

ガス中圧管網の流量を考慮した信頼性解析

東北大学工学部 学生員〇沢田博司

同 上 正 員 佐武正雄

同 上 正 員 浅野照雄

1. はじめに

宮城県沖地震においてみられたように、地震によりガス導管網が被災すると復旧に長期間要するため市民生活への影響は非常に大である。従ってガス導管網の耐震信頼性の事前の評価は耐震対策を講ずる上で、重要なことであると思われる。従来、供給点と需要点の間の連結確率に着目した信頼性評価が多く行われているが、本文はこの連結性の他に需要点において必要な圧力を保つことが可能かどうかという機能面を含めた信頼性の評価を試みたものである。具体例として仙台市のガス中圧管網を解析対象とし、耐震信頼性についての考察を行った。

2. 解析方法

本文においては、信頼性解析として、連結確率のみによる評価と、流量を考慮した評価を行ない、両者の比較を行った。簡単な例として、図-1の管路網をモデル化したネットワークについて説明する。リンクの管長(L)内径(φ)、残存確率(P_s)及びノードの需要量は図の通りである。

ガス工場の圧力は6kg/cm²、需要地での必要圧力は2.5kg/cm²とする。

2-1. 連結確率による評価

供給点とノード④との間の連結確率はTaleb-Aghaの方法に従えば次のように求まる。¹⁾まず、ノード間の結合状態を表すインシデンスマトリックスを作ると図-2のようになる。インシデンスマトリックスの各要素は、各行の左端のノードと連結しているノードを表す。次に供給点からノード④へのパス(タイセット)を作りそれらを並列にならべる系(SSSP)は図-3のようになる。

これをもとに連結確率Pは次式により計算され、P=0.94を得る。

$$P(\bigcup_{k=1}^N T_k) = \sum_{k=1}^N (-1)^{k+1} \sum_{i=1}^{C_k} P_s(\cap T_i; \forall i \in I_k) \dots (1)$$

Nはタイセット数、T_i(i=1, ..., N)はタイセット、C_kは二項係数

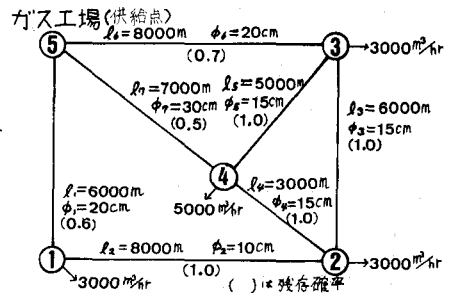


図-1 ネットワーク例

1	2	5
2	1	3
3	2	4
4	2	3
5	1	3

図-2 INCIDENCE MATRIX

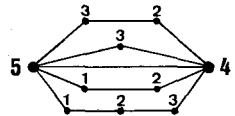


図-3 SSSP

2-2. 流量を考慮した評価

まず、リンクの破壊を想定して、供給点とのノード④の連結状態を選びだし、それぞれの状態の起る確率(状態確率と呼ぶ)を求める。次に各状態に対応するノード④の圧力を(3)式をもとにして求め、それがノード④において必要な圧力を保つか否かを判定する(図-4)。ノード④の信頼性は、連結確率から、ノード④の機能を保持できないケースに対する状態確率を差引いて求められる。

従って流量を考慮した信頼性P'は次式で計算され、P'=0.50を得る。

$P' = P - \sum P_i$ (2) Pは連結確率、P_iは圧力を保てないケースの状態確率
なお本文では流量公式として次式を用いる。²⁾

$$Q = K \sqrt{\frac{(P_1 - P_2) D^5}{S L}} \quad \left(\begin{array}{l} K: COXの係数 \quad D: 内径(CM) \quad L: 管長(CM) \\ S: ガス比重 \quad Q: 流量(m^3/hr) \\ \dots (3) \quad P_1, P_2: 先端及後端の圧力(kg/cm^2) \end{array} \right)$$

CASE	リンクの有無							状態確率	必要圧力の有無
	1	2	3	4	5	6	7		
1	○	○	○	○	○	○	○	0.21	○
2	○	○	○	○	○	×	○	0.21	×
3	○	○	○	○	○	×	○	0.09	○
4	×	○	○	○	○	○	○	0.14	○
5	○	○	○	○	×	×	○	0.09	×
6	×	○	○	○	○	○	○	0.14	×
7	×	○	○	○	○	×	×	0.06	○

図-4 状態確率の算定と圧力の考慮結果

3. 仙台市の中圧Aラインについての解析結果

仙台市の中圧Aラインを図-5のようなリンクとノードからなるネットワークにモデル化して、2.で述べた方法を用い、連結確率及び流量を考慮した信頼性を求めた。図には、リンクの残存確率³⁾及びノードの需要量(ピーク時)を示した。番号を付したノードはガバナー(変圧器)の設置されている場所を示し、これらのノードについて信頼性評価の解析を行った。ガス工場での圧力は 6kg/cm^2 、需要地での必要圧力は 2.5kg/cm^2 とした。

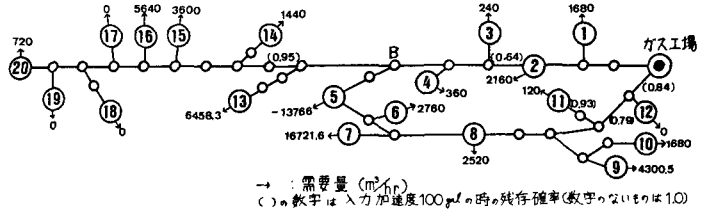


図-5 仙台市の中圧Aラインモデル

基盤入力加速度を100 gal, 125 gal, 150 galとしたときの信頼性を図-6に示す

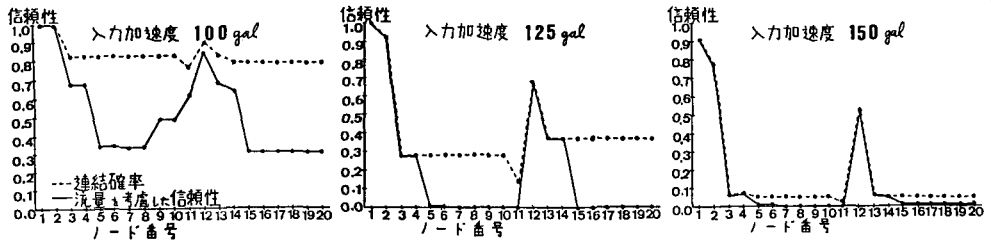


図-6 各ノードの信頼性

なお、需要量を7割に減少させた場合について解析したところ、流量を考慮した信頼性は連結確率に一致した。

4. 考察

流量を考慮した場合としない場合の差は、入力加速度が小さい時ほど顕著である。例えば、入力加速度が100 galのときの連結確率は非常に高いが、機能を評価するとほとんどのノードにおいて信頼性が大きく低下する。また需要点がガス工場から遠ざかるほど、機能評価の有無の差は大きくなる傾向にある。また最も需要量の多いノード⑦に近づくにつれて連結確率は、同一であっても機能を評価した信頼性はかなり低下する。また需要量としてピーク時の7割としたところ、機能評価を考慮した信頼性は残存確率と一致した。このことは、地震発生時に全てのノードの需要量を仮にピークの7割とすれば、ノードの信頼性は機能を考慮しなくてもよいことになる。その他、ノード④～⑩では125 galのとき流量を考慮した信頼性が0.00なのに対し、150 galでは0.01と若干大きくなる。これは150 galのときB点とノード⑤間のリンクが破壊する可能性があり、このリンクへの供給が止まることによる影響である。

仮に最も需要の多いノード⑦への安定供給を計るとしたら、そのためにはガス工場とノード⑩間のラインの残存確率が低いので(125 gal, 150 galの時, 0.0)ガス工場からB点をへてノード⑦間のラインの管径を大きくする必要がある。

5. おわりに

今後は中圧Bライン、低圧管を加えて解析を行なう必要があると思われる。

本文をまとめるにあたり、仙台市ガス局保安課大沼近氏には大変お世話になりました。ここに謝意を表します。

(参考文献)

- 1) Taleb-Agha, G.: Seismic risk analysis of networks, Seismic Decision Analysis-Report No.22, 1975
- 2) 日本瓦斯協会: 都市ガス工業 供給編, P54, 1962
- 3) 野村, 岸野, 浅野: ガス配管網の耐震信頼性解析の考察, 土木学会第36回年次学術講演会講演概要集 第1部 P419~P420, 1981