

下肢装具への応用を目指した直動型 EAM ブレーキデバイスの開発

Development of the linear EAM brake device which aimed at the application to the lower extremity orthosis

○山田元気, 山澤朋紀, 熊谷光一, 三井和幸 (東京電機大学大学院工学研究科)
 櫻井宏治, 安齊秀伸 (藤倉化成株式会社)

Genki YAMADA, Tomoki YAMASAWA, Kouiti KUMAGAI, Kazuyuki MITSUI, Tokyo Denki University
 Kouzi SAKURAI, Hidenobu ANZAI, Fujikura Kasei Co., Ltd.

Abstract: The EAM (Electro attractive material) was developed by us, and it is new functional material which dispersed particles which polarize easily in the silicone rubber. This EAM has the force attracting the electrode when a high voltage is applied. And when the electrode is made to slide, the shear resistance force, made by that attractive force, occurs between the electrode and EAM. This shear resistance force can be controlled by the value of applied voltage. We developed the linear EAM brake device by using this EAM. The linear EAM brake device was evaluated in order to develop the lower extremity orthosis which offers support for walking disability.

Key Words: Lower Extremity Orthosis, Functional Material, Brake Device

1. 緒言

日本は、少子・高齢社会であり、老化による筋力及び体力の低下、骨折後の筋力低下や脳卒中が原因で歩行機能に障害を持つ歩行障害者が多く存在する。これらの障害を負った人々の歩行機能を支援するため、動きを制限する固定下肢装具、体重を支える免荷下肢装具などが用いられている。しかし、下肢装具の多くは一度装着し、固定してしまうと容易に動きの制限を調節することが困難であり、下肢装具を装着した状態で日常生活を送る場合、着用者に肉体的負担しまう。そのため、これらの下肢装具の機能を持ち、なおかつ一時的に固定及び免荷の機能を解除することが容易にできたのなら、着用者に掛かる負担を軽減することが可能だと考えた。そこで、我々が開発した EAM(Electro attractive material:電氣的吸引材料)という、電圧印加によって力の制動が可能な機能性材料を応用したブレーキデバイスを開発した。これを我々は直動型 EAM ブレーキデバイスと呼び、下肢装具に応用することが可能であるか確認するため、性能評価を行った。

2. EAM

EAM とは我々が開発した、シリコンゴム中に分極しやすい微粒子を分散させた後に硬化させたゴムシート状の機能性材料である。この EAM は Fig.1(a)に示すように一対の電極で挟み電圧を印加すると電極との間に吸引力が発生する。さらに、Fig.1 (b)に示すように電極の片方(例えば上部の電極)をスライドさせると電極の動きに対してせん断抵抗力を発生させるという特性を持っている。なお、EAM のせん断抵抗力は、印加する電圧の大きさや、EAM と電極間の接触面積に応じて増減し、また、低電流でせん断抵抗力を発生出来ることが過去の研究⁽¹⁾により確認されている。

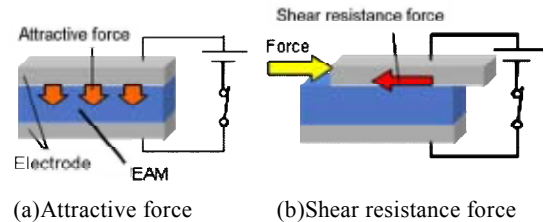


Fig. 1 Force between EAM and electrode

3. 直動型 EAM ブレーキデバイス

開発した EAM の特性を活かし、直動方向にブレーキ力(せん断抵抗力)を発生させることが出来るブレーキデバイスを開発し、我々はこのブレーキデバイスを直動型 EAM ブレーキデバイスと呼ぶこととした。この直動型 EAM ブレーキデバイスは電圧を印加することで、直動する電極(スライド電極)にせん断抵抗力を発生させることが出来る。また、せん断抵抗力は印加した電圧の大きさに応じて調節することが可能である。Fig. 2 に開発した直動型 EAM ブレーキデバイスの外観、Fig. 3 に構造詳細図を示す。ブレーキボックスの大きさは、縦 21[mm]、横 108[mm]、奥行 74[mm]であり、ブレーキボックス内に組み込まれているスライド電極のストロークが 220[mm]である。ブレーキボックスの構造はブレーキボックスに固定された固定電極の上に EAM を貼り付け、その上に直動するスライド電極を重ね、更にその上に EAM、固定電極の順に重ね、これらの電極と EAM を接触し易くするため、スポンジが一番上に重ねた。また、両端のストッパーは押し込みブロックとボルトによって固定し、これらのストッパー間の距離までスライド電極が直動する構造となっている。なお、ブレーキボックス外に露出しているスライド電極は GND 電極であるため人体に接触しても導通しない構造とした。

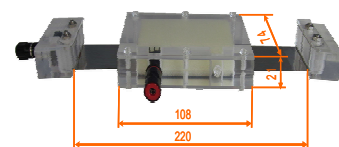


Fig. 2 Appearance of developed the linear EAM brake device

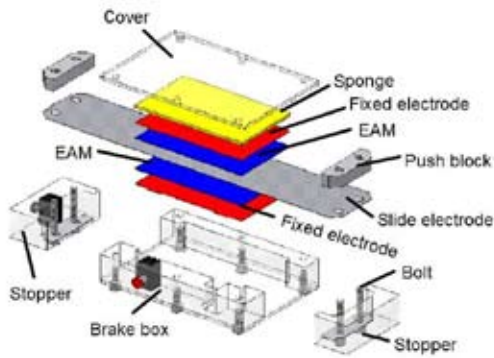


Fig. 3 Structure of developed the linear EAM brake device

3. 直動型 EAM ブレーキデバイスのせん断抵抗力測定

開発した直動型 EAM ブレーキデバイスが発生させるせん断抵抗力と印加電圧の関係を確認するため、せん断抵抗力の測定を行った。

3-1 せん断抵抗力の測定方法

Fig. 4 に測定装置の概要を示す。直動型 EAM ブレーキデバイスを机に固定されたブロックに取り付け、直動型 EAM ブレーキデバイス先端にフックを取り付ける。そのフックに錘を吊り下げ、直動型 EAM ブレーキデバイスに負荷を掛け、せん断抵抗力の測定を行った。このとき、デバイスには 500[V] から 50[V] 毎に放電が起こるまで電圧を印加し、せん断抵抗力の測定を行った。なお、本測定で使用した電源が印加可能な最小電圧が 500[V] であったため、印加電圧は 500[V] 以上とした。

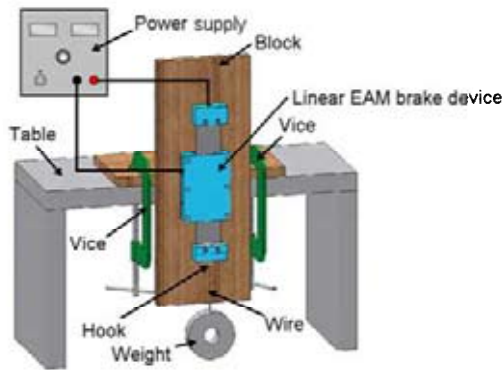


Fig. 4 Schematic diagram of shear resistance force measuring equipment

3-2 結果及び考察

Fig. 5 に直動型 EAM ブレーキデバイスの印加電圧とせん断抵抗力の関係を示す。印加電圧 750[V] 時に放電が発生したため、直動型ブレーキデバイスの最大印加電圧は 700[V] とした。電圧の増加に伴い、せん断抵抗力が増加し、印加電圧 700[V] 時にせん断抵抗力 52.9[N] (5.4[kgf]) を発生させることができた。このように、直動型 EAM ブレーキデバイスは電圧の調節によってせん断抵抗力を調節することが可能であることが確認できた。このことから直動型 EAM ブレーキデバイスを下肢装具へ応用することによって固定と免荷の機能を持ち、固定及び免荷の機能を一時的に解除することが可能な下肢装具の開発が可能であると考えた。そのためには、直動型 EAM ブレーキデバイスが下肢装具として、人体を支えることが可能なせん断抵抗力を発生させる必要があると考え、その方法を検討した。

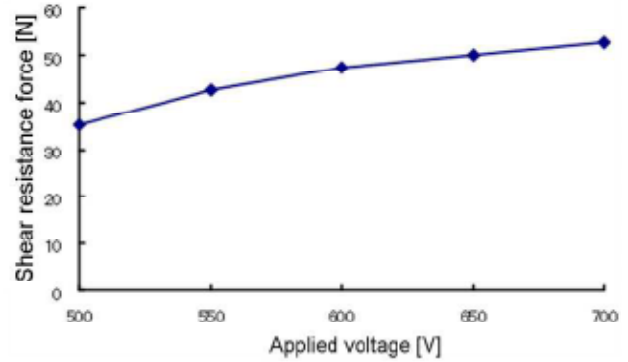


Fig. 5 Relationship between applied voltage and shear resistance force

4. 多層直動型 EAM ブレーキデバイス

4-1 多層直動型 EAM ブレーキデバイス

「2. EAM」で述べた様に、EAM は電極との接触面積を増加させると、せん断抵抗力が増加するが、単に接触面積を増加させると、デバイスの表面積が大きくなってしまい下肢装具として人体に取り付けることが困難となる。そこで、我々は EAM と電極を複数枚重ね多層化することでせん断抵抗力を増加させ、人体に取り付けることが可能な大きさのデバイスが開発出来るのではないかと考えた。「3. EAM を用いた直動型ブレーキデバイス」で述べたブレーキボックス内の固定電極、EAM、スライド電極、EAM、固定電極の順に並べた構造を一つのまとまりとし、これユニットと呼ぶこととした。このユニットを Fig. 6 に示すように多層化することによって、可能な限り小型で大きなせん断抵抗力を発生させることが可能な構造とした。我々はこれを多層直動型 EAM ブレーキデバイスと呼ぶこととした。

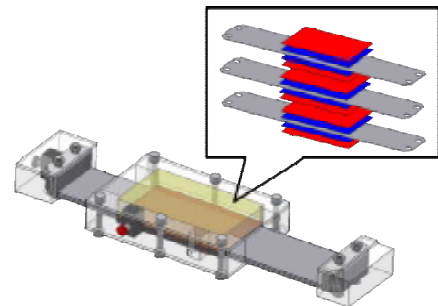


Fig. 6 Schematic diagram of the multi-layer linear EAM brake device

4-2 多層直動型 EAM ブレーキデバイスの抵抗力測定

ユニット数を増加することにより、人体を支えることが可能なせん断抵抗力を発生させることが出来るか確認するため、ユニット数毎のせん断抵抗力を測定した。

4-2-1 せん断抵抗力の測定方法

「3-1 せん断抵抗力の測定方法」で述べた測定方法と同様に多層直動型 EAM ブレーキデバイスをブロックに固定し、錘を吊り下げ負荷を掛けた。そして、印加電圧 500[V] から 50[V] 毎に 700[V] まで電圧を印加し、ユニットの数を、1 ユニットから 3 ユニットまでのせん断抵抗力を測定した。

4-2-2 せん断抵抗力の測定結果

Fig. 7 にユニット数ごとの、印加電圧とせん断抵抗力の関係を示す。どのユニットも印加電圧に応じてせん断抵抗力が変化し、印加電圧 700[V] 時に、1 ユニット時のせん断

抵抗力 5.4[kgf], 2 ユニット時 11.3[kgf], 3 ユニット時 15.3[kgf]が発生し、これらのせん断抵抗力はユニット数とほぼ比例して上昇した。また、Fig.8 に示すようにユニットの数とせん断抵抗力の関係を見ると、ほぼ直線に抵抗力が増加することが確認出来た。これらのことからユニット数を増加させ多層化することによって、ユニット数に伴いせん断抵抗力が増加することが確認できた。

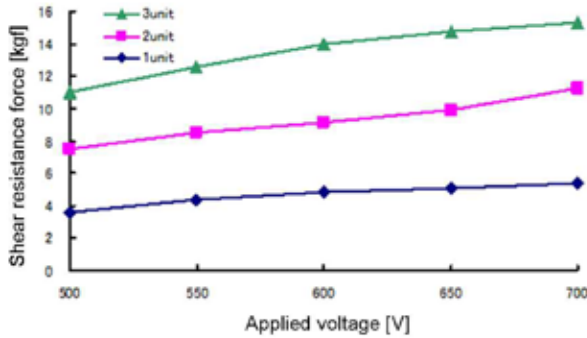


Fig. 7 Relationship between applied voltage and shear resistance force

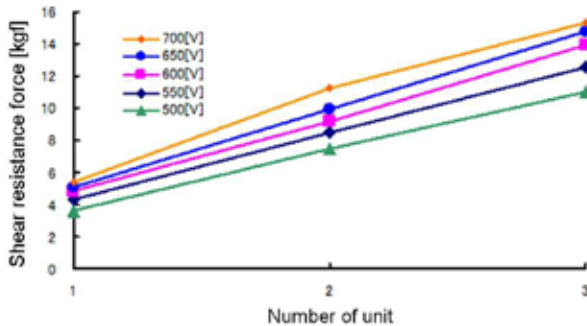


Fig. 8 Relationship between number of unit and shear resistance force

5. 下肢装具への応用の検討

「4-2-2 せん断抵抗力の測定結果」より、多層直動型 EAM ブレーキデバイスはユニット数に伴いせん断抵抗力が増加した。このことからユニット数を増加することで、人間の体重を支えられるせん断抵抗力を発生させることが可能であると考えられる。また、多層直動型 EAM ブレーキデバイスはコイル、磁石等を使用しないため、磁気によって他の機器に影響を及ぼすことが無い。さらに、多層直動型 EAM ブレーキデバイスにせん断抵抗力を発生させるためには高電圧が必要であるが、必要な電流は数[μ A]から数十[μ A]と、低電流であるため、乾電池程度の電力によって使用することが可能である。これらのことから多層直動型 EAM ブレーキデバイスを固定及び免荷下肢装具に応用することが可能であると考えられる。

6. 結言

我々は、EAM(Electro attractive material:電氣的吸引材料)という機能性材料を開発し、これを用いて直線方向の運動に対するせん断抵抗力を発生させることが可能な直動型 EAM ブレーキデバイスを開発し性能評価を行った。直動型 EAM ブレーキデバイスは印加電圧に応じてせん断抵抗力が変化することが分かった。このことから直動型 EAM ブレーキデバイスを下肢装具に応用するため、せん断抵抗力

の増加方法を検討した。そして EAM と電極の構造をユニットとし、ユニットを多層化した多層直動型 EAM ブレーキデバイスを開発し、性能評価を行った。その結果、多層直動型 EAM ブレーキデバイスはユニット数に伴ってせん断抵抗力が増加することが確認出来、ユニット数を増加させることで人体を支えることが可能なせん断抵抗力を発生させることが出来る可能性が見出された。また、多層直動型 EAM ブレーキデバイスは人体や周りの機器に与える悪影響が少ないと考えられ、歩行障害者支援を行う固定及び免荷下肢装具への応用が可能であると考えられる。そのため、今後は多層直動型 EAM ブレーキデバイスの下肢装具への応用方法の検討を行うことにより、実際への応用が期待される。

参考文献

- (1) 伊奈伸弥, 熊谷光一, 山澤朋紀, 寺坂澄考, 三井和幸, EAM ブレーキデバイスを用いたトレーニング機器開発に関する研究, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2011 講演論文集(CD版), 2011