

B12 スーパープレッシャー気球用網の引張強度評価

田中理紗子 (明治大院), 松尾卓摩 (明治大), 斎藤芳隆 (JAXA),

秋田大輔 (東工大), 中篠恭一 (東海大), 後藤健 (JAXA)

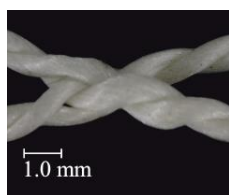
Risako Tanaka (Meiji University), Takuma Matsuo (Meiji University), Yoshitaka Saito (JAXA),
Daisuke Akita (Tokyo Institute of Technology), Kyoichi Nakashino (Tokai University), Ken Goto (JAXA)

1. 緒 言

現在, X線など大気を透過しない波長の天体観測には人工衛星が用いられており, その打ち上げ費用は高額である. そこで一定の高高度を長時間飛翔する気球を用いれば, その高度における実験を低コストで行うことができる. そのため各国で研究開発が進められており, 我々はポリエチレン皮膜に網を被せた構造により高耐圧のスーパープレッシャー気球を開発している⁽¹⁾. しかし, 気球膨張時に網が繊維メーカーの提供する引張強度よりも低い応力で破断する問題がある⁽²⁾. 本研究では, 網に使用が期待されているベクトラン繊維の強度を引張試験により評価し, バルク材および他の繊維との比較を行った. これらの結果から, ベクトラン繊維の気球用網への使用可能条件について評価した.

2. 気球用網の材料および構造

(a) Mesh of a net.



(b) Each part name.

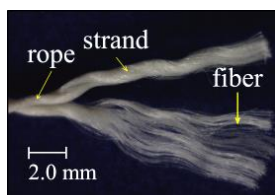


Fig.1 Structure of net.

本研究で使用した網構造を図1に示す. 網はベクトラン繊維のロープを図1(a)に示す網として作製され, ロープは(b)のように繊維を束ねたストランドを2つ撚りあわせている. 光学顕微鏡により直径を測定した結果, 単繊維の径は25.0 μm , ストランド径623 μm , ロープ径966 μm であった. 表1に繊

維メーカーが提供するベクトラン繊維⁽³⁾, ダイニーマ繊維⁽⁴⁾のバルク材の物性値を示す. 以降の実験結果は, 各バルク材強度を1として正規化した値で表記する. 最終的に実用を目標とする体積300,000 m^3 気球の要求は, ロープ強度は60 N, 高度37 kmを飛翔する気球耐圧は100 Paである⁽⁵⁾.

Table.1 Physical properties of high strength fiber

	Vectran (Polyarylate)	Dyneema (UHMWPE)
Density, kg/m^3	1.40	0.97
Tensile strength, GPa	3.01	2.71
Young's modulus, GPa	104.3	87.3
Fracture strain, %	2.8	4.0

3. 網用ロープおよび繊維の引張試験

初めに, 単繊維の引張試験を行った. 試験片は網から切り出し, 天然繊維の引張試験方法 (JIS L 1069) を参考に作成した. 試験片を図2に示す. 試験片一本ずつを5 mm 間隔で両端を接着剤で固定し, 幅5 mm 毎に切断した. これを引張試験機のつかみに挟み紙片を切断して緩みを取り, 1 mm/min で引張試験を先述の2種類の繊維について行った. 変位測定にはレーザー変位計を用い, 標点距離には試験機のつかみ部間距離を用いた.

次に端を引張試験可能な形状に加工したロープを用いて2 mm/min で引張試験を行った. 破断するまでの試験片の状態を観察したところ, 引張荷重を受けることによりロープの撚り角が変化しロープ径は徐々に減少した. そこで, ロープを構成する繊維そ

のものの伸びを測るため、試験中のロープを撮影し画像から直径を測定してひずみに対する直径の変化を求めた。図3に結果を示す。ただし、試験開始時の直径を1としている。さらに、図3より求めた比 y とひずみ x から直径の補正式を導出した。

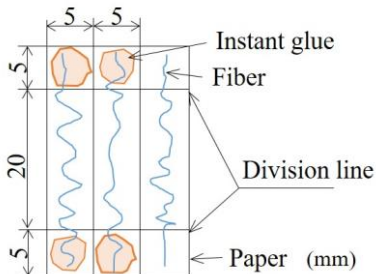


Fig.2 Specimen of single fiber.

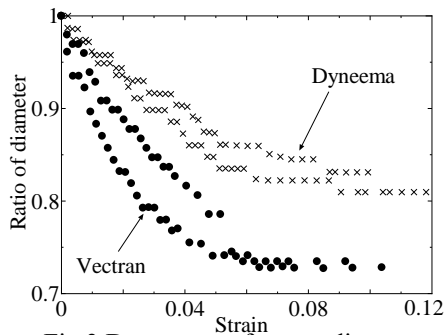


Fig.3 Decrement of a rope diameter.

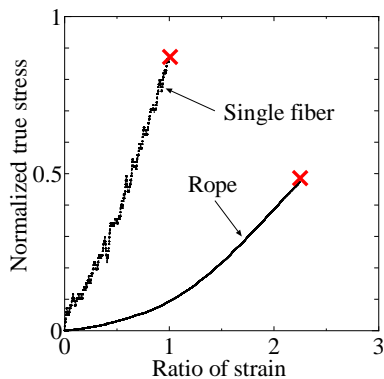


Fig.4 Stress-strain curve of Vectran.

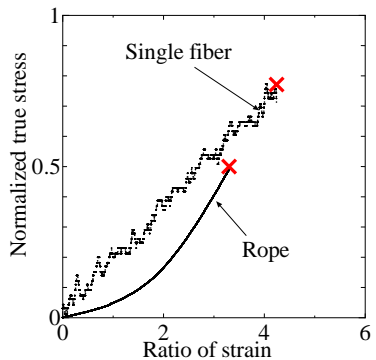


Fig.5 Stress-strain curve of dyneema.

単繊維とロープの引張試験結果を図4、5に示す。ベクトラン単繊維の破断時のひずみを1とし、ロープは図3から直径を補正して真応力を算出した。ベクトラン単繊維の破断強度はバルク材の81%、ダイニーマ繊維はバルク材の77%の値となった。またベクトラン繊維のロープ強度はバルク材の45%であり単繊維に対して56%、ダイニーマ繊維ではバルク材の44%であり単繊維に対して58%の値となった。2種類の繊維の試験結果を比較すると、ダイニーマ繊維はベクトラン繊維と比較して数倍伸びやすいと分かる。よって、強度・弾性率ともに高いベクトラン繊維の方が、気球用網に適しているといえる。さらに、ベクトラン繊維ロープの強度はバルク材の場合よりは低下するものの破断荷重は先述した要求強度60 Nには十分に耐える468 N (7.9倍)であったため、網用材料として利用可能であると考えられる。

5. 結言

引張試験を行った結果、気球用網に用いられるロープの引張強度はバルク材の約45%であり、バルク材に比べて低下すると分かった。しかしロープ強度は低下するが気球飛行時の要求強度には十分耐えるため、網として使用可能であることを示した。

文 献

- (1) 斎藤, 他, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-10-013(2012), pp.25-40.
- (2) 斎藤, 他, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-PR-13-011(2014), pp.4-36.
- (3) 山本, 繊維製品消費科学会誌, Vol.47, No.9(2006), pp.520-523.
- (4) 大田, 繊維学会誌, Vol.66, No.3(2010), pp.91-97.
- (5) 斎藤, 他, 第16回宇宙科学シンポジウム講演集(2016), P-212.