

## ゴム製緩衝材の最大衝撃力推定と設計法に関する検討

関東学院大学大学院 学生員 ○松本 力, 関東学院大学 正会員 北原武嗣  
九州大学大学院 正会員 梶田幸秀, 防衛大学校 学生員 金子智成  
JIP テクノサイエンス 正会員 四元義直

### 1. はじめに

近年, 耐震性能の向上を期待し, ゴム製支承を用いることが多くなっている. しかしながらゴム製支承を用いた場合, 上部構造の変位が増大し大地震時に衝突現象が生じることが危惧される. 衝突現象が生じた際, 橋桁や橋台の損傷を防ぐためには, 緩衝材を設置することが重要になる. ところが現状では, 緩衝材の設計に関して明確な規定は存在しない. そのため, 緩衝材の設計手法を検討することが重要な課題であるといえる.

著者らは, 緩衝材としてゴム製緩衝材を対象とし, 一連の実験的, 解析的検討を通して, 衝突時の最大衝撃力は衝突速度, 衝突物体の質量, 緩衝材の剛性に依存していることを明らかにしてきた<sup>1)</sup>. また, 剛性はゴム製緩衝材の形状率と関係のあることもわかっている. そこで本研究では, これまでの実験結果を再整理し, 衝突時にゴム製緩衝材に作用する最大衝撃力の推定式を検討し, 検討した最大衝撃力の推定式を用いた設計手法に関して考察した.

### 2. 実験手法

衝突実験は, 図-1 に示す防衛大学校所有のエアフーティング実験装置を用いて行なった. 実験に用いる供試体は, 一辺 40~70mm の正方形断面, 厚さ 5~40mm の 12 種類とした (図-2 参照). この結果, 形状率は 0.4~2.7 の間に分布している. また, ゴムの硬度は, 通常緩衝材ゴムに用いられる硬度が  $55 \pm 5$  であることを参考に, 硬度 50 とした. ここに, 形状率  $\alpha$  は免震ゴムで規定される 1 次形状係数の逆数であり, 以下の式で定めた.

$$\alpha = A_f / A \quad (1)$$

ここに,  $A_f$  : 荷重面断面積,

$A$  : 自由表面積(図-2 のハッチ部分).

衝突鋼材質量は 250kg, 375kg の 2 ケースとし, 被衝突鋼

材質量は 250kg とした. 1 つのゴム供試体につき 2 回の実験を行い, 合計 48 回実験を行った. 実験時には, 衝突鋼材および被衝突鋼材に作用する衝撃力と変位を計測した. この際, 衝突鋼材に作用する衝撃力をゴム製緩衝材の衝撃力とし, 鋼材間の相対変位をゴム製緩衝材の圧縮変位とした.

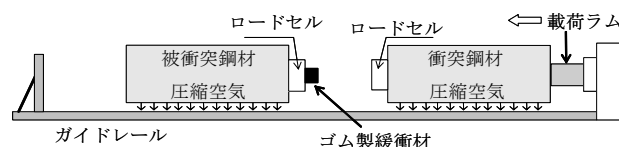


図-1 実験装置概要

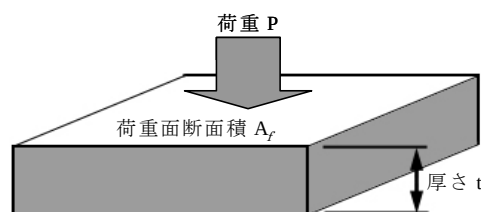


図-2 供試体の形状

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 圧縮剛性と形状率

ゴム製緩衝材に作用する衝撃力-圧縮変位関係から, 圧縮ひずみ 10%における接線剛性を初期剛性, ひずみ 60%における接線剛性を硬化後剛性として求めた.

図-3 は, 250-250kg の鋼材間で衝突実験を行った際の初期剛性と形状率の関係を示したグラフである. 実線は初期剛性を非線形回帰した曲線であり, 破線は形状率  $\alpha$  の 2 乗に反比例するものと仮定して回帰した曲線である. これは, 静的圧縮試験の結果から, 静的な圧縮剛性は形状率  $\alpha$  の 2 乗に反比例することがわかっているからである<sup>2)</sup>.

スペースの関係で図は省略するが 250kg-375kg の鋼材間による衝突実験の結果も同様の検討を行った. どちらのケースでも, 非線形回帰した結果の決定係数は 0.8 を上回っており, 衝突時の圧縮剛性も形状率  $\alpha$  の 2 乗に反比例していると判断した.

キーワード: ゴム製緩衝材, 最大衝撃力, 形状率, 圧縮剛性, 衝突速度

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:045-786-7857, kitahara@kanto-gakuin.ac.jp

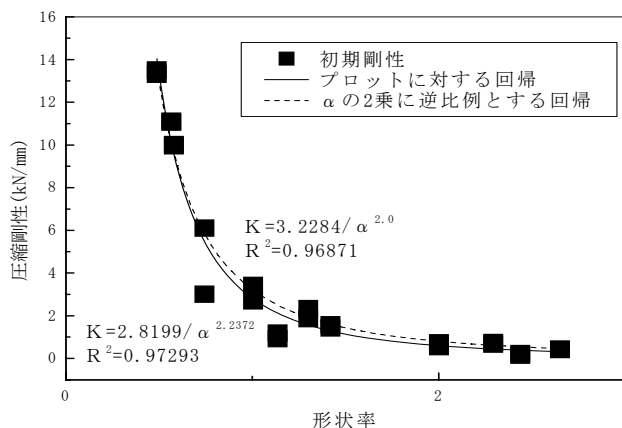


図-3 初期剛性と形状率 (250-250kg)

## (2) 最大衝撃力の推定式

衝突前後で失われる運動エネルギーが緩衝材ゴムの弾性エネルギーに変換されると考え、最大衝撃力の推定式を式(2)とした。式(2)の  $1/\alpha^2$  は静的圧縮剛性  $K$  を表している。

図-4 に、衝突速度と最大衝撃力の関係を示す。直線と破線は、最大衝撃力の関係を式(2)で推定した直線である。すべてのケースで決定係数は 0.8 以上と強い相関を示しており、式(2)の形で最大衝撃力を精度良く推定できると考えられる。ただし衝突速度が小さい場合、最大衝撃力が負になるため、本推定式の適用範囲は 0.6m/s 以上とする。なお、0.6m/s 以上の衝突速度では、すべてのケースで、ゴム製緩衝材の圧縮変位は硬化領域のひずみレベルであった。

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

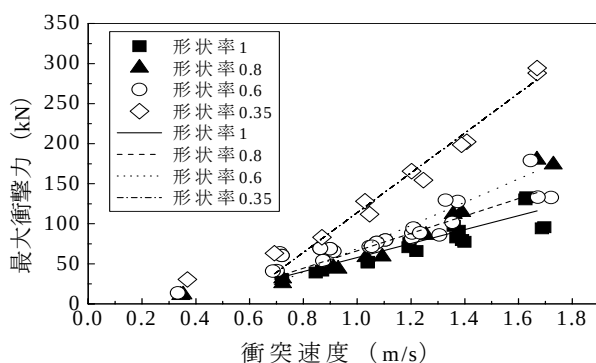


図-4 衝突速度と最大衝撃力の関係

## 4. 設計手法の考察

ゴム製緩衝材の形状率をパラメータとした最大衝撃力推定式を用い、図-5 に示すゴム製緩衝材の設計フローを考察した。フローを概説すると次の通りである。

- ・ 隣接橋梁間の固有周期の関係から衝突速度を算定する。文献3)等)に示される衝突速度スペクトルを利用する。
- ・ 緩衝材の設置スペース等を考慮し、ゴム製緩衝材の断

面積と形状率を仮定する。

- ・ 提案した最大衝撃力推定式により最大衝撃力を求める。
- ・ ゴム製緩衝材に生じる圧縮応力が許容支圧応力以下であることを照査する。この際、許容支圧応力としてゴムの硬化後までの使用を考慮する。
- ・ 最大衝撃力による桁や橋台への影響を照査する。

ここに示した設計フローによる試設計および動的解析を実施し、設計手法の妥当性を検討することが課題である。

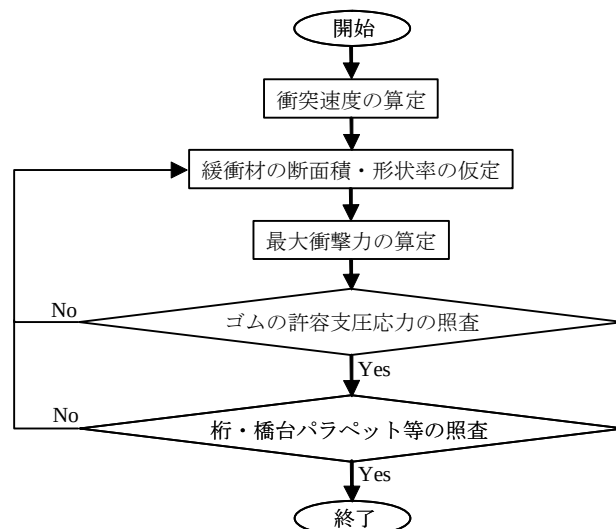


図-5 ゴム製緩衝材の設計フロー

## 5. まとめ

ゴム製緩衝材の最大衝撃力の推定式と設計手法に関して検討を行い、鋼材質量、衝突速度、形状率をパラメータとした最大衝撃力推定式を提案した。また、提案した最大衝撃力を用いたゴム製緩衝材の設計フローを考察した。

今後は推定式の精度を高めるとともに、今回提案した緩衝材ゴムの設計法の妥当性に関して検討を行う予定である。

謝辞：衝突実験の実施に際しては、防衛大学校 香月智教授にご援助頂いた。また、シバタ工業(株) 西本安志博士には実験供試体作成のご協力を得た。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- (1) 梶田幸秀, 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) 北原武嗣, 四元義直：緩衝材ゴムの静的圧縮剛性に関する実験的検討, 第10回保耐法シンポジウム講演論文集, pp.285-288, 2007.
- (3) 武野志之歩, 伊津野和行：隣接橋梁間の地震時相対速度応答と衝突速度スペクトルに関する研究, 土木学会論文集, No.668 / I-54, pp.163-175, 2001.