

II - 321

取水口水面下渦の数値解析

神戸大学 正会員 ○中山 昭彦 正会員 市成 準一
ニチン(株) 今村 修二
71初大学 正会員 中藤 達昭

1. はじめに

貯水池や発電所などの取水口の設計で重要になる水理現象の一つに取水口渦がある。取水口渦は何らかの原因、たとえば境界層内の渦度、角のある壁面や横流れにより放出された渦など、により生成された循環(circulation)を含む流れが強流に吸込まれる時に発生する(図-1)。渦が発生すればその不安定性による脈動や浮遊砂の吸引、局部的洗掘など様々な問題が引き起こされるため、その発生は極力抑制されるべきである¹⁾。また渦中心付近では流速、圧力が局部的に急変する。渦の直径は境界層厚さと同じ様に、レイノルズ数が大きくなれば非常に小さくなり、これを数値計算で解像する事はこれまで困難であった。文献2)では粘性の重要になる渦核部分は無視し、その外の領域でポテンシャル流仮定をして渦発生の予測を試みている。結果は実験と同様な傾向を示すものの、渦発生に要する吸引強度については実験値よりかなり大きくなっている。そこで本研究では粘性流体の式を用い、ワークステーションのレベルで行える程度の計算で渦の再現が可能かどうか調べてみた。実際の渦発生の原因は個々の形状、条件などにより異なるが、本研究では、空気を混入するような水面に達する渦(図-1の Γ_2)ではなく、取水口近辺の壁あるいは床に発するもの(図-1の Γ_0 、 Γ_1 を想定した。特に流入面での横流れ、流入水路床のせん断による速度勾配、及び流入速度分布の不一樣性の吸込み流れに与える影響の数値解析を試みた。

2. 計算モデル

数値計算では直方体取水槽の上流側の一面から水が流入し、円形断面取水管により取水される流れ場を層流3次元ナビアー・ストークスの式を解く。図-2は用いられた直行等間隔計算格子である。図では取水管は円形で表示されているが、実際は直行格子でこれを近似している。水槽、取水管の大きさは長さ:高さ:幅の比が5:4:3で格子数は $60 \times 48 \times 36$ である。 $x=0$ の面より流れが流入し、右側の円形断面取水管の下面より吸入され上方に流出する。取水口の位置は深く水面の影響は無視できるとし、水面である上端は固定壁としスリップ条件を与えた。また回り3壁面及び床は粘着条件、取水管面はスリップ条件を与えた。計算法は食い違い格子上でMAC法に基づくものである。粘性項は2次精度中心差分を用いているが、移流項は一次風上差分で安定性をもたせた。計算は流入速度分布の異なる4ケースについて行われた。ケース1では一様流入、ケース2では流入面に横流れがある場合、ケース3は床面上のせん断がある場合、ケース4は

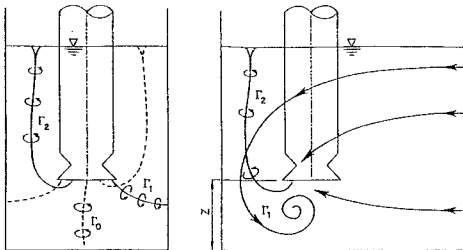
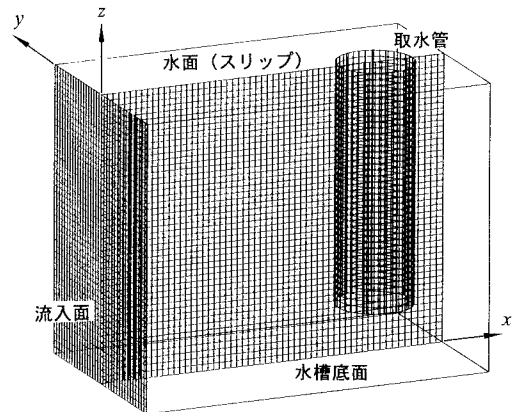
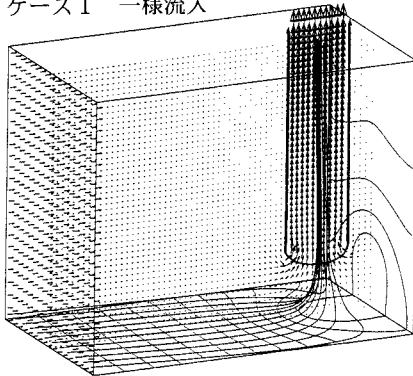


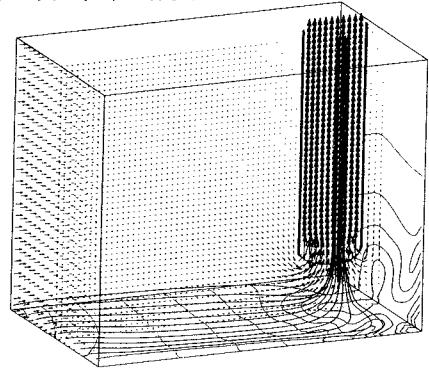
図-1 矩形水槽内の取水口に発生する渦

図-2 取水槽の計算領域、格子は $x=0, y=0$ 面のみ表示

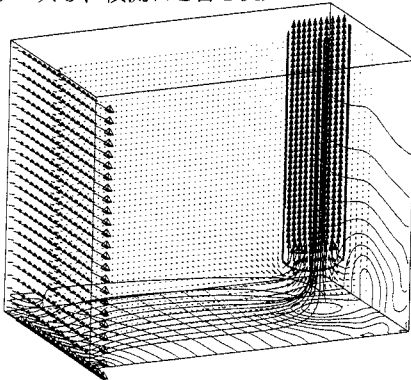
(a) ケース 1 一様流入



(b) ケース 2、不均一流入



(c) ケース 3、横流れを含む流入



(d) ケース 4、底面せん断を含む流入

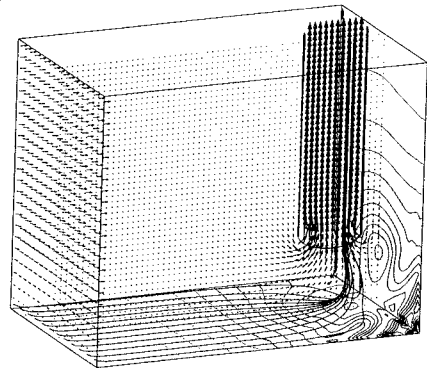


図-3 計算結果

流入速度の水平分布が一様でない場合である。いずれのケースも流出速度と取水管直径を基にしたレイノルズ数は100でかなり低レイノルズ数であるが、これ以上のレイノルズ数では本格子では壁近辺など急変部が解像できず計算不可能であった。

3. 計算結果及び考察

結果は図-3に流入面内、及び取水管軸を含む x 軸に平行な面内の流速分布、底面 $z=0$ 及び下流端壁 $x=L$ での圧力分布、及び流入面の底面に最も近い計算格子上の点からの流線が示されてある。図-2(a)の一様流入流速分布の場合は壁面圧の低下も流線のねじれも見られない。(b)は流入速度分布に水平勾配を与えたもので、取水口近傍で流線の収束とよじれが見られる。また壁面での圧力低下も見られる。図-2(c)は流入面に横流れを重ねたもので底面に圧力低下が見られる。最後に図-2(d)は底面にせん断を与えたもので流線のよじれ、圧力低下ともに見られる。これらは先に報告した実験観測の傾向も捉えている。

5. おわりに

循環を含む流れが強力に吸引された時、取水口付近には渦が発生するが、その原因は種々ある。本数値計算では、そのうち流入面で導入水路床でのせん断と横流れの影響を数値解析で調べた。低いレイノルズ数での計算で局部粘性の効果がなかなか得られないものの渦発生初期の現象は表わせたものと考えられる。

参考文献

- 1) Tsou, J.L., Melville, B.W., Ettema, R. and Nakato, T.: Review of problems at water intake pump sumps, Joint Power Conference, Phoenix, Oct., 1994.
- 2) 中山昭彦：取り入れ口渦の発生条件、土木学会論文集 No.447/II -19, pp.9-15, 1992.
- 3) 今村、中山、中藤、市成：取水口周辺の渦流の実験と解析、平成7年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 1995.