

震災復旧時における上水供給系の時変信頼性の解析

京都大学工学部 正員 山田 善一 京都大学工学部 正員 野田 茂
 大阪府 正員 〇小笠原 洋一

1. まえがき サンフェルナンド地震以降、ライフラインの耐震性が議論され、多くの研究が行なわれている。一方、地震発生後の復旧に関する研究およびライフラインの機能性をも考慮した研究の重要性も指摘されている。本研究の目的は、反復分割法による震災復旧時における機能性をも考慮した各ノードのサービスアビリティの評価である。また、各ノードの地震直後の取り出し水量・エネルギー位等の再現を行なった。

2. 研究の概要 Fig.1に本研究のフローチャートを示す。ここでは各リンクを数個の要素から構成されるとした。マルコフ過程の導入によって、復旧時における被害状態ベクトルを求め、その状態で流量解析を行なう。そこで以下のように、連結性と機能性を表わす指標、 $DR(t), FC(t) (0 < DR < 1, 0 < FC < 1)$ を導入した。なお、被害ネットワークの構造はシミュレーションによった。

$$\left. \begin{aligned}
 \gamma = 0 : DR = 1, \quad 1 \leq \gamma < N_m/6 : DR = 0.9, \quad N_m/6 \leq \gamma < N_m/4 : DR = 0.7 \\
 N_m/4 \leq \gamma < N_m/2 : DR = 0.5, \quad N_m/2 \leq \gamma \leq N_m : DR = 0.0
 \end{aligned} \right\} (1)$$

$$FC = \frac{Pr(mQ_i \leq mQ \leq mQ_c)}{Pr(mQ \leq mQ_{nor})} \quad \left. \right\} (2)$$

ここで、 N_m はリンク m の要素数、 γ はリンク m の破損箇所数、 mQ_{nor} はリンク m の平常時の流量、 $mQ_i \leq mQ_{nor} \times (0.25 + 0.75(i-1))$ である。ただし、各復旧時刻 t において流量解析により $mQ_i \leq mQ(t) < mQ_{nor}$ となる i を決定しておく。本研究では上記のように DR と FC を導入することにより、各リンクのサービスアビリティを次のように定義した。

$$mP(t) = mP(0) \times DR(t) \times FC(t) \quad \left. \right\} (3)$$

ただし $mP(0)$ は平常時におけるリンク m の信頼性である。この各リンクのサービスアビリティを用いて、ネットワーク全体が完全に復旧するまで反復分割法によりサービスアビリティの変化を追跡した。

3. 数値計算例および考察 Fig.2に数値計算で用いた仙台市の上水道網のモデル図を示す。Fig.3にシステムの完全復旧時間8日の場合の地震発生直後($t=0$)、2日後($t=2$)、6日後($t=6$)の復旧状況を示す。次にFig.4には、各ノードの連結性のみ考慮した場合と機能性をも考慮した場合のサービスアビリティを示す。横軸は地震発生時刻(0)と復旧時刻を表わす。図から地震発生直後の各ノードのサービスアビリティは、2つのサービス基準によつてかなりの相違を呈している。ノード24では8日目に初めて両者のサービスアビリティ

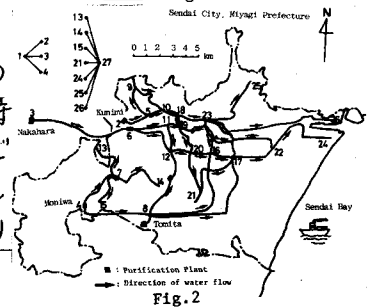
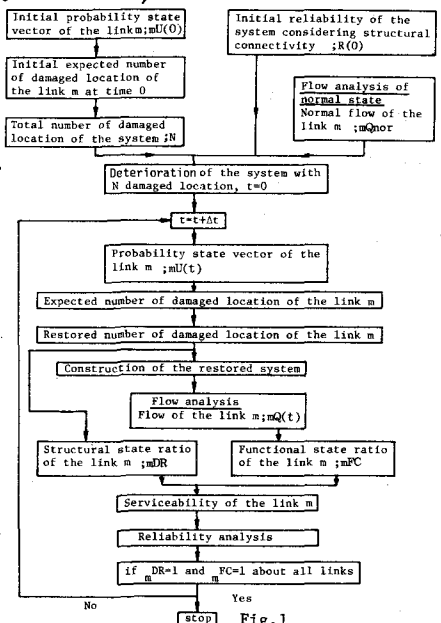


Fig.2

ティが一致して
いる。これは、

リンク36の破壊
が完全復旧時刻
まで修復されな
かったためと考えられる。また、そのノードが直結する上流側リンクの破壊が無くなれば両者はほぼ一致すること、連結性能が高まって機能性能は上らない場合もあること

がわかる。Fig.5は各ノードのエネルギー位 E_i ・取り出し水量 P_i の平常時に対する比である。図から多くのノードで地震発生直後において、 $P_i \cdot E_i$ とも平常時を下まわっている様相を示す。ノード16, 20, 23では直結した上流側リンクに破壊は生じていないが、遠方の上流側リンクの破壊によって影響を受けている。ノード22では6日後において平常時より取り出し水量の増大傾向がみられる。この原因は、リンク36がまだ完全に復旧しておらず、その疎通能力を超過した水量分が、ノード22から取り出せたと考えられる。またノード9, 24は、6日後でもリンク8, 36の破壊のため P_i は少ない。次にFig.6では、縦軸・横軸はそれぞれ連結性のみと機能性をも考えたサービスアビリティを、平常時の連結確率で除した値である。図からノード9, 21, 22, 24, 26では連結性の方が卓越していることがよくわかる。上記特徴から、システム・パフォーマンスの導入は重要である。

4. 結論 連結性のみ注目した節点のサービスアビリティが高まっても、機能性をも考慮したそれが増加しない場合がある。これは、各復旧時の状態のマクロな流量バランスのためであると推察される。また一般に震災復旧時において、各節点エネルギー位・取り出し水量等は減少する。主にその節点に直接流入する管路の破壊に原因があるが、場合によっては距離的に遠い破壊箇所が影響を与えていることもある。上水道網における流量バランスと節点から流出する管路の破壊などの原因により、平常時よりも取り出し水量の増す節点があった。

Reference 1) Noda, S., Yamada, Y., Iemura, H. and Ogasawara, Y.: A Decomposition Method for Life-line Risk Analysis, A Paper submitted to TCLEE Specialty Conference II Current State-of-the-Art of Lifeline Earthquake Engineering in Oakland, California, August 1981.

