

同一環剛性を有する管厚の異なるたわみ性パイプの遠心力模型実験 Centrifuge Model Tests for Flexible Pipes Having Different Thickness and Equivalent Bending Ring Stiffness

○泉 明良* 澤田 豊* 井上一哉* 日野林譲二**
Hoe I. Ling*** 毛利栄征**** 河端俊典*
Izumi Akira, Sawada Yutaka, Inoue Kazuya, Hinobayashi Joji,
Ling Hoe I., Mohri Yoshiyuki and Kawabata Toshinori

1. はじめに

パイプラインの設計基準を満足していても、管厚の過度な薄肉化は座屈を引き起こす可能性が懸念される。筆者らは、口径 400mm の同一環剛性を有する管厚の異なるたわみ性管を用いて埋設実験を実施し、管厚が小さいほど軸応力が大きく不均一になることを明らかにした。本研究では、口径 130mm の同一環剛性を有する管厚の異なるたわみ性管を用いて遠心力模型実験を行い、大口徑たわみ性管の埋設挙動について検討した。

2. 実験方法

実験には、610mm×405mm×378mm の土槽を使用した。供試管は Table 1 に示すように、環剛性 EI/D^3 が同程度で管厚の異なる 3 種類を使用した。各供試管には内外両面に管周方向 22.5 度間隔でひずみゲージを貼付した。模型地盤にはネバダ砂および鉛の散弾袋を用いた。ネバダ砂の土粒子密度は 2.65 g/cm³、粘着力は 0kN/m²、内部摩擦角は 33.64 度である。ネバダ砂を用いて土被り厚 1D(130mm)まで相対密度 13%のゆる詰めで埋戻した後、土被り厚を 2D 相当となるように重量を調整した散弾袋を地表面に設置した。各埋戻し段階において遠心加速度を 22.9G まで段階的に増加させ遠心载荷を行った。22.9G 場における原型管径は約 3,000mm、原型土被り厚は約 6m である。実験ケースを Table 2 に示す。一部の実験において、管底部に応力集中を発生させるために、スチール製のアングルを設置した。

3. 実験結果

3.1 曲げひずみ分布

Fig.1 に 22.9G 場における土被り厚 2D の曲げひずみ分布を示す。曲げひずみの正は管外面の引張ひずみが正のときとしている。また、発生ひずみは管厚に比例するため、アルミ管を基準に他の供試管の曲げひずみ分布

Table 1 供試管諸元
Properties of pipes used in experiment

管種	管厚 t (mm)	管厚 中心 直径 D (mm)	弾性 係数 E (N/mm ²)	環剛性 EI/D^3 (kN/m ²)
アルミ管	0.43	131.55	66131	0.19
ナイロン管	1.25	127.4	2454	0.19
LDPE 管	3.47	126.88	206	0.35

Table 2 実験ケース
Case of experiment

ケース名	地盤条件	管種
Case-A-AL		アルミ管
Case-A-N	ゆる詰め	ナイロン管
Case-A-PE		LDPE 管
Case-B-AL		アルミ管
Case-B-N	ゆる詰め	ナイロン管
Case-B-PE	+アングル	LDPE 管

*神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University **高耐圧ポリエチレン管協会 High Stiffness Polyethylene Pipes Association ***コロンビア大学 Columbia University ****(独) 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering
キーワード：埋設管，遠心力模型実験，ひずみ

のスケールを調整した。

Fig.1(a), (c), (e)より、管頂部および管底部に引張りひずみが、管側部では圧縮ひずみが発生している。これは、各埋戻し段階で遠心力を増加させたことにより地盤が締固められたためだと考えられる。また、管種ごとの曲げひずみ分布を比較しても大きな違いはなく、管厚による影響は小さいことがわかった。Fig.1 から、各管種における、アングルの有無による影響を比較すると、LDPE 管以外では、圧縮ひずみが発生していることから、アングル接触面に応力集中が発生していると考えられる。

3.2 軸応力分布

Fig.2 に 22.9G 場における土被り厚 2D の軸応力分布を示す。ここでは引張応力を正とした。Fig.2(a)から、ゆる詰め地盤において、同一程度の環剛性を有するたわみ性管は、管厚が小さいほど大きく不均一な圧縮軸応力が発生することがわかる。Fig.2 から、各管種による、アングルの有無による影響を比較すると、類似した軸応力分布であることから、アングルによる影響は極めて小さいことがわかる。

4. まとめ

本研究では、同一環剛性を有する管厚の異なるたわみ性管を用いて遠心力模型実験を実施し、原型外径 3,000mm の大口径たわみ性パイプの埋設挙動について検討した結果、得られた知見は以下のとおりである。

- ①管厚が曲げひずみ分布に与える影響は極めて小さい。
- ②管厚が小さくなるほど大きく不均一な軸応力が発生する。
- ③管に剛な異物が接触する場合、曲げ変形が支配的であり、軸方向の変形への影響は小さい。

引用文献

1) Kawabata, T., Nadamoto, Y., Izumi, A., Shimamoto, C., Shoda, D., Inoue, K., Mohri, Y., Ariyoshi, M., Hinobayashi, J., Tokiyoshi, M. and Uchida, K. (2009) : Effect of pipe thickness on the behavior of flexible pipes with equivalent bending ring stiffness, 19th International Conference of ISOPE, Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 404-408

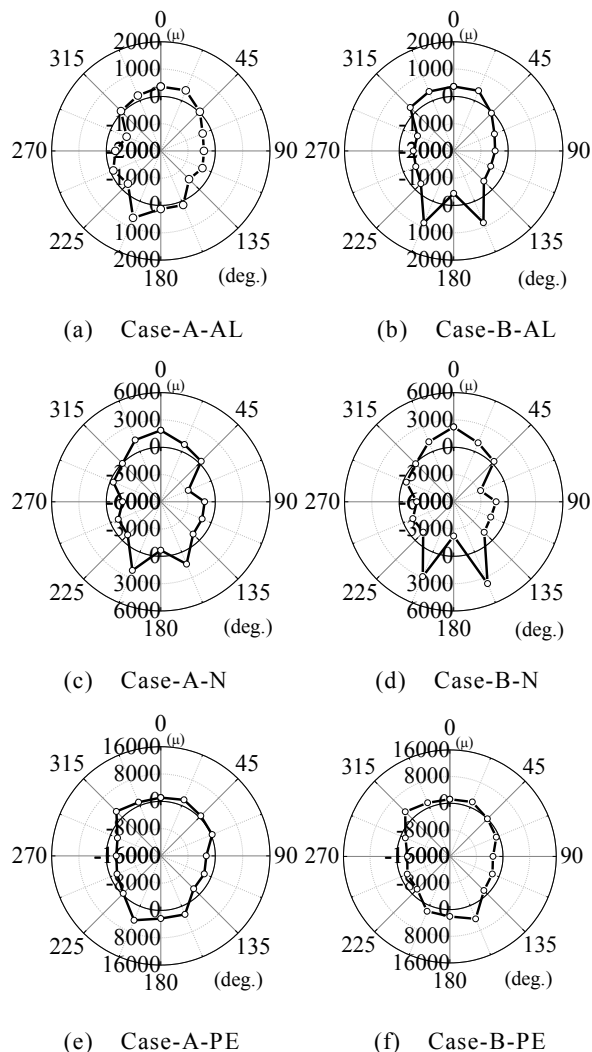
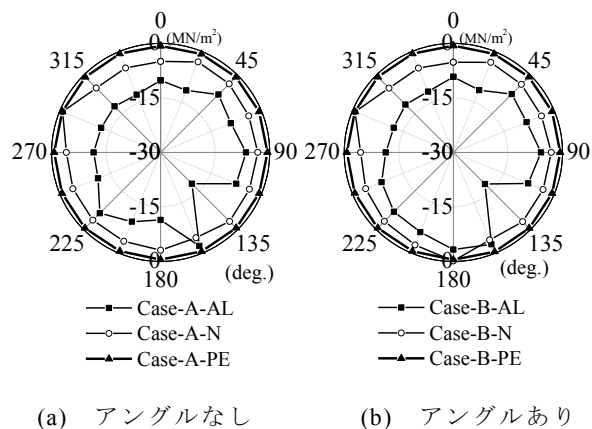


Fig.1 曲げひずみ分布
Bending strain distributions



(a) アングルなし (b) アングルあり
Fig.2 軸応力分布
Axial stress distributions