



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | INVESTIGATION OF FULL LOAD DRAFT TUBE SURGE IN HYDRAULIC POWER GENERATING SYSTEM  |
| Author(s)    | 陳, 昌坤   |
| Citation     | 大阪大学, 2010, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/54261">https://hdl.handle.net/11094/54261</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【162】

|            |  |
|------------|--|
| 氏名         | 陳 昌 坤  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)   |
| 学位記番号      | 第 23880 号  |
| 学位授与年月日    | 平成22年3月23日   |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>基礎工学研究科機能創成専攻  |
| 学位論文名      | INVESTIGATION OF FULL LOAD DRAFT TUBE SURGE IN HYDRAULIC POWER GENERATING SYSTEM<br>(水力発電用タービンの設計点で生じるドラフトチューブサージに関する研究) |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 辻本 良信<br>(副査)<br>教授 宮崎 文夫 教授 河原 源太  |

### 論文内容の要旨

水力発電用タービンは、設計流量よりも低流量から高流量の広い条件において安定した運転が可能であることが求められている。しかし、タービンの羽根車下流に設けられているドラフトチューブでは、様々な運転条件においてドラフトチューブサージと呼ばれる流量変動を伴う強い振動が生じることが知られている。このうち、設計点およびそれ以上の高流量運転時において生じるサージについては、その発生メカニズムや特性がほとんど解明されていない。そこで本研究では高流量のドラフトチューブサージについて、その発生メカニズムや特性を明らかにすることを目的とした。本研究ではまず、高流量運転時のドラフトチューブサージの発生メカニズムを解明するために、1次元線形解析を行った。計算モデルでは、羽根車を大きな抵抗とし、ドラフトチューブをディフューザとして扱い、その入口でキャビテーションが発生するとした。その結果、ディフューザの圧力回復効果がキャビテーションの不安定を引き起こしサージが生じることが明らかとなった。また羽根車から生じる旋回流については、羽根車から旋回が生じない無旋回流よりも低流量で運転された場合、キャビテーションの挙動が不安定となってサージが生じることが明らか

かとなった。また、羽根車の吸い込み管における音速を有限とした場合には高次モードが生じることを明らかにした。次に解析モデルと同様な単純化した実験装置を用いて実際にキャビテーションサージの特性を調べた。その結果、解析結果と同様にデフューザ入口にキャビテーションが生じた場合にはサージが発生し、比較のために用いた断面積が変化しない直管を用いた場合にはサージが起こらないことが確認された。また、旋回流を流入させた場合には、キャビテーションサージ以外に渦の振れ回りなどの様々な振動モードが観察された。実験については同様な条件で数値シミュレーションを行い、理論解析の結果と比較した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は水力発電所のドラフトチューブに生じるサージの発生原因を、理論解析、モデル実験、数値解析によって明らかにしたものである。ドラフトチューブサージは多くの場合、低流量時にランナからの旋回流が原因となって発生する。しかし、時として設計点においてもサージが発生することがある。本研究は1次元安定解析、数値流体解析並びにモデル実験によりその発生原因と基本的性質を明らかにしたものである。

第1章では問題の概観を行っている。

第2章ではドラフトチューブを単なるデフューザ、水車ランナを抵抗としてモデル化し、システムに対する1次元安定解析により発生原因を明らかにしている。まず、導水管の長さが変動の波長に比べて短い場合について扱い、ドラフトチューブサージの発生原因が(1)ドラフトチューブのデフューザ効果と(2)ランナからの旋回流による圧力降下であることを解析的に明らかにした。デフューザ効果は全流量域で不安定化効果を持つものに対し、旋回流効果は設計流量より低い流量で不安定化効果、高い流量で安定化効果を持つことが明らかにされた。次に導水管の長さが変動の波長に比べて長い場合について安定解析を行い、(1)周波数に応じて多数のモードが存在するが、(2)基本的にデフューザ効果と旋回流効果によってサージが発生することを明らかにし、各モードに対するこれらの影響が明らかにされた。

第3章ではデフューザ効果の影響を実験的に確認するために、旋回のない場合についてデフューザ並びに直管を用いてモデル実験がなされた。その結果、(1)デフューザにおいてはキャビテータからの渦放出に関連しキャビテーション数の低下に伴って周波数が低下するモードと、低キャビテーション数において周波数が一定の強いサージモードが発生すること、(2)直管においてはキャビテータからの渦放出に関連し、キャビテーション数の低下に伴って周波数が低下するモードのみが発生することが明らかにされた。これより、第2章で予測されたデフューザ効果によるサージが実際に発生することが実証された。

第4章では旋回流の効果を調べるためにスローラを用いた実験が行われた。ただし、構造上流量が増加すると旋回も増加するので、水車ランナを高流量で運転した場合と同様、旋回流自体はサージを安定化する効果を持つ。その結果、(1)デフューザを用いた場合には旋回流の渦心の振れ回りによって生じる振動と、デフューザ効果によって生じるサージが発生する。(2)直管においては旋回流の渦心の振れ回りによって生じる振動のほか、キャビテイト表面を下流から上流に向かって伝播するモードの振動がみられたが、デフューザにおいてみられたサージは認められず、旋回流がある場合にもデフューザ効果によってサージが発生することが実証された。

第5章では、第3章、第4章のモデル実験に対する数値流体解析が行われ、渦心の振れ回りによる振動やデフューザ効果によるサージが良好に模擬できることが示された。特に旋回がない場合のサージに対しては、第2章で用いられた各種モデル化の妥当性が検討され、用いるべきモデル定数の値が検討された。また、旋回流がある場合に対しては、実験的に計測が困難な詳細な流れ構造とサージの関係が明らかにされた。

以上のように本論文は従来不明であった設計点におけるサージ発生機構とその基本的性質を明らかにしたものであり、水力発電システムの安定な運用のために多大な寄与をなすものであり、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。