

# 排水立て管および横主管から発生する騒音の特性

## Characteristics of Radiated Noise from Drainage Stacks and Horizontal Main Pipes

R&Dセンター 市川 友己 TOMOKI ICHIKAWA  
 R&Dセンター 小林 秀彰 HIDEAKI KOBAYASHI  
 設備部 中藤 達彦 TATSUHIKO NAKATO  
 設備設計部 藤田 裕樹 HIROKI FUJITA

集合住宅の居住空間における静ひつ性への要求は高まっており、排水騒音など比較的小さい音に対しても適切な対策が求められている。今回、樹脂製の排水用特殊継手を用いた排水立て管、および一般的にその最下階に設けられる排水横主管から発生する騒音の特性を把握することを目的に実験を行った。その結果、排水立て管から発生する騒音のA特性音圧レベルは継手の形状によらず同程度であること、排水横主管から発生する騒音の対策にはグラスウールなどによる被覆が主要な周波数帯域で効果があることなどがわかった。

キーワード：集合住宅、排水立て管、横主管、樹脂製管、騒音低減対策

Due to the increasement of demand for quietness in residential buildings, appropriate countermeasures against drainage noise are required, even for the sound pressure levels are not so high. In this study, some experiments were conducted for the purpose of clarifying the characteristics of radiated noise from drainage stacks and horizontal main pipes. As a result, some findings were obtained such as that the A-weighted sound pressure levels for stacks were similar regardless of the joint form, and that covering pipes with glass-wool and more is effective to noise reduction around main frequency bands from horizontal pipes.

**Key Words:** Residential building, Drainage stack, Horizontal main pipe, Resin pipe, Noise Reduction

### 1. はじめに

集合住宅の音環境に対する居住者からの要求が高まっており、住戸以外の共用部などを含めた建物の各所で静ひつ性がさらに求められている。そのため、高い遮音性を有する住宅が増え、室内の暗騒音が小さくなることで、比較的小さな音の発生源に対しても適切な対応が必要になっている。排水騒音もその例外ではなく、主に住戸内に設けられる排水立て管から発生する騒音の低減対策は多く検討されている。一方、脚部継手を対象とした検討は稀にされているものの、エントランスなど共用部に設けられることの多い排水横主管を対象とした事例は見受けられない<sup>1)~5)</sup>。

また、建物に採用される排水管の仕様は変化しつつある。例えば防火区画処理方法の多様化により、これまで採用できなかった樹脂製の排水継手が新たに製品化されている。したがって、排水騒音の対策は、排水管の仕様の変化を踏まえて今後も検討していく必要がある。

筆者らは、集合住宅の単管式排水システムを模擬し

た実験施設において、排水用特殊継手を用いた排水立て管から発生する騒音の測定を継続して行っている<sup>5)</sup>。本報でも同様に、樹脂製の継手を用いた排水立て管から発生する騒音、その最下階に設けられた脚部継手を含む排水横主管から発生する騒音の測定をそれぞれ行った。それら発生騒音の周波数特性や排水負荷流量との関係などの基礎的な特性、および遮音対策による騒音の低減効果について実験で得られた結果を基に検討した。

### 2. 排水立て管から発生する騒音

本章では、集合住宅の単管式排水システムを模擬した実験タワーにおいて、排水立て管から発生する騒音を測定した結果について述べる。

#### (1) 実験方法

##### a) 実験施設の概要

排水騒音の測定を実施した実験タワーと測定室の概要を図-1、測定室の詳細を図-2に示す。タワーは9階建

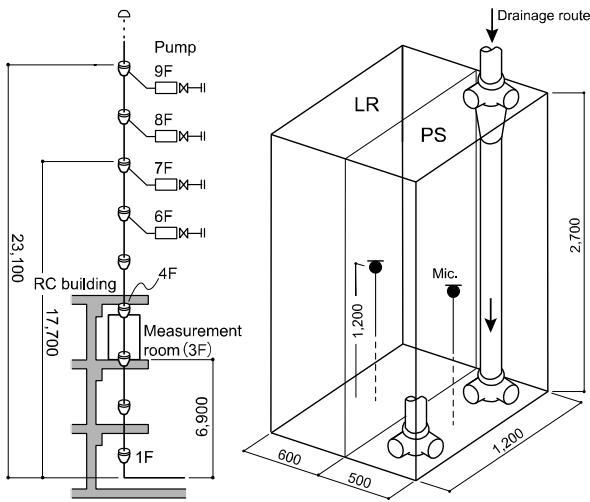


図-1 排水騒音の実験タワーと測定室

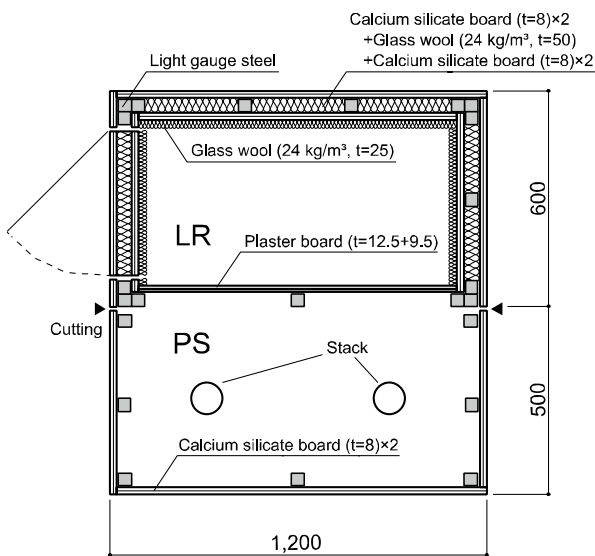


図-2 測定室の仕様

て(高さ23.1m)で、立て管は各階にて排水用特殊継手(以下、継手と呼ぶ)で連結された構造となっている。タワー4階から下部は、RC造建物の床スラブ(厚さ200mm)を貫通している。騒音の測定は、タワー3階(高さ6.9m)のRC床スラブ上に設置された測定室にて行った。測定室は、排水立て管が通るパイプシャフトを模倣した空間(PS)、それに界壁を隔てて隣接する空間(LR)を設けた構造となっている。PSとLRとの界壁は、厚さ12.5+9.5mmの石膏ボードを2枚張りとした。LRの周壁は、界壁面を除く室内側の5面をグラスウール貼りとし、吸音処理を施している。

**b) 継手および立て管の仕様**

表-1は、測定対象とした継手と立て管の組合せである。継手の仕様は樹脂製のType A(中高層用)とType B(超高層用)、および鉄製のType C(中高層用)の3

表-1 測定対象の継手と立て管の組合せ

Type	A	B	C
継手 (対象建物)	樹脂 (中高層)	樹脂 (超高層)	鉄 (中高層)
立て管	樹脂		
被覆材*	UF + SI	UF + SI	GW

GW: グラスウール, UF: ウレタンフォーム

SI: ブチルゴム製遮音シート

\* 被覆材: 継手と立て管は同じ仕様

表-2 測定に用いた継手の仕様

Type	A	B	C
基材	樹脂	樹脂	鉄
対象建物	中高層	超高層	中高層
許容流量	6.5 L/s	10.0 L/s	6.5 L/s
ガイド*	2枚	3枚	2枚
床上高さ**	205 mm	360 mm	226 mm
質量	4.9 kg	6.6 kg	14.0 kg

\* 流速を減速させて管壁を沿った旋回流とする構造

\*\* 継手が床スラブ上面から出ている一般的な高さ

表-3 各階からの排水負荷流量

Q [L/s]	1.5	3.0	6.5	8.0	10.0
9F*	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5
8F*		0.5	2.5	2.5	2.5
7F*			1.5	2.5	2.5
6F*				0.5	2.5

\* 1階あたりの排水可能量: 2.5 L/s

種類とした。立て管はすべてのTypeで樹脂製を基材とし、被覆材は一般的な遮音対策の仕様を参考として、樹脂製継手を用いたType A, Bはウレタンフォーム(UF)の上にブチルゴム製遮音シート(SI)を巻いたもの、鉄製継手のType Cはグラスウール(GW)を巻く仕様とした。なお、全Typeとも継手の床スラブ貫通部はモルタルを充填して埋め戻した。

継手の詳細仕様を表-2に示す。中高層用(Type A)と超高層用(Type B)とでは継手の形状が異なり、超高層用はより大きな排水負荷流量に対応するため、羽根形状のガイドが1枚多く、中高層用よりも床上高さが155mm長い形状となっている。また、樹脂製(Type A)は、鉄製(Type C)と形状はほぼ同じであるが、質量が鉄製よりも9kg程度(約1/3倍)軽い。

**c) 排水負荷流量の条件**

各Typeで測定する排水負荷流量Q(以下、流量と呼ぶ)の条件は、継手の許容流量(表-2)を考慮し、中

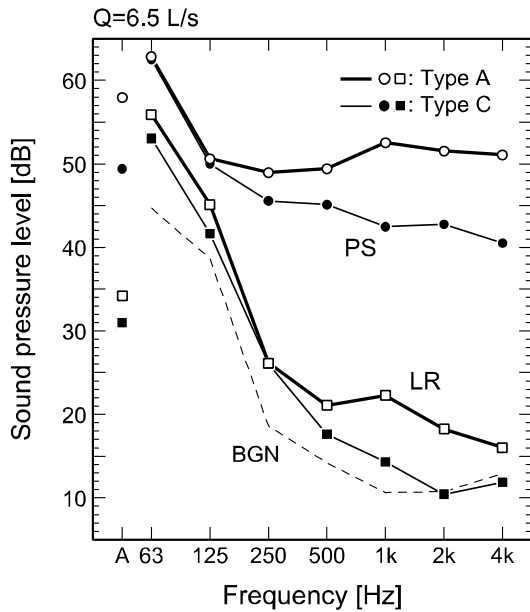


図-3 樹脂製および鋳鉄製継手による周波数特性

高層用の Type A, C は 1.5, 3.0, 6.5 L/s, 超高層用の Type B は 6.5, 8.0, 10.0 L/s の各 3 パターンとした。表-3 は、各階からの流量で、汲み上げ式ポンプ (図-1 中の Pump) を用い、9~6 階から振り分けて排水した。

#### d) 測定点および分析方法

騒音の測定点は、PS と LR 内それぞれの中央付近の高さ 1.2 m の 2 点 (図-1 中の●) とした。分析方法は、ポンプ稼働時の発生音の影響を除くため、指定の流量に到達した後にポンプを停止させ、その直後の 4 秒間における 1 オクターブバンドの時間平均音圧レベル  $L_{peq,4s}$  を算出した。測定は各パターンで 3 回ずつ実施することとし、以降の検討ではその算術平均値を用いて示す。

## (2) 基礎的な特性

### a) 継手の基材による周波数特性の違い

図-3 は、樹脂製の中高層用継手を用いた Type A (図中の○, □) の PS と LR 内における  $L_{peq,4s}$  と A 特性音圧レベル  $L_{Aeq,4s}$  の測定結果 ( $Q = 6.5$  L/s) である。PS 内の音圧レベルは、被覆 (UF + SI) を施したとしても周波数 1 kHz 以上の主要な帯域が 50 dB 以上であった。LR 内でもそれら帯域の  $L_{Aeq,4s}$  が暗騒音 (図中の破線) に対して大きくなる傾向がみられた。

さらに、樹脂製と鋳鉄製継手の場合を比較するため、Type C (図中の●, ■) の結果を併せて示す。Type C (GW) は Type A (UF + SI) と比べ、PS 内で 125 Hz 以下、LR 内では 250 Hz 以下の帯域でほぼ同じレベルであるが、それ以上の帯域では 5~10 dB 程度小さい結果であった。LR 内における  $L_{Aeq,4s}$  では Type A が約 34 dB, Type C が約 31 dB で、両者の差は 3 dB 程度であった。

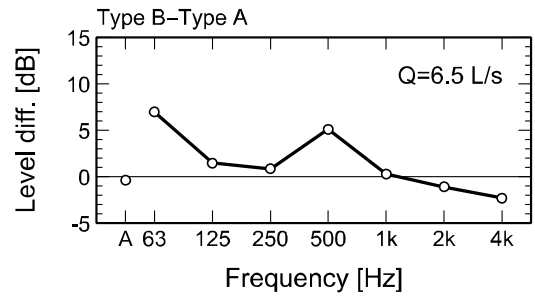


図-4 継手の形状による PS 内での音圧レベル差

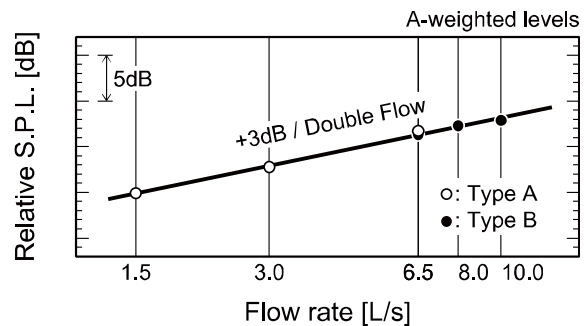


図-5 排水負荷流量と A 特性音圧レベルとの関係

一般的に遮音シート (SI) を巻きを施すことで遮音性が大きくなるとされるものの<sup>5)</sup>、本実験では Type A が Type C よりも大きい結果であった。これより、継手の基材によって発生音の特性が異なる様子が伺える。

### b) 継手の形状による発生騒音の違い

図-4 は、中高層用 (Type A) と超高層用 (Type B) における PS 内での  $L_{peq,4s}$  の差 (Type B - Type A) を求めた結果 ( $Q = 6.5$  L/s) である。排水騒音の主要な帯域である 1 kHz 以上の音圧レベルおよび  $L_{Aeq,4s}$  は、中高層用の Type A と超高層用の Type B とで差はほぼみられなかった。一方、63 Hz や 500 Hz の帯域では超高層用が 5 dB 程度大きい結果であった。

### c) 排水負荷流量による発生騒音の変化

流量による音圧レベルの変化の様子を確認するために、樹脂製の継手を用いた Type A (中高層用) と Type B (超高層用) について、排水負荷流量と PS 内における A 特性音圧レベル  $L_{Aeq,4s}$  との関係性を求めた。図-5 はその結果で、図の横軸 (流量) は対数で表しており、図中の太線は 2 倍の流量で 3 dB 増加する傾きを示している。これより、両 Type とも流量 1.5~10.0 L/s の範囲で、音圧レベルは流量の対数に比例して増加し、流量が 2 倍になると 3 dB 程度増加する結果であった。これは、既往の研究とも合致する傾向であった<sup>3-5)</sup>。

## (3) 遮音対策による騒音低減効果

### a) 被覆材を追加する対策

被覆材を追加することによる騒音低減効果を確認す

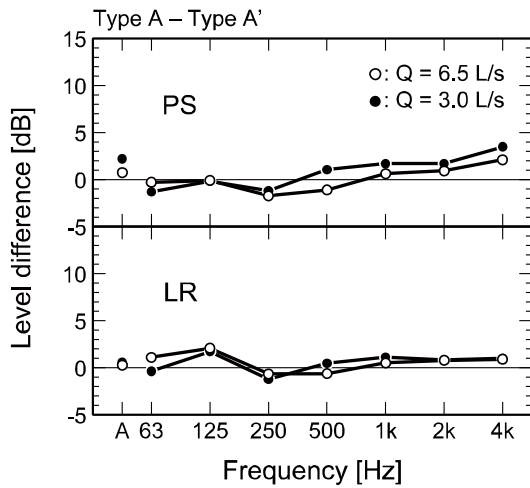


図-6 被覆材の追加による音圧レベルの低減量

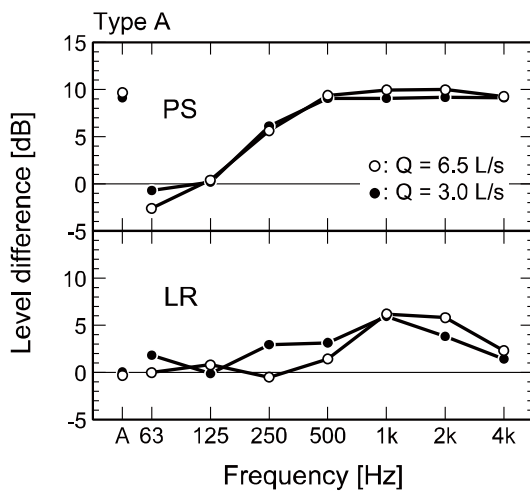


図-7 PS 内壁面の吸音処理による音圧レベルの低減量

るため、継手と立て管へ UF + SI の被覆を施した Type A の外側に GW の被覆を追加して施した仕様の Type A' (UF + SI + GW) を追加して測定した。図-6 は、PS および LR 内における  $L_{peq,4s}$  の低減量 (追加無 - 追加有) である。被覆材を追加することによる低減量は、PS 内での 1~4 kHz の帯域で 1~3 dB、LR 内では 1 dB 程度とほぼ効果はみられなかった。今回の結果から、被覆材の組合せや巻き方など本実験の条件以外にも様々な要因が影響していると考えられるが、元々被覆処理された継手や立て管へさらに被覆材を追加したとしても、その効果は少ないことが示唆される。

**b) PS 内壁面の吸音処理による対策**

排水騒音の対策は、継手や立て管を被覆する以外にも、PS 内壁面に GW 貼りを施して吸音処理する建築的な方法も考えられる。そこで、PS 内壁面 (界壁面を除く 3 面) に GW 貼りを施した場合の Type A における排水騒音の測定を追加して行い、吸音処理による低減効果を確認した。図-7 は、PS および LR 内における  $L_{peq,4s}$

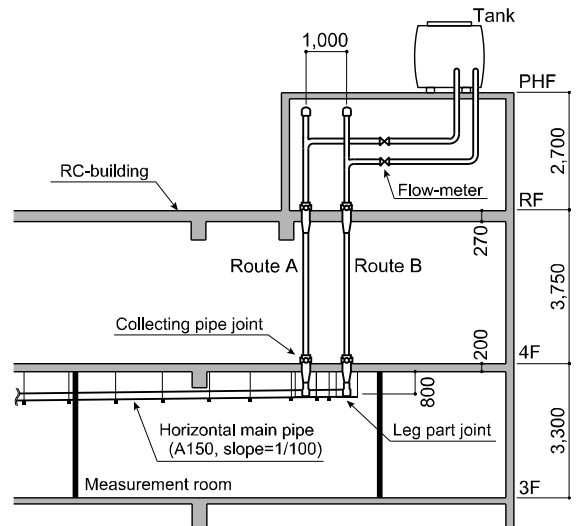


図-8 実験施設の排水系統

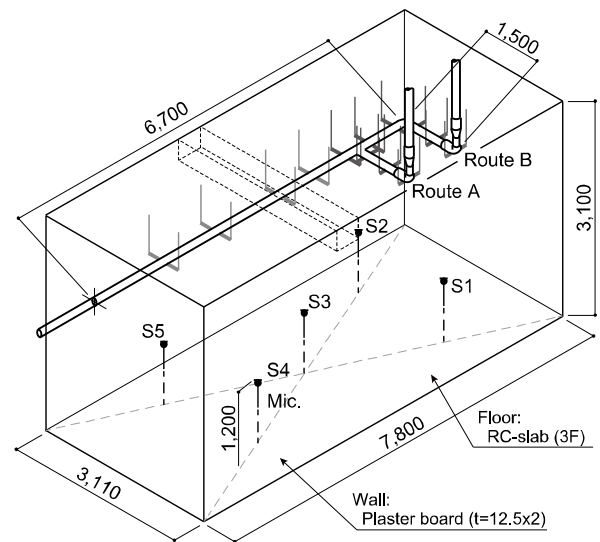


図-9 排水騒音の測定室と測定位置

の低減量 (吸音無 - 吸音有) である。PS 内における  $L_{peq,4s}$  の低減量は 250 Hz 以上の帯域で 5~10 dB 程度、LR 内では暗騒音の影響もあると考えられるが 1 kHz を中心とした帯域で 3~5 dB 程度の効果であった。

**3. 排水横主管から発生する騒音**

本章では、前章とは別系統の単管式排水システムにおいて、その最下階に設けられた脚部継手を含む排水横主管 (以下、横主管と称す) から発生する騒音の測定結果について述べる。

**(1) 実験方法**

**a) 実験施設の概要**

排水騒音の測定を実施した実験施設の概要を図-8に

表-4 測定対象の横主管と継手の組合せ

Type	D	E	F
横主管	PVC	PVC + GW	PVC + GW + SI
脚部継手	PVC + UF + SI		
集合管継手	PVC + UF + SI		

PVC：硬質ポリ塩化ビニル

GW：グラスウール、UF：ウレタンフォーム

SI：ブチルゴム製遮音シート

表-5 測定対象とした排水負荷流量

Q [L/s]	2	4	4 (2+2)	8 (4+4)
Route A*			2	4
Route B*	2	4	2	4

\* 最大許容流量：5 L/s

示す。本施設は RC 造の建物である。排水系統はペントハウス上に設けた貯水槽から排水し、集合管継手で連結された立て管（呼び径：100）を通り、4階の RC スラブに金具で吊られた横主管（呼び径：150、勾配：1/100）へ自由落下しながら流れる構造とした。なお、立て管から横主管へ移行する部分は最下階用の脚部継手（呼び径 100 を 150 へ切替）を設けている。

騒音の測定は、3階の RC スラブ上に設けた測定室にて行った。図-9 は測定室の概要で、床と天井は RC スラブ素面、周壁は石膏ボードとした。

#### b) 横主管および継手の仕様

表-4 は、測定対象とした横主管と脚部継手の仕様で、集合管継手の仕様も示す。横主管の仕様は樹脂製（PVC）で、裸管の Type D、被覆材としてグラスウール（GW）を巻いた Type E、さらに遮音シート（SI）を巻いた Type F の 3 種類とした。脚部継手と集合管継手も同様に樹脂製で、被覆材としてウレタンフォーム（UF）と遮音シートを巻く仕様で全 Type と同じである。

横主管の支持は 4階の RC スラブから金具で吊った構造である。防振の仕様は脚部継手から半径 2 m の範囲は横主管と吊り金具との間に表面が凹凸状のゴム板（厚さ 10 mm）を挟むこととした。

#### c) 排水負荷流量の条件

本施設の排水系統は、Route A, B の 2 系統が設けられ、脚部継手を流れた後に合流する（図-8, 図-9）。表-5 は測定対象の流量  $Q$  で、Route B のみから 2, 4 L/s を排水した 2 パターン、Route A, B からそれぞれ 2, 4 L/s を同時に排水した合計 4, 8 L/s（以下、2+2, 4+4 L/s と記す）の 2 パターンの計 4 パターンとした。なお、排水系統

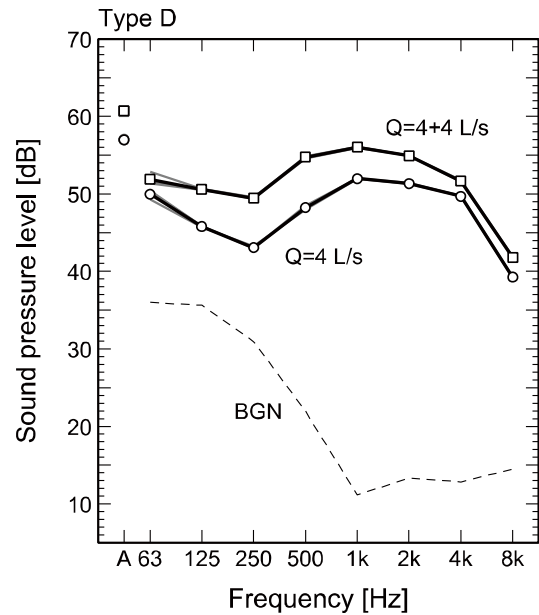


図-10 横主管から発生する騒音の周波数特性

Route A, B の最大許容流量はそれぞれで 5 L/s である。

#### d) 測定点および分析方法

騒音の測定は、測定室内の中央および対角線の四分位点の計 5 点（S1～S5、図-9 中の●）とし、高さ 1.2 m の位置にマイクロホンを設置した。分析の対象時間は、音圧レベルの時間変動を確認したうえで、流量が安定していると考えられる 20 秒間とし、各点 S1～S5 における 1 オクターブバンドの時間平均音圧レベル  $L_{peq,20s}$  を算出した。測定回数は各パターンで 3 回ずつ行い、測定点 S1～S5 の  $L_{peq,20s}$  をエネルギー平均し、測定回数で算術平均した。以降の検討では、算術平均した結果を用いて示す。

### (2) 基礎的な特性

#### a) 排水騒音の周波数特性

図-10 は、横主管を裸管とした Type D における 1 オクターブバンド音圧レベル  $L_{peq,20s}$  と A 特性音圧レベルの測定例で、流量  $Q = 4, 4+4$  L/s の結果である。なお、図中に測定した 3 回の結果も灰色で重ね書きしている。横主管から発生する排水騒音は、周波数 500～4 kHz の帯域で卓越する様子が両流量とも確認できた。排水立て管からの騒音は 1 kHz 以上が主要な帯域であるとされている事例が多いが<sup>3-5)</sup>、横主管から発生する騒音は、それと比べて管内を流れる水の様相が異なることから、卓越する周波数帯域が低い結果であった。

#### b) 排水負荷流量による騒音の変化

流量による音圧レベルの変化を Type E（GW 被覆）の結果を例に確認した。図-11 は、Type E における A 特性音圧レベル  $L_{Aeq,20s}$  と流量  $Q$  との対応を確認した結果である。図の横軸（流量）は対数で表しており、図中の太

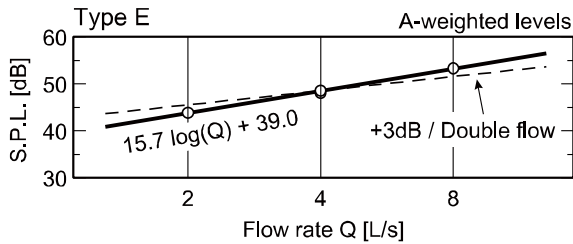


図-11 排水負荷流量と音圧レベルとの関係

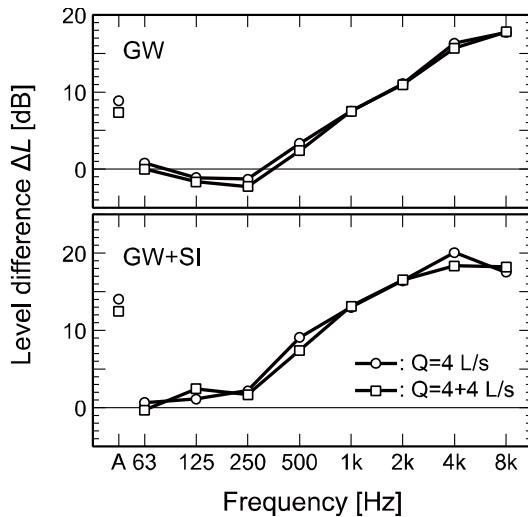


図-12 被覆材による音圧レベルの低減量

線は流量と音圧レベルとの関係を対数回帰した結果である。L<sub>Aeq,20s</sub>は流量の対数に比例して増加し、その程度は流量が2倍になると約5 dB増加する傾向であった。前述した立て管の場合と比較すると、流量に対するL<sub>Aeq,20s</sub>の変化の程度が大きい結果であった。

### (3) 横主管への被覆材による騒音低減効果

本実験で対象とした横主管の仕様は、裸管の Type D、GWの被覆の Type E、GW + SIの Type Fの3種類である。図-12は、それら被覆材による音圧レベルの低減量ΔLを求めた結果（GW: Type D - Type E、GW + SI: Type D - Type F）である。1オクターブバンドによるΔLは流量によらずほぼ同じであることがわかった。両被覆による対策は500 Hz以上の主要な帯域で低減効果があり、GWの被覆によるΔLは2 kHz以上の帯域、GW + SIの被覆によるΔLは500 Hz以上の帯域で10 dB以上であった。また、A特性音圧レベルのΔLは、GWの被覆で8 dB程度、GW + SIの被覆で14 dB程度であった。

## 4. まとめ

本報では、集合住宅における樹脂製の単管式排水システムの仕様を中心として、排水立て管および横主管か

ら発生する騒音の特性を把握することを目的に実験を行った。その結果、今回実施した実験の範囲において以下の知見を得られた。

まず、排水立て管から発生する騒音に関して述べる。

- ①継手の基材によって発生音の特性が異なる様子が伺えるため、それに応じた騒音低減対策を講じることが必要である。
- ②形状が異なる中高層用と超高層用継手において、A特性音圧レベルや主要な帯域の音圧レベルの差はほぼみられない。
- ③パイプシャフト内壁面を吸音処理することで、排水騒音の主要な帯域の音圧レベルを3~5 dB程度低減することができる。

次に、排水横主管から発生する騒音に関して述べる。

- ①発生する排水騒音の周波数特性は、500~4 kHzが主要な帯域である。
- ②A特性音圧レベルは流量が2倍になると5 dB程度増加する傾向である。
- ③横主管にグラスウールなどを被覆することにより、主要な帯域における騒音低減効果がみられる。

今後も排水騒音の測定方法に対する検討、様々な騒音対策の仕様における合理的な遮音対策、横主管から伝搬する振動（固体伝搬音）などについて検討を重ねていきたい。

**謝辞:** 本研究の実験および分析の遂行にあたり、名城大学 岡田恭明教授にご指導をいただきました。株式会社 小島製作所 小島誠造代表取締役、加古洋三氏、岩槻剛史氏には実験にご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 日本騒音制御工学会編：建物における騒音対策のための測定と評価、技報堂出版、pp.119-137、2006
- 2) 河原塚透、平松友孝、大川平一郎：排水管管壁からの放射音に関する実験的検討、騒音制御、Vol.22、pp.346-352、1998
- 3) 土屋裕造、山内崇：排水タワーを用いた脚部継手・オフセット排水管流水発生音測定例、戸田建設技術研究報告、第42号、pp.2-1-2-5、2016
- 4) 嶋田泰、安岡博人、塚本幸助、小島誠造：集合住宅の排水立て管騒音に関する研究、日本音響学会騒音・振動研究会資料 N-2004-54、2004
- 5) 市川友己、間瀬圭祐、岡田恭明、吉久光一：排水立て管・継手から発生する騒音の測定指標に関する一検討、騒音制御、vol.44、pp.149-154、2020