

II-184 取水管内に設置した隔壁が空気吸込渦におよぼす影響について

大成建設株式会社 正会員 赤羽 武志
 静岡コンサルタント 大野 雅史
 山梨大学 工学部 正会員 荻原 能男

1. はじめに

現在、河口付近における淡水取水や貯水池からの温水取水が頻繁に行われているが、これらの取水においては表面付近からの取水が要求される。しかしながら表面付近からの取水においては空気吸込渦の発生する危険性がある。そこで本研究では自由流出渦における実験を行い空気吸込渦の発生確率の近似化と、その防止法として取水管内に挿入した隔壁の影響について検討したものである。

2. 実験装置および実験方法

実験装置は図-1に示すように、幅1.2m、奥行き1.2m、深さ0.9mの側面総ガラス張正方形断面の水槽の中央より鉛直下方に流出管を引き出したものである。挿入した隔壁は、断面が○型、⊖型、⊕型の3種類で長さは一定で192cmである。

実験は、流れが定常化した後の20分間における渦の形態を15秒間隔で測定し、空気吸込渦の時間的な発生確率 f を求め、この操作を、かぶり水深 H 、流量 Q 、隔壁装置を種々に変化させて行なった。ここで流量を変化させるには、流出管下端に孔径が3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0cmの有孔キャップを取りつけて行なった。

3. 実験結果

3.1 空気吸込渦の発生確率の近似化

空気吸込渦の発生確率 f は次元解析より次式のように表される。

$$f = \phi(H/D, Q/\nu D) \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 H/D は相対かぶり水深を表わし、 $Q/\nu D$ はRadial Reynolds Numberと呼ばれ以後 Re と表わす。

図-2に示すように流出管に流入してくる流速を一定と仮定し、流出管上での平均化した流速 U は次式のようにになる。

$$U = Q/\pi DH \dots\dots\dots(2)$$

また、この平均化した流速が大きくなると循環 Γ も大きくなる傾向がある。そのため循環 Γ は流速 U のものの速度水頭に比例していると仮定し次式のように仮定する。

$$\Gamma = C_1 U^2 / 2g \quad (C_1: \text{const}) \dots\dots\dots(3)$$

次に循環 Γ と空気吸込渦の発生確率 f との関係を実験観察をもとにし次式のようにおく。

$$f = 100(1 - 10^{-C_2 \Gamma^n}) \quad (C_2: \text{const}) \dots\dots\dots(4)$$

(4)式において、流量が変化したときの空気吸込渦の最高発生確率の変化を実験値と合うようにするために以下のような関数を乗じてやる。

○型では

$$F(Re)_1 = 1 - \frac{10}{Re^{1.7+0.1}} + 0.72 \times 10^{-0.015 \times Re^{1.5}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{9}Re - \frac{6.97\pi}{9}\right) \dots\dots\dots(5)$$

⊖型では

$$F(Re)_2 = 1 - \frac{25}{Re^{1.7+1.5}} + 0.72 \times 10^{-0.0095 \times Re^{1.5}} \cdot \sin\left(\frac{1.9\pi}{8.43}Re - \frac{7.86\pi}{8.43}\right) \dots\dots\dots(6)$$

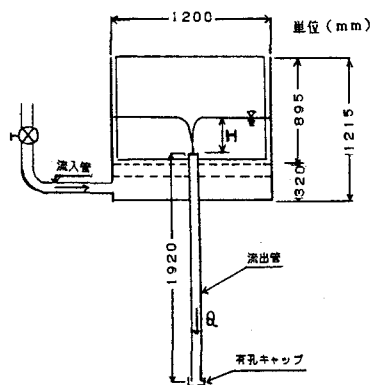


図-1 実験装置

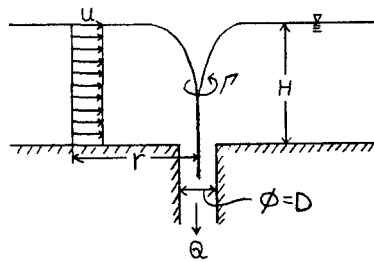


図-2 流速のモデル化

$$\oplus \text{型では } F(Re)_3 = \left\{ 1 - \frac{10}{Re^{1.7} + 0.1} + 0.72 \times 10^{-0.015 \times Re^{1.5}} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} Re + 1\right) \right\} \left(\frac{1}{19} Re + \frac{4}{19} \right) \dots\dots\dots (7)$$

(4)式に(2),(3)式を代入し、(5)~(7)式を乗じると最終的に空気吸込渦の発生確率は次式となる。

$$f = 100 F(Re) \left(1 - 10 C_2 \left(\frac{C_1 Q^2}{2g\pi^2 D^4} \right)^n \left(\frac{H}{D} \right)^{-2n} \right) \dots\dots\dots (8)$$

各係数を最小二乗法で求め(8)式と実験値を比較したのが図-3である。この図より○, ⊖, ⊕型とも良好な一致が得られている。

3.2 空気吸込渦の発生水深に対する隔壁の影響

実験より得られた発生点の相対かぶり水深と近似式における発生確率の1%の時の相対かぶり水深がほぼ一致した。そこで発生点における相対かぶり水深として実験値と近似値の中間点を取り実験値が大きいときには安全側を考え実験値を将用して、Radial Reynolds Number と空気吸込渦の発生相対かぶり水深の関係を図-4に示す。この図より $Re \geq 7 \times 10^4$ では隔壁を挿入しても発生水深の低減効果は無い。

$Re < 7 \times 10^4$ では隔壁の挿入による低減効果が多少現われているが、実用的立場からみるとその差は微少であり、隔壁を挿入しても空気吸込渦の発生水深を低減する効果は無いものといえる。

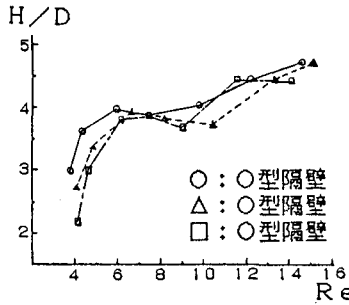


図-4 発生点の Re と H/D

3.3 空気吸込渦の発生確率分布

(8)式の近似式を利用して隔壁装置別に空気吸込渦の発生確率 f をパラメータとし、横軸に $Re = Q/\nu D$ 縦軸に H/D を取りコンター図としたのが図-5である。この図は、各々の空気吸込渦の発生分布の特徴を示しており、隔壁を挿入した方が隔壁無しの場合より空気吸込渦の発生を低減化している。また、⊖型隔壁よりも⊕型隔壁の方が低減効果は大きい。⊖型隔壁では $Re=10 \times 10^4$ 付近においてその効果は大きく、⊕型隔壁では流量が少なくなるにつれその効果もいっそう高まってきている。この図を用いて、計画流量と取水効率(発生確率の値)を与えられれば、工学的にその時の最適な取水管設置位置を求めることができる。

4. おわりに

隔壁を取水管内に設置したことによる影響としては、空気吸込渦の発生水深を低減する効果よりも、むしろ連続的な空気吸込渦の発生を防ぐ効果があり、⊖型隔壁より⊕型隔壁の方がその効果がよりある。今後の課題として、近似式の適用範囲の決定と相似則的な立場からの検討を行なっていきたい。

〔参考文献〕

荻原能男; 空気吸込渦に関する研究, 第215号土木学会論文報告集, (1973) pp 15 ~ 25

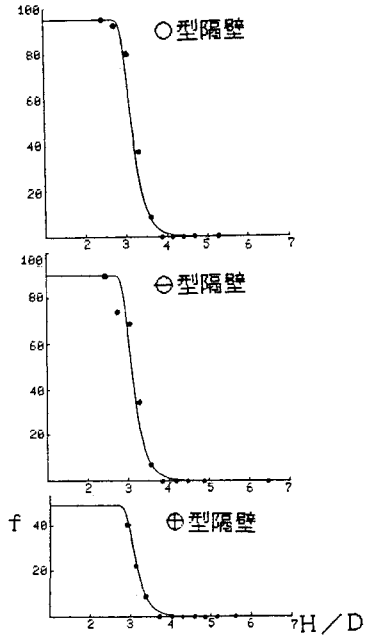


図-3 f の近似曲線
(有孔径: 6.0 cm)

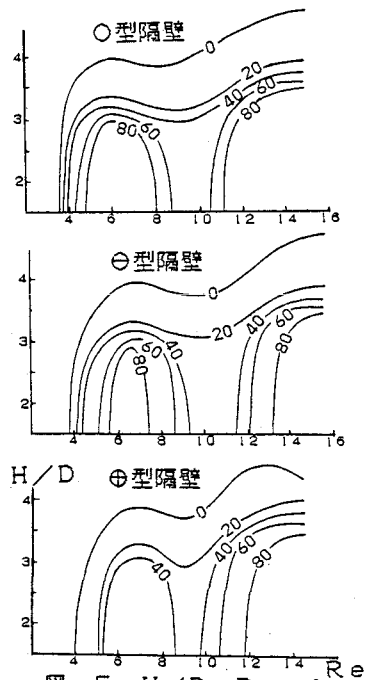


図-5 $H/D - Re - f$ のコンター図