

球体の衝突を受ける平板から発生する衝撃音の音質評価

大同工業大学大学院 学生員 ○滝沢宣人, 学生員 河原田豊
 大同工業大学 都市環境デザイン学科 正員 近藤八重, 正員 水澤富作

1. はじめに 最近の騒音制御の問題では、音の単なる物理的制御ばかりでなく人間の感覚に関連した心理面への影響を考慮した制御でなければならぬ難しさが指摘されており、建築音響の分野などでは、居住環境に対する意識の高揚に伴い、床構造の振動や重衝撃音に関する性能評価基準¹⁾が静的性能基準を上回るようになってきている。また、構造物の劣化診断のために打音法²⁾が用いられており、打撃音の相違から構造物の健全度評価が行われているが、人的判断でなく、より定量的な打音の音質評価法の開発が期待されている。

本研究では、球体の衝突を受ける平板から発生する衝撃音の音質評価につ

いて検討している。ここで提案する音質評価は、心理的及び生理的な感覚に基づく感性評価ではなく、物理音響学的な視点から、衝撃音の音質の相違について検討を行う。

2. 実験方法³⁾ 実験の概略図を図1に示す。実験に用いた板は鋼板 (20×20×0.22, 20×20×0.43, 20×20×0.59, 40×40×0.43cm), アクリル板 (20×20×0.2, 20×20×0.3, 20×20×0.5cm)、衝突球は鋼球(直径0.94cm, 質量3.57g), アルミ球(1.00cm, 1.45g), 真鍮球(0.96cm, 3.84g), アクリル球(1.49cm, 2.07g)及び木球(2.0cm, 2.97g)とする。実験は板の2隅をワイヤーで吊り下げ、衝突初速度 57.8cm/s で振り子落下させた衝突球を板中央に衝突させている。衝突音は、反衝突側の板中央軸線上で精密騒音計と簡易マイクで測定

している。精密騒音計 (リオン製 NL-31) から得られた衝突音は FFT 分析器 (リオン製 SA-79) で周波数分析する。また、簡易マイクで測定した衝突音は wav データとして保存し、各時刻で窓関数を用いた FFT 解析より、時間-周波数スペクトルの関係を示す音響スペクトログラムを求めている⁴⁾。

3. 実験結果及び考察 図2は、鋼球 (直径

9.4mm, 質量3.57g)の衝突を受ける各種平板から発生する衝撃音の周波数スペクトルから求めたスペクトルエンベロープが示してある。ここで、板は鋼板 (20×20×0.22, 0.43, 0.59, 40×40×0.43cm), アクリル板 (20×20×0.2, 0.3, 0.5cm)であり、鋼球の衝突速度は57.8cm/sとしている。これより、平板の材種が異なると、高周波数域でかなり顕著な差が見られ、また卓越周波数を結ぶ直線の勾配で表したスペクトルエンベロープがかなり異なっている。また、同じ板であっても、大きさや厚みによつての傾きが異なっており、鋼板、アクリル板ともに、厚みが増大するに伴い傾きが増大している。したがって、スペクトルエンベロープは、音の相違を表す指標の1つとして挙げられる。

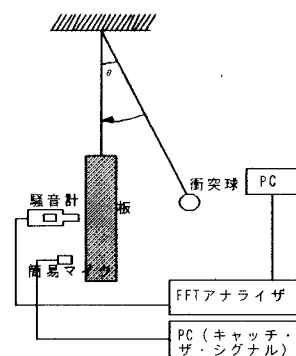


図1 実験方法及び測定方法

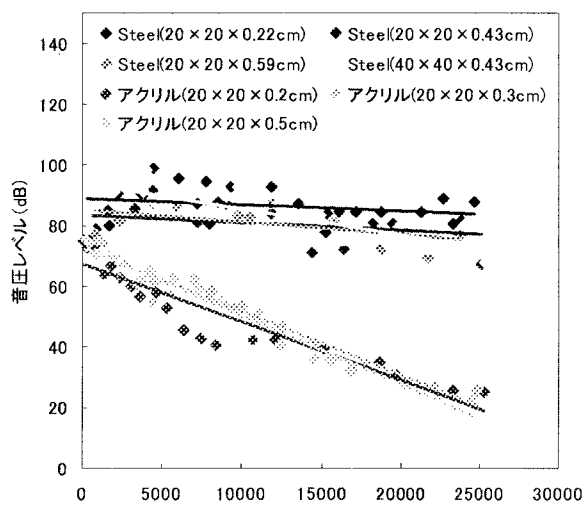


図2 スペクトルエンベロープ

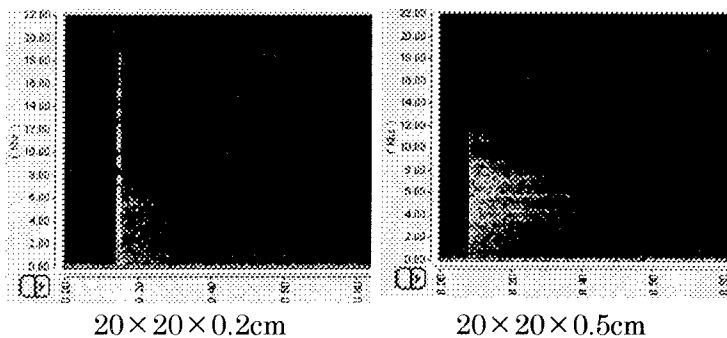


図3 アクリル板の音響スペクトログラム

図3は、衝突体（Steel 球）を同一にして、板の材質、質量を変化させたときに発生する衝突音を音響スペクトログラムで表示したものである。ここで、縦軸は周波数であり、横軸に時間をとっている。ただし、マイクは、板中央軸上で測って板から 60cm に設置している。これより、衝突体と同じ場合、薄いアクリル板のスペクトログラムは、瞬時に広い周波数帯域で比較的大きな音圧レベルが示されているが、厚いアクリル板では、ある特定の周波数帯域の音が、時刻が経過しても明瞭に放射されていることがわかる。これは、アクリル板は比較的柔らかい材質であることに加え、板全体の質量が小さく、周辺自由であるために、衝突体から受けるエネルギーが運動エネルギーとして変換され易いためと思われる。このように、時間と周波数スペクトルの関係を表す音響スペクトログラムは、音の相違を視覚的に表せるので、音の相違を表す音質を評価する指標の1つになる。

図4には、鋼球の衝突を受ける鋼板（20×20×0.22cm）から生じる衝撃音の音響スペクトログラムにおいて、各卓越周波数別に、周波数スペクトルの時間的変動で表されるスペクトル減衰勾配が示してある。これより、卓越周波数のスペクトル減衰勾配は、低域の周波数では緩やかに減衰するが、高周波数域では速く減衰している。ただし、4479Hz の周波数は減衰せずに増大しているが、これは、この周波数が大きなエネルギーを持ち、音の放射時間が最も大きな周波数である。このように、卓越周波数に関する周波数スペクトルの時間的変動に着目したスペクトル減衰勾配から音の相違が評価できると考えられる。

図5には、鋼板（20×20×0.22cm）に各種の球体が衝突したときの衝突音の音響スペクトログラムから得たスペクトル減衰勾配が示してある。ただし、抽出した卓越周波数は、音響スペクトログラムの中でも最大の音響エネルギーを放射している周波数である。各卓越周波数のスペクトル減衰勾配を見ると、低周波数域の減衰勾配は、音圧レベルに相違が見られるが、大別して金属球と非金属球で大きな相違が見られる。この相違を定量的に評価するためには、さらに球体と平板との接触時間の影響も考える必要があると思われる。

4. まとめ 本研究で得られた結果をまとめると、以下の通りである。

1) スペクトルエンベロープと音響スペクトログラムは、衝突球を受ける平板から発生する衝撃音の音質を評価する指標となりうる。2) 音響スペクトログラムから抽出した主要な卓越周波数に関するスペクトル減衰勾配は、音の相違を評価する指標の1つになりうる。3) 高域周波数は、低域周波数と比較して、減衰の影響を大きく受ける。4) 先に述べた音質評価の指標は、球体または板の材料特性値や衝突に伴う接触時間などに依存していると考えられる。

なお、本研究は、科学研究費（基盤研究(C)）および本学の研究援助金を受けている。

参考文献 1) 環境工学委員会音環境運営委員会建築音響測定法小委員会床衝撃音測定法 WG：重量床衝撃音遮断性能測定方法における加振力に関する研究；日本建築学会計画系論文集，第492号，249-255，1997。

2) 魚本他：打音法によるコンクリートの非破壊検査、コンクリート工学論文集，第7巻，pp. 143-153，1996。

3) 滝沢他：平板から発生する衝突音に関する基礎的研究；土木学会中部支部県境発表会講演概要集 I-18，pp. 35-36，2002。4) キャッチ・ザ・シグナル概要説明；ver. 2. 1. 213

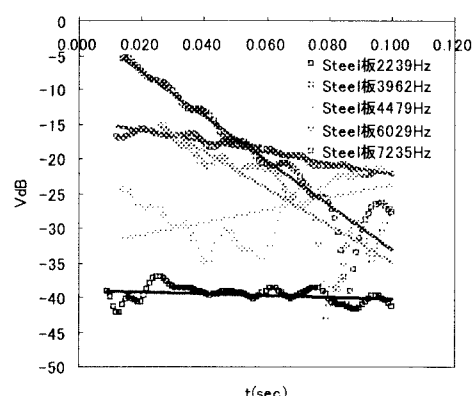


図4 鋼板の卓越周波数の時間変動による減衰勾配

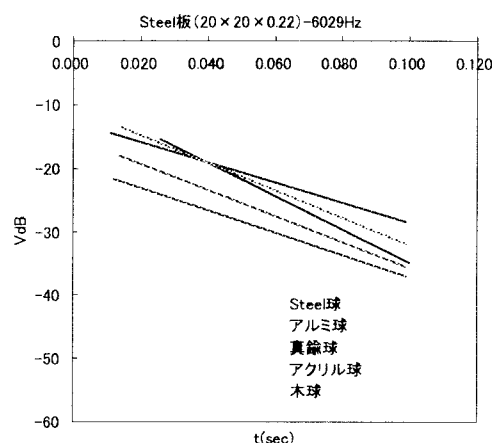


図5 鋼板の卓越周波数の時間変動による減衰勾配（6029Hz）