

間仕切壁の撤去前後における床の振動特性実測評価

EVALUATION OF MEASURED VIBRATION CHARACTERISTICS OF FLOORS BEFORE AND AFTER REMOVAL OF PARTITION WALLS

丸尾 純也*¹, 石田 琢志*¹
Junya MARUO and Takushi ISHIDA

In order to achieve required performance for floor vibration, predictive vibration analysis is sometimes carried out in the design stage to examine residential performance and vibration countermeasures. However, this requires a high level of prediction accuracy. The predictive vibration analysis of the floor is generally for structural members, and non-structural members are not considered. However, there are reports that partition walls, which are non-structural members, affect vibration characteristics of floors. Therefore, it is necessary to examine the effects of partition walls in order to improve prediction accuracy. The opportunity to measure floor vibration before and after the removal of partition walls presented itself, during building remodeling. The effect of partition walls based on measurements of floor vibration was examined.

In these measurements, the rise of natural frequency and the increase of damping ratio of the floor were confirmed due to the existence of partition walls, and the response acceleration for walking tended to decrease. In addition, it was confirmed that the partition wall affected vibration mode shape and acceleration of the floor.

Keywords : *Environmental Vibration, Partition Wall, Floor Vibration Measurement, Accelerance, Natural Frequency, Damping Ratio*
 環境振動, 間仕切壁, 床振動測定, アクセラランス, 固有振動数, 減衰係数

1. はじめに

生産施設における精密機器の使用性や事務所ビルなどの居住性の確保のために、床振動に対して要求性能が定められる。要求性能の実現のためには、設計段階において床の振動予測解析を実施して居住性能や振動対策を検討する必要があるが、これには高い予測精度が必要とされる。床の振動予測解析は一般的に構造部材を対象としており、非構造部材は考慮されない。しかし、非構造部材である間仕切壁が床の振動特性に対して影響を及ぼすという報告^{例えば 1~3)}もあり、予測精度の向上のためには間仕切壁の影響について検討する必要があると考えられる。

今回、建物の改修に伴い、間仕切壁の撤去前後における床振動測定の機会が得られたことから、実測に基づいた間仕切壁が床振動に及ぼす影響について検討を行った。

2. 建物概要

2.1 建物および床の概要

測定対象の建物は戸田建設筑波技術研究所内にある地上2階建てRC造壁式構造の基礎免震建物である。本建物は改修に伴い間仕切壁およびカーテンウォールが撤去されたことから、その撤去前後において床振動測定を実施した。

床振動測定は2階床を対象とする。2階平面図を図1に示す。撤去された間仕切壁およびカーテンウォールをそれぞれ赤点線および紫点線で、残置された間仕切壁を赤実線で記載した。なお、間仕切壁の配置は1階も同様である。また、図1には測定点および歩行線を併記した。間仕切壁撤去後の測定状況を写真1に示す。室内の

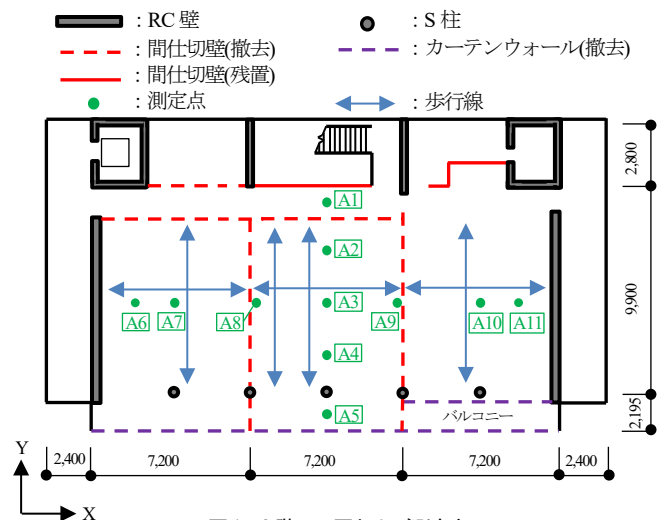


図1 2階平面図および測定点

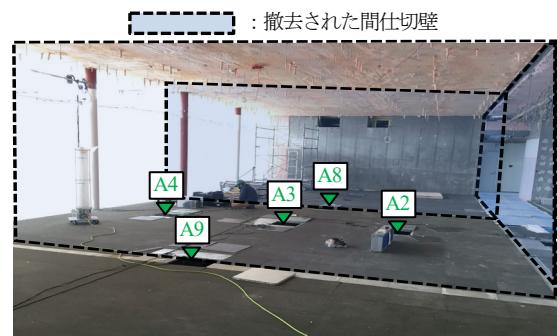


写真1 測定状況(間仕切壁撤去後)

本稿は文献4),5)で公表したものを再構成し、加筆・修正してまとめたものである。

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 修士(工学)

Technology Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

状況は、間仕切壁撤去前後ともにフリーアクセスフロアが設置されており、什器等は設置されていない。

2階および屋上の床はボイドスラブである。ボイドスラブの断面図を図2に示す。ボイドスラブのスラブ厚は450mm、ボイドはφ250mm@400mmである。また、ボイドスラブの一部にはアンボンDPC鋼線によるプレストレスが与えられている。

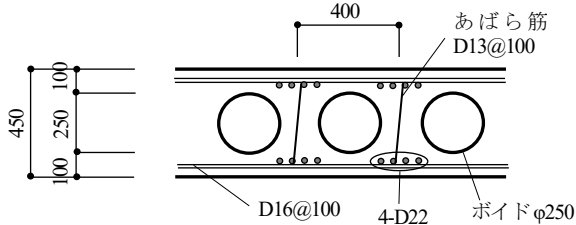


図2 ボイドスラブの断面図

2.2 間仕切壁の概要

間仕切壁の概要を図3に示す。スタッドは303mmピッチの千鳥配置であり、石膏ボード9.5mmおよび強化石膏ボード21mmの二枚張り（両面）である。なお、間仕切壁はスラブ下まで達する仕様である。

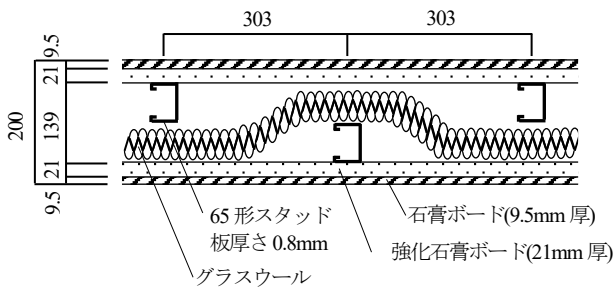


図3 間仕切壁の水平断面図

3. 測定概要

測定点は図1に示す11点とした。間仕切壁撤去前後において測定点および歩行線の位置は同じとし、それぞれ常時微動および二人歩行、かかと加振、ハンマリングによる測定を行った。測定は鉛直方向とし、加速度計（RION製LS-10C）は躯体床上に設置した。サンプリング周波数は500Hzとした。

歩行はフリーアクセスフロア上で行い、歩行ピッチはメトロノームに合わせて2.0Hzとし、歩行線上を2往復した。かかと加振およびハンマリングにおける加振点は測定点A3、A7、A8、A10近傍の躯体床とした。かかと加振は1箇所につき6回、ハンマリングは1箇所につき10回行い、各々そのアンサンブル平均により床の減衰定数およびアクセラランスを評価した。

4. 測定結果

4.1 アクセラランスおよび振動モード形状

ハンマリングにより求めた測定点A3、A7、A8、A10におけるアクセラランスを図4に示す。同図にはアクセラランスが卓越する主な振動数を併記した。

何れの測定点においても、間仕切壁撤去前後で卓越振動数およびその増幅率が異なることが確認できる。また、2階床中央の測定点A3のアクセラランスおよび後述の振動モード形状から、撤去前19.5Hzおよび撤去後13.0Hzを2階床の1次固有振動数、撤去前13.1Hzおよび撤去後11.7Hzを免震層を含む建物全体の固有振動数と判断した。

2階床の1次固有振動数に着目した場合、床中央の測定点A3において、撤去前19.5Hzは0.017cm/s²/N、撤去後13.0Hzは0.036cm/s²/Nであり、間仕切壁があることによって1次固有振動数が上昇し、その増幅率には約2倍の差が生じていることが確認できる。

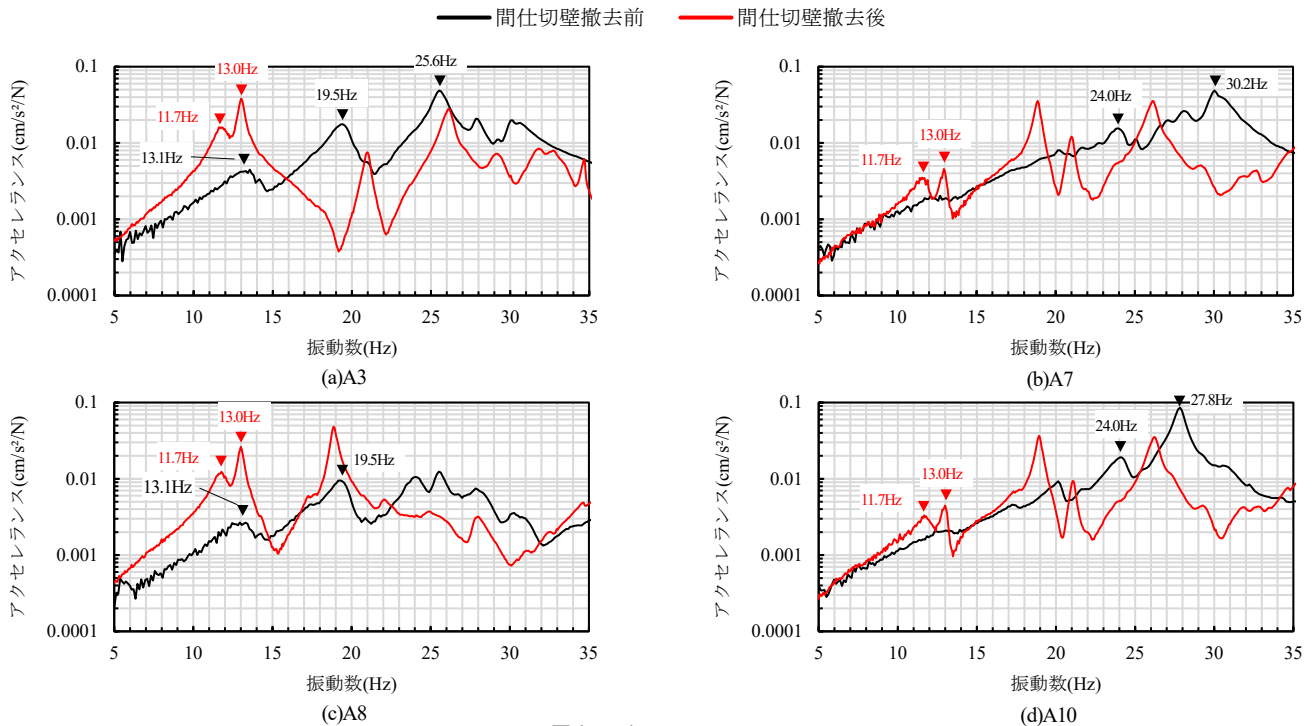


図4 アクセラランス

次に、常時微動測定結果のフーリエスペクトル比から算出した主な振動モード形状を図 5 に示す。

2 階床の 1 次固有振動数である撤去後 13.0Hz の振動モード形状 (図 5 (a)) は X 方向において中央 (A3) の振幅が大きく、端部 (A6, A11) に向かってなだらかに振幅が小さくなる形状であった。一方、撤去前 19.5Hz では間仕切壁近傍の測定点 A9 の位置で振幅が急激に低下しており、間仕切壁によって床の振動が拘束されるような影響が確認できた。しかし、同じく間仕切壁近傍である測定点 A8 ではそのような傾向は見られず、位置によって間仕切壁の影響に差が見られた。

なお、撤去前 13.1Hz および撤去後 11.7Hz の X 方向の振動モード形状 (図 5 (b)) は RC 壁に近い測定点 A6, A11 にも振幅が生じているため、前述の通りこれらの振動数を建物全体の固有振動数と判断した。

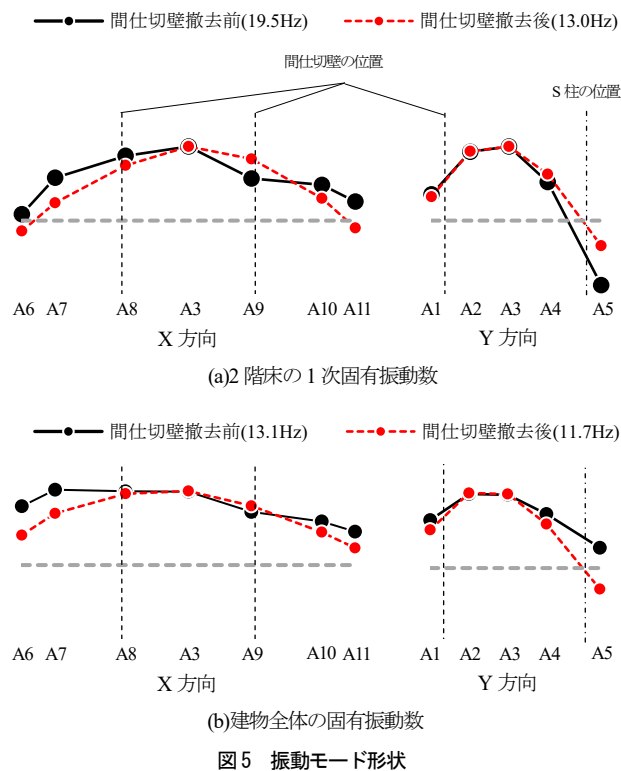


図 5 振動モード形状

4.2 減衰定数の同定

かかと加振後の自由振動波形から固有振動数および減衰定数を同定した。同定方法を測定点 A3 を例として示す。まず、測定点 A3 の測定結果を図 6 に示す。この波形に対して、撤去前は 15Hz~22Hz

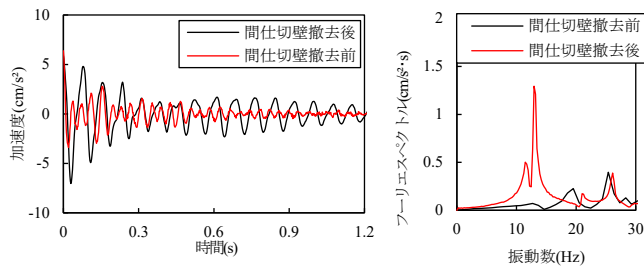


図 6 自由振動波形 (測定点 A3)

のバンドパスフィルタを、撤去後は 20Hz のローパスフィルタをかけて固有振動数の成分が卓越する自由振動波形を作成した。ただし、撤去後のフーリエスペクトルは 1 次固有振動数に近接したピークがあり、1 自由度の自由振動波形によるフィッティングでは正確な減衰定数の同定は困難であった。そのため、文献 (6) の式 (1) (2) を用い、2 つの 1 自由度の自由振動波形を合成した理論値を、最小二乗法によりフィッティングし、固有振動数および減衰定数を同定した。なお、撤去前については固有振動数に近接したピークがないため、1 自由度の自由振動波形によるフィッティングを行った。

$$x_i(t) = \frac{x_{0i}}{\sqrt{1-h_i^2}} e^{-h_i \omega_i t} \cos\left(\sqrt{1-h_i^2} \omega_i t - \varphi_i\right) \quad (1)$$

$$x(t) = \sum_{i=1}^2 x_i(t) \quad (2)$$

ここで、 x : フィッティング関数、 x_i : i 次の自由振動波形、 x_{0i} : i 次の自由振動波形の初期値、 h_i : i 次の減衰定数、 ω_i : i 次の固有円振動数、 φ_i : i 次の初期位相、 t : 時間を表す。

測定点 A7, A8, A10 についても同様の方法を用いて減衰定数を同定した。6 回のかかと加振から同定された固有振動数および減衰定数の平均値をまとめて表 1 に示す。間仕切壁撤去後の減衰定数は 1.0%~1.3% と同定されたのに対して、撤去前は測定点 A3, A8 で 3.0% 程度、測定点 A7, A10 で 1.5% 程度と同定され、何れの測定点においても間仕切壁があることによって減衰定数の増加が確認された。

図 7 に測定点 A3 を例にフィッティングした波形 (理論値) と実測値の時刻歴波形およびフーリエスペクトルを比較して示す。同図において理論値は実測値と良く一致しており、同定された固有振動数についてもアクセラランスの卓越振動数と概ね一致したことから、精度よくフィッティングできていると考えられる。

表 1 固有振動数および減衰定数の同定結果

測定点	間仕切壁	固有振動数(Hz)	減衰定数(%)
A3	撤去前	19.1	3.0
	撤去後	13.0	1.3
A7	撤去前	30.2	1.6
	撤去後	18.9	1.0
A8	撤去前	19.3	3.1
	撤去後	13.0	1.1
A10	撤去前	27.7	1.5
	撤去後	18.9	1.0

間仕切壁の撤去前後における床の振動特性実測評価

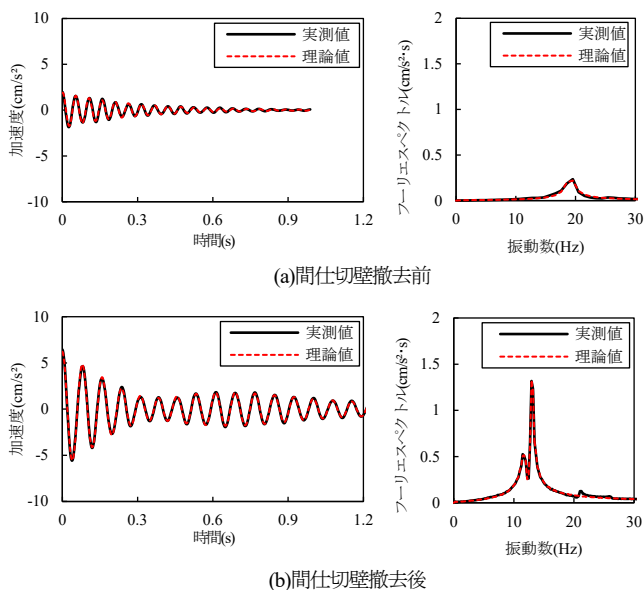


図7 フィッティング波形例(測定点A3)

4.3 歩行測定結果

二人歩行における 1/3 オクターブバンド分析結果 (時定数 10ms) を、測定点 A3, A7, A8, A10 を代表して図8に示す。なお、結果は各歩行線における各帯域の包絡値として、居住性能評価指針 (2004年版) 7) の評価曲線により評価した。

間仕切壁撤去前は撤去後と比較して、二人歩行による床の応答加速度が減少する傾向が見られた。また、応答が卓越する中心振動数

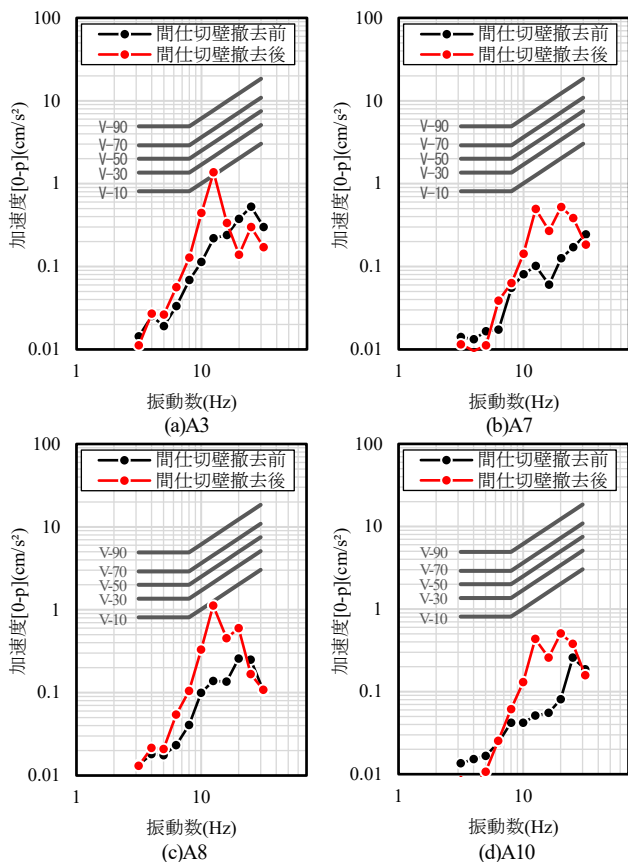


図8 二人歩行における 1/3 オクターブバンド分析結果

も間仕切壁撤去前後で異なる。例えば、測定点 A3 において撤去後は 12.5Hz に明確なピークが見られるが、撤去前には明確なピークを確認することができない。その他の測定点においても同様の傾向が見られ、間仕切壁の有無が居住性能に影響を及ぼすことを確認した。

5. おわりに

間仕切壁の撤去前後における床振動測定の実測機会が得られたことから、実測に基づいた間仕切壁が床振動に及ぼす影響について検討を行った。

本測定においては、間仕切壁があることによって床の固有振動数の上昇および減衰定数の増加が確認され、歩行時の床の応答加速度が減少する傾向が見られた。また、間仕切壁が床の振動モード形状およびアクセラランスにも影響を及ぼすことを確認した。

今後は間仕切壁が及ぼす影響をより詳細に評価することを目的として、解析的な検討を実施する予定である。

謝辞

本研究は、研究会「環境振動予測に関わる検討会」における成果である。以下に本研究会の会社名を示す。(会社名：五十音順)
 (株)奥村組, (株)熊谷組, (株)鴻池組, 東急建設(株), 東洋建設(株), 戸田建設(株)

参考文献

- 慶祐一, 若林博, 岩間和博, 松永裕樹, 福本晃治, 山田晃平, 三谷貴志, 土井尚: 間仕切壁による床振動の低減効果に関する基礎的検討 その1 間仕切壁施工前後の床振動測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), pp.383-384, 2017. 8
- 新田貴太男, 榎木浩行, 坂田憲彦, 高山直行, 松本慎也, 藤谷義信: ボイドラメン構造におけるスラブの振動特性に関する研究—実構造物における間仕切壁の振動特性への影響—, 日本建築学会技術報告集, 第18号, pp.105-108, 2003. 12
- 金子正孝, 安井譲, 八木貞樹, 深野慶: RC造・超高層マンション床スラブの振動性状と振動評価 その3 間仕切り壁による振動低減効果について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp.3-4, 1992. 8
- 原田雅俊, 伊藤真二, 柳沼勝夫, 前川利雄, 丸尾純也: 床振動に及ぼす間仕切壁の影響に関する検討 その1 床振動測定の概要および歩行測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2021 (投稿済)
- 丸尾純也, 石田琢志, 三輪晋也, 山本耕三, 佐々木裕一: 床振動に及ぼす間仕切壁の影響に関する検討 その2 間仕切壁撤去前後における振動特性の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2021 (投稿済)
- 吉田昭仁, 田村幸雄, 舛田健次, 伊藤隆文: 超高鋼製煙突の動特性評価 その2 2自由度RD法とFDDによる動特性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp.887-888, 2002. 8
- 日本建築学会: 建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説, 2004