

第I部門

振動台を用いた埋設管に働く摩擦力の速度依存性に関する実験

神戸大学工学部	学生会員	○稲瀬	友樹
神戸大学大学院	正会員	鋤田	泰子
神戸大学大学院	学生会員	平山	智章
京都大学防災研究所	正会員	澤田	純男

1. はじめに

地中管路の耐震設計では、周辺地盤に対して管路の見かけの質量が小さいために慣性力を無視した、疑似静的な解析手法が用いられるのが一般的である。しかし、管路が軸方向に変位する際には、管路の周りにある土粒子が移動して再配置するため、周辺地盤の締固め条件や管路の移動速度が管路に働く摩擦力に影響すると考えられる。土槽内管路の引き抜き実験は低速で行われるのが一般で、摩擦力の速度依存特性について検討した事例は数少ない^{1),2)}。本研究は、振動台に管路が敷設された土槽を設置し、高速または低速で土槽を移動させることにより、速度による摩擦力への影響を実験によって明らかにする。本稿では、現行の管路の敷設工法にあたる管路周辺を砂で置換する条件で行った実験について報告する。また、継手による摩擦力への影響についても検討した。

2. 実験方法

管路引き抜き実験は以下の要領で行った。一軸振動台の上に図-1に示すように土槽(長さ:1,600mm, 高さ:1,020mm, 奥行き:840mm)を設置し、土槽に管を貫通させて埋設する。管端部に取り付けたロードセルが反力壁に接するようにしておく。振動台に固定している土槽を加振することで、埋設管と地盤の間に相対変位を発生させる。この方法では管の慣性力が生じず、直接管路に作用する摩擦力を測定することができる。

本実験では埋設管としてPEφ75(長さ:1900mm, 外径:90mm)を使用した。この管は剛性が低いため、载荷すると地盤に拘束されてない箇所で応力集中を受ける恐れがあったため、管の中に鉄製の軸芯を通し、両端にははらみ出しを防ぐために10cm程の鋼管を巻いた。管が実際に敷設される場合、管路周辺の原土を砂に置換することが工法として推奨されている。そこで本実験でも管路周り10cmを原土から粒形が揃った掛津古砂に置換した。実際の土槽と実験治具の様子を図-2に示す。

3. 実験ケース

実験では同じ砂と同じ口径の管を用いて5ケースを行った。ケース1~4では管周りを含水比2%の乾燥状態の掛津古砂を使用し、その中で継手のない管で低速と高速、継手のある管で低速と高速の実験を行った。継手は熱融着継手と呼ばれるもので、継手部で管とソケットが一体となり変位は生じない。しかし、ソケット部の厚みによってその部分だけ外径が110mmとなる。継手は土槽中央に1箇所設置した。ケース5では、ケース2の条件において掛津古砂がよく締め固まるように水を加え、最適含水比の11%にした。これらの実験ケースをまとめたものを表-1に示す。

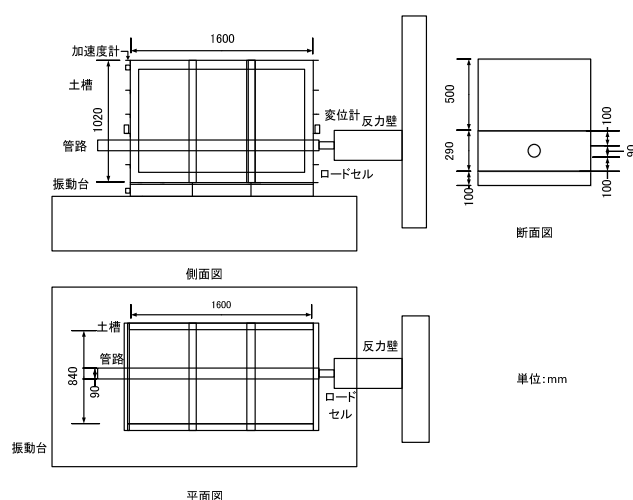


図-1 実験装置概要図



図-2 実験装置の様子

表-1 実験ケース

	継手	速度	管路周り	含水比(%)
ケース 1	無	低速	掛津古砂	2.73
ケース 2	無	高速	掛津古砂	2.73
ケース 3	有	低速	掛津古砂	2.73
ケース 4	有	高速	掛津古砂	2.73
ケース 5	無	高速	掛津古砂	11.0

3. 実験結果

本実験では管路や管路周りの砂、土槽の移動速度を変えて全5ケースを行った。振動台が移動することで土槽と管路に相対変位が生じる。その変位と管に発生した摩擦力との関係を図-3に示す。

ケース1では、相対変位が2mm程度になると管と地盤との間にすべりが生じて、摩擦力がほぼ一定となる。この関係は応答変位法に用いられる地盤ばねのバイリニア型と整合する。ケース2では、高速で変位したためにすべりが生じるまでの変位が低速に比べて長くなり、20mmほどですべりが生じはじめた以降は低速と同程度の摩擦力になった。ケース3,4は継手のある場合で、継手のないケース1,2と比べて摩擦力は倍近くなった。しかし、継手がある場合においても、高速で変位した方が変位20mmまでは低速の

摩擦力よりも下回ることがわかった。継手部への抵抗を検討するためにケース3, ケース4で計測された摩擦力からケース1, ケース2で計測された摩擦力をそれぞれ差し引いたものが継手部に作用する力として、管路の変位との関係を図-4に示す。高速の方が全体的に変位に対して力は小さくなるが、分布形状は類似しており速度による違いはほとんど見られなかった。ケース5では掛津古砂に水を加え、最適含水比にしたために乾燥状態よりも締め固まった状態を再現している。乾燥砂で高速で変位したケース2と比べるとケース5の方が大きな摩擦力が管路変位17mmで生じているが、最大摩擦力が生じるまでの変位と摩擦力の関係はケース2と同じような挙動していた。

4. まとめ

埋設管が軸方向へ変位する際に働く摩擦力は土粒子の再配置が大きく影響し、土粒子の再配置が終了することですべりが生じると考えられる。本実験では管路を固定したまま土槽を低速や高速で移動させることで管路に働く摩擦力の速度依存性について検討した。

本実験で使用したような粒度分布が狭い範囲に集中している砂を管路の周りに使用した場合は変位直後に働く摩擦力は低速の方が高速に比べて大きくなった。低速で変位すると、2mm程度僅かに変位するだけで土粒子の再配置が終了しすべりが生じる。一方、高速で変位すると土粒子の再配置が終了してすべりが生じるまでの間に管路は大きく変位し、その変位量は15mmから20mmの間であった。しかし、すべりが発生した後の摩擦力に低速・高速の違いはほとんど見られなかった。継手があれば、摩擦力は倍程度増加するが、継手への抵抗は低速・高速ともに大きな違いはみられなかった。

【謝辞】

本研究の一部は、科学研究費（基盤研究(B)No.26289144）により支援されている。ここに記して謝意を示す。

【参考文献】

- 1) 島村一訓, 竹之内博行, 三木千壽, 福澤小太郎: 実大実験による埋設パイプラインの軸方向動的な地盤ばね特性の研究, 土木学会論文集, No.612/I-46, pp.55-66, 1991.
- 2) 平山智章, 鋤田泰子, 澤田純男: 小型模型実験による管路・地盤間に働く摩擦力の速度依存性, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.72 (2016), No. 4 (印刷中), 2016.

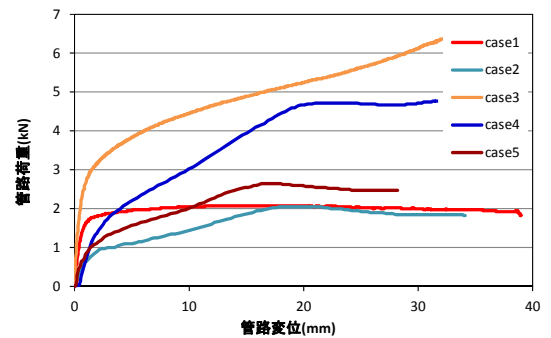


図-3 摩擦力-変位関係

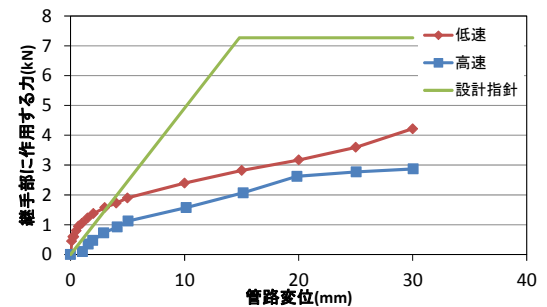


図-4 継手部への抵抗