

フローティングシールにおけるOリング挙動の計測

Measurement of O-ring behavior in floating seals

コマツ（正）*嶋田 大 東京科学大・院（学）鈴木 楓人 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*,**, Futo Suzuki**, 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帶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にフローティングシールの設置箇所を示す。Figure 2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。Figure 3に示すように、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つけ荷重を発生させてシールしている。Oリングはハウジング間隙間が狭まるとともに、圧縮されながらハウジング上およびシールリング上を移動する。しかし、部品寸法精度やOリングの粘弾性特性などの要因によって、Oリングは円周方向で均等には移動しないと考えられる。そのため、円周方向でOリングの圧縮反力は分布を生じる。この円周方向におけるOリング圧縮反力の軸方向成分分布は、シールリングのシール面の押付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、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ため、シールリング同士を偏心させる。そのため、稼働時にシールリング同士が偏心／偏角運動をすることになり、シールリングのシール面の接触状態の変動要因となる。

このように、フローティングシールにおいてOリングの圧縮率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リングの直接観察、および自作した薄膜センサにシールリングのOリング接触情報を取得し、Oリング挙動を調査したので報告する。

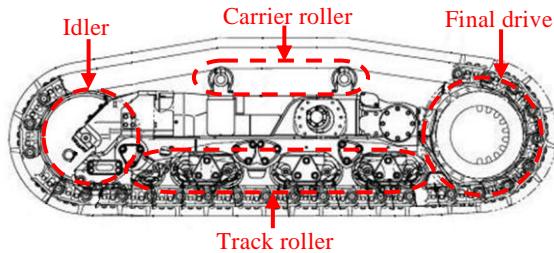


Fig.1 Example of application of floating seals in crawler tracks of construction machinery

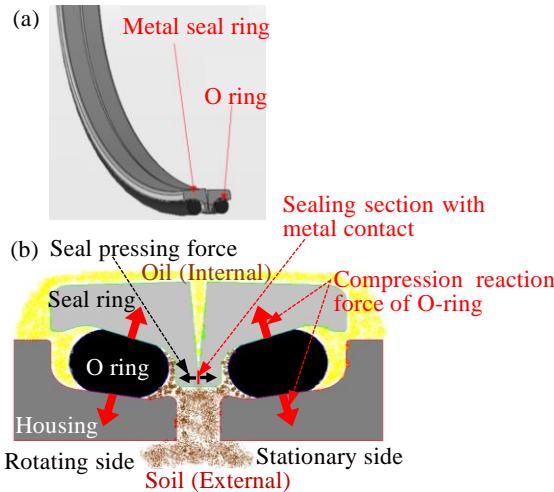


Fig.2 Cross-sectional schematic diagram of a floating seal.
(a) Floating seal configuration and structure.
(b) Enlarged view of the floating seal cross section and its function.

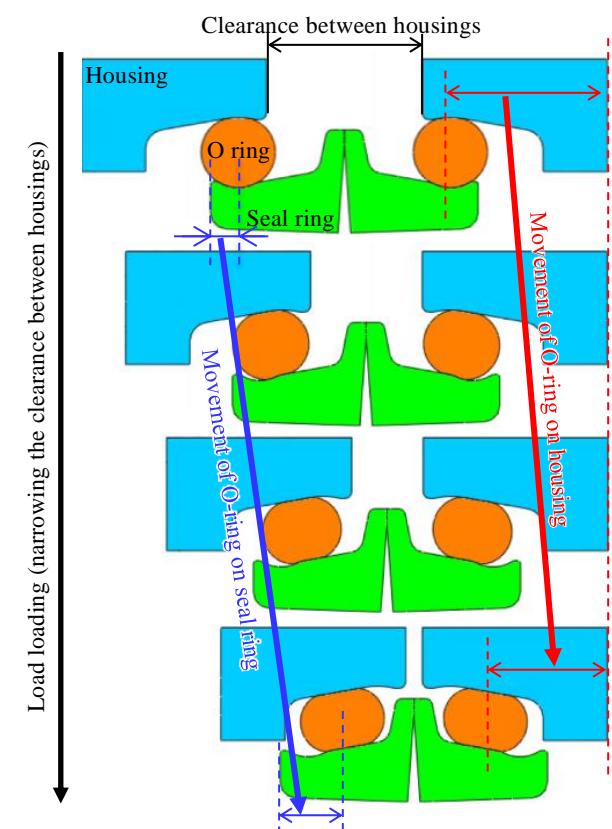


Fig.3 Schematic diagram of O-ring behavior under load.

2. 実験方法

Figure 4 に透明ハウジングによるOリングの直接観察、および自作した薄膜センサによるシールリングのOリング接触情報取得に関する模式図を示す。図に示した通り、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（シールリング同士の接触部）位置を観察した。また、シールリング側のOリングとの接触の情報を取得するため、シールリングのOリングとの接触面には自作した薄膜センサを接着した。これらの観察用カメラと薄膜センサは、円周方向の 90° 每に設置した。Figure 4(b)に示すように、薄膜センサの感知部の位置は、Oリング座との境界を 0mm として 0.7mm, 3.1mm, および 5.5mm とに設置し、各円周方向の角度位置で揃えた。

試験条件は、荷重負荷工程におけるOリング挙動を観察するため、シールリング同士を離した状態から、ハウジング間隙間を所定の量まで 60mm/min の速度で狭める試験を実施した。

3. 実験結果と考察

Figure 5 に荷重負荷工程におけるOリング挙動の計測結果を示す。図は荷重負荷（ハウジング間隙間を狭める）工程で、シールリングに接着した各位置の薄膜センサがOリングと接触が確認されたタイミングをプロットしたものである。図に示した通り、円周方向の角度によって、シールリングとOリングの接触するタイミングが異なっていることが分かった。例えば、シールリングのOリング座から 5.5mm の位置にある薄膜センサで確認されたシールリングとOリングとの接触は 150° と 330° で 5sec も異なっていた。また、荷重負荷中の約 21sec の時を見ると、150° と 330° でOリング位置が 1.5mm もずれが生じていると推測された。これらの結果から、Oリングは円周方向で均等に押し込まれないことを示しており、それに応じてOリング圧縮反力にも円周方向で分布が生じていることが考えられる。

さらに、Fig. 6 に同じ荷重負荷試験で取得したOリング近傍の動画からハウジング端面とシール面（シールリング同士の接触面）位置を取得し、その変化をプロットしたものを示す。図に示したように、240° 位置ではシール面位置は荷重負荷時間に応じてほぼ線形的に変化した。一方、330° 位置では、荷重負荷時にシール面位置が大きく変動することがわかった。これは、荷重負荷に応じて、Oリングが円周方向で均等に圧縮されないために、シールリングの押付力にも円周方向で分布が生じ、生じた荷重分布のアンバランスを緩和するための動きと考えられる。

4. 結言

フローティングシールのシールリング挙動およびシールリング同士の押付力に大きく影響すると考えられるOリングの挙動を、観察と計測により検討した。荷重負荷時にOリングは円周方向で不均一な位置に動くため、Oリングの圧縮反力も円周方向で分布を生じると考えられる。そのOリングの圧縮反力分布は、シールリングの偏心／偏角運動や押付力の変動要因となる可能性があり、今後詳細を確認する予定である。

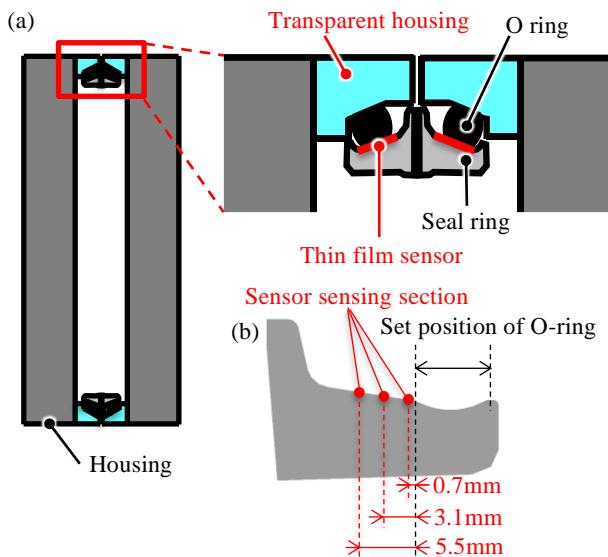


Fig.4 Method for observing O-ring behavior and measuring contact with the seal ring.

(a) Layout of transparent housing and thin-film sensor
(b) Location of sensor sensing section

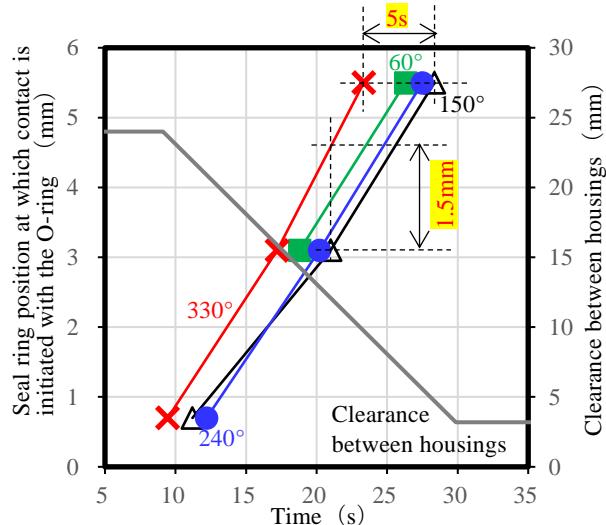


Fig.5 Comparison of seal ring position where contact begins with the O-ring during the load-loading process.

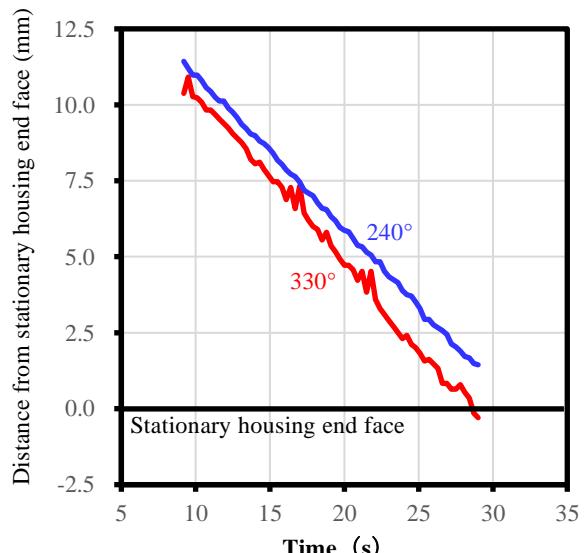


Fig. 6 Change in seal face position during the load-loading process.