

I-536

サブシステム法によるライフラインネットワークの地震時信頼性解析

通産省 江藤 祐昭

宮崎大学工学部 原田 隆典

宮崎大学大学院 大谷 圭介

1. まえがき 何万という節点を有するライフラインネットワークの地震時連結性を効率よく計算するために、サブシステム法と縦形探索法またはダイクストラ法を組み合わせた方法について検討したのでその概要を報告する。この概要は文献(1)に基づいている。

2. 方法の概要 本方法の基本的な考え方は、たいていのライフラインシステムは、階層構造を有していることに基づいている(Shinozuka & Kameda(2))。例えば水道システムでは高圧、中圧、低圧供給管路によってシステムが階層的に構成されている。したがって、これらの階層構造によってシステムをいくつかのサブシステムに分割して、各々のサブシステムについて各節点間の連結性を計算し、確率理論に基づいて、各サブシステムの連結性を総合化することによって全体システムの地震時連結性が計算できることになる。例えば図1に示すように2つの供給基地から、節点624または節点650までの連結性を評価し、次にサブシステムに対して節点624または節点650と節点12までの連結性を計算する。確率理論によると、例えば節点12が2つの供給基地のうち少なくとも1つの供給基地と連結する確率は、次式で計算できることになる。

$$P(12) = P(12 | 624) \cdot P(624) + P(12 | 650) \cdot P(650) - P(12 | 624 \cap 650) \cdot P(624 \cap 650) \quad (1)$$

式(1)はまた次のようにも書き換えられる。

$$P(12) = \sum_{i=1}^3 P(12 | E_i) P(E_i) \quad (2)$$

ここに

$$E_1 = 624 \cap \overline{(624 \cap 650)} \quad (3)$$

$$E_2 = 650 \cap \overline{(624 \cap 650)} \quad (4)$$

$$E_3 = 624 \cap 650 \quad (5)$$

各サブシステムの連結性の計算には色々な手法が工案されているが、本研究では計算効率がよいと思われる縦形探索法、またはダイクストラ法とモンテカルロ法を組み合わせ、地震時のサブシステムの連結性を計算するものとした。数値計算例としては、図1に示すような節点数653のメインネットワークの節点624と節点650に連結する節点数25のサブネットワークを用いた。各リンクの信頼性を地盤条件、管種条件等によって与えて縦形探索法と100回のモンテカルロ法によって各節点間の連結性を計算した(1)。その結果

$$P(624) = 0.84, \quad P(12 | 624) = 0.89$$

$$P(650) = 0.82, \quad P(12 | 650) = 0.88$$

$$P(624 \cap 650) = 0.82, \quad P(12 | 624 \cap 650)$$

従って、式(1)より節点12が少なくとも1つの供給基地に連結する確率は、

$$P(12) = 0.89 \times 0.84 + 0.88 \times 0.82 - 0.85 \times 0.82 = 0.7722$$

と計算される。

3. あとがき。 本方法は連結性に関して厳密解を与えるものであるが、計算スピードでは直接的に計算する方法よりも速い。上記の例では、約0.8 MIPSのパーソナルコンピュータで約10分のCPU時間であった。大規模ネットワークの連結性評価に関する研究では、数万節点に対して計算できる方法を提案した佐藤らの研究(3)があるが、今後はこれらの方法との比較や本方法がどのくらいの規模のネットワークまで適用できるか等について検討してみたい。なお、縦形探索法のプログラムに関しては、奥村俊彦氏(清水建設、大崎研究所)の作成したものを使用している。

- (1) 江藤、確率特性を有するシステムの信頼性解析に関する基礎的研究、宮崎大学修士論文、土木工学
- (2) Shinozuka, M. And Kaneda, h, *Reliability and Risk Assessment of lifeline Systems*、都市耐震センター研究報告、第3号、pp.37～49、京大防災研、都市施設耐震システム研究センター1989
- (3) Sato, T., Toki, K. and Hamada, H. *A Method for Analysing Seismic Reliability of Realistic Large Lifeline Networks*, *Proc. of the 8th Japan Earthquake Eng.s Ymposium*, pp.2115～2120, 1990

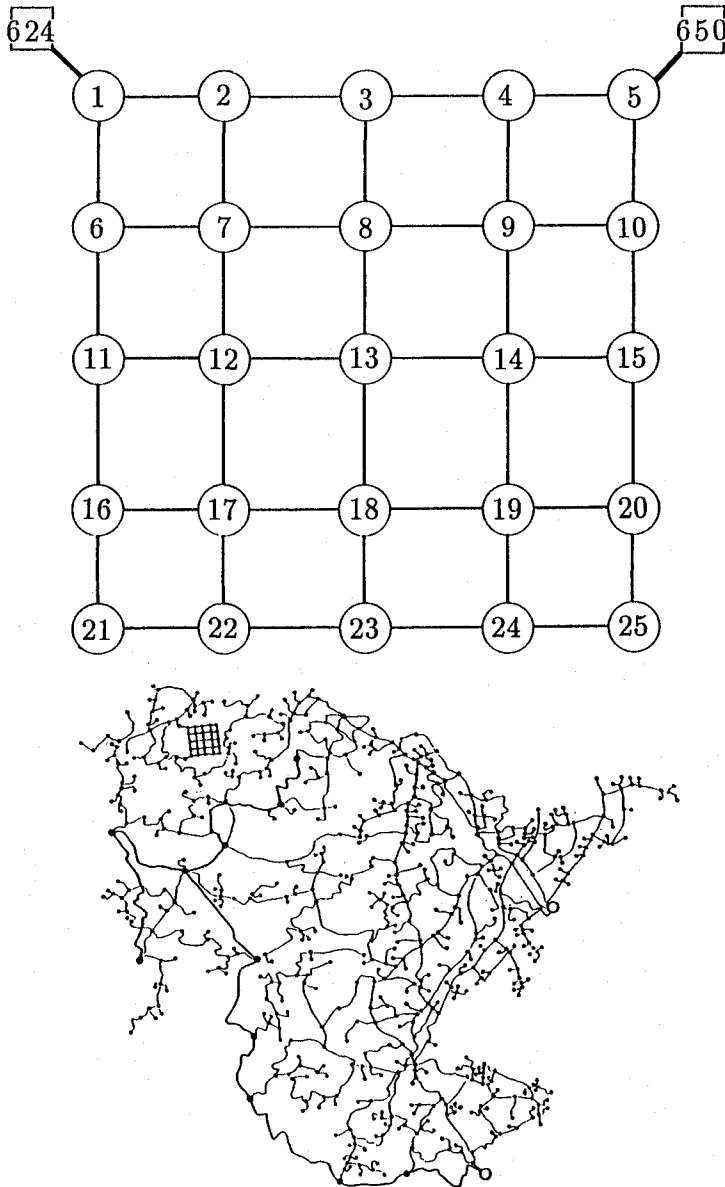


図1 サブネットワークのモデル