

水面制御装置の性能評価 に関する調査研究

1. 研究目的

平成14年にスタートした「下水道技術開発プロジェクト (SPIRIT21)」においては、夾雑物の削減対策に関する8つの技術が選定され、平成17年3月に研究開発が完了し、技術ごとに技術資料が発刊されている。SPIRIT21においては、性能評価項目としてSRV（夾雑物捕捉値）、重要確認項目として運転性能（耐久性、機能阻害、維持管理性）、損失水頭（雨水排除に対する影響）、処理限界能力、既存雨水吐への適用性が位置付けられ、検討が行われた。

水面制御装置は、SPIRIT21における評価技術ではないが、平成20年度末時点において、東京都を中心に26自治体で921箇所設置されている。このため、（財）下水道新技術推進機構は、既設置の水面制御装置の性能を把握するために平成20年度に民間共同研究を行い、「技術資料」（「合流式下水道の改善における夾雑物を対象とした水面制御装置 技術資料 2009年3月 財団法人下水道新技術推進機構」）を作成した。この「技術資料」は、施工実績を基にして、水面制御装置の概要、特長、性能（SRV、耐久性、維持管理性）を述べるとともに、適用範囲、装置の設計・製作・設置に係る技術的事項について取りまとめたものである。

通常、新技術の評価スキームとしては「実用化研究」→「実施設計・建設」→「性能評価研究」という流れである。一方水面制御装置については、実施設

においても、SRVがSPIRIT21の目標値を上回っていることを確認している。したがって、この民間共同研究を実用化研究に相当するものと取扱い、本年度は「性能評価研究」を実施した。

研究フローは図-1のとおりである。

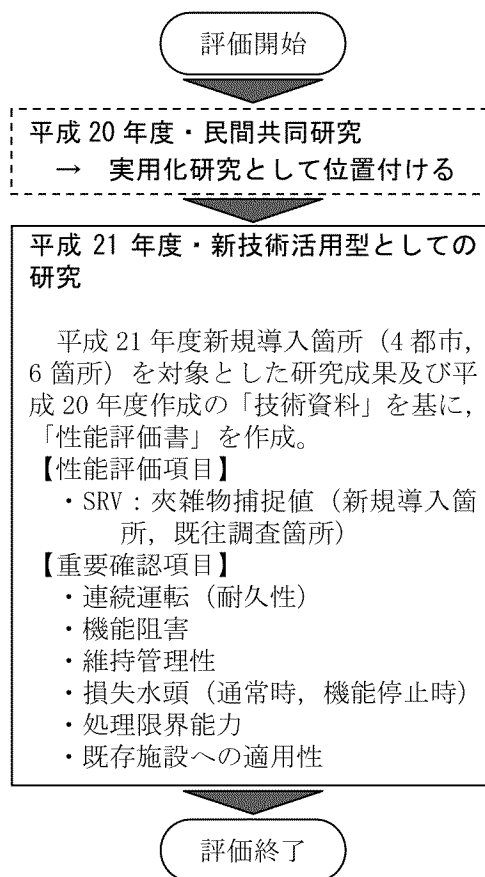


図-1 調査研究フロー

2. 研究体制

本研究は、新世代下水道支援事業制度機能高度化促進事業（新技術活用型）として水面制御装置が採択された函館市、ひたちなか市、調布市、奈良市及び（財）下水道新技術推進機構で共同実施した。

3. 装置概要

水面制御装置は図-2のように既設雨水吐内に設置し、雨天時に越流する未処理下水に含まれる夾雑物が、河川等の公共用水域に流出することを抑制するために設置するもので、基本的にガイドウォールと制御板とで構成される。

ガイドウォールは、越流せきの前面に一定の離隔を確保して設置し、各自治体が設定する夾雑物の流出抑制対象となる降雨強度までの範囲において、汚水流出管きよ付近に夾雑物を誘導する。

また、制御板は、汚水流出管きよの前面に設置し、夾雑物を汚水流出管きよに引き込むための流れを発生させる。

ガイドウォールにより汚水流出管きよの近傍に誘導された夾雑物は、制御板の後方に発生する渦に吸い込まれ、汚水流出管きよに取り込まれる仕組みである。

なお、夾雑物流出抑制の対象となる降雨までの範

围において、越流水はガイドウォールと越流せきの離隔部分から流出する。

4. 期待される効果

4.1 設置費用の低減

水面制御装置は、図-2に示すように、既存雨水吐にガイドウォールと制御板を取り付けるものである。複雑な機械や動力を必要としないため、設置費用の低減が期待できる。

4.2 維持管理業務の軽減

水面制御装置は、上記の理由に加え、可動部を持たないことから、故障が発生することは少ないため、維持管理業務の軽減が期待できる。

また、大規模な異物の衝突等により損傷が発生した場合においても、部材を作り直して取り付けることで、速やかに復旧することが可能である。

4.3 雨水吐における夾雑物対策事業の推進

既存スクリーンに比べて適用範囲が広いため、これまで夾雑物対策が進まなかった箇所においても、導入できる可能性が高い。今後、雨水吐における夾雑物対策事業の推進が期待できる。

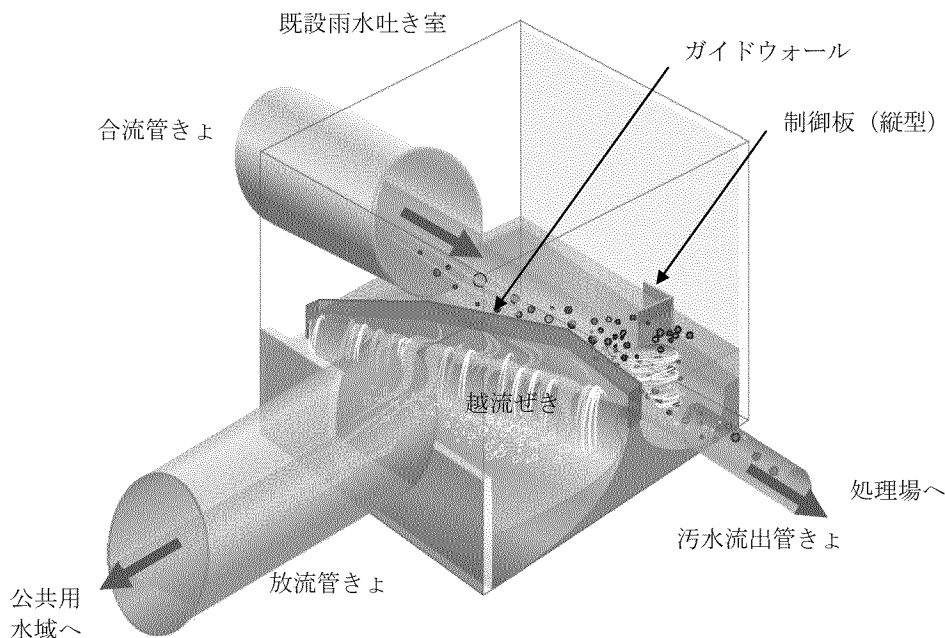


図-2 水面制御装置の概要（ガイドウォールと縦型制御板例）

5. 研究内容

5.1 性能評価

5.1.1 SRV の定義

性能評価項目の目標設定にあたっては、SRV（夾雑物捕捉値：Screening Retention Value）を基準とした。

SRV は、夾雑物流出抑制の改善率をあらわす指標で、(式-1)、(式-2)、(式-3)の算定式で算出する。式中の $TSRE_{with}$ は、水面制御装置設置時の夾雑物の除去率を、 $TSRE_{without}$ は、水面制御装置未設置時の越流ぜきによる夾雑物の除去率を、それぞれ表す。

ここに、

遮集下水夾雑物量 $_{with}$:

装置設置時に遮集される乾燥夾雑物重量

水面制御装置設置時の捕捉夾雑物量 :

装置設置時に捕捉^{*}される乾燥夾雑物重量

越流夾雑物量 $_{with}$:

装置設置時の放流側に流出する乾燥夾雑物重量

遮集下水夾雑物量 $_{without}$:

装置未設置時に遮集される乾燥夾雑物重量

越流夾雑物量 $_{without}$:

装置未設置時に放流側に流出する乾燥夾雑物重量

^{*}水面制御装置においては夾雑物は遮集されるため、捕捉することはないが SPIRIT21 との整合を図るために同様の定義とした。

5.1.2 SRV の目標値

SPIRIT21 における開発目標は、「合流式下水道において、雨天時に自然吐き口、ポンプ場から排出される下水中の景観上不快な物質（トイレトペーパー、人畜由来の糞塊、各種衛生用品、食品残渣等の物質、包装容器等の廃棄物）の流出を防止できること」であった。また、ふるい目の JIS 規格である 5.6mm 以上の夾雑物を対象とし、最低限達成すべき SRV は、英国でのスクリーンの採用の目安である 30% としている。

$$SRV(\%) = \frac{TSRE_{with} - TSRE_{without}}{1 - TSRE_{without}} \times 100 \quad \dots (式-1)$$

$$TSRE_{with} = \frac{\text{遮集下水夾雑物量}_{with} + \text{水面制御装置設置時の捕捉夾雑物量}}{\text{遮集下水夾雑物量}_{with} + \text{越流夾雑物量}_{with} + \text{水面制御装置設置時の捕捉夾雑物量}} \quad \dots (式-2)$$

$$TSRE_{without} = \frac{\text{遮集下水夾雑物量}_{without}}{\text{遮集下水夾雑物量}_{without} + \text{越流夾雑物量}_{without}} \quad \dots (式-3)$$

本研究においては、上記を勘案して、夾雑物の対象は JIS 規格上で 2 段階小さい 4mm 以上とし、最低限達成すべき SRV は、自治体が設定する対象降雨強度までの範囲で 30% 以上とした。

5.1.3 実験フロー

SRV のデータ測定は、図-3 に示す内容を、装置設置前 3 回、設置後 3 回の合計 6 回実施した。

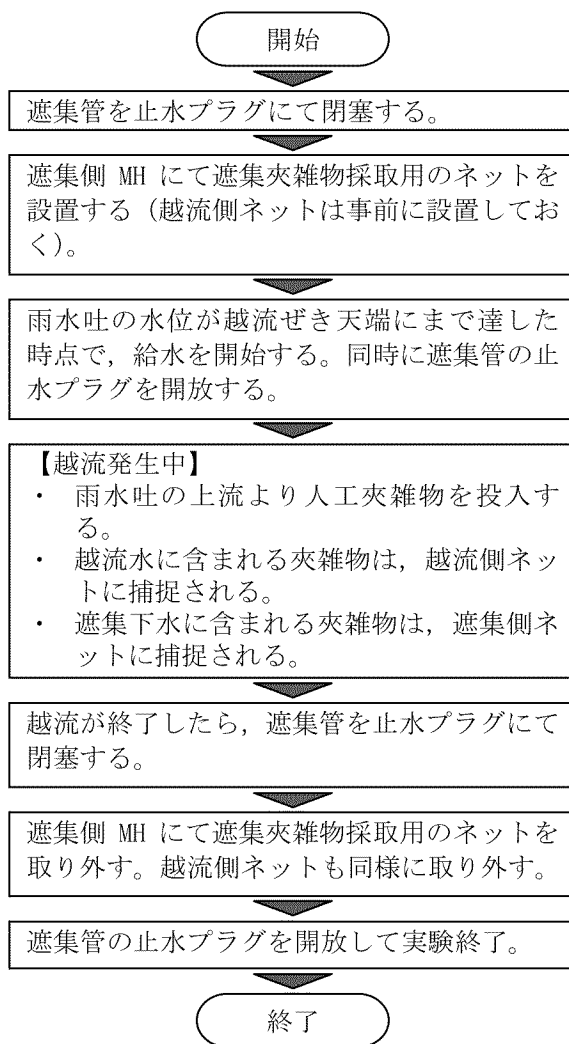


図-3 SRV の実験フロー

5.1.4 実験条件

表-1に実験条件を示す。

表-1 実験条件 (SRV)

項目	条件	備考
実験対象水	無降雨時の汚水 給水車からの配水	無降雨時の汚水は無調整。 給水車(10t)からの配水は車両能力の最大で実施。
流入量	函館市(函1)	合計で約0.06m ³ /s 流速:0.26m/s 水深:0.29m
	ひたちなか市(ひ1)	合計で約0.03m ³ /s 流速:0.02m/s 水深:0.99m
	調布市(調1)	合計で約0.012m ³ /s 流速:0.056m/s 水深:0.29m
	奈良市(奈1)	合計で約0.06m ³ /s 流速:0.04m/s 水深:0.54m
	奈良市(奈2)	合計で約0.08m ³ /s 流速:0.05m/s 水深:0.59m
	奈良市(奈3)	合計で約0.08m ³ /s 流速:0.03m/s 水深:0.76m
夾雑物採取時間	越流時間中	越流発生中の越流夾雑物と遮集夾雑物を分析の対象とする。
分析項目	夾雑物 ・4mm以上の組成 ・組成ごとの重量	紙類, 人糞, 厨芥類, 草木類, 毛髪類, ビニール類, 金属類, オイルボール, その他。 乾燥重量評価。

5.1.5 実験で取り扱う人工夾雑物

実験において使用する人工夾雑物は, SPIRIT21においてスクリーン技術のSRVを評価した際に採取された夾雑物の組成を参考として定めた。

割合は, 乾燥前重量ベースで, 紙類(10%):厨芥類(40%):草木類(50%)とした。紙類はトイレットペーパー, 厨芥類はキャベツ(千切り), 草木類は現場周辺から採取した落ち葉を利用した。

実験を行う際には, 上記の紙類, 厨芥類, 草木類を用意し, 人工夾雑物として実験時に給水とともに投入することとした。

5.1.6 実験結果

函館市・ひたちなか市・調布市・奈良市の既設雨水吐において夾雑物流出抑制施設として導入した水面制御装置のSRVを調査した結果は, 表-2に示すように, 86.1%~97.0%となり, 目標とした性能(SRV30%以上)を満足することが確認された。

実験結果の例を写真-1, 2に示す。放流される夾雑物の量が設置前に比べて設置後は大きく減少していることが見られる。

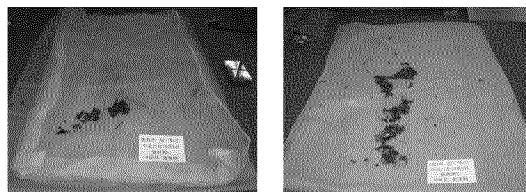


写真-1 設置前 (左: 遮集, 右: 放流)

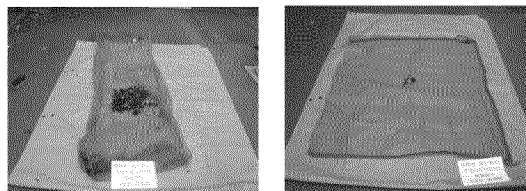


写真-2 設置後 (左: 遮集, 右: 放流)

表-2 性能評価結果

整理番号	自治体	雨水吐き室名称		TSRE _{without}	TSRE _{with}	夾雑物捕捉値SRV (%)	水面制御の種類
		本評価書	自治体内				
1	函館市	函1	No. 5	0.167	0.975	97.0	縦型制御板+ガイドウォール
2	ひたちなか市	ひ1	1号	0.077	0.952	94.8	縦型制御板+ガイドウォール
3	調布市	調1	A-74 (No. 050)	0.607	0.971	92.6	ガイドウォール
4	奈良市	奈1	No. 4	0.140	0.935	92.4	縦型制御板+ガイドウォール
5		奈2	No. 5	0.299	0.948	92.6	縦型制御板+ガイドウォール
6		奈3	No. 13	0.296	0.902	86.1	縦型制御板+ガイドウォール

5.2 重要確認項目

5.2.1 機能障害

水面制御装置の閉塞，目詰まり等が発生せず，恒常的に夾雑物流出抑制機能が保たれることを確認した。

上記を確認するために，水面制御装置の機能障害の恐れがある夾雑物（角材，空缶，ペットボトル，割り箸，レジ袋，発泡トレイ，ウエス，ロープ・ひも類，その他）を対象とした実験を行った。

①実験フロー

機能障害のデータ測定は，図-4に示す内容を，夾雑物の種類ごとに1回ずつ，合計9回実施した。

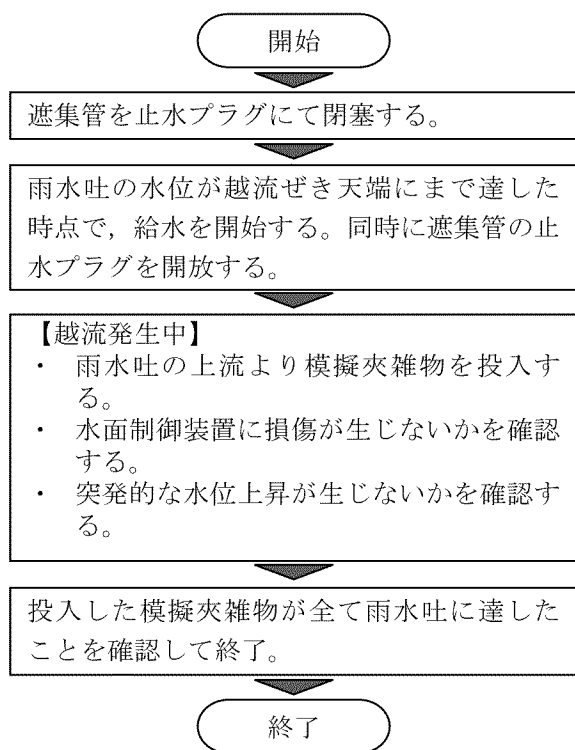


図-4 機能障害の実験フロー

②実験条件

機能障害の実験条件は，SRVの実験と同様である。

③実験結果

水面を流下する模擬夾雑物のほとんどは越流阻止された。調1において，角材（小）1個が越流する状況が確認されている。これは，角材（小）の上に角材（大）が乗り上がり，水面下に押さえ込まれたため，ガイドウォールを潜って流出する結果となったものである。

水面下に潜る模擬夾雑物（ウエス，その他）については，函1，奈2で越流する状況が確認されている。函1については正面越流でガイドウォールの下

を潜りやすい流況であるためである。奈2についてはガイドウォールと越流ぜきの離隔が平均で1.7m程度あり，装置設置の適用条件の下限值（150mm）よりも広い空間があるため，水面下に潜る夾雑物をガイドウォールで誘導することが比較的困難であることによる。

5.2.2 損失水頭

水面制御装置を設置したことにより増加する損失水頭を把握するために，現地において水位計測を行った。

損失水頭は，通常運転時（夾雑物等の絡み付きがない場合）と機能停止時（ガイドウォールと越流ぜきの離隔が全て閉塞した場合）との2ケースについて確認した。

①実験フロー

損失水頭のデータ測定は，図-5に示す内容を，装置設置前，通常運転時，機能停止時，について1回ずつ，合計3回実施した。

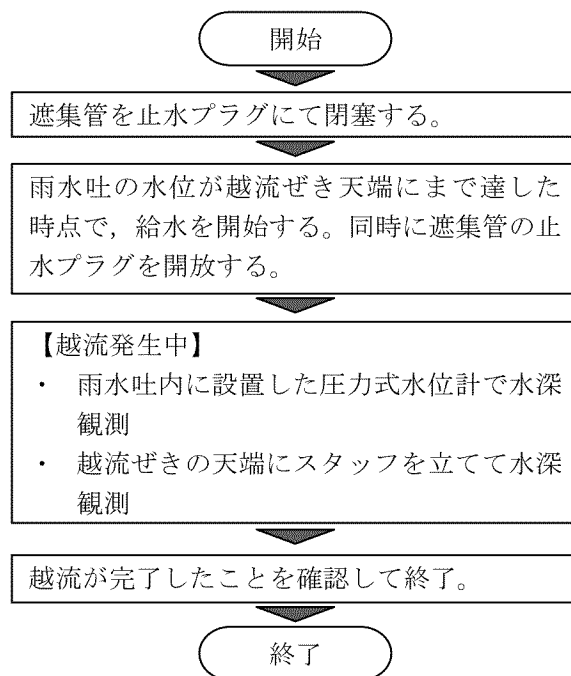


図-5 損失水頭の実験フロー

②実験条件

損失水頭の実験条件は，SRVの実験と同様である。

③実験結果

・水面制御装置設置時の損失水頭
今回の実験条件では，水面制御装置設置時の損失水頭はほとんど無視できる。

・機能停止時の損失水頭

今回の実験条件では，機能停止時の損失水頭は，

おおむねガイドウォールの高さ分である。

5.2.3 処理限界能力

雨水吐きの水位がガイドウォールより低い状況においては、夾雑物はガイドウォールにより誘導され、制御板の後方に発生する渦に取り込まれて遮集される。しかし、降雨量が増えるにつれて水位が上昇し、ガイドウォールを越えるようになると、夾雑物は越流水とともにガイドウォールを越え、夾雑物流出抑制効果が見込めない状態になる。

したがって、水面制御装置により夾雑物流出抑制を見込むことができるのは、雨水吐きの水位がガイドウォールと同等の高さの範囲までということが出来る。

上記のことから、雨水吐き水位がガイドウォール天端に達する降雨強度を処理限界能力として確認することとした。

①水位測定

雨水吐内の水位は、圧力式水位計を設置し、調査期間中は連続的に測定した。

測定期間は2ヶ月間、測定ピッチは1分間隔とした。

②降雨記録

降雨記録は、各自治体において処理場やポンプ場などで観測しているデータを利用した。

③実験結果

水面制御装置設置後の水位を計測し、降雨強度との相関について整理した結果、グラフより得られる近似式を用いて、ガイドウォールを越流する降雨強度を求めると、函1、ひ1、奈1、奈2、奈3において、9.13mm/hr～10.58mm/hrとなった。

上記5箇所の水面制御装置の設計時における目標降雨強度は10mm/hrであることから、ほぼ目標とした降雨強度に対する処理能力を有していると評価できる。

なお、調1においては、水面制御設計時の事前調査の結果から10mm/hrの降雨時に越流しないことが確認されていた。そこで、下水道法施行令による「雨水吐からの夾雑物の流出を最小限度のものとするように、スクリーンの設置その他の措置が講ぜられて

いること」を鑑み、最小限の対策として幅10cmのガイドウォールを設計・設置した経緯がある。このため、調1の実験結果は参考データとしての取り扱いとする。

6. まとめ

本研究において、新世代下水道支援事業制度機能高度化促進事業（新技術活用型）として採択された4都市、6箇所の水面制御装置の性能評価を行った結果は以下のようにまとめられる。

①性能評価項目（SRV：夾雑物捕捉値）

水面制御装置のSRVは86.1%～97.0%と求められ、目標とした30%を満足することが確認された。

②重要確認項目（機能阻害）

水面制御装置の機能阻害の恐れのある夾雑物（角材、空缶、ペットボトル、割り箸、レジ袋、発泡トレイ、ウエス、ロープ・ひも類、その他）を対象とした実験を行った結果、水面制御装置の閉塞、目詰まり等は発生せず、恒常的に夾雑物流出抑制機能が保たれることを確認した。

③重要確認項目（損失水頭）

水面制御装置設置時の損失水頭は、ほとんど無視できる。また、機能停止時の損失水頭は、概ねガイドウォールの高さ分である。

④重要確認項目（処理限界能力）

水面制御装置の設計時における目標降雨強度が10mm/hrの箇所については、ほぼ目標とした降雨強度に対する能力を有していることが確認された。

なお、本研究の成果は、水処理新技術実用化委員会および技術委員会の審議を経て、性能評価書として取りまとめられた。

●この研究を行ったのは

研究第一部長
研究第一部副部長
研究第一部研究員

森田 弘昭
松葉 秀樹
阿辺山 一輝

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長
研究第一部副部長
研究第一部研究員

森田 弘昭
松葉 秀樹
阿辺山 一輝