

京都大学工学部 学生員 ○高屋 俊康

京都大学防災研究所 正会員 後藤 浩之

京都大学防災研究所 正会員 澤田 純男

1. はじめに

地中埋設管の耐震性を考える上で、地中埋設管と砂地盤との間に働く摩擦の取り扱いが重要な問題である。しかし、この摩擦はダイレタンシー等による複雑な現象であることが知られているため、実務においては単純なクーロン摩擦が仮定される場合が多い。

島村他¹⁾の実大実験によれば、引き抜き速度が遅い場合にはピークをもたず緩やかに摩擦係数が増加する傾向を示し、引き抜き速度が速い場合には遅い速度の結果よりも大きな摩擦係数を持つピークを示す傾向がある。しかし、摩擦係数が速度に依存するメカニズムはこれまで知られていなかった。本研究では、砂地盤を模擬した光弾性材料の粒状体に対して速度を変えたせん断摩擦試験を行い、速度の変化に伴う粒状態の内部応力状態を光弾性実験²⁾により可視化することによって、そのメカニズムについて考察を試みた。

2. 実験装置

埋設管と砂地盤との間に働く摩擦の素過程に関する実験を行うことを目的として、径の異なる円柱を組み合わせた試験体と水平に移動するプレートとに働く摩擦力を測定する装置を作成した。実験装置の概要を図1に示す。光弾性実験により円柱内部の応力伝達を可視化するため、長さ30mm、直径10mmと20mmの亚克力円柱をそれぞれ120本、30本用いている。青色LEDによる光源を試験体背面に設置し、試験体を透過して現れた像を動画で撮影する。試験体に加える上載力と鉛直変位、およびプレートに加わる摩擦力と水平変位の4項目を測定した。試験体幅は300mmである。

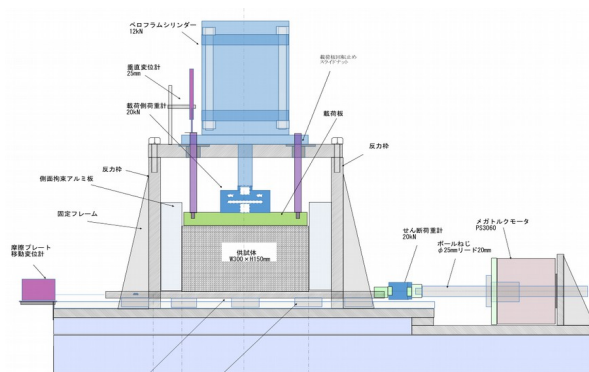


図 1: 実験装置の概要

3. 実験結果

試験体は、水平に振動させながら上載力6kNまで载荷し、その後2kNまで静かに除荷して密な配置にセットアップする。その後、低速(0.2mm/s)、および高速(2.0mm/s)でそれぞれ10mm水平にプレートを引き抜き、測定を行った。なお、実験ケース毎にセットアップをやり直している。

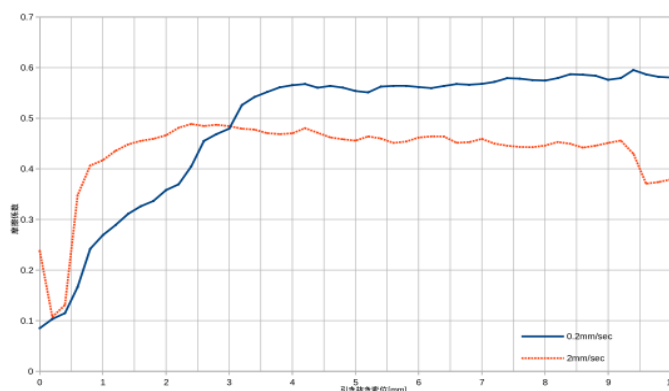


図 2: 実験結果

引き抜き摩擦力を測定した上載 力で除したものを摩擦係数と定義して、引き抜き変位に対して図示したものが図 2 である。引き抜き初期の変位 3mm までの区間において、低速（実線）に比べて高 速（破線）の場合の方が大きな摩擦係数を示している。この結果が既往の研究で 認められていた摩擦の速度依存性に対応するものとして、メカニズムの考察を行った。

4. 光弾性現象と考察

実験時に光弾性現象を撮影した動画から、アクリル円柱の内部に働く応力が可 視化できる（図 3）。本研究では、円柱が応力を伝達している接触点を抽出し接触点と円柱中心とを繋ぐことで応力伝達経路を抽出した。引き抜き直前、変位 2mm 時、引き抜き終了時における応力伝達経路を、低速（0.2mm/s）と高速（2.0mm/s）のそれぞれについて図 4、図 5 に示す。高速の場合には円柱がほとんど移動せず、応力伝達経路の一部が増減することで試験体全体に働く力を伝達している。一方、低速の場合にはプレートに近い試験体下部において水平方向の変 位が見られ、これに伴い応力伝達経路が変化している様子が表れている。

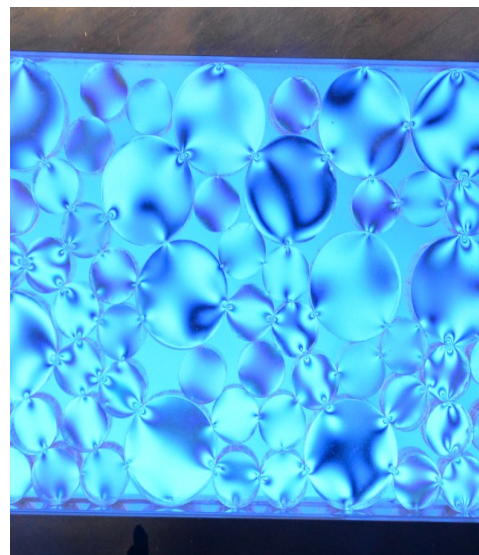


図 3: 光弾性実験の例

実際に摩擦試験時の動画を比較すると、高速の場合には円柱がほとんど初期配 置のまま保持されていることに対し、低速の場合には円柱がプレートに追従して引き抜き方向に移動する現象が見られた。すなわち、引き抜き速度が遅い場合には試験体内部で粒子の再配置が起きるため、比較的低い摩擦力でも変位を発現できること。また、引き抜き速度が速い場合には粒子が再配置できずに応力が円滑 に伝達できないために大きな摩擦力を発現する可能性が考えられる。

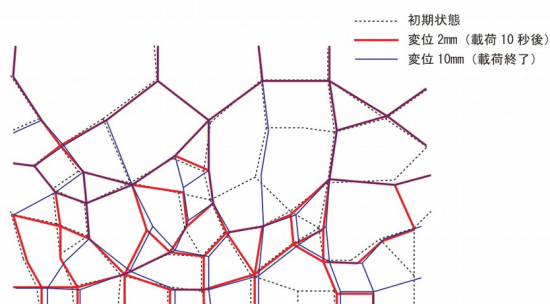


図 4: 0.2mm/sec 引き抜き時の応力伝達経路変化

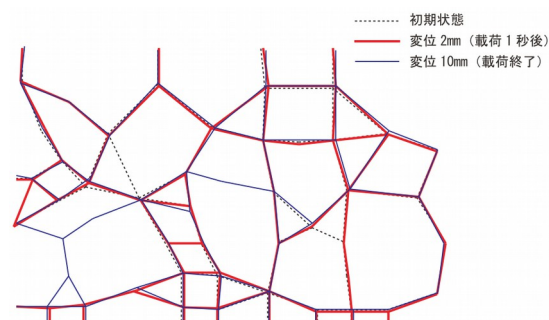


図 5: 2mm/sec 引き抜き時の応力伝達経路変化

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， Vol.612， pp.55-66， 1999 ．
- 2) 山崎良一，三浦基弘：光弾性実験構造解析，日刊工業新聞社， 1997 ．