

浴室使用時に発生する固体音の低減に向けた実験的検討

富澤 秀夫*1・中澤 真司*2

概 要

フリープランの集合住宅では、浴室(ユニットバス)直下に他住戸の居室が計画される事例が多々見受けられる。このような間取りの配置は、浴室使用時に固体音の発生が危惧されることから、その対策が設計上特に重要となる。

大手デベロッパーは、浴室使用時に発生する固体音の低減対策として、仕様書などに浴室メーカーの用意する防振支持脚の採用や支持脚(六角ボルト)とスラブの間に防振ゴムを挿入する方法等を定めているところが多い。しかしながら、これらの対策による効果はあまり定量化されておらず、居室内の静粛性を確保する上で十分な対策であるのか判断できない状況にある。

本検討では、①浴室メーカーが浴室の固体音対策として市販している浴室の防振支持方法の性能を把握すること、②これらの対策より高性能で経済的な防振支持方法を選定することを目的として、ユニットバスを用いて実験を行い、各仕様における性能を検証した。

キーワード：ユニットバス・防振支持方法・固体音・低減方法

EXPERIMENTAL STUDY FOR DECREASE IN STRUCTURE-BORNE SOUND GENERATED WHEN USING BATHROOM

Hideo TOMIZAWA *1, Shinji NAKAZAWA *2

Abstract

In condominiums where the layout and specification of rooms in each housing unit can be freely selected by owners, a living room is often located just below a bathroom (tiny prefabricated bathroom, called “unit bath” in Japan). Such a layout may cause nuisance of structure-borne sound generated when the bathroom is used. Measures against this problem are particularly important in the design of the housing unit.

For mitigating this type of noise, many leading developers recommend in the specification or manual the use of vibration isolation legs provided by *unit bath* makers and vibration isolation rubber to be inserted between the legs (hexagonal head bolts) and floor slab. However, the effect of these solutions has not been quantified well, and it is at present impossible to accurately evaluate their effectiveness for ensuring silence in the living room.

Experiments were made using *unit baths*, validating the performance of different specifications, for the purpose of 1) grasping the performance of vibration isolation supports sold by *unit bath* makers for reducing structure-borne sound, and 2) selecting higher-performance yet less costly vibration isolation methods than those currently available.

Keywords: Unit bath, Vibration isolation methods, Structure-borne sound, Decrease method

*1 Environment Engineering Group, Research and Development Department, Engineering Division

*2 Manager, Environment Engineering Group, Research and Development Department, Engineering Division

浴室使用時に発生する固体音の低減に向けた実験的検討

富澤 秀夫*1・中澤 真司*2

1. はじめに

近年、集合住宅では、住宅購入者に人気が高いフリープランの採用が増えてきており、浴室(ユニットバス)直下に他住戸の居室が計画される事例が多々見受けられるようになっている。上下階におけるこのような間取りの配置は、浴室使用時に発生する固体音が危惧されることから、その対策が設計上特に重要となる。

そのため大手デベロッパーでは、浴室側の固体音対策として、仕様書などに浴室メーカーが用意している防振支持脚の採用や支持脚(六角ボルト)とスラブ間に防振ゴムを挿入する方法等を定めているところが多い。しかし、これらの対策による効果はあまり定量化されておらず、居室内の静粛性を確保する上で十分な対策であるのか判断できない状況にある。

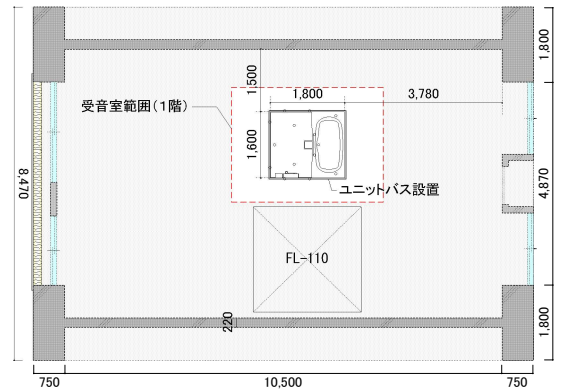
そこで本検討では、①浴室メーカーが固体音対策として市販している浴室の防振支持方法の性能を把握すること、②これらの対策より高性能で経済的な防振支持方法を選定することを目的にユニットバスを用いて実験を行い、各仕様における性能を検証した。

2. 実験概要

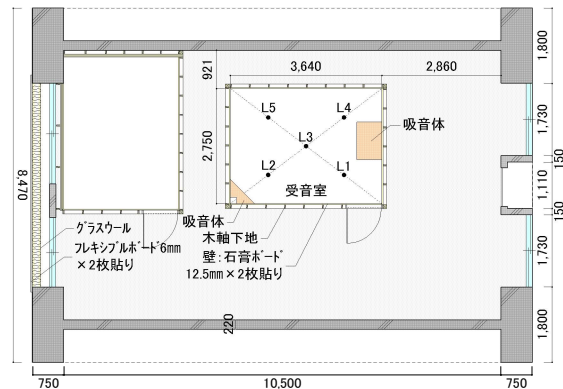
2.1 実験施設

実験施設の概要を図-1に、建物スラブの断面詳細を図-2に示す。

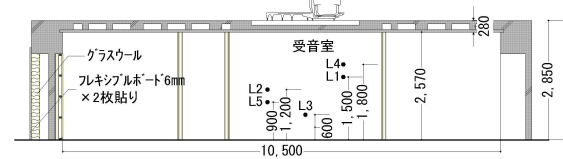
実験施設は、建設技術総合センター内に建つ、RC造ラーメン構造の集合住宅の一住戸を模して建設された総厚280mmの矩形中空床板(ハーフPC版65mm+矩形ボイド140mm+現場打ちコンクリート75mm)、内法面積68.25m²



a. 2階平面図



b. 1階平面図



c. 断面図

図-1 実験建物の概要

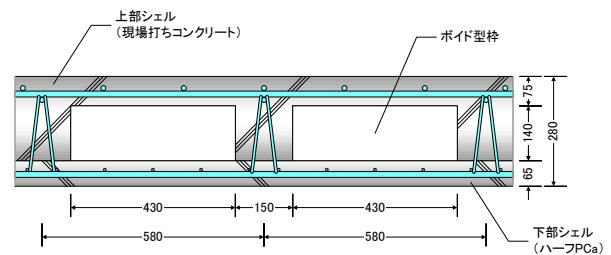


図-2 実験建物の躯体スラブ断面

*1 エンジニアリング本部 研究開発部 環境グループ

*2 エンジニアリング本部 研究開発部 環境グループ グループリーダー

(10.5m×6.5m)からなる建物を用いた。

図-1に示す建物の2階スラブ上にユニットバスを設置し、その直下の約6畳の空間となる破線部を石膏ボード(12.5mm厚2枚貼り・木軸下地)にて囲い受音室(天井仕上げなし)とした。受音室は、固体音の測定対象周波数域で残響時間が1.0~2.0秒程度に収まるように、また、音圧レベルができるだけ一様に分布するように、吸音体を用いて調整した。

図-3に受音室内の残響時間測定結果を、写真-1に受音室内の吸音体設置状況を示す。

2.2 ユニットバスの概要

実験に用いたユニットバスの概要を図-4に示す。ユニットバスは、某浴室メーカーの1618サイズ(1,600×1,800mm)、支持脚数は、図中○印及び●印で示す13本である。

2.3 ユニットバスの支持方法

実験対象としたユニットバスの支持方法の一覧を表-1に示す。

通常、ユニットバスは写真-2に示すように六角ボルトを支持脚としてスラブ上に設置される。

実験ではこの仕様を基準の試験体とした。

次に、防振支持による固体音対策を実施した試験体として、浴室メーカーの防振支持脚を採用した試験体①、支持脚とスラブ間にA社製防振ゴムを挿入した試験体②、B社製防振支持脚を採用した試験体③、支持脚とスラブ間にB社製防振パッドを挿入した試験体④の4種類を採用した。

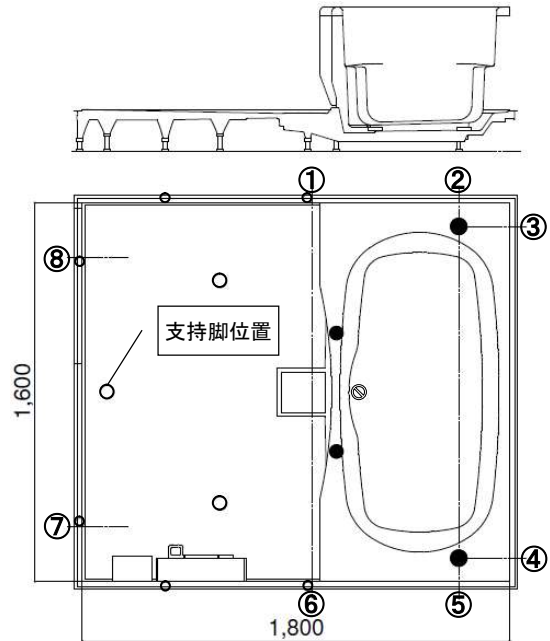


図-4 実験に用いたユニットバス

表-1 ユニットバスの支持方法一覧

浴室支持方法	
基準	支持脚(ボルト;防振なし)
試験体①	浴室メーカー防振支持脚 ゴム硬度:浴槽下70°、その他50°
試験体②	標準支持脚とスラブ間にA社防振ゴム ゴム硬度:浴槽下45°、その他40°
試験体③	B社防振支持脚 ゴム硬度:全支持脚38°
試験体④	標準支持脚とスラブ間にB社防振パッド ゴム硬度:全支持脚22°

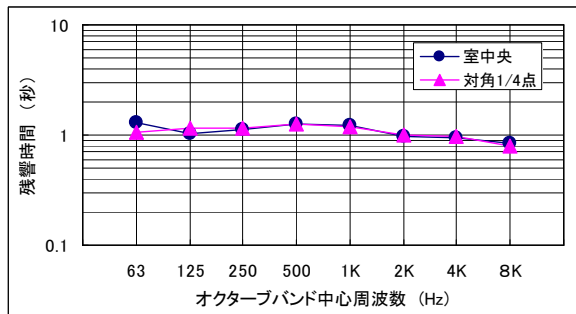


図-3 受音室内の残響時間

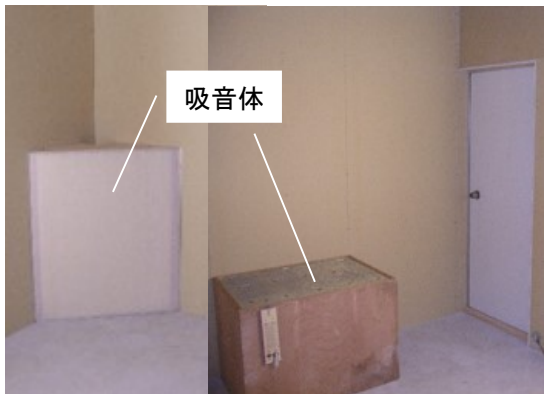


写真-1 受音室内吸音体設置状況



写真-2 通常のユニットバス支持方法

用した。なお、防振支持による固体音の低減効果は防振材のゴム硬度(バネ定数)に依存することから、各試験体に採用する防振材は、それぞれのゴム硬度が異なるように選定した。

ここで、試験体①及び試験体②は、大手デベロッパーのうちの1社が仕様書等に浴室側の固体音対策として定めている仕様、試験体③及び試験体④は、上記の仕様に対し、さらなる性能の向上を目指してゴム硬度の小さい材料を用いた仕様である。また、表中のゴム硬度について、浴槽下と記したのは、図-4中の●印の支持脚部に用いた防振材を意味する。

2. 4 実験方法

(1) 固体音の計測

固体音は、実験施設2階スラブ上に表-1に示した各支持方法によりユニットバスを設置し、表-2の加振源によりユニットバス床面を加振した時に受音室内で発生する音圧応答を図-1中の5点(L1~L5)に設置した騒音計(RION NA-27)を用いて計測した。

固体音の測定物理量は、タッピングマシンによる加振では、受音室内で発生する音圧応答の10秒間の等価音圧レベルと等価騒音レベルを、

表-2 加振方法と測定物理量

加振源	加振方法	測定物理量
軽量床衝撃音発生器(タッピングマシン)	定常加振	等価レベル
シャワーヘッド落下(50cm)	衝撃加振	最大値
ゴルフボール落下(50cm)	衝撃加振	最大値
洗面器落下(50cm)	衝撃加振	最大値

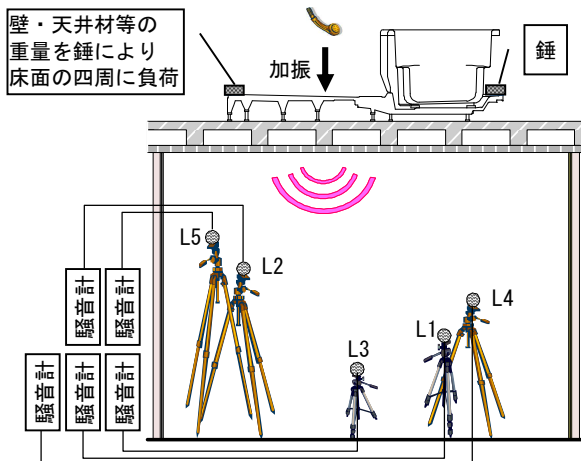


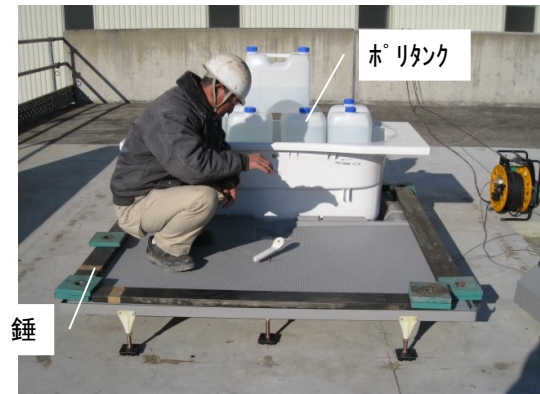
図-5 測定ブロックダイアグラム

シャワーヘッド、ゴルフボール、洗面器の落下による加振では音圧レベル最大値と騒音レベル最大値とし、それぞれ5回ずつ計測してエネルギー平均値を求めた。

なお、実験では支持脚及び防振材とスラブの接着材による固定はしていない。また、ユニットバスの壁及び天井の施工は行わず、床(バスパン)と浴槽のみを使用することとし、壁材及び天井材と備品類の重量に相当する錘を床面周囲に載荷した。さらに、浴槽内の水の有無によりユニットバスの重量が大きく変わることから、浴槽内に20リットルのポリタンク10個を入れた場合と取り除いた場合の2パターンについて計測を実施した。図-5に測定ブロックダイアグラムを、写真-3に計測状況を示す。

(2) ユニットバス床面の沈み込み量の計測

固体音の低減効果を大きくするため防振材のゴム硬度を小さくすると、浴槽の水によるユニットバス床面の沈み込み量が大きくなる。そのため、ユニットバスと内装との取り合い部のシ



a. 加振状況(シャワーヘッド落下, 浴槽水あり)



b. 受音室内マイクロホン設置状況

写真-3 固体音計測状況

ールが切れる,あるいはユニットバス自体が使用時に揺れて支障が出る等の問題が危惧される。

そこで,今回選定した防振支持方法によるユニットバス床面の沈み込み量を計測した。

沈み込み量の計測は,固体音の計測と併せて,図-4の①~⑧に示すユニットバス床面の周囲8ヶ所で,スラブからユニットバス床面下端までの距離をデジタルノギスを用いて行った。写真-4に沈み込み量の計測状況を示す。



写真-4 沈み込み量計測状況

なお,試験体①は,ユニットバスの沈み込み量ではないものと判断して測定対象から除外した。

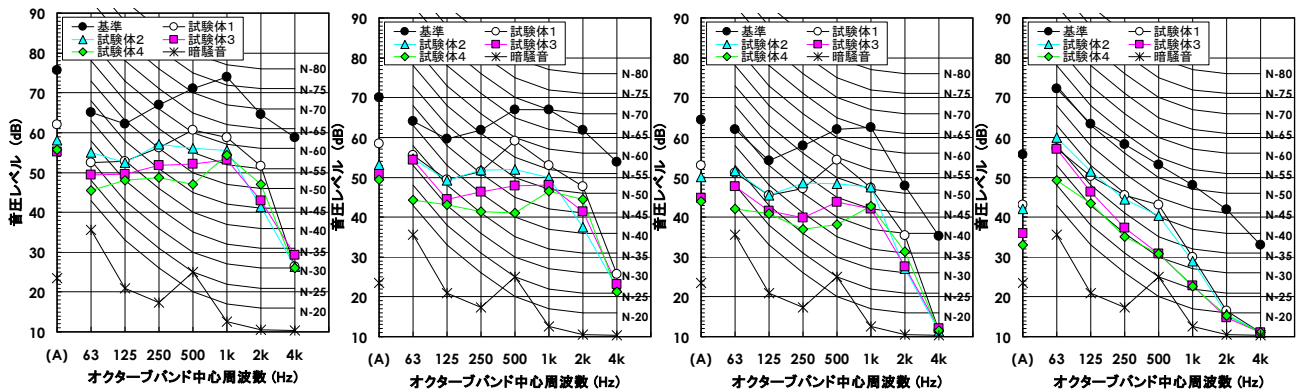
3. 実験結果

3.1 固体音

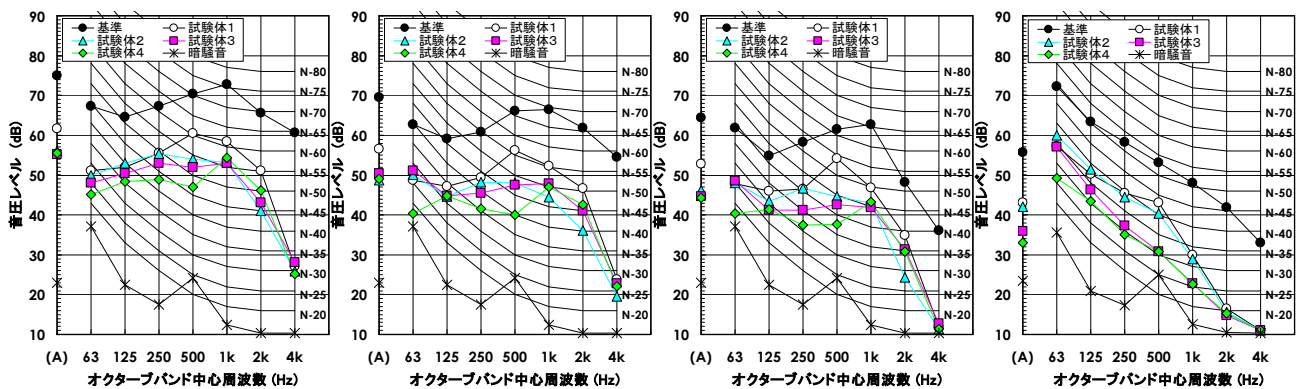
各音源によりユニットバスの床面を加振した時に受音室内で発生する固体音を測定した結果を図-6に示す。また,基準試験体の測定結果から防振支持した各試験体の測定結果を差し引いて求めた値を防振支持による固体音低減量として表-3及び図-7に示す。

受音室内の固体音は,浴槽に水を張った場合,タッピングマシンによる加振では,基準は76dB程度(N-75),試験体①は62dB程度(N-60),試験体②は58dB程度(N-60),試験体③は55dB程度(N-55),試験体④は56dB程度(N-55)となった。

シャワーヘッドによる加振では,基準は70dB程度(N-70),試験体①は59dB程度(N-60),



a. 浴槽水有り



b. 浴槽水無し

タッピングマシンによる加振

シャワーヘッドによる加振

ゴルフボールによる加振

洗面器による加振

図-6 各音源に対する受音室内固体音測定結果

試験体②は 53dB 程度(N-55), 試験体③は 51dB 程度(N-50), 試験体④は 49dB 程度(N-50), ゴルフボールによる加振では, 基準は 64dB 程度(N-65), 試験体①は 53dB 程度(N-55), 試験体②は 50dB 程度(N-50), 試験体③は 45dB 程度(N-45), 試験体④は 44dB 程度(N-45)となり, 洗面器による加振では, 基準は 56dB 程度(N-55), 試験体①は 43dB 程度(N-45), 試験体②は 42dB 程度(N-40), 試験体③は 36dB 程度(N-35), 試験体④は 33dB 程度(N-30)となった。

固体音の発生は, 加振力が大きいほど(洗面器<ゴルフボール<シャワーヘッド<タッピングマシン)大きくなる傾向がみられた。

また, 本実験では浴室からの固体音は 35dB 程度あり, 暗騒音が 30dB 以下の受音室内では十分に聞き分けられるレベルであった。

周波数特性をみると, タッピングマシン, シャワーヘッド, ゴルフボールによる加振はほぼ同様の特性を示し, 500Hz~1kHz 帯域付近の中高音域にピークが認められた。一方, 洗面器による加振は, 加振源の材質が他の加振源に比べて柔らかいことから, 63Hz 帯域にピークを有する右下がりの特性を示した。シャワーヘッドやゴルフボール落下時の音は, 「カーン」, 「コーン」といった比較的高い音が聞こえたのに対

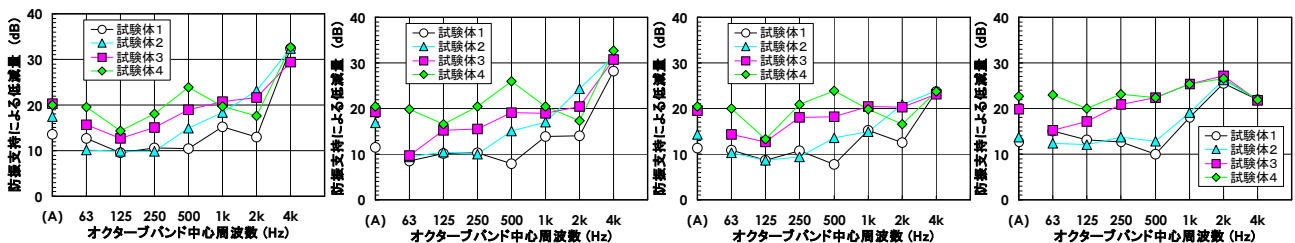
し, 洗面器落下時の音は, 「ゴン」, 「ゴロン」といった低い音で聞こえ, 聴感上でも明らかに音質が異なることが確認できた。

受音室内の固体音低減量(騒音レベル)は, 試験体①が 12dB 程度, 試験体②が 16dB 程度, 試験体③及び試験体④が 20dB 程度となり, 防振材選定時に想定した通り, ゴム硬度の小さい材料を使用した試験体ほど(試験体①>試験体②>試験体③>試験体④)低減量が大きくなる結果となった。

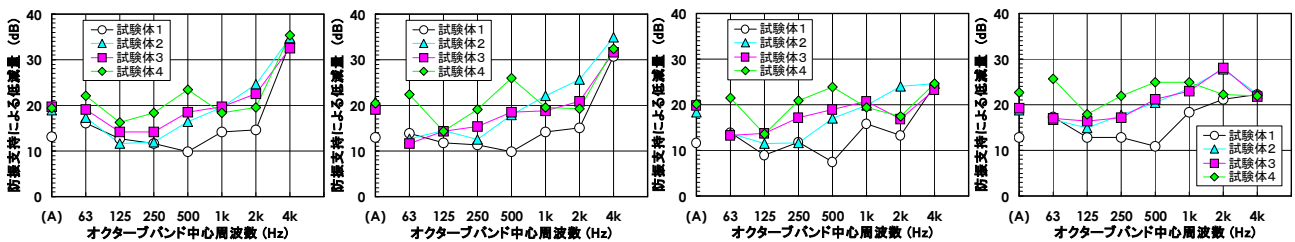
試験体③及び試験体④の固体音低減量は, 試験体①に対して 7~8dB 程度, 試験体②に対して 4~5dB 程度大きくなり, 固体音低減性能のさらなる向上を目指してゴム硬度の小さい材料を選定した効果が表れている。しかしながら, 試験体③と試験体④の固体音低減量はほぼ同等

表-3 防振支持による固体音低減量(騒音レベル)

音源	浴槽の水の有無	試験体①	試験体②	試験体③	試験体④
タッピングマシン	有り	13.6	17.5	20.4	19.9
	無し	13.2	18.9	19.7	19.4
シャワーヘッド(50cm)	有り	11.5	16.8	19.3	20.9
	無し	13.0	20.8	19.1	20.4
ゴルフボール(50cm)	有り	11.4	14.3	19.6	20.5
	無し	11.7	18.3	18.3	20.1
洗面器(50cm)	有り	12.7	13.7	19.9	21.1
	無し	12.9	18.8	18.8	22.6
各音源に対する騒音レベル低減量のエネルギー平均値	有り	12.4	15.9	19.8	20.6
	無し	12.7	19.3	19.0	20.8



a. 浴槽水有り



b. 浴槽水無し

タッピングマシンによる加振 シャワーヘッドによる加振 ゴルフボールによる加振 洗面器による加振

図-7 防振支持による固体音低減量

となり、試験体④のゴム硬度を試験体③よりも小さくした効果は認められなかった。

なお、浴槽に水を張ると系の共振周波数が低域へ移行し、防振効果が大きくなると予想されたが本試験ではそのような傾向はみられなかった。

3. 2 ユニットバスの沈み込み量

ユニットバスの沈み込み量を計測した結果を表-4に示す。なお、表には浴室メーカーなどへのヒアリング結果より、沈み込み量の許容値を2mm以下として、変形量の大きい上位3ヶ所の算術平均値を評価した結果を併せて示している。

沈み込み量は、荷重変動が大きい浴槽周りで大きくなり、試験体②、試験体③では上位3ヶ所の平均値は1.0mm以下、試験体④は2.8mmとなった。試験体④は、ゴム硬度が小さいため、固体音の低減性能は良好な結果を示したが、沈み込み量は2mmを超えたため、ユニットバスの防振材には適さない。

3. 3 総合評価

固体音の低減量と沈み込み量の計測結果を併せて評価すると、浴室の固体音対策として利用できるものは試験体①～試験体③となる。このうち、試験体①と試験体②は既に大手デベロッパーの固体音対策として定められている仕様であり、試験体③はこれらの仕様(試験体①、試験体②)に比べて高性能、かつ沈み込み量も同等程

度に抑えられる仕様であることが確認できた。しかし、コスト面では両者ほぼ同等であり経済的な優位性を得るまでには至らなかった。

なお、試験体①～試験体③は基準試験体に比べ、浴室からの固体音を10dB以上低減することを確認したが、いずれの場合も受音室内の固体音は35dBを上回っており、浴室からの固体音対策としてユニットバスを防振支持するだけでは室内騒音の低減が不十分になる恐れの高かった。

4. まとめ

大手デベロッパーが浴室からの固体音対策として定めている浴室の防振支持方法の性能を把握すること、またそれらの仕様より高性能で経済的な防振支持方法を選定することを目的にユニットバスを用いて実験を行った。

実験の結果、浴室からの固体音は、ユニットバスを防振支持することにより、防振なしの仕様に比べ10dB以上低減することが確認できた。また、大手デベロッパーが定める仕様に対し、高性能で経済的な仕様を目指して選定した試験体③は、沈み込み量は同等で、固体音低減性能は5dB程度の向上が見込める仕様であることを確認した。また、試験体④は沈み込み量が大きく、ユニットバスへの採用には適さないことが分かった。

なお、今回良好な結果が得られた試験体③の仕様は、弊社建設技術総合センター内研修施設棟のユニットバスに導入しており、耐久性等を含めた検証を継続的に実施している。

表-4 ユニットバスの沈み込み量測定結果

	試験体②	試験体③	試験体④
①	-0.3	0.1	0.3
②	0.2	0.6	1.7
③	0.6	1.1	2.6
④	0.9	1.0	3.4
⑤	0.4	0.2	2.6
⑥	0.9	0.3	1.2
⑦	0.0	0.1	-0.5
⑧	-0.2	0.4	-0.2
変形量の上位3ヶ所の平均値	0.8	0.9	2.8
評価	○	○	×