

集合住宅の排水立て管騒音に関する研究

A Study on Noise Generated from Vertical Drain Pipes in Multi-Family Dwellings

嶋田 泰 YASUSHI SHIMADA

安岡 博人 HIROHITO YASUOKA

設備部 塚本 幸助 KOUSUKE TSUKAMOTO

集合住宅における排水音の遮音対策を検討する上では、空気伝搬音と固体伝搬音の両面からの検討が必要である。今回、排水立て管の床貫通部から床スラブに伝達する振動と排水立て管自体からの放射音に着目して、これらに対して影響を及ぼすと考えられる排水立て管仕様や排水流量などの条件を変化させて実験を行った。その結果、各条件下における床振動および放射音の変化の傾向を明らかにすることができた。

キーワード：排水立て管，固体伝搬音，空気伝搬音

To investigate the noise emission of the vertical drain pipes in multi-family dwellings, an experimental study of the sound and structure vibration radiating from the pipes was executed. As a result, changes in vibration and sound levels according to different specifications, discharge rates and other factors were clarified.

Key Words : Vertical Drain Pipe, Structure Borne Sound, Air Borne Sound

1. はじめに

集合住宅では室内の静寂性に対する要求が高まってきており、外部騒音や生活音、設備音など様々な音源に対してより高い遮音性能が求められてきている。その中で、排水音のように比較的小さな音でも苦情に繋がるケースがあり、これまで以上の遮音対策を求められることが多い。

排水音にはパイプスペース壁から透過する空気伝搬音と排水立て管の床貫通部からの振動伝達による固体伝搬音が含まれ、その遮音対策に当たっては両者それぞれに対する検討が必要である。そのためには両者について集合住宅で想定される様々な条件下での発生音レベルと対策効果を把握する必要があるが、排水音に関して条件ごとに整理された測定事例は少ない。

本研究では排水音に対する遮音対策を考える上で必要な基礎データを得ることを目的とし、排水立て管の床貫通部から伝達する振動および排水立て管からの放射音に着目した実験を行ったのでその結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 実験施設の概要

実験施設としては図-1に示す9階建ての排水実験タワー

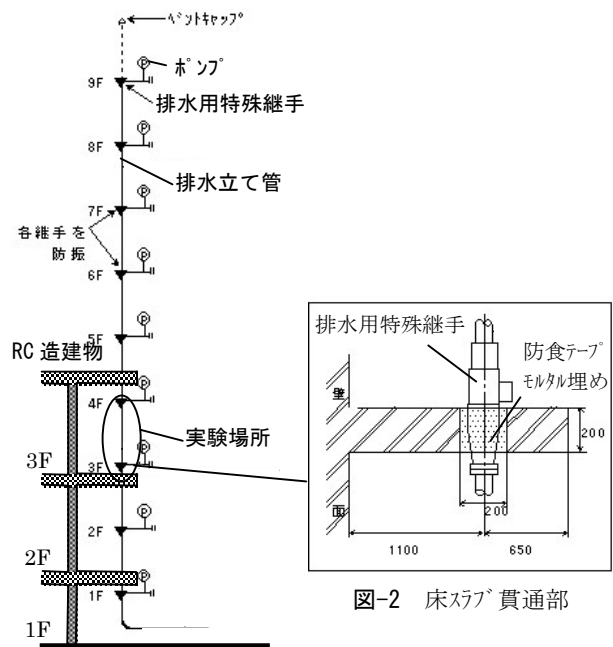


図-1 排水実験タワー

を用いた。この実験タワーはRC造3階建て建物に付随して建ち、排水立て管はこの建物の各階のバルコニー床スラブ躯体(普通コンクリート製、スラブ厚200mm)を貫通している。今回の実験は建物3F部分の床スラブおよび排水立て管を対象とした。通常の集合住宅の条件に合わせ、排水

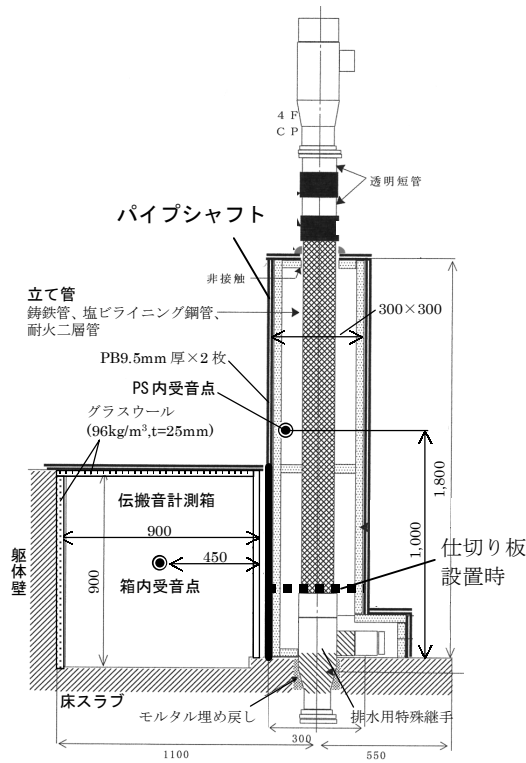


図-3 パイプシャフトおよび伝搬音計測箱

立て管には1フロアごとに排水用特殊継手(以下、継手)を設置し、対象とする3F床スラブでは図-2に示すように継手部分が貫通している。この3F床貫通部以外の排水立て管の支持部については、対象床への振動伝達の影響が出ないように防振した。また、排水立て管からの放射音に関する実験時には、集合住宅のパイプシャフト(以下、PS)まわりでの排水音を再現するため、図-3に示すようなPSを製作した。さらに、PS壁を透過する空気伝搬音と床貫通部からの固体伝搬音の両方の影響を含めた排水音の測定ができるよう、PSと躯体壁の間の空間に900mm四方の伝搬音計測箱を製作した。箱内は床面およびPS面を除く4面にグラスウール(96kg/m³, t=25mm)にて吸音処理を施した。

(2) 床貫通部からの振動伝達に関する実験方法

固体伝搬音の大きさに対して影響を及ぼすと考えられる以下の3要因に着目し、それぞれ条件を変化させた場合の床スラブの振動加速度レベル(鉛直方向)を測定した。

- ・床貫通部の埋め戻し方法
- ・排水流量
- ・床貫通部からの距離

貫通部の埋め戻し方法は、図-4に示すようにそれぞれ防振方法の異なるケースA~Fの6種類とした。貫通部の埋め戻しについては、現場での施工においては耐火上の制約も受けるが、ここでは比較のために埋め戻し無しやシール処理の仕様も含めて実験を行った。また、排水は定常流と

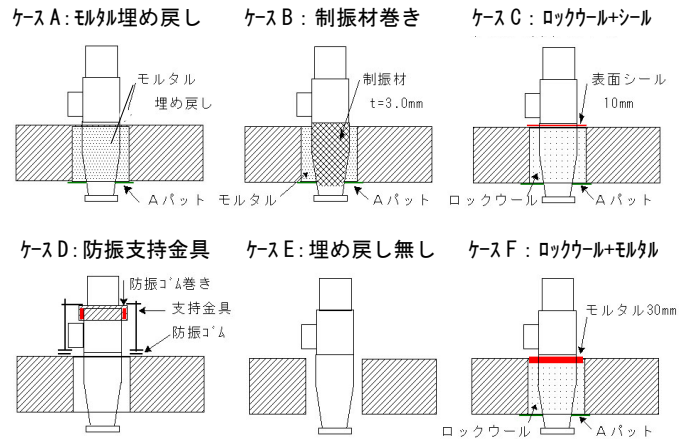


図-4 床貫通部の埋め戻し方法

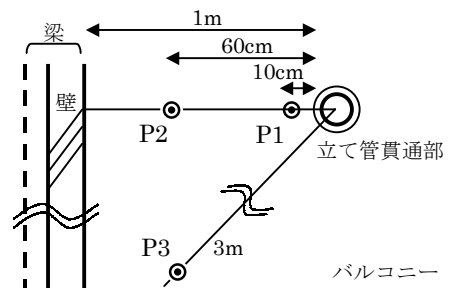


図-5 振動加速度レベル測定点

し、流量は一般の集合住宅において想定される50l/min, 100l/min, 200l/min, 400l/minの4種類とした。測定点は図-5に示すように床貫通部から10cm(P1), 60cm(P2), 3m(P3)の3点とした。それぞれの測定点において排水が定常流となった時の振動加速度レベルの4秒間のエネルギー平均値を測定した。

(3) 排水立て管からの放射音に関する実験方法

空気伝搬音の大きさに対して影響を及ぼすと考えられる以下の3要因に着目し、それぞれ条件を変化させた場合のPS内および伝搬音計測箱内における排水音の音圧レベルを測定した。

- ・排水流量
- ・立て管種類
- ・立て管の遮音処理(遮音材巻き付け)

排水流量は床スラブ振動測定と同様の条件とした。立て管の管材は鋳鉄管、塩ビライニング鋼管、耐火二層管の3種類を対象とした。また、立て管の遮音処理については、立て管と継手(床上部分)に対してグラスウールのみを巻いた場合、グラスウール+遮音シートを巻いた場合、何も巻かない場合の3条件とした。音圧レベルの測定点は図-3に示すようにPS内中央付近1点(管表面から50mm, 高さ1m)および箱内中央1点(PS壁面から450mm)とした。それぞれの測定点において排水が定常流となった時の音圧レ

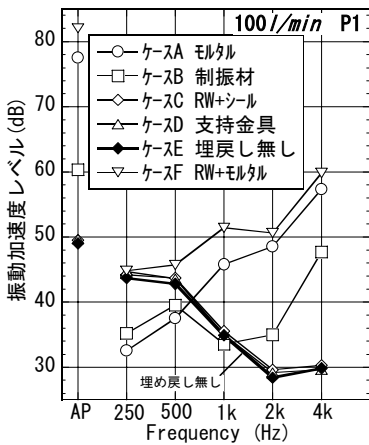


図-6 埋め戻し方法の違いによる振動加速度レベル(100l/min)

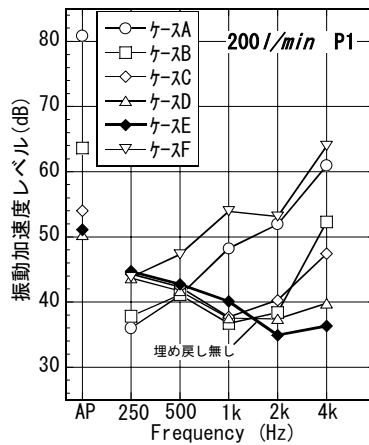


図-7 埋め戻し方法の違いによる振動加速度レベル(200l/min)

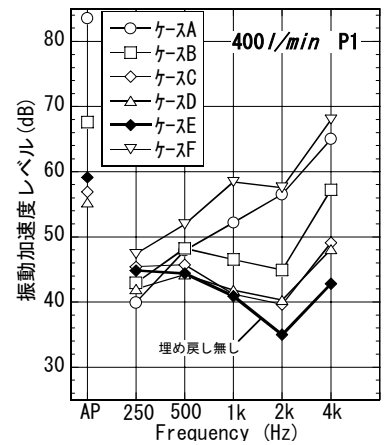


図-8 埋め戻し方法の違いによる振動加速度レベル(400l/min)

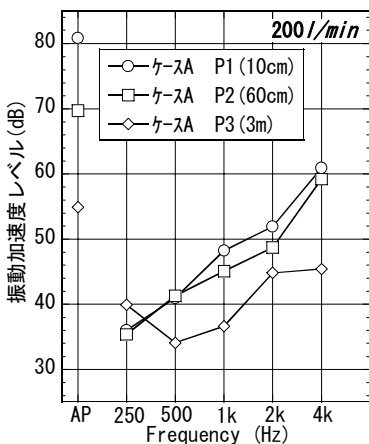


図-9 各測定点における振動加速度レベル

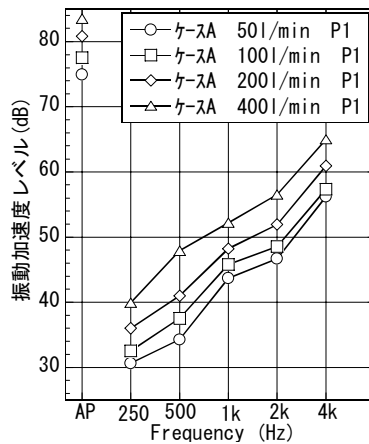


図-10 各排水流量における振動加速度レベル

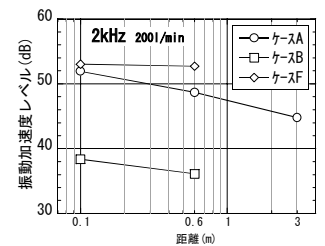


図-11 距離と振動加速度レベルの関係

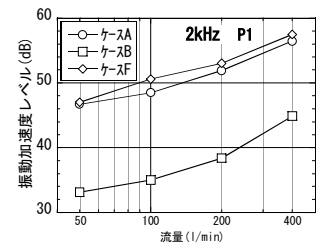


図-12 流量と振動加速度レベルの関係

レベルの4秒間のエネルギー平均値を測定した。

3. 実験結果

(1) 床貫通部からの振動伝達に関する実験結果

a) 埋め戻し方法の違いによる差

埋め戻し方法を変えた場合の測定点 P1(貫通部から10cm)における振動加速度レベルを流量毎に比較した結果を図-6, 7, 8 に示す。500Hz 以下については測定時の暗振動の影響が大きかったため各ケースの比較はできない。排水音で通常問題となる高周波数域においては、いずれの流量においてもケース A(防振なし, モルタル埋め)およびケース F(ロックウール+モルタル)が他のケースに比べ振動加速度レベルが大きくなっており、周波数が高くなるほどレベルが大きくなる傾向がみられる。これに対して、ケース B(アスファルト系制振材 $t=3\text{mm}$ 巻き)では、1kHz 以上の各周波数域においてケース A やケース F に比べ約 10dB 程度の防振効果がみられる。ケース C(ロックウール+シール)やケース D(防振支持金具)では、高周波数域での防振効果

はさらに大きくなっており、埋め戻しなし(ケース E)に近いレベルとなっている。ケース F はケース C と同様にロックウールを用いているが、部分的にモルタルが継手に接触していることで、ケース C に比べ振動加速度レベルは大幅に増加している。また、ケース F ではモルタルとの接触面積が大きいケース A と比べても若干レベルが大きくなる傾向がみられる。この原因としては、ケース F の方が継手の拘束が弱く、継手が揺れやすくなっていることが影響しているものと考えられる。

b) 距離と振動加速度レベルの関係

床貫通部からの距離が異なる各測定点 P1(10cm), P2(60cm), P3(3m)での振動加速度レベルを比較した結果を図-9 に示す(ケース A, 200l/min)。また、2kHz における距離と振動加速度レベルとの関係を図-11 に示す。2kHz での P1(10cm)と P2(60cm)の差は 1~4dB 程度、P1(10cm)と P3(3m)の差は 7dB 程度となっている。ただし、今回の実験は建物のバルコニー部で行ったもので、床スラブ面積が小さく、測定点 P2, P3 は梁に近い(梁から 40cm)という条件

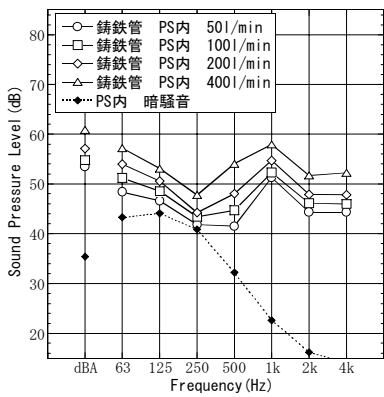


図-13 PS内音圧レベル(鑄鉄管)

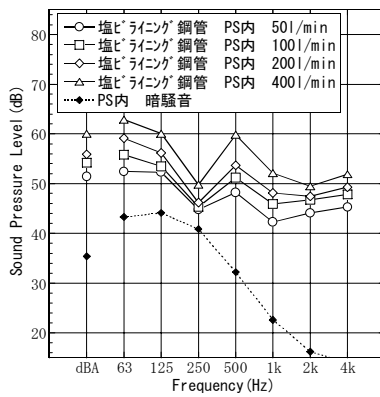


図-14 PS内音圧レベル(塩ビライニング鋼管)

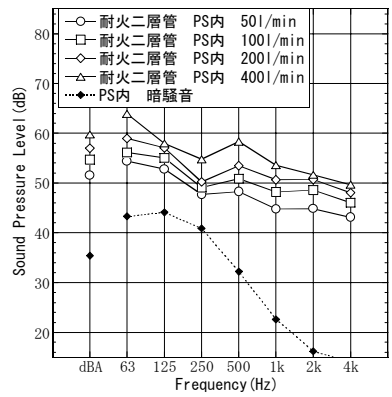


図-15 PS内音圧レベル(耐火二層管)

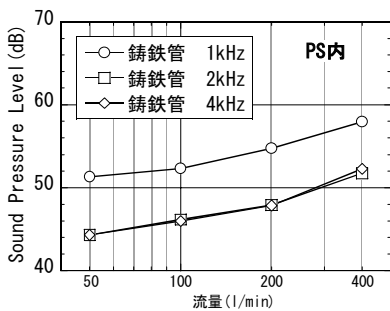


図-16 流量とPS内音圧レベルの関係

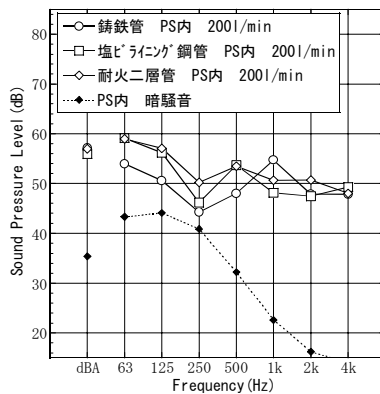


図-17 各管材のPS内音圧レベル比較

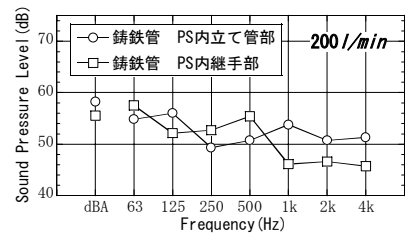


図-18 部位毎の放射音

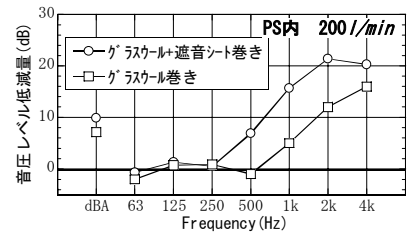


図-19 遮音材巻き付けの効果

であり、一般の床スラブ内における排水に伴う振動の距離減衰についてはさらに検討が必要である。

c) 排水流量と振動加速度レベルの関係

各流量における振動加速度レベルを比較した結果を図-10に示す(ケースA, P1)。また、2kHzにおける流量と振動加速度レベルとの関係を図-12に示す。いずれの周波数帯域においても排水流量が多くなるにつれ、振動加速度レベルが大きくなる傾向がみられ、流量が2倍になると2~3dB増加する傾向がみられる。ただし、400 l/minでは、音圧レベルの増加量が200 l/minまでに比べ若干大きくなる傾向がみられる。これは、200 l/minでは継手の旋回ガイド機構により排水は管内を旋回して流れるが、400 l/minは今回用いた継手の許容流量に近いので、多少流れに乱れが生じた影響と考えられる。

(2) 排水立て管からの放射音に関する実験結果

a) 排水流量とPS内音圧レベルの関係

各管材における排水流量ごとのPS内音圧レベル測定結果を図-13, 14, 15に示す。また、鑄鉄管の1~4kHzにおける流量とPS内音圧レベルの関係を図-16に示す。どの管材も流量50~200 l/minでは各周波数とも流量が2倍になると音圧レベルが2~3dB程度増加する傾向がみられる。ま

た、400 l/minでは、200 l/minまでに比べ増加量が若干大きくなり、振動加速度レベルの場合と同様の傾向がみられる。

b) 立て管種類とPS内音圧レベルの関係

3種類の管材の流量200 l/minにおけるPS内音圧レベルを比較した結果を図-17に示す。管材の共振によるものと思われる音圧レベルのピークが鑄鉄管では1kHz、塩ビライニング鋼管、耐火二層管では500Hzにみられる。低音域においては鑄鉄管が他の2管に比べ音圧レベルが若干小さい傾向がみられるが、騒音レベルは3種類とも56~57 dBAであり、ほぼ同レベルとなっている。他の流量においても同様の傾向となっている。

c) 各部位(立て管部、継手部)からの放射音

立て管部からの放射音と継手部からの放射音を別々に測定するために、図-3に示すように継手の上部でPS内部を仕切り板により分割した。立て管部と継手部の測定結果を図-18に示す。1kHz~4kHzの高音域では立て管部からの放射音の影響が大きく、250Hz~500Hzの中音域では逆に継手部の影響が大きい傾向がみられる。

d) 立て管の遮音処理の違いによる差

立て管および継手(床上部分)にグラスウール(24kg/m³, t=25mm)のみを巻いた場合とグラスウール+遮音

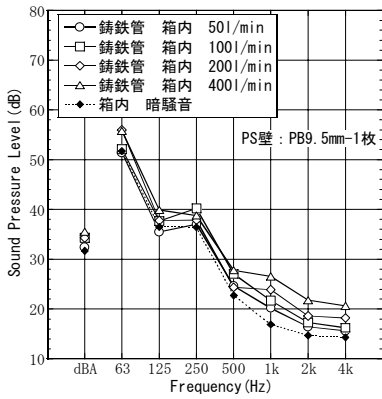


図-20 PS からの伝搬音(鑄鉄管)

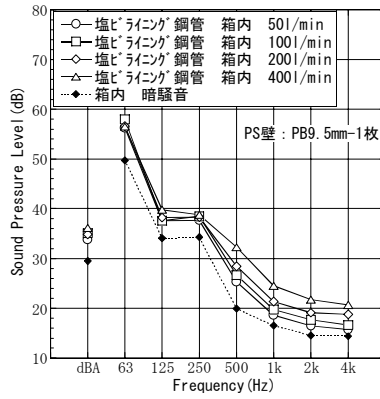


図-21 PS からの伝搬音
(塩ビライニング鋼管)

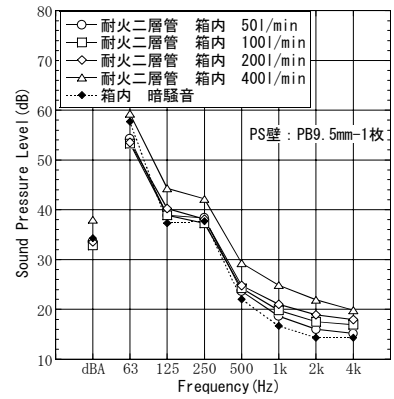


図-22 PS からの伝搬音(耐火二層管)

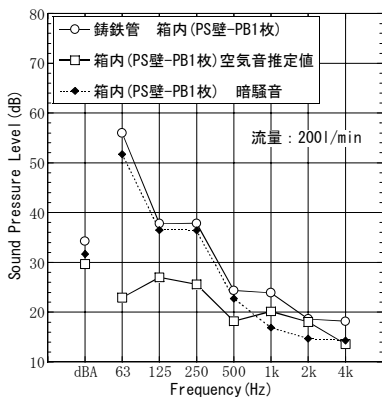


図-23 空気伝搬音推定値(鑄鉄管)

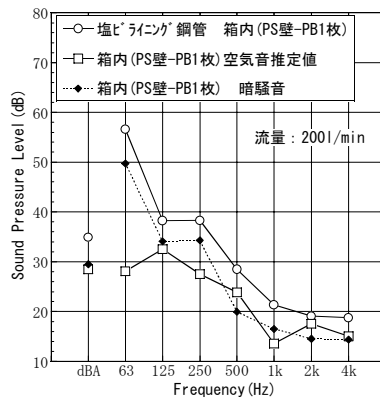


図-24 空気伝搬音推定値
(塩ビライニング鋼管)

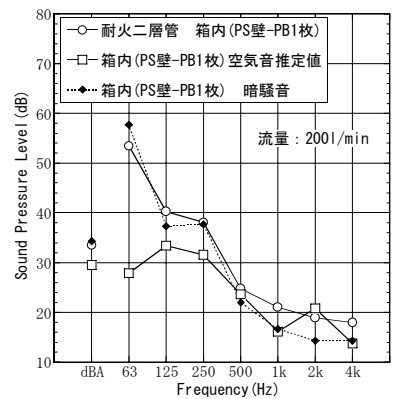


図-25 空気伝搬音推定値(耐火二層管)

シート(塩ビ基材, 鉄粉入り $2.4\text{kg}/\text{m}^2$, $t=0.8\text{mm}$)を巻いた場合の PS 内音圧レベルを測定した。それぞれの音圧レベルを, 何も巻かない場合の音圧レベルから引くことにより低減量を求めた結果を図-19 に示す。グラスウールのみを巻いた場合は 1kHz 以上で低減効果がみられ, 1kHz で 5dB 程度, 2kHz で 10dB 程度の低減効果となっている。一方, グラスウール+遮音シート巻きの場合には 500Hz 以上で低減効果がみられ, 1kHz で 15dB 程度, 2kHz で 20dB 程度の低減効果となっている。

e) PS からの伝搬音

各管材における排水流量毎の伝搬音測定箱内の音圧レベルを図-20, 21, 22 に示す。伝搬音測定箱に面する PS 壁は石膏ボード 9.5mm 厚 1 枚張りとし, 排水立て管には遮音材巻き付け等の遮音処理はしていない。また, 排水立て管の床貫通部は防振せずにモルタルで埋め戻した。流量を $50\sim 400\text{l}/\text{min}$ の範囲で変化させた場合, 250Hz 以下の音圧レベルはほぼ暗騒音で決まっているため, はっきりした変化はみられないが, 主に 1kHz 以上において流量の増加とともに音圧レベルが $1\sim 2\text{dB}$ 程度ずつ大きくなる傾向がみられる。騒音レベルでは暗騒音が $30\sim 34\text{dBA}$ に対して排水音は概ね 35dBA 程度となっている。箱内の伝搬音測定値には PS 壁から透過する空気伝搬音と床貫通部からの振動伝達

による固体伝搬音の両方が含まれているが, PS 壁からの空気伝搬音の影響を調べるために空気伝搬音推定値を求めた。空気伝搬音の推定値は PS 内に設置した小型スピーカーにより PS 内と箱内の音圧レベル差を測定し, PS 内の排水音の音圧レベルからこの音圧レベル差を引くことにより求めた。結果を箱内の伝搬音測定値と合わせて図-23, 24, 25 に示す。箱内測定値は空気伝搬音, 固体伝搬音, 暗騒音の 3 者のレベルの合成値となるが, 500Hz 以下では箱内の測定値はほとんど暗騒音で決まっている。空気伝搬音推定値は, 500Hz 以下では箱内測定値よりも $5\sim 30\text{dB}$ 程度レベルが小さくなっており, 空気伝搬音の影響はほとんどみられない。 1kHz および 4kHz では空気伝搬音推定値が箱内測定値よりも数 dB 低くなる傾向がみられることから, 空気伝搬音の影響と固体伝搬音の影響がほぼ程度となっていると考えられる。ただし, 2kHz では空気伝搬音推定値と箱内測定値はほぼ一致しており, 固体伝搬音に比べ空気伝搬音の影響が大きくなっていると考えられる。

4. 集合住宅現場における実験

(1) 実験条件

実際の集合住宅における排水音を把握するために竣工

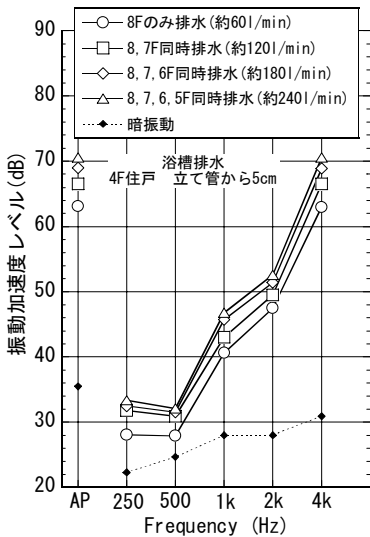


図-27 床スラブの振動加速度レベル

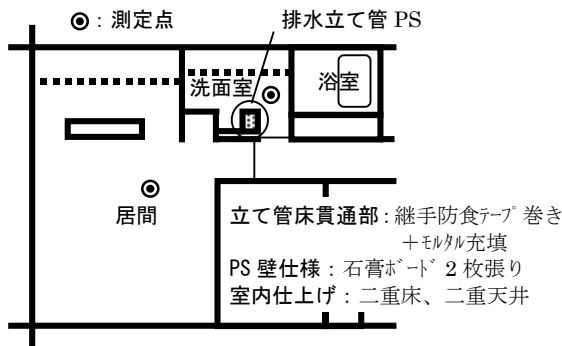


図-26 測定住戸平面図

時の現場において浴槽排水時の床スラブ振動および室内での排水音の測定を行った。実験を行った住戸の平面図および主な仕様を図-26 に示す。床スラブの振動加速度レベルの測定点は排水立て管床貫通部近傍 5cm とした。また、排水音の測定点は洗面室 (PS から約 50cm) および居間 (PS から約 1.5m) とした。立て管の管材は鋳鉄管であり、遮音材等は巻いていない。排水立て管の床貫通部の埋め戻しは、継手に防食テープ (t=0.4mm) を巻きモルタルで埋め戻している。PS 壁は 4 面とも石膏ボード 9.5mm 厚 2 枚張りであるが、居間側には PS 壁のすぐ外側に引き戸の戸袋 (石膏ボード 9.5mm 厚 2 枚) を介している。排水条件としては上階 1 住戸のみの排水から、上階 4 住戸同時排水までの 4 段階とし、流量は 1 住戸当たりの排水流量を約 60 l/min に調整した。

(2) 実験結果

床スラブの振動加速度レベルについては図-27 に示すように周波数が高くなるほど大きくなる。また、流量が 2 倍で 2~3dB 程度レベルが増加しており、前述の実験タワーでの実験結果と同様の傾向がみられる。

排水音については図-28, 29 に示すように、500Hz 以下の

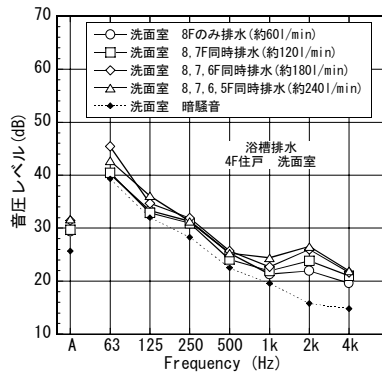


図-28 居室における排水音(洗面室)

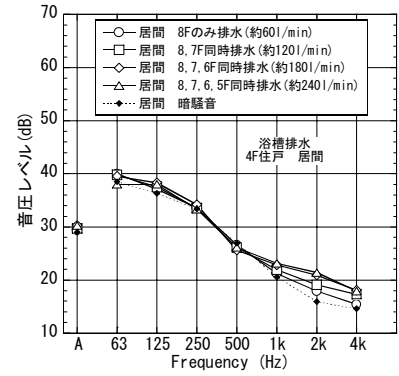


図-29 居室における排水音(居間)

周波数では暗騒音と区別できないが、1~4kHz の高音域では排水流量が 2 倍になる毎に 1~2dB 程度レベルが増加しており、前述の実験タワーでの実験結果と同様の傾向がみられる。騒音レベルは暗騒音レベルが 26~29dBa に対して排水音はおおむね 30dBa 程度となっている。PS に直接面した洗面室に比べ居間では高音域の排水音のレベルが 5dB 程度小さくなっている。この差については壁仕様の違いと PS からの距離の違いが影響していると考えられるが、それぞれの影響についてはさらに検討が必要である。

5. まとめ

排水立て管の床貫通部からの振動伝達および排水立て管からの放射音について、排水立て管の仕様や排水量の変化による実験データを得ることができた。今後、これらの実験データを基に、集合住宅における排水音の低減対策について、固体伝搬音および空気伝搬音の両面から設計・施工条件を考慮した適正な対策方法を検討していきたい。

謝辞：実験に用いた排水実験タワーは株式会社小島製作所所有のものであり、同社には共同研究者として実験に際して多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 嶋田ほか:「集合住宅における排水立て管からの伝搬音に関する研究-床スラブ貫通部からの振動伝達に関する実験」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2003 年 9 月, p251
- 2) 嶋田ほか:「集合住宅における排水立て管からの伝搬音に関する研究-空気伝搬音に関する実験」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004 年 9 月, p155
- 3) 嶋田ほか:「集合住宅の排水立て管床貫通部からの振動伝達に関する研究」, 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集, 2003 年 9 月, p125
- 4) 嶋田ほか:「集合住宅の排水立て管からの放射音に関する研究」, 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集, 2004 年 9 月, p177