繊維製品としてのスポーツシューズ

Sports Shoes, Fiber Related Products

西 脇 剛 史

1. はじめに

繊維とスポーツシューズの関係を考えた場合、先ず目に付くのが図1に示したアッパーと呼ばれる足の甲を覆う部分である。ソールはEVA(Ethylene Vinylacetate)フォーム

図1 シューズパーツの名称

や各種ラバー、ラバーフォームによって構成されているが、アッパーは天然、人工を問わず、様々な繊維が構成素材として、また素材間の縫製に使用されている。

スポーツシューズと一口に言っても、その種類は千差万別であり、使用用途も多岐にわたる。さらに各々の用途別に、シューズに求められる特性も異なるため、限られた紙面で全てを紹介するのは非常に困難である。しかしながらスポーツシューズ全般にわたり必要とされる主な機能として、1. 衝撃緩衝性、2. 屈曲性、3. グリップ性、4. 耐久性、5. 通気性、6. 安定性、7. 軽量性、8. フィット性が挙げられ、総括して八大機能と呼ばれている。これらの八大機能は、重要度の大小はあるもののスポーツシューズ全般にわたって共通な必要機能である。ここで重要度の大小とは、例えば綱引きシューズを設計する場合、3. グリップ性が最も重要とされ、衝撃緩衝性や屈曲性についての重要度は低い。一方、ランニングシューズにおいては、全ての機能が要求され、特に1. 衝撃緩衝性、2. 屈曲性、6.

安定性が特に重要とされている。この八大機能の内1-3については、主にソールの設計時に考慮される特性であり、繊維製品が主部材となるアッパーが及ぼす影響は小さい。また、4,7については、シューズ全体の特性である。一方、5,6,8については、アッパーが及ぼす影響が大きいことから、本報告では、5,6,8を中心に繊維製品の適用事例と評価技術を紹介しながら、各種スポーツシューズに使用される繊維製品について言及したいと思う。

2. 通気性

通気性は、シューズ内の温度、湿度を制御する上で重要な機能と言われている。特に、一度も脱ぐことなく42.195 kmを走りきるマラソンシューズ(図2)や長距離を走る駅

図2 マラソン用シューズ

伝用シューズ、さらにはトラック競技用シューズにおいて、通気性は他のシューズに比べ、極めて重要な役割を果たす。通気性が悪いシューズを長時間履きつづけることは、靴内温度の上昇を引き起こし、マメの発生原因になり得ると言われている。このためアッパーには、通気性の良いポリエステル製のラッセル編みやダブルラッセル編み構造などが適用されている。また、通気性を向上させることは、シューズ内部の水分を外部拡散させることで湿度の上昇制御においても効果的である。さらに近年では、シューズ内の環境をより快適に維持するための工夫として、酸化チタンなどのセラミックス粉末をポリエステルに混合し、繊維に加工することにより、紫外線を防止し、シューズ内の温度上昇をさらに効率的に制御する試みも見られる。本報告の主題からは逸脱するが、アッパーのみでの通気性の確保が困難な場合、多層構造であるソールに孔や空気の流入経路を設

TSUYOSHI NISHIWAKI
(株)アシックス スポーツ工学研究所
マネージャー 工学博士
〒651-2271 神戸市西区高塚台6-2-1
Tel: 078-992-0810 Fax: 078-992-0819
E-mail: waki@tiger4.sp.asics.co.jp
〈専門〉不均質系材料の数値解析
〈趣味〉読書、魚釣り

けるベンチレーションシステムも効果を発揮している。生地単体での通気性の評価は、図3に示すフラジール法による通気度試験により行われている。生地を124.5Paの傾斜型気圧計吸引ポンプの空気孔に圧着させ、生地を通過する空気量を算出することで通気性が評価される。

図3 通気性評価試験

3. 安定性

安定性とは、スキルの低い競技者にとっては特に必要な機能である。図4はランニング時の右足後方画像を示したものである。図4中(b)フットフラットから(c)ミッドスタンスにおいて、踵が内側に倒れこんでいることが確認できる。この過度な倒れこみ状態をオーヴァープロネーションと呼び、ランニング時の故障発生の主要因となる。また、接地時(c)ミッドスタンスから(d)ヒールライズにかけて足の骨格構造から、シューズ全体にねじれ変形が発生する。この過度な変形も障害の主要因となる。通常これらの障害を予防するために、高い硬度のEVAフォーム材をソール内側に挿入したり、土踏まず部(中足部)に樹脂パーツを装着するといったソールの構造設計に焦点が当てられるが、足入れ時のアップパーは、上記の変形に対し、大きな断面二次モーメントを有することになり、これらの過度な変形抑制に大きな効果を発揮しうる。このため、先の通気性を重視したメッシュ構造だけでは、安定性に悪影響を及ぼすため、足を包み込むようなナイロン繊維やポリエステル繊維の織物、時にはポリウレタン樹脂で成型されたストライプ(これがアシックスのトレードマークになっている)を設けることで、通気性を維持しつつ安定性向上の一助を担って

図5 サイドステップ時のアップパーの変形例
(バスケットシューズ着用)

いる。一方、アップパーの変形がより重要となるシューズに、バレーやバスケット、テニスといったコート系シューズが挙げられる。これらは、ランニングに比べ、図5に示す様な横方向への動作を無視することができないため、アップパー材料としては、人工皮革など高弾性率を有する材料が主流となっている。

4. フィット性

文頭で述べた八大機能のうち最も設計が困難な特性が、フィット性であると著者は考える。シューズとアップパー間の接触圧を評価パラメータとした場合、その測定は比較的簡便であるが、足部のみならず人体には接触圧力を心地よく感じる部位と不快と感じる部位が存在し、これらは個人差が非常に大きいものである。このため、接触圧による評価ではなく、足の動きに対し如何に追従しうるアップパーを設計するかが焦点となる。高いフィット性を有するアップパーとは、先の低剛性なメッシュ材などで全体を設計するのではなく、安定性にとって必要な拘束は残しておきつつ、踵上昇時に見られるつま先部アップパーの座屈変形を緩和するなど、幾つかの相反する問題を解決することにより設計されたアップパーを意味しており、その設計手法の確立は今後の研究課題となっている。

5. その他繊維製品評価法

八大機能に関する評価手法を紹介したが、最後にその他のシューズアップパー用繊維製品に関する評価法について簡

(a) H.C.

(b) F.F.

(c) M.S.

(d) H.R.

(e) T.O.

図4 ランニング中右足接地時の後方画像。
H.C.: ヒールコンタクト、F.F.: フットフラット、
M.S.: ミッドスタンス、H.R.: ヒールライズ、T.O.: トウオフ

単にまとめる。

5.1. 染色堅牢度試験

人工汗液に浸漬されたアップパー材料を、綿、ナイロン、ポリエステルなどの白布と硬質樹脂板の間に積層し(図6)、60℃の乾燥機中に一定時間放置した後取り出し、白布の汚染程度を調査することによって、堅牢度を評価するものである。一般に言われる靴下などへの「色移り」を評価するための手法である。さらに、洗濯時の色移りを測定する洗濯法や、日光による色変化を測定するキセノン燈光を用いた耐候法などもアップパー材料の選択時や試作シューズの評価時には常時行われている。

図6 染色堅牢度試験

5.2. 磨耗試験

図7に示すように、円形に切り出したアップパー材料を一定速度で回転させつつ、磨耗輪を押し当てることにより磨耗強さを測定する。原反を評価する場合、実際のアップパー材料としての使用状況を鑑みて、フォーム材や伸び止め用生地とを積層させた状態で評価を行う。

図7 磨耗試験

5.3. 各種強度試験

シューズに使用される繊維製品には、実使用環境下において様々な応力が加わる。このため、通常の引張り強度測定の他に、カットストリップ法と呼ばれる引裂試験、縫目の強度を測定する滑脱抵抗力試験(図8)、つま先などの局

図8 滑脱抵抗力試験

所的面圧に対応した破裂試験、ソールなどとの異材との接着強度を測定する接着はく離試験などが行われている。

6. おわりに

シューズにおいて繊維や繊維製品が果たしている役割と、使用される繊維製品の評価方法について簡単に紹介したが、数年前から衝撃緩衝性を必要としない部位やアウトソールの軽量化を目的とした繊維製品のソールへの適用が現れている。図9はその一例であるが、ポリエステル繊維の不織布にポリウレタンやラバーを散在させることで、軽量且つ屈曲性に優れたソールを実現している。このように繊維の進化がシューズを支えるといっても過言ではなく、コストと性能のバランスに優れた繊維の開発、並びにそれを支える製造技術のさらなる革新が望まれるが、シューズ設計者の立場としては、繊維製品の数値解析に伴う高精度なモデル化手法の確立が急務である。繊維製品は、異方性、大変形に加え、引張り剛性は有するものの圧縮剛性は0に等しく、曲げ応力を伝達させないといった特殊な特徴を有している。これらを考慮する数値解析手法を確立することで、ソールとアップパーを統合化した数値モデルによるシューズ全体のシミュレーションが可能となり、履き心地と機能性を両立させるシューズが設計できると信じている。

図9 ソールへの不織布適用例