

## 鋼球の衝突を受ける平板から発生する衝突音の音響インテンシティの分布特性

大同工業大学 学生員 ○河原田豊, 同大学院 学生員 滝沢宣人  
 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** 物体の衝突を受ける平板から発生する衝突音は、音圧、空気密度や空気粒子速度などで表される音の高さ（周波数）、強さ（音響インテンシティ）と大きさ（エネルギー）などで定義される。また、音の大きさを表わす音圧と異なり、音の強さ（インテンシティ）は、大きさと方向を有するベクトル量として定義されるので、音源のパワーや音源方向を求めるために利用できる。音の強さを測る音響インテンシテメータは、1970 年代に開発され、現在でも物体表面から放射される音響インテンシティ分布を求めたり、音源探査にも利用されているが、それらは、定常音を対象にしたものであり、衝突音のような非定常な音に適用した例はあまり報告されていない。

本文では、ペアマイクロホンを装備したプローブと音響インテンシテメータを用いて、鋼球の衝突を受ける平板から発生する衝突音から求められる音響インテンシティレベルの分布に与える周波数特性の影響と衝突音のインテンシティレベルに与える距離減衰特性について明らかにしている。

**2. 実験方法** 実験に用いた計測法のブロック図が図-1 に示してある。また、平板は 2 隅をワイヤーで吊り下げた周辺自由な正方形鋼板( $40 \times 40 \times 0.43\text{cm}$ ,  $20 \times 20 \times 0.22\text{cm}$ ,  $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $\rho = 7.85 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$ ,  $\nu = 0.3$ )とする。また、長さ 50cm の糸に結ばれた衝突体は、直径 9.4mm で重さ 3.57g の鋼球であり、任意の角度  $\theta$  から振り子落下させている。測定は、 $15 \times 10 \times 2.5\text{m}$  の静寂な室内で行い、反衝突側の板面から放射された衝突音を瞬時に 3 回ずつ測定した。また、測定には、スぺーサ 12mm の 1/2 インチのペアマイクロホンを有するプローブ(Lion 製 UC - 53D)を用い、音響インテンシテメータ(Lion 製 SI - 50)は、1/3 オクターブ分析で瞬時での音響インテンシティレベル SIL(dB)を計測している。

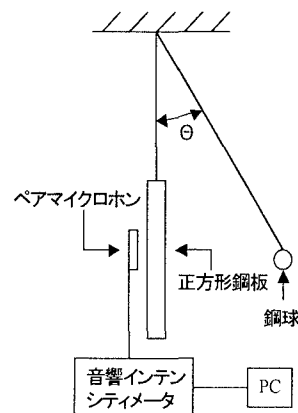


図-1 実験概要図

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 衝突音の距離減衰特性

はじめに、板中央に鋼球の衝突を受ける自由板の音響インテンシティレベル(SIL)に与えるマイクロホンの距離の影響について検討を行った。ここで、マイクロホンは、板の中心で垂直方向に設置し、板面から 1mm から 1m まで変化させている。図-2 には、衝突音の瞬時音響インテンシティレベル(dB)に与えるマイクロホンの距離の影響を卓越周波数(400Hz と 800Hz)別に示している。ここで、

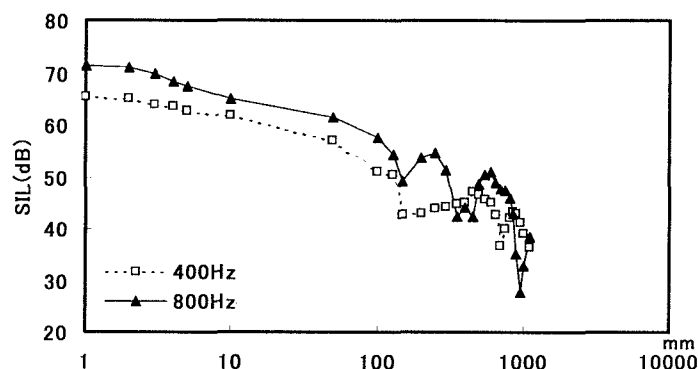


図-2 衝突音の瞬時音響インテンシティレベルに与えるマイクロホンの距離の影響； $40 \times 40 \times 0.43\text{cm}$

用いた周波数は、FFT 分析器より得られた卓越周波数に対応した値である。これより、板とマイクロホンの距離が 2cm 以内であれば、距離に関わらず SIL は、ほぼ一定な値をしているので、平面波の性質を持っていることがわかる。一方、距離が 2cm から 20cm までは、周波数の値にかかわらず、SIL は、距離の増大とともに直線的に減少し、ほぼ - 6 dB 減衰を示すので、板から発生する衝突音の SIL は点音源から放射される球面波のエネルギー伝播の特徴である距離の 2 乗に逆比例するものと考えられる。

また、図-3 に示すように板の大きさを変化させても、同様な減衰性状を示す。ここで、SIL は  $40 \times 40 \times 0.43\text{cm}$  板を 400Hz、 $20 \times 20 \times 0.22\text{cm}$  板を 315Hz で分析している。しかしながら、距離が 20cm を超える

と SIL は、距離に関係なく、ある一定値を中心に周期的に変動している。これは、測定位置から 9m 離れた壁面からの反射音などの影響によるものと考えられる。床などからの反射音の影響についても調べてみたが、SIL に与える影響はほとんど見られなかった。

また、図-4 に示すように SIL を測定したときに同時に測定できる平均音圧レベル(SPL)についても SIL の結果と同じような結果が得られた。

### 3.2 鋼板の音響インテンシティレベル分布に与える周波数の影響

鋼球の衝突を受ける鋼板から発生する衝突音の瞬時音響インテンシティレベル分布を測るために、鋼板(40×40×0.43cm)を 8×8 領域に分割し、各要素の中央で音響インテンシティレベル(SIL)を計測した。ここでマイクロホンと板との間隔を 5mm とした。図-5 は、周波数が 400Hz に対応する瞬時音響インテンシティレベルの分布図を示している。ここで、400Hz の板の振動モードは、(3,3) で与えられる。これより、衝突音の音響インテンシティレベルの分布は、周辺自由な板の振動モード形状に依存した分布性状を示している。

また、音響インテンシテータを用いれば、各周波数別に、時刻変動が求められるため、最も減衰の小さい周波数が求められるので、先に示した 400Hz が残留音で最も強い音として放射していると考えられる。

図-6 は、同時に測定された大きさのみを表わす平均音圧レベル(SPL)の分布図である。これより、音響インテンシティレベル分布図は振動モード形状に依存した分布を示すが、SPL は、板中央から大きな音が出ている様子がわかる。

### 4. おわりに

本文で得られた結果は以下のようにまとめられる。

- 1) 板とマイクロホンの距離が 2cm 以内では、距離に関わらず SIL は、ほぼ一定な値を示し、平面波の性質を示す。
- 2) 2cm から 20cm までは、SIL は、距離の増大とともに直線的に減少し、球面波の性状を示す。
- 3) 衝突音の音響インテンシティレベルの分布は、板の振動モード形状に依存した分布を示す。

参考文献 1) 西山静男他：音響振動学，コロナ社，pp11-12，1979 2) 時田保夫：音の環境と制御技術 第 I 巻基礎技術，株式会社フジ・テクノシステム，pp77-106，2000

なお、本研究は、科研費（基礎研究 C）と本学術研究援助金の補助を受けている。

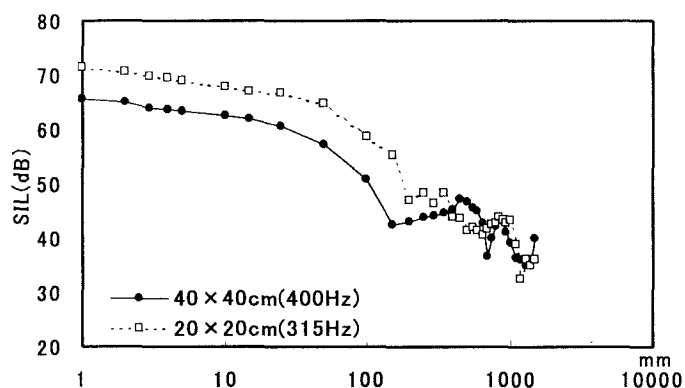


図-3 板の大きさの違いによる衝突音の瞬時音響インテンシティレベルに与えるマイクロホンの距離の影響

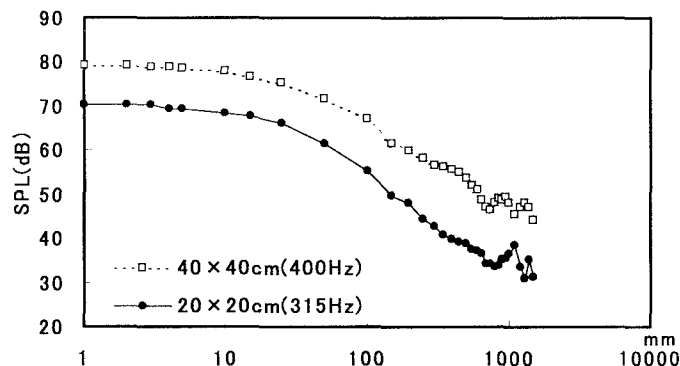


図-4 板の大きさの違いによる衝突音の 125 μ sec 間の平均音圧レベルに与えるマイクロホンの距離の影響

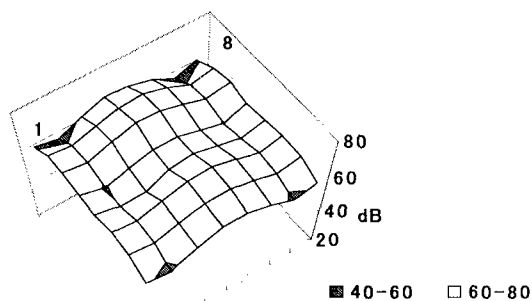


図-5 400Hz の瞬時音響インテンシティレベル分布図

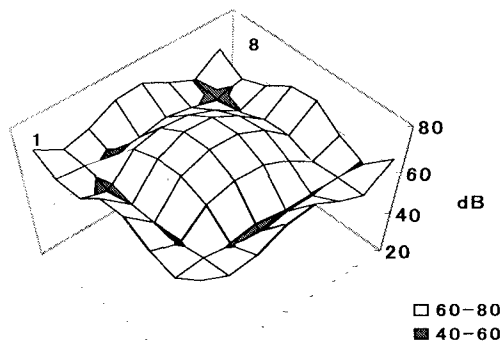


図-6 400Hz の平均音圧レベル分布図