

婦人靴ハイヒールの強度に関する研究（第1報）

東京都立皮革技術センター台東支所

1 はじめに

市場には様々なデザインの婦人靴が出回っており、ヒールの形状も多種多様である。これらの中には、ファッション性を重視するあまり、ヒールの強度を考慮せずに設計されていると思われるものもあり、ヒールの破損による事故が数多く報告されている。

ヒールの強度試験についてはISOに2つの方法が規定されている。一つは、歩行時に突発的に起こる大きな衝撃に対する強度を調べる「ヒール衝撃強さ」で、もう一つは、通常歩行により繰り返し受ける小さな衝撃に対する耐久性を調べる「ヒール耐疲労性」である。

皮革技術センター台東支所で実施した依頼試験の件数は、ヒール衝撃強さが、平成15年度190件、平成16年度363件、平成17年度394件で、ヒール耐疲労性は、平成15年度264件、平成16年度482件、平成17年度530件と年々増加している。

2 婦人靴ハイヒールの衝撃強さ

2つの試験のうち、まず、ヒール衝撃強さに対するヒールの高さ、太さ、補強芯の種類の影響について検討した。

(1) 試料

婦人靴のヒールには古くは木が使われていたが、現在ではほとんどがプラスチックである。プラスチックの種類としては、塗

装が容易で耐衝撃性が強く射出成型ができるABS樹脂（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂）が用いられることが多い。この実験では、ABS樹脂製の形状の異なる3種類のヒール（A, B, C）を使用した（写真1～4）。それぞれの種類について、補強芯を入れないもの、補強芯としてSK鋼パイプ（熱処理なし）を入れたもの、焼入れしたSK鋼パイプを入れたものを用意した。また、ヒールの高さは1センチメートル刻みで3種類とした。



写真1 ヒールAの外観



写真2 ヒールBの外観



写真3 ヒールCの外観

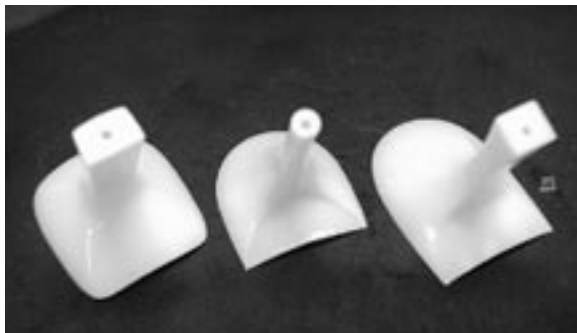


写真4 ヒールA、B、Cの底面形状

(2) 実験方法

実験は、ヒール衝撃試験機（写真5）を使用し、「BS 5131:Section4. 8, 1972」の試験方法に基づいて行なった。この方法は基本的には「ISO 19953:2004」や「BS 5131:Section4. 8, 1990」と同じであるが、3.4J（ジュール）でのたわみと永久変形を測定することが規定されており、ヒール強度に関する詳細な情報を得ることができる。

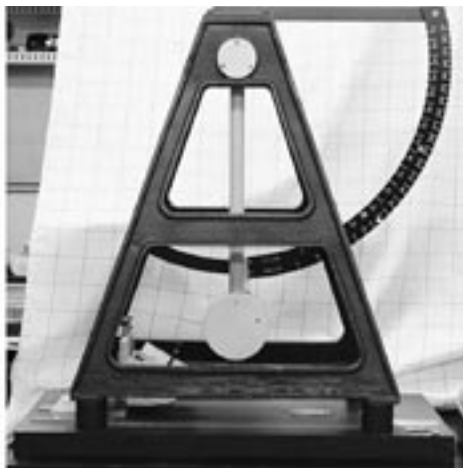


写真5 ヒール衝撃試験機

金属製のトレイに、低温で溶融する金属を注いでヒールを固定し、ヒール軸をほぼ垂直にし、振り子が垂直の時にヒール先端から6ミリメートルのところをハンマーが打つように、トレイをヒール衝撃試験機に取り付けた。測定は0.68Jから開始し、振り子を引き上げて0.68Jづつ大きな衝撃を与えていき、5打撃目（3.4J）でのたわみと永久変形を測定した。その後、衝撃を大きくしながら打撃を続け、ヒールにひびなどの何らかの変化が現れた時の衝撃力を第1破損時衝撃力とし、さらにヒールが破損した際の衝撃力を破損時衝撃力として記録した。測定は各ヒール6個について行なった。

(3) ヒール強度に及ぼすヒールの形状及び高さの影響

補強芯を入れずに製造したヒールについて、ヒールの形状と高さがヒール強度に及ぼす影響を検討した（表1）。

表1 形状及び高さの異なる補強芯なしヒールにおけるヒール衝撃強さ

形状	芯材	高さ	第1破損時衝撃力 (J) 平均	破損時衝撃力 (J) 平均	たわみ (mm) 平均	変形 (mm) 平均	破損位置 (cm) 平均
A	なし	高	1.36	5.67	14.25	2.15	3.02
		中	1.36	5.55	11.87	1.94	2.75
		低	1.36	6.35	7.89	1.15	2.60
B	なし	高	1.36	3.40	16.68	-	4.15
		中	1.36	4.08	13.79	6.49	3.98
		低	1.36	6.01	8.49	1.61	3.38
C	なし	高	1.36	4.76	17.64	6.55	3.23
		中	1.36	5.33	12.20	4.15	3.07
		低	1.36	6.46	10.05	1.36	2.67

第1破損時衝撃力は、ヒールの形状及び高さに関係ですべて1.36Jであった。しかし、破損時衝撃力をみると、ヒール高さが高いほど小さな衝撃力で破損することがわかった。特にヒールBは、ヒール高さの影響を大きく受けていることが認められた。しかし、ヒールAのようにヒール高さ

の影響が小さいものもあり、ヒール高さばかりでなく形状も重要であることがわかった。

3.4J打撃時のたわみについては、ヒール高さが高いほど大きくたわむが、たわみの大きさはヒールの形状によって異なり、ヒールAが最も小さかった。ヒールの変形については、ヒール高さが高いほど変形も大きいことが認められた。また、ヒールの形状にも大きく依存し、ヒールAでは変形は小さいが、ヒールBの変形は大きく、最も高いヒールでは破損が生じ、形状による差が大きいことがわかった。破損位置を見ると、ヒールBが最も高い位置であったが、ヒールAとCはBよりも低く、AとCを比べると大きな差はなかった。

以上のことから、ヒールの高さ、中央部の形状が破損時衝撃力に関係し、ヒールが高いほど、中央部が細いほど破損しやすいことが示唆された。

(4) 芯材の種類によるヒール強度への影響

ヒールAについて、ヒール高さとし芯材を変えて、その影響を検討した(表2)。

表2 芯材及び高さの異なるヒールAにおけるヒール衝撃強さ

形状	芯材	高さ	第1破損時 衝撃力 (J) 平均	破損時 衝撃力 (J) 平均	たわみ (mm) 平均	変形 (mm) 平均	破損位置 (cm) 平均
A	なし	高	1.36	5.67	14.25	2.15	3.02
		中	1.36	5.55	11.87	1.94	2.75
		低	1.36	6.35	7.89	1.15	2.60
	SK	高	2.04	6.80	13.99	3.90	2.90
		中	2.04	7.37	15.93	2.90	2.72
		低	2.38	8.73	5.85	1.42	2.57
	焼入れ SK	高	3.06	10.61	9.71	0.79	2.60
		中	3.29	11.90	6.78	0.53	2.50
		低	3.63	12.81	5.25	0.36	2.48

第1破損時衝撃力及び破損時衝撃力については、どのヒール高さにおいても芯材な

しが最も低く、次いでSK鋼パイプであり、焼入れパイプが最も高い値であった。特に焼入れパイプの強度は著しく高く、ヒール強度を高める効果が大きいことが認められた。また、たわみ及び変形については、SK鋼パイプを入れた場合に、芯材を入れないものより大きくなった。SK鋼パイプは打撃によって大きくたわみ、芯が曲がり変形したものと考えられる。焼入れパイプについては、たわみも変形も小さく抑えられており、ヒール強度に対する効果が大きいことがわかった。なお、破損位置はヒール高さが高くなるほど高くなり、芯なし、SK鋼パイプ、焼入れパイプの順に低い位置であった。

3 婦人靴ハイヒールの耐疲労性

(1) 試料

試料は、前述の「婦人靴ハイヒールの衝撃強さ」の実験で用いたものと同様のものを使用した。

(2) 実験方法

実験は「ISO 19956」の試験方法に基づいて行なった。

ヒールを固定したトレイを、ヒール先端から6ミリメートルのところをハンマーが打つように、ヒール疲労試験機に取り付けた。



写真6 ヒール疲労試験機

ハンマーのエネルギーは1回の打撃ごとに0.68Jであり、1秒間に1回の速さでヒールを打撃する。ヒールが破損した時に試験機が停止するように設定し、その時の打撃回数と破損位置を調べた。試験は、各ヒールとも2～6個について実施した。

(3) ヒールの形状及び高さがヒール耐疲労性に及ぼす影響

補強芯を入れずに製造したヒールについて、ヒール耐疲労性に及ぼすヒールの形状と高さの影響を検討した(表3)。その結果、ヒール高さと強度との関係は、ヒールの形状に影響されることがわかった。

表3 形状及び高さの異なる補強芯なしヒールにおけるヒール耐疲労性

形状	芯材	高さ	測定数(個)	破損時の打撃回数(回)平均	破損位置(cm)平均
A	なし	高	4	3503	2.7
		中	5	3225	2.7
		低	4	3344	2.6
B	なし	高	6	1842	4.0
		中	6	2279	3.7
		低	6	3475	3.2
C	なし	高	6	1453	3.1
		中	6	1693	2.9
		低	6	1816	2.7

ヒールBは、ヒール高さの影響を大きく受けており、破損時の打撃回数は、高ヒール(約80ミリメートル)では平均で1842回であったが、中ヒール(約70ミリメートル)では2279回、低ヒール(約60ミリメートル)では3475回となり、耐疲労性の差異が大きいことが認められた。ヒールCも、高ヒール、中ヒール、低ヒールの順に破損時の打撃回数が多くなり、ヒールが高いほどヒールが弱かった。一方、ヒールAでは、ヒール高さとヒール強度とのあいだに明らかな相関関係は認められなかった。

破損位置は、ヒールBとヒールCはヒール

高さの影響を受けていたが、ヒールAではヒール高さにかかわらず破損位置が同じであったので、ヒールの形状によって違いのあることがわかった。

以上のことから、ヒール耐疲労性はヒール高さと中央部の形状に関係し、ヒールが高いほど、また、中央部が細いほど破損しやすいことが示された。しかし、ヒールの形状によっては、ヒール強度がヒール高さの影響を受けない場合もあった。

(4) 芯材がヒール耐疲労性に及ぼす影響

ヒールAについて、芯材がヒール耐疲労性に及ぼす影響を検討した(表4)。

表4 芯材及び高さの異なるヒールAにおけるヒール耐疲労性

形状	芯材	高さ	測定数(個)	破損時の打撃回数(回)平均	破損位置(cm)平均
A	なし	高	4	3503	2.7
		中	5	3225	2.7
		低	4	3344	2.6
	SK	高	3	40940	2.2
		中	3	38791	2.1
		低	3	58292	1.9
	焼入れSK	高	3	70714	1.9
		中	3	50190	2.2
		低	2	-	-

破損時の打撃回数は、いずれのヒール高さにおいても、補強芯なし、SK鋼パイプ、焼入れパイプの順に増加した。特に、焼入れパイプの低ヒールは100,000回打撃しても破損せず、焼入れパイプがヒール耐疲労性を著しく向上させることがわかった。また、破損位置は、補強芯ありのヒールで低くなることが認められた。

(5) ヒール形状と芯材がヒール耐疲労性に及ぼす影響

3種類の高さのうち、最も高いヒール(約80ミリメートル)について、ヒールの形状

と芯材がヒール耐疲労性に及ぼす影響を検討した（表5）。

表5 形状及び芯材の異なる80mmヒールにおけるヒール耐疲労性

形状	芯材	高さ	測定数 (個)	破損時の 打撃回数 (回) 平均	破損位置 (cm) 平均
A	なし	高	4	3503	2.7
	SK	高	3	40940	2.2
	焼入れSK	高	3	70714	1.9
B	なし	高	6	1842	4.0
	SK	高	3	57672	2.8
	焼入れSK	高	4	54197	2.4
C	なし	高	6	1453	3.1
	SK	高	3	35619	2.5
	焼入れSK	高	3	74747	2.6

A、B、Cいずれのヒールにおいても、補強芯がないヒールは破損時の打撃回数が少なかったのに対して、SK鋼パイプ又は焼入れパイプが入っているヒールは、破損時の打撃回数が著しく増加した。SK鋼パイプと焼入れパイプを比較すると、ヒールA及びCでは、SK鋼パイプに比べて焼入

れパイプを用いると耐疲労性が著しく向上する。しかし、ヒールBについては、SK鋼パイプと焼入れパイプの差は認められず、芯材以外の要因の影響が大きいと考えられる。

破損位置は、補強芯なしに比べて、SK鋼パイプ及び焼入れパイプで位置の低下がみられた。

以上の結果から、ヒールの形状にかかわらず、芯材を入れることにより、ヒール耐疲労性が著しく向上することが確認できた。

4 まとめ

ヒール衝撃強さ及びヒール耐疲労性は、ヒール高さが高く、ヒール中央部が細いほど弱いことが示唆された。補強芯を入れることによって強度が高まるが、特に焼入れパイプではその効果が大きいことがわかった。