

II -132 利水放流設備の低水位放流時の管内流れの不安定現象

日立造船(株) 正会員 巻幡 敏秋
日立造船(株) 正会員 田窪 宏朗

1. まえがき

ダム建設後、湛水期間中の低水位において下流への放流が要請される場合がある。

T ダムの利水放流設備において、低水位放流用ゲートを使用する低水位放流が計画され、主ゲート(JFG)から中開度での放流が実施された。

中開度放流として、 $9\text{m}^3/\text{s}$ (0.53m (15%))を行ったところ利水放流設備として途中位置にある制水ゲートの空気管の呑み口部から騒音の発生が認められた。また、管内に設けられた超音波流量計にも騒音の発生に対応する流量変動が観察された。

ダム放水路流れ、特に主副ゲートを有する放流設備では、主・副ゲートのある開度組み合わせで放流管内に流れの不安定現象の発生することが既に研究されている。⁽¹⁾⁽²⁾

しかし、本論文では過去に研究されていない管内流れの不安定現象を考察すると共に、低水位放流用ゲートを使用した放流に際しての留意点等について記述したものである。

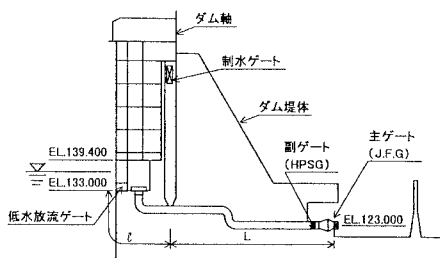


図-1 全体概要図

2. 実機での観測記録

2.1 放流条件

利水放流設備の全体概要を図-1に示す。また、低水位で取水・放流した時のダム水位およびJFGの中開度・放流量を示すと表-1のようになる。

表-1 実機観測時の条件

日時	ダム水位(m)	JFGの開度	放流量(m^3/s)
'99.3/5 19:00～	EL.137.14	0.53m(15%)	9
'99.3/6 14:00～	EL.137.65	0.53m(15%)	9
'99.3/6 15:40～	EL.137.70	0.53m(15% → 10%)	9 → 6

2.2 放流量の記録

表-1に示される放流条件で得られた放流量の変動記録を示すと、図-2、図-3となり、両図から流量の変動周期が約60秒で最大変動比は約±0.05である。

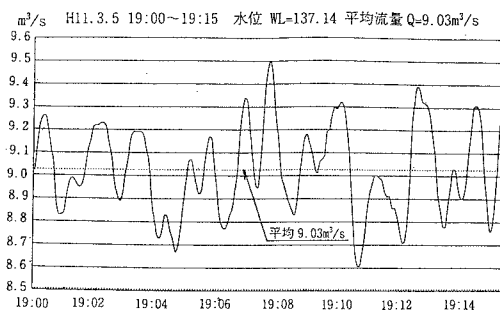


図-2 利水放流量(1)

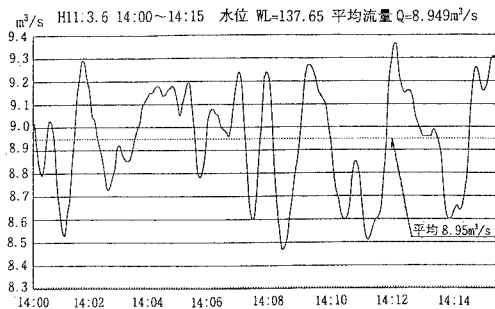


図-3 利水放流量(2)

キーワード：不安定現象、管内流れ

〒559-8559 大阪市住之江区南港北 1-7-89 Tel.06-6569-0111 Fax.06-6569-0115

3. 導水管内流れに関する考察

3.1 不安定現象についての関係式

本設備において発生した管内流れの変動は、サージ現象に基因する現象であると仮定して検討をしてみる。図-1に示す利水設備において、低水放流ゲートの断面積と流速: $A_i = 2.25\text{m}^2$, V_i 、取水ゲート底部コンクリート部の断面積と水位変動: $F = 56.25\text{m}^2$, Z 、制水ゲート部の上部および開口部の断面積: $f = 11.25\text{m}^2$, $A_s = 2.0\text{m}^2$ 、管路の断面積、流速と管長: $A = 5.72\text{m}^2$, V , $\ell + L = 102\text{m}$ 、主ゲートの断面積と流速: $A_0 = 5.31\text{m}^2$ (100%), V_0 とする。最初に、サージ現象の関係式を誘導するために管路系にある取水ゲート底部および制水ゲートの影響を検討する。水衝圧で採用されている圧力波の反射および透過率を今回のケースに適用すると、取水ゲート底部では、反射率 $= (A - F)/(A + F) = -0.82$ 、透過率 $= \text{反射率} + 1 = 0.18$ 、制水ゲート部では、反射率 $= (A - A_s - A)/(A + A_s + A) = -0.15$ 、透過率 $= \text{反射率} + 1 = 0.85$ が得られ、管路長は $(L + \ell)$ となる。従って、運動方程式と連続の式は以下のように示される。

$$\frac{(L + \ell)}{g} \frac{dV}{dt} = Z \mp CV^2 \cdots (1) \quad A_i V_i = F \frac{dZ}{dt} + AV \cdots (2)$$

(1),(2)式から

$$\frac{d^2 V}{dt^2} \pm 2CV \frac{dV}{dt} + \frac{gA}{(L + \ell)F} V - \frac{gA_i}{(L + \ell)F} V_i = 0 \cdots (3)$$

(3)式から無減衰の単純系のサージ現象の周期: T は、以下のように与えられる。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(L + \ell)F}{gA}} \cdots (4)$$

3.2 数値的な検討

3.2.1 安定・不安定域

表-1の観測記録から管路内流れの安定・不安定域を示すと図-4となり、安定域は $A_0/A_i \leq 0.23$ となる。ダム水位が $EL = 139.400$ 以上では、主ゲート開度 $A_0 = 5.31\text{m}^2$ (開度 100%) であっても $A_0/F = 0.094$ となり、 $A_0/F \leq 0.23$ を満たしていること、および $F \rightarrow \infty$ となるため管路内の流れは安定となる。

3.2.2 不安定現象の周期

(4)式から、不安定現象の周期を計算すると $T = 63.6\text{s}$ が得られ、実機で観測された周期 $T = 60\text{s}$ に極めて近いものとなっている。

4. あとがき

放流条件が限られたケースであったが、低水位放流時には管内流れの不安定現象が発生することが確認され、利水放流設備の管理上の貴重なデータが取得できた。

最後に、貴重なデータを提供して頂いた関係各位に謝意を表します。

参考文献

- (1) 巻幡：ダム放水路流れの不安定現象について，土木学会 25 回年次学術講演全国大会(昭和 45.10)
- (2) 巻幡：主・副ゲートを有する放水路流れの不安定現象について，水門鉄管 No. 150, p. 54-59, 1987.3

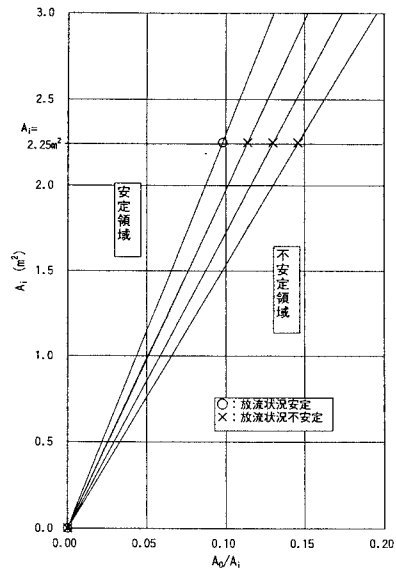


図-4 安定・不安定域