床の鉛直振動性能および重量床衝撃音に対する遮音性能向上技術に関する提案および解析的検証

PROPOSAL AND ANALYTICAL STUDY ON METHOD TO IMPROVE PERFORMANCE FOR VERTICAL VIBRATION OR SOUND INSULATION OF FLOOR

西村勝尚 —*1 福本義之 —*1
大住和正 —*1 藤澤康仁 —*2

Katsuhisa NISHIMURA —*1 Yoshiyuki FUKUMOTO —*1
Kazumasa OSUMI —*1 Yasuhiro FUJISAWA —*2

キーワード：
振動，遮音，重量床衝撃音，応答解析，コンバージョン，粘弾性材

Keywords：
Vibration, Sound insulation, Heavy-weight floor impact sound, Response analysis, Conversion, Viscous-elastic material

On the occasion converting office into apartment, the authors propose to improve performance for vertical vibration by jointing to up and down floor by vertical supports equipped viscous-elastic materials, and for sound insulation of floor for heavy-weight floor impact sound by floor framing supporting sleeper with viscous-elastic materials on beam. By vibration analysis, we confirmed these methods are effective as follows, vertical maximum response displacement decreases to about 55~75 percent, floor response acceleration decreases on all frequency of 1/3 octave band by using vertical supports, and driving and transfer impedance level increase in the frequency range of heavy-weight floor impact sound.

1. はじめに

都市再生および循環型社会の構築を考える上で、建物の構造体の耐久性能が確保されていれば、コンバージョンは最も有効な手法である。特に、現在社会的ニーズが高く、将来さらにニーズが高くなることが予測される事務所ビルの住宅へのコンバージョンを実現する上で構造技術に係る検討課題として①耐震性能、②耐荷重、③居住性能が考えられる。

①耐震性能に関する問題としては、現行法以前の建物、いわゆる既存不適格建物に対する耐震性能の向上であるが、耐震診断および耐震補強技術に関しては研究・開発・実用化が進み充実しており、コンバージョンに適用可能である。

②耐荷重に関しては、原則として事務室仕様よりも住宅仕様の方が積載荷重は小さいため、事務所ビルから住宅へのコンバージョンに際し一般的には問題とならない。

③居住性能に関しては床の鉛直振動性能と遮音性能があり、事務室よりも住宅の方が高い性能が要求される^{1),2)}。しかし、振動・遮音性能向上を目的とした有効で実用的な技術は少なく、これらの技術を充実させていくことがコンバージョンを実現する上で、大きな課題となる。一般的な事務所建物は広い空間が要求され、柱スパンが大きく鉄骨造であり鉛直剛性が低く、スラブ厚が薄いため、鉛直振動に対する性能および重量床衝撃音に対する遮音性能は高くない。

そこで、本論では、鉛直振動に対する性能および重量床衝撃音に対する遮音性能を向上させる技術を提案し、事務所から住宅へのコンバージョンに関するモデルプランによる解析的検討を行ない、提案構造技術の有効性を検証する。

2. 床の鉛直振動性能向上技術

床の鉛直振動に対する性能を向上させるためには、床あるいは床を支持する梁の剛性あるいは質量を増加させる手法が直接的で、有効な手法である。しかし、既存建物の床や梁の剛性を高めるためには、梁の増設、鉄骨梁下フランジに溶接による鋼板接合、スラブ厚の増大等が考えられるが、かなり本格的な補強工事となり、消費エネルギーおよびコストも増加する。また、スラブ厚の増大は建物重量の増加につながり梁、柱、基礎への負担が増大する。

一般的に、住戸内には各室の内部間仕切りが存在するが、鉛直方向剛性が小さいため床振動低減には寄与していない。そこで、内部間仕切りの一部に鉛直剛性の高い部材あるいは減衰性能を有する部材を組み込み上下のスラブを連結することにより、どちらかの床上で飛跳ねた場合、上下のスラブの連成効果により有効剛性および有効質量が増加することが推察される。この手法により、床の鉛直振動に対する性能の向上を期待することができる。

図1 鉛直振動性能向上技術の概念図

具体的には、図1に示すように、鉛直剛性の高い部材あるいは減衰性能を有する鉛直支持部材を内部間仕切りの中に1本ないしは数本設置する。これらのサポートは内部間仕切りの中に入るため、居

*1 ㈱大林組本店建築設計部
(〒540-8584 大阪市中央区北浜東4-33)

*2 ㈱大林組技術研究所 音響電磁研究室

*1 Obayashi Corporation, Architectural and Engineering Dept.

*2 Obayashi Corporation Technical Research Institute, Acoustic and Electromagnetic Engineering Dept.

(a) 鋼管タイプ (b) 粘弾性体付与鋼管タイプ

図2 鉛直支持部材詳細図

住空間の機能を損なうことはない。また、リニューアル等により内部間仕切りが変更になる場合は、この鉛直支持部材も内部間仕切りとともに移動すれば、鉛直振動に対する性能が低下することはない。

鉛直支持部材の詳細を図2に示す。同図の(a)は鉛直方向剛性を有した鋼管タイプ(粘弾性体無)、(b)は圧縮引張変形により減衰効果を発揮するよう鋼管部材の下面に粘弾性体を設置した粘弾性体付与鋼管タイプ(粘弾性体有)の2種類であり、両者とも住宅の内部間仕切り内に納まるようφ60.5×5.5の鋼管サイズとした。鉛直支持部材は、微小な鉛直方向変形に対して有効に作用しなければならないため、床に密着させて設置させる必要がある。そのため、鉛直支持部材は上下の2本の鋼管に分け中央部で連結する方式とし、上下の鋼管にM36 ボルト(上:右ネジ、下:左ネジ)を取付け、カプラーで接続する機構とすることによって、設置時に高さ方向に長さの調整をすることが出来る機構とした。

3. 重量床衝撃音に対する遮音性能向上技術

一般的な事務所建物は鉄骨造が多く、鉄骨造小梁はRC造に比べ剛性が小さい。また、スラブはデッキプレートを用いた合成スラブとしている事例が多く、剛性および質量とも小さく遮音に対する要求性能を満足しない可能性が高い。

重量床衝撃音に対する遮音性能向上を目的とする床構造は、コンクリートスラブの上に仕上げ材受け鉄骨梁(以下、大引と記す)を設け、この大引は比較的剛性の高い小梁上でスラブに鉛直方向支持される構造である。大引と既設小梁上スラブとは、図3に示すような粘弾性材を取りつけた支持金物により接続する構造である。また、床の仕上げ材はこの大引の上に取付けられる。

この構造は、荷重を直接支持する大引の剛性を歩行等に支障がない範囲で極力小さくすることにより、小梁に与える衝撃力のピーク値を小さくする効果を期待している。さらに、大引と小梁上コンクリートスラブとを粘弾性材を介して繋ぐことにより、軽量及び重量床衝撃音に対して仕上げ材+大引とコンクリートスラブ+小梁の連成効果による有効質量の増加、および粘弾性材の衝撃エネルギー吸収によるコンクリートスラブへの衝撃力の低減効果を期待している。

図3 鉄骨大引取り付け詳細

大引を支持する鉄骨小梁の剛性が小さく要求遮音性能を満足しない場合は、鉄骨小梁の剛性を高くすれば遮音性能は向上する。鉄骨小梁の剛性を増大する手法として、2.で提案している鉛直振動性能の向上効果が期待できる手法を組み合わせ、鉛直振動に対して有効な鉛直支持部材を取付ける方法がある。

大引と小梁上コンクリートスラブとの接合点における粘弾性材の取り付け方法は図3に示すように、(a)粘弾性材を支持材の下面に設け、圧縮・引張変形により減衰効果を発揮させる場合と、(b)粘弾性材を大引と支持金物間に設け、せん断変形により減衰効果を発揮させる設ける場合が考えられる。図3では、鉄骨大引は二本で構成しているが、1本でも構わない。

4. 解析的検討

前述した鉛直振動に対する性能向上技術あるいは重量衝撃音に対する性能向上技術の効果を検証するため、コンバージョン計画モデルを対象に振動解析を行った。鉛直振動に対する性能は二人歩行による鉛直振動解析を行い鉛直方向振幅および 1/3 オクターブバンド 加速度により評価を行った。重量床衝撃音に対する遮音性能は直接周波数応答解析を行いインピーダンスレベルにより評価を行った。

4.1 コンバージョン計画概要

コンバージョンのモデルプランは、図4に示すような 11.7m×31.6mの長方形の基準階平面を有する片側コアの事務所建物を東西面に住戸を配置した中廊下タイプの集合住宅にコンバージョンした計画である。図5に計画の1スパンを抽出した構造の床梁伏せ図とスラブ断面図を示す。

図4 事務所から住宅へのコンバージョン平面計画

モデルプランの建物は、一般的な事務所建物であり、主体構造は鉄骨造純ラーメン架構である。構造は、柱心間距離 6,000×11,000 mm間に3本の鉄骨小梁(H-298×149×5.5×8)を均等に配し、小梁間2,725mm スパンを溝深さ 75mm のデッキプレートを敷設しコ

図5 1スパンの構造床梁伏せ図とスラブ断面図

(b) スラブ断面図

図7 大引とスラブの接続部

図6 解析モデル平面形状

の場合は、仕上げ荷重と積載荷重はコンクリート、スラブ面上に等分布に分布するものとした。大引敷設時は、大引上に大引支配幅分の仕上げ荷重+積載荷重が等分布に分布するものとした。

4. 3 固有振動数と振動モード

図8に各解析モデルの固有振動数および固有振動モードを示す。いずれの解析モデルにおいても1次モードは長辺大梁の変形が卓越するモードであり、1次固有振動数は8.7Hz前後でほとんど変化しない。小梁の変形が卓越するモードは、現状モデルおよび鉛直支持部材敷設モデルとも13.5Hzであった。また、鉛直支持部材+大引敷設モデルにおける大引の変形が卓越するモードは19.06Hzであった。いずれの解析モデルにおいても、長辺、短辺方向大梁および小梁の変形による多数の全体モードが30Hz前後に卓越している。

図8 固有振動モード

4. 4 鉛直振動に対する性能に関する解析結果と考察

鉛直振動に対する性能評価は、現状の場合と2.で提案した振動性能向上技術を敷設した場合とを比較することにより、効果を検証する。評価手法は、二人歩行を対象とした入力荷重による振動解析を

原設計における床小梁の積載荷重は事務室仕様 2,900N/m² であり、住宅仕様では1,800N/m² であるため耐荷重上は問題とならない。

提案した鉛直振動に対する性能向上技術である鉛直支持部材の配置を図5に示す。鉛直支持部材は、振動振幅に大きな影響を与える鉛直方向の低次のモードに対して有効に作用するよう基本的には大梁および小梁の中央部を支持するように配置した。スパン中央部に廊下があり大梁中央および中央部の小梁下に鉛直支持部材を配置することができないため、廊下と住戸の区画壁の中に設ける計画とした。

4. 2 解析モデルと解析諸元

振動解析モデルの平面形は図6に示すように、解析対象スパンの両側に隣接するスパンの中央部までを対象とし、X方向の端部は、対称条件を考慮し、回転拘束、鉛直方向自由の境界条件とした。柱、大梁、小梁、大引は軸方向、曲げ、せん断および捩り剛性を考慮した線材に置換した。小梁の大梁との接続は回転自由なピン接続としてモデル化した。大引は1m間隔で敷設し、各大引は小梁間で1本の部材とし、図7に示すように、それぞれ独立した接続金物および圧縮・引張に有効な粘弾性体を介して小梁上のスラブに支持されているものとした。スラブは、図5(b)に示すような断面の合成スラブであることより、異方性を考慮した333×343.75mmの面内剛性板にモデル化した。柱は解析対象階から階高の1/2の高さで各方向ともピン支持とした。現状を対象とする場合は1層モデル、鉛直支持部材を敷設した場合は解析対象階の下に1層加えた2層モデルとした。粘弾性体はVoigtモデルによりモデルした。

解析諸元を表1に示す。粘弾性体の諸元は、温度20℃、床の一次固有振動数に近い加振振動数10Hzでの振動試験結果の平均値を採用した。コンクリートに関しては動ヤング係数³⁾を用いた。系全体の減衰定数は2.5% (損失係数5%)とした。

質量は固定荷重 (部材重量+仕上げ荷重 200N/m²) と積載荷重 600N/m² を考慮した。現状および鉛直支持部材敷設時 (大引なし)

表1 解析諸元

部 材	
柱	C1: □-400×400×19
大梁	G1, G3: H-600×200×11×17
小梁	B5: H-298×149×5.5×8
大引	2Cs-125×60×4.5 (2本)
スラブ	X方向: t=85mm
	Y方向: t=160mm (リブ付き)
鉛直支持部材 (ポスト)	φ60.5×5.5, K: 6.91×10 ⁵ N/cm
粘弾性体	ポスト下部(t4mm) K _c : 8.34×10 ⁴ N/cm C _c : 3.21×10 ² N·sec/cm
	大引接続部(t10mm) K _c : 2.15×10 ⁵ N/cm C _c : 7.97×10 ² N·sec/cm

- ・K_c: 粘弾性体の等価剛性、C_c: 粘弾性体の等価減衰係数
- ・鋼材のヤング係数: E_s=2.05×10⁵ (N/mm²)
- ・コンクリートのヤング係数: E_c=12500×(比重)²×(F_c/10⁵)^{0.3}×10⁵ (N/mm²)³⁾
- ・F_c: コンクリート強度(N/mm²)=24N/mm²

行い、得られた時刻歴応答加速度波形より 1/3 オクターブバンド分析による加速度最大値 (0-peak) を求め、「建築物の振動に関する居住性能評価指針同解説 (2003 年度改訂版)」⁴⁾ によった。

(1) 入力荷重と解析ケース

入力荷重は、文献 5) の解析に用いられている、歩行実測結果による歩行荷重に対して静荷重をゼロの荷重として静荷重に対する変動荷重を歩行時鉛直方向動荷重とした二人歩行を想定した図 9 示す 2Hz の周波数特性を有する最大荷重 249.6N の波形とした。

図 9 二人歩行を想定した入力荷重波形

振動解析は、鉛直振動性能に与える鉛直支持部材の影響を評価するため、鉛直支持部材の有無および鉛直支持部材の粘弾性体の有無を解析パラメータとした。解析ケースを表 2 に示す。

加振ケースは、廊下を歩行した場合 (Case1) の住戸内への影響、住戸内を歩行した場合 (Case2) の住戸内の他点への影響、廊下の大梁中央部を歩行した場合 (Case3) の住戸内への影響を評価するため 3 ケースとした。加振点は床の低次の固有モードを励起する位置を選択し、廊下歩行時は加振点を小梁中央とし、測点は住戸内の小梁上 (測点 919) とスラブ上 (測点 519) とした。住戸内歩行時は、加振点をスラブ中央とし、測点は住戸内の小梁上 (測点 919)、スラブ上 (測点 1319) とした。大梁中央歩行時は、加振点を廊下部の大梁中央とし、測点は廊下的小梁上 (測点 1719)、住戸内の小梁上 (測点 919)、住戸内のスラブ上 (測点 1319)、大梁上 (測点 510) とした。なお、測点 919 は鉛直支持部材位置である。加振点と応答加速度の測点を図 10 に示す。応答変位振幅測点は小梁上とスラブ上とした。

(2) 時刻歴応答解析結果による最大応答変位

時刻歴応答解析結果の最大応答変位、現状に対する他の解析ケースとの差 (改善量) および比率を表 3 に示す。また、同表に加振直下階床の最大応答変位を示す。

鉛直支持部材を敷設することによって、各歩行時のいずれの測点においても鉛直方向の最大応答変位は減少し、現状に比べて約 55～75% 程度に減少している。また、鉛直方向変位の低減効果は鉛直方向変位が大きい測点ほど大きい。4.3 の固有値解析結果から、鉛直支持部材を敷設してしても 1 次固有振動数は変化しないが、上下スラブの連成効果により鉛直方向変位が減少したと推察される。

鉛直支持部材の粘弾性体の有無による鉛直方向変位の最大応答変位を比較すると、粘弾性体が無い鉛直支持部材の方が低減効果は大きい。粘弾性体を取付けた場合、粘弾性体の減衰性能による低減効果よりも粘弾性体の等価剛性が小さく上下スラブの連成効果が軽減し、粘弾性体を取付けない場合よりも最大応答変位が増加したものと推察される。

鉛直支持部材の敷設による加振 (歩行階) 直下階の床の最大応答変位は、鉛直支持部材に粘弾性体がない場合は上下階の同一平面位置ではほとんど変わらないが、粘弾性体を有する場合は加振階に比べ直下階の最大応答変位は減少している。

表 2 解析ケース

加振点	現状	鉛直支持部材: 有		測点
		粘弾性体無	粘弾性体有	
廊下歩行	1-0	1-1	1-2	519, 919
住戸内歩行	2-0	2-1	2-2	919, 1319
大梁中央歩行	3-0	3-1	3-2	1719, 919, 1319, 510

図 10 加振点と応答加速度測点

表 3 最大応答変位と改善量 ( ) 内は測点番号を示す。

解析ケース		最大応答変位 (μm)	改善量 (μm)	現状に対する比率	加振直下階床 最大応答変位 (μm)
廊下歩行 Case1	1-0	5.73(919)	—	—	—
	1-1	3.07(919)	2.66	0.54	3.08(919)
	1-2	3.63(919)	2.10	0.63	2.59(919)
住戸内歩行 Case2	2-0	5.34(919)	—	—	—
	2-1	3.07(919)	2.27	0.57	2.64(919)
	2-2	3.95(919)	1.39	0.74	1.75(919)
大梁中央歩行 Case3	3-0	4.39(1719)	—	—	—
	3-1	2.40(1719)	1.99	0.55	2.40(1719)
	3-2	2.79(1719)	1.60	0.64	2.06(1719)

(3) 1/3 オクターブバンド分析結果

振動解析により得られた応答加速度値を 1/3 オクターブバンド分析した結果、以下に示すことが明確になった。1/3 オクターブバンド中心周波数と 0-peak 1/3 オクターブバンド加速度関係に関して、鉛直支持部材の有無による比較を図 11 に示す。また、図中に文献 4) による評価曲線を示す。

・現状スラブにおいて約 8Hz および 30Hz 付近にピークが認められる。これは、スラブ全体の 1 次固有振動数 8.78Hz と両方向の大梁および小梁の変形モード (全体モード) が多数卓越している 30Hz 前後の振動数に一致している。この傾向は、鉛直支持部材を敷設した場合の廊下 (小梁上) 歩行あるいは大梁中央歩行にも同様の傾向が認められ、歩行による振動が直接大梁あるいは小梁に伝達されているものと推察される。また、現状の床構造の鉛直振動に対する性能は評価曲線 V10 以下であり、鉛直振動性能のよいスラブである。

・図 11(a),(b),(c) より、鉛直支持部材を敷設することにより 1/3 オクターブバンド加速度は各周波数帯において現状よりも大きく減少しており、振動性能の向上を図ることが可能である。しかし、鉛直支持部材の粘弾性体の有無による明確な差は認められなかった。

・鉛直支持部材を敷設した場合の上下階での 1/3 オクターブバンド加速度を比較すると、鉛直支持部材に粘弾性体を取付けない場合は上下階でほとんど変わらない。しかし、粘弾性体を取付けた場合は Case1 では 20Hz 以上の高周波数帯で、Case2 ではほぼ全周波数帯で粘弾性体が無い場合よりも加振直下階床の加速度は小さく、直下階へ及ぼす影響は小さい (図 11(d) 参照)。

図 11 鉛直支持部材の有無による 1/3 オクターブバンド 加速度の比較

4. 5 重量床衝撃音に対する遮音性能に関する解析結果と考察

重量床衝撃音に対する遮音性能はスラブの振動特性により大きく左右されることからスラブのインピーダンスレベルを算出し、現状と3.で述べた遮音性能向上技術を敷設した場合とを比較することにより、提案する技術の効果を検証する。

(1) 解析ケースと解析手法

遮音性能の検討は各部屋別に評価を行なうのが一般的であるが、本検討は遮音性能の向上を目的として提案する構造技術の効果を解析的に検証することが目的であるため、遮音性能評価対象は柱と大梁に囲まれた1スパンを対象とした場合 (Case1) と1住戸を対象とした場合 (Case2) の2ケースとした。解析ケースを表3に示す。各評価対象において、大引の有無および大引の粘弾性体の有無、大引+鉛直支持部材の有無および鉛直支持部材の粘弾性体の有無を解析パラメータとした。

表3 解析ケース

評価対象	現状	大 引		鉛直支持部材+大引 (粘弾性体有)	
		大引の粘弾性体	無	鉛直支持部材の粘弾性体	無
1スパン	1-0	1-0-1	1-0-2	1-1-2	1-2-2
1住戸	2-0	2-0-1	2-0-2	2-1-2	2-2-2

解析は直接周波数応答解析を行い、計算周波数は4Hzから1/1オクターブバンドで125Hzまでをカバーする4Hz～200Hzまでとした。減

衰は減衰係数2.5% (損失係数5%) のRayleigh減衰とし、計算対象周波数内でほぼ一定となるように設定した。

加振点は、1スパン評価の場合は中央小梁の中央部、1住戸評価の場合は住戸中央部とし、加振点に鉛直方向単位加振力 $F (=1\text{N})$ を与えた。加振点と応答値の測点を図12に示す。加振点は現状の場合はコンクリートスラブ上とし、大引を敷設した場合は大引上とした。

図 12 解析上の加振点と測点

インピーダンス算出位置 (測点) は評価対象の対角線上の5点とし、遮音性能の評価は下階へ与える評価であるからいずれの場合もスラブ上とした。中央の加振点は現状の場合は駆動点インピーダンスレベルであり、大引を敷設した場合は伝達インピーダンスレベルである。加振点以外の4点は伝達インピーダンスレベルである。

インピーダンスの算出は、単位加振を与えた時の測点の振動速度応答 $V(\text{m/s})$ の鉛直方向成分からインピーダンスレベル L_Z を(1)式により算出した。

$$L_Z = 20 \log_{10}(F/V) = 20 \log_{10}(1/V) \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

得られたインピーダンスレベルは単一周波数での数値であり、オクターブバンドでのインピーダンスレベルの数値は、対象周波数範囲内 (例えば63Hzでは44.5Hz～89.1Hzの範囲内) の速度の二乗と平均の平方根 $V_{\text{mean}} = (\sum V_i^2/n)^{1/2}$ を使い、 $20 \log (F/V_{\text{mean}})$ とした。

(2) インピーダンスレベルによる評価

周波数応答解析結果から大引あるいは鉛直支持部材+大引の有無によるインピーダンスレベルへの影響に関して、1スパンを評価対象とした場合 (Case1) の加振点(1719)での周波数-駆動点または伝達インピーダンスレベル関係を図13、測点(915)での周波数-伝達インピーダンスレベル関係を図14示す。図中の ( ) 内数値は中心周波数63Hz帯域の1/1オクターブバンドでのインピーダンスレベルを示す。また、表4に各測点の伝達インピーダンスレベルおよび5測点の速度の二乗と平均の平方根による平均値を示す。

図13、14および表4より、以下のことが検証された。

- ・1スパン評価の場合は、大引あるいは大引+鉛直支持部材を敷設することにより現状よりも伝達インピーダンスレベルは増加する。
- ・1住戸評価の場合は、63Hz帯域では大引を敷設することにより現状よりも伝達インピーダンスレベルは減少し、大引+鉛直支持部材を敷設した場合は現状とほとんどかわらない。しかし、125Hz帯域では現状よりも伝達インピーダンスレベルは増加している。
- ・大引あるいは大引+鉛直支持部材を敷設することによる重量床衝撃音遮断性能に与える影響は、63Hz帯域では評価対象により異なる。

るが、125Hz 帯域では伝達インピーダンスレベルが増加し遮音性能の向上が期待できることが推察される。

- ・1スパン評価の場合、63,125Hz の両帯域での伝達インピーダンスレベルの平均値が最も大きかったのは鉛直支持部材と粘弾性体を介して大引を敷設した場合であり、現状に対して約3～4dB 増加している。
- ・大引を敷設する場合、直接敷設するよりも粘弾性体を介して大引を敷設する方が伝達インピーダンスレベルは増加している。
- ・鉛直支持部材と大引（粘弾性体を介して接続）との組合せによる各測点のインピーダンスレベルは、粘弾性体を介して大引だけを敷設する場合よりもインピーダンスレベルは増加し改善効果大きい。

図 13 1 スパンを評価対象とした加振点(1719)での駆動点または伝達インピーダンスレベルの比較

図 14 1 スパンを評価対象とした測点 915 での伝達インピーダンスレベルの比較

表 4 63Hz 帯域での伝達インピーダンスレベル(dB)

評価対象	測点	現状	大引：有		鉛直支持部材+大引(粘弾性体)	
			大引の粘弾性体		鉛直支持部材の粘弾性体	
			無	有	無	有
1スパン	1719	115.6	117.3	118.4	118.0	118.3
	915	119.4	122.1	123.7	123.1	124.1
	平均	118.3 (116.7)	120.6 (118.0)	122.0 (119.4)	121.5 (119.0)	122.1 (119.4)
1住戸		2-0	2-0-1	2-0-2	2-1-2	2-2-2
	819	114.1	109.6	112.7	113.8	113.3
	115	118.7	112.0	113.7	114.1	113.9
	515	115.3	117.2	117.9	118.8	118.2
	平均	116.0 (114.5)	112.6 (116.1)	114.6 (118.7)	115.4 (119.4)	115.0 (119.3)

( ) 内は 125Hz 帯域での伝達インピーダンスレベルを示す。

藤澤らの実建物でのインピーダンスレベルおよび床衝撃音レベル測定に関する研究によると、駆動点あるいは伝達インピーダンスレベルの増加に対応して床衝撃音レベルが低下する明確な相関関係が認められる⁹⁾。特に、重量床衝撃音に対する遮音性能を決定する 31.5、63Hz での床衝撃音レベルと伝達インピーダンスレベルとの相関性が高い。この研究より床衝撃音レベルを推定すると、1スパンで評価した場合、提案する鉛直支持部材と大引（粘弾性体を介して接続）との組合せにより 4 dB 程度の衝撃音レベルの低下が期待できる。

5. まとめ

事務用途から要求居住性能が高い住宅用途へ建物をコンバージョンする際に、床の鉛直振動に対する性能あるいは重量床衝撃音に対する遮音性能の向上を目的とした鉛直支持部材あるいは粘弾性体を介して大引を敷設する床組工法を提案し、これらの技術の効果について解析的検証を行い、以下のような知見を得た。

(鉛直振動に関して)

- ・鉛直振動性能向上技術である鉛直支持部材を敷設する手法は、最大振幅あるいは加速度を低減する効果が顕著であり、鉛直振動に対する性能の向上を図る有効な技術である。
- ・鉛直支持部材の粘弾性体の有無による鉛直振動性能の明確な差はほとんど認められないが、粘弾性体を取付けた鉛直支持部材の方が加振直下階の床振動に与える影響は小さい。
- ・鉛直支持部材を敷設した場合の上下階での 1/3 オクターブバンド加速度は、粘弾性体がない場合は上下階でほとんど変わらない。しかし、粘弾性体がある場合は粘弾性体がない場合よりも鉛直支持部材を敷設することによる直下階へ及ぼす影響は小さい。

(重量床衝撃音に対する遮音性能に関して)

- ・遮音性能評価対象を 1 スパンとした場合、伝達インピーダンスレベルの平均値が最も大きかったのは鉛直支持部材と粘弾性体を介して大引を敷設した場合であり、現状に対する改善効果は約 3～4 dB 程度であった。
  - ・大引を直接敷設するよりも粘弾性体を介して大引を敷設する方がインピーダンスレベルは増加する。鉛直支持部材+大引（粘弾性体を介して接続）とすることによりインピーダンスレベルはさらに増加し、遮音性能の改善効果が認められた。
- 鉛直振動性能あるいは重量床衝撃音に対する遮音性能を向上させる提案技術の効果を確認するため、今後の課題として以下のような項目に関する検討が必要である。

- ・提案技術の効果は、スラブの鉛直振動特性により大きく変化することが予測されるため、スラブの鉛直振動特性を変動要因とした各技術の特性評価を行う必要がある。
- ・特に、提案する遮音性能向上技術は、評価対象の違いにより有効性が異なる。また、二重床下の空気層パネとスラブの面材による共振や鉛直支持部材のような振動伝搬部材を設けた場合の連結スラブからの音響放射の影響等、を考慮した解析的検証と同時に実建物による検証を行う必要がある。
- ・生活に係わる居住性能はある意味で地震に対する耐震性能等よりも重要視される性能であり、コンバージョンを推進していく上で、インピーダンスレベル等により精度の高い遮音性能評価法を確立する必要がある。

参考文献

- 1) 建築物の振動に関する居住性能評価指針同解説, 日本建築学会, 1991
- 2) 建築物の遮音性能基準と設計指針, 日本建築学会, 1997
- 3) 安藤 啓: 各種床構造の振動応答特性の予測とその応用に関する研究 モビリティに着目した高次振動評価, 学位論文, 1993.
- 4) 建築物の振動に関する居住性能評価指針同解説, 日本建築学会, 2004
- 5) 金子正孝, 島口正三郎, 武田寿一: 床振動の予測と影響・評価に関する研究 (その 2) 合成ばりスラブの振動予測と評価について, 大林組技術研究所報 No.36, pp.99～102, 1988
- 6) 藤澤康仁, 縄岡好人: 集合住宅における重量床衝撃音の放射に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集環境工学 I, pp.207～208, 2004.9

[2004年9月26日原稿受理 2005年2月23日採用決定]