

浮体による通水中の水路壁面点検用の撮影装置の開発

東京電力ホールディングス(株) 正会員 ○森岡 宏之, 青木 研一郎, 鶴田 滋
(株)東設土木コンサルタント 山内 優, 恩知 憲正

1. はじめに

水力発電所の水路の維持管理のための点検は、通水を停止して水路内を排水した後、点検員による全線の目視確認により行われるが、この間（数日間）発電が停止することによる損失は大きい。そこで、水路に浮体を流下させ、気中及び水中部の壁面全周の可視画像を撮影し、通水状態のまま通常の点検と同程度の確認が可能な撮影用浮体の開発を行った。本稿では、実際の発電所導水路で行った実証試験の結果を報告する。

2. 撮影用浮体の姿勢を制御するための原理

水路に浮体を流下させる場合、曲線部や周面摩擦等の影響による水流の乱れによって浮体に回転が発生する。目視点検と同等の可視画像を得るには浮体の姿勢（方向）の安定性が重要となる。浮体の安定には、水面付近の流速以上の外力で浮体を引っ張ることが有効であることから、水路断面内の流速分布に着目した。

断面内の流速は水路の壁面や底面との摩擦や水の粘性による内部摩擦の影響を受ける。このため、横断面で見た場合、最大流速は摩擦の影響の小さい中央の水面付近に生じるが、縦断方向に見た場合、空気による抵抗があるため、水面より少し下方に最大流速点が生じる（図1）。

そこで、浮体が存在する水面より少し下方の最大流速点付近の領域に水流を受ける円錐形のアンカー（パラシュートアンカー： $\phi 38\text{cm}$ ，円錐高 $h=53\text{cm}$ ，先端に水抜き孔付）を置くことにより、水面付近との流速の差によってアンカーが推進力を生むことを利用した。図2および写真1に今回開発した撮影用浮体の基本構造を示す。浮体は気中部撮影用カプセル，水中部撮影用カプセル，浮力体，これらを連結するフレーム，パラシュートアンカーおよび姿勢安定用テールより構成される。

図3にパラシュートアンカーによる姿勢制御のイメージを示す。浮体が側壁付近にある場合、パラシュート部が流速の早い位置から浮体を牽引するため、常に浮体の位置は水路の中央部に保たれる。パラシュート部と浮体本体の間に発生する乱流が安定した航行に影響を及ぼさないように、パラシュート部と本体を結ぶロープの長さは現場実験を行って調整した。また、浮体後方に発生する装置本体の乱流によるふらつきを抑えるため、姿勢安定用テール（ $\phi 9\text{mm}$ ， $L=5\text{m}$ ，末端に錘）を取り付けた。さらに、水面下部の断面内最大流速となる範囲

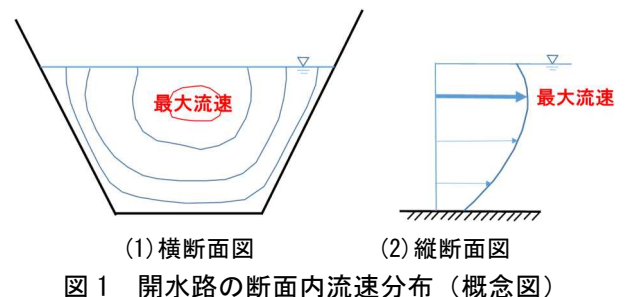


図1 開水路の断面内流速分布（概念図）

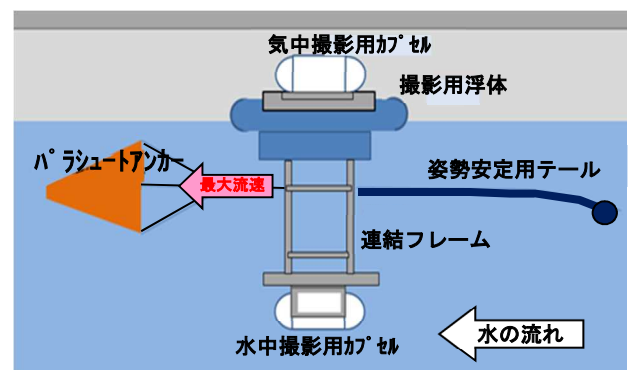


図2 水路撮影用浮体の基本構造



写真1 撮影用浮体装置

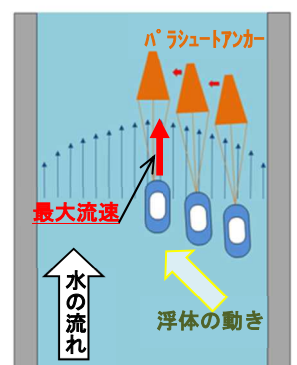


図3 パラシュートアンカーによる姿勢制御

キーワード；水路トンネル，壁面点検，浮体，姿勢制御，水中画像，パラシュートアンカー

連絡先；〒100-8560 東京都千代田区千代田 1-1-3 東京電力ホールディングス(株)土木・建築エンジニアリングセンター TEL:03-6373-4271

で浮体本体が受ける抵抗を小さくするため、水中部撮影用カプセルとの連結部はパイプ状のフレームのみの構造とした。

3. 水路撮影用浮体の製作および撮影装置の仕様

写真2に今回製作した撮影用カプセル（気中・水中共用）を示す。撮影用浮体は、長さ約70cm、幅約60cm、高さ約1m、重量は浮体安定のための錘も含めて約23kgである。浮力体は塩ビパイプを加工したものを使用し、気中および水中の撮影用カプセルはいずれもアクリル製でOリングによる水密構造のものを取り付けた。

カプセル内には超小型ビデオカメラ（Tajima GoPro HERO Session CHDHS-102-JP2：バッテリー内蔵、約75g、最大画角120°）、LED照明、リチウムイオンバッテリー（照明用）を格納した。ビデオカメラは内蔵のバッテリーで約2時間の連続撮影が可能で、取得した情報は内蔵のスロットからmicroSDカードに保存される。ビデオカメラおよび照明はカプセル外部から無線によって操作できるようにした。なお、今回の現場実験は適用性確認試験であったためビデオカメラを2つのカプセル（気中、水中）に各1台の配置としたが、将来の点検時の撮影では複数台配置して水路内の壁面全体をカバーする予定である。アルミフレームについては、浮体の回収・運搬を容易にするため、外周に持ち手を設置した。

4. 実験結果

実験は栃木県内の運転中の水力発電所の導水路を使って行った。当該水路は幅4.3m、底幅2.9mの台形の開渠で、実験時の水深は約2m、水深約20cmでの流速は中央付近で約1.4m/s、両岸付近で約0.9m/sであった。

実験を行った場所は緩やかなカーブを含む延長約300mの区間であり、この間を撮影用浮体は気中および水中を撮影しながら水路のほぼ中央を安定した姿勢で流下することを確認した（写真3）。また、気中・水中共に水路壁面の状態を目視点検と同程度に視認できることを確認した（写真4、写真5）。

5. おわりに

今回の実験では、撮影用浮体が安定した姿勢で水路中央付近を流下できること、防水カプセルに超小型カメラ、LED照明を格納することで水中部においても水路壁面の状態を視認できることが確認できた。

今後は、水路トンネルも含めた水路全線に亘る壁面画像を連続的に撮影できるように、照明やカメラの台数・配置を検討し水路点検への早期実用化を目指すとともに、濁度の影響を受けない新しい探査機器の搭載などの課題にも取り組んでいきたいと考えている。

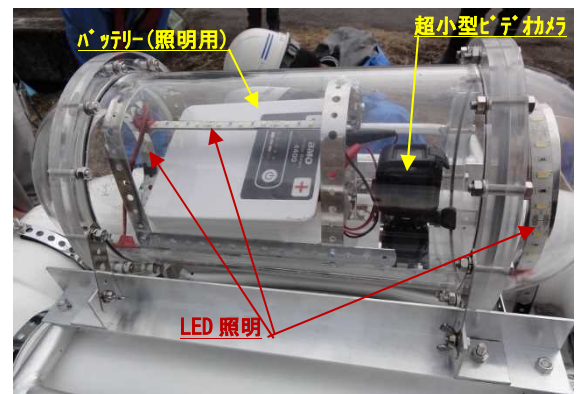


写真2 撮影用カプセル（気中用）



写真3 水路（開渠）での流下実験



写真4 浮体による撮影（気中部）



写真5 浮体による撮影（水中部）

* 同地点で濁度の低い条件下での撮影