

蛇行部を有する排水路の水位変化の解析

Numerical Simulation of Water Level Changes in a Meandering Drainage Channel

○森山雄斗¹, 長谷部寛²

*Yuto Moriyama¹, Hiroshi Hasebe²

Abstract : In recent years, flooding damage has increased due to more frequent torrential rainfall associated with climate change. This study analyzed water level variations in a drainage channel under different inflow rates, with measurements taken at locations equipped with gauges as well as at meandering sections. The results confirmed that, consistent with simplified experiments, water levels rose at meandering sections. It was also found that greater inflow rates led to larger increases in water level at these sections.

1. はじめに

近年、気候変動による集中豪雨の増加に伴い、内水氾濫による浸水被害が全国で深刻化している。そのため、減災・防災の観点から高精度な災害予測の必要性が高まっている。そこでこれまで、ある排水路の複数箇所に水位計を設置し、常時、雨量と水位変化の関係を計測してきた。その結果、上流側から下流側にかけて単調に水位変化するわけではなく、場所によって水位変化の傾向が異なる結果が得られた。一方、安田らは、蛇行部を有する排水路を対象に簡易実験を行い、蛇行箇所での水位上昇を実験的に明らかにした^[1]。

そこで本研究では、対象排水路の流入流量を変化させた場合の水位変化を解析し、水位計設置場所の水位変化の特性、および蛇行箇所における水位上昇の影響を明らかにすることを目的に検討した。

2. 解析条件

解析では気液 2 相流解析手法である VOF 法を用いた。VOF 法は界面捕捉法に分類され、固定メッシュ上で各セルにおける流体層の占有割合を流体体積率である VOF 関数によって捕捉し、界面位置を決定する方法である^[2]。また、解析ソフトには OpenFoam (v2406) を使用した。

Figure 1 に排水路の平面図を示す。図中の point①, point②, point③は水位計の設置箇所, point A, point B は蛇行箇所の水位測定的位置を示したものであり、水位計設置場所および上流側の蛇行箇所における水位変化を測定した。また、各境界面を figure 2 に示すように定義した。計算の条件について table 1 に示す。今回の計算では table 2 に示す 3 ケースの流入流量について解析を行った。

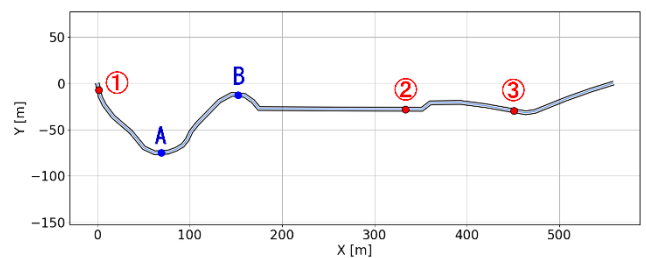


Figure 1. Plane view of the drainage channel

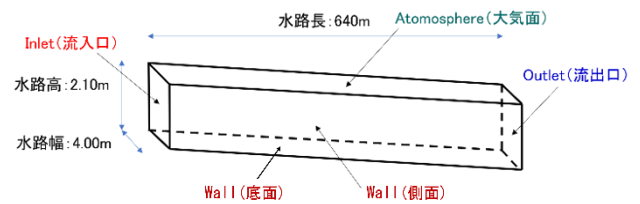


Figure 2. Boundary surface setting

Table 1. Computational conditions

| ソルバ | interFoam |
|--------|---|
| 計算格子間隔 | x方向 : 0.56~0.60 m y方向 : 0.20 m z方向 : 0.19 m |
| 総セル数 | 245,740 |
| 時間積分間隔 | 0.5 s (計算中に自動調節) |
| 出力間隔 | 60 s |
| 乱流モデル | RANS k- ω SST |

Table 2. Analysis case

| | 流入面高さ (m) | 流量 (m ³ /s) | 流速 (m/s) |
|-------|-----------|------------------------|----------|
| Case1 | 0.2 | 2 | 2.5 |
| Case2 | 0.6 | 6 | 2.5 |
| Case3 | 1.0 | 10 | 2.5 |

1 : 日大理工・院(前)・土木 2 : 日大理工・教員・土木

3. 水位計測の結果

Figure 3 に雨量データ，figure 4 に計測された 10 分単位の水位データを示す。point①は排水路の上流側，point②は中流部，point③は下流側に位置している。水位計は，Onset 社の HOBO U20 Water Level Logger を使用した。計測期間は 2023 年 9 月からの水位データであり，水位は現在も計測中である。この期間 2023 年 9 月 20 日 17 時から 18 時に時間雨量 35.5 mm の雨量を観測したが，地点によっては水位上昇が観測されなかった。これは水位計をワイヤーで簡易設置した関係から，増水時に水位計が傾いたことが考えられる。そこで，2024 年の 11 月から水位計を固定したパイプの中に設置し，結果として雨量が観測された時刻に対応して水位が上昇し，排水路の上流側から下流側に行くにつれ水位が低下していくことが確認された。

4. 解析結果

解析結果を figure 5 に示す。Case1 では各地点で大きな水位変化は見られなかった。Case2 では point②と蛇行箇所である point A で水位が上昇し，下流側の point ③に行くにつれ水位が低下した。Case3 では point①で流入面の高さよりも水位が低下したが，point②と蛇行箇所である point A，point B で大きな水位上昇が見られた。このように，流入流量が増加すると蛇行箇所における水位上昇が大きく見られた。

5. まとめと今後の課題

解析の結果，安田らの簡易実験と同様に排水路の蛇行箇所では水位が上昇することを確認した。また，流入流量が増加すると，排水路の蛇行箇所における水位上昇が他の箇所比べて大きくなることがわかった。

今後の課題は，point①の水位については流入面の高さに依存してしまうことから，適切な流入条件を設定する必要がある。そこで，流入面に point①で計測された水位データを流入条件として与えて解析を行い，実測データとの比較検証を行う。

謝辞

本研究は日本大学特別研究の助成を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

[1] 安田ら：豪雨時の矩形断面水路における水位上昇に対する蛇行形状の影響，第 79 回土木学会全国大会講演概要集，II-238，2024

[2] 日本計算工学会：第 3 版 有限要素法による流れのシミュレーション，2017

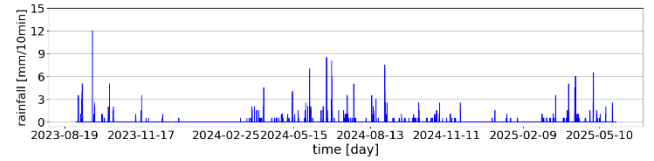
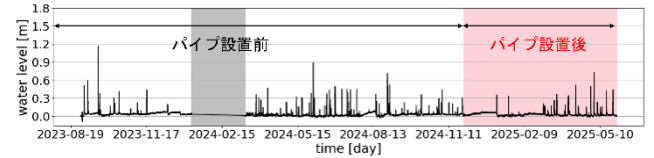
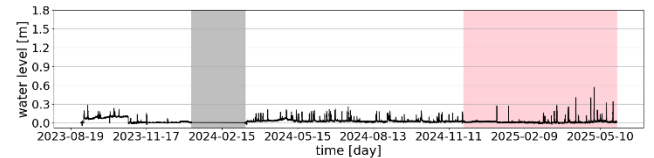


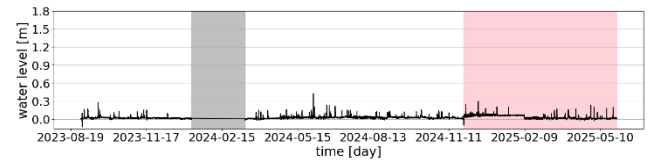
Figure 3. Rainfall data in 10-minute intervals



(a) Point①

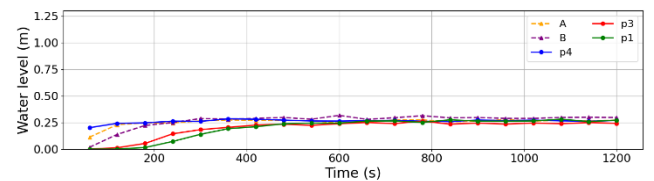


(b) Point②

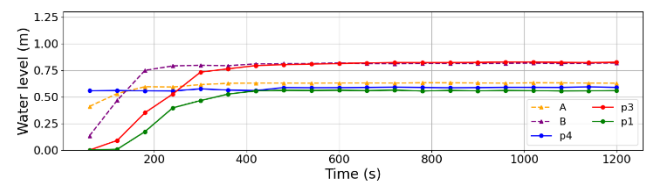


(c) Point③

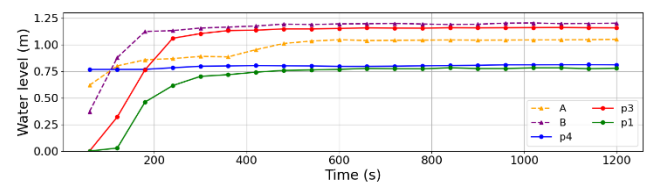
Figure 4. Water level data in 10-minute intervals



(a) Case1



(b) Case2



(c) Case2

Figure 5. Water level measurement results