

芸予地震による上水道配水管の被害例をもとにした地震被害予測法の検討

福山大学工学部 正員 ○千葉利晃
近畿配管(株) 住田宗輝

1. はじめに

地震が起こったとき、どの程度の被害が発生するかの予測がよく行われる。広島県でも、阪神淡路大震災以後同様な被害予測が行われている。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は難しい問題である。今回、2001年芸予地震により上水道配水管も多くの被害を出したが、そのデータを利用して被害を受けた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のでここに報告する。

2. 被害予測法

地震被害予測法は、管種別、管径別、設置年代別、地盤別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している。被害率 R は次式より推定した。

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

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

各重み係数を以下、表-1～表-6に示す。表中、APおよびACPは石綿セメント管、VPは塩化ビニール管、HIVPは硬質塩化ビニール管、CIPは鋳鉄管、DCIPはダクタイル鋳鉄管、SPは鋼管、SGPはガス管を表す。

表-1 震度別平均被害率 c (被害件数/km)

震度	震度別平均被害率
～IV	0.005
V弱	0.05
V強	0.15
VI弱	0.2
VI強	0.4

表-2 管種別重み係数 w_1

管種	重み係数
AP, ACP	1.2
VP, HIVP	1.0
CIP	1.0
DCIP	0.3
SP	0.3
SGP	1.5

表-3 管径別重み係数 w_2

管径	重み係数
75mm以下	1.5
100mm～150mm	1.2
200mm～250mm	1.0
300mm～450mm	0.8
500mm以上	0.5

表-4 年代別重み係数 w_3

年代	重み係数
1950年以前	1.5
1950～1975年	1.2
1975年以降	1.0

表-5 地盤別重み係数 w_4

地盤種別	重み係数
I種 山地	0.6
II種 沖積層A型	1.1
III種 沖積層B型	1.5

表-6 液状化係数 w_5

液状化危険度	液状化係数
A: 大	2
B: 中	1.5
C: 小, なし	1

3. 耐震性評価法

厚生省が全国の水道事業体に向けて作成した水道施設の耐震性評価方法を用いて耐震性評価を行った。この耐震性評価法は以下のように行われる(表-7参照)。

表-7 耐震性評価法

敷設種別		管路	
項目	範囲	重み係数	得点
地盤	I種 山地	0.5	2.5
	II種 沖積層A型	2.5	
	III種 沖積層B型	4	
液状化	A: 大	3	2
	B: 中	2	
	C: 小, ×なし	1	
管種	石綿セメント管	3	2.5
	塩化ビニール管	2.5	
	鋳鉄管	2.5	
	ダクタイル鋳鉄管S型	0.5	
	ダクタイル鋳鉄管	0.8	
	鋼管	0.5	
管径	ガス溶接鋼管	4	1.2
	150mm以下	1.5	
	200mm～350mm	1.2	
	400mm～900mm	1	
	1000mm以上	0.8	
敷設年代	1950年以前	3	1
	1950～1975年	1.7	
	1975年以降	1	
震度階	IV以下	0.1	
	V弱	1	
	V強	1.6	
	VI弱	2.2	
	VI強	2.9	
	VII	3.6	
耐震性	高い	13>	
	中	13～30	
	低い	30<	

- ① 予測を行う施設について、項目毎に1つの該当する範疇を選定し、その重み係数を得点とする。
- ② 震度階については判断しようとする震度階の重

み係数を得点とする。

- ③ 以上の各項目の得点を掛け合わせた積を総合得点とする。
- ④ 総合得点と耐震性の範疇の数値とを比較して、適合する範疇欄の「高い」、「中」、「低い」が判断しようとする震度階における耐震性となる。

4. 被害率および耐震性評価の結果

被害を受けた埋設配水管 93 件の被害率と耐震性の評価を行い、管体の被害(管破損 43 件、その他 2 件)および継手部の被害(48 件)別に、被害率の小さい順に並べて示したものが表-8 および表-9 である。被害率も小さく耐震性も高いと評価された配水管も被害を受けているが、被害率が 0.3 を越えると耐震性もすべて低いと評価されていることより、被害率が 0.3 以上の場合には被害を受けると判断してもよさそうである。また、継手部に被害を受けた配水管の被害率および耐震性の評価は管破損の配水管に比べ被害率も小さく耐震性も高めに評価されていることが分かる。

表-8 管破損・その他のみの被害率と耐震性の評価結果

被害率	耐震性 評価	被害率	耐震性 評価	被害率	耐震性 評価
0.022	高	0.264	中	0.648	低
0.036	高	0.264	中	0.648	低
0.079	中	0.297	中	0.648	低
0.119	低	0.297	中	0.648	低
0.149	高	0.405	低	0.648	低
0.156	高	0.446	低	0.713	低
0.156	高	0.446	低	0.778	低
0.156	高	0.486	低	0.778	低
0.180	低	0.486	低	0.778	低
0.180	低	0.486	低	0.778	低
0.186	低	0.540	低	0.810	低
0.203	高	0.583	低	0.972	低
0.233	高	0.594	低	0.972	低
0.238	中	0.608	低	1.037	低
0.248	中	0.608	低	1.037	低

表-9 継手部のみの被害率と耐震性の評価結果

被害率	耐震性 評価	被害率	耐震性 評価	被害率	耐震性 評価
0.007	高	0.162	中	0.330	中
0.041	高	0.162	高	0.365	低
0.043	高	0.162	中	0.371	低
0.045	高	0.194	低	0.506	低
0.065	高	0.198	中	0.540	低
0.065	高	0.198	中	0.594	低
0.074	高	0.198	中	0.648	低
0.090	高	0.198	中	0.648	低
0.130	低	0.203	中	0.675	低
0.135	高	0.203	中	0.675	低
0.135	中	0.203	中	0.675	低
0.144	高	0.238	中	0.675	低
0.144	高	0.243	低	0.810	低
0.162	高	0.248	中	0.810	低
0.162	中	0.259	高	0.810	低
0.162	中	0.270	低	0.810	低

耐震性評価を行った結果を全被害管路でまとめたものと、管破損のみでまとめたものを表-10 に示す。また、管種別にまとめたものが表-11、12 である。

表-10 被害管路の耐震性評価

耐震性	全管路		管破損のみ	
	被害管路数 (件)	割合 (%)	被害管路数 (件)	割合 (%)
低い	49	52.7	28	65.1
中	22	23.7	7	16.3
高い	22	23.7	8	18.6
合計	93	100	43	100

表-11 全被害管路の管種別耐震性評価

	低い (件)	割合 (%)	中 (件)	割合 (%)	高い (件)	割合 (%)	合計
AP	10	66.7	1	6.7	4	26.7	15
VP	15	45.5	9	27.3	9	27.3	33
CIP	19	86.4	0	0	3	13.6	22
DCIP	3	15.8	12	63.2	4	21.1	19
SP	2	50.0	0	0	2	50.0	4
合計	49		22		22		93

表-12 管破損のみの管種別耐震性評価

	低い (件)	割合 (%)	中 (件)	割合 (%)	高い (件)	割合 (%)	合計
AP	10	66.7	1	6.7	4	26.4	15
VP	1	10.0	6	60.0	3	30.0	10
CIP	16	100	0	0	0	0	16
DCIP	0	0	0	0	1	100	1
SP	1	100	0	0	0	0	1
合計	28		7		8		43

表-10 より、今回被害を受けた配水管の約 53%が、耐震性が「低い」と評価された。すなわち、53%の管路がもともと耐震性が低く、壊れてもやむを得ないと判断されたことを示している。管破損のみで見ると、約 65%の配水管の耐震性が低いとなっており、被害率も 0.4 以上であり、より妥当な評価となっている。

管種別(表-11)にみると、CIP および AP の耐震性は 86.4%および 66.7%が低いと評価され、管破損(表-12)のみで見ると、耐震性が低いと評価されている管路はそれぞれ 100%および 66.7%である。したがって、CIP および AP 管は、被害を受けて当然と考えられる管路が被害を受けたことが分かる。一方、その他の管種の評価は、「中」あるいは「高い」と評価された割合が高くなっている。特に、DCIP 管の評価結果はこの傾向が強い。これは、今回の DCIP 管の被害は耐震継手のない管のみの被害であり、耐震継手のものは、被害を受けていないことによる。

耐震性が「高い」と評価された 22 管路であるが、なぜ被害率も小さく耐震性が「高い」と評価されたにもかかわらず被害を受けたのか、あるいは、被害率の予測法や耐震性評価法に問題があるのかなどの検討が必要であろう。これらの被害管路は埋立地などの軟弱地盤や急傾斜地など地理的に複雑な地形に位置している管路が多いのも一因である。

5. まとめ

- 被害率の予測法や耐震性の評価法においては継手の評価は管種に含めているが、別の項目として考慮すべきであろう。
- 急傾斜地や埋立地などの考慮を大幅に取り入れる必要があらう。

謝辞 今回の調査において、多くの機関にお世話になった。この場を借りて御礼申し上げます。