

実務的防音・防振対策による設計指針
(騒音・振動のトラブル回避シリーズ)

『理建設計・音の相談室』

音の手引き書

(音の基礎編)

2020年6月

株式会社 理建設計

代表 田中 隆

目 次

| | | |
|-------------------------------|-------|----|
| はじめに | ----- | 1 |
| (1) 音の物理 | ----- | 2 |
| (2) 騒音概論 | ----- | 3 |
| (3) 室内音響概論 | ----- | 4 |
| (4) 騒音防止の基礎知識 | ----- | 5 |
| 1. 騒音防止の従来採用されていた一般的な方法として | | |
| 2. 建物各部(窓、壁、ドア等)の部位毎の構成材を選定する | | |
| 3. 騒音防止具体例 | | |
| 4. 最近の騒音防止の考え方 | ----- | 6 |
| (5) 参考資料 騒音レベル | ----- | 10 |

はじめに

弊社理建設計は、設計業務を通じ45年に及び音に関する調査研究(音の物理・伝わり方・遮音・吸音・振動・固体音)をして参りました。

令和2年6月25日新潟県見附市のSDGs(持続可能な開発目標)宣言に賛同し、みつけSDGsパートナー認定証を頂きました。

専門技術で住宅・工場・店舗・医療施設等、騒音・振動などによる弊害を和らげる研究や開発を日々勉強しています。

この度実務的経験を生かし、騒音防止の全般に繋がる基礎知識のみですが、音の手引き書(音の基礎編)を作成してみました。

弊社の研究が少しでも皆様にお役に立てられればと思っております。

(株)理建設計 田中 隆

(1) 音の物理

自然界の音、交通騒音、室外の音、いびき等音を全く聴かない日はなく音に包まれた生活をしています。

こうしたことは一体どのような発生でどのように伝わっているかを検証してみます。

感覚的、物理的な表現と音の持つ動的な性格を追求すればより分かり易くなります。

音は空気中を伝わる粗密波です。(空気の微小振動)

音には3要素と物理的、感覚的表現の2通りがあります。

1. 物理的表現

1. 音の強さは、音圧レベル(SPL)で表され、dB(デシベル)という単位を用います。
2. 周波数(Hz)は、1秒間に繰り返される粗密の回数です。(波長)
3. 周波数成分は、この周波数の様々な組み合わせによって、人の声や騒音が決定されます。

2. 感覚的表現

1. 同じ音を聴いても、人により年齢によってその感じ方は異なりますが、音の大きさは、近似的に騒音レベルで表されdB(A)又はホンで表されます。
2. 音の高さは、周波数の波の多いほど音は高く、波の数が少なければ音は低く聞こえます。
3. 音色は、綺麗な音、聞きたくない音を区別する最大要因は、周波数の組み合わせによります。

3. 音の動的な性格

1. 音の進む速度は、伝わっていく物によりそれぞれ異なる。空気の場合は約340m/s
2. 音は、障害物にぶつかるとも光と同様に反射現象がおこる(波長が障害物より短い時)
3. 音は進む速度の違いにより屈折現象を起こす。
4. 音は例えば壁にぶつかるると一部は反射し、一部は透過し、一部は材料に吸収される。
5. ある周波数の音が、外力により強調されて鳴る現象を音の共鳴と言います。
6. 音は遮蔽物の裏側にまで伝わる。音の回折と言います。
7. ふたつ以上の音が重なり合うと音圧はさまざまに変化する。音の干渉と言います。

(2)騒音概論

身の回りで発せられる音は、私達の耳に伝わり脳を刺激してはじめて音として感じます。

一般的にはない方が良い音を騒音と呼んでいます。

騒音は一つの公害として捉えられ、苦情調査でも高い割合を示しています。

工場、建設騒音、交通騒音、集合住宅の生活騒音まで様々な形で生活に及んでいます。

1. 騒音とは一般的に、ないほうが良い音を言います。
2. 騒音は、**公害対策基本法**、**騒音規制法**、**環境基準**により規制されています。
3. 騒音レベルは、騒音計により測定されホン又**dB(A)**で表されます。
4. **暗騒音**とは、測定する場合の対象音がないとき、対象音に対してその場所の騒音を言い、測定しようする騒音レベルより、十分小さい事が理想的です。(10dB以上)
5. 音源からの距離により音の減衰がことなり、その減衰のしかたは音源の形や受音点と音源に近く影響の有無により異なり、(面音源、線音源、点音源)と区分されます。
このことを**音の距離減衰**と言います。
6. 音が壁を透過した場合の損失量は、壁の単位面積あたりの質量と音の周波数の積の対数に比例する。このことを**質量則**と言います。
7. **実際の透過損失値**は、色々な影響で質量則で得られる透過損失値より下回ります。
実際に用いる場合は、単一材料だけでは色々な制約があり、複合した材料を用いる場合が通常であり、その場合**二壁遮音理論**を講じた壁の仕様が多いです。
 - ①. **コインシデンス効果**
 - ②. **低音域の共鳴透過現象**
 - ③. **高域の共振現象による遮音量低減現象**
8. 同一壁面上に窓、扉などが並列に組み合わさっている場合は、**総合透過損失**として求めます。

(3)室内音響概論

密閉された部屋等の室内では、屋外と異なった響き方があり、顕著にその性格を表します。

この様な密閉された空間で音楽を楽しんだり、楽器の演奏室、リスニングルーム、集合住宅居室の室内音響の設計のポイントを整理します。

1. 部屋に閉じ込まれた音の**共鳴現象**の現れ方は、部屋の寸法によって変わり、1：1の寸法の室は好ましくないと云えます。
2. 残響時間**(響き)**は、部屋の吸音の程度**(内装設計)**により異なります。
3. 低音、中音、高音の響きは、ほぼバランスがとれていることが大切です。

○普通の室内仕上げでは、低音の残響時間が長くなる傾向にありますので注意が必要です。

○**ブーミング**とは、周波数の低い音が部屋に共鳴する現象を言います。

○**残響時間**とは、音源からの音が止まってから、部屋の音の強さが60dB減衰するまでの時間を言います。

(4)騒音防止の基礎知識

具体的な騒音防止計画において、音源そのものを密閉する方法(音源対策)、音源からの音を対処する方法(伝搬系対策)、受信側での(受信対策)と区別されます。

総合的に、コストと経年変化や更新時期の確認等を整理し、当該敷地と共に隣接境界上、住宅等の周辺環境も合わせ、今後のクレーム発生する危惧点を考慮して、事前の予測検討が必要です。

1. 騒音防止の従来採用されていた一般的な方法として

- 不必要音の発音を最小限にする
- 音源の遮蔽(密閉)
- 不必要音の吸音
- 音源室の吸音処理(壁・床・天井)
- 周囲の状況により音源の配置を考える
- 音源に対して距離を置く
- 音源に対して適切な遮音壁等を設置
- 不必要音を物理的に消す
- 音を心理的に打ち消す方法もあります。

※ 以上の項目をそれぞれの箇所の騒音状態により、総合的に組み合わせることが大切です。

24時間オートメーション化に伴う(特に深夜)防音対策は必要不可欠です。

2. 建物各部(窓、壁、ドア等)の遮音効果及び各部材の遮音度と共に壁面全体の総合透過損失を考慮して部位毎の構成材を選定する。

| | |
|-------|------------|
| 例えば住宅 | アルミサッシガラス窓 |
| | 木製枠ガラス戸、窓 |
| | 外壁 |
| | 間仕切り壁 |
| | 床 |

3. 騒音防止具体例

二重窓、二重内壁、三重壁、防音ドア、騒音防止に有効な間取り採用、吸排気換気装置

4. 最近の騒音防止の考え方

騒音や振動のトラブルを解決する第一歩は発生源側ではなく、以下の点に留意し全体像を見通せる方法として要因分析を主軸において防止対策を立案します。

- ① 受音側の観点に立って要因分析を実施する。
- ② 発生側、伝搬・伝達系の要因との因果関係を把握し的確な予測をします。
- ③ 要因別計測により実測との整合性を図り、全体の音・振動伝達系の流れを構築します。
- ④ 検証の代表点での軽減量を確認すると共に目的位置で確実に低減出来る対策仕様を立案し、目的位置点での確実な効果確認を推測できます。

経済的、克つ施工性の優れた対策案を立案し、計画とその効果を考慮した予測計算を繰り返す事が確実に目的位置での効果を事前提示出来る安心・安全な対策方法です。

計測においても計測器に頼らなく**自分の耳が騒音計で身体が最良なセンサー**として五感を最大限活用すべきであると考えます。

4. 1. 要因分析型対策の具体的対応手順

- 1 現状の把握・分析・検討 ① 受音側でトラブル要因の確認・把握・分析等を検討
- 2 基礎要因の確認 ① 発生源の大きさ・位置・騒音レベル等の分析
② 騒音診断・騒音予測
③ 音の減衰

| | |
|---|--------------|
| — | 点・線・面音源の距離減衰 |
| — | 空気の吸収 |
| — | 気温の影響 |
| — | 地表面の吸収 |
| — | 風の影響 |
| — | 樹木による減衰 |
- ④ 環境の総合分析： 暗騒音・規制値
- 3 音源対策 ① 音源の低減化
② 振動源の低減化
③ 配置の配慮
④ 音源の隔離
⑤ 防音カバー
- 4 伝搬経路低減対策 ① 距離を離す
② 塀を建てる
③ 防音区画を設ける
④ 遮断溝と遮断壁

5 受音対策

- ① 防音仕様とする (具体的には各々で対処)
- ② 遮音
- ③ 吸音
- ④ 振動制御 (制振)
 - 機械的機構によって発生する振動
 - 力や衝撃による過渡振動
 - 定常的力や変位による強制振動
 - 自励振動
 - 強制自励振動
 - 係数加振振動
- ⑤ 振動減衰 (ダンピング)
- ⑥ 振動絶縁
- ⑦ その他の対策 (反射・屈折・回折)
 - 室内の吸音処理
 - 間仕切壁による遮音
 - 防音室による遮音
 - 遮音扉による防音
 - 消音器による防音

騒音防止の必須要素(ハード対策)

必ずソフト対策も併用する。

- 1. 不必要音の発音を最小限にする。 → 音源対策で低騒音化
- 2. 音源の遮蔽(密閉) → 防音カバー
- 3. 不必要音の消音。 → 吸排気口やダクト途中に消音器
- 4. 音源室の吸音処理(特に壁、天井)
- 5. 音源の配置を考える。
- 6. 音源に対して遮音壁を設置する。 → 効果的な対策で音源側と受音側もある
- 7. 音源に対して距離をおく。
- 8. 不必要音を物理的に消す。
- 9. 音を心理的にうち消す。

4.2. 防音技術

防音技術とは、騒音と振動が起因しているのでハード対策においては以下の項目を総合的に組み合わせることが大切であると共に経済的観点も合わせて考える必要がある。

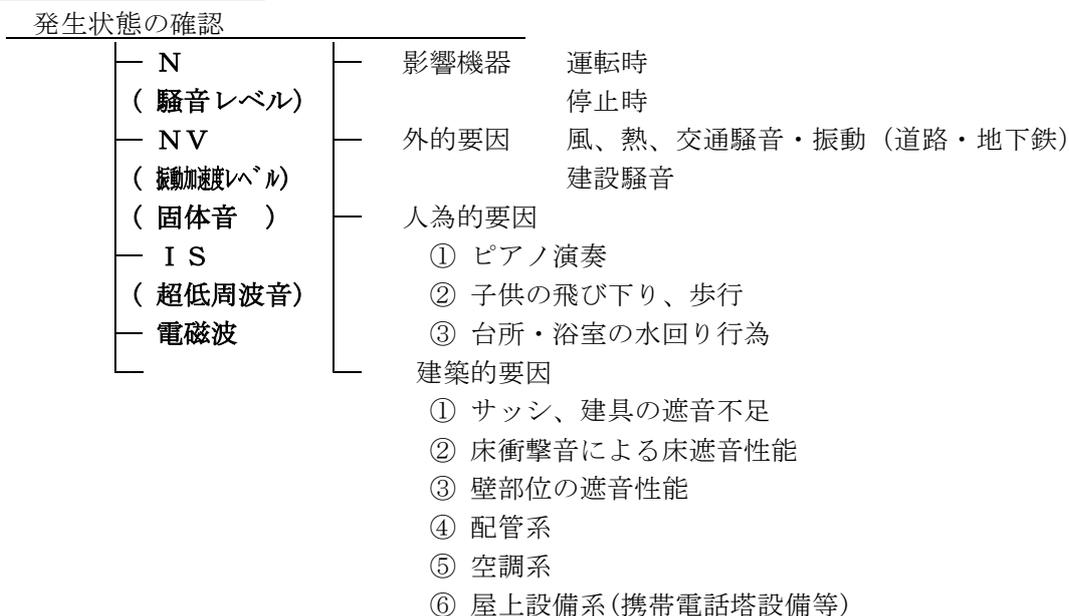
単独では大きなエネルギーと限界があるので、注意しなければならない。

又、対策部位において影響度に度合いを見て、強弱で仕様を決める(単独部材だけでは限界があり、他の商品との組合せた総合的提案が必要)

- 1. 遮音 2. 吸音 3. 制振 4. 固体音対策 5. 減振対策 6. 消音対策 7. 加振制御

4.3. 実務的防音・防振対策の考え方と進め方

a 受音室において発生要因



b 計測確認の実施

室内騒音レベルと壁・天井・床等の振動加速度レベルの同時、他点計測

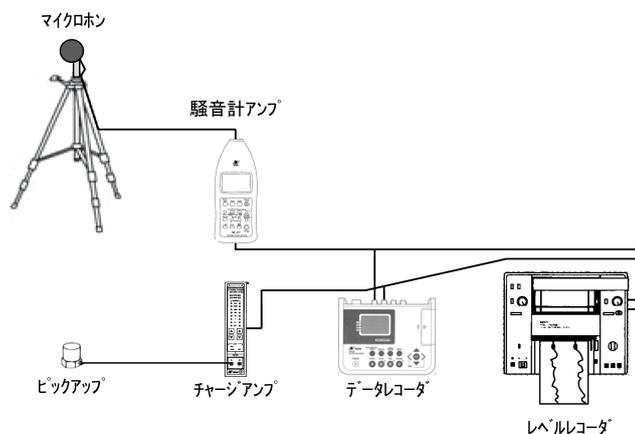


図-1. 対象室内の計測機器構成概念図

測定方法

騒音の測定は、規定の騒音計を用いてA特性Fastで、JIS-Z-8731-1999”環境騒音の表示・測定方法”また振動の測定は、規定の振動計を用いJIS-Z-8735-1981”振動レベル測定方法”に則って行います。

評価として、建築設備系等は負荷稼働時で通常運転と同一形態での連続動作時のレベル変動よりピーク値をチャートから読み取り評価し、後に周波数分析を兼ねて統計処理評価を行いその結果から騒音レベル評価値である **Lmax値**、**L5値**と **Leq値**の値を算出決定をします。

c 計測結果と運転機器との因果関係(寄与度)の把握

d 対象機器を再度検討する

竣工納品時に比べてどうなのかを確認把握します。

e 対象機器を絞る

暗騒音と暗振動をベースに必要減音量と減振量を決定します。

対象の周波数帯に絞って考慮します。

室内騒音レベルのA Pだけでなく、音色の違いが暗騒音と著しい低周波域の31.5、63、125、250Hzの周波数帯に対して特に配慮します。

f 具体的な対策の立案

1 空気伝搬音（透過音）

2 固体音

特定位置での振動加速度レベルによる詳細把握

3 部位別振動加速度レベルと防振（振動制御）

例えば、壁 : G L工法による共鳴透過による共振、ライナーの固定方法に共振

天井 : 天井スラブ面の剛性不足による共振、天井材取付方法に共振

床面 : 床暖房設備や置き床工法による共振

共振減少の低減と加振レベルの低減対策＝防振に繋がり更に騒音レベル低減につながります。

4 共振の制御

振動制御（制振）

5 建築・設備系の制約条件

機械的機構によって発生する振動
— 力や衝撃による過渡振動
— 定常的力や変位による強制振動
— 自励振動
— 強制自励振動
— 係数加振振動
— 振動減衰（ダンピング）
— 振動絶縁

g 具体的防振対策

1 発生源の正常運転なのか？ ①芯ずれは無いのか？ ②正規の防振対策を講じる？

2 運転条件の変更は可能か？

3 工事に伴う色々な問題点の整理

4 対策工事費とメンテナンス等のランニングコストの検討を図ります。

5 対策効果と他の要因の付加発生要因の整理

h 対策工事の実施

1 客先(入居者)殿に対して、内容を説明すると共に理解して頂きます。

① 定量的効果

② 対策の限界

2 対策効果の確認

① 対策によって対象周波数帯の効果

② 対策効果の十分あった分と変化の少なかった分を明確化します。

i 対策の検証

今後の事例に反映させます。

(5) 参考資料(騒音レベル)

1. 騒音、低周波音、振動、可聴域振動加速度レベルの区別

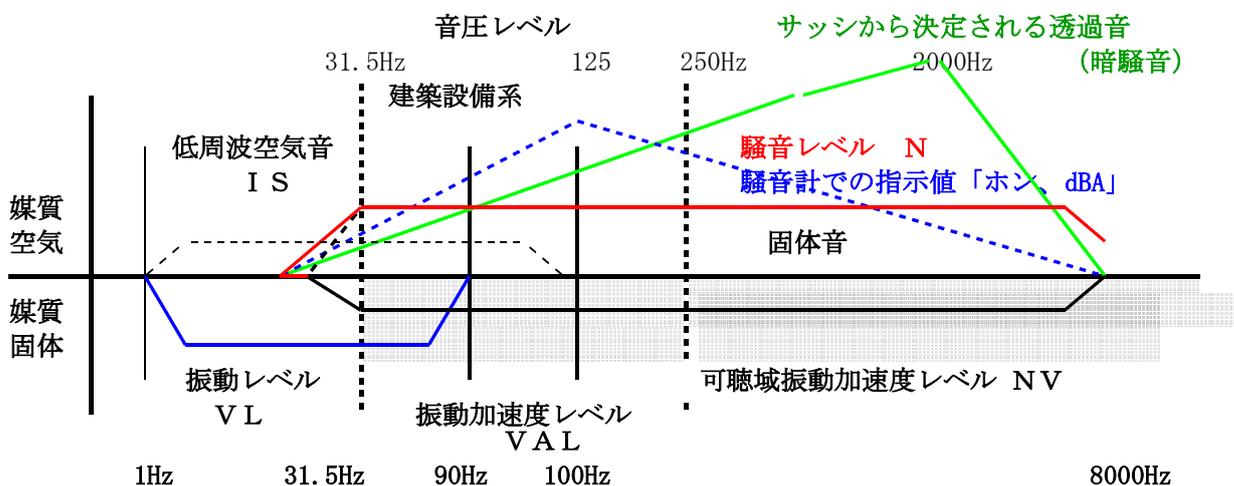


図-2. 騒音、振動と周波数との関係図

2. 音場、振動と空気の流れ

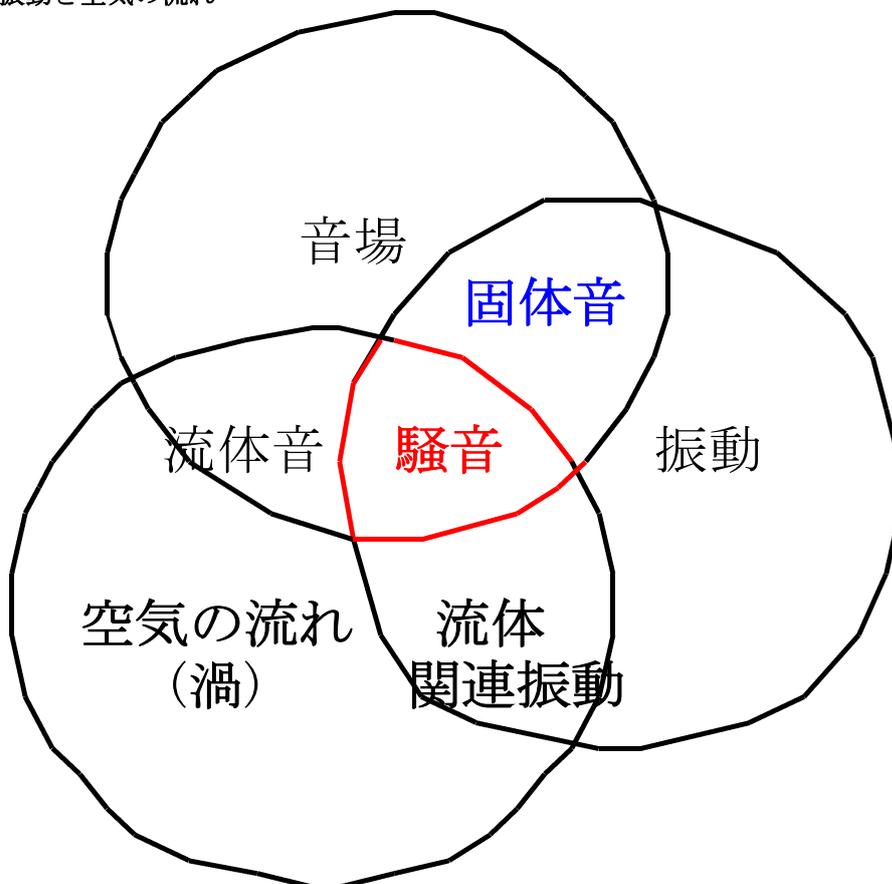


図-3. 音場・振動・渦の関係図(物理現象)