

FEM を用いた近接施工の影響予測手法の検証（その 3：模型実験の FEM 解析）

戸田建設 正会員 ○福田 健

戸田建設 正会員 佐野 大作

戸田建設 正会員 緒方 智之

1. はじめに

掘削時や新築建物構築時の近接協議時に周辺地盤および函体の挙動の評価手法として実務では FEM 解析が用いられる。実務では 2 次元 FEM（弾性解析）¹⁾が主として用いられるが、実測値よりも大きなリバウンドもしくは沈下が生じるケースが多く、施工時の影響をより精度よく評価するためには、掘削時の排土重量や新築建物構築時の荷重増加に伴い地盤の変位が生じる範囲の設定および 3 次元的な応力の分散の影響を考慮する必要がある²⁾。その 3 では 3 次元 FEM を用いて前報³⁾で示した模型実験の再現解析を実施する。次に同実験の平面ひずみを仮定した 2 次元 FEM を実施し、両者の比較検討を行い定量的な違いを確認する。なお、解析には汎用の構造解析プログラム DIANA10.4 を用いており、以降に示す土槽や試験体等の寸法や材料物性の詳細は前報（その 2）を参照されたい。

2. 解析概要

図 1 に解析モデルを示す。土槽中の乾燥珪砂（相対密度 $D_r=60\%$ 、 $D_r=90\%$ ）、函体（アルミ製）および載荷板をソリッド要素でモデル化(1/2 対称)しており、山留めのモデル化はしていない。珪砂は Mohr-Coulomb モデルを使用し、解析に用いる内部摩擦角 ϕ は三軸圧縮試験（CD 試験）結果より設定し、ダイレイタンシー角は $\psi=\phi-30^\circ$ とした。粘着力 C は解析の安定性のため $C=0.2\text{kN/m}^2$ を与えた。また、珪砂に引張力が発生しないよう引張域はカットオフしている。珪砂の変形係数は地盤作製中に実施した FWD 試験⁴⁾やこれまでに土槽で実施した実験⁵⁾を参考に決定した。函体および載荷板は弾性体とし、函体（アルミ製）は実験と曲げ剛性が等価になるようヤング率を設定している。表 1 に解析に用いた諸定数を示す。

境界条件は側面をローラー境界、底面を固定とした。掘削部側面は山留め壁の影響を考慮して水平方向を並進固定している。なお、函体や珪砂の境界面にはジョイント要素等是用いていない。解析は自重を作用させた後に載荷板上部に等分布荷重を鉛直下向きに 200kN/m^2 作用させた。なお、同材料定数およびメッシュ形状で 2 次元の解析モデルを作成し、解析を実施している。

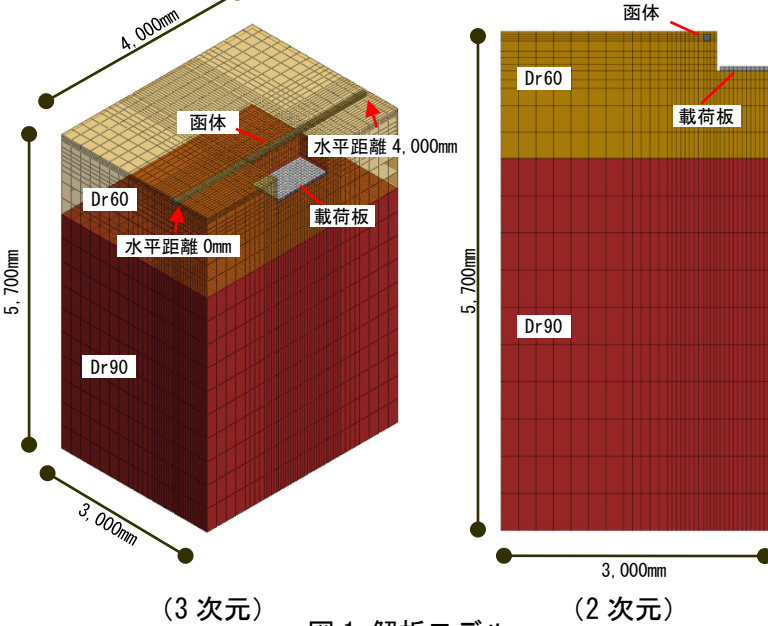


図 1 解析モデル

表 1 解析に用いた諸定数

名称	Dr60	Dr90
変形係数(kN/m ²)	12,000	15,000
ポアソン比(-)	0.3	
内部摩擦角 ϕ (°)	36.0	40.0
単位体積重量 γ (kN/m ³)	15.0	16.0

名称	函体 (アルミ)	載荷板
ヤング率(kN/m ²)	$9,029 \times 10^3$	$205,000 \times 10^3$
ポアソン比(-)	0.33	0.3
単位体積重量 γ (kN/m ³)	0.93※	78.5

※実験と等価な重量になるよう設定

キーワード 近接施工，鉛直載荷試験，FEM 解析

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315 (株) 戸田建設 技術研究所

TEL029-864-2961

3. 解析結果

図2に解析により得られた載荷板の荷重－沈下関係を実験結果も併せて示す。解析結果（3次元 FEM）は実験結果と概ね対応していることを確認した。また、2次元 FEM は実験結果に比べて 1.5 倍程度沈下が増大する傾向が見られた。図2および図3に函体の鉛直変位分布(鉛直荷重 100kN/m², 180kN/m²時)を示す。

荷重の増加に伴い函体の鉛直変位量はほぼ直線上に増加しており、鉛直荷重 180kN/m² 時の函体中央(2,000mm)の沈下量は 3次元 FEM が 3.0mm に対して実験値は 1.83mm となり解析値が実験値よりも多少沈下量が大きくなる結果となった。解析では山留め壁やジョイント要素等を考慮しないことが原因の一つと考えられるが、今後検証が必要と考える。また、同荷重における 2次元 FEM の沈下量は 9.9mm となり、実験および 3次元 FEM の結果に比べ沈下量が過大となる。これは、先に示したように 2次元 FEM では載荷板の沈下量が他に比べ大きいことや函体の剛性を正確に考慮できていないことが原因と考える。

図4に函体下端中央の節点力分布を示す。鉛直下向きの節点力が作用しており、自重解析時に比べ 100kN/m² 作用時には端部の節点力が比較的大きくなる傾向が見られた。これは中央部の沈下に伴い函体の剛性に応じた荷重が端部に再配分されているためと考えられる。

4. おわりに

3次元 FEM を用いた模型実験の再現解析および 2次元 FEM との結果を比較した。3次元 FEM と実験値はそれなりに対応するが、2次元 FEM 解析では函体の沈下量が過大となった。なお、今回実施した模型実験は地盤に作用する拘束圧が小さいことや、実施工においては複雑な施工ステップが発生するため、今後は実現場での実測事例をもとに解析結果との比較検証を実施する予定である。

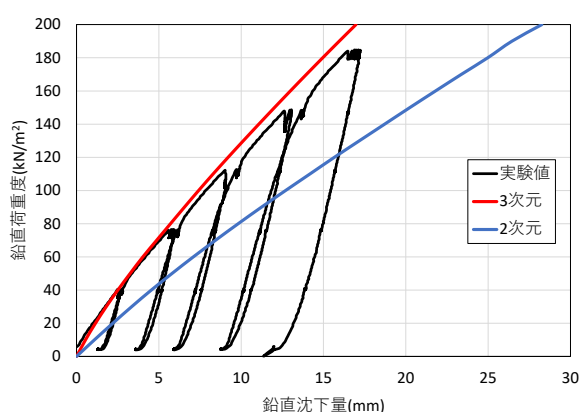


図1 鉛直荷重－沈下関係

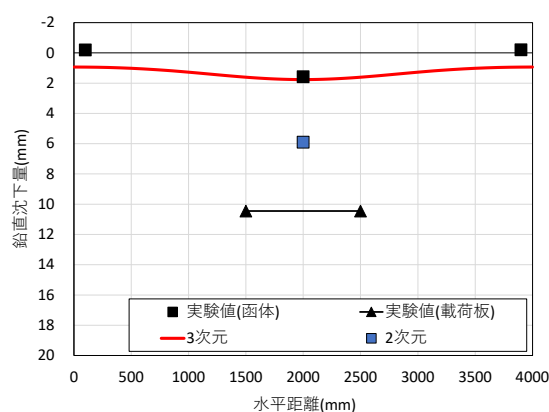


図2 近接構造物の鉛直変位量(載荷重 100kN/m²)

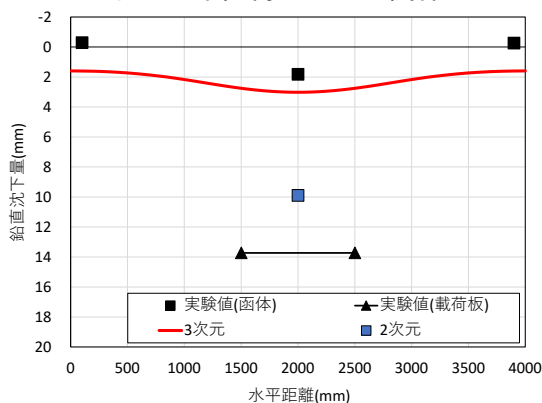


図3 近接構造物の鉛直変位量(載荷重 180kN/m²)

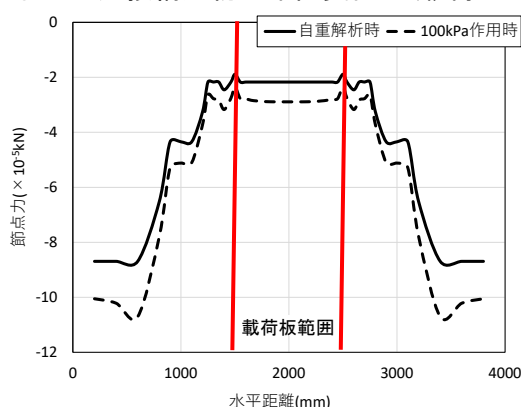


図4 構造物下部の節点力

参考文献

- 1) 日本建築学会：山留め設計指針・同解説，2017.
- 2) 日本建築学会：近接山留めの手引き，2015.10
- 3) 緒方他：FEMを用いた近接施工の影響予測手法の検証（その2：模型鉛直載荷試験），土木学会第78回年次学術講演会，2023（投稿中）
- 4) 社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー2 FWD および小型 FWD 運用の手引き，2004.11
- 5) 松林他：杭基礎の残存軸耐力に関する研究（その2 シミュレーション解析），日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），2021.9