

雨水排水路網モデルによる 道路冠水対策の検討

STUDIES ON MEASURE OF FLOOD ON ROAD BASED MODEL OF SEWAGE NETWORKS

森山 智¹・湯野剛志¹・富士川洋一²
Satoshi Moriyama, Tsuyoshi Yuno and Yoichi Fujikawa

¹正会員 株式会社建設技術研究所 九州支社河川部 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12)

²フェロー 株式会社建設技術研究所 九州支社河川部 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12)

Recently, flood of urban-river occurs frequently. The cause is increase of runoff-rate for the asphaltting. Increase of runoff, inflow to the underground town and flood on road are important problem. The purpose of this study is examination of measure of flood on road. We carried out reappearance calculation of flood on road with MOUSE which is urban drainage model. The following results were obtained ; 1) Using urban drainage model , flood on road could be reproduced. 2) We knew that the cause of flood on road is insufficient for the ability of drainage flowing.

We recognized from this study that urban drainage model like MOUSE is effective tool to analysis of flood of urban-river.

Key Words : urban river, urban drainage model, MOUSE, flood on road

1. はじめに

わが国の雨水排除計画は、速やかに雨水を近傍河川等に排除する浸水対策を中心として行われてきた。都市化に伴う不浸透区域の拡大（流出係数の増大）により雨水総流出量やピーク流量が増加するなど、いわゆる「都市型水害」が発生してきている。

雨水排水路は一般的に合理式により検討されているが、実際には複雑な分合流を繰り返し下流へと排水しており、水害の状況を再現しその対策案を講じるためには、複雑に連結された排水路網流出モデルによる検討が必要である。

本検討では、下水管路網が整備されている都市域において、近年豪雨で道路冠水が発生した地区を対象とし、冠水が発生した道路側溝から排水先である河川までの水路網をモデル化し、冠水現象の再現、冠水要因の特定、および対策案の検討を行った。

解析には、デンマーク水理研究所（DHI:Danish Hydraulic Institute）が開発した水理計算ソフトMOUSE

を採用した。MOUSEは複雑に連結した雨水排水路網をモデル化し、一次元不定流計算により流出計算を行うソフトウェアであり、実際に設置されているポンプおよびゲート等も、モデル化可能である。

2. MOUSEの概要

本検討で採用したMOUSEは、水路（リンク）とそれを連結する点（ノード）によって水路網を構築する（図-1）。モデル化した水路網において、地表面流出解析と管路流解析を実施する。

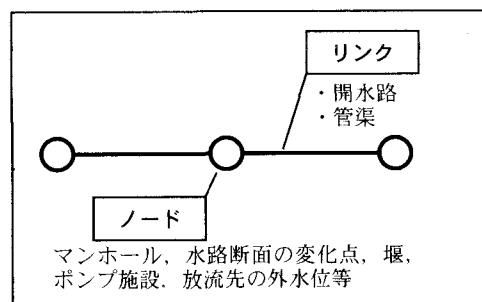


図-1 MOUSEにおける水路網の概要

(1) 地表面流出解析

地表面流出解析は、下水道計画が通常合理式により流出量を算定していることから合成合理式を採用している。

合成合理式は基本的に洪水到達時間 (t_c) 毎のハイトグラフを作成し、 t_c 毎の合理式によるピーク流量を連ねてハイドログラフを作成する。流量の算定は式 (1)、合成合理式の概要を図-2に示す。

$$Q_i = 1/3.6 f R_i A \quad (1)$$

ここで、 Q は流出量 (m^3/s)、 f は流出率、 R は降水量 (mm)、 A は集水面積 (km^2) を示す。

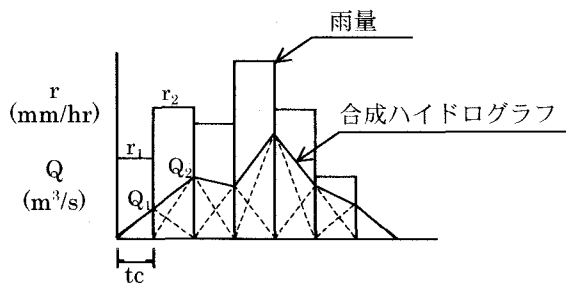


図-2 合成合理式の概要

(2) 管路流解析

管路流解析では、管路内における流出過程を解析する。境界条件として入力する上流からの流量は、先の地表面流出解析計算した各集水域でのマンホールへの地表面流出量である。下流端の境界条件は水位であり、基本方程式は分布型流出モデルであるサンプナン方程式である。式 (2)、(3) は一次元不定流計算の基礎式であり、それぞれ質量保存式と運動量保存式¹⁾を示している。

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + g A \frac{\partial y}{\partial x} = g A (I_0 - I_f) \quad (3)$$

ここで、 y は水深 (m)、 g は重力加速度 (m/s^2)、 x は流れ方向の距離 (m)、 t は時間 (s)、 α はエネルギー補正係数、 I_0 は水路勾配、 I_f は、摩擦勾配を示す。

管路は、平時は開水路の流れであるが、豪雨時に能力が不足すれば圧力管状態となり、降雨が弱くなると再び開水路になるという特性を持っている。サンプナン式は、自由水面流について成り立つ式であるため、近似的に解く方法として、プライスマン・スロット²⁾ (Preissman Slot) を設けている。この方法は、下水管の頂部に仮想的なスロットを設け、圧力は水位で与えることにより連続的に解くことを可能とする。また、プライスマン・スロットが地表面よりも大きく飛び出すと正確な解析が出来なくなるため、計算の中では、地表面より上には各ノードに大きな皿状の貯留池を持たせることにより、水

位の上昇を防ぐようにして、地表面に溢水した状況を再現している。概念図を図-3に示す。

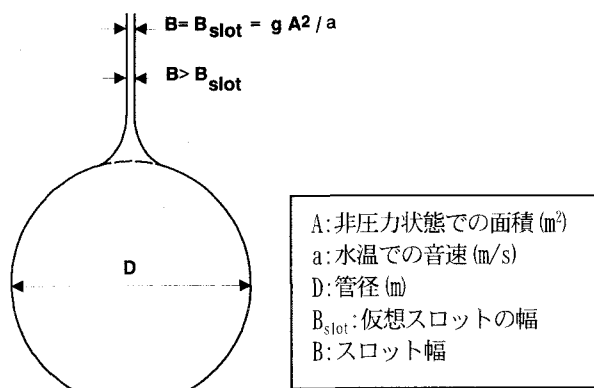


図-3 プライスマン・スロットの概念図

3. 対象流域の概要

(1) 流域の概要

対象流域は九州地区のA川流域である。A川は流路延長 24.6km、流域面積 106.2km² の2級河川である。下流部には県の政治・経済の中心である市街地が広がっており、県内でも特に人口・資産の集積が著しい河川である。流域概要図は図-4に示すとおりであり、市街化されている地区を  で示している。

また九州地区は、梅雨期には梅雨前線と南よりの湿った空気の供給による豪雨、台風期には勢力がまだ衰えていない状態で上陸することもあり強風および豪雨水害が多発している。

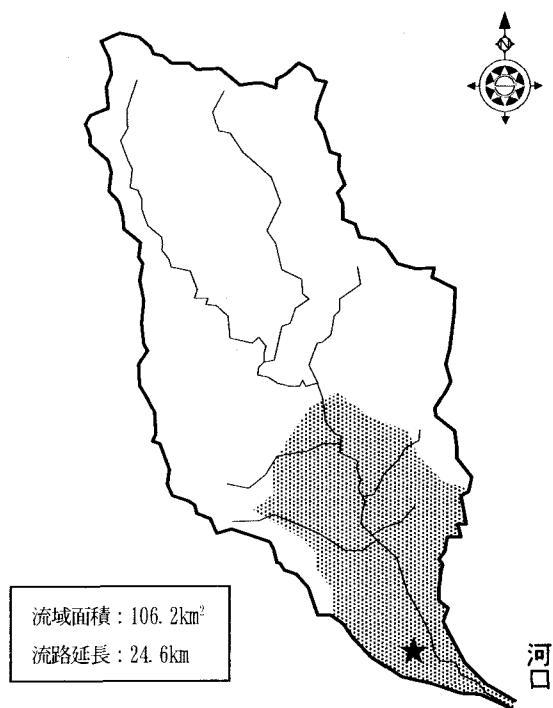


図-4 A川流域の概要

(2) 対象地区の概要

対象地区はA川流域の下流部に位置している(図-4の★の位置)。A川に流入するのはバイパス水路と呼ばれる断面形状が5.5×3.5mの管渠で、道路側溝から始まる水路網はすべてこのバイパス水路に集められ、A川に排水している。排水先にはポンプ施設など無く、自然排水である。また鉄道が東西方向に整備されるなど交通量の多い地区であり、土地利用はすべて市街地である。対象地区の概要は図-5に示すとおりである。なお、西側の道路網については表示していない。

この地区において、道路冠水が頻繁に生じる箇所は、駅前ロータリーの南側の道路である。

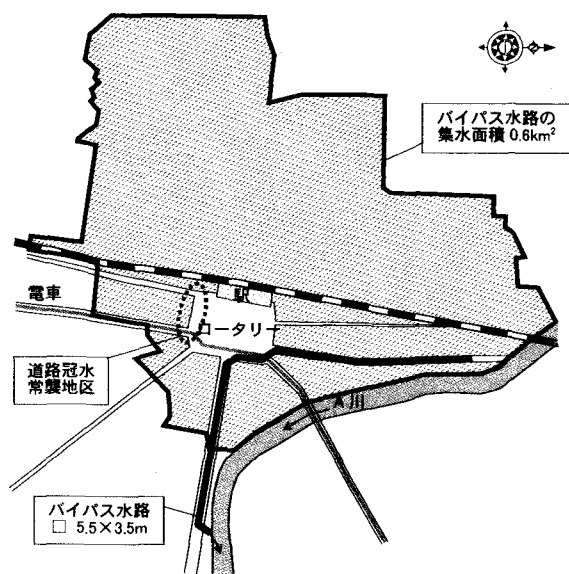


図-5 対象地区の概要

4. 平成12年8月降雨による道路冠水の概要

(1) 平成12年8月降雨の概要

本検討では、対象地区で道路冠水が発生した平成12年8月降雨を対象降雨とした。対象地区近傍の気象台における平成12年8月降雨およびバイパス水路の排水先であるA川の時刻水位を図-6に示す。

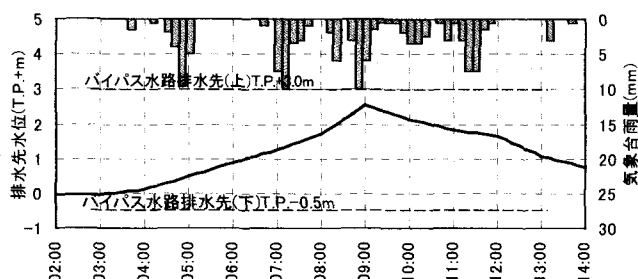


図-6 平成12年8月17日の降雨およびA川水位
左軸はA川水位、右軸は気象台10分雨量を示す。また、バイパス水路高さも併せて示してある。

図-6より、平成12年8月17日において、降雨は最大で10mm/10分が3回あり、時間雨量では9時に最大で27mm/10時間となっている。バイパス水路排水先のA川水位は、9時がピークでT.P.+2.54mであり、バイパス水路の排水先よりは高くなっていない。

(2) 道路冠水の概要

平成12年8月降雨において、図-5に示す駅前ロータリー南側道路側溝の排水不良のため、道路冠水が発生している。聞き込み調査より、道路冠水時間は概ね10分から1時間程度、水深は20cmから25cm程度であった。図-7に冠水箇所および水路の概要を示す。

なお、この地区の排水路はバイパス水路までは開水路、バイパス水路以降は管渠となっている。

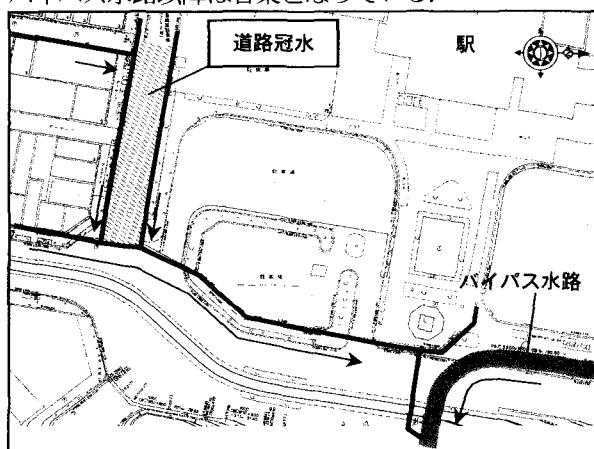


図-7 道路冠水箇所と水路の概要

5. 道路冠水対策の検討

(1) MOUSEによる水路網のモデル化

MOUSEにより、道路冠水が発生した道路側溝からバイパス水路排水先までをモデル化した。対象となる道路側溝からバイパス水路はノードとリンクによりモデル化し、それ以外の水路網は分割流域からの地表面流出として、ノードに直接流出量を与えることとした。モデル化した水路網および流域分割は図-8に示すとおりである。

(2) 計算条件、境界条件

- ・水路網諸元：水路数高、水路長、水路形状、流下時間は管理台帳より設定
- ・粗度係数：管渠0.013、開水路：0.015
- ・流出率：地表面流出計算に用いる流出率は0.7
- ・対象降雨：平成12年8月降雨(図-6参照)
- ・排水先水位：A川の時刻水位(図-6参照)
- ・計算期間：平成12年8月17日2時～14時



図-8 水路網のモデル化

(3) 再現計算および冠水要因

(2) に示す条件をもとにMOUSEによる再現計算を行った。再現計算の結果、8月17日9時に冠水が発生した側溝において、道路冠水現象が再現された。8月17日9時の再現計算結果として、水路縦断を図-9に示す。

図-9より、道路側溝の排水先であるバイパス水路は、道路冠水が発生する8月17日9時において、A川の水位上昇により水位が高くなるものの、満管状態にはなっていないことが分かる。

これより、道路冠水の要因としては、図-9に示す道路側溝の流下能力不足と考えられる。

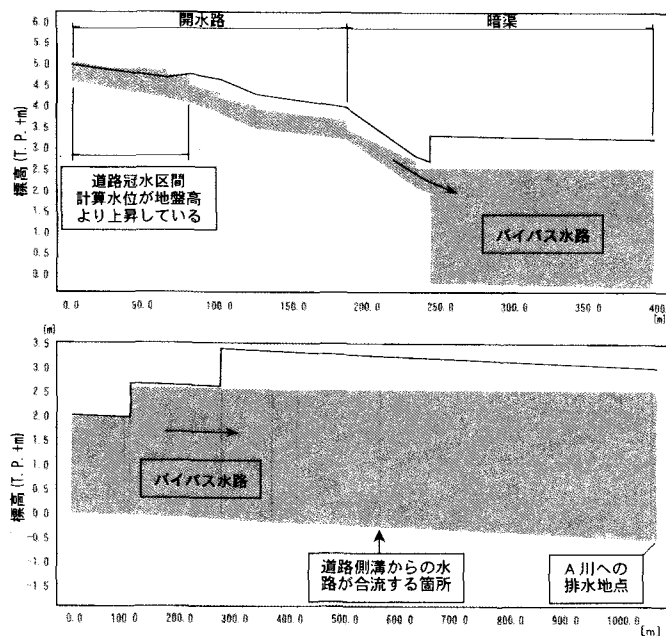


図-9 再現計算結果(水路縦断)

上段：道路側溝からバイパス水路まで(図-8の—○—に相当)、下段：バイパス水路(図-8の—●—に相当)

(4) 対策案の検討

道路冠水対策は、下水道計画の設計基準である8割水深で流下可能な断面形状を検討した。断面形状の変更を行う箇所は再現計算で、道路冠水が再現された水路からバイパス水路に接続する水路までとした。上流側の流下能力を上昇させると、下流側への負担が大きくなることから、断面形状は上下流でバランスが良くなるようトライアルによって決定した。図-10は、断面形状を拡幅・掘削により流下能力を上昇させた結果であり、バイパス水路までの水路が全区間で8割水深以下となった。

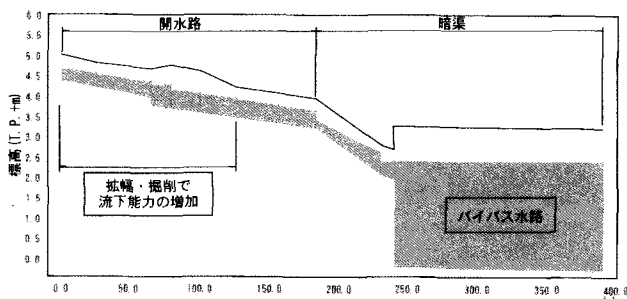


図-10 道路冠水対策検討結果

6. おわりに

道路冠水要因および対策案の検討のために、実際に道路冠水が発生した水路から排出先の河川までをMOUSEによりモデル化した。再現計算では、道路冠水箇所が概ね再現されており、モデルの適用が妥当であることが示された。さらに、対象地区の道路冠水要因は下流の排水不良ではなく、道路側溝の流下能力不足であるという検討結果を得た。

本検討より、都市化により複雑に結合され、さらに地下に埋設されている水路網の流出解析において、MOUSEのような水路網流出計算モデルの適用性が示された。

参考文献

- 1) DHI:MOUSE Reference Manual,2000.
- 2) Abbott,M.B.:Computational Hydraulics, Elements of the Theory of Free Surface Flows, Pitman,1979.

(2002. 4. 15 受付)