

# フローティングシールの回転挙動に及ぼすOリング圧縮反力分布の影響

## Effect of O-ring Compression Reaction Force Distribution on Rotational Behavior of Floating Seals

コマツ（正）\*嶋田 大 東京科学大（非）住谷 明

東京科学大（正）京極 啓史 東京科学大（正）田中 真二

Masaru Shimada\*, \*\*, Akira Sumitani\*, \*\*, Keiji Kyogoku\*\*, Shinji Tanaka\*\*

\*Komatsu Ltd., \*\*Institute of SCIENCE TOKYO

### 1. 緒言

フローティングシールは建設機械などにおける履帯の回転軸シールなどに用いられ、潤滑油の封止と外部からの土砂の侵入防止の機能を持つ機械要素である。Figure 1 に示すように、フローティングシールは一对の金属製のシールリングとゴム製のOリングからなる。金属製のシールリングとゴム製のOリングはハウジングに挿入される。固定側と回転側のハウジング間隙間を狭めることでOリングを圧縮し、その圧縮反力の軸方向成分によってシールリング同士に押し付け荷重を発生させてシールしている。しかし、組立荷重負荷時のOリング挙動を調査した結果、部品寸法精度やOリングの粘弾性特性などのさまざまな要因によって、Oリングは円周方向で均等には移動および圧縮しないことが分かった<sup>1)</sup>。そのため、円周方向でOリングの圧縮反力に分布が発生してしまう。この圧縮反力の分布は、シールリングのシール面の押付け力の変動要因となり、稼働時の油封止性に影響を及ぼすと考えられる。さらには、円周方向におけるOリング圧縮反力の半径方向成分分布は、その積分値がシールリング同士を滑らせる力として働く<sup>1)</sup>ため、稼働時にシールリング同士が偏心/偏角運動<sup>2)</sup>をすることになり、シールリングのシール面の接触状態を変動させる要因となる。

このように、フローティングシールにおいてOリングの圧縮反力の円周方向の分布は、シールリングの挙動および油封止性に大きく影響すると考えられるが、その詳細は明らかにされていない。そこで本研究では、透明化したハウジングによるOリング位置の直接観察、および開発したシールリング同士の偏心挙動計測機構<sup>2)</sup>によって、フローティングシールの稼働中のOリングおよびシールリング挙動を調査したので報告する。

### 2. 実験方法

Figure 2 に透明ハウジングによるOリング位置、およびシール面（シールリング同士の接触部）位置計測の模式図を示す。ハウジングの一部を透明アクリル製に変更し、外周からカメラでハウジングとOリングが接触している位置、接触幅、およびシール面位置を観察した。これらの観察用カメラは、円周方向の約90°毎（60°, 150°, 240°, 330°）に設置した。さらに、以前報告<sup>2)</sup>したシールリング同士の偏心挙動計測機構を用いて、稼働中のシールリング同士の偏心挙動をモニタリングした。

試験には外径φ408のシールリング、線径Φ11.6mmのOリングを使用し、シール押付け荷重は約1900N、ハウジング回転数は1rpm, 5rpmの条件で回転させ、Oリングおよびシールリング挙動を評価した。

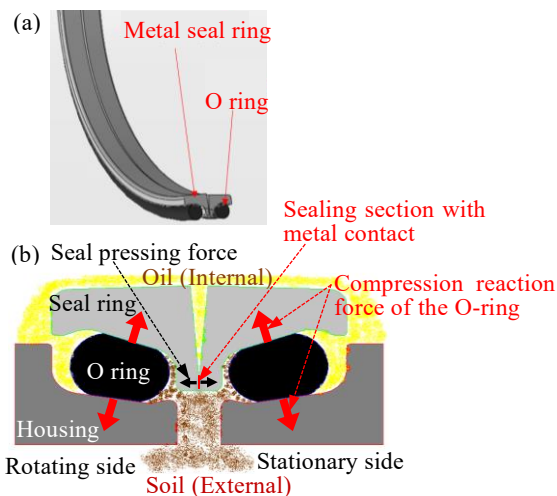


Fig. 1 Cross-sectional schematic diagram of a floating seal.  
(a) Floating seal configuration and structure.  
(b) Enlarged view of the floating seal cross section and its function.

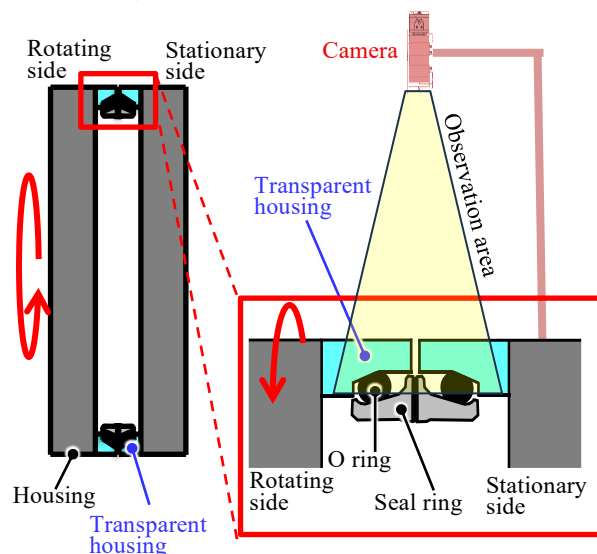


Fig. 2 Schematic diagram of measurement of the O-ring position and seal ring contact surface position using transparent housing.

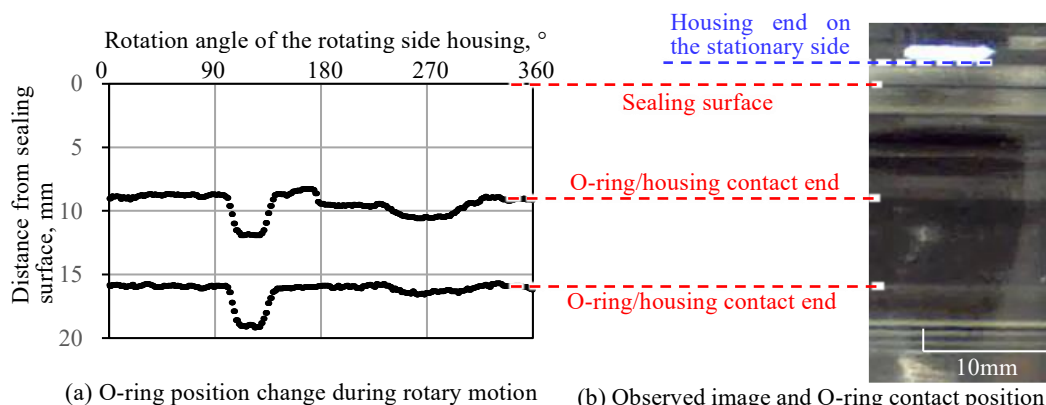


Fig. 3 Example of measurement of O-ring position change in the rotating side housing of a floating seal during rotary motion.

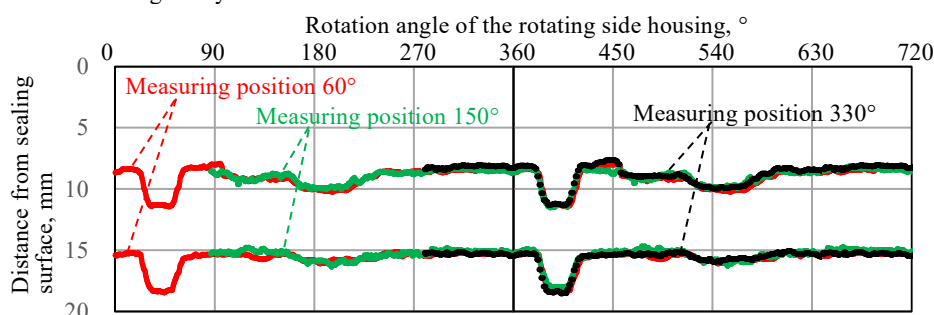


Fig. 4 Measurement results of the change in the O-ring position at each measurement position during the rotational movement. (In this figure, the horizontal axis is the phase viewed from the fixed coordinate system of the rotating side housing observed by the camera, so that the same position of the rotating side housing observed by each camera can be compared.)

### 3. 実験結果

Figure 3 に、回転稼働中における回転側の O リング／ハウジングの接触位置とシール接触面との距離を計測した例を示す。回転側ハウジングの回転位相によって、O リングとハウジングの位置が変化していることがわかる。Figure 4 に、90° 毎の各観察位置で計測した回転側の O リング／ハウジングの接触位置を示す。この図は、各カメラで観察した回転側ハウジングの位置が同じ位置で比較できるように、横軸はカメラが観察した回転側ハウジングの固定座標系から見た位相としている。興味深いことに、90° 毎の各観察位置で計測した回転側の O リング／ハウジングの接触位置がほぼ重なっていることがわかる。このことから、回転稼働中に回転側ハウジングの O リング位置およびハウジングとの接触幅はほとんど変化しないと考えられる。Figure 5 に、回転側における O リングとハウジング間の接触幅の円周方向分布を示す。接触幅は 5.59～7.26mm 間で分布していた。O リング接触幅は、O リングの圧縮率と関係があるため、円周方向に O リング圧縮率も分布していることになる。また、図中には O リング圧縮反力の半径方向成分積分値からなる力の向きも図示している。先述の通り、回転稼働中に回転側ハウジング内で O リングは移動せず、圧縮率も変化しないため、O リング圧縮反力の半径方向成分積分値からなる力の向きは回転ハウジングの回転に併せて回転する。そのため、この O リング圧縮反力の半径方向成分積分値からなる力は、回転稼働中にほぼ等速円運動するシールリング同士の偏心<sup>2)</sup>の向心力として作用すると考えられる。

今後、固定側／回転側の O リング挙動とシールリングの挙動によるフローティングシールの油封止性への影響を検討していく。

### 文献

- 1) 嶋田・鈴木・住谷・京極・田中：フローティングシールにおける O リング挙動の計測，トライボロジー会議 2025 春 東京 予稿集, 92-93.
- 2) 嶋田・鈴木・寒川・堀野・住谷・菊池・京極・田中：フローティングシールにおけるシールリング偏心挙動の計測，トライボロジー会議 2024 春 東京 予稿集, 45-46.

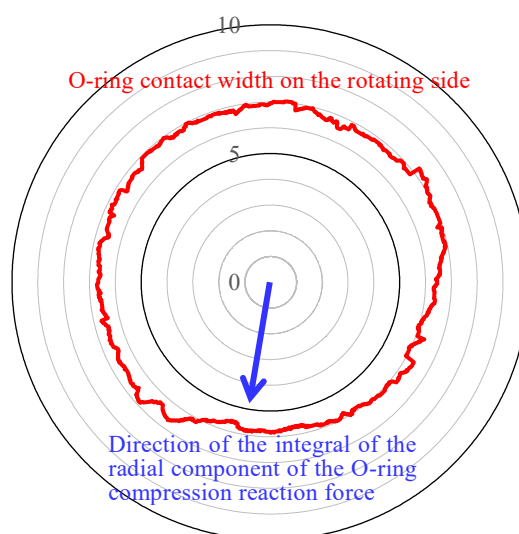


Fig. 5 Circumferential distribution of contact width between the O-ring and housing on the rotating side.