

(Ⅱ - 10) 曲管の水理特性

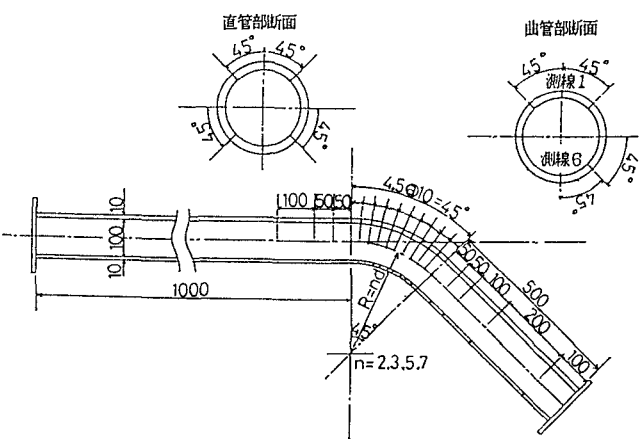
建設省土木研究所 正員 本田 敏也
建設省土木研究所 正員 高須 修二
建設省土木研究所 正員 新屋敷 隆
建設省土木研究所 正員 宮脇 千晴

1. はじめに

ダムの放流設備において、管路の方向が変化する位置には曲管が必要になる。曲管は曲がりの曲率半径を小さくした方が経済的には有利である。しかし、これをあまり小さくすると、損失水頭が大きくなるほか、曲管内側に遠心力による過大な圧力降下を生じることとなる。このため、ダム・堰施設技術基準（一次案）においては、曲率半径と管内径の比（ R/D ）を3以上、空間的にこれを満足することが出来ないときは2以上にすると記載されているがその根拠は必ずしも明確に示されていない。本研究は高速流下における曲管部の水理特性を明らかにするとともに設計基準の確立を図ることを目的としている。

2. 実験方法

曲管部の検討ケースを表一に示す。実験は各検討模型（図一1参照）を高速流発生装置に接続して（実験1は除く）、管内流速3m/sから19m/sまで、2m/sきざみで管内作用圧力、流況について検討した。実験1は R/d が3, 5（管径 $d=100\text{mm}$ のパイプ）について検討している。実験2は、 R/d を2, 3, 5, 7の4種類について実施したものである。実験3は、実験1, 2が鉛直曲がりであるのに対して、水平曲がりの場合について実施している。



図一1 検討模型

表-1 実験ケース

	ケース	曲率半径	曲がりの種別
実験1	1	3 d	鉛直
	2	5 d	鉛直
実験2	1	2 d	鉛直
	2	3 d	鉛直
	3	5 d	鉛直
	4	7 d	鉛直
実験3	1	3 d	水平
	2	5 d	水平

3. 実験結果

3. 1 曲管部の水理特性 実験1

曲管部の圧力は測線1（上面）で最大正圧が発生して、測線6（下面）で最低負圧が発生している。（図一2）これは、曲管部に流水の方向に直角な遠心力が働き、上面に正圧、下面に負圧が発生するものと考えられ、遠心力による上面、下面の圧力差と実測値によるそれを比較してみると、遠心力による圧力差は

$$\Delta h = dv^2/gR$$

このとき d : 管径、 v : 管内の平均流速、 g : 重力加速度、 R : 曲率半径

となり図一2に示めされている最大正圧と最低負圧の差は遠心力の影響をまともに受けた場合の80%程度となる。

このため、以下の検討では測線1（上面）及び測線6（下面）について実施する。

3. 2 曲率半径による比較検討 実験2

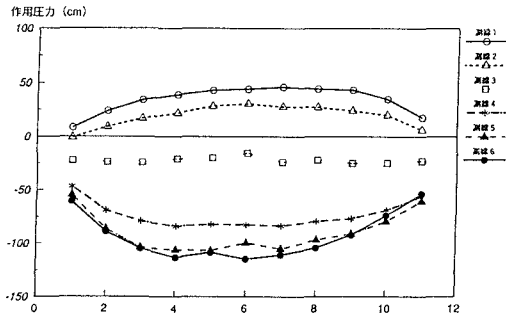
図一3、4は縦軸に最低負圧の圧力係数、横軸にそれぞれ曲率半径、及び流速係数をとって各形状、流速について整理したものである。これによると、圧力係数は曲率半径と流速係数の増加に伴い減少するものの流速係数が約5以上では流速係数による変化はほとんどなくなってくる。

3. 3 鉛直・水平曲がりの比較検討 実験3

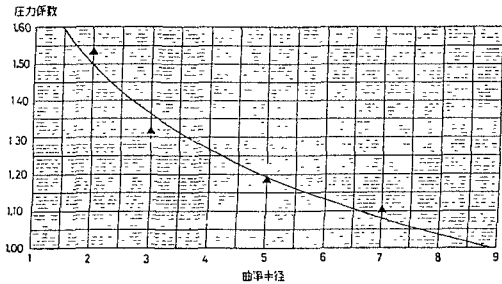
図一5は、縦軸に圧力係数、横軸に流速係数を取り、鉛直曲がりと水平曲がりを比較したものであるが流速の小さいときには水平曲がりの方が大きな値を示しているが、流速係数がおおよそ5を超えると水平曲がりと鉛直曲がりの差はなくなってくる。

4. まとめ

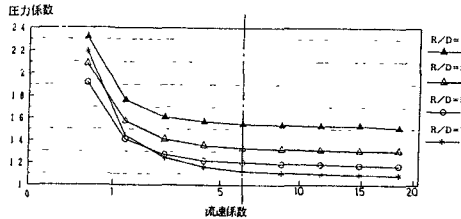
以上の結果より、曲管を高速流が流れるとき、曲がりの内側には必ず圧力低下が発生し、圧力係数は流速係数と曲率半径の増加に伴い減少することが確認された。また、特によく用いられる曲がり角90°の曲管の方が低い負圧が発生している。これを技術基準に反映させるためには具体的な許容負圧を規定する必要があるが、本研究の結果と現行の技術基準と比較すると、流速10m/sを超えるような高速流の場合、現行基準に定められた曲率半径3d以上では不十分でより曲率半径を大きくする必要があるといえる。また空間的に不可能な場合は2d以上にすると、という規定については流速を5m/s以下にすること、さらに流速20m/s程度の高速流の場合、最低でも曲率半径は7dを超えることが必要であるといえることができる。



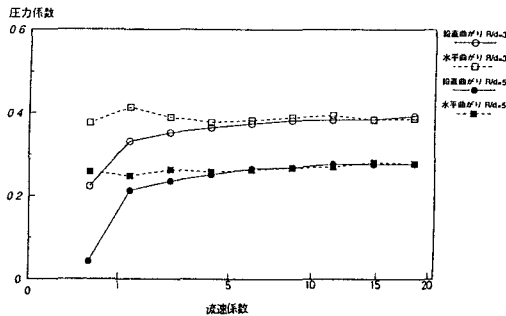
図一2 曲管部圧力分布 (V=7 m/s, R/d=3)



図一3 曲率半径と圧力係数 測線6



図一4 流速係数と圧力係数 測線6



図一5 水平方向と鉛直方向 測線6

参考文献

- 1) 土木学会：水理公式集
- 2) 社団法人ダム・堰施設技術協会：ダム・堰施設技術基準（一次案）
- 3) 三浦有司・宮脇千晴：高速流管路における曲管部の水理特性について、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部、1993