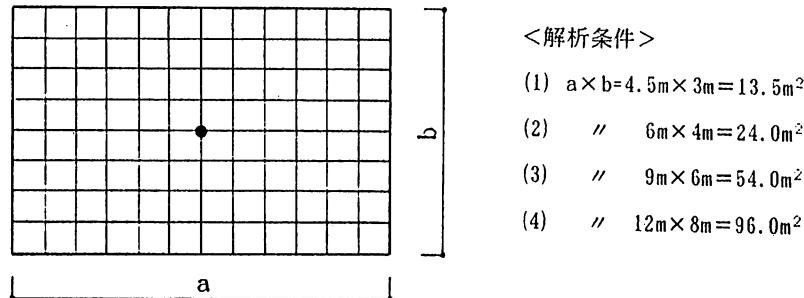


図-6.7 床面積の影響検討の解析モデル

### 6.1.2 床面積の影響

床面積の大きさが重量床衝撃音にどのような影響を与えるかを、図-6.7に示す解析モデルで検討した。版厚(180mm)、辺長比(1:1.5)など、他の条件は一定とし、床面積のみ4段階に変化させたときの版面平均加速度レベルの解析結果の比較を図-6.8に示した。この結果から明かなように、床面積が大きくなれば、版面の平均加速度レベルは基本的に小さくなる方向に変化する。すなわち、床面積が大きい床構造の方が、床衝撃音に対する性能は良いということである。

床面積が大きくなると、固有振動数は低周波数側に移動し、固有振動数での応答振幅(共振のピーク値)も大きくなる。しかし、図-6.8の結果から解るように、応答振幅の増加に較べ、固有周波数の低周波数側への移動の影響の方が大きいため、固有振動数以上の周波数帯域では加速度レベルが低下する結果となる。静的な考え方で捉われると、面積が大きくなると撓み量が大きくなることから、床衝撃音性能が悪くなるような結論に陥りがちとなるが、動的に考えれば、固有振動数以外の周波数で強制的に揺らすわけであるから、面積の大きい方が振幅が小さくなることになる。

建築学会編集の「実務的騒音対策指針」や「建物の遮音設計資料」には、重量床衝撃音に対する床面積の影響についての目安として、表-6.1が提示されているが、ここでは面積が大きくなると遮音等級が単調に悪くなるよう示されており、一般にもそのように認識されている。これは共振周波数での応答倍率のみを考えて(いはば静的な考え方)評価した結果によるものと考えられるが、動的な応答では、室単位の性能で床版周辺拘束の低下の影響が多少現れる場合もあるものの、一般的には床面積の増大により床衝撃音性能は向上すると見える。実測結果をみても、5.4.1章に示した小梁のない大型床版での重量床衝撃音性能の結果はすべて良好であり、床面積75~110m<sup>2</sup>のスラブ(版厚は180~220mm)でL-45~L-50の性能となっている。これらは表-6.1の結果とは全く逆の結果である。この床面積の影響の考え方は、実際の建物の基本設計段階で極めて重要な問題であり、留意が必要である。

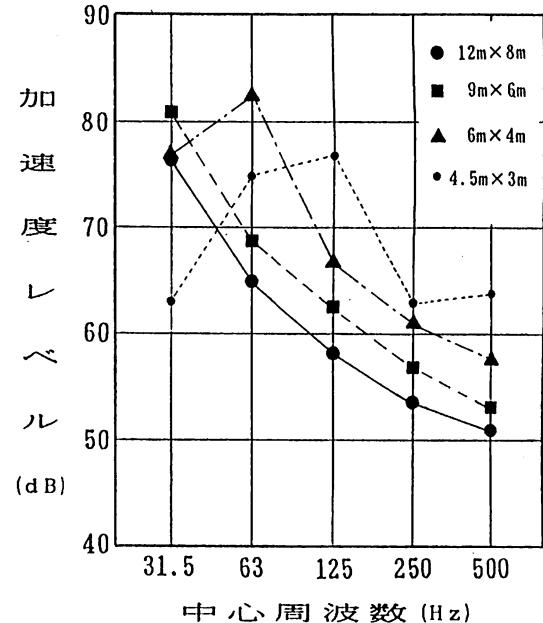


図-6.8 床面積変化による版面平均加速度レベルの変化

表-6.1 スラブ厚、スラブ面積と重量衝撃音に対する遮音等級の目安<sup>3)</sup>

スラブ厚 (mm)	スラブ面積(m <sup>2</sup> )									
	12	15	20	25	30	35	40	45	50	60
120	L-55	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65	—	—	—	—
130	L-55	L-55	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65	—	—	—
140	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65	—	—
150	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65
160	L-50	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-65	L-65
180	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
200	L-45	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60
230	—	L-45	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60
250	—	—	L-45	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-60

(注) 普通コンクリートスラブ、4周大梁支持

スパン比1.0~1.5程度

### 6.1.3 床版のスパンの影響

床面積を一定にして、スパンが変化した場合（すなわち辺長比が変化）の影響を解析的に検討した結果を示す。解析モデルは図-6.9(a)～(d)の通りであり、スパン4.899～7.746mまでの4種類について計算した。図-6.10に解析結果を示したが、概ね3つの領域に分けられる。まず31.5Hzのように、基本固有振動数より低い周波数帯域では、応答値はスパンの影響により明確に決定され、スパンが大きいほど応答値が大きく、スパンが短いほど応答値が小さくなる。第2の領域は63Hz～125Hzの帯域であり、ここでは基本固有振動モードや低次の主要な固有振動モードによって応答値が決定されるため、固有振動数と周波数帯域との位置関係で応答値の大きさの順序が変化する。したがって、スパンのみ

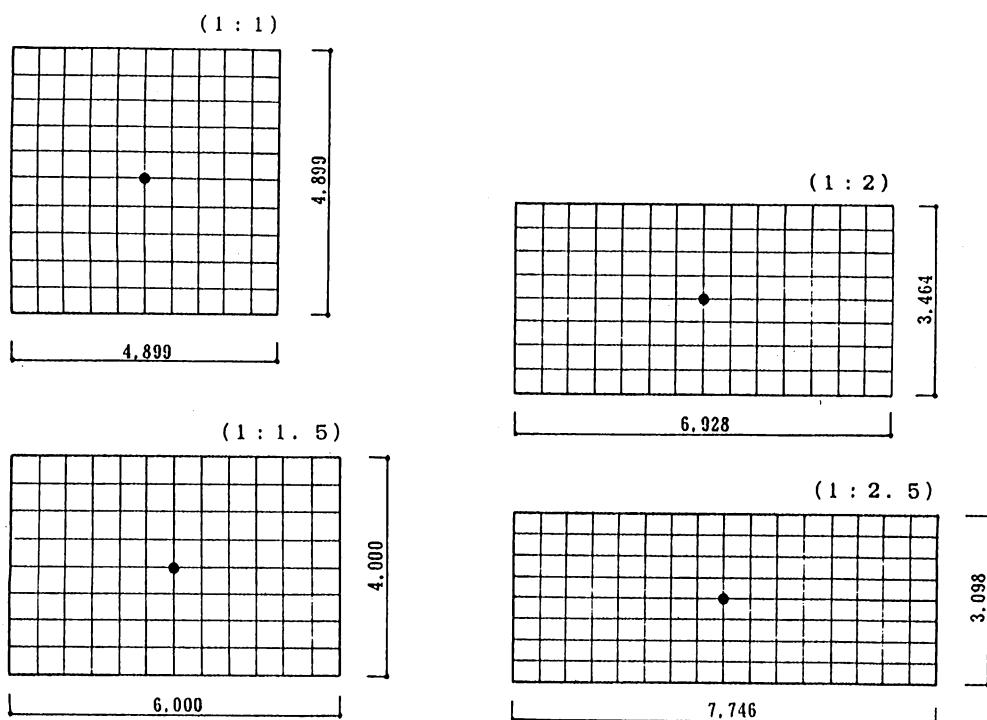


図-6.9 床版のスパン変化検討用の解析モデル

では応答値の大きさの順序は決定されず、版全体の振動特性によって決定されることになる。この領域は、いはばモード振動領域といえる。第3の領域は、250Hz以上の周波数帯域であり、ここではスパンの影響は全く見られなくなり、面積が一定なら応答値もほぼ一定になる。これは拡散振動領域といえる。なお、6.1.2章の結果から理解されるように、この拡散振動領域においても、250Hzや500Hzの帯域では面積が大きくなると応答値は小さくなる。周波数がこれらより遙かに高くなれば、当然のことながら応答値はスパンや面積に関係無く、版厚のみに依存する形となる。

#### 6.1.4 まとめ

- 床構造の条件のうち主要な上記の要因について、平板スラブの振動性状に対する影響を解析的に検討した。これらにより、床版の音響域振動の基本的な挙動・性状は明確になったと言える。これらを整理すると、
- (イ) 一般に、床版版厚を増すと床衝撃音レベルは低下するが、固有モード振動領域となる低周波数域では、床の条件や衝撃点位置により固有モードの表れ方がかなり変化するため、必ずしも一様にL-等級が小さくなるとは限らない。したがって、個々の条件での詳細な検討が必要である。
  - (ロ) これまで、床面積が大きくなると床衝撃音遮断性能は低下すると言われていたが、一般的には面積が大きくなると性能は良くなる方向に変化する。
  - (ハ) スパンの影響は、固有振動数以下の周波数帯域では、同じ面積でもスパンが短いほど性能は良くなるが、高周波数の帯域になると、スパンの影響はなくなり面積の大きさで性能が決定される。

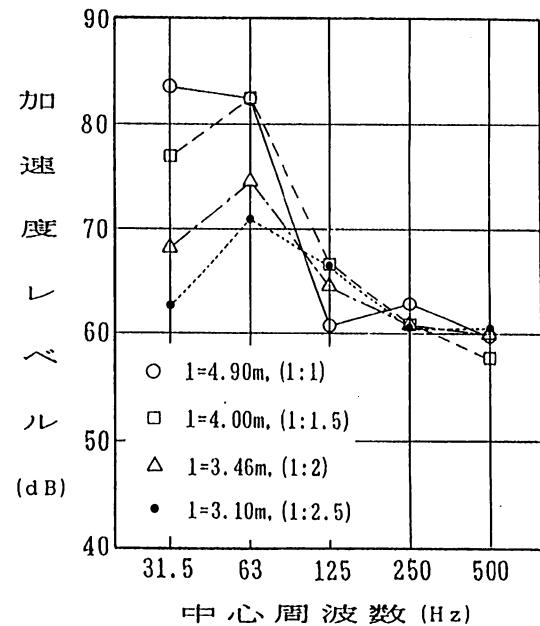


図-6.10 スパン変化による  
版面平均加速度レベルへの影響

## 6.2 小梁付床版の音響域振動性状と小梁の補剛効果の評価

小梁が床版に及ぼす補剛効果を解析により明らかにし、小梁付床版の音響域振動性状を考察する。版部と小梁部が組み合わされることによる相互の影響を、ここでは断面の中立軸の位置を指標として評価している。すなわち、床版の任意の点において、中立軸の位置の断面中央からの偏心量が大きいほど、その点の曲げに関する剛性が増大しているわけであり、補剛効果がでていると言える。固有振動数や振動モードなどを観察するだけでは、振動性状の全体的な傾向しか理解しえないが、当研究のように、中立軸の偏心量を評価すれば、板の各部分、あるいは各点での状態が把握できることになり、物理現象の把握や解析モデルの評価などを行う上での極めて有用な情報となる。

### 6.2.1 単純支持板と周辺固定板の比較

図-6.11は図-2.21に示す解析モデル例として、その境界条件が単純支持と周辺固定の場合の固有モードとその時の中立軸の位置を解析した結果の比較である。周辺固定では、小梁の補剛効果は小梁近傍のみに及ぶだけであるため、版部と小梁部の剛性の相対的な差が大きくなる。したがって振動モードにおいても、周辺固定の方が小梁の拘束が大きく表れている。周辺固定の方が小梁の拘束が大きくなるのは、小梁方向の振動モードの形により、その有効スパン長が短くなるためである。

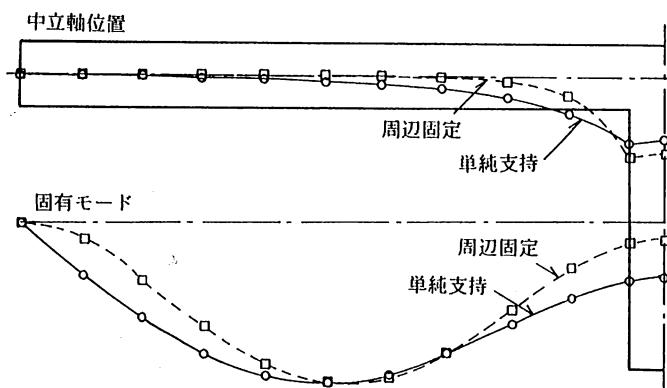


図-6.11 単純支持板と周辺固定板の中立軸分布、振動モードの比較

### 6.2.2 小梁方向のスパン長の影響

図-6.12は、小梁方向のスパンが変化した場合の、固有振動モードとその時の中立軸分布を示したものである。小梁の版部に対する補剛効果という観点からは、スパンが長い場合は補剛効果は版部全体に広く寄与する形となるが、スパンが短くなるに伴い小梁近傍のみに限定された形となる。振動モードもこれに応じ、スパンが短くなると版部と小梁部の剛性比が大きくなるため、小梁の拘束が増大する形となる。これは、境界条件が単純支持と周辺固定の場合の結果と同じである。このスパンの影響を周波数に関して見直すと、スパン長は小梁方向の振動モード（直接には振動モードの同位相部分の長さ）に対応するから、小梁の補剛効果は周波数に依存するといえる。静的問題では、実際の荷重状態では1次モードのみが卓越するため、他のモードの状態を想定する必要はないが、振動問題で

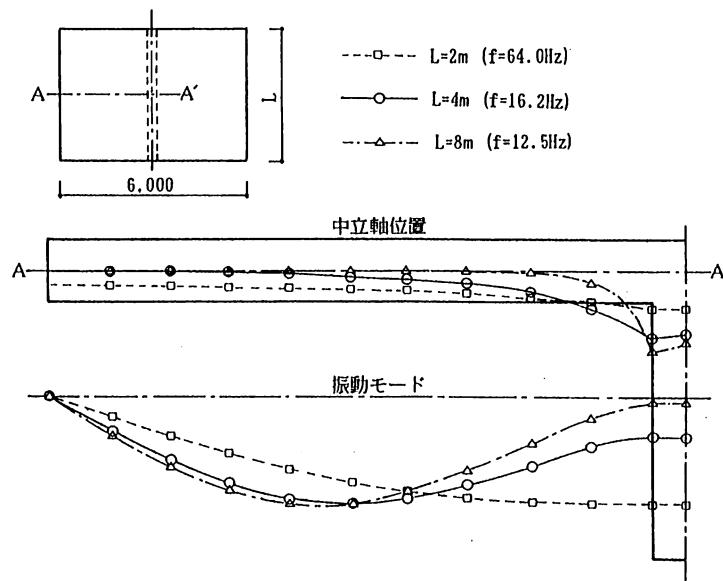


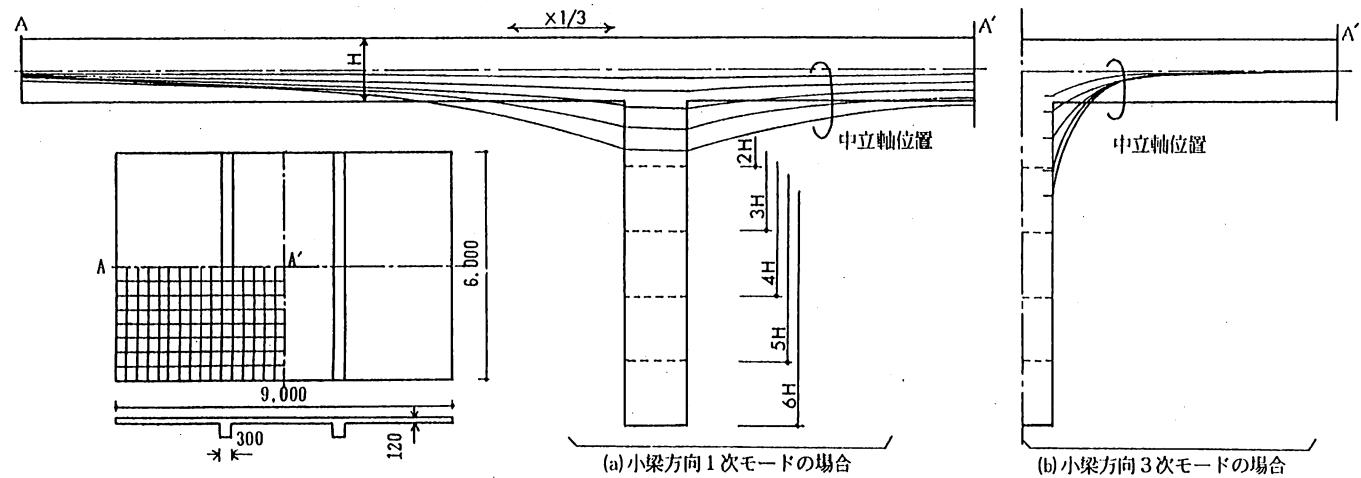
図-6.12 スパンが変化した場合の中立軸分布、振動モードの比較

は周波数に応じた振動モードを考慮しなければならない。振動問題で、周波数を無視して梁の補剛効果を評価している例<sup>4)</sup>などもみられるが、これは物理的な根拠に乏しい。

これらの結果を構造的に捉えると、低周波数域（具体的帯域を示すのではなく相対的表現として用いている）では、小梁と版部によって小梁方向の剛性と、版部剛性のみの小梁直交方向の剛性からなる異方性床版に近くなるが、高周波数域では小梁で分割された部分を均質等方性板とみなせることになる。これらは、先の2.2.2.章、図-2.6の曲げ波の伝搬速度の結果によても実証されている。

### 6.2.3 板厚・梁せい比の影響

図-6.13は、小梁を2本有する単純支持板において、板厚一定として梁せいのみが変化した場合の解析例である。梁せいの増大とともに中立軸位置の偏心量も増大し、小梁の版部への補剛効果が増している。とくに小梁で挟まれた部分では、両小梁の補剛効果が重畳された形となる。図-6.14は、こ



(注) 図では、厚さ方向を3倍に拡大して表示している。

図-6.13 小梁の補剛効果に対する梁せい増加の影響 [小梁2本を有する単純支持板の場合]

の様子を図化したものであり、小梁方向1次モードの場合について、中立軸が移動しない場合（すなわち断面中央にある）場合の断面2次モーメントを基準として、小梁方向断面の中立軸移動による断面2次モーメントの増大を倍率で示したものである。版部のポイント(1)および小梁部のポイント(2)での値は、ピーク値が存在する傾向の値を示しているが、これは梁せいが無限大となると固定端となるため平板と同等（すなわち中立軸の移動がなくなる）となるためである。小梁で囲まれたポイント(3)では、ポイント(1)に較べて剛性の増加が著しく、とくに梁せい・版厚比が6の場合では、両方の小梁の補剛効果の和以上の効果が得られており興味深い。この小梁で挟まれた部分が、例えば断面2次モーメントの倍率が4倍になるということは、その板厚が約1.6倍になったことに相当するものであり、これを単に板厚の曲げ剛性で評価することは明らかに不合理となる。

図-6.13の小梁方向3次モードの場合では、梁せいが増大しても版部の中立軸は殆ど変化せず、小梁の補剛効果はあまり大きくならないことを示している。すなわち高次モードの場合、梁せいが大きくなると小梁部はほぼ拘束端と等しくなり、その間の版部は平板と同じ性状を示すことになることが理解される。

#### 6.2.4 小梁の配置の影響

図-6.15は、図-2.21の解析モデルの小梁の配置位置を変化させた場合の、1次固有振動モードと

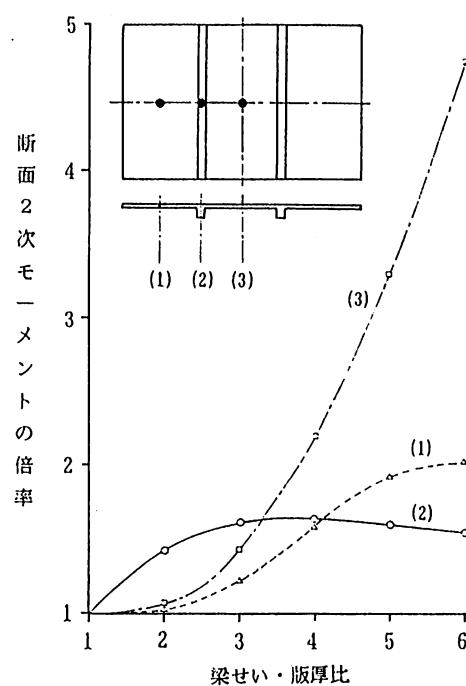


図-6.14 梁せい増加による各部の剛性増加  
[小梁方向1次モードの場合]

(注) 図では、厚さ方向を3倍に拡大して表示している。

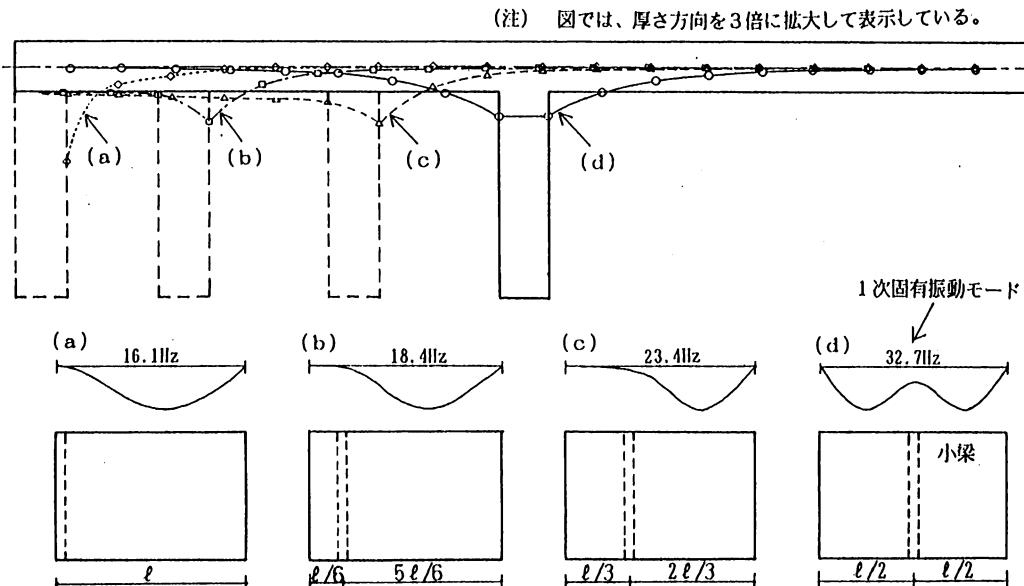


図-6.15 小梁の配置位置の変化による中立軸分布、固有振動数、固有モードの変化

中立軸位置の分布である。確定的な事項であるか否かは明確ではないが、小梁の位置が板の端部に近くなるにしたがい、小梁の補剛効果が小梁近傍に限定される傾向を示している。小梁の位置が中央以外の場合では、小梁の版部に対する補剛効果は左右で異なり、面積の小さくなつたほうの部分の方が、小梁による補剛効果が大きくなっている。また小梁の位置が端部の場合では、小梁部分の中立軸位置はほぼ小梁断面中央付近となり、版部への補剛効果もかなり小さくなる。これらの小梁の配置位置の問題は、振動モードの形と密接に関係しているため、梁せい等の条件が変化すれば、それに応じてまた異なるものとなると考えられる。このように複雑に変化する剛性や振動モードの影響を考慮して固体音の問題、特に音響放射問題を評価するためには、数値解析手法の利用が不可欠であろう。

以上の各結果から明確なように、小梁の補剛効果は周波数によって変化するものであり、単一の状態として表されるものではない。そして、これを適正に評価することは計算体系の整合性および精度に関して極めて重要である。小梁の補剛効果に影響を及ぼすものとしては、上記の項目のほか、加振力の分布、境界条件、梁幅と梁せいの比などがあり、実構造床版ではこれらの影響の複合効果として振動性状が決定されることになる。

### 6.2.5 小梁の梁せい変化と平板の版厚変化の比較

床版の音響域振動に関する小梁の補剛効果性状は前章にて既に示した。ここでは、具体的な解析モデルを用いて、定量的に小梁の働きを明確にする。比較の対象として、同一条件の平板で版厚を変化させた場合の解析を行い、相互の特徴を評価する。

#### (1) 解析モデル

解析モデルを図-6.16に示した。集合住宅等の床構造として良く見られる、小梁が2本配置された、いわゆる目型の床版を想定した。床版寸法は、実際の床構造を参考として図の通りとし、境界条件は周辺完全固定としている。解析条件は、

- ① 平板の版厚変化……150mm、180mm、200mm
- ② 梁せいの変化……(150mm)、450mm、600mm、800mm

とした。基準の条件を、平板版厚150mmとしているため、梁せい150mmの条件は平板となる。解析対象とした室は、2本の小梁で挟まれた3,900mm×3,240mmの空間とし、衝撃点は通常の測定通り5点とした。解析結果の平均加速度レベルは、この室面積部の平均値であり、音圧レベルは室内に設定した5点の平均である。解析結果にはFAST-PEAKの補正值4dBが加えられている。これらはすべてJISの測定に準じている。ただし、室内の吸音条件のみは、音圧の室内のバラツキを少なくし比較を明確にす

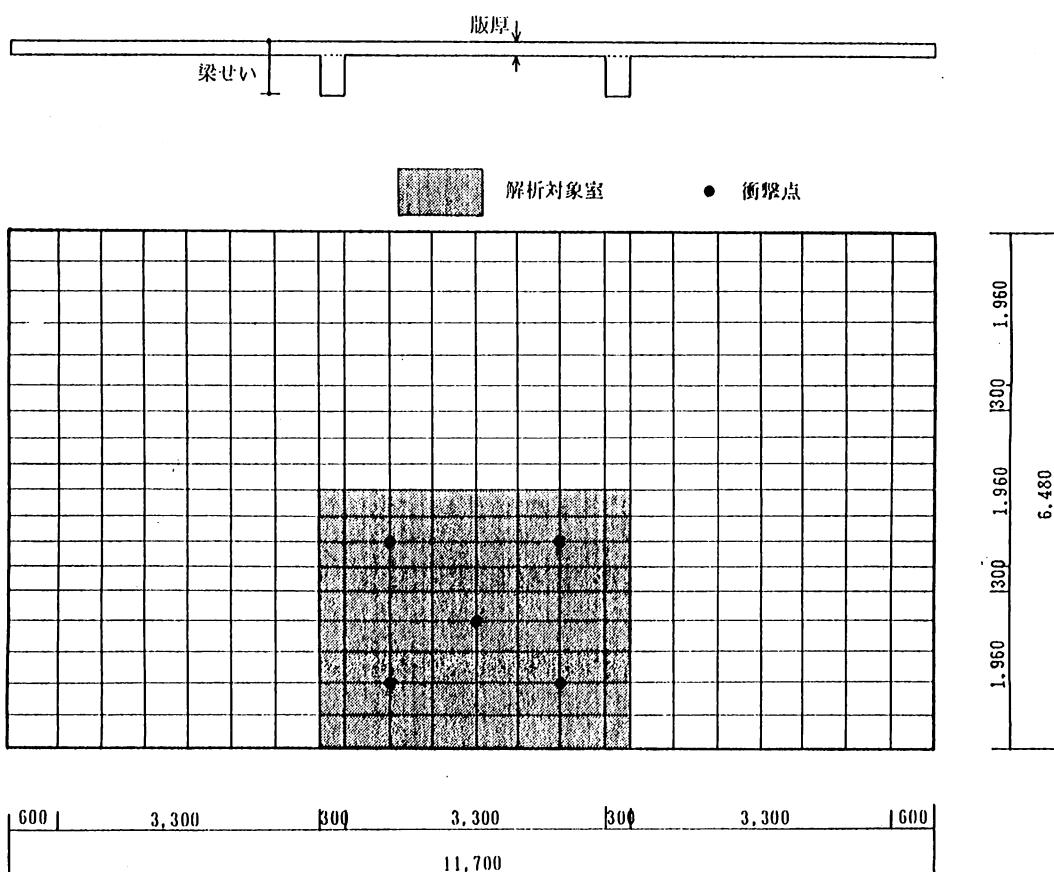


図-6.16 平板と小梁付床版の比較用解析モデル

表-6.2 固有振動数解析結果一覧

版厚変化時の固有振動数 (Hz)				梁せい変化時の固有振動数 (Hz)			
版厚 (mm)	1次	2次	3次	梁せい (mm)	1次	2次	3次
150	15.0	20.5	30.4	450	26.7	29.7	32.9
180	18.0	24.6	36.4	600	34.4	35.5	59.9
200	20.0	27.4	40.5	800	37.9	38.2	42.3

るため、通常の値（5.4章、表-5.14）のコダグタスを1.5倍、サスエプタスを0としている。これは、平均音圧レベルで-1.8dBに相当する。

## (2) 解析結果の比較

まず初めに、各条件の時の3次までの固有振動数の計算結果を表-6.2に示した。平板の場合には、1次固有振動数は150mm～200mmとともに16Hzの周波数帯域に属し、小梁付床版の場合には31.5Hz帯域に属している。これら固有振動数の解析結果は、小梁の付加は床版の全体的な剛性増加の効果があることを示している。

図-6.17は、平均加速度レベルの変化を各周波数帯域別に示したものである。版厚変化の場合には、版厚が厚くなればレベルが低下しているが、梁せいが増加した場合には、平均加速度レベルは殆ど低下する傾向を示さない。一方、図-6.18の室内の音圧レベルの変化をみれば、31.5Hz、63Hzの帯域では版厚、梁せいの結果とも、厚みの増加とともにレベルが低下している。また、125Hz以上の帯域では、加速度レベルの変化と音圧レベルの変化がよく対応する結果となっている。これらの結果より、重量床衝撃音のレベルの決定においては、加速度レベルの値の大きさは当然関係するものの、それ以上に振動モード特性によって決定される音響放射効率の影響が大きいことがわかる。この影響が表れるのは、この場合には63Hz以下の周波数帯域であり、それ以上の帯域では拡散振動となるため、音響放射効率の影響は見られなくなる。なお、図-6.17、図-6.18では、版厚変化と梁せい変化を同じ尺度で並べて表示しているので、相互に横に比べれば、両者の概ねの対応がつくようになっている。

上記の周波数帯域別の結果の確認のため、床版の振動加速度レベルの分布を調べたものが、図-6.19である。ここでは、最大値を1に規準化して表示している。まず31.5Hzの結果において、平板150mmの分布は平坦でピストン振動に近いのに較べ、小梁600mmおよび800mmの結果では、小梁の補剛効果により、小梁部分が拘束端となったモード振動の分布形を示している。そして、この小梁の拘束の度合いは梁せいの増加とともに大きくなる。加速度レベルの平均値が同じであっても、この振動モード形の違いが音圧レベルの決定に大きく影響し、これが小梁の効果として表れてくることになる。小梁の梁せいがある程度以上に大きくなると、振動モード形が変化しなくなるため音圧レベルも殆ど変化しない。この傾向は図-6.18の63Hzの結果に表れている。一方、250Hzの結果では、床版振動が小梁で分割された形となるが、拡散振動状態となるため、梁せいが増加しても小梁で囲まれた部分の振動状態は殆ど変化しない。すなわち小梁で囲まれた部分は、平板とほぼ同じ状態となる。

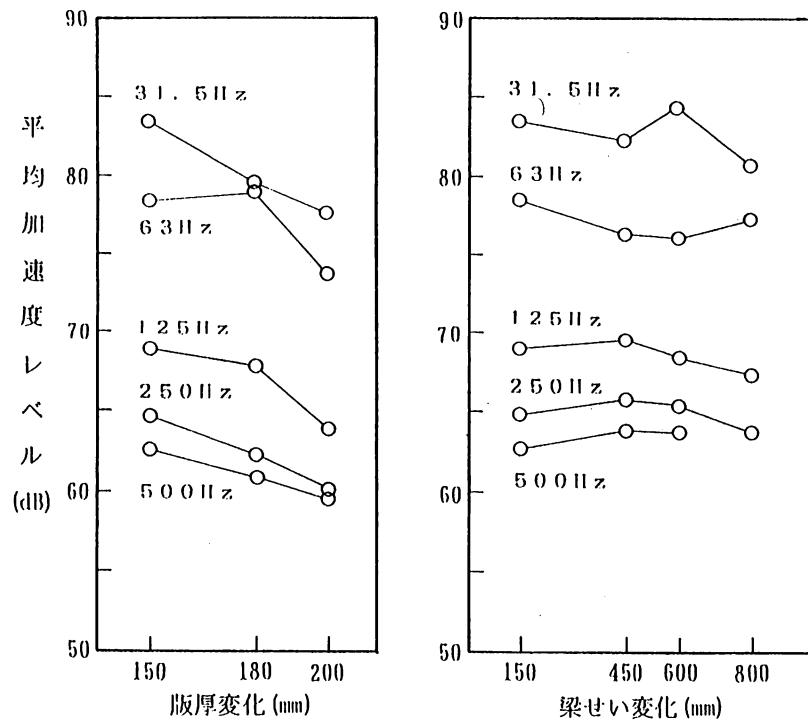


図-6.17 平均加速度レベルの周波数別比較

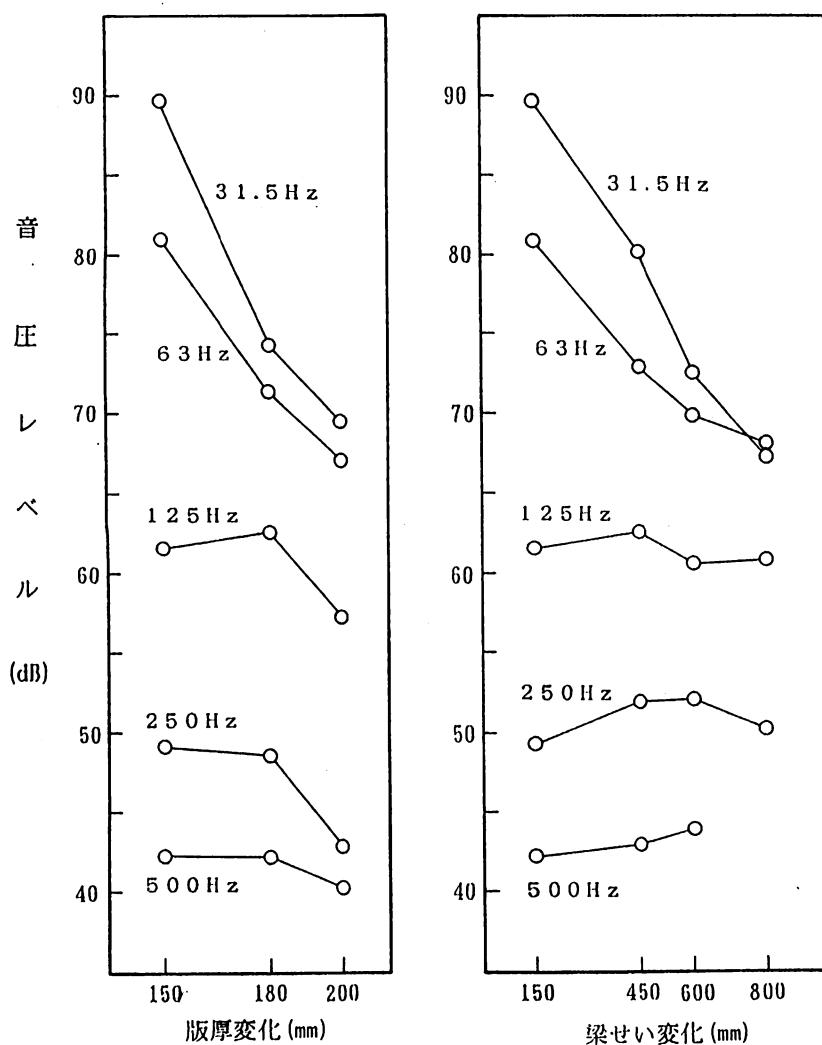


図-6.18 室内平均音圧レベルの周波数別比較

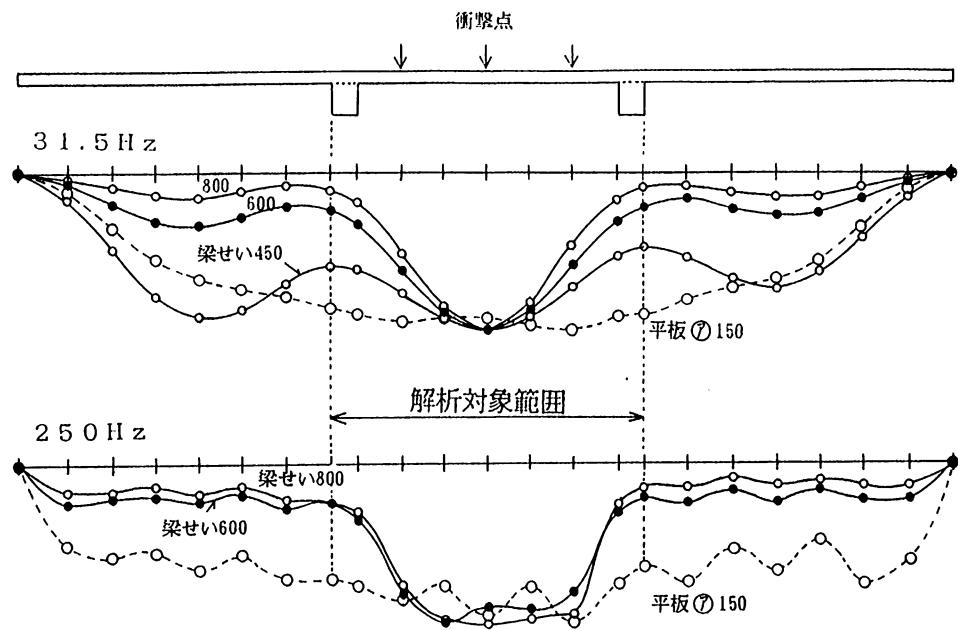


図-6.19 加速度レベル振幅分布の比較

図-6.20(a), (b)は、版厚変化と梁せい変化の加速度レベルの周波数特性を示したものであり、図-6.21(a), (b)は床衝撃音レベルの周波数特性である。梁せいの変化の床衝撃音レベルへの影響は31.5Hz、63Hzに表れており〔図-6.21(b)〕、125Hz以上ではレベルは殆ど変化していない。したがって、これらの結果より明らかなように、梁せいを600mm以上に増しても床衝撃音性能は向上しないことがわかる。版厚変化の場合には、版厚を増せば、それに応じて床衝撃音性能は向上することになる。

以上の解析結果の傾向は、6.2章に示した小梁の補剛効果の定性的傾向に良く一致するものであり、ここでの解析以外の傾向も同様に類推が可能であると言える。

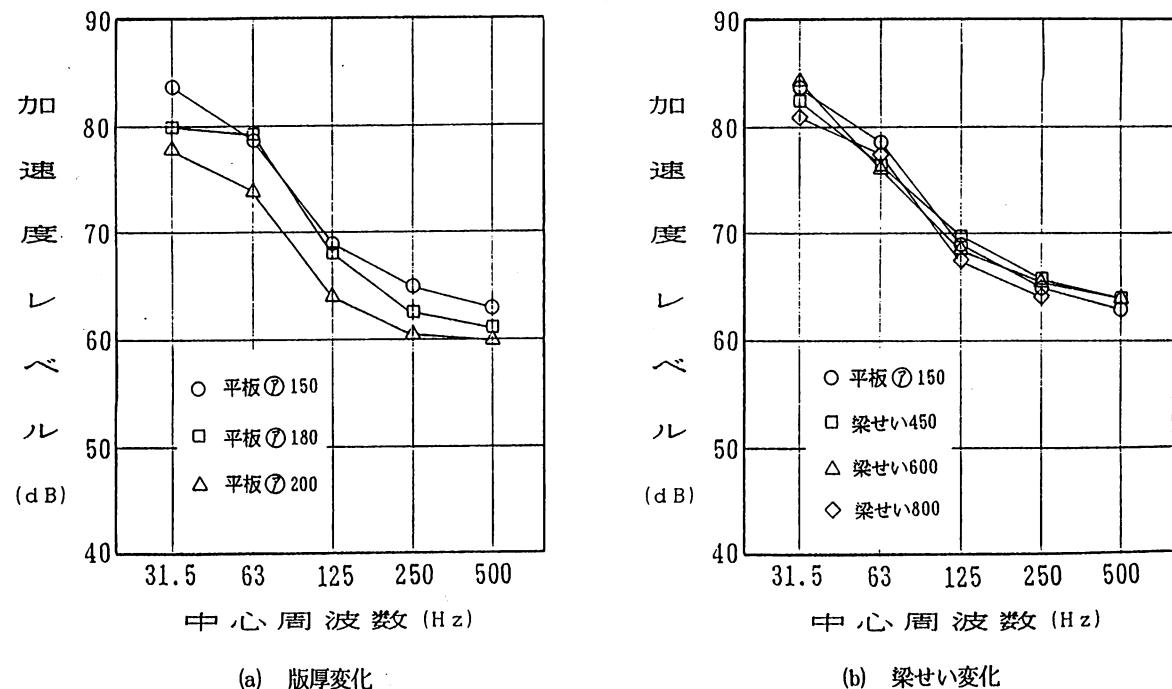


図-6.20 加速度レベルの周波数特性

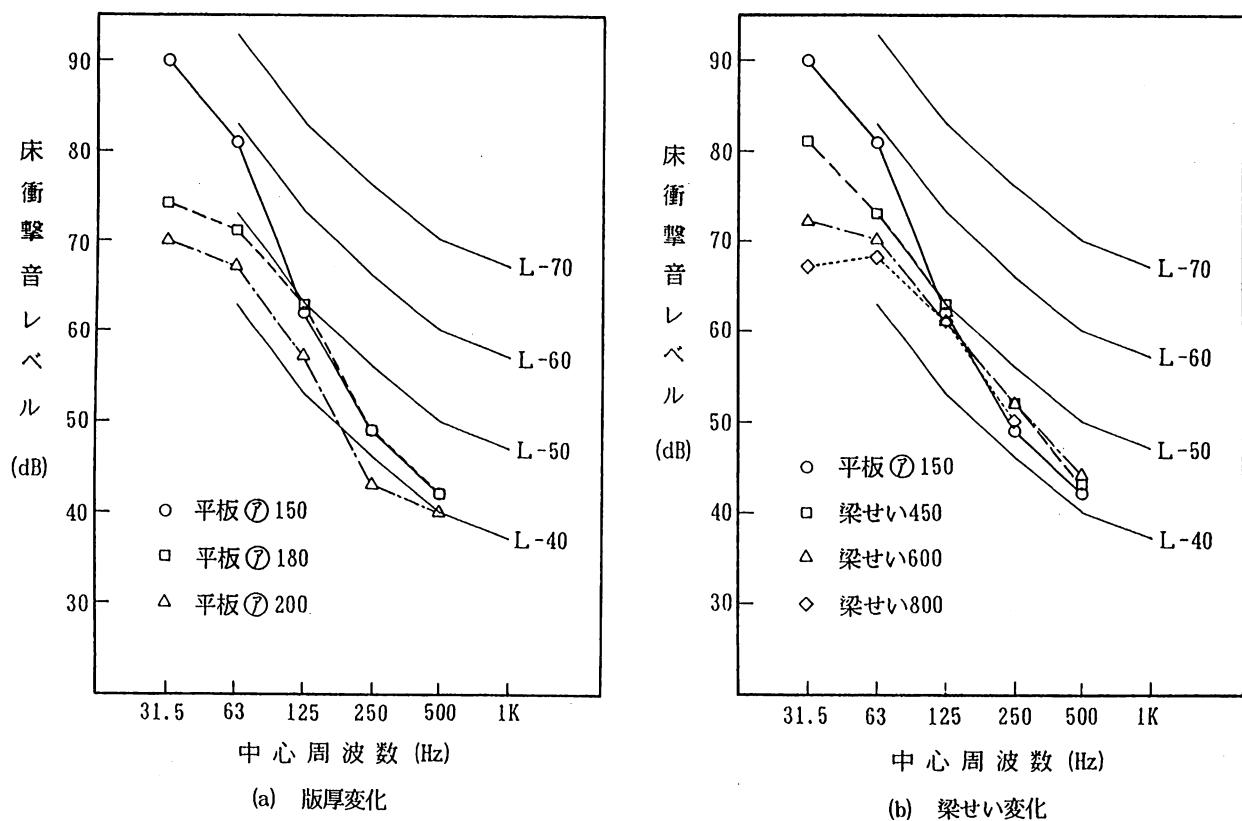


図-6.21 音圧レベルの周波数特性

### (3) 解析結果のまとめ

上記の内容をまとめると以下の通りとなる。

- イ) 平板の場合、版厚が厚くなれば基本的に応答加速度レベルは小さくなるが、小梁付床版の場合には殆ど変化しない。(ただし、これは小梁で挟まれた衝撃部分の場合であり、床版全体に関する平均値は小さくなる。)
- ロ) 小梁による床衝撃音レベルの低減効果は、加速度レベルの低減によるものではなく、主に小梁部分を拘束端とする振動モードが変化することによる音響放射効率の低減効果によって生じる。
- ハ) 振動モード変化による音響放射効率の低減が生じるのは、モード振動領域以下(この例では63Hz以下)の周波数であり、拡散振動領域以上では小梁の効果は殆ど現れない。
- ニ) 小梁の梁せいの増加により床衝撃音性能(L等級)が良化するのは、梁せいが600mm程度までであり、それ以上に大きくしてもL等級は変化しない。
- ホ) 当解析例に準じる床構造に関する小梁の効果は、図-6.18および図-6.21(b)により概ね評価ができる。ただし、小梁の効果は床構造の種々の条件により変化するため、他のモデルに関しては別途解析検討が必要である。
- ヘ) これらの結果をまとめると、版厚は振動量を変化させ、小梁は振動モードを変化させるものであると言える。

### 6.3 浮床構造の振動伝達低減効果の評価

浮床構造の振動低減効果の予測方法としては、井上ら<sup>4)</sup>による1質点系モデルによる評価がある。この方法では、床版は基本的に剛体として扱われており、緩衝材および空気層の厚みと浮床層の曲げを考慮してバネが決定され、浮床層を集中質量として質点系を構成している。また、この場合には床版の固有振動数などの振動性状が考慮できないため、これを別途補正する方法も示されている。しかし、これは極めて単純化された取扱いの方法であるため、これを用いて多様な各種条件下での関連パラメーターの働きを検討するには十分とは言えない。また実測データーに関しても、概略的な傾向を把握する程度のデーターはあるものの、浮床構造の振動性状を網羅できるほどの蓄積はない。

ここでは、当研究で開発した浮床構造の解析プログラムを用いて、浮床構造の各条件を変化させた場合の振動伝達低減効果への影響を解析し、その振動性状と性能を明確化する。なお、ここで振動伝達低減効果とは、浮床構造の版面平均振動加速度レベルから、浮床なしの床版単独の時の版面平均振動加速度レベルを引いた値として求めている。計算方法その他は5.3章に同じである。

#### 6.3.1 浮床版厚、緩衝材の厚さの影響

5.3章に示した解析例で、実測値と良く一致した結果の得られた浮床構造(A)を対象として、浮床の版厚および緩衝材の厚さ（すなわち緩衝材のバネ定数）を変化させた場合の影響を検討した。ここでは床版の条件は一定とし、上部構造のみ変化させており、解析モデルは5.3章の図-5.17(a)と同じである。図-6.22は、浮床層の版厚を現状の60mmから、100mm、150mmと厚くしていった場合の結果である。1質点系として考えた場合には、版厚を厚くすると系の固有振動数は、60mmに較べ100mmで0.7倍、150mmで0.63倍に低下することになるが、図の解析結果ではこのような明確な傾向は見られず、加速度レベルの低減量もあまり大きな改善効果が見られない。これらの結果は、このような条件下の浮床構造は、単純な1質点系としての性状を示さないということであり、振動低減量自体もこれまで言われている効果量よりはやや小さくなっている。参考までに、浮床を1質点系とした場合と2質点系とした時の振動低減効果の周波数特性の比較例を示すと図-6.24のようになり、1質点系の場合ほ

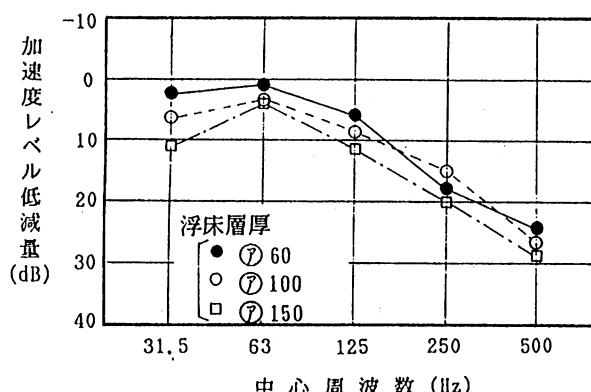


図-6.22 浮床層の版厚変化の影響

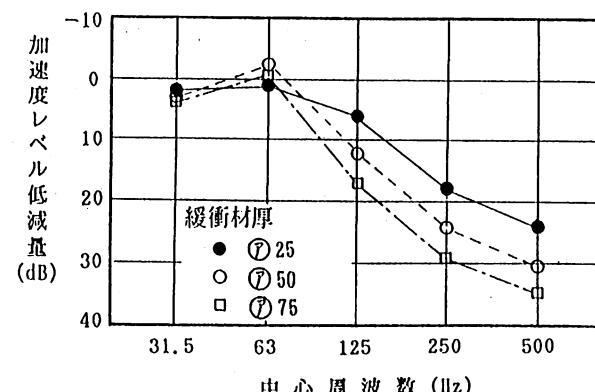


図-6.23 緩衝材の厚みの影響

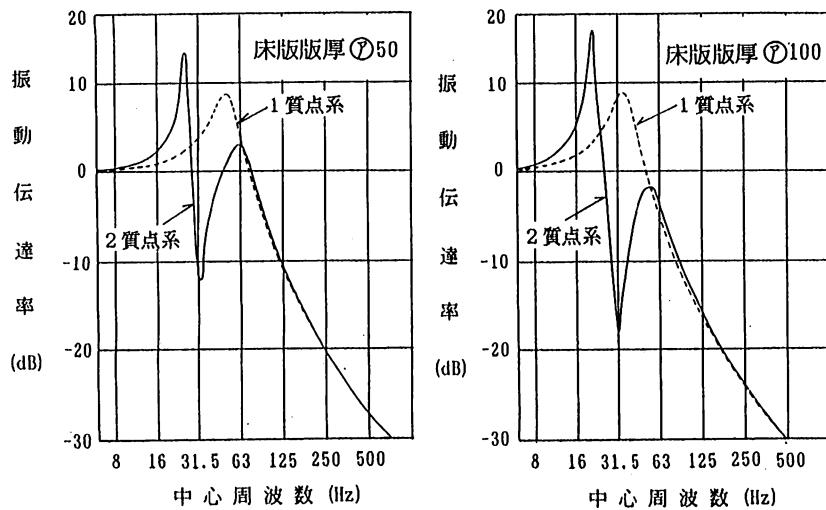


図-6.24 1質点系と2質点系の振動伝達低減量の特性比較

ど周波特性の変化は表れないことがわかる。これらの結果より、浮床層の版厚を増してもあまり大きな振動低減効果は期待できず、60mmから100mmと2倍にした場合で低音域で2~3dB程度の改善になると言える。

図-6.23は、緩衝材の厚み（現状25mm）を50mm、75mmと厚くしていった場合の結果である。これらの傾向は、1質点系の変化の傾向と良く対応した結果となっている。周波数特性のピーク値も、オクターブバンド計算であるので明確には表れていないが、緩衝材の厚みが増すにしたがって、低周波数側へ移動した形となっており、それに応じてピーク値以上の周波数範囲で振動低減効果が大きく上昇している。しかし、ピークを示す63Hzの周波数帯域では、緩衝材の厚みを増すと若干ながら性能が悪くなってしまい（ただし減衰の影響は含んでいない）、重量床衝撃音性能などこの帯域で性能が決定される場合には、必ずしも有効とは言えない場合が生じることも考えられるので留意が必要となる。

図-6.25は、浮床層の版厚と緩衝材の厚みの変化を組み合わせたときの結果の比較である。浮床層の版厚100mm、緩衝材の厚み50mmの結果をみると、125Hz以上の周波数範囲では緩衝材の厚みを増した効果によって性能が決定され、63Hz以下では浮床層の版厚を増した効果によって性能が決定されている。すなわち、各条件変化による影響は、周波数帯域によって各々特徴があり、これが固有振動数との関係だけで周波数特性が決定されてしまう1質点系とは根本的に異なる点である。

なお、これらの結果あるいは性能値は、これまで蓄積されている実測結果<sup>5)</sup>とも良く一致している。

### 6.3.2 浮床層の面積、存在位置の影響

浮床層を支える床版はモード振動を行っているため、場所により緩衝材のバネとしての働き（位相）

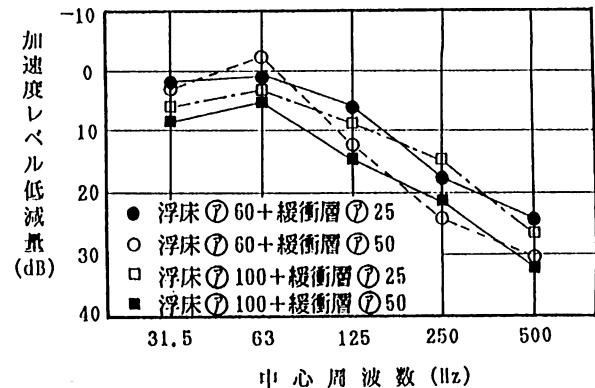


図-6.25 浮床層版厚変化と緩衝材の厚み変化の組み合わせ

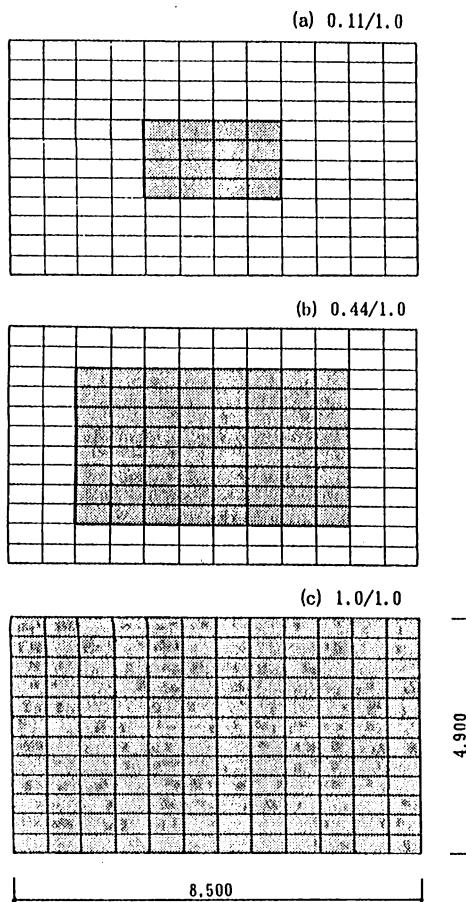


図-6.26 浮床層の面積変化の解析モデル

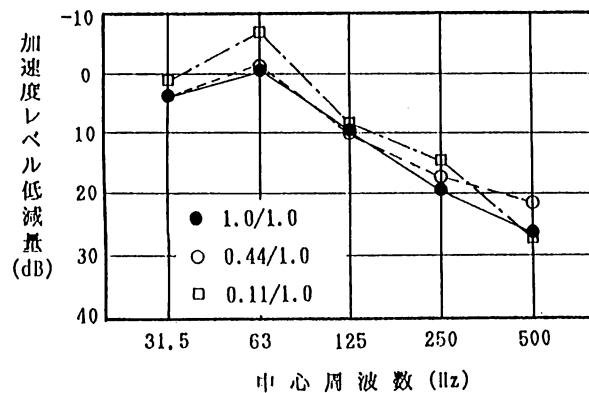


図-6.27 浮床層の面積変化の影響

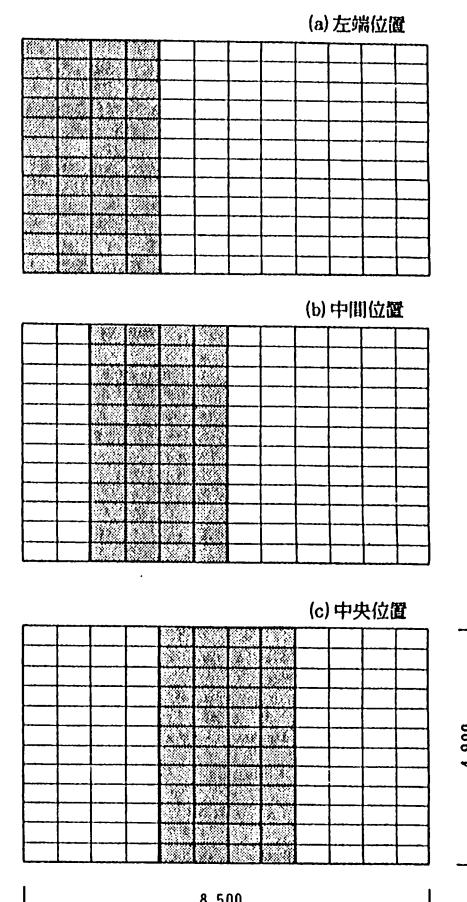


図-6.28 浮床層の位置変化の解析モデル

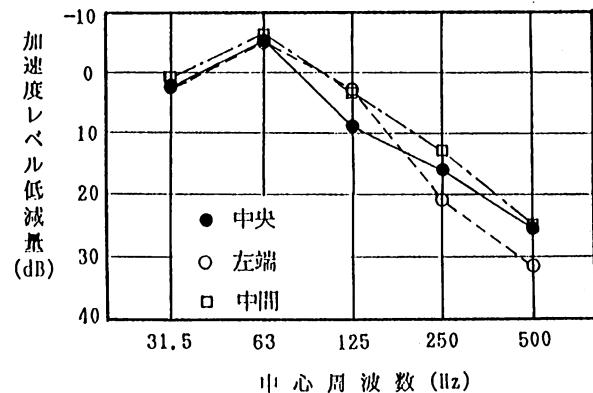


図-6.29 浮床層の存在位置の影響

が異なることになる。これらの影響を見るために、浮床層の大きさを変化させた場合と、大きさは一定で位置のみを変えた場合について解析した。図-6.26は、浮床層の面積を変えた場合の解析モデルである。床版に対する比率を、0.11、0.44、および1.0と3段階に設定して解析している。解析結果は図-6.27に示した。浮床層の面積が最も小さくなると、ピーク部分の振動伝達がやや増大する傾向があるが、それ以外の条件ではあまり大きな変化は見られない。したがって、通常の浮床構造においては、浮床層の大きさによる影響は殆ど考慮する必要がないと言える。

床版に対する浮床の相対位置の影響についての解析モデルを図-6.28に、その結果を図-6.29に示

した。ピーク周波数（63Hz）以下では殆ど変化が見られないが、125Hz以上の帯域では、存在位置によって6~8dBの差が表れている。したがって、63Hz帯域で性能が決定される場合には浮床の位置は殆ど関係ないが、125Hz以上で決まる場合には、これらの詳細な検討が必要となるであろう。実際の床衝撃音の対策事例の場合には、床版単独の場合の実測結果を見て検討すればよい。

### 6.3.3 床版の版厚、境界条件の影響

これまで床版の条件は一定として、上部構造の変化の影響を検討してきた。ここでは、床版の条件変化が、浮床の効果にどの程度の影響を与えるかを検討した。解析モデルはこれまでと同じであり、床版版厚を150mmから200mmに変更した場合、および床版の境界条件を現状の周辺固定から単純支持に変更した場合について解析した。これらの結果を図-6.30、図-6.31に示した。図-6.30の床版厚を厚くした場合の結果では、ピーク値が低周波数側に移動した形となり、それに応じて63Hz以上の帯域で振動低減量が若干増加する傾向を示す。しかし、その値は250Hzで3dB程度であり、あまり大きな変化とは言えない。一方、床版の境界条件を周辺固定から単純支持とした場合には、ピーク周波数が高周波数側に移動した形となり、振動低減効果もやや悪くなる。これら2例の結果の傾向はは、いずれも2質点系の場合の変化の傾向と対応しており、浮床構造の振動系が基本的に2質点系に近い振動系で表されることを示している。また、これまで示してきた結果では、各々の条件の単独の影響であったため、あまり大きな変化にはなっていないが、これらが複数組み合わされた場合には、1ランクや2ランクの変化が充分に発生する可能性があるため、あまり簡略化されたモデルによる評価は危険であり、より確実な検討方法を用いる必要がある。

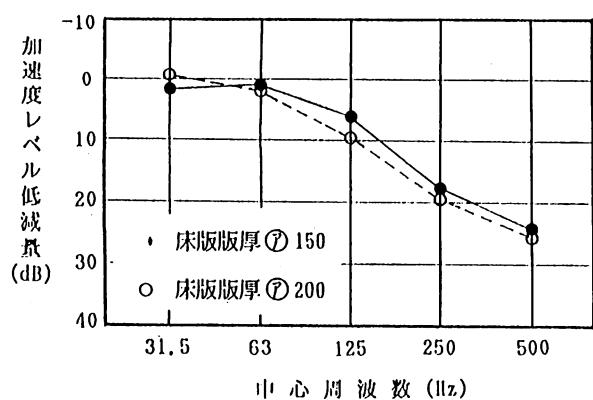


図-6.30 床版の版厚の影響

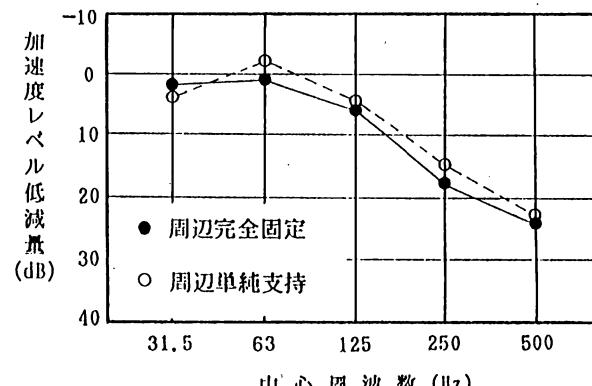


図-6.31 床版の境界条件の影響

## 6.4 まとめ

重量床衝撃音などの床版の固体音評価に関して、この床版ならL-等級でいくつといった具体的で最終的な参考図表が示せれば、一般的な建築技術者にとって最も便利であろう。しかし実際の音響域振動特性・床衝撃音特性は、種々のパラメータが重畳し、それらが相関をもった形で決定されてくる。そのパラメータ変化の影響の表れ方はかなり微妙であり、また周波数帯域によっても影響の表れ方が異なるてくる。このような性能を一元的に表示することは、かなりの困難さを伴うとともに、逆に不正確さと誤解をもたらす危険性もある。したがって、これら固体音の評価においては、当研究で示した方法やそれに類する方法で、あくまで個々の物件について必要なパラメータに関する解析検討を行い、その結果を眺め、各条件を変化させた時の傾向を推定し、最適解へのシミュレーションを行うことが必要である。ここで示した種々の条件変化に関する知見は、このための良き推定材料として利用できると考えられる。最後に、この章の検討により得られた結果を模式的に表示したものを図-6.32に示しておく。

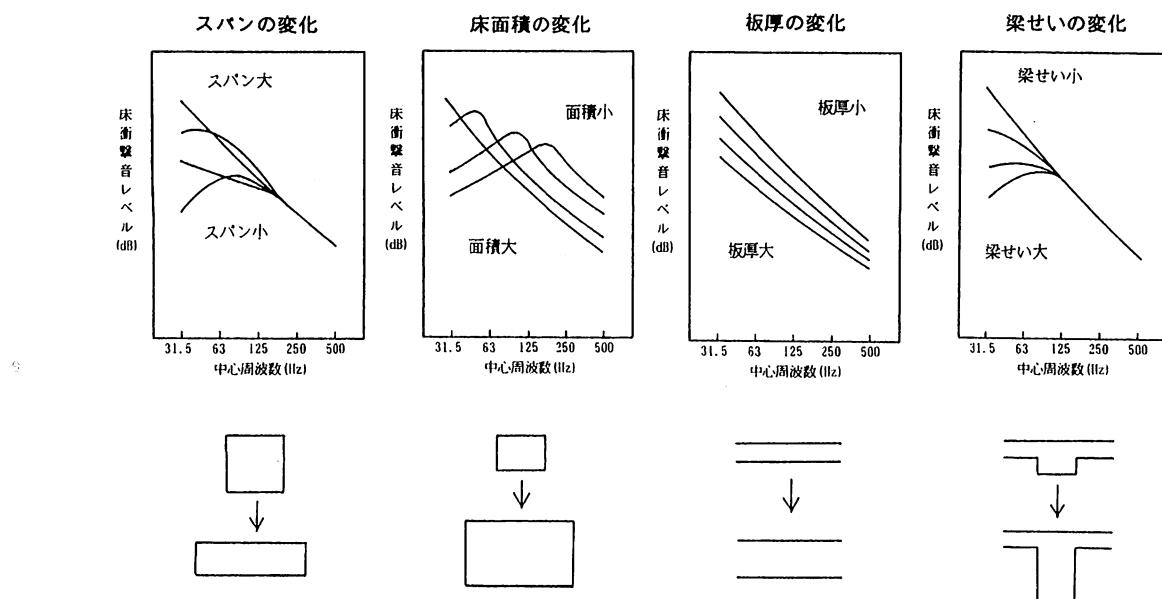


図-6.32 各種条件変化の重量床衝撃音への影響