

神戸大学工学部建設学科 学生員 ○渡辺 純
 神戸大学大学院自然科学研究科 正会員 中山昭彦
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 市成準一

1. はじめに

本実験は、貯水池や発電所での冷却水の取り入れ口などに見られる“取水口まわりの3次元流”¹⁾を対象としている。この流れは、旋回流や渦を伴うことが多く、流速や圧力の局所的な急変により、浮遊砂の吸引、土砂の部分的洗掘、堆積など、事故の原因になりかねない現象を引き起こす。そこで、渦発生条件について知識を得るため、矩形水路内における取水口まわりの研究を行った。ブローブによる点計測では渦の検出は難しいため、可視化法を採用した。

2. 可視化手法

可視化^{2),3)}には水素気泡法を用いた。これは水の電気分解により発生する水素と酸素のうち、発生体積が大きく、溶解度の低い水素気泡をトレーサーにする手法である。発生した水素気泡に強い集光をあてると気泡が光り、流脈を観察できる。本実験では、陰極に直径0.5mmのプラチナ線、陽極にステンレス板を使用し、500V程度の電圧を掛けた。低通電量による気泡発生不足を防ぐため、炭酸水素ナトリウムを水に添加した。電源装置には専用の水素気泡発生装置を用いており、陰極には5mm間隔で折り目をつけたものを使用し、水素気泡が各折り目から離れることによって、一定間隔の流脈を観察することができた。電圧は任意の幅のパルス状に出来るため、直線状の陰極を使用することによりタイムラインの可視化が可能であった。

3. 実験装置

可視化された流脈や渦を観察できるように、主水路、取水槽は透明のアクリル板で作製した。直径 $d=5.0\text{cm}$ (2inch)の取水管と、その先端に取りつけてあるベルマウスも、同じくアクリル製である。また、取水管内の入り口から25cmのところに設置された、平板式の軸方向vortometerによって管内のおよその渦度と強度が検知できる。その装置概要をFig. 1に示す。

水槽の水をポンプでくみ上げ、貯水槽に注ぐ。そして小石を詰めたフィルターで整流し、主水路へと流れ込ませ、再び取水槽へと循環させてある。

取水槽からくみ上げられる流量はポンプの出力調整によって調節できる。また主水路終端部には越流堰を設けてあるため、水面高さ22cmで一定である。また、流入断面積 $A_0=840$ 、取水口断面積 $A_p=19.6$ であり、流れ断面収縮率は0.023となる。

4. 流入条件

流入の条件は次のFig.2, Table1のように設定した。

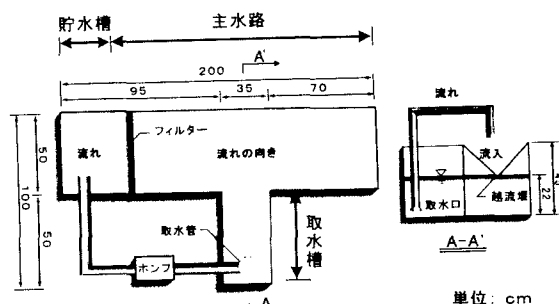


Fig.1 装置概要

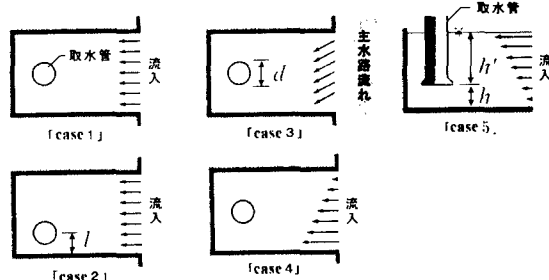


Fig.2 流入条件図

Table1 流入条件

	特徴	流入断面流速 (cm^2/s)	Re 数	結果 Fig.No
case1	流入が一様で対称	1000	20000	3,4,5,6
case2	取水口位置が非対称	1000	20000	
case3	主水路に流れ (主水路流速)	2500 (1000)	50000	7, 8a,8b, 8c,8d
case4	流入速度に水平せん断	2500	50000	
case5	流入速度に鉛直せん断	2500	50000	9a,9b, 9c

5. 結果

「case1」の結果は Fig.3-6 に示してあるように、取水
管手前および管内に渦やねじれの存在は見られず、
取水槽内の流れは対称で滑らかである。また焦の数
値計算で得た流線⁴⁾と合成したが、両者はほぼ一致
した。タイムラインを見ると、取水管手前での流速の増
加がよくわかる。

「case2」では、「case1」との大差は見出せなかったの
で図示していない。

「case3」、「case4」は、ほぼ同様の流況となり、取水
槽内に大きな旋回流が現れ、床渦が発生する。ある
地点より床に近づくと渦核の存在が確認できる。床と
の距離 h を、取水管直径 d を基準にして無時限化した
長さ0.6, 1.2, 1.8で観察したが、1.2 のとき、渦核が発
生、消滅を繰り返した。また、取水口の位置を水面か
ら1.2 まで近づけると、それほど強くはないが、水面渦
の確認もできた。

「case5」の場合、水平方向渦度が存在し、壁渦が生
じ易くなっている。取水口と側壁に間隔 $l=0.6d, 1.2d,$
 $1.8d$ のギャップを設け、同一条件で撮影した。やはり、
取水口が壁に近い方が渦の強度は高いが、 $1.8d$ にお
いても、わずかではあるが渦核が確認できる。しかし、
この渦は横流れ時の床渦との違い、非常に不安定で、
最もギャップの小さい場合でも常に渦の中心は動いて
いる。

6. 最後に

流入条件の変化による取水口まわりの流況、および
渦の発生状況の違いを可視化し、撮影を行った。そ
の結果、発生渦の強度は、境界との距離と流量に関
係することが確認された。縦軸に断面収縮率、横軸に
 $h/H, l/L$ にとってグラフ化したものを Fig.10 に示す。 H
は水深、 L は取水槽幅である。ただし、渦発生状況
を明らかにするには、まだ多くのデータの取得が必要で
ある。

参考文献

- 1) 中山昭彦, 中藤達昭, 今村修二, 市成準一: 一般取水口
における水面下渦についての研究, 土地造成工学研究施
設報告, 第12号, pp101-112, 1994.12
- 2) 笠木伸英, 木村龍治, 西岡通男, 日野幹雄, 保原充: 流
体実験ハンドブック, 朝倉書店
- 3) 日本流体学会: 流れの可視化, 朝倉書店
- 4) 焦徳思: 水理構造物取水口まわりの3次元流れの予測,
修士論文, 神戸大学大学院自然科学研究科修士課程建
設学専攻, 1999.3



Fig.3 数值計算結果との比較



Fig.4 数值計算結果との比較

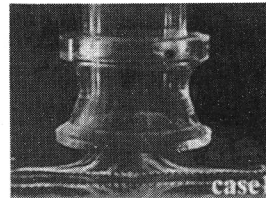


Fig.5 管下からの流脈

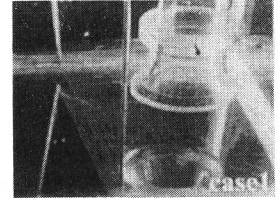


Fig.6 タイムライン

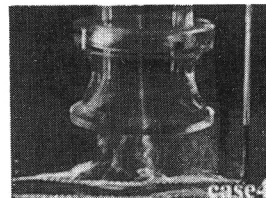


Fig.8a $h/d=0.6$



Fig.7 $h'/d=1.2$



Fig.8b $h/d=1.2$



Fig.9a $l/d=0.6$

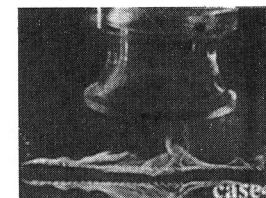


Fig.8c $h/d=1.2$



Fig.9b $l/d=1.2$



Fig.8d $h/d=1.8$



Fig.9c $l/d=1.8$

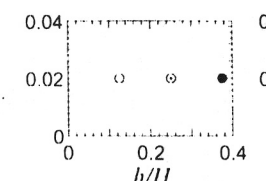


Fig.10a 床渦の発生状況

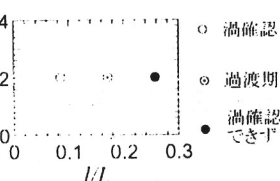


Fig.10.b 壁渦の発生状況