

# 集合住宅における不思議音の発生と対策

宮川 忠明\* 八ッ繁 公一\*\* 野本 利英\*

## Occurrence and Prevention of Strange Sounds in Apartment Buildings

by Tadaaki MIYAGAWA, Koichi YATSUSHIGE and Toshihide NOMOTO

### Abstract

In top-floor apartments in apartment buildings constructed with reinforced concrete, there have been cases where the metallic sound of impact occurred near the ceiling. In investigation of apartments, we confirmed that cause of the sound was the vibration of light-gauge steel (LGS). The vibration of LGS was caused by the distortion of LGS and the screws. The distortion of LGS and the screws was caused by thermal expansion of the ceiling slab. A reverse beam in the rooftop was insulated from heat. The sound could be reduced by intercepting heat to the ceiling slab.

### 要 旨

中層鉄筋コンクリート造集合住宅の最上階の住戸において、住戸内の広範囲にわたる天井付近から『カン』という金属的な衝撃音が発生する事例があった。現地調査を行った結果、壁下地材のランナーと固定ビスのズレが振動源となり、ランナー全体を振動させ衝撃音が発生していることを確認した。また、ランナーと固定ビスのズレは、屋根スラブの熱膨張収縮によるものと推定した。対策として、屋上の逆梁を断熱施工し、屋根スラブへの熱の伝わりを遮断することにより、衝撃音の発生を低減させることができた。

キーワード：不思議音／衝撃音／鋼製下地／熱膨張／逆梁

### 1. はじめに

集合住宅において、いわゆる不思議音といわれる、音源や発生原因の特定が困難な音が生じることがある[1]～[5]。発生原因としては、人為的なもの、設備系のもの、気温変化や風などの自然現象に起因するもの等があり、音の発生時刻、発生間隔、大きさ、音質などは様々である。この様な不思議音は、条件が満たされなければ発生せず、しかもその条件が不明であることが多い。したがって、調査を行うにしても、測定器をセットして音の発生を辛抱強く待つなど、多くの時間が必要となる。また、居住者が実際に生活している状態での対応となるため、調査を

行うこと自体も居住者にストレスを与えることから、できる限り短時間で原因を特定あるいは推定し、早急に対策を施すことが必要となる。対策の結果として、音の発生を止める、あるいは聞こえなくするといったことが求められるが、まったく聞こえなくなるまでの対策というのは実際には困難な場合が多い。どこまで対策をするか、あるいはどの時点で解決したと見るかは難しい問題であるが、居住者の受忍限度以下とすることが、一つの妥協点になると考えられる。本報では、集合住宅の住戸で発生した不思議音に対し、調査、検討、対策を行い、居住者の受忍限度以下にまで低減できた事例について報告する。

\* 技術研究所環境研究室

\*\* 技術研究所所長

## 2. 衝撃音の発生状況

居住者へのヒアリング調査の概要は次の通りである。対象とする音は「カン」という金属的な衝撃音で、天井付近より発生する。単発が多いが、「カンカン」と連続する場合もある。発生回数は多い日で1時間に数回発生する。曇りや雨の日よりも、晴れた日の方が、また、季節的には夏より冬の方が衝撃音の発生回数は多い。

また、衝撃音の発生状況をより具体的に把握するため、居住者に発生場所、発生時刻を可能な限り詳細に記録していただくよう依頼した。

### 2.1 衝撃音の発生時刻と回数

図1に衝撃音の発生時刻と回数を示す。これは居住者に記録していただいたものを集計したものである。記録日は2007年9月15日(土)～9月25日(火)の10日間である(9月21日を除く)。図中の10日間の平均気温は、当該マンション直近の地点における気象庁の気温データを用いて算出したものである。

衝撃音の発生時刻は、10:00～12:00と20:00～24:00が多い。これは、気温の変化と躯体コンクリートの温度変化にタイムラグがあることを考え合わせると、衝撃音の発生は気温の変化に影響しているものと見ることができる。すなわち、太陽が昇り、気温が上昇すると同時に、当該建物に太陽光が照射し、躯体コンクリートが暖められ熱膨張する。また、太陽が沈むと躯体コンクリートは冷やされ収縮する。この様な躯体コンクリートの熱膨張収縮が衝撃音の発生に影響している可能性が考えられる。

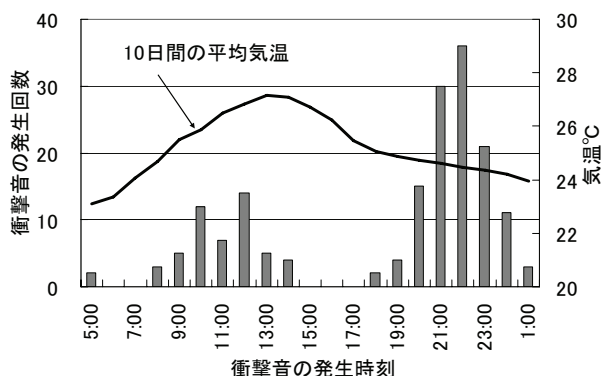


図1 衝撃音の発生時刻と回数

### 2.2 衝撃音の発生場所と頻度

図2に衝撃音の発生場所と頻度を示す。発生場所は、リビングと廊下が多いが、台所、寝室、子供部

屋、洗面所、トイレなどからも発生しており、住戸内の広範囲にわたっている。

### 2.3 衝撃音の周波数特性

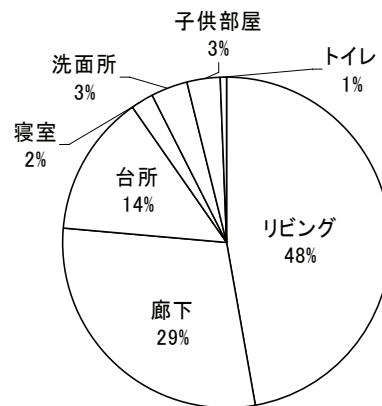


図2 衝撃音の発生場所と頻度

図3に衝撃音の周波数特性を示す。これはリビングで発生した衝撃音の実測データである。図に示すように、衝撃音の騒音レベルは52dB～56dBであるが、これより小さいものや大きいものも発生している。また、リビングのサッシ遮音等級はT-3であり、室内の暗騒音レベルは31dB程度と非常に静かである。この様に、衝撃音と暗騒音の差は20dB以上となっているため、衝撃音がはっきりと聞こえるレベルであることが分かる。

### 3. 衝撃音の発生原因の究明

居住者へのヒアリングより、衝撃音は天井付近よ

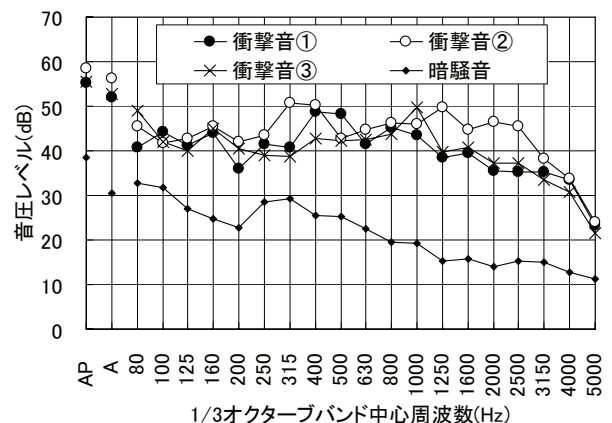


図3 衝撃音の周波数特性

り聞こえるとのことであつたため、当該住戸の上階にあたる屋上に上がり、設備配管類やアンテナ架台など、金属的な音が発生しそうなものを叩いてみた。しかし、どれも対象とする衝撃音ではないということが確認できたため、調査対象を室内側の内装仕上

げ材に絞ることとした。

衝撃音を耳で聞いただけでは、音源や発生原因は特定できない。よって、ここでは複数の部材に振動ピックアップを設置して振動加速度を同時測定し、時刻層波形から信号の到来時刻と大きさにより衝撃音の発生部材を特定する方法を試みた。図4に住戸平面図を示す。衝撃音の発生は住戸内の広範囲にわたっているため、居住者に衝撃音の発生が多い箇所を指摘していただき、図に示す位置に450mm角の調査用の天井開口を開けた。この開口部より、手の届く範囲で建築部材に振動ピックアップを設置した。

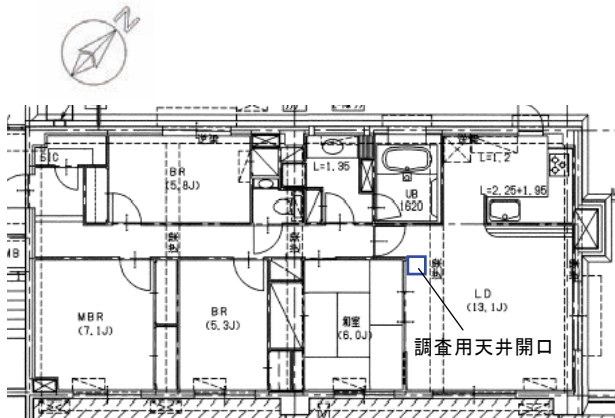


図4 住戸平面図

### 3.1 測定システム

図5に測定システムを示す。

各測定機器の主な仕様、設定値は次の通りである。

振動ピックアップ測定範囲

0.01 (ノイズレベル) ~1000gal

アンプ出力 1Vpeak/m/s<sup>2</sup>

DS-2000 サンプリング周波数 16kHz

測定レンジ 1.414V

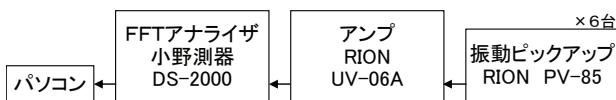


図5 測定システム

### 3.2 振動ピックアップ設置位置

図6 鋼製下地材の取合い図を示す。音の発生部材を特定するため、壁下地材ランナー、天井下地材ランナー、天井下地材スタッドに両面テープにより振動ピックアップを設置した。写真1に振動ピックアップ設置状況を示す。写真1の視点は、図6において、リビングから和室に向かい、開口部を見上げたものである。

振動ピックアップ①~⑥の測定対象部材は次の通

りである。

- ①：和室と廊下の間仕切り壁のランナー
- ②，③：鴨居上部の壁のランナー
- ④，⑤：リビング天井のランナー
- ⑥：リビングの天井のスタッド

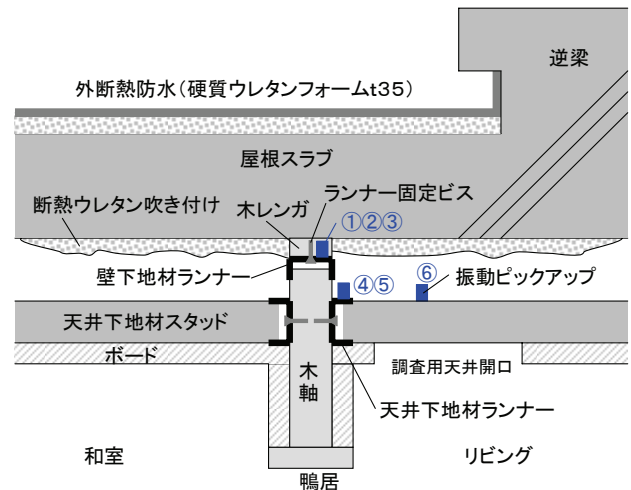


図6 鋼製下地材の取合い図

### 3.3 測定結果

当該衝撃音は住戸内の様々な場所の天井から発生しているが、一度発生した箇所からは、しばらく間

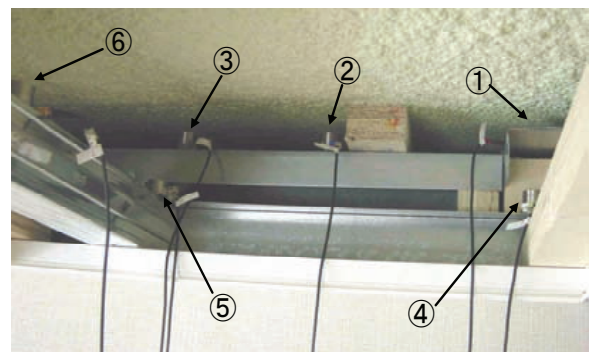


写真1 振動ピックアップ設置状況

隔をおかないと発生しないという特徴がある。当該調査箇所より音が発生するまで数時間を要した。この日は曇りであったため、気温の変化が緩やかであったこともその要因であると考えられる。

図7に振動加速度時刻層波形を示す。図の縦軸は振動加速度で単位はgalであり、振動ピックアップ①~⑥のレンジは同じである。②と③の波形を見ると、レンジオーバーにより振幅が飽和し、他と比べ大きく振動していることが分かる。

図8に振動加速度時刻層拡大波形を示す。この図

は図7の横軸を信号の到来時刻を基準にして拡大したものである。図より、振動ピックアップ②に最も早く信号が到来し、次に③に到来していることが分かる。これらのことから、振動源は鴨居上部の壁下地材のランナーである可能性が高いことが分かる。

#### 4. 衝撃音の発生原因の推定

これまでの調査から、衝撃音の発生原因について、次の2点が確認できた。1.居住者による音の発生記録より、躯体コンクリートの熱膨張収縮が衝撃音の発生に関係している可能性がある。2.壁下地材のランナーが衝撃音発生振動源である可能性が高い。

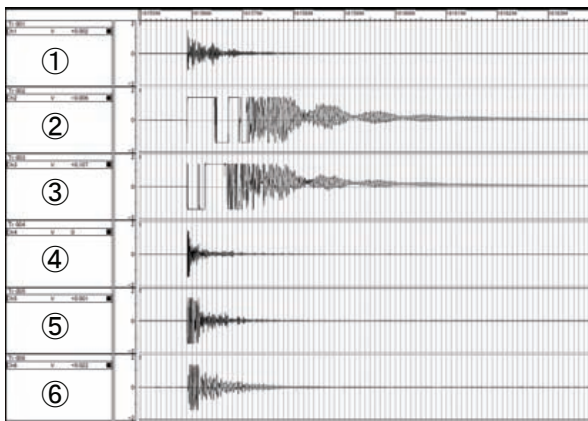


図7 振動加速度時刻歴波形  
(縦軸[gal], 横軸[10ms/目盛])

ここで、屋上に目を向けると、当該住戸を横断す

②の信号到来時刻が最も早い

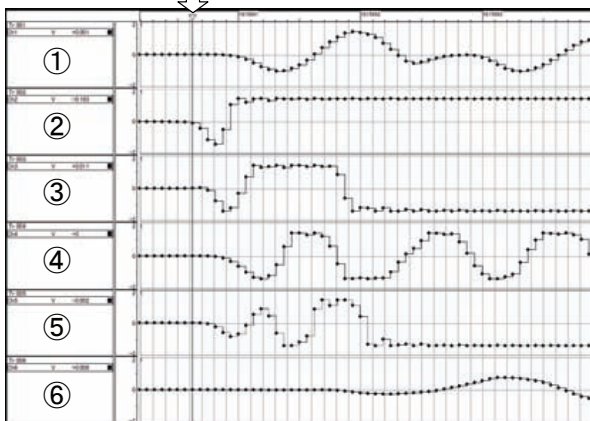


図8 振動加速度時刻歴拡大波形  
(縦軸[gal], 横軸[1ms/目盛])

ような3本の逆梁の存在が確認できる。図9に屋上の逆梁の位置を示す。この逆梁部分の断熱は、屋根スラブの室内側にウレタンを吹き付ける方法を用いているため、逆梁の天端や側面は断熱されていない。

い。

これらのことを考慮し、衝撃音の発生原因を次のように推定した。図10に歪みが生じる部分を示す。断熱されていない屋上の逆梁が日射により温められると、屋根スラブにもその熱が伝わる。暖められた逆梁と屋根スラブが熱膨張し、それに伴い木レンガのお互いの間隔が広がると、壁下地材ランナーの固定ビスに歪みが蓄積される。このとき壁下地材ランナーは室内側にあるため、室内温度は一定であるとみなすことができ、ランナー自体の熱膨張はない。固定ビスの歪みが限界に達すると、壁下地材ランナーとのズレにより歪みが開放され、ズレの衝撃で壁下地材ランナーが振動し衝撃音が発生する。

#### 5. 対策

##### 5.1 対策および効果

衝撃音の発生原因の推定から、屋上の逆梁を断熱することにより、日射による躯体コンクリートの温度上昇を防ぎ、屋根スラブの熱膨張収縮を抑制することができるであろうと考えた。図11に逆梁の断熱対策概要断面図を示す。逆梁をスタイロフォーム

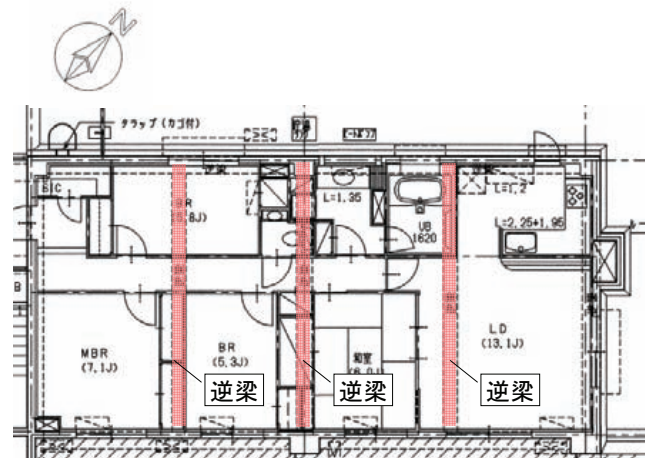


図9 屋上の逆梁の位置

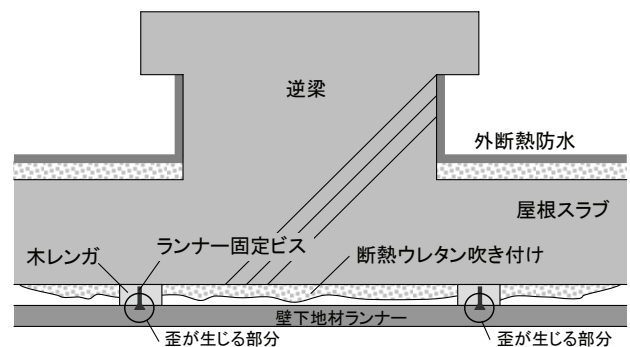


図10 歪みが生じる部分

t=30mm で覆い断熱し、風で飛ばされないように単管パイプで固定した。施工範囲は図 9 に示す 3 本全ての逆梁とした。写真 2 に逆梁の断熱対策後の状況を示す。この時点では、衝撃音発生原因の推定の妥当性を確認するための仮施工であったが、後述のように効果が確認できたため、後日、断熱材をスタイロパネル Ek II 40mm とし、防水保護シート仕上げによる本施工を行った。

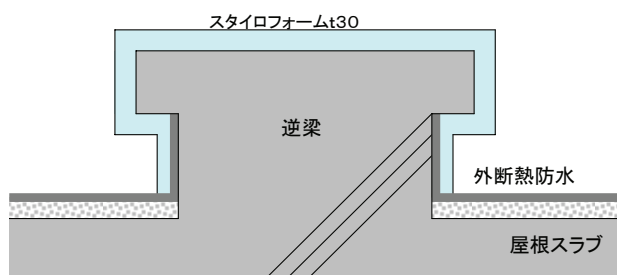


図 11 逆梁の断熱対策概要断面図



写真 2 逆梁の断熱対策後の状況

対策して 1 週間程度後に居住者へのヒアリングを行った。その結果、衝撃音の発生が格段に減ったとの評価と、居住者の受忍限度以下となっているという見込みが得られた。図 12 に対策前後の衝撃音の発生時刻と回数の比較を示す。これは対策前に居住者に衝撃音の発生状況を記録していただいたときと同様に、対策後においても記録していただき、それらの結果を比較したものである。対策後の方が衝撃音の発生回数が多くなっている時間帯も見られるが、全体的に見ると衝撃音の発生回数は 2 割以下まで低減した。

## 5.2 他の対策の検討

他の対策として、衝撃音の発生源である壁下地材ランナーや固定ビス自体に工夫をし、ズレを生じさせなくする方法も考えられる。具体的には、a.壁下地

材ランナーの寸法を短くする対策が考えられる。ランナーの寸法が短ければ、それだけ固定ビスに生じる歪みも少なくなるであろうと考えられる。また、b.壁下地材ランナーと固定ビスを絶縁する対策が考えられる。これらの対策についても、実験的に検討を

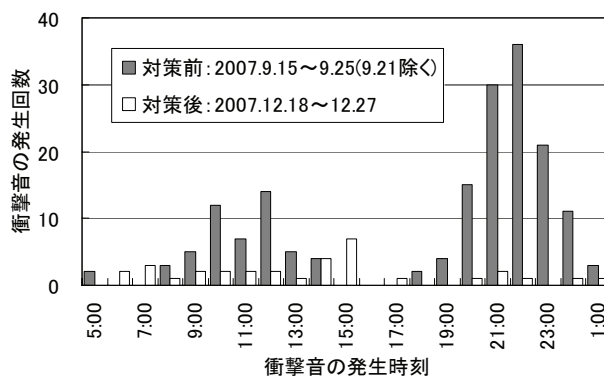


図 12 対策前後の音の発生時刻と回数の比較

行った。

写真 3 に試験体写真を示す。90mm 角×4m の角材に 300mm ピッチで栈木を釘で固定し、4m のランナーを栈木にビスで固定した。試験体の角材部分が、住戸では屋根スラブに相当し実際とは異なるが、ランナーと固定ビスのズレによる衝撃音の発生が再現できれば、対策方法の検討は可能であると判断した。

衝撃音の発生は二つの方法で再現できた。一つは試験体の中央を支点とし、両端に力を加えしならせるという方法である。この方法により騒音レベルが 76dB の「カン」という金属的な衝撃音を発生させることができた。しかし、一度衝撃音を発生させると数時間放置するの必要があり、また、数時間の放置後にしならせてみても衝撃音が発生しない場合も多い



写真 3 試験体

ことから、この方法による検討は見送ることとした。

他方は、試験体を恒温恒湿室に入れ、室温を 20℃ から 35℃あるいは 35℃から 20℃へ変化させ、試験体に熱変化を与えるという方法である。この間に要する時間は 1 時間程度である。写真 4 に恒温恒湿室での衝撃音の発生再現実験を示す（左側の試験体は住戸の廊下天井を想定したものである）。試験体には振動ピックアップを設置し、試験体の近くには騒音計マイクロホンを三脚で固定した。写真 5 に振動ピックアップの取り付け状況を示す。恒温恒湿室の室温を上下させるときは、常に空調騒音が発生しており、試験体の衝撃音を聞き取ることができない、また、衝撃音が発生するタイミングも不明であることから、衝撃音の発生の確認は、振動加速度および騒音の時刻歴波形から判断することとした。図 13 に衝撃音の発生記録を示す。この記録は室温を 35℃から 20℃へ下げる実験において、開始から約 40 分頃に衝撃音が発生したケースである。騒音は空調騒音が支配的で

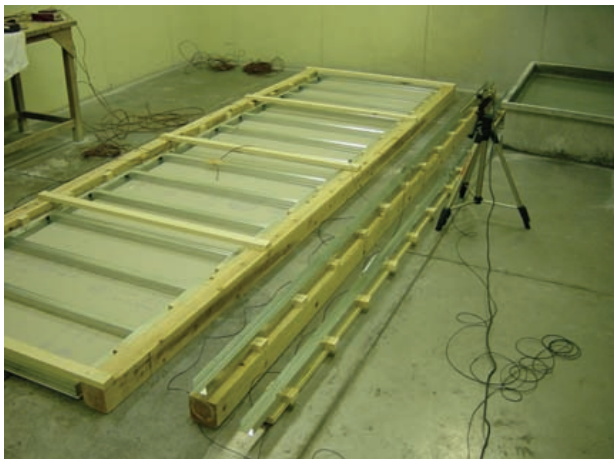


写真 4 恒温恒湿室での衝撃音の発生再現実験



写真 5 振動ピックアップの取り付け状況

あり、その騒音レベルは 51dB であった。振動波形の振幅は振動加速度であり、矢印の位置で振動が発生している。この時間の騒音を再生してみると、空調騒音の背後に「カン」という金属的な衝撃音が聞き取れる。この熱変化を与える方法は、試験体に力を加えしならせる方法より、衝撃音の発生の再現性が比較的安定していた。よって、対策方法の検討はこの実験方法を用いることとした。

a. 壁下地材ランナーの寸法を短くする対策

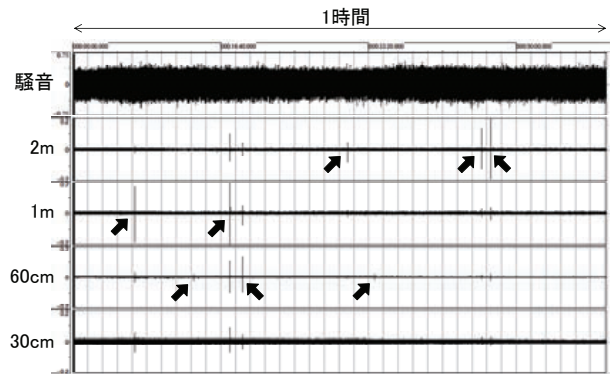


図 15 衝撃音の発生記録（対策 a）

図 14 にランナーの寸法を短くした試験体を示す。2m, 1m, 60cm, 30cm のランナーに振動ピックアップを設置し、恒温恒湿室で熱変化を与えた。結果を図 15 の衝撃音の発生記録（対策 a）に示す。各ランナーを一つの角材に固定しているため、お互いに振動は伝わるが、その大きさから振動源のランナーを特定した。寸法 30cm では振動は生じなかったが、

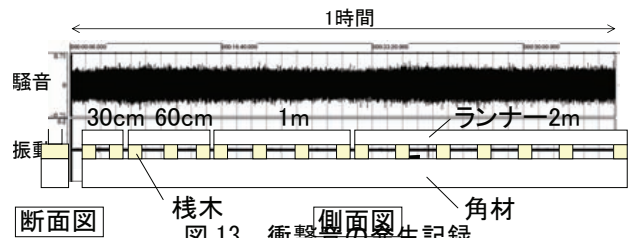


図 13 衝撃音の発生記録

図 14 ランナーの寸法を短くした試験体

60cm, 1m, 2m では振動は生じた。この時間の騒音を再生してみると、空調騒音の背後に「カン」という金属的な衝撃音が聞き取れた。

b. 壁下地材ランナーと固定ビスを絶縁する対策

図 16 に絶縁ビスを用いた試験体を示す。絶縁ビス①は、ビスの首を削りエポキシ樹脂系接着剤を接着し、ビスの金属部がランナーと接触しないようにしたものである。絶縁ビス②は、樹脂製のワッシャーを用い、ランナーには前もって大きめに穴を開けておくことにより、ビスの金属部とランナーが接触しないようにしたものである。ランナーとビスの絶縁はテスターの導通チェックにより確認した。

a.と同様の実験を行った結果、絶縁ビス①を用いた試験体、絶縁ビス②を用いた試験体とも振動の発生が確認できた。このときの騒音を聞いてみると、空調騒音の背後にかすかに衝撃音が聞き取れる程度であった。音質については、金属的なものかどうかま

では確認できなかった。以上より、絶縁ビスを用いることにより衝撃音の大きさは小さくなり、ある程度の効果は期待できると言えるが、対策案として採用できるという確証を得るまでには至らなかった。

## 6. まとめ

集合住宅の乾式間仕切壁に鋼製下地を用いた場合、温度環境の変化により、天井付近から金属的な衝撃音が発生することがある。その対策として、当事例においては逆梁の断熱対策が有効であったことを示した。

ちょうど同じころ、他の集合住宅においても同様の事例があった。最上階の居住者より、天井から金属的な衝撃音が聞こえるとのことであった。調査した結果、間仕切壁には鋼製下地が使用され、屋上には住戸を横断する逆梁が直交するように配置されていた。この場合も逆梁を断熱することで、衝撃音の発生を居住者の受忍限度以下とすることができた。

集合住宅の間仕切壁は、従来は木造下地であったが、現在は鋼製下地が主流となっている。また、逆梁については、従来は住戸の端辺に配置されていたが、当該物件のように住戸を横断する配置も見られるようになってきた。これらの条件が重なった場合、金属的な衝撃音が発生する可能性が高いと考えられる。竣工後の対応策としては、いままで示したとおり、逆梁を断熱することが効果的である。屋上での作業であるため、居住者の生活に大きな支障を与えることがないこともメリットである。また、新築における対応策としては、①住戸を横断するような逆梁の配置は避ける。②住戸を横断するような逆梁を配置した場合は、逆梁についても外断熱を行う。③住戸を横断するような逆梁を配置した住戸の間仕切壁については、従来の木造下地とする。などが考えられる。

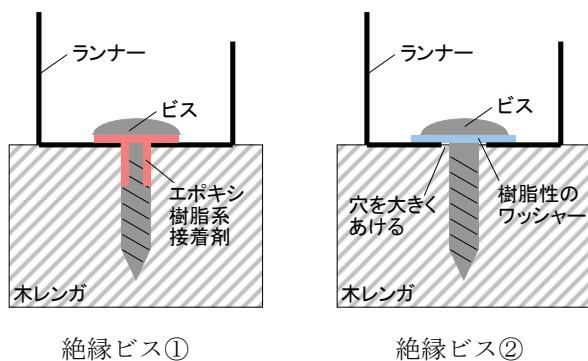


図 16 絶縁ビスを用いた試験体

## 参考文献

- [1]安岡博人・中澤真司：1.総論不思議音の範囲,音響技術, No.128, pp2-7, 2004.12
- [2]中川清：2.建物に関わる不思議音の発生実態,音響技術, No.128, pp8-14, 2004.12
- [3]渡辺充敏・藤沢康仁：3.異音・不思議音の事例解説 3.1(1)熱変形による事例解説1熱応力による異音の発生,音響技術, No.128, pp15-16, 2004.12
- [4]平松友孝：3.異音・不思議音の事例解説3.1(2)熱変形による事例解説2外壁PC板,音響技術, No.128, pp17-20, 2004.12
- [5]古賀貴士：4.不思議音の音源探査方法の現状と新しい試み,音響技術, No.128, pp53-60, 2004.12

