

II-205

数値計算を利用した曲線水路流下後の流量配分の改善について

東北電力（株）電力技術研究所 正員 佐々木牧夫

1. 目的

火力・原子力発電所の冷却水取水路は、取水口・水路・ポンプ室から構成されている。ポンプ室は、冷却水取水槽として、取水量確保のため大規模な構造物となり、構造上ピアで分流される場合が多い。水路に曲線部が設置される場合には、遠心力の作用により流れは外側へ片寄り、また、水路中央部の速い流速に作用する遠心力と水路壁面近傍の遅い流速に作用する遠心力の差により二次流が発生し、複雑な流れとなる。このような流れをピアにより分流した場合、流量配分は不均等となる。

本報告では、流量配分を改善するための水路形状を数値計算により検討し、遠心力による曲線部流下後の流速分布の片寄りと分流後の流量配分について水理模型実験と比較した。

2. 数値計算と水理模型実験の概要

対象とした水路の形状を図-1に示す。水路は 90° （水路中心の曲率半径22m）の曲線部を有し、水路内側に拡幅した漸拡部によりポンプ室へ接続されている。流れを分流するピアは、漸拡部途中からポンプ室にかけて設置されている。流量配分の改善策としては、図-2に示すように、ピアを漸拡部始点まで延長する形状としている。

数値計算は、図-1に示す数値対象区間を二次元および三次元計算で解析している。解析条件は、表-1に示すとおりであり、一次精度の風上差分を用いて離散化し、 $k-\varepsilon$ 法を使用して解析している。

水理模型実験は、図-1に示す水路系を模型縮尺1/25で製作している。流速分布は、プロベラ流速

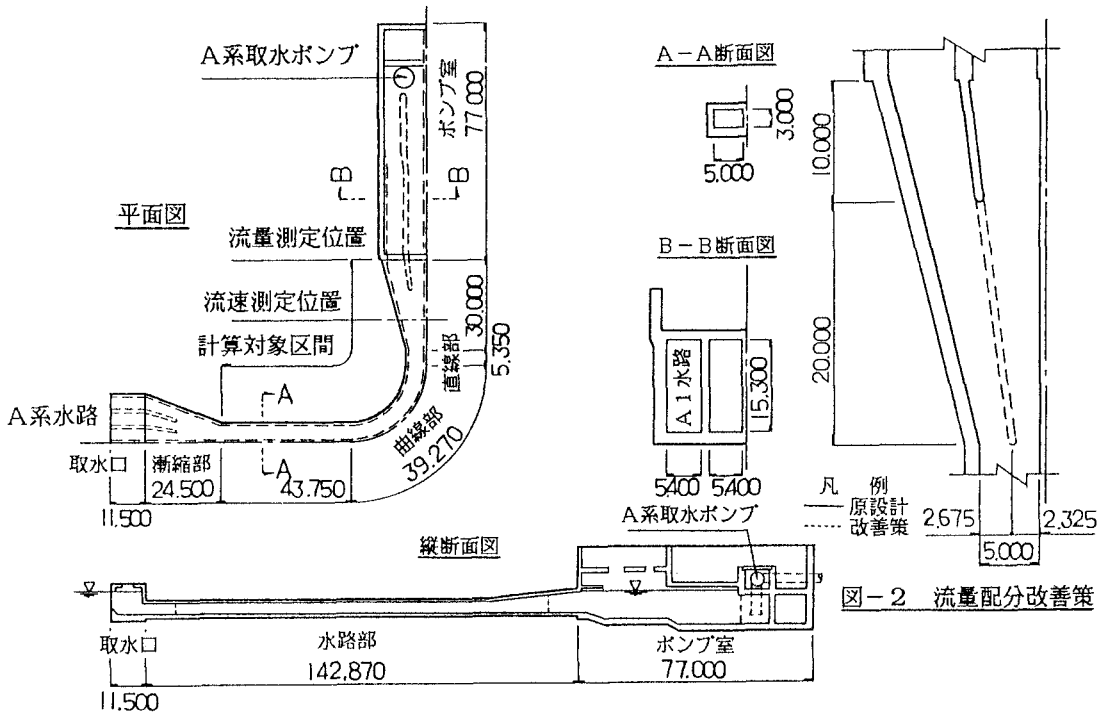


図-1 取水路計画図

図-2 流量配分改善策

計（ $\phi 5\text{mm}$ 計測技研製）を用いて、図-1に示した流速測定位置で横断5点・鉛直6点計30点の流速を測定した。流量配分は、図-1に示した流量測定位置で1水路当り横断3点・鉛直5点計15点の流速を測定し分担通水面積を乗じて流量を算出した。

数値計算と水理模型実験の比較は、表-2に示す6ケースとしている。数値計算は、水理模型実験との比較のため模型上の数値を使用し、流速分布については、原設計水路形状の3ケース・流量配分は全6ケースとしている。

3. 計算値と実験値の比較

表-1 数値計算解析条件

項 目	内 容	
	二次元	三次元
格子数	48X17	26X17X13
流体種	淡 水	
流入条件	0.4 m/s一様流	
流出条件	自由流出(越壁 0)	
壁面条件	対 数 則	

(1) 流速分布

図-1に示した流速測定位置での流速分布の比較を図-3に示す。実験値および三次元計算は、鉛直方向に平均した値を用いている。二次元計算では、流れの片寄りが現われているが、実験値と異なっている。三次元計算では、最大流速やその位置・分布形状が実験値とほぼ一致している。両者の違いは、曲線部で遠心力により発生する二次流を計算上模擬できる三次元空間と模擬できない二次元平面の領域の違いであると考えられる。

(2) 流量配分

図-1に示した流量測定位置での流量配分の比較を表-3に示す。原設計の水路形状では、計算値と実験値が一致していない。実験では、遠心力により外側に片寄った流れがピアにより分流され、大部分がA2水路に流れ込む。ポンプ室末端で鉛直上向に取水されるが、取水管呑み口から遠い表層部は、取水管近傍を回流してA1水路へと流れ込み、ポンプ室を循環する。このため、漸拡部内部に発生する逆流域が助長されるためと考えられ、計算対象区間の延長が必要であると考えられる。

流量配分改善策を実施した水路形状では、計算値と実験値はよく一致している。改善策を実施することにより、改善前に水路内側に発生した逆流域がなくなり、原設計の水路形状で見られたポンプ室を回流するような流れが解消されたためと考えられる。

表-2 比較ケース

ケース名	内 容
水理模型実験	実験原 原設計水路形状による実験値
実験改	流量配分改善策を実施した水路形状による実験値
数 2D	原設計水路形状による二次元数値計算
値 3D	原設計水路形状による三次元数値計算
計 2D改	流量配分改善策を実施した水路形状による二次元数値計算
算 3D改	流量配分改善策を実施した水路形状による三次元数値計算

4. まとめ

流量配分問題では、遠心力などの外力による流れの片寄りだけでなく、逆流域の発生などの内部機構も大きな要因となり、二次流の発生により三次元性の強い流れとなる曲線水路では三次元空間での数値解析が必要であると考えられる。

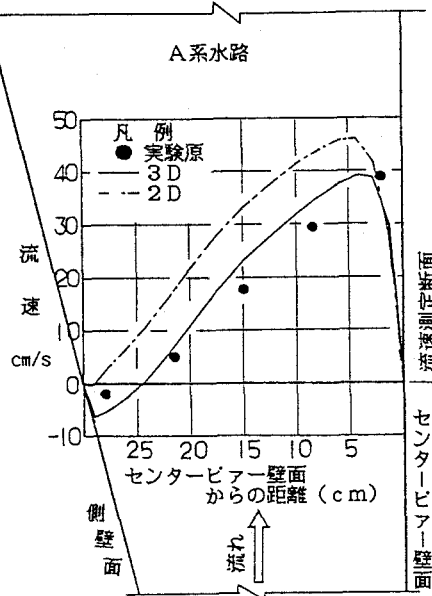


図-3 流速分布図

表-3 流量配分

ケース名	流量配分 (%)	
	A 1水路	A 2水路
実験原	-43	143
2D	23	77
3D	-1	101
実験改	49	51
2D改	47	53
3D改	50	50