

偏流を伴う水圧鉄管の合流部水理模型実験

○中部電力（株） 後藤 孝臣
 中部電力（株） 正員 渡辺 増美
 中部電力（株） 宮本 晋一
 中部電力（株） 正員 野池 悦雄
 中部電力（株） 正員 金原 俊也

1. まえがき

既設の水力発電所の水車・発電機の取り替えを伴う大規模改修工事において、水圧鉄管が数本あってこれらの余寿命が長い場合は、水車等の台数を減らし、水圧鉄管末端部のみを合流管を用いて取り替えることがある。本研究では中部電力管内の大規模改修工事において、水車等取り替えの際に2箇所合流管を用いる計画としたため、合流管の水理特性について模型実験により検討した。

2. 実験概要

合流管の種類は既往の水理模型実験をもとに、当発電所に適した「合流管」の構造形式を検討した結果、経済性、水理特性から、エッシャーウィス型分岐（合流）管を採用した。図1にその模型概要図を示す（模型はアクリル製である）。なお模型縮尺は実験設備などの関係から1/20とした。

この発電所で用いる合流管は次のような特徴がある。①水圧鉄管の合流角が約48度と、一般的な揚水発電所の分岐（合流）管に比べて特殊である。②合流管直上流に曲管が近接して設置されるため、その影響が予想される。これらの問題を解決するために、合流部の水理特性と、合流管の直上流にある曲管の影響をそれぞれ検討する必要がある。そのため、一つの合流管模型に対し、水力発電所計画をそのまま縮小し、合流管上流部の曲がりと合流の水理学的損失を含むもの（モデルA：図2）と、合流部のみの損失を把握するため、合流管の直上流の曲管を直管で置き換えたもの（モデルB）の2種類の実験を行った。

3. 実験結果と考察

模型実験については、2種類の模型形状に対して流量パターンを各2種類設定した。

(a)左右の枝管の流量比は同一で主管の流量を変化させた実験

この実験は、模型縮尺効果の有無、またレイノルズ数による依存性を調べるために行った。なお、レイノルズ数の算定には主管の直径と平均流速を用いた。

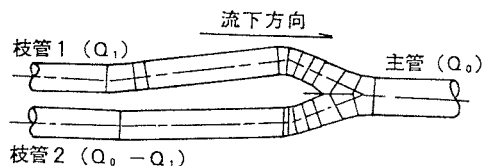


図2 模型全体図（モデルA）

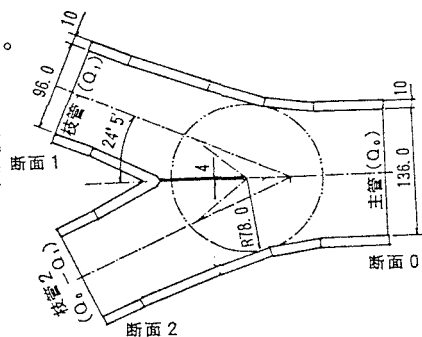


図1 模型管概要図

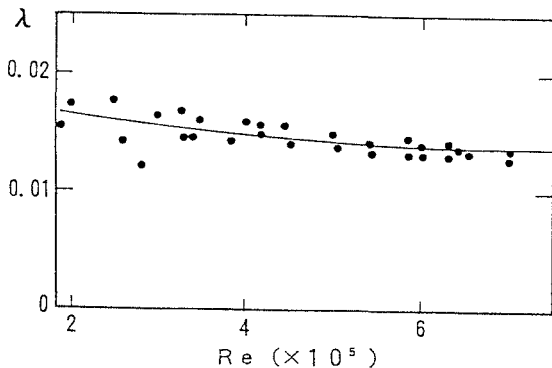


図3 レイノルズ数による摩擦損失係数

図3にレイノルズ数による模型管路の摩擦損失係数を示す。これは直管部における圧力差の測定値から摩擦損失係数を算出し、レイノルズ数との関係を示したものである。図中の実線は Colebrook の式であるが、よく一致していることがわかる。この種の実験では、レイノルズ数で10の5乗のオーダーを確保すればレイノルズ数による依存性はないといわれるが、この結果からもその傾向が確認できた。

(b)主管の流量は同じで左右の枝管の流量比を変化させた実験

この実験は、上流部の曲管の影響を把握するために、また流量比による損失係数の変化を把握するために行った。損失係数の評価は「合流のみの損失 (ξ)」(以下『合流』の損失係数)と「合流と上流部の曲がりによる損失 (ξ_c)」(以下『合流部』の損失係数)の2種類行う必要がある。なお、それぞれの定義を表1に示す。

図4にモデルAの合流部(合流+曲がり)と合流の損失係数を示す。この図から上流部の曲管の影響により、合流部の損失係数が最小となる流量比が1:1でないことがわかった。また図5にモデルBの合流の損失係数を示す。図4と図5において同じ合流を比較した場合、図4の合流の損失係数の方が小さい。この両者の比較から、上流部の曲管の影響による損失係数は、理論値よりも小さく、合流に対して悪影響を及ぼしていないことがわかった。また図4の合流のみの損失係数では、流量比が1:1近傍でマイナスの値を示している。この考察として、合流による損失を求めるに当たって摩擦損失を直管部で測定した圧力差を利用し、枝管が同じ管径のまま分岐点中心まで伸びていると仮定して、合流による損失係数を算出した。実際には管径は分岐部近傍で漸拡しており、また合流点まで管壁があるわけではない。合流による損失そのものを直接測定することは不可能であるので、これらの考え方に従う限り、このように「合流による損失」が負になることは避けられない結果となった。

4. あとがき

今回の研究では、個別地点特有の分岐(合流)形状、分岐(合流)角の模型を用いて実験を行ったため、この研究で得られた成果をそのまま他の地点に利用することは困難である。しかし、曲管による偏流の影響が合流部の損失係数を必ずしも増幅させるものではないことがわかった。

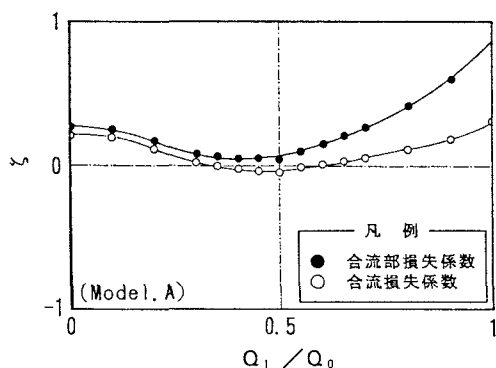


図4 モデルAの損失係数

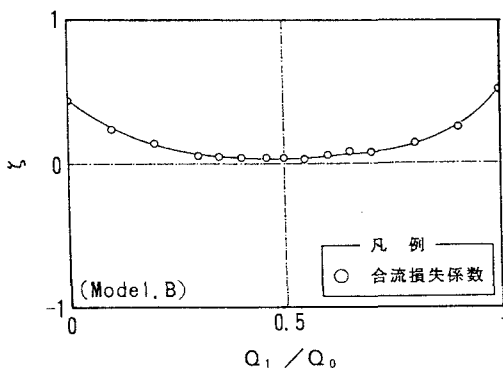


図5 モデルBの損失係数

表1 損失係数算出方法

損失係数の意味	算 出 方 法
ξ_{c1} (合流+曲がり)	(断面1と断面0との差圧) - (断面間の摩擦損失)
ξ_{c2} (合流+曲がり)	(断面2と断面0との差圧) - (断面間の摩擦損失)
ξ_c (合流+曲がり)	$\xi_{c1} (Q_1/Q_0) + \xi_{c2} (Q_2/Q_0)$
ξ_1 (合流)	ξ_{c1} (合流+曲がり) - (枝管1の上流の曲がりによる損失)
ξ_2 (合流)	ξ_{c2} (合流+曲がり) - (枝管2の上流の曲がりによる損失)
ξ (合流)	$\xi_1 (Q_1/Q_0) + \xi_2 (Q_2/Q_0)$