

渦と空気連行の模型縮尺効果に関する研究

中部電力(株) 正員 後藤 孝臣 渡辺 増美 宮本 晋一

1. 研究の目的・概要

水力発電所の取水口あるいは水槽において、渦の発生による空気の流れが見受けられることがある。問題解決手法のひとつである水理実験に着目すると、フルードの相似則を適用して渦の検討を行う場合、模型が小さくなればなるほど水の粘性等の影響を受けて原型とは異なる状況(渦が発生しにくい状況)が生じる。本研究では、模型縮尺の異なる3つの模型を作成し、流速、被り水深、温度等をパラメータとした実験により、模型縮尺効果を把握し、原型の渦を再現する相似則について検討した。

2. 実験手順およびデータ整理手法

実験設備の概要を図-1に示す。これは取水口および調整池の一部を再現しており、模型縮尺は1/7.5、1/15、1/25である。流量については、フルードの相似則より求められる流量を基準に機械学会の相似則および流速一致等を参考に加速実験を行った。なお、今回の研究で観測された渦の状態を、

「渦無し」、「くぼみ渦」、「断続渦」、「連続渦」の4種類に分類した。観測時間は、模型縮尺に関係なく一律に5分とし、1秒ご

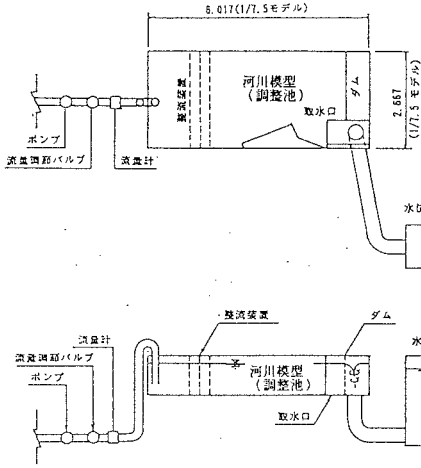


図-1 実験設備概要図

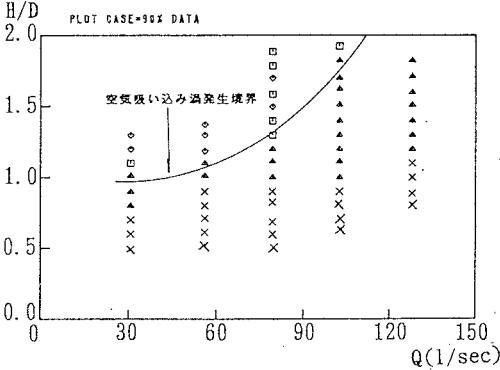


図-2 渦発生境界線とそのプロット図 (1/7.5 縮尺)

表-1 目視観測のランク表

ランク1	1回の目視観測において、「渦無し」の占める割合が90%以上の場合	⊗
ランク2	同じく「渦無し」「くぼみ渦」の占める割合が90%以上の場合	⊠
ランク3	同じく「渦無し」「くぼみ渦」「断続渦」の占める割合が90%以上の場合	△
ランク4	ランク1、ランク2、ランク3以外の場合	×

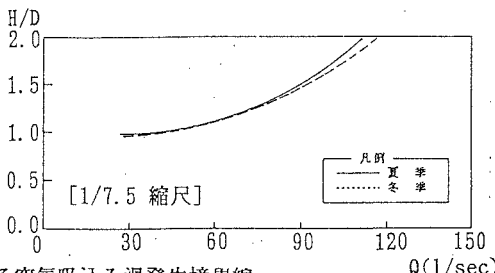
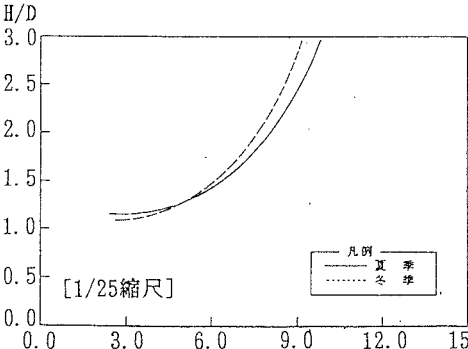


図-3 水温の違いによる空気吸込み渦発生境界線

とにその渦の状況を判定した。

次に目視観測記録の整理方法について述べる。渦の形態は時間的に変化する非定常現象であり、さらに判定者によるバラツキもしばしば見受けられる。このため本研究においては、観測その他10%の誤差をあらかじめ仮定し、表-1に示す「ランク」に分類することにした。

3. 実験結果およびその考察

まず、図-2に1/7.5縮尺の夏季の渦発生境界線を示す。図-2は、各流量と被り水深比 (H/D) に対して、表-1のランク1～ランク4までの4種類に分類しプロットしたもので、◇がランク1に、□がランク2に、△がランク3に、×がランク4に相当する。一般に水力発電所の取水口においては、空気吸込渦が重要と考えられるので、ランク2の□とランク3の△の間で、渦発生境界を線引きした。図-3は水温の違いによる空気吸込み渦の発生境界線を示している。なお、夏季、冬季の線引きについては水温がセ氏15度を境に区別している。この図から、小流量時において、夏季、冬季の空気吸込み渦発生境界はよく一致していることがわかる。しかし、流量の増加に伴い両者の差は増大傾向にある。この差は、測定誤差と渦の非定常性に起因すると思われる。

次に各相似則についてこの渦発生境界線を適用した結果を示す。図-4は被り水深比 (H/D) と取水口管内フルード数の関係を示す。図-5に被り水深比とウェーバーレイノルズ数の関係を示す。この2つの図から、ウェーバーレイノルズの相似則を適用するよりも、フルードの相似則を適用した

方が、模型の縮尺に関係なく、渦の再現性が良いと考えられる。さらに、機械学会の相似則を適合した場合を示す。機械学会の相似則を次に示す。

$$\left(\frac{V_p}{V_m}\right) = \left(\frac{L_p}{L_m}\right)^{0.2}$$

図-6はその適用結果を示すが、これまでの相似則の中では最も縮尺による相違はなく、適合性が良いという結果が得られた。

4. まとめ

本研究においては、当社の水力発電所をモデルに、大型、中型、小型の3種類の模型を作成し、渦の再現性について各相似則の適用性を中心に研究を行った。その結果、日本機械学会に示される相似則の適用が最も有効であることがわかった。

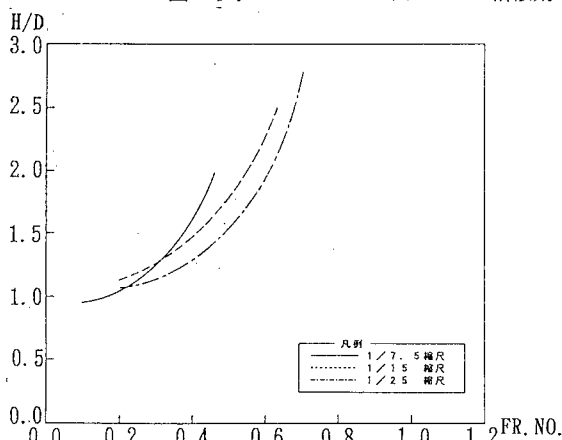


図-4 水深比と管内フルード数の関係

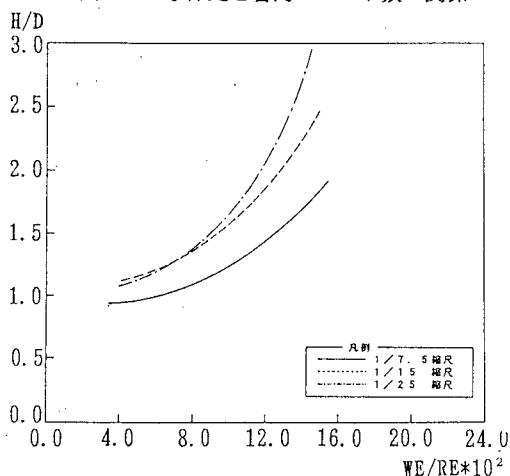


図-5 水深比とウェーバーレイノルズ数の関係

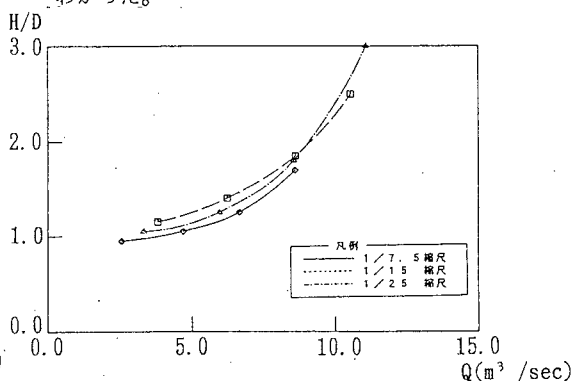


図-6 実物換算（機械学会の相似則を適用）