

## 芸予地震による上水道配水管の地震被害予測法の検討

福山大学工学部 正員 ○千葉利晃  
福山大学大学院 学生員 右佐林篤司

## 1. はじめに

上水道配水管の地震被害予測は被害率(個所/km)を求め、これに敷設距離数を掛けて被害個所数を求めるのが一般的である。このような予測結果(被害率)をどのように解釈すればいいのかが難しい問題である。昨年、2001年芸予地震により被害を受けた上水道配水管の被害率を求め、被害を受けると予測し得た配水管が被害を受けたのか否かの検討を行った<sup>1)</sup>。今回は、20箇所被害を出した三原市の総ての配水管の被害想定を行い、被害管路の被害率と被害を受けなかった管路の被害率を比較し、配水管の地震被害予測法の検討を行ったのでここに報告する。

## 2. 配水管の地震被害予測法

地震被害予測法は、管種、管径、設置年代、地盤および液状化危険度に重み係数を設定し、1km当りの被害率を推定する。被害率 $R$ は次式による。

$$R = c \times w_1 \times w_2 \times w_3 \times w_4 \times w_5$$

$c$  : 震度別平均被害率(被害件数/km)

$w_1$  : 管種別重み係数  $w_2$  : 管径別重み係数

$w_3$  : 年代別重み係数  $w_4$  : 地盤別重み係数

$w_5$  : 液状化係数

今回、震度別平均被害率 $c$ は文献2を参考に以下の表-1に示す通りとした。文献2には加速度に対する平均被害率が示されているが、震度 $I$ に対する加速度の中央値 $\alpha$ 、 $\log \alpha = I/2 - 0.35$ (文献3)、により震度に変更して利用した。また、耐震性評価法の震度階に対する重み係数も、震度階が大きくなるにつれ被害も加速度的に多くなることを考え、表-1に示すように変更した。その他の重み係数は昨年と同じであり、詳細は文献1を参考頂きたい。

表-1 震度別平均被害率 $c$ (被害件数/km)

| 震度 | $c$   | 耐震性評価の重み係数 |
|----|-------|------------|
| ~  | 0.001 | 0.001      |
| 弱  | 0.01  | 0.01       |
| 強  | 0.06  | 0.4        |
| 弱  | 0.3   | 1.0        |
| 強  | 1.2   | 2          |

## 3. 被害率および耐震性評価の結果

広島県三原市水道局管内の配水管の内、管種、管径など被害予測に必要なデータの揃っている6421管路の被害予測を行った。敷設延長距離は529,010.45mである。被害率の予測結果を表-2に、耐震性評価の結果を表-3に示す。

今回の予測結果によると、芸予地震による三原市の配水管の被害件数は42件となった。実際に被害を受けた管路数は橋への添架管などを含め20件であり、2.1

キーワード：地震被害予測、芸予地震、上水道配水管

連絡先：〒729-0292 広島県福山市学園町一番地

Tel:084-936-2111, FAX:084-936-2023

倍の被害件数があるとの予測となっている。被害予測法の係数は、過去の被害例を統計処理して決めていることを考えると、この予測法はほぼ妥当な予測式となっていると考えてよさそうである。

表-2 管種・管径別平均被害率

| 管径  | ACP |       |       | CIP |       |       |
|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
|     | 管路数 | 被害率   | 標準偏差  | 管路数 | 被害率   | 標準偏差  |
| 20  |     |       |       |     |       |       |
| 25  |     |       |       |     |       |       |
| 30  |     |       |       |     |       |       |
| 40  |     |       |       |     |       |       |
| 50  |     |       |       | 1   | 0.190 | 0     |
| 65  |     |       |       |     |       |       |
| 75  | 9   | 0.122 | 0.100 | 57  | 0.157 | 0.128 |
| 100 | 2   | 0.086 | 0.080 | 43  | 0.102 | 0.082 |
| 150 | 2   | 0.101 | 0.109 | 69  | 0.066 | 0.074 |
| 200 |     |       |       | 44  | 0.055 | 0.042 |
| 250 |     |       |       | 9   | 0.097 | 0.079 |
| 300 |     |       |       | 24  | 0.030 | 0.029 |
| 350 |     |       |       | 4   | 0.127 | 0.073 |
| 400 |     |       |       | 6   | 0.107 | 0.013 |
| 450 |     |       |       |     |       |       |
| 500 |     |       |       | 3   | 0.059 | 0.000 |
| 600 |     |       |       |     |       |       |
| 800 |     |       |       |     |       |       |
| 計   | 13  |       |       | 260 |       |       |
| 平均  |     | 0.114 | 0.092 |     | 0.090 | 0.092 |
| 割合  |     | 0.2%  |       |     | 4.0%  |       |

| 管径  | DCIP |       |       | GP  |       |       |
|-----|------|-------|-------|-----|-------|-------|
|     | 管路数  | 被害率   | 標準偏差  | 管路数 | 被害率   | 標準偏差  |
| 20  |      |       |       |     |       |       |
| 25  |      |       |       | 14  | 0.207 | 0.148 |
| 30  |      |       |       | 14  | 0.204 | 0.123 |
| 40  |      |       |       | 36  | 0.177 | 0.143 |
| 50  | 91   | 0.045 | 0.032 | 581 | 0.213 | 0.140 |
| 65  |      |       |       |     |       |       |
| 75  | 1119 | 0.044 | 0.027 |     |       |       |
| 100 | 858  | 0.024 | 0.015 |     |       |       |
| 150 | 449  | 0.023 | 0.017 |     |       |       |
| 200 | 458  | 0.021 | 0.014 |     |       |       |
| 250 | 72   | 0.028 | 0.015 |     |       |       |
| 300 | 127  | 0.017 | 0.016 |     |       |       |
| 350 | 21   | 0.014 | 0.015 |     |       |       |
| 400 | 62   | 0.020 | 0.009 |     |       |       |
| 450 | 12   | 0.025 | 0.011 |     |       |       |
| 500 | 28   | 0.016 | 0.009 |     |       |       |
| 600 | 7    | 0.007 | 0.006 |     |       |       |
| 800 | 10   | 0.012 | 0.005 |     |       |       |
| 計   | 3314 |       |       | 645 |       |       |
| 平均  |      | 0.030 | 0.023 |     | 0.211 | 0.140 |
| 割合  |      | 51.6% |       |     | 10.0% |       |

| 管径 | SP  |       |      | VP  |       |       |
|----|-----|-------|------|-----|-------|-------|
|    | 管路数 | 被害率   | 標準偏差 | 管路数 | 被害率   | 標準偏差  |
| 20 |     |       |      | 2   | 0.139 | 0.140 |
| 25 |     |       |      | 27  | 0.160 | 0.117 |
| 30 |     |       |      | 58  | 0.124 | 0.085 |
| 40 |     |       |      | 160 | 0.130 | 0.087 |
| 50 |     |       |      | 842 | 0.162 | 0.113 |
| 65 | 1   | 0.057 | 0    |     |       |       |

|     |      |       |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 75  | 66   | 0.038 | 0.022 | 584   | 0.140 | 0.094 |
| 100 | 46   | 0.022 | 0.019 | 250   | 0.106 | 0.062 |
| 150 | 24   | 0.028 | 0.021 | 62    | 0.098 | 0.064 |
| 200 | 33   | 0.016 | 0.014 |       |       |       |
| 250 | 10   | 0.032 | 0.020 |       |       |       |
| 300 | 8    | 0.025 | 0.018 |       |       |       |
| 350 | 8    | 0.044 | 0.011 |       |       |       |
| 400 | 4    | 0.026 | 0.017 |       |       |       |
| 450 | 1    | 0.029 | 0.000 |       |       |       |
| 500 | 2    | 0.012 | 0.008 |       |       |       |
| 600 |      |       |       |       |       |       |
| 800 | 1    | 0.015 | 0     |       |       |       |
| 計   | 204  |       |       | 1985  |       |       |
| 平均  |      | 0.028 | 0.021 |       | 0.142 | 0.100 |
| 割合  | 3.2% |       |       | 30.9% |       |       |

| 管径  | 全管路  |       | 敷設距離<br>(m) | 被害率   | 標準<br>偏差 |
|-----|------|-------|-------------|-------|----------|
|     | 管路数  | 割合(%) |             |       |          |
| 20  | 2    | 0.0   | 84.16       | 0.139 | 0.140    |
| 25  | 41   | 0.6   | 1927.52     | 0.176 | 0.129    |
| 30  | 72   | 1.1   | 5117.24     | 0.139 | 0.098    |
| 40  | 196  | 3.1   | 12570.9     | 0.138 | 0.101    |
| 50  | 1515 | 23.6  | 110611.69   | 0.174 | 0.128    |
| 65  | 1    | 0.0   | 66.5        | 0.057 | 0        |
| 75  | 1835 | 28.6  | 145636.19   | 0.078 | 0.077    |
| 100 | 1199 | 18.7  | 108253.42   | 0.044 | 0.049    |
| 150 | 606  | 9.4   | 56111.39    | 0.036 | 0.044    |
| 200 | 535  | 8.3   | 51804.79    | 0.023 | 0.021    |
| 250 | 91   | 1.4   | 8979.18     | 0.035 | 0.035    |
| 300 | 159  | 2.5   | 13914.5     | 0.020 | 0.019    |
| 350 | 33   | 0.5   | 1865.66     | 0.035 | 0.045    |
| 400 | 72   | 1.1   | 6640.82     | 0.027 | 0.026    |
| 450 | 13   | 0.2   | 590.7       | 0.025 | 0.010    |
| 500 | 33   | 0.5   | 2356.54     | 0.020 | 0.015    |
| 600 | 7    | 0.1   | 1327.54     | 0.007 | 0.006    |
| 800 | 11   | 0.2   | 1151.71     | 0.013 | 0.005    |
| 計   | 6421 | 100   | 529010.45   |       |          |
| 平均  |      |       |             | 0.086 | 0.100    |
| 割合  | 100% |       |             |       |          |

図-1 は今回計算した三原市の 6421 管路の被害率を大きいものから降順に示したものである。この図には芸予地震による広島県下の被害管路 93 箇所の被害率および三原市の被害管路(添架管、水管橋を除く 18 管路)の被害率も示している。この図からもわかるように、被害率の小さな管路も多くの被害を受けている。した

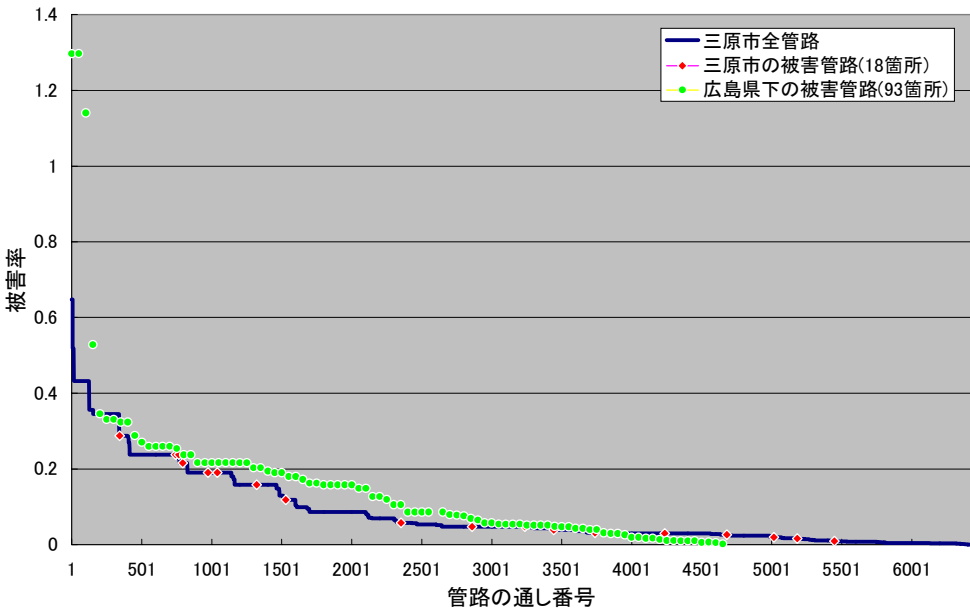


図-1 三原市全管路と被害管路および広島県下の被害管路の被害率

がって、個々の管路の被害率を見たとき、被害率の高い管路が被害を受け、被害率の小さな管路は安全であるとは言い切れない。被害予測結果の解釈の難しさを表していよう。

表-3 耐震性評価の結果

| 評価 | 管路数  |       | 敷設距離       |       |
|----|------|-------|------------|-------|
|    |      | 割合(%) | (m)        | 割合(%) |
| 低  | 313  | 4.9   | 26,634.33  | 5.0   |
| 中  | 325  | 5.1   | 20,570.96  | 3.9   |
| 高  | 5783 | 90.1  | 481,805.16 | 91.1  |
| 計  | 6421 | 100   | 529,010.45 | 100   |

一方、耐震性評価法は表-3 に見るように、耐震性が低いと評価された管路数は 313 管路(約 5%)である。実際の被害(20 箇所)に比べ約 15.7 倍となっており、このままでは使用に適さない。この評価法は兵庫県南部地震以前のもので、安全側に評価しすぎとなっている。実際に使用するためには、兵庫県南部地震の際の被害結果を考慮して、重み係数などを大幅に見直す必要がある。

4. まとめ

- ・ 地震被害予測法はほぼ妥当な結果を与えると判断してよい。
- ・ 被害を受けた管路には、被害率の小さなものも多く、被害率の高いものが被害を受けているとは限らない。このことは予測式の性格を考えれば当然のことであるが、予測結果を利用して耐震化を図る際には、管路の重要度など、総合的に判断することが重要である。
- ・ 耐震性評価法は非常に簡便で使いやすいが、重み係数を大幅に見直す必要がある。

参考文献：1)千葉利晃、住田宗輝、土木学会中国支部研究発表会発表概要集、pp.21-22、2003.5、 2)磯山龍二 他、水道協会雑誌、第 67 巻第 2 号、pp.25-40、1998.2、 3)宇津徳治 総編集、「地震の事典」、朝倉書店、P.306、1987.2 謝辞 三原市水道局には貴重なデータをいただいた。この場を借りて御礼申し上げます。