

ライフラインネットワークの機能被害評価について

舞鶴工業高等専門学校 正員 ○高 谷 富 也
(株) タイ ト 宮 哲 也

1. まえがき

ライフラインネットワークの地震時における機能被害を評価することは、地震防災対策および復旧戦略を立てる上で重要な課題であると考えられる。近年、ネットワーク・システムの規模の変化による被害率と供給率の関係や、フラクタル次元および固有値解析によるネットワークの特性や機能の評価などの研究がなされてきている^{1), 2), 3)}。本研究は、リンクとノードからなるネットワークの供給点から各ノードへの連結性評価法⁴⁾を用いて、方向性を有するネットワークの被害率と供給率の関係を求め、ライフラインネットワークの特性や機能被害評価に関する1つの指標を提案するものである。

2. 機能被害評価について

本研究では、ネットワークの物理的な被害程度を表わす「被害率」と、ネットワーク全体の機能の達成の程度を表わす「供給率」という2つのパラメーターに着目して、ネットワークの連結性評価法により機能被害の評価を行う。本研究におけるネットワークの機能被害評価に関する基本的な仮定、「被害率」および「供給率」の定義を以下に示す。

- ①図-1に示すように、ネットワークはリンクとノードから構成されており、ノード間を結ぶリンクは方向性を有する。また、システムの破壊はリンクまたはノードの破壊により生じるものとする。
- ②破壊の発生確率は、ネットワーク中のどのリンクおよびどのノードに対しても等しく、破壊の発生は互いに独立である。
- ③被害率は、全リンクまたは全ノードに対する破壊したリンクまたはノードの数とし、リンクおよびノードの何%が破壊するかをあらかじめ与える。
- ④供給率は、全ノードへの総供給量に対する供給点から連結しているノードの供給量の和とし、次式のように定義する。なお、供給量は各ノードごとに設定することができる。

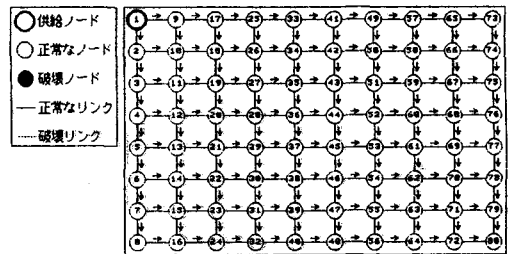


図-1 ネットワークモデル (Type-1)

$$\text{供給率} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij} S_{ij}}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{ij}} \times 100 = \frac{\text{供給点と連結しているノードの供給量の和}}{\text{総供給量}} \times 100 (\%) \quad \dots\dots(1)$$

ここに、 S_{ij} は1番目の供給点からj番目ノードへの供給量、 c_{ij} はi番目の供給点からj番目のノードに連結している場合には1、連結していない場合は0となる供給点とノードとの連結を表わす係数である。また、MおよびNはそれぞれ供給点の数およびノード数である。

3. 機能被害評価の適用例

ネットワークの機能被害評価の適用例として、図-1に示すネットワークにおいて、リンクの方向を変えたものを図-1に示すタイプ以外に3タイプを、また供給点を変えたものを1タイプ設定し、それぞれのタイプにおいて、被害率に相当するリンクおよびノード数の破壊に対して、ネットワークの連結性評価を行い、リンクの方向や供給点位置の違いによる被害率と供給率の関係を求める。また、実際におけるネットワークへの適用として、舞鶴市西地区における上水道配水管網を取り上げ、そのネットワークのノードにおける供給量を考慮した機能被害評価を行う。

Tomiya TAKATANI, Tetsuya Miya

1) 方向性を有するネットワークの機能被害評価

図-2は、図-1に示すネットワークモデルにおいてリンクの方向を変えた4つのタイプを示したものである。図-1に示すタイプを合わせたこれら5つのタイプに対して、供給点から各ノードへの供給量はすべて同じものとしてリンク破壊による機能被害評価を行った結果を示したものが図-3である。

なお、各タイプにおいて被害率ごとに1000回の連結性評価シミュレーション結果から得られる供給率の平均値を被害率に対して図示してある。この図より、Type-4は供給点と各ノードとの距離がType-1~3に比べて長くなるため供給率が小さくなっている。

また、Type-5は放射状に供給点から各ノードへ連結しているため、他のタイプの供給率に比べて大きな供給率を示している。

2) 舞鶴市上水道の機能被害評価

図-4は、舞鶴市の西地区（1日供給量14,170m³）における上水道ネットワークを図示したもので、ノード番号3が上福井浄水場、ノード番号46番が東地区への供給点となる環配水地（1日供給量18,042m³）である。この水道ネットワークに対してリンク破壊による機能被害評価を行ったものを図-5に示す。同図において、Type-1は各ノードへの供給量を同じとした場合、Type-2は各ノードへの供給量をそのノードで使用する1日供給量とした場合、Type-3は東地区への供給点となる46番ノードへの供給量を0とした場合のものである。この図より、Type-2は46番ノードへの供給量が総供給量の56%も占めており、さらに供給点からの距離が短い（連結リンク数が少ない）ため、他のタイプに比べて大きな供給率となっている。

4. あとがき

本研究は、方向性を有するネットワークの

被害率と供給率の関係をネットワークモデルおよび実際の水道ネットワークに対して求めた。今後、機能被害評価のパラメーターとして、長さ、埋設地盤などリンクに関する諸条件を考慮する必要がある。

参考文献 1)川上：土木学会論文集、No.344/I-1、1984。 2)猪股 他：土木学会第45回年次講演会概要集I、I-204、1990。 3)飛田 他：第8回日本地震工学シンポジウム論文集、357、1990。 4)Even Shimon :Graph Algorithms, pp.56-68, 1979。

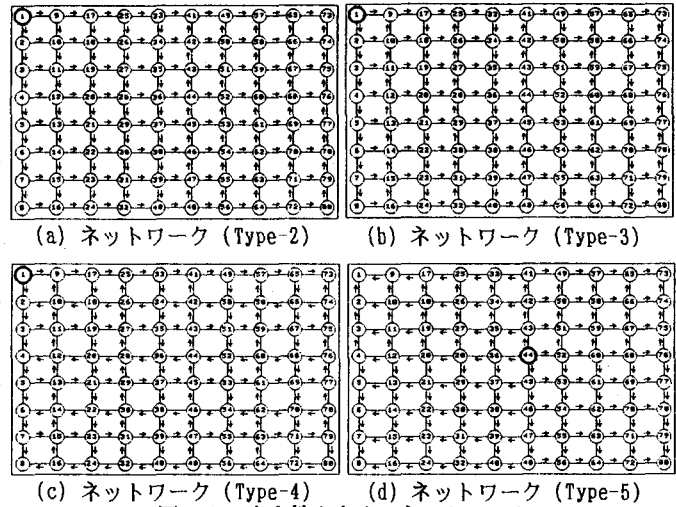


図-2 方向性を有するネットワーク

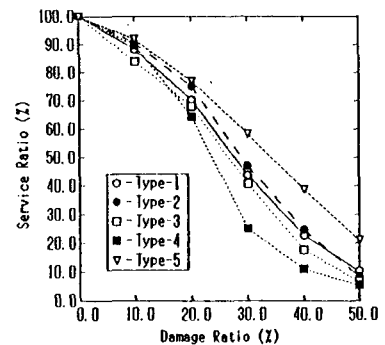


図-3 被害評価結果（リンク破壊）

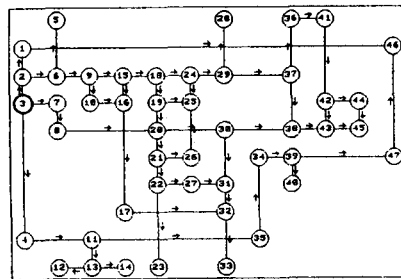


図-4 舞鶴市水道ネットワーク（西地区）

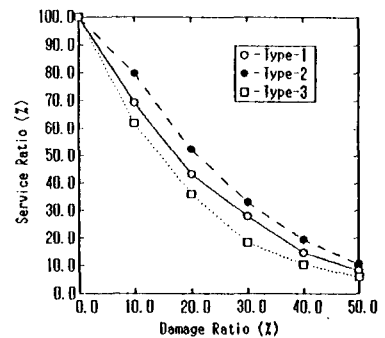


図-5 被害評価結果（リンク破壊）