

防衛大学校 土木工学教室 正会員 佐藤 敏 志

1. よ え が き 埋設管路は地表近くの地盤中に細長く分布しているマスの小さい線状構造物であるので、その地震時挙動は、これまでの震害例からも明らかのように周辺地盤の振動特性に大きく支配されている。また、地盤の変形に追随する挙動を示すと考えられるので、地盤の近接した工点間の相対変位が耐震性を評価する上で重要な要素になると思われる。これより、埋設管路の地震時挙動に関連して、管路系に対する地震波入力およびそれらの管路の挙動による影響を明らかにすることを目的として多くの研究がなされている。これらの研究の成果により、石油パイプライン技術基準、新耐震設計法などで、埋設管路に対して応答変位法に基づいた耐震計算法が提案され、広く一般に用いられるようになってきた。

本研究は、メカニカル継手などの不連続部分を含む管路の耐震性のある種の確率モデルによって評価しようとする一つの試みである。解析の一般的な流れは表-1 に示すとおりである。

2. 系のモデル化と解析 管路の震害のうち、継手の抜け出しに起因する被害をシミュレートする上で基本となるのは、隣接する二つの管体の相互作用であると考えられる。また、埋設管の抜け出しは管や地盤の条件が均一とみなされる箇所においても発生する場合がある。このような観点から、埋設管-地盤系を確率変動を伴った2要素モデルと考えて解析を行った。モデルは図-1 に示すように2つの管体と3個の継手から構成されている。地盤のせん断バネの特性としては図-2 に示すような弾塑性性を、継手バネとしては線形を仮定した。継手のバネ定数 (K_{Ji})、せん断バネ定数 (K_{Si}) およびせん断バネの降伏変位 (U_{yi}) は、それぞれ K_J , K_S , U_y を平均値とする次式で示される確率変数とした。

$$\left. \begin{aligned} K_{Ji} &= K_J \{ 1 + CVA \times N(0,1) \} \\ K_{Si} &= K_S \{ 1 + CVB \times N(0,1) \} \\ U_{yi} &= U_y \{ 1 + CVC \times N(0,1) \} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 CVA , CVB , CVC は各パラメータの変動係数であり、 $N(0,1)$ は平均0、分散1の正規乱数である。 K_{Ji} , K_{Si} は各点毎に独立に、 U_{yi} は全系で同一にした。

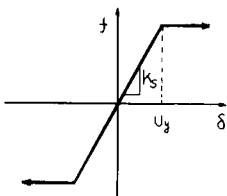


図-2 せん断バネ特性

表-2 入力データの平均値

K_J (t/m)	7.5	75	(750)
K_S (t/m)	350	1050	1750
U_y (cm)	0.1	0.3	∞

表-1 解析の流れ

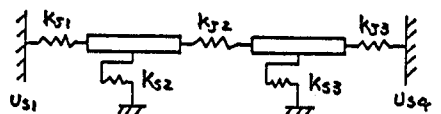
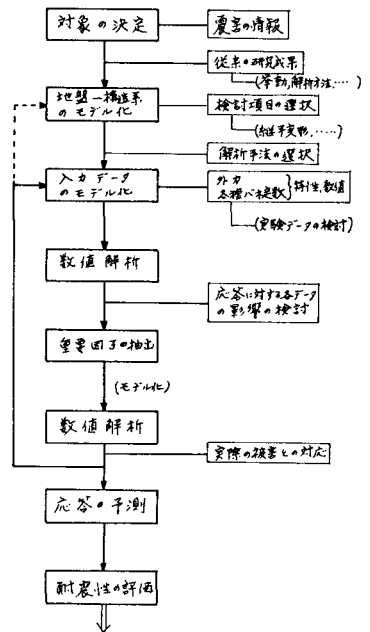


図-1 解析モデル

表-3 分布のパラメータ

	平均	標準偏差	範囲
K_{J2}	0.97	0.28	0.22 ~ 1.67 ($\times K_J$)
K_{S2}	1.02	0.30	0.34 ~ 1.81 ($\times K_S$)
K_{S3}	1.00	0.28	0.19 ~ 1.63 ($\times K_S$)
U_{y1}	0.92	0.29	0.28 ~ 1.87 ($\times U_y$)
U_{S2}	0.09	0.82	-2.20 ~ 2.30
U_{S3}	0.16	0.97	-2.10 ~ 2.30 (cm)
相対変位 (継手間)	-0.07	1.23	-2.60 ~ 3.20

系への外力としての地盤変位は、表層地盤の不均一な性質による地盤変形のバラツキが管路の挙動に重要な意味をもつという立場から、1978年宮城県沖地震の被害データの考察から西尾によって提案された地盤変位の確率モデルを採用した(本解析では、図-1の各点に独立な正規乱数 $N(0,1)$ で与えた)。

以上のような考え方に基づく解析結果の一例について述べる。対象とした管は、メカニカル継手をもつ口径200(実外径220mm)のダクタイル管であり、解析に用いたバネ定数などの平均値は表-2に、分布のパラメータは表-3に示した。応答解析は、すべて100組の変位パターンからなる同一の地盤変位を用い、各パラメータの組合せについて100回の応答計算を行い、各ケースの最大振出量の平均値と変動係数を整理し、図-3、4に示した。これらの結果より、継手の平均的な挙動は、継手の抵抗力を表わす K_j と地盤の拘束力(継手に外力を与える)

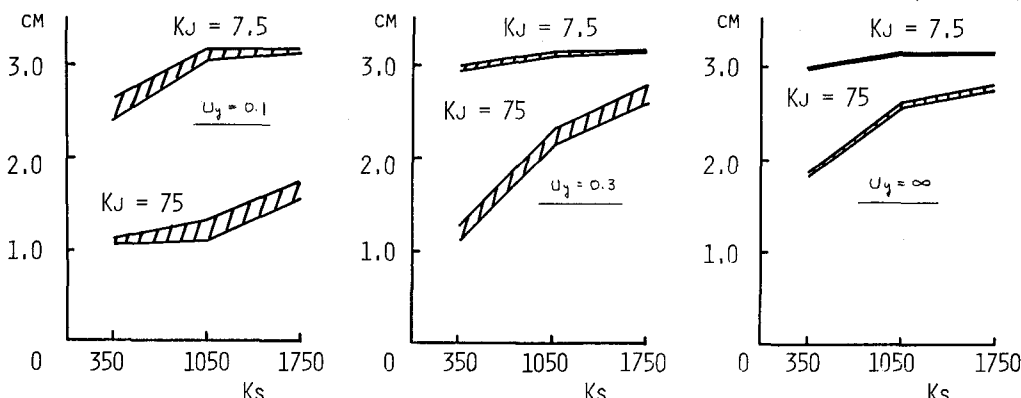


図-3 計算結果 (1) 最大振出量の平均値(継手②)

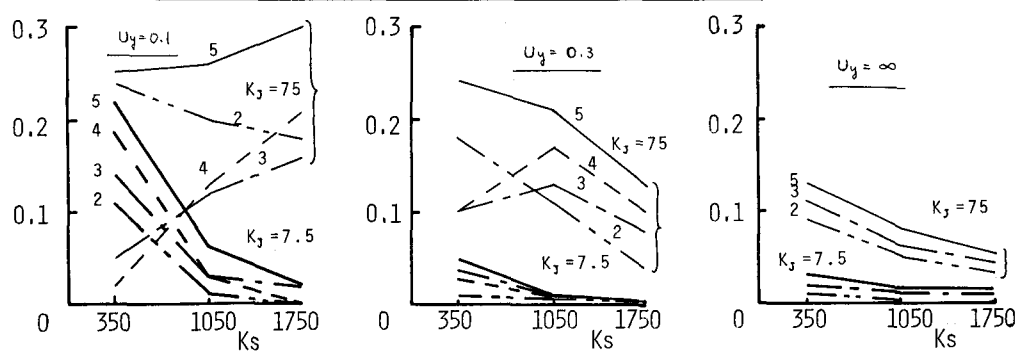


図-4 計算結果 (2) 最大振出量の変動係数(継手②)

に係わる K_0 (または、その最大値を与える $K_0 \times U_y$)との相対的な関係により、変位されていることがわかる(変動の影響はそれほど大きくない)。なお、図-4中の数字は計算のケースを表わしており、表-4を参照されたい。計算結果に関するその他の考察については、各データの頻度分布などとともに関連時に述べたい。なお、頻度分布や計算結果の一部は文献2)に述べられている。

3.あとがき 継手をもつ管路の耐震性を、確率変動を伴ったモデルによって検討する方法について述べた。ここでは、継手の挙動に対する各パラメータの感度の分析に終っているが、これらの結果をもとに今後はいかデータに関する定量的な考察と種々のケースについての解析を通して、このようなモデルによる埋設管路系の耐震性評価の可能性を考えてほしい。

(文献)1)西尾：地盤変位の確率モデルによる埋設管の震害の考察，第16日自然災害科学総合シンポジウム論文集(1979.9)

2)佐藤：シミュレーションモデルによる埋設管路の耐震性評価について，第30回応用力学連合講演会(1980.11)

表-4 計算の種別

CASE	CVA	CVB	CVC
1	0	0	0
2	0.3	0	0
3	0	0.3	0
4	0	0	0.3
5	0.3	0.3	0.3