

北海道大学工学部 ○李桓成 西村生哉 下岡聡行 勇田敏夫

要 旨

近年、動物や人体に埋植した人工弁において壊食を伴う破壊が発生した例が報告され、その原因としてキャビテーションが注目されている。本研究では、人工弁ホルダー部に空気室を設けて加速耐久試験を行い、弁の表面の壊食に弁付近のコンプライアンスが与える影響について検討した。その結果、ホルダーに付加したコンプライアンス値が大きほど弁表面の壊食ピット数は多く発生することがわかった。

1. 緒言

近年、動物や人体に埋植された人工弁に破損例が報告されている。弁の破損部位には表面壊食が見られ、破損に大きく関わっていると考えられている。表面壊食の原因としては、血液中に発生するキャビテーション¹⁾が有力視されている。一方、人工弁の耐久性は、加速耐久試験で調べられているが、キャビテーションに関する報告はほとんどない。本研究では、人工弁付近のコンプライアンスが表面壊食に影響すると考え、コンプライアンスの異なる人工弁固定用のホルダーを試作して加速耐久試験を行った。

2. 実験装置および方法

図1に実験に使用したホルダーの概略図を示す。シリコンシートで隔てられた空気室でコンプライアンスを持たせてある。実験には流入側、流出側もしくは両側にコンプライアンスを設けた12種類のホルダーについて実験した。ディスク表面の壊食を定量的に評価するために、ディスクの中心から半径方向に4, 5.5, 7 mmの所に1.5 mm角の領域(図.2中A, B, C)を設定し、直径30 μm 以上の壊食ピット数を数えて同じ距離の四箇所 の平均値を取った。

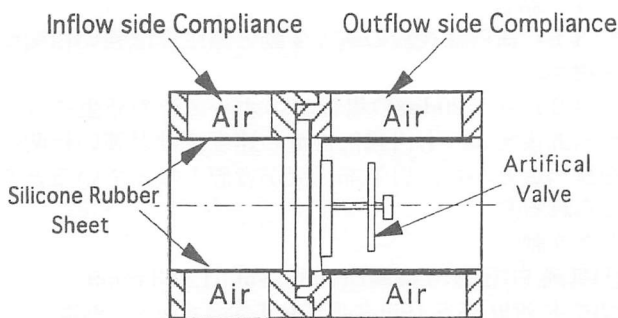


図.1 実験に使用したホルダーの概略図

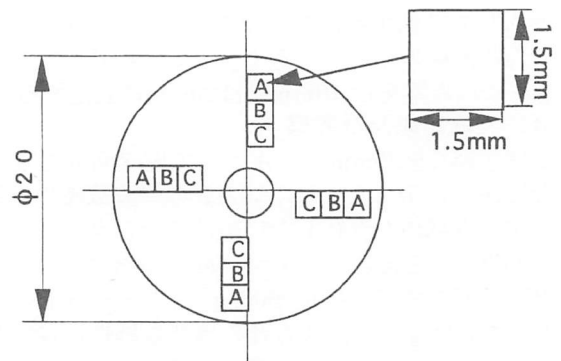


図.2 ディスク上に設定した測定領域

本研究室で試作した加速耐久試験装置²⁾を用い、超々ジュラルミン製ディスクとステンレス製ハウジングの人工弁モデルを使用して下記の条件で実験を行った。

- ・供給流量 : 120 l/min
- ・弁開閉速度 : 600 bpm
- ・駆動時間 : 15 hours
- ・使用流体 : 水道水 (水温は約13℃)

3. 実験結果

図.3、4、5にそれぞれディスクの設定領域A, B, Cのコンプライアンス値に対する壊食ピット数の関係を示す。○は剛体ホルダー、■は流入側、△は流出側、▲は両側にコンプライアンスを付加したホルダーを使用した結果を表す。ディスクの領域Aの壊食ピットはホルダーに付加したコンプライアンスの位置によらずコンプライアンス値に対して大きく増加することが示されている。ディスクの設定領域BとCの場合、Aと比べてピット数が少なく、コンプライアンス値に対する壊食ピットの増加率もAの場合より小さくなった。

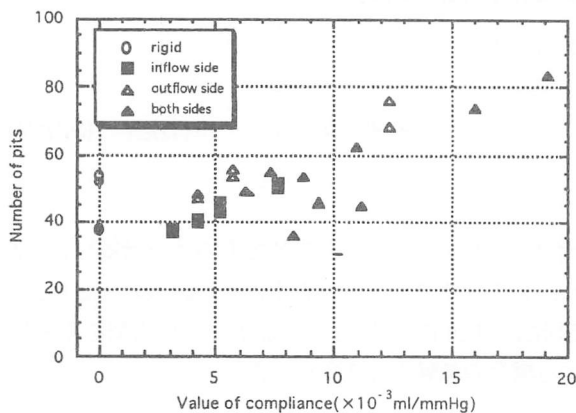


図.3 ディスクの設定場所Aにおける壊食ピット数

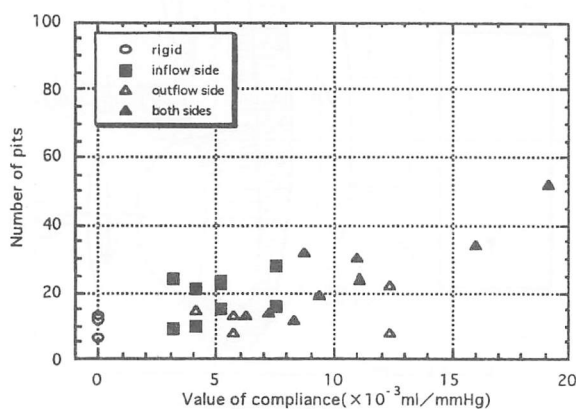


図.4 ディスクの設定場所Bにおける壊食ピット数

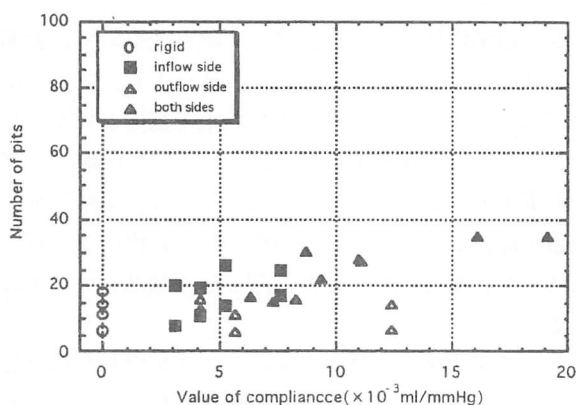


図.5 ディスクの設定場所Cにおける壊食ピット数

4. 考察

本研究では気泡の確認等はできていないが、液体中で、超々ジュラルミンの表面に穴をあけるほどの力が作用する現象として、キャビテーション³⁾による壊食

である可能性が非常に高い。実験結果より、コンプライアンス値が大きければ大きいほど壊食の進行が速いことが示された。この理由として、コンプライアンス値が大きい場合には気泡の成長時間（低圧の時間）が長くあり、気泡がより大きく成長し、崩壊時にディスク表面に働く力が強くなったのではないかと考えている。ディスクの外側に壊食ピットが多いのは弁が閉じるとき流体がディスクの外側部分を早く通過するため、キャビテーションの原因である局所的な低圧が発生するためであると考えられる。

5. まとめ

金属製ディスク弁の加速耐久試験を行って以下の結果を得た。

- 1) ディスクの周縁部（領域A）では、コンプライアンスが大きくなるとコンプライアンスがある場合の方が剛体ホルダーより壊食ピットが多く発生することがわかった。ディスクの設定領域B、Cの場合にはAに比べて壊食ピット数は小さいこと、コンプライアンスに対する増加率も小さいことがわかった。
- 2) 領域A、B、Cにおいて、壊食ピット数はコンプライアンスの位置にはほとんど関係ないことがわかった。

本研究の結果、人工弁周辺のコンプライアンスが、ディスクの壊食に大きな影響を与えることが示された。従来の加速耐久試験装置ではコンプライアンス機能は考慮されていなかったが、人工弁の耐久性を評価する上でコンプライアンス機能が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) R.Kafesjian et al "Cavitation Damage of Pyrolytic Carbon in Mechanical Heart Valve" J Heart Valve Dis 1994;3(Suppl.1)S2-S7
- 2) 田倉、他 "超加速型人工弁耐久試験装置の開発試作に関する研究" 修士論文 1992.2
- 3) ROBERT T.KNAPP, JAMES W. DAILY, FREDERICK G. HAMMITT "Cavitation" University of IOWA 1979