

## 論文

## 再生紙制振材の床衝撃音低減効果

高田省一\* 佐見津雅隆\* 今井 孝\*\* 保泉正雄\* 加藤光吉\* 大島 敏\*\*\*

Reduction of floor-impact-noise using a recycled-paperboard-damper

Shoichi TAKADA, Masataka SAMITSU, Takashi IMAI, Masao HOZUMI, Kokichi KATO and Satoshi OSHIMA

**Abstract** A Recycled-Paperboard-Damper (RPD) is a constrained-layer-type vibration-damping material composed of recycled paperboards pasted to each other using viscoelastic adhesive. In this research, RPD had been applied to floor plywood and ceiling gypsum boards for a wooden two-story model-house. With damped floor and ceiling, light impact floor noise is reduced 10dB for octave-band 500Hz, and air-borne noise is reduced 4 dB. In that case, damped floor and ceiling have the same thickness and area density as non-damped ones. Acceleration of the ceiling, sound pressure level of the ceiling-reverse-side, and so on, are measured as well. Using such information, the vibration and sound transmission mechanism, and the effective application method of RPD is considered.

**Keywords** Recycled Paper, Damping, Vibration Damping, Damping materials, Damping of Panels, Floor Impact Noise, Gypsum Board, Plywood.

## 1. ま え が き

古紙の用途の一つとして、再生板紙を用いた制振材料(図1)がある。この再生紙制振材と石膏ボードの複合板は、集合住宅の隣戸間遮音の改善に有効であることが分かり<sup>1)</sup>、すでに普及が進んでいる。しかしながら、古紙の在庫は膨れ上がる一方であり、新たな用途開発が求められている。

そのため、筆者等は、近年関心が持たれている木造二階建ての騒音対策への、再生紙制振材の応用方法を研究している。ここでは、3つの防音材すなわち床・天井制振材および天井裏吸音材の有り無しにつき、床衝撃音と室間平均音圧レベル差を評価する。そして、制振材の効果的な適用方法について考察を行う。

## 2. 実 験 方 法

## 2.1 再生紙制振材

使用した再生紙制振材は、図1に示すように、厚さ1mmの板紙3枚の間に薄い粘弾性層を挟んだ都合3mmである。これを石膏ボード9.5mmに貼り合わせた制振石膏ボードを天井板に使用した。また、下地杉板12mmに再生

紙制振材2枚と複合フローリング12mmを貼り合わせビス止した都合30mmを床版とした。

制振材を用いた材料と、比較用の制振材を用いない材料とは、厚さおよび面密度がほとんど一致している。なお、図2の損失係数および曲げ剛性は長さ400mmの両端自由な試験片の測定値を補間して得たものである。

## 2.2 評価用モデルルームと制振材・吸音材の適用方法

評価用モデルルームは図3に示すように各階6畳一間の二階建てである。また、工法は在来軸組工法である。音響的に見れば、床部・天井部は梁で補強されたパネルであり、これらが、375mmの空気層を挟んで対向し、中空二重壁を構成している。そして、床部・天井部は吊木

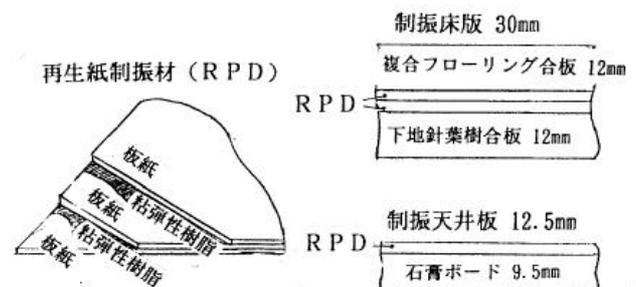


図1 再生紙制振材

\*計測応用技術グループ

\*\*計測応用技術グループ(現東京都下水道サービス(株))

\*\*\*計測応用技術グループ(現技術企画部)

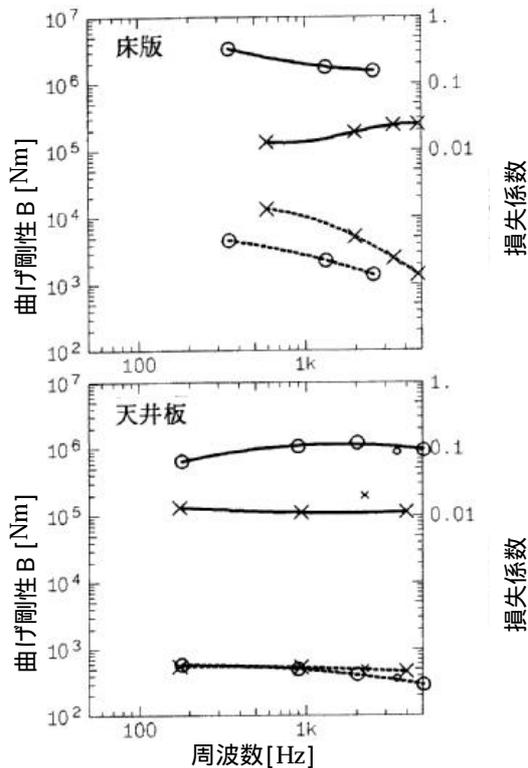


図2 床版・天井板の曲げ剛性と損失係数 (25 )  
 実線：損失係数 点線：曲げ剛性  
 ○：制振型 ×：一般型

等によって機械的にも結合されている。

ここでは、床・天井系に3種類の防音材、つまり床・天井制振材および吸音材を用いている。そしてFCA等の記号で床・天井系の構成を示す。すなわち、Fで床制振材、Cで天井制振材、そしてAで吸音材の使用を示し、防音材がない場合はいずれも0で表す。

### 2.3 測定方法

床衝撃音の測定には、軽量床衝撃音発生源の位置を二階床中央を含む対角線上の3箇所とした。また、室間平均音圧レベル差の測定には、スピーカ位置は1箇所とし、二階天井のコーナにスピーカの基準軸を合わせた。そして、マイクロホン回転台を用い平均音圧レベルを測定した。

なお、図3に示すように、天井裏の音圧レベルを3カ所で、天井板の加速度レベルを5カ所で測定した。そして、それらの平均を振動・音響伝播機構の考察に利用した。また、動電型加振器で二階梁を加振して、床・天井の1/4領域の加速度を測定し、モード解析を行った。

## 3. 測定結果

3.1 床・天井に制振材を用いた場合の床衝撃音レベル  
 防音材として吸音材のみを使用した構成00Aと、床・天井共に制振材を使用した構成FCAの測定結果を図

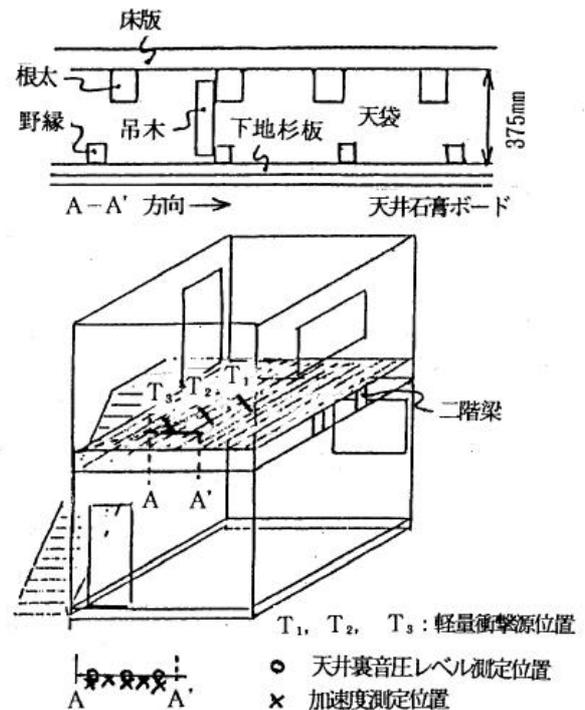


図3 評価用モデルルームと測定位置

4に示す。

構成FCAは00Aに比べ、250Hzバンドが8dB、500Hzバンドが10dB低い。遮音等級は500Hzバンドで決定され、2ランク向上している。なお、基準となる00Aの等級はL-85で、比較的大きい。これは、今回のモデルルームが小さいので、周辺への振動・音響パワーの拡散が少ないためと考えられる。

### 3.2 床衝撃音レベルの測定条件

この測定での一階の音圧レベルには、衝撃による床の振動以外に、二階の音響エネルギーが床や壁を通じて透過する成分も含まれている。そこで、室間音圧レベル差の測定結果を用い、一階の音圧レベルから二階の音圧レベルによる成分を差し引いてみたが、一部の構成において63Hzバンドが1dB弱低下する程度であった。

なお、測定は2~3月の低温期に行ったが、20付近での評価を目標として、電気ファンヒータで昇温後に実施した。粘弾性材を含む制振材では、温度依存性が不可避なためである。なお、実験室内の気温と同様に7の場合にも、昇温後よりは小さいが、250Hzバンドで6dB、500Hzバンドで8dBの改善が認められている。

### 3.3 制振材・吸音材の適用の有無と床衝撃音改善量

測定した7つの構成のうち、000を基準とした他の6構成の改善量を図5に示す。図中の印が床衝撃音の改善量、印が天井裏音圧レベルの低減量、そして×印は天井加速度の低減量である。

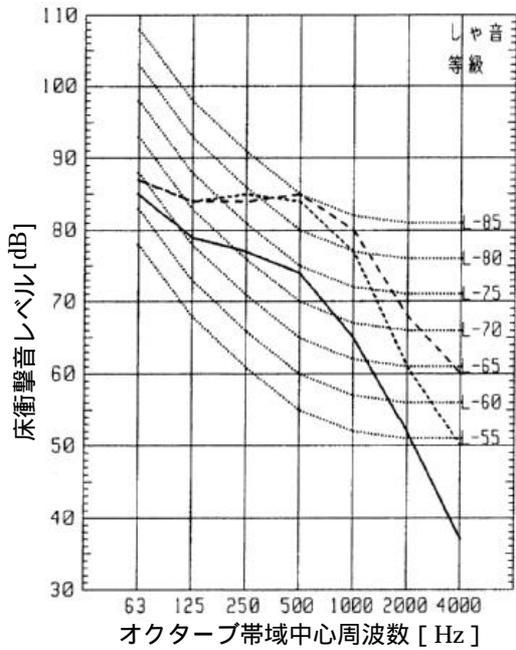


図4 軽量床衝撃音レベル

----- : 000 (防音材無し) ----- : 00A (吸音材)  
 ———— : FCA (床・天井制振材+吸音材)

今回のモデルルームで遮音等級の決め手となっている500Hzバンドについて、000の床衝撃音改善量が1dB足らずでF0Aが6dBであり、合計してもFCAの11dBには達しない点が注目される。また、00Aが1dB、F00が8dBであり、これらの合計も11dBには達しない。すなわち、3種類の防音材を同時に使用したときの改善量は、2種類による改善量と1種類による改善量の合計より大

きい。あるいは、単独で使用してもほとんど効果を示さない材料も、他の材料と併用されたときには、騒音低減に何らかの役割を果たしている。

3.4 室間音圧レベル差の測定結果

図6には図4と同じ構成につき測定したスピーカ加振による室間平均音圧レベル差測定結果を示す。周波数帯域全般で、制振材による改善が認められる。1kHzバンドでは6dBに達する。なお、2,4kHzバンドでは効果が小さいのは、窓やドアを通じての音の側路伝播が原因として確認されている。

4. 騒音低減機構に関する考察

4.1 固有振動モード

図7において、27Hzのモードが、床・天井の質量と空気層のバネによる二重壁の共振である。このモードに対しては、床版・天井板の制振による低減は期待できない。

床のモードは140Hzでは、太い根太に裏打ちされた部分が活発に変形している。300Hzでは根太間に立つ波も含まれるが、根太部分の変形も大きい。したがって、制振効果を高めるには床版と根太を合わせて最適化して行く必要がある。

床版の根太部分の波長は300Hzでも空気音の波長を超えており、放射率が高い。また、低周波側についても節の数の少ないモードは放射率が高い。このように、床は空気音との相互作用が生じ易い条件にある。したがって、室間平均音圧レベル差にも制振材の効果が認められるのも当然といえる。

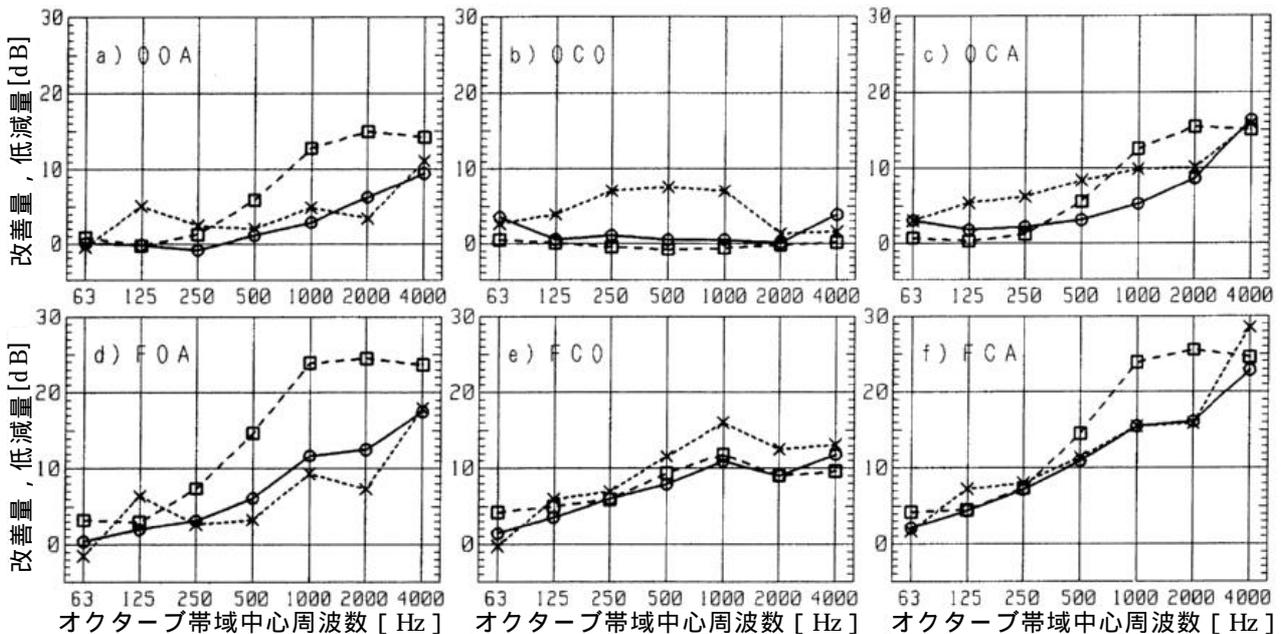


図5 軽量床衝撃音改善量と天井裏音圧レベル・天井振動低減量

———— 軽量床衝撃音レベル改善量      ----- 天井裏音圧レベル低減量      .....x..... 天井加速度レベル低減量

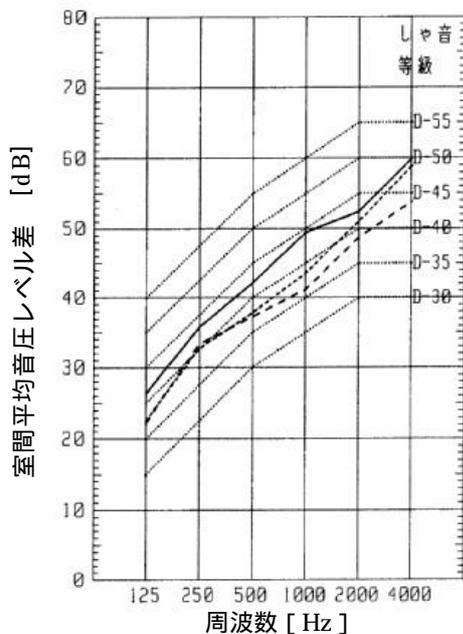


図6 室間平均音圧レベル差

----- : 000 (防音材無し) ----- : 00A (吸音材)  
 ——— : FCA (床・天井制振材+吸音材)

なお、天井のモードは波長が短く放射率が小さい。このため、制振材によるこれらのモードの低減が一階の音圧レベルの改善につながるか否かは天井裏音圧による直接波の透過との大小関係に依存するはずである。

#### 4.2 吸音材と天井裏音圧

図5のうち、00Aにまず注目する。天井裏音圧レベル低減効果は高周波側で大きく、500Hzバンドで5dBを超えている。そして500Hzバンド以上では、床衝撃音改善量も周波数と共に増大している。加速度レベル低減量も、概ね同じ傾向を示している。ただし、天井裏音圧レベルの低減量に比べ床衝撃音の改善量や加速度レベル低減量は小さい。

それは、音響加振による天井振動成分がある程度低減すれば、梁を介しての機械的加振による成分が目立つてくるためと考えられる。なお、125、250Hzバンドで加速度レベル低減量が500Hzバンドより大きいのは吸音材が制振材として機能している可能性がある。

構成F0Aは00Aに比べ、天井裏音圧レベルも加速度レベル低減量も大きく、これに対応して床衝撃音レベル改善量も大きくなっている。

#### 4.3 天井制振の有効性

図5において、0C0の250~1000Hzバンドでは加速度レベルが7dB以上低減しており、制振材は機能している。それにも関わらず、床衝撃音レベル改善量は1dB足らずである。一方、F0Aのように天井裏音圧レベルが低下されている状態から出発すれば、次に天井制振材を追加しFCAとすることにより500Hzバンドでは5dBも床衝撃音レベルが改善される。このように、天井制振材による

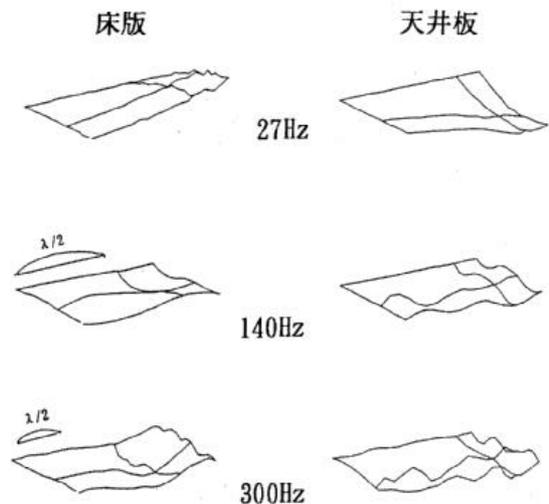


図7 振動モード (1/4領域 1/2: 空気音の1/2波長)

床衝撃音レベル改善量は、他に使用する防音材の影響を受ける。

0C0の63Hzバンドでは、天井裏音圧レベル低減量がほぼ0dBであるのに対し、床衝撃音レベル改善量と加速度レベル低減量は、共に約3dBである。天井板の低次の固有モードが高い放射率を示し、機械加振と音響加振を問わず、制振材による騒音対策が有効な周波数帯域と考えられる。

### 5. むすび

モデルルームの床・天井共に再生紙制振材を使用した場合、オクターブバンド500Hzで10dBの軽量床衝撃音レベル改善効果が認められた。また、空気音の室間音圧レベル差も向上した。使用した制振材を組み込んだ床版および天井用石膏ボードの面密度・厚さは従来の材料とほぼ同じである。

性能向上の方策として第一に、床版の制振については、床版・根太梁を合わせた連成系と見なして損失係数を向上して行く必要がある。次に、天井制振材は、床制振材・吸音材によって天井裏音圧レベルを十分低減した後適用すべきと考えられる。

### 参考文献

- 1) 大島敏, 平野興彦, 千葉隆: 騒音制御, 13, 55-62 (1989).
- 2) 山本, 山口: 制振材料の木質系構造への適用事例 床衝撃音遮断性能, 音響技術, 102, pp65-72, 1998.
- 3) L.L. Beranek, Noise and Vibration Control (Institute of Noise Control Engineering, Washington, 1988).

(原稿受付 平成11年8月9日)