

中部工業大学 正 市原松平
" 正 山田 公夫

1. まえがき

水道管、ガス管などの地下埋設管が地震によつて被害をうけると、市民生活に大きな影響をおよぼす。そのため、地震後の救援、復旧などの対策を立てる上で、地下埋設管の地震時における被害を予測することは重要なことである。本報告は地震時における水道管の定量的な被害予測を行なうために、過去に発生した地震による水道管の被害を林の数量化理論^①Ⅰ類を用いて分析し、予測モデルを確立することを試みたものである。過去の地震によつて都市の水道管が被害をうけた例はいくつかある。これらの被害例のうち、推定地表加速度の分布、地盤特性ならびに水道管の被害箇所などが詳細にわがっている関東地震による東京市のもの(1923)も分析の対象にした。本報告で述べる水道管の被害は管体被害(管の破裂、折損など)を対象としており、漏水の被害についてはふれていない。

2. 被害分析に用いた要因

図-1に関東地震によつて被害をうけた東京市水道管の被害位置を示す。被害分析は旧東京市を1km×1kmのメッシュに分割し、各メッシュごとに次に示す要因をとりあげ、数量化理論^①Ⅰ類を用いて分析した。各メッシュごとにとりあげた要因は①推定地表加速度、②深さ5mまでの平均N値、③地盤の種別、④沖積層の平均的厚さ、⑤地勢、⑥地盤構造、⑦水道管の布設延長の7つである。これらの要因を説明変数として、目的変数に各メッシュごとの水道管の平均被害率を考えた。ここでの平均被害率とは水道管の布設延長1kmあたりの管体の被害個数のことである。上述した要因は表-1に示してあるように、それぞれ2~5のカテゴリーに分けた。データ欠損のあるメッシュを除いて、分析対象にしたメッシュの総数は80であった。各メッシュごとの水道管の布設延長は旧東京市の各区(15区)ごとの布設延長が既知であるから、これも各区ごとのメッシュ数で除したのもを用いた。この場合、水道管は各区区内では均等に布設されているものと考えた。管径別の布設延長、管径別の被害位置を示す正確な資料が見当らなかつたため、管径については中75mm以上、中900mmまでのものをひとまとめにした。なお、当時の水道管はすべて鋼鉄管であった。

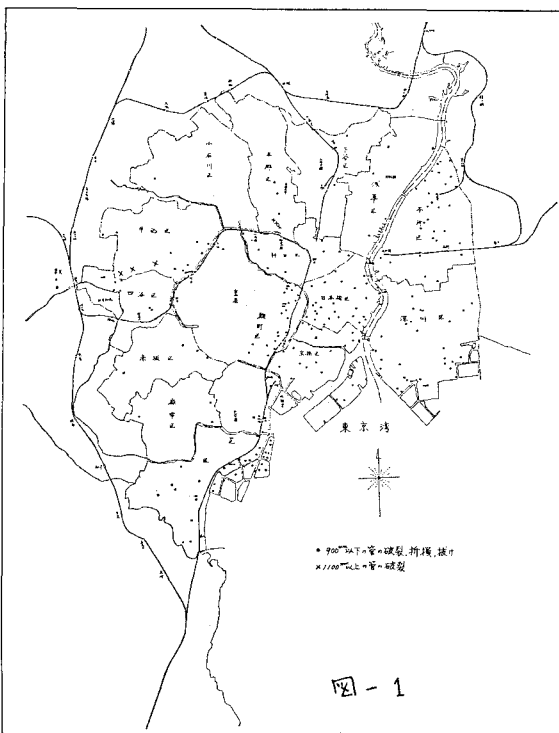


図-1

表-1

要 因	カテゴリー	布設延長(km)	被害個数	平均被害率(個/km)
推定地表加速度 (gal)	12.5未満	244.0	34	0.139
	12.5以上~17.5未満	238.6	47	0.407
	17.5以上~22.5未満	131.2	50	0.381
	22.5以上	55.2	31	0.562
深さ5mまでの平均N値	5.0未満	428.1	130	0.304
	5.0以上~10.0未満	209.4	79	0.377
	10以上	31.5	3	0.095
地盤種別	洪積層	52.3	5	0.096
	洪積層・河川堆積地	137.8	23	0.167
	洪積層・河川堆積地・沖積層	37.2	4	0.108
	沖積層・洪積層	47.9	16	0.334
沖積層厚 (m)	沖積層	393.8	164	0.538
	5未満	177.4	20	0.113
	5以上~10未満	146.6	71	0.484
	10以上~15未満	154.3	47	0.305
	15以上~20未満	56.1	24	0.428
地勢	20以上	134.6	50	0.371
	河川付近	335.7	159	0.474
地盤構造	その他	333.5	53	0.159
	埋立地	240.9	135	0.560
1kmメッシュあたりの水道管の布設延長 (km)	その他	428.1	77	0.180
	5未満	36.5	8	0.219
	5以上~10未満	323.6	109	0.337
	10以上~15未満	217.7	68	0.312
	15以上	91.2	27	0.296

総布設延長 667km, 被害個数 212個

3. 関東地震による東京市の水道管の被害と地盤との関係

各要因において、カテゴリ別にまとめた水道管の布設延長、被害回数、ならびに平均被害率を表-1に示す。これらを図に示したものが図-2から図-8である。図-2に示したように、地表加速度が大なるほど被害率は増加している。地表から5mまでの深さの平均N値と被害の関係は図-3に示す。N値が10以上のところでは10未満のところの1/3程度の被害であった。地盤の違いによる被害は図-4に示した。沖積層だけのメッシュは洪積層だけのメッシュの約4倍の被害が生じている。沖積層、洪積層、河谷低地のいりくんだメッシュで被害が小さい。この点については資料を再整理しているところである。沖積層厚に対しては図-5に示したように、厚さが5mもこえても被害率に大きな差はみられない。図-6、図-7に示したように、河川付近、埋立地はそれ以外の地区にくらべてる倍程度大きな被害が生じている。

4. 地震時における水道管被害の要因分析

表-1および図-2から図-8に示した水道管の被害は、それぞれの要因を独立して取扱った場合のものである。地震時における水道管の被害はこれらの要因が相互に作用しあ、て発生する。そのため、数量化理論Ⅰ型を用いて、水道管の被害を7つの要因で分析し、被害とこれらの要因群との関係も調べた。表-2に要因分析の結果を示す。各要因におけるカテゴリスコアはその値が大きいものほど被害が大きくなることを示す。表-2に示した各要因の偏相関係数が大きいものほど、その要因の被害に対する重みが大きい。したが、水道管

の被害に対して影響度の大きいものから並べると、沖積層厚、地勢、布設延長、地盤構造、地表加速度、地盤種別、平均N値の順になる。結果の精度を表わす重相関係数は0.647であり、このモデルの説明率は42%である。

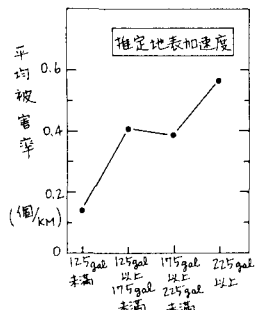


図-2

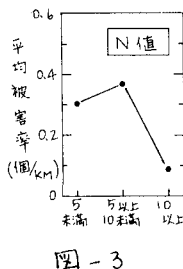


図-3

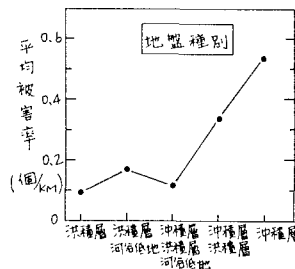


図-4

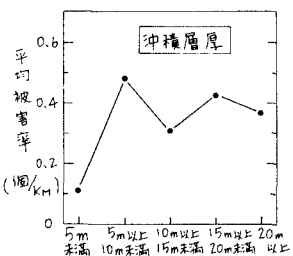


図-5

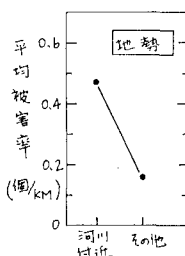


図-6

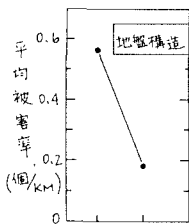


図-7

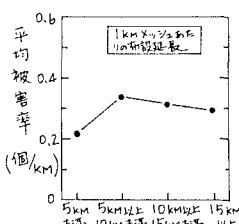


図-8

要因	カテゴリ	カテゴリスコア	スコア 図	レンジ	偏相関係数
指定地表加速度 (gal)	12.5未満	32	-0.0842		0.3679 (3)
	12.5以上~17.5未満	26	0.0024		
	17.5以上~22.5未満	14	0.0258		
	22.5以上	8	0.2837		
	5.0未満	46	0.0237		
深さ5mまでの平均N値	5.0以上~10.0未満	27	0.0041		0.1955 (7)
	10.0以上	7	-0.1718		
	沖積層	5	-0.1236		
	洪積層・河谷低地	19	-0.0599		
	洪積層・河谷低地・沖積層	4	-0.9311		
地盤種別	沖積層・洪積層	8	0.0117		0.3990 (2)
	沖積層	44	0.0679		
	5未満	24	0.0872		
	5以上~10未満	16	0.3049		
	10以上~15未満	14	-0.0841		
沖積層厚 (m)	15以上~20未満	8	-0.1997		0.5647 (1)
	20以上	18	-0.2598		
	河川付近	36	0.1654		
	その他	44	-0.1354		
	埋立地	30	0.1360		
地盤構造	その他	50	-0.0816		0.2176 (6)
	5未満	14	-0.0601		
	5以上~10未満	43	0.0838		
	10以上~15未満	18	-0.0846		
	15以上	5	-0.2476		
水道管の布設延長 (km)	5未満	14	-0.0601		0.3314 (4)
	5以上~10未満	43	0.0838		
	10以上~15未満	18	-0.0846		
	15以上	5	-0.2476		
	5未満	14	-0.0601		

重相関係数 $r = 0.647$