

I-508 ライフラインシステムの地震時信頼度に基づいたリンク重要度判別法

東京電力工務部	正会員	福島 啓 介
○鹿島建設技術研究所	正会員	須田 久美子
鹿島建設土木設計本部	正会員	砂坂 善 雄
鹿島建設土木設計本部	正会員	草野 直 幹

1. はじめに

ライフラインシステムの地震時信頼度を評価する実用的な方法がいくつか提案されており¹⁾²⁾、対象とするネットワークの特性や被災時の機能評価をより現実的に取扱うことが可能になっている。これらの手法では、実際のライフラインシステムをノードとリンクで構成されているネットワークにモデル化して、供給ノードと需要ノードの間に連結性や供給性などの機能が満足される確率を各需要ノードの信頼度として求める。地中送電線路などの敷設替えや新設の計画立案に当っては、システム全体や特定の需要ノードの信頼度を効率良く高めることができる重要度の高いリンクを抽出することが必要である。ここでは、重要度の高いリンクを判別するための指標としてリンク重要度判別指数 P_c を提案し、モンテカルロシミュレーション法を用いた連結信頼度評価手法によってその適用例を示した。

2. リンク重要度判別指数

リンク重要度判別指数 P_{cij} を“任意のリンク j が破壊したときに、任意の需要ノード i が供給ノードとの間に要求されている機能を満足しない確率”と定義した。後述の適用例では任意の需要ノードが少なくともどれか一つの供給ノードと連結している確率を連結信頼度とし、これに基づいた P_{cij} をモンテカルロシミュレーション法により次式で評価した。

$$P_{cij} = P[\text{ノード } i \text{ が非連結} \mid \text{リンク } j \text{ が破壊}] = \frac{n_{ij}}{n_j}$$

n_{ij} ; リンク j が破壊したときに需要ノード i が供給ノードと連結していなかった回数

n_j ; リンク j が破壊した回数

ここで、 P_{cij} と連結信頼度 R_i は、ある注目するリンク j が破壊してもしなくても、着目したノード i の連結・非連結に全く関係がない場合には P_{cij} は $1 - R_i$ と等しい関係にあり、 $1 - R_i$ よりも P_{cij} が大きな場合にリンク j はノード i にとって重要なリンクとして判別される。

3. 解析結果

図-1に示すモデルネットワークについてある大地震を想定したときの各需要ノードの連結信頼度 R を求めると表-1のようになった。19、20、18、2、21のノードの R がその他のノードと比較して相対的に低くなっている。ノード19に対するリンク28や、ノード2に対するリンク1のような場合はそれぞれのリンクがそれぞれのノードに重要であることは明らかであるが、複数のルートがある場合は図-1から重要なリンクを経験的に判別するのは容易でない。

そこで、前述の P_c を用いてこれらの需要ノードにとって重要なリンクを判別することを考える。破壊確率が10%以上のリンクにおける P_c と R の関係を例えば R が60%未満の需要ノードについて示すと図-2のように全41リンク中8リンクが重要なリンクとして抽出された。これらのリンクを詳しくみると、リンク25の P_c はノード18に着目したときに $P_c = 1 - R$ からの隔たりが大きいのでノード18対しては重要度が高いと考えられるが、他のノードに対してはあまり重要でない。一方、リンク31の P_c は $P_c = 1 - R$ からの隔たりはリンク25の場合ほど大きくないが、19、20、21のノードにおいて重要であると判別されており、システム全体に対する影響度が大きいと考えられる。このようにして、ここで導入した P_c を用いることにより、

ネットワークの特性を考慮して重要なリンクを抽出できることが明らかになった。

4. あとがき

P_c ではどのリンクが重要であるかを判別することと特定の需要ノードについてリンクの重要度を定量的に評価することができたが、今後は、システム全体にとって重要なリンクを定量的に評価する指標を導入するとともに、抽出されたリンクの破壊確率をどの程度に小さくすればよいかを検討したい。

参考文献

- 1) 磯山・片山：大規模水道システムの地震時信頼度評価法，土木学会論文報告集，第 321号，1982年 5月
- 2) 山田・野田：地震時のライフライン系の信頼度と供給機能の解析 その1 連結信頼度からみたシステム
の特性，日本建築学会論文報告集，第 342号，1984年 8月

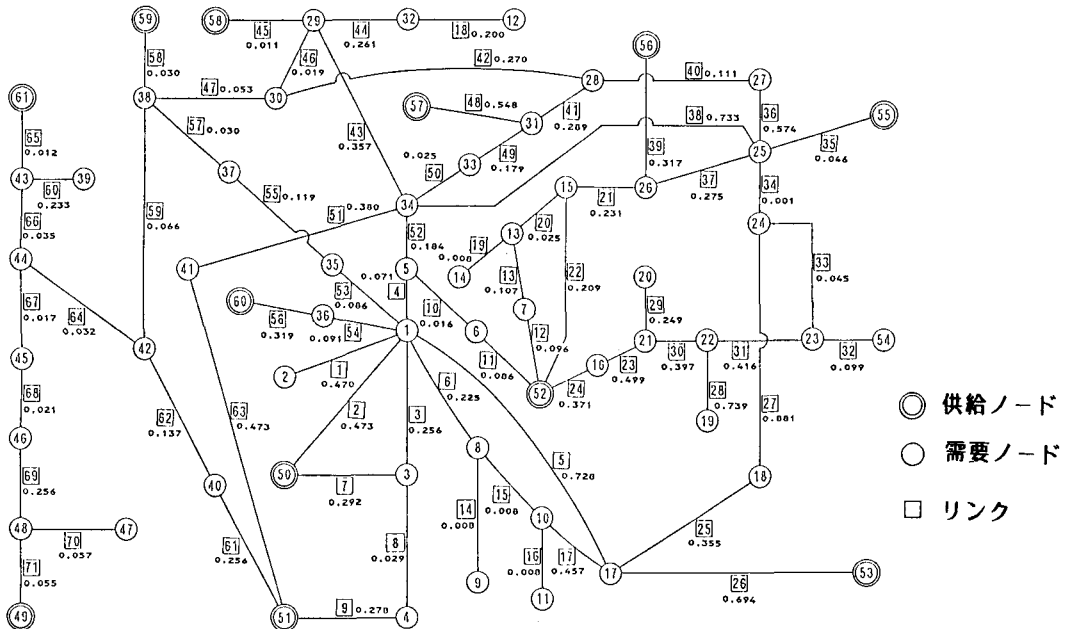


図-1 ネットワークモデルとリンクの破壊確率

表-1 需要ノードの連結信頼度

ノード番号	連結信頼度(%)	ノード番号	連結信頼度(%)
2	53.4	22	65.4
3	97.8	26	97.0
4	96.8	27	86.4
8	85.2	28	92.2
9	84.4	31	93.2
10	85.0	32	75.2
11	85.0	33	97.4
12	60.0	36	96.0
14	97.6	39	75.0
16	70.6	40	96.6
17	75.0	41	84.4
18	50.8	47	93.6
19	15.2	その他の需要ノードは98%以上	
20	45.6		
21	54.4		

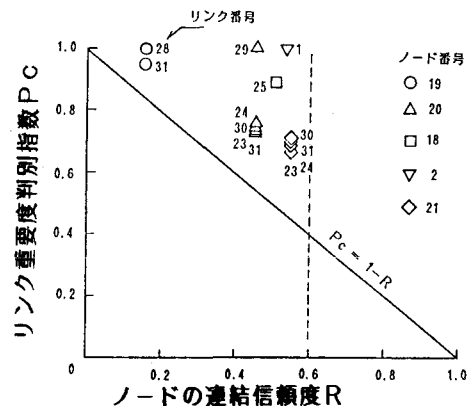


図-2 リンク重要度判別指数と
ノードの連結信頼度の関係