

床衝撃音レベル低減量測定用試験室スラブのインピーダンス特性について

正会員 ○中森俊介*¹ 正会員 阿部恭子*⁴
 同 平光厚雄*² 同 高橋央*⁵
 同 田中学*³ 同 安岡博人*⁵
 井上勝夫*⁶

インピーダンス スラブ 公的試験機関
 床衝撃音レベル低減量 損失係数 拘束

1. はじめに

現在、(財) 建材試験センターにおいて、重量床衝撃音レベル低減量 (以後、低減量) の実験室測定方法の JIS 原案作成作業が行われている。重量衝撃音の場合、対象周波数がモード領域であるため、低減量の測定結果がスラブの振動特性の影響を受けることが考えられる。機関ごとに低減量測定用の試験室の寸法や試験室形態が互いに少しずつ異なるため、インピーダンス測定などにより、スラブの振動特性を把握しておく必要がある。本稿では、住宅の品質確保促進法における試験ガイドラインの附則¹⁾に基づく低減量の測定のための試験室をもつ公的試験機関において、共同で行ったインピーダンス測定の結果について報告する。

2. 試験室の概要

試験室の概要図を図 1 に示す。スラブ面積が約 20 m² の壁式鉄筋コンクリート構造であり、各機関とも、厚さ 150、200 mm の 2 種類のスラブを有している。スラブのコーナーに周囲を木枠で囲った約 10 m² の試験体施工部が設けてある。測定対象は 4 機関 (A~D) の 8 試験室とした。試験室仕様には若干の違いがあり、スラブの寸法は (3.6~4.0) × (5.0~5.4) m、天井高は (3.0~3.6) m、試験体施工部は (2.7~2.8) × (3.6~3.7) m、壁厚は 200~250 mm の範囲である。その他、2 室連続型、独立型など、試験室の形態に相違がみられる。

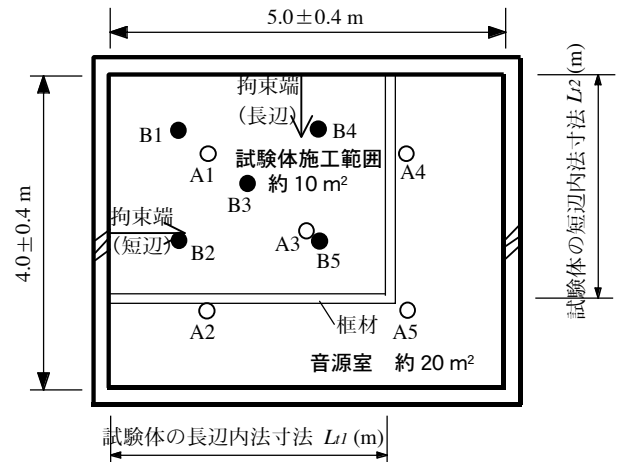
3. 測定方法および解析方法

図 2 に示すように、インパクトハンマー (衝撃周波数:約 350 Hz) で衝撃した際の加振点近傍の振動速度を測定した。衝撃力 F (N) と振動速度 v (m/s) より、駆動点インピーダンス $Z=F/v$ (kg/s) を求めた。基準値を $Z_0=1$ (kg/s) として、レベル表示値 $L_z=20 \cdot \log_{10}(Z/Z_0)$ (dB) で算出した。衝撃時間内における衝撃力および、振動速度の時系列波形より衝撃時間内応答インピーダンス、サンプリング 6000/秒、16384 データの FFT により全時間応答インピーダンスの周波数特性、1/3 オクターブバンド分析により 1 秒間のエネルギー積分値を求め、オクターブバンドごとの全時間応答インピーダンスを算出した。測定ポイントは、図 1 に示す全体 (A1~A5)、枠内 (B1~B5)、端部 (→で表示) とし、計測器および分析器は 4 機関の測定を通して同じものを使用した。

4. 測定結果

4-1. スラブ中央のインピーダンス特性

表 1 に全時間応答インピーダンスの周波数特性から読み取った 1 次固有振動数 f_0 、スラブ各点 (A1~A5、B1~B5) の衝撃時間内応答インピーダンスの平均値、計算値を示す。 f_0 は、150 mm スラブでは 35 Hz、200 mm スラブでは 40 Hz 前後である。実測した衝撃時間内応答インピーダンスは、計算値と概ね一致していることがわかる。図 3 に機関 A~D の 150 および 200 mm スラブ中央 (A3) の全時間応答インピーダン



試験体の長辺寸法 $L1$ は、試験室の長辺内法寸法の約 $1/\sqrt{2}$ 倍 (約 0.7 倍) とする。
 試験体の短辺寸法 $L2$ は、試験室の短辺内法寸法の約 $1/\sqrt{2}$ 倍 (約 0.7 倍) とする。

図 1 試験室の概要図および測定ポイント

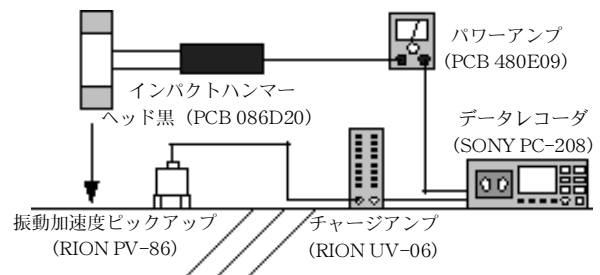


図 2 駆動点インピーダンス測定系列

表 1 各スラブの 1 次固有振動数および 衝撃時間内応答インピーダンスの測定結果

スラブ厚(mm)	機関	f_0 (Hz)	実測平均値(dB)	計算値(dB)
150	A	34	112	111.9
	B	36	112	
	C	36	113	
	D	35	113	
200	A	40	117	116.9
	B	43	117	
	C	43	118	
	D	36	116	

計算値は、コンクリートの $E=2.4 \times 10^{10}$ N/m²、 $\rho=2400$ kg/m³ とした。
 $Z = 2.31 \cdot h^2 \sqrt{\rho \cdot E}$ により求めた。(h はスラブ厚さ)

スを示す。各帯域のモード発現状況により 31.5、63 Hz 帯域では差がみられるものの、似た周波数特性であることがわかる。

4-2. スラブ周辺の拘束

図 4 に中央部の衝撃時間内応答インピーダンス (表 1 の実測平均値) を基準としたスラブ端部におけるインピーダンス上昇の結果を示す。横軸は、拘束端からの距離 x と、衝撃周

Characteristics of driving point impedance on homogeneous reinforced concrete standard slabs for the test of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings.

NAKAMORI Shunsuke, HIRAMITSU Atsuo,
 TANAKA Manabu, ABE Kyoko, TAKAHASHI Hisashi,
 YASUOKA Hirohito and INOUE Katsuo.

波数に対するスラブの曲げ波の波長 λ_b の比(x/λ_b)で整理した。黒塗り記号は150 mmスラブ、白抜き記号は200 mmスラブ、2本の曲線はスラブ厚ごとに(x/λ_b)の3次式により、フィッティングをかけたものである。拘束の程度は、150 mmでは平均で7 dB、200 mmでは5 dB程度であり、在来スラブ大梁支持の場合³⁾に比べ、小さめである。衝撃点が端部に近づくにつれ、壁厚などの影響により、機関ごとの差は大きくなるが、低減量の測定時に用いる最も拘束が大きい衝撃点B1でも63 Hz帯域では $x/\lambda_b=0.16$ 程度であるため、機関ごとの差は ± 1.5 dB程度に収まるものと考えられる。

4-3. 試験体施工部のインピーダンス分布

低減量測定時の衝撃点となるB1~B5における全時間応答インピーダンス測定結果および、5点の算術平均値による比較を行った。代表として、機関Aの150 mmスラブを図5に、機関Dの150 mmスラブを図6に示した。試験室の寸法および形態の違いにより、帯域のモード個数が異なるため、衝撃点における帯域ごとのインピーダンス値の大小関係は機関により異なるが、衝撃点ごとの絶対値の差は、測定対象周波数域で最大となる63 Hz帯域でも機関A~Dの中で3~4 dB程度に収まっている。

図7に示した機関ごとの5点平均の結果から、150、200 mmスラブは、ほぼ平行となり、その差は、5 dB程度である。機関ごとの差も63 Hz帯域で2.5 dB程度となっている。

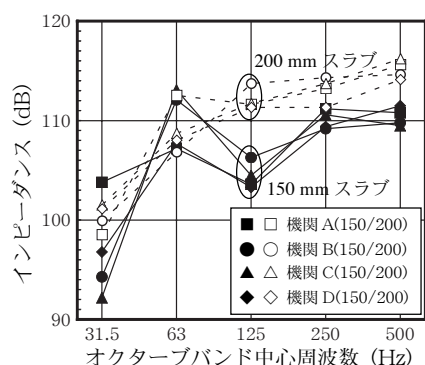


図3 中央(A3)インピーダンス (150および200 mmスラブ)

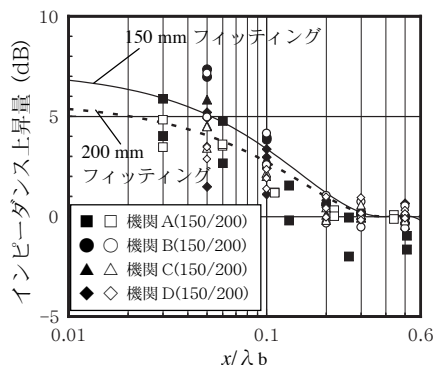


図4 各スラブのインピーダンス端部上昇量

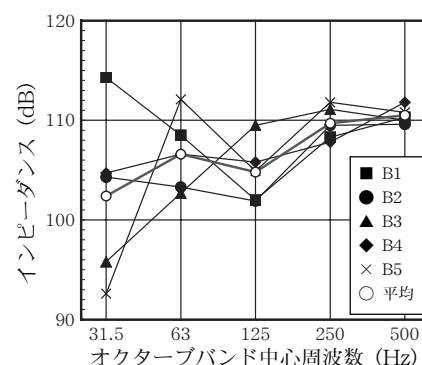


図5 試験体施工範囲内5点のインピーダンス (機関A 150 mm)

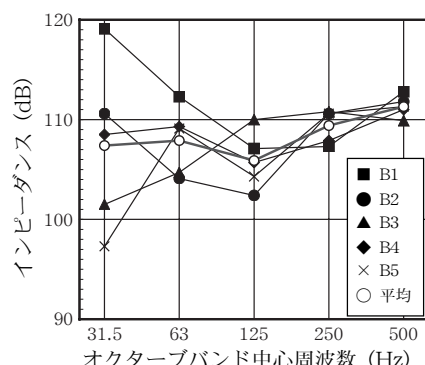


図6 試験体施工範囲内5点のインピーダンス (機関D 150 mm)

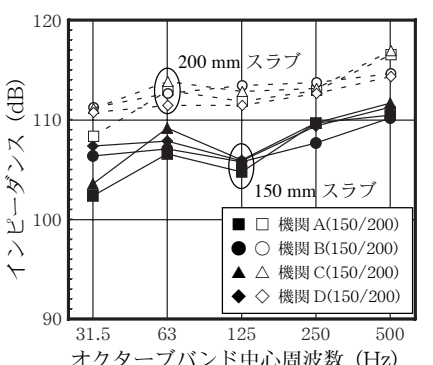


図7 試験体施工範囲内5点のインピーダンス平均値

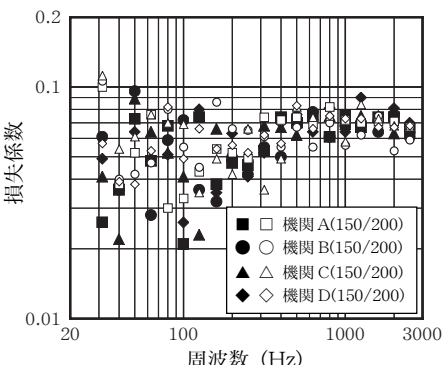


図8 各スラブにおける損失係数 (1/3 オクターブバンド)

4-4. スラブの損失係数の算出結果

図1に示した任意の測定点における振動応答波形を1/3オクターブバンドフィルターで濾波し、シュレダ法によって求めた減衰波形から残響時間 T_R を読み取った。損失係数 η を $\eta=2.2(T_R \cdot f)$ の式により算出した(f は1/3オクターブバンドの中心周波数)。周波数帯域ごとに平均値を求め、図8に示した。拡散領域では、平均すると $\eta=0.06$ 程度となり、機関ごと、スラブ厚ごとで有意な差はみられなかった。ただし、低次のモード領域では $\eta=0.02\sim 0.04$ 程度であり、特に150 mmスラブの場合の損失が小さい傾向があり、薄いスラブに対し、壁の拘束が大きいことを示している。

5. まとめ

4 試験機関において床衝撃音試験室スラブのインピーダンス測定を行った結果、スラブの振動特性は、試験体施工部のインピーダンス分布から、絶対値、周波数特性ともにより対応がとれていることがわかった。今後も、低減量の実験室測定方法に関連した検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 住宅性能評価機関等連絡協議会「遮音測定の結果による音環境に関する試験ガイドライン」2003.9
- 2) 日本建築学会編「建物の遮音設計資料」技報堂出版 1988.8
- 3) 木村翔、井上勝夫、新井昭義「床衝撃時における床スラブインピーダンス特性の予測手法に関する研究」日本建築学会計画系論文集 第363号 PP.1-7,1986.5

*1. 小林理学研究所
 *2. 建築研究所
 *3. 日本建築総合試験所
 *4. 建材試験センター
 *5. ベターリビング筑波建築試験センター
 *6. 日本大学理工学部

*1. Kobayasi Institute of Physical Research
 *2. Building Research Institute
 *3. General Building Research Corporation of Japan
 *4. Japan Testing Center for Construction Materials
 *5. Center for Better Living, Tsukuba Building Test Laboratory
 *6. College of Science and Technology, Nihon University