

# 大深度・大口徑雨水貯留管 (渋川雨水貯留管等) の 設計・施工に関する調査研究

## 1. 研究目的

近年、都市化に伴う不浸透区域の拡大から、「都市型水害」が増加している。この対策としては、河川の流下能力および下水道の排水能力を増加させることが重要である。しかし、都市化の進展で、河川改修や下水管の布設または増強が困難であったり、また、ピーク時の雨水量に合わせた施設の整備が不経済となる場合など、都市部において雨水貯留管を整備するケースが増えてきている。

雨水貯留管の設置目的には、都市部における雨水整備水準を超える降雨に対してピークカットすることで浸水を防ぐ量対策の他に、降雨初期の雨水を取水、貯留し、公共用水域への汚濁負荷の流出を削減する質対策がある。

神奈川県川崎市で建設されている江川雨水貯留管、渋川雨水貯留管も、量対策・質対策併用の大深度・大口徑雨水貯留管である。

本研究は、下水道における大深度・大口徑雨水貯留管の計画・設計・施工・維持管理について、江川、渋川両貯留管を事例に、その考え方や検討手法について整理し、今後の下水道事業に役立てようとするものである。

本年度は、渋川雨水貯留管No.2 中間取水施設を対象とした水理模型実験を行い、最適な構造と材料について提案を行った。

## 2. 研究体制

本研究は、川崎市と共同研究体制で、平成7年から実施している。

## 3. 平成11年度の研究項目

- (1) No.2中間取水施設の水理模型実験  
No.2中間取水施設の分水特性や落差および合流処理等の検討を行い、合理的な諸元を選定することを目的として、水理模型実験を実施した。
- (2) No.2中間取水施設の材料選定  
No.2中間取水施設の材料について、水理模型実験の結果と施工性、経済性の観点から最適な材料を選定した。
- (3) No.2中間取水施設の構造上の課題とその対策  
No.2中間取水施設の構造に対して課題を抽出し、設計方針の整理と対策方法の提案を行った。

## 4. 研究内容

### 4.1 No.2中間取水施設の概要

#### (1) 取水施設の機能

本取水施設には、図-1に示すように3方向からの流入・合流および分水機能と、大深度貯留管への導水・落差処理としての機能がある。

- ① 分水：木月幹線から計画分水量を横越流により

確保する

- ② 合流：渋川4号，渋川5号幹線および分水した木月幹線からの流入水を合流させる
- ③ 落差：合流した雨水を約40m下の渋川雨水貯留管へ減勢効果の高い落差工により導水する

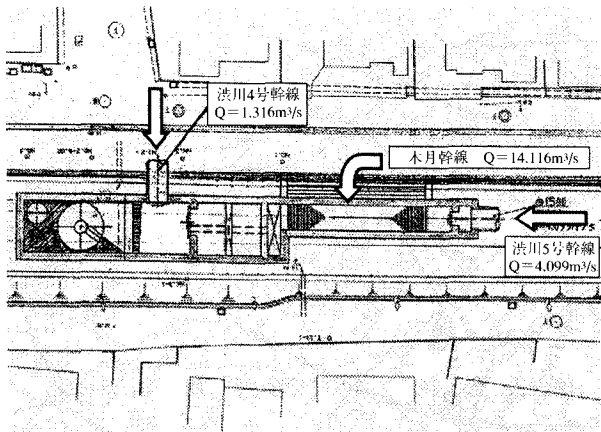


図-1 No.2中間取水施設概要図

(2) 計画取水量

各幹線の計画取水量は，以下の通りである。

- 木月幹線      ： □3,000mm     $Q = 14.116\text{m}^3/\text{s}$   
                  (横越流よる分水)
- 渋川4号幹線：  $\phi 1,350\text{mm}$     $Q = 1.316\text{m}^3/\text{s}$   
                  (全量)
- 渋川5号幹線：  $\phi 1,500\text{mm}$     $Q = 4.099\text{m}^3/\text{s}$   
                  (全量)

ここに，  $Q$ ：計画取水量

(3) 計画貯留量

木月幹線処理区分としての渋川雨水貯留管の計画貯留量は，以下の通りである。

計画貯留量  $V = 43,580\text{m}^3$

4.2 原設計案における課題

No.2中間取水施設の原設計案を図-2に示す。取水施設の主要部は，横越流からなる分水部，合流部，落差部の3つの部分から構成されている。

落差部は，落差約40m，口径3.650mの大規模な中抜き旋案内路式ドロップシャフトである。ドロップシャフトは貯留管の天端に直接接続され，これは我が国初の試みとなっている。

水理実験は，フルードの相似律に従って模型の縮尺を1/10.5とし，鋼製のドロップシャフトを想定(以下，鋼製という)して実施した。

実験の結果から，以下の課題が明らかとなった。

① 木月幹線分水部の課題

表-1に示すように分水量は計画値の64%，一方，貯留量は計画値の56%となり，計画値を大きく下回った。

② 木月，渋川4号，渋川5号幹線の合流部の課題  
取水施設の合流水槽に設置された阻板が十分に機能しなかったため，流況に乱れが生じた。

③ 中抜き旋案内路式ドロップシャフトの課題  
落差部の落下流量は $19.531\text{m}^3/\text{s}$ と大きいにもかか

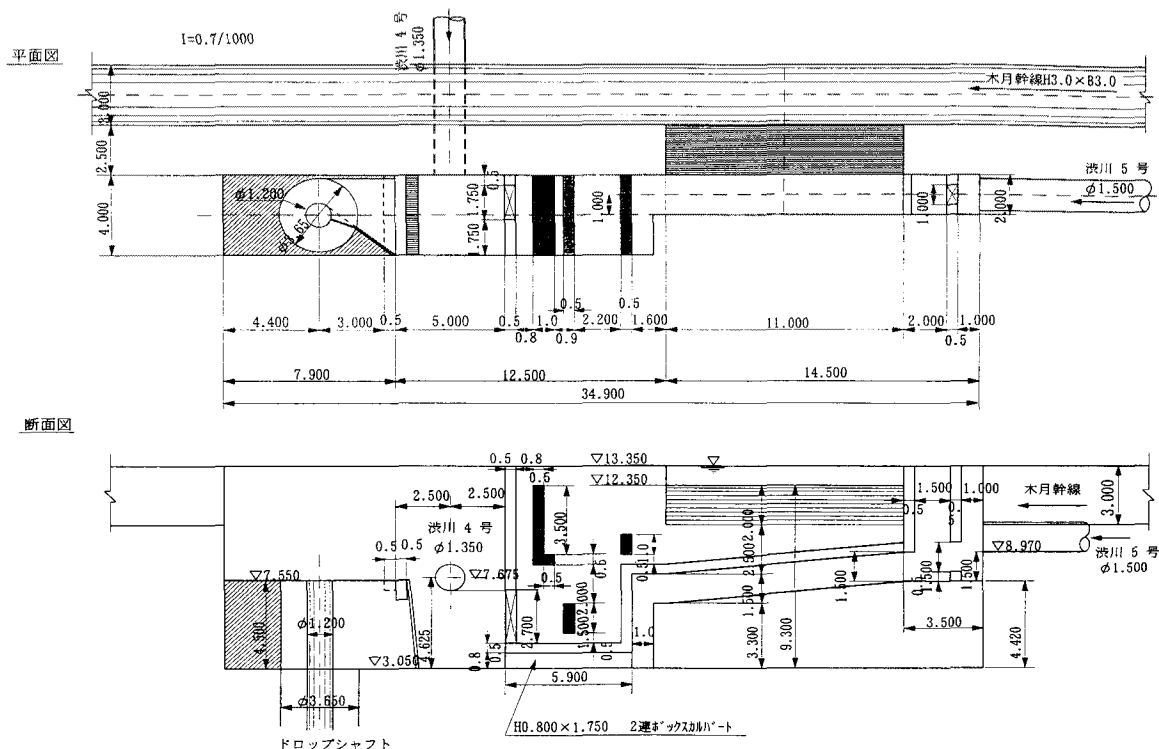


図-2 No.2 中間取水施設原設計案

表-1 分水堰の実験結果

	堰長 (m)	堰高 (m)	ピーク時流量			分水比率 (%)	貯留量 (m <sup>3</sup> )
			幹線全流 m <sup>3</sup> /s	分水量 (m <sup>3</sup> /s)	下流側流量 (m <sup>3</sup> /s)		
計画値	11.000	2.000	25.818	14.116	11.702	54.6	45,580
原設計案	11.000	2.000	25.818	9.000	16.818	34.9	24,470
最終案	11.000	1.900 (B=2.3m) (D=2.3m)	25.818	14.116	11.702	54.6	42,700

B：堰前面の木月幹線水路幅の拡幅，D：デフレクター張り出し幅

ならず安定した流況であったが、下部ら旋案内路落下水の主流が直接貯留管側壁に着水するため、貯留管へ影響が懸念された。

### 4.3 取水施設の課題への対応

#### (1) 分水堰

木月幹線からの分水比率は、ピーク時流量に対して約55%と大きい。

分水量ならびに貯留量を増加させる対策としては、堰高の調整、堰前面部の拡幅、分水を促すデフレクターの設置等がある。それらについて水理模型実験を実施した結果、**図-3**に示す最終案（デフレクター案）のみが計画値を満足することが明らかとなった。なお、分水堰の長さは、周辺環境条件や自然的などの制約から原設計案とおり11mとした。

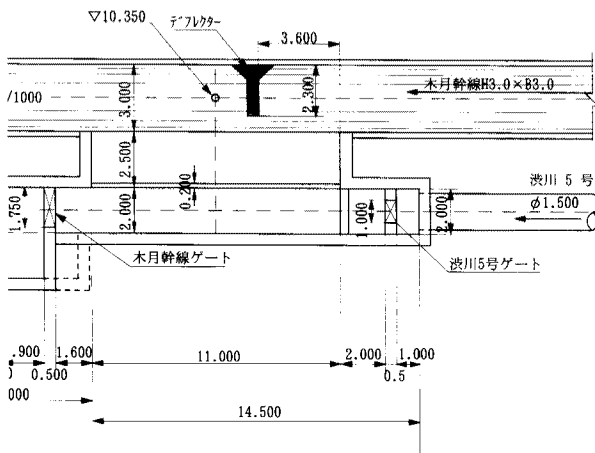


図-3 最終案分水堰（平面）

#### (2) 合流水槽

合流水槽は、流入管底高が異なる木月幹線(分水)、渋川4号および渋川5号幹線の流入水を安定して合流させ、ドロップシャフトまで導く施設である。

比較検討実験では各阻板の配置・形状を変更し、また、合流水槽の構造も再検討し最終案とした。最

終案形状を**図-4**に示す。

最終案では合流および落差処理が効果的に行われ、ドロップシャフトへ接近する流れも安定した流況が得られた。

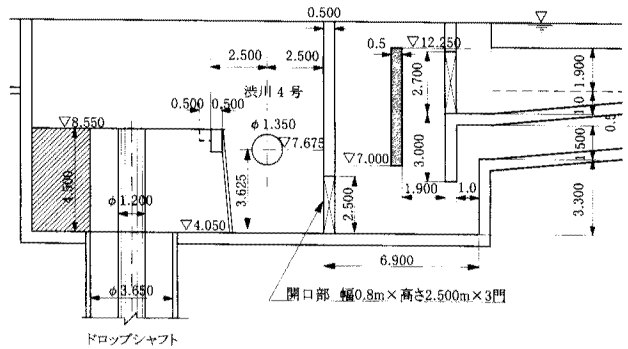
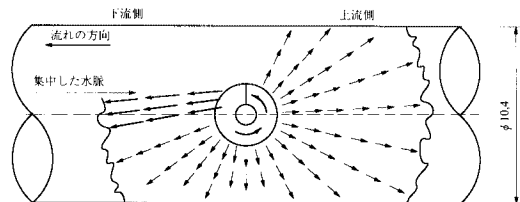


図-4 最終案合流水槽（断面）

#### (3) 中抜きら旋案内路式ドロップシャフト

ドロップシャフトから貯留管への流下状況は、ドロップシャフトのら旋流により平面的には360°の拡散、縦断的には垂直に対して30°~40°に傘状に拡散

#### 平面図



#### 断面図

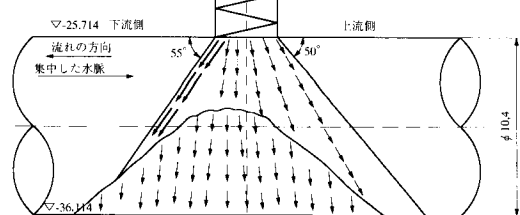


図-5 下部ら旋案内路の吐口位置と貯留管の流況

した流れが形成され、薄い水脈となり貯留管の壁面に達する。

落下水が貯留管に及ぼす作用圧力、摩耗等の影響を最も小さくするため、下部ら旋案内路の最下端の吐口位置を、落下水の主流が貯留管の管底になるように調整した。その結果、吐口は図-5に示すように、貯留管下流方向から右回りに90°回転させた位置とした。

#### 4.4 コンクリート製中抜きら旋案内路式ドロップシャフトの検討

既存のドロップシャフトは直径1.5m以下、流量2m<sup>3</sup>/s以下の小～中型の施設が大部分で、一般にFRPを主材料として製作されている。それに対して、本ドロップシャフトは直径3.65mと大口径であるため、上記材料での製作は不経済となる可能性がある。このことから、経済的に有利な鉄筋コンクリート製ら旋案内路を想定（以下、コンクリート製という）し、水理模型実験による流下能力の追加検証を行った。

##### ① ら旋案内路の板厚と間隔

ら旋案内路をコンクリート製とした場合の厚さは、応力計算から350mmとなる。上部および下部ら旋案内路の間隔は、鋼製の場合と等しくした。

##### ② 流況

ら旋案内路の厚さを350mmとした場合、下部ら旋案内路の始端部に水流が当たり、流況の乱れが大きくなった。そのため、中抜き部の空気混入量は、鋼製を想定した場合より多くなった。その対策として、下部ら旋案内路の始端部を図-6に示すようにくさび状に改良した。

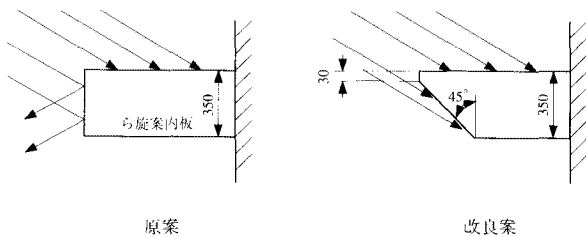


図-6 下部ら旋案内路始端部の形状

##### ③ 流下能力

計画流量に対する流下能力は、鋼製の場合と同様な余裕のある流下状況を示した。

##### ④ 下部ら旋案内路最下端の吐口位置

下部ら旋案内路の最下端の吐口位置は、貯留管に落下する主流水脈が貯留管の管底に達するように、図-7に示す150°とした。

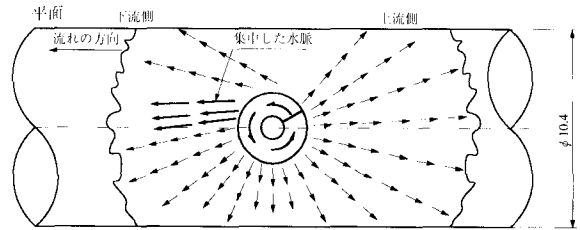


図-7 コンクリート製下部ら旋案内路の吐口位置と貯留管の流況

#### 4.5 貯留管への作用圧力と連行空気量

ドロップシャフトから貯留管への落下状況は前述のとおりであり、傘状に形成される水脈は鋼製およびコンクリート製でほぼ同様であった。

計画最大流量19.531m<sup>3</sup>/sで落下する際に貯留管内に発生する最大圧力は、鋼製の場合29.1kN/m<sup>2</sup>、コンクリート製の場合26.2kN/m<sup>2</sup>であった。両者の最大圧力は、貯留管の満管状態での圧力101.9kN/m<sup>2</sup>の約1/3程度であった。

一方、ドロップシャフトから貯留管へ連行される空気量は、下部ら旋案内路の始端部をくさび状としても、図-8に示すように、鋼製に比べコンクリート製で多くなっている。これは中抜き区間が鋼製の場合に比べ短く、流況の乱れが解消される前に下部ら旋案内路に落下水が入り込み、混入した空気が抜けにくくなるためであると考えられる。

#### 4.6 No.2中間取水施設の材料の選定

##### (1) ドロップシャフトの材料

中抜きら旋案内路式ドロップシャフトの材料選定は、シャフト部とら旋案内路を一体施工する場合と分離施工する場合を考慮して、施工性、経済性を主眼において検討を行った。

一体施工案では、取扱、工期、品質（精度）で鋼製が優れており、経済性でコンクリート製が有利となる。一方、分離施工案では、施工性、工期や経済性から、コンクリートプレキャストもしくはコンクリートプレキャスト（シャフト部）+現場打ち（ら旋案内路）の組合せが有利であると判断した。

##### (2) デフレクターの材料

木月幹線内に設置するデフレクターの材料として、鋼製と鉄筋コンクリートを比較検討した。

鋼製は施工性に優れているが耐腐食性等に劣ることから、鉄筋コンクリートの採用を提案した。

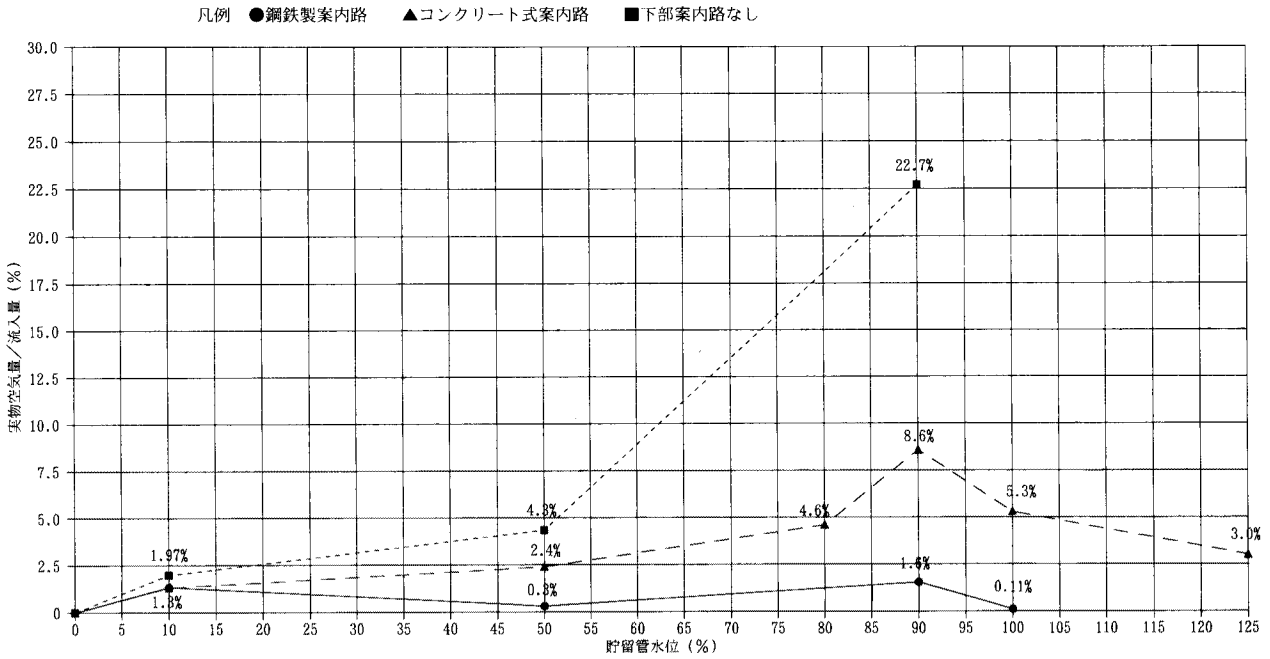


図-8 貯留管連行空気量測定結果の比較

#### 4.7 No.2中間取水施設の構造上の課題とその対策

##### (1) 構造上の課題

No.2中間取水施設は渋川雨水貯留管直上に構築され、ドロップシャフトは貯留管の天端に直接接続される。

本取水施設の構造上課題となる箇所を、図-9に示す。

- A 部：取水施設とドロップシャフトの地震時の挙動が異なるため、剛結の場合、接続部にクラックが生じる可能性が高い。
- B 部：N値10未満の沖積シルト層とN値50以上の洪積砂礫層の層境であり、地震時の挙動の違いから応力が集中する。
- C 部：ドロップシャフトの重量を貯留管（断面欠損部）で負担することとなる。

##### (2) A部の対策案

躯体とドロップシャフトの連結部であるA部は、地震時の相対変位によりクラックが発生し、漏水の原因になり易い。そこで、地震時の相対変位を吸収する免震材を躯体とシャフトの間に設けることにより、クラックの発生を防止する。

##### (3) B部の対策案

ドロップシャフトの掘削は全旋回ボーリングでの施工を計画しており、掘削時に用いたケーシングチューブを本体利用することから、可とうジョイントの設置は困難であり、地震時の発生応力はケーシングチューブで対応する。

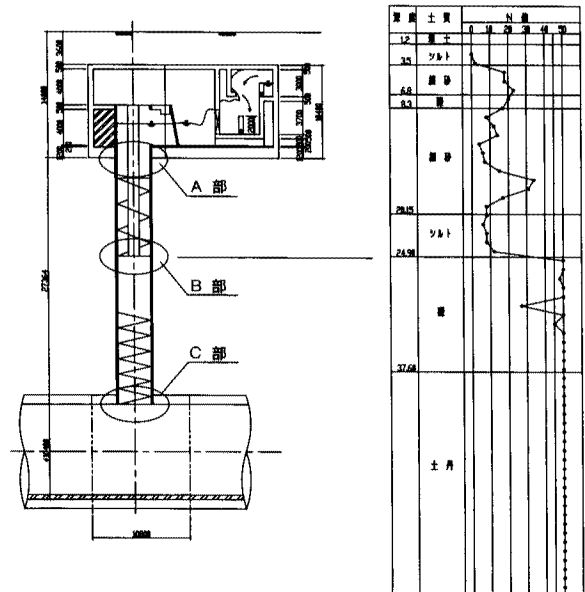


図-9 構造上の課題箇所

##### (4) C部の対策案

ドロップシャフトと貯留管の接続部は基盤層（土丹層）内であるため、地震時の影響は小さい。一方、ドロップシャフトの自重は貯留管に作用するので、開口部を鋼材等で補強して対応する。

#### 4.8 最終構造の提案

No.2中間取水施設の最終構造を図-10に示す。

