

アラミド繊維強化プラスチック製高強度軽量白杖の開発

1. はじめに

白杖は、視覚障害者のシンボルであるとともに、歩行時に路面の状態や周囲にある障害物の情報を入手するための重要なツールである。白杖は、使用目的の違いから、直杖型と折りたたみ型の2種類に大別される。このうち、一般に広く利用されているのが携帯性に優れた折りたたみ型である。現在普及している折りたたみ型白杖のシャフトの材質には、比較的高強度で軽量の炭素繊維が用いられていることが多い。しかし、炭素繊維製の白杖（以下、炭素繊維製白杖）はせん断方向の負荷が掛かったときに折れやすく、障害物との衝突や自転車との接触によって折れてしまうことや、折れた断面で利用者が手指に怪我をすることが問題視されている。また、白杖自身の重量によって長時間の歩行では手首や上肢の負担を訴える利用者も少なくない。そこで筆者は、せん断方向に対する衝撃に強く、かつ軽量の白杖を開発する必要があると考え、炭素繊維よりもヤング率が低く、耐衝撃性の高いアラミド繊維強化プラスチックを用いて白杖（以下、アラミド繊維製白杖）を開発した。また、アラミド繊維製白杖使用時の身体負担についても評価を行った。

2. アラミド繊維製白杖の特徴

開発したアラミド繊維製白杖の特徴について述べる。サイズは、一般的な折りたたみ型白杖（アドバンテージ社製）と同サイズ（外径12mm、長さ122mm、肉厚3mm）とし、セクションの数も同じになるようにした。重量は、従来の白杖の半分以下である113gであり、軽量化を実現することができた。グリップは、重量を軽くするために、従来のゴム製に代えて、新たにカーボン製強化プラスチックで作製した。また、白杖を振った際の慣性モーメントについて、グリップの手元側の端から20cmの位置を通り白杖の長軸に垂直な回転軸まわりの慣性モーメントを概算して従来白杖と比較した。その結果、アラミド繊維製白杖が約403.4kg・cm²、従来の炭素繊維製白杖が507.5kg・cm²となり、炭素繊維製白杖の慣性モーメントが約1.25倍大きかった。せん断方向の強度については、アラミド繊維製シャフトと炭素繊維製シャフトの耐衝撃性を比較することで評価した。耐衝撃性を調べる手法には、一般的な落錘型衝撃試験法を採

用した。具体的には、自由落下による落錘型衝撃試験機（インストロンジャパン社製 Dynatup9250HV）を用いて、両端支持された試験対象（シャフト部分）の中央に錘の自由落下による衝撃を加えて耐衝撃性の評価を行う三点曲げ落錘型衝撃試験を実施した。計測条件は、60kgの成人が乗り、任意の速度で走行中の自転車に白杖が引っ掛かった場合の衝撃と同等のエネルギー[6.0J (1.6km/h)]を与えた。その結果、**図1(a)**に示すように、炭素繊維製シャフトは切断破損し、破損面からは炭素繊維がトゲ状の毛羽となって発生している危険な状態が確認された。一方、アラミド繊維製シャフトに同条件のエネルギーを与えたところ、**図1(b)**に示すように切断はされなかった。なお、アラミド繊維製のシャフトは、約30倍の200J (9.3km/h)のエネルギーを与えた場合でも切断されなかったことから、アラミド繊維製シャフトは炭素繊維製シャフトに対して高い耐衝撃性を備えていることを確認できた。

3. アラミド繊維製白杖使用時の身体負担軽減効果の評価

アラミド繊維製白杖と炭素繊維製白杖の両方による路面タッチ動作時の身体負担を比較することで、アラミド繊維製白杖の手首や上肢への身体負担軽減効果を評価した。実験では、タッチテクニック（腕を伸ばして手首を体幹中心前方におき、手首を支点として杖が弧を描くように振る）で白杖を10分間振り続け、動作中の筋活動を表面電極法（EMG）によって計測した（**図2**）。また、動作時の主観的な負担感を調べるために、5段階等間隔尺度による主観評価も行った。その結果、アラミド繊維製白杖を用いることで手関節の屈曲に作用する筋の負担を軽減でき、主観的な負担感を軽減できることがわかった。一方、課題としては、アラミド繊維製白杖の衝撃吸収性が高いために、床面に接地する際に跳ね上がる杖先を押さえつけようと手関節の伸展筋の負担が増加する傾向も確認することができた。今後は、白杖の機構やデザインについて、杖先の跳ね返りを吸収する工夫が必要である。

4. まとめ

本稿では、筆者が開発した耐衝撃性が高く、軽量のアラミド繊維製白杖について簡潔に紹介した。また、アラミド繊維製白杖使用時の身体負担軽減効

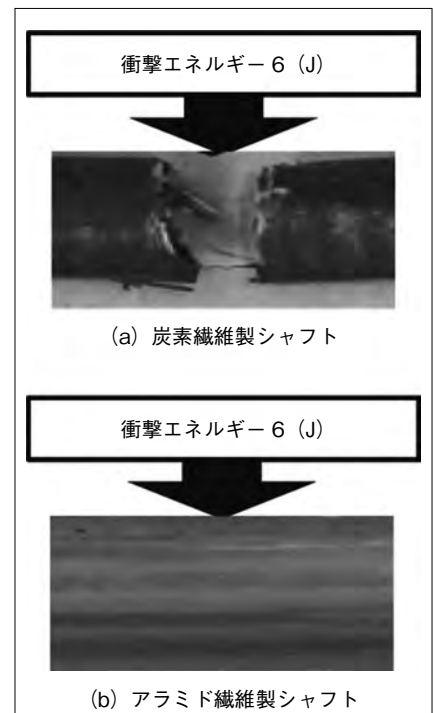


図1 6J (1.6km/h) の衝撃後の写真⁽¹⁾



図2 身体負担評価実験の様子

果についても簡潔に述べた。本稿で紹介したアラミド繊維製白杖の開発は、NEDO 福祉用具実用化開発推進事業（平成22, 23年度）の助成をいただき、多くの方々に協力いただいた。本誌面をお借りして感謝の意を記す。

（原稿受付 2015年1月28日）

〔土井幸輝（独）国立特別支援教育総合研究所〕

●文献

- (1) 土井幸輝・菅間 敦・西村崇宏・瀬尾明彦・井野秀一・布川清彦・小菅一彦、アラミド繊維強化プラスチック製の軽量白杖の作製と身体負担軽減効果の実験的検証、日本感性工学会論文誌、13-2 (2014)、333-339.