

石材工場から発生する低周波音の測定と防止対策について

中 村 信 一 松 尾 福二郎* 木 村 修 三**
 柴 山 秀 雄*** 藤 永 祐 幸**** 中 村 昌 美*****
 (* 防止助成部 ** 大気保全部 *** 非常勤研究員
 **** 芝浦工業大学 ***** あきる野市環境課)

要 旨

1995年末、あきる野市にある石材加工工場近辺の住民から、その工場から発生している低周波音の苦情が申したてられた。本報告は、この低周波音を測定分析し、実態を明らかにすると同時に、その低減対策を検討したものである。低減対策については、工場側に提言し、工場は提言にもとづいて対策を実施した。

分析結果は、10Hzから16Hzの周波数帯に卓越したレベルがみられた。この対策として、数回防止工事を実施した。効果のあった対策は、工場の建屋のフレームとふるい機を据え付けているフレームが一体に作られているのに着目し、これを分断することであった。その結果、建屋の壁に振動が伝わらなくなり、オールパス (A P) で約 4 dB下がり、分断の効果がみられた。また、その他の対策もふくめ最終的に約10dB低減し、苦情問題の解決につながった。

キーワード：低周波音対策、低周音分析

Analysis and Prevention Techniques for Infrasound Produced in a Stone Quarry

Shinichi Nakamura, Fukujiro Matsuo*, Shuzo Kimura**, Hideo Shibayama***, Hiroyuki Fujinaga**** and Masami Nakamura*****

- * Monetary Aid and Guidance Division
- ** Air Quality Prevention Division
- *** Associate Researcher
- **** Shibaura Institute of Technology
- ***** Akiruno City Office

Summary

At the end of 1995, inhabitants who live around a stone quarry, which produces infrasound, lodged a complaint with municipality against the factory. As such environmental noise was measured in the factory area. For example, sound waves, sound level and the sound propagation were measured. Spectrum of sound and resonant frequencies were analyzed. From the spectrum analysis of the sound wave, spectrum level of frequency range between 10Hz and 16Hz was found to be mainly high. We got to the background of sound generator. From these actual generating conditions, methods for noise reduction were discussed and the countermeasures for improvement were proposed to the factory. Several methods for noise reduction

were carried out.

One of the most effective one was to separate the frame which was monolithically constructed between the crushing stone machine and the frame of the building. The main cause of the produced sound came from the transmission of vibration made by the machine. After these improvements, noise level in over all frequency range was reduced by 4dB. In addition, a final reduction of about 10 dB was achieved by introducing other prevention methods and a settlement was obtained to the complaints.

Keywords : Prevention techniques for Infrasonic, Analysis Infrasonic

1 はじめに

これまでと異なった種類の騒音公害の一つである低周波音は、ここ最近になって問題がでてきた公害である。

一般に人間の可聴範囲は20から20000Hzであると言われている。しかし、低周波音は、この可聴範囲よりさらに低い周波数の人間には聞こえない20Hz以下の超低周波音を含んだ80Hzまでの音といわれている。くわえて、この範囲の音の感じ方は個人差が大きいのである。

一方、この低周波音については、学会などでオーソライズされた測定法、評価法などが確立していなく今後の課題とされている。しかし、最近の社会生活の高度化によって、低周波音を発生する機器や構造物等が多くなる傾向がある。これに伴い、低周波音発生による苦情の対策が求められている。

本報告は、あきる野市にある石材工場の砂利選別機等から低周波音が発生し、周辺住民から苦情が申し立てられたので、それについての調査と低減化対策を行った結果を報告するものである。

2 調査概要

1995年12月に、あきる野市にある石材工場近辺の住民から、“家屋内の建具のガタツキ”、“頭がボーとする”、“圧迫感”などの苦情が市へあがってきた。主な訴えは建具のガタツキであった。市の方で調査した結果、原因は近接する石材工場からの低周波音によるとみて、自ら測定するとともに、周波数分析を含む測定を都へ依頼してきた。

この依頼によって、はじめは騒音振動課が測定と防止対策を実施したが、さらにレベルの低下をみるため、当所と騒音振動課が1996年9月から、測定、分析、対策を担当した。

ところで、本調査は苦情対策が主目的であったので、測定結果をみて対策を実施し、その対策後を再度測定し、また対策を行うというサイクルを繰り返している。

3 測定

(1) 測定場所

測定は、苦情者宅、および工場内の低周波発生機械近辺、工場外壁から1メートル地点でそれぞれ測定を行った。

工場と苦情者宅の位置関係は図1のとおりである。苦情者宅と工場は約80メートル離れている。

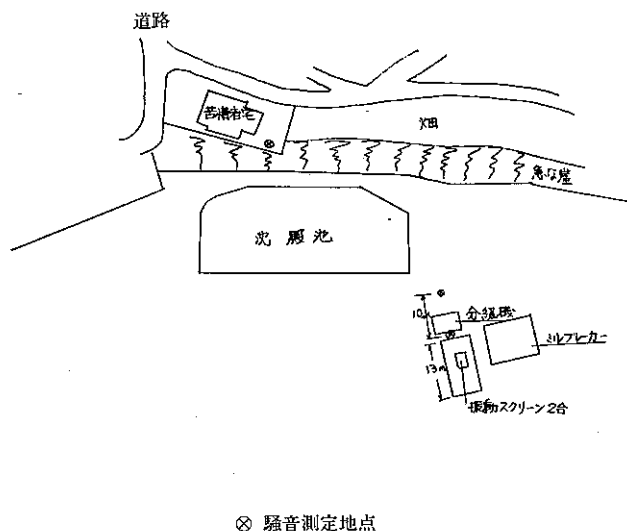


図1 測定場所の概略図

(2) 測定条件

低周波音の測定は、風による影響が大きいとみられるので、なるべく風のない無風時を選んで測定を行った。

(3) 騒音計のウエート

使用した低周波騒音計のウエイトは、LSPL（ほぼ1から50Hzまでフラット）を用いて測定した。

(4) 測定対象

砂利工場から発生している低周波音の主発生機械は、個別の機械を単独に稼働させて測定した結果、ふるい機であることが判明した。この機械は鉄骨造りの建屋の中に据え付けられている。測定は、この建屋を中心にして計測している。

(5) 測定日と測定目的

ア 1996年9月5日

過去に実施した騒音振動課の対策結果をみるために測定を行った。

イ 1997年2月14日

1月に改善した対策結果の測定を行った。

ウ 1997年3月14日

最終対策をチェックするために測定を実施した。なお、騒音振動課において、1995年12月19日、1996年1月30日に測定を行っている。

(6) 測定機器および分析機器

ア 低周波騒音計：リオン製 NA-17型

イ データレコーダー：ソニーマグネスケール社製
PC204A型
：TECA社製

エ 周波数分析器：ブリュエルケア社製 1/3分析器
：小野測器製 FFTアナライザー
：リオン製周波数実時間分析器
SC53

4 低周波音低減のための施設の改善

工場側が低周波音低減化のために実施した改善は合計5回で、主な改善はつぎのとおりである。

①簡易的対策（1995年12月実施）

ふるい機等のゆるんだネジの締め付けを行った。

②振動ふるい機のスイング数の変更（1995年12月、1996年3月実施）

ふるい機のスイング数を減少させると、低周波音の発生レベル低減化につながると推定し、2台あるふるい機のうち1台を対象として駆動しているモーターの回転数を約10%減少させた。回転数の減少は、インバーターを用いて供給電源の周波数を50Hzから45Hzへ変更した。

2回目として1回目に周波数を変更しなかった機械を50Hzから45Hzへ、前回変更していた機械をさらに45Hzから42Hzへと周波数を下げた。

③防音パネルの設置（1996年8月実施）

ふるい機を据え付けている建屋内に、防音パネルを設置するとともに建屋を補強した。

④工場の建屋の壁と機械フレームの分離（1997年1月実施）

建屋内部に設置している機械は形鋼で組み上げたフレームに固定されている。また、このフレームは工場の壁のフレームと一体に形成していた。その結果、機械の振動が壁に伝わり、工場の壁が低周波の発生源となることが判明した。対策としては、この壁と内部にある機械のフレームの分断が必要であった。このため、工場は機械のフレームと壁の切り離し工事を行った。これにより、機械の振動は壁に伝わらなくなった。

⑤振動ふるい機の防振材の交換（1997年3月実施）

振動ふるい機の振動が固体伝導し工場内の低周波発生媒体に伝わり、新たに低周波音が発生しないように、対策前はコイルばねを使用していた。このコイルばねを空気ばねに替えた結果、より防振効果が認められた。

5 石材工場の低周波音の測定結果

測定結果は、当所で測定した結果を測定日別に述べる。

なお、本測定結果の分析に使用した周波数分析器は、1/3オクターブ分析器とFFT分析器である。それぞれの分析器で行った結果を示す。

ところで、1/3分析値は、中心周波数をはさんだ帯域のdB合成値なので卓越周波数を単独に見ることができない。一方、FFT分析は、単独に卓越周波数を分析できるので、防止対策に結び付けるうえからもこの分析を行った。

(1) 1/3オクターブ分析器による結果

ア 1996年9月5日の測定

防止対策は 駆動モーターの回転数を約10%下げた状態である。

測定地点別に測定した結果を表1に示す。なお、1/3分析は、卓越周波数が最大となるところでトリガーをかけ、ディスプレイから読み取った。

測定地点は、表1のように、建屋内、建屋壁から1m、建屋壁から10m、苦情者宅の4地点である。それと、苦

表1 定常運転時の1/3オクターブ分析結果(1996年9月5日)

中心周波数	1.6	2	2.5	3.1	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	AP
建屋内	60	62	64	69	71	77	71	77	94	112	97	77	87	80	88	74	74	112
建屋壁1m	51	62	53	67	62	69	71	64	76	90	92	78	82	84	79	78	78	94
建屋壁10m	61	58	62	64	66	64	65	64	72	87	84	73	71	76	76	74	74	88
苦情者宅	47	44	49	56	57	51	52	53	64	82	68	58	64	58	58	60	60	82
苦情者宅暗騒音	45	40	46	46	47	44	37	40	48	46	50	51	59	63	62	55	44	67

単位 dB

情者宅で、工場の機械が停止している時の暗騒音も測定している。この分析結果より卓越周波数帯は10、12.5、16Hzにあった。

そのうちで最もレベルの高いのは12.5Hz帯であった。そのレベルは苦情者宅で82dB、APが82dBとなっていた。12.5Hzの暗騒音と機械稼働時のレベル差は36dBあり、この近辺の帯域のレベルが苦情の原因となっていることを示している。したがって、この周波数帯域のレベルを減少させることが対策につながってくると想定した(図2)。

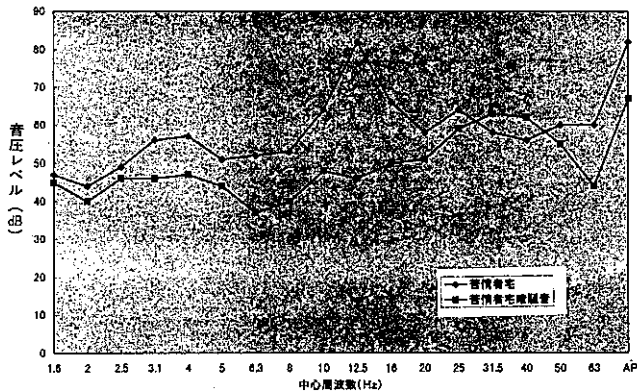


図2 苦情者宅の暗騒音と定常運転時音の1/3オクターブ分析結果

また、工場内とその側近では、25Hzから40Hzの帯域のレベルが12.5Hz近辺ほどではないが結構高いレベルを記録している。しかし、この帯域は距離減衰によるレベル低下が大きく、苦情者宅では問題にならないレベル

まで低下している。一方、12.5Hz近辺の帯域は、距離減衰量が少なく、レベルの低下をみないまま遠距離に伝播する傾向がある。参考のため測定した、工場から150m離れた民家で67dB(12.5Hz)が計測された。これに対し、12.5Hzより高い帯域のレベルは60dB以下であった。

イ 1997年2月14日の測定

過去の調査結果をふまえ、対策として、建屋のフレームとふるい機を据え付けているフレームを切り離し、ふるい機の振動が建屋の壁に伝わらないように改善を行った。この結果は、表2のとおりである。

苦情者宅での測定結果から、前回の卓越周波数であった10Hzの値が5dB、12.5Hzが4dB、16Hzが1dBそれぞれ減少した。APでは4dB減少している。図3にこの結果を示す。

ウ 防止対策後の結果

同一分析法で行った4回の防止対策後の分析結果を表2に示す。

まず、苦情があきる野市へ申し立てられるとすぐに、対策(1)の機械のネジ締を実施している。そのときのレベルはAPで88dB、最大卓越周波数のレベルは16Hzの86dBであった。

つぎに、ふるい機のモーターの回転数を減少させた1996年1月の測定では、前回と比較しAPで83dBと約5dB下がっている。これと同時に、卓越周波数のレベルも12.5Hzと16Hzではそれぞれ5dB低下している。

表2 各対策後の測定値の1/3オクターブ分析結果の一覧(苦情者宅)

中心周波数	1.6	2	2.5	3.1	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	AP
1995年12月19日	43	49	52	59	57	47	57	54	59	82	86	60	59	63	56	57	57	88
1996年1月30日	47	43	43	49	48	46	48	51	82	77	81	62	62	65	53	53	53	83
1996年9月5日	45	44	49	56	57	51	52	53	64	82	76	58	64	58	56	60	60	82
1997年2月14日	50	42	43	47	60	61	54	50	59	78	65	54	58	54	53	53	47	78

単位 dB

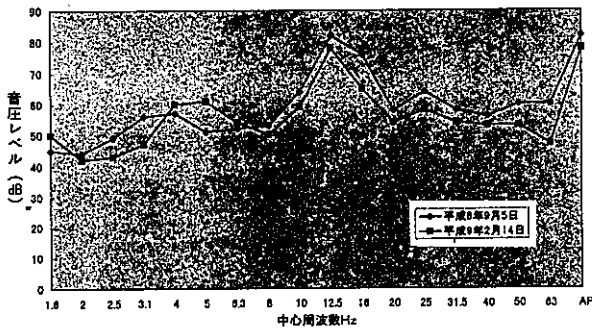


図3 定常運転時の1/3オクターブ分析結果(苦情者宅)

この結果から、回転数を減少させるのはこの時は、有効であった。

しかし、2回目として回転数をさらに下げても、9月の測定では、APのレベルはわずかに1dBしか下がらなかった。周波数分析結果では、1月と比べ16Hzが15dB減少したものの12.5Hzでは5dB上がってしまった。2回目の回転数の変更によって、周波数レベルが低い方へシフトしている。これによりAPのレベルの変化はあまり認められなかった。

1997年2月の結果は、前回の測定と比較しAPで4dB下がっている。卓越周波数も12.5Hzで4dBと下がっていた。このレベルは、1995年12月と比較しAPで11dB、家具などのガタツキがあるレベルより低下し、苦情の発生しないレベルまでになった。

(2) FFTによる分析

本調査で測定した低周波音のレベルは、時系列であまり大きく変動しないため、FFT(高速フーリエ変換)で分析を行った。本来は1/Nで分析すべきであろうが、器材の都合でFFTによる分析で卓越周波数を見てみた。この分析結果によって、1/3オクターブ分析では現れなかった実態が判明した。

図4から5に分析した1996年1月と1996年9月の1.6Hzから50Hzまでの周波数分析結果を示す。なお、同様の分析は各測定日ごとに行っている。両図には卓越した周波数が3本程度現れている。また、本調査で分析した卓越周波数を表す4例を表3から表4に示した。

これら図と表から、ふりい機のモーターの回転数を変化させると、それにもない卓越周波数もシフトしている。表3の回転数を1台しか替えなかった時点では、1

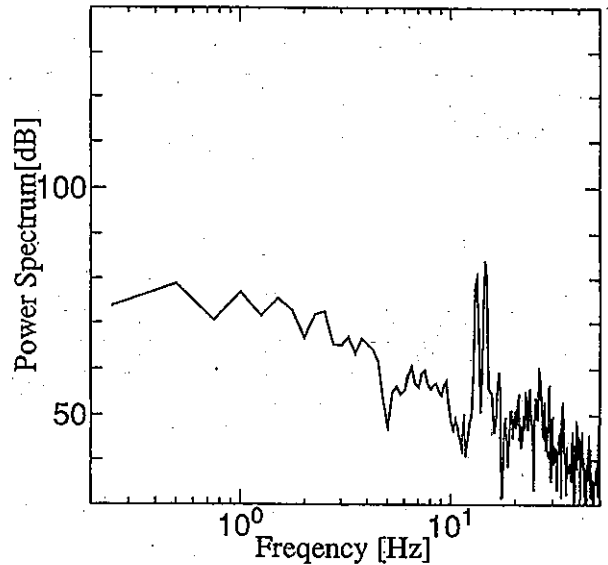


図4 1996年1月30日測定のFFT分析(苦情者宅)

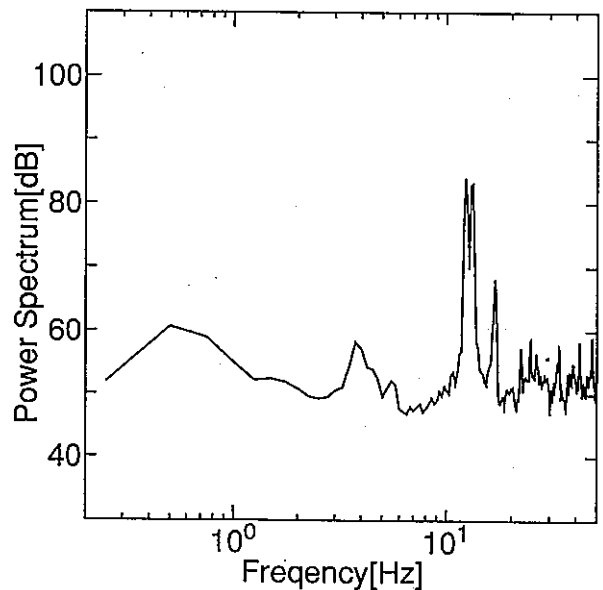


図5 1996年9月5日測定のFFT分析(苦情者宅)

3Hz、14.25Hz、16.5Hzが卓越しているが2台とも回転数を変更すると表4のように12Hz、13Hz、16.5Hzにシフトしている。なお、12と13Hzは、2台稼働しているふりい機から発生しているそれぞれの低周波音で同タイプの機械であるにもかかわらず、発生している周波数は異なっている。

FFTの分析で対策を実施することに卓越周波数のレベルが低下することが表3と表4から読み取れる。

1997年2月と3月の測定を比較すると、防振材の効果がよく現れてきている。卓越周波数が12Hzで9dB、13Hzで5dB、16.5Hzで7dB低下している。

表3 FFTによる苦情者宅の周波数分析結果

周波数	13	14.25	16.5
1996年1月30日	80	84	59

単位 dB

表4 FFTによる苦情者宅の周波数分析結果

周波数	12	13	16.5
1996年9月5日	84	83	68
1997年2月14日	83	83	72
1997年3月14日	74	78	65

単位 dB

また、本測定は低周波音を測定するため無風時に測定するように配慮した。風が低い周波数に影響するのを避けるためである。しかし、1996年1月と1997年2月の冬の測定では風の影響が現れていた。

4 まとめ

今回の測定と防止対策の検討を行った結果をまとめるとつぎのようになる。

(1) 周波数分析

1995年12月から1997年2月まで測定した1/3オクターブ分析の結果から、1995年12月と1997年2月の対策結果の卓越周波数帯は、12.5Hzで4dB、16Hzでは21dB、APで10dB下がり、対策の効果が現れている。

(2) FFT分析

FFT分析では、卓越周波数を限定するのに役立ち、個別の機械の周波数の測定を正確に測定できた。本測定でのふるい機の周波数は、モーターの回転数によってシフトしたが12Hzから17Hzの間に卓越周波数があった。

(3) 対策

本件のようなふるい機から発生した低周波音の防止対策としては、機械の振動を抑制する防振材の活用、機械の振動が建屋の壁に伝わり2次的な発生媒体にならないようにすることなどが効果のある防止対策であった。また、低周波音を発生する機械は、重量のある建築資材でできた建築物内に据え付けるべきであろう。

おわりに

本報告は、苦情発生から約1年半をかけて測定と対策を行い、低周波音削減に成功した事例である。これらの結果は、あきる野市環境課、環境保全局大気保全部騒音

振動課、芝浦工業大学通信工学科波動情報研究室の関係者による共同作業がもたらしたものである。さらに、提言された対策案をつぎつぎと実施した石材会社の関係者の努力に敬意を表わすものである。