

粗面と平滑面の複合化による 高摩擦ゴム表面パターンの開発と応用

1. はじめに

国内の2009年度の死亡および休業4日以上労働死傷災害において、転倒による死傷者は23000人を超え、全死傷者のおよそ20%を占めている。衛生環境が重視される食品加工工場や厨房の床面は水や食用油で濡れた場合、非常にすべりやすく転倒の危険性が高い。歩行中のすべりの発生および転倒を抑制するためには、靴底と床面間には高い静摩擦係数（最大静止摩擦係数）と高い動摩擦係数が必要（すべりが発生しにくく、たとえすべったとしても止まりやすく姿勢の回復が容易）であり、静摩擦係数、動摩擦係数ともに0.4以上の値が必要であると考えられている⁽¹⁾⁽²⁾。しかしながら、従来市販されている安全靴や厨房用靴の靴底は、水や油で濡れた面に対して静摩擦係数、動摩擦係数が0.4以下のものがほとんどであり、安全性が十分と

は言いがたい。本稿では、水や油で濡れた面に対しても0.4以上の静摩擦係数および動摩擦係数を示すゴム表面パターンの開発と耐滑靴底への応用について紹介する。

2. 粗面と平滑面の複合化による高摩擦ゴム表面パターンの開発

グリセリン水溶液を塗布した平滑なステンレス板に対する摩擦において、表面粗さの大きいゴムブロック ($R_a = 30.4 \mu\text{m}$) では、静摩擦係数は1.0付近の高い値を示すものの、動摩擦係数は0.2付近あるいはそれ以下の低い値を示す。一方、表面粗さの小さいゴムブロック ($R_a = 0.98 \mu\text{m}$) では、静摩擦係数は0.2以下の低い値を示すが、動摩擦係数は1.0付近の高い値を示す。これらに対して、粗面と平滑面を組み合わせたゴム表面パターン（複合ゴム表面パターン、図1）は、図2に示されるように、グリセリン水溶液による

潤滑下においても、静摩擦係数、動摩擦係数ともに0.4以上の値を示す⁽³⁾。これは、光の全反射特性を用いた接触面の動的観察の結果、ゴム表面の粗面部分と平滑面部分において、それぞれすべり出しと定常的すべり時のゴムと相手面の接触面積が十分に確保されるためであることがわかっている。

3. 複合ゴム表面パターンを用いた超耐滑靴底パターンの開発

上述の基礎的摩擦試験の結果を受けて、粗面と平滑面を組み合わせた複合ゴム表面パターンを用いた靴底が開発されている（図3⁽⁴⁾）。表1は、健康成人を被験者として、グリセリン水溶液が塗布されたステンレス製床面で行われた歩行実験に基づく、同靴底の耐滑性および転倒危険性の評価結果である。現在市販されている厨房用・食品加工用靴の靴底に対して、複合ゴム表面パターンを用いたゴム靴底は、静摩擦係数が高いため、すべりの発生率を低減できる。また、たとえすべりが生じても動摩擦係数が高く、すべり速度、すべり距離を大幅に低減できるため、転倒発生率を飛躍的に低減できる。以上の結果を踏まえ、この複合ゴム表面パターンを用いた靴底は、厨房用・食品加工用の超耐滑靴底としての実用化に向けた取り組みがなされている。

4. おわりに

今回紹介した複合ゴム表面パターンを用いた超耐滑靴底の開発は、従来経験的に行われてきた靴底意匠の耐滑設計に、トライボロジーの視点から新たな指針を与えるものといえる。また、開発された靴底パターンは、水あるいは油で濡れた床面に対しても極めて優れた耐滑性を示しており、すべりを原因とする転倒事故などの労働災害事故の減少に大きく貢献することが期待される。

（原稿受付 2011年11月25日）

〔山口 健, 東北大学大学院工学研究科〕

●文献

- (1) Yamaguchi, T. and Hokkirigawa, K., "Walking-mode Maps" Based on Slip/non Slip Criteria, *Industrial Health*, 46 (1) (2008), 23-31.
- (2) SLIP AND FALL PREVENTION : A Practical Handbook, Edited by S. D. Pilla, Lewis Publishers, (2003).
- (3) Yamaguchi, T., ほか, Development of Anti-skid Shoe Sole on Lubricated Smooth Surface by Use of Hybrid Tread Pattern, *Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics (IEA2009)*, (2009-8) (CD-ROM).
- (4) 山口 健・ほか, すべり転倒防止のための耐滑靴底パターンに関する研究, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 (2010-9), 33-34.

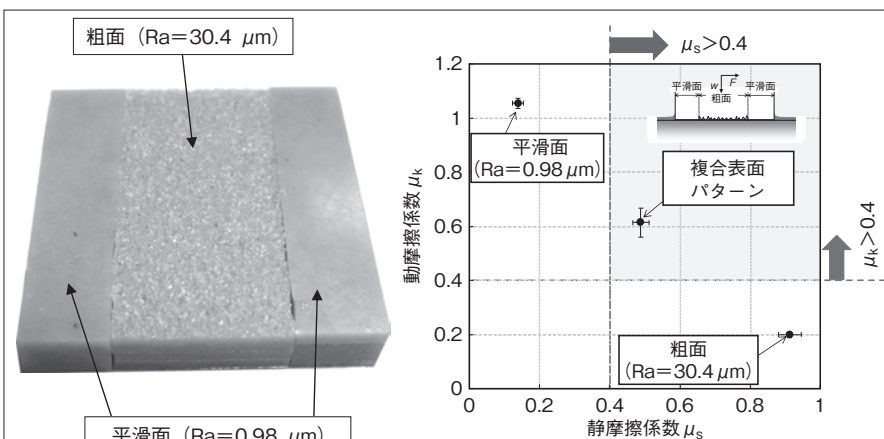


図1 複合ゴム表面パターン

図2 静摩擦係数と動摩擦係数の関係

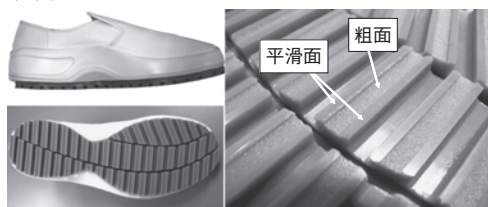


図3 複合ゴム表面パターンを用いた靴底

表1 開発された靴底の耐滑性及び転倒危険性の評価結果

	すべり発生率	すべり距離	すべり速度	転倒発生率
従来の厨房用・食品加工用靴底	98%	320 mm	1.85 m/s	55%
複合表面パターンを用いた靴底	31 pt. 低減 ↓ 67%	97% 低減 ↓ 9.6 mm	90% 低減 ↓ 0.17 m/s	55 pt. 低減 ↓ 0%