

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

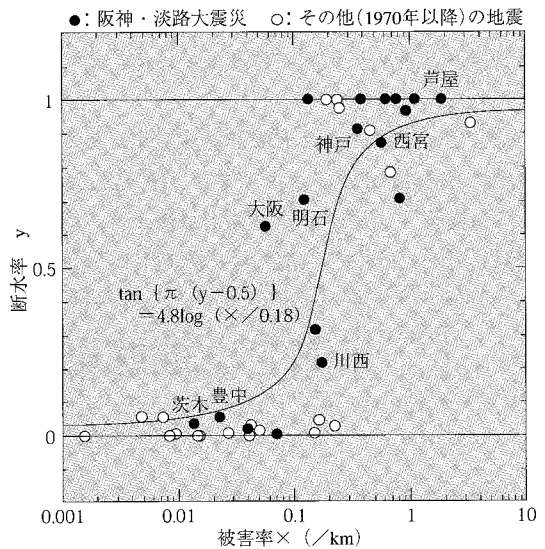


図-1 被害率と断水率との関係

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

20年前にすでに進めており（丹保，神山，小林，1982年浦河沖地震調査報告書，同調査委員会，1983），頻繁にある震度5程度での地震では何ら被害が報じられない。

神戸にも公園に防火水槽はあったが，多くは大戦中に市街地内の交差点地下に設置されたもので，自動車交通量が多くて漏水補修が行き届かず放置していたという。消火栓を信頼していたこと

になる。どの都市でも大地震時の同時多発火災に公設消防力だけでは対応しきれない。延焼阻止空地の確保と不燃材料化を推進するほか，消防水利を高密度に配して住民の自衛消防活動にも期待する必要がある。さらに街区計画において，池や小河川を日常はアメニティ空間としながら，緊急時の水利としてうまく活かせる工夫が望まれる。

## ■ 上下水道では流域単位での水質水量管理体系が必要

正会員 工博 九州大学教授 工学部建設都市工学科 楠田 哲也 Tetsuya KUSUDA

物理的に連結されている系により配送されるものは，系の切断により配送が途絶える可能性が必ずある。ライフラインはその名前からして連結系である。したがって，緊急時における対応策として，重要な連結系に対しては強化を，相対的に重要でないものには系が切断されたときの代替措置を準備しておく必要がある。

重要なライフラインのひとつに上下水道がある。上水道では，ペットボトル，溜め置き水，貯水のようにストックができること，言いかえればライフスポットの準備が可能である。このようにスポット供給が可能であるところが系切断時の緊急措置を取りやすくしている。下水道も同様なことが理論的には可能であるが，固形物の廃棄物への変換を除き残念ながら現実性はない。上下水道には自然系としての降水，表流水，地下水，河川水，海水が存在する。この自然循環系との併存が系切断時の影響を大きくする可能性がある。たとえば，飲料水の取水施設が下流域に存在するよう

な場合にそれより上流で下水道からの漏水が生じる場合や，下水の流出により海域の汚染を引き起こす場合である。このように，人工と自然の2系とストック（トリプルシステム）の存在が対応策の取り方に幅を与える原因となっている。

系の切断に対するリスクを削減するには，予防策として，緊急対応時に必要な施設の重要度に応じた設計強度の設定，上水用のストックや下水の安全な排除方法の確立，施設と管路の配置がシステム合理性を満足するような計画の樹立が必要である。加えて緊急時に支障が生じないようにする上下水道一体化送排水システムの検討が欠かせない。さらに，管路埋設道路の選択も重要である。緊急時には，救援復旧活動がきわめて円滑に機能する仕組が必要であるが，この仕組が自治体間でき上がっているのはよく知られているところである。日常の清澄な原水の枯渇をも考えると，緊急時だけでなく平常時においても流域単位での水質水量管理体系の樹立が今後重要となる。

## ■ 下水道の耐震化について

正会員 日本上下水道設計(株) 環境事業部 水谷 潤太郎 Juntaro MIZUTANI

私は水道（下水道計画）の技術士で，職業上からもライフライン，特に下水道の耐震化に興味をもって。下水道は，特に低地では，大型地

震に弱いことが，新潟地震以来の経験でよく知られています。阪神・淡路大震災でも，水道の復旧が遅れたので目立ちませんでしたが，多くの管路