

水平床の上に設置された鉛直水門の流出機構について (もぐり流出に関する二・三の考察)

京都大学工学部 正員 工博 岩佐 義樹
京都大学工学部 正員 工修 名合 宏之

1. 自由流出ともぐり流出の限界および上下流水深の関係

もぐり流出状態における種々の水理現象を力学的に解明する研究の第一歩として、流出機構が異なると考えられる自由流出ともぐり流出との限界を知り、また、もぐり流出時の上下流水深の関係を知らるため、つぎのような実験をおこなった。

幅 30cm 、深さ 30cm 、長さ 45m の水平水路をもち、上流端より 2m の部分に厚さ 30cm の水門を傾度 20cm に設置した。水門は下流側 45° 傾斜の鋭縁リップを用いた。実験方法は流量を一定にし、自由流下の状態より、水路下流端に設置されたせき上げ板により下流水位を除々に上昇させ、上流水深、縮流断面の水深および跳水後の下流水深を測定した。この場合縮流断面の位置は自由流出時の実験結果を参考にし、水門前面より 40cm の断面をとり、また、跳水後の下流水面の測定は、水面の変動がはげしいので放物計を用いて水面変動を電氣的にとらえその平均値を測定した。実験結果は図-1に示されるとおりである。この図において、同じフルード数に対する実験値のうちで h_1/a が最小の値は跳水の前端が縮流断面あるいはそれより下流側にある状態を示している。 h_1/a がこの実験値で示される値よりも小さい場合には h_1/a は一定で図中破線で示されている。跳水前端が縮流断面より上流側に移行すると h_1/a は急激に増大し、それ以後は h_1/a の変化の割合は徐々にゆるやかになる。そこで、もぐり流出を、下流側の影響が上流側に伝わる流出状態であると考えると、図中の実験値を連ねた曲線と破線との交点から自由流出ともぐり流出の限界であり、現象的には跳水の前端が縮流断面にある状態と定えられる。つぎに、もぐり流出時の上下流水深の関係を説明するのに、Henryの仮定¹⁾を用いた一次元解析の手法の適用性について検討する。図-2に示されるようなもぐり流出に対して、断面IとIIの間にエネルギー保存則を、断面IIとIIIの間に運動量保存則を適用し、流出断面でのフルード数 $F = q/\sqrt{ga^3}$ (q : 単位巾流量)を用いると h_1/a と h_3/a の関係としてつぎの式をうる。

$$(h_3/a)^2 + 2F^2(qh_3 - 1/\mu) - [h_1/a + F^2\{(qh_1)^2 - 1/\mu^2\}]^2 = 0$$

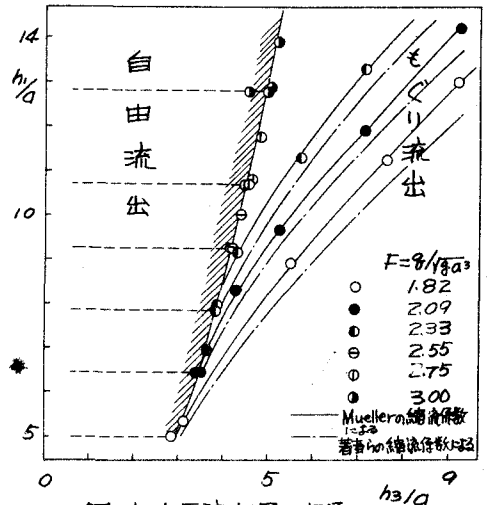


図-1 上下流水深の関係

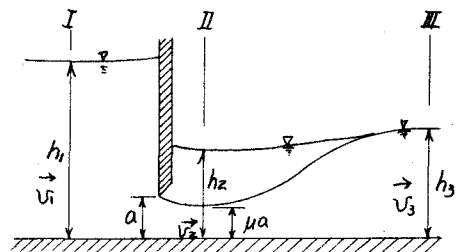


図-2 もぐり流出一般図

との交点から自由流出ともぐり流出の限界であり、現象的には跳水の前端が縮流断面にある状態と定えられる。つぎに、もぐり流出時の上下流水深の関係を説明するのに、Henryの仮定¹⁾を用いた一次元解析の手法の適用性について検討する。図-2に示されるようなもぐり流出に対して、断面IとIIの間にエネルギー保存則を、断面IIとIIIの間に運動量保存則を適用し、流出断面でのフルード数 $F = q/\sqrt{ga^3}$ (q : 単位巾流量)を用いると h_1/a と h_3/a の関係としてつぎの式をうる。

いたが、あるフルード数下を与えた場合、縮流係数 μ として適当な値を用いれば h_1/a と h_2/a の関係も出る。そこでいま、 μ として、著者らが自由流出に対して求めた縮流係数と Mueller²⁾が与えている縮流係数を用い、 $F=1.82, 2.09, 2.33$ の場合について h_1/a と h_2/a の関係も求めてみると、それぞれ図-1における一点鎖線および実線で示される曲線となる。この図によると、Muellerの値を用いた場合実験値とよく一致しているが、このことは Muellerの値がもぐり流出時の縮流係数もあらわしているということではなく、一次无解析法を適用した場合の縮流係数としては自由流出時の値よりは やや小さい Muellerの値程度のものを用いるのが妥当であるということを示していると考えてよいであろう。

2. 水門に作用する変動外力について

最近問題となつてきている振動現象を力学的に解明するためには、水門に作用する流体力の機構を解明しなければならぬと考えられるが、ここでは、その第一歩として、もぐり流出時に作用する流体力の機構を知る手がかりをつかむため、つぎの如き実験をおこなった。1. で用いた水門を水路側壁に固定し、45°傾斜部の中央に内径1mmの穴を明け、その奥をビニールパイプで差圧計に連絡し、増圧器を用いて圧力変動を増やし、電磁オシロスコプを用いて記録した。また、同時に水門下流面直傍の水面変動も、径0.5mmの白金線二本を検出部にもった小型波高計を用いて電磁的に記録した。実験は上流水深を28.54cmに保ち、下流水深を6つの場合に变化させておこなった。各実験における変動記録時間は100秒とした。実験条件、実験結果および整理結果を示すと表-1のとおりである。

実験により得られた圧力変動の記録は非常にランダムなものであったため、変動量の大きさの目安として、平均圧力からの標準偏差をもとめてみた。それが表-1における σ_p である。この結果より平均圧力が小さい程、また、流量が大きい程 変動圧力が大きいことがわかった。

この圧力変動の原因としては、水門下流面直傍の水面変動が考えられるが、両者の関係をしらべるため圧力変動と同時に測定された水面変動の資料を用いスペクトル解析をおこない、圧力変動のそれと比較してみた。その一例として、Case II の場合を図-3に示す。この図によると、変動の周期という点に関しては両者の性質はかなり異なるということがわかるが、相互にどのような関係が存在するかということについては判断しづらい。また、この他の原因として、流出にともなう発生する渦の影響なども考えられるが、今後、これらの点に関しさらに詳細な実験をおこない、変動外力を力学的に解明していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) H. R. Henry : Diffusion of Submerged Jets, discussion, Proc. ASCE 1949, Sept.
- 2) H. Mueller : Rechnerische Ermittlung der Strömungsvorgänge an schaufelartigen Planschnitten. Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1948.

case	I	II	III	IV	V	VI
流量変動(%)	237	221	200	192	170	150
接近水深(%)	847	794	719	689	610	539
下流水深 h_2 (cm)	1210	1391	1577	1674	1889	2070
平均圧力 $\bar{p}$ (dyn)	519	779	1038	1163	1430	1650
σ_p (mm)	200	1.65	1.14	1.28	0.98	0.88
$\sigma_p/\bar{p}$	0.008	0.021	0.011	0.011	0.006	0.005

表 - 1

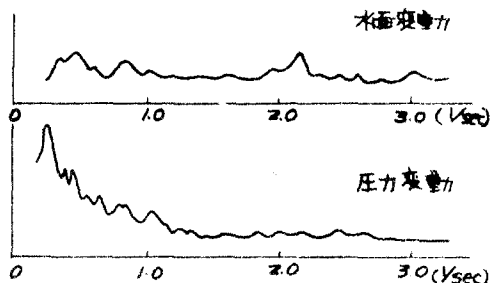


図-3 水面変動力および圧力変動のスペクトル