

II-117 一面ベルマウス式オリフィスにおける上流水路張り出しの影響

梯建設技術研究所 正員 白山 昌義
 同 上 正員 村越 重紀
 建設省土木研究所 正員 柏井 条介

1. はじめに

低圧の一面ベルマウス式オリフィス（以下、単にオリフィスと称する）は、自然調節式ダムの常用洪水吐きとして多く採用されているものである。オリフィスの基本形状は、図-1のとおりで上流側に張り出し部を有するのが一般的である。張り出しの規模は、管内圧力に及ぼす影響を無くすように $L_c/Dn = 1$ 程度の例が多い。しかし、近年では大流量に対応するなど口径が大きくなり、その結果上流水路規模が増大し設計施工の困難さが指摘されている。そこで、本論文では、既往の研究を参考にして、BEM(境界要素法)により数値計算を行い上流水路規模がオリフィスに及ぼす影響について検討を加えるものである。

2. 既往の研究

既往の研究^{1), 2)}では、上流張り出し規模がオリフィス内の流れを二次元と仮定できる程度に十分大きいとの条件下で水理模型実験及び流れを2次元ポテンシャル流としてBEMによる数値解析を行っている。その結果オリフィスに関し、 $L/Dn = 0.75 \sim 1.5$ 、下流水平長 $L'/Dn \geq 1$ では、管内の圧力や放流量に及ぼす影響がほとんど無い、 $L'/Dn \geq 1$ で放流特性を規定する流量係数 ($Q = CA\sqrt{2gH}$ C; 流量係数) は、上面角 θ で決定されることが示された。こうして、放流量の推定式が提示されるとともに圧力に関して負圧の発生しない基本形状の諸元が提示され、これらの指標に従い基本的な設計が実施されているのが現状である。

3. 計算条件

本検討でも流れを2次元ポテンシャル流としたBEMにより検討を行った。検討では、上流水路規模による影響を見るために下流水路は放流量の影響が無いように $L'/Dn = 2$ とし、上面角 $\theta = 20, 30$ 度、 $L/Dn = 1, 1.5, 2$ 、 $R/Dn = Rc/Dn = 0.3$ 、 $H/Dn = 5.0$ とし上流水路張り出し $L_c/Dn = 0 \sim \infty$ の場合について圧力の変化を調査した。なお(1)式は $R/Dn = 0.3$ で圧力的に問題の無いように与えられている上面長さを与える提案式²⁾で上面角 θ のみの関数であり図-2のようになる。

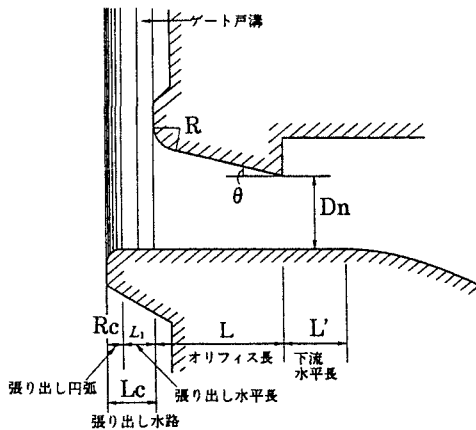


図-1 オリフィスの基本形状

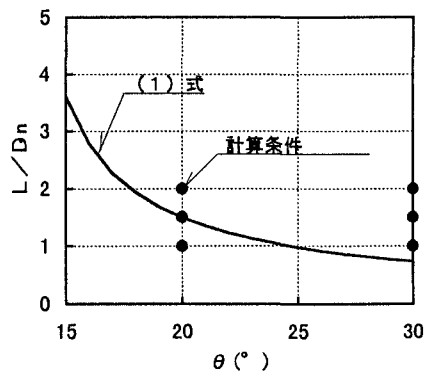


図-2 上面角と上面長

$L/Dn > (0.44 - 0.3 \tan(45 - \theta/2)) / (\tan \theta - 0.21)$; $L/Dn = 0.75 \sim 1.5$, $Lc/Dn = 2.15$ (1)
 $\theta = 20^\circ$ では $L/Dn > 1.5$, $\theta = 30^\circ$ では $L/Dn > 0.73$ となり、本計算の条件は上流張り出し規模が十分な場合には $\theta = 20^\circ$, $L/Dn = 1.0$ を除き上面長さは、圧力的に問題無い範囲にある。

4. 計算結果

図-3に $\theta = 30^\circ$ の上流水路張り出し長 Lc/Dn と上面及び下面で円弧内で生じる最低圧力の関係を示した。これによると、上流水路の張り出しが長くなると上面の圧力は低下する傾向にあり、 $Lc/Dn > 3$ 程度になると上面の圧力に及ぼす影響が無くなる事が分かる。下面は上面と逆の傾向となり、 $L/Dn = 1$ の場合には、 Lc/Dn が小さくなると最低圧力が発生する位置が上面から下面に移行することが分かる。

図-4には、 $\theta = 20, 30$ の上流張り出し長とオリフィス内の最低圧力の変化を示した。これによると $L/Dn = 1$ では、最低圧力が上面から下面に移行するため $Lc/Dn = 0.1 \sim 0.2$ で圧力のピークが生じている。

今回の計算範囲ではオリフィスの最低圧力は上流張り出しを小さくすると $Lc/Dn = 1$ の場合と比べて同等もしくは大きくなる傾向を有しており Lc を短くすることにより従来のオリフィスと比べて圧力的には安全側なものとなっている。特に $\theta = 20^\circ$ $L/Dn = 1$ では(1)式の条件を満足せず Lc が大きい場合には負圧の生じる上流張り出しを $Lc/Dn < 0.5$ に短縮することにより正圧が得られている。

5. おわりに

$H/Dn = 5$ で $\theta = 20, 30^\circ$ の場合には、上流水路張り出しを小さくしても圧力的には問題無く、これまでのオリフィスより上面長を短縮しても負圧の発生は無いことが分かった。今後は、角度、水位を含めて広範な条件について整理する必要があると思われる。また、計算は二次元で実施しているが実際の流れは上流張り出しが短くなると、三次元的要素が強くなるため、ベルマウス入口部の側面や隅角部では計算結果より圧力の低下することが考えられる。このため、計算により特性を明らかにした上で水理模型実験により圧力の検証を行うとともに、放流量に関して確認しておく必要があると考えられる。

〔参考文献〕 1) 柏井・小島 一面ベルマウス式低圧放流設備の水理特性と設計, 土木技術資料, Vol.27, No.8, 1985
 2) 柏井・中西・小島 一面ベルマウス式ダム低圧放流設備 土木技術資料, Vol.28, No.3, 1986

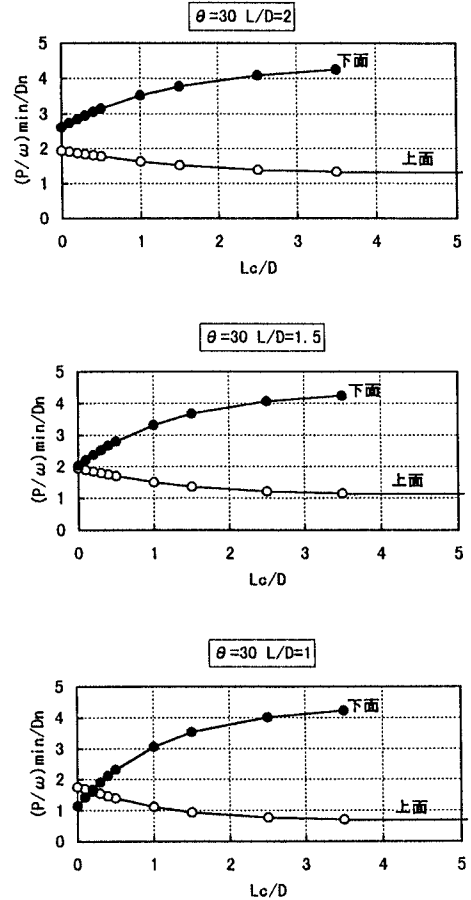


図-3 上面と下面の圧力変化

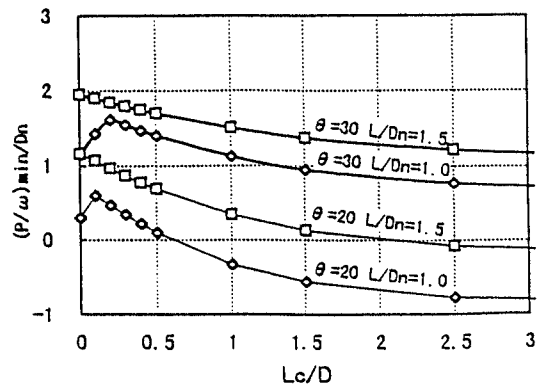


図-4 上流張り出しと最低圧力