

3次元 FEM による軟弱地盤内の PE 管及び継手の挙動に関する検討 3D FEM Analysis on the Behavior of Polyethylene Pipe in the Vicinity of Joints

上田前向* ○徳増美月** 高原源太郎*** 日野林譲二*** 澤田豊* 河端俊典*
Zenko Ueda, Miduki Tokumasu, Gentarou Takahara, Joji Hinobayashi, Yutaka Sawada
and Toshinori Kawabata

1. はじめに

超軟弱地盤では、農業用管路として地盤追従性に優れたポリエチレン (PE) 管の需要が増大している。PE 管は軽量で可とう性があり、熱融着による管路の一体化が可能であるという特徴を有する。これらの特徴は超軟弱地盤での敷設に際して大きな利点となり、近年では超軟弱地盤内における PE 管に関する研究が進み設計条件や施工方法が構築され始めている¹⁾。しかし、依然として超軟弱地盤内に埋設される PE 管の力学的挙動に関する研究事例は少ない。また、優れた追従性を有し管周方向のみ剛性を増大させたガラス繊維強化ポリエチレン (PE-GF) 管が開発されている。本研究では 3 次元 FEM 解析により地盤沈下を再現し、PE-GF 管と継手部近傍の応力分布や追従性の検討を行った。

2. 解析概要

Fig. 1 に解析モデルを示す。当解析は過去に実施した模型実験を模擬している。地盤モデルは緩詰地盤を想定し、弾性係数 1.21N/mm^2 の弾性体で再現した。供試管は PE-GF 管を再現している。継手のない直管に加え、BUTT 継手と EF 継手をそれぞれ中央に 1ヶ所設けた継手管を用意した。継手モデルは直管部との境界面を剛結合させることにより再現した。埋設管と地盤モデルの境界には摩擦を考慮するためにジョイント要素を設置した。

Table 1 に本研究で用いた管の諸元を示す。また、地盤モデル底面を強制変位させることにより地盤沈下を再現し、地盤モデル上面から等分布荷重 0.056N/mm^2 の大きさで作用させた。

3. 結果と考察

3.1 管軸方向ひずみの比較

Fig. 2 に地盤変位 30 mm 時の管底での管軸方向ひずみの模型実験の結果と解析結果を示す。直管に

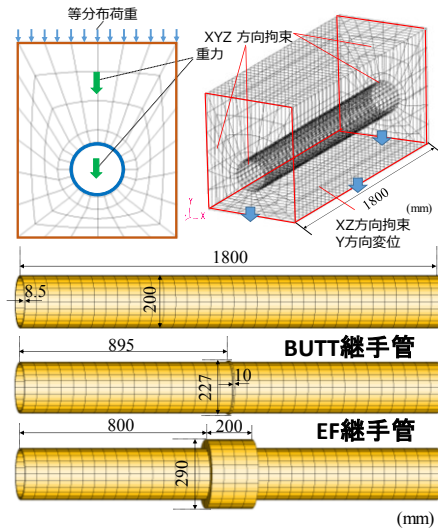


Fig.1 解析モデル
Analytical model

Table 1 供試管モデル諸元
Parameters of pipe

管軸方向弾性係数(N/mm ²)	2500
管周方向弾性係数(N/mm ²)	1300
比重	1.1
ポアソン比	0.35
環剛性(kN/m ²)	13.1
管軸方向剛性(kN・m ²)	42.3

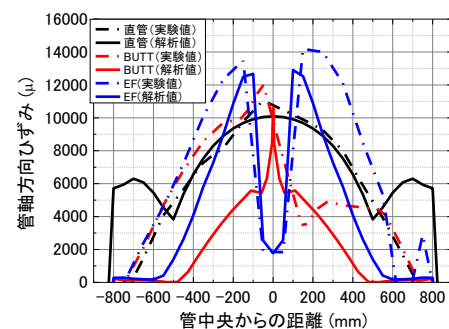


Fig.2 管軸方向ひずみの比較
Comparison of axial with model experiment

*神戸大学農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University **神戸大学農学部 Faculty of Agriculture, Kobe University ***ダイプラ(株) Daipura Co., Ltd.
キーワード: PE 管, 地盤追従, 地盤沈下, 3次元 FEM 解析

については拘束条件の影響を受けたため解析では端部でのひずみが大きくなっている。しかしながら、管の中央部では実験値と解析値は概ね一致しており、解析により地盤追従性の様子を捉えることができた。EF継手管においても、解析結果で値や変形形状は概ね一致しており継手部近傍でひずみが集中する特徴を捉えることができた。一方 BUTT 継手管では解析値が全体的に小さく出る傾向にあるが、発生傾向は概ね一致していることが確認できた。

3.2 各管のミーゼス応力分布

延性材料の破壊に関するせん断ひずみエネルギーによる評価を行うため、ミーゼス応力を算出した。

Fig. 3 に各管で発生したミーゼス応力分布のコンタ図を示す。直管では中央に近づくにつれて応力が徐々に大きくなっている様子がわかる。一方継手管では、直管部と継手部の剛性が異なり、継ぎ手部近傍が不連続面となるため急激に変形が生じるため、継手部近傍で応力が局所的に発生している。したがって、PE-GF 管は継手部近傍が弱部であり、継手の融着精度の重要性が示唆できた。

3.3 地盤追従性の比較

Fig. 4 に解析により算定した、地盤が 30 mm 沈下した際の各管の管底沈下量を示す。図より直管の中央部では地盤と同程度沈下し、十分な地盤追従性を確認することができた。EF 継手管では直管の 2/3 程度、BUTT 継手管では 1/3 程度の沈下を確認でき、EF 継手管の方が BUTT 継手管より優れた追従性を有していることが明らかとなった。**Fig. 5** に地盤変位量と最大ミーゼス応力の関係を示す。これにより直管と EF 継手管は地盤の変位量に対して応力と増加傾向が類似していることが明確になった。

4. まとめ

3次元 FEM 解析を実施し、地盤沈下時の PE-GF 管及び BUTT, EF 継手部近傍の力学的挙動を評価した。その結果、継手が及ぼす軸方向の変形形状への影響を解明できた。また、地盤沈下に対して EF 継手管の方が BUTT 継手管より優れた追従性を有し、直管と同程度の最大ミーゼス応力を発生させることから、EF 継手管の優位性が示唆された。

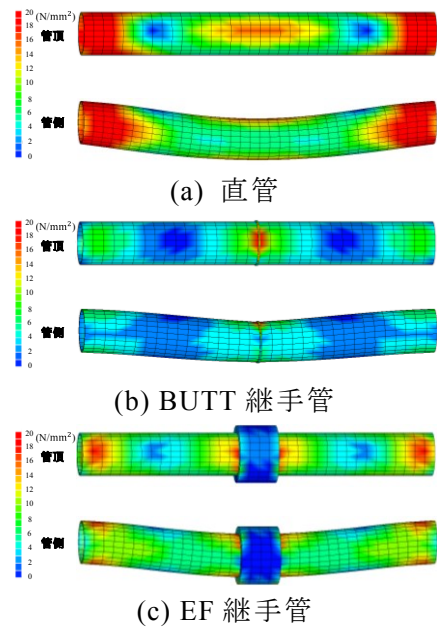


Fig. 3 ミーゼス応力
Von Mises stress distribution

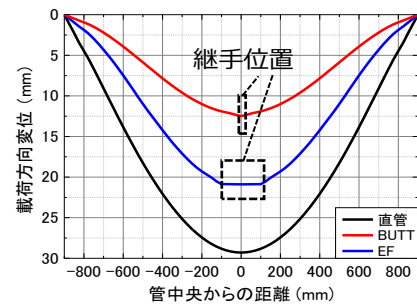


Fig. 4 地盤変位時の管沈下量
Pipe settlement associated with the ground displacement

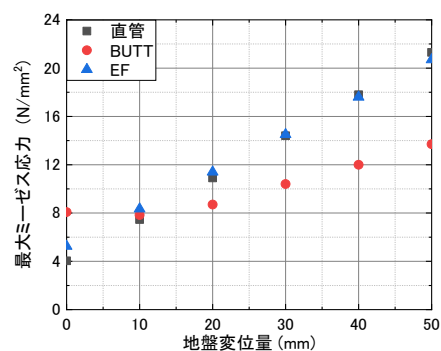


Fig. 5 地盤変位時の最大ミーゼス応力
The variation of Von Mises stress associated with the ground displacement

引用文献

- 1) 田頭秀和, 秀島好昭, 小島健司, 鈴木 稔 (2001): 泥炭地地盤で観測した大口径高密度ポリエチレン管の設計定数, 寒地土木研究所月報, Vol.644, pp.28-35.