

〈研究発表〉

CSO 汚濁負荷計測システムの開発

豊岡 和宏¹⁾, 斎藤 慎哉²⁾, 大橋 秀郎³⁾

¹⁾ ㈱明電舎 水・環境事業部 営業技術部 (〒141-8616 東京都品川区大崎 5-5-5, E-mail: toyooka-k@mb.meidensha.co.jp)

²⁾ 東京都下水道局 計画調整部 (〒163-8001 新宿区西新宿 2-8-1, E-mail: Shinya_Saitou@member.metro.tokyo.jp)

³⁾ 東京都下水道サービス㈱ 技術部 (〒100-8699 東京都千代田区大手町 2-6-2, E-mail: hideo-oohashi@tgs-sw.co.jp)

概要

合流式下水道は、雨天時越流水 (CSO: Combined Sewer Overflow) の課題がある。東京都区部は、約8割が合流式であり、快適な水辺空間の形成が求められるなか、合流改善対策を着実に進める必要がある。CSO 対策を効果的に実施する上で、CSO の発生状況、改善対策の効果等を実データにもとづいて把握することは有効である。そこで、CSO 汚濁負荷監視制御システムの構築を目標とし、基本課題を CSO 汚濁負荷の連続測定として、CSO 濁度計を用いた CSO 汚濁負荷計測システムを開発した。

キーワード: CSO、合流式下水道、汚濁負荷、計測

1. はじめに

1.1 下水排除方式

下水道には、汚水と雨水を同一の管渠で集める合流式と、別の管渠で集める分流式がある。合流式下水道は、全国の下水道処理区域面積の約2割で用いられている方式で、割合の多少はあるものの、先行して下水道の普及、整備に努めてきた大都市などで採用されている。東京都区部は、約8割が合流式であるが、これは、汚水対策と同時に雨水排除対策が必要とされる中で、狭隘な道路が多く、汚水と雨水の2本の管渠の早急な布設が困難であることなどの理由による¹⁾。

合流式下水道は、降雨量が多い場合には、雨水で希釈された汚水の一部が雨水吐き口から河川などに越流し、公共用水域における水質汚濁の一因となっている。また、合流式下水道からは、管内に堆積した沈砂や、管渠内面に付着・蓄積したオイルボールなどの汚濁物質が、降雨初期などの速い流れ (ファースト・フラッシュ) で流出することもあり、これらへの対策も必要となっている。

1.2 法改正とその対応、課題

合流式下水道の課題に対する改善施策として、2004年4月1日に下水道施行令が改正され、2014年度(処理区域面積が1500haを越える公共下水道は2024年度)から、合流式下水道越流水のBOD₅(生物化学的酸素要求量:有機物が生物学的に分解され安定化するのに要する酸素量)濃度の水質基準として、処理区平均で40mg/L(現在は暫定値70mg/L)が適用される。

現在、合流式下水道における放流水質については、法令により雨天時放流水試験などを実施することとさ

れているが、採水は降雨状況や越流状況などから判断して作業員を派遣して行われるため、人孔へのアクセスや作業の安全性などを考慮すると採水場所が制限され、また越流水の汚濁負荷濃度は降雨強度や降雨前晴天時間などにより異なるため、越流のタイミングを的確に捉えることは難しい。

1.3 CSO 汚濁負荷計測システム

雨天時の合流式下水道越流水汚濁負荷監視制御システムの構築を目標として、2009年度から共同研究を開始した。この中で、基本課題の一つとして雨天時越流水の汚濁負荷を測定することとし、合流式下水道越流水の汚濁負荷をリアルタイム計測できるシステムを開発した。開発目標は次のとおりである。

＜共同研究開発目標＞

- ①CSO の汚濁濃度を測定可能
測定範囲: BOD₅換算で0~400mg/L以上
測定精度: 公定法のBOD₅との相関係数(R)が0.7以上
- ②下水管渠雨水吐き口などへ設置が可能
- ③保守作業が容易: 保守周期1ヶ月以上
- ④測定データを遠隔地に伝送可能

本システムを雨水吐き口などに設置して汚濁負荷を計測することにより、雨天時の汚濁物質の越流実態を把握することができる。また、管渠網の流出解析などと組み合わせることで、降雨時流出状況の時間変動や汚濁負荷量を予測することができる。

これまでに試作したCSO濁度計²⁾について、汚水を対象とした連続計測を行い、濁度計の計測性能を評価したので、その結果を報告する。

4. 実験結果

予備実験として、センサー検出部を突き出した状態で濁度計測を実施し、連続測定が可能な期間を確認した。その結果、5日間程度で散乱光の受発光部に異物が付着することがわかった (Fig.5 右)。この結果をふまえて、1日1回15分間の自動洗浄を開始したところ、汚れによる影響がなくなり連続計測可能となった。



清澄時 汚れ付着時
Fig.5: Fouling of Beam Emitter and Receiver

Fig.6に22日間の濁度計測値トレンドを示す。濁度計は連続測定しているが、レコーダーへの記録間隔は1分とした。横軸の経過日数は、計測開始日の零時を起点とした。CSO濁度計は連続試験開始直前にホルマジン標準液で校正した。センサー出力値は、外乱によるピークを除き20から300[NTU]の間を1日周期で変動した。Fig.7に典型的な1日の濁度変動例として、経過日数11~12日目の濁度出力値を拡大して示す。連続試験を実施したポンプ所の周辺には住宅やオフィス、病院が集中しており、朝、人々が活動を始めて正午前後に汚濁物質濃度がピークを迎え、その後徐々に低下していく様子を示している。また、9時過ぎの朝の生活排水等による濁度ピークと、13時半頃に昼食後の厨芥排水等による濁度ピーク (Fig.7▼印) をよく捉えていることから、雨天時のファースト・フラッシュによる雨水吐き口による急峻な水質変動にも十分対応

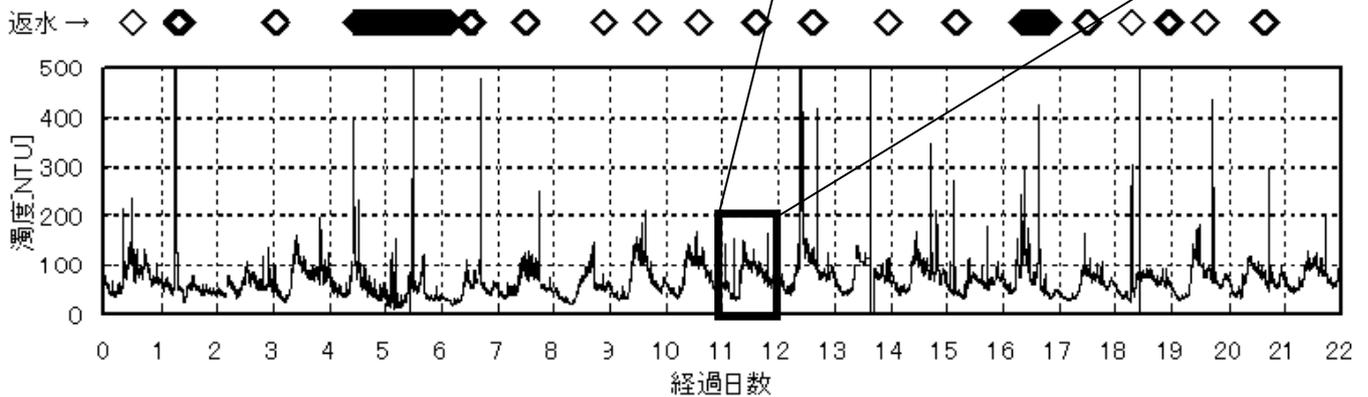


Fig.6: Turbidity in Continuous Measurement

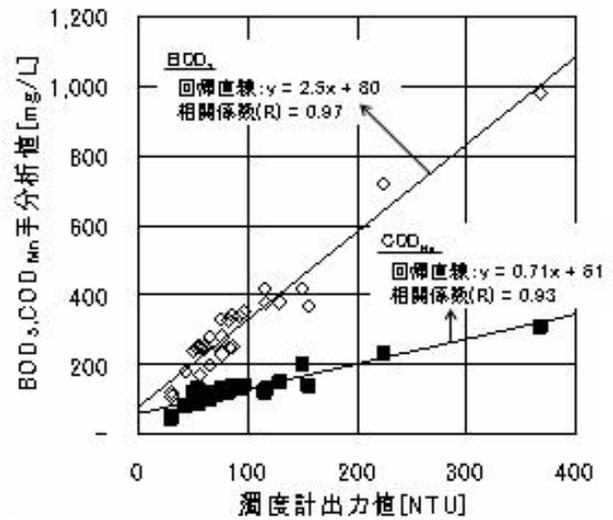


Fig.8: Correlation between turbidity measured by CSO turbidity sensor and BOD₅ (or COD_{Mn}) concentration measured by Standard Method

できると考えられる。さらに、Fig.6のグラフ上部“◇”印はポンプ所内の雨水ポンプ井から返水があったことを示しているが、この返水により沈砂池底部の沈砂が巻き上げられる。CSO濁度計は、このときの濁度上昇もよく捉えている。

また、Fig.8に濁度計測値とBOD₅手分析値の関係と、参考までに濁度計測値とCOD_{Mn}手分析値の関係を示す。濁度計測値とBOD₅の相関係数(R)は0.97と強い相関が得られた。また、COD_{Mn}との相関係数(R)は0.93となり、これも強い相関が得られた。

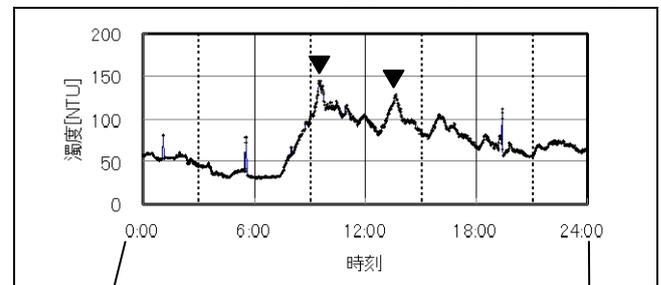


Fig.7: Typical One-day Change of Turbidity

5. まとめ

合流下水道越流水の有機汚濁濃度をリアルタイムに自動計測する CSO 濁度計を開発した。ポンプ所を通過する汚水を対象として連続計測を行い、性能評価を実施した。検出部の自動洗浄（検出部格納による受発光部の薬品洗浄）周期を適切に保つことで、汚れによる影響を受けず連続測定が行なえることを確認した。さらに濁度計の計測値変動は、一日の水利用と排水量の変動傾向から説明できる濁度変動をよく捉えており、BOD₅ および COD_{Mn} 手分析値と強い相関があることも確認した。

今後は、季節変動や、予測が困難な集中豪雨（ゲリラ豪雨）など局所的・短時間に多量の雨が降った時、および長期降雨時などの汚水における検証を実施予定である。また雨水吐き口の越流堰付近に CSO 濁度計を設置して、雨天時越流水を計測対象とした評価を行う予定である。ただし、雨水吐き口におけるセンサー設置には以下のような条件が伴う。

①電源の確保：CSO 濁度計は発光、検出部の突出機構などに電源を必要とし、近くから電源が供給できること。

②センサー設置方法：雨天時の激しい管路内流れによる応力に耐え得ること。

③水位検知：CSO 濁度計は、越流水を捉えて稼働させるため、管渠内の水位を検知するレベルスイッチ、あるいは水位計を有すること。

その一例として、雨水吐き口での検証を予定している特殊人孔内に設置した例を Fig.9 に示す。この例では、上下方向の測定位置を固定し、浮き子は使用していない。隣接する水位レベルスイッチで検出部を駆動

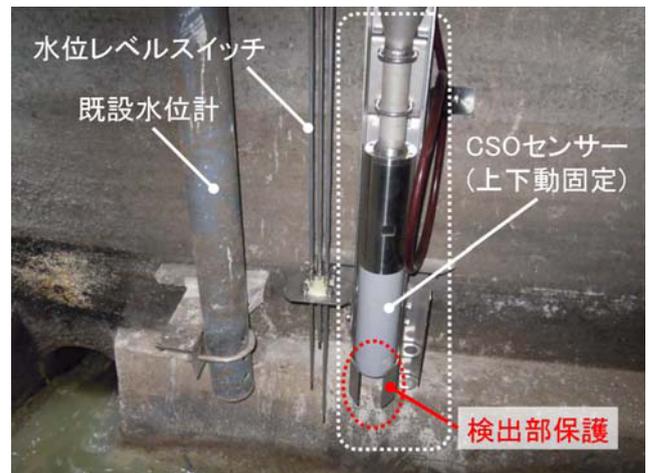


Fig.9: Installation of CSO Turbidity Sensor in Sewer

し、検出部には、流下物から保護する構造としている。

この例のように、CSO 濁度計は、特殊人孔を利用して設置するが、人孔は現場の条件に合わせ多様な形状等を有することから、それらに適合する設置方法を検討していく。

参考文献

- 1) 東京都下水道局: 新合流改善クイックプラン (2004)
- 2) 豊岡和宏: 合流式下水道汚濁負荷濃度計測技術の開発, 環境システム計測制御学会誌, Vol.13, No.2/3, pp.151-154 (2008)
- 3) 斉藤 慎哉、大橋 秀郎、豊岡 和宏: 合流式下水道越流水の汚濁負荷計測システムの開発, 第 47 回下水道研究発表会講演集, pp.372-374(2010)