

想定地震による名古屋市域の水道管被害の危険度分布

中部大学 正 山田公夫 中部大学 正 杉井俊夫 ○大有建設（株）正 河端建示郎

1. はじめに

1970年代後半、東海地震の発生が危惧されて以来、名古屋市では水道管の耐震整備が行われてきた。2001年に見直された東海地震の想定震源域は従来の震源域よりもおよそ60kmほど名古屋市寄りとなり、名古屋市は地震防災対策強化地域に指定された。さらに、2003年には東南海地震の発生確率が今後30年以内に50%と発表された。本研究は、東海地震と東南海地震を想定して現況下における名古屋市の水道管の被害予測を行い、今後の水道管の耐震整備に役立てるための水道管被害の危険度分布図の作成を試みたものである。

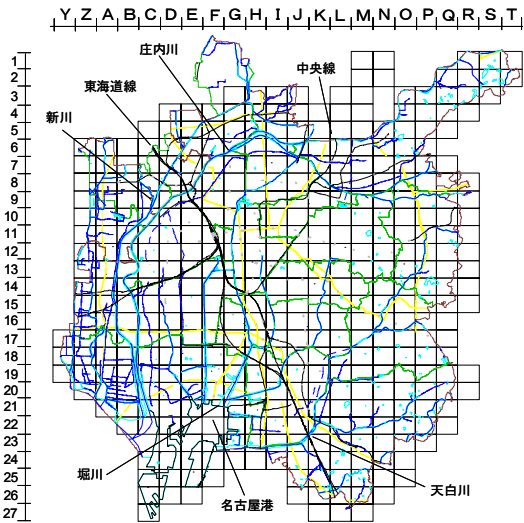
2. 研究対象地域と対象とした水道管の種別

研究対象とした名古屋市域を図・1に示すように、1 km四方のメッシュに分割し、メッシュ単位で水道管の被害予測を試みた。メッシュの総数は413となった。被害予測の対象とした水道管は、管径が13mm～1800mm、管種が7種類である。本研究では、管種による特徴

を被害予測の計算に取り入れた。現在、名古屋市域に埋設されているダクト耐震継手管と同種の管は兵庫県南部地震の際、震度階Ⅵ以上を記録した神戸市で被害を受けていない。また、ポリエチレン管も兵庫県南部地震において被害が皆無であった。想定東海および東南海地震時に名古屋市域の震度階はおおむねⅤ弱～Ⅵ強と予想されるため¹⁾、耐震継手管やポリエチレン管はこれらの地震では被害は受けないものとした。さらに、継手部が溶接結合された鋼管の既往地震における被害は極めて軽微であったので、名古屋市域に布設された同種の鋼管は地震による被害を受けないものとした。

3. 震害予測モデルと管種・管径による被害の軽重

本研究では、数量化理論Ⅰ類を用いて既往地震による水道管の被害分析によって得られた表・1に示す水道管の定量的な震害予測モデルを用いた^{2)、3)}。被害分析で得られた表・1のモデルの重相関係数は0.815である。表・1のモデルを図・1の対象地域に適用して、水道管の被害予測を行うためには、モデルに示されている8要因を413メッシュに対して調べる必要がある。メッシュごとに調べた要因が表・1のどのカテゴリーに属するかを決定し、そのカテゴリーが持つカテゴリースコアを順次加えたのち、平均スコアを加算すると各メッシュの水道管の推定被害率（被害箇所数/km）が得られる。この推定被害率に各メッシュの水道管の布設延長を乗じると、水道管の推定被害箇所数を求めることができる。東海ならびに東南海地震による名古屋市域の実効震度^{2)、4)}は地盤応答解析結果より求め、液状化程度区分は山田の提案した液状化予測モデル⁵⁾を用いた判定した結果より求めた。水道管の布設延長は名古屋市から入手したデータをもとにメッシュ単位で整理した。これら以外の要因は、名古屋市域の地盤・地形に関する資料^{6)～8)}を用いた。表・1のモデルを用いて求めた各メッシュの被害箇所数は管種や管径の違いによる被害の軽重は考慮されていないため、日本水道協会による管種・管径別の被害の重み係数⁹⁾を用いて、被害箇所数を補正した。



図・1 研究対象とした名古屋市域

表・1 数量化理論Ⅰ類による水道管の震害予測モデル

アイテム	カテゴリー	カテゴリースコア	スコアダイアグラム	レンジ
実効震度 Ke	Ke ≤ 0.125	-0.0782		0.657 (1)
	0.125 < Ke ≤ 0.175	-0.0014		
	0.175 < Ke ≤ 0.225	-0.0193		
	0.225 < Ke	0.5788		
地盤種別	沖積層	0.1421		0.3076 (4)
	沖積層・洪積層	0.0281		
	沖積層・洪積層・河谷低地	-0.0941		
	洪積層・河谷低地	-0.1303		
深さ5mまでの 地盤の平均N値	洪積層	-0.1655		0.1354 (8)
	N ≤ 5	0.0556		
	5 < N ≤ 10	-0.0798		
	10 < N	-0.0615		
沖積層厚 H(m)	H ≤ 10	0.0291		0.2122 (7)
	10 < H ≤ 20	0.0649		
	20 < H	-0.1473		
深さ5mまでの 土質	粘性土・シルト	0.0941		0.2547 (6)
	砂質土	-0.0806		
	粘性土・砂質土	-0.1606		
地形	埋立地・河川周辺	0.2386		0.4181 (2)
	河川周辺	0.1628		
	埋立地	0.0867		
	その他	-0.1606		
1メッシュ当りの 水道管の 布設延長 (km)	L ≤ 5	0.1647		0.3625 (3)
	5 < L ≤ 10	0.0332		
	10 < L	-0.1978		
液状化程度区 分	液状化の可能性有	0.1905		0.2726 (5)
	液状化の可能性極めて低い	-0.0821		
	液状化の可能性低い	-0.0095		

重相関係数=0.8153 平均スコア=0.2838

4. 水道管の被害予測結果と被害危険度

表・2に東海ならびに東南海地震を想定した場合の名古屋市域における管種・管径別の水道管の布設延長、推定被害箇所数、推定被害率を示す。市域全域で予想される水道管の管体被害箇所数は東海地震時に557箇所、東南海地震時に1116箇所であり、水道管の布設延長（7946km）に対する平均推定被害率はそれぞれ0.07箇所/km、0.14箇所/kmである。東南海地震時の推定被害箇所数は東海地震時と比較しておおよそ2倍と予想される。予想される被害はいずれの地震においても小口径の塩化ビニル管に集中し、この管の被害箇所数が全被害箇所数の約80%を占める。次いで被害箇所数が多い管はダクトイルA型継手管、高級铸铁管、ダクトイルK型継手管の順となる。被害箇所数のみで比較すると高級铸铁管は被害箇所数が少ないが、これは布設延長が小さいためであり、被害率（被害箇所数/km）を比較すると、高級铸铁管の被害率はダクトイルA型管の2.5倍程度大きな値を示している。

つぎに市域の水道管の被害危険度分布を次式によって示した。

被害危険度 R_d = 各メッシュの推定被害率 / 市全域の推定被害率 (1)

R_d の大きさによって、危険度が最も小さい「I」から危険度が最も高い「V」まで、5段階で危険度分布を示した。その結果を図・2（東海地震時）と図・3（東南海地震時）に示す。なお、2つの地震による危険度を比較するため、両図とも式（1）の分母は東海地震時の市全域の推定被害率（0.07箇所/km）を用いた。図・2と図・3を比較すると、危険度Iは地盤の良好な市域の中央部の洪積台地や東部の丘陵地などであり、その範囲は2つの地震で大きな違いは見られない。これに対して、危険度Vの地区は東南海地震時には東海地震の場合よりも、より広範囲に拡がり、沖積地盤で形成されている市南部の臨海部や西部の河川沿いに多く分布している。

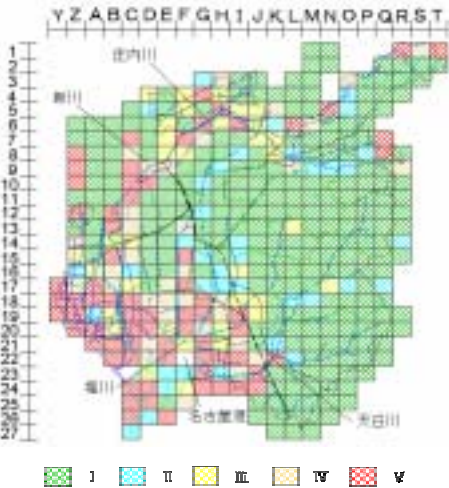
5. まとめ

近い将来、発生が危惧されている東海地震と東南海地震に対する名古屋市域の水道管の被害予測を行い、水道管被害の危険度分布を示した。市全域において、東南海地震時の水道管の被害箇所数は東海地震時のほぼ2倍と予想されるが、地盤の良好な洪積台地や丘陵地における水道管被害の危険度は両地震とも危険度が最も小さい「I」と判定され、これらの地区は地震による危険度の違いは見られない。これに対して、危険度が最も高い「V」の地区は東南海地震時に東海地震時よりもかなり広範囲まで拡がると予想される。なお、本研究では名古屋市上下水道局より水道管に関する資料を提供して頂きました。ここに記して、謝意を表します。

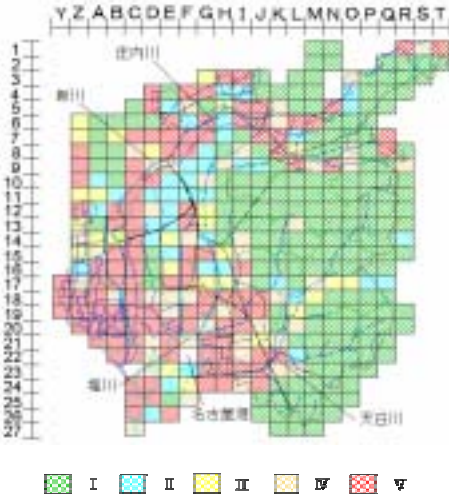
『参考文献』 1) 愛知県：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書、2003. 2) 市原・山田：地震時における名古屋市の水道管の相対的危険度、土木学会論文報告集、No.316、1981. 3) 山田・杉井他：想定地震による名古屋市の水道管の被害危険度、第8回地盤工学シンポジウム論文集、地盤工学会中部支部、1996. 4) 山田：数量化理論による木造家屋震害予測モデルの東南海地震への適用、土と基礎、Vol.34、No.6、1986. 5) 山田：想定地震による名古屋市中沖積地盤の液化化予測、土木学会論文集、No.445、1992. 6) 土質工学会中部支部編著：最新名古屋地盤図、1988. 7) 建設省中部地建技術事務所：濃尾平野の地盤資料、1978. 8) 国土地理院：2万5千分の1 土地条件図. 9) 日本水道協会：地震による水道管路の被害予測、1998.

表・2 管種・管径別の水道管の布設延長、推定被害箇所数及び推定被害率

管 種	管 径(mm)	布設延長 (km)	東海地震		東南海地震	
			推定被害 箇所数	推定被害率 (個/km)	推定被害 箇所数	推定被害率 (個/km)
ダクトイル管A	0-40	0	0	0	0	0
	50-75	5.782	0.41	0.071	0.55	0.095
	100-150	1699.533	49.85	0.029	103.23	0.061
	200-400	462.61	11.94	0.026	23.96	0.052
	450-900	101.037	1.59	0.016	3.06	0.03
	1000-1800	31.328	0.28	0.009	0.51	0.016
合計		2300.29	64.07	0.028	131.31	0.057
ダクトイル管K	0-40	0	0	0	0	0
	50-75	0.29	0	0	0	0
	100-150	1020.267	3.96	0.004	11.95	0.012
	200-400	379.27	1.73	0.005	4.51	0.012
	450-900	85.354	0.17	0.002	0.48	0.006
	1000-1800	79.154	0.02	0	0.09	0.001
合計		1564.335	5.88	0.004	17.03	0.011
高級 鑄 鉄 管	0-40	0	0	0	0	0
	50-75	17.01	2.1	0.123	4.28	0.252
	100-150	274.656	14.4	0.052	36.53	0.133
	200-400	88.558	8.85	0.1	17.17	0.194
	450-900	6.035	0.17	0.028	0.39	0.065
	1000-1800	4.52	0.02	0.031	0.19	0.042
合計		390.779	25.66	0.066	58.56	0.15
鋼管	0-1800	36.74	0	0	0	0
ポリエチレン管	0-40	515.269	0	0	0	0
塩化ビニル管	0-40	2139.207	461.01	0.216	907.57	0.424
	50-75	4.269	0.63	0.148	1.62	0.379
	合計	2143.476	461.64	0.215	909.19	0.424
耐震管	0-1800	994.882	0	0	0	0
全 域	0-40	2655.264	461.01	0.174	907.57	0.342
	50-75	27.618	3.14	0.114	6.45	0.234
	100-150	3661.227	68.21	0.019	151.71	0.041
	200-400	1224.093	22.52	0.018	45.64	0.037
	450-900	237.398	1.93	0.008	3.93	0.017
	1000-1800	140.171	0.44	0.003	0.79	0.006
合計		7945.771	557.25	0.07	1116.09	0.14



図・2 被害危険度分布(想定東海地震)



図・3 被害危険度分布(想定東南海地震)