

せん断変形を受ける埋設管のたわみ量に関する一考察 Deflection of flexible buried pipes subjected to shear deformation

澤田 豊* 泉 明良* 原田 文** ○小林成太** 河端俊典*

SAWADA Yutaka, IZUMI Akira, HARADA Aya, KOBAYASHI Seita, 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、阪神淡路大震災ではパイプラインの斜め方向で亀裂が発生した例が報告されている。本研究では、せん断変形を受ける埋設管の横断面力学挙動を解明することを目的として、可視化単純せん断土槽を用いた繰返しせん断実験を実施した。

2. 実験概要

本実験で使用した繰返し単純せん断試験機の概略図を **Fig.1** に示す。せん断土槽は上部が固定されており、正弦波が土槽の下部に作用し、変位する構造となっている。前面にはアクリル板を使用しており、せん断中の地盤状況を、観察することができる。土槽の寸法は幅 700mm、奥行き 300mm、高さ 555mm である。埋戻し材料には土粒子密度 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 混合珪砂を用いた。層厚 50mm 毎に締固めを行い、相対密度 Dr が 20%、45%、65%となるように模型地盤を作製した。また、土被り 130mm となるように供試管を埋設した。**Table 1** に示す、2種類の管を用いた。供試管内面には、ひずみゲージを 15° 間隔に、変位計を頂点から 45° 毎、4 方向に設置し、管のひずみとたわみ量を計測した。模型地盤作製後、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。

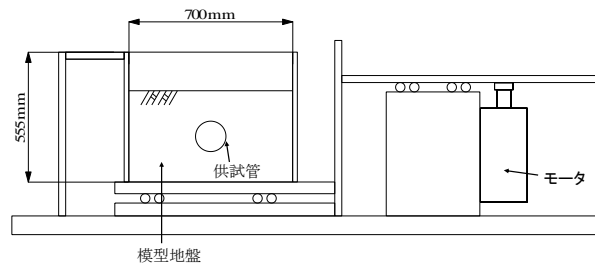


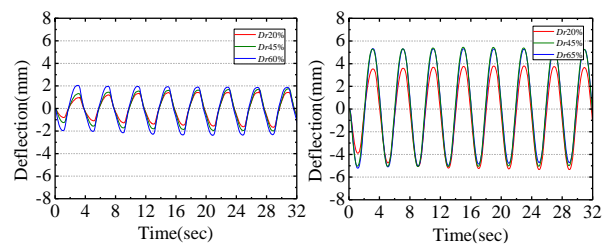
Fig.1 単純せん断実験装置概略図
Schematic diagram of the laminar shear box

Table 1 供試管諸元
Properties of pipes

管種	管厚 [mm]	内径 [mm]	弾性係数 [GN/m ²]	環剛性 [kN/m ²]
PVC	4.1	139.2	3.04	6.468
ナイロン	1.2	127.4	2.45	0.171

3. 実験結果および考察

Fig.2 に管の斜め 45° 方向のたわみ量の時刻歴変化を示す。たわみ量は PVC 管よりもナイロン管の方が大きく、地盤の相対密度の上昇に伴い大きくなる傾向を示す。さらに、相対密度が小さい場合、時間経過に従い、たわみ量が増加することがわかる。これは繰返しせん断により地盤密度が上昇することが要因であると考えられる。



(a) PVC 管 (b) ナイロン管

Fig.2 管のたわみ量の時刻歴変化
Changes in deflections of pipes

*神戸大学院農学研究科 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

4. 斜め方向のたわみ量の評価

地盤剛性が極めて高く、管と地盤の間に滑りや剥離が発生しない場合、管は地盤変形に完全に追従する。すなわち、せん断変形を受ける管を **Fig.3** に示すように、楕円と仮定することができる。せん断ひずみ γ に対する斜め方向のたわみ量を完全状態変形値 ΔX_1 とし、幾何学的関係を考慮すると、 ΔX_1 は式(1)の一般解として求めることができる。

$$\Delta X_1^3 - \frac{3}{4} D^2 \Delta X_1 + \frac{1}{4} \left(\cos^2 \frac{\gamma}{2} - \sin^2 \frac{\gamma}{2} \right) D^3 = 0 \quad (1)$$

管の斜め 45° 方向のたわみ量の実験値を $\Delta X'$ とする。ここで、

$$\alpha = \frac{\Delta X'}{\Delta X_1} \quad (2)$$

とする係数 α を定める。 α は地盤剛性、管剛性、管面粗度、せん断ひずみなどの関数と考えられる。本研究では α を用いて、実験における管のたわみ量を評価する。環剛性は EI/D^3 から求められる。また、地盤剛性については、地盤の反力係数 e' とみなし、とう性管の水平たわみ量の管圧中心直径に対する比率を求める式から算出した。(農林水産省, 2009) 算出した地盤反力係数 e' と環剛性の比を剛性比 β (式(3)) と定義した。

$$\beta = \frac{e' D^3}{EI} \quad (3)$$

以上から、係数 α と剛性比 β の関係をバイリニアによる近似で表し、せん断ひずみ γ 1%, 2%, 3%, 4%, 5% の近似式を **Fig.4** に示す。ただし、 α は1サイクル目のたわみ量から算出しており、 $\alpha \geq 1$ の場合は $\alpha = 1$ とみなす。**Fig.4** より、 β の増加に伴って、 α も増加することがわかる。これは、環剛性に対して地盤反力係数が増大すると、せん断変形を受ける管は完全変形状態に近づくことを示している。

5. まとめ

本研究では、可視化せん断土槽を用いた模型実験から、地盤せん断時の埋設管の力学挙動を検討した結果、得られた知見は以下のとおりである。

- ・せん断変形を受ける埋設管は斜め 45° あるいは 135° 方向に大きなひずみが発生する。
- ・斜め方向のたわみ量を評価するため、幾何学的関係に基づいた簡易な算定方法を提案した。さらに算定式のパラメータを実験結果より決定した。

参考文献

- 1) 農林水産省編 (2009) : 土地改良事業計画設計基準「パイプライン」基準書・技術書, p. 301

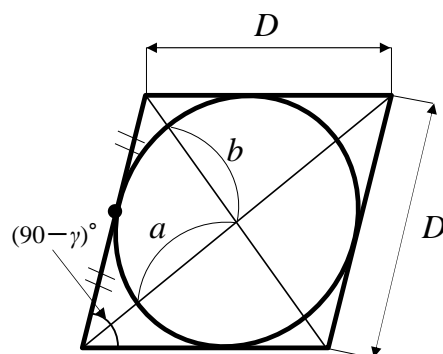


Fig.3 せん断時の管の模式図
Schematic diagram of a pipe subjected to shear deformation

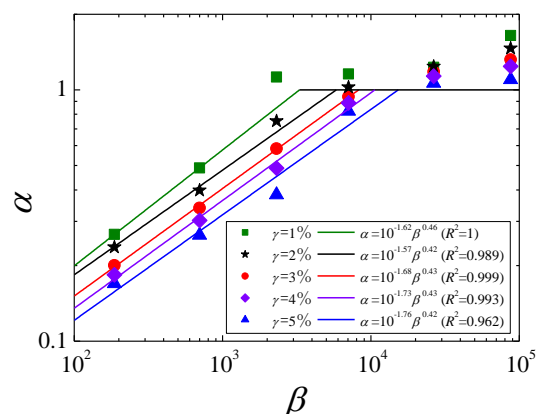


Fig.4 たわみ係数 α と剛性比 β の関係
Relationships between coefficient α and coefficient β