

Ⅲ - B163

不同沈下の影響を受ける地中埋設管路の変形挙動に関する模型実験及び数値解析

建設省土木研究所 三木博史 建設省土木研究所 森 範行
○積水化学工業(株) 田中 正 (建設省土木研究所交流研究員)

1. はじめに

地盤の軟弱な箇所などに管路を敷設した場合、その沈下挙動の違いから相対的な沈下差(不同沈下)が発生し、管軸方向の曲げにより管路構造の破損が生じる場合がある。そこで、不同沈下の影響を受ける地中埋設管路の変形挙動を把握するため、地盤沈下発生装置を用いた模型実験を行い、得られた実験データに基づいて管軸方向の管路挙動解析の適用性の検討を行った。

2. 地中埋設管路の模型実験

(1) 実験概要

実験装置及び実験模型の概要を図-1に示す。地盤沈下発生装置は、高さ2.4m×奥行き1.0m×長さ14.0mの大型土槽と、21個の油圧ジャッキにより支持した沈下板から構成される。ケース1、2とも管材は、口径200mmの下水道用硬質塩化ビニル管(以下、塩化ビニル管とする)を用い、継手接合は、図-2に示すような可撓性を有するゴム輪接合により行った。ケース1については、定尺管(有効長4.0m)を3本接合した全長12.0mの管路、ケース2については、短管(有効長2.0m)を6本接合した全長12.0mの管路を設置した。また、埋戻しは、表-1に示す砂質土を1層仕上がり0.25mまき出し、木だこにて転圧し、管頂から高さ1.3mまで行った。

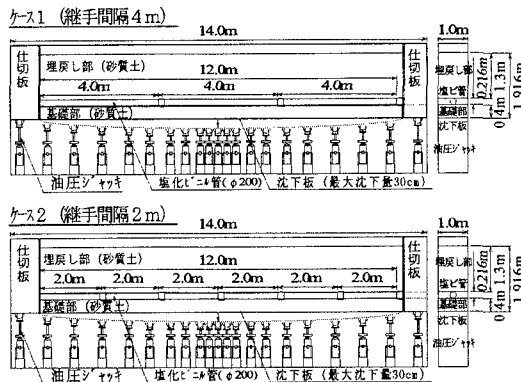


図-1 実験装置及び実験ケースの概要

表-1 土質材料の物性

砂質土	含水比	4.0%
	礫	3.0%
	砂	90.3%
	シルト	3.6%
	粘土	3.1%
c, φ		c=0, φ=39.4°

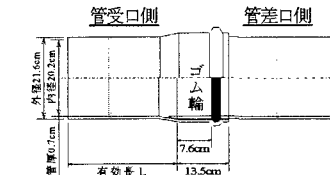


図-2 塩化ビニル管継手部接合構造(ゴム輪接合)

模型作成後、地盤沈下発生装置の沈下板を沈下させ、同時に計測

を行った。沈下方法は、沈下形状を両端固定の等分布荷重による梁のたわみ曲線とし、管路中心部が沈下速度50(mm/hr)・最大沈下量30(cm)となるよう各沈下板をコンピュータを用いて自動制御した。計測方法は、事前に管体に取り付けた計測機器を用いて管沈下量・管体歪み量・管たわみ量の自動計測を行った。

(2) 実験結果

管体の曲げ応力は、実験で計測した管路の管周方向及び管軸方向歪み量から次式により算定した。

$$\sigma_y = E \cdot \frac{\varepsilon_x \cdot \nu + \varepsilon_y}{1 - \nu^2} \dots \dots \dots (\text{式}-1) \quad \sigma_y: \text{管体曲げ応力}(\text{tf/m}^2), E: \text{管体の弾性係数}(\text{tf/m}^2)$$

$$\varepsilon_x: \text{管周方向歪み量}, \varepsilon_y: \text{管軸方向歪み量}, \nu: \text{ポアソン比}$$

管路中心部の地盤沈下量が10cm及び30cmの場合の管体曲げ応力の分布を図-3に示した。ケース1、2を比較すると、継手間隔に関わらず、最大管体曲げ応力はほとんど変わらない。これは塩化ビニル管の場合には管自体の可撓性が高く、地盤の不同沈下に追従して変形するため、管体曲げ応力が緩和されるためと考えられる。

キーワード: 地中埋設管、不同沈下、数値解析

連絡先: 〒305 茨城県つくば市旭1番地 建設省土木研究所土質研究室 TEL. 0298(64)2211 FAX 0298(64)0564

3. 地中埋設管路の軸方向挙動解析

(1) 解析の適用性の検証

一般に、管路のように梁状の構造物と地盤との相互作用を解析する場合、「弾性床上の梁理論」が用いられる。今回は、不同沈下の影響を受ける地中埋設管路を対象とした解析手法として、次式に示すような「地盤沈下を考慮した弾性床上の梁理論」に基づいた解析手法を用いた。

$$\frac{EI}{B} \cdot \frac{d^4 w}{dx^4} + k(w - w_g) = 0 \cdots \cdots \text{(式-2)}$$

EI ; 管体の剛性($\text{tf} \cdot \text{m}^2$), B ; 管体の幅(m)

k ; 地盤反力係数(tf/m^3), w ; 管たわみ(m), w_g ; 地盤沈下(m)

この解析手法を2.の模型実験に適用した。図-1に管路の形態を、表-2に解析に必要な入力定数を示す。ここで、継手については、バネ継手としてモデル化し、実験から求めたバネ定数を用いた。また地盤については、不同沈下の生じやすい軟弱地盤を想定し、N値を5として道路橋示方書により求めた地盤反力係数を用いた。

表-2 解析に必要な入力定数（塩化ビニル管φ200相当）

N	地盤定数	管路定数		
	地盤反力係数 (tf/m^3)	弾性係数 (tf/m^2)	断面2次モーメント (m^4)	継手曲げバネ定数 ($\text{tf} \cdot \text{m}/\text{rad}$)
5	4.67E+03	3.00E+05	2.51E-05	3.75

図-3に示した管体曲げ応力の実測値と解析値とを比較すると、この解析手法の適用性は良好であるといえる。

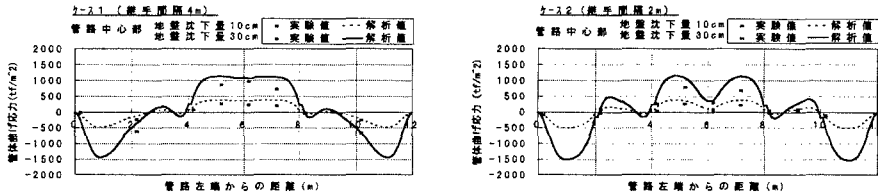


図-3 管体曲げ応力の実験値と解析値との関係

(2) 解析手法の諸条件への適用

(1)で検証した解析手法を剛性管（鉄筋コンクリート管φ200）について適用した。解析の入力定数を表-3に示す。なお継手間隔は(1)と同様に4mないし2mとした。

表-3 解析に必要な入力定数（鉄筋コンクリート管φ200相当）

N	地盤定数	管路定数		
	地盤反力係数 (tf/m^3)	弾性係数 (tf/m^2)	断面2次モーメント (m^4)	継手曲げバネ定数 ($\text{tf} \cdot \text{m}/\text{rad}$)
5	2.93E+03	3.30E+06	1.26E-04	3.75

図-4に解析から得られる管体曲げ応力分布を示す。塩化ビニル管、鉄筋コンクリート管とも継手近傍では管体曲げ応力が緩和されることが分かる。また塩化ビニル管では最大曲げ応力がケース1、2でほぼ同じであるのに対し、鉄筋コンクリート管ではケース1よりも継手間隔の小さいケース2の方が最大曲げ応力が大幅に緩和されていることが分かる。これは、塩化ビニル管のような撓性管では主に管体自体の可撓性の効果で管体曲げ応力が緩和されるのに対し、鉄筋コンクリート管のような剛性管では管路の可撓性が継手のみに依存しており、継手間隔が管体曲げ応力に大きく影響するためと考えられる。

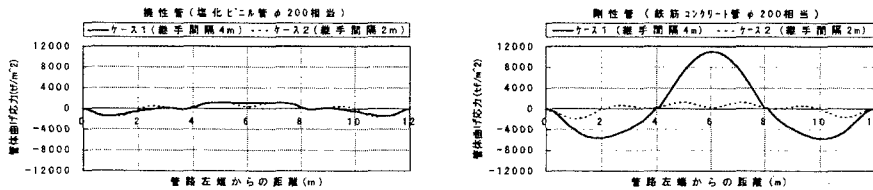


図-4 管体曲げ応力分布（管路中心部の地盤沈下量30cmの場合）

4. まとめ

不同沈下の影響を受ける地中埋設管路について模型実験及び数値解析により以下の3つのことが分かった。

- ①「地盤沈下を考慮した弾性床上の梁理論」に基づいた数値解析手法は実用上良好な適用性を有する。
- ②塩化ビニル管のような撓性管の場合には、管体自体が地盤の不同沈下に追従して挙動し、管体曲げ応力が緩和されるので継手間隔が管体曲げ応力に及ぼす影響は比較的小さい。
- ③鉄筋コンクリート管のような剛性管では管路の可撓性が継手のみに依存し、継手間隔が管体曲げ応力に大きく影響する。したがって、不同沈下量が多い場合には継手間隔を小さくするなどの対策が必要となる。

5. 謝辞

本研究は建設省土木研究所材料施工部土質研究室において平成8年4月より1年間にわたりおこなってきたものであります。御指導・御助言くださった三木室長をはじめ、土質研究室の方々に心から感謝いたします。