

下水マンホールの液状化対策効果の解析的検証

東洋大学大学院理工学研究科 環境・デザイン専攻 学生会員 鈴木理也
 東洋大学理工学研究科 教授 鈴木崇伸

1. はじめに

2011年の東日本大震災では広いエリアで液状化が発生し、都市ライフライン施設に影響が及んだ。下水マンホールの浮き上がりや、電柱の沈下・傾斜の被害が発生し、ライフラインサービスに影響した他、交通支障になるケースもあった。液状化対策の検討が各機関で進められているが、実物での検証が難しく適用領域が明確になっていない課題がある。

本研究は市販の有効応力解析ソフトを用いて振動実験の再現解析を行い、計算精度の確認を行い、さらに実際の埋設環境での計算結果から液状化対策の有効性を確認している。

2. 実験の再現解析

(1) 解析モデル

模型実験をモデルに解析を進める¹⁾。実物の1/10スケールのマンホール模型を用いており、一つの加振ケースに、未対策タイプと浮上抑制（ハットリング工法を施工した）タイプとを同一のせん断土槽内に並べて実験している（**図-1**）。実験ではハットリング工法の効果確認とともに、マンホールの深さによる影響、地盤高さによる影響も検討するため3ケースの実験を行った（**表-1, 2**）。また、3ケースともに2Hzの振動数で10秒間加振した。同ケースを解析し、結果を比較することで、より再現性を高められると判断した。

(2) 解析結果

ケース1の解析結果と実験結果を比較した。マンホールの浮上量グラフでは、7~10秒において、未対策タイプの増加具合に違いが見られるが、最高値の一致により許容範囲内とする（**図-2**）。過剰間隙水圧グラフでは、浮上抑制タイプに目立った違いが見られる（**図-3**）。また、未対策タイプの実験結果でのみ一度、大きな波が見られる。

3ケースの比較結果で同様の違いが見られたことから、過剰間隙水圧の値を考慮することで、実用性の高い解析結果が得られると判断できる。これらの結果を踏まえ、実物大の解析を行う。

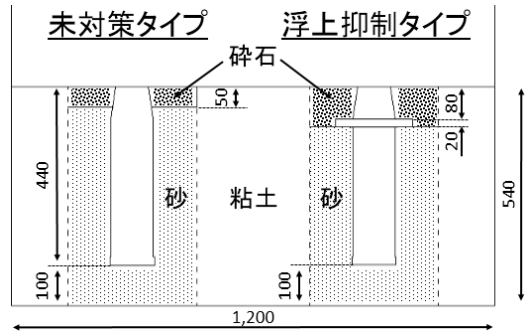


図-1 模型実験 (mm) (例: ケース 1)

表-1 実験ケース

ケース No.	マンホール底面の深さ	地盤の高さ	埋戻し土の深さ	地下水位	加速度
1	440 mm	540 mm	540 mm	GL-100 mm	103 Gal
2-1	340 mm	440 mm	440 mm	GL-101 mm	211 Gal
2-2	340 mm	540 mm	440 mm	GL-102 mm	202 Gal

表-2 構造物データ

構造物	本体		模型		単位体積重量 (kN/m ³)
	重量(kN)	重量(N)	重量(N)	本体体積(m ³)	
マンホール(4.4m)	30.20	30.20	3.59	8.41	
マンホール(3.4m)	24.61	24.61	2.76	8.92	
浮上抑制ブロック	8.92	8.92	0.37	24.10	

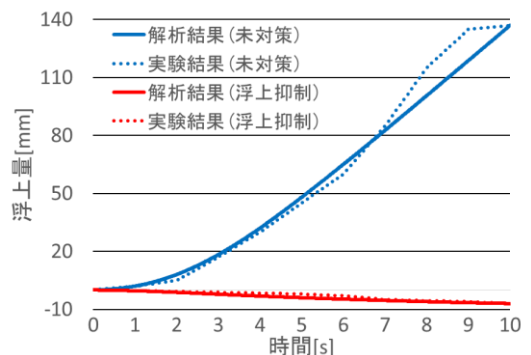


図-2 マンホールの浮上量(ケース 1)

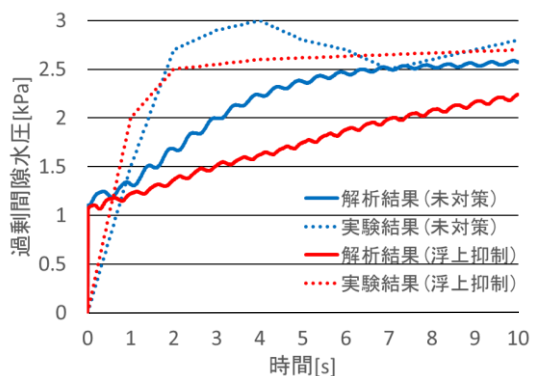


図-3 埋戻し土内、深さ 380mm 地点の過剰間隙水圧(ケース 1)

キーワード：液状化、過剰間隙水圧、ハットリング工法、マンホール浮上

連絡先：s36E01400038@toyo.jp

3. 実物大の解析

(1) 解析モデル

地盤は 2011 年東北地方太平洋沖地震時にマンホール浮上が確認された千葉県浦安市の地盤を用いた。地盤調査による土質条件と N 値を参考に仮想地盤を作成した。地盤構成は、シルトと砂の互層で 14 層の地層からなる。モデルのサイズは縦 60m 横 100m とし、(1)で用いたモデルの 10 倍にあたる実物大のマンホールを埋設する(図-4)。また、浮上抑制法として、模型実験と同様にハットリング工法を施す。未対策タイプ、浮上抑制タイプそれぞれで解析を行い、変位や過剰間隙水圧を比較することで、実物大におけるハットリング工法の有効性を評価するとともに動的有効応力解析の実用性を確認する。解析の振動波形は、千葉県浦安市で観測された東日本大震災の地震波形を用いた。水平方向の最大値が 167.7Gal、鉛直方向の最大値が 122.32Gal となる。解析に使用した波形は 120 秒間とする。

(2) 解析結果

浮上量、過剰間隙水圧を比較し、実物大におけるハットリング工法の有効性を評価する。また、実験では得られないせん断ひずみとの関係も考察する。マンホールの浮上量、過剰間隙水圧のグラフでは、(1)と同様に浮上抑制効果が確認できる(図-5, 6)。過剰間隙水圧が増加した約 10 秒後、浮上量とともにせん断ひずみの増加も見られる(図-7)。浮上量とせん断ひずみがほぼ同時刻に上昇し始めることから、比例関係にあることが推測される。以上の結果より、実物大の解析においてもハットリング工法の有効性を確認できた。

4. まとめと今後の予定

模型実験を再現し、実物大の解析に進むことで、ハットリング工法の有効性を確認するとともに動的有効応力解析により低予算且つ短時間で模倣実験を行うことができた。また、あらゆる条件下における実地盤での解析を行い、液状化対策効果の特徴を捉え、判定基準を設けることができれば、今後の埋設インフラ設備の施工に貢献できる。

模型実験を再現し、実物大の解析によってハットリング工法の有効性を確認できた。次の段階として、マンホールの深さや地層の厚さ・種類、地下水位の高さなど、あらゆる条件下での液状化対策効果の特徴を捉える必要がある。今後の予定として、条件を変えた実地盤における液状化対策効果の解析的検証を行い、判定基準を探る。

参考文献

- 1) 土木学会：液状化現象によるマンホールの浮上抑制技術『ハットリング工法』の技術評価 報告書

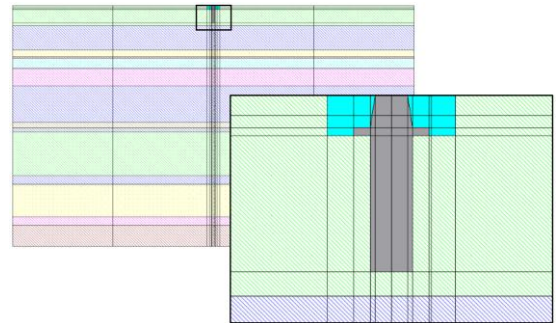


図-4 解析モデル

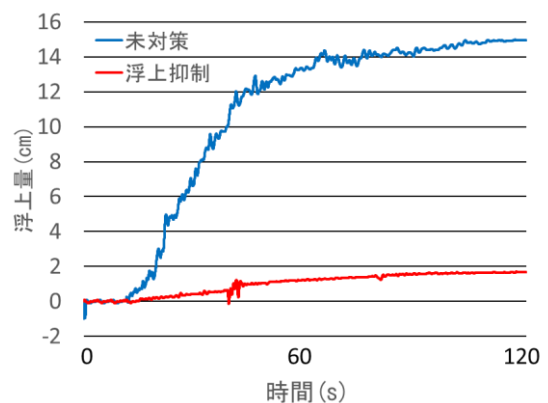


図-5 マンホールの浮上量

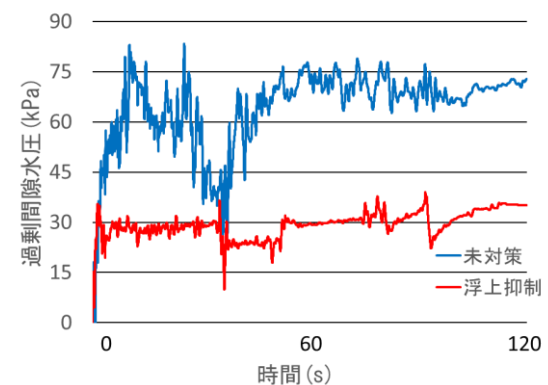


図-6 マンホール底面付近の過剰間隙水圧

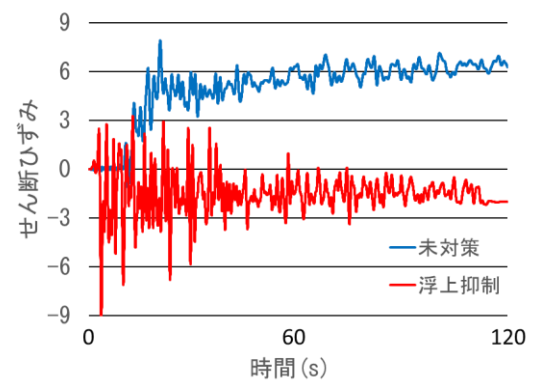


図-7 マンホール底面付近のせん断ひずみ