

II-267 高速流管路における曲管部の水理特性について

川崎重工業（株） 正員 三浦有司
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になる。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できないときは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されていない。本研究は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、実験装置及び実験方法

使用した模型を図-1に示す。模型はアクリルを使用し曲がり角は 45° とする。 R/d の異なる4形状について実験を行う。実験ケースを表-1に示す。流速は3 (m/s)から19 (m/s)まで、2 (m/s)きざみで9ケースの流速について行った。圧力の測定にはデジタルマンメータを使用しそこからの電気信号をパソコンのAD変換器を通して記録した。AD変換器のサンプリング間隔は0.1秒、計測時間は10秒間とし得られた100個のデータの平均を測定点の圧力とした。

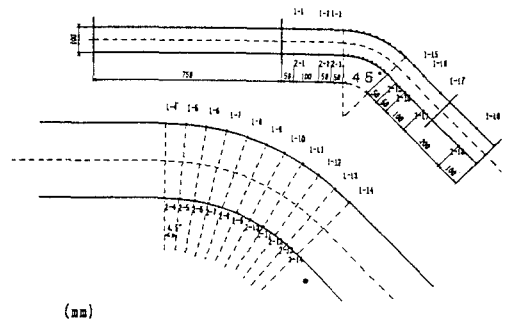


図-1 実験模型

3、実験結果

3.1 予備検討

先ず予備実験において曲管全体の流況並びに圧力について調査した。観察結果から上面では水脈が壁面に沿っており、下面では水脈の剥離のあることが確認された。圧力計測の結果はそれを裏付けるように上面での圧力の上昇と下面での負圧の発生が計測された。そのため、以下の検討では上面（測線1）と下面（測線2）について検討を行った。

3.2 本検討1 圧力分布

鉛直曲がりと水平曲がりについて圧力計測を行った。その結果、全てのケースにおいて上面において正圧が、下面において負圧が確認された。さらにその絶対値は流速に比例し、また、曲率半径に反比例する事が確認された。（図-2）

3.3 本検討2 鉛直曲がりと水平曲がりの比較

同一の曲率半径の模型を用いて行った鉛直曲がりと水平曲がりの結果の比較を行った。その結果、上面においても下面においても圧力分布の状況は両方ともほとんど同一である。しかし圧力の絶対値は、上面、下面とも水平曲がりの方が鉛直曲がりよりも作用圧力が正圧方向に大きくなる事が確認された。

	R/d	流速 (m/sec)	曲がりの方向
予備-1	3	3 ~ 7	鉛直
予備-2	5	3 ~ 7	鉛直
CASE-1	2	3 ~ 19	鉛直
CASE-2	3	3 ~ 19	鉛直
CASE-3	5	3 ~ 19	鉛直
CASE-4	7	3 ~ 19	鉛直
CASE-5	3	3 ~ 19	水平
CASE-6	5	3 ~ 19	水平

表-1 実験ケース

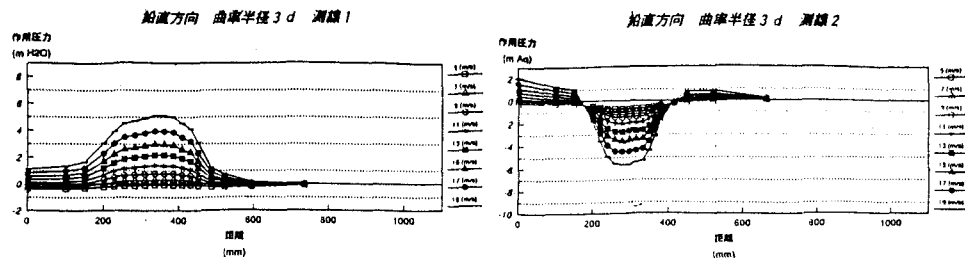


図-2 測線ごとの圧力分布 (CASE-2)

3.4 本検討3 負圧に関する検討

実際の放流設備において、水理的には正圧よりも負圧の方が問題となる。よって下面に発生する負圧に関してより詳しい検討を行った。

3.4.1 負圧と流速について

各ケースの最大負圧を流速ごとにまとめたものを図-3に示す。これより、流速が遅いときは曲率半径による負圧の違いは小さく特に流速3 (m/s)程度においては遠心力による影響が少ないためほとんど違いがないが、流速が大きくなるにつれ負圧はなだらかな曲線を描いて大きくなり、その割合は曲率半径が小さくなるほど大きいことが解る。

4.2 負圧と曲率半径について

最大負圧を曲率半径ごとにまとめ、横軸対数紙に表したものを図-4に示す。グラフ上の直線は各流速ごとの回帰式の値である。この回帰式の相関係数はすべて0.97以上の値となる。しかし、曲率半径が大きくなるほど実験値とのズレが大きくなる傾向があり、この回帰式より実用上の限界の曲率半径とそれに対応する流速を規定するためには計算値が実験値よりも危険側にでるため注意を要する。

5、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負圧が発生しその絶対値は流速が大きくなり、また曲率半径が小さいほど大きくなることが確認された。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を比較すると、流速10 (m/s)を越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、という規定については流速を5 (m/s)以下にすること、さらに流速20 (m/s)程度の高速流の場合、最低でも曲率半径は7dを越えることが必要であるといえることができる。

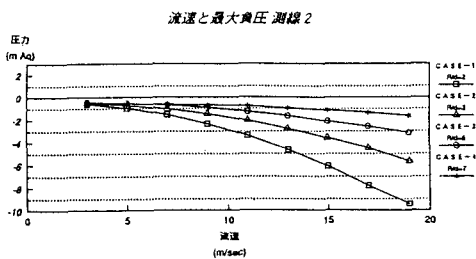


図-3

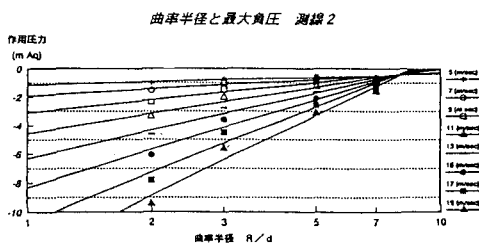


図-4