

マジックテープの劣化に伴う変化

北海道札幌啓成高等学校 理数科 10 班

北村翔希 海老子輝 三上詠慎 松岡京平

Once, a member of our group found that Velcro (a.k.a. Magic Tape in Japan) is broken. Then, we carried out the experiment about how durability and form are related to the times of peeling them apart, strength when peeling them apart. Our hypothesis was that durability and form have proportionate relationship to the times of peeling them apart, strength when peeling them apart. However, result was opposite to it, Mohair type one's durability decreased gradually, but later it increased. On the other hand, Standard type's (hooks and loops) one durability changed little.

1. はじめに

私たちの身近にあるマジックテープは現在、宇宙開発などの様々な領域で使用されている。またそのマジックテープの接着方法も多種多様でより強く、より使いやすく、より長持ちするものを目指し様々なものが開発されている。一般的にはマジックテープの接着方法について詳しくは知られていない。マジックテープについての先行研究は数少なく、マジックテープの接着、劣化の具合についての見識を高めることは、身近にあるマジックテープをより良い物に発展させることができると考え、この研究を始めた。

2. マジックテープとは

マジックテープはフックとループが引っかかることで接合する(図1)⁽¹⁾。マジックテープの強度は、フックとループ本体の強度、接合する数によって決まる。今回の実験には標準タイプ(図1左)とモヘアタイプ(図1右)を用いた。標準タイプはループフックともに規則正しく並び、ループは数本が束になって構成される。モヘアタイプはループ部分が標準タイプに比べランダムに広がっている。

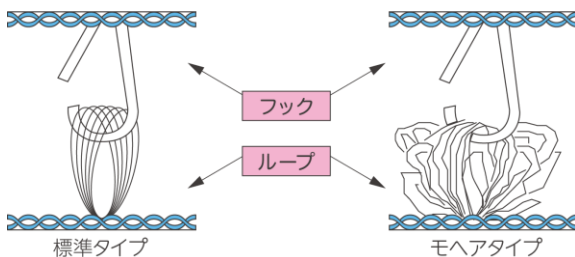


図1 マジックテープの断面

3. 実験

3-1 実験アプローチ

マジックテープは、ホコリや砂、長期間の使用によって劣化すると思われる。しかし、劣化の原因はマジックテープを使用する環境によって大きく変化する可能性がある。つまり、マジックテープの劣化は使用環境(温度、湿度、水没など)によると結論づけられてしまい、機能を復活させるに至る具体的な内容が環境という条件に縛られてしまう。そこで私たちはマジックテープ本体に着目し、同一環境条件下において剥離回数による強度を調べ、その特徴や性質を明らかにしようとした。

3-2 実験方法

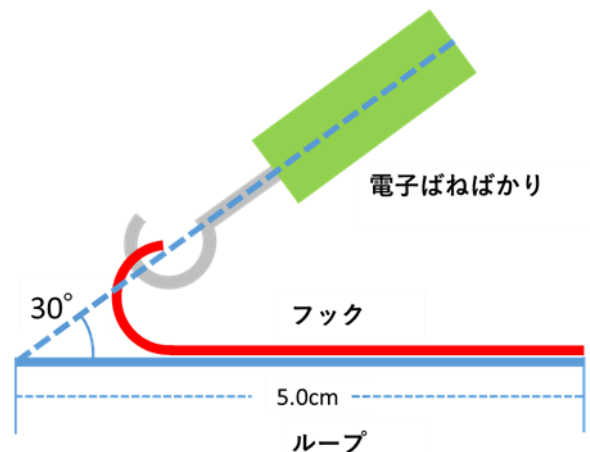


図2 実験模式図

マジックテープはモヘアタイプ(材質:ナイロン100%合成ゴム系樹脂)、標準タイプ(クレラファスニング製、材質:ポリエステル、合成ゴム系粘着剤)を使用す

る。これらマジックテープは縦 2.5cm、横 5cm で、はがす先の端から 1cm に穴をあけ電子ばねばかり（シンワ測定製）を通してはがすときに最低限必要な力（以降はがす力と呼ぶ）を計測する。剥離方法は、マジックテープのループ部分を机に固定し、約 980N で接着し、はがすまでを 1 回とする。はがす角度は 30 度、はがす人を統一して行う。各タイプともに、1 回目、100 回目、200 回目と、100 回ごとに計測する。データの変動が大きいため、計測は各計測回目から 10 回の平均をとる。

4. 結果

4-1 標準タイプ

標準タイプははがした回数が増えても強度に目立った変化が見られなかった（図 3）。ループ部分の束に広がりが見られた。

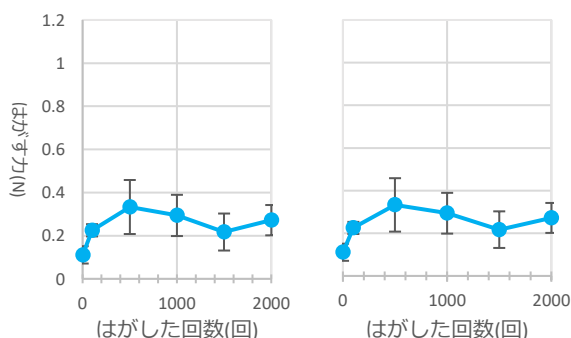


図 3 標準タイプのはがす力の変化

4-2 モヘアタイプ

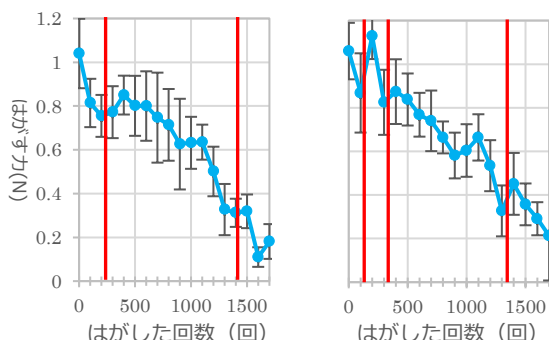


図 4 モヘアタイプのはがす力の変化

* 実験日が日付をまたいだ地点に線を入れた。

モヘアタイプは標準タイプよりはがした回数が少ないときははがす力が全体的に強いといえる（図 3、図 4）。ただし、はがした回数の増加に従ってはがす力がだんだん

と減少し 1700 回あたりではがす力が約 0.2 (N) で標準タイプと同程度のはがす力となった（図 4）。

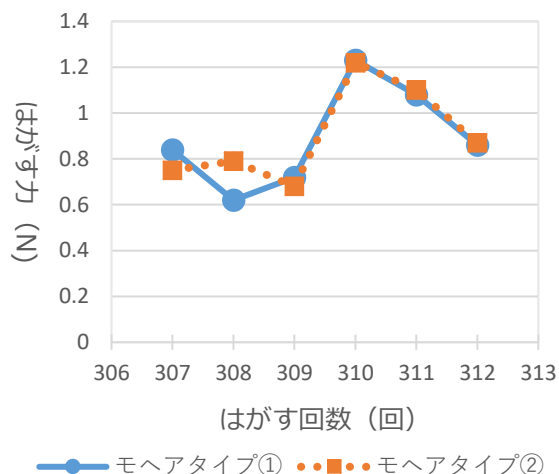


図 5 時間経過時のはがす力の変化

さらに図 4 を分析すると、実験後にマジックテープを長時間放置するとマジックテープのはがす力が一時的に回復することが分かった（図 4 の線部）。尚この時のマジックテープは接着状態を維持したままにした。図 5 は 300 回付近のモヘアタイプ①、②のはがす力の変化である。時間が経過した 309 回目と 310 回目の間ではがす力が大きく増加したことが分かる。

ループの状態は手ではがす方向に従って大きく乱れた。はがすときにマジックテープから白い粉が出現した（図 6）。特に 1～100 回で多く見られ、白い粉の中にはちぎれたループの断片の物のようなものがあり、本体の劣化と関係していると思われる。



図 6 マジックテープから出現した白い粉

5. 考察

モヘアタイプは、実験後に長時間放置することではがす力、つまり接合力が増加していることが分かった。この結果よりモヘアタイプの強度はフックとループが接合する状態に大きく起因すると考えられ、はがすことでループが広がることが分かった（図6、図7）。ループの広がりが大きければ大きいほど奥までフックが引っ掛からないので、はがす力が低下すると考えられる。またはがす力が回復する現象に関しては、放置する時間が経過することによってループの広がり小さくなるため一時的に回復すると考えられる。時間経過によってループの広がり小さくなる原因は分かっていない。考えられる原因として、重力や弾性力の影響によりループ自体が小さくなるからだと考える。今後検証していきたい。



図7 一日後のモヘアタイプの断面図

6. まとめ

6-1 標準タイプ

標準タイプはループとフックがきれいに並びその形状も小さいのでモヘアタイプに比べてはがす力が小さく低下しやすい。また、標準タイプはモヘアタイプに比べはがすときのフックとループの損失が少ないため、はがす力は小さい値で推移する。

6-2 モヘアタイプ

モヘアタイプはその形状から、標準タイプに比べはがす力は大きい。しかし、ループ部分が綺麗に並んでいるわけではないので、その分はがす力にばらつきが生じる。はがす力が大きいがために、はがすときのフック自体の損失も激しくなり、劣化の度合いも大きい。モヘアタイプの特徴としてちぎれかかったループなどが広がるが、その広がりを放置することで小さくなり、時間経過後のはじめのはがす力が時間経過前と比べ増加する。

6-3 今後の展望

マジックテープの強度には、大きく剥離強度とせん断強度に分けられ⁽²⁾、今回の実験では剥離強度で実験した。剥離強度でははがす方向に従ってループが変化したため、せん断強度ではどのようにループ部分が変化するのかを検証したい。また長時間経つことでループが復活する原因やはがす条件などを変えて実験を行っていきたい。

7. 謝辞

YKK（株）ジャパンカンパニー様にはマジックテープの劣化の仕組みについて教えていただきました。ありがとうございました。

8. 参考文献

- (1)YKK（株）HP より「面ファスナーの原理・分類」https://lynco.ykkfastening.com/shop/pages/about_products_41.aspx（最終閲覧日 8月23日）
- (2)同上より「面ファスナーの強度」、https://lynco.ykkfastening.com/shop/pages/about_products_37.aspx（最終閲覧日 8月23日）