

放流管分岐部のキャビテーション特性について

石川高専 正員 布 本 博

1. まえがき

キャビテーションは高速流において圧力の低下によって生じる空気泡による空洞化作用であるため、一種の空気混入流でありキャビテーションの発生により流体機器の性能の低下、金属・コンクリートなどあらゆる管路表面の壊食、振動、騒音などの問題が生じる。水力発電施設の大型化にともなって高速流にさらされる水理構造物が増え、ダムに設置される取水・放流管などにおいても問題となる。放流管は貯水位の調節、緊急放流用など用途の多用化がすすみ、このため放流系統を2系統以上に分岐して放流される場合が多く、放流管の途中に分岐管が必要となる。

本研究は分岐部に発生するキャビテーションと管路の流量分配、圧力水頭、レイノルズ数などとの関係を明らかにし、基本的な水理特性について調査検討したものである。

2. 実 験

実験装置は図1に示すとおりで、分岐部は直角とし内径 $D=75\text{ mm}$ 、上下流 $20D$ 程度の整流区間を設けた。装置全体の管路は透明なアクリル製で、流量調節の操作は図中のバルブ①～③でおこなう。流量は分岐管末端部に電磁流量計を取り付けて測定した。管内の圧力測定は分岐部より上下流 65 cm の位置に水銀マンオメーターを取り付けて測定した。

一般に分岐部のキャビテーションの発生状況を表す指数としてキャビテーション係数 K がある。キャビテーション係数 K は基本的な要素のみを用いた無次元数として次のように定義される。

$K = (P_o - P_v) / (V^2 / 2g)$ 、ここに、 P_o : 管内の絶対圧力水頭、 P_v : 飽和蒸気圧水頭、 V : 分岐部上流の流速、 g : 重力の加速度 である。

キャビテーションの発生状況を次の1～4系列に分類し目視および聴覚により観測した。系列1 : キャビテーションを気泡、音の両方で確認できる。系列2 : キャビテーションを気泡で確認できる限界点、系列3 : キャビテーションを音のみで確認できる。系列4 : キャビテーションを音で確認できる限界点、系列4はキャビテーションの発生が見られる初生キャビテーションである。

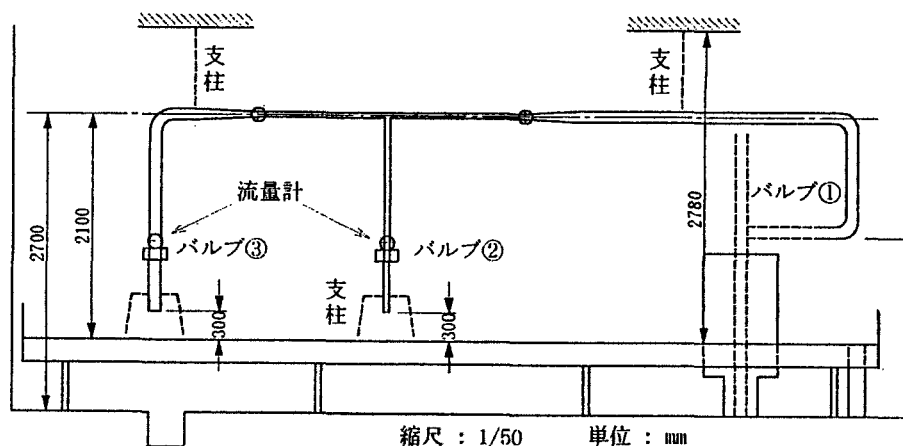


図1 実験装置

3. 実験結果

図1：キャビテーション係数 K とレイノルズ数 Re の関係についてみたもので、系列1～4は1つの曲線上に分布し Re 数が大きくなるにつれ系列4, 3, 2, 1の順にキャビテーションが進行していることがわかる。 K 値の範囲は8～72である。

図2：キャビテーション係数と流量比の関係で、流量比が小さい時はキャビテーション係数も小さく、流量比の拡大にともない K 値も大きくなり分布範囲も大きくなっている。系列別にみると系列1では流量比の拡大にかかわらず K 値はほぼ一定であるが、系列4では流量比に比例して K 値が大きくなっている。

図3：キャビテーション係数と圧力水頭 P の関係を見たもので、系列1～4は1つの曲線上に分布し圧力水頭に比例して K 値も大きくなっている。圧力水頭が大きくなるのにもないキャビテーションは系列1, 2, 3, 4の順に進行している。

図4：流量比を10に一定としてキャビテーション係数と圧力水頭の関係を見たもので、1つの曲線上に分布するが各系列の範囲が若干変動する。

図5：初生キャビテーションの $Re \sim K$ の関係を流量比別にみたもので、流量比が小さいとき K の値はほぼ一定値となるが流量比が大きくなると K の値も大きくなる。

図6：初生キャビテーションの $P \sim K$ の関係を流量比別にみたもので、流量比が一定であるとき K の値も一定となるが流量比が10では K 値にバラツキがみられる。

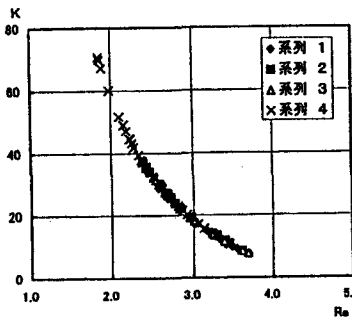


図1. $Re \sim K$ の関係

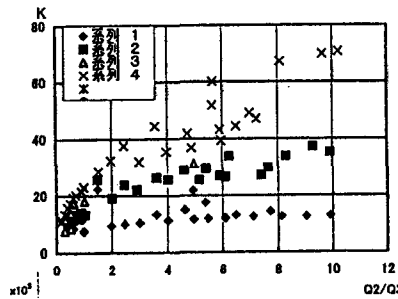


図2. $Q_2/Q_3 \sim K$ の関係

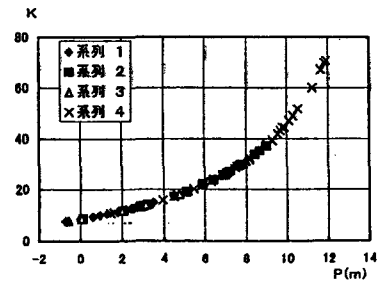


図3. $P \sim K$ の関係

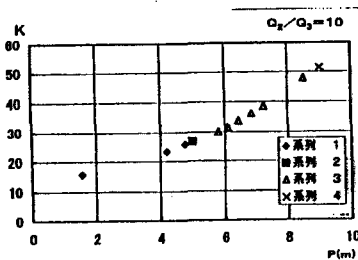


図4. $P \sim K (Q_2/Q_3=10)$

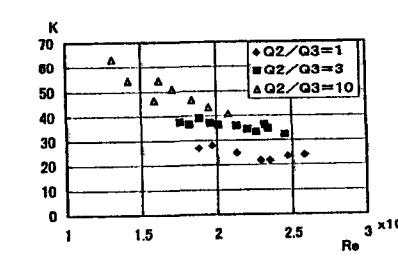


図5. $Re \sim K$ (初生キャビ)

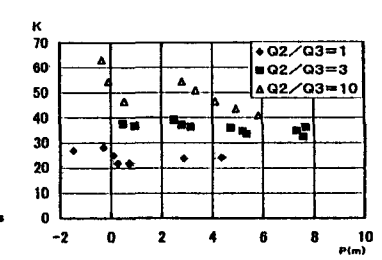


図6. $P \sim K$ (初生キャビ)

4. まとめ

キャビテーション係数とレイノルズ数、圧力水頭の関係はどの系列も1つの曲線上に分布することがわかった。流量分配との関係については系列1ではほぼ一定値となるが、系列2, 3と変動するようになり系列4では大きく変動する。初生キャビテーション係数と Re の関係より、流量比が小さいときは一定値となるが、流量比が大きくなると K 値も大きくバラツキがみられる。初生キャビテーション係数と P の関係より、流量比が一定ならば K 値もほぼ一定となることがわかった。