

地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究 －その8 模型振動実験を対象とした地表面沈下解析－

港湾空港技術研究所 正会員 ○大矢 陽介

港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震の際、空港誘導路の地下構造物周辺において局所的な沈下被害が発生した。筆者らは、地盤と地下構造物の動的相互作用に起因する地表面沈下メカニズムの検討を行っている。これまでに、砂地盤内に地下構造物模型を設置した 1g 場模型振動実験を実施し、液状化地盤のひずみ履歴と地表面沈下の関係を検討した^{1),2)}。次に、模型振動実験の再現を目的とした地震応答解析を実施し、模型断面のモデル化方法の検討³⁾、解析手法の比較⁴⁾、地盤のひずみ履歴の算出方法の検討^{5),6)}を行った。現在、過剰間隙水圧の消散に伴う変形解析のプログラムの開発に取り組み、体積変化特性モデルについて基礎的な検討を行った⁷⁾。本稿では、模型振動実験を対象とした地表面沈下解析について報告する。

2. 検討内容

検討対象は、高さ 2m、幅 4m の鋼製剛土槽を用いた縮尺比 1/15 の大型模型実験である。図 1 に模型寸法と計測センサーの配置を示す。実験では加振開始直後から過剰間隙水圧が上昇し、砂層の全域で液状化したことを確認した。また、地下構造物近傍では地盤のひずみが大きくなり、これに対応して地表面沈下量が大きくなったことも確認した。実験結果の詳細については文献 1), 2)を参照されたい。

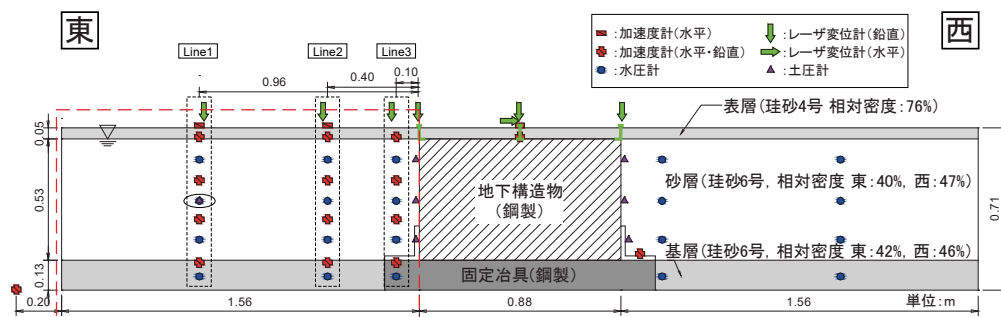


図 1 模型断面図 (左側枠線内が解析対象範囲)

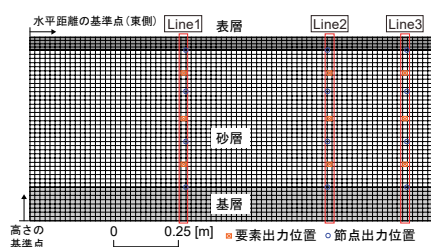


図 2 メッシュ図

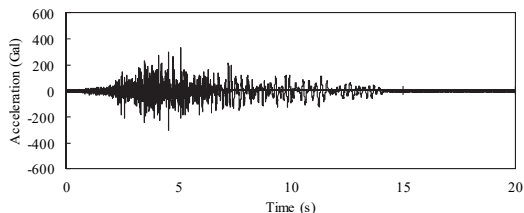


図 3 加速度波形 (Step1, 2E 波振幅 0.7 倍)

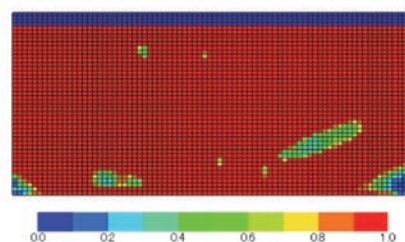


図 4 過剰間隙水圧比分布 (地震応答解析結果)

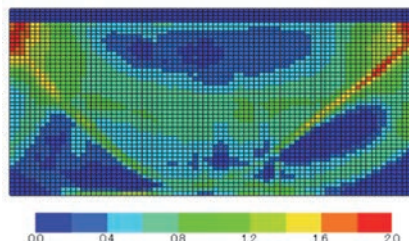


図 5 累加せん断ひずみ分布 (地震応答解析結果)

キーワード 液状化, 模型振動実験, 有効応力解析
連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
港湾空港技術研究所 TEL046-844-5058

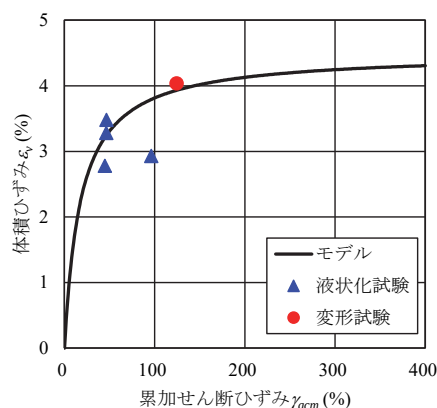


図6 累加せん断ひずみと体積ひずみの関係

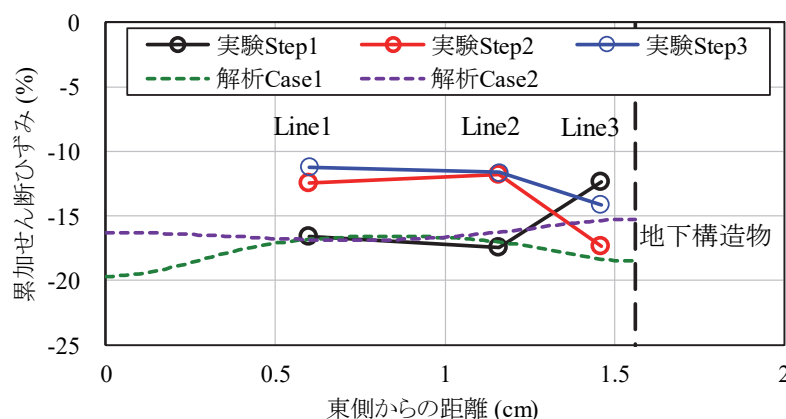


図7 地表面の鉛直変位の水平方向分布

模型振動実験を対象とした地震応答解析には解析コード FLIP[®]を用いた。有限要素メッシュは図2，入力地震動は実験で計測した図3の波形を用いた。砂層全域で地盤は液状化し（図4），累加せん断ひずみは地下構造物との相互作用により構造物近傍で大きい結果（図5）は，実験結果を再現できたことを確認した。解析結果の詳細については，文献6)，7)を参照されたい。

過剰間隙水圧の消散に伴う変形解析には，地震応答解析より得られた地盤の過剰間隙水圧およびひずみ履歴を利用した開発プログラムを用いた。過剰間隙水圧の消散に伴って発生する体積ひずみは，室内試験結果より累加せん断ひずみとの関係で設定した（図6）。

3. 検討結果

過剰間隙水圧消散後の地表面の鉛直変位の分布図を図7に示す。地盤のひずみ履歴を考慮した Case1 では，地下構造物との相互作用の影響が小さい Line1 で実験の Step1 と同程度の鉛直変位が発生し，地下構造物近傍の Line3 で実験の Step2 や Step3 と同様の局所的に鉛直変位が大きくなり，変形解析結果は模型振動実験の地表面沈下の特徴を概ね再現できた。なお，実験の Step1 では表層地盤が崩れ，構造物近傍での局所的な沈下は見られなかった¹⁾。一方，Line1 で鉛直変位が実験と合うように，地盤に一律 2.5%の体積ひずみを規定した Case2 では，構造物近傍の方が鉛直変位は小さくなり，実験結果とは異なる変位分布であった。

4. おわりに

地震動作用後の過剰間隙水圧消散に伴う地盤の変形解析手法を開発し，地震応答解析より地盤の過剰間隙水圧とひずみ履歴を評価することで，模型振動実験で見られた構造物近傍で局所的に大きな地表面沈下量を再現することができた。液状化地盤について一律の体積ひずみを規定する方法では，構造物近傍での局所的な沈下は表現することができず，開発手法と地表面の沈下量分布が異なることを示した。

参考文献

1)地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—地盤のひずみ履歴に関する模型振動実験—，地盤工学会第51回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.1759-1760，2016。 2)地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—その2 模型振動実験における液状化地盤内の体積ひずみの推定—，土木学会第71回年次学術講演会講演概要集，第1部門，pp.269-270，2016。 3)地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—その3 模型振動実験を対象とした数値解析の基礎検討—，第52回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.1597-1598，2017。 4)地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—その4 地盤のひずみ履歴に関する数値解析の基礎検討—，第15回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.306-313，2018。 5)地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—その5 数値解析における地盤のひずみ履歴算出方法—，地盤工学会第54回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.1708-1709，2019。 6)地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—その6 地盤のひずみ評価におけるフィルタ処理の検討—，地盤工学会第55回地盤工学研究発表会講演概要集，論文番号 23-11-2-03，2020。 7) 地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究—その7 過剰間隙水圧消散に伴う地盤の変形解析に関する基礎検討—，土木学会第42回地震工学研究発表会，講演番号 A14-75，2022。 8)Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Soils and Foundations, Vol. 32, No. 2, pp. 1-15, 1992。