

地中ライフライン系の震害予測について

神戸大学工学部 正員 ○高田至郎
神戸市 正員 高橋俊二

1. 解析手法 本文では地中ライフライン系の地震危険度解析を行なう方法論と、水道システムを対象として実施した若干の例題の結果について述べる。図1は解析手順を示したものである。まず最初に解析対象とする面的広がりをも有するライフライン系をいくつかの要素に分割してその特性を調べる。同時にシステムのサービス性を考慮してトポロジカル解析を実施し、図2に示すようなSSPネットワークを作る。一方、ライフライン系のおかれている地域の地盤震動特性を考慮に入れてゾーニングを行ない、その地域の地震発生危険度解析の結果と合わせてフリーフィールドにおける地盤ひずみあるいは変位を確率量として推定する。各ゾーンにおけるライフラインに生じるひずみ分布などが地盤ひずみなどから算出されれば、ライフラインの耐震強度との比較によってライフライン要素の破壊確率の計算が可能となる。この破壊確率とトポロジカル解析の結果を重ね合わせることにによってライフラインがシステムとして機能する確率が計算される。さらに、システムの最適化の問題を考える場合には、ライフラインの構造設計基準やネットワークとしての特性を配慮して目的関数に合うように上述の手順を繰り返してゆけばよい。

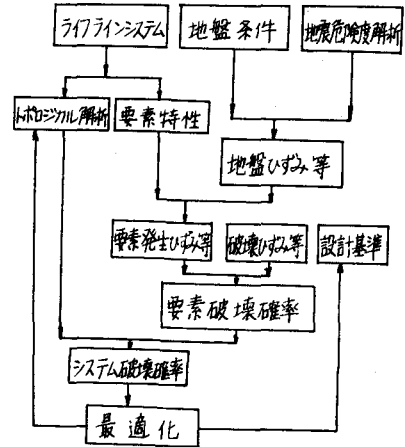


図-1 ライフラインシステムの地震危険度解析手法

2. 水道システムの地震危険度解析 図6に示すような水道システムの一部（大阪市北部の水道システムを解析の都合上多少修正したもの）を対象として上記解析手法の各ステップについて説明を加える。図2はSSPネットワークを示したもので地点（ノード）Oに水が供給される場合を考えれば、7つのルート（タイセット）と13のリンク（ノード間を結ぶライン）から成り立っている。直列に結合されたリンクが7つ並列に結ばれてタイセットを構成しており、各リンクでの生存確率を求めれば、各タイセットに共通して含まれるリンクの非独立性を考慮してシステムが機能する確率が計算される。生存確率を計算するための数学的表示式の詳細については講演時にゆずる。図3は大阪を中心とした230km以内で西暦701年以降に発生したマグニチュード6.0以上の地震の震源位置を示したもので、発生地域の影響を考慮するためにA~Kの11ゾーンに分割している。Cornell¹⁾の手法によって得た基盤加速度の再現期間を図4に示している。100年では40gal程度で、

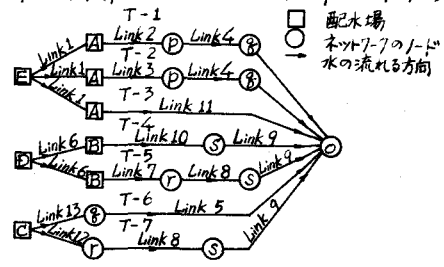


図-2 水道システムと等価なSSPネットワーク

震央距離の小さな近江ゾーンと発生数の多いAゾーンの影響が大きいことが知られた。ゾーニングした地盤の各メッシュ(1km四方)の格子点で表層地盤の卓越周期と増幅率を計算して、基盤の入力値と地表面の値に換算することによって、その

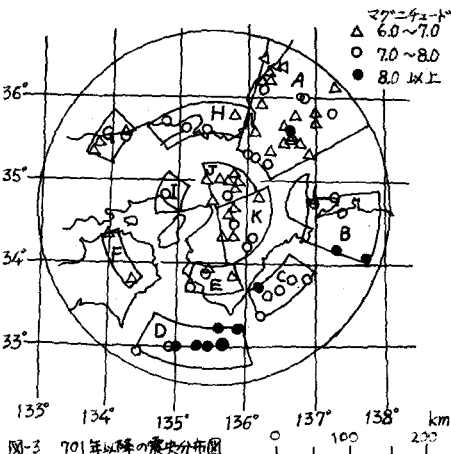


図-3 701年以降の震央分布図

メッシュにおける地盤ひずみ・変位の平均値と分散を得ている。解析モデルは水道システムが溶接鋼管で継手をもたない管路で構成されている場合と鋳鉄管で機械的継手をもつ場合を対象とし、前者については管体ひずみ、後者については継手変位も破壊基準値として与えている。地盤応答値から管路要素の応答値を推定する手法については、鋳鉄管の場合については、地盤ひずみが直管部ではそのまま管体に伝達され、その他の曲管部などでは適当な伝達ファクターを乗じて求め、鋳鉄管の場合には、著者らが提案した推定式²⁾によって地盤変位、波長・周期から継手変位を算出している。具体的な計算式については講演時に説明する。図5は破壊基準値(管体ひずみまたは継手変位)を横軸にとって図2の場合に対して、0点に全く水が供給されない確率を示している。破壊基準の対応を考えれば、鋳鉄管路は鋼管よりも地震動に対して傷つけられやすく、地震動入力が大きくなるとこの傾向は著しくなることも知られる。図6は鋼管・鋳鉄管の場合について図中の条件のもとで、もっとも破壊されやすいタイセツ・リンクおよび要素を示したもので、両者の場合とも地盤のひずみまたは変位の平均値と分散値が大きい地域で破壊されている。ひずみ・相対変位は基本的に速度に準拠している量であり、ライフラインの被害予測には地盤の運動速度の推定が重要となる。

1) Cornell, C.A.; Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 58, No. 5, 1968, pp. 1175-1196 2) 高橋俊二; 地中ライフライン系の震害予測に関する研究, 神奈川大学工学部研究報告, 5, 54, 3.

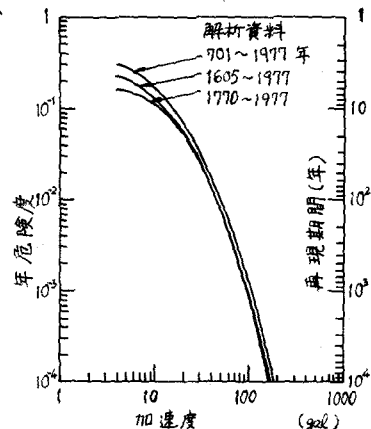


図-4 大阪の基盤上における最大加速度

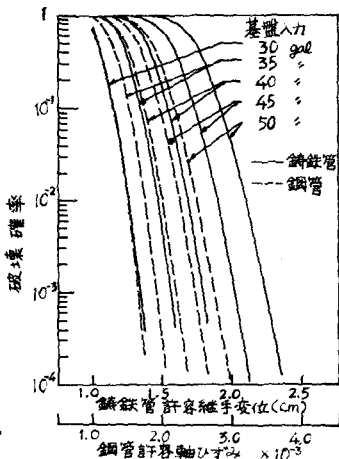


図-5 システムの破壊確率

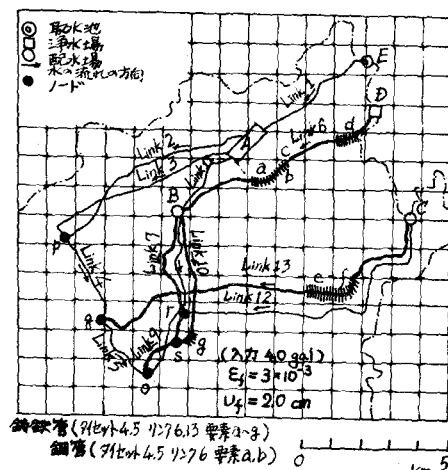


図6 最も破壊しやすいタイセツ・リンクおよび要素