

合流式下水道越流水 ろ過スクリーンの実用化 に関する共同研究

1. 研究の背景と目的

比較的古くから下水道が整備された都市では、合流式下水道が採用された。これらの都市では、水環境保全を考える上で、雨天時における合流式下水道からの越流水（Combined Sewer Overflow—以下CSOとする）対策が高度処理の推進とともに重要な対策である。今後より一層CSO対策を効率的に推進するには、いわゆる分流並みの整備を進めるとともに簡易かつ即効性のある合流改善手法が必要である。そこで、本機構ではこの一手法として、スイス、ドイツを中心に設置が進められている越流水ろ過スクリーンに注目した。

本スクリーンは、雨水吐き室から流出する越流水中の夾雑物を、自動かき取り装置により遮集管へ流下させることで、メンテナンスフリーが特徴である。この結果、放流先への負荷削減効果や美観上（エステティック）の効果を発揮する施設である。しかしながら、日本における雨水吐き室は、設計思想や用地上の制約などから欧米の施設とは構造的に異なるため、海外で用いられているスクリーンをそのまま適用することは難しいと考えられる。

そこで、本研究は、実際の雨水吐き室内にスクリーンを設置して、その性能、構造、適用範囲、施工要領、維持管理法等の検討を行うとともに、水理実験によりスクリーンの損失係数及び通水能力を確認した。また、これらの得られたデータを基に「設計資

料」を作成した。

2. 研究体制

本研究は、財団法人 下水道新技術推進機構と以下のメーカーとの共同研究により実施した。

株式会社 荏原製作所
株式会社 神戸製鋼所
三機工業株式会社
住友重機械工業株式会社
月島機械株式会社
巴工業株式会社
株式会社 西原環境衛生研究所
日本ガイシ株式会社
日本鋼管株式会社
前澤工業株式会社
株式会社丸島アクアシステム
(以上11社、五十音順)

3. スクリーンの概要

(1) 夾雑物の除去原理

本スクリーンは、等間隔に配列（目幅4mm）された平板により下水中の夾雑物を捕捉し、スクリーンを往復運動する二組のかき取り刃で、補足した夾雑物を遮集管方向にかき取ることにより、越流

水中の夾雑物を除去する仕組みになっている。雨水吐き室内に設置したスクリーンの状況を写真-1に示す。

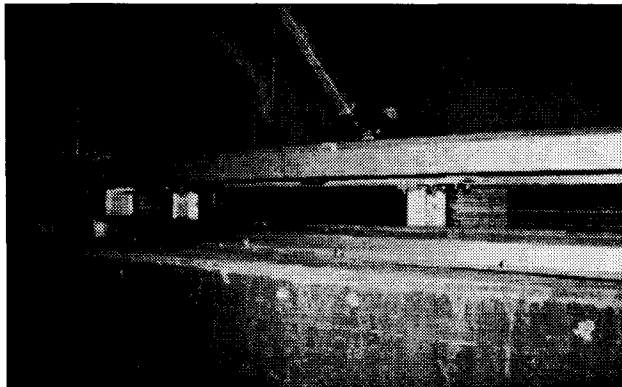


写真-1 雨水吐き室に設置したスクリーンの状況

(2) 施設の構成

本スクリーンは、主に、5つの装置から構成されている。雨水吐き室内に設置したスクリーン施設の構成例を図-1に示す。

- ① スクリーン本体—ステンレス製で、テンション機構を有するフレームに4mm等間隔で支持されている。
- ② かき取り装置—油圧シリンダにより往復可動する摺動板とかき取り刃からなる。
- ③ 制御盤—スクリーンを作動させるための制御装置である。
- ④ 油圧ユニット—かき取り刃を駆動させる油圧シリンダに動作圧力を供給する装置である。
- ⑤ 水位計—スクリーンの起動、停止を制御するために、流入側の水位を検知する。

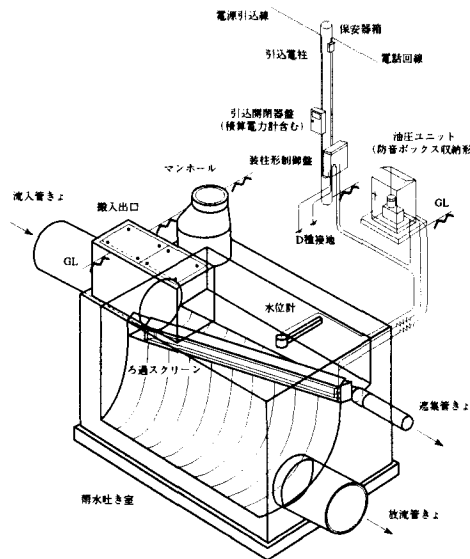


図-1 スクリーン施設の設置例

4. 研究内容

4.1 研究内容の抽出

日本におけるCSO対策に関する計画論や雨水吐き室の特性等から次の観点に基づく研究が必要である。

- ① 日本におけるCSO対策は、越流水のBOD等の負荷削減を計画目標としていることから、BOD等の負荷削減効果も含めたスクリーンの設置効果を検討する必要がある。
 - ② 雨水吐き室は、用地等の制約から欧米に比較して、空間的に狭く、十分な堰長が得られていない場合が多く、また、スクリーンの搬入、維持管理に必要なマンホール口径等が小さいことから、施工要領、適用範囲、維持管理を検討する必要がある。
 - ③ 雨水吐き室の上流区域において浸水問題を抱えた地区が存在する場合があります、スクリーンの位置による上流水位への影響を検討する必要がある。
- ①及び②の内容は、実証実験において、③の内容は、水理実験においてそれぞれ検討を行った。

4.2 実証実験

(1) 設置場所の概要

実証実験は、3都市にスクリーンの設置場所を提供していただき実施した。このうち、A市、B市について合流式下水道の雨水吐き室内の越流堰に設置した。また、C市については都市雨水の排水機能を有する農業用水路（開水路）において、雨天時に同水路のオーバーフロー分を下水道管渠（暗渠）に分水するために設けた取水堰に設置した。それぞれの都市における稼働状況、設置効果を確認した。設置箇所の概要を表-1に示す。

表-1 スクリーン設置箇所の概要

	A市	B市	C市
設置場所	雨水吐き室	雨水吐き室	開渠取水口
堰の種類	直線・横越	直線・横越	直線・横越
スクリーン形式	長さ：1.5m 有効面積：0.3m ² 280W×2,500L ×340H	長さ：2.0m 有効面積：0.4m ² 280W×3,000L ×340H	長さ：3.0m 有効面積：0.9m ² 370W×4,000L ×340H
水位計型式	電極棒式	フロート式	超音波式

(2) 施工性

施工にあつては、スクリーンの雨水吐き室への搬入において、特に留意する必要がある。A市においては雨水吐き室の内空高が低く、搬入口とな

るマンホールの口径が小さいことから、放流管きよ
より搬入することとなった。しかしながら、放流
管きよの口径が小さい場合や放流先の水位の影響
を常に受ける場所においては、放流管きよからの
搬入も困難が予想される。また、道路事情等の雨
水吐き室の設置環境により新たに搬入口を設けら
れない場合が予想されることから、スクリーンを
モジュール単位に分割した分割形スクリーンを考
慮する必要が有ることがわかった。

(3) 稼働状況

およそ一年間の実証実験期間における各都市の
スクリーン稼働状況を表-2に示す。

A市では、1mm/日以上降雨が観測された日
数が99日あり、そのうち9日でスクリーンが稼働
した。このうち4日は、スクリーン上部からも越
流した。

B市では、降雨日数が109日あり、約4割にあ
たる40日でスクリーンが稼働した。特に平成9年
7月は、12日の降雨実績のうち75%にあたる9日
でスクリーンが稼働した。

C市は、季節により農業取水が行われているた
め、晴天時においても水位が上昇し、スクリーン
が稼働することがあるため、降雨日数79日に比べ
てスクリーン稼働日数が71日と非常に多くなっ
ている。特に取水が多く行われている平成9年7月
等は降雨日数12日に対してスクリーン稼働日数が
19日であり、降雨時以外にも稼働していた。

また、この間、各都市に設置したスクリーンは、
ゴミや夾雑物による閉塞、故障等はなく順調に稼
働した。このことから、日常点検等の維持管理頻
度は、かなり軽微なものである。

表-2 各都市のスクリーン稼働状況

項目	A市	B市	C市
調査対象期間	H9.8~H10.6 11ヶ月	H9.7~H10.6 1年	H9.7~H10.6 1年
総降雨量 (対象期間)	850mm	1,244mm	1,417mm
日最大降雨量 (mm/日)	65.0 (H9.9.8)	47.5 (H9.11.29)	107.0 (H9.8.5)
時間最大降雨量 (mm/時)	28.0 (H10.6.3)	35.5 (H9.8.23)	55.0 (H9.8.5)
降雨日数	99日	109日	79日
スクリーン 稼働日数	9日	40日	71日 (農業取水含む)
オーバーフロー 日数	4日	7日	11日
月 降雨量	240mm/月 (H9.9)	154mm/月 (H9.7)	356mm/月 (H9.7)
最大 降雨日数	20日	12日	12日
最大 スクリーン 稼働日数	5日	9日	19日

(4) 水質除去効果

① 測定方法

スクリーン通過前後においてバケツや柄杓等
を用いて採水し、2mmのふるいにて5分間程度
ろ過し、夾雑物とろ液に分け、そのろ液を用い
て水質分析を行った。

測定回数は、晴天時の測定等も含めて、A市
で4回、B市で7回、C市で1回行った。

② 測定結果

測定結果は、人力による測定のため、スクリー
ン前後の測定に時間差が生じることや、サンプ
リングポイントにより水質に誤差が生じる等の
問題点があり、測定データにばらつきがあった。
このため、A市、B市については、比較的ばら
つきの少ない水質測定結果を代表値とした。

測定結果は表-3に示す。A市では、SS除去
率が8.1%~15.8%となっており、B市でも
11.1%~15.1%と同様の結果となった。BOD、
CODについては測定結果にばらつきがあるも
の、ほぼSSと同等の結果が得られており、
10%~15%程度の除去率となった。また、C市
については、CODのみを測定しており、その
除去率は、6.6%であった。

以上の結果より、スクリーンによる水質除去効
果は、SSで10%前後の除去率、BOD、CODとも
SSとほぼ同等の除去率が得られた。

表-3 各都市のスクリーンの水質除去率

採水	水質項目	単位	通過前	通過後	除去率 %	
A市	降雨初期 (H9.11.17, 15:03)	SS	mg/l	62.0	57.0	8.1
		BOD	mg/l	15.0	13.0	13.3
		COD	mg/l	16.0	2.3	85.6
		T-N	mg/l	2.3	2.3	0
	上記の 30分後	SS	mg/l	38.0	32.0	15.8
		BOD	mg/l	5.7	3.5	38.6
		COD	mg/l	7.8	6.8	12.8
T-N		mg/l	2.9	2.3	20.7	
B市	降雨初期 (H10.2.20, 19:19)	SS	mg/l	90	80	11.1
		BOD	mg/l	29	26	10.3
		COD	mg/l	23	21	8.7
		T-N	mg/l	3.7	3.7	0
	上記の 10分後	SS	mg/l	86	73	15.1
		BOD	mg/l	30	26	13.3
		COD	mg/l	24	21	12.5
T-N		mg/l	3.2	3.6	-	
C市	COD	mg/l	6.1	5.7	6.6	

(5) 夾雑物の除去効果

1) A市, B市 (雨水吐き室内に設置したもの)

① 測定方法

スクリーン通過前後においてバケツや柄杓

等を用いて採水し、2mmのふるいにかけて、夾雑物とろ液に分け、その夾雑物を用いて組成分析を行った。組成分析は、紙類、人糞、厨芥類、草木類、毛髪類、ビニル・プラスチック類、金属・ガラス類及びその他の8項目に分類して行った。

② 測定結果

夾雑物の組成は、各サンプルとも紙類と厨芥類、草木類で占めており、人糞や毛髪等のその他のものは採取されていない。

スクリーン通過前後の夾雑物を分析することにより、スクリーンによる夾雑物除去率(表-4)を算出した。

A市では、スクリーン通過前後の夾雑物除去率が越流直後で各項目とも約90%以上となっており、比較的良好な夾雑物除去率が得られている。

表-4 A市・B市の夾雑物除去率

項目	除去率 (%)			
	紙類	厨芥類	草木類	全体
A 降雨初期	87.2	100	90.0	90.7
市 上記の30分後	100	100	100	100
B 降雨初期	60.5	100	55.3	72.8
市 上記の10分後	68.7	—	33.5	61.3

B市では、A市に比べて夾雑物除去率が低いものの、全体的には60%以上の除去率となっている。

2) C市(取水口の設置したもの)

① 測定方法

a) 流量 水路断面の測定は、間縄を水流の流れ方向に垂直に固定し、人力で0.25m間隔の水深を測定した。水深を測定した地点において、スクリー式流速計を用いて、水深の6割の深さで流速を測定した。スクリーンを通過する流量については、越流する水位を測定し、計算によって流量を求めた。

b) 夾雑物 夾雑物は、32×32cm(口面積:0.2m²)の枠に2mm目ネットを取り付けた採取用具を流心に設置し、30分間、1日3回採取した。資料は実験室へ持ち帰り、湿重量、乾重量を測定し、3回分を合量し、粒度粗性分析を行った。

② 測定結果

夾雑物の組成は、花びらや木の葉、草野茎、木の枝、水草の植物が多く、まれにタバコのフィルター、ビニール片、プラスチック容器の蓋が混じっていた。

また、夾雑物の粒度別除去率を表-5に示す。これによると、各粒度とも高い除去率を示し、全体の除去率では93.8%となった。

表-5 夾雑物の粒度及び除去率

地点 項目 粒度	通過前	通過後	除去率 %
	流量当たり g/100m ³	流量当たり g/100m ³	
>19mm	15.60	—	100
19~9.5mm	16.08	0.92	94.3
5.5~4.75mm	14.00	1.50	89.3
4.75~2mm	8.16	0.80	90.2
<2mm	3.78	0.34	91.0
合計(平均)	57.62	3.56	(93.8)

以上のことから、夾雑物の除去率については、その組成によって変化するものと考えられるが、おおむね80%以上、平均で90%以上が期待できる。

4.3 水理実験

(1) 実験内容

水理実験により以下の内容を確認した。

- ① スクリーンの損失係数
- ② スクリーンの通水能力

(2) 実験方法

1) 実験設備

正面越流の実験設備概略図を図-2に示す。

正面越流の実験では、貯水槽から高架水槽に送水された水は、流量調節弁で調整され、一定流量が主水路へ送水される。直線水路では、水路上流の配管に電磁流量計を設け、高架水槽からの流入流量を計測した。また、スクリーン上流に容量式波高計を設け上流水深を計測した。

一方、横越流では、正面越流と同様に電磁流量計で高架水槽からの流入流量を計測し、更に主流量補助用の水中ポンプを設け、水路上流へと接続し電磁流量計によって、流入流量を計測した。水路の途中には、横越流用のスクリーンを設置した。また、スクリーン通水後の放流水は、流量計を設け流量を計測した後、貯水槽へと戻した。

2) 実験条件

実験条件は表-6に示す。幅0.4, 0.8, 1.2mの各スクリーンにおいて、越流形式(正面・横)

及び越流板（スクリーンの越流側に取り付けられた越流高を調整するための板）の有無別に上流の水深をパラメーターとした通水能力を計測した。

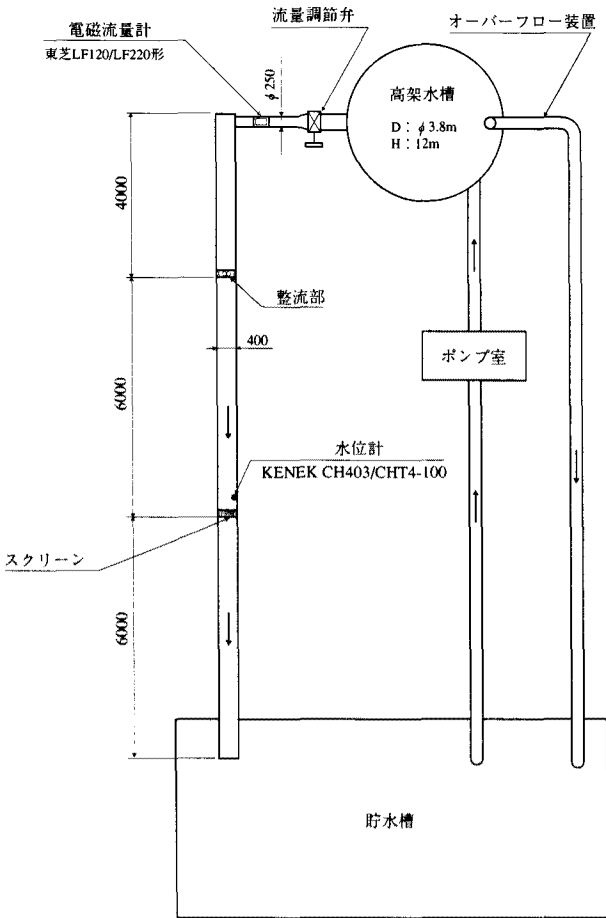


図-2 正面越流の実験設備概略図

表-6 実験条件

スクリーン幅 (m)	越流形式		越流板	
	正面	横	有	無
0.4	○	○	○	○
0.8	—	○	○	○
1.2	—	○	○	○

3) 実験結果

① スクリーンの損失係数

正面越流における通水能力の測定結果から、スクリーン損失係数を算出する。

損失係数とフルード数の関係を図-3に示す。

本スクリーンの損失係数は、スクリーン高さの2分の1の厚さ分をはつた越流堰にス

クリーンを設置し、越流板を設けた場合には、水位が最上端部のとき約0.87であることが分かった。これをもとに算出した水位変化量は、スクリーン高さ0.2～0.8mの範囲において0.09～0.15mである。

したがって、スクリーン設置による上流水位への影響は、ほとんどないことがわかった。

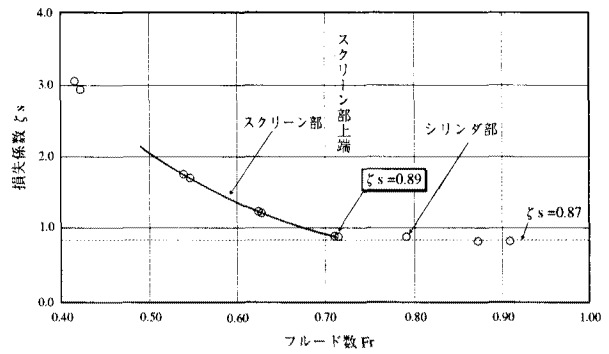


図-3 損失係数とフルード数の関係

② スクリーンの通水能力

スクリーンの通水能力は、スクリーンの通水面積に関する正確なデータがあるため、単位面積あたりのスクリーン通過流速に通水面積を乗じることによって求めた。スクリーンアの通水流量を表-7に示す。

なお、通水能力は、正面越流時に越流板付きスクリーンの最上端まで水位が達したときの通水流量を示すが、この場合のスクリーン通過流速は、図-4に示すとおり、横越流の場合においても変わらないと判断できることから、横越流の場合の通水能力としても適用が可能である。

表-7 スクリーンの通水流量

単位：m³/s

スクリーン呼称 20m(高さ)	2m(長さ)	3m	4m	5m	6m	7m	8m
30	0.29	0.41	0.52	0.66	0.80	0.91	1.05
40	0.47	0.65	0.82	1.04	1.25	1.43	1.65
50	0.65	0.89	1.14	1.43	1.74	1.99	2.28
60	0.86	1.17	1.49	1.88	2.28	2.59	3.00
70	1.06	1.47	1.86	2.35	2.84	3.24	3.73
80	1.28	1.77	2.24	2.84	3.43	3.92	4.52
90	1.53	2.09	2.66	3.37	4.08	4.64	5.35

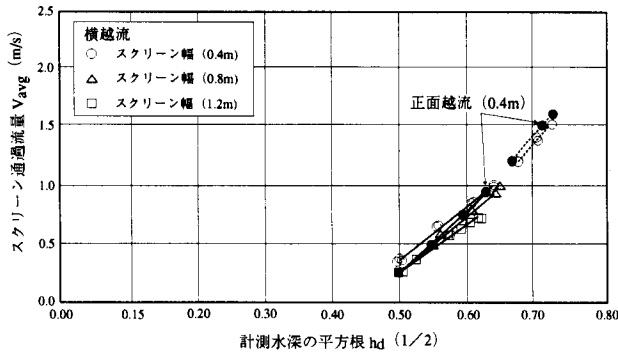


図-4 正面越流・横越流時の通過流速（越流板有）

5. 設計資料の内容

前述の研究成果をもとに「合流式下水道越流水 (CSO) 対策ろ過スクリーン施設の設計資料」を作成した。設計資料の目次を以下に示す。

- 第1章 総 則
 - 第1節 目的
 - 第2節 適用範囲
 - 第3節 用語の定義
 - 第4節 施設の概要
- 第2章 施設の計画
 - 第1節 計画方針
 - 第2節 構造
- 第3章 施設の設計

- 第1節 設計手順
- 第2節 機械設備の設計
- 第3節 電気設備の設計
- 第4章 施設の施工
 - 第1節 施工計画
 - 第2節 施工手順
 - 第3節 試運転
- 第5章 施設の維持管理
 - 第1節 施設の保守・点検

資 料 編

1. 水理実験
2. 性能データ
3. 標準計算例
4. 外形寸法図
5. 水位計比較表
6. 監視システム図
7. 施工に関する手続
8. 資料の問い合わせ先

6. おわりに

本設計資料の発刊により、合流式下水道の越流対策の一助になれば幸いである。

なお、今後採用される自治体によっては、新たな設置条件や採用箇所拡大も考えられることから、我が国の現実に適した改良等に関する研究は、今後も引き続き実施する予定である。

●この研究に関する問い合わせは

研究第二部長
 研究第二部主任研究員
 研究第二部研究員
 研究第二部研究員

前田 正博
 佐伯 守久
 荻木新一郎
 永松 真一