1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の際に,地中埋設管 に様々な被害,特に液状化による管路の脱管,折れ 曲がり等の被害が数多く報告された.しかし,液状 化が発生した際の地盤中の管路の動的挙動や作用す る種々の外力,またその要因については未だ不明な 点がある.これらを明らかにし,管路の耐震性を定 量的に評価することが課題となっている.そこで本 研究では,管路模型を設置する深度をパラメータと する遠心模型実験を行い,液状化時の埋設管路の沈 下被害メカニズムの解明を試みた.また実務的観点 から,液状化対策の新たな工法として管路上部に三 角形の屋根(アングル)を取り付け,その効果と適用 性について考察を行った.

2. 実験方法

遠心模型実験には㈱大林組技術研究所の遠心力載 荷装置(回転半径 7.0m)を使用し、40Gの遠心場で行 った.使用した土槽断面図を図1に示す.非液状化 層にはセメント改良土,液状化層と不飽和層には珪 砂7号を用いて地盤を作製し,地下水面の位置まで 飽和させた.管路模型は4ケース同時に加振した. 管路模型を設置した位置は,液状化層内(Model-A), 地下水面境界(Model-B),不飽和層内(Model-C)と地 下水面境界+液状化対策工(Model-D)とした.管路内 部の上下面にはひずみゲージを貼付した(図 2).さら に、レーザー変位計にて管路先端と地盤の鉛直変位 を計測した(図 1).作製した実験模型に対し,前後に テーパーをかけた計測時間 60秒,最大振幅 200gal の正弦波で加振した.

3. 実験結果

図3に管路と地盤の鉛直変位の時刻歴を示す.液状化地盤と管路の相互作用に着目するために,変位計のゼロ点は40Gに遠心力を載荷した状態とする.

Keita URATANI, Takayuki ASHINO and Tetsuo TOBITA uratani.keita.48u@st.kyoto-u.ac.jp



図3より、加振後すぐに地盤が沈下し始める一方、管路先端は加振後に一度浮上し、加振が終了した後に地盤に引きずられながら大きく沈下していることがわかる.ただし、不飽和層に設置した Model-C は一度浮上するものの沈下はしなかった.また、Model-B と対策工を施した Model-D とを比較すると、対策工により管路の浮上量、沈下量がともに抑制されたことがわかる.

次に,埋設管路のたわみ曲線から,管路に作用す る分布荷重を推定する.本実験に用いた管路を片持 ち梁とみなし,管路内部の上下面5点で計測した沈 下方向最大ひずみから曲げモーメントMを算出し, M/EI(EI:曲げ剛性)を2回積分することにより管路の たわみ曲線を求めた(図4).ただし,液状化後に沈下 しなかった Model-C については考慮していない.図 4のように,たわみ曲線は管路の根元部分で大きく 曲がり,管路先端では直線的になっている.



図4 埋設管路のたわみ曲線

さらに曲げモーメント M を 2 回微分することにより管路に作用する分布荷重を求めると,図 5 の黒線のよう になる.ただし,この分布荷重には土の上載荷重,地盤反力,浮力等が含まれている.ここで,計算によっ て求めた分布荷重を図 5 中の青線のように三角形分布荷重として近似を行い,管体上部に作用させたときの 管路のたわみ曲線を求めると図 6 のようになる.また,比較として実験時の土の上載荷重を等分布荷重(赤線) として捉え,たわみ曲線を求めた.図 6 より,三角形分布荷重から計算したたわみ曲線は上載荷重から求め たものよりも概形をよく表現できている.等分布荷重は管路の設置深度に比例して大きくなるために,たわ みも同様に増加してしまう.しかし,液状化時には管体に様々な外力が働くため,これらの外力を管体の根 元部分に作用する三角形分布荷重と近似することで,管路全体のたわみ曲線を推定できる.

4. まとめ

- 液状化時に地盤が沈下し始める一方,埋設管路は一度浮上し,加振終了後に地盤に引きずられながら埋 設管路も沈下する.また,液状化対策工(アングル)を施すことにより,埋設管路の浮上量・沈下量はとも に抑制される.
- 2) 埋設管路のたわみ曲線の概形から、液状化時に管体に作用する種々の外力は根元部分に働く三角形分布 荷重として近似できることがわかった。今後の課題として、管路の直径や設置深度により三角形分布荷 重の形状を定式化することができれば、埋設管路の継手位置の設計等に使用することができる。

5. 参考文献

 1) 鍬田泰子,片桐信,土木学会 被害東日本大震災被害調査団
(2011):緊急地震被害調査報告 書第 10 章水道施設の被害,土木 学会.

 2) 社団法人日本下水道協会
(2006):下水道施設の耐震対策 指針と解説

