

発破による建具のがたつき音発生 of 音圧レベルについて

—測定機器の動特性を考慮した検討—

国松 直*, 井清武弘*, 今泉博之*

今村 威**, 中川浩二***

発破によって生じる音により二次的に建具からがたつき音が発生することがある。本研究では露天掘鉦山の操業発破により生じた発破音によって、二次的に民家の木製引戸から発生するがたつき音の有無とそのときの計器の動特性を考慮した種々の音圧レベルとの関係を調べ、がたつき音が発生する音圧レベルの閾値レベルが動特性により異なることを明らかにした。また、これらの閾値レベルが室内実験において定常音を用いて得られているがたつき限界曲線よりも高いことを示した。

1. はじめに

可聴音域 (20Hz-20kHz) の音は我々の耳によって感知することができるため、比較的容易に認識することが可能である。そのため、公害問題としての音 (騒音) は典型7公害の1つとして取り上げられたことから、評価方法、計測方法が検討され、1970年には騒音規制法が制定、施行されるに至っている。一方で、1970年頃から身体で感じることで音や振動もないのに窓ガラスがガタガタ鳴るといった低周波音による問題が提起され始めてきたようである。

環境庁ではこのような苦情の発生に対処するため、1976年から調査研究を進め、1984年に「低周波音空気振動調査報告書—低周波音空気振動の実態と影響—」¹⁾ をまとめている。その中で低周波音の発生源はボイラ、道路橋、航空機、発破、地震等多種多様であること、耳で知覚できない低周波音でも音圧レベルが高くなれば振動感、圧迫感として感じるようになるが、そのような高い音圧レベルは通常定常的に身の回りに生じることはなく、上記のような二次的な騒音による苦情が主体的であること等が述べられている。

低周波音問題の解決のために、評価方法、計測方法、

人体感覚閾値、生理的影響、睡眠影響、心理的反応、建具のがたつき等に対する幅広い研究が盛んに行われている。学会等においても低周波音に関する委員会が組織され検討されているが、まだその定義、評価方法、計測方法についての統一的な見解は得られていないのが現状である^{2) 3)}。

特に、発破音に代表されるような衝撃性低周波音は音源近傍においてはピーク音圧の立ち上がりが鋭く、その継続時間が短いけれども、伝搬過程において徐々に低周波成分が卓越してくるという特徴を有する。実際に、低周波音としての苦情が問題となる場合にはその周波数帯域はかなり低くなり、可聴音域以下の成分から可聴域成分の帯域にわたって分布する傾向にある。したがって、騒音と低周波音の両方の問題を含んでいるといえる。

建具のがたつき始めの閾値と低周波音の音圧レベルとの間にかかなり高い相関があることが文献¹⁾ に報告され、がたつき限界曲線が示されている。このがたつき限界曲線は発破音に対してもときどき引用されることがある。しかし、この報告は室内において定常音を用いた実験に基づいたものであり、継続時間の短い発破音についてこの曲線が当てはまるとは言い難い。また、定常音と異なり発破音の場合には、音圧レベルを計測するにあたっての動特性の選択 (IMPULSE, FAST, VIBRATION, SLOW特性) によっても、得られる音圧レベルが異なることが予想される。

そこで、本研究は発破により生じた低周波音による二次騒音を発生させないための音圧レベルの閾値を得ることを目的に、1軒の民家を対象として実際の露天掘鉦山のベンチカット発破により生じた低周波音を民

1990年11月7日受理

*公害資源研究所

〒305 茨城県つくば市小野川16-3

TEL 0298-54-3072, 3054, 3142

**宇都興産(株)セメント・関連事業本部

〒107 東京都港区赤坂

TEL 03-3505-9381

***山口大学工学部社会建設工学科

〒755 山口県宇都部市常盤台

TEL 0836-31-5100 内線 255

Table 1 Various characteristics of level meter for low frequency noise.

frequency weighting characteristics	indicator characteristics		
	raise (s)	decay (s)	
LSL, G1, G2	IMPULSE	0.035	1.5
	FAST	0.125	0.125
	VIBRATION	0.63	0.63
	SLOW	1.0	1.0

家の建具(本研究では木製引戸)前方で計測した。その音圧波形をもとに、動特性を変化させて得られた種々の音圧レベルと木製引戸からがたつき音が発生し始める閾値との関係を検討した。

2. 低周波音の定義および測定方法

低周波音の定義はまだ国際的にも明確にされていないが、わが国においては周波数20Hz以下の「超低周波音」に限定せず、ほぼ100Hz前後までと考えられている。現在、国内において低周波音の測定には(1)低周波音レベル計、(2)低周波マイクロホンと振動レベル計の組合せ、(3)精密騒音計等が用いられている。現在市販されているこれらの測定器によりレベルを計測する場合には騒音測定と同様に表1に示すような周波数に対する補正特性(LSL, G1, G2特性)の選択や指針の動特性(IMPULSE, FAST, VIBRATION, SLOW特性)の選択が可能である。本研究では低周波音の音圧レベルと建具のがたつき始めの閾値との間に高い相関があることから周波数に対する補正は行わないものとして、主に動特性の選択によって計測される音圧レベルの大きさががたつき始めの閾値との関係について検討する。

本研究では(2)の低周波マイクロホンと振動レベル計の組合せから出力される音圧の時間的変動をデータレコーダへ電圧として記録するシステムにより低周波音を計測した。このシステムでは1~90Hzの周波数帯域に対する音圧の時間的変動を測定することになる。その後、音圧波形をデジタル値に変換し、計算機プログラムを用いて上記の動特性を考慮した種々の音圧レベルを求め、耳により判断した建具(木製引戸)のがたつき音の有無との関係を検討した。

ここで、文献1)による実験においてはがたつきが発生し始める音圧レベルを供試体に取り付けた振動ピックアップから得られる振動加速度波形の変化から判定しているが、本研究ではがたつき音の有無が実際に公害問題として取り上げられることから、がたつき音発生の有無については人間の耳による判断を基準としている。

3. 測定場所

測定は露天掘石灰石鉱山で行われているベンチカット発破を対象に、発破箇所から約500mの距離にある民家の建具を対象に行った。当鉱山では破砕された石灰石は山の中央に掘削された立坑を經由してベルトコンベヤで輸送されている。発破箇所に対して民家は山すそにあり、150m程度の高低差があるので発破音は民家へ直接到達するのではなく複雑な伝搬経路をを経て到達することになる。

発破音による建具のがたつき音の有無について対象とした建具は納屋の木製引戸であり、建具の中でも非常にがたつき易い箇所であるといえる。

4. 音圧レベルの算出方法

計測された発破音の記録から種々の動特性による音圧レベルを得るのに筆者らは計算機プログラムを使用している。計算機プログラムの詳細については参考文献4), 5)を参照されたい。ここでは、新しくSLOW特性を付加したので、IMPULSE, FAST, VIBRATION特性と併せて立ち上がり特性と減衰特性の計算機プログラムによる結果を図1, 図2に示す。

図1, 図2の○印が計算機プログラムによる結果であり、実線はそれぞれ次式によって示される立ち上がりおよび減衰のレスポンスである。

$$\Delta L = 10 \cdot \log_{10}(1 - \exp(-t/\tau)) \quad (1)$$

$$\Delta L = 10 \cdot \log_{10}(\exp(-t/\tau)) \quad (2)$$

ここで、 ΔL は相対レスポンス(dB), t はパースト信号の継続時間(s), τ は時定数(s)である。

計算機プログラムによる結果は立ち上がりおよび減衰特性とも上式によるレスポンスをほぼ再現しているといえる。

5. 動特性が異なることによる音圧レベルと建具のがたつき音発生との関係

A/D変換後、デジタル化された音圧波形から計算機プログラムによって表1の動特性に対する音圧レベルを算出した。図3は記録された音圧時刻歴とその時刻歴により計算されたVIBRATION特性による音圧レベルの時間的変動の1例である。

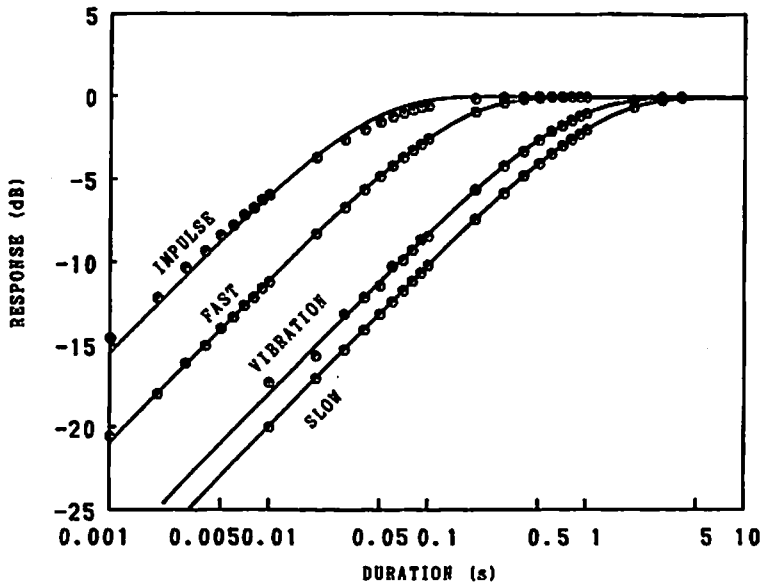


Fig. 1 Raise characteristics of four time constants and the results calculated by simulation program of sound level meter.

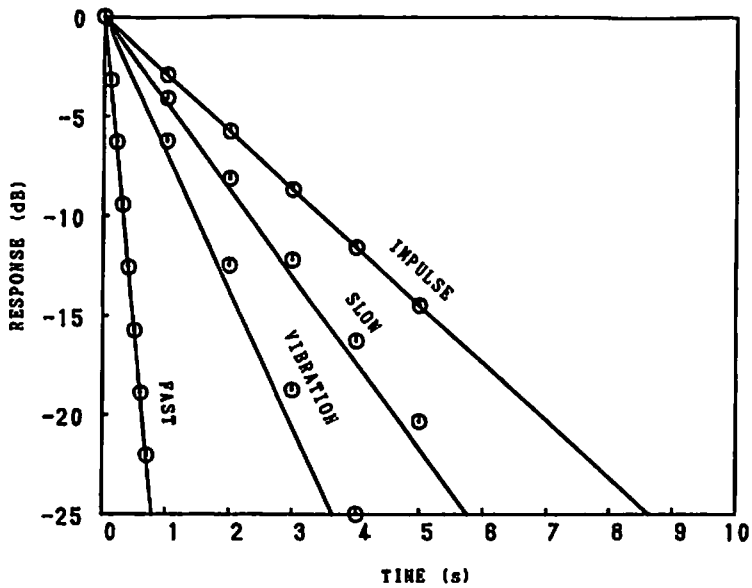


Fig. 2 Decay characteristics of four time constant and the results calculated by simulation program of sound level meter.

文献1)では定常音を用いた室内実験において図4に示すような結果が得られている。この図から低い周波数でがたつきが生じる建具ほど、がたつきが生じ始める音圧レベルが低いという傾向にあるといえる。発破音に対してこのような関係があるかどうかは不明であるが、この結果を1つの目安として今回の結果を次

のように整理した。

すなわち、図5～図8に示すように、まず発破音を周波数分析し卓越周波数を求め、その卓越周波数に対して各音圧レベルをプロットした。図中の破線は文献1)で求められた結果である。今回の測定においてがたつきが生じなかったデータが2例(図中の□印)ある

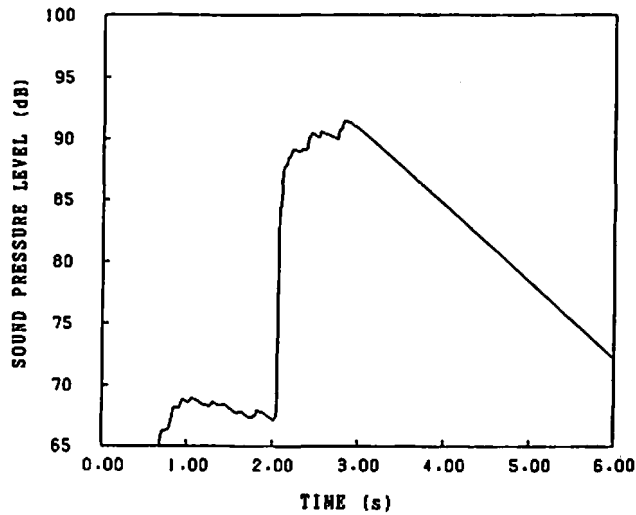
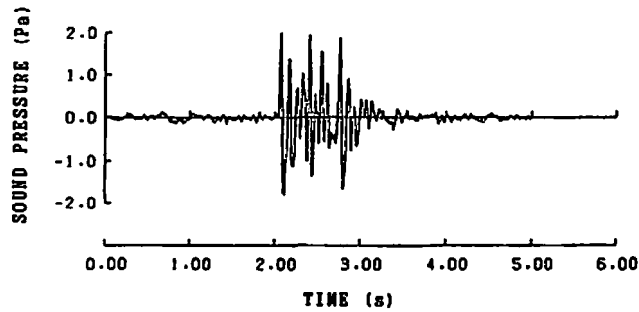


Fig. 3 An example of the time history of sound pressure and the sound pressure level.
Time constant is 0.63 (s), i. e. VIBRATION.

ので、それらを考慮しながら、破線に平行に閾値レベルと思われる実線を記入している。

各動特性での音圧レベルに対する閾値レベルはIMPULSE特性が最も高く、次にFAST, VIBRATION, SLOW特性の順に低くなる。この順序は動特性が小さい順序であり、動特性の選択によって発破による低周波音の音圧レベルが大きく左右されることがわかる。またその差は10dB程度におよぶこともわかる。

図4の定常音に対する結果は建具のがたつき音の有無を判断するための1つの目安を与えるものであるが発破による低周波音に対しては多少過小評価となっているようである。

建具のがたつきの多くは低周波音による建具の共振現象であるので、建具のがたつき音発生音圧レベルは低周波音の卓越周波数、建具の構造、材質、取り付け状態による建具の固有振動数および計測時の動特性等によって異なるといえる。したがって、発破による低周波音によるがたつき音の対策に当たっては常に同一の動特性を用いて音圧レベルを計測し、対象とする

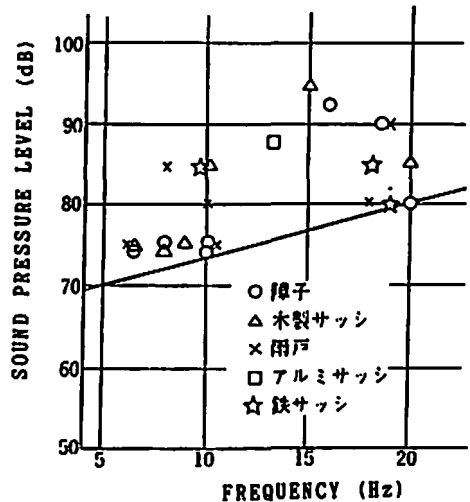


Fig. 4 Experimental results on initiation of secondary noise induced from windows or doors (from references 1).

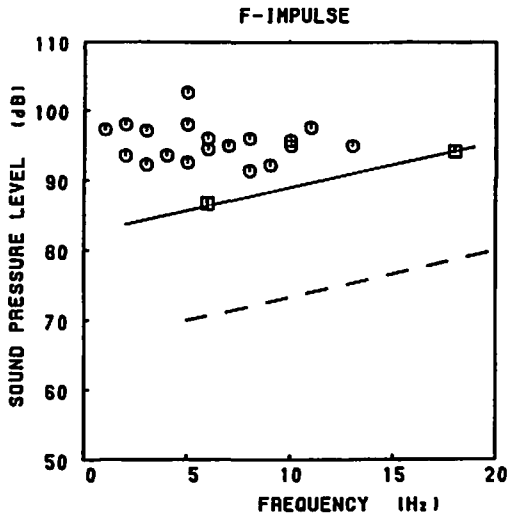


Fig. 5 A threshold level of sound pressure level initiate secondary rattling noise induced by rattling of wooden window flame. Time constant is 0.035 (s), i. e. IMPULSE.

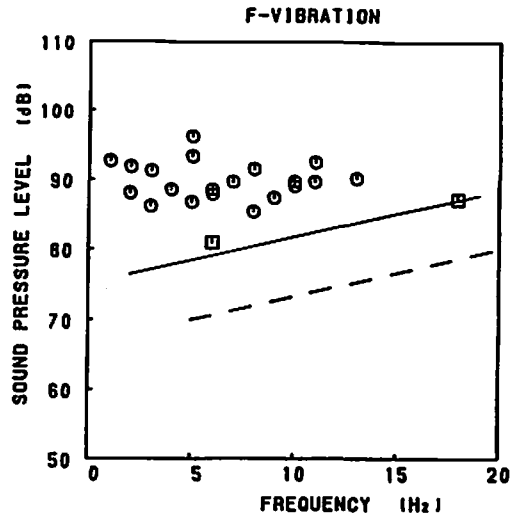


Fig. 7 A threshold level of sound pressure level initiate secondary rattling noise induced by rattling of wooden window flame. Time constant is 0.63 (s), i. e. VIBRATION.

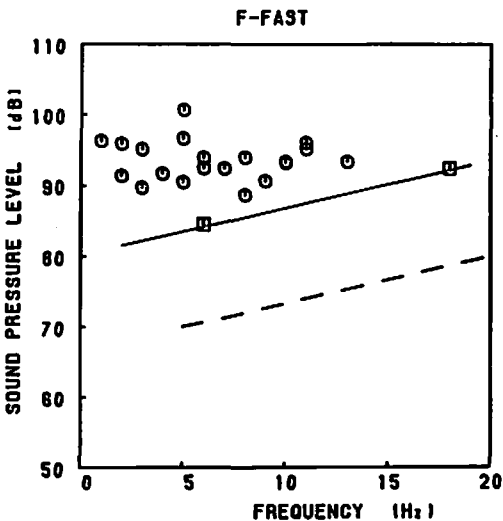


Fig. 6 A threshold level of sound pressure level initiate secondary rattling noise induced by rattling of wooden window flame. Time constant is 0.125 (s), i. e. FAST.

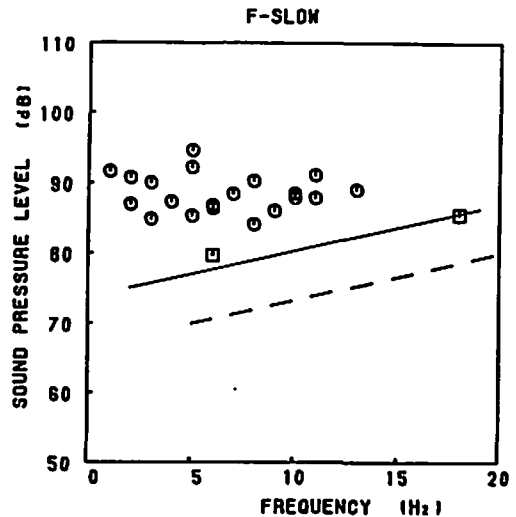


Fig. 8 A threshold level of sound pressure level initiate secondary rattling noise induced by rattling of wooden window flame. Time constant is 0.1 (s), i. e. SLOW.

建具についてがたつき音発性の音圧レベルの閾値を求め、音圧レベルをその値以下となるようにすべきであらう。

今回示した結果はあくまでも1 鉱山から発生する発破音(低周波音の卓越周波数が限定)によって1 軒の民家の木製引戸(建具の固有振動数が限定)ががたつき始

める音圧レベルの閾値を示したものであり一般性に欠けるものである。しかし、発破による低周波音に対するがたつきを対象とした基準作成の基礎資料として今後このようなデータの蓄積が必要であると考えられる。

6. まとめ

露天掘鉱山での実操業ベンチカット発破により生じ

た発破音による建具(木製引戸)のがたつき音の有無と動特性を変えて算出された各音圧レベルとの関係を示し、現在使用されている低周波音測定器に備えられている動特性の設定により、測定される低周波音の音圧レベルが大きく異なることを示した。また、定常音に対して得られている結果と比較し、発破音による建具のがたつき始めの音圧レベルが高いことが推察された。

本研究で示された結果は1例のみからの結果であり一般性に欠けるけれども、低周波音、特に発破音のように非定常的な低周波音の評価方法、測定方法が確立されるまでは、今後このような観点からのデータの蓄積を行い、建具のがたつきを対象とした発破による低周波音の音圧レベルに対する基準を作成する必要があるように思われる。

文 献

- 1) 環境庁大気保全局；低周波空気振動調査報告書—低周波空気振動の実態と影響—，1984．
- 2) 時田保夫：低周波音の評価について，日本音響学会誌，41巻，11号，pp. 806—812，1985
- 3) 山田伸志：低周波音問題の現状と将来；日本音響学会誌，43巻，3号，pp. 189—193，1987
- 4) 国松 直，小嶋直哉，今村 威，中川浩二：衝撃音の音圧レベル，騒音レベルの推定のための精密騒音計のシミュレーション，工業火薬協会誌，第48巻，6号，pp395—402，1987
- 5) 国松 直，三浦房紀，今村 威，中川浩二：振動レベル計の計算機によるシミュレーション，山口大学工学部研究報告，第39巻，第1号，1988

Threshold Sound Pressure Level of Rattling of Wooden Window Flame by Air Blast

—Effect of Indicator Characteristics of Measuring Instruments—

by Sunao KUNIMATSU*, Takehiro ISEI*, Hiroyuki IMAIZUMI*
Takeshi IMAMURA**, and Koji NAKAGAWA***

The blasting noise sometimes secondarily resulted in rattling of fittings. The relation between the initiation of secondary rattling noise and the sound pressure level is discussed in this paper. The secondary rattling noise is induced by rattling of wooden sliding door or window in case the sound pressure is larger than a threshold level.

From experimental results, the threshold sound pressure level from which secondary rattling noise is initiated were obtained at a frequency range between 1 to 20Hz. The sound pressure levels were calculated by using four time constants, namely IMPULSE (0.035s), FAST (0.125s), VIBRATION (0.63s), SLOW (1.0s) by using a same time history of sound pressure because the measurement method of the blasting noise was not established for the moment.

(*Industrial Safety Department, National Research Institute for Pollution and Resources, Ministry of International Trade and Industry, 16-3 Onogawa Tsukuba City, Ibaraki Pref., 305 Japan.

**Ube Industries LTD., Akasaka, Minato-ku, Tokyo, 107 Japan.)

***Faculty of engineering, Yamaguchi University, Tokiwadai, Ube City, Yamaguchi Pref., 755 Japan.)