

下水道管路の属性による地震時被災率の分析

濱田知幸・吉田敏章

1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、頻発する大地震により、下水道施設が被災する事態が相次いでいる。2011年東北地方太平洋沖地震においては、下水道管路600km以上、マンホール15,000基以上、下水処理場120箇所、ポンプ場112箇所が被災した¹⁾。ポンプ場及び下水処理場の被災箇所の多くは津波によるものであるが、下水道管路の被災の多くは液状化現象等によるもので、下水処理場の被害が軽微であっても、下水処理場に至る途中で、下水の流れが滞るケースも多く発生した。下水道管路が被災すると、下水道サービスの停止や、道路陥没等の2次災害が発生するなど、地震後の避難や生活再建、災害復旧等に多大な影響を及ぼす恐れがある。そのため、下水道管理者は発災時に迅速な調査により影響を最小限に抑えたとともに、限られた予算・人員で効率的に耐震化を進めていく必要がある。

下水道研究室では、地震時の影響を最低限に抑え、効率的な耐震化を促進するため、下水道管路の属性条件別の被災率を整理・分析している。被災可能性の高い下水道管路の属性条件を把握することで、地震時に効率的な調査を行うことができる。また、優先的に耐震化を進める下水道管路を抽出することができ、耐震化計画の技術資料としての活用も期待される。

2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震で被災した地方公共団体の下水道台帳等に記載された下水道管路の情報を表形式に整理し、被災下水道管路の情報をを用いて下水道管路の属性条件別の被災率を整理した。これらの結果について分析し、被災可能性の高い下水道管路の属性条件を検討した。

2. 調査方法

2.1 下水道管路の情報収集

2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震で被災した地方公共団体（以下「団体」という。）に協力いただき、GIS形式の下水道管路台帳等のデータを収集した。

収集は、下水道管路地震被害データベース²⁾に被災情報が登録されている団体を対象とした。

2011年東北地方太平洋沖地震に関しては、津波被害のない団体を対象とし、被災率（下水道管路の被災延長/布設延長）5%以上の東北地方の2団体と、液状化による下水道管路の被害が顕著であった関東地方の1団体からデータ収集した。2016年熊本地震に関しては7団体、2018年北海道胆振東部地震に関しては4団体からデータ収集した。収集した団体の下水道管路の布設延長及び被災延長を表-1に示す。同じ震度でも被災率が異なっていた。

表-1 下水道管路の布設延長及び被災延長

地震名	震度	布設延長(km)	被災延長(km)	被災率(%)
2011年 東北地方太平洋沖地震 (3団体)	5強	197.2	14.5	7.3
	6弱	255.3	29.0	11.3
	6強	104.4	6.2	6.0
	7	89.0	3.8	4.3
	計	645.9	53.5	8.3
2016年 熊本地震 (7団体)	6弱	212.7	16.8	7.9
	6強	1836.2	38.7	2.1
	7	155.0	22.0	14.2
	計	2203.8	77.5	3.5
2018年 北海道胆振東部地震 (4団体)	5強	2487.5	3.6	0.1
	6弱	1524.6	0.5	0.04
	6強	101.1	8.1	8.0
	7	19.1	3.2	16.8
	計	4132.3	15.4	0.4
合計		6982.0	146.4	2.1

2.2 下水道管路の情報整理

以下の下水道管路情報の項目について表形式で

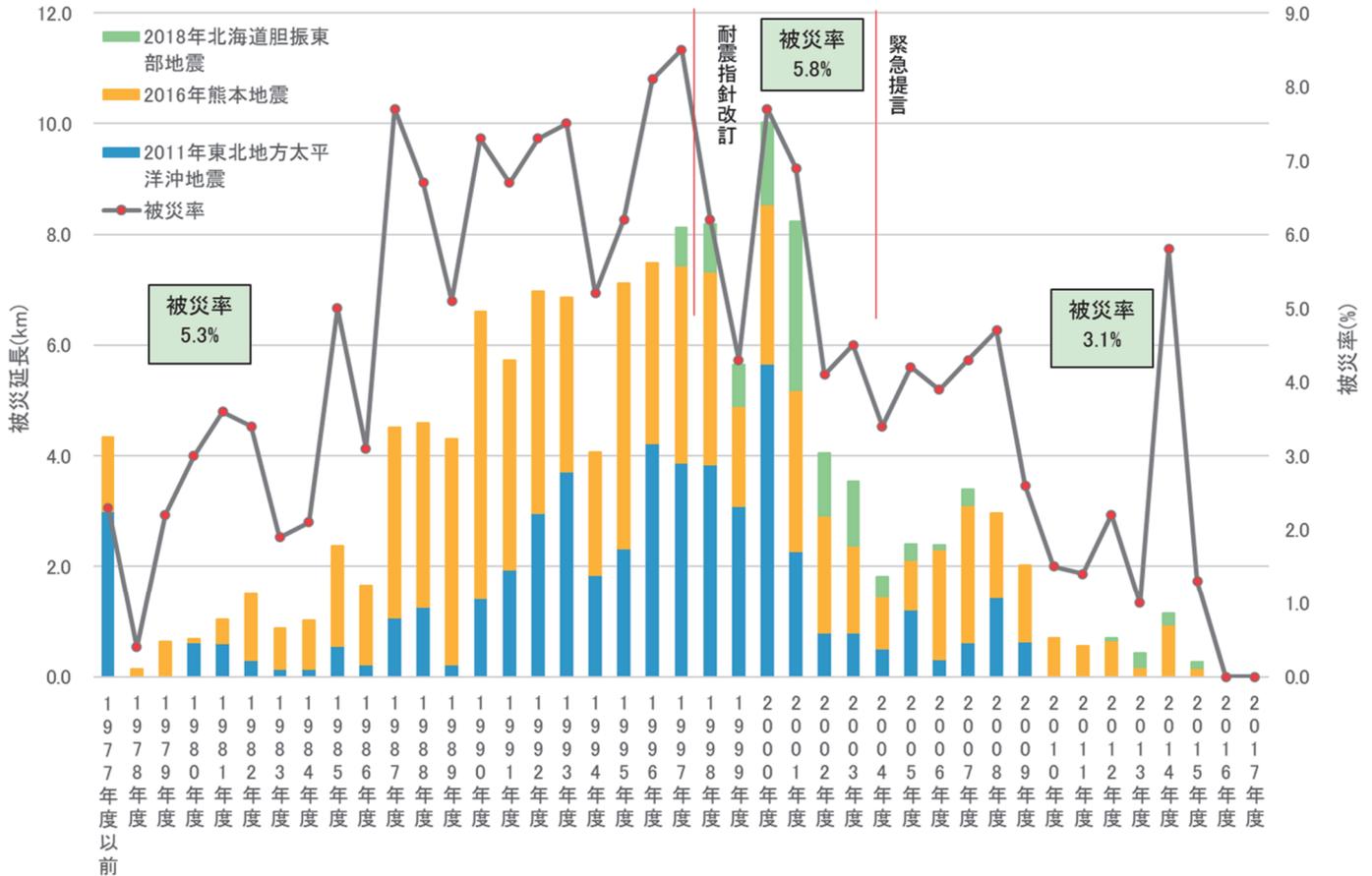


図-1 布設年度別の被災率

情報を整理した。下水道管路の情報整理結果に、下水道管路地震被害データベース²⁾等にある被災情報を追加し、下水道管路の属性条件毎にソートすることで被災率を計算し、整理した。

【整理項目】

- ① 基本情報（管種、管径、土被り、スパン延長、布設年度等）
- ② 施工管理方法（液状化対策工法有無）
- ③ 地震情報（地震名、各団体の代表計測震度）
- ④ 地盤条件（微地形区分³⁾）

3. 下水道管路の属性条件別の被災率分析

3.1 布設年度別の被災率

布設年度別の被災延長を整理したところ、耐震指針が改訂⁴⁾された1997年度までに布設された下水道管路の被災率は1.7%、1997年耐震指針改訂後の1998年度から埋戻し部における液状化対策工法の緊急提言⁵⁾（以下「緊急提言」という。）の前年度である2003年度までに布設された下水道管路の被災率は4.5%、緊急提言の2004年度以

降に布設された下水道管路の被災率は2.2%であった。

耐震指針改訂や緊急提言以降に布設された下水道管路の被災率が低いことを見込んでいたが、1997年度の耐震指針改訂以前に布設された下水道管路の被災率が低くなった。そのため、各団体の施工管理方法についてヒアリングしたところ、2004年度より前に布設当初から緊急提言の施工管理基準と同様に、埋戻し部の締め固め度を90%で管理してきた団体があった。この団体を除外して布設年度毎の被災率を整理した（図-1）。1997年度までに布設された下水道管路の被災率は5.3%、1998年度から2003年度までに布設された下水道管路の被災率は5.8%、2004年度以降に布設された下水道管路の被災率は3.1%となった。緊急提言以降に布設された下水道管路の被災率が低く、締め固め度90%以上で管理すること等の液状化対策工法により被災率が低減したものと考えられる。除外した団体の被災率は低く、下水道管路の属性条件別の被災率の分析を行う上で同団体の影響が大きいため、今後の集計においても同団体を

除くこととする。

3.2 土被り別の被災率

土被り別の被災率を集計した結果を図-2に示す。土被りが2.0m超3.0m以下までは、土被りが深いほど被災率は高い傾向があった。土被りが深いほど下水道管路よりも地下水位が高い可能性が大きく、液化しやすいことが一因として想定される。

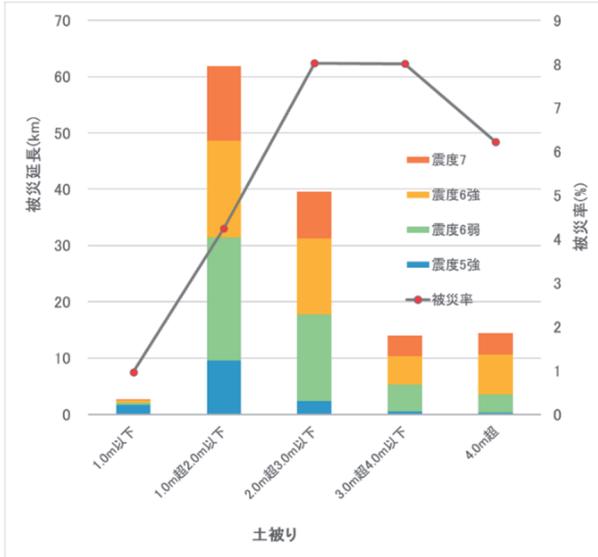


図-2 土被り別の被災率

3.3 管種・管径別の被災率

コンクリート管、硬質塩化ビニル管（以下「塩ビ管」という。）について集計した結果をそれぞれ図-3、図-4に示す。いずれも管径による顕著傾向はなかった。

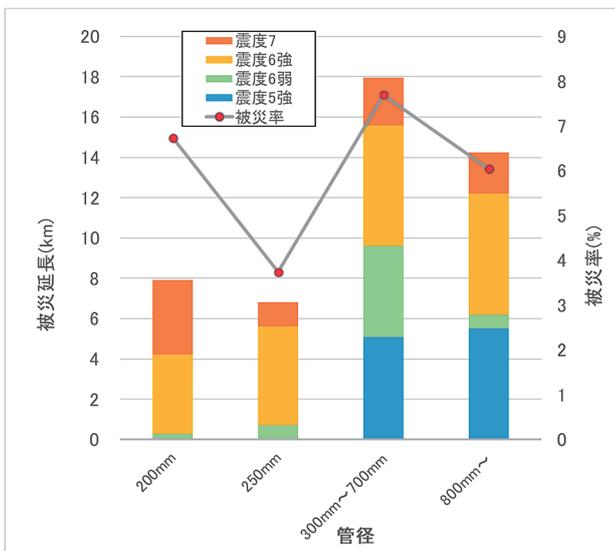


図-3 コンクリート管の管径別の被災率

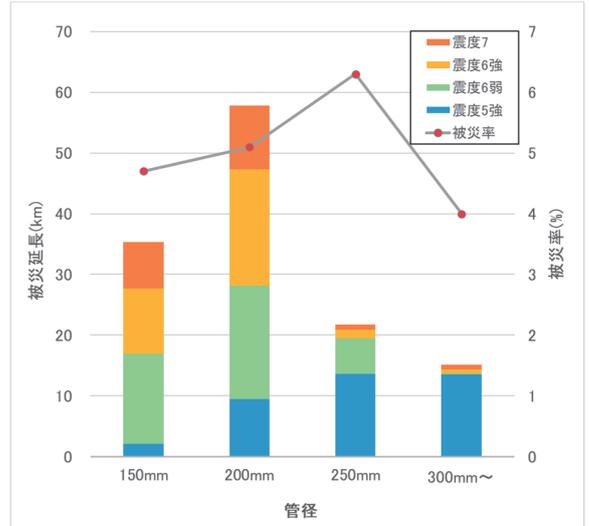


図-4 塩ビ管の管径別の被災率

表-2 微地形区分別の被災率

微地形区分	地震	2011年東北地方太平洋沖地震				2016年熊本地震			2018年北海道胆振東部地震		合計
		震度	5強	6弱	6強	7	6弱	6強	7	6強	
後背湿地	布設延長(km)	8.2	15.3	10.5	4.0	64.7	346.1	22.3	28.8	16.4	516.3
	被災延長(km)	0.4	2.0	2.0	0.1	11.4	13.5	6.8	0.8	2.4	39.4
	被災率(%)	5.3	13.2	19.0	1.5	17.5	3.9	30.6	2.9	14.7	7.6
自然堤防	布設延長(km)		6.5	28.0	1.6	18.7	174.5	0.5			229.8
	被災延長(km)		0.1	2.1	0.0	1.1	6.9	0.0			10.2
	被災率(%)		0.9	7.4	0.0	6.0	3.9	5.7			4.4
ローム台地	布設延長(km)	10.9				53.1	604.8	59.8	16.5	2.8	747.9
	被災延長(km)	0.0				2.3	11.0	7.7	1.8	0.8	23.6
	被災率(%)	0.0				4.3	1.8	12.8	10.8	29.5	3.2
旧河道	布設延長(km)	20.7					2.5				23.1
	被災延長(km)	10.1					0.3				10.4
	被災率(%)	48.7					13.3				44.9
谷底低地	布設延長(km)	20.0	73.5	10.1	13.1		110.7	2.2	44.8		274.3
	被災延長(km)	0.3	13.2	0.4	0.4		1.8	0.3	5.1		21.5
	被災率(%)	1.7	18.0	4.0	3.1		1.6	12.3	11.3		7.8
三角州・海岸低地	布設延長(km)	33.5				4.1	115.0		2.1		154.7
	被災延長(km)	2.9				0.8	0.3		0.4		4.4
	被災率(%)	8.5				19.0	0.3		18.7		2.8
火山山麓地	布設延長(km)					14.7	118.2	67.4	8.9		209.2
	被災延長(km)					0.2	1.0	7.2	0.0		8.5
	被災率(%)					1.2	0.9	10.7	0.0		4.0
火山性丘陵	布設延長(km)	1.2		1.7		0.9	104.7				108.6
	被災延長(km)	0.0		0.0		0.0	0.7				0.7
	被災率(%)	3.3		0.0		0.0	0.6				0.6
火山地	布設延長(km)					1.2	31.6	0.4			33.2
	被災延長(km)					0.0	0.3	0.0			0.3
	被災率(%)					0.0	1.1	0.0			1.0
砂洲・砂礫洲	布設延長(km)	73.1				0.9	8.5				82.4
	被災延長(km)	0.3				0.0	0.0				0.3
	被災率(%)	0.4				0.0	0.0				0.3
山地	布設延長(km)		0.2			1.5	0.9	0.6			3.1
	被災延長(km)		0.0			0.1	0.0	0.0			0.1
	被災率(%)		0.0			9.4	0.0	0.0			4.6
砂礫質台地	布設延長(km)	14.9	43.9	29.3	68.8		140.3				297.2
	被災延長(km)	0.2	3.5	1.6	3.3		0.4				9.0
	被災率(%)	1.5	7.9	5.4	4.8		0.3				3.0
扇状地	布設延長(km)	13.7	68.1	20.8		50.5	27.3	1.8			182.3
	被災延長(km)	0.2	6.3	0.2		0.9	0.1	0.0			7.7
	被災率(%)	1.7	9.2	0.9		1.8	0.3	0.0			4.2
丘陵	布設延長(km)	1.0	47.8	4.0	1.6	0.1	15.6				70.0
	被災延長(km)	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0				4.0
	被災率(%)	0.0	8.3	0.0	1.9	0.0	0.0				5.7
干拓地	布設延長(km)					2.2	35.6				37.8
	被災延長(km)					0.0	2.4				2.4
	被災率(%)					0.0	6.6				6.2
不明	布設延長(km)						0.04				0.04
	被災延長(km)						0				0
	被災率(%)						0				0
合計	布設延長(km)	197.2	255.3	104.4	89.0	212.7	1836.2	155.0	101.1	19.1	2969.9
	被災延長(km)	14.5	29.0	6.2	3.8	16.8	38.7	22.0	8.1	3.2	142.3
	被災率(%)	7.3	11.3	6.0	4.3	7.9	2.1	14.2	8.0	16.8	4.8

3.4 微地形区分別の被災延長

微地形区分別の被災率を集計した結果を表-2に示す。合計の被災率は、「旧河道」の場合に特に高く、「後背湿地」、「干拓地」、「谷底低地」及び「丘陵」の場合でも高かった。液状化の発生傾向の強い分類^{6,7)}である「旧河道」、「後背湿地」及び「干拓地」の場合に被災率が高い一方で、液状化危険性の発生傾向の弱い「丘陵」及び「谷底低地」の場合でも被災率が高かった。また、液状化の発生傾向の弱い「ローム台地」、「山地」及び「火山山麓地」の場合でも地震や震度条件によって被災率が高かった。

4. まとめ

2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震で被災した団体における下水道管路の情報を整理し、下水道管路の属性条件毎の被災傾向を明らかにした。以下に得られた知見を示す。

- ① 緊急提言以降に布設された下水道管路の被災率は低く、液状化対策工法により被災率が低減したものと考えられる。
- ② 土被りが 2.0m 超 3.0m 以下までは、土被りが深いほど被災率は高い傾向があった。
- ③ コンクリート管、塩ビ管の管径別の被災率を比較したところ、顕著な傾向はなかった。
- ④ 微地形区分別の被災率を比較したところ、液状化の発生傾向の弱い「丘陵」及び「谷底低地」の場合でも被災率が高かった。

下水道管路の属性のうち、液状化による被災に関連する項目と被災率に傾向が見られた。

布設年度別の被災率を整理するなかで、緊急提言以降に布設された下水道管路や、埋戻し部の締固め度を90%で管理してきた団体における下水道管路の被災率が低いことが明らかになった。緊急提言に沿った施工管理を行った場合と行わなかった場合とで差があることから、緊急提言に沿った施工管理の有無による被災率の差を分析する必要がある。土被り別の被災率では、土被りが深いほど被災率が高かった。液状化による被災率を分析する上で、下水道管路に対する地下水位の位置を踏まえた分析が必要である。また、2011年東北

地方太平洋沖地震では震度5強でも被災した地域があるのに対し、他の地震では被災しなかった地域が多い。2011年東北地方太平洋沖地震のようなプレート境界型地震では揺れの継続時間が長いこと、液状化による被災が顕著な可能性があり、地震の特性による分析も必要となる。

これらの課題を踏まえ、液状化に関連する管属性条件を中心に、個別の整理方法を見直すとともに、下水道管路の属性条件の複合的な検討を行う予定である。

謝 辞

下水道管路の属性別の被災率の分析にあたり、関連資料の提供及びヒアリング等に協力いただいた地方公共団体の皆様に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会、下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書、2012.3
- 2) 国土技術政策総合研究所、下水道管路地震被害データベース (https://www.nilim.go.jp/lab/ebg/zishin_db.html)
- 3) 若松加寿江・松岡昌志、全国統一基準による地形・地盤分類250mメッシュマップの構築とその利用、地震工学会誌 No.18、pp.35~38、2013
- 4) 公益社団法人日本下水道協会、下水道施設の耐震対策指針と解説—2014年版—、2014.5
- 5) 下水道地震対策技術検討委員会、管路施設の本復旧にあたっての技術的緊急提言、2004.11
- 6) 公益社団法人日本下水道協会、下水道の地震対策マニュアル 2014年版p.53、2014.10
- 7) 国土交通省、地形区分に基づく液状化の発生傾向 (<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001388130.pdf>)

濱田知幸



国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室 研究官
HAMADA Tomoyuki

吉田敏章



国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室長
YOSHIDA Toshiaki