

平板から発生する衝突音に関する基礎的研究

大同工業大学大学院 学生員 ○ 滝沢宣人 同大学 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 落下物や走行車両などが作用する平板には、衝突音や衝撃音が発生し、社会的な騒音問題になることもある。これまでに、物体の衝突を受ける板の衝突音に関する研究やコンクリートスラブなどの非破壊検査への打撃音の適用に関する研究などが報告されている^{1),2)}。しかしながら、固体音である衝撃音の発生メカニズムやその音響特性については、必ずしも十分に解明されていないように思われる。

本研究では、騒音計とFFTアナライザを用いて球体の衝突を受ける平板から発生する衝撃音や残留音（自然減衰音）などに着目し、その周波数特性や音響特性について検討する。また衝突音の音圧波形や周波数特性に与える板厚や材質などの影響についても明らかにしている。

2. 実験方法 実験装置および測定方法の概略図を図1に示す。平板の材質を鋼とアクリルの2種を用い、形状は20×20cmの正方形板とする。これら平板は、2隅をワイヤーで吊り下げた周辺自由板とし、材料特性値を表1に示す。また、長さ29.5cmの糸に結ばれた衝突体は直径5mm、重さ0.5123gの鋼球とし、任意の角度から振り子落下させている。測定は、15×10×2.5mの静寂な室内で行い、鋼球の衝突におけるリバウンドは無視している。また精密騒音計(リオン製NL-31)はF特性、板と騒音計との距離は5mmとし、FFT分析器(リオン製SA-79)の分解能は20kHz、0.04sと設定している。

3. 実験結果および考察 図2は、鋼球の衝突を受ける鋼板(200x200x2.2mm)の中央点で近距離計測した音圧波形を示す。衝突音の発生メカニズムは、衝突に伴うパルス音が発生し、それに続く波動伝播を経て、残留音（パルス音に続く自然減衰音）からなる。ここで、Piはパルス音の最大値、Pmaxは残留音の最大値である。

表2には、鋼板(板厚2.2mm)から発生する衝突音から求めた卓越周波数が、加速度計(リオン製PV-901)からFFT解析して求めた値と薄板理論から求めた結果と比較されている。これより、騒音計から求めた値は、理論値や加速度計から求めた振動数と良く一致した結果を示している。

図3は、パルス音Piと残留音Pmaxに与える測定距離の影響を示す。ここで、衝突速度をV0=44.41cm/s、板厚を2.2mmとし、板面の中央軸上に騒音計を設置している。これより、パルス音Piは10mm以内であれば、ほぼ一定であり、平面波の性状を示しているが、距離が大きくなるに伴い距離に比例して減衰している。一方、Pmaxは50mm以内では、ほぼ一定であり平面波の性状を

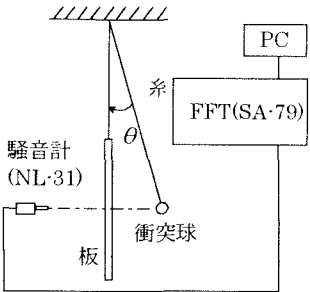


図1 実験の概略図

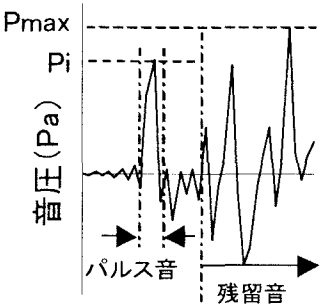


図2 衝撃音の発生メカニズム

表1 材料特性値

材種	E(kgf/cm ²)	ρ(g/cm ³)	ν
Steel	2.1 × 10 ⁶	7.85	0.3
アクリル	5.36 × 10 ⁵	1.18	0.375

表2 実験より得られた卓越した周波数(Hz)の比較

モード	(2,2)	(3,1)	(3,2)	(4,1)	-
騒音計	198	325	463	850	1630
加速度計	175	325	425	850	1650
理論値	184	333	478	839	1670

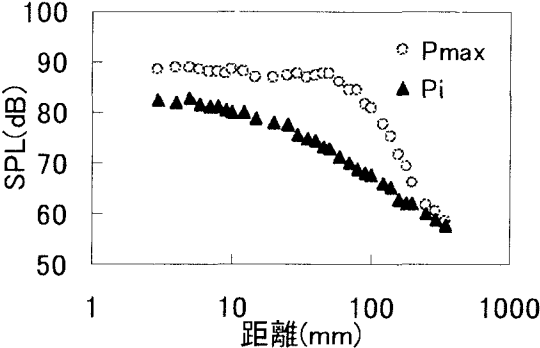


図3 Pi,PmaxのSPLに与える測定距離の影響

示すが、50mm を超すと球面波の性質を持ち、距離に比例して減衰する。

図 4 には、鋼球の衝突を受ける鋼板から発生する P_i と P_{max} に与える板厚 h の影響が示してある。ただし、 $V_0=44.41\text{cm/s}$ とする。これより、これらの音圧は板厚の増大とともに減少している。これは鋼板の音圧は板厚が薄いと振幅が大きくなり、厚いと振幅が減少するためである。

図 5 は、パルス音の P_i と残留音の P_{max} に与える鋼球の初速度の影響を示している。これより、これらの音圧値は、ほぼ V_0 に比例する。

図 6 と図 7 には、それぞれ衝突音の音圧波形と周波数スペクトルに与える鋼板の板厚の影響が示してある。ここで、板厚は 2.2cm と 5.9mm である。これより板厚が薄いほど衝突音は大きく発生し、また時刻の経過とともに早く減衰していることがわかる。また、周波数スペクトル図から、広い周波数帯域にわたり、卓越した周波数がほぼ等しい大きさのレベルで、比較的一定間隔で発生しているが、板厚の増大と共に、卓越する周波数の数が減少している。

図 8 には、アクリル板(板厚 3mm)の音圧波形と周波数スペクトル図が示してある。鋼板と比較して、音圧波形はパルス音の発生とともに減少し、材料に起因する内部減衰の影響により急激に自然減衰している。また、スペクトル図から、比較的高周波数域での音圧レベルが減少しており、鋼板とかなり異なった周波数構造を示している。材質による異なった周波数構造や減衰性状は、衝突音の音質(音色)の相違に影響を与えと考えられるので、衝突音から求められる周波数構造や減衰性状は材質の推定に適用可能と思われる。

4. まとめ 以上の結果をまとめると、以下の通りである。

1) 衝突音のスペクトルから求めた周波数は、加速度計や板理論から求めた振動数とよく一致している。2) 衝突音

の発生メカニズムは、パルス音とそれに続く残留音からなり、パルス音は鋼球の V_0 に比例し、板厚に反比例する。3) 衝突音から求められる周波数構造や減衰性状は、材質の推定に利用できる。

参考文献 1)坂田他:球による円板の衝撃音,日本機械学会論文集(C編),1979. 2) vol.7.1 p.143-151(1996)
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

なお、本研究は、科研費(基盤研究 C)と本学研究援助金を受けている。

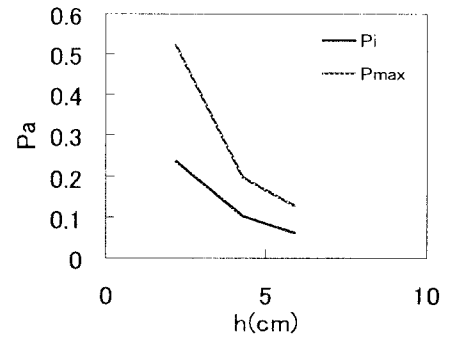


図 4 P_i, P_{max} に与える鋼板の板厚の影響

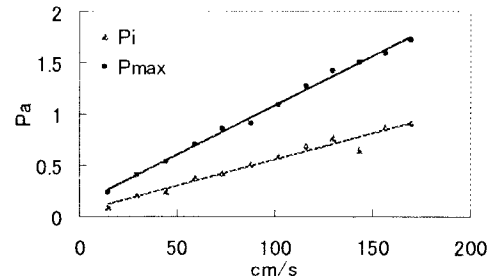


図 5 鋼板の初速度 V_0 と P_i, P_{max} の関係

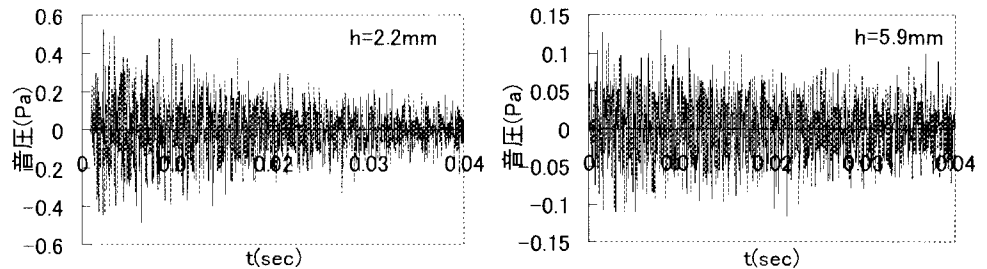


図 6 鋼板の音圧波形に与える板厚の影響

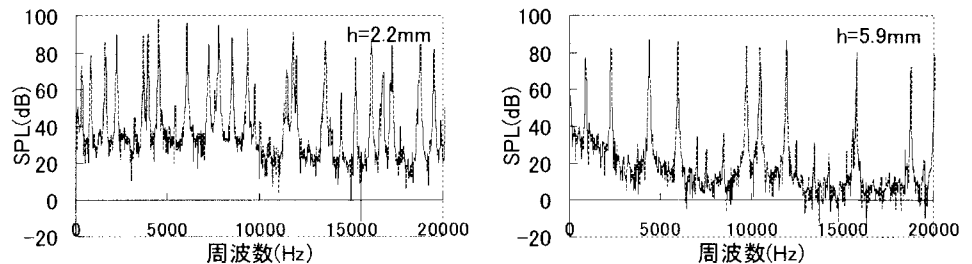


図 7 鋼板の周波数スペクトルに与える板厚の影響

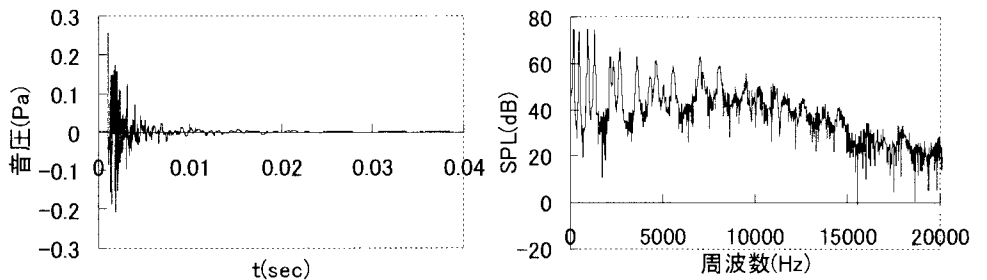


図 8 アクリル板の音圧波形と周波数スペクトル