

3. 実験結果

600 cm/s² 加振後に供試管上部の地盤を掘削した状況を図3 (Case1) 及び図4 (Case2) に示す。Case1では、T字管が直管より大きく拔出し、笠間土と接触するまで変位した。図5に示すように、Case1の400 cm/s² 加振時には、加振中はほぼ一定速度で150mmまで変位し、加振終了とともに、管の変位は停止した。600 cm/s² 加振時には、T字管が笠間土に接触するまで管は変位し、接触後にほぼ停止した。粘性土である笠間土は、600 cm/s² の加振を受けても顕著な強度低下を起こさず、地震時にもスラスト抵抗力を發揮したため、供試管は離脱まで至らなかったと考えられる。

一方、Case2では、管背面の地盤はグラウトにより固化しており、600 cm/s² 加振時にもT字管はほとんど変位（拔出し）しなかった（図4及び図5）。固化部以外の埋戻し材料は液状化したが、管背面と現地盤の間を固化することで、地震時にもスラスト力に抵抗でき、管の変位を抑制し、継手部の離脱被害を減少させられると考えられる。

Case2の600 cm/s² 加振時の過剰間隙水圧比を図6に示す。震ヶ浦砂では過剰間隙水圧比は1近くまで上昇し液状化したが、笠間土では、ほとんど過剰間隙水圧は生じず、地震時にも液状化を起こさずに、大きな強度低下がなかったことが分かる。

4. 考察

構造設計では、現地盤と埋戻し地盤を一体的に考えて、ランキン理論を用いて地盤全体が破壊するときの受働土圧を想定している。現地盤の粘着力は考慮されておらず、静的な状況では、かなり安全側の設計であると思われる。

しかし、地震時にスラスト力が作用する曲管等の周辺の継手で離脱被害が集中するのは、本実験のように、埋戻し材料の剛性及び強度低下等が影響していると考えられる。そのため、地震時に液状化や顕著な剛性低下が懸念されない現地盤の箇所では、屈曲背面の埋戻し材料に固化処理土等の強度低下しにくい材料を用いることで、屈曲部周辺の離脱被害を抑制できると思われる。既設管に対しては、本実験のようにグラウトによる工法が考えられる。

5. おわりに

管路の耐震性向上には、施設の重要度等に加えて、被害の多い屈曲部等のスラスト力が作用する箇所を優先的に耐震化することが重要である。屈曲部については、本稿で示した埋戻し材料の固化に加えて、離脱防止継手を有する耐震管を用いる工法²⁾も有効であり、これらの工法は、令和3年度に改定されたパイプラインの設計基準に追記された。今後、こうした工法により効率的に管路の耐震化を図り、被害を最小限に抑えることが望まれる。参考文献：1)有吉ら(2021)、基礎材料に固結工法を用いた屈曲管路のスラスト力対策工法に関する遠心振動実験、農業農村工学会論文集、313(89-2)、I_235-I_241 2)井谷ら(2016)、液状化地盤における管路屈曲部の設計に関する検討、農業農村工学会論文集、302、IV_5-IV_6



図3 Case1の実験終了後の状況



図4 Case2の実験終了後の状況

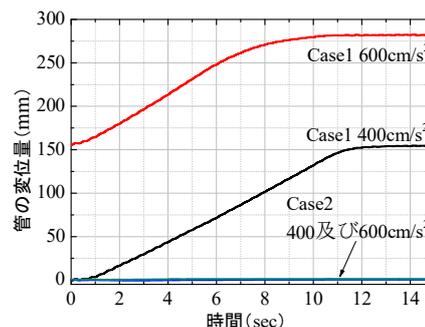


図5 管の変位量の時系列データ

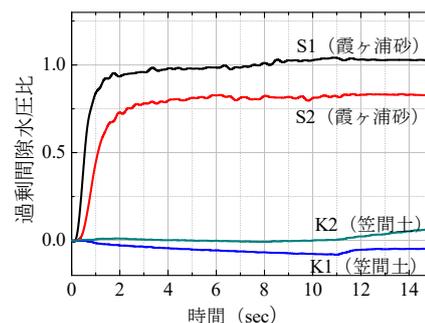


図6 間隙水圧計の時系列データ