浮体による通水中の水路壁面点検装置の開発（その２）

東京電力ホールディングス(株)　正会員　○森岡　宏之，森　文章，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

東京電力 HD ではこれまで水力発電所の水路の点検業務の効率化を目指し，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，通水状態のまま水路壁面点検する装置の開発を行ってきた[1),2)]．本稿では，実際の導水路において当該装置による長距離の連続撮影を行った結果と，軽度な濁りのある水中での断面形状測定のために開発した「レーザー墨出し器法」に関する室内基礎実験の結果について報告する．

２．水力発電所導水路での長距離流下撮影実験

実験に用いた水路壁面撮影用の浮体装置の概念図を**図 1** に示す．浮体装置は気中と水中にそれぞれ壁面撮影用のカメラと照明を配置し，浮体を流下させながら連続した動画を撮影するものである．水路内点検に供する画像を取得するには流水中での浮体の姿勢制御が重要であり，著者らは水路断面内の水路特性を活用したパラシュートアンカーやテールを装備することで機体の安定を確保できることを確認してきた[2)]．今回の実験では，実際の水路において長距離の連続撮影を実施し，カーブ区間での浮体の安定性，明暗変化への画像の追随性を行った．

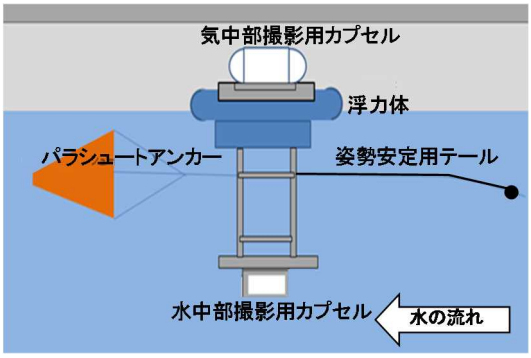

図 1　水路撮影用浮体装置（概念図）[2)]

今回実験を行った水路は群馬県にある水力発電所(最大使用水量 11.13m³/s)の導水路(測定延長 4.17km，トンネル内径および水路幅約 3m)であり，流下区間は開渠とトンネルの区間が交互に出現する．浮体の流下時間は約 80 分であったことから，流下区間での浮体の平均速度は 0.87m/s となる．実験に用いた画像撮影機器の仕様は**表 1** に示す．

表 1　撮影用カメラの仕様[2)]

使用機器	GoPro HERO5 Session
バッテリー	内蔵(80分)
重量	約127g
ビデオ解像度	1080p
フレーム/秒	60
スクリーン解像度	1920×1080
最大画角(実験値)	116.8°

実験の結果，カーブ区間も含め浮体装置はほぼ水路中央を航行し明暗変化にも対応した連続画像を取得できることを確認した．

また，今回の測定では壁面とは別に前方視カメラを設置したことで気中部の目視点検と同様の異常箇所の 1 次抽出が可能となり，机上での点検作業の効率化に繋がる可能性が示された．

３．レーザー墨出し器を用いた断面測定法の原理

上記のような可視画像を用いた水中の設備点検の場合，測定の精度は流水の濁度の影響を大きく受けることになる．水力発電所の場合，地域の特性や天候の影響により濁水が長期化することもあり，多少の濁りに対しても壁面の変状を認知できるような直接可視画像に替わる新たな点検手法が求められている．

そこで著者らは，水中でも直線性に優れ強い光を発する緑色レーザーに着目し，濁水の中においても壁面に浮かび上がる輪郭を浮体装置から連続で撮影することにより，壁面の断面形状の変化を測定できないかと考えた．レーザーの光源には，一般的な建設現場の位置出しに使われるグリーンレーザー墨出し器を用いた．

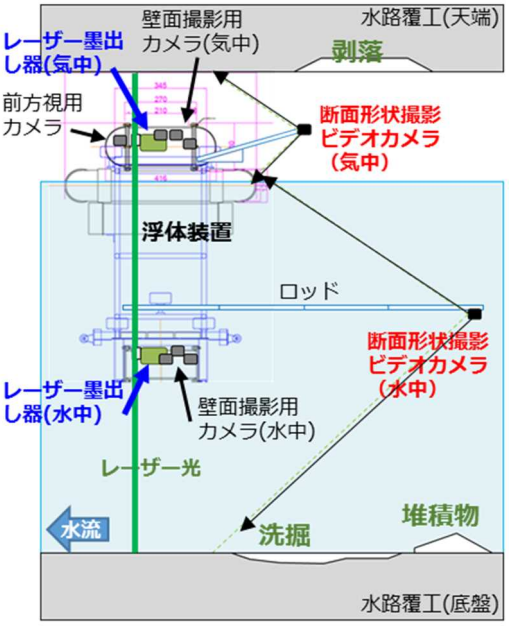

図 2　レーザー墨出し器法の測定概念図

キーワード；水路トンネル，壁面点検，浮体，断面測定，水中画像，レーザー墨出し器
連絡先；〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3 東京電力ﾎｰﾙﾃﾞｨﾝｸﾞｽ(株) 土木・建築統括室 TEL:03-6373-1111

© Japan Society of Civil Engineers

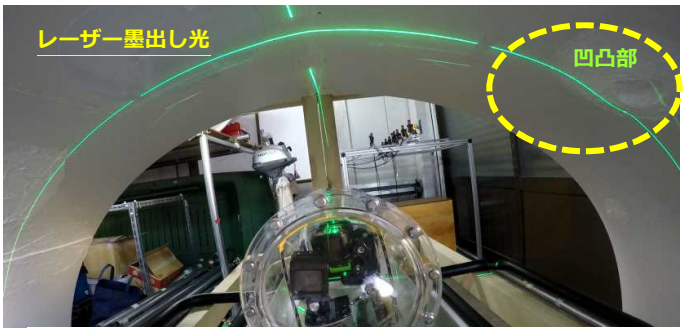

写真１　レーザー墨出しによる断面測定（気中）

写真２　レーザー墨出しによる断面測定（水中）

測定は，浮体に固定した墨出し器から横断面方向のレーザー光を壁面に照射し，その輪郭の歪みを後方のカメラから確認することで壁面の異常を検知するもので，輪郭が滑らかでない場合は壁面の異常が疑われることになる．今回開発した通水路断面形状測定装置を**図 2**，水路での撮影イメージを**図 3** に示す．

４．レーザー墨出し器法の室内実験結果

今回の室内基礎実験では，室内の水槽を使った天井部を含む模擬水路において気中および水中の壁面に故意の凹凸を設け，上記の方法でどの程度の歪みを検知できるかの確認を行った．レーザー墨出し器の仕様を**表 2** に，後方カメラで撮影した輪郭を**写真 1**(気中部)，**写真 2**(水中部)に示す．また，水中部については，入浴剤を混合して人工的に作り出した濁りの状態において，レーザー墨出し器による効果の確認を行った（**写真 3**）．

その結果，気中および水中共に壁面の凹凸を浮体装置のカメラから十分認識できることがわかった．また，実際に壁面の詳細な状況まで直接確認できない濁りの状況であっても，レーザー光の透過性と明るさにより，ある程度（雨後でない通常取水時程度）であれば壁面の輪郭の歪みを視認できることが確認された．

レーザー墨出し器が映し出す壁面輪郭の連続画像は，浮体装置に併設する壁面観察カメラの画像情報と合わせることで，緊急対策（抜水による詳細調査）の必要性を判断するための情報となる．また，定期的に取得・蓄積した壁面輪郭の画像情報を経時的に比較することで，変状の進行性を評価するための情報にもなり得ると考えられる．

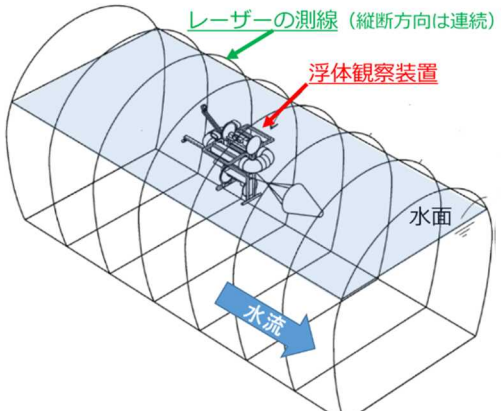

図 3　水路内レーザー墨出し撮影のイメージ

表 2　レーザー墨出し器の仕様

寸法(mm)	85Ｘ100Ｘ64
精度(水平・鉛直)	10mで±3mm
ﾚｰｻﾞｰ波長	510±5mm
ﾚｰｻﾞｰ安全基準	ﾚﾍﾞﾙ2 (出力1mW未満)
作業距離	40m(100LUX)
動作時間	約4.5時間(全照射時)
電源	単3電池Ｘ4本

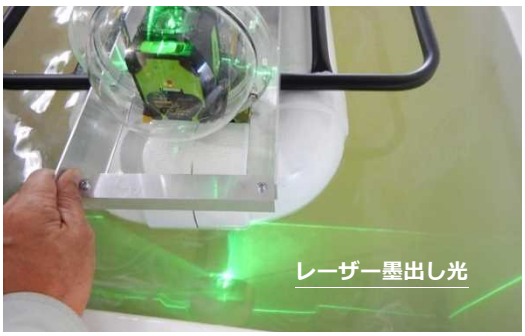

写真３　濁った水中でのレーザー墨出し

５．おわりに

今回の流下実験では，パラシュートアンカー等の姿勢制御機構を備えた浮体装置は延長約 4km の水路の中心付近を安定して航行し，壁面（気中，水中）の点検に供する画像情報を取得できることを確認した．また，室内基礎実験では，今回開発したレーザー墨出し器法による断面測定により，多少の濁りのある条件下においても通水状態での点検（抜水による詳細調査の必要性判断）が可能となる見通しを得た．

今後は，レーザー墨出し器法による断面測定の実用性を実際の水路を使って検証し，水路壁面での可視画像撮影技術と共に水路点検業務への早期実用化を目指していきたいと考えている．

参考文献：1) 森岡，青木，鶴田，山内，恩知：浮体による通水中の水路壁面点検要の撮影装置の開発，土木学会第 73 回年次学術講演会概要集，pp.787-788，2018.8

2) 森，森岡，山内：浮体型水路トンネル壁面撮影装置の開発，電力土木 No.398，pp.68-72，2018.11

© Japan Society of Civil Engineers