

## グリップ装置設計のためのゴム摩擦に関する基礎的研究

Basic study on rubber friction to develop grip devices for positioning and holding

大分大（正）\*本田 拓朗 大分大（非）江藤 直哉 大分大（非）小田 和広

Takuro Honda, Naoya Eto, Kazuhiro Oda

Oita University

### 1. 研究背景

ゴム摩擦による位置決めおよび位置保持を実現する装置の開発にあたって、摩擦相手面や圧力、潤滑状態に関する諸条件に対して、設計値として摩擦係数が既知であれば、必要なグリップ力を確保するためのグリップ面積や荷重を算出することができるため都合が良い。摩擦係数測定については、JISに規定されているものもあるが、条件や試験装置に依存することは言うまでも無く、全ての摩擦条件を網羅することは不可能である。そこで、本研究においては、ある条件下におけるゴムの摩擦力（グリップ力）を測定し、摩擦係数に相当するパラメータを推定し、諸条件における傾向を把握するとともに装置設計にフィードバックすることを検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 摩擦試験装置

グリップ力を評価するために製作した摩擦試験装置の構造を Fig. 1 に示す。エアハイドロシリンダを用いてゴム試験片を、相手面の硬質プレートに垂直に負荷させた。硬質プレートは潤滑液体を保持する液バスに固定し、直動機構によって液バスを引っ張ることで、ゴム試験片と硬質プレートに摩擦運動を与えた。垂直荷重と引張力（摩擦力）はロードセル（LUX-B-20KN-ID、共和電業）によって取得し、データロガー（NR-X100、キーエンス）に記録した。

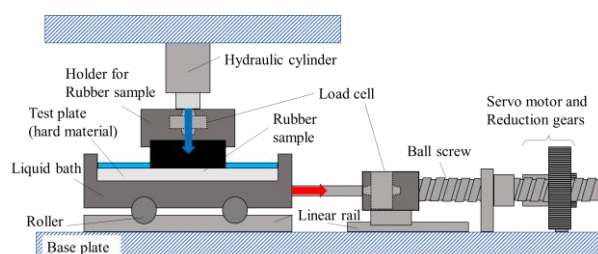


Fig. 1 Schematic illustration of test equipment

#### 2.2 試験片および実験条件

ゴム試験片には、SBR60（ゴム硬度 60）の 50 mm 角、厚さ 10 mm（治具突き出し量 5 mm）を標準として用いた。また、液体の排出溝を設けた表面パターンについて、形状を Fig. 2 に示す。摩擦相手面の硬質プレートには、鉄鋼（SS400）、ポリエチレン樹脂、塩化ビニル樹脂、モルタルを準備した。潤滑状態として、乾燥状態と水湿潤、油潤滑状態を想定した。垂直荷重の設定は、ゴム試験片のみかけ表面積（治具側）に作用する接触圧を一定となるようにした。試験条件を Table 1 に示す。

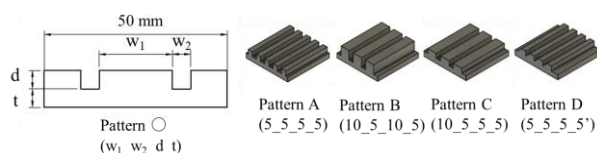


Fig. 2 Surface shape of rubber sample

Table 1 Experimental Conditions

Rubber sample	SBR60
Rubber sample pattern	None, A, B, C, D (Fig.2)
Plate sample	SS400, PE, PVC, Concrete
Lubricants	None(dry), VG-32, VG-68, Lithium grease (Consistency No.2)
Contact pressure (Load)	0.2, 0.3, 0.4 MPa (0.5, 0.75, 1.0 kN)
Sliding speed	0.1 mm/sec
Sliding stroke	10mm (Maximum)

#### 2.3 摩擦係数（グリップ係数）の定義

取得した荷重データの一例を Fig. 3 に示す。引張力（摩擦力） $F$  に対する垂直荷重  $N$  の比例係数をグリップ係数  $\mu$  とする。

本実験では、静止摩擦から動摩擦に移行後も緩やかに引張測定力が増加し、静止摩擦区間で引張力の最大値をとらないため、最大摩擦係数（ピーク値）を示すタイミングから滑り出し（グリップ力の限界値）を導くことは困難であった。そこで、摩擦係数の時間変化について、グラフの変曲点を外挿接線から求めたものを、最大静止摩擦係数、すなわちグリップ係数として扱うこととした。また、試験開始直後より動摩擦に移行し、変曲点が求まらない結果については、試験片の滑動距離から滑り出しを推定した。

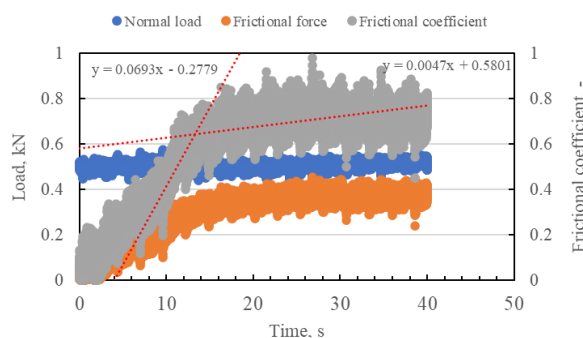


Fig. 3 Estimation of maximum coefficient of static friction

### 3. 実験結果および考察

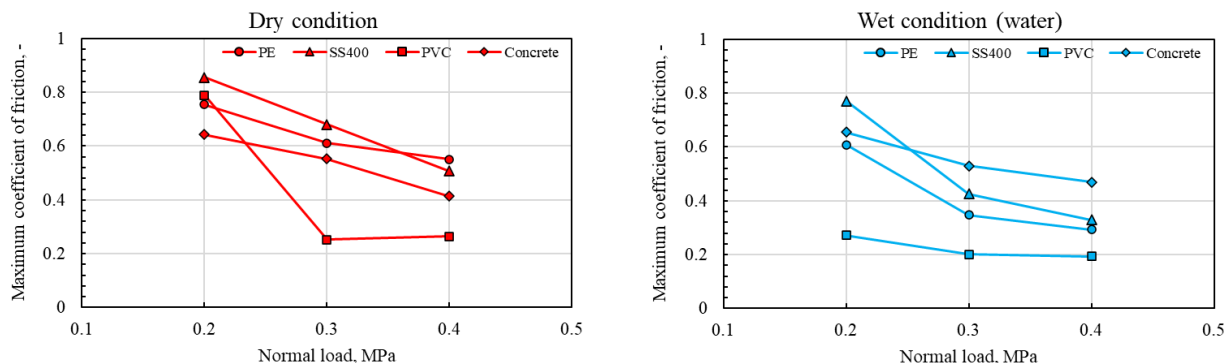


Figure 4 Maximum coefficient of friction between rubber sample and each plate sample under dry and wet condition

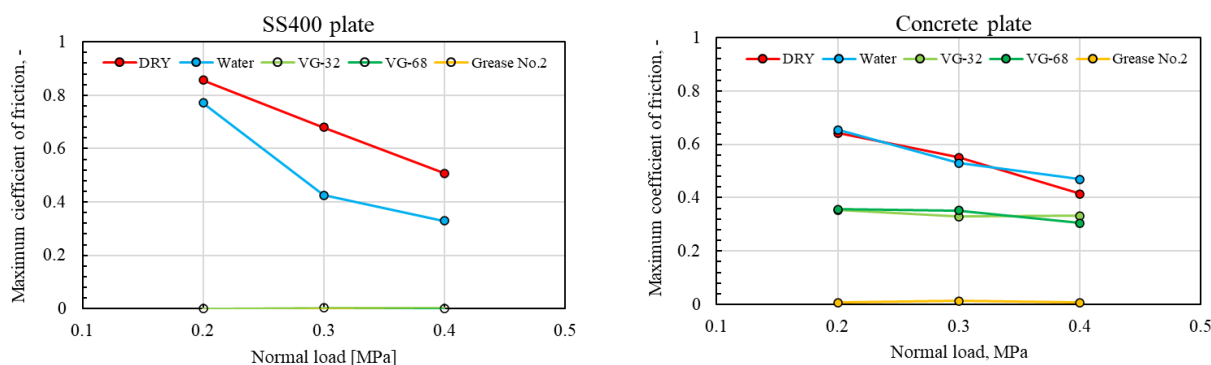


Figure 5 Effect of lubricants on maximum coefficient between rubber sample and SS400, concrete plate

各実験条件におけるグリップ係数（摩擦係数）と荷重の関係を Fig. 4~6 に示す。ゴムの弾性体としての特性により、荷重が増えるにつれて、グリップ係数が小さくなる傾向が確認された。グリップ係数と荷重の積が大きく変化していないということから、荷重を増加させてもグリップ力を増大させることはできないことが分かる。水潤滑条件下では、乾燥条件下に比べてグリップ力が低下することは当然ながら、コンクリート試験プレートに対して、グリップ力が低下していないのは、吸水効果によるものと考えられる。また、プレート表面を油剤で覆った条件では、グリップさせることができず、ほぼ流体潤滑状態であったと考えられる(Fig. 5)。

液膜による滑りに対して、ゴム表面溝形状がもたらす効果について Fig. 6 に示す。溝パターンがないものと比べて見かけの接触面積が小さくなるが、グリップ係数が大きくなることが示された。見かけの接触面積が小さくなることで、接触面圧（荷重）が増加することにはなるが、Fig. 5 の結果において、荷重によらずグリップ係数が増加していないことを考慮すると、溝パターンによる油膜の排斥もしくは、パターンのエッジ効果によるものと考えられる。また、パターン形状による違いについては、凸部の剛性による変形抵抗が引張力（グリップ力）に加わって、グリップ係数に加味されていると捉えることができる。

### 謝辞

本研究は、令和 3 年度経済産業省「戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)」に基づき実施した。また共同研究において、ご支援頂きました株式会社ホーシン大分工場各位に厚くお礼申し上げます。

### 文献

- 1) 岩渕・中野・足立：摩擦係数を測定する，トライボロジスト，47，4 (2002) 242-248.
- 2) 福田・山口：高圧下におけるゴムと金属の間の摩擦係数について，日本機械学会論文集 39，321 (1973)
- 3) 桃園：エラストマーの凝着を伴う摩擦の発生機構，日本ゴム協会誌，88，2 (2015) 48-54.

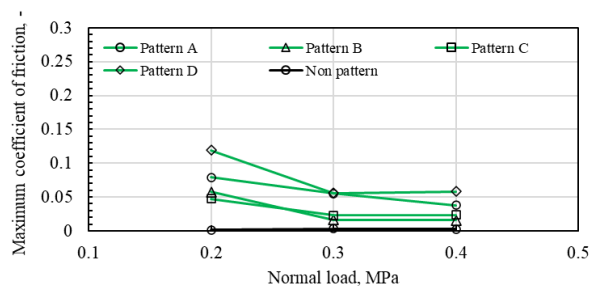


Figure 6 Effect of surface pattern on maximum coefficient between rubber sample and SS400 under VG-32