

ゴム製緩衝材の圧縮剛性と最大衝撃力推定式の検討

関東学院大学 正会員 北原武嗣 関東学院大学大学院 学生員 ○四元義直
九州大学大学院 正会員 梶田幸秀 シバタ工業(株) 正会員 西本安志

1. はじめに

近年、耐震性能の向上の観点からゴム支承が普及してきている。しかしながら、ゴム支承の採用は耐震性能が向上する反面、上部構造の変位は増大するため、大地震時には桁間、および桁と橋台などの衝突が危惧される。

このような衝突現象が発生した際に、桁端部などの損傷を防ぐためにも緩衝材への期待は高まっているが、緩衝材の設計法は確立されていないのが現状である。

著者らは、ゴム製緩衝材の設計式を導くことを最終目的とし、ゴム製緩衝材に作用する衝撃力を検討するため桁間衝突実験を行ってきている。その結果、最大衝撃力は上部構造の質量、ゴム製緩衝材の圧縮剛性、上部構造の衝突速度と強い相関性があることが明らかになった¹⁾。

本研究では、これまで十分な検討を行っていなかったゴム製緩衝材の圧縮剛性に着目し、静的圧縮試験からゴム製緩衝材の形状率と圧縮剛性の関係を導くことを目的とした。また、求めた圧縮剛性と形状率の関係をを用いて、桁間衝突実験における最大衝撃力の推定式に関しても検討した。

2. 静的圧縮試験

2.1 試験概要

静的圧縮試験には、図-1に示す直方体の供試体を用いた。一般的に緩衝材ゴムには、硬度 55±5 のものが使われる²⁾。そのため、ここではその両端にあたる硬度 50 および硬度 60 の供試体ゴムを用いることとした。ゴムのサイズおよび形状率を表-1、表-2に示す。形状率は式(1)で求められる。

$$\alpha = \frac{A_f}{A} \quad (1)$$

ここに、 A_f ：荷重面断面積、

A ：自由表面積（図中ハッチ部分）。

圧縮試験は、载荷速度を 10mm/min とし、1 ケースについて 3 回の载荷を行った。ただし、1 回目の载荷はゴムの成分をなじませるための慣らし载荷とし、2 回目および 3 回目の平均値を試験結果として用いた。

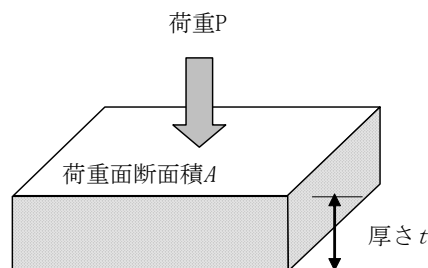


図-1 実験供試体

表-1 供試体サイズと形状率（硬度 50）

ケース	断面積 A (mm)	厚さ t (mm)	形状率 α
60-30	3600	30.0	2.00
60-20	3600	20.0	1.33
60-10	3600	10.0	0.67
60-8	3600	8.0	0.53
60-6	3600	6.0	0.40
40-20	1600	20.0	2.00
40-10	1600	10.0	1.00
40-8	1600	8.0	0.80
40-6	1600	6.0	0.60
40-3.5	1600	3.5	0.35
30-20	900	20.0	2.67
30-10	900	10.0	1.33
30-8	900	8.0	1.07
30-6	900	6.0	0.80
30-3.5	900	3.5	0.47
20-10	400	10.0	2.00
20-8	400	8.0	1.60
20-6	400	6.0	1.20
20-3.5	400	3.5	0.70
20-2	400	2.0	0.40

表-2 供試体サイズと形状率（硬度 60）

ケース	断面積 A (mm)	厚さ t (mm)	形状率 α
60-30	3600	30.0	2.00
60-20	3600	20.0	1.33
60-10	3600	10.0	0.67
40-20	1600	20.0	2.00
40-10	1600	10.0	1.00
40-8	1600	8.0	0.80
30-10	900	10.0	1.33
30-6	900	6.0	0.80

キーワード：ゴム製緩衝材、桁間衝突、最大衝撃力、形状率、圧縮剛性

連絡先：〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学工学部 TEL&FAX：045-786-7857

2.2 結果と考察

図-2 に、圧縮剛性と形状率の関係を示す。図中の○は硬度 50 の結果を、■は硬度 60 の結果をプロットしたものである。また、図中の実線は試験結果を非線形回帰した曲線を示している。

図より、圧縮剛性は形状率の 2 乗に反比例することがわかる。この際、関係式は式(2)の形で表すことができる。また、同じ形状率の場合、硬度 50 と 60 のゴムの間に圧縮剛性の大きな差異は認められない。

$$K = \frac{1.2}{\alpha^2} \quad (2)$$

ここに、 K ：圧縮剛性、 α ：形状率。

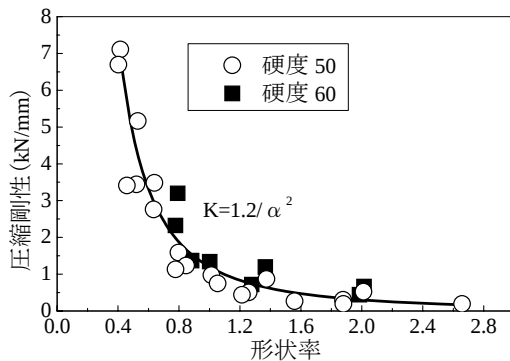


図-2 圧縮剛性と形状率の関係

3. 最大衝撃力推定式の検討

ゴム製緩衝材に作用する最大衝撃力と、衝突速度、衝突物体の質量、および緩衝材の剛性の関係を検討するため、鋼角柱の衝突実験を実施している¹⁾。実験概要を図-3に示す。なお、実験の詳細は文献 1)を参照されたい。

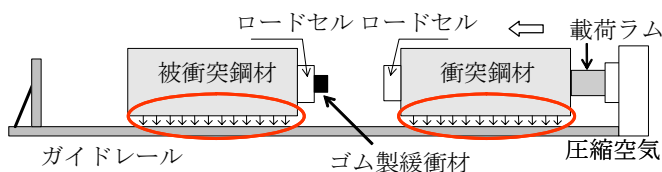


図-3 実験概要

本衝突実験から、ゴム製緩衝材に作用する最大衝撃力は、衝突 2 物体(それぞれ質量 m_1 と m_2)の換算質量($m_1 \cdot m_2 / m_1 + m_2$)、衝突速度 v_0 、および緩衝材の剛性 K に影響することがわかっている。ここでは、これらのパラメータを用いた最大衝撃力 P_{max} の推定式を検討した。この際、衝突前後の運動エネルギーの消失分がゴム製緩衝材の弾性エネルギーに消費されたと考え、式(3)の形で最大衝撃力を推定することとした。式(3)において α は形状率であり、式(2)の関係から、 $1/\alpha^2$ は緩衝材の剛性 K を表していることがわかる。

$$P_{max} = C \cdot \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{1}{\alpha^2}} \cdot v_0 + b \quad (3)$$

ここに、 P_{max} ：最大衝撃力、 α ：形状率、

m_1, m_2 ：質量、 v_0 ：衝突速度、 c ：比例定数。

式(3)により衝突実験結果を回帰した結果を、図-4に示す。この際、式(3)中の定数 c は、 $c = 71.0$ となり、回帰した際の決定係数は $R^2 = 0.81$ と比較的強い相関を示した。ただし、式(3)では衝突速度が小さい範囲では最大衝撃力が負となるため、衝突速度 0.6m/s以上を適用範囲と考えている。

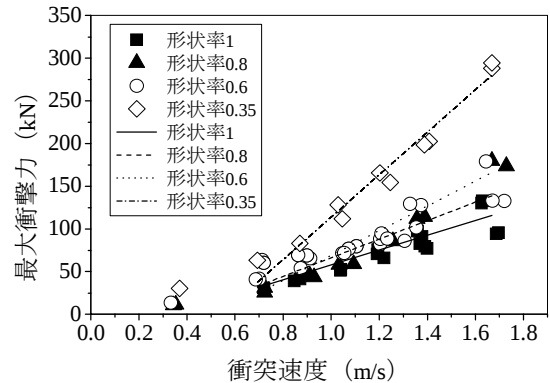


図-4 最大衝撃力と衝突速度の関係

4. 結論

本研究で得られた結論を、以下にまとめる。

- (1) ゴム製緩衝材の圧縮剛性は、形状率の 2 乗に反比例する。ゴム製緩衝材の硬度を 55 ± 5 を適用範囲とすれば、硬度にかかわらず、 $K = 1.2/\alpha^2$ で評価できると考えられる。
- (2) 衝突物体の換算質量、衝突速度、および緩衝材の形状率をパラメータとした最大衝撃力の推定式を検討した。衝突速度 0.6m/s 以上を適用範囲として、

$$P_{max} = C \cdot \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{1}{\alpha^2}} \cdot v_0 + b$$

の形で評価できると考えられる。

謝辞：本研究の実施に際し、科学研究費補助金・基盤研究(B)「緩衝機能を有する落橋防止装置の耐力と変形性能の評価および動的設計法の開発」の補助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 梶田秀幸, 北原武嗣, 西本安志, 大塚久哲：鋼材衝突実験におけるゴム製緩衝材に作用する最大衝撃力の推定式 構造工学論文集, Vol.52A, pp.557-664, 2006.
- 2) (社)日本道路協会：「兵庫県南部地震による被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料 (案), 1995.