

異常な水位上昇が生じたサイホンにおける通水能力改善の検討
 Consideration of Conveyance Improvement of Siphon with Strangeness
 Rising Water Level

○服部吉朗* 浪平篤** 井ノ上修一*

HATTORI Yoshiro* NAMIHIRA Atsushi** INOUE Shuichi*

1. はじめに A地区における幹線用水路のBサイホン上流部において、異常な水位上昇が発生し、開水路から溢水の危険が生じた。Bサイホンの上下流の水位差を観測したところ 27.3cm であり、設計値 9.0cm を大きく超えていたことから、サイホン内で異常な損失水頭が生じたと考えられる。そこで、異常損失の原因特定とその対策について検討を行った。なお、Bサイホンの函体工は B2.0m×H2.0m (L=19.0m)、上下流の開水路は B3.3m×H1.8m、これらの接続はオープントランジションによる。

2. 検討の流れ Bサイホンにおける異常損失の原因特定、対策工法の検討および効果検証までの流れを以下に示す。

- (1) 3次元数値シミュレーションにより通水状況の再現を行い、異常損失の原因を特定
- (2) 3次元数値シミュレーションにより異常損失を抑制できる対策形状を検討
- (3) 水理模型実験を行い、シミュレーションによる現況形状と対策形状の精度確認
- (4) 対策工事の実施と効果の検証

3. 3次元数値シミュレーション¹⁾ 流れの基礎方程式にはレイノルズ平均が施された3次元一般座標系の Navier-Stokes 方程式と連続式、乱流モデルとして標準型 $k-\epsilon$ モデルを採用した。自由水面の変動の解析には、VOF法 (Volume of Fluid method)、壁面との境界条件には粗面の対数則を適用した。

3-1. 現況形状による再現計算 上流のオープントランジションから函体工に入った上部において渦が発生しており、異常損失の原因であることが分かった。サイホン上下流の水位差は 30.5cm と観測値に近い値であった。(図 1)

3-2. 対策形状による計算 函体工への流入をスムーズにするため、上下流オープントランジションを緩勾配にし、函体工の直上流にクローズドトランジションを追加した。その結果、渦が解消し、サイホン上下流の水位差が 12.4cm と大幅に改善した。(図 2)

4. 水理模型実験 フルード相似則に基づく縮尺 1/10 の水理模型を用いて、現況形状および対策形状において、サイホン区間に生じる損失水頭の計測を行った。その結果、現況形状では、3次元数値シミュレーションと同様に渦の発生を確認することができ(写真 1)、サイホン上下流水位差は 29.3cm と現地観測結果および3次元数値シミュレーション結果と近い値であることを確認した。対策形状では、渦の解消を確認することができ(写真 2)、サイホン上下流水位差は 11.8cm と3次元数値シミュレーション結果と近い値であった。

* 株式会社三祐コンサルタント Sanyu Consultants Inc.

** 農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：管・開水路流れ、水利構造物、数値流体力学

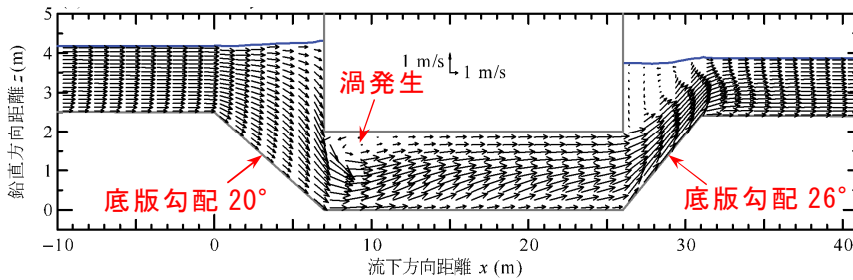


図1 現況形状における3次元数値シミュレーション結果

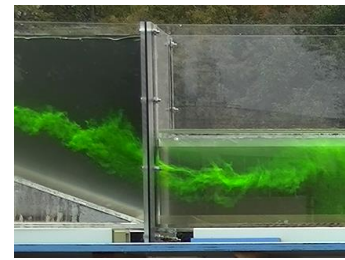


写真1 現況形状での模型実験

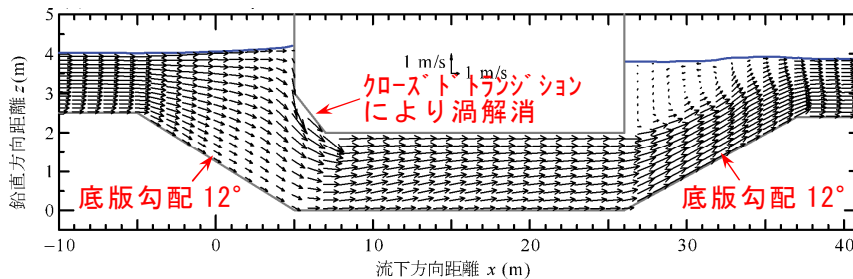


図2 改築形状における3次元数値シミュレーション結果



写真2 対策形状での模型実験

5. 対策工事実施後の通水状況と効果の検証 Bサイホンは、3次元数値シミュレーションおよび水理模型実験で検証した対策形状に基づき対策工事が行われ、通水時にサイホン上下流の水位差を観測したところ、7.3cmと大幅に改善された。しかし、通水流量が計画流量の87%しか流れていなかったことから、対策工法の効果が発揮されている事は分かったが、計画流量時における検証には至らなかった。

6. 水理計算 サイホンの水理設計では漸縮・漸拡損失および摩擦損失を考慮して損失計算を行う²⁾。この方法で算出された現況形状の損失水頭は、前述のように現地観測値を再現できなかった。一方、対策形状で87%流量を対象に算出した損失水頭は8.0cmとなり現地観測結果とほぼ同値、設計流量を対象とすると10.5cmとなり3次元数値シミュレーション結果および水理模型実験結果とほぼ同値であった。

7. 考察 同地区内では、Bサイホンの現況と同じ形状であるCサイホンでも設計値を超える損失水頭（設計値4.6cm、観測値8.4cm）を確認している。今後、サイホン工の設計を行う際には、必要なシール高を確保した上で、函体工上部の吞込部においてスムーズな流入となる形状とする必要がある。

表1 各項目のサイホン上下流水位差と通水流量

項目	現況形状		改築形状		備考
	流量	水位差	流量	水位差	
設計値	8.474m ³ /s	9.0cm	-	-	
2017年観測値	8.38m ³ /s	27.3cm	-	-	99%流量
数値シミュレーション値	8.474m ³ /s	30.5cm	8.474m ³ /s	12.4cm	
水理模型実験値	8.474m ³ /s	29.3cm	8.474m ³ /s	11.8cm	
2019年観測値	-	-	7.38m ³ /s	8.0cm	87%流量

【引用文献】

- 浪平ら(2018): 三次元流れ解析による伏せ越しの通水能力改善のための検討事例, 土木学会水工学論文
- 公社農業農村工学会(2014): 土地改良事業計画設計基準及運用・解説設計「水路工」