

大規模ライフライン網の地震時信頼性解析

○佐藤忠信・小川安雄・末富岩男

1. はじめに

ライフライン網は節点であるノードとそれを結びリンクからなるネットワークとしてモデル化される。ノードとリンクの破壊確率は条件付確率となるので、各要素について破壊するかしないかの2つの状態だけを考えても、要素の数を n とすると、システムの損傷状態としては 2^n 個の組合せを考えなければならない。したがって、従来の手法を大規模なライフライン網に適用することは困難であり、多い場合でも $n=30$ 個程度の簡単なネットワークにモデル化せざるをえなかった。影響圏を用いる手法では、考慮すべき組み合わせ数を n^2 のオーダーまで減少できるので、そのアルゴリズムを構築する。

2. 潜在的断層発生域と影響圏

まず、二次元的な広がりを持つ潜在的断層発生域を想定する。そして、地震断層の発生する確率分布が、潜在的断層発生域内で定義されているものと仮定する。さらに簡単のために潜在的断層発生域と断層は、図1に示すように相似な長方形で近似できるものとし、断層の長辺、短辺は図中の斜線で表される長方形のように常に潜在的断層発生域の長辺、短辺に平行であるものとし、右上に示すような断層発生域に対し回転した形状は考慮しないものとする。

ライフライン構成要素が地震時に破壊するか否かは構成要素の許容地震耐力指標 Y と結びつけられる。

$$Y = f(M, r, C_k) \quad (k = 1, 2, \dots)$$

構成要素が破壊に至るか否かの臨界の値が Y_c で与えられるならば、臨界の震源距離を逆算することができる。

$$r_c = f^{-1}(Y_c, M, C_k) \quad (k = 1, 2, \dots)$$

この r_c を影響距離、 r_c を半径とする球を影響圏として定義する。影響圏の外で地震が発生すれば要素は破壊せず、内側で発生すれば破壊する。この影響域をすべての構成要素について評価する。潜在的断層発生域と影響圏の交わりを影響域と呼ぶ。

断層と影響圏が交わる領域内ではライフラインの構成要素が破壊した状態になるがこうした領域を定量的に評価するためには、断層の発生位置をその中心で表現し、その広がりを見捨てるような座標系を利用すると解析が簡単になる。図2は、断層の中心に着目した系への座標の変換を

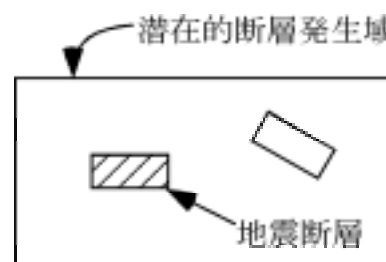


図1 潜在的断層発生域と地震断層

置をその中心で表現し、その広がりを見捨てるような座標系を利用すると解析が簡単になる。図2は、断層の中心に着目した系への座標の変換を

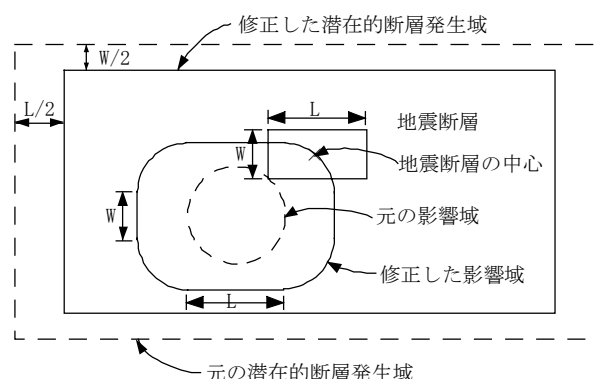


図2 影響域と潜在的断層発生域

表している。今、ある要素の影響圏が潜在的断層発生域と交わったときの形状が、破線で示すような円で表現される場合を考えるものとする。断層の一端が円と接するときの断層中心の軌跡が実線で示されている。これを以後、影響域と呼ぶ。リンクの影響域も同様である。

3. ネットワークの信頼度計算

連結性能の信頼度 $R(G|m)$ を次式で求める。

$$R(G|m) = \int_a^d \int_a^b I(x, y|m) f_{x,y}(x, y|m) dx dy$$

ここに、 $I(x, y|m)$ は連結信頼性が満たされているときは 1.0 そのほかの場合は 0.0 となる指標関数、 $a \sim d$ は潜在的断層発生域の端点、 $f_{x,y}(x, y|m)$ は、発生する地震断層の中心の確率密度分布関数である。