

格子状改良工法と他工法との併用による液状化対策効果について

西松建設技術研究所 正会員 ○今村 眞一郎 佐藤 靖彦 岩谷 隆文 佐藤 透
西松建設土木設計部 正会員 平野 孝行 土屋 光弘
東京工業大学大学院 正会員 高橋 章浩

1. はじめに

道路と宅地との一体的な液状化対策として格子状改良工法や地下水低下工法が着目されているが、単独工法では必ずしも十分な液状化対策効果が得られない場合があるため、他工法との併用も検討されている。筆者らは格子状改良工法に排水工法や浅層改良との併用による液状化対策効果に関する基礎的な研究を行っている。本報では格子間隔が大きい格子状改良工法と他工法との組合せを変化させた遠心模型実験を行い、その組合せの違いによる低層建物の沈下抑制効果について検討した。

2. 実験概要

図-1 に遠心模型実験の概要図を示す。実験は深さ 10m の液状化地盤において、4 家屋を 1 つの格子壁（内寸:15.5×15.5m）と他工法との併用で対策することを想定した 1/50 縮尺の遠心模型振動実験を遠心力場 50g で行った。模型地盤は粘性流体と豊浦砂（液状化層 10m, $Dr=60\%$, 支持層 2.5m, $Dr=90\%$ ）を用いて作製した飽和砂地盤である。格子壁（アクリル樹脂製）は、壁厚 1.5m, 改良深度は 10m である。家屋の寸法は幅 5m×奥行 5m×高さ 5.5m, 荷重は 15kPa で、2 家屋毎に Model A（重心低）, Model B（重心高）と重心を変化させた。ドレーン材は外径 6 mm(内径 4.3 mm), 長さ 220 mm

の鋼製バネに 0.2mm 厚の不織布を被覆してモデル化した。これは実物換算して外径 300 mm, 鉛直方向透水係数 3cm/s である。また、表層改良地盤は豊浦砂、水およびセメントを混ぜたものを壁面摩擦処理の上、格子壁内に 5 層に分けて締固めた。

一方、格子壁外側の道路部は路盤と路床土でモデル化し、路盤は粒調碎石を締固めて厚さ 0.9m, $p_t=20.3\text{kN/m}^3$ とし、改良ケースでは道路変状対策として路盤直下に厚さ 1.1m の短繊維改良土 ($p_t=15.0\text{kN/m}^3$,

$q_u=245\text{kPa}$)を設置した¹⁾。本実験では道路部をモデル化したが、土槽寸法上の制約から一体的対策としては十分ではない。実験は格子壁に排水工法や浅層改良などの他工法との組合せの違いによる対策効果を把握するため、表-1 に示す 6 ケースを実施した。加振は同一模型地盤に対して 3 ステップ加振とし、255Gal(ST1), 400Gal(ST2)の 2 ステップで周波数 2Hz の正弦波 20 波(10sec)を入力した。最後に最大加速度 400Gal に調整した臨海波(ST3:RINKAI 92h,120sec)を入力した。なお、以下の実験結果は全て実物換算して記した。

キーワード 遠心模型実験, 液状化, 地盤改良

連絡先 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4054 西松建設愛川技術研究所 TEL:046-285-7101, FAX:046-285-7104

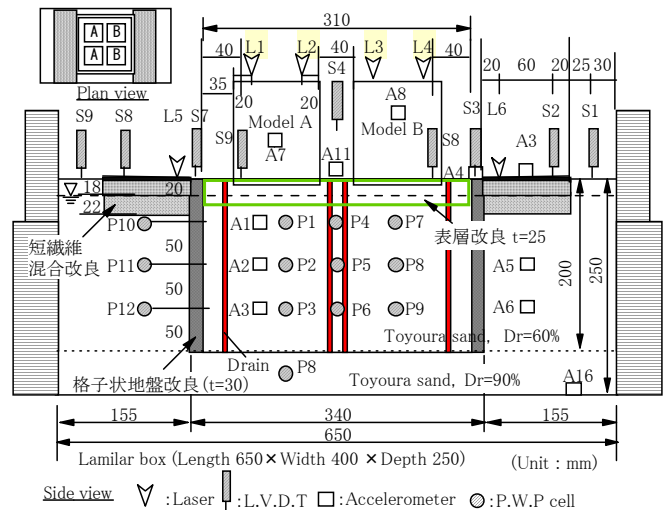


図-1 実験概要図 (Case6: 模型換算スケール)

表-1 実験条件 (実物換算)

Case	改良仕様	改良概要図
C1	未改良 全ケース共通, 家屋 250mm 根入れ 重心高さ: 家屋 A 2.08m, 家屋 B 3.25m	
C2	格子壁 改良ケース共通 L/H=1.55 L: 格子ピッチ, H: 液状化層厚	
C3	格子壁+排水 1 家屋周辺 家屋周辺, 排水材 1.4m ピッチ 地表に 0.25m 厚, 3 号碎石を敷設	
C4	格子壁+排水 2 周辺+直下 家屋周辺, 排水材 1.4m ピッチ 家屋直下 3×3 配置 (斜め改良を想定) 直下 0.25m 厚, 周辺 0.5m 厚, 3 号碎石敷設	
C5	格子壁+表層改良 表層セメント改良: $q_u=254\text{kPa}$ 家屋直下 改良厚 1.0m (全層厚 1.25m)	
C6	格子壁+排水 1 +表層改良 表層セメント改良: $q_u=316\text{kPa}$ 家屋直下 改良厚 1.0m (全層厚 1.25m)	

3. 実験結果および考察

図-2 に ST1, ST3 入力での家屋 B 直下 P7, P8 における過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。加振直後, P8 での過剰間隙水圧比は, C1, C2 は 3 秒付近で, C5 は加振終了付近で 1.0, C3, C6 では平均 0.8 を示したのに対し, C4 では最大 0.4 であった。また, P7 でも C4 では過剰間隙水圧 0.5 を満足した。表層改良を併用した C5, C6 では加振中, 改良体による直接的な拘束圧により過剰間隙水圧が抑制されている様子が窺えるが, 排水を併用した C6 では加振直後には消散に転じて

いる。一方, ST3 入力, P7, P8 では, C1, C2 とともに著しい水圧変動を伴いながら加振開始後に過剰間隙水圧比がほぼ 1 を示し, C2 では加振終了後, 消散している。排水工法を併用したケースは, ST1 入力, P7, P8 で高い値を示した C3 でも最大 0.9 を示すが, 加振中に間隙水圧の上昇と蓄積を抑制している。C4, P7, P8 では最大値 0.5~0.7, 加振 120 秒にわたり平均で 0.5 程度まで抑制されている。

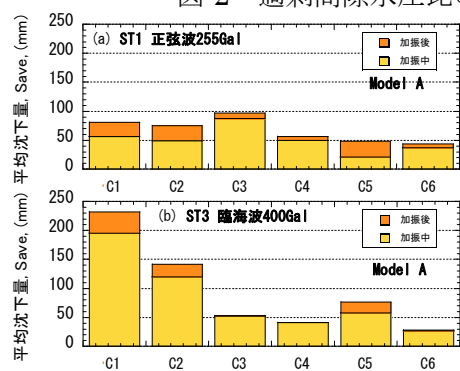


図-3 平均沈下量成分の比較

図-3 では家屋 A, 2 測点の沈下量の平均沈下量 S_{ave} を加振中(正弦波 0~12 秒, 臨海波 130 秒)と加振後~1,000 秒に分けて示した。排水工法との併用ケースでは, 入力波によらず排水効果によって加振中の沈下が大半を占めている点に特徴がある。

図-4 に加振毎の最大沈下量 S_{max} を比較して示した。ST1 入力時の C1, C2, C3 の最大沈下量はほぼ同じであるのに対し, C4, C5, C6 での最大沈下量は C1 の 50%未満まで抑制されている。特に不等沈下の要素を有する ST3 入力では C1 が著しく大きく, 次いで C2, C5 の順に大きい。C5 の沈下が大きく生じた原因には, 加振に伴う改良地盤直下地盤の軟化や沈下が一要因として挙げられる。また, 排水工法と併用した C3, C4, さらに表層改良を併用した C6 では長時間振動に対する沈下抑制効果大きい。

図-5 に家屋 B 上 2 測点の沈下差分 S_{dif} を区間距離 L で除して求めた傾斜角 S_{dif}/L を加振毎に示し, 戸建て住宅基礎の傾斜角の下限値²⁾ $4/1,000$ を波線で示した。家屋 B では格子壁に他工法を併用することで傾斜角が抑制され, $4/1,000$ を概ね満足しているのは排水工法, 表層改良を併用した C4 と C6 である。C1, ST1, ST2 入力で C2 との沈下量に差がなく傾斜が小さかった原因として, 家屋下地盤の密度のばらつきなどが考えられる。

4. おわりに

- 1) 格子壁($L/H=1.55$)に排水工法や表層改良を併用することで格子内の液状化を抑制し, 低層建物の沈下や不同沈下を抑制することができた。特に排水工法との併用は長時間振動に対して有効であった。
- 2) 格子壁と周辺排水工法, 表層改良との併用が最も改良効果が優れていたが, ドレーンの設置位置や本数削減などの最適な改良仕様や経済性についてはさらに検討が必要である。

【参考文献】 1) 今村ら：液状化地盤における短繊維混合処理した路床土の地震時挙動, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2013 (投稿中)。 2) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針, 2008。

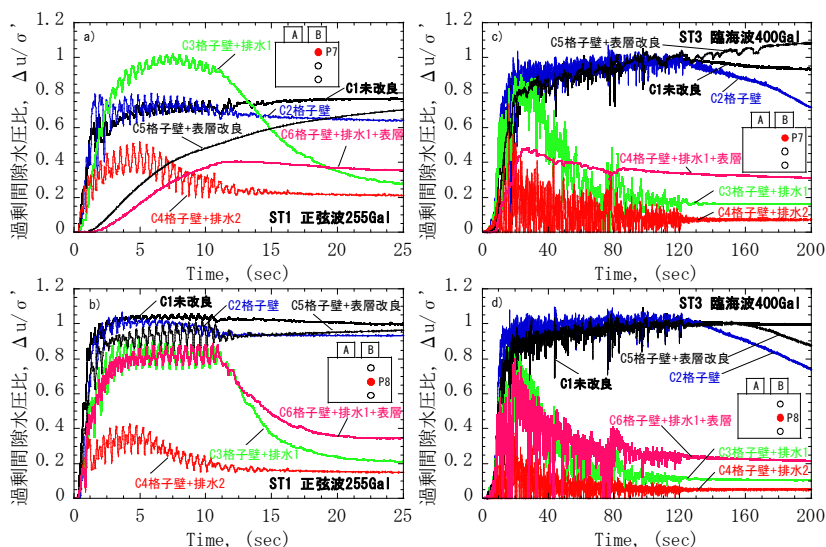


図-2 過剰間隙水圧比の時刻歴(ST1 : 255Gal, ST3 : 400Gal)

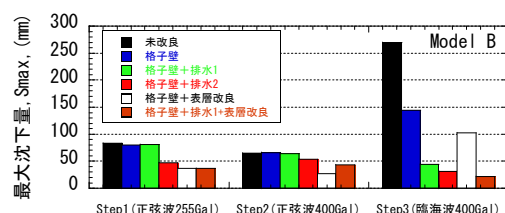


図-4 最大沈下量の比較

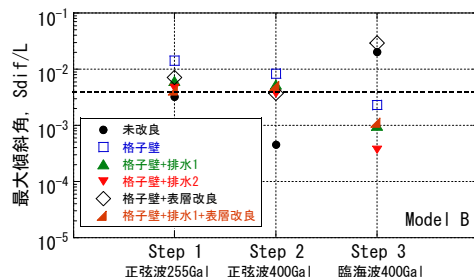


図-5 加振毎の傾斜角の比較