

自由水面を有する暗渠管屈曲部の流れに関する実験的研究

Experimental Study about the Flow around Bends in Circular Culvert

藤山 宗*・○中田 達**・樽屋啓之**

FUJIYAMA So, NAKADA Toru, TARUYA Hiroyuki

1. はじめに

近年、都市化による土地利用の変化や局所的豪雨などの降雨特性の変化に起因して、これまでの排水機能では対応できない突発的事故の事例が全国各地で確認されている。国営A地区では、洪水時の排水機能を増強させるため、暗渠管（ $\phi 2200$ mm）によるバイパス水路の設置が計画されている。本地区での暗渠管の設置にあたっては、道路下埋設が原則なため、屈曲部を有する路線選定が余儀なくされるものの、自由水面を確保することが求められている。本研究では、屈曲部の流れを把握し、設計に反映するため、水理模型実験を実施し、屈曲による局所損失の特性について考察した。

2. 管路の屈折に関する設計基準の記述

自由水面をもたない満流（管路内圧力流）の管路については、土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」にて、屈折角度と局所損失係数の関係が整理されている。自由水面を有する管路（開水路自由流）についても、管路内圧力流と同じ考え方を準用する旨が、土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」に記載されている。

3. 水理模型実験の方法

3.1 水理模型の諸元

水理模型は、実物の約 1/21 の縮尺比であり、管径 $\phi 104$ mm（塩ビ管）、延長 $L=12$ m 程度である。水路勾配は実物と同様の $I=1/280$ である。屈曲部は、上流より 8.5 m～9.2 m の範囲内にて設定した。最上流には流量調整バルブを設置し、流量を可変にできる。

3.2 実験条件

屈折角度パターンは、2回屈折の Case-1：（上流 $48^\circ \rightarrow$ 下流 42° ）、および3回屈折の Case-2：（ $30^\circ \rightarrow 30^\circ \rightarrow 30^\circ$ ）

の2パターンとし、両者ともに合計 90° の屈曲である（図-1）。実験にて想定する設計洪水流量（ $Q=0.0046$ m³/s）は、フルード相似則に基づき、対象地区の設計洪水流量（ $Q=9.425$ m³/s）から換算した。また、最下流の水位は、堰上げ無しで、自由流出である。

3.3 計測方法

水位の計測においては、管頂から左右岸の水面までの周長を巻尺にて手測りし、水深（水位）に換算した。水路左岸が外周側、右岸が内周側である。また、左右岸の水位の平均値を中央部の水位とした。流量の計測においては、最下流にて、ストップウォッチと秤による手測りにて行った。

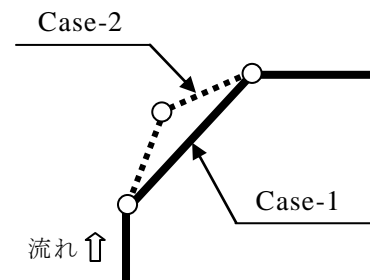


図-1 屈折角度パターン
Design of bends

*三祐コンサルタンツ, Sanyu Consultants Inc. **農村工学研究所, National Institute of Rural Engineering

キーワード 暗渠管, 屈曲損失, 水理模型実験

4. 実験結果と考察

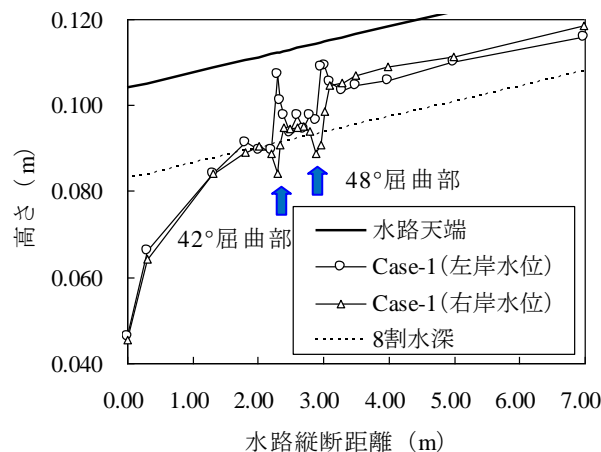
2 回屈折の Case-1 における実験結果 ($Q=0.0048\text{m}^3/\text{s}$) を図-2 に示す. 図-2 (a) より, 2 箇所屈折部の前後にて, 流心が外周側に振られ, 比較的大きな水面のゆらぎが生じることを確認した. 屈折部の外周側 (左岸側) では, 流心方向の通水断面が縮小することに伴って, 屈折部上流側の水位が上昇した. 逆に, 屈折部下流では, 内周側 (右岸側) に水位が低下し, 外周側から内周側に向かう流れが生じ, 局所流 (渦) を形成していた. 屈折部断面においては, このような二次流の形成が表層で観察できた. これらの水面動揺と, それに誘引される二次流の卓越が実質的なエネルギー損失を生じさせていると考えられる.

また, 48° 屈折部の外周側 (左岸) では, 流水が水路壁に衝突しジャンプすることにより (図-2-b), 偶発的な軽微な流量増加でも, 水位が管頂付近に達し, 管路内圧力流に移行することを確認した. 満流と自由水面を持つ流れが頻りに切り替わることは, 空気連行により負圧の発生や騒音を誘発する場合もあり, 避けるべきである. 以上から, Case-1 の 2 屈折での設計においては, 設計洪水流量を確実に流下させることはできないと判断した.

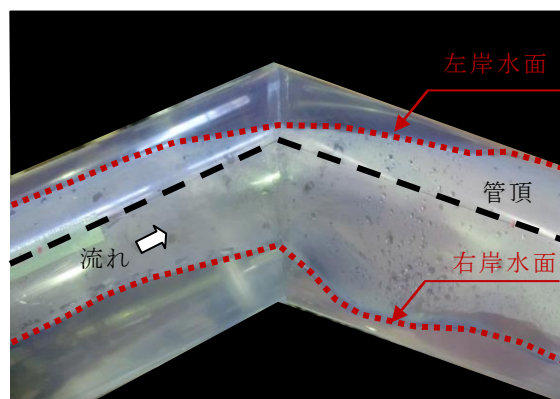
図-3 に, 3 屈折の Case-2 における縦断水面形 (中央水位) と Case-1 (中央水位) との比較を示す. Case-2 においては, 設計洪水流量相当において 8 割水深を満足する結果が得られ, 屈折角度を小さくする効果を確認した. このような局所的な水面動揺による水位上昇は従来の不等流計算では局所損失を考慮したとしても得られないものであり, 水理模型実験を実施したうえで, 判断する必要がある.

5. おわりに

本研究では, 自由水面を有する暗渠管屈折部の流れを把握することを目的とし, 水理模型実験を実施し, 屈折角度は 30° に設定することにより, 局所損失水頭を比較的小さくできることが明らかとなった. 今後は, 継続して実験データを蓄積するとともに, 屈折角度と局所損失水頭 (係数) の関係を整理することにより, 一般化を行う予定である.



(a) 縦断水面形



(b) 48° 屈折部の流況

図-2 実験結果 (Case-1, $Q=0.0048\text{m}^3/\text{s}$)
Experimental Results

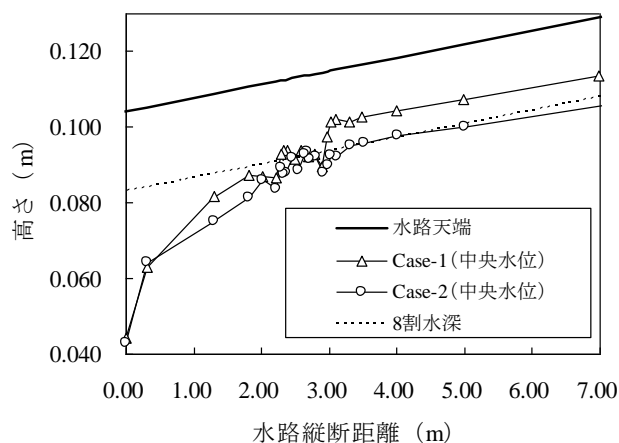


図-3 縦断水面形の比較 ($Q=0.0046\text{m}^3/\text{s}$)
Comparison of the vertical sections
of water surface