

I - B 323

震度、被害率、断水率の関係

埼玉大学工学部 正会員 川上 英二

大地震後における水道システムの消火、給水などの機能上の強度はどの程度であろうか。震度VIに耐えられるのであろうか。また、近年進められている管種材料の耐震化の効果はどの程度であろうか。近年の地震によりライフラインの被害例も着実に増えており、特に阪神大震災では広い地域で震度VI、VIIを経験し、多くのデータが得られている。本小文では、これらの統計データを基に、水道システムの耐震性を物的と機能的との両面に分けて検討した¹⁾。

1. 地盤加速度と被害率との関係

水道システムの代表的な構造物は埋設管である。阪神大震災では例えば神戸市の配水管に約2千箇所もの膨大な数の破損が発生した。埋設管の物的な被害の程度を統計的に検討する際には、破壊箇所数を管路延長で割った値、すなわち単位長さ当りの破壊箇所数が用いられ、これを「被害率」と呼んでいる。そして、過去の地震での被害統計から、地震動の激しさ(地盤最大加速度または速度)、地盤の種類、液状化の発生の有無、管の材料、管の直径、埋設深さなどのパラメーターの関数として被害率が整理されている。

図-1(b)の縦軸に地盤加速度および震度を取り、横軸に埋設管の過去の被害統計に基づく久保・片山²⁾による配水管の被害率を取り両者の関係を示す。ただし、地盤、管径の影響に関しては平均的な値(補正係数は1)とし、液状化が発生しない地域を考えている。

管種材料の補正係数としては、一般にネジ鋼管10.0、石綿セメント管3.0、塩化ビニール管1.5、普通铸铁管1.0、ダクトイル铸铁管0.25、溶接鋼管0.1の値が使われている²⁾³⁾。ここでは中程度の耐震性を有する普通铸铁管と現在での最高の耐震管路である溶接鋼管の2つの場合に対して結果を示している。

図-1(b)より、地盤加速度250ガル(震度VとVIの境)では、普通铸铁管で0.07箇所/km、溶接鋼管で0.007箇所/kmの被害が生じる。一方、地盤加速度400ガル(震度VIとVIIの境)では、普通铸铁管で1.3箇所/km、溶接鋼管で0.13箇所/kmの被害が生じる。

2. 被害率と断水率との関係

図-1(a)には、過去の地震による水道システムに対する物的な被害の程度を表す値である被害率(1km当たりの配水管の破壊箇所数)と断水率(断水戸数/平常時給水戸数)との関係を市町毎に求め示している。地震直後、地震1日後、2日後における回帰曲線を示している。

本図より阪神大震災の被害状況は他の地震と比較して決して異質ではないことがわかる。地震直後には、約0.1箇所/kmの被害率(これは、約10kmあたり1箇所の被害に相当する)を境に、断水率が0から1に急激に変化していることがわかる。また、地震1日、2日後には、約0.4箇所/kmの被害率を境にして、断水するか否かに分かれていることがわかる。この結果は、各市町によりネットワークの規模、形状などが大きく異なることを考えると驚くべき事実である。

従来、被害率に関しては数箇所/kmなどの比較的高い値に注意が向けられてきた。しかし、本図から地震直後の断水には被害率が0.1箇所/km以上であるか、以下であるかが重要であり、被害がこれ以上ならば、断水することには変わりがなく、少し位被害率を減らしても余り意味がないことが判る。

キーワード：水道、断水、ライフライン、地震

〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保255 埼玉大学工学部建設工学科 Tel/Fax 048-858-3543

3. 震度VI強で発生する広域断水と管種材料の耐震化の効果

図-1(b)の地盤加速度または震度（縦軸）より被害率（横軸）を求め、さらに図-1(a)で対応する断水率（縦軸）を読み取れば、地盤加速度または震度と断水率の関係が判る。

また、地盤加速度と被害率を表す図-1(b)の式と被害率と断水率との関係を表す図-1(a)の式とを組み合わせると、図-2に示すように地盤加速度と断水率との関係が求められる。

本図より、地盤加速度 250 ガル（震度 V と VI の境）では、普通铸铁管で約 20%、溶接鋼管で約 1% の家庭で断水が生じる。また、地盤加速度 400 ガル（震度 VI と VII の境）では、普通铸铁管で約 95%、溶接鋼管で約 40% の断水が生じる。

日本の各市の現状を考えると既設水道管の耐震レベルは、普通铸铁管と溶接鋼管の間のレベルであると考えられる。図より、震度 V では広域の断水は発生しないであろう。しかし、同時多発火災

が問題になる震度 VI 強では、水道管の耐震化が進んでいない市のほぼ全域で断水するものと考えられる。また、耐震化が進んでいる市においても震度 VI 強では数割の地域で断水するものと考えられる。管路の耐震化の効果はこの程度であるが、生命に直結する効果であることを考えると、これらの両者の違いは大きい。

参考文献

- 1) 川上英二：震度 6 で広域断水が発生するか？水道公論，Vol.33，No.10，1997
- 2) Kubo, Katayama, Sato: Quantitative analysis of seismic damage to buried pipelines, Proc. 4th Japan Earthq. Engg. 1975
- 3) 東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書（被害想定手法編）、1997

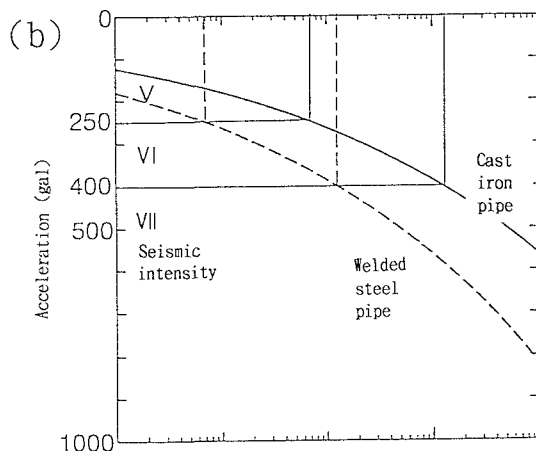
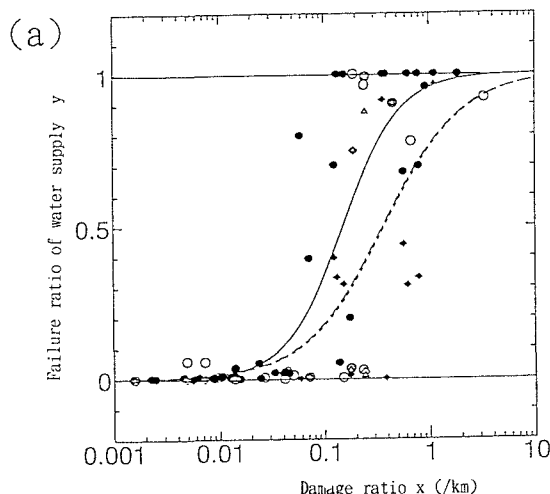


図-1 (a) 被害率と断水率の関係
 (●◆▲阪神大震災、○◇△その他の地震)
 ●—○ 直後 $y=1/(1+0.0473x^{-1.61})$
 ◆--◇ 1 日後 $y=1/(1+0.307x^{-1.17})$
 ▲...△ 2 日後 $y=1/(1+0.319x^{-1.18})$

(b) 地盤加速度と被害率の関係

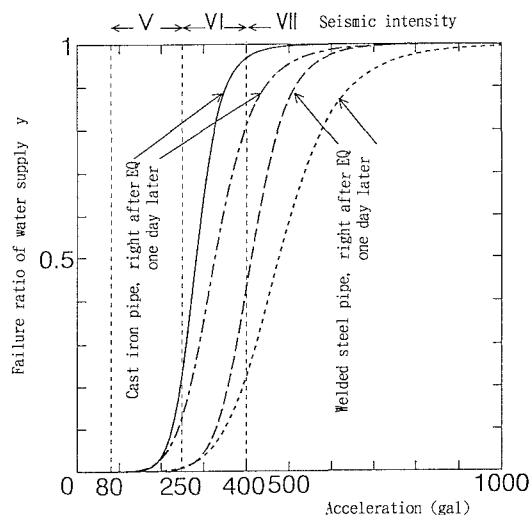


図-2 地盤加速度と断水率の関係