

中部工業大学 正会員 市原松平

〃 〃 〇 山田 公夫

1. まえがき

この報告は過去に発生した地震による都市の水道管の被害を数量化理論や工類を用いて分析し、地震時における水道管の定量的被害予測のためのモデルの確立について述べたものである。過去に発生した地震によって、都市の水道管が被害を受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、水道管の被害位置、ならびに水道管の布設延長などが詳細にわかっている関東地震(1923)による旧東京市の被害を分析の対象にした。この研究では、水道管の被害は管体被害(管の破裂、折損)を対象としており、漏水被害については述べていない。

2. 関東地震による東京市水道管被害

関東地震によって東京市水道は約220ヶ所の管体被害(管径75mm~1100mm)と約96,000ヶ所の漏水被害を受けた。図-1に関東地震による東京市水道管の管体被害位置を示す。

図からあきらかのように、被害は日本橋区、京橋区をはじめとして沖積層が堆積している地域に多い。すなわち、管体被害の約80%は沖積地帯で生じ、残りは洪積台地、河谷低地で生じた。表-1に東京市各区の水道管の布設延長と管体被害数および平均被害率を示す。本研究で述べる平均被害率とは水道管布設延長1kmあたりの管体の被害個数を言う。被害がたてあった沖積層におおわれている区々の平均被害率は0.43~0.63個/kmで、これは東京市全体の平均被害率(0.29個/km)の1.5~2.2倍である。これに対して、小石川区、本郷区など、洪積台地で占められる区々の平均被害率は全市の平均被害率の1/2以下で、その値は0.15個/km以下である。

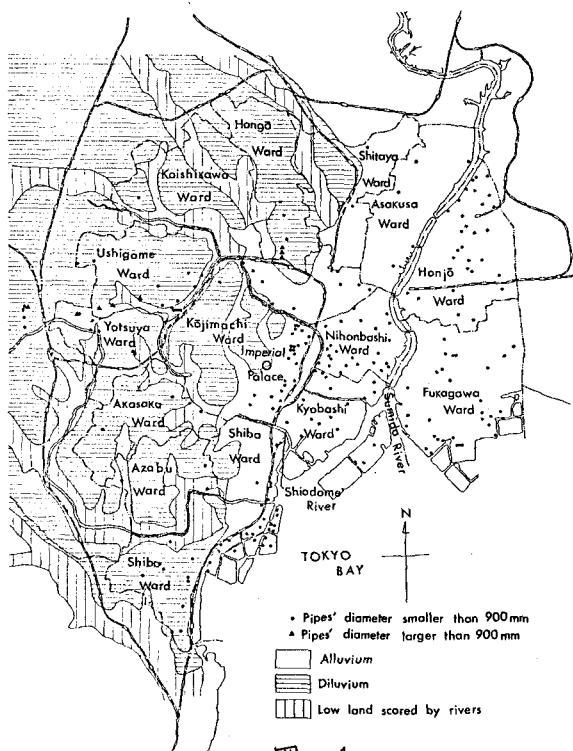


図-1

表-1

Name of Ward	Length of Water-supply pipes	Numbers of the damaged points	Mean damage rate (points/km)
Kōjimachi	44.2	28	0.63
Kanda	57.8	7	0.12
Nihonbashi	55.9	24	0.43
Kyobashi	73.1	22	0.30
Shiba	66.2	39	0.59
Koishikawa	45.7	1	0.02
Hongō	44.0	6	0.14
Shitaya	45.3	2	0.04
Azabu	33.8	4	0.12
Asakusa	64.1	6	0.09
Honjō	62.9	31	0.49
Fukagawa	47.9	28	0.58
Akasaka	33.1	5	0.15
Yotsuya	25.3	7	0.28
Ushigome	54.8	12	0.22
Total	754.1	222	

The mean damage rate of all wards : 0.29 (points/km)

3. 被害分析の方法と分析に用いた要因

関東地震による東京市の水道管は管径75mm以上400mm未満の管の被害が全体の約95%を占めていた。入手した配水管図をもとに管径別の布設延長を測定した結果、管径75mm以上400mm未満の管の布設延長の総和は全体の約93%であった。大口径の管と中小口径の管の被害を同一に取り扱うことはできない。そのため、本研究は管径400mm未満の管に対する分析を行った。被害分析は旧東京市を1km×1kmのメッシュに分割し、地震時において水道管に被害を与えると考えられる次の8つの要因を各メッシュでとりあげ、数量化理論のI類を用いて分析した。

①推定地表加速度、②深さ5mまでの平均N値、③表層の地盤種別、④深さ5mまでの土質のタイプ、⑤地勢、⑥埋立地が否かの判別、⑦1メッシュあたりの水道管の布設延長、⑧沖積層厚。これらの要因を説明変数とし、目的変数に各メッシュごとの水道管の平均被害率をとった。上述した要因はそれぞれ2～5つのカテゴリに分けた。サンプル数は86であった。

4. 数量化理論による分析の結果

表-2、表-3に数量化理論のI類を用いて得られた結果を示す。各要因におけるカテゴリー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。各要因の偏相関係数は外的基準の推定精度で表わし、偏相関係数の大きい要因ほど被害との関連が強い。表-2からわかるように沖積層厚の偏相関係数は最も小さい。また、クロス表分析の結果、沖積層厚と他の要因との関連係数は他の要因間の場合と比較して小さかった。それゆえ、沖積層厚を除いて分析を行った。その結果が表-3である。表-2、表-3に示した重相関係数からわかるように、分析結果の精度は両者でほとんど差がない。表-3の結果より、水道管の被害に対して影響度の大きい要因から並べると、地表加速度、布設延長、地勢、埋立地が否か、土質のタイプ、N値、表層の地盤種別の順になる。表-3に示したモデルの説明率はおよそ60%である。

表-2

Item	Category	Category score	Diagram showing score	Range	Partial correlation coefficient
Acceleration on the surface of ground (gals)	less than 125	-0.1146		0.6984 (1)	0.446 (1)
	125 - 175	0.0386			
	175 - 225	0.0098			
	more than 225	0.5838			
Mean values of N to depth of 5 meters	less than 5.0	0.0544		0.1354 (8)	0.222 (7)
	5.0 - 10.0	-0.0746			
	more than 10.0	-0.0810			
Geological constitution of the ground surface	Alluvium	0.1414		0.3326 (3)	0.234 (5)
	Alluvium and Diluvium	0.0436			
	Alluvium, Diluvium and Low land	-0.0616			
	Diluvium and Low land	-0.1277			
	Diluvium	-0.1912			
Types of soils to depth of 5 meters	Clay and Silt	0.1458		0.3462 (2)	0.261 (6)
	Clay and Sand	-0.1402			
	Sand	-0.2004			
Topography	River side area	0.1086		0.1831 (6)	0.253 (3)
	Other area	-0.0745			
Man-made ground or not	Reclaimed land	0.1476		0.1894 (5)	0.235 (4)
	Other area	-0.0418			
Length of Water-supply pipes in a mesh (km)	shorter than 5.0	0.1399		0.3086 (4)	0.408 (2)
	5.0 - 10.0	0.0413			
	longer than 10.0	-0.1687			
Thickness of Alluvium	thinner than 10.0	-0.0274		0.1368 (7)	0.116 (8)
	10.0 - 20.0	0.1094			
	thicker than 20.0	0.0389			

Multiple correlation coefficient : 0.765

表-3

Item	Category	Category score	Diagram showing score	Range	Partial correlation coefficient
Acceleration on the surface of ground (gals)	less than 125	-0.1172		0.6778 (1)	0.434 (1)
	125 - 175	0.0525			
	175 - 225	0.0040			
	more than 225	0.5606			
Mean values of N to depth of 5 meters	less than 5.0	0.0560		0.1387 (7)	0.229 (6)
	5.0 - 10.0	-0.0770			
	more than 10.0	-0.0827			
Geological constitution of the ground surface	Alluvium	0.1438		0.3340 (2)	0.225 (7)
	Alluvium and Diluvium	0.0187			
	Alluvium, Diluvium and Low land	-0.0636			
	Diluvium and Low land	-0.1266			
	Diluvium	-0.1902			
Types of soils to depth of 5 meters	Clay and Silt	0.1225		0.2721 (4)	0.238 (5)
	Clay and Sand	-0.1449			
	Sand	-0.1496			
Topography	River side area	0.1154		0.1906 (6)	0.272 (3)
	Other area	-0.0752			
Man-made ground or not	Reclaimed land	0.1514		0.1943 (5)	0.241 (4)
	Other area	-0.0429			
Length of Water-supply pipes in a mesh (km)	shorter than 5.0	0.1419		0.3136 (3)	0.413 (2)
	5.0 - 10.0	0.0427			
	longer than 10.0	-0.1717			

Multiple correlation coefficient : 0.763