

神戸大学 正会員 ○李 騰雁 高田至郎  
 (株) 積水化学 正会員 東 俊司 中井健司

1、はじめに 多条多段配管での耐震評価解析を確立するために、本研究では、実験値を説明できる解析モデルの設定と上段・下段管の応答の相違を明らかにすることおよび継手の設計を研究目的として、解析モデルを提案し、管路を梁と、管路と管路および管路と地盤の間にバネでつながると仮定し、伝達マトリックス法を導入して、非線形解析を行った。

2、解析モデルと諸定数 今回の解析は 2 段管路を対象とする。図 1 は解析モデルを示す。管路を梁と、管路と管路及び管路と地盤の間にバネでつながることと仮定する。ここで、 $K_1$  は地盤の管軸直角方向単位長さ当たりのバネ係数、 $K_2$  は管と管の間に単位長さ当たりのバネ係数である。 $V_{kL}$  は k 番目管の左端の状態量を、 $V_{kR}$  は k 番目管の右端の状態量を示す。地盤沈下を  $U$  とすると、管路微小要素  $\Delta x$  の管軸直角方向の釣合モデルにより、力の釣合式は式(1)と式(2)で与えられる。式(1)と式(2)を整理すると式(3)の微分方程式が得られる。ここで、 $K_1$  : 地盤の管軸直角方

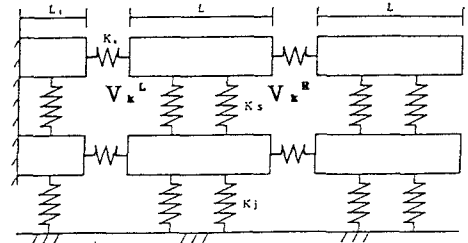


図 1 解析モデル

向単位長さ当たりのバネ係数、 $K_2$  :

$$Q_2 - Q_2 - dQ_2 + K_2 (W_1 - W_2) \Delta x = 0, \quad M_2 - M_2 - dM_2 + Q_2 \Delta x = 0, \quad (1)$$

管と管の間に単位長さ当たりのバネ係数、 $U$  : 地盤の変位、 $Q_{1,2}$  ; それ

$$Q_1 - Q_1 - dQ_1 - K_2 (W_1 - W_2) \Delta x - K_1 (U - W_1) \Delta x = 0, \quad M_1 - M_1 - dM_1 + Q_1 \Delta x = 0 \quad (2)$$

ぞれ下段と上段の管体のせん断力、 $M_{1,2}$  : それぞれ下段と上段の管体曲げモーメント、 $W_{1,2}$  : それぞれ下段と上段の管体変位、 $E$  : 管路のヤング率で、 $I_{1,2}$  : それぞれ下段・上段管路の断面 2 次モーメントである。式

$$EI_2 \frac{d^4 W_2}{dx^4} + K_2 W_2 = K_2 W_1, \quad EI_1 \frac{d^4 W_1}{dx^4} + (K_2 + K_1) W_1 = K_2 W_2 + K_1 U \quad (3)$$

(3) の連立微分方程式の一般解は

$$W_2(x) = \text{EXP}(\alpha_1 x) (C_1 \cos \alpha_1 x + C_2 \sin \alpha_1 x) + \text{EXP}(-\alpha_1 x) (C_3 \cos \alpha_1 x + C_4 \sin \alpha_1 x) + \text{EXP}(\alpha_2 x) (C_5 \cos \alpha_2 x + C_6 \sin \alpha_2 x) + \text{EXP}(-\alpha_2 x) (C_7 \cos \alpha_2 x + C_8 \sin \alpha_2 x) + U \quad (4)$$

$$W_1(x) = (1 - 4\alpha_1^4 I_2 / K_2) [\text{EXP}(\alpha_1 x) (C_1 \cos \alpha_1 x + C_2 \sin \alpha_1 x) + \text{EXP}(-\alpha_1 x) (C_3 \cos \alpha_1 x + C_4 \sin \alpha_1 x)] + (1 - 4\alpha_2^4 I_2 / K_2) [\text{EXP}(\alpha_2 x) (C_5 \cos \alpha_2 x + C_6 \sin \alpha_2 x) + \text{EXP}(-\alpha_2 x) (C_7 \cos \alpha_2 x + C_8 \sin \alpha_2 x)] + U \quad (5)$$

式(4)と式(5)に基づいて、多条多段配路の格間伝達式が求められる。多条多段配管の継手部における応力と変位量の釣合から、多条多段配管の格点伝達式は求められる。本解析では下記のような境界条件を用いた。

$$\text{管路の左端: } W_1=0, W_2=0, \phi_1=0, \phi_2=0 \quad \text{管路の右端: } Q_1=0, Q_2=0, M_1=0, M_2=0$$

多条多段配管の埋設沈下実験の結果から多条多段配管の破壊原因としては、管路内に発生する引張力による継手の破壊ということが分かる。軸方向ひずみの求め方については、本解析では、まず純曲げ解析によって多条多段配管における鉛直方向の変位を求める。鉛直方向の変位から多条多段配管における軸方向の伸縮量を計算する。次に、沈下の影響を大きく受けるマンホールから 2 本目の管を解析モデルにし、計算した伸縮量を強制変位として、多条多段配管における軸方向ひずみおよび継手の伸縮量を計算する。さらに、この軸ひずみと純曲げによるせん断力の軸方向の成分とのたしあわせで、管路の軸ひずみを算出する。

本解析が用いた本管の寸法と物性値は表 1 に示す。継手の特性は図 2 に表す。管路と地盤の間のバネ係数は表 2 に示す。

3、地盤沈下による管路の応答 地盤沈下は 20cm と 40cm に分けて、計算を行った。計算結果は図 3 と図 4 および図 5 に示す。図 3 と図 4 は地盤 20cm 沈下の時、管軸ひずみと管頂曲げひずみの解析値と実験値の比較で、

図5は地盤40cm沈下の時、管頂曲げひずみの解析値と実験値の比較である。図から分かるように、管軸ひずみの解析値と実験値はある程度誤差があるが、傾向が一致している。地盤20cm沈下、 $\beta=12$ の時管頂曲げひずみと実験値がよく一致することが分かる。以上の計算結果から本計算法が妥当と考えられる。

表1 管のパラメータ

管路のパラメータ			
内径	外径	長さ	ヤング率
15cm	17.4cm	200cm	120t/cm <sup>2</sup>

表2 地盤のパネ係数

軸方向 $k_1$	軸直角方向 $\beta$ ( $K = \beta k_1 \pi D$ )				降伏変位 (軸方向)	降伏変位 (軸直方向)
	6	8	12	15		
0.25kg/cm	6	8	12	15	0.21cm	1.0cm

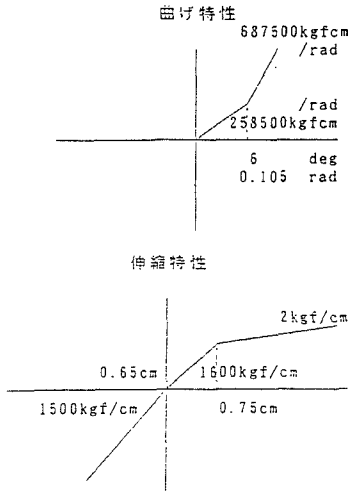


図2 継手特性

$K = 8 k_1 \pi D$     - - - -  $\epsilon_1$     — 上段  
- - - - 下段    • 実験値 (上段)

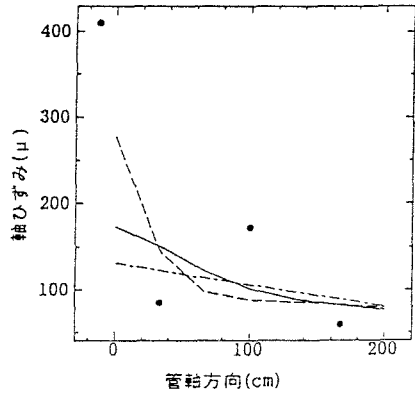


図3 20cm沈下の管軸歪みの実験値と解析値の比較

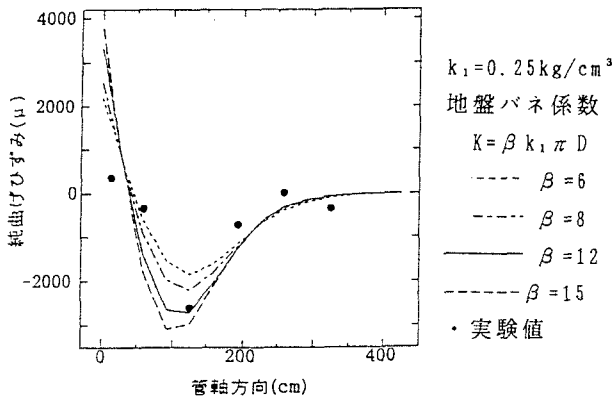


図4 20cm沈下の管頂曲げ歪みの実験値と解析値の比較(上段)

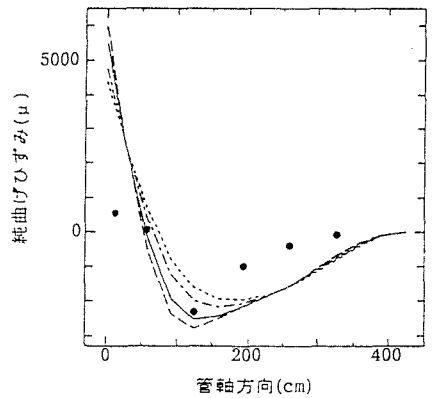


図5 40cm沈下の管頂曲げ歪みの実験値と解析値の比較(上段)

#### 4 結論

以上の計算結果から次のような結論が得られる。

- (1)、本解析手法での解析結果は実験値とよく一致することが分かる。
- (2)、本研究で提案した方法は多条多段配管の断面応力・ひずみの計算法と継手伸縮・回転の計算法として使うことができる。