J027031

自己締結現象を用いたベルトバックルの靴への応用

Application of self-locking type belt buckle to shoes

○学 加藤 宇人 (大分大学院) ^{*1} 正 三浦篤義 (大分大学) ^{*2}
正 今戸 啓二 (大分大学) ^{*2}

Takahito KATO, Oita University, 700 Dannoharu, Oita

Atsuyoshi MIURA, Oita University, 700 Dannoharu, Oita

Keiji IMADO, Oita University, 700 Dannoharu, Oita

In the previous study, a belt buckle of the self-locking type belt was investigated experimentally and theoretically as well. According to the theory of belt buckle, once a belt is locked by the buckle, the belt never slips as far as belt tension is being applied. There are many people who experienced natural loosening of shoestring while walking. Using a hard locking property of belt of the buckle, we applied a small belt buckle to lash shoes. Loosening of the shoe was evaluated by measuring the contact pressure of the shoe while walking. In order to compare the lashing property of the buckle with the conventional method, magic tape and shoestring were tested. Experiments were carried out with a constant walking speed of 3.5 km/h on a treadmill. The buckle proved to be the smallest difference in pressure in walking condition among them.

Key Words : Belt friction, Buckle, Self-locking, Loosening of shoestring

1. はじめに

摩擦を利用してベルトを固定するベルトバックル（以下バックルと略）は、物流現場では不定形の荷物をベルトで固縛する際には必需品であり、日常生活ではバッグやアウトドアグッズなどにも広く使われている。今戸はゴム張力を利用した腰部負担軽減具の開発に際し、適当なバックルが市販されていないだけでなく、バックルの摩擦理論さえないことに気付いた。そこでバックルの理論的考察を行い、ベルトを重ね巻きすることで自己締結現象の生じることを理論的に明らかにした¹⁾。そして、その理想的形状について実験から考察を行った²⁾。そこで今回、この自己締結現象を用いたバックルを小型化し、靴へ取り付け、靴紐に代わる固縛法としての応用を考えた。靴の多くは足にフィットするよう靴紐でその大きさを調整しているが、履いた後で靴紐をしっかり締めても歩行中に自然に解けることは多くの人が経験している。そこで、一旦締めれば緩むことがなく、簡単に緩めることもできれば、靴を脱着する際には便利である。靴以外にも医療福祉現場での様々な装具の取り付け取り外しの際にも本バックルは有効と思われる。本研究では靴に取り付けたバックルの基本的実験結果について報告する。

2. 自己締結バックルの概要

図1はバックルのアンロック・ロック時の模式図である。自己締結現象を用いたバックルではベルトを折り返すための主軸と回転アームの回転軸とはオフセットしている。通常のバックルではオフセットはなく、ベルト折り返し用の軸は、アームの回転軸としても利用されている。そのようなオフセットのないバックルでは、ロック状態でベルトに張力を加えると、アームにはアンロックする方向のトルクが作用する。それを止めるため、バックルのフレームにはアームの戻り防止用ロック機構が付いている。一方、自己締結現象を用いたバックルでは、オフセット量を調整することで、アームに作用するトルクの向きと大きさを変更できる³⁾。そのためロック機構

^{*1} 学生員, 大分大学院 工学研究科 (〒870-1192 大分県大分市大字旦野原 700 番地)

^{*2} 正員, 大分大学

E-mail: v11c6005@oita-u.ac.jp

は必ずしも必要ではない。さらにオフセット付きバックルは、アームの回転に伴いバックル内にベルトを巻き込む作用がある³⁾。バックルが完全ロック状態に至った後にアームをさらに締める方向に回すと、理論上ベルトは滑ることなくバックルの主軸にさらに巻き上げられるためベルト張力は増大する。オフセットのないバックルはこのようなベルトの巻込作用はないため、ラチェットを利用したベルト巻き取り装置により必要な張力を付与している。

Fig.1 Schematic view of the buckle

3. 実験法

図2に靴に取り付けたバックルの写真を示す。図3に接触圧センサを足背に貼付した写真を示す。実験は、マジックテープ、バックル、靴紐の3種類の固縛方法の異なる靴を使用した。右足の足背中央に接触圧センサ（AMI 3037-2.2B）を貼り付けた後靴を履き、最初に約6kPaで締め、数十秒歩行した後に静止圧力 P_0 を測定した。その後トレッドミル上を速度3.5km/hで歩行中の靴と足背との接触圧力 P を測定した。また、歩行中の遊脚期、立脚期を判断するため、ゴニオメータ（Biometrics ADU301A）を図2に示すよう右足に取り付けた。再現性を確認するため、同一条件でそれぞれ3回測定した。

Fig.2 Belt buckle with shoe

Fig.3 Photograph of sensor position

4. 実験結果及び考察

図4～6に各靴の歩行時の接触圧力 P の測定結果の一部を示す。図4はマジックテープの靴で歩行したものである。図5はバックルを取り付けた靴で歩行したものである。図6は紐の靴で歩行したものである。図7にそれぞれを静止圧力 P_0 により正規化した結果を示す。マジックテープは静止圧力 $P_0=4.89\text{kPa}$ 、バックルは静止圧力 $P_0=3.91\text{kPa}$ 、紐は静止圧力 $P_0=3.65\text{kPa}$ でそれぞれ正規化を行った。波形の振幅はおおよそ、両足が接地した状態から右足の遊脚期への変更点で最大、右足の遊脚期から両足が接地した状態への変更点で最小になることが分かった。

Fig.4 Change of contact pressure in shoe while walking

Fig.5 Change of contact pressure in shoe while walking

Fig.6 Change of contact pressure in shoe while walking

Fig.7 Normalized contact pressure in shoe while walking

図7からマジックテープの靴では、静止圧より歩行時の圧力は小さいことがわかる。図7から振幅の最大値と最小値の差はおおよそ0.4と、歩行中の圧力変化は小さいものの、最小値は静止圧の0.4倍を示しており静止圧からの偏差は他の固縛法に比べ一番低い結果となった。図7からバックルにより固縛した靴では、無次元振幅の最大値と最小値の差は約0.7であり、歩行中の接触圧は静止圧を中心に变化している。図7から靴紐により固縛した靴では、静止圧より歩行時の圧力は大きくなっている。無次元振幅の最大値と最小値の差は約1.0と歩行中の圧力変化は最大であり、足が靴内で上下に動いていることを示唆している。これらの結果から今回製作したバックルは、他の固縛法に比べ初期静止圧に対する歩行中の接触圧の偏差は小さく、固縛法として最も優れていると思われる。

5. まとめ

マジックテープ、バックル、靴紐で固縛した靴による歩行中の足背と靴との接触圧力の測定を行った。その結果、静止初期圧力からの偏差はバックルによる固縛法が最も小さかった。今後長時間歩行時の緩みに関する実験を行い、バックルの有効性を検証する予定である。

参考文献

- (1) Keiji Imado, Study of self-locking mechanism of belt friction, IJTC2007, San Diego, California, USA in CD-ROM (IJTC2007-44058)
- (2) 加藤 宇人, 三浦 篤義, 李 蓓, 山口 安昭, 今戸 啓二, ベルトバックルに関する研究, 日本機械学会九州支部 宮崎講演会論文集, No.118-3 (2011) p.21-22.
- (3) 今戸啓二, ベルトバックルに関する研究, トライボロジー会議予稿集 東京,(2008) p.139-140.