

神戸大学工学部 正 員 高田至郎 神戸大学大学院 正 員 李 騰雁  
 神戸大学工学部 正 員 森川英典 神戸大学大学院 学生員 〇嘉嶋崇志

1. はじめに 地震時における都市ライフラインの重要性は兵庫県南部地震においても改めて認識させられるところであった。都市の高度化とともに注目を浴びてきた都市ライフラインであるが、近年、その機能保全とともに復旧過程の合理化の必要性が指摘されつつある。そこで、本研究では復旧における財政処理の合理的システム構築のために、上水道管路地震保険を提案し、その可能性を検討するために純保険料の算定を行うことを目的とする。

2. 財政処理の現状 上水道が地震によって多大な被害を受けた場合、その復旧についてはそのつど災害査定、国庫補助の申請を行っている。しかし、その補助金決定額は復旧費すべてを負担するものではない。また、地震災害は予期せぬ突発的なものであり、復旧工事についても通常のような計画→設計→入札→施工といった合理的なプロセス経ることができない。そのため、工事費用の割り増しも避けられない。その結果、費用を負担する機関にとって、財政面

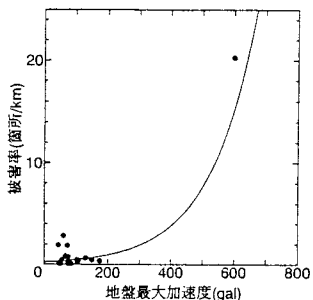


図-1 地盤最大加速度と被害率

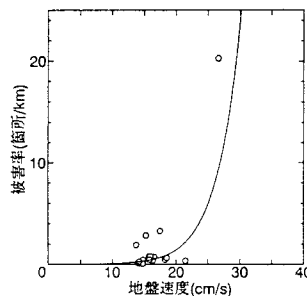


図-2 地盤速度と被害率

表-1 釧路市の被害率例

番号	西暦(年)	被害率1	被害率2	被害率3	被害率4	被害率5
1	1498	0.292	0.293	0.280	0.293	0.269
2	1502	0.289	0.281	0.260	0.258	0.030
3	1510	0.281	0.254	0.254	0.250	0.022
4	1520	0.263	0.256	0.256	0.252	0.027
5	1579	0.257	0.251	0.252	0.248	0.016
6	1586	0.280	0.275	0.270	0.270	0.087
7	1589	0.263	0.255	0.256	0.251	0.023
8	1596	0.260	0.253	0.253	0.250	0.023
9	1596	0.264	0.257	0.257	0.253	0.028
10	1597	0.256	0.250	0.251	0.247	0.016

において混乱をきたすこととなっている。この混乱に通常業務が加わるとで行政機能の低下を引き起こし、非合理的な財政処理を生むという問題を抱えている。

3. 被害率の算定 現在、地震保険は居住の用に供する建物および生活動産に関するものが商品として流通している。そこで、本研究では現地震保険の上水道管路への適用を試みる。ここで、純保険料とはその被害のみをカバーする保険料のことを指す。現在の地震保険は、歴史地震資料<sup>1)</sup>に掲載されている過去496年間に発生し被害をもたらした地震279個について、これらの地震が現時点において同規模、同位置で再び発生したと仮定して496年間の平均被害額をもとに保険料を算定している。本研究では1993年の釧路沖地震で被害を受けた釧路市をその対象として純保険料を算出することとした。歴史地震資料から得られる地震に関する情報はその震源位置(北緯, 東経)およびマグニチュードである。そこで、過去の地震が釧路市でどの程度の地震動を持っていたかを建設省が提案している地盤最大加速度に関する *Attenuation* 式ならびに後藤ら<sup>2)</sup>が提案している地盤速度に関する *Attenuation* 式を用いて評価した。一般に配水管が任意の地盤最大加速度、地盤速度に対してどの程度壊れるのかを被害率  $R$  との関係として過去の被害事例より求め、*Attenuation* 式より求めた地盤最大加速度、地盤速度に対応する被害率をすべて求めた。図-1、および図-2に地盤最大加速度および地盤速度と被害率の関係を示す。式(1)、(2)に回帰曲線を示す。表-1に各地震の釧路市における被害率例を示す。

$$R = \exp[6.82239 \times 10^{-3} A_{max} - 1.410986] \quad (1)$$

$$R = \exp[2.790751 \times 10^{-1} V - 5.211097] \quad (2)$$

4. 予測被害金額の算出 ここでは二つの方法を用いて被害金額を算出した。一つ目は被害率から直接求める方法である。被害率に配水管総延長を掛けると被害件数が予測できるので、被害件数と被害額の関係から被害額を予測する方法である。図-3に被害件数と被害額の関係を示す。回帰曲線は式(3)である。他の手法はは予測被害件数が Gauss 分布に従うと仮定し、被害件数と被害金額の関係が線形関係であることから、予測被害被害金額も Gauss 分布するとして、その95% 確率を最大予想被害金額とするものである。標準化して求めた予測式を(4)に示す。

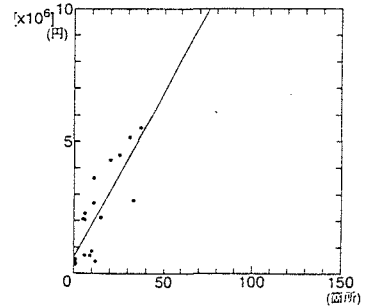


図-3 被害件数と被害額

$$hi = 12042.6x + 628040.6 \quad (3)$$

$$ei = 12042.6(1.64\sqrt{rL} + rL) + 628040.6 \quad (4)$$

ここで、 $hi, ei$  は予測被害金額、 $x$  は被害件数、 $r$  は平均被害率、 $L$  は配水管総延長である。

5. 保険料の算出 歴地震資料から得られる地盤最大加速度は地盤種別分があるので、予想被害金額もその分算出される。地盤種別はボーリング資料のN値よりより選別されるものであるが、資料のあるポイントが代表する地盤特性は極めて狭いために実用に耐えない。そこで、表-2に示す想定地盤種別を用いる。その割合を重みとして予想被害金額の合成を行う。合成された予想被害金額を発生地震分総和したものを496で除したものが純保険料となる。ただし、北海道に関しては歴史資料が少ないために補正を行う。歴史資料に初めて現れるのが約250年前であるので、統計期間の信頼性がほぼ半分とみなして2倍の補正を行う。純保険料 $p$ をとすると以下となる。

表-2 想定地盤種別

地盤区分	地形分類
第1種地盤	山地、火山地
第2種地盤	丘陵、山麓、火山麓
第3種地盤	台地
第4種地盤	低地

$$p = 2 \sum_{i=1}^n (hi_1 \cdot r_1 + hi_2 \cdot r_2 + hi_3 \cdot r_3 + hi_4 \cdot r_4) \quad (5)$$

$$p = 2 \sum_{i=1}^n (ei_1 \cdot r_1 + ei_2 \cdot r_2 + ei_3 \cdot r_3 + ei_4 \cdot r_4) \quad (6)$$

釧路市の地形図より判別すると、配水管敷設箇所はほぼ台地と低地のみであり、その比率が2:3とみなせるので  $r_3 = 0.4, r_4 = 0.6$  とした。釧路市の年間保険料を表-3に示す。

表-3 釧路市の年間保険料

6. まとめ 実際の釧路市の被害金額は約1億円であり、被害率を用いる手法で算出すると予測被害金額を過大評価することが分かった。これは、この手法ではサイト地盤性状のみが著しく影響するためであると考えられる。つまり地盤性状がよい地域では過小評価することを示唆している。したがって、他の個別情報を被害予測に反映させる必要がある。

	被害率算定のParameter	
	被害率	破壊確率
地震動のParameter		
地盤最大加速度	¥ 209,026,337	¥ 4,225,181
地盤速度	¥ 21,946,758	¥ 804,000

【参考文献】1) 国立天文台編：理科年表，丸善，1994 2) 後藤ほか：地盤動の最大予測におけるN値を用いた地盤条件の評価法について，土木学会論文報告集，第317号，pp. 69~78, 1982