

物体の衝突による衝撃力特性の評価に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 大久保一徳 正会員 別府万寿博
 正会員 大野 友則 学生会員 山口 貴之

1. 緒言

物体同士の衝突によって生じる衝撃力の特性は、物体の材料特性や境界条件などによって大きく変化することがわかっている。本研究は、コンクリート、鋼、ゴムなど異なる材料の板部材に対して重錘落下衝突実験を行い、衝突により発生する衝撃力特性の相違について調べたものである。また、ばね 質点系モデルを用いた数値シミュレーション解析を行い、ばね 質点系モデルの衝突問題への適用性や問題点について検討を行っている。

2. 重錘落下衝突実験

2.1 実験の概要

図 - 1 に示す重錘落下装置を用いて、重量 134.5N の重錘(底面の半径 3.49cm で先端に緩い曲率有り)を、高さ 50cm, 100cm の 2 段階に対して落下させた。被衝突体の材料は鋼、コンクリート、ゴムの 3 種類で、それぞれの板厚は 20, 50, 10mm である。計測項目は、衝撃力、加速度、重錘のひずみである。衝撃力は板部材の直下にロードセルを設置して計測した。加速度は重錘の上に取り付けた加速度計で、ひずみは重錘先端部上方の側面に貼付したひずみゲージにより計測した(図 - 1)。

2.2 実験結果と考察

図 - 2 に、加速度の時刻歴波形を示す。図の加速度～時間関係から、鋼、コンクリートに対する計測波形は、ゴムの場合に比べて高周波成分が多く含まれていることがわかる。最大加速度を見ると、鋼は 5836.8G(t=0.00015s)、コンクリートは 2736.0G(t=0.00024s)であり、鋼の場合はコンクリートに比べ 2 倍程度大きな値を示している。また、衝撃継続時間については、両者では、さほど大きな差異はない。一方、ゴムの場合の最大加速度は 342.4G(t=0.00102s)で、継続時間はコンクリートの場合の約 4 倍大きい。

図 - 3 に、重錘に生じたひずみ～時間関係を示す。ひずみの変化は、高周波成分を多く含む加速度波形に比べて、非常に滑らかな波形になっていることがわかる。最大値は、鋼、コンクリートでは約 350μでありほぼ同じ値であった。ゴムの場合のひずみは、約 100μであった。

図 - 4 は 10tf ロードセルで計測した衝撃力～時間関係である。重錘に生じたひずみと同じような波形特性を示していることがわかる。表 - 1 に、加速度、ひずみから換算した衝撃力($F = ma$,

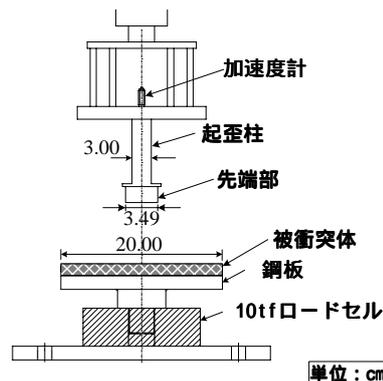


図 - 1 重錘落下装置

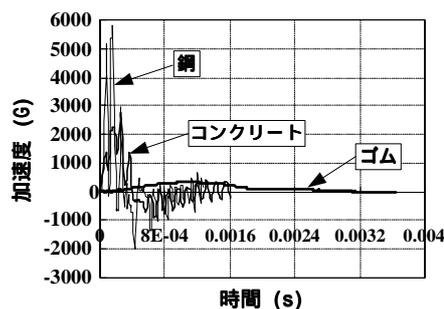


図 - 2 加速度～時間関係

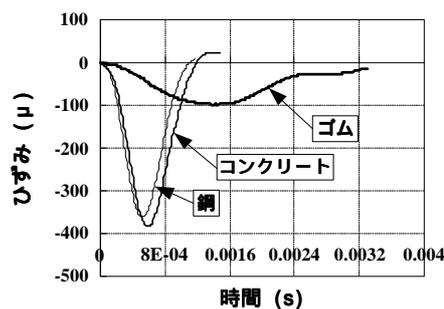


図 - 3 重錘のひずみ～時間関係

表 - 1 衝撃力の関係

衝撃力の種類	衝撃力(kN)
加速度を換算した衝撃力	37.538
ひずみを換算した衝撃力	55.375
ロードセルによる衝撃力	32.522

キーワード：重錘落下実験、接触時間、衝撃力、ばね質点モデル

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel 046-841-3810 Fax 046-844-5913

$F = EA\varepsilon$)とロードセルによる衝撃力の3つの方法から得られた値を示す。これより、加速度とロードセルから求めた衝撃力は比較的近い値となっている。

次に、ロードセルで計測した衝撃力波形に基づいて落下高さの相違による衝撃力、衝撃継続時間を考察する。図-5の衝撃力～落下高さ関係から、落下高さが50cmから100cmになると、いずれの衝撃力も1.3～1.5倍ほど増大していることがわかる。また、図-6より、衝撃継続時間は、鋼、コンクリートでは落下高さによる影響は大きくないことがわかる。ゴム材料は、落下高さが大きくなると衝撃継続時間は逆に短くなるという結果が得られた。

3. ばね - 質点モデルによる数値シミュレーション

3.1 解析方法と解析モデル

ばね 質点系モデルは、質点同士をばねで接続するモデルで、二つの質点の法線方向と接線方向のばねを考慮した。ばね - 質点系モデルで連続体を表現する際に問題となるのは、ばね係数と解析モデルである。ここでは、次に示す阿部らの提案式を用いた。

$$\text{法線方向: } k_N = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{G}{1-2\nu'} t \quad (1a)$$

$$\text{接線方向: } k_T = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1-4\nu'}{1-2\nu'} Gt \quad (1b)$$

ここに、

$$\nu' = \frac{\nu}{1+\nu} \quad , \quad G: \text{せん断弾性係数}, \nu: \text{ポアソン比},$$

t : 奥行き

また解析モデルは、図-7に示すような最密配列とした。重錘部は、基礎的なモデルとして一つの質点で表した。

3.2 シミュレーション結果

図-8にコンクリート材料に対する衝突解析(h=100cm)による加速度～時間関係を実験値と比較して示す。これより解析値は、加速度も衝撃継続時間も実験値とほぼ等しく、重錘を詳細にモデル化していないにもかかわらず、よくシミュレートできている。

参考文献

- 1) 阿部和久：個別要素法による連続体解析におけるバネ定数の設定，土木学会論文集，No.543/ -36，pp.83-90，1996

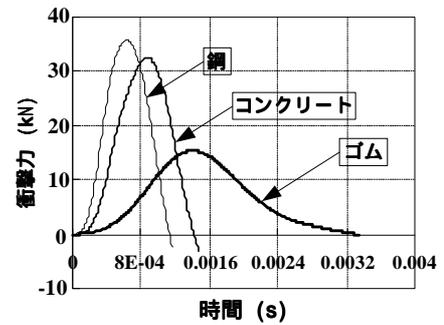


図-4 衝撃力～時間関係

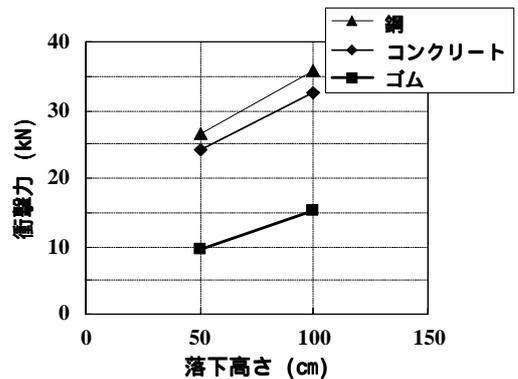


図-5 衝撃力～落下高さ関係

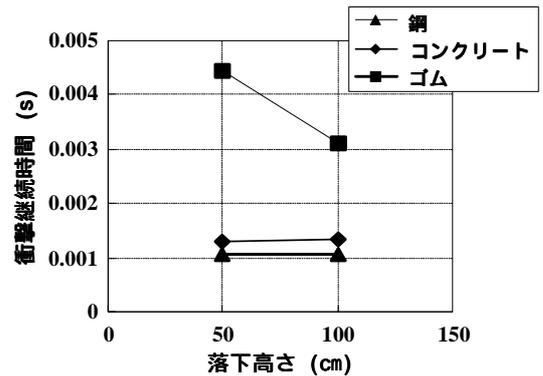


図-6 衝撃継続時間～落下高さ関係

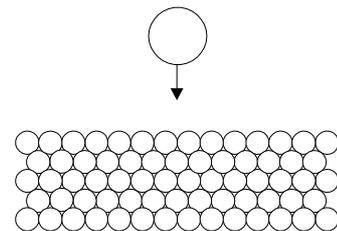


図-7 解析モデル

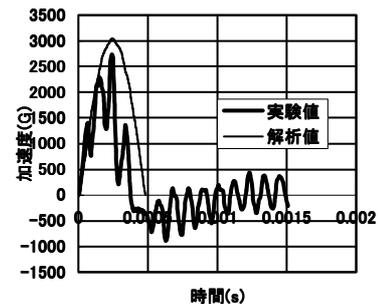


図-8 解析結果 (加速度～時間関係)