

CLT による構造物の液状化時沈下抑制効果に関する模型振動実験

福井工業高等専門学校 正会員 ○吉田雅穂
福井工業高等専門学校 大谷捷人

1. はじめに

地震時の液状化現象は地耐力の低下を引き起こすため、近年の被害地震では戸建住宅の沈下が問題となっている。従来、我が国の伝統構法による木造建物の基礎は石の上に柱を載せた石場建て、いわゆる独立基礎として礎石の下の地盤を丁寧に行うことで不同沈下に対処してきた。明治以降になると基礎工事にコンクリートが使われるようになり、現在では布基礎やベタ基礎が一般的となっている。しかしこのことによって、建物全体に占める基礎の重量が大きくなり、軟弱地盤における常時の不同沈下や、地震時の液状化によるめりこみ沈下を引き起こす課題がある。ここで近年、建築分野で普及し始めた直交集成材（Cross Laminated Timber, 以下 CLT と称す）は、建物の構造部材として利用できる強度を有し、かつ、鉄筋コンクリートに比べて軽量という特長がある。また、CLT の密度は液状化した砂層のそれより小さいため地中で浮力が生じる。すなわち、基礎に CLT を有する構造物の周辺地盤が液状化したとすると、その軽量さと浮力によって沈下が抑制されることが期待できる。そこで本研究では、液状化の可能性の高い軟弱な飽和砂地盤上に建設された構造物の直下地盤を、CLT で置換することによる構造物の沈下抑制効果を模型振動実験で明らかにすることを目的とした。また、同地盤をセメント固化土で置換した場合と無対策の場合の計 3 ケースの実験結果を比較することで CLT の有効性を検討した。

2. 実験概要

図-1 に模型地盤の概要を示す。振動台上にアクリル製の土槽（幅 800mm×奥行 400mm×高さ 500mm）を設置し、その中に珪砂 7 号（密度 2.66 g/cm^3 、平均粒径 0.17 mm 、透水係数 $4.79 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ ）を用いて水中落下法で相対密度約 40%の軟弱な飽和砂地盤を作製した。地下水位は地表面と一致している。地表面に設置した構造物模型は底面が 150mm 四方で高さ 115mm、重さは 3.45kg、接地圧は 1.5 kN/m^2 （べた基礎の 2 階建て木造住宅の接地圧の 10 分の 1 縮尺を想定）とした。

構造物直下を置換部（幅 170mm×奥行 170mm×高さ 60mm）とし、そこに同寸法の CLT 模型を設置した。CLT はラミナ厚 20mm の 3 層 3 プライの規格品から切り出したものであり、材種はスギ、強度等級は Mx60、接着剤はレゾルシノール・フェノール樹脂系接着剤である。セメント固化土は、乾燥した珪砂 7 号に質量比 8%のセメントを含水率 20%で混合したものを型枠に 10mm ずつ入れながら突き固めて形成し、固化するまで水浸養生した。置換部の密度は CLT が約 0.84 g/cm^3 、セメント固化土が約 1.78 g/cm^3 、同体積の飽和砂地盤が約 1.86 g/cm^3 であり、その比は約 1 : 2.1 : 2.2 である。

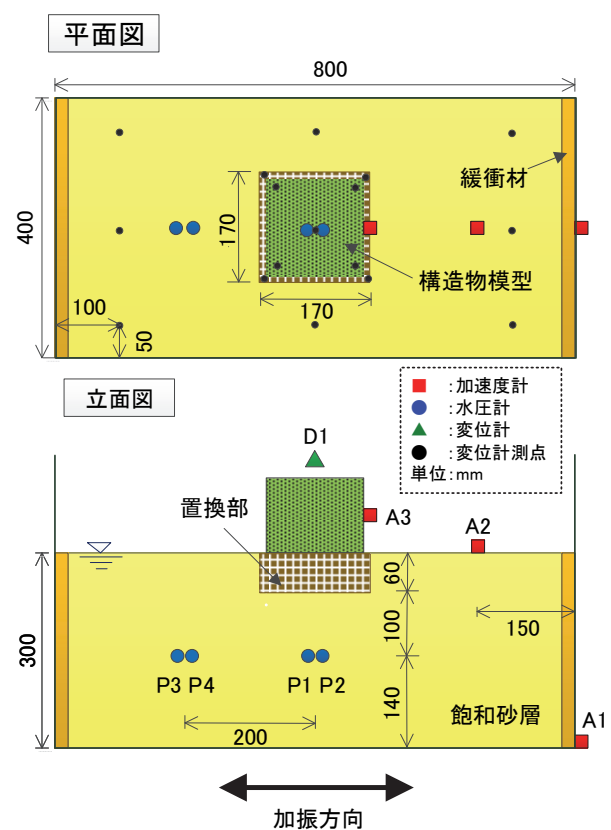


図-1 模型地盤の概要

キーワード 地震, 液状化, 戸建住宅, 不同沈下, CLT, 振動台実験

連絡先 〒916-8507 福井県鯖江市下司町 Tel&Fax: (0778) 62-8305 Email: masaho@fukui-nct.ac.jp

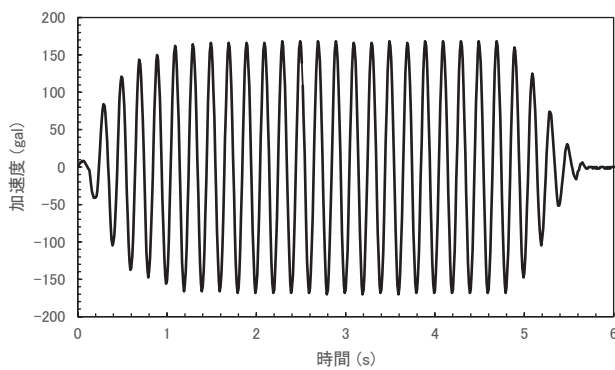


図-2 入力加速度の時刻歴 (140gal)

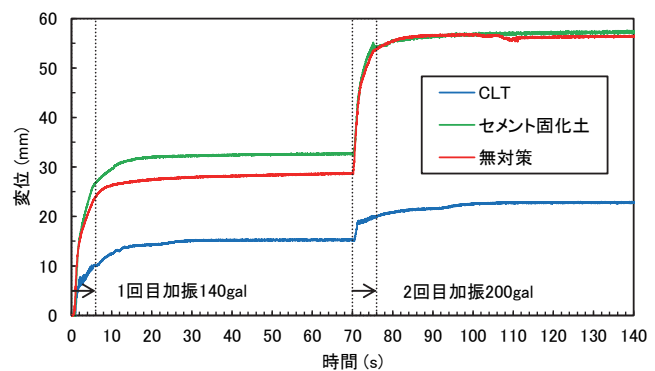


図-3 構造物の沈下の時刻歴

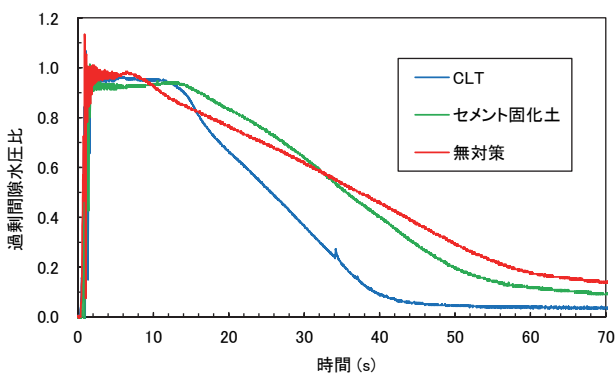


図-4 過剰間隙水圧比の時刻歴 (140gal)

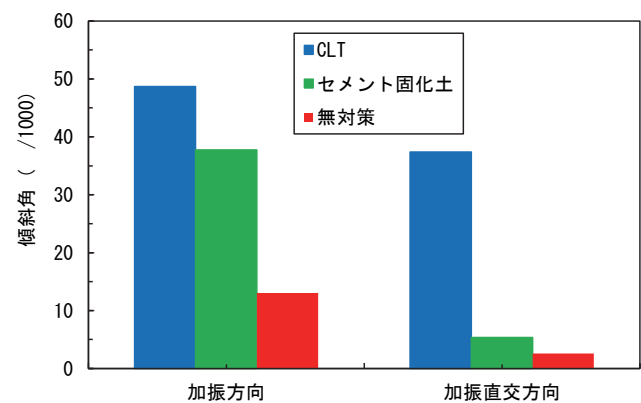


図-5 構造物の不同沈下 (140gal)

振動台の入力波は5Hzの正弦波を20波とし、前後に5波のテーパを加えた。地盤作製後、まず目標最大加速度140gal(図-2、計測加速度約160gal)で加振して構造物と地盤の鉛直変位をポイントゲージで計測する。その後、再び同地盤を目標最大加速度200gal(計測加速度約220gal)で加振して変位計測を行った。加振中は入力加速度(A1)、自由地盤の応答加速度(A2)、構造物の応答加速度(A3)、構造物直下地盤の過剰間隙水圧(P1、P2)、自由地盤の過剰間隙水圧(P3、P4)、構造物の鉛直方向変位(D1)を計測した。

3. 実験結果および考察

図-3は構造物の沈下の時刻歴であり2回の加振結果をまとめて表示した。なお、無対策の110秒付近に存在していたスパイク状の電気ノイズは除去してある。CLTを無対策と比較すると140galでは46%減、200galでは72%減、最終沈下量では59%減の大きな沈下抑制効果を示した。一方、セメント固化土は飽和砂地盤と密度に違いがないため沈下傾向は同様となった。図-4に140gal加振における構造物直下での過剰間隙水圧比の時刻歴(P1またはP2)を示す。図-3との対応を見ると、ほとんどの沈下は水圧比が0.9を上回る加振開始後15秒間に生じており、液体状となった地盤中にあるCLTの浮力が沈下抑制に影響したと考えられる。図-5は構造物の不同沈下であり、上面四隅の鉛直変位より求めた加振方向と直交方向の傾斜角で示した。液体状となった地盤が土槽内のCLTやセメント固化土の剛体を動揺させるため、加振方向の傾斜角が大きくなり、特にCLTは軽量であるためその影響を受けやすかった。

4. おわりに

構造物直下を軽量のCLTで置換することで、液状化時の沈下を抑制する効果があることを明らかにした。しかし、軽量であるため地盤軟化による動揺の影響を受けやすく不同沈下の恐れがあることを示した。今後はコンクリート製の基礎にCLTを併用するハイブリッド構造を考案してその有効性を検討する予定である。

謝辞 実験では福井高専元学生の橋本拓弥氏、岡田のどか氏、田嶋亮汰氏、野村明生氏の協力を得た。CLTは銘建工業株式会社より提供していただいた。ここに記して謝意を表す。