

The Copa Raked Bar Screen

三菱化工機(株)

1 技術概要

本技術は、雨天時に越流する合流下水に含まれる夾雑物の河川等公共水域への流出防止を目的とし、雨水吐き室の越流堰流入側側面に、水平に設置するものである。目幅 4mm のバースクリーンで構成されており夾雑物を捕捉する。

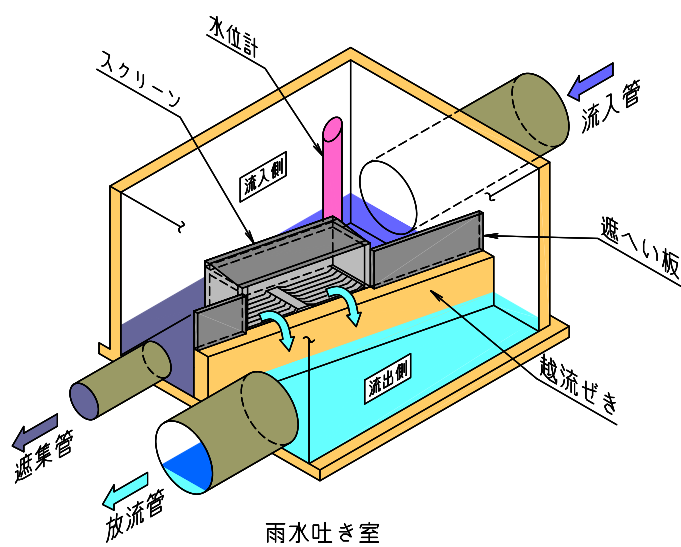


図 - 1 The Copa Raked Bar Screen の概略

2 技術のしくみ

本スクリーンは、晴天時の水位の低い時は停止している。(図 - 2)

降雨が始まり、水位が越流堰近くまで上昇してくると水位計により水位を検知し、スクリーンの運転が始まる。(図 - 3)

合流下水が、越流堰を越えて越流を始めると合流下水は、スクリーンの下方から上方向に向かって、スクリーンを通過し流出側放流管へと流れる。この時、水流に乗って流出しようとする夾雑物は、スクリーンバーに阻まれ流出が防止される仕組みになっている。(図 - 4)

スクリーンバーに捕捉された夾雑物は、レーキによってかき取られた後、流入側に戻され遮集管へ流下する。(図 - 5)

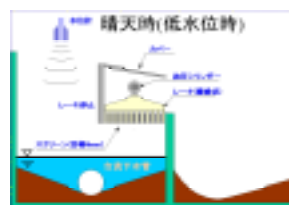


図 - 2 低水位時スクリーン停止

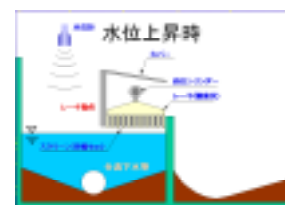


図 - 3 水位上昇時スクリーン作動開始

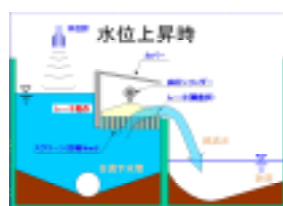


図 - 4 越流時スクリーン作動

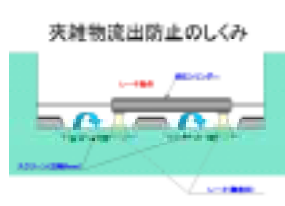


図 - 5 夾雑物流出防止のしくみ

本スクリーンには、ポリプロピレン製のレーキ 2 個が、スクリーン中央部の油圧シリンダーに取り付けられており油圧を動力として駆動する。レーキは、バースクリーンの間に差し込まれており、往復運動することによりスクリーンに挟まった夾雑物がかき取られ、スクリーンの閉塞を防止する。

また、スクリーンバーが、スクリーンの両端と中央部で上方向に曲がって排出エリアを形成しており、レーキによってかき寄せられた夾雑物は、ここで圧密されることなく排除される。

さらにスクリーンは、長手方向に連結が可能で、最大 4 モジュールまでのレーキを 1 台の油圧シリンダーで駆動することができる。

油圧ポンプの起動・停止は、雨水吐き室等の中に設置する水位計により行う。標準設定における運転開始水位は、スクリーン下 50mm であり、この水位以上で運転を開始する。一方、運転停止水位は、スクリーン下 65mm であり、この水位以下に下がると運転を停止するしくみとなっている。

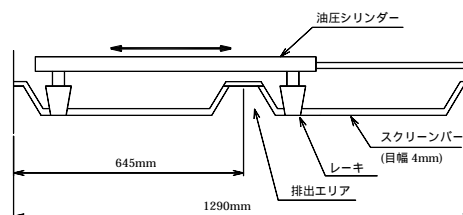


図 - 6 スクリーン断面

3 開発目標

(1) 募集要領に記載された開発目標

「自然吐き口等からの流出水中に含まれる夾雑物の除去を行う技術」

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（トイレトーパー、人畜由来の糞塊、各種衛生用品、食品残渣等の物質、容器包装等の廃棄物）の流出を防止できること。

(2) 必要性能目標

最低限達成すべき必要性能目標は、5.6mm 以上の大きさの夾雑物を対象としてSRVで30%と設定した。

SRV (Screening Retention Value) とは、スクリーンによる夾雑物の除去率を表す指標である。以下に算出式を示す。

本式中の $TSRE_{with}$ は、スクリーン設置時の夾雑物の除去率を、 $TSRE_{without}$ は、スクリーン未設置時の堰による夾雑物の除去率をそれぞれ表す。

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

$$TSRE_{with} = \frac{\text{遮集下水夾雑物量}_{with} + \text{スクリーン設置時の捕捉夾雑物量}}{\text{遮集下水夾雑物量}_{with} + \text{越流夾雑物量}_{with} + \text{スクリーン設置時の捕捉夾雑物量}}$$

$$TSRE_{without} = \frac{\text{遮集下水夾雑物量}_{without}}{\text{遮集下水夾雑物量}_{without} + \text{越流夾雑物量}_{without}}$$

ここに、

- 遮集下水夾雑物量_{with} : スクリーン設置時に遮集される乾燥夾雑物重量
- スクリーン設置時の捕捉夾雑物量 : スクリーンに捕捉される乾燥夾雑物重量
- 越流夾雑物量_{with} : スクリーン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} : スクリーン未設置時に遮集される乾燥夾雑物重量
- 越流夾雑物量_{without} : スクリーン未設置時に放流側に流出する乾燥夾雑物重量

(3) 重要確認項目と実験の基本条件

重要な確認項目として、以下の条件を基本として実験を行った。

1) スクリーンの運転性能

連続運転実験

6時間連続5日間の連続運転による能力・動作の確認を行った。実験対象は、晴天時汚水とし、流量は、スクリーンの公称能力流量とした。

機能障害実験

スクリーンの機能障害の恐れがある夾雑物の除去状況を確認した。機能障害の恐れがある夾雑物は、角材、空缶、ペットボトル、割り箸、レジ袋、発泡トレイ、ウエス、毛髪類、繊維類、その他とした。

2) 雨天時下水排除に対する影響

スクリーン設置時の損失水頭

公称能力の50,100%にあたる流量を目安にスクリーン設置時の損失水頭を確認した。

スクリーン機能停止時の損失水頭

前述の流量条件のもと、スクリーンの機能停止時（閉塞、停止時）の損失水頭を確認した。

スクリーンの処理限界能力

公称能力の150%にあたる流量を目安に処理限界能力を確認した。

3) 合流改善対象施設への設置可能性に関する検討

合流式下水道を採用している全国191都市を対象に既存施設（雨水吐き室）の実態調査を行い、平均的な雨水吐き室を設定し、これに対してモデル設計を行った。

表 - 1 モデル設計の対象とした雨水吐き室の諸元

項目	数値	
排水区面積		
	37.86 (ha)	
流 量	設計流入量	0.84 (m ³ /s)
	設計放流量	0.74 (m ³ /s)
	計画流入量	1.87 (m ³ /s)
	計画放流量	1.77 (m ³ /s)
	遮集量	0.10 (m ³ /s)
	遮集倍率	3.00 (倍)
	雨水吐き室構造	長さ(内空寸法)
幅(内空寸法)		2.30 (m)
高さ(内空寸法)		1.56 (m)
流入管径		1.35 (m)
放流管径		1.35 (m)
遮集管径		0.30 (m)
マンホール蓋開口部の直径		0.60 (m)
堰構造	人孔の深さ(地盤~流入側人孔底面)	2.84 (m)
	堰長	2.60 (m)
	堰高(流入)	0.31 (m)
	堰高(流出)	0.87 (m)
	堰頂・天端	1.25 (m)
	堰幅	0.15 (m)

4 開発研究方法

(1) 実験場所，期間

実験場所・期間は，以下のとおりである。

実験場所：千葉市黒砂ポンプ場

実験期間：平成 15 年 6 月～平成 16 年 1 月

(2) 実験装置仕様

表 - 2 実験装置の主要構成機器仕様

名称	仕様
原水ポンプ	水中汚水ポンプ、 14m ³ /min × 10m ^H × 37kw × 1台
スクリーンユニット	
・鋼板製タンク	1.7m ^W × 4.0m ^L × 1.7m ^H × 1基
・スクリーン	油圧駆動レーキ付バースクリーン (公称能力流量 9.0m ³ /min) 0.368m ^W × 1.29m ^L × スクリーンピッチ 4mm × 1基
制御機器	・油圧ユニット 1.1kw (ボックスに収納) ・制御盤 (屋外型)
付帯配管、架台類	一式

(3) 夾雑物の採取方法

採取する対象夾雑物は、スクリーン通過夾雑物、捕捉夾雑物及び遮集下水夾雑物である。

スクリーン通過夾雑物及び遮集下水夾雑物の採取は、2mm 目のネットに、一定時間、原水ポンプにより揚水した全量を通して捕捉した。

夾雑物の採取は、実験装置を起動してスクリーンの越流を開始後、30 分以上経過してから採取した。また採取時間は、ネットが目詰まりしない範囲で 10 分程度とした。

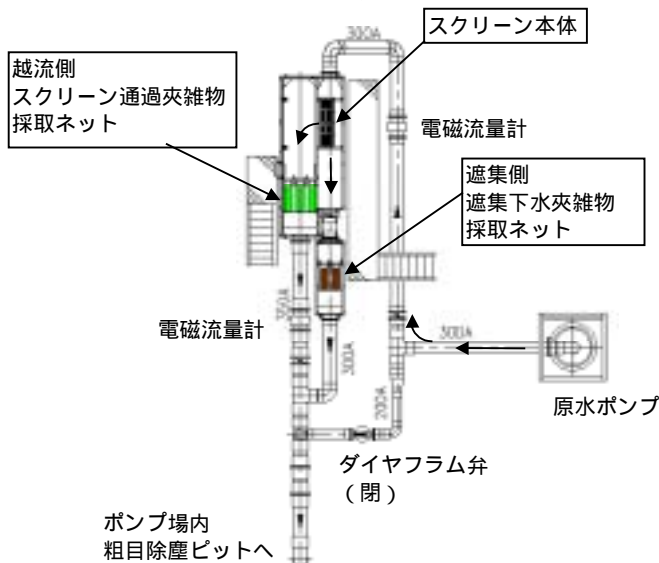


図 - 7 夾雑物採取場所

(4) 分析方法

ネットで採取した夾雑物は、ふるいに掛けて水切りし大きさによる分類を行った。

ふるいの目幅は、JIS規格である 9.5mm, 5.6mm, 2.0mm の3種類とした。大きさごとに分類した夾雑物は、さらに人手によって9種類の夾雑物に分類した。9種類の内訳は、人糞、草木類、厨芥類、紙類、毛髪類、オイルボール、ビニール・プラスチック類、ガラス・金属類、その他とした。その他の内訳は、砂利、アスファルト片、たばこのフィルター、虫の死骸等であった。

また、2.0mmふるい目を通り抜けたもの(ほとんどが、トイレトペーパーであった。)も回収し、静置・沈殿濃縮させて、2.0mm以下の紙類に分類した。

分類した夾雑物は、105 の乾燥機によって十分乾燥させ、電子天秤にて乾燥重量を測定した。

(5) 必要性能目標の実験方法

本スクリーンの公称能力流量の 50%, 75%, 100%にあたるそれぞれ 4.5m³/min, 6.8 m³/min, 9.0 m³/min の下水を、実際に越流させて遮集側および越流側の夾雑物を捕捉し、前述の分析方法により分類し SRV(夾雑物捕捉値)の算出に用いた。

SRV は、下式より算出した。

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

$$TSRE_{with} = \frac{A + B}{A + B + C}$$

$$TSRE_{without} = \frac{b}{b + c}$$

A (g/min) : スクリーン設置時の捕捉夾雑物量

B (g/min) : 遮集下水夾雑物量_{with}

C (g/min) : 越流夾雑物量_{with}

b (g/min) : 遮集下水夾雑物量_{without}

c (g/min) : 越流夾雑物量_{without}

ここで、TSRE_{without} の場合、除去率の測定方法は、実験装置からスクリーンを取り外して、スクリーン有りの場合と同じ流量条件で越流させて夾雑物測定を行った。

(6) 重要確認項目の実験方法

1) スクリーンの運転性能

連続運転実験

3(3)に示す基本条件により実験を行った。

1日の連続運転を終えて中断する場合、スクリーン、実験装置等に付着した夾雑物類を洗浄せず、そのままの状態での翌日の連続運転実験を続けた。

機能障害実験

3(3)に示す基本条件にビニールひも(ひも状繊維類)、衛生用品を加えて実験を行った。

2) 雨天時下水排除に対する影響

スクリーン設置時の損失水頭

公称能力流量の50~100%流量で、スクリーンの通過水量と損失水頭の関係を調査した。スクリーン通過水量を電磁流量計にて測定し、損失水頭は、スクリーンタンク水位を超音波レベル計にて測定した。

スクリーン機能停止時の損失水頭

(レーキ停止時)

レーキが、動作しない状態でスクリーンに6時間通水させて、スクリーンの目詰まりによる損失水頭を測定した。

(スクリーン全閉塞時)

スクリーンが、完全に閉塞した状態で通水し、スクリーンからオーバーフローする場合の水位を測定した。スクリーンは、底面をビニールシートで覆い、模擬的に全閉塞の状態とした。

スクリーンの処理限界能力

スクリーンに公称能力以上の流量(公称能力流量の130%)を通過させた場合の損失水頭を測定した。オーバーフローして未処理水が、越流側に流れるかを観察した。

5 開発研究結果

(1) 必要性能目標

調査の結果、公称能力流量のとき、SRV 平均値は、69.9%であった。また、スクリーンのろ過水量(越流量)の違いによる処理性能の差は認められず、晴天時・雨天時の違いについては、晴天時のSRV 値のばらつきが、大きい結果となった。

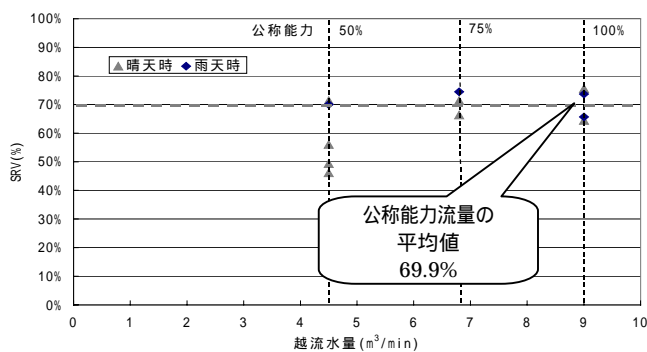


図 - 8 SRV 測定結果

(2) 重要確認項目

1) スクリーンの運転性能

連続運転実験

連続運転実験での越流量と水位の変化を図-9に示す。連続運転実験の結果、運転前後で変化はなく、正常な状態が保たれており、運転性能は、維持されていたが、流入水量の変動から公称能力流量を持続できなかった。このため、図中の矢印A~Eの各実施日における越流量6.0m³/minに着目した場合、矢印A~Eのいずれも水位は、220~235mm付近を示し、稼働時間の長短にかかわらず水位が、ほぼ一定であった。このことから、連続運転による損失水頭の上昇はなかったと考えられた。

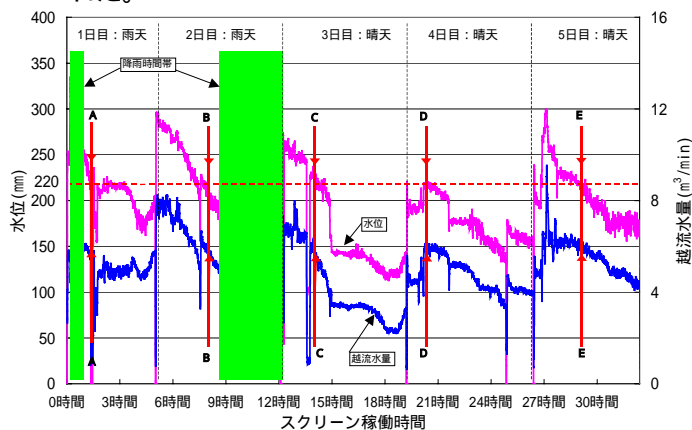


図 - 9 連続運転実験における越流量及び水位

機能障害実験

空き缶、ペットボトル、角材、発泡トレイ、衛生用品を、スクリーンタンクに投入後、所定時間(5~10分間)スクリーンを運転したが、夾雑物の流出やスクリーンの閉塞は無かった。

表 3 機能阻害実験

投入夾雑物	投入個数	スクリーンタンク内滞留	スクリーン絡まり	夾雑物流出	スクリーン機能阻害の有無
空き缶	20個	20個	-	-	無
ペットボトル	20個	20個	-	-	無
レジ袋	10枚	10枚	-	-	無
割り箸	本数	102本	76本	13本	無
	割合%		74.5	12.7	
角材	10個	10個	-	-	無
発泡トレイ	10個	10個	-	-	無
ウエス	5枚	5枚	-	-	無
ビニールひも	本数(長さ)	60本	1本(2cm)	37本(20cm) 2本(15cm) 2本(10cm)	無
	割合%		0.2	64.1	
衛生用品	10個	10個	-	-	無

2) 雨天時下水排除に対する影響

スクリーン設置時の損失水頭

実測したスクリーン越流量 - 水位の関係は、スクリーン公称能力流量の 50% (4.5m³/min 越流) で 150mm、公称能力流量(9.0m³/min)では、280mm であった。

スクリーン設置時の損失水頭の理論式は、スクリーン通過損失水量と越流水深により、算出することができる。

理論計算上は、水位 = スクリーン通過水頭 + 堰越流水頭と考えられる。公称能力流量のときでは、261mm と結果が出ており、ほぼ理論値に近い結果であった。

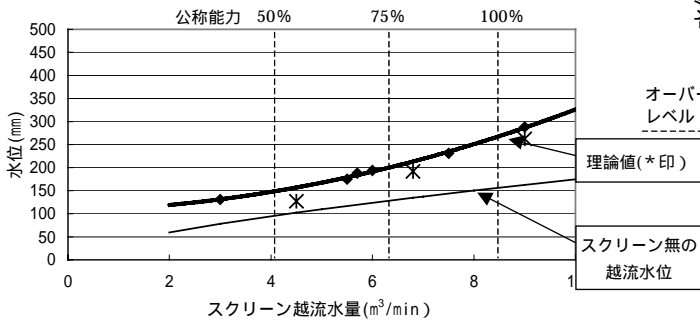


図 - 10 スクリーン越流量 - 水位

機能停止時の損失水頭

(レーキ停止時)

スクリーンを停止状態にして、6時間連続通水させ、目詰まりや水位上昇といった障害が、どの程度起こるのか確認した。越流量と水位の関係は、「スクリーン設置時の損失水頭」で調査した実測水位(レーキ動作時の結果)とほぼ一致した。

結果として、6時間通水しても、目立った水位上昇は、確認されなかった。

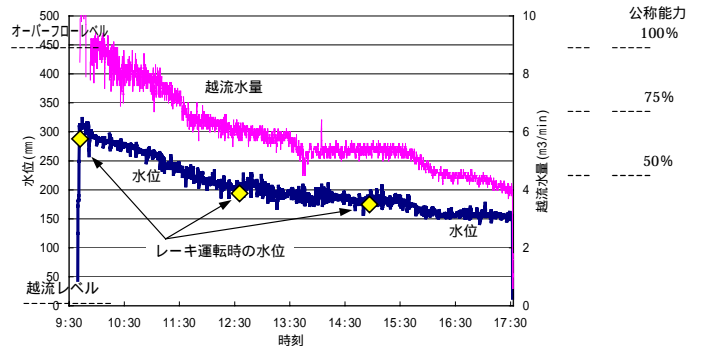


図 - 11 レーキ停止実験 - 越流量と水位 (スクリーン全閉塞時)

スクリーン全面を、ビニールシートで塞ぎ、全閉塞時の水位上昇を調査した。

水量増加に従って、水位は上昇し、公称能力流量で 620mm となり、オーバーフローレベル 450mm に対し+170mm の水位上昇であった。

また、点線のグラフは、全幅堰の式より計算した損失水頭の計算値である。実際の流量は、ほぼ全幅堰の計算結果と一致した。

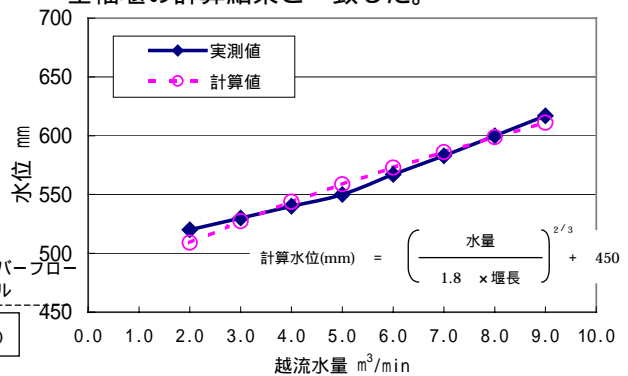


図 - 12 スクリーン全閉塞 - 水位と流量の関係

スクリーンの処理限界能力

スクリーンの公称能力流量以上の負荷をかけた場合の損失水頭及びオーバーフローの流量を計測した。図 - 12 より、公称能力を超える流量を通過させても、水理特性曲線のほぼ延長線上にデータがプロットされる結果となった。

また、公称能力流量の約 1.3 倍である 12m³/min の越流量でも、水位は約 420mm でオーバーフローレベルである 450mm より低く、オーバーフローしなかった。

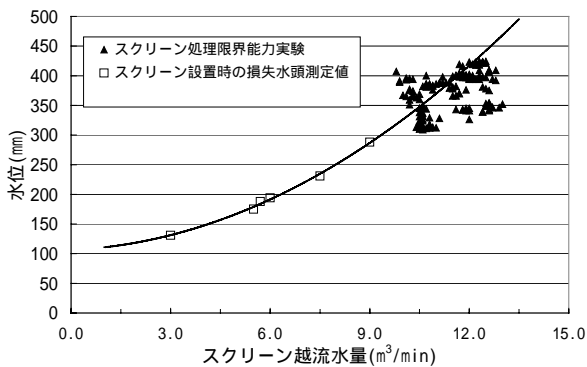


図 - 1 3 スクリーン処理限界能力実験

3) 合流改善対象施設への設置可能性に関する検討モデル設計の検討結果を表 - 4 図 - 1 4 に示す。

表 - 4 モデル設計の検討結果

変更箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・人孔内躯体変更 ・堰を短辺に平行にする。 ・堰の位置をスクリーン幅分放流管側にずらす。 ・点検用マンホールを追加する。
損失水頭	80mm (モデル設計流入水量時)
長所・短所	<ul style="list-style-type: none"> ・設置条件により躯体の変更が生じる。 ・処理量に応じてサイズアップ・ダウンが可能

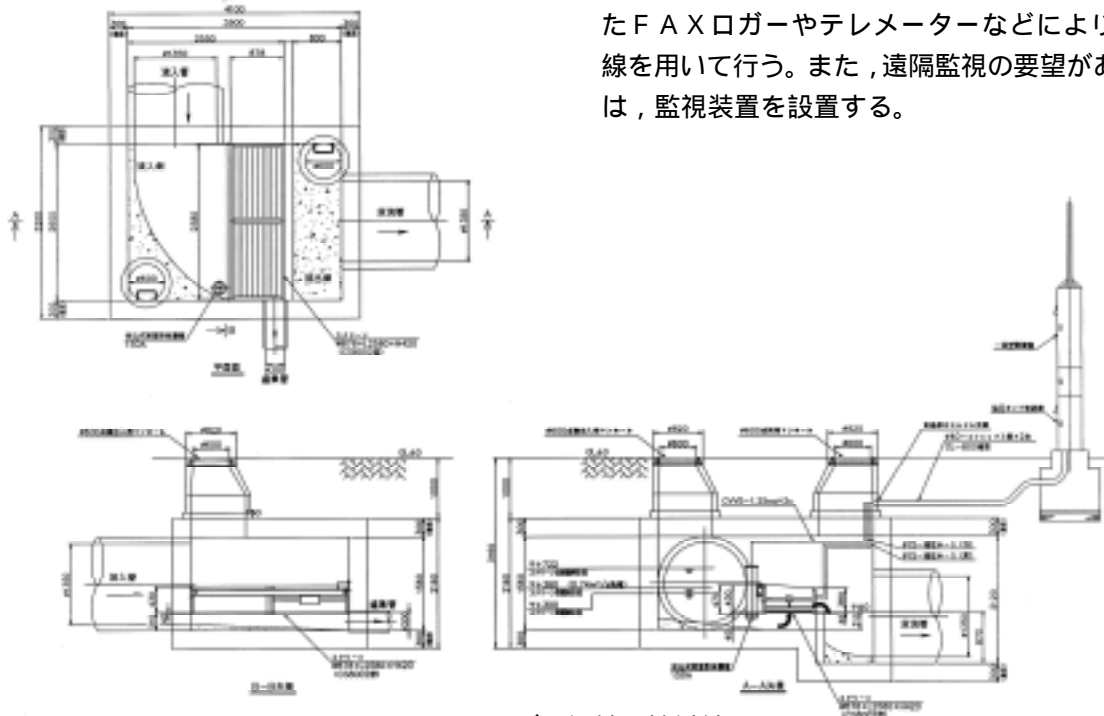


図 - 1 4 モデル設計の検討結果

このプロジェクトに関する問い合わせは

6 技術の評価

評価結果を表 - 5 に示す。

表 - 5 評価結果

適用範囲	雨水吐き室とする。
評価結果	S R Vは、公称能力 100%の流量で、平均 69%となり、必要性能を有すると認められる。(評価手法：晴天時 2 回データと雨天時 2 回データの平均)

7 留意事項

本技術の設置にあたり留意すべき事項は、以下の通りである。

- ・スクリーン閉塞や雨水吐き室への流入量が多い場合、上流側へ水位が上昇するため、スクリーン設置にあたっては、背水の影響による上流側での浸水に対する安全性を検討する必要がある。
- ・放流側の水位が上昇し、スクリーンが水没しても運転は可能であるが、流入側と放流側の水位が逆転して、スクリーンを逆流すると異物がスクリーン上面に乗るため、運転を停止させるなどの対策が必要である。
- ・スクリーンの運転や故障の通報は、制御盤に収納した F A X ロガーやテレメーターなどにより電話回線を用いて行う。また、遠隔監視の要望がある場合は、監視装置を設置する。

研究第一部長

研究第一部総括主任研究員

研究第一部主任研究員

研究第一部研究員

堀江信之

加畑政宏

佐野廣一

下関 聡

