

II-136 取水口の空気連行渦に関する実験的研究

関西電力(株) 白坂行男
 関西電力(株) 山田守利
 関西電力(株) 小室幸隆
 関電興業(株) 土木部 正会員 岩崎重一

1. はじめに

水力発電所の取水口等圧力水路の呑口部において、被り水深が低下すると渦と共に空気連行現象が発生し、通水能力の低下やエアハンマー等による水路系設備への影響が問題となる。このため、取水渦発生が懸念される場合は、問題解決の一手法としてフルード(Fr)則による水理模型実験を活用しているが、取水渦に関する模型実験では確立された相似則が存在しないのが現状である。

今回、模型実験に対応した空気連行渦の実機観測結果が得られたので、Fr則を用いた場合の補正方法の一例を示すものである。

2. 実施内容

(1) 取水口諸元および実験装置

対象としている取水口型式は、取水塔前面利用水位の全範囲を流水の呑口として取水する方式であり、表層取水を行う目的で呑口部に角落しを挿入しようとするものである。形状は図-1に示す通りであるが、角落し挿入後はほぼ鉛直取水と同様な取水型式となる。

最大取水量は $Q=26\text{m}^3/\text{s}$ であり、それぞれの主要諸元は、流水呑口部の被り水深(角落し天端よりの水深): $h=1.00\sim 14.00\text{m}$ 、角落し背面の鉛直方向通水断面: $W=3.80\text{m}$ 、 $D=3.50\text{m}$ 、トンネル水路内径: $d=3.80\text{m}$ である。また、模型は実機に対して幾何学的縮尺 $\lambda=1/20$ で再現した(写真-1)。

(2) 実機観察および実験方法

実機観察は、渦の発生状況を8mmビデオカメラにて記録し、水面低下が明確に識別できる渦のうち空気の巻き込み音(クジュ、ジュジュ等)が生じた渦を空気連行渦と判定し、発生回数、発生時間割合を測定した。なお、1ケースについての観察時間は、発電以外の要因による水位低下時の実運転時を利用して行ったことから、水位変化、流量変化が殆ど無視できる継続時間として5分間と設定した。

模型実験では、水位・流量を設定し、ポンプ循環にて流水状態を保持、定常状態となった後、5分間観察した。既存の研究成果を見ると、模型流量はFr則換算の2倍、縮尺の2.0乗(We/Re相似則)あるいは2.2乗倍を用いると比較的一致と言われている

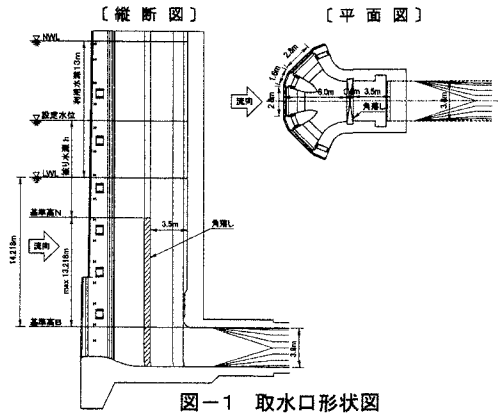


図-1 取水口形状図

写真-1 取水口模型

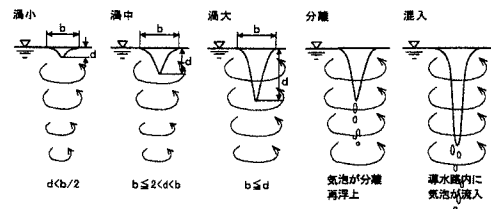
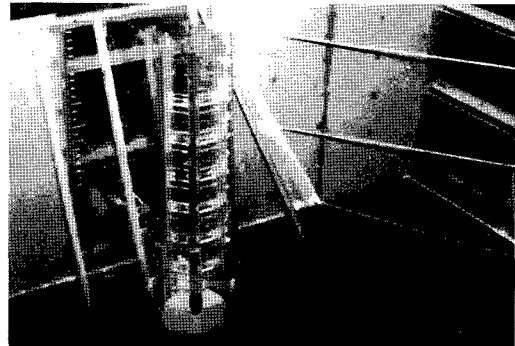


図-2 渦の規模

キーワード: 取水口、空気連行、縮尺効果、相似率
 連絡先: 尼崎市若王寺3-11-20 Tel 06-6497-2121

が、本取水（表層取水）方式の場合、既存研究における換算流量を通水しようとする、角落し部において換算値未満の流量で限界水深が発生し、設定流量を確保できない場合が発生する。このため、模型実験は実験条件をFr則に基づいて換算して行い、渦の規模（図-2）、発生頻度を計測し実機と比較検討した。

3. 検討結果

(1) 取水流況

角落し背面の鉛直部の通水断面は $3.8 \times 3.5\text{m}$ であるが、流向が水平流れから鉛直流れに急変するため、角落し頂部で流線の剥離が生じ、通水断面を著しく減少させている。図-3は角落し頂部での被り水深比に対する有効断面比、流速比である。有効な通水断面は被り水深により変化し、取水流速は実質的に一般的に見られる水平流取水方式に比して2～3倍程度速くなり、渦の発生を助長させる傾向にある。

表-1 実験測定結果

角落し 被り水深 (m)	取水量 (m^3/s)	実 機 観 測		
		渦発生 状況	異音（空気吸込音） 回/分	頻度
8.81	26.0	なし	なし	なし
8.31	24.1	断続発生	"	"
7.81	23.9	常時発生	"	"
7.31	23.8	"	8.4	13%
6.81	23.9	"	12.0	20%
6.31	24.6	"	18.6	34%
6.31	18.0	"	4.3	5%
5.81	18.0	"	14.1	23%
7.12	26.0	断続発生	なし	なし

(2) 比較検討

実験測定結果を表-1に、模型実験結果を図-4に示す。パラメータは渦の規模であり、その発生頻度が3%以上に達した時に渦規模のランクアップを行っている。実機、模型共に角落し頂部の被り水深が減少すれば、また、取水量が増大すれば渦の発生頻度が高くなり、渦の規模も大きくなる。図-5に実機と模型との計測値の対比を示す。実機空気混入渦の包括線は、模型での渦規模小における包括線と良く一致している。

4. まとめ

今回実施した形状の取水口においては、Fr則で縮尺効果が見られ、「実機での空気連行渦発生時点」は「Fr則模型実験での渦発生時点」に相当する事が判った。

今後については、他の諸条件下での縮尺効果の確認、ならびに、取水口等の実施設計における空気連行渦の許容範囲について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 岩崎重一他 取水口の空気混入渦に関する実験的研究 51回土木学会年講
- 2) 荻原能男 空気吸い込み渦に関する研究 土木学論文報告集 第215号 1973年7月
- 3) 渡辺増美他 空気連行渦発生時における相似則の検討 50回土木学会年講

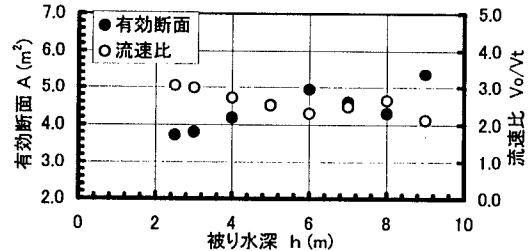


図-3 被り水深と有効断面、流速比

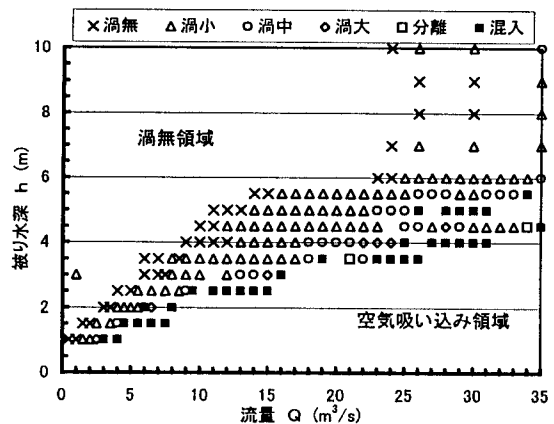


図-4 模型実験結果

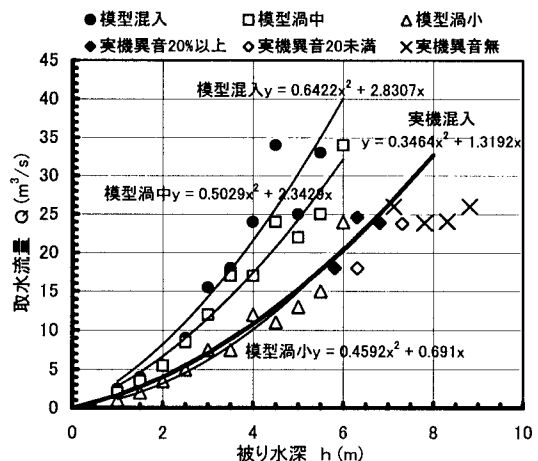


図-5 渦発生限界流量