

論文

集合住宅フローリング床衝撃音低減化対策例及び遮音性能測定例

上原 幸雄 菅野 菊江 小林 正雄
(大気保全部)
佐野 藤治 大原 ひろみ 高山 孝
(大気保全部) (大気保全部)

要 旨

集合住宅のフローリング床の場合、床衝撃音に関する階下からの苦情がみられる。床衝撃音対策の基本は、コンクリートスラブの上の仕上げの工夫である。しかし、既設のフローリング床対策は、暮らし方の工夫が中心である。

今回生活騒音の調査の一環として、フローリング床にマットその他を敷くなどして、床衝撃音低減効果を測定した。その結果、ジュウタン等を敷くと、「子供がオモチャなどで遊ぶ」ような音（軽量衝撃音）に対してはかなり効果が認められた。しかし、「子供の跳び跳ねる」ような音に対する効果は少なかった。また、衝撃音に対しては、柔らかい材料ほど低減効果があることが認められた。また、ダニあるいは衝撃音対策として畳仕上げの良さも再発見した。その他、遮音性能測定を行ったので併せて報告する。

1 はじめに

最近、集合住宅における居間の床仕上げは、ダニ等の問題から床表面を木質系の材料で仕上げるフローリング仕上げが好まれている。しかし、集合住宅では、左右方向より上下階方向のほうが「気になる音」になっているという調査結果があるように、フローリング仕上げにした場合、階下から床衝撃音に関する苦情が発生しており、裁判に発展する等深刻な例もある。筆者らにも苦情相談がある。床衝撃音対策の基本は、コンクリートスラブの上の仕上げの工夫をいかに行うかであり、これについては、メーカーなどが防止構造について各種研究開発を行っている。しかし、既設のフローリング床対策は、ジュウタンなどに施工し直すか、あるいは暮らし方を工夫するしかない。

そこで、今回生活騒音の調査の一環として、住宅の遮音性能について実測する機会があり、各種測定を行う中で、フローリング床にマットその他を敷くなどして、床衝撃音低減効果を測定したので報告する。同時に行った、遮音性能測定等についても報告する。

2 調査対象

調査対象は、供用開始前の地上7階建て総戸数33戸の

公営住宅である。各フロアーの配置は、1階が機械室、集会室及び住宅3戸。2階から7階がそれぞれ住宅5戸となっている。

基本的な間取りは、バルコニー（南側）から順に、和室六畳が二室、床仕上げの台所・食堂、和室4.5畳及び浴室・便所等である。

衝撃音等が発生させたのは、当該住宅のフローリング仕上げダイニングキッチン（広さ、5.47m×2.76m。約15㎡）（以下、DKと略す）及び六畳和室（以下、和室と略す）である。

住宅の裏側に交通量の多い道路があるので、この騒音の影響の少ない部屋を選び測定した。2階の201号室（仮称）を受音室とした。床衝撃音は、直上の3階301号室（仮称）で発生させた。建築物は、鉄筋コンクリートラーメン構造で、床コンクリートは打ち放し150mm厚である。床仕上げは、和室が畳（タタミ下床パネル）、DK室が化粧床パネルとなっている。その他の仕様は、表1のとおりである。なお、間取りを図1及び図2に、床構造を図3及び図4に示す。

表1 測定対象集合住宅の主な仕様

項目	内容	
コンクリート厚さ	床	…… コンクリート打放し 150 mm
	壁	…… コンクリート打放し 150 mm
六畳和室仕上げ	床	タタミ敷 (厚さ55mm), タタミ下床パネル (厚さ45mm)
	天井	天井パネル (厚さ21mm) (杉板ラミネート合板: 厚さ9mm)
台所・食堂仕上げ	床	化粧床パネル (厚さ50mm), 大引き
	天井	天井パネル (厚さ21mm) (化粧石膏ボード: 厚さ9mm)
その他 建築物仕様の概要は次のとおり。		
構造形式	鉄筋コンクリートラーメン	
壁仕上げ	和室	壁パネルの上ビニールクロス貼
	D.K	コンクリート打放しの上マステックEC塗一部壁パネルの上ビニールクロス貼
隣室間壁	和室	壁パネルの上ビニールクロス貼
	D.K	コンクリート打放しの上マステックEC塗隣室間に物入・押入れがある
金属建具	和室	BLアルミサッシ

3 測定方法等

(1) 床衝撃音測定

測定は, JIS A 1418「建築物の現場における床衝撃音レベルの測定方法」に基づいて実施した。

重量床衝撃音発生装置又は軽量床衝撃音発生装置を301号室に設置し衝撃音を発生させ, 直下の201号室に受音装置を設置し, 63, 125, 250, 500, 1K, 2K 及び4KHz のバンドごとに1オクターブバンド音圧レベルを測定し, 遮音性能を求めた。

ア 床衝撃音発生装置

床衝撃音発生装置は, 次の機器を使用した。

リオン社製 F1-02型重量床衝撃音発生器

リオン社製 F1-01型軽量床衝撃音発生器

イ 受音装置

JIS では普通騒音計又は精密騒音計とオクターブ分析器を組合せ, 各バンド毎の音圧を求めることとしている。最近, 床衝撃音測定のために実時間オクターブ分析器を内蔵した普通騒音計が製品化されているので, これを使用した。また, データの再現性を確保するために, 可能な範囲で衝撃音を録音機に収録した。

使用器機は, 次のとおり。

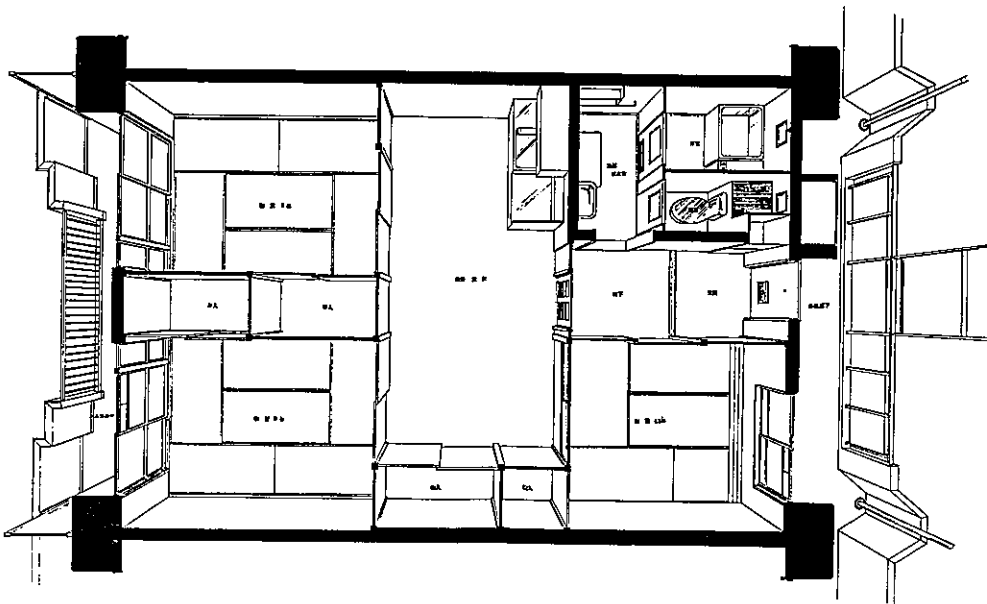


図1 測定対象室の間取図

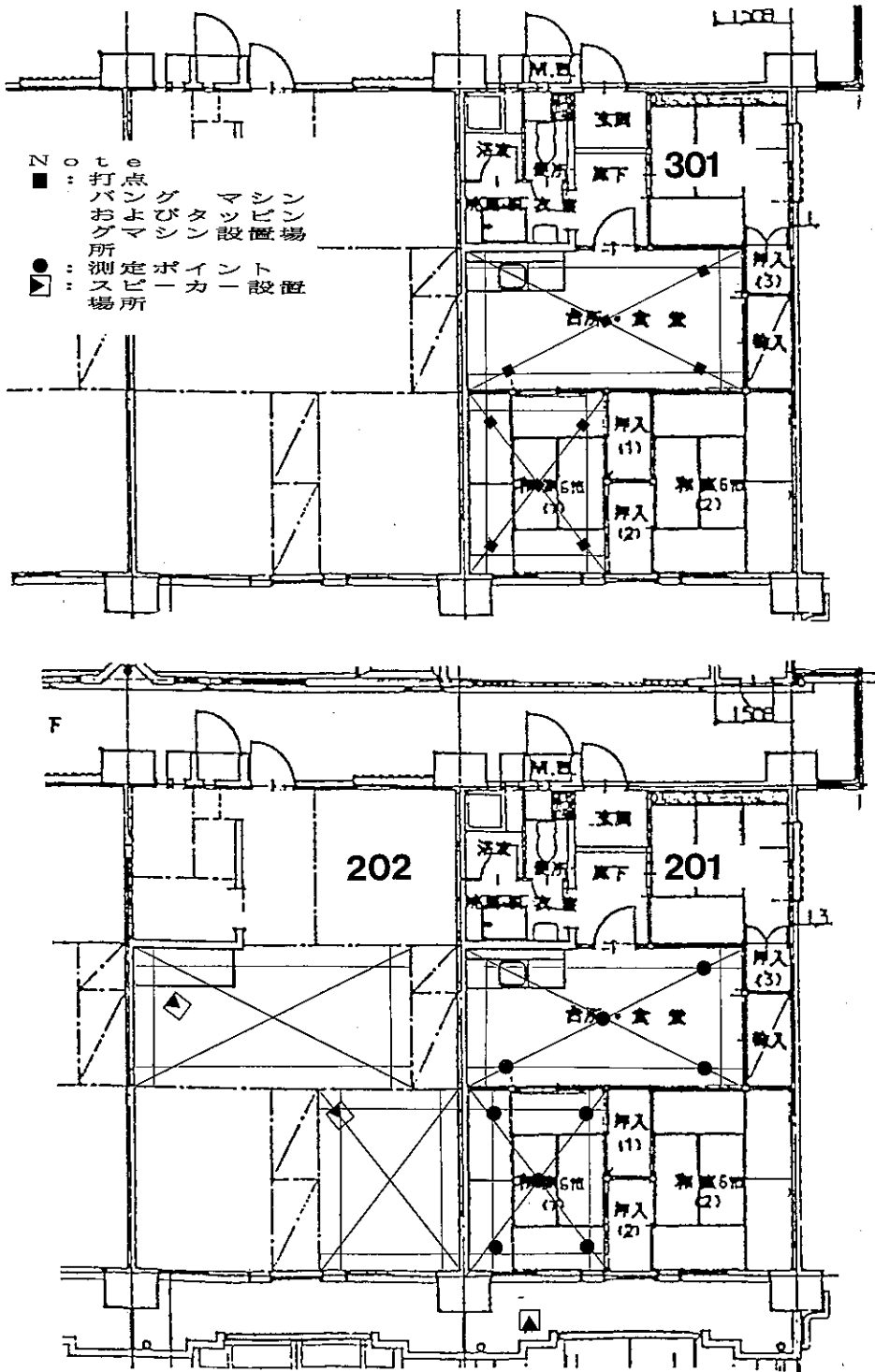
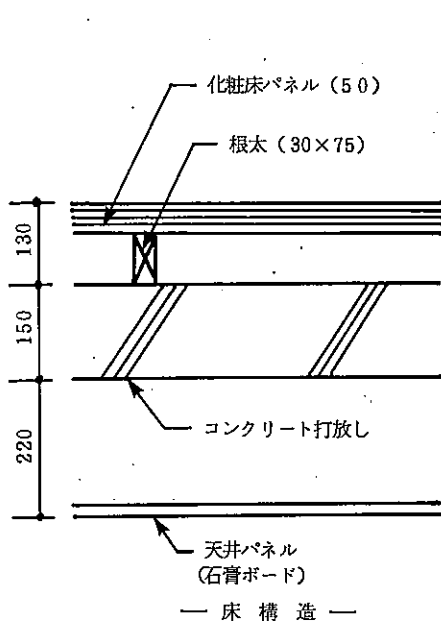
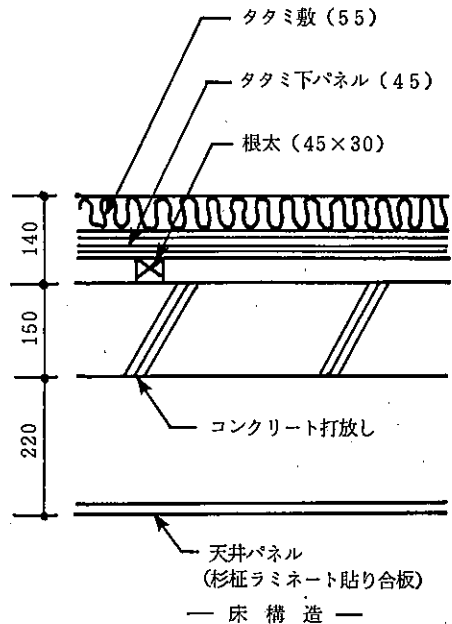


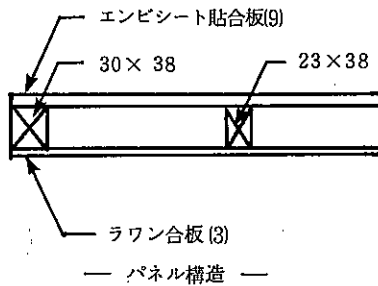
図2 打点及び測定位置



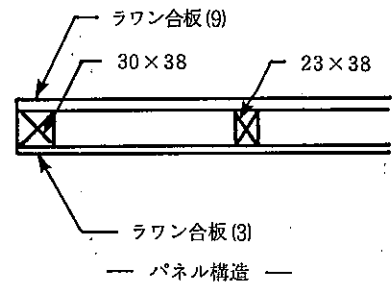
— 床 構 造 —



— 床 構 造 —



— パネル構造 —



— パネル構造 —

図3 DK室床構造

図4 和室床構造

- リオン社製 NA29型普通騒音計
- リオン社製 NL10型精密騒音計
- TEAC社製 SR-50型データ・レコーダ
- SONY社製 FR-3415R型データ・レコーダ
- リオン社製 LR-04型レベル・レコーダ

ウ 床衝撃音発生装置の設置

音源室に対角線を引き、更に周囲の壁から50cm離れた部分に直線を引き、これらの交点及び音源室中央を床衝撃音発生装置の音源位置とした。実測において、DKの場合には、室内西の角に「流し」があったので、この部分

を除き他の4点を音源位置とした。和室の場合は、5点音源位置が設定できた。図2に音源位置などを示す。

今回の測定では、住宅の施工完成状態での測定を実施し、床衝撃音低減効果を測定するために、ジュウタンその他を敷き、それらの効果も測定した。

使用した材料は、ジュウタン他5種類である。これら材料は、すべて市販されているものである。ジュウタンは、普通程度の品質である。材料の詳細を図5に示す。

試験では、これら材料を室内全域に敷詰めることが不可能であるので、衝撃試験機の打点部分に敷いた。マッ

材 料 名	断 面 概 要 図	使用材料等	寸法等
じゅうたん		化学繊維	厚さ：5mm 寸法：1800×1800mm
N・マット		特殊な繊維を配合したゴム	厚さ：10mm 寸法：910×910mm 防音床マット
D・マット	 表面材 中層材 裏層材	表面材：付いた カクヤ / 中層材：発泡ゴム ト / 裏層材：オ クタブート	厚さ：15mm 寸法：606×606mm 防音クッション床
P (バンチ) カーペット		化学繊維フェルト	厚さ：5mm 寸法：910×2000mm
ゴム付きカー ペット	 表面材 ゴム	表面材：化学 繊維	厚さ：5mm 寸法：1800×1800mm

図5 床衝撃音測定に使用した材料

ト類はつなぎ合わせずに使用した。また、接着剤は使用できなかった。試験材料の状況は、次のとおりである。

DK 室の場合

- ① フローリング床そのままの状態
- ② フローリング床にジュウタンを敷いた状態
- ③ フローリング床に N マットを敷いた状態
- ④ フローリング床に D マットを敷いた状態
- ⑤ フローリング床に P カーペットを敷いた状態
- ⑥ フローリング床にゴム付きカーペットを敷いた状態

和室の場合

- ①畳そのままの状態
- ②畳にジュウタンを敷いた状態

エ 床衝撃音レベルの測定位置の設置

受音室の間取り等は音源室と同じ形状・寸法となっているので、音源位置と同じ位置を直下の201号室に設定し床衝撃音レベルの測定位置とした。

実測では、DK の場合は4点で、和室の場合は5点でそれぞれ測定した。

(2) 遮音性能等測定

床衝撃音測定の他にを行った測定項目は次のとおり。

- ・二室間音圧レベル (隣戸間音圧レベル差の測定)
- ・外周壁の遮音性能 (内外音圧レベル差の測定)
- ・その他騒音レベル (トイレ排水音レベル, 洗濯機作

動音レベル, 掃除機作動音レベル等の測定)

測定方法等は次のとおり。なお、関連の測定機器配置等は図2に示す。

ア 二室間音圧レベル差測定

測定は JIS A 1417「建築物の現場における音圧レベル差の測定方法」に基づいて実施した。

帯域雑音(オクターブバンド・ノイズ)発生装置を202号室に設置しオクターブバンド・ノイズを発生させ、音源室及び隣室の201号室に受音装置を設置し、125, 250, 500, 1K, 2K 及び4KHz のバンド毎に音源室と受音室の音圧レベル差を測定した。

① オクターブバンド・ノイズ発生装置

ノイズは、ノイズ発生器、アンプ及びスピーカーで発生させた。

オクターブバンド・ノイズ発生装置は次の器機を使用した。

ケンウッド社製 LS-D700型 3 Way 3 スピーカーシステム

ケンウッド社製 DA-1100EX 型デジタル インテグレートッド アンプ

リオン社製 SF-05型ランダム ノイズ発生器

② 受音装置

リオン社製 NA-29型普通騒音計

TEAC 社製 SR-50型データ レコーダー

SONY 社製 FR-3415R 型データ レコーダー

③ オクターブバンド・ノイズ発生装置の設置

スピーカーは、室内音圧が均一に分布するように、音源室のコーナー(角)に設置した。実際には、和室ではDK室に接した角、DK室では「流し」のある角にそれぞれ設置した。

④ 音圧レベル差測定位置の設置

受音室の測定位置は、床衝撃音測定の際の測定位置と同様に、室内の4角と室中央を測定位置とした。詳細は図2に示す。実測では、和室の場合は5点、DK の場合は4点で測定した。

イ 外周壁の遮音性能測定

測定は、日本建築学会推奨測定規準「建築物の現場における外周壁の遮音性能測定方法」に準じて実施した。

帯域雑音(オクターブバンド・ノイズ)発生装置を201号室ベランダに設置し、オクターブバンド・ノイズを発生させ、201号室の南西側六畳和室に受音装置を設置し、

125, 250, 500, 1K, 2K 及び4KHz のバンド毎にベランダと和室の音圧レベル差を測定した。

オクターブバンド・ノイズ発生装置及び受信装置は、前項二室間音圧レベル差測定と同じ機材を使用した。

スピーカーは、ベランダ障壁に向け、反射音が受音室のサッシドアに入力するように設置した。

測定位置は、二室間音圧レベル差測定と同じである。

ウ その他の騒音レベル測定

① トイレ排水音測定

最上階でトイレの排水動作を行い、1, 3, 及び5階の排水シャフト近傍で音圧測定を行った。

② 洗濯機作動音測定

203号室の洗濯場に洗濯機を設置し作動させ、直下の103号室洗濯場で音圧を測定した。

③ 掃除機作動音測定

301号室で掃除機を作動させ、直下の201号室で音圧を測定した。また、作動音を近傍で測定した。

4 測定結果

(1) 床衝撃音測定

DK 室及び和室における衝撃試験別の測定結果は、表2のとおりである。

表2 床衝撃音測定結果：DK室

部屋	種類	床の状況 \ FQ	63Hz	125	250	500	1KHz	2KHz	4KHz
DK室	重量床衝撃音試験	フローリング床	67	76	62	45	39	35	32
		床+ジュウタン	71	73	59	43	33	27	24
		床+Dマット	72	71	58	41	34	30	28
		床+Nマット	75	72	57	42	35	32	31
		床+Pカーベット	71	71	59	42	38	33	29
		床+ゴム付カーベット	72	72	59	43	35	32	28
	軽量床衝撃音試験	フローリング床	59	73	72	61	52	42	31
		床+ジュウタン	59	69	59	38	24	25	25
		床+Dマット	61	65	50	34	36	32	28
		床+Nマット	64	75	66	51	38	34	30
		床+Pカーベット	60	74	69	51	37	34	30
		床+ゴム付カーベット	62	70	58	38	33	32	29
和室	重量衝撃試験	畳	76	67	53	43	36	33	30
		畳+ジュウタン	76	67	53	42	36	31	30
	軽量衝撃試験	畳	66	64	51	38	36	34	30
		畳+ジュウタン	62	56	43	38	35	31	28

備考：数値は1/3オクターブバンドの音圧レベル(単位：dB)

周波数成分に注目してみると、重量衝撃試験ではいずれの材料においても63Hz又は125 Hzが主成分となっている。フローリング床では、63Hz、125 Hzがそれぞれ1/1オクターブバンドレベルは67dB、76dBとなっており250 Hzから周波数が高くなるに従い低くなっている。

和室(畳)では、1/1オクターブバンドレベルは、63Hz又は125 Hzがそれぞれ76dB、67dBとなっており、250 Hzから周波数が高くなるに従いレベルは低くなっている。

また、軽量衝撃音では、いずれの材料においても、125 Hzが主成分となっており、フローリング床では73dB、畳では64dBであった。また、250 Hzから周波数が高くなるに従い1/1オクターブバンドレベルは低くなっている。

遮音等級評価を、一般的に行われている日本建築学会の方法で行った。その結果、重量衝撃試験では、DK室フローリングの場合、ジュウタンを敷いた場合がそれぞれL-65、その他の場合がL-60であった。

和室ではいずれの条件でもL-55であった。また、軽量衝撃音試験では、DK室フローリングの場合がL-70で、最も低数値となったのは、DマットでL-55であった。和室では、畳の状態のときはL-55で、更にこれにジュウタンを敷くとL-45となった。各材料を敷いた場合の等級等は、表3のとおりである。

等級判定を行った関連図を図6から図9に示す。

(2) 遮音性能等測定

ア 二室間音圧レベル差測定結果

測定結果は表4のとおり。

この数値を遮音等級基準周波数特性図にプロットした。

表3 等級評価結果

室名	床等の種類	L値(重量)	L値(軽量)
DK室	フローリング床	L-65	L-70
	床+じゅうたん	L-65	L-60
	床+Nマット	L-60	L-65
	床+Dマット	L-60	L-55
	床+Pカーベット	L-60	L-65
	床+ゴム付カーベット	L-60	L-60
和室	畳	L-55	L-55
	畳+じゅうたん	L-55	L-45

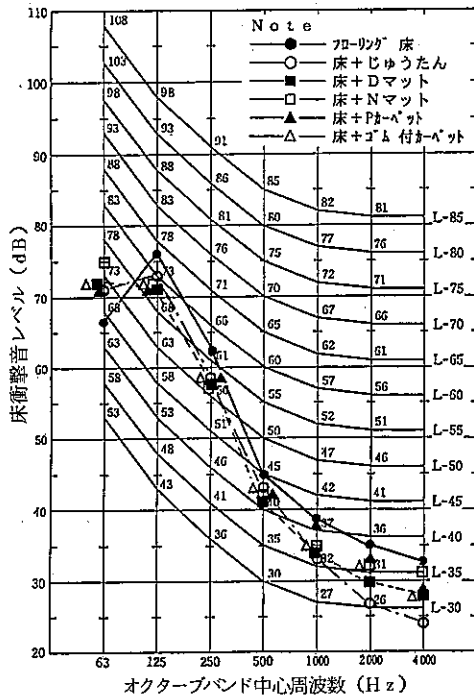


図6 床衝撃音測定結果 (DK室・重量)

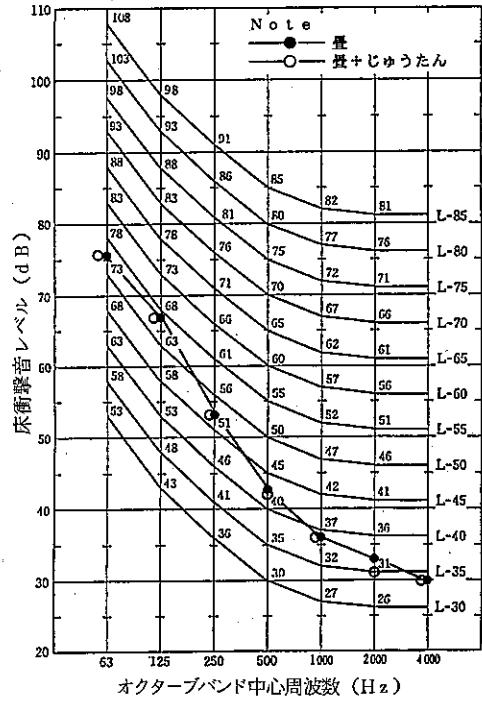


図8 床衝撃音測定結果 (和室・重量)

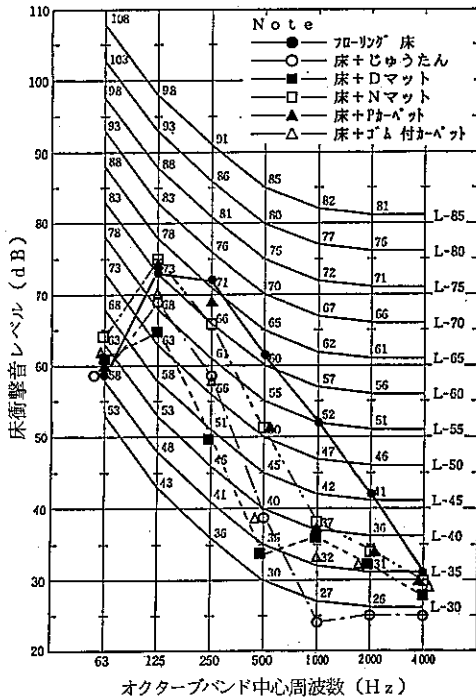


図7 床衝撃音測定結果 (DK室・軽量)

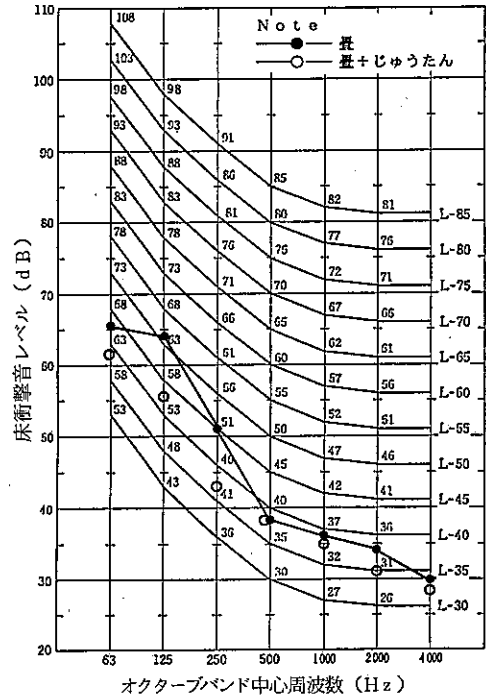


図9 床衝撃音測定結果 (和室・軽量)

図10及び図11がこれである。それによると、DK 室間ではD-50、和室間ではD-45であった。

DK 室間の等級が和室と比較してより良好なのは、DK 室間の場合隣室間に物入れがあり、和室の場合界

表4 二室間音圧レベル差測定結果

単位：dB

雑音の中心周波数Hz	和室間における場合			D.K室間における場合			備考
	音源	受音	レベル差	音源	受音	レベル差	
125	89	54	35	93	54	39	
250	90	48	42	92	44	48	
500	91	43	48	92	38	55	
1K	100	44	56	101	37	64	
2K	98	43	56	101	34	67	
3K	100	34	66	100	30	70	
参考AP	105	56号	49	106	55	51	B.G..50dB

注意：音源室は202号、受音室は201号。計測値は平均値。

壁のみであることによるものとする。

イ 外周壁の遮音性能測定

測定結果は、表5のとおり。今回の測定は基準に準じたものであったので、等級判断の表にはプロットしなかった。

ウ その他の騒音レベル測定

① トイレ排水音測定

最上階でトイレの排水動作を行い、1、3、及び5階の排水シャフト近傍で音圧測定を行った。しかし、流水音レベルが低く、測定者が測定場所で流水音を識別できなかったため、測定は行えなかった。

② 洗濯機作動音測定

203号室の洗濯場に洗濯機を設置し作動させ、直下の103号室洗濯場で音圧を測定したが、前項と同様の理由で測定は行えなかった。

③ 掃除機作動音測定

301号室で掃除機を作動させ、直下の201号室で音圧を

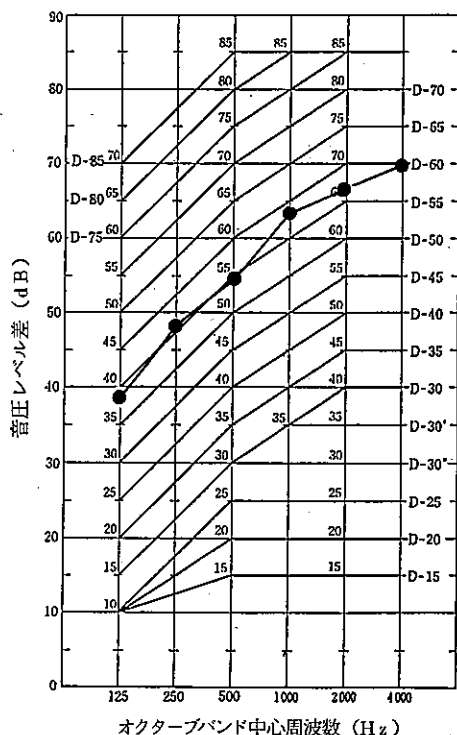


図10 室間音圧レベル差 (DK室)

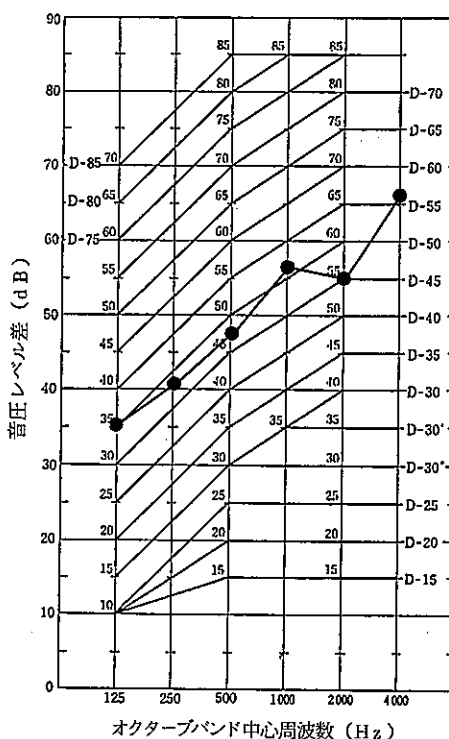


図11 室間音圧レベル差 (和室)

表5 内外音圧レベル差測定結果

雑音の中心周波数Hz	音源(ベランダ)の音圧 dB	和室間における場合dB				レベル差 dB	備考
		室外側	室中央	室DK側	平均値		
125	92	75	76	73	75	17	
250	91	62	62	63	62	29	
500	91	67	67	64	66	25	
1K	90	66	67	65	66	24	
2K	90	68	67	65	67	23	
4K	90	65	65	63	64	26	

測定場所: 201号(南西)六畳和室

測定したが、音圧レベルがバックグラウンド音より高い数値とはならなかった。また、作動音を近傍で測定したが、この結果については別報でとりまとめを行う。

5 考察

ジュウタン等の低減効果を見るために、1/1オクターブバンドレベルについて、

$$\text{低減量: } h_i = (\text{ジュウタン等を敷いた場合の測定値}) - (\text{床の場合の測定値})$$

を算出した。その結果を表6及び表7に示す。ただし、和室の場合、ジュウタンの効果が少なかったため、計算は行わなかった。

重量衝撃音に対する効果は、床スラブの厚さでほぼ決定されるといわれているが、今回の測定では、フローリング床にジュウタン等を敷くと、1等級あるいは実質的に1ランク改善する効果が認められた。1/1オクターブバンドレベルでみると、効果の程度は材料の種類により異なっている。125 Hz以上の周波数範囲で1 dBから8 dBの減音効果が認められる。減音の効果は、柔らかい材料ほど効果が認められる。しかし、いずれの材料においても、63Hzバンド周波数については効果がなく、かえってフローリング床の場合より高い数値となった。

軽量衝撃音の場合、柔らかい床仕上げ材料ほど、衝撃の継続時間が延長され低減効果があるといわれている。フローリング床に各種材料を敷いた今回のような試験の場合においても、この傾向が認められた。

畳の和室の場合、ジュウタンの減音効果は、軽量試験の125 Hzのバンドで8 dB、250 Hzのバンドで8 dBの効果は認められるが、他の部分では改善効果は少ない。

表6 フローリング床と比較した低減量(重量衝撃試験)

床の条件 \ FQ	h1 63Hz	h2 125	h3 250	h4 500	h5 1K	h6 2K	h7 4K	効果 dL	効果 平均
フローリング床	67	76	62	45	39	35	32	—	—
床+ジュウタン	4	-3	-3	-2	-6	-8	-8	13.53	2.863
床+Dマット	5	-5	-4	-4	-5	-5	-4	12.39	2.479
床+Nマット	8	-4	-5	-3	-4	-3	-1	11.33	2.092
床+Pカーペット	4	-5	-3	-3	-1	-2	-3	10.93	1.935
床+ゴム付カーペット	5	-4	-3	-2	-4	-3	-4	11.27	2.072

注 数値は1/1オクターブバンド音圧レベル (dB) dLの単位はdB

表7 フローリング床と比較した低減量(軽量衝撃試験)

床の条件 \ FQ	h1 63Hz	h2 125	h3 250	h4 500	h5 1K	h6 2K	h7 4K	効果 dL	効果 平均
フローリング床	59	73	72	61	52	42	31	—	—
床+ジュウタン	0	-4	-13	-23	-28	-17	-6	29.58	21.13
床+Dマット	2	-8	-22	-27	-16	-10	-3	28.56	20.11
床+Nマット	5	2	-6	-10	-14	-8	-1	16.77	8.326
床+Pカーペット	1	1	-3	-10	-15	-8	-1	17.22	8.773
床+ゴム付カーペット	3	-3	-14	-23	-19	-10	-2	25.02	16.57

注 数値は1/1オクターブバンド音圧レベル (dB) dLの単位はdB

しかし、特筆すべきは、畳仕上げの場合の試験等級で、L値がL-55(重量、軽量とも)となっていることで、和室のよい点を見直してもよいのではと考える。

各種材料を床に敷き、衝撃試験を行ったとき63Hzのバンドレベルがフローリング床の時と比較して最高8 dB高い数値となった。この原因については、今後検討したい。

減音効果を周波数成分トータルで評価するために、デシベル和の考え方をしてみた。すなわち、効果量をdLと仮定し、次の式で計算した。この場合、バンド毎の減音量hiは「負」の値であるが、「-」を乗じて「正」の値とした。

$$dL = 10 \log \Sigma [10^{(-h1/10)} + 10^{(-h2/10)} + \dots + 10^{(-h7/10)}]$$

この結果を表6、7中dLの部分に示す。これによる

と、フローリング床にジュウタンその他を敷いた場合の効果は、重量試験と比較し軽量試験が減音効果があることを示している。また、材料の効果順位は、重量試験の場合、ジュウタン、D マット、N マット、ゴム付カーペット、P カーペットの順であった。軽量試験では、ジュウタン、D マット、ゴム付カーペット、P カーペット、N マットの順であった。

また、表6、7中、「効果平均」とあるのは、各周波数毎低減量のパワー平均値を試算したものである。

トイレ排水音は、石井らの報告に見られるように流水のみでは騒音レベルが測定できるレベルとはならなかった。今後は流水にペーパーを混入させるかあるいは管の振動を測定する等の工夫が必要であると感じた。

6 ま と め

フローリング床に、ジュウタン他5種類の材料を敷き衝撃音低減の効果測定した。その結果、ジュウタン等を敷くと、「イスのカタカタする」、「子供がオモチャなどで遊ぶ」ような音（軽量衝撃音）に対してはかなり効果が認められた。しかし、「子供の跳び跳ねる」ような音に対する効果は少なかった。

衝撃音に対しては、柔らかい材料ほど低減効果があった。

フローリング床と比較して和室の畳床がよい数値となっており、ダニあるいは衝撃音対策として、畳の持つ「良さ」を見直したい。

低減効果の評価にdB和の考え方を導入してみた。これで効果量dL計算し評価すると、柔らかい材料ほど大きな数値となり、dL値はかなり実態を反映していると

考える。

測定結果の数値的概要は次の通りであった。

ア 重量衝撃音試験では、フローリング床にジュウタンあるいはD マットを敷いた場合、1KHz以上の周波数範囲で数デシベルから10dB減音効果が認められる。しかし、ジュウタン等を敷いても63Hz～500 Hzの範囲での効果は少なかった。

イ 軽量衝撃音に対して、床あるいは畳のうえにジュウタン等を敷いた場合の効果は、程度の差はあるものの250 Hz以上の周波数範囲で減音効果があった。

排水音等の個体音については、今後機会があれば、流水方法及び測定方法を工夫して、防止対策の視点から調査を行いたい。

参 考 文 献

- 1) 永沢真一郎：住宅購入者の遮音に対する意識について、騒音制御，9，4（1985.8）。
- 2) 翁長 博：集合住宅における床衝撃音遮断性能の現状，騒音制御，13，1（1989.2）。
- 3) 綿谷重規：床衝撃音，騒音制御，13，6（1989.12）。
- 4) 日本建築学会編集：建築物の遮音性能基準と設計指針，技報堂，（1979）。
- 5) （社）日本音響材料協会編集：騒音・振動対策ハンドブック，技報堂，（1982）。
- 6) 石井和俊他：排水管からの発生音の低減方法の検討，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集（1985）。
- 7) 石井和俊他：集合住宅における排水管からの発生音の低減方法の検討，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集（1987）。