

I-B 135 固定端にラバーファイバーを有する鋼管支柱の衝撃挙動

防衛大学校 学生員 山根茂樹 防衛大学校 正会員 小暮幹太
 シバタ工業 正会員 生駒信康 同 上 正会員 藤掛一典
 同 上 正会員 川上千歳 同 上 正会員 大野友則

1. はじめに

近年、道路整備が進み、自動車の走行性能の向上あるいは車両の大型化により事故発生時における車両のもつ運動エネルギーは、以前と比較してかなり大きなものになっている。そのため、ガードレール等の防護柵を突き破り路肩から転落したり、中央分離帯を越えて対向車線に突っ込み対向車と衝突するケースが増加している。このような状況下で安全性と機能性の両方に対して、ガードレール等の防護柵に要求される性能は以前にも増して厳しいものになってきている。そこで本研究は、ガードレール等の支柱を想定した鋼管支柱の埋め込み部の支持条件の違いが衝撃応答に及ぼす影響を把握するとともに支柱埋め込み部の支持材料にゴムと繊維の積層構造をもつラバーファイバーを用いた場合の衝撃に対する緩衝材としての有効性を実験的に確かめるものである。

2. 実験の概要

(1) 試験体 実験に用いた試験体ケースおよび概略図を表1、図1に示す。鋼管支柱には実際の防護柵の支柱として使われている一般構造用炭素鋼管（STK400、外径 $\phi=114.3\text{mm}$ 、肉厚 $t=4.5\text{mm}$ ）を用いた。支柱埋め込み部の支持材料の違いが衝撃応答に及ぼす影響を把握するためにラバーファイバーを同心円状に巻いて積層化した試験体（LR-T34-L50）、天然ゴムを巻いた試験体（R-T34-L50）、およびかなり剛な支持条件としてモルタルで支持した試験体（NR-C-L50）を作製した。これらの試験体の支持部の外径は34cmとし埋め込み長は50cmとした。ラバーファイバーを支持材としたものについてはさらに埋め込み長および巻き厚の違いによる応答特性を把握するために3種類の試験体（LR-T34-L100、LR-T23-L50、LR-T23-L100）を作製した。ラバーファイバーの巻き厚23cmの試験体については試験体固定治具の関係からその周りをモルタルで巻いて外径34cmとなるようにした。

(2) 実験装置 実験は、防衛大学校所有の水平衝撃荷重載荷装置を用いた。試験体は埋め込み部を鋼製の固定治具で固定し、鋼管支柱の固定端から90cmの位置に衝突体（重量約100kgf）を3種類の速度レベル（速度レベル1：約5m/sec，速度レベル2：約10m/sec，速度レベル3：約13m/sec）で衝突させた。計測装置の設置図を図2に示す。実験における計測項目は、衝突体の衝突速度および衝突後の戻り速度、衝突時の衝突体の加速度、鋼管の加速度、ひずみおよび変位である。

3. 実験結果および考察

(1) 試験体の変形・損傷の状況 写真1 a)～c)に、支持条件の異なる3種類の試験体に対して、本実験において顕著な差が表れた衝突体の衝突速度レベル3（約13m/sec）で生じた支柱支持部付近の変形状況を示す。モルタルで支持された試験体では、支柱の埋め込み部上面から約4cm程度のところで圧縮側に局部座屈が認められる。これに対して、ラバーファイバー、天然ゴムを用いた試験体では、圧縮側の局部座屈は見られずかなりの長さわたって鋼材が十分塑性変形をした状況が判る。また、図-3に、各試験体における衝突速度と実験終了後の鋼管支柱上

表-1 試験体ケース

試験体 ケース	鋼管埋め込み部の 支持材料	巻き厚 d (cm)	埋め込み長 H2 (cm)
LR-T34-L50	ラバーファイバー	34	50
LR-T34-L100	ラバーファイバー	34	100
LR-T23-L50	ラバーファイバー	23	50
LR-T23-L100	ラバーファイバー	23	100
R-T34-L50	天然ゴム	34	50
NR-C-L50	モルタル	34	50

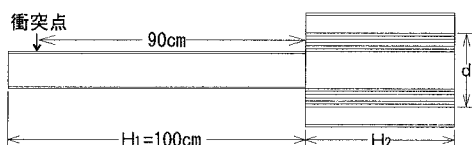


図-1 試験体の概略図

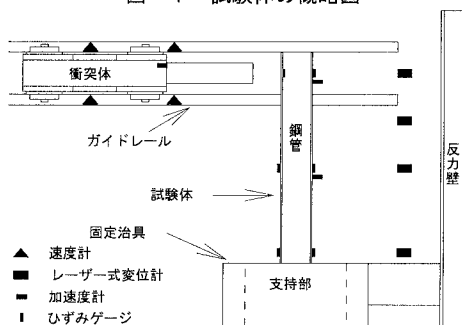


図-2 計測装置設置図

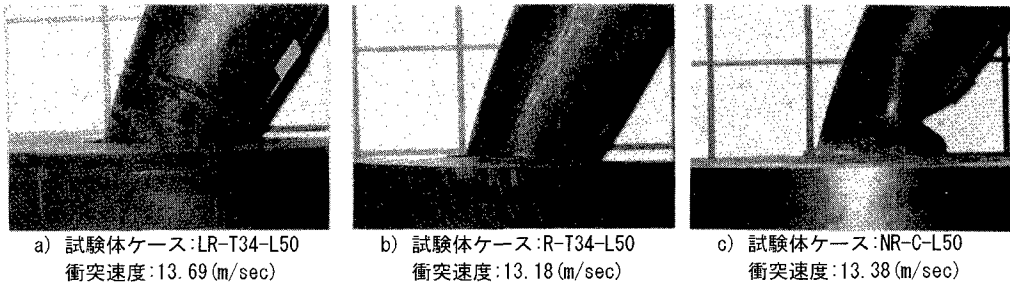


写真-1 支柱支持部付近の変形状況

端の残留変形量の関係を示す。速度レベル-1では、鋼管上端の残留変形量について各試験体ともあまり顕著な差が見られない。しかし、速度レベル-3では、天然ゴムおよびラバーファイバーを用いた試験体はモルタルを用いた試験体と比較して上端の残留変位が約5cm程度小さいことが分かる。これは、衝突体の速度が大きくなると、モルタルで支持された試験体では埋め込み部上面付近の局部変形が卓越するのに対してラバーファイバーおよび天然ゴムを用いた試験体では鋼管の変形が分散されるためである。

（2）衝撃力の作用時間～衝突速度の関係 鋼管支柱の中間部に貼付したひずみゲージの計測値は今回行った実験条件ではすべての実験ケースに対して弾性範囲内の値であった。そこで、このひずみゲージの計測値に基づいて求めた衝撃力の作用時間と衝突速度の関係を図-4に示す。モルタルで支持された試験体に比べてラバーファイバーおよび天然ゴムで支持された試験体では、その衝撃力の作用時間は約1.2～2倍に増加しているのが分かる。しかし、速度レベルが速くなるとゴムの巻き厚の大きな試験体 R-T34-L50, LR-T34-L100 では、衝撃力の作用時間が減少している。これに対して、ラバーファイバーの巻き厚の小さな試験体 LR-T23-L50, LR-T23-L100 では、衝突速度レベルの速い範囲においても衝撃力の作用時間が増加する傾向にあることが分かる。これは、天然ゴムやラバーファイバーの圧縮バネ特性に起因するものと考えられ、最適な巻き厚が存在するように思われる。

（3）エネルギー損失 速度レベル-2における代表的な実験ケースについて、衝突体の衝突速度と跳ね返り速度の記録から衝突によるエネルギー損失を計算した結果を表-2に示す。この速度レベルでは、埋め込み部の支持材料にモルタルを用いた場合のエネルギー損失が92%と最も大きく、ラバーファイバーを用いた場合のエネルギー損失が約80%、天然ゴムを用いた場合のエネルギー損失が最も小さく62%であった。このことから、衝撃力を緩和し、しかもエネルギー損失もかなり大きな値が見込めるラバーファイバーを埋め込み部の支持材料として用いる有効性が認められる。

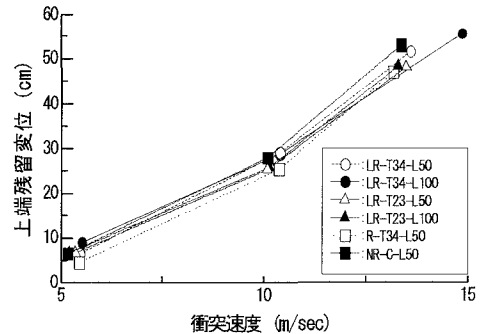


図-3 鋼管上端の残留変位～衝突速度の関係

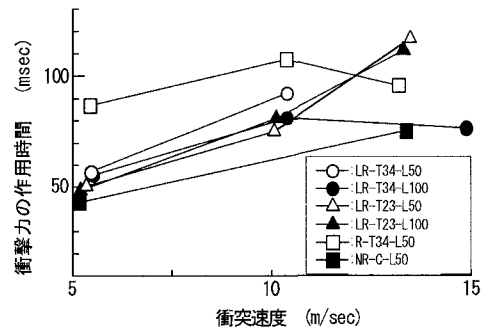


図-4 衝撃力の作用時間～衝突速度の関係

表-2 速度レベル-2におけるエネルギー損失

試験体ケース	衝突速度 (m/sec)	戻り速度 (m/sec)	エネルギー損失
NR-C-L50	10.09	2.84	0.92
R-T34-L50	10.37	6.41	0.62
LR-T23-L50	10.08	4.48	0.8
LR-T23-L100	10.12	4.02	0.84

【参考文献】

- 1) (社) 日本道路協会：防護柵設置要綱，丸善，1970年10月