

ベンドサイフオンの採用によるコスト縮減について

財団法人愛知水と緑の公社 ○ 生 越 賢 仁
愛知県尾張建設事務所 久 野 誓 友

1. はじめに

自然流下方式で管渠の設計を行う場合、水路や地下埋設物の下越しにより、埋設深が深くなり推進工事区間が増大する。特に平坦地でかつ地表勾配が利用できない地域では、推進工事区間が延々と続くことになる。これを解消するためには、マンホールポンプの設置が考えられるが、障害物が多い箇所では複数のマンホールポンプが必要となり、維持管理費が増大する。

そこで、全国的に見ても一部の自治体でしか採用されていないベンド管を用いた伏越し（以下、ベンドサイフオンという）について、流域関連公共下水道の事業認可設計を例にコスト縮減効果を紹介する。

また、実流実験を実施し、その流下特性を調査したので報告する。

2. 従来型伏越しから改良型伏越し（ベンドサイフオン）へ

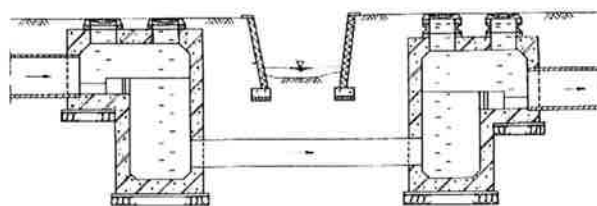
伏越しは、「下水道施設計画・設計指針と解説（２００１年度版）」（以下、設計指針という）において、維持管理上の問題点が多いため避けることが望ましいとされている。問題点としては、汚泥の堆積による酸素濃度の低下、硫化水素の発生、躯体コンクリートの腐食等があげられ、図－１の従来型伏越しでは問題発生の原因となる構造的な要因を含んでいる。

分流式下水道の場合、特に問題となるのが大断面の泥だめ（ピット）部での急激な流速の低下である。県内においてもこの泥だめ部でラーメン店からのラードによる汚泥が堆積し、閉塞した事例がある。

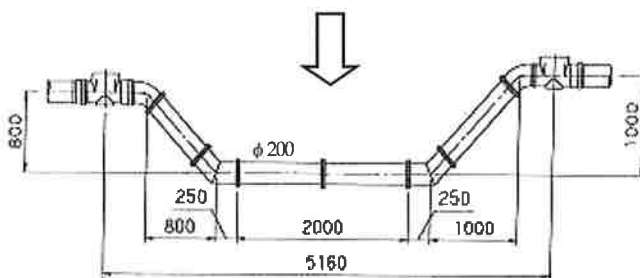
そこで、従来型伏越しの構造上の問題点の解決策として、図－２のベンドサイフオンが提案され一部で実施されている。この方式は、泥だめ部を無くし、角度をもったパイプ方式とすることにより断面変化による流速の低下を防いでいる。

分流式下水道の污水管では、宅内排水設備及び公共マスにおいて塩化ビニル部材が主流となり、管の小口径化及び人孔の小型化が進んでおり、土砂の流入は極端に少なくなっていることから泥だめの必要性自体が希薄になってきている。

この土砂の流入が少なくなっていることは、掃流対象物が管渠の設計で本来想定している砂ではなく汚物でよいこととなり、必要な流速も小さくてもよいことになる。また、このパイプ方式に加え、屈曲部に大曲がり管を用い、上下流入孔の管頂部まで施工したインバートにより汚水をスムーズに誘導することにより、断面変化を無くし、損失水頭を軽減し、汚物を含めた汚水の流れを容易にしているものと考えられる。



図－１ 従来型伏越し（設計指針から抜粋）



図－２ ベンドサイフオン（今回実流実験で使用したもの）

3. 流域関連公共下水道事業認可設計でのコスト削減事例

県内の平坦地で、かつ水路が多く存在する都市での事業認可設計において、自然流下方式とベンドサイフォン採用での比較検討を行った。縦断の違いを図-3に、工事費の比較を表-1及び表-2に示す。

ベンドサイフォンを2箇所の水路越しで採用することにより、流域下水道の接続点では土被りが1.85m浅くなり、自然流下方式で行った場合の512mの推進工事区間を開削工事区間とすることができた。

結果的に工事費のコスト削減額は、約7千5百万円となった。

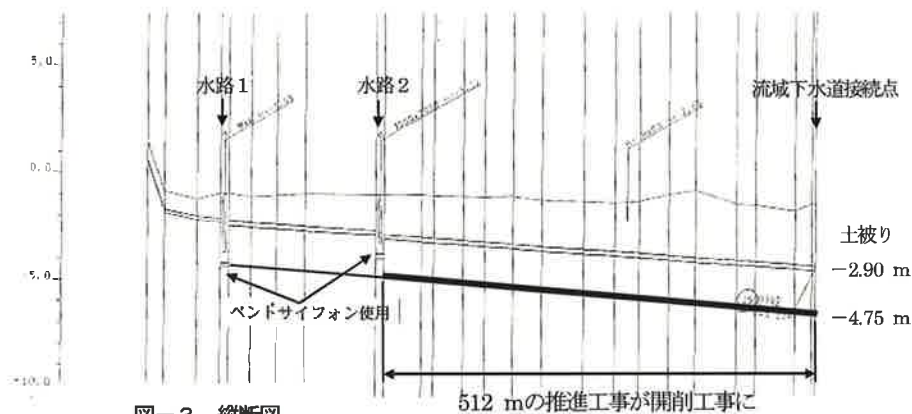


図-3 縦断図

表-1 自然流下方式

管 径	土 被 り					工 事 費
	1～2m	2～3m	3～3.5m	3.5～4m	4m～	
φ150 (開 削)	85m × 85,000円/m					7,225千 円
φ200 (開 削)			182m × 110,000円/m			20,020千 円
φ200 (推 進)				160m × 250,000円/m	352m × 250,000円/m	128,000千 円
合 計						155,245千 円 ... ①

表-2 ベンドサイフォン採用

管 径	土 被 り					工 事 費
	1～2m	2～3m	3～3.5m	3.5～4m	4m～	
φ150 (開 削)	85m × 85,000円/m		10m × 105,000円/m			8,275千 円
φ200 (開 削)	172m × 90,000円/m	512m × 110,000円/m				71,800千 円
合 計						80,075千 円 ... ②

コスト削減効果 ① - ② = 155,245 - 80,075 = 75,170 千円

4. ベンドサイフォン実流実験の概要

透明アクリル管を用いた実験設備を製作し、本管ベンドサイフォン(φ200)及び取付管ベンドサイフォン(φ100、φ150)の内部の流下状況を確認するため、模擬汚物を用いた実流実験を行い評価した。



写真-1 本管ベンドサイフォン実験設備



写真-2 取付管ベンドサイフォン実験設備



写真-3 模擬汚物(味噌ベース)

比重 1.05
&
比重 0.95

<実験結果>

表-3 本管ベンドサイフォン(φ200) 流下状況

形状	汚物 比重	戸数相当							
		15	30	45	60	120	150	180	300
		流量 (m ³ /s)							
		0.0005	0.001	0.0015	0.002	0.004	0.005	0.006	0.01
上流45度	1.05	×			×	△			
下流45度	0.95	×	△	○	○	○			
上流45度	1.05						×	△	○
下流90度	0.95						○	○	○
上流90度	1.05					×		○	
下流90度	0.95	×	△	○	○	○		○	
上流90度	1.05					×			
下流45度	0.95			×	△	○			

備考1 ○:流れる ×:流れない △:一部流れる

備考2 〇は実験していない

表-5 損失水頭(本管ベンドサイフォン)

管路条件	流量(m ³ /s)	計算値(mm)	実測値(mm)
上流45度 下流45度	0.004	52	5
	0.002	50	7
	0.0015	50	7
	0.001	50	6
	0.0005	50	4

表-4 取付管ベンドサイフォン流下状況

条件a:ベース流量を流した状態で大便器から排水

管径	比重	ベース流量(ℓ/s)			
		0.3	0.6	1.0	1.6
φ100	1.05	×	×	○	
	0.95	○	○	○	
φ150	1.05			×	×
	0.95	×	○	○	○

条件b:大便器から排水後ベース流量を排水

管径	比重	ベース流量(ℓ/s)			
		0.3	0.6	1.0	1.6
φ100	1.05	×	×	△	○
	0.95	○	○	○	
φ150	1.05			×	×
	0.95			○	○

備考1 ○:流れる ×:流れない △:一部流れる

備考2 〇は実験していない

備考3 φ150のベース流量1.6ℓ/sは1.5で実施した

備考4 大便器の排水は1.5ℓ/s

備考5 ベース流量相当の宅内排水器具

0.3ℓ/s:台所流し 0.6ℓ/s:台所流し+洗面器

1.0ℓ/s:浴槽 1.6ℓ/s:浴槽+台所流し+洗面器

表-3に本管ベンドサイフォン、表-4に取付管ベンドサイフォンの流下状況を示す。本管ベンドサイフォンでは比重1.05の重い疑似汚物は流量を大きくしないと流れなかった。しかし、先進自治体での実態調査では、接続が数戸のケースでも汚物の堆積がみられないなど、実態と実験結果では差が生じた。これは、実際の汚物の形状が時間や流下距離で分解変化することが推測された。また、取付管では明らかにφ100の方がφ150より有利であり、流速を大きくする効果について再認識することができた。

表-5に本管ベンドサイフォンの損失水頭を示すが、実測値は計算値に比べ明らかに小さかった。

なお、今回の実験結果から、比重1.05と比重0.95の味噌ベースの模擬汚物がともにサイフォン部で確実に掃流される流速は約20cm/sであった。また、ベンド部(屈曲部)に模擬汚物が留まりやすいことから、この箇所には曲率半径の大きい大曲がり管の採用が有効であることがわかった。

5. おわりに

ベンドサイフォンは、設計指針においては基本的に避けるべき伏越し技術であるが、設計次第では有効な技術であり、実際に大きな成果を上げている中小規模の分流式下水道の自治体はいくつも存在している。

本県においても、先進自治体の調査結果及び今回の実験結果を反映し、平成14年度から「下水道実施設計の手引(案)ーコスト縮減策ー」として、ベンドサイフォンについての設計基準、維持管理上の注意点などを記載した手引書を発行し、県内の下水道事業実施市町村における管渠設計の参考としている。

今後、ベンドサイフォン供用済み箇所の堆積物調査等を行い、設計及び維持管理の手法についてさらに追究する予定である。

【参考文献】

- 1) 下水道施設計画・設計指針と解説 前編 -2001年版- (社)日本下水道協会
- 2) 成原 富士郎 月刊下水道 Vol.24~Vol.25 エレガントな設計でコスト縮減を

問合せ先: 財団法人愛知水と緑の公社 下水道部管理課 生 越 賢 仁

名古屋市中区丸の内三丁目19番30号 Tel(052)971-3047 Mail: awg-g-cs@pluto.plala.or.jp