

桁間衝突実験によるゴム製緩衝材の圧縮剛性と最大衝撃力の検討

関東学院大学 学生員 ○松本 力

関東学院大学大学院 学生員 四元 義直

関東学院大学 正会員 北原 武嗣

防衛大学校 学生員 金子 智成

1. はじめに

大地震時に橋桁と橋台や桁間で衝突現象が生じた際、桁端部や橋台の損傷を防ぐため、緩衝材を設置することが重要になる。道路橋示方書でも緩衝材に衝撃力緩和効果を期待している旨の記述がなされている。しかしながら、断面積や厚さなど緩衝材の設計に関して明確な基準がないのが現状である。そのため、ゴム製緩衝材の設計手法を検討することは重要な課題であるといえる。

そこで、著者らは緩衝材ゴムを対象とした一連の実験的、解析的検討を行い、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が明らかになってきた。また、ゴム製緩衝材の静的圧縮試験を行い、静的圧縮剛性は形状率の2乗に反比例することを示した。ここに、形状率とは、荷重断面積を自由表面積で割った値である（図-1 参照）。

本研究では、ゴム製緩衝材の桁間衝突実験を行い、衝突時の圧縮剛性と形状率の関係を検討した。さらに桁間衝突時の最大衝撃力の推定式についても検討を行った。

2. 実験概要

衝突実験は、図-2 に示すような防衛大学校のエアフーティング実験装置を用いて行なった。参照(3)より、緩衝材のゴムでは通常硬度 55±5 のものが使用されることから、硬度 50 のゴムを使用し、表-1 に表すような形状率を変化させた緩衝材を 12 種類用いた。形状率 α は以下のように定めた。

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

ここに、 A_f : 荷重断面積,

A : 自由表面積(図-1 のハッチ部分)。

また、衝突鋼材は 250kg、375kg の 2 ケースとし、被衝突鋼材の質量は 250kg とした。1 体のゴム供試体につき 2 回の実験を行うこととしたので、合計 12(体)×2(ケース)×2(回)=48 回の実験を行った。

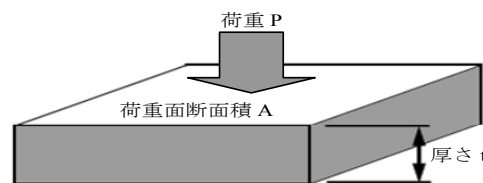


図-1 供試体の形状率

表-1 供試体サイズと形状率

ケース	一辺 (mm)	厚さ (mm)	形状率 α
40-5	40	5	0.50
40-10	40	10	1.00
40-20	40	20	2.00
50-5	50	5	0.40
50-15	50	15	1.20
50-30	50	30	2.40
60-10	60	10	0.67
60-20	60	20	1.33
60-40	60	40	2.67
70-10	70	10	0.57
70-20	70	20	1.14
70-30	70	30	2.29

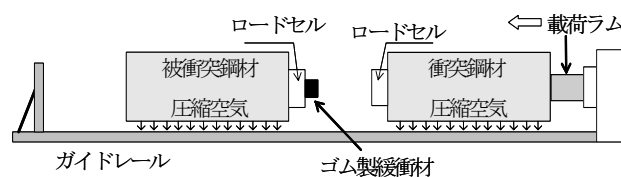


図-2 実験装置概要

3. 圧縮剛性と形状率

衝突実験のデータから、ゴムの衝撃力-圧縮変位関係を求めた。この際、ゴムに作用する衝撃力は衝突鋼材と等しい衝撃力を受けると考え、衝突側ロードセルのデータを使用した。また衝突鋼材と被衝突鋼材の相対変位をゴムの圧縮変位とした。衝撃力-圧縮変位関係の初期勾配を初期剛性とした。

キーワード：衝突実験，ゴム製緩衝材，形状率，圧縮剛性，最大衝撃力

連絡先：〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1，関東学院大学，TEL:045-786-7857, kitahara@kanto-gakuin.ac.jp

鋼材質量の組み合わせ 250-250kg、250-375kg の初期剛性と形状率の関係を、それぞれ、図-3、図-4 に示す。図中、実線は初期剛性を非線形回帰、破線は $k = \text{定数} / \alpha^2$ の関係式で回帰した曲線である。 $k = \text{定数} / \alpha^2$ の形で回帰を行ったのは、これまでに実施した静的圧縮試験の結果から、圧縮剛性 K は形状率 α の 2 乗に反比例の関係があることがわかっているためである。これらの図から、どちらの場合も決定係数は 0.8 を上回っており、衝突時の圧縮剛性も形状率 α の 2 乗に反比例していると判断できる。

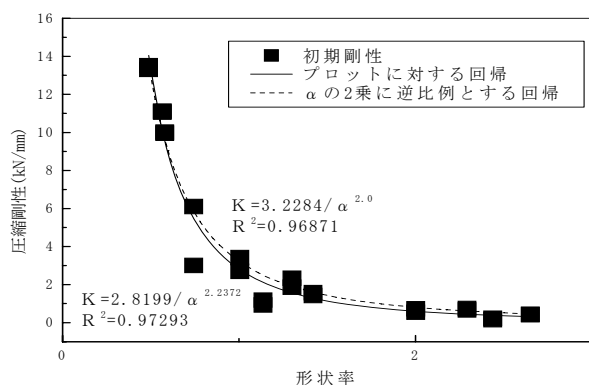


図-3 初期剛性と形状率（鋼材質量 250-250kg）

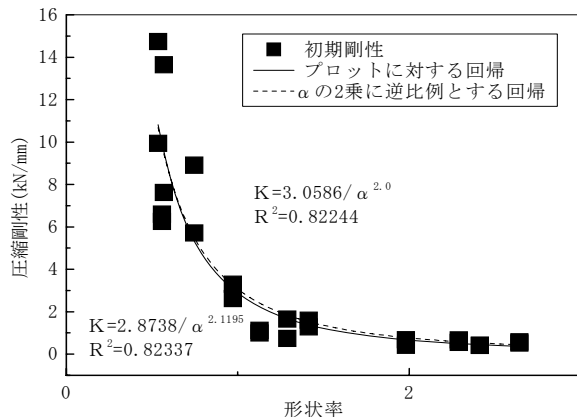


図-4 初期剛性と形状率（鋼材質量 250-375kg）

4. 最大衝撃力の推定式

ゴム製緩衝材に作用する最大衝撃力の推定式を検討した。これまでに実施した桁間衝突実験より、ゴム製緩衝材に作用する最大衝撃力 $P_{\max}$ は、衝突鋼材および被衝突鋼材（質量はそれぞれ m_1, m_2 とする）の換算質量 $(m_1 m_2 / (m_1 + m_2))$ 、衝突速度 v_0 、緩衝材の剛性 K の影響を受けることが明らかになっている。

そこで、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)の形で検討した。式(2)の $1/\alpha^2$ は圧縮剛性 K を表している。

図-5 は衝突速度と最大衝撃力の関係を示したものである。

図中、最大衝撃力の関係を式(2)で推定した直線を示している。このとき決定係数は $R^2 = 0.81$ と強い相関を示しており、式(2)の形で、最大衝撃力を推定することができると考えられる。ただし式(2)において、衝突速度が小さい場合、最大衝撃力が負になること、また実際の桁間衝突はある程度の衝突速度がないと起こらないことから、推定式の適用範囲は 0.6m/s 以上とする。

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

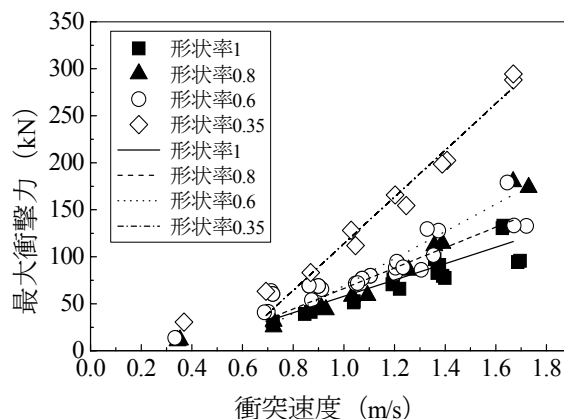


図-5 衝突速度と最大衝撃力の関係

5. 結論

本研究では、ゴム製緩衝材の衝突時における圧縮剛性と形状率の関係、ゴム製緩衝材が受ける最大衝撃力の推定式について検討を行った。その結果を以下にまとめる。

- (1) 衝突時における圧縮剛性は、静的な圧縮剛性と同様、形状率の 2 乗に反比例する。またひずみ速度効果の影響で静的な圧縮剛性の 2.6 倍程度の値となった。
- (2) 最大衝撃力の推定式は換算質量の 1/2 乗と衝突速度に比例し、形状率と反比例の関係があることを示した。

今後、推定式の精度を高めるとともに、緩衝材ゴムの設計法を検討することが課題である。

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) 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 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, P.285~288, 2007.
- (3) (社)日本道路協会 : 「兵庫県西部地震により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.