

近年の地震被害を考慮した上水道管路の被害予測式に関する研究

金沢大学大学院 学生会員 降矢拓也
 金沢大学理工研究域 正会員 宮島昌克

1. はじめに

水道は我々の健康な生活を維持していく上で必要不可欠である。しかし、送配水管・浄水・配水施設などの水道施設は近年発生した 1995 年兵庫県南部地震，2004 年新潟県中越地震，2007 年能登半島地震，2007 年新潟県中越沖地震などの地震により大規模な被害を受けた。この際、数多くの人々が水道を使用できないという生活に苦しんだ。

水道施設の被災に伴う断水を軽減する方法の一つとして管路の耐震化が挙げられる。しかし、人員不足、財源不足などの理由から管路の耐震化はなかなか進んでいないのが現状である。効率よく耐震化を進めていく方法として、被害件数や被害率（件/km）を予測し、被害の起きやすい箇所を優先的に耐震化していくことが挙げられる。このような観点から耐震化のための被害予測の精度を上げることが重要な課題となっている。

2. 被害予測式

管路被害は地震動の大きさや管路の埋設状況から予測される。用いられる地震動は地表面最大速度・地表面最大加速度など被害予測式によって様々である。埋設状況については管路埋設地の微地形・管の種類・管の口径などが挙げられる。一般的な被害予測式の形を図 1 に示す。各種の補正係数値は被害率への影響度を示している。標準被害率とは基準となる管路の被害率を地震動の大きさから求めるものである。補正係数や標準被害率を過去の被害データの統計分析によって求めるのが一般的である。

$$R_m(v) = C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n \times R(v)$$

$R_m(v)$: 被害率(件/km)

C_i : 各種の要因による補正係数

$R(v)$: 標準被害率(件/km)

v : 地震動の地表面最大速度(cm/s)

図 1 被害予測式

3. 継手別被害率

近年では日本水道協会¹⁾や水道技術研究センター²⁾が作成した予測式が一般的に用いられている。この被害予測式は兵庫県南部地震の被害データの統計分析によって求められたものである。本研究では兵庫県南部地震の被害データに加え、新潟県中越地震・新潟県中越沖地震の被害データを考慮する。また、以前まで管の種類は考慮されてきたが、継手による影響は考慮されていない。兵庫県南部地震・新潟県中越地震・新潟県中越沖地震におけるダクタイル鋳鉄管の A 形・K 形・T 形の継手別の被害率を図 2 に示す。継手ごとに被害率に差がみられることがわかる。よって本研究では管種の項目を管種継手とし、継手も考慮した補正係数を決定することで、被害予測式の精度を上げることを試みる。

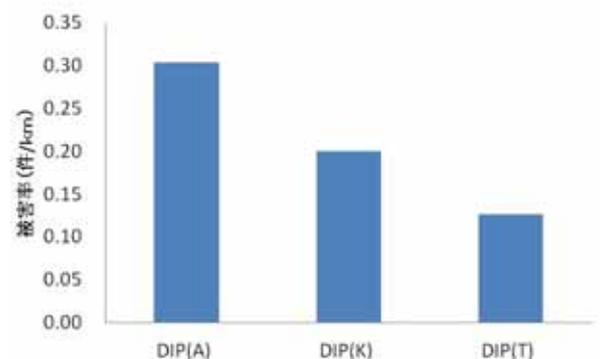


図 2 ダクタイル鋳鉄管継手別被害率

4. 標準被害率

標準被害率とは、地表面最大加速度、地表面最大速度などの地震動強さから、最も一般的な管路（被害予測式の基準となる管路）の管路被害率を算出するものである。つまり、標準被害率は管路継手種類の補正係数 $C_1=1.0$ ，口径の補正係数 $C_2=1.0$ ，微地形による補正係数 $C_3=1.0$ における被害率を示している。管路被害率は

最大速度の相関が良い²⁾ため、本研究では地表面最大速度を用いて標準被害率を求める。

5. 標準被害率の算出方法

今回用いたデータでは管種継手がダクタイトル鋳鉄管 A 形継手、口径が 100~150、微地形が谷底低地・扇状地・後背湿地・三角州の条件であったとき、サンプル数が最も多いので、標準被害率を算出するための条件とした。本研究では 250m メッシュを用いて、1 メッシュごとに被害率を算出し、その値と地表面最大速度との関係を図 3 に示した。なお、250m メッシュ内の延長距離が短い場合、1 メッシュあたりの被害件数が 1 件増えるごとに、被害率が大きく変化してしまうため、1 メッシュあたりの延長距離が、1.0 km 以上となるデータのみを対象にプロットしている。そして、そのプロットの累乗近似曲線を求めることで地表面最大速度と被害率の関係を定式化することにした。また、地表面最大速度が 15 cm/s 以下では、ほとんど被害が生じていないので、既往の予測式と同様に、 $y = a(x - 15)^b$ の形に近似した。累乗近似によって求められた標準被害率を求める式を図 3 に示す。

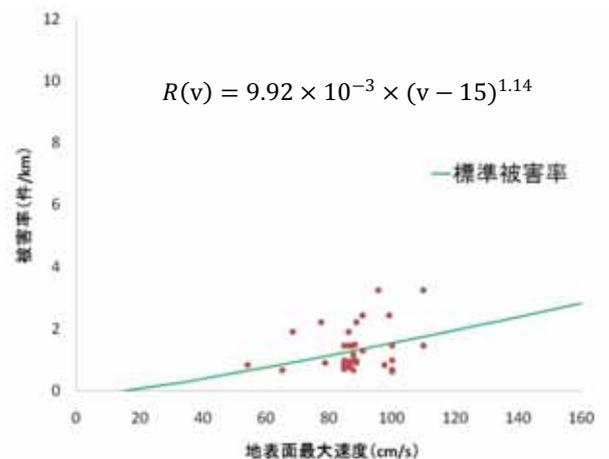


図 3 標準被害率

6. 補正係数決定

それぞれのサンプル数や、管路被害率の影響度を考慮した結果、補正係数項目は地盤係数・管種継手係数・口径係数の 3 つとなった。そして、本研究では多変量解析の数量化第 Ⅱ 類を用いた結果とそれぞれの項目におけるクロス集計結果から予測式の補正係数を決定した。結果を表 1 に示す。

表 1 標準被害率

係数項目	項目詳細	係数
地盤係数	山地・丘陵	0.4
	ローム台地・砂礫質台地	0.8
	谷底低地・扇状地・後背湿地・三角州	1.0
	自然堤防・砂州砂礫州・砂丘・旧河道	2.5
	埋立地・干拓地・湖沼	5.0
管種継手系係数	DIP(A)	1.0
	DIP(K)	0.5
	DIP(T)	0.8
	VP(RR)	0.8
	VP(TS)	2.5
	SP(溶接)	0.5
	SP(溶接以外)	2.5
	ACP	7.5
口径係数	CIP	2.5
	50 ~ 80	2.0
	100 ~ 150	1.0
	200 ~ 250	0.4
	300 ~ 450	0.2
500 ~ 900	0.1	

7. まとめ

兵庫県南部地震・新潟県中越地震・新潟県中越沖地震の被害データを集計した結果、ダクタイトル鋳鉄管は継手ごとに被害率の差があることがわかった。そこで本研究では管路種類だけでなく、継手も考慮した被害予測式の作成を試みた。まず、兵庫県南部地震に新潟県中越地震と新潟県中越沖地震を加え

たときの標準被害率を算出した。そして、多変量解析の数量化第 Ⅱ 類を用い、継手を考慮した補正係数を算出した。作成した予測式を用い、兵庫県南部地震時の宝塚市で被害予測式を行い、予測式の精度検証結果は発表時に述べる。

最後に、本研究が厚生労働科学研究所補助金（研究代表者：藤原正弘）の助成を受けていることを記して、深謝します。

参考文献

- 1) 社団法人日本水道協会：地震による水道管路の被害予測，1998.11.
- 2) 財団法人水道技術研究センター：地震による水道被害の予測及び探査に関する技術的開発研究報告書（厚生科学研究費補助による共同研究），2000.3.