

繰返し載荷試験によるたわみ性管の挙動に関する地盤密度の影響

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 ○高 東熙
 東京大学生産技術研究所 正会員 桑野 玲子

1. はじめに

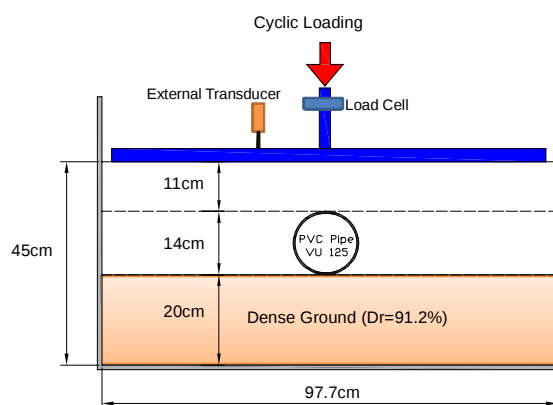
たわみ性管の挙動は埋設地盤に強く依存するため、管の構造的損傷を減らし信頼性ある設計をするためには、埋設地盤の環境および外部荷重による埋設管の挙動特性を把握するのが重要である。たわみ性管の挙動については東田らの一連の研究(1999)により解明が進んでいるが、これらはほとんど静的荷重下の挙動についてが中心で、繰返し載荷による埋設管の長期挙動はまだ不明な部分が多い。著者らは小型土槽を用いて、繰返し載荷時のたわみ性管と地盤の相互作用を調べた(2008)が土槽寸法の影響が懸念された。本研究では、大型土槽と応力制御の載荷装置を用いて異なる密度の埋設地盤に繰返し載荷試験を行い、たわみ性管の変形と作用応力特性について検討した。

2. 実験方法

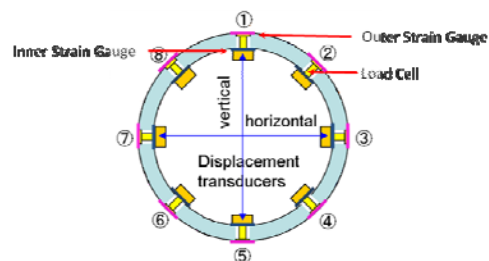
大型土槽内に豊浦砂で幅 97.7cm×奥行 40cm×高さ 45cm の、モデル地盤を作成した。大型土槽とモデル地盤の概要は図 1a に示す。相対密度 (Dr) 91.2%の基礎層の上に管模型を設置し、管周辺および管上を所定の密度で埋め戻した。地盤作成は多重フルイを用いた空中落下法で行った。模型管には薄肉塩ビ管 (VU125: 外径 14cm、肉厚 4.1mm) を用いた。管に作用する土圧を測定するために、鉛直とせん断応力の 2 方向ロードセル (LC) を円周方向に 8 箇所配置した。また、管内外にひずみゲージを貼り付けて (8 箇所×2) 管ひずみを測定するとともに、鉛直および水平方向の内空変位を計測した。図 1b に計測器の配置を示した。

土被り厚 60cm 程度相当のサーチャージ (約 10kPa) に加えて、応力振幅 50kPa で 100 回載荷した。繰返し載荷が終わると続けて 10kPa の一定荷重を 30 分間載荷し、それらを 3 回反復した。載荷速度は 50 kPa/分で空圧の載荷装置を用いて応力制御した。なお、ここでの荷重振幅 50kPa は道路設計で用いられる T-25 の輪荷重が載荷面縁から 45° の角度で一様に分散するとしたも

のにほぼ相当する。試験は、地盤密度をゆる詰め (Dr=29.3%) と、密詰め (Dr=91.2%) にした条件で行った。実験ケースと載荷条件を表 1 に示す。



a) モデル地盤の概要



b) 計測器の配置概要

図 1 モデル実験装置の概要

表 1 実験ケース

ケース	モデル地盤	載荷履歴及び載荷形態
Case L	Dr=29.3%	10kPa まで載荷 → 繰返し載荷 (荷重振幅 50kPa で 100 回) → 一定応力 (10 kPa, 30min) → 繰返し載荷 → 一定応力
Case D	Dr=91.2%	一定応力 → 繰返し載荷 → 一定応力

3. 実験結果

図 2 にケース L とケース D における地盤と管の作用応力 (垂直応力) と変位の関係を示す。地表面の載荷板応力に対して載荷板変位を、管の鉛直方向作用応力 (LC 1 と 5) に管鉛直内空変位を、管水平方向作用応力 (LC 3 と 7 の平均値) に管水平変位をプロットした。

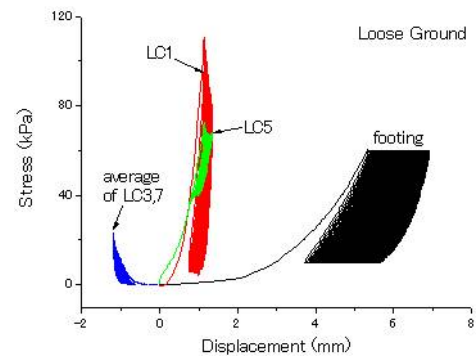
たわみ性管, 繰返し載荷, アーチング効果, 応力, 変位

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学 生産技術研究所 TEL03-5452-6845

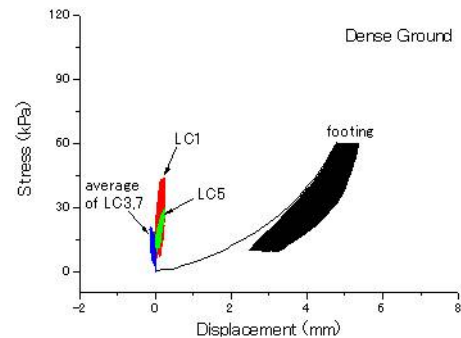
ケース L ではケース D に比べて地盤も管も変位量が多い。管頂部に作用する垂直応力 (LC1) がケース L では顕著に大きく載荷板応力をはるかに超えた値となった。管底部の垂直応力 (LC5) も載荷板応力を超えるような値が現れた。ケース D では管頂部の垂直応力と管底部の垂直応力が載荷板応力を下回る結果となった。それに応じて、管の鉛直内空変位と管水平変位も小さい。これは地盤とたわみ性管の剛性の差によって、ゆるい地盤では埋設管の上部地盤が周囲地盤よりさらに大きい応力を分担して、密な地盤では反対に周囲地盤が埋設管の上部地盤より大きい応力を分担する地中応力の再配分効果のためと考えられる。地表面に加えられた上載荷重に対する埋設管に実際作用する垂直応力の比を arching ratio (A) とすると、本試験で得られた管頂部の初期垂直応力 (LC1) に対する A はケース L で 1.83、ケース D で 0.71 である。また、図 3 には 1 段階載荷の 100 回目の繰返しの管の曲げひずみと直ひずみ分布を示す。ゆるい地盤 (ケース L) が密な地盤 (ケース D) に比べて管頂、管底部すべて変形量が多い。変形形態もゆるい地盤の場合は管鉛直、水平方向の曲げひずみが大きく楕円形に近いことに比べ、密な地盤の場合は水平方向が拘束されて小さいひずみ量を見せる。図 4 は鉛直方向の作用応力 (LC 1 と 5 の平均) に対して水平方向の作用応力をプロットした結果である。ゆるい地盤の場合、管頂部の垂直応力は初期に最大値を見せて繰返し載荷によって徐々に減少するのに対して、管側部の応力は繰返し載荷により徐々に増加するので、水平方向と鉛直方向の応力比 (土圧比) は図に示すように 0.09 から 0.5 まで増加する。密な地盤は応力の変化がほとんど見られず、応力比 (土圧比) が 0.66 で一定であった。

4. まとめ

- ・ ゆる詰め地盤では密詰め地盤に比べてたわみ性管に大きい応力が作用し、それにうた伴い大きな変位が発生した。特に、管頂部への応力集中が生じ、管の鉛直方向の作用応力が過大であった。
- ・ 繰返し載荷によって、ゆる詰め地盤の場合は埋設管の鉛直方向の作用応力が減少し水平方向の作用応力が増加する傾向が現れた。それに対して密詰め地盤では、鉛直および水平方向作用応力はほぼ一定かあるいは微増の傾向が現れた。



a) ゆる詰め地盤 (ケース L)



b) 密詰め地盤 (ケース D)

図 2 地盤および管の作用応力と変位

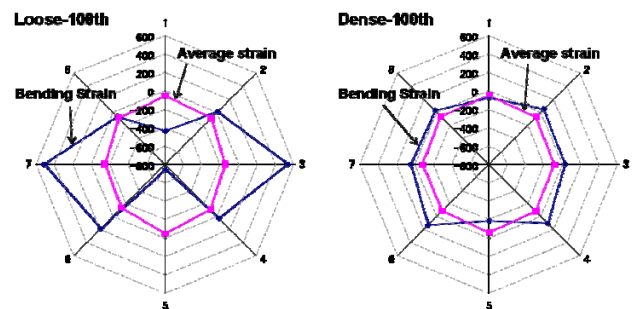


図 3 模型管のひずみ分布

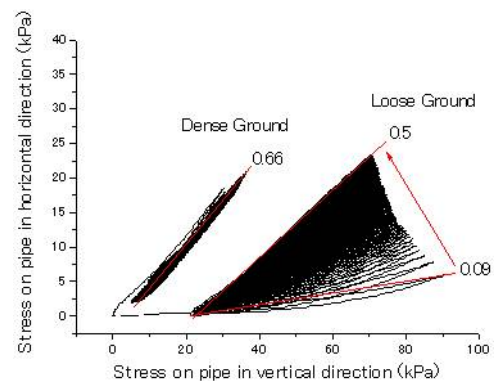


図 4 管作用応力の水平・鉛直比

参考文献

- ・ 東田淳、吉村洋 (1999)、たわみ性埋設管の合理的設計法の提案、土木学会論文集、No.617、III-46、pp.49-63
- ・ Ko, D.H., Cokorda, B.P.D. and Kuwano, R. (2008), Deformation and stresses acting on Flexible Buried Pipe in sandy backfill under repeated loading, Proceedings of 2nd Japan-Korea Geotechnical Engineering Workshop, Geotechnics in Urban Areas, pp.41-46