

アップ機能については、これを実地に検証する機会には少なく、今後とも検討を深め、シミュレーションによってその実効性を確かめなければならない。

また、バックアップなる手法が水道の技術指針として初めて登場するのは、「水道施設設計指針・解説（1977年版）」の『計装設備』の章においてであり、管路を含む一般施設に及んだのは、「水道の地震対策マニュアル（1993年）」においてで

ある。そして、これが「管路組織体としての耐震性」の向上に役立つためには、その定義、分類および評価方法の検討より始め、複数管路や連絡管等に代替消火用水の確保を加えた施設のバックアップにとどまらず、前述のマニュアルにある配水池容量増のごとき容量的バックアップ、バルブの設置や操作にかかわる操作的バックアップというべきものにも及ばなければならないであろう。

## ■ システムの早期回復は現場技術者の技巧にかかっている

フェロー 工博 神戸大学教授 工学部建設学科 高田 至郎 Shiro TAKADA

今回の地震の激震地域では、地盤の運動速度値は100 kine 前後と見てよい。安全サイドに見積もって波動の伝播速度を100 m/sec とすれば、地盤ひずみは1%程度となる。一方、航空写真測量から知られる地盤相対変位量をもとに計算すると、人工島ポートアイランドでは、岸壁付近は数%の地盤ひずみとなるが、内陸部では大半1%程度である。管路単位長5m とすれば、1% ひずみに対し継手伸縮量は50 mm となる。この程度の伸縮余裕をもつ耐震管は今回の地震に耐えた。これまでの耐震設計の基本的概念は支持されたのではないか。

しかし、激震地では、数多くの非耐震管が埋設されており、膨大な数の管路が破壊された。全国のライフライン管路も神戸と同様の状況におかれている。すべての管路を耐震的にするには、長期間と莫大な費用を要する。地中管路の被災情報を早期に把握し、機能障害を早期に回復するため、

ライフラインシステムを運用する力・危機管理能力を高めることは、莫大な金をかけず、当面できる有効な地震対策である。

システムを運用する力は、所詮“人”にかかっている。たとえば神戸市水道では、配水管約1500カ所、給水管約60000カ所が漏水した。漏水箇所を修繕するのは復旧戦略を立てる中央指令の技術者とそれを受けて作業する現場技術者である。もちろん、今回は必死の回復作業がなされたが、復旧班の移動と掘削・修繕作業の1サイクルで1時間の短縮ができていれば、復旧戦略によっても異なるが、約70日間かかった神戸市水道の復旧はかなり早まった可能性も高い。

立上がり時の復旧の戦略と現場技術者の技巧が、ライフラインの早期回復にかかっている。今回の教訓を生かし、管路の耐震化と現場技術者の日常の危機対応訓練が地震時都市機能の混乱を救う。

## ■ 10 km に 1 カ所以上の被害が、上水道の機能を左右する

正会員 工博 埼玉大学教授 工学部建設工学科 川上 英二 Hideji KAWAKAMI

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、すなわち単位長さあた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、最大加速度または速度、地盤の種類、液状化の発生状況、管種、管径、埋設深さなどの関数として被害率が整理されている。

一方、ライフラインでは地震により物的破損(管

路・電線の破断など)が発生し、これに従属して、機能停止(断水・停電など)が発生する。単独の構造物では構造物の破壊がすなわち機能の停止であるのに対し、ライフラインではこれらの関係がこれほど個別のかつ直接的ではない。これは、ライフラインでは多くの構造物がネットワーク状に有機的につながって、全体がひとつの系(システム)を構成し、初めてその機能を発揮できるためである。

ここでは、上水道システムに対し、上述の2つの関係を検討した。図-1には、近年の地震による各市町村の配水管の物的な被害率と地震直後の機能停止を表す断水率(=[断水戸数]/[全給水戸数])との関係をプロットしてある。本図より阪神・淡路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。また、両者の関係はネットワークの形状などの影響をあまり受けず、1 kmあたり約0.1カ所の被害(これは、約10 kmあたり1カ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。

この境の被害率の値を、埋設管の被害想定のために従来よく使われている久保・片山による被害率と最大加速度の関係に代入すると、液状化しな

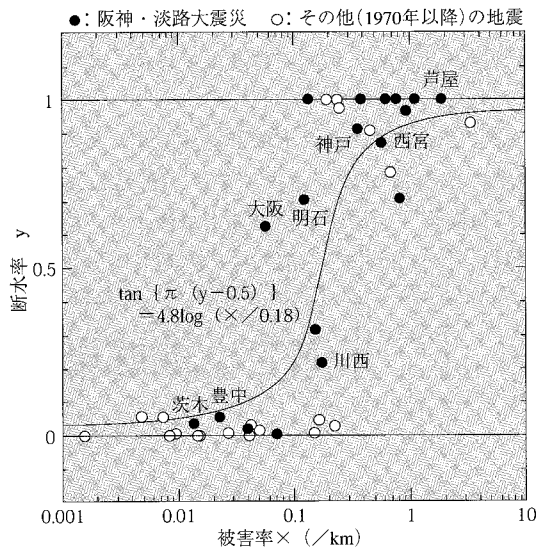


図-1 被害率と断水率との関係

い平均的な地盤において鑄鉄管の場合には約300 gal、ダクタイル鑄鉄管の場合には約340 gal、溶接鋼管の場合には約400 galの最大加速度に相当する。震度Ⅵ(250~400 gal)、Ⅶ(400 gal以上)においても断水しないためには、管路およびシステムの大幅な改良が必要であることがわかる。

## 水道施設の耐震化対策と消防水利の確保

正会員 工博 北海道大学助教授 工学部衛生工学科 小林 三樹 Mitsuna KOBAYASHI

今回の震災で水道施設が初めて経験した被害は、西宮市水道局ニテコ貯水池堰堤の決壊である。3池ある貯水池の、まず上池が崩壊し土石流が中池を越えて下池に入ったと伝えられるが、最下流のこの池がたまたま空であったために土石流が全量受けとめられ住宅地への波及を妨げたのは、運が良かったとしか言いようがない。

いずれも貯水量数万 $m^3$ の古いため池を水道用に転用したものである。護岸の崩落原因を松尾稔らは旧谷線沿いの土壌の液状化と推定している(松尾, 落合, 森川, 梅村, 地盤災害, 土木学会阪神大震災震災調査第二次報告会資料, 1995)。日本の水

道用貯水池では第2次大戦末期に東京都の山口・村山貯水池の爆撃による決壊を恐れて土堰堤の表面に玉石を張って防衛した事例はあるが、決壊例はなかった。地域の共同財産として様々な機能を果たしつつ傳承されている溜め池農業の土堰堤で、住宅地より高い位置にあるものについては、防災点検を急ぐべきである。

北海道浦河町では、消火栓は地震時には当てにできないものとして、すべての児童公園地下に防火水槽を設置してきた。また公立病院に耐震幹線水道管を配する配慮、水道の復旧を迅速にするため制水弁を多数設置するなど耐震都市づくりを