地震時における水道管断水率の推定式の提案

中部大学　正会員　山田　公夫　　中部大学　正会員　杉井　俊夫
中部大学大学院　学生員　○伊藤　千恵　　レンテック大敬㈱　小田　悟士

１．はじめに

大地震時、都市の各種施設には多大な被害が発生する。とりわけ、水道管の破損によって水の供給が困難になると断水被害が発生し、市民生活は困窮する。断水は衛生面や医療面および消火活動にも大きな影響を与え、伝染病や火災など人命にかかわる二次的被害を誘発することになる。本研究は、わが国の既往地震による水道管の管体被害を水道管被害率（管体の被害箇所数／水道管の布設延長）とし、また地震後に各家庭に水が供給されているかの指標を断水率（断水戸数／給水戸数）として両者の関係を導き、水道管被害率から断水率の算定を試みることを目的としている。断水率の算定が可能になると地震直後の水不足に対する事前の準備、すなわち、適切な給水計画による給水車の配備、必要な給水量が確保できない場合に各家庭が備蓄すべき水の量、消火用の水の確保などの立案に役立てることができる。ここで対象とした既往地震は、わが国でライフライン被害が注目された１９７８年の宮城県沖地震以降の地震である。

２．水道管の被害調査

宮城県沖地震以降の地震による市町村単位の水道管の管体被害や断水戸数を地震被害報告書[1)]などにより調べた。その結果、被害率や断水率の算定基礎となる管の布設延長や給水戸数のデータが欠落している場合ならびに断水戸数が示されていない場合が多く見られた。そのため、筆者らが調べた被害報告書などでは水道管被害率と断水率の関係を導くにはデータが不足した。そこで、最近の２０年間の地震によって水道管被害を受けた市町村に対してアンケート調査を試みた。アンケート調査は１９８３年の日本海中部地震を含めて、その後の１２地震で水道管が被害を受けたと予想される市町村の５５機関に依頼した。アンケート調査は以下の２項目に対して行った。

表・1　水道管被害率と断水率のデータの入手できた地震（1983年～）

NO	地震名	発生年	マグニチュード	地震タイプ 海溝型	地震タイプ 内陸型
NO.1	日本海中部地震	1983年	M7.7	● ■	
NO.2	釧路沖地震	1993年	M7.8	● ■	
NO.3	能登半島沖地震	1993年	M6.6	●	
NO.4	北海道南西沖地震	1993年	M7.8	■	
NO.5	北海道東方沖地震	1994年	M8.1	● ■	
NO.6	三陸はるか沖地震	1994年	M7.6	■	
NO.7	兵庫県南部地震	1995年	M7.3		● ■
NO.8	鳥取県西部地震	2000年	M7.3	■	
NO.9	芸予地震	2001年	M6.7	● ■	
NO.10	宮城県北部地震	2003年	M6.4		● ■
NO.11	新潟県中越地震	2004年	M6.8		■

□：アンケート調査結果から　○：文献調査結果から

①地震による水道管の管体被害箇所数と水道管の管種別の布設延長

管路の詳細な被害状況を把握するために、ダクタイル鋳鉄管、高級鋳鉄管、塩化ビニル管、鋼管、石綿セメント管、その他に分類して、それぞれの被害箇所数と布設延長に対する回答を依頼した。

②地震による断水戸数の経時的変化と給水戸数

地震直後から１週間後までの断水戸数の変化と平常時の給水戸数に対する回答を依頼した。

アンケート調査に対して、３８機関から回答を得た（回収率７０％）が、これらの中で水道管被害の無かった機関や断水戸数が明確に示されていない機関があったため、回答結果が有効に利用できたのは２５機関分の計１０地震であった。アンケート調査または地震被害報告書などにより、水道管被害率と断水率の両データが得られた地震のリストを表・１に示す。表には、地震タイプ（海溝型・内陸型）の区別とデータの入手別（アンケート調査・地震被害報告書）の区分も示した。

３．水道管被害率と断水率の関係

地震を海溝型と内陸型に分けて、水道管被害率と地震直後の断水率の関係を示したものが図・１（海溝型）と図・２（内陸型）である。断水がどの管種・管径の水道管によって発生したかを特定することはできないため、図の横軸の水道管被害率は総被害箇所数を管の総布設延長で除したものである。これらの図において、□のタイプは前述したアンケート調査結果から得られたもの、○のタイプは地震被害報告書などの文献から得られたものである。

キーワード：地震被害　水道管被害調査　水道管被害率　水道管断水率
連絡先：中部大学　〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200　電話：0568-51-1111（代表）

図中、□と○の色は地震の区別を表しており、表・１の地震タイプの欄で色分けされた□と○の同色の地震と対応している。また、図・１、図・２において同色の□や○が１つ以上プロットされているのは、同一地震で複数の機関（市町村）が水道管被害を受けているためである。つぎに水道管被害率と断水率の関係を得るために、図・１と図・２にプロットされた各点に対する最適な曲線をロジスティック関数によってフィトさせた。その結果、得られた曲線を図中に示した。これらの曲線は、それぞれ次式で与えられる。

海溝型　　$y=1-\dfrac{1}{1+(4.93x)^{1.78}}$　・・・（１）

内陸型　　$y=1-\dfrac{1}{1+(8.62x)^{3}}$　・・・（２）

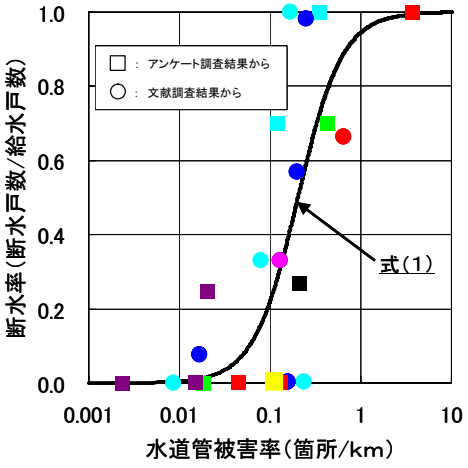
式（１）、（２）において、ｘは水道管被害率、ｙは地震直後の断水率である。これらの式に対する水道管被害率ｘと断水率ｙの相関係数は式（１）、（２）ともにおよそ０．７５である。図・３に式（１）、（２）の曲線をそれぞれ赤線と青線で示した。図中には、比較のために川上[2)]による水道管被害率と地震直後の断水率の関係を紫線で示した。川上は兵庫県南部地震（１９９５）による各都市の水道管被害を中心として、１９７８年以降の地震による水道管被害に基づいて、水道管被害率ｘと地震直後の断水率ｙの関係を次式のように表している。

川上の式　　$y=1+\dfrac{1}{1+0.0473x^{-1.61}}$　・・・（３）

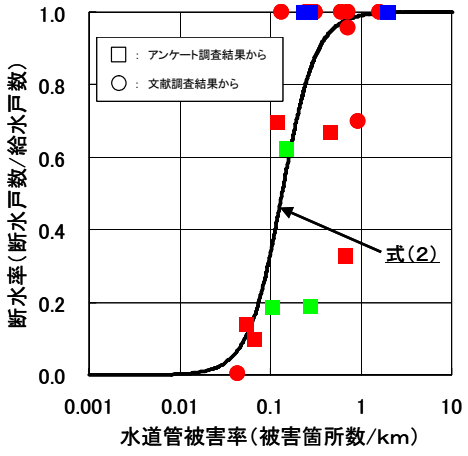
川上の式と比較するために地震タイプの区別をしないで描いた曲線が図・３に示す緑線である。この曲線の式は次式で表される。

全データ　　$y=1-\dfrac{1}{1+(7.44)^{2.33}}$　・・・（４）

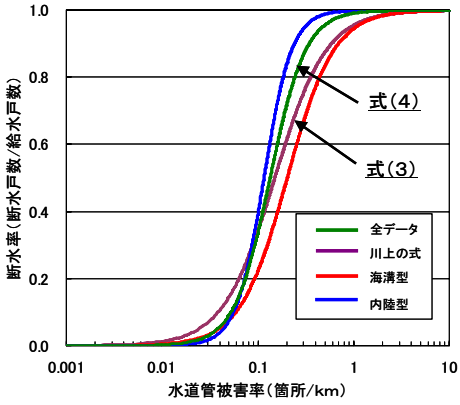
図・３からわかるように水道管被害率が同程度の場合、内陸型地震の方が海溝型地震よりも断水率が大きくなる傾向を示しているが、水道管被害率が同程度ならば地震のタイプにかかわらず、断水率に大きな差は見られないと考えられる。この点において、川上の関係式は地震のタイプが区別されていないため、図・３では海溝型と内陸型の中間を通る傾向にある。今回、地震のタイプによって断水率の差が見られたことは、被害率に水道管の管径が考慮されていないことが原因の１つであると考えられる。この点が今後の課題である。



図・１　海溝型地震



図・２　内陸型地震



図・３　水道管被害率と断水率の関係

４．まとめ

地震時の水道管被害率と断水率の関係を導くために地震被害報告書などの文献調査に加えて、既往地震によって被害を受けた市町村に対して水道被害の実態調査のアンケートを依頼し、データ収集と整理を行った。その結果、水道管被害率と断水率の関係式を導くことができたが、さらに改良の余地があるため、今後は収集したデータをさらに詳しく分析する。最後に、本研究のため、快くアンケートに回答いただきました関係機関の皆さまに厚く感謝いたします。

参考文献

たとえば、１）阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告　ライフライン施設の被害と復旧、土木学会、1997.他多数

２）川上英二：道路交通システムの形状と連結確率の関係、第１回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集、1996