

# 耐震性からみた埋設管のモデル化について

東北大学工学部 0 学生員 中村 晋

同 正 員 佐武 正雄

同 正 員 岸野 佑次

## 1 はじめに

1978年宮城県沖地震においては、軟弱地盤地域や宅地造成地域の中の特に地盤構造が均一ではないとみなされる部分において、ガス管や水道管等の埋設管の被害が多く発生したがこれは従来より埋設管の震害の程度と埋設管の敷設されている地盤の状態と密接な関連があると指摘されてきたことを裏づけるものである。特に埋設管の震害のうち継手部の抜け出しに着目すると、地盤の不均一な地震時挙動を考慮に入れない限りその被害のメカニズムを説明することは不可能であると考えられる。本文はこのような埋設管の抜け出しの被害に対する耐震性を検討するための埋設管のモデル化について考察を行なったものである。埋設管の抜け出しに関して基本となるのは隣接する2つの管体の相互作用であることから、ここでは埋設管を2質点系のモデルとして解析を行なった。地盤と管との相互作用の特性としては完全弾塑性を仮定し、管と地盤との間にすべりを考慮に入れることにした。外力としては正弦波を与え、バネ剛性や管と地盤との最大摩擦力の変動が管軸方向の応答変位に与える影響を与えるかを調べ、これらの結果をもとに埋設管の耐震性について確率的考察を行なった。

## 2 解析手法

### 2-1 地盤 埋設管のモデル

ここでは管軸方向のみの振動を考慮し、次のような仮定の下に図-1に示すような地盤 埋設管のモデルを用いて解析を行なった。

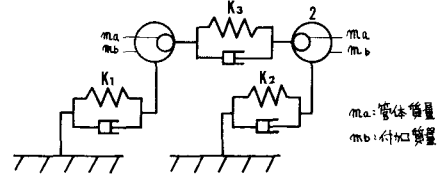


図-1 地盤 埋設管モデル

- 1) 地盤剪断バネの特性として図-2に示すような完全弾塑性性を仮定する。既方管軸方向の相対的な摩擦カにより最大摩擦カまでは地盤の変位に追従するがその後は土と管との間にすべりが生じると仮定する。
- 2) 継手部において図-3に示すようなバイリニアバネ特性を有する伸縮バネにより管は連結されているものと仮定する。
- 3) 地盤剪断バネ・継手バネとともに並列にレイレイ減衰が作用するものとする。

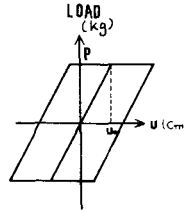


図-2 地盤バネ特性

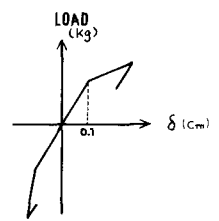


図-3 継手バネ特性

表-1 諸元

材料	ダクタイル鋼鉄
比重	7.15
内径	100mm
管厚	10mm
長さ	5000mm
重量	247kg
質量	0.252kg/cm

表-2 諸定数の平均値と最大摩擦力

	記号	平均値
質点の質量	m	1.1kg/cm
継手定数	K <sub>3</sub>	10kg/cm
地盤剪断バネ定数	K <sub>1</sub>	1000kg/cm (100kg)
(粘り内最大摩擦力)	K <sub>2</sub>	2000kg/cm (200kg)
	(P <sub>12</sub> )	3000kg/cm (300kg) の割合

### 2-2 応答解析手法

図-1の地盤に正弦波(加速度)を入力として与えニューマークの1/3法によって埋設管の応答計算を行なう。なお解析の対象とした埋設管の諸元を表-1に示す。また、地盤・継手部の剛性ならび最大摩擦力の平均値を表-2に示す。ただし、地盤・継手部の剛性は文献(2)を参考にし決めた値の外2種類の値を用い計算を行なった。さらに、埋設管の応答解析に際して管と地盤の間にすべりが生じる前には管体の外側に厚さ10cm(管径に相当)の付加質量を一律に与えることにし、すべりが生じた後は付加質量を考慮せずに解析を行なった。また入力波として周期0.1sec, 変位振幅1.0cm, 2つの質量に対する位相差0の正弦波(最大加速度400gal)を用いた。

### 3 解析結果

地盤バネ定数を一定とし表-2に示した値を平均値とする正規乱数により最大摩擦力を与え、管体継手部の最大相対変位  $\delta_{max}$  の変動を調べた。応答計算は100回行ない  $\delta_{max}$  の平均値、標準偏差を比較検討した。今後図ならびに表におけるCASE記号例えば1-1は  $k_1=1000 \text{ kg/cm}$ ,  $k_2=1000 \text{ kg/cm}$  の組合せを示す。図-4, 図-5に各CASEにおける  $\delta_{max}$  の平均値と変動係数の関係を示した。

### 4 考察

本研究における地盤・埋設管モデルと地震における被害率との関連について調べるため次式で示すパラメータを用いた。 $F=M/N$  ( $N$ : シミュレーション回数,  $M$ :  $N$  回のシミュレーションの中で2焦点間の相対変位  $\delta$  が2焦点間の許容相対変位  $S_L$  を越えた回数) 表-3, 表-4に  $S_L=3.0 \text{ cm}$ ,  $5.0 \text{ cm}$  とした場合の各CASEと変動係数における  $F$  の関係を示した。いずれの場合も変動係数0.5の場合もなわら地盤の不均一性(施工のばらつきなども含む)が大きい場合に掛け出し等の被害が起こり易いことを示している。ここで被害率は次式で与えられると考える。

被害率 =  $C \times F$  (ここで  $C$  は  $F$  が無次元量であるため被害率の単位(個所/km)に換算するための換算係数であるか管径ならび継手機構により異なる値をとる)

仙台市、塩釜市における地盤と本研究におけるCASEの対応ならびに両市における各地盤のメカニカル継手の被害率を表-5に示す。変動係数0.5  $S_L=3.0 \text{ cm}$  の場合の  $F$  より被害率を算定する。ただし  $C=1.0$  (個所/km) と仮定する。そこで本研究における地盤CASEと仙台市

塩釜市における各地盤の被害率との比較を表-6に示す。表によれば、本研究による地盤・埋設管モデルにより算定された被害率と仙台市、塩釜市における丘陵地、低位級丘、沖積平野、埋立地における実際の被害率にはほぼ一致していることがわかる。

### 5 おわりに

本研究の地盤・埋設管モデルから仙台市、塩釜市等の被害率を算定することが可能であることがわかった。今後他の地震における被害率との対応についてみる必要がある。またメカニカル継手ばかりでなく他の継手機構についても検討を進める予定である。なお、この研究は文部省科学研究費自然災害特別研究(1)302041の補助をうけたものである。

参考文献 1) 山部, 高田, 高橋: 可とう性継手を用いた埋設管の地震時の挙動について, 第34回土木学会年次講演概要集 P.351~P.352, 1979

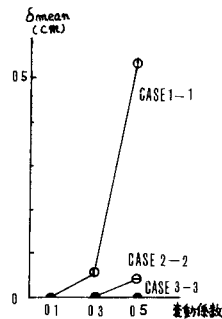


図-4

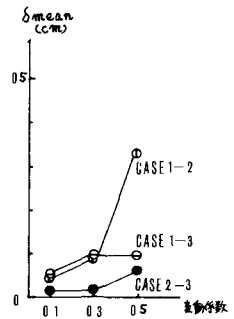


図-5

表-3

		$\delta_c=3.0$		
CASE	$\delta$	0.1	0.3	0.5
1-1	0	0	0	0.07
2-2	0	0	0	0
3-3	0	0	0	0

		$\delta_c=5.0$		
CASE	$\delta$	0.1	0.3	0.5
1-1	0	0	0	0.03
2-2	0	0	0	0
3-3	0	0	0	0

表-4

		$\delta_c=3.0$		
CASE	$\delta$	0.1	0.3	0.5
1-2	0	0	0	0.04
1-3	0	0	0	0.01
2-3	0	0	0	0

		$\delta_c=5.0$		
CASE	$\delta$	0.1	0.3	0.5
1-2	0	0	0	0
1-3	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0

表-5

地盤種別	A	B	C	D	E	F
	(低位級丘)	(沖積平野)	(丘陵地)	(丘陵地)	(沖積地)	(埋立地)
CASE	3-3	2-2	1-3	3-3	2-2	1-1
被害率(個)	0	0.008	0.018	0	0	0.07

表-6

地盤種別	実被害率 (個所/km)	CASE	本研究により 推定された被害率 (個所/km)
A, D	0	3-3	0
B	0.008	2-2	0
E	0	2-2	0
F	0.07	1-1	0.07