

(株) ニュージェック 正員 ○ 松本 文浩
神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
清水建設(株) 正員 前田 俊宏

1. はじめに

現代都市の地震災害は、都市の複雑化に伴い従来とは異なる目新しいさまざまな様相を呈している。とくにライフラインネットワークのシステム構成は都市の膨張による超過密、生活水準の向上等に伴い複雑化し災害に対する脆弱性をより増し、新しい形態の災害発生危険性を高めている。このことからシステムとしての機能低下を考慮した上で、よりミクロな視点で地域的な地震特性を把握し、それぞれの地域における供給システムの特徴、被害分布予測、復旧過程の予測を考慮した効率の良い耐震性の向上が必要とされている。本研究では、兵庫県南部地震で被災した上水道システムに着目し、GIS上の配水管データベースによる被災要因の統計的分析をふまえた数量化理論Ⅰ類による被害率の推定、および配水管路危険度予測手法を提案するものである。

2. 数量化理論Ⅰ類による被災要因分析

ここでは様々な多変量解析手法の中でも、質的な要因を変数として量的に測定された外的基準の値を説明、あるいは予測するための手法である数量化理論Ⅰ類を用いて兵庫県南部地震における配水管路の被災要因の影響の総合化と被害率の予測を行った。

表1に継手被害の分析結果を示す。また図1は継手被害率の観測値と予測値である。数量化理論Ⅰ類では分析に用いるアイテム間の関連性が強いと、アイテムの被害に対する影響の大きさが相殺される可能性が高くなるため、地質・地形、N値・地下水位、および傾斜度・傾斜変化率は一括してひとつのアイテムとして取り扱っている。また本研究ではアイテムに地震動情報を含めず、地域に特有の地盤特性から被害率の推定を行う。

表1より、重相関係数が0.7以上の値を示しており分析の良好なことが分かる。分析の結果、継手被害は断層周辺部、急傾斜で急変化を示す地形、軟弱地盤で被害

表1：継手被害の分析結果

重相関係数 R = 0.7570						
NO.	アイテム	カテゴリ	度数	カテゴリ数量	範囲	偏相関係数
1	管種	1	92	-0.283	1.284	0.380
		2	33	0.304		
		3	16	1.001		
2	口径	1	68	-0.142	0.350	0.141
		2	37	0.207		
		3	36	0.056		
3	敷設年	1	54	0.371	0.601	0.276
		2	87	-0.230		
4	微地形分類	1	1	-0.875	1.462	0.325
		2	23	-0.281		
		3	65	-1.990		
		4	45	0.587		
5	傾斜度 傾斜変化率	1	68	-0.636	2.736	0.463
		2	13	0.131		
		3	8	0.250		
		4	30	0.515		
		5	20	0.995		
		6	2	2.100		
6	断層距離	1	12	1.531	1.674	0.397
		2	129	-0.142		
7	N値 地下水位	1	12	2.816	3.098	0.629
		2	73	-0.282		
		3	56	-0.236		
定数項				1.374		

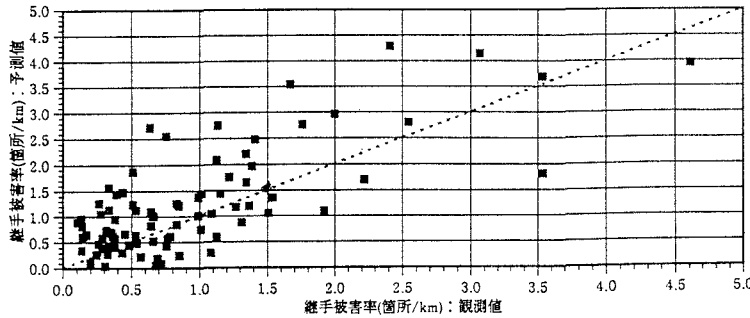


図1：継手被害の観測値と予測値

が発生する傾向があり、管体被害は断層周辺部、傾斜を伴った硬質地盤、軟弱地盤で発生する傾向を示し、属具被害は断層周辺部の傾斜地、家屋被害の多く発生した震度7を示す沖積層での被害発生の傾向があると思われる。

3. 被災危険度予測

ここでは数量化理論Ⅰ類による分析結果から、地域特有の地盤特性によって相対的な被災危険度を予測する。

危険度予測を行う地域は断層地形である会下山断層周辺地域を選出した。GIS上ではこれらの地域は50m×50mのメッシュに分割されている。また配水管網は6mに分割し、その中間点がシンボルとして登録されている。

被害率の推定方法は、カテゴリー数量とダミー変数の線形関係を利用して算出する。6mに分割した配水管全ての点において算出した推定被害率と各点が持つ管路延長の積を求めることによって、各点における被害数が求められ、それらの被害数と管路延長を集計することでメッシュごとの推定被害率が算出される。しかし、この推定被害率は実際に観測された被害率に比べ低い値となっており、局所的な被害率の推定には適さないと思われる。本研究では、管路網を6mごとに分割しているため同じ属性を持つ点の中で1箇所被害が発生すれば、推定被害率はその点における被害率を同じ属性を持つ管路で平均化した数値として算出されることになる。そのため本手法による推定

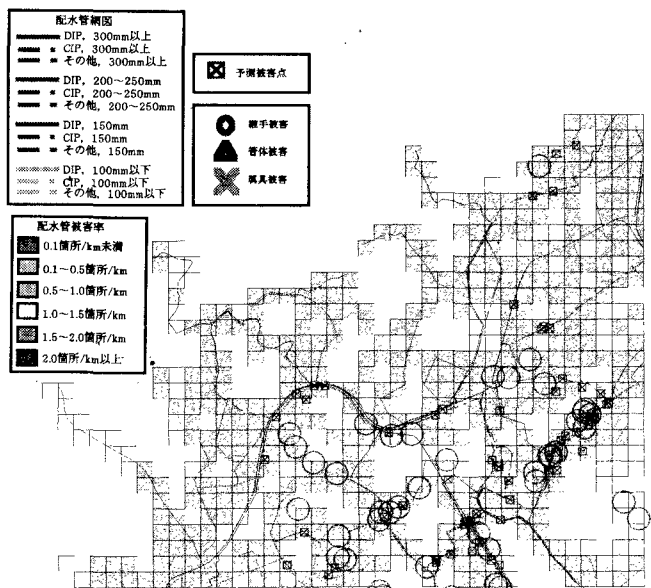


図2：会下山断層周辺の推定配水管被害率と被害点分布

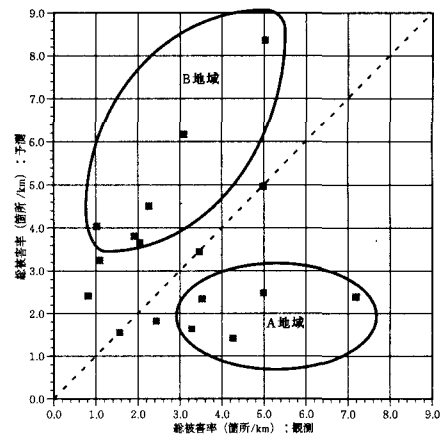


図3：総被害率の観測地と予測値（町丁目集計）

被害率は被害発生の可能性を示す指標として有効なものである。図2に本手法を会下山断層周辺部に適用したときのメッシュ表示した推定被害率の分布と、数量化理論Ⅰ類の結果を用いて管路網にランダムに発生させた被害点の分布を示す。また図3は町丁目ごとの観測被害率と予測被害率である。図2より配水池に延びる大口径管路の危険度が高く、その被災は他地域に大きな影響を及ぼすと考えられる。また図3のA地域では予測被害率が観測被害率に比べ低い値となっている。これらの地域は断層の間に位置しており、実際には中口径管路の継手被害が多数発生している。またB地域は予測被害率が観測被害率を上回っており、これらの地域は断層直上に位置している。今後、断層周辺部の詳細な被災分析を行うことで、より高い精度の危険度予測が可能と思われる。

4. まとめ

実際に予測被害率を相対的な危険度として取り扱った場合、その被害発生の傾向は実際の被害とも一致しており、十分被災危険度予測に適用できるものと思われる。今後、地盤特性の面から地域ごとに地震被害危険度の評価を行い、各地域ごとの防災性能を把握していくことが望まれる。