

I-201

管網解析を用いた地震時上水道機能の実用的予測モデルの検討

福山大学大学院 学生員 ○請川 健一
福山大学工学部 正 員 千葉 利晃

1. まえがき

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。本研究は福山市上水道管網システムを用い、管網解析を行う一般的方法と予測モデルとの比較を行い、本予測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わす。

式(2)は物理的被害と機能支障の関係を表わす。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)の偏重回帰係数 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選んだ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), (2)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

星谷らの提案している復旧予測モデルでは、被害パターンをもとにエキスパートにアンケート調査を行って被害時の供給率を得ているが、今回の研究では管網解析を行なって供給率を求めている。すなわち、管網解析結果をエキスパートの予測結果とみなして以下の解析を行っている。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ないが、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。

図-1は福山市上水道管網システムの内、主に管径 250mm以上の管を取り出して作成した上水道簡易システムと、すべての管を含む上水道全体システムを比較したものである。実線は上水道簡易システムに本予測モデルを適用して求めた供給支障率曲線であり、点線は上水道全体システムに適用して求めたものである。また、実線は25種類の管網解析結果をデータとして得た重回帰式を使用した結果であり、点線は6種類のデータを用いて得た結果である。これら2つの重回帰式の、偏相関係数と重相関係数を表-1に示す。

表-1 簡易システムと全体システムの偏相関係数と重相関係数

重回帰式 $DF_t = b_0 + b_1 \cdot D1_t + b_2 \cdot D2_t + b_3 \cdot D3_t$	b_0	b_1	b_2	b_3	重相関係数
上水道簡易システム	1.029	-3.916	-2.329	-0.536	0.9061
上水道全体システム	0.961	-1.830	4.133	-4.649	0.9467

簡易システムの偏相関係数 b_1, b_2 および b_3 はすべて負の値をとるが、点線の全体システムの場合には、 $b_2 > 0$ となっている。これは重回帰分析に用いたデータ数が極端に少ない事が主な原因であり、データ数を増やせば解決できるものと思われる。しかしながら、簡易システムの場合でも、用いるデータにより偏相関係数 b_1 が正の値をとる場合が生じる。 b_1 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。また、今回の想定システムは、管路等の重要度を大きく2つに分類するが、実際の場合には管路など重要度が大きく異なり、単純に2つに分けることには無理があろう。この影響で $D3$ の係数が正となりやすくなっているものと思われる。しかしながら、図-1の2本の供給支障率曲線には大きな差異は認められず、簡易システムでもすべての管を含む全体システムを表現し得る事を示している。

図-2は機能支障予測モデルと管網解析結果を比較したものである。図中実線は前述の上水道簡易モデルを使用した予測モデルを用いた結果であり、点線は管網解析によるものである。なお、管網解析は、予測モデルで解析した各時刻での復旧ヶ所を入力して、すなわち、その時刻での被害ヶ所を用いて管網解析を行い、支障率を求めてプロットしたものである。簡易システムを用いた管網解析結果において、時刻 $t=0$ での支障率に若干の差異はあるものの、両者ともさほど大きな差は見受けられず、ほぼ同じ傾向を示す復旧曲線となっている。これは、管網解析のような複雑な解析を行なわなくてもかかわらず、本予測モデルの精度の良さを示すものといえよう。

4. あとがき

図-1, 2 からわかるように、本予測モデルの妥当性は検証できたものと思われるが、管網解析より得られた供給率をエキスパートに検討してもらった上で重回帰分析用データとすれば、より適合性の良いモデルが得られると思われる。これについての解析結果および検討は当日発表する予定である。

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、本研究は科研費（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

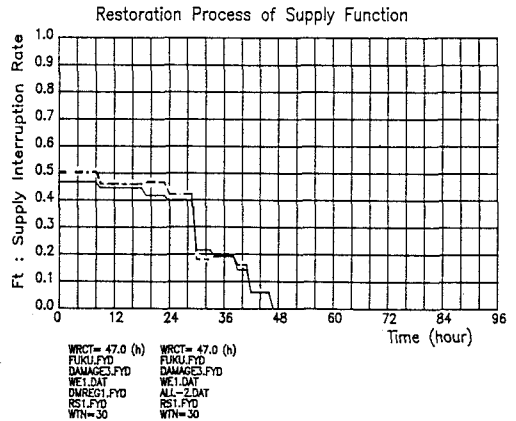


図-1 供給支障率曲線
(簡易システムおよび全体システム)

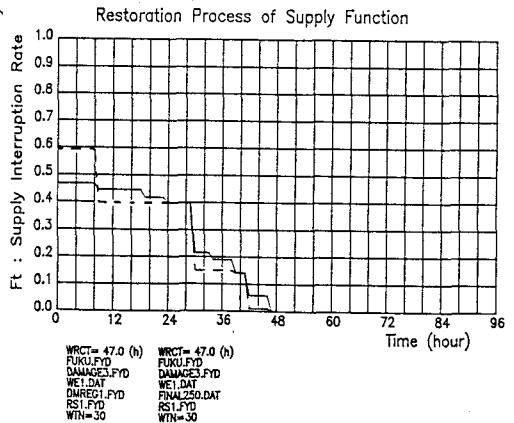


図-2 供給支障率曲線
(予測モデルおよび管網解析)