

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

Measurement of seal ring eccentricity behavior in floating seals

コマツ（正）*嶋田 大 東工大（非）**鈴木 楓人 （非）**寒川 莞爾 コマツ（非）*堀野 祐司
東工大（非）**住谷 明 （非）**菊池 雅男 （正）**京極 啓史 （正）**田中 真二

Masaru Shimada*, Futo Suzuki**, Kanji Samukawa**, Yuji Horino*,
Akira Sumitani**, Masao Kikuchi**, Keiji Kyogoku**, Shinji Tanaka**

*Komatsu Ltd., **Tokyo Institute of Technology

1. 緒言

フローティングシールは建設機械における履帯の軸周り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、固定側と回転側のハウジングを軸方向に近づけることでOリングを圧縮し、その圧縮反力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、Oリング圧縮率は部品寸法精度、摩擦熱などによる温度分布に起因するOリング熱膨張量の分布、稼働時の衝撃など様々な要因によって分布が生じる。拘束されていない金属製シールリングおよびOリングは自由に動くことができるため、そのOリング圧縮率分布はシールリング同士を偏心させる力として働く。また、シールリング同士のシール面は潤滑性を確保するために、テーパ加工などによって接触部が頂点となるような形状に作られている。そのため、金属製シールリング同士の偏心によって、シール位置が変化し、シール面の接触状態は複雑に変化してしまう。それゆえに、シールリング同士の偏心の発生およびその時の接触状態と油封止／油漏れの関係はまだ正確に理解されていない。

本研究では、稼働中のシール面の接触状態を変化させる要因であるシールリング同士の偏心量を直接計測する方法を開発した。本稿ではその実測例として、寸法精度の良い機械加工で作製したシールリングと、寸法精度の悪い鋳物製のシールリングの偏心挙動を報告する。

2. 実験方法

2.1 フローティングシールにおけるシールリング同士の偏心計測方法

開発したフローティングシールの稼働時におけるシールリング同士の偏心挙動を計測する機構を Fig. 3 に示す。固定側シールリングの内径にギャップセンサを取り付けるための治具を取り付け、回転側シールリングの内径に取り付けたリング状の治具の内径とギャップセンサの隙間を計測している。90° 毎に計測した隙間量から固定側シールリングと回転側シールリングの相対的な偏心量を算出し、計測時間毎にプロットすることで、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。

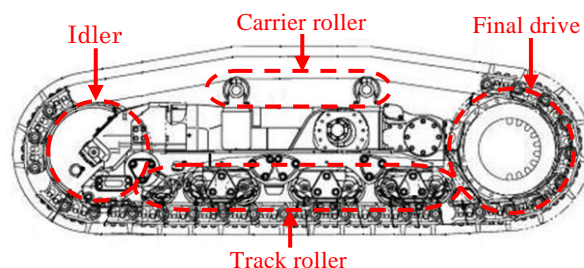


Fig.1 Seal position around the axis in the crawler.

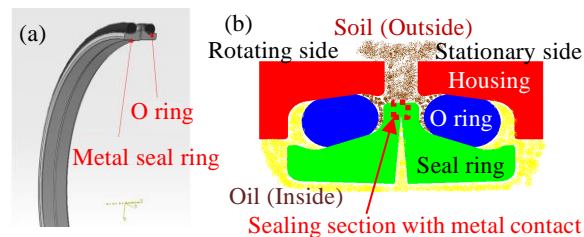


Fig.2 Schematic diagram of floating seal.

- (a) Structure of floating seal
- (b) Cross section of seal part

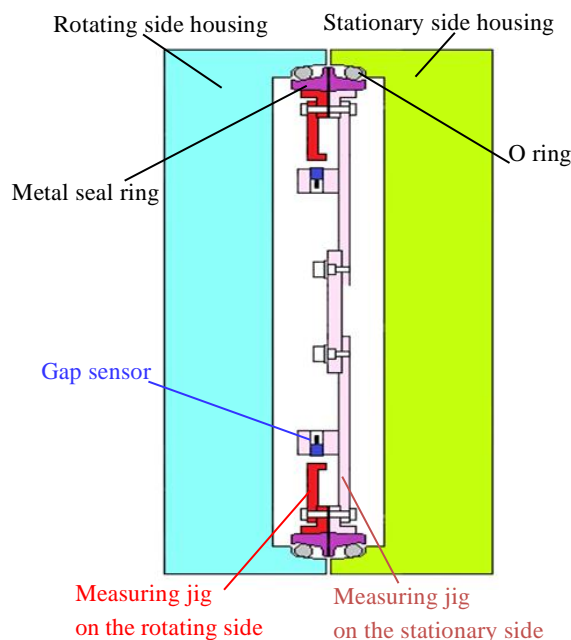


Fig.3 Schematic diagram of the method for measuring eccentricity between seal rings.

2.2 シールリングの寸法精度

本実験では、寸法精度の良い機械加工で作製したシールリングと、寸法精度の悪い鋳物製のシールリングの偏心挙動の差異を評価した。Figure 4にOリング圧縮率のバラツキに影響する部分であるOリングが接触する面とその寸法精度に関する部位を示す。また、Table 1に実験に使用したシールリングのその寸法精度を示す。Table 1に示すように、鋳物製シールリングの方が機械加工製シールリングよりOリングが接触する面の真円度が2～3倍程度悪く、全周での角度のバラツキも大きく、いびつな円錐形状となっていることが分かる。

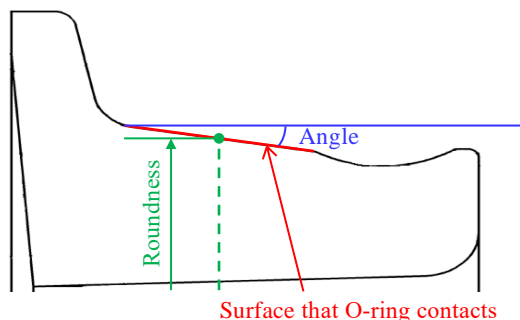


Fig.4 The portion corresponding to the dimensional accuracy of the seal ring.

Table 1 Dimensional accuracy of the surface that O-ring contacts in the seal ring used in the experiment.

Production method	Mounting side of seal ring	Surface that O-ring contacts	
		Angle(°)	Roundness
By machining	Rotating side	9.85～9.92	0.079mm
	Stationary side	9.83～9.88	0.125mm
By casting	Rotating side	10.37～11.13	0.240mm
	Stationary side	10.22～11.13	0.327mm

2.3 フローティングシールの稼働条件

フローティングシールにおけるシールリング偏心挙動を計測した稼働条件は以下の通りである。シール部の単位長さ当たりの荷重(=全荷重/シール接触部一周の長さ)は2.0kgf/cmで一定となるように制御し、回転側のハウジングを5rpmで回転させた。稼働は正転1min、逆転1minを1サイクルとして、5サイクル繰り返した。

3. 実験結果と考察

前述の計測機構を用いて計測した機械加工製シールリングと鋳物製シールリングの偏心挙動をFig.5に示す。Figure 5は固定側シールリングの中心軸を基準として、稼働中における回転側シールリングの中心軸が動いた軌跡を示したものである。

Figure 5に示したように、機械加工製シールリングおよび鋳物製シールリングともに固定側シールリングの中心軸に対して、回転側シールリングの中心軸が描いた軌跡はおおよそ円運動となっていることが分かる。また、その軌跡は比較的安定していることも分かる。さらに、シールリング偏心の円運動の大きさは、機械加工製シールリングではおおよそ0.2mmに対して、鋳物製シールリングではおおよそ1.4mmと大きな軌跡を描くことがわかった。Fig.2(b)に示すように、フローティングシールはハウジングとシールリングに挟まれたOリングの圧縮反力によって押し付け荷重を得る構造となっている。そのため、シールリングにおいてOリングの圧縮量に分布を生じさせるOリングが接触する面の真円度やその角度の全周におけるバラツキによって、シールリングの偏心挙動に違いが生じたと推定する。

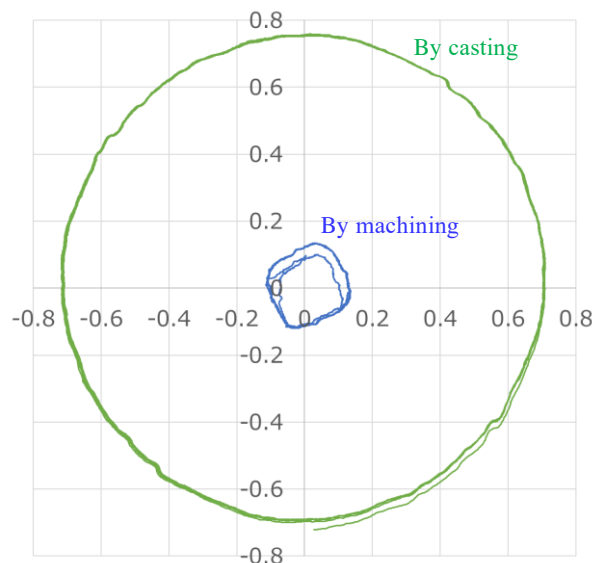


Fig.5 Eccentric behavior of seal rings with different dimensional accuracy.

4. 結言

本研究では、フローティングシールにおけるシールリングの偏心挙動を計測する機構を開発し、部品寸法精度の異なるシールリングの偏心挙動を実測した。その結果、Oリング圧縮率に分布が生じさせると考えられるOリングが接触する面の角度のバラツキおよび真円度が大きくなると、シールリング同士の偏心挙動が大きくなることがわかった。このシールリング同士の偏心によって、稼働中の接触状態が変化して、油封止性に影響を与えたと考えられる。

シールリングが拘束されていないため、様々な要因によって稼働中にシールリングが偏心して複雑に接触状態が変化すると考えられるフローティングシールの油漏れ状況を理解する上で、本計測技術は有用であると考えられる。