

数量化理論第Ⅰ類を用いた兵庫県南部地震における水道管被害要因分析

金沢大学大学院 張 福道
 金沢大学工学部 正会員 村田 晶
 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

1. はじめに

水道管などの地中埋設ライフラインが強い地震動にさらされると、広範囲にわたる管路網が都市施設としての機能を失う可能性が高い。特に都市化の進行している昨今は、住民のライフラインに対する依存度が高まりつつあるために、ライフライン地震被害が住民生活へ与える影響も大きくなっている。そこで本研究では、兵庫県南部地震における神戸市水道管に対する震害要因を分析し、各要因が被害に対しどのように寄与するか検討するため、数量化理論Ⅰ類を用いた多変量分析を実施する。

2. 被害要因分析概要

本研究における分析対象地域は1995年兵庫県南部地震における神戸市各区とする。対象地域を250m×250mのメッシュに分割し、各メッシュにおける同一管種の1kmあたりの被害箇所数を被害率として、これを目的変数(外的基準)とする。また、説明変数(アイテム)は震度階、表層地質、液状化率の3要因とする。なお各アイテムは、震度階を震度4、震度5、震度6、震度7以上の4ランク、表層地質を沖積層、基盤岩、段丘地、自然堤防、埋立地、神戸層群～大阪層群の6ランク、液状化発生率を液状化発生率0%、50%、100%の3ランクに分類する。本文では紙面の都合上神戸市須磨区、長田区に埋設されていたダクタイル鋼鉄管(DCIP)における被害要因分析結果のみを載せることとする。ここで須磨区、長田区に対する分析対象メッシュは191あり、そのうち水道管被害のあるメッシュは59個であった。

まず各アイテム別の被害率¹⁾を図-1(a)～図-1(c)に示す。被害率は対象地域におけるメッシュ内の管路被害箇所を各メッシュ内の延長距離で除したものである。図-1(b)、図-1(c)に示すように液状化発生地域である液状化率100%、埋立地における被害率が突出して高いことが分かる。しかしながら、段丘地における被害率が1.43(箇所/km)、神戸層群～大阪層群における被害率が1.25(箇所/km)となっており、水道としての機能を喪失していることが窺える。また、図-1(a)に示す震度階別の被害率においては、液状化地域である埋立地が震度4地域であることから被害率が高いものの、一方では震度階の上昇に対する被害率の増加傾向は見られない。このように従来の液状化地域による管路被害は十分に多く、液状化の発生が

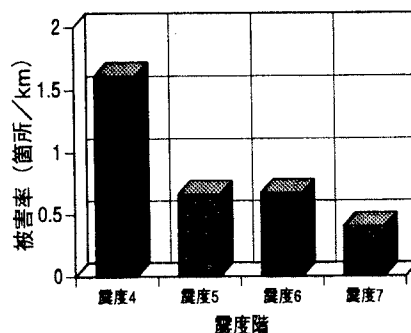


図-1(a) 震度階別被害率

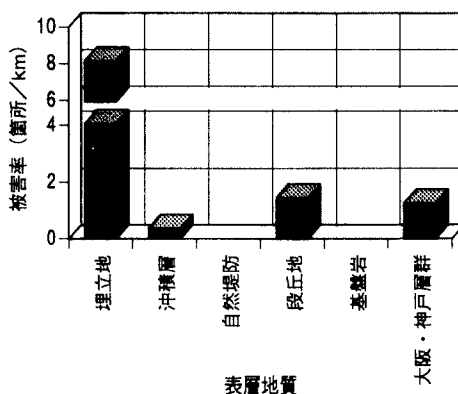


図-1(b) 表層地質別被害率

被害に影響することは明らかとなったが、一方ではそれ以外の要因も管路被害発生要因として考えられることから、数量化理論Ⅰ類を用いて各要因の被害に対する寄与について定量的に評価する。

3. 数量化理論Ⅰ類による分析結果²⁾

分析結果を表-1に示す。外的基準に対する各要因アイテムの影響の大きさを表わす偏相関係数については、液状化発生率が0.51と一番大きく、その後は順に表層地質の0.34、震度階の0.02となっている。震度階の偏相関係数が小さくなった理由としては、震度4の地域は、数量化理論による分析において被害率のないメッシュを含んだことから、液状化の発生した被害率の高かったところと被害の全くなかったところが含まれることとなり、結果が相殺したためと考えられる。また、重相関係数 r は $r=0.63$ であり、まずまずの精度であったことが言える。ここで管路被害調査における被害率と数量化理論Ⅰ類で求めた予測値の関係を散布図として図-2に示す。本図より、多少のばらつきがみられるものの、全体的にはある程度45°の直線に近似できると思われる。

4. まとめ

本論文により単相関分析及び数量化理論Ⅰ類で分析した結果から、水道管路被害要因のなかで液状化発生の有無が管路被害に及ぼす影響の大きいことをあらためて明らかにした。特に、液状化の程度が激しい液状化率100%の地域ではかなり高い被害率となることから、耐震継手の採用など何らかの対策を講じることが急務であろう。しかし、液状化率が50%以下の地域においては被害との明確な相関は得られなかった。他の分析対象地域を含めた包括的な分析が必要であると考えられる。今後は今回の数量化理論Ⅰ類により得られた定量的モデルの改良を進め、被害予測モデルの確立を図っていきたい。

参考文献

- 1) 田中 豊・垂水共之：統計解析ハンドブック～多変量解析～、1995。
- 2) (社)日本水道協会：1995年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析、1997。

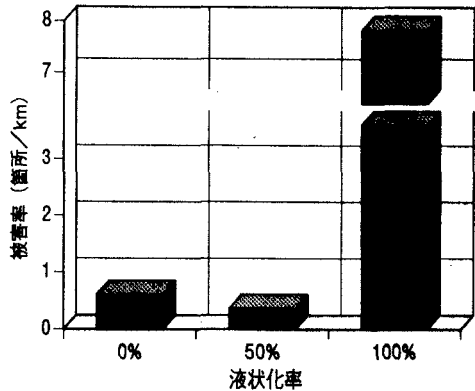


図-1 (c) 液状化率別被害率

表-1 数量化理論Ⅰ類結果

アイテム	カテゴリー	度数	カテゴリースコア	レンジ	偏相関係数 (ランク)
震度	震度4	35	0.00	0.11	0.02(3)
	震度5	40	0.05		
	震度6	62	0.01		
	震度7	55	-0.05		
表層地質	埋立地	9	10.05	10.54	0.34(2)
	沖積層	129	0.34		
	自然堤防	2	-0.49		
	段丘地	26	1.52		
	基盤岩	12	-0.01		
	神戸層群～大阪層群	13	0.68		
液状化率	0%	164	-0.92	16.78	0.51(1)
	50%	18	-0.43		
	100%	10	15.88		
相関係数 r				0.63	

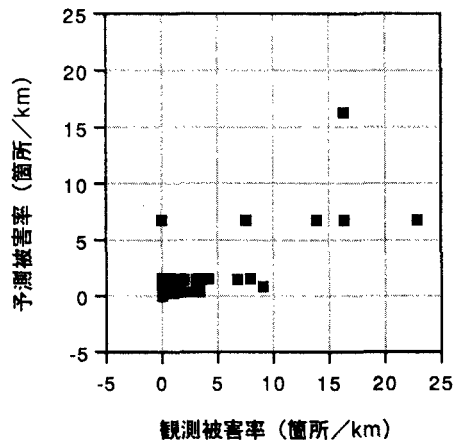


図-2 観測被害率と数量化理論Ⅰ類結果の比較