

I - B212 弾塑性特性を有する緩衝材の衝撃吸収効果に関する実験検討

建設省土木研究所 正会員 越峠雅博
建設省土木研究所 正会員 運上茂樹
建設省土木研究所 正会員 足立幸郎
建設省土木研究所 正会員 長屋和宏

1. はじめに

既往の震災事例では、落橋防止構造において地震動による衝撃的な作用力が原因と推測される破損が見られたことから、落橋防止構造は衝撃的な地震力を緩和するためゴムなどの緩衝材を用いて耐衝撃性を高める構造を用いることが求められている。このような緩衝材の構造として、各種の構造が提案されており、ゴムの圧縮特性を利用した直方体型の構造¹⁾²⁾、円筒型の構造³⁾などについて実験的、解析的に研究が行われている。円筒型のゴム製緩衝材を圧縮すると、座屈を生じることにより荷重-変位曲線が弾塑性型となる。したがって、直方体型に比較するとエネルギー吸収効果に優れた緩衝材として用いることが期待できる。本論では、円筒型のゴム製緩衝材の衝突時における衝撃吸収効果を把握することを目的として、振動台を用いた緩衝材の衝突実験を行った結果を報告するものである。

2. 実験の概要

図-1に実験装置の概要を、図-2に実験に用いた緩衝材の構造を示す。振動台上に設置した支承に上部構造を想定したウェイトを乗せ、振動台を加振することにより、反力壁の前面に取り付けた緩衝材にウェイトを衝突させた。緩衝材の構造としては直方体型と円筒型の2種類とし、緩衝材の材質は直方体型が $G=0.59\text{ N/mm}^2$ 、円筒型が $G=1.71\text{ N/mm}^2$ のゴムを用い、表-1に示す条件で衝突実験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 円筒型ゴムの荷重-変位特性

図-3は、円筒型ゴム単体の圧縮荷重試験により得られた荷重-変位曲線を示したものであり、曲線は弾塑性特性を有しているのが分かる。2回目荷重、3回目荷重の曲線は初期荷重の曲線と比較して降伏荷重の値が小さくなっており、これは載荷後の変形が完全に戻らない状態で再び円筒型ゴムに圧縮荷重が行われたために、初期変形を有した状態での座屈となったことによる。また、荷重-変位特性は変位が1.5cm以上になるとハードニングを生じており、これは変位が1.5cm以上になると円筒型ゴムの上下面が接触し、変形状態が座屈変形からゴムの圧縮変形に変化したことによる。

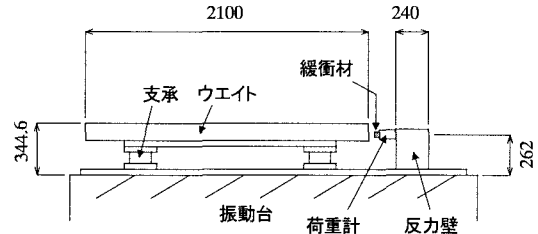


図-1 実験装置の概要（単位：mm）

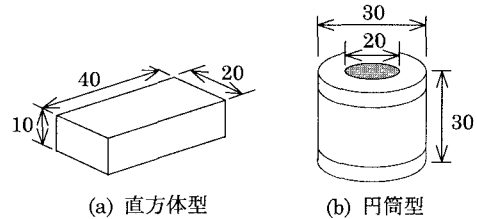


図-2 圧縮型緩衝材の構造（単位：mm）

表-1 実験条件

ウェイト重量(kN)	39.46, 16.88
入力波形	正弦波 3Hz
緩衝材	① 直方体型2個 ② 直方体型2個+円筒型10個

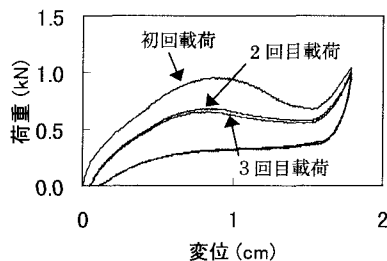


図-3 円筒型ゴムの荷重-変位特性

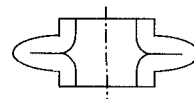


図-4 円筒型ゴムの変形状態

キーワード 落橋防止構造 緩衝材 衝突 衝撃荷重

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 建設省土木研究所耐震研究室 TEL 0298-64-4966 FAX 0298-64-4424

3.2 正弦波を入力した場合の応答加速度および衝撃荷重の低減効果

図-5は、入力加速度 224cm/s^2 の正弦波を入力した場合における、直方体型2個の緩衝材および直方体型2個+円筒型10個の緩衝材に衝突させた場合の、ウエイトの応答加速度について時刻歴で示したものである。直方体型の緩衝材に衝突した場合には、応答加速度が時間とともに急激に立ち上がり、最大値は -1491.2cm/s^2 となる。ウエイトが反力壁に衝突しない場合の最大値は -476.4cm/s^2 であったことから、衝突により応答加速度が3.1倍に増加したことになる。直方体型に円筒型の緩衝材を加えた場合には、応答加速度の立ち上がりが緩やかであり、最大値も -682.5cm/s^2 と衝突しない場合の1.4倍程度の増加となり、円筒型の緩衝材を設置することにより応答加速度の低減効果が表れている。

図-6は、直方体型2個と直方体型2個+円筒型10個の、衝突時におけるウエイトの応答加速度比および反力壁の衝撃荷重について比較したものであり、横軸 C_F は次式で定義した。

$$C_F = \frac{d_F}{d_0} \quad (1)$$

d_F : ウエイトと反力壁との間隔

d_0 : 自由に振動させた場合のウエイトの最大振幅

したがって C_F が1より小さくかつ緩衝材がない場合は、ウエイトは反力壁に直接衝突することになる。図-6より、直方体型の緩衝材の場合には C_F が小さくなるにしたがい、応答加速度比および衝撃荷重が急激に大きくなるのが分かる。一方、直方体型に円筒型の緩衝材を加えた場合には、 C_F が1より小さい場合でも、応答加速度比あるいは衝撃荷重は急激に上昇せず緩衝効果が表れている。これは、円筒型のゴム製緩衝材の履歴エネルギー吸収効果によってウエイトの保有していた運動エネルギーが吸収され、ウエイトの変位量がゴムのハードニングする値まで達しなかったことによる。したがってさらに C_F が小さくなり、ウエイトの変位量がゴムのハードニングする値まで達するようになると、直方体型だけの場合と同じく応答加速度比あるいは衝撃荷重が急激に上昇するものと考えられる。また降伏荷重が大きく履歴エネルギー吸収効果が大きい緩衝材を用いることにより、より小さい C_F まで応答加速度比あるいは衝撃荷重を低減することが可能と言える。

4. おわりに

荷重-変位曲線が弾塑性型を示すことから、エネルギー吸収効果に優れた緩衝材として期待できる円筒型のゴム製緩衝材に対して振動台を用いた衝突実験を行い、衝突時の衝撃荷重および応答加速度の低減効果に関して検討を行った。その結果、円筒型の緩衝材を用いることにより、直方体型のゴム製緩衝材に比較して衝突時の衝撃荷重および応答加速度をより効果的に低減可能であることが示された。

[参考文献] 1)川島, 庄司: ゴム製緩衝装置による桁間衝突の低減効果, 第53回年次学術講演会講演概要集, I-B161, pp.322-323, 1998.10
2)伊津野, 児島, 鈴木, 和田, 吉野: ゴム材の圧縮変形を利用した反力分散装置のハイブリッド地震応答実験, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.299-309, 1998.7
3)土木学会: 構造物の衝撃挙動と設計法, 構造工学シリーズ6, pp.305-307

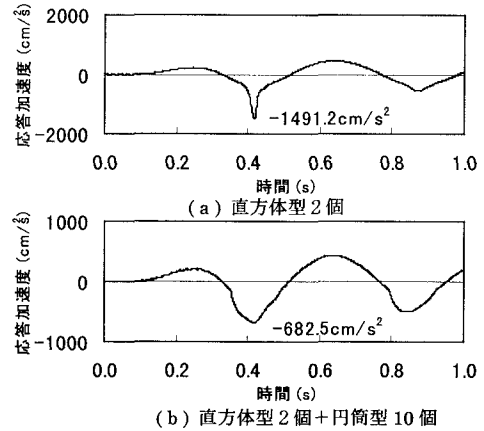


図-5 正弦波入力の場合の衝突実験におけるウエイトの応答加速度

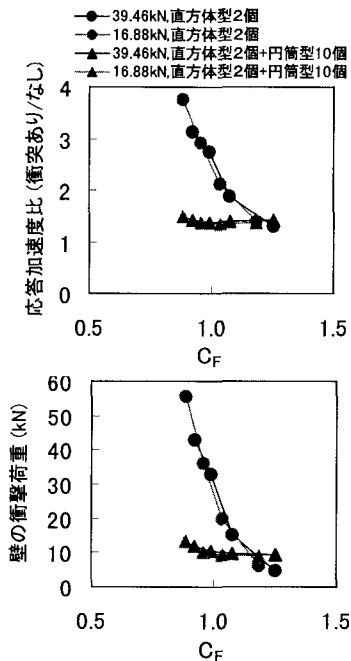


図-6 C_F とウエイトの応答加速度比および反力壁の衝撃荷重の関係