

油圧制御バルブにおけるキャビテーションエロージョン

日大生産工(院) ○小林 凱垂 日大生産工 沖田 浩平
 (株)小松製作所 古川 輝幸 宮本 祐介 名倉 忍
 東京大学 高木 周 加藤 洋治

1. まえがき

油圧制御バルブは建築機械などのクレーン車やフォークリフトのアームなどに広く使用されている。Fig. 1のような油圧制御バルブにおいて、スプール弁が軸方向に移動すると、高圧部から流入する開口面積が変化し、流量が調整される。このようなスプール弁でキャビテーションエロージョンによるブロック壁面の損傷が進行し、スプールとブロックの間の漏れ流れが生じることが問題となっている。開口を固定した実験において、開口部からの噴流にキャビテーションが生じ、開口していないスプール孔に面したブロック壁面の壊食が観測されているものの、どのようなメカニズムでエロージョンが生じるのかについては明らかでない。本研究では、スプール弁に生じるキャビテーションエロージョンのメカニズム解明を目的に可視化実験を行った。

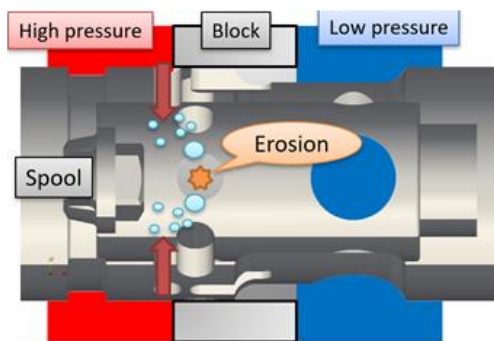


Fig.1 油圧制御バルブ内で生じるエロージョン

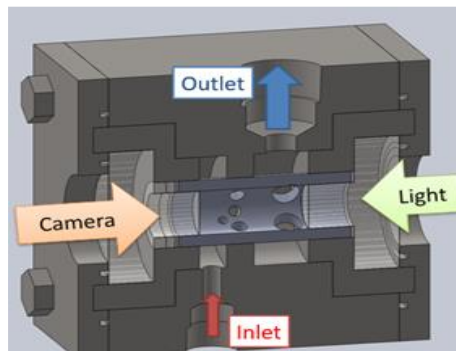


Fig.2 可視化実験装置の断面図

2. 実験方法および測定方法

油圧制御バルブ内のキャビテーション流れの可視化実験装置をFig.2に示す。スプールの両端に可視化のための窓を設けて、シャドウグラフ法によりキャビテーションの可視化を行った。また、スプール内部だけでなく、スプールの側壁に開けられた孔内部のキャビテーションも可視化できるようにスプール自体もアクリルで製作した。実験では、油圧ユニットのポンプからアキュムレータを介して可視化実験装置の流入部に油が流入し、スプール開口部を通過して、流出部からタンクに戻る。また、スプールの開口面積は、スプールを交換することで可能となっている。

高速度撮影には、高速度カメラ (HX-7s) と高輝度LED照明もしくはレーザー照明 (CAVILUX) を使用した。流入流出部の圧力は圧力計と圧力センサーにより測定した。

3. 実験結果および検討

Fig.3に開口1.0mm、流量24L/minの場合のスプール内のキャビテーションの様子を示す。スプール内部で黒くなっている部分は、キャビテーションである。対になった開口部から図中の矢印の方向に噴流が出ており、スプールの内部が完全にキャビテーションで満たされていることがわかる。また、スプール孔内にも小さなキャビテーション気泡と気泡のクラスターが確認できる。

Fig.4にスプール孔内のキャビテーションの

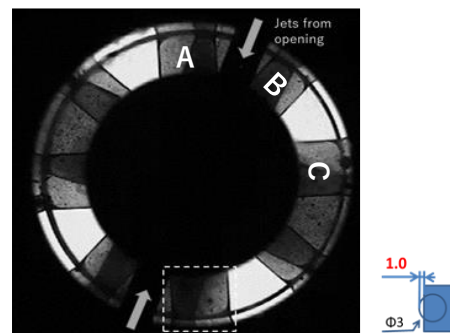


Fig.3 スプール内部のキャビテーションの様子

Cavitation Erosion in Hydraulic Control Valve

Gaia KOBAYASHI, Kohei OKITA, Teruyuki FURUKAWA, Yusuke MIYAMOTO, Sinobu NAGURA, Syu TAKAGI, Hiroharu Kato

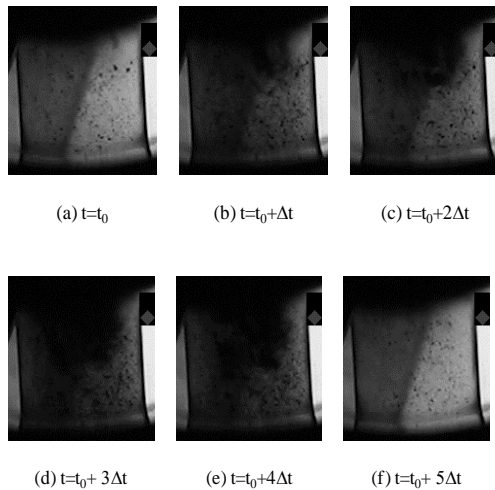


Fig.4 Fig.3の破線で囲まれた領域のスプール孔におけるキャビテーションの時間発展 ($\Delta t=1/30,000$)

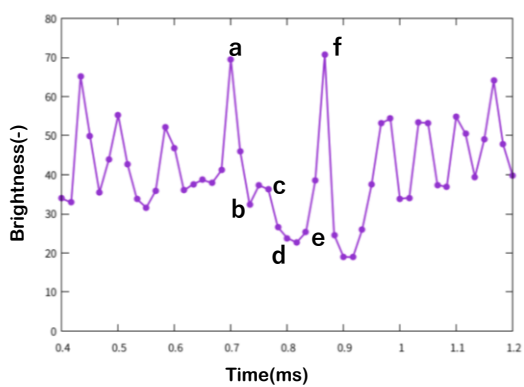


Fig.5 スプール孔内の平均輝度値の時間変化

様子として、Fig.3の破線で囲まれた領域のキャビテーションの時間発展を示す。また、この時の画像から得られる平均輝度値の時間変化をFig.5に示す。Fig.4(a)から(d)にかけて、スプール孔内のキャビテーションが増加して暗くなっている。このときの動画を見るとキャビテーション気泡群がスプール孔に流入することでキャビテーションが増加している。次に、(e)から(d)にかけてキャビテーション気泡が収縮して再び明るくなっていることがわかる。Fig.5より、(a)から(d)の0.1msの間で輝度値が70から20まで減少しているのに対して、(e)から(f)の0.033msの間で輝度値が20から70まで急激に増加していることがわかる。以上より、スプール孔内にキャビテーションが流入・成長した後に急激に崩壊していることが、可視化画像と平均輝度値の時間変化からわかった。とく

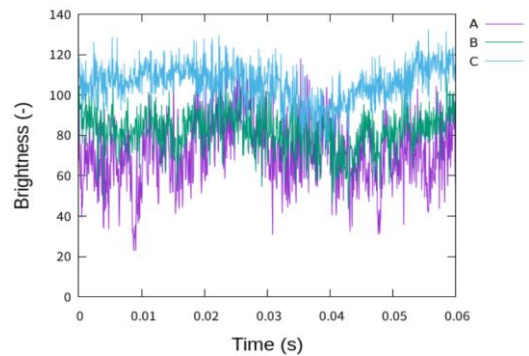


Fig.6 スプール孔内の平均輝度値の比較

に、時間的な輝度の変化が激しいほどキャビテーションの成長と崩壊が激しいと考えられる。

次に、Fig.3のA,B,Cの孔位置における各スプール孔内の平均輝度値の時間変化を比較してFig.6に示す。スプール孔の位置によって輝度値の時間平均や変動の大きさが異なることがわかる。ここで、スプール孔の位置によって明滅の激しさを比較するため、それぞれの平均輝度値の標準偏差を調べたところ、孔Aが16.74、孔Bが10.53、孔Cが9.94であった。これより、孔Aが最も輝度変化が激しく、スプール孔の位置によってキャビテーションの流入・成長と崩壊の激しさが異なることがわかった。このことは、スプール孔に位置によってもエロージョンの程度が異なると考えられる。

5. まとめ

油圧制御バルブ内のキャビテーションエロージョンのメカニズム解明を目的に可視化実験を行った結果、スプール内のキャビテーションの様子を本研究において初めて観察することができた。これより、スプール孔内にキャビテーションが流入・成長し、急激に崩壊している様子が観察され、このようなキャビテーション気泡群のスプール孔内における崩壊がエロージョンの原因となっていると考えられる。また、スプール孔の平均輝度値の時間変化からスプール孔の位置によってキャビテーションの崩壊の激しさが異なることがわかった。

今後は、開口面積や流量などの条件の変化による油圧制御バルブ内のキャビテーションの影響を調べることで、スプール孔にキャビテーションが流入する原因を明らかにし、設計におけるエロージョン抑制のための指針を得たい。