

ゴムブロックの摩耗に伴う端面角部半径の変化が潤滑下の摩擦に及ぼす影響

Effect of Change in End-face Corner Radius of Rubber Blocks due to Wear on Friction under Lubrication

東北大（学）*石塔 新太 東北大（非）松本 英 東北大（正）山口 健

Arata Ishizako, Hide Matsumoto, Takeshi Yamaguchi

Tohoku University

1. 緒言

労働死傷災害の主要な原因の1つである転倒事故の4割以上は、すべりに起因するものである¹⁾。すべりによる転倒事故は濡れた床面で生じることが多く、耐滑性に優れた靴底の開発が求められている。耐滑性に関する課題の1つとして、靴底ゴムの摩耗による耐滑性の低下が指摘されている。Ishizako ら²⁾は、端面角部半径が異なる2種類のゴムブロックとガラス板のすべり摩擦試験を行い、グリセリン潤滑下においては端面角部半径の小さいゴムブロックが高い動摩擦係数を示すことを明らかにした。また、グリセリン潤滑下においてゴムブロックとガラスの摩擦中の接触界面を観察したところ、高摩擦を発現した端面角部半径の小さいゴムブロックの接触界面に空隙が発生することが確認された²⁾。この空隙の発生が、高摩擦化に寄与したと考えられるが、詳細なメカニズムには不明な点が多い。また、端面角部半径の大きさと空隙発生についても明らかになっていないのが現状である。そこで本研究では、端面角部半径を研磨により段階的に変化させたゴムブロックとガラス板の潤滑下でのすべり摩擦試験および接触面観察を行い、ゴムブロックの端面角部半径の変化が摩擦特性および接触界面における空隙発生に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

本研究で用いたゴムブロック試験片の外観および試験片の研磨方法を Fig. 1 に示す。試験片はショア硬度 HS = 40 (A/15) のシリコンゴムからなり、高さ 5 mm、長さ 5 mm、幅 50 mm の矩形トレッドブロックが 5 列並行に並んだ構造を有している。トレッドブロック端面角部の曲率半径の測定には 3 次元形状測定機 (VR-5200, KEYENCE) を使い、計 15 点の平均値を r とした。Figure 1 に示されるように、 $r = 0.08$ mm のゴムブロックを、#1000 の研磨紙をジグに取り付けたものに押し当て、トレッドブロックの長手方向と平行な方向に一樣に研磨することで、 $r = 0.16, 0.34, 0.57, 0.78, 1.02, 1.21, 1.41$ mm の計 8 種類のゴムブロック試験片を作製した。なお、すべり摩擦試験においてすべり方向は、トレッドブロックの長手方向と直行する方向とした。

すべり摩擦試験の実験条件を Table 1 に、摩擦試験機の概略図を Fig. 2 に示す。本研究では、ガラス板 (BK7, $Ra < 0.01$ μm) にゴムブロック試験片を一定荷重で接触させ、グリセリン潤滑下ですべり摩擦試験を行った。潤滑剤は、ゴムブロックの凸部が完全に浸漬するよう、深さ 7 mm まで注いだ。動摩擦係数 μ_k は、すべり試験終了直前の 0.1 秒間の摩擦係数の平均値とした。

接触面観察システムの概略図を Fig. 3 に示す。本研究では、青色の LED ライトをゴムブロック試験片とガラス板の接触界面に垂直に入射させ、接触界面に発生する空隙領域を明部として可視化して、空隙面積を算出した。

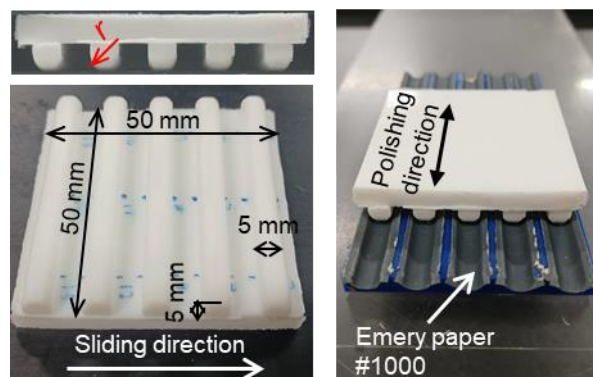


Fig. 1 Photographs of the rubber block specimen and polishing method

Table 1 Experimental condition

End-face corner radius of rubber block r , mm	0.08, 0.16, 0.34, 0.57, 0.78, 1.02, 1.21, 1.41
Counter material	Glass plate
Normal load W , N	38.2
Sliding velocity v , m/s	0.05, 0.1, 0.2
Lubrication conditions	Glycerin
Viscosity of lubricant η , mPa \cdot s	1048(\pm 118)
Number of trials N , times	5

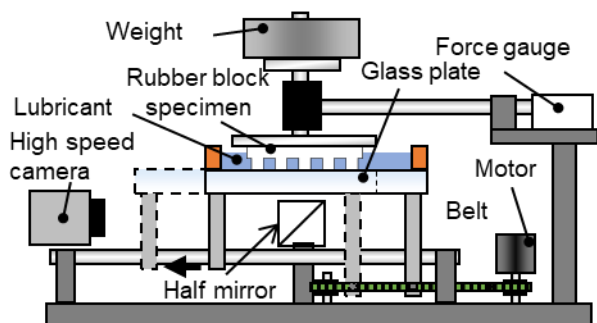


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental setup²⁾

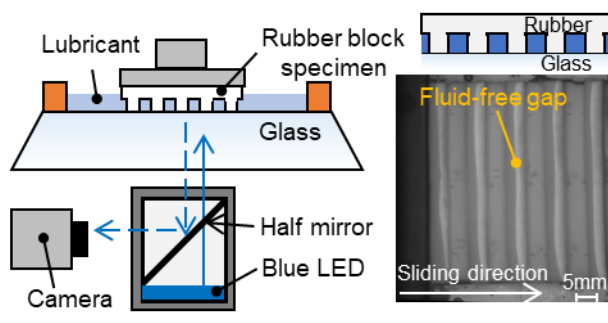


Fig. 3 Schematic of experimental setup for contact area observation

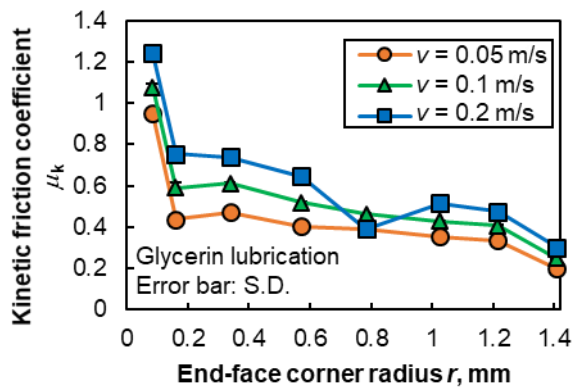


Fig. 4 Relationship between end-face corner radius and kinetic friction coefficient

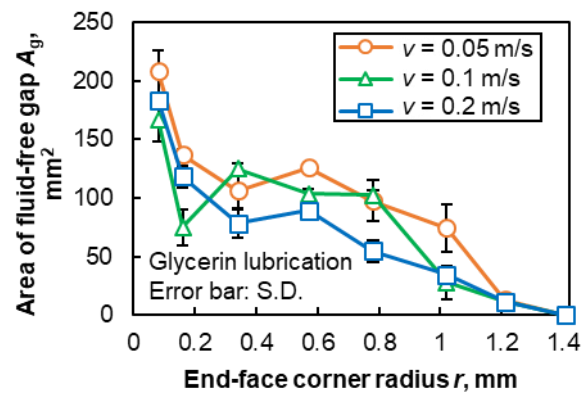


Fig. 5 Relationship between end-face corner radius and area of fluid-free gap

3. 実験結果

ゴムブロックの端面角部半径と動摩擦係数の関係を Fig. 4 に、端面角部半径と空隙面積の関係を Fig. 5 にそれぞれ示す。同図より、端面角部半径の増加に伴い、動摩擦係数、空隙面積はどちらも減少する傾向がみられる。特に、 $r = 0.08$ mm から $r = 0.16$ mm の変化において、動摩擦係数は 39~54%，空隙面積は 34~55%減少する。また、 $r = 1.21$ mm から $r = 1.41$ mm の変化において、動摩擦係数は 36~46%減少し、空隙はすべり速度によらず見られなくなった。

4. 考察

Figure 6 に、動摩擦係数と空隙の有無の関係を示す。ここで、縦軸は空隙発生を 1、空隙未発生を 0 としている。同図より、 $\mu_k = 0.33$ 以上で空隙が発生していることが分かる。このことから、空隙発生により、動摩擦係数が 0.33 以上の値を示すことが分かる。

Figure 7 に、空隙発生時の空隙面積と動摩擦係数の関係を示す。同図より、各すべり速度条件において空隙面積の増加に伴い動摩擦係数が増加する傾向がみられる。Figure 8 に示すように、接触界面に空隙が発生する場合空隙部は負圧と考えられるため、空隙の面積が増加することでブロック前端部の接触圧力が大きくなると考えられる。また、Fig. 7 において空隙面積が同程度の場合、すべり速度が大きいほど動摩擦係数が高い傾向がみられる。これはすべり速度が大きいほどブロック前端部の接触界面におけるグリセリン薄膜の粘性抵抗が大きくなるためと考えられる。

5. 結言

- (1) グリセリン潤滑下では、ゴムブロック端面角部半径の増加に伴い動摩擦係数が減少する傾向を示す。特に $r = 0.08$ mm から $r = 0.16$ mm の変化において 39~54%， $r = 1.21$ mm から $r = 1.41$ mm の変化において 36~46% 動摩擦係数が減少する。
- (2) グリセリン潤滑下では、端面角部半径の増加に伴い空隙面積が減少する傾向を示す。特に $r = 0.08$ mm から $r = 0.16$ mm の変化において空隙面積は 34~55 %減少し、 $r = 1.41$ mm において空隙の発生は見られなくなった。
- (3) 空隙面積の増加に伴い、動摩擦係数が増加する傾向を示し、空隙面積が同程度の場合、すべり速度が大きいほど動摩擦係数が高くなる傾向を示す。

参考文献

- 1) 大西明宏：休業 4 日以上での労働災害における転倒原因 月ごとの集計からみた特徴，人間工学，56 (2020) 101.
- 2) A. Ishizako, et al.: Impact of rubber block end-face corner radius on the friction coefficient between rubber blocks and a glass plate under dry and lubrication conditions, Tribology International, 174 (2022) 107705.

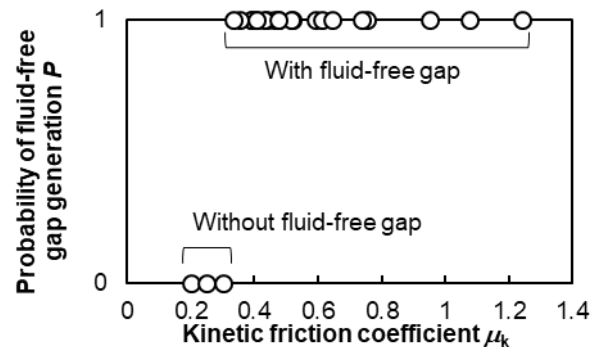


Fig. 6 Relation between friction coefficient and probability of fluid-free gap generation

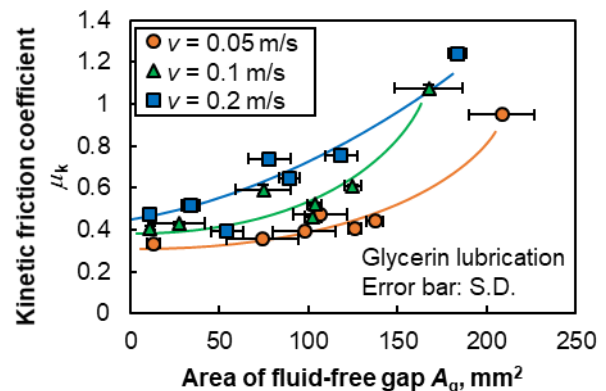


Fig. 7 Relationship between area of fluid-free gap and kinetic friction coefficient

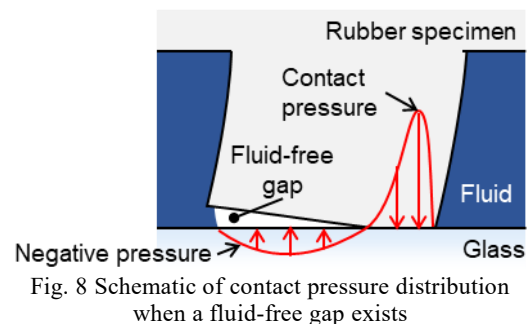


Fig. 8 Schematic of contact pressure distribution when a fluid-free gap exists