工場騒音*

西脇仁一**, 藤尾 昇**

1. 工場騒音とは

街を歩けば道路工事でさく岩機がうなりをたて、飛行機が飛ばばジェット機特有の音が大きく聞こえる。隣の家のピアノがうるさい。このように種々の騒音問題が発生している。また、産業の発達につれ、巨大な製鉄所、発電所、化学工場、機械工場などが建設され、いわゆる工場騒音の問題も発生してきた。

大きい工場周辺の民家の騒音問題では、環境条令で、工場のまわりでは夜間は 50 dB(A) 以下にしてほしいといった規制のかたちで工場側は解決をせまられている。

十数年前までは工場騒音問題が各地で発生していたが、各地の工場経営者の誠意ある努力により、今日ではほとんど工場騒音の問題は解決してきているように思われる。

しかしながら、もう一つ、大きい工場騒音の問題がわずかながら未解決で残っている。工場作業員に対する騒音問題である。

工場内に働く労働者が 90 dB 以上の騒音にさらされると、難聴問題を生じたり、疲労の進行がはやくなったりする。ひどいものになると、120 dB(A) というきつい騒音のもとに生産活動をつづけている場合もある。これは労働管理の立場からみた騒音問題である。

また、最近では耳に聞こえない騒音として、工場のまわりの民家のガラス戸がガタガタと振動して問題となるような、超低周波音による問題が起きている。

この原因はときには地面振動の場合もあるが、たいていは約 35 Hz 程度以下の圧力波が、ガラス戸などを加振してガタガタと起っている場合が多い。一般に 65~70dB 以上の強さがあると、日本家屋のガラス戸はどうかすると共鳴して二次騒音を発生することが多く、これは日本家屋のガラス戸はその大きさや取り付け方法で変わるものの、一般に数ヘルツから 35 Hz ぐらいの共鳴振動数を

もっているからであろう。

しかし、時には 60 dB 程度の音圧でもガタガタという場合がある。また、測定時の音圧は低くても、地表と上空の温度差（逆転層）などにより音圧レベルが上昇することがあるので注意を要する。

2. 工場騒音の解決法

工場のなかにはいろいろな騒音源があり、その種類や構造、また発生原因によって種々の対策がとられる。

2-1. 対策方法

- i) 音源対策：騒音の出ない機械にする。たとえば、ルーツ・ブロワや SRM のコンプレッサは機械の壁部から大きい騒音が出る。壁部の遮音をしっかりとやるのも一つの案である。
- ii) 消音器による対策：送風機やエンジンなどのように、大気から空気を吸ったり、排気ガスを出す場合には建屋対策を行うと費用がかかる。むしろ、この場合には消音器を取り付けるほうが経済的である。
- iii) 建物での騒音対策：電気炉の音や打撃音の多い場所、クラッシュのある所などでは、やはり建物から騒音が洩れないように対策するのがよい。この場合、屋根にある換気孔、建物への出入口、窓の処理がなかなかやっかいである。
- iv) 遮音塀：これはなかなかうまい騒音解決策である。しかし、工場の敷地が広く、工場境界線から離れたところで発生している騒音や、高い所から出ている騒音に対してはあまり有効でない。工場塀のすぐ近くで騒音が減っても、工場塀から離れたところにある民家のほうで騒音が大きいという例もある。

できれば騒音源の近くに遮音塀を設けたい。遮音塀をおくと、塀のない方では騒音がいくらか大きくなることもあり、遮音塀で騒音源を囲ってしまったときには、その効果はほとんどないことがある。

* 昭和57年 5月22日受付

** 西脇研究所
Nishiwaki Labo.

2-2. いくつかの騒音源のある場合

あるAという工場が騒音を出しているとする。この工場の周辺を50 dB以下にしたい。しかし、このA工場が完全に休止したとき47 dBだったとすると、A工場全体からの騒音はすべて合せて47 dB以下にしなければならない。A工場内の騒音源がいくつもあるとすると、ある機械から出る騒音を境界線上で40 dB以下にするよう、大きい消音器をとりつけねばならないということも起こりうる。

このように騒音源がいくつもある場合には、境界線上でそれぞれの機械からの影響度を調べて、全体として規制のレベルを満足させるようにそれぞれの機械の対策方法を決める。

2-3. 超低周波音の場合

一般に低周波の音圧波は耳に聞こえないし、また普通の方法ではどこからくるのか、方向を探知することさえなかなか難しい。

定常的に圧力波が発生している場合には、問題地点での音圧レベル、周波数を測定し、さらに問題となりそうな音源の近くでの周波数分布、音圧レベルを測定すれば、たいていの音源が分かる。しかし、この場合でも確実に音源かどうかを知るためには、機械を停止させてみるか、距離と音圧の関係を調べるほうがよい（ほとんどの場合、音圧は距離の2乗に反比例して減少する）。

化学工場や製鉄所、セメント工場などのように低周波音を発生すると思われる機械がたくさんあったり、圧力波が定常的に発生していない場合や、音源がどこにあるか分からない場合には、上述の方法では難しいことが多

図1 超低周波音の方向探知の原理

い。この場合、位相差を利用した方向探知器などが便利である。

図1はその原理を示したもので、(a)では Mic A, B の位置では音源から同時に圧力波が到達するため位相差は0となり、(b)では Mic A, B の位置では位相差が生じることを利用するものである。この方向探知器を使って2つの地点で方向を調べ、交点を求めればその点が音源となる。

3. いろいろな騒音源とその対策

3-1. 耳に聞こえる騒音（普通騒音）

(1) 送風機の騒音

i) 焼結炉用送風機

焼結炉の騒音問題は、製鉄所における騒音公害問題でも比較的初期に起こった問題であろう。製鉄所の大型化に伴い焼結炉の送風機も大型化されたが、ほとんどは消音装置が設置されていなかった。また、煙突を高くしていたからSO₂の問題が生じたのも当然であろう。

焼結炉送風機の騒音対策の特徴は消音器が大きくなることで、拡張室型では効果が少ないため吸音材を多用している。また、最近では200 Hz前後の低周波騒音も問題化しつつあるようである。

焼結炉用送風機のもう一つの問題はサージングである。

ii) ボイラー用送風機の騒音

ボイラー用送風機も焼結炉用送風機と同様、大型の消音装置が必要である。図2は対策の一例である。消音器としては焼結炉用と同様に考えればよいが、常温である点が焼結炉の場合より対策を容易にしている。

また、この場合もサージング的現象が生じることがある。

iii) 軸流送風機の騒音

工場内の換気には使用される軸流送風機の騒音が作業者に不快感を与える場合がある。

軸流送風機の騒音は、回転数と動翼枚数による1次、

図2 大型押込送風機の消音器

図 3 消音器設置前後の比較（消音器出口での比較）

2次の周波数ピークをもち、静翼との干渉による高周波の音も含まれる場合が通常である。この種の対策では動翼・静翼の枚数、回転数、両翼の間隔を変化させることにより、数デシベルの減衰は得られるようであるが、十分とはいえない。吸気・吐出側に消音器を設置する方法が最も効果的である。消音器は吸音材を利用した吸収形を選ぶと小型で効果が大きくとれる。

iv) 冷却塔の騒音

最近では、冷却塔の騒音、特にファンの音はかなり静かになった。これはファンの直径を大きくし低回転速度としたためであるが、これでも民家に近いと問題になる。

冷却塔の対策例は低周波成分が多いため、費用の割に効果は小さい。したがって騒音対策は冷却塔建設時に十分考慮しておかねばならない。

(2) 燃焼騒音

i) バーナー騒音

バーナー騒音の場合には、バーナー単体での騒音問題およびバーナーを装置に組み込んだ場合の騒音問題に大別できる。

バーナー単体での騒音は燃焼による体積の急膨張、乱れなどによる、いわゆる燃焼音以外にバーナーの種類・構造によっては、燃焼室での共鳴、燃料と空気の混合音、流れ音なども問題となることがある。したがってバーナー単体の騒音は、燃焼室の形状、予混合、空気との混合方法などにより、ある程度減少させることが可能である。しかしながら、高負荷燃焼になるにしたがい、このような方法で著しい騒音の低下を望むのは困難な場合が多い。

バーナー本体の本質的改良のほかに、消音器によっても騒音低減効果を上げることができる。これは耐熱性吸

音材を利用した吸収型消音器であるが、冷却空気を利用することにより、グラスウールでも場合によっては使用可能である。

実際にはバーナーは単体で使用されることは少なく、加熱炉、溶解炉などに組み込まれて使用される場合が多い。この場合にはバーナー単体の騒音が低いにこしたことはないが、燃焼音の大部分が炉壁により遮音されるため、バーナー単体での対策よりも容易な場合が多い。すなわち、この場合には大部分の騒音は燃焼用空気入口から出てくることになるので、その部分に消音装置を取り付けばよい。

ii) 加熱炉の騒音

加熱炉類の騒音は正常時には燃焼音がほとんどであるが、異常騒音としては炉内での気柱振動、振動燃焼、熱気柱振動（釜鳴り）などが起こり、問題となることがある。

正常騒音の対策としては、まず大気への開口部に消音装置を設置すること、次に炉壁の騒音遮音特性をよくすることである。

一般に低周波音（＜200～300 Hz）に対しては拡張型消音器を、高周波音（＞300～400 Hz）に対しては吸収型消音器を使用する。ただし、200 Hz程度の音でも大型になると吸収型としたほうが有利な場合がある。

(3) 噴出音

火力発電所ではボイラー安全弁や過熱器安全弁から高圧蒸気を放出する必要がある。高圧蒸気が大気中に放出されるときは、非常に耳障りな騒音を発生する。騒音のスペクトルは高周波域（約0.5～8 kHz）で大きなエネルギーをもつ場合が多い。

高周波成分の多い騒音の対策には吸音材（グラスウール）を多用した消音器が消音に有効である。また、蒸気量が多い場合には消音器内の蒸気通路が大きな寸法となるため、平面波仮定が成立しない周波数域が広くなりやすいので注意する必要がある。そして、高圧蒸気が消音器内に入る際に消音器の破壊が生じる恐れがあるので、この点についても注意する必要がある。

(4) ルーツ・ブロウの騒音

この種の騒音は比較的高周波成分が多い不快な音である。この音はケーシングおよび配管系からの透過音、ならびに大気に通じる個所（特に消音器設置がないとき）で対策をする必要がある。

対策方法は本体を防音カバーにより遮音して、吸気・吐出側に消音器を設置する。消音器としては吸音材を利用すると小型化できる。

(5) モーターの騒音

モーターの騒音は一般に小さいが、大馬力のものになるとかなりの騒音を発生する。

また、化学工場には、小馬力のモーターを数十台以上使用する場合があります、加算されてかなりの騒音になることがある。

モーター騒音の原因は電磁振動、ブラシ音、軸受音などもあるが、ほとんどが冷却のためのファンの音や、ステータ中の通風により生じるサイレン音である。一部の大型モーターには騒音に考慮が払われているが、小型モーターにはほとんど対策がとられていない。

これらの場合、数台ごとに吸音材を多用した防音室に入れるか、1台ごとに防音カバーによる対策をとることが必要になる。

3-2. 耳に聞こえない騒音（超低周波騒音）

超低周波音の発生原因については不明な点が少なくない。これは一般に装置が大規模のものが多いこと、原因をはっきりさせる前に対策を急ぐ場合が多いことなどの理由によるものである。

図4にいろいろな機械から出ている超低周波数圧力波と音源からの距離との関係を測定した例を示す。

(1) コンプレッサ

大型コンプレッサなどでは低周波音が問題とされるこ

とが多い。たとえば、大型往復動式コンプレッサなどでは基本往復動数の周期で圧力変動が生じ、大気と通じる吸気孔から10 Hz 前後の低周波圧力波が発生する。この圧力波は送風機のサージングなどから生じる圧力波と同様に、かなり遠方まで伝播し、民家のガラス戸などの建具をビリビリと振動させ、二次騒音を誘う。これは、コンプレッサから地面へ振動が伝播しているとよく誤解される。

また、100% 負荷時よりも、アンロードのかかっている時のほうがレベルが高くなることが多く、負荷の低下する夜間作業時などに振動問題が発生しやすいので注意を要する。

対策としては、超低周波用圧力減衰器を取り付ければよい。図5にその一例を示す。

(2) 送風機（焼結炉、ボイラー用など）

大型遠心送風機の低流量側で超低周波数の圧力波が発生することがある。もちろん、低流量側でサージングを起こせば圧力波を生じるが、それほどの低流量でなくても生じることがある。

この場合の対策としては、圧力波を発生する流量での運転をさけること、再循環方式により常に送風機の流量を一定にしておくこと、圧力波減衰器を設置することなどが考えられる。ただし、大型送風機の場合、圧力波減衰器の設置は非常にコストがかかることになる。

図4 各種超低周波数圧力波の測定例

図5 コンプレッサ用消音器

(3) ディーゼルエンジン、フリーピストンエンジン

単気筒ディーゼルエンジンやフリーピストンエンジンの場合には、エンジン内での爆発燃焼ごとに衝撃波が発生し、爆発回数に応じた圧力波を発生する。

一般にフリーピストンエンジンでは慣性過給のため吸気孔から圧力波が発生し、ディーゼルエンジンでは排気孔から圧力波が外に放射される。

多気筒エンジンの場合には、着火順序、排気管の長さなどを変更することにより、超低周波音を軽減させることができることがある。

完全に対策をとるためには、コンプレッサの場合と同様に消音器を取り付ける必要があることが多い。

(4) 篩（ふるい）

大型の篩になると、剛性をもたせるため梁構造から板構造に変わることにより、振動面がスピーカーと同じ原理で圧力波を発生する。対策としては、振動面面積を小さくするか、空気圧をバランスさせる構造にする。

(5) バグ・フィルター用送風機

バグに粉塵がたまってくると抵抗が増し、サージングあるいは旋回失速現象などを起こすことがある。この場合、ある時間ごとに空気圧振動が起こり、夜中に突然ガラス戸がガタガタ鳴ったりする。

対策としては、粉塵払い落としの調整、消音器の設置などが行われている。

(6) 熱風炉用送風機、燃焼炉、クリンカ・クーラー用送風機など

これらの場合、単にサージング、旋回失速のみならず、燃焼、発熱現象なども関与している可能性があり、超低周波音発生の原因は明確にされていない。

(7) 転炉、ボイラーなど

転炉でも 3Hz 程度の圧力波がでることがあるが（排ガス回収方式ではほとんど問題にならない）、燃焼用空気の吸入時に剝離や乱れが生じて、この乱れが管路系と共鳴、増幅することが考えられる。

ボイラーなどでは、釜鳴り現象、カルマン渦による圧力波の発生などが考えられる。

おわりに

工場騒音について述べたが、騒音源としては、この他にも振動や衝撃による固体伝搬音がある。なお各種音源の対策に当たっては、いろいろな条件のもとに適切な方法がとられるものであり、本稿が何らかの参考になれば幸いである。

リハビリテーション工学国際セミナー 開催のお知らせ

主催 バイオメカニズム学会
会期 昭和57年7月16日（金）、17日（土）
会場 ワールド・インポート・マート 8F
国際会議室
〒170 東京都豊島区東池袋3-1-3
TEL. 03(987)3161
参加費 一般 8,000円
学生 5,000円
郵便振替：東京5-120137番
銀行振込：協和銀行大久保支店 普169-095144
申込み締切 定員になりしだい締め切ります。
早目に御予約ください。
申込み先 〒160 東京都新宿区大久保3-4-1
早稲田大学理工学部 58-214号室
加藤研究室内
バイオメカニズム学会
TEL. 03(209)3211（内線 3115）

第5回メディカル・マイコン・セミナー 開催のお知らせ

日時 昭和57年7月18日（日）10：00～16：00
会場 名古屋都ホテル 錦の間
名古屋市中村区名駅4-9-10
TEL. 052(571)3211
主催 (財)医療情報システム開発センター メ
ディカル・マイクロコンピュータ・クラブ
参加費 会員 2,000円
非会員 4,000円
予約 事前の予約は必要ありません。当日会場
にお越し下さい。9時30分より受け付け
いたします。
問合せ先 〒107 東京都港区赤坂2-3-4
ランディック赤坂ビル 10F
(財)医療情報システム開発センター
マイコン・セミナー担当
TEL. 03(586)6321 内線51