

急流都市河川が貫流する市街地での氾濫解析

九州工業大学工学部 学生会員 ○田邊 武司 九州工業大学工学部 フェロー会員 秋山壽一郎
九州工業大学工学部 正会員 重枝 未玲 九州工業大学大学院 学生会員 津崎 周平

1. はじめに

近年、観測史上最大あるいはそれに近い規模の集中豪雨の発生が稀ではなくなり、水災が頻発するようになってきた。このような自然外力の増大などの自然的状況および限られた投資余力などの社会的状況の変化を受け、浸水被害軽減対策が重要になってきている。中小河川は一般に、計画規模が小さく、また整備の遅れも目立っており、治水面で脆弱な状態に置かれている。特に、中小都市河川では、2003年7月の九州豪雨災害のように、氾濫時には一般家屋のみならず、ライフライン施設、公共交通機関、地下空間施設などの公共施設にまで被害が及ぶことから、流域の特性を踏まえた被害最小化対策がきわめて重要になる。本研究は、現在、段階的に河川再生事業が進められている都市小河川のA川の河道特性とその流域特性を踏まえた上で、河道整備途上での減災対策の一環として、計画高水に対する浸水ならびに排水プロセスについて検討を加えたものである。

2. 解析対象領域の概要

A川は、K市の副都心であるK地区の中心部を貫流し、支川のM川と合流した後、D湾に注ぐ延長4,165m、流域面積3.6km²の掘り込み都市小河川であり、上流から河口までをA、BおよびCの3区間にゾーニングし、区間毎にテーマ性を持たせた再生事業が計画・実施されている。各区間の河床勾配は、A区間で1/80~1/40、B区間で1/300~1/150およびC区間で1/600~1/300であり、A区間からB区間上流にかけて急流河川となっている。A川の流域は、丘陵部、平野部および埋立地で構成されており、市街地は、JRのK駅から放射状に延びる大通りを主軸として、H山に向かって扇状に広がっている。標高はH山から市街地中心部に向かって低くなっており、K駅周辺が最も低い。また、東西にはしるJR線路によってK地区中心部は市街地側と埋立地側とに分断されている。市街地を貫流するA川が氾濫した場合、市街地中心部に向かって氾濫水が流れ下ることになるが、線路の盛土によって埋立地側には流出しにくい構造となっており、雨水はK駅周辺に湛水する。また、K地区の雨水はA川と雨水排水システムによって、D湾に排水されるようになっているが、雨水排除に時間を要する場合は、鉄道利用者や車両交通に支障をきたす可能性がある。

3. 氾濫解析

著者らが開発中の都市域氾濫・浸水対策シミュレータ¹⁾を用い、A川の河道特性とK地区の氾濫原特性を考慮した浸水・排水シミュレーションを実施した。K地区の流域特性と排水システムを勘案すると、そこでの浸水プロセスと湛水量には、主に①A川からの氾濫、②A川と雨水排水システムの排水能力、および③降雨による表層流が関与していると考えられる。そこで、計画高水に対する現況河道を対象として、Run1(河道からの氾濫)、Run2(河道からの氾濫と雨水排水システムを考慮した解析)およびRun3(河道からの氾濫、雨水排水システム、および降雨による表層流を考慮した解析)の3とおりの解析を実施することで、①~③が浸水プロセスと湛水量に及ぼす影響について定量的な評価を試みた。

図-1にA川の流域、流域を地形起伏に基づき分割した小流域と氾濫解析の対象領域をそれぞれ示す。氾濫解析の解析範囲は未改修区間を含む現況河道を対象として、SA-FUF-2DFモデル²⁾を用いた平面2次元不定流解析を実施し、溢水危険箇所を特定した。A川の上下流については最も上流側の溢水箇所より標高が2m高い等高線から鉄道盛土まで、その他の箇所はA川堤防の地盤高よりも標高が2m以上の箇所までを解析対象領域とした。解析条件の詳細と境界条件の取扱いについては、氾濫解析の境界条件として、流入ハイドログラフを算出する必要がある。ここでは合成合理式を用いた。氾濫実績があるハイドログラフを基準点の計画降雨量をもとに引伸ばしたハイドログラフを外力として、合理式に基づきハイドログラフを算出した。なお、引伸ばし率は1.35であり、2以下である。上流端には流量ハイドログラフを、下流端境界条件には朔望平均満潮位(1.0m)を与えた。内部境界条件として、雨水排水システムについては、幹線下水道の計画流量または排水機場の計画排水量 Q_d を排水区の面積で除した単位面積あたりの排水量 q_d をそれぞれ求め、各計算メッシュに与え処理した。降雨については、流出係数を用いて単位面積当りの流出流量 q_r を求め、各計算メッシュに与え処理した。Run2では雨水排水システムを取扱うために q_d を連続の式で考慮した。なお、雨水排水システムによる排水量は単位面積当たり 1.3×10^{-5} (m/s)であり、排水されるまでの時

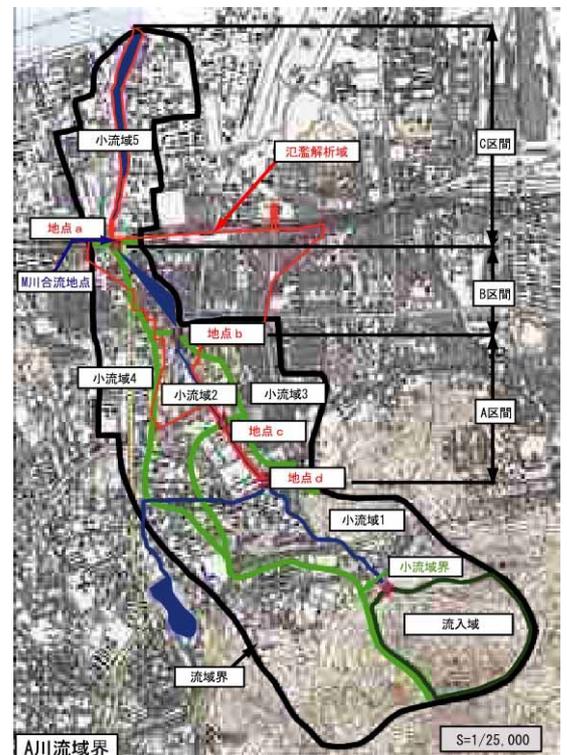


図-1 A川流域における流出解析の流域界

間などは考慮していない。
Run3 ではK 地区の地形特性を踏まえ、雨水排水システムで排水できなかった余水を表面流として取扱うために、 q_r と q_d を連続の式で考慮した。

4. 解析結果

図-2にRun3の浸水プロセスを示す。なお、Run1とRun2の浸水プロセスは紙面の都合で割愛する。Run1では、①No.15～No.16の区間から9:10頃に溢水が始まり、②氾濫水は

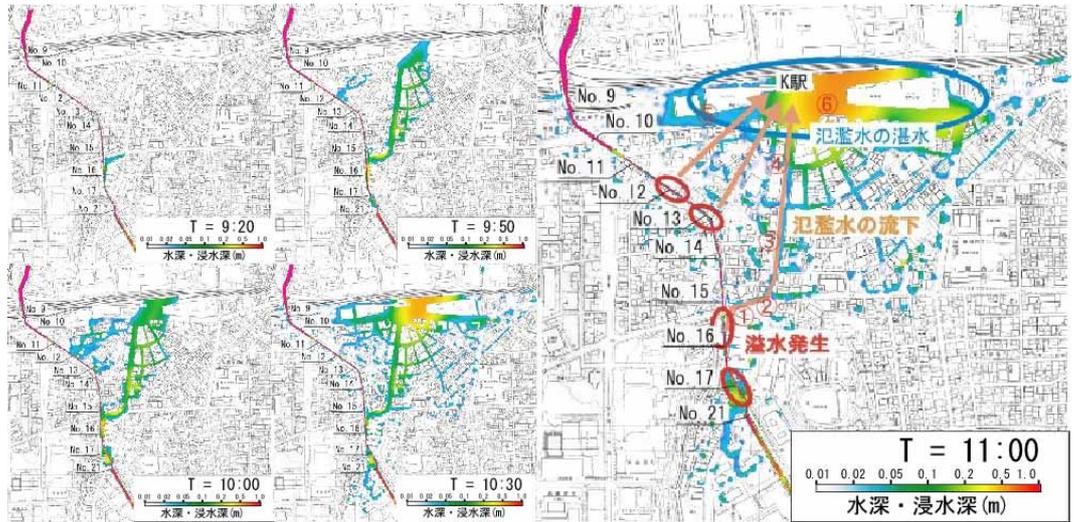


図-2 浸水プロセス

図中の実線で示すように流下し、9:50頃にK駅周辺にまで到達する。③9:50頃には、No.12付近、10:00にはNo.13付近からも溢水が始まり、氾濫水が国道へ広がる。④10:20頃にはNo.13付近、10:30頃にはNo.12付近、10:50頃にはNo.16付近からの溢水が止まる。⑤11:00には約11,300m³の氾濫水が市街地中心部のK駅周辺に湛水する。Run2では、Run1の①～④までは同様な浸水プロセスとなるが、K駅周辺では雨水排水システムで排水された分だけ湛水域や湛水深が小さくなる。このため、10:30でのK駅周辺の湛水量はRun1の0.75倍程度(約8,500m³)となる。Run3では、Run1の①～③までは同様な浸水プロセスとなる。④雨水排水システムで排水できなくなった余水が、K駅周辺などの地盤高の低い箇所に集まり湛水する。⑤10:30頃にはNo.12とNo.13付近、11:00頃にはNo.16付近からの溢水が止まる。また同時刻には約18,000m³の氾濫水がK駅周辺に湛水する。⑥その後降雨量が減少し、雨水排水システムの排水効果により、氾濫域は時間の経過とともに減少する。

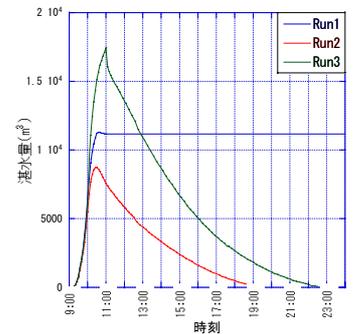


図-3 湛水深の経時変化

図-3に湛水量の経時変化を示す。Run1では、排水がないために、溢水の開始とともに増加した後に湛水量は一定となる。Run2では、10:30にピーク(約8,500m³)に達した後、11:20頃には溢水が止まるために排水により時間の経過とともに減少する。Run1と比較すると、ピークは同時刻(10:30)に生じているものの、Run2の方が3,000m³程度小さい。すなわち、この時刻までに雨水排水システムにより3,000m³の氾濫水が排水されたことになる。Run3では、11:00にピーク(約18,000m³)に達し、降雨量の減少に伴い、雨水排水により時間の経過とともに減少する。

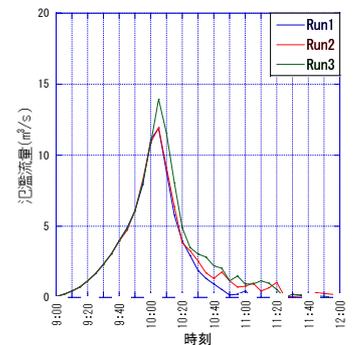


図-4 氾濫流量の経時変化

図-4に河道からの氾濫流量を示す。Run1では、10:05にピークを迎え、No.16の溢水がおさまる10:50にはほぼ0となり、11:05に0となる。また、ピーク流量は約12.0m³/sである。Run2では、10:05にピークを迎え、11:20頃で0となる。また、ピーク流量は、Run1と同じで12.0m³/sであり、排水流量の約20倍の氾濫流量となっている。Run3では、河道からの溢水と表層流による氾濫流量の和となっている。氾濫流量は10:05にピークを迎え11:20付近で0となる。また、ピーク流量は14.0m³/s程度であり、Run1とRun2の約1.2倍となる。

5. おわりに

氾濫・浸水対策検討シミュレータを用いたシミュレーションにより以下のような知見を得た。(1)Run1での氾濫流量とRun2での氾濫流量は同程度(約11,300m³)となる。Run3での氾濫流量は、Run2の1.2倍程度となる。(2)Run1、Run2およびRun3での最大湛水量は、それぞれ11,300m³、8,500m³および18,000m³程度となる。Run2では、雨水排水システムにより3,000m³程度の氾濫水が排水されると予想される。また、Run3の湛水量は、Run2より約10,000m³大きくなるので、湛水量に占める余水の量は10,000m³程度であると予想され、B地区のような地形特性を有する都市部では湛水量が余水に大きく左右されることを示している。(3)いずれのRunにおいても、浸水プロセスはほぼ同様であり、K駅周辺に湛水する。Run2では河道からの氾濫水が約8時間、Run3では約11時間で排水される。

参考文献:

1) 秋山壽一郎・重枝未玲：飯塚市を中心とした都市域のダイナミック氾濫解析 -2003年7月遠賀川豪雨災害を対象として-, 水工学論文集, 第49巻, pp.619-624, 2005. 2) 秋山壽一郎・重枝未玲・鬼束幸樹・白川寛樹：平面2次元数値モデルによる急流都市河川の流況解析, 水工学論文集, 第48巻, pp.631-636, 2004.