

ゴム製緩衝材の衝撃力緩和とエネルギー吸収に関する設計式の検討

群馬工業高等専門学校 正会員 北原武嗣,

学生会員 ○磯貝幸子

防衛大学校 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

兵庫県南部地震では橋梁構造物への被害が多く、落橋したものも存在した。震災以降、落橋防止システムの重要性が高まり、道路橋示方書では落橋防止構造に衝撃力緩和やエネルギー吸収能力を期待して、ゴムなどの緩衝材を用いることが規定されている。

しかしながら、緩衝材の断面積と厚さに関する基準は存在していない。そこで本研究では、ゴム厚が衝撃力緩和とエネルギー吸収に与える影響を実験的に明らかにし、緩衝材厚さの評価式に関する検討を行う。

2. 実験概要

防衛大学校の所有するエアフローティング実験装置を用い、桁間衝突実験を行った。実験装置概要を写真-1 に示す。衝突の際、レールと鋼材間に空気を圧送して2体の鋼材を浮上させることでレールと鋼材との摩擦を低減させた。本実験では、载荷ラムによって押し出された鋼材を衝突鋼材、静止している鋼材を被衝突鋼材とする。

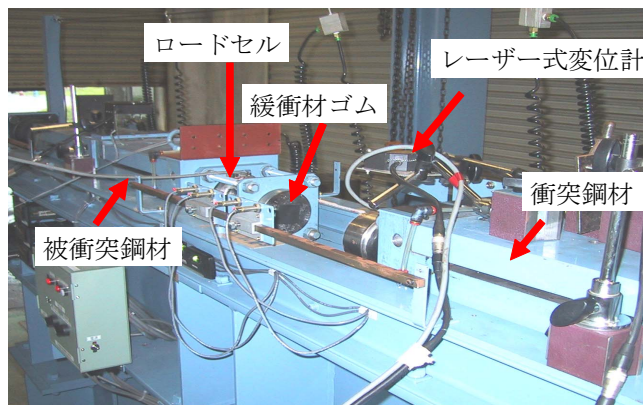


写真-1 実験装置全景

本実験で使用するゴム製緩衝材の形状は正方形断面積 40×40 mmで厚さ 10, 20, 40 mmの3種類である。衝突鋼材に与えた目標初速度は、0.20m/s, 0.40m/s, 0.70m/s, 1.00m/s, 及び 1.30m/s の5種類である。

本実験では、緩衝材ゴム厚が緩衝効果に与える影響を評価するため、ゴム緩衝材厚さおよび衝突速度をパラメータとした。

3. ゴムの力学特性

実験に用いたゴム製緩衝材について、静的圧縮载荷試験を行った。その結果を図-1 に示す。全てのゴムは厚さに関係なく、変形の小さい範囲では荷重と変形の間に線形の関係があり、ある程度変位が増加すると急に硬化し、剛性が大きくなることがわかる。本実験から求めた硬化前後のゴムの弾性係数を表-1 に示す。

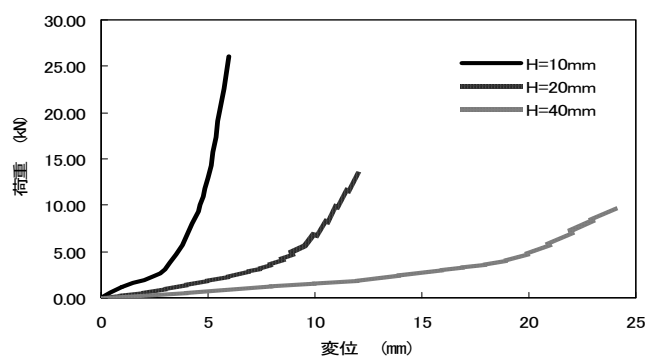


図-1 静的荷重-変位関係

表-1 各ゴム厚の弾性係数

ゴム厚 (mm)		10	20	40
弾性係数 (k N/cm)	硬化前	12. 20	3. 81	1. 67
	硬化後	26	6. 65	2. 38

4. 実験結果

図-2 に衝突鋼材が受ける衝撃力と衝突速度の関係を示す。図中、縦軸は衝突鋼材が受ける衝撃力、横軸は衝突鋼材の衝突速度を示している。■はゴム厚 10 mm、○はゴム厚 20 mm、△はゴム厚 40 mmである。

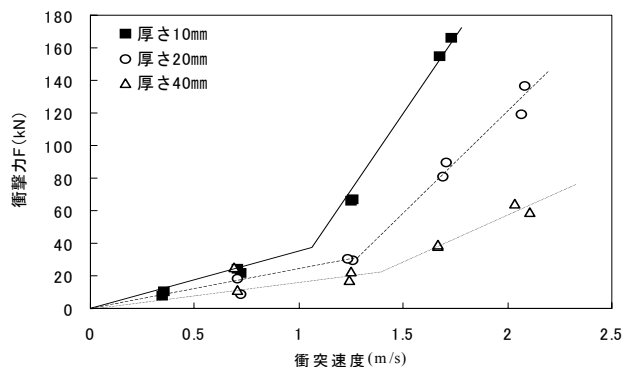


図-2 衝撃力と衝突速度

キーワード 桁間衝突, 落橋防止装置, ゴム製緩衝材, 衝撃力, エネルギー吸収

連絡先 〒371-8530 前橋市鳥羽町 580 群馬工業高等専門学校 TEL027-254-9189 E-mail : kitahara@cvt.gunma-ct.ac.jp

この図から、ゴム厚が厚い方が衝撃力を抑えるために有効であることがわかった。また、衝突速度と衝撃力にはバイリニアの関係があることがわかった。これは、図-1 に示した静的荷重-変位特性が表れたものと考えられる。すなわち、ある衝突速度を超えるとゴムの変位が大きくなり、ゴムが硬化するためと考えられる。

図-3 に緩衝材によるエネルギー吸収率と衝突速度との関係を示す。図中、縦軸はエネルギー吸収率、横軸は衝突鋼材の衝突速度を示している。凡例は図-2 と同じである。この図から、衝突速度とエネルギー吸収率には線型関係があることがわかり、ゴム厚が大きいほどエネルギー吸収能力があると考えられる。

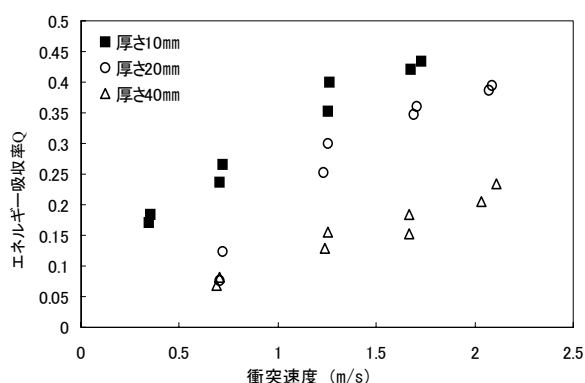


図-3 エネルギー吸収と衝突速度

実験結果より、ゴム製緩衝材のゴム厚と衝撃力緩和、およびエネルギー吸収効果の関係について定性的な傾向をつかむことができた。これらとゴムの弾性係数の関係について検討を行う。

5. 衝撃力とエネルギー吸収率の評価式

ゴムの弾性係数と衝突速度をパラメータとして、衝撃力とエネルギー吸収率を評価する式を検討する。図-4 に、それぞれ図-2、図-3 に示される直線の傾きとゴムの弾性係数の関係を示す。

図-4(a) より、傾きとゴムの弾性係数は比例して値が大きくなり、ほぼ線型の関係があることがわかった。これにより、衝撃力の評価式を次式(1)のように求めた。

$$F = v(129E + 1570) \quad (1)$$

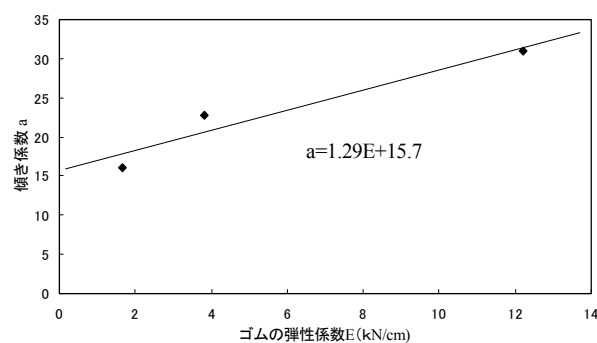
ここに、 F : 衝撃力 (kN)、 v : 衝突速度 (m/s)、

E : ゴムの弾性係数 (kN/cm)。

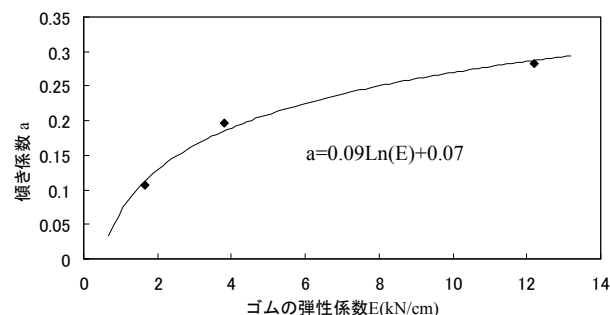
また図-4(b) より、エネルギー吸収率-衝突速度における直線の傾き係数とゴムの弾性係数の間には、対数関数の関係があることがわかる。このことから、エネルギー吸収率の評価式を次式(2)のように求めた。

$$Q = v\{9Ln(E) + 7\} \quad (2)$$

ここに、 Q : エネルギー吸収率。



(a) 衝撃力について



(b) エネルギー吸収について

図-4 傾き-ゴムの弾性係数関係

6. 結論

衝撃力およびエネルギー吸収率を、ゴムの弾性係数と衝突速度をパラメータとした評価式を導いた。ゴム製緩衝材を設計する際、設定したゴム厚に対する弾性係数がわかれば、導いた評価式により衝撃力とエネルギー吸収率を検討することができる。

今回求めた式(1)は、ゴム製緩衝材の硬化前の式であるため、ゴムの硬化後の式も検討する必要がある。また、ゴムの弾性係数と厚さの関係も検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 北原武嗣他：桁間衝突時の衝撃力緩和・エネルギー吸収能に与える緩衝材ゴム厚の影響，第6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，2003。
- 2) 梶田幸秀他：積層繊維補強ゴム緩衝材を用いた桁間衝突時における緩衝効果に関する実験的研究，鋼構造論文集，第9巻第33号，pp. 37-47，2002。
- 3) 土木学会関西支部：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，土木学会関西支部講習会テキスト，2001。