

落橋防止システム用緩衝材としての 積層繊維補強ゴムの動的特性に関する実験的研究

防衛大学校^{*1} 正会員 西本安志 防衛大学校^{*1} 正会員 梶田 幸秀
防衛大学校^{*1} フェロー 石川信隆 シバタ工業株式会社^{*2} 西川信二郎

1. 緒言

先の兵庫県南部地震において、橋桁が落下する被災事例が多数発生し¹⁾、ゴムなどの緩衝材の設置による落橋防止装置の高性能化の必要性が提唱されている。そこで本研究では、ゴムに繊維を埋設し剛性と強度を向上させた積層繊維補強ゴム²⁾ (図-1) に着目し、落橋防止システム用緩衝材への適用に関する基礎的段階として、静的載荷実験および高速載荷実験を実施し、繊維の強度や積層枚数が積層繊維補強ゴムの力学特性にどのような影響を及ぼすかを実験的に考察することを目的とした。

2. 実験の概要

2.1 実験概要

静的載荷実験は、圧縮速度を 5mm/min ($8.3 \times 10^{-5}\text{m/s}$) にて実施し、総ゴム供試体および積層繊維補強ゴム供試体の初期降伏点後、 1mm の変位を与えるのに必要な荷重が 50kN 以上に達したときを供試体の限界変位量とし、荷重の載荷を終了した³⁾。高速載荷実験は、 1000kN 中速度高圧載荷装置を使用し、載荷速度 $10^{-2}, 10^{-1}, 1.0\text{m/s}$ にて実施した。測定項目は、いずれも載荷点変位および載荷点荷重である。

2.2 供試体の種類と実験ケース

供試体は、縦 $150 \times$ 横 $150 \times$ 高さ $50(\text{mm})$ の直方体形状とした。また、本供試体に使用したゴムおよび繊維の材料諸元を表-1 に示す。また、供試体の種類および実験ケースを表-2 に示す。

3. 結果と考察

3.1 静的載荷実験

静的載荷実験の結果をまとめるにあたり、積層繊維補強ゴムの埋設繊維が初期破断し、荷重～変位関係で剛性が急激に変化する点を初期降伏点と定義した。図-2(a),(b),(c)は、低強度、中強度、高強度繊維の静的載荷実験より得られた荷重～変位関係を示したものである。

初期降伏荷重と繊維積層枚数の関係を図-3 に示す。繊維強度および繊維積層枚数の増加に伴い、初期降伏荷重は上昇する傾向を示した。また、いずれの繊維強度においても、初期降伏荷重と繊維積層枚数の間には、ほぼ比例的な関係があることも注目される。よって、初期降伏荷重は、繊維積層枚数、繊維強度を適宜選択することにより、所望の初期降伏荷重を得ることが可能であると考えられる。

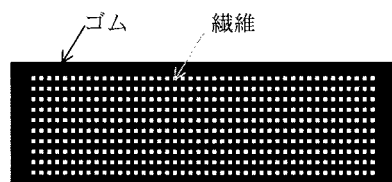


図-1 積層繊維補強ゴム

表-1 ゴムおよび繊維の材料諸元

	繊維			ゴム
	高強度	中強度	低強度	
材質	ナイロン	6,6-ナイロン	ビニロン	天然ゴム(NR)系
引張強度	5292 (N/3cm)	2646 (N/3cm)	1764 (N/3cm)	10.2 (MPa)
破断時の伸び (%)	40	25	20	600

表-2 供試体の種類および実験ケース

供試体		静的載荷	高速載荷
総ゴム構造		○	○
低強度繊維	1PLY ^{*1}	○	○
	5PLY	○	○
	25PLY	○	○
	50PLY	○	
中強度繊維	1PLY	○	
	5PLY	○	○
	25PLY	○	
	50PLY	○	
高強度繊維	1PLY	○	
	5PLY	○	○
	25PLY	○	

^{*1}PLY：繊維積層枚数を示す。

キーワード：積層繊維補強ゴム、落橋防止システム、動的力学特性、高速載荷実験

連絡先：*1)〒239-8686 神奈川県横浜須賀町走水 1-10-20 TEL:0468-41-3810 FAX:0468-44-5913

*2)〒674-0082 兵庫県明 市魚住町中尾 1058 TEL:078-946-1515 FAX:078-946-0528

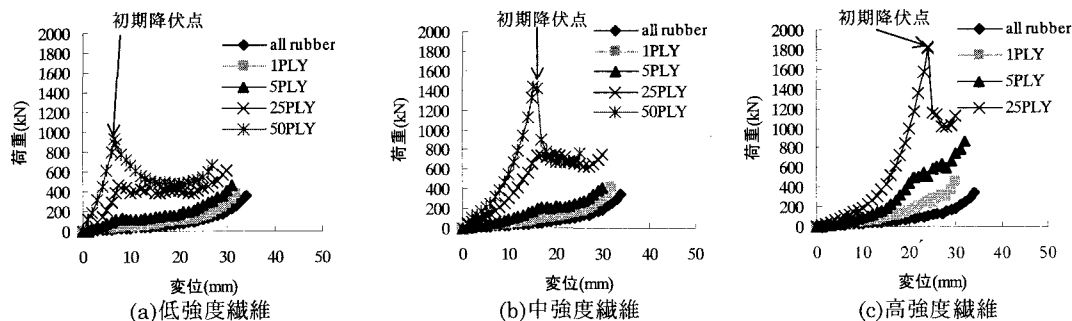


図-2 静的載荷実験における荷重～変位関係

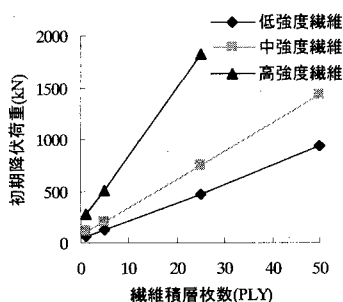


図-3 静的載荷実験における
初期降伏荷重～繊維積層枚数関係

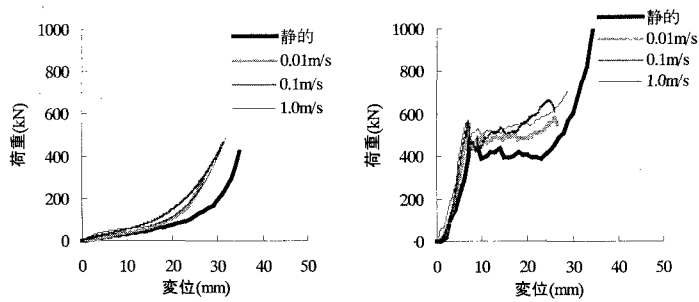


図-4 高速載荷実験における荷重～変位関係

3.2 高速載荷実験

図-4 は、総ゴムおよび低強度繊維 25PLY 供試体の高速載荷実験より得られた荷重～変位関係を静的載荷実験の結果と比較したものである。図-4(a)の総ゴム供試体は、載荷速度の影響により、変位 25mm 時において静的載荷で約 100kN であるのに対して、載荷速度 1.0m/s では約 260kN と約 2.6 倍荷重が増加する。一方、図-4(b)の積層繊維補強ゴムでは、初期降伏点以降の領域では、低強度繊維 25PLY の供試体において、高速載荷実験におけるほぼ載荷限界変位である 25mm 変位時の荷重が静的載荷で約 400kN であるのに対して、載荷速度 1.0m/s では約 600kN と約 1.5 倍の荷重が発生している。これは、積層繊維補強ゴム供試体において、初期降伏点以降は繊維の破断によりゴムのひずみ速度による影響が支配的になるため、載荷速度により荷重が増加したものと推測される。

4. 結言

本研究により、得られた成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 積層繊維補強ゴムは繊維積層枚数および繊維強度の増加により、初期降伏荷重およびエネルギー吸収能が増加する。また、繊維強度、繊維積層枚数を適宜選択することにより所望の初期降伏荷重を得ることができる。
- (2) 総ゴムの荷重～変位関係における動的挙動は、静的に比べ約 2.5 倍以上荷重が増加することが認められる。
- (3) 積層繊維補強ゴムの動的荷重～変位関係は、埋設繊維の破断により、ゴムの特性が支配的となるため、載荷速度の影響により、最大約 1.5 倍荷重が増加する。

以上の成果より、落橋防止システム用緩衝材への適用として、中小規模の地震動に対しては、初期降伏点までの弾性範囲内で対応し、大規模な地震動に対しては、初期降伏点以降の埋設繊維の逐次破断による高エネルギー吸収性能により対応することが可能であると考えられる。

(参考文献)

- 1) 神田昌幸：道路橋における支承および落橋防止構造の被災の総括，橋梁と基礎，pp.156-162，1996.8
- 2) 西川信二郎，西本安志，小谷美和：P R F 構造緩衝材，繊維学会予稿集，2B18，pp.G-106，1999.5
- 3) 窪田賢司，菅野匡，上東泰，石田博：緩衝効果を有する落橋防止装置の衝突実験および地震時応答解析，日本路公団試験研究所報告，Vol.34，pp.98-104，1997.11