うず巻室をもつ水車案内羽根内の流れについて (第 2 報)*

神 元 五 郎** 池 上 互 泰***

On the Flow around the Guide Vanes of the Water Turbine with the Spiral Casing (The 2nd Report)

by Gorō KAMIMOTO and Nobuhiro Ikegami

According to the experimental results of the author's 1st report, the characteristics of the guide vanes are suffered closely to the size of the spiral casing and the stalling-phenomena on the vanes occur easily on account of the circulation in the outside of the guide vanes. This paper deals with the flow around the guide vanes of the water turbine with the spiral casings of the various sizes and contains the experimental results of the pressure distribution along the vanes and of the total head losses of the flow through the spiral casing and guide vanes, composed of 12 pieces of airfoil NACA 4512.

うず巻室をもつ水車案内羽根の流れについて第 1 報ではうず巻室による循環ある流れによって案内羽根の翼性能は著しい変化を受けることを示した。この報告ではうず巻室の大きさを系統的に種々変化させることによって案内羽根外部の流れの循環を変化させ、この循環の変化による案内羽根の性能の変化を求めるとともにおのおの場合の流体の流れの損失を測定して、案内羽根の性能上うず巻室の大きさは余り小さくとれないことを示した。

1. 結 言

反動型水車は低落差の開き、型水車の場合を除いてうず巻室をもつ場合が多い。このうず巻室の大きさは水車設計上できる限り小さくしたいのであるが、あまり小さくすると流れの速度が大きくなって、その中の流れの損失が大きいたことが想像される。かつ、このうず巻室の大きさによって案内羽根への流れが変化するから、案内羽根における流れのようすも異なる。したがって案内羽根の働きをそこなわないようにうず巻室の大きさを決定しなければならない。

一般に案内羽根の回りの流れは、その外側にうず巻室があるか否かにかかわらず、周囲より中心に向かって回転しながら流れ込む流れであって、いわゆる増速流れである。したがって、このような流れの中におかれた案内羽根のような円形翼列は、流れの方向に対して流れの中におかれた翼の姿勢たとえば迎え角が余りに大きくなければ、単独翼における失速の現象などは起

り難いと思われる。したがって、うず巻室のある案内羽根では、流れには損失は少く、案内羽根の働きもそのうず巻室による流れの状態にかかわらずそこなわれることはないと言える。

このような予想の下に第 1 報においては案内羽根の外側に 2 種類のうず巻室をおいて案内羽根の回りの流れを実験的に測定したのであるが、うず巻室の幅の小さい、したがって案内羽根の外側の流れに旋回分速度が大きい場合には、羽根の流れに対する姿勢が少し不都合になると、失速の現象を起し、案内羽根の働きがそこなわれることがその翼面圧力分布の測定によって明らかになった。

したがってうず巻室の大きさを系統的に変えて案内羽根外側の流れの状態を変えることによって、案内羽根の性能がいかに変化するかを実験する必要がある。本実験の目的は、うず巻室の設計にあたって案内羽根の働きをそこなうことなくそのうず巻室の大きさをできるだけ小さくするにはいかにすることに注意すべきかを明らかにするにある。

2. 実験装置と実験方法

うず巻室は周知のごとくその断面円形または長方形断面であるが、このうず巻室の大きさを系統的に変えるには、断面の大きさを系統的に変える必要があり、ことに円形断面のうず巻室を大小種々製作することは不便である。うず巻室は案内羽根の外部の流れの状態を変えるものであって、円形断面のうず巻室も結局その断面積が等しい長方形断面のうず巻室に等価であると考えられるから、長方形断面のうず巻室の幅を変えることによってうず巻室の大きさを系統的に変えることができる。

* 昭和 30 年 3 月 23 日 関西支部第 30 期定時総会講演会において講演、原稿受付 昭和 30 年 10 月 29 日。

** 正員、京都大学工学部。

*** 准員、日立製作所。

第 1 図

以上の考えのもとに第 1 図のごとき長方形断面のうず巻室を製作し、この中央に案内羽根の模型をおいて実験を行うのであるが、実験装置はこの部分を除いては第 1 報の実験に用いた装置と全く同じである。第 1 図に示すように大いさ 1200 mm×900 mm の 2 枚の合成樹脂の板の間に長方形断面のうず巻室の模型をはさむ。このうず巻室を形作る木製の壁は層状の板を重ねたものであって、その重ね合せた板の厚さによってうず巻室の幅 b を段階的に変化させることができる。

案内羽根の翼型としては弦長 75 mm, 翼幅 52 mm の NACA 4512 翼型を用い、これを直径 273 mm の円周上に 12 枚配列して案内羽根を形作った。この配列条件は水車案内羽根の場合と同じ条件である。翼の形状は正確に仕上げてあり、その中の 1 枚は測定翼であって著者がキャピテーション実験に用いた模型*であって、19 個所の翼面圧力分布測定孔をもうけてある。これらの案内羽根はその支持軸の回りに動き、その取付け角を自由に変えることができる。なお案内羽根内部の流れを知るために、案内羽根の中心に軸をもつ径 120 mm の円筒部において円筒型ピトー管を用いて、その中の流れの総圧、静圧の分布および方向を円筒部の一断面において測定している。測定部の全体を第 2 図の写真に、翼面圧力分布の測定と円筒部内の流れの測定の状況を第 3 図の写真に示す。

* 神元, 堀江, 羽田, 「翼面圧力分布測定による翼型キャピテーション性能について」論文集 22 巻 117 号に発表予定のものに用いた模型である。

第 2 図

第 3 図

実験の方法としては、まずうず巻室のみで案内羽根をとりはずして案内羽根のおかれる位置においてうず巻室よりの流れを測定した。うず巻室の形状は巻き終いの半径を ρ_0 、そこから測った角を φ とすると、その角 φ における半径 ρ は $\rho = \rho_0 e^{0.1763 \varphi}$ の形状をもち、うず巻室の幅 b の種々の値に対して案内羽根外側の流れの循環 Γ_1 の値は案内羽根の単位幅についての流量 Q_1 の比で表わすと次のようである。

幅 b (mm)	∞	257	231	201	177	150	121	80	52
Γ_1/Q_1 (理論値)	0	1.15	1.28	1.47	1.65	1.91	2.44	3.69	5.67
Γ_1/Q_1 (測定値)	0	1.10	1.25	1.40	1.60	1.72	2.63	3.56	4.60

第 4 図

第 5 図 (a)

第 5 図 (b)

第 6 図

第 7 図

第 8 図

第 9 図 (a)

第 9 図 (b)

(a)

(b)

第 10 図

次に案内羽根のみで実験を行い (すなわち $\Gamma_1/Q_1=0$ の場合) 翼面圧力分布, 流量および円筒部における循環分布, 軸流速度を測定した. そして上のうず巻室の種々の幅 b において同様の測定を行った. 実験された案内羽根の条件は次のようである.

翼型 NACA 4512, 枚数 $N=12$
 取付け円半径一弦長比 $r_0/c=1.82$
 取付け角 $\beta^*=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 60^\circ, 70^\circ$
 翼列外部の循環の大きさ Γ_1/Q_1
 $0, 1.10, 1.25, \dots, 3.56, 4.60$

ここに, この場合の取付け角 β^* は第 4 図のごとく測り正負の符号を図のごとくとする.

3. 実験結果

以上の翼列条件のもとに案内羽根の回りの流れについて測定した結果を述べよう.

(i) 翼面圧力分布 上述の案内羽根外部の循環の値に対して測定された翼型 NACA 4512 の翼面圧力分布の結果を第 5 図より第 11 図に示している. この翼面圧力分布は横軸は翼弦に沿う位置を示し, 縦軸に圧力係数をもってその圧力分布を示す. この圧力係数は第 1 報のごとく, 案内羽根最外周における静圧を p_0 , そこにおける流れの速度を V として, 無次元係数 $(p-p_0)/\frac{1}{2}\rho V^2$ の形で表わしてある.

この翼面圧力分布はうず巻室の幅が大きく, うず巻室によって与えられる案内羽根外部の循環が小さいほど, 翼面に沿う圧力係数の値の変化は大きく, かつ失速の現象も起り難い. これに反して外部の循環が大きいうず巻室の幅の小さい場合ほど失速の現象が現われやすく, 案内羽根として, 有効に働いている範囲は狭くなっていることを示している. なおこの図においては翼型の腹面を点線で, 背面を実線で示してある.

(ii) 円筒部内部の循環分布 以上のおおの

第 11 図

第 12 図

場合について案内羽根内部の流れを表わす円筒部内部の循環分布を求めた. その一例を第 12 図に示す. この循環分布は円筒部内部の総圧分布, 静圧分布および流れの方向の分布の測定より求めたものであって, 横軸は円筒部半径の位置を示し, 縦軸は循環分布の大きさを無次元係数 Γ_2/Q_1 の形で示している. この分布は外周部に近く循環一定の分布をなす部分と中心部に粘性による, うず拡散の途中の経過を表わす部分とからなり, 循環の大きさが大なる流れほど循環一定の分布をなす部分が少い. これらの分布のうち案内羽根をとり除いたうず巻室のみの流れの場合の循環分布を点線で示しているが, この分布の循環一定の部分の値は先いうず巻室のみの流れにおける案内羽根の位置の循環の測定値とよく一致している. よって測定結果は十分正しいことがわかる.

なおこの円筒部の測定より求められる軸流速度の分布からその流量が求められるが, この流量はノズル N によって測定されたものとよく一致する.

(iii) 案内羽根のもつ循環の大きさ これらの案内羽根の翼面圧力分布から Bernoulli の定理を用いて翼面に沿う速度分布が求まり, この速度分布を翼面に沿うて積分すると, 翼の回りの循環の大きさが求まる. この循環の大きさを無次元の形 Γ/Q_1 で表わし, 案内羽根取付け角 β^* に対してその変化を示すと, 第 13 図の実線のごとくなる. この図には案内羽根内部の流れの方向は後縁にお

第 13 図

る翼の角の二等分線の方をとした水力学的な考えによるものを鎖線で示し、なお上の円筒部の循環分布の測定結果のうち循環一定部分の循環の値から求めたものを点線で示している。

第1報に示したごとくこの翼面力分布より求めた案内羽根の循環の大きさは、うず巻室の断面積が小さく案内羽根外部の循環が大きくなるほど、水力学的な考えによる循環の大きさは著しく異なっており、わずかに案内羽根の取付け角が外部の循環流れの方向と余り異なる範囲において一致しておる。なお円筒部循環分布の一定循環分布の値による循環値は、この後者の水力学的な考えによるものとはほぼ似た値を示している。このことは粘性のない流体の流れでは水力学的な考えによって決まる循環の値は案内羽根内部の流れに保持されることを示す。

これらの結果のうち案内羽根翼面圧力分布に失速のおこっていない場合、すなわち案内羽根の働きのそこなわれていない範囲のみをまとめると第14図のごとなり、この図の斜線を施している範囲が案内羽根として役立つ範囲を示し、次に述べるようにこの範囲内ではうず巻室、案内羽根を流れる流れに損失が少いのである。

第 14 図

(iv) うず巻室および案内羽根を通る流れの損失

以上の案内羽根の失速している範囲ではもちろん流れの損失が大きいことは想像に難くない。円筒部において測定された総圧分布の結果から、この円筒部に至るまでの流れの総圧損失 ΔH が求まるから、うず巻室入口における流れの総圧 H_0 との比によって、うず巻室を経て案内羽根を流れる流れの損失の割合が表わされる。この比を案内羽根の取付け角 β^* に対して表わすと、種々のうず巻室の大きさ、すなわち Γ_1/Q_1 の値に対して第 15 図のごとくなる。

この結果から、うず巻室の幅が小さくて案内羽根外部の循環の大きさが大きい場合ほど損失の程度は大きく、かつこの損失の最小となる案内羽根の取付け角が次第に大きい方へ移動している。このことは第 14 図において示した案内羽根として役立つ範囲において流れの損失が小さいことを示しており、案内羽根とうず巻室との設計にあたってはこの範囲で設計すべきであることを示している。

4. 結 論

うず巻室をその大きさを变化させて、案内羽根の外部の循環の大きさを变化させた案内羽根の実験によって、案内羽根の設計においてはうず巻室の大きさから決まる案内羽根外部の循環の大きさを考えに入れて行

第 15 図

うべきことを示し、翼型 NACA 4512 の案内羽根の例についてその範囲を明らかにした。

ニ ュ ー ス

三井 B & W D.E. 950 VBU-60 型

ディーゼル機関

防衛庁昭和 28 年度計画の乙型警備艦用主機械として三井造船会社において計画設計されたもので目目は次のとおりである。

型式 二サイクル単動トランク型過給機付ディーゼル機関

シリンダ数 9, シリンダ径 500 mm,
行程 600 mm, 毎分回転数 350 rpm,
出力 6 000 B HP, ピストン速度 7 m/s,
平均有効圧 7.28 kg/cm², 最高圧力 70 kg/cm²,
機関全長 (台板の長さ) 8 080 mm,
機関台板幅 1 500 mm, 機関全高 3 770 mm,
機関重量 75 t

機関構造大要は第 1 図に示すように台板は U 字型断面をなし架構と一体となった鋳鋼溶接製でクランク軸は鍛鋼一体型である。台板上に鋼板溶接製の掃除空気ため、および特殊鋳鋼製のシリンダジャケットを載置し、これら三者を一体に貫通ボルトで締め付ける。シリンダふたには 4 個の排気弁を配し中央に燃料弁 1 個を有する。過給機はイギリスナビア社の T.S. 400 型 3 基を装備し、機関の 3 シリンダに 1 基の過給機を連結、衝撃方式の過給を行っている。機関の低速から全

第 1 図

速まで使用範囲全域にわたり補助送風機なしで排気ターボ過給機のみで安定した運転が行いえる。機関のタ