婦人靴のヒール取付強さに関する研究
（３）新測定法の検討

都立皮革技術センター台東支所　**砂　原　正　明**

平成21年度から平成23年度の３年間、皮革技術センター台東支所が行った「婦人靴のヒール取付強さに関する研究」の第三報（最終報）である。

1.　はじめに

現在、市場では様々なデザインの婦人靴が販売されており、中にはヒール取れ事故を起こす危険性のあるものも見受けられる。ヒール取れ事故は着用者の怪我に直接つながるだけに一層の品質管理と安全性の確保が靴業界に求められている。平成23年度に皮革技術センター台東支所に持ち込まれた依頼試験件数の内、約42%がヒール取付強さであることからもその重要性が伺われる。

現在、婦人靴のヒール取付強さの測定法はISO 22650に定められている。これは婦人靴の爪先を固定し、ヒールの先端を踵方向に引っ張り、ヒールが取れるまでの最大荷重と200 N負荷時の変形（mm）および400 N負荷をかけた後その負荷を除いたときの変形（mm）を求める測定法である（図１）。しかし、現実にはヒール先端に後方から力が加わりヒールが取れる事故もあり（図２、図３参照）、それに対応した測定法が求められている。そこで、踵側から爪先方向にヒールに力を加える測定法を３種類、婦人靴のヒールシート部（ヒールが取り付けられる、靴の底面部位）を上から押す方式の測定法を１種類考案し、試作靴と市販靴を用い検討した。

図１　ISO 22650に基づくヒール取付強さの測定

図２　後方からの力でヒールが取れた事例（参考）

図３　後方からの力でヒールが損傷した事例（参考）

2.　実験方法

2.1　実験試料

2.1.1　新測定法検討用の試作靴

新測定法検討用の試作靴を28足作成した（図４）。ヒール高さは73mm（トップピースの厚さを加えると79mm）である。前々報１）、前報２）の実験で用いた靴材料の内、ヒールはヒールA-１（硬度91）とA-３（硬度107）の２種類、ヒールピンはヒールピン２の１種類、センターピンはセンターピン２の１種類、シャンクはシャンク２の１種類、シートボードはシートボード１の１種類を用いた。ただし、ヒールを靴本体に固着するピンの本数は、ヒールピン４本のものとヒールピン４本+センターピン１本のものの２種類とした（図５）。後者の場合、故意にセンターピンの頭部がシャンクの穴に引っ掛からないようにセンターピンを打ち込んだ。これは試作靴のヒール取付強さがあまりに高いと試験機のロードセルの許容範囲を超えてしまいデータの比較が困難になる可能性があると判断したためである。また、ヒールと表底の接着方法の一製法である「まくり」は採用しなかった。なお全試作靴のヒール取付強さ部のX線撮影を行い、ピンの折れや曲りがないことを確認した（図６）。

2.1.2　新測定法検討用の市販靴

D社より４種類の婦人靴を計48足購入した（図７）。その内訳は以下のとおりである。

・市販靴１：ヒールは試作靴のヒールと同形でヒール高さはトップピースも含めて78mm（以下同様）、まくりなし（いわゆる「ぶっつけ」）。
・市販靴２：ヒールは市販靴１に比べ細目でヒール高さ90mm、まくりあり。
・市販靴３：ヒールは細くヒール高さは106mmと高く、まくりなし。
・市販靴４：市販靴３と同様、ヒールは細くヒール高さ109mm、まくりあり。

図４　試作靴外観

図５　試作靴のピンの本数
（左：ヒールピン４本、右：ヒールピン４本+センターピン１本）

図６　試作靴ヒール取付部のX線検査

図８　まくりの有無
（左：まくり有り、右：まくり無し）

図７- １　市販靴１

図７- ２　市販靴２

図７- ３　市販靴３

図７- ４　市販靴４

図８に「まくり」の有無を示す。

2.2　実験方法

2.2.1　試作靴による新測定法の検討

2.2.1.1　踵側から爪先側にヒールを押す測定法の検討

INSTRON社製万能材料試験機（4301型）を用い、爪先を固定し、ヒールに対して踵側から爪先側に力を加え、ヒールが取れるまでの最大荷重（N）を測定する方法を検討した（図９）。ISO 22650と同様にヒールを押す速度は100mm/分、ヒールを押す位置はヒール先端から１cmの部位とした。この測定法を新測定法１と記す。

2.2.1.2　ヒール衝撃試験機を応用する新測定法の検討

ヒール衝撃試験機（図10）を応用する新測定法を検討した（図11）。ヒール衝撃試験機は元来ヒール単体の衝撃強さ（ISO 19953, 婦人靴着用中に受ける偶発的な重度の打撃に対するヒールの強度）を測定する試験機である。試料取付部を婦人靴が取り付けられるように改造した。ISO 19953に基づき、ヒール衝撃試験機の打撃ヘッドがヒール後部の先端から６mmの部位を打つように調節し、振り子を0.68Jの位置ま

図９　新測定法１

図10　ヒール衝撃試験機

図11　新測定法２

図12　ヒール疲労試験機

図13　新測定法３

で持ち上げて放し、ヒールに当たり戻ってきた振り子を受け止め、毎回0.68Jずつ増やしながら打撃を繰り返した。ヒールが取れるまでの衝撃エネルギー値(J)を求めた。ただし、ヒール衝撃試験機の測定上限値は19.0Jなので、19.0Jのエネルギーを加えてもヒールが取れなかった場合は「19.0J以上」とした。この測定法を新測定法２と記

図14　新測定法４

表１　試作靴のヒール取付強さ測定結果

ヒールの種類（硬度）	ピンの本数	ヒール取付強さ				
		ISO 22650	新測定法１	新測定法２	新測定法３	新測定法４
A- 1（91）	ヒールピン４本	290 N	230 N	3.5 J	26,560 回	1,560 N
	ヒールピン４本＋センターピン１本	340 N	330 N	5.0 J	>120,000 回	1,350 N
A- 3（107）	ヒールピン４本	460 N	390 N	7.5 J	>120,000 回	1,990 N
	ヒールピン４本＋センターピン１本	710 N	490 N	8.5 J	>120,000 回	2,000 N

す。

2.2.1.3　ヒール疲労試験機を応用する新測定法の検討

ヒール疲労試験機（図12）を応用する新測定法を検討した（図13）。ヒール疲労試験機も元来はヒール単体の耐疲労性（ISO 19956, 通常の歩行において婦人靴のヒールが反復して受ける小さな衝撃に対するヒールの強度）を測定する試験機である。試料取付部を婦人靴が取り付けられるように改造し、ISO 19956と同様に、打撃ヘッドがヒール後部を打つように調節し、１秒間に１回の速度でヒールを打った。１回の打撃の衝撃エネルギー値は0.68Jである。ヒールが取れるまでの打撃回数（回）を求めた。ヒールの耐疲労性試験では20,000回が上限であるが、本実験では試みに120,000回までの打撃を行った。この測定法を新測定法３と記す。

2.2.1.4　上方から靴のヒールシート部を押す新測定法の検討

2.2.1.1と同様、万能材料試験機を用い、上方から靴のヒールシート部を押す試験法を検討した（図14）。押す速度は100mm/分、ヒールと地面の角度は10°とした。ヒールが取れるまでの最大荷重を求めた。この測定法を新測定法４と記す。

2.2.2　市販靴による新測定法の検討

A社から購入した市販靴のヒール取付強さをISO 22650法および新測定法１～４により測定し、結果を比較した。新測定法１においては、試験後の変形（mm）をISO 22650法に準じて測定することとした。試験後、市販靴を分解し、ピンの本数等を観察した。

3. 実験結果と考察

3.1 試作靴のヒール取付強さ測定結果

試作靴のヒール取付強さ測定結果を表１に示す。測定法ごとに２～３足の試作靴を実験に供し、その平均値を示した。

ISO 22650、新測定法１および新測定法２においては、ヒールの硬度が高い方がヒール取付強さも高く、前々報および前報で示した「ヒールの硬度が高い方がピンの保持力も高い」という結果と符合した。また、センターピン１本を加えることでヒールピン４本の場合よりもヒール取付強さが高くなる傾向が見られた。

ヒールの硬度およびピンの本数に係わらず、新測定法１により得られた値はISO 22650により得られた値よりも低かった。すなわち、本実験の範囲では爪先方向に力を加えた方がヒールが取れやすいという傾向が見られた。このことは婦人靴製造においてヒールにかかる爪先方向への負荷にも注意すべきであることを示唆している。

新測定法３においては、柔らかいヒールを用いヒールピンを４本にした場合に約27,000回の打撃でヒールが取れたが、その他の場合はいずれも120,000回以上打撃を加えてもヒールは取れなかった。前述のように本実験では試みとして120,000回までの打撃を行った。ヒール疲労試験機の打撃速度は１秒間に１回であるので120,000回の打撃には約33.3時間という長時間を要した。市販靴のヒール取付強さを新測定法３により測定する場合にはより現実的な回数である40,000回を上限とすることにした。

新測定法４においては、ISO 22650、新測定法１および新測定法２と同様にヒールが硬い方がヒール取付強さも高い傾向が見られたが、ピンの本数による差は認められなかった。

試作靴を用いた実験においては４種類の新測定法によるヒール取付強さの測定が可能であり、上記のような傾向が見られた。これらはISO 22650による測定値を補足し、より安全な婦人靴作りのために有益なデータをもたらすと考えられる。婦人靴のヒール取付強さを把握するには、これら複数の測定値から総合的に判断することが望ましい。

3.2 市販靴のヒール取付強さ測定結果

試作靴を使用した実験結果を踏まえて、市販靴に新測定法を応用した場合の傾向を調べた。市販靴のヒール取付強さ測定結果を表２に示す。測定法ごとに２～３足の市販靴を実験に供し、その平均値を示した。

市販靴１は、ヒールピンの本数が３本と他の市販靴に比べ１本少なく、また唯一センターピンにワッシャーがかけられていなかった。ISO 22650によるヒール取付強さは1,260 Nと高い値を示したが、400N荷重時の変形が39mmとやや大きい点、新測定法１および新測定法２によるヒール取付強さがそれぞれ690N、13.8Jと４種類の市販靴の中で最小値を示したことは要注意である。特に踵に後方から力が加わる場合のヒール取付強さには太・低ヒール靴といえども注意が必要である。

市販靴２はどの測定法においても良好な結果を示した。市販靴３は新測定法３において唯一40,000回の打撃に耐えられず約23,000回の打撃でヒールが取れた。また、新測定法１によるヒール取付強さが700 Nと市販靴１に次ぐ低い値を示した。市販靴３を分解すると、ヒールピンは４本であり、ワッシャーがセンターピンにかけられていることが確認されたが、４本のヒールピンの打ち付け位置がヒールあご部に偏っていることがわかった。通常、ヒールピンはセンターピンの周囲を囲うように打たれるが、市販靴３のみが異なっていた。この点

が市販靴３のヒール取付強さが新測定法１および新測定法３において低い値であった原因と考えられる。

市販靴４はISO 22650および新測定法１～３で良好な値を示したが、新測定法４では測定不能であった。これは靴の形状による問題で、ヒールの先端が試験機底部の中心から大きくずれてしまうためであった。これを解消するには靴を取り付ける治具の工夫が必要である。あらゆる形状の婦人靴に対応できる治具を揃えることは現実的には難しいので、新測定法４は靴の形状によっては測定不能の場合があると考えた方がよいであろう。

4. まとめ

現在、婦人靴のヒール取付強さはISO 22650に定められた測定法すなわち爪先を固定し、ヒールを踵方向に引っ張り、ヒールが取れるまでの最大荷重を求める方式で測定されている。しかし、現実には逆方向に力が加わりヒールが取れる事故も多く、それに対応した測定法が求められている。そこで、踵側から爪先方向にヒールに力を加える測定法を３種類、婦人靴のヒールシート部を上から押す方式の測定法を１種類考案し、試作靴と市販靴を用いて検討した。その結果、靴によっては爪先方向に力を加えた方がヒールが取れやすいという傾向が見られ、婦人靴製造においては、ISO方式とは逆方向である爪先方向への負荷にも注意すべきであることが示唆された。

今回考案した４種類のヒール取付強さ測定法はISO 22650による測定値を補足し、より安全な婦人靴作りに有益なデータをもたらすと考えられる。婦人靴のヒール取付強さを把握するには、これら複数の測定法で得られるデータを基に総合的に判断することが望ましい。

表２　市販靴のヒール取付強さ測定結果

ヒール取付強さ　測定法 ＼ 試料			ISO 22650	新測定法１（踵→爪先）	新測定法２（ヒール衝撃試験機）	新測定法３（ヒール疲労試験機）	新測定法４（上→下）
市販靴１	太・低ヒール （78 mm） まくり無し センターピン＋ヒールピン３本 ワッシャー無し		1,260 N 200 N 変形：12 mm 400 N 変形：39 mm	690 N 変形：27 mm	13.8 J	＞40,000 回	1,180 N
市販靴２	細・中ヒール （90 mm） まくり有り センターピン＋ヒールピン４本 ワッシャー有り		1,140 N 200 N 変形：10 mm 400 N 変形：８ mm	1,040 N 変形：14 mm	＞19.0 J	＞40,000 回	1,160 N
市販靴３	細・高ヒール （106 mm） まくり無し センターピン＋ヒールピン４本 ワッシャー有り		1,280 N 200 N 変形：13 mm 400 N 変形：13 mm	700 N 変形：29 mm	18.0 J	23,240 回	920 N
市販靴４	細・高ヒール （109 mm） まくり有り センターピン＋ヒールピン４本 ワッシャー有り		1,710 N 200 N 変形：21 mm 400 N 変形：18 mm	940 N 変形：14 mm	15.0 J	＞40,000 回	測定不能