

新日本製鉄 正員 ○鈴木昭信
東北大学 正員 佐武正雄
同上 正員 岸野佑次

1. まえがき

1978年宮城県沖地震により都市のガス・水道の供給施設に甚大な被害が発生し、その結果、今後の防災対策上、供給施設の耐震信頼性を解析する事の重要性が認識された。本文においては、ガス供給施設に注目し、配管網を一つのネットワークシステムと考え、そのシステムが所定の機能を保持するかどうかの見地から、配管網の耐震信頼性を解析する。計算モデルとして、仙台市ガス中圧配管網を用い、今回の地震により得られた資料¹⁾を利用して仙台市ガス配管網の耐震信頼性を評価した。計算手法として、モンテカルロ法によるシミュレーション²⁾を用いた。

2. 解析手法

本研究においては、田村・川上によるライフラインの耐震信頼性の評価方法²⁾を応用し、ガス配管網を節点とリンクよりなるネットワークシステムと考える。需給節点ペア間にくくとも一つ以上のパスが存在する確率 R_{ij} を耐震信頼性と表わす値と考える。なお、節点間のリンクの破壊は独立であり、破壊がポアソン分布に従って起こると仮定すると、リンク間の非破壊確率 P_{ij} は、

$$P_{ij} = \exp(-n_{ij}) \quad (1)$$

$$n_{ij} = \sum_E (l_{ij} \times D_E) \quad (2)$$

n_{ij} : 節点 i, j 間のリンクの平均破壊件数 (件)

l_{ij} : ある条件 E のリンクの長さ (km)

D_E : ある条件 E の単位長さ当りのリンクの被害率 (件/km)

3. ガス配管網のモデル化

本研究においては、仙台市ガス配管網のうち、中圧ラインに注目した。その理由として、①中圧A, Bラインは、ネットワークシステムとして計算する上でモデル化が容易であり、計算時間が短いが、低圧ラインは配管が複雑でモデル化も困難である。②ガスの場合、水道と異なりガス洩れが認められたまゝでは供給できないので、各節点毎に弁が閉まっている必要があるが、中圧A, Bラインは一応この条件を満足しているものと考えられる。

図-1は仙台市ガス中圧配管網と地盤種類の概要を示したものである。図中の①, ②はそれぞれ、仙台市ガス局港工場、原町工場の位置を示し、Aライン(太線)はガスの流れる方向が一定であり、Bライン(細線)は不定であると考え、解析を行った。図-1の配管網に対応させて図-2のようなモデル化を行った。なお、モデル化において、series-parallel reduction³⁾を適用した。

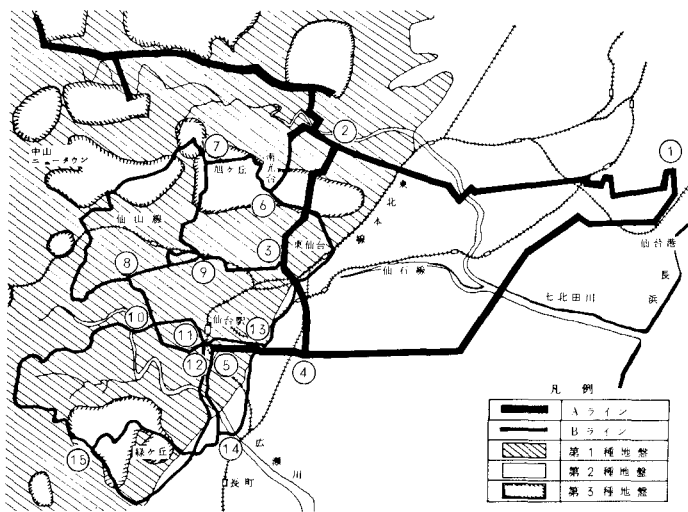


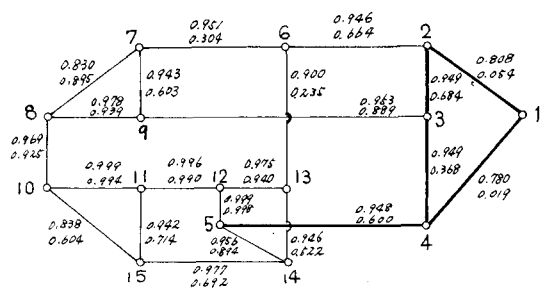
図-1 仙台市の中圧ガス配管網と地盤種類の概要

4. 計算結果

① 宮城県沖地震における中圧ラインの被害率を用いた計算

リンクの非破壊確率には種々の因子が働くと考えられ、このような因子の影響を正確に把握するには多くの資

料が必要となり非常に困難である。そこで先づ、因子による非破壊確率の変化を考慮せずに宮城県沖地震による中圧ラインの被害率 $D = 0.02 \text{ 1/km}$ を式(2)に代入してリンクの非破壊確率を求め、各節点の耐震信頼性を評価した。また、今回の地震により、ガス供給員の原町工場が被災し供給不能となり、以後港工場のみでガス供給を行うこととなった。そこで供給員が1隻である場合と2隻である場合の信頼性の変化を見るために、2つの信頼性の値の比 r を求めた。即ち、



上段および下段の数字はそれぞれ計算時に用いたリンクの非破壊確率
図-2 山形市ガス中圧配管網のモデル化

$$r = R_1 / R_2$$

R_1 : 供給員が港工場である場合の信頼性
 R_2 : 供給員が港工場と原町工場の2箇所である場合の信頼性

求めたリンクの非破壊確率を図-2に、節点の信頼性 R_1 と R_2 およびその比 r を表-1に示す。なお、シミュレーション回数は1000回である。

ロ) 地盤種別毎の被害率を想定した計算

中圧ラインの被害は少なかったが、文献(4)などから明らかにされているように、埋設管の本支管被害率は地盤によってかなり異なる。そこで、地盤を表-2のように分類し、地盤別の本支管の被害率を用いて各リンクの非破壊確率を定め、各節点の耐震信頼性を評価した。求めたリンクの非破壊確率を図-2に、耐震信頼性を表-1に示す。

5. 考察

計算(1)ロを通して、Aライン上の節点(2, 3, 4, 5)以外の節点に対する耐震信頼性がほぼ等しく、解析の対象とした区域における中圧管はほぼ通性に配管されているものと考えられる。また、ガス供給員が港工場の場合と港工場と原町工場の2箇所である場合とを比較すると、今回程度の規模の地震に対しては信頼性にあまり差がなかった。しかしながら、地盤の影響を考慮し、より大きな地震を想定して行った計算(ロ)においては、表-3が示すように港工場のみが供給員である場合の信頼性が平均5%と小さいのに対し、原町工場も供給員として働いた場合には平均80%台の値となった。このように、極端な結果を得た理由は低圧管の被害率を入力データに用いたためであり、必ずしも実際の値ではない。しかし、図-1から分るように、港工場と供給区域とは泥炭地を通過する二本の中圧管のみで結ばれており、今後、港工場のみで供給をまかなうとするならば、これらの中圧管の耐震性を高めなくては必要があるものと思われる。

最後に、本文をまとめるにあたり、東北大学工学部土木工学科大学院生、荻谷英二君の助力に負う所が大きい。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 東京ガス導管本部：1978年宮城県沖地震と都市ガス その1、ガス供給設備の被害調査報告
- 2) 田村重四郎、川上英二：ライフラインのネットワークシステムの耐震性の一評価方法について、生産研究、vol. 30、No. 7、1978、p. 290~p. 293
- 3) Fratta L. and V.G. Montemari: A Boolean Algebra Method for Circulating the Terminal Reliability in a Communicating Network, IEEE Trans. on Circuit Theory, vol. 20 No. 3, 1973, p. 203~p. 211
- 4) 佐武、岸野、浅野：1978年宮城県沖地震によるガス埋設管の被害について、第5回自然災害調査総合シンポジウム、p. 346~p. 348、1978