

神田川流域における豪雨時の河川及び下水道施設による 豪雨排水に関する研究

Study on water drainage of the river and sewerage facilities by heavy rainfalls in Kanda river basin

14N31000041H 宮崎 達文
Tatsufumi MIYAZAKI

Key Words : urban river, flood flow, sewerage system, water drainage, observed water surface profiles

1. 序論

東京都の都市域を流下する神田川には、複数の支川や複雑な下水道網から短時間に豪雨が集中し、都市型水害の危険性が高まっている。神田川流域では、豪雨災害対策として河道改修や洪水調節池の整備等の河道整備と雨水貯留管の整備等の下水道整備が行われてきた。これらの河川と下水道施設は近接して存在しており、豪雨対策としての流域の施設整備は、河川と下水道で一体的に行うことが望ましい。しかし現状は、両者の連携が必ずしも十分でないことや、下水道管内の水流の直接観測が容易でないことから、豪雨時の雨水の時空間的な移動実態が十分把握出来ていない。近年の頻発する都市の豪雨災害に対応するためには、河川と下水道による排水と洪水調節施設の調節量を一体的に把握し、雨水の移動形態を明らかにすることが必要である。

本論文では、神田川本川と善福寺川、妙正寺川、江古田川の各支川を含んだ神田川流域を対象に、河道と下水道を一体的に表現できる数値解析モデルを構築する。これを用い、観測が困難な下水道幹線から河道への流入流量、河川及び下水道豪雨対策施設の調節量を見積もり、神田川流域における豪雨の移動・調節機構を明らかにすることを目的とする。

2. 検討対象区間の概要

(1) 対象区間における河川・下水道豪雨対策施設

図-1(右)に解析対象範囲を示す。この区間では、環状七号線地下調節池(以下、環七地下調節池)と、善福寺川と妙正寺川、江古田川に8つの調節池が設置されている。豪雨時、環七地下調節池は神田川・善福寺川・妙正寺川の河道沿いに設けられた固定堰と、調節池内にある可動堰のゲート操作により取水量を調節している。河川を暗渠化した大規模下水道幹線である十二社幹線と桃園川幹線から雨水が神田川本川に流入する。対象区間下流で神田川は高田馬場分水路に分流し、妙正寺川と合流後に再び本川と合流する。また、図-1(左)に示すように、神田川と善福寺川の合流部付近の地下には、巨大な地下雨水貯留管である下水道和田弥生幹線(最大貯留量約 15 万 m^3)が設置されている。図-1(左)の黒丸で

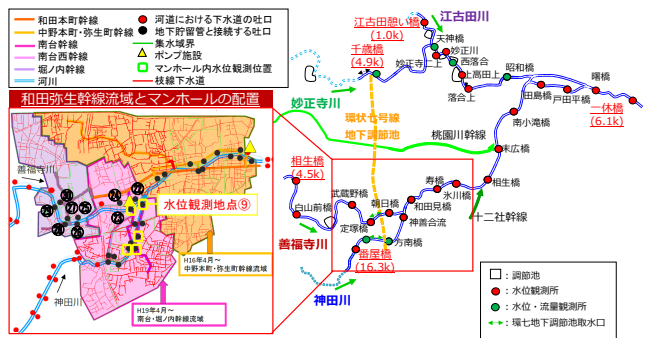


図-1 神田川流域対象区間と和田弥生幹線流域

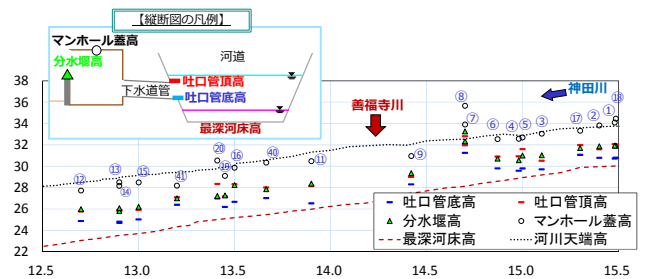


図-2 神田川の河道に面する下水道吐口及び分水堰の高さ

示す地点には、下水道和田弥生幹線へと繋がり、河道に吐口を持つマンホールが設置されている。マンホール内部には、雨水を河川と地下貯留管に分ける分水堰があり、マンホール内の水位が分水堰高を超えることで、地下貯留管へ流入する。図-2 に各マンホールの分水堰高と河道内の下水道吐口(以下、吐口)の高さを示す。河床に対する吐口及び分水堰の高さはマンホールごとに異なり、豪雨時、各マンホールから貯留管への流入流量は十分に把握出来ていない。本検討ではこれら神田川流域の河川・下水道の豪雨対策施設の機能と相互の連携について論じる。

(2) 対象洪水と観測体制

対象洪水は平成 25 年 10 月 15~16 日の台風 26 号洪水とする。本洪水時には、約 3 時間にわたり神田川と善福寺川の両取水口から環七地下調節池への取水と、妙正寺川から上高田調節池への取水が行われた。また、和田弥生幹線流域では、図-1(左)に示す全ての区域のマンホール・管路が流域の雨水を集め、和田弥生幹線へ繋がるマンホール(神田川 21 個, 善福寺川 9 個)のうち、図-1(左)の黄色の枠で囲んだ 5 個のマンホール内で水位と

流速の観測が行われた。河道では、図-1(右)に示すように神田川流域全体で縦断的に密に水位観測が行われ、神田川では環七地下調節池取水口上下流で、妙正寺川では多点で流量観測が行われた。

3. 解析方法及び解析条件

(1) 洪水解析方法及境界条件

本検討では、観測水面形の時間変化を用いた非定常平面二次元洪水解析法を用いる。本解析の境界条件には神田川の上流を番屋橋(16.3km)、下流を一休橋(6.1km)、善福寺川の上流を相生橋(4.5km)、妙正寺川上流で千歳橋(4.9km)、江古田川上流で江古田憩い橋(1.0km)の水位観測値を用いた。下水道幹線等からの流出が中小河川の流出・氾濫形態に大きく影響している¹⁾。しかし、豪雨時の下水道幹線内の流れは速く、水流の直接観測が困難であることから、十二社幹線と桃園川幹線から神田川への流入流量には、各吐口下流の本川観測水位に解析水位が一致するように算定している。河川沿いの各調節池の取水量は、調節池取水口付近の地形を取り込み、河川と調節池を一体的に解くことで算定した。

(2) 和田弥生幹線への取水量推算の検討方法

図-3に本検討で用いるモデルの模式図と計算式を示す。貯留管和田弥生幹線への取水計算²⁾には、洪水解析で求められる吐口前方の解析水位と流域の観測降雨量を用いて行う。本検討では、下水道から河川への流入量を吐口前方の河道水位に考慮することで、河川と下水道を一体的に計算し、各マンホールから貯留管への取水量の算定をしている。河川とマンホール間の管内流速 v_s (マンホールから河道への流出の場合にはマイナスとなる)は、河川水位とマンホールの水位が、各吐口の管頂高以上の場合には管路流れとしてベルヌーイの式を用い、各吐口の管頂高より低い場合には開水路流れとして Manning 式を用い算出し、流入流出量 Q_s は連続式により求めている。また、各マンホールの集水域は東京都の下水道台帳³⁾のデータに基づき設定し、集水域内に降った雨量から求めた各マンホールの集水流量 Q_r は合理式により計算している。貯留管への流入流量 Q_o の計算には、マンホール内の水位に応じて、堰の公式とオリフィス公式を用いている。マンホール内の水位 Z_m は、算出した各流量の総和をマンホールの底面積で除することで算定する。

4. 解析結果

(1) 河川洪水流と各洪水調節池の洪水調節量の算定

図-4(a), (b)に平成25年10月洪水上昇期の神田川上中流域と善福寺川での水位観測値と解析水面形を示す。環七地下調節池への取水による水位変化を適切に再現するなど、粗度係数を縦断的に変化させる事で、解析

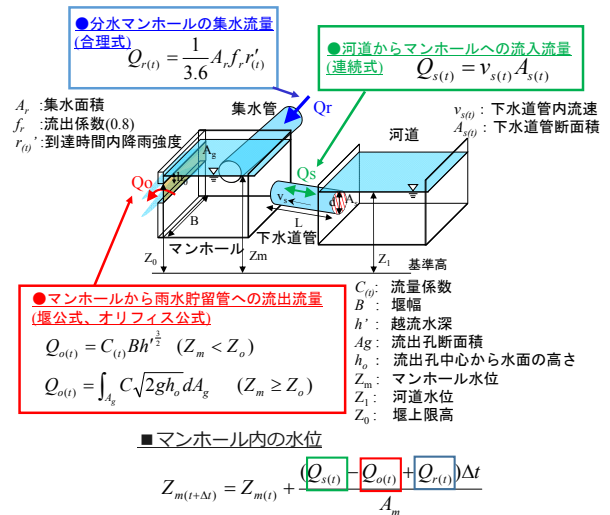
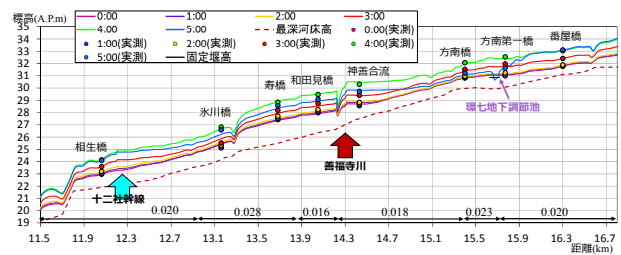
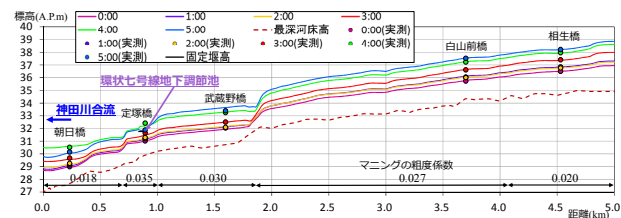


図-3 モデルの模式図と計算方法



(a) 神田川上中流域縦断面図



(b) 善福寺川縦断面図

図-4 平成25年10月洪水観測水位と解析水面形(上昇期)

値は観測水面形を説明している。また、妙正寺川でも同様に解析水面形が観測値を適切に再現している。図-5に神田川本川の環七地下調節池取水口上下流の流量観測値と解析流量ハイドログラフを示す。環七地下調節池への取水開始前の時間から、取水口上下流の観測値⁴⁾に誤差が見られる。そのため、解析結果が観測値を細部まで再現することは必要ないが、解析値は合流前後の観測値の間に入っており、概ね再現出来ていると考えられる。また、取水口下流の方南橋(15.4km)での解析流量は取水時間内で大きく減少しており、環七地下調節池(15.7km)による取水の効果が解析水面形によく表れている。図-6に神田川と善福寺川取水口から環七地下調節池への流入量解析と観測の総貯留量を比較して示す。解析総貯留量は、観測総貯留量の時間変化を見事に再現している。本洪水では環七地下調節池の容量54万 m^3 のうち、8割にあたる量が地下貯留されており、神田川取水口と善福寺川取水口からおよそ3:2の割合で

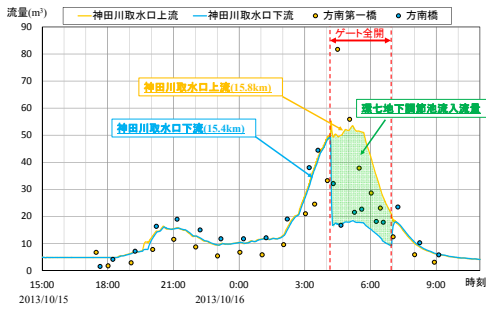


図-5 神田川本川の観測流量と解析流量ハイドログラフ

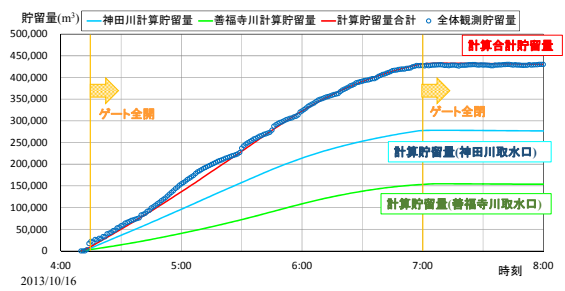


図-6 環状七号線地下調節池の観測貯留量と解析貯留量

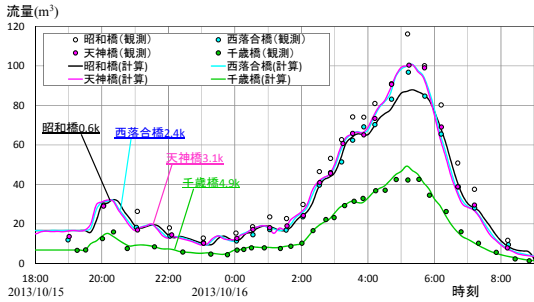


図-7 妙正寺川の観測流量と解析流量ハイドログラフ

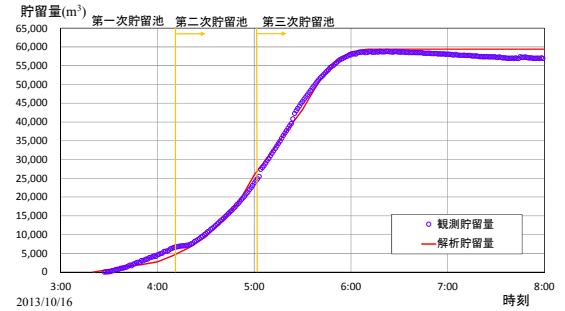


図-8 上高田調節池の観測貯留量と解析貯留量

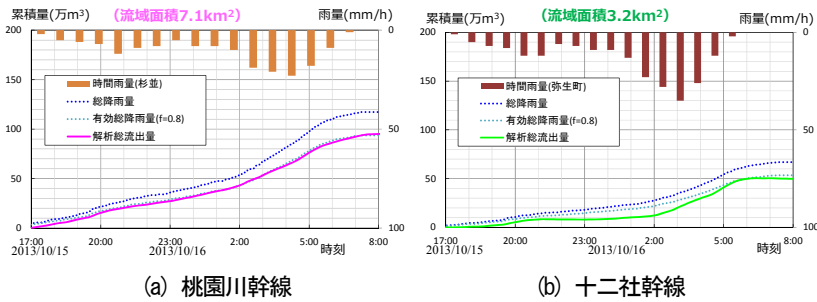


図-9 桃園川幹線・十二社幹線からの解析総流出量と有効総降雨量

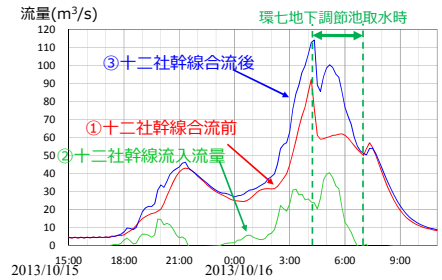


図-10 十二社幹線からの流入流量と合流前後の本川流量ハイドログラフ

流入があったことが解析結果から推算される。図-7 に妙正寺川各観測地点での解析流量ハイドログラフと流量観測値を示す。解析での各地点での流量ハイドログラフは観測流量を再現出来ている。図-8 に上高田調節池の解析と観測の総貯留量の比較を示す。解析での結果は観測の総貯留量を再現するなど、観測での貯留量を概ね再現している。上高田調節池は、環七地下調節池への取水開始時間より早い時間から取水を開始し、容量 160,000 m³ のおよそ 4 割にあたる量の貯留により、取水口下流側の流量を低減させていたと推算される。

(2) 大規模下水道幹線から河川への流入流量と本川流量ハイドログラフに及ぼす影響

図-9(a), (b)に桃園川幹線と十二社幹線から神田川への解析総流出量を有効総降雨量との関係で示す。10月15日21時～16日2時の時間帯には十二社幹線からの流出量が少なく、観測総降雨量の8割より下に解析結果が位置しているが、両幹線の解析総流出量は観測総降雨量のおよそ8～10割の間に示されており、解析から求めた下水道幹線からの総流出量は概ね妥当な値であると判断出来る。図-10には十二社幹線からの流入流量ハ

イドログラフと幹線合流前後の水観測点での本川解析流量ハイドログラフを示す。環七地下調節池取水時間帯に下流で流入する十二社幹線から多くの流入量があり、環七地下調節池は神田川下流の流量ハイドログラフを大きく減少させることが出来、効果的に機能したことが分かる。

(3) 和田弥生幹線への流入流量ハイドログラフの推算

図-11(a), (b)の黒色でマンホールから地下貯留管への総流入量、赤色で河道からマンホールへの流入量の総和を示す。マンホールの番号は図-1(左)、図-2と一致させている。図-11(a)に示す神田川に吐口を持つ善福寺川合流付近のマンホールは、善福寺川合流により河道水位が高くなるため河道からの流入量が多く、貯留管への流入量も多い。図-11(b)に示す善福寺川に吐口を持つマンホールのうち、環七地下調節池取水口より上流に吐口を持つマンホール(25～30)では、河道水位が高いことから河道からマンホールへの流入量が多く、貯留管への流入量も多い。図-11(c)に本洪水での総貯留量の計算値と観測値を示す。本洪水では容量 150,000m³ のうち約 127,000m³ の調節量があり、計算値

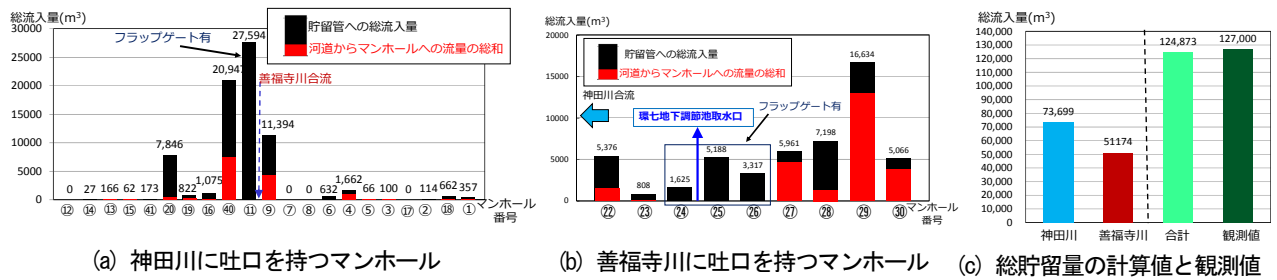


図-11 和田弥生幹線への総流入量と河道から各マンホールへの総流入量

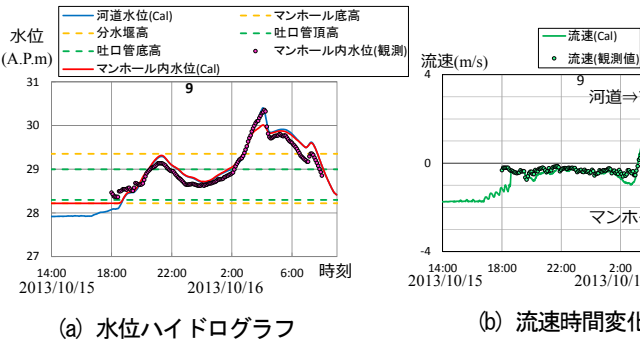


図-12 マンホール⑨へ繋がる下水道管内の解析結果と観測結果

は観測値を概ね再現している。図-12(a), (b)に図-1(左)の黄色の枠で囲んだ水位観測地点⑨での水位と流速の計算結果を示す。マンホール内の解析水位ハイドログラフは観測水位を概ね再現している。また、流速の解析結果は観測値で見られる流下方向の変化を捉えるなど概ね説明出来ている。図-12(a), (b)からマンホール内の水位が分水堰高に達する前は、河川水位とマンホール水位はほぼ同じとなり、流れはマンホールから河道に向いていることが分かる。一方、マンホール内の水位が分水堰高に達すると地下貯留管への流入が開始するため、河川水位よりも低くなり、流れも河道からマンホールへと変化する。水位・流速観測が行われた他のマンホールも同様に解析結果が観測値を再現出来た。解析結果は、マンホール内の観測水位や流速を説明出来ている事や、全体の貯留量も再現している事から妥当な解析値であるといえる。図-13に善福寺川に吐口を持つマンホールから地下貯留管への流入流量ハイドログラフを示す。環七地下調節池取水開始後の時間帯には、取水口上流側(25~30)からの流入流量は増加し続けているが、取水口下流側(22~24)の流入流量は急激に減少している。このことから、各マンホールから下水道貯留管への流入量は河川水位との関係性が高く、河川沿いの調節池による取水の影響を強く受けていることが分かる。

5. 結論

本研究では、平成25年10月洪水を対象として、神田川流域における下水道幹線からの流入流量や河川及び下水道豪雨対策施設の調節量について検討を行った。以下に主要な結論を示す。

1) 本検討では河道群の観測水面形を再現した洪水流解

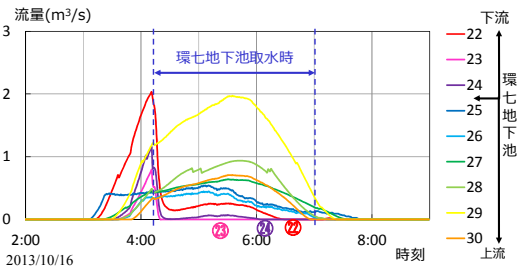


図-13 善福寺川に吐口を持つマンホールから和田弥生幹線への流入流量ハイドログラフ

析と、下水道貯留管へ繋がるマンホールの計算を一体的に行う事で、下水道幹線から河川への流入流量、マンホールと河道間の流出入流量、河川及び下水道豪雨対策施設の調節量の推算が可能であることを示した。

- 2) 下水道幹線から河川への流入や、河川から洪水調節池への流入は本川流量ハイドログラフの波形に大きく影響を与えており、観測水面形を用いた解析は複雑な河道システムの洪水水理現象を適切に説明出来る。
- 3) 環七地下調節池の取水時には取水口下流側のマンホールから和田弥生幹線への流入量が減少すること等から、マンホールから貯留管への流入量には河川水位が強く関係し、河川沿いの調節池による取水の影響を受けている。このことは、流域の豪雨災害軽減のためには、河川と下水道が適切な連携計画の下に流域の豪雨排水を行うことが重要であることを示した。

参考文献

- 1) 谷岡康, 福岡捷二: 都市中小河川・下水道の連携した治水計画—台地部既成市街地を対象として—, 土木学会論文集, No.733/II-63, pp.21-35, 2003.
- 2) 沼田麻未, 福岡捷二, 持田智彦, 中井 隆亮: 神田川流域における河川及び下水道施設による台風性豪雨の排水機構と相互の関係に関する研究, 河川技術論文集, 第 20 卷, pp.431-436, 2014.
- 3) 東京都下水道局: 下水道台帳.
- 4) 小作好明, 大澤健二: 平成25年の河川流量観測について, 東京都土木技術支援・人材育成センター平成26年度年報, pp.243-246, 2014.