

雨水管の流水音に関する実験的検討

EXPERIMENTAL STUDY OF THE SOUND OF WATER FLOWING THROUGH A STORM DRAIN

佐脇真平*1, 土屋裕造*2, 山内崇*1, 竹中優揮*2
 Shimpei SAWAKI, Yuzo TSUCHIYA, Takashi YAMAUCHI and Yuki TAKENAKA

Storm drains of buildings are frequently placed inside buildings to improve external appearance. In such buildings, the sound of water flowing transmitted from the storm drain may raise the noise level in rooms next to the drain. To avoid this, appropriate measures must be taken by comparing the required quietness for the rooms to the predicted noise level. However, few investigations or measurements deal with this kind of sound. Thus, we conducted an experiment to measure the sound of water flowing through storm drains by installing several types of pipes in an actual building and causing water to flow through them. In the experiment, two kinds of flow rate and three floors were chosen to investigate the effect of precipitation and height from which water dropped. VP pipes and steel pipes were used as a storm drains, and the effect of horizontal piping was examined by connecting horizontal pipes in the middle of vertical ones. A pipe wrapped with a sound insulation sheet was also measured to investigate the effectiveness of the typical noise measures for pipes. In each condition, sound pressure level near the pipe and the vibration acceleration level at the surface were measured. Based on the data obtained, the necessary measures against the sound of water flowing through storm drains can be considered quantitatively.

Keywords : Storm drain, Water flowing sound, VP pipe, Steel pipe, Horizontal piping, Sound insulation sheet
 雨水管, 流水音, VP 管, 鋼管, 横引き管, 遮音シート

1. はじめに

意匠上の理由から雨水管が屋内に設けられることがある。その際、雨水管を納めるパイプシャフトが居室に隣接していると、降雨時に雨水管から放射される音が居室の静謐性を低下させる要因になる可能性がある。また屋上ドレンがパイプシャフトの直上にない場合やパイプシャフトの位置が中間階で変わる場合には、スラブ下で横引きを行うことで上下の雨水管を接続するのが一般的であるが、オフィスビルを中心にスケルトン天井の採用事例が増える中、横引き管の流水音が問題になることも予想される。加えて大雨やいわゆる「ゲリラ豪雨」の頻度が増しているという報告もあり、屋内雨水管の騒音対策の必要性は今後さらに高まるものと思われる。

室内静謐性能の要求に対して適切な雨水音対策を講じるには降雨時に雨水管から放射される音を正しく予測する必要がある。そのためには雨水管の流水音の定量的なデータが不可欠である。しかしそのような音を扱った研究は少なく、測定事例もほとんど報告されていないため、雨水音対策は専ら設計者の経験に基づいて行われている場合が多い。雨水管と同じく屋内で発生する流水音である污水排水設備による流水音に関しては、集合住宅の高層化などを背景に多くの研究行われてきた²⁾⁵⁾。しかしながら污水排水設備は水の流入の仕方や集合管の有無といった点で雨水管とは異なることから、騒音発生の性状も異なったものである可能性がある。そこで今回、雨水管による発生音を正しく予測し適切な対策を選定するための基礎データの収集を目的として、雨水管の流水音の発生状況を調べる実験を行った。

2. 実験条件

実験は RC 造 9 階建ての既存建物において、既設の雨水鋼管の 3 ～ 9 階部分を呼び径 100A の VP 管に取り換えて行った。建物の 9 階、6 階および 3 階に防音ボックスで囲まれた測定点を設け、管表面から 200 mm の位置での音圧レベルと管表面での振動加速度レベルを測定した。屋上ドレンからの測定点までの鉛直距離はそれぞれ 2.1 m, 11.8 m, 21.5 m である。また 9 階のみ、スラブ下、防音ボッ

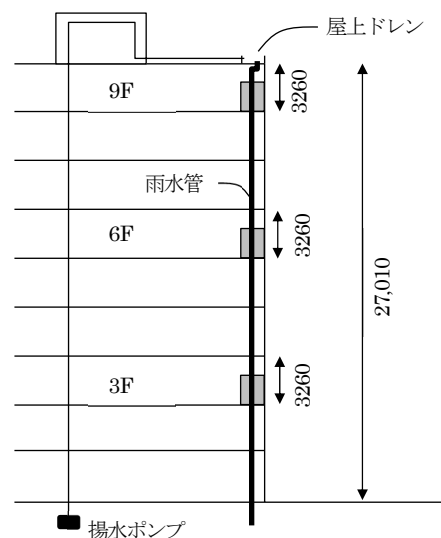


図1 測定階および給排水系統概略

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (工学)

*2 戸田建設株式会社技術開発センター

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION

クス外で配管がクランク状に折れ曲がる箇所がある。使用建物の概略を図1に、防音ボックス、測定点の概略を図2に示す。防音ボックスと、既存躯体やVP管の取り合い部ではポリエステル繊維系吸音材や鉛シートによる隙間塞ぎを行った。屋上ドレンへの水の供給は揚水ポンプと配管によって行い、屋上ドレン近傍の屋上面に水を放流することで雨水の流れ込みを模擬した。なお水が全て屋上ドレンに流れ込むよう、屋上ドレンの周囲には立ち上がりを設けた。

本実験では測定階を複数設けることで屋上からの距離の影響を調べる他、流量、管種の変更による影響、エルボおよび横引きの影響について検討する。流量はポンプの揚水量を変えることで調整し、流量 500 L/min と 250 L/min の2条件で3分間水を流す。各流量に対応する降水量は雨水管1本が負担する屋根面積の想定によって変わるが、呼び径 100A の雨水立て管の許容最大屋根面積が 425 m² であることから、500 L/min で水を供給した場合、少なくとも1時間降水量 71 mm に相当する水が雨水管に流れ込む計算となる。なお気象庁の分類では1時間降水量 50 mm 以上が「非常に強い雨」、80 mm 以上が「猛烈な雨」である⁹⁾。管種については雨水管の3階部分と呼び径 100A の鋼管に取り換えることでVP管との差を調べた。また横引きについては3階部分でVPの立管にエルボおよび横引き管を接続することで影響を確認した。ただし音圧レベルは管表面から 200 mm の1点で、振動加速度レベルは管表面の3点で測定した。横引き管の施工模式図および測定点を図3に示す。

最後に雨水排水音対策の例として3階のVP管に保温材（グラスウール 24 kg/m³, 25 mm アルミクラフト紙貼）および軟質遮音シート（面密度 3.8 kg/m², 1.1 mm）を巻いて音圧レベルの測定を行った。表1に測定条件の一覧を示す。

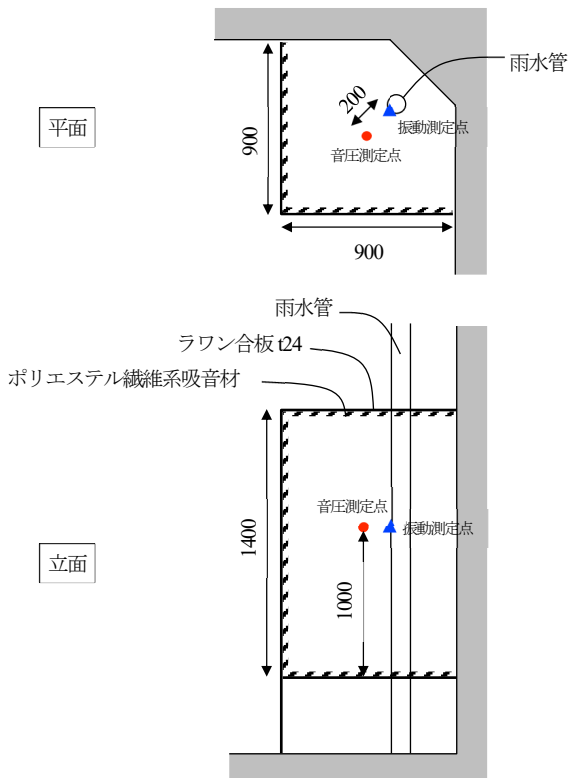


図2 防音ボックスと測定点（立管）

3. 実験結果

3.1 音圧レベルの時間変動

図4に示すのはVP管設置時、流量 500 L/min とした際の3階の測定点に於ける音圧レベルの時間変動である。ただし時定数を 0.125 秒、サンプリング周期を 0.1 秒とし、1/3 オクターブバンドで分析した結果の中から 250 Hz, 1 kHz, 4 kHz の3周波数と A 特性での結果を示している。十分な S/N が得られた 1 kHz, 4 kHz および A 特性音圧レベルでは水が流れ始めてから 70 秒程度で音圧の上昇が止まっており、管内の水流および発生音が定常的な状態になったと考えられる。これ以降の周波数特性の分析結果では音圧レベルの上昇が止まった後の 30 秒間（図4の例では矢印の区間）の等価音圧レベルおよび同区間の等価振動加速度レベルを示す。

3.2 排水高さの影響

VP管設置時、流量 500 L/min とした場合の各測定階での音圧レベルを図5に、振動加速度レベルを図6に示す。図5の音圧レベル測

表1 測定条件

	変更点	測定階	流量	管種	横引	対策
1	基準	3F	500 L/min	VP管	無	無
2	屋上からの距離	6F	500 L/min	VP管	無	無
3		9F				
4	流量	3F	250 L/min	鋼管	有	無
5	管種		500 L/min			
6	横引追加			VP管	有	
7	対策追加				無	有

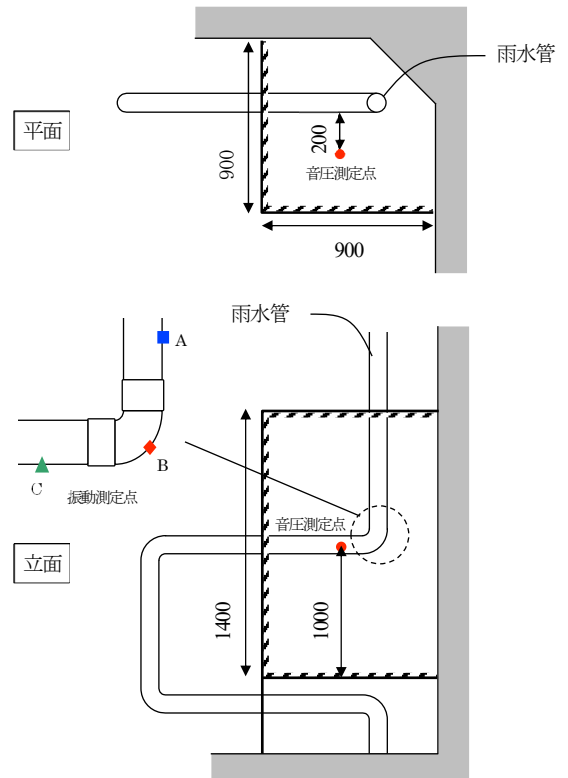


図3 防音ボックスと測定点（横引き）

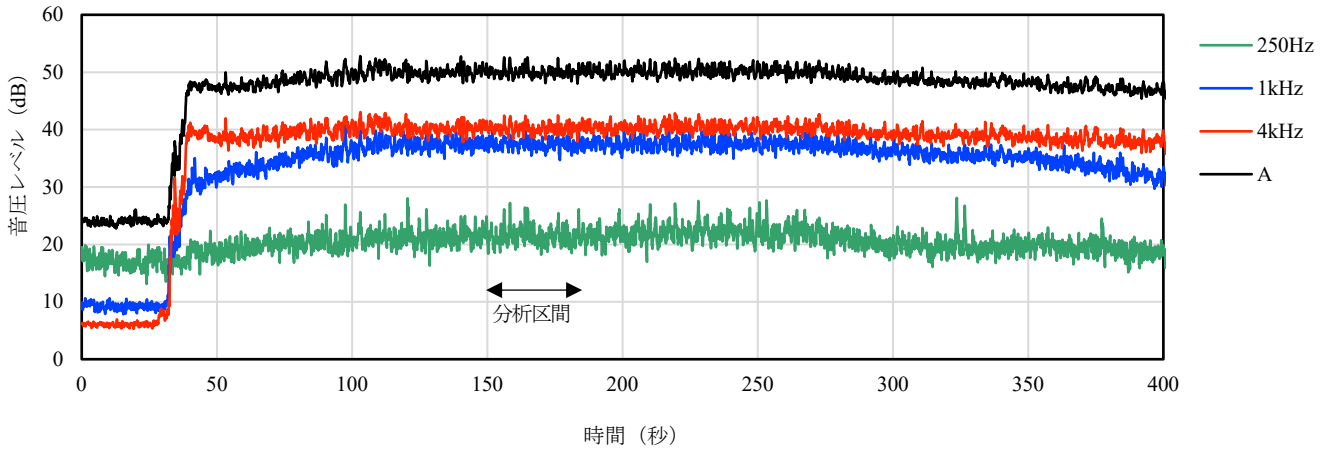


図4 音圧レベルの時間変動

定結果によると、315 Hz 以下の帯域では9階、6階は近似した特性を示し、3階ではそれらよりも約8~25 dB 小さい暗騒音レベルと同程度の値となっている。この中低音域の違いに関しては各測定階の防音ボックス内での雨水管と測定点の位置関係が影響している可能性がある。具体的には3階では上階に比べ柱断面が大きい柱型が室内側にせり出しており、防音ボックスは上階と比較すると室内側に平行移動して設置された。結果として雨水管および測定点が防音ボックスの壁面から離れることになり、吸音が作用しにくい低域に於いて内部での反射音やモードの影響を受けた可能性がある。500 Hz 以上の帯域では3階と6階はほぼ一致した特性を示している。A特性音圧レベルに着目すると3階、6階ともに500 Hz 以上の帯域で決定しており、約50 dB となっている。一方9階では800 Hz

にピークを持つ、他の2点とは異なる傾向を有しているが、これはスラブ下、クランク状の折れ曲りに於けるエルボ部に水が衝突したことによる発生音の影響である可能性が高い。図6の振動加速度レベルでは500 Hz 以上の帯域で音圧レベルの測定結果に対応する結果となっており3階と6階が低音域から高音域まで近似した傾向となった。以上から6階の高さ以下では雨水の落下速度は終端速度に達していると推察される。

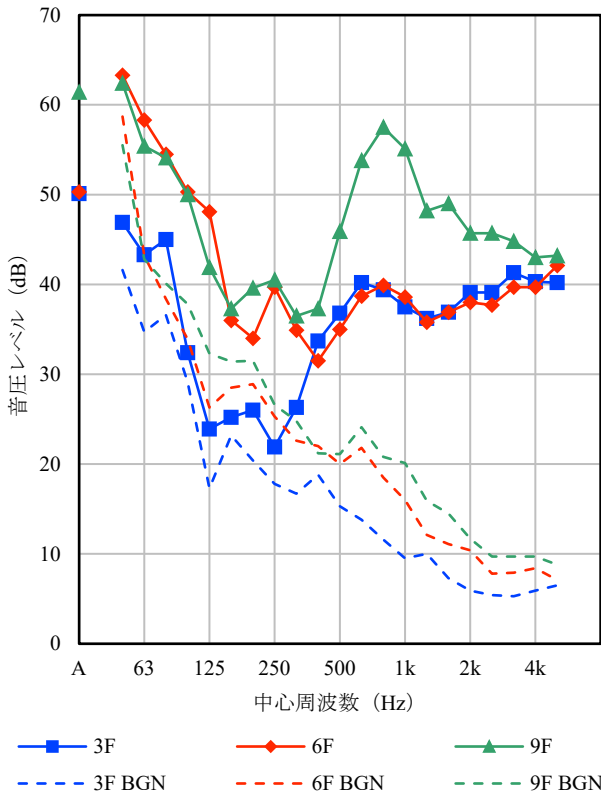


図5 音圧レベル測定結果 (排水高さ比較)

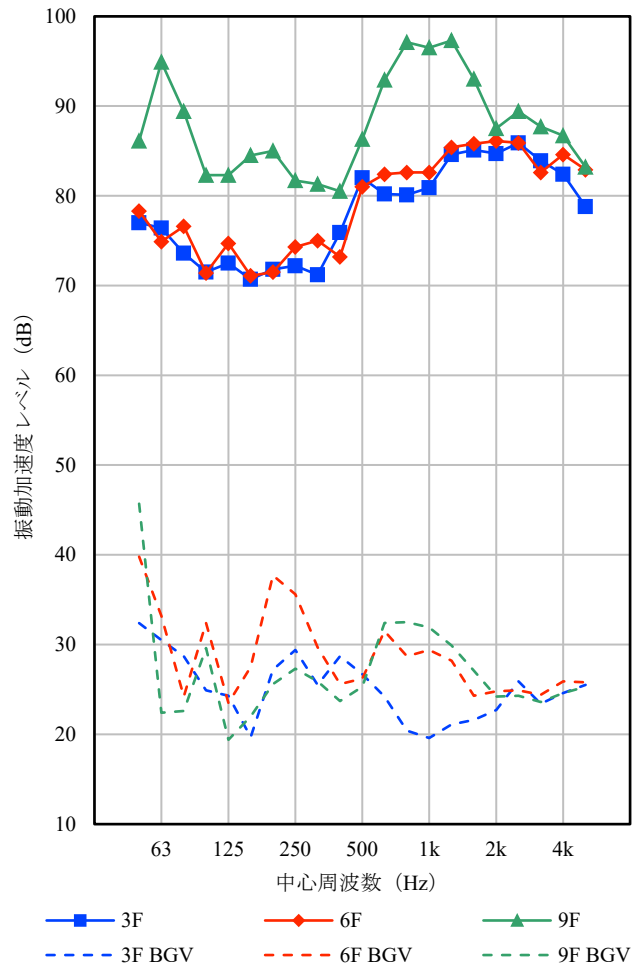


図6 振動加速度レベル (排水高さ比較)

3.3 流量の影響

図 7, 図 8 は VP 管設置時, 3 階測定点に於いて 500 L/min と 250 L/min の二種類の流量で水を流した際の音圧レベルと振動加速度レベルの測定結果である。図 7 の音圧レベルを見ると S/N が十分に確保されている 400 Hz 以上の帯域で, 流量 250 L/min の時の音圧レベルが 500 L/min に比べ 3~5 dB 小さくなっており, A 特性音圧レベルの値は 3.3 dB 小さい。このこと汚水排水設備を対象とした既往研究でも見られる傾向である。図 8 の振動加速度レベルは低域で

差が大きい, 500 Hz 以上の帯域では音圧レベルと同様 3~5 dB 程度の差となっている。

3.4 管種の影響

図 9, 図 10 は雨水管の 3 階部分を鋼管に変更して測定した音圧レベルと振動加速度レベルの結果を VP 管の結果と比較したものである。図 9 の音圧レベルを見ると S/N が確保できた 400 Hz 以上の帯域では鋼管からの放射音が VP 管を下回っており, A 特性音圧レベ

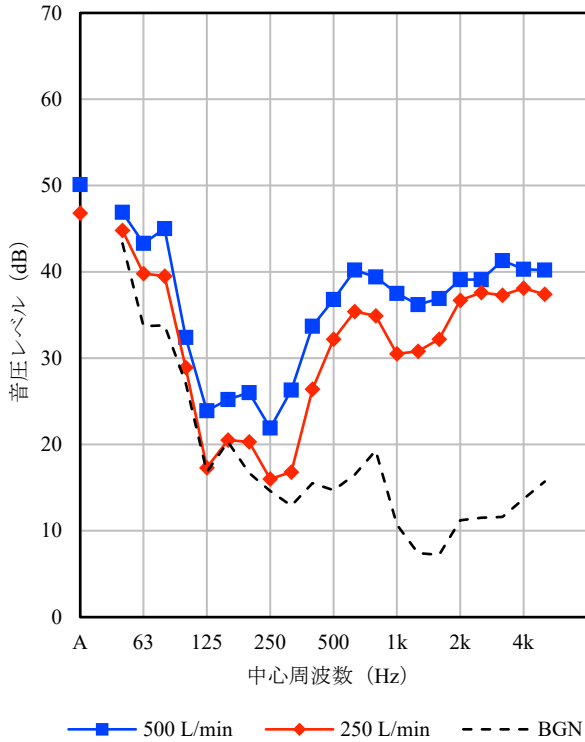


図 7 音圧レベル測定結果 (流量比較)

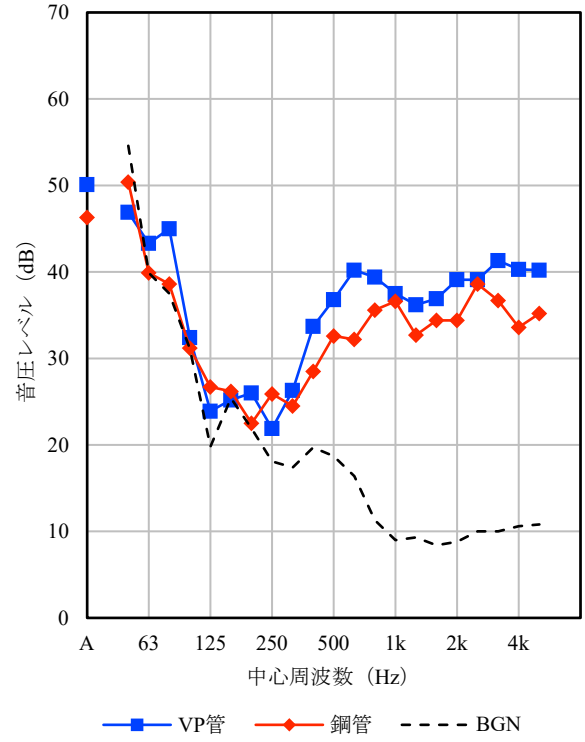


図 9 音圧レベル測定結果 (管種比較)

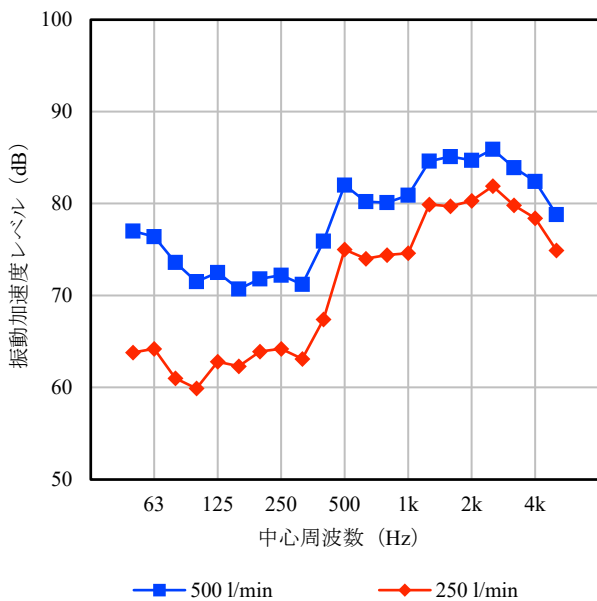


図 8 振動加速度レベル測定結果 (流量比較)

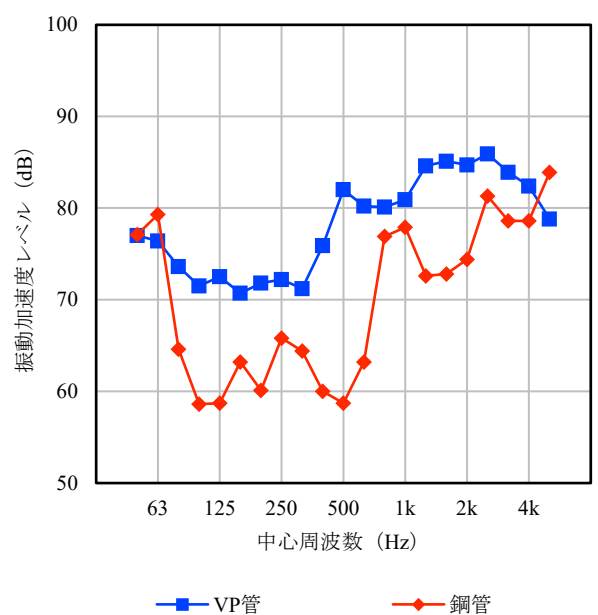


図 10 振動加速度レベル測定結果 (管種比較)

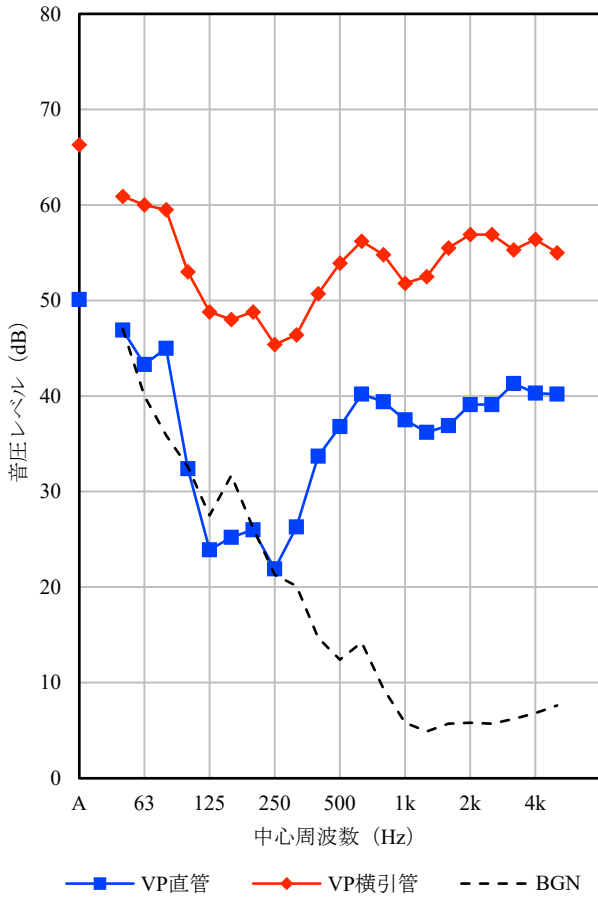


図 11 音圧レベル測定結果（横引き管）

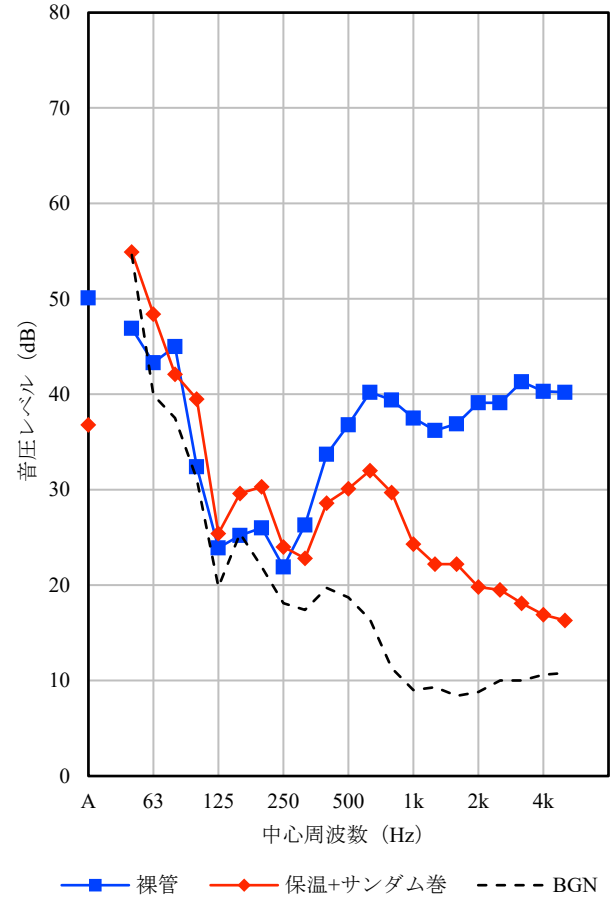


図 13 音圧レベル測定結果（対策効果）

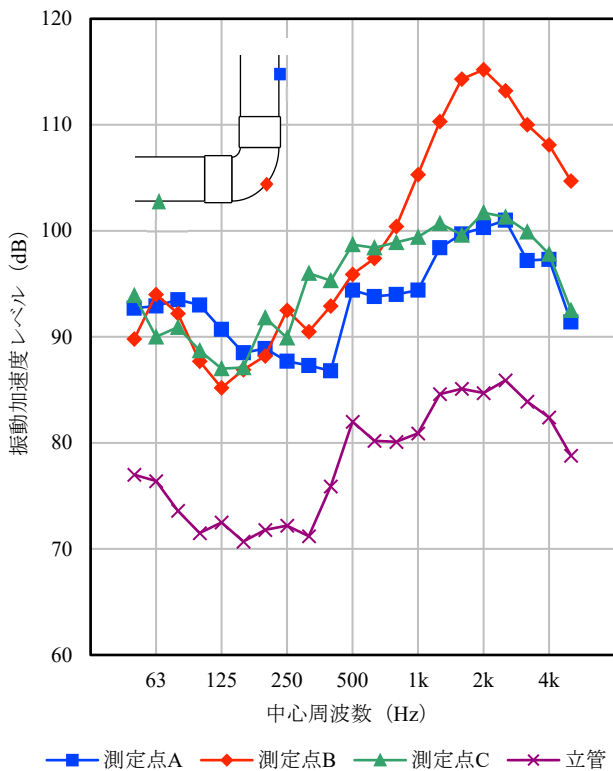


図 12 振動加速度レベル測定結果（横引き管）

ルも約 4 dB 小さくなっている。図 10 の振動加速度レベルでもほぼ全帯域にわたって鋼管のレベルが VP 管を下回っていることを確認できる。

3.5 横引きの影響

図 11, 12 は 3 階の測定点に於いてエルボ及び横引管を接続した場合の音圧レベルと振動加速度レベルの測定結果である。図 11 の音圧測定結果では、立管の A 特性音圧レベルが 50 dB であるのに対し、横引管は 66 dB と大きなレベルを示しており、周波数特性でも全帯域で横引管のレベルが立管を上回っている。図 12 の振動測定結果では横引管のすべての測定点で立管よりも大きなレベルを示し、特にエルボ部の点 B では 2 kHz を中心としたピークが生じている。これはエルボ部に於ける水の衝突に起因するものと思われる。

3.6 対策例

図 13 は雨水排水音対策の例として 3 階の VP 立管に保温材および軟質遮音シートを巻いた際の音圧レベルを裸管と比較したものである。十分な S/N が得られた 400 Hz 以上の帯域では高域を中心に大きな改善が確認でき、A 特性音圧レベルでは約 13 dB の低減となった。要求性能、パイプシャフトの有無やその仕様によっては十分な低減量とは言えないが、一定の効果は確認できたといえる。

4. まとめ

雨水管の流水音対策を講じるうえでの基礎データとする目的で、既存建物を利用して種々の実験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- a. 立管の流水は 3 フロア程度の排水高さで終端速度に達するとみられ、それ以下のフロアでは安定した放射音、振動特性となる。
- b. 流量が倍になると A 特性音圧レベルで約 3 dB 増加する。
- c. 鋼管は VP 管より 4 dB 程度放射音が小さい。
- d. エルボ部の放射音は雨水の衝突により縦管に比べ約 16 dB 増幅する。
- e. 雨水管を保温材と軟質遮音シートで巻いた場合、裸管から約 13 dB 低減する。

今後は今回測定しなかった管種や管径を変更した場合の影響についても実験を行い、雨水管流水音の効果的な対策を検討する予定である。

参考文献

- 1) 牛山 「『ゲリラ豪雨』と災害の関係について」, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.67 No.4 p.I_505-I_510 2011.2
- 2) 河原塚 他 「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 No.6 p.346-352 1998.2
- 3) 渡邊 他 「集合住宅における排水管騒音の低減対策」 日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.167-168 2002.8
- 4) 安岡 他 「実験室における排水管の発生騒音・遮音性能に関する測定方法の検討」 日本建築学会大会学術講演梗概集 p.251-252 2008.9
- 5) 土屋 他 「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」 日本建築学会大会学術講演梗概集 p.313-314 2016
- 6) 気象庁 「雨の強さと降り方」 https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html 2020.4 参照