

水位周知下水道の導入検討の一事例

(株)日水コン 下水道事業部 西部事業マネジメント部 ○上原 亮平
安藤 哲也
下水道事業部 木村 誠

水位周知下水道とは、都道府県又は市町村が内水による浸水被害が発生する恐れがあるとして指定する下水道施設である。本下水道では、管渠内等の警戒水位を設定し、この水位に達したときには、水防管理者等に通知することが義務づけられる。本稿では、地下街管理者への浸水リスク情報周知を目的とし、浸水シミュレーションを用いて、水位観測箇所及び周知方法を検討した事例を示す。検討より、観測水位情報のみを地下街からの避難のきっかけとする場合、水位上昇速度が速く、避難時間を十分に確保できないことを確認した。そのため、より早期に浸水リスクが把握可能な降雨情報を用い、それを止水板の設置情報とすることで地下街への流入時間を遅らせて、避難時間を確保する方法を提案した。

Key Words : 水位周知下水道、浸水シミュレーション、降雨情報を含めた周知方法

1. はじめに

近年、これまでの想定を超える浸水被害が多発したことを受けて、平成 27 年に水防法が改正され、想定し得る最大規模の内水も考慮して避難体制等の充実・強化を図る方針が示された。これにより、都道府県知事または市町村長は、浸水により相当な損害を生ずる恐れがある地区の下水道を「水位周知下水道」に指定し、浸水の発生を警戒すべき管渠内等の内水氾濫危険水位を定め、観測水位がこの水位に達したときには、内水氾濫危険情報を、水防管理者及び量水標管理者に通知するとともに、必要に応じて一般に周知することが義務付けられている¹⁾。

本稿では、大規模な地下街を有する A 市を対象に、水位周知下水道制度の運用に向け、浸水シミュレーションを用いて、水位周知方法を検討した事例を報告する。

2. 検討手順

水位周知を行うに際しては、水位観測箇所の選定と内水氾濫危険水位の設定が必要となる。一方、一般に浸水実績

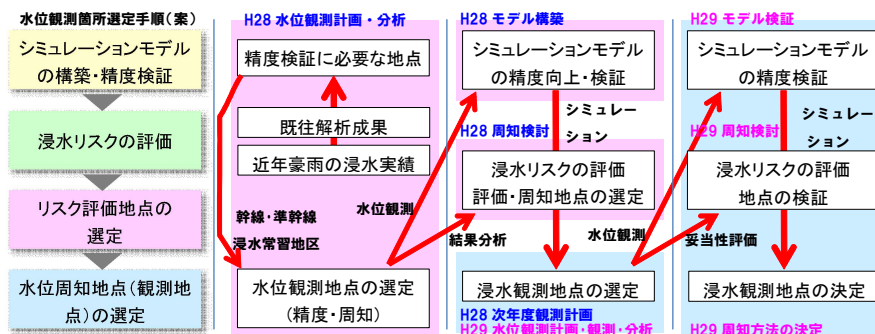


図-1 検討フロー

は多く蓄積されておらず、管渠内水位や浸水（開始）時間等の情報もない。このため、本事例では、地表面と下水道施設（管渠、ポンプ場等）の水の流れが一体的に解析可能な浸水シミュレーションを用いて、浸水する恐れがある管渠や地下街入口を抽出した。次いで、抽出した地点の様々な降雨時における水位変化状況を考慮し、地下街からの避難に要する時間（リードタイム）が確保できる危険水位を検討した。

3. 水位観測

2. で示した検討を行うに際しては、浸水シミュレーション（モデル）の精度が求められる。そこで、本事例では、まずシミュレーションモデルの精度を確保するために、地下街付近の浸水要因となる管渠の枝線～準幹線～幹線の各地点で水位観測を行った。次いで、浸水シミュレーションの精度確認・精度向上を図ったうえで、水位周知のための水位観測を行う候補箇所を選定した。さらに、選定した水位観測箇所の妥当性を検証するために、設置候補箇所での水位観測を行った（図-1）。

各水位観測では、2年に分けて各雨期の4ヶ月間、管渠内に水位計を10台程度設置した。水位計設置箇所の選定に際しては、将来的な常設を想定し、水位データを送信する盤等が地上部に設置可能か、電源が確保可能かなど、地上部の状況を確認した。

なお、水位観測により、管渠内水位が満管となる降雨を数降雨観測することができたが、浸水の再現性を検証するための、浸水が生じる規模の降雨は観測できなかった。

4. 浸水シミュレーションモデル調整

浸水シミュレーションモデルの精度を検証・担保するために、3.で実施した水位観測結果より、管渠内水位が満管に達した降雨を対象に再現結果の検証、パラメータの調整（キャリブレーション）を実施した。再現性の有無は、管内水位の実測値とシミュレーションによる計算値の水位波形（特に水位上昇波形）の整合性に着目して確認した（図-2）。

再現性を向上させるため、排水区域内の土地利用分布を反映した流出係数を設定・調整するとともに、A

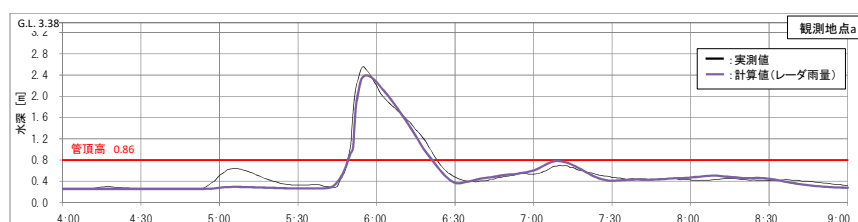


図-2 管内水位の整合確認

市の地下街周辺には大規模開発施設や高層ビルが多く位置していることから、流出抑制のための雨水調整槽の影響も考慮した。

また、シミュレーションに使用する雨量データとして、地上雨量計の雨量と X バンドレーダの雨量による再現結果を比較し、X バンドレーダ雨量の方が、再現性が高いことを確認した。これより、管渠内水位を精度良く再現するためには、降雨の空間分布が 250m メッシュで詳細に把握できる X バンドレーダ雨量の適用が必要であるという知見を得た。

5. 水位周知方法の検討

(1) 浸水シミュレーションによる水位計設置候補箇所の設定

水位計の設置候補箇所は、早い時点で浸水し、かつ浸水深が大きくなり、近隣の地下街への流入が始まる箇所を浸水シミュレーションより選定した。早い時点で浸水が流入する地下街入口を選定するため、全ての地下街入口について、図-3 に示す地下街入口に関する高さ関係（入口高さ、止水板の有無及び止水板の高さ）を整理し、浸水

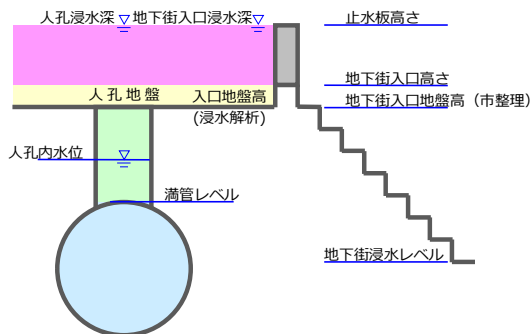


図-3 地下街入口に関する高さ関係

シミュレーションによる浸水深の算定結果と比較した。図-4 に想定最大降雨（1 時間降雨強度 147mm/h）²⁾ が降った場合のシミュレーション結果を示す。左図には浸水の早さを示す浸水開始時間の図（最初に浸水が発生した時間を 0 分とする）を、右図に地表面の最大浸水深の図を示す。これより、早期に浸水する恐れがある地点としてアとイが選定されたが（左図）、アは最

大浸水深が小さく、入口高さと比較して地下街へ流入する危険性が小さいことから棄却し、浸水深が高く地下街への流入の恐れがあるイを水位計設置候補箇所として選定した。



図-4 浸水開始時間と最大浸水深（左：浸水開始時間、右：浸水深）

(2) 内水氾濫危険水位の設定

内水氾濫危険水位は、地下街利用者が地下から地上まで避難するために十分な時間（リードタイム）が確保できるよう設定する必要がある。リードタイムは大きく分けて①内水氾濫危険情報を地下街利用者まで伝達する時間と、②地下街利用者が地上部までの避難に要する時間の合計となる（図-5）。対象となる地下街では、地下街管理者が定める「避難確保・浸水防止計画」より②に要する時間が 24 分と見積もられていたため、本事例では 30 分のリードタイム確保を目標として内水氾濫危険水位を検討した。

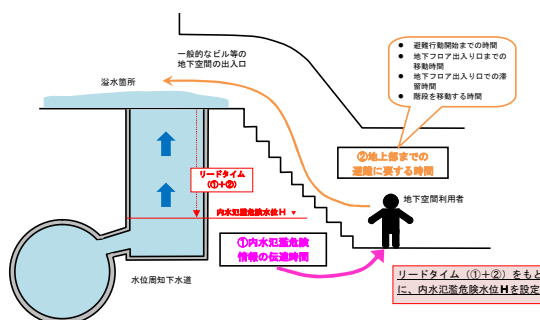


図-5 地下街入口に関する高さ関係

(3) 降雨と管内水位の関係

30 分のリードタイムを確保するため、水位計設置候補地点 a の枝線管渠の他、準幹線や幹線の水位、降雨との時間関係を整理し、浸水リスク情報を発信するためのきっかけ（トリガー）を検討した。水位計設置候補地点 a と準幹線、幹線管渠の位置関係を図-6 に、降雨と各地点の水位との関係を図-7 に示す。

これより、候補地点 a 付近の枝線水位は準幹線や幹線の水位より早く上昇することから、幹線、準幹線の水位をトリガーに用いるよりも、数分リードタイムを長く確保できることを確認した。

ただし、本地点で 30 分のリードタイムを確保する内水氾濫危険水位を設定する場合、図-8 に示すように危険水位は管底高付近となる。これは水位上昇速度が極めて早いためであり、この水位設定では小降雨時で危険情報を発信することになり、周知頻度が膨大となるため現実的な設定ではない。また、リードタイムを 5 分とした場合でも危険水位は半管程度の水位となることから、管渠内水位の観測情報のみでは、避難に必要なリードタイムを確保することは困難であることを確認した。

そこで本事例では、降雨情報による周知を検討した。対象地区では、降雨規模別の浸水シミュレーションより、1 時間降雨強度が 20～30mm/h（A 市計画降雨の降雨波形の場合、10 分降雨強度 64～86mm/h に相当）で浸水が生じることを確認している。これより、浸水発生の恐れがある降雨強度を 10 分降雨強度として

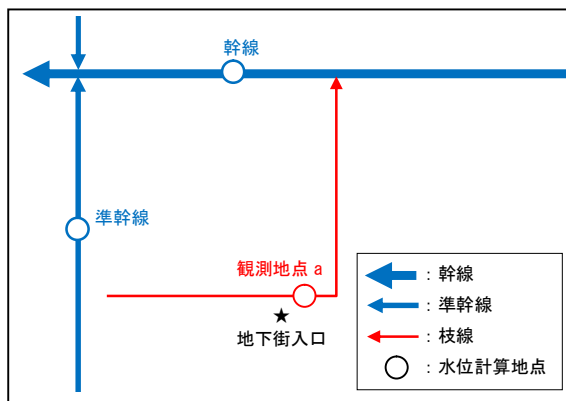


図-6 観測地点の位置関係

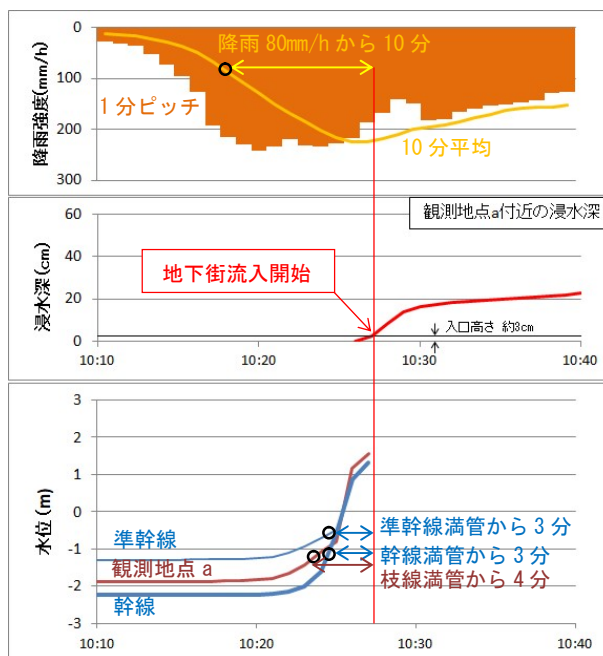


図-7 降雨と水位上昇状況の関係

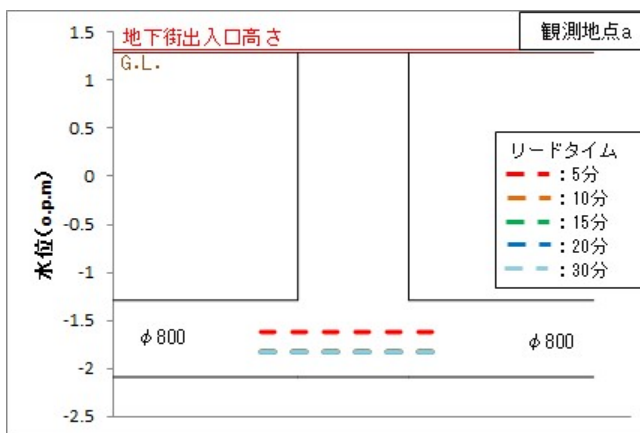


図-8 リードタイムからの内水氾濫危険水位の設定

周知する場合、地下街への流入までに 10 分程度のリードタイムが確保できることを確認した。降雨情報を指標とすることで、予測雨量情報も適用でき、さらに数 10 分のリードタイムが確保できる可能性もある。

以上より、降雨情報を周知の指標とすることで 10 分程度のリードタイムを確保できる見込みではあるが、避難に要する 30 分のリードタイム確保は困難である。一方、止水板を設置すれば、候補地点 a 付近の地下街入口は想定最大降雨でも地下街へ流入するまでの時間は 30 分以上に伸びる。このため、本事例では、降雨情報を活用することで確保できる 10 数分のリードタイムを地下街からの避難情報ではなく、止水板の設置を行うための情報とし、止水板の設置とあわせて 30 分のリードタイム確保を図ることを提案した。

(4) 水位周知方法（案）

本事例では地下街利用者が避難するために 30 分のリードタイムを確保することを目標としたが、水位観測情報のみでは必要なリードタイムの確保が困難であることから、降雨情報を止水板の設置を行うための情報として周知する方法を提案した。さらに、降雨情報として予測情報を用いることで、より早期での周知が可能となる。ただし、降雨情報（予測情報）はより早い時点で配信するため、情報の信頼性は相対的に低くなる。一方で、下水道管渠や地下街入口での水位観測情報は早い段階での検知は困難であるが、直接的に浸水リスクを観測するため情報の精度は高い。本事例では、これら各情報の精度をふまえて、段階的に浸水リスクを周知するものとした。具体的には、情報の精度に応じて、準備情報（降雨予測情報）、注意報（降雨観測情報、水位観測情報）、警報（水位観測情報）を段階的に周知するものとし、表-1 に示す周知方法を提案した。

表-1 段階的な周知方法（案）

タイムステップ	浸水開始 30 分前	浸水開始 20 分前	浸水開始 10 分前	浸水開始	浸水深 10cm 以上
周知内容	準備情報 (止水板の準備)		注意報 (止水板設置)	警報・警報 2 (避難)	
周知判断材料	降雨予測で 10 分降雨 強度 80mm/h を超過		降雨観測で 10 分降雨 強度 80mm/h を超過 地下街入口付近の 枝線満管	地下街入口 付近浸水開始	地下街に溢水 が流入

(5) 周知頻度の確認

水位計設置候補地点 a の内水氾濫危険水位を満管水位とする場合、枝線管渠であるため、浸水リスクのない小降雨でも危険水位に達し、周知頻度が多くなり、情報の信頼性が低下する恐れがある。そのため、降雨強度と候補地点 a の水深の関係を整理した。また、A 市の气象台データから、降雨強度別の年平均発生回数を整理し、先の降雨強度と水深の関係から満管水位に到達する降雨が年間にどれくらいの頻度で発生するかを整理した。図-9 に降雨強度と最大水深の関係を、図-10 に降雨強度別の年平均発生回数を示す。図-9 より、候補地点 a が満管水位に達するのは 1 時間降雨強度が 10mm/h 程度の時であ

り、図-10 より、年間 13.9 回と、比較的多く発生することが確認できる。周知情報の信頼性向上を図るために、周知頻度を低減させる方策として、内水氾濫危険水位を満管水位よりも高い水位に設定することが想定される。しかし、この方策では、水位超過から浸水までの時間が短くなり、確保可能なリードタイムが短くなる。これに対して、内水氾濫危険水位は満管水位で固定する一方、周知条件として、より早い時点で観測可能な降雨情報（10 分降雨強度 80mm/h）の発令を前提とすることで、周知頻度を年間 13.9 回から 1.1 回へと低減させることが可能となる。そこで本事例では観測水位情報より警報周知を行う際には降雨観測情報による注意報の発令を前提として、周知を行う方法を採用した。

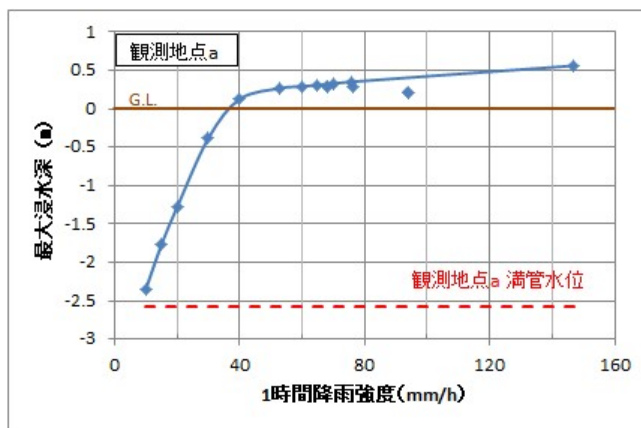


図-9 降雨強度と水深の関係図

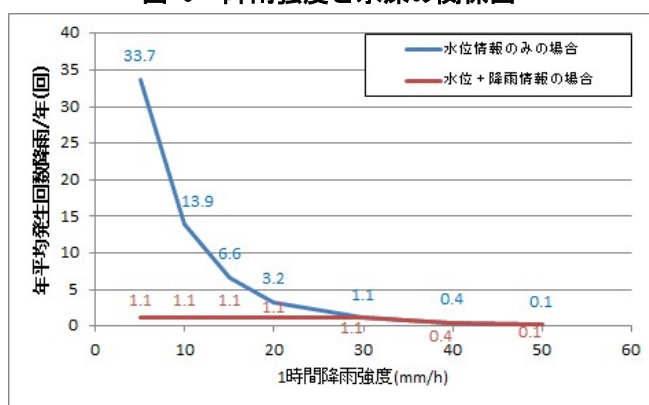


図-10 A市の年平均降雨発生回数

6. まとめ

A市を対象に浸水シミュレーションを用いた水位周知方法を検討し、早期の浸水リスク検知のためには地下街入口付近の枝線管渠に水位計を設置する必要があることを確認した。なお、枝線管渠の観測水位を用いて水位周知を行う場合、以下に示す 2 点の課題が確認されたが、次に示す方法で対応した。

- 課題
 - ①水位上昇速度が速いことから、観測水位情報による周知では地下街からの避難に必要となるリードタイムの確保が困難となる。
 - ②地下街へ流入しないような小降雨時でも危険水位（満管水位）に達することから周知頻度が増加し、周知情報の信頼性が低下する恐れがある。
- 対応案
 - ①周知の基準として、より早期に浸水リスクの検知が可能な降雨観測情報を用いるとともに、それを止水板設置のための情報とすることで、避難に必要なリードタイムを確保した。
 - ②降雨情報、水位情報の精度をふまえ、段階的に浸水リスクを周知するとともに、それらを組み合わせることで、周知頻度の低減を図った。

〈参考文献〉

- 1) 水位周知下水道制度に係る技術資料（案）／平成 28 年 4 月／国交省
- 2) 浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法／平成 27 年 7 月／国交省