

管路に作用する地盤流動力に関する室内実験

神戸大学大学院工学研究科

学生員

○田中 祐樹

神戸大学大学院工学研究科

フェロー

高田 至郎

神戸大学大学院工学研究科

正会員

鍬田 泰子

神戸大学大学院工学研究科

非会員

劉 中元

1. はじめに

2004 年新潟県中越地震では震源域で多発した地滑り・斜面崩壊などの地盤崩壊によって多くの地中管路が損傷・露出^{1), 2)}などの被害を受けた．しかしこれまでに地滑りなどによる管路損傷分析事例は少なく，地盤流動時の拘束力などについて十分に明らかにされていない．そこで本稿では地盤流動時に管路に作用する外力を把握するため，土槽を傾斜させて管路に流動を与える管路室内実験を行った．

2. 実験概要

本実験は幅 200cm×奥行き 100cm×高さ 60cm の土槽に管路を埋設し，クレーンにより土槽に所定の傾斜角度を与え，その後下流側押さえ蓋鋼板を開放させることで地盤流動を管路に与える．図 1 に実験土槽と計測点を示す．地盤材料には砂質土及び真砂土を用いており，8cm ごとに自由落下させた土の表面を整えながら 40cm の厚さまで敷き詰める．管路には口径 50mm の水道配水用ポリエチレンを用いており，断面中心位置が上流側より 150cm，地表面から 20cm の位置に埋設した．管路はボルトを通じてロードセルと一体化させており管路端部はヒンジ機構とした(図 2)．計測項目はビデオカメラによる地盤流動状況，変位計による管路鉛直変位量(右，左)ロードセル(右，左)による管路荷重，および図 1 の管路位置(10 箇所，ひずみゲージ間隔 $d=15.8\text{cm}$)でのひずみゲージによる曲げひずみである．地盤側壁面には一定間隔で縦状に色砂を引いており，線上に 8cm 毎の高さで計測点を置いた．実験ケースは傾斜角度と地盤の種類を変えた 4 ケースとした(表 1)．表 2 には土の投入量から得られる単位体積重量と平均含水比を示す．

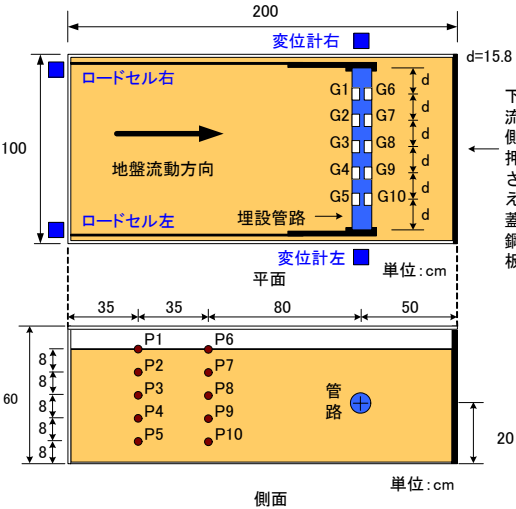


図 1 実験土槽と計測点

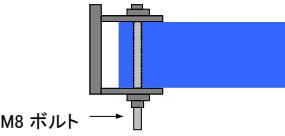


図 2 管路固定部

表 1 実験ケース

実験ケース	地盤	傾斜角度 (度)
case 1	砂質土	25
case 2	砂質土	20
case 3	砂質土	15
case 4	真砂土	25

表 2 地盤特性

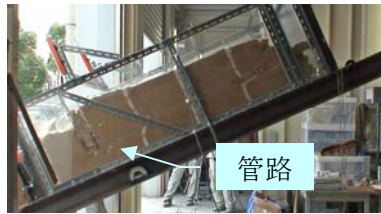
実験ケース	単位体積重量 (kN/m ³)	含水比 (%)
case 1	13.5	3.6
case 2	12.4	3.8
case 3	12.4	3.9
case 4	12.7	16.6

3. 実験結果

流動力による管路外力を把握するため，実験の結果は土槽傾斜後に地盤が流動する時点を初期状態としている．写真 1 は土槽を右側から撮影したcase 1 の流動状況を示している．このとき地盤は 2m の延長量を 2 秒近くで流動した．また写真 1(b)より流動が開始してから地盤は管路の存在によって大きく管路上方に押し上げられており，管路下流側の地盤は大きく崩壊していることがわかる．図 3 はcase 1 で得られる管路鉛直変位量を示している．管路は流動開始直後は沈下するが，1 秒付近で最大 6mm 程度浮き上がっていることがわかる．図 4 は右側面の計測点 (P6

キーワード 地滑り，地中管路，室内実験，地盤流動力

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 TEL 078-803-6047



(a) 0.5 sec



(b) 1.0 sec



(c) 1.5 sec

写真1 地盤の流動状況 (case 1・右側面)

～P10)の流跡線を示しており、全体的に上斜め方向に押し出されているため管路が浮き上がったと思われる。また管路周辺に近づくとも管路に沿うような流れに変化している。図5はP1～P5の計測点の流動速度を示しており、地盤はほぼ一定の加速度を受けながら流動しており、管路下側を流動するP5は最大速度が172 cm/sに達している。次に両側のロードセルで得られた合荷重に管路投影面積を除して得られる地盤流動力と図5より求まる加速度から推定した地盤変位量との関係を図6に示した。このとき最大地盤流動力は 2.3N/cm^2 近くあり、速度に起因する流動力の増加とともに荷重のピークが1秒近く継続していることがわかる。また跡線は凹凸を描いており管路下流側地盤の崩壊により管路が振動し易くなったためと思われる。なお前述の初期値の設定により135cmの変位量で流動力は0となる。得られた最大地盤流動力は、ガス指針³⁾で与えられている側方流動による最大地盤拘束力(呼び径100A)の値に対して0.11倍程度と小さい結果となり、わずかな変位で最大値近くまで立ち上がっている。図7に流動時の引張り側管路ひずみ分布(G6～G10)を示しており、すべての時刻において管路中央で最大となる。また斜面被災現場でも見受けられるように、最終的に大部分の地盤が管路を通過するため管路残留ひずみはその後大きく収束していた。次に各ケースにおける管路の最大値曲げひずみ分布を図8に示す。図より傾斜角度による計測値の差は小さいがcase4の真砂土で最大0.8%近くのひずみが生じており最も大きい曲げ変形を受ける結果となった。

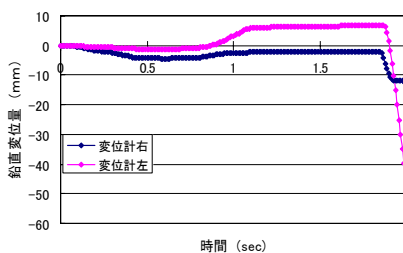


図3 管路鉛直変位量 (case 1)

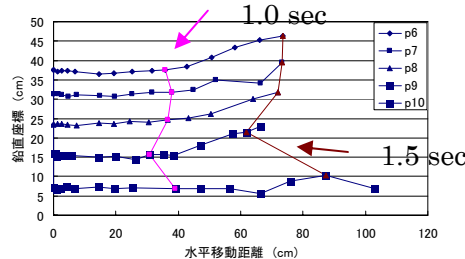


図4 地盤の流跡線 (case 1・右側面)

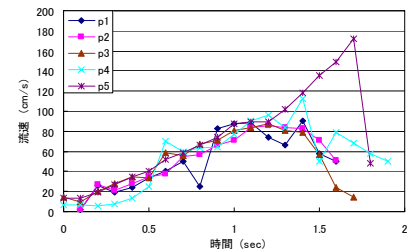


図5 流動速度 (case 1・右側面)

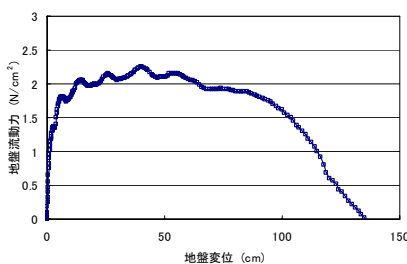


図6 管路地盤流動力 (case1)

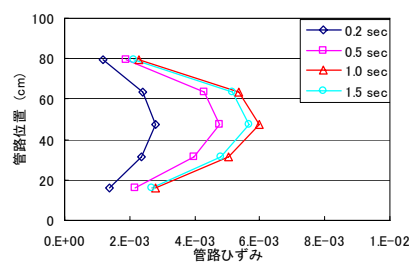


図7 管路曲げひずみ分布 (case1)

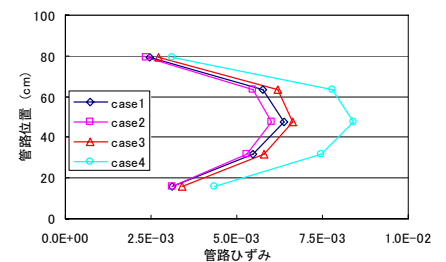


図8 管路最大曲げひずみ分布

4. まとめ

- 地盤流動力と管路変位および管路ひずみの関係について実験的に評価することが出来た。
- 最大地盤流動力はガス指針に与えられている値に対して0.11倍程度であった。
- 真砂土のケースは砂質土のケースに比べ大きな曲げひずみが生じる結果となった。

今後、計測されている流動速度と流動力の関係について考察を進める予定である。

参考文献

- 1) 経済産業省：新潟県中越地震ガス地震対策調査検討会報告書【参考資料集】，pp.39-44，2006
- 2) NTT：被災した光ケーブルの信頼性評価技術，NTT技術ジャーナル，Vol.17，No.10，2005.10
- 3) 社団法人 日本ガス協会：高圧ガス導管液状化耐震設計指針，2001