

3Dプリンタで造形製作した下肢装具の繰り返し耐久試験による特性比較

前田雄¹⁾、東江由起夫¹⁾、須田裕紀¹⁾、郷貴博¹⁾

1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部

義肢装具自立支援学科

【背景・目的】 3D-Printer (以下、3DP と呼ぶ) は、諸外国ではすでに試作用途だけではなく、義足のコスメチックカバーや治療用装具の製作に活用されている。そしてわが国でも 3D デジタル技術を活用し、義肢装具を製作する企業が多くなってきている。3D CAD-3D Printing で製作する義肢装具は自由に設計ができ、これまで困難であった様々な製品を製作することができる。また生体スキャンから製品ができあがるまでの工程が短縮されるなどのメリットも期待している。しかし現在の 3D プリンタ製の製品は造形方法や材料の種類によって製品強度、コスト面など、多くの課題がある。そこで当大学では 2016 年より 3D 研究チームを結成し、装具の中で最も剛性と強度等の動的特性を示す脳血管障害片麻痺者のシューホンタイプ AFO の実用化に向けた研究を進めている。我々はこれまで従来の方法で製作したシューホン型 AFO(以下、PP-AFO)と、3D プリンタ(ポリプロピレン)で造形したシューホン AFO (以下、3DP-AFO) の剛性および強度について評価機を用いて比較分析を行ってきた。本学術大会では、従来製 PP-AFO と 3D プリンタ製 3DP-AFO について繰り返し耐久試験を行い、その際の剛性と耐久性の特性について比較分析したので報告する。

【方法】 計測に用いた PP-AFO は、健常者 1 名の下肢をギプス採型→陽性モデル修正→3D スキャナでスキャン→3D CAD でモデリング・トリミング位置設定→3D プリンタでプラスチック陽性モデル作成→厚さ 4mm のポリプロピレンで従来の製作方法にて人為的に成形した。3DP-AFO は前記した PP-AFO を 3D スキャナによって 3 次元データを取得し、3D プリンタにて同一形状の厚さ 4mm の 3DP-AFO を製作した。材料は PP 粉末を使用し粉末焼結積層方式にて造形した。

計測用の評価機は、足継手の中心位置を回転中心として測定角度範囲を底屈 15°から背屈 10°とした。進行方向は第 1 中足骨頭内壁と踵部内壁を結ぶ方向とした。計測データは低速 cycles /1. 1sec で 1000 回、高速 cycles /0. 75sec で 1000 回の繰り返し負荷をかけた後、底背屈方向の 1°毎にモーメントを測定した。1 条件に対し 100000 回の測定を行った。モーメント計測は評価機の回転軸から 300mm の位置でモーメントを校正した。剛性 N・m/deg は、2000 回の負荷をかけた後に測定した。なお、本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を受け、関連する利益相反はない。

【結果と考察】 評価機で計測した繰り返し耐久試験の結果を図 1、図 2 に示す。この結果からそれぞれの AFO で初期の段階で著しく剛性の低下を示した。剛性の高い PP-AFO は 100000 回に至る前段階の 92000 回で破断し、剛性の低い 3DP-AFO は 100000 回に達しても破断は見られなかった。剛性の比較において PP-AFO は、熱可塑性プラスチックに至る段階でポリプロピレンの分子配列や結びつきが強固である。一方、3DP-AFO では粉末焼結積層方式によって造形されるため、熱可塑性プラスチックで製作された PP-AFO とは異なり、ポリプロピレンの分子配列や結びつきが若干弱いと考えられる。

耐久性の比較においては、両者の AFO 共通点として初期の段階で剛性が著しく低下した現象が見られ、要因には機械的試験直後に見られるポリプロピレンの分子構造の配列変化や微小クラックを引き起こし、機械的物性に不可逆的变化を生じさせ、ヤング率の低下にいたったことが考えられた。終期の段階では剛性が高い PP-AFO は繰り返し試験回数に耐えることができず、80000 回の段階で疲労限界を引き起こしたと考えられる。一方、3DP-AFO では剛性が低い分、疲労を引き起こしにくいと考えられる。

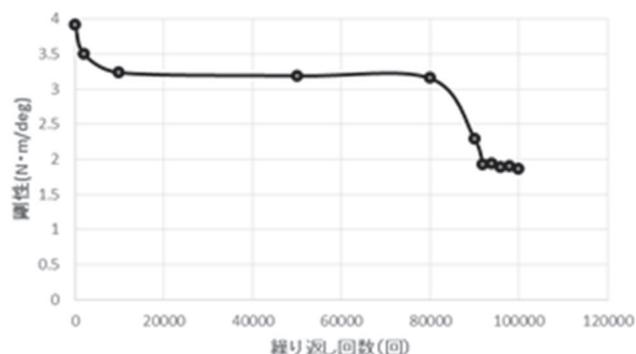


図 1 PP-AFO の繰り返し耐久試験と剛性の関係

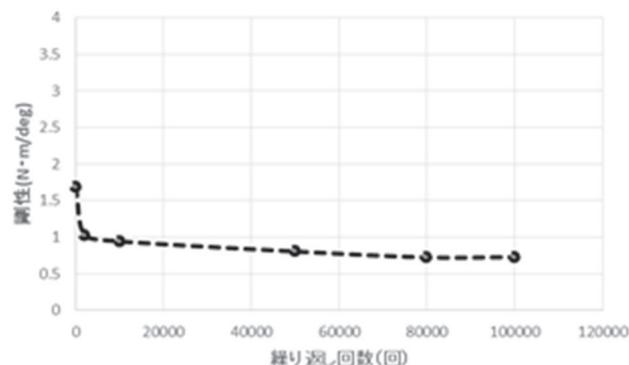


図 2 3DP-AFO の繰り返し耐久試験と剛性の関係

【結論】 本報告では、従来製 PP-AFO と 3D プリンタ製 3DP-AFO の繰り返し強度試験における剛性と耐久現象の特徴についての比較分析をおこなった。今後、3D プリンタを下肢装具に活用するにあたっては、その安全性と目的とする機能が客観的に確保されていることを示す必要がある。