

地下構造式戸建住宅の液状化防止効果について

九州大学 学 ○田島ともえ, 正 安福規之, 笠間清伸, 石蔵良平, ハザリカ・ヘマンタ
(株)大建 松尾憲親

1. 研究の背景および目的

日本は世界有数の地震国であり, 2011年3月11日に起こった東北地方太平洋沖地震では, 東北から関東にかけて広い範囲で液状化が発生し, 戸建て住宅やライフラインに莫大な被害を与えた. 今回の地震のように都市部の住宅地が液状化すると, 多くの市民の財産を奪うことにつながる.

液状化に対する対策方法はこれまでに数多く開発され, 大型の構造物には適用されてきた. 現在ではほとんどの大型の構造物に液状化対策が施されているので, 今回の地震でも大型構造物には液状化による被害はほとんど発生しなかった. ただし, 戸建て住宅に対する液状化対策方法は遅れており, 多くの被害を受けた. そこで, 本文では戸建て住宅の液状化対策工法に注目し, 連結した地下室を作ることで支持力の改善や液状化の際の被害低減効果をどの程度期待できるのかを実験によって検討する. ここでは幅5メートル間隔のコンパートメントを造り, 剛性の高い「コンクリートの船」を模した連続した地下RC造の人工地盤(地下工作物)を構築した新型基礎工法を評価する.

2. 研究概要

本研究では, (1)支持力の改善効果に関する実験, (2)液状化被害低減効果に関する実験を行う.

(1) 支持力の改善効果に関する実験

① 実験概要

模型はモデルとした実際の住宅の50分の1のスケールで製作したところ, 地下構造模型の寸法は幅100mm, 奥行き240mm, 高さ50mmとなった. 土槽は幅1200mm, 奥行き400mm, 高さ600mmの寸法のものを使用した. 模型地盤は, 豊浦砂を空中落下方式で相対密度60%に合わせた後, 土槽底より地盤を乱さないよう約24時間かけて通水し, 飽和地盤を作成した. 実験ケースは a)地下無し b)地下有りの2ケース, 計測項目は建物の鉛直変位, 底面にかかる土圧, 構造物に与える力(F)とした. 図1に断面図を, 図2に裏側から見た平面図を示す.

② 実験結果と考察

1) 支持力特性

図3に裁荷試験から得られた荷重強度-正規化沈下量(S/B)の関係を示す. ここで, Sは沈下量, Bは地下構造または上物の幅, qは構造物に与えた力Fを構造物の面積で除した値を示す. 根入れ0cmと根入れ5cm共に明確な破壊点を示さずに徐々に沈下が増大していく傾向を示した. これは, 地盤に全般的にせん断破壊が生じるのではなく, 荷重の増加に伴い局所的なせん断破壊モードとなっていることが要因と考えられる. なお, それぞれの支持力は図3の荷重強度-正規化沈下量がそれ以降直線となる点での荷重強度を鉛直支持力 q_0 , q_5 と便宜的に定義した¹⁾. 図3から q_0 と q_5 を読み取ると, $q_0 = 50\text{kN}$, $q_5 = 71\text{kN}$ となり, $q_0/q_5 \approx 0.70$ となった. 一方, テルツァーギの支持力式から求めた q'_0/q'_5 は $q'_0/q'_5 \approx 0.45$ となった. また, グラフからも分かるように地下があることで支持力が改善されることが確認できた.

2) 沈下量に着目した接地圧分布

図4に図1のA, B, C点で計測した地下が無沈下量ごとの接地圧分布を示す. 図4のa), b) どちらにも共通して中心部の接地圧が大きくなっている

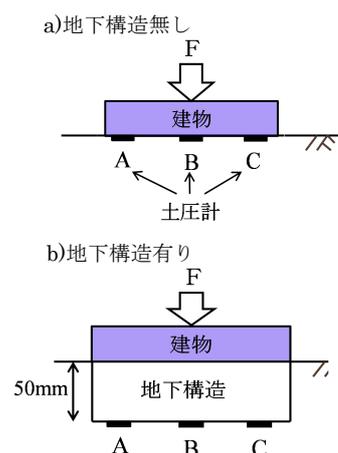


図1. 断面図

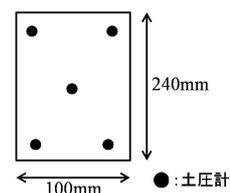


図2. 平面図

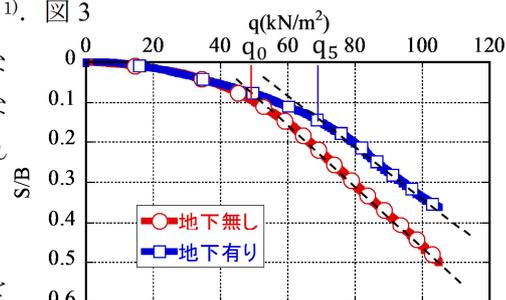


図3. 荷重強度-正規化沈下量曲線

ることが分かる。相対的に剛性基礎を想定した場合、砂質土地盤では基礎端部付近の土が移動しやすいため、接地圧分布の傾向として、中央部に大きな接地圧がかかるためと考えられる²⁾。

また、地下構造無しの場合と有りの場合を比較すると、地下構造が有る場合の方が接地圧分布の勾配が緩やかであることが分かる。これより、根入れの効果として地下があった方が底面により均一的に力がかかるということが言える。

(2)液状化防止・低減効果に関する実験

①実験概要

本実験では、振動台を用いた模型実験を行う。支持力実験同様、地下構造を持つ場合と持たない場合の2ケースを実験し、地下構造の効果を把握する。地下構造を持たない場合を想定した模型および計測器の位置を図5に示す。模型地盤の作製方法は、支持力実験同様豊浦砂を使用し、空中落下方式で相対密度60%に合わせた後、土槽底より地盤を乱さないよう通水し、飽和させる。模型土槽の寸法は、幅1800mm、奥行き400mm、高さ800mm。振動台を使って振動させ、地盤が液状化していく様子をビデオで撮影する。計測項目は振動台および構造物模型の加速度、地盤内の間隙水圧、構造物模型の変位とした。入力波形は、最大加速度を400Gal、振動数を3Hz、振動時間を10sに設定した。なお、本研究では、井合の相似則を適用し³⁾、長さの縮尺比nを50とした。

②実験結果と考察

地下がない場合を想定した実験結果を記す。図6に入力波と構造物模型に作用する加速度履歴を示す。構造物模型の加速度に着目すると、振動開始1秒後までは両方向に振動しているが1秒を過ぎたあたりから、構造物自体が振動によって斜めに傾き始めてしまったために、データとしては正の値のみがとれたと考えられる。図7に過剰間隙水圧をそれぞれの水深の有効応力で除した分布を示す。この図でyの値が1を超えたエリアでは液状化現象が起きているといえる。水深によって比較をすると、水深5cm地点では加振後約1秒で液状化が生じていることが確認できるが、水深25cm地点では、液状化現象は確認できない。

3.まとめ

1)支持力実験

地下構造を有することで、支持力が改善されることが確認できた。また、地下構造無しの場合と比べ、有る場合の方が、底面により均一的に力がかかることも確認できた。

2)振動台実験

水深が浅い地点(5cm)ではすぐに液状化し、深い地点では液状化は起こらなかった。

今後、地下構造が有る場合の実験を行い、今回の実験のデータと比較し評価を行う。

4.参考文献

- 1)「材料」(Journal of the Society of Materials Science,Japan), vol.61,No.1,pp.74-77,Jan.2012
- 2)松岡元：土質力学,森北出版,pp.87-89,1999
- 3)井合進：1G場での地盤・構造物系の模型振動台実験の相似則について，第19回地震工学研究発表会講演概要集，pp.341-344,1987

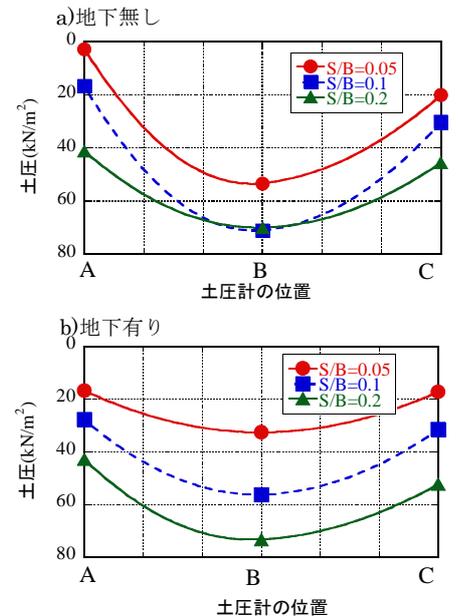


図4. 沈下量ごとの接地圧分布

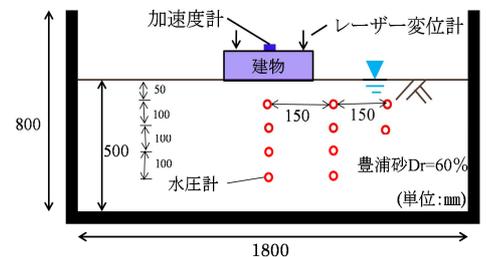


図5. 模型概要および計測器の位置

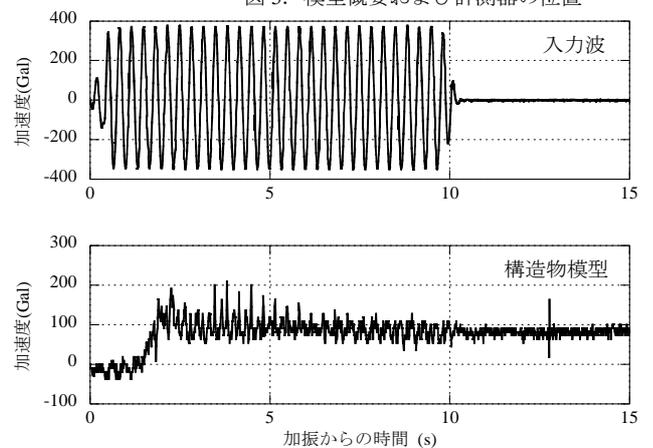


図6. 入力波と構造物模型に作用する加速度履歴

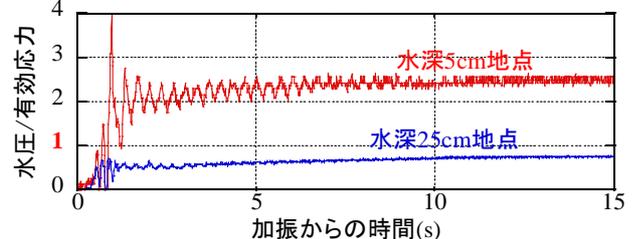


図7. 水深ごとの過剰間隙水圧/有効応力分布