

地盤のせん断変形がたわみ性管の力学挙動に与える影響 Influence of Ground Shear Deformation on Mechanical Behavior of Flexible Pipe

泉 明良* 三木太貴* ○寺田健司** 澤田 豊* 河端俊典*

IZUMI Akira, MIKI Taiki, TERADA Kenji, SAWADA Yutaka and KAWABATA Toshinori

1. はじめに

通常の荷重条件下においては、埋設管の管頂部、管底部に曲げひずみが卓越する。しかしながら、地震時に地盤がせん断変形する際には、埋設管は斜め方向のたわみが卓越するが、その力学挙動は明らかになっていない。本研究では、地盤のせん断変形がたわみ性管横断面力学挙動に与える影響を解明するために、繰返しせん断実験を実施した。

2. 実験概要

実験装置として、**Fig.1**に示すような繰返し単純せん断試験機を使用した。せん断土槽上部は固定され、正弦波が土槽の下部に作用することで壁面が変位する。土槽の寸法は幅 700 mm、奥行き 300 mm、高さ 550 mmである。

埋戻し材料として土粒子密度 2.63 g/cm^3 、最大乾燥密度 1.63 g/cm^3 、最小乾燥密度 1.28 g/cm^3 の6-7混合珪砂を使用し、相対密度 Dr は20, 45, 65%とした。各相対密度における地盤剛性を評価するためにCD三軸試験を実施した。CD三軸試験結果から得られた平均応力 p と変形係数 E_{50} の関係を**Fig.2**に示す。変形係数 E_{50} は以下の式で求められる。

$$E_{50} = \frac{q_u/2}{\varepsilon_{50}} \times \frac{1}{10} \quad (1)$$

ここで、 E_{50} ：変形係数(MN/m^2)、 q_u ：圧縮強さ(kN/m^2)、 ε_{50} ： $q_u/2$ のときの軸ひずみ(%)である。本実験において、土被りが浅く地盤の拘束圧が小さいため、平均応力 $p=0$ における変形係数 E_{50} の値を地盤剛性として用いた。

更生管模型として、**Table 1**に示すような厚さの異なる2種類のPVC管を使用した。土被り170 mmで模型管を埋設した後、最大せん断ひずみ5%、周波数0.25 Hzの正弦波を30サイクル与えた。頂点から 45° 間隔でたわみ量を計測し、 15° 間隔で管内円周方向ひずみを計測した。

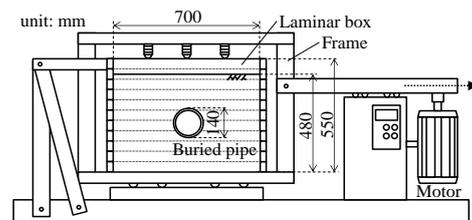


Fig.1 単純せん断実験装置概略図
Schematic diagram of the laminar shear box

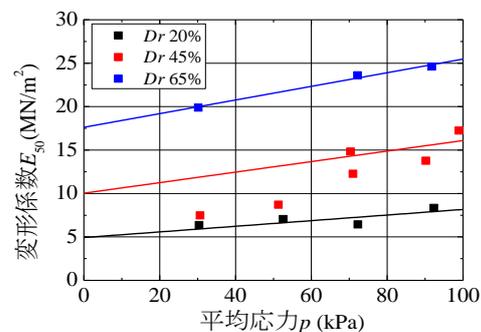


Fig.2 平均応力 p と E_{50} の関係
Relationships between p and E_{50}

Table 1 供試管諸元
Properties of pipes

管種	管厚 (mm)	外径 (mm)	環剛性 (kN/m^2)
VU 管	4.1	140.0	8.8
VP 管	7.0	140.0	42.1

*神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, **神戸大学農学部 Faculty of Agriculture, Kobe University キーワード：埋設管，せん断変形，模型実験

3. 実験結果および考察

Fig.3 に VU-Dr 45%のせん断ひずみとたわみ量の関係を示す。管頂を 0° とし、管圧縮方向のたわみ量を負としている。Fig.3(a), (b)からせん断ひずみに対するたわみ量は履歴ループを描き、サイクル数の増加に伴い、たわみ量が増加する。これは、既往研究¹⁾のとおり、繰返しせん断によって地盤密度が上昇することに起因していると考えられる。Fig.3(a)からせん断ひずみ 0%時において、 $0-180^\circ$ 方向および $90-270^\circ$ 方向にたわみは発生しないが、Fig.3(b)から斜め方向ではたわみが残留している。これは、地盤の塑性変形が原因であると考えられ、たわみ性管の斜め方向のたわみに強く影響を及ぼしている。Fig.3(a), (b)を比較すると、管頂および管側部よりも斜め方向のたわみ量が卓越している。

地盤の変形係数と管剛性およびせん断ひずみが埋設管のたわみ率に与える影響を検討するために、Fig.4 に 1 サイクル目の地盤の変形係数-環剛性比 $E_{50}/(EI/D^3)$ と 45° 方向のたわみ率の関係を示す。地盤の変形係数-環剛性比の増大に伴い 45° 方向のたわみ率は増加し、非線形性を有していることがわかる。また、地盤のせん断ひずみが 1%から 3, 5%と増加するにつれて、たわみ率は、それぞれ 1.7-2.0 倍, 1.9-2.6 倍に増加する。

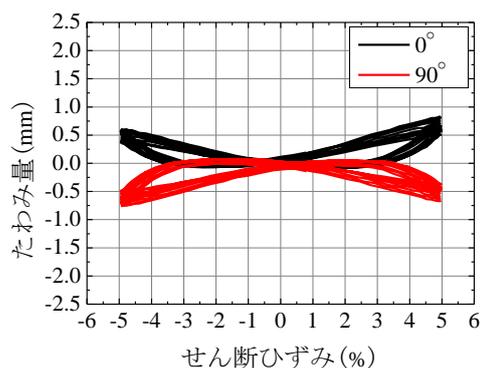
4. まとめ

本研究は、地盤のせん断変形がたわみ性管横断面力学挙動に与える影響を解明するために、繰返しせん断実験を実施した。その結果、得られた知見は以下のとおりである。

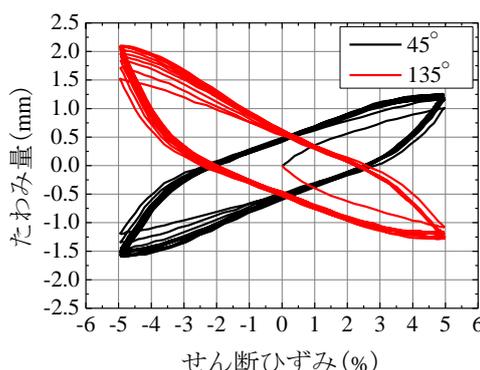
- ・地盤が繰返しせん断変形する際、せん断ひずみに対して管のたわみ量は履歴ループを描く。
- ・地盤の変形係数-環剛性比と管のたわみ率の関係は非線形性を有する。

参考文献

1) 澤田豊, 泉明良, 原田文, 小林成太, 河端俊典: せん断変形を受ける埋設管のたわみ量に関する一考察, 平成 26 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, pp.736-737, 2014.



(a) 0° および 90° 方向



(b) 45° および 135° 方向

Fig.3 せん断ひずみとたわみ量の関係
Relationships between shear strain and deflection

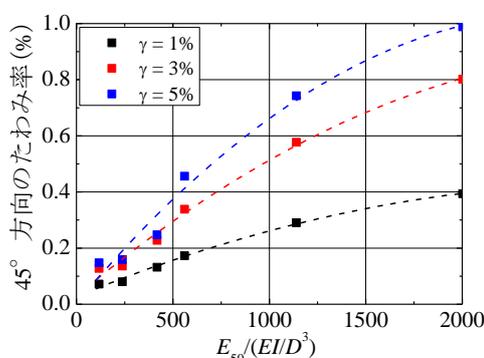


Fig.4 $E_{50}/(EI/D^3)$ とたわみ率の関係
Relationships between $E_{50}/(EI/D^3)$ and ratio of deflection