

3. 流況パターン分類

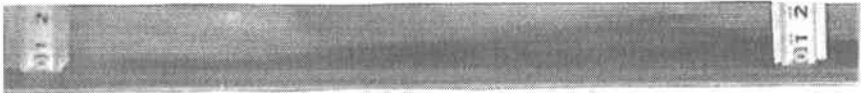


写真1-1



写真1-2



写真1-3



写真1-4



写真2-1



写真2-2



写真2-3

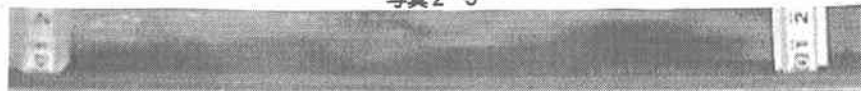


写真2-4



写真3-1



写真3-2



写真3-3



写真3-4



写真3-5

写真1、2、3は、流量を4.64、3.23、0.87ℓ/sと変えたときの流況で、側面からビデオカメラで撮影したものである。

写真1、2は、1/30秒毎の連続写真である。白い部分は気泡、黒い部分は水流である。両者とも管路流である。 $Q_w=4.64\ell/s$ のときは全断面にわたって気泡が分布しているが、 $Q_w=3.23\ell/s$ では水面付近に多く分布するようになる。 $Q_w=0.87\ell/s$ のときは開水路となり、いくつかの波状パターンが現れる。写真3は、これらの代表的なものを示したものである。

写真3-1、-2、-3は、段波状の波動で、波高が大きいと満管になる。上部には気泡が見られる。流下とともに波形後方は滑らかに低下して波形は三角形になる。写真3-4、-5は、振幅の比較的小さい波で流下とともに、上述の2つの段波状の波に挟まれて消滅する。本研究では、余水路で良く見られる写真3のパターンを対象とする。

図-1の断面Aを通過した流れは激しく乱れている。本研究では流況が落ち着いた下流側の波動の構造を解析する。

4. 波状パターンの走時

図-2に波間のピークの走時を示した。図から次の3つの波動が分析された。

第1は、小振幅の波動が最も波長が短い。これらの波長水深比は、図-3に示すように0.15~0.3であり、浅海波に相当する。第2は、単独伝播するほぼ上下流対称の波動である。第3は、段波状のものが波速が最も大きい。

第1の波を平均流に乗った微小振幅波で近似し、波速を次式で与える。

$$c = c_0 + v_0, \\ c_0 = \sqrt{\frac{g}{k} \tanh kh_0}, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (1)$$

図-2から c 、 λ 、実測の水面形から h_0 を求めると、 v_0 が計算される。図-4は、このような v_0 と h_0 の関係である。図中の■印は、

$$v_0 = Q_w / (Bh_0) \quad (2)$$

の関係を表す。図から、前者の v_0 が後者のものよりかなり大きいことがわかる。これらの図から、第1の波は微小振幅波で近似できないと考えられる。

第2の波は、孤立波の(3)式で近似した。

$$c_0 = \sqrt{gh_0} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{H}{h_0} \right) \quad (3)$$

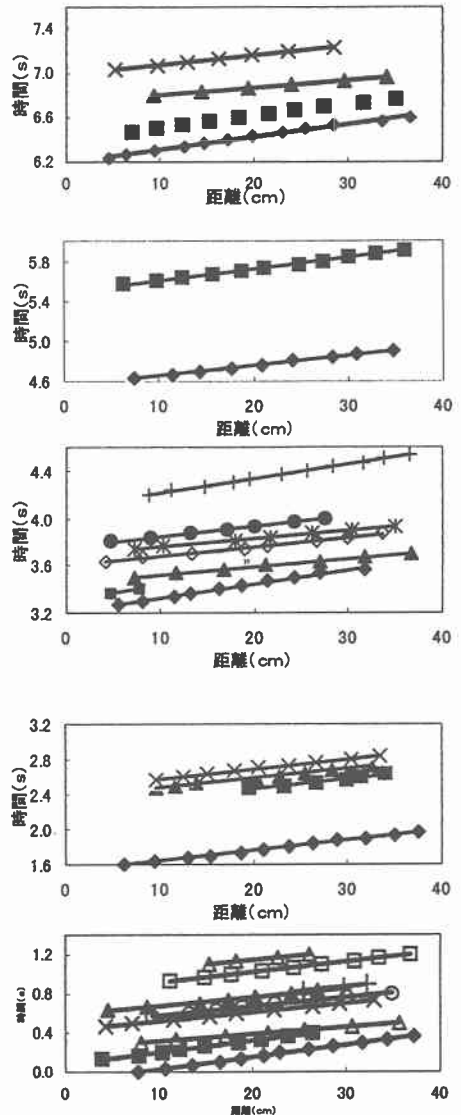


図-2

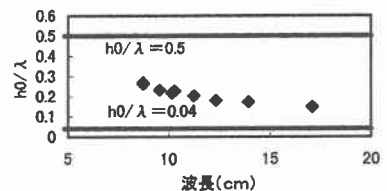


図-3

図-5は、これから求まる v_0 と h_0 の関係で、図中の実線は(2)式である。これから第2の波は孤立波と考えることができる。

第3の波を段波とすると、波速 w は、

$$w = v_0 + \sqrt{gh_0 \frac{1}{2} \frac{h_1}{h_0} \left(\frac{h_1}{h_0} + 1 \right)} \quad (4)$$

ここに示した h_0 、 v_0 は、段波下流側の水深、流速で、両者の関係を(2)式で与える。 h_1 に実験値を使って得られた w の実験値と理論値との比較を図-6に示した。図中の×印は満管状態であり、◇印は開水路である。図から、 w の実験値は理論値より大きいことがわかる。

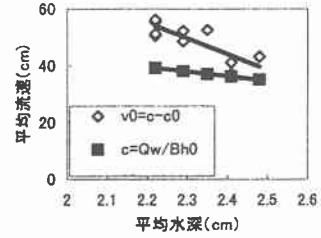


図-4

5. 参考文献

- 1) Cain P., Wood I. R. : Instrumentation for aerated flow on spillways, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.107, No.11, pp.1407~1424, 1981
- 2) Wood I. R. : Uniform region of self - aerated flow, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.109, No.3, pp.447~461, 1983
- 3) 戸田圭一, 井上和也, 大本雄二, 府川新 : 地下河川の流入立坑部の水理特性, 京都大学防災研究所年報, 第39号 B-2, pp.483~497, 1996年
- 4) 福原華一 : 水力発電所余水路立坑型減勢工の水理設計法, 電力中央研究所報告, 研究報告 U88018, 1988年

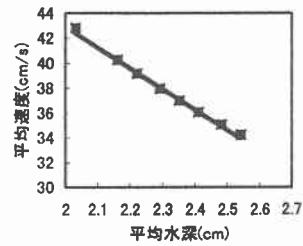


図-5

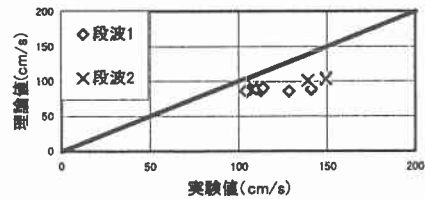


図-6