

軽量な構造物直下の固化系地盤改良による液状化変状抑止効果—その 1—

大林組 正会員 ○樋口 俊一
 大林組 正会員 山本 彰
 大林組 非会員 西山 高士

1. 研究の背景

2011 年東北地方太平洋沖地震による広範囲におよぶ液状化被害により、住宅等についても液状化対策の必要性が注目されるようになった。宅地耐震設計マニュアル¹⁾によれば、中規模地震（地表面加速度 2m/s^2 ）に対してはある程度の層厚の非液状化層が液状化層上に存在することにより、住宅に対する液状化の影響が軽減されるとされている。本研究では、軽量な構造物直下に比較的薄い固化系地盤改良体を構築することで液状化による構造物の沈下量を軽減する対策について、遠心模型振動実験による定量的な検証を実施した。

2. 遠心模型振動実験

図 1 に示す地盤模型による遠心模型振動実験を、遠心重力 $25G$ （縮尺 $s=1/25$ ）において実施した。模型地盤は幅 $1,900\text{mm}$ （実物換算 47.5m ）、奥行き 350mm （同 8.75m ）で、砂地盤厚さ 400mm （同 10m ）である。砂地盤は珪砂 7 号（ $D_{50}=0.15\text{mm}$, $U_c=1.6$ ）を用いて相対密度 $Dr=50\%$ を目標とし、水中落下法により作製した。地下水位は $GL=-1\text{m}$ （以下、物理量は実物換算値とする。）、液状化層厚は 9m である。液状化強度は $R_L=0.18$ 程度である。なお、間隙水には透水の相似則を考慮して粘度 $25\text{mPa}\cdot\text{s}$ のメチルセルロース水溶液を使用した。

構造物は 2 階建住宅を想定し、平面 $7\text{m}\times 7\text{m}$ の矩形で設置圧 $q=10\text{kN/m}^2$ のアクリル模型とした。

固化系地盤改良の範囲は構造物より一回り大きな平面 $8.5\text{m}\times 8.5\text{m}$ とし、1 軸圧縮強度 $q_u=400\text{kN/m}^2$ のモルタル混合砂で作製した。改良体は上面を地下水面に一致させ、底面は液状化層中にあり液状化しない基盤層には着底していない。地盤改良層の厚さをパラメータとして、図 2 の 4 ケースを設定した。

入力地震動は 2011 年東北地方太平洋沖地震・K-net 浦安観測波（CHB008EW）を、観測サイト近傍地盤モデルにより表層（埋土層、沖積砂層）下部まで SHAKE で引き戻した地震動とした。実験でははじめに振動台上の最大加速度振幅 1.5m/s^2 相当の加振を実施し、一旦遠心重力を開放して地表面変位計測実施後、再び遠心重力を載荷して最大加速度振幅 3.0m/s^2 相当の加振を実施した。

本報告では中規模地震を想定した 1.5m/s^2 加振について示す。

3. 実験結果

実験結果の 1 例として、図 3～図 5 にケース 1 の振動台加速度、遠方地盤の過剰間隙水圧および建物天端の沈下量の各時刻歴を示す。地震動の主要部分は時刻 40s 付近から始まり、時刻 150s まで継続する。図 4 より、地中の過剰間隙水圧は地震動の振幅が大きくなる時刻 70s 付近から増大し始め、深部では時刻 100s 、浅部では時刻 120s 付近でほぼ有効上載圧に達して砂層がほぼ全層にわたり液状化状態となる。図 5 に示した建物の鉛直沈下量（各隅角部頂部 4 点の平均）は、地盤中の過剰間隙水圧がある程度上昇した時刻 90s 付近から増加し始め、入力地震動の振幅が小さくなる時刻 140s 付近まではその増加程度が大きい。また、地震動が作用しなくなる時刻 150s 以降も沈下が継続する。

図 6 に遠方地盤の過剰間隙水圧（ケース 1）の消散過程を、図 7 に建物天端沈下量（全ケース）の収束過程をそれぞれ時刻歴で示す。図 6 より地中から過剰間隙水圧が消散するには地震後 $1,200\text{s}$ （20 分）あまり必要であり、地盤浅部では液状化状態（過剰間隙水圧=有効上載圧）が 500s 程度継続することがわかる。また、図 7、ケース 1 より建物沈下の継続時間は過剰間隙水圧が消散するまでの時間と概ね一致していることがわかる。

図 7 に示した各ケースの建物沈下量時刻歴の差異は、建物直下の地盤改良厚と相関している傾向が見られる。

キーワード 液状化, 沈下, 地盤改良, 住宅

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 042-495-0947

また、建物直下に地盤改良がある場合（ケース 2～4）には、沈下量の増加が加振時にほぼ限定される傾向が見られる。これらについて、図 8 に建物最終沈下量と建物直下の地盤改良厚の関係を整理した。なお、図中の赤丸は遠方地盤地表面の平均沈下量である。これより、継続時間が長い海溝型地震動による 1.5m/s^2 相当の加振に対しては、固化系地盤改良による建物沈下量の抑制効果が認められ、地盤改良厚が 1.5m （ケース 2）あれば沈下量が $1/3$ 以下に減じられるとともに、周辺地盤との相対沈下量も小さく抑えられることがわかった。

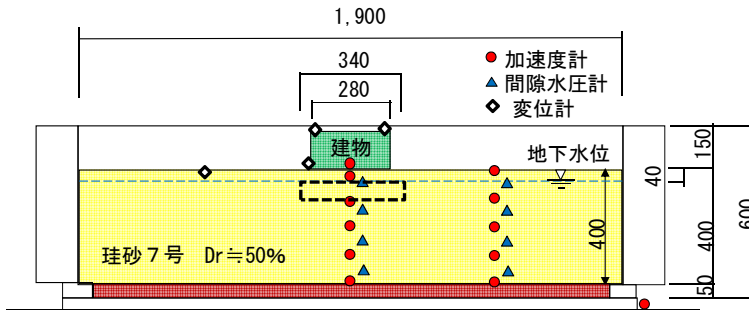


図1 遠心模型振動実験の模型地盤と計測器配置

($s=1/25$, 単位: mm)

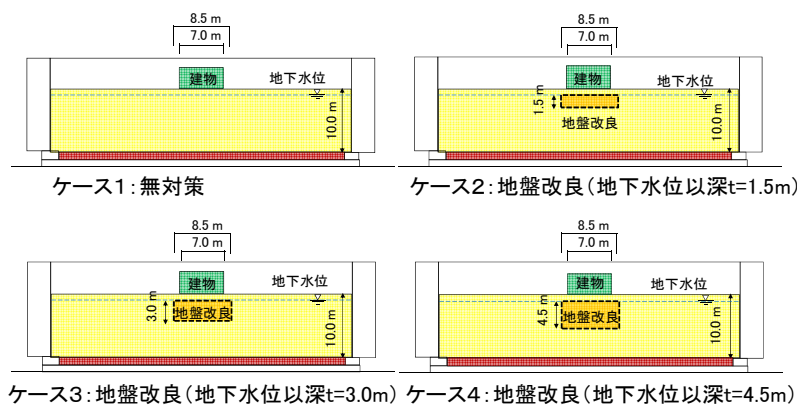


図2 試験ケースと地盤改良範囲

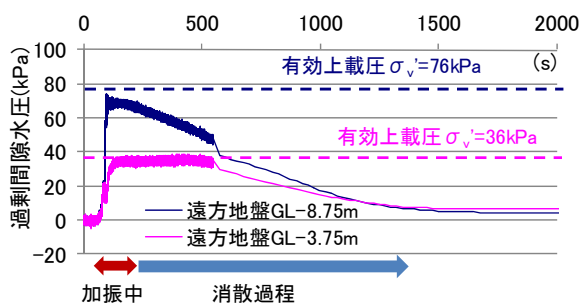


図6 過剰間隙水圧時刻歴（消散過程：ケース1）

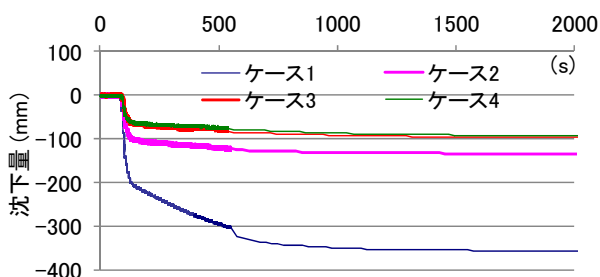


図7 建物沈下量変位時刻歴（全ケース・収束過程）

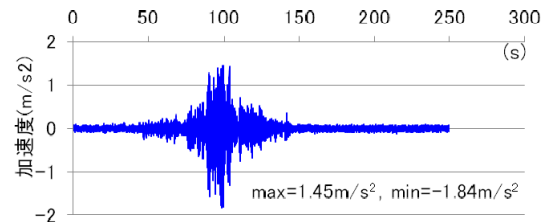


図3 入力地震動波形（ケース1）

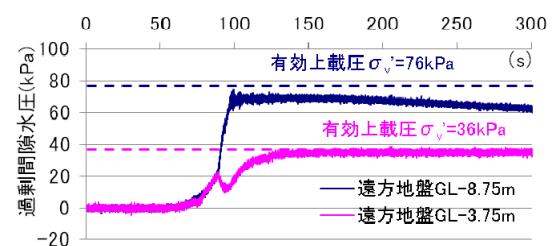


図4 過剰間隙水圧時刻歴（ケース1）

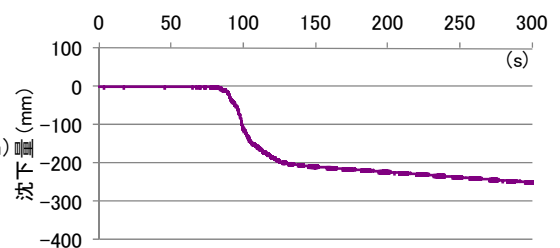


図5 建物鉛直変位時刻歴（ケース1）

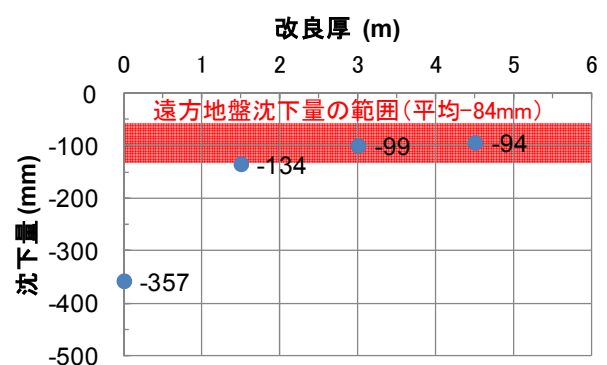


図8 建物最終沈下量と建物直下の地盤改良厚との関係（ 1.5m/s^2 加振）

謝辞：本研究は、建設技術研究助成「浅層盤状改良による宅地の液状化対策の合理的な設計方法の研究」を受けたものです。ここに記し深謝いたします。