

3. 低周波音防止対策の考え方

3.1 低周波音問題解決の進め方

苦情が発生した場合、それが騒音問題なのか、振動問題なのか、それとも低周波音の問題なのか判断しなければならない。それによって防止対策の方法が異なってくるからである。

通常は現場の状況を見るとともに騒音レベル、振動レベル、低周波音圧レベル(1/3オクターブバンド周波数分析値)を測定し、それぞれ目安となる値と比較することにより大部分は判別出来る。

騒音・振動では環境基準値、規制基準値などが目安となるが、これに対して低周波音の場合は騒音・振動に相当する法的規制は現状ではない。参考資料に、参考となる数値の例を示すが、測定結果がこれらの数値を超えているかどうかだけで低周波音問題の有無を判断することはできない。現場の状況を調査し、科学的な立場で総合的に判断しなければならない。

苦情の発生から対策・解決までの一般的な流れを図 3-1 に示す。

低周波音問題の可能性があることが想定される場合には図 3-2 に示すフローに従って具体的に何に対する苦情なのか、あるいは可聴域低周波音の問題なのか超低周波音問題なのかなどについて診断を行い、適切な対応策を検討することになる。

(1) 苦情発生から対策・解決までの一般的な流れ

) 状況の把握、測定、分析

低周波音に関連すると思われる苦情が発生した場合、苦情発生の状況を把握するとともに低周波音を測定し、1/3オクターブバンド周波数分析(必要に応じて狭帯域周波数分析)を行い、音圧レベルの概要を知る。

尚、測定位置等については「低周波音の測定方法に関するマニュアル」(環境庁大気保全局 平成 12 年 10 月)等を参照する。

) 低周波音問題の可能性の判断

例えば、床が揺れていないのに建具等に揺れが観察されるような場合、耳の付近あるいは身体が圧迫されるような不快感を感じる場合などは低周波音問題の可能性が大きいと判断する。

) 苦情の診断

建具等のゆれ、不快感の有無等を観察すると同時に、分析値を考慮し、苦情内容の診断を行う。

) 発生源の特定と原因の究明

発生周波数、発生側と受音側の位置関係、苦情発生のタイミング等を参考に発生源を特定し、その発生原因を究明する。

) 対策目標、対策方法の検討

対策の目標低減量を設定し、対策方法の検討を行う。可能ならば、苦情者の意見も聞いておく。

) 対策の実施、効果確認

適切な対策目標を設定し、対策を実施する。対策終了後、効果の確認を行う。

) 苦情の解決

苦情者が納得して問題は解決になる。

(2) 低周波音問題の診断手順

低周波音問題の診断手順を図 3-2 に従い、もう少し具体的に解説する。

) 低周波音問題の可能性の診断

- ・ 苦情者の訴えを良く聞く
- ・ 例えば、床が揺れていないのに建具等に揺れが観察されるような場合、耳の付近あるいは身体が圧迫されるような不快感を感じる場合などは低周波音問題の可能性が大きいと判断する

- ・ 1/3 オクターブバンド周波数分析値を低周波音問題の評価値(参考資料)と比較するなどし、) ~) 項に示す具体的な内容判断を行う。

尚、騒音、低周波音を問わず、純音成分等の場合は音圧レベルが小さくても問題になることがあるので注意する必要がある。

) 低周波音による建具のがたつき問題の診断

- ・ 建具の揺れやがたつきが観察される場合には建具のがたつきの評価値と比較する。
- ・ 実測値が一つの周波数バンドでも評価値を上回っていればがたつきの原因は低周波音である可能性が大きい。
- ・ 評価値を下回っていればがたつきの原因が低周波音である可能性は少なく、他の要因の可能性もある。

但し、建具の種類、取り付け条件、部屋の大きさ等によりがたつき始める最低音圧レベルは異なるので、下回っていても必ずしも低周波音が原因では無いといいきれない場合もある。

) 超低周波音による感覚的問題の診断

- ・ 不快感が有る場合は G 特性音圧レベルを求め(特性曲線内蔵の低周波音圧レベル計で直接指示値を読み取るか、あるいは周波数分析値と G 特性の相対レスポンスから計算で求める)、評価値(参考資料)と比較する。
- ・ 実測値が評価値を上回っていれば超低周波音の感覚的な問題の可能性が大きい。

G 特性によって測定されたレベルが生活環境の中で問題になることは一般的

に少ない。作業環境での評価に将来有効となるかもしれない。

) 超低周波音～可聴域の低周波音による感覚的問題の診断

- ・ 不快感が有りG特性音圧レベルの評価値を下回っている場合は周波数分析による評価値（参考資料）と比較する。
- ・ 実測値が一つの周波数バンドでも評価値を上回っている場合は低周波音による感覚的な問題の可能性が大きい。

なお、個人差などがあり、評価値より低いからといって低周波音による問題ではないとは言いきれないという指摘もある。

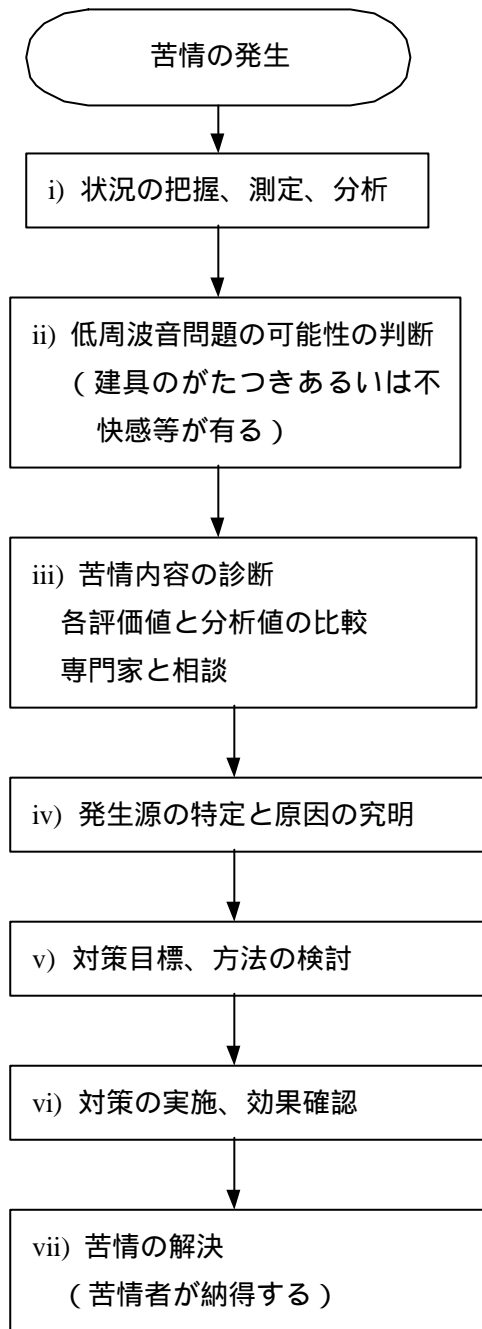
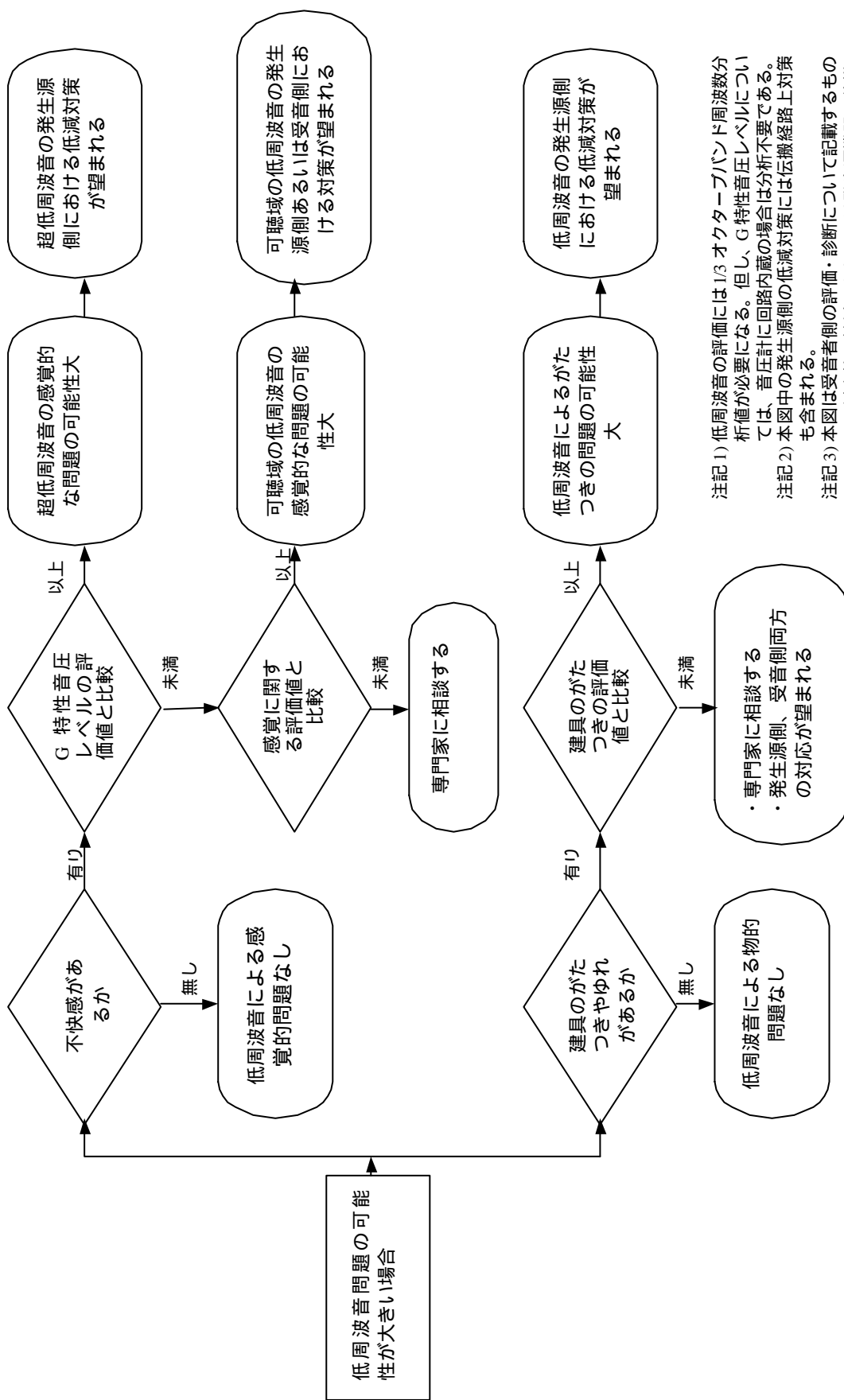


図 3-1 苦情発生から対策・解決までの一般的な流れ



注記1) 低周波音の評価には1/3オクターブバンド周波数分析値が必要になる。但し、G特性音圧レベルについては、音圧計に回路内蔵の場合は分析不要である。
 注記2) 本図中の発生源側の低減対策には伝搬経路上対策も含まれる。
 注記3) 本図は受音者側の評価・診断について記載するもので、対応策の検討にあたっては発生源機器の仕様、運転状況との対応、あるいは地理的關係などの状況を把握することが大切になる。

図 3-2 低周波音問題の診断手順

3.2 発生状況の把握

低周波音にかかわる問題が発生した場合、どのような理由で低周波音が原因と判断されたか、主な発生源は何か、他に発生源はないか、また発生源と苦情発生地点の地理的な関係など、状況を十分把握したうえで対策方法を決めなければならない。

低周波音は全く耳に聴こえない超低周波数から、耳に聴こえる 100Hz 程度までを総称しているので、その防止方法も超低周波音による窓のがたつきが苦情の原因なのか、耳を圧迫するように聴こえる低周波音なのかによって、対策方法も違ってくる。

対策方法としては一般騒音（可聴音）の場合、

- 1) 発生源対策、
- 2) 伝搬経路上対策、
- 3) 受信側対策

があるが、低周波音は可聴音に比べて波長が長いため、2)、3)の対策については、通常の方法ではその効果があまり期待できない。したがって、1)の発生源対策が好ましい対策方法であるといえる。

3.3 低周波音防止対策の考え方

3.3.1 問題の確認

まず問題が 20Hz 以下の超低周波音の問題であるか、20Hz 以上の、可聴域の低周波音の問題であるかどうかを確認する(便宜上 20Hz で区切っているが、個人差があり、20Hz 以下の音波でも耳で聞き取れる場合もあるし、逆に 20Hz 以上の音波でも耳で聞き取れない場合がある)。

窓や戸などの建具が「がたつく」か、どうかを聞いてみる。がたつくようであれば超低周波音の問題と考えてよい。ただし窓もがたつくが、アンテナもコップの水もゆれるという場合は注意を要する。超低周波音によって建具ががたつくのは共振によってであるから、特定のコップの水がゆれる場合は超低周波音と考えてよいが、固有振動数の異なるものがみなゆれるという場合は地盤振動による場合がある。

それ以外の、圧迫感がある、頭が痛いなどという場合は、可聴域の低周波音の問題と考えてよい。このような超低周波音のレベルは建具のがたつくレベルよりはるかに大きく、またわれわれの通常の生活環境には存在しないことが明らかになっている¹⁾。窓ががたつく程だから、頭の痛いのは超低周波音のせいではないかと誤解されることが多い。ポーという音がするとか、圧迫感があると色々な表現で苦情が出るがこれらもよく確かめてみると音が聞こえていることが多い。

3.3.2 超低周波音対策²⁾

(1) まず発生源とみなされる振動体(固体、流体)の概略寸法が超低周波音の波長より大きい小さいかを調べる。超低周波音の波長は 17~340m(周波数は 20~1Hz)であるから 17mより小さければ問題になるほどの超低周波音は発生しないと考えてよい。従って通常の生活環境においては、超低周波音は発生せず対策は不要である。大きければ問題となる超低周波音発生の可能性はある。

(2) 大型振動体が、問題になるほどの超低周波音を発生する場合は、

- i) そのパワーが大きい場合(例えば川幅 100mの水流調節機構、ジェット流、新幹線トンネル等)
- ii) 共振の場合(橋梁、堰堤等)
- iii) 機械的機構に基づく場合(空気圧縮機、ディーゼル機関等、振動ふるい等)

である。i)の場合はきわめてまれであるが、ii)、iii)の場合はしばしば起こっている。

これらについては表 3-1³⁾を参照する。まず表に示す機械等が使用されているかどうかを調べ、使用されている場合にはその発生原因を調べ、表に示す対策の実施を検討する。共振の場合には加振力の周波数または固有振動数を変える(例えば補剛)、減衰を付与する等の処置をとる。また機械的機構等の場合には、その変更、できない場合には消音器(共鳴形、膨張型)の設置、剛性則による遮音等の処置をとる。

3.3.3 低周波音対策

20Hz 以上の、可聴域の低周波音は騒音の範囲である。従って騒音防止技術のうち低周波音に効果の期待できる騒音防止技術が流用される。

まず可聴域の低周波音の 1/3 オクタ - プ分析によって、問題となる周波数バンドを特定する。その成分に対して表 3-2 に示す防止技術を適用する。

一般に騒音防止技術としては文献⁴⁾に示すものがあるが、その中で、可聴域の低周波音に対しては、表 3-2 以外の防止技術は効果が期待できない。また特に超低周波音同様共振、共鳴によって低周波音が増幅されている場合も少なくないので留意する必要がある。

[参考文献]

- 1), 2) 中野有朋：超低音(聞こえない音) - 基礎・測定・評価・低減対策 - 技術書、1994.6
- 3) 中野有朋：実践騒音対策 - 騒音・低周波音・超低周波音 - 日刊工業新聞社、2000.2
- 4) 中野有朋：低騒音化技術、技術書院 1997.10

表 3-1 超低周波音の発生源、発生原因、対策方法

発生源	発生原因	特徴	対策方法
送風機。送風機系(集塵機・冷暖房器・乾燥機等)	旋回失速。サージング。吸込状態不均一。ダクト壁振動	送風機の特定使用状態で発生。定常的	バイパス・放風・可動翼方式。ダクト補強。整流板
往復式圧縮機	圧縮、爆発等による気筒内圧力変化の伝搬時間差	大形多気筒機種、また多数機使用時発生すること多い。定常的。うなり発生することあり	共鳴形、膨張型消音器。配管変更
真空ポンプ・脱水ポンプ・ロタリブロワ等			
ダイゼル機関・船舶・非常用発電装置・ダイゼル車等			
新幹線トンネル	継続時間の長い単発圧縮波(短い場合は可聴音)	特定トンネル。衝撃的。	列車形状変更。速度低減。トンネル断面拡大。入口フード
発破	爆発	衝撃的	火薬減量。消音器(坑内発破)
ダム・堰提	水膜振動・膜裏空洞固有振動の共鳴、大水流振動	特定ダム・堰提。定常的	水膜分割。整流
橋梁	車走行衝撃・橋梁固有振動の共振	特定橋梁。定常的	加振力低減(段差除去)。補剛。減衰付与
ボイラー再熱器	カルマン渦・再熱器空洞固有振動の共鳴	特定条件。定常的	空洞分割(バツフル)。器内流速変更
各種炉(熱風炉・ロタリキルン・電気炉・キューボラ等)	燃焼振動・燃焼室空洞固有振動の共鳴	特定条件。定常的	燃焼状態・燃焼室形状・熱源位置変更。排気消音器
振動篩・振動コンベア・破碎機等	加振・破碎周波数又はこれらと構造体の共振	大形板構造のものに多い。定常的。うなり発生	振動面積低減。空気圧バランス。補剛。剛性則遮音。回転数制御
ジェット流	ジェット流の超低周波成分	特定条件。定常的	ダクト等によるジェット流発生低減
風車	回転翼周波数成分	特定風車。定常的	アップウインド形回転数低減

表 3-2 可聴域の低周波音防止技術

方 法		内 容	
圧力変化防止		大きな渦・流れの乱れの発生、爆発等の防止	
加振力、たわみの低減		打撃・衝突・摩擦・不平衡力除去、釣合わせ、補剛	
弾性支持		柔らかい防振ゴム以上	
制振		厚い(1cm 程度以上)制振材料による。 - 10dB	
共振・共鳴防止		加振周波数または固有振動数変更(補剛)、減衰付与	
吸音		実用上効果なし(厚さ 1m 以上の多孔質吸音材必要)	
遮音		密閉型	カバー [鋼板 1.6mm で - 10dB(31.5Hz)] 建屋 [コンクリート 12cm で - 25dB(31.5Hz)]
		部分型	障壁 (塀、建物、土手等) [音源高さより 1m で - 7dB(63Hz)]
		開口型	吸音ダクト形消音器 : 効果なし 膨張形消音器 : 膨張部の長さ 1~4m 干渉・共鳴形消音機 : 大型