

見つめたトータルな安全性・信頼性のレベルの設定（需要側が容認できる：Acceptable）が必要に

なると考える。

■ ガス導管耐震性強化の合理的指針の確立を

正会員 工博 東京ガス(株) 西尾 宣明 Nobuaki NISHIO

この地震で、ガス供給停止需要家件数は85万件を数え、復旧には3カ月の長期間を要した。その原因のひとつにガス供給源となる中圧輸送管にかなりの被害が生じたことも上げられるが（1965年以前の古い溶接技術で施工された鋼管の溶接部に集中）、原因の大半は20000カ所を超える低圧供給配管網の被害の膨大さにあった。被害の過半（供給管・内管では大半）は小口径鋼管のねじ接合部に生じたものである。このことは、被害率の大小の差こそあれ、過去の被害地震に共通するものである。1978年の宮城県沖地震の後で、このねじ接合鋼管の使用を事実上禁止する内容の「中・低圧ガス導管耐震設計指針」が日本ガス協会によって検討された（1982年に完了）。しかし、何らかの理由で通産省はこれを棚上げにし、約5年間、出版は凍結された。1994年の釧路沖地震でも被害はねじ継手に集中したが、かねて導管網の耐震化に積極的だった釧路ガス(株)の施策の

効果か、被害は特殊な地盤条件の地域に限定された。その後に開かれた「ガス事業大都市対策調査会」で、「中・低圧指針」の「地盤変位吸収能力」によるガス導管の耐震性評価基準はおおむね妥当なことが確認された。神戸市では歴史を反映して古い導管網が大量に残され、それに被害が集中した。したがって、被害の原因も過去の事例の延長上にあると考えられる。その意味でも「中・低圧指針」は再評価されるべきであろう。

導管網のブロック化を柱とし、地震情報システムや被害分布推定を梁とする地震時対応策も研究されているが、地震対策の基本は管路の耐震化にある。被害分布の事前推定などは、むしろ、既存の導管網に対して管路耐震化（管の入れ替え等）の合理的な優先順位づけに用いるとき最も有効である。しかし、被害推定法自身が架空の理論を基礎とするものであれば無意味である。合理的被害推定法の研究が望まれる。

■ ライフラインの基礎耐震化システムの検討

フェロー 工博 新潟大学名誉教授 小出 崇 Takashi KOIDE

阪神・淡路大震災は、他の土木構造物と同様に水道管路にも及び、目下、多くの都市で恒久復旧工事が行われている。一方、厚生省をはじめ、日本水道協会、神戸市、西宮市および阪神水道企業団は、いち早く震災復興のための提案を行い、全国水道施設耐震化の指針となっている。

ところで、これら提案の中には、「ブロック化」や「バックアップ」等の用語がしばしば見られ、これらは、ライフラインの「基礎耐震化システム」ともいうべきものであるが、これまで十分な検討

が加えられておらず、今回の大震災を契機に、「単体としての耐震性」に劣らず重要な「管路組織体としての耐震性」増強のため、十分な検討が必要であると思われる。

ブロック化は、新潟地震の恒久復旧手法として新潟市によって編み出されたもので、その管路情報収集能力と施設運営能力とから、近年ようやくその長所が認められるようになった管路システムである。しかし、災害時に期待される復旧の迅速化、応急給水のレベルアップ化および多様なバック

アップ機能については、これを実地に検証する機会は少なく、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