

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
 神戸大学工学部 正会員 Nemat Hassani
 神戸大学大学院 学生員 ○今西 立彦

1.はじめに

ライフラインへの依存度がそれ程高くなかった開発途上国でも、近年、急激な人口増加や都市化の進展により、ライフラインの重要性が増しつつある。地方からの人口流入が進むイランの首都テヘラン市も、人口が 700 万人を越す大都市であるにもかかわらず、地震時における行動計画が皆無の状況である。本研究では、テヘラン市水道の被害予測および水道供給停止による影響評価を行い、水道システムの効率的な耐震化や地震発生時の行動計画策定に役立てることを目的とする。

2.テヘラン市水道システムの概要および地震時における問題点

テヘラン市は標高 3000m を超すアルホルズ山脈の南麓に位置し、面積は約 600km²、市内の標高は、南部で 1000m、北部で 1800m と、標高差の大きい都市である。

テヘラン市水道は 1955 年頃から供給が開始され、1999 年の供給量は、9 億 1 千 m³ であり、近年、供給量が急増している。水源は市内北部にある 3 箇所のダム、市内南部にある約 300 箇所の井戸である。水道管路の総延長は 9000km である。送水管（延長 300km）は、鋼管が全体の約 80% を占めており、コンクリート管も約 10% を占めている。φ100mm 以上の配水管は、全てダクタイル鋳鉄管であるが、継手には耐震継手が用いられていない。給水システム特性としては、標高差のある地形のため、北部に行くほど密に配水池が設置されている点や停電が発生すると井戸およびポンプ場が機能停止に陥り、全て井戸からの取水に頼っている南部の全地域において供給がストップする点などが挙げられる。

テヘランにおける現地踏査の際に知られた地震時における水道施設の問題点としては、基幹施設であるポンプ場の非常用ポンプの能力が低い、非常用電源が無い、といった地震時における大量漏水には対応していない点、配水池の止水弁が手動であり緊急用水の確保に問題がある点などが挙げられる。

3.地震動の推定

本研究で用いる想定断層としては、断層の規模、市内からの距離を考慮して、市内北部の北テヘラン断層（長さ 75km）と市内南部の北レイ断層（長さ 16km）とした。テヘラン市を 1km 四方のメッシュ 630 個に分割し、各点における基盤面時刻歴加速度を著者らが開発したアスペリティを考慮した震源近傍における強震動予測プログラム^[1]を用いて求めた。表層地盤における増幅に関しては、SHAKE プログラムを用いて求めている。この結果、北テヘラン断層を起震断層とする地震では市内北東部において最大加速度 856gal 程度が推定された（図 1）。

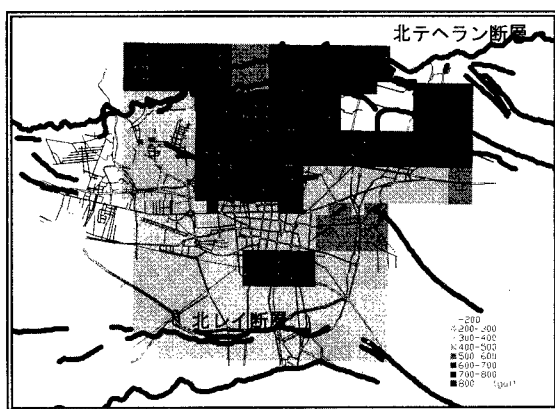


図 1 地表面最大加速度（北テヘラン断層）

4.被害予測

既往の水道管路被害予測手法では、テヘラン市内で多用されているコンクリート管路を対象とするブルナラビリティ関数が提案されていない。このため、兵庫県南部地震での神戸市下水道被災分析を実施して求めた。さらに、これと水道技術研究センターが提案する手法^[2]を組み合わせる管路予測手法を提案した。なお、本研究の被害予測対象とする管路は、地震発生直後の緊急用水確保を最優先させるという観点から、口径100mm以下の配水管を省いている。

水道管路の情報に関しては GIS に口径、管種などの管路属性を入力し、各メッシュ内における管路情報をデータベース化して各メッシュ内の被害件数および被害率を算出した。結果を表 1 に示す。

北テヘラン断層を起震断層とする地震では、とくに断層近傍域の市内北東部と液状化発生危険度が高い市内南部において被害率が高くなる傾向が見られた。また、両想定地震に共通する特徴としては、コンクリート管や小口径の配水管が多く敷設されている地区において被害率が高くなる傾向が見られた。

表 1 被害予測結果

断層	管種	被害		CP	DIP	SP	計
		被害件数	被害率				
北テヘラン断層	被害件数	106.0	226.8	163.8	496.6		
	被害率	2.90	0.25	0.63	0.41		
北レイ断層	被害件数	17.6	64.0	39.5	121.1		
	被害率	0.48	0.07	0.15	0.10		

5. 影響評価

ライフライン施設被害が他の構造物被害と異なる点は、被害による影響が面的な広がりを持つ点である。このため、被害予測結果を用いて実際にどの程度の影響が生じるかを予測することが地震時の緊急用水確保のためにも重要である。本研究では、地震発生直後の各地域における断水率を川上による被害率と断水率の関係式^[3]を用いて算出した（図 2）。

図 2 より、地震発生直後においては、テヘラン市内のほぼ全域において断水が発生することが知られた。断水率から算出した断水人口は、北テヘラン断層を起震断層とする地震で、全人口の 61%、427 万 6 千人となった。

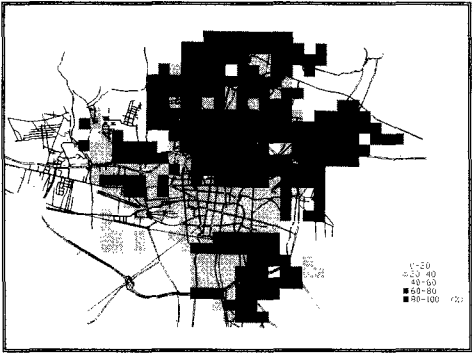


図 2. 推定断水率(北テヘラン断層)

6. まとめ

本研究では、ライフラインの研究に関しては発展途上の段階にあると考えられるイランを対象としている。研究の際に必要な断層の詳しいデータや地質情報なども足りないことが数多くあった。ただ、テヘラン市にある国際地震工学研究所(IIIES)を中心として、イラン国内における地震に関する研究は着実に進歩していると考えられる。今後、より精度の高い被害予測や影響度評価手法の開発が必要であり、効率的な水道の耐震化や地震発生の際の地震防災計画策定に役立てる必要がある。

なお、本研究は（財）平和中島財団の基金の援助によってなされたものであり、ここに記して感謝の意を表するものである。

【参考文献】

1) 高田至郎, 福田克己, 森健: アスペリティを考慮した震源近傍における強振動予測, 建設工学研究所論文報告集, 第 40-B 号, pp.23-39, 1998.12

2) 中島良和: 管路被害予測モデル・システムの開発, 「地震による水道被害の予測および探査に関する技術開発」終了記念セミナーテキスト, 財団法人水道技術研究センター, pp.31-51, 1999.8

3) 川上英二: 10km に 1 か所以上の被害が, 上下水道の機能を左右する, 土木学会誌, 81, pp.42-43, 1996.1