

浸水対策における水位等観測計画の策定事例

(株)極東技工コンサルタント 浜田 尚宏

近年、気候変動等の影響により、下水道施設の能力を超える局地的な大雨等が頻発するとともに、都市化の進展も伴って短時間に大量の雨水が流出し、全国各地で毎年のように浸水被害が発生している。今後の浸水対策としては、既存施設の有効活用のほか、下水道管きよ等における水位等の観測情報の蓄積、活用、発信が重要である。

本事例では令和 3～5 年度に、浸水対策を目的として「下水道管きよ等における水位等観測を推進するための手引き（案）」を参考に策定した水位等観測計画の事例を報告する。

Key Words : 水位等観測計画、水防活動、内水氾濫危険水位

1. 水位等観測計画策定の概要

本業務では、隣接していない複数の排水区（合流式下水道および分流式（雨水）下水道）について、水位管理の現状整理、水位計による観測、水位計常設の検討、水位情報取得方法および水位情報の活用方法の検討を実施するための水位等観測計画を策定した。

2. 計画策定手順

水位等観測計画は図-1 に示すフローに基づき策定した。本報告の範囲は、図-1 の実線部の範囲となる。

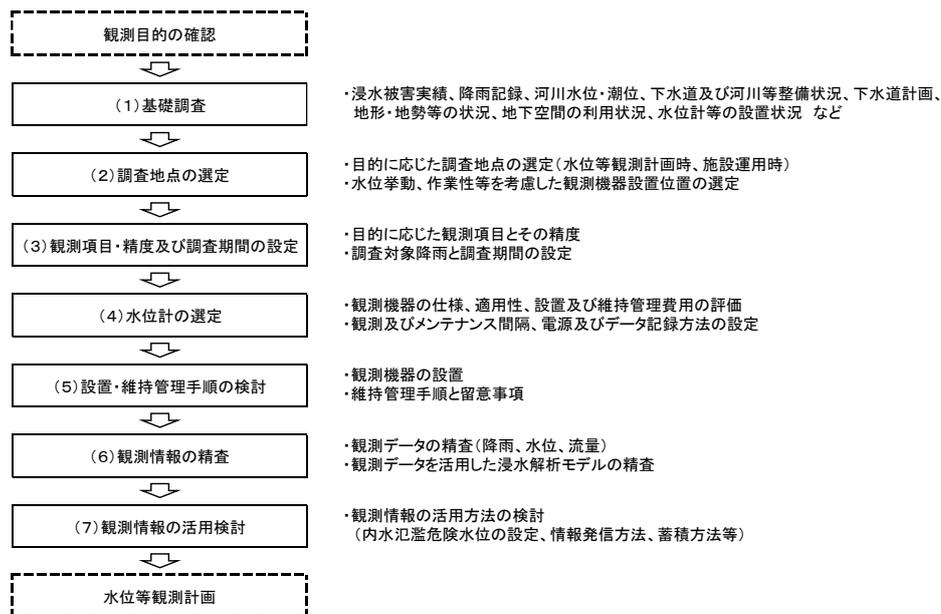


図-1 水位等観測計画の策定フロー

3. 基礎調査

基礎調査は、特に調査地点の選定や浸水解析モデルの構築、観測情報の活用検討のために重要であり、主な調査内容は、図-1 の (1) 基礎調査に記載した項目等が挙げられる。

4. 調査地点の選定

水位等を観測すべき代表的な調査地点は、表-1 のとおり、大きく計画時と運用時に区分され、具体的な地点は選定視点に記載する地点となる。調査地点の一次選定として、A～D 排水区の候補地点を幅広く抽出した。本事例における水位計設置の目的は、①浸水発生に係る危険予知や水防活動に資する施設管理者等への情報提供、②対策施設の浸水被害軽減効果の確認であった。このため、二次選定として、特に運用時の選定視点（表-1 のハッチング部）に重点を置き、調査地点を選定した。

表-1 調査地点の抽出の選定視点と設置箇所の選定例（一次・二次選定）

分類	目的・代表調査地点	選定視点	一次選定：該当地点数(箇所)					二次選定：選定地点数(箇所)					選定割合 ②/①
			排水区				合計 ①	排水区				合計 ②	
			A	B	C	D		A	B	C	D		
計画時	① 吐口部や主要幹線	排水系統の概要が捉えられる地点	5	5	3	2	15	3	4	3	2	12	80%
	② 浸水実績箇所	浸水発生現象を把握できる地点	4	4	5	3	16	2	3	5	3	13	81%
	③ 特殊構造物近傍	分水等の特殊構造物の水理特性が把握できる地点	2	3		1	6	2	2		1	5	83%
	④ 水路構造が特殊	断面形状(暗渠・開渠等)や管材、断面急縮部等の構造的に水理的な影響がある地点		2		1	3		2		1	3	100%
	⑤ 背水の恐れがある区間	河川等背水状況を把握できる地点	1	5	1	3	10	1	3	1	3	8	80%
	⑥ 代表的な流出特性	土地利用や地形勾配等の違いによる流出率を把握できる地点	6	4			10	2	3			5	50%
	⑦ 水理的ネック箇所	シミュレーション結果との比較が可能な地点	2	1			3		1			1	33%
運用時	⑧ 施設運転のトリガー箇所	ポンプやゲート等の施設運転との関係性がある地点や浸水常襲地点			2		2			2		2	100%
	⑨ 特殊構造物の近傍	可動方式の分水等の施設運転との関係性がある地点	2	3		1	6	2	3		1	6	100%
	⑩ 生命保護の観点	水位上昇速度を踏まえ、危険周知が可能な地点	3	2	1	3	9	3	2	1	3	9	100%
	⑪ 浸水常襲地区	水位上昇速度を踏まえ、危険周知が可能な地点	1	3	5	3	12	1	3	5	3	12	100%
	⑫ 被害軽減効果が得られる箇所	対策前後の水位状況の比較等想定対策効果の確認が可能な地点	1	1	6	3	11	1	1	6	3	11	100%
合計			27	33	23	20	103	17	27	23	20	87	84%

5. 観測項目・精度及び調査期間の設定

(1) 観測項目・精度の設定

下水道管きょ内の流況の確認として、水位のみ観測する場合と、併せて流速を観測し流量として把握する場合がある。本計画では時系列の水位を観測することを基本とし、放流先の河川や調整池等による背水の影響が大きいと予測される地点は、流量（水位と流速）を観測することとした。

(2) 調査期間と点検頻度の設定

調査時期は極力渇水期を避けて 8～12 月とし、調査期間は約 2 か月間とした（表-2）。観測期間を夏季に設けることで、計画降雨（65mm/hr）規模の降雨（表-2 のハッチング部）と水位観測データを取得でき、業務に活用することができた。

表-2 水位等観測時期と期間、点検頻度および観測降雨

排水区	時期	期間	点検頻度	観測最大降雨(mm)			観測回数(回)		
				10分間	1時間	日	10分間: 3mm以上	1時間: 10mm以上	日: 15mm以上
A	R3.10.25~R3.12.27	60日間	2週間に 1回程度	10.0	28.0	60.5	4	4	4
B	R4.9.30~R4.12.6	67日間		6.0	14.0	39.5	1	1	4
C	R5.8.19~R5.10.17	60日間		16.0	63.5	212.5	4	3	6
D	R5.8.19~R5.10.17	60日間		14.0	57.0	207.0	4	2	5

6. 水位計の選定

水位計の測定方式は圧力式、超音波式、電波式、接点式、画像式に大別される。今回選定した水位計設置箇所のはほとんどは圧力状態になる可能性のある管内、人孔内であった。このため、管内への設置が困難な接点式や画像式、満水時に観測困難な超音波式、電波式は不適であると判断し、圧力式の水位計を採用した。また、河川の背水影響を受ける可能性のある観測地点では、水位による検討・評価が困難であることから流量計を採用した。

7. 設置・維持管理手順の検討

今回の水位計等の設置箇所は、基本的に下水道管きょ内であり、現地踏査、現地事前確認、作業計画の策定、道路使用許可申請、現地作業の順で実施した。特に下水道管内の状況を確認し、落差部、屈曲部、急な勾配の変化点など水の乱れが生じやすい箇所を極力避け、かつ安全な維持管理作業が可能な設置地点を選定した。また、維持管理の頻度はデータ回収および機器の状況確認(きょう雑物による水位計の故障や電線の断線)の観点から2週間に1回程度の頻度とした。

8. 観測情報の精査

観測した水位データは今後の水防活動や浸水施設の対策検討に用いる重要な情報のため、観測データの妥当性を確認した。

(1) 観測データ(降雨、水位、流量)の確認

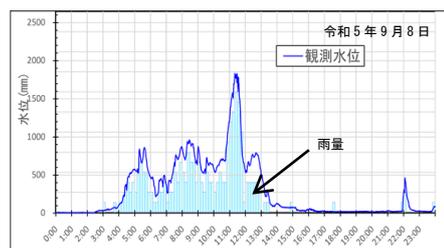
以下に、水位観測地点ごとの観測データの妥当性の確認事例を示す。

①降雨波形と水位波形の比較

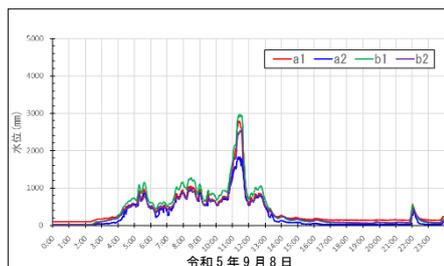
図-2①の事例では、降雨と水位の波形が概ね合致しており、降雨と水位の相関性が確認できた。

②他地点との水位標高の比較

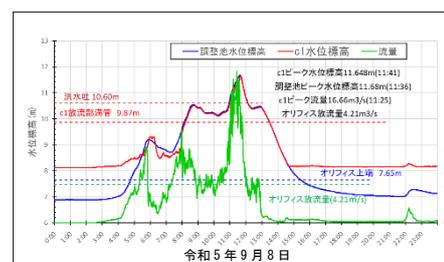
図-2②の事例では、比較的近い観測地点 a1、a2、



①降雨波形と水位波形を比較



②他地点との水位標高の比較



③水位と流量の比較

図-2 観測データの精査事例

b1、b2 の時系列の水位波形が近似しており、観測データ間の妥当性が確認できた。

③水位と流量の比較（調整池の背水影響箇所）

図-2③の事例では、水位上昇時、吐口先の調整池の水位標高と c1 地点の水位標高は概ね合致し、どちらも背水影響を受けていることが確認できた。

(2) 浸水解析モデルによる確認

流出解析モデルが構築されている下水道区域に関しては、観測データと浸水シミュレーションの結果を比較し、流出解析モデルの妥当性を確認することが重要となる。

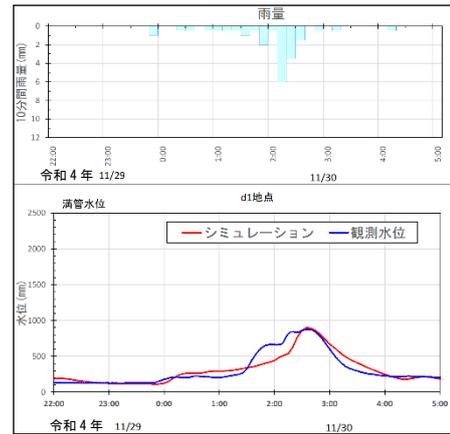


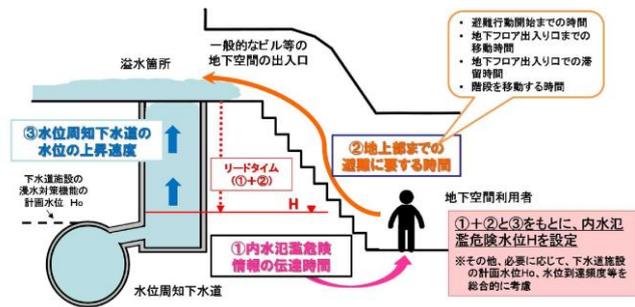
図-3 観測データと流出解析の比較

図-3 に、水位観測データと流出解析による浸水シミュレーションの比較を示す。両者の比較の結果、ピーク水位およびその発生時刻が概ね合致しており、流出解析モデルの妥当性が確認できた。

9. 観測情報の活用検討

観測した水位データは、主に①水防活動への活用、②水路構造が特殊な分水地点での水理特性の分析、③貯留施設の計画地点など今後の被害軽減効果の検証に活用される。

本報告では、観測水位の①水防活動への活用事例について紹介する。



出典：水位周知下水道制度に係る技術資料（案）平成 28 年 4 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 P28

図-4 内水氾濫危険水位の算出方法

9-1. 内水氾濫危険水位の設定例

ここでは、観測水位データを活用して、地下空間利用者を安全に避難させるために必要なリードタイムを確保可能な内水氾濫危険水位の設定例を紹介する。

図-4 に、内水氾濫危険水位の算出方法を示す。

(1) 検討雨量の選定

10 分間雨量が 1.0mm 以上の降雨を対象に、観測水位と雨量との相関性を確認したところ、10 分間雨量が最も高い相関性を示したことから、内水氾濫危険水位の検討にはこれ

表-3 雨量と水位の相関係数

	10月26日	11月9日	12月1日	12月7日	12月17日	相関係数
j①地点最高水位(m)	0.284	1.317	1.592	0.278	0.340	
最大10分間雨量(mm)	3.0	8.0	10.0	2.0	3.0	0.9881
最大20分間雨量(mm)	6.0	14.5	17.5	4.0	5.0	0.9857
最大30分間雨量(mm)	8.0	20.0	22.0	5.0	7.5	0.9788
最大60分間雨量(mm)	13.5	26.5	28.0	8.0	13.0	0.9415

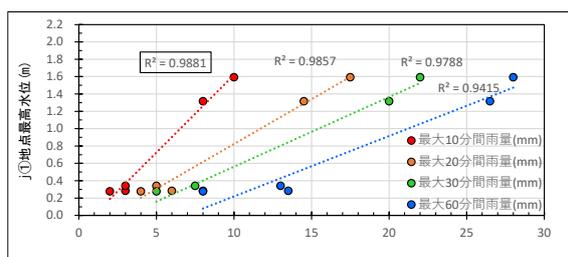


図-5 雨量と水位の相関

を使用した（表-3、図-5）。

(2) 水位上昇速度と避難時間の設定

内水氾濫危険水位は、水位上昇速度と地下空間利用者の避難時間を考慮して設定する。水位観測データより、水位上昇速度を 0.08m/分と設定した（図-6）。また、避難時間は、「水位周知下水道制度に係る技術資料（案）平成 28 年 4 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部」を参考に、約 5.7 分と設定した。

(3) 地下施設出入口までの水位上昇時間

(2) をもとに、内水氾濫危険水位の候補となる各地点から、地下施設出入口までの水位上昇時間を表-4 のとおり算定した。

(4) 水位－雨量の関係と発生頻度

(1) で選定した 10 分間雨量を用いて、各地点の水位と雨量の関係を整理した（図-7）。次に、過年度の年間降雨量実績に基づき、各 10 分間雨量に対する降雨と発生回数を表-5 のとおり整理した。

(5) 内水氾濫危険水位の設定

表-5 によると、水位が内水氾濫危険水位に到達する頻度は、満管レベルで年 12 回、地盤高-0.5m レベルでは年 15 回と高頻度で水防活動（止水板の設置や避難誘導の準備など）が必要となる。しかし、地盤高レベルを内水氾濫危険水位とした場合、水防活動は年 8 回となるが避難時間は 6 分しか確保できず、利用者が避難に要する時間の目安（5.7 分）に対して余裕がなく、生命保護の観点からリスクが高いと判断される。一方、満管レベルであれば避難までに 9 分確保できることから、これを内水氾濫危険水位として採用した。

9-2. 情報提供方法の検討

ここでは、水位観測システムの選定事例について紹介する。

(1) 水位観測システムの選定

水防活動のために常設する水位計は、水防活動関係者および地下施設管理者への情報提供を目的として設置する。観測水位データを水防活動へ利用するためには、水位の情報を

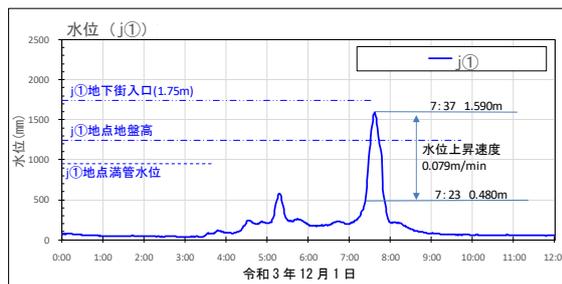


図-6 水位上昇速度の設定例

表-4 地下施設出入口までの水位上昇時間

	標高 (T.P+m)	地下街出入口との標高差 (m)	水位上昇速度 (m/分)	地下街出入口に到達する時間 (分)
地下街出入口	5.660	0.00	0.08	
地盤高	5.160	0.50		6.3
満管水位	4.915	0.75		9.4
地盤高-0.5m	4.660	1.00		12.5
管底高	3.915	1.75		21.9

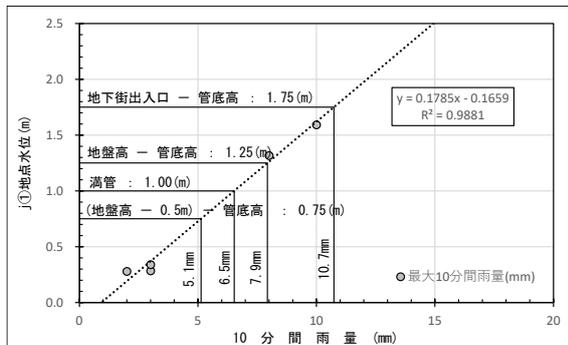


図-7 各水位到達時の 10 分間雨量

表-5 内水氾濫危険水位の設定例

水位	地下街出入口到達時間	10分間雨量	回数/年	採用
地盤高	6分	7.9 mm	8	
満管	9分	6.5 mm	12	○
地盤高-0.5m	12分	5.1 mm	15	

リアルタイムに発信するとともに、内水氾濫危険水位に到達した際には、迅速に周知する必要がある。

表-6 に、水位観測システムの比較例を示す。マンホール蓋内蔵式アンテナはアンテナを備えた特殊なマンホール蓋、もしくはマンホール内部にアンテナやバッテリーなどの機器を設置することで地上部にアンテナや受電盤などの施設が不要である。また、維持管理面においてもランニングコストが安価で設置・撤去が容易であることから、これを採用した。

(2) 水位情報の伝達方法

水位情報の伝達は、迅速かつ受け手側が必要な情報が自動的に配信される PUSH 型の伝達方法を採用した。図-8 に地下街の水防活動、避難方法を含めた水位情報の伝達方法例を示す。

表-6 水位観測システムの比較例

名称	既存利用システム	マンホール蓋内蔵アンテナ
概要	地中に埋設した有線ケーブルでマンホール内の水位計と地上の制御盤を接続し、制御盤から携帯電話回線で、水位観測システムに送信する。	地表面にアンテナを露出させた専用マンホール内の水位計と地上の制御盤を新規に設置し、水位計で計測した水位をリアルタイムでwebに送信する。
電源	契約電力	バッテリー
通信回線	LTE（携帯電話回線）	LTE（携帯電話回線）
水位監視システム	既存システムを利用	メーカーのシステムを利用
地上施設	制御盤	無し
水没時	通信可能	通信可能
試験運用の必要性	不要	不要
情報提供方法	インターネット	インターネット
自動通知機能	有（メール）	有（メール）
水位計の移設	制御盤の設置・撤去が必要	マンホール蓋を取り換えることで対応可能
概算費用	240万円 （土木工事、制御盤含む）	300万円
維持費	5,100円/月 （システム利用料、通信費）	2,000円/月 （通信費）
水位計販売網	汎用の水位計が使用可能であるため、特定メーカーからの購入は不要となる。	特定メーカーからの購入となる。

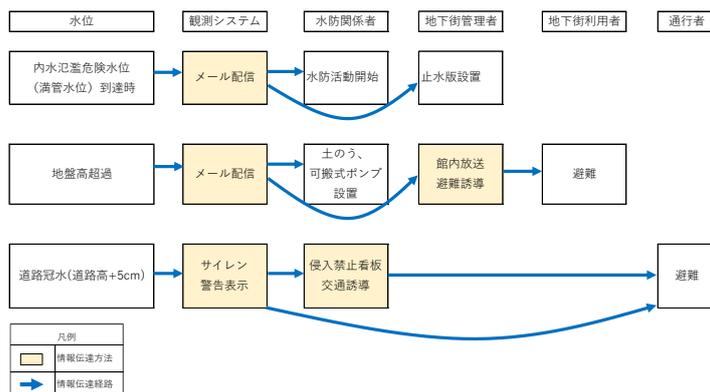


図-8 水位情報の伝達方法例

10. まとめ

本報告で紹介した浸水対策における水位等観測計画の策定事例は一例であり、排水区の特性、既存の水位観測システムの導入の有無やシステム性能、流出解析モデルの構築状況、浸水対策事業への取り組み状況によっては、計画内容や検討内容が異なることに留意されたい。

また、全国的にも下水道施設の水位等観測計画を策定のうえ、管路施設の水位等を常時観測し、水防活動への有効活用を行っている自治体は少ないと想定される。一方で、令和3年に施行された流域治水関連法により雨水出水浸水想定区域の指定対象が拡大し、各自治体で最大クラスの内水に対応したハザードマップも作成されているため、下水道管理者のみならず要配慮者利用施設管理者や大規模工場施設管理者への水防活動に資する水位情報等の提供の重要性も高まっている。本報告が水位等観測計画の策定の際の参考となれば幸いである。