

2016年熊本地震における下水道埋設管路被害と地表断層変位との関係

筑波大学 学生会員 ○畠山 大治 正会員 庄司 学 鹿島建設技術研究所 正会員 永田 茂

産業技術総合研究所 正会員 吉見 雅行

1. 目的: 熊本市及び熊本県益城町における地表断層変位と下水道埋設管路が交差した地点を対象として、それらの地点における埋設管路の管種、口径及び微地形区分の観点から被害状況を明らかにし、地震動強さとの関係进行分析する。併せて、地表断層変位の観測地点近傍に位置する交差地点を対象として、被害・無被害の特徴を明らかにする。

2. 分析対象: 対象とする下水道埋設管路は文献 1) に示された熊本市及び熊本県益城町の下水道埋設管路とした。文献 1) に示されたデータは枝線に分類される管路であり、管種、口径、形状、施工年度が明らかとなっているデータであり、震災後に復旧を要すると判断された管路が被害管路と定義されている。さらに、地表断層変位のデータは文献 2), 3) によるものとする。これらのデータを対象領域の下水道埋設管路と重ね合わせ、管路が断層を横断している箇所を点データとして抽出した(図 1)。熊本市では、管路と地表断層変位が交差した地点が 46 地点となり、いずれも中央区に存在した。また、地表断層変位による被害は確認されなかった。益城町では交差地点は 97 地点にのぼり、その中の 18.6% の 18 地点が被害管路との交点であった。これらの 18 地点の中で 10 地点は秋津川と県道 28 号の間に存在した。これより、熊本市では地表断層変位による下水道埋設管路の被害は発生しなかったが、益城町では地表断層変位による被害が発生した可能性が高く、特に秋津川と県道 28 号の間に被害が集中したと言える。

3. 被害の特徴: 交差地点について管路の管種、口径及び微地形区分ごとの特徴を精査し、被害率[地点/地点]を算出した(図 2)。また、 PGV 及び計測震度 IJ との関係を図 3 及び図 4 に示す。管種の観点からは、熊本市では HP 管のみ確認され、益城町では HP 管に加えて DCIP 管と VP/VU 管が確認された。被害率は熊本市では 0 である一方、益城町における HP 管は 0.714 と最も高く、VP/VU 管の被害率も相対的に高かった。口径の観点からは、300[mm]未満の管路が最も多く確認された。被害率は益城町における 300[mm]以上 600[mm]未満の管路が 0.667 と最も高く、300[mm]未満の管路も同様に高かった。微地形区分の観点からは、熊本市では砂礫質台地、ローム台地に埋設された管路が確認され、益城町では火山地、ローム台地、谷底低地・扇状地、沖積平野に埋設された管路が確認された。被害率は益城町の火山地において 0.261 と最も高く、ローム台地と沖積平野においてもそれに準じて高かった。 PGV との関係は、熊本市において $PGV=60\sim70$ [cm/s] の範囲で交差地点数が多く、益城町では $90\sim120$ [cm/s] の範囲で交差地点数が多い。被害率の観点からは同様に熊本市では 0 である一方、益城町においては $110\sim130$ [cm/s] 及び $140\sim150$ [cm/s], $180\sim190$ [cm/s] の範囲で被害率が $0.250\sim0.600$ と卓越している。益城町では PGV の上昇とともに右上がりに被害率が増加する傾向が見られた。計測震度 IJ との関係は、熊本市において $IJ=6.0$ のときに交差地点数が多く、益城町では $6.2\sim6.4$ の範囲で交差地点数が多い。被害率の観点からは、益城町において $IJ=6.2\sim6.5$ の範囲で被害率が $0.034\sim0.500$ まで増加する傾向が見られた。

4. 益城町の被害形態の分析: 地表断層変位と管路の交差地点を対象に、被害形態について分析を行った。ここでは、益城町においてのみ管路の被害形態の詳細が判明しているため、益城町を対象に地表断層変位の管路の交差地点における被害形態を図 5 のように分析した。被害形態については、1 スパン当たりに複数の被害形態が確認されている場合があるため、これらは切り分けて分析した。図 5 より、交差地点の被害形態としては破損が全体の 37.5% と最も多く、次いで亀裂、たるみが全体の 20.8% と多いことが明らかとなった。

5. 地表断層変位の観測結果との比較: 地表断層変位の観測地点近傍に位置する交差地点(図 6, 図 7)について表 1 及び表 2 のように整理した。ここでは、観測地点の半径 25m 以内に位置する交差地点のみを対象として、布田川断層による鉛直方向変位及び水平方向変位、日奈久断層による水平方向変位のそれぞれの値について分析した。いずれも単位は[cm]であり、鉛直方向変位は正の値が南側を上盤とした場合の変位、負の値が北側を上盤とした場合の変位である。水平方向変位は正の値が右横ずれ、負の値が左横ずれを示す。なお、対象地点においてはいずれも正の値であった。対象となる交差地点は 13 地点となり、いずれも無被害の管路との交差地点であった。また、管種は VP/VU 管、口径 300[mm] 未満の管路であった。表 1, 表 2 より、布田川断層については、右横ずれの変位が $0\sim15$ [cm] および 40 [cm] 生じているがいずれも無被害であった。鉛直方向変位も $15\sim43$ [cm] とやや大きな値となっているがいずれも無被害であった。日奈久断層については右横ずれの変位が 15 [cm] 生じた地点の近傍に 1 点のみ交差地点があり、これも無被害であった。また、右横ずれの変位が 10 [cm] 以下を示す 2 地点においては $PGV=100\sim110, 150\sim160$ [cm/s] と高い値を示す一方で、それ以外の 11 地点では右横ずれの変位が 0 及び $12\sim43$ [cm] とやや大きい値を示しているが、 PGV は $80\sim100$ [cm/s] とやや高い値を示した。

キーワード 熊本地震, 下水道埋設管路, 地震被害, 地表断層変位, 被害形態

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 TEL029-853-7368

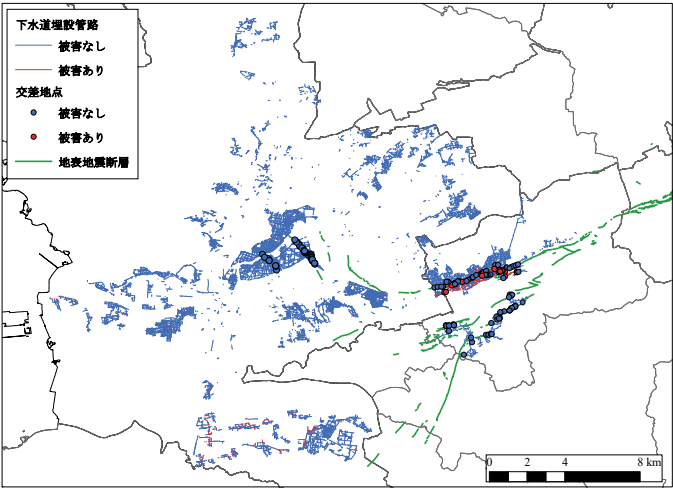


図1 熊本市および益城町の下水道管路と地表断層変位



図5 益城町における下水道埋設管路の被害形態

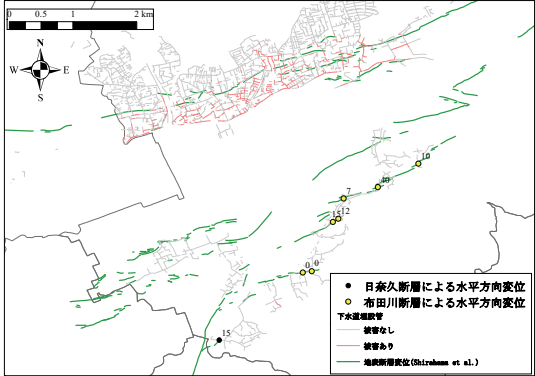


図6 益城町における交差点と水平方向変位[cm]の観測地点の分布

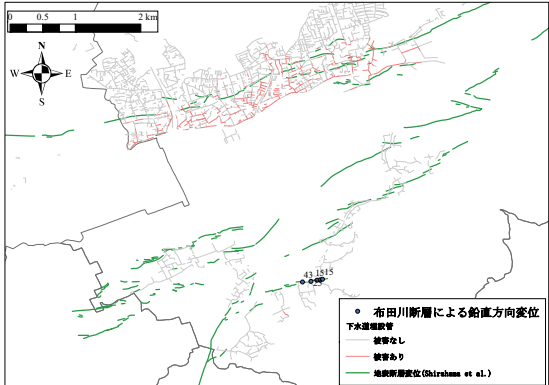


図7 益城町における交差点と鉛直方向変位[cm]の観測地点の分布

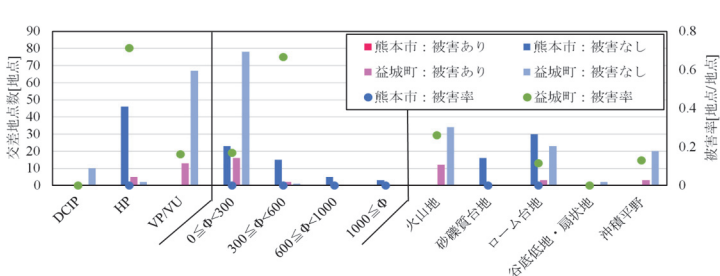


図2 管種、口径、微地形区分ごとに見た断層変位と管路の交差点数と被害率

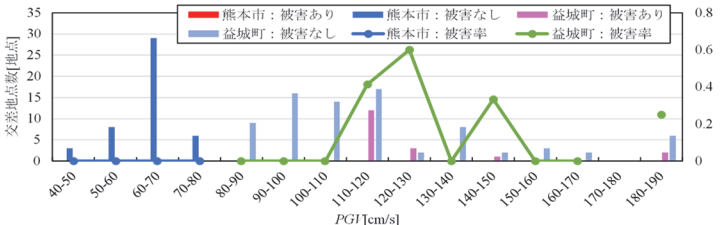


図3 PGVの観点から見た断層変位と管路の交差点数と被害率

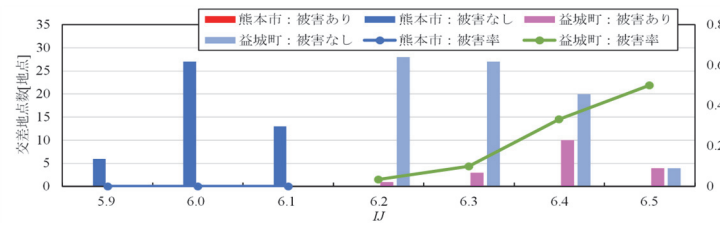


図4 計測震度IJの観点から見た断層変位と管路の交差点数と被害率

表1 微地形区分の観点から見た交差点と地表断層変位量

		ローム台地	沖積平野	火山地
布田川断層	0(左右変位)	2	-	-
	7(左右変位)	-	1	-
	10(左右変位)	-	-	1
	12(左右変位)	1	-	-
	15(左右変位)	1	-	-
	15(鉛直方向)	2	-	-
	25(鉛直方向)	1	-	-
	29(鉛直方向)	1	-	-
	40(左右変位)	-	-	1
	43(鉛直方向)	1	-	-
日奈久断層	15(左右変位)	1	-	-

表2 PGVおよび計測震度IJの観点から見た交差点と地表断層変位量

		PGV				IJ	
		80-90	90-100	100-110	150-160	6.2	6.3
布田川断層	0(左右変位)	-	2	-	-	2	-
	7(左右変位)	-	-	-	1	-	1
	10(左右変位)	-	-	1	-	-	1
	12(左右変位)	-	1	-	-	-	1
	15(左右変位)	-	1	-	-	-	1
	15(鉛直方向)	-	2	-	-	2	-
	25(鉛直方向)	-	1	-	-	1	-
	29(鉛直方向)	-	1	-	-	1	-
	40(左右変位)	1	-	-	-	1	-
	43(鉛直方向)	-	1	-	-	1	-
日奈久断層	15(左右変位)	1	-	-	-	1	-

謝辞：熊本市及び熊本県益城町の下水道埋設管路データは、熊本県土木部土木技術管理課及び熊本市上下水道局からご提供賜りました。関東学院大学理工学部土木学系の若松加寿江先生、東京工業大学の松岡昌志先生、防災科学技術研究所の先名重樹博士には微地形区分データを提供して頂きました。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献：1) 畠山大治，庄司学，永田茂：下水道埋設管路の地震被害データに対する統一的な整理・分析と解釈，土木学会論文集，A1S-0932，2019年(登載決定)。2) Shirahama, Y., Yoshimi, M., Awata, Y., Maruyama, T., Azuma, T., Miyashita, Y., Mori, H., Imanishi, K., Takeda, N., Ochi, T., Otsubo, M., Asahina, D., and Miyakawa, A.: Characteristics of the surface ruptures associated with the 2016 Kumamoto earthquake sequence, central Kyushu, Japan, Earth, Planets and Space 68:191, DOI 10.1186/s40623-016-0559-1, 2016. 3) 文部科学省：平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査，平成28年度成果報告書3.1章，https://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/kumamoto_sogochousa/h28/h28kumamoto_sogochousa_3_1.pdf (2018年9月10日参照)。