

大 林 組 正会員 野村敏雄
 東北大学工学部 正会員 岸野佑次
 同 上 正会員 浅野照雄

1. まえがき

都市におけるガス・水道等のライフライン耐震信頼性については、配管網をノードとリンクからなるネットワークシステムと考える解析がなされている¹⁾²⁾。本文は、仙台市ガス中圧配管網を対象として、従来評価の困難なノードの破壊確率、さらに入力加速度およびリンクの破壊確率の算定方法等がシステムの信頼性にどのように影響するかについて若干の考察と述べたものである。

2. 解析方法

本研究においては、地盤を考慮したリンクの破壊確率は高田・高橋の方法を参考にし³⁾て決めた。即ち、1 Km四方のメッシュ内の地盤ひずみを正規分布の確率変数としてみなし、単位長さのリンクの破壊発生がポアソン分布に従うと仮定すると、長さ l のリンクの非破壊確率 P_{ij} は、

$$P_{ij} = \left[\frac{\alpha}{\beta \sigma_e^{(1)}} \right]^{\beta} \cdots \left[\frac{\alpha}{\beta \sigma_e^{(n)}} \right]^{\beta} \exp \left(- \frac{\alpha}{\beta \sigma_e^{(1)}} \right) \cdots \left(- \frac{\alpha}{\beta \sigma_e^{(n)}} \right)$$

ここで、 α :正規確率分布関数、 e_j :管径の破壊ひずみ、 σ_e :メッシュ内の地盤の平均ひずみとその分散、 β :定数(本研究では $\beta=1.0$)

さらに、地盤ひずみスペクトルは震層の N 値、厚さのら求まる剪断波速度・卓越周期・増巾倍率等から求めた。

一方、ノードの破壊確率は地盤の種類に応じて $0 \sim 10\%$ を仮定した。以上、リンクとノードの破壊確率を決め、モンテカルロ法により信頼性の解析を行った。本文では、信頼性は、ノード間のパスの存在確率をもって表わすものとし、シミュレーション回数は1000回行った。

3. ガス配管のモデル化

図-1は、仙台市ガス中圧配管網をループをなすもののみを対象として、沖積層基底深度とともに示したものである。図-1に対応させて図-2に配管網のモデル化したものを示す。図中、①は供給束、②、③は橋梁、④、⑤は分岐点に対応するものである。なお、矢印はガスの流れ方向を示しており、そのリンクでは逆流はないものとする。

4. 計算結果と考察

基礎入力加速度 100 gal の場合、中圧ガス配管付近の地盤平均ひずみの分布を図-3に示す。図より、沖積層の厚

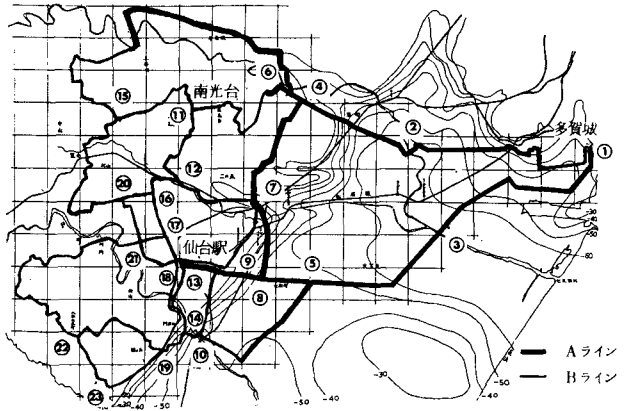


図-1 仙台市中圧ガス配管網と沖積層基底深度の概要

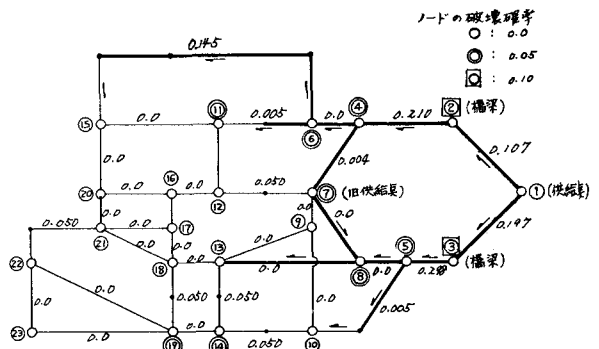


図-2 仙台市中圧ガス配管網のモデル化と破壊確率

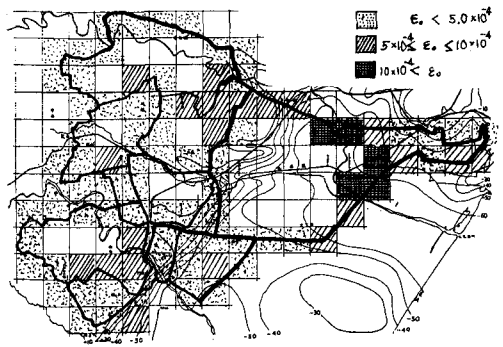


図-3 仙台市中圧ガス配管網付近の地盤平均ひずみ分布

い供結実付近および市街地までのルートでは地盤ひずみが大きくなっているのがわかる。地盤ひずみからリンクの破壊確率を求め、またノードの破壊確率を地盤の種類に応じて0~10% (供結実は0%)と仮定すると図-2に示す通りである。これらの破壊確率を用いて信頼性を求めると図-4のようになる。図中では、ノード⑤の信頼性が特に小さい他は大体同程度の信頼性である。ノード⑤は、ノード③の信頼性に全面的に依存しているため特に信頼性が小さくなる。なお、ノード

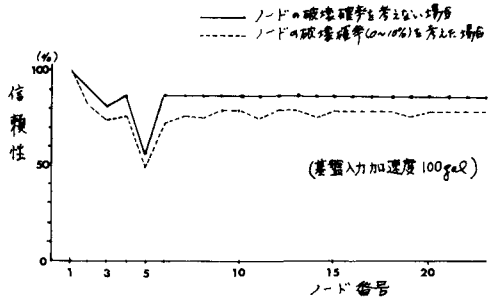


図-4 ノードの破壊確率とシステムの信頼性

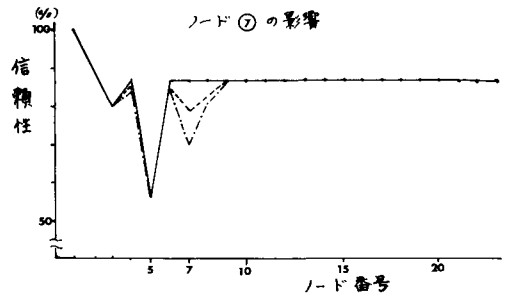
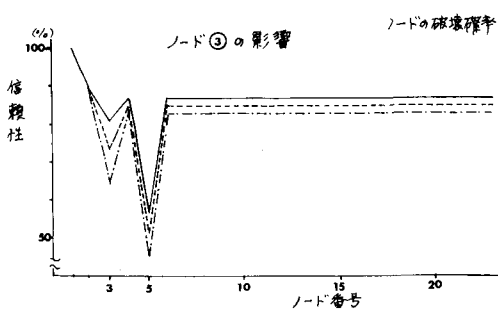


図-5 特定のノードの破壊確率がシステムの信頼性に及ぼす影響

の破壊確率を考えない場合に比べ、全体的に10%前後の信頼性低下がみられる。次に、システムの信頼性に及ぼす影響について考察する。

1) 特定の一つのノードの破壊確率の影響

図-5に、ノード③又は⑦のみの破壊を考えた場合の信頼性を示す。ノード③の場合は影響がシステム全体に及び、ノード⑦の場合は、その影響が隣接するノードにのみに限られている。これは、供結実付近は流れの方向が決まっていること、2つのルートしかないことによってシステム全体への信頼性の影響があらわれるためである。

2) 基盤入力加速度の影響

基盤入力加速度を100, 125, 150 galとした場合の、各ノードの信頼性を図-6に示す。各ノードとも加速度により急激な信頼性の低下を示している。

3) リンクの被害率の算定方法の違いによる影響

リンクの被害率を一律に0.02/km (宮城県沖地震)とした場合と図-7に示す。地盤のひずみを考えた場合と比べると①, ②以外は一定の差がみられるが、各ノードの信頼性の変化は同じである。このことは、供結実付近のノードおよびリンクの影響が大きいことを示す。

5. あとがき

本文は、単にノード周のパスの存在確率のみで信頼性を解析したが、その結果、システムの信頼性は、供結実付近の耐震性に大きな影響を受け、その程度は入力加速度の大きさによって大きく左右されることがわかった。今後は、流量を考慮した解析を行う必要があると思われる。なお、仙台市ガス局、東北工大 浅田秋江教授、神山 真助教授にはお世話になりました。謝意を表します。

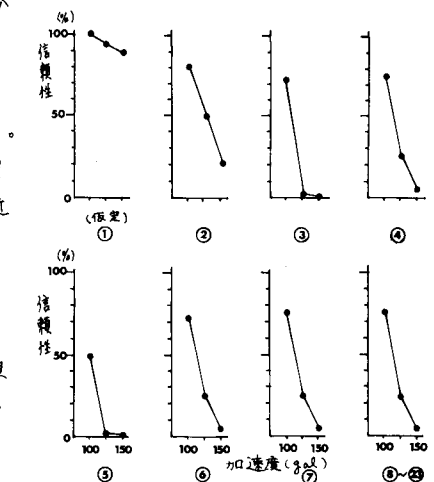


図-6 基盤入力加速度と信頼性

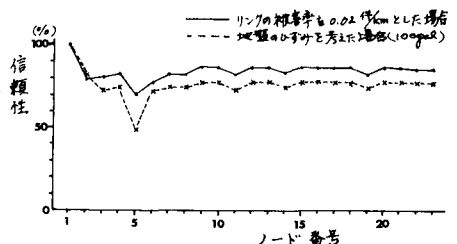


図-7 リンクの被害率の算定方法の違いによる影響