

集合住宅における排水縦管からの排水騒音に関する研究

小幡 直人* 川延 直樹**
岡村 啓志** 加茂 剛***

要 旨

集合住宅における生活排水による騒音には、『排水流水音が配管を伝って空気伝播して聞こえる空気伝播音』と、『床貫通部において排水流水音が床面を伝って固体伝播して聞こえる固体伝播音』の2つがあることがわかっているが、実際の建物での数値的な把握は充分で無いのが実状である。

今回、この2つの要素それぞれに着目し、実験施設および竣工直前の実建物にて、影響を及ぼすと考えられる管の仕様や排水流量など、想定される種々の条件下での騒音比較実験を行った。

実験の結果、昨今の集合住宅における生活排水騒音の主要因は、空気伝播によるものであることがわかった。また、①集合管継ぎ手の床スラブ貫通部分の埋め戻し措置と、②空気伝播音の遮音措置について、最適な設計・施工指針を策定するためのデータを得ることが出来た。

1. はじめに

近年、集合住宅では居住性能の向上に加え、静寂性に対する要求が高まっている。その一方で、入居者の生活スタイルの多様化により深夜帯に於ける生活排水による騒音など、苦情やトラブルに繋がる要因が増えており、従来以上に遮音に対する配慮が必要となっている。

集合住宅における生活排水による騒音には、『排水流水音が配管を伝って空気伝播して聞こえる空気伝播音』と、『床貫通部において排水流水音が床面を伝って固体伝播して聞こえる固体伝播音』の2つがあることがわかっているが、実際の建物での数値的な把握は充分ではない。

今回、この2つの要素それぞれについて着目し、実験施設において実大実験を実施し、影響を及ぼすと考えられる管の仕様や排水流量など集合住宅において想定される種々の条件下での騒音比較実験を行った。また、同様の実験を竣工直前の実建物でも実施し、排水管貫通部分からの騒音・振動の影響について設計・施工指針を策定するためのデータを得た。

2. 実験概要

2.1 空気伝播音に関する実験方法

2.1.1 実験施設の概要

実験は、図-1に示す排水実験タワーに設置した騒音測定ボックスを用いて行った。

騒音測定ボックスは内面に吸音処理を施しており、また、排水管は測定ボックス筐体と絶縁されており、排水流水時に空気伝播してくる騒音のみが内部に設置した集音マイクで測定できる環境となっている。

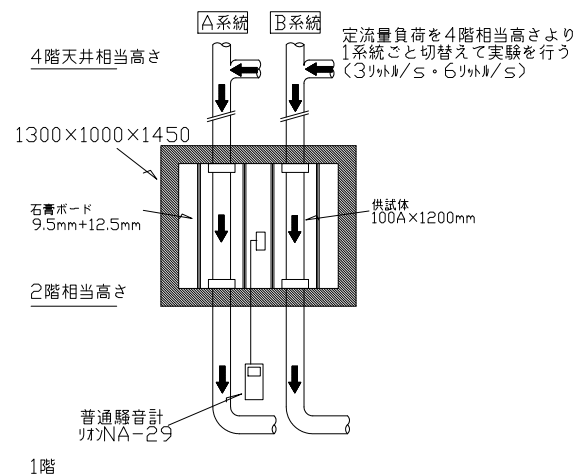


図-1 空気伝播音測定、騒音測定ボックス概要図

2.1.2 実験方法

排水実験タワー4階部分より定流量排水(3ℓ/s・6ℓ/s)を行い、管種・遮音処理の条件を変化させてそれぞれの場合における排水騒音について周波数特性を調べた。

排水管種および遮音処理方法は表-1に示す7ケースとし、それぞれの場合において排水管から直接空気伝播する排水音と、一般的なパイプシャフト廻りを再現した石膏ボード(9.5mm+12.5mm)で覆った状態での排水音を測定した。

それぞれの測定において排水が定常流となった時点より10秒間排水を流し続け、その平均音圧レベルを排水音とした。

*本社 国際建設部
**東京建築支店
***中国支店

表-1 実験ケース

ケース	管種および遮音処理方法
Case1	DVLP+GW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入り)
Case2	VP+GW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入り)
Case3	吸音材入耐火二層管
Case4	VP+遮音シート(合成ゴム+不織布シート)
Case5	VPのみ
Case6	耐火二層管+GW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入り)
Case7	耐火二層管+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入り)

※DVLP : 排水用硬質塩ビライニング鋼管
 GW24K : アルミ箔付グラスウール保温帯(密度 24kg/m³、厚さ 25mm)
 VP : 硬質塩ビ管

2.2 固体伝播音に関する実験

2.2.1 実験施設の概要

実験は図-2に示すRC造3階建ての建物に付随して建つ9階建ての排水実験タワーを用いて行った。通常の集合住宅の条件に合わせ1フロアごと(2700mmピッチ)に集合管を設置しており、縦管は建物各階のバルコニー床スラブ(普通コンクリート、スラブ厚200mm)を貫通している。今回の実験は建物3階床部分にて行った。測定対象床に他階からの振動影響が出ないよう、3階床貫通部以外の縦管支持部分にはすべて防振措置を行っている。

実験環境下では実施工条件の完全再現は不可能であるが図-3に示すようにパイプシャフトに直接面した居室にて聞く場合(仮室1:遮音間仕切りを隔てて聞く場合)と、クロゼットなどの部屋を経由して居室に聞こえてくる場合(仮室2:遮音間仕切り+普通間仕切りを隔てて聞く場合)に近い環境を想定した。

2.2.2 実験方法

固体伝播音に関する比較実験は、床(スラブ)貫通部の埋め戻し処理方法の違いによる固体伝播音の比較を行った。固体伝播音は以下の計測結果より評価した。

- ①振動加速度計を用いた『振動加速度(鉛直方向)』による評価
- ②騒音計マイクによる『騒音値』による評価

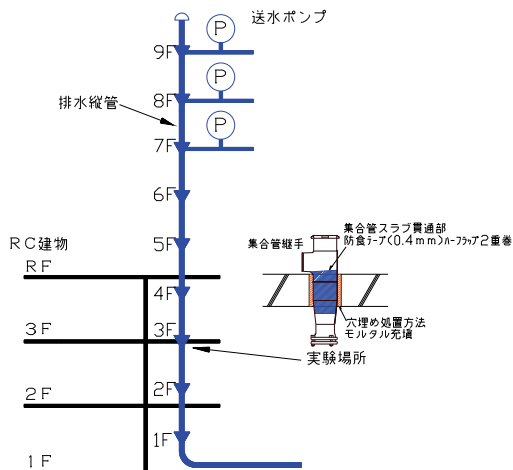


図-2 固体伝播音測定実験タワー概要図

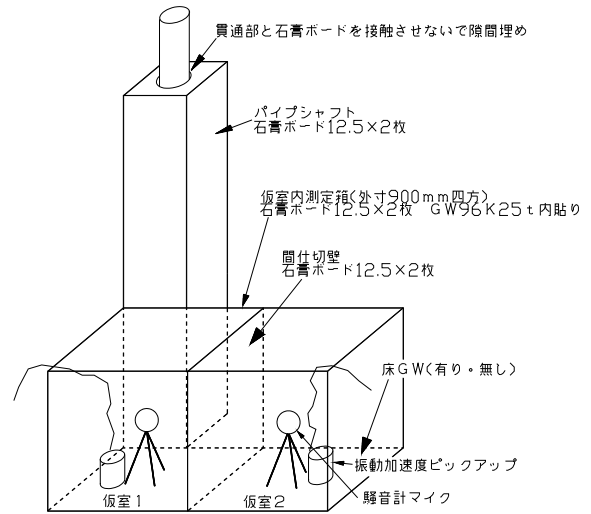


図-3 測定室詳細図

貫通部の埋め戻し処理方法は図-4に示す4種類とし、定常流量(30 l/s、60 l/s)となった状態において振動加速度レベル、音圧レベルをデータレコーダに録音した。

また、床からの固体伝播音による騒音を推定するために床からの固体伝播音の影響を受ける場合と、受けない場合(床面にGW遮音材を敷設し遮音処理を行う)とで騒音値にどのような差が現れるかを検証した。

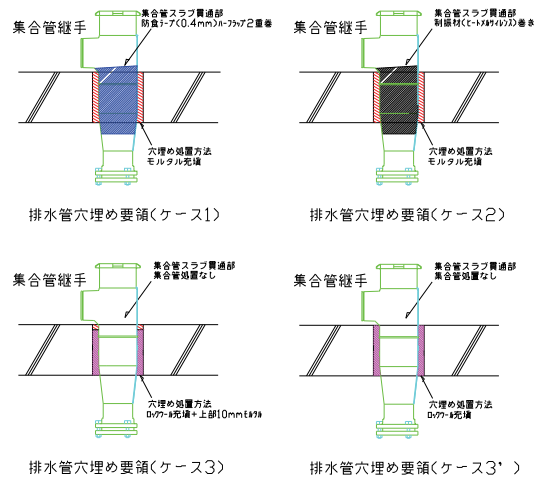


図-4 埋め戻し方法詳細図

3. 実験結果

3.1 空気伝播音に関する実験

排水管種及び遮音処理の違いによる測定結果を表-2、3に示す。

表-2 騒音レベル結果(石膏ボード無し)

ケース	騒音レベルdB(A)		
	3ℓ/s	6ℓ/s	暗騒音
Case1	32.2	36.2	27.6
Case2	32.7	36.3	26.4
Case3	35.0	38.8	28.5
Case4	37.9	41.5	29.9
Case5	51.6	53.6	28.9
Case6	32.6	36.5	26.4
Case7	38.7	42.0	26.9

表-3 騒音レベル結果(石膏ボード有り)

ケース	騒音レベルdB(A)		
	3ℓ/s	6ℓ/s	暗騒音
Case1	31.9	35.8	28.0
Case2	32.0	35.8	26.8
Case3	33.7	36.8	29.3
Case4	33.8	36.8	29.9
Case5	34.2	37.4	29.6
Case6	32.1	36.0	26.3
Case7	32.9	36.9	26.5

測定の結果、最も遮音効果の高い結果となったのはCase1の場合であったが、管種によらずGW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入)の遮音処理を行う場合(Case1、2、6)に高い遮音効果が確認された。図-5、6にGW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入り)の有無による比較として配管材をVPとしたCase2、Case5の周波数分析結果(石膏ボード無し)を示す。

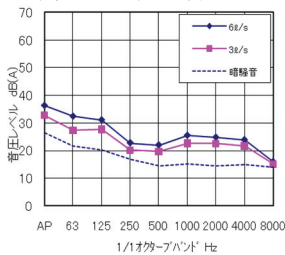


図-5 音圧レベル周波数分析 (Case2: 遮音処理有り)

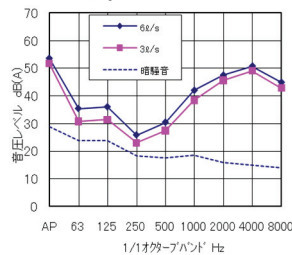


図-6 音圧レベル周波数分析 (Case5: 遮音処理無し)

周波数分析結果からは、1kHz以上の高周波数帯域において、特に高い遮音効果が確認された。

また、Case7のように遮音シート(塩ビ基材・金属粉入)単体を配管に直巻きした場合は、遮音効果が低いことから、GW24Kのような吸音材との組み合わせが必要であることも確認された。図-7、8にGW24Kの有無による比較として配管材を耐火二層管としたCase6、Case7の周波数分析結果(石膏ボード無し)を示す。

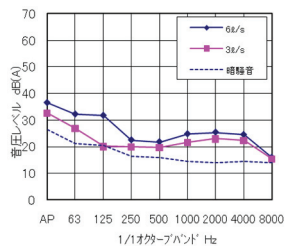


図-7 音圧レベル周波数分析 (Case6 GW24K有り)

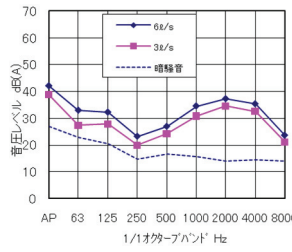


図-8 音圧レベル周波数分析 (Case7 GW24K無し)

周波数分析結果からも、GW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入)の組み合わせにより、遮音効果が高くなることが確認できる。

測定時の石膏ボードの有無による比較では、Case5、Case7の場合に石膏ボードによる大きな遮音効果を確認したが、GW24K+遮音シート(塩ビ基材・金属粉入)の組み合わせで配管に遮音処理を行った場合(Case1、2、6)は効果が小さい結果となった。図-9、10に石膏ボードの有無による比較として、Case1の周波数分析結果を示す。

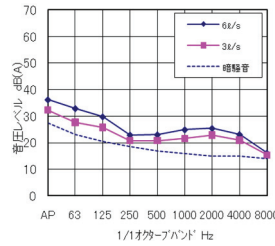


図-9 音圧レベル周波数分析 (Case1 石膏ボード無し)

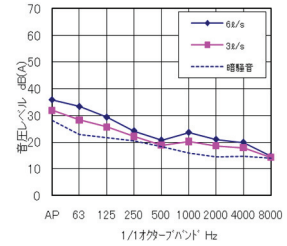


図-10 音圧レベル周波数分析 (Case1 石膏ボード有り)

周波数分析の結果からは1kHz~4kHzの帯域で若干の効果を確認できるが、低周波数帯域ではほとんど効果が見られなかった。

なお、すべての測定において、排水流量が大きくなると騒音レベルが3~4dB(A)大きくなる傾向を示した。

3.2 固体伝播音に関する実験

3.2.1 埋め戻し方法による振動と騒音について

異なる4種類の埋め戻し方法、2水準の排水流量にて振動加速度、騒音値の違いを確認した。図-11、12、13、14に各実験の振動加速度分析示す。

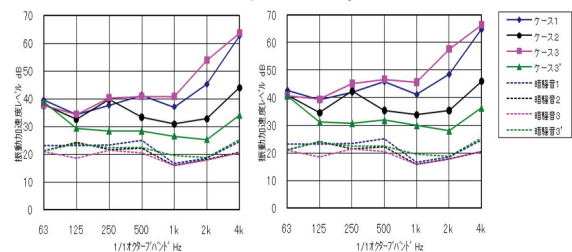


図-11 振動加速度レベル比較 (仮室1 負荷流量 3ℓ)

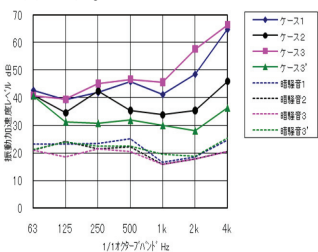


図-12 振動加速度レベル比較 (仮室1 負荷流量 6ℓ)

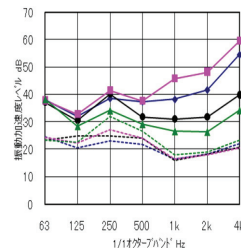


図-13 振動加速度レベル比較 (仮室2 負荷流量 3ℓ)

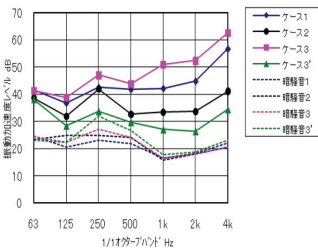


図-14 振動加速度レベル比較 (仮室2 負荷流量 6ℓ)

測定の結果、すべての条件でケース3の場合が最も大きな値を示し、最も小さい値を示したのはケース3'となった。特に、1kHz以上の高周波数帯域においてその差は大きく表れた。

次に、各測定実験の排水騒音レベル(実験環境における暗騒音の影響を除いた補正騒音レベル)を表-4、5示す。

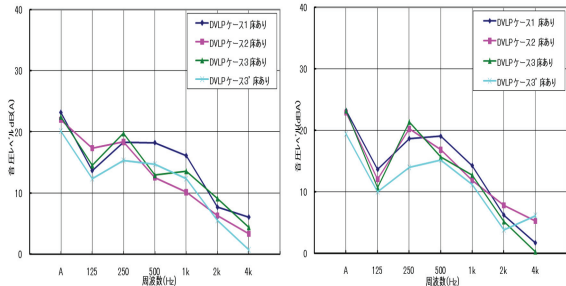
表-4 騒音レベル結果(仮室1)

仮室1	騒音レベルdB(A)	
	負荷流量3ℓ	負荷流量6ℓ
ケース1	23.2	27.1
ケース2	22.0	26.4
ケース3	22.5	27.2
ケース3'	20.1	24.4

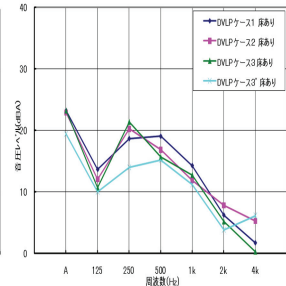
表-5 騒音レベル結果(仮室2)

仮室2	騒音レベルdB(A)	
	負荷流量3ℓ	負荷流量6ℓ
ケース1	23.2	27.0
ケース2	22.9	24.0
ケース3	23.2	26.0
ケース3'	19.4	24.5

振動加速度の結果から推測されるとおり、ケース3'の埋め戻し条件において、排水騒音が最も小さい値となったが、周波数分析結果からは、仮室1・2とも、優劣の差ははっきりしない結果となった。図—15、16に、負荷流量30 l/s時の各仮室(床遮音処理有り)の周波数分析結果を示す。



図—15 仮室1音圧レベル比較 (排水負荷30 床GW有り)



図—16 仮室2音圧レベル比較 (排水負荷30 床GW有り)

以上のことから、床スラブ貫通部の埋め戻し処理方法の違いによる排水騒音は、振動加速度としての優劣はあるものの、実際の騒音値としてはほとんど変わらないことが分かった。

3.2.2 床からの固体伝播音について

仮室床面の遮音処理の有無による排水騒音の比較として、表—6、7に各測定実験の排水音圧レベル(実験環境における暗騒音の影響を除いた補正騒音レベル)を示す。

表—6 騒音レベル結果(仮室1)

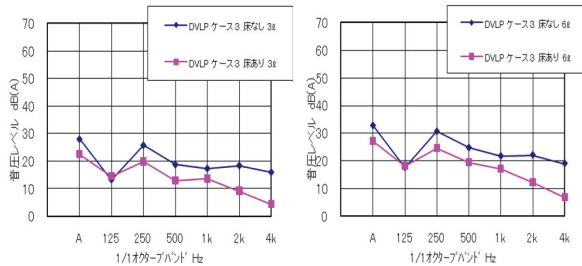
仮室1	騒音レベルdB(A)			
	負荷流量30		負荷流量60	
	床遮音有り	床遮音無し	床遮音有り	床遮音無し
ケース1	23.2	25.1	27.1	29.8
ケース2	22.0	24.7	26.4	28.0
ケース3	22.5	28.1	27.2	32.9
ケース3'	20.1	22.3	24.4	27.3

表—7 騒音レベル結果(仮室2)

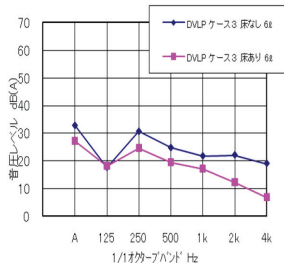
仮室2	騒音レベルdB(A)			
	負荷流量30		負荷流量60	
	床遮音有り	床遮音無し	床遮音有り	床遮音無し
ケース1	23.2	23.5	27.0	28.5
ケース2	22.9	15.8	24.0	25.3
ケース3	23.2	27.0	26.0	32.6
ケース3'	19.4	20.5	24.5	24.9

測定の結果、イレギュラーな値を示したケース2(仮室2、負荷流量30)を除き、ほぼすべての条件で床に布設したGW遮音材による騒音値の低減効果を確認した。特に、仮室1・2ともケース3の場合に効果が顕著に現れた。また、床の遮音材が無い場合、排水騒音レベルが最も大きい値を示したのもケース3であった。

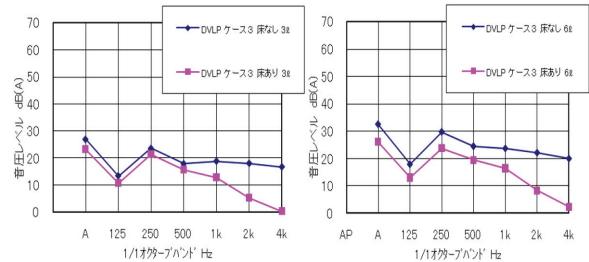
図—17、18、19、20にケース3での各排水流量における床遮音処理の有無による周波数分析結果を示す。



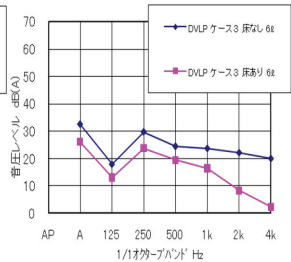
図—17 仮室1音圧レベル比較 (排水負荷30 ケース3)



図—18 仮室1音圧レベル比較 (排水負荷60 ケース3)



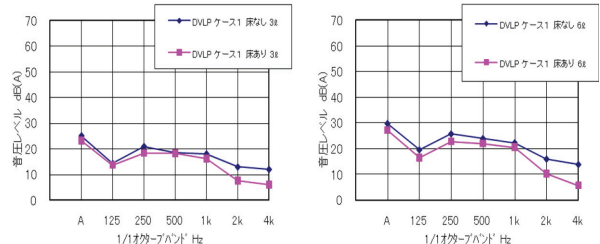
図—19 仮室2音圧レベル比較 (排水負荷30 ケース3)



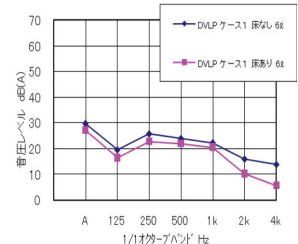
図—20 仮室2音圧レベル比較 (排水負荷60 ケース3)

上図の結果と振動測定結果から、薄塗りモルタルの弱い剛性が、配管から発生する高周波帯域の振動を床面に伝えやすく、その結果、床に遮音処理を行わない場合、排水騒音が大きくなるということがわかった。その他のケースにおいても、表—6、7に示した騒音レベルの結果から、わずかな効果ではあるが床遮音処理の有無による音圧レベル差を確認した。

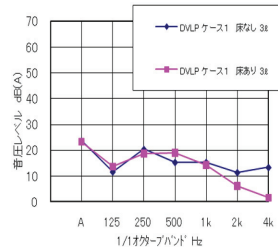
次に、仮室1・2の比較として、図—21、22、23、24に埋め戻しケース1での各排水流量における床遮音処理の有無による周波数分析結果を示す。



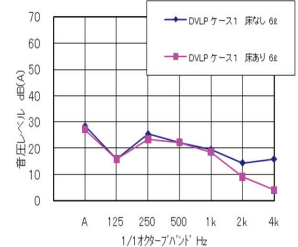
図—21 仮室1音圧レベル比較 (排水負荷30 ケース1)



図—22 仮室1音圧レベル比較 (排水負荷60 ケース1)



図—23 仮室2音圧レベル比較 (排水負荷30 ケース1)



図—24 仮室2音圧レベル比較 (排水負荷60 ケース1)

周波数分析結果から、わずかではあるが、仮室1に比べ、仮室2では床遮音の有無による影響が小さくなる傾向を示すことがわかった。なお、このことは表—6、7に示した騒音レベル結果から、仮室1に比べ仮室2では床遮音の有無による影響が小さくなっていることとして確認できる。

以上の結果から、床スラブからの固体伝播振動が騒音レベルに与える影響は非常に小さく、距離減衰が騒音レベルに与える影響は大きいことがわかった。

近年の集合住宅では、床・フローリング材にも遮音性の高い材質が使われていることから、実際の生活環境下では固体伝播音が排水騒音として室内騒音に及ぼす影響は小さいと考えられる。

4. 実際の集合住宅における騒音測定実験

実際の集合住宅における排水騒音を検証するために、竣工直前の建物にて様々な排水流量における排水騒音の測定を行った。

図-25に測定を行った住宅の測定部分平面図を示す。パイプシャフト(PS)内トイレ排水縦管には排水用塩ビライニング鋼管(DVLP)を使用し、GW24K(アルミ箔付グラスウール保温帯、密度 24kg/m³、厚さ 25mm)+遮音シート(塩ビ基材、金属粉入り、面密度 2.1kg/m²、1.2mm 厚)にて遮音処理を行った。排水集合管の区画貫通部(床スラブ面)は防食テープ(ポリ塩化ビニル製、0.4mm 厚)ハーフラップ二重巻とし、モルタル充填による埋め戻しを行っている。その他の仕様は下図の通り。

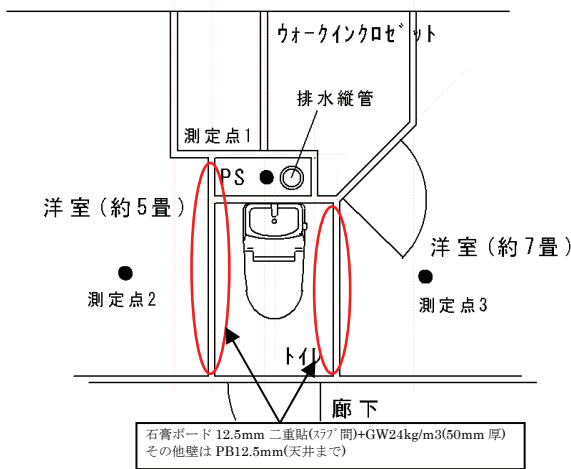


図-25 測定部分平面図

4階住戸においてPS内及び2つの洋室(PSに直接面する居室、PSからウォークインクローゼットを介して接する居室)それぞれに集音マイクを設置した。排水条件は表-8に示すとおり上階の1住戸(10階)からの排水から、上階4住戸(10階~7階)同時排水までの4段階、及び直上階住戸(5階)からの排水の計5ケースで騒音測定を行った。

表-8 排水条件

		排水条件(トイレ排水)				
		10F	9F	8F	7F	5F
Case01	10階から排水	○				
Case02	10・9階から同時排水	○	○			
Case03	10・9・8階から同時排水	○	○	○		
Case04	10・9・8・7階から同時排水	○	○	○	○	
Case05	5階(測定住戸直上階)から排水					○

測定結果を図-26、27、28に示す。

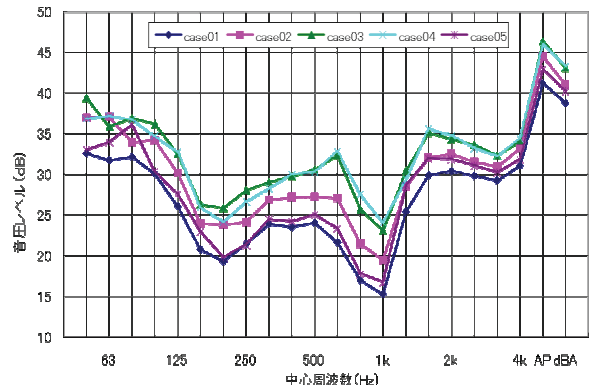


図-26 測定点1音圧レベル(PS内)

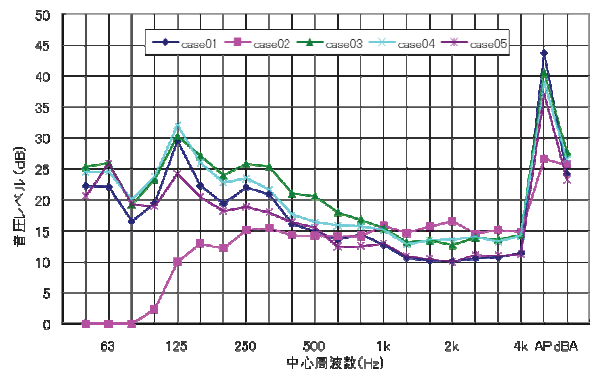


図-27 測定点2音圧レベル(洋室(5畳))

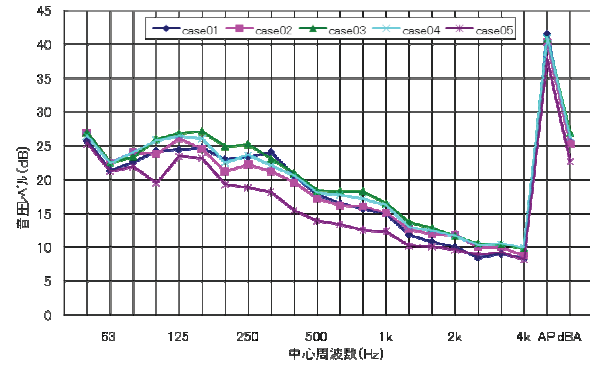


図-28 測定点3音圧レベル(洋室(7畳))

上図より、排水流量が多くなると排水騒音が大きくなっていることが分かる。測定点1の騒音結果からは、排水流量が倍に増えると約2dB、3倍に増えると約4dBの音圧レベル上昇が確認できた。

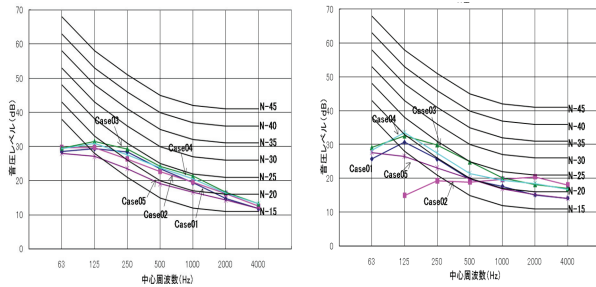
測定点ごとの比較検討としては、測定点1と測定点2、及び測定点1と測定点3の騒音比較から、石膏ボードによるパイプシャフト構造が大きな遮音効果をもたらしていることが分かる。

また、測定点2と測定点3の騒音比較から遮音壁と一般壁との遮音効果の比較を行った。排水流量が大きい場合は遮音壁による効果がみられるものの、小流量の場合は両者に大きな遮音効果の違いは見受けられなかった。

現実的な集合住宅における生活環境の中では深夜帯に

同一排水縦管系統において2～4住戸のトイレ同時排水が発生する可能性が低いことを考えれば、排水縦管の遮音措置を確実にし、石膏ボードによるパイプシャフト構造を施工すれば十分な遮音対策となるという結果を得ることが出来た。

図—29、30に、測定点2及び測定点3での各排水条件でのN値を示す。



上図からも、すべての排水条件においてN・25以下であることが確認できる。

一般にN値が25以下である場合、騒音としてはほとんど聞こえないとされており、室内環境騒音値として要求されるサッシ遮音性能等と比較しても非常に静かな状態であるといえる。

5. まとめ

今回の実験で、空気伝播音、固体伝播音の2つの観点から、排水管種、遮音処理、排水流量の変化による比較実験データを得ることができた。

併せて、今回の実験結果より今後の設計、施工指針策定に向け、以下のことが判明した。

- ①昨今の集合住宅では、床・フローリング材にも遮音性の高い材質が使われていることから、床スラブ貫通部からの振動による固体伝播音は生活排水騒音に影響がなく、騒音の要因は空気伝播音のみである。
- ②上記理由により、集合管継手の床スラブ貫通部の穴埋め処置としては防食テープ(ポリ塩化ビニル製、0.4mm厚)ハーフラップ二重巻の上、モルタル充填による埋め戻しとすることで、十分な遮音効果を得ることが出来る。
- ③空気伝播音の遮音措置としては、排水管に対してGW24K(密度24kg/m³、厚さ25mm)による吸音と、遮音シート(塩ビ基材、金属粉入り、面密度2.1kg/m²、1.2mm厚)による遮音を行えば、排水縦管を囲うパイプシャフト構造は石膏ボード(12.5mm)1枚貼りの一般壁構造(遮音壁構造ではない)であっても、居室のレイアウトによらず十分な遮音効果を得ることが出来る。