

神戸大学工学部 学生会員 ○平山 智章
 神戸大学大学院 正会員 鎌田 泰子
 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、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ときには、それに応じて管路周辺地盤の土粒子の配置が変わるが、土粒子の拘束状態や管路の移動速度によって土粒子の再配置にかかる力や影響範囲は異なってくる。つまり、管路と地盤間の摩擦力は、管路の移動速度に依存していると考えられる。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⁾。そこで本研究では、管と地盤間の摩擦の速度依存特性について着目し、土槽中の管の引き抜き試験によって、引き抜き速度による摩擦力の特性について明らかにすることを目的とする。本稿では、装置の開発とけい砂、掛津古砂を用いた実験の結果について報告する。

2. 管路引き抜き試験

(1) 試験装置概要

試験装置は、土槽モデル中に鋼管を通し、その鋼管を片側から手で押すことで砂との相対変位を生じさせる方式とした。図-1に試験装置の様子を、図-2に試験装置の概要図をそれぞれ示す。土槽には透明なプラスチックケース（長さ55cm×高さ30cm×奥行38cm）（THC64B，トラスコ）を使用し、鋼管断面は外径48.6mm，管厚1.5mmで、長さは1.5mとした。本試験はこの鋼管を2本用意し、1本は土槽モデルにおける疑似埋設管鋼管として、もう1本は疑似埋設鋼管を軸方向に押すためのガイドとして使用した。また、管路の自重たわみを考慮するために土槽の両端にはローラーによるガイドを設置した。



図-1 試験装置の様子

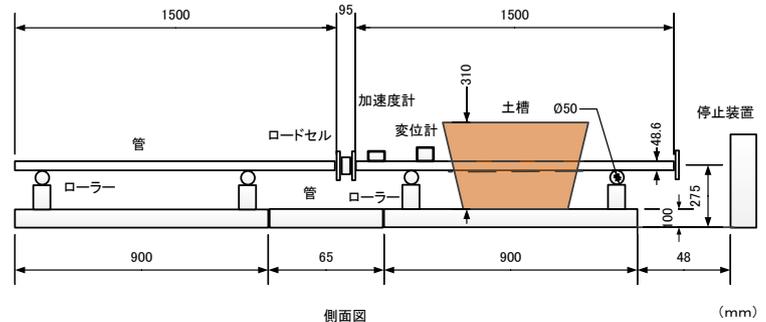


図-2 試験装置概要図

(2) 計測方法

疑似埋設鋼管に荷重測定用のロードセル（TCLZ-200A，東京測器）を取り付け、ロードセルのもう一方の面にガイド鋼管を押し付ける。ガイド鋼管を押し込むと、疑似埋設鋼管が土槽モデル中を移動し、埋設鋼管の引き抜きを再現した構造となる。このロードセルによって鋼管引き抜きにおける荷重を測定する。また、疑似埋設鋼管には加速度計（ARF-20A，東京測器）と巻込み型変位計（DP-500B，東京測器）を取り付け、管路の加速度と変位を測定する。

3. 気中試験による抵抗力の算出

試験装置のロードセルでは、鋼管と砂の間に作用する摩擦力と、鋼管が加速されて動くことによる鋼管およびローラー等取り付け治具の慣性力、またローラーや通管口における摩擦力等（以下、抵抗力）の合計が

測定される。このことから、鋼管と砂の間に働く摩擦力を求めるためには、ロードセル測定値から慣性力と抵抗力を差し引く必要がある。そのため、試験装置の抵抗力を調べる目的で、砂のない状態における気中試験を実施した。鋼管の速度は測定された最大値によって評価し、低速（2.85cm/s~4.20cm/s）と高速（11.45cm/s~17.85cm/s）の二つの速度帯に分けた。

測定はサンプリング周波数 100Hz で実施し、計測ノイズはローパスフィルタをかけて除去した。図-3 に低速および高速時の鋼管変位と抵抗力の関係を示す。結果より低速、高速それぞれについて、砂による引き抜き試験で用いるための変位と抵抗力の関係を表す関数を導出した。

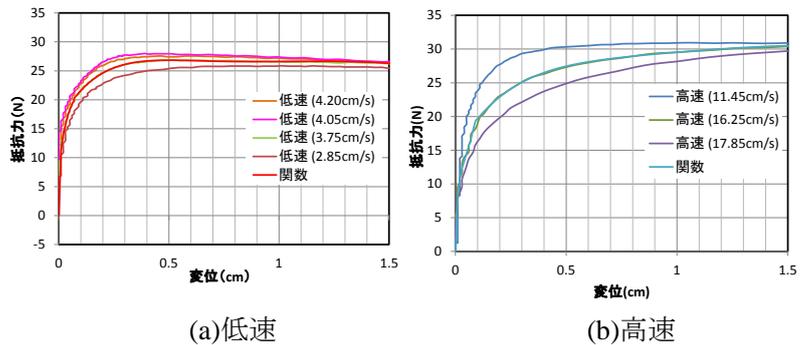


図-3 抵抗力と鋼管変位の関係

4. けい砂、掛津古砂による試験

土槽内にけい砂および掛津古砂を充填させて引き抜き試験を行う。けい砂および掛津古砂ともに、試験における土層の厚さは 270mm、土被り厚は 100mm である。今回使用したけい砂および掛津古砂の土質試験結果を表-1 に示す。いずれも比較的粒径の揃った砂である。けい砂については粒子が角ばり、透水性が極めて高く締固めができなかったため、乾燥砂を用いた。掛津古砂については締固め度 90 の状態を用いた。

試験により得られたロードセル荷重測定値から、鋼管加速度より求めた慣性力と気中試験による抵抗力を差し引いて、管・地盤間における摩擦力を求める。

けい砂、掛津古砂について試験より得られた摩擦力と鋼管変位の関係を図-4 に示す。締固めを行った掛津古砂の方が、けい砂に比べ変位が生じるまでにより大きな摩擦力が生じていることが分かる。また、けい砂、掛津古砂ともに、速度が大きくなると摩擦力が小さくなることが分かった。低速時については、けい砂の方が変位に応じて緩やかに摩擦力が増加することが分かった。

表-1 けい砂、掛津古砂の土質試験結果

項目	けい砂 5号	掛津古砂
土粒子密度 (g/cm ³)	2.65	2.65
最大乾燥密度 (g/cm ³)	-	1.598
最適含水比 (%)	-	11.0
粒度分布	礫分 (75~2mm) (%)	0
	砂分 (2~0.075mm) (%)	98.0
	細粒分 (0.075mm 以下) (%)	2.0
	均等係数 U_c	1.57
	曲率係数 U_c'	1.09
平均粒径 D_{50} (mm)	0.33	0.57

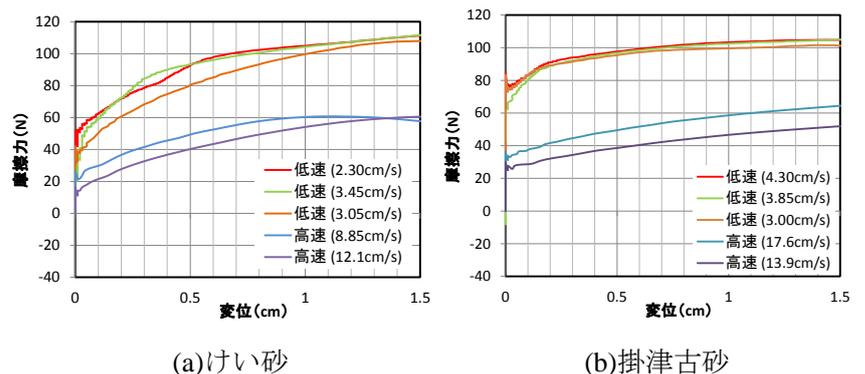


図-4 摩擦力と鋼管変位の関係

5. まとめ

けい砂、掛津古砂による引き抜き試験において、管・地盤間の摩擦力は速度に依る性質があることが確認できた。しかし、装置の抵抗力がまだ大きく、改良の余地がある。今後は粒径にばらつきのある砂を用いてより密な状態における試験や、管路の上載圧を変化させた試験、継手等の管路の凸凹による影響を考慮した検討を進めていく予定である。

【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地盤ばね特性の研究, 土木学会論文集 No.612/I-46,55-66,1991.1