

桁間衝突応力と寸法効果

東海大学大学院 学生会員 ○難波 達郎
東海大学 正会員 木村 修一
東海大学工学部 正会員 近藤 博

1. はじめに

桁間衝突応力の軽減のために、ゴム緩衝材を設置する方法が提案されている。しかし、ゴム緩衝材の厚さや、断面積の形状について、明確な規定は提示されていない。また、桁間衝突現象を適確に再現することが可能な実験方法も確立されていないようである。

梶田ら¹⁾は、ガイドレール上に2本の鋼角柱を載せ、鋼角柱間にゴム緩衝材を設置し、衝突速度 $0.25\text{m/s} \sim 1.0\text{m/s}$ で衝突実験をおこなっている。その結果から、エネルギー損失割合は、緩衝材無しで約 10%、緩衝材有りで約 40% になるとしている。また、緩衝材設置時の最大衝突応力は、緩衝材無しの約 $1/15$ になると述べている。

本研究は、波動問題を扱うには形状のシンプルなものがよいとの立場から、スチール製弾性棒を桁モデルに採用して桁間衝突実験を行ったものである(緩衝材なしでのエネルギー損失割合は約 2%)。桁長(3段階)が衝突応力に与える影響を調べるために、3種の桁長とゴム厚の関係を相似にして、衝突応力を測定した。次に、実験波形から求めたゴム緩衝材の応力-ひずみ関係から、衝突時のエネルギー損失量を調べるとともに、インピーダンス法を用いたシミュレーション計算の有意性を示したものである。

2. 実験装置と実験方法

(1) ゴム緩衝材：ゴム緩衝材は硬度 50 の天然ゴムで、直径は 18mm、厚さは 2mm, 4mm, 8mm, 12mm, 16mm, 24mm の 6 種類を用いた。

(2) 桁供試体：桁供試体は、直径 25mm のスチール製丸棒で、長さは 1m, 2m, 3m の 3 種類である。桁供試体中に伝播する応力を測定するために、被衝突桁供試体の衝突面から、100mm の位置に半導体ひずみゲージを貼付した。また、桁供試体の挙動を調べるために、被衝突体の他端に加速度計を設置した。

(3) 実験装置：図-1 は、桁間衝突実験装置の概要を示したものである。2本の桁供試体をステンレス製ワイヤーロープで吊り下げ、速度 1m/s , 2m/s の 2 段階で衝突実験をおこなった。表-1 は、桁供試体とゴム緩衝材の組み合わせを示したものである。桁長とゴム厚の比は 250:1 と、125:1 の 2 段階になっている。ただし、ゴム緩衝材の厚さの影響を検討するために、長さ 3m の桁供試体は、全種類のゴム緩衝材を設置して実験をおこなった。また、波形のサンプリング時間は $1\mu\text{s}$ である。

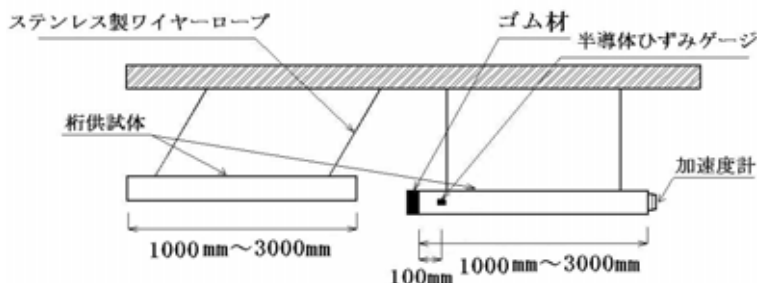
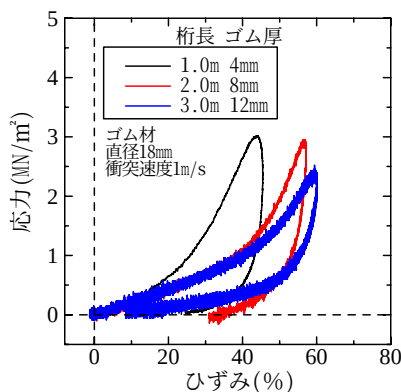


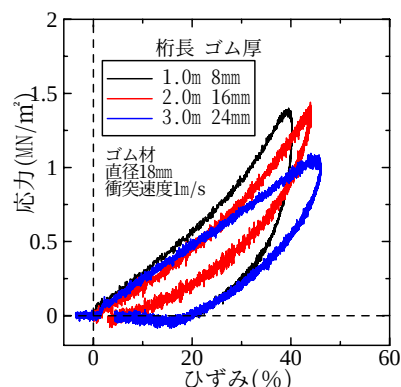
図-1 桁間衝突実験装置概要図

表-1 実験組み合わせ表

桁長	ゴム厚
1m	4mm
	8mm
2m	8mm
	16mm
3m	2mm
	4mm
	8mm
	12mm
	16mm
	24mm



(a) 桁長ゴム厚比-250:1



(b) 桁長ゴム厚比-125:1

図-2 応力と相似効果

キーワード: 桁長, ゴム材, 寸法効果, 橋台

東海大学工学部土木工学科 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL0463-58-1211

3. 実験結果と検討

(1) ゴム緩衝材の応力-ひずみ関係

図-2 は、桁長とゴム厚の比を 250:1 と、125:1 にしたときの応力-ひずみ関係を並べて示したものである。図から、桁長とゴム厚の比が一定であると、応力-ひずみ関係がほぼ一致することがわかる。よって、相似関係で、桁間衝突現象は検討できるようである。ただし、厚さ 4mm のように、厚さが薄いゴム緩衝材では、変形が拘束され、弾性係数が大きくなる状況が観察された。

(2) 計算曲線と実験曲線

図-3 は、図-2 の曲線の载荷部の平均的な弾性係数を用い、インピーダンス法²⁾を採用して求めた計算曲線の一例を示したものである。計算曲線は、実験曲線を比較的良く再現していることがわかる。よって、インピーダンス法は、桁間衝突現象のシミュレーションに有効と思われる。

(3) 応力-ひずみ関係とエネルギー損失量

図-4 は、桁長 3.0m、衝突速度 1m/s での実験波形から求めた、ゴム緩衝材の応力-ひずみ関係の一例である。応力-ひずみ関係のループから、エネルギー損失量を求めると $1.67\text{N}\cdot\text{m}$ になる。桁の衝突後の速度は、それぞれ 0.17m/s 、 0.83m/s で、運動エネルギーの和は $4.1\text{N}\cdot\text{m}$ になる。よって、損失エネルギーと運動エネルギーの和は $5.77\text{N}\cdot\text{m}$ になる。この値は、衝突体が衝突直前に保持したエネルギーの約 100.2% になった。他の実験でも同様な結果が得られた。エネルギー損失率は、ゴム緩衝材の厚さに関係なく約 30% 前後となった。以上の検討から、本手法は、桁間に用いるゴム緩衝材の実験装置に利用できると考えている。

(4) 桁供試体の速度

図-5 は、桁供試体(長さ 3.0m)の速度変化の過程を、応力波形の力積から求めた速度と加速度計の波形から求めた速度、及び応力波形から求まる変位速度を並べて示したものである。図から、厚さ 2mm のゴム緩衝材を設置したときは、力積と加速度計から求めた曲線が一致しない様子が観察される。さらに、衝突終了後も桁内の応力が波動的に挙動していることがわかる。また、厚さ 12mm のゴム緩衝材を設置したときには、力積と加速度計から求まる速度がほぼ一致しており、桁内の波動エネルギーも無視でき、桁供試体が剛体的な挙動をしていることがわかる。よって、桁長とゴム厚の比で桁の挙動が異なることがわかった。

4. まとめ

- (1) 桁長とゴム厚の比を一定にすると、ゴム緩衝材の応力-ひずみ関係が一致した。
- (2) インピーダンス法は、桁間衝突現象のシミュレーションに適している。
- (3) 桁長に比してゴム厚が小さい場合、桁の挙動を波動問題として検討する必要がある。
- (4) 本手法は、桁間に用いるゴム緩衝材の実験装置に利用できる。

参考文献

- 1) 金光明, 梶田幸秀, 香月智, 石川信隆: ゴム製緩衝材を用いた桁間衝突実験のシミュレーション解析, 構造工学論文集 vol.48A, 2002.3
- 2) 近藤博, 木村修一, 鈴木勝也, 本間重雄: インピーダンス法による桁間衝突のモデル化とゴム材の緩衝効果について, 土木工学論文集, No.752/I-66, 193-202, 2004.1

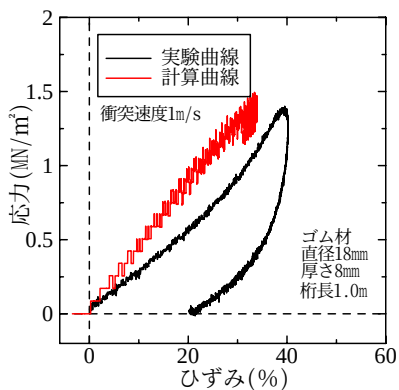


図-3 実験曲線と計算曲線

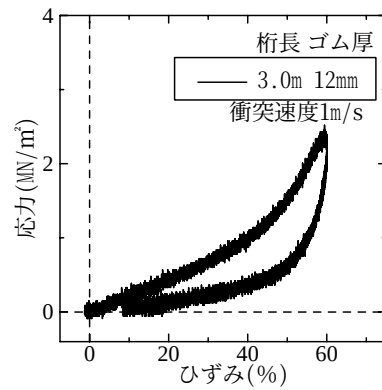
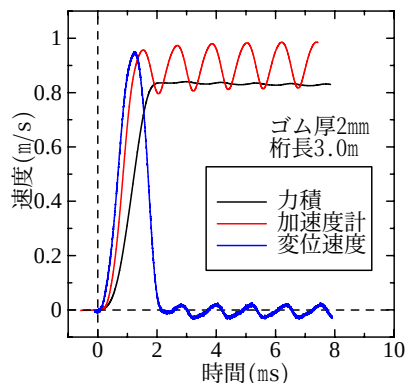
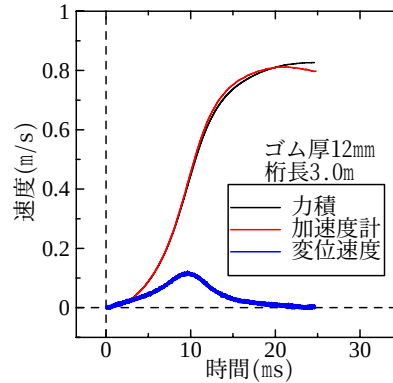


図-4 応力-ひずみ関係



(a) ゴム厚 2mm



(b) ゴム厚 12mm

図-5 速度図