

雨天時浸入水発生地区を絞り込むための 効率的な調査方法に関する 研究

研究第一部 総括主任研究員

齋藤 篤



1 はじめに

分流式下水道において、大型台風や突発的な集中豪雨などが発生した際に多量の降雨が污水管へ浸入すると、マンホールからの溢水や周辺アスファルトの浮き上がり被害、下水処理場への流入水量の増大による処理水質の悪化など、さまざまな重大問題が生じることから、早急な対策が求められています。さらに今後、地球温暖化による降水量の増加に加え、管路施設の老朽化によっても雨天時浸入水が増加していくことが予想され、これに伴う被害等も増大していくことが懸念されます。早急に雨天時浸入水の発生箇所を特定し、対策する必要がありますが、雨天時浸入水発生地区の絞り込み調査には相当の時間と費用が必要であり、多くの地方公共団体で対策計画が立案できずに課題となっている状況です。

このため、過年度より、雨天時浸入水発生地区を絞り込むための経済的かつ効率的な調査手法について研究を行い、水位計測による調査、評価方法の実用性、有効性を確認しました。ここでは、水位計測による現地調査の結果とともに雨天時浸入水の影響程度の評価に関する研究成果について報告します。

ました（図-1 参照）。雨天時浸入水発生地区を絞り込む方法としては、管内流量調査による方法が一般的ですが、多大な費用と時間を要することが課題として挙げられます。本調査に用いた水位計による調査費用は、従来の流量調査と比較して経済性が高い技術です。そして、雨天時における計測水深が、晴天時の計測水深より上昇した場合に、雨天時浸入水が発生していることを確認できます。図-2において、赤い斜線部が雨天時浸入水の影響による水深の上昇を表しています。

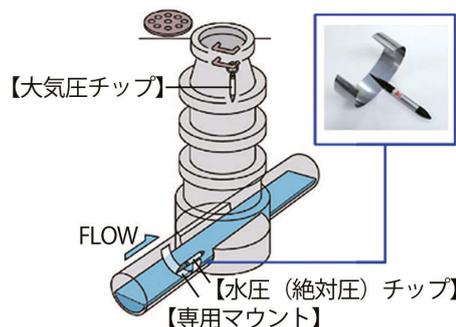


図-1 水位計の設置状況

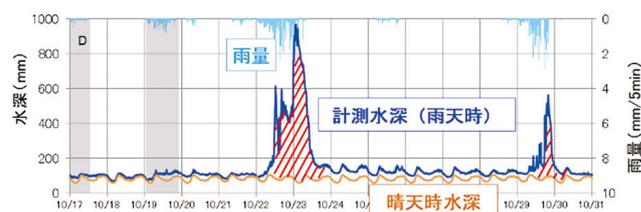


図-2 雨天時浸入水の確認例

2 研究内容

2.1 調査技術

絞り込み調査に必要となる水位計測においては、汚水管内に設置した圧力チップ式センサーによって絶対圧（水圧および大気圧の総和）を計測、同時にマンホール内に設置したセンサーによって大気圧を計測し、それらから水圧を算定して水深に換算する技術を用い

2.2 データ整理・分析方法

得られた計測データの整理、分析方法について説明します。

1) 雨量データ

得られた計測データのうち、雨量データを整理し独立降雨を抽出しました。降雨のうち、前後4時間無降雨で、かつ1回当たりの降雨量0.1mm以上の降雨を独

立降雨としました。

次に、独立降雨の中から評価対象降雨として総降雨量10mm以上の降雨を選定しました。

また、晴天日としては、当日および前日が無降雨日である日を抽出しました（図-3参照）。

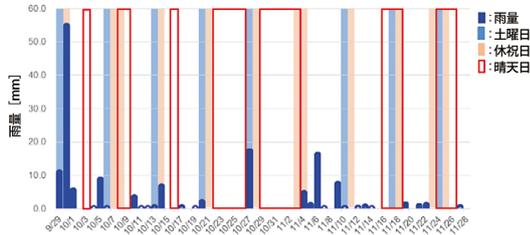


図-3 計測期間における降雨量

2) 計測データ

計測データの整理は、雨量データを整理した上で、抽出した晴天日について、平日、土曜、日祝日に分類し、測点ごとに日平均値に対する1時間ごとの変動率を算定し、その変動率に日平均値を乗じ、24時間の水深データを作成しました（図-4参照）。

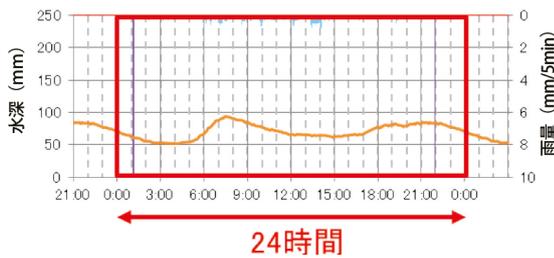


図-4 晴天日水深データ例

一方で、対象とする降雨の降雨期間における雨天時の計測データを測点ごとに抽出しました（図-5参照）。

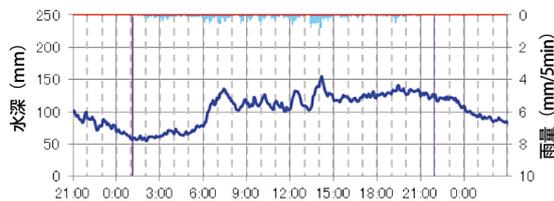


図-5 評価対象降雨における計測データ例

これらのデータを重ね合わせることで、雨天時浸入水の影響を視覚的に捉えやすく整理しました。このとき、降雨前の計測データと晴天日データとの間に差がある場合は、その差を加減して補正しました。そして、晴天日データに対する雨天時計測データの比を“晴天時比”として表しました（図-6参照）。

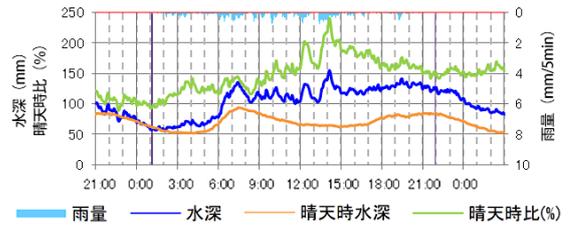


図-6 雨天時浸入水の計測結果例

3) 評価方法

計測水深から流水断面積を算定しました。また、計測期間を「降雨期間」と「降雨後4時間」に区分しました。「降雨期間」については直接浸入水を想定、「降雨後4時間」については浸透浸入水を想定した期間としています。これは、直接浸入水と浸透浸入水の発生要因と対策がそれぞれ異なるためです。

これら評価期間における晴天日流水断面積の積算値（図-7②）に対する、雨天時と晴天日の流水断面積の差、つまり浸入水に相当する流水断面積の積算値（図-7①）の比を晴天時比上昇率として算定しました。この算定結果が、汚水に対する浸入水の割合を表したものとなります。

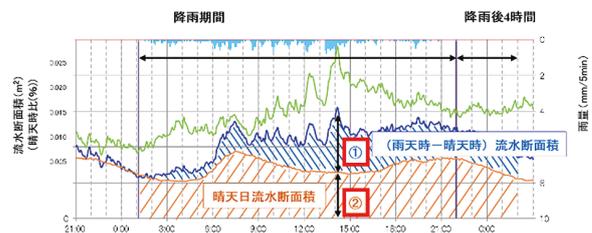


図-7 雨天時浸入水の評価方法例

$$\text{晴天時比上昇率 (\%)} = \frac{(\text{計測時流水断面積} - \text{晴天時流水断面積})}{\text{晴天時流水断面積}} \times 100$$

その上で、独自に設定した基準でランク分けをしました。本研究では、浸入水の影響が大きい方から順次、A, B, C, D, Eと設定しました（表-1参照）。

表-1 晴天時比上昇率による設定ランク

晴天時比上昇率	設定ランク
50%以上	A
30%以上, 50%未満	B
20%以上, 30%未満	C
0%以上, 20%未満	D
0%未満	E

4) 区間ごとの晴天時比上昇率の算定

雨天時浸入水の発生地区を絞り込むためには、各測

点が対象とする区間ごとの晴天時比上昇率の算定が必要です。上下流の位置関係にある区間に関しては、従来の流量調査であれば、得られた計測値から直接的に計算することで当該区間における雨天時浸入水量の算定が可能です。本研究においては、対象区間の処理面積に晴天時比上昇率を乗じた浸入水相当量の考え方を採用し、区間ごとの晴天時比上昇率を算定しました。

図-8において、区間Aにおける浸入水相当量は、「区間Aの処理面積」に「測点Aの晴天時比上昇率」を乗じたものであり、これに上流区間Bまでの区間全体における浸入水相当量、つまり、「区間Bまでの追加処理面積」に「測点Bにおける晴天時比上昇率」を乗じたものを加えた結果が、区間Aまでの区間全体における浸入水相当量（「区間Aまでの追加処理面積」に「測点Aにおける上昇率」を乗じたもの）と等しくなるという関係から、図-8に示す計算式を用い、区間ごとの晴天時比上昇率を算定しました。

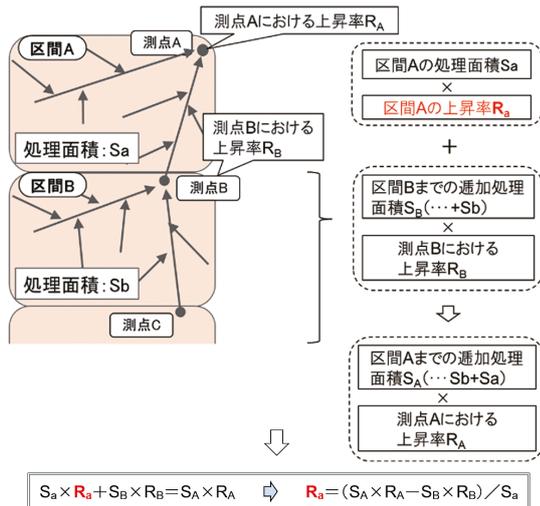


図-8 区間ごとの晴天時比上昇率算定の考え方

この算定式については、処理面積当たりの発生汚水量がおおむね同じであれば妥当な結果が得られ、晴天時比上昇率を適切に評価できることを確認しています。

5) データ整理・分析フロー

これまでに説明した雨量データおよび水深計測データの整理・分析フローは、図-9に示すとおりです。

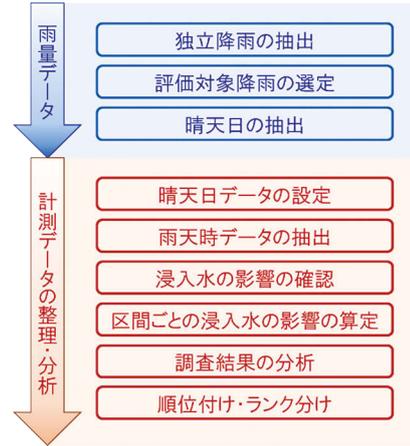


図-9 データの整理・分析フロー

2.3 現地調査

本研究で実施した現地調査の概要を説明します。

1) 地域概要

調査対象地域は、一部に工場地帯を含む住宅地であり、台風や突発的な集中豪雨発生時に、流末の中継ポンプ場において、晴天時と比較して流量が2.5倍以上に増加するという雨天時浸入水の影響が大きいことが確認され、早急な対策が求められています。

2) 測点概要

調査対象地区の処理面積（整備済み）は約795haで、この地区に測点を8カ所設定し、それぞれに水位計を設置しました。水位計を設置した下水道管の管径は、250～1,200mmです（表-2参照）。

表-2 各測点の管径・処理面積

測点	管径 (mm)	管種	処理面積 (ha)	追加処理面積 (ha)
1	600	HP	117.2	—
2	600	HP	150.3	—
3	700	HP	37.5	305.0
4	250	TP	17.6	—
5	900	HP	135.0	—
6	400	VU	62.2	—
7	1,000	HP	23.3	220.5
8	1,200	HP	252.1	—
地域全体			795.2	

3) 処理系統

対象地区の処理系統は、図-10に示すとおりです。

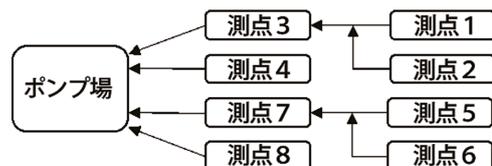


図-10 処理（水位計測点）系統図

4) 評価対象降雨

調査期間は、平成30年9月29日から11月28日までの61日間であり、この期間における独立降雨（前後4時間無降雨）の中から、評価対象として雨天時浸入水の影響が顕著に表れると考えられた3降雨（総降雨量10mm以上）を表-3のとおり選定しました。

表-3 評価対象降雨

No.	総降雨量(mm)	継続時間(時間:分)	1時間最大降雨量(mm/時)
1	71.4	41:10	8.8
2	17.2	6:30	7.6
3	16.3	12:30	5.4

5) 雨天時浸入水の評価結果

総降雨量が比較的多い場合と比較的少ない場合とでは、晴天時比上昇率の傾向が異なることから、対象降雨No.1（総降雨量が71.4mm）と対象降雨No.2（総降雨量17.2mm）・No.3（総降雨量16.3mm）とに分類して評価しました。それぞれの晴天時比上昇率および浸入水影響程度の評価結果を表-4に示します。

表-4 晴天時比上昇率と浸入水影響程度の評価結果
(上:対象降雨No.1, 下:対象降雨No.2・No.3)

総降雨量:71.4mm

区間	晴天時比上昇率			影響程度* (順位・ランク)		
	降雨 期間	降雨後 4時間	通期	直接	浸透	全体
	:直接	:浸透	:全体			
%				-		
~測点1	45.8	195.0	49.4	2B	2A	2B
~測点2	31.0	52.0	32.3	5B	5A	5B
~測点3	-100.7	-555.1	-111.9	7E	7E	7E
~測点4	39.7	172.8	46.6	4B	3A	3B
~測点5	79.2	206.1	83.3	1A	1A	1A
~測点6	39.9	136.3	43.2	3B	4A	4B
~測点7	-309.9	-1163.9	-334.3	8E	8E	8E
~測点8	20.2	33.1	21.0	6C	6B	6C

※ 上3位太字, ■:A ■:B ■:C

総降雨量:17.2mm, 16.3mm

区間	晴天時比上昇率			影響程度* (順位・ランク)		
	降雨 期間	降雨後 4時間	通期	直接	浸透	全体
	:直接	:浸透	:全体			
%				-		
~測点1	28.4	4.2	18.6	2C	3D	2D
~測点2	16.6	0.0	10.7	4D	7D	6D
~測点3	-11.7	25.1	4.2	7E	1C	7D
~測点4	16.3	3.3	11.3	5D	5D	4D
~測点5	55.7	20.5	43.1	1A	2C	1B
~測点6	17.2	2.3	11.5	3D	6D	3D
~測点7	-200.8	-76.4	-152.7	8E	8E	8E
~測点8	15.3	3.5	11.0	6D	4D	5D

※ 上3位太字, ■:A ■:B ■:C

対象降雨No.1と対象降雨No.2・No.3との比較では、「降雨後4時間」(浸透浸入水想定期間)における区間ごとの晴天時比上昇率の順位が異なります。これは、総降雨量が多いほど浸透浸入水による影響がより顕著に表れたためと考えられ、浸透浸入水による影響に関しては対象降雨No.1を基に評価の方が望ましいと考えられます。

一方、直接浸入水による影響に関しては、総降雨量が少ないほど浸透浸入水による影響が少ないと考えられ、総降雨量が比較的少ない降雨を対象として評価の方が適切であると考えられます。これらのことから、雨天時浸入水の影響程度の評価に際して、直接浸入水による影響に関しては総降雨量が比較的少ない対象降雨No.2・No.3を対象とし、浸透浸入水による影響に関しては総降雨量が著しく多い対象降雨No.1を対象として整理しました。

直接浸入水に関する評価では、測点5、測点1、測点6の順、浸透浸入水に関する評価では、測点5、測点1、測点4の順に雨天時浸入水の影響が大きいと考えられる結果が得られました。測点5の区間は、その下流において、マンホール周辺のアスファルトが浮上するという被害が生じた地区であり、本研究の評価結果と実現象との合致を確認できました。

今後、さらに浸入水発生地区を絞り込むための調査対象地区の検討に際しては直接浸入水想定期間での晴天時比上昇率の順位が、総降雨量に関わらずおおむね同様であることから、直接浸入水想定期間の評価結果を用いて判断することが望ましいと考えられます。ただし、簡略的な手法による評価であるため、検討に際しては実現象を踏まえることも重要です。

3 おわりに

水位計測によって雨天時浸入水の影響を定量的に評価する方法について研究を行いました。

直接浸入水と浸透浸入水とでは、対策が異なることから、污水管への浸入経路による傾向の違いを考慮し評価することで、対策を踏まえた、より適切な評価が可能になると考えられます。

本研究の成果が、今後の雨天時浸入水対策の取り組みの推進に向けた一助となれば幸いです。