

免震レトロフィットに伴う解体工法の騒音に関する検討

Study on Noise of Demolition Method with Seismic Isolation Retrofit

稲留康一* 茂木正史*
起橋孝徳* 柳沼勝夫*

要 旨

近年、建物躯体を改修することで建物自体の耐久性・耐震性の向上が図られるようになってきた。耐震性向上策の一つとして中間層免震工事（免震レトロフィット）がある。この場合、免震層部分の躯体を切断して免震装置を設置するため、解体工法によっては大きな騒音の発生が懸念される。そこで、各種解体工法による発生音の実情を調査するために実大試験体を用いた実験を行った。その結果、ブレーカ等の打撃型工法に比べワイヤーソー、ウォールソーなどの切削型工法の方が発生音は小さく、建物供用状態での施工にも十分に対応できることがわかった。また、仮囲い壁に対する騒音対策に関する実験を行い、騒音対策上のポイントを明確にした。

キーワード：既存建物改修、免震レトロフィット、解体工法、騒音、防音対策

1. まえがき

近年、建物躯体を改修することで建物自体の耐久性・耐震性の向上を図るケースが多くなってきた。構造躯体に対して補強を行うような工事の場合には、アンカーボルトの設置、柱、梁およびスラブ等のコンクリートの切断・ハツリといった作業に大きな騒音・振動を伴うことが予想される。

また最近では、耐震性向上策の一つとして、建物の中間階を免震層とする中間層免震工事（免震レトロフィット）が行われるようになってきた。免震レトロフィット工事では、改修部位が特定の階に限定されることから、改修対象外の階では通常業務を行いながら工事の実施が可能であるという利点を持つ。しかし、工事に伴う騒音によって、執務に対して悪影響を及ぼす可能性もある。そこで、奥村組東京本社社屋の免震レトロフィット工事に先立って、当工事で採用する工法として候補となった各種切断方法に関する騒音の影響を調査した。本報では、各種工法の発生音の実情、仮囲い壁に対する騒音対策方法の効果、免震レトロフィット工事の柱切断時における建物内騒音の測定結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 切断試験体の概要

免震レトロフィット工事で採用を検討した各種切断工法による騒音の影響を調査するため、技術研究所内に施工した実大試験スラブ¹⁾の一部に切断用試験体を設置

した。切断試験体の概要を図-1に示す。奥村組東京本社社屋の躯体構造を再現するため、柱は鉄骨鉄筋コンク

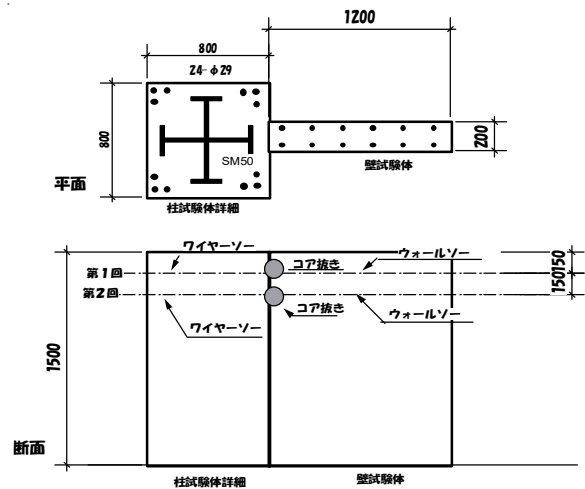


図-1 切断試験体



写真-1 切断試験体の配筋・鉄骨設置状況

*技術研究所

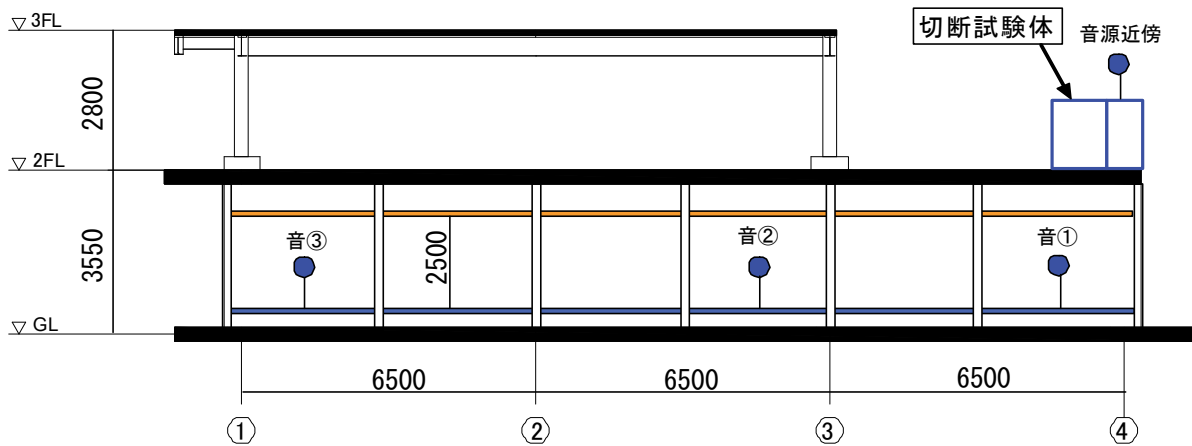


図-2 騒音・振動測定位置の概要

リート造、壁は鉄筋コンクリート造とした。なお、コンクリート強度は実建物と同程度の強度とした。配筋および鉄骨の設置状況を写真-1に示す。

2.2 騒音・振動測定の概要

実大試験スラブの各室に測定点を設けて切断工事における発生音を測定した。測定位置の概要を図-2、マイクロフォン設置状況を写真-2に示す。

測定点を設けた室は、石こうボード二重壁で区画されており、室内天井は石こうボードによる二重天井、床は乾式二重床仕上げを基本としている。なお、各室には、室内の残響時間を調整するために吸音体を設置している。

2.3 切断工法の概要

実験を行った切断工法一覧を表-1に示す。切断工法には、ブレーカ等による打撃型工法とワイヤソー、ウォールソー等の切削型工法がある。ワイヤソー、ウォールソー等の切削型工法は、ダイヤモンドワイヤをリング状に巻きつけ高速移動させて切断する工法であり、低騒音工法と呼ばれている。また、切削型工法では、ダイヤモンドワイヤが高熱となるため冷却が必要となり、冷却方式として、従来水冷式と超低温の冷風による空冷式がある。水冷式では、切粉を含んだ冷却水が切断面周辺に飛散することから、切断場所付近の養生や水の排水処理が必要であるが、空冷式の場合は切粉を集塵機で回収するため、切断場所付近での養生は水冷方式に比べ軽微である。また、ダイヤモンドワイヤを通すためにコア抜き作業が発生するが、この場合でも冷却方式には水冷式と空冷式の2種類がある。空冷式の切断機械の概要を写真-3に示す。

本報では、表-1に示した打撃型切断工法と切削型切断工法の両者について実施した実験結果を報告する。

3. 実験結果

3.1 打撃型切断工法

打撃型切断工法における各測定点での測定データをオ



写真-2 マイクロフォン設置状況

表-1 切断工法の一覧

打撃型	ピック
	チップ (ハンマドリル)
	ブレーカ
切削型	ワイヤソー (水冷式、空冷式)
	ウォールソー (水冷式、空冷式)
	コア抜き (水冷式、空冷式)

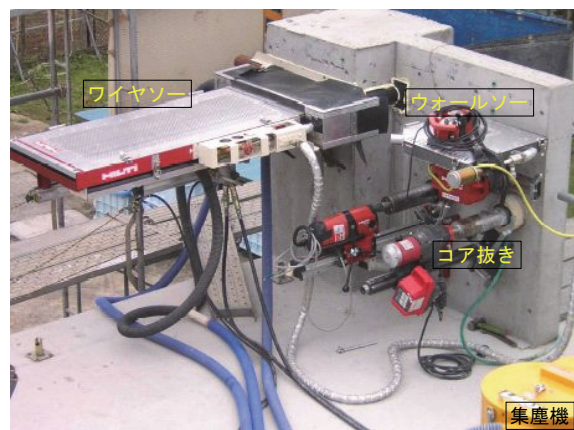


写真-3 切削型切断機械の概要

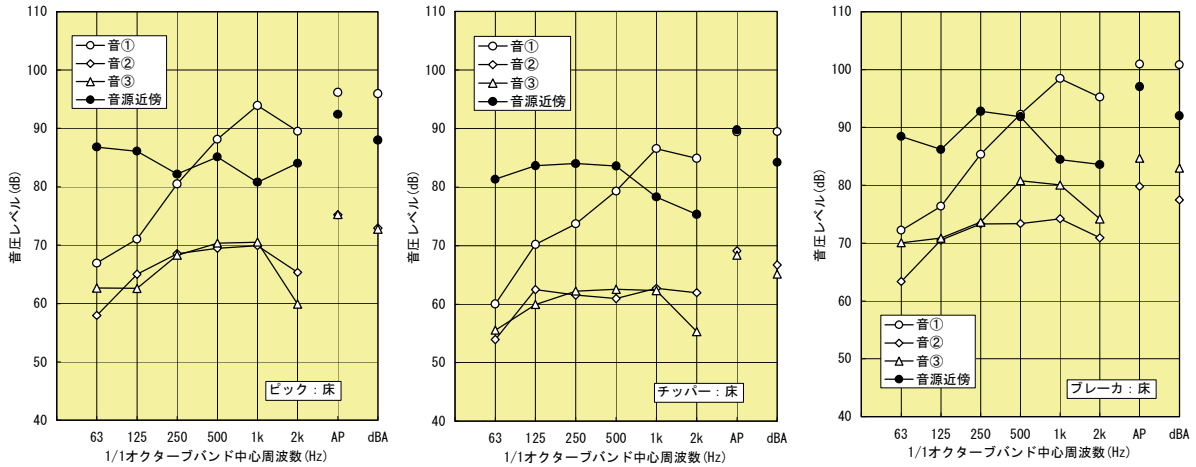


図-3 打撃型切断工法での測定結果 (床)

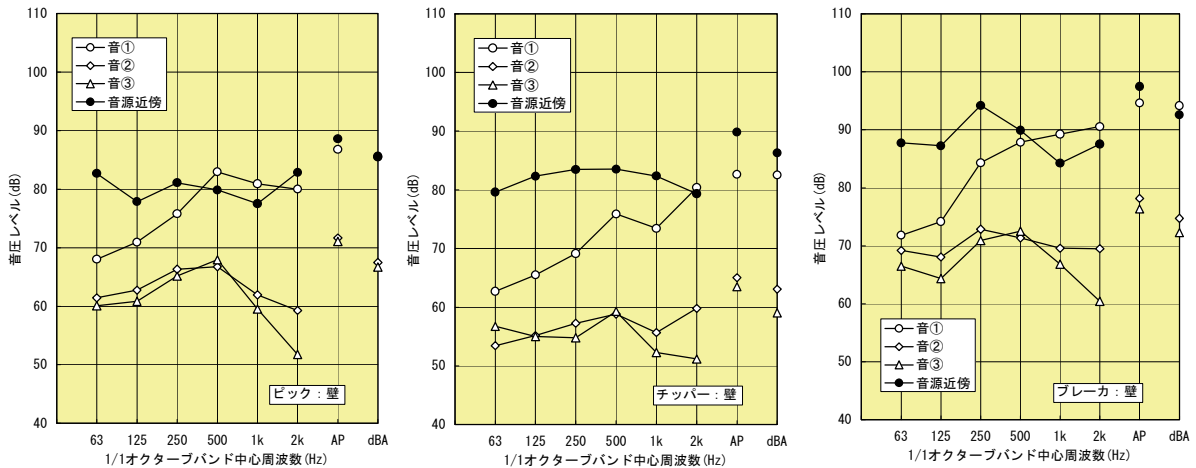


図-4 打撃型切断工法での測定結果 (壁)

クターバンド分析した結果を図-3、図-4に示す。
 なお、ブレーカ等は、柱や壁の切断のほかにも、床面などのハツリ工事でも使用されることから、床面と壁面の両方に適用した場合の測定を行った。

打撃型の場合、音源近傍での発生音自体は床の場合でも壁も場合でもそれほど大きな差は生じていないが、床に適用した場合の方が各室の測定点での音圧レベルはやや大きい。特に、直下となる音①室では、音源近傍よりも大きな音圧レベルとなっている。これは、受音室の音の発生に寄与する天井スラブを直接打撃しているためであると考えられる。

つぎに、各打撃型工法の騒音レベルを比較して図-5に示す。各工法とも、床面への適用では各受音室(音①室~音③室)への影響が大きくなっている。また、最も遠い音③室でも、ブレーカの場合は80dBAを超える騒音レベルが計測されている。このように打撃型工法の場合には、離れた室でも騒音が大きくなる可能性があることから、建物を供用状態で工事を実施する場合には、執務

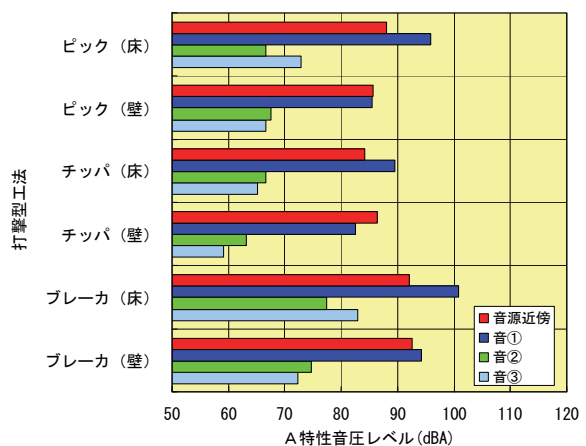


図-5 騒音レベルの比較 (打撃型工法)

に対する影響が懸念される。

3.2 切削型切断工法

切削型切断工法における各測定点での測定データをオ

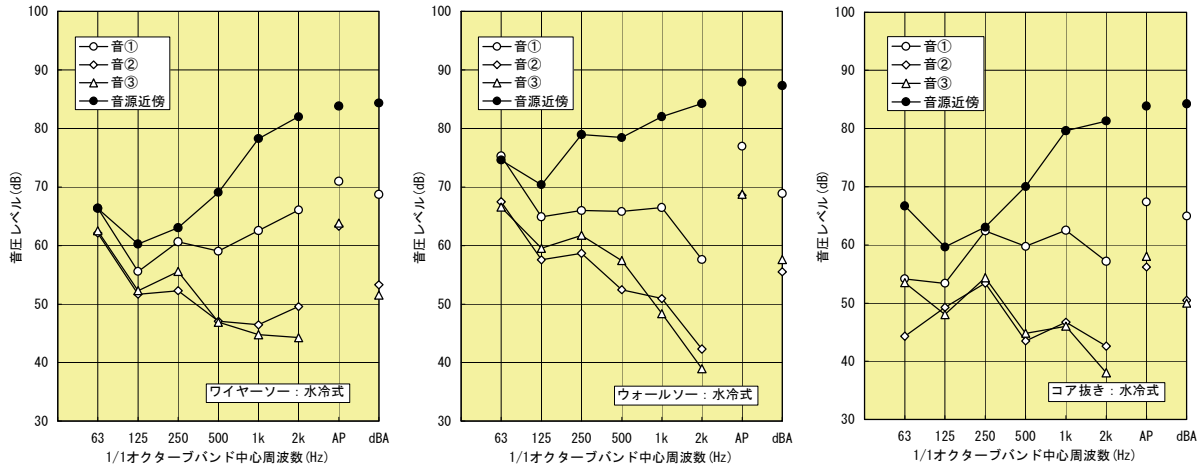


図-6 切削型切断工法での測定結果（水冷式）

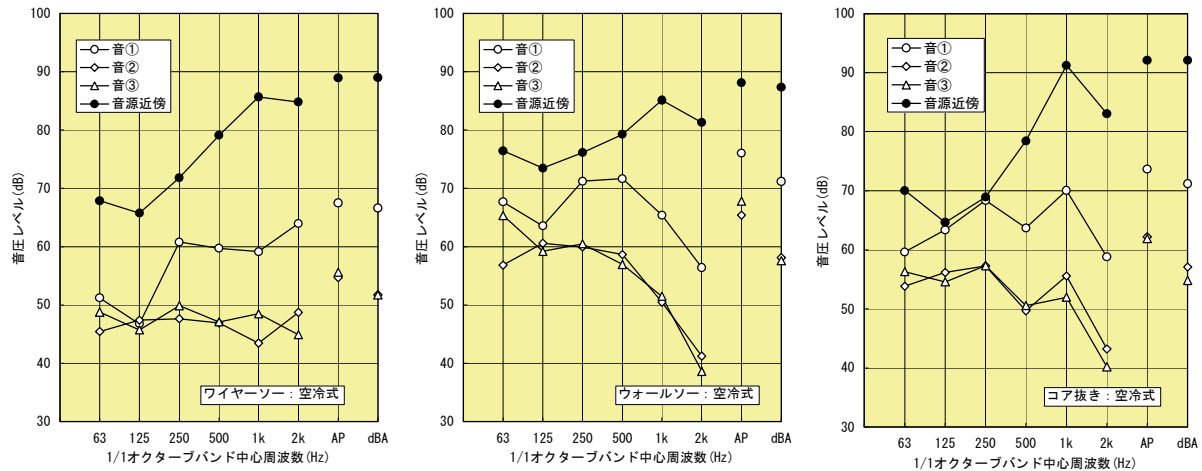


図-7 切削型切断工法での測定結果（空冷式）

クタブバンド分析した結果を図-6（水冷式）、図-7（空冷式）に示す。

まず、ワイヤーソーおよびウォールソーの水冷式（図-6）では音源近傍と音①室における 63Hz 帯域の音圧レベルはほぼ同じ値となっている。これは、音①室の直上に冷却水処理のために水中ポンプが据え付けられていることから水中ポンプの運転による影響が現れているものと考えられる。コア抜きでは、水中ポンプを運転していない状態での測定結果であるため、音源近傍と音①室の測定点での差が明確に現れている。この3つの工法の音源近傍と直下室（音①室）との騒音レベルの差は、15～20dBA となっている。

つぎに空冷式（図-7）では、水冷式に見られたような低音域での音圧レベルの上昇は見られない。しかし、空冷式の場合には水中ポンプの代わりに集塵機が床に据え付けられ稼動しており 250Hz～500Hz 帯域付近にその影響が見られる。

切削型切断工法における各測定点での騒音レベルを比

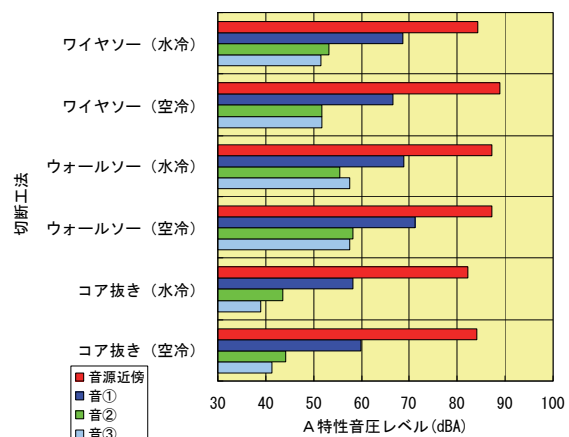


図-8 騒音レベルの比較（切削型切断工法）

較して図-8に示す。空冷式と水冷式の騒音レベルを比較すると、音源近傍では、ワイヤーソー、コア抜きで水冷式の方がやや小さい。ウォールソーについてはほぼ同程度となっている。各室（音①室～音③室）では、騒音

レベルの差はわずかではあるが水冷式の方が小さい結果となった。

今回の測定では、音源で発生した騒音が空気伝搬して各室に伝搬するのではなく、切断面で発生する振動が伝搬して音を発生させる固体伝搬音であると想定されるので、音源近傍と直下である音①室の音圧レベル差とスラブの遮音性能は対応しない。また今回の測定結果では、直下階での騒音レベルは70dBA程度であるが、実験に使用した試験体（実大試験スラブ）は梁なしの大スパン構造であるため、一般的な建物を想定すれば、梁によるブロッキングマスの効果が期待できるので騒音レベルはさらに低くなると思われる。

4. 防音工法の検討

切断工事での騒音伝搬は固体伝搬（切断面で振動が発生し、その振動が伝搬して離れた場所で音として放射する）と空気伝搬（切断面で音が発生し空気中を伝搬する）の2ケースが考えられる。固体伝搬に対しては、切断面での振動が発生しにくい工法を採用する以外、騒音を低減させることはできないが、空気伝搬に対しては、防音壁等による遮音対策が可能である。また、屋外（建物周辺）へは、空気伝搬の影響が大きく、3章での測定結果では、打撃型切断工法のような場合、音源近傍で100dBA 近い騒音レベルとなっていた。3章に示した実験で得た音源近傍での収録音を用いて、仮囲い（防音パネル）による防音工法を検討した。

4.1 実験概要

実験は床面以外が吸音材で構成されている半無響室で実施した。試験体とマイクロフォンの配置を図-9に示す。屋外を想定すると、仮囲い壁（壁）と上部塞ぎ板（上蓋）で仮囲いすることとなるが、仮囲い壁の設置上、仮囲い壁の最下部と地面との間の隙間（壁下隙間）や上部塞ぎ板と建物外壁との間の隙間（上蓋隙間）が発生する。このため、これら隙間処理方法が防音上重要となる。そこで、表-2に示す対策法を検討し実験を行った。なお、対策工法には、仮囲い内部での発生音低減を目的として吸音体の設置も検討した。ここで用いた吸音体は、

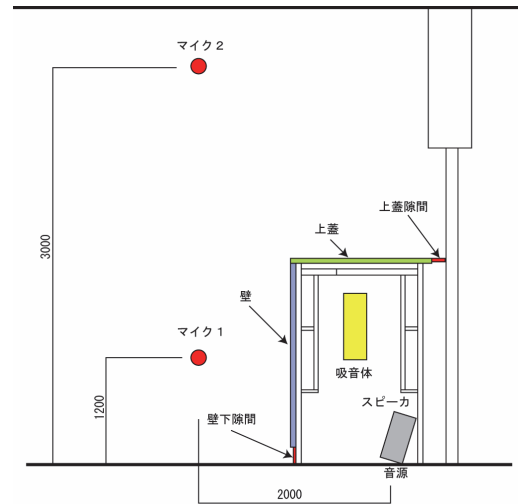


図-9 試験体とマイクロフォン配置

表-2 対策法の概要

パターン	壁	壁下隙間	上蓋	上蓋隙間	吸音体個数
パターン1	なし	なし	なし	なし	なし
パターン2	防音パネル	遮音シート	防音パネル	遮音シート	なし
パターン3	防音パネル	遮音シート	防音パネル	遮音シート +ガラスウール	4個

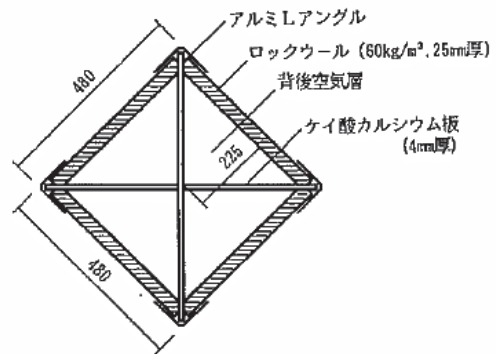


図-10 吸音体の概要

図-10 に示すようなロックウール吸音板で構成された480mm×480mmの断面で長さが600mmの直方体であり、1個あたりの吸音性能は250Hz帯域以上の周波数域で0.8㎡以上の等価吸音面積を有している²⁾。

4.2 実験結果

実験結果を図-11、図-12に示す。仮囲いを行い、さらに壁下および上蓋部で生ずる隙間を処理することにより、各切断工法ともパターン1（無対策）に比べ

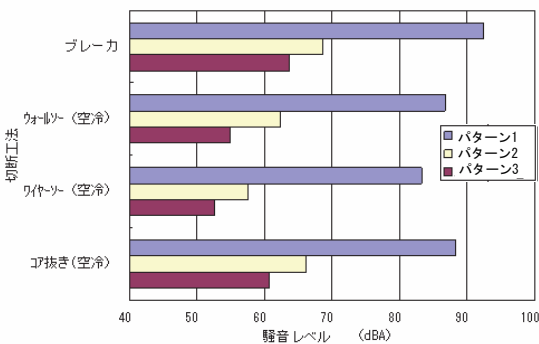


図-11 マイク1における騒音レベル測定結果

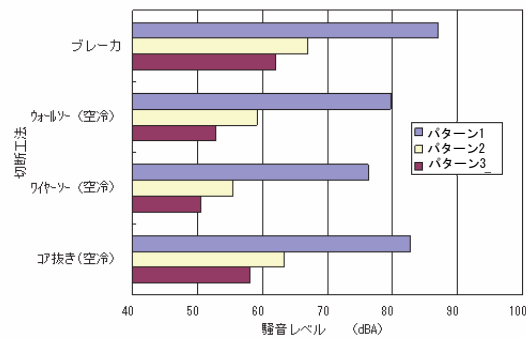


図-12 マイク2における騒音レベル測定結果

20dBA 程度の騒音低減効果が得られている。また、パターン2のように仮囲い内部に吸音体を設置し、上蓋隙間にグラスウールを追加することで、パターン1（無対策）に対して25dBA程度の騒音低減効果が得られている。

これらの結果より、空気伝搬による騒音の影響が懸念される建物外（建物周辺）や、同一フロア内に対しては、その影響度に合わせて隙間処理や吸音体を設置することが防音対策上有効であることが確認できた。

5. 実物件での騒音調査結果

奥村組東京本社社屋の免震レトロフィット工事では、3章に示した空冷式の切断工法を採用した。そこで柱切断（ワイヤーソー）時の建屋内での騒音伝搬状況を測定により調査した。測定位置の概要を図-13に示す。切断位置は1階の柱であり、建屋内の各フロアにおける騒音レベルを測定した。

各階における騒音レベル測定結果を図-14に示す。ワイヤーソーの測定は平日の執務時間中に実施したものである。概ね、平日の執務時間中におけるフロア内の暗騒音は、空調騒音で45~50dBA程度、人の話し声を含む場合には55dBA程度であった。切断時の騒音は4階、5階ではかすかに聞こえるものの、それ以上の階ではワイヤーソーの音を判別することはできなかった。直上階である2階では65dBA程度で最も騒音レベルが大きい。執務者からの苦情もなく、作業音は聞こえているものの執務に支障をきたすといった劣悪な環境ではないと推測される。

6. まとめ

既存建物改修時において躯体切断作業に伴い発生する騒音に関する実験を行った結果、以下のような知見を得た。

- i. ブレーカ等の衝撃型工法では、直下室で90dBAを超えるケースもみられ、建物を供用しながらの施工に際しては執務等に対する影響が懸念される
- ii. 切削型工法は、衝撃型工法に比べ固体伝搬音への寄与が少なく供用状態での施工に有効であることを確認した
- iii. 仮囲いの騒音対策は、壁下および上蓋部で生ずる隙間を遮音シートなどで適切に処理することにより、20dBA程度の騒音低減効果が得られた
- iv. 仮囲いの作業エリア内に吸音体を設置して、さらに上蓋隙間にグラスウールを追加することで、25dBA程度の騒音低減効果が得られた
- v. 実物件（奥村組東京本社社屋）におけるワイヤーソーでの柱切断作業時の騒音は、聴感的には4階、5階でかすかに聞こえるものの、それ以上の階ではワイヤーソーの音を判別できない程度まで減衰

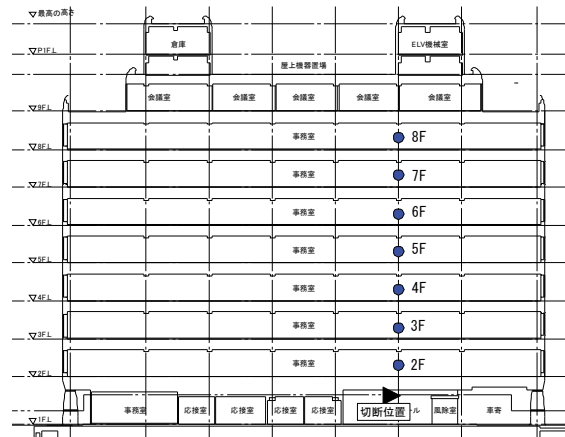


図-13 測定位置の概要

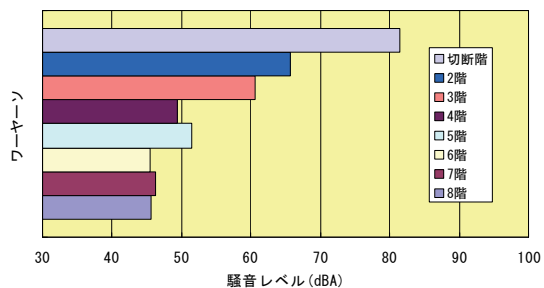


図-14 実建物での測定結果

し、また直上階でも、執務ができない等といった劣悪な環境にはなっていないことが確認できた

7. あとがき

奥村組東京本社社屋の免震レトロフィット工事に先立って、既存建物改修時における躯体切断作業に伴い発生する騒音に関する実験を行い、実際の施工に用いる切断工法を選定した。建物を供用しながらの工事に対して、有効な方法を選定できたと考えている。今後も、実建物への適用の際にはデータを蓄積していきたい。

なお、本実験を行うにあたり、日本ファーステム株式会社には多大な協力を頂いた。記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 稲留康一、山上 聡「床衝撃音予測手法に関する研究 -実大試験床版の概要および実験結果-」、奥村組技術研究年報、No. 1、pp. 87-92、2005
- 2) 飛松幸彦、西岡計成、木村真也、稲留康一「吊り下げ吸音体の開発」、奥村組技術研究年報、No. 21、pp. 109-114、1995