

第 I 部門

地中管路に作用する地盤流動力に関する研究

神戸大学工学研究科

学生員 ○劉 中元

神戸大学工学研究科

フェロー 高田 至郎

神戸大学工学研究科

正会員 鉄田 泰子

配水用ポリエチレンパイプシステム協会

非会員 福島 修司

1. はじめに

2004 年新潟県中越地震では大規模な地すべり・斜面崩壊・土砂崩れにより水道・ガス・通信用中継光ケーブルなど多くの管体・継手などが破断・損傷の被害を受けた．とくに本地震でポリエチレン管が切断されたのは日本ではじめての事例である．これまでに地滑りなどにおける管路挙動が分析された事例は少なく、地盤流動時の拘束力などについては十分に明らかにされていない．そこで、本研究では地盤流動時に管路に作用する流動力を把握するために、土槽模型を製作し管路に流動力を与える室内実験を行った．

2. 実験概要

本実験は幅 200cm×奥行き 100cm×高さ 60cm のアクリル板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瞬時に開放することで地盤流動を管路に与えている．図 1 に実験装置の土槽と計測点を示す．実験用管路は水道用配水用ポリエチレン管（呼び径 50）及び塩化ビニル管（呼び径 40）である．地盤材料には砂を用い、自由落下させた緩詰め砂の表面を整えながら 5 回に分けて、40cm の厚さまで敷き詰めた．管路は断面中心位置が上流側より 150cm、砂表面から 20cm の位置に埋設した．管路はボルトを通してロードセルと一体化しており管路端部はヒンジ機構とした．計測項目はビデオカメラによる地盤流動軌跡、変位計による管路端変位量（右、左）、ロードセル（右、左）による管路に作用する荷重および 10 箇所のひずみゲージ（ひずみゲージ間隔 $d=15.8\text{cm}$ ）による管路曲げひずみである．アクリル板土槽の側面には一定間隔で鉛直に色砂を引いており砂表面から 8cm ごとの深さに計測点を置いた．図 2 の側面図における点は流速を測るための計測点の番号である．実験ケースは表 1 に示すとおり、傾斜角度と管種を変えた 5 ケースとした．また表 1 に砂の単位体積重量と平均含水比を示す．

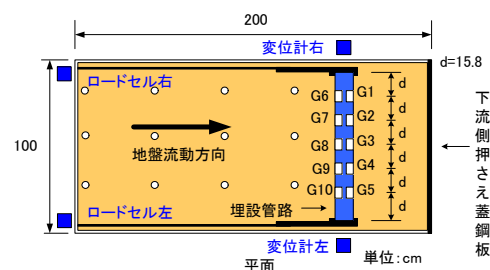


図 1 実験装置平面図

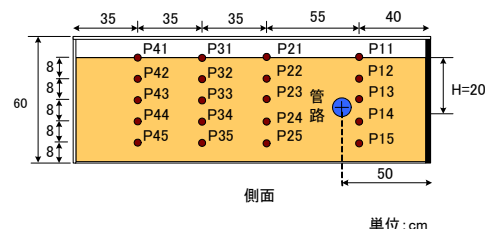


図 2 実験装置側面図

表 1 実験ケース

実験ケース	傾斜角度 θ (度)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	含水比 (%)	管路規格	流動時間 (s)
1	25	13.5	3.6	ポリエチレン管 外径 (D) 6.3cm 管厚 (t) 0.58cm スパン長 (L) 95cm	2
2	20	12.4	3.8		4
3	25	12.4	3.9		3.3
4	20	12.9	6.9	塩化ビニル管 外径 (D) 4.84cm 管厚 (t) 0.4cm スパン長 (L) 95cm	4
5	25	12.6	6.2		1.8

3. 実験データの分析

管路ひずみは動ひずみ計で測定した．流線軌跡と流速の算出については実験過程を撮影したビデオ画像を 1/10 秒毎に分割した静止画像を用いて（図 3 参照）、土中の計測点の座標値を判読し補正を加えた．実験ケース 2 における、各深さ（p41～p45）の流動軌跡変化を図 4 に示す．管路位置の 10cm 手前までは管路と側面の

Zhongyuan LIU, Shiro TAKADA, Yasuko KUWATA and Shuji FUKUSHIMA

摩擦の影響を受けずにブロック状の砂の土塊が管に作用している。土槽上方から見た計測点の変位から亚克力板との摩擦は無視できると考えられる。



図3 実験様子（ケース2の場合）

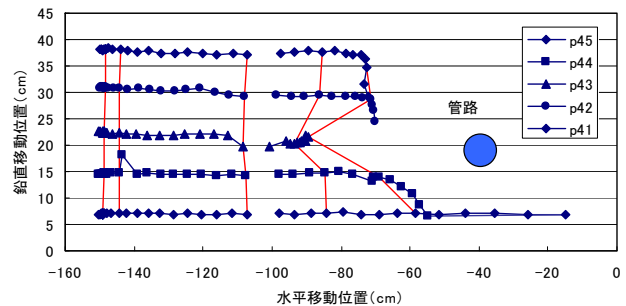


図4 地盤流動軌跡（ケース2の場合）

4. 実験結果

図5に各ケース地盤拘束力と地盤流動変位の関係を示す。地盤拘束力は管路に貼付したひずみゲージにより計測した曲げひずみから荷重分布を推定して算出したものである。地盤が流動し始めると、ほぼ一定の流動力が作用することが知られた。最大地盤拘束力はポリエチレン管のケースで 1.71N/cm^2 、塩化ビニル管のケースで 2.36N/cm^2 である。口径が小さい場合には上載圧が若干大きくなるため地盤拘束力は大きくなる傾向がある。

図6に管路中心深さの上載圧 $\gamma H / \cos \theta$ で正規化した地盤拘束力 $F \cos \theta / \gamma H D L$ と外径 D で正規化した流動変位 Y / D の関係を示す(図6参照)。本実験結果では正規化最大地盤拘束力 $F \cos \theta / \gamma H D L$ が5～9程度になることが分かった。Trautmann ら¹⁾は水平土槽において強制変位を与えて Y / D が3.5の緩詰め砂に対してほぼ同様の結果を得ている。変位・地盤・流動力との関係は本実験の結果と整合的であることが知られる。口径が小さくなるにつれて Y / D は増加するため最大正規化した地盤拘束力も増加している。本研究は緩詰め砂地盤であるため初期拘束力が小さく、そのピークが明瞭ではない。図7に各ケースの地盤流速と地盤変位の関係を示す。図5より流動変位が20～80cmで地盤拘束力は徐々に増加し50cmに達したときピークとなっているが、本実験では静的試験のTrautmann らの結果と比較しても砂が管路をすり抜けるため、流速は流動力に大きな影響を与えていないことが明らかになった。

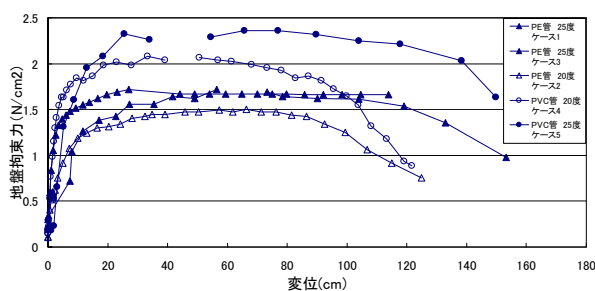


図5 地盤拘束力と地盤変位の関係

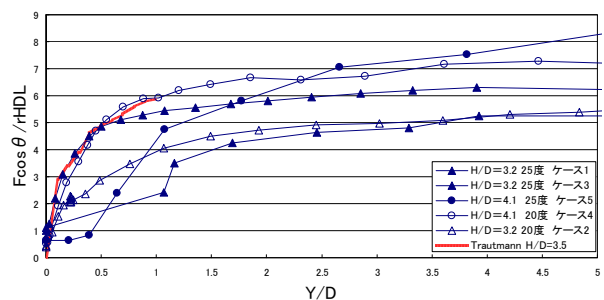


図6 正規化した地盤拘束力と地盤変位の関係

参考文献

- 1) Trautmann, C.H., O'rouke, T.D: Lateral force-displacement response of buried pipe, J. of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.111, No.9, pp.1077-1092, Sep.1985

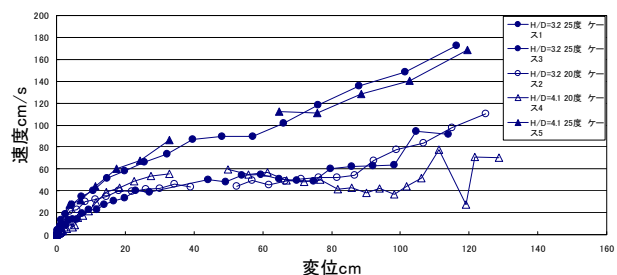


図7 地盤流速と地盤変位の関係