

埋設管の斜め載荷実験

武蔵工業大学 学生会員 増井 功
同上 正会員 片田 敏行
同上 正会員 末政 直晃

1. はじめに

地震時に発生する埋設管の被害原因の一つに地盤の液状化および地盤変形が挙げられ、地震時における埋設管の挙動や地盤反力係数に関する研究がこれまで数多く行われてきた。これらの研究は、管軸と管軸直角方向をそれぞれ独立させた載荷実験により地盤反力特性を検討しているものが多い。しかし、埋設管の地震時挙動を詳細に把握するためにはこれらの成分力を定量的に評価しなければならない。そこで本研究は、管軸方向と管軸直角方向の同時載荷を種々組み合わせることで、より実現象に近い状態での地盤反力特性の把握を目的としている。本報告では、豊浦砂を用い地盤反力特性を検討した。

2. 実験概要

図-1 に二方向同時載荷加圧土槽実験装置用の概要を示す。土槽内の寸法は、40cm×高さ 40cm×奥行き 30cm の鋼製である。この土槽内に模型地盤として幅 40cm×高さ 30cm×奥行き 30cm の地盤を作製する。埋設管模型は管長 640mm、管径 25mm の布ヤスリ(#120)を巻いた鋼管を模型土槽の下から 15cm の位置に設けた。この載荷装置は、埋設管模型に対し管軸方向、管軸直角方向をそれぞれ独立させて載荷することができ、実験中に載荷角度を変化させることが可能である。埋設管模型と模型地盤との相対変位は、土槽に取り付けた変位計により計測している。模型地盤には豊浦砂を用い、相対密度 $D_r=80\%$ となるよう空中落下法により地盤を作製した。今回の実験では、管軸方向を 0 度とし、載荷角度を 15 度刻みで 7 ケース行った。また、通常ガス管などが埋設されている 1.2m の深さを再現するため、地盤作製後模型地盤上部からゴムパックにより 20kPa の拘束圧をかけて再現した。

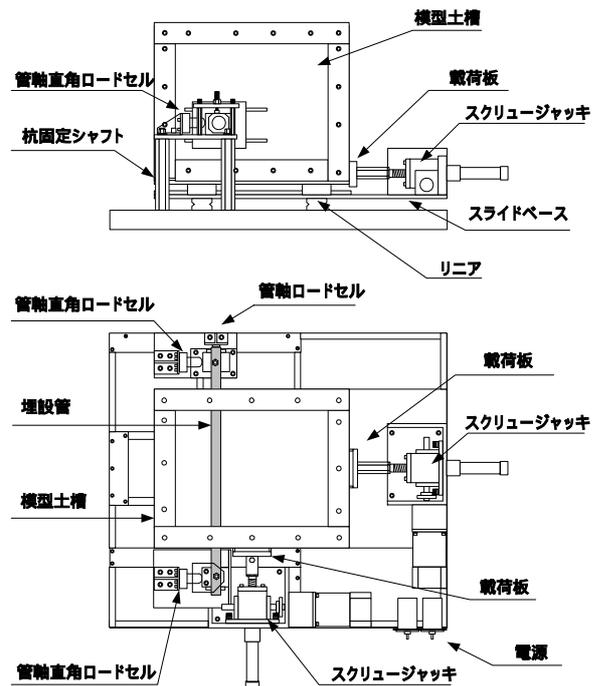


図-1 二方向同時載荷加圧土槽実験装置

3. 埋設管 地盤系支持力曲面

既往の研究によると、埋設管の地盤反力には支持力曲面が存在することが確認されている¹⁾。図-2に支持力曲面模式図を示す。放物線は修正カムクレイモデルを用い、地盤のすべりによる支持力曲面を示す。直線は埋設管周面の最大のすべりを、直線は載荷に伴い埋設管の背面部おいてはく離が生じ応力がなくなることをそれぞれに示している。この3つの領域内であれば埋設管周面の地盤は破壊しないと仮設し、以下の2つのことについて検証した。

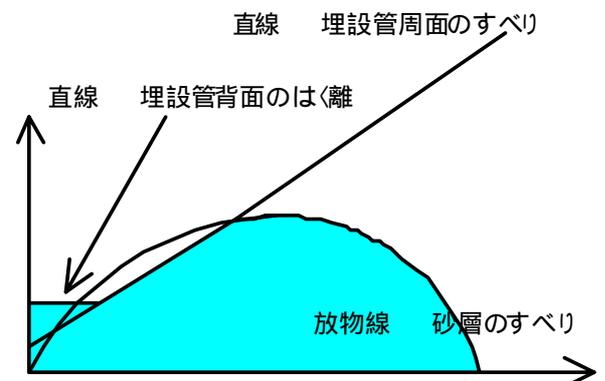


図-2 埋設管 地盤系支持力曲面

作製した地盤には、降伏曲面が存在し、その中では弾性的な応答をする。

その形成された降伏曲面は拡大する。以下ではこれらの仮説を実験により検証する。

キーワード：埋設管，地盤反力，載荷実験，変位，砂，応力

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部 地盤環境工学研究室

4. 実験結果および考察

図-3～5 のグラフは、縦軸に管軸方向成分の荷重 F_l を、横軸には管軸直角方向成分の荷重 F_t をそれぞれ管の投影面積 DL で除したものである。荷重は管軸方向を0度として行っている。ここで D は管径、 L は管長を用いている。

図-3に管軸・管軸直角方向の応力関係図を示す。この図より15、30、45度荷重は、一度降伏する挙動を示すが、それ以降では収束せず増加している。60度・75度荷重においては、降伏の挙動は示さず線形になった。また、荷重角度が大きくなるにつれて、管軸方向の地盤拘束力の値が小さくなり管軸直角方向の地盤拘束力の値が大きくなっているのが分かる。

図-4 は、管軸方向から管軸直角方向に15度の向きで同時荷重した時のものと、管軸直角方向と管軸方向を組み合わせ荷重した時のものを同一グラフ上にのせたものである。15度荷重したものは図-2に示す直線 および とほぼ同様な応力経路をたどることが解かる。また、繰り返し荷重において、は管軸直角方向荷重をし、ある応力点において管軸方向に荷重・除荷をしたものである。は、の応力点からさらに管軸直角方向に荷重し、その後と同様に荷重・除荷をしたものである。は、の応力点から の応力点まで管軸直角方向において除荷をし、管軸方向に荷重・除荷をしたものである。このとき と を比較すると管軸直角方向の応力点は、ほぼ同様であるにもかかわらず異なる挙動を示した。これは、においてある降伏曲面が存在したが、その後管軸直角方向においてさらに荷重をしたために降伏曲面が拡大したものと考えられる。

図-5 は豊浦砂を用い、繰り返し荷重により求められた支持力曲面のグラフである。まず、管軸直角方向のみに荷重をした後、管軸直角方向の荷重をやめ、管軸方向が降伏するまで荷重をする。その後、管軸方向の応力がなくなるまで除荷する。これを管軸直角方向が降伏するまで順次繰り返し行う。なお、荷重した順序を番号で示した。

～ の荷重では非線形な挙動を示すことがわかる。の荷重による降伏曲面は締固めによって形成された初期の降伏曲面内にあり、～ の荷重による降伏曲面は、降伏曲面が順次拡大していったものとみなすことができる。これ以上繰り返し荷重を行うと地盤が劣化し管軸方向の応力が低下していくことが過去のデータより確認されている。

5. まとめ

- ・ 荷重実験において、管軸方向・管軸直角方向の成分は、それぞれ独立ではなく互いに影響されることが分かった。
- ・ 埋設管の地盤反力に対して、支持力曲面が存在することが明らかになった。
- ・ 形成された降伏曲面内では弾性的な挙動を示し、荷重・除荷の影響により拡大する。

<参考文献> 1) 筒井智照：「斜め荷重を受けた埋設管の地盤反力特性」，第26回地震工学研究発表会講演論文集，2001。

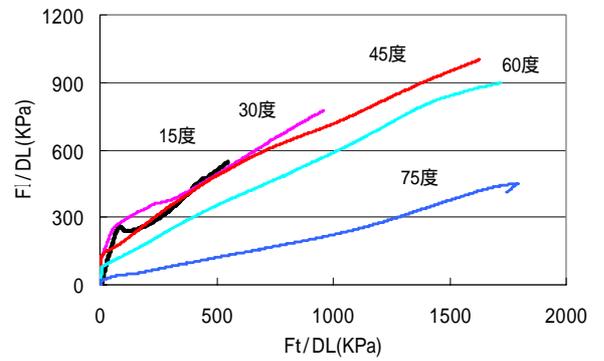


図-3 管軸・管軸直角方向の応力関係図

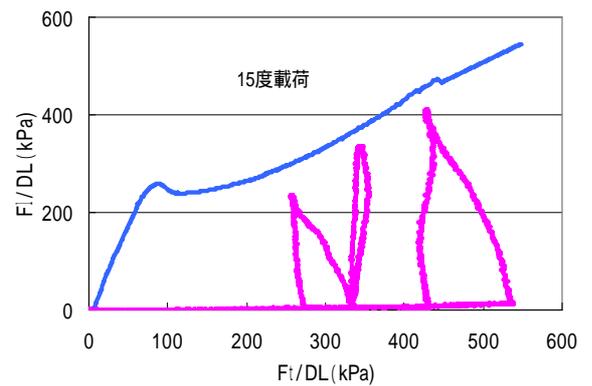


図-4 降伏曲面

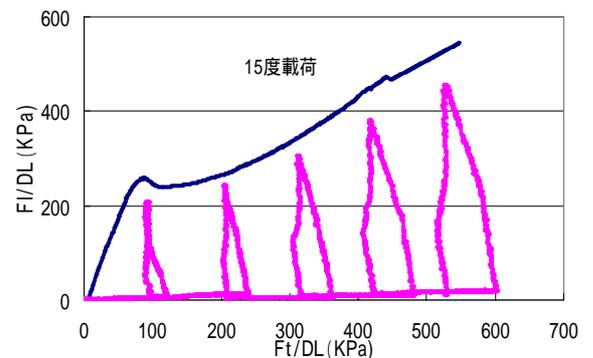


図-5 降伏曲面