

地中埋設管の脆弱性を考慮した地震時ライフライン機能の簡易評価モデル

岐阜大学大学院 学生員 ○鈴木 康夫

岐 阜 大 学 正会員 能島 暢呂 杉戸 真太

岐 阜 大 学 小林 希彰 佐藤 寛泰

1. はじめに

筆者ら¹⁾は、兵庫県南部地震の被災事例に基づいて、着目地点の震度情報をパラメータとする地震時供給系ライフラインの被害・復旧を簡易的に予測するモデルを構築した。水道・都市ガス埋設管の物理的被害は、被害・復旧に多大な影響を及ぼすことから、埋設管の脆弱性を考慮することが重要となる。本研究は、上述の予測モデルに管種・管径を考慮した補正を加えることにより、被害・復旧の予測精度の向上を図るものである。

2. 供給系ライフラインの二段階評価モデル¹⁾

本研究で改良の対象とするのは、兵庫県南部地震の震度分布とライフライン機能停止状況から構築した予測モデルである。震度 I より (i) 機能停止の確率 $p(I)$ と (ii) 機能停止という条件下での機能停止期間の非超過確率 $F(t|I)$ を二段階で評価するモデルとなっている。

この二段階評価モデルを組み合わせることにより、震度 I の地点における供給率曲線が得られる。震度 I で地震後経過期間 t における供給率曲線 $D(t|I)$ は次式によって示される。

$$D(t|I) = 1 - p(I) + p(I) \cdot F(t|I) \quad (1)$$

図1は、震度 I における機能停止期間の分布を計測震度4.5から7.0まで0.5刻みで示したものである。各システムとも、計測震度が大きくなると地震直後の機能停止確率が高くなり、また停止期間も長期化する傾向を示す。

上記の評価モデルは特定地点における確率予測を行うものであるが、想定地震による地域全体の供給率曲線を得るには、震度分布と人口分布をオーバーレイすることにより求められる震度曝露人口²⁾を供給地域内で算出し、式(1)の震度ごとの供給率曲線 $D(t|I)$ に重み付けして集計すればよい。

3. 埋設管の脆弱性を考慮した二段階評価モデルの改良

上述の二段階評価モデルは、兵庫県南部地震の被災事例に基づいたものである。従って、モデル構築の基礎データとした兵庫県南部地震の埋設管の脆弱性と、対象地域の埋設管の脆弱性の違いを考慮して予測値を修正する必要がある。

3.1 埋設管の脆弱性を表す脆弱性指数 α の定義

まず埋設管の脆弱性を表す脆弱性指数 α を定義する。

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \alpha_{d_i} \cdot \alpha_{p_j} \cdot L_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_{ij}} \quad (2)$$

α_{d_i} : 管径係数, α_{p_j} : 管種係数,

L_{ij} : 管種・管径別の埋設距離

管種係数 α_{p_j} と管径係数 α_{d_i} は、配水管の地震被害予測において用いられる補正係数であり、兵庫県南部地震の被災事例により表1のようなものが用いられている。³⁾

管種・管径別の埋設距離 L_{ij} については、各事業者へのアンケートとヒアリングにより調査を行った。震災時と現在の水道埋設管の脆弱性指数を図2に示す。震災時の脆弱性指数 α^* は0.446となった。被害想定の対象とするシステムについても脆弱性指数 $\hat{\alpha}$ を求め、それらの比率 $\gamma = \hat{\alpha}/\alpha^*$ をモデル改良に用いる。例えば、東海地方Y市の水道埋設管の脆弱性指数 $\hat{\alpha}$ は1.007であり、比率は $\gamma = \hat{\alpha}/\alpha^* = 2.26$ となる。

3.2 脆弱性の違いを考慮した等価震度 I_{eq}

等価震度 I_{eq} を、「脆弱性の違いを考慮して、図1の予測モデルに当てはめる上での震度」と定義する。等価震度算出の概念を図3に示す。脆弱性指数の比率 γ を埋設管標準被害率に乗じて、震度 I_0 を等価震度 I_{eq} に変換する。

標準被害率 R_f の地震動強度指標は、一般的に最大加速度・最大速度・SI値が用いられているので、震度に変換して用いる。標準被害率 R_f は式(3)の形で、震度 I_0 と地震動強度指標との関係は式(4)の形で示される。

$$R_f = c(X - g)^d \quad (3)$$

$$I_0 = a \log_{10} X + b \quad (4)$$

X : 地震動強度指標, a, b, c, d, g : 係数

これより、震度を地震動強度指標とした標準被害率 R_f は次式ようになる。

$$R_f = c \cdot \left\{ 10^{\left(\frac{I_0 - b}{a} \right)} - g \right\}^d \quad (5)$$

式(5)の標準被害率 R_f に、脆弱性指数の比率 γ を乗

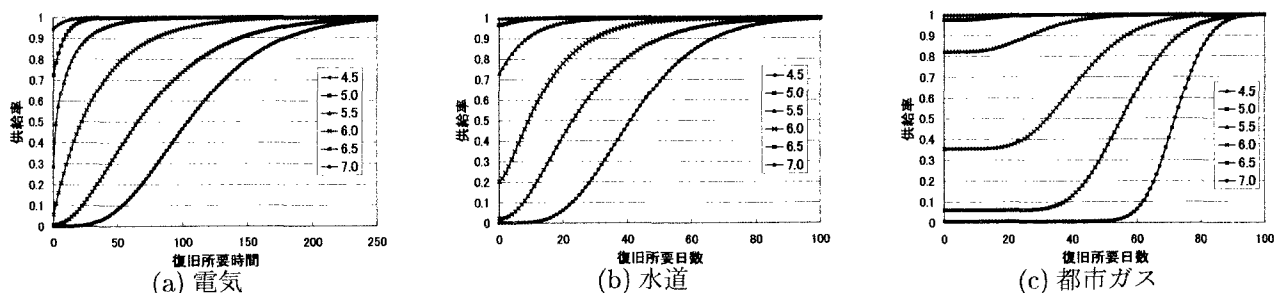


図1 震度 I におけるライフライン機能の供給率曲線

