

特集 「リニューアル」

リニューアル工事騒音・振動簡易予測システムの開発

—発生騒音・振動の実態とシステム概要—



藤 沢 康 仁



木 村 耕 三



井 上 文 宏



栗 田 康 平



縄 岡 好 人

Simple System for Evaluating Renewal Work Noise and Vibration

— Measured Noise and Vibration and Outline of the System —

Yasuhito Fujisawa

Kohzo Kimura

Fumihiro Inoue

Kohei Kurita

Yoshihito Nawaoka

Abstract

Renewal work such as chipping and punching on structural members cause a lot of noise and vibration in a building. However, the level area of noise and vibration effects are not clear at present. An experiment was conducted to compare the noise and vibration in a real building caused by various tools, and a database of renewal work noise and vibration in a building was fixed. An empirical formula that expresses vibration propagation in a building was created from the database, and a simple system for predicting renewal work noise and vibration was developed. With this system, renewal work noise and vibration are simply predicted and evaluated, so practical use is possible as a support tool for effective and economical construction planning.

概 要

建物内で行われるリニューアル工事により発生する騒音・振動は、躯体を直接加振する斫り・穿孔などの作業時に大きいことは容易に予想されるが、どの範囲にどの程度の影響を及ぼすかは、現状で明確ではない。また各種低騒音・低振動型工具による騒音・振動低減効果についても、整備されていない。本研究では、まず実建物において各種工具作業時に発生する騒音・振動の比較実験を行い、過去の実測事例と併せて建物内での工事騒音・振動のデータベースを整備した。次にデータベースから建物内の振動伝搬に関する実験式を作成し、リニューアル工事騒音・振動簡易予測システムを開発した。本システムでは専門家以外でも簡易に工事騒音・振動を予測・評価できるため、効果的・経済的な施工計画立案の支援ツールとして活用できる。

1. まえがき

最近のリニューアル工事では、使用者が入居した状態のまま施工することが主流となっており、周辺居室への騒音・振動に配慮した施工計画が必要となる。特に斫り・穿孔などの躯体を直接加振する工事では、工事箇所近傍で大きな騒音・振動が発生するだけでなく、振動が建物の躯体中を伝搬し、工事箇所と離れた階の居室においても騒音が発生する。このような騒音は固体音と呼ばれ、遮音シートのような空気音に対する遮音対策では低減効果は得られず、発生源もしくは伝搬過程での振動対策が必要となる。本報では各種工具作業時に建物内で発生する騒音・振動の伝搬特性の実態について示し、それらの実測結果を基に開発したリニューアル工事騒音・振動簡易予測システムの概要について紹介する。

2. 各種工具による発生騒音・振動の実測

2.1 固体音領域振動と騒音について

斫り・穿孔等に用いられるチップー・振動ドリルなどの各種工具と低騒音・低振動型のコアビット式ドリルでの作業により発生する固体音を把握することを目的として実建物における騒音・振動伝搬に関する実験を行った。作業位置と測定点をFig. 1に示す。両建物ともに3階で作業を行い、A建物は2Fから5F、B建物は2Fから6Fで室内

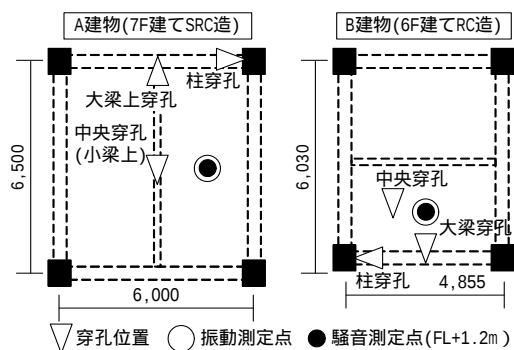


Fig. 1 穿孔位置と測定点

Working Point and Measuring Point

音圧レベルとスラブ鉛直方向振動加速度レベルの測定を行った。なお測定値は作業時間内のエネルギー平均値で、アンカー打設のみは継続時間が短いため、打設開始から終了までの最大値を測定した。

Fig. 2はA建物で各工具によるスラブ中央作業時の作業階と2階上での振動加速度レベルと音圧レベルを実測した結果である。なお図中のAPはオールパス、dBAは騒音レベルを表す。作業階である3Fの発生振動は、各工具とも高周波数ほど大きい周波数特性で、低騒音型ドリルの発生振動は従来型ドリルよりも各周波数で20dB程度小さくなっている。発生騒音は従来型工具とアンカー打設で91～98dBA、低騒音型ドリルは3種ともほぼ80dBAである。電動カッターの発生振動は低騒音型ドリルと同程度であるが、工具自体から発生する騒音が大きいため、発生騒音は従来型ドリルなどと同程度となっている。5Fではアンカー打設・従来型ドリルとチップの発生騒音が大きく、騒音レベルは48～57dBAで、騒音の主成分は500Hz帯

域前後である。低騒音型ドリルと電動カッターの発生騒音は30dBA前後で、他の工具よりも15～20dB小さい数値である。この差はほぼ発生振動の差に対応しており、作業階と異なる階では、躯体中を振動が伝搬することで発生する固体音が支配的であることがわかる。

Fig. 3にA・B建物の各階における騒音レベル測定結果を示す。作業階よりも上階では、B建物の方が騒音が大きく、3階上でも約60dBAの騒音レベルである。A建物のスラブは145mmに対してB建物では120mmと振動しやすいこと、またB建物の方が階高が低いことで距離減衰が小さいこと、などが原因に考えられる。作業階直上では柱作業時の騒音が大きいですが、その他の階では作業位置による差は顕著には見られない。

A・B建物での従来型振動ドリル作業時の振動測定結果を作業位置からの伝搬距離によりまとめ、点加振時の建物内の振動伝搬特性に関する実験式¹⁾と併せてFig. 4に示す。なお振動測定値には測定スラブの剛性の差が含ま

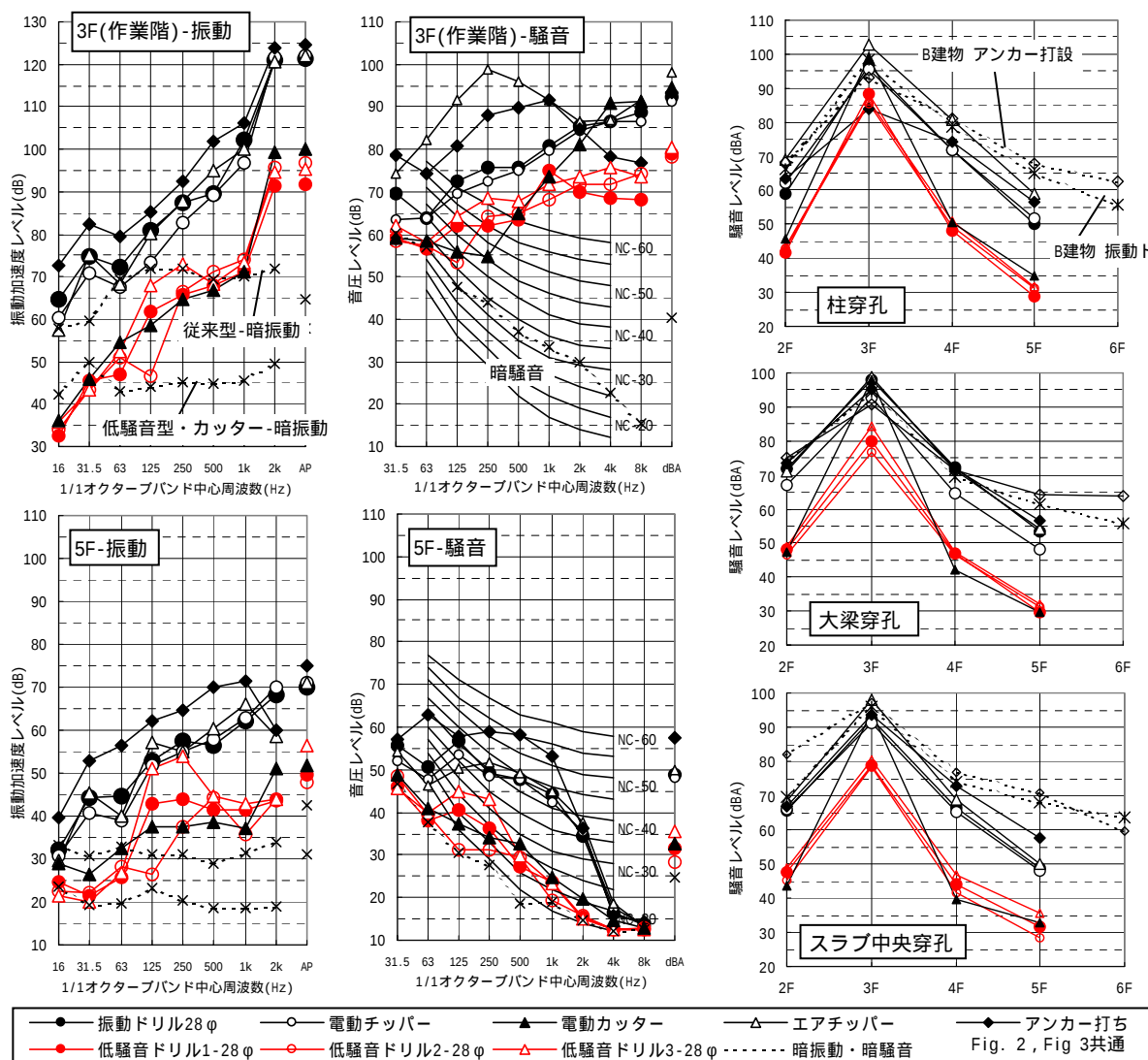


Fig. 2 各種工具の騒音・振動実測結果（柱作業時）
Noise and Vibration (Working on Column)

Fig. 3 各階の発生騒音レベル
A-Weighted Sound Pressure Level at Each Floor

れるため、スラブの動剛性実測値による補正を行った。
 また実験式に必要な定数は実測結果から最小2乗法により算出した。建物や作業位置による区別は行っていないが、実験式により固体音領域の振動の距離減衰性状を概ね表せることがわかる。

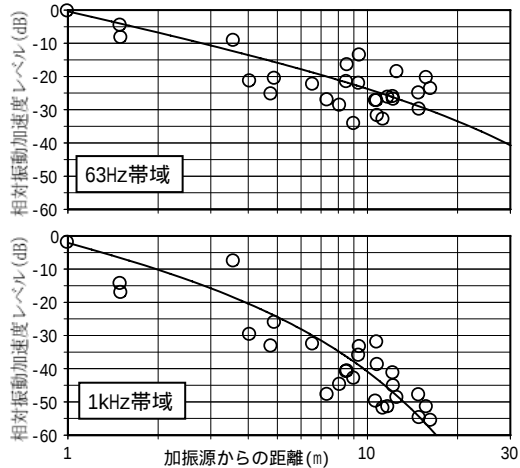


Fig. 4 振動の距離減衰実測結果と実験式推定値
 Measured and Empirically Formulated
 Vibration Attenuation in Distance

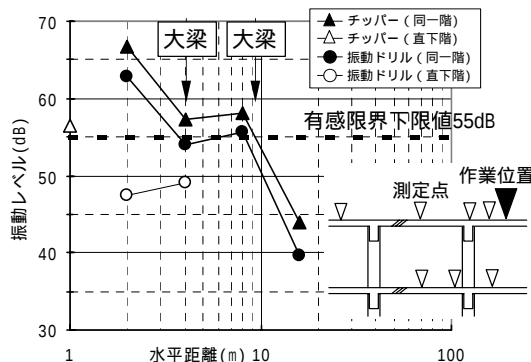


Fig. 5 振動レベルの距離減衰実測結果(事例1)
 Vibration Level Attenuation in Distance

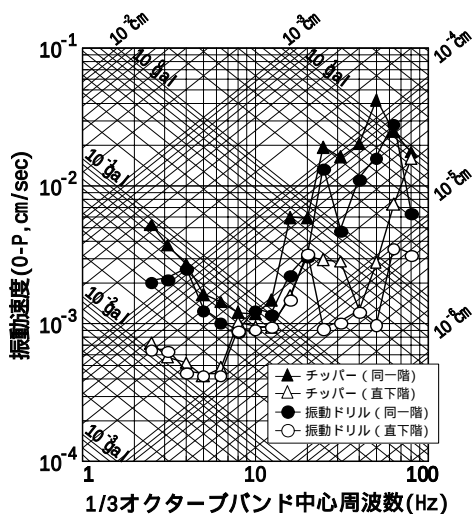


Fig. 6 発生振動周波数特性(事例1)
 Frequency Characteristics of Vibration

2.2 体感領域振動について

本節では100Hz以下の周波数領域における体感領域の振動を対象とした鉛直振動測定事例を示す。水平振動については、斫りなどの作業の場合には過去の事例では鉛直振動と同等以下の数値であった。またリニューアル工事により発生する振動は高い周波数ほど大きい、水平振動に対する人体感覚は高い周波数領域では鉛直方向よりも鈍い。これらの事由よりリニューアル工事の発生振動は鉛直振動の方が人体感覚への影響が大きいと考えられ、以下では鉛直振動のみについて記述する。

Fig. 5はチッパーと振動ドリルによるスラブ上作業時の同一階と直下階での振動レベルの距離減衰実測値である。なお以下の実測値は全て作業時間内の最大値である。作業階では隣接スパンまでは有感限界下限値の55dBを越えるが、2スパン離れると大きく減衰し45dB以下となっている。また直下階では、隣接スパンで50dB以下の数値となっている。Fig. 6に発生振動の周波数特性を1/3オクターブバンド帯域幅で示す。

Fig. 7は2.1節で示したA建物について、スラブ中央部穿孔時の上下階と水平方向への振動レベル伝搬状況を示した結果である。なお3Fでの測定結果には、測定機器システムの暗振動の影響も含まれている。

作業直下階では振動ドリル・エアチッパー・アンカー打設が55dB前後であり、上階では全て50dB以下となっている。また低騒音型ドリルとカッターは作業階においても、50dB以下である。水平方向では、発生振動の大きい工具で2スパン隣の位置で55dB前後となっている。Fig. 5の結果と比較すると約10dB 大きい値であるが、スラブの1次固有振動数での増幅がFig. 5の事例よりも大きく現れた結果と考えられる。

以上の実測事例より、体感領域振動の影響範囲は発生振動が大きい工具でも、上下方向へは作業階の直上階と直下階まで、水平方向へは概ね2スパンまでと言え、騒音の影響範囲よりも狭いことがわかる。また低騒音型工具では、同スパン内でも有感限界下限値以下となる。

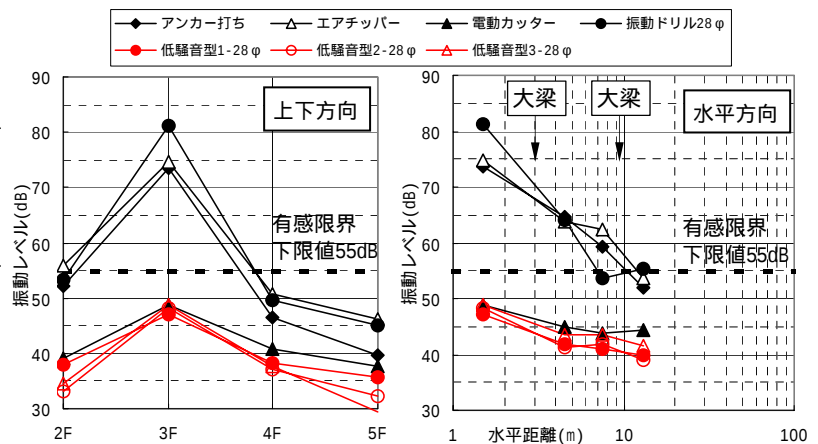


Fig. 7 振動レベルの上下と水平方向への伝搬(事例2)
 Propagation to a Vertical and Horizontal Direction

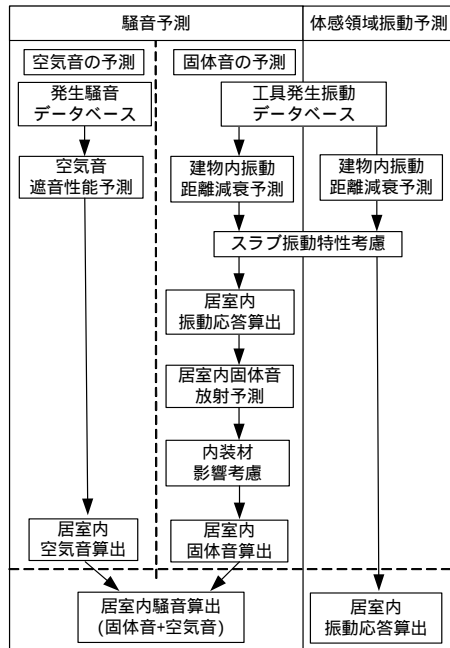


Fig. 8 騒音・振動予測フロー
Flow of Noise and Vibration Simulation

3. 騒音・振動簡易予測システム

3.1 概要

本予測システムの特長を以下にまとめる。

- 1) 各種工具・工法の発生騒音・振動をデータベースとして保有する
- 2) 専門家以外でも簡易に予測・評価できる
- 3) 発生騒音・振動の分布状況を視覚的に確認できる

なお本予測システムは、施工計画段階において工事騒音・振動の建物内分布状況の概略を予測することを目的としており、精密機器のように厳密な振動許容値が規定されているケースでは、別途詳細検討を行う必要がある。

3.2 予測手法

騒音については、振動に起因する固体音の影響が支配的である。従ってまず距離減衰実験式により躯体の振動応答を求め、スラブ厚による影響も考慮する。居室内の発生騒音は、振動板の音響放射予測式から求め、内装材の影響と空気音の影響も考慮して、最終的な騒音予測値を算出する。体感領域の振動については、影響範囲が作業位置付近に限定されるため、データベースでの数値に実測から求めた鉛直・水平方向の距離減衰特性を補正した数値を表示する。但しスパンが大きく、1次固有振動数が10Hz程度以下となるケースでは、人体感覚が最も敏感となる周波数領域で共振による振動の増幅が発生するため、このようなケースでは共振による増幅を周波数軸上で補正する。以上の予測フローをFig. 8に示す。

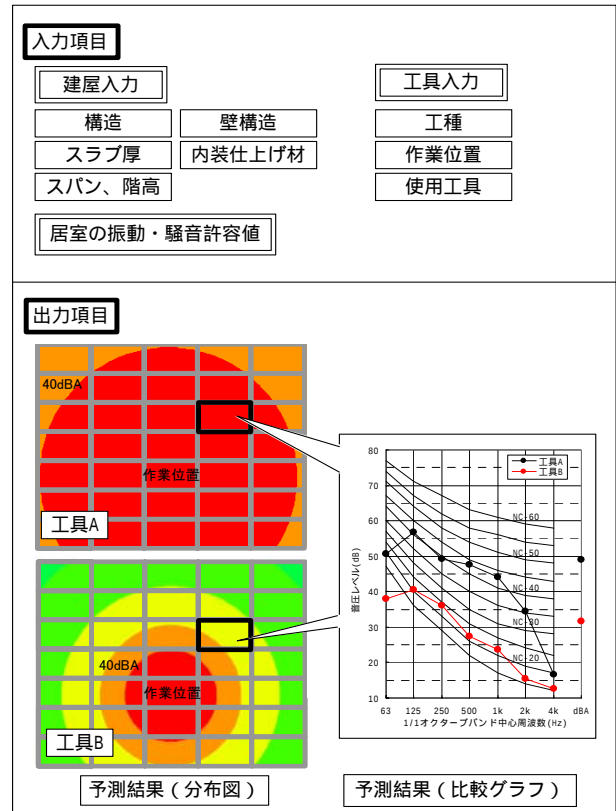


Fig. 9 予測システム入出力イメージ
Image of System Input and Output

3.3 入出力

入出力はExcelを用いて行う。予測システムの入出力イメージをFig. 9に示す。図の出力事例は、建物内の騒音レベル分布図と指定した居室内の音圧レベル周波数特性である。従来型と低騒音型の2種類の工具を入力することで、それぞれの影響範囲と目標値との関係を視覚的に比較検討を行うことができる。

4. まとめ

各種工具作業時に建物内で発生する騒音・振動の伝搬特性の実態について示し、それらの実測結果を基に開発したリニューアル工事騒音・振動簡易予測システムの概要を示した。

謝辞

小出忠男氏には貴重なご助言とご協力を頂きましたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) 松田他:建物構造体中における固体音の伝搬性状,日本音響学会誌Vol.35, No.11, pp.609~615(1979)