

繰り返し載荷による埋設管に作用する地盤摩擦力の動的特性

神戸大学 学生会員
Memorial University of Newfoundland
神戸大学 正会員
Memorial University of Newfoundland

○浅見 隼介
Reza Auchib
鋤田 泰子
Ashutosh Sutra Dhar

1. 研究の背景と目的

埋設管のような線状地中構造物の耐震設計指針において管と地盤との間に働く地盤摩擦力は、移動速度に依存しないと仮定した、いわゆる埋設管の静的載荷試験に基づいたもので設定されているが、地震時の動的挙動（速度、繰り返し）による地盤摩擦力を評価できているのかは疑問が残る。既往研究では、埋設管に働くせん断応力は管路・地盤間の相対速度等の条件により変化することが報告されているが、同地盤・同埋設条件で動的載荷試験と静的載荷試験による地盤摩擦力を比較した事例はほとんどない。そこで、本研究では、同地盤・同埋設条件の埋設管において動的繰り返し実験と静的実験を行い、地盤摩擦力に関する動的な特性を明らかにすることを目的としている。

2. 実験方法

本実験で用いた土槽は、長さ 1,600 mm、高さ 1,000 mm、奥行き 800 mm の全側面鋼製土槽である。本実験装置は、土槽長手方向に管路が土槽を貫通し、土槽外部から管路だけを載荷できる。管路は呼び径 75 mm の配水用ポリエチレン管（PE）とダクタイル鋳鉄管（DIP）を使用した。地盤材料は粒径を調整した掛津珪砂（最大乾燥密度 1.53 g/cm³、最適含水比 11.6%）である。管底部から土槽下面までが 200 mm、土被りが 600 mm になるように、地盤を 100 mm 毎（管路周辺は 50mm 毎）に適宜締固めを行った。実験ケースごとに管路周辺の地盤を採取して、締固め状態を確認した。

実験では、表-1 に示す合計 4 ケースを実施した。ケース 1,2 は振動台を用いた繰り返し載荷実験を PE 管と DIP 管でそれぞれ実施し、ケース 3,4 では静的載荷実験を各管種で実施した。4 ケースの地盤条件は、含水比が 6～9%で締固度 90%以上であり、地盤の締固め条件に差異はないといえる。

動的繰り返し実験は、振動台をアクチュエータとして利用し、振動台に載せた土槽を移動させて反力壁に管を押し当てることで管路と地盤の間に相対変位を生じさせた。図-1 は実験装置概要を示す。反力壁と管路は固定されておらず、図-2 に示

表-1 実験ケース一覧

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
管路	PE	DIP	PE	DIP
載荷方法	動的	動的	静的	静的
載荷速度 (cm/s)	5	5	0.004	0.009
載荷力	押し	押し	引き	引き
含水比(%)	6.80	5.98	9.00	6.45
締固度(%)	95	94	91	91

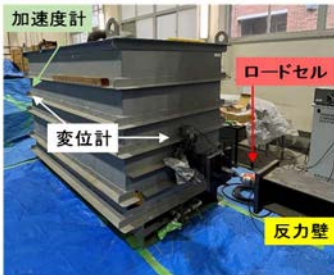


図-1 動的載荷実験の概要

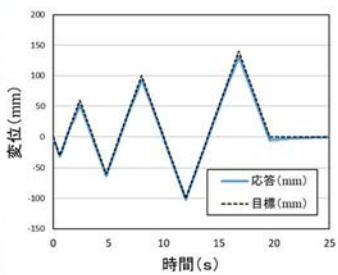


図-2 繰り返し載荷変位

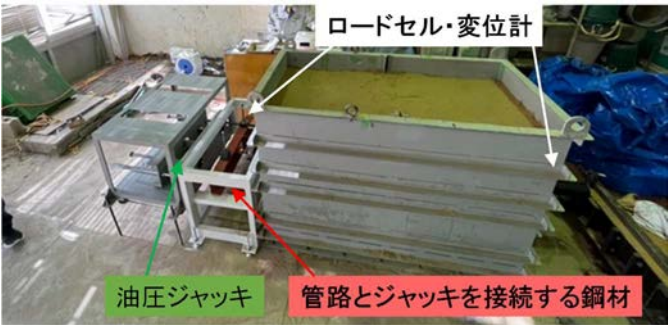


図-3 静的載荷実験の概要

キーワード 埋設管 地盤摩擦力 繰り返し載荷

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL 078-803-6047

す載荷変位を与えることで、管路には圧縮力を3回繰り返し作用させた。土槽の移動速度は 5 cm/s で一定である。

一方、静的載荷試験では、管路端部を油圧ジャッキによって引き出すことによって載荷した。載荷速度はケース3が 0.004 cm/s、ケース4が 0.009 cm/s であった。

3. 実験の結果

口径による地盤摩擦力への差を除くために、ロードセルで得た荷重を管路の表面積で除したせん断応力を用いて評価した。図-4及び図-5は動的繰り返し試験によるせん断応力と変位の関係を示している。繰り返し載荷によって載荷サイクルの度に最大せん断応力は低下していくが、DIP 管の方が PE 管よりも載荷サイクルによるせん断応力の減少が小さいことがわかった。図-6は2種類の静的試験を比較している。最大せん断応力は 7.83 kN/m² (ケース3)、10.68 kN/m² (ケース4) と差があるものの、降伏変位や降伏後の応答等は似ており、両ケースとも現行の指針の様なバイリニア形に近い反応を示した。

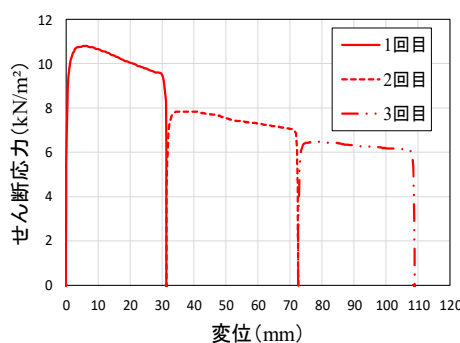


図-4 実験結果ケース1 (PE 動的)

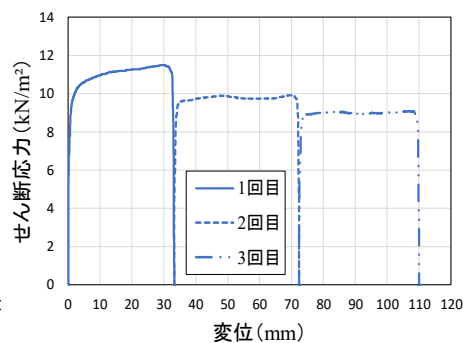


図-5 実験結果ケース2 (DIP 動的)

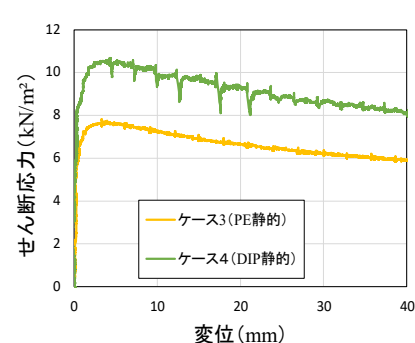


図-6 ケース3・4 (静的)

図-7、図-8はPE管とDIP管のそれぞれにおいて、動的繰り返し試験と静的載荷試験を比較したものである。DIP管では動的載荷試験の1サイクル目と静的載荷試験の最大せん断応力を迎えるまでの摩擦力特性は類似していた。一方で、PE管では、静的載荷時の最大せん断応力は動的試験に比べ約30%低下することが示された。

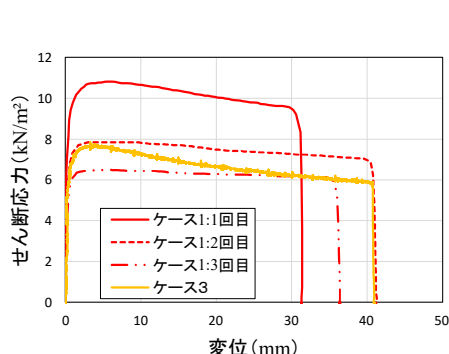


図-7 PE管のせん断応力の比較

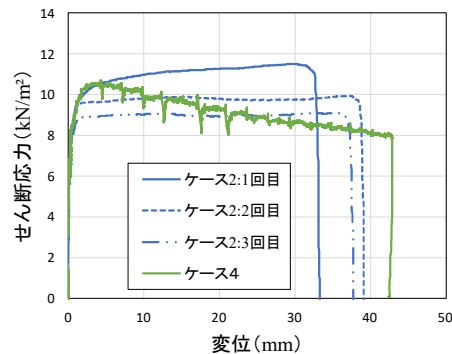


図-8 DIP管のせん断応力の比較

考察

本研究の実験から、以下の点が考察される。

1. 動的載荷試験において、載荷サイクルごとにせん断応力は低下した。本研究で用いた地盤は良く締まっているため、2回目以降はアーチ効果によって管周面に近い砂だけの摩擦となるため摩擦力が低下した。
2. 動的載荷試験では、DIP管の方が、2回目以降せん断応力は低下しにくかった。PE管は管表面が滑らかであるが、DIP管の表面粗さが周面地盤との摩擦を大きくなる原因と考えられる。
3. 動的載荷と静的載荷を比較すると、DIP管の最大せん断応力はほぼ同じになる一方、PE管は静的載荷の方が小さくなった。静的試験の引張載荷では載荷側のPE管が縮径することで摩擦力が低下したと考えられる。一方、DIP管は剛性が高く、押し引きで管の膨張・収縮の影響はなかった。今後、載荷方法による差異についてはさらに検討をする必要がある。