

氏 名	清 水 孝 し みず たかし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 439 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	高落差カプラン水車内流れの研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 神 元 五 郎	教 授 玉 田 珧	教 授 桜 井 健 郎
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

高落差カプラン水車内の流れについて、案内羽根、羽根車および吸出管に至る流れの理論的、実験的研究を行ない、正規運転時の水車の流体力学的特性、その最適条件および水車内のキャビテーション発生条件を理論的に推定し、一方水車模型実験の結果と既設のカプラン水車における経験値との比較により理論の妥当性を示した論文であって、5章7節よりなっている。

第I章は緒言であって、従来のカプラン水車の研究について展望検討し、とくに高落差カプラン水車を研究するに到った経緯とその方法について述べている。

第II章は数学的解析と題し、4節に亘って水車各部について解析している。

第1節では、案内羽根内の流れの2次元取扱いについて述べている。高落差カプラン水車では他の型の水車に比べて案内羽根の枚数が多く、等角写像法による計算が困難であるので、近似的ではあるが実用的な特異点法を用いて計算している。この場合羽根枚数が多く羽根のピッチ間隔が狭いので、羽根の厚み分布を表わす吹出し分布の置き方に留意して計算を展開し、さらに流体の粘性の影響を表わす流れの表し方を導き、以下の実験条件の下の数値計算例を示している。

第2節では、特に節弦比の小さい直線翼列内の流れについて解析している。高落差カプラン水車では低落差の場合に比べて羽根車の羽根枚数が多く、その結果節弦比が小さくかつ喰違いの角の大きい2次元直線翼列として取扱いが必要となる。このような場合の翼列の等角写像法による理論的解析は、上記の案内羽根の場合と同様に数値計算が困難になるので、ここでも特異点法を採用している。特に節弦比の小さい場合には、羽根面に沿う境界層の翼列性能に及ぼす影響が著しい点に注目して、この境界層の排除厚さに相当する吹出し分布と、拡がりを考慮した後流を吹出し・吸込み分布におきかえて特異点法を展開する計算法を述べ、その数値計算例を示している。

第3節では、この型の水車の流体力学的効率をその正規運転条件において推定する方法を述べている。この場合導水管、渦巻室、車室および吸出管内の流れの損失を損失係数で表わし、ボス比を助変数とする

軸流速度係数，周速係数との関数の形で流体力学的効率を導いている。この結果から効率を最大とする軸流速度係数，周速度係数との関係を追き，さらにこの正規運転条件の場合の部分水車羽根車前後の流れの関係を求め，第Ⅲ章における模型実験との比較に便利な図表を作製している。

第4節では，水車内のキャビテーション発生条件を推定する方法について述べている。従来水車内のキャビテーション発生条件は経験的に Thoma のキャビテーション常数 σ で与えられている。一方翼列キャビテーション回流水槽でキャビテーション発生条件は翼列キャビテーション常数 K_d で定義されている。この二つの係数の間の関係を翼理論から前節の軸流速度係数，周速度係数と羽根車前後の流れの関係式とで表わし，同時に係数 K_d を与えられた翼列翼型の形状から求める関係式を導いている。

第Ⅲ章では，高落差カプラン水車模型に関する実験結果を述べ，第Ⅱ章における計算値と比較した結果を3節にわたって検討している。

第5節では，水車模型の風洞実験装置，案内羽根内流れの損失測定装置および翼列キャビテーション回流装置について述べている。実験に用いた水車模型は羽根車羽根数6枚の低落差用のものと羽根数8，10枚の高落差用のもの計3種である。

第6節では，先づ案内羽根内流れの実験結果について述べている。水車模型における実用の案内羽根翼型の種々の取付け角における圧力分布の測定値は，第Ⅰ章1節の厚み分布を考慮した理論計算の結果とよく一致することを示し，案内羽根内流れの損失の測定結果では，渦巻室による案内羽根外側の循環によって流れの損失が大きい影響を受けることを認めている。

第7節では，羽根車前後の流れと水車の効率曲線についての実験結果について述べている。先づ模型水車内の各部の損失係数を測定し，次に羽根車前後の流れを半径方向に測定し，ボスと翼端近くのところ以外は，3節の理論値とよく一致することを，さらにボス，翼端近くのところでは，境界層理論による修正を行ない，翼端では翼端隙間の流れの修正を加えると，実験結果が妥当であることを示した。羽根車の羽根角を，その正規運転状態の角度を中心に变化させた水車の効率曲線に，機械効率，容積効率による修正を行なった効率曲線は，3節の流体力学的効率の理論値とよく一致する。さらに翼列キャビテーション実験により翼面圧力分布を測定し，翼型の揚力係数とキャビテーション係数 K_d との関係は，空気含有量による影響の程度の差があるが，理論値とよく一致した。第4節のキャビテーション発生推定法を，この実験装置のみならず我が国に既設のカプラン水車の事例についても検討し，高落差カプラン水車の比速度とキャビテーション係数 σ との関係を明らかにした。

第Ⅳ章は以上の結果を総合して考察し，第Ⅴ章においてこれらを要約して結論としている。

論文審査の結果の要旨

カプラン水車は元来低落差用の水車であって，羽根車の羽根が可動の構造をもち，流量の広い範囲に亘って効率が優れている。この水車を高落差の下に用い，従来の固定羽根をもつフランス水車の領域にわたって，その特性をもつようによ開発が行なわれている。

したがって高落差カプラン水車では，高落差のために羽根面に対する荷重が大きく，羽根数を多くしなければならない。しかし限られたボス径内での可動翼機構が困難となるので，羽根枚数は最高10枚位であ

る。一方羽根枚数の制限のため羽根面荷重は大きくなり、キャビテーション現象が発生し易い。本論文はこのような互に矛盾する条件の下に、近似計算ではあるが、合理的な設計法を見出すために、水車内流れについて理論的に、かつ模型実験によって検討し、高落差カプラン水車の設計に多くの有益な資料を提供しているが、特に次の点が注目される。

(1) 高落差カプラン水車の案内羽根、羽根車の羽根は羽根枚数が多く、翼ピッチが小さい。このような節弦比の小さい円形翼列、直線翼列の2次元流れについて特異点法を用い、とくに厚み分布を表わす吹出し分布の表し方に留意して、Schlichting の従来の方法より精密な計算法を実用化し、水車模型および翼列回流水槽による実験によってこれを確認している。

(2) 水車各部すなわち導水管、渦巻室、車室および吸出管内の流れの損失係数を含んで、高落差カプラン水車の性能、とくに正規運転状態における流体力学的効率を求め、その最高効率点における軸流速度係数、周速度係数の関係を求めて合理的なこの型式の水車の設計法を確立している。この設計法により製作された水車模型の風洞実験による結果はこの設計法が妥当であることを示した。またこの設計法は従来の低落差カプラン水車の場合も広く適用できる。

(3) 水車におけるキャビテーション発生条件は、従来 Thoma のキャビテーション係数 σ によって経験的に与えられていた。高落差カプラン水車の場合の係数 σ は既設の低落差カプラン水車の値から推定している。ここでは以上の羽根車内の流れの解析からキャビテーション発生条件を推定する方法を導き、同時にこのように推定された Thoma 係数 σ と翼列キャビテーション回流水槽におけるキャビテーション係数 K_d との間の関係を求めた。これによって翼列回流水槽におけるキャビテーション係数 K_d から高落差カプラン水車の据付高さを決定することができる。

(4) 直線翼列の解析結果から翼型形状を与えて理論的にキャビテーション係数 K_d を推定する関係式を導いている。この関係も翼列キャビテーション回流水槽において確認され、さらに我が国既設のカプラン水車についても検討し、低落差を含む広範囲のカプラン水車の比速度と Thoma 係数 σ との関係を明らかにした。

以上、要するに、本論文は、高落差カプラン水車内の流れを理論的に解析してその設計法を確立し、キャビテーション発生条件をも見出すと共に、この設計法による水車模型実験によってその妥当性を示したものであって、工業上は勿論学術上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。