

GIS を活用した地震被害想定に基づく実践的な下水道 BCP 策定検討

日本水工設計(株) 山本崇寛

1. はじめに

平成 24 年に内閣府により公表された南海トラフ巨大地震の被害想定においては、地震・津波による大規模被害が想定され、そのような中で、被災時に迅速な下水道機能の維持・回復を図るための下水道 BCP は、下水道施設の危機管理対策として極めて重要な位置を占めるようになっている。

すでに各地方自治体においては、地域防災計画が整備されているが、地域防災計画では発災後の対応をいつまでに完了するかを定めていない場合が多く、定めている場合でもリソースの制約を考慮していないため、実際の地震時に実施可能な計画になっていないおそれがあり、下水道 BCP 策定では、実現性を考慮した計画とすることが強く求められている。

一方、下水道 BCP は、変化する下水道の整備状況および地域形態の変化に対応しながら、PDCA サイクルにより最新性を保ちつつ、内容を向上させていくことが重要である。

その方法としては、下水道台帳システムとリンクさせることで、日々の業務の中で新設管や管路の更生等の情報を効率的かつ即時的に計画に反映させることができ、そのためには GIS (地理情報システム) を用いることが効果的であると考えた。

本稿では、大地震により、大規模被害が想定される都市において、内閣府や都道府県から公表されている被害想定や下水道台帳などの既に構築されているデータベースを利用し、かつ GIS を活用して下水道施設の被害を想定し、下水道 BCP 計画策定につながる基礎情報を整理・分析した手法について紹介する。

2. 検討対象地域

検討対象地域である A 市は、市の広域で震度 6 を超える大きな揺れが、海岸部においては津波の被害が想定されている。

これまでに整備を進めてきた下水道施設は管渠延長で 3,000km を超えるなど膨大であり、地震発生時の甚大な被害に備え、「下水道総合地震対策計画」や「地域防災計画」を策定し、対策を進めている。

しかしながら、A 市は下水道職員に対して市の下水道ストックが膨大であり、被災時には災害対応に要する人的リソースが不足し、市内全域の下水道機能を確保することが困難な状況となることが想定されている。

3. 被害想定

3-1. 管渠の被害率の設定

新潟県中越地震 (H16. 10) の被害調査をまとめた「第 1 回大規模地震による下水道被害想定検討委員会-H17. 12. 14-」において地震動別、液状化危険度別、管種別に被害率が整理されている。

その後、新潟県中越沖地震 (H19. 7) および東日本大震災 (H23. 3) の大規模地震による管路施設の被害調査において、耐震設計・耐震化工事などの有効性が報告されており、以上を整理して以下のように被害率を設定した。

表-1 震度階級別・PL 値別被害率
「第 1 回大規模地震による下水道被害想定検討委員会-H17. 12. 14-」

管種	区分	PL値	震度階級				
			5-	5+	6-	6+	7
塩ビ管 陶管	最小	ALL	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	2.5%
	平均	ALL	1.0%	2.3%	5.1%	11.3%	24.8%
	最大	ALL	19.0%	30.8%	39.3%	48.6%	57.0%
その他	最小	15<PL	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	1.5%
		5<PL≤15	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.1%
		0<PL≤5	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%
		PL=0	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.9%
	平均	15<PL	0.6%	1.3%	3.0%	6.5%	14.5%
		5<PL≤15	0.5%	1.0%	2.2%	4.8%	10.7%
		0<PL≤5	0.4%	0.9%	2.0%	4.5%	9.8%
		PL=0	0.4%	0.9%	1.9%	4.2%	9.2%
	最大	15<PL	11.4%	17.4%	23.1%	28.0%	33.4%
		5<PL≤15	9.5%	13.4%	16.9%	20.6%	24.6%
		0<PL≤5	7.6%	12.1%	15.4%	19.4%	22.5%
		PL=0	7.6%	12.1%	14.6%	18.1%	21.2%

- 未耐震管渠の被害率は、平均被害率を適用する。
- 耐震設計済みおよび耐震化済み（更生工法含む）の管渠の被害率は、最小被害率を適用する。
- リブ付き塩ビ管は埋戻し土の液状化対策が施された管渠と扱う。また、耐震設計も行われていることから、被害率は震度および液状化に関係なく 0%とする。

3-2. 管渠の被害想定

県公表の被害想定 GIS メッシュデータと GIS により整備された A 市下水道管渠台帳を重ね合わせ、震度階級、液状化危険度 (PL 値)、管種、敷設年度、更生の有無より被害率情報を各スパン (約 22 万スパン) に適用し、管渠被害の分布図を作成した。

また処理区別に管渠被害延長の整理を行い、処理区別に復旧費用や調査対策量の想定を行った。

その結果、A 市全域の管渠被害率は約 14% となり被害延長は約 470 km となった。

市全域の震度分布が一様に高いことから、想定される被害は大規模となるが、特に河川近傍などの液状化危険度の高い地域や下水道事業の着手が早く、老朽化が進行している地域で被害率が高い傾向にある。

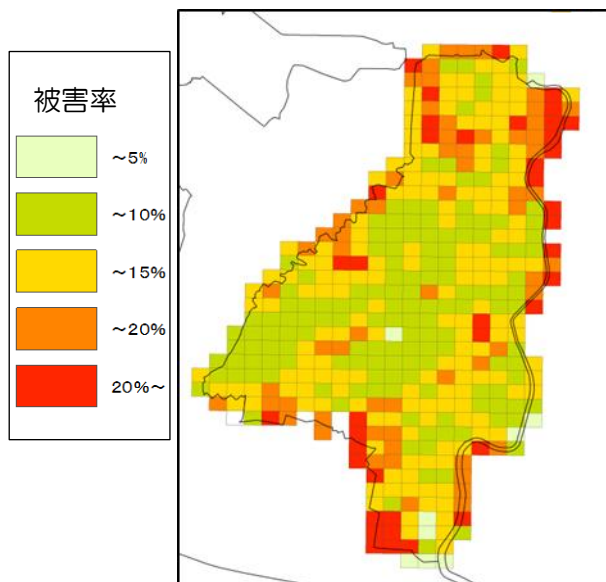


図-1 G 処理区の被害率分布

表－2 処理区別管渠被害延長・被害率

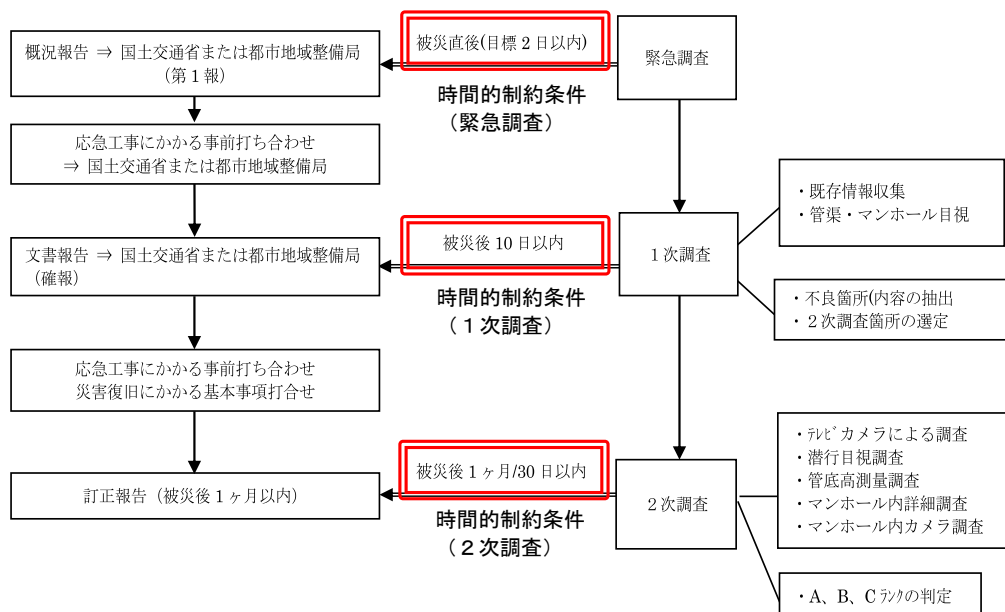
処理区	被害延長(m)						管渠延長 (m)	被害率	
	未耐震化		耐震設計 耐震化済		更生管	リップ付塩ビ管			合計
	塩ビ管・陶管	その他管	塩ビ管・陶管	その他管					
適用被害率	平均被害率		最小被害率		被害なし				
F	310,060	47,218	9,640	347	1,041		368,306	2,451,217	15.0%
G	22,271	47,590	324	34	106		70,325	586,783	12.0%
H	3,418	1,178	5	42			4,642	30,678	15.1%
I	10,403	2,208	17				12,628	64,285	19.6%
J	6,873	422	202	66	2		7,566	58,712	12.9%
K	4,101	193	68	5			4,368	40,783	10.7%
L	1,490	136	165	19			1,809	22,159	8.2%
M	1,202	83	8	2			1,295	27,974	4.6%
N	499	27					526	11,202	4.7%
O	745	37					782	16,964	4.6%
P								28,091	
計	361,061	99,092	10,428	515	1,149		472,245	3,338,847	14.1%

4. 人的リソースの必要数量想定

4-1. リソースの制約条件

下水道職員は、被災後は、下水道施設の復旧・調査・維持に人的リソースを割くこととなる。また、下水道等の都市施設に係わる被害が発生した場合は、「下水道、公園などの都市施設に係る災害情報連絡要綱」に基づき国土交通省へ情報連絡を行うこととされている。

上記要綱に基づき、被災後に実施する緊急調査、1次調査、2次調査に設けられている時間的制約条件とこれらの調査に要する人的リソースをBCPにおける制約条件とした。



図－2 被災後調査内容と時間的制約条件

4-2. 人的リソースの必要数量

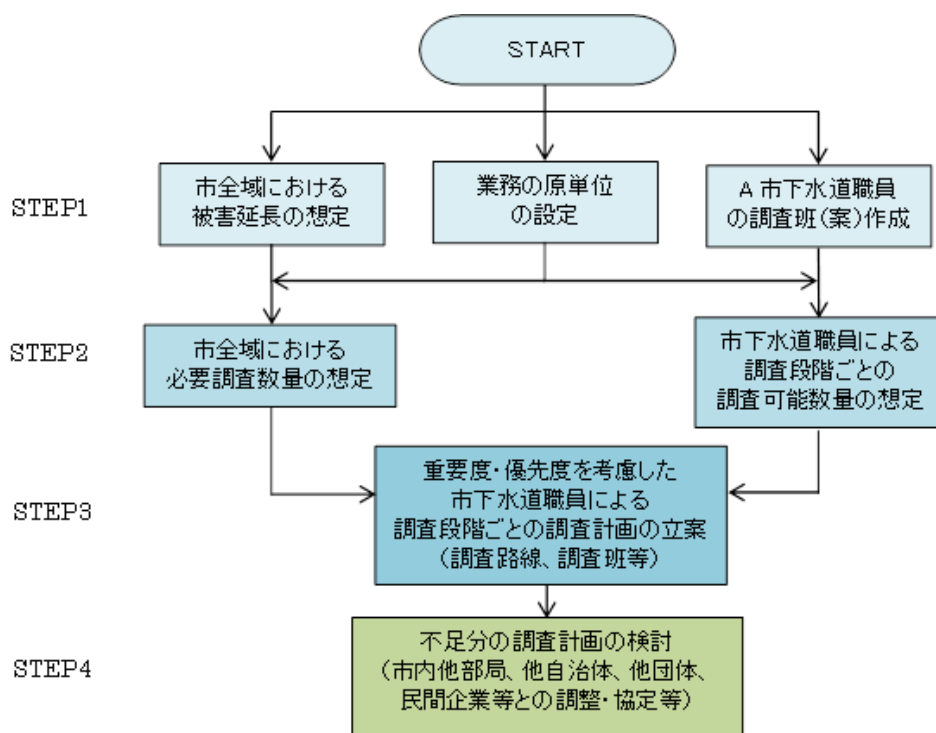
A市の災害対応業務に要する人的リソースを「下水道 BCP 策定マニュアル～第2版～(地震・津波編)」に示される業務の原単位を基に算定する。リソースの検討では、A市の現有リソースと、A市内全域の管渠延長を所定の日数で調査を終えるために必要なリソースを算定した。この結果、必要リソースに対してA市の現有リソースは1/6程度となる。

表—3 必要リソースと現有リソースの対比

調査	業務原単位	必要リソース			現実リソース		
		班数	目標日数(日)	調査数量(km)	班数	目標日数(日)	調査数量(km)
緊急調査	33km/班・日 (全線対象)	50	2	3,300	8	2	528
一次調査	8~9km/班・日 (全線対象)	50	8	3,300	8	8	544
二次調査	100~300m/班・日 (被災路線対象)	120	20	480	18	20	72

5. リスク検討と優先順位の設定

上述の通り必要量に対して限られたリソースの中で調査を実施せねばならないため、必要リソースと現有リソースのギャップを埋めるために「A市下水道総合地震対策事業」において防災拠点と位置付けられている約200施設からの排水経路(重要な幹線)を対象として、被災時のリスク値を数値化し路線ごとに優先順位を設定する。



図—3 人的リソースの検討フロー

5-1. 被災後の水量設定

管渠破損時におけるリスク算定に用いるための基礎情報として、被災後水量の想定を行った。被災後の水量は、ライフラインの復旧に伴い経時的に増加するものと想定し、被災直後からライフラインの回復に応じてフェーズを定めて復旧シナリオを設定した。

表-4. 被災後の水量設定の考え方

	時系列 →			
	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階
	被災直後	帰宅または避難所へ移動 ～1日後	水道、ガス等の復旧 1週間後	営業活動等の再開 1ヶ月後
人口	—	処理人口を対象 自宅での居住率は60% (残りは避難所)	処理人口を対象 自宅での居住率は60% (残りは避難所)	処理人口を対象 自宅での居住率は60% (残りは避難所)
生活污水	×	水道、ガスが使用不可 (尿尿のみ)	復旧率：水道42%、ガス 21% (尿尿、雑排水)	復旧率：水道93%、ガス 95% (尿尿、雑排水)
営業汚水	×	×	×	復旧率：水道93%
工場排水	×	×	×	大規模な工場から排水 復旧率：水道93%
その他	×	×	×	大規模な施設から排水 復旧率：水道93%
地下水	計画上の地下水 量相当	同左	同左	同左

※生活、営業、工場排水は水道の復旧率依存、風呂排水はガスの復旧率依存

5-2. 防災拠点などからの排水経路のリスク算定

防災拠点などからの各排水経路について、震度階級、液状化危険度 (PL 値) および敷設年度などから破損・溢水箇所を想定するとともに、破損のしやすさを定めるパラメータと破損時の溢水量からリスク値を算定し、流下機能を優先的に維持すべき路線設定を行った。

破損箇所および溢水箇所の想定箇所図については、優先的に被災状況の確認を行うべき箇所を抽出した図面として、被災後調査に利用されるほか改築計画の策定における資料としても利用できる。

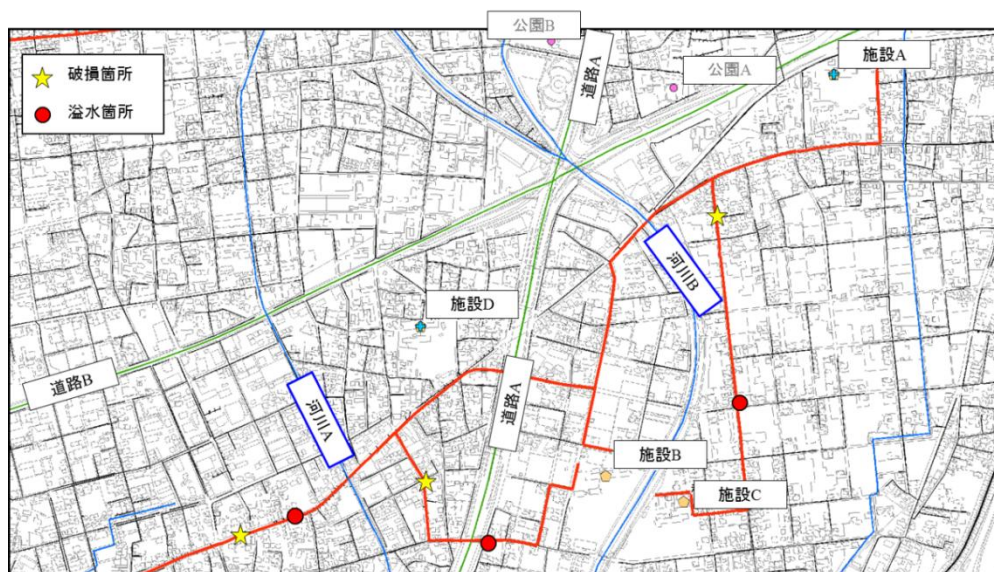


図-4 破損・溢水想定箇所図 (例)



図—5 G 処理区の防災拠点等からの排水経路におけるリスク分布

6. おわりに

A 市は下水道職員に対して膨大な下水道ストックを有しており、被災時には災害対応に要する人的リソースの不足が想定されることから、必要リソースからではなく、現有リソースからアプローチすることで実現性を考慮した BCP の策定を目指している。

本稿はその前段の資料整理として、被災後の管路調査において、現有リソースで対応可能な業務量と、管渠の被害率・破損箇所・溢水箇所・溢水量などを整理することで、防災拠点などからの排水経路別に被災時のリスクを考慮した優先順位設定の一手法として GIS を用いたデータ整理・分析による検討事例を示した。

今後、A 市では、本手法により作成したデータベースが下水道 BCP 策定時における管路調査班の体制構築の検討材料となり、下水道 BCP の内容拡充に活用されることとなっている。

GIS を用いた本手法による資料整理の利点は、更生や新設管などの BCP への取り込みがスムーズで簡易であることがあげられる。

さらに、管渠の長寿命化事業とデータベースを連動させるなど、よりレベルアップを図っていただける要素もあり、データが集積されるほどに、より興味深くまた有用な結果を映し出してくれる検討手法であると思う。

今後、本手法が他都市においても下水道 BCP 策定時における検討材料となり、実践的な下水道 BCP 策定に活用されれば幸いである。