

上水道システムの実用的地震時機能支障予測モデル

武蔵工業大学 正員 星谷 勝
 攻玉社短期大学 正員 大野 春雄
 福山大学 正員 ○千葉 利晃

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く、実用性の点で問題がある。本研究は水道事業実務経験者（エキスパート）の経験的知識を利用して、実用的なライフラインの供給機能支障予測モデルを作成することを試みたものである。このモデルは、ライフラインをオーバーレイメッシュで表現するなど、先に報告したモデル¹⁾を修正し、より実用性の高いモデルとしている。複雑な管網の連結性解析のような数値解析を用いないので、面倒な計算過程を大幅に省略することができる。さらに、防災計画立案に必要な基礎情報が出力できるとともに、上水道管理に従事している人々にとって、被害復旧対策を立てるときの教育訓練用にも役立つものであることを目指している。

2. 予測モデルの概要

ここで提案する予測モデルは、地震による物理的被害の復旧過程を求める被害復旧モデル、および物理的被害から上水道の機能支障率を求める供給支障率モデルより構成されている。モデルのフローチャートと概略図を図-1、2にそれぞれ示す。上水道機能の予測の手順は、次のようになる。第一段階では、予測対象地域全体を500m×500mのメッシュで区切り、上水道網の供給経路（リンク）と供給分配施設（ノード）を、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（図-2）。また、それぞれのメッシュ内の初期被害件数(WID)を入力すると同時に、地震被害時の上水道供給機能(DF)と物理的被害指標(D1,D2,D3)との間の関係を明らかにしておく。この部分にエキスパートの経験的知識を導入しているが、詳細は後述する供給支障率モデルの項を参照されたい。第二段階では、供給支障率の予測を行う。それぞれのメッシュで、被害復旧モデルによって求めたリンクとノードの復旧件数(WVE)をもとにして、供給支障率(F_t)を供給支障率モデルより計算する。

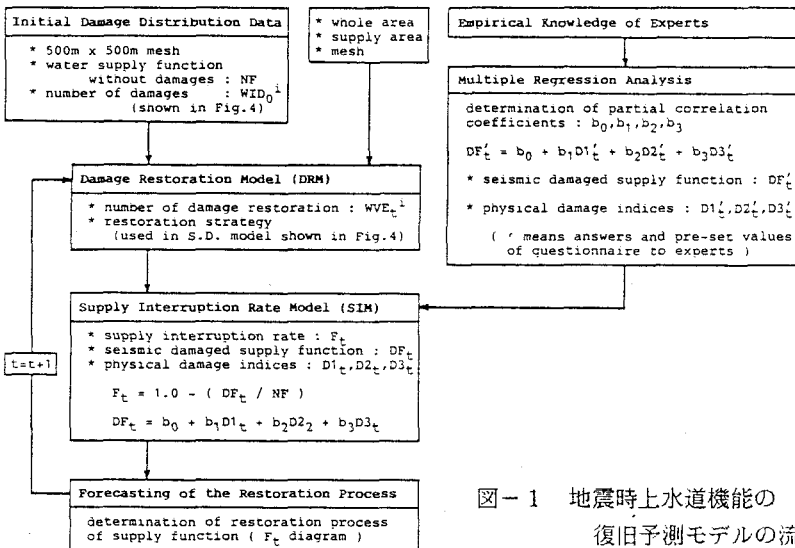


図-1 地震時上水道機能の復旧予測モデルの流れ図

被害復旧モデル (DRM)

DRMはライフライン施設の物理的被害件数が直接的復旧作業によって減少していく過程を求めるモデルであり、それぞれのメッシュに配置されている。また、復旧戦略も組み込まれているので復旧作業をするための指針として役立ち、復旧作業員の配分や構造復旧の過程を明らかにすることができるだけでなく、他のあらゆる復旧戦略にも応用することが可能である。なお、このDRMはシステム・ダイナミクス手法を使って組み立てられており、文献2)の構造復旧モデルからネットワークの連結性解析の部分を除いたものである。

供給支障率モデル (SIM)

SIMは地震による被害とその後の機能障害との間の因果関係を明らかにするためのモデルである。供給支障率 F_t は、時刻 t における上水道機能の供給支障の程度を表わし、次に示す式(1)より直接求められる。

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

全面的な水供給停止時を $F_t=1.0$ とし、平常時の水供給時を $F_t=0.0$ とする。ここで用いている平常時の水供給機能 NF および被害時の供給機能 DF_t は、給水量または水栓数などより求める。

被害時の上水道供給機能を表わす DF_t は、次式で与えられる。

$$DF_t = f(D1, D2, D3) = b_0 + b_1 \cdot D1_t + b_2 \cdot D2_t + b_3 \cdot D3_t \quad (2)$$

ここで、 $D1, D2, D3$ はそれぞれ物理的被害率、物理的被害分散度および重要施設の被害率を表わす。

まず水道事業実務者(エキスパート)に被害状況を与えたシステムを示し、どの程度の機能的支障を来すかを経験的判断に基づいて推定してもらおう。これらのデータを用いて重回帰分析を行ない、物理的被害と機能支障の関係、すなわち式(2)の偏相関係数 b_0, b_1, b_2, b_3 を求めておけば、式(2)より直ちに DF_t が求まる。したがって、本モデルはネットワークの連結性や管網解析などの数値解析を避けたいきわめて簡潔なモデルとなっている。

3. あとがき

本研究は、アンケートにより実務者に物理的被害と供給支障の関係を推定してもらい、そこから得られる経験則と供給ネットワークの特性要因の情報を用いて、上水道機能の実用的予測モデルを構築したものである。この予測モデルはモデルそのものの簡潔さと、実務者の経験的判断を取り入れることにより、妥当性のある結論を得られるのみならず、計算時間の大幅な短縮が可能であるなどの利点がある。なお、本研究は文部省科学研究補助金(重点領域研究1)により行なったものである。

【参考文献】 1) 大野、星谷、千葉 「地震時上水道機能の実用的予測モデルの検討」 第43回年次学術講演会、第1部、1988年10月、PP.788-789 2) 星谷、大野 「震災時ライフラインの相互影響を考慮した復旧過程の機能評価法」 土木学会論文集、第386号/1-8、1987年10月、PP.387-396

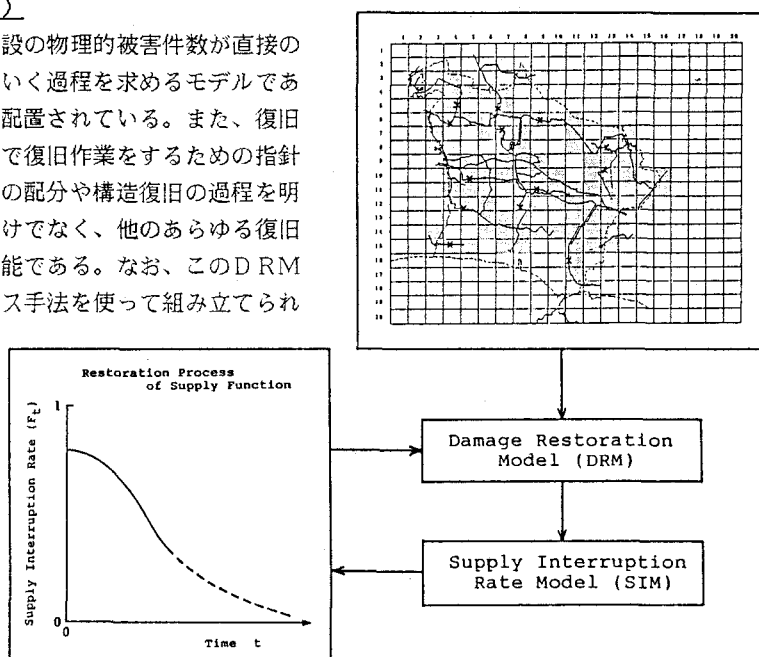


図-2 予測モデルの概略図