

水平エビ継ぎ湾曲管路の圧力特性

独立行政法人土木研究所 正会員 ○小野 雅人
独立行政法人土木研究所 正会員 柏井 条介

1. はじめに

管理ダム数の増加に伴い、より効率的な貯水池の運用のために、放流設備を増設する例が見られるようになってきている。このような放流設備においては、放流水を既設の減勢工に導くための湾曲導水路が必要であり、大規模な放流管の湾曲部は、一般的にエビ継ぎ管（両端を斜めに切断した直管を連結させ曲管を近似したもの）として製作される（図-1）。

エビ継ぎ管では、それぞれの管接続部において壁面が不連続に変化し流れの剥離を伴う大きな圧力降下の発生が懸念されるが、その影響についての知見は少なく、適切な水理設計のための圧力特性の把握が急がれている。

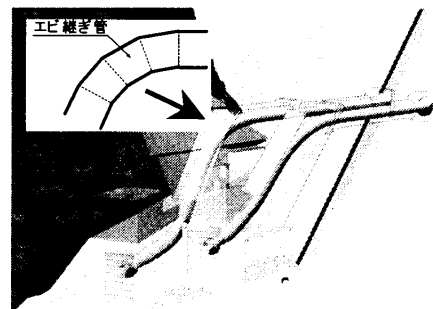


図-1 増設放流設備のイメージ

上記状況を踏まえ、筆者らは鉛直に湾曲させた場合の圧力特性について既に検討を行っている¹⁾。本報告は、重力の作用方向が異なる水平に湾曲させた場合の影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験は、図-2 に示すように、水槽に取り付けた長さ $10D$ (D : 管径) の水平直管部の下流に、中心角 60° のエビ継ぎ湾曲管路を取り付けて実施した。湾曲部の下流には、湾曲部圧力に管路出口の影響が生じないように $20D$ の直管部を設けた。実験ケースは、表-1 に示すように、管径 $D=25.1\text{cm}$ 、曲率半径 R と管径 D の比 $R/D=9$ 、エビ継ぎ管の屈折角 α を 6° と 15° の 2 通りとした。圧力測定位置は、下面、左側面、右側面の 3 測線であり、湾曲部では左側面は外周部に、右側面は内周部に相当する。また、エビ継ぎ管では各直管部毎に設定した上流端直下流、中央、下流側の 3 断面（測点①、②、③）について測定を行った。

3. 実験結果

図-3 に湾曲部のピエゾ水頭 $p/\gamma + z$ (p : 圧力, γ : 水の単位体積重量, z : ピエゾ位置の位置水頭) の分布例を示す。下面については、ややバラツキはあるものの直線的に降下しているが、左側面、右側面ではエビ継ぎ管の影響が顕著に現れていることが分かる。ここで、曲がりによる損失や二次流、エビ継ぎ管の影響による圧力降下係数の成分を

ε とすると、 ε は次式で計算される¹⁾。

表-1 実験ケース

ケース	α (度)	Re 数
CASE1-1	6	6.39×10^5
CASE1-2		9.58×10^5
CASE1-3		1.53×10^6
CASE2-1	15	6.43×10^5
CASE2-2		9.58×10^5
CASE2-3		1.52×10^6

※ $D=25.1\text{cm}$, $R/D=9$

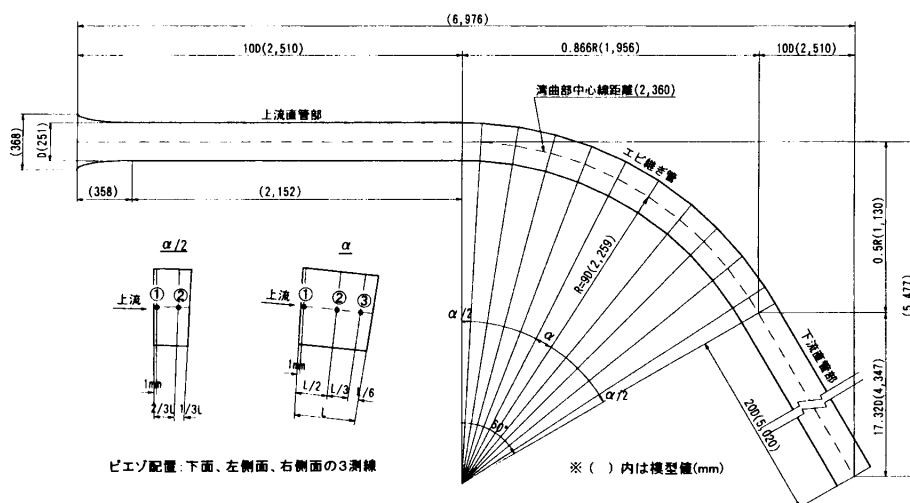


図-2 水平エビ継ぎ湾曲管路模型形状図

キーワード: エビ継ぎ管、管路流、圧力特性、水理模型実験

連絡先: 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所水工研究グループダム水理チーム TEL 0298-79-6783

$$\varepsilon = \frac{H - (p/\gamma + z)}{v_m^2 / 2g} - (f_e + f \cdot L/D) - \left[\frac{D}{8r \{R/D - \sqrt{(R/D)^2 - 1/4}\}} \right]^2$$

ここに、 H :貯水池での全水頭、 f_e :入口損失係数、 f :摩擦損失係数、 L :流下距離、 v_m :断面平均流速、 r :ピエゾ位置の曲率半径、 g :重力加速度であり、右辺第1項は実験値の圧力降下係数、第2項は圧力降下係数の内、入口および摩擦損失による成分、第3項は遠心力による成分(平均流速位置で1としている)を表している。なお、各形状毎に Re 数を変化させた3ケースの ε 値はほぼ同じ値であったことから、 ε 値はこれらの平均値として評価を行った。

図-4,5 にエビ継ぎ管の α と ε の関係を、鉛直エビ継ぎ湾曲管路の結果と合わせて示す。測点①では、エビ継ぎ管接合部の不連続性により、左側面(鉛直曲がりの場合は上面)では圧力上昇が、右側面(鉛直曲がりの場合は下面)では圧力降下が生じており、 ε の絶対値は α が大きいほど大きくなっている。また、鉛直、水平曲がりとも、 ε の絶対値が最大となる管部は同じであるが、鉛直曲がりよりも水平曲がりの方が圧力降下の程度はやや大きく、圧力上昇の場合はその逆となっている。このような傾向を示す要因の一つとして、重力の作用方向の違いによる影響が考えられる。

測点②では、測点①と逆の傾向を示しており、絶対値そのものも小さくなっている。 ε の符号が逆になる理由として、例えば右側面(鉛直曲がりの場合は下面)では剥離流れの再付着(左側面または上面ではその逆)による影響が考えられる。また、測点②では、水平曲がりと鉛直曲がりの両者間に明確な差異は見られなかった。なお、ここでは示していないが、測点③における ε はどの断面でも α によらずほぼゼロの値となっている。

図-6 に測点①における ε の絶対値の最大値と α の関係を、鉛直曲がりの結果と合わせて示す。鉛直曲がりでは、 ε の絶対値は α に対し直線的に増加しており、水平曲がりの場合も同様の傾向を示しているが、先に示したように、水平曲がりの方が圧力降下量が若干大きくなる傾向にあるので注意が必要である。

今後は、数値シミュレーションによる検討も行い、エビ継ぎ湾曲管路流の湾曲部水理特性の解明とこれに基づく水理設計手法の開発を進めていく予定である。

＜参考文献＞ 1) 柏井条介, 宮脇千晴:円形放流管湾曲部の圧力特性, ダム工学, Vol.9, No.4, 1999

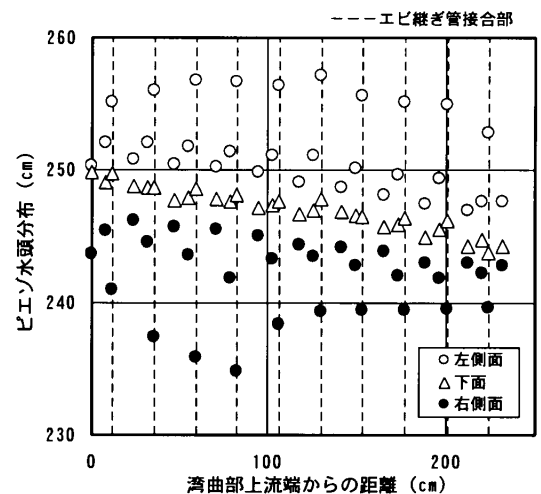


図-3 湾曲部のピエゾ水頭分布例(CASE1-1)

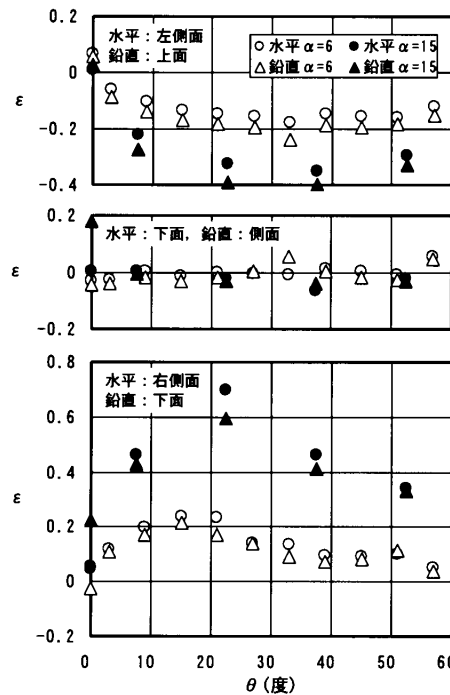


図-4 測点①の ε と α の関係

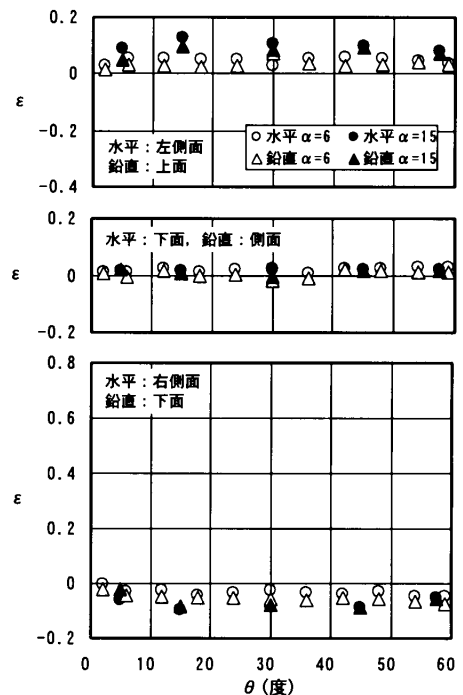


図-5 測点②の ε と α の関係

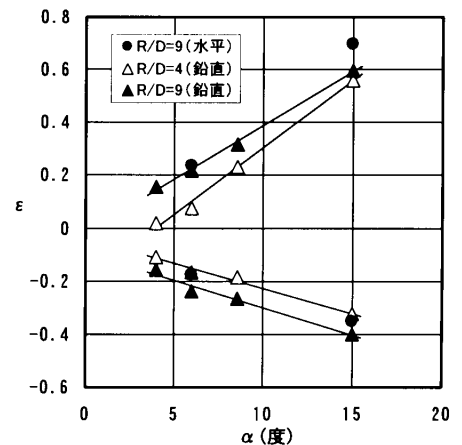


図-6 α と $\varepsilon_{\max}, \varepsilon_{\min}$ の関係