

〈研究発表〉

光ファイバーを用いた水位検出システムの開発

遠藤 和広¹⁾、藤平 貞義²⁾、原田 敏郎³⁾、嘉本 健治⁴⁾

¹⁾東京都下水道局 計画調整部技術開発課

(〒163-8001 新宿区西新宿 2-8-1, E-mail: Kazuhiro_Endou@member.metro.tokyo.jp)

²⁾ (社) 日本下水道光ファイバー技術協会 技術部

(〒101-0032 千代田区岩本町 1-3-1 ニュー中野ビル 3F, E-mail: fujihira@softa.or.jp)

³⁾ 東京都下水道サービス株式会社 技術部技術開発課

(〒100-8699 千代田区大手町 2-6-2, E-mail: to-harada@tgs-sw.co.jp)

⁴⁾ 古河電気工業株式会社 ファイタル製品事業部アクセスシステム部

(〒290-8555 千葉県市原市八幡海岸通 6, E-mail: kamoto@ch.furukawa.co.jp)

概要

東京都下水道局では、増大する都市型水害のリスクに対し、ハード・ソフト両面からの対策を行っている。今回、浸水対策の一環として、浸水危険箇所の管きょ内水位がある一定レベルに達しているかどうかを遠隔地から即座に捉える、水位検出システムの開発を、民間企業等と共同で行った。このシステムは変換器⇄検出器間の伝送路に光ファイバーを利用しており、検出器は光ファイバーを直接接続できる構造となっている。本システムは、検出器に電源が不要、長距離伝送が可能など、優れた特長を有する。

キーワード: 下水道、光ファイバー、水位検出器、無電源、長距離伝送

1. はじめに

当局は、汚水処理による生活環境の改善及び公共用水域の水質保全とともに、雨水の排除による浸水防除を行い、都民の快適で安全・安心な暮らしに貢献している。

一方で、近年、都市化の進展による下水道への雨水流入量の増大、地球温暖化等による局所的集中豪雨の多発などによって、都市型水害のリスクが高まっている。当局では、浸水対策として、幹線や雨水ポンプの能力増強などとともに、東京アメッシュによるお客さまへの降雨情報提供や区への幹線水位情報の配信などを行っている。

このうち、幹線水位情報の計測に使用している光ファイバー水位計は、水位変化の計測が可能であり、浸水対策に有効な設備である。しかし、広範囲な導入にはコストの低減が課題となっている。

そこで、管きょ内水位が危険水位に達しているかどうかを把握することに機能を限定し、コストの低減を図った「光ファイバーを用いた水位検出システム」(以下、「本システム」と言う)の開発を行ない、光ファイバー1心で多点の水位検出が可能なシステムを開発してきたところである。今回新たに、更なる低コスト化を図った、光ファイバー1心で1点の水位検出を行うことに機能を限定したシステムを開発し、実際の下水道施設を用いて実験したところ、その性能が確認できたので報告する。

2. システムの概要

本システムは、「水位の有無を、入射光に対する反射光の強弱で出力する光水位検出器」及び「光源と受光部、信号処理装置とを一体化した変換器」及び「両者を接続する光ファイバーケーブル」からなる。本システムは、光ファイバーを伝送路として用い、遠隔地から水位の有無を検出するシステムであり、以下のような特長を有する。

- (1) 水位上昇を即座に捉えられる
- (2) 光水位検出器には電源が不要
- (3) 変換器⇄光水位検出器間の信号の長距離伝送が可能
- (4) 落雷や電磁誘導による影響を受けない

システムを構成する変換器には2種類あり、光ファイバー1心に多数の光水位検出器を接続可能な変換器を用いたシステムについては、既に開発を完了している。今回、構造の簡素化によるコスト低減を図り、新たに光ファイバー1心に1台の光水位検出器を接続する変換器を用いたシステムの開発を行った。

以下に、光水位検出器と、それぞれの変換器を用いた場合のシステム構成とについて述べる。

2.1 光水位検出器の特長と構造

(1) 特長

Photo.1 に、光水位検出器の外観写真を示す。光水位検出器は、設置した場所の水位の有無を検出するものである。水位を検出したい高さに光水位検出器を固定し、変換器と光水位検出器を光ファイバーで接続することにより、遠隔地からその位置の水位の有無を検出することが可能である。



Photo.1 External appearance of the water level sensor

光水位検出器は、信号伝送路である光ファイバーに直接接続できる構造となっており、電源が不要である。また、信号伝送路として光ファイバーを利用するため、信号の長距離伝送が可能となっている。

(2) 構造

Fig.1 に、光水位検出器の構造図を示す。

光水位検出器は、水位の検出にファラデー近接センサを使用している。

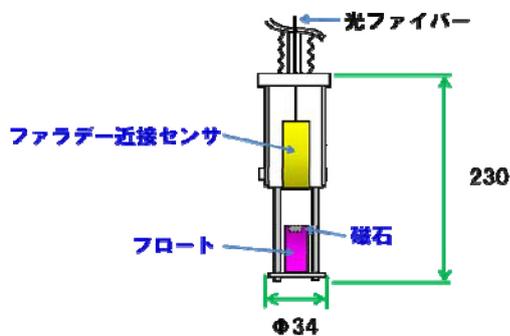


Fig.1: Structure of the water level sensor

ファラデー近接センサとは、ファラデー素子を利用した磁界センサである。ファラデー近接センサに光を入射すると、周囲の磁界の強弱に応じて、反射光の強弱が変化する。磁界が弱いときには反射光は弱く、磁界が強くなると反射光は強くなる。

光水位検出器はこの特性を利用している。ファラデー近接センサの下には、磁石を内蔵したフロートが置かれている。光水位検出器周囲の水位により、フロートは上下に動くようになっている。フロートの上下によって、磁石がファラデー近接センサに近付いたり離れたりとすると、ファラデー近接センサの反射光の強弱が変化する。光水位検出器に接続された光ファイバーは、内部でファラデー近接センサに

接続されており、その反射光の強弱から、水位の有無を判定することができる。

(3) 設置状況

Photo.2 に光水位検出器の設置状況例を示す。

光水位検出器は、水位を検出したい高さにアンカーなどを用いて固定する。水位検出高さは、検出器底部から+50mm程度である。



Photo.2: Installation situation of the water level sensor

2.2 システム構成

(1) 多点計測システム

光ファイバー1心に多数の光水位検出器を接続可能な変換器を用いた場合の構成である。**Fig.2** にシステム構成図を示す。

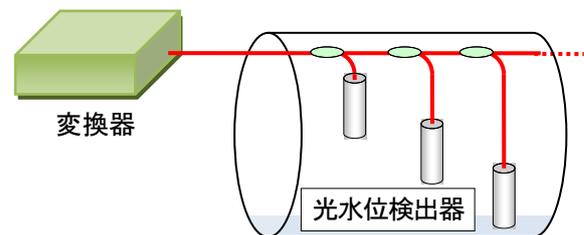


Fig.2: System configuration (multiple sensors per fiber)

変換器は、OTDRの原理を応用したもので、光ファイバーに光を入射し、入射端に戻ってくる反射光の強度を時間領域で測定する。これにより、光ファイバーに接続された多数の光水位検出器の反射光強度を分離し、各光水位検出器設置場所の水位を検出する。

(2) 1点計測システム

今回開発を行った、光ファイバー1心に1台の光水位検出器を接続する変換器を用いた場合の構成である。**Fig.3** にシステム構成図を示す。

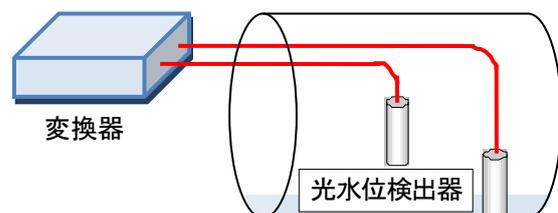


Fig.3: System configuration (1 sensor per fiber)

変換器は、各光ファイバーに光を入射し、入射端に戻ってくる反射光の強度を測定し、光水位検出器設置場所の水位を検出する。多点計測型の変換器に比べ、構造がシンプルなため、変換器の価格を安く抑えることができる。

3. 測定例

雨水渠に光水位検出器を設置した場合の、1点計測システムの測定例を Fig.4 に示す。

緑色の線は、雨水渠に既設の水位計による水位である。赤色の線は、1点計測システムの水位検出状態を示した線である。水位を検出した状態を ON、水位を検出していない状態を OFF としている。

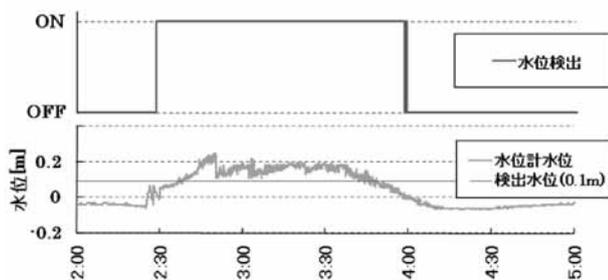


Fig.4: Water level detection conditions

図から分かるとおり、本システムの出力は、水位の上昇に従って ON となり、水位が低下に従い OFF となっており、水位を確実に検出できていることが分かる。

4. まとめ

当局では、平成 19 年から、光ファイバーを伝送路とし、ファラデー近接センサを用いた光水位検出器からなる、水位検出システムの開発に取り組んできた。実際の下水道施設内での実証試験において、本システムは、水位上昇を遠隔地から即座に捉えられること、長期間にわたって安定的に動作することが確認できた。また、試算では、本システムは既存の光ファイバー水位計システムに比べて、安価にできる見込みとなっている。

本システムは、浸水の起こる可能性の高い地域のマンホール内水位検知や、下水道管きよ内水位検知などに適用することで、浸水対策の一つとして都民の安全・安心な暮らしに貢献できるものである。また、浸水対策以外にも、合流式下水道の改善や、管きよ内作業時の安全管理への適用も考えられ、今後、幅広いフィールドへの適用を検討していく予定である。

なお、本開発は、(社)日本下水道光ファイバー技術協会、東京都下水道サービス株式会社、古河電気工業株式会社及び東京都下水道局の4者で共同研究を行った。この場を借りて関係各位に御礼を申し上げます。