

# 集合住宅における重量床衝撃音レベル予測法に関する研究 —スラブ端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量について—

大脇雅直\*, 財満健史\*, 山下恭弘\*\*

近年、高層集合住宅においてフリープランやセレクトプランに対応するため、小梁のない大型スラブが増えてきている。波型中空合成床板の厚さが 260mm~370mm のスラブについて、梁せいの違い、RC 戸境壁、中間柱、水廻り段差部の端部拘束によるインピーダンスレベルの上昇量、固有振動数、重量床衝撃音レベル予測値と実測値の対応について検討した。その結果、梁端部のインピーダンスレベル上昇量は、スラブの厚さと梁せいの比が大きくなるに従って 4~14dB まで上昇すること、中間柱はスラブの周辺拘束に有効に寄与していること、重量床衝撃音レベルの予測値と実測値はおおよそ 1 ランクの範囲に入ることを見いだした。

キーワード 重量床衝撃音, インピーダンス法, 駆動点インピーダンス

## 1. はじめに

インピーダンス法を用いた重量床衝撃音レベルの予測手法（スラブの支配面積 30m<sup>2</sup>以下）として、実務上において簡便に計算することができる井上、木村ら<sup>1)</sup>により提案された方法が広く普及している。インピーダンス法を用いた重量床衝撃音レベルの予測計算では、①スラブの基本インピーダンスレベル、②スラブの周辺拘束によるインピーダンスレベル上昇量、③スラブの共振によるインピーダンスレベル低下量を算出する必要がある。筆者らはスラブ面積が 50m<sup>2</sup>を超える大型スラブへの適用を目的に②と③について検討を行ってきている<sup>2)</sup>。中澤<sup>3)</sup>は中空合成床板における梁端部のインピーダンスレベル上昇量は 10dB 程度であり、スラブ端部からの距離と波長の比が 0.2~0.3 以上ではスラブ中央のインピーダンスレベルに収束する傾向があるとしている。

近年は高層集合住宅においてフリープランやセレクトプランが増えてきており、室内に梁型が出ない中空合成床板が増えている。筆者らは波型中空合成床板のスラブ端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量について実験的に検討を行ってきている<sup>4), 5)</sup>。今回、新たにデータを追加してインピーダンスレベル上昇量を実験的に検討した。さらにこの結果を用いて重量床衝撃音レベルの予測値と実測値の対応について検討した結果を報告する。

## 2. 測定方法

Fig. 1 に示すように、振動ピックアップの近傍をインパルスハンマ（衝撃周波数約 208Hz）で加振したときの衝撃

力と振動速度応答をデータレコーダに収録し、その後測定データをサンプリング周波数 4,096Hz で A/D 変換してコンピュータへ取り込み、計算により駆動点インピーダンスレベル（基準値：1kg/s）を求めた。

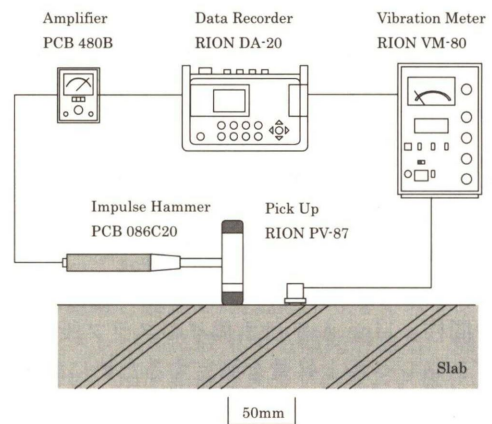


Fig. 1 駆動点インピーダンス測定システム

## 3. スラブの固有振動数の算定

スラブの固有振動数の計算は (Exp. 1) によって求めた。

$$f_0 = 0.8f_{fix} = 0.8 \times \frac{\pi}{4\sqrt{3}} \left( \frac{2.25}{a^2} + \frac{1.4}{b^2} \right) \cdot c_l \cdot h \quad \dots \text{(Exp. 1)}$$

ここで  $f_0$ : スラブの 1 次固有振動数推定値 (Hz),  $f_{fix}$ : 4 辺固定支持板の 1 次固有振動数 (Hz),  $a$ : スラブ短辺長 (m),  $b$ : スラブ長辺長 (m),  $c_l$ : 縦波伝搬速度 (m/s),  $h$ : スラブ厚 (m) である。

## 4. 建物 A における端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量とスラブの固有振動数

建物 A のスラブは波型中空合成床板であり、スラブ厚

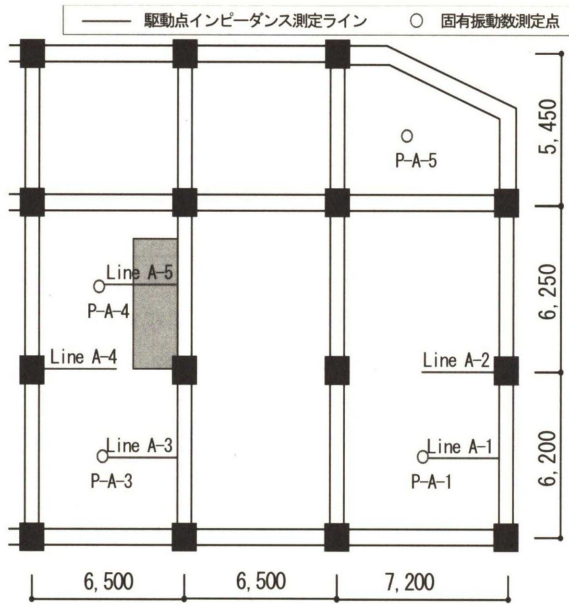
\* 技術研究所 音環境研究グループ

\*\* 信州大学名誉教授・工博

さは 260mm である。水廻りは無垢スラブ 200mm である。柱および梁の仕様を Table 1 に、測線を Fig.2 に示す。

**Table 1 建物 A 梁、柱の仕様**

建物	測線	仕様 (mm)
建物 A	Line A-1	大梁：W 550×D 850
	Line A-2	中間柱：W 900×D 900
	Line A-3	大梁：W 550×D 850
	Line A-4	中間柱：W 900×D 900
	Line A-5	大梁：W 550×D 850



【建物 A】  
Fig. 2 建物 A 測定位置

#### 4.1 インピーダンスレベル上昇量

測線は、Line A-1 と Line A-3 は大梁、Line A-2 と line A-4 は中間柱、line A-5 は水周りのスラブ段差部の各インピーダンスレベル上昇量を測定するために設定した。各測線のインピーダンスレベル上昇量を Fig. 3 に示す。Line A-1 と Line A-3, line A-5 の大梁は同じ寸法であり、梁端部のインピーダンスレベル上昇量は 10dB 程度であった。スラブ端部からの距離と波長の比も 0.15 程度でスラブ中央のインピーダンスレベルに収束する傾向がある。Line A-2 と line A-4 の中間柱も同じ寸法であり、柱端部のインピーダンスレベル上昇量は 15dB 程度であった。スラブ段差部のインピーダンスレベル上昇量を Fig. 4 に示す。水周りスラブ段差部近傍のポイドスラブの端部においてインピーダンスレベルの低下は見られなかった。水周りスラブ段差部近傍の無垢スラブ端部におけるインピーダンスレベルの低下量も 2dB 程度と無限大床板の計算値(4dB)よりも小さい値であった。

#### 4.2 スラブの固有振動数

スラブの固有振動数測定位置を Fig.2 に示す。スラブにおける固有振動数の測定結果およびスラブ寸法から算

出した計算結果を Table 2 に示す。スラブを中間柱の位置で上部と下部に分割して計算した固有振動数計算値と実測値は概ね一致していた。P-A-5 点があるスラブは台形であるため、固有振動数の計算は面積が等価となるように近似計算した値 (36.4Hz, 46.4Hz) と実測値 (36Hz, 50Hz) が概ね一致していた。

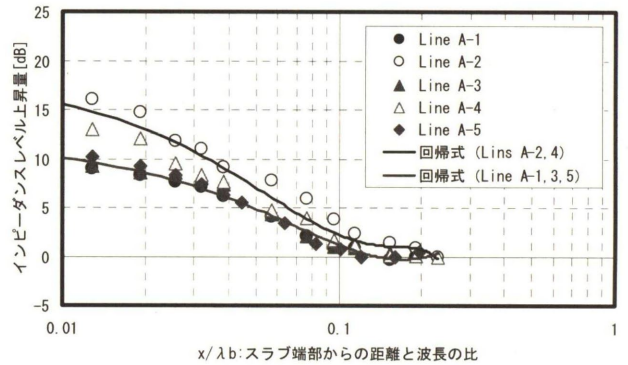


Fig. 3 建物 A インピーダンスレベル上昇量

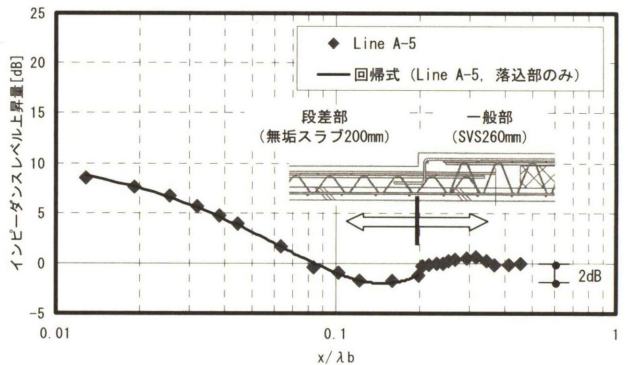


Fig. 4 スラブ段差部のインピーダンスレベル上昇量

Table 2 建物 A 固有振動数の算出結果

測定点	寸法 (mm)	計算値 (Hz)	実測値 (Hz)		備考
			計算値	実測値	
P-A-1	7,200 × 6,200	23.9	25.0	32.0	47.0
P-A-2	7,200 × 6,250	23.8	25.0	32.0	47.0
P-A-3	6,500 × 6,200	26.9	29.0	37.0	50.0
P-A-4	6,500 × 6,250	26.7	29.0	37.0	50.0

測定点	寸法 (mm)	計算値 (Hz)	実測値 (Hz)		備考
			計算値	実測値	
P-A-5	7,200 × 4,197	46.4	36.0	50.0	面積等価1
P-A-5	5,545 × 5,450	36.4	36.0	50.0	面積等価2

### 5. 梁端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量

過去に測定した波型中空合成床板の梁端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量<sup>4)</sup>と今回の測定結果について、スラブの厚さと梁せいの比が 1.4~1.5, 1.6~2.4, 2.7~3.3, 3.9~4.1 に分類して Fig.5~8 に示す。梁端部の上昇量は、比が 1.4~1.5 の場合には 4dB, 1.6~2.4 では 9dB, 2.7~3.3 では 12dB, 3.9~4.1 では 14dB となっており、スラブの厚さと梁せいの比が大きくなるに従っ

て梁端部のインピーダンスレベル上昇量も大きくなっていく。梁下にRC壁がついている場合の壁端部のインピーダンスレベル上昇量はFig. 9に示すように14dB程度であり、スラブの厚さと梁せいの比が3.9~4.1の場合と同じであった。インピーダンスレベルがスラブ中央のインピーダンスレベルに収束するスラブ端部からの距離と波長の比は、スラブの厚さと梁せいの比が1.4~1.5の場合には0.1, 1.6~2.4では0.15, 2.7~3.3では0.2, 3.9~4.1では0.2~0.3程度となっていた。

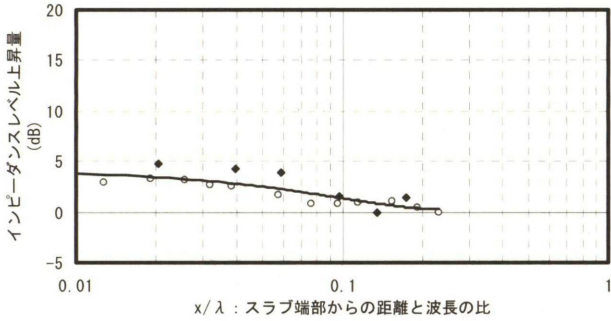


Fig. 5 インピーダンスレベル上昇量 (1.4~1.5)

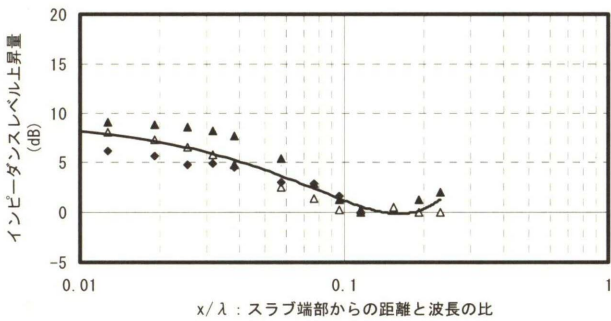


Fig. 6 インピーダンスレベル上昇量 (1.6~2.4)

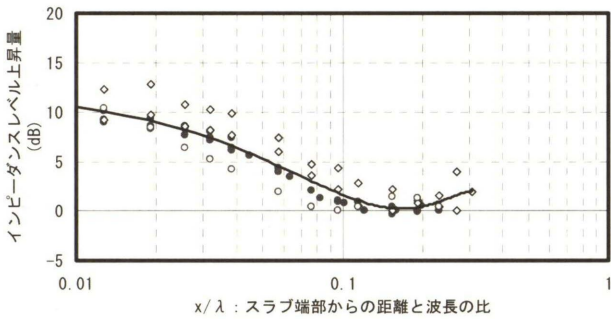


Fig. 7 インピーダンスレベル上昇量 (2.7~3.3)

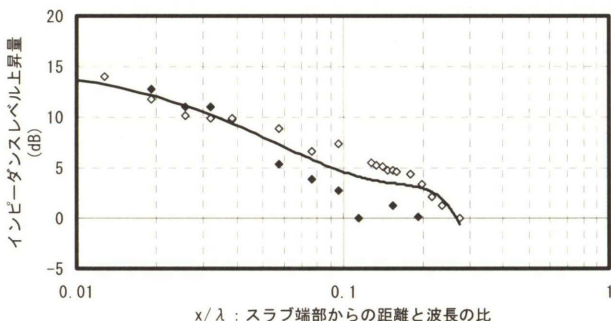


Fig. 8 インピーダンスレベル上昇量 (3.9~4.1)

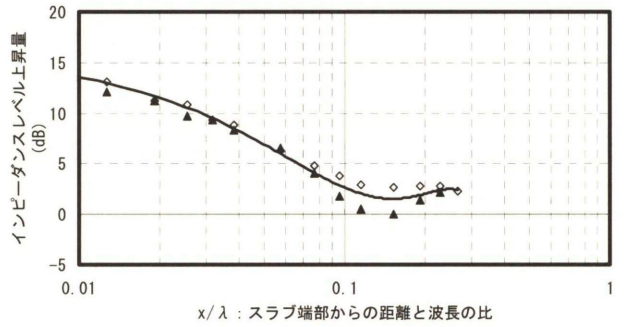


Fig. 9 インピーダンスレベル上昇量 (RC壁付)

スラブの厚さと梁せいの比が大きくなるに従い梁の拘束によるインピーダンスレベルの上昇の範囲が広がる傾向が見られる。

梁下にRC壁がついている場合も、インピーダンスレベルがスラブ中央のインピーダンスレベルに収束するスラブ端部からの距離と波長の比は0.2~0.3となっており、スラブの厚さと梁せいの比が3.9~4.1の場合と同じ傾向である。

## 6. 中間柱の拘束によるインピーダンスレベル上昇量

過去に測定した波型中空合成床板の中間柱の拘束によるインピーダンスレベル上昇量の測定結果<sup>4)</sup>と今回の測定結果をまとめてFig. 10に示す。スラブと柱の仕様をTable 3に示す。スラブの厚さは260mm~370mm、柱の寸法は750mm×750mm~1100mm×1100mmの間となっている。中間柱端部のインピーダンスレベル上昇量は10dB~16dBの範囲に入っており、平均すると14dBとなっている。柱端部からの距離と波長の比は0.1~0.2でスラブ中央のインピーダンスレベルに収束する傾向がある。端部のインピーダンスレベル上昇量はスラブの厚さと梁せいの比

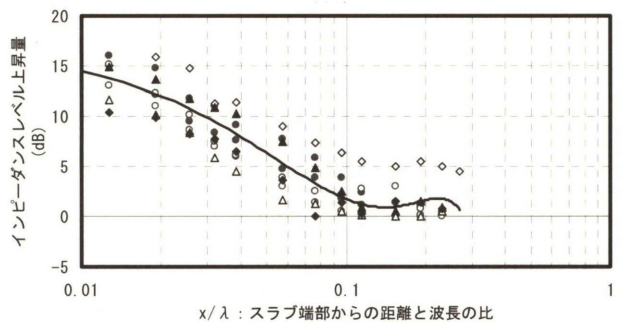


Fig. 10 インピーダンスレベル上昇量 (中間柱)

Table 3 中間柱およびスラブの仕様

建物	中間柱の寸法(mm)	スラブ厚さ(mm)
建物A	900 × 900	260
建物B	900 × 900	280
建物C	750 × 750	310
建物D	930 × 930	270
建物E	1,100 × 1,100	370
建物F	900 × 900	280

が3.9~4.1の場合と同じであるが、スラブ中央のインピーダンスレベルに収束する端部からの距離と波長の比は、柱のほうが小さくなっている。

## 7. スラブの固有振動数測定値と計算値の対応

過去に測定した波型中空合成床板の固有振動数<sup>4)</sup>と今回の測定結果と計算値をまとめてTable 4に示す。スラブの寸法はFig. 11に示すように大梁から中間柱までの距離とし、固有振動数を計算した。固有振動数の計算結果と測定値は概ね良く対応している。

Table 4 固有振動数の計算値および測定値

建物	スラブ寸法(mm)	計算値(Hz)	測定値(Hz)
建物A	7,200×6,200	23.9	25
	7,200×6,250	23.8	25
	6,500×6,200	26.9	29
	6,500×6,250	26.7	29
建物B	7,000×6,735	25.2	25
	7,575×5,500	33.2	32
建物C	8,100×8,000	20.0	23
建物D	5,760×5,620	35.2	35
建物E	7,800×6,250	26.9	29
	11,275×4,950	43.0	44
建物F	6,070×8,020	26.8	25

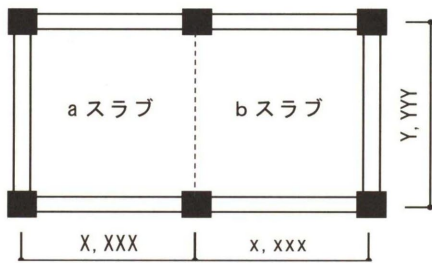


Fig. 11 スラブ寸法の取り方

## 8. 重量床衝撃音レベル予測値と実測値の対応

建物Bと建物E, G, Hにおける直貼り床の10室について重量床衝撃音レベルを文献<sup>6)</sup>の予測式を用いて計算した場合と今回検討した中間柱や梁せいの大きさを考慮したインピーダンスレベル上昇量を用いて計算した場合と床衝撃音レベル実測値との対応を検討する。

予測計算結果と実測値をTable 5およびFig. 12に示す。中間柱や梁せいによる端部からのインピーダンスレベル上昇量の違いを考慮して重量床衝撃音レベルL数を予測した場合には、実測値に対してL数で5~-4の差となり、考慮しない場合(L数で2~-8の差)と比較して対応がより良くなった。

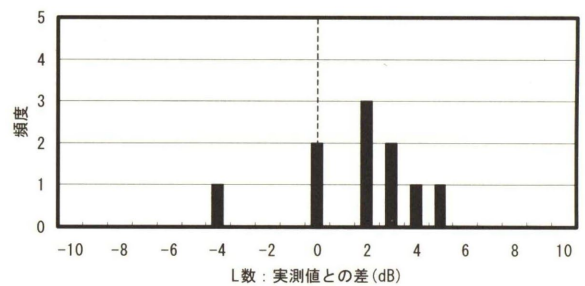
## 9. まとめ

スラブ厚さが260mm~370mm、梁と中間柱で囲まれた面積が40~65 m<sup>2</sup>の波型中空合成床板について梁せいの違

Table 5 床衝撃音レベルの実測値と予測値

建物	住戸	居室	実測値	予測値(インピーダンスレベルを修正)	予測値(文献5)
建物B	タイプ1	洋室1	46	49	46
		LD	49	49	46
	タイプ2	洋室1	44	47	46
建物E	タイプ3	LD	42	44	44
		LD	45	47	46
	タイプ4	MBR	44	40	36
建物G	タイプ5	LD	49	49	49
		洋室1	46	48	46
建物H	タイプ6	LD	46	50	47
		洋室1	43	48	45

予測値(インピーダンスレベルを修正)



予測値(文献5)

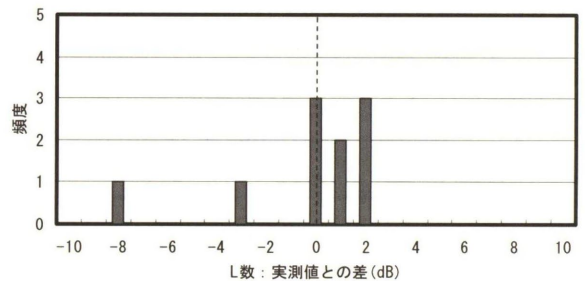


Fig. 12 実測値と予測値の差

い、RC戸境壁、中間柱、水廻り段差部のインピーダンスレベル上昇量、固有振動数、重量床衝撃音レベル計算値と実測値の対応について検討した。その結果、以下のことを明らかにした。

- 1) 梁端部のインピーダンスレベル上昇量は、スラブの厚さと梁せいの比が大きくなるに従って4~14dBまで上昇することを示した。スラブ中央のインピーダンスレベルに収束する梁端部からの距離と波長の比も、スラブの厚さと梁せいの比が大きくなるに従って0.15から0.2~0.3と大きくなっていった。
- 2) 中間柱端部のインピーダンスレベル上昇量は14dB程度であり、周辺拘束に有効に寄与している。スラブ中央のインピーダンスレベルに収束する柱端部からの距離と波長の比は0.1~0.2であり、スラブの厚さと梁せいの比が3.9~4.1の場合の0.2~0.3と比較すると小さくなっていった。
- 3) スラブの固有振動数を梁と中間柱で囲まれた寸法で予測計算した場合に、実測値と概ね一致する。
- 4) 重量床衝撃音レベルL数の値は、中間柱や梁せいに

よる端部からのインピーダンスレベル上昇量の違いを考慮して予測した方が実測値に対してL数5~4の差となり、考慮しない場合のL数2~8と比較して対応がより良くなることを示した。

今後、さらにデータの収集を行い、予測精度の向上を図っていく予定である。

## 謝辞

集合住宅建設中の忙しいときにもかかわらず、駆動点インピーダンス及び床衝撃音レベルの測定に協力頂いた首都圏支店の関係諸氏に深く感謝いたします。さらに、本論分をまとめるにあたって有用な助言を頂いた(有)泰成電機工業の高倉史洋博士、石丸岳史博士、久米智史氏に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 井上勝夫, 木村翔: インピーダンス法による床衝撃音の実用的予測手法, 日本建築学会環境工学委員会音環境小委員会第 29 回音シンポジウム, pp. 33-48, 1987 年
- 2) 大脇雅直, 高倉史洋, 財満健史, 宮崎浩司, 山下恭弘: 大型スラブにおけるインピーダンス法による重量床衝撃音レベル予測手法に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 511, pp. 23-29, 1998 年 9 月
- 3) 中澤真司: 中空スラブの床衝撃音遮断性能, 音響技術, No. 140, pp. 9-11, 2007 年 12 月
- 4) 大脇雅直, 財満健史, 石丸岳史, 久米智史, 高倉史洋, 山下恭弘: 集合住宅における重量床衝撃音レベル予測法に関する研究—スラブ端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量について—, 日本音響学会建築音響研究会資料, AA2008-18, 2008 年 3 月
- 5) 大脇雅直, 財満健史, 石丸岳史, 久米智史, 高倉史洋, 山下恭弘: 集合住宅におけるスラブ端部拘束によるインピーダンスレベル上昇量に関する研究, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会, 1-3-04, 2008 年 9 月
- 6) 床衝撃音研究会: インピーダンス法による床衝撃音レベル予測計算法の解説, 2006 年 2 月

---

# A study on the prediction method of heavy weight floor impact sound level at the multiple-dwelling buildings - About quantity of impedance level rise by the slab end restriction -

Masanao OWAKI, Takefumi ZAIMA and Yasuhiro YAMASHITA

## Abstract

In recent years, for the sake of corresponding to free plans and select plans, large-sized slabs without small beams increase in the high-rise multiple-dwelling building. The authors examined difference of quantity of impedance level rise, the frequency characteristic and relationship between the predicted value and the actual survey value of the heavy weight floor impact sound level due to the difference of the beam depth, RC unit separation wall, middle pillar and slab end restriction, with regard to the floor slab of 260mm to 370mm thickness.

As the result, the authors confirmed the followings;

As the ratio of the slab thickness to the beam depth becomes large, the quantity of the impact sound level rise increases to 4 – 14dB.

A middle pillar contributes the surround slab restriction.

The predicted value and the actual survey value of the heavy weight floor impact sound level settle in the range of the almost same rank with L-value.

Keywords: Heavy weight floor impact level, Impedance method, Drive point impedance

---