

積層繊維補強ゴムの緩衝効果に関するシミュレーション解析

防衛大学校 学 生 員○角田 正昭 学 生 員 井澤 孝二
正 会 員 梶田 幸秀

1 諸言

大地震時の桁間衝突による桁端部の損傷を防ぐための緩衝材として、ゴムおよび積層繊維補強ゴムが注目されている。本研究では外力の働かない状態での衝突現象を再現できる空気浮上型の衝突実験装置を開発し、衝突実験を行った。そのうえで、モデル実験のデータを基に、緩衝材の荷重～変位関係を非線形曲線でモデル化したばね～質点系モデルによりシミュレーション解析を実施したものである。

2 桁間衝突実験の概要

実験は、図-1 に示すように長さ 1.0 m の鋼材を 2 本設置し、空気によって浮上させることで底面との摩擦力が働かない状態を作り出し、1 体は静止させ、もう 1 体を一定速度で押し出し所定の速度を与え衝突させた。本研究では速度を与えた鋼材を衝突鋼材、静止させた鋼材を被衝突鋼材と呼ぶ。衝突鋼材の設定速度は、0.20、0.40、0.70、1.30 m/sec の 4 ケースとした。また使用した緩衝材は、表-1 に示すようにゴム製緩衝材と 3 種類の積層繊維補強ゴムである。いずれの緩衝材も形状は 40×40×10mm のものである。

衝突鋼材および被衝突鋼材の移動距離ならびに 2 つの鋼材の相対変位をレーザー式変位計で計測している。図-2 に計測結果について示す。鋼材間の相対変位において 0 cm を越えて正の値になったときは緩衝材と衝突鋼材が接触し、緩衝材が変形している状態を表しており、この間が衝突継続時間となる。衝突前後の速度の算定法として、衝突前 0.01sec および衝突後 0.01sec の傾きを測定速度とした。

3 シミュレーション解析

3.1 解析モデル

解析モデルは、図-3 に示すようなばね～質点系モデルを用いた¹⁾。衝突鋼材は鋼材本体部を 10 分割し、被衝突鋼材は鋼材本体部を 10 分割して、衝突面に緩衝材要素をつけている。本解析では衝突時における被衝突鋼材が受ける衝撃力の大きさと衝突終了直後の鋼材の離反点での衝突鋼材および被衝突鋼材の速度を得ることを目的としている。また、ねじれや回転については考慮せず、1 次元モデルとして解析している。

図-4 に厚さ 10mm の積層繊維ゴム製緩衝材の復元力特性を示す。静的実験により得られた実験値を基に非線形モデルで近似している。なお、除荷過程は静的実験により求められないので、直線と仮定し最大ひずみに応じて除荷剛性を変化させて衝突後の各鋼材の速度を算出した。図-5 に本解析でのフローチャートを示す。解析では Newmark の β 法 ($\beta=1/6$) を用いた。

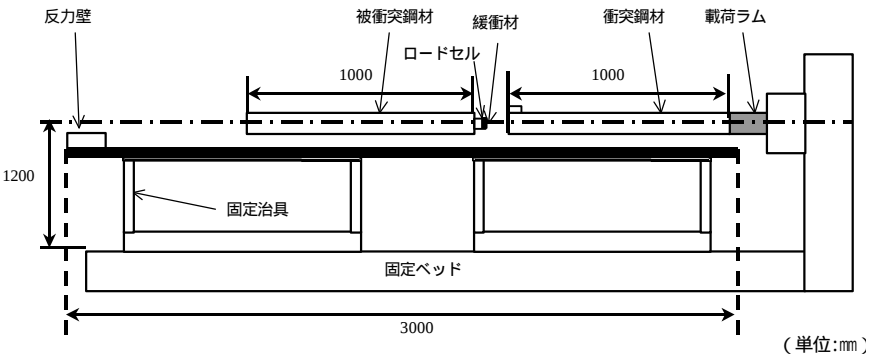


図-1 桁間衝突実験概要図

緩衝材の種類	ゴム厚 (mm)	積層繊維枚数
緩衝材なし	-	-
ゴムシート	-	-
ゴム製緩衝材	10	-
	20	-
	40	-
積層繊維補強ゴム製緩衝材	10	5
	20	5
	20	10
	40	5
		20

表-1 供試体区分

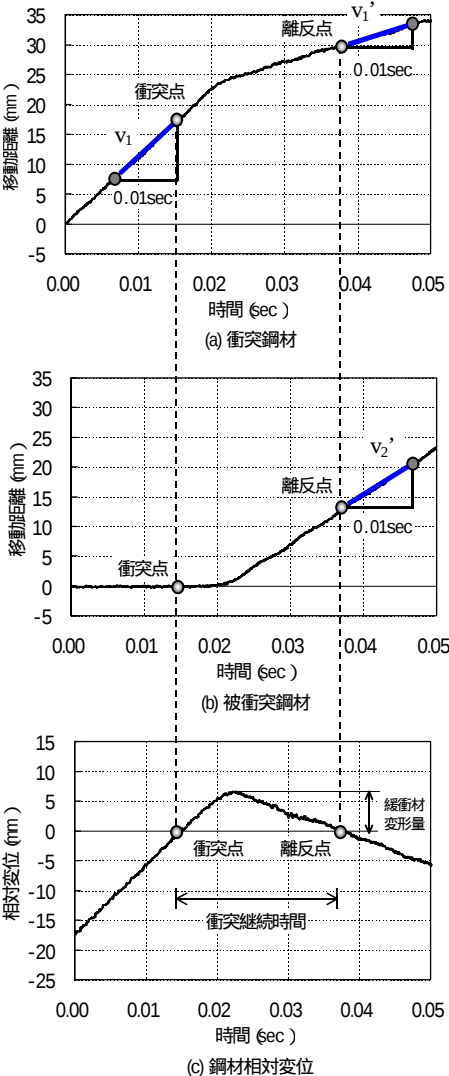
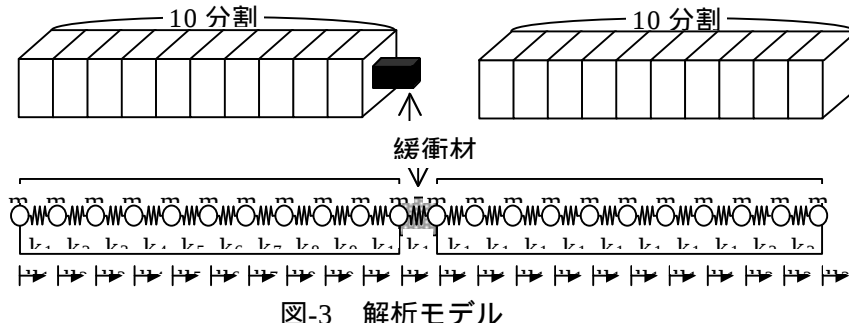


図-2 レーザー式変位計で計測した移動距離～時間関係
(厚さ 10mm，設定速度 1.00m/s)



3.2 実験・解析結果および考察

被衝突鋼材の速度と衝撃力についての解析結果と実験結果との比較を図-6に示す。図-6(a)の速度～時間関係から解析値は実験値を良くシミュレートしている。また、図-6(b)の衝撃力～時間関係より、最大衝撃力発生時の時間に差があるものの、最大衝撃力および衝突継続時間については概ね良くシミュレートしていることがわかる。図-7に解析で得られた厚さ10mmの緩衝材について各衝突速度における衝撃力と損失エネルギーを示す。図-7よりゴム製緩衝材の受ける衝撃力は、実験値が常に解析値を上回り、衝突速度が速くなるにつれ実験値が大きくなり解析値が一致しない結果となった。これはゴム製緩衝材のひずみ速度効果を考慮していなかったためと考えられる。また、各衝突速度における損失した運動エネルギーは両者とも実験値と解析値とよく一致する結果を得た。

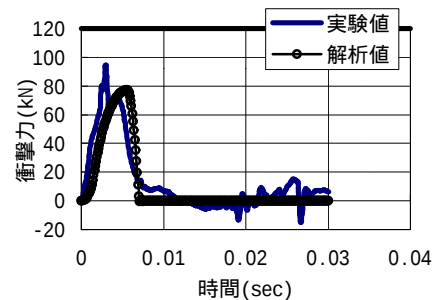
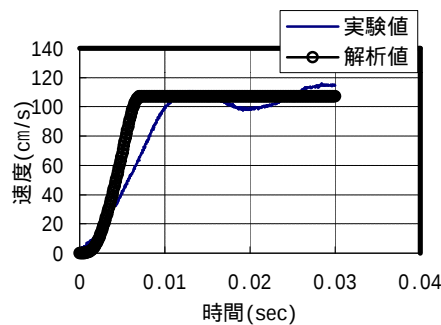
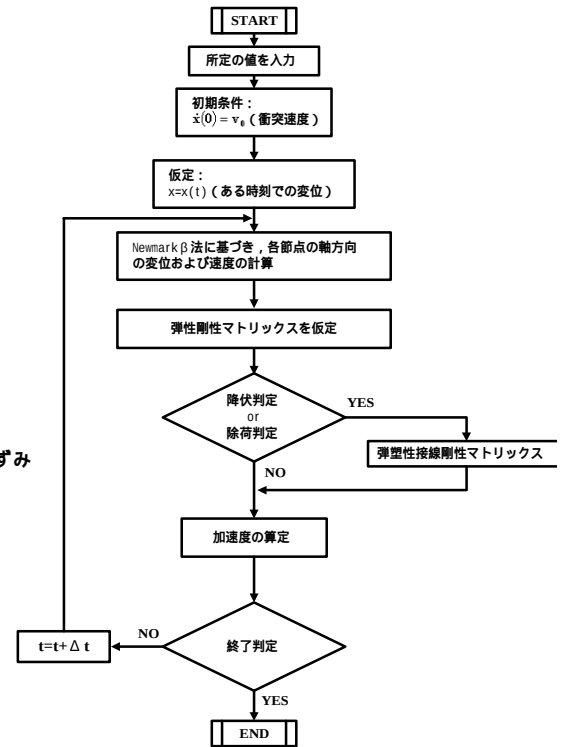
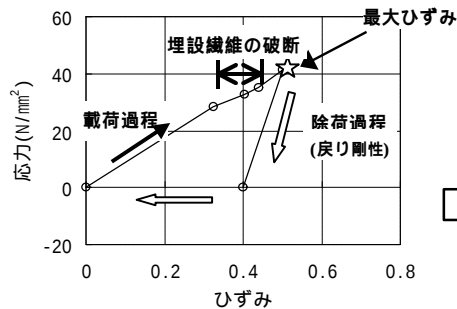


図-6 被衝突鋼材の速度と衝撃力

4 結論

- (1) 積層繊維補強ゴム製緩衝材における速度～衝撃力の関係は、速度に関係なくある程度一定の解析結果との誤差を保っていることがわかった。これは埋設繊維の破断によるものだと考えられる。
- (2) 実験での鋼材の損失運動エネルギーと解析での供試体の荷重～変位から求まる吸収エネルギーはほぼ一致し、繊維補強による影響はあまり顕著ではないことがわかった。

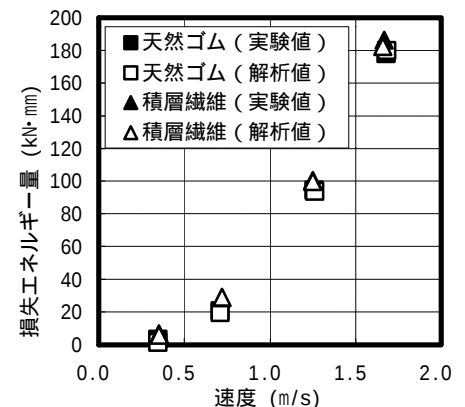
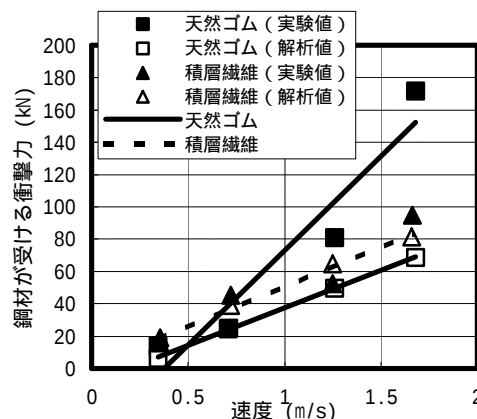


図-7 緩衝材の受ける衝撃力と損失エネルギー
(厚さ10mm, 繊維枚数5枚)

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, pp.887 - 898, 2002.3.