

雨水管の流水音に関する実験的検討

(その 2) 実験室における測定手法の提案と管種・管径の影響の検討

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

Part 2 Proposal of laboratory measurement method and investigation of the effect of material and diameter of pipes

佐脇真平*1, 土屋裕造*2, 山内崇*1, 岡庭拓也*1, 竹中優揮*2

Shimpei SAWAKI, Yuzo TSUCHIYA, Takashi YAMAUCHI, Takuya OKANIWA and Yuki TAKENAKA

The authors have investigated the sound of water flowing through storm drains experimentally to decrease the noise level in the rooms near a storm drain. In the previous paper, the authors conducted an experiment in an existing building and measured the sound generated by water flowing from several types of pipes. However, in the experiments conducted in existing buildings or drainage test towers, it is difficult or sometimes impossible to change the flow ratio or diameter of pipes because of the physical limitation of the buildings or facilities. Therefore, to obtain data of a wide variety of pipes that could be used as storm drains in actual buildings, an easy way to measure the sound of water flowing in laboratories is desirable. This paper proposes a new measurement method that imitates the sound of water flowing by pouring water into a closed pipe and shaking it vertically. The measured data of the proposed method fits better than that of existing laboratory experiments to the actual sound of water flowing. To verify the validity of this method, the generated sound of the proposed method must be compared to that of actual water flowing with a wider variety of pipes including different diameters.

Keywords : Storm drain, Water flowing sound, Laboratory experiment, PVC pipe, Steel pipe, Fireproof two-layered pipe
雨水管, 流水音, 実験室実験, VP, 鋼管, 耐火二層管

1. はじめに

雨水管の流水音は測定事例が少なく、放射音を予測するのが困難である。筆者らは、雨水管の流水音の特性を把握するために実験を行っており、既報では実建物のルーフドレンに水を放流して屋内雨水管に流水する現場実験によって、管の呼び径 100A の VP (硬質ポリ塩化ビニル管), SGP (配管用炭素鋼鋼管) の流水音特性を測定した¹⁾²⁾。しかし雨水管には、排水を担当する建物の屋根面積により 100A を超える大口径を必要とするものもあり、その発生音の検証が必要である。実建物や排水タワーを使用した実験は、実際の流水音を測定することが可能であるが、揚水、流量の調整、管径の変更などに制約があり、大口径配管の流水音を系列的に予測検討できるデータを取得することは難しい。

そこで筆者らは、安岡らが検討している排水管の発生騒音・遮音性能測定方法³⁾⁴⁾の中から 2 つの方法による実験を行い、更に、水入り管を上下に振る測定方法を検討し、系列的なデータ取得が可能で流水に依存しない実験室実験の可否について検証した。

本報前半では、水入り管上下振りによる発生音の特性を示し、現場実験の流水音、及び既報の方法による実験室実験との比較検証について報告する。また後半では上記の 3 種類の実験室実験によって管種、管径が異なる管による発生音の特性を比較した結果を報告する。

2. 雨水管内流水音測定手法の検討

2.1 実験概要及び設定条件

実験室実験の有用性を検証する目的で以下の 3 種類の実験を実施した。

実験 1 : 既報のスピーカ管内放射一近傍音圧式 (吸音・遮音箱)³⁾⁵⁾に準じ、図 1 に示す方法で管内外の 1/3oct. band 音圧レベル差を求めると。

実験 2 : 既報の管内鋼球打撃式 (吸音・遮音箱)⁶⁾⁷⁾に準じ、図 2 に示す方法で鋼球落下音の管外における 1/3oct. band 最大音圧レベル (L_{max}) を求める。

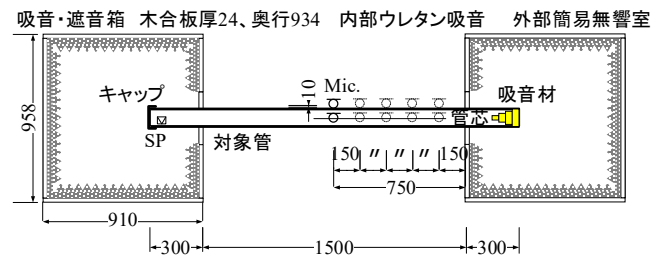


図 1 実験 1 : 音圧レベル差測定方法

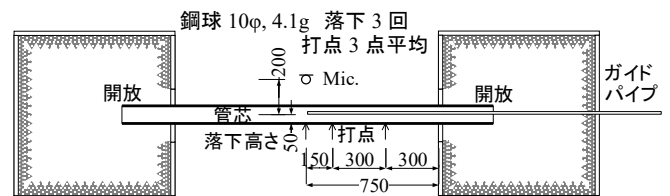


図 2 実験 2 : 鋼球落下音測定方法

*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

Technology Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Technology Development Center, TODA CORPORATION

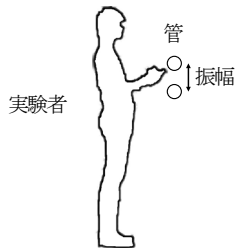


図3 実験3：水入り管上下振り発生音測定方法

表1 実験3測定条件：呼び径100A

管種	VP	SGP
水量(L)	0.5	1
振幅(mm)	100	200
周期(回/sec.)	1	2
管長(mm)	500	1000
測定時間(sec.)	10	×5回の平均

実験3「水入り管上下振り」：JIS Z 8734:2000「音響—音圧法による騒音源の音響パワーレベルの測定方法—残響室における精密測定方法」に準じ、管内に水を入れて両端をキャップで塞ぎ、図3のように管を横倒しにして実験者が上下に振った際の10 sec.間エネルギー平均音圧レベル (L_{eq}) を5回測定して平均の1/3oct. band 音響パワーレベルを求める。A特性のオーバーオール値もグラフ中に示す。測定条件は、VP100A、水量1L、振幅200mm、周期2回/sec.、管長500mmを基準に、表1に示す他の条件に変化させたものとした。測定室は十分な反射性、拡散性を有する残響室(8)を使用した。

2.2 実験結果及び考察

現場実験では図4 a)に見られるように流量が倍になることで音圧レベルが広い帯域で約3 dB増加したが、実験3における図5 a)水量、b)振幅を変更した場合にはb)振幅と対応がよい。このことから配管の流水音は管に対する水の打撃が影響すると考えられる。ただし4 kHz付近の特性は図4 a)と図5 a)が近似しており、管内に占め

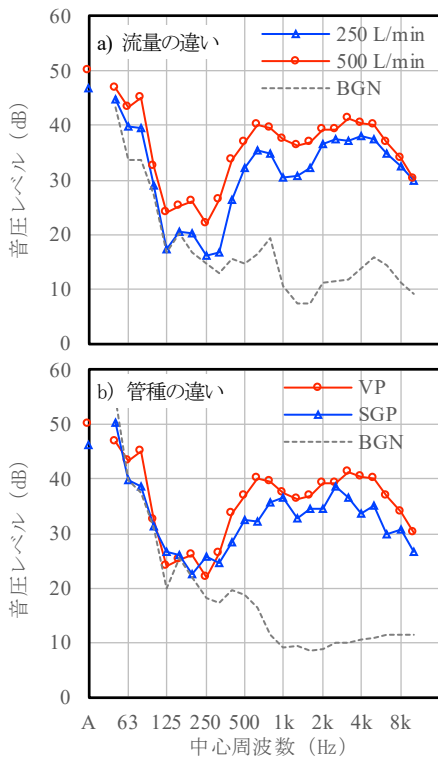


図4 現場実験流水音

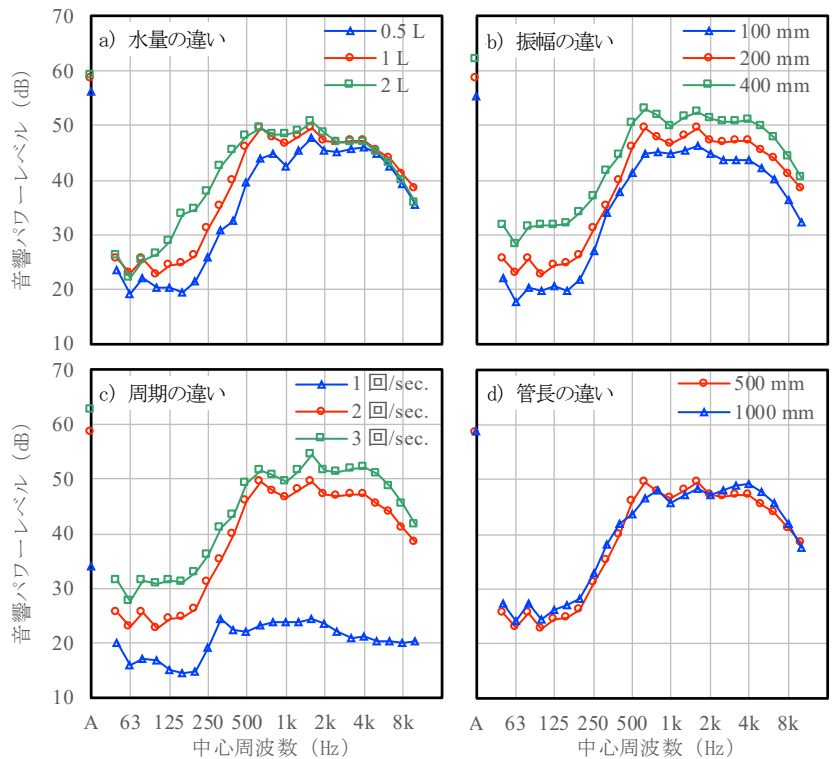


図5 実験3：水入り管上下振り発生音

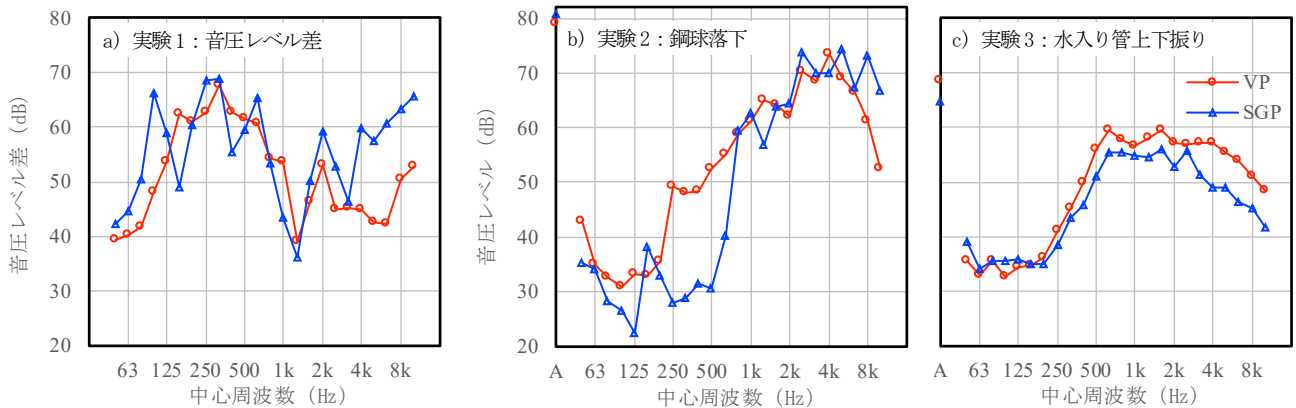


図6 管種VP、SGPの違いによる実験1、2、3結果

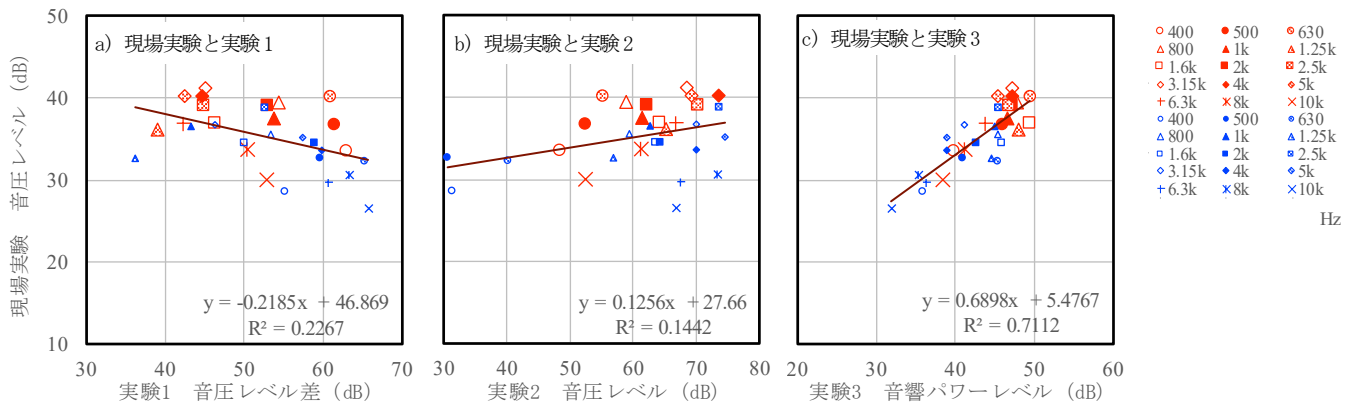


図7 現場実験流水音と実験1, 2, 3の相関図

る水量も関係があると考えられる。図 5 c)の周期 1 回/sec.は、水が管から殆ど分離せず、発生音が小さい。図 5 d)管長の違いは発生音の差が小さかった。以上の特性より、実験 3 では基準として示した条件が妥当と考え、以後この条件で測定する。

実験 1 は空気伝搬音、実験 2 は固体伝搬音が主成分と考えられるが、管種 VP, SGP の違いによる図 4 b)の流水音は、図 6 a), b)いずれの周波数特性とも異なり、c)実験 3 の特性に近似している。図 7 の現場実験との相関図をみると、c)実験 3 の相関がよい。以上の結果は、管内の流水音は通常の空気伝搬音や固体伝搬音の測定では傾向を把握することが困難であることを示唆している。

3. 管種、管径の影響の検討

3.1 実験概要

管種、管径の異なる管を対象に、2 章で扱った 3 種類の実験を実施し、放射音の特性を調べた。ただし実験 3 では 2 章で基準とした水量 1 L、振幅 200 mm、周期 2 回/sec.、管長 500 mm の条件を採用する。

測定対象として SGP (配管用炭素鋼鋼管) 100A, FDP (耐火二層管) 100A 及び VP (硬質ポリ塩化ビニル管) 75A~200A を用いる。試験体の一覧を表 2 に示す。

3.2 実験結果及び考察

(1) 管種の影響

異なる管種に対する実験 1 の結果を図 8 a)に示す。SGP は VP に比べ、鋭いピークとディップを多数有する周波数特性となった。また 4 kHz から上の帯域では VP よりも音圧レベル差が大きい。FDP は中、高音域の広い帯域で VP よりも大きな値を示しているが、1.6 kHz から 5 kHz の帯域では VP の方が大きな値となっている。FDP は VP の外側に繊維モルタルによる被覆を施したものであるが、

上記の帯域では何らかの要因で空気伝搬音が増幅していると考えられる。

図 9 a)は管種の違いに対する実験 2 の結果である。SGP の放射音は VP に比べ低音域で小さく高音域で大きい。一方で FDP は VP よりも全体的に小さな値を示しており、耐火被覆が鋼球による固体音の放射を妨げていることがわかる。

図 10 a)は実験 3 における管種別の結果であり、実験 1, 2 に比べピーク、ディップの数が少ない、なだらかな周波数特性となった。管種による違いは他の実験よりも小さいものの、中、高音域における音響パワーレベルが VP, FDP, SGP の順で大きいという一貫した傾向が見られる。80 Hz から 250 Hz の帯域にかけて FDP の放射音が他の管よりも大きい、これは実験 1 と 2 では見られなかった特徴であり、これらの結果も水が管壁に衝突した際の放射音がスピーカによる空気音や鋼球による固体音とは異なる特性を有することを示している。

(2) 管径の影響

管径を変えた際の実験 1 の結果を図 8 b), c)に示す。125A 以下の比較的小さな管径を有する VP では、管径が大きくなるにつれて低音域の音圧レベル差が小さくなる傾向があり、150A や 200A などの径の大きな VP では低音域に限らず広い帯域で同様の傾向が見られる。VP は管径が大きいほど肉厚も厚くなり、管壁自体の遮音性能も大きくなるはずであるが、実験 1 において逆の傾向が見られたのは放射面積の増加や円管の振動特性の変化によるものと推察される。

図 9 b), c)は異なる管径に対する実験 2 の結果であるが、いずれの管径でも似た放射特性を示しており、低音域で 200A の音圧レベルがわずかに大きい点を除けば管径の差が測定値に与える影響は小さい。

図 10 b), c)は実験 3 において管径を変えた場合の結果である。2 kHz から 4 kHz の帯域では管径が大きいほど音響パワーレベルが大きくなり、200A に関しては低音域でも他の管径より大きな値となった。しかしながら総合的な放射音に与える影響は軽微であり、A 特性音響パワーレベルも 3 dB 以内の範囲に収まっている。これらの結果は管径の増大に伴う管の肉厚の増加の影響と放射面積の増加の影響が相殺するため、放射音が大きく変わらないことを示唆している。ただし今回、実験 3 では水量一定の下で管径だけを変え

表 2 雨水管一覧

	管種	管径 (呼び径)	肉厚 (mm)
1	VP	100A	6.6
2	FDP	100A	6.6 + 6.5
3	SGP	100A	4.5
4	VP	75A	5.5
5	VP	125A	7
6	VP	150A	8.9
7	VP	200A	10.3

ている点に留意する必要がある、実際の建築で径の大きな雨水管を採用する場合は想定する流量も大きいはずであるから、放射音を予測する際には流量の増加分を加味しなければならない。

4. まとめ

管内の流水音を実験室において測定する手法として、水入り管上下振りによる測定法を提案した。提案手法と、既存の2種類の実験手法について、VP及びSGPを対象に実験を行い、提案手法による測定値が実際の流水音と対応がよいことが示唆された。

管種、管径の異なる管に対してこれらの3種類の実験を行い、それぞれの結果が異なる傾向を有することを確認した。これらの管についても提案手法が実際の流水音とよく一致するかどうかを確認するためには、排水タワーなどを利用した流水音の測定が必要であり、今後の課題としたい。

参考文献

1) 佐脇 他 「雨水管の流水音に関する実験的検討その1:実験概要および流量の検討」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.363-364 2020.9

2) 土屋 他 「雨水管の流水音に関する実験的検討その2:排水高さ、管種、横引き管の影響」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.365-366 2020.9

3) 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—その1:検討方法概要—」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.251-252 2008.9

4) 寺垣 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—その2:測定結果(1)—」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.253-254 2008.9

5) 品川 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—その3:測定結果(2)—」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.255-256 2008.9

6) 品川 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—その4:鋼球落下装置および測定条件の検討—」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.253-254 2009.8

7) 安岡 他 「排水立管の排水騒音に関する代用測定方法について」 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.255-256 2009.8

8) 土屋 他 「戸田建設新音響実験施設の音響特性」 2012 秋季日本音響学会講演論文集 pp.1263-1264 2012.9

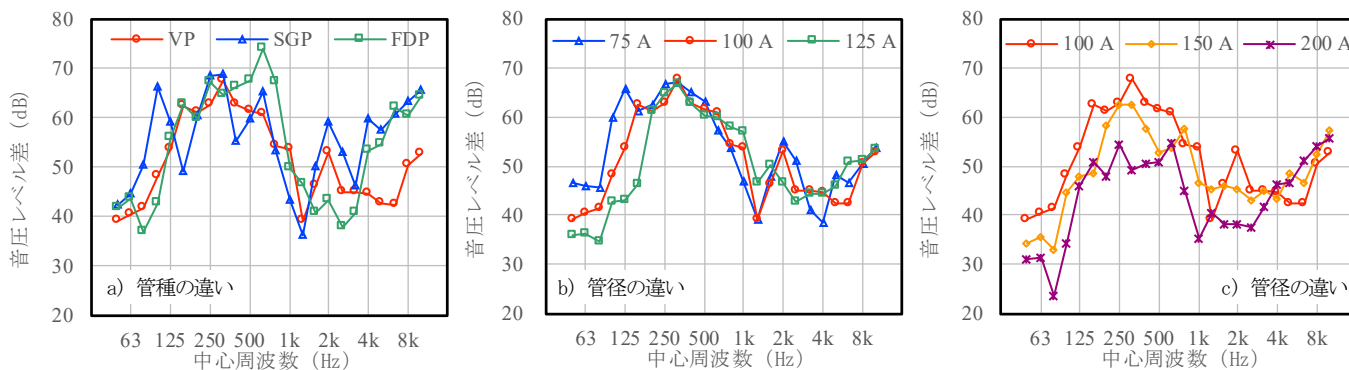


図8 実験1：スピーカ管内放射—近傍音圧式（吸音・遮音箱）実験結果

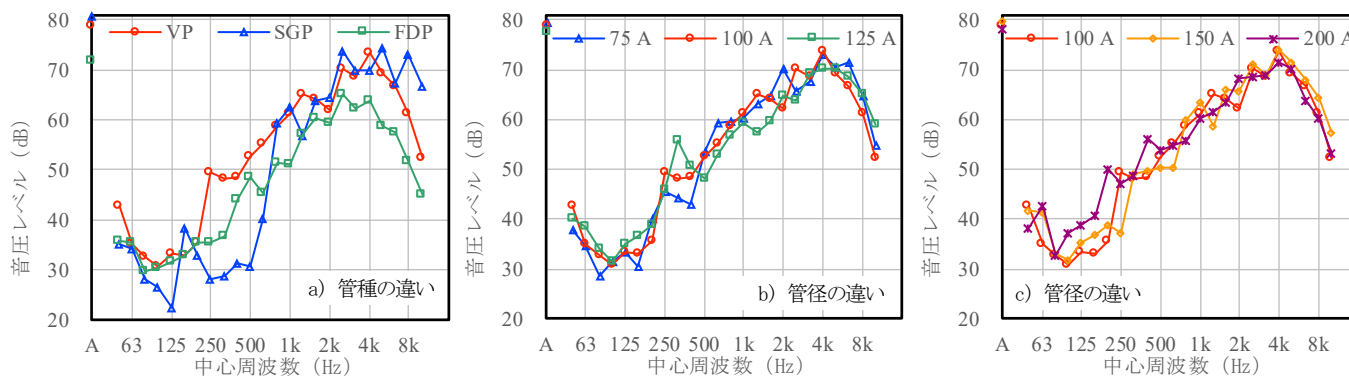


図9 実験2：管内鋼球打撃式（吸音・遮音箱）実験結果

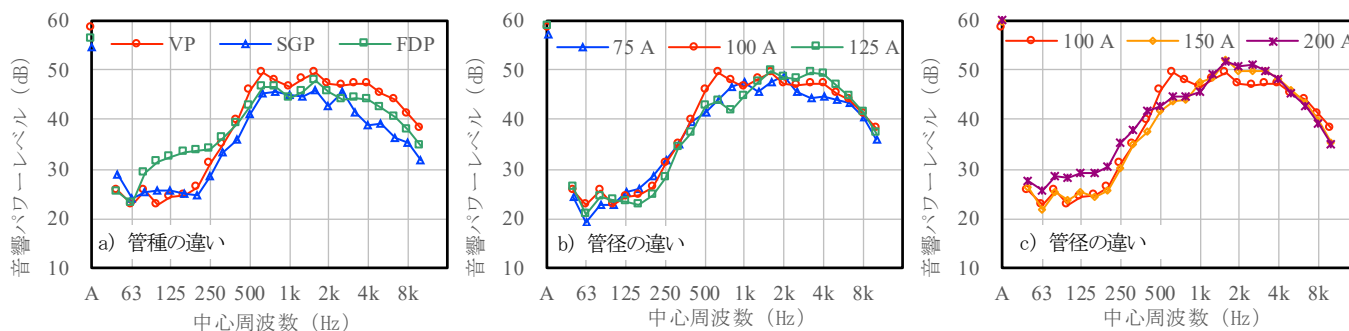


図10 実験3：水入り管上下振り実験結果