

耐震補強工事に伴う作業騒音の測定と騒音対策の課題

Measurement of Work Noise and Measures against Noise Accompanying Seismic Strengthening

小原 弘之^{*1} 川上 正男^{*1} 新島 久仁男^{*2} 水梨 健蔵^{*3}
Hiroyuki Obara Masao Kawakami Kunio Nijima Kenzou Mizunashi
中野 裕公^{*2} 稲葉 仁^{*2} 熊田 雅仁^{*4}
Hiromasa Nakano Hitoshi Inaba Masahito Kumata

【要旨】

耐震補強工事において、文教施設の場合は、長期的な夏休みなどに集中して工事を行うことができるが、事務所ビルでは、その用途上テナントがビルを使いながら工事を行うことが一般的である。このような状況で、事務所ビルの耐震補強工事において発生する騒音は、実施工程と直接関係してくる。本報告では、削孔作業に伴う事前の機器選定を行い、作業騒音の測定を実施したので、今後の補強工事及びリニューアル工事に関する基礎的な資料の意味も含め、その結果を整理した。

【キーワード】 騒音 耐震補強 削孔音 はつり音

1. はじめに

現在ビル所有者や我々建設業にとって、リニューアル工事は、新築工事と同じウエイトが置かれる程の工事になってきて、今後、どのようにビルを長持ちさせるか、また、どのように使っていくかが重要となってきている。新築の建設投資から改修工事までにらんだ、いわゆる「ライフサイクルコスト」からみた建設コストが着目されるようになってきている。特に、これまでの大規模な地震の影響もあり、一般的にも耐震性能に対する関心が高まっており、最近では耐震補強工事の需要も増加傾向にある。

文教施設の場合は、長期的な夏休みなどに集中して補強工事を行うことができるが、一般の事務所ビルでは、テナントがビルを使いながら工事を行うことが多い。本報告では、このような事務所ビルの耐震補強工事における騒音測定について、今後の補強工事に関する基礎的な

資料の意味も含め、実際の現場で行った調査・測定結果などを整理した。工事騒音としては削孔音（アンカー工事）・はつり音（モルタル除去）である。また、各作業終了時には、執務中の方々に御協力を頂き、その作業に関するヒアリングも実施した。

2. 耐震補強工事に関するニーズ

耐震補強工事の開発目標として、そのニーズに関して、アンケート調査を実施した結果¹⁾を図-1に示す。これを見ると、新しい工法の開発目標としては、①短工期、②移転・引越しの不要、③騒音振動・粉塵の低減、の順で多くなっており、建物の使用を前提とした工法の必要性を顕著に現した結果となっている。

1.本社 建築部 建築技術課 2.関東建築支店 神田錦町耐震補強工事作業所 3.関東建築支店 RN部

4.本社 営業本部 営業第二部

3. 工事概要

3. 1 工事概要

工事件名 昭栄錦町耐震改修他工事
 工事場所 千代田区神田錦町1-2-1
 発注者 昭栄株式会社
 注文者 平成ビルディング株式会社
 設計者 安田総合計画株式会社
 建物分類 事務所（1～9階）
 工事種別 改修工事（耐震及び外壁改修工事）
 敷地面積 628.05m²
 建築面積 535.00m²
 最高高さ 38.750m
 階数 地下2階，地上10階，棟屋1階

3. 2 補強工事と作業騒音

本建物の耐震補強は、主に西面及び東面に150mmの増打壁と南・南東面の構面外補強とで構成されている。構面外補強には、トグル制震が2,3階（各2基）7,8階（各4基）組み込まれている（図-2）。

この補強に伴い様々な工事騒音が発生する。特に執務に影響を与えると考えられる、既存仕上げモルタル（約30mm）の除去とアンカー削孔に関する削孔音に関して、施工上の対応（使用機器の選定や各階テナントとの工事時間の調整）が必要となる。

4. テナントビルの使用状況

補強工事に伴う騒音は、現在のテナント執務作業に支障をきたす可能性がある。ビル自体の立地的な良さもあり各階とも現在使用中で、使用状況は、表-1となっている。これは基本的な時間区分であり、実際には、残業なども含めると、当然ながら24時間・全ての曜日で執務が行われているのが実状である。そのため作業騒音は、工事工程に直接影響を与えることになる。

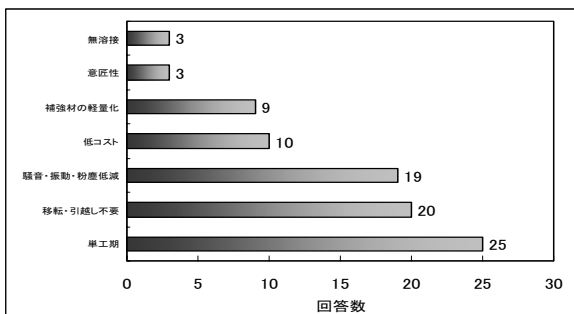


図-1 耐震補強工法のニーズ¹⁾

5. 試験施工時の騒音測定

5. 1 試験対象工事と作業用機器選定

実施施工に先立ち、増打壁の施工に伴う「はつりと削孔」の発生騒音について、現地にて試験施工を行った。しかし、テナントが使用している状態では、様々な条件別の試験が出来ないため、アンカー削孔用の機器については、予めメーカーの資料及び当社で以前実施した試験結果²⁾の比較を行い、そこから機種を選定した。はつりに関しては、発生騒音の調査を主眼にしているため、機器の選定は実施せず、通常機器によるものを使用した。ここで比較した発生騒音は、メーカー資料と当社の測定方法は異なっているが、選定上の目安として考えた。

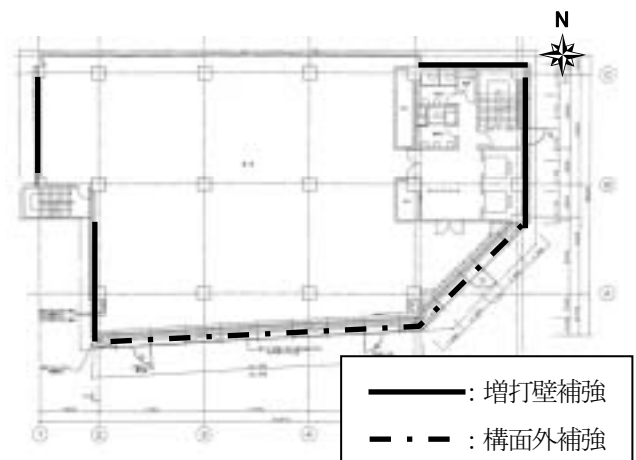


図-2 耐震補強の概要（基準階）

表-1 各階テナントの標準使用状況

| | 月 | | 火 | | 水 | | 木 | | 金 | | 土 | 日 | | |
|------|-------------|----|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|---|----|
| | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | | | 9 | 12 |
| 9～8階 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 7～6階 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 3～5階 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 2階 | 工用事務所階として使用 | | | | | | | | | | | | | |
| 1階 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |

表-2 アンカー削孔選定対象の機器性能表

(*メ：メーカー，*ト：当社)

| 項目 メーカー | 主な機器性能 | |
|------------|-----------|-----------|
| | 回転数(回/分) | 打撃数(打撃/分) |
| B社*メ | — | — |
| C社②*メ | 9200 | 0 |
| D社①*メ | 800～8000 | 0 |
| D社①*ト | | |
| E社*メ | — | — |
| F社*ト | 900～4000 | 0 |
| G社*メ | 3000～8000 | 0 |

選定対象としたアンカー削孔機は図-3の6機種である。主な機器性能は表-2の通りであり、低騒音機器であるため、打撃方式のものはない。また、先に表-1で示したように、当然、工事において、「騒音」以外にも「削孔速度」も重要な選択条件となる。そこから考えると、C社②が最も発生騒音は小さいが、作業速度は良くない。そのため、騒音と作業効率も考えG社(発生騒音 62 d B, 削孔速度 8 秒/mm)を選定し測定を行った。

5. 2 騒音測定結果

(1) 測定概要

測定場所を図-4、試験条件は表-3に示した。騒音測定は、普通騒音計(リオン製 NA-20)とレベルレコーダ(同 LR-04, 20)によるレベルの読み取りのみとした。測定内容は表-3の通り、試験1回に対し、音源場所を常に5階外部壁面とし、騒音計(マイクA, B)を2台で同時測定し、終了後騒音計を順次移動しながら行った。室内仕上げは、以下の通りである。

<試験実施作業内容>

- ① 削孔 使用機器: G社製 ② はつり(20秒程度)

<内部仕上げ>

壁: コンクリート直塗装 天井: PB 床: カーペット

(2) 測定結果

測定結果を表-4に示した。この表は同時測定を実施した順番に記述してある。

a) 各室内での騒音とレベル変動

①削孔作業時

図-6~図-8に試験 No 1~3の騒音レベル変動を示した。6階、3階、2階においては、事務室内暗騒音の影響で、削孔音の認識が難しい結果となっていたが、6階では作業開始と共に、体感的に振動が感じられたとの執務中社員の方のヒアリング結果があった。これは、作業稼動時に耳に聞こえにくい低い周波数の振動が発生したものと考えられる。5階、4階では、削孔と同時にその音が確認できた。7階では聞き耳を立ててやっと聴こえる程度であり、執務には影響もないとのことであった。これら削孔音の認識ができた階での騒音レベルは、5~10 dBの範囲で削孔音が変動していた。

②はつり作業時

図-5に試験 No 4の騒音レベル変動を示した。5階と6階のみの測定である。その音はハッキリと聞こえ、

かつ、壁面を直接加振させているため、振動も体感できるほどであった。その変動は打撃しながらの衝撃的なレベル変動である。

このような工事騒音は、事務室内で発生する電話や会話の音とは、その周波数が異なり、比較的低いものが主である。そのため、削孔作業開始と同時に、通常聞いている音とやや音色の違う音が発生し、工事関係者では通常聞きなれた騒音が、執務中の方々には、やや違和感を与えるようなものであったことが測定中に感じられた。

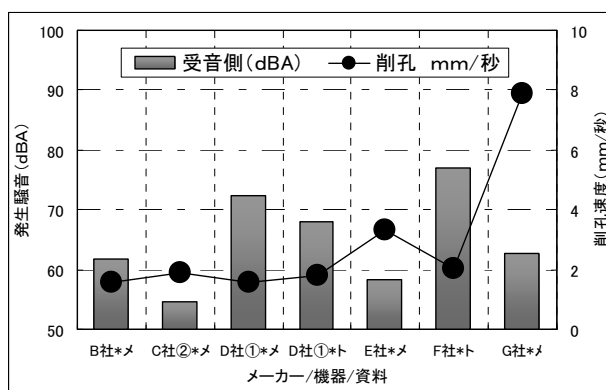


図-3 機器選定比較図

表-3 試験条件

| 試験 No. | 音源場所 | 試験内容 | 試験条件 | 受音場所 | |
|--------|--------|------|----------------|------|------|
| | | | | マイクA | マイクB |
| 1 | 5階外部階段 | 削孔 | 2本/φ13 深さ100mm | 6F | 5F |
| 2 | 5階外部階段 | 削孔 | 2本/φ13 深さ100mm | 3F | 4F |
| 3 | 5階外部階段 | 削孔 | 2本/φ13 深さ100mm | 2F | 7F |
| 4 | 5階外部階段 | はつり | 2回/20秒程度 | 6F | 5F |

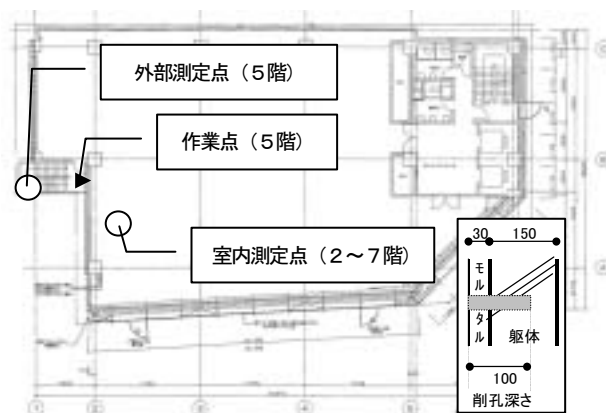


図-4 音源位置, 測定位置



写真-1 測定状況写真

表-4 測定結果

| 試験 No. | マイク | 試験内容 | 外部測定結果 | | 室内測定結果 | | 削孔速度 mm/秒 | 聞こえ方(ヒアリング結果も含む) |
|--------|-----|------|--------|---------|--------|---------|--------------|-------------------------|
| | | | 音源階 | 結果 (dB) | 音源階 | 結果 (dB) | | |
| 1 | A | 削孔 | 5階 | 85~83 | 6F | — | 3~4 | 暗騒音の為削孔音は聞こえないが、体感振動がある |
| | B | 削孔 | 5階 | 85~83 | 5F | 74~65 | | ハッキリ聞こえる |
| 2 | A | 削孔 | 5階 | 85~83 | 4F | 56~50 | 3~4 | 聞こえる |
| | B | 削孔 | 5階 | 85~83 | 3F | — | | 暗騒音の為削孔音は聞こえない |
| 3 | A | 削孔 | 5階 | 85~83 | 7F | 50~45 | 3~4 | かすかに聞こえる |
| | B | 削孔 | 5階 | 85~83 | 2F | — | | 暗騒音のため削孔音は聞こえない |
| 4 | A | はつり | 5階 | 93~97 | 6F | 72~70 | — | ハッキリ聞こえ、体感振動もある |
| | B | はつり | 5階 | 91~96 | 5F | 86~81 | — | 大きく聞こえ、体感振動もある |

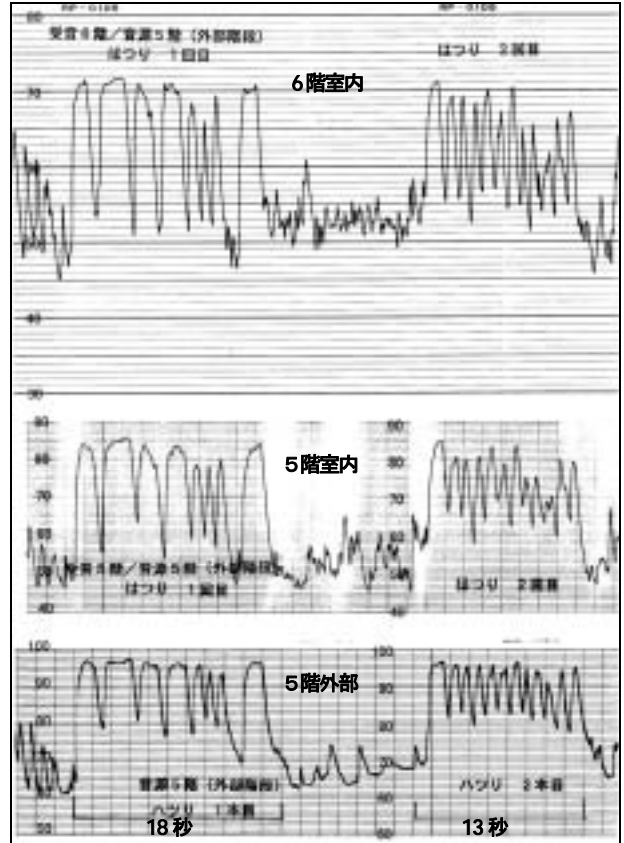


図-5 5階、6階のレベル変動(はつり)

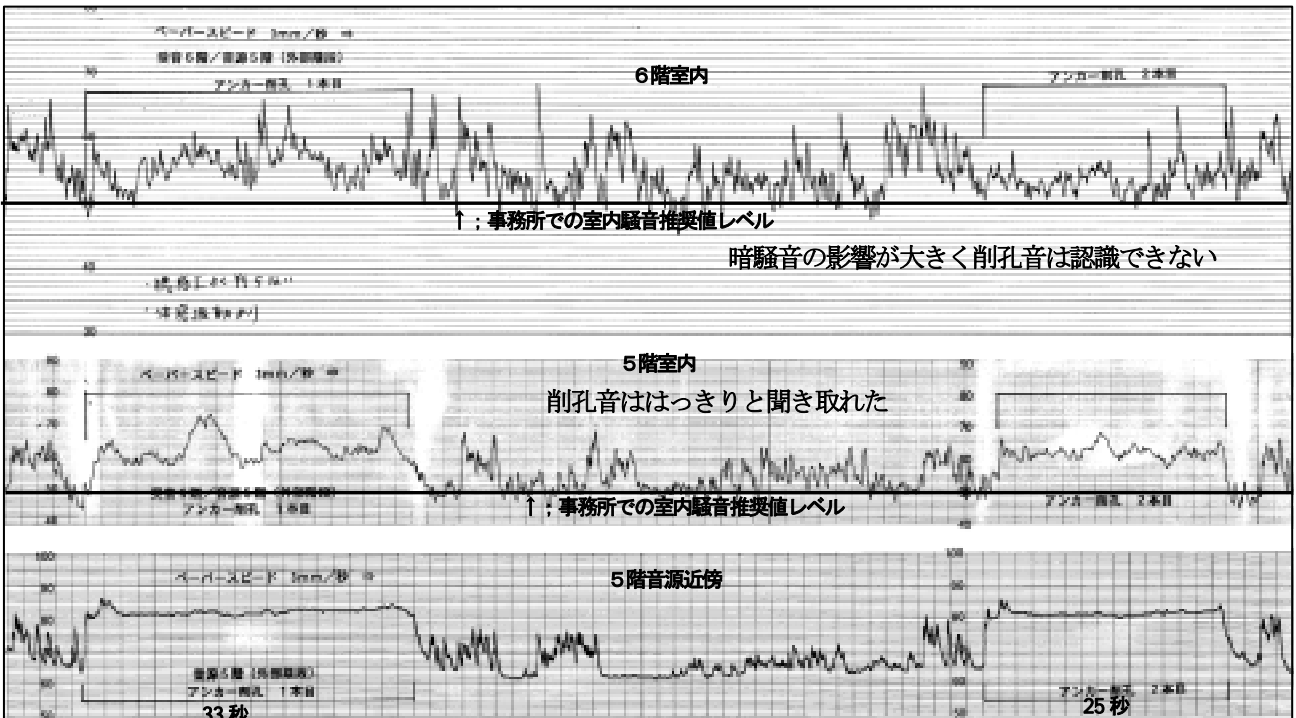


図-6 6階(上段), 5階(中段)のレベル変動(削孔)

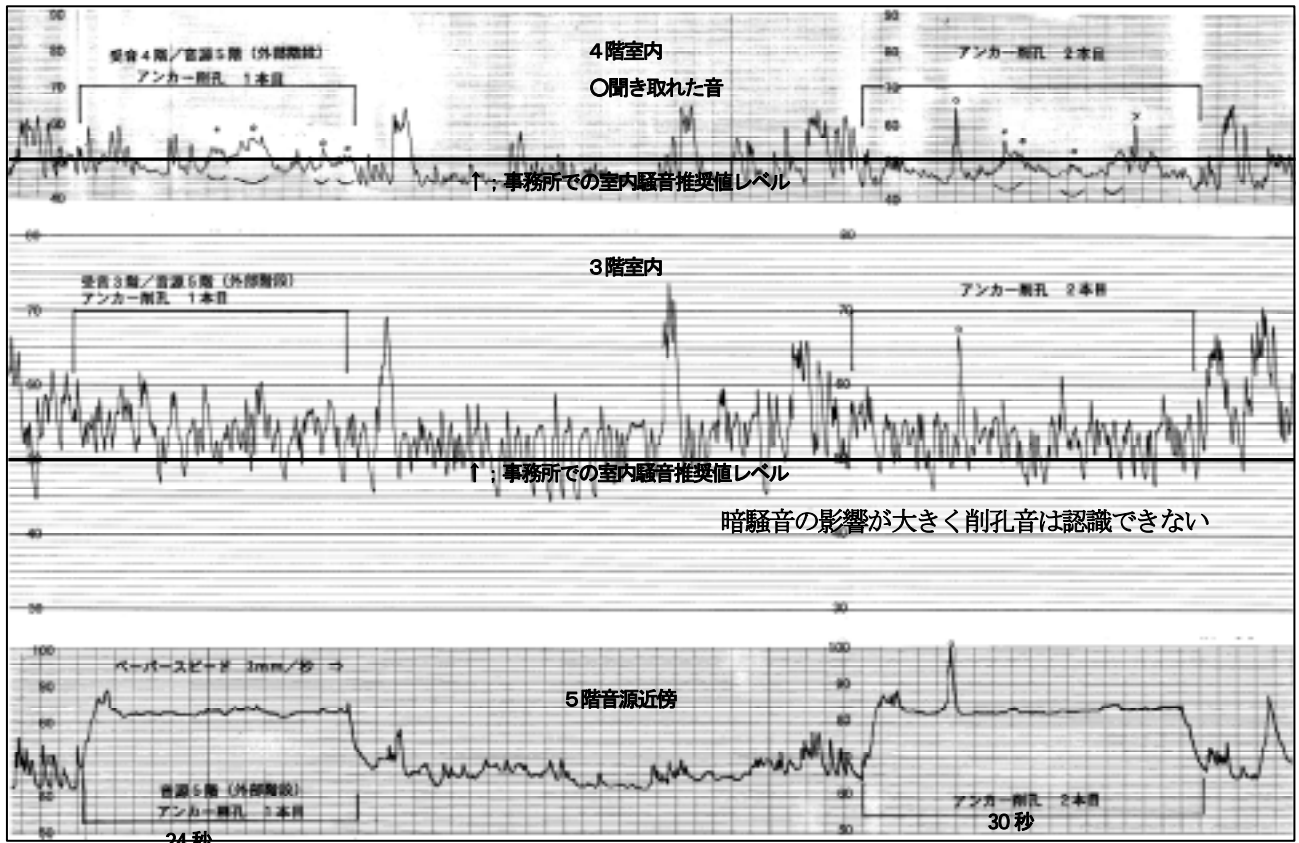


図-7 4階（上段）、3階（中段）のレベル変動（削孔）

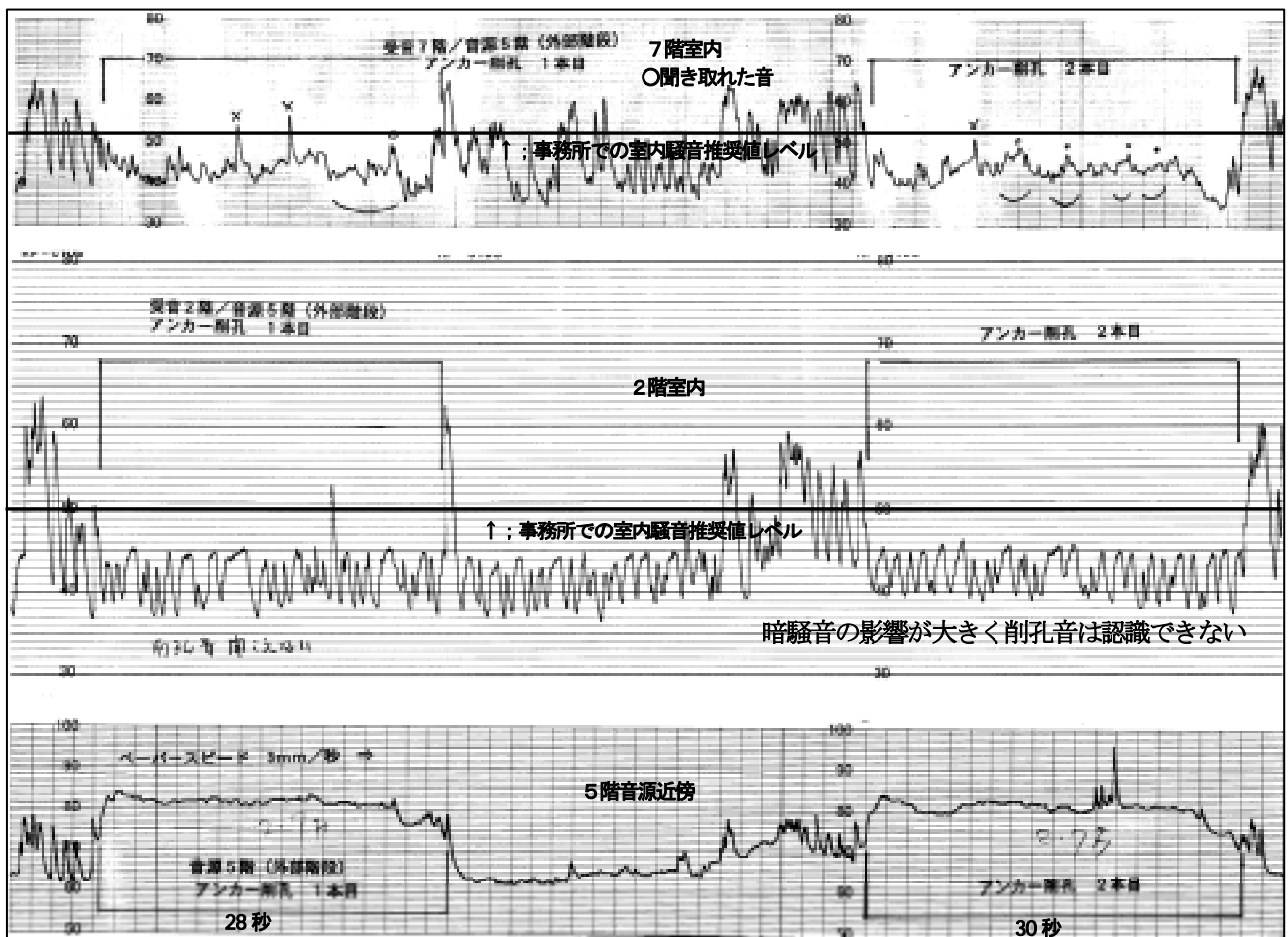


図-8 7階（上段）、2階（中段）のレベル変動（削孔）

b) 試験施工の評価

今回の結果を一般的な事務室の室内許容騒音と比較した。一般的に事務室は、表-5の通り40~50dB程度の静かさが必要と言われている。その点から見ると、「はつり音」は許容値を超えることになる。また、削孔音については、直上(6階)・下階(4階)では許容値を満足できるか否かの騒音レベルであることが分かる。選定時に参考とした受音側の発生騒音63dBと比較すると、測定結果のピーク値平均は5dB程度大きかった。また、削孔速度は、当初8mm/秒と想定していたものが、実際の壁では3~4mm/秒となっていた。両項目についても、当初想定していた結果より、やや異なる傾向がみられた。

6. 騒音測定に基づく機器選定と工程

6.1 騒音発生作業と実施工程

これら騒音測定の結果、表-1に示した執務時間中の「削孔作業」や「はつり作業」は現実的に難しい事となり継続的に騒音が発生する作業は、表-6のように夜間(21:00以降)及び土・日曜日の作業へと設定する工程とした。実際の工程は各テナントの執務時間と調整しながら計画するものとした。また、使用予定であった削孔機に関しても、今回試験的に用いたG社のものでは、想定していた発生音より大きかったため、実施作業では、発生騒音の更に低い図-3のC社②(発生騒音55dB)に変更する予定とした。

6.2 騒音対策と課題

今回の結果は、移動測定を実施しているが、参考として各階の騒音レベル(ピーク値)を任意に読み取り図-9に示した。また、この結果を元に、削孔・はつり時に生じた音について5階の音を基準(0dB)として、各階の相対的な減衰傾向を確認した(図-10)。

振動が加えられ躯体内部を伝搬する場合、実際の複雑な構造体では、距離が2倍になると、振動は6dB減衰と言われている⁴⁾。また、放射する壁に到達した振動は、そのまま音に変換され、室内の吸音状態で室内騒音が決定される。図-10に示した一点鎖線(---)は、この躯体内部の振動減衰直線(6dB/倍距離の減衰)を示している。壁面からの放射状態がほぼ同じと仮定すると、各階で測定された音の違いはほぼ距離減衰の違い

となるが、今回の実際の空間では、直上・下階までは-12dBの減衰、それ以降は-6dBの減衰傾向をとっている結果となっている。

作業が行われる壁・天井・床・サッシュから固体音放射は存在しているが、外部の削孔作業が行われる壁面から直接最も多くの放射音が発生するのは、感覚的に理解できるところである。更に、既往文献⁵⁾の固体音に関する研究を参考しても、防振支持された二重床で伝搬する天井面やサッシュからの放射音の寄与は大きくなっていない。

表-5 事務室の許容騒音レベル³⁾

| 建築物 | 室用途 | 騒音レベル(dBA) | | |
|-----|---------|------------|----|----|
| | | 1級 | 2級 | 3級 |
| 事務室 | オープン事務室 | 40 | 45 | 50 |
| | 会議室・応接室 | 35 | 40 | 45 |

表-6 工事工程における騒音発生作業の割り振り

| 補強 | 区 | 平日 | 土 | 日 |
|-----|---|----------|----------|-------------|
| | | 増打壁 | 昼 型枠・鉄筋他 | コンクリート打設 |
| | 夜 | アンカー削孔 | | |
| 構面外 | 昼 | スパイラル鉄筋他 | グラウト打設 | 鉄骨建方等 鉄骨搬入等 |
| | 夜 | アンカー削孔 | | |

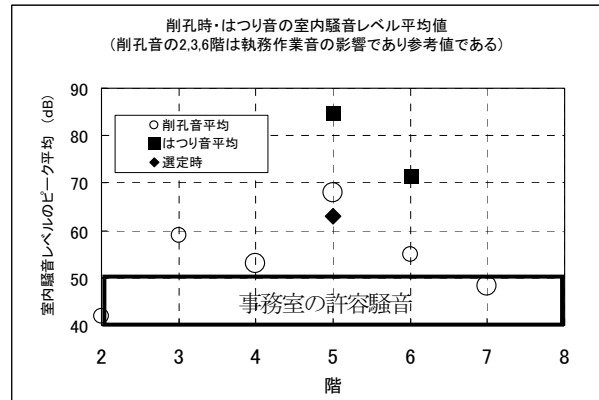


図-9 削孔音・はつり音の測定結果

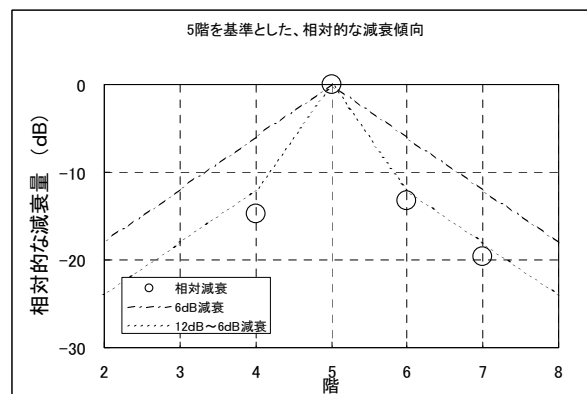


図-10 作業音全てに関する減衰傾向

これらの事から、作業階で聴こえる音は、アンカー削孔やはつりの行われる面の直接放射音をどこまで低減できるかに関わると考えられる。

ここで今回の測定結果を元に、騒音対策の考え方を整理した。まず、音源対策として、前述の機器に変更した。変更機器 C 社②は、今回の騒音測定結果と合せると、作業階ではメーカー資料+5 dB+その他(複数台として+3 dB)程度、即ち、約63 dBの騒音が発生するものと考えられる。試験で得られた階毎の減衰傾向を参考にして、機器変更後の各階室内騒音を図-11のように仮定すると、直上・下階では、事務室の許容基準値の範囲程度になることが想定される。

従って、作業階での放射音対策として、63 dBの騒音を10 dB以上受音側で遮音できれば、室内騒音はかなり低減することになる。しかし、実際に執務空間において透過損失の大きい重量物で遮音することは、仮想的な考え方からすると非現実的である。遮音材の設置する方法に課題が残るとしても、放射面前面に仮設的に、パーテーションや工場などで使用するシートを応用したもので遮音対策ができれば、作業階でも室内騒音はある程度抑えられることになる。

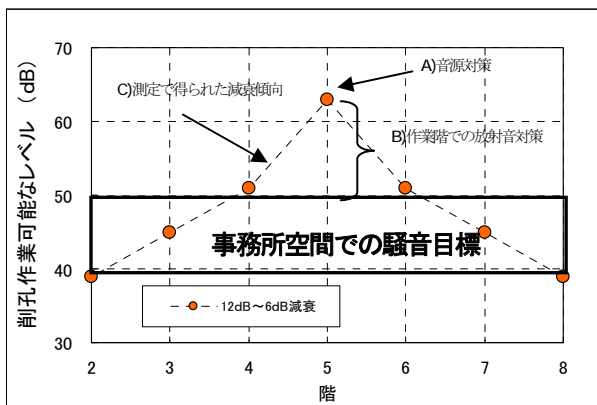


図-11 5階外部削孔階とした騒音対策の考え方例

7. おわりに

今回、耐震補強工事を行うに際して、試験的に騒音測定を実施する機会を得、補強工事の基礎的な騒音データを整理した。如何なる工事でも騒音は発生するが、特に今回の事務所ビルなどのように、執務を行いながらの工事では、その工事騒音をどこまで低減できるかという問題は、工事と密接に関係する。

どうしても作業騒音を低減しようとした場合、作業機器による騒音対策のみでは、やはり限界があるため「執務空間で仮設的な対策」などの検討も必要となる。そのためには、遮音材としてどのような材料が適切であるか、事務室空間で放射音の寄与順はどのようになっているのか等、今後増加する補強工事及びリニューアル工事の騒音対策を考える上で、検討すべき要因であると考えられる。

謝辞

今回の測定について、騒音調査に多大なるご協力いただいた昭栄株式会社の倉澤さん、平成ビルディング株式会社の佐野部長、現場担当者川上さん並びに、執務中の各テナントの皆さんに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 菅野俊介 建築物の耐震補強技術の現状と課題
コンクリート工学 Vol.38 No11.2000.11 p.p16
- 2) 沼口他 居ながら施工のための機械設備
とびしま技報 1999 No32 p.p69~74
- 3) 日本建築学会編 建築物の遮音性能基準と設計指針
- 4) 日本建築学会編 建築の音環境設計
- 5) 小林他 環境振動による固体伝搬音予測手法に関する研究(その5) 寄与解析システムの適用例
とびしま技報 2004 No53 p.p83~89

Summary Seismic strengthening of an office building normally has to be carried out while the building is in use. In such a situation, the level of noise generated from the work directly affects the work schedule. This paper reports on the selection of apparatuses before drilling and the measurement of noise during the work. The results were organized for future use in seismic strengthening and refurbishment.

【Keywords】 noise, seismic strengthening, drilling noise, chipping noise