

繊維製落橋防止装置に用いる引張抵抗部材の引張特性評価

(株) IHI 正会員 ○木作 友亮
 (株) IHI インフラシステム 正会員 齊藤 史朗
 (株) IHI インフラ建設 非会員 岩本 司

1. はじめに

落橋防止装置は、橋梁が被災した場合に落橋を防止するフェイルセーフ部材である。緊急輸送道路に該当する橋梁では概ね設置が完了しているが、県道および市町村道では、未だ十分に整備されていない。こうした状況の中、著者らは、低コストかつ軽量でハンドリング性に優れた繊維製落橋防止装置の開発を進めている。本論文は、落橋防止装置に用いる引張抵抗部材の引張試験を実施し、引張変形特性と破断荷重について把握することを目的とした。

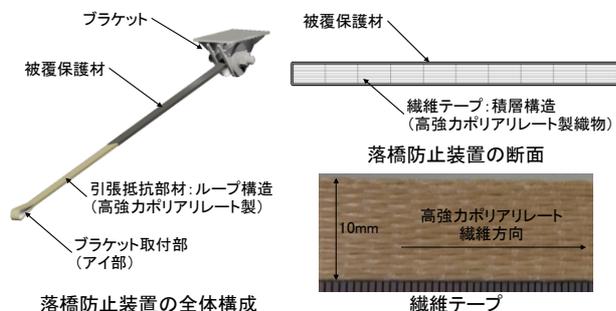


図-1 落橋防止装置の概要

2. 落橋防止装置の概要

落橋防止装置の概要を図-1 に示す。引張抵抗部材に高強度ポリアリレート繊維（以下、PAR と記す）を用いており、これを平紐状に製織し（以下、繊維テープと記す）、ループ状に巻き回した構造となっている。表-1 に PAR の材料特性を示す。PAR は、アラミド繊維等と同様に、軽量で比強度に優れた材料である。

3. 実験概要

基本的な構成要素である繊維テープの構造をパラメータとした引張試験を実施し、引張抵抗部材に適した構造を選定した。次に、選定した繊維テープを用いて、巻き回数を変化させた引張試験を実施し、引張強度と使用繊維量の関係を取得した。使用した繊維テープは、いずれも縦糸と横糸が交互に交錯する平織で製織したものである。試験ケースを表-2 に示す。A-type は、縦糸である PAR の一部にバインダ繊維（以下、Binder と記す）を混入し、ポリエチレン繊維（以下、PET と記す）の横糸で製織したものである。Binder は、加熱することで接着剤となる熱融着繊維であり、ループ構造へ成形した後に繊維テープを一体化することを目的に混入した。B-type は、縦糸を PAR、横糸を PET 繊維としたものであり、C-type は、縦糸に PAR、横糸に Binder を用いたものである。PAR の繊維量は、4,275,200dtex で統一した。また、横糸のピッチは、各ケースで異なっている。载荷前の初期状態において、縦糸の形状は図-2 に示す側面形状となる。C-type（平織）の縦糸が直線状となるのは、加熱によって横糸を溶かし、同時に繊維テープを平坦に圧縮成形したためである。本実験に用いた試験体を図-3 に、試験状況の写真を図-4 に示す。試験体は、ピンによって試験機に固定した。試験体の長さは、ピンの間隔を基準とし、ピン間の距離が 1.5m となるように製作した。载荷は変位制御とし、試験体が破断するまで载荷を継続した。

表-1 材料特性

	単位	PAR
織度	dtex (D)	1,670 (1,500)
密度	g/cm ³	1.41
引張強度	cN/dtex (MPa)	22.9 (3,200)
引張弾性率	GPa	75

* dtex : 10,000m あたりのモノフィラメント重量 (g)

表-2 試験ケース

No.	縦糸	横糸	積層構成	巻き回数 (回)	繊維量合計 (dtex)	横糸ピッチ (mm)
A-type	PAR (33,400dtex) Binder (22,200dtex)	PET	8 列×8 段	64	4,275,200	0.50
B-type	PAR (66,800dtex)	PET	8 列×4 段	32	4,275,200	3.0
C-type	PAR (66,800dtex)	Binder	8 列×4 段	32	4,275,200	5.0 (加熱により形状は消失)

キーワード 耐震補強, 落橋防止装置, 引張試験, 繊維

連絡先 〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原町 1 番地 (株) IHI 基盤技術研究所 TEL 045-759-2864

4. 実験結果と評価

引張载荷時の荷重 - 変位関係を図-5 に示す。縦糸の初期形状が波状である A-type と B-type の荷重-変位曲線を比較すると、最大荷重に大きな違いは見られないものの、横糸のピッチが大きい B-type は、最終変形量が A-type よりも小さくなる傾向が見られた。また、これに伴って、B-type の方が高い引張剛性を示した。C-type は、変位の増加に伴って、直線的に荷重が増加し、最も高い引張剛性を示した。また、最大荷重についても C-type が最も大きかった。

A-type と B-type では、最終的な変形量が大きく異なるが、これは、横糸のピッチが異なることが影響しているものと考えられる。図-2 に示すように、平織では、横糸のピッチによって、繊維テープの同一区間に織り込まれる縦糸の長さが異なってくる。こうした長さの違いが、縦糸が伸長した際の変形挙動に現れているものと推察される。また、A-type や B-type の荷重-変位曲線を子細に観察すると、载荷の途中で変位が急増する区間の存在が認められる。また、この傾向は特に B-type で顕著である。こうした現象が生じる理由として、引張荷重が増加していく過程において、一部の横糸が縦糸から受けるせん断力によって破断し、その箇所の縦糸が部分的な伸長挙動を示したことが影響していると考えられる。縦糸の初期状態が直線状である C-type にこうした挙動が現れていないことも、横糸の破断とそれに伴う縦糸の部分的な伸長が、全体変位の急増につながっていることを示唆している。

次に、比較的良好な結果を示した B-type および C-type について、繊維量をパラメータとした引張試験を実施した。これにより得られた最大荷重と繊維量の関係を図-6 に示す。また同図には、参考情報として、PAR 繊維束の材料試験結果を示した。グラフに示す際には、引張強度と繊維量が完全に比例関係にあるものとして扱った。B-type および C-type のいずれについても、実験の範囲において、最大荷重と繊維量が比例する傾向が認められた。特に C-type は、繊維束単体の引張強度に近い、優れた引張性能を有する構造であることが明らかとなった。B-type の最大荷重が小さくなるのは、平織で製織した際に生じる各繊維束の微小な長さのばらつきが、引張強度に影響しているものと考えられる。また、縦糸の初期形状が直線状となるように製作している C-type の繊維テープは、こうしたばらつきを最小限に抑えることが可能である。

5. おわりに

本論文では、繊維製の落橋防止装置を構成する要素の構造が、引張変形特性や破断荷重に与える影響について、実験的な検証を試みた。その結果、構成要素の構造が引張载荷時の挙動に大きな影響を与え、また縦糸の初期形状を直線状とした繊維テープを用いることによって、高い引張剛性と高強度が得られることが明らかとなった。

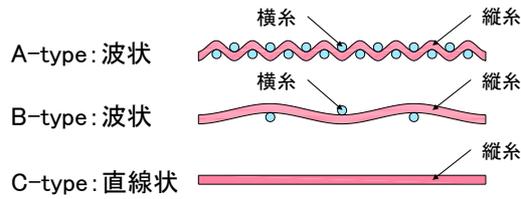


図-2 载荷前の縦糸側面形状

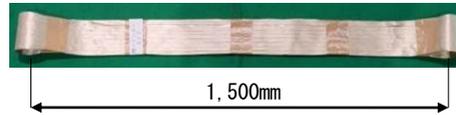


図-3 試験体 (D-type)



図-4 試験状況

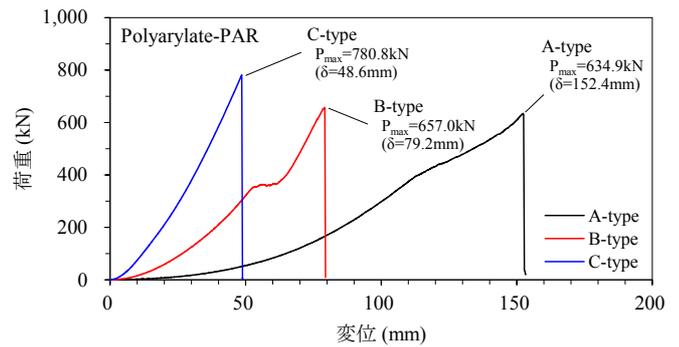


図-5 ループ構造体の引張試験結果

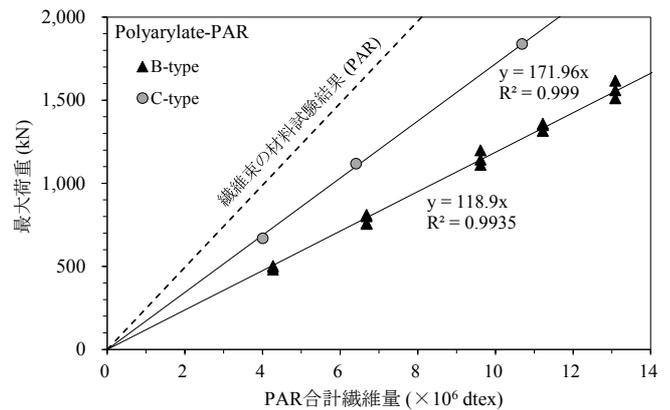


図-6 最大荷重と繊維量の関係