

〈研究発表〉

リアルタイム下水道管きょ内情報モニタリング装置の開発

齋藤 千穂¹⁾, 中島 満浩²⁾, 興津 俊幸³⁾
熱田 孝⁴⁾, 堀ノ内 卓⁵⁾

¹⁾ ㈱明電舎 (〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5 明興ビル E-mail: saito-c@mb.meidensha.co.jp)

²⁾ ㈱明電舎 (〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5 明興ビル E-mail: nakashima-m@mb.meidensha.co.jp)

³⁾ ㈱明電舎 (〒410-8588 静岡県沼津市東間門上中溝515 E-mail: okitsu-t@mb.meidensha.co.jp)

⁴⁾ 東京都下水道サービス(株)
(〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2 日本ビル E-mail: takashi-netta@tgs-sw.co.jp)

⁵⁾ 日之出水道機器(株)
(〒812-8636 福岡市博多区堅粕5-8-18 E-mail: t-horinouchi@hinodesuido.co.jp)

概要

下水道管きょでは近年の局所的な短時間集中豪雨に対する浸水への対応や浸入水対策をはじめ管理上多くの課題があり、下水道管きょ内の状態を正確かつ迅速に把握することが求められている。そこで、リアルタイムに管内情報を監視できる多機能型マンホール蓋を開発した。

多機能型マンホール蓋はバッテリーと通信機能を搭載し、蓋を開けることなく、管渠内の水位等の測定情報をインターネット経由でリアルタイムに把握できるものである。多機能型マンホール蓋に関する現時点での研究開発状況を中心に下水道における今後の展望について述べる。

キーワード：多機能型マンホール蓋，マンホールアンテナ，省電力，雨水管理，クラウド

原稿受付 2015.6.30

EICA: 20(2・3) 55-58

1. はじめに

公道上に設置されたマンホール蓋を開けることなく管きょ内に設置した水位などのセンサ情報をリアルタイムにモニタリングするために、多機能型マンホール蓋（マンホールアンテナ）を開発した。多機能型マンホール蓋は、蓋に水位等の測定機能および通信機能を付加したもので、管渠内の状況を携帯通信網を介してリアルタイムに把握できるものである。

本発表では多機能型マンホール蓋の開発背景、開発成果に加えて、フィールド試験での結果も交えて報告する。

2. 開発背景

2.1 雨水管理の課題

近年、気候的変動やヒートアイランド現象などの影響と考えられる局所的な短時間集中豪雨が増加傾向にある（Fig. 1）。一方で、都市化の進展や地下利用の拡大に伴う内水氾濫リスクは増大しており、人命や都市機能に甚大な影響を及ぼしている。都市における浸水被害軽減のため、水防法等の改正などの法整備も進められ、適切な雨水管理による更なる浸水対策が求められている。

下水道事業では雨水幹線、雨水貯留施設、ポンプ所などの拡充、整備が鋭意進められてきたが、新たな施設整備には多くの時間と費用を要することから、既存ストックの能力評価と有効利用により、経済的かつ効果的な対策が求められている。

一方、様々な降雨状況や複雑にネットワーク化された管きょ網を対照とした雨水管理計画の立案には、十分に検証されたモデルの構築が必要となる。既存ストックの能力評価やモデルの検証には、管きょ内の水量データの体系的、時系列的な蓄積が必要となるが、いつ降雨があるか予測できない中で、公道に埋設された下水道管内の水量を調査するには制約が多く、これまで十分なデータの蓄積がなされていないのが現状である。

また、浸水被害の軽減のためには、施設などのハード面の対策は勿論、ソフト面での対策にも下水道管きょ内の状況を正確かつ迅速に把握することが必要であるが、これまで長期に亘りリアルタイムに把握する手軽な手段がなかった。

2.2 リアルタイムでのモニタリングの課題

リアルタイムに管きょ内情報を取得するにあたり課題となるのは、下水道管きょ内には電源がなく、通信環境的に外部と遮蔽された空間である点にある。

下水道管きょ内は無電源であるため、電源工事が必

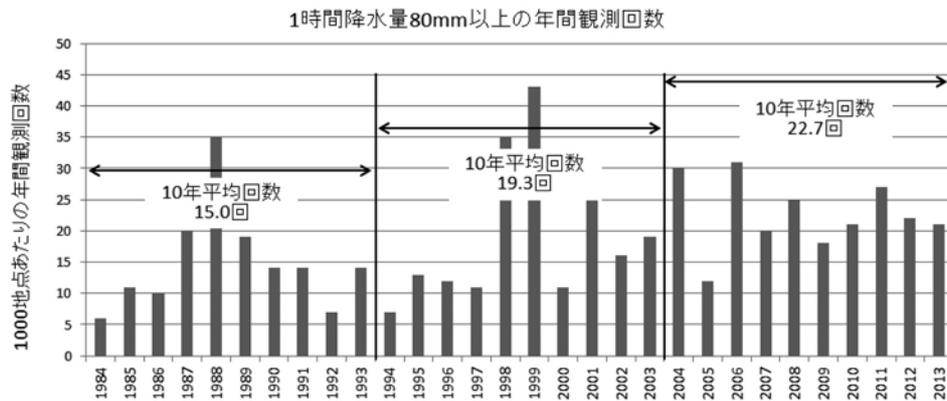


Fig. 1 The annual number of times by which the amount of rainfall was more than 50 mm for 1 hour at a weather forecast spot

要であるが、公道上での工事や設備の設置は容易ではない。また通信環境的に外部と遮蔽された空間のため、管きょ内の情報を外に発信する通信手段がこれまで無かったため、これらの課題を解決する製品の開発が求められていた。

3. 多機能型マンホール蓋の開発

3.1 多機能型マンホール蓋の概要

多機能型マンホール蓋は、マンホール鉄蓋の表面に通信用アンテナを組み込み、裏面に通信装置やバッテリー、計測器の変換器などを搭載したものである (Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4)。

表面に専用アンテナを埋め込んでいるため、携帯電話の通信網を介して、収集したデータはクラウド上で管理され、いつでもどこでも管きょ内の情報をリアルタイムに把握することが可能であるとともに、外部からの通信を受信することができる。

また、バッテリーを内蔵しているため、無電源の場所でも測定・通信が可能である。

さらに、既設のマンホール蓋を多機能型マンホール蓋に交換するだけで、リアルタイムに管きょ内の状況が把握できるようになるため、計測器の設置や継続管理の手間も現在の方法に比べて軽減できる。

計測項目としては、管きょ内の水位測定に加え、硫化水素濃度等各種測定器の接続が可能であり、浸水対策や侵入水対策だけでなく、下水管きょ内の質的項目の把握に活用することができる。

3.2 多機能型マンホール蓋の機能

多機能型マンホール蓋は、計測器の測定データを最短で10秒周期から収集可能であり (測定周期は計測器自体に依存)、通信周期は最短1分周期から任意に設定可能である。測定周期と通信周期は独立して設定ことができ、その測定と通信の周期はクライアント



Fig. 3 The surface of Multi-functional manhole cover

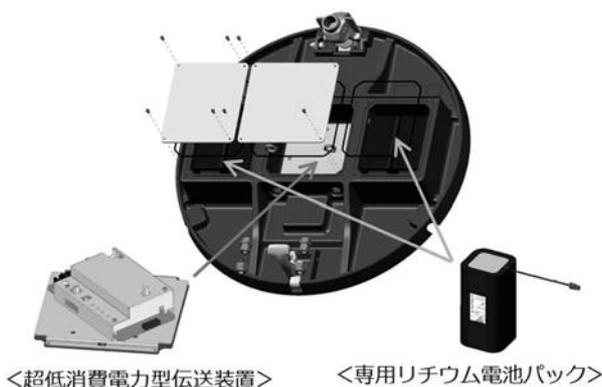


Fig. 2 Multi-functional manhole cover



Fig. 4 The back of Multi-functional manhole cover

ト PC から自由に設定できるようにした。

バッテリー寿命は接続する計測器や通信周期によって大きく異なる。例えば、多機能型マンホール蓋に圧力式水位計を接続し、1分毎測定、10分毎通信する場合、バッテリー寿命は約10ヶ月となる。測定周期は1分毎のまま、通信周期を10分毎から1時間毎に変更するとバッテリー寿命は約5年に延びる。

雨天時は1分測定、10分通信で運用し、晴天時は10分測定、1時間通信にするなど運用方法を検討することでバッテリーの延命化が可能である。

また、計測値に対する上限値・上上限値などの閾値を設定し、その閾値を超過した場合は予め登録した送信先にメールで通知する機能も搭載している。このメール通知機能により、例えば硫化水素濃度等、高濃度のガスが発生した場合のみ通知するなどの柔軟な使い方が可能である (Table 1)。

Table 1 The performance of Multi-functional manhole cover

多機能型マンホール蓋	
測定周期	10秒～(計測器に依存)
通信周期	1分～任意に設定 ※測定周期と独立して設定可能
バッテリー寿命 ※圧力水位計接続時	1ヶ月以上 (通信周期: 1分) 10ヶ月以上 (通信周期: 10分) 5年以上 (通信周期: 1時間)
周期変更	クライアント PC から 周期を自由に設定可能
メール通報機能	設定閾値を逸脱した際は、あらかじめ登録した送信先にメールで通知可能
測定対象	水位, 硫化水素ガス濃度など

3.3 鉄蓋としての性能

マンホール蓋は、公道への設置が前提となることから、車両走行に対し十分な耐荷重性能を有するとともに、樹脂製のアンテナカバー部分で車両通行時にスリップしないなど安全性の確保が要求される。

(1) 耐荷重性能

東京都下水道設計標準及び日本下水道協会規格 JSWAS G-4 に準拠した人孔鉄蓋 (標準蓋) $\phi 600$ 荷重区分 T-25 と同等の耐荷重強度を有することを試験した結果、十分な耐荷重性能を得ることが確認できた (Fig. 5)。

(2) 耐スリップ性能

公道上のマンホール蓋としての表層構造のスリップ防止に関する安全性を確認するため、アンテナカバー上の走行試験を行った。通過方向2方向 (縦方向と横方向) に対し二輪車によるスリップ試験を行った結果、アンテナカバーが耐スリップ性能において安全性上問題がないことを確認した。

(3) 蓋裏収納部の耐水性

多機能型マンホール蓋裏面の通信装置やバッテリー、計測器の変換器などの収納部は、SUS製の密閉型の

カバーを採用している。浮上水圧 0.1 MPa での防水性能試験においても耐水性に問題がないことを確認した (Fig. 6)。

(4) アンテナの耐久性

アンテナの収納部の防湿性、防食性、防振性、恒温性および耐衝撃性を確保するため、道路橋などにも用いられる強化ポリカーボネイト製の密閉型のカバーを採用した。これをマンホール鉄蓋に取り付けて、車両通行や天候など様々な条件下で試験し、耐久性を確認した。

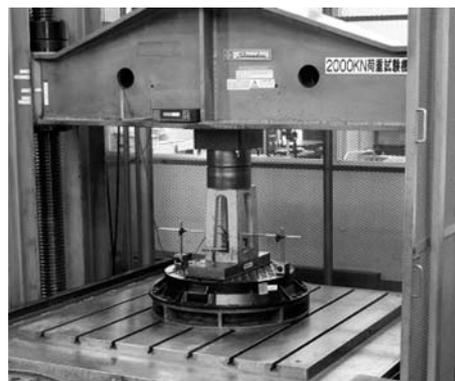


Fig. 5 Test of the load-proof



Fig. 6 Test of the water-proof

4. フィールド試験

4.1 浸水対策の効果検証

浸水被害への対策工事を行った管きょ網の効果の検証を、開発した多機能型マンホール蓋を用いて行った。

浸水箇所のマンホールとその上流と下流の3か所のマンホールにそれぞれ多機能型マンホール蓋と水位計を設置し、各地点の降雨時における水位の変動と3地点の相関関係を調査した (Fig. 7, Fig. 8)。

調査の結果、各地点の水位の挙動を実測できた。これにより各地点における流下能力を実測より割り出すことができた。また、3地点の水位の相関性も実測値から導き出すことができ、降雨時の下水道管きょ内の水の流れの実態を把握することができた (Fig. 9)。

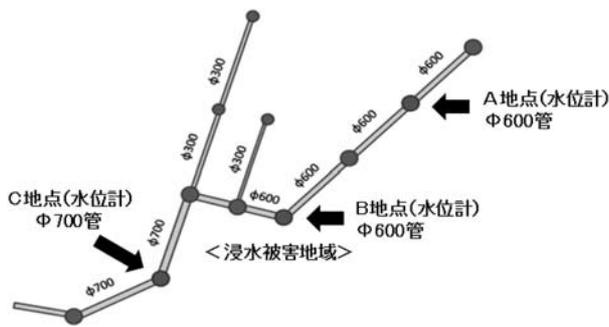


Fig. 7 Pipe distribution diagram



Fig. 8 Example of graphical screen

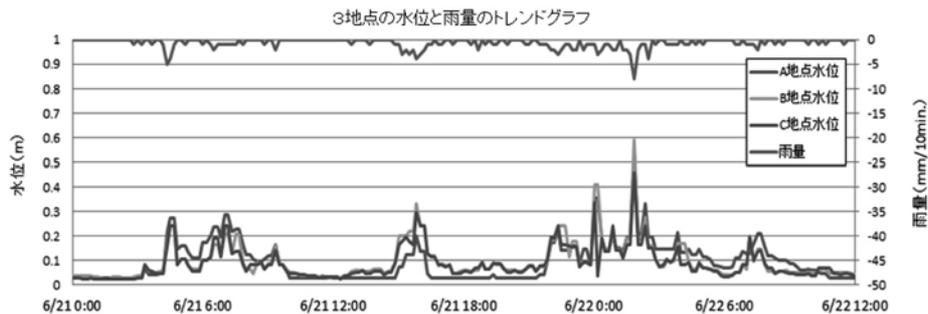


Fig. 9 Example of trend screen



Fig. 10 Example of Trend screen

4.2 雨水浸入水の調査

分流式污水管で雨水の浸入の疑いがある地点に多機能型マンホール蓋と水位計を設置して、雨水浸入の実態調査を行った。

調査の結果、降雨量に応じて、流量が増加しており、降雨量と流量の間に相関性が見られた。このことから、設置地点での雨水浸入量を推定できることが分かった (Fig. 10, Fig. 11)。

5. 今後の展望

今後は、フィールド検証結果を踏まえ、下水道事業で必要性が高まる雨水のネットワーク管理に向けたハード面、ソフト面でのツールとして、効率的かつ効果的な管きょ内状況の把握、更には、地域住民の自助のための情報提供などに貢献できるよう、継続的なブラッシュアップを図ってゆく。

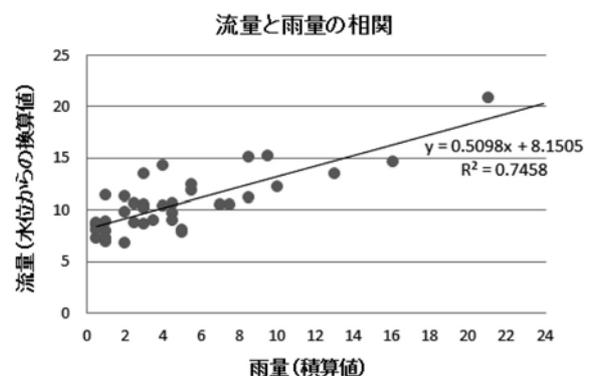


Fig. 11 Correlation chart

参考文献

- 1) 気象庁 HP「気象変動監視レポート 2013」