

1995年兵庫県南部地震における上水道管路被害の要因分析

金沢大学大学院 正会員 宮島 昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 ○田中 良英

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震は日本の近代都市を襲った初めての直下型の地震であり、大都市域における地震防災対策に関して多くの課題を残した。本研究では、神戸市の上水道に注目して、管路の被害状況図¹⁾や永久変位などの資料²⁾をもとに、地盤変状も考慮した上水道被害の要因分析を行う。そして、将来起こりうる地中埋設管の被害を少しでも軽減するための基本資料を得ることを目的とする。

2. 地震の概要

1995年1月17日5時46分に、淡路島北部(北緯34.6度、東経135.0度)、深度約20kmを震源とするマグニチュード7.2の兵庫県南部地震が発生し、神戸及び淡路島北部で震度7に達する大災害となった。

マグニチュード自体は従来の大地震(関東大震災で8.1、三陸地震で8.5)などに比べて大きくないが、有馬-高槻-六甲断層帯と呼ばれる活断層が横ずれを起こした直下型地震であり、阪神地区の地震計の中には加速度記録が800gal以上、速度記録が50kineを超過する観測記録を示した。一方、横ずれ型の地震のため、津波は発生しにくく、最大10cm程度の津波による潮位変化が観測された。

3. 上水道施設と被害の概要

神戸市は3つのダムで水源を確保しているが、それだけでは給水需要を賄うことができないので、阪神水道企業団や兵庫県からも受水している。配水管の延長距離は約4000kmであり、管路の90%近くがダクタイル鉄管であるのが特徴的である。

神戸市水道局では、被害形態を管体の折損、継手部の離脱、属具の破損の3つに分類し整理している。全体の約64%が継手部の離脱で、約20%が管体の折損となっている。継手にはほとんどメカニカル継手が用いられているが、その中の耐震継手には被害は見られなかった。

4. 上水道被害の要因分析

ここでは、神戸市水道局による管路の被害状況図(中部地区)をもとに被害の要因分析を行う。今回の地震では神戸市を中心に阪神間の都市全域にわたり配水管の被害が発生したが、本研究では、神戸市中央区を中心に被害の要因分析を行った。またその際、分析方法として数量化Ⅱ類を用いた。

4.1 地質と被害との関係

図1に配水管被害と地質分布図を示す。図1より、被害が多く見られるのは埋立地や砂・粘土層である。これらの被害を定量的に解析するために、地質ごとの敷設距離を測り被害率を算出した。ここで、被害率とは1km当たりの被害件数のことである。図2は、地質と被害率の関係を表したものである。図2より、管体の折損については埋立地での被害率が他の地質と比較して飛び抜けて高い。継手部の離脱においても埋立地、砂・粘土層での被害率の高さが目立つ。

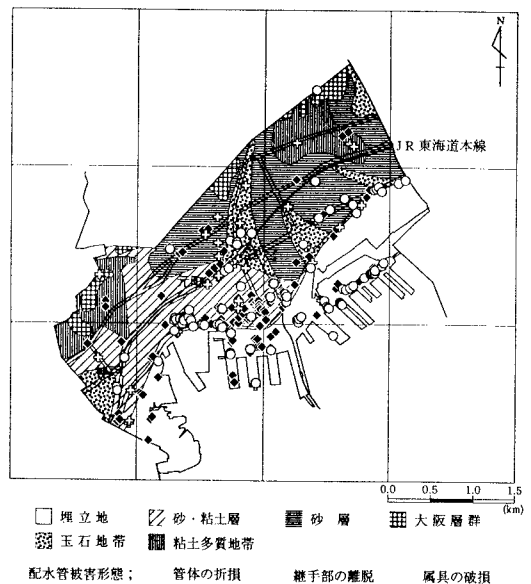


図1 配水管被害と地質分布

さらに全体的に見て、埋立地、砂・粘土層、玉石地帯の被害率が高い。埋立地はもちろん砂・粘土層も縄文海岸線以南の地盤であり、昔は海面下であったところである。また、玉石地帯は表六甲河川により洪水時に土石流が氾濫して出来たところである。したがって、このような地盤が埋設管路にとって不利な地盤であったということが示された。

4.2 永久変位・地盤沈下と被害との関係

埋設管路は平面的に網目状に敷設されており、そこから鉛直に管路が伸び地上構造物につながっている。そこで、鉛直方向と水平方向の地盤変位により被害との相関が異なってくると思われるので、地盤変位を2方向に分解して考える。ここでも地盤変位ごとの敷設距離を測り被害率を算出した。しかし、地盤変状のある場合、同程度の地盤変位の生じた地域の面積が異なるので、地盤変状の平面的なばらつき具合を考慮すべきであると考え、変位量ごとに区分した地域それぞれの面積で被害率を除して、基準化した。これを単位面積当たりの被害率とする。

図 3,4 に永久変位量、地盤沈下量と単位面積被害率との関係をそれぞれ示す。図 3,4 より、総じて変位量が大きいくほど被害率が高くなるといえる。また、継手部の離脱よりも管体の折損の方がよりその傾向が強いことが見られる。このことから、管体のような線的な要素であるものは地盤変状の影響を強く受け、その結果として管路被害につながると思われる。

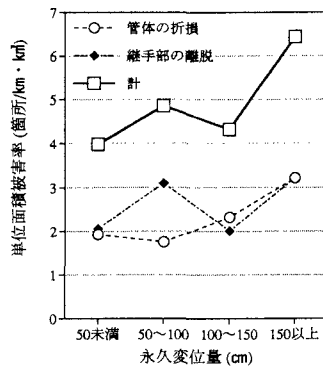


図3 永久変位量と単位面積被害率との関係

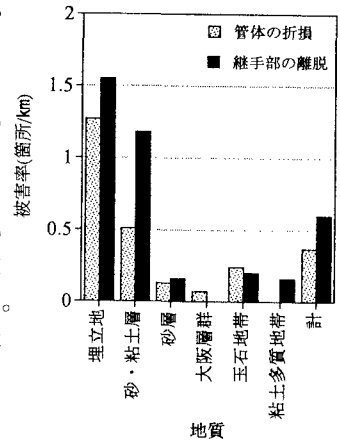


図2 地質と被害率の関係

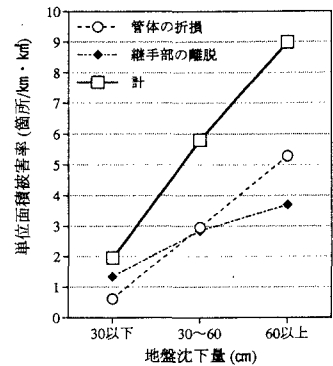


図4 地盤沈下量と単位面積被害率との関係

4.3 数量化Ⅱ類による要因分析

表 1 に配水管被害データの数量化Ⅱ類による分析結果を示す。要因として、管径、震度、地質そして地盤沈下量を取り、外的基準に3つの被害形態をとった。表1より、管体の折損の категория数量がマイナスであるので、 категория数量が小さいものほど、管体の折損の被害に大きく寄与したといえる。管体の折損は今まで見てきた通り、地盤沈下の大きいところで被害が生じやすいと言える。さらに小口径管の場合も、折損被害を起こしやすい。また震度の大きいところでは、属具の破損が多くなるといえる。属具は地上構造物との関連が強いため、建物の倒壊に伴う被害があったことが原因と言える。

表1 配水管被害データの数量化Ⅱ類による分析結果

アイテム	カテゴリー	例数	Ⅰ 軸		Ⅱ 軸	
			カテゴリー数	箱 開 量 (偏相関係数)	カテゴリー数	範 囲 量 (偏相関係数)
管径 (mm)	50~250	103	-0.35951	1.2005	-0.14307	0.4009
	300~550	58	0.43345	[0.23438]	0.28702	[0.0498]
	600~1000	18	0.66054		-0.10619	
震度	超7	38	0.85804		-0.44921	
	7	36	-0.18680	1.29598	0.72367	1.22931
	6	24	-0.34653		-0.10507	
	5	47	-0.05689	[0.25541]	0.22831	[0.11203]
	5未満	34	-0.43794		-0.50563	
地質	埋立地	65	-0.33071		-0.36902	
	砂・粘土層	84	0.01705	1.60117	0.48338	2.67138
	砂層	13	0.43141		0.01368	
	大阪層群	3	1.05306		-0.95552	
	玉石地帯	9	0.54930	[0.18813]	-1.94897	[0.15164]
	粘土多質地帯	5	1.27047		0.72241	
地盤沈下 (cm)	30以下	45	0.4199		0.92386	
	30~60	35	-0.67923	1.29235	-0.00568	1.5754
	60以上	18	-0.87245	[0.25333]	0.63335	[0.16397]
	なし	81	0.25409		-0.65154	
外的基準 (被害形態)	管体の折損	65	-0.63646		-0.08277	
	継手部の離脱 属具の破損	95 19	0.29161 0.71933	0.24715	0.17951 -0.61439	0.05966

参考文献

- 1) 管路の被害状況図：神戸市水道局，1995.4.
- 2) 1995 年兵庫県南部地震 液状化、地盤変位及び地盤条件：濱田政則，磯山龍二，若松加寿江，(財)地震予知総合研究振興会，1995.9.