

高水頭水圧鉄管路の水中心点検ロボットの開発

点検時の停電期間の短縮と作業安全の向上

Development of a Submersible Inspection Robot for Penstocks under High Water Head

Reduction of the interrupt period and improvement in work safety during inspection work

(電力技術研究所 土木研究室)

水力発電所水圧鉄管路の点検は、従来、鉄管路内の水を空にして人力で点検を行っているが、この抜水に長時間を要すること、大規模な作業となること等のため、実施方法の改善が望まれている。今回、抜水せずに点検ができるロボットを開発した。このロボットは、水中においてTVカメラによる観察点検や超音波板厚計による管厚測定が可能である。当社最大の揚水発電所である奥矢作第二発電所の水圧鉄管路(静水圧485m)において実証試験を行い、良好な結果が得られた。

(Electric Power Research & Development Center,
Civil Engineering Research Section)

Inspection of penstocks in hydroelectric stations has been carried out manually after draining the water from the penstock. The long down time of the generator due to the draining and the time-consuming inspection work have been calling for an improved work procedure. Recently, we have developed an inspection robot which does not require that the water be drained. The robot is capable of working underwater, sending visual information of the inside of the penstocks and measuring the wall thickness by use of an ultrasonic thickness meter. In a verification test using a penstock (static pressure head: 485m) in Okuyahagi second hydropower station, our largest pumped storage station, the robot proved its practical usefulness.

1 開発の背景

水力発電所は、ダム・取水口から導水路・水圧鉄管路をへて水車・放水路にいたる一連の工作物を擁している。従来、これらの工作物は定期的な抜水時の検査によってその保全が図られてきた。しかし抜水に長時間を要する、点検のための仮設が大規模となる、点検に多くの人手を要すること等があり、抜水せずに水中ロボットにより無人点検ができればその効果は大きい。

一方、近年の先端技術のめざましい発展に伴い、軽量・小型の汎用水中調査ロボットが各方面で実用化され、水力発電設備の点検においても一部用いられている。

しかし、これらのロボットは観察点検が主体であり水圧鉄管の管厚測定ができない。

本研究はこの汎用水中調査ロボットをベースに機能アップを行い、大容量揚水発電所の水圧鉄管路の点検ができる軽量・小型の水中心点検ロボットの開発を行ったものである。(第1図)(第1表)

2 水中心点検ロボットの特徴

水中心点検ロボットの特徴は次のとおりである。

- ①視認性の向上及び管全面の管厚測定のための全方位姿勢制御
- ②非接触式超音波板厚計による管厚測定
- ③管壁付着物除去装置の装備
- ④最大潜水可能水深500m
- ⑤点検可能総延長1000m
- ⑥複数の曲管を有する水圧鉄管の点検可能
- ⑦重量52kg、全長96cmと軽量・小型

3 水中心点検ロボットの機能

このロボットはTVカメラ、超音波板厚計、スチルカメラ等を搭載しており、陸上の制御装置によりTVモニターを監視しながら制御し、管壁の観察、管厚測定、スチルカメラ撮影を行うものである。

ロボットと陸上の制御装置の間はケーブル(光・電力複合、中性浮遊ケーブル)によって結ばれ、ロボットへの電力の供給、制御・映像信号の伝送を行う。(第3図)

潜水深は深度計により検出し、航行位置の検出はケーブルのくり出し長さにより行われる。さらに水圧鉄管の場合には検出精度向上のため、航行しながら溶接円周継目(通常3mピッチ)を確認することが可能である。

また、全方位姿勢制御型ロボットであるため視認性が向上し、今まで難しかった管の上面・側面への板厚計のセットが行え、管全面の管厚測定が可能である。

4 水圧鉄管路における実証試験

開発したロボットの性能を確認するため、当社最大の揚水発電所である奥矢作第二発電所(最大780MW)の水圧鉄管路(静水圧485m)において実証試験を行った。

試験は導水路調圧水槽頂部よりロボットを投入し、上部水平管路および立坑管路の壁面観察および管厚測定を行った。

その結果、TVモニターによる壁面観察状況は良好であり(第2図)、管厚は測定値が全て許容差内にあり、良好であると判断された。(第4図)

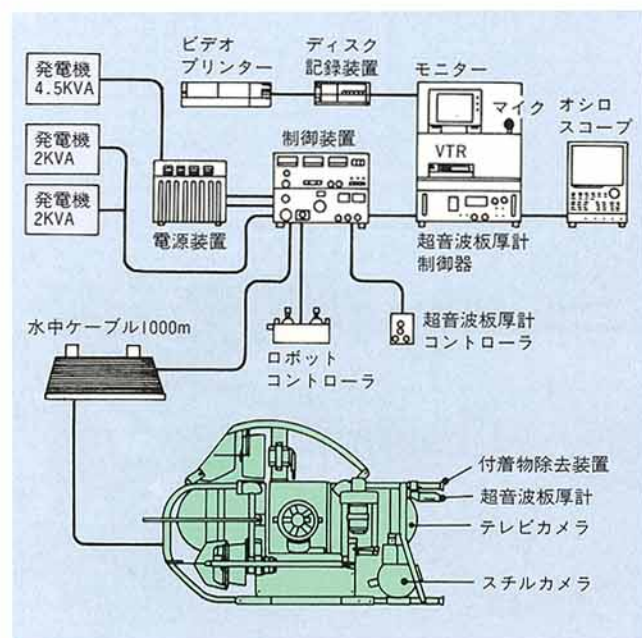
5 今後の展開

開発した水中点検ロボットは高水頭水圧鉄管路の観察点検及び管厚測定ができることが確認されたが、観察点検に限ればダム・スクリーン・導水路・放水路等の発電設備全般に適用できる。

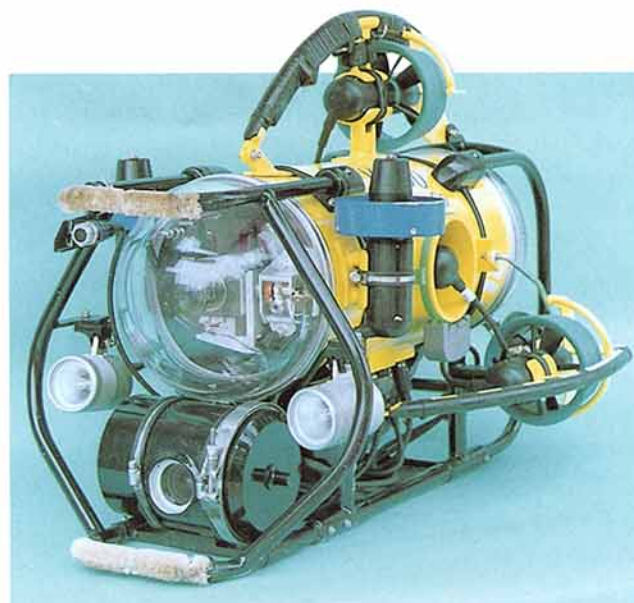
今回の開発によって水圧鉄管路の水中点検が可能になったが、今後は板厚計のセット時間の短縮化および効率のよい管壁付着物除去装置の開発が必要である。

第1表 ロボットの仕様

操作方法	陸上から遠隔操作
最大ケーブル長	1000m
管内流速	静止状態
使用深度	最大500m
外形寸法	長さ×幅×高さ 96×62×65cm
空中重量	52kg
速度	最大2.0ノット(静水)
テレビカメラ	カラー (固体撮像素子) 広角レンズ (F1.6, 0.7mm) 解像度430本 (水平部) 絞り 自動アイリス チルト 垂直±50°
水平推進機	出力170w……………3台
垂直推進機	出力170w……………2台
横推進機	出力170w……………1台
水中照明灯	ハロゲン 150w×2灯
深度計	デジタル 0~500m (モニター表示)
方位計	デジタル 0~360° (モニター表示)
超音波板厚計	0.0~100.0mm (モニター表示)
スチルカメラ	35mmカメラ(フィルムカウント:モニター表示)



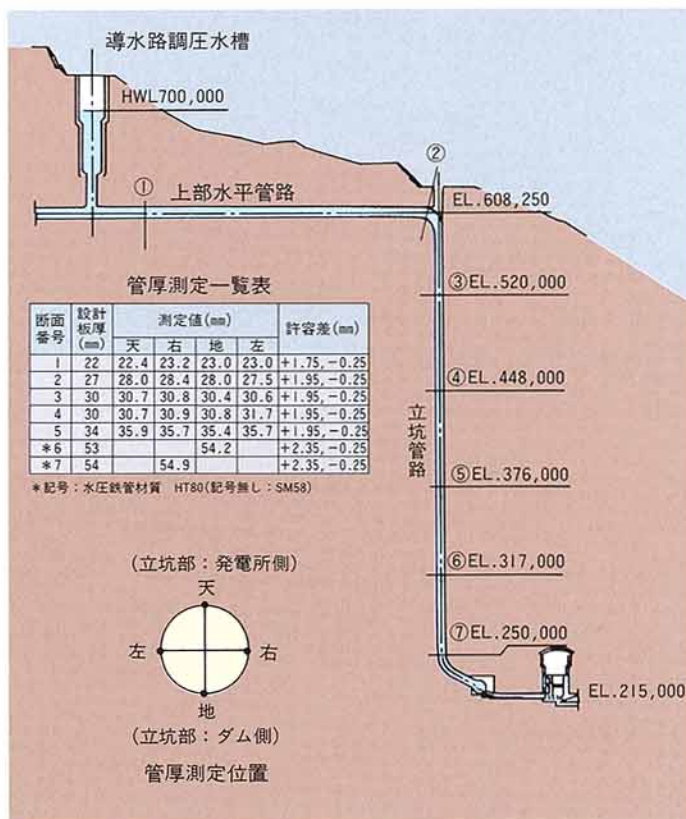
第3図 水中点検ロボットシステム



第1図 水中点検ロボット



第2図 水圧鉄管壁面状況



第4図 奥矢作第二(発)水圧鉄管路管厚測定結果