

埋設管の震害予測に用いる平均被害率について

神戸大学工学部 正 員 高田至郎

神戸大学工学部 学生員 高 茂

1. はじめに；今日、数多くの自治体で、様々な手法により、水道管の震害予測が行われている。しかし、予測を行なう上で基礎データは、そのほとんどが、関東地震による旧東京市の水道管の被害調査結果によるものである。当時布設されていた水道管は、そのほとんどが普通鋳鉄管であり、今日のような鋼管、少クタイル鋳鉄管、塩化ビニール管等の管種は使用されてからが、また、同じ普通鋳鉄管でも使用年数が長く、その力学的特性も今日のものに比べ、かなり劣るものであった。また、継手の形式も異なっており、今日、当時のものはほとんど使用されていない。さらに、人口増加により、水道管の布設延長もかなり増大している。このような意味で、震害予測の実施工、関東地震の被害データとともに、より新たな資料を必要としている状況にある。そこで、本研究では、上の事柄を考慮し、1978年宮城県沖地震による仙台市の被害調査結果を基礎データとし、数量化分析I類を用い、震害予測に必要な、平均被害率に関する数値を求めていく。

2. 数量化分析I類による推定平均被害率と被害要因；用いたデータは、仙台市内を1km X 1kmのメッシュに区切った時のメッシュ内の実測平均被害率、地表加速度、地盤種別、及び管種管径別布設延長である。以下、それらについて簡単に説明する。

- a. 実測平均被害率---(メッシュ内の被害個数) / (メッシュ内の布設延長)
 b. 地表加速度---アンケート調査、及び墓石転倒調査により推定。墓石転倒調査による推定式は、 $\alpha = (B \times H) \times g$ である。ここに、 α は地表加速度、 B は墓石の幅、 H はその高さ、 g は重力加速度である。
 c. 地盤種別---仙台市の地質図により、1種地盤は整地地及び比較的安定した地盤、2種地盤はローム状土層、3種地盤は沖積層及び造成地等の軟弱な地盤といたす。
 d. 管種管径別布設延長---それぞれの特徴を考慮し、表-1のように分類した。

本解析に用いた数量化分析I類は、重回帰分析に地盤種別などの性格的、質的データを解析できるよう改良を加えたもので、ここでは、実測平均被害率を目的変数とし、その他のデータを説明変数としている。この実測平均被害率に最もよくあうように各説明変数(要因)のカテゴリ-数量を求めればよい。つまり、実測平均被害率を Y 、要因番号を i 、カテゴリ-番号を j とし、 i 要因 j カテゴリ-に X_{ij} が反応したとき $x_{ij} = 1$ 、それ以外は $x_{ij} = 0$ となる関数 $f(x)$ を与えたとき、 $Y = \sum_i \sum_j \beta_{ij} x_{ij} + \varepsilon$ となる式を得る。この式中の X_{ij} 、つまりカテゴリ-数量を、誤差 ε が最小となるように決定すればよい。すなわち、 $\partial \varepsilon / \partial X = 0$ となればよい。

数値計算結果は、表-1に示してある。表中のレシオとは、各要因における最大カテゴリ-数量と最小カテゴリ-数量との差で、この大小により、平均被害率に与える影響の大きさを知る事ができる。結果によると、石綿セメント管、地表加速度が他の要因に比べ

被害に大きく影響するとなっている。

管種ごとの比較をしてみると、鋳鉄管は平均被害率にあまり影響を及ぼさず、むしろ平均被害率に対し負の方向に作用している。塩化ビニール管は鋳鉄と同じく、平均被害率にあまり影響を及ぼさない。これらに対し、石綿セメント管は、平均被害率が正の方向に大きく作用させており、これは、管の力学的特性から予測し得る結果となった。

管径ごとの比較は、その仮設延長の大きさにかかりのばらつきがあったため、あまり良い相関は示していない。そこで、鋳鉄管/100mm~200mmの要因において、延長が増えるにつれて、被害に影響を及ぼさないような値を示したか、これは、仙台市の実際の被害か、中心街における延長の大きなメッシュにおいて、あまり被害がなかったことに起因している。地盤種別に關しては、レンジは小さいかたがその中で種別によるカテゴリ-数量の差が見られた。

地表加速度については、あくまで推定値であり、メッシュなどのカテゴリ-に属するかも幾通りがあり、ここでは、最もよく相関していると考えられるものを選んだ。

本研究におけるような統計解析では、基礎データの被害特性が如実に計算結果にあらわれるため、予測を行なう際、上記のような特性に対し、充分な注意を払う必要がある。

3. 不規則振動論による平均被害率の推定；一般に単位km当りの被害箇所数で示される平均被害率は、その物理的意味を考えれば、その区間のどこかで許容継手変位または許容管体応力を越える箇所が、平均的にいくつか発生しているかを示すものと見なし得る。管路のルートに沿う地点の地震動は、地盤特性や震源位置との関係によって不規則に変動する量である。今、管路に被害をもたらす地震動を管路ルートに沿う不規則変動量と見なし、それがある量を越えると破壊を生じるものと考えれば、レベル超過の問題と考える得る。地盤変位を不規則変動量と考えると、レベル a (cm)を正の方向に越える単位km当りの回数である na^+ は、次式で与えられる。

$$na^+ = 6\sigma / (2\pi 6\sigma) \cdot \exp\left\{-(a - \bar{a})^2 / (26\sigma^2)\right\} \text{ ----- (1)}$$

ここに、 $\bar{a}$ ：地盤変位の平均値、 6σ ：地盤変位の標準偏差、 6σ ：地盤ひずみの標準偏差である。 σ 、 6σ 、 6σ 、 a をそれぞれ15cm、5cm、 10^{-3} 、5cmとすれば、 $na^+ = 0.43/\text{km}$ と求められる。 a は管体の耐震性能に關する量で、許容継手変位量、または許容管体ひずみに対応する変位量であり、 σ 、 6σ 、 6σ は地震動強度で地盤特性などと表現し得る値である。式(1)によって、平均被害率に物理的な意味を与えることが可能と考えられる。

※参考文献；名古屋府防災会議、「地震時における名古屋市の水道管の被害調査」、1979年7月。東京都防災会議、「東京都区部における地震被害の想定に関する報告書」、1978年5月。PP 78~260。日本水産協会東北地方支部、「宮城県沖地震における水道施設の被害と問題点」、1980年1月。

表-1. アイテム・カテゴリ-表

部	カテゴリ-	カテゴリ-	スコア-値	レンジ
鋳鉄管	0-2mm	0.0182	0.0778	0.0778
	2-4mm	0.0526		
	4-6mm	0.0172		
塩化ビニール管	0-2mm	0.0027	0.1181	0.1181
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		
石綿セメント管	0-2mm	0.1003	0.0371	0.0371
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0107		
その他	0-2mm	0.0022	0.0664	0.0664
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		
その他	0-2mm	0.0022	0.0506	0.0506
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		
その他	0-2mm	0.0022	0.0637	0.0637
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		
その他	0-2mm	0.0022	0.3704	0.3704
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		
その他	0-2mm	0.0172	0.0524	0.0524
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		
その他	0-2mm	0.0022	0.2664	0.2664
	2-4mm	0.0022		
	4-6mm	0.0022		