

単一ポンプ槽の設計について

日本大学理工学部 正員 栗津清蔵

この研究は単一ポンプますの設計について2, 3の問題点について、実験をもとにして検討しポンプ場設計の資料とするのが目的である、この課題についての一連の研究の一部であるが、特にこの報告は水道施設基準を对象とした問題点について述べる。

施設基準によると『第342 ポンプます 1)ポンプますはポンプのすえつけ位置直下に築造すること、やむを得ない場合はその近くに築造しなければならない、2)流入口は吸水すえが起らないような位置に設けなければならない』以上二項目について述べている、その解説として第二番目の項目について図-1のような構造としないといけないことが述べられている⁽¹⁾。

この構造は管に空気が流入してはならないために決められたもので、一般にこのように吸水管による渦について現象は、例えば表面渦が発生する、あるいは空気の流入する限界フルード数について、次の関係があるものと推論される⁽²⁾。

$$F(v/\sqrt{gd}, Bh/d^2, f_e, L_s/d, h_0/d, c/d, B/d, l/d) = 0 \quad (1)$$

$v/\sqrt{gd}$: 吸水管のフルード数, Bh/d^2 : 取水路の平均流速(流入流速)と吸水管の平均流速との比, f_e : 吸水管入口の損失水頭の係数, $L_s/d, h_0/d$: ポンプ槽の大きさを示す無次元量, $c/d, B/d, l/d$: 吸水管入口のポンプ槽内の位置を示すもので管と水槽の側壁、端壁、底板からの距離を示す無次元量。

次に施設基準によるとポンプ槽への取水口の水深には別に制限がない、しかしもし水路の流水が射流であると、おそくポンプ槽内の流水は常流となることを予想され、その場合には図-2に示されるように跳水現象がある⁽³⁾から、ポンプ槽内の水面は非常に不安

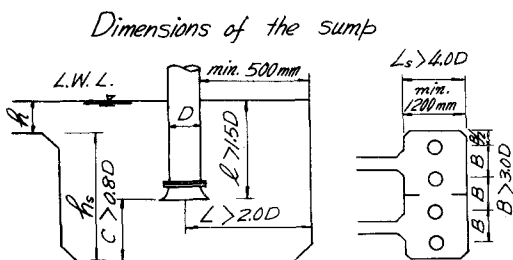


図-1

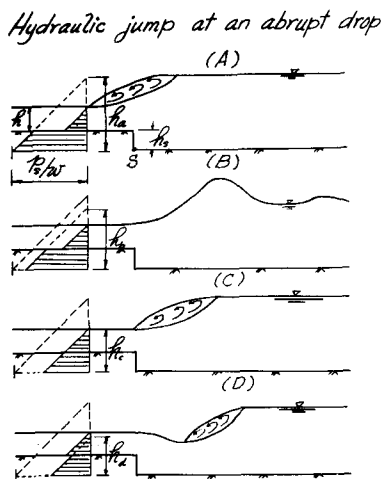


図-2

定となるものと考えられ、従つて安定性を考えると流入口の水深は限界水深より大きいことが好ましく、この条件式を求めると次の式が得られ、(2)の発生限界を境にして現象が変つて来ることを予想される。

$$\frac{h_s}{d} > \left(\frac{\pi d v}{4 B \sqrt{g d}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

以下(1)式の変数がどの大りに効いて来るかを調べたために、単一ポンプ槽を対象として実験を行つた。ポンプ槽の幅は小さい方が経済的で、吸水管の入口もその角が余り大きくなく、しかも排水口の係数値が小さい方が好ましく(3)式のベルマウス形を選び、次の図表の2行目の変数の中3つは同時に持つような9組の変数値の組合せについて実験を行つた。

$$\frac{x^2}{(0.5d)^2} + \frac{y^2}{(0.15d)^2} = 1 \quad (3)$$

x は管軸に平行、 y は管軸に直交な座標

変数 行	B/d	h_s/d	L_s/d	C/d
1	2.0	1.0	4.0	0.5
2	2.5	1.5	5.0	0.8
3	3.0	2.0	6.0	1.0

すなわち $d=20$, 2.5, 3.0 cm の管を流量調節弁と化したサイフォンに連結、流入口を所定の位置 (C/d , B/d , $L_s/d = B/d$) に設置して、弁を徐々に開いて、表面渦の発生、空気流入について水を観察を行つて次のような結果が得られた。

Surface Vortex Occurrence

$B/d = 2.5$, $L_s/d = 5.0$
 $C/d = 0.8$, Nozzle: II

Parameter: h_s/d

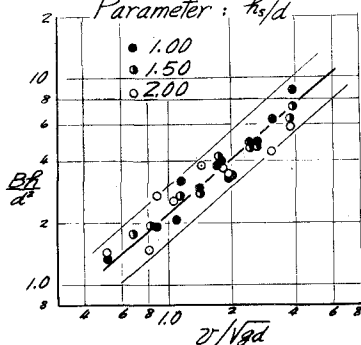


図 - 4

Surface Vortex Occurrence

$h_s/d = 1.5$, $L_s/d = 5.0$
 $C/d = 0.8$, Nozzle: II

Parameter: B/d

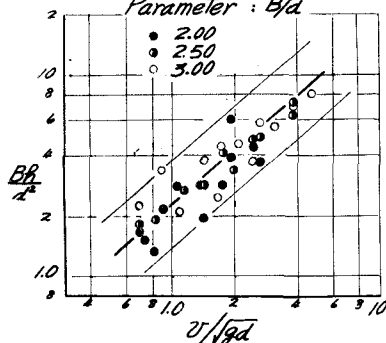


図 - 3

Surface Vortex Occurrence

$B/d = 2.5$, $h_s/d = 1.5$
 $C/d = 0.8$, Nozzle: II

Parameter: L_s/d

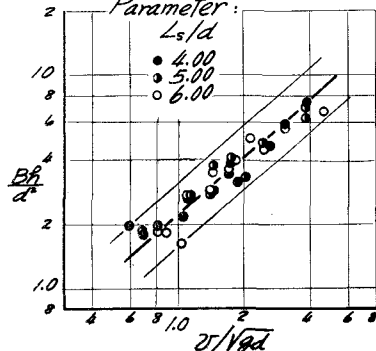


図 - 5

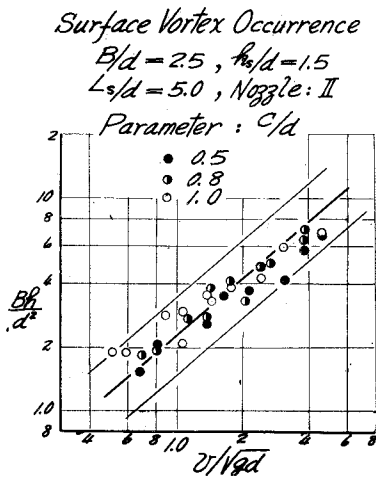


図 - 6

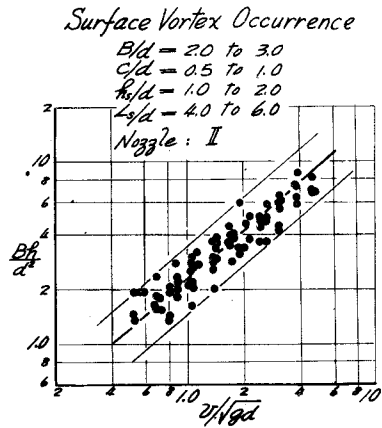


図 - 7

$$\frac{Bh}{d^2} = 3.4 F_r^{0.887} \quad (4)$$

この実験式は図-7 をもとにして最も安定側を考えた表面渦の発生について誘導したものであるから、その限界も同図の限界内で適用されることは勿論である。

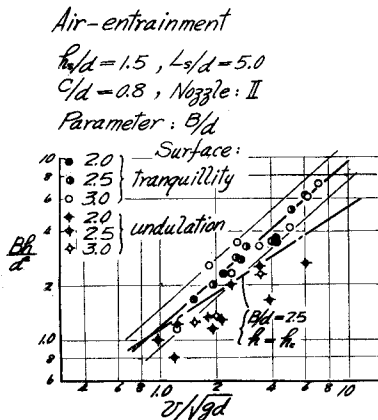


図 - 8

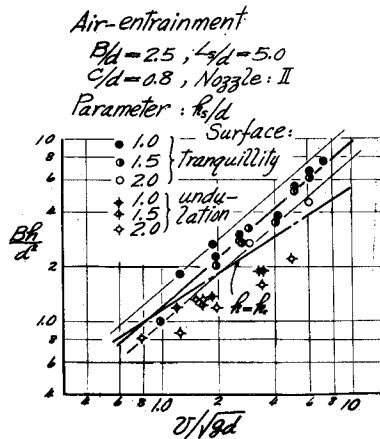


図 - 9

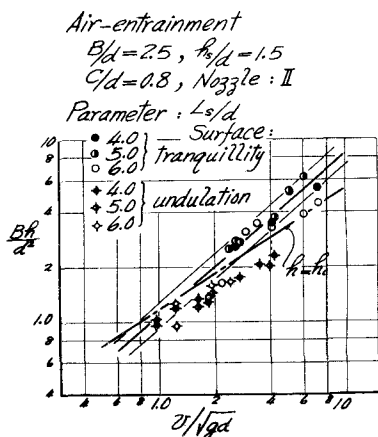


図-10

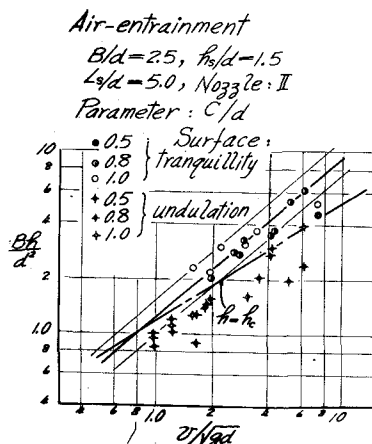


図-11

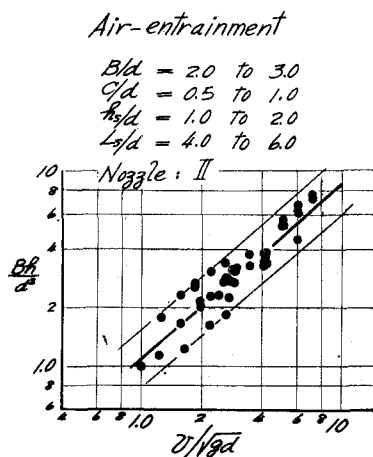


図-12

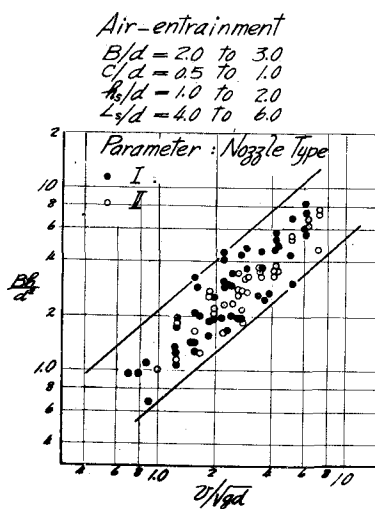


図-13

図-12より最も安全側を考えた実験式を求めると次のとおりである。

$Bh/d^2 = 1.55 F_r^{0.887}$ ただし(2)式の成立限界内であることは勿論で、同図の限界についても同様である、なお現象の細部については講演略述べる。

- (1) 日本水道協会:「水道施設基準解説」 1958
- (2) 栗津:「吸水管による渦について(才2報)」第10回応用力学連合講演会抄録集 昭和35年
- (3) Moore, Morgan: "The Hydraulic Jump at an Abrupt Drop" Proc. of A.S.C.E. 1957
- (4) 村, 荒木, 飯田:「堰堤放水管に関する研究(2)」土木研究所報告 89号 昭和30年