

ガス供給システムの大規模地震時信頼性解析

京都大学防災研究所 正員 土岐憲三 佐藤忠信

京都大学大学院 学生員 ○浜田尚人

1 概説: 構成要素数が約3000個からなる湘南地区ガス管ネットワークに対して、1923年の関東地震の地震パラメータを用い地震時信頼性の解析を行なった。用いた手法はこれまでに開発されたものであり各構成要素に対する“影響域”の概念を利用して、従来不可能とされていた大規模ライフラインの地震時信頼性の解析を可能としたものである。

2 ネットワークの地震時信頼性評価法: 構成要素の破壊レベルを支配する変量をYとすれば、Yは断層からの最短距離r、地震のマグニチュードM、地盤の要素の特性を表すパラメータCkの関数として式(1)のように表される。

$$Y = F(r, M, Ck) \quad (k=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

今、要素の破壊レベルを支配する許容レベルとしてY*が与えられれば、式(1)から逆に要素が破壊にいたる限界の距離が式(2)のように求められる。

$$r^* = (Y^*, M, Ck) \quad (k=1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

この距離を限界震源域距離、これを半径とする球を影響圏とする。これは構成要素からr*の距離内に地震断層が発生するとこの要素は破壊することを表しており構成要素の破壊を支配する指標となる。本解析では地震断層の面積Sが必要であり次式のような関係式¹⁾を用いた。

$$S = 1.88 \times 10^{-15} M_{\theta}^{2.73} \quad (M_{\theta} \text{は地震モーメント}) \quad (3)$$

地震断層はこの面積を持つ領域内で発生すると仮定し、この発生領域を潜在的断層発生域とした。信頼度の計算法は次式(4)で表せる。

$$R(G|m) = \left\{ \sum_{i=1}^N I_i \cdot A_i \right\} / \sum_{i=1}^N A_i \quad (4)$$

Iiは指標関数で 信頼度基準を満たす場合にはIi=1であり、そうでなければIi=0である。この値を決定するには Depth-First-Search (DFS) アルゴリズム²⁾を用いた。これはネットワークの結合性を論じる場合有用となる。またAiは影響圏によって潜在的断層発生域がいくつかの領域に分割された場合のi番目の領域の面積を表し、Bは潜在的断層発生域の面積である。即ち、信頼度Rはネットワークが安全である領域の面積の総和(Ii=1のAiの和)を、潜在的断層発生域の面積で除することにより表現できる。

3 大規模ライフライン網への適用: 図・1に示す湘南地区のガス管網に対して地震時信頼性の解析を行った。対象地区の地震パラメータは表・1に示す1923年の関東地震の値³⁾を用い 信頼度の基準としては図・1に示した6個の供給点からすべての需要点(中圧B管の末端)に連結することとした。また限界震源域距離を算出するに当たっては、地震動によるガス管のひずみが1%になるときガス管は破壊するとし、ひずみの算出はガス導管耐震設計指針⁴⁾によった。この指針では最大加速度を与える必要があるので断層からの距離rとマグニチュードMの関数として、次式(5)の距離減衰式⁵⁾を用いた。

$$a_{\max} = 24.5 \times 10^{-0.333M} \times (r+10)^{-0.924} \quad (5)$$

図・2は解析結果であり図に示されているようにマグニチュード6.2までは信頼度は1.0であるが6.2を越えると徐々に信頼度は減少しマグニチュード7.5で信頼度は0となった。このように大規模ライフライン網の地震時信頼性解析を行う上でこの手法が有用であることを示すことができた。

図1 中圧A管、B管を合わせたネットワーク

パラメータ	関東地震
長 さ (km)	130
幅 (km)	70
走 向 (°)	N135°E
Dip Angle (°)	30°

Mn (Degree of Polymerization)	DS (Degree of Substitution)
6.0	1.0
6.2	1.0
6.4	0.9
6.6	0.8
6.8	0.7
7.0	0.45
7.2	0.3
7.4	0.1
7.5	0.0

I - 100 - 2