

個別要素法を用いた頭部固定式二重土留め工法模型実験の再現解析

熊本大学 学生会員 ○杉本英治 赤木俊介
 鹿島建設(株) 正会員 那須郁香 永谷英基
 熊本大学 正会員 佐藤宇紘 大谷 順

1. はじめに

頭部固定式二重土留め工法は、二枚の矢板の頭部を連結し施工することで、土留め壁を高剛性化して自立壁をなすものである(図-1)。これまでに、遠心模型実験等により自立壁としての性能が徐々に明らかにされてきたが、内部土が自立壁としての土留め性能にどのような影響を及ぼすかについては未解明な点が残されている。そこで本検討では、個別要素法(DEM)を用いて同工法における模型実験の再現解析を行うことで、変形抑制メカニズムを数値解析で詳細に検証・分析した。

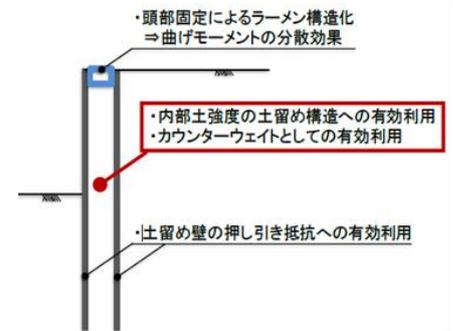


図-1 頭部固定式二重土留め工法

2. 解析概要

乾燥豊浦砂地盤の模型実験²⁾を対象とし、三次元 DEM 解析を実施した。本研究では、土粒子に対しては Hertz-Mindlin モデルを採用した。また、矢板及び頭部固定部については粒子の集合体でモデル化し、Bonding モデルにより接続することでフレキシブルな連続体材料を模擬した。表-1、表-2 に解析で用いたパラメータを示す。矢板のパラメータは水平載荷試験の逆解析、土粒子のパラメータは三軸圧縮試験の逆解析によって求めた。解析の流れは、CAD 上で作成した矢板の型枠を土層内に設置した後、型枠内に粒子を充填させ、粒子間に適用した Bonding モデルで粒子同士を結合し矢板を生成した。次に相対密度が 80~82% になるように土粒子を生成した後、矢板の型枠を外し土粒子の動きを収束させた。その後、矢板の片側の地盤を 50mm ずつ、深さ 300mm まで掘削し、各掘削終了時の矢板の変形モードや、矢板の軸力等のデータを算出した。図-2 に、DEM での模型実験解析の様子を示す。水色の粒子が Bonding モデルによって作成された模型矢板である。

3. 解析結果

解析結果のうち、模型実験結果²⁾との比較として 300mm 掘削終了時の矢板頭部変位量、矢板変形モードをそれぞれ図-3,4 に示す。300mm 掘削後の頭部変位量は実験では 1.8mm、解析では 1.7mm と実験結果を良く表現できていることがわかる。また、実験・解析ともに掘削深度が 200mm を超えた際に変位量が増大していることがわかる。また、図-4 の矢板変形モードに示すように、深さ 200mm より浅い領域、つまり掘削深度の 3分の2より浅い地点に

表-1 矢板パラメータ

ヤング率(Pa)	5.0×10^7
ポアソン比	0.25
反発係数	0.3
摩擦係数	0.5
回転摩擦係数	0.3
Bondingの接線・法線方向剛性(N/m ³)	1.0×10^{10}
Bondingの接線・法線方向強度(N/m ³)	1.0×10^{13}

表-2 土粒子パラメータ

ヤング率(Pa)	1.0×10^9
ポアソン比	0.25
反発係数	0.3
摩擦係数	0.5
回転摩擦係数	0.6

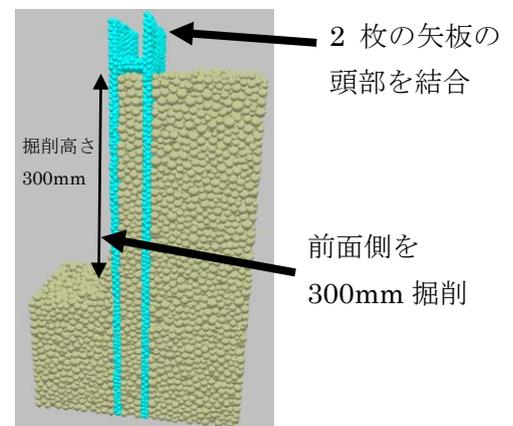


図-2 DEM 上での模型実験再現解析

キーワード 土留め, 仮設構造物, 模型実験, 個別要素法解析

連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1 TEL 096-342-3535

において大きな矢板の変形が生じることが分かった。

次に、個別要素法解析における300mm掘削後の土粒子変位量を図-5に示す。矢板前面地盤の掘削により背面地盤に主働破壊領域が形成されることが確認できる。内部土の挙動に着目すると、内部土内に主働破壊領域は形成されておらず、水平方向に変位していることがわかる。このことから、

本工法においては内部土と矢板が一体となることで背面地盤の変位を抑制する効果が得られると考えられる。また、内部土と矢板間の摩擦をより大きくすることで、より内部土と矢板が一つの剛な物体となり、さらに変位抑制効果を高めることができると予想される。

最後に、個別要素法解析によって得られた100mmごとの掘削終了時の前面・背面矢板の軸力分布を図-6に示す。掘削面より浅い部分において、前面矢板では主に圧縮が増加し、背面矢板では主に引張が増加した。また、前面・背面矢板ともに深度が深くなるにつれて軸力の絶対値が徐々に減じており、前面側では掘削面以下で引張に転じていることがわかる。これらの結果より、本工法では矢板を二枚用いることで土留め壁に押し引き抵抗が生じており、この抵抗が変位抑制効果に寄与しているものと考えられる。

4. まとめ

頭部固定式二重土留め工法の模型実験を対象としたDEM解析により、模型実験の挙動が数値解析でも確認することができた。また、掘削における内部土の挙動に着目すると、背面地盤が主働破壊しているにもかかわらず、内部土は矢板と一体化し水平方向に動くことが分かった。また軸力分布より、矢板の押し引き抵抗が本工法の変位抑制効果に寄与していることが考えられる。今後は内部土の働き・効果的な条件に着目し、本工法における内部土の重要性について検証する予定である。

参考文献

- 1) 坂梨ら:開削施工合理化を目指した無支保土留め工法の開発(その1),土木学会第75回年次学術講演会講演集,第VI部門,2020
- 2) 赤木ら:頭部固定式二重土留め工法の土留め壁内部土の挙動観察,土木学会第76回年次学術講演集,第III部門,2021(投稿中)

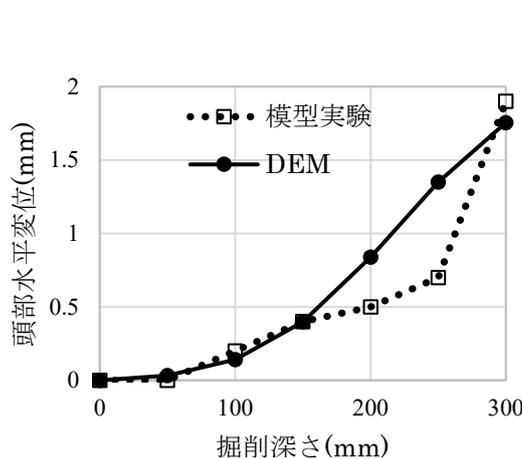


図-3 掘削実験結果の比較

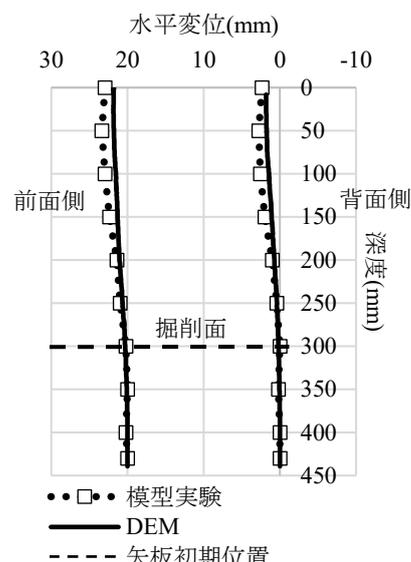


図-4 300mm掘削後の矢板変形モード

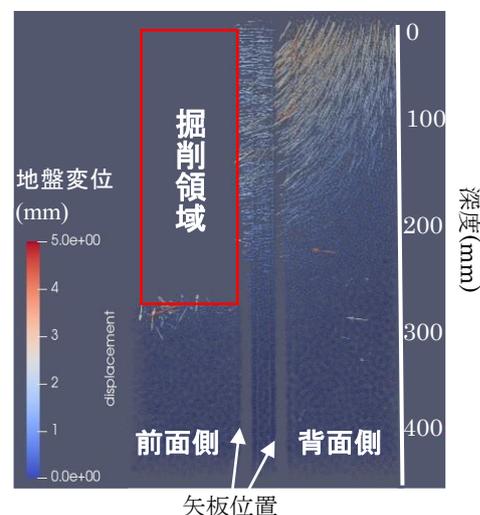


図-5 300mm掘削後の地盤変位

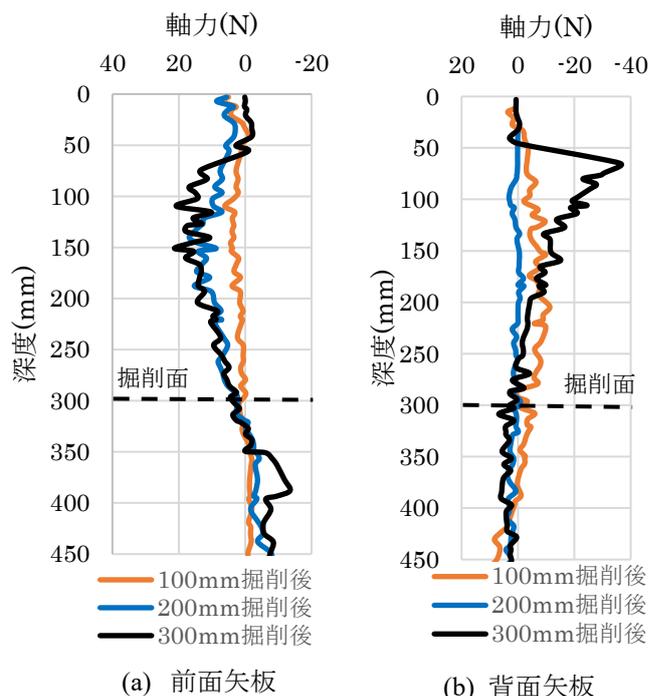


図-6 100mmごとの掘削終了時の軸力分布(圧縮が正)