靴および靴材料の試験法
1．ヒール耐疲労性

都立皮革技術センター台東支所

はじめに

靴の品質を評価する最も確実な方法は、実際にその靴をある程度の期間履いてみて、着用中に問題が起こらないかどうかを調べる方法、いわゆる「試し履き」である。しかし、これには多大な手間、時間、コストがかかる。また、完成品になる前の段階、すなわち靴材料の段階で個々の靴材料の品質を把握しておく必要もある。そのため靴および靴材料の品質を実験室内で、試し履きよりも少ない手間、時間、コストで確認できる試験法と試験機が開発されている。

本誌では皮革技術センター台東支所が依頼試験として行っている靴および靴材料の試験法の解説を数回にわたって連載する予定である。

図１は平成24年度の台東支所依頼試験件数を円グラフにしたものである。全2,527件のうち、ヒール取付強さが1,151件(45.5%)、ヒール耐疲労性が286件（11.3%)、ヒール衝撃強さが219件（8.7%）である。このヒール関連の３試験が全体の65.5%を占めている。このことはヒール関連試験の重要性を裏付けている。婦人靴、特にハイヒール靴を履いているときに、ヒールが取れたり、ヒールが折れたりすれば怪我につながりかねない（図２)。

連載第１回目はヒール耐疲労性試験について解説する。なお、ヒール取付強さは靴本体とヒールの固定程度を調べる試験であるのに対し、ヒール耐疲労性とヒール衝撃強さはヒール単体の強度を調べる試験である。

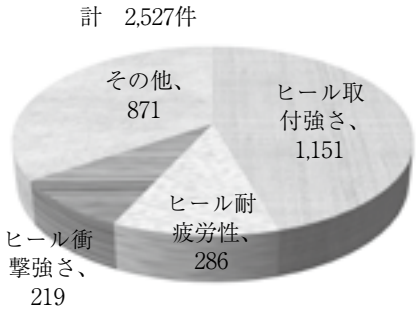

図１　平成24年度の依頼試験内訳

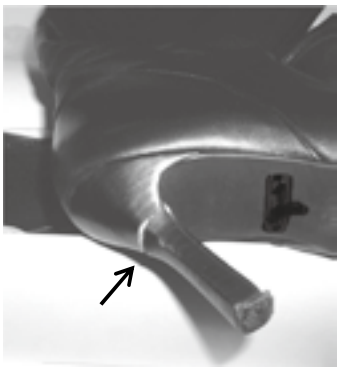

図２　ヒール折れ事故例

１．ヒール耐疲労性試験の趣旨

ヒール耐疲労性試験はISO19956「履物-ヒールの試験方法-耐疲労性」に基づいて行われる。本試験の趣旨は、通常の歩行において婦人靴のヒールが反復して受ける横方向の小さな衝撃に対するヒールの抵抗力を調べることである。ヒール衝撃強さが、走ったり、階段を駆け上ったり踏み外した

りしたときなどにヒールに偶発的に加わる重度の打撃を想定しているのに対して、ヒール耐疲労性は通常の歩行における小さな衝撃の積み重ねを想定したものである。

２．ヒール疲労試験機

ヒール疲労試験機を図３に示す。仕様はおよそ以下のとおりである。

（１）モーター駆動の振り子を有する。その振り子は、３つの部分から成る。直径12.5mmのシャフト、直径57mm、厚さ20mmの重り、幅20mm、長さ35mm、厚さ６mmの打撃ヘッドである。重りの中心からシャフトの回転の中心までの距離は152mmである（図４）。ちなみに重りと打撃ヘッドを合わせた重量は約367gである。

（２）打撃シャフトは１秒間に１回の速度でヒールを打つ。１回の打撃のエネルギー量は0.68Jである。

ジュール（Joule，記号：J）とは、国際単位系（SI）におけるエネルギー、仕事等の単位である。その名前はイギリスの物理学者ジェームズ・プレスコット・ジュールに因む。１Jは「１Nの力が力の方向に物体を１m動かすときの仕事」と定義されている。なかなか実感するのが難しい単位であるが、「１Jは地球上でおよそ102g（小さなリンゴくらいの重さ）の物体を１m持ち上げるときの仕事に相当する」と言えばややわかりやすいだろうか。

なお、ニュートン（Newton，記号：N）も国際単位系における力の単位である。その名前はイギリスの物理学者アイザック・ニュートンに因む。１N ＝ １kg・m・s^{-2}、すなわち「質量１kgの物体に１m毎秒毎秒（m/s^2）の加速度を生じさせる力」と定義されている。１kgの荷物を地球の重力に抗して持っているときの力は、地球の重力加速度が約9.8m/s^2であるから、１kg×9.8m/s^2＝ 9.8Nとなる。

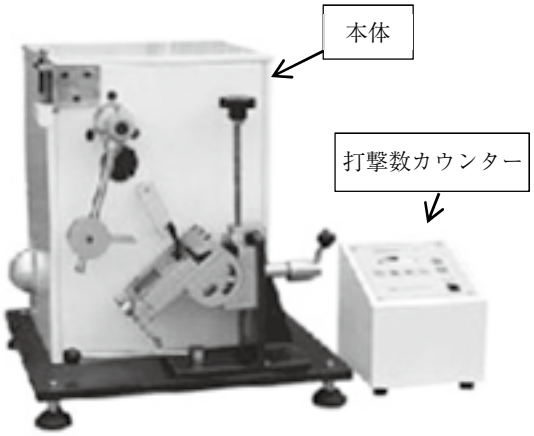

図３　ヒール疲労試験機

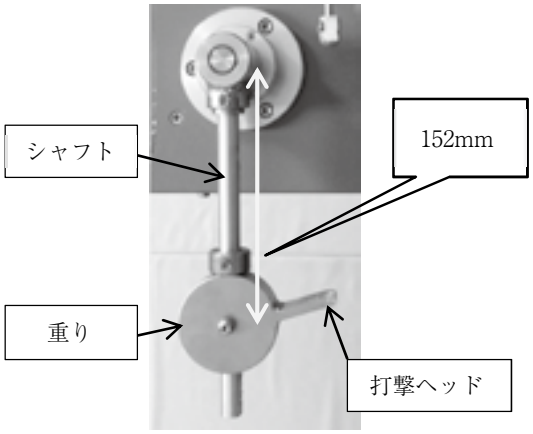

図４　ヒール疲労試験機の振り子部

先に「ヒール疲労試験機の１回の打撃のエネルギー量は0.68Jである」と記したが、0.68という中途半端な数値がなぜ出てきたのだろうか？　これはこの試験法が、フィート（ft）と重量ポンド（lbf）といういわゆる帝国単位を用いる英国で開発されたことと関係がある。元々はSATRA（英国靴研究所　Shoe and Allied Trades Research Association）が1958年に考案した試験法であった（SATRA Testmethod PM21）。修正が施されBS（英国規格 British Standards）のBS5131 Section 4.9、次いでISO（国際標準化機構International Organization for Standardization）に採用

され国際的な試験法となった。元々、SATRAはヒール疲労試験機の１回の打撃のエネルギー量を0.5 ft・lbfに設定した。１フィートは約0.305m、１重量ポンドは約4.45Nである。したがって、0.5 ft・lbfを国際単位に変換すると、0.5×0.305×4.45＝0.68Jとなる。

ちなみに本試験機の１回の打撃が与える0.68Jというエネルギーは体感的にどの程度のものであろうか？　仮に誤って振り子で指先を打ってしまった場合、相当の激痛が走るはずである（試験中にはこのような事故が起こらないよう十分な注意が必要である）。実際に婦人靴を履いて歩いているときに、一歩がヒールに与える衝撃よりも、本試験における１回の打撃がヒールに与える衝撃は相当高く設定されていると言えよう。これはヒール耐疲労性に限らず、ほとんどの試験法で採用されている手法である。日常的にかかる負荷の数倍の負荷を製品にかけることにより、比較的短時間で製品の品質を把握するための工夫である。

３．試験手順

本試験の手順はおよそ以下のとおりである。

（１）金属製固定皿にヒールを置き、低融点金属を流し込み、ヒールを固定する（図５）。試料は３個用意する。

（２）金属製固定皿に固定したヒールを、ヒールの先端を上に向け、ヒールの後部が打撃ヘッドに当たるように試験機に取り付ける。打撃ヘッドがヒールの先端から６mmの部位（トップピースの厚さは含まない）をヒール軸に対して直角に打つよう調節する。

（３）打撃回数を示すカウンターを０にリセットし、打撃を開始する。打撃ヘッドはヒールの後方を前方に向かって繰り返し打つ。このとき、振り子はほぼ水平の位置からほぼ垂直な位置へと落下する（図６、図７）。打撃回数の上限は20,000回である。打撃速度は１秒間に１回であるから、20,000回の打撃には20,000÷60÷60＝5.56時間、すなわち約５時間30分を要する。

（４）ヒールに損傷が生じた場合は、そのときカウンターの示す打撃回数と損傷の状態を記録する。

（５）本試験機には自動停止装置が組み込まれており、ヒールが大きく破損し、振り子がヒールを打ち損なうと振り子とカウンターは自動停止する。

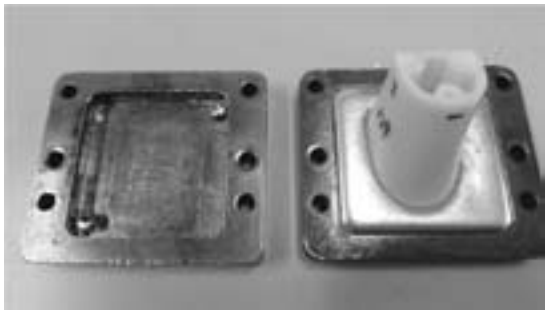

図５　金属製固定皿（左）にヒールを鋳込んだ状態（右）

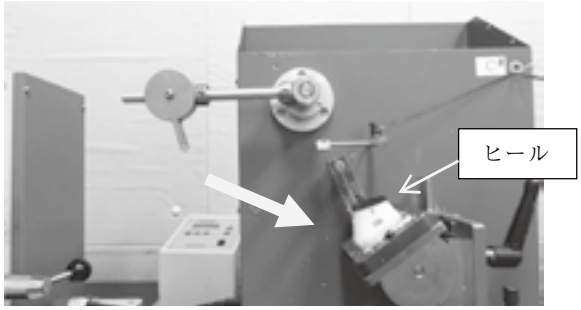

図６　ヒール耐疲労性試験（打撃前）

図７　ヒール耐疲労性試験（打撃時）

４．結果の表示

３個の試料について、ひび（Cracking）、破損（Damage）、破壊（Complete failure）が起きたときの打撃回数（Blows）を記録する。20,000回打撃してもこれらが起こらなかった場合は、「20,000回破損せず」と表示する。例えば10,000回の打撃でひびが入ったが、20,000回打撃しても破壊しなかった場合は「10,000回ひび。20,000回完全には壊れなかった」と表示する。

ただし、打撃部にひびや破損が見られたときは、その旨を表示する。打撃部で起きたひびや破損は本試験では有効と認めない。それらは打撃ヘッドが鏨（たがね）としてヒールに作用したものであり、歩行により生じる破損とは性質が異なると考えてのことである。したがって、打撃部に損傷が生じた場合は、参考データとしてその旨を表示する。

図８に本試験後のヒールの例を示す。図９は破壊部分を拡大したものである。ヒールの原料であるABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）樹脂が破壊され、ヒール内部に埋め込められた補強芯が見えている。図10は打撃部に入ったひびを拡大したものである。

図８　ヒール耐疲労性試験後の試料

左：4,124回破壊。
中：20,000回破損せず。15,000回で打撃部にひび。
右：20,000回破損せず。

図９　破壊部分

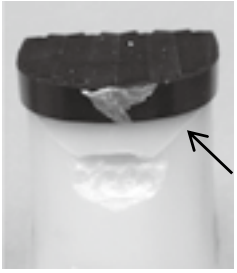

図10　打撃部のひび

５．性能要件

ISO/TR 20573「履物-靴材料の性能要件-ヒールとトップピース」では、婦人タウンシューズのヒール耐疲労性の性能要件（いわゆる基準値）を「14,000回以上」としている。この数値を甘いと見るか厳しいと見るか議論の分かれるところである。

靴卸売会社の中には「20,000回破損せず」を靴工場との取引の際の性能要件としているところもある。オープンにはされていないが、各社がそれぞれの社内品質規格を定め運用しているようである。

６．ヒール耐疲労性試験を依頼するときの注意点

（１）ISO19956は１試験において、同型番のヒールを３個試験するよう定めている。同型番のヒールでも結果にばらつきが出ることもあり、品質が一定かどうかを調べるためにも３個の試験を推奨する。試験手数料は4,920円である。依頼者の都合により、原則を離れ１個あるいは２個のヒールで試験することもあるが、このときの試験手数料も同じく4,920円である。

なお、同型番のヒールでも、靴のサイズに合わせて大・中・小（あるいはL・M・S）などのサイズに分けて成型されている場合がある。例えば、20.0～22.0 cmの靴には小のヒール、22.5～23.5 cmの靴には中のヒール、24.0～25.0 cmの靴には大のヒールを取り付けるといった具合である。型番

と原料は同じでも若干大きさと形が異なることになる。このような場合、試験手数料はよりかかってしまうのだが、やはり各サイズのヒールを試験することをお勧めする。実際に依頼試験で持ち込まれたヒールで、大と中は十分な強度があったが、小は少ない打撃で破壊したというような例がある。

（２）本試験はヒール単体の強度を調べるものであり、靴の状態では試験できない。ヒールを靴から取り外して試験してほしいという依頼者もときどきいるが、靴から取り外したヒールにはすでにピンを打ち込んだ穴が開いている。また取り外しの際にヒールに負荷がかかり損傷する場合もある。したがって、靴から取り外したヒールで本試験を行うことは推奨できない。

（３）基本的にハイヒールを対象とした試験なので、低いヒール（図11に示す測定法でおよそ35mm以下のもの）や形状が特殊なもの（例えばウエッジヒール。かかと部から踏まず部まで一体になっているクサビ型のヒールで船底型ヒールとも呼ばれる）は試験機にかけることができない、すなわち試験できない場合がある。依頼試験の受付時には、ヒールの高さや形状を把握し、本試験を行えるかどうか判断することが重要である。

図11　ヒールの高さ測定
この測定法で35mm以下のヒールは測定不能

（４）ヒールの側面に革などを巻いたヒール、いわゆる巻きヒールの場合、そのままではヒール本体に生じたひびや損傷を判定することが困難なので、巻かれた素材を剥がしてから試験する（図12）。

図12　巻きヒール（左）と巻き革を剥いだ状態（右）

参考文献

本原稿を執筆するに当たり、下記の文献を参考にした。

・ISO 19956　Footwear - Testmethods for heels - Fatigue resistance (2004)
・ISO/TR 20573 Footwear - Performance requirements for components for footwear - Heels and top pieces (2006)
・SATRA Testmethod PM21
・Harvey, A.J., Footwearmaterials and process technology, A Lasra publication, 1999
・皮革ハンドブック，日本皮革技術協会編，第１刷（2005）
・百靴事典，シューフィルC&Cネットワーク編（2004）
・靴　科学と実際, 日本はきもの研究会編, 初版, 1987