靴および靴材料の試験法
４．甲材料、裏材料、中敷の耐摩耗性

都立皮革技術センター台東支所

はじめに

甲材料とは靴の甲部､すなわち靴の上側、足の甲を被う部分に使われる材料である。裏材料とは履き心地や感触をよくするために甲材料の裏に貼り付けられる材料である。中敷とは靴内部底面の、足の裏が接触する部分に使用される材料である。いずれにも天然皮革、合成材料、織物など様々な素材が使われる。

靴を履いて歩いていると、左右の靴同士の摩擦、甲部表面とズボンの裾の摩擦、甲部表面と路面などの他の物質との摩擦が生じる。靴の手入れ時にはブラシや布で甲部表面を摩擦する。また、靴の歩行時には靴内部と靴下の間で絶えず摩擦が起きており、裏材料と中敷が摩耗する。特に足が汗をかき靴下が水分を多く含む状態になると摩耗が激しくなる。

甲部表面、裏材料、中敷が短期間のうちに摩耗してしまうと着用者は不満をもち、時にはクレーム問題になりかねない。例として婦人用サンダル（図１）､婦人靴（図２）の中敷が短期間の着用で摩耗したケースを示す。

このようなトラブルを防ぐためには、乾燥状態および湿潤状態における甲材料、裏材料、中敷の耐摩耗性を予め調べておく必要がある。

図１　婦人用サンダルの中敷が短期間で摩耗した例

図２　婦人靴の中敷が短期間で摩耗した例

１．甲材料、裏材料、中敷の耐摩耗性試験の趣旨

皮革技術センター台東支所では、甲材料、裏材料､中敷の耐摩耗性試験をISO17704｢履物-甲材料､裏材料､中敷の試験法-耐摩耗性｣に基づき、マーチンデール摩耗試験機（Martindale abrasion tester）を用いて行っている。これは乾燥状態および湿潤状態において甲材料、裏材料、中敷の表面をマーチンデール摩耗試験機用の標準摩擦布で摩

擦したときの抵抗力を調べるものである。

〔注意〕マーチンデール摩耗試験機は、J. G. マーチンデールが1940年代初期に、英国羊毛工業研究協会（Wool industries research association）の援助の下で開発した試験機である。織物・編物の耐摩耗性試験法にはマーチンデール法の他に、ユニバーサル法、スコット法、テーバ法、アクセレロータ法などがある。これらは紙やすりを研摩材に使用したり、マーチンデール法に比べ試料に加える圧力や摩擦速度が大きいという特徴があり、やや苛酷な試験法である。実際の靴着用時に起こる摩耗と最も近い摩耗を再現できるのがマーチンデール法であるという報告[1)]があり、そのためISO17704に採用されたと考えられる。

２．マーチンデール摩耗試験機

マーチンデール摩耗試験機を図３に示す。本試験機は、直径125mmの円形摩擦台と試料保持具（図４）を備える。試料保持具は内部（試料支持台）、下部（締め付けリング）、上部（押圧重り受け）の３個の部品から成る。試料保持具内部の直径は約28.7mm、面積は約645mm^{2}である。これが試験面の面積となる。

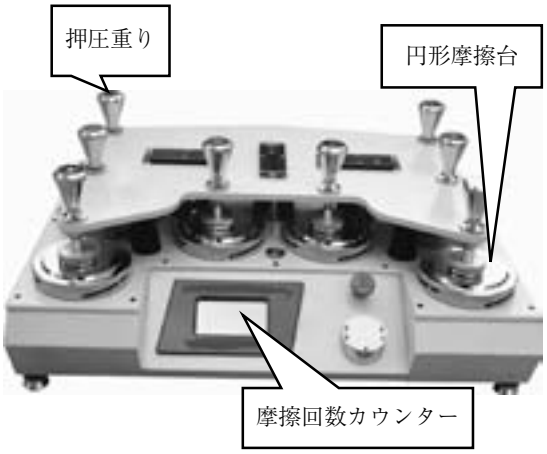

図３　マーチンデール摩耗試験機

３．試験手順

抜き型を用い、直径40mmの円形試料を作成する。乾燥・湿潤それぞれ１試験につき少なくとも２個の試料が必要である。試料を試料保持具（図４）に取り付ける（図５）。円形摩擦台にはフェルトパッドとその上に毛織布（粗毛の畝（うね）織り）の標準摩擦布（図６）を固定する。

試料保持具に押圧重りを乗せ、12kPaの圧力をかけてフェルトパッドと標準摩擦布

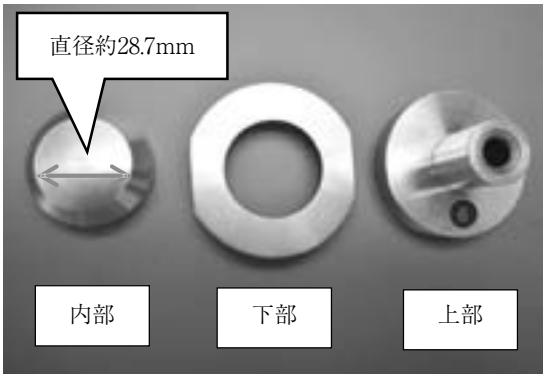

図４　試料保持具一式
（試料保持具一式と押圧重りを合せた重量は約0.8kgである）

図５　保持具に取り付けられた試料

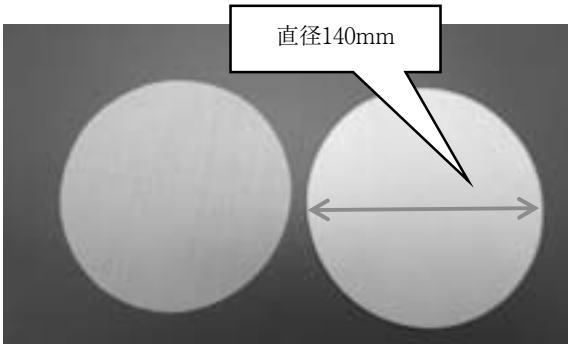

図６　標準摩擦布（左）とフェルトパッド（右）
（ともに直径140mm）

が固定された円形摩擦台と試料表面を接触させる。

なお、乾燥試験においては、温度20℃、相対湿度65%の環境に試料を48時間以上置き、調湿してから試験を行う。

〔注意〕前述のように、試料の摩擦面積は約645mm^2、試料保持具一式と押圧重りを合せた重量は約0.8kgである。したがって、試料摩擦面にかかる圧力は、0.8×9.80665÷645×1,000＝12kPaとなる。ちなみに、JIS L 1096 織物及び編物の生地試験方法 8.19.5 E法（マーチンデール法）では、試料摩擦面にかける圧力は、家具・カーペット用生地で12kPa、衣料用生地で９kPaと定められている。靴材料である甲材料、裏材料、中敷の耐摩耗性試験については前者が適用されていることになる。

毎分48回の速度でリサジュー図形（Lissajous figure, 図７）を描くように試料保持具を作動させ、すべての方向に摩擦を起こす（図８）。乾燥状態で行う試験と湿潤状態で行う試験があり、湿潤試験の場合は標準摩擦布とその下に敷くフェルトパッドに水を含ませる。

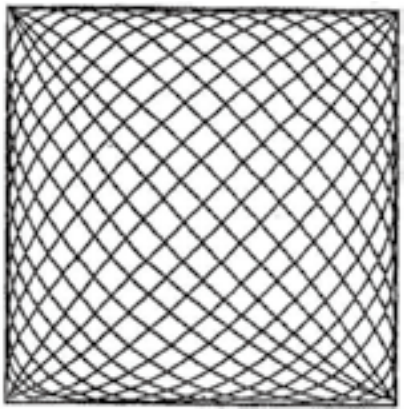

図７　リサジュー図形

〔注意〕リサジュー図形はリサジュー曲線（Lissajous curve）とも言われ、互いに直交する二つの単振動を順序対として得られる点の軌跡が描く平面図形と定義されている。元々は音響工学に関する用語である。1855年にフランスの物理学者ジュール・アントワーヌ・リサジューが考案したと言われる。振動の振幅、振動数、初期位相の違いによって、多様な図形が描かれる。図７に示した図形はリサジュー図形の一例である。マーチンデール摩耗試験機の試料保持具は図７に示す図形のように動き、試料表面と標準摩擦布が全方向に万遍なく摩擦されるように設計されている。

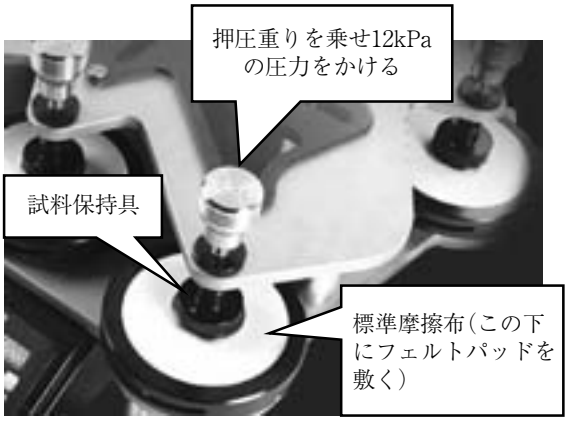

図８　マーチンデール摩耗試験

なお、本試験に用いる標準摩擦布の仕様はISO17704の4.2に規定されている。詳しい情報を求める人は参考にされたい。標準摩擦布の表面と裏面には違いがあり、本試験には表面の方を使用する。出荷時に表面を上にして梱包しているので、使用の際は表裏を取り違えないよう注意が必要である。

フェルトパッドの仕様は17704の4.6において、単位面積当たりの重量は575～800 g/m^2、厚さは2.0～3.5mmと規定されている。フェルトパッドは両面とも使用可能で、変色や厚さの減少など大きな損傷が見られない限り再利用も可能である。ただし、湿潤試験に用いたものは湿潤試験のみに再利

用することとする。

標準摩擦布とフェルトパッドに水を含ませる際、ただ水に浸すだけでは水が完全に浸透しない。水を完全に含ませるには、標準摩擦布とフェルトパッドを水に漬け煮沸する方法がある。台東支所では、蒸留水の入ったビーカーに浸した標準摩擦布とフェルトパッドを入れ、真空ポンプを用い減圧し、両者に十分な水を浸透させている。摩擦回数が6,400回を超えた場合は、後述の各点検段階で標準摩擦布を再湿潤させ、適度の水分を保つようにする。

４．結果の表示

ISO17704の6.2.12では、試料の点検と標準摩擦布の再湿潤（湿潤試験の場合）を行う摩擦回数を表１のように推奨している。

ただし、台東支所では、摩擦回数1,600回、3,200回、6,400回、12,800回（湿潤試験での上限回数）、25,600回（乾燥試験での上限回数）の時点で試料を保持具から取り外し、試料表面の摩耗程度、剥がれ、変色等を点検・観察している（この理由は性能要件の項で後述する）。そして「変化なし」、「きわめてわずかに～」、「中庸に～」、「激しく～」、「ほとんど～」、「完全に～」ということばを付けて記録する。ただし、上記の摩擦回数に至らないうちに試料に損傷が見られた場合はそこで試験を終了することもある。

表１　試料の点検と標準摩擦布の再湿潤を行う摩擦回数

摩擦回数	試料の点検	標準摩擦布の再湿潤
1,600	○	×
3,200	○	×
6,400	○	○
12,800	○	○
25,600	○	○
38,400	×	○
51,200	○	×

本試験については成績書に試験終了後の試料を半分に切って貼付している（もう半分は台東支所保管用である）。これは文言だけでは摩耗の程度がわかりにくい場合もあり、実際の試料を見て、摩耗度を依頼者自身に判断してもらうためである。図９と図10にマーチンデール摩耗試験（湿潤）後の試料と結果の記述例を示す。

図９　マーチンデール摩耗試験（湿潤）後の試料（１）
左：50回で周辺部が摩耗した
中：500回で激しく摩耗した
右：1,600回で完全に摩耗した

図10　マーチンデール摩耗試験（湿潤）後の試料（２）
左：12,800回で穴が開いた（皮革）
右：6,400回で穴が開いた（布）

５．性能要件

ISO/TR 20879「履物-靴材料の性能要件-甲材料」とISO/TR 20882「履物-靴材料の性能要件-裏材料と中敷」に甲材料、裏材料、中敷の耐摩耗性の性能要件（いわゆる基準値）が定められている。その中から紳士タウンシューズ（Men's town footwear）と婦人タウンシューズ（Women's town footwear）に関する耐摩耗性の性能要件を抜粋し、表２にまとめた。乾燥試験よりも湿潤試験の方が基準となる摩擦回数が少ないのは、湿潤試験の方がより過酷な試験であるからである。なお、前述のように台東支所では湿潤試験の上限回数を12,800回、

乾燥試験の上限回数を25,600回としているのは、この性能要件を踏まえてのことである。

裏材料と中敷においては、耐摩耗性の性能要件は基本的性能要件（Essential requirements）として重視されている。しかし、甲材料においては基本的性能要件ではなく、補助的性能要件（Additional requirements）である。これは甲材料同士あるいは甲材料と他の素材との擦れ合いは、靴内部と靴下のそれに比べると柔和であると判断してのことと考えられる。

甲材料については「中庸の摩耗度より劣らないこと」（No worse than moderate abrasion degree）というやや曖昧な表現が使われているが、「中庸な摩耗度」が具体的にどの程度なのかは意見が分かれるところである。

裏材料においては、「穴が開かないこと」（without hole through the thickness of the material component）と明確に規定されている。中敷に関しては摩耗回数のみで、摩耗度の内容については規定されていない。これはこの回数で品質的に、また美的見地からも商品価値が損なわれない程度の耐摩耗性をもつこと、と解釈されよう。

表２　耐摩耗性の性能要件

	紳士タウンシューズ	婦人タウンシューズ
甲材料	乾燥　12,800回 湿潤　6,400回 中庸の摩耗度より劣らないこと	乾燥　12,800回 湿潤　6,400回 中庸の摩耗度より劣らないこと
裏材料	乾燥　25,600回 湿潤　6,400回 穴が開かないこと	乾燥　25,600回 湿潤　3,200回 穴が開かないこと
中敷	乾燥　25,600回 湿潤　6,400回	乾燥　25,600回 湿潤　3,200回

６．マーチンデール摩耗試験を依頼するときの注意点

（１）試料保持具に取り付けられないような厚い試料、硬い試料は試験することができない。依頼試験受付の際にはこの点の確認が必要である。

（２）乾燥・湿潤それぞれの１試験において２～３個の試験片を必要とするので、乾燥あるいは湿潤どちらか一方の試験であれば10 cm四方程度、両方であれば15 cm四方程度の大きさの試料が必要である。

（３）乾燥・湿潤それぞれ１試験の手数料は6,300円である。乾燥・湿潤両方の試験を行うと12,600円となる。甲材料、裏材料、中敷の耐摩耗性を適切に把握するには乾燥・湿潤の両方の試験を行うことを推奨する。どちらか一方ということであれば、より過酷な試験である湿潤試験の方をお勧めする。

参考文献

１）Rippon, J. A. and Leedesr, J. D., Text. Chem. col., **17**, 74 (1985)

その他に、本原稿を執筆するに当たり、下記の文献を参考にした。

・ISO17704 Footwear - Test methods for uppers, linings, and insocks-Abrasion resistance (2004)
・ISO/TR 20879 Footwear - Performance requirement for components for footwear - Uppers (2007)
・ISO/TR 20882 Footwear - Performance requirement for components for footwear - Lining and insocks (2007)
・Harvey, A. J., Footwear materials and process technology, A Lasra publication, 1999
・JIS L 1096 織物及び編物の生地試験方法 8.19.5

E法（マーチンデール法）（2010）
・皮革ハンドブック，日本皮革技術協会編，第１刷（2005）
・靴　科学と実際，日本はきもの研究会編，初版（1987）
・百靴事典，シューフィルC&Cネットワーク編（2004）
・新版繊維製品消費科学ハンドブック，日本繊維製品消費科学会編，光生館，初版第１刷（1988）