

液状化地盤上の盛土の耐震補強工法に関する一考察

東海旅客鉄道(株) 正会員 永尾拓洋, 長縄卓夫 フェロー会員 関雅樹
 西松建設(株) 正会員 萩原敏行, 今村眞一郎, 平野孝行

1. はじめに

新しい鉄道基準¹⁾では, L2地震動に対する盛土構造物の耐震照査として, 盛土の変形レベルすなわち被害程度による復旧性, 沈下量を照査指標に用いている. ここで, 液状化地盤上の盛土構造物の沈下性状は不明な点が多い. また, 盛土構造物を対象とした液状化実験事例は多いが, 一般に入力波は正弦波であり, 不規則波を用いた事例は少ない.

本研究では, 液状化地盤の一部に薬液注入工を実施した場合の改良効果, 支持地盤の沈下対策, 盛土体の液状化防止を目的として, L2地震動(兵庫県南部地震レベル)における液状化地盤上の盛土の沈下性状について検証したので報告する.

2. 実験方法

実験は遠心力模型実験装置を用いて, 遠心加速度 25gで行った. 実験で用いた支持地盤の試料は珪砂8号である. これを用いて, せん断土槽(内寸法: 幅 650mm × 奥行 400mm × 深さ 300mm)に層厚が 250mm(125mm × 2層), 相対密度が各々約 50%と 70%の 2層地盤の液状化層を水中落下法により作成した. また, 模型盛土は関東ロームを用いて作製しており, 締固め試験の結果から最適含水比 100%となるように締固めている. その時の密度は 13.6

~ 14.2kN/m³である. なお, 盛土上面には軌道荷重²⁾として, 実スケール換算 15kN/m²の等分布荷重を載荷している. 上述のように作成した未改良ケースに対し, 液状化層の上層部分(相対密度 50%)に薬液注入工を実施したものを改良ケースとした. 改良ケースの実験概要図を図1に示す. 改良地盤は, 予めコンテナ内で珪砂8号に超微粒子シリカ系のエコシリカを注入して作成したもので, 所定の大きさにトリミングしたものを盛土直下に設置している. サンドゲルの1軸圧縮強度は約 100kPaである. 入力地震波は図2に示す兵庫県南部地震レベルに相当する, 最大加速度 749gal の L2地震動(スペクトル適合波)である.

3. 実験結果

(1) 加速度応答

未改良および改良ケースの盛土天端における加速度応答の時刻歴波形を図3, 4に示す. 最大加速度はそれぞれ 308gal, 304gal と入力加速度の半分以下であり, 部分改良による効果, すなわち盛土体に対して液状化による免震的な効果が十分発揮されており, 地盤を改良したことで盛土体の応答値が増加するような悪影響は生じていない. 加えて, 盛土体が粘性土である関東ロームで作製していることから, 砂・砂礫系で構成されている盛土より滑動変位などに対して強いこともあり, 盛土体に大きな変形は起きなかった.

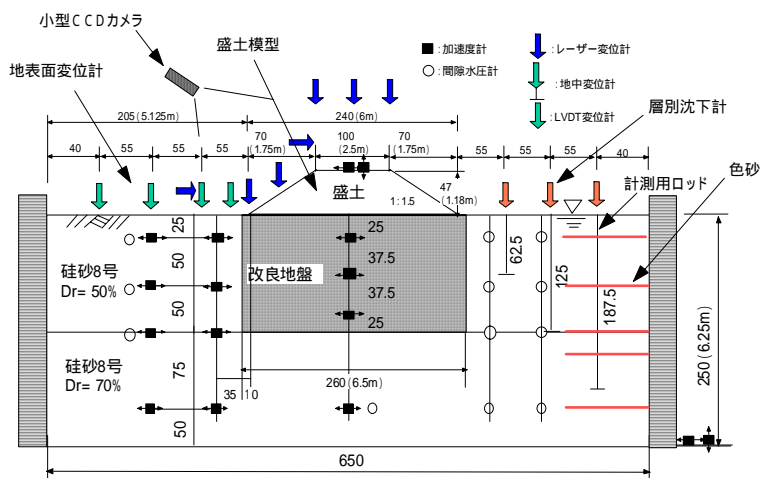


図1 遠心実験概要図(改良ケース)

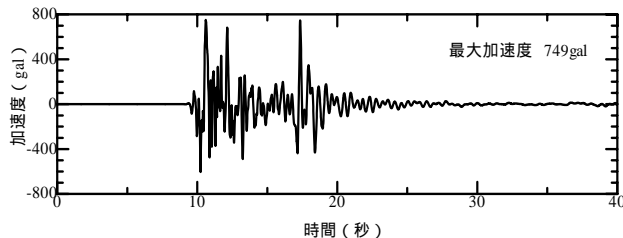


図2 L2地震動(スペクトル適合波)

key words : 盛土, 盛土沈下量, 液状化, 薬液注入, L2地震動, 遠心力模型実験

連絡先: 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株)総合技術本部技術開発部

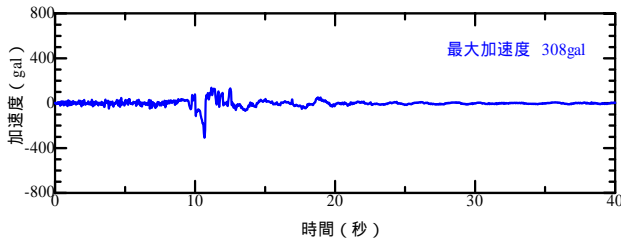


図3 盛土天端の加速度応答（未改良ケース）

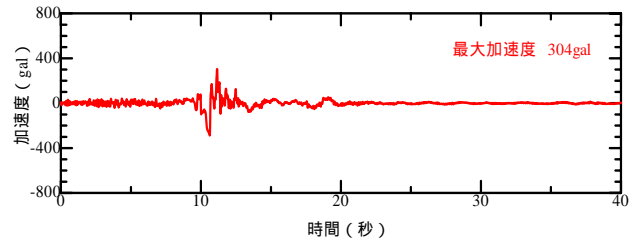


図4 盛土天端の加速度応答（改良ケース）

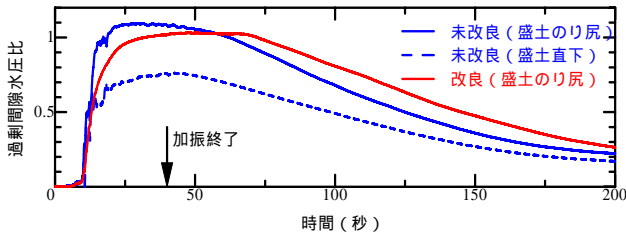


図5 液状化層の過剰間隙水圧比の時刻歴

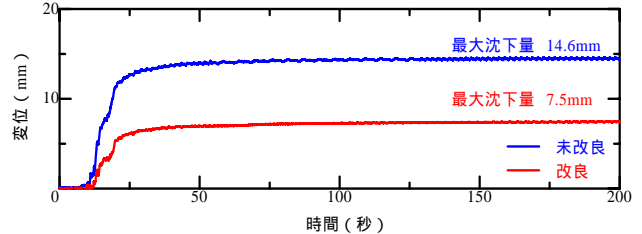


図6 盛土天端の沈下量の時刻歴

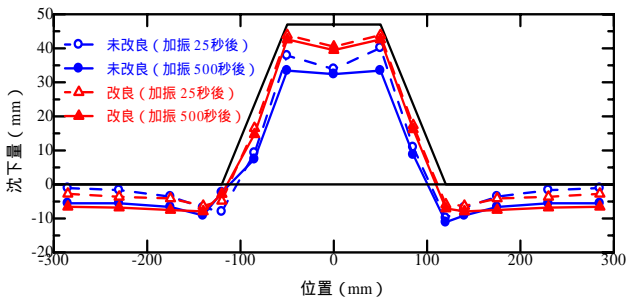


図7 盛土および地表面の沈下形状

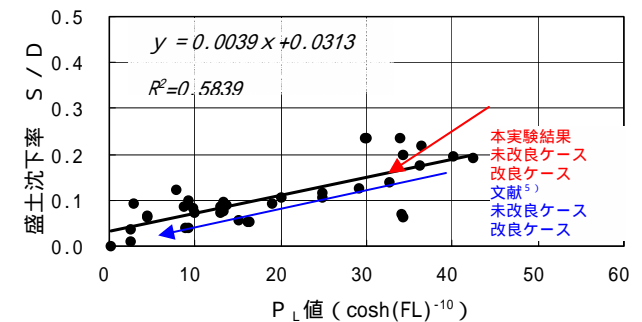


図8 P_L 値と盛土沈下率の関係（遠心実験事例）

（2）過剰間隙水圧比

未改良および改良ケースにおける，盛土のり尻付近の液状化上層・下層境界部の過剰間隙水圧比の時刻歴を図5に示す．図より加振とほぼ同時に過剰間隙水圧が上昇し，加振終了前後で1.0に達し，その後時間の経過とともに消散している．この傾向は盛土のり尻付近の各深さ方向に設置された間隙水圧計でほぼ同様である．また，図5に未改良ケースにおける盛土直下の液状化上層・下層境界部の時刻歴も示しているが，盛土による有効上載圧で1.0まで達していない．

（3）盛土沈下量

図6に盛土沈下量の時刻歴を示す．今回，盛土沈下量は盛土天端中央のレーザー変位計のデジタル値で評価した．なお，盛土および地表面の沈下形状は図7のようになっている．既往の遠心実験事例を P_L 値（液状化指数）と盛土の沈下量との関係に整理したもの³⁾を図8に示す．この図に対して実験結果をプロットした． P_L 値の算出において不規則波による補正を $C = 0.65$ ，改良後の地盤の液状化強度比を $R = 0.5$ ⁴⁾として評価した．なお，参考としてL1レベルの正弦波のデータ⁵⁾についても図8にプロットしている．図から，薬液注入工による P_L 値の改善効果で盛土沈下率が低減されていることが分かる．また，L2地震動においても部分改良で十分な効果を発揮している．

4．おわりに

今回，兵庫県南部地震レベルのL2地震動に対しても，薬液注入工が液状化による盛土沈下量の低減に十分効果を発揮することが分かった．今後は，透水係数が低い改良地盤が盛土体の液状化（過剰間隙水圧上昇を抑制）を防止する効果について検証していく予定である．

《謝辞》 P_L 値と盛土の沈下率との関係について貴重なご意見を頂きました，東京大学 龍岡文夫教授，（財）鉄道総合技術研究所 館山勝氏に謝意を表します．

参考文献 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），丸善，1999． 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物），丸善，1997． 3) 阿知波，長縄他，土構造物の液状化被害程度把握に関する検討（その1），第57回土木学会年次講演会，-516, pp.1031-1032, 2002． 4) 辻，平野，石油タンク地盤における液状化対策事例，基礎工，Vol.29, No.5, pp.40-42, 2001． 5) 村松，林他，遠心模型実験による固化工法を対象とした改良効果の検討，第51回土木学会年次講演会，-A138, pp.276-277, 1996．