

I-370 フラクタルを用いたガス配管網における震害の評価方法

東北大学 正 員 佐 武 正 雄
 東北大学 正 員 ○中 川 昌 美
 東北大学 学生員 黒 田 孝 貴

1. はじめに

1971年のサンフェルナンド地震以来、ガス・上水道・電気などの複雑な都市供給システムにおける震害が注目されている。従来、供給システムの幹線部を取り扱った研究は数多くなされているが、末端部を含む解析はその配管網の複雑さゆえ数少ない。ここで、『復旧』とは『被災前の各供給箇所への供給を満足している状態』を意味し、特にガス低圧本・支管における被害に着目し、フラクタルを用いた解析手法を提案するとともに、その新しい被害評価の意味付けを試みた。

2. 解析手法

佐武・中川・黒田^{1),2)}は、震害のガス供給システムにおける機能低下とそのフラクタル次元の減少率との関係を震害のシミュレーション及び実際の被害データにより明らかにした。ここでは、フラクタルについての詳しい解説は省略するが、生物界における血管などの輸送システム或は自然界に存在する河川などの輸送システムを持つ機能性・統計的意味での形状の自己相似性と、人工的ではあるが同様な性質を有すると思われるガス供給システムとの共通点に着目し応用したものであることを明記する。

フラクタル性を定量化するものにフラクタル次元がある。非整数値をとりうる次元を総称しフラクタル次元と呼び、その次元を与える構造、図形および現象などはフラクタル性を有するとする。ここで扱う埋設管路網において、次元の非整数値は管路網の複雑さを定量化するものであり、異なる非整数値の次元を持つ二つの管路網図を比較した場合、次元の高いほうが一般にはより複雑である。さて、フラクタル次元の算定には高安³⁾の言う粗視化の度合いを変える方法を用いた。二次元の平面を一次元の線分により覆おうとする埋設管の管路網図ゆえ1と2の間の非整数値次元が期待される。例えば、仙台市のガス中圧管分布は1.314のフラクタル次元を持つことがわかっている。

ある任意の管路網のフラクタル次元は上記の方法により求まるが、震害後の管路網は一被害箇所につき延長50mにおよぶ供給不可能な地域が発生するという仮定に基づいて、被害前の管路網図から被害を受けた部分を消去する事で定義され、その管路網上で同様な作業をすることにより震害後のフラクタル次元を得た。

3. 解析結果

このように提案された被害前後の管路網のフラクタル次元の変化率を宮城県沖地震時に特に被害が大きかったと言われている黒松・泉パークタウン・南光台・緑が丘・将監の若い盛土における五つの造成住宅地域について算定しその結果を従来の結果と共に表1にまとめた。尚、図1～10は被災前後の配管網を示し、表中における数値の下の()の付いた番号は五つの団地間での被害の評価程度を表す。

団地名		黒松	泉パーク	南光台	緑が丘	将監
地 域 特 性	管路長 (km)	11.37	21.3	29.68	16.27	38.32
	面積 (km ²)	0.433	0.617	0.965	0.572	1.398
	節点数/面積 (個/km ²)	261	360	283	316	202
	被害件数(件)	14	10	40	21	34
	フラクタル次元(被災前)	1.245	1.363	1.308	1.310	1.212
形 状 変 化 率	フラクタル次元(被災後)	1.235	1.345	1.293	1.270	1.196
	(1)被害件数/管路長 (件/km)	1.231	0.469	1.348	1.291	0.887
	(2)被害件数/面積 (件/km ²)	32.33	16.21	41.45	36.71	24.32
	(3)節点数減少率(%)	6.19	3.15	8.4	9.9	6.0
	(4)フラクタル次元減少率(%)	0.803	1.32	1.15	3.05	1.32

表1 フラクタル次元による被害評価

(1)が最も被害大、(5)が最も被害小である。図中における*は被害箇所を示す。片山ら⁴⁾は宮城県沖地震後の復旧に関する問題の一つとしてブロックにおける被害推定の不十分さを上げている。それゆえ初期の計画に沿った復旧ができなくなる地域がで、計画の見直し・修正、ブロックのセクター化に時間を取られ復旧が遅れたことを指摘している。そこで当時の南光台の供給再開作業時に使用されたセクターに基づいて、各セクターにおける被害評価も試みた。図11～18に被災前後の管路網を示し、・は被害箇所をあらわす。前述の五つの団地におけるフラクタルによる被害評価を理解する為には、各地域の配管形態及び被害の分布状況を考察する必要があると思われる。配管網の密度に高低があり、密度の高い地域に被害が集中する場合(ここでは緑が丘・泉パークタウンがこれに該当する)にフラクタル次元の減少

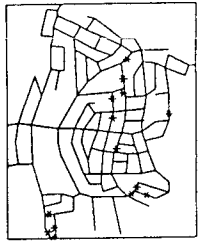


図1 黒松(被災前)

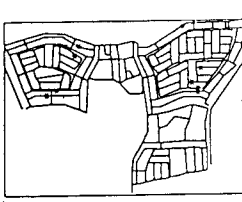


図3 泉パーク(被災前)

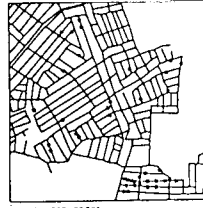


図5 南光台(被災前)

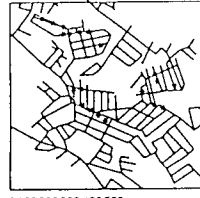


図7 緑が丘(被災前)



図9 将監(被災前)

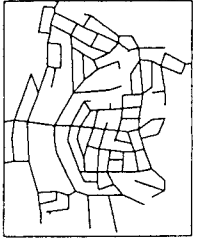


図2 黒松(被災後)

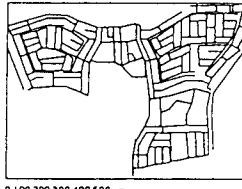


図4 泉パーク(被災後)



図6 南光台(被災後)

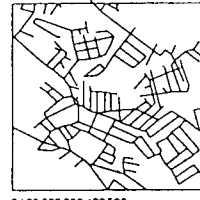


図8 緑が丘(被災後)



図10 将監(被災後)

率が大きく出ており被害大と評価される。一方、均一な配管網にその被害件数の半数近くが一地区に集中している南光台における被害評価はその他の地区と比較して小さく出ている。ある地域を供給範囲とする配管網がDのフラクタル次元を持つ時、その配管網はD次元の複雑さの形状を持つ供給範囲への供給が可能な機能を有すると考えられる。このようにフラクタル次元の持つ意味を解釈するならば、前者の場合は、地域全体への供給機能の低下は大きく、後者ではその被害件数の多さにも拘わらず、被害の多かった箇所が隔離されているような被害形態である為、全体としての供給面での機能低下は小と評価されたようである。このようにフラクタル次元による被害評価は機能面をも含んだより一般的な評価であるように思われる。尚、南光台の各セクターにおけるフラクタル次元を応用した被害評価では、各セクターの配管網が均一であるため上記の解析結果は直接適用されないが、表2によると被害の件数に基づいた評価とは異なる被害評価が得られたことがわかる。

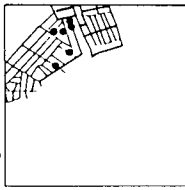


図11 セクター1(被災前)

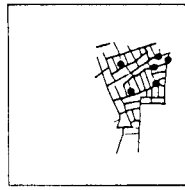


図13 セクター2(被災前)

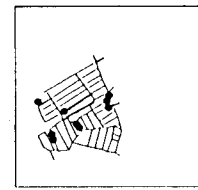


図15 セクター3(被災前)

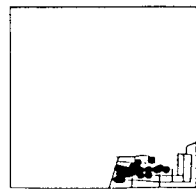


図17 セクター4(被災前)

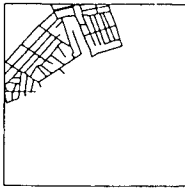


図12 セクター1(被災後)

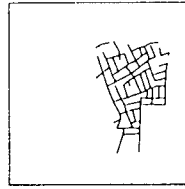


図14 セクター2(被災後)

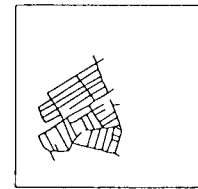


図16 セクター3(被災後)

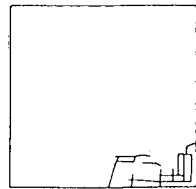


図18 セクター4(被災後)

セクター NO.	1	2	3	4
被災前のフラクタル次元	1. 293	1. 232	1. 275	1. 218
被災後のフラクタル次元	1. 277	1. 231	1. 226	1. 212
被災前後のフラクタル次元の減少率(%)	1. 24 (2)	0.812 (4)	3. 84 (1)	0. 493 (3)
被害件数(件)	6	6	9	19
被害件数/管路長(件/km)	0. 675 (4)	0. 868 (3)	1. 17 (2)	5. 90 (1)

表2 セクターにおける被害評価

4. あとがき

今後は地盤の不均一性を考慮するとともに、セクター・ブロック間におけるフラクタル次元による被害評価の関連付けを行い、フラクタル次元による被害評価が最適復旧過程確立の為の一つの指標となりえるよう研究の方向づけを行いたい。

【参考文献】1)佐武・中川・黒田:昭和62年度東北支部技術研究発表会講演概要, I -18, 1988年3月. 2)佐武・中川・黒田:昭和62年度科学研究費重点領域研究(1)・報告書, 1988年3月. 3)高安秀樹:フラクタル, 朝倉書店, 1987年. 4)片山・増井・磯山・基内:生産研究第31巻第2号, 17-40, 1979年10月.