

川崎製鉄㈱ 正員 ○春日知男

京大工学部 正員 亀田弘行

京大工学部 正員 後藤尚男

1. まえがき 上水道システムの地震時および地震後の信頼度解析について現在までさまざまな研究が行なわれてきたが、そのいずれもが想定地震に対する被害予測であり、実地震による被害との比較により解析モデルの妥当性を検証したものはほとんどない。幸いにも仙台市水道局が1978年宮城県沖地震による上水道の被害の実態まとめた資料がある¹⁾ので、本研究は著者らが開発した発震後の復旧段階を考慮した上水道システムの信頼度解析を用いて宮城県沖地震に対する仙台市上水道の解析を行ない、実被害との比較により本モデルの妥当性を検討した。モデル化と解析方法の詳細は文献2)～4)に譲り、ここでは解析結果の概要のみ述べる。

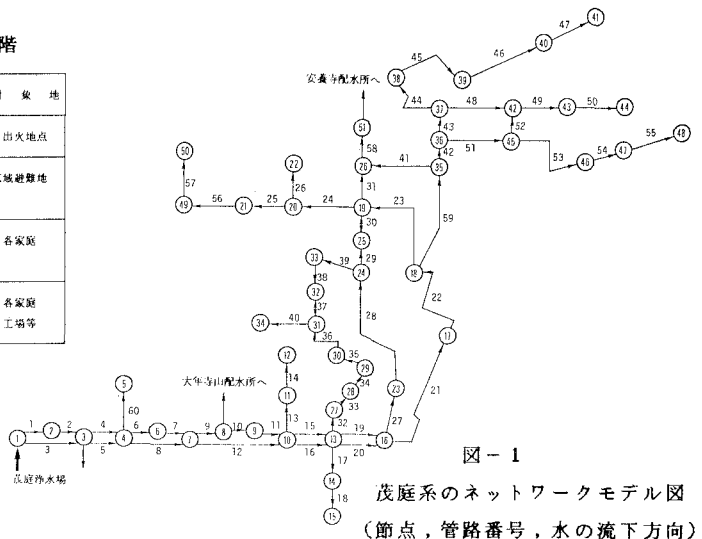
2. 仙台市の上水道システムの概要とモデル化 1978年宮城県沖地震当時の仙台市上水道は、中原、国見、茂庭の3浄水場を経由して、荒巻・国見・茂庭・大年寺山・鉤取山・安養寺系の6配水系統で市内に給水されており、大部分の地区では自然流下方式である。流量解析のためのネットワークは配水系統ごとに作成し、φ400以上（一部φ300）の配水管を配水幹線とした。図-1に茂庭系のネットワークモデル図を示した。茂庭系では大年寺山配水所、安養寺配水所への送水も考慮している。

3. 1978年宮城県沖地震によるモデルの地震時信頼度解析 表-1に地震後の各復旧段階の考え方を示す。第2段階の解析結果はすでに文献4)で述べられているので省略し、ここでは第3段階解析について述べる。第3段階は、配水幹線の破壊の修理は済み、幹線網はほぼ平常時の機能を有するとして配水支線の漏水を考慮した流量解析を行ない、必要水量が各家庭に供給されるかどうかを検討する。配水支線からの漏水量を与える際の漏水係数の評価は、地震動強度（地盤速度）と関係があると仮定した。システムの機能性を評価する指標として、期待充足率及び必要総給水量を用いた。前者は需要水量に対する取り出し水量の割合で、各節点が量的にどの程度充足されているかを示す量であり、後者は各節点の取り出し水量と漏水量の和で、システムとして必要な総給水量である。流量解析では、まず平常時においてこのモデルで十分な供給能力を有するかどうかを検証したが、いずれの配水系統も需要水量 500ℓ／人日まで期待充足率は 100%であり、浄水能力からも 400ℓ／人日以上の給水はできるという結果となり、実績と一致した。このモデルを1978年宮城県沖地震時に適用すると各配水系統ともに期待充足率は需要水量 300ℓ／人日まで90%以上と高いが、浄水場の給水能力からは 150～ 300ℓ／人日程度が限度であるという結果が得られた。

表－1 発震後における復旧段階

復旧段階	目的	水量	時期	対象地
第1段階	人命安全確保	消火用水量	発震～12時間	出火地点
第2段階	飲料水・火災用水の確保	3ℓ／人日	発震後12～48時間程度	広域避難地
第3段階	都市生活可能水量確保	105ℓ／人日	発震後48時間～数週間程度	各家庭
第4段階	平常時の都市機能確保	300～600ℓ／人日	発震後数週間以降	各家庭、工場等

4. 実際の震害との対応 図-2に1978年宮城県沖地震による仙台市の配水管被害箇所を示す。北部の旭ヶ丘、北根黒松、鶴ヶ谷、西部の緑ヶ丘などの新興住宅地の配水支管に被害が集中している。



図－1

茂庭系のネットワークモデル図
（節点、管路番号、水の流下方向）

モデルによる地震時の解析結果と実被害との対応を表-2に示した。初めに漏水量について比較べく図-3にシミュレーションによる漏水量と仙台市水道局の推定漏水量の関係を示した。この図より規模が大きい国見・茂庭系では両者の値はよく一致し、規模が小さい他の配水系統ではシミュレーションによる漏水量の方が多い結果となっている。次に、各配水系統の需要水量 300ℓ／人日の場合の期待充足率の平均値と給水人口1人当りの配水管破壊箇所数の関係を図-4に示したが、ばらつきがかなり大きい。このモデルでは、国見系や鉤取山系に含まれる新しい宅造地での配水管の挙動などが考慮されていないことがばらつきの原因と思われる、今後の課題と考えている。荒巻系では配水管の破壊箇所は1ヶ所のみであり、この種の評価にはデータ数が少な過ぎる。以上を除く安養寺系、大年寺山系、茂庭系では、配水管被害率(図-4の縦軸)が大きいほど期待充足率が低い(図の右方)傾向が明瞭に見られる。

5. あとがき モデルにより地震による漏水量を算定し、実際値と比較検討したことは、このモデルが地震対策上の1つの情報を与えるという意味で意義深いと思われる。

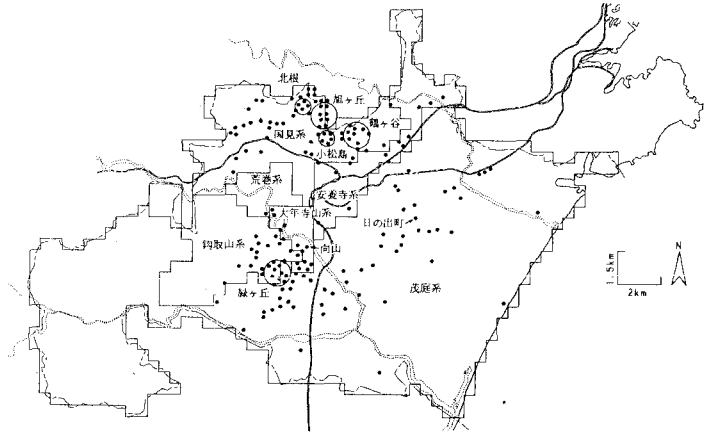


図-2 仙台市上水道配給水管被害分布図
表-2 シミュレーションの結果と実際の被害の対応

配水系統	安養寺系	荒巻系	大年寺山系	鉤取山系	国見系	茂庭系	合計
(a) 漏水量 (m³/日)	18,100	10,800	7,420	16,800	44,100	83,500	180,720
(b) 平常時の漏水量 (m³/日)	5,630	3,320	2,100	4,500	13,500	22,000	51,050
(c) 地震による漏水量 (m³/日) (a)-(b)	12,470	7,480	5,320	12,300	30,600	61,500	129,670
(d) 期待充足率の平均値 (%) (需要 300ℓ/人日)	98.8	96.6	95.2	97.6	98.6	98.0	
(e) 地震による漏水量 (m³) [6月13日, 仙台市水道局推定]	4,800	1,600	2,700	3,800	31,500	59,500	103,900
(f) 給水人口1人当りの配水管破壊箇所数	2.06×10^{-4}	2.50×10^{-4}	5.13×10^{-4}	4.43×10^{-4}	4.07×10^{-4}	1.47×10^{-4}	
(c)/(e)	2.60	4.68	1.97	3.24	0.97	1.03	1.25

* 6月12日の漏水量

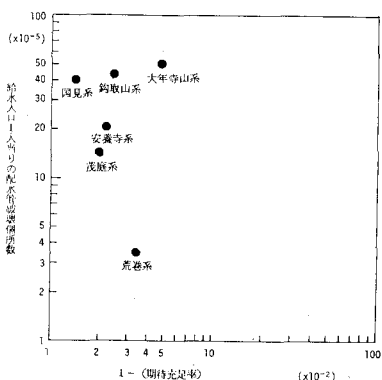
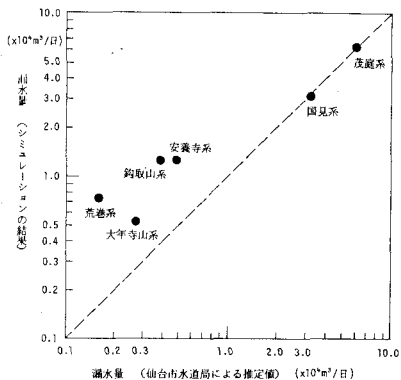


図-3 シミュレーションによる漏水量と推定漏水量の関係
図-4 給水人口1人当りの配水管破壊箇所数と期待充足率の関係

(参考文献) 1) 仙台市水道局: 1978年宮城県沖地震による被害とその対策の記録, 昭.53.10. 2) 田田・浅岡他: 地震後の各復旧段階における上水道配水管路網の信頼度解析, 第16回地震工学研究発表会講演概要, 昭.58.7., pp.181-184. 3) Kameda, H. etc., "Seismic Risk and Performance of Water Lifelines," Symposium on Probabilistic Methods in Structural Engineering, ASCE EMD/STD, St.Louis, Oct., 1981. 4) 高石他: 地震後の復旧段階を考慮した上水道配水管路網の信頼度評価, 第37回土木学会年次学術講演概要集 (第1部), 昭.57.10., pp.783-784.