

第Ⅱ部門

給気を伴うリンクスリーブ弁のダム放流弁への適応

同志社大学理工学部	正員	○平田	勝哉
同志社大学理工学部		野口	尚史
同志社大学理工学部		向井	紬
(株) 栗本鐵工所		松原	圭佑
(財) 電力中央研究所	正員	佐藤	隆宏
(財) 電力中央研究所	正員	米澤	宏一

1. 緒言

多くのダム放流設備(dam outlet works)では、放流水を大気中もしくは静止水中に放出することで大きなエネルギーを放散させている。ダム放流設備に、第一に求められる点は、小管径の水路で大流量を実現するとの経済性から、低損失である。一方、放流に伴い発生する躯体洗掘や振動／騒音への対策の為、ダム放流設備には、様々な方式のもとで様々な工夫と基準がある。方式の一つでは、放流口の直上流に放流弁を設置する。ところで、この方式のダム放流設備では、運転条件や放流弁の構造、配管の仕方によっては、比較的高周波数の騒音と振動がしばしば問題となる。水門鉄管基準には、この問題に対して、(ダム放流設備内部の)「負圧によるキャビテーション発生防止を目的とした給気が必要」とある。もちろん、給気は、負圧の緩和と引き換えに損失増大を招きがちであるので、必要最低限にとどめるように制御すべきである。

本研究では、この方式のダム放流設備の放流弁として、ダム放流設備以外で用いられる弁(バルブ／ゲート)、つまり、水道用流量調節弁の一つであるリンクスリーブ弁(後述)の使用を試みる。水道用流量調節弁は、ダム放流設備に専用設計された放流弁に比べると、需要の大きさから経済性に優れ、生産安定性から将来の保守／交換にも有利である。一方、水道管路内に設置される水道用流量調節弁は、水道水運搬という目的から外気と接することができず、給気をせずに、弁構造の工夫によって振動／騒音の防止に取り組んできた歴史がある。よって、給気を導入した設備での使用には不明点が多く、ダム放流設備としての流動の理解が最初に必要となるので、今回の実験に至った。なお、過去に給気を伴ったダム放流設備に関する報告はあるが、いずれも放流弁はゲート型弁のみであり、適用は難しい。

2. 実験方法

図1に、リンクスリーブ弁の概略図を示す。この弁は、円筒状のスリーブをクランク機構によりスライドさせることで、流量調節を行う。この為、使用率の高い非全開時でもほぼ軸対称な流れが生じる為、流量制御に有利であり、特に今回のような給気を伴う複雑な流れへの導入には適していると思われる。図2に、モデルの概略図を示す。モデルはダム放流設備を単純化している。試験したモデルは三種類である。表1に、モデルの寸法をまとめる。また、図3には、実験装置と計測システムの概要を示す。定水位タンクまたはポンプからリンクスリーブ弁上流側管路、リンクスリーブ弁、給気装置付き管路、アクリル管路、下流側管路、放流口へと至る水路を、水が流れる。給気装置付き管路は、T字管に給気流量調節弁(バタフライ弁)を取り付ける。七個の圧力変換器での壁面静圧力と、一個の電磁流量計による水の流量、一個のオリフィス流量計による空気の流れを、計測をする。試験条件を制御するパラメーターは、リンクスリーブ弁の開度 α とバタフライ弁の開度 β 、上流での管内圧力 p_1 の三つである。表2に、試験したパラメーター値をまとめる。

3. 結果と考察

図4に、様々な試験条件下での静圧 p の流れ方向分布を示す。 p の値は試験条件により大きく異なるが、定性的にはほとんどの試験条件下でよく似た分布特徴を示す。つまり、リンクスリーブ弁の直下流($x \leq 200$ mm)で、静圧は低くかつほぼ一定である。この一定低圧領域は、給気により導入された空気と水との明瞭な境界が流れの観察から判別できる領域と、よく対応する。更に下流($x \geq 200$ mm)では、静圧 p は、流下方向に上昇し、条件によっては大気圧よりも高くなる($p > 0$ kPa_{gage})。流れの観察からは、この領域では、水と空気は複雑に混合している。もちろん、放流口では p は大気圧0となる。図5に、結果の一例として、給気量 Q_{air} とリンクスリーブ弁直下流($x = 35$ mm)での静圧 p_2 との関係を示す。試験条件により、その関係は複雑に変わり、現状では残念ながら実用上有用な法則性を見い出せていない。

4. 結言

軸対称性の高い流れを生み出すリンクスリーブ弁を放流弁としたダム放流設備の流動特性を明らかにする為、実験を行った。適切な給気量を評価する為の実験式等の提案はできていないが、今後、流動形態や圧力分布の解析／分類により、損失の評価や給気量の制御方法を確立していく予定である。

Katsuya HIRATA, Takashi NOGUCHI, Tsumugi MUKAI, Keisuke MATSUBARA, Takahiro SATOH and Koichi YONEZAWA

khirata@mail.doshisha.ac.jp.

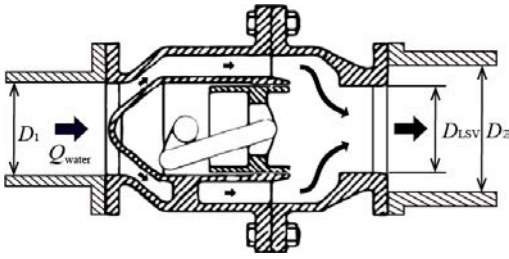


Fig. 1 Link-sleeve valve.

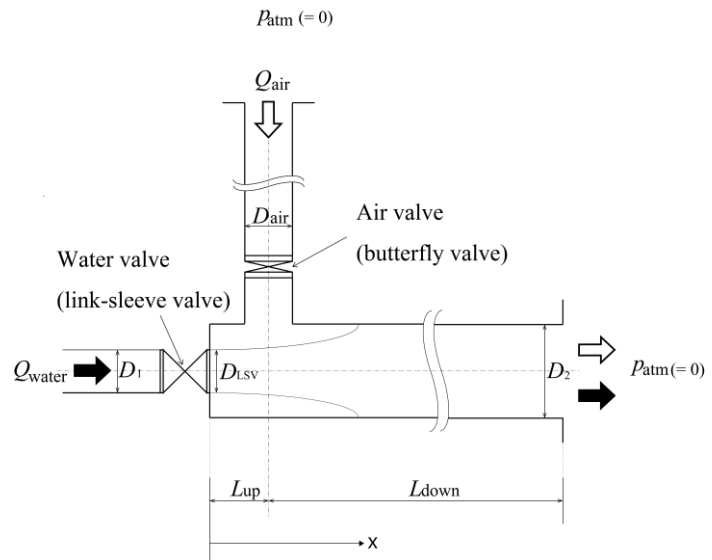


Fig. 2 Model: link-sleeve valve together with an air-aspiration system
(unit: mm).

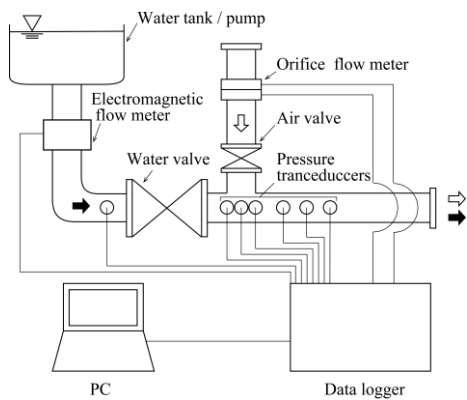


Fig. 3 Experimental apparatus and measuring system.

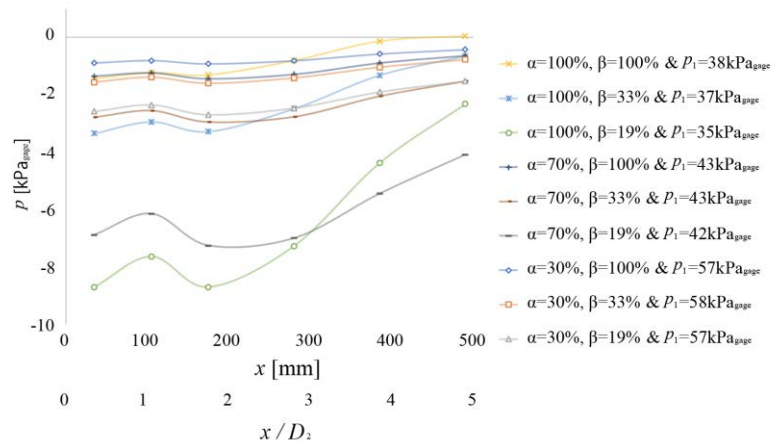


Fig. 4 Static-pressure distribution in streamwise direction (in the x -direction) at various valves of link-sleeve-valve opening α and butterfly-valve opening β in the high p_1 range in Denken2 model.

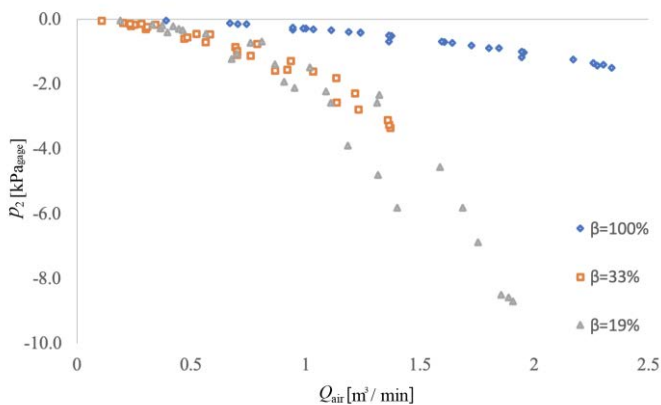


Fig. 5 Static pressure p_2 at $x/D_2 = 0.33$ (No.2) versus air flow rate Q_{air} at $\alpha = 100\%$ and high p_1 in Denken2 model.

Model	D_{LSV}	D_2	D_{air}	L_{up}	L_{down}
Denken1	77	80	80	80	1680
Denken2	77	105	1015	105	2155
Kurimoto	142	150	155	150	9940

Table 2 Control parameters in each model.

(a) Link-sleeve-valve opening α and butterfly-valve opening β

Model	α [%]	β [%]
Denken1	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100	16,25 and 100
Denken2	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100	19,33 and 100
Kurimoto	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100	100

(b) Upstream static pressure p_1 .

Model	Low p , [kPa _{app}]	Middle p , [kPa _{app}]	High p , [kPa _{app}]
Denken1	19 – 31	19 – 51	37 – 61
Denken2	10 – 23	25 – 41	35 – 60
Kurimoto	49 – 300	63 – 301	77 – 657