

想定東海地震による名古屋市域の水道管の被害予測

中部大学 正 山田公夫 中部大学 正 杉井俊夫 中部大学大学院 学 河端建示郎

1. まえがき

1995年に発生した兵庫県南部地震（M=7.2）によって、神戸市を始めとして阪神地区の多くの都市で水道管が大きな被害を受けた。名古屋市では、この地震を契機に1982年以降、耐震整備してきた市域の水道管の地震対策の効果を知るため1995～1996年度にかけて、東海地震を含めて3つの地震を想定して水道管の被害予測を行った¹⁾。この予測結果にもとづいて、名古屋市では1997年以降、水道管の一層の耐震整備を進められてきた。その後、2001年に想定東海地震の予想震源域が見直された。本研究はこの東海地震を想定して、現況下における名古屋市域の水道管の定量的な震害予測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類

研究対象とした名古屋市域を図・1に示すように、1km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。被害予測の対象とした水道管は、管径が13mm～1800mm、管種が表・3に示す7種類である。名古屋市域に埋設されているダクタイル耐震継手管と同種の管は兵庫県南部地震の際、震度階 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。想定東海地震時に名古屋市域の震度階はおおむね 弱～ 強と予想されるため²⁾、耐震継手管やポリエチレン管はこの地震では被害を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は既往地震での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。

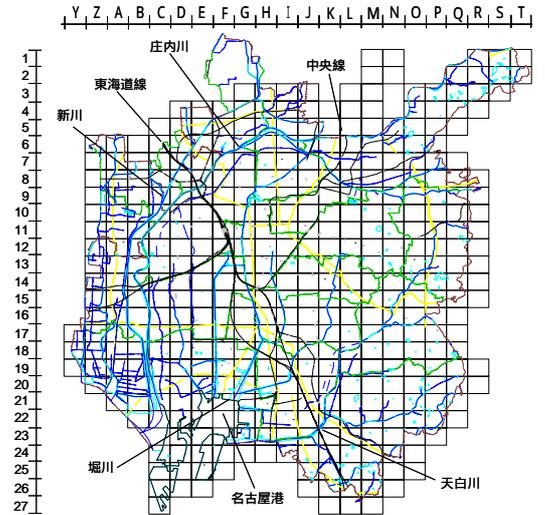
3. 水道管の定量的な震害予測モデル

筆者らは数量化理論 類を用いて既往地震による水道管の被害分析を行い、水道管の定量的な震害予測のための予測モデルを構築した³⁾、⁴⁾。そのモデルを表・1に示す。表中のカテゴリ - スコアは各要因のカテゴリ - スコアからその要因のカテゴリ - スコアの平均値を差し引いたもので、プラスの場合は平均値に加算され被害を大きくする方向に、マイナスの場合は被害を下げる方向に働くことを示している。つぎに、各要因のレンジはカテゴリ - スコアの最大値と最小値の差であって、このレンジの値が大きい

要因ほど水道管の被害に与える影響度が大きいことを意味している。分析で得られた重相関係数は0.815である。このモデルを用いて被害予測を行った。モデルの適用に当たって、表・1の8要因を各メッシュに対して調べた。東海地震時の実効震度³⁾の算出に必要な地表最大加速度と液状化程度の区分は愛知県による資料²⁾を、水道管の布設延長は名古屋市から入手した。これら以外の要因については、名古屋市域の地盤・地形に関する資料⁵⁾～⁷⁾を用いた。

4. 管種・管径による水道管被害の軽重

表・1のモデルには管種や管径の違いが考慮されていないため、既往地震による水道管の被害から管種、管径の違いによる重み係数を求めて、モデルから得られた被害個数を補正した。日本水道協会は兵庫県南部地震による水道管の被害分析結果に基づいて、管種・管径の違いによる被害の補正係数（重み係数）⁸⁾を設定している。今回はその係数を用いた。日本水道協会による普通・高級鋳鉄管を基準（=1.0）とした他の管種に対する被害の重み係数は、



図・1 研究対象とした名古屋市域

表・1 数量化理論 類による水道管の被害予測分析

アイテム	カテゴリ	カテゴリスコア	スコア-ダイヤグラム	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	N	5	0.0556	0.1354 (8)
	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

キーワード : 想定東海地震 被害予測 水道管 名古屋 危険度 震害予測モデル

中部大学 工学部 土木工学科 愛知県春日井市松本町1200 TEL 0568-51-1111 FAX 0568-51-1495

ダクタイトルA型継手管 = 0.3、ダクタイトルK型継手管 = 0.1、塩化ビニル管 = 1.0である。管径の大小による被害の重み係数についても、日本水道協会が提案している補正係数⁸⁾（管径100mm～150mmを基準 = 1.0）を参考に、つぎのように設定した。

表・2 管種・管径による水道管の被害個数の補正式

管種	管径(mm)	補正後の被害個数 "a _i "
ダクタイトル 鑄鉄管 (A型)	40以下	a ₁ = M × (L ₁ /L) × 0.3 × 2.0
	50～75	a ₂ = M × (L ₂ /L) × 0.3 × 1.6
	100～150	a ₃ = M × (L ₃ /L) × 0.3 × 1.0
	200～400	a ₄ = M × (L ₄ /L) × 0.3 × 0.8
	450～900	a ₅ = M × (L ₅ /L) × 0.3 × 0.3
1000以上	a ₆ = M × (L ₆ /L) × 0.3 × 0.15	
ダクタイトル 鑄鉄管 (K型)	40以下	a ₇ = M × (L ₇ /L) × 0.1 × 2.0
	50～75	a ₈ = M × (L ₈ /L) × 0.1 × 1.6
	100～150	a ₉ = M × (L ₉ /L) × 0.1 × 1.0
	200～400	a ₁₀ = M × (L ₁₀ /L) × 0.1 × 0.8
	450～900	a ₁₁ = M × (L ₁₁ /L) × 0.1 × 0.3
1000以上	a ₁₂ = M × (L ₁₂ /L) × 0.1 × 0.15	
普通・ 高級鑄鉄管	40以下	a ₁₃ = M × (L ₁₃ /L) × 1.0 × 2.0
	50～75	a ₁₄ = M × (L ₁₄ /L) × 1.0 × 1.6
	100～150	a ₁₅ = M × (L ₁₅ /L) × 1.0 × 1.0
	200～400	a ₁₆ = M × (L ₁₆ /L) × 1.0 × 0.8
	450～900	a ₁₇ = M × (L ₁₇ /L) × 1.0 × 0.3
1000以上	a ₁₈ = M × (L ₁₈ /L) × 1.0 × 0.15	
塩化 ビニル管	40以下	a ₁₉ = M × (L ₁₉ /L) × 1.0 × 2.0
	50～75	a ₂₀ = M × (L ₂₀ /L) × 1.0 × 1.6
	100～150	a ₂₁ = M × (L ₂₁ /L) × 1.0 × 1.0
	200～400	a ₂₂ = M × (L ₂₂ /L) × 1.0 × 0.8
	450～900	a ₂₃ = M × (L ₂₃ /L) × 1.0 × 0.3
1000以上	a ₂₄ = M × (L ₂₄ /L) × 1.0 × 0.15	

M：管種をすべて普通・高級鑄鉄管とした場合のメッシュの被害個数の合計
L：メッシュ内の水道管の布設延長
L_i：メッシュ内の管種・管径別の布設延長 (L = Σ L_i)

管径40mm以下 = 2.0、50mm～75mm = 1.6、100mm～150mm = 1.0、200mm～400mm = 0.8、450mm～900mm = 0.3、1000mm～ = 0.15。以上に述べた管種・管径別の重み係数を用いて、表・2に示す被害個数の補正式より、名古屋各メッシュの水道管の被害個数を推定した。表のMは普通・高級鑄鉄管として求めた各メッシュの推定被害個数、Lは各メッシュの水道管の布設延長、L_iは各メッシュの管種・管径別の布設延長で、L = Σ L_iである。a_iは各メッシュの管種・管径別の水道管の推定被害個数である。

5. 水道管の被害予測結果

表・3に名古屋市全域の管種・管径を考慮した水道管の布設延長、推定被害個数ならびに推定被害率を示す。市域全体の水道管の管体の推定被害箇所数は576箇所となり、総布設延長（7946km）に対する平均推定被害率は0.072箇所/kmである。表からわかるように、予想される被害箇所数は管径40mm以下の塩化ビニル管が472箇所と最も多く、全被害箇所数の約80%を占める。ついで、管径100mm～150mmのダクタイトルA型継手管の53箇所、管径100mm～150mmの高級鑄鉄管の16箇所となっている。塩化ビニル管の推定被害率（= 0.221箇所/km）は市域全体の平均推定被害率（= 0.072箇所/km）の約3倍となっている。図・2は名古屋市全域の平均推定被害率を分母、各メッシュの推定被害率を分子として求めた比から、市域の相対的な危険度分布を危険度の最も低いランク から危険度の最も高いランクまで、5段階に分けて示したものである。この図から水道管の被害危険度が、となる地区は市の南部、西部の地盤の良くない埋立地や臨海部ならびに河川周辺に多いことがわかる。

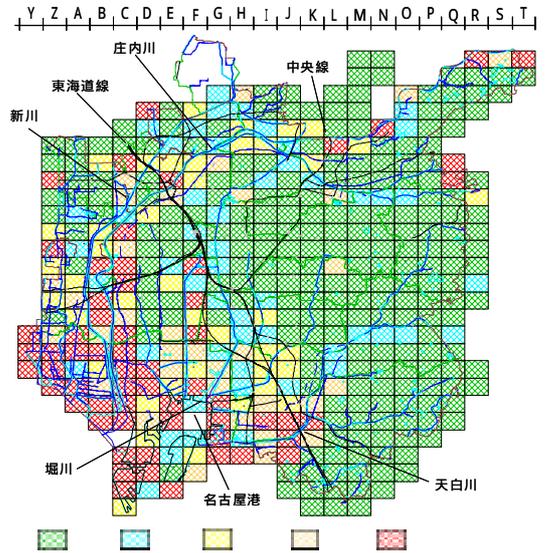
6. まとめ

想定東海地震による名古屋市の水害被害は管径の小さい塩化ビニル管に集中すると予想される。また、河川周辺および河口付近や名古屋港の臨海部で被害危険度の高い地区が多く見られることが明らかとなった。今回の被害予測は、今後の効果的な水道管の耐震整備の指標になると考えられる。

参考文献 1)山田：地震時における名古屋市の水害被害予測調査、1997 2)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 3)市原・山田：地震時における名古屋市の水害被害の相対的危険度、土木学会論文報告集、No.316、1981 4)山田・杉井・日置：想定地震による名古屋市の水害被害危険度、第8回地盤工学シンポジウム論文集、地盤工学部中部支部、1996 5)土質工学部中部支部編著：最新名古屋地盤図、1988 6)建設省中部地建技術事務所：濃尾平野の地盤資料、1978 7)国土地理院：2万5千分の1土地条件図 8)日本水道協会：地震による水道管路の被害予測、1998

表・3 水道管の被害予測結果

管種	管径(mm)	推定被害個数	布設延長(Km)	推定被害率(個/km)
ダクタイトル管A	0-40	0	0	0
	50-75	0.34	5.782	0.059
	100-150	52.99	1699.533	0.031
	200-400	12.61	462.61	0.027
	450-900	1.67	101.037	0.017
	1000-2200	0.28	31.328	0.009
合計		67.89	2300.29	0.03
ダクタイトル管K	0-40	0	0	0
	50-75	0	0.29	0
	100-150	4.68	1020.267	0.005
	200-400	2	379.27	0.005
	450-900	0.17	85.354	0.002
	1000-2200	0.01	79.154	0
合計		6.86	1564.335	0.004
高級鑄鉄管	0-40	0	0	0
	50-75	1.93	17.01	0.113
	100-150	16.02	274.656	0.058
	200-400	9.62	88.558	0.109
	450-900	0.18	6.035	0.03
	1000-2200	0.16	4.52	0.035
合計		27.91	390.779	0.071
鋼管	0-40	0	0.788	0
	50-75	0	0.251	0
	100-150	0	2.822	0
	200-400	0	15.864	0
	450-900	0	7.876	0
	1000-2200	0	9.139	0
合計		0	36.74	0
ポリエチレン管	0-40	0	515.269	0
	50-75	0	0	0
	100-150	0	0	0
	200-400	0	0	0
	450-900	0	0	0
	1000-2200	0	0	0
合計		0	515.269	0
塩化ビニル管	0-40	472.12	2139.207	0.221
	50-75	1.01	4.269	0.237
	100-150	0	0	0
	200-400	0	0	0
	450-900	0	0	0
	1000-2200	0	0	0
合計		473.13	2143.476	0.221
耐震管	0-40	0	0	0
	50-75	0	0.016	0
	100-150	0	663.949	0
	200-400	0	277.791	0
	450-900	0	37.096	0
	1000-2200	0	16.03	0
合計		0	994.882	0
全 域	0-40	472.12	2655.264	0.178
	50-75	3.28	27.618	0.119
	100-150	73.69	3661.227	0.02
	200-400	24.23	1224.093	0.02
	450-900	2.02	237.398	0.009
	1000-2200	0.45	140.171	0.003
合計		575.79	7945.771	0.072



図・2 水道管被害の相対的危険度分布