

直下型地震による都市パイプライン系の耐震信頼性解析

神戸大学工学部 正員 高田 至郎
神戸大学工学部 学生員 ○上野 淳一

1 はじめに：本報告は、直下型地震を受ける都市ライフラインシステムの耐震信頼性について述べたものである。既に報告されている遠地型地震に対するライフラインシステムの、耐震信頼性解析手法⁽¹⁾をもとに、直下型地震に固有の手法を取り入れて解析を試みた。本手法を用いて現実の都市内エネルギー供給システムを対象として、その数値計算例を示している。エネルギー供給システムとしては、埋設管路網とともに、いろいろな関連施設をもネットワーク解析の中に取り入れている。手法およびモデルの詳細については文献(2)を参照されたいが、本解析の特長はシステムの信頼性に関与する諸要素を分布パラメータとして取り扱い、モンテカルロ法によって信頼度を推定するところにある。以下では直下型地震に伴う問題点と数値計算結果について述べる。

2 直下型地震と地盤震動：マグニチュードと震央距離を与えてAttenuation式より地震動を推定する際、直下型地震においては震源距離の定め方が問題となる。すなわち遠地型、近地型の場合、震央域の広がりや震央距離に対して無視できるオーダーであり、体積的広がりを持つ震源を点と見なすことが可能である。しかし、本解析の場合解析対象地域が震央域と重なっており、本手法で地震動推定に用いられたEstevaのAttenuation式⁽³⁾も震源距離が10 Km以下の場合、現実的とはいえない。一般に震央域において行なわれた墓石転倒率の調査などから、震央域では加速度が一定の傾向となることが指摘されている。そこで本文でも、ある範囲内ではマグニチュードに対応して基盤加速度は一定値をとるものと見なすことにする。震度V(250~400gal)を超える場合の加速度および地盤ひずみ一定の部分の震央域と呼び、その面積を円形と仮定した場合の半径を影響半径(r)とすれば

$$\log r = 0.68M - 3.58$$

の関係が知られている⁽⁴⁾。一方震源の位置は、小沢が西暦800年以降現在に至るまでに京都市域を襲った震度V以上の地震を詳細に検討した結果、京都市域に被害をもたらす地震について震央別に次のように設定している。(1)京都盆地北部を震央とする直下型地震(2)京都盆地南部を震央とする直下型地震(3)琵琶湖付近を震央とする近地型地震。そこで本文では(1)の例として花折断層南部に於る827年1449年の地震(震源は135.8度E, 35.0度N)(2)の例として桃山断層南部に於る1596年の地震(同135.7度E, 34.8度N)を記録から推定されるマグニチュードについて想定し、信頼度を評価することにした。南部震源想定地震($M=6.8$)の影響半径は上述の式によると $r \approx 11$ Kmとなり、 $r < 11$ Kmの地点では基盤入力加速度を一定($a \approx 65$ gal)とみなし得る。同じく北部震源想定地震($M=6.4$)は $r \approx 6$ Km、同48 galとなる。図1は今回想定した1449年の京都盆地北部を震源とする

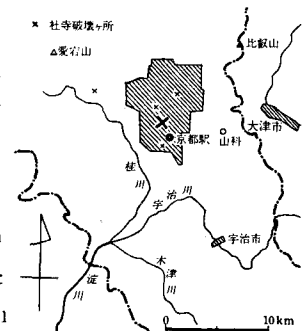


図1 震央域(1449)

M=6.4 の地震の震害文献から求めた震央地域である。その面積は、上述の計算結果 $r=6 \text{ km}$ とほぼ一致している。

2 数値計算結果：図2～4に各震源想定地震における各サブシステムの信頼度と震央および震央域を示した。システムには終点を下総とするシステム1と京都大学を終点とするシステム2とがあるが、両システムの信頼度はほぼ等しく、システム1のみを示している。これらの値より、システムの信頼度に影響を与えるサブシステムは、直下型地震（南部）では1, 2, 14 近地型では1, 2, 11, 14 であることがわかる。これらのサブシステムに共通しているのは、いずれも軟弱な第3種地盤に存在していることである。一方堅固な第1種地盤に位置する北部のサブシステムの信頼度は極めて高い。そのためシステム1とシステム2の信頼度が等しくなったと推定される。次に問題となる各サブシステムの要素の、南部震源想定地震に対する信頼度に注目する。サブシステム1とは、エネルギー関連施設であるが、これを構成する3要素のうち基礎部分要素の信頼性がわずかに低い(0.965)。サブシステム2も1と同様の施設であるが、構成要素のうち、建屋部分の信頼性(0.747)がサブシステムの信頼性を低下させている。管路および橋梁のサブシステムである14においては埋設管は全く破壊しないが、橋梁群のなかでも橋梁添加部2要素の信頼性が低く、サブシステム全体の信頼性を低下させている。近地型において問題となったサブシステム11も地盤種別、構成要素はサブシステム14と類似しているが、管路の種類が異なり、その信頼性の差が両サブシステムの信頼性の差になったと推定される。なお、これらのサブシステムも北部震源想定地震のマグニチュードレベルでは、全く破壊の可能性を示さなかった。以上より、想定した南部直下型地震と近地型地震に対してシステムはほぼ同じ信頼性を有するが、過去の地震発生に関する統計的見地から、直下型地震発生の可能性が高いと思われる、今回設定したシステムに対してより多くの危険性を有する。

〔参考文献〕(1) TRW System Group, Failure Analysis by Statistical Technique (F.A.S.T) 1974 (2) 川村大蔵, モンテカルロ法によるシステムの破壊解析, 神戸大学修士論文, 1960 (3) N.W.Newmark, E.Rosenblueth, Fundamentals of Earthquake Engineering, Prentice Hall, pp233~255 (4) 宇佐美陽夫, 資料日本被害地震論叢, 東京大学出版会, pp11~45 (5) 小沢泉夫, 京都市に被害をもたらす地震の想定について, 京都市防災会議, 1978

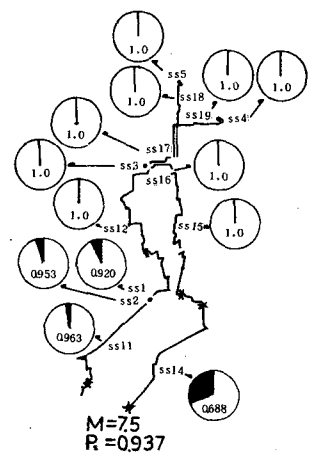
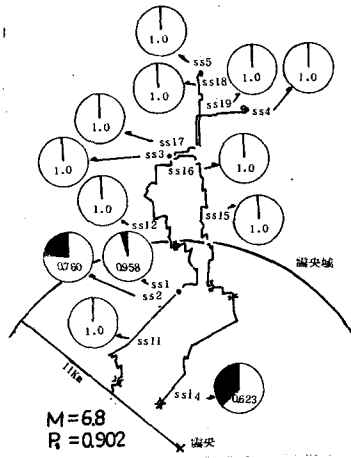
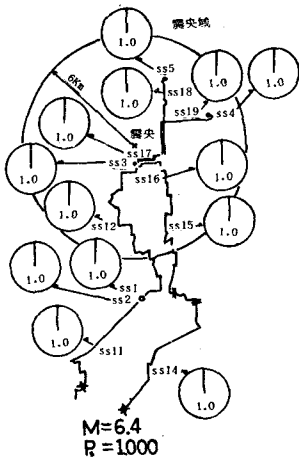


図2 北部震源直下型地震(M=6.4)によるシステムの信頼度 図3 南部震源直下型地震(M=6.8)によるシステムの信頼度 図4 近地型地震(M=7.5)によるシステムの信頼度