

複合低周波音に対する知覚特性と低周波音評価法の妥当性の検討

NEC ソフト 正会員 ○山田和洋
産業医学総合研究所 高橋幸雄
埼玉大学工学部 正会員 山口宏樹

埼玉大学工学部 正会員 松本泰尚
産業医学総合研究所 前田節雄

1. はじめに

一般に周波数 100Hz 以下の音を低周波音と呼び、交通に起因する橋梁振動の他、鉄道のトンネル通過、工場機械、空調設備などにより発生する。低周波音の人間への直接的な影響としては、耳の圧迫感、頭痛などが挙げられ、行政機関などに苦情が寄せられ問題となっている。平成 12 年、当時の環境庁は、「低周波音測定マニュアル」¹⁾を初めて策定し、全国で実態調査を開始した。このマニュアルでは低周波音の評価方法は定められていないが、その影響を考慮する上での因子の一つとして、「低周波音の感覚閾値（低周波音を感ずる最小音圧レベル）」が挙げられており、感覚閾値の目安として ISO7196²⁾で記述された値を引用している。すなわち、1-20Hz の超低周波音領域の感覚（知覚）閾値に基づき定義された周波数補正である「G 特性」（図 1）を施した音圧レベルで約 100dB が、人間が超低周波音を知覚できる最小音圧レベルとしている。ここで、この G 特性やそれに基づく閾値の音圧レベルは、純音（単一周波数の音）に対する実験結果から定められたものであるが、現場で通常問題となるのは複数の周波数成分を含む複合音であり、このような複合音に対する上記の G 特性音圧レベルでの閾値の妥当性は、検討すべき課題である。そこで本研究では、複合低周波音に対する人間の知覚閾値を実験により検討するとともに、G 特性音圧レベルでの閾値とされている 100dB の複合低周波音への適用の妥当性を検討することを目的とした。

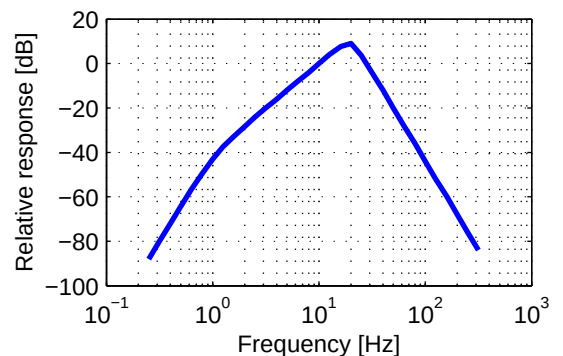


図 1 G 特性周波数補正²⁾

2. 実験方法

産業医学総合研究所の低周波音実験室（床面積約 9m²、天井高約 2.7m）を使用して行った実験には、健康な男子学生 11 人が参加した（図 2）。試験音としては、10,20,40Hz の純音及び、2Hz 以上ある周波数以下では一定、それ以上の周波数では-15dB/oct の傾きで減少するスペクトルを持つ複合音を用いた。複合音においてスペクトルが減少し始める周波数は純音に対応させて 10,20,40Hz とした。また、既往の研究結果より、数 Hz から 50Hz 程度の周波数域における純音に対する閾値の傾きがほぼ-12dB/oct で代表できると言われている³⁾ことから、それより急な傾きで複合音のスペクトルを減少させた。このことにより、スペクトルが減少し始める周波数域の複合音成分が、知覚へ

最も支配的な影響を及ぼすこととなると推測した。閾値の測定法としては、被験者自らが閾値となる音圧レベルを調整する方法を用い、知覚できていない状態から音圧を増加させる上昇系列、及び知覚できている状態から音圧を減少させる下降系列を各 2 回ずつ計 4 回の測定を行った。各条件で閾値となる音圧が決定した時点で、音圧を 1000 サンプル毎秒で 20 秒間記録した。音圧レベルや G 特性補正、1/3 オクターブバンドフィルター⁴⁾を用いた周波数分析などの計算は全て計算機上で行った。ここで、各条件において 4 回計測した閾値の間に統

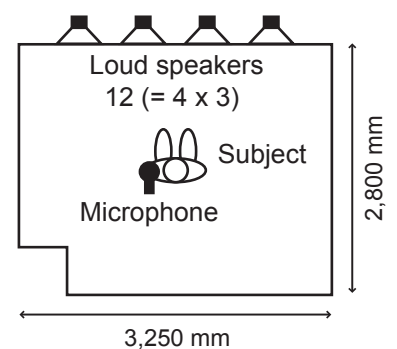


図 2 実験室の平面図

キーワード 低周波音、知覚閾値、評価、ISO 7196、G 特性

連絡先 〒338-0825 埼玉県さいたま市下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科 TEL: 048-858-3557

計的に有意な差は認められなかったため、4回の計測の平均値を各条件での閾値とした。

3. 結果・考察

図3は、本実験で用いた試験音6種類に対する閾値の全被験者の中央値を示している。純音に対してはその音圧レベルを、複合音に対しては、1/3オクターブバンドフィルターを用いて求めた各中心周波数での音圧レベルを表している。純音に対する閾値は、既往の研究³⁾とほぼ同程度の値が得られており、本研究での閾値の測定結果は妥当だと言える。閾値における複合音の各周波数帯域での音圧レベルと純音の閾値の音圧レベルを比較すると、本研究で用いたいずれの周波数帯域においても、複合音の音圧レベルが純音の音圧レベルを下回っていた。現場で測定した低周波音の周波数分析結果を、純音に対する閾値と比較して評価を試みることがあるが、本実験結果から、そのような評価は有効でないことが分かる。また、複合音のスペクトルが減少する周波数帯域において、3種類の複合音の音圧レベルがほぼ同程度になっていることが図3より分かる。この理由も含めた複合音に対する知覚のメカニズムに関する検討には、今後システマティックに条件を設定したより多くの実験による検討が必要である。

図4は、各試験音に対する閾値でのG特性音圧レベルとG特性を適用せずに求めた（平坦特性）音圧レベルの被験者11人の中央値を示している。ここで、3種類の複合音は、スペクトルの変曲点の周波数で区別している（図4(b)）。ISO7196に記されているG特性音圧レベルによる閾値の100dBに対し、G特性を用いた評価の対象である20Hz以下の2種類の純音の閾値のG特性音圧レベルは90-95dBと比較的近い値であったが、20Hz以下に主成分を持つ2種類の複合音の閾値のG特性音圧レベルは65-70dBであり30-35dB小さい値が得られた。この結果より、複合音に対する閾値基準をG特性音圧レベルで表す場合には、純音の場合より小さい値が必要となる可能性があることが示唆される。G特性の適用範囲外である40Hzの純音及び複合音に関しては、容易に予想できる通り、他の試験音に比べ閾値に相当するG特性音圧レベルは小さかった。

4. まとめ

本研究の結果より、複合音の感覚閾値は、単一周波数成分のみで決定されるのではなく、複数の周波数成分の影響を受けると考えられる。従って、各周波数帯域での音圧レベルを測定し、対応する周波数の純音の閾値と比較する方法では複合低周波音の閾値の正当な評価は難しいと言える。また、本研究で用いた複合低周波音にはG特性を適用すべき超低周波成分を主成分に持つ複合音も含まれていたが、得られたG特性音圧レベルによる閾値はISO7196に示された閾値基準より30-35dB小さい値であり、G特性を適用した複合低周波音に対する閾値の評価の妥当性を示すことはできなかった。

参考文献

- 1) 環境庁大気保全局：低周波音の測定方法に関するマニュアル，2000。
- 2) International Organization for Standardization: Acoustics – Frequency-weighting characteristics for infrasound measurements, ISO 7196, 1995。
- 3) 時田保夫：低周波音の評価について，日本音響学会誌，41(11)，806-812，1985。
- 4) 日本規格協会：オクターブ及び1/3オクターブバンド分析器，JIS C 1513，1983。

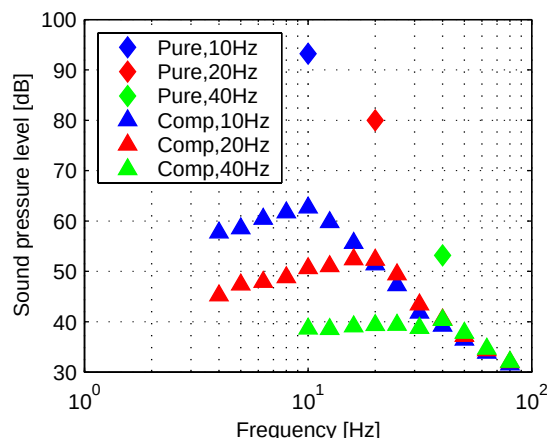


図3 複合音の閾値の1/3オクターブ中心周波数での音圧レベルと純音の閾値の音圧レベル

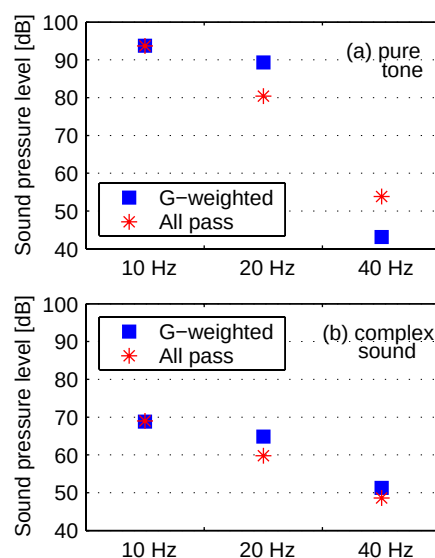


図4 平坦特性及びG特性音圧レベルによる閾値。(a)純音，(b)複合音。