

『排水路樋門からの逆流現象の評価と

浸水対策事業の評価について』

株式会社 フジヤマ 防災・環境保全部 遠藤 弘人 青寫 安弘
福原 禄夫 清水 雅子

1. はじめに (概要も含む)

近年、局地的な集中豪雨が頻繁に発生しており、特に市街地において、雨水や河川水が低地に集中し易く、そのため発生する都市型水害の対策が求められている。このような内・外水による氾濫被害に対処するためには、浸水区域や浸水深を把握して、対策を行うべき区域を特定し、重点的な対策をとることが重要である。そのための手段として、浸水シミュレーションが有効である。

農業施設として整備された樋門は、周辺の都市化に伴い、その管理が曖昧となり、豪雨時のゲート操作を速やかに行えないことがある。このため、河川水が排水路を逆流することにより生じる外水氾濫が生じている可能性が高い。

本検討は、こうした区域の浸水対策事業として、準用河川曳馬川に流入する排水路の樋門を、自動的に開閉操作が可能なフラップゲートに改築する計画(以下、フラップ化とする)の、被害軽減効果の検証を行ったものである。検討には、プログラムを容易に編集・改良できるNILIM2.0を用い、樋門から氾濫域への河川水の逆流現象を評価する機能を付加して氾濫水の挙動を解析した。その結果、逆流水による排水路水位の変化と沿川の氾濫域の広がりを実証できた。また、樋門のフラップ化前後におけるそれぞれの氾濫域を求め、フラップ化による浸水現象の低減を評価することができた。なお、本論文は、先行論文¹⁾に事業評価の考察を加えたものである。

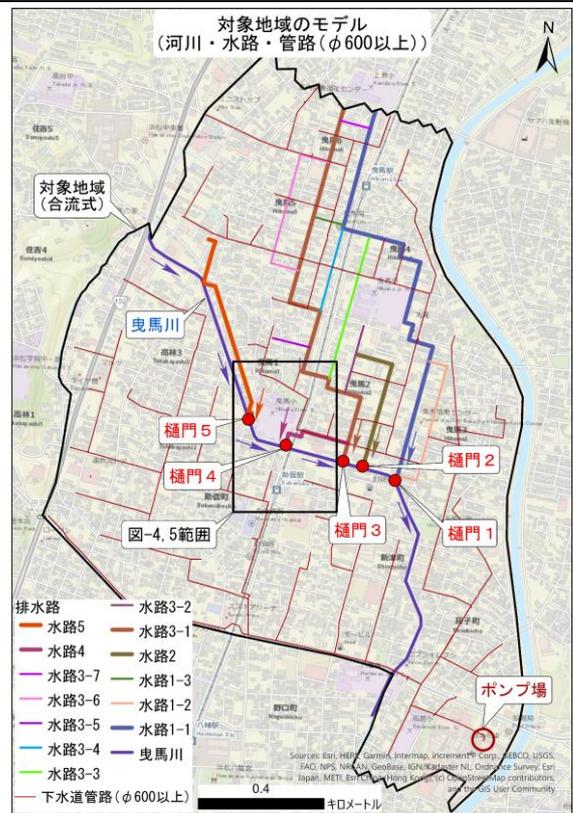


図-1 対象地域のモデル

2. 課題・問題点

1) 対象地域

対象地は、西に三方原台地、東に二級河川馬込川に挟まれた低平地であり、北側から南側になだらかに傾斜し、標高は概ねT.P.+5.5m~6.5mである。流域面積が約230haで、かつて田園地帯であったが、宅地化が進展したために人口・資産が集中し、それに伴い交通網整備が進んでいる(図-1)。

流域には雨水を排除する公共下水道(合流式)や農業用排水路が整備されているが、近年の急激

な都市化の影響で、豪雨時は浸水被害が発生している。

対象地域には、曳馬川へ接続する排水路が5本ある。その排水路の樋門にはスライドゲートが設置されているが、豪雨時のゲート操作が適切に行われているとは限らない。さらに、曳馬川の流出先である二級河川馬込川が水位上昇しやすいため、接続する曳馬川の自然排水が難しく、曳馬川と排水路との合流点で逆流が生じることが浸水の原因として推察される。その浸水対策としては、曳馬川へ接続する5つの排水路樋門に対して、自動開閉操作が可能な逆流防止施設（フラップゲート）を整備し、曳馬川からの逆流を防止することが想定される。そこで、このうち、どの排水路をフラップ化することが事業計画上効果的なのか、氾濫解析による評価を行った。

2) 問題点

氾濫解析には、国土交通省国土技術政策総合研究所公開ソフトである「NILIM2.0 都市域氾濫解析モデル（以下は NILIM2.0 とする）」²⁾を用いた。NILIM2.0 は、河道モデル、氾濫原モデル、下水道モデルの3つで構成されており、地表面の二次元不定流モデルを用いた氾濫解析と下水道管路等の水理解析を連結したソフトであり、実現象を忠実に再現できる。ところが、このソフトはゲート操作が的確に行われていることを前提としているため、河川水の樋門からの逆流現象を評価する機能がなく、スライドゲートの閉め遅れを防止する、フラップ化の効果の評価できなかった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

1) 対応策

NILIM2.0 は、Fortran 言語で編集されていることにより、使用者がプログラムの編集・改良を容易にできることが特徴の一つである。そこで、樋門ゲートをフラップ化した場合の治水効果を検証するために、独自に逆流現象を適正に評価するための河川と排水路の水位差で排水路に河川水が流入する機能を、プログラムを書き換えることで追加した。

2) 解析条件

解析条件として、外力である降雨規模は7年および30年超過確率とし、流出域は中央集中型のハイドログラフを曳馬川の上流端で与え、下流端は各流量に応じた河川の等流水深を設定した。下水道管路は径φ600以上のものを解析モデルに反映し、対象地域の5本の排水路を検討対象とした（図-1）。構築したモデルは、平成24年10月6日の観測降雨を与えて解析を行い、当時の浸水実績の再現性の確認（キャリブレーション）を行った。

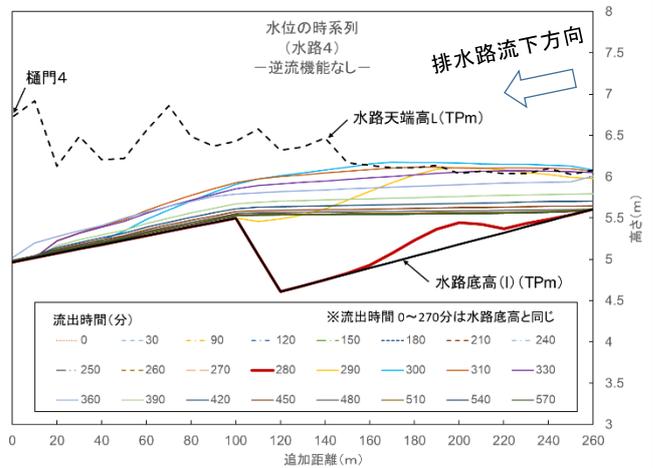


図-2 逆流なしの排水路の時系列水位

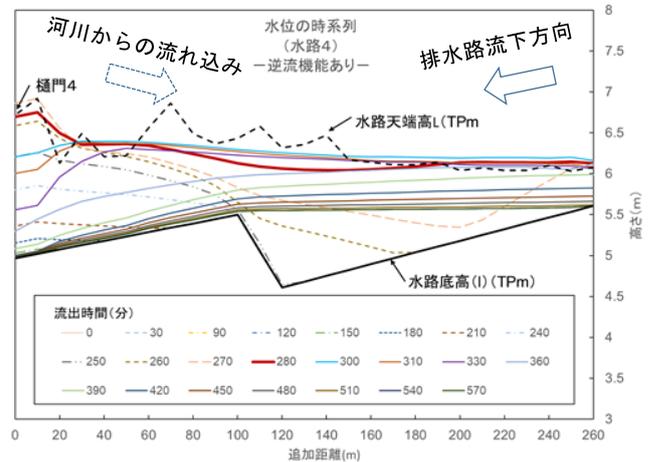


図-3 逆流ありの排水路の時系列水位

3) 逆流現象の評価

逆流現象の評価は30年超過確率にて解析した結果を用いた。排水路4の流出時間ごとの水面形を図-2（逆流評価機能なし）と図-3（逆流評価機能あり）に示す。各流出時間の水面形は、ハイドログラフの水位上昇中が点線、下降中は実線で表示しており、280分で切り替わる。また、黒実線と黒

破線は現況水路の底高および天端高を示している。

逆流現象を評価する機能を追加する前の NILIM2.0 により解析した結果、下流端の水位は排水路への流入量で設定され、排水路の水位は内水氾濫が生じ始める時刻 280 分まで上昇が見られない (図-2)。これは流域の表流水の流入増加に伴い、排水路の水位が時系列的に下流へ伝播することを示している。

逆流現象を評価する機能を追加した NILIM2.0 で解析した結果を図-3 に示す。水面形は 150 分より、樋門 4 付近から水位上昇し始め、時間の経過とともに上流側への水位上昇の伝播が確認できる。また、280 分以降は樋門 4 付近の水位が徐々に下がっていき、420 分付近で逆流機能がない結果とほぼ同等の挙動を示す (図-2,3)。これは外水位の変動に応じて、排水路内の水位が上昇や下降することを表しており、特に樋門 4 付近の水位が高くなる期間は排水路上流側へ向けて河川水が逆流していることを表現している。

逆流現象の評価機能の有無により解析した浸水域をそれぞれ図-4 (逆流現象なし；フラップゲートあり) と図-5 (逆流現象あり；フラップゲートなし) に示す。図-4、5 中央部の赤枠で囲った範囲に着目すると、樋門 4 の近辺は、逆流ありの浸水域が、逆流なしの結果より明らかに広く、また、浸水深も深くなることを見て取れる。

4) 解析結果

事業効果の評価は下水道事業を対象とし、高頻度で発生する降雨確率 (7 年) での解析結果を用いた。表-1 に本検討で解析を行った検討ケースとそれぞれの結果を示す。検討ケースは、5 つの樋門のスライドゲートをすべて開放にした状態 (case-1) と、従来の通りに全てのスライドゲートを閉めた場合 (case-2)、5 本の排水路のゲートをすべてフラップ化した場合 (case-3) で行った。また、どの樋門をフラップ化するのが最も効果的なのか評価するために、5 本の排水路のうち、1 箇所をフラップ化し、残りのゲートを全開にした場合 (case-4、5、6、7、8) を検討した。評価は、

case-1 の浸水面積との差で比較を行った。case-2 は全開の場合よりも浸水面積が約 52.3%減ることが分かった。5 本の排水路のゲートをすべてフラップ化すると (case-3)、浸水面積は約 52.3%減った。

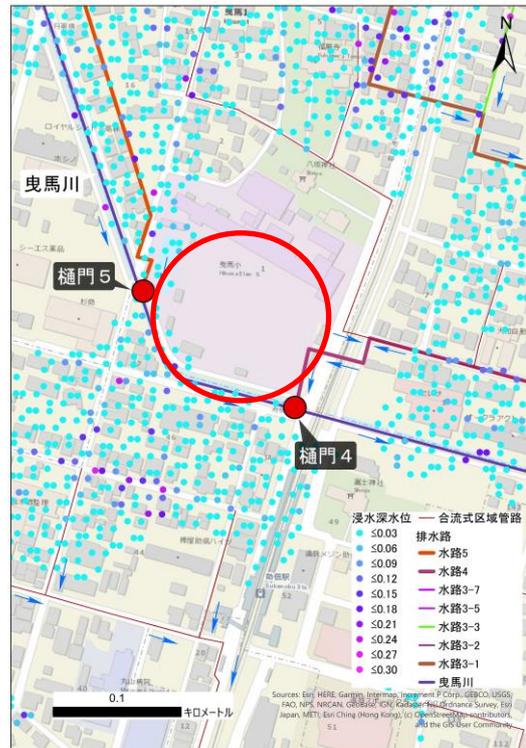


図-4 逆流現象なしの浸水域分布

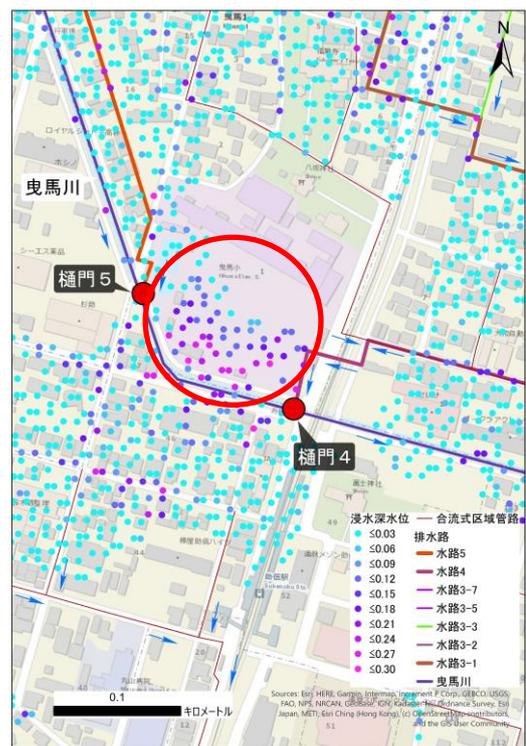


図-5 逆流現象ありの浸水域分布

表-1 解析の組み合わせと浸水面積

樋門番号		樋門 1	樋門 2	樋門 3	樋門 4	樋門 5	結果 (7年確率)		
検討条件		扉 体 開 閉 状 況 スライドゲート全開；○、スライドゲート全閉；×、フラップゲート自動；△					全浸水面積 (m ²)	case-1と の差(m ²)	減少割合 (%)
case-1	現況 (全部全開)	○	○	○	○	○	8,600	0	0.0
case-2	現況 (全部全閉)	×	×	×	×	×	4,100	-4,500	-52.3
case-3	全箇所フラップ化	△	△	△	△	△	4,100	-4,500	-52.3
case-4	樋門1フラップ化 +他樋門は現況 (全開)	△	○	○	○	○	7,800	-800	-9.3
case-5	樋門2フラップ化 +他樋門は現況 (全開)	○	△	○	○	○	8,400	-200	-2.3
case-6	樋門3フラップ化 +他樋門は現況 (全開)	○	○	△	○	○	8,000	-600	-7.0
case-7	樋門4フラップ化 +他樋門は現況 (全開)	○	○	○	△	○	5,900	-2,700	-31.4
case-8	樋門5フラップ化 +他樋門は現況 (全開)	○	○	○	○	△	8,300	-300	-3.5

個別に1箇所ごとフラップ化した case-4、5、6、7、8 の場合、浸水面積が 2.3%から 31.4%減という結果となった。

5) フラップ化の最適な組み合わせ

case-2 と case-3 を比較すると、同等の浸水低減効果が見込まれるため、人力のスライドゲートから自動開閉可能なフラップゲートにすることの効果を示された。最も浸水面積低減効果があった樋門4をフラップ化した case-7 について、当該箇所は小学校の付近に位置しており、浸水低減効果のほとんどが小学校の校庭であった(図-4,5)。そのため、浸水被害が出るような浸水面積の低減が見込めないと評価した。樋門5は橋梁直下であり、ゴミ等の挟み込みを覚知できない可能性があるため、維持管理上好ましくない。以上を踏まえ、氾濫解析結果と現場状況から総合的に判断すると、最適な組み合わせは、樋門1、樋門2および樋門3をフラップ化することであると評価できる。

4. おわりに

本検討では、プログラムを容易に編集・改良できる NILIM2.0 を用い、樋門より氾濫域への河川水の逆流現象を評価する機能を付加して解析を行った。得られた主な結論は以下のとおりである。

(1). 機能付加により、逆流水による排水路水位

の変化と沿川の氾濫を評価できた。

(2). 解析から、樋門のフラップ化前後における氾濫域を求め、フラップ化による浸水現象の低減を評価し、最適な対策案を提案した。

ここで、フラップゲートは堆積物やゴミ等が挟まると、ゲートとして正常に機能しないため、定期的な目視点検、日常的な掃除を行うなどの対策が必要であることを課題として整理した。

また、本検討では、曳馬川に接続する排水路樋門のフラップ化による対策の評価を行ったが、より広い視点で考えた場合の対策方法を、以下に整理した。

- ① 【曳馬川の治水対策】 山水分離
- ② 【流出先(馬込川)の流域治水対策】
水を貯める(公園・校庭貯留)対策や地下浸透ますの設置(2次内水の処理として)
- ③ 【ソフト対策】 河川カメラや水位計の設置による防災情報の発信

参考文献 1) 遠藤弘人,青島安弘,福原禄夫,清水雅子,排水路樋門のゲート操作の改善による氾濫水の挙動解析と検討結果について,令和2年度土木学会中部支部研究発表会,II-18,2021.

2) 国土技術総合研究所水害研究室, NILIM2.0 都市域氾濫解析モデルマニュアル, 2008.