

埋戻土の液状化による下水道管の浮上がり対策に関する模型振動実験

東京電機大学理工学部 正会員 田中 智宏
 東京電機大学大学院 学生会員 ○橋本 尚
 東京電機大学大学院 学生会員 大塚 貴之
 東京電機大学理工学部 非会員 竹内 皓宏

1. はじめに

過去発生した強地震において、下水道施設の被害が数多く確認されている。マンホール及び下水道管の浮上がりによって断水、路面異状による交通障害など、住民生活に多大な影響を及ぼしてきた。マンホールの浮上がりに関しては1993年釧路沖地震以降様々な研究がなされてきた。実用化に至った浮上がり対策工法^{例えば1)}もある。しかし一方で、下水道管の有効な浮上がり対策については研究段階にあり、実用化に至っていないのが現状である。下水道施設の機能を維持するためにはマンホールだけでなく下水道管の浮上がりも防止する必要がある。そこで下水道管に対する浮上がり対策法について、その効果を検証すべく基礎的な模型振動実験を行った。

2. 実験概要

過去発生した地震では、埋戻土のみが液状化した場合に浮上がり被害が数多く発生した²⁾。そこで本実験では埋戻土のみが液状化する状況を対象に実験を行った。実験には振動台を使用し、その上にせん断土槽(幅1200mm×高さ1000mm×奥行800mm)を設置し、下水道管横断方向にのみ振動を与えた振動実験を行った。土槽内に模型下水道管と計測器を設置した模式図を図1に示す。模型下水道管は管径100mm×奥行き700mmの塩化ビニル管を使用し、実際に使用されている下水道管と同じ密度に調整した。試料は豊浦砂($\rho_s=2.659\text{g/cm}^3$ 、 $D_{50}=0.21\text{mm}$)を用いた。土槽中央には埋戻し部を模した木枠を設置した。木枠には防水処理を施し、その内外では土や水の往来は出来ないようにした。木枠内には豊浦砂を相対密度50%、地下水位は地表面になるように地盤を作成した。木枠外の周辺地盤は液状化しないように密に詰めた。計測器は、加速度計を振動台テーブルおよび地表面、間隙水圧計を埋戻し部に4箇所、非液状化層に2箇所設置した。巻き取り式変位計を模型下水道管の両端に設置し、両端の巻き取り式変位計の値を平均したものを下水道管の浮上がり量とした。加振は振動数2Hz、加速度振幅200Galの正弦波を20波(10秒間)加えた。

3. 対策概要

下水道管の浮上がりのメカニズム³⁾を踏まえると a)埋戻し土の液状化を発生させない、b)液状化が発生しても土の回り込みを抑制することにより下水道管の浮上がりを低減できると考えた。そこで図2に示す2種類の対策法について実験を行った。固化改良体対策では固化改良体を模型下水道管上部に設置した。防砂シート対策では

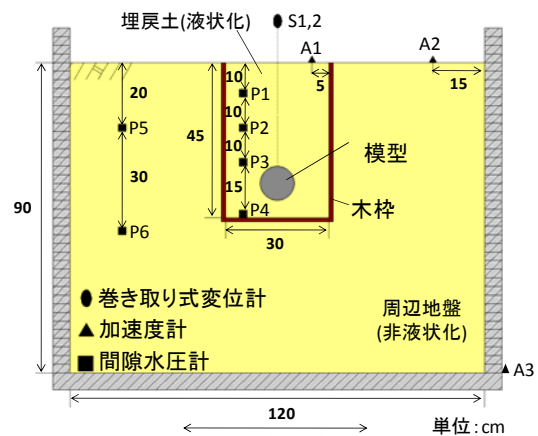


図1 実験模式図

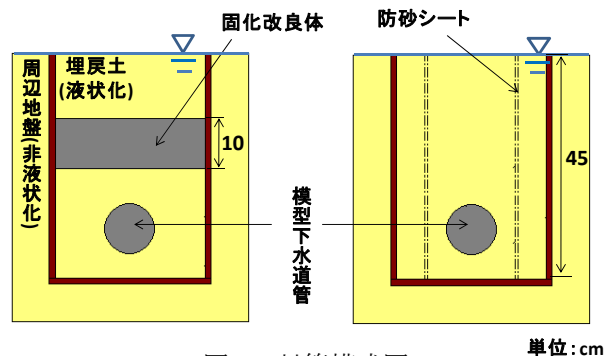


図2 対策模式図

キーワード 地震 液状化 下水道管 浮上がり 振動台実験

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 Tel 049-296-5819 FAX 049-286-6501

模型下水道管側部に通水可能な防砂シートを設置した。
また、加振後の埋戻し部の挙動を観察するために色砂を敷いた。

4. 実験結果

図3に下水道管の浮上がり量と過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。未対策時における下水道管周辺の過剰間隙水圧比の時刻歴を見ると加振と同時に上昇し、1.4波目で過剰間隙水圧比は1となり液状化に至った。一方、対策1では4波目で液状化に至り液状化までの繰返し回数が多くなった。これは固化改良体を設置したことで管周辺地盤のせん断変形が抑制されたためと考えられる。しかしながら、対策2では2波目で液状化に至り未対策と同程度の激しさで液状化に至った。実験後の埋戻し部の断面図を写真1に示す。写真1-(a)を見ると未対策に比べ色砂の水平状態を保っていることから激しい土の回り込みが生じていない様子が伺える。写真1-(b)を見ると対策1程ではないが土の回り込みが抑制されている。各ケースにおける下水道管の浮上がり量を比較すると図4のようになる。固化改良体対策においては未対策と比較して浮上がり量は約8割低減できた。これは液状化の程度の緩和、および埋戻し土の回り込み抑制により浮上がり量が低減したと考えられる。防砂シート対策では液状化の程度は未対策時と同様だが、浮上がり量は低減されている。これは埋戻し部が液状化しても土の回り込みを防げば下水道管の浮上がり量を低減できることを示唆している。

5. まとめ

下水道管の浮上がりに対する2種類の対策法について模型振動実験でその効果を検証した。その結果、下水道管上部に固化改良体を設置することで埋戻し部のせん断変形抑制効果により、液状化の程度を緩和し、管の浮上がり量を低減することができた。また、防砂シートを用いた対策法でも土の回り込みを防ぐことにより管の浮上がり量を低減できた。

【参考文献】

- 1) ハットリング工法研究会：ハットリング工法，<http://www.hat-ring.info/>
- 2) Yasuda, S. and Kiku, H., :Uplift of sewage manholes and pipes during the 2004 Niigataken-Chuetsu Earthquake, Soil and Foundations, Vol. 46, No. 6, pp. 885-894, 2006.
- 3) 建設省土木研究所：釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査，土木研究所資料，No. 3275，1995.

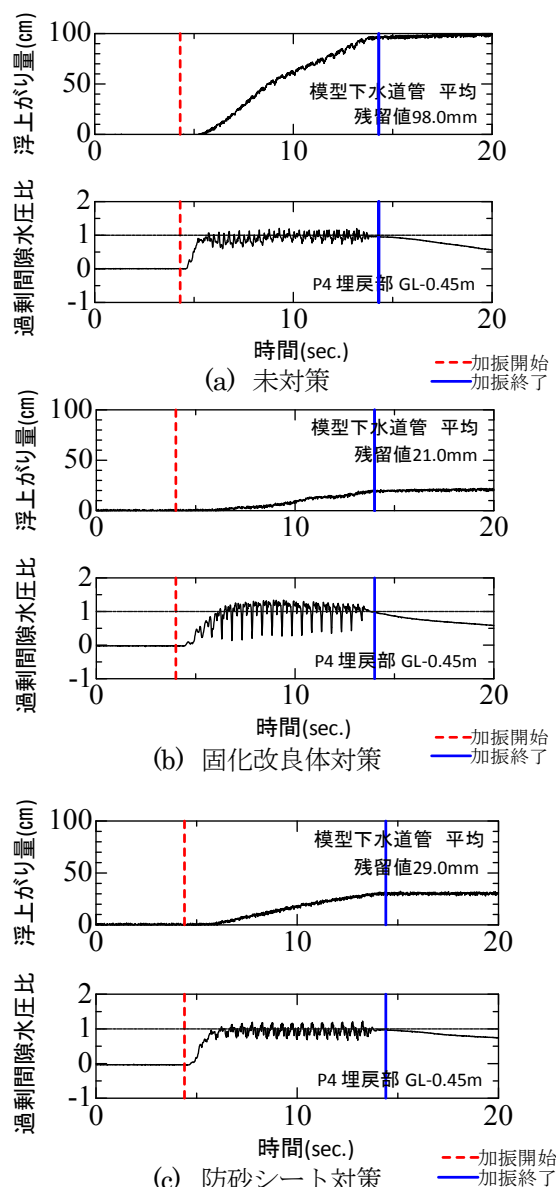


図3 各ケースの時刻歴図



(a)未対策 (b)固化改良体対策 (c)防砂シート対策
写真1 実験後の断面図

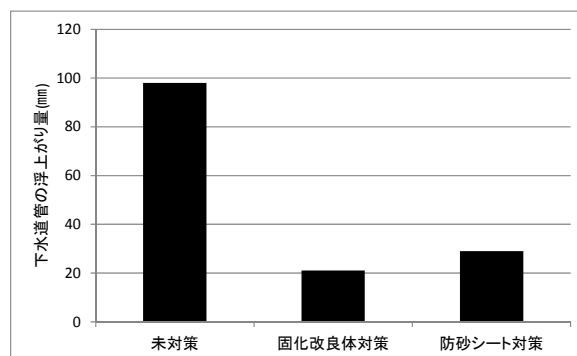


図4 模型下水道管の浮上がり量の比較