

排水・通気用耐火二層管の 遮音性能試験報告書

平成5年8月

耐火二層管協会

は し め に

耐火二層管は、弊協会会員会社が建築基準法第38条の認定に基づき同法施行令第129条2の2第1項第7号に規定される不燃材料と同等の効力を有するものとして建設大臣認定を得たものであります。

耐火二層管協会では、排水・通気用耐火二層管ならびに換気用耐火二層管のより健全な発展の一環として、また、ユーザーからの強いご要請にお応えして、協会技術資料をかねてよりシリーズ化し、発行してまいりました。今回、特に強くご要望のありました遮音性能に関して、ほかの管種との比較試験結果を含め、また、排水騒音の特性（発生メカニズムに関する検証など）や音に関する基礎知識などをもまとめて、技術資料NO.4として、「排水・通気用耐火二層管の遮音性能試験報告書」を発行するはこびになりました。この試験の結果、排水管の遮音性能について、従来は透過損失の大きい材質のものが優れているという考えでありましたが、この考えが誤っており、耐火二層管もその材料・構造上から遮音性能が優れていることが確認されました。この資料が各方面で広くご活用いただければ、弊協会といたしましてもまことに幸いに存じます。

なお、その検証試験を株式会社環境調査事務所に依頼しました。また、この技術資料の作成にあたっては、同社副所長石井和俊氏他にご協力していただいたことをここに記して厚く感謝いたします。

各位におかれましては、技術資料についてお気付きの点やご意見などがございましたら、随時弊協会宛にお寄せ下さるようお願い申し上げます。

平成5年8月

耐火二層管協会

略号説明

試験体等に示す略号は次のとおり

記

1. FDPD-VPとは、Fire resistive Dual Pipes For Drain-VP
(耐火二層管協会が定める塩ビ厚肉管)をいう。
2. FDPD-VUとは、Fire resistive Dual Pipes For Drain-VU
(耐火二層管協会が定める塩ビ薄肉管)をいう。
3. CIPとは、Cast Iron Pipes
(㈪日本空調衛生工学会が定める排水用鋳鉄管)をいう。
JISでは、Cast Iron Soil Pipes
4. CTPとは、Coating Pipes
(メーカーの定めるコーティング鋼管)をいう。
5. D-VAとは、Drain-Vinyl A
(日本水道鋼管協会WSPが定める排水用硬質塩化ビニルライニング鋼管)をいう。
6. ISOとは、International Organization for Standardization
(国際標準化機構規格)をいう。

以 上

第1章 排水・通気用耐火二層管と他管種との遮音性能比較試験	1
§ 1. 試験目的	1
§ 2. 試験方法	1
(1) 試験体の設置	
(2) 試験体の種類	
(3) 試験の方法	
1) 試験体管壁からの放射音および管壁の発生振動	
2) 管壁の発生振動による固体伝搬音	
(4) 各測定系の構成図と使用測定器	
(5) 試験体設置の状況	
§ 3. 試験結果	6
(1) 試験体管壁からの放射音および管壁の発生振動	
1) 試験体管壁からの放射音	
2) CIPに対する放射音の各試験体との比較	
3) 管壁の発生振動	
(2) 管壁の発生振動による固体伝搬音	
1) 試験体からの固体伝搬音	
2) CIPに対する固体伝搬音の各試験体との比較	
3) 床板の発生振動	
§ 4. 試験結果のまとめ	12
第2章 遮音性能に関する検証試験	13
I. 排水管の遮音性能に関する検証試験	13
§ 1. 試験目的	13
§ 2. 試験方法	14
(1) 試験の方法	
1) 試験体管壁からの透過音	
2) 試験体の管壁振動による固体音	
(2) 試験体の種類	
(3) 各測定系の構成図と使用測定器	
(4) 測定の状況	

§ 3. 試験結果	17
(1) 試験体管壁からの透過音	
(2) 試験体の管壁振動による固体音	
(3) 透過音と管壁振動による固体音の寄与度	
II. 防露用被覆材を施工したCIP、D-VAとFDPDとの比較試験	21
§ 1. 試験目的	21
§ 2. 試験方法	21
§ 3. 試験結果	23
(1) 管被覆材を施工した時のCIP、D-VAとFDPDとの比較	
(2) 管被覆材の遮音性能	
III. まとめ	25
第3章 音に関する基礎知識と給排水騒音	26
§ 1. 音の世界	26
§ 2. 音の制御方法	29
(1) 遮音	
(2) 吸音	
(3) 振動の防止	
1) 防振	
2) 制振	
§ 3. 給排水騒音	31

第1章 排水・通気用耐火二層管と他管種との遮音性能比較試験

§ 1. 試験目的

近年、マンション等の集合住宅・ホテル客室における排水騒音が問題となっております。特にその便所、浴室からの排水騒音に関して問題視されていながら、その研究成果は少なく、また騒音低減設計に適用できる資料が乏しいのが現状であります。

これら建築物には、排水・通気用耐火二層管〔略称:FDPD〕のご採用も多くなっておりますことから、耐火二層管協会ではこのたび管各種の基本的遮音性能レベルを比較することを目的として試験を行いました。

試験は、特に騒音の発生が大きいと思われる浴槽排水を対象とし、排水管管壁から放射される騒音（空気伝搬音）、および排水管路で発生した振動が建物躯体を経て壁床などの室内表面の仕上材から放射される騒音（固体伝搬音）、についてご採用例の多い（表－1）で示す5種類の管（直管）に関してISO規格に適合した給排水音実験室において、その比較試験を実施いたしました。

§ 2. 試験方法

（1）試験体の設置

試験対象とする排水管は、（図－1）に示すように防振ゴムで浮かせた残響室内外に躯体から音響的につながらないように設置し、排水管上部は、天井スラブ上に設けた水槽に接続し、また最下端は、排水槽まで配管して水槽から排水管に流した水を排水できるようにしてあります。

（2）試験体の種類

試験で使用した排水管の種類は、（表－1）のとおりです。

（表－1）試験体（立て管）の種類

試験体番号	種 類 （略 号）	呼び径(mm)
1	排水用鋳鉄管（CIP）	100
2	コーティング鋼管（CTP）	
3	排水用硬質塩化ビニルライニング鋼管（D-VA）	
4	排水・通気用耐火二層管（塩ビ内管VP仕様）（FDPD-VP）	
5	排水・通気用耐火二層管（塩ビ内管VU仕様）（FDPD-VU）	

注：横枝管は、呼び径50mmの管を使用。

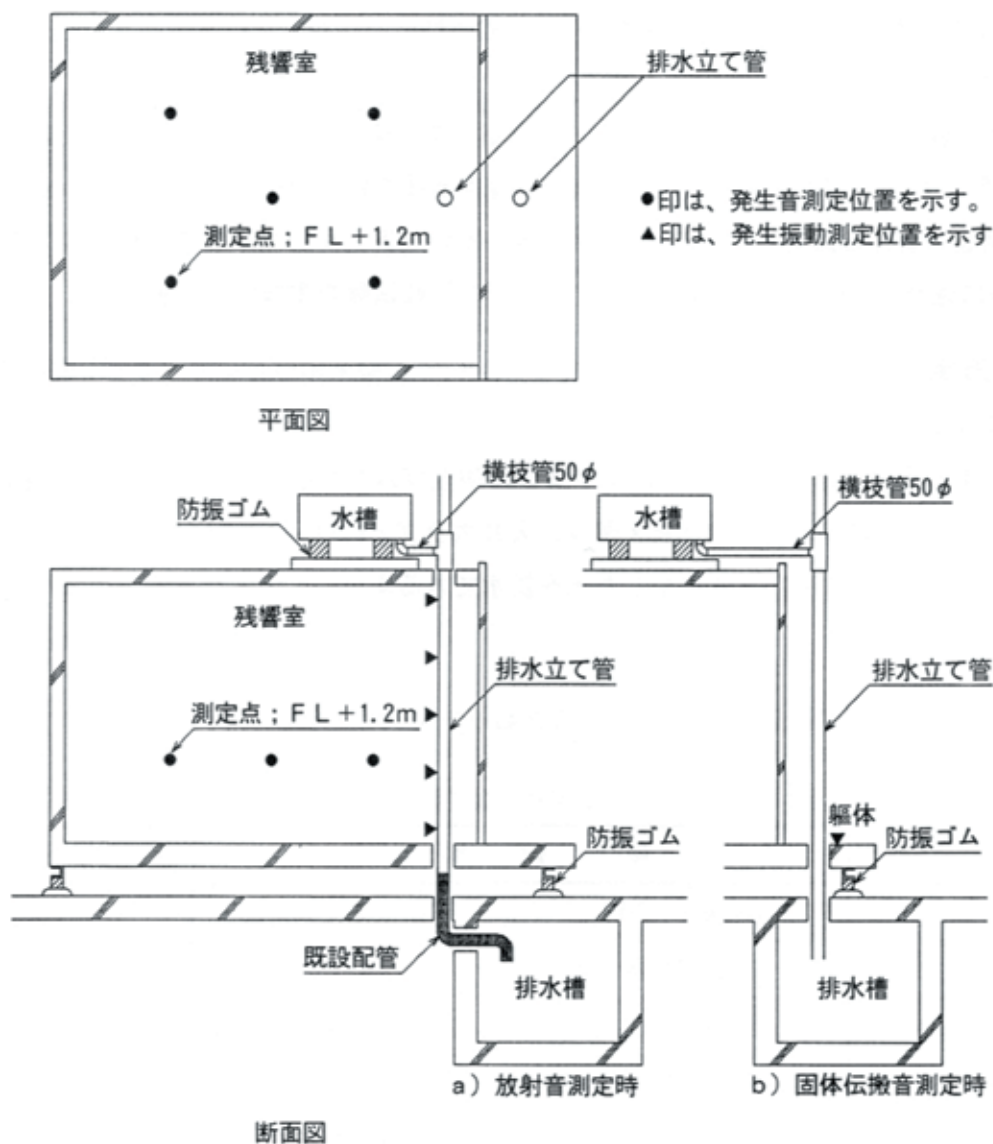
(3) 試験の方法

1) 試験体管壁からの放射音および管壁の発生振動

(表-1) に示す試験体5種類を残響室内に順次施工し、水槽から排水管に流水(52ℓ/min)した時の管壁から残響室内への放射音、および管壁振動を測定しました。

発生音の測定は、JIS A 1424「給水器具発生騒音の実験室測定方法」に準じて行い、実時間分析器を用いて各測定点ごとに0.2秒間隔で100データを読み込み、全測定点(5点)の結果をエネルギー平均する方法で行いました。

放射音については、騒音レベルおよび63Hz~4000Hzの1/1オクターブバンドごとの音圧レベルを測定しました。また、管壁の発生振動については、63Hz~4000Hzの1/1オクターブバンドごとの振動



(図-1) 放射音および固体伝搬音測定位置略図(ISO規格給排水音実験室)

加速度レベルを測定しました。

なお、試験体と残響室躯体との貫通部にはロックウールを充填し、さらにシールを施して試験を行いました。

2) 管壁の発生振動による固体伝搬音

(表-1)に示す試験体5種類を残響室外に順次施工し、水槽から排水管に流水(52ℓ/min)した時の管壁から残響室内への固体伝搬音と床板の発生振動を測定しました。

測定は、実時間分析器を用いて各測定点ごとに0.2秒間隔で100データを読み込み、全測定点(5点)の結果をエネルギー平均する方法で行いました。

固体伝搬音については、騒音レベルおよび63Hz～4000Hzの1/1オクターブバンドごとの音圧レベルを測定しました。また床板の発生振動については、63Hz～4000Hzの1/1オクターブバンドごとの振動加速度レベルを測定しました。

上記、両試験とも次の条件で行いました。

①排水立て管を躯体から切り離した状態

②排水立て管の躯体貫通部をモルタルで埋め戻した状態

(4) 各測定系の構成図と使用測定器

各測定系の構成図と使用測定器を(図-2)に示します。

(発生音測定系)

マイクロホン



(発生振動測定系)

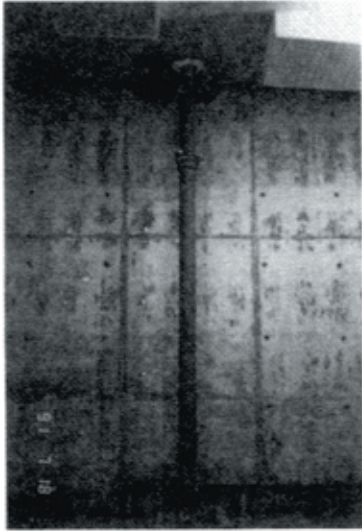
振動ピックアップ



(図-2) 発生音および発生振動測定系の構成図と使用測定器

(5) 試験体設置の状況

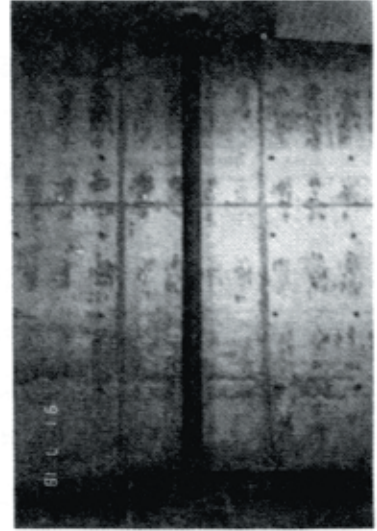
放射音測定用試験体設置状況は(写真-1)～(写真-6)に示すとおりです。



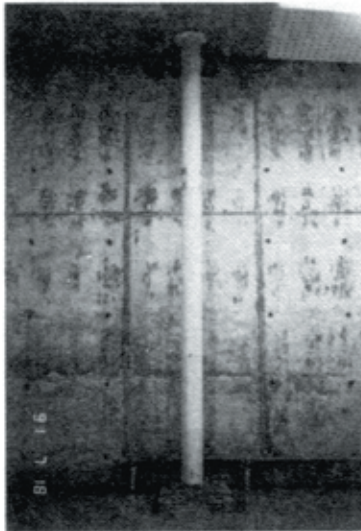
(写真-1) CIP



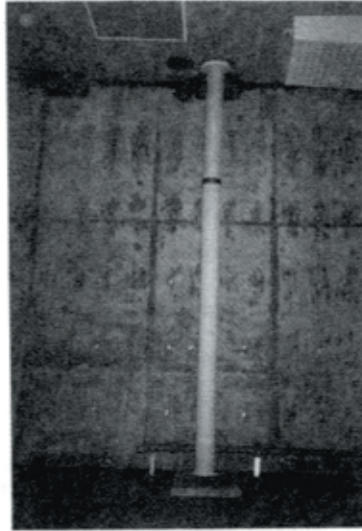
(写真-2) CTP



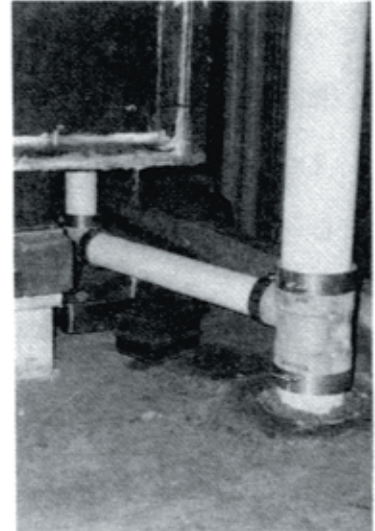
(写真-3) D-VA



(写真-4) FDPD-VP



(写真-5) FDPD-VU



(写真-6) 横枝管

固体伝搬音測定用試験体設置状況は（写真－７）～（写真－１２）に示すとおりです。



（写真－７） CIP



（写真－８） CTP



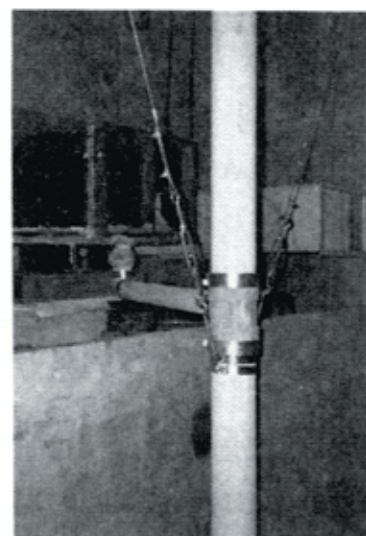
（写真－９） D-VA



（写真－１０） FDPD-VP



（写真－１１） FDPD-VU



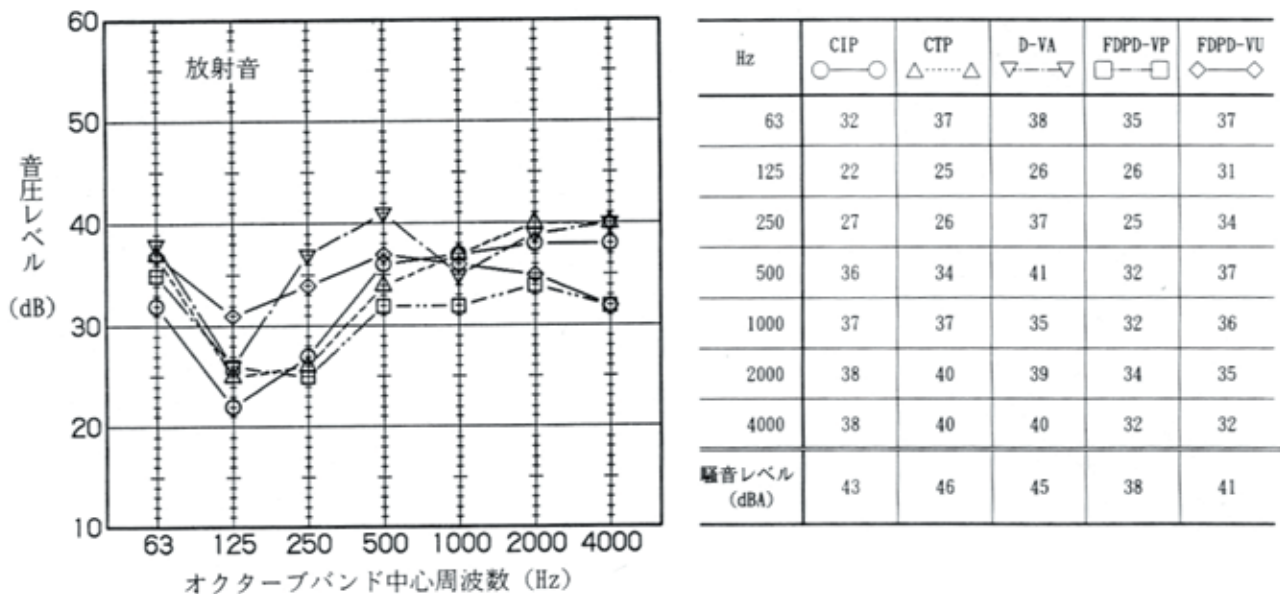
（写真－１２） 横枝管

§ 3. 試験結果

(1) 試験体管壁からの放射音および管壁の発生振動

1) 試験体管壁からの放射音

5種類の試験体管壁からの放射音特性を(図-3)に示します。



(図-3) 試験体管壁からの放射音測定結果(試験体の種類による比較)

この結果により次のことがいえます。

①各試験体管壁からの放射音を騒音レベルで比較すると、(表-2)の順になる。

(表-2) 放射音の騒音レベル

試験体略号	FDPD-VP	FDPD-VU	CIP	D-VA	CTP
騒音レベル (dBA)	38	41	43	45	46

注: 騒音レベルについては、25~28ページ参照。

②低音域においてはCIPのレベルが最も小さく、他の試験体は125HzのFDPD-VUをのぞくと、ほぼ同レベルにある。

③中音域においては、D-VA、FDPD-VUのレベルが大きく、他の試験体はほぼ同レベルにある。

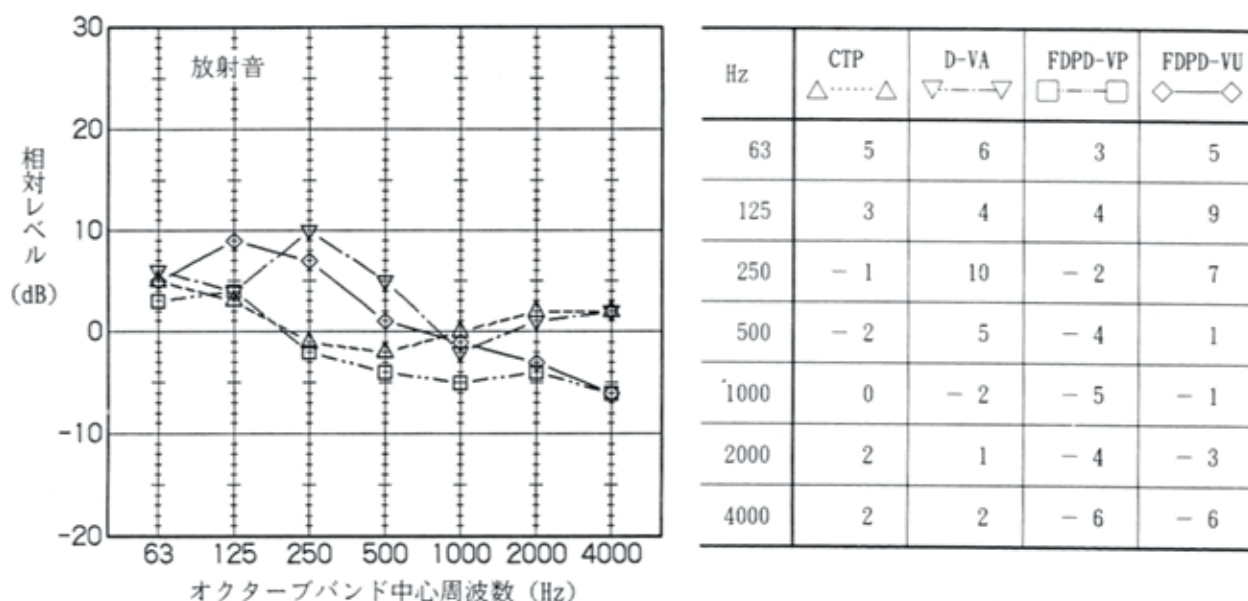
④高音域においては、FDPD-VP、FDPD-VUのレベルが最も小さく、他の試験体はほぼ同レベルにある。

2) CIPに対する放射音の各試験体との比較

今回の試験で得られた結果は、この試験を実施した実験室の建物系の特性を含むもので、試験体固有の特性値を表示するものではありません。

そこで、各試験体の特性を相対的に評価する方法として、試験体2～5の測定結果を試験体1のCIPとの相対レベルで表示しました。

CIPを基準とした時の各試験体管壁からの放射音の比較を（図－4）に示します。



（図－4）CIPを基準とした時の各試験体管壁からの放射音の比較

この結果により次のことがいえます。

- ①低音域においては、いずれの試験体ともCIPよりレベルが大きい。
- ②中音域においては、CTP、FDPD-VPはCIPよりレベルが小さく、逆にD-VA、FDPD-VUはレベルが大きくなる傾向にある。
- ③高音域においては、FDPD-VP、FDPD-VUがCIPよりレベルが小さく、D-VA、CTPはレベルが大きい。

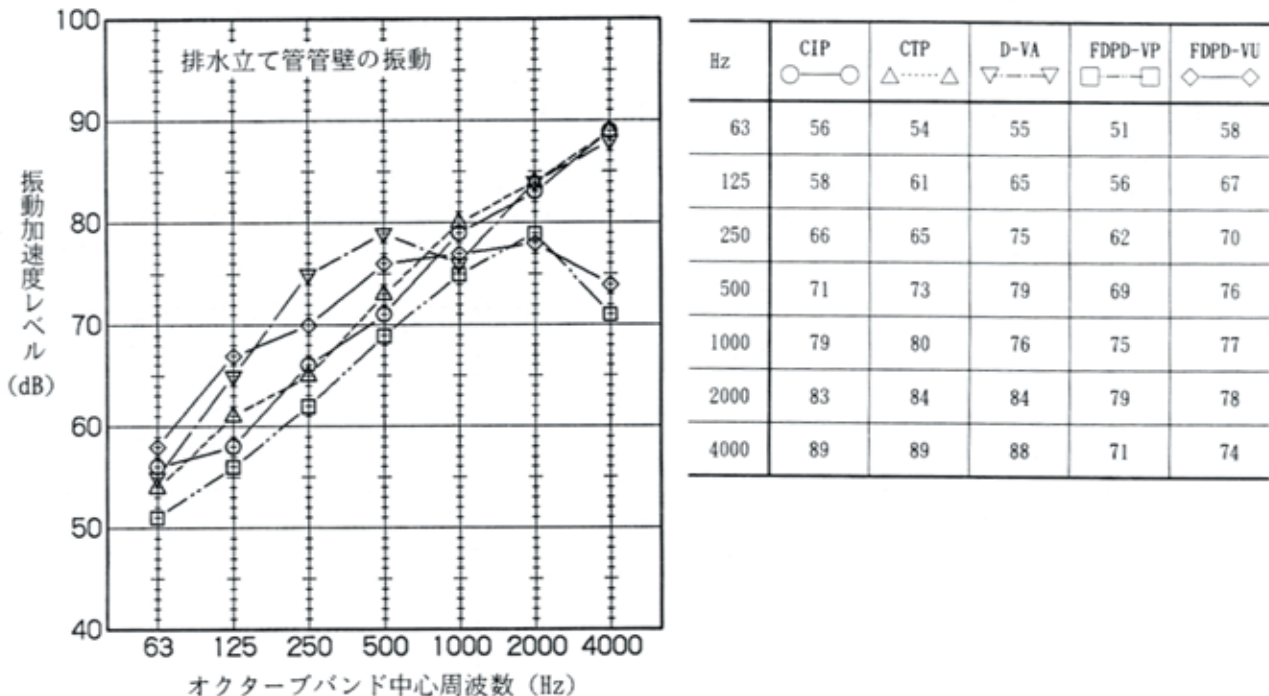
以上、放射音についてまとめると、

- ①FDPD-VPを試験体として用いたものが最も有効的であると判断される。
- ②FDPD-VUは低音域においては、他種管と比較して性能は劣る。

中音域においてはD-VAよりまさるがその他の管種よりは劣る。しかし、高音域では優れており、FDPD-VPと同程度の性能がある。

3) 管壁の発生振動

試験体 5 種類の管壁の発生振動の特性を（図－5）に示します。



（図－5）各試験体管壁の振動性状測定結果

この結果により次のことがいえます。

- ①試験体管壁の発生振動特性は試験体管壁からの放射音特性と対応が良く、ほぼ同じ傾向を示している。
- ②相対的にFDPD-VPの管壁の発生振動が小さい傾向にある。

（2）管壁の発生振動による固体伝搬音

1) 試験体からの固体伝搬音

試験体からの固体伝搬音は、次に示す式によって求められます。

$$\text{固体伝搬音} = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{LA}{10}} - 10^{\frac{LB}{10}} \right)$$

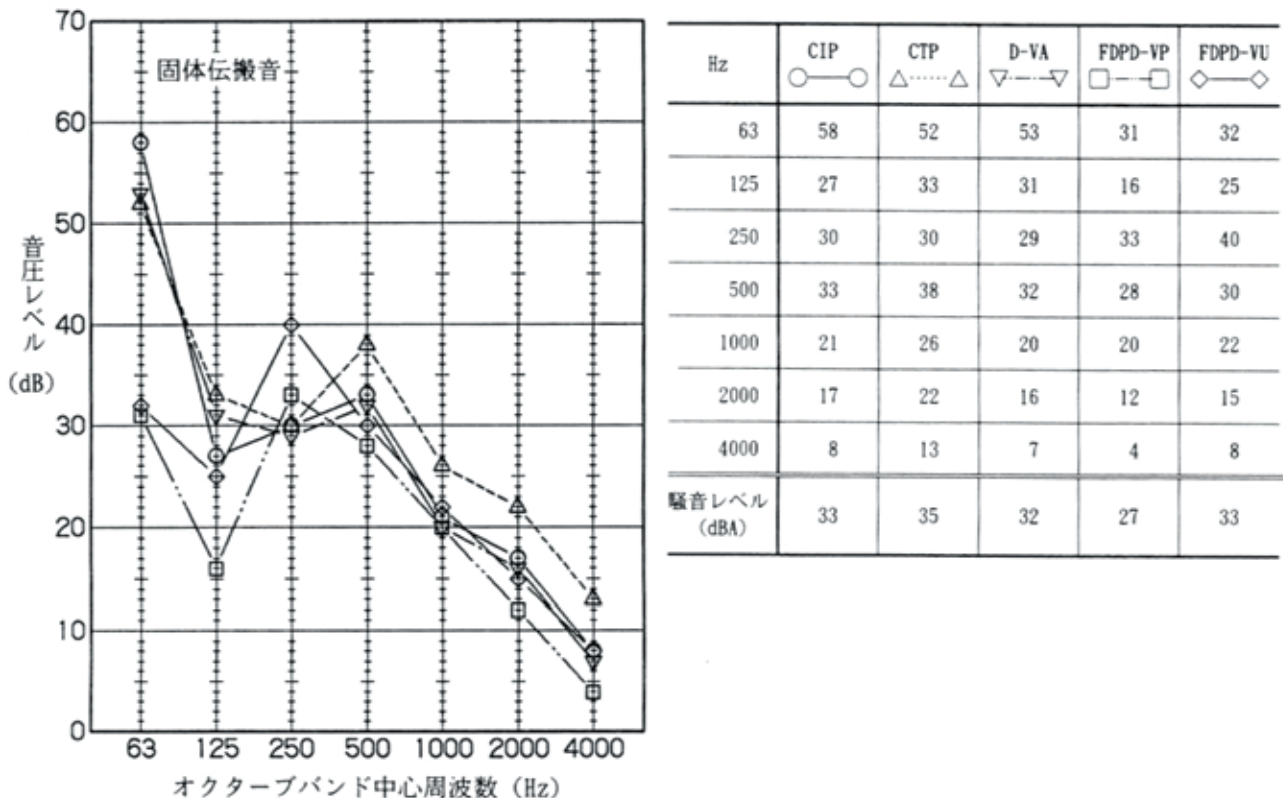
LA：試験体の躯体貫通部をモルタルで埋め戻した状態での残響室内発生音レベル

LB：試験体を躯体から切り離した状態での残響室内発生音レベル

これは、モルタル埋め戻し時の残響室内発生音レベルは、軀体からの固体伝搬音と、管壁放射音が壁を透過する空気伝搬音があわさったものであるため、後者の影響を除去する方法です。

すなわち、立て管の軀体貫通部をモルタルで埋め戻すことによって生じる固体伝搬音のみを抽出する方法です。

試験体 5 種類の管壁の発生振動による固体伝搬音の特性を（図－ 6）に示します。



（図－ 6）試験体からの固体伝搬音測定結果（軀体貫通部モルタル埋め戻し）

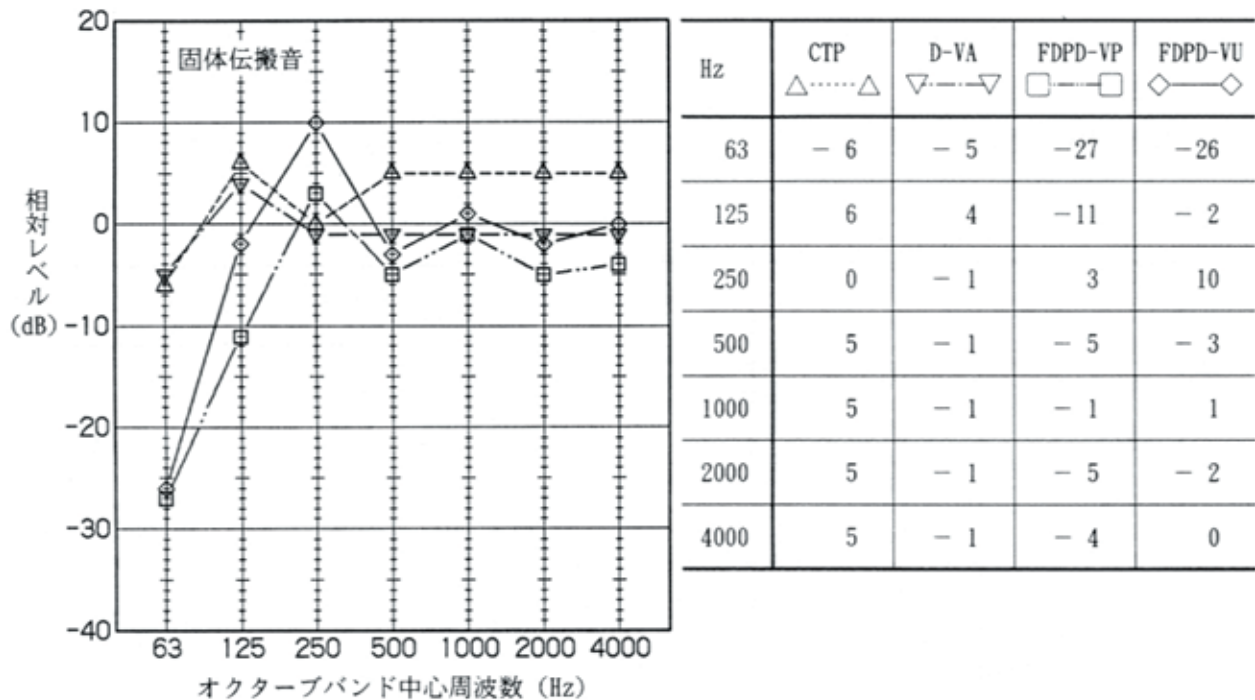
この結果により次のことがいえます。

- ①低音域においては、CIP、CTP、D-VAのレベルが特に大きく、FDPD-VP、FDPD-VUのレベルはともに小さくなる傾向にある。
- ②中音域においては、他管種よりCTPのレベルが大きくなる傾向にある。
- ③高音域においては、CTPのレベルが最も大きく他管種は、ほぼ同じレベルにあるが、FDPD-VPは其中最もレベルが小さい。

2) CIPに対する固体伝搬音の各試験体との比較

つぎに固体伝搬音についても放射音と同様に、試験体 2 ～ 5 の測定結果を試験体 1 のCIPとの相対レベルで表示しました。

CIPを基準とした時の各試験体からの固体伝搬音の比較を（図－7）に示します。



（図－7）CIPを基準とした時の試験体からの固体伝搬音の比較（軀体貫通部モルタル埋め戻し）

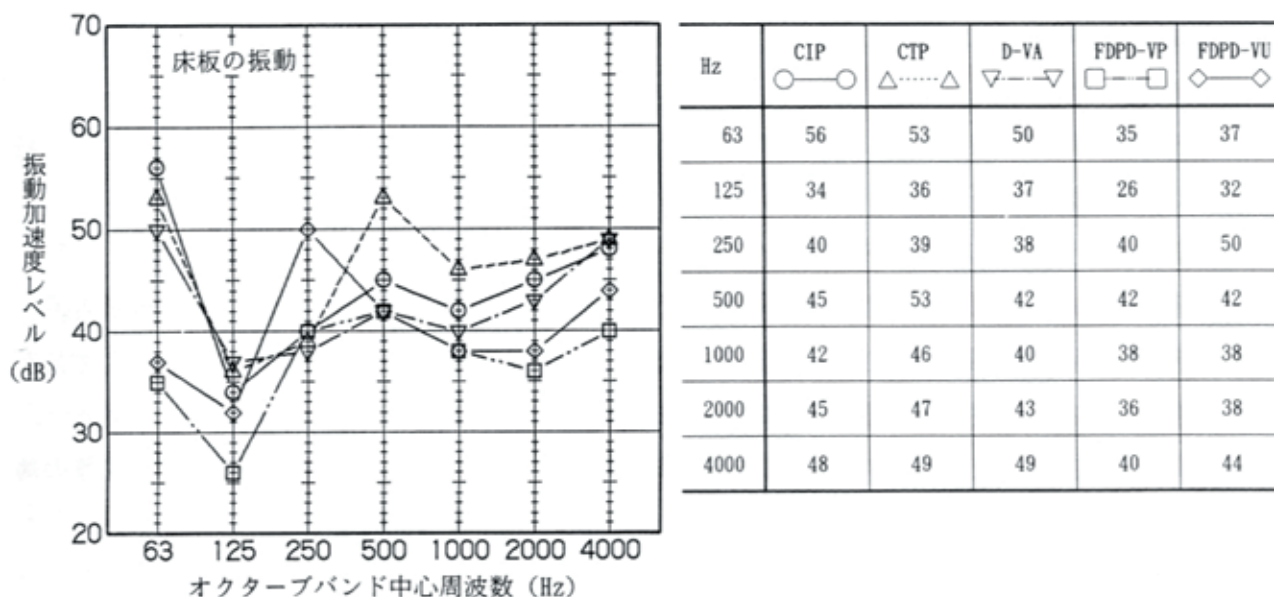
この結果により次のことがいえます。

- ①低音域においては、特にFDPD-VP、FDPD-VUがCIPよりもレベルが小さい。
- ②中音域においては、FDPD-VP、FDPD-VUの250Hz、CTPの500Hz、1000HzがCIPよりもレベルが大きい。
- ③高音域においては、CTPを除くいずれの試験体ともCIPよりもレベルが小さく、特にFDPD-VPのレベルが小さい。

以上をまとめると、固体伝搬音に対しては相対的にFDPD-VP、FDPD-VUを試験体として用いたものが最も有効的であると判断されます。

3) 床板の発生振動

試験体 5 種類の床板の発生振動の特性を（図－8）に示します。



（図－8）試験体振動の床板への振動伝搬量測定結果（軀体貫通部モルタル埋め戻し）

この結果により次のことがいえます。

- ①床板の発生振動特性は、試験体からの固体伝搬音の特性と対応がよく、ほぼ同じ傾向を示している。
- ②相対的にFDPD-VPの発生振動が小さい傾向にある。

§ 4. 試験結果のまとめ

試験体 5 種類の管壁からの放射音と立て管からの固体伝搬音に関する結果をまとめると下記のとおりの評価となります。

- ①試験体管壁からの放射音に対しては、FDPD-VPを排水管として用いたものが最も効果的である。
- ②FDPD-VUに関しては、FDPD-VPに次ぐ特性があるといえるが周波数特性からみると、特に低音域は劣るといえる。
- ③固体伝搬音に対しても、FDPD-VPを排水管として用いたものが最も効果的である。
- ④FDPD-VUに関しては、250Hzを除けば固体伝搬音に対しても効果的であると判断される。
- ⑤FDPD-VPがCIPと比較して、低音域で放射音に対するレベルが大きくなる要因としては、試験体の材質の違いによるものと考えられる。
- ⑥D-VA、FDPD-VUの中音域で放射音に対するレベルが大きくなる要因としては、肉厚の薄い塩ビ管(VU)を用いていることと関係している可能性がある。

以上の結果より、これまで概念的に排水音に対して遮音性能が良いとされてきたCIPよりも、FDPD-VPの性能の方が良いという結論が得られました。

第2章 遮音性能に関する検証試験

I. 排水管の遮音性能に関する検証試験

§ 1. 試験目的

第1章で詳細に報告しましたように、5種類の管種の排水管を用いた排水音に関する比較試験の結果では、これまで概念的に排水音に対して遮音性能が良いとされてきたCIPよりも、FDPD-VPが良い性能を示すことがわかりました。しかし、これまでCIPの性能の方が良いと解釈してこられたユーザー各位に納得のいくご説明をするためには第1章の試験結果だけでは不十分ではないかと考えますとともに、さらに理論的な裏付けをいたしますと、より説得力ある客観的なデータになるものと思われます。そこで、排水音の発生メカニズムにも着目し、なぜFDPD-VPの性能が良いのかを明らかにするための検証試験を計画しました。

排水管からの放射音は主として、

- ① 排水管内での発生音が管壁から透過してくる透過音
- ② 流水が排水管の管壁をたたくことによって発生する管壁振動による固体音

からなっています。

しかし、一般的には排水音＝「透過音」と解釈されておりまして、「管壁振動による固体音」については、良く理解されていない状況であると思われます。

仮に、排水騒音において、「透過音」の寄与度が大きければ、CIPのような透過損失値の大きい（透過音に対する遮音性能の良い）材質からなる排水管が放射音に対しては有効的であることになりませんが、CIPより透過損失値の小さい（透過音に対する遮音性能の劣る）FDPD-VPの性能が良いという第1章の試験結果と矛盾してしまいます。

一方、「固体音（管壁振動による放射音）」の寄与度が大きければ、FDPD-VPのような管壁振動の減衰が大きい材質からなる排水管が放射音に対しては有効的であることがいえることになり、管壁振動の減衰が小さい材質からなるCIPより性能が良いことになり、第1章の試験結果と一致することになります。

以上のことをふまえて、この検証実験で、次に示す項目の仮説を実証することにより、排水音に対しては、CIPよりFDPD-VPの性能が良いということを検証できるものと考えます。

<仮説>

- ①排水音は「透過音」だけでなく「管壁振動による固体音」も寄与している。

②排水音は「透過音」より「管壁振動による固体音」の寄与度が高い。

なお「固体音」と「固体伝搬音」については次のように使い分けております。

両者とも排水音の管壁振動により発生する騒音であることには違いはないのですが、「固体伝搬音」は排水音の管壁振動が躯体貫通部の埋め戻しを通じて壁や床板などの振動になり、そこから放射される騒音であるとして第1章で扱い、「固体音」は排水音の管壁振動により直接室内に放射される騒音であるとして第2章で扱っています。

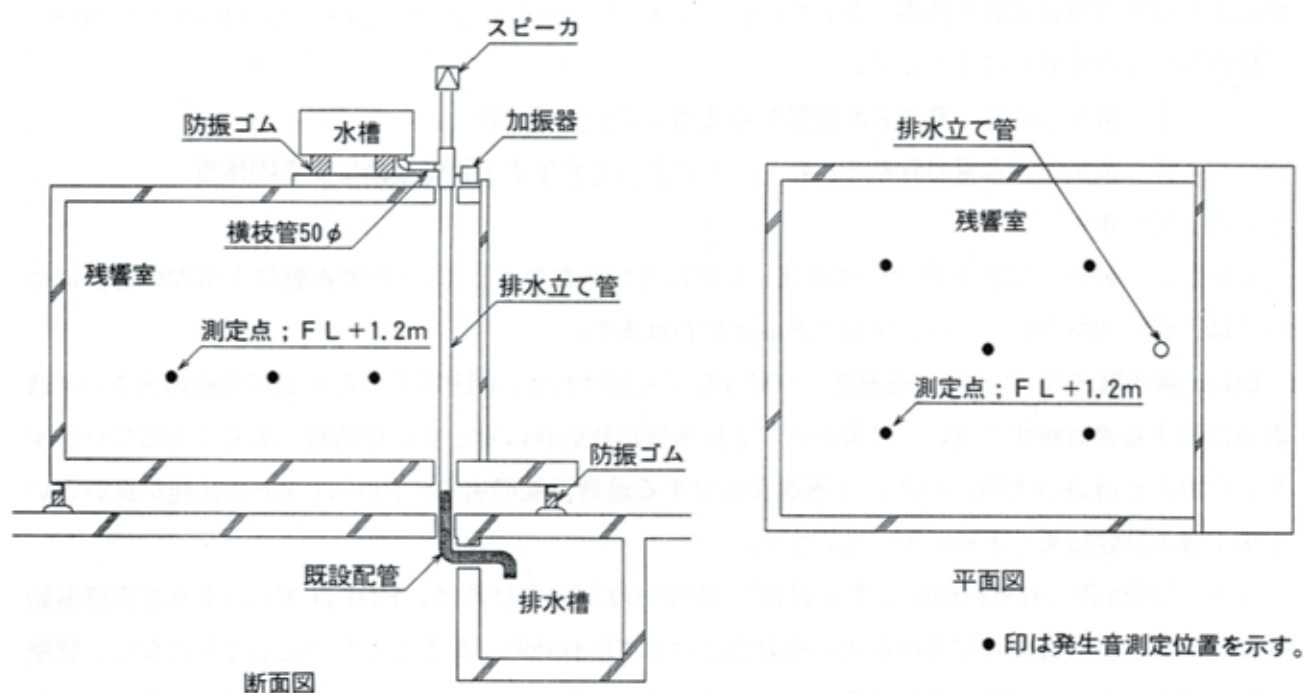
§ 2. 試験方法

(1) 試験の方法

1) 試験体管壁からの透過音

排水管内での発生音が管壁から透過してくる透過音の寄与度を検討するため、バスタブ排水時(52ℓ/min)の排水管内での発生音レベルと周波数特性を測定します。

次に、バスタブ排水時の排水管内での発生音と同一レベル、同一周波数特性の再生音を(図-9)に示すようにスピーカを用いて排水管内に放射させ、その時の残響室内での発生音を測定します。



(図-9) 透過音および管壁振動による固体音測定位置略図

この測定結果から、残響室内での発生音レベルがバスタブ排水時と同一レベルであれば、排水管からの放射音は、管壁から透過してくる透過音のみが寄与していることになります。また、バスタブ排水時のレベルより小さい場合は、排水管からの放射音には、ほかの要因で発生する音(管壁振動による固体音)が存在することになります。

2) 試験体の管壁振動による固体音

試験体の管壁振動による固体音の寄与度を検討するため、バスタブ排水時の排水管路管壁での発生振動レベルと周波数特性を測定します。

次に、バスタブ排水時の管壁振動と同一レベル、同一周波数特性になるように、(図-9)に示すように小型加振器を用いて排水管路を定常加振します。

この測定結果から、残響室内での発生音レベルがバスタブ排水時と同一レベルであれば、排水管路からの放射音は、管壁振動による固体音のみが寄与していることになります。また、バスタブ排水時のレベルより小さい場合は、排水管路からの放射音には、透過音も寄与していることになります。

(2) 試験体の種類

この試験で使用した排水管路の種類は、(表-3)に示すとおりです。

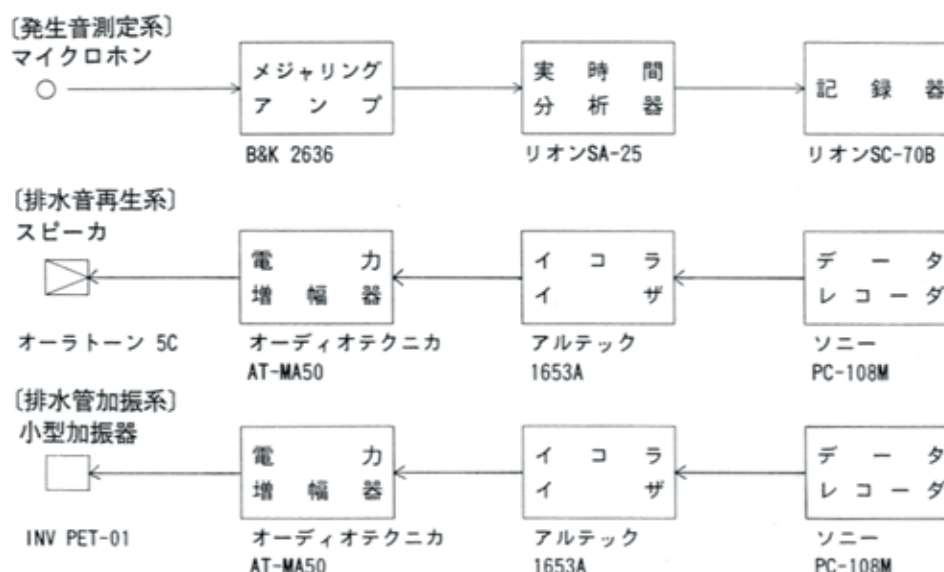
(表-3) 試験体(立て管)の種類

試験体番号	種類(略号)	呼び径(mm)
1	排水用鋳鉄管(CIP)	100
2	排水用硬質塩化ビニルライニング鋼管(D-VA)	
3	排水・通気用耐火二層管(塩ビ内管VP仕様)(FDPD-VP)	

注：横枝管は、呼び径50mmを使用。

(3) 各測定系の構成図と使用測定器

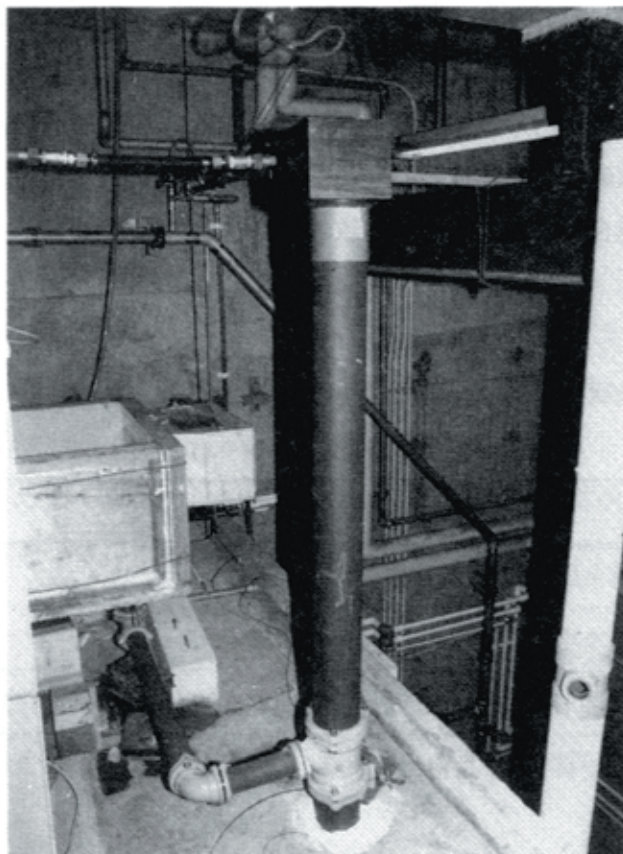
各測定系の構成図と使用測定器を(図-10)に示します。



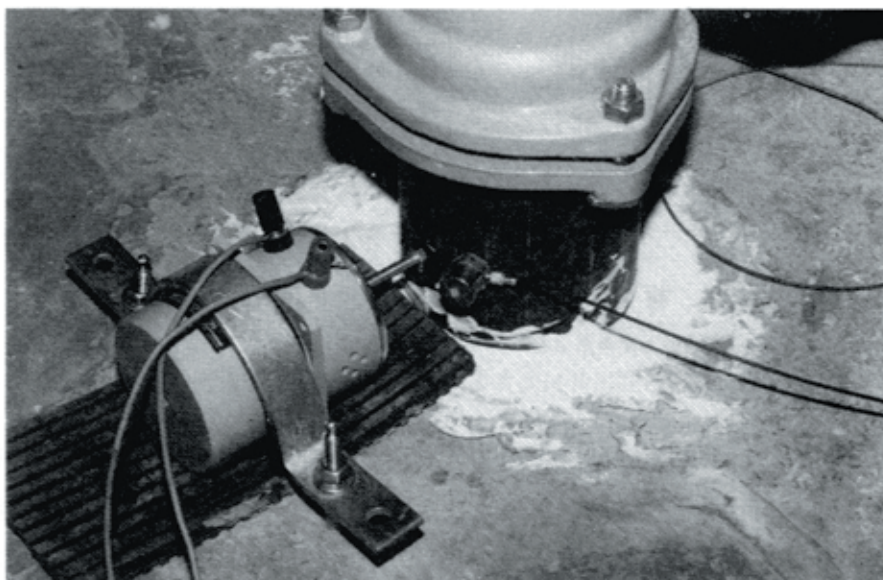
(図-10) 透過音および管壁振動による固体音測定系の構成図と使用測定器

（４）測定状況

スピーカを用いたバスタブ排水時の再生試験の状況を（写真－１３）に示します。また、小型加振器を用いた排水管の加振試験の状況を（写真－１４）に示します。



（写真－１３）スピーカによるバスタブ排水音再生状況

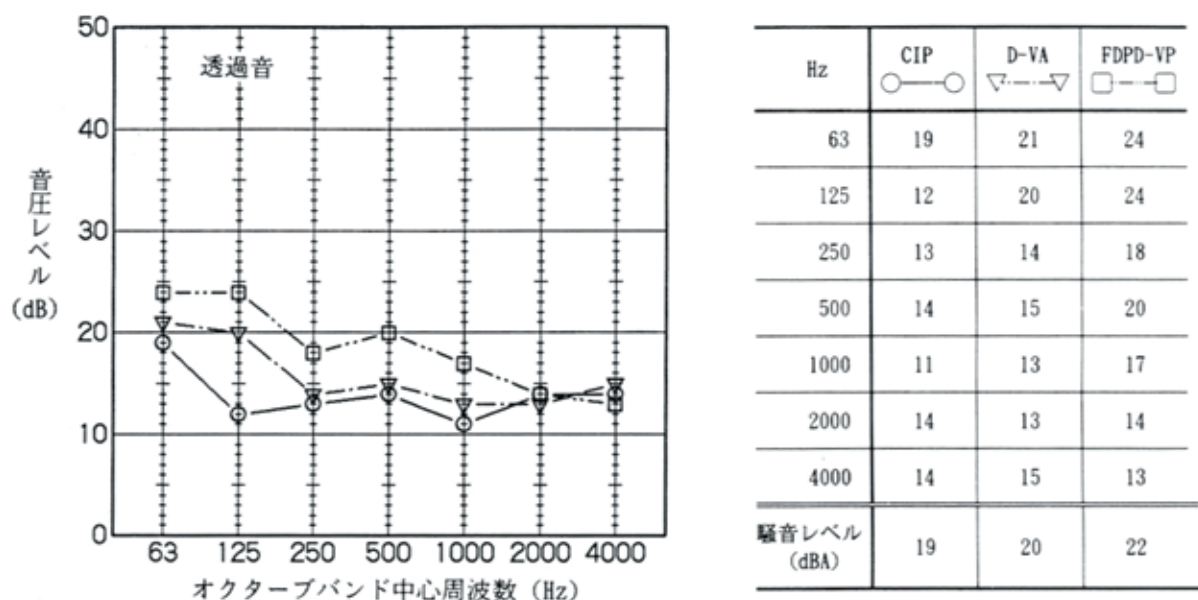


（写真－１４）小型加振器による排水管加振状況

§ 3. 試験結果

(1) 試験体管壁からの透過音

バスタブ排水時の排水管内の発生音と同一レベル、同一周波数特性の再生音を、スピーカを用いて排水管内に放射させた時の、残響室内での発生音の周波数特性を（図－11）に示します。



（図－11）試験体管壁からの透過音測定結果（スピーカによるバスタブ排水音再生時）

この結果により次のことがいえます。

- ①この試験で求めた値がそのままバスタブ排水時の透過音を示しており、騒音レベルで比較すると（表－4）の順となる。

（表－4）透過音の騒音レベル

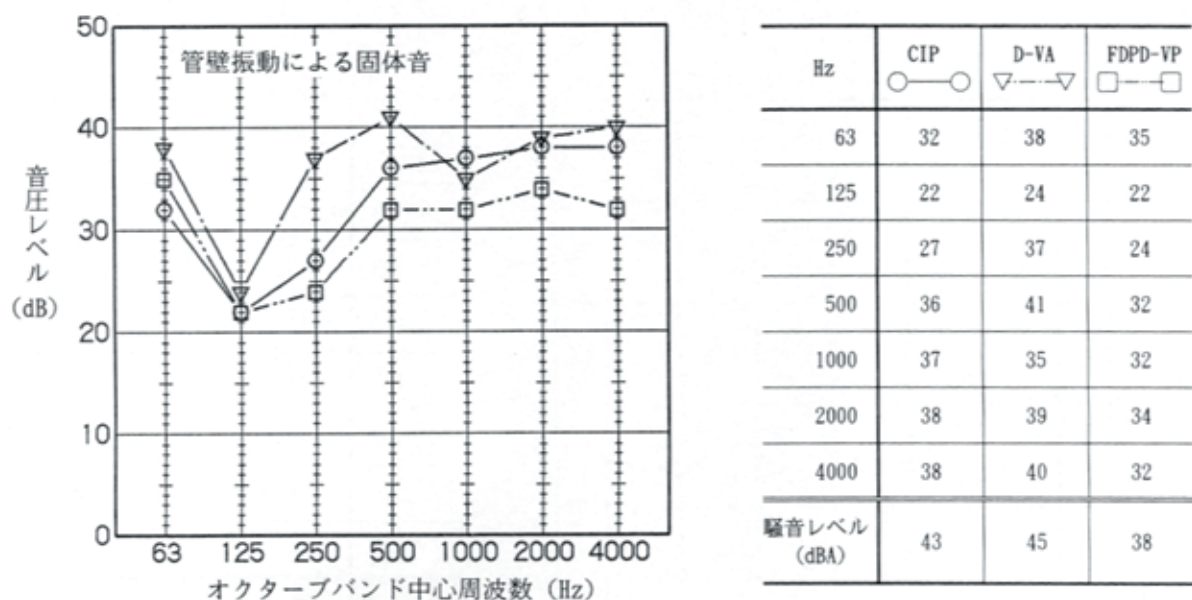
試験体略号	CIP	D-VA	FDPD-VP
騒音レベル (dBA)	19	20	22

- ②各周波数とも透過音はC I Pが最も小さく、D-VA、FDPD-VPの順に大きくなる傾向にある。

- ③バスタブ排水時の透過音は、（図－3）に示すバスタブ排水時の排水管からの放射音と比較して、おおむね20dB以上小さく、排水音は「透過音」だけで構成されていないことがわかる。

(2) 試験体の管壁振動による固体音

バスタブ排水時の管壁振動と同一レベル、同一周波数特性になるように小型加振器を用いて排水管を定常加振した時の、残響室内での発生音の周波数特性を（図－12）に示します。



（図－12）試験体の管壁振動による固体音測定結果（小型加振器による管壁振動再生時）

この結果により次のことがいえます。

- ①この実験で求めた値がそのままバスタブ排水時の管壁振動による固体音を示しており、騒音レベルで比較すると（表－5）の順となる。

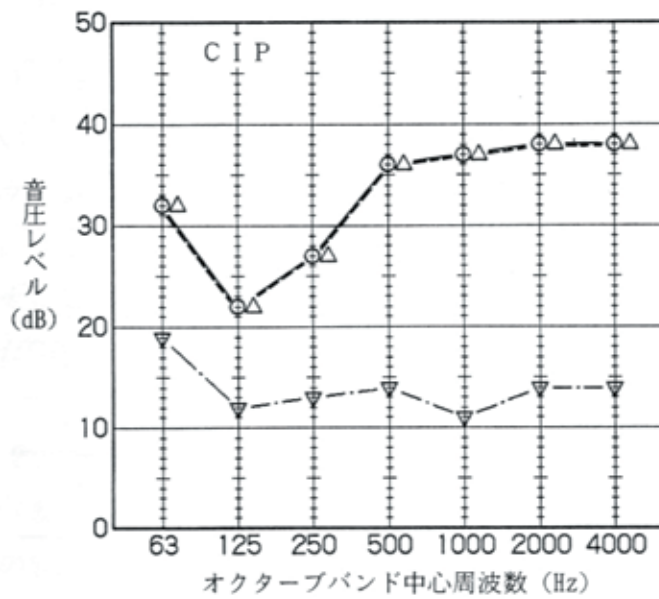
（表－5）管壁振動による固体音

試験体略号	FDPD-VP	CIP	D-VA
騒音レベル (dBA)	38	43	45

- ②管壁振動による固体音は、ほぼバスタブ排水時の排水管からの放射音と同一レベルになっており、排水音は、主として「管壁振動による固体音」で構成されていることがわかる。

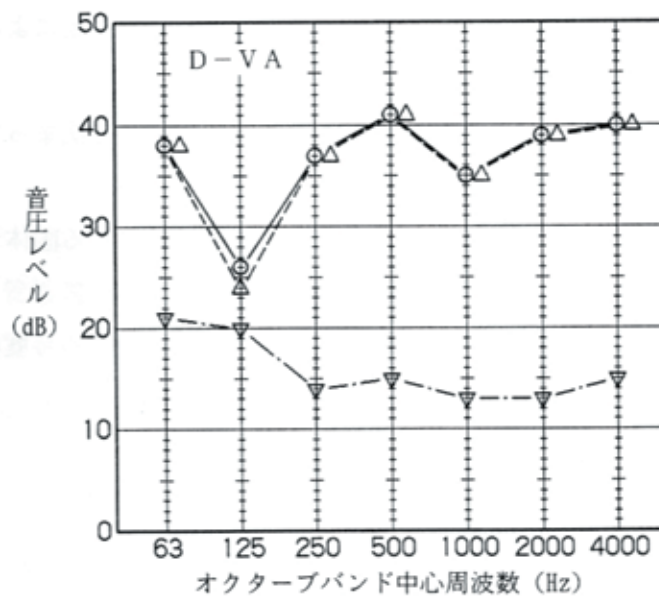
(3) 透過音と管壁振動による固体音の寄与度

バスタブ排水時の排水管からの放射音、スピーカを用いた排水管管壁からの透過音、小型加振器を用いた管壁振動による固体音の周波数特性を比較したものを管種別に（図－13～15）に示します。



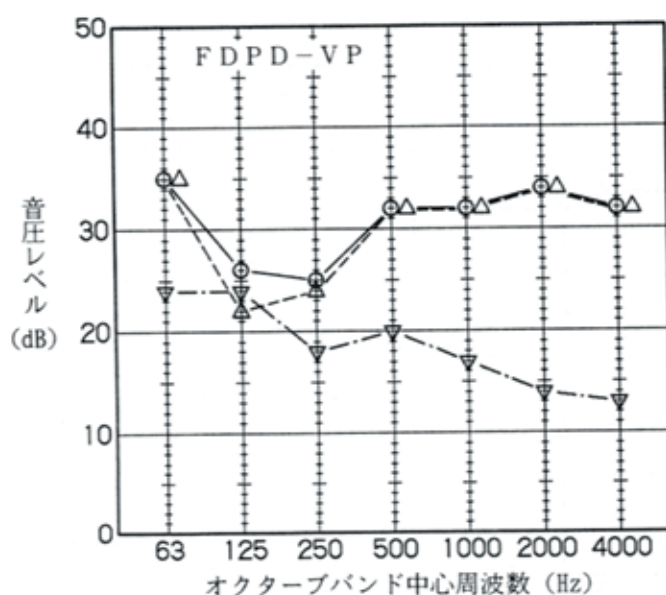
Hz	固体音+透過音 ○——○	固体音 △……△	透過音 ▽---▽
63	32	32	19
125	22	22	12
250	27	27	13
500	36	36	14
1000	37	37	11
2000	38	38	14
4000	38	38	14
騒音レベル (dBA)	43	43	19

(図-13) 透過音と管壁振動による固体音の寄与度 (CIP)



Hz	固体音+透過音 ○——○	固体音 △……△	透過音 ▽---▽
63	38	38	21
125	26	24	20
250	37	37	14
500	41	41	15
1000	35	35	13
2000	39	39	13
4000	40	40	15
騒音レベル (dBA)	45	45	20

(図-14) 透過音と管壁振動による固体音の寄与度 (D-VA)



Hz	固体音+透過音 ○——○	固体音 △……△	透過音 ▽……▽
63	35	35	24
125	26	22	24
250	25	24	18
500	32	32	20
1000	32	32	17
2000	34	34	14
4000	32	32	13
騒音レベル (dBA)	38	38	22

(図-15) 透過音と管壁振動による固体音の寄与度 (FDPD-VP)

この結果により次のことがいえます。

- ①CIPにおいては、バスタブ排水音は、全周波数とも透過音の影響はみられず管壁振動による固体音で決まっている。
- ②D-VAにおいては、125Hzを除くと、バスタブ排水音は、管壁振動による固体音で決まっている。
- ③FDPD-VPにおいては、125Hz、250Hzを除くと、バスタブ排水音は管壁振動による固体音で決まっている。
- ④これらの結果からして、一部の周波数を除くと、バスタブ排水音に対する透過音の寄与度は小さく、管壁振動による固体音の寄与度が圧倒的に大きいといえる。

Ⅱ．防露用被覆材を施工したCIP、D-VAとFDPDとの比較試験

§ 1．試験目的

CIP、D-VAは、裸管の状態で使用されることは少なく、従来から管壁の防露、保温に用いられるグラスウール保温筒（厚さ25mm、密度48kg/m³）をかぶせ、金網を巻いた施工状態で使用されています。

そこで、現場で通常施工されている状態での排水管としての性能比較をするには、管被覆材を施工したCIP、D-VAとFDPDについて、排水管からの放射音を測定することが必要であります。

§ 2．試験方法

（表－6）で示す3種類の試験体を残響室内に順次施工し、バスタブ排水時（52ℓ/min）の残響室内の放射音を測定しました。

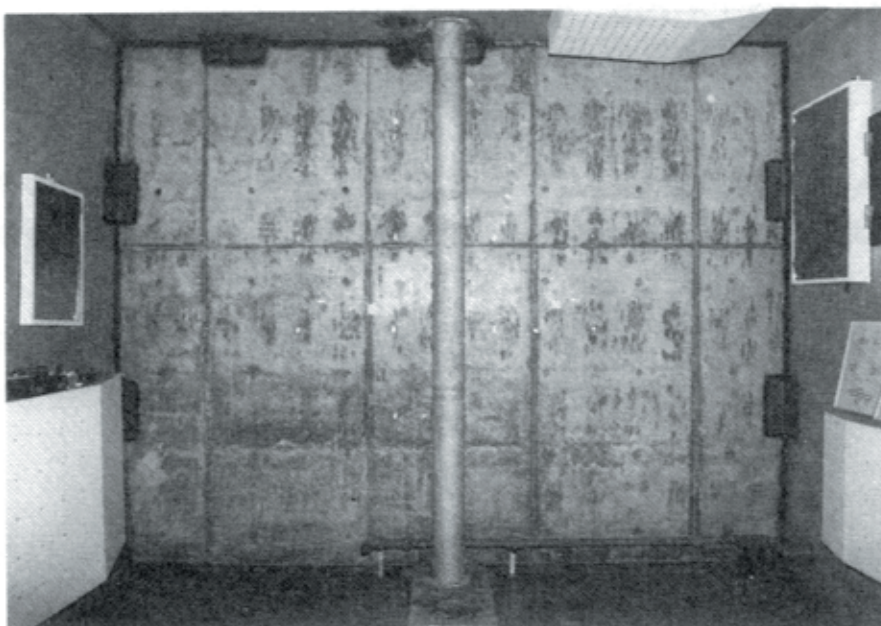
（表－6）試験体（立て管）の種類

試験体番号	種 類 （略 号）	呼び径(mm)
1	CIP +25mmグラスウール保温筒	100
2	D-VA +25mmグラスウール保温筒	
3	排水・通気用耐火二層管（塩ビ内管VP仕様）(FDPD-VP)	

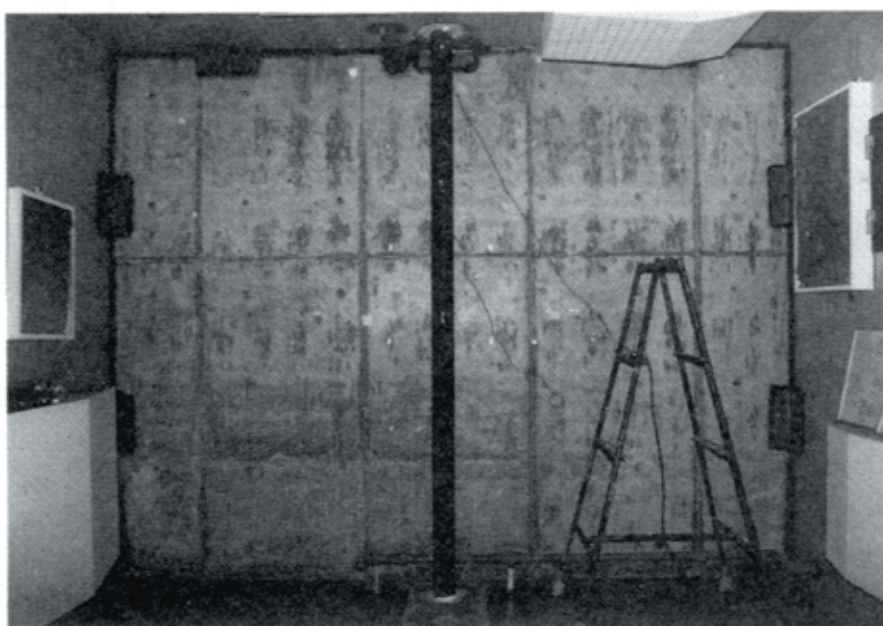
注1：横枝管は、呼び径50mmを使用。

注2：グラスウールは、密度48kg/m³を使用。

管被覆材を施工した試験体の設置状況を（写真－15）に、裸管の状態の試験体の設置状況を（写真－16）に示します。



(写真-15) 放射音測定用排水管設置状況(GW保温筒巻)

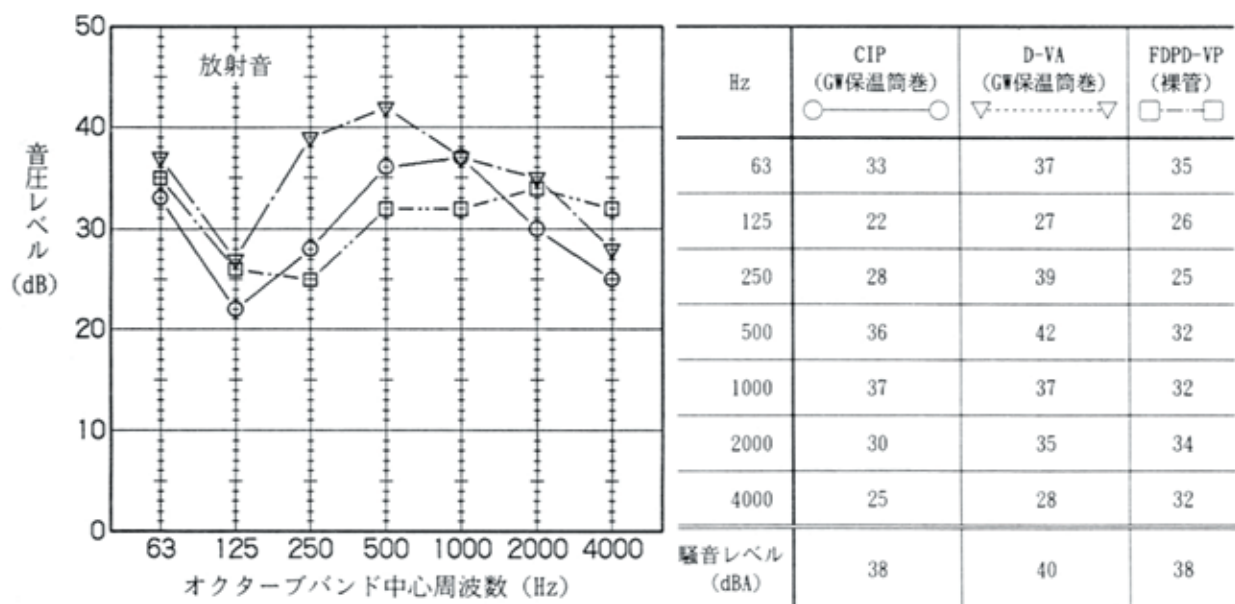


(写真-16) 放射音測定用排水管設置状況(裸管)

§ 3. 試験結果

(1) 管被覆材を施工した時のCIP、D-VAとFDPDとの比較

管被覆材を施工したCIP、D-VAの排水管からの放射音の音圧レベルと周波数特性を、FDPD-VPの結果と併せて（図－16）に示します。



（図－16）試験体管壁からの放射音測定結果（バスタブ排水時）

この結果により次のことがいえます。

①各排水管からの放射音を騒音レベルで比較すると（表－7）の順になる。

（表－7）放射音の騒音レベル

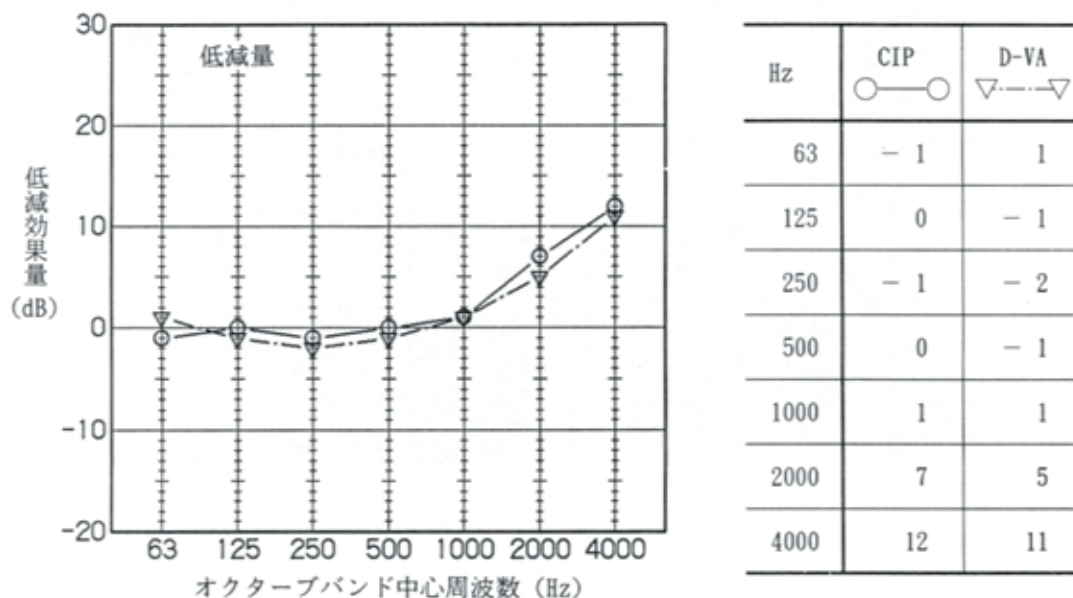
試験体略号	FDPD-VP	CIP	D-VA
騒音レベル (dBA)	38	38	40

②管被覆材を施工したCIPとFDPD-VPとでは、騒音レベルでは同じ38dBAであるが、中音域ではFDPD-VPの方がレベルが小さくなる傾向になる。

③管被覆材を施工したD-VAとFDPD-VPとでは、4000Hzを除く全ての音域でFDPD-VPの方がレベルが小さい。

(2) 管被覆材の遮音性能

管被覆材を施工したCIP、D-VAの排水管からの放射音レベルを裸管のレベルを基準にして、放射音の低減効果として表わしたものを(図-17)に示します。



(図-17) 管被覆材による放射音の低減効果測定結果

この結果により次のことがいえます。

- ①CIP、D-VAとも低、中音域では低減効果がみられず、2000Hzで7 dB、4000Hzで12dB程度の低減効果がみられる。
- ②管被覆材を施工することにより、両者とも騒音レベルで5 dB低減される。

Ⅲ. まとめ

この検証試験により、排水管からの放射音は「透過音」より「管壁振動による固体音」の寄与度が大きく、管壁振動の減衰が大きい材質からなるFDPD-VPが排水音に対しては有効的であることを明らかにすることができました。

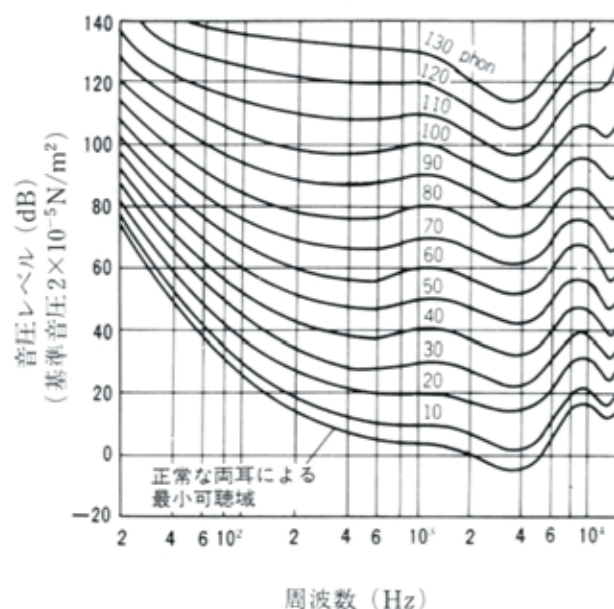
これまでCIPが排水音に対して性能が良いといわれてきたのは、排水管からの放射音が、「透過音」からなり立っているので、透過損失の大きい(透過音に対する遮音性能の良い)CIPが優位であるという考えであります。しかし、この試験結果から、従来のこの様な考えは誤っているということが実証されました。

また、通常仕様とされるグラスウール保温筒巻きのCIP、D-VAとFDPD-VPとを比較すると、FDPD-VPは保温筒巻きのCIPと同等の性能を持っており、D-VAより性能が良いという結果が得られました。

第3章 音に関する基礎知識と給排水騒音

§ 1. 音の世界

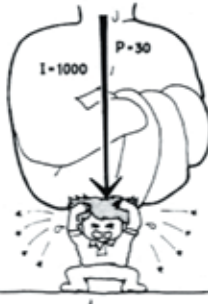
音には、高い音と低い音（周波数の高低）、大きい音と小さい音、長い音と短い音、極端に短い衝撃音（時間的特性）、球面波と平面波、進行波と定在波（空間的特性）などの別があり、さらに、音色や情報性まで考慮すると、その世界は多角的に拡大していく。人間が聞きうる音の世界は、（図-18）に示すように周波数で20～20000Hz、音圧で0.00001（大気圧の100億分の1）～100Pa（パスカル）がおおよそその範囲である。



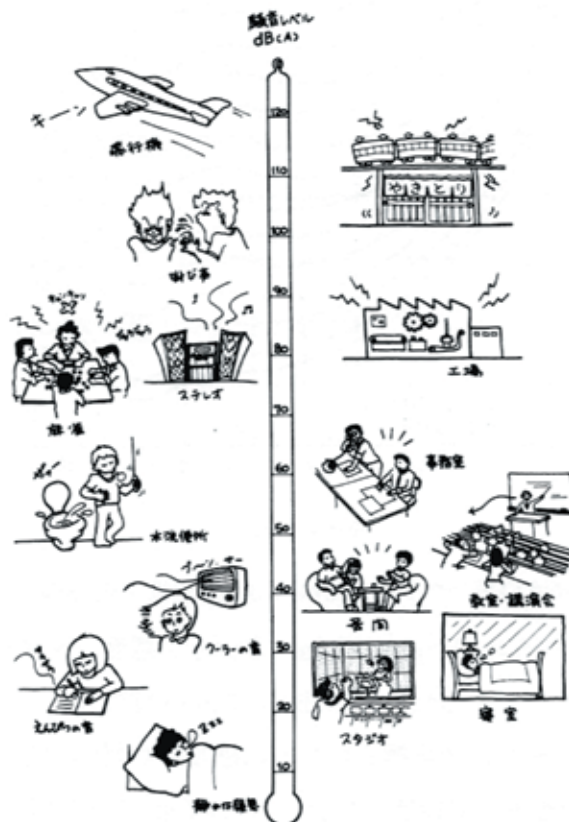
（図-18）純音の等ラウドネス曲線（ISO）（建築文化1985年版より引用）

聴覚は、最新のマイクロホンとコンピュータも遠く及ばない感度、ダイナミックレンジ、分析能力を持っている。広いレンジをカバーするため、物理量の比を感覚の差として捉えるようになっており、（図-19）に示すように物理量を対数変換したものに感覚量が対応するかたちになっている。このような背景から、物理量の対数をとって10倍した値（ $L = 10 \log_{10} X$ ）を用いる音圧レベルからパワーレベルなどのデシベル尺度がよく使われる。騒音レベルdBAは、いろいろな音を聴感に合わせて周波数別に重み付け（A特性）をして、デシベルで表示した尺度であり騒音のうるささとよい対応をしている。（図-20）に騒音レベルとその例を示す。

また、音には逆2乗則が成立するので、1mの距離で70dBAの声は、10m、100m離れると50dBA、30dBAとなる。

音圧 $P \downarrow$	1	3 倍	10 倍	30 倍
音エネルギー ($I \propto P^2$)	1	10 倍	100 倍	1,000 倍
				
感じ方の 大きさ	1倍	2倍	4倍	8倍

(図-19) 音圧および音の強さ、大きさの感覚 (建築文化1985年版より引用)



(図-20) 騒音レベルとその例 (建築文化1985年版より引用)

聴覚には、一種の積分作用があり、大略0.1秒間程度の時間内のエネルギー総量で音の大きさを感じている。したがって、それ以下の時間長の短い音に対する時間的弁別能力はないが、音色の変化として捉えることはできる。

室内の音の時間的特性、その減衰過程に対する感覚量として残響感がある。物理的には、残響時間（60dB減衰時間）が用いられる。残響時間が短いと歯切れがよいがやせた感じの音になり、長いと明瞭度は悪いが豊かな感じの音が得られ、音の種類と室容積によって適度の値が存在する。（図－21）に残響時間とその例を示す。

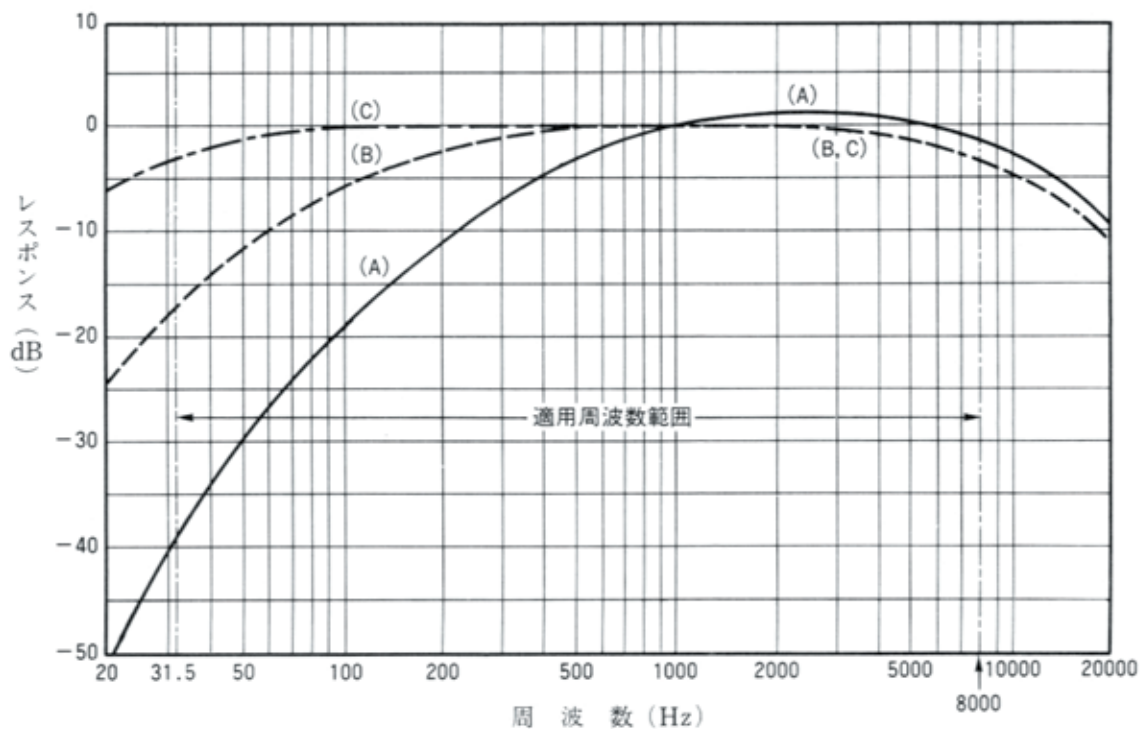


（図－21）残響時間とその例（建築文化1985年版より引用）

次に音の測定計器には、騒音に対する平均的な感覚を近似に示しうる計器として考案された普通騒音計がある。普通騒音計には聴感補正回路と呼ばれるA、B、Cの3つの回路感度特性がある。A特性は、等感度曲線の40ホンの曲線に感度が近似されるように作られ、B特性は85ホンの曲線に、C特性は85ホン以上の平坦な曲線に近似するように作られている。（図－22）に聴感補正回路特性を示す。

周波数分析器（フィルタ）とは、騒音の周波数特性（周波数ごとの強さの含まれかた）を測定するための計器であり、一般にはオクターブ分析器または1/3オクターブ分析器が用いられる。

なお、参考としてdB和の計算のしかたをのべると、直接計算するのはたいへんむずかしいので、（表－8）に示したdBの和の計算表によるのが一般的である。加えるdB値に10dB以上の差があるときは、大きい方のdB値を和のdB値としてよい。



(図-22) 聴感補正回路特性

(表-8) dBの和の計算表

2つの音圧 レベルの差	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
大きい方に 加える値	3.0	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4

§ 2. 音の制御方法

建物における騒音対策として遮音・吸音・防振など種々の対策が講じられるが、その原理や効果を正しく理解し、適切な設計・施工を行うことが重要である。

建物の騒音を制御するには、

- ①音の透過を防ぐ遮音
- ②音のエネルギーの一部を吸収する吸音
- ③振動の伝搬を防ぐ防振や振動エネルギーを吸収する制振

などがあり、これらがうまく組み合わせられてはじめて効果的な対策になる。

(1) 遮音

板に音波があたると、その音波の圧力変化によって板は押されたり引っぱられたりしてその重さに応じて振動する。その振動はごくわずかであるが、板の反対側の表面に接している空気分子に伝わって音となり、見かけ上、音が板を透過したことになる。このような音の透過の程度は、「音の周波数」と「板の重さ」によって決まる。すなわち、板が重いほど振動しにくくなり、音の透過が小さく（遮音が大きく）なる。周波数が高いほど、板は振動しにくく、遮音は大きくなる。

材料の遮音性能を表示するのに、入射した音のエネルギーに対する透過したエネルギーの割合を示す音響透過率 τ が用いられる。しかし、この透過率は広い範囲の数値となり、不便なため、この透過率の逆数をデシベルで表わした値、

$$TL=10 \log_{10}(1/\tau) \quad (\text{dB})$$

を用いる。このTLを音響透過損失といい、これが大きいほど遮音が大きいことを意味する。

(2) 吸音

音波は“柔らかい”板にあたるとエネルギーの一部は吸収され、その分だけ反射音は小さくなる。この見かけ上吸収されたエネルギーには、背面に透過するエネルギーも含まれるが、大部分は熱エネルギーに変換される。入射音エネルギーに対して見かけ上吸収されたエネルギーの割合を吸音率という。

(3) 振動の防止

1) 防振

振動する機械などを建物の床に直接置くと、その振動が構造体に伝わり、建物内部に振動・騒音などの問題を引き起こす。この場合、防振対策として、機械類とベースの間にばねの効果を持つものを挿入する方法がとられる。これには各種形状のゴムや金属ばねなどがよく使用される。

2) 制振

防振を行う場合に、ダンパーあるいは制振器と呼ばれる振動に対する抵抗要素をばねと並列に入れることにより、この部分で振動エネルギーを消費させることができる。

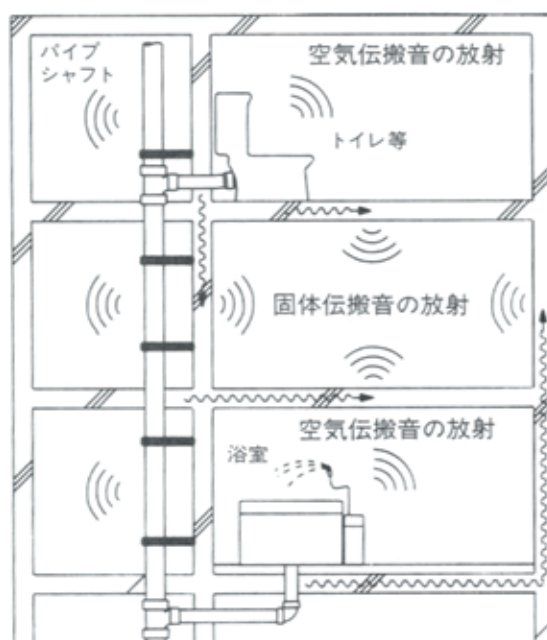
§ 3. 給排水騒音

給排水騒音としての騒音源で設備設計あるいは騒音防止設計の対象にされる給排水管路系の騒音には次のものがある。

- ①給水器具（給水栓など）の使用に伴う水の流れによって、給水器具（接続されている管などを含む）内部で発生した騒音が器具表面から室内に直接放射される騒音（空気伝搬音）

- ②給水器具で発生した騒音が給水管路に伝搬し、管路系から建物躯体を経て、壁・床などの室内表面から室内に放射される騒音（固体伝搬音）
- ③給水器具から吐水時の水の流れによって浴槽、洗面器および水面などが衝撃され室内に直接放射される騒音（空気伝搬音）
- ④給水器具から吐水時の水の流れによる衝撃によって浴槽などで発生した騒音が建物躯体床に伝搬し、主として下階室の天井面から室内に放射される騒音（固体伝搬音）
- ⑤浴槽排水・便器洗浄時の排水の流れによって、器具、排水管壁などから室内に直接放射される騒音（空気伝搬音）
- ⑥器具、排水管路で発生した騒音が建物躯体を経て壁・床などの室内表面から室内に放射される騒音（固体伝搬音）

これを図示すると、（図－２３）のようになる。



（図－２３）設備機器発生音の発生機構概念図

排水管路系の騒音の低減方法は、その発生機構が多岐にわたるため、いくつかの対策の組合せにより実施される。

基本的には、距離による減衰、遮音、吸音、振動の防止の総合的な組合せが重要である。

例えば、

- ①居室とパイプシャフト等の位置関係
- ②配管の支持方法
- ③管・継手の種類

などを工夫している。



株式会社エーアンドエー マテリアル

TEL. 045-503-5771 FAX. 045-503-5774

浅野耐火パイプ



SHOWA
DENKO

昭和電工建材株式会社

TEL. 045-444-1693 FAX. 045-444-1699

ケイプラ[®]パイプ



フネンアクロス株式会社

TEL. 03-5911-4080 FAX. 03-5911-4081

フネンパイプ[®]



財団法人日本消防設備安全センター 評定表示

FDP

耐火二層管協会

<http://www.fdpa.jp/>

〔略称:FDPA〕

Fire resistive Dual Pipes Association

〒221-0024 横浜市神奈川区恵比須町2-1 昭和電工建材株式会社内

TEL. 045-461-5772 FAX. 045-444-1698

ご不明な点がございましたら、弊協会までお問い合わせ下さい。
本技術資料の内容については、変更することがありますのでご了承下さい。