

福山市上水道システムを用いた地震時上水道機能の実用的予測モデルの検討

福山大学工学部 正員 千葉 利晃
福山大学大学院 学生員 ○請川 健一

1. まえがき

地震被害軽減対策や震災後の復旧対策などに関する防災計画において、ライフラインの供給機能支障状況予測に関する研究は、ネットワークの連結性や管網流量解析などの複雑な計算過程を組み込んだものが多い。星谷らは、水道実務経験者の経験的知識を利用した簡易な実用的予測モデルを提案している^{1),2)}。このモデルは、管網の連結解析のような複雑な数値解析を用いないので簡素化が可能であり、面倒な計算過程を短縮することができる。本研究の目的は、この実用的予測モデルを福山市上水道管網システムに適用し、モデルの妥当性を検討したものである。

2. 復旧予測モデルの概要

星谷らによって提案されている実用的復旧予測モデルは、物理的被害が直接的な修復作業によって減少していく過程を求める被害復旧サブモデルと、物理的被害から供給機能の支障率を求める供給支障率予測サブモデルより構成されている。後者の供給支障率予測サブモデルは、次式により表わされる。

$$F_t = 1.0 - (DF_t / NF) \quad (1)$$

$$DF_t = b_0 + b_1 \cdot D1_t + b_2 \cdot D2_t + b_3 \cdot D3_t \quad (2)$$

ここで、 F_t =供給支障率、 DF_t =被害時の上水道供給機能、 NF =平常時の水供給機能、 $D1_t$ =物理的被害率、 $D2_t$ =被害の広がり具合を表わす被害分散度、 $D3_t$ =重要施設の被害率を表す。

式(2)は物理的被害と機能支障の関係を表す。この関係式は、被害状況を与えたシステムに対する水道実務経験者(エキスパート)の経験的判断より求める。すなわち、エキスパートへの機能支障に関するアンケート調査結果を重回帰分析用データとして、式(2)の偏回帰係数 b_i を決定する。したがって、ネットワークの連結性等の数値解析的な方法を避けた簡略化モデルとなっている。

なお、上水道システムはリンクあるいはノードが存在するメッシュ(オーバーレイメッシュ)で表現する簡略化管網システムを使用している。これらの詳細は文献(1)を参照して頂きたい。

3. 福山市上水道システムへの適用例

福山市上水道管網の管網ネットワークモデルは、管径 ϕ 250mm以上の送配水管網を主な対象とした総延長127.76 kmのモデルとし、このモデルを10個の供給エリアに分けている。

本復旧予測モデルはエキスパートの経験的判断に基づいたアンケート結果を用いて重回帰分析を行い、式(2)の偏相関係数 b_i を求めるモデルである。しかし、今回の解析では管網解析を行い、その結果をエキスパートの予測結果と考えて重回帰分析を行っている。地震多発地帯の水道局を除き、このような管網解析を行って地震被害発生時の供給量の予測を行う場合が多いと思われるので、今回の福山市における事例研究は、これらの水道局に対しても参考にならう。管網解析を行ってはいるが、これは式(2)の関係式を求めるためであり、本実用的予測モデルの本質とはなんら関係しない。

まず、各種の被害パターンを想定し、これらの被害パターンごとの供給率を管網解析を行って求めた。このようにして求めた被害時の供給率 DF_t を目的変数とし、物理的被害指標 $D1_t$ 、 $D2_t$ および $D3_t$ を説明変数として重回帰分析を行った。25種類の被害パターンを用いて求めた物理的被害と機能支障との関係式を式(3)に示す。

$$DF_t = 1.029 - 3.916 \cdot D1_t - 2.329 \cdot D2_t - 0.536 \cdot D3_t \quad (3)$$

福山市上水道管網システムに図-1に示す初期被害分布を与えた時の解析例を示しておく。図中、メッシュ内の数字はオーバーレイメッシュ番号であり、網目となっているメッシュは被害メッシュを表わしている。図-2は供給支障率の復旧状況を示したもので復旧作業人員の違いによる復旧過程の違いを示している。

本復旧モデルは、図-1に示す初期被害が時々刻々と復旧していく様子を表わすことができるとともに、復旧作業能力、復旧作業人員、復旧戦略など、きめ細かい点まで考慮できるようになっている。これらの点に関する計算結果は紙面の都合上省略するが、図-2でもわかるように、非常に単純なモデルにもかかわらず復旧予測を行えることがわかる。

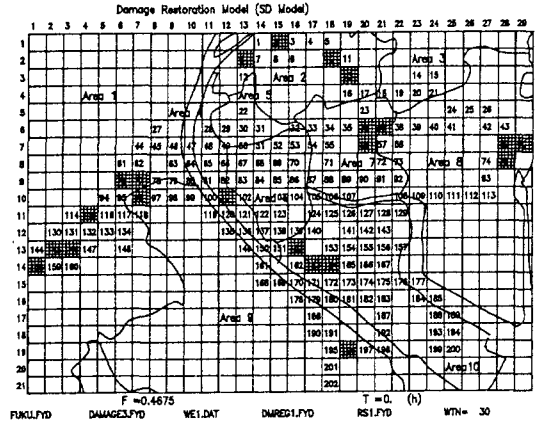


図-1 初期被害分布図

4. あとがき

今回用いた重回帰式は、重相関係数がいちばん高いものを選んだものであるが、偏相関係数 b_i は用いるデータにより正の値をとる場合がある。 b_i が正の値をとるということは、復旧が進んでいるにもかかわらず支障率が逆に大きくなる事を意味する。このように、偏相関係数が正の値になるという矛盾点は、物理的被害指標のうちの被害分散度 $D2$ 、重要施設被害率 $D3$ によるものと思われる。 $D2$ については、ネットワークが複雑で多くの迂回路を有しているために、より影響が出易くなるためだと思われる。今回の想定システムは、管路等の重要度の分類を大きく2つに分けているが、実際の場合には管路等によって重要度が大きく異なり、単純に2つに分けることは無理があろう。この影響で $D3$ の係数が正となり易くなっているものと思われる。

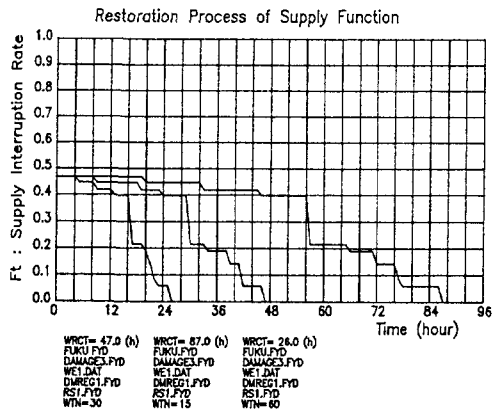


図-2 供給支障率復旧曲線

本研究では多数あった中から妥当と思われる25種類のデータを選んで重回帰分析を行っているため、矛盾しない結果を得ているが、求めた管網解析結果を水道実務経験者に検討してもらった上で重回帰分析用のデータとすれば、より適合性の良いモデルが得られると思われる。

管網解析用プログラムおよびデータを提供して頂いた丸山高司氏(福山市水道局)に感謝致します。なお、本研究は文部省科学研究補助金(重点領域研究1、研究代表者:佐竹正雄)による武蔵工業大学星谷勝教授の研究を協同研究として行ったものである。研究の機会を与えて頂いた星谷教授に感謝致します。

[参考文献]

- 1) 星谷、大野、千葉 「上水道システムの実用的地震時機能支障予測モデル」、第41回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集、1989年5月、PP.60-61
- 2) 石飛、大野、星谷 「地震時上水道機能の復旧予測モデル」、第44回年次学術講演会講演概要集、1989年10月、pp.1088-1089