

I-511

ライフラインネットワークのフラクタル次元による地震被害評価

東 北 大 学 工 学 部 学 生 員 ○猪 股 亮 裕
同 上 正 員 佐 武 正 雄
同 上 正 員 中 川 昌 美

1. はじめに

ライフラインシステムのネットワークとしての震害については種々の解析がなされている。しかしその対象となるのは幹線部分(例えばガス管路網で言うと中圧ライン)であることが多く、末端部では構造が複雑すぎるために有効な解析法がまだ確立されていないのが実情である¹⁾。

そこで、本研究ではガス低圧管路網をガス管という一次元的な構造物により、二次的の広がりのある供給領域を覆うネットワークシステムであるとし、単純なツリーモデル及びループを含んだツリーモデルに対して、フラクタル次元²⁾による被害評価を試みた結果を報告する。

2. 対象とするネットワーク

モデルには図1(a)・(b)のようなツリー構造を基本としたネットワークを採用した。現実のガス低圧管路網は、ループによる供給経路の複数化でわずかな箇所の「管路切断」(物理的被害)が大規模の「供給能力低下」(機能的被害)を起こさないようにしている。しかしそれが、解析を複雑にし、さらに一箇所の物理的被害がもたらす機能的被害を不明確にしている原因でもある。図1(a)のようなツリー構造を持つモデルでは供給経路が限定されており「接続」が「供給可能」を表し、物理的被害が生じると被害箇所より末端部に近い地区に機能的被害が生じる、というように各々の関係が一意に定まる。図1(b)では四つの供給領域にループ構造を設けより現実に近い配管網を示すが、各供給領域において物理的及び機能的被害の間の関係は上述のモデルのように一意的ではない。

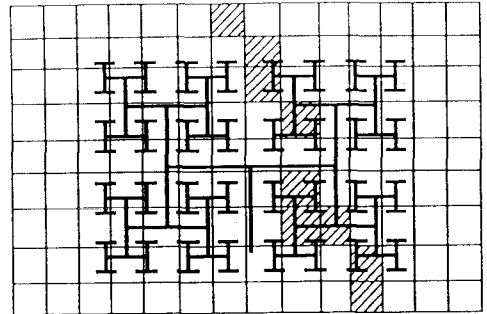
供給能力を表す具体的な指標は、同規模の受給者が管路網上に等分布している(住宅団地を想定)と仮定した上で、供給軒数をもとに計算することとした。

3. 解析方法

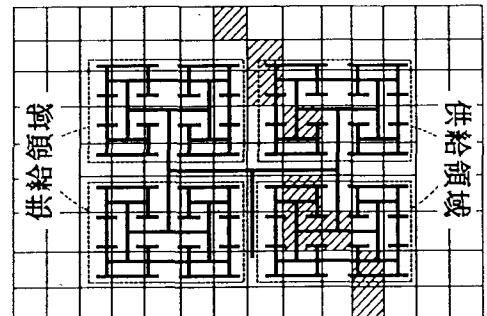
この解析での物理的被害の与え方は次の通りである：

- (a)管路網の敷設されている領域を矩形にとり、一辺100mの正方形メッシュに分割する。
- (b)各メッシュ毎に地盤等の性質を基に危険度を定める。ここでは図1(a)の斜線の部分が被害が起きやすい地盤であると仮定し、この部分だけに物理的被害を生じるとした。
- (c)この危険度の高いメッシュに含まれる管路網のノードを図示すれば、図2のようになる。多くの震害の報告から結節部(ノード)に被害が発生しやすいと考えられるので、この15個のノードに対して1件から5件までの被害を任意に与える。ここでは30通りの被害分布の場合についてフラクタル次元の解析を行った。(ただし供給不能になった地区内で生じた被害は無視する。)

こうして決定された被災後の管路網に対して、別々に



(a) ツリーモデル



(b) ループを含んだツリーモデル

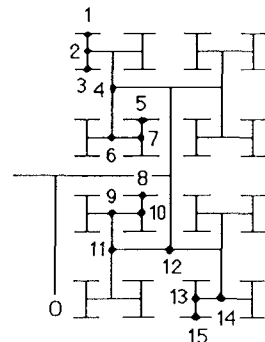
図1 解析に使用したネットワーク
(メッシュ：100m ビッチ)

図2 危険度の高いノードのラベル番号

供給能力とフラクタル次元を求めた。

供給能力は被災前の供給可能軒数に対する被災後の軒数の比率：

$$\left\{ 1 - \frac{(\text{被害で供給不能となった軒数})}{(\text{被災前の供給軒数})} \right\} \times 100 (\%)$$

で表した。

図1(a)の配管網においては物理的被害を受けたノードより末端部に近い管は供給能力を失うと考え、被災前の配管網図からその部分を消去し、被災後の配管網を得た。さらに図1(b)の配管網については物理的被害箇所の発生により、供給不能となった領域に含まれる管路を消去することで被災後の配管網図を得た。このようにして得られた被災後の配管網のフラクタル次元は粗視化の度合を変える手法で求められた。（本解析では、度合を126通りに変化させている。）

4. 計算結果

計算結果を、供給能力とフラクタル次元、供給能力と物理的被害件数の関係でそれぞれグラフ化したのが図3(a)・(b)と図4(a)・(b)である。一見して相関がわかる図3に対し、図4では明確な関係が見い出せない。したがって、これまでの物理的被害の件数をもとにした被害程度の評価法が必ずしも管路網の機能的被害を反映していないことが明らかになると同時に、フラクタル次元がループ構造を備えた配管網についても機能的被害と対応する可能性を示す一例になる、と考えられる。

5. おわりに

非常に理想化された上ではあるものの、これまで漠然と「被害」と呼ばれていたものを物理的側面と機能的側面に分けて検討したこと、そしてフラクタル次元が機能的被害と強い相関を持つことを明らかにできた。今後、各メッシュの危険度を高める要因についての情報量を増やすこと、受給者が不均等分布している場合への応用などが課題だと考えている。

《参考文献》

- 1) 佐武・中川：フラクタルを用いた埋設管網の被害評価，第7回日本自然災害学術講演会要旨集，1988年10月
- 2) 高安秀樹：フラクタル，朝倉書店，1987年2月

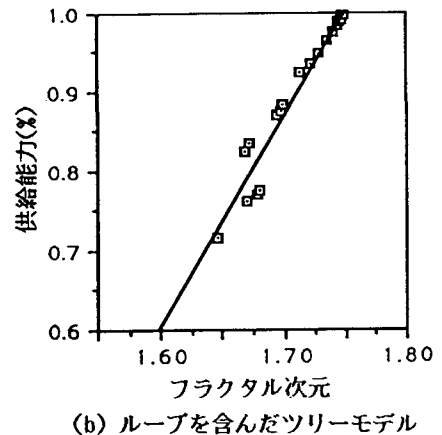
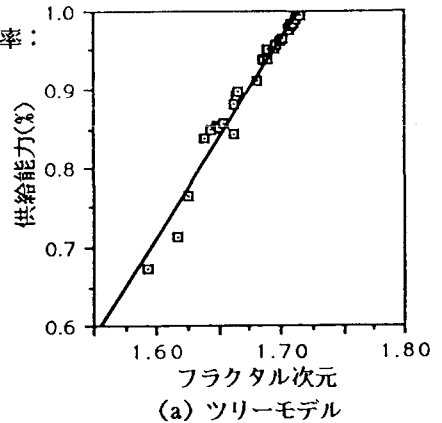


図3 フラクタル次元－供給能力の関係

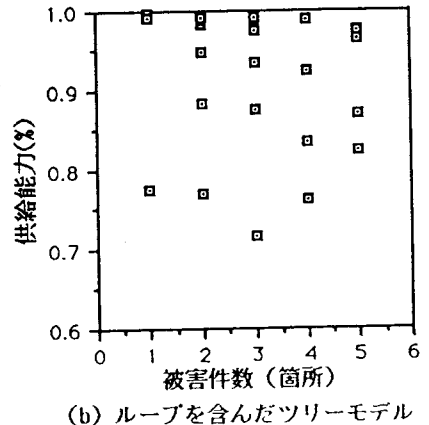
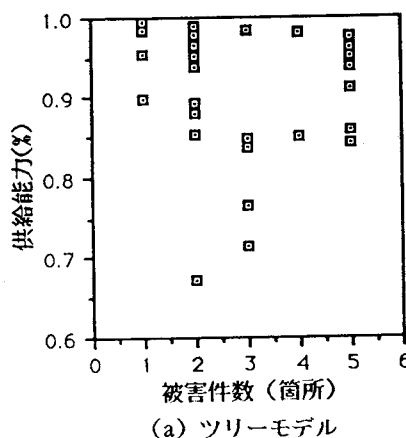


図4 物理的被害の件数－供給能力の関係