

超過降雨を対象とした浸水対策計画

日本水工設計株式会社 東京支社 ○山賀 秀昭
一松 雄太

1. はじめに

近年のゲリラ的大規模降雨により、多くの都市において浸水被害が発生している。これらの降雨の中には従来下水道が対象としてきた計画降雨を上回るものも多くあり、これらの大規模降雨（超過降雨）に対する浸水対策が求められている。

本検討の対象である A 市 B 排水区（計画面積 657ha，うち合流約 290ha）においても下水道計画の整備水準を超える規模の降雨が年々増加傾向にあり、平成 16 年 10 月の台風 22 号では、市内の広範囲で時間降雨量約 60mm を越える降雨により浸水家屋 1,000 棟を超える甚大な都市型水害が発生し、市民生活に大きな影響をもたらした。

このような状況から、超過降雨時の都市機能の安全確保や浸水被害の再発防止を目的として下水道総合浸水対策緊急事業計画の立案を行った。

計画策定にあたっては、対象とする超過降雨を設定し、既存施設の排水能力の把握、超過降雨時の浸水要因の分析および有効な浸水対策について検討した。

具体的な浸水対策としては、事業主体が行う公助対策（貯留管や雨水調整池、校庭・公園貯留等のハード対策および「ハードマップ」や情報公開等のソフト対策）と住民協力のもと行う自助対策（土のう、止水板および各戸貯留浸透等）を併用した総合的な対策メニューについて検討した。

また、浸水の傾向として、地形的な要因による浸水（低地区への流れ込みなど）も想定されることや、ある程度の浸水を許容した上で、浸水被害の最小化を図るために、従来の 1 次元不定流解析（管渠のみの流出解析モデル）ではなく、溢水後の挙動を含めたシミュレーションが可能である 2 次元不定流解析（地表面氾濫解析モデル）を用いて浸水範囲の移動や浸水深の変動を考慮した検討を行った。

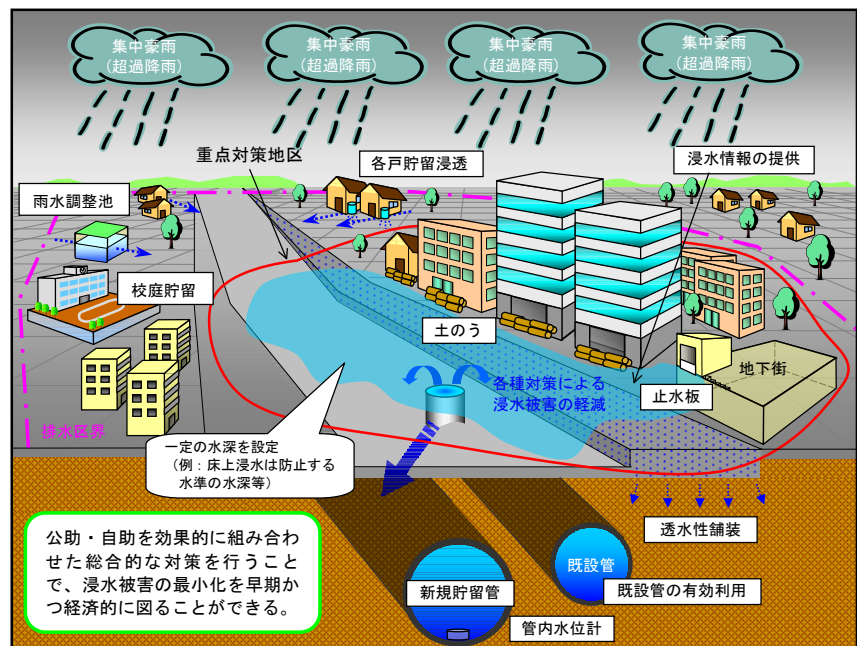


図-1 下水道総合浸水対策緊急計画イメージ(公助・自助の総合対策)

2. 調査地区の概要

(1) 地形および下水道施設

検討対象区域の地形状況を図-2 に示す。

流域の地形的特徴としては、区域の中央を流れる河川に向かって傾斜し、各所に低地区が点在している。また、主な土地利用用途は、河川沿いに商業・工業地帯が形成されており、周囲に住居が立地して複合的な都市形態を形成している。

(2) 既存排水施設の状況

検討対象区域の既存排水施設状況を図-3 に示す。

下水道施設は河川に沿う形で流下管渠があり、幹線管渠能力を補完する形で貯留管や幹線バイパス管(B 幹線)などが布設されている。

また、雨水の流達時間としては、貯留管への取水地点までの流達時間が約 30 分、流末部までの流達時間が約 60 分となっている。

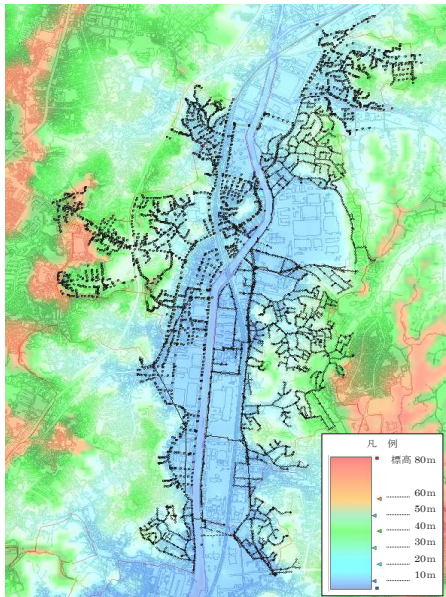


図-2 検討区域の地形状況

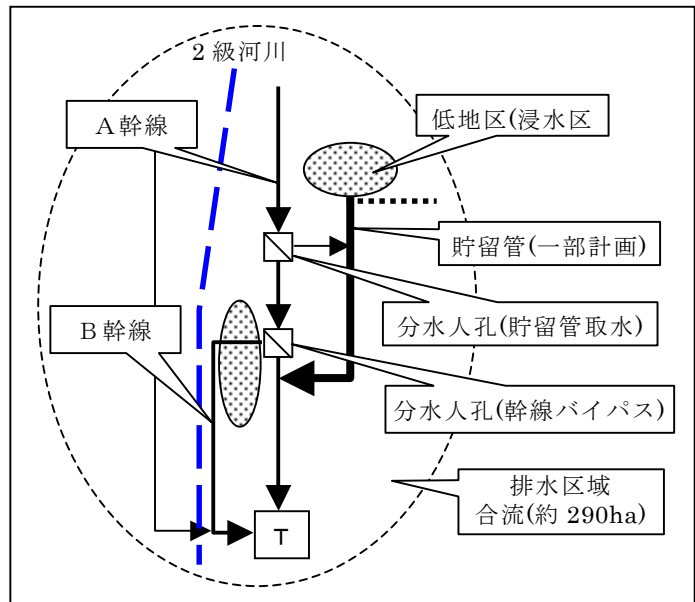


図-3 検討区域の既存排水施設の状況

(3) 下水道整備水準

調査対象区域は、昭和 44 年より下水道整備に着手し、当初の下水道施設の整備(設計)水準は、流下管渠にて 1/5 確率年降雨(約 50 mm/hr)に対応するものであった。しかし、近年の浸水被害の発生を受け、幹線能力は貯留施設にて 1/10 確率年降雨(約 60 mm/hr)への機能アップを計画しており、1/10 確率年降雨を対象とした貯留施設の整備は現在施工中である。

(4) 浸水被害実績

本地区は、近年 10 年間に於いて 4 回(降雨回数)の浸水実績があり、延べ浸水被害戸数が 169 戸、延べ浸水面積は約 3.4ha である。なお、これは下水道総合浸水対策緊急事業採択要件の(2)-イ(都市機能集積地区、過去 10 年で 3 回以上の浸水実績、延べ浸水面積 1.5ha 以上)に該当する。

浸水が発生した 4 降雨はいずれも総降雨量が 100mm 程度以上であり、その内、60 分間最大降雨量が 50mm 程度超のものが 3 降雨を占めていた。

3. 計画目標の設定

(1) 超過降雨

浸水対策の対象とする超過降雨は、近年最も大きな浸水被害を引き起こした実績降雨を用いるものとし、この降雨の最も大きなピーク部分（2 時間分を抽出）をシミュレーションの対象とした。

この降雨の特徴としては総降雨量が多いだけでなく、最下流の下水到達時間相当の 60 分間最大降雨量も 75.5mm と非常に大きな降雨であった。

(2) 下水道計画降雨と超過降雨

下水道計画降雨と超過降雨の規模を比較した場合、超過降雨の 60 分ピッチ降雨強度は 1/31 確率年降雨に相当する。（表-1、図-4 参照）

そのため、超過降雨時において、幹線系統での到達時間を概ね 60 分と考えると、1/5 確率年や 1/10 確率年を整備水準とする下水道施設のみでは流下能力不足となることが容易に推察される。

また、枝線管渠においては、到達時間を 5 分～10 分と考えると、対象降雨の 5 分ピッチ降雨強度は 1/5 確率年降雨程度、10 分ピッチ降雨強度が 1/10 確率年降雨程度にあたるため、1/5 確率年降雨の整備が完了していない路線では流下能力不足となることが推察される。

表-1 下水道計画降雨と今回対象降雨の比較

降雨	確率年	5分ピッチ 降雨強度 (mm/hr)	10分ピッチ 降雨強度 (mm/hr)	30分ピッチ 降雨強度 (mm/hr)	60分ピッチ 降雨強度 (mm/hr)
下水道計画降雨	1/5確率年	122	100	65	47
	1/10確率年	137	116	79	58
	1/20確率年	152	131	92	67
	1/30確率年	162	142	101	74
	1/40確率年	168	147	105	78
	1/50確率年	173	153	110	81
対象降雨	1/31確率年相当	120	111	98	75.5

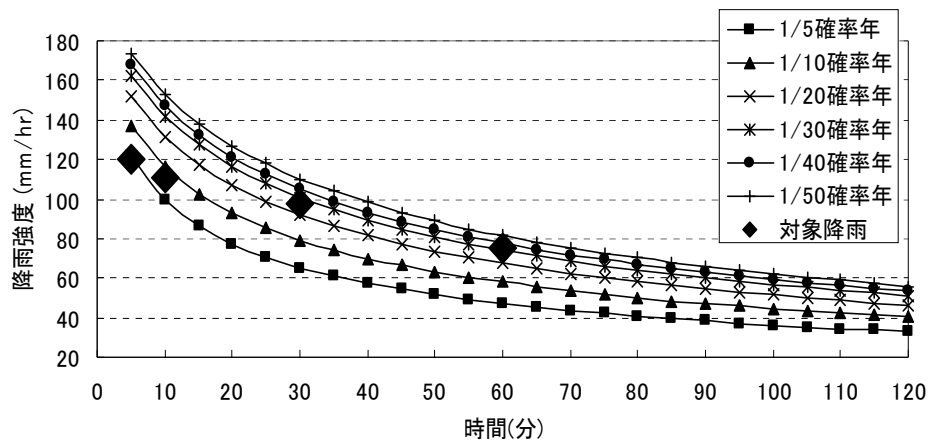


図-4 下水道計画降雨と今回対象降雨の比較

(3) 浸水被害軽減目標の設定と対策の役割

本検討では、整備水準降雨に対する計画的対応（ハード対策）と超過降雨に対する緊急的対応（ソフト対策）の目標を①～③のように設定した。

①生命の保護の観点に基づく施設

- ・地下街、地下室への浸水防止

②都市機能の確保の観点に基づく施設

- ・主要幹線地区にあっては交通の支障となる道路冠水の防止（機能保全水深 15cm）
- ・防災関連施設にあっては床上浸水の防止（機能保全水深 45cm）

③個人財産の保護の観点に基づく施設

- ・家屋の床上浸水の防止（機能保全水深 45cm）

さらに、各目標を達成するための機能保全水深と、公助・自助（共助）それぞれの対策の役割及び浸水の定義を④のように設定した

④対策の役割と浸水の定義

- ・ハード対策による公助の役割：流下管渠 1/5 確率年降雨対応
貯留施設 1/10 確率年降雨対応
- ・ハード対策による自助（共助）の役割：超過降雨時の止水板による床上浸水の防止
- ・ソフト対策による役割：超過降雨時の自助（共助）促進
- ・浸水の定義：

浸水のレベル	浸水深
床上浸水	GL+45cm ≤ 浸水深
床下浸水	GL+15cm ≤ 浸水深 < GL+45cm
交通可能な浸水*	GL ≤ 浸水深 < GL+15cm
排水障害を起こす水位	GL-60cm ≤ 浸水深

※「下水道総合浸水対策計画策定マニュアル（案）」によれば、「乗物の移動限界はおよそ 20cm である。」とされているが、ここでは、道路構造令による歩車道境界ブロックの高さ 15cm 未満を交通可能な浸水深とした。

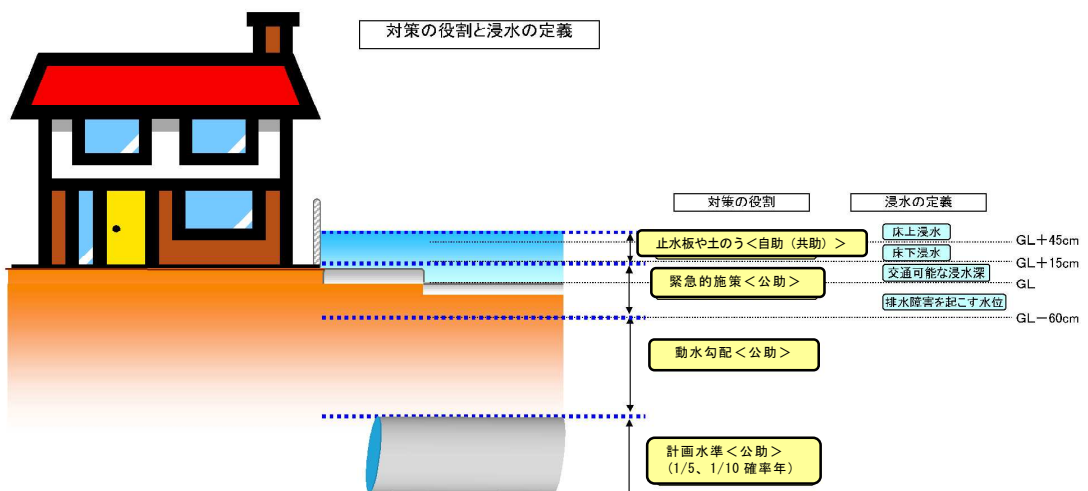


図-5 対策の役割と浸水の定義

4. 対策検討

(1) 浸水要因の分析

現況管網モデルに超過降雨を降らせてシミュレーションを行った結果、A 幹線上流部および B 幹線において動水位の上昇が顕著であった。この時、A 幹線下流部と B 幹線の動水位に大きな差があり、既設の幹線バイパス分水人孔は構造上からも B 幹線へ多くの水量が流れやすい状況であった。

時系列的に分析すると、まず最初に幹線部の能力不足からの背水影響によって周辺管渠より溢水が起り、地表面流れにより低地区に水が流れ込むことにより大きな浸水が発生していた。また、貯留管取水地点では流量ピーク時に、すでに貯留管が満水になっており、その貯留効果が十分に発揮できていないことが浸水発生の大きな要因と考えられる。

(2) 対策検討

浸水対策としては、下水道の整備水準である 1/10 確率年降雨を対象としたハード整備を進めるとともに、超過降雨時においても極力浸水被害が軽減できるように対応を図ることとし、対策必要箇所や施設規模の設定にあたっては、シミュレーションモデルを活用して既存施設の最大能力を把握し、浸水対策に効果的な対策地点、効率的な施設規模となるよう留意した。

なお、超過降雨を対象とした浸水対策を検討する場合、整備水準に対する超過降雨の発生頻度を考慮すると、新規の対策施設を設置することは下水道事業として過大投資となる恐れがあることから、整備水準施設の効率的な利用を検討の主目的とした。

主な対策を以下に示す。

▶ 1/10 確率年降雨を対象としたハード整備

段階的機能アップ・・・第 1 段階：1/5 確率年降雨を対象とした増補管、バイパス管計画

→シミュレーションによる溢水地点・溢水量を基に計画立案

第 2 段階：1/10 確率年降雨を対象とした貯留管、雨水調整池、枝線機能アップ（インライントank）

→合理式およびシミュレーションによる能力不足や溢水状況・溢水量を基に計画立案

→枝線機能アップは、1/5 確率年流量のみ流下させるインライントankを設置

▶ 流下能力を最大限活用した貯留管取水堰高さの設定：流下管渠の圧力状態における圧力流れや管内貯留効果を利用し、貯留開始水位を引き上げ、溢水量の削減を図る。（図-6 左参照）

▶ 管内水位の均等化：既設の幹線バイパス分水人孔を改良し、分水後の幹線水位が均等となるようにして水位上昇を緩和する。（図-6 右参照）

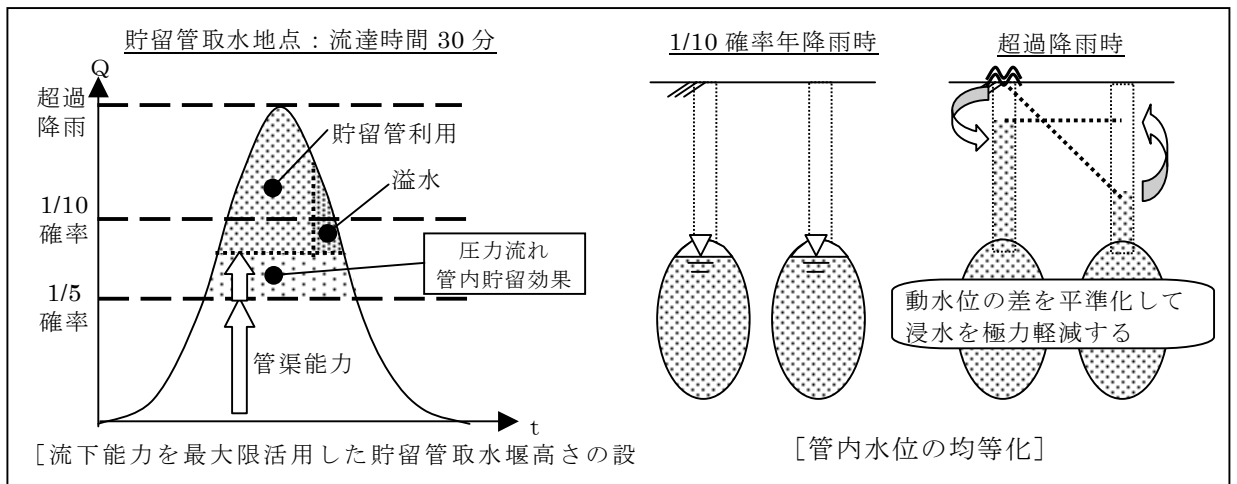


図-6 超過降雨対策施設の概要

(3) 対策効果の検証

上記対策について実施後のシミュレーションを行った結果、低地区浸水を引き起こす溢水を防止し、対策前と比較して浸水範囲を大幅に削減することが分かった。(図-7 参照)

特に貯留施設の集水エリア及び幹線バイパス管の周辺において浸水解消・軽減が顕著であり、対策実施効果が十分に発揮されていることが伺える。

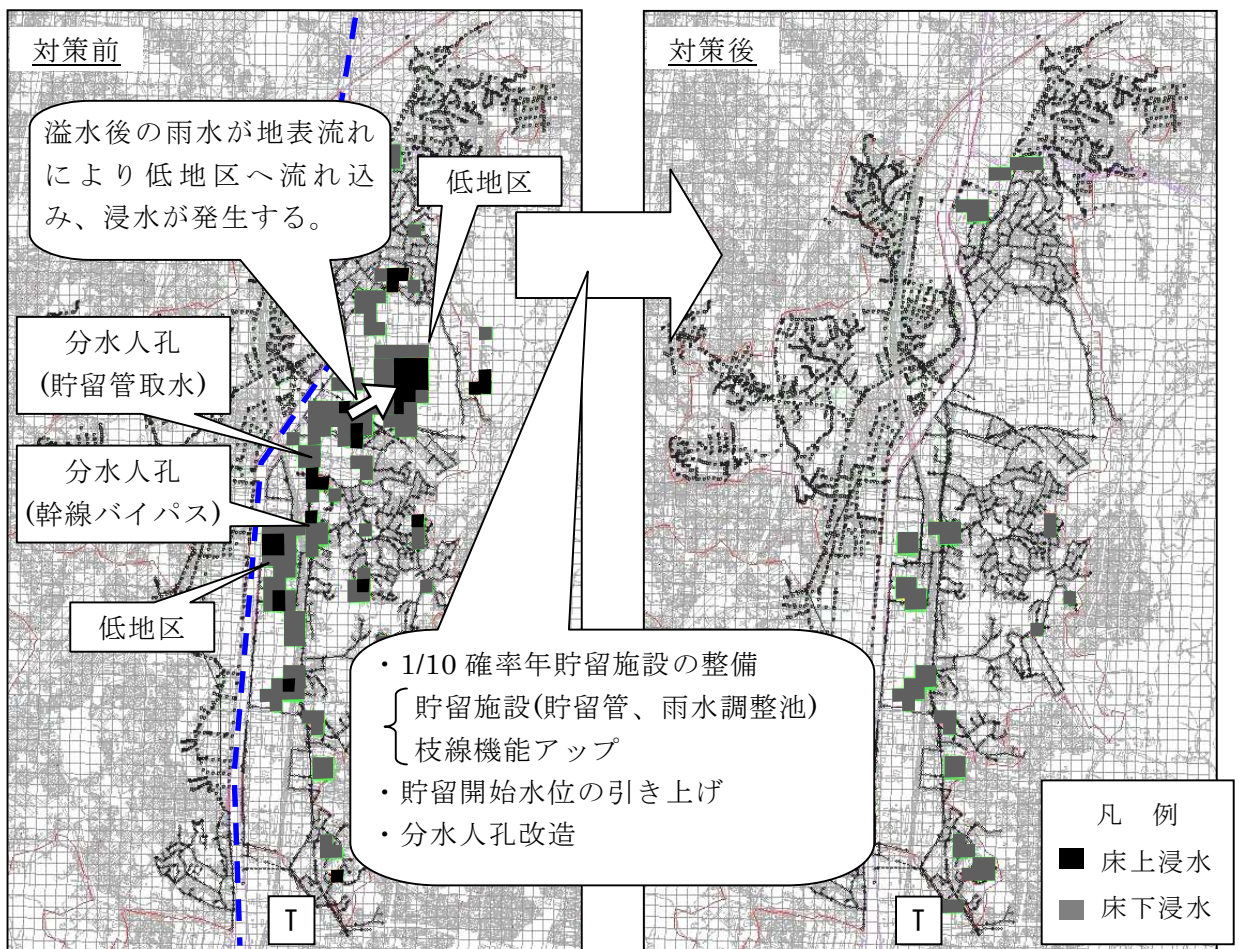


図-7 本検討対策実施後のシミュレーション結果

6. まとめ

本検討では、2次元不定流解析を行うことにより、従来の1次元不定流解析では詳細な把握が不十分であった浸水要因（地表面流れによる低地区浸水など）についての的確な再現が図れ、浸水リスクを勘案した効率的な対策を検討することができた。

また、多くの既存の下水道施設は、計画以上の降雨に対するポテンシャルを有しているものと考えられることから、より経済的・効率的な超過降雨対策の一手法として今回の検討が活かされるものと考えられる。

超過降雨対策で使用した2次元不定流解析では、効率的なハード対策の策定だけでなく、シミュレーション結果を内水浸水想定区域図や内水ハザードマップの基礎資料として浸水情報の提供や対策支援等のソフト対策の充実に活用することにも適用が可能である。

今後の課題としては、対象とする降雨が下水道計画降雨を超えるものであることから、従来の下水道整備の考え方だけで対応することが困難であり、下水道視点の対策（下水道施設としてのハード対策、止水板等のソフト対策）のみならず、河川や道路、民間施設との一体的な整備が重要であると考えられる。

今後は次に示すような下水道と他事業が総合的に連携した雨水対策も視野に入れ、具体化していくことが効果的な総合浸水対策となるものと考えられる。

- ・ 公園貯留や学校貯留、浸透性舗装
- ・ 民間施設での雨水流出抑制施設の設置
- ・ 緑地保全や屋上緑化、田んぼ貯留
- ・ 河川の洪水調節施設と下水道の雨水貯留施設のネットワーク化