

# 桂川右岸流域下水道に設置する らせん案内路式ドロップシャフト に関する調査研究

## 1. はじめに

桂川右岸流域下水道雨水幹線は、桂川右岸流域の浸水被害の解消を目的とした約25万 $\text{m}^3$ の雨水を貯留させる大規模な雨水貯留施設である。これまで全国の下水道事業では、このような大規模な雨水貯留・排水施設の実施例はない。このため、建設コストの縮減、満足できる機能の発揮、合理的な維持管理など、多くの研究課題が残存している。特にこの施設では、雨水幹線（雨水貯留管）と流入管との高低差がこれまでになかった超高落差となる。

総延長8,730mの流域雨水幹線の内、最上流部の北幹線1号管渠（直径 $\phi$  8.0m, 延長935m, 勾配0.1%）が担う流域は、現在でも浸水が多発している流域であり、平成8年度を初年度として平成12年度までに先行的に整備を行う区間とされている。北幹線1号管渠の上下流端には、流入立坑が接続される。図-1に北幹線1号管渠の模式図を示す。

雨No.1流入立坑は、流量 $Q=2.531\text{m}^3/\text{s}$ の雨水を垂直流下（落差 $H=29.725\text{m}$ ）させる施設となる。平成8, 9年度に雨No.1, 雨No.2流入立坑の高落差施設のあり方について検討を行った。これらの検討結果に基づいて、雨No.1流入立坑では、らせん案内路式ドロップシャフト（以下ドロップシャフトと呼ぶ）を採用することになった。ドロップシャフトの水理特性、形状寸法、使用材料等について水理模型実験および材料実験を実施し、その成果に基づいてドロップ

シャフトの構造および貯留管流入部の形状を決定した。

## 2. 雨No.1流入立坑の基本諸元

### (1) らせん案内路式ドロップシャフトの基本諸元

これまでに行ってきたドロップシャフトに関する研究成果から、桂川右岸流域下水道の雨No.1人孔に設置するドロップシャフトは上部と下部に案内板を配置した中抜き式とした。上部案内板を3枚、下部案内板を6枚とし、案内板の幅は上・下部ともにドロップシャフト径（ $D_s$ ）の $1/3$ とした。上部案内板には吸・排気および整流効果を有する中空円筒（ $\phi=1/3 D_s$ ）をドロップシャフト中心部に設ける構造とした。

### (2) 減勢工内の基本諸元

減勢工底部には、土砂の堆積や、臭気を防止するため、貯留管軸方向に対して左右対称（凹状）となるように1:10勾配のインバートを設置することにした。

ドロップシャフト流出口の設置高は、ドロップシャフトの流出口底面が減勢工底面（1:10勾配）に擦り付く高さとした。

### (3) 貯留管流入部の基本諸元

貯留管流入部には、流入雨水の減勢、減勢工内・

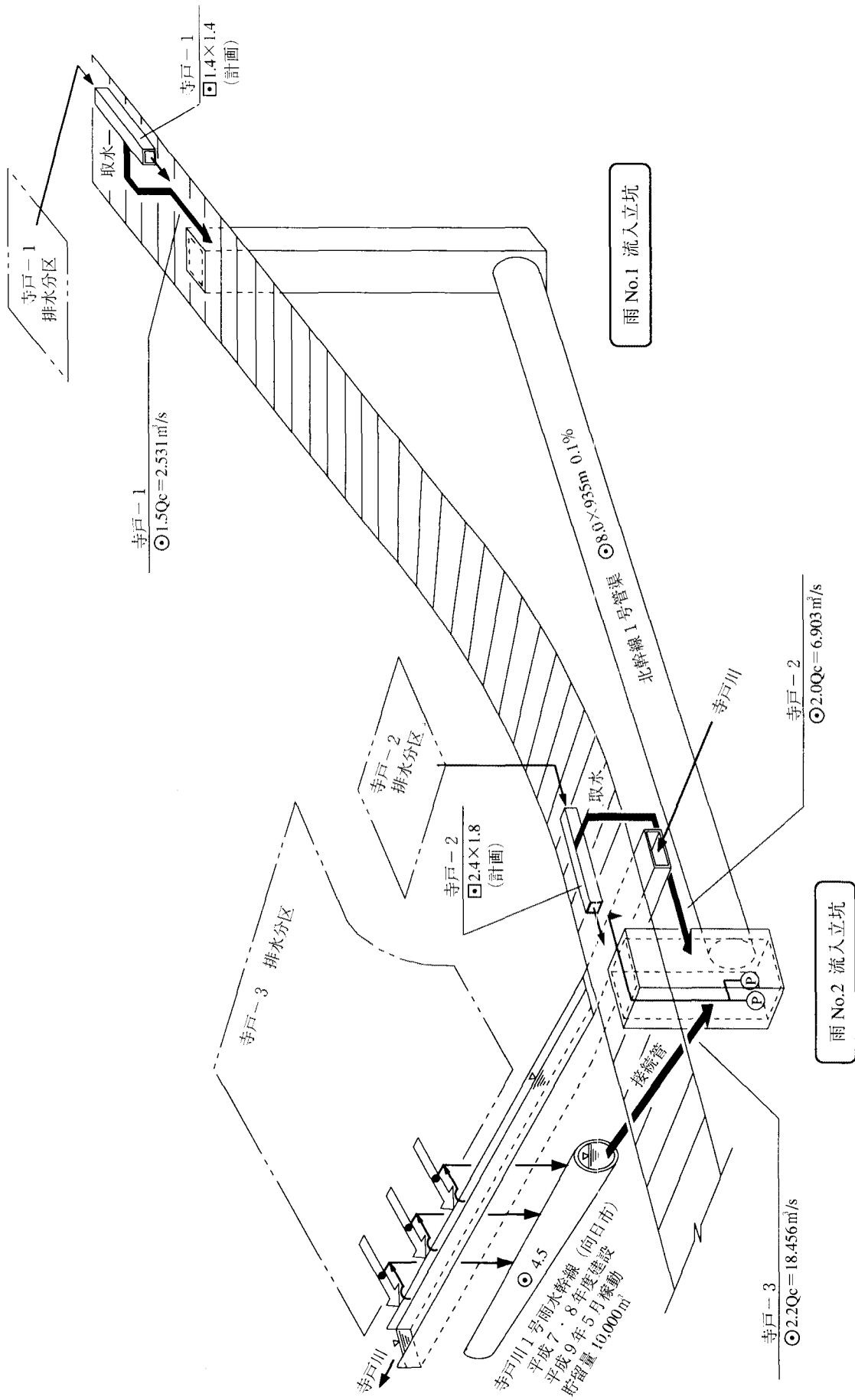


図-1 北幹線1号管渠模式図

貯留管流入部の流況安定，空気連行量低減のためにスリット付きシルを設置することとした。スリット幅は，維持管理のために入坑できるように，人力車等の出入りに最低限必要と思われる0.8mとした。シルの高さは，シル越流後の流速が5m/s程度以下となるように設定した。一方，シル高が高いほど減勢工内の流況の安定，連行空気量の低減が図れる。両者の折衷案として，本検討では1.5mを基本諸元とした。

### 3. 水理実験

#### 3.1 水理実験の目的

桂川右岸流域下水道北幹線1号管渠上流側立坑を対象として以下に示す水理実験を行い，合理的かつ安定した落差処理構造を選定することを目的とする。ここでは，これまで行ってきたらせん案内路式ドロップシャフトの水理実験・解析の研究成果に基

【らせん案内路式ドロップシャフトの水理模型】

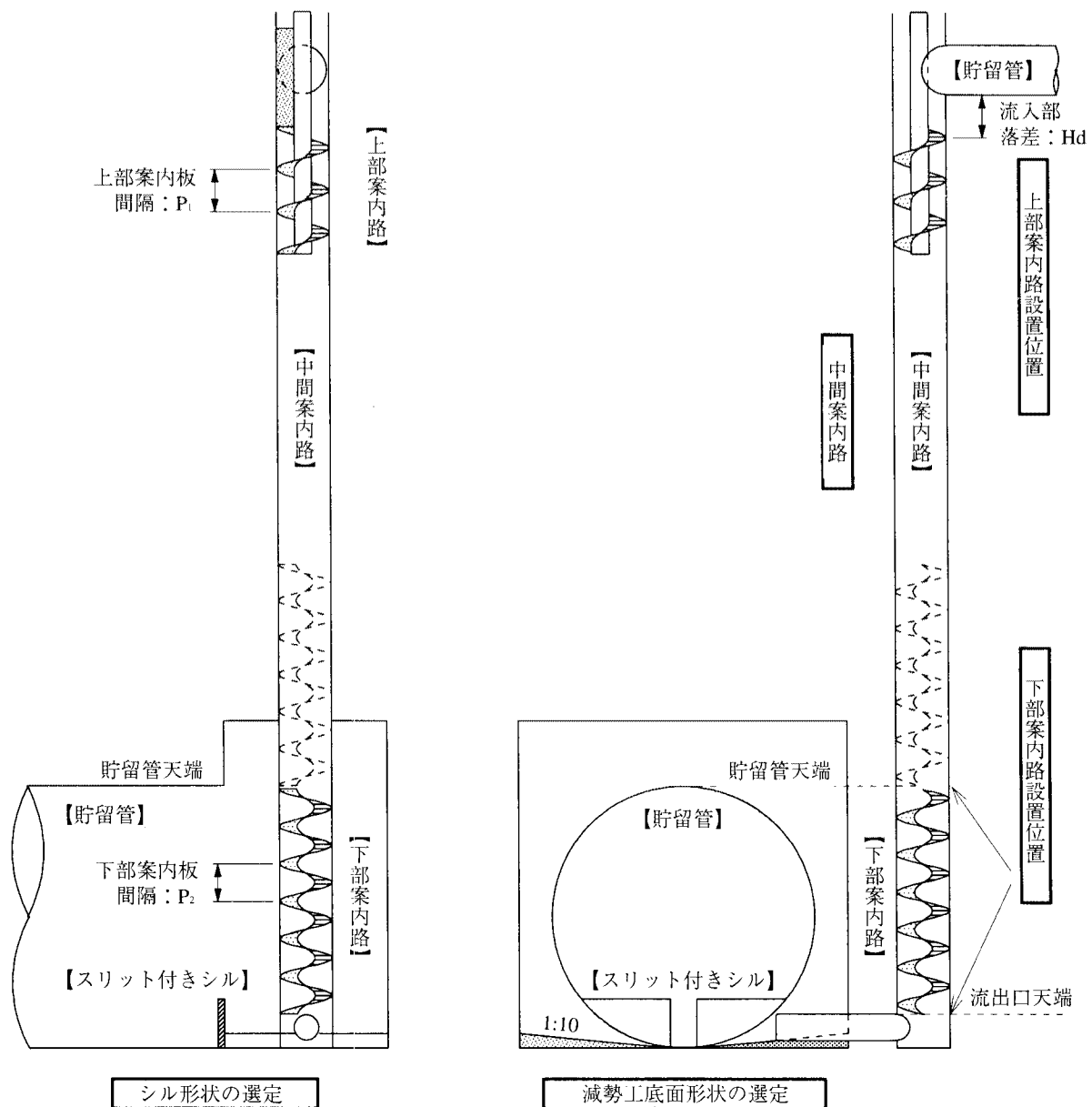


図-2 立坑各部の名称と検討箇所

づいて実施を建設するために必要な諸元を提示した。

- ① 流入部の検討
- ② 中間案内路部の検討
- ③ 下部案内路の検討
- ④ 減勢構造の検討
- ⑤ 空気連行量の検討
- ⑥ 貯留管水位の影響に関する検討
- ⑦ 排気方法に関する検討

実験項目および実験箇所を図-2に示す。

### 3.2 水理実験方法

#### (1) 相似則と模型縮尺

フルードの相似則に基づいた、縮尺模型を用いる。現象の相似性、模型材料、実験設備の規模を勘案して、長さの縮尺を $\lambda = 1/8.163$ とした。

#### (2) 模型化の範囲と構造

- ① 流入管：実物延長で20 m相当
- ② ドロップシャフト：水理構造の全体
- ③ 立坑：実物高さで9.8 m相当
- ④ 貯留管：実物延長で80 m相当

流況観測ができるよう、流入管、ドロップシャフト、立坑、貯留管の各模型の外郭構造は透明プラスチック製とした。らせん案内板、その他の内部構造については、流況観測に支障のない範囲で鋼製、木製等とした。

#### (3) 測定方法

- ① 水位：1/10 mm読みポイントゲージと、1 mm読みスケールを併用
- ② 流量：給水管に設置する電磁流量計を使用
- ③ 流速：電磁流速計、プロペラ流速計、ピトー管を使用
- ④ 圧力：ピエゾメータ、マノメータ、圧力変換器を使用
- ⑤ 流況：流れに色素等を投入し、35mmカラー写真とビデオに記録
- ⑥ 空気量：エアバッグ、風速計を使用

### 3.3 流入部の実験

ドロップシャフト流入部の落差 (Hd) 245~1,633 mmの範囲で12種類に変化させて、流入管への背水の影響、流入部の流動形態の2つの観点から上部案

内路設置位置の最適案を選定した。

#### (1) 上部案内路設置位置の検討

流入部の落差 (Hd) が大きくなるほど流入管への背水の程度は小さくなる。設計流量を流したときの、Hdとピエゾ水頭 (背水の程度) との関係を図-3に示す。これまでの研究で得られた知見によれば、 $Hd = 1,306\text{mm}$  (=P1：上部らせん案内路ピッチ) となる。この場合には背水の影響は見られない。流入部の落差を固定 ( $Hd = 1,306\text{mm}$ ) して流量を変化させたときのピエゾ水頭との関係を図-4に示す。 $\alpha = 1.24$ までは開水路の状態となっており、超過流量 ( $\alpha = 1.2$ ) に対する流水断面の余裕は確保されていることがわかる。

以上より、 $Hd = 1,306\text{mm}$ とした。

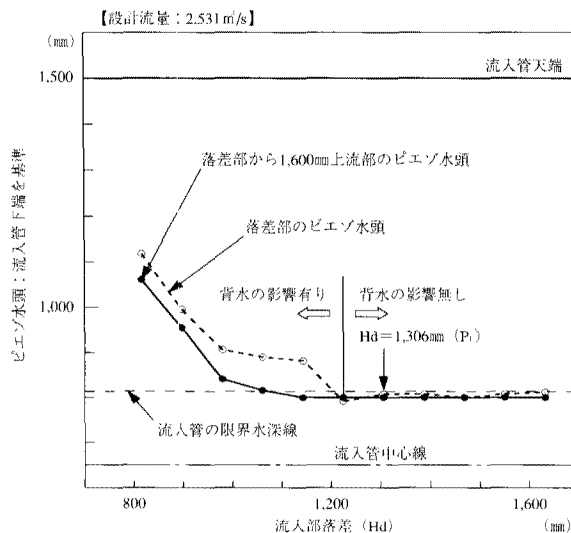


図-3 流入部のピエゾ水頭の変化

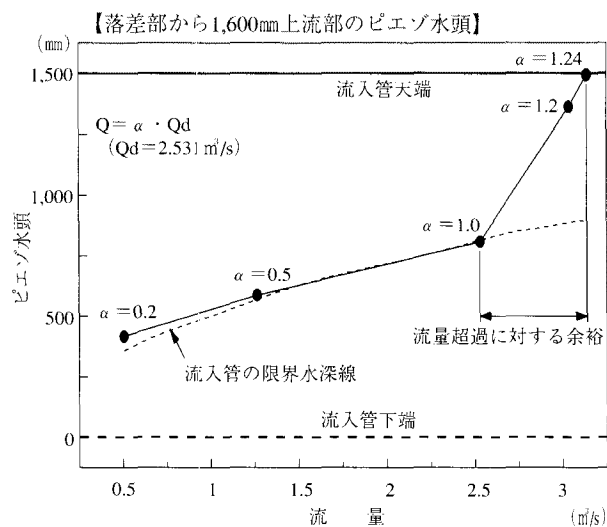


図-4 流入部のピエゾ水頭と流量の関係

## (2) 水面形と余裕断面の検討

上部案内路を流下する水脈厚を計測し、流水断面の余裕幅を確認した。

上部案内路を流れる水脈は、遠心力の作用により安定した渦流を形成し、管壁にへばりつくように流下する。超過流量に対しても満水状態にならず、流水断面の余裕が確保されている。小流量時（0.2Qd, 0.4Qd）には旋回力が低下するため、渦流が形成されにくい。案内板の上から2枚目と3枚目の流況を比較すると、渦流の形成状況に違いが見られ、渦流形成に3枚目の案内板の必要性が確認できた。

## 3.4 中間案内路部の実験

### (1) 渦流状況の把握

上部案内板から放出された水脈は、中間案内路をちょうど一周し、渦流を確保した状態で下部案内板に到達する。小流量時（0.2Qd, 0.4Qd）においても同様に中間案内路を流下する水脈には渦流が確保されており、上部案内板の渦流形成効果が有効であることが確認できた。

### (2) 流下水脈の状況把握

中間案内路を流下する水脈は側壁にへばりつくように水脈厚を減じながら流下する。流況の安定性、断面余裕の観点からも特に問題は認められなかった。

## 3.5 下部案内路の実験

### (1) 下部案内路設置位置の検討

下部案内路をドロップシャフト流出口天端、貯留管天端の2箇所に変え（図-2参照）、空気連行量、エネルギー減勢の観点からその設置位置について比較検討した。

貯留管に連行される空気量を、貯留管の上流側と下流側の2箇所測定した。下部案内路を貯留管天端に設置した場合よりもドロップシャフト流出口天端に設置した場合の方が連行空気量は少ない。下部案内路をドロップシャフト流出口天端に設置した場合には空気連行量は1%前後であるが、貯留管上端に設置した場合には3~5%にまで増大する。また、貯留管の水位が高くなると、空気連行量は減少する。

ドロップシャフトの底面に作用する圧力を測定し、エネルギー減勢効果について検討した。ドロップシャフトの底面に作用する圧力は、下部案内板をドロップシャフト流出口天端に設置した場合の方が

低くなる。

### (2) 余裕断面と貯留管水位の影響の検討

下部案内路をドロップシャフト流出口天端、貯留管天端のどちらに設置した場合でも、下部案内板の2枚目以降、空気と流水が明確に分離した。下部案内路をドロップシャフト流出口天端に設置した場合には、貯留管水位が上昇すると下部案内路の下方部に水没する箇所が生ずるが、流下能力に変化は見られなかった。

以上より、ドロップシャフトの下部案内路をドロップシャフト流出口の天端に設置することとした。

## 3.6 減勢構造の実験

### (1) 減勢工底面形状の検討

減勢工内の流況は、貯留管が空の時にはドロップシャフトのドロップシャフト流出口の軸方向に対して左右対称となる交互渦が形成される。貯留管水位が上昇するにつれて、渦の形成や水面変動は低減する。また、底面にインバートを設けることにより、土砂等の堆積は防止される。

### (2) 貯留管流入部の検討

減勢工と貯留管の接続部には、高さ1.5mのスリット付きシル（スリット幅0.8m）を設置する。貯留管が空の時に貯留管の流入部には図-5に示すように高流速域が形成される。スリットから噴出する流水は、減勢工内に形成される交互渦の影響により噴流軸を左右に揺らしながら貯留管内に流入する。これに伴い、流速・水面が規則的に変動を繰り返す。図-5は、流速・水面の最大および最小値を示している。

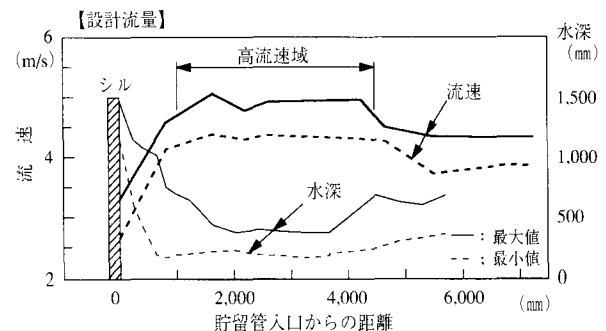


図-5 貯留管流入部の流況

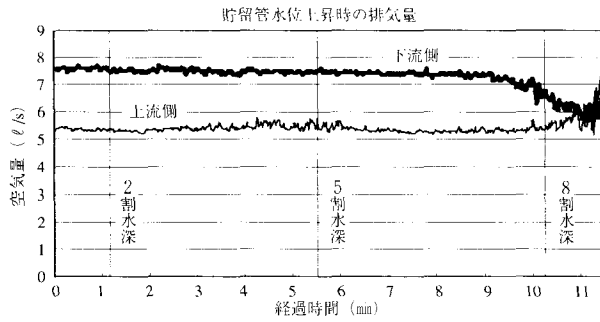


図-6 貯留管の上・下流部立坑の排気特性

### 3.7 空気連行量の実験

#### (1) 下部案内板設置位置の影響

先に述べたように、空気連行量は下部案内板の設置位置によって変化する。

#### (2) 流量の影響

貯留管が空の時、空気連行量は流量の増加に伴って増大する。しかし、貯留管水位が8割水深のときには逆に減少傾向となる。

#### (3) 貯留管水位の影響

貯留管水位が5割、8割水深の時の空気連行量は、貯留管が空のときに比べると1/100程度になる。

### 3.8 貯留管水位の影響に関する実験

#### (1) ドロップシャフト内の流況

貯留管の水位により、下部案内板1枚目の上に形成される乱れと水面形は影響を受ける。貯留管水位が6割以上になるとこの影響が大きくなり、下部案内板上には見かけの水位、あるいは跳水に類似した現象が発生する。

#### (2) 減勢工内の流況

減勢工内の流況は、貯留管の水位が上昇するほど静穏になる。

### 3.9 排気方法に関する実験

#### (1) 貯留管内の水理・排気特性の検証

貯留管の上流部と下流部とで設計流量が流入したときの排気量を測定した。結果を図-6に示す。貯留管の水位が9割を越えるあたりから排気量が不安定になり、上流・下流からの排気量が逆転する。それぞれの立坑からの排気量の比率は、貯留管水位が9割以下の場合に、4（上流）：6（下流）となった。

## 4. まとめ

桂川右岸流域下水道の北幹線1号管渠（雨No.1立坑）を対象としてらせん案内路式ドロップシャフトの検討を行った。

検討の結果、図-7に示す水理構造が得られた。この水理構造に対して、上から1枚目の下部案内板に載荷される荷重に対する実験を行った。材質はFRP製とし、以下のように材料厚を決定した。

- 上部らせん案内板1枚目 :  $t = 30.0\text{mm}$
- 上部らせん案内板2枚目以降 :  $t = 23.0\text{mm}$
- 下部らせん案内板1枚目 :  $t = 43.0\text{mm}$
- 下部らせん案内板2枚目以降 :  $t = 28.0\text{mm}$

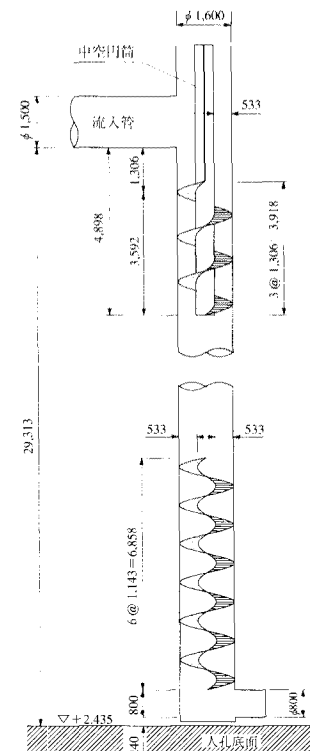


図-7 らせん案内路式ドロップシャフトの水理構造

●この調査研究に関する問い合わせは

事務局次長  
技術部事業課長  
技術部研究員

鈴木 茂  
宮沢 達雄  
中西 祐啓