第I部門

小型土槽振動実験による構造物取り合い部に作用する液状化時の荷重

神戸大学工学部	学生員	〇吉井	純貴
神戸大学大学院工学研究科	正生員	鍬田	泰子

1. 研究の目的

地震時に埋設管路の周辺地盤や埋戻砂が液状化すると、管路は浮力やその後の沈下を受けて蛇行する.とくに、施工 上締固めにくい構造物周辺の地盤が液状化をすると、周辺地盤の液状化によって構造物との取り合い部の管路は局所的 に大きな変形を受ける.東北地方太平洋沖地震でも液状化によって取り合い部で管路継手の脱管などの被害が生じた. 取り合い部での被害事例は多いものの、その箇所を対象とした液状化外力のモデル化や地震対策はほとんど進んでいな いのが現状である.飛田ら<sup>1)</sup>は遠心場実験から非液状化層が上層にあり液状化層内にある取り合い部の管路には一様な 分布荷重の他に固定端側で大きな曲げモーメントが作用したことを示してい

る.本研究では、取り合い部における液状化時の外力を評価するため、小型 土槽内に埋設した片持ちの管路を対象に1G場で振動実験を行った.

2. 実験概要

加振装置として、パルスモーターサーボ式小型振動台 DUB-229A(株式会社 誠研舎)を使用した.テーブル寸法は 400mm×250mm で、ストロークは± 25mm,最大 300cm/s<sup>2</sup>まで加振できる.実験土槽にはアクリル水槽(幅 200mm ×奥行 350mm×深さ 250mm,厚み 4mm)を、管路には配水用ポリエチレン 管の呼び径 20(外径 27mm,厚み 3mm)を使用した.実験装置の概要を図-1 に示す.自由端側の管路の端部にはPE 製板を熱融着し、もう一方の端部には ねじ状の金属金具が融着加工されている.土槽に接着固定された架台をねじ 部とキャップで挟み込み,架台に管路を固定させた.土槽と振動台は、土槽 底部でボルト締めして固定した.

計測については、管路の上下面にひずみゲージ (FLA-1-11-1LE) をそれぞ れ5か所,図-1に示すように貼り付けた.管路が小型のため直径 1mm の防水 網線のゲージを使用した.ゲージには防水加工として、ブチルテープを 巻きつけた.また、加速度計(ARF-200A)を振動台に1か所設置した. 3.実験ケース

実験では、(ケース1) 土槽内の全ての土が液状化地盤(A:相対密度 Dr=71%, B:Dr=76%)、(ケース2) 管路より下部地盤が振動による締固 め地盤(Dr=80%)、上部地盤が液状化地盤(Dr=71%)(振動により先に 液状化させて締固め、噴水分を取り除いたあとに液状化地盤を敷き詰め た)、(ケース3) 管路より上部地盤が非液状化地盤(乾燥砂)で下部地 盤が液状化地盤(Dr=76%)、(ケース4) 管路中心線を境界として上部地 盤が非液状化地盤(乾燥砂)で下部地盤が液状化地盤(Dr=69%)、(ケー ス5) 管路が非液状化地盤(乾燥砂)にあり、その下部に液状化地盤

(Dr=77%),の5ケースで行った.実験ケースの概略図を図-2に示す.



図-2 実験ケースの模式図

単位(mm)

液状化地盤には、粒径が 0.3mm~1.0mm の硅砂 5 号を用いて水中落下させた.加振については、供試体管軸方向に水平振幅 300cm/s<sup>2</sup>、周波数 4Hz の正弦波を与えた.加振回数は 40 回(主要 30 回,前後テーパー5 回)である.

Junki YOSHII and Yasuko KUWATA

kuwata@kobe-u.ac.jp

## 4. 実験結果

実験結果の概要として、ケース1のAとBとケース2では管路 の浮上がみられたが、液状化地盤の上に乾燥砂をおいたケース3~5 では加振とほぼ同時に管路は沈下する方向にひずみが出た.結果の 一例として、ケース1のAとケース3の加振時の管路ひずみをそれ ぞれ図-3と図-4に示す.ケース1の場合には10秒間の加振の途中 からひずみの振幅が大きくなるとともに全体のひずみは減少傾向 になった.管路周辺地盤が振動開始とともに液状化したが、振動途 中で間隙水圧が消散し締め固まったために振動を良く伝達するよ うになったと考えられる.一方、ケース3の場合には、加振と同時 に非液状化層の上載圧によって振動しながらも単調に沈下する傾 向が見られた.飛田らの実験では、ケース3~5と同様な上部に非 液状化地盤のあるケースで加振直後に浮上が見られたが、著者らの 実験では異なる結果が得られた.

次に、加振時ならびに加振7時間後の管路に作用する曲げモーメ ントを図-5と図-6に示す.加振時においては、ケース1には液状化 地盤の相対密度によって曲げモーメントに差異がみられたが、概ね 浮力から推定される一様な分布荷重が作用したものと考えられる. 一方、非液状化層が上部にある方が大きな曲げモーメントが作用し ていた.最も大きな荷重が作用したのは、管路が液状化地盤にあり その上に非液状化層があるケース3の場合であった.実験から7時 間後には、地盤の沈下とともに管路も加振時よりもさらに沈下する ケースが見られた.ケース3は時間とともにひずみが小さくなる傾 向がみられたが、ケース5は逆にひずみが増加した.実験結果から、 液状化時には管路の浮上に対する照査が耐震設計で行われている が、非液状化地盤が上部にある場合、液状化によって非液状化地盤 の上載圧の影響を受けるために浮上検討よりも注意が必要である.

管路の曲げモーメントから算出される自由端の変位の推移と,実 験後に観察される地盤の沈下量を表-1に示す.加振によって2cmほ ど地表面が沈下したが,管路そのものの沈下量は1mm 程度であっ

た.小型実験であるために実験で得られた変位や荷 重をそのまま参照することができないが,非液状化 地盤の下に液状化地盤内に管路がある場合には液状 化時の浮力だけでなく,上載圧を考慮する必要があ ることが示唆された.

【謝辞】本研究の遂行にあたり,配水用ポリエチレン協会に管路を提供していただいた.ここに記して 謝意を表す.

【参考文献】

1) 飛田哲男,荒木恵徳,鍬田泰子,宮本勝利,佐藤清,小西康彦,砂坂善雄:遠心模型実験による液状化地盤中の管路の動的変形挙動,土木学会第34回地震工学研究発表会講演論文集,2016



表-1 自由端の沈下量(沈下方向を正とする)

ケース	1—A	2	3	4	5
加振直後の地盤 沈下量(mm)	21	12	20	12	26
加振直後の自由 端の変位(mm)	-0. 1	-0. 003	1. 1	0. 2	0. 5
7 時間後の地盤 沈下量(mm)	21	12	20	13	27
7 時間後の自由 端の変位(mm)	-0. 35	-0. 03	0.4	0. 1	1.1