大型スラブにおける実務的な重量床衝撃音予測手法

EXPERIMENTAL METHOD FOR CALCULATING THE FLOOR IMPACT SOUND OF LARGE-SPAN SLABS

古賀 貴士*, 田野 正典**

Takashi KOGA and Masanori TANO

A new method is presented for predicting the floor impact sound of heavy large-span slabs (70-100 m²). Compared to the conventional Impedance Method, which results in values around 10 dB higher than the measured values, the new method produces values which agree fairly well with measured values.

A modified version of the conventional Impedance Method, used to measure floor impact sound and vibration response, was applied at numerous sites where large-span slabs were used. The main revisions are: the inclusion of the frequency dependency of the impedance increment of fixing girders; the adjustment of impedance decrement values according to natural frequency; and the modification of the radiation model.

Keywords: floor impact sound, impedance, large span, multi-family dwellings

床衝撃音、インピーダンス、大型スラブ、集合住宅

1. はじめに

集合住宅の居住性能のうち、音環境について着目すると、床衝撃音性能は、最も重要なものと位置づけることができる¹⁾。一方、集合住宅の建設に際して、近年では、平面計画や施工性などの長所から、1住戸1スラブとなる、スラブ面積が60m²~80m²程度の、大型スラブ構法が採用されることが多くなってきている。重量床衝撃音遮断性能は、後述するように基本的にはスラブ厚によって決定される。構造技術の進歩した現状では、集合住宅のスラブ厚を決定するのは、構造的な理由ではなく、音環境的な理由によると言っても過言ではない。

安岡は、衝撃力のエネルギースペクトルから床スラブの振動状態をインピーダンス法により求める計算体系を示した²⁾。これを元に、木村・井上らは、スラブ面積25m²程度の床を対象として、板の振動性状など詳細な検討を加え、実務的に極めて有用な予測手法を示した。

一方、重量床衝撃音の予測については、波動性を無視できないなどの理由から、数値解析的、実験解析的な検討がなされてきている³⁻⁶⁾。しかし、実務的な観点からすると、予測計算にかかる労力は多大であり、パーソナルコンピュータ上の表計算程度で計算が実行可能なインピーダンス法⁷⁻⁹⁾による計算のメリットは大きい。

本報告では、大型スラブ工法による集合住宅において、重量床衝撃音遮断性能、およびそれに関連する周波数領域における床板の振動性状の測定結果を示すとともに、このようなスラブの床衝撃音遮断性能予測手法として、実務的に活用できるよう、1ランク(±5dB)程度の誤差に納まるように、インピーダンス法を修正する方法について検討する。

2. 大型スラブにおける駆動点インピーダンスと重量床衝撃音

2.1. 目的

文献9)に示された予測手法は、各加振点における駆動点インピーダンスを位置と周波数の関数として求め、これをもとに下室の音圧レベルを算出するものである。ここではまず、大型スラブの床衝撃音の実態を調査し、文献9)の検討対象となっているスラブと同様に大型スラブにおいても、床衝撃音レベルが駆動点インピーダンスによって代表できることを確認する。

2.2. 測定概要

Table 1に示す集合住宅を対象として、躯体工事が完了した時点、あるいは住戸内の間仕切り壁の工事が完了した時点、および、内装工事が完了した時点において、JIS A 1418に準拠した重量床衝撃音遮断性能、および各加振点の駆動点インピーダンス(全時間応答)の

* 鹿島技術研究所 研究員・工修
** 鹿島技術研究所 主管研究員・工博

Kajima Technical Research Institute, Kajima Corp., M. Eng.
Kajima Technical Research Institute, Kajima Corp., Dr. Eng.

Table 1 測定対象とした住戸のスラブ諸元

構法	現場名	床厚 (mm)	スパン (m)	スラブ 面積 (m ²)	固有 振動数 計算値	測定時期
ハーフ PC	EM	180	5.52*9.55	52.7	18.8	躯体完成時 及び竣工時
	AJ	190	6.0*11.6	69.6	15.7	躯体完成時 及び竣工時
	KO	200	7.2*10.3	73.4	13.4	躯体(2F) 及び 竣工時 (2F, 7F)
		180	6.0*10.3	61.8	15.9	
		180	6.3*10.3	65.1	14.5	
	KR	190	6.2*9.9	61.5	16.2	竣工時
		190	5.6*10.3	58.4	18.6	
アン ボンド	M5	200	6.05*8.03	48.6	18.9	躯体完成時 及び竣工時
		200	6.23*5.88	36.6	23.0	
		270	7.95*8.8	70.0	16.5	
	NT	200	5.74*11.5	66.1	17.9	躯体完成時 一部間柱あり 及び竣工時
	I	210	6.7*9.6	63.8	15.8	躯体完成時 及び竣工時
		200	6.0*9.6	57.6	17.7	
	T	220	5.84*10.6	61.9	19.6	躯体完成時 一部間柱有 及び竣工時
		220	5.80*10.6	61.5	19.8	
	R	200	6.4*11.3	71.6	14.6	竣工時
		180	5.7*11.3	63.6	16.1	
	NK	200	5.9*11.3	67.0	16.5	竣工時
		200	6.3*11.3	71.8	14.7	
	NS	180	5.0*10.5	52.3	21.2	躯体完成時 及び竣工時
		180	5.2*9.7	50.0	20.3	
	KM	200	5.69*11.3	64.3	18.3	躯体完成時
	OM	240	8.24*10.9	90.2	13.7	躯体完成時
		240	7.07*10.9	77.4	17.3	
		190	5.6*9.7	54.1	21.1	
		190	5.6*9.0	50.3	21.7	
	YB	200	7.79*6.88	53.6	16.1	躯体完成時
		220	6.59*10.5	69.4	16.1	
		200	6.77*6.88	46.5	17.9	
		220	5.28*9.34	49.4	24.2	
		220	6.59*9.38	61.8	16.9	
	MS	220	6.38*14.2	90.9	15.5	躯体完成時
		220	5.78*14.2	82.3	18.6	
		220	6.73*9.25	62.3	16.5	
		220	5.98*15.0	89.9	17.3	
		220	9.73*9.25	90.0	10.3	
	HC	230	6.15*10.74	66.1	20.9	竣工時
			6.5*10.74	69.8	19.1	
			6.675*10.74	71.7	18.3	
	M7	200	6.0*10.2	61.1	17.3	躯体完成時 及び竣工時
		200	5.86*3.71	21.6	46.5	
		200	7.94*10.15	80.6	11.2	
ラーメン 大型スラブ	M	220	6.0*12.6	75.3	17.0	躯体完成時 及び竣工時
		220	5.6*11.1	61.3	20.4	
ラーメン	Y	170	4.8*4.8	23.0	35.2	竣工時
	K	180	4.1*5.7	23.4	37.0	躯体完成時
	N	220	4.9*6.5	31.0	30.0	躯体完成時 及び竣工時
		150	3.0*7.2	21.7	45.0	
	OU	150	3.5*7.2	25.2	48.8	竣工時
		150	3.1*7.2	22.3	47.7	
		150	3.0*6.6	19.8	51.6	
		150	3.47*7.2	25.0	37.3	
		190	6.6*6.375	72.1	24.5	
	NN	180	3.2*7.4	23.7	53.3	竣工時
			5.14*3.37	17.3	54.5	
	KM	180	2.55*4.5	11.5	70.7	躯体完成時
在来壁式	D	300	4.88*9.38	45.8	38.7	竣工時
		250	4.88*9.38	45.8	32.3	
		180	4.88*9.38	45.8	23.2

Fig. 1 測定機器ブロックダイアグラム

Fig. 2 床厚と床衝撃レベル実測値の関係

Fig. 3 床面積と床衝撃実測値の関係

測定を行った。対象としたスラブの工法としては、ハーフ PC、アンボンド工法による大型スラブのほかに、在来工法による大型スラブ、また比較のために、在来工法による比較的床面積の小さいものについても測定した。なお、表中の固有振動数計算値 f_0 は、参考のために

$$f_0 = 0.8 \cdot \frac{\pi}{4\sqrt{3}} \left(\frac{2.25}{a^2} + \frac{1.4}{b^2} \right) \left(\frac{E}{\rho} \right)^{0.5} h \quad (1)$$

ただし、 a :スラブ短辺長、 b :スラブ長辺長
 E :ヤング率、 ρ :コンクリート密度
 h :スラブ厚

から求めたものである。また、測定機器系統図を Fig. 1 に示す。

2. 3. 大型スラブにおける床衝撃音実測結果

床衝撃音レベル(L数)と床厚(h)の関係を Fig. 2 に示す。様々な要因によりばらつきは多いものの、基本的に、床厚が増すにつれてL数は小さくなる傾向にある。この減少傾向は、図中に破線で示した無限大板のインピーダンスに応じた床衝撃音レベル変化量($40\log h$)に近く、床厚がL数を決定する重要な要因であることがわかる。

また、L数と床面積の関係を Fig. 3 に示す。ただし、ここで、床厚の違いによる影響について、無限大板の駆動点インピーダンスの変化量に着目し、それぞれの測定対象の床厚 h に対して、 $40\log(h/h_0)$

Fig. 4 各加振点ごとの駆動点インピーダンスと床衝撃音実測値の関係 (a)アンボンド躯体時;(b)ハーフPC 躯体時;(c)在来工法躯体時;(d)アンボンド竣工時(天井なし);(e)アンボンド竣工時(天井あり):それぞれ上から順に 32Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz。放射係数の補正はしていない。

Table. 2 各加振点ごとの L_c^* の平均値と標準偏差 (単位: dB)

(a) アンボンド躯体時 (放射係数補正後)

Freq.	32 Hz		63 Hz		125 Hz		250 Hz		個数
床厚[mm]	Average	Std. Dev	Average	Std. Dev	Average	Std. Dev	Average	Std. Dev	
180	203.3	2.9	196.2	3.2	179.8	1.0	171.4	1.3	20
190	202.1	4.5	193.1	3.4	179.3	1.7	171.6	1.6	55
200	201.6	4.0	193.3	3.3	178.5	2.0	171.6	1.7	60
210	201.6	2.5	193.3	2.0	180.2	1.4	173.7	1.5	15
220	202.1	4.5	194.0	3.9	178.7	1.9	171.3	1.7	72
240	199.8	2.9	195.0	2.5	180.6	1.3	174.0	1.2	24
合計	201.8	4.1	193.8	3.5	179.1	1.9	171.8	1.8	246

(b) ハーフPC 躯体時 (放射係数補正後)

Freq.	32 Hz		63 Hz		125 Hz		250 Hz		個数
床厚[mm]	Average	Std. Dev	Average	Std. Dev	Average	Std. Dev	Average	Std. Dev	
180	205.1	3.2	194.9	2.6	182.5	1.6	174.9	1.9	39
190	204.6	2.9	192.5	2.6	179.2	2.0	172.0	1.7	44
200	202.0	4.5	191.6	3.0	178.7	3.6	171.2	2.6	85
合計	203.4	4.1	192.6	3.1	179.7	3.3	172.3	2.7	168

(ただし、 $h_0=200\text{mm}$)なる補正を施している。L数は、スラブの面積が大きくなると、ほぼ同じ値かむしろ小さくなっている。厚みと床面積が等しい床でもその測定結果には10dB程度の幅があり、床厚・スラブ面積以外の要因の影響(梁などの影響)が大きいことが推測される。

2.4. 駆動点インピーダンスと床衝撃音の関係

Fig. 4は、各加振点ごとの駆動点インピーダンスレベル L_z と重量床衝撃源により加振した場合の各音源位置ごとの床衝撃音レベルの平均値 $\bar{L}_j$ の関係を示したものである。躯体のみの状態の測定結果を工法別に示すと同時に、アンボンド工法の竣工時の結果について天井有無別に示している。また、図中に各条件における L_z と $\bar{L}_j$ の和(L_c^*)とその標準偏差を示した。スラブ面積、床厚、コンクリート強度等の条件が異なるにも拘わらず、躯体のみの状態では、いずれの工法についても、駆動点インピーダンスと $\bar{L}_j$ はほぼ1対1の関係にある。また、竣工時の結果のうち、天井有の場合の測定結果には、ばらつきが大きい。これは、天井の効果(天井ふところの共振など)によると考えられる。

各測定結果について、Cremerの式¹⁰⁾に基づいて放射係数 κ を算出し、各工法の各スラブ厚ごとに

$$L_c^* = L_z + \bar{L}_j + 10 \log \kappa \quad (2)$$

の平均値と標準偏差をTable 2に示す。 L_c^* は厚みによらず各周波数帯域ごとにほぼ一定であり、駆動点インピーダンスで床衝撃音を示すことが可能であることが示唆される。また、工法毎の差は、顕著に現れていない。

3. 駆動点インピーダンスの計算モデル

3.1. 目的

式(3)に示す25m²程度以下の床スラブを対象として導かれた駆動点インピーダンス L_z の近似計算式⁹⁾を大型スラブにも適用させることを目的とし、床スラブの振動性状を把握するための測定を行い、この結果をもとに近似計算モデルを修正する。

$$L_z = L_{\infty} + \Delta L_z + \Delta L_f \quad (3)$$

ただし、

L_{∞} : 大きさが無限大の同一断面床板のインピーダンス

ΔL_z : 端部の拘束による補正項

ΔL_f : 共振による補正項

なお、大梁の場合の ΔL_z は、次の帰帰式による。

$$\Delta L_z = 15.37 - 68.86x/\lambda_B + 98.65(x/\lambda_B)^2 - 45.36(x/\lambda_B)^3 \quad (4)$$

ただし、

λ_B : 重量床衝撃音加振源の加振力の中心周波数(25Hz)における曲げ波長

x : 加振点の梁からの距離

3.2. 端部上昇量の周波数依存性

KO現場における床衝撃音レベルの部屋毎の平均値に対する各加振

Fig. 5 中間測定における5点の測定結果のばらつきの例
(KO現場、○:各室毎の測定値;●:スラブ全体の測定値;実線:各室毎の結果の標準偏差;破線:スラブ全体の標準偏差)

Fig. 6 床衝撃音実測値と計算値の差と端部上昇量の関係
(アンボンド構法の場合)

Fig. 7 駆動点インピーダンス周波数特性

(a) Z_{∞} で補正、(b) (a) を $\lambda_B(25)$ で補正、(c) (a) を $\lambda_B(f)$ で補正

点の値の差を周波数ごとにFig. 5に示す。周波数が高くなるにつれて、加振点ごとのばらつきが小さくなっている。一方、文献9)による近似予測式では、測定点ごとのばらつきは、周波数によらず一定となる。125Hz、250Hz帯では、実測値のばらつきが式(4)から計算されるばらつきを下回っている。

また、Fig. 6は、アンボンドスラブ工法による住戸における、床衝撃音の実測値と式(3)による計算値との差を、大梁支持を仮定した端部の拘束による補正項と比較して示したものである。周波数が高くなるにつれて、計算誤差と補正項との相関が高くなっていることが確認できる。

一方、式(3)を移項した式、

$$\Delta L_f = L_z - L_{\infty} - \Delta L_z \quad (3')$$

に、 L_z として、駆動点インピーダンスの1/3オクターブバンド実測値を代入して、 ΔL_f を算出することを試みた。ここで、

- $\Delta L_z = 0$ とした場合
- ΔL_z として、式(4)を用いた場合
- ΔL_z として、式(4)に周波数依存性を仮定し、 λ_B に各オクターブバンド中心周波数における曲げ波長 $\lambda_B(f)$ を代入した場合

について、同一スラブ内の実測値を用いて比較した例をFig. 7に示す。(b)の方法によって、各点毎のばらつきはなくなることが期待されるが、結果より63Hz帯以上の帯域では、(a)よりも大きくばらついていることがわかる。一方、(c)の結果は、125Hz帯以上においては、(a)よりも若干ばらついているものの、特に低周波域において各加振点間のばらつきが最も小さくなっている。このことから、端部拘束によるインピーダンスの上昇量には、周波数依存性のあることが推察される。

3.3 加振点の位置とスラブ全体の振動加速度分布

床スラブ加振時のスラブ全体の振動性状が駆動点の挙動で代表できることを確認するために、Fig. 8に示す住戸(床仕上げなし)において、図に示した加振ライン上の15点において重量床衝撃音源により床スラブを加振し、500mm×500mmメッシュに設定した測定点において振動加速度の最大値(時定数:FAST)を測定した。

Fig. 9およびFig. 10は、梁から加振点までの距離 x と、全受振点における1/1オクターブバンド毎の振動加速度のエネルギー平均値の関係を示したものである。ただし、グラフの横軸は、それぞれ、重量床衝撃源の加振力の中心周波数(25Hz)の曲げ波長($\lambda_B(25)$)、各オクターブ中心周波数における床スラブの曲げ波長($\lambda_B(f)$)で整理している。また、縦軸は、式(4)の値と比較するために、正負を逆に示している。

この2つを比較すると、 $\lambda_B(f)$ で整理したFig. 10において周波数毎の結果がほぼ等しくなっている。端部の拘束によるインピーダンス上昇量について、周波数依存性を考慮することの必要性が伺える。また、この場合の梁の拘束によるインピーダンスの変化量は、 $x/\lambda_B(f)=0.3$ 程度の範囲まであり、従来のスラブよりも影響を受ける範囲が少ないことが確認できる。

なお、これらの結果から、式(4)に準じて回帰式を求めると、次式が得られる。

$$\Delta L_z = 16.09 - 121.4 x / \lambda_B(f) + 312.4 (x / \lambda_B(f))^2 - 270.9 (x / \lambda_B(f))^3 \quad (5)$$

Fig. 8 測定対象とした住戸平面図

Fig. 9 加振点の梁からの距離とスラブ全体のエネルギー平均値の関係 (加振周波数 25Hz で基準化). (a) D 現場, (b) NT 現場

Fig. 10 加振点の梁からの距離とスラブ全体のエネルギー平均値の関係 (中心周波数で基準化). (a) D 現場, (b) NT 現場

3. 4. 共振に伴うインピーダンス低下量

(1) 拘束のない部分におけるインピーダンス低下量

端部の拘束によるインピーダンス上昇量に周波数依存性を仮定し、 $x/\lambda_B(f) > 0.5$ となる加振点では、端部拘束による影響がないと仮定する。各オクターブバンド毎に拘束の影響を受けない加振点を抽出し、駆動点インピーダンスの実測値と、同一断面をもつ無限大の板におけるインピーダンス計算値の差を求めた。32Hzの曲げ波長に対して拘束の影響がない範囲の実測値から求めた結果をFig. 11に示す。また、63Hzの曲げ波長に対するものについて、それらの結果のうち平均値と平均値±標準偏差の値を各工法毎に求めたものをFig.

Fig. 11 実測値から算出した ΔL_f (32Hz に端部拘束の影響のない場合) Fig. 12 実測値から算出した ΔL_f (63Hz に端部拘束の影響のない場合) Fig. 13 実測値から算出した ΔL_f (従来大梁の端部拘束補正を施した場合) Fig. 14 実測値から算出した ΔL_f (修正端部拘束補正を施した場合)

12に示す。

在来工法のスラブにおいては、3dBの傾きとなることが報告されているが、これらの結果をみると、概ね1.5~1.0dB/oct. 程度の傾きとなっている。

(2) 拘束を受ける部分を含めた評価

梁の拘束の影響を受けていると考えられる範囲も含め、端部の拘束の影響を検討する。端部の拘束の除いた場合の共振に伴う影響量 ΔL_f は、駆動点インピーダンスの実測値 L_{Zmeas} から

$$\Delta L_f = L_{Zmeas} - L_{\infty} - \Delta L_z \quad (3'')$$

として与えられる。ここで、 ΔL_z として、式(4)を用いた場合、および式(5)を用いた場合の双方を用いて算出した結果をFig. 13およびFig. 14に示す。これらを比較すると、後者は、傾きがほぼ1.5~1.0 dB/oct. となっており、拘束のない部分の傾向に近い。

3. 5. 考察

以上の検討をもとに、算出した駆動点インピーダンスの計算値と実測値の関係をFig. 15に示す。これらの結果から、駆動点インピーダンスの計算方法としては、端部拘束によるインピーダンス上昇量

Fig. 15 駆動点インピーダンス計算値と実測値の比較(修正端部拘束補正を施した場合)

として式(5)を用い、共振の影響については、250Hzを0とし、1.5dB/oct.の傾きを持たせることによって、大型スラブにおける駆動点インピーダンスが近似的に求められることが示された。

しかし、25m²程度のスラブであれば1次モードが多くの場合に性能を決定する63Hzとなる場合が多いが、大型スラブでは一次固有振動数は16Hz程度となり、高次のモードの影響も考える必要が出てくることも予想される。

また、今回測定した結果の範囲では、同一工法であっても現場毎・住戸毎のバラツキが大きく、これらに比べると工法毎の差については明確な違いを得ることはできなかった。

4. 床衝撃音予測計算方法の検討

4.1. 下室音場のモデル化と予測計算式

大型スラブにおいても、床衝撃音を駆動点インピーダンスで予測できる可能性があることを2章で示した。

文献9)によれば、床衝撃音レベル L_H は、

$$L_H = 10 \log \left[\frac{F_{rms}^2}{Z^2} \cdot \rho \cdot \kappa \cdot \frac{4S}{A} \right] + \Delta C + 120 \quad (6)$$

ただし、 F_{rms} : 加振源の加振力、 Z : 駆動点インピーダンス

ρ : 空気特性インピーダンス、 S : 放射面積(室床面積)

κ : 音響放射係数、 A : 室吸音力、 ΔC : 騒音計の動特性値、

で求められる。ここで、大型スラブにおける測定結果をふまえ、式(6)を修正することを試みる。

重量床衝撃音に対する室吸音力の影響は、通常の仕上げの場合においては、無視できる程度である¹⁷⁾ことから、床衝撃音レベルが床面からの直接音によって決定するものと仮定する。一方、通常の集

Table 3 床衝撃音予測計算に用いた諸定数

Freq. [Hz]	63	125	250
$20 \log F_{rms}$ [dB]	37	23	18
ΔC [dB]	9.8	8.3	6.5
L_c [dB]	192.8	177.3	170.5

合住宅の居室の場合、天井面から受音点までの距離は1m~1.5m程度であり、直接音の距離減衰は、ほぼ0dB前後であると見なせる範囲にあるので、式(6)をもとに

$$L_H = 10 \log \left[\frac{F_{rms}^2}{Z^2} \cdot \rho \cdot \kappa \right] + \Delta C + 120 \quad (7)$$

と仮定する。

ここで、衝撃源の加振力と騒音計の動特性補正值としてTable 3に示した値を用いると、式(7)は、以下のように書き換えられる。

$$L_H = L_c - 20 \log Z + 10 \log \kappa \quad (8)$$

ここで、 L_c は、Table 3に示した各周波数毎に与えられる定数である。 L_c の値は、各周波数帯域の結果とも、2章で示した駆動点インピーダンスと床衝撃音の関係でみられた切片の値 L_c' に極めて近い値となっており、仮定の妥当性が伺える。

以上から、ここでは、式(7)を床衝撃音予測式として用いることとした。

4.2. 実測結果との比較

Fig. 16に、竣工時に測定した各加振点毎の室内平均音圧レベルと、計算値を比較して示す。計算値では、一定の値を上限として、それ以上の値は算出されていないにもかかわらず、その上限近くの値が計算値となっているものが多い。これは、駆動点インピーダンスの予測モデルとしての問題点の一つである端部拘束以外のモードの影

Fig. 16 各加振点ごとの床衝撃音レベル計算値と実測値の比較 (竣工時、天井なし)

Fig. 17 文献9による床衝撃音レベル計算値と実測値の比較
(竣工時、天井なし、仕上げ床なし、63Hz)

響などによるインピーダンス変化量に対応できていないことが、この結果においても伺える。一方、端部拘束によるインピーダンスの上昇量がほとんどない125Hz、250Hz帯でもかなり良い一致を示している。

また、竣工時における各室に対する床衝撃音レベルについて、文献9)による方法と本方法による計算値と実測値を比較してそれぞれ Fig. 17, Fig. 18 に示す。なお、在来工法のスラブについては、Table 1 に示したスラブ面積が30m²のものを大型スラブとし、それ以下のものと分けて示している。Fig. 18において、大型スラブにおける結果に着目すると、実測値と計算値の差が各点の駆動点インピーダンスの予測計算結果における標準偏差に相当する±3dBの範囲内にあるものは全体の60%程度に留まったが、計算値と実測値との差が5dB以上となっているものは、全体の20%であり、本手法が有効で

Fig. 18 本手法による床衝撃音レベル計算値と実測値の比較
(竣工時、天井なし、仕上げ床なし、63Hz)

あることが示された。なお、実測値が計算値を5dB以上上回ったものがあつたが、この現場では、壁面の仕上げをGL工法としており、壁からの放射音が大きかったことが誤差の原因となっているものと考えられる。

5. まとめ

1 住戸を1スパンとする大型スラブ工法を採用した集合住宅の床衝撃音遮断性能について、実測値をもとに実務的な予測計算手法を示した。

その結果、スラブ面積25m²程度のものに対する予測式と同様に、駆動点インピーダンスをもとに算出することの妥当性が示された。大型スラブ工法に適用させるために、文献9)における予測式に対して、以下の修正を施した。

- ・駆動点インピーダンスの端部拘束による上昇量は、周波数依存性を持つ。
- ・共振によるインピーダンス低下量は、在来のものにくらべてオクターブごとの傾きがかなり小さい。
- ・駆動点インピーダンスから重量床衝撃音レベルを算出する際に、通常の集合住宅の居室では、直接音によって床衝撃音レベルが決定すると仮定する方法を示した。また、この傾向は、実測の駆動点インピーダンスレベルと床衝撃音レベルの関係とほぼ一致していた。

波動性を無視した本方法には、予測計算方法としての限界があることは否めない。例えば、スラブの寸法比などの形状による違いなどについても検討する必要があると考えられる。今後は、FEMなどの数値解析手法を含めて寸法比などの問題についても簡略化した計算方法を検討していく予定である。また、床仕上材や天井の効果などについても体系的な検討が必要であると考ええる。

注

本論文は、参考文献12)~15)を加筆・修正しまとめたものである。

参考文献

- 1) 荘 美知子、木村 翔、梶 裕佳子：集合住宅の音環境に対する居住者意識構造の分析、日本建築学会計画系論文集、第506号、pp.1-7、1998.4
- 2) 安岡正人：床衝撃音防止設計法、音響技術 No.20、pp.1~27、1977.10
- 3) 橋本 典久：小梁付床版の音響域振動へのFEMの適用とその振動性状について、日本建築学会論文報告集、1987.2
- 4) 折笠輝雄、久保田喜八郎：重量床衝撃音発生器による床衝撃音の実験的解析方法に関する研究、日本建築学会論文報告集、1987.8
- 5) 福島寛和、安岡正人：波動性を考慮した低音域の床衝撃音に関する研究、日本建築学会論文報告集、1989.11
- 6) 二宮 淳、金子 昇：低周波域における床衝撃音のシミュレーション解析に関する研究(その2)FEM床振動解析とBEM音場解析に基づく床衝撃音の周波数応答関数、日本建築学会計画系論文集、第467号、pp.13~22、1995.1
- 7) 木村 翔、井上勝夫、中沢真司：インピーダンス法による床衝撃音レベル予測手法検証のための実験的研究、日本建築学会計画系論文報告集、第407号、1990.1
- 8) 木村 翔、井上勝夫：床衝撃音と床スラブの振動特性に関する実験的研究、日本建築学会論文報告集、第332号、1983.10
- 9) 建物の遮音設計指針、日本建築学会編
- 10) L. Cremer et al. : Structure Borne Sound, Springer Verlag, 1973.
- 11) 渡辺大助、木村 翔、井上勝夫：アンボンド工法大型スラブの衝撃インピーダンスの予測、日本建築学会学術講演梗概集、1992.8
- 12) 田野正典、古賀貴士、松本 肇：各種大型スラブの床衝撃音測定例、日本建築学会大会学術講演梗概集、1996.9
- 13) 古賀貴士、田野正典、松本 肇：各種大型スラブの床振動応答測定例(床衝撃音遮断性能の予測に関する研究)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1996.9
- 14) 古賀貴士、田野正典：重量床衝撃音によるスラブ加振時の振動加速度分布の実測例、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997.9
- 15) 田野正典、古賀貴士：大型スラブの床衝撃音と床振動測定例、日本建築学会大会学術講演梗概集、1998.9
- 16) 高倉史洋、大脇雅直、山下恭弘、大型スラブの床衝撃音レベルについて その1インピーダンス測定、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997.9
- 17) 井上勝夫、木村 翔、尾崎充男、渡辺和良、床衝撃音に対する下室空間の吸音の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、1996.9

(1998年9月7日原稿受理、1999年1月27日採用決定)