

大型ハーフ PCa ボイドスラブを採用した高層集合住宅の床衝撃音遮断性能

漆 戸 幸 雄 小 谷 朋 央 貴
綿 谷 重 規

概 要

近年、集合住宅において一住戸単位の大規模無梁スラブが一般的になっている。SI 住宅やフリープラン住宅に対応するためにスラブは更に大型化し、複数の住戸でスラブを共有する方向に進んで行くものと思われる。

今回、アフターボンドプレストレス工法と EPS ボイド型枠を用いた約 12m×12m の大型ハーフ PCa ボイドスラブを採用したフリープラン対応型の超高層集合住宅において、床スラブの振動特性、床衝撃音遮断性能の実測調査を実施した。本報告では、(1)大型ハーフ PCa ボイドスラブにおける駆動点インピーダンスの分布特性、(2)非構造部材の ALC 外壁や乾式界壁の施工に伴うスラブの振動特性の変化、(3)スラブ素面の床衝撃音レベル実測値とインピーダンス法計算値との対応、(4)竣工時の床衝撃音遮断性能について報告する。

Study on Floor Impact Sound Insulation Capability in a High-Rise Condominium Building Using Large Half-Precast Void Slabs

Abstract

Large flat slabs have recently been widely used in each individual units within condominium buildings. Skeleton framing, infill dwelling units and units providing flexible design planning may lead to the need for even larger slabs in the future; it is also possible that multiple units may eventually share a common slab in the future.

In this study, floor slab vibration characteristics and floor impact sound insulation capability were assessed in a condominium building having large (*ca.* 12 m x 12 m) half-precaster void slab for flexible design planning. The void slabs were constructed by after-bond prestressing steel using EPS (expanded poly-styrene) void forms.

This paper assesses

- (1) distribution of driving point impedance,
- (2) changes in slab vibration characteristics due to the construction of non-structural members such as ALC exterior walls and dry common walls,
- (3) comparison between measured and calculated values for impact sound levels on the bare slab, using the impedance method.
- (4) floor impact sound insulation performance after the completion of the building construction.

キーワード: 高層集合住宅, ハーフ PCa ボイドス
ラブ, 床衝撃音, 駆動点インピーダンス

§1. はじめに

近年、集合住宅において一住戸単位の大型無梁スラブは一般的になっている。一方、SI 住宅やフリープラン住宅に対応するためにスラブは更に大型化し、複数の住戸でスラブを共有する方向に進んで行くものと思われる。このような流れの中で集合住宅の建物構造形式やスラブ構造も多様化する傾向にある。今回、多様化、大型化するスラブの事例のひとつとして、アフターボンドプレストレス工法と EPS ボイド型枠を用いた約 12m×12m の大型ハーフ PCa ボイドスラブを採用したフリープラン対応型の超高層集合住宅において、床スラブの振動特性、床衝撃音遮断性能の実測調査を行った。

本報告では、(1)大型ハーフ PCa ボイドスラブにおける駆動点インピーダンスの分布特性、(2)非構造部材の ALC 外壁や乾式界壁の施工に伴うスラブの振動特性の変化、(3)スラブ素面の床衝撃音レベル実測値とインピーダンス法計算値¹⁾との対応、(4)竣工時の床衝撃音遮断性能について報告する。

§2. 建物・スラブ構造の概要

当建物は地上 30 階建の RC 造集合住宅である。基準階平面は X、Y 方向とも約 6m×5 スパンで構成されている(図 1)。中央の十字形となる 1 スパン分は厚さ 200mm の在来スラブである。在来スラブに区切られた隅の 12.3m×12m の部分が EPS 型枠による厚さ 350mm、スラブ面積約 128.8 m² の大型ボイドスラブである。中央部に設けられた階段、エレベータ、共用廊下を囲むように住戸が配置されている。住戸の外壁は ALC、界壁は乾式二重壁(戸境:押し出し成形セメント板系、共用廊下:石膏ボード系)である。EPS ボイド型枠は 900mm×860mm または 750mm×860mm で高さは 180mm である(図 2)。スラブ下板はトラス筋内蔵の約 12m×2.25m 厚さ 80mm の PCa 板 5 枚で構成されている。ボイド型枠の間に X、Y 方向とも 7 本のアフターボンド PC 鋼線が配線されており、クラックの防止を目的としたプレストレスが導入されている。

§3. スラブ振動特性

3.1 測定概要

スラブの振動特性は駆動点インピーダンスで検討することとし、測定点を図 2 に示すスラブ中央を起点とした測線 L1、測線 L2(対角方向)上の 25cm 間隔の点(L1-1~L1-22, L2-1~L2-32)、およびスラブ中央点と対角 4 分点(測定点 A~E)、加振階住戸区画に対するおよ

その中央点と対角 4 分点(測定点 A~E)に設け、外壁および界壁(戸境、共用廊下)施工前の状態の駆動点インピーダンスをインパルスハンマー(PCB 086B50, HARD チップ)による衝撃加振法により測定した。測定点 A~E と A~E については、外壁および下階の界壁施工後、加振階の界壁施工後にも測定を実施し、非構造部材がスラブの振動特性に与える影響について検討した。加振階住戸、下階住戸の平面図を図 3 に示す。

3.2 測定結果

3.2.1 駆動点インピーダンス分布特性

ボイドスラブのリブ上に位置する測線 L1 およびスラブ対角方向の測線 L2 の全時間応答駆動点インピーダンスレベル(1 オクターブバンドレベル)の分布特性を図 4 に示す。

ボイドスラブのリブ上に位置する測線 L1 上の各測定点の全時間応答駆動点インピーダンスレベルはスラブ端部

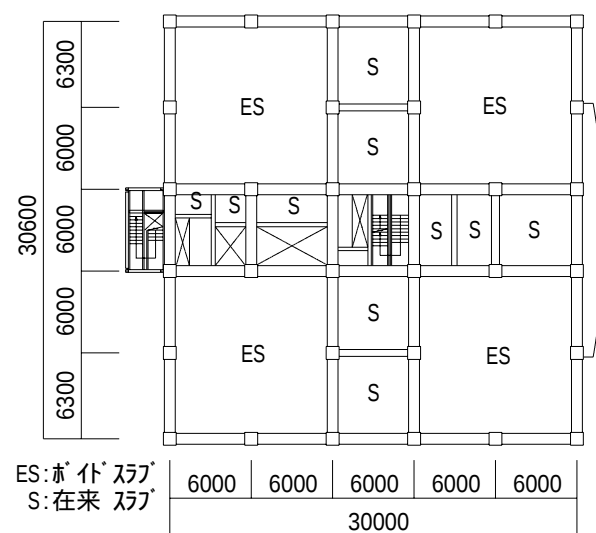


図 1 対象建物の基準階伏図

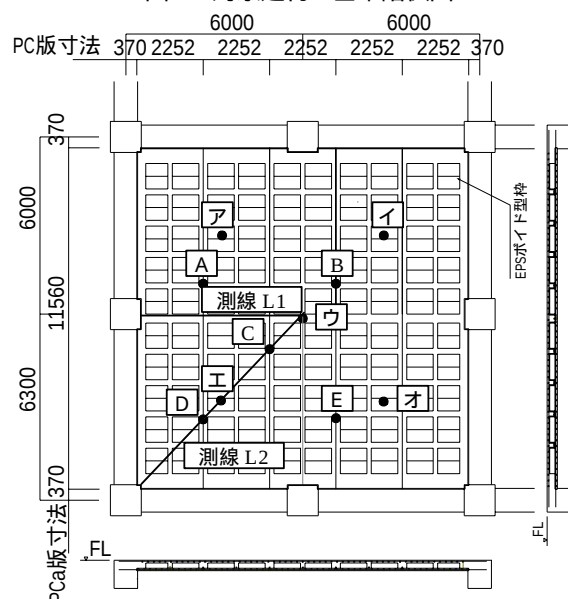


図 2 ボイドスラブの詳細と測定点

に近づくにつれ上昇する一般的な性状を示している(図4上)。一方、スラブ対角方向の測線 L2 の全時間応答駆動点インピーダンスレベルはスラブ端部付近での上昇傾向は見られるものの、ボイドの影響による山谷が周波数が高くなる程顕著に生じている(図4下)。

リブ上のスラブ中央点(L2-1)および中央点から 75cm 離れたボイド上の測定点(L2-4)の駆動点インピーダンスの周波数特性を図5に示す。

リブ上のスラブ中央点(L2-1)では共振(1 次:18Hz), 反共振を繰り返し次第に基本ピーダンス(計算値 126dB)に収束して行く傾向を見せている。中央点から 75cm 離れたボイド上の測定点(L2-4)の駆動点インピーダンスは 1 次, 2 次の共振は中央点とほぼ一致しているが, 反共振ははっきりせず, 周波数が高くなるにしたがってインピーダンスが漸減していくなどボイドの影響と思われる特性を示している。

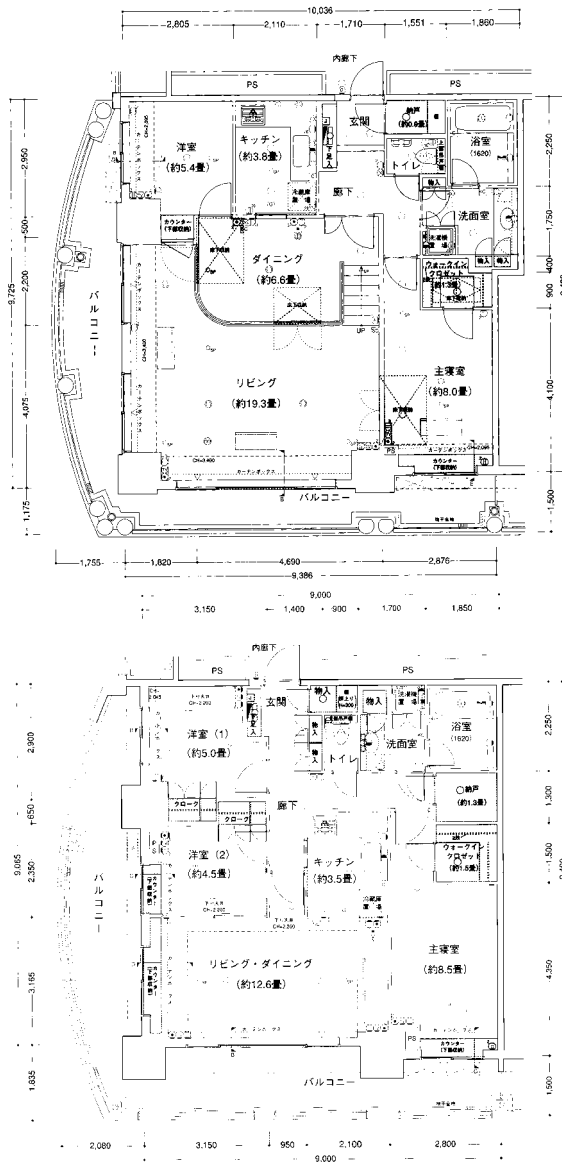


図3 測定住戸平面図 上:加振階住戸 下:下階住戸

3.2.2 外壁・界壁の影響

ALC 外壁や乾式界壁の施工前後における, スラブ中央の測定点ウの駆動点インピーダンスの周波数特性を図6に示す。測定点A～E, ア～オにおける ALC 外壁や乾式界壁の施工による駆動点インピーダンスレベル(1/1 オクターブバンド)の増減を図7に示す。

非構造部材である ALC 外壁や乾式の界壁が施工されるに伴い, 共振によるインピーダンスの低下が緩和されている(図6)。測定点によって効果に差はあるが外壁(ALC)及び下階界壁の施工によって 63Hz で最大 2dB, 更に加振階界壁と下階住戸内間仕切壁の施工によって 63Hz で最大 4dB インピーダンスの増加が見られる(図7)。31.5Hz 以下の低域ではさらに増加量大きい。

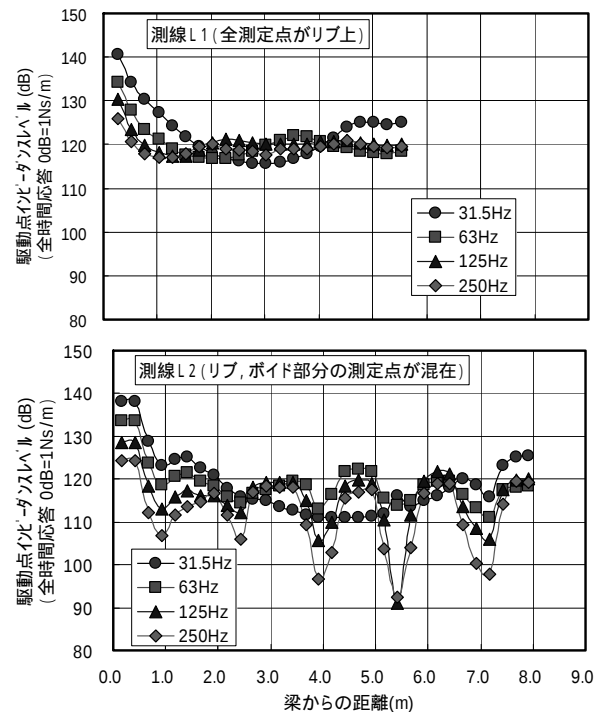


図4 全時間応答駆動点インピーダンスの分布特性

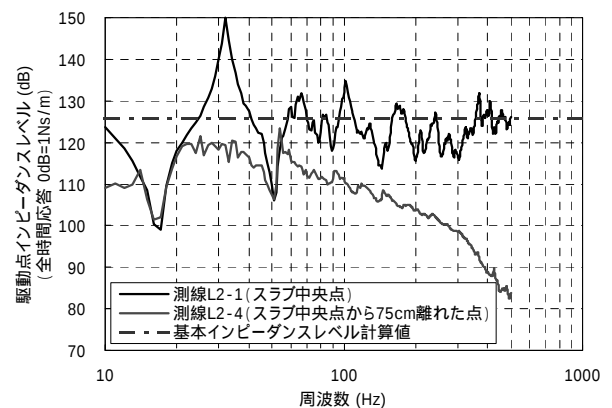


図5 ボイドの駆動点インピーダンスへの影響

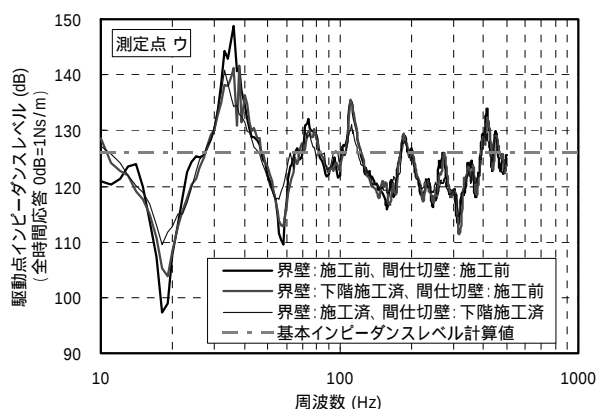
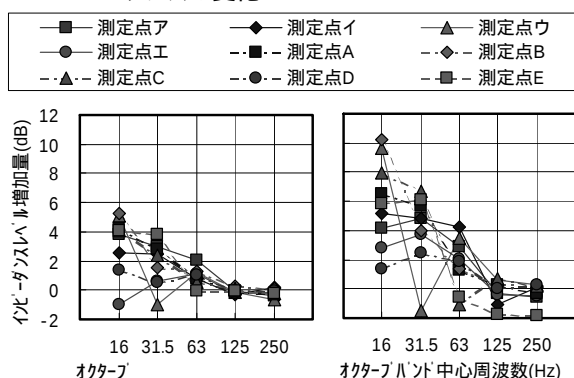


図 6 乾式外の外壁・界壁によるスラブ中央の駆動点インピーダンスの変化



左：外壁(ALC)及び下階界壁施工による効果

右：上記+加振階(上階)界壁と下階住戸内間仕切による効果

図 7 乾式の外壁・界壁による駆動点インピーダンスの増加量

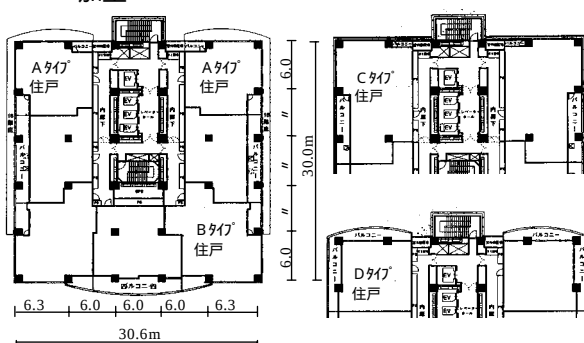


図 8 床衝撃音レベル測定対象住戸

§4. 床衝撃音遮断性能

4.1 測定概要

床衝撃音レベルの測定は、図 8 に示す A～D タイプの住戸を測定対象住戸とした。いずれの住戸も 12.3m×12m のボイドスラブ部分に位置している。床衝撃音レベルの測定は JIS A 1418-1995 に準拠し、打撃点 5 点、受音点 5 点(高さ 1.2m)とした。

スラブ素面の床衝撃音レベルは、D タイプ住戸において上階音源住戸、下階受音住戸とも住戸内の間仕切壁を施工する前の状態で、外壁と界壁で区画された住戸全

体を音源室、受音室として行った。

建物竣工時の床衝撃音レベルは、A タイプ、B タイプ、C タイプ住戸の LD (居間・食堂)を対象に行った。LD の床仕上構造は床下に吸音材が設置された乾式二重床下地フローリング貼りであり、床高は 200mm、床衝撃音のカatalog性能は L_L-45 である。天井は軽鉄下地石膏ボード 9.5mm 貼りの二重天井であり、天井懐は 140.5mm である。

4.2 測定結果

4.2.1 スラブ素面の床衝撃音遮断性能

スラブ素面、間仕切壁施工前の D タイプ住戸全体を音源室・受音室とした床衝撃音レベルの実測値を図 9 に示す。

重量床衝撃音レベルは床衝撃音遮断等級 L_H-50 (建築学会適用等級 1 級)が得られている。軽量床衝撃音レベルは L_L-75 である。

図 9 に示した床衝撃音レベルの実測値とインピーダンス法計算値の対応を図 10 に示す。なお、インピーダンス法による計算は、受音室が内装工事前で境界面がコンクリート、ALC、ガラス、押出し成形セメント板(界壁)などの反射性の材料であることから、受音室の平均吸音率を 1% としている。

重量床衝撃音レベルでは、L 数、A 特性床衝撃音レベル、各オクターブバンドレベルのいずれの値も、インピーダンス法計算値は実測値に比べて 20dB 程度大きくなっている。軽量床衝撃音では L 数、A 特性床衝撃音レベル、各オクターブバンドレベルとも、計算値と実測値は 3dB 以内の範囲で対応している。

4.2.2 竣工時の床衝撃音遮断性能

A タイプ住戸 LD (12 室)、B タイプ住戸 LD (7 室)、C タイプ住戸 LD (1 室)の竣工時の床衝撃音レベル実測結果を表 1、及び図 11～図 13 に示す。

A タイプ住戸 LD の重量床衝撃音遮断性能は、L 数 45～50dB であり、床衝撃音遮断等級 L_H-45 又は L_H-50 が確保されている。軽量床衝撃音遮断性能は、L 数 46～51dB であり、床衝撃音遮断等級は L_L-45 又は L_L-50 である。B タイプ住戸 LD の重量床衝撃音遮断性能は L 数 44～48dB で、 L_H-45 又は L_H-50 であり、軽量床衝撃音遮断性能は L 数 44～47dB で、 L_L-45 である。C タイプ住戸 LD の重量床衝撃音遮断性能は L 数 50dB、 L_H-50 であり、軽量床衝撃音遮断性能は L 数 41dB で、 L_L-40 である。床衝撃音遮断等級 L 値の決定周波数は、重量床衝撃音レベルが 63Hz 帯域、軽量床衝撃音レベルが 500Hz 帯域である。

同一住戸タイプで複数の測定を行った A タイプ住戸 LD (12 室)、B タイプ住戸 LD (7 室)の床衝撃音レベルの

ばらつきの標準偏差を図 14 に示す。重量床衝撃音レベル、軽量床衝撃音レベルとも同一タイプの室で標準偏差

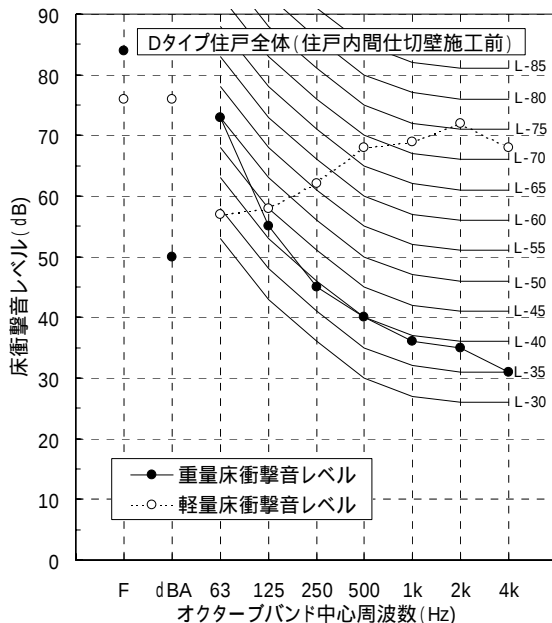


図 9 住戸内間仕切壁施工前の状態でのスラブ素面の床衝撃音レベル(D タイプ住戸)

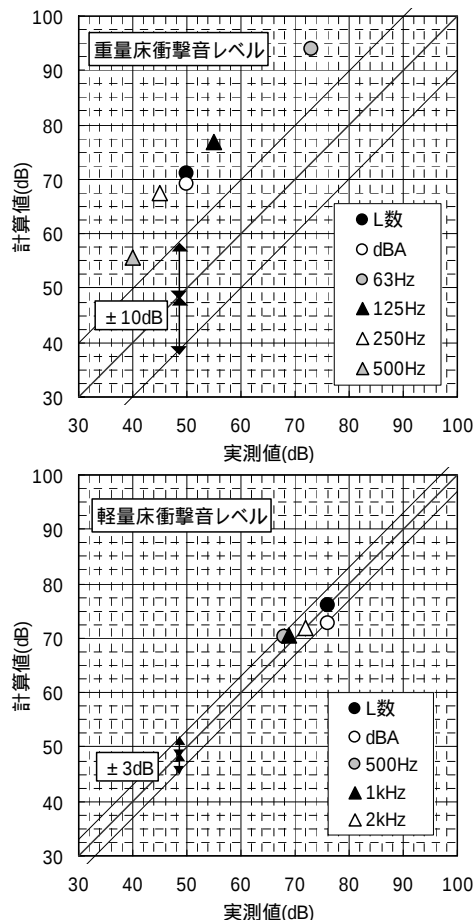


図 10 住戸内間仕切壁施工前の状態でのスラブ素面の床衝撃音レベル実測値と計算値との比較(D タイプ住戸)

で 1～2dB 程度の性能のばらつきが見られる。

§5. まとめ

アフターボンドプレストレス工法と EPS ボイド型枠を利用した、約 12m×12m の大型ハーフ PCa ボイドスラブを用いた集合住宅における、スラブの振動特性および床衝撃音遮断性能の実測調査によって、以下のような知見が得られた。

- (1) ボイドスラブのリブ上に位置する測線上の各点の全時間応答駆動点インピーダンスレベルは、スラブ端部に近づくにつれ上昇する一般的な性状を示している。一方、中空部を横断する測線上の各点の全時間応答駆動点インピーダンスレベルは、スラブ端部付近での上昇傾向は見られるもの、中空部でインピーダンスの低下の影響による山谷が周波数が高くなる程顕著に生じている。
- (2) 非構造部材である ALC 外壁や乾式の界壁が施工されるに伴い、スラブの駆動点インピーダンスの共振による低下は緩和される傾向が見られる。
- (3) 大型ハーフ PCa ボイドスラブ素面の床衝撃音遮断性能は L_H-50 、 L_L-75 である。実測値とインピーダンス法計算値を比較すると、重量床衝撃音レベルでは計算値が 20dB 程度安全側になり、軽量床衝撃音レベルでは 3dB 以内で対応している。
- (4) 竣工時の LD における床衝撃音遮断性能は $L_H-45 \sim 50$ 、 $L_L-40 \sim 50$ であり、同一プランにおける床衝撃音遮断性能のばらつきの標準偏差は 1～2dB 程度である。

表 1 竣工時の床衝撃音レベル測定結果一覧

	スラブ面積	スラブ厚 (等価厚)	LD面積	大梁拘束	重量衝撃音		軽量衝撃音	
					L数	dBA	L数	dBA
Aタイプ 住戸LD	128.8㎡	350mm (335mm)	18.6㎡	2辺拘束	50	47	47	46
					52	48	47	47
					50	47	45	45
					51	49	48	47
					51	47	51	47
					51	46	51	46
					51	46	51	46
					51	47	47	47
					47	47	46	45
					51	47	46	45
					45	43	48	47
					49	47	48	45
Bタイプ 住戸LD	128.8㎡	350mm (335mm)	22.7㎡	2辺拘束	48	51	43	44
					48	50	45	45
					47	51	47	46
					47	50	47	46
					44	47	44	47
					45	46	44	44
Cタイプ 住戸LD	128.8㎡	350mm (335mm)	33.8㎡	2辺拘束	46	48	44	44
					50	48	41	42

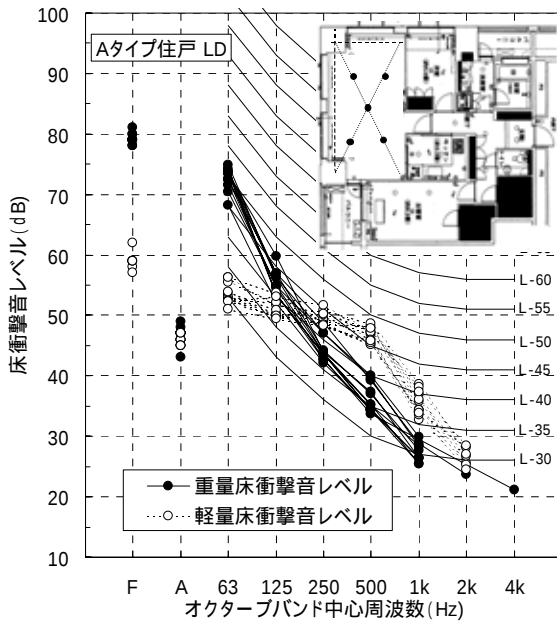


図 11 竣工時の床衝撃音レベル(Aタイプ住戸)

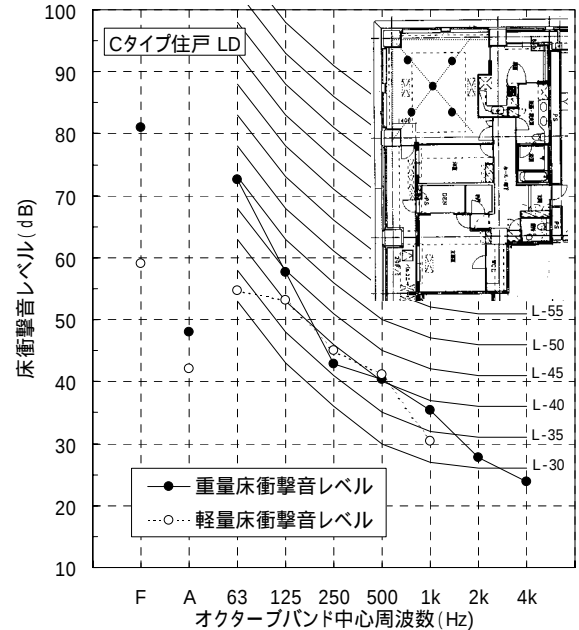


図 13 竣工時の床衝撃音レベル(Cタイプ住戸)

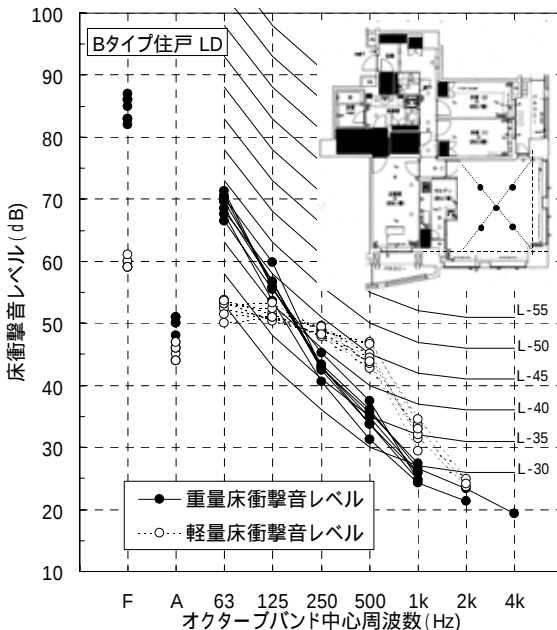


図 12 竣工時の床衝撃音レベル(Bタイプ住戸)

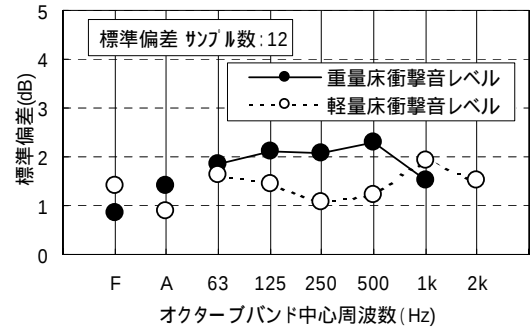


図 14 同一タイプ住戸における竣工時の床衝撃音レベルのばらつき (Aタイプ住戸)

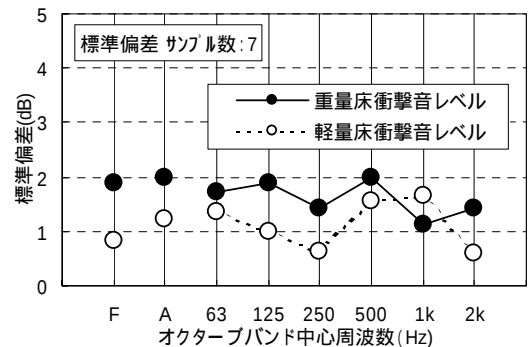


図 15 同一タイプ住戸における竣工時の床衝撃音レベルのばらつき (Bタイプ住戸)

参考文献

- 1) 日本建築学会編:建物の遮音設計資料, 技報堂出版
- 2) 岡田克也監修:特集:多様な要求に応えるスラブ設計入門, 建築技術, 2001年5月号
- 3) 漆戸幸雄・小谷朋央貴・綿谷重規:大型ハーフPCaボイドスラブによる集合住宅の床衝撃音 -その1スラブの振動特性-, 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 2002.3
- 4) 小谷朋央貴・漆戸幸雄・綿谷重規:大型ハーフPCaボイドスラブによる集合住宅の床衝撃音 -その2床衝撃音遮断性能-, 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 2002.3



漆戸幸雄

ひとこと

今後も集合住宅の構造形式の多様化, スラブの大型化は進むものと思われます。実測による知見を蓄積し, 設計・施工へのフィードバックを進めていきたいと思ひます。